

国土技術政策総合研究所 プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.17

November 2006

平成 13 年度～平成 17 年度
走行支援道路システムの総合的な推進

2001-2005 Comprehensive Promotion of the Research and Development of
Advanced Cruise-Assist Highway Systems

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

平成 13 年度～平成 17 年度走行支援道路システムの総合的な推進

川崎 茂信 (2001 年度～2002 年度)	*
喜安 和秀 (2003 年度～2004 年度)	**
平井 節生 (2005 年度)	***

2001-2005 Comprehensive Promotion of the Research and Development of Advanced Cruise-Assist Highway Systems

Shigenobu KAWASAKI (2001-2002)	*
Hidekazu KIYASU (2003-2004)	**
Setuo HIRAI (2005)	***

概要

本資料は、平成 13 年度 (2001 年度) から平成 17 年度 (2005 年度) の 5 年間に渡り実施してきた走行支援道路システムの研究成果について取りまとめたものである。

キーワード : AHS、路車協調

Synopsis

This report is collected about the result of AHS (Advanced cruise-assist Highway Systems) over five years from 2001 to 2005.

Key Words : AHS, Road-Vehicle Cooperation

* 高度情報化研究センター
** 高度道路交通システム研究室
*** 室長

Director, Inteligent Transport
Systems Division, Research
Center for Advanced Infomation
Technology

目 次

1 章	AHS 研究の全体像	1
2 章	研究の経緯	5
3 章	研究の概要	11
3.1	コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査	11
3.2	情報収集・処理道路システムに関する調査	14
3.3	路車協調による走行支援道路システムに関する調査	17
3.4	最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査	27
3.5	システムの実用化に関する調査	30
4 章	研究の成果	33
4.1	コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査	33
4.1.1	コンセプトの設計と評価に関する調査	33
4.1.2	アーキテクチャの設計と評価に関する調査	37
4.1.3	安全性・信頼性の設定に関する調査	49
4.1.4	車両挙動に関する調査	75
4.2	情報収集・処理道路システムに関する調査	90
4.2.1	センサによる情報収集に関する調査	90
4.2.2	情報処理・通信システムに関する調査	115
4.2.3	位置検出技術に関する調査	142
4.3	路車協調による走行支援道路システムに関する調査	165
4.3.1	システムの設計に関する調査	165
4.3.2	AHS システム評価に関する調査	174
4.3.3	円滑化走行支援道路システムに関する調査	207
4.3.4	交差点の走行支援道路システムに関する調査	220
4.3.5	路車協調システムの道路管理への利活用に関する調査	240
4.3.6	合流支援システムに関する調査	251
4.4	最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査	275
4.4.1	標準化活動に関する調査	275
4.4.2	プローブサービスに関する調査	283
4.4.3	インフラからの情報提供による走行支援に関する調査	295
4.4.4	道路地図情報に基づく走行支援サービスの調査	308

4.5	システムの実用化に関する調査.....	318
4.5.1	評価調整ツールの開発.....	318
4.5.2	技術資料の策定.....	323
4.5.3	標準検査映像の制定.....	328
4.5.4	システム導入後の評価検討.....	335
4.5.5	新 VICS における AHS 情報提供の展開調査	347
4.5.6	前方障害物情報提供システムの展開に関する調査.....	351
5 章	今後の課題.....	361

1 章 AHS 研究の全体像

1章 AHS 研究の全体像

AHS (Advanced Cruise-assist Highway Systems) は、事故や渋滞などの事象に対してリアルタイムに車両の挙動を改善することにより、道路交通の安全性・効率性向上、道路交通環境の改善、ドライバの利便性・快適性向上などを図ることを目的としている。

本書は第2期プロジェクト研究（平成13年度～17年度）で行った研究についてまとめたものであり、研究開発の大きな流れを以下に示す。

(1) コンセプト及びアーキテクチャの調査研究

(a) コンセプト・アーキテクチャ

AHS サービスの実用化を目指し、コンセプトでは路車の機能分担を定義し、インフラ機器へのリクワイアメントをまとめた。アーキテクチャでは物理モデルを設定し、システム設計、要素設計の基本方針を示した。

(b) 安全性・信頼性の検討

要素技術開発、システム設計およびシステム評価に資するため、安全性、信頼性に関わる目標の明確化、安全性、信頼性を維持・向上するための対策に関する検討・検証を行った。

その成果は、要素技術やシステム設計に反映させた。

(2) 要素技術による情報収集及び情報処理の調査研究

リクワイアメントの策定を受け、これに示された要求仕様に対して AHS のインフラを構成する道路状況把握設備、路面状況把握設備の改良を行い、路車間通信、位置検出技術については実用化を念頭に検討を行い、実用性能に到達した。

実道での検証に至った研究開発の成果は、AHS 研究開発の集大成として技術資料（平成14,15年度実用化研究編）に取りまとめた。

(3) 路車協調による走行支援道路システムの調査研究

安全性のみならず、効率性向上についても調査、検討を行い、実用システムにまで高めた。

(a) システム設計

リクワイアメントの策定および要素技術の開発を受け、要求仕様に基づいたシステムの全体構造を設計するとともに各装置単位の機能配分及びその設計を行った。また、システム設計の成果を実際の場所に適用し、国土技術政策総合研究所試験走路および実道フィールドにおける実証実験システムとして製作を行った。

実道での検証に至った研究開発の成果は、AHS 研究開発の集大成として技術資料（実用化研究編）に取りまとめた。

(b) システム評価

国土技術政策総合研究所試験走路での施設製作、実道フィールドにおける実証実験システムの製作および実験実施を受け、実証実験システムがもたらすサービスの有効性やドライバーの受容性を評価するとともに、システムの設計値の妥当性や機能・性能の検証、さらには道路管理への利活用を図る場合の課題抽出を行った。

その成果は、要素技術やシステム設計の技術資料に反映させた。

(c) 合流支援システム

安全に関する AHS の研究開発成果を関連分野に適用するため、合流部付近におけるサービスおよびリクワイアメントを設定し、国土技術政策総合研究所試験走路における実験や、ドライビングシミュレータ、交通流シミュレータによる評価を行った。

(d) 円滑に関する走行支援サービス

自専道におけるサグ部や、トンネル部、合流部の渋滞のように道路構造上の問題から日常的に渋滞が発生しているような場所があり、状況に応じたドライバー等への適切な情報提供による渋滞の緩和を目指し、調査研究を行った。

(e) 交差点サービス

交差点の安全に資する走行支援サービスについて、インフラ側での判断処理を軽減したインフラライトなシステムとすることを目標に、普及の見込めるサービスを念頭にし、交差点事故削減ニーズの検討、交差点サービスの策定、要素技術の明確化等の基礎的研究を実施した。

(4) 最先端の通信方式を利用した道路システムの調査研究

(a) 標準化活動

総務省電波産業会が進める DSRC の標準化に関し、AHS のアプリケーションサブレイヤを提案し、AHS サービス専用の割当て(AID=17)を得る活動を行った。

(b) アップリンク情報活用

アップリンク情報を活用した走行支援サービスの実用化に向けて、具体的なサービスに対するアップリンク情報の検出精度や事象検出遅れを検証することを目的に研究した。

(c) インフラからの情報提供

規制情報や工事情報等の状況情報をインフラ側の情報として車両へ提供し走行支援する場合の提供手法や情報伝達手法について調査検討を行った。

(5) AHS システムの実用化に関する調査検討

(a) 全国均質サービスに対する検討

全国に導入した場合、同じ基準で情報を提供できるようにするため、製作される装置、運用されるサービスに対し基準とすべき技術資料をまとめた。また、装置の検査基準を統一するため標準検査映像を制定した。

(b) サービスの実導入検討

実用化としては、前方障害物情報提供について一般ドライバーを対象に社会実験を実施したが、実用化システムの評価を更に続け、効果の持続性等の検討を行った。

応用展開として新 VICS を用いた場合の条件検討、前方障害物情報提供システムの交差点付近への適用可能性の検討を行った。

2章 研究の経緯

2章 研究の経緯

平成8～平成12年度にかけてAHSの研究を進めてきたが、平成13年度以降実用化に向けた研究を更に進めた。

前半の平成13～平成15年度にかけては実用化システム設計と実道実験を実施するとともに、センサの性能改良を進めた。

後半の平成15～平成17年度はサービスの実導入と展開に関する調査検討を行ってきた。個別内容について以下に示す。

(1) コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

実用化に向けたAHSサービスにおける情報提供、警報、操作支援の方法、システムや構成機器に求められる機能、信頼性等に関する調査を行った。

平成13年度にAHSシステムのコンセプト・リクワイアメントの策定を終えASVとの「共同システム定義書」としてまとめた。

安全性・信頼性の検討は平成13年度、14年度でまとめ単路系AHSシステムの安全性・信頼性に対しそれぞれの値を提案した。

車両挙動の分析は平成16,17年度に行いシステム設計の妥当性を補った。

(2) 情報収集・処理道路システムに関する調査

要素技術については実用化に向けての性能を十分検証するため実道実験を含めたシステムの検証・改良に取り組んだ。情報収集系の道路状況把握システムおよび路面状況把握システムについては性能向上や運用を考慮したアルゴリズムの改良を行った。これらの改良は平成13年度から15年度まで行い、提案されていた安全性・信頼性の数値を満足する結果が得られた。

通信・処理系では、平成13～15年度にかけて路車間通信方式（連続通信、スポット通信）の検討を行い実用化方式について検証を行った。位置検出方式については各種方式と性能についての調査を行った。

(3) 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

サービスの実導入に向け、システム設計を整備し、実道における実験システムの設計を平成13年度に実施した。試験走路における実験システムについては平成14年度に行った。実道実験も平成13年度から準備を行い平成14年度に全国6箇所(名阪国道米谷地区、東名阪名古屋西JCT、東名阪上社JCT、国道45号宮古地区、国道246号松田惣領、東名大沢川)で実施した。平成15年度は首都高速道路4号新宿線（上り）参宮橋、東名阪名古屋西JCT、東名阪上社JCT、の実験を行い、平成16年度、17年度には参宮橋でVICSを用いた安全運転支援サービスの試行実験（社会実験）を行った。

合流支援システムは平成13年度、14年度と検討を行い試験走路実験、ドライビングシュミレータ等でサービスの評価を行った。

また、平成 15 年度からは今後の導入を考慮した、簡易的な交差点サービス、サグ部等における道路交通の円滑化サービスの調査を開始した。

(4) 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

平成 13 年度、14 年度と走行支援サービスの国際標準化に向けた活動を行った。また、AHS 用の DSRC 規格を整理し、ARIB の DSRC 標準化検討に反映すべく平成 14、15 年度と活動を行った。

平成 15 年度以降通信技術を利用したプローブサービスやインフラからの状況情報提供サービスに関する調査を行った。

(5) システムの実用化に関する調査

実用化のために、コストの観点からの検討、全国均質サービスの導入検討を目指して、平成 13 年度～15 年度にかけて技術資料の整備を行った。それに合わせてシステムの試験検査に用いる標準検査映像の制定を行い、AHS システムのなかでかなりのコスト部分を占める要素技術のパラメータ調整を簡略化するため評価調整ツールの開発も行った。

平成 17 年度は今後実用化が考えられる「新 VICS における AHS 情報提供の展開調査」と「交差点付近での前方障害物提供システムの展開」について調査検討を行った。

また実用化に対しサービスを継続することに問題がないかどうかを確認するため、「システム導入後の評価」に関する調査を参宮橋の試行実験で検討を行った。

研究の経緯の概要を図 2-1 に示す。

年度	コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価		情報収集・処理道路システム		
	研究項目	研究の成果・得られた知見等	研究項目	研究の成果・得られた知見等	
H13	コンセプト等の設計・信頼性の設定	<ul style="list-style-type: none"> ・AHS サービス実用化に向け、情報提供、警報、操作支援の方法を整理 	位置検出技術の調査 路車間通信方式の調査・検証 センサの開発・改良	<ul style="list-style-type: none"> ・実験システムにおける改良項目の洗い出しおよび改良設計 ・GPS、簡易 DSRC、DOA の調査 	
H14		<ul style="list-style-type: none"> ・システムや機器等に求められる安全性・信頼性等の要件を整理 		<ul style="list-style-type: none"> ・道路状況把握システム、路面状況把握システムの開発・改良 	
H15				<ul style="list-style-type: none"> ・道路状況把握センサ、路面状況把握センサの有効性の確認 	
H16		車両挙動分析		<ul style="list-style-type: none"> ・画像センサを用いた実道実験車両挙動の分析実施 	
H17				<ul style="list-style-type: none"> ・車両挙動分析の結果から、サービスの効果の検証を実施 	

図 2-1 研究の経緯 (その 1)

年度	路車協調による走行支援道路システム		最先端の通信方式を利用した道路システム	
	研究項目	研究の成果・得られた知見等	研究項目	研究の成果・得られた知見等
H13	システム設計・機能検証 合流支援システム調査	・シミュレーション、アンケート等による評価を実施	国際標準化活動・国内DSRC標準化活動	
H14		[実道実験] ・実道実験で収集するデータの取得機能、パラメータ操作機能などを検討		・国内の DSRC 標準化活動に貢献
H15	実道実験 円滑化サービス検討 交差点サービス調査	[円滑化サービス] ・サービスモデルを選定し、研究事項整理、研究計画立案	ETCプローブ検討	[プローブ] ・車両からの情報を用いるプローブ情報を活用した新たなサービスの可能性を整理
H16		[実道実験] ・参宮橋社会実験に向けて、サービスの目的、サービス内容、システム内容等を検討 [円滑化サービス] ・交通減少把握・分析方法の検討、およびシステムの構成要件の検討		プローブサービスの整理
H17	参宮橋社会実験 サグ部実道計測	[参宮橋] ・首都高速 4 号新宿線参宮橋カーブにて社会実験を実施し、サービスの有効性を確認 [サグ部] ・サグ部における渋滞発生のメカニズムを確認	ITS 車載器検討	・1つの車載器で多様なサービスを提供・利用できる ITS 車載器の規格・仕様を検討 ・具体的なサービスについて、アップリンク情報の検出精度を検証 ・走行履歴情報の他サービスとの供用の検討

図 2-2 研究の経緯（その2）

年度	システムの実用化	
	研究項目	研究の成果・得られた知見等
H13	技術資料の整備 評価装置の開発 標準検査映像の検討 システム導入後の評価 実用化に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> サービスの要件定義、基本設計、詳細設計を作成
H14		<ul style="list-style-type: none"> 評価調整ツールの開発 国総研試験走路での映像を整備
H15		<ul style="list-style-type: none"> 実道実験より検査映像を取得
H16		[システム導入後の評価] <ul style="list-style-type: none"> AHS 試行サービス実施時の評価、アンケート実施方法について検討 標準検査映像の作成
H17		[システム導入後の評価] <ul style="list-style-type: none"> モニター等からの意見やビデオ映像による事故状況、検出データの分析・評価 [実用化に関する調査] <ul style="list-style-type: none"> 新 VICS システムの要件を整理した

図 2-3 研究の経緯 (その3)

3章 研究の概要

- 3.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査
- 3.2 情報収集・処理道路システムに関する調査
- 3.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査
- 3.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査
- 3.5 システムの実用化に関する調査

3章 研究の概要

AHS の研究開発において実施された主な研究及びその成果概要を以下に示す。

3.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

コンセプトでは路車の機能分担を定義し、アーキテクチャでは論理構成を明らかにし物理モデルを設定した。また実展開のための AHS サービスの設計条件と信頼性の設定を行い、安全走行支援システムとして実用に供する基礎検討とした。

3.1.1 コンセプトの設計と評価に関する調査

コンセプトを明確にし、路車の機能分担、インフラ機器へのリクワイアメントをまとめた。基本的な考え方は以下である。

事故発生状況並びに基本リクワイアメントに基づき走行支援システムとして具備すべき機能を抽出し、「認識」機能、「判断」機能、「動作(操作)」機能とこれら機能を伝達する機能に大別して整理した。整理は下記の方針に従って路側で持つべき機能と車両で持つ機能に割り振った。

- (1) 最終責任はドライバにある
- (2) インフラからの情報を用いて車両側が最終判断する。
- (3) 制御内容は車両が決定する
- (4) 車両はセンシングできる範囲内の情報を収集する。インフラが提供する情報は、カーブ路、交差点など車両から認識困難な所の情報を基本とする

3.1.2 アーキテクチャの設計と評価に関する調査

AHS システムを構築するために AHS の論理構成を設定し、それをもとに装置レベルに対応する汎用的な物理モデルを策定した。

また、実際の設備設計を行うための設計条件もまとめた。

(1) AHS アーキテクチャの策定

AHS アーキテクチャは、AHS 論理アーキテクチャ、AHS 物理アーキテクチャから構成され、それぞれ、ユーザーサービスごとのアーキテクチャを示した個別のアーキテクチャとこれらを取りまとめた全体のアーキテクチャを策定した。

(2) AHS サービスの設計条件

AHS アーキテクチャの策定を受け、実際の設計に適用する条件を以下に示す項目について設定した。

- (a) 気象条件
- (b) 提供時間

- (c) 情報提供・反応時間
- (d) 提供する事象と伝達情報の精度
- (e) 路側のAHS設備の動作時間

3.1.3 安全性・信頼性の設定に関する調査

(1) 基本検討

走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考として、既存の高信頼性情報システムにおける安全性・信頼性の確保に係る考え方について整理を行った。また、国際安全規格等の定義や安全水準を整理し、走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考とした。更に、一般的な安全性・信頼性解析手法について整理を行った上で、FTAの評価を各システム構成機器に対して実施した。

(2) AHSの安全性・信頼性の定義と対応する指標

AHSの安全性・信頼性に関する定義と、安全な故障と危険な故障の分類について整理を行った。

(3) 単路系AHS実道実験システムの安全性・信頼性目標値設定

既存システムの安全性・信頼性の定義等を踏まえ、走行支援システムの安全性・信頼性に係る目標値の設定を行った。

目標値の設定にあたっては、走行支援システムにおける安全性・信頼性に係る基本的な考え方、AHSの各動作状態の分類及びそれらに対する故障の危険性等について整理した。さらに、実験等により危険側故障の発生率およびその要因等の検証、安全性・信頼性確保のための対策の検討を行った。

以上の検討の結果、

- (a) 実証実験システムにおける安全性・信頼性に係る仮目標値の設定を行った
- (b) 危険状態の発生に対する安全性・信頼性確保のための人間系まで含んだ対策を考案した

(4) 複合システムの安全性・信頼性

単路系システムを組み合わせた複合システムについて、その機能・運用の整理、および目標値の設置方法の整理等を実施した。

(5) 交差点系システムの安全性・信頼性

交差点系システムについては、車両や歩行者の動きが複雑であり、実道実験を実施できるようなシステムの構築が困難であったことから、ASV/AHS共同定義システムを基にした課題分析と対応策の検討を行った。安全性から見たシステムの問題点として、センサ、通信、HMI(車内表示)、システム機能に関するそれぞれの観点から課題を抽出した。

3.1.4 車両挙動に関する調査

情報提供を行うことにより、車両の挙動がどう変わるか実道実験結果をもとに調査を行った。

(1) 国道 25 号米谷地区の危険挙動分析

本調査は、米谷カーブに導入されている AHS サービスの稼働前後についてそれぞれ、映像およびセンサログデータを一定期間収集し、走行車両のカーブ進入時における速度および最大減速度の挙動データを抽出し、サービスあり・なしでの危険挙動の変化について整理・分析を行い、サービスの有効性について検証した。

(a) サービスの効果の検証

危険挙動の分析結果から、「前方に障害物がある」場面において、サービスの効果が確認された。以下に分析結果を整理する。

① 急減速の削減効果

- 通過交通全体では、前方に障害物がある場合に、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対してほぼ半減している。

- 自由流交通下では、前方に障害物がある場合、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対して約 3 割削減している。

② カーブ進入速度の抑制効果

- 前方に障害物がある場合、サービスなし時の進入速度は全体で 52.8km/h からサービスあり時では 44.6km/h、一方、自由流交通でも、サービスなし時の進入速度 61.7km/h からサービスあり時では 60.1km/h とそれぞれ速度が下がっている。

- 前方に障害物がある場合の自由流交通下では、サービスあり・なしの速度分布から、サービスなし時では、60km/h 以下は 80 台/48h で 2 台/48h しかいないが、サービスあり時では、225 台/168h のおよそ半数の 116 台/168h が 60km/h（規制速度）以下となっている。

(2) 首都高速参宮橋地区の分析

(a) 交通流観測による効果検証

サービス導入前後の、車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、サービス導入後の車両挙動が安全側に変化しており、ドライバーの安心感が高まると推定される。

- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が 0.5G 以上で 4%減少。

0.5G 以上の急減速が 0.3G-0.5G の安全側に変化。

- 60km/h 以上の高速でカーブ進入する車両が 10%減少。
60km/h 以上が 50-60km/h の安全側に変化。

(b) 3メディア VICS 搭載車の観測による効果検証

映像により3メディア VICS 搭載車の挙動を観測した結果、以下の知見が得られた。

- VICS 搭載車のカーブ進入速度は40km/h以下で慎重に進入。
- 先行車との車間を十分に確保し、カーブ内で緩やかに減速し安全に停止。

3.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

3.2.1 センサによる情報収集に関する調査

3.2.1.1 道路状況把握センサの性能検証及び改良

センサや路側処理装置のアルゴリズム開発を行うとともに、足柄、大分日出、米谷、上社、名古屋西などの実道フィールドなどにシステム構成機器を設置し、センサの性能検証実験を実施した。

平成12年度の足柄での実験では、各センサとも位置、速度精度は当初設定した目標を達成したものの、検出率はシャドウイングによる未検出等により目標を達成できなかった。

このため、平成13年度の実道フィールド実験では、データ取得を行いつつ、アルゴリズムの改良、課題の抽出とさらなる改良を行った。

平成14年度の実道フィールド実験では、道路状況把握センサの安全度96%、稼働率96%を検証するため、名阪国道米谷地区、東名阪自動車道上社JCT、名古屋西JCTで実証実験を行った。その結果、それぞれの地区について個別の問題はあるものの、赤外面像式センサにおいては基本的にセンサ安全度、システム稼働率とも良好な結果が得られた。

なお、平成14年度に行った大分自動車道日出JCTにおける霧などが発生する厳しい自然環境下におけるセンサ特性把握実験では、可視画像式センサに比べ、アルゴリズム改良の余地があった赤外面像式センサが比較的悪視程まで検出が安定していた。また、ミリ波式センサは安定した検出率を示した。

さらに、平成15年度には通年運用によるセンサの長期的性能検証を行い、夏季、秋季、冬季の各季節を通じて、目標以上の高いシステム稼働率を確認した。渋滞末尾検出機能・渋滞末尾情報提供の有効性の検証に関しては、参宮橋地区の実験で必要なデータを取得し、渋滞末尾車両も正しく検出できていることを確認した。

3.2.1.2 路面状況把握センサの性能検証及び改良

センサや路側処理装置のアルゴリズム開発を行うとともに、テストコースや、中山峠、伊吹PA、足柄SA、新潟北陸などの実道フィールドにシステム構成機器を設置し、センサの性能検証実験を実施した。

平成12年度の中山峠、伊吹PAの実験では、各センサとも90%程度の安全度、64～80%の正解率であった。その結果を踏まえ、開発したセンサ及びシステムの機能・性能の各センサに対する数値目標（安全度96%以上、正解率88%以上、稼働率99%以上）を設定しアルゴリズムを改良した。

平成13年度の実道フィールド実験では、可視画像式、レーザレーザ式、光ファイバ式センサは、概ね目標を達成したが、電波放射計センサは、稼働率が低く目標を達成しなかった。また、実環境下における各種センサの検出特性を確認し、実用へ向けて必要な改善課題を整理した。

平成14年度の実道フィールド実験では、検出性能向上を目指しさらなるアルゴリズムを改良し、中山峠、米谷、宮古で実験を実施した。各センサに対する数値目標値（安全度96%以上、正解率90%以上、サービス稼働率96.1%以上）の達成状況を確認した。

表 3.2.1-1 実道実験の結果

H14 中山峠実験	センサ出力・正解率(%)					安全度 (%)	サービス 稼働率(%)	システム 稼働率(%)
	乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
可視画像式	98.0	89.0	89.6	92.7	89.2	96.8	92.9	94.9
レーザレーダ式	91.8	85.7	94.2	93.9	81.5	95.1	86.9	90.7
光ファイバ式	91.7	86.8	81.1	96.4	85.3	96.0	99.95	99.95

H14 米谷実験	センサ出力・正解率(%)					安全度 (%)	サービス 稼働率(%)	システム 稼働率(%)
	乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
光ファイバ式	95.3	74.9	87.2	100.0	—	92.6	100.0	100.0

H14 宮古実験	センサ出力・正解率(%)					安全度 (%)	サービス 稼働率(%)	システム 稼働率(%)
	乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
可視画像式	95.8	92.0	88.4	95.0	—	95.3	96.9	100.0

平成15年度の実道フィールド実験は、平成14年度までに開発した路面状況把握センサの実用化を図るため、通年運用によるセンサの長期性能検証を宮古において実施した。可視画像式センサ、レーザレーダ式センサについて、梅雨季、秋雨季、初冬季、厳冬季データを用いて評価した。

検出性能は、平成14年度の冬季実験及び平成15年度の四季の実験結果より、季節毎のデータベースを作成して、季節毎にデータベースを切り替えて路面判定を実施したところ、改善が見られほぼ90%を達成できた。

サービス稼働率（仮目標値96.1%）、システム稼働率（仮目標値99.8%）についても、目標値の達成を確認した。

表 3.2.1-2 可視画像式結果 (H15 年度四季+H14 年度冬季【季節毎】)

	データ数	正解率(%)					安全度(%)	サービス稼働率	システム稼働率
		乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
観測路面状態	乾燥	51,175	95.5%	3.6%	0.1%	0.8%	93.8%	96.4%	100.0%
	湿潤	15,931	5.5%	91.4%	2.9%	0.2%			
	水膜	7,196	0.1%	7.8%	88.8%	3.3%			
	積雪	4,042	0.1%	2.9%	1.6%	95.4%			
	凍結	2,092	1.6%	8.8%	0.9%	0.8%			
的中率		92.8%	79.8%	94.1%	95.0%	100.0%			

表 3.2.1-3 レーザレーダ式結果 (H15 年度四季+H14 年度冬季【季節毎】)

	データ数	正解率(%)					安全度(%)	サービス稼働率	システム稼働率
		乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
観測路面状態	乾燥	47,618	95.8%	3.1%	0.1%	0.8%	93.7%	99.6%	100.0%
	湿潤	13,115	3.4%	89.8%	5.2%	1.2%			
	水膜	4,530	0.6%	8.1%	88.6%	2.7%			
	積雪	3,465	0.2%	6.7%	5.3%	87.8%			
	凍結	2,097	2.1%	2.1%	6.2%	0.0%			
的中率		93.9%	81.7%	84.1%	95.0%	99.1%			

3.2.2 情報処理・通信システムに関する調査

3.2.2.1 連続通信システムの性能検証

開発した連続通信方式について、実験等により性能検証を行った。その結果、連続通信方式による AHS システムの実現は、現状の技術レベルでは困難であるという理由により、早期実用化を図る AHS システムは、スポット通信方式による実用化を進めるという方針とした。

実験等の結果明らかとなった連続通信システムに関する課題であるマルチパス、シャドウイング、ハンドオーバーへの対策について基礎的な検討を実施し、今後取り組むべき事項を整理した。

3.2.2.2 スポット通信システムの性能検証

開発したスポット通信システムについて単路系システムの評価、交差点系システムの評価を行った。

単路系システムについては、安全度目標 99.1%すなわち危険側故障確率 0.9%以下に対して、主たる要因であるシャドウイング、マルチパス等に危険側故障確率を配分して検証を行った。

名阪国道米谷、東名高速道路大沢川、東名阪自動車道上社 JCT でのシャドウイング率は 0.005%~0.16%となり、目標値の 0.68%以下であることを確認した。また、名阪国道米谷の交通状況よりマルチパス状況発生確率を 6.2%と設定し、試験走路におけるマルチパスによる通信失敗確率 0.36%を乗じたマルチパスによる危険側故障発生確率は目標値である 0.12%以下であることを確認した。

これらの結果から、単路系システムに必要な機能・性能を得られることが確認できた。

交差点系システムについては、電波の入射方向、車両のフロントガラスの影

響、車室内反射波の影響、路面反射波の影響が認められた。

3.2.3 位置検出技術に関する調査

(1) 位置検出技術の基本検討

AHS での利用に加え、広く ITS 全体での共用化という視点を加え、国内外で研究が進められている最新レベルの位置検出技術を絞り込み、位置検出技術の1次整理を行った。また、ITS システムアーキテクチャに示された各サブサービス (ITS アプリケーション) の位置検出技術に対する要求条件を整理し、位置検出技術の対応を整理した。

(2) 位置検出技術の実現性検討

位置検出技術の基本検討の結果を受け、ITS アプリケーションに広く適合する位置検出技術として、GPS 系(地上に GPS 衛星と等価な装置を設置し、測位範囲を拡大する疑似衛星システム等)、簡易 DSRC (車載機を路側機として用いる安価な情報提供 DSRC)、DOA (Direction of arrival:電波の到来方向から位置を検知するシステム) の実現可能性の検討を行った。

(3) 位置検出技術の基礎評価

これまでに技術的に十分評価がされていない疑似衛星、簡易 DSRC、DOA について基礎評価を行った。さらに、位置検出技術に関する将来的なニーズの調査として、ヒアリング調査等に基づく利用者ニーズの体系化およびサービスの抽出を行った。

3.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

3.3.1 システムの設計に関する調査

(1) 実用システム設計

実用リクワイアメントを受け、AHS の実用システム設計を記述したシステム設計書 (要件定義書、基本設計書、詳細設計書として技術資料として整理) と試験走路や実道における実験システムの設計との関係を明確にした。(図 3.3.1-1 参照)

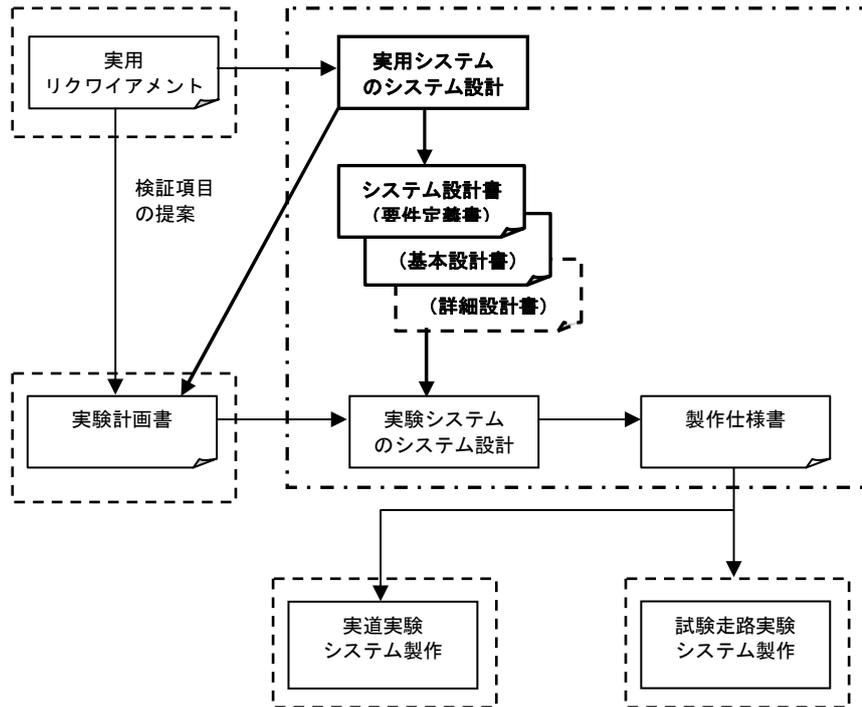


図 3.3.1-1 システム設計のフロー

(2) 実道実験システム設計

実用システム設計の成果を基に、実道実験に向けた実験システムの設計を行った。具体的には、実験場所毎に、実験のイメージを明確にし、センサの配置、情報提供位置などを決め、路側処理装置及びシステム運用管理装置における機能と実験で収集すべきデータを取得するための機能や実験パラメータを操作するための機能などを整理した。また、実用リクワイアメントの改良を反映させるために、実験システムにおける改良項目の洗い出しを行い、改良設計を行った。

3.3.2 AHS システム評価に関する調査

実用に供するため、シミュレーションによる評価、試験走路における実験・評価、実道実験評価、社会実験評価と順を追って進めた。

(1) シミュレーションによる評価

AHS の研究開発にあたり、シミュレーションによる AHS システムの事前の評価を実施した。

主な評価として事故低減・ヒヤリハット低減の評価及びシステム設計の妥当性の評価を AHS 交通シミュレータを用いて行い、また操作安全性向上の評価をヒューマンファクタ評価装置を用いて行った。

システム設計の妥当性については、センサ誤差、センサの検出同期、検出範囲及び通信範囲と事故低減効果（またはサービス有効率）との関連を

算出した。

(2) 試験走路における実験評価

実験計画に従い、試験走路（国土技術政策総合研究所の試験走路）の実験は、下記のサービスの実験を実施した。

- 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス
- カーブ進入危険防止支援サービス
- 単路複合サービス（前方停止車両・低速車両情報提供支援とカーブ進入危険防止支援の複合サービス）
- 出会い頭衝突防止支援サービス（接近時支援）
- 出会い頭衝突防止支援サービス（発進時支援）
- 右折衝突防止支援サービス

また、下記の検証を実施した。

- (a) サービスの有効性検証
- (b) サービスの受容性検証
- (c) 設計値の検証

その結果、前方障害物衝突防止支援、カーブ進入危険防止支援においては、減速度やカーブ進入速度の検証から、サービスの有効性が確認できた。さらにサービスの受容性についてアンケートを実施した結果、情報の認知率、情報提供タイミングに対する受容性、サービス利用意向いずれも高い評価が確認され、またネガティブチェックによりサービスによりかえって危険となることがないことも確認された。

(3) 実道での実験評価

AHSの実用化を示すとともに評価を行うために実道実験を実施した。実道における実験は以下の7箇所にて実施した。

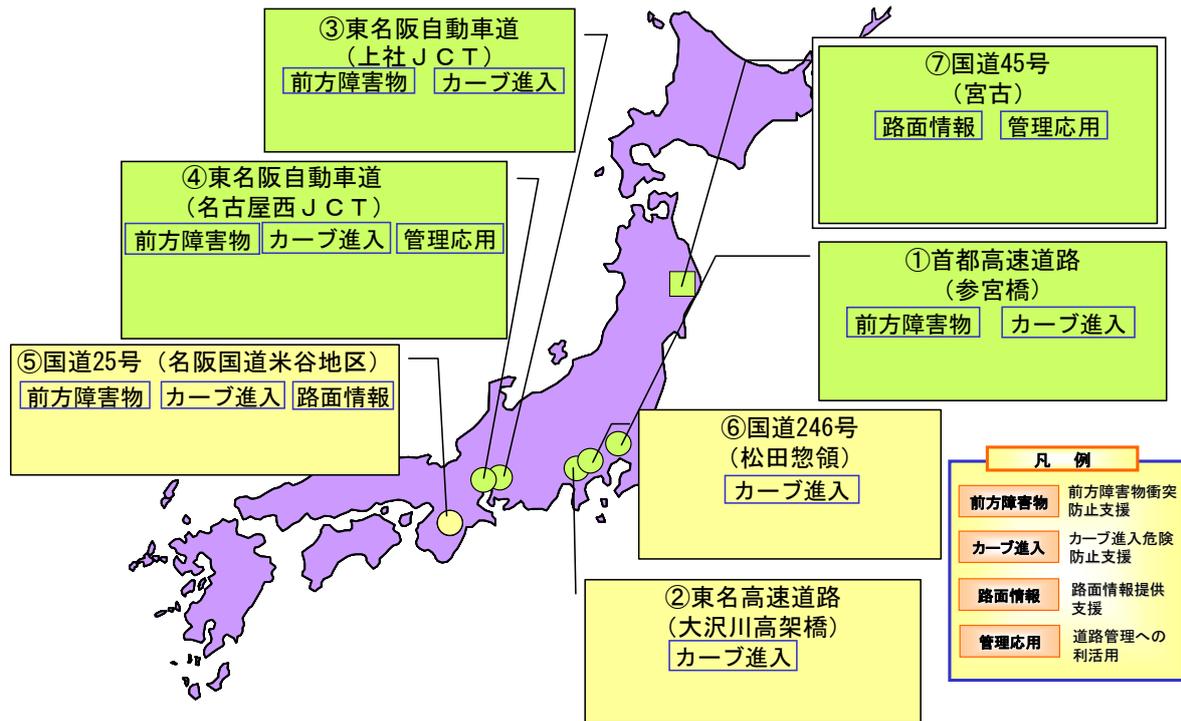


図 3.3.2-1 実道実験箇所

主な実験内容を以下の表に示す。

表 3.3.2-1 主な実験内容

場所	主な実験内容					実験場所の道路線形・事故の特徴	日交通量 大型車混入率 (注)
	安全性・信頼性		有効性 受容性	インフラ単独	管理応用		
センサ系	通信系						
首都高速道路 参宮橋	渋滞による低速車発生	交通量多	都市高速急カープ 渋滞発生	-	-	都市高速での急カープにおける渋滞末尾への追突事故、二次事故、工作物衝突等	5.1万台 16.5%
東名高速道路 大沢川高架橋	-	大型車多	都市間高速長いカープ	-	-	都市間高速の長いカープ、連続カープにおける路外逸脱事故等	1.8万台 43.8%
東名阪自動車道 上社JCT	急カープ	遮音壁環境	オンランプ急カープ	-	-	JCT部の直線後の急カープ(ヘアピンカープ)における路外逸脱事故等	2.1万台 26.0%
東名阪自動車道 名古屋西JCT	自専道1車線	遮音壁環境	オフランプ複合カープ	表示板の有効性	-	JCT部の直線後の連続カープにおける路外逸脱事故等	1.0万台 29.5%
国道25号 米谷地区	低速車発生 路面変化	交通量多 大型車多	下り急カープ 低速車発生	路車協調と 表示板の比較	-	自専道下り坂急カープにおける低速車(大型車等)への追突、路面湿潤時のスリップによる側壁衝突等	3.1万台 39.7%
国道246号 松田惣領	-	一般道	一般道下り急カープ	-	-	一般道での下り急カープにおける路外逸脱による正面衝突事故等	1.6万台 21.3%
国道45号 宮古トンネル群	路面変化	-	-	路面センサを活用した情報提供	路面センサ活用	トンネル出口の路面状況変化に気づかず、スリップによる追突事故	0.5万台 18.9%

(注)交通量・大型車混入率は、平成11年道路交通センサスによる。交通量は方向別の値(推計)。

また、実道における検証項目は以下の通り。

- (a) サービスの有効性
 - ・情報提供による安全性向上を減速度などを計測して評価
 - (b) ドライバの受容性
 - ・ドライバーへのアンケートにより、安心感や煩わしさを評価
 - (c) インフラシステム設計値の妥当性
 - ・路側機器の配置など、路車協調インフラ機器の設計仕様の妥当性を評価
 - (d) システム性能
 - ・システム全体の安全性や信頼性の仮目標値の達成を評価
- (4) 社会実験の実施及び評価

更に実運用の評価を行うために、首都高速参宮橋での実道実験は実験広報に関する計画および実施を行い、「安全走行支援サービス参宮橋地区社会実験」（以下、「社会実験」と呼ぶ。）として実験を行った。

上記実験は平成17年3月1日～5月31日に実施したものであり、以下では「社会実験Ⅰ」と呼ぶ。検証結果を以下に示す。

- (a) 交通流観測による効果検証
 - サービス導入前後の、車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、サービス導入後の車両挙動が安全側に変化しており、ドライバーの安心感が高まると推定される。
 - 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が0.5G以上で4%減少。
0.5G以上の急減速が0.3G-0.5Gの安全側に変化。
 - 60km/h以上の高速でカーブ進入する車両が10%減少。
60km/h以上が50-60km/hの安全側に変化。
- (b) 3メディア VICS 搭載車の観測による効果検証
 - (i) 危険なシーンの3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動
 - 映像により3メディア VICS 搭載車の挙動を観測した結果、以下の知見が得られた。
 - VICS 搭載車のカーブ進入速度は40km/h以下で慎重に進入。
 - 先行車との車間を十分に確保し、カーブ内で緩やかに減速し安全に停止。
 - (ii) 3メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率と車両挙動の関係
 - 3メディア VICS 対応カーナビ車混入率が高くなる自由走行時において、最大減速度、カーブ進入速度は、有意な差ではないが減少する傾向にある。

また、平成17年9月21日から実施の同実験（以下、「社会実験Ⅱ」と呼ぶ。）では、社会実験Ⅰで分析・評価を実施したサービス効果の継続性確認

をするとともに、社会実験 I で確認された課題について、改善効果の確認を実施した。まとめを以下に示す。

- (i) 事故統計分析の結果、社会実験 I 期間ではサービス対象事故の削減効果を確認した。
 - 社会実験 I 同月比で事故が 3 割減少した。
 - 社会実験 I 終了以降も全体的に減少傾向にあり、さらに長期観測が必要。
- (ii) 同一道路環境下での車両挙動比較では、挙動が安全側に変化していることを確認した。
 - カーブ区間での急減速の発生頻度が 4% 減少した。
 - 高速でのカーブ進入速度が 23% 減少した。
 - 社会実験 I、II ともに安全側に変化していることにより、サービスの継続性効果を確認した。
 - サービスを受けたときの方が、車頭間隔を長くとる傾向があり、サービスによる影響がうかがえる。
- (iii) 社会実験 I 同様、ドライバーは情報提供により注意や穏やかな減速をしており、運転行動に与える効果も持続。
 - 今後は、定期的に継続性アンケートを実施し、サービスの長期間経験による課題や意見を収集する。
 - サービス開始から約 3 ヶ月経過した時点で、慣れによるサービスの実効性に及ぼす影響を評価した結果、効果の持続性を確認した。なお、サービスを受けなかったときに渋滞など発生していないと思込む（情報に依存）割合が 2 割程度あったことから、サービスの啓蒙などが課題である。



図 3.3.2-2 社会実験実施箇所(首都高速道路 4 号新宿線 upper 参宮橋カーブ区間)

3.3.3 円滑化走行支援道路システムに関する調査

渋滞削減の検討として、特に Km 当たりの渋滞損失額の大きい高速道路のサグ部、合流部に対し、既存道路資産の有効活用と IT の活用を基本とした路車協調システムにより、円滑化走行支援サービスを実現することを目的に研究を行った。

(1) サグ部交通現象把握・分析の検討

高速道路の渋滞を発生・悪化させる現象について把握・分析するため、下記の検討を行った。

- (a) 交通現象を把握するための実験計画の策定と予備計測の実施を行った。
- (b) 本計測に基づき、車線利用率適正化走行支援システムと車群対策走行支援サービスの検討を行った。調査・分析結果を以下に示す。
 - ① 渋滞前には、第 2 走行車線から追越車線への車線変更が随時発生し、車線利用率の偏りが増大し、渋滞の開始を早める傾向がある。この車線変更が無いとすると追越車線の交通量が約 10%減少する。よって、車線利用率の適正化サービスは有効と考えられる。
 - ② 渋滞前の時間帯では、第 2 走行車線から追越車線への車線変更が随時発生し、渋滞直前には、左方向（追越車線→第 2 走行車線、第 2 走行車線→第 1 走行車線）への車線変更回数が通常の数倍となる。
 - ③ 渋滞のきっかけとなるショックウェーブは、車群内での車両の減速が原因と考えられる。したがって、車群対策サービスは、有効と考えられる。
 - ④ 渋滞直前の時間帯では、第 1 車線旅行速度 > 第 2 車線旅行速度 > 追越車線旅行速度となる現象を把握した。したがって、渋滞直前では、追越車線の旅行速度が必ずしも速くないことを PR することにより、追越車線への偏りを防止し、車線利用率の適正化サービスの受容性を高めることが可能と考えられる。

(2) サグ部円滑化走行支援システムの要件の検討

車線利用率適正化等の適用によるサグ部走行の円滑化の効果と要件について、下記の検討を行った。

- (a) 円滑化走行支援サービスの効果について交通流シミュレータを用いて検討した。
- (b) 円滑化走行支援システムの構成要件を検討した。

(3) 合流部の円滑化走行支援システムの検討

可変チャネルリゼーション方式等による合流部円滑化走行支援システムの適用可能性の検討を行うにあたり、首都高速道路の車両感知器データを活用して、合流部の円滑化阻害要因を分析した。また、関連技術の調査を行い、合流部円滑化走行支援システムの検討を行った。

3.3.4 交差点の走行支援道路システムに関する調査

交差点の安全に資する走行支援サービスについて、インフラ側での判断処理を軽減したインフラライトなシステムとすることと、普及の見込めるサービスを念頭に、交差点事故削減ニーズの検討、交差点サービスの策定、要素技術の明確化等の基礎的研究を実施した。

(1) 交差点事故削減ニーズの検討

フィージビリティ見極めのためのニーズ分析を行った。

類型化された交差点对策から交差点事故削減ニーズを明確化した。

(2) 交差点サービスの策定と具体化

(a) 交差点サービス内容の具体化

運転行動に対し、何時、どんな情報を提供し、どのような効果を目指すかを明確にし、具体化した。

検討の際には、以下の要件を考慮した。

(ア) 既存技術やインフラの応用を含めて、インフラライトなシステムの普及による安全な走行の実現、事故の削減。

(イ) より安全性を高めた支援サービスとするための高い利用者認知性。

(ウ) ETC・DSRC 車載器など既存技術の有効活用により、相乗的な普及効果を期待。

(b) 路車機能分担の検討

交差点サービス内容の具体化と並行し、路車機能分担を検討した。昨今の車の自律的事故防止機能の発展を考慮し、車両から検知可能な事象は、車両自律で対処するなど路車機能分担を検討し、サービスのあり方に反映した。

また、各種車載機の普及状況、及び、過渡期の車載器を持たない人に対する悪影響などを考慮し検討した。

(c) サービスの目標値の設定

交差点サービスの実施がもたらす交通事故削減等の効果について算出した。

(3) 要素技術の明確化

交差点サービス実現に必要な要素技術を抽出し、要求事項を明確化した。

道路状況把握に関する要件の明確化、提供すべき情報の収集・変換に関する要件の明確化、路車間通信方式に関する要件の明確化などを実施し、要素技術に関する課題を整理した。

(4) 交差点对策のフィージビリティの検討

事故要因、要素技術の実現性を分析し、サービス選定を行った。対象サービスの課題について検討を行い、サービスの有効性効果を算出した。

具体的には、車内に表示した画像を見てドライバーが有効に活用できるか、2当車のドライバーに情報提供し、煩わしくないかなど、基本的懸案事

項に関し有効性の目処をつけた。

(5) DS 車両挙動データ収集と解析

交差点の DS 背景データを作成し、DS により出会い頭のヒヤリハット走行を再現し、その時のドライバ挙動や心理状態を収集し解析した。

(6) 実交差点車両挙動データ収集と解析

(a) 実交差点車両挙動データ収集

交差点事故の詳細原因を明確にするため、事故多発交差点場所を選定し、実際の交差点にて、ヒヤリハット時の車両挙動やドライバ挙動をビデオに収集した。また、収集したデータからヒヤリハット事象を、その発生条件と共に抽出、整理した。

(b) データ解析とサービスの概念設計

DS 解析の結果、及び、実交差点の抽出された車両挙動データ等を基に、ヒヤリハット時の人的事故要因の発生状況を解析し、詳細な事故原因を明らかにした。

また、データ解析で得られた知見を基に、出会い頭サービスの最適な実現方式や設計要件を明らかにした。

(7) 効果的な事故防止システムに関する技術検討

事故・ヒヤリハットの実態を踏えてインフラライトな出会い頭衝突防止支援道路システムの対象となる事故領域、システムの有効性について検討した。

3.3.5 路車協調システムの道路管理への利活用に関する調査

AHS 構成機器を道路管理業務へ利活用することにより既設 CCTV カメラ映像を用いて事象自動監視を図り、日常的な事務所管理業務の負荷低減を図るとともに、並行して取得される車両位置・速度データの事故分析・調査統計業務面への活用やメッシュ単位の路面判定データを用いたパトロール・薬剤散布など路面管理高度化やドライバー情報提供など道路管理業務の一層の高度化にも資することを旨とし、平成 15 年度に導入した AHS 構成機器の効果検証を基にセンサの機能/性能の過不足に関して検討し、道路管理実務面から要求される基本的な項目に関しては機能改修を行い、その効果に対して検証した。

また、危険事象データ収集装置による事象発報、路面状況データ収集装置による事象発報について現状調査と改善案を検討した。

表 3.3.5-1 危険事象データ収集装置の改善項目

分類	改善項目
監視作業の効率化	・アラーム機能 ・蓄積部遠隔操作機能 ・事象画像メール機能 ・装置 ID 設定機能
分析・解析作業の効率化	・事象発生前後データ記録機能 ・データ重置機能 ・事象履歴表示機能 ・自動統計処理機能 ・画像一覧表示機能
装置の機能性能向上	・避走パラメータのエリア別設定機能 ・車両区分による交通量統計機能
装置の有効活用	・記録／蓄積データ自動更新機能 ・時刻情報選択機能 ・記録事象選択機能 ・JST 時刻表示機能

表 3.3.5-2 路面状況データ収集装置の改善項目

分類	改善項目
監視作業の効率化	・WEB 表示による過去データ表示機能
分析・解析作業の効率化	・WEB 表示によるリアルタイムトレンドグラフ表示機能 ・WEB 表示による気温表示機能
装置の機能性能向上	・薬剤散布後の路面再凍結／橋梁・土工部の温度差検証 ・木影による湿潤誤判定の回避機能 ・夜間メッシュ判定機能

3.3.6 合流支援システムに関する調査

(1) 合流部におけるニーズ調査

高速道路の合流部に存在するサービスニーズを把握するため、先ずサービスとしての優先度が高いと考えられる事故や渋滞についての現状把握を目的として、旧日本道路公団（以下、JH と略す）および旧首都高速道路公団（以下、MEX と略す）の協力を得て、事故が多い代表的なジャンクションや合流部をリストアップし、事故・渋滞の発生実態を調査し、問題点を整理した。

また、サービスを具体的に提案していくための参考にするため、既存の合流支援サービス事例を調査することとし、「旧本州四国連絡橋公団 西瀬戸自動車道西瀬戸尾道 IC」で実施されている合流支援サービスについて現地調査を行った。

さらに、合流部の道路構造と事故との関係を把握する目的で、MEX における合流部の道路構造の特徴、事故実態について分析を実施した。

さらに、一般ドライバーの意見を収集する目的で、分合流部の走行状況についてアンケート調査を実施し、将来における合流支援サービスの利用意志等について調査を行った。

(2) サービス及びリクワイアメントの検討

サービスの整理・類型化を行い、サービスの目的、提供情報、支援レベルなどを明確にし、具体的な情報提供手段の検討と具体的なサービスイメージの作成を行った。

その後、合流部を含む交通環境の改善という視点から、情報提供サービスを基本としてリクワイアメントの見直しを行い、本線側、合流側それぞれにおける合流支援サービスのリクワイアメントを設定した。

(3) 実験によるリクワイアメントの検証

サービス提供の自由度が高い本線側の車両を対象として、交通流シミュレータにより、交通流への影響についての基本的な評価を行うとともに、可変情報板およびガイドライトにより情報を提供するサービスについて、一般ドライバーを被験者として、試験走路での実走行とドライビングシミュレータによる模擬実験を行った。これらの検討を通じて、それぞれのインフラ機器による本線側の車両を対象としたサービスの評価を行った。

評価結果のまとめを以下に示す。

(a) ガイドライト方式

(i) ネガティブチェック（安全性と合流円滑性のチェック）

- 平均値の改善だけでなく、ばらつきも減少した。

(ii) 有効性

- 知見の有無にかかわらず、合流円滑性、安全性が向上した。
- 知見により効果（平均値、ばらつきとも）は更に向上した。

(iii) 高齢者

- 安全性（衝突時間）、合流円滑性（急ブレーキ）での改善が著しい。

(b) 情報板方式

- 80m 手前での情報板による情報提供が、ドライバーの安心感向上に効果があることが確認できた。
- 交通流への影響評価では、渋滞の助長などの可能性がないことを確認した。

3.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

3.4.1 標準化活動に関する調査

3.4.1.1 国際標準化活動

走行支援システムに関連する国内外の規格について、標準化の進行状況についての調査を行うとともに、国際標準化に向けた支援活動を行った。

AHS の標準化活動は、この標準化組織に対応する形で、ISO/TC204/WG14（走行制御）に走行支援サービスに関連するテーマを提案することを主体に進めた。

3.4.1.2 DSRC 標準化に関する調査

国土交通省及びAHS研究組合は、走行支援道路システム向けアプリケーションサブレイヤ（以下、AHS-ASL）に関する提案を連名で作成し、平成14年12月に総務省の標準化検討機関である電波産業会へ提案した。平成15年度は、狭域通信（以下、DSRC）におけるアプリケーションサブレイヤに関する技術文書を策定する運びとなり、AHS-ASLの提案を反映するために以下の活動を行った。

- ① 提案内容の成文化
- ② 走行支援道路システム（以下、AHS）の研究成果の反映
- ③ 将来のAHSサービスに困らないように内容のチェック

AHS-ASLの提案は、技術文書「狭域通信（DSRC）アプリケーションサブレイヤ標準仕様及びそれを用いた陸上移動の接続に係わる試験項目・試験条件」技術資料（ARIB TR-T17）の付録に記載された。

3.4.2 プローブサービスに関する調査

ETC 車載器を活用したシステム検討と ITS 車載器を用いたサービス検討を行った。その中でアップリンク情報を活用した走行支援サービスの実用化に向けて、具体的なサービスに対するアップリンク情報の検出精度や事象検出遅れを検証することを目的に研究した。

(1) 匿名 ID 情報の活用

ETC 車載器を対象とする匿名 ID 情報の活用について、見通し不良前方障害物検出サービスへの適用をシステム面から実用化に向けて検討した。

(a) システムの検討

(イ) センタとの接続等システム構成について参宮橋システムをモデルとして検討した。

(イ) 匿名 ID 収集から履歴情報収集への移行方法について検討した。

(2) 走行履歴情報の活用

走行履歴情報を活用する走行支援サービスの技術的な実現性を精査し、実配備に向けて交通調査の効率化や道路管理の効率化等走行履歴情報を活用する他サービスとの共用について検討した。

(a) 走行履歴情報による事象検出

(イ) 通行障害物を回避する走行支援サービスや交通異常事象の検出への適用を想定し、サンプリング周期、設置位置による時間遅れ、位置精度等検出精度に影響する項目について関係を整理し、車両走行挙動から事象発生を判定する方法を検討した。

(イ) 試験走路実験により、回避挙動や走行挙動の実履歴データを収集し、事象検出方法を評価した。

- (ウ) さらに、走行履歴情報に急ブレーキや急ハンドル情報（加速度、角速度）等を追加したときの事象検出精度向上を検討し、試験走路で確認実験を行った。
- (b) 他サービスとの共用
 - バスロケ等運行管理システムあるいは旅行時間調査や OD 調査等交通調査システムとサービスを共用することを想定し、アップリンクデータの共用及び情報取得位置の共用可否を検討すると共に、ドライバによる停止車の検出（ワンプッシュ）機能の実現性を検討した。
- (3) ITS 車載器要件の検討
 - ITS 車載器仕様化作業に対して、アップリンク要件を提案した。

3.4.3 インフラからの情報提供による走行支援に関する調査

- (1) インフラからの状況情報の提供手法に関する技術検討
 - インフラからの状況情報の提供手法について、実用化に際して以下の課題を検討した。
 - (a) 現在 Web で提供している路上工事情報、気象情報等のうち、ITS 車載器からドライバに提示することが有効な情報、有効な状況を検討した。多くの情報を同時に提供できないことから、サービスの優先度を定めた。ITS 車載器で利用する走行支援サービスについて、インフラから ITS 車載器への提供方法を検討した。
- (2) 注意喚起情報の提供手法に関する技術検討
 - 事故削減効果が高い、注意喚起/警報レベルの情報提供（「カーブ進入速度警報」、「一時停止警報」等）について、実用化に際して以下の課題を検討した。
 - (a) 注意喚起/警報レベルの情報提供に関して、効果的な情報提供の状況、を検討した。
 - (b) 利用情報の更新（鮮度）に対する要件、所要精度、車載器への実装検討、サービス対照箇所の選定を行った。
- (3) 車両への情報伝達方法の検討
 - 上記 2 項目の情報提供手法の検討結果に基づき、車両へのインフラ情報伝達方法及び位置特定方法に関する検討を行った。

3.4.4 道路地図情報に基づく走行支援サービスに関する調査

カーナビを活用し、車載の道路地図によりドライバに情報提供を行うことで安全走行を支援し、道路交通の安全に寄与するサービスを実現させることを目的に、道路地図情報に基づく走行支援サービスを提案し、道路勾配や曲率などの道路構造情報、事故多発箇所などの統計情報等、走行支援サービス提供のために必要となる情報を抽出した。また、情報の記述方法、及びその情報を収集・

配信する情報集配信の仕組みを研究した。

サービスとしてはカーナビを用いて、車両挙動に応じてドライバが必要とする情報を、必要なときにのみ与える情報提供サービスである。

表 3.4.4-1 車両挙動に応じた走行支援サービスの例

サービス名	サービス内容	利用情報
カーブ進入速度警報サービス	カーブ形状、勾配情報に基づきカーブ進入速度を目標値まで減速できるかどうかを判断し、適切なタイミングでドライバに警報・情報を提示する。	カーブ、勾配
一時停止警報サービス	交差点情報に基づき一時停止線で停止できるかどうかを判断し、適切なタイミングでドライバに警報・情報を提示する。	標識
路面情報適応サービス	路面状態の変化に応じて減速度スレッシュホールド、目標速度を変え、ドライバへの警報・情報発生基準を適切に保つ。	路面状態、静的情報
規制情報適応サービス	発令中の規制情報に応じて、規制に反する可能性が生じたなら適切なタイミングでドライバに警報・情報を提示する。	速度・車線規制情報、静的情報
追突警報サービス	前走車両が発信する急制動情報、停止車が発信する停止情報に基づき追突の可能性を判断し、適切なタイミングでドライバに警報・情報を提示する。	近隣車両情報、静的情報
出会い頭衝突警報サービス	交差点、単路の見通し不良箇所に入る車両が発信する位置・速度情報に基づき衝突の可能性を判断し、適切なタイミングでドライバに警報・情報を提示する。	近隣車両情報、静的情報

3.5 システムの実用化に関する調査

3.5.1 評価調整ツールの開発

道路状況把握装置を導入するにあたり、コストが大きな問題となることが考えられたため、コスト削減の対策として、調整費を大幅に下げることができる評価調整ツールの開発を行った。対象作業範囲は調整工程でデータ収集、データ編集（グラフ化）、データ解析、パラメータ調整、パラメータ設定の処理部分である。

この装置は可視道路状況把握装置を対象としたものであるが、赤外画像式、ミリ波式、レーザ式への適用も考慮して設計を行った。

3.5.2 技術資料の策定

全国に AHS のサービス展開を行う場合、導入箇所により安全性・信頼性が変わることのないように、研究成果、実道実証実験結果を基に技術資料として基準を体系的に整備した。記述はサービス、機能・性能要件にとどまらず、装置の構成、ソフトウェアのアルゴリズム、装置間インタフェース、検査方法等を

網羅した。

構成はサービスシステム、インタフェース、設備機器にわけた。記述はサービス定義やシステム設計に必要な項目等を記載した要件定義書、ハード、ソフトの設計根拠やアルゴリズム等を記載した基本設計書に別けた。

3.5.3 標準検査映像の制定

AHS サービスを全国展開した場合、均質サービスを提供できるようにする目的で技術資料が作成されたが、最終確認を行う試験検査工程について性能を確認できる検査映像を標準検査映像として設定した。対象は道路状況把握センサ、路面状況把握センサである。映像は国総研テストコースと実道の映像を用いまとめた。

3.5.4 システム導入後の評価に関する調査

実用化システム導入後に問題が発生していないかを検討した。

実道実験で得られた知見はVICISを活用したAHSの試行サービス（社会実験）に反映されているので、試行サービス導入後の評価について検討を行った。

評価としてはサービスの有効性検証、受容性検証、システム検証を行い、それぞれ有効性を確認できたので導入したシステムは実用化に問題ないと判断した。

3.5.5 新VICISにおけるAHS情報提供の展開調査

2.5GHzのVICISではサービスに制限が生じるため、5.8GHzの新VICISへの適用について検討した。新VICISを安全サービスであるAHS情報提供に適用するには、新VICIS側の改善または機能拡張と車載器側の機能拡張を必要とする。そこで情報の送信側である路側無線装置を中心にシステム構成、通信仕様等の検討を行った。

3.5.6 前方障害物情報提供システムの応用に関する調査

都市高速の急カーブでの効率的なカメラ配置の適用調査として新宿カーブについて、直近10年間の事故発生状況、既設の監視カメラからの視野等の現状調査を行い、適用区間について検討を行った。また、前方障害物情報提供システムの交差点付近への応用展開へ向けた、交差点付近での事故件数調査と事故削減対策の調査、前方障害物情報提供システムの交差点付近への適用可能性の検討を行った。

4章 研究の成果

- 4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査
- 4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査
- 4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査
- 4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査
- 4.5 システムの実用化に関する調査

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

コンセプト及びアーキテクチャについては平成13年度から平成14年度にかけて調査・検討を行いまとめた。合わせて信頼性の設定を行い、安全走行支援システムとして実用に供する基礎検討とした。

4.1.1 コンセプトの設計と評価に関する調査

コンセプトを明確にし、路車の機能分担、インフラ機器へのリクワイアメントをまとめた。

4.1.1.1 基本的な考え方の整理

事故発生状況並びに基本リクワイアメントに基づき走行支援システムとして具備すべき機能を抽出し、「認識」機能、「判断」機能、「動作(操作)」機能とこれら機能を伝達する機能に大別して整理すると共に、下記の方針に従って路側で持つべき機能と車両で持つ機能に割り振った。

- (1) 最終責任はドライバにある
- (2) インフラからの情報を用いて車両側が最終判断する。
- (3) 制御内容は車両が決定する
- (4) 車両はセンシングできる範囲内の情報を収集する。インフラが提供する情報は、カーブ路、交差点など車両から認識困難な所の情報を基本とする

路側で持つべき機能と車両で持つべき機能の分担方法は多様に考えられるが、一次リクワイアメントでは、下記の基本的考え方にしたがって分類した。

- ① 道路状況を把握するセンサなどの道路インフラは、主としてカーブ区間、交差点など車両から視認困難な道路区間の情報を収集し、道路状況などを「認識」する。また、車両に搭載されたセンサは、車両からセンシングできる範囲内の情報を収集し、道路状況などを「認識」する。
- ② 道路インフラは自ら収集した情報に基づき、道路状況の危険性などを「判断」(注1)する。
- ③ 道路インフラが判断した危険な事象に関する情報は、路車間通信により車両へ「伝達」される。
- ④ 伝達された情報に基づいて、車両は情報提供、警報、操作支援のタイミングを「判断」(注2)し、車両の位置に応じて走行支援(「動作」)を行う。

上記の注1および注2は、以降の表における路車機能分担にある注1および注2と対応する。

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

4.1.1.2 機能内容と路車機能分担案の作成

早期に実用化を行うサービスとして、障害物衝突防止支援の支援挙動と走行支援レベルに基づき、機能を整理した結果を表 4.1.1-1 に示す。

- (a) 支援挙動 : 縦方向挙動
- (b) 走行支援レベル : 情報提供、警報、運転支援

表 4.1.1-1 障害物衝突防止支援の機能

機 能		機能分類	路車分担案
1	サービス対象車両の前方に存在する障害物の有無を計測する機能。	「認識」	カーブ等により前方が車両から認識困難な場合は「路」で分担。それ以外は「車」で分担。
2	道路脇を対面/背面通行している歩行者の有無を計測する機能。		道路脇を通行している歩行者は車両から認識困難であり、「路」で分担。
3	前方の走行環境(路面状況)を計測する機能。		「路」で分担。但し車両挙動に影響を与える場所に必要。
4	サービス対象車両が前方道路線形を把握するための道路線形情報を提供する機能。		「路」で分担。
5	サービス対象車両が障害物の位置を正しく把握するために自車両の位置を提供する機能。		基点位置の提供は「路」で分担。そこからの距離計測は「車」で分担。
6	サービス対象車両の位置・速度・加速度・ヨーレート等を検出する機能。		「車」で分担。
7	インフラが収集した情報に基づき、道路状況の危険性などを判断する機能。	「判断」 (注 1)	「路」で分担。
8	インフラが情報処理した内容を車両へ提供する機能。	「伝達」	「路」で分担。
9	上記情報を車両で受取り、車両で収集した情報と整合化する機能。		「車」で分担。
10	サービス対象車両の位置、速度等と障害物の位置、大きさ等から追突の可能性を判断する機能。	「判断」 (注 2)	「車」で分担。
11	障害物が前方にある旨をドライバへ情報提供する機能。	「動作」 (操作)	「車」で分担。
12	情報提供後、ドライバが回避行動をとらない場合は、衝突の危険を警報する機能。		「車」で分担。
13	警報したにもかかわらず、ドライバが回避行動をとらない場合は、減速制御等の障害物回避を支援する機能。		「車」で分担。

4.1.1.3 インフラ機器へのリクワイアメント

リクワイアメントにおいて設定した各サービスの安全走行支援機能からインフラシステムへ要求される情報収集機能、情報提供機能に関する機能をまとめると表 4.1.1-2 の通りである。

表 4.1.1-2 走行支援システムのインフラに要求される機能

サービス名		情報収集機能			情報提供機能
		道路状況		路面状況	情報提供範囲
		計測範囲	計測種		
障害物衝突防止支援	<一般道>	自転車位置から前方カーブ等の見通し不良区間	歩行者と二輪車以上の大きさの物体	車両挙動に影響を与える場所が必要 乾燥/湿潤/水膜/積雪/凍結	障害物から必要制動距離以上手前まで
	<自専道>	自転車位置から前方カーブ等の見通し不良区間	二輪車以上の大きさの物体		障害物から必要制動距離以上手前まで
車線保持支援(直線) <一般道><自専道>		---	---		サービス区間全域
車線保持支援(カーブ)	<一般道>	---	---		カーブから必要減速距離以上手前まで
	<自専道>	---	---		カーブから必要減速距離以上手前まで
出会い頭衝突防止支援	接近支援	---	---		停止線から必要制動距離以上手前まで
	発進支援	優先道路の必要区間	二輪車以上の大きさの車両		停止線近傍及び交差点内
右折衝突防止支援		対向車線の必要区間	二輪車以上の大きさの車両		交差点近傍及び交差点内
横断歩行者衝突防止支援		横断歩道上及びその付近又は横断歩行者事故多発地点	歩行者・自転車		横断歩道又は事故多発地点から必要制動距離以上手前まで
車間保持支援 <自専道>		-	-		サービス区間全域

またインフラ機器への要求性能をまとめたものを表 4.1.1-3 に示す。

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

表 4.1.1-3 インフラ機器への要求性能 (まとめ)

インフラ設備		要求性能
情報収集 センサー 設備	道路状況 検出設備	<p>検出範囲：一般道： 0~274m以上；自専道： 0~300m以上</p> <p>検出識別性能： 二輪車相当以上の大きさをもつ物体の位置と速度</p> <p>分解能：通常走行の二輪車及び四輪車と併走する二輪車を個別に識別可能で有ること</p> <p>位置計測精度：縦方向 ±5% 以下、横方向車線幅の±1/4以下</p> <p>速度計測範囲：自専道：車両走行速度 0~120km/h以上 (自専道では 0~180km/hが望ましい)</p> <p>一般道：車両走行速度 0~80km/h以上 (一般道では0~120km/h以上が望ましい)</p> <p>速度計測精度： ±5%以下</p> <p>検出時間性能 0.1s以下、検出周期：0.1s</p>
	歩行者 検出設備	<p>検出範囲：横断歩道及び周辺 (幅)横断歩道+前後4m、(長さ)15m 道路脇の対面/背面通行をしている歩行者 (幅)路側帯+0.5m、 (長さ)200m 但し、200mは分割計測可</p> <p>検出識別性能：人及び自転車に乗っている人の有無 上記検出範囲内の歩行者等の位置車線幅の±1/4以下</p> <p>検出時間性能：0.1s以下、検出周期：0.1s 但し、人は移動速度が1m/s程度のため0.5s以下の 検出性能・周期でも可</p>
	路面状況 検出設備	<p>検出路面状況：乾燥・湿潤・水膜・凍結・積雪の5状態</p> <p>検出範囲：道路幅員方向全幅、及び路線方向監視範囲で 車両挙動に影響を与える場所</p> <p>検出精度：5状態以上</p> <p>出力単位範囲：検出範囲をサービスに影響を与える最小区間(単位区間)に区切り、 その区間内を代表する状態を出力する(検出範囲と単位区間は同じ場合 もある。)但し、車間保持支援サービスのように、サービス区間がインタ ー間のように数キロメートルにわたる場合は、路面状態が変化する複数 のポイントを計測する事により、サービス区間の路面状態を推定出力し てもよい。</p> <p>検出時間性能：1分以内(路面状況の変化は1分程度のため) 検出周期：1分</p>
位置検出支援設備		<p>検出位置：車線内の横位置 及び 縦位置</p> <p>通過速度：車両走行速度120km/h以上にて検出可能なこと</p> <p>検出範囲：サービス区間全域</p> <p>検出精度：横位置検出精度±5cm以内 縦位置検出精度±1m以下(高速時)、±0.25m以下(低速時)</p> <p>環境条件：路面冠水・積雪・凍結時に安定して動作する事 5cm以上の圧雪厚さは安定して動作する事</p> <p>設置条件：路面中への埋設が望ましい</p> <p>基準点情報量：9ビット以上</p>
路車間通信設備		<p>通信対象：走行支援システム車両(自動二輪以上に搭載可能であること)</p> <p>通信対象速度：0~120km/h以上 0~180km/h以上が望ましい</p> <p>通信領域：自専道0~600m、一般道：0~420m 自専道：片側 3車線以上、一般道：往復 6車線以上</p> <p>対象車両数：252台以上に対する個別通信 自専道600m 3車線 車両密度140台/kmとして 252台 一般道420m 往復各2車線 車両密度140台/kmとして 164台</p> <p>情報更新周期(通信周期)：0.1s、通信時間遅れ：0.1s以下</p>
路側処理設備		<p>処理対象：支援レベルi車、支援レベルc車</p> <p>処理内容：情報処理・運用管理機能 各ユーザサービスを実現する走行支援アルゴリズム 道路線形情報データベース管理 各装置全体の運用管理機能等(機器故障管理・運用履歴管理 ・プログラムダウンロード機能・データベース管理等)</p> <p>処理速度：0.1s以内に情報処理を完了すること(運用管理機能は除く)</p>
各設備共通		<p>気象環境：視程 200m以上(霧多発地域は50m以上) 時間雨量 50mm/h以下 風速 25m/s以下の環境で動作すること</p> <p>異常状態検出：機器固有の自己診断機能を備えること(位置検出支援設備は除く) 必要に応じて動作を停止すること</p> <p>異常通知機能：機器異常検出時・動作停止時はその旨を通知する事</p>

4.1.2 アーキテクチャの設計と評価に関する調査

AHS システムを構築するために AHS の論理構成を設定し、それをもとに装置レベルに対応する汎用的な物理モデルを策定した。

また、実際の設備設計を行うための設計条件もまとめた。

4.1.2.1 AHS サービスの論理モデルと物理モデルの策定

AHS サービスを実現するシステムは、まず、サービスの実現に必要な機能具体的な実現手段とは独立に詳細化し、論理的なシステム（以下「論理モデル」という）を作成して構築する。以下、AHS サービスを実現する機能を詳細化し、論理的な機能要素を抽出して論理モデルを組立てた。それを基に物理モデルを策定した。

(1) サービスを実現するために必要な機能

AHS のサービス提供に伴い、車両（以下、サービスを受ける車両を「サービス対象車両」という）を含めた一連の動作を以下のように想定した。

- (a) AHS は、計測データの収集、走行支援情報の作成を行い、サービス対象車両に情報を伝達する。
- (b) サービス対象車両は、サービスの開始地点を通過することでサービスの開始を認識する。
- (c) サービス対象車両は、AHS が伝達する走行支援情報を入手する。
- (d) サービス対象車両は、入手した走行支援情報に基づいて注意喚起の情報を作成し、ドライバーに提供する。
- (e) ドライバーは、サービス対象車両から提供された注意喚起の情報に応じて運転操作を行う。
- (f) サービス対象車両は、サービスの終了地点を通過することでサービスの終了を認識する。

ここで、(e)項はドライバーの具体的な行動であり、AHS の範囲外である。(b)、(f)項は提供するサービスに依存しない内容であり、(a)、(c)、(d)項は提供するサービスによって具体的な内容が異なる。

以下では、(b)、(f)項は「サービスの開始・終了に必要な機能要素」と定義し、(a)、(c)及び(d)項は「サービス情報の提供に必要な機能要素」と定義してサービス別に解説する。ここでは機能要素の抽出内容を説明し、その構成をブロック図で示している。機能構成を示すブロック図の記載は、図 4.1.2-1 の表記説明に従っている。

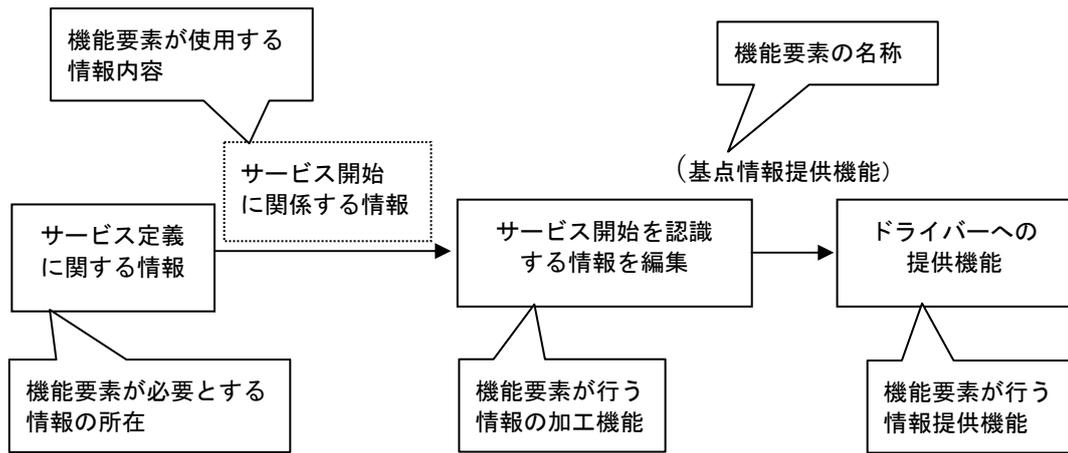


図 4.1.2-1 機能構成図の表記説明

(2) サービスの開始・終了に必要な機能要素

(a) サービスの開始に必要な機能

サービス対象車両は、サービス開始位置（基点）及びサービス情報伝達位置で提供されるサービス内容を認識することで、サービス開始を認識する。この機能を実現する機能要素を以下のように設定した。

(7) 基点位置を認識する機能

サービス対象車両が基点位置を認識しドライバーに提供する機能（基点情報提供機能）

(i) サービス内容を認識する機能

サービス対象車両がサービス内容入手しドライバーに提供する機能（サービス内容提供機能）

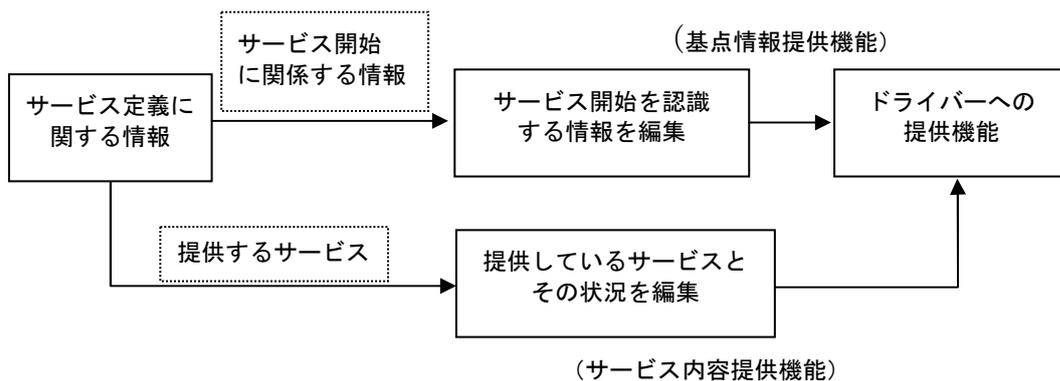


図 4.1.2-2 サービス開始に必要な機能の構成

(b) サービスの終了に必要な機能

サービス対象車両は、サービス開始から積算した自車走行距離がサービス区間距離に達したと判断するとき、サービス終了を認識する。この機能を実現する機能要素を以下のように設定した。

(1) サービス区間距離を認識する機能

サービス対象車両がサービス終了位置を認識しドライバーに提供する機能（サービス終了情報提供機能）

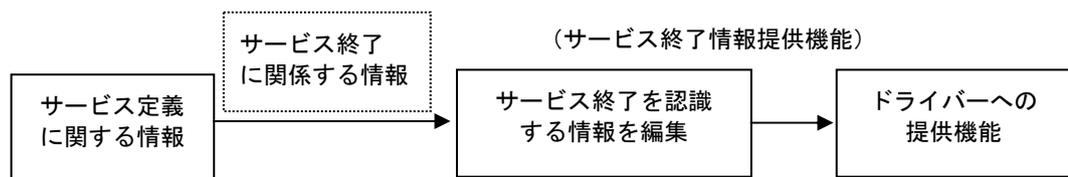


図 4.1.2-3 サービス終了に必要な機能の構成

(3) サービス情報の提供に必要な機能要素

(a) カーブ進入危険防止支援サービス

(1) 道路線形情報を用いてドライバーに情報を提供する機能

本機能は以下の内容で構成した。

- サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

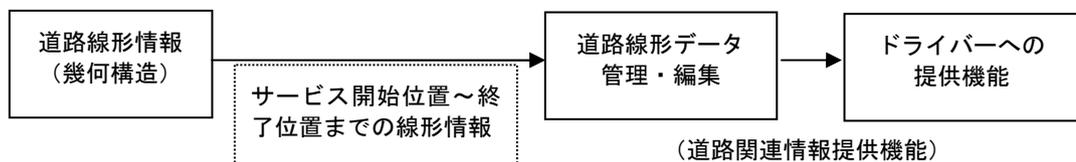


図 4.1.2-4 カーブ進入危険防止支援サービスの構成

(b) 出会い頭衝突防止支援（接近時）サービス

(1) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

- 交差点手前で停止するために必要な前方交差点の停止線位置情報を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（停止線位置情報提供機能）

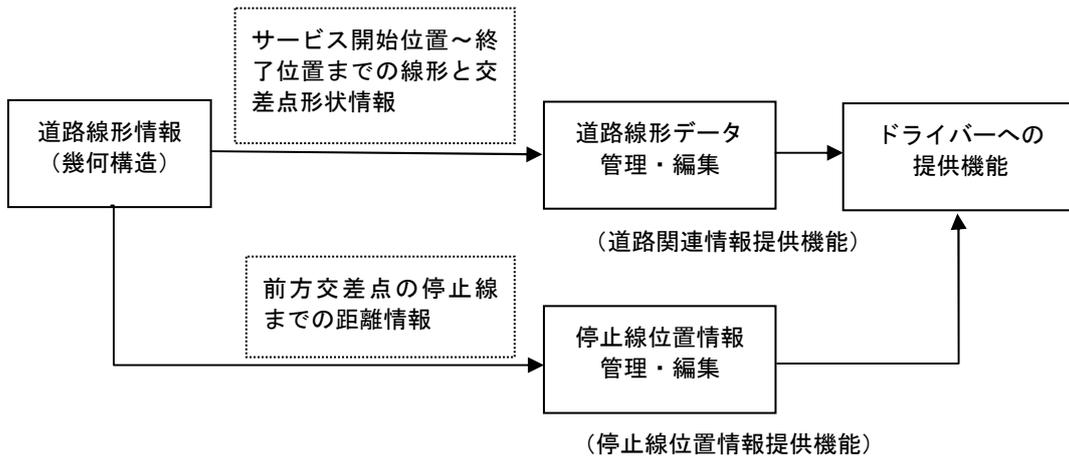


図 4.1.2-5 出会い頭衝突防止支援（接近時）サービスの構成

(c) 出会い頭衝突防止支援（発進時頭出し）サービス

(7) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・ サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

(i) 走行車両等を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・ 交差側の道路を交差点に向かって走行する車両及び歩行者の位置や速度等を検知・把握し、道路上の事象を抽出する機能（道路状況把握機能）
- ・ 交差側の道路を走行する車両及び歩行者の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（交差車両情報提供機能）

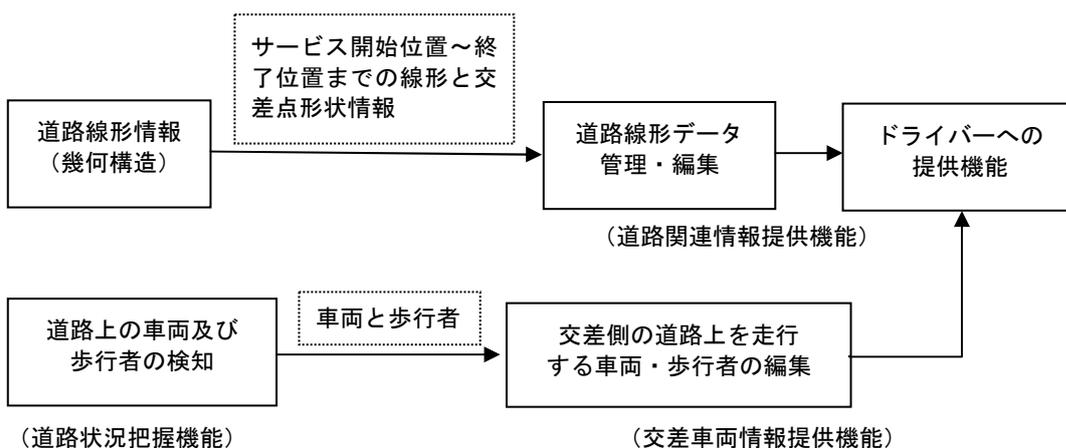


図 4.1.2-6 出会い頭衝突防止支援（発進時頭出し）サービスの構成

(d) 右折衝突防止支援サービス

(ｱ) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

- ・サービス対象車両の交差点進入方向と対向車線の対応付けを管理し提供する機能（サービス方向情報提供機能）

(ｲ) 走行車両等を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・対向する道路を交差点に向かって走行する車両の位置や速度等を検知・把握し、道路上の事象を抽出する機能（道路状況把握機能）

- ・対向する道路を走行する車両の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（対向車両情報提供機能）

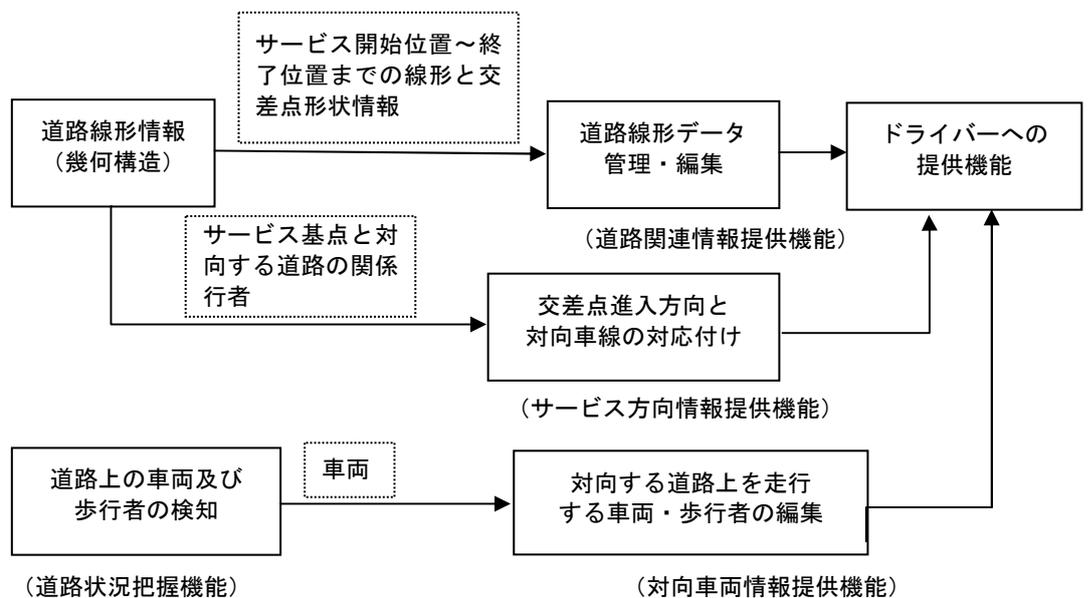


図 4.1.2-7 右折衝突防止支援サービスの構成

(e) 横断歩道歩行者衝突防止支援サービス

(ｱ) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

- ・サービス対象車両の交差点進入方向と横断歩道の対応付けを管理し提供する機能（サービス方向情報提供機能）

(ｲ) 歩行者を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

- ・横断歩道上及びその周辺の歩行者を検出・把握し、横断歩道上及びその周辺の歩行者を抽出する機能（道路状況把握機能）
- ・歩行者の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（横断歩行者情報提供機能）

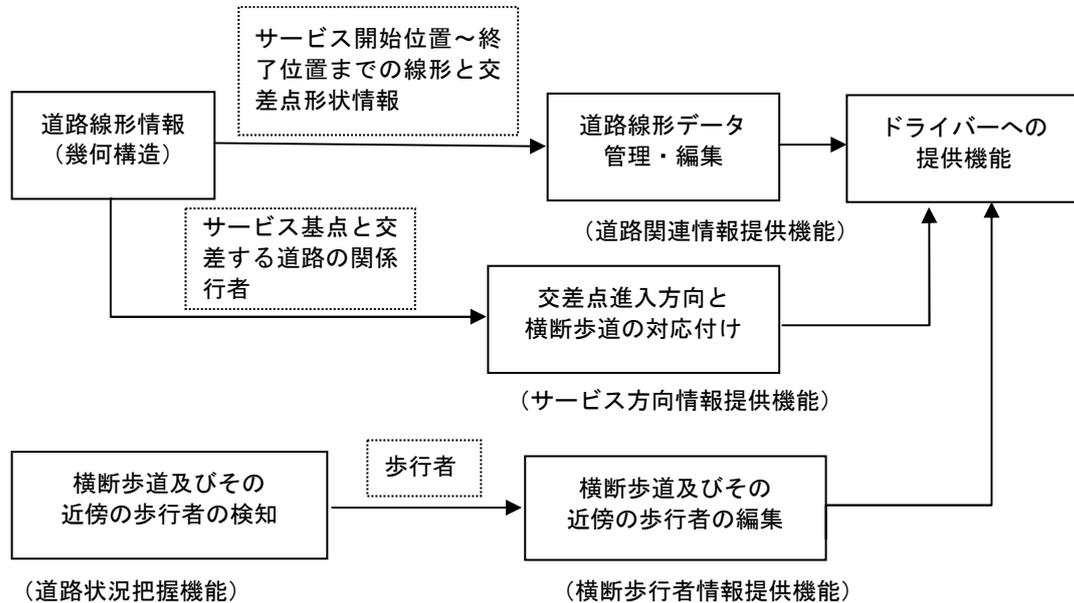


図 4.1.2-8 横断歩道歩行者衝突防止支援サービスの構成

- (f) 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス
- (7) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能
- ・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）
- (イ) 道路上の障害物を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能
- ・見通しの悪い区間等の障害物を監視し、障害物を抽出する機能（道路状況把握機能）
 - ・抽出した障害物を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（障害物情報提供機能）

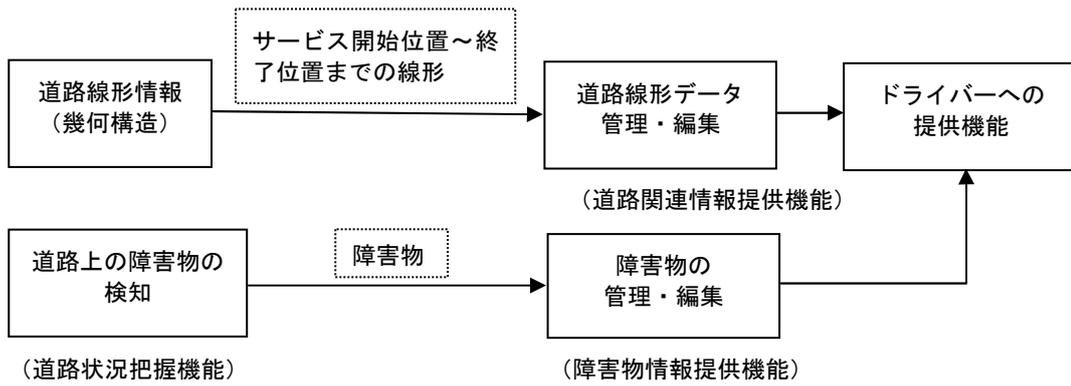


図 4.1.2-9 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスの構成

(g) 路面情報提供支援サービス

(ア) 道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

(イ) 道路路面の状態を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

- ・路面状況が急変する区間の路面状態を監視し、路面状況を抽出する機能（路面状況把握機能）
- ・路面状況情報を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（路面状況情報提供機能）

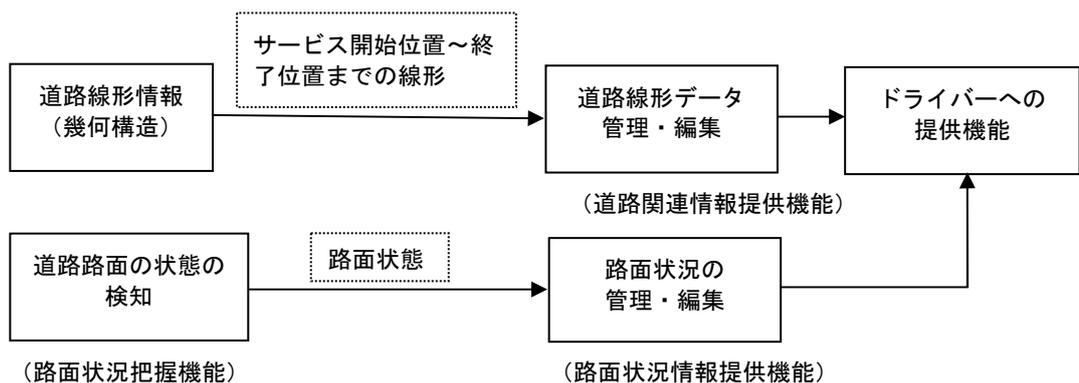


図 4.1.2-10 路面情報提供支援サービスの構成

(4) 物理モデルの策定

(a) 路車機能分担と物理モデル

(ア) 想定する車載器の機能と路車機能分担の考え方

サービス対象車両と路側に配備する AHS 設備（路側の AHS 設

備)は、以下のように機能を分担する。

- ・ドライバの目視や車載センサで検知可能な範囲の事象は車両が担当する。

- ・ドライバや車載センサでは検知できない、あるいは検知が困難な範囲の情報は、路側の AHS 設備が担当する。

- ・路側の AHS 設備が伝達する情報に基づいて、サービス対象車両がドライバに情報を提供する。

サービス対象車両は、路側の AHS 設備から情報を受け、その内容に基づいてドライバに情報提供する。このような動作を実現するサービス対象車両に搭載される車載器の機能を想定し、路車間の機能分担を検討・設定した。

(i) 想定する車載器の機能

① 情報提供手段

サービス対象車両がドライバに情報提供するときの手段として、以下の装置を想定した。

- ・文字や図形を表示することでドライバの視覚に訴える表示装置
- ・音声を用いてドライバの聴覚に訴える音声出力装置

② 情報提供形態

路側の AHS 設備との関係においてドライバが勘違いしないように、以下の情報提供形態を採用した。

- ・路側の AHS 設備が正常のとき、サービス対象車両はサービス開始からサービス終了までサービス提供状態であることをドライバに知らせる。

- ・路側の AHS 設備が提供対象事象を検知したとき、サービス対象車両はドライバに事象に基づく情報を提供する。

- ・路側の AHS 設備が異常状態のとき、サービス対象車両はドライバにサービス停止中である旨を知らせる。

- ・サービス対象車両の車載器が異常状態のとき、サービス対象車両は自車両の異常をドライバに知らせる。

③ 情報提供内容

サービス対象車両は、路側の AHS 設備が伝達した情報に基づいて、ドライバの速やかな認知・判断を助ける情報を提供することを想定した。

(ii) 路車機能分担の検討

路側の AHS 設備とサービス対象車両が得意とする内容、不得意とする内容を検討し、その結果を基に機能を分担した。

① 路側の AHS 設備とサービス対象車両の機能比較

路側の AHS 設備とサービス対象車両の機能について、事象検出機能、事象判断機能、情報提供機能の 3 点から比較した内容を表

4.1.2-1 に示す。

表 4.1.2-1 路車の機能比較

機能	項目	路側の AHS 設備	サービス対象車両
事象検出	車両の近傍	検知対象範囲は可能	常時可能
	車両から見えない箇所	検知対象範囲は可能	不可能
	事象検出箇所	監視設備を設置した箇所 で可能	車両が走行する全ての道路 で可能
事象判断	他情報と合わせた事象 評価	事象検出箇所や他の情報 を合わせた評価が可能	自車両が検出した情報と路 側の AHS 設備から入手した 情報を合わせた評価が可能
	情報処理できるデータ 量	設置制約が基本的になく、 処理能力は十分確保可能	設置制約があり、処理能力 の確保に制約有り
	自車両挙動を含めた判 断処理	車両の挙動状態を含めた 判断は不可能	自車両の挙動状態と合わせ た判断が可能
情報提供	ドライバへの情報提供 特性	全てのサービス対象車両 に対し、同一情報を提供	自車両の挙動に合わせた最 適な情報提供が可能

(1) AHS の物理モデル

AHS サービスを提供するために必要な物理モデル（設備）は、路側の AHS 設備である 4 つの設備とサービス対象車両の合計 5 つである。

- ・道路状況把握設備
- ・路面状況把握設備
- ・路側処理設備
- ・路車間通信設備
- ・サービス対象車両

(i) AHS に必要な機能の物理モデルへの展開

AHS に必要な機能（事象検出機能、事象判断機能、情報提供機能）を実現する物理モデルを以下のように設定した。

① 事象検出機能

事象検出機能は、道路状況把握機能と路面状況把握機能で構成する。道路状況把握機能は、サービスの対象となる道路部位を監視し、サービスの対象事象である車両、障害物、歩行者を検出する。路面状況把握機能は、路面状態を検出する。

これら 2 つの機能には関連性がないことから、各々独立した物理モデルを設定する。道路状況把握機能は道路状況把握設備に設定し、路面状況把握機能は路面状況把握設備に設定した。

② 事象判断機能

事象判断機能は、サービスの提供に必要な情報（道路線形情報、サービス内容等）を管理し、事象検出機能で検知した情報をもとにサービス対象車両へ提供するサービス情報を編集・作成する機能で

ある。本機能は、路側処理設備に設定した。

③ 情報提供機能

情報提供機能は、事象判断機能で編集・作成した情報を、サービス対象車両に伝達しドライバに提供する機能である。路側処理設備とサービス対象車両は物理的に接続されていないため、無線通信技術を用いた路車間通信設備で接続する。

本機能は、路側の AHS 設備からサービス対象車両への情報伝達を実現する路車間通信設備と、伝達された情報に基づき情報を提供するサービス対象車両に設定した。

④ 路側の AHS 設備とサービス対象車両の分担

論理モデルでは、路側の AHS 設備とサービス対象車両を含めた機能要素を定義した。物理モデルでは、「(7) 想定する車載器の機能と路車機能分担の考え方」で規定した路車機能分担の原則に従い、サービス対象車両が分担する機能の定義が必要である。論理モデルとして定義した機能要素の中で、サービス対象車両が分担する情報提供に関連する機能要素とサービス対象車両の物理機能の関係を以下のように設定した。

- ・「基点情報提供機能」と「サービス内容提供機能」は、サービスの開始を認識する機能であることから「サービス開始機能」に割付けた。
- ・「サービス終了情報提供機能」は、サービスの終了を認識する機能であることから「サービス終了機能」に割付けた。
- ・「道路関連情報提供機能」、「停止線位置情報提供機能」、「交差車両情報提供機能」、「対向車両情報提供機能」、「障害物情報提供機能」、「サービス方向情報提供機能」、「道路状況情報提供機能」、「横断歩行者情報提供機能」、「路面状況情報提供機能」は、ドライバに提供する情報を作成し提供する機能であることから「提供情報作成機能」と「情報提供機能」に割付けた。
- ・論理モデルには設定されていないが、サービス対象車両で提供情報を作成するときに自車両の状態が必要となる。このために、自車両の状態を認識する機能として「車両走行状態把握機能」を設定する。

論理モデルで定義した「・・・提供機能」は、路側の AHS 設備とサービス対象車両で機能分担しサービス対象車両の機能は上記により定義した。これに対応して路側の AHS 設備が実現する機能名称を「・・・管理機能」とした。

(ii) 物理モデルの構成

物理モデルとして設定した、道路状況把握設備、路面状況把握設備、路側処理設備、路車間通信設備の具体的な設備構成の考え方と機能分担の考え方を以下に解説する。

① 設備構成の考え方

路側の AHS 設備がその機能を実現するために、各機能を実行する時間的な要求には大きな違いがある。例えば、可視カメラ式センサを用いた道路状況の把握はカメラ映像を取り扱う関係でフレーム時間 1/30s の周期が要求される。一方、路側処理設備は路側の AHS 設備の情報処理周期である 100ms の周期が要求される。

一般に、設備構成を検討する一つのポイントとして「処理周期を揃える」がある。これは、個々の処理周期が異なることで発生する各処理の動作タイミングのズレによる不測の事態（情報処理の不具合）の発生を未然に防止する。つまり、安全性・信頼性の確保に寄与することになる。

また、個々の機能を実現するハードウェア装置について、技術の進歩に追随することを確保しなければならない。

以上の検討から、路側の AHS 設備は一つの設備で構成せず、複数の設備で構成する形を採用した。

② 機能分担の考え方

機能分担は、上記により設定した複数の設備で実現する情報処理の機能をどう分担するかがテーマとなる。

a. 道路状況把握設備と路側処理設備の機能分担

道路状況把握機能は、道路上をセンシングしそこで発生している事象を検出・把握する。道路状況把握機能はセンシングから事象検知機能までの機能を道路状況把握機能が分担する形とした。

b. 路面状況把握設備と路側処理設備の機能分担

路面状況把握機能は、道路上をセンシングし 0.5m×0.5m の単位で路面状況を検知し、そのメッシュデータを統合して 0.5m×車線幅の単位で路面状況を認識・把握するものである。路面状況把握機能はセンシングからメッシュデータ統合機能までの機能を路面状況把握機能が分担する形とした。

c. 路車間通信設備と路側処理設備の機能分担

路車間通信設備は、道路脇に設置し電波の送受信を行う空中線（アンテナ）と空中線を介して路側の AHS 設備とサービス対象車両間の情報交換を行うものである。

路車間通信設備は路側の AHS 設備とサービス対象車両の間で行うデータ送受信の機能を受け持ち、路側処理設備はサービス対象車両と送受信するデータの受け渡しを受け持つ形とした。

検討整理した物理モデルの構成を以下の図に示す。

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

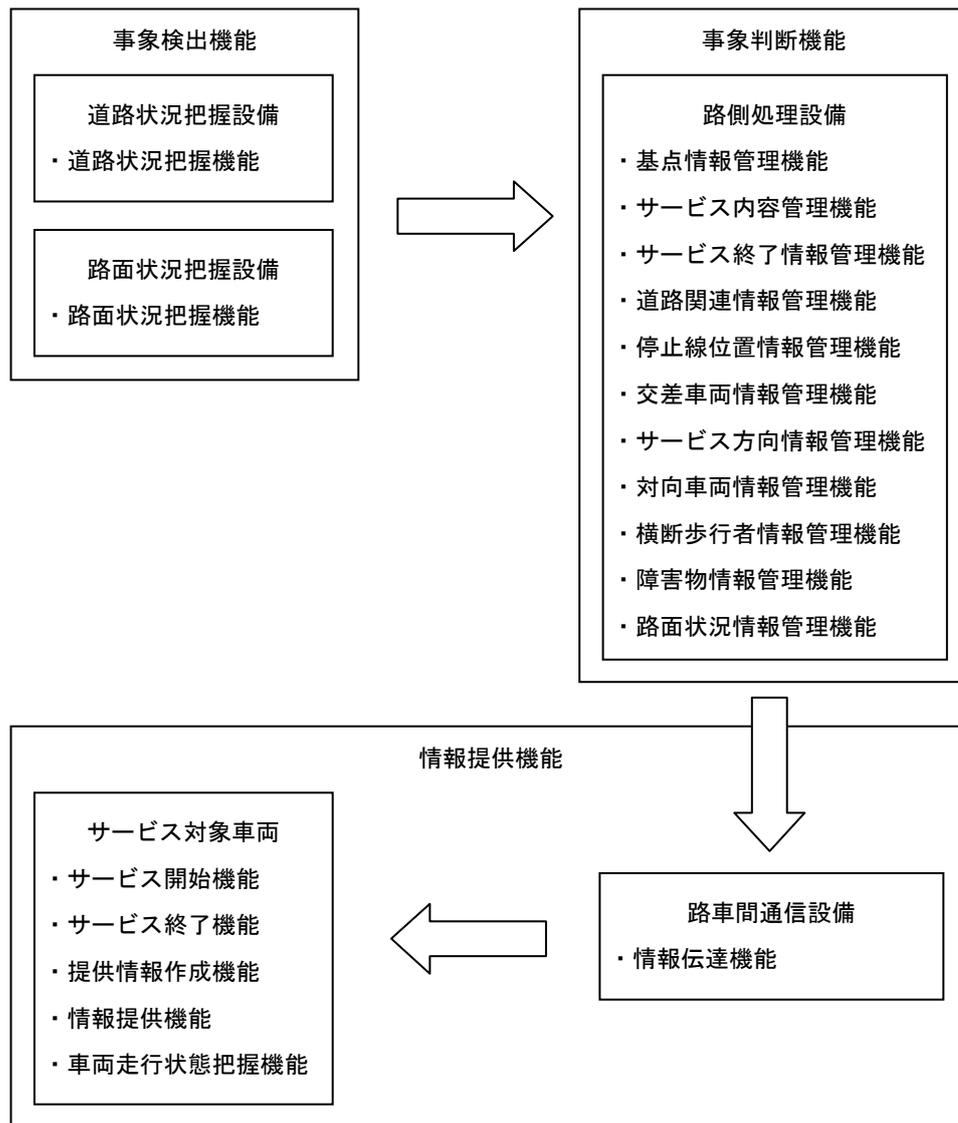


図 4.1.2-11 物理モデルの構成

4.1.2.2 AHSサービスの設計条件

AHS アーキテクチャの策定を受け、実際の設計に適用する条件を以下のように設定した。

(1) 気象条件

AHSサービスを提供する気象条件を、以下のように定めた。

- ・風速：25m/s 以下
- ・雨量：50mm/h 以下
- ・視程：50m以上（ただし、視程障害多発地域以外では200m以上とする）

(2) 提供時間

昼夜24時間を通じたサービス提供を基本とする。

(3) 情報提供・反応時間

車両がドライバーに情報の提供を開始してからドライバーが反応を開始

するまでの時間を「情報提供・反応時間」と定義し、これを5秒と設定した。

(4) 提供する事象と伝達情報の精度

AHSが提供する事象と伝達情報の精度を以下のように設定した。

(a) 道路状況の提供

車道上の事象として、停止車両、低速車両、渋滞末尾を提供する。

(b) 路面状況の提供

車道の路面の状態として、乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の5状態を提供する。

(c) 路側のAHS設備から車両に伝達する情報の精度

① 道路の形状等を表現する静的な情報の精度

測定点の精度は地図情報から入手する情報の精度を適用し、標準偏差25cm以内とした。

② 車両位置、走行速度等を表現する動的な情報の精度

道路状況把握設備の性能及び安全システムとしての要求精度等を考慮し、動的な情報の精度を以下のように定めた。

- ・車両等の位置：縦方向±5m、横方向±1m
- ・車両等の速度：±10%

(d) 路側のAHS設備を認識することによる車両での位置認識精度

① 基点位置認識精度

車両が認識する基点位置は、基点DSRCとの交信が確立した位置である。この位置精度は設定位置に対して±5mとした。

② 位置補正位置認識精度

車両が認識する位置補正位置は、位置補正用情報DSRCとの交信が確立した位置である。この位置精度は、設定位置に対して±5mとした。

(5) 路側のAHS設備の動作時間

路側のAHS設備の動作時間を300msに設定した。全体の動作時間の目標値として設定した300msを、路側のAHS設備を構成する要素の各設備に以下のように配分した。

- ・情報収集センサ設備：100ms
- ・路側処理設備：100ms
- ・路車間通信設備：100ms

4.1.3 安全性・信頼性の設定に関する調査

走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考として、既存の高信頼性情報システムにおける安全性・信頼性の確保に係る考え方について整理を行った。また、国際安全規格等の定義や安全水準を整理し、走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考とした。

4 章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

更に、一般的な安全性・信頼性解析手法について整理を行った上で、FTA の評価を各システム構成機器に対して実施した。

4.1.3.1 AHS の安全性・信頼性の定義と対応する指標

(1) AHS の安全性・信頼性の定義

JIS B9705-1 の安全性・信頼性の定義と照らし合わせ、AHS の安全性・信頼性の定義を表 4.1.3-1 に示すように行った。

表 4.1.3-1 AHS と JIS における安全性・信頼性の定義

	JIS(JIS B 9705-1)	走行支援システム
安全性の定義	取扱説明書で特に指定した“意図する使用”の条件下で、傷害または健康傷害を引き起こすことなしに、機械がその機能を果たす能力。	想定された走行条件のもとで、ドライバに危険な状態を引き起こすような情報提供をすることなしに、走行支援システムがその機能を果たす能力。
信頼性の定義	機械、構成部分または設備が特定の条件のもとで、ある定められた期間にわたって故障せずに所要の機能を果たす能力。	走行支援システムがサービスを提供すべき時間内(一般車両が通行可能な時間)にわたって、故障せずに所要のサービス(危険な状態の有無の情報やシステムの動作状態の情報)を提供する能力。

(2) AHS の故障の分類

走行システムの故障は、故障したことが検出できる「安全な故障」と故障したことが検出できない「危険な故障」に分類することができる。AHS における安全な故障と危険な故障の定義を表 4.1.3-2 に示す。

また、それぞれの一例を表の中に示す。

表 4.1.3-2 AHS システムの故障の分類

AHS システムの故障	定義
安全な故障	発生したことを検出することが可能であり、かつドライバに対して発生したことを通知することが可能な故障。ドライバは故障の発生を認識し、何らかの対処をすることにより危険な状態に陥ることを避けることができる。
危険な故障	発生したことをドライバに対して通知することができない、あるいは通知が間に合わない故障。ドライバは故障の発生を認識できず、対処をすることができないため、危険な状態に陥る。

4.1.3.2 単路系システムの安全性・信頼性

4.1.3.2.1 単路系 AHS システムの安全性・信頼性に関する共通の基本的考え方

(1) 基本的考え方

単路系 AHS システムの安全性・信頼性に関して共通する基本的考え方を以下に示す。

(a) 単路系 AHS システムの基本的構成は、

- ①センサ装置

- ②路側処理装置
- ③路車間通信装置
- ④路面情報板

の組み合わせであり、②路側処理装置と③路車間通信装置とは各システムにおいて共通の仕様である。

- (b) 単路系 AHS システムとして、今回実道実験を実施する次の 5 システムを考える。
 - ①前方停止・低速車両情報提供支援システム
 - ②前方停止・低速車両情報提供インフラ単独システム
 - ③路面情報提供支援システム
 - ④路面情報提供インフラ単独システム
 - ⑤カーブ進入危険防止支援システム
- (c) 各システムの機能と性能はシステム設計リクワイアメント（例：AHS/ASV 共同定義書など）により定義されている。
- (d) 使用される言葉の定義を行う。
- (e) インフラシステムの 14 状態を定義する。
- (f) 安全性・信頼性目標値の設定は次の手順で行う。
 - (f) 適用するシステムの構成と機能、性能を明確にする。
 - (i) インフラシステムの 14 状態に照らして危険側故障を定義する。
 - (j) 定義した危険側故障の発生確率を推定する。（実験データ、シミュレーション、文献や実績データなどを使用する）
 - (k) 危険側故障を低減する対策を検討する。検討した対策が技術的にも、経済的にも実現可能なレベルかどうか評価する。
安全側故障（危険な状態がないのに、有ると言う情報を出す）も頻発するとシステムへの信頼を損なうので、極力小さくする。
 - (l) サービス断念、故障時間、保守時間などから稼働率を評価する。
 - (m) 実現可能としたレベルが、例えば SIL1 のレベル（安全度×サービス稼働率 ≥ 0.9 ）を満足しているとか、前例があるシステムと同程度のレベルであるとか、社会的に許容されているシステムのレベルを満たしているかを確かめる。
 - (n) 目標値を設定する。
 - (o) システムが設置される場所で、最も事故が多い環境条件でも安全度とサービス稼働率が許容レベルを満たしていることを確認する。
 - (p) 残るリスク対策を提案する。
 - (q) 実験検証方法を定める。

4.1.3.2.2 路車協調システムの安全性・信頼性

単路系の路車協調システムとしては以下に示す 3 つのシステムである。

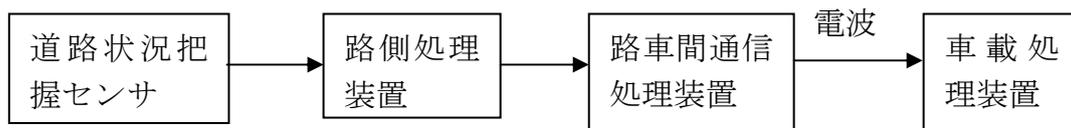


図 4.1.3-1 前方停止・低速車両情報提供支援システム構成

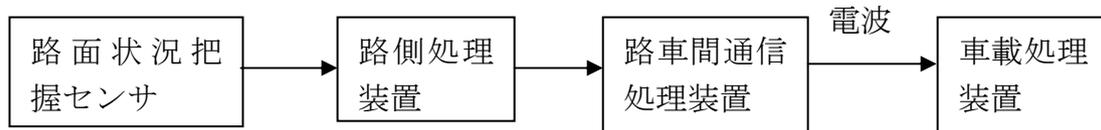


図 4.1.3-2 路面情報提供支援システム構成

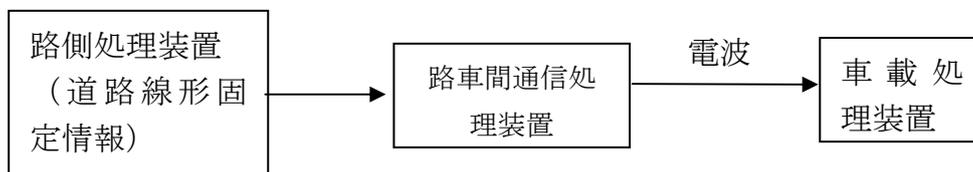


図 4.1.3-3 カーブ進入危険防止支援システム構成

以上の3システムでは、安全性・信頼性から見れば路側処理装置、路車間通信処理装置、(車載処理装置)は共通のものとみなされる。したがって、それらの違いはセンサの違いとセンサの有無である。

4.1.3.2.3 前方停止・低速車両情報提供支援システムの安全性・信頼性

(1) 危険側故障の特定と発生原因

本システムにおける危険側故障は、道路状況センサの未検出、機器構成やシステムの機械的故障、電波の遮断である。

(a) 道路状況センサの未検出

停止・低速車両の検出ができなくて、停止・低速車両があるにもかかわらずそのような車両はないという出力をだす。道路状況把握センサが停止・低速車両を検出できない原因は、主として道路の環境条件に左右される。

(b) 構成機器やシステムの機械的故障

ユーザに対する危険な状態は、故障発生とその故障状態が車両・ドライバに伝わらない状態が重なった時に発生する。

単路では、通信装置が故障して電波を発信することができないときにシステムの故障状態が車両側に伝わらないときである。通信装置のMTBFは2.08E+4時間、MTTRは12時間である。これらから、年間平均故障回数は0.4回、故障修理中時間は5時間になる。したがって、

AHS の機械の故障による危険側故障確率は $6E-4(5h \div 8760h)$ で、きわめて小さいと言える。

注： MTBF; Mean Time Between Failure 平均故障間隔
MTTR ; Mean Time To Repair 平均修理時間

下表に示す、システムを構成する機器の MTBF、MTTR は、従来から実績のある類似システムから類推した数字である。

表 4.1.3-3 機器の MTBF 等

機器装置	MTBF (H)	年間故障回数 (回/年)	MTTR (H)	修理中時間(H)	保守休止時間(H)
センサ	9.01E+3	1.0	6	5.8	6
路側処理装置	1.75E+4	0.5	12	6	8
通信装置	2.08E+4	0.4	12	5	0.2
システム全体	4.63E+3	1.9	12	16.8	14.2

注：各 MTBF、MTTR、故障修理中時間などとの関係は次のようである。

$$1/\text{MTBF}(\text{システム}) = 1/\text{MTBF}(\text{センサ}) + 1/\text{MTBF}(\text{路側装置}) + 1/\text{MTBF}(\text{通信装置})$$

$$\text{年間故障回数} = 8760 / \text{MTBF}$$

$$\text{故障修理中時間} = \text{年間故障回数} \times \text{MTTR}$$

(c) 電波の遮断

シャドウイングの発生確率をシミュレーションで算定した。

3車線で、アンテナ高さ 8m、平均時速 100km/h の自由流、大型車の混入率 80%としたときの各車線でのシャドウイング率をシミュレーションした。その結果から、危険側故障の確率に、最も支配的な要因はセンサの危険側誤検出・未検出率であり、センサの誤検出・未検出率対策を行うことが重要であることがわかった。

表 4.1.3-4 シャドウイングのシミュレーション条件

i) シミュレーションモデル				
3 車線の自動車専用道路				
自由流で 平均速度:100km/h				
車両は各車線の中央を走行				
大型車の混入率: 約 80%				
ii) 通信条件				
通信領域:幅 3 車線、長さ 30m				
アンテナ高さ:8m、第 1 車線の端に配置				
普通車と大型車の車線毎台数配分 (台数)				
	車線 1	車線 2	車線 3	計
普通車	217	897	2602	3716
大型車	1452	3374	1547	6376
総車両	1669	4271	4149	10089

全く通信できない普通車は、第 1 車線、第 2 車線では 0%で、第 3 車線で 4.7%あった。

走行車両が、車線中央から両側に偏って走行する場合、平均的には、中心から偏る距離に比例して減少する。第 2 車線で、0.12%の車両で通信が途絶える。

表 4.1.3-5 シミュレーション結果 (シャドウイングの発生頻度 (車数比))

	車線 1	車線 2	車線 3	計	計(比率)
普通車台数	217	897	2602	3716	1.000
シャドウイングなし	217	896	2201	3314	0.892
部分的通信可能	0	1	226	227	0.061
通信時間=0	0	0	175	175	0.047

(2) 道路状況把握センサの未検出対策案の考え方

道路状況把握センサの未検出による、危険側故障の安全対策としては次のようなものが考えられる。

- ・ センサのハード、ソフトの改善による性能向上
- ・ センサフュージョンによる性能向上
- ・ 安全側判断 (フェールセーフ)
- ・ センサの設置環境の改善
- ・ 環境に対する性能限界でのサービス断念

サービス断念を行うと、サービス稼働率が低下して、システムに対するユーザの信頼感を損なうおそれがあるので、多用は出来ない。

図 4.1.3-4 に、安全度とサービス稼働率との関係を示す。

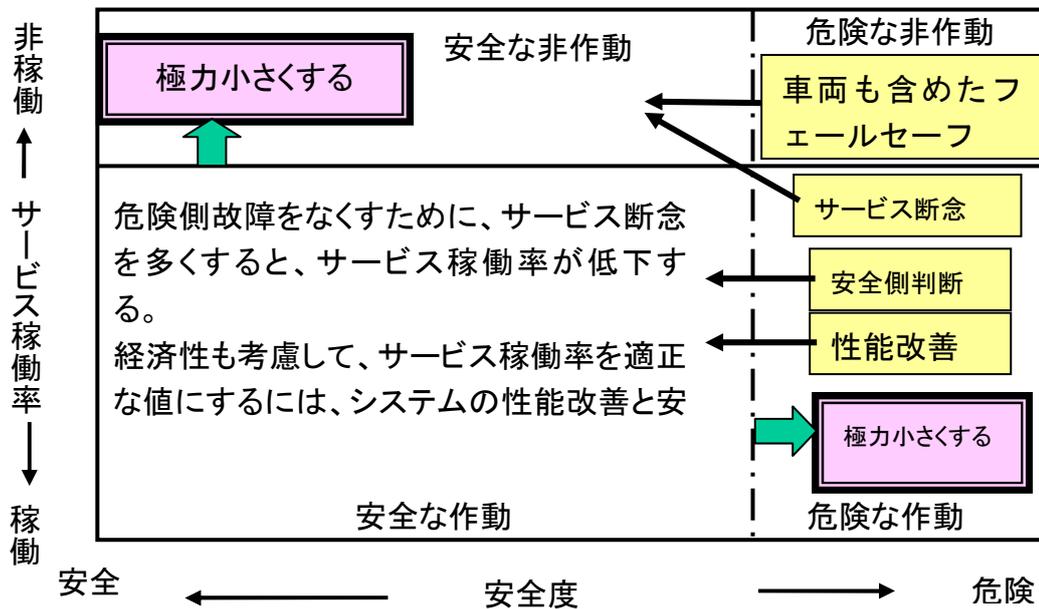


図 4.1.3-4 安全度と稼働率の関係

図において、危険側作動領域を小さくして、安全側作動領域を大きくしようとする、性能改善と安全側判断（フェールセーフ）を行うのがよい。

危険側作動領域の一部を断念すれば、安全度は高まるが、安全側非作動領域が大きくなり、非稼働時間が増加して、サービス稼働率が低下する。

究明した道路状況把握センサの検出率を低下させる原因に対し、次の対策を行い、対策後の未検出割合を評価した。

- ・可視センサのみを使用した対策
- ・上記に加えてセンサフェージョンによる対策

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

(a) 可視センサのみを使用した対策

表 4.1.3-6 可視センサのみを使用した対策

No	問題となる事象	未検出割合	対策	対策後の未検出割合	備考
1	樹木などの縞模様の影で、車両が検出または追跡できない。	1.00%	a) 晴れの日で、影ができる時間帯はサービス停止。	a) 0.05%	a) 1日2時間、晴れの日が100日とすると稼働率が、2.3%低下する。
			b) 既存センサ(ループ、超音波)を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	b) 0.15%	b) センサコストが約1.3倍、a)ほどではないが、稼働率低下あり
2	西日がカメラに直接はいる検出できない。	0.22%	c) 晴れの日で、西日がある時間帯はサービス停止。	c) 0.02%	c) 1日0.5時間、晴れの日が100日とすると稼働率が、0.6%低下する。
			d)ハウジング、フードの改善、設置位置の工夫などでの改善。	d) 0.07%	
			e) 既存センサ(ループ、超音波)を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	e) 0.07%	e) センサコストが約1.3倍、c)ほどではないが稼働率低下あり
3	薄暮、夜間での照度が不足し、コントラスト不足	1.39%	f) 照明設備を増強して照度を上げる。	f) 0.19%	f) 設備コスト増となる
			g) 既存センサ(ループ、超音波)を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	g) 0.39%	g) センサコストが約1.3倍、稼働率低下あり
4	雨によるコントラスト不足、視程の不足	0.78%	h) 雨量計を併用し、強い雨では、サービス停止。	h) 0.23%	h) 稼働率が0.3%低下する
			i) 既存センサ(ループ、超音波)を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	i) 0.08%	i) センサコストが約1.3倍、稼働率低下あり
5	車両と道路とのコントラスト不足	0.02%	j) 既存センサ(ループ、超音波)を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	j) 0.00%	j) センサコストが約1.3倍、稼働率低下あり
	未検出合計 検出率	3.41% 96.59%		検出率 99.16% ~ 99.66%	

既存センサの併用と照明設備の増強などの対策で、検出率 99%を超える

(b) さらにセンサフュージョンによる対策を行う場合

表 4.1.3-7 センサフュージョンによる対策も行った場合

No	問題となる事象	未検出割合	対策	対策後の未検出割合	備考
1	樹木などの縞模様 の影で、車両が 検出または追跡 できない。	1.00%	a) 赤外センサやミ リ波センサとのフ ュージョン	a) 0.05%	a) センサコストが 約 2.2 倍
2	西日がカメラに 直接はいる検出 できない。	0.22%	b) 赤外センサやミ リ波センサとのフ ュージョン	b) 0.01%	b) センサコストが 約 2.2 倍
3	薄暮、夜間での 照度が不足し、 コントラスト不足	1.39%	c) 赤外センサやミ リ波センサとのフ ュージョン	c) 0.04%	c) センサコストが 約 2.2 倍
			d) 赤外センサやミ リ波センサとのフ ュージョンと照 明設備の増強	d) 0.01%	d) センサコストが 約 2.2 倍および 照明設備コスト 増となる
4	雨によるコントラ スト不足、視程 の不足	0.78%	e) センサの数を増やし、 センサ 1 個当たりの検 出範囲を狭める	e) 0.02%	e) センサコストが 約 2 倍
			f) センサの検出範囲を狭 めたうえに、既存センサ (ループ、超音波)を併 用して、可視センサの エラー時にサービス停 止。	f) 0.00%	g) センサコストが 約 2.3 倍
5	車両と道路との コントラスト不足	0.02%	g) 赤外センサやミ リ波センサとのフ ュージョン	g) 0.00%	g) センサコストが約 2 倍
	未検出合計 検出率	3.41% 96.59 %		検出率 99.9 %~99.93 %	

* センサフュージョンによる対策：可視センサでは、明暗のコントラストで車両を判断するが、コントラストが低いとき、赤外センサは温度差で検出しているため、車両と路面の温度差があれば、検出できる。また、ミリ波レーダは、電波の反射で車両を検出するので、明暗のコントラストや温度差がないときでも検出できる。

結果として、未対策の場合、対策を行った場合のセンサ検出率は、表 4.1.3-8 の通りとなる。

表 4.1.3-8 対策前後のセンサの検出率のまとめ

	未対策	(a) 可視センサのみを 使用した対策	(b) (a)にセンサフュ ージョンを加えた対策
センサ検出率	96.59%	99.16~99.66%	99.9%~99.93%

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

(3) 稼働率の考え方

システム稼働率は、システムが故障して修理が完了するまでの故障中時間と定期的な保守点検時間を、情報を提供すべき時間から差し引いた時間の情報を提供すべき時間に対する割合である。

また、サービス稼働率は、上記システムの故障時間と保守点検時間とシステムが情報提供を断念した時間を、情報を提供すべき時間から差し引いた時間の情報を提供すべき時間に対する割合である。

システムが情報提供を断念する時間はセンサの検出限界で生じる。年間のシステムの故障時間と保守点検時間は、類似システムの実績値から次のように推測できる。

前方停止・低速車両情報提供システムでは、路側表示板を除いて、サービス断念時間 278 時間、故障時間 16.8 時間、保守点検時間 14.2 時間である。

表 4.1.3-9 システム構成機器のサービス休止時間

装置機器	サービス断念時間	故障修理中時間	保守点検時間
センサ	278 時間	5.8 時間	6 時間
路側処理装置	0 時間	6 時間	8 時間
通信装置	0 時間	5 時間	0.2 時間
システム全体	278 時間	16.8 時間	14.2 時間

1 年間の情報提供時間は 24 時間 x365 日 = 8760 時間である。

注: 故障修理中時間、保守点検時間は 機械故障の項を参照。

サービス断念時間は以下のように推定した。

- (a) 朝日や夕日で樹木などの縞模様の影が出来る時間が 1 日 2 時間で、晴れの日が年間 100 日として 200 時間
 - (b) 直射日光がカメラに入り断念する時間が 1 日 0.5 時間で晴れの日が 100 日で 50 時間
 - (c) 30mm/以上の大雨や夕方に照明が点灯される直前の時間などその他を合わせて 28 時間として全体で 278 時間と見積もった。
- (4) 実証実験システムの安全度、稼働率の仮目標設定
- (a) 安全度
 - ・ センサの未検出率は 4%未満で安全度 96%
 - ・ 路車間通信装置のシャドウイングは多く見積もって 1%未満だから安全度は 99.1%
 - ・ 路側処理装置の危険側機械故障は限りなく 0 に近いので、安全度は 99.9%とした。

- (b) システム稼働率
- それぞれの機器設備で、年間 8760 時間から故障修理中時間と保守休止時間を差し引いた時間の年間 8760 時間に対する割合を算出した。
 - 個別の構成設備の稼働率は4桁目以下を切り捨てているので、システム全体は各設備のシステム稼働率の積から求めると誤差が大きくなるので、システム全体の故障修理中時間、保守休止時間から算出した。
- (c) サービス稼働率
- センサはサービス断念時間 278 時間が主因で 96.5%とした。
 - 路車間通信装置はシャドウイングそのものの時間は短いがサービスすべき時の時間欠損として考えて、安全度と同じ 99.1%とした。
- (d) 安全度水準
- この目標値は安全度 95%以上、サービス稼働率 95%以上であり、安全度×サービス稼働率 $\geq 90\%$ で安全度水準 (SIL) 1 を満たしており、社会的にも許容できるレベルと考える。

表 4.1.3-10 安全性・信頼性目標値

	安全度	システム稼働率	サービス稼働率
システム全体	95%以上	99%以上	95%以上
センサ設備	96%以上	99.8%以上	96.1%以上
路車間通信設備	99.1%以上	99.9%以上	99.1%以上
路側処理設備	99.9%以上	99.8%以上	99.8%以上

(5) 残るリスクに対する対策案

(a) 人間系まで含んだ対策

例えば、道路状況把握センサの未検出の場合、危険な状態があるにも係わらず、ドライバに情報が伝わらないことがあり、ドライバがシステムに依存していることにより、システム導入前より危険になる恐れがある。同様に、電波の遮断の場合にも、システムが正常に稼働しているか否かドライバにわからないため、危険の有無をドライバに認識させることが必要である。

システム導入箇所は、事故多発地点であることが想定されるため、危険な状態の有無に係わらず慎重運転を促す情報を提供する対策が有効であると考えられる。

以降では、危険な状態の有無に係わらず慎重運転を促す情報を提供する対策について検討する。

(7) JARI のドライビングシミュレータでの実験

JARI のドライビングシミュレータを用いて、停止車両が見える

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

直前の表示内容による平均速度の変化に関する実験が行われている。その実験条件を図 4.1.3-5 に示す。実験結果は図 4.1.3-6 に示すとおりであり、「停止者あり」の表示では平均速度を大きく下げることが明らかになった。また、「この先カーブ」のような慎重運転を促す表示によっても、平均速度を下げる効果があることがわかった。

- 実験条件：
- (ア) 250R のカーブで、80m 手前に来なければ見えない所に停止、車両を置く（ない場合もある）。
 - (イ) 直線部分では、120km/h で走行し、カーブの部分はドライバーの判断で走行する。
 - (ウ) 情報は、車内と路側表示板の組合せで出す。
 - (エ) 被験者は 20 人。
 - (オ) 情報は、
 - (i) 表示を出さない
 - (ii) 「停止車あり」の情報提供
 - (iii) 「この先カーブ」の情報提供

図 4.1.3-5 実験条件

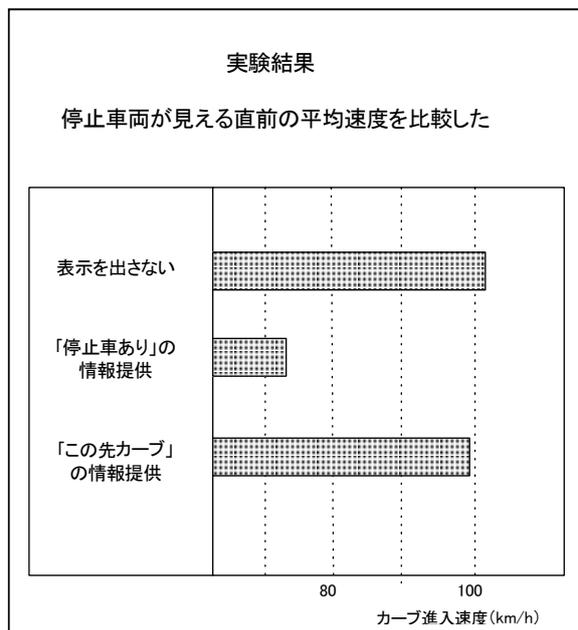


図 4.1.3-6 実験結果

(1) 慎重運転を促す情報提供の効果

JARI のドライビングシミュレータの実験結果より、慎重運転を促す情報提供で、カーブ進入時の車両速度が図 4.1.3-7 のように抑制されると考えられる。

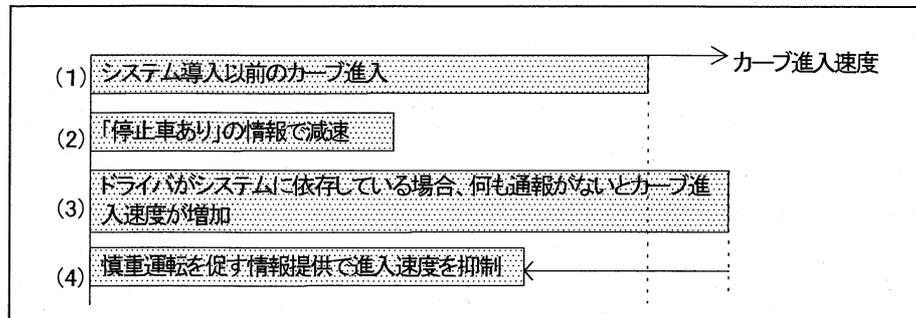


図 4.1.3-7 慎重運転を促す表示の効果

JARI の実験から、慎重運転を促す何らかの運転注意表示を行うことにより、カーブ進入速度を抑制する可能性があることが分かった。この表示をさらに効果的にするためには、情報の与え方等を検討する必要がある。

(ウ) 具体的な対策案

停車車両があるにも係らず道路センサ未検出のために、無表示であると、ドライバーが停車車両の発見をするのが遅れ、危険である。道路センサ未検出の場合に、慎重運転を促す表示を行うことで、その危険性が軽減できると予想される。

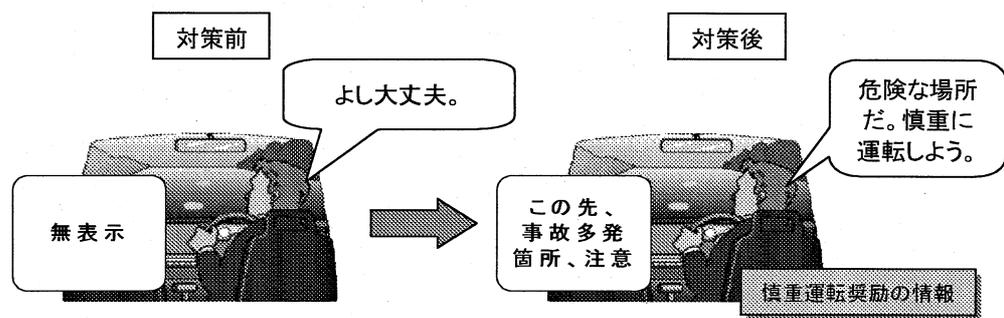


図 4.1.3-8 道路センサ未検出に対する対策案

一方、電波の遮断に対しては、次のような対策が有効であると思われる。電波の遮断が起こった場合には、車両側に情報が渡らないので、無表示になると考えられる。停車車両等がない通常時に、無表示であると、停車車両がないのか、電波が遮断されているのか区別がつかなくなり、実際に停車車両があつて電波が遮断された場合は、ドライバーが停車車両を発見するのが遅れて危険で

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

ある。そこで、図 4.1.3-10 に示すように、通常時に慎重運転を促す表示を行うことで、電波の遮断と区別する対策が有効であると考えられる。

- (i) 通常の状態と電波遮断の状態（危険な状態の可能性）の区別をドライバーへ伝えることが必要

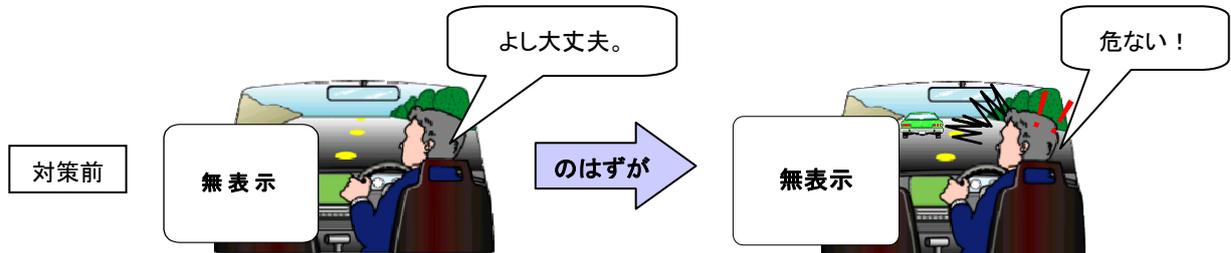


図 4.1.3-9 電波の遮断に対する対策案（対策前）

- (ii) 通常時に表示される画面と電波遮断の状態（欠報）との表示時差を設けて、ドライバーに注意喚起



図 4.1.3-10 電波の遮断に対する対策案（対策後）

- (b) ドライビングシミュレータでの実験検証

リスク低減策として、このような対策が有効かどうかを調査するために、ドライビングシミュレータ（DS）を使って実験検証した。

DS での検証項目：

- ・ 慎重運転奨励情報の効果
サービス断念時や欠報（危険な状態を検出できないとき）時のフェールセーフ効果を検証する。
- ・ 調整中情報の効果
システムの保守点検時や故障時に調整中の情報を提供してドライバーの注意を促すことを検証する。
- ・ 誤った情報を提供することによるシステムに対する不信感の有無
誤報（危険がないのに危険と言う）や欠報の後にその影響を受けてドライバーの行動が変化するかどうかを確認する。

(7) 実験方法

情報提供の効果を評価する指標として、停止車の 100m 手前（停止車が見える直前）での速度で評価する。

(i) 実験コースの設定と情報サービス

- ① 左右各 2 回のカーブで周回コストし、全てのカーブでサービスあり。
- ② 路側表示板は 2 箇所設置する。(情報は 2 回出る)
- ③ 車内の情報は 1 回と 2 回とがある。(慎重運転情報では、1 回目の情報で速度が 90km/h 未満になると 2 回目の情報は出ない)

(ii) 実験の条件

- ① 250R のカーブの中間に停止車を置く。約 80m 手前で見える。
- ② 直線部分では 120km/h で走行し、カーブではドライバの裁量で走行する。

(iii) 実験の手順

- ① 実験の順序はランダムに配置する。
- ② 被験者は 20 人とした。

(4) 実験結果

20 人の被験者のなかで、情報に反応して速度を抑制するドライバと情報にほとんど反応しないドライバの 2 つのグループに分かれた。情報に反応するドライバは 14 人、情報を無視するドライバは 6 人であった。分析はこの 2 つのグループに分けて行った。それぞれのグループでの各情報に対する速度の平均値と平均値の差の有意差検定を 95% の確からしきで行った。

(i) 慎重運転奨励情報の効果

慎重運転奨励情報は速度を抑制させて慎重な運転を促す効果があった。

① 情報反応者：

サービスなし 94.4km/h → 「事故多発地点」と「速度注意」情報 78.7km/h

② 情報無視者：

サービスなし 108.5km/h → 「事故多発地点」と「速度落とせ」情報 94.3km/h

(ii) 調整中情報の効果

調整中情報は情報反応者には速度抑制効果があった。情報無視者には、速度抑制効果はなかったが加速を高めるような悪影響はなかった。

① 情報反応者：

サービスなし 94.4km/h → 路車での「調整中」情報 81.8km/h

② 情報無視者：

サービスなし 108.5km/h → 路車での「調整中」情報 105.3km/h

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

(iii) 誤った情報を提供することによるシステムに対する不信感の有無

誤った情報による不信感は今回の実験では認められなかった。

①情報反応者：

通常の「停止車注意」60.5km/h→誤報後の同じ情報61.3km/h

②情報無視者：

通常の「停止車注意」100.7km/h→誤報後の同じ情報97.7km/h

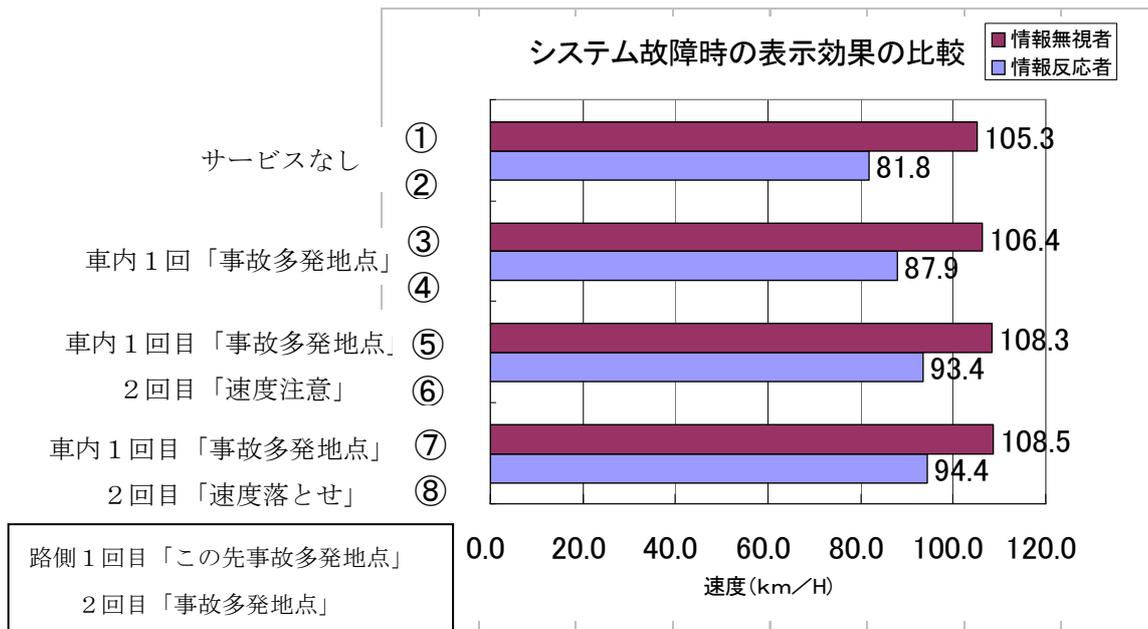


図 4.1.3-11 結果の1例

残るリスクに対して、インフラシステムだけで対応することは、電波の遮断対策など技術的に困難も多く、さらに設備も膨大になり、実用的でなくなってしまうおそれがある。また、100%の安全度を確保することは、論理的にも不可能である。事故はドライバーのミスで生じるものであり、情報提供のシステムはドライバーのミスを低減するために情報を提供するものである。そこで、車両やドライバーをも含めた走行支援全体システムでの安全対策を検討した。

この考え方は、ドライバーに AHS システムの状態を理解してもらい、危険な状態があるかもしれないと、慎重な運転をしてもらうことである。このために、ドライバーに的確な情報が伝わるように、車両側の協力を得て、HMI を工夫する。

(6) 仮目標値検証のための実証実験方法

実証実験では、仮目標で設計、製作されたシステムが目標値通りの性能を発揮しているかの検証を行うが、その方法について検討した。

表 4.1.3-11 仮目標値検証のための実証実験方法案

目標項目	目標値	実験方法案
システム安全度	95%以上	<p>実道において1週間(数百サンプル程度)の実交通の映像を取得する。停止・低速車を映像から視認で抽出し、送信ログとの照合で、停止・低速車情報が出力されていることを確認することにより、センサ～基地局までのシステム安全度を検証。</p> <p>また、通信安全度と統合して、システム安全度目標値が達成されていることを検証する。</p> <p>送信ログの停止・低速車情報に対応する時刻の映像に、停止・低速車が存在するかを視認で確認し、安全側に誤判断する率を計測する。</p> <p>上記は、実験時の環境条件(天候等)・交通条件(交通量)を分類して評価する。</p>
センサ安全度	96%以上	<p>実交通映像と記録評価装置に記録したセンサ出力データ(車両の位置データ、速度データ、車線毎の台数カウント等)との照合、およびデータ解析(グラフ化等)により、センサの検出率や計測範囲などのセンサ性能を検証評価する。また、足柄SAや日出JCTでの実験結果をもとにパラメータチューニングを実施し、性能評価とパラメータチューニングのカテゴリライズを実施する。</p> <p>また、検出出力の正解率、停止・低速車両があると出力したときの情報正確率、誤報率も評価指標として収集する。</p>
通信安全度	99.1%以上	<p>1～2ヶ月の実験期間に1000回以上の走行を行い、基点DSRC・情報DSRCが正常に受信できるか確認</p> <p>同時に、実験車両内および路側から走行状況を映像で記録し、周辺の大型車両位置等の条件を分類して評価</p>
システムサービス稼働率	95%以上	<p>本来は、システムの稼働率の実績を計測する実験を実施するべきだが、数ヶ月の短期間の実験では故障・異常が発生せずに、稼働率が計測できないことが予測され、別途、長期的な運用検証を行う必要がある。</p> <p>参考データとして、実験期間中(2ヶ月間程度)にセンサのギブアップによるサービス停止の時間を実道実験システムのシステム現況ログより算出する。(2ヶ月間程度)</p>
センササービス稼働率	96.5%以上	<p>考え方は、基本的にサービス稼働率の評価方法に同じ。センサ単体としてはパラメータチューニングを終えた後、確信度判定で「0」(確信度無し)を出力している時間を統計的に処理し、稼働率を算出する。</p>

4 章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

4.1.3.3 複合システムの安全性・信頼性

路車協調システムの複合システムとしては、前方停止・低速車両情報提供支援と路面情報提供支援とカーブ進入危険防止支援の3つのサービスを組み合わせたシステムである。ASV/AHS 共同システム定義書によると、それらのサービスが同時に行われるか引き続いて行われるかという運用であり、相互の情報がお互いに影響を与えるような運用はしないことになっている。

このようなシステムの定義から、安全性や信頼性の目標値の考え方は既に検討したそれぞれの単独サービス毎に目標値を定め、それぞれ列記すればよいということになる。

インフラ単独システムの場合も前方停止・低速車両情報提供支援と路面情報提供支援の組み合わせがあるが、路車協調システムの複合システムの場合と同様に考えることができる。

インフラ単独システムの拡張として、路車連携して路側表示板と路車間通信による車内表示とを行う場合には、表示系が2重系となり何れかが正常に動作しておればドライバに情報が伝達されるので安全度とサービス稼働率は改善される。

システム全体としての安全度やサービス稼働率はセンサの安全度やサービス稼働率が支配的であるので、仮目標値はインフラ単独システムの仮目標値と同じであると考えられる。

残留リスクへの対策、実道実験での検証方法も単独サービスで行う方法と全く同じである。したがって、単独システムで目標値の達成が検証されれば、複合システムにおいても検証されたと考えてよい。

4.1.3.4 交差点系システムの安全性・信頼性

交差点系システムには、ASV/AHS 共同定義書によれば右折衝突防止支援システム、出会い頭衝突防止支援システム（接近時支援、発進時支援）、横断歩道歩行者衝突防止支援システムがある。

交差点系システムについては車両や歩行者の動きが複雑であり、センサの性能と配置、通信のためのアンテナ配置、ドライバへ情報を伝えるHMIなどの検討が十分ではない。

(1) 右折衝突防止支援システムの安全性の検討

交差点系のシステムで、上記の課題をかかえていて、凡そほとんどのシステムの課題につながるシステムとして、右折衝突防止支援システムを選んで検討を行った。

(a) システムの構成と機能

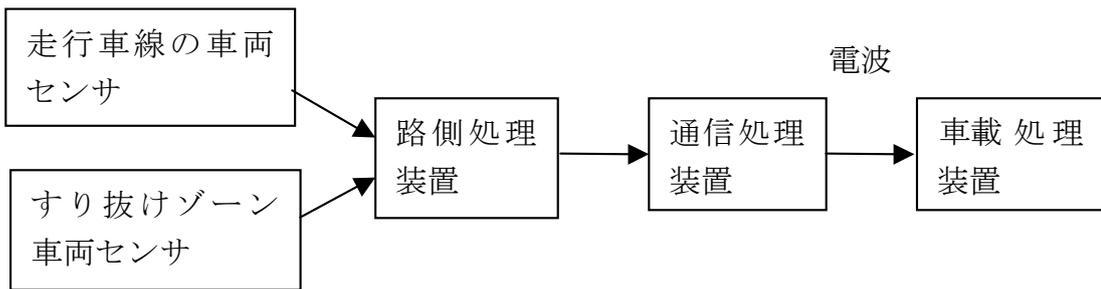


図 4.1.3-12 右折衝突防止支援システム構成

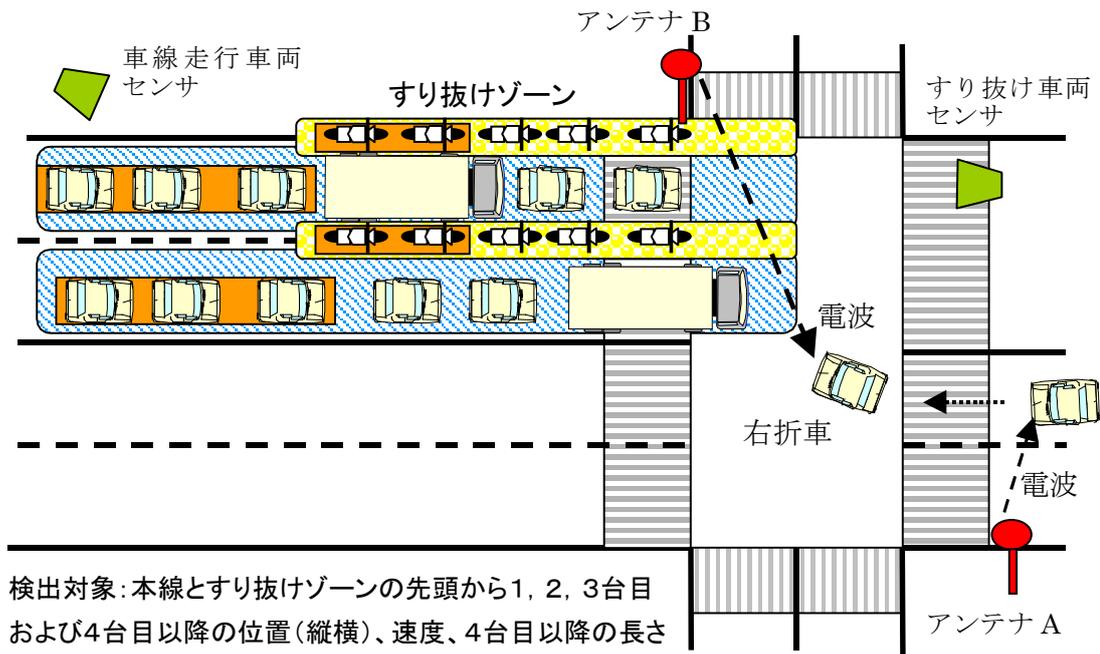


図 4.1.3-13 システム機器配置と検出すべき車両

ASV/AHS 共同定義書によれば、交差点を挟む前後のセンサ群で本線車線とすり抜けゾーンを走行する先頭から1、2、3台目までの車両および4台目以降の車両群の位置と速度、最後尾までの長さを検出する。

その情報をアンテナAで右折車両が交差点に進入する前に提供する。

右折車両が交差点に進入すると電波の方向が切り替わり更新された情報が伝達されて右折車両の頭だしを支援する。

(b) 右折車両と直進車両との衝突事故分析

右折車両と直進車両との衝突による事故のマイクロ分析の結果を表 4.1.3-12 に示す。(財) 交通事故総合分析センター (ITARDA) の調査を参照して 37 件の事故を抽出した。

対向車が物理的に見えない場合が 14 件あり、渋滞でのすり抜け車両、対抗直進車の後ろの車両への衝突が多い。しかし、対向車が見えていても思い込みや判断ミスによる事故が多く、注意を促すことで事故を

防止できる可能性がある。

表 4.1.3-12 右折車両・直進車両衝突事故分析

支援対象 右折車から見た 対向車の状況	衝突の恐れのある対向車が存在する														
	対向車が見えない(自覚していない)						対向車は見えている								
要因パターン	物理的に見えない						ドライバーの心理的要因で見落とす	右折できるとの判断ミス	対向車両挙動に対する予測ミス				対向車両の号視		
	交通状態	構造物で見えない	道路線形で見えない	対向右折車の影で見えない	対向直進車の後ろで見えない	渋滞の間で見えない			対向車無との思い込み、脇見等	対向車との相対関係を見誤る	停止するであろうと見誤る	左折するであろうと見誤る		発進するであろうと見誤る	
自由流	橋脚	1	カーブ	1	1	接近した	3		7	7	信号現示の変化時	5	1	0	3
渋滞						後続車									
その他(駐車車両等)															

(財)交通事故総合分析センター 交通事故事例調査・分析報告書(H6~H9)を参照し、右直事故マイクロ調査事例37件の要因を分類

以上のような分析からドライバーを支援すべき情報は表 4.1.3-13 のように整理できる。

必要な情報は大きく分けて次の3つになる。

(ア) 見えない接近車情報

対向右折車両や構造物の陰になって接近する車両が見えないとき、ドライバーは通常対向車が見える位置まで頭出しを行い安全を確認して横断する。ドライバーがミスを犯すときには、対向車が直接見えないので対向車がないと勘違いしたり、自車の直前の車両が横断するとうっかりそれに続いて横断しようとするときである。このようなときに対向車が有る(または有るかも知れない)という情報で注意を喚起する。

(イ) 通過する対向車両の陰で見えない車両の情報

特に大型対向車に続いて接近する小型車や2輪車が見えないとき、大型車の通過直後に横断しようとするとその直後に走行している小型車と衝突するおそれがある。特に、3番目の車両が遠くに見えているときはその間を急いで横断しようという考えが働き確認を怠ることがある。このような時に接近車直後の後続車の存在を注意する情報を提供する。

(ウ) 渋滞時のすり抜け車両情報

渋滞で交差点が混んでおり直進車がほとんど停止状態のとき、直進車の直前を横断しているときに停止直進車の間を縫ってすり抜けてくる2輪車と衝突することがある。このようなときにすり抜けてくる2輪車の情報を提供する。

(c) 情報提供に関するビデオ映像を使った実験

(ア) 実験方法

ドライバはどのような情報を欲しいと感じているか、どのようなタイミングで欲しいのかなどを調べるために実際の交差点での右折車両から見た映像を被験者に見せてアンケート方式で調査した。図 4.1.3-14 にビデオ映像と画面表示、音声の例を示す。



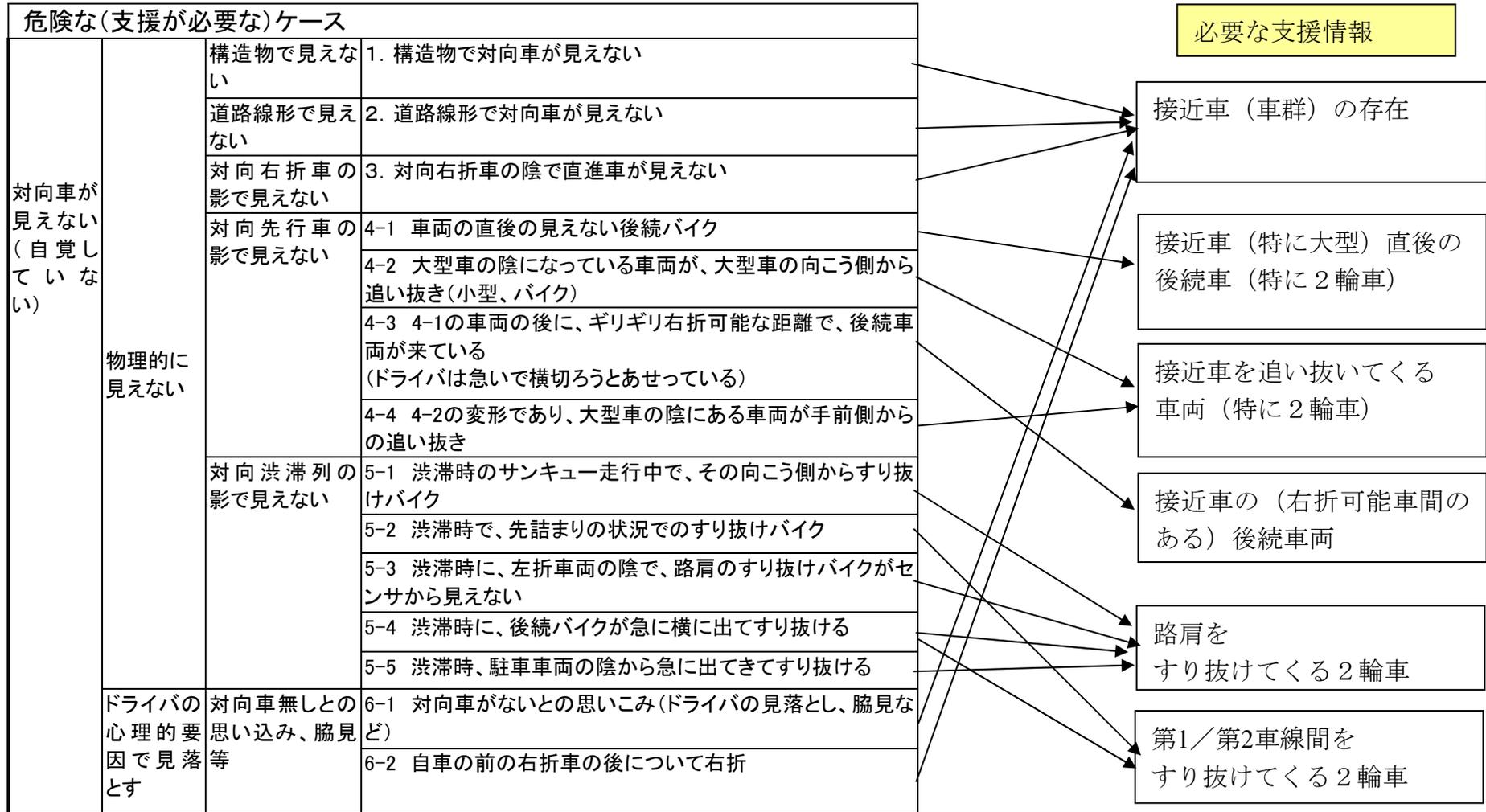
図 4.1.3-14 ビデオ映像による情報提供の実験場面例

実験における情報は、事故分析から得られた必要な支援情報から次に示すような4つの場面で情報を提供した。

- ① 見通しが良い場合に、車群の間隔があいた場面で、対向車情報を提供
- ② 見通しが悪い場合（対向右折車など）で、対向車情報を提供
- ③ 見えない対向後続車がある場面（大型車などの陰に隠れた車の情報を提供）
- ④ 渋滞時にすり抜け車両がある場面（すり抜け車両の存在を情報提供）

被験者は60人で20歳から59歳まで男女バランスをとって実施した。

表 4.1.3-13 支援が必要なケースに対する必要な支援情報



(1) 実験結果

① サービスの必要性

上記4つの情報に対して役に立つかたないかについてのアンケートをまとめた。見通しが良い場合の対向車情報については30%程度の要望しかなかったが見通しが悪い場合の対向車で約60%、見えない対向後続車とすり抜け車情報は約90%の被験者が必要との回答をした。

② 情報の提供タイミング

対向車との車間間隔が何秒であれば横断しようと思うかという質問を行った。

アンケートの結果は、3秒では右折しないドライバーが多いが4秒では右折するドライバーが多いことがわかった。

これらの結果から危険な横断を止めるには3秒から3.5秒の時に情報を提供するのが良いと考えられる。

③ システムに要求される性能

実験の結果からシステムに要求される性能をまとめて表4.1.3-14に示す。

表 4.1.3-14 システムに要求される性能

		サービス提供するためのシステム要件			
右折の場面 項目	①見通しが良い場合に、車群の間隔があいた場面で、対向車情報を提供	②見通しが悪い場合(対向右折車など)で、対向車情報を提供	③見えない対向後続車がある場面	④渋滞時にすり抜け車両がある場面	
対向車 検知範囲	95m (注1)	95m (注1)	95m (注1)	15m (注2)	
対向車 車線毎の検知台 数	交差点から 最低2台の検知 が必要	交差点から 最低2台の検知が 必要	交差点から 最低3台の検知 が必要	交差点から 最低1台の検知 が必要	
すり抜け車両 検知範囲				— (本実験からは求 まらない)	
すり抜け車両 検知台数				交差点から 最低2台の検知 が必要 (注3)	

注1：対向車走行速度は70km/hを仮定。

$$L_A = 15\text{m (およそ交差点中央から横断歩道までの距離)}$$

$$L_B = 12\text{m (大型車の車長)}$$

$$L_C = 3.0\text{秒} \times 70\text{km/h} \sim 3.5\text{秒} \times 70\text{km/h} = 56 \sim 68\text{m}$$

(車間時間3.0~3.5秒の間の時にドライバーは右折するという実験結果より。)

$$\text{従って、} \quad L = L_A + L_B + L_C = 85 \sim \underline{95\text{m}}$$

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

注2：対向車線の先頭車が停止していることを検知すれば良いため、およそ、横断歩道までの距離程度（約15m）が良いと考える。

注3：すり抜け車両が続く場合、2台目の情報が必要かのアンケートで、83%のドライバーが情報提供必要と回答した。

(d) 安全性から見たシステムの問題点

(7) センサに関する問題

① 走行車線上の車両検出

システム要求によれば、2車線別々に、先行車両が交差点に進入したときに、少なくとも交差点中央から95m手前までの走行車両を検出してその位置と速度情報を提供する必要がある。

それぞれの車両が十分に車間距離をとって走行している自由流であれば個々の車両を分離して検出することは容易である。しかし、大型車の後ろで車間距離を1.5秒程度（36km/hで15mの車間距離）に詰めた車両は60mはなれた位置からは分離できない。このとき、先頭車直後のドライバーからは大型車の陰で見えない後続車両情報が出ない場合が危険側の故障である。勿論、個々の分離された車両が検出できない場合も危険側故障である。

車間距離が3秒以下で引き続いて対向車が来るような状態では、個々の車両を分離して検出することは出来ないと考えられるが、ドライバーは横断することを断念しているのではほとんど問題はない。渋滞流では、個々の車両を分離して検出することは出来ないが車両が動いている限り右折車は横断しようとは思わない。

② 渋滞時のすり抜け車両検出

渋滞時において、赤外線画像センサでのすり抜け車両検出は隣接する車両との分離が困難であるが、レーザーレーダやミリ波レーダではすり抜け車両の先頭車は検出できる。しかし、2台目以降の車両は検出できないことがある。

渋滞時において、少なくともすり抜け先頭車の検出が要求されるので、この検出が出来ない場合が危険側故障である。

危険側故障をまとめると表4.1.3-15のようになる。

表 4.1.3-15 センサの危険側故障

交通流	自由流		渋滞流
	閑散流	中高密度交通流	
危険側故障	個々の車両未検出 車両直後の後続車未検出	なし	すり抜け車両未検出

(イ) 通信に関する問題

センサがドライバから見えないところの危険な車両を検出しても、それが車両側に伝達できなければサービスが成り立たない。通信においては、電波が遮断（シャドウイング）されて必要なときに電波が車両に到達しないことがあれば問題である。

交差点では右折車両の直前を直進車が通過するので、大型車（車高が高いワゴン車を含む）の場合にシャドウイングが発生する。また、右折車両の 2 番目以降の車両では、その直前の右折車の陰になり電波が途絶えることがある。特に、ASV/AHS 共同定義書では 0.3 秒通信が途絶えるとサービスを中止してしまうので、ほとんどサービスができないことが懸念される。

ここでの検討は、通信が途絶えても回復すればサービスを継続するものとして行う。

4 秒以上の車間距離をとった閑散な自由流では、右折車両の直前を直進車が通過するときに電波が遮断されると考えられるが、その前後では情報を受けることができる。目前を通り過ぎる車両の直前には次の車両の情報があり、直進車通過後の情報でも余裕があるので問題はない。ただ、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

車間距離 3 秒以下の中高密度交通流では、右折車両のドライバは信号が変わるまで横断するのを見合わせるので、目前を対向車が通過する度に電波が途絶えて情報がなくても問題はない。ただ、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

渋滞流では、対向車が低速で動いている場合には、右折車両は横断できないので、渋滞で停止しているときに車両の間をすり抜けてくる車両情報が問題である。少なくとも右折車両が横断しようとするときは交差点内には車両がないかまたは右折車両が通れるだけのスペースがある。したがって電波が遮断されることはないと考えられる。

右折車で 2 番目以降の車両については、先行の右折車に無条件についてゆくことをしない限り先頭に出て情報を受けることができる。この場合も、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

以上のことから、電波の遮断は情報を本当に必要とするときには起こらないと考えられる。しかし、電波が途絶えたときにドライバが不安にならないような対策が必要である。

(ウ) HMI（車内表示）に関する問題

ビデオ映像による実験では、対向車両に注目しているときには車内の表示画面は見る余裕はないことがわかった。

音声による情報提供においても接近車両の位置や速度を伝えることはできなくて接近車両があるという情報のみである。すり抜け車両の情報についても同様である。

ピピというブザー音の回数や間隔で危険度を区分する方法についてもわかり易さという点では十分ではない。

安全性の面から考えると、的確な情報の伝達方法が見つからないのが問題であり、ドライバのうっかりやぼんやりから覚醒させる意味での注意を促す情報提供として位置付けるのが妥当だと思われる。

(エ) システム機能に関する問題

ドライバへのサービスに対するニーズは必要なときに必要な情報をとということである。右折するドライバにとっては、交通流によって必要とする情報が変化することである。

比較的閑散流では、直前または交差点の少し手前を通過する車両の後から来る車両までの距離や速度の情報が有用である。しかし、その情報をそのままの数値で出されても判断にとまどうと考えられる。

中高密度流では、ほとんど横断できないが、うっかりしたり勘違いをする可能性があるので、注意情報を出すのが良いと考えられる。

渋滞流では、ほとんど停止している車両の間をすり抜けてくる車両の情報が要求される。

これまで検討してきたシステムにおいては、インフラ側から提供された情報がそのままドライバに提供されることを考えてきた。また、インフラ側のシステムとしては、交通流を判断して、その時に必要な情報を選択して車両に提供することは現在できないようになっている。

システムの安全性を考えると、インフラ側から全ての情報を車両に提供して車両が持つ様々な情報とを統合して適切な情報をドライバに提供するのが走行支援システム全体として、安全性も確保できると考えられる。

(2) 交差点系システムの安全性・信頼性

交差点系システムとしては、右折衝突防止支援システムについて検討した。ミクロ事故分析と実交通場面のビデオ映像を使った実験からドライバのニーズは、見えない対向車の情報、大型車の陰に隠れた車両の情報、停止車両の間をすり抜ける車両の情報を望んでいることがわかった。

しかし、システムを構築する上で、交通流が複雑であるので車両の未検出や後続車の分離ができないような危険側故障を回避できるセンサの性能および経済的な配置が困難である。電波の遮断は頻繁に発生すると考えられるが、直接的な影響よりも遮断したときの情報提供をどうするかの問題

がある。さらに、適切な車内での情報提供方法が見つからないことが問題である。

4.1.4 車両挙動に関する調査

情報提供を行うことにより車両の挙動がどう変わるか実道実験の結果から分析を行い、サービスの効果の検証を行った。

4.1.4.1 国道25号米谷地区の危険挙動分析

本調査は、米谷カーブに導入されているAHSサービスの稼働前後についてそれぞれ、映像およびセンサログデータを一定期間収集し、走行車両のカーブ進入時における速度および最大減速度の挙動データを抽出した。

また、サービスあり・なしでの危険挙動の変化について整理・分析を行い、サービスの有効性について検証した。

(1) 調査概要

(a) データ収集方法

① 米谷カーブの概要

- 最小曲線半径 150m、最大勾配が 6% (下り) で道路線形が特に厳しい区間である。
- 1日約 3.2万台が通行し、大型車の利用が多い (混入率 40%) 自動車専用道路。
- 実勢速度が約 70km/h と高く、速度オーバーやスリップ等による側壁への接触、衝突事故、追突事故が年間 20 件以上発生 (平成 12 年 12 月～平成 14 年 11 月)。

特にカーブ区間 (90.1～90.3KP) に事故が集中している。

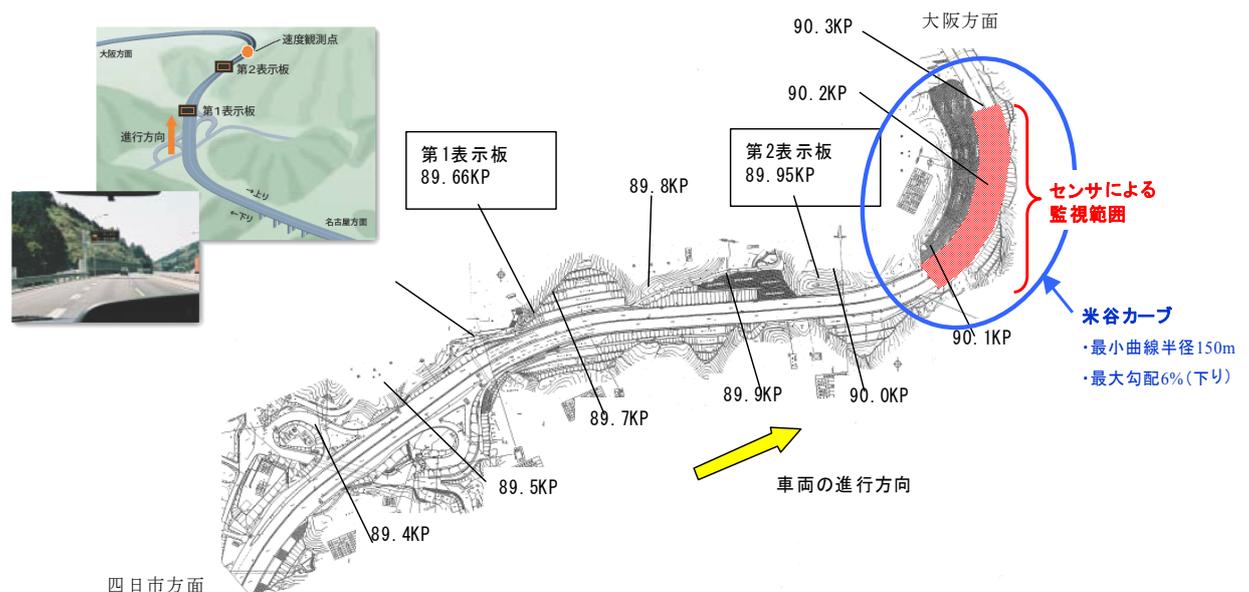


図 4.1.4-1 米谷カーブの概要

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

② データ収集期間

- サービスなし：平成17年1月26日～1月28日（3日で連続48時間）
- サービスあり：平成17年1月16日～1月22日（7日間連続168時間）

③ 収集場所・体制

米谷局舎にて2名体制で実施した。

④ 収集データ

- 突発事象検出システム（AHS対応システム）のセンサログデータ
- 道路・交通状況の映像データ

⑤ 収集方法

サービスなし時のセンサログおよび映像データは、3日間（連続48時間）収集した。なお、データ収集時は、米谷地区に整備されている突発事象検出システム（AHS対応システム）の情報板を消灯（「調整中」を表示）して実施するため、消灯期間中の交通状況をモニタし、必要に応じて手動による情報提供を行った。



写真1
第一表示板
調整中表示



写真2
第二表示板
調整中表示

図 4.1.4-2 サービス停止中の表示板の表示状況

(2) データの抽出

(a) 抽出データと抽出方法

① カーブ進入速度

カーブ進入地点で検出された初速度とした。抽出領域は、赤外カメラ 2 監視範囲の最も下流側の 20~30m の区間とした。(図 4.1.4-3 のデータ抽出区間の設定図内「カーブ進入速度抽出区間」)

② カーブ内で発生する最大減速度

0.1 秒毎に検出するログデータから 1 秒単位の平均速度を算出した。また、急減速の抽出精度を高めるため 0.5 秒毎にずらして抽出し、車両単位で整理した。その中の速度差の最大値を最大減速度として抽出した。

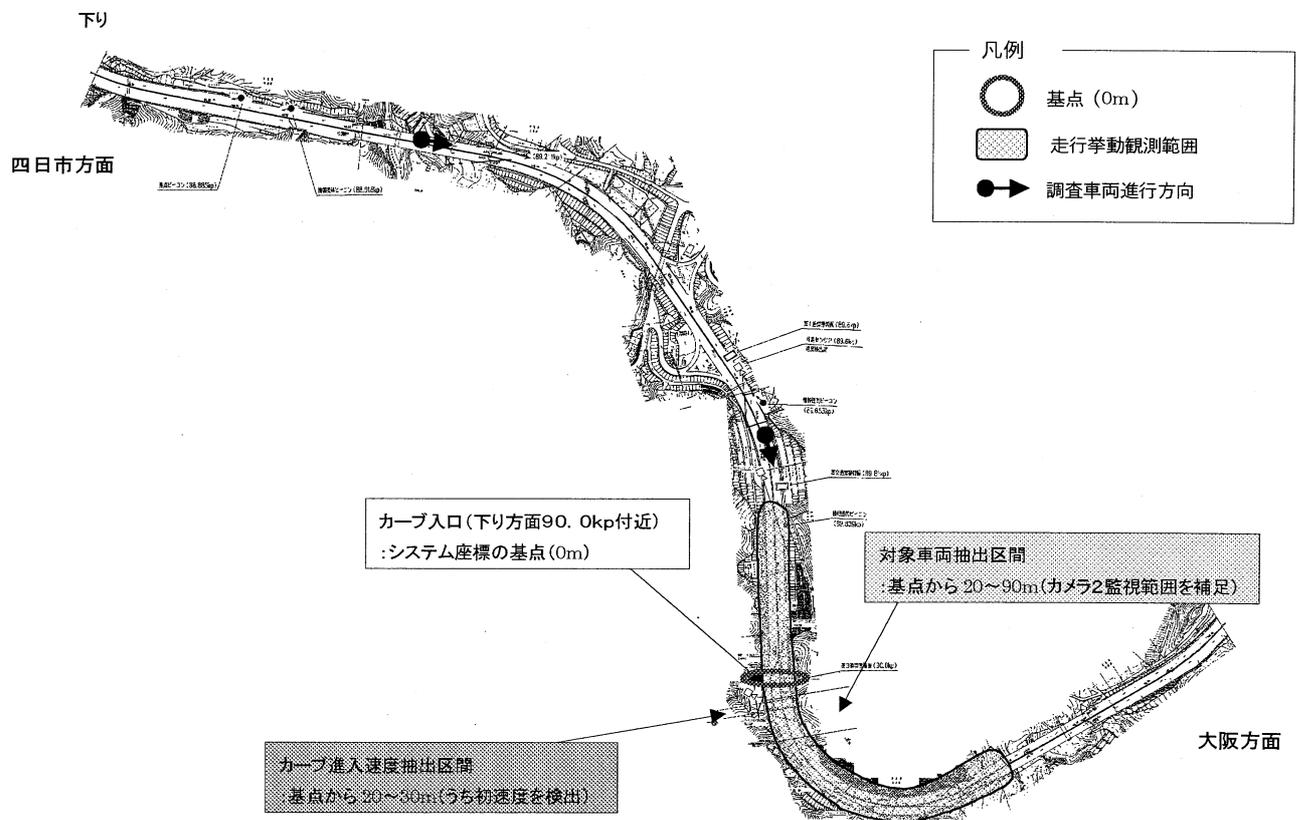


図 4.1.4-3 データ抽出区間の設定図

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

(b) 分析項目

- ア) 通過交通全体の危険挙動の実態をサービスあり・なしで比較。
- イ) 車頭間隔3秒以上の自由流交通下で、前方に障害物がある場合の危険挙動の実態をサービスあり・なしで比較。
 - 車頭（車尾）間隔が3秒以上の自由流交通下で、かつ前方に障害物があるときにカーブ進入した車両（サービスなし）。
 - 車頭（車尾）間隔が3秒以上の自由流交通下で、かつ前方に障害物があり情報提供を受け、カーブ進入した車両（サービスあり）。
- ウ) 米谷カーブでのサービス導入前後の事故発生状況の整理
ア)～ウ)について、整理、分析を行った。

(c) 自由流交通の抽出方法

- 映像から自由流車両の抽出から
映像から、走行車線、追越車線それぞれの自由流走行車を判別、出現時刻順に整理した。
- センサログとのマッチング
映像で抽出された車両データとセンサログを時刻によりマッチングし、センサログの車両ID単位で整理、集計した。

(d) 急減速の考え方

既往研究および道路構造令等の知見及び車メーカーへのヒアリングを基に、減速度の考え方を表4.1.4-1に整理した。

表の考え方を参考に、本調査では0.5G以上をヒヤリを伴う急減速として設定した。

表 4.1.4-1 減速度に関する既存知見まとめ（文献収集およびヒアリング結果）

減速度	減速状況	出典
0. 2 G程度	われわれが普通運転していて停車する場合の減速度は 0.15G 程度である。実際の運転では、ブレーキをかける場合の約 80%は 0.2G 以下。	「自動車事故工学」 (江守一郎著, 技術書院) RoadResearch Laboratory, "Research on Road Safety", Her Majesty's Stationary Office, England, 1963, pp.507-508 より引用
0. 3 G以上	ISO で議論されている ACC に関して、通常の走行で発生する減速度は 0.3G 以下と言われており、ACC の作動最大減速度は 0.3G とされた。これ以上を通常発生しない急減速度と考える。	ISO WG14 国際標準ドラフト
0. 4 G以上	一般的に、通常発生する雨による路面湿潤時の摩擦係数は 0.4 程度とされている。従って、0.4G 以上の減速度（路面湿潤時）ではスリップが生じる可能性がある。	道路構造令の解説と運用 (p256、表 4-31)
0. 5 G以上	ベントの安全性の論文で、典型的な衝突時の急減速度として使用されている。論文では、衝突時の衝突側車両による急ブレーキとして多くの場合発生すると述べられている。	"Possibilities for Safety Within the Driver-Vehicle Environment Control Loop," Kurt Enke, Daimler-Benz AG
	プリクラッシュセーフティ（衝突が不可避だと判断すると自動的にブレーキをかけ減速する技術）で作動する減速度は 0.5G 以上。	暫定技術指針（国交省 自交局技術企画課）
0. 6 G以上	一般的に、路面乾燥時の摩擦係数は 0.6 程度とされている。従って、0.6G 以上の減速度（路面乾燥時）ではスリップが生じる可能性がある。	道路構造令の解説と運用 (p258、表 4-34)
	既往の論文によれば、晴天時（路面乾燥時）で日常起こりうる最大ブレーキング値が 0.6G に相当する。	「無信号交差点における交通挙動分析に基づく出合頭事故防止 ITS の可能性分析」（山中他、第 37 回土木計画学シンポジウム論文集）
0. 8 G以上	緊急、パニック状態で発生しうる制動は 0.8G~1.0G。（ただし、乾燥アスファルトにおける乗用車を対象）	自動車メーカーへのヒアリング
	停止車両への衝突直前に発生した最大減速度は 0.89G（1.7 秒間で 84.3km/h→57.9km/h に減速）	秋田大学における実測データ（セーフティログによる 0.1 秒単位データ）

(3) 分析結果

本調査における危険挙動の実態を把握するため、通過台数全体と自由流交通（車頭間隔 3 秒以上）の最大減速度およびカーブ進入速度の分布図を整理し、0.5G 以上の危険挙動および規制速度 60km/h 以上でカーブ進入する車両の割合をサービスあり・なしで比較し、事象発生毎でサービスの効果を確認した。

① 通過交通全体における危険挙動の実態

ア) 急減速の発生状況

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

- 0.5G以上の急減速の発生頻度は、全体的にみると、サービスなし時が進入車両 15,753 台/日に対して 834 台/日 (5.2%)、サービスあり時が進入車両 16,430 台/日に対して 951 台/日 (5.8%) とほとんど差はみられなかった。
- 一方、前方に障害物がある場合には、サービスなし時 (進入台数 61 台/日に対して 15 台/日) の 25.3%に比べ、サービスあり時 (進入台数 115 台/日に対して 15 台/日) では、13.0%と発生頻度においてほぼ半減し、急減速の削減効果がみられた。

イ) カーブ進入速度

- カーブ進入速度については、サービスなし時で 71.3km/h、サービスあり時で 71.0km/h といずれも規制速度を 10km/h 以上超過しており、差はほとんどみられなかった。
- 60km/h 以上の高速域では、前方障害物ありの場合のサービスなし時の進入台数 61 台/日のうち 20 台/日 (33.0%)、サービスあり時では、進入台数 119 台/日のうち 19 台/日 (16.2%) と、サービスありがサービスなしに比べ、高速進入車両の割合が半減しており、速度抑制の効果がみられた。

ウ) 昼夜別の比較

急減速は、夜間に比べ、昼間の方が発生頻度が高く、カーブ進入速度は昼間と夜間に大きな差はみられなかった。

表 4.1.4-2 全通過台数に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり・なし	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	カーブ進入速度 km/h	進入車両台数 (台/日)			0.5G以上の車両台数 (台/日)			危険挙動発生率		
			全体	前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	前方障害物なし	全通過台数に占める0.5G以上の割合 ^{注1}	進入車両台数に占める割合 ^{注2}	
										前方障害物あり	前方障害物なし
サービスなし	15,753	71.3	15,753	61	15,693	834	15	407	5.3%	25.3%	2.6%
サービスあり	16,430	71.0	16,430	115	16,315	951	15	936	5.8%	13.0%	5.7%

※赤外カメラ2監視範囲(20~90m)を連続的に検出できたサンプル

※0.5Gを危険な減速度と定めたのは、「6.1.2 d)急減速の考え方」による

注1)0.5G以上の発生台数が有効台数全体でどの程度占めるか算出した

注2)前方障害物有無は、あり、なしの発生台数が0.5G以上の発生台数でどの程度占めるか算出した

注3)数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

表 4.1.4-3 全通過台数に対するカーブ進入速度の発生状況まとめ

サービスあり・なし	カーブ進入速度 km/h	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	進入車両台数 (台/日)		60km/h以上の進入台数 (台/日)			60km/h以上の進入割合 (%)		
			前方 障害物 あり	前方 障害物 なし	全体	前方 障害物 あり	前方 障害物 なし	全体	前方 障害物 あり	前方 障害物 なし
サービスなし	71.3	15,775	61	15,713	12,592	20	12,572	79.8%	33.0%	80.0%
サービスあり	71.0	16,290	119	16,171	12,958	19	12,938	79.5%	16.2%	80.0%

※赤外カメラ2監視範囲(20~90m)を連続的に検出できたサンプル
注1) 数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

② 自由流交通下における危険挙動の実態

ア) 全通過台数に占める自由流交通

車頭間隔 3 秒以上の自由流交通は、サービスあり・なし時ともに全通過台数の約半数を占めた。

表 4.1.4-4 全通過台数に占める自由流交通

サービスあり・なし	全通過台数※	自由流交通台数 ^{注1)}	全通過台数に占める自由流交通量	うち前方に障害物がある場合にカーブ進入した台数
サービスなし	47,260	23,474	49.7%	80
サービスあり	115,009	59,750	52.0%	225

※赤外カメラ2監視範囲(20~90m)を連続的に検出できたサンプル

注1) 車頭間隔3秒以上とした

注2) 数値は、サービスなしが3日(連続48時間)、サービスありが7日(連続168時間)の値

イ) 急減速の発生状況

自由流交通下における、急減速の発生状況は、全体と比べて傾向に差は無く、全体では、サービスあり・なしともにほぼ同じ発生頻度であるが、前方障害物ありの場合に、サービスなし時では、進入台数 27 台/日のうち、0.5G 以上の急減速車両は、8 台 (31.3%) に対し、サービスあり時では進入車両 33 台/日のうち、0.5G 以上の急減速車両は 8 台 (23.4%) と、サービスあり時で急減速の発生率が 10% 程度軽減しており、急減速の削減効果がみられた。

ウ) カーブ進入速度

- カーブ進入速度については、サービスなし時で 70.4km/h、サービスあり時で 69.6km/h といずれも規制速度を 10km/h 程度で、差はほとんどみられなかった。
- 60km/h 以上の高速域では、前方障害物ありの場合のサービスなし時の進入台数 61 台/日のうち 20 台/日 (33.0%)、サービスあり時では、進入台数 119 台/日のうち 19 台/日 (16.2%) と、サービスありがサービスなしに比べ、高速進入車両の割合が半減しており、速度抑制

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

の効果がみられた。

エ) 昼夜別の比較

急減速は、夜間に比べ、昼間の発生率がサービスなしで2倍強、サービスありでは3倍高かった。高速でのカーブ進入は、サービスあり・なしで異なる傾向がみられ、サービスなしでは夜間が、サービスありでは昼間の割合が高かった。

表 4.1.4-5 自由流交通下に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり・なし	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	車頭間隔3秒以上の自由流交通台数台/日	カーブ進入速度 km/h	進入車両台数 台/日		0.5G以上の車両台数(台/日)		挙動発生比率	
				全体	前方障害物あり	全体	前方障害物あり	自由流交通に占める割合 ^{注1}	前方障害物に占める割合 ^{注2}
サービスなし	15,753	7,825	70.4	7,812	27	424	8	5.4%	31.3%
サービスあり	16,430	8,536	69.6	8,609	32	554	8	6.4%	23.4%

※赤外カメラ2監視範囲(20~90m)を連続的に検出できたサンプル

※0.5Gを危険な減速度と定めたのは、「4.危険事象発生状況の整理」の考え方による

注1)0.5G以上の発生台数が有効台数全体でどの程度占めるか算出した

注2)前方障害物ありの発生台数が0.5G以上の発生台数でどの程度占めるか算出した

注3)数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

表 4.1.4-6 自由流交通下に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり・なし	カーブ進入速度 km/h	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	車頭間隔3秒以上の自由流交通台数台/日	進入車両台数 (台/日)		60km/h以上の進入台数 (台/日)		60km/h以上の進入割合 (%)	
				前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	全体	前方障害物あり
サービスなし	61.8	15,775	7,825	27	15,713	6,186	14	79.1%	50.6%
サービスあり	60.1	16,290	8,536	33	16,171	6,728	15	78.8%	44.0%

※赤外カメラ2監視範囲(20~90m)を連続的に検出できたサンプル

注1)数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

(4) 米谷カーブの事故実態

- ① サービス導入前後の各18ヶ月間で、総事故件数は47件から26件となり、21件(45%)が減少している。(追突は5件→3件、その他車両相互は10件→2件、車両単独は32件→21件)
- ② 人身事故は4件が1件に減少している。
- ③ サービスの導入および従来型対策の実施により、事故の減少傾向が伺える。

表 4.1.4-7 サービス導入前後における事故発生状況

	追突(件)	その他車両 相互(件)	車両単独 (件)	計(件)
サービス導入前 2000/12/1～2002/5/31 の18ヶ月	人身 1 総事故 5	人身 2 総事故 10	人身 1 総事故 32	人身 4 総事故 47
サービス導入後 2002/6/1～2003/11/30 の18ヶ月	人身 0 総事故 3	人身 0 総事故 2	人身 1 総事故 21	人身 1 総事故 26
事故の減少数	人身 1 総事故 2	人身 2 総事故 8	人身 0 総事故 11	人身 3 総事故 21

(5) サービスの効果の検証

危険挙動の分析結果から、「前方に障害物がある」場面において、サービスの効果が確認された。以下に分析結果を整理する。

① 急減速の削減効果

- 通過交通全体では、前方に障害物がある場合に、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対してほぼ半減している。
- 自由流交通下では、前方に障害物がある場合、前方に障害物がある場合に、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対して約3割削減している。
- 以上から、「前方障害物がある」場合は、急減速車両削減の効果が確認できた。

表 4.1.4-8 前方障害物あり時のサービスあり・なしの急減速発生状況まとめ

		進入台数 台/日	0.5G 以上 急減速台数 台/日	発生比率 %
サービス なし	全体	61	15	25.3%
	自由流交通	27	8	31.2%
サービス あり	全体	115	15	13.0%
	自由流交通	33	8	23.4%

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

② カーブ進入速度の抑制効果

- 前方に障害物がある場合、サービスなし時の進入速度は全体で 52.8km/h からサービスあり時では 44.6km/h、一方、自由流交通でも、サービスなし時の進入速度 61.7km/h からサービスあり時では 60.1km/h とそれぞれ速度が下がっている。
- 前方に障害物がある場合の自由流交通下では、サービスあり・なしの速度分布から、サービスなし時では、60km/h 以下は 80 台/48h で 2 台/48h しかいないが、サービスあり時では、225 台/168h のおよそ半数の 116 台/168h が 60km/h（規制速度）以下となっている。
- 以上から、「前方障害物がある」場合は、カーブ進入速度の抑制効果が確認できた。

表 4.1.4-9 前方障害物あり時のサービスあり・なしのカーブ進入速度まとめ

		カーブ進入速度 km/h	進入台数 台/日	60km/h 以上進入台数 台/日	進入比率 %
サービスなし	全体	52.8	61	20	33.0%
	自由流交通	61.7	27	14	50.6%
サービスあり	全体	44.6	119	19	16.2%
	自由流交通	60.1	33	15	44.0%

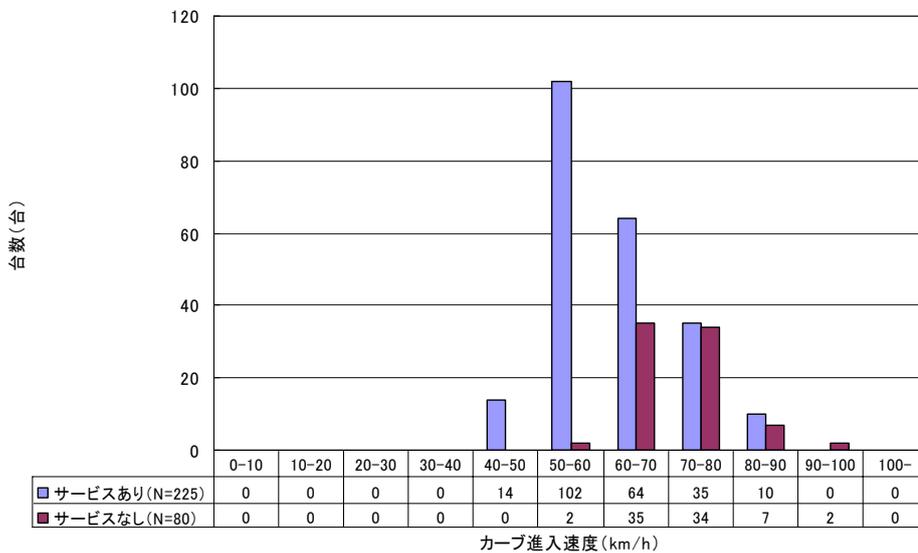


図 4.1.4-4 前方障害物がある場合の自由流交通下でのサービスあり・なし時のカーブ進入速度分布

③ まとめ

米谷カーブにおける、前方障害物がある場合のサービスの効果を整理すると、表 4.1.4-10 のとおりである。

表 4.1.4-10 前方障害物がある場合のサービスの効果の整理

	急減速 (0.5G 以上)		カーブ進入速度 (60km/h 以上)		事故発生状況
	全体	自由流	全体	自由流	
サービスなし	25%	31%	33%	51%	47 件/18 ヶ月
サービスあり	13%	23%	16%	44%	26 件/18 ヶ月
効果	50%減	30%減	50%減	10%減	45%減*

※サービスの導入および従来型対策の実施による

4.1.4.2 首都高速参宮橋地区の分析

(1) 交通流観測による効果検証

サービス導入前後の、車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、サービス導入後の車両挙動が安全側に変化しており、ドライバーの安心感が高まると推定される。

- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が 0.5G 以上で 4%減少。
0.5G 以上の急減速が 0.3G-0.5G の安全側に変化。
- 60km/h 以上の高速でカーブ進入する車両が 10%減少。
60km/h 以上が 50-60km/h の安全側に変化。

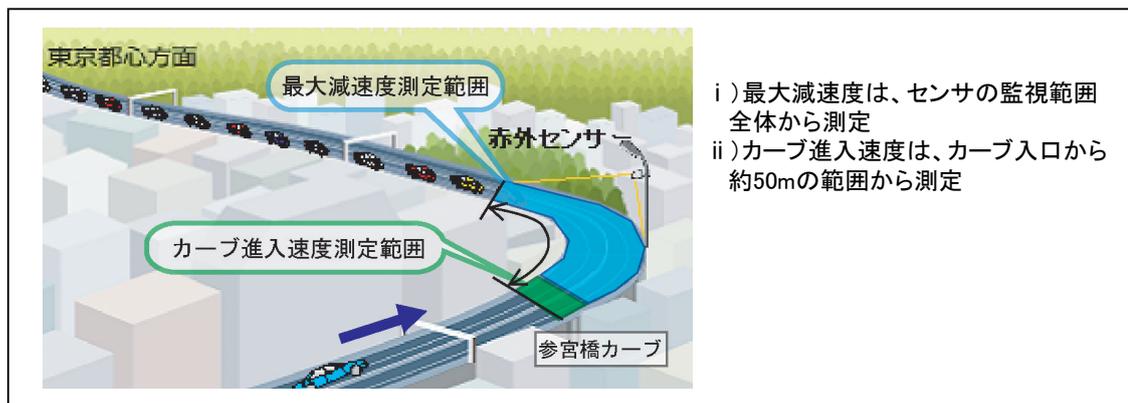


図 4.1.4-5 最大減速度及びカーブ進入速度の測定位置

4章 研究の成果

4.1 コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

表 4.1.4-11 危険なシーンでの急減速や高速でのカーブ進入発生頻度の比較

区分	カーブ前方に渋滞や停止・低速車がある時			
	30km/h以上の進入車有効サンプル数 (台/19日)	急減速挙動の発生頻度		高速でのカーブ進入頻度 (進入速度60km/h以上の車両)
		0.4G以上	0.5G以上	
サービス導入前 2003年10月～11月のうち19日間*	8,507	29.3台 ／100台あたり	17.4台 ／100台あたり	4.9台 ／100台あたり
VICSサービス 2005年3月～4月のうち19日間*	9,705	27.1台 ／100台あたり	16.7台 ／100台あたり	4.4台 ／100台あたり
効果		8%減	4%減	10%減

*乾燥14日間、湿潤5日間

*前方に障害物がある場合に30km/h以上でカーブ進入した車両を対象に分析

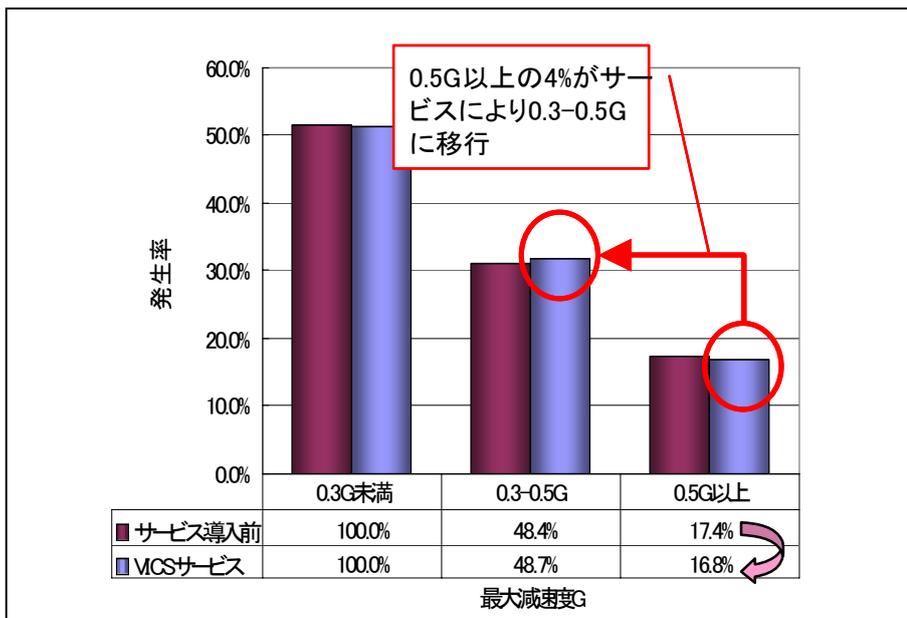


図 4.1.4-6 最大減速度分布 (30km/h 以上でカーブ進入した車両を対象)

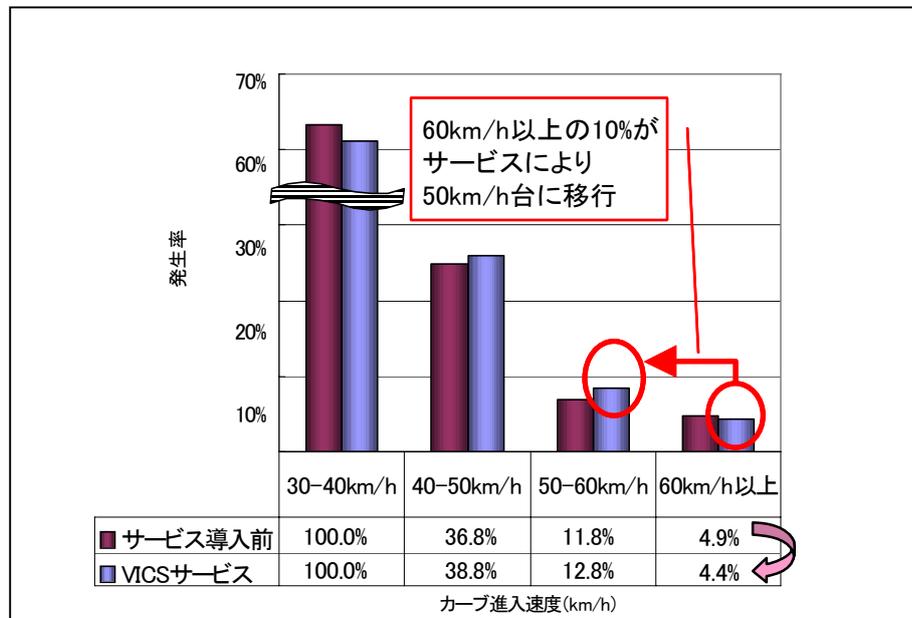


図 4.1.4-7 カーブ進入速度

(2) 3メディア VICS 搭載車の観測による効果検証

1) 危険なシーンの3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動

映像により3メディア VICS 搭載車の挙動を観測した結果、以下の知見が得られた。

- VICS 搭載車のカーブ進入速度は40km/h以下で慎重に進入。
- 先行車との車間を十分に確保し、カーブ内で緩やかに減速し安全に停止。

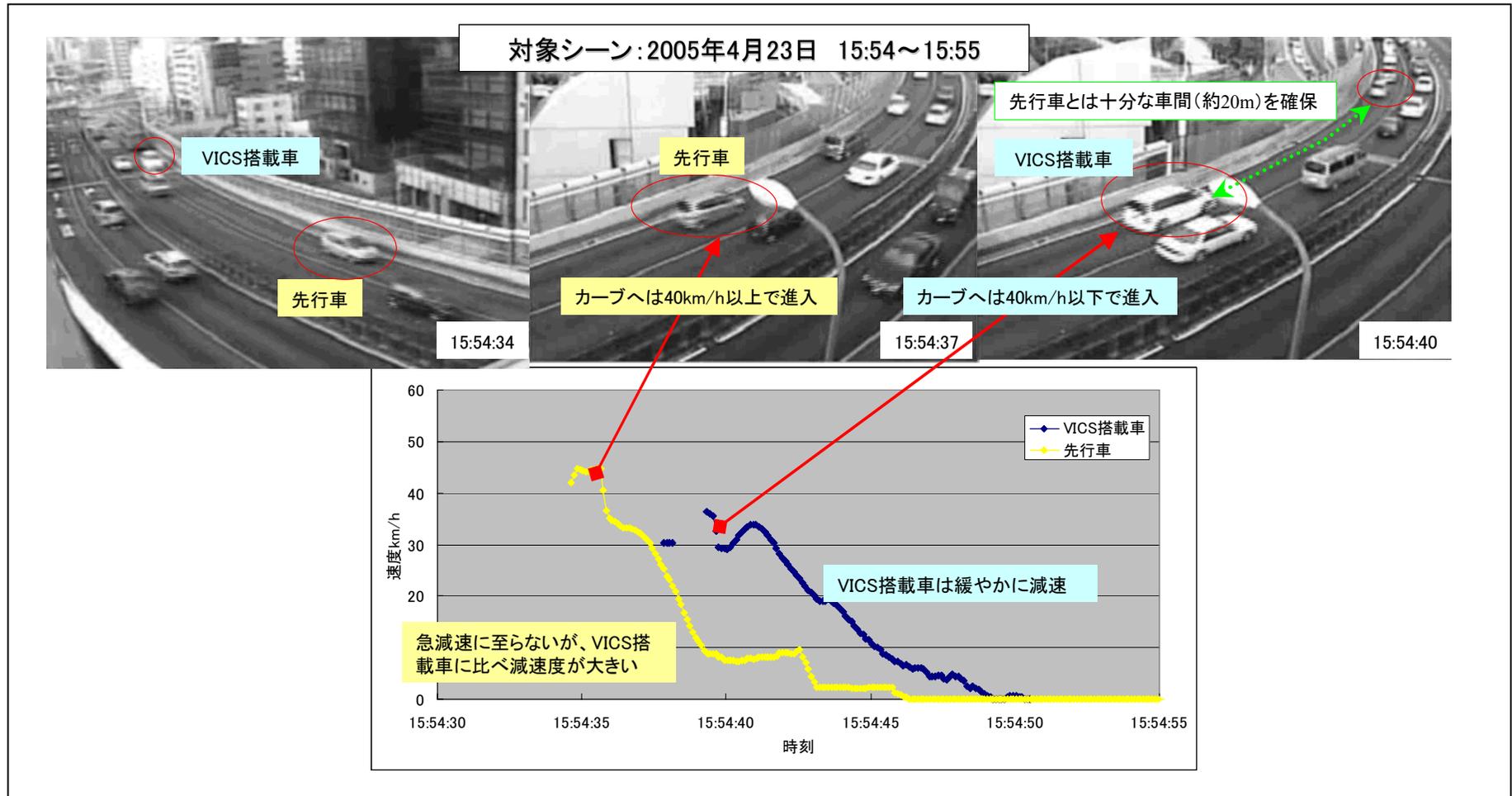


図 4.1.4-8 危険なシーンの3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動

2) 3メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率と車両挙動の関係

自由走行時中においては、3メディア VICS 対応カーナビ車混入率が高くなるにつれて、最大減速度、カーブ進入速度は、有意な差ではないが、減少する傾向にある。

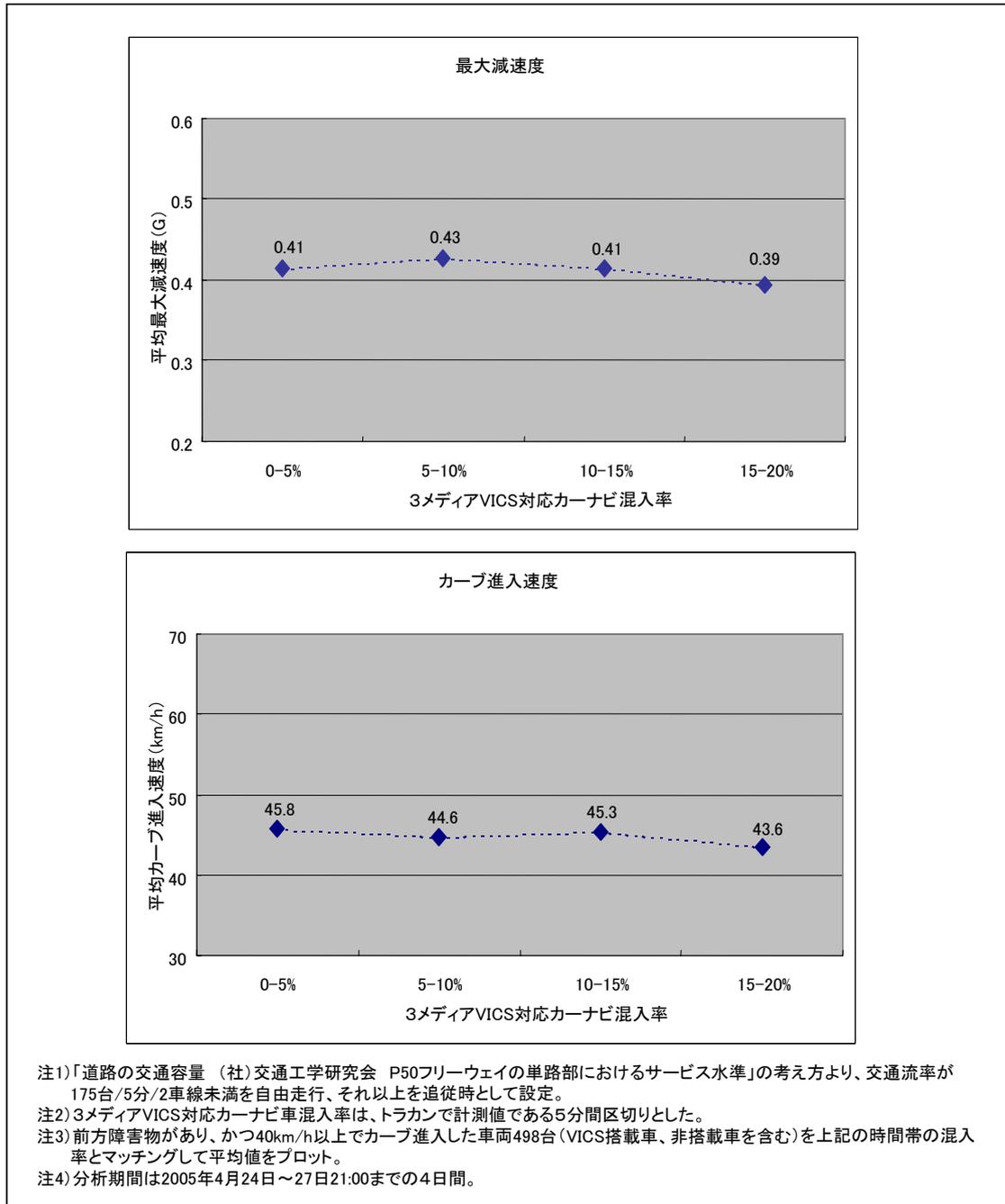


図 4.1.4-9 前方に障害物がある場合の混入率別平均最大減速度と平均カーブ進入速度 (自由走行時)

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2.1 センサによる情報収集に関する調査

4.2.1.1 道路状況把握センサの性能検証及び改良

4.2.1.1.1 道路状況把握センサの評価・改良

道路状況把握センサに関してセンサ検出性能に及ぼす要因、センサ処理性能に及ぼす要因を、それぞれの影響について研究、実験で調査を行ってきた。

その結果いくつかの課題が明らかになった。それを表 4.2.1-1 に示す。課題には各センサ共通の課題として、

- 1) シャドウイング時の検出特性の向上
- 2) 実環境下における性能
- 3) 速度検出精度の向上
- 4) 信頼性・耐久性評価

があり、またセンサ固有の課題として可視画像式センサ、赤外画像式センサ、ミリ波式センサ、レーザレーダ式センサそれぞれの課題を整理した。

一方、実験場では得ることのできない条件、自然環境、道路構造や交通流、車種などの交通環境などがセンサの検出特性、性能に大きな影響を及ぼすことも判明した。

これらの要因が年間を通じてどの程度の頻度で検出特性、性能に影響するのかということをもふまえ、実道実験に供するセンサの目標性能を整理した。これを表 4.2.1-2 に示す。

この値を目標として性能の改良を実施した。

表 4.2.1-1 実用化に向けたセンサ課題

センサ		課 題
共 通		1 シャドウイング時の検出率向上
		2 実環境下における性能評価
		3 速度検出精度の向上
		4 信頼性・耐久性評価
セ ン サ 固 有	可視画像式	1 影による検出劣化の低減
		2 市販車の色に対する評価
		3 大型車検出性能の向上
		4 薄暮、夜間における計測
		5 雨天時の検出劣化の低減
	赤外画像式	1 大型車検出性能の向上
		2 コントラスト(温度)変動時の検出率向上
		3 画像の安定性向上
	ミリ波式	1 大型車両を含めた検出特性の向上
		2 実環境下におけるクラッタレベル確認
		3 実環境下におけるノイズ除去特性向上
	レーザ レーダ式	1 検出範囲の拡大
		2 歩行者検出時間の短縮
		3 車両と歩行者・自転車の識別
	統合装置	1 統合処理性能向上

表 4.2.1-2 道路状況把握センサ 目標性能一覧

センサ	検出率 (%)						速度検出精度			データ 更新レート (ms)	使用環境条件		
	晴・曇			雨			昼間	薄暮	夜間		雨 mm/h	視程(m)	
	昼間	薄暮	夜間	昼間	薄暮	夜間						霧	雪
可視 画像式	96	90	93	90	85	85	± 10%	±15%		100	30 以下	200 以上	1000 以上
赤外 画像式	96			90			±10%			100	30 以下	200 以上	500 以上
ミリ波式	96			94			±10%			400	50 以下	50 以上	100 以上

注 1) 交通流は自由流 (1 分間平均速度 20km/h 以上)とする。

注 2) 検出率の定義は以下とする

$$\text{検出率} = (\text{1H 当たりの検出車両台数}) / (\text{1H 当たりの実通行車両台数}) \times 100\%$$

注 3) 速度検出精度は以下のように読むものとする。

±10% : ±10%または±10km/h の大きい方 ±15% : ±15%または±15km/h の大きい方

(a) アルゴリズムの改良結果と課題のまとめ

表 4.2.1-3 に平成 13 年度の 1 年間、センサごとに行ってきたアルゴリズムの改良と成果を示す。

残された課題としては以下の通りであった。

(i) 可視センサ

- 足柄実験では、道路照明が設置されていたため、道路照明の設置されていない場所での、夜間検出特性の評価が必要である。
- 環境変化を検出し、パラメータを選択設定するパラメータ選択機能により、道路上に落ちる樹木の影の影響（車体と路面とのコントラスト低下）を低減できたが、自車両の影が隣接車両と結合することにより、2 台の車両が分離できず未検出となる、自車両の影の影響に対する対策が必要である。

(ii) 赤外センサ

- 雨天時における低コントラスト車両の検出特性に関して、3 値化閾値の制御方法を背景画像の標準偏差に追従させることで、検出率を向上させることができたが、低温側、高温側それぞれの閾値ごとに一次式の定数を合わせこむ必要があり、通常のコントラスト車両と低コントラスト車両の検出性能のバランスを考慮して、この定数を最適化する必要がある。

(iii) ミリ波センサ

- 赤外センサ同様、雨天時における低コントラスト車両の検出率向上のために、クラッタレベルの閾値自動設定により、雨天時の検出特性改善が見られた。この動的閾値設定は、自動的にクラッタの維持をカットする閾値を増減させるが、その増減をどの程度の速度で制御するか、また、外的要因の変化の急峻さによって、増減を変動させる速さも変化させるべきか等、クラッタレベルの閾値自動設定の制御の最適化が必要である。

表 4.2.1-3 課題の整理と成果

季節	期間/評価台数/条件/取得データ	アルゴリズムの改良と結果 (パラメータ調整)			
		可視	赤外	ミリ波	統合
冬季	<期間> 1/24~2/3 <評価台数> 約15000台 <条件> 晴天/曇天/降雪/雨天(1mm/h) <取得データ> ポイント検出率0/計測範囲/速度検出精度/位置検出精度	<改良> (1) 車両の影と車両の識別処理の追加 (2) 夜間時のテールランプ検出処理の追加 <成果> (1) 影発生時の車両候補判定条件および判定パラメータの変更 <課題> (1) 影発生時の検出率向上 (2) 多重検出、誤検出の低減 (3) 速度計測精度の向上	<改良> ・特になし <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <課題> ・雨天時、赤外放射減少による低コントラスト車両の検出特性評価 ・シャドウイング時の車両候補判定パラメータの最適化	<改良> ・特になし <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <課題> ・特になし	<改良> ・下流センサデータとの結合条件の最適化 <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <課題> ・特になし
春季	<期間> 4/23~4/26 <評価台数> 約2000台 <条件> 晴天/曇天/雨天(1mm/h) <取得データ> ポイント検出率0、1、2/計測範囲/速度検出精度/位置検出精度	<改良> (1) 誤検出、多重検出車両低減のための改良 (2) 速度計測精度向上のための速度算出条件変更 <成果> (1) 誤検出、多重検出車両の低減 (2) 速度計測精度の向上 <課題> (1) 未検出車両の低減 (2) 車種判定精度の向上	<改良> ・特になし <成果> ・サービスの提供に必要な車両の検出特性評価 <課題> 雨天時、赤外放射減少による低コントラスト車両の検出特性把握。	<改良> ・特になし <成果> ・サービスの提供に必要な車両の検出特性評価 <課題> ・大型車両の多重検出低減	<改良> ・特になし <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <課題> ・特になし
夏季	<期間> 6/4、6/14、7/3~7/6 <評価台数> 約2200台 <条件> 晴天/曇天/雨天(36mm/hMAX) <取得データ> ポイント検出率0、1、2/計測範囲/速度検出精度/位置検出精度 未検出車両ID抽出	<改良> (1) 未検出車両低減のための改良 (2) パラメータ動的決定処理の追加(昼夜2パラメータ) <成果> (1) 未検出車両の低減(⇔多重検出増加) (2) 車種判定精度の向上 <課題> (1) 太陽光の影響(影、西日)の低減 (2) 未検出車両と多重検出低減の両立	<改良> ・特になし <成果> ・雨天時の計測データ収集 <課題> 雨天時の低コントラスト車両に対する3値化閾値車両候補判定条件の最適化。	<改良> ・特になし <成果> ・雨天時の計測データ収集 <課題> ・雨天時の低コントラスト(S/N比の劣化)車両に対する受信閾値、車両候補判定条件の最適化 (注)ミリ波の波長である数mmの雨粒はノイズ要因となる可能性があるが、雪、霧等は影響がほとんど無いと考えられる	<改良> ・特になし <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <課題> ・特になし
冬季(現状)	<期間> 12/13~12/14、12/17~12/18、12/29 <評価台数> 約2000台 <条件> 晴天/曇天/雨天(10mm/hMAX) <取得データ> ポイント検出率0、1、2/計測範囲/速度検出精度/位置検出精度 渋滞検出	<改良> (1) カメラハウジングの改良 (2) 環境変化に応じたパラメータ選択機能追加 <成果> (1) カメラハウジング改良による視野外太陽光の影響(特に西日)の低減 (2) パラメータ選択機能による太陽光の影響(路上に落ちる樹木の影)の低減、車体色に依存した未検出車両の低減 <課題> (1) 太陽光の影響(特に自車両の影)の対策 (2) 道路照明が設置されていない場所での夜間検出特性の評価 (3) 悪視程環境における検出特性の評価	<改良> (1) 3値化しきい値設定の最適化 <成果> (1) 雨天時(10mm/hmax)における3値化しきい値制御の改善効果確認(低コントラスト車両の検出率向上) <残された課題> (1) 悪視程環境下における3値化しきい値制御の最適化	<改良> (1) クラッタレベルのしきい値自動設定機能の追加 <成果> (1) 雨天時(10mm/hmax)における低コントラスト車両検出率の向上 <残された課題> (1) 外部環境によるクラッタレベルのしきい値自動設定機能の制御速度の最適化	<改良> ・特になし <成果> ・実走行環境下でのデータ収集 <残された課題> ・事象発生時のデータの取得

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2.1.1.2 実道実験におけるセンサシステムの性能評価

(米谷、上社、名古屋西)

(1) 実験の目的

センサ安全度、センサシステム稼働率という視点から R25 米谷地区においては可視道路センサを、東名阪自動車道上社 JCT および名古屋西 JCT においては赤外道路センサを評価した。それぞれの地区について個別の問題はあるものの赤外センサにおいては基本的にセンサ安全度、システム稼働率ともに良好な結果が得られた。

(2) 実験で明らかになった課題

R25 米谷地区においては可視センサを使用した、以下の問題が発生した。

低コントラスト車両、およびシャドーイングによる検出性能低下

- 夜間において、照度不足から車両検出データが途切れることが多い。
- 雨天時の夜間は加えて、インテリジェントポールの窓枠濡れによる視界不良、デリニエータ光の路面反射の影響を受けていると考えられる。デリニエータについては、危険箇所の道路設備として不可欠のものであり、実道には設置されているものであるため、設置設計の際には十分に考慮されるべきである。(夜間のデリニエータ反射光の対策については、可視カメラでは限界がある)

また、上社 JCT、名古屋西 JCT においては赤外センサを使用した、以下の問題が発生した。

- ゼブラ領域の白線や橋梁の繋ぎ目によって発生する赤外反射成分による検出性能への悪影響(この反射成分は実態の赤外放射ではないため、そのまま連結処理すると検出車両の車尾位置が突然後退して速度が急に低下するなどの問題があった。)
- 道路の揺れによりカメラ映像が揺られて背景画像が大きく乱れる時がある。その場合ゴミが発生し、結果的に誤事象に結びつく可能性有り。

上記可視センサにおける対策としては以下を実施している。

- 1 車両そのものの事象が検出できる車幅のパラメータの調査。
- 年間を通じた長期にわたり、晴天・昼間/曇天・昼間/雨天・昼間/晴天・夜間/雨天・夜間等の条件で運用することにより、車幅パラメータの変更によるシステム性能低下などの影響を含めた問題点の洗い出しと対応策の検討。

また赤外センサにおける対策としては以下を実施している。

- 赤外反射の起きる場所に抽出禁止領域を設定し、赤外反射成分を抽出および連結処理の前で取り除くことによって良好な車両検出結果を得ることができた。ただし、検出対象車両の形状と熱分布は個々の車両によって異なるため、まれに反射の影響の出る場合もありうる。
- カメラの設置に際し制震装置等を導入している。しかしながら揺れによってゴミが発生する場合がある。

(3) 実験の結果

実道実験評価結果について表 4.2.1-4 にまとめる。

- 赤外センサシステムにおいては誤検出は発生するものの、停止低速事象検出において未検出はほとんど無い。誤検出の頻度を考慮しても十分実用に耐えうるものと思われる。
- 実道においてはシステムの的に未検出事象をなくすことが重要であり、未検出を無くすためには誤検出が増える方向に調整せざるを得ないところがある。センサ調整の方向については個別に検討が必要である。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

表 4.2.1-4 実道実験評価結果

○道路状況把握センサ評価

	仮目標値 (サンプル目標値)		米谷(可視)		上社JCT(赤外)		名古屋西JCT(赤外)		
			実験結果	改良見込	実験結果	改良見込	実験結果	備考	
道路センサ稼働率※	96.0%								
断念時間(率)	—								
検出特性	検出率	96%	晴れ昼		87%	96.1		98.8	
			晴れ夜			98.1			
			雨昼			---		96	
	誤検出率	(実力値を測定)	晴れ昼			6.2		2	
			晴れ夜			3.5			
			雨昼			---		4	
速度精度	普通車	±10km/h	晴れ昼		2.43	1.59		1.11	
			晴れ夜		3.45	---			
			雨昼		2.32	1.78		0.51	
	大型車	±10km/h	雨夜		7.33	---			
			晴れ昼		2.05	1.8		0.22	
			晴れ夜		3.11	---			
	重なり車両	±10km/h	雨昼		2.71	3.53		0.26	
			雨夜		8.1	---			
			晴れ昼		3.31	3.78		1.23	
事象	停止車	96%	正解	20	100	100	100	100	
			誤報	0.07	0.07	0.4	0.01	0	
	低速車	96%	正解	89.9	96.3	100	100	100	
			誤報	15.6	10	59	10	6.7	
稼働率※1	稼働率	96%		99.90%	98.2	99.9	99.6	99.3	
安全度※2				89.00%	94.56	99.2	99.6	100	

※1: 道路センサ稼働率=1-(断念時間率+故障中時間率+保守休止時間率)

※2: 安全度は、道路センサ稼働中に発生した事象の検出率とした

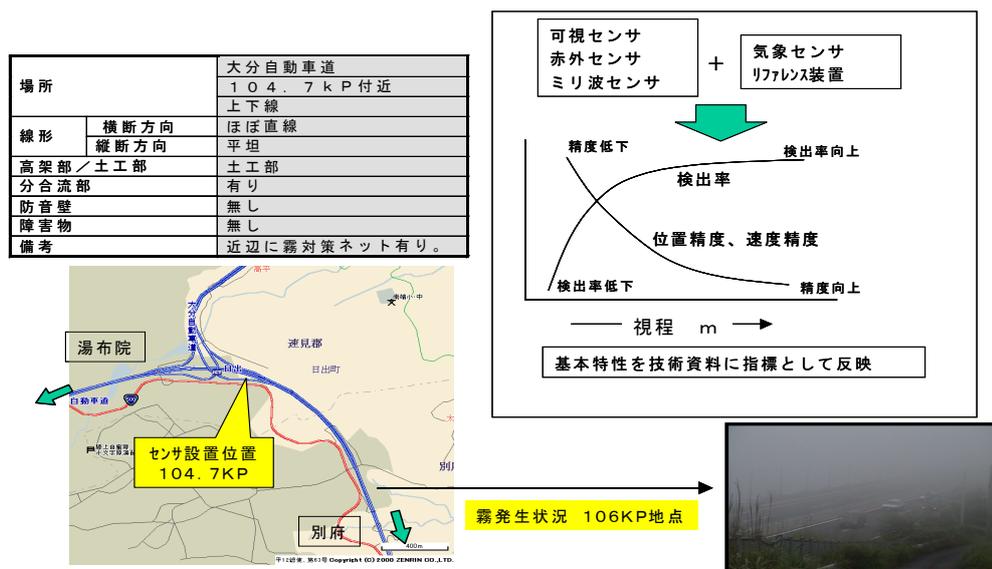
4.2.1.1.3 厳しい自然環境下におけるセンサ特性把握実験（大分日出）

(1) 実験の目的

本実験は、センサ性能を阻害する要因である霧および雨の悪視程環境が起こる実道において、AHSを構成する要素技術の一つである道路センサの機能と性能の検証・評価、さらにその結果を指標として、センサの実用化・実道配備のためのセンサ選択根拠等の基礎データを取得することを目的とした。

(2) 実験の概要（場所、期間等）

実験期間：平成14年4月～平成15年2月



(3) 実験の結果

大分日出JC（閑散流、排水性舗装）において、道路状況把握センサ（可視センサ、赤外センサ、ミリ波センサ）の検出特性把握を行い、センサ安全度・センサシステム稼働率の評価を行った。

(a) センサ安全度・センサシステム稼働率

センサ安全度・センサシステム稼働率に関する成果を以下に整理する。

(i) センサ安全度

(i) 検出率

ミリ波センサは安定した検出率を示した。視程と検出率については、検出率のばらつき、低下を考慮すると可視センサは視程 800m、赤外センサは視程 150m が検出限界と考えられる。

(ii) エリア検出率

エリア検出率はリファレンス地点における検出率を 100%としているので、検出終端位置では、例えば可視センサでは検出率 2 が $99\% \times 96\% = 95\%$ になる（晴天薄昼間）。

エリア検出率は今後のセンサシステム設計の指標として考えていく必要があることが分かった。

(iii) 速度計測精度

精度平均値は各センサともに 10%以下で目標値以内に収まっていることを確認できた。ただし可視センサでは降雨時、視程悪化時にばらつきが大きくなる傾向があるという結果となった。

(iv) 位置計測精度

位置計測精度は、各センサとも平均値は目標値の 5m 以内に

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

収まっている。ミリ波センサはばらつきが小さいが、可視センサ、赤外センサは天候条件によって3m以上になることがあった。

(イ) センサシステム稼働率

(i) センサシステム稼働率

センサシステム稼働率は霧発生、降雨日数を考慮して算出することにする。降雨強度と視程は一对一の関係にない。そこで以下のように仮定する。

- 降雨強度 10mm/h 以上の発生日数 19 時間/年間 (気象データから)
- 視程 50m 以下の日数 90 日/年間
視程 150m 以下の発生日数も同数とし、このうち視程が悪くなっている時間は 9/日時間とする。また視程が 800m 以下になる時間は 12 時間/日とする。ミリ波が影響を受ける時間を 4 時間/日とする。
- 年間故障時間を 8 時間、保守運用時間を 6 時間とし、稼働率計算から除く)
- 視程 50m 以下が長く続くと交通止めになるので、その時間は稼働率算出から除く。その時間は 6 時間とする。(年間時間数 8760 時間)

以上の仮定からセンサシステム稼働率を算出すると以下のように、可視センサ 86.7%、赤外センサ 90%、ミリ波センサ 95.6%となる。

$$\begin{aligned} \text{可視センサシステム稼働率} &= 1 - (19 + 12 \times 90) / (8760 - 6 \times 90 - 8 - 6) &= 0.866 \\ \text{赤外センサシステム稼働率} &= 1 - (19 + 9 \times 90) / (8760 - 6 \times 90 - 8 - 6) &= 0.899 \\ \text{ミリ波センサシステム稼働率} &= 1 - (4 \times 90) / (8760 - 6 \times 90 - 8 - 6) &= 0.956 \end{aligned}$$

4.2.1.1.4 重交通環境下におけるセンサの評価

重交通環境下における道路状況把握センサ（可視画像式センサ、赤外画像式センサ、ミリ波式センサ、追跡処理部）の改良、調整後の年間を通じてのセンサの安全度、システム稼働率を評価するためのデータ採取を東名足柄サービスエリアで行い、以下の項目について検証を行った。

(ア) センサ安全度

- (i) 検出率
- (ii) エリア検出率

- (iii) シャドウイング率
- (iv) 多重検出特性
- (v) 速度計測精度
- (vi) 位置計測精度
- (vii) 渋滞検出

(4) センサシステム稼働率

センサ信頼度を、検出率 96%以上確保できる時間と定義して、以下の表 4.2.1-5 によりセンサシステム稼働率を定義した。

表 4.2.1-5 センサ信頼度と確信度

		センサ信頼度	
		検出率	
確信度	有り	A	B
	無し	C	D

A : センサ信頼度有り & 確信度有り B : センサ信頼度なし & 確信度有り
 C : センサ信頼度有り & 確信度なし D : センサ信頼度なし & 確信度なし

$$\text{センサシステム稼働率} = (A+B) / T = 1 - (C+D) / T$$

ここで T は年間総時間 (365 日×24h) から故障時間 (8h)、保守運用時間 (6h) を引いた時間である。

各センサのセンサシステム稼働率を算出すると表 4.2.1-6 のようになる。表から全てのセンサにおいてセンサシステム稼働率が 96%以上となっている。

表 4.2.1-6 足柄におけるセンサシステム稼働率

センサシステム稼働率 (%)		
可視センサ	赤外センサ	ミリ波センサ
99	99.8	100

4.2.1.1.5 通年運用によるセンサの長期的性能検証

夏季、秋季、冬季において、平成 14 年度に実施したパラメータ変更による事象検出性能対策の評価、および誤検出や多検出などへの影響の評価を、実験装置を設置して実施した。具体的にはセンサ出力データ (個別車両データ)

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

と映像データを収集し解析した。また解析したセンサ出力データと映像データを突き合わせることでリファレンスを作成し、評価対象時間追跡できた車両検出率をもとに事象検出性能（正検出、誤検出、多検出）の評価を行った。渋滞中以外で停止事象検出データの収集を行い、停止事象の誤検出を評価した。また、長期の稼働率の評価を行った。

(1) 米谷地区実験

夏季、秋季、冬季の各季節を通した車両検出率、誤検出率、多検出率、未検出率の時間帯別、交通量別の評価を実施した。

車両検出率は目標値 96%以上を達成できなかった。これは、カーブ内側の白線を内寄りにはみ出して走行する車両挙動や、重交通流であるため次々と車両の重なりが発生し、車両検出データが安定しないといった現地特有の道路線形条件、交通流条件が影響していると考えられる。

多検出率は平均 0.2%程度発生していることを確認した。多検出の発生頻度は車両と影の分離が難しい午後に増加する傾向がある。また、大型車の分離検出による多検出が多かった。これは大型車の車体向きが進入時、カーブ走行時で急激に変化するため、車両分離が難しくなり、多検出してしまうと考えられる。

未検出件数が多い要因は、重交通流であるため、次々と車両重なりが発生し、車両検出データが安定しないといった現地特有の条件が影響している。

未検出率は車両検出率の裏返しであり、平均 19.6%程度となった。これは車両検出対象道路が片側二車線という道路線形に依存している可能性もあり、車線の増加や交通量の増加によって横方向のシャドウイングが増えたことが要因と考えられる。

(2) 名古屋西 JCT 実験

夏季、秋季、冬季において、平成 14 年度に実施した事象判定性能対策の評価、および誤検出や多検出などへの影響や、渋滞中以外で停止事象検出データの収集を行うことで停止事象の誤検出を評価した。また、長期の稼働率の検証を実施した。

名古屋西における赤外センサの夏、秋、冬の各季節を通した車両検出率、多検出率、未検出率の時間帯別、天候別、交通量別、気温別の評価を実施した。

車両検出率は全ての項目で安定した目標値以上の高い検出率が得られた。多検出率はどの評価項目においても数%程度発生していることを確認した。多検出の発生頻度は路面温度に対する車両温度の温度コントラストが低下する時に増加する傾向にあり、夏、冬よりも秋で、晴天よりも曇天、雨天で発生しやすい。

未検出率は車両検出率の裏返しであり、どの評価項目においても 1%以

下という非常に小さな値となった。

赤外センサシステム稼働率の評価では、各季節とも平均でほぼ 99% というシステム稼働率が得られた。確信度低下の要因は雨天や曇天など、温度コントラストの低下によるものであった。

また各季節を通じた停止事象の誤検出評価を実施し、平均で約 0.4 回/日という発生頻度となった。誤検出要因は路面反射によると考えられるものが一番多く、路面反射発生場所を抽出禁止領域設定すれば発生頻度を更に低下できる可能性がある。二番目に多い誤検出要因となった背景乱れは赤外カメラの画像安定性に依存するため、赤外カメラの品質のばらつきがより均一になればこの要因による発生頻度は低下すると考えられる。

(3) 参宮橋実験

渋滞中以外で適当なサンプルの停止事象検出データの収集を行い、停止事象の誤検出を評価することを目的とした。また赤外道路センサ据付後の基本性能を評価した。

(a) 車両検出性能評価

(イ) 車両検出率

車両検出率の例を表 4.2.1-7 に示す。

赤外センサの車両検出台数を精査するため、計測データはシャドウイング台数が比較的少ない夜間に取得した。

車両検出率は仮目標値以上の値が得られ、また多重検出が比較的多く検出されている。これは三値化処理による車両検出アルゴリズムを三値化後の白点のみを車両として追尾検出するアルゴリズムに変更したため、車両を分離検出しやすくなったためであると考えられる。

表 4.2.1-7 車両検出率

計測項目	計測値
実車両走行台数(15分あたり)	357
センサ検出台数	269
シャドウイング台数	77
多重検出台数	32
誤検出(壁高欄等による反射)	20
車両検出率	96.1 %
多検出率	11.4 %

(イ) 渋滞末尾検出

渋滞末尾車両とは、渋滞判定領域で渋滞判定条件が満たされた時の最上流に位置する停止車両または低速車両を指す。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

統合処理装置では参宮橋カーブの渋滞判定領域を3つに分け、それぞれの領域で渋滞条件を満たすかどうかを100msおきに計算し、各々の平均時間間隔で渋滞判定している。

渋滞が開始すると渋滞末尾車両が下流側から上流側へ移動している状況が確認できた。また、渋滞解消に向かうと渋滞末尾車両が上流側から下流側へ移動しており、渋滞末尾車両の速度が設計どおり20km/h以下になっていることが確認できた。

以上の結果から、渋滞末尾車両が正しく検出できていると思われる。

(b) 停止事象検出評価

センサの停止誤検出にも、路上に検出対象物が全く無いのに停止事象を検出した場合と、路上に検出対象物が存在したために停止事象を検出した場合とでは誤検出の要因に差があると考え、両場合について誤検出の発生頻度を評価した。具体的には、路上に存在した発煙筒などの高熱源体の検出を誤検出に含めた場合と除外した場合である。

一日あたりの誤検出発生頻度は、約0.9~1.1回/日となった。データの分析結果から誤検出の要因を分類すると、表4.2.1-8に示す3点にほぼ分類できる。

表 4.2.1-8 誤検出要因の分類

要因	状況説明
路面反射	橋梁の繋ぎ目や白線等、路面上に赤外線を反射する物体があるときに、車両以外の反射成分が発生することに起因する。
対向車両の影響	対向車線側の車両の一部が検出領域に掛かることによって誤検出成分が発生する。
画像補正後の背景乱れ	赤外面像の温度ドリフトを補正する画像補正動作後に画像処理内部の背景画像が乱れることに起因する。

路面反射による誤検出は、車両底部の温度が橋梁の繋ぎ目などの金属部分や白線など、赤外線を反射しやすい部分で別車両として検出してしまうために発生する。防音壁など側壁での反射成分は予め車両検出領域から除外しており、路面反射しやすい場所も抽出禁止領域を設けるなど反射対策は実施しているが、車両によっては稀に反射対策実施場所の近傍で更に反射が発生する可能性があるために誤検出となったと考えられる。路面上の抽出禁止領域を更に広げると反射による誤検出は減少すると考えられるが、車両検出自体が不安定になる可能性が高く、現状の車両検出特性を保ったまま抽出禁

止領域を広げるのは難しいと考えられる。

件数は僅かであるが対向車両の影響があった。赤外カメラ設置位置が検出対象車線側ではなく対向車線側であり、撮像範囲に対向車線側の車両の一部が撮像される設置環境である以上、対向車両の影響を完全に無くすことは難しい。車両検出情報を出力する領域から可能な限り対向車の撮像されるエリアを除くなど、対向車両の影響を低減するための対策は実施済みである。

(c) まとめ

首都高速道路4号新宿線参宮橋カーブに赤外道路センサを据付調整し、サンプル評価ではあるが仮目標値以上の車両検出率が得られ、渋滞末尾車両も正しく検出できていることを確認した。

渋滞期間中を除く停止事象の誤検出はその要因がほとんど路面反射にあることが判明し、誤検出の発生頻度が平均0.9~1.1件/日程度であることを確認した。停止判定時間を数秒程度長くすることで誤検出を大きく低減できる可能性もあるが、正しい停止事象検出が未検出となる場合もあり、誤検出と未検出のバランスを考慮して事象判定時間を設定する必要があると思われる。

4.2.1.2 路面状況把握センサの性能検証及び改良

4.2.1.2.1 路面状況把握センサの評価・改良

(1) 研究目的

走行支援システムの構成機器である路面状況把握センサの実用化を図るため、安全性・信頼性を確保するために必要なセンサのアルゴリズムのパラメータ調整やアルゴリズム開発を行い、実道フィールドに設置し、実道環境下における様々なデータを取得して、センサ性能や安全性・信頼性について評価を実施した。

(2) 目標の設定

用途に供するレベルとして、路面状況把握センサに求められる到達目標を表4.2.1-9のように設定した。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

表 4.2.1-9 センサの開発目標

	目標性能							備考	
	項目	路面判別精度	検出率	検出時間	検出範囲	分解能	耐久性		
	単位	(分類)	(%)	(分)	(m×車線)	(縦 m×横 m)	(年)		
	目標値	9	100	1	-	(縦×2)	9 (交換部品)		
センサ名	可視画像式	昼間:8分類 乾燥、湿潤、水膜、新雪、シャーベット、圧雪氷板、氷膜 夜間:5分類 乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結	100	1	昼間: 100×3車線 夜間: 上記範囲の照明下部分	2m×2m～ 20m×2m	9	カメラケース内ファン等 (5年毎)	路面判別精度:水膜厚の判別は原理的に不可のため8分類。夜間はコントラストが低下するため5状態に下がる。 検出範囲:夜間は照明のあたる範囲のため狭くなる。 分解能:30m以上先の縦方向分解能は画素数の関係から段階的に粗くなる。
	レーザレーダ式	8分類 乾燥、湿潤、水膜、新雪、圧雪、シャーベット、圧雪氷板、氷膜	100	1	4m×3車線	2m×2m	9	レーザ発光素子 (1年毎)	路面判別精度:数mmの水膜厚の判別はできないため8状態。 検出範囲:設置位置(高さ、走路上/路側)によって、横断方向が狭くなる場合がある。
	電波放射計式	9分類 乾燥、湿潤、水膜小、水膜大、新雪、圧雪、シャーベット、圧雪氷板、氷膜	100	1	40m×3車線	2m×2m ～10m×2m	9	回転台可動部 (2年毎)	分解能:40m前方では、検出エリアが長楕円となるため長くなる。
	ファイバ式	6分類 乾燥、湿潤、水膜厚小、水膜厚大、積雪、凍結	100	1	15km×0.5m	1m×0.5m	9	レーザ発光素子(4年毎) 気象センサ部品 (半年)	路面判別精度:積雪、凍結の詳細判別は不可のため6分類。 検出範囲、分解能:縦方向は、15km、10mで、横方向の検出範囲はファイバー上のため約0.5mとなる

(3) 平成13年度の改良と実験結果

各センサの課題に対するアルゴリズムの改良項目を整理して、具体的な設計を行った。改良内容を以下に示す。

(ア) レーザレーダ式センサ

乾燥状態から湿潤状態へ変化するときの反射強度のばらつき原因を調査し、判別基準値設定の最適化を行ない、湿潤判別精度を向上させた。また、路面温度データの統計処理により凍結判定精度を向上させた。以上2つのアルゴリズムの改良により、検出率5%の改善効果があった。

(イ) 電波放射式センサ

通過車両による影響を除去するため、垂直及び水平偏波の放射率算出において移動平均処理アルゴリズムを追加した。また、天球放射温度の計測回数を9回から5回に短縮し、機械式回転台の負担を軽減させた。さらに、乾燥から水膜、凍結から乾燥等のように通常起こり得ない路面状態の遷移を除去する時系列判定アルゴリズムを追加した。以上の3つのアルゴリズム改良により、検出率15%の改善効果があった。

(ウ) 可視画像式センサ

乾燥状態と湿潤状態の判別精度を向上させるため、補助センサ（感雨計）によるアルゴリズムを追加した。また、早朝や薄暮などの昼夜切替時における判別精度を向上させるため、日射条件を考慮したアルゴリズムを追加した。さらに検出率を向上させるため、画像特徴の分散度によるアルゴリズムを追加した。

前年度までに実施した2方式（HSB方式及びRGB方式）を統合させて検出率を向上させる画像特徴量追加による改良を実施した。以上の4つのアルゴリズム改良により、検出率12%の改善効果があった。

(エ) 光ファイバ式センサ

前年度までに得られたデータを解析し、その誤差要因を調べた。その結果、降雨開始時の湿潤状態判別精度低下及び熱計算誤差による判別精度低下が見られたので、感雨計を追加して湿潤検出感度の向上アルゴリズム、熱計算誤差を考慮した路面状態判別アルゴリズムを開発すると共に、実験データベースにより路面状態判定しきい値の最適化アルゴリズムの改良を実施した。以上の3つのアルゴリズム改良により、検出率11%の改善効果があった。

結果を表4.2.1-10～12に示す。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

表 4.2.1-10 中山峠実験・8 状態結果 (H13 年度)

センサ名	センサ正解率(%)								総合正解率		安全度	
	乾燥	湿潤	水膜	シャー ベット	新雪	圧雪	圧雪 氷板	氷膜	目標	実績	目標	実績
レーザレーダ式	92.7	72.1	67.7	44.1	61.0	96.2	58.7	40.3	91.6	78.5	96.0	94.1
電波放射計式	95.5	73.1	80.3	42.8	43.9	78.0	88.0	25.8		84.8		94.1
可視画像式	89.3	56.4	76.0	47.9	27.1	37.2	46.2	88.9		68.4		91.3

表 4.2.1-11 中山峠実験・5 状態結果 (H13 年度)

センサ名	センサ正解率(%)					総合正解率		安全度	
	乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結	目標	実績	目標	実績
レーザレーダ式	92.7	72.1	67.7	97.1	62.2	91.6	86.6	96.0	95.0
電波放射計式	95.5	73.1	80.3	82.7	42.6		87.0		94/8
可視画像式	88.6	55.2	75.8	92.2	97.4		83.9		94.4
光ファイバ式	79.5	72.0	49.4	97.5	25.0		83.2		96.5

表 4.2.1-12 中山峠実験・稼働率結果 (H13 年度)

センサ名	システム稼働率		サービス稼働率	
	目標	実績	目標	実績
レーザレーダ式	99.6	89.8	96.0	89.8
電波放射計式		56.0		55.0
可視画像式		77.2		72.6
光ファイバ式		95.4		95.4

平成 13 年度実験の結果得られた課題と対策案及びその結果を以下に示す。

表 4.2.1-13 可視画像式センサの個別正解率向上対策案

路面状態	誤出力路面状態	主な個別正解率低下要因	個別正解率劣化割合	対応策	対策後予想劣化割合	対策後正解率
乾燥 (88.6%)	湿潤	影の影響	4.7%	補助センサによる	3.0%	93.5% (補助センサ使用)
	水膜	影の影響	5.4%	補助センサによる	3.0%	
	積雪	逆光の影響	1.3%	確信度出力パラメータの調整による	0.5%	
湿潤 (55.2%)	乾燥	乾燥から湿潤への状態遷移時に誤判定	15.0%	補助センサによる	1.0%	90.0% (補助センサ使用)
	水膜	湿潤と水膜の境界条件による誤判定	26.0%	判別データベースの調整による	8.5%	
	積雪	逆光の影響	3.8%	確信度出力パラメータの調整による	0.5%	
水膜 (75.8%)	乾燥	順光時の水膜で反射光が観測不可の影響	2.8%	—	2.8%	90.0%
	湿潤	湿潤と水膜の境界条件による誤判定	16.6%	判別データベースの調整による	6.6%	
	積雪	逆光の影響	4.7%	確信度出力パラメータの調整による	0.5%	
	凍結	不明	0.1%	—	0.1%	
積雪 (92.2%)	乾燥	黒シャーベット状態時に路側雪壁と路面とのコントラスト増大により路面輝度が得られず誤判定	1.1%	確信度出力パラメータの調整による	0%	93.3% 96.6% (補助センサ使用)
	湿潤	黒シャーベット状態時に湿潤と誤判定	4.9%	補助センサによる	2.3%	
	水膜	黒シャーベット状態時に水膜と誤判定	1.7%	補助センサによる	1.0%	
	凍結	積雪表面または下層の凍結時に誤判定	0.1%	—	0.1%	
凍結 (97.4%)	乾燥	黒シャーベット状態時に路側雪壁と路面とのコントラスト増大により路面輝度が得られず誤判定	1.4%	確信度出力パラメータの調整による	0%	98.8%
	湿潤	融雪剤の影響	0.5%	—	0.5%	
	積雪	積雪表面または下層の凍結時に誤判定	0.7%	—	0.7%	

表 4.2.1-14 レーザレーダ式路面センサの個別正解率向上対策案

路面状態	誤出力 路面状態	個別正解率劣化要因	個別正解率 劣化割合	対策案	対策後予想 劣化割合	対策後 正解率
乾燥 (92.7%)	湿潤	不明	7.0%		7.0%	92.7%
	積雪	不明	0.3%		0.3%	
湿潤 (72.1%)	乾燥	乾燥から湿潤への状態遷移時に誤判定	5.2%	補助センサ(感雨計)を用いて、湿潤への判定を早める。	1.0%	90.3%
	水膜	湿潤と水膜の境界条件による誤判定	16.0%	湿潤と水膜の境界領域を見直し、最適化する。	2.0%	
	積雪	不明	1.9%		1.9%	
水膜 (67.7%)	凍結	不明	4.8%		4.8%	
	乾燥	不明	2.0%		2.0%	
	湿潤	湿潤と水膜の境界条件による誤判定	20.0%	湿潤と水膜の境界領域を見直し、最適化する。	3.0%	90.5%
	積雪	不明	3.5%		3.5%	
凍結	凍結	凍結路面の表面が融けて水膜状態となった路面を凍結と誤判定	6.8%	アルゴリズムの改良 (水膜時は反射光が少ないことから、指標“有効データ率”を新設して判定条件に加える。)	1.0%	90.0% 以上
	湿潤	不明	0.3%		0.3%	
積雪 (97.1%)	凍結	不明	2.6%	凍結と判定する路面温度判定値を見直す。	9.7% 以下	90.5%
	積雪	低温環境下で、凍結を積雪と誤判定	37.8%	凍結と判定する路面温度判定値を見直す。	9.5%	

表 4.2.1-15 光ファイバ式路面センサの個別正解率向上対策案

路面状態	誤出力路面状態	個別正解率劣化要因	個別正解率劣化割合	対策案	対策後予想劣化割合	対策後正解率
乾燥 (79.5%)	湿潤	蒸発(湿潤から乾燥状態へ変化する)時の時間遅れ	16.9%	熱定数の微調整とデータベースの見直しにより真の路面状態との時間差 Δt を無くする(安全側誤判定の低減)。	10.0%	90.0%
	凍結		3.6%		0%	
湿潤 (72.0%)	乾燥	熱量精度(温度精度)による影響	2.1%	—	2.1%	90.3%
	水膜	湿潤、水膜の境界(遷移過程)部分での誤判定	2.8%	降雨アルゴリズムの改良(感雨、雨量計で少量降雨時は湿潤とするなど)。	5.7%	
	積雪	①蒸発(湿潤から乾燥状態へ変化する)時の時間遅れ(蒸発しきらない内に温度低下で積雪)	18.8%	熱定数の微調整とデータベースの見直しにより真の路面状態との時間差 Δt を無くする(安全側誤判定の低減)。	0.5%	
			②熱量精度(温度精度)による影響		0.5%	
	凍結	①蒸発(湿潤から乾燥状態へ変化する)時の時間遅れ(蒸発しきらない内に温度低下で凍結)	3.0%	熱定数の微調整とデータベースの見直しにより真の路面状態との時間差 Δt を無くする(安全側誤判定の低減)。	0.2%	
			②熱量精度(温度精度)による影響		0.7%	
水膜	湿潤	湿潤、水膜の境界(遷移過程)部分での誤判定	31.1%	降雨アルゴリズムの改良(感雨、雨量計で多量降雨時は水膜とするなど)。	7.2%	90.1%

(49.4%)	積雪	①蒸発(湿潤から乾燥状態へ変化する)時の時間遅れ(蒸発しきらない内に温度低下で凍結)	11.8%	熱定数の微調整とデータベースの見直しにより真の路面状態との時間差 Δt を無くする(安全側誤判定の低減)。	0.7%	
		②熱量精度(温度精度)による影響	0.5%	—	0.5%	
	凍結	①蒸発(湿潤から乾燥状態へ変化する)時の時間遅れ(蒸発しきらない内に温度低下で凍結)	6.6%	熱定数の微調整とデータベースの見直しにより真の路面状態との時間差 Δt を無くする(安全側誤判定の低減)。	1.0%	
		②熱量精度(温度精度)による影響	0.5%	—	0.5%	
積雪(97.4%)	湿潤	熱量精度(温度精度)による影響	0.0%	—	0.0%	90.1%
	水膜	熱量精度(温度精度)による影響	0.1%	—	0.1%	
	凍結	積雪、凍結の境界部分での誤判定		2.4%	路面状態判定(境界領域の最適化(データベース化))。	2.0%
					凍結精度向上による劣化	7.8%
凍結(25.0%)	湿潤	熱量精度(温度精度)による影響	0.8%	—	0.8%	90.6%
	積雪	積雪、凍結の境界部分での誤判定	74.2%	①路面状態判定(境界領域の最適化(データベース化))。 ②積雪継続時での路面温度しきい値等による凍結判定アルゴリズムの追加	8.6%	

注：凍結と積雪との間の判定アルゴリズムの最適化を行うにあたり、「凍結」を「積雪」と誤る部分を低減するような閾値を設定するとき、逆に「積雪」を「凍結」と誤る部分が増加する。

(4) 平成 14 年度の改良と実験結果

各センサの課題に対するアルゴリズムの改良項目を整理して、具体的な設計を行った。改良内容を以下に示す。

(ア) 可視画像式センサ

画像特徴の統計量を持つように調整したデータベースを用いて判別する段階絞込み方法のアルゴリズムを開発した。適用前後の湿潤、水膜の個別正解率の評価を実施し、湿潤、水膜とも 8%向上し、本アルゴリズムの正解率における効果を確認した。

(イ) レーザレーダ式センサ

測定領域細分化手法を取り入れたシャーベット路面判定方法、反射強度変化を利用した水膜検出処理アルゴリズムを開発するとともに、霧検出による確信度判定アルゴリズムを開発した。

(ウ) 光ファイバ式センサ

蒸発熱量のパラメータ調整、感雨、降雨を考慮した判定アルゴリズムの開発を行うとともに、積雪、凍結の境界部分での誤判定については、気温、路温およびその変化率を用いてアルゴリズムを開発した。本アルゴリズムにより、各要因に対し検証した結果、正解率を向上できる見通しが得られた。

改良を行ったセンサを用いた中山峠実験の結果をまとめた。平成 14 年度の 5 状態結果を表 4.2.1-16 に、平成 14 年度のサービス稼働率とシステム稼働率を表 4.2.1-17 に示す。

表 4.2.1-16 中山峠実験・5 状態結果 (H14 年度)

センサ名	センサ正解率(%)					安全度	
	乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結	目標・実績	
可視画像式	98.0	89.0	89.6	92.7	89.2	96.0	96.8
レーザレーダ式	91.8	85.7	94.2	93.9	81.5		95.1
光ファイバ式	91.7	86.8	81.1	96.4	85.3		96.0

表 4.2.1-17 H14 年度の稼働率結果

センサ名	システム稼働率		サービス稼働率	
	目標	実績	目標	実績
可視画像式	99.8	94.9	96.1	92.9
レーザレーダ式		90.7		86.9
光ファイバ式		99.95		99.95

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

(5) 通年運用による長期性能検証

路面状況把握センサの実用化を図るため、パラメータ調整を中心にした通年運用におけるセンサの長期性能実験を宮古トンネル地区において実施した。平成15年度の実験結果を以下に示す。

(ア) 可視画像式センサ

表 4.2.1-18 検出率総合判定データ(H15年度四季+H14年度冬季【季節毎】)

		路面センサ判定出力(回数:回)							合計
		乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結	確信度なし	欠測	
観測路面状態	乾燥	47,170	1,791	68	372	2	1,772	0	51,175
	湿潤	841	13,871	444	26	1	748	0	15,931
	水膜	9	550	6,249	231	0	157	0	7,196
	積雪	5	112	62	3,702	0	161	0	4,042
	凍結	32	181	19	16	1,805	39	0	2,092
出力総計		48,057	16,505	6,842	4,347	1,808	2,877	0	80,436

表 4.2.1-19 個別正解率と安全度(H15年度四季+H14年度冬季【季節毎】)

		データ数	正解率(%)					安全度(%)	サービス稼働率	システム稼働率
			乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
観測路面状態	乾燥	51,175	95.5%	3.6%	0.1%	0.8%	0.0%	93.8%	96.4%	100.0%
	湿潤	15,931	5.5%	91.4%	2.9%	0.2%	0.0%			
	水膜	7,196	0.1%	7.8%	88.8%	3.3%	0.0%			
	積雪	4,042	0.1%	2.9%	1.6%	95.4%	0.0%			
	凍結	2,092	1.6%	8.8%	0.9%	0.8%	87.9%			
的中率			92.8%	79.8%	94.1%	95.0%	100.0%			

表 4.2.1-20 サービス稼働率・システム稼働率

月	期間	日数	データ数 (1分毎収集)	確信度 なし数	故障時間 (分)	サービス 稼働率	システム 稼働率
7月	8日15時~31日	24	33,660	485	0	98.6%	100.0%
8月	1日~31日	31	44,640	767	0	98.3%	100.0%
9月	1日~30日	30	43,200	564	0	98.7%	100.0%
10月	1日~31日	31	44,640	711	0	98.4%	100.0%
11月	1日~30日	30	43,200	680	0	98.4%	100.0%
12月	1日~31日	31	44,640	722	0	98.4%	100.0%
1月	1日~31日	31	44,640	2,910	0	93.5%	100.0%
2月	1日~27日15時	26.625	38,340	3,412	0	91.1%	100.0%
合計		234.625	336,960	10,251	0	97.0%	100.0%

サービス稼働率の仮目標値 96.1%、システム稼働率の仮目標値 99.8%は達成した。

(イ) レーザレーダ式センサ

表 4.2.1-21 検出率総合判定データ(H15年度四季+H14年度冬季【季節毎】)

		路面センサ判定出力(回数:回)							合計
		乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結	確信度なし	欠測	
観測路面状態	乾燥	45,502	1,496	29	358	109	124	0	47,618
	湿潤	440	11,703	675	155	63	79	0	13,115
	水膜	28	367	3,990	120	0	25	0	4,530
	積雪	6	230	180	2,997	2	50	0	3,465
	凍結	44	43	130	0	1,880	0	0	2,097
出力総計		46,020	13,839	5,004	3,630	2,054	278	0	70,825

表 4.2.1-22 個別正解率と安全度(H15年度四季+H14年度冬季【季節毎】)

		データ数	正解率(%)					安全度(%)	サービス稼働率	システム稼働率
			乾燥	湿潤	水膜	積雪	凍結			
観測路面状態	乾燥	47,618	95.2%	3.8%	0.1%	0.8%	0.2%	93.5%	99.6%	100.0%
	湿潤	13,115	3.5%	87.1%	7.8%	1.2%	0.5%			
	水膜	4,530	0.6%	8.4%	88.3%	2.7%	0.0%			
	積雪	3,465	0.2%	6.7%	5.3%	87.8%	0.1%			
	凍結	2,097	2.1%	2.1%	6.9%	0.0%	88.9%			
的中率			93.7%	80.6%	81.5%	95.0%	99.1%			

表 4.2.1-23 サービス稼働率・システム稼働率

月	期間	日数	データ数 (1分毎収集)	確信度なし数	故障時間 (分)	サービス稼働率	システム稼働率
7月	8日~31日	24	34,560	823	0	97.6%	100.0%
8月	1日~31日	31	44,640	255	0	99.4%	100.0%
9月	1日~30日	30	43,200	145	0	99.7%	100.0%
10月	1日~31日	31	44,640	15	0	100.0%	100.0%
11月	1日~30日	30	43,200	52	0	99.9%	100.0%
12月	1日~31日	31	44,640	73	0	99.8%	100.0%
1月	1日~31日	31	44,640	204	0	99.5%	100.0%
2月	1日~27日15時	26.625	38,340	246	0	99.4%	100.0%
合計		234.625	337,860	1,813	0	99.5%	100.0%

サービス稼働率の仮目標値 96.1%、システム稼働率の仮目標値 99.8%は達成した。

(ウ) まとめ

- ・正解率の仮目標値 90%、安全度の仮目標値、96%はほぼ達成した。
- ・サービス稼働率の仮目標値 96.1%、システム稼働率の仮目標値 99.8%は達成した。
- ・さらなる精度向上のためには、新規アルゴリズム開発、きめ細かなパラメータ調整、補助センサ(塩分濃度計、湿潤センサ、

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

埋設型路面温度計など) を取り入れる方策も考えられる。

(エ) 課題と対策

路面センサ性能は検出場所の路面状態の発生状態、道路内での発生状況、外部環境特異性により、大きく影響をうけるため、短期的なデータによる調整でもある程度の性能は確保出来るが、最終的な性能を確保するためには、当該設置場所での年間を通じたデータによる最終調整が必要である。

4.2.2 情報処理・通信システムに関する調査

4.2.2.1 路車間通信システムの開発

4.2.2.1.1 開発する技術へのリクワイアメント

(1) 連続通信へのリクワイアメント

リクワイアメントの策定を踏まえた、路車間通信設備への要求仕様を以下のように定めた。

(a) 通信対象：走行支援システム車両（自動二輪以上の車両・四輪車・大型車）

(b) 通信対象速度：0～120km/h 以上(第一当事者の自専道危険認知速度から)

- 前方障害物衝突防止支援（一般道）：70km/h 以上
- 前方障害物衝突防止支援（自専道）：120km/h 以上
- 車線逸脱防止支援（自専道）：120km/h
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(一般道)：100km/h 以上
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(自専道)：120km/h 以上
- 出会い頭衝突防止支援：70km/h 以上
- 右折衝突防止支援：30km/h 以上
- 横断歩道歩行者衝突防止支援：70km/h 以上

(c) 通信領域：0～600m の通信領域

- 前方障害物衝突防止支援（一般道）：片側 290m、全長 420m 以上
- 前方障害物衝突防止支援（自専道）：600m 以上
- 車線逸脱防止支援：100m 以上
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(一般道)：100m 以上
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(自専道)：100m 以上
- 出会い頭衝突防止支援：片側 140.5m、両側で 281m 以上
- 右折衝突防止支援：片側 40m、両側で 80m 以上
- 横断歩道歩行者衝突防止支援：片側 175m、両側 305m 以上

(d) 対象車両：252 台以上に対する通信

自専道：600m 3 車線 車両密度 140 台/km として 252 台以上

一般道：290m 片側 2 車線 車両密度 140 台/km として

両側で 164 台以上

- 前方障害物衝突防止支援（一般道）：
290m 片側 2 車線 車両密度 140 台/km として 片側 82 台

4 章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

両側で 164 台以上

- 前方障害物衝突防止支援（自専道）：
600m 3 車線 車両密度 140 台/km として 252 台以上
- 車線逸脱防止支援：
100m 3 車線 車両密度 140 台/km として 42 台以上
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(一般道)：
100m 往復 4 車線 車両密度 140 台/km として 56 台以上
- 車線逸脱防止支援・カーブ進入危険防止支援(自専道)：
100m 3 車線 車両密度 140 台/km として 42 台以上
- 出会い頭衝突防止支援：
140.5m 片側 2 車線 車両密度 140 台/km として 40 台以上
両側で合計 80 台以上
- 右折衝突防止支援：
47m 1 車線 車両密度 140 台/km として 7 台以上
両側で合計 14 台以上
- 横断歩道歩行者衝突防止支援：
175m 片側 3 車線 車両密度 140 台/km として 75 台
両側で 150 台以上

(e) 伝送速度：1 台当たり必要な情報量を送受信できること

(f) 情報更新周期（通信周期）：100msec 以内

(g) 伝送速度に関してはシステム設計以降に定める

(2) スポット通信へのリクワイアメント

ETC に係る無線通信技術を応用して駐車場管理やガソリンスタンド代金支払等の様々な分野においても利用可能である DSRC システム実現のために、平成 12 年 1 月 24 日、郵政省（当時）より電気通信技術審議会に対し、諮問第 111 号「DSRC システムの無線設備等の技術的条件」が諮問された。

この諮問に対し、平成 12 年 10 月 23 日、電技審より郵政省（当時）に対し答申が行われた。この DSRC の特徴は以下の通り。

- (ア) ETC 車載器と通信できる
ASK 変調方式（1Mbps）、無線ゾーン 30m
- (イ) 波の数を最大 4 波（20MHz あたり）に増やすことができる
キャリア周波数間隔が ETC の 1/2 の 5MHz
- (ウ) QPSK 変調方式（4Mbps）を選択できる
- (エ) 車載器の受信感度を上げることにより、免許の不要な送信出力 10mW の路側無線機に対して、約 30m の無線ゾーンが構築できる
- (オ) マルチアプリ対応のプロトコル機能を加える
①サービス識別、②同報通信、③バルク転送、④IP 接続

電技審答申概要を以下の(a)～(c)に示す。

(a) 電技審答申概要 一般的条件

表 4.2.2-1 一般的条件

	答申項目	答申内容	記事
1	無線周波数	5.8GHz 帯 送受信周波数(波の数)は未定	ETCと共用を図る
2	キャリア周波数間隔	5MHz	ETC(2波)以上の波数確保
3	変調方式	ASK または、QPSK 変調方式であること	二つの変調方式を指定
4	変調速度	ASK : 1024kbps(2048kbaud) QPSK : 4096kbps(2048kbaud)	大容量方式(QPSK)の追加
5	送受信周波数間隔	40MHz	
6	通信方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 単向通信方式、半複信方式又は複信方式が適当 ● 多重方式は時分割多重が適当 	
7	空中線電力	路側機 : 300mW 以下(但し、距離 ≤30mの場合、10mW以下) 車載器 : 10mW 以下	ETC と同等の無線ゾーンサイズ
8	システム設計上の条件	<ul style="list-style-type: none"> ● 一つの筐体に収められること(空中線、電源等は除く) ● 通常起こり得る温度、湿度変化、振動に対応すること ● 干渉条件を満足する距離にある複数の路側機において、同一の無線周波数が同時に利用できること ● 複数の割当スロット、データスロットを有すること 	電波干渉に関する記述の追加
9	セキュリティ対策	番号付与、認証手順適用、情報秘匿などを必要に応じ実施	
10	電磁環境対策	端末機器は車両内の電子機器等との相互電磁干渉に配慮	
11	運用上の留意点	ISM(Industrial、Scientific、Medical)バンドであると言う特殊性を踏まえ、将来に渡り安定した運用を確保するため、必要に応じて適切な対応を講じること	

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

(b) 電技審答申概要 無線設備の技術的条件

表 4.2.2-2 無線設備の技術的条件

	答申項目	答申内容	記事
送信機特性	周波数の許容偏差	路側: ASK($\pm 20 \times 10^{-6}$) QPSK($\pm 5 \times 10^{-6}$) 車載: ASK($\pm 50 \times 10^{-6}$) QPSK($\pm 20 \times 10^{-6}$)	
	スプリアス発射強度の許容値	25 μ W 以下	
	占有周波数帯幅の許容値	4.4MHz 以下	ETC の約 1/2
	空中線電力の許容偏差	路側: (-50%~+20%) 車載: (-50%~+50%)	
	隣接チャンネル漏洩電力	路側機、車載器共に 隣接 : -30dB 以下 隣隣接 : -40dB 以下	
	キャリアオフ時の漏洩電力	路側機、車載器共に 2.5 μ W 以下	
	筐体輻射	路側機、車載器共に 2.5 μ W 以下	
	空中線利得	路側機 : 20dBi 以下、 車載器 : 10dBi 以下	
受信機特性	受信感度	路側機 : -65dBm以下 (但し、距離>30m : -75dBm 以下) 車載器 : -65dBm 以下	10mW 路側機を受信するために感度アップ(ETC -60dBm)
	スプリアス・レスポンス	ISM帯域内 : 28dB以上 ISM 帯域外 : 16dB 以上	
	副次的に発する電波強度	規定しない	
	筐体輻射	規定しない	

(c) 電技審答申概要 通信プロトコル

表 4.2.2-3 通信プロトコル

	検討項目	検討結果内容	記事
(1) 基本事項	プロトコルスタック	物理層(レイヤ1)、データリンク層(レイヤ2)、アプリケーション層(レイヤ7)の3層構造が望ましい	
	互換性	<ul style="list-style-type: none"> ● 互換性(新規格が旧規格を取り込み対応できる)を維持することが望ましい ● 互換性を得る為にアプリケーションサブレイヤーを設けることが望ましい 	
	複数無線チャンネル(*1)対応	複数の無線チャンネル(波)を想定した時、物理層では以下の点に配慮する <ul style="list-style-type: none"> ● 路側機はキャリアセンス機能を持つことが望ましい ● 1波を各端末機器が共通に受信可能とし、その波の情報により、QPSKに切り替えられることが望ましい (*1):無線チャンネル毎に変調方式(ASK あるいは QPSK)が変えられることを想定	電波干渉対策の指定 共通制御チャンネルの推奨
(2) 具体事項	チャンネルアクセス	コンテンツ型チャンネルアクセスを可能とする専用スロットを設けることが望ましい	
	フレーム構成	<ul style="list-style-type: none"> ● 複数データスロットを持った TDMA フレーム構成が望ましい ● 周波数制御専用チャンネルを設けず、周波数制御スロットと複数の通信スロットからなるフレーム構成が望ましい 	
	スロット長	TDMA フレームの制御スロット、通信スロット、チャンネルアクセススロット長は等しいことが望ましい	
(3) アプリ対応	個別通信	最適なフレーム長選択とレイヤ2での迅速なARQ機能付加が望ましい	
	バルク転送	大容量データのバルク転送はアプリケーションサブレイヤーにおいて対応することが望ましい	
	同報通信	IDファイル単位での同報通信(ポイントツーマルチポイント)はアプリケーションサブレイヤーにおいて対応することが望ましい	
	IP接続	データ転送要求を端末機器からも可能とするサーバクライアント機能が具備されていること	

また、AHSの安全性・信頼性検討によって設定された目標については、以下の通り

- 安全度 99.1%以上
- システム稼働率 99.9%以上
- サービス稼働率 96.1%以上

4 章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2.2.2 連続通信システムの性能検証

4.2.2.2.1 連続通信システムの課題整理と目標設定

AHS システムを構成するセンサシステム、制御システム、車両システムに関する障害が AHS サービスに与える影響を FMEA (failure mode and effects analysis) により分析し、AHS サービス提供の機会損失の観点から情報通信システムの品質目標を各劣化要因に配分した。

情報通信品質目標の策定により求めた情報通信品質目標数値例は、以降の研究における情報通信品質目標の目安とした。

(1) FMEA 分析

安全 6 基本ユーザサービスに対し、サービスの動作から、衝突防止サービス（前方障害物衝突防止支援／出会い頭衝突防止支援／右折衝突防止支援／横断歩道歩行者衝突防止サービス）と車線逸脱防止支援／カーブ進入危険防止支援の 2 群に分類し、AHS システムの障害が AHS サービスに与える影響を、AHS-i および AHS-c に対して、FMEA により分析した。

(2) 情報通信品質目標の策定

FMEA の分析において、影響の大きい障害等級 (C3) をもつ障害モードは、①路車間通信の偽警報の発信／情報誤り②障害物センサ／衝突危険検知処理の誤警報の 2 つと想定される。これらの影響を抑えるために、情報通信システムに要求される品質目標の目安を設定した。

情報通信システムの劣化要因に配分した要求品質目標の数値例を表 4.2.2-4 に示す。

表 4.2.2-4 情報通信システムの要求品質目標の数値例

劣化要因	劣化配分の数値例
(1)パケット損失率(ビット誤り率)	0.01(0.000001)
(2)回線切断時間率	
・フェージングによる	0.005
・シャドウイングによる	0.005
(3)無線サービスエリアの非被覆率	0.005
(4)センサ／処理部の検知損失率	0.02
(5)その他の障害による不稼働率	0.005

4.2.2.2.2 検証結果

(1) 性能・信頼性の評価

(a) シャドウイングとマルチパスの影響

実証実験を実施し、路車間通信システム (DSRC) を実道で用いる際、通信エラーが起こりうる条件下において、通信品質を計測し、DSRC の性能や実道における配置の検討に資する基礎情報を収集した。

通信エラーの起こりうる条件として(ア)シャドウイング、(イ)マルチパスの 2 つの環境において実験を実施し、電波の受信レベル (受信した

電波の強さ)、および通信エラーを計測した。通信エラーは通信エラー率 (BER : Bit Error Rata) で評価するが、これは全通信回数に対し、エラーにより正常通信できなかった割合を示す。

なお、すでに実装されている ETC の DSRC の BER は 10^{-5} 以下であることがリクワイアメントとして規程されており、本実験でも同様の指標を用いる。

ここでシャドウイングとは、路側機と車載器の間に障害物がある場合、障害物が影となって電波をさえぎるため、出力が低下しその結果通信エラーが起きる状態である。

また、マルチパスとは受信器が直接波と、壁面等に反射した反射波の両方の電波を受信した時、双方の電波の干渉や位相の違い等によって、通信エラーが起きる状態である。

(ア) シャドウイング

大型車により DSRC の通信が遮られる場合の通信エラーについて検証を行った。

シャドウイングの発生状況として、交差点部における大型車によるシャドウイング、及び大型車並走時のシャドウイングの2つの状況において検証を行った。

- (i) 実証実験の結果、交差点における大型車のシャドウイングにより、約 20dB の受信レベル低下が発生することが分かった。
- (ii) シャドウイングに対しては、規格感度 (車載器の受信感度) の向上により回避できる。すなわち、車載器の感度を 20dB 受信レベルが落ちても受信可能なレベルまで向上することにより、回避可能である。
- (iii) また、シャドウイングによる通信エラー率 (BER) を見ると、エラーはほとんど発生しておらず、現状でも十分な通信が可能である。
- (iv) 今後のシャドウイングの課題として、複数の DSRC を、シャドウイングが発生しないよう幾何学的に配置し、シャドウイングが発生する事象自体を減らすことも対策として必要である。

(イ) マルチパス

前方走行車両や、大型車による DSRC 電波反射の影響について検証を行った。マルチパスの発生状況として前方走行車両により反射波が発生する状況と、大型車の側面で反射波が発生する場合の2通りについて検証を行った。

- (i) 前方車両の屋根により、反射波が発生する配置条件では、前方車両との車間が 2m の場合、基地局アンテナ近傍で (すなわち路側アンテナに近い時ほど) 干渉が生じている。

- (ii) また、大型車両による反射波は、大型車との車間 2m の場合、基地局アンテナ近傍、車間 10m では無線ゾーン中央付近で干渉が確認される。
- (iii) しかしながら、エラー率は十分リクワイアメントを満たしており、現状の性能で問題ないと言える。
- (iv) 今後、道路周辺構造物によるマルチパスについて、実証実験施設での評価はできないため、実道における実験により、その影響を確認することが必要である。

(b) 高速ハンドオーバー

走行支援システムにおける路車間通信システムに要求される高速ハンドオーバー機能実現を検討するため、実証実験システムにおける路車間通信システムのハンドオーバー時間の測定結果を分析し、実証実験システムのハンドオーバー機能の課題を抽出した。

走行支援システムにおいては、車両が、100ms で更新される同報データを連続した情報として提供を受ける必要があるため、同報チャンネルハンドオーバー時間に絞って評価結果を述べる。

表 4.2.2-5 は、同報チャンネルハンドオーバー時間の測定結果である。

表 4.2.2-5 同報チャンネルハンドオーバー時間の平均値

車両 速度	同報ハンドオーバー時間 [ms]		
	ハンドオーバー 検出／判定時間	プロトコル 処理時間	合計
10 Km/h	229	79	309
30 Km/h	179	79	257
50 Km/h	147	87	234
80 Km/h	106	83	188
120 Km/h	89	89	178

ハンドオーバー検出／判定時間は、高速時に比べて車両速度が低速時にはフレーム同期はずれとなる直前の CRC エラーが多発するため、車両速度が高速になるに従って減少している。

これは、ハンドオーバーゾーンに該当する区間では、受信電界強度が安定していないため、測定車両がハンドオーバーゾーン通過に要する時間が長いと、受信電界強度が不安定な区間に留まる時間が長くなり、CRC エラー多発による同報データ欠損時間が大きくなってしまい、同報チャンネルのハンドオーバー時間が増加してしまうものと思われる。

一方、プロトコル処理時間は車両速度に依存せず、ほぼ一定の値である。

(2) 課題

同報チャンネルハンドオーバー時間の実験結果から得られた、ハンドオーバー方式の問題点を、表 4.2.2-6 に示す。

表 4.2.2-6 ハンドオーバー方式の問題点

項番	問題点	内容
1	ハンドオーバー開始時の同報データ欠損時間	フレーム同期はずれのみをトリガとしているため、フレーム同期はずれ直前の同報スロット受信状況悪化による同報データの欠損時間が、車両速度によるハンドオーバーゾーン通過時間の違いによって生じる。 ※車両速度 10km/h 時は 120km/h 時に比べて約 5~6 フレーム区間 CRC エラーが多発。
2	フレーム同期はずれ～同期確立までのデータ受信不可能時間	フレーム同期はずれから、周波数設定／切替をへて次ゾーンのフレーム同期確立までの間、無線通信区間のデータ受信が不可能であり、最低でも約 80ms は同報データが受信不可能である。

実証実験における路車間通信システムは、ゾーン切替わり地点での車載端末の受信電界強度低下により FCMC の UW 連続未検出となってハンドオーバーを行うが、この前後は当然同報スロットの受信状況も悪化しているため、UW 検出可能でもハンドオーバー開始直前の同報データ欠損は避けられない。ハンドオーバー時の同報データ欠損時間は 0 となるのが理想であるが、現在の実証実験用路車間通信システムのハンドオーバー方式でこれを実現するのは困難である。

4.2.2.2.3 新たな連続技術の検討

前節までで検討した連続通信システムによる AHS システムの実現は、現状の技術レベルでは困難である理由により、早期実用化を図る AHS システムはスポット通信システムによる実用化を開始するという方針とした。その上で、より高度な AHS サービスの実現及び他アプリケーションとの共用に向けて、連続通信技術について下記の通り検討した。

(a) 連続通信方式の規格化作業に向けた作業項目を抽出し、社団法人電波産業会 (ARIB) の「5.8GHz 帯における移動業務と他業務の周波数共用技術の調査検討会」との作業分担を整理した。

- ・ ARIB の分担：電波伝播など無線通信に関する検討及び規格作成
- ・ AHSRA の分担：路車間通信システムに関する検討及び実用化設計

表 4.2.2-7 AHSRA/ARIB での検討内容の整理

検討項目	AHSRAでの検討内容	ARIBでの検討内容
リクワイアメントの整理	<ul style="list-style-type: none"> ・情報量、車両数、通信品質等 ・通信周期 ・許容通信断時間 ・システム導入箇所の環境と移行 ・無線ゾーン、波の数、空中線 	— — —
通信技術課題検討		
<ul style="list-style-type: none"> ・マルチパスフェージング 	要求項目の整理	・モデル化
<ul style="list-style-type: none"> ・シャドウイング 	<ul style="list-style-type: none"> ・単路、カーブ、交差点等道路構造 ・交通流モデル ・車両毎の継続時間 	<ul style="list-style-type: none"> ・単路の交通流モデル ・発生時間
<ul style="list-style-type: none"> ・ハンドオーバー 	・方式の整理と実現性評価	— — —
無線通信方式	— — —	<ul style="list-style-type: none"> ・無線ゾーン形成 ・新方式DSRCの伝搬特性評価 (電界強度、BER) ・変調方式
干渉検討	— — —	<ul style="list-style-type: none"> ・自サービス間干渉 ・他サービスとの干渉

(b) 連続通信システムに関する技術課題として、マルチパス対策、シャドウイング対策、ハンドオーバー対策について机上検討した。

(ア) マルチパス対策

試算により、反射物が 10m 以上離れている場合には、電波の減衰差から反射波との電波干渉が問題とならないことがわかった。

(イ) シャドウイング対策

単路、カーブ、交差点に対する道路条件、交通流モデルを基にシャドウイング発生時間、継続時間のシミュレーションを実施した。シャドウイングの課題は、車載空中線を見通せるように路側空中線を設置することが必要で、効率的な設置位置を求めると共に、複数の空中線を配置することによる機器コスト増大の問題を解決する課題があることがわかった。

(ウ) ハンドオーバー対策

各種ハンドオーバー方式を分析した結果、ハンドオーバー時間を短くするには、車載器が 2 つの無線ゾーンから電波を受ける状態を作ることが必要で、OFDM、PSK-VP などの電波干渉を起こさない条件を満たす無線方式を要求する必要があることがわかった。

(c) 無線機の仕様

ARIB で検討されている新方式 DSRC を参考に、実道への配備、スポット通信から連続通信への移行を前提とした際に考慮すべき

内容を整理し、連続通信システムの評価実験に実験施設として使用する無線機の仕様について検討した結果、OFDM、PSK-VP などマルチパスフェージングに強く、複数の DSRC による送信が可能で、連続する無線ゾーンを同一の周波数を用いて構成できる方式が効果的であることがわかった。

- (d) 実道への配備、スポット通信から連続通信への移行時の併存を前提に、連続通信システムの今後検討すべき項目を以下の通りに整理した。
- (ア) 要件検討：システム設置条件の整理
- (イ) 技術課題検討結果の検証
- ・マルチパス：試験走路（交差路）、トンネル、立体交差等での評価
 - ・シャドウイング：試験走路、実道で通信断時間の測定
 - ・ハンドオーバー：試験走路、実道で通信断時間の測定
 - ・移行方式：試験走路でのスポット通信との干渉実験
 - ・通信の信頼性：試験走路、実道での伝送特性の評価
 - ・コスト低減：試験走路での効果の確認（伝送特性の測定）
- (ウ) システム検証
- ・国総研試験走路：新方式 DSRC を用いたシステムとしての性能評価
 - ・実道：新方式 DSRC を用いてシステムとしての性能評価

4.2.2.3 スポット通信システムの性能検証

5.8GHz 帯狭域通信（DSRC）の無線フレーム及び通信プロトコルなどの通信仕様に配慮し、ETC サービスと共用可能な振幅変調方式（ASK）のスポット通信を活用して実施可能な AHS サービスを明らかにした。

また、スポット通信を活用して部分的な AHS サービスを提供する場合の課題を抽出し、部分的な AHS サービスを提供するために路車間通信に要求される条件を明確にした。

4.2.2.3.1 スポット通信システムの基礎的検討

(1) スポット通信による AHS サービス

スポット通信用路車間通信としての利用が考えられる VICS ビーコン、ETC 用 DSRC、および電技審答申の DSRC について通信方式や通信プロトコルについての制約を検討し、スポット通信用に適した路車間通信を選定すると共に、その路車間通信を利用して提供可能な AHS サービスの範囲を明確にした。

表 4.2.2-8 に路車間通信の仕様を示す。

表 4.2.2-8 各路車間通信の仕様

種類	VICS ビーコン	ETC 用 DSRC	電技審答申 DSRC
周波数帯	2.5GHz	5.8GHz	5.8GHz
伝送速度	64kbps	1024kbps	1024kbps
変調方式	GMSK	ASK	ASK または QPSK
プロトコル	—	T-55	作成中
車両走行速度	120km/h	180km/h	180km/h
無線ゾーン長	70m	3m/10m/30m	最大 30m
ハンドオーバ機能	なし	なし	なし
通信チャンネル数	片方向 1CH	双方向 最大 4CH	双方向 最大 4CH
波の数	1 波(路→車のみ)	2 波	7 波

AHS サービスの適用には、VICS ビーコンは、情報伝送量、無線ゾーンを重ねる波の数、及びセキュリティで課題があり、ETC 用 DSRC は連送機能がないための通信品質、無線ゾーンを重ねる波の数で課題があり、電技審答申 DSRC の適用を前提とする。

表 4.2.2-8 に、スポット通信による AHS サービスの適性を示す。

表 4.2.2-9 スポット通信による AHS サービスの適性

AHS サービス		道路種別		支援 レベル	適性 (*)	備考
		自専 道	一般 道			
前方障害物 衝突防止支 援	○	○	情報提供	△	無線ゾーン通過後、突発事象が発生した 場合に通信できないので、警報や操作支 援は提供できない(情報提供レベルの効 果は半減)	
			警報	×		
			操作支援	×		
カーブ進入 危険防止支 援	○	○	情報提供	○		
			警報	○		
			操作支援	○		
車線逸脱 防止支援	○	○	情報提供	○		
			警報	○		
			操作支援	○		
出 会 い 頭 衝 突 防 止 支 援	接 近 支 援	-	○	情報提供	△	交差点の存在については情報提供できる が、無線ゾーン通過後、優先道路の交通 状況変化を情報提供できない
				警報	×	
				操作支援	×	
発 進 時 支 援	-	-	○	情報提供	○	
				警報	-	
				操作支援	-	
右折衝突 防止支援	-	-	○	情報提供	○	
				警報	-	
				操作支援	-	
横断歩行者 衝突防止支 援	-	-	○	情報提供	△	交差点直前および内部では横断歩道の 状況変化を情報提供できるが、交差点接 近時は情報提供できない
				警報	-	
				操作支援	-	
路面情報活 用 車間保持等 支援	○	○	情報提供	-		
			警報	○		
			操作支援	○		

(*) ○：スポット通信でよい △：スポット通信では効果が落ちる

×：スポット通信ではサービスできない -：サービスなし

(2) スポット通信仕様の特徴

ETC 車載器と通信できることを特長とする電技審答申と ETC 仕様(ARIB STD-T55)との主な違いを以下に示す。

- (a) 波の数を最大4波(20MHzあたり)に増やすことができる
キャリア周波数間隔がETCの1/2の5MHz
- (b) QPSK変調方式(4Mbps)を選択できる
- (c) 車載器の受信感度を上げることにより、免許の不要な送信出力10mWの路側無線機に対して、約30mの無線ゾーンが構築できる
- (d) マルチアプリ対応のプロトコル機能を加える

①サービス識別、②同報通信、③バルク転送、④IP接続

(3) 無線ゾーンおよびスポット通信から連続通信への移行形態例

スポット通信による部分的なAHSサービスから連続通信を利用したAHSを含むマルチサービスへ移行する際には、両者が併存可能となるようそれぞれのサービスの周波数配置を検討する必要がある。スポット通信から連続通信への移行性(無線ゾーンの併存)、及び新たな周波数帯が不用等の理由により、図4.2.2-1に示す移行形態を提案した。

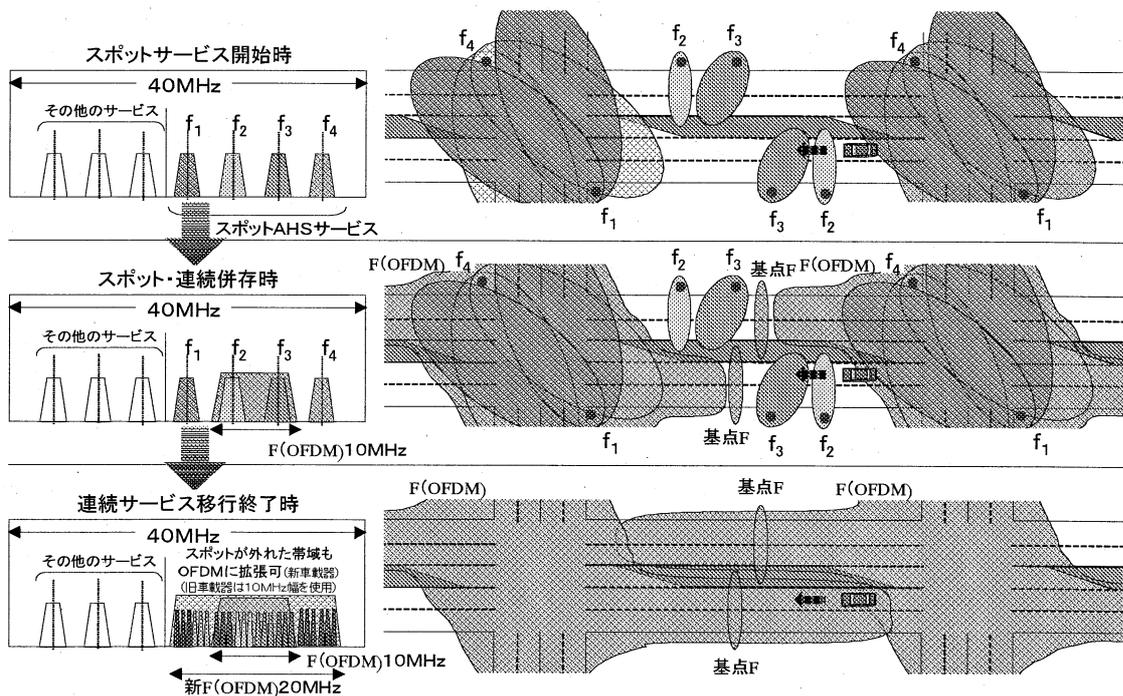


図 4.2.2-1 スポット通信から連続通信への移行形態例

4.2.2.3.2 スポット通信による単路系システムの評価

(1) ダブルデッキ構造・トンネルでの性能試験

走行支援システムを実現する為の路車間通信施設に求められる機能性能としては、情報伝達に必要な無線ゾーンが構成されているか、また情報伝達に必要な無線通信品質が得られているかである。ここではこの2点についての評価をするために実道実験を行い路車間通信施設の機能性能を評価することを目的とする。

実道実験では、併設道路への電波漏れが認められ、今後電波漏れを前提としたシステム検討が必要であることが判った。また、角形トンネルでの実験では、更なる実験評価が必要ではあるが、トンネル内での DSRC 適用が十分可能である見通しを得た。

(a) 実験計画

国総研試験走路では得られない実験環境下の実験を行う為に、平成13年8月首都高速王子線にてダブルデッキ構造における電波漏れの実験および11月に首都高速八重洲南トンネルにて通信品質および無線ゾーンの実験を実施した。

(b) ダブルデッキ構造での性能試験

首都高速王子線で実験を実施し、上層から下層への電波の漏れおよび下層から上層への電波は問題ないことが判った。

ただし、高架下への一般道への電波漏れが認められたとともに、下層においては激しい電界変動が認められた。

(ア) 実験目的

- (i) ダブルデッキ構造における併走路（一般道）への電波漏れの測定
- (ii) ダブルデッキ構造における上層・下層間の電波漏れの測定
- (iii) ダブルデッキ構造における上層・下層における無線ゾーンの測定

(イ) 測定条件

- (i) 測定車両：ステージア
- (ii) 空中線種別：情報提供 A、基点用
- (iii) 空中線設置高：上層の場合 8m、5m
下層の場合 7m、5m
- (iv) 路側無線機出力：情報提供 A 22dBm、基点用 9dBm
- (v) 車載空中線
 - 取付け場所：助手席前ダッシュボード上
 - 取付け角度：15°

(ウ) まとめ

表 4.2.2-10 まとめと今後の課題

実験で判ったこと	今後の課題・対策
1.高速道から高架下の一般道への電波の漏れが認められた。	漏れ電波をキャッチして他のサービスに乗り移るなどの混信を防ぐため、車載器が漏れ電波を無視するアルゴリズムを検討する。
2.上層から下層への電波漏れは認められるものの問題ないレベルである。また、下層から上層への電波漏れは問題ない。	問題なし。
3.下層の無線ゾーンは、反射の影響による激しい電界変動が認められたものの、無線ゾーンは確保できている。	通信プロトコルを含めた通信品質の評価を行い電界変動の影響を確認する。

(c) トンネルでの性能試験

首都高速八重洲南トンネルで実験を実施し、空中線を中央天頂に設置した場合、通信可能である見通しを得た。

(7) 実験目的

取得データにより、トンネル内での DSRC 適用可能性を評価する。

- 受信電力特性
- 無線ゾーンの大きさ
- 同報データ取得回数

(4) 測定条件

- (i) 測定車両：ステージア
- (ii) 路側無線機出力：13dBm
- (iii) 空中線種別：情報提供 B
- (iv) 空中線設置高：トンネル中央の場合 4.5m
トンネル路側の場合 4.2m
- (v) 車載空中線
 - 取付け場所：助手席前ダッシュボード上
 - 取付け角度：15°

(ウ) まとめ

- (i) 空中線を中央天頂に設置した場合、通信可能である見通しを得た。
- (ii) 今後、空中線設置条件等をさらに検討、実験評価する必要がある。

(2) 実道による機能性能評価

(a) 路車間通信システムの安全性・信頼性

(7) 路車間通信の安全性信頼性目標値

AHS システムは安全性信頼性目標値として安全度を 95%以上と設定し、危険側故障確率を道路・路面センサ、路車間通信システム、

及び路側処理システムに配分した。(表 4.2.2-10) ここで、安全度と危険側故障確率は以下の関係にある。

$$\text{安全度} = 1 - \text{危険側故障確率} \quad (\text{式 1})$$

表 4.2.2-11 安全性信頼性目標値

	安全度	危険側故障確率
AHS システム	95%以上	5%以下
道路・路面センサ	96%以上	4%以下
路車間通信システム	99.1%以上	0.95 以下
路側処理システム	99.9%以上	0.1%以下

(注) 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスを対象

路車間通信システムは、安全度：99.1%以上、危険側故障確率：0.9%以下を安全性信頼性目標値とする。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

(イ) 路車間通信システムの危険側故障要因

路車間通信システムの安全性・信頼性を阻害する危険側故障要因毎に検証方法を検討した。(表 4.2.2-12)

表 4.2.2-12 危険側故障要因と検証方法

	危険側故障要因	要因と特性の分析	検証方法
1	機器故障	機器の設計性能に依存する	机上計算
2	シャドウイング	大型車の影で発生し、発生すると通信失敗となる	通信失敗確率を実験で測定
3	周辺車両によるマルチパス	車両の位置関係により発生する	通信失敗確率を実験で測定
4	構造物によるマルチパス	定常的にマルチパスは発生するが、通信領域の設計により抑えることが可能である (a)通常構造 路面反射等の影響も認められず、通信は成立する (b)トンネル内、高架下層 極めて強い影響が見られ、電波吸収体設置、空中線設置位置等の対策が必要 (c)防音壁構造 (a)と(b)の間と考えられる	各実道実証実験場所で電波伝搬特性を測定 (a)H13 年度電波測定を実施 (b)H13 年度電波測定を実施(実道実験場所に対象とする道路構造はない) (c)実道実験の該当箇所電波測定を実施し、通常構造の場合の電波伝播波形と比較し、(a)か(b)に区分
5	ランダム誤り	3 連送等の対策により発生しても必ずしも通信失敗にならない	机上計算および実験車両で総合的に測定
6	電波漏れ	通信領域外への無効電波は、設置場所に対応した設計により、抑えることが可能である	実道実験の該当箇所電波測定を実施
7	基点位置精度	通信領域の設計により抑えることが可能である(目標値:±5m 以内)	実道実験の該当箇所測定を実施

(ウ) 危険側故障確率の配分

路車間通信システムの危険側故障確率の目標値：0.9%以下に対し、要因毎に危険側故障確率を配分する。表 4.2.2-13 に危険側故障確率の配分値を示す。

表 4.2.2-13 危険側故障確率の要因別配分値

	危険側故障要因	基点+情報	基点 DSRC	情報 DSRC	記事
1	機器故障	0.1%以下	—	—	稼働率 99.9%以上
2	シャドウイング	0.68%以下	0.34%	0.34%	シミュレーション 0.12%/基地局
3	周辺車両による マルチパス	0.12%以下	0.06%	0.06%	試算値 0.02%/基地局
4	構造物による マルチパス	—	—	—	無視できる程度に 通信領域を設計
5	ランダム誤り	—	—	—	無視できる程度に 通信領域を設計
6	電波漏れ	—	—	—	無視できる程度に 通信領域を設計
7	基点位置精度	—	—	—	無視できる程度に 通信領域を設計
	計	0.9%以下	0.4%	0.4%	

目標とする稼働率：99.9%から機器故障に危険側故障確率：0.1%を割当て、機器故障を除く危険側故障確率：0.8%をシャドウイングとマルチパス等無線通信に関する要因に配分した。次に、既に求めたシャドウイング及びマルチパスの試算値の比率：0.12%/0.02%に準じて、0.68%と 0.12%に配分した。さらに、その危険側故障確率を基点 DSRC と情報 DSRC で二分し、基地局あたり 0.34%、及び 0.06%とした。

機器故障、シャドウイング、及びマルチパス以外の要因は通信領域の設計により無視できる程度に抑えることが可能と仮定し、配分を 0 とした。

マルチパスによる危険側故障は、周辺車両によるものと構造物によるものがあるが、構造物によるマルチパスは通信領域の設計により抑えることが可能であり、周辺車両によるマルチパスによる危険側故障確率の許容目標値を、0.12%以下を設定した。

(b) 安全性信頼性目標値の検証

(ア) 機器故障

安全性信頼性目標値を機器設計の段階で設定する。実験期間内に

機器故障は発生していない。

(イ) シャドウイング

20,000 以上のサンプル数で測定し、通信失敗回数が 48 回以下であれば、通信失敗確率：0.24%以下、すなわち信頼水準 99%で通信失敗確率が 0.34%以下であるといえ、この通信失敗回数を基点 DSRC 位置にカメラを設置し、車の窓が見通せるかどうかで測定した。

表 4.2.2-14 シャドウイングの実測結果（路側空中線 8m 高）

実道実験	サンプル数	シャドウイング発生	シャドウイング率
米谷地区	20,012	33	0.16%
大沢川地区	20,597	3	0.015%
上社地区	20,064	1	0.005%
計	60,673	37	

基地局当たりのシャドウイング率が 20,000 サンプルのとき 0.24% 以下であれば、信頼水準 99%で 0.34%以下であるといえるので、シャドウイングに起因する通信失敗率は 0.68%以下であることを検証した。

(c) 周辺車両によるマルチパス

周辺車両によるマルチパスは車両の位置関係により発生し、以下のように定義した。

危険側故障発生確率＝マルチパス状況発生確率×通信失敗確率
(式 2)

(ア) マルチパス状況発生確率

マルチパス状況は車両が通信領域を走行中に周辺車両によるマルチパスの影響を受ける状況とし、第 2 車線の車両が第 1 車線を走行する車両に影響すると仮定した。表 4.2.2-14 に米谷の最繁時交通量データを示す。

表 4.2.2-15 米谷の最繁時交通量データ（休日 18:00～19:00 の 1 時間）

第1車線の 全車両[台/h] X	第2車線の 全車両[台/h] Y(注 1)	第2車線の 車速[km/h] V	第2車線の 車両占有率 Z	第1車線の マルチパス状 況発生確率
1.007	1.724	52.6	16.8%	6.2%

第2車線の車両占有率 Z

= 第2車線の (大型車両数×車長+小型車両数×車長+二輪車数×車長) / 1時間当たりの走行距離

対象車両が第1車線を走行する確率 = $X / (X + Y)$ とすると、
マルチパス状況発生確率 $M =$ 第2車線の車両占有率×対象車両が第1車線を走行する確率 = $Z \times X / (X + Y) = 6.2\%$

となる。マルチパス状況発生確率を、6.2% と設定する。

(イ) 通信失敗確率

通信失敗確率は基点 DSRC と情報 DSRC の通信領域を通過中に両 DSRC の情報を共に取得できない確率をいう。

マルチパスによる通信失敗確率は、危険側故障発生確率許容値：0.12%、マルチパス状況発生確率：6.2%として式2より、

$$\text{通信失敗確率} = 0.12\% \div 6.2\% = 2.0\%$$

となり、通信失敗確率の目標許容値を 2.0% とする。

(ウ) サンプル数

通信失敗確率を検証するためのサンプル数について求める。

信頼水準 99%における通信失敗確率とサンプル数の関係を図 4.2.2-2 に、通信失敗確率と通信失敗回数との関係を表 4.2.2-15 に示す。

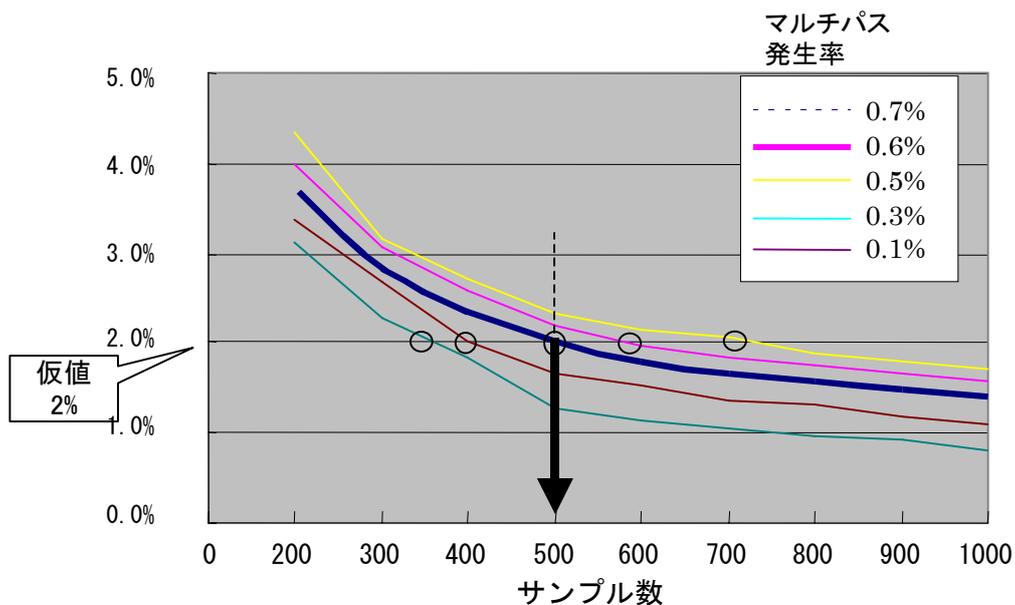


図 4.2.2-2 通信失敗確率 (信頼水準 99%)

表 4.2.2-16 通信失敗確率と通信失敗回数の関係

(信頼水準 99%で通信失敗確率が 2.0%以下)

通信失敗確率	0.1%	0.3%	0.5%	0.6%	0.7%
サンプル数	350	400	500	600	720
通信失敗回数	0 回	1 回	2 回	3 回	5 回

(エ) 走行実験条件

走行実験条件を表 4.2.2-17 に示す。

表 4.2.2-17 走行実験条件

項目	設定条件
送信周波数	マルチパスの影響の差は小さい。 基点 DSRC: 5795MHz 情報 DSRC: 5800MHz
反射車両と実験車両の車両位置	反射面と車載空中線の距離が近いほど、かつ路側空中線に近い車線を走行するほどマルチパスの影響が通信領域内に発生する。 走行パターン: 実験車両 1.5 車線、反射車両 2.5 車線
反射車両車種	側面が平面の方がマルチパスの影響が大きい。 反射面が平板と波板によるマルチパスの影響の差は小さい。 反射車両: 波板箱型大型車
反射車両速度	反射車両が停止したときと並走したときの差は小さい。 実験車両が安全な高速走行をするため、反射車両を停止させる。 反射車両: 基点 DSRC 1 台停止、情報 DSRC 2 台停止
実験車両車種	ボンネットがある車種の方が大きな影響が発生する。 実験車両: 三菱グランディス(実道実験と同車種)
実験車両速度	実験車両は通信領域を走行する時間が短いほど路車間通信に成功する確率が厳しくなる。 実験車両速度: 安全走行の上限速度(100km/h 程度)

(オ) 走行実験の結果

表 4.2.2-18 に実験結果のまとめを示す。

表 4.2.2-18 実験結果

サンプル数	平均速度	通信失敗回数	通信失敗確率
550	107.8 km/h	2 回	0.36%

(注) 失敗の 2 回とも基点情報の取得ミスであった。

基点 DSRC の基点情報と情報 DSRC の走行支援情報を共に取得できない通信失敗確率は 0.36% となり、通信失敗率確率が 500 サンプルのとき 0.5% 以下であった。従って、周辺車両によるマルチパスに起因する通信失敗率は 0.12% 以下であることを検証できた。

(d) 構造物によるマルチパス

各実道実験場所の電波伝播データを取得し、構造物によるマルチパスの影響を調査した。

(ア) ランダム誤り

ランダム誤りによる通信失敗は情報損失率 (PER) で表す。図 4.2.2-3 は、情報損失率とビットエラーの関係を示したものである。

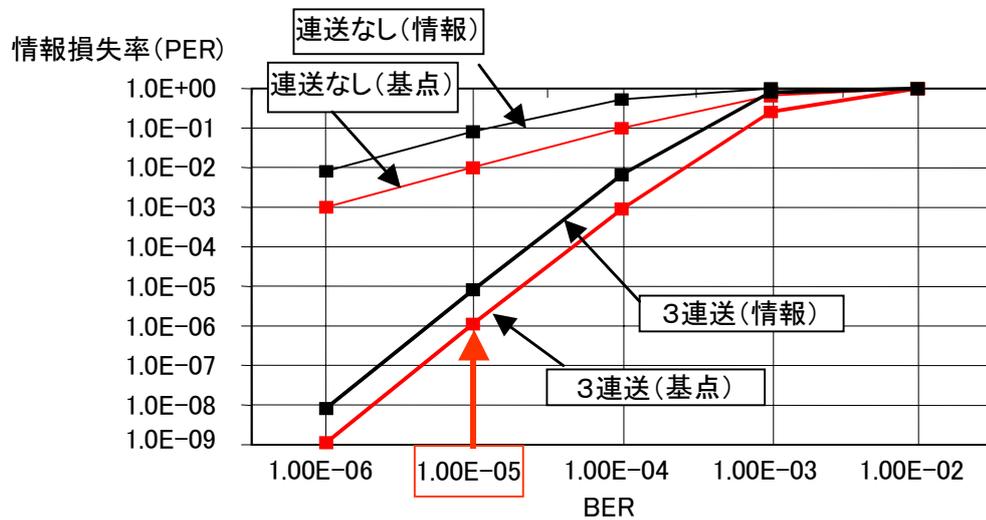


図 4.2.2-3 ビット誤り率 BER と同報通信の情報損失率 (PER) の関係

ARIB STD-T75 は、通信領域を規定どおりに設計したとき受信器の性能を $BER \leq 10^{-5}$ に規定し、このビット誤り率を保証する。

実験車両による実道実証実験では、シャドウイングによる通信失敗だけでなく、ランダム誤り等による情報損失は発生しなかった。

表 4.2.2-19 路車間通信の実測結果

実道実験	実験数	通信失敗数
米谷地区	298	1
大沢川地区	160	0
松田惣領地区	188	0
名古屋西地区		
上社地区		
計	646	1

(注)通信失敗はシャドウイングによる。

(イ) 電波漏れ

反対車線あるいは並走路で電波漏れによる誤ったサービスインが発生しないことを確認した。

(ウ) 基点位置精度

基点位置誤差が生じる要因として、以下の要因がある。

- ① 走行条件によるもの（車両速度、走行車線）
- ② 車載受信器によるもの（受信感度、車載器空中線取り付け角度、取付け位置）
- ③ 基地局、無線区間によるもの（設置誤差、経年変化）

ここでは、走行車線による基点位置の分布を実道実験施設で求めた。ビデオカメラを実験車両内に設置し、基点情報を取得した時刻と路側空中線柱の通過時刻から算出した。全ての実験場所で基点位置精度を実測した結果、目標値±5m 以下であることを確認した。

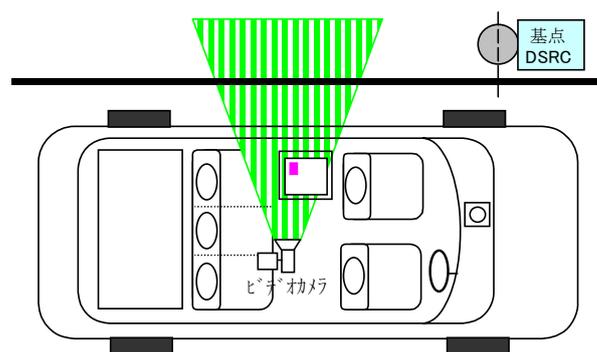


図 4.2.2-4 基点位置精度の測定

4.2.2.3.3 スポット通信による交差点系システムの評価

(1) 大交差点における通信状況

(a) 不具合発生状況

試験走路の大交差点において、車両右折時に通信の不具合が発生した。状況は以下の通りである。

- (ア) 車両が右折待ち停止すると、情報が取れない場合がある。
- (イ) 連続的に受信レベルを測定すると、極めて急激に落ち込んでいる。
- (ウ) この状態で車両が停止していると通信断となる。
- (エ) 固定した場所、同じ条件で不具合が発生するとは限らない。
- (オ) 交差路用の片側のみ、周辺の電波停止した単独の路側空中線でも発生する。
- (カ) 車載空中線を車室外に出すと不具合が発生しない。
- (キ) 車載空中線を変えても不具合が発生する。
- (ク) 車載空中線をフロントガラスに密着させると不具合発生が減少した。

(b) 通信状況の測定方法

(ア) 車両移動による実験

路側空中線に対する多様な条件により、測定車を移動して不具合の発生を調査した。

(i) 測定条件

- ①電波の入射方向（正面、斜め）
- ②フロントガラスの有無（フロントガラス単体）
- ③車室内設置の有無（車載空中線単体）

(ii) 測定パラメータ

- ①水平角（AZ）
- ②上下角（EL）
- ③車載空中線の取付角（ α ）

(イ) 車載空中線移動による実験

測定車を停止させ、フロントガラス面から 20cm 離れた位置から密着するまで距離を変えて、不具合の発生を調査した。

(i) 測定条件

- ①電波の入射方向（正面、斜め）
- ②フロントガラスの有無（フロントガラス単体）
- ③車室内設置の有無（車載空中線単体）

(ii) 測定パラメータ

- ①水平角（AZ）
- ②上下角（EL）
- ③車載空中線の取付角（ α ）

(iii) 測定機器諸元

①路側空中線

出力無線特性	送信周波数:5.8GHz 変調方式:無変調
設置高	8m

②車載空中線

指向性特性	1 素子
設置高	1m

③受信レベル測定

サンプル密度	車両移動時:60 ポイント/m 車載空中線移動時:30 ポイント/cm
--------	--

④測定車両

測定車	トヨタ マーク2バン 2.0GL フロントガラス傾斜角:45°
フロントガラス 着脱可能測定車	ニッサン プリメーラ フロントガラス傾斜角:40°

(c) まとめ

(7) 調査結果の概要

調査結果の概要は以下の通りである。

(i) 電波の入射方向；①正面、②斜め

- 電波の入射方向に依存せず、斜め入射でも正面入射でも不具合が発生する。

(ii) フロントガラスの影響：③ガラスの有無、④ガラス単体（車体なし）

- フロントガラスがある場合、不具合が発生する。
- フロントガラスによる空中線特性の変化が、不具合発生の一因である。
- 不具合の発生しない車載空中線の位置（フロントガラスからの距離）を特定することができなかった。
- フロントガラスがない場合にも不具合が発生するので、他の要因もある。

(iii) 車室内反射波の影響：⑤車載空中線単体（ガラスなし、車体なし）、⑥反射波の方向

- 車載空中線単体（ガラスなし、車体なし）では不具合が発生しない。

- 車室内反射波による電波干渉が、不具合発生の一因である
 - 反射波の方向、及びどこで反射しているかを突き止めることはできなかった。
- (iv) 路面反射波の影響：
- 空中線面を上方に向けることにより回避できる。
- (1) 対策案の検討
- 対策案について検討を行った。概要は以下の通りである。
- (i) 路側空中線の設置位置では不具合を 100%解消することはできない。
- 不具合の発生が車両のフロントガラスあるいは車室内の電波反射によるものであり、路側から解消する手段がない。
- (ii) 車載空中線の車室内設置位置では不具合を解消することはできない。
- フロントガラスに近づけるとガラスの影響がでてくる。
 - フロントガラスから遠ざけると車室内反射の影響がでてくる。
- (iii) 不具合が発生することを前提に対策を立てる。
- 不具合発生の頻度を少なくするために、車載空中線の受信電力を現状設計より数 dB（検討中）多い受信マージンを見込んだ設計とする。
- 以下の項目で対応する。
- 路側空中線の設置位置を工夫し、車載空中線指向損失を低減する。
 - 路側空中線の設置位置を通信領域に近づけ電波伝播距離を短くする。
 - 路側空中線の送信出力を上げる。（通常時電波の飛びすぎとなるため、避けたい）
 - 車載器の受信感度を上げる。（通常時電波の飛びすぎとなるため、避けたい）
- (iv) さらに、シャドウイング発生時と同様な処理を規定する。
- 車載 CPU へ通信断状態の通知
 - 不具合状態が回復、車両の移動等で電波状態が復帰したときに再接続
- (v) 車載空中線の対策
- 車載空中線を車室外に設置する
 - 車載空中線を車室内に設置する場合には、ダイバーシティアンテナとする。

4.2.3 位置検出技術に関する調査

4.2.3.1 検討対象とするサービスの具体化

(1) 位置検出技術の調査・整理

最近利用されている位置検出技術、必ずしも位置検出のために利用されているものではないが結果として位置検出に利用可能な技術も含めて、調査、整理をした。調査項目は、測位精度、情報のリアルタイム性、サービスの場所、端末移動速度、端末の大きさ、端末コスト、端末の重量、システム構成、天候・路面・時間の条件、特徴（得手／不得手）、位置の表記方法（絶対／相対）、技術の展開などとした。調査した各技術の概要と結果（位置検出精度のみ）を表 4.2.3-1 に示す。

図 4.2.3-1 に信頼性と位置精度に対する各技術の位置付け（案）を示す。図では、AHS のサービスを念頭において、位置精度を路線レベル（数十 m）、車線レベル（数 m）、AHS レベル（数 cm）の 3 段階に分類した。信頼性は、対環境性も含めて利用可能な信頼度がどの程度かを考慮したものである。

図より、レーンマーカの精度、信頼性に並びうる技術は現時点ではないことがわかる。将来並びうるとすれば、GPS の高精度化、白線検知の高信頼化が進み、これらが複合されたシステムと考えられる。

表 4.2.3-1 位置検出技術の整理

技術	方式概要	測位精度
GPS 擬似衛星	4つ以上の衛星（または地上の擬似衛星）からの距離により、3次元位置を特定	単独：10m～30m D-GPS：1m～3m RTK-GPS：±5cm以下
PHS、携帯	3つ以上の基地局からの距離により位置を特定	10m～50m
レーン マーカ	路面敷設マーカをセンサで検出して位置を検知	5cm以下（横位置）
RFID	タグの情報を読取り器で取得して位置を検知	数m
白線検知	カメラの画像を処理して白線、形状を検知	10cm（横位置）
画像処理	路側カメラで車両を追尾して検知	1m（横位置） 10m（縦位置）
DSRC	情報提供ビーコンの無線ゾーンを狭小化	10m程度
DOA	端末からの電波の方向と距離を基地局で計算	1m程度

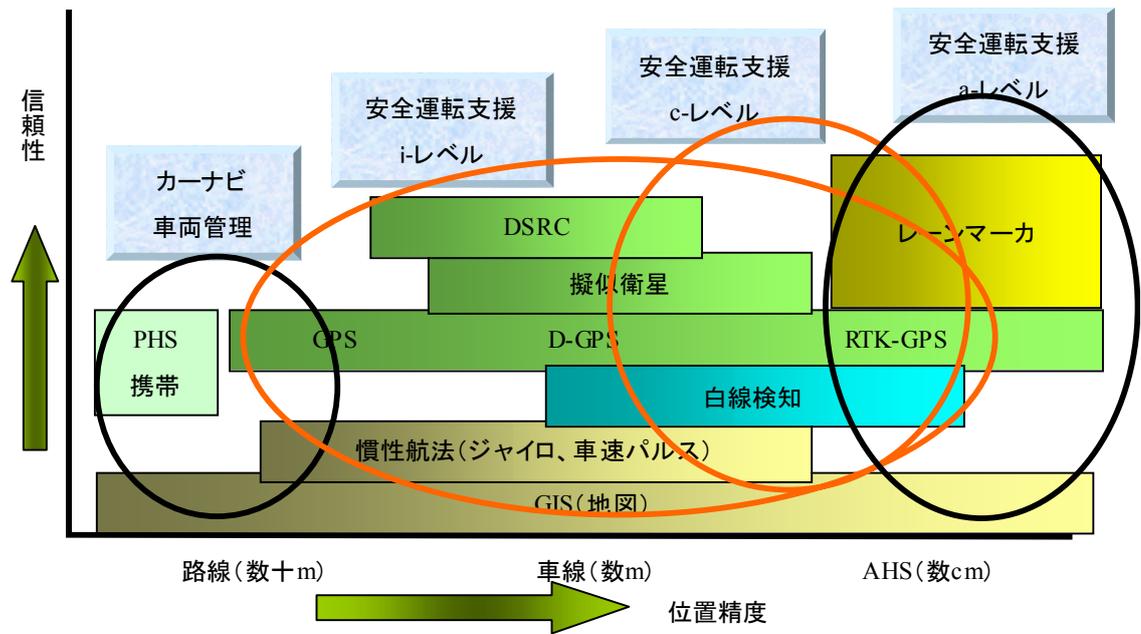


図 4.2.3-1 各位置検出技術の位置付け (案) (精度、信頼性)

(2) アプリケーションの整理と位置検出技術に対する要求条件

アプリケーションを分類し、位置検出に対する要求条件（位置精度、リアルタイム性）を整理した（表 4.2.3-2）。

本検討においては、位置特定（検出）機能を必要とするアプリケーションサービスとして、ITSに係るシステムアーキテクチャから、位置情報の検出を行うサブシステム（機能）を抽出し、これが用いられている全てのサブサービスを対象とした。さらに ITS に係るシステムアーキテクチャには明示的には示されていない道路管理関連アプリケーションサービスとして、現在検討が進められているプローブカーおよび除雪車運転支援を調査対象として追加した。整理の結果、位置特定（検出）機能を必要とするアプリケーションサービスは 86 であることが明らかとなった。これらを 10（8つのサービス群+プローブカー、除雪車管理）に分類し、これらのサービスの位置検出に対する要求条件（位置精度および情報のリアルタイム性）をまとめたものが表 4.2.3-2 である。

表 4.2.3-2 より、測位精度が路線レベル（数m）になれば適切な誘導が可能となり、AHSレベル（数cm）になれば操作支援が可能となることがわかる。また、車線レベル（数m）の測位精度が実現できれば、約7割程度のサービスに対応できることがわかった。リアルタイム性を要求するサービスは、約半数のサービスである。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

表 4.2.3-2 アプリケーションと位置検出技術の要求条件

アプリケーション			位置検出技術に対する要求条件				
アプリケーション群	サブサービス		測位精度			情報のリアルタイム性	
			路線レベル (数十m 程度)	車線レベル (数m 程度)	AHSレベル (数cm 程度)		
1. ナビゲーションの高度化	1) 交通関連情報の提供	001. 最適経路情報の提供、005. 移動車両間の経路情報の交換	◎	○			
		002. 道路交通情報の提供、003. 渋滞時の所要時間情報等の提供、006. 他機関の運行状況情報の提供、007. 駐車場情報の提供、008. 駐車場の予約、009. トラブル遭遇時の公共交通機関への乗り継ぎ情報の提供	◎				
		004. 選択した経路への確実な誘導		◎		要	
		030. 気象情報の提供、031. 路面状況情報の提供		◎	○		
3. 安全運転の支援	4) 走行環境情報の提供	032. 道路構造情報等の提供、033. 前後方向の障害等情報の提供、034. 対向車情報の提供、035. 市街地交差点での情報の提供、036. 高速道路の周辺車両情報の提供、037. 踏切に関する情報の提供		◎	○	要	
		038. 交通信号機等に関する情報の提供		◎		要	
		039. 道路構造等の危険警告、040. 前後方向の車両の危険警告、041. 歩行者、障害物の危険警告、042. 車線変更の危険警告、043. 車線逸脱警告、044. 交差点危険警告、045. 分合流部の危険警告、047. 周辺車両に対する危険警告			◎		要
	6) 運転補助	048. 道路構造等の危険性に対する運転補助、049. 前後方向の車両の危険性に対する運転補助、050. 歩行者、障害物の危険性に対する運転補助、051. 車間距離保持および定速走行の運転補助、052. 緊急一斉停止の運転補助、053. 車線変更時の運転補助、054. 車線逸脱時の運転補助、055. 交差点での運転補助、056. 分合流部の運転補助、057. ドライバー異常に対応した運転補助			◎		要
		063. 清掃車等の自動運転、064. 除雪車の自動運転			◎		要
	4. 交通管理の最適化	8) 交通流の最適化	073. 駐車場誘導、083. 事故処理の効率化、087. 交差点信号制御、092. 交通管理ニーズに基づく経路誘導、093. 車種別車線誘導		◎		要
			080. 盗難車両等の発見・回収の支援	◎	○		
081. 警察業務車両等の管理の効率化			◎				
085. 自動探証記録、086. 危険運転の抑止・検知・警告				◎			
103. 交通調査の支援、108. 道路管理作業用車両の運行支援、109. 異常気象・災害情報の収集、112. 災害発生時の状況把握支援、113. 復旧用車両の配置支援			◎	○			
5. 道路管理の効率化	1) 0) 維持管理業務の効率化	107. 路面状況等の把握		◎	○		
	1) 1) 特殊車両等の管理	118. 危険物輸送車両の走行把握	◎	○			
6. 公共交通の支援	1) 3) 公共交通利用情報の提供	125. デマンドバスの利用支援、126. タクシーの利用支援	◎				
		1) 4) 公共交通の運行・運行管理支援	127. バス・軌道への優先信号の提示	◎			要
		128. バスレーン等専用車線の運用監視		◎			
7. 商用車の効率化	1) 5) 商用車の運行管理支援	129. 道路交通情報等の提供、130. 公共交通の運行状況情報の提供、131. 公共交通の緊急事態発生情報の提供	◎				
		134. 運行状況情報の提供、136. 貨物輸送情報の提供	◎	○		要	
8. 歩行者等の支援	1) 7) 経路案内	135. 緊急事態発生情報の提供	◎	○			
		140. 現在位置および施設位置情報の提供	◎	○			
		141. 目的地までの経路情報の提供、143. 目的地までの経路誘導		◎			
	1) 8) 危険防止	142. 避難場所の案内情報の提供	◎			要	
		144. 視覚障害者への危険箇所回避の誘導、145. 車椅子利用者への経路誘導			◎		要
146. 青信号時間の延長、待ち時間情報、信号灯色情報の提供、147. 歩行者等への自動車接近時の警告、148. 歩行者等に対する車両速度の抑制、149. 踏切における列車接近情報の提供、150. 車椅子利用者の安全な通行の確保			◎		要		
9. 緊急車両の運行支援	1) 9) 緊急自動通報	151. 緊急時における自動通報、152. 高齢者等の現在位置の自動提供	◎				
		153. 災害、事故時の通報	◎	○			
	2) 0) 緊急車両経路誘導・救援活動支援	154. 事故発生時の周辺車両への発信			◎		要
		155. 緊急車両の最適経路による誘導、157. 一般車両への緊急車両接近の通報、158. 緊急車両の運行管理、159. 災害時の復旧・救援車両の走行支援	◎	○			
156. 緊急車両を優先誘導するための信号管理		◎			要		
プローブカー			◎	○			
冬期道路管理の高度化 (除雪車両管理)					◎		
合計			◎35	◎22○17	◎29○9	44	

<測位精度における凡例>◎：サービス実施に必須、○：実現すればサービスレベルが大幅に向上

(3) 各アプリケーションに対応した位置検出技術の有効性

前節のアプリケーションを車両系5、歩行者系3、合わせて8つに分類し、位置検出技術の対応を整理した。

位置検出技術については、その精度を基に路線レベル、車線レベル、AHSレベルの8つの技術に分類した（表4.2.3-3）。

表 4.2.3-3 位置検出技術の分類

路線レベル (数十 m 程度)	携帯電話・PHS
	GPS系(低レベル: 単独測位)
車線レベル (数 m 程度)	DSRC
	GPS系(高レベル: D, RTK-GPS、擬似衛星)
	DOA応用 (DSRC との組合せ)
AHS レベル (数 cm 程度)	レーンマーカ
	白線検知
	RFID

位置検出技術とアプリケーションの対応を整理した結果を、表 2.4.3.2-6 に示す。表より、下記のことわかる。

- ① 携帯電話・PHS、GPS（低レベル）は、精度の問題からアプリケーションが限定される。
- ② 位精度が車線レベル（数 m）である、DSRC、GPS（高レベル）、DOA は危険警告・操作支援以外のアプリケーションに広く利用できる。
- ③ レーンマーカは、M 系列配置により縦位置が検知できれば車両系のほとんどのアプリケーションに対応できる。
- ④ 白線検知は、危険警告・操作支援に限定される。
- ⑤ RFID は、歩行者のような低速移動体には有効であるが、高速移動時は利用できないため車両系のアプリケーションには対応できない。

表 4.2.3-4 アプリケーション群と位置特定技術の対応

名称		路線レベル		車線レベル			AHS レベル		
		携帯電話・PHS	GPS系 (低レベル)	DSRC	GPS系 (高レベル)	DOA応用 (DSRCとの組合せ)	レーンマーカ	白線検知	RFID
車両系	1. 情報提供系 (情報提供・経路誘導・運行管理・メーデー)	○ 31	○ 31	○ 26 (16)	○ 26 (16)	○ 26 (16)	○ 26 (16)		
	2. 駐車マス誘導			○ 1	○ 1	○ 1	○ 1		
	3. 走行環境情報の提供			○ 9	○ 9	○ 9	○ 9		
	4. 危険警告・操作支援						○ <4>	○ 19	
	5. 道路管理用車両 (除雪車・清掃車・パトロール車)						○ 3		
歩行者系	6. 情報提供系 (情報提供・現在位置自動提供)	○ 4	○ 4	○ 3 (1)	○ 3 (1)	○ 3 (1)			○ 3 (1)
	7. 視覚障害者誘導・車椅子制御								○ 3
	8. 自動車接近警告								○ 4
	提供可能アプリケーションサービス数	35	35	57	57	57	71 <4>	19	13

凡例○：技術的観点および技術の適用範囲からみて活用が考えられるもの

()内は内数、レーンマーカにおける< >内の数値は、M系列配置ではない場合の数

以上検討の結果、多様なアプリケーションサービスで活用可能な技術は、GPS (高レベル)、DSRC、DOA 応用 (DSRC との組み合わせ)、レーンマーカ (M 系列配置の場合) であることが明らかとなった。

4.2.3.2 AHSにおける位置検出技術 (方式) の実現可能性検討

表 4.2.3-3 に示した各位置検出技術を、AHS サービスの基点方式、位置検出方式にフォーカスして実現可能性を検討評価した結果を表 4.2.3-5 に示す。評価項目は、位置精度、共有化、他の用途への利用可能性、費用である。

以下に、各評価項目の考え方を示す。

- (a) 位置精度
車線逸脱防止支援などの横位置精度と、基点としての縦位置精度に分けて評価する。
- (b) 共有化
位置検出のための装置（インフラ側機器および車載側機器）が、他の用途にも利用（共有化）可能かを評価する。
- (c) 他の用途への利用可能性
得られた位置情報の共有化、AHSサービス以外のサービスへの利用可能性を評価する。
- (d) 費用
都道府県道レベル以上の全国の道路に展開することを前提として、インフラ整備費用、端末コスト、機器更新費用などのコストを評価する。
- 以上の評価定義に基づいて実現可能性の評価を行った。評価を絶対値で評価することは困難であるので、技術を選択するという観点で相対評価とした。実現可能性評価は、AHSサービスに利用できることを重点としている。

表 4.2.3-5 位置検出技術の実現可能性

技術	精度		共有性		他用途可能性	費用	実現可能性評価
	基点	横位置	インフラ	車載器			
携帯電話 PHS	×	×	◎	◎	◎	◎ (既設)	×
GPS系 低レベル	×	×	◎	◎	◎	◎ (既設)	×
DSRC	△	×	○	○	○	×	○
GPS系 高レベル	○	○	○	○	○	△	○
DOA	○	△	○	○	○	×	○
レーン マーカ	○	◎	△	×	×	×	△
RFID	×	×	△	×	×	×	×
	(高速不可)						
白線検知	×	○	△	○	△	◎	○

AHS サービスにフォーカスして各位置検出技術の実現可能性を評価した結果、可能性の高い技術として、GPS（高レベル：D,RTK-GPS、擬似衛星を含む）、レーンマーカ、DSRC、DOA、白線検知が抽

4章 研究の成果

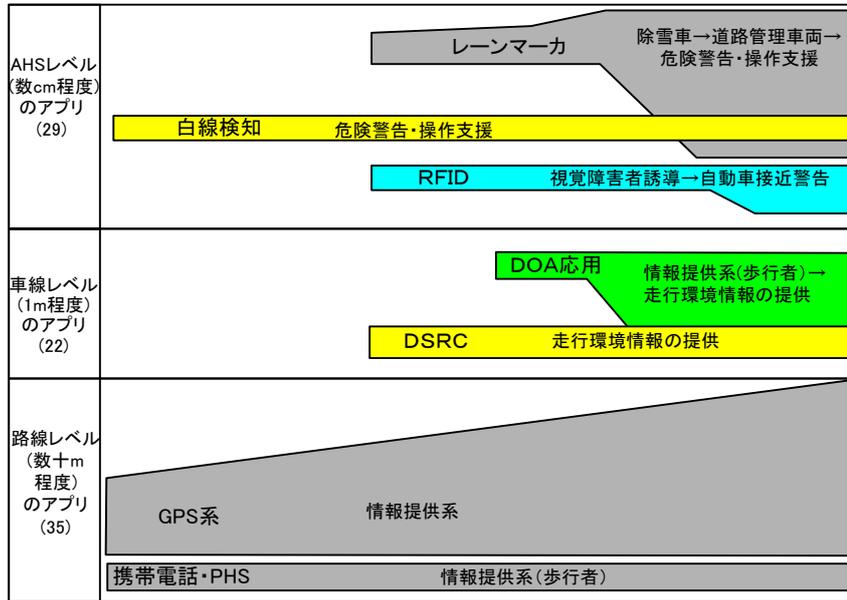
4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

出された。尚、白線検知は基本的に車載側の技術でありインフラとして検討することは少ない。

次に上記5つの技術をベースに、現在の技術水準からみて、実現する可能性の高いと考えられる基本シナリオ（案）を表4.2.3-6のように試算した。また、アプリケーションの広がりを図4.2.3-2に示す。

表 4.2.3-6 位置特定技術展開の基本シナリオ（試算）

- ① GPS系は、郊外の自専道・主要幹線、幹線、歩道において、路線レベル（数十m程度）の様々なアプリケーションサービスで活用。
- ② 白線検知は、現在は自専道の直線で利用されているが、カーブ等でも自律走行が可能となる。また、比較的交差点の少ない郊外の主要幹線においても利用可能となる。
- ③ レーンマーカは除雪車等の道路管理車両のアプリケーションサービスから導入され、カーブ等での白線検知の補完にも活用。
- ④ DSRC、DOA応用は走行環境の提供など車線レベル（数m以下）のアプリケーションサービスで活用。
- ⑤ 携帯電話・PHS、RFIDは、歩行者向けアプリケーションサービスから展開。



2005

図 4.2.3-2 位置特定技術展開の基本シナリオ（試算）

(アプリケーションサービスの広がり)

4.2.3.3 位置検出技術の基礎評価

4.2.3.3.1 擬似衛星技術の評価

目的：GPS 測位範囲の拡大技術、インフラとしての適応可能性を評価

- (1) 都市部における GPS 環境の実態把握
→都市部での測位実験
- (2) 擬似衛星の配置仕様の明確化
→擬似衛星の配置を変更して評価

(1) 都市部における GPS 環境の実態把握

(a) 平成9年度測位結果の再整理

方法：平成9年度の測位結果を分析

川崎から羽田空港までのルートで測位実験を行った結果を以下に示す。下図に測定環境として、測定ルート、測位状況ならびに GPS 捕捉衛星数を示す。

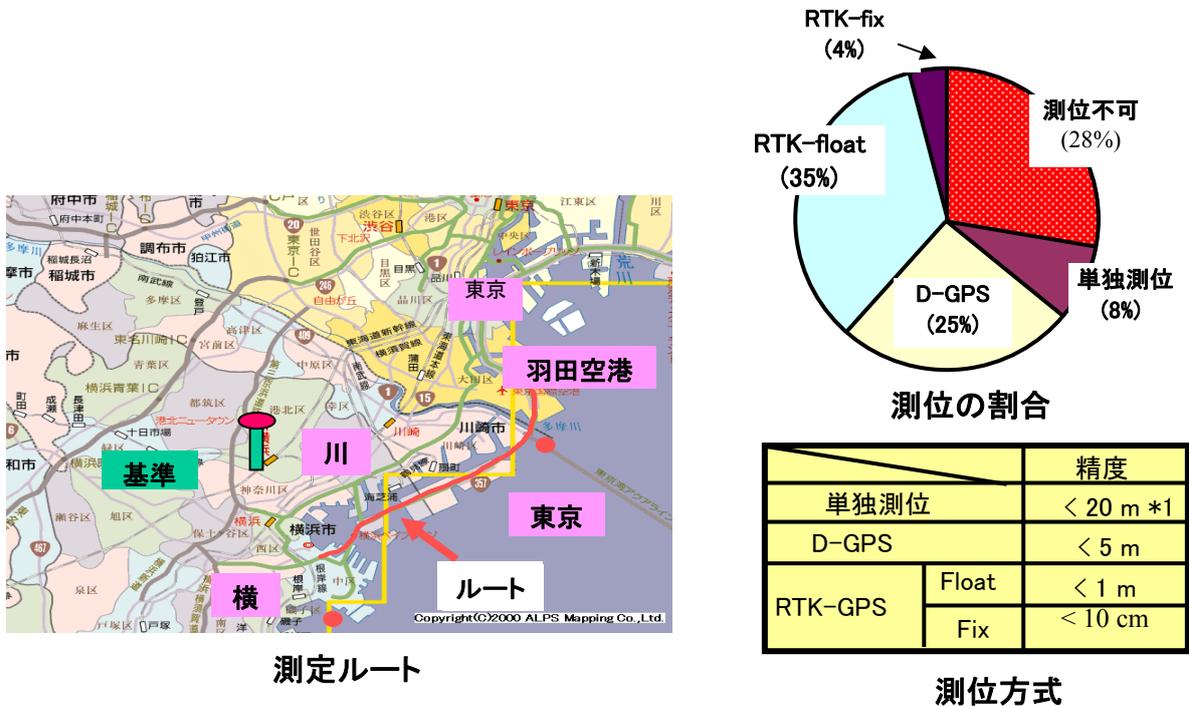


図 4.2.3-3 測定ルートと測位状況

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

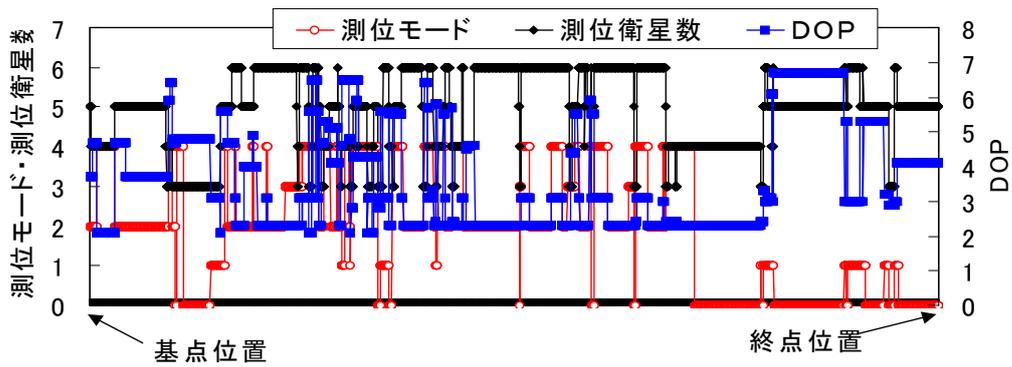


図 4.2.3-4 測位モードと測位衛星数の変化

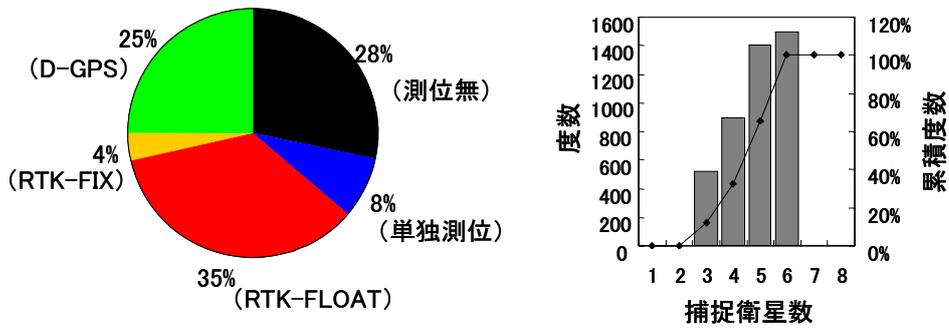


図 4.2.3-5 測位率と捕捉衛星数

結果：約 30%程度での割合で GPS 測位が不可能

(b) 都市部での実験評価

方法：渋谷駅周辺で、D-GPS による測位実験を行った。

下図は、D-GPS の測位状況と衛星捕捉状況を示した図である。



図 4.2.3-6 走行ルートと D-GPS 測位結果

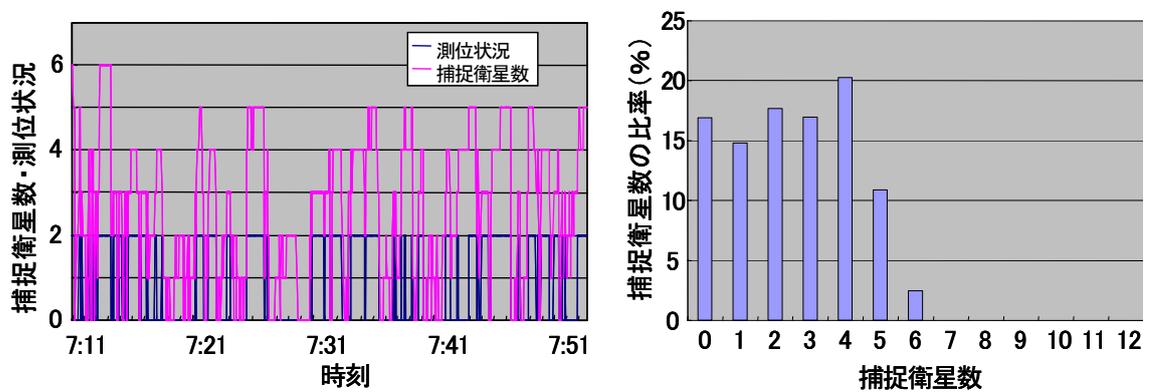


図 4.2.3-7 D-GPS の衛星捕捉状況

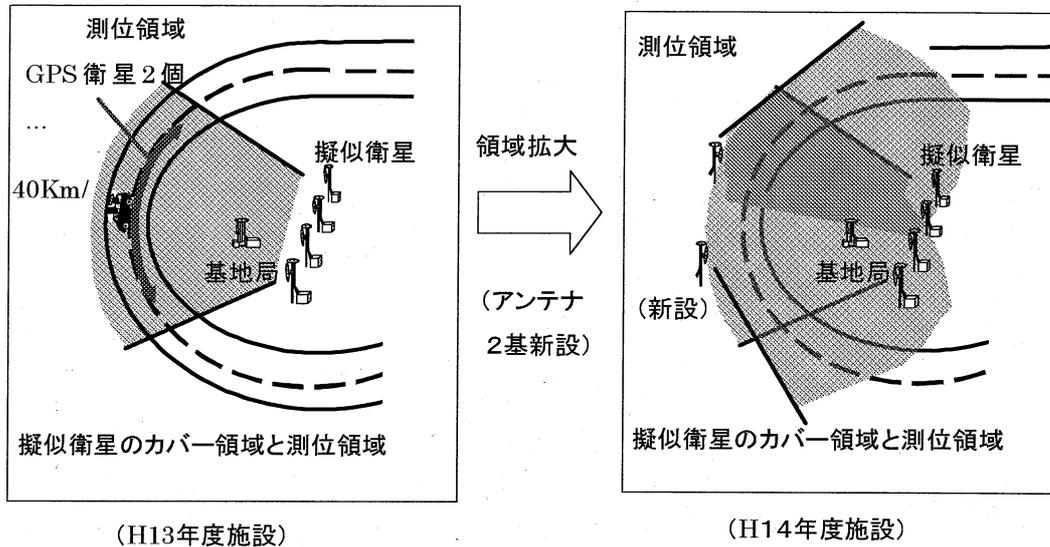
結果：66%の割合で捕捉衛星数が3個以下となり測位が不可能

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

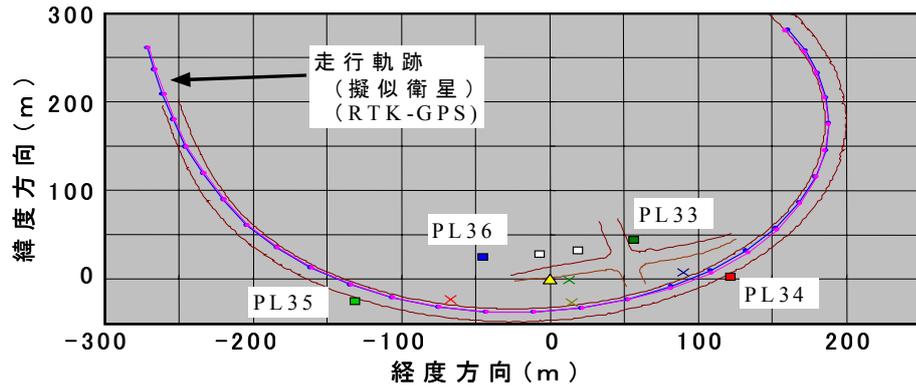
(2) 擬似衛星の配置仕様の明確化

方法：擬似衛星を南側ループの外側に2個設置し、擬似衛星のカバー領域を広くして、受信強度、測位精度などを実験評価した。以下の図に、擬似衛星配置による領域拡大のイメージ図と施設設置の概観、ならびに擬似衛星電波領域の測定結果を示す。

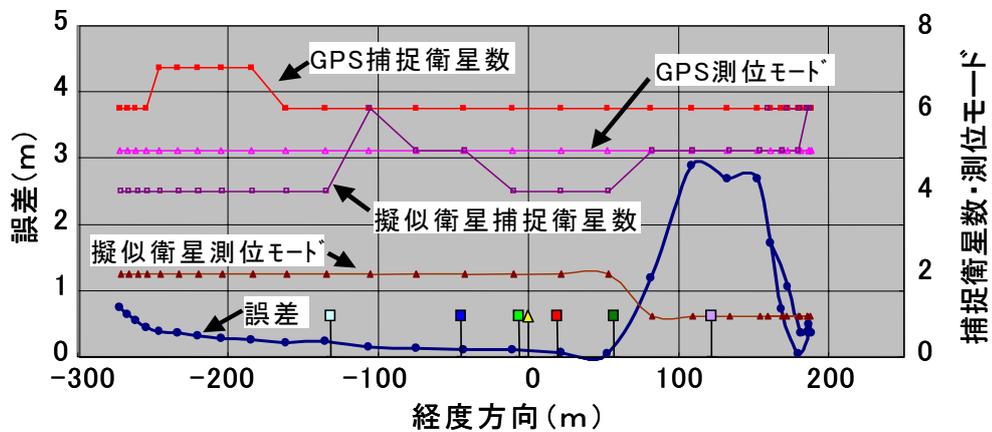


※合計6基のアンテナのうち4基を選択し、可搬形の擬似衛星送信機を移設する。

図 4.2.3-8 アンテナ配置とカバー範囲



(1) 走行軌跡



(2) 位置検出誤差と測位状況

図 4.2.3-9 走行時の位置検出精度

結果：

- ・各擬似衛星の受信強度測定によりカバー範囲が広がったことを確認。(基地局を中心として東西±100m→±200m)
- ・GPS 衛星 2 個+擬似衛星 2 個での測位が可能。(測位精度 20cm~40cm)
80km/h 以上で擬似衛星領域に侵入した場合は測位不可。(H13 と同様)

結論：

- ・都市部において GPS 測位の範囲は相当に狭い。
(東京都心部のビル街で 30%、海岸部で 70%程度)
- ・擬似衛星は、GPS 測位範囲を拡大する手段として有効。
- ・現行の擬似衛星システムは、高速移動体向けには適さない。

4 章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2.3.3.2 DOA 技術の評価

目的：基点ビーコンの代替、AHS サービスへの適応可能性を評価

(1) 単体精度検証

→受信感度、反射波などの位置精度への影響評価

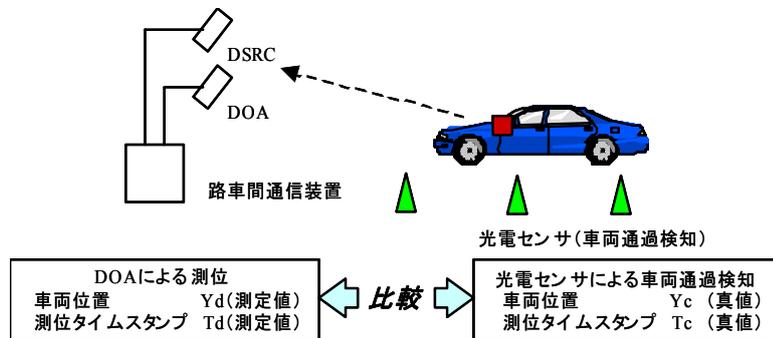
(2) 時間遅延検証

→位置演算時間、通信時間の検証と位置精度への影響評価

(1) 単体精度検証

方法：AHS 車載器に DOA 用ソフトウェアを追加し、実走行で評価

- 高速走行（～120km/h）
- マルチパス環境
- 受信感度を変更した場合の精度を測定



結果：単体精度は±1.5m

(2) 時間遅延検証

方法：DOA ユニットで測定した位置データを路車間通信装置（DSRC）を介して車載器に送信、DOA 測位開始から車載器が受信完了するまでの遅延時間を検証

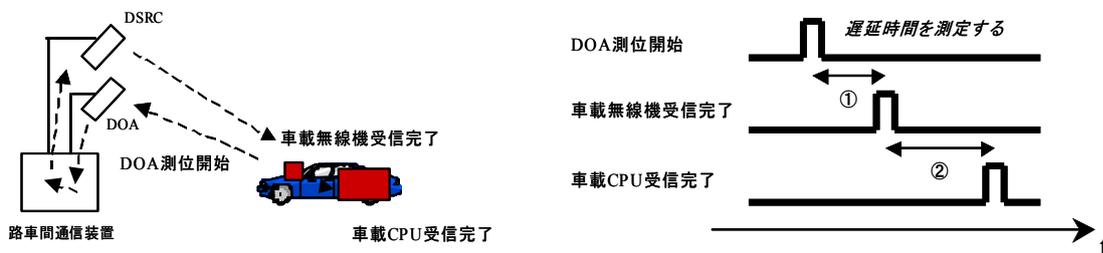


図 4.2.3-12 に時間検証結果をシーケンスで示す。

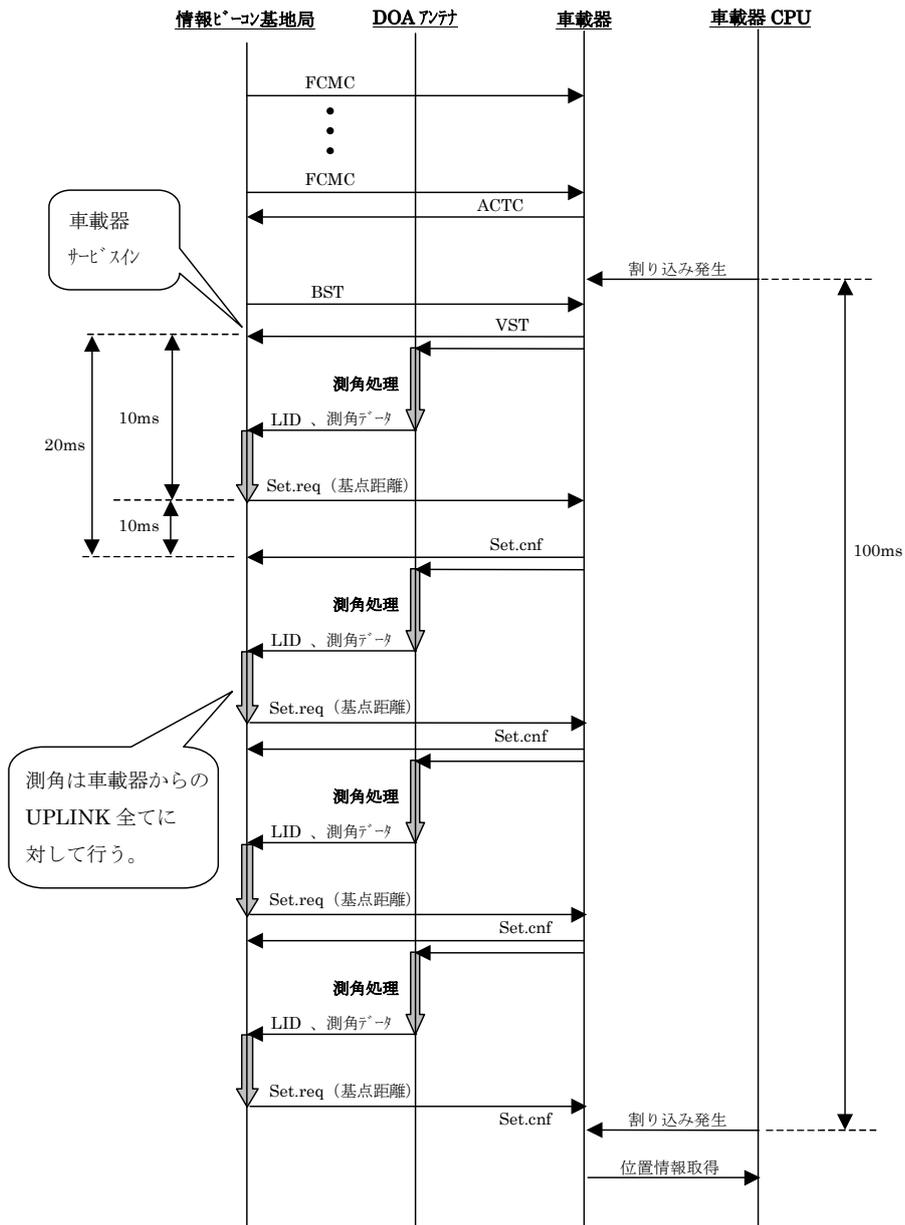


図 4.2.3-12 時間遅延検証の実験結果

結果：

- DOA 測位開始から車載無線機受信完了まで (図 2 の①)
約 10ms (120km/h で約 0.33m)
- 車載無線機受信完了から車載 CPU 受信完了まで (図 2 の②)
約 10ms 以下 (120km/h で約 0.33m 以下)

結論：単体精度および通信時間遅れからシステムとしてトータルの精度は
±2m 以下

→基点機能を実現する手段として DOA は有効

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

4.2.3.3.3 簡易 DSRC 技術の評価

目的：可搬型の安価な情報提供装置、AHS サービスとの協調性を評価

(1) 簡易 DSRC 通信性能評価

→電界強度、通信品質および範囲、通信データ量の測定

(2) 簡易 DSRC サービスの有効性評価

→試乗による調査

(1) 簡易 DSRC 通信性能評価結果

● 電界強度の測定

方法：台車による電界強度の測定、結果を図 4.2.3-13 に示す。

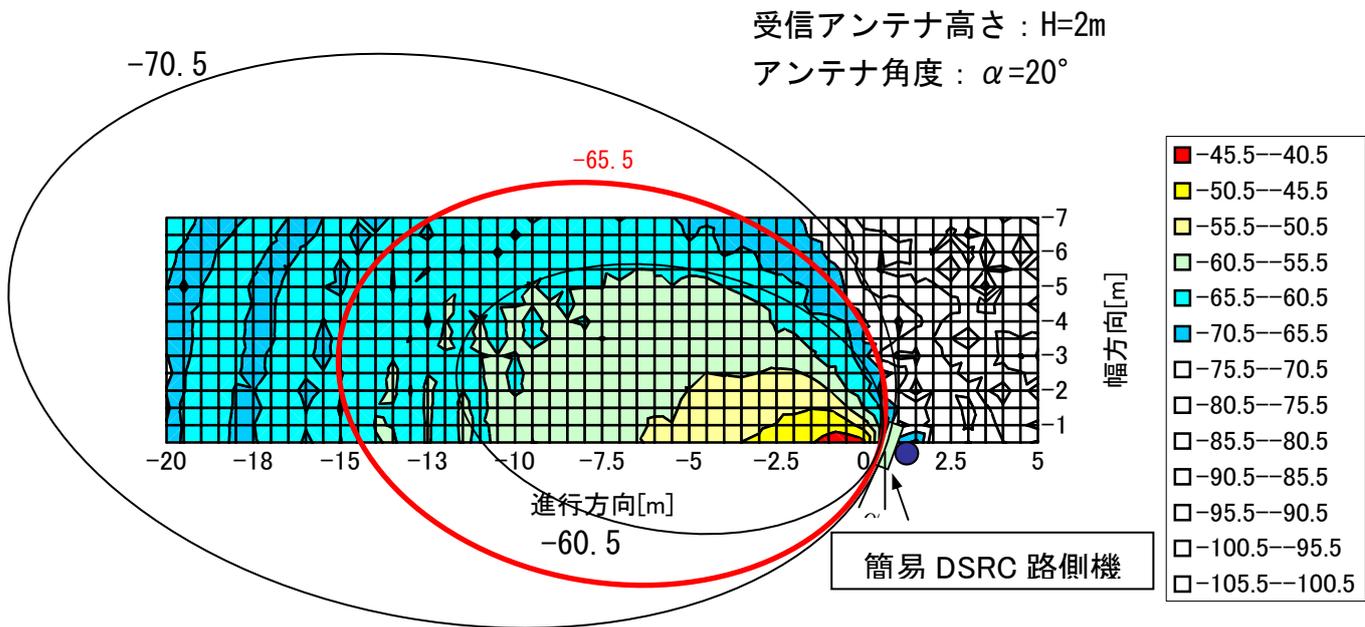


図 4.2.3-13 電界強度分布

結果：AHS 車載器では電界強度が-65.5dBm 以上の領域が安定通信領域

→進行方向で約 15m、車線幅方向で約 7m の通信領域

● 通信品質の評価

方法：台車による受信品質（BER: Bit Error rate）の測定、結果を図 4.2.3-14 に示す。

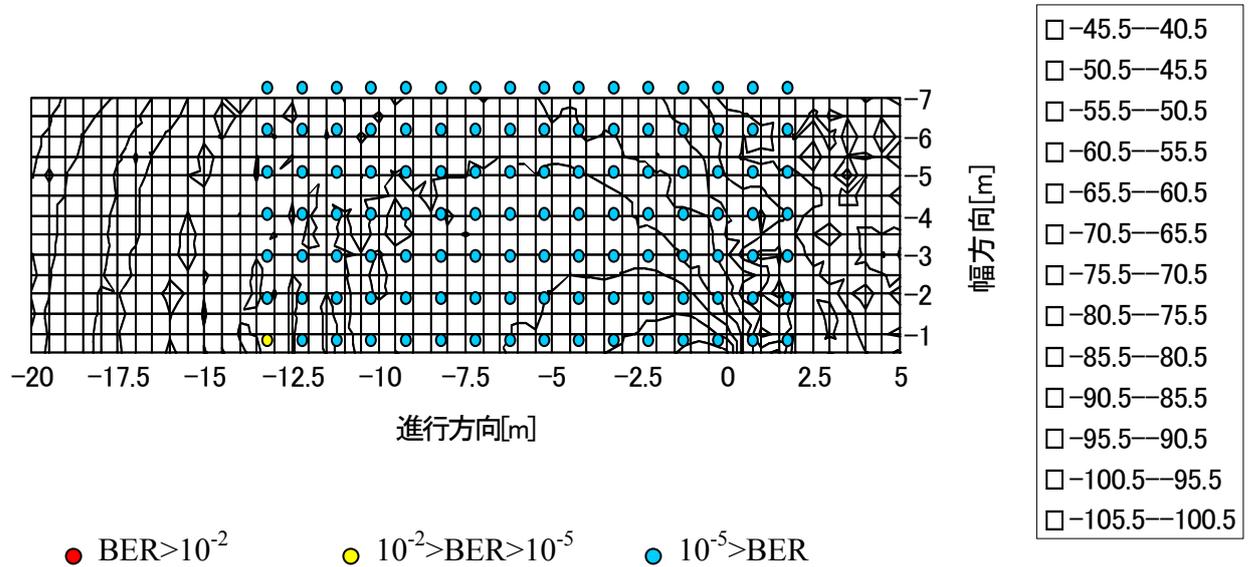


図 4.2.3-14 通信品質

結果： 10^{-5} 以下の BER 安定した通信領域
→車線進行方向で 14m、車線幅 7m の範囲

● 通信データ量の評価

方法：実走行でのパケットの受信回数をカウント、結果を表 4.2.3-7 に示す。

表 4.2.3-7 受信データ量（車線中央走行：10 回の平均値）

項目	速度			
	40Km/h	60Km/h	80Km/h	100Km/h
受信フレーム数	1082	724	568	463
受信データ量 (バイト)	119,020	79,640	62,480	50,930

結果：100Km/h で約 50KB のデータを受信（約 30m の間受信）
→実用的な車載器の感度による通信領域（約 15m）、高信頼化のデータ
3 連送を考慮すると約 3KB 程度のデータ転送が可能

(2) 簡易 DSRC サービスの有効性評価

方法：試験走路に図 4.2.3-15 に示す通り簡易 DSRC を設置し、試乗による調査を実施、試乗走行パターンを図 4.2.3-16 に示す。

下記走行パターンを設定し、試験走路に被験者（主に AHS 関係者）を募り試験走行を実施し、アンケートによって以下を確認（被験者数 25 名）。

- AHS サービスと簡易 DSRC サービスを隣接する場所で受けて、混乱がないこと
- 簡易 DSRC サービスとして、その有効性を感じるかを確認
- 簡易 DSRC サービスのアイデア抽出

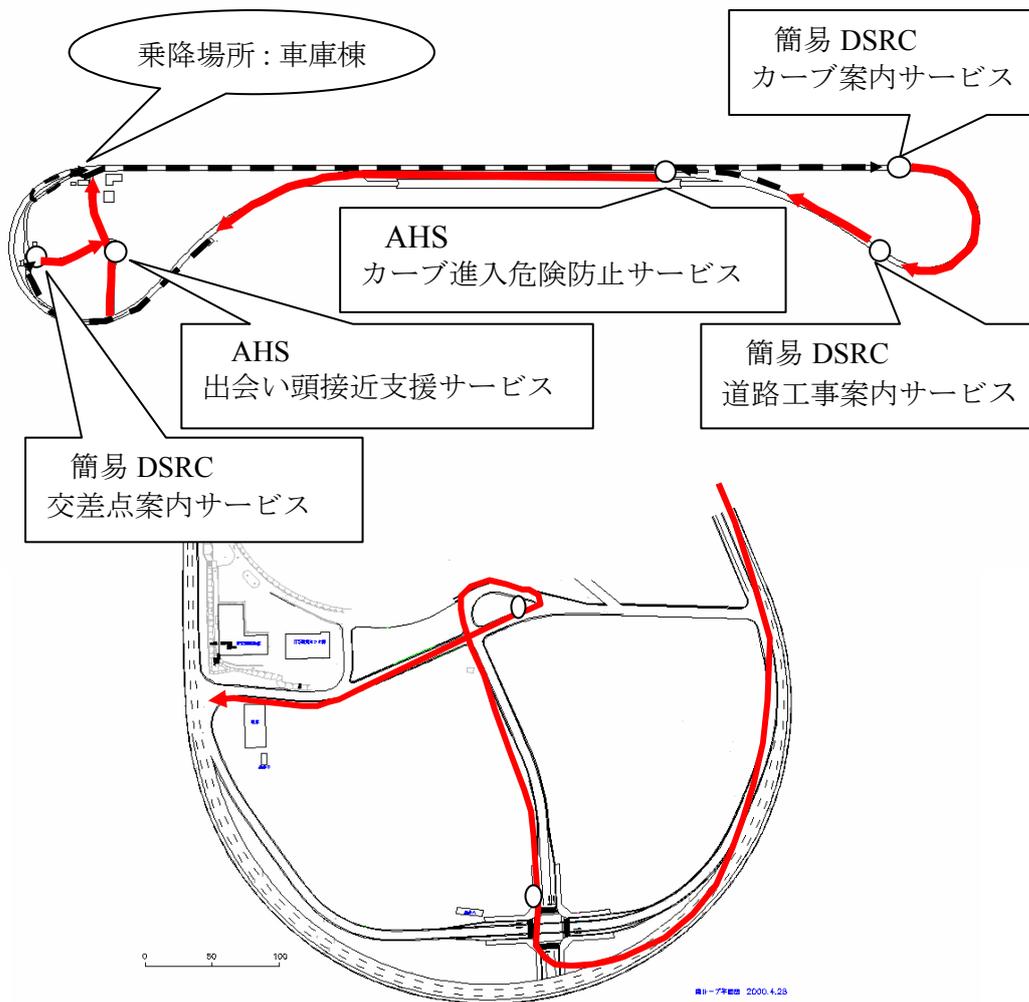


図 4.2.3-15 簡易 DSRC 試乗走行ルート

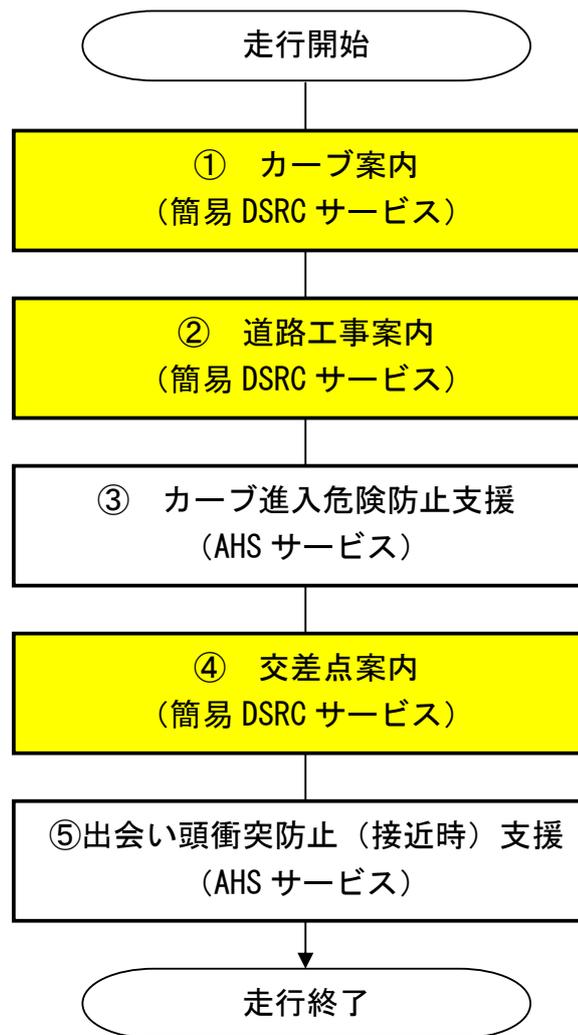


図 4.2.3-16 簡易 DSRC 試乗走行パターン

結果：

- 簡易 DSRC によるサービスは、AHS サービスに違和感を与えることなく、有効なサービスであるとの多数意見を聴取
- 隣接した AHS サービスと簡易 DSRC サービスの提供に関し、約 92% (23 人 / 25 人中) が違和感を感じない、あるいは違和感を感じなくなったと回答。
- 簡易 DSRC サービスの有効性については、約 96% (24 人 / 25 人中) が有効なサービスと感じると回答。

結論：簡易 DSRC は簡易図形を利用した情報を提供する手段としても有効
AHS サービスとの協調が可能でありサービス提供は有効

4.2.3.4 位置検出技術へのニーズ調査

カーメーカーおよびカーナビ関連メーカーにヒアリングを実施し、将来的なニーズも含めた位置検出技術および簡易 DSRC に関係した利用者ニーズを体系化するとともに、サービス実現にあたっての課題を整理した。

4.2.3.4.1 利用者ニーズの体系化

位置検出技術および簡易 DSRC について、ニーズを利用者向け、道路管理者向け、歩行者向けの3つに分けて体系化する。

(1) 一般利用者向けニーズの体系

(a) 位置検出技術

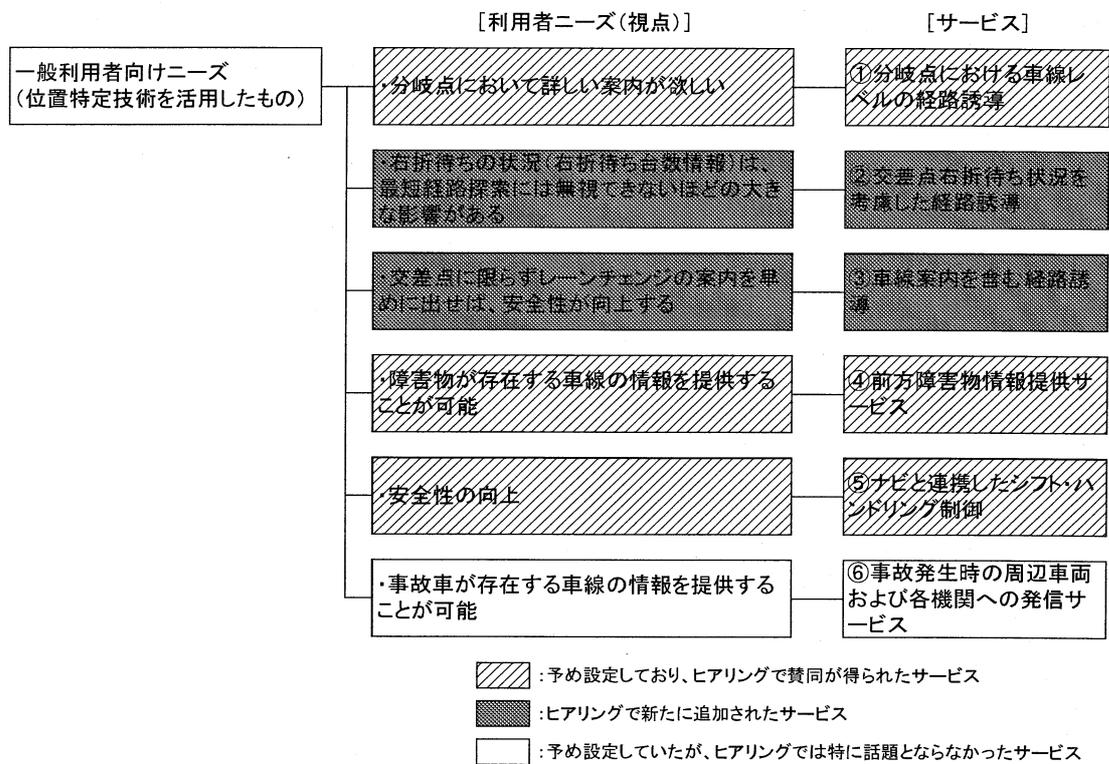


図 4.2.3-17 一般利用者向けニーズ（位置検出技術を活用したもの）の体系

(b) 簡易 DSRC

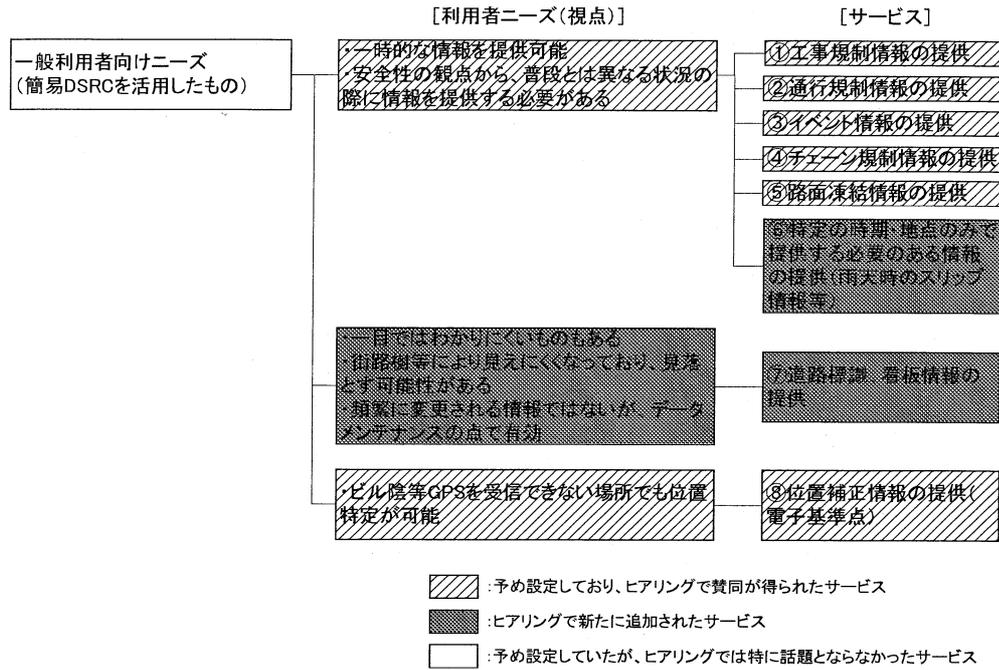


図 4.2.3-18 一般利用者向けニーズ (簡易 DSRC を活用したもの) の体系

(2) 道路管理者向けニーズの体系

(a) 位置検出技術

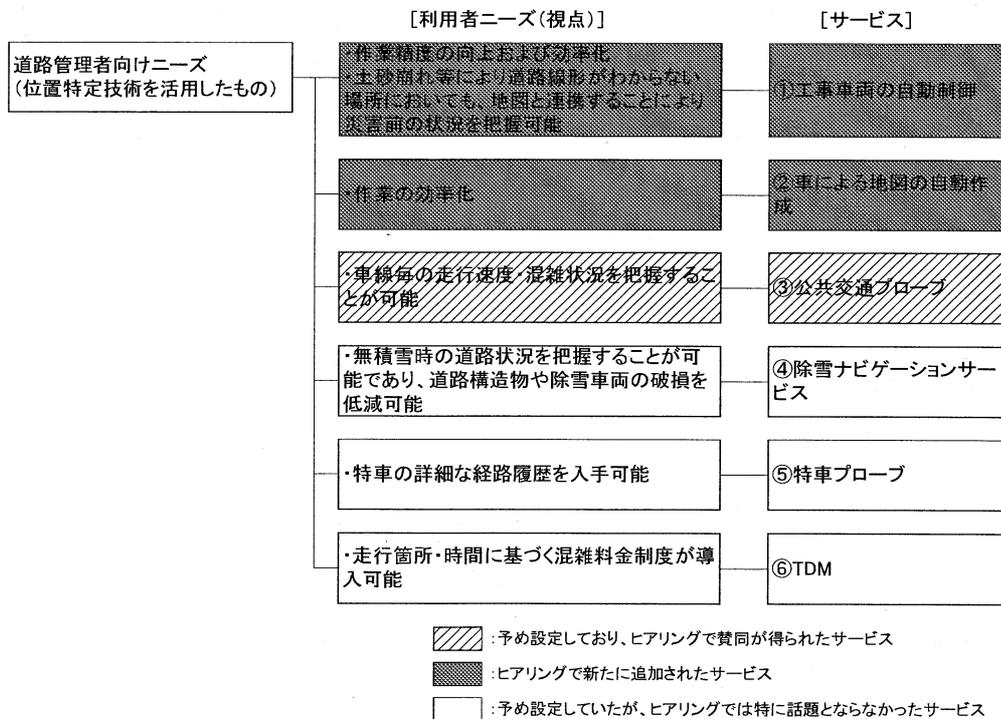


図 4.2.3-19 道路管理者向けニーズ (位置検出技術を活用したもの) の体系

(b) 簡易 DSRC

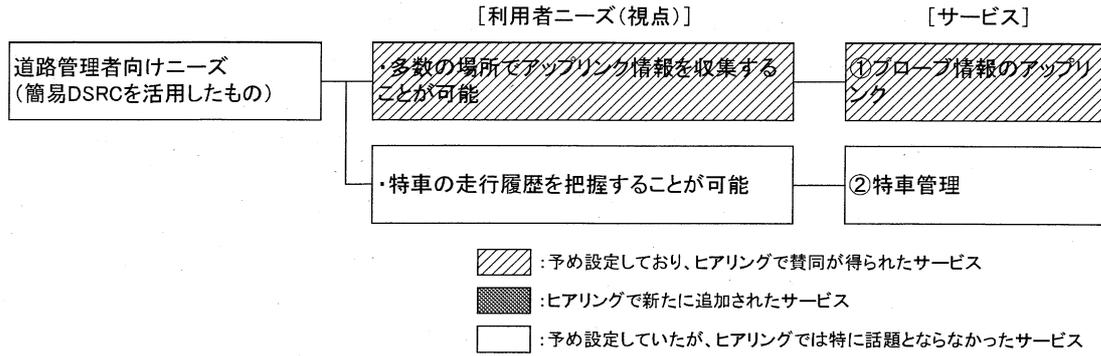


図 4.2.3-20 道路管理者向けニーズ（簡易 DSRC を活用したもの）の体系

(3) 歩行者向けニーズの体系

(a) 位置検出技術

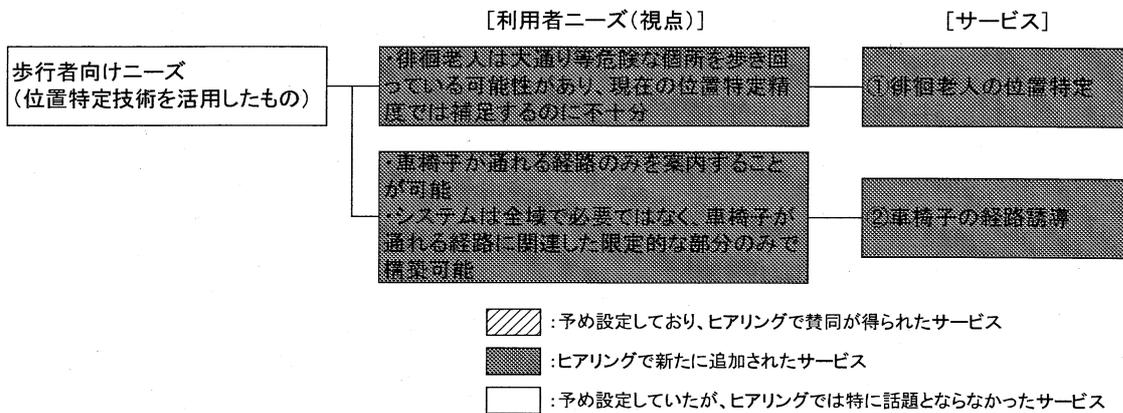


図 4.2.3-21 歩行者向けニーズ（位置検出技術を活用したもの）の体系

(b) 簡易 DSRC

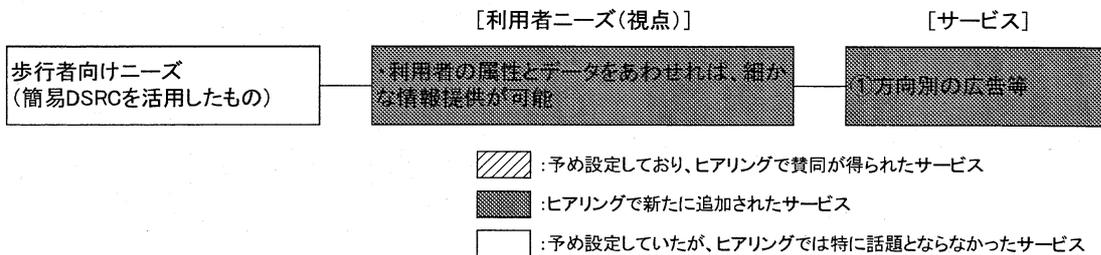


図 4.2.3-22 歩行者向けニーズ（簡易 DSRC を活用したもの）の体系

4.2.3.4.2 新たなサービスの実現に向けた課題等

(1) 位置検出技術

- ① 高精度の位置情報に耐えられる新たな地図データの整備
- ② 右折待ち台数等の把握および提供（センタ側のアルゴリズム・データ処理）
- ③ GPS 情報の更新頻度、演算処理速度の向上（1秒よりも細かい時間での更新）

(2) 簡易 DSRC

- ① ラジオ、携帯電話、VICS、ETC といった既存の通信手段に対する簡易 DSRC のニーズの明確化
- ② 端末の進んでいる方向の把握（方向がわからないと間違った情報を送る危険性あり）
- ③ ドライバへ提供する情報の取捨選択方法
- ④ 簡易 DSRC の多目的利用の可能性の検討（含む双方向通信、ネットワーク化）
- ⑤ 情報量の増加（55バイトでは活用できるサービスが限られる）
- ⑥ 歩行者用とした際の電源の確保（5.8GHZ では電池が持たない）

(3) 全般的な課題等

- ① コストに見合ったサービス内容の提供
- ② 利用者に情報提供のコストを感じさせない仕組みの構築
- ③ ETC との連携
- ④ 利用者が自身の情報を発信する際のプライバシーの確保
- ⑤ ヒューマン・マシン・インタフェースのあり方。特に、今後増加する高齢ドライバーの特性をふまえた HMI のあり方
- ⑥ 事故等の際の情報収集の迅速化

4.2.3.4.3 ニーズ調査のまとめ

ニーズ調査から得られた結果をまとめると、以下の通りである。

- 位置検出技術を活用するサービスについては、設定したサービスに対し概ね賛同が得られた。また、特に経路誘導の高度化については、右折待ち車両情報の活用など、具体的に車線情報が必要となるシーンが明確化された。さらに、工事車両への適用など、道路管理者向けのサービスも有効であるとの意見が得られた。
- 簡易 DSRC を活用するサービスについては、臨時情報の提供など設定したサービスについては非常に積極的な賛同が得られた。特に、工事規制情報等一時的な情報を提供するサービスについては、ドライバーへの情報提供に際して留意すべき点等、サービスの具体化における有益な情報が得られた。

4章 研究の成果

4.2 情報収集・処理道路システムに関する調査

- 新たなサービスとともに、サービスの実用化にあたっての課題が整理された。特に、位置検出技術の高度化に伴う高度な地図データの整備の重要性が強調された。また、今後高齢ドライバーが増える中にある情報の提供に際しての情報の取捨選択やヒューマン・マシン・インタフェースのあり方等についても言及があった。

4.3 路車協調による走行支援システムに関する調査

4.3.1 システムの設計に関する調査

4.3.1.1 目的

リクワイアメントの策定及び要素技術の開発をうけ、路車協調による走行支援道路システムの設計を目的とした調査を実施した。

4.3.1.2 実用システム設計

4.3.1.2.1 システム設計書の構成

リクワイアメントの策定および要素技術の開発等によるシステムの具体化を受け、AHS システムの実用システム設計を行った。システム設計書は、この実用システム設計を基にして作成されている。

実用システム設計に際しては、どのようなサービスをどのような環境で実現するかを明らかにするとともに、サービスを構成する各種装置について、機能・性能要件、処理構造、インタフェース等を明らかにした。

図 4.3.1-1 に示すように、この実用システム設計から出発して、実験計画書が策定され、それを反映した実験システムのシステム設計が行われた。作成した実験システムのシステム設計に従い、試験走路実験と実道実験のシステムが製作された。

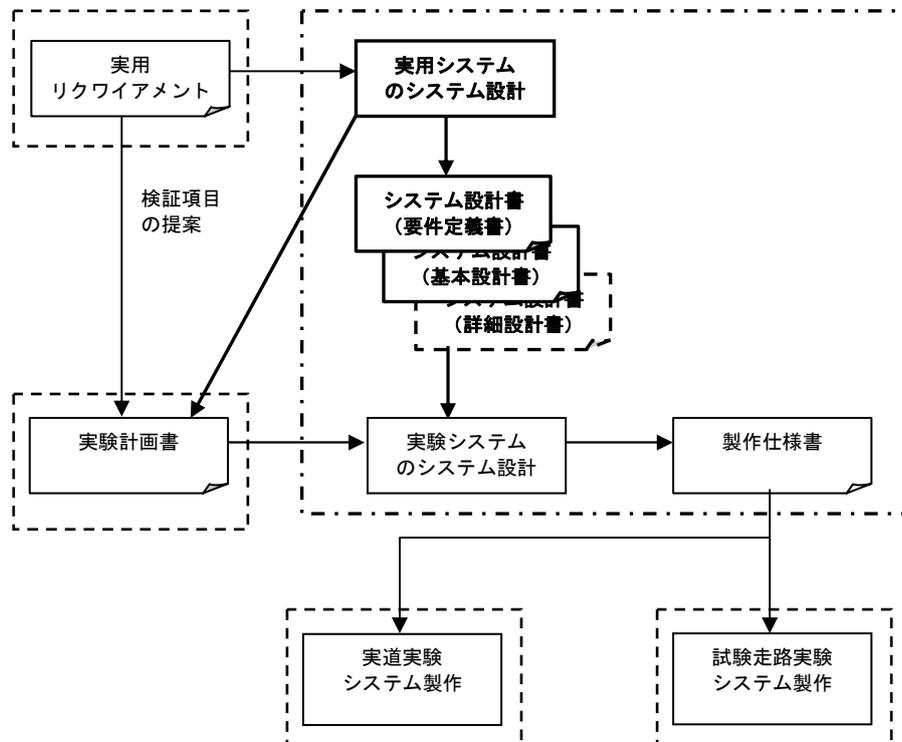


図 4.3.1-1 システム設計のフロー

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

4.3.1.2.2 実用化の対象とするサービスの選定

実用化するサービスとして、以下の3サービスを選定した。

- ・ カーブ進入危険防止支援サービス
- ・ 路面情報提供支援サービス
- ・ 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス

これらのサービスに対し実道実験場所を選定し、具体的な設計を行った。

4.3.1.3 実道実験システム設計

実道実験に向け、実道用の実験システムを設計することを目的とし調査を実施した。具体的には、実道実験箇所を選定、実験イメージをしたうえで、システム構成の検討、具備すべき機能の検討等を実施した。

平成15年度までは実道実験に向け、走行支援システムに関する実道用の実験システムを設計した。本実験システムには、走行支援システム本来の機能の他、実験で収集すべきデータを取得するための機能や実験パラメータを操作するための機能を具備させた。

4.3.1.3.1 実験箇所選定の考え方

実道実験箇所は、事故多発地点等の社会的に導入意義が説明できる箇所、推定される事故要因に対し、サービスが狙う効果が発揮され、実験目的が達成される箇所に基づいて選定した。

その上で、実道実験箇所は、次の手順に従って選定した。

- (1) 事故統計データ、道路管理者のニーズに基づき候補箇所を抽出する。
- (2) 現地調査、事故現況から事故要因を推定する。
- (3) 事故要因に対処できるサービスとインフラ配置概要を決定する。
- (4) 従来の安全施設の導入によっても危険性が、なおも存在し、AHS導入の意義があることを確認する。

4.3.1.3.2 構築した実験システムの一覧

構築した実験システムの一覧として、それぞれの実道実験箇所の実験内容を表4.3.1-1に示す。本実験においては、路車協調の実験に加えて、インフラ単独の実験も行う。それらも合わせて示す。

表 4.3.1-1 実道実験箇所の内訳

場所	対象事故特性	路車協調			インフラ単独	管理応用
		前方停止車両・低速車両情報提供	カーブ進入危険防止	路面情報提供		
自動車専用道	① 首都高速道路 参宮橋	都市高速での急カーブにおける渋滞末尾への追突事故、工作物衝突等に対応したサービスの受容性等を検証	○	○		
	② 東名大沢川高架橋	長いカーブ区間における路外逸脱事故等に対応したサービスの受容性等を検証		○		
	③ 東名阪自動車道 上社 JCT	急カーブ(ヘアピンカーブ)における路外逸脱事故等に対応したサービスの受容性等を検証	○	○		
	④ 東名阪自動車道 名古屋西 JCT	連続カーブにおける路外逸脱事故等に対応したサービスの受容性等を検証	○	○		○
	⑤ 第二名神四日市地区	未供用時と供用時両方のデータ取得が可能であり、試験走路環境と実交通環境での違い等を検証	○	○	○	○
	⑥ 国道 25 号 米谷地区	急カーブにおける低速車(大型車等)への追突、路面湿潤時のスリップによる側壁衝突等に対応したサービスの受容性等を検証するとともに、インフラ単独(路側情報板)との違い等を検証	○	○	○	○
一般道	⑦ 国道 45 号 宮古トンネル群	寒冷地のトンネル出口における路面変化による追突事故に対応したインフラ単独(路側情報板)の有効性を検証するとともに、路面センサの道路管理への活用について検証				○
	⑧ 国道 246 号 松田惣領地区	一般道路での下り急カーブにおける路外逸脱による正面衝突事故等に対応したサービスの受容性等を検証するとともに、インフラ単独(路側情報板)との違い等を検証		○		○

※

※注：第二名神四日市地区は設計まで実施

4.3.1.3.3 構築した実験システムの具体的なシステム設計

策定したアーキテクチャ等のこれまでの検討結果を踏まえ、実用リクワイアメントの改良項目を反映させて、実道における実験システムの具体的な設計を行った。

以下に実道実証実験システム設計の例として、表 4.3.1-1 に示した場所のうち、東名阪自動車道名古屋西 JCT における設計内容を示す。

4.3.1.3.4 東名阪自動車道名古屋西 JCT 実験システム

東名阪自動車道名古屋西 JCT において、カーブ進入危険防止支援と前方停止車両・低速車両情報提供支援のサービス提供とその評価を目的とした、東名阪自動車道名古屋西 JCT 実験システムのシステム設計内容について以下に示す。

(1) 路車協調システム

(a) 実験場所と実験イメージ

実験対象場所である東名阪自動車道名古屋西 JCT の G ランプは、R100 のカーブがランプ入側と出側の 2 カ所存在し、ランプ中央部がクレストとなっている。

本サービスは、見通しが悪くかつカーブ手前で減速しなければ車線逸脱する可能性のあるカーブ個所において、カーブ前方の障害物情報及びカーブ情報（線形、位置等）をサービス対象車両へ提供し、ドライバの注意を喚起することにより、カーブへ進入する速度を低下させ、車線逸脱や障害物との衝突を防止する事を目的としている。

(b) センサ検出範囲

前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスを提供するために、障害物を検出すべきカーブ部の見通し不良区間を算出したうえでセンサーの検出範囲を設定した。

(c) 情報提供位置

カーブ進入危険防止支援のための情報提供を行う位置となるビーコンの設置位置を、ビーコン位置検討のパラメータ等をもとに算出した。

(d) 監視カメラ配置

DSRC 位置でのシャドウイングの監視と、実験時の安全確認のために、監視カメラを配置し、実験局舎から監視可能とした。

なお、図 4.3.1-2 に本サービスの機器配置を示す。

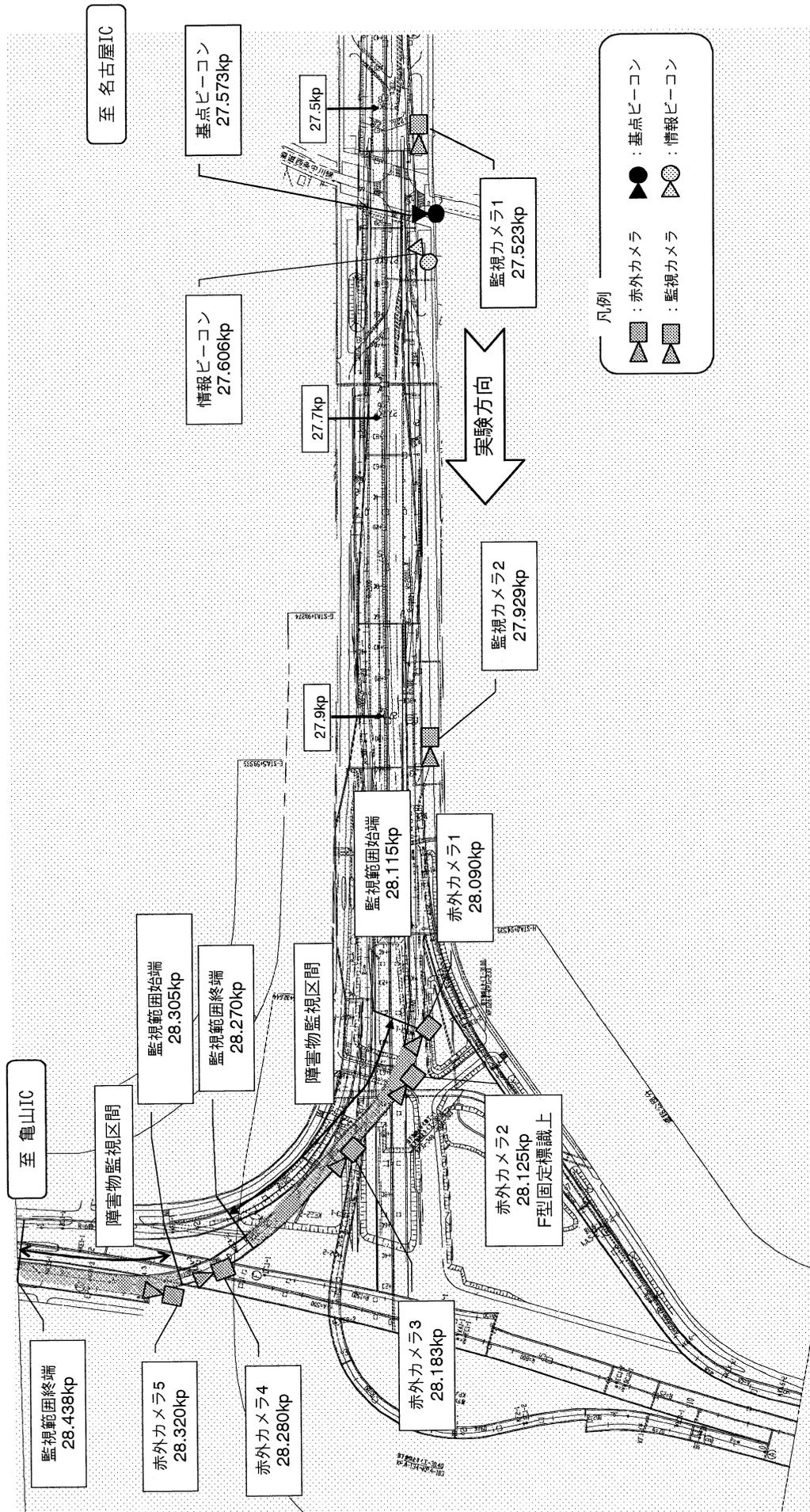


図 4.3.1-2 東名阪自動車道名古屋西 JCT 実験システム機器配置図

(e) システム構成

東名阪自動車道名古屋西 JCT 実験システムのシステム構成を図 4.3.1-3 に示す。

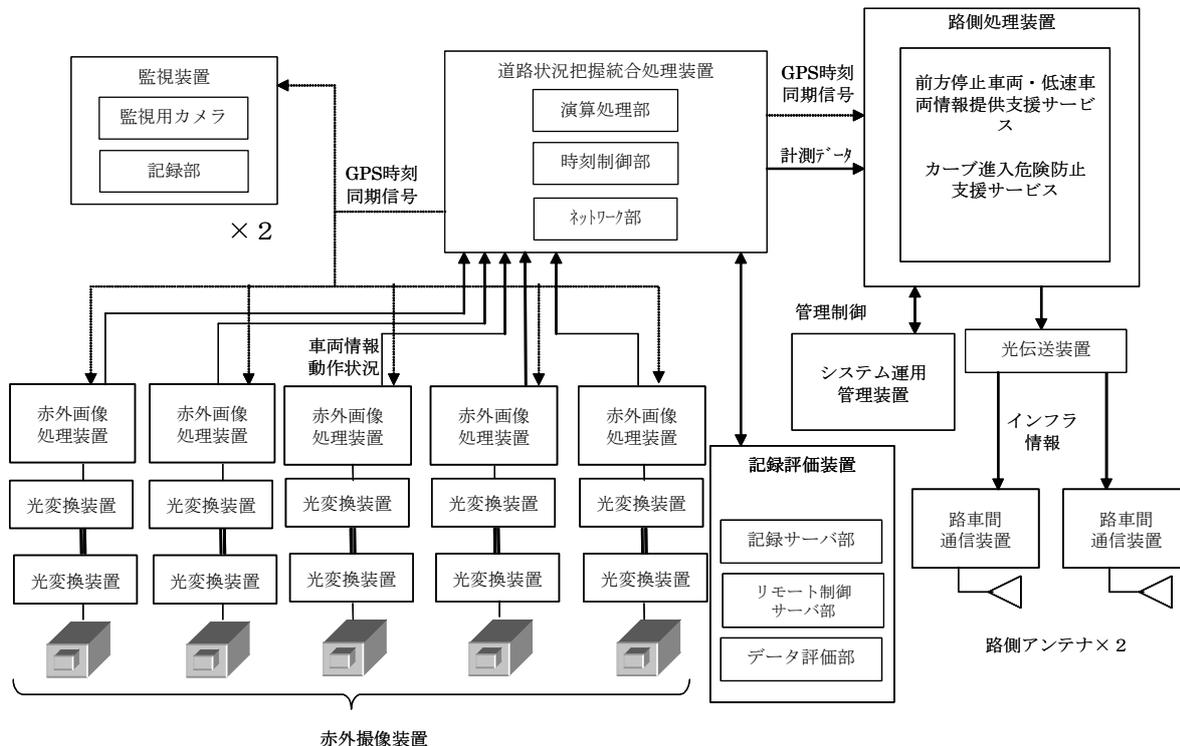


図 4.3.1-3 システム構成図

(7) 道路状況把握装置

東名阪自動車道名古屋西 JCT 地区では、自動車専用道路であることから、車両の温度が十分高いことを想定し、道路状況把握センサとしては赤外画像式を使用した。道路状況把握装置においては、以下の性能を有するものとする。

検出対象：四輪車、二輪車[幅 1.3m (250cc 相当) 以上]

検出範囲：約 100m[カメラ直下から約 30~130m]の範囲で検出を行うものとし、精度要求を満たす範囲は次のとおりとする。

- 二輪車 約 50m[カメラ直下から約 30~80m の範囲]
- 四輪車 約 100m[カメラ直下から約 30~130m の範囲]
- 検出速度：140km/h 以下

(4) 路車間通信装置

路車間通信装置により、以下の機能を実現することができる。

(i) 基点情報提供機能

路側処理装置から設定される、車両に対する基点情報を提供する。

(ii) サービス情報提供機能

路側処理装置から伝送される、ドライバーに対するサービス情報

を提供する。

(ウ) 記録評価装置

本装置は、実道に設置した道路状況把握装置により得られた車両の位置・速度情報などをリアルタイムに収集し、実環境下での車両挙動把握特性を評価する。

挙動把握情報の記録、表示、及び管理を行うと共に、道路状況把握装置のセンサの動作状況の取得を行う。

(エ) 監視装置

本装置は、可視カメラにより実験箇所の状況を撮像し、実験画像を実験局舎に伝達する。伝達された映像は、以下の目的に使用する。

- 実験局舎からの実験現場状況の把握
 - 実験車両の走行にあわせてリモート操作のタイミング作成
- また、実験走行の記録を行い、実験データを解析する際のリファレンスデータとする。

(オ) 施設の性能

情報提供のリアルタイム性を確保するために以下を定義した。

(i) 共通性能

道路状況把握装置と路側処理装置間で受け渡すデータの周期は、100ms である。

路側処理装置と路車間通信装置間で受け渡すデータの周期は100ms である。

各装置間にてこの周期でデータの受け渡しが正確に行えるよう、必要な装置は時刻同期を行うものとした。

(ii) 路側処理装置の提供情報データ更新周期

路側処理装置の情報提供のリアルタイム性を確保するために、路側処理装置の提供情報データ更新周期は、100ms とした。

(f) 路側処理装置及びシステム運用管理装置の機能

(ア) 路側処理装置の機能

路側処理装置の機能としては、共通部分ソフトウェアと通信制御機能とサービス個別ソフトウェア（前方停止車両・低速車両情報提供支援、カーブ進入危険防止支援）が必要となる。

(イ) システム運用管理装置の機能

本装置は、AHS センタ装置の機能の内、システムを運用するのに必要最小限な機能と、実験データの評価に必要な機能を実装するものとした。

(ウ) 共通機能

(i) 時刻管理機能

計測データ取得時間等の時間データをログして保持し、時間軸を基に各データの整合チェックをするため、システムを構成する各装置間で時刻の同期を取る。

なお、時刻同期は、GPS 時計時刻を分配する事で実現する。

(g) 追加設計

(7) 機能追加設計

平成 14 年度は、平成 13 年度実施した実証実験用の設備に、システムの安全性・信頼性の観点から車両へサービス稼動状態を通知するための機能を追加した。現システムでは、サービス停止中は、停止の状態情報を車両へ通知しない仕様となっている。今回の機能追加は、サービス稼動状態をサービス停止状態においても車両へ通知することにより、システム全体としての安全性・信頼性を確保することを目的とする。追加機能内容は下記の通りである。図 4.3.1-4 に概要を示す。

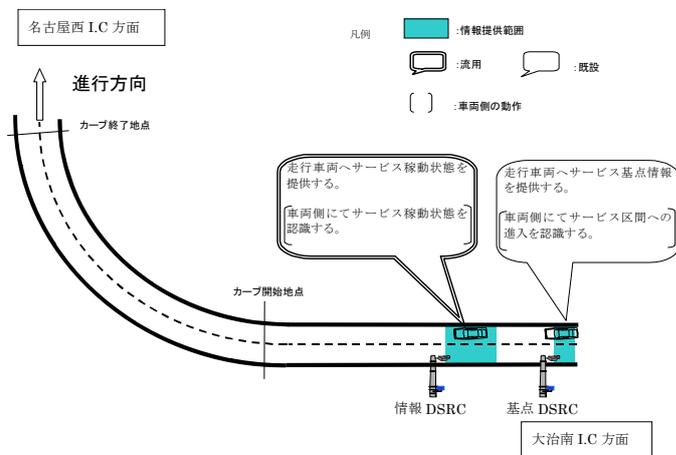


図 4.3.1-4 サービス稼動状態の情報提供機能の概要

(イ) 機能追加の内容

機能追加は、路側処理装置のソフトウェアの一部に対して実施し、その追加内容を以下に示す。

(i) サービス個別ソフトウェア

前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス／カーブ進入危険防止支援サービスを構成するソフトウェア構成を図 4.3.1-5 に示す。

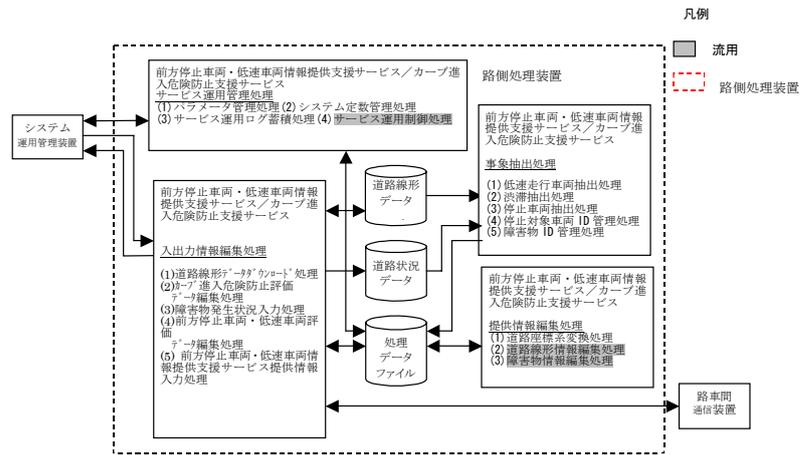


図 4.3.1-5 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス/カーブ進入危険防止支援サービス ソフトウェア構成図

(ii) サービス共通ソフトウェア

サービス共通ソフトウェアはユーザーサービスに依存しない共通的な基本処理であり、以下で構成される。

- 共通部分ソフトウェアサービス
- 通信制御機能

サービス共通ソフトウェア構成を図 4.3.1-6 に示す。

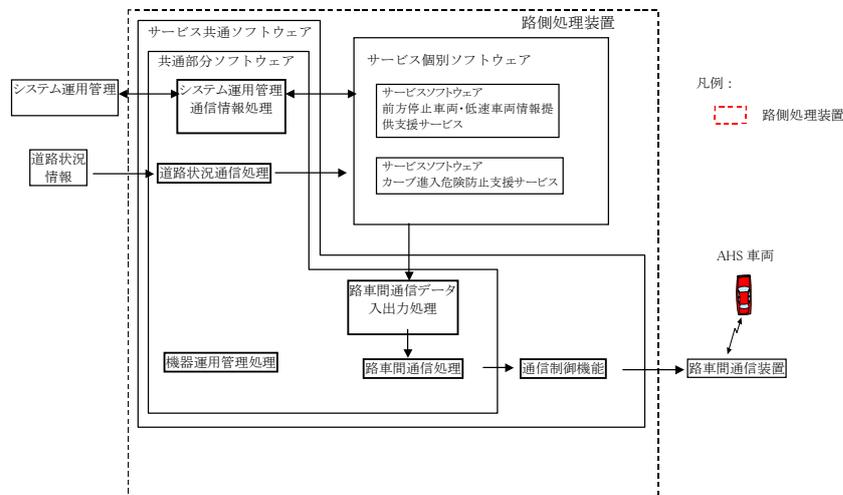


図 4.3.1-6 サービス共通ソフトウェア構成図

4.3.2 AHS システム評価に関する調査

4.3.2.1 シミュレーションによる評価

AHS の研究開発にあたり、シミュレーションによる AHS システムの事前の評価を実施した。

主な評価として事故低減・ヒヤリハット低減の評価及びシステム設計の妥当性の評価を AHS 交通シミュレータを用いて行い、また操作安全性向上の評価をヒューマンファクタ評価装置を用いて行った。

システム設計の妥当性については、センサ誤差、レーンマーカ間隔、センサの検出同期、検出範囲及び通信範囲と事故低減効果（またはサービス有効率）との関連を算出した。

また操作安全性の向上については、情報提供によりドライバが減速行動を行うことが確認され、AHS の効果が確認されたが、その一方で強い減速を必要としない場面（車線逸脱等）では後続車に追突される可能性もあることから、今後情報提供内容やタイミング等について検討が必要であることがわかった。

さらに、平成 14 年度は、誤報や欠報時において逆にドライバが危険な状態にならないよう、慎重運転を促す情報により安全性を確保する手法について、シミュレーションを用いて検証を行った結果、その有効性が確認された。

4.3.2.2 実験システムにおける評価

実験システムにおける評価をもとに、実用化に向けたシステム設計を実施し、実道や試験走路において、実配備が技術的、社会的に可能かどうか検証を行った。特に、本評価は実用化に向けた評価であるため、スポット通信を用いるなど、現時点で実用可能な技術でシステムを構築し、実験を実施した。

試験走路における実験では、典型的な交通場面で再現性を確保した実験等を実施した。

その結果、前方障害物衝突防止支援、カーブ進入危険防止支援においては、減速度やカーブ進入速度の検証から、サービスの有効性が確認できた。さらにサービスの受容性についてアンケートを実施した結果、情報の認知率、情報提供タイミングに対する受容性、サービス利用意向いずれも高い評価が確認され、またネガティブチェックによりサービスによりかえって危険となることのないことも確認された。

4.3.2.3 試験走路における実験・評価

実験計画に従い、試験走路（国土技術政策総合研究所の試験走路）の実験は、下記のサービスの実験を実施した。

- 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス
- カーブ進入危険防止支援サービス
- 単路複合サービス（前方停止車両・低速車両情報提供支援とカーブ進入危険防止支援の複合サービス）

- 出会い頭衝突防止支援サービス（接近時支援）
- 出会い頭衝突防止支援サービス（発進時支援）
- 右折衝突防止支援サービス

実証実験は下記の検証を実施した。

- a) サービスの有効性検証
- b) サービスの受容性検証
- c) 設計値の検証

試験走路でのサービス実験結果のまとめを表 4.3.2-1 と表 4.3.2-2 に示す。

表 4.3.2-1 は単路系サービスの実験結果のまとめである。

表 4.3.2-2 は交差点系サービスの実験結果のまとめである。

表 4.3.2-1 試験走路での単路系サービス実験結果のまとめ

	前方停止車両・低速車両情報 提供支援	カーブ進入危険防止支援
サービスの有効性	<p>(1) 情報提供で、早めに減速する効果 ・カーブ先に障害物を設置し、サービスが有る場合の最大減速度の平均値は、サービスが無い場合に対して、減少する結果を得た。 ・また、サービスが有る場合、障害物視認位置での通過速度は、サービスが無い場合の速度に比べ低く、早めに減速している結果を得た。 ・上記より、ドライバの走行挙動はサービスにより安全側に变化する結果を得た。</p> <p>(2) 有効性のアンケート結果 ・97%のドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計 30 名)</p>	<p>(1) 情報提供によりカーブ進入速度が低下する効果 ①R222カーブ(規制速度80Km/h) ②R700カーブ(規制速度100Km/h) ・両カーブに対して、サービス適用上限速度(規制速度+40km/h)で走行する実験において、サービスが有る場合のカーブ進入速度は、サービスが無い場合の速度に比べ低い結果を得た。 ・上記より、ドライバの走行挙動はサービスにより安全側に变化する結果を得た。</p> <p>(2) 有効性のアンケート結果 ・R222カーブでは、97%のドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計30名) ・R700カーブでは、87%のドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計15名)</p>
サービスの受容性	<p>(1) サービスの利用意向のアンケート結果 ・87%以上のドライバが利用したいとの回答であった。(被験者合計30名)</p>	<p>(1) サービスの利用意向のアンケート結果 ・R222カーブでは70%が利用したいとの回答であった。(被験者合計30名) ・R700カーブでは:53%が利用したいとの回答であった。(被験者合計15名)</p>
設計値の検証	<p>(1) スポット通信位置の妥当性検証 ・情報提供タイミング変更実験を行い、ドライバに受容性があるスポット通信位置は、設計値に基づく位置であった。したがって、設計値に基づくスポット通信位置はドライバに受容性がある位置であることが確認できた。(被験者合計30名)</p> <p>(2) 情報提供・反応時間の検証 ・設計値に基づくスポット通信位置において、設計値5秒以内で全ドライバが反応する結果を得た。したがって、情報提供・反応時間の設計値5秒は、適切な値であると言える結果を得た。(被験者合計30名)</p>	<p>(1) スポット通信位置の妥当性検証 ・R700カーブ実験において、情報提供タイミング変更実験を行い、ドライバに受容性があるスポット通信位置は、設計値に基づく位置であった。したがって、設計値に基づくスポット通信位置はドライバに受容性がある位置であることが確認できた。(被験者合計15名)</p> <p>(2) 情報提供・反応時間の検証 ・R700カーブの設計値に基づくスポット通信位置において、設計値5秒以内で全ドライバが反応する結果を得た。したがって、情報提供・反応時間の設計値5秒は、適切な値であると言える結果を得た。(被験者合計15名)</p>

表 4.3.2-2 試験走路での交差点系サービス実験結果のまとめ(1/2)

	出会い頭衝突防止支援 (接近時支援)	出会い頭衝突防止支援 (発進時支援)
サービスの有効性		<p>(1)情報提供により、優先道路への危険な頭出し動作が減少する効果</p> <p>①頭出し時の2当車のギャップで評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サービスが有る場合、交差車両が交差点から近い位置での頭だし動作が減少する結果を得た。 <p>(2)有効性のアンケート結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全ドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計30名)
サービスの受容性	<p>(1)サービスの利用意向のアンケート結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・77%が利用したいとの回答であった。(被験者合計30名) 	<p>(1)サービスの利用意向のアンケート結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・87%が利用したいとの回答であった。(被験者合計30名)
設計値の検証	<p>(1)スポット通信位置の妥当性検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報提供タイミング変更実験を行い、ドライバに受容性があるスポット通信位置は、設計値に基づく位置であった。したがって、設計値に基づくスポット通信位置はドライバに受容性がある位置であることが確認できた。(被験者合計30名) <p>(2)情報提供・反応時間の検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計値に基づくスポット通信位置において、設計値5秒以内で、ドライバ30名中、29名が反応する結果を得た。したがって、情報提供・反応時間の設計値5秒は、概ね、適切な値であると言える結果を得た。(被験者合計30名) 	<p>(1)頭出し時の情報提供・反応時間の検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報提供・反応時間の設計値4秒以内に全ドライバが反応する結果を得た。したがって、情報提供・反応時間の設計値4秒は、適切な値であると言える結果を得た。(被験者合計30名)

表 4.3.2-2 試験走路での交差点系サービス実験結果のまとめ (2/2)

	右折衝突防止支援	横断歩道歩行者衝突防止支援
サービスの有効性	<p>(1)下記の3つの右折場面で、対向車の情報を提供し、危険な右折が減少する効果</p> <p>①対向後続車両が走行する場面 ②渋滞時、すり抜け車両が走行する場面 ③対向右折車で見通し不良の場面 (H13年度実験)</p> <p>・サービスが有る場合、サービス無しに較べ、危険なタイミングで右折操作を実施したドライバが減少した結果を得た。</p> <p>(2)有効性のアンケート結果 ・上記①では、94%、②では、87%、③では90%のドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計30名)</p> <p>★ビデオ映像実験 実道の危険な右折場面のビデオにサービスの情報提供のHMIを重ねたビデオ映像を被験者に見せ、情報提供の必要性のアンケートをとった。 右折の場面は、上記①～③に加え、④見通しがよい場合の車群が開いた場面の4つの場面である。 ・ドライバから見えない対向後続車、すり抜け車両の情報提供は必要、ドライバから見える情報は不要というアンケート結果であった。(被験者合計30名)</p>	<p>(1)右折時の横断歩道歩行者の見落としが減少する効果</p> <p>①サービスの基本的な場面(右折時の対向車両と歩行者の存在)のみについて実施。</p> <p>・サービスが有る場合、サービス無しに較べ、歩行者が横断歩道を通過中、交差点中央から発進するドライバが、減少(より安全側)した結果を得た。 ・また、サービスが有る場合、サービス無しに較べ、緩やかな発進となり、横断歩道歩行者に急接近するドライバが減少した結果を得た。</p> <p>(2)有効性のアンケート結果 ・全ドライバがサービスは有効と回答。(被験者合計30名)</p>
サービスの受容性	<p>(1)サービスの利用意向のアンケート結果 ・87%が利用したいとの回答であった。(被験者合計30名)</p>	<p>(1)サービスの利用意向のアンケート結果 ・77%が利用したいとの回答であった。(被験者合計30名)</p>
設計値の検証	<p>(1)交差点手前の情報DSRCが必要かの検証 ・アンケート結果で、交差点手前から情報提供を望むドライバは87%であった。(被験者合計30名)</p>	<p>(1)交差点手前の情報DSRCが必要かの検証 ・アンケート結果で、左折時、交差点手前から情報提供を望むドライバは60%であった。(被験者合計30名)</p>

4.3.2.4 試験走路でのインフラ検証実験結果

本実験は、「路車協調型安全走行支援システム（仮称）実証実験計画書（案）Version 1. 2」に基づき、ASVとAHSが共同で実施した。

その中で、インフラシステム性能について記述している。

表 4.3.2-3 及び、4.3.2-4 にそのまとめを示す。

表 4.3.2-3 試験走路でのインフラ検証実験のまとめ（単路系）

サービス名	実験結果
・前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス	<p>－インフラの製作仕様の検証－</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。 <p>(2) インフラセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手前、遠方の2箇所に設置された各センサにおける単独車両の検出については、性能を満足していることを確認できた。
	<p>－インフラの安全度の検証－</p> <ul style="list-style-type: none"> ・停止車両と追越し車両が画面内で重なる場合の検出ミス（誤検出、短時間の未検出） ・未検出車両の発生（画面内車両重なりとは別要因） ・中速レーンでの停止位置のずれ ・走行車両位置の飛び戻り <p>などの現象が発見された。本内容については、現状の課題を整理するとともに、改善策の検討を行う必要がある。</p>
	<p>－通信の安全度の検証－</p> <p>右折衝突防止支援サービスで発見された課題については、共通の課題である。</p>
・カーブ進入危険防止支援サービス	<p>－インフラの製作仕様の検証－</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。
	<p>－通信の安全度の検証－</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受信領域の拡がりにより、対向車線で誤ってサービスインすることがあった。本内容については、3車線道路のように広い領域をカバーする必要がある場合の設置基準を検討する必要がある。

表 4.3.2-4 試験走路でのインフラ検証実験のまとめ（交差点系）

サービス名	実験結果
・出会い頭衝突防止支援サービス(接近時)	<p>－インフラの製作仕様の検証－</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。 <p>－通信の安全度の検証－</p> <p>右折衝突防止支援サービスで発見された課題については、共通の課題である。</p>
・出会い頭衝突防止支援サービス(発進時)	<p>－インフラの製作仕様の検証－</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。 <p>(2) インフラセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手前、遠方の2箇所に設置された各センサにおける単独車両の検出及び、前方に設置されたセンサにおける単独すり抜けの検出については、性能を満足していることを確認できた。 <p>－インフラの安全度の検証－</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサ引継ぎ区間での車両多重検出 ・シャドウイング時の車両多重検出 ・すり抜け車両停止時の未検出 ・左右からのすり抜け歩行者重なり時に多重検出 <p>などの現象が発見された。本内容については、現状の課題を整理するとともに、改善策の検討を行う必要がある。</p> <p>－通信の安全度の検証－</p> <p>右折衝突防止支援サービスで発見された課題については、共通の課題である。</p>
・右折衝突防止支援サービス	<p>－インフラの製作仕様の検証－</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。 <p>(2) インフラセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手前、遠方の2箇所に設置された各センサにおける単独車両の検出及び、前方に設置されたセンサにおける単独すり抜け車両の検出については、性能を満足していることを確認できた。

	<p>ーインフラの安全度の検証ー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型車や車線変更時の多重検出 ・センサ引継ぎ区間での位置精度低下 ・停止車両位置の揺らぎ ・二輪車等の検出対象が小さい場合のロスト ・重交通・渋滞時でのすり抜け二輪車の検出遅れ ・並列走行における検知車両データのロスト、多重検出 ・交差点内すり抜けエリア設定による右左折車の誤検知などの現象が発見された。本内容については、現状の課題を整理するとともに、すり抜けエリアの考え方など、システム設計の見直し含めて、改善策の検討を行う必要がある。
	<p>ー通信の安全度の検証ー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マルチパス ・複合サービス時などの通信領域 ・受信領域の拡がり ・基点、情報 DSRC 間の距離 ・シャドウイング <p>などの課題が出てきた。 本内容については、車内反射の現象解析と対策を踏まえたうえで、通信領域確保に向けての回線設計とアンテナ設計など、基本的な設計の見直しが必要である。</p>
<p>・横断歩道歩行者衝突防止支援サービス</p>	<p>ーインフラの製作仕様の検証ー</p> <p>(1) 通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基点DSRC、情報DSRCとも、サービス対象車線における性能については、満足していることを確認できた。 <p>(2) インフラセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歩行者用に設置されたセンサにおける単独歩行者(低速で移動)の検出については、性能を満足していることを確認できた。
	<p>ーインフラの安全度の検証ー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサ情報更新時間が現状0.5秒で、自転車などの認知が遅れる ・歩道上の車両の誤認識 ・右折支援との複合時、すり抜け車両検出エリアとのダブりによる誤検出、未検出 <p>などの現象が発見された。本内容については、現状の課題を整理するとともに、歩行者検知エリアの考え方など、システム設計の見直し含めて、改善策の検討を行う必要がある。</p>
	<p>ー通信の安全度の検証ー</p> <p>左折用 DSRC 設置により、右左折完了後の電波の飛び過ぎが認められた。本内容については、反射の発生防止策の検討が必要である。</p>

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

4.3.2.5 実道での実験評価

実道実証実験計画書に従い表 4.3.2-5 に示す 6 箇所を対象として実験を実施した。なお、首都高速参宮橋でも実道実験を行ったが、別項 (4.3.2.7) に示す。

表 4.3.2-5 実道実証実験箇所

1	東名高速道路 大沢川高架橋
2	東名阪自動車道 上社JCT
3	東名阪自動車道 名古屋西JCT
4	国道 25 号米谷地区
5	国道 45 号宮古トンネル群
6	国道 246 号松田惣領

また、ASVと協力しASV/AHS共同実証実験を表 4.3.2-6 に示す 3 箇所を対象として実施した。

表 4.3.2-6 ASV/AHS共同実証実験箇所

1	東名高速道路 大沢川高架橋
2	国道 25 号米谷地区
3	国道 246 号松田惣領

実道実証実験箇所を図 4.3.2-1 に示す。

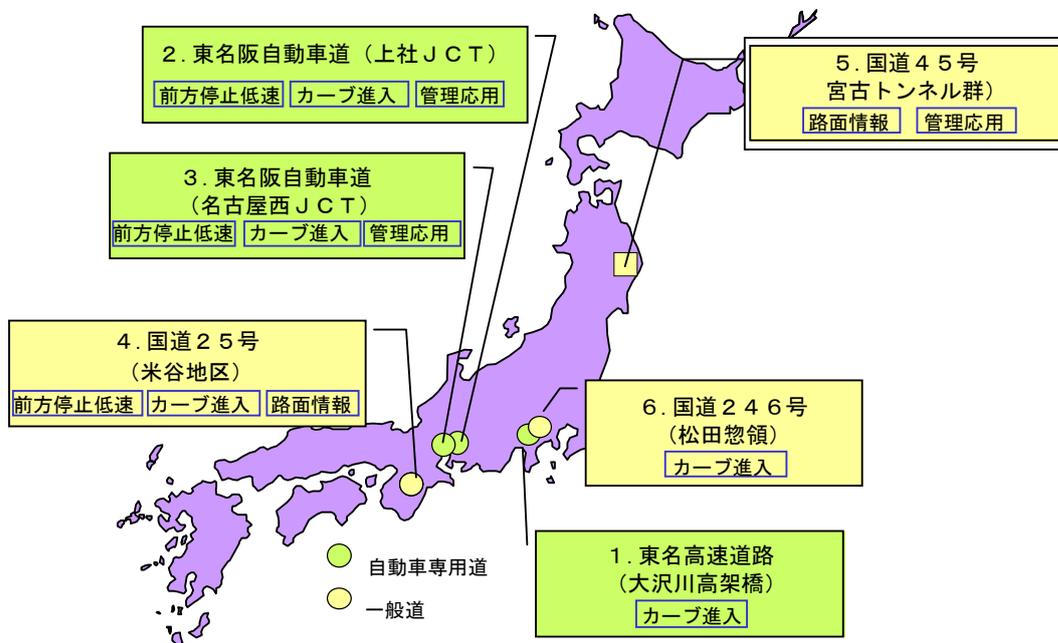


図 4.3.2-1 実道実証実験箇所

(1) 東名高速道路 大沢川高架橋

(a) サービスの有効性の検証結果

規制速度走行でサービスを体験した21名のドライバ（全48走行）の86%が事故回避や安全運転の手助けになると回答し、また、88%が両親や高齢者ドライバの方々に使ってもらいたいと思っていることより、カーブ進入危険防止支援サービスは、事故に結びつく危険な速度でのカーブ進入を削減し、事故回避において有効である可能性が有ることを確認した。

(b) サービスの受容性の検証結果

速度注意や速度落とせなどの情報は、7割以上が運転行動に結び付けており、カーブ進入危険防止支援サービスは、ドライバに受け入れられる、有ると嬉しいサービスである可能性が有ることを確認した。

(c) 設計値の検証結果

本サービスの情報提供のタイミングの感じ方には幅があるものの、7割近いドライバが「適当」と回答しており、スポット通信位置についての設計値は規制速度走行では問題は無いことを確認した。

(d) システム性能の検証結果

(7) 通信の安全度の検証

D S R Cの電界強度、通信エリア、サービスイン、シャドウイング率など大沢川の実道走行や、交通量、大型車混入率の範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した。

(4) システムの信頼性の検証

実験期間中の連続稼働及びフェールセーフ機能に問題ないことを確認し、サービス稼働率は仮目標値を達成した。

(2) 東名阪自動車道 上社 J C T

(a) サービスの有効性の検証結果

規制速度走行で38名の被験者により、単独カーブサービスと連続カーブサービスの有効性を主観評価した。被験者の90%以上がサービスは安全運転の手助けになると回答、また、70%以上が高齢者ドライバに勧めたいとの回答が得られた。連続カーブサービスの方が、単独カーブサービスより有効性が高いという評価傾向を確認した。

(b) サービスの受容性の検証結果

被験者の70%以上が、情報案内で知らされたカーブがすぐに分かったと回答、また、左カーブの途中で右カーブの情報を案内することに対して、連続カーブサービスの方が、被験者の戸惑いは少ない結果が得られた。

カーブ進入危険防止支援サービスは、ドライバに受け入れられる、有ると嬉しいサービスである可能性が有ることを確認した。

(c) 設計値の検証結果

事象を検出してから情報電文を送信するまでの路側遅延時間は 0.3 秒以内で問題ないことを確認した。

サービスタイミングについては、8割弱の被験者が情報案内タイミングには余裕があったとの主観評価を得た。

(d) システム性能の検証結果

(7) インフラ安全度の検証

赤外道路センサの安全度は停止事象、低速事象とも 100%で仮目標値を達成。誤報の発生が課題であるが、誤報の多くは大型車通過直後に発生しており、改良の余地がある。

(4) 通信の安全度の検証

DSRCの電界強度、通信エリア、サービスイン、シャドウイング率など上社JCTの実道走行や、交通量、大型車混入率の範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した。

(7) システムの信頼性検証

実験期間中の連続稼働及びフェールセーフ機能に問題ないことを確認し、サービス稼働率は仮目標値を達成した。

(3) 東名阪自動車道 名古屋西 JCT

(a) サービスの有効性検証結果

路車協調サービスでは、提供された情報はドライバーの 90%が事故回避や安全運転の手助けとして有効であるとの回答を得た。同じく 90%以上が高齢者に勧めたい、他の場所への導入を回答しており、有効性を確認した。85%が路車協調とインフラ単独の併用サービスは、インフラ単独サービスより効果が大きいとの結果が得られた。

本実験中には、停止・低速車に遭遇せず、前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスの主観評価は得られなかった。

(b) サービスの受容性検証結果

路車協調サービスでは、サービスを体験したドライバー 20名の 100%が車載器による情報に気付いたと回答し、情報提供の仕方に関しては、画面表示よりも音声による情報提供の方が、認識できたとの回答が多かった。

一方、情報の提供回数が多すぎたと感じたドライバーが 45%あった。

インフラ単独サービスでは、表示板の認識や文字の見易さについて、問題ないと感じた人は 70%あった。

(c) 設計値の検証結果

事象を検出してから情報電文を送信するまでの路側遅延時間は 0.3 秒以内で問題ないことを確認した。

サービスタイミングについては、2割の被験者が情報案内タイミングが早いと回答した。(どちらとも言えないは 75%)

(d) システム性能の検証結果

- (7) インフラ安全度の検証
 赤外道路センサの安全度は停止事象、低速事象とも 100%で仮目標値を達成。
- (4) 通信の安全度の検証
 D S R C の電界強度、通信エリア、サービスイン、シャドウイング率など名古屋西 J C T の実道走行範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した。
- (ウ) システムの信頼性検証
 実験期間中の連続稼働及びフェールセーフ機能に問題ないことを確認し、サービス稼働率は仮目標値を達成した。
- (4) 国道 25 号 米谷地区
- (a) サービスの有効性検証結果
 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスでは、停止・低速車両に遭遇した 19 人のドライバ全員が、本サービスが事故回避や安全運転の手助けとして有効と回答、カーブ進入危険防止支援サービスでは、サービスを体験した 99 人の 97%が、本サービスが事故回避や安全運転の手助けとして有効との回答を得た。
 また、停止・低速車両に遭遇したドライバは、標識+情報板より、標識+情報板+車載器がおおいに手助けになるとの回答を得た。
- (b) サービスの受容性検証結果
 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスでは、停止・低速車両に遭遇したドライバの 94%が情報提供は必要と回答、カーブ進入危険防止支援サービスでは、サービスを受けたドライバの 97%が、情報提供は必要との回答を得た。本サービスは、規制速度の実験走行ではドライバに受け入れられ、減速行動に結び付けていることを確認した。
- (c) 設計値の検証結果
 事象を検出してから情報電文を送信するまでの路側遅延時間は 0.3 秒以内で問題ないことを確認した。
- (d) システム性能の検証結果
- (7) インフラ安全度（可視道路センサ）の検証
 可視道路センサの安全度は、照度が確保された環境において、仮目標値に至らなかった。大型車の車線をふさぐ事故停止や追越車両が画面内で重なる場合に課題があり改良を実施した。夜間での未検知について要因を明確にし、適用条件への反映が必要である。
- (4) インフラ安全度（光ファイバ式路面センサ）の検証
 路面センサの安全度は仮目標値に至らなかった。湿潤と水膜の識別に課題があり、限界があった。
- (ウ) 通信の安全度の検証
 D S R C の電界強度、通信エリア、サービスイン、シャドウイン

4 章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

グ率など名古屋西 JCT の実道走行や、交通量、大型車混入率の範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した。

(エ) システムの信頼性検証

実験期間中の連続稼働及びフェールセーフ機能に問題ないことを確認し、サービス稼働率は仮目標値を達成した。

(5) 国道 45 号宮古トンネル群

(a) AHS サービスの検証結果

情報板を用いた路面情報提供支援サービスについて、地元ドライバーへのアンケート調査を行った。情報板に気付いた人が 90%、表示内容を理解した人が 9 割近くあり、受容性のある結果が得られた。

凍結時の「この先凍結注意」情報については、発生を仮定した回答を収集し、肯定的な回答を得た。

(b) 路面センサの機能・性能検証結果

AHS サービスとして、性能面（安全度、個別正解率）及び、機能面（旋回ズーム／プリセット機能）を評価した。

安全度は、仮目標値とほぼ同程度であった。湿潤／水膜の過渡期の誤判定があるが、データベース充実により対策可能と判断する。旋回ズーム／プリセット機能では、旋回ズーム操作の前後で精度不変であることを検証できた。実験中に凍結状態は発生せず、凍結での検証は未評価である。

(c) 道路管理への利活用検証結果

道路管理における路面センサの性能（個別正解率、個別の中率）及び、機能（複数カメラ対応機能）を評価した。

個別正解率について、乾燥、湿潤、積雪では仮目標値の 90% を達成した。

水膜の個別正解率が目標に達しなかった。これも上記と同じ原因と想定され、対策可能と判断する。既設の監視カメラでも精度は同等であり、路面状況把握に利用可能であることを検証した。

複数カメラ対応機能では、5 台接続しても性能（個別正解率、個別の中率）の劣化は無いことを確認し、宮古実験にて、5 台接続時の個別正解率、的中率が 1 台接続時と同等であることを確認した。

(6) 国道 246 号松田惣領

(a) サービスの有効性の検証結果

規制速度走行でサービスを体験した 48 名のドライバーの 77% が事故回避や安全運転の手助けになると回答し、また、83% が両親や高齢者ドライバーの方々に使ってもらいたいと思っていることより、カーブ進入危険防止支援サービスは、事故に結びつく危険な速度でのカーブ進入を削減し、事故回避において有効である可能性が有ることを確認した。

(b) サービスの受容性の検証結果

速度注意や速度落とせなどの情報は、9割以上が情報提供に気付き、運転行動に結び付けており、カーブ進入危険防止支援サービスは、ドライバに受け入れられる、有ると嬉しいサービスであることを確認した。

(c) 設計値の検証結果

速度注意や速度落とせなどの情報提供について、7割以上の被験者が情報提供タイミングが妥当であると感じており、スポット通信位置についての設計値が規制速度走行では問題ないことを確認した。

情報提供によるブレーキ開始ポイントとアクセルオフポイントから、サービスを提供することにより、アクセルオフが40m以上早くなるケースが3点あったが、サービスの有無による有意な差は認められなかった。

(d) システム性能の検証結果

(ア) 通信の安全度の検証

DSRCの電界強度、通信エリア、サービスイン、など松田惣領の実道走行範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した。

(イ) システムの信頼性の検証

フェールセーフ機能に問題がないことを確認した。

(7) 実験結果まとめ

各実道実証実験箇所での実験結果を図4.3.2-2に示す。

	東名大沢川高架橋 (カーブ進入)	東名自動車道 上社JCT (カーブ進入) (前方停止・低速車)	東名自動車道 名古屋西JCT (カーブ進入) (前方停止・低速車) (インフラ単独)	国道25号米谷地区 (カーブ進入) (前方停止・低速車) (路面提供)	国道45号宮古トンネル (路面提供) (道路管理利活用)	国道246号 松田総領 (カーブ進入)
サービスの有効性	(1) 安全運転への有効性 8割以上が体験したサービスは安全運転の手助けになると回答 (2) 高齢者への有効性 8割近くが高齢者ドライバに動めたいと回答 (3) 標識・表示板に比べた有効性 9割以上が、路側の標識や表示板よりも有効であると回答 (4) 他場所へのサービス導入の有効性 9割近くが他の場所にも導入すべきと回答	(1) 安全運転への有効性 9割以上が体験したサービスは安全運転の手助けになると回答 (2) 高齢者への有効性 7割以上が高齢者ドライバに動めたいと回答 (3) 標識・表示板に比べた有効性 8割以上が、路側の標識や表示板よりも有効であると回答 (4) 他場所へのサービス導入の有効性 9割近くが他の場所にも導入すべきと回答 (5) 連続カーブと単独カーブサービスの有効性 連続カーブサービスの方が、単独カーブサービスより有効性が高いという評価傾向を得た	【路車協調サービス】 (1) 安全運転への有効性 全員が路車協調サービスが安全運転の手助けになると回答 (2) 高齢者への有効性 9割以上が高齢者ドライバに動めたいと回答 (3) 他場所へのサービス導入の有効性 9割近くが他の場所にも導入すべきと回答 【インフラ単独サービスとの併用】 (1) サービスを併用することで、表示板単独サービスの方が、表示板の存在が分かり易くなったと回答 (2) 8割以上がサービスを併用することで、安全運転支援の効果が向上したと回答	(1) 安全運転への有効性 ほぼ全員が体験したサービスは安全運転の手助けになると回答 (2) 高齢者への有効性 8割近くが高齢者ドライバに動めたいと回答 (3) 他場所へのサービス導入の有効性 9割近くが他の場所にも導入すべきと回答 (4) 車載器と情報板(既設)の情報有効性 停止・低速車両に遭遇したドライバは、標識・情報板より標識+情報板+車載器が分かりやすくなったと回答 4割近くが情報板に気づいたと回答	【AHSサービス】 情報板を用いた路面情報提供支援サービスについて、ドライバへのアンケート調査を行った。 (1) サービス時間: 約1時間 乾燥: 約56時間 → 「交差点注意」を表示 湿潤: 約15時間 → 「スリップ注意」を表示 (2) 表示板の認識 9割が表示板に気づいたと回答 (3) 「スリップ注意」に関して (1) 9割近くが情報内容を理解したと回答 (2) 5割が減速の必要を感じたと回答 (3) 5割が運転に余裕が得られたと回答 (4) 6割が他の場所でも設置すべきと回答 (4) この先凍結注意(想定)に関して (1) 9割近くが情報内容を理解したと回答 (2) 8割が減速の必要を感じたと回答 (3) 8割近くが運転に余裕が得られたと回答 (4) 7割が他の場所でも設置すべきと回答 (5) 「スリップ注意」より「この先凍結注意」の方が有効性が高い結果である。	(1) 安全運転への有効性 8割近くが体験したサービスは安全運転の手助けになると回答 (2) 高齢者への有効性 8割以上が高齢者ドライバに動めたいと回答 (3) 標識・表示板に比べた有効性 9割以上が、路側の標識や表示板よりも有効であると回答 (4) 他場所へのサービス導入の有効性 8割以上が他の場所にも導入すべきと回答
サービスの受容性	(1) 車載器の情報提供の認識 9割以上が車載器の情報提供に気がついたと回答 (2) 情報提供内容の理解 9割以上が音声および画面表示に気がついたと回答 (3) 注意情報による運転行動 7割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答 (4) 車載器価格 「3万円未満」が全体の約7割	(1) 車載器の情報提供の認識 9割以上が車載器の情報提供に気がついたと回答 (2) 情報提供内容の理解 8割以上が音声および画面表示に気がついたと回答 (3) 注意情報による運転行動 9割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答 (4) サービスの受容性 左カーブの途中で右カーブの情報を案内することに對して、連続カーブサービスの方が、被験者の受け入れられた (5) 車載器価格 「3万円未満」が全体の約8割	【路車協調サービス】 (1) 車載器の情報提供の認識 全員の車載器の情報提供に気がついたと回答 (2) 情報提供内容の理解 9割以上が音声および8割以上が画面を良く見たと回答 (3) 注意情報による運転行動 9割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答 4割が情報の回数が多すぎたと感じたと回答 【インフラ単独サービスとの併用】 (1) 情報提供内容の理解 6割近くが表示板の存在を分かり易いと回答 (2) 表示板による運転行動 7割以上が、表示板によって「減速」を意識したと回答 ・車載器価格は「3万円未満」が8割以上	(1) 車載器の情報提供の認識 約8割が車載器の情報提供に気がついたと回答 (2) 情報提供内容の理解 約8割以上が音声および画面表示に気がついたと回答 (3) 注意情報による運転行動 約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答 (4) 車載器価格 「3万円未満」が全体の約9割	情報提供サービスの効果に関するアンケート調査の結果、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答し、約7割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。	(1) 車載器の情報提供の認識 9割以上が車載器の情報提供に気がついたと回答 (2) 情報提供内容の理解 9割以上が音声および画面表示に気がついたと回答 (3) 注意情報による運転行動 7割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答 (4) 車載器価格 「3万円未満」が全体の約5割
設計値の検証	(1) サービスタイミング(サービス開始終了) 結果: 被験者アンケートの結果、7割の被験者がサービスタイミングは妥当と判断していた。 ただし、3割の被験者については、やや早い・やや遅い・遅いなどの回答もあり	(1) 路側遅延時間 結果: 事象を検出してから情報電文を送信するまで0.3秒以内であることを確認 (2) サービスタイミング(サービス開始終了) 結果: 被験者アンケートの結果、8割弱の被験者が情報案内タイミングには余裕があったと主観評価。残り2割強は数km上流での情報案内を望むとの回答。	(1) 路側遅延時間 結果: 事象を検出してから情報電文を送信するまで0.3秒以内であることを確認 (2) サービスタイミング(サービス開始終了) 結果: 2割が情報提供のタイミングが早いと回答。	(1) 路側遅延時間 結果: 事象を検出してから情報電文を送信するまで0.3秒以内であることを確認 (2) サービスタイミング(サービス開始終了) 結果: 2割が情報提供のタイミングが早いと回答。	情報提供サービスの効果に関するアンケート調査の結果、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答し、約7割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。	情報提供サービスの効果に関するアンケート調査の結果、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答し、約7割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。また、約8割が情報提供を運転行動に結び付けていると回答した。
システムの性能検証	(1) 通信の安全度の検証 ① 基点DSRC(通信エリア、情報内容、精度) 結果: 通信エリア・情報内容・基点位置精度共に正常値 ② 情報DSRC(通信エリア、情報内容) 結果: 通信エリア・情報内容共に正常値 ③ 通信シャドウイング率の測定 結果: 推奨シャドウイング発生率は、0.015% DSRCアンテナ設置高8m(追従車線側)及び6mでも問題なし ④ 周辺道路への電波漏洩及び通信失敗 結果: 電波漏洩、通信失敗共に無し (2) システムの信頼性検証 ① 連続稼働 結果: 実験期間中の昼夜24時間52日間の連続稼働を確認した ② サービス稼働率 結果: 仮目標値を達成	(1) インフラ安全度(赤外道路センサ系)の検証 ① 昼夜、雨天にかかわらず欠報の頻度は少なく、仮目標値達成の見込み ② 誤報の発生が課題 ③ 工作物衝突はセンサの検出範囲内で起こるが、衝突後、車が停止するのはその先であることが多く、現場の道路管理者から情報を収集してセンサ配置を決める必要がある。 (2) 通信の安全度の検証 ① 基点DSRC(通信エリア、情報内容、精度) 結果: 通信エリア・情報内容・基点位置精度共に正常値 ② 情報DSRC(通信エリア、情報内容) 結果: 通信エリア・情報内容共に正常値 ③ 周辺道路への電波漏洩及び通信失敗 結果: 電波漏洩、通信失敗共に無し (3) システムの信頼性検証 ① 連続稼働 結果: 実験期間中の昼夜24時間の連続稼働を確認した ② サービス稼働率 結果: 仮目標値を達成	(1) インフラ安全度(赤外道路センサ系)の検証 ① 昼夜、雨天にかかわらず欠報の頻度は少なく、仮目標値達成の見込み ② 誤報の発生が課題 (2) 通信の安全度の検証 ① 基点DSRC(通信エリア、情報内容、精度) 結果: 通信エリア・情報内容・基点位置精度共に正常値 ② 情報DSRC(通信エリア、情報内容) 結果: 通信エリア・情報内容共に正常値 ③ 周辺道路への電波漏洩及び通信失敗 結果: 電波漏洩、通信失敗共に無し (3) システムの信頼性検証 ① 連続稼働 結果: 実験期間中の昼夜24時間の連続稼働を確認した ② サービス稼働率 結果: 仮目標値を達成	(1) インフラ安全度(可視道路センサ)の検証 ① 低速車と違い、車種が画面内で重なる場合・誤検出あり、改良実施。 ② 大型車の車線をふくむ事故停止事象の検知に課題あり、改良実施。 ③ 夜間での未検知が多く、適用条件に反映必要 (2) インフラ安全度(光ファイバ路面センサ)の検証 ① 光ファイバ式での湿潤と水膜の識別性能に課題 (3) 通信の安全度の検証 ① 基点DSRC(通信エリア、情報内容、精度) 結果: 通信エリア・情報内容・基点位置精度共に正常値 ② 情報DSRC(通信エリア、情報内容) 結果: 通信エリア・情報内容共に正常値 ③ 周辺道路への電波漏洩及び通信失敗 結果: 電波漏洩、通信失敗共に無し (4) システムの信頼性検証 ① 連続稼働 結果: 実験期間中の昼夜24時間の連続稼働を確認した ② サービス稼働率 結果: 仮目標値を達成	【路面センサの性能検証】 (1) AHSサービスに必要な安全度の検証 ① 安全度については仮目標値をやや下回る結果 ② 個別正解率について、乾燥、湿潤では90%を達成。水膜、積雪は課題あり。 ③ 凍結の検証は未完了 (2) 旋回カメラ/セット使用時の機能検証 ① 操作前後で補正が正しく行われていることを確認 ② 操作前後で検出精度はほぼ同じの結果 【道路管理への利活用検証】 (1) 道路管理に必要な路面把握精度の検証 ① 個別正解率では、乾燥、湿潤、積雪では仮目標値を達成 ② 水膜、湿潤は課題あり (2) カメラの稼働台数の検証 ① 5台接続時の個別正解率、的中率が1台接続時と同等であることを確認	(1) 通信の安全度の検証 ① 基点DSRC(通信エリア、情報内容、精度) 結果: 通信エリア・情報内容・基点位置精度共に正常値 ② 情報DSRC(通信エリア、情報内容) 結果: 通信エリア・情報内容共に正常値 ③ 周辺道路への電波漏洩及び通信失敗 結果: 電波漏洩、通信失敗共に無し 片側1車線道路で通信シャドウイング率は極めて低い

図 4.3.2-2 実道実証実験箇所での実験結果まとめ

4.3.2.6 AHS サービス別の評価のまとめ

(1) 前方障害物衝突防止支援

(a) 道路状況検出センサの検出性能

東名阪上社の実験結果から、24時間録画したセンサ映像から目視分析により抽出した事象をリファレンスとし、センサの事象検出性能を検証した結果、停止車と低速車の検出ミスはなく、仮目標値の96%を達成。事故発生時は、事故後の渋滞車両ではなく、事故停止した車自体を検出。

(b) 通信シャドウイング率

東名阪上社の実験結果から、DSRC アンテナ 8m 高では、通信シャドウイング率は0%で、仮目標値3.6%未満を達成。日交通量2万台の交通の中で大型車と乗用車が並走する確率は約1% (=193/20,064)、また、通常の横間隔であれば並走時も乗用車からDSRC アンテナを見通せることから、通信シャドウイング率0%は妥当な結果。

(ア) サービス稼働率

平成14年12月27日から平成15年1月31の36日間のサービス稼働率は、99.53%以上となり、仮目標値を達成。

	通信失敗時間率 (実験値)		サービス断 念時間率 (実験値)	故障中 時間率 (設計値)	保守休止 時間率 (設計値)	サービス稼働率		
	シャドウイング (実測)	マルチパス (テストコース)				目標値	実験結果	算出式
路車間通信	0.00%	0.12% 以下	-	0.06%	0.00%	99.1% 以上	① 99.82% 以上達成	1-(通信失敗時間率+故障中時間率+保守休止時間率)
路側処理	-	-	-	0.07%	0.09%	99.8% 以上	② 99.84%	1-(故障中時間率+保守休止時間率)
道路センサ	-	-	0.00%	0.07%	0.07%	96.1% 以上	③ 99.87%	1-(断念時間率+故障中時間率+保守休止時間率)
前方停止車両・低速車両情報提供支援システム						95.0% 以上	99.53% 以上達成	①×②×③
カーブ進入危険防止支援システム						98.9% 以上	99.66% 以上達成	①×②

上記により実験期間中の実道走行の範囲でのシステムの安全性・信頼性の確認ができ、問題ないことを検証した

(2) カーブ進入危険防止

前述の東名阪自動車道上社での実験結果に加え、東名高速道路大沢川での実験結果では、右ルート160回の全走行においてサービスイン成功。通信シャドウイング、マルチパス、その他の要因による通信の失敗は発生しなかった。

大型車混入率が高い(44%)高速道路である当地区においても、通信シャドウイング率は0.015%と推定され、通信安全度は確保されている。

(追越車線側にDSRC アンテナ(8m高)を設置)

(a) 多くの大型車は走行車線を走行するため、アンテナ側の追越車線を走行している大型車と、走行車線の乗用車が並走する場面は少ない。よって、通信シャドウイング率0.015%は妥当な結果と言える。

(b) アンテナ高を6mと仮定して試算すると、通信シャドウイング率は0.097%(20件)と高くなるが、追越車線にアンテナを設置している大

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

沢川高架橋では、並走場面率自体が仮目標値以下なので、アンテナ高に関わらず通信安全度は問題ないと言える。

東名高速道路大沢川では、併走する左ルートを20走行し、電波漏れにより誤ってサービスインしないことを確認した。

また、松田惣領での実験では、対向車両として188回走行し、誤ってサービスインしないことを確認した。

上記により実験期間中の実道走行の範囲での通信の安全性の確認ができ、問題ないことを検証した

4.3.2.7 参宮橋での実道実験検証

平成15年度のAHS実道実証実験は、首都高速道路4号新宿線・参宮橋カーブで実施した。

AHS実道実証実験にあたっては、実道実証実験計画書、及び、実験安全管理計画書を作成し、これらの計画書に基づき実道実験を実施した。

首都高速道路4号新宿線・参宮橋カーブで実施したAHS実道実証実験の検証項目を表4.3.2-7に示す。

評価対象は、

- ① 前方停止車両・低速車両情報提供支援
- ② カーブ進入危険防止支援

のシステムとし、AHSサービスの評価（サービスの有効性と受容性）を行うサービス検証実験と、設計値の検証とシステム性能の検証を行うシステム検証実験を実施した。

サービス検証実験では、カーブ先に停止車両・低速車両が存在する場合には前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスを提供し、カーブ先に停止車両・低速車両が存在しない場合にはカーブ進入危険防止支援サービスを提供する実験を実施し、サービスの有効性、サービスの受容性評価などの実験結果（一般被験者によるアンケート調査結果）を纏めた。

また、システム検証実験では、都市内高速環境で、通信失敗が生じないかどうか、基点位置精度が確保されるかどうかなど、情報DSRC、基点DSRCの性能を検証した。また、渋滞末尾が発生する環境での、道路状況把握設備、路車間通信設備、路側処理設備の安全性・信頼性の達成度を検証し、その結果を纏めた。

表 4.3.2-7 AHS実道実証実験（参宮橋）での検証項目

分類		検証項目
サービス検証実験	サービスの有効性	サービスの有効性を実交通環境下で検証 (一般被験者の走行により、アンケート調査で評価した。サービスは、カーブ先に、停止車両・低速車両が存在する場合は、前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスの情報提供がなされる。カーブ先に、停止車両・低速車両が存在しない場合には、カーブ進入危険防止支援サービスの情報提供がなされる。)
	サービスの受容性	ドライバに受け入れられるサービスか一般被験者の走行により、アンケート調査で検証
システム検証実験	設計値の検証	路側処理時間の検証 スポット通信位置の評価検証
	システムの性能検証	安全性・信頼性関連の評価 ①安全度 ②システム稼働率 ③サービス稼働率
		道路状況把握設備の評価 ①センサの検出範囲 ②欠報と誤報
	実交通環境における DSRC の評価 ①DSRC の通信エリア ②サービスイン成功率 ③基点位置精度 ④電波漏洩 ⑤シャドウイング率	

(1) サービス検証実験

(a) サービスの有効性検証

30名の被験者に参宮橋カーブを走行してもらい、サービス有りとサービス無しのケースをそれぞれ体験してもらった。被験者がサービス有りの走行を終えた時点で、「サービスが事故の回避や安全運転に役に立つと思うか」等について、アンケート調査を実施した。

(f) 事故回避・安全運転への手助け

被験者の8割以上がこのサービスは安全運転や事故回避に有効と回答。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(イ) 高齢者への推奨

被験者の8割以上がこのサービスを両親や高齢者に使ってもらいたいと回答。

(ウ) 他の場所への推奨

被験者の7割以上が首都高速道路を含む他の場所に同様のAHSサービスを導入すべきと回答。

(b) サービスの受容性検証

前述の「サービスの有効性検証」と同様にアンケート調査を実施した。

(ア) 車載器の情報提供の認識

被験者全員が車載器の情報提供に気付き、内93%が情報の内容を理解したと回答。

(イ) 運転行動の変化

被験者の67%が情報を運転行動に結びつけたと回答。

(ウ) 情報の必要性

被験者の87%が「停止車両や渋滞」などの情報提供は必要と回答。

(2) システム検証実験

(a) 設計値の検証

(ア) 路側処理時間

道路状況把握設備が障害物（停止、低速、渋滞）を検出した時刻と、路側処理設備が路車間通信設備に配信するまでの時間を、ログデータをもとに算出した結果、0.3秒以内であることを確認した。

(イ) スポット通信位置の検証

スポット通信位置で情報提供がなされる。スポット通信位置の検証は、アンケートの情報提供タイミングに関する項目で評価した。

結果、被験者の8割以上が前方停止車両・低速車両情報、カーブ情報の提供位置は適当であるとの主観評価を得た。

(b) 安全性・信頼性関連の評価

安全性・信頼性関連の評価は、H15/10/15～H15/11/27の44日間で実施した。

(ア) 安全度

安全度についての検証結果を表4.3.2-8に示す。

この結果より、各設備の目標値を満たしていることを確認した。

表 4.3.2-8 安全度

設備	目標	実験結果
道路状況把握設備	96.0%	96.8%
路車間通信設備	99.1%	99.9%
路側処理設備	99.9%	99.9%

(イ) システム稼働率

システム稼働率についての検証結果を表 4.3.2-9 に示す。
この結果より、各設備の目標値を満たしていることを確認した。

表 4.3.2-9 システム稼働率

設備	目標	実験結果
道路状況把握設備	99.8%	99.9%
路車間通信設備	99.9%	99.9%
路側処理設備	99.8%	99.9%

(ウ) サービス稼働率

サービス稼働率についての検証結果を表 4.3.2-10 に示す。
この結果より、各設備の目標値を満たしていることを確認した。

表 4.3.2-10 サービス稼働率

設備	目標	実験結果
道路状況把握設備	96.1%	99.9%
路車間通信設備	99.1%	99.8%
路側処理設備	99.8%	99.8%

(c) 道路状況把握設備の評価

(ア) センサの検出範囲

道路状況把握設備で事象検出すべき範囲は、基点から 375～513m であり、この区間内で確実に車両の検出が行われているかどうかを検証した。

道路状況把握設備のログデータより、以下の図 4.3.2-3 のような時間－距離グラフを作成し、全域で車両を検知できていることを確認した。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

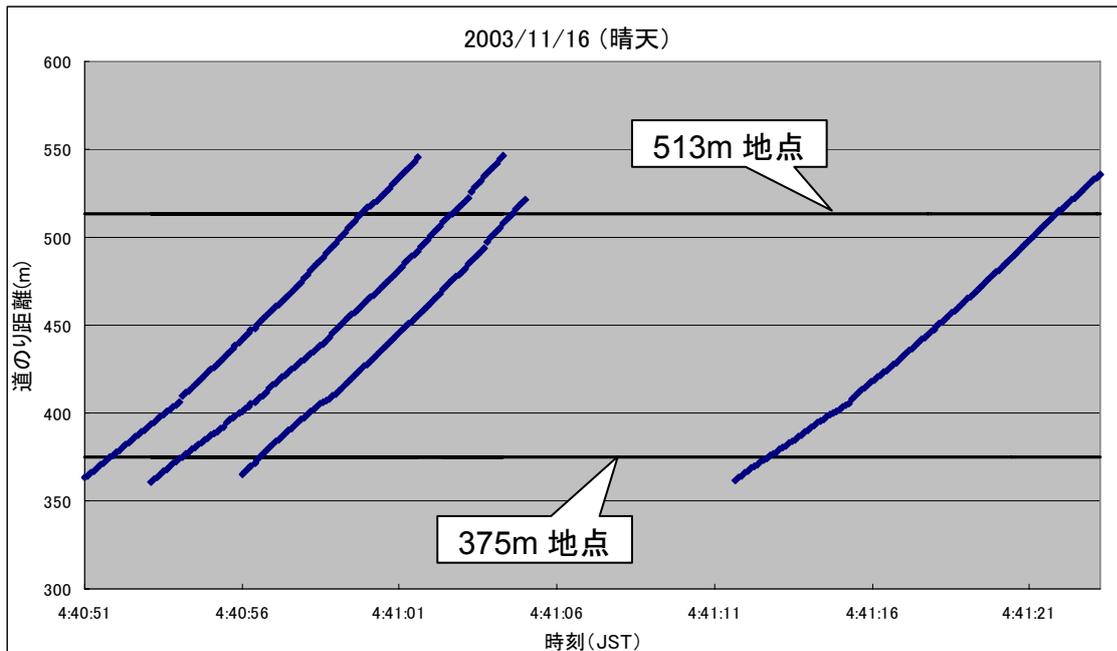


図 4.3.2-3 時間－距離グラフ

(イ) 欠報と誤報

リファレンスデータとセンサログデータをもとに検証したところ、停止事象の欠報率は 3.2%であった。低速事象・渋滞事象の場合は 0%であり、目標値 (4%未満) を達成した。

誤報数については、停止事象において 55 件中 13 件、渋滞末尾事象 (深夜の時間帯 (0～3 時) で確認) において 9 件中 7 件発生した。

(d) 実交通環境における DSRC の評価

(ア) DSRC の通信エリア

基点 DSRC と情報 DSRC の電界強度を測定し、車載無線機の受信レベルが -60dBm 以上の通信エリアが、確実に通信するために必要な領域長 (基点 DSRC はアンテナ位置から上流方向へ 2.5m 以上、情報 DSRC はアンテナ位置より上流方向に 13.3m 以上) であることを確認した。

(イ) サービスイン成功率

システム検証実験とサービス検証実験時に走行した 121 走行全てで、サービスインしたことを確認した。

(ウ) 基点位置精度

表 4.3.2-11、4.3.2-12 及び図 4.3.2-4 に基点位置精度の検証結果を示す。

AHS 車が基点ビーコンから情報を受信する位置について、目標値である基準点から ±5m 以内という精度を満たしているか確認したところ、収集した 29 走行データ全てで目標値を達成していた。

表 4.3.2-11 基点情報受信位置

No	基点情報 受信位置	車線	No	基点情報 受信位置	車線
1	-1.45m	追越	16	-1.03m	追越
2	-2.48m	追越	17	-2.39m	追越
3	-1.74m	走行	18	-1.12m	追越
4	-0.96m	走行	19	-1.84m	追越
5	-1.66m	追越	20	-0.44m	追越
6	-0.92m	追越	21	-1.62m	追越
7	-1.28m	追越	22	-1.61m	追越
8	-2.05m	追越	23	-1.33m	追越
9	-1.95m	追越	24	-1.13m	追越
10	-1.55m	追越	25	-0.13m	追越
11	-1.13m	走行	26	-1.13m	追越
12	-2.37m	走行	27	-1.29m	追越
13	-2.53m	追越	28	-1.05m	追越
14	-1.76m	追越	29	-0.78m	追越
15	-0.76m	追越			

表 4.3.2-12 基点情報受信位置（車線毎）

受信位置	走行車線	追越車線
平均値	-1.55m	-1.41m
最上流値	-0.96m	-0.13m
最下流値	-2.37m	-2.53m

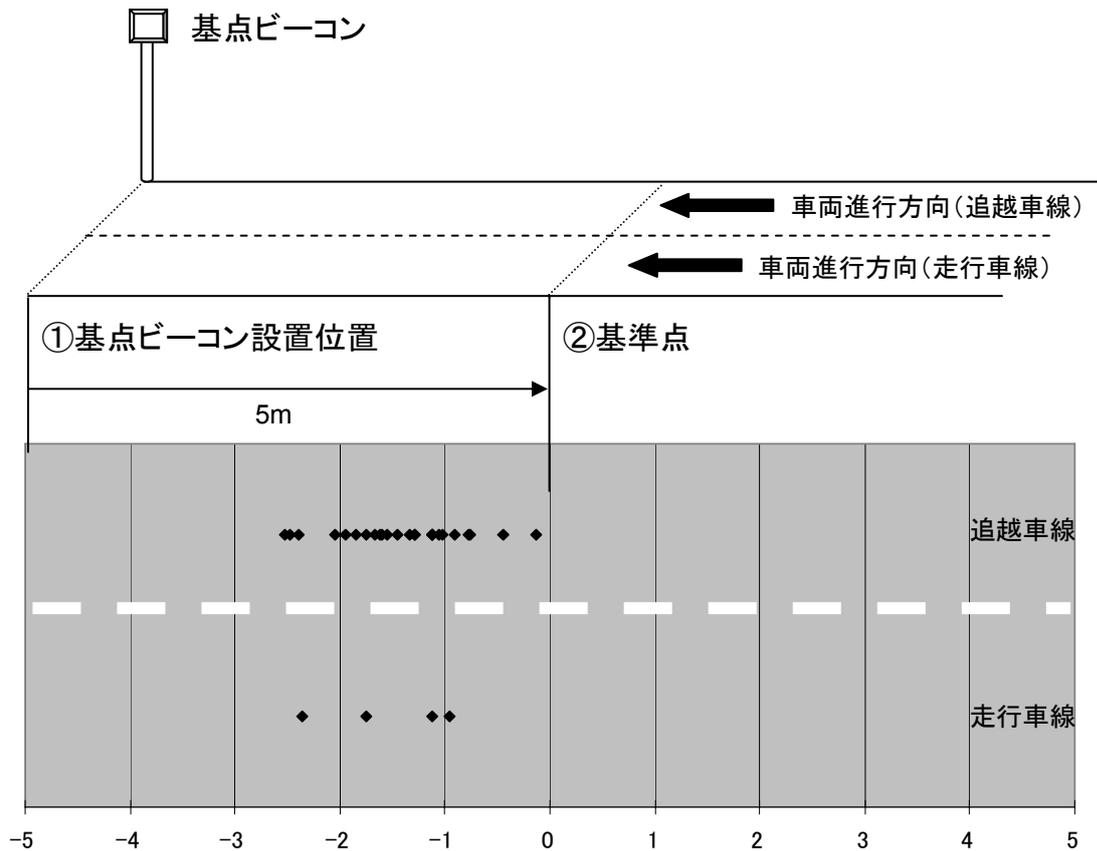


図 4.3.2-4 基点情報受信位置 (位置図)

(エ) 電波漏洩

サービス対象車線以外の反対車線、および高架下の一般道において、各車線を計 50 回走行し、高架下の一般道で電波漏洩による誤サービスインすることを確認した。誤サービスインする特定の車線を含め、サービス対象車線以外の反対車線、および高架下の一般道電界強度測定した結果、誤サービスインする特定の車線では他の車線より電界強度が高いことを確認した。

(オ) シャドウイング率

実道の交通流映像と、アンテナの幾何学的な配置からシャドウイング率が目標値 4%未滿を達成したかを検証したところ、20175 台中 0 台であり、シャドウイング率は 0%であったことを確認した。

4.3.2.8 外部評価の実施

走行支援システムの研究開発は、平成 14 年度までに首都高を除く実道実験での機能評価等が終了した。平成 15 年度は、首都高（首都高速道路 4 号新宿線、参宮橋）での実道実験を通じて実用化の評価を行った。そのため、部外者を含め多くの人に試乗していただき、走行支援システムに係る評価・意見を収集し、実展開方法等について検討した。

本調査は、情報システム等に係る専門家、学識経験者および走行支援システ

ムを導入・整備する道路管理者等を対象に走行支援システムを体験してもらう機会を5回程度もうけ、アンケート調査あるいはヒアリングを実施し、客観的な視点からの評価および意見を収集・とりまとめ、関係する検討項目へ反映させることを目的とした。

外部評価は、主に実道路である首都高で実施したが、国土交通省国土技術政策総合研究所の試験走路でも実施した。

(1) 実道

実道実証実験箇所での外部評価箇所は、首都高速道路4号新宿線参宮橋で実施した。以下に、アンケート調査で実施した外部評価の結果を述べる。

首都高の参宮橋においては、カーブ区間で事故が多発している。そこで、当地区にカーブ進入危険防止支援サービスと前方停止低速車両情報提供支援サービスを実験導入して、カーブと渋滞末尾を対象とするサービスについて、以下のアンケートを実施した。

- ① サービスの有効性
- ② サービスの受容性
- ③ サービスの導入
- ④ 車載機価格
- ⑤ その他

本外部評価では、道路交通等に係る、一般有識者、道路管理者、メーカー関係者などを対象に、平成15年10月から12月に試乗会を行いアンケート調査票を配布・回収した。

有効性に関するアンケートのまとめを以下に示す。

●サービスの有効性外部評価結果のまとめ

- (1) 安全運転への有効性：
過半数が手助けになったと感じており、事故回避や安全運転の手助けに有効であるとの結果を得た。
- (2) 高齢者への有効性：
7割以上が両親や高齢者ドライバに使ってもらいたいと感じており、高齢者にとっても有効であるとの結果を得た。
- (3) 他場所へのサービス導入の有効性：
8割以上が他の場所にも導入すべきだと思っており、他の場所に導入することの有効性は高いとの結果を得た。
- (4) 標識・表示板に加えて車載機表示の有効性：
9割以上が路側の標識や表示板よりも有効であると思っており、有効性は高いとの結果を得た。

(5) 上記のアンケート結果より、カーブ進入危険防止支援と前方低速停止車両衝突防止支援は、事故に結びつく危険な速度でのカーブ進入や渋滞末尾への衝突を削減し、事故回避において有効であること評価した。

外部評価の結果の一例として、図 4.3.2-5 に、安全運転への有効性に関する円グラフを示す。

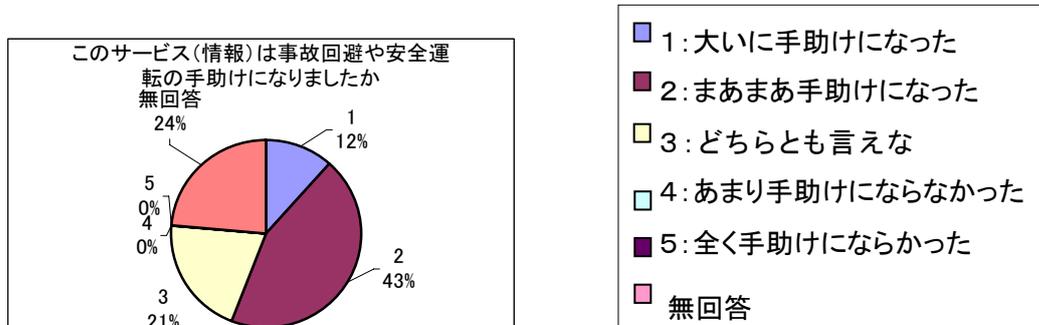


図 4.3.2-5 安全運転への有効性

また、車載器表示の有効性についての円グラフを図 4.3.2-6 に示す。

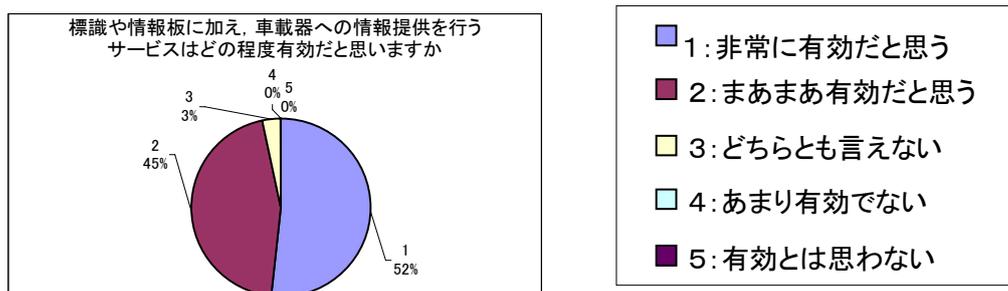


図 4.3.2-6 車載器表示の有効性

(2) 試験走路

国土交通省国土技術政策総合研究所の試験走路で実施した有識者に対する外部評価は、以下の通りであった。

車の安全走行のための通信技術を検討する走行支援情報通信システム(VSC: Vehicle Safety Communications)の海外からの関係者に対して、試験走路でAHS実験車に試乗、AHSを体験して頂き、ヒアリング調査を実施した。

1) 日時

9月5日

2) 場所

つくば市内 国土交通省国土技術政策総合研究所 試験走路

3) AHSサービス内容

- a) カーブ進入事故防止支援サービス、
 - b) 前方障害物衝突防止支援サービス
 - c) 工事案内サービス（車線減少情報提供）（簡易 DSRC 使用）
 - d) 出会い頭接近支援サービス
- 4) 試乗者
- 海外：7名（VSC 及び ISO/TC204/WG16）
 - ・コンサルタント会社：2名（YGOMI）
 - ・団体所属：3名（VSCC、COFIROUTE）
 - ・メーカー：2名（DENSO-USA、VOLVO）
 - 国内：4名
 - ・電波産業会（ARIB）：2名
 - ・走行支援道路システム開発機構（AHSRA）：2名
- 計：11名
- 5) 評価項目
- 路車間通信を用いた路車協調型 AHS サービスに関し、広く海外の識者からの視点で意見を収集

ヒアリング結果を以下に示す。

- ・ AHS サービスに関しては、路車協調システムである路車間通信による事前情報提供の必要性はこの試乗で十分理解できたし、有用と考える。
- ・カーブ進入サービスでの警報の出し方には異論がある。最初に実用化するサービスでは、情報を出すだけで判断はドライバーに任せる方が良い。社会的に受容できようになってから、警報、制御のサービスに進めるべきである。
- ・スピード落とせ（「速度注意」）の内容が分からない。つまり何 km/h まで速度を落とせばよいのかが判らない。
- ・サービスの提供は、高いスキルの運転者にとっては余計なお世話になることも考える必要がある。
- ・交差点などの複数車線の場合の情報の渡し方は、どう考えるか。今は同報で同じ情報を与えていても、将来は同じ通信エリアに入った複数の車両が異なった動き（直進、右折など）をする場合、渡す情報は、車両毎に変える必要がある。
- ・車載機のコストは、高いと実用化になりにくい。
- ・情報は、有料か無料か。情報の入手費用はだれが負担するのか。いづれにしても、これらの費用をドライバに直接負担させるのは無理。他のサービスと組み合わせてやっていく必要がある。

サービスの出し方は今後 HMI をも考慮して検討していく必要があるな

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

どの意見が出された。海外の有識者の意見であり、直接のニーズではないが、参考として種々の知見が示唆された。

4.3.2.9 社会実験の実施及び評価

平成16年度においては、VICSを活用したAHS情報提供システムの検討を実施した。本検討では、首都高・参宮橋地区でVICSを活用したAHSの試行サービス（社会実験）を実施するため、サービスの目的、サービス内容、システム内容、VICSビーコン位置、サービス評価、アンケート実施方法について検討した。

平成17年度においては、「安全走行支援サービス参宮橋地区社会実験」（以下、「社会実験」と呼ぶ。）において、実験広報に関する計画および実施を行った。

上記実験は平成17年3月1日～5月31日に実施したものであり、以下では「社会実験Ⅰ」と呼ぶ。

また、平成17年9月21日から実施の同実験（以下、「社会実験Ⅱ」と呼ぶ。）では、社会実験Ⅰで分析・評価を実施した、サービス効果の継続性確認するとともに、社会実験Ⅰで確認された課題について、改善効果の確認を実施した。



図 4.3.2-7 社会実験実施箇所
(首都高速道路4号新宿線上下参宮橋カーブ区間)

4.3.2.9.1 社会実験の目的

本社会実験の主たる目的は、以下の3つが挙げられる。

- 普及している VICS 車載器を活用した安全走行支援情報の提供を広く一般に PR
- モニター（約 200 人）等からの意見収集や交通流観測を実施
- 有効性を検討会にて審議し、今後の展開を検討

4.3.2.9.2 社会実験のサービス・システムの概要

図 4.3.2-8 に社会実験のサービス・システムの概要を示す。

- (a) 参宮橋カーブ区間で発生する渋滞や停止・低速車両をセンサーが検知
- (b) その情報をカーブ手前で後続の車両に VICS ビーコンからリアルタイムに送信
- (c) 情報を受信した車両の 3 メディア対応カーナビが、喚起音とともに簡易図形により「この先、渋滞注意」の情報をドライバーに提供

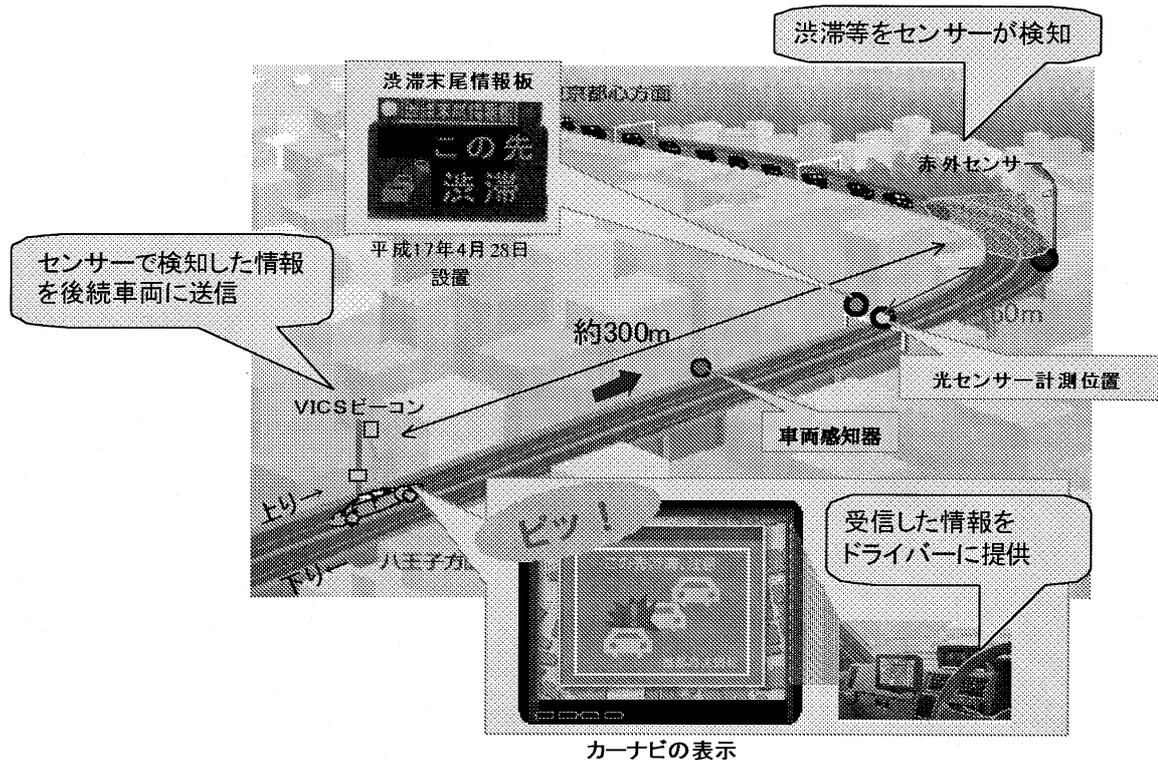


図 4.3.2-8 社会実験サービスイメージ

4.3.2.9.3 社会実験Ⅰの分析

社会実験Ⅰについて、データ収集と分析を行った。

- (1) 社会実験Ⅰのデータ収集と分析
 - (a) 社会実験Ⅰのデータ整理計画

社会実験Ⅰにおける効果検証方法について表 4.3.2-13 に示す。

表 4.3.2-13 社会実験 I における効果検証方法

区分	対象	調査項目	ねらい
ドライバーからの意見収集	実験モニター(259名)による意見収集(チラシ・ポスター等による公募) 一般ドライバーによるホームページ等からの意見収集	情報内容の理解	ドライバーのサービスに対する意見を収集し、サービスの満足度を検証
		情報内容の受け入れやすさ 情報確認後の行動	
基礎分析	事故発生状況	過去3年間の事故統計	参宮橋カーブの交通実態を把握するための基礎データを収集
		実験期間中の隠れ事故を含む全事故件数	
	交通状況	実験期間中の日交通量	
	3メディア VICS 対応カーナビ利用状況	3メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率	
交通流の観測(センサーデータを活用)	前方事象発生時に自由走行でカーブに侵入する一般車両	カーブ進入速度の低下	交通流への影響をサービス有無で比較し、サービスの実道での効果を検証
		急減速挙動発生率の低減	
		3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動調査	

(b) 社会実験 I のアンケート分析

首都高速を利用するドライバーに対して、サービス体験時とサービス終了時にアンケートを実施した。結果により以下のことが分かった。

- 約9割の実験モニターがサービスを有効であると考えている。
- 参宮橋でのサービスの継続、および、他の箇所(急カーブや合流部)へのサービスの普及は年齢を問わず多くのドライバーが求めている。
- 今後のサービスとして、音声による情報提供の期待が高い。

(c) 社会実験 I のサービス有効性検証のデータ分析

(f) 事故発生状況

参宮橋カーブ区間で発生する事故を過年度の事故統計データおよび映像収集により発生状況を整理した。

(i) 過年度の事故統計データからの事故発生状況の分析

事故統計からの事故発生状況を整理した結果について、下記に示す。

- 事故統計では平成14年度75件、平成15年度135件、平成16年度141件と増加傾向。
- 社会実験期間では過年度の同月比で事故が3分の1に減少。
- 当サービスを含む、交通安全対策の効果が認められる。

(ii) 映像収集による事故の詳細分析

前方障害物情報提供サービスが対応できる事故形態の件数を比較し、整理した結果を下記に示す。

- 前方障害物に起因する事故は導入後92日間で2件のみ(導

入前は28日間で11件発生)。

- 事故停止車に起因する二次事故は導入後92日間で0件（導入前は28日間で10件発生）。

(イ) 3メディア VICS 対応カーナビの混入率

平成17年3月～4月について、3メディア VICS 対応カーナビの混入率を調査した。混入率は、光センサーの履歴データと車両感知器の交通量データから算出した。

- 参宮橋（上り）の日交通量は約4.6万台。
- 3メディア VICS 対応カーナビ搭載車は約10%であり、混入率は想定より高く、周辺車両への良い影響が期待される。
- 平日に比べ日祝日の混入率が高く、また、右車線が高い。

(ロ) サービスによる情報提供状況

社会実験期間中のサービス提供状況について調査した。

情報提供の発報状況調査およびシステム出力と実交通の照合を行った結果、「この先渋滞、注意」が、昼間の渋滞が発生する時間帯では、10～15分/時間程度の発報していた。

(ハ) 交通流観測による効果検証

サービス導入前後の、車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、サービス導入後の車両挙動が安全側に变化しており、ドライバーの安心感が高まると推定される。

- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が0.5G以上で4%減少。
0.5G以上の急減速が0.3G-0.5Gの安全側に变化。
- 60km/h以上の高速でカーブ進入する車両が10%減少。
60km/h以上が50-60km/hの安全側に变化。

(ニ) 3メディア VICS 搭載車の観測による効果検証

(i) 危険なシーンの3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動

映像により3メディア VICS 搭載車の挙動を観測した結果、以下の知見が得られた。

- VICS 搭載車のカーブ進入速度は40km/h以下で慎重に進入。
- 先行車との車間を十分に確保し、カーブ内で緩やかに減速し安全に停止。

(ii) 3メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率と車両挙動の関係

3メディア VICS 対応カーナビ車混入率が高くなる自由走行時において、最大減速度、カーブ進入速度は、有意な差ではないが減少する傾向にある。

4.3.2.9.4 社会実験Ⅱの分析

(1) 社会実験Ⅱのデータ収集と分析

(a) 社会実験Ⅱのデータ整理計画

社会実験Ⅱにおける効果検証方法について表 4.3.2-14 に示す。

表 4.3.2-14 社会実験Ⅱにおける効果検証方法

区分	対象	調査項目	ねらい
長期での事故データ収集	サービスの事故削減効果の確認	首都高の事故データの継続的分析と過去データとの比較	高機能舗装の劣化があっても、サービスの効果が継続的に確認できること
	サービス効果の持続性の確認	首都高の事故データの継続的分析と過去データとの比較	必要などきに必要な情報を提供するサービスは、効果を持続できること
		車両挙動の定期的評価	
		モニターによる定期的評価	
サービス改善効果の評価	上流が混雑時に、提供を抑制する新サービスの効果の確認 (上流トラカンの平均速度データを活用してサービスを改善)	改善前と改善後のモニター意見の比較	不要な情報提供の削減によるドライバーの信頼感が向上

(b) 社会実験Ⅱのサービス有効性検証のデータ分析

(7) 事故統計からの事故発生状況

- 社会実験Ⅰおよびその後継続した情報板のみによるサービス期間を通して、事故削減の効果が持続。
- 4号上り類似急カーブ（代々木、新宿）に比べ、参宮橋カーブは平成17年に際だって減少しており、交通安全対策の効果が現れている。
- 社会実験Ⅰ期間では、過年度同月比で二次事故が8割減少。

(4) 交通流観測による効果検証

(i) 同一道路環境下におけるサービス有無の車両挙動比較

同一環境下のサービス導入前後の車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、同一環境下においても車両挙動は安全側に変化している。

- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が0.5G以上で4%減少。
0.5G以上の急減速が0.3G未満の安全側に変化。
- 60km/h以上の高速でカーブ進入する車両が23%減少。
60km/h以上が40-50km/hの安全側に変化。

(ii) 経時変化による車両挙動比較

同一環境下において、社会実験Ⅰ、Ⅱともに安全側へ変化して

おり、サービスによる効果が継続しているといえる。

(c) 社会実験の中間まとめ（2006年2月13日現在）

(ア) サービス効果の継続性確認

(i) 事故統計分析の結果、社会実験Ⅰ期間ではサービス対象事故の削減効果を確認した。

- 社会実験Ⅰ同月比で事故が3割減少した。
- 社会実験Ⅰ終了以降も全体的に減少傾向にあり、さらに長期観測が必要。

(ii) 同一道路環境下での車両挙動比較では、挙動が安全側に変化していることを確認した。

- カーブ区間での急減速の発生頻度が4%減少した。
- 高速でのカーブ進入速度が23%減少した。
- 社会実験Ⅰ、Ⅱともに安全側に変化していることにより、サービスの継続性効果を確認した。
- サービスを受けたときの方が、車頭間隔を長く取る傾向があり、サービスによる影響がうかがえる。

(iii) 社会実験Ⅰ同様、ドライバーは情報提供により注意や穏やかな減速をしており、運転行動に与える効果も持続。

- 今後は、定期的に継続性アンケートを実施し、サービスの長期間経験による課題や意見を収集する。
- サービス開始から約3ヶ月经過した時点で、慣れによるサービスの実効性に及ぼす影響を評価した結果、効果の持続性を確認した。なお、サービスを受けなかったときに渋滞など発生していないと思いつむ（情報に依存）割合が2割程度あったことから、サービスの啓蒙などが課題である。

(イ) サービス改善の効果の確認

情報提供の役立ち方は、社会実験Ⅰよりも向上しており、サービスの改善効果を確認できたが、なお改良の余地がある。

4.3.2.9.5 情報板サービスの有効性の検討

情報板サービスの有効性について検討を行った。

(1) サービス無し、VICS サービスのみ、VICS+情報板サービスの車両挙動比較

サービス無し、VICS サービスのみ、VICS+情報板サービスという車両挙動についての比較結果を表4.3.2-15に示す。

VICSサービスとの相乗効果によりドライバーの安心感がさらに高まるという結果となった。

表 4.3.2-15 サービス無し、VICS サービスのみ、
VICS+情報板サービスの車両挙動比較

区 分	カーブ前方に渋滞や停止・低速車がある時		
	30km/h以上の進入車 有効サンプル数 (台/28日)	0.5G以上の 急減速挙動の 発生頻度	高速での カーブ進入頻度 (進入速度 60km/h 以上の車両)
①サービス導入前 2003年10月～11月 のうち28日間	10,344	18.1台 ／100台あたり	4.9台 ／100台あたり
②VICSサービス 2005年3月～4月 のうち28日間	13,181	15.9台 ／100台あたり	4.2台 ／100台あたり
効果(①→②)		12%減	14%減
③VICS+情報板 2005年4月～5月 のうち28日間	11,409	15.4台 ／100台あたり	2.6台 ／100台あたり
効果(②→③)		3%減	38%減

注)前方に障害物がある場合に30km/h以上でカーブ進入した車両を対象

(2) 情報板サービスに関するドライバーの評価

情報板サービスは、殆どの方が「VICSサービスを補完しより理解しやすく安心」と評価した。なお、過去のDS実験(平成13年度)でも情報板との連動による効果を確認済みである。

Q.情報板サービスが加わり、どう感じたか？(平成17年4月28日以降にアンケート)

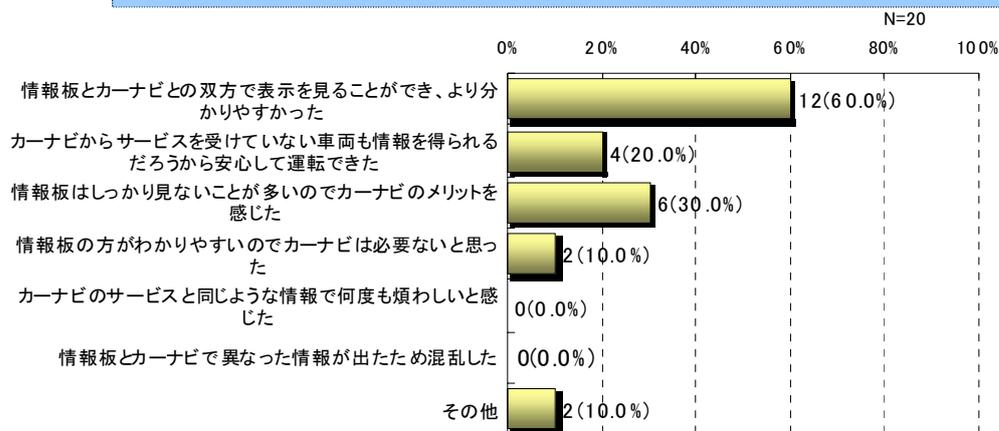


図 4.3.2-9 情報板サービスが追加されたことによる分かりやすさの評価

4.3.3 円滑化走行支援道路システムに関する調査

4.3.3.1 目的

慢性的な交通渋滞による全国で年間 12 兆円の経済損失と、渋滞中の排ガスによる環境への影響懸念から、渋滞対策(交通の円滑化)の必要性が益々重要になっている。例えば、自専道におけるサグ部や、トンネル部、合流部の渋滞のように道路構造上の問題から日常的に渋滞が発生しているような場所があり、状況に応じたドライバー等への適切な情報提供による渋滞の緩和などが期待される。

一方、欧米では道路の既存ストックを生かすための ITS を活用した車線数可変運用や高度速度制御などの新しい手法が研究開発されている。

これらの状況を踏まえて、IT を適用して既存道路資産の有効活用を図ることにより、円滑に資する走行支援サービスの調査を行った。

4.3.3.2 各種方策のフィジビリティ調査

高速道の渋滞は、サグ、トンネル、合流、料金所などの道路線形に依存する交通集中渋滞(75%)と、道路線形に依存しない事故・故障渋滞と工事渋滞(25%)に大別でき、これらの渋滞発生箇所に対して渋滞対策案として抽出されたのが、サグ・合流部の円滑化サービスである。

4.3.3.3 円滑に資する走行支援サービスのサービスモデルへの展開

(1) サグ部における円滑化サービス

サグ部における円滑化サービスとしては、短期的に実施するサービスとして一般車両及び ETC 搭載車を対象としたサグ部サービス、中長期的に実施するサービスとしてマルチアプリ車載器搭載車両及びインテリジェント車両を対象としたサグ部のサービスについて構成およびシステム機能について整理した。

(2) 可変チャネルリゼーションによる合流部円滑化サービス

合流における可変チャネルリゼーションは、交通容量の低下を防ぐため、合流部の交通量が増加したときは、合流部上流で交通量の少ない側の本線の車線を絞り、合流部に流入する交通量を制御することで、適正な交通流を保つようにするサービスである。このサービスについて構成およびシステム機能について整理した。

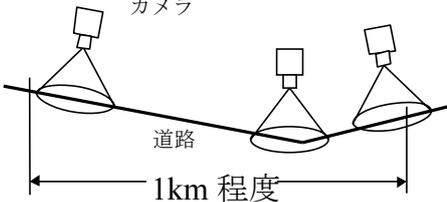
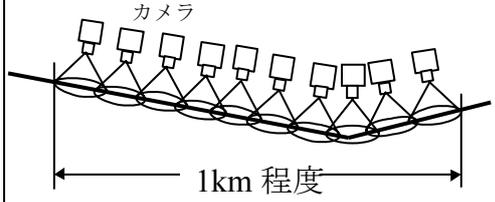
4.3.3.4 サグ部交通現象把握・分析

4.3.3.4.1 交通現象を把握するための予備計測

交通現象を把握するための計測については、主として車線利用率適正化サブサービスの実現可能性検討のために予備計測を行った。予備計測では、渋滞発生時の交通状態、渋滞発生時に、サグ部上流側でどれくらい車線利用率を是正できる余地があるかの計測を実施した。

ここで、下表に予備計測と本計測の比較を示す。

表 4.3.3-1 予備計測と本計測の比較

	交通現象計測(予備計測)	交通現象計測(本計測) 把握分析の精緻化
円滑化対象のサービス	車線利用率を適正化 ⇒断面全体で容量を効率的に利用	ボトルネック部における車群形成の原因車両の特定と走行車線への誘導 ⇒追越車線のサービス水準を確保および断面容量の効率的な利用
車線利用率最適化	◎ <車線利用率適正化の可能性を計測>	△ <サービスの評価に活用>
車群形成車対策	—	◎ <車群先頭車両とその周辺車両の挙動>
計測範囲	1km程度(サグの上流 700~800mから下流数100mの範囲で、渋滞発生箇所付近、およびボトルネック上流、下流の重要な箇所にカメラを配置、但し、撮影できない場所あり) 	同左(但し、撮影区間は全区間シームレスに撮影) 

4.3.3.4.2 予備計測結果

予備計測について、結果を以下に示す。

予備計測は東名下り(横浜町田~厚木)大和BSにおいて、9/18、9/25の2日間にわたって実施した。予備計測の結果、以下のことが明らかとなった。

- (a) 通常時は第2走行車線の交通量が多く、渋滞直前に追越車線の交通量が第2走行車線の交通量を超える。
- (b) 渋滞直前に第1走行車線の交通量の10%程度の余裕があることを確認した。

4.3.3.4.3 実測データに基づく調査・分析による車線利用率適正化走行支援システムの検討

実測データに基づく調査・分析による車線利用率適正化走行支援システムの検討について以下に示す。

(1) 調査・検討項目

車線利用率適正化走行支援サービスの開発に向け、交通現象の把握を目的として、高速道路の代表的なサグ部渋滞箇所である東名高速大和地区を対象に調査、検討を行った。

(2) 調査・分析方法

(a) 渋滞と関係があると考えられている交通現象の確認

渋滞と関係があると考えられている下記3つの交通現象を確認する調査・分析方法について確認した。

(7) 速度低下により、追越車線への車線変更

- (イ) 第1 走行車線未利用
 (ウ) 横浜町田 IC からの流入
- (b) 車線利用率適正化走行支援システムの基本的なシステム構成
 車線利用率適正化走行支援システムの基本的なシステム構成を図 4.3.3-1 に示す。

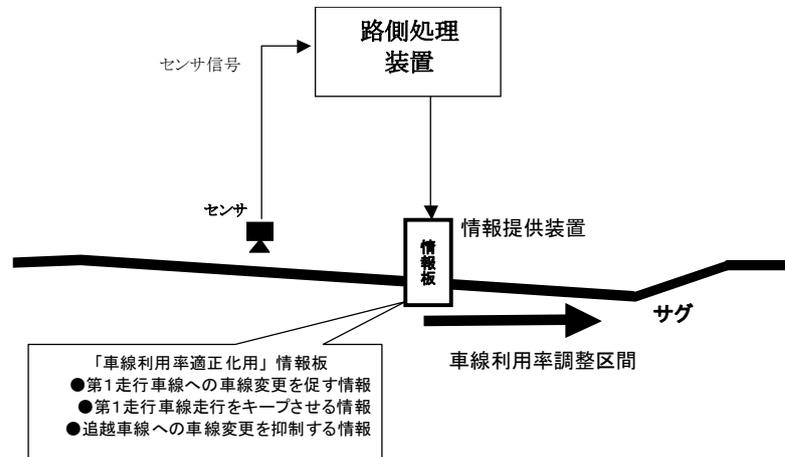


図 4.3.3-1 車線利用率適正化走行支援システムの基本的なシステム構成

- (3) 調査・分析結果
- (a) 渋滞前には、第2 走行車線から追越車線への車線変更が随時発生し、車線利用率の偏りが増大し、渋滞の開始を早める傾向がある。この車線変更が無いとすると追越車線の交通量が約 10%減少する。よって、車線利用率の適正化サービスは有効と考えられる。
- (b) 渋滞前の時間帯では、第2 走行車線から追越車線への車線変更が随時発生し、渋滞直前には、左方向（追越車線→第2 走行車線、第2 走行車線→第1 走行車線）への車線変更回数が通常の数倍となる。
- (c) 渋滞のきっかけとなるショックウェーブは、車群内での車両の減速が原因と考えられる。したがって、車群対策サービスは、有効と考えられる。
- (d) 渋滞直前の時間帯では、第1 車線旅行速度 > 第2 車線旅行速度 > 追越車線旅行速度となる現象を把握した。したがって、渋滞直前では、追越車線の旅行速度が必ずしも速くないことを PR することにより、追越車線への偏りを防止し、車線利用率の適正化サービスの受容性を高めることが可能と考えられる。

4.3.3.4.4 実測データに基づく調査・分析による車群対策走行支援サービスの検討

前方車との車頭時間間隔が3秒以下で、後続車両の傾き(車速)が等しく、平行線を描いている複数の車両の群れが、車群である。この車群の中に何らかの理

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

由による交通流の乱れが発生し、ショックウェーブとなって後方伝播する現象がみられる。ここで実現可能な円滑化サービスは、以下の2サービスである。

- (1) 大きな車群を分割して、ショックウェーブを途中で吸収する
- (2) 車群の低速先頭車に対し、左側車線の走行を誘導し、密な車群を防止する

4.3.3.5 サグ部円滑化走行支援システムの要件の検討

サグ部円滑化走行支援システムのサービスの効果検討と AHS 技術の活用を基本とした、サグ部円滑化走行支援システム設計を行った。

4.3.3.5.1 交通流シミュレータによるサグ部円滑化サービス効果の検討

交通流シミュレータによるサグ部円滑化サービス効果の検討では、車線利用率適正化サブサービスを東名下り大和地区（23.1kp 近傍）のサグ部に適用した場合、その渋滞削減効果を求めることを目的に、交通流のシミュレーション実験を実施した。

(1) シミュレーションの目的

車線利用率的適正化サブサービスを東名下り大和地区（23.1kp 近傍）のサグ部に適用した場合の渋滞削減効果を事前に評価することを目的として、交通流シミュレータによる実験を実施した。

ここで、渋滞削減効果を評価する指標として

- (a) 交通量・速度変動図：サグ部上流 700m、サグ部
- (b) 渋滞長：60km/h 未満の混雑状態を計測する。計測は 1 分間隔
- (c) 渋滞損失[台・時]：渋滞長を集計して算出
を用いて評価することとした。

(2) サービス効果を評価するためのシミュレーション

(a) シナリオとその狙い

表 4.3.3-2 に示すシミュレーションのために 4 つのシナリオを作成した。

表 4.3.3-2 シミュレーションシナリオとその狙い

番号	シナリオ
case 1	現況再現ケース
case 2-1	第 2 車線を走行する車両へのキープレフト指示(車両ごとに車線変更の感度を設定)
case 2-2	第 2 車線を走行する車両および追い越し車線を走行する車両へのキープレフト指示(車線・車両ごとに車線変更の感度を設定)
case 3	個別の低速車両(車群先頭車)へのサービス提供(左車線復帰を促す)

(b) シミュレーション結果の考察

以上のシミュレーションの結果、車線利用率適正化の円滑化サブサービスを適用した場合、渋滞損失(台・時)が最大約 40%程度、渋滞継続時間を約 30 分程度低減できることがわかった。

表 4.3.3-3 サービス効果の各評価シナリオのシミュレーション結果

番号	ケース内容	渋滞損失 [台・時]		渋滞継続 時間	渋滞長	車線変更 台数
case1	現況再現	590	100%	90分 (6:40~8:10)	約 2.9Km	
case2-1	第2車線を走行する車両への キープレフト指示	333	56%	60分 (6:50~7:50)	約 1.9Km	474
case2-2	第2車線および追い越し車線 を走行する車両へのキープレ フト指示	416	71%	70分 (6:45~7:55)	約 2.4Km	501
case3	個別の低速車両(車群先頭 車)へのキープレフト指示	459	78%	80分 (6:40~8:00)	約 2.4Km	223

4.3.3.5.2 サグ部円滑化走行支援システム設計

サグ部円滑化走行支援システム設計について検討を行った。

研究対象のサグ部円滑化走行支援システムは、車線利用率を適正化する情報をドライバーに提供し、サグ部での渋滞を緩和させることを目的とするものである。

(1) 車線利用率適正化システムの基本的な構成

車線利用率適正化システムは、

- (a) 交通状態を把握するためのセンサ
 - (b) 情報提供内容を処理する路側処理装置
 - (c) 情報提供装置（情報板、ビーコン、ハイウェイラジオなど）
- より構成される。

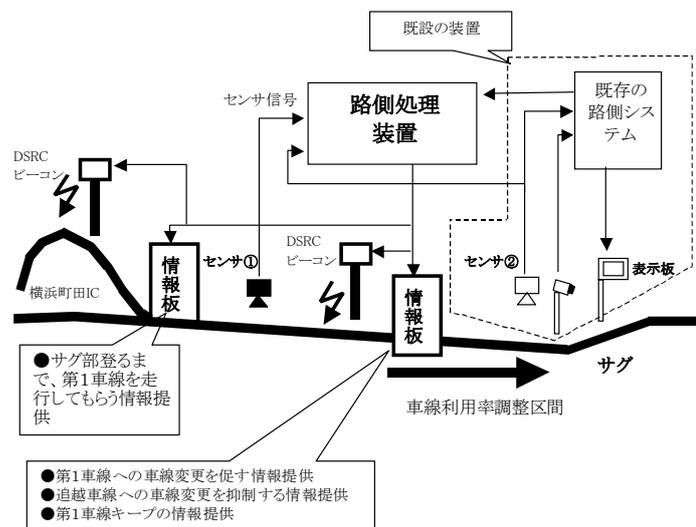


図 4.3.3-2 東名・大和でのシステム構成例
(複数の情報板とビーコンを併設した場合)

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(2) 路側処理装置の情報提供タイミング判定機能

車線利用率適正化の情報を情報提供装置に出力するタイミングを判定するアルゴリズムについては、渋滞発生前の実データ（東名・大和）をもとに検討した。

(a) 交通量に着目したアルゴリズム（アルゴリズム案1）

東名・大和における渋滞データの特徴は、交通量が大となり、追越車線に車が集中している点である。この特徴を交通データ（交通量）でとらえ、情報提供するのが、交通量に着目したアルゴリズム（アルゴリズム案1）である。

(b) 交通量と速度に着目したアルゴリズム（アルゴリズム案2）

平成16年度に車線利用率適正化・情報提供タイミング判定アルゴリズムとして交通量と速度に着目したアルゴリズムを検討した。このアルゴリズムは、QV曲線に着目し窓枠を設け、この窓枠内に各車線の速度と交通量が入った場合に情報提供するアルゴリズムである。平成17年度はこのアルゴリズムを改良し、交通量と速度に着目したアルゴリズム案2とした。

(3) センサ位置の検討

路側処理装置の情報提供タイミング判定機能（車線利用率適正化・情報提供タイミングアルゴリズム）に係わるセンサは現状の交通状態（主に、各車線の交通量と速度）をセンシングする。このセンサ情報に基づき、車線利用率適正化・情報提供タイミングアルゴリズムは情報提供すべきか判断する。このセンサの設置位置の検討を行った。

(4) 情報提供装置

情報提供装置の設置位置、複数設置について検討を行った。

(a) 設置位置の検討

情報提供装置の設置位置は、情報提供内容の種別、情報提供装置の種別により異なってくる。情報提供内容の種別として、

- (イ) 第1走行車線への車線変更を促す
- (ロ) 第1走行車線の走行をキープする
- (ハ) 追越車線への車線変更を抑制する

を想定し、情報提供装置の種別としては、情報板、ビーコン、ハイウェイラジオを想定する。

(b) 複数設置の検討

情報提供装置の設置位置の検討においては、情報提供装置を1基とする標準的な場合を想定した。ここでは、複数の情報提供装置を設置する場合について検討するが、3基以上の設置については2基の拡張となるので、2基の情報提供装置を設置する場合のみについて示す。2基の情報提供装置を設置する場合について、想定している各々の情報提供装置の提供情報とその目的を表4.3.3-4に示す。第1情報提供装置と第2情報提供装置の種別は、情報板とビーコンであるが、同種の組

み合わせだけでなく、異種の組み合わせでも良い。

表 4.3.3-4 2基の情報提供装置を設置する場合の目的

ケース	第1情報提供装置の提供情報	第2情報提供装置の提供情報	目的
①	第2情報提供装置内容の予告	第1走行車線への車線変更を促す、第1走行車線の走行をキープする、追越車線への車線変更を抑制するなど	・ドライバに対応内容を認識してもらい、スムーズに対応してもらう。
②	第2走行車線から第1走行車線への車線変更を促す	追越車線から第2走行車線への車線変更を促す	・無理な車線変更を防止する。 ・第2走行車線の交通量が多い場合に、追越車線からの車線変更を容易にする。
③	第1走行車線への車線変更を促す、第1走行車線の走行をキープする、追越車線への車線変更を抑制するなど	第1情報提供装置と同じ内容	・情報提供装置の見落としを防止する。 ・何れも情報を提供して、行動を促す。
④	第1走行車線への車線変更を促す、第1走行車線の走行をキープする、追越車線への車線変更を抑制するなど	第1走行車線への車線変更を促す、第1走行車線の走行をキープする、追越車線への車線変更を抑制するなど (第1情報提供装置の効果を考慮するので、第1情報提供装置の内容と異なることがある)	・第1情報提供装置の効果を考慮して、第2情報提供装置の文言を変更する。

(5) 情報提供内容

車線利用率適正化サービスにおける情報提供内容について、情報板を対象に検討を行った。

「効果」と「ネガティブな反応」(ネガティブチェック)を推定するために、高速道路の交通に対する知見があると思われる AHS 研究組合の研究員を対象にアンケート調査を行った。

(6) 情報提供タイミング判定アルゴリズムのパラメータ

先に述べた情報提供タイミング判定アルゴリズムのパラメータ決定のためのデータ解析とその結果について記す。

(a) データ解析手順

東名・大和のサグ部手前のトラカン(21.52キロポスト)データで、渋滞が大和のサグ部で発生したと考えられる渋滞17データを情報提供判定アルゴリズムのパラメータを決める解析データとした。

(b) 情報提供タイミング判定アルゴリズム案1のデータ解析

(イ) 交通量があるレベル以上かの判定値パラメータ Q2A

(ロ) 第1車線がすいているかの判定値 Q1A

以上のアルゴリズム案1のパラメータ同定結果をまとめたものが以下の表である。

表 4.3.3-5 アルゴリズム案1のパラメータの同定結果

パラメータ	記号	値
第2車線交通量があるレベル以上かの判定値	Q2A	150(台/5分)
第1車線の交通量がすいているかの判定値	Q1A	120(台/5分)

(c) 情報提供タイミング判定アルゴリズム案2のデータ解析

情報提供タイミング判定アルゴリズム案2の窓枠値は、解析データ

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

の最大値と最小値から求めた。実際に窓枠値を決める場合は、数値の丸めを行った（速度は5km/hで、交通量は10台/5分で丸めた）。

(7) 情報提供タイミングの検証

今回の車線利用率適正化サービスは、渋滞がいつ発生してもおかしくない交通状態になったら情報提供するというように位置づけている。この位置づけのもとで、情報提供タイミングのシミュレーションを行った。考察は以下のとおりである。

(a) アルゴリズム案1とアルゴリズム案2の情報提供開始タイミングを比較した結果、両アルゴリズムに大きな差がないと言える。

(b) アルゴリズム案1で、情報提供が遅い場合がある。

追越車線に車が集中し、直ちに渋滞が発生する場合に、アルゴリズム案1は情報提供が遅いと言えるケースがある。

(c) アルゴリズム案2でも、情報提供が遅い場合がある。

これは、アルゴリズム案2のパラメータの影響で、情報提供タイミングが遅れるので、アルゴリズムのパラメータの見直しが必要である。

4.3.3.6 合流部円滑化走行支援システムの検討

可変チャネルリゼーション方式等による合流部円滑化走行支援システムの適用可能性の検討を行うにあたり、首都高速道路の車両感知器データを活用して、合流部の円滑化阻害要因を分析した。また、関連技術の調査を行い、合流部円滑化走行支援システムの検討を行った。

4.3.3.6.1 合流部における交通データの収集・分析

合流部における交通データの収集・分析を行った。

(1) データ収集

2005年10月1日～10月31日を対象に、首都高速道路全線の車両感知器データを収集した。

(2) データ分析

首都高速道路の合流部は、以下の3つに分類することができる。

本検討では、合流部をボトルネックとする渋滞流のパターンを図4.3.3-3のように分類し、渋滞パターン別、曜日別（平日、土曜日、日祝日）に、渋滞時間数の集計を行った。

入口合流部については、流入車線における従路線の速度データがないため、合流部をボトルネックとして主路線（本線）が渋滞しているパターンの渋滞時間を集計した。

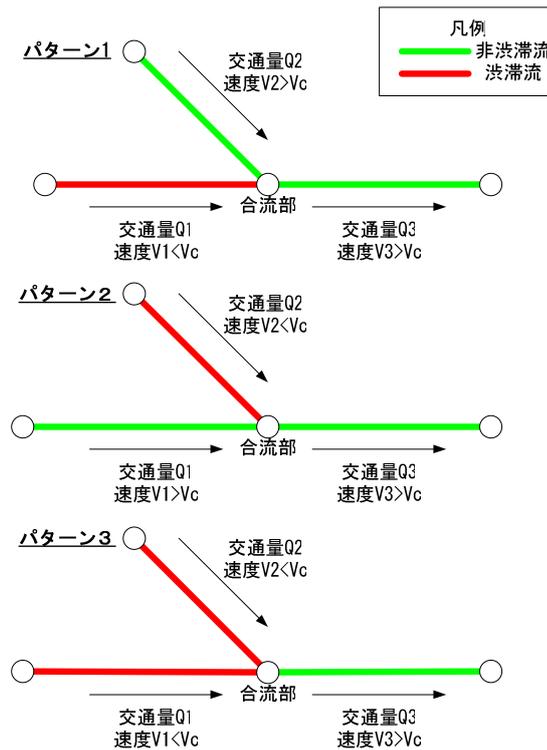


図 4.3.3-3 合流部をボトルネックとする渋滞パターン

また、流入交通量が多い入口と本線の交通量、平均速度の関係を時間帯別に整理し、流入交通量が多い順にソートした。流入交通量が多い入口として、舞浜、霞ヶ関、千鳥町、箱崎ロータリー等が上位にランクされている。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

4.3.3.6.2 阻害要因の抽出

合流部における主要な速度低下要因と渋滞パターンとの関係について表 4.3.3-6 に整理した。

表 4.3.3-6 主要な速度低下要因と渋滞パターンとの関係

速度低下要因	代表 JCT または入口	P1	P2	P3
主従路線の交通需要が合流可能交通容量を超過(主従路線とも渋滞、速度低下の発端は合流摩擦)	箱崎ロータリー(6下) 代官町入口(C1内) 芝公園入口(C1内)			○
従路線の交通需要が合流可能交通容量を超過(従路線のみ渋滞)	浜崎橋 JCT(C1内+1号上) 谷町 JCT(C1内/C1外+3号上) 三宅坂 JCT(C1内/C1外+4号上) 竹橋 JCT(C1内/C1外+5号上) 舞浜入口(B西)		○	
JCT 合流部上流の車線減少	両国 JCT(6号上+7号上)	○	○	○
下流の分流 JCTにおいて1方向のみ渋滞し、一部の車線が先詰まり渋滞	箱崎 JCT(6号上+9号上) 小菅 JCT(6号上+C2外) 芝浦 JCT(1号上+11号上) 滝野川入口(C2内)	○	○	○
織り込み現象	池尻入口(3号下)	○	○	○
本線の道路構造(縦断勾配、平面線形)	船掘橋入口(C2外) 高松入口(5号下)	○		
渡り線の道路構造(平面線形、縦断勾配)	谷町 JCT(C1内+C1外) 一ノ橋 JCT(C1内+C1外) 狩場 JCT(横横南+横横北)		○	
料金所による速度低下	汐留 JCT(C1外+KK外) 川崎浮島(アクアライン西+B東・西)	○	○	

※P1、P2、P3 はパターン1、パターン2、パターン3を示す。

※路線名の C1 は都心環状線、C2 は中央環状線、B は湾岸線、横横は横浜横須賀道路を示す。

4.3.3.6.3 合流部円滑化走行支援システムの検討

合流部円滑化走行支援システムは、合流部における交通容量の低下を防ぐために、合流部の交通量が増加したときには、合流部上流で、交通量の少ない側の本線車線を絞り、合流部に流入する交通量を制御することで、適正な交通流を保つようにするサービスである。

2車線と2車線が合流し、合流後に2車線となる可変チャネルリゼーションによるサービス構成例を図 4.3.3-5 に示す。合流部の上流にビーコンや車線制御装置(標識)を、合流部に車線規制装置を設置して、これらの装置を制御して、合流部の交通容量を適切な道路設計量に保つ狙いである。

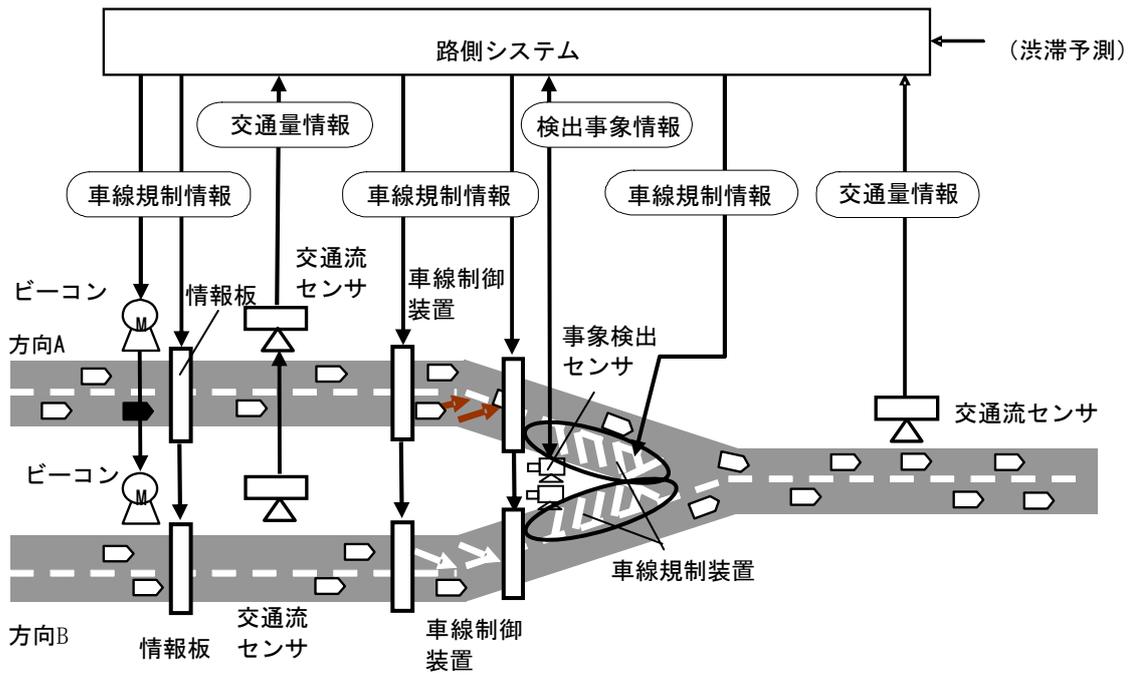


図 4.3.3-4 可変チャネルリゼーションによるサービスの構成例

4.3.3.6.4 合流部円滑化走行支援システムの効果的な領域の検討

可変チャネルリゼーションや車線利用率最適化によりその導入効果が現れやすく、また渋滞の解消や緩和が可能である、パターン 2 の渋滞対策を想定し、合流部円滑化走行支援システムの効果的な領域の検討を行った。

(1) 合流部円滑化支援サービスの適用領域

主路線と従路線の交通需要によって適用する合流支援策イメージを表 4.3.3-7 に示す。

表 4.3.3-7 主従交通量による合流支援策イメージ

2車線+2車線→2車線	2車線+1車線→2車線
※D1: 本線(主路線、2車線)交通需要 D2: 本線(従路線、2車線)交通需要 C1: 合流後本線の1車線あたりの交通容量	※D1: 本線(主路線、2車線)交通需要 D2: 本線、流入車線(従路線、1車線)交通需要 C1: 合流後本線の1車線あたりの交通容量

(2) JCT 合流への適用可能性

可変チャネルリゼーション適用可能な JCT 合流部の要件は大きく分けて表 4.3.3-8 の 2 ケースがある。

表 4.3.3-8 可変チャネルリゼーション適用可能な JCT 合流部の要件

ケース	要件
ケース 1	主路線、従路線の交通需要が両方とも十分あり※、主路線は(本線車線数-1)車線分の交通容量以下、従路線は従路線車線数の交通容量以下の時間帯があること。
ケース 2	車線数減を伴う JCT 合流部であり、主路線交通量と従路線交通量がアンバランス(主路線交通量<従路線交通量)である時間帯があること。

※合流摩擦による交通容量の低下を防止することを目的としているが、安全性を考慮すると、交通需要は必ずしも両方とも十分ある必要はない。

(a) ケース 1 に該当する JCT 合流部

データ抽出した結果、可変チャネルリゼーションが適用可能と考えられる JCT 合流部のうち抽出数が多かったのは、浜崎橋、三宅坂 JCT、竹橋 JCT、谷町 JCT である。これらの JCT 合流部について、主路線及び従路線の交通量の相関を検討した結果、これらの JCT 合流部はいずれも可変チャネルリゼーション適用可能な要件を満たしており、合流円滑化支援によって交通容量及び安全性が向上すると推定している。

(b) ケース 2 に該当する JCT 合流部

データ抽出した結果、可変チャネルリゼーションが適用可能と考えられる JCT 合流部のうち、抽出数が多かったのは、浜崎橋 JCT である。

浜崎橋 JCT については、ケース 1 においても抽出されており、合流円滑化支援によって交通容量及び安全性が向上すると推定している。

(3) 入口合流への適用可能性

本線・入口交通量相関図および主従路線交通量相関図を入口別に作成した結果を検討した結果、本線が 2 車線の場合では、霞ヶ関のみが可変チャネルリゼーション適用可能であり、本線が 3 車線の場合では、舞浜、千鳥町、大井南が可変チャネルリゼーション適用可能である。

4.3.3.6.5 具体的適用場所とその効果

首都高速道路の入口合流部で発生する流入交通需要が一時的集中し発生する渋滞に対し、導入が容易であり、かつ導入効果が出やすい可変チャネルリゼーションを導入した場合の効果について試算した。

(1) 適用場所

可変チャネルリゼーション導入効果の試算を行う合流部は、検討結果より、流入交通量が多く、かつ、本線交通量が交通容量に対して余裕のある土曜日・日祝日の舞浜入口（湾岸線・西行き）とした。

(2) 適用時間帯

土曜日・日祝日の舞浜入口の流入交通量は、21 時台及び 22 時台が多く、これらの前後 1 時間を加えた 20:00~24:00（4 時間）を対象時間とする。

(3) 効果

舞浜入口の現在の渋滞に対し、ETC の普及による料金所処理能力の向上に加え可変チャネルリゼーションを導入した際の効果を試算することとした。

現在の最大滞留台数は 563 台 (22:45~23:00) であるが、可変チャネルリゼーション導入後は 54 台 (22:30~23:45) まで減少する。また、渋滞損失は、現在の 841 台・時から 30 台・時にまで大幅に減少する。

4.3.3.6.6 合流部円滑化走行支援システムの有効性の評価

首都高速道路の入口合流部の中で、舞浜入口を対象に、可変チャネルリゼーションを導入した際の効果を試算した結果、流入交通に対して有効であることがわかった。

ピーク時間帯の流入交通量は 1 車線の交通容量を超過する時間帯もあるが、チャネルリゼーションを行うことにより、安全に合流することが可能であり、かつ合流摩擦による交通容量の低下が起きなくなると推定している。

ただし、今回検討を行った現在の交通状況は、ボトルネックが料金所であり、渋滞損失削減効果のすべてが可変チャネルリゼーションによる効果ではない。

4.3.4 交差点の走行支援道路システムに関する調査

4.3.4.1 目的

平成14年迄行った試験走路実験等の結果、道路センサで把握できない事象の存在、交差点での路車間通信障害、HMIの複雑化などの課題が判明した。しかし、事象が複雑になる交差点系のシステムについてはインフラ/車協調システムへの期待が高く、総事故件数でも交差点に関わる事故（出会い頭事故、右折事故、横断歩道事故など）がその約半数を占めており、交差点系の安全走行支援サービスの研究が切望された。

このような背景から、普及や実現性を考慮したインフラライトな手段で交差点の事故を防止するサービスを実現することを目的に調査を行った。

4.3.4.2 平成15年度実施内容

平成15年度は、インフラのコストを抑えることを検討の前提として、事故の環境要因に着目し、その要因をカバーする情報を1当車および2当車のドライバーに提供する3つのサービスを考案した。また、それらのサービスを実現時期を中期（3年後）と長期（6年後）に分けて、要素技術を明確化した。

4.3.4.2.1 交差点事故削減ニーズの検討

交差点事故削減ニーズの検討では、人的要因と環境要因の両面から交差点事故を分析し、交差点事故削減ニーズの検討を行った。以下に各研究項目ごとに示す。

(1) 交差点現地視察

新しいサービスのアイデアをブラッシュアップするために、出会い頭事故、右直事故、横断中事故が多い交差点の現地視察を行い、事故要因などを検討した。

(2) 従来対策メニュー及び課題整理

「交差点事故対策の手引き（（社）交通工学研究会編）」において、環境要因毎の対策メニューが示されており、これら対策メニューを大きく分類し、課題を整理した。

(3) 新たな対策に向けた必要情報の整理と分析

交差点事故の分析で明らかとなる事故要因に対して、提供することにより事故削減に有効と考えられる情報を整理した。

(4) 情報活用（IT）による対策可能性の整理と分析

交差点事故削減に必要な情報をまとめた。

(5) 試算対象とする交差点サービス

以上の調査・検討結果からサービスのアイデアを考案し、適用対象交差点の特徴と実現時期から、交差点サービスを抽出した。

(6) 対象事故内容の設定

抽出した交差点サービスより削減対象となる事故を検討し、事故内容を

定義した。

(7) 事故削減効果（概略）の試算

（財）交通事故総合分析センターが保有する交通事故統計データ（平成14年）より、設定した効果試算対象事故の死傷事故件数を集計した。

(8) サービスの導入シナリオ

交差点事故防止のサービスの導入をどのように普及・発展させていくかシナリオを検討した。

交通事故統合データ（平成10～12年）を用いて、もう一つの事故削減効果を試算した。その結果、事故密度1件以上/年/箇所サービスを実施した場合、10年間で9～18百万円の事故削減効果があることが判った。

4.3.4.2.2 交差点サービスの策定と具体化

交差点サービスの策定では、交差点サービス内容の具体化、路車機能分担の検討、サービスの目標値の設定について検討した。サービス対象としては、出会い頭、右直、横断中の3つの事故を対象とした。

交差点サービスの内容を具体化した結果、出会い頭事故防止サービス、右直事故防止サービス、横断中事故防止サービスについてそれぞれ中期および長期実現サービスの関係比較を行った。

(1) 中期および長期実現の出会い頭事故防止サービス

中期および長期実現の出会い頭事故防止サービスは、サービス対象者を1当車および2当車のドライバーとした。

サービス対象交差点は、「信号機なし斜めに交差した小交差点」とした。

提供する情報と狙う効果を検討し、中期実現サービスと長期実現サービスの関係を比較した。サービス関係を表4.3.4-1に示す。

表 4.3.4-1 中期実現サービスと長期実現サービスの関係

項目	中期実現サービス	長期実現サービス
通信(例)	路側から車への通信	車から路, 路から車への通信
車載器(例)	しゃべるETC	ETC機能付きカーナビ(モニタ画面)
狙い	<ul style="list-style-type: none"> ・交差点の見逃し防止 ・安全確認の負担軽減 ・心構え ・注意喚起 	同左
サービス提供時の走行状態	・走行中(1,2)、一旦停止時(1)	同左
対象	1当車、2当車	同左
静的情報	交差点の存在(1,2)	同左
動的情報	<ul style="list-style-type: none"> ・頭出し時の車両等の存在(2へ) ・走行時の接近車の存在(1へ) 	同左のほか <ul style="list-style-type: none"> ・小交差点での2当車の生画像(1へ) ・信号情報(1,2へ)

また、出会い頭事故防止サービスと従来サービス、すなわち接近車表示板、カーブミラーとの比較を行った。その結果、出会い頭事故防止サービスには、設置位置や表示の分かり易さやプライバシーの課題があり、今後の

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

研究が必要である。

(2) 中期および長期実現の右直事故防止サービス

中期および長期実現の右直事故防止サービスは、サービス対象者を1当車および2当車のドライバーとした。

サービス対象交差点は、「信号機のある小・中・大の交差点」とした。

提供する情報と狙う効果を検討し、中期実現サービスと長期実現サービスの関係を比較した。サービス関係を表 4.3.4-2 に示す。

表 4.3.4-2 中期実現サービスと長期実現サービスの関係

項目	中期実現サービス	長期実現サービス
通信系	路側から車への通信	車から路, 路から車への通信
車載器(例)	しゃべる ETC	ETC 機能付きカーナビ
狙い	<ul style="list-style-type: none"> ・交差点の見逃し防止 ・心構え(危険要因への意識づけ) ・安全確認の負担軽減(高齢者向を含) ・見切り発進防止 	同左
サービス提供時の走行状態	<ul style="list-style-type: none"> ・走行中(1当/2当) ・右折待ち時(1当) 	同左
対象	1当車、2当車	同左
静的情報	<ul style="list-style-type: none"> ・交差点の存在/名称/形状 ・交差点の危険要因(事故多発、工事規制、交差点の明るさ、最高速度規制など) 	左記に加えて 交差点の形状を示す図形
動的情報	<ul style="list-style-type: none"> ・直進車の存在、速度 ・右折車の存在 	左記に加えて、 <ul style="list-style-type: none"> ・直進車、右折車の生画像 ・信号情報

(3) 中期および長期実現の横断中事故防止サービス

中期および長期実現の横断中事故防止サービスは、サービス対象者を、1当車のドライバーとした。

サービス対象交差点は、「信号機のない小交差点」とした。

提供する情報と狙う効果を検討し、中期実現サービスと長期実現サービスの関係を比較した。サービス関係を表 4.3.4-3 に示す。

表 4.3.4-3 中期実現サービスと長期実現サービスの関係

項目	中期実現サービス	長期実現サービス
通信(例)	路側から車への通信	車から路, 路から車への通信
車載器(例)	しゃべる ETC	ETC 機能付きカーナビ
狙い	安全確認の負担軽減	左記のほか 交差点の見逃し防止
場所	一旦停止または徐行時	左記のほか 走行中
対象	1当車	同左
静的情報	—	交差点の存在
動的情報	頭出し時の歩行者等の存在	左記のほか 走行時の歩行者等の存在

4.3.4.2.3 路車機能分担の検討

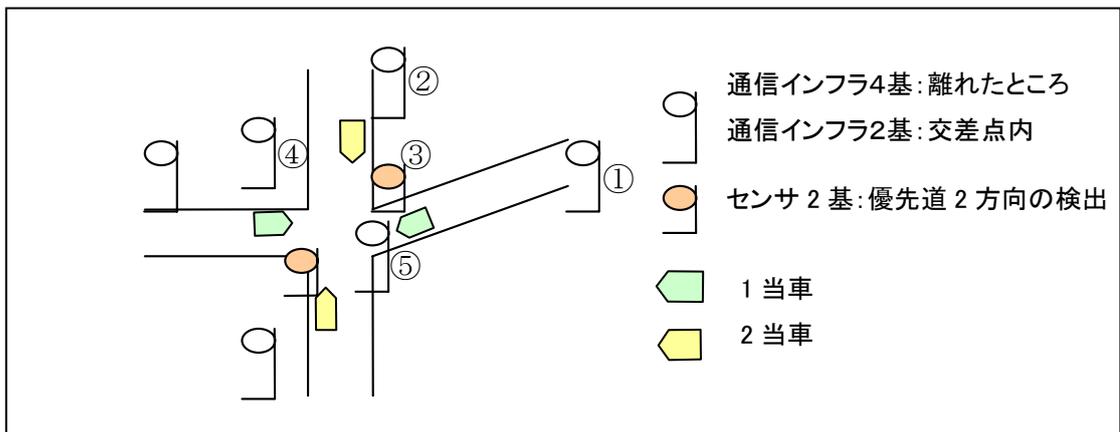
路車機能分担の検討は、通信インフラと車載器の進化の動向を把握し、サー

ビスの実現時期を想定し、中期実現サービスと長期実現サービスに分け検討した。また、サービス毎にサービスのシナリオを想定し、サービスを実現する上での路車機能分担を検討した。

シナリオ例を想定した出会い頭の場合の路車機能分担を表 4.3.4-4 に示す。

表 4.3.4-4 路車機能分担の例（出会い頭）

サービス	1 当車(車載器)	路側インフラ			2 当車(車載器)
		センサ	通信	データ処理	
静的 情報	交差点あり表示		1 当車へ①	交差点有り	
			2 当車へ②	交差点有り	交差点あり表示
動的 情報	2 当車あり表示 ／画像表示	走行中2当車 検知あり③ 画像撮影③	1 当車へ⑤		
		停止中1当車 検知あり⑤	2 当車へ④		1 当車あり表示
	2 当車あり表示 解除/画像表示	走行中2当車 検知なし③ 画像撮影③	1 当車へ⑤		
		停止中1当車 検知なし⑤	2 当車へ②		1 当車あり表示解除



交差点事故防止サービスの実現に際し、車載器を持たない車両に対して不利益を与えない配慮が必要である。検討結果を以下に示す。

- (a) 車載器を保有している車であることを示すステッカーを貼るなど配慮する
- (b) 基本的には車載器を保有する車が急ブレーキをかけても法的にも問題はない

4 章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

4.3.4.2.4 サービスの目標値の設定

今後の開発のため、サービスの目標値を検討した結果を表 4.3.4-5 に示す。

表 4.3.4-5 サービスの目標値（出会い頭、横断中の例）

サービスの要件		性能・信頼性の値	備考(定義など)
1	欠報	20%以下 ただし、誤報より少ないこと	2 当車などを検出できない／検出しても情報がドライバーに伝えられない
2	誤報	20%以下 (欠報より軽い)	2 当車など検出しないのに 2 当車ありなど誤った情報をドライバーに伝える
3	過信	10%以下	ドライバーが情報は 100%正しいとして情報を過信する
4	誤使用	10%以下	ドライバーが本来の情報の利用目的などを間違って利用する
5	多様な検証	環境要因の異なる 10 ケース以上の交差点で検証すること	
6	限界, 副作用	「最終的にはドライバーの目視で安全を確認」などを明記すること	運転中の明示は要検討(かえって負担を掛ける)
7	標準化	車載器などの表示について標準に準拠すること	HMI の標準に留意
8	サービス状態伝達	「サービス開始／中断／終了」など、負担なしてドライバーに伝達	これはサービスを整備していない交差点に対する配慮として重要である
9	ユーザビリティ	車載器を購入際、マニュアルを読めば分かる程度とすること。	操作方法が容易, 操作手順が理解できる, 習熟性がよい
10	PL 法への対策	情報提供は 5 秒以内／回, 情報提供間隔は 3 秒以上, 繰り返し提供は 3 回まで。	(さらに要検討) ドライバーに判断のために時間を与える, 運転リスクの教育

4.3.4.2.5 要素技術の明確化

サービスを実現するシステムに必要な要素技術として、検出系、通信系、データ処理系、表示系について検討した。

中期実現と長期実現の各サービスを提供するシステムのための要素技術の検討を行ったが、特に、インフラライトなシステムの構成に必要な要素技術は、できる限り既存インフラで実績のある技術（既に開発済みのもの）を用いる。長期実現での要素技術については、インフラライトを基調とし、かつ ETC 車載器の多機能化を想定して検討した。

(1) 検出系

検出系のニーズを整理し、既存の検出器として、検出性能が 80%程度の検出器を調査し、検出系の要件を明らかにした。結果を表 4.3.4-6 に示す。

表 4.3.4-6 検出器の要件

項目	超音波センサ	DSRC	RF タグ	可視カメラ
利用時期	中期および長期	中期および長期	中期および長期	長期
コスト	20 万円	通信系に含む	通信系に含む	20 万円
検出対象	車	車、車線(長期)	車、歩行者、自転車	道路、車、歩行者、自転車
方式	回帰反射方式	ASK 方式	アクティブ方式	NTSC 方式
機能	センサ直下の車両の検知	ETC 車載器搭載車両の検知	RF タグ所持者の検知	生画像を利用
性能	検出率 80%以上	検出率 90%以上	道路での実績無し	640×480 画素 ×24 ビット(カラー) を 1/30 秒周期
保守性	1 回/年	1 回/年	1 回/年	1 回/月
実績	道路設置	料金所設置	道路ではなし	監視
課題	自動二輪車、自転車、歩行者の検知には不向き	—	車、自転車、歩行者へのタグの取付けが課題	天候、位置高さ見え方(要実験) 伝送容量

(2) 通信系

通信系のニーズを整理し、表 4.3.4-7 に示す要件を明らかにした。

表 4.3.4-7 通信系の要件

項目	DSRC	無線 LAN	光ビーコン
利用時期	中期および長期	中期および長期	短期
コスト	50 万円	50 万円(検出系、DSRC と複合)	(既存設備の活用)
方式	ASK (/QPSK)	802.11	光
機能	プローブ、双方向通信	センサ、DSRC 等の路側設備間通信	双方向通信機能
性能	狭域/中狭域	中狭域	狭域
保守性	1 回/年	1 回/年	1 回/年
実績	料金所	道路	道路(VICS)
課題	低コスト/広帯域化/電源	マルチパス/電波干渉/セキュリティ	低コスト

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(3) データ処理系

データ処理系のニーズを整理し表 4.3.4-8 に示す要件を明らかにした。

表 4.3.4-8 データ処理系の要件

要件項目	静的情報の処理	動的情報の処理
利用時期	中期および長期	中期および長期
コスト	検出系あるいは通信系と一体化	
処理対象	静的情報	動的情報
方式	汎用/専用プロセッサシステム 検出系/通信系の制御コンポーネントの実現形態による。 たとえば、通信機内蔵の通信専用プロセッサで処理できる程度の処理内容であれば機能兼用できるが、そうでない場合はこれに並行して汎用プロセッサシステム等を搭載し、機能インプリを行う必要がある。	
機能	・情報の格納 ・イベントトリガでの配信制御	イベントトリガでの配信制御
性能	サービス受給者が処理可能な量の情報であること	高速配信性を有すること(サービス受給者の処理可能な時間範囲内に配信できること)
信頼性	・インフラシステムとして十分に耐え得る高信頼性を有すること ・フェールセーフなシステム構成であること(例:障害発生時、サービス受給者/システム保守者に即時にサービス中断が分かる仕組みを有すること)	
保守性	機能更新や情報更新が容易であること	
課題	コンポーネントの実現形態	

(4) 表示系の要件

表示系とは、情報提供サービスにおけるサービス提供側と提供される側、ドライバーのヒューマンインターフェイスのことである。表示系の要件を整理した結果を表 4.3.4-9 に示す。

表 4.3.4-9 表示系の要件

要件項目	音声提示	キャラクタ・アイコン表示	グラフィック表示
利用時期	中期および長期	中期	長期
コスト (1台あたり)	(現行 ETC 車載器の機能を活用)	0~数千円 (現行 ETC 車載器の機能を活用) *注 1	0~数千円 (現行 ETC 連動カーナビの機能を活用) *注 2
機能	・Text to Speech	・文字・アイコンによる情報提示	図形表示 または、ビデオ映像表示
性能	・語彙: 数十語程度 ・音量: 現行 ETC 車載器と同等	・文字数: 数~十数文字のカタカナ(または漢字) ・アイコン: 数種類 ・文字サイズ、輝度: 現行 ETC 車載器と同等	・画素数: QVGA 以上 ・表示色: 256 色またはビデオ再生 ・画面サイズ、輝度、コントラスト: 現行カーナビと同等
実績	現行 ETC 車載器	現行 ETC 車載器	現行 ETC 連動カーナビ
課題	複数情報提示の場合の優先順位付け、提示切り替えの方法		カーナビとの機能切り替え方法

*注 1: 現行 ETC 車載器の中にはキャラクタ・アイコン表示機能を持たない機種が存在する。その場合には、この機能を追加するため数千円のコストアップになると考えられる。

*注 2: 現行 ETC 連動カーナビの ETC 部とカーナビ部の接続インターフェイスの仕様変更が必要な場合、数千円のコストアップになる可能性がある。

4.3.4.3 平成 16 年度実施内容

平成 16 年度は、現状の要素技術や海外の動向等の調査結果を用いて、平成 15 年度に策定したサービスの絞込み及びフィージビリティの検討等を行った。

交差点对策のフェージビリティの検討

現時点で実用化されている要素技術を整理し、ドライバーに求められる情報がこれら現状の要素技術で検出可能か否かの観点で、交差点サービスの策定（絞込み）を実施し、各種実現性に関して検討を行った。

4.3.4.3.1 実現性の分析及びサービス選定

研究内容として、事故要因、要素技術の実現性を分析し、サービス選定を行った。

(1) 事故要因の分析

(a) 死傷事故件数の集計

死傷事故件数を道路構造別に整理し、このうち交差点内事故を事故類型別に集計した結果、死傷事故は交差点での事故が約半数近くを占めた。特にそのうちの約半数が「出会い頭事故」となっている。

次に、出会い頭事故について整理した結果、特に非幹線道路の信号無し交差点で発生頻度が高いことがわかった。

(b) 事故発生要因

交差点内事故の要因パターンについて、事故類型別に整理を行った。

(2) 要素技術の実現性

(a) 要素技術の整理

現状の要素技術の実用レベルについて、自車位置把握方式、検知方式、通信方式、車載器種類別に整理した。

(b) システム方式の検討

AHS 第一期研究開発時の課題として以下の2点が挙げられる。

(ア) 事象の完全把握が1期方式のインフラのみでは困難

(イ) 路車間通信が未普及

上記の課題を踏まえ、実現性の高い対策を検討した。

(3) サービスの展開

(a) ドライバが必要とする情報

交差点での出会い頭事故、右折時事故、歩行者横断中事故の防止に対してドライバーが必要とする情報を、事故の環境要因から抽出した。

(4) サービスの検討

(a) サービス候補の分析

(ア) サービスの分類

各サービス候補を「サービスレベル」、「情報種別」、「表示形態」、「サービス対象者」、「情報ソース」の各項目ごとに分類して整理した。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

表 4.3.4-10 候補サービスの分類

サービス	分類1 (サービスレベル)	分類2 (情報種別)	分類3 (表示形態)	分類4 (サービス対象者)	分類5 (情報ソース)
①電子案内板サービス	AHS-i	静的情報	音声、静止画	1当車+2当車	固定
②出会い頭接近(地図)サービス	AHS-i	静的情報	音声、静止画	1当車	地図
③危険交差点注意喚起サービス-1	AHS-i	静的情報	音声、静止画	1当車+2当車	地図又は固定
③'危険交差点注意喚起サービス-2	AHS-i	静的、準静的情報	音声、静止画	1当車+2当車	地図、配信
④無信号交差点優先順位サービス	AHS-i	動的情報	音声、静止画	1当車+2当車	センサ
⑤出会い頭(カメラ限定検知) 2当サービス	AHS-i	動的情報	音声、静止画	2当車	センサ
⑥出会い頭発進(カメラ限定検知) 1当サービス	AHS-i	動的情報	音声、静止画	1当車	センサ
⑦出会い頭発進(生画像) 1当サービス	AHS-i	動的情報	喚起音、生画像	1当車	センサ
⑧右折(生画像) 1当サービス	AHS-i	動的情報	喚起音、生画像	1当車	センサ
⑨歩行者タ 1当サービス	AHS-i	動的情報	音声、静止画	1当車	センサ(電波)
⑩歩行者 強調サービス-1	AHS-i	動的情報	混合(道路インフラ+車載器表示)	1当車	センサ
⑪歩行者 強調サービス-2	AHS-i	動的情報	道路インフラ	1当車、歩行者	センサ
⑫出会い頭(次世代VICSまたはETC発信)サービス	AHS-i	動的情報	音声、静止画	1当車+2当車	センサ(電波)
⑬一時停止サービス	AHS-c	静的情報	音声、静止画	1当車	地図又は固定
⑭交差点速度 制御サービス	AHS-c	静的情報	音声	1当車	地図又は固定

(イ) サービスの分析

分類項目ごとに有効性・課題を整理した。

(b) サービスの展開

前項までに策定したサービスが、今後どのようなサービスに発展するのかを検討するため、情報の種別および収集・提供手段別に各サービスを整理した。

(c) 有効性の確認

小/中交差点での事故の人的要因を詳細項目別に見ると73%が「安全不確認」である。

(d) 既存施策との比較

ITARDA 資料では、「カーブミラーのある場所で事故に遭った132人に対し、カーブミラーを活用したか否か」を調査している。この結果、「カーブミラーを積極的に活用しなかった」割合は86%と高率であった。したがって、カーブミラーも一定の役割はあるものの、ITS技術の活用には代わるほどの効果はないといえる。

ドライバーが運転に集中していない場合、運転に注意を戻すために

は、視覚情報より聴覚情報がよく、最も有効な方法として喚起音が考えられる。その実現には、車載器が有効である。

(5) 実現性と想定効果

選定したサービス毎に実現方式を仮定して当てはめ、その実現性と想定効果を検討した。

(a) センサ情報提供サービス (1当：出会頭)

センサ情報提供サービスの実現性について表 4.3.4-11 に整理した。

表 4.3.4-11 実現性評価一覧センサ (カメラ限定検知) (1当：出会頭)

評価項目	本サービスの特徴	評価
環境条件(インフラ)	<ul style="list-style-type: none"> ・路車間通信として、DSRC(次世代 VICS)を利用 ・カメラを優先道路に設置 	路車間通信として次世代 VICS は、有望
環境条件(車載器)	<ul style="list-style-type: none"> ・ITS 車載器を想定 ・「GPS 付しゃべる ETC」を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ITS 車載器が有望 ・「GPS 付しゃべる ETC」は、実現不明
適応箇所妥当性	幹線、非幹線の信号なしの事故の多い交差点	幹線道路に係わる場所であり有望
有効性	優先道路を走行中の 2 当車の車速を見誤る、あるいは、見逃して起きる信号なし交差点での出会頭事故の削減	優先道路が複数車線ある場合、手前1車線だけのサービスが違和感ないか評価が必要。また、出力の文言に工夫が必要
実現時期	技術的課題は特になく、設備製作、情報作成期間のみで実現可	技術的課題はなく、早期(2007年)実現可能
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・既設の電柱に DSRC、カメラを設置すれば比較的安価 ・カメラ以外の安価なセンサ 	カメラ以外の安価なセンサの利用は、課題あり
機能	<ul style="list-style-type: none"> ・DSRC 機能 ・カメラ画像による車両検出機能 ・カメラから DSRC までデータを伝送する無線LAN機能 	無線LANは、新しい用途であり、検討要
性能/精度	<ul style="list-style-type: none"> ・DSRC 機能は、非優先道路出口車線をすべてカバー(車線は、2車線まで) ・優先道路のカメラの車両検出は、手前1車線分 	<ul style="list-style-type: none"> ・特に課題なし ・ただし、この用途でのカメラ検知機能の評価は必要

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(b) 画像情報提供サービス

右折衝突防止の実現性について、表 4.3.4-12 に整理した。

表 4.3.4-12 実現性評価一覧 生画像（1当：右折衝突）

評価項目	本サービスの特徴	評価
環境条件(インフラ)	<ul style="list-style-type: none"> ・路車間通信として、DSRC(次世代VICS)を利用 ・主要交差点であれば、フローシステムDSRCとの共用可 ・カメラを対向直進道路に設置 	路車間通信として次世代 VICS は、有望
環境条件(車載器)	ITS 車載器を想定	ITS 車載器は、有望
適応箇所妥当性	幹線道路の信号ありの右直事故の多い交差点	事故多発交差点で有望
有効性	優先道路を走行中の 2 当車の車速を見誤る、あるいは、見逃して起きる信号なし交差点での出会い頭事故の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・徐行、停止時に、画像を見るか不明 ・画像で車速まで判るか不明 ・ドライバは、すでにバックビューやブラインドモニターなどで画像を運転の参考にすることに慣れ始めている
実現時期	技術的課題を明確にする期間が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・早期(2007 年)実現は多少困難 ・但し、ITS 車載器や次世代 VICS に対し画像伝送の仕組みは、事前に要望しておく
コスト	既設の電柱に DSRC、カメラを設置すれば比較的安価	特に課題なし
機能	<ul style="list-style-type: none"> ・DSRC 機能 ・MPEG4 機能 ・カメラから DSRC までデータを伝送する無線 LAN 機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・無線 LAN は、新しい用途であり、検討要 ・MPEG4 の処理時間の評価が必要 ・最適なカメラ設置位置や角度を検討要
性能/精度	<ul style="list-style-type: none"> ・DSRC 機能は、非優先道路出口車線をすべてカバー(車線は、2 車線まで) ・優先道路のカメラ視野は、全車線 100m 程度 	同上
保守性	検知処理が不要なため、検知漏れ、誤検知がなく、保守も簡単	特に課題なし
社会適応性	本サービスは、画像の提供だけで、運転操作判断は、ドライバが行う	ドライバに判断を委ねるため、インフラ、車両の責任は、軽微

(c) 2 当車への情報提供サービス（出会い頭）

2 当車への情報提供サービスの実現性について表 4.3.4-13 に整理した。

表 4.3.4-13 実現性評価一覧 カメラ限定検知（2 当：出会い頭）

評価項目	本サービスの特徴	評価
環境条件(インフラ)	<ul style="list-style-type: none"> ・路車間通信として、DSRC(次世代 VICS)を利用 ・前記、電子案内板の DSRC と共用化可能 ・カメラを非優先道路に設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・路車間通信として次世代 VICS は、有望 ・電子案内板の DSRC との共用化は、電子案内板サービスの実現に依存
環境条件(車載器)	<ul style="list-style-type: none"> ・ITS 車載器を想定 ・「GPS 付しゃべる ETC」を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ITS 車載器が有望 ・「GPS 付しゃべる ETC」は、実現不明
適応箇所妥当性	幹線道路と交わる信号なしの事故の多い交差点	幹線道路に係わる場所であり有望
有効性	幹線道路を走行中の 2 当車の車速を見誤る、あるいは、見逃して起きる信号なし交差点での出会い頭事故の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・2 当車サービスがユーザーに受け入れられるかが課題である。類似システムとして、三重県警のサービスがある。 ・2 当車に情報提供されることを見越して 1 当車が無理に出るようにならないかが課題である。
実現時期	技術的課題は特になく、設備製作、情報作成期間のみで実現可	技術的課題はなく、早期(2007 年)実現可能
コスト	既設の電柱に DSRC、カメラを設置すれば比較的安価、また、DSRC は、プローブシステムや次世代 VICS に相乗りすれば安価	特に課題なし
機能	<ul style="list-style-type: none"> ・DSRC 機能 ・カメラ画像による車両検出機能 ・カメラから DSRC までデータを伝送する無線 LAN 機能 	無線 LAN は、新しい用途であり、検討要
性能/精度	<ul style="list-style-type: none"> ・幹線道路 2 当車への DSRC 機能は、最低第 1 車線をカバー ・非優先道路出口のカメラの車両検出は、出口 1 車線分 	<ul style="list-style-type: none"> ・特に課題なし ・ただし、この用途でのカメラ検知機能の評価は必要
その他	類似システムが三重県で実施	

4.3.4.3.2 フィージビリティ検討のまとめ

フィージビリティ検討のまとめとして、対象サービスの課題について検討を行い、また、サービスの有効性効果を試算し、その他のサービスの実現性についても検討した。

(1) サービスの検討

各サービスを実現化するにあたり、それぞれについて検討すべき課題がある。これらの課題を解決することにより、サービスの実現が可能となる。

表 4.3.4-14 課題一覧

対象サービス	課題
電子案内板	有効性: 交差点進入前の注意喚起の有効性に関しては定量的評価データがない
出会い頭(カメラ限定検知)2当サービス	有効性: 2 当車サービスがユーザーに受け入れられるかが課題である。
出会い頭発進(カメラ限定検知)1当サービス	有効性: 優先道路が複数車線ある場合、手前 1 車線だけのサービスが違和感ないか評価が必要。また、出力の文言に工夫が必要
出会い頭発進(生画像)1 当サービス	有効性: 徐行(5km/h 以下)、停止時に、画像を見るか不明 画像で車速まで判るか不明
右折(生画像)1 当サービス	有効性: 徐行(5km/h 以下)、停止時に、画像を見るか不明 画像で車速まで判るか不明
歩行者タグ 1 当サービス	機能: 交差点から離れる歩行者の情報は不要なことから、簡易な歩行者位置や移動方向検出機能の実現が課題 有効性: タグの普及率が低い時期の有効性や負の効果が不明
出会い頭(次世代 VICS または ETC 発信)サービス	有効性: 車載器の普及率が低い時期の有効性や負の効果が不明

(2) 選定したサービスとその有効性

今回の研究で検討した交差点サービスのサービス導入箇所とサービスの効果試算結果を表 4.3.4-15 に示す。

表 4.3.4-15 交差点サービス導入箇所および効果試算結果

サービス		サービス導入箇所		効果
		初期導入	適用拡大	
センサ情報提供サービス	出会い頭衝突防止支援	幹線道路 信号無し 小規模 事故多発交差点	幹線道路 信号無し 事故多発交差点 信号有大交差点	一般幹線以上 4 万箇所を対象に 6,000 件の事故削減
画像情報提供サービス	出会い頭衝突防止支援	同上	幹線道路 信号無し 事故多発交差点	一般幹線以上 2,500 箇所を対象に 375 件の事故削減
	右折衝突防止支援	幹線道路 信号有り 大規模 事故多発交差点	幹線道路 信号有り 大、中規模 比較的事故の多い交差点	一般幹線以上 5 万箇所を対象に 12,500 件の事故削減
2 当車への情報提供サービス	出会い頭衝突防止支援	幹線道路 青看板設置交差点手前の信号なし交差点で事故が多い箇所	幹線道路 信号なし 小規模 事故多発交差点	一般幹線以上 1 万箇所を対象に 150 件の事故削減
タグ情報提供サービス	歩行者横断中事故防止支援	幹線道路、非幹線道路 信号なし 小規模 事故多発交差点、あるいは地域での重点取り組みエリア	幹線道路、非幹線道路 小学校、老人ホーム近辺 小規模交差点	小交差点 3,000 箇所を対象に 450 件の事故削減

4.3.4.4 平成17年度実施内容

平成17年度は、DS（ドライビング・シミュレータ）、及び、実道でのデータ収集、解析結果を用いて、平成16年度策定した出会い頭サービスの仮説を検証した。それを基に、インフラライトな交差点サービスの有効性や実現性などを検討した。

4.3.4.4.1 DS車両挙動データ収集と解析

平成16年度に導き出した仮説を検証するため、交差点のDS背景データを作成し、DSにより出会い頭のヒヤリハット走行を再現し、その時のドライバ挙動や心理状態を収集し解析した。

(1) DSデータ収集計画策定

(a) 検証仮説の設定

検証すべき仮説を具体的な検証仮説に置き換え、それを解明することとした。

(ア) ヒヤリハット発生要因の分析

検証仮説①：ヒヤリハットは不十分な確認行動時に発生している。

検証仮説②：不十分な確認行動は、車両が来ないのではという思い込みが背景にある。

検証仮説③：ドライバーは目の前にある（容易に予測される）危険事象に対して優先的に対応する傾向がある。

検証仮説④：主観的なヒヤリハットの大きさは、客観的な減速度の大きさと相関がある。

(イ) サービスの事前評価

検証仮説①：警報内容はドライバーに概ね理解されている。

検証仮説②：警報にはドライバーの行動を安全側（減速や余裕を持った確認行動等）に働かせる効果がある。

検証仮説③：自車両位置測定誤差により警報タイミングがずれても受容性に対する影響は少ない。

検証仮説④：有効性と煩わしさの両者を満たすには、警報タイミングの適切な調整や警報内容の工夫が必要である。

(b) 実験のシナリオ

実験シナリオの検討は、ヒヤリハットの発生と警報実験それぞれについて行った。

(ア) ヒヤリハット発生シナリオ

ヒヤリハット発生シナリオの位置関係を図4.3.4-1に示す。

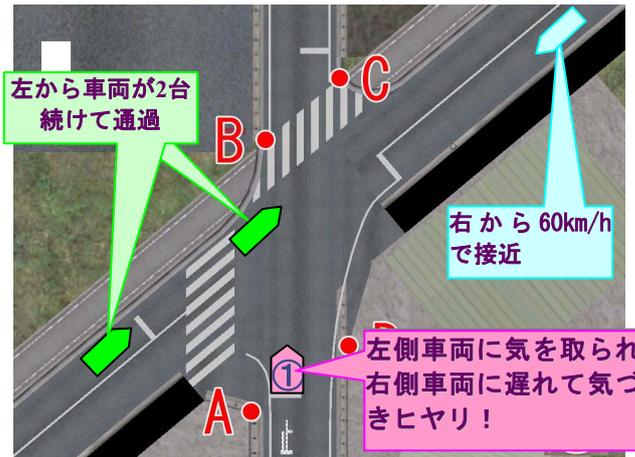


図 4.3.4-1 ヒヤリハット発生シナリオ

(イ) 警報実験のシナリオ

出会い頭サービスの実現性を確認するため、表 4.3.4-16 に示す徳島大方式1、徳島大方式2、AHS 静的方式の静的サービス方式と AHS 動的方式の動的サービス方式の計4つの警報方式について実施した。

表 4.3.4-16 警報実験のシナリオ

警報方式	接近時警報サービス		発進時警報サービス
	徳島大方式(1,2)	AHS 静的方式	AHS 動的方式
情報内容	交差点接近時に、進入速度が高く危険と判断された時点で喚起音(ピピピ)を鳴らす。		交差点発進時に 1 当車が通信範囲内かつ2 当車フラグ存在時に喚起音(ピピピ)を常時鳴らす。
情報提供範囲	車両の進入速度を V 、通常の減速度を α 、サービスの予告時間(発報タイミング)を T_c とすると、一時停止線からサービス開始点までの距離 L は、次の式で表される。 $L = VT_c + (V^2 - V_0^2) / 2\alpha_0$		センサ位置: 交差点から 62m 情報保持時間: 5.6 秒 通信範囲: 頭出し停止位置から 30m の範囲
V_0	7.7km/h	0km/h	
T_c	方式 1: 1 秒 / 方式 2: 5 秒	5 秒	
α_0	0.35G	0.2G	

(2) ヒヤリハット収集数

ヒヤリハットと事故は、29 例収集でき、その内訳は、「とてもヒヤリとした」と「ヒヤリとした」を合わせて 13 例であった。

(3) ヒヤリハットの分析

(a) ヒヤリハットの客観化

主観的なヒヤリハットの大きさと頭出し時(一時停止線を越えてから交差点通過のための発進を開始するまで)の最大減速度には相関があることが明らかになった。

(b) ヒヤリハット時の視認行動

「とてもヒヤリ」や「ヒヤリ」を起こした被験者は、「多少ヒヤリ」や

「ヒヤリなし」被験者に比べ、右方向を視認する延べ時間、1回当たり視認時間共に少ないことが判った。ヒヤリハットは不十分な確認行動時に発生しているといえる。

(c) ヒヤリハットの要因検討

ヒヤリハットを起こした被験者への聞き取りによれば、その原因は、「気付くのが遅れた」45%と「気がつかなかった」32%を加算した77%に対し、「気が付いた」が23%で、約3/4が認知エラーを起こしていた。これは、既知の実際の出会い頭事故の統計データにほぼ同じであった。

また、認知エラーの理由は、「建物や柵などの陰で見えなかった」54%、「他のものに注意していた」26%、「気にしなかった」10%、「その他」10%であった。この結果も、実際の事故統計データ近い値である。DSでも相手車両が来ないのではという思い込みがヒヤリハットの背景にあるといえる。

(4) 事前評価

出会い頭サービスの実現性を確認するため、警報内容の理解、警報による安全側への挙動変化、警報タイミングに関して評価した。

(a) 警報内容の理解

警報内容の理解と解釈を被験者より聞き取りした内容をまとめると次に示す結果となった。

- 警報出力手段としては、単純な喚起音だけでもサービス実施が可能と考えられ、車載器設計に対する制約を減らすことができるが、警報内容を正確に伝えるためには、警報のタイミングは早すぎず遅すぎず最適な値にすることが必要であることが確認できた。

(b) 安全側への挙動変化

警報を与えることで被験者全員が警報後に何らかの運転行動に反映させたと回答した。

警報時の視認挙動に関しては、静的方式と動的方式で結果は異なり、静的方式の警報が交差点での視認行動に良い（安全側の）影響を与えていることは今回検証できなかった。一方、動的方式では、右側の視認時間と1回あたり視認時間が長くなり、安全側に変化する傾向が認められた。

(c) 警報タイミング

警報タイミングの妥当性に関し、被験者の意見をまとめると煩わしさに配慮すれば警報のタイミングは、多少遅い方が好ましく、最適なタイミングは、徳島大方式1と2の中間と思われる。

4.3.4.4.2 実交差点車両挙動データ収集と解析

仮説を検証するため、実道のデータ収集交差点を決定し、出会い頭のヒヤリハット走行を収集し、その時の車両挙動やドライバ挙動を解析し、DS で得た知見の裏付けデータとして活用した。

(1) 実交差点車両挙動データ収集

表 4.3.4-17 に示すようにデータ収集計画を策定し、データ収集を実施した。

表 4.3.4-17 データ収集計画

項目	内容
実験場所	非直轄国道(住宅街)無信号小交差点 1箇所 「兵庫県加古川市別府町別府 580-1 及び 同市平岡町八反田 53-1 に挟まれた交差点」
収集期間	約 50 日間(12 月 27 日~2 月 14 日) (1 週間目に収集結果を中間チェックし、継続可否を判断)
収集時間	朝 6 時 30 分から夕方 17 時 30 分まで(カメラで撮影可能な時間)
収集対象	1 当車(非優先道路)は 4 輪車とする。 2 当車(優先道路)は 4 輪車、2 輪車、自転車とする。
抽出データ	該当交差点通過の車両で、ヒヤリハットの車両、1 当車のドライバ挙動が判る車両を抽出する。また、比較のため、ヒヤリハットの無い通常の車両を抽出する。(原則、ヒヤリハット車両 1 台に対し 1 台を収集) キャリブレーション用データ
収集手段	デジタルビデオ映像 ① 収集カメラ 1: 交差点接近からヒヤリハットまでの 1 当車挙動を収集、ドライバ顔の向きを含む ② 収集カメラ 2: 交差点接近からヒヤリハットまでの 2 当車挙動を収集 ③ 収集カメラ 3: 頭出し停止位置付近の 1 当車ドライバの挙動を収集 ④ 収集カメラ 4: 交差点接近からヒヤリハットまでの 1 当車挙動を後方から撮影し、ブレーキランプの点滅を中心に収集。録画装置へは無線で伝送 ⑤ 収集カメラ 5: 交差点内でのヒヤリハット抽出用で、1 当車、2 当車を同じ画面で広角で収集
収集データ	1 当車: 時刻、位置、速度、加減速度、車種、ブレーキタイミング、減速開始から交差点進入までの時間、交差車両確認可能位置、頭出し停止位置、回数、交差車見送り回数、交差車両 2 台目以降に対する反応、ギャップ(接近程度)、ヒヤリハット事後停止時間、加速開始のタイミング、ドライバの挙動など 2 当車: 時刻、位置、速度、加減速度、車種、避走有無、走行頻度など

(2) ヒヤリハットの分析

DS での解析によれば、心理的ヒヤリハットの強さは、頭出し時の減速度の強さに関連しているとの知見から、実道データからヒヤリハットを抽出する基準として基本的に 1 当車の減速度に着目し実施した。

実道で収集した画像データの中から、車体前方が沈み込む減速をし、さらに、2 当車との位置関係からヒヤリハット事象を抽出した。収集目標としていた 1 当車、2 当車による典型的ヒヤリハットは、3 件収集できた。

通常のドライバと比較しヒヤリハットを検討すると以下の傾向が認められた。

①ヒヤリハットを起こしたドライバは、相手（2当車）の方向の確認が不十分かまったく確認していない。

②左方向の道路は鋭角で見え難いことを意識して何回も確認している。また、対向道路からの車両の接近など、他に気になることがある。それに対し右方向の道路は鈍角で見えた気になっている。

③ミラーは右側は見え難いためか見ていないことが多い。一般的に、鈍角方向のミラーは、角度が浅くなり見え難い場合が多い。

次に、顔の向きに関してヒヤリハット3例と通常の3例を平均化し、比較検討した。

ヒヤリハットを起こしたドライバは、通常（正常）のドライバに比べ、右方向を視認する延べ時間、1回当たり視認時間共に極端に少ないことが判った。ヒヤリハットは不十分な確認行動時に発生しているが、この結論は、DSの場合と同じであり、DSの結果が実道でも裏付けできたといえる。

しかし、実道とDSでの相違点もあり、実道での解析データ数を増やし結果を確かなものとするため、収集を延長し継続する必要がある。

4.3.4.4.3 サービスの概念設計

出会い頭サービスは、接近支援を目指す静的サービス方式と接近支援・発進支援を目指す動的サービス方式に分類できるが、それぞれのサービスの対象範囲、導入条件、特質などの差異を考慮しつつ、サービスの概念設計を行った。また、有効性、受容性、実現性を検討し、設計のための要件を策定した。

検討には、今回DSで収集したデータを用いた。DSを用いて静的サービス方式に関して3種類の方式を比較実験し、動的サービス方式としては、インフラライトなサービスとするため車両検知に簡易なスポットセンサ1個を用いた方式で実験した。実験条件が限られるものの各サービス方式の有効性や実現性のあることが検証できた。

また、DS実験では簡単な喚起音の警報を与え実施したが、警報タイミングを最適に設定することで、簡単な喚起音でも効果があり、サービス実現に当たり警報出力に関しては車載器設計に対する制約を少なくできることが判明した。

4.3.4.5 効果的な事故防止システムに関する技術検討

4.3.4.5.1 システムの対象事故範囲

これまで分析した事故・ヒヤリハットの実態を踏えてインフラライトな出会い頭衝突防止支援道路システムの対象となる事故領域、システムの有効性について検討した。

サービスの対象事故は、信号なし交差点での出会い頭事故が基本である。交通事故統計データに基づく過年度の研究から、年間約14万件もの対象事故が発生していることが判明している。また、出会い頭事故の3/4がドライバの安全不確認で発生していることも分かっており、これが対象領域全体となる。

また、AHSによるサービスの基本コンセプトは、ドライバ（車両）から見えない範囲の情報を提供することであるが、出会い頭事故の場合は3/4を占める安全不確認のうち半分が心理的に見えない（見ない）ことから、物理的に見えない（見えにくい）だけでなく心理的に見えない（見えにくい）範囲まで拡張して考えることとする。

4.3.4.5.2 サービスの有効性

(1) 事故やヒヤリハットの発生要因

ヒヤリハットを起こしたドライバは、通常（ヒヤリハットなし）のドライバに比べ、右方向を視認する延べ時間、1回当たり視認時間共に極端に少ない。ヒヤリハットは不十分な確認行動時に発生しているが、この結論は、DSと実道で同じであり、DSの結果が実道でも裏付けできた。

また、DS実験ではヒヤリとした被験者の8割が、実道では7割強が認知エラーを起こしており、限定的シーンではあるが、仮説（出会い頭事故の3/4は安全不確認であり、車両が来ないと思いついでいる）は、DS、実道両データで検証された。

(2) 想定サービスの有効性

(1)の要因は全て発進時におけるドライバのエラーによるものである。従道路側からみて優先道路の右側から接近する車両は最も危険であるにも関わらず、確認行動が不十分であることから、接近車両の存在をドライバに知らせる必要性は高いと考えられる。

実際に、発進時警報（動的方式）により右側への注意が明らかに増大することが確認された。また、7割以上が警報によりブレーキを踏むなど安全側に行動していることが確認された。

(3) 主観的な評価

警報を体験したドライバを対象とした出会い頭事故に対する有効性は、発進時警報で97%、接近時警報で8割以上（徳島大方式1：84%、徳島大方式2：100%、AHS静的方式：92%）がとても有効またはある程度有効と回答していることから、非常に高い評価を得たと言える。

4.3.4.5.3 受容性の検討

受容性の検討は、警報を受けたドライバの解釈が的確であったか、警報を違和感なく受け入れることができたか等により行う。

発進時警報は9割の被験者が交差車両に対する警報であると解釈している。また、右側車両のみの警報であることに対する違和感は少ないことが判明した。ただし、右側車両のみの警報で良いとする意見は、割り引いて評価する必要がある。実験シーンが右側から危険な車両が来るケースで実施しており、被験者が実験シーンに順応し、被験者の運転挙動と実験シーンの文脈が一致した可能性がある。実際に、実道では、左からの交差車両と右からの交差車両でヒヤリハット発現の比はそれほど乖離していない。

接近時警報（静的方式）に対する解釈や行動はバラツキが見られたが、余裕をもった提供方式（徳島大方式2）の場合は8割が的確な解釈を行い、9割がブレーキを踏むなど良好な評価を得ることができた。警報出力のアルゴリズムを最適に設定すれば、かなりの受容性が期待できそうである。

4.3.5 路車協調システムの道路管理への利活用に関する調査

4.3.5.1 目的

AHS 構成機器を道路管理業務へ利活用することにより既設 CCTV カメラ映像を用いて事象自動監視を図り、日常的な事務所管理業務の負荷低減を図るとともに、並行して取得される車両位置・速度データの事故分析・調査統計業務面への活用やメッシュ単位の路面判定データを用いたパトロール・薬剤散布など路面管理高度化やドライバー情報提供など道路管理業務の一層の高度化にも資することを旨とし、平成 15 年度に導入した AHS 構成機器の効果検証を基にセンサの機能/性能の過不足に関して検討し、道路管理実務面から要求される基本的な項目に関しては機能改修を行い、その効果に対して検証した。

4.3.5.2 平成 16 年度実施内容

路車協調システムの道路管理への利活用に関する調査では、道路管理業務における AHS 構成機器の適用について調査・分析し、改善案を策定することを目的とした。

4.3.5.2.1 道路管理業務の分類と定義

AHS 構成機器の道路管理業務への適用を検討する上で対象となる業務を抽出し、その分類と定義を行った。

(1) AHS 構成機器

前提となる AHS 構成機器を以下に示す。

- (a) 道路状況把握センサ
- (b) 路面状況把握センサ
- (c) 情報提供設備
- (d) 路側処理設備

(2) 検討対象とする道路管理業務

道路管理業務について、定義を行うとともに AHS 構成機器の適用可能性を考慮した上で絞り込みを実施した。検討対象とする業務は以下の 7 業務となった。

なお、検討対象とする業務について、危険事象の検知・収集に関わるもの、路面状況の検知・収集に関わるものに大別した。

表 4.3.5-1 業務の分類

危険事象の検知・収集に関わる業務	路面状況の検知・収集に関わる業務
<ul style="list-style-type: none"> ・パトロール巡視 ・異常気象対応 ・道路の改良 ・道路交通状況把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結抑制剤散布 ・除雪 ・道路交通に関わる情報の提供

4.3.5.2.2 危険事象の検知・収集業務の現状

危険事象の検知・収集に関する業務について、特に AHS 構成機器が適用可能と考えられる事項に関して業務の現状を示す。

(1) CCTV による監視の現状

CCTV 監視の現状運用としては、多数の CCTV 設備が整備されており、今後も台数が増加傾向にあるが、多数のモニタが必要となるため、周期切り替え表示による監視となっている。

(2) 交通安全対策の一環としての道路改良計画

道路改良計画において、特に危険箇所の診断フェーズでは、事故発生時の分析要素としてブレーキや速度超過など当該場所での車両挙動が挙げられている。しかし現状は、事故発生時における事故車両の速度変化やブレーキポイント等といった車両挙動に関する数値データは、定常的には収集されていない。

(3) 計画立案及び達成度評価のためのデータ収集

計画の立案及び達成度評価を行うためには定量的なデータ収集の必要がある。

(4) 交通量計測

主に道路交通センサスの一環として、平日休日における車種別交通量や OD 調査が実施されている。

4.3.5.2.3 路面状況の検知・収集業務の現状

路面状況の検知・収集について、特に AHS 構成機器が適用可能と考えられる事項に関して業務の現状を示す。

(1) 冬季路面管理業務

冬季路面管理業務は、凍結防止剤散布および除雪を中心として体制整備、情報収集、作業出動のフェーズから業務を構成している。

(2) 道路交通に関わる情報の提供

雪・凍結情報をドライバに流し、運転注意・タイヤチェーン装着・迂回等、道路利用者の対策を促すものであり、道路情報板、VICS 情報／ラジオ放送、web 情報などの各種媒体を通じて道路情報が提供されている。

(3) 冬季路面管理業務の達成度評価のためのデータ収集

冬季路面管理業務のうち、特に除雪および凍結防止作業は、道路利用者 に直結した業務であるため、一層のサービスレベルの向上が期待されている。そのため評価目標と計測指標を設定し、サービスを定量的に把握・評価する試みが行われている。

4.3.5.2.4 道路管理業務の分析

道路管理業務について、危険事象および路面状況の検知・収集に関する業務を分析した。

4.3.5.2.5 危険事象の検知・収集業務分析

危険事象の検知・収集に関する道路管理業務について、業務、管理者ニーズの把握、AHS 構成機器の運用から分析した。

(1) 道路管理業務の分析

危険事象の検知・収集に関する業務支援システムでは以下の各項目を実現するものとした。

(a) 危険事象の早期発見

CCTV 画像を道路管理者が目視することで、状況の認識が可能となるが、画像の認識処理による自動監視によって、早期の事象発見が可能となる。

(b) 事故要因の分析

対策箇所選定における状況分析で、事故時の車両挙動を用いた分析が行われていない場合があるが、事故車両の走行挙動、事故発生場所における事故発生前後の情報を利用することで、有効な道路改良計画が可能となるものと考えられる。

(c) 潜在的危険事象の把握と的確な事業評価

(7) 道路交通の円滑化

道路交通の円滑化において、対策事業の結果を定量的に測定することで、的確な事業評価が可能となるものと考えられる。

(4) 安心・安全な道づくり

潜在的な危険箇所を把握し、対策を実施することで、道路交通における死傷事故率の成果が得られるものと考えられる。

(d) 交通流計測

道路管理用途に絞り込んだ小規模な交通量調査が実施できれば、道路管理業務に応用できると思われる。

(2) AHS 構成機器の運用

道路状況把握センサには、可視画像式、赤外画像式、及びミリ波レーダ式があるが、どの方式であっても停止等の危険事象の検知・収集に必要な事象は検出可能である。ただし、CCTV 活用を満足するのは、可視式道路状況把握センサのみである。従って、危険事象の検知・収集に関する道路管理業務に活用する AHS 構成機器は、可視式道路状況把握センサが適している。

(3) 危険事象データ収集装置を活用した道路管理業務

AHS 構成機器（可視式道路状況把握センサ）を活用し、危険事象の検知・収集に関する業務を支援する装置を危険事象データ収集装置と定義した。

危険事象データ収集装置を活用した場合について検討した。

(a) 事象発生時の通知・通報

システムによる自動検知により、事象発生から最短 5 秒程度（仮目標値）で検知され、アラーム通知される。

(b) 事故発生後などの分析

パトロール車派遣による現場確認及び監視モニタによる目視確認の代わりに、危険事象データ収集装置に蓄積された危険事象発生時の画像データ及び車両挙動データを用いた分析を行う。

(c) 予防対策及び事業評価

危険事象データ収集装置に蓄積された事業前後の危険事象データを用いた定量的な事業評価が可能となると思われる。また、車両挙動を用いた潜在的危険を把握することが可能になるため、事故の予防対策も可能になる。

(d) 交通流計測

管轄道路の交通流を計測することが可能なため、道路維持業務の修繕道路予測、安全業務の交通安全対策などの道路管理業務に応用できる。

4.3.5.2.6 路面状況の検知・収集業務分析

路面状況の検知・収集に関する道路管理業務について、業務、管理者ニーズの把握、AHS 構成機器の運用から分析した。

(1) 道路管理業務の分析

路面状況の検知・収集に関する業務を支援するシステムでは、以下の項目を実現するものとした。

- (a) 路面状態の面的広範囲監視
- (b) 路面状態のビジュアル表示
- (c) 路面変動の履歴管理

(2) 道路管理者ニーズの把握

道路管理者ニーズの把握を行った結果、以下の6ニーズが選出された。

- (a) 既存設備の有効活用 (CCTV)
- (b) 路面状態の面的把握
- (c) 路面状況のビジュアルな情報提供
- (d) 路面状態の自動監視
- (e) 路面変動の履歴管理
- (f) 操作性に優れたヒューマンインターフェース (HMI)

(3) 路面状況検知・収集システムを活用した道路管理業務

AHS 構成機器 (可視式路面状況把握センサ) を活用し、路面状況の検知・収集に関する業務を支援する装置を路面状況データ収集装置と定義した。

路面状況データ収集装置は、以下の事項へ活用するものである。

- (a) 凍結防止剤散布タイミングの適正化
- (b) 冬期路面管理業務の達成度評価指標への適用 (凍結防止剤散布の適正化)

4.3.5.2.7 道路管理業務への道路管理支援センサの適用

道路管理業務への道路管理支援センサ（危険事象データ収集装置、路面状況データ収集装置）の利用を行うためのシステム定義を行った。

また、平成15年度に設置導入した危険事象データ収集装置、路面状況データ収集装置について、導入効果及び運用状況を整理した。次項以下に示す。

4.3.5.2.8 危険事象データ収集装置

危険事象データ収集装置について、導入効果及び運用状況を整理した。

(1) 危険事象データ収集装置のシステム定義

(a) 装置の目的

危険事象データ収集装置の目的は、危険事象の早期発見、事故要因の分析、潜在的危険事象の把握と的確な事業評価、交通流計測である。

(b) 装置の使用前提条件

装置の使用前提条件として、気象条件、サービス提供時間、周囲温度、周囲湿度、可視画像装置の揺れ許容度、可視画像装置の仕様を規定した。

(c) 装置の構成

危険事象データ収集装置は、以下の機器によって構成する。

(ア) 画像処理装置：検出処理部、追跡処理部

(イ) データ蓄積装置：蓄積部、記録部

(ウ) 収容架：19 インチラック、無停電電源装置、電源部

(エ) 道路管理用端末：ノート PC、プリンタ

(d) 危険事象データ収集装置の機能・性能

危険事象データ収集装置の機能・性能について検討した。

(e) 外部装置インタフェース

危険事象データ収集装置と、外部装置との間のインタフェースを以下に示す。

(ア) CCTV カメラ制御情報：IEEE802.3u 10BASE-T/100BASE-TX

(イ) リモート制御情報：INS または ADSL、シリアルインタフェース

(f) 可視撮像装置の機器設置・配置基準

危険事象データ収集装置に用いる可視撮像装置の配置条件として、撮像方向、設置間隔、設置高さ、路側設置位置、周囲構造物との関係について規定した。

(g) 検査基準

危険事象データ収集装置に関する製造メーカーでの工場検査及び据付調整後の検査について、検査項目を定めた。

(h) 保守・運用

危険事象データ収集装置の保守・運用について、計画及び内容を明確化した。

(2) 道路管理業務支援センサの導入効果

- (a) 導入箇所と導入の目的
 - 全国地方整備局へ監視する目的で整備されている CCTV に対して、危険事象データ収集装置の適用を実施した。
 - (b) 導入効果測定項目の抽出
 - 危険事象データ収集装置の導入効果測定項目として、時間短縮及び負荷軽減を抽出した。
- (3) AHS 構成機器の評価
- (a) 危険事象の早期発見
 - 事象発生を即時検知するため、事務所又は出張所等への連絡・通報が短縮される。時間短縮効果は平均して 30 分程度と考えられる。
 - (b) 事故要因の分析
 - 事象の検知と併せて画像等の記録を行うことができるため、事故発生後に、事故状況の確認を行うことができる。
 - (c) 潜在的危険箇所の把握
 - 長期間に渡って停止車や避走などのデータを蓄積することができるため、潜在的危険箇所の把握を行うことが可能となる。

4.3.5.2.9 路面状況データ収集装置

路面状況データ収集装置について、導入効果及び運用状況を整理した。

- (1) 路面状況データ収集装置のシステム定義
- (a) 装置の目的
 - 路面状況データ収集装置の目的は、冬季路面管理業務の効率化、道路利用者への情報提供である。
 - (b) 装置の使用前提条件
 - 装置の使用前提条件として、気象条件、サービス提供時間、周囲温度、周囲湿度、可視画像装置の揺れ許容度、可視画像装置、CCTV カメラ制御装置、路面温度計の仕様を規定した。
 - (c) 装置の構成
 - 路面状況データ収集装置は、以下の機器によって構成する。
 - (イ) 画像処理装置
 - (イ) データ蓄積装置：蓄積部、記録部
 - (ウ) 収容架：19 インチラック、無停電電源装置、電源部
 - (エ) 道路管理用端末：ノート PC、プリンタ
 - (d) 路面状況データ収集装置の機能・性能
 - 路面状況データ収集装置の機能・性能について検討した。
 - (e) 外部装置インタフェース
 - 路面状況データ収集装置と、外部装置との間のインタフェースを以下に示す。
 - (イ) CCTV カメラ制御情報：IEEE802.3u 10BASE-T/100BASE-TX

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(イ) 路面温度データ情報：IEEE802.3u 10BASE-T/100BASE-TX

(ウ) リモート制御情報：ISDN または ADSL シリアルインタフェース

(f) 可視撮像装置の機器設置・配置基準

路面状況データ収集装置に用いる可視撮像装置の配置条件として、設置位置、路側設置位置、連続設置の間隔について規定した。

また、路面温度計の設置基準及び配置について、設置数、設置位置の規定を行った。

道路照明灯の設置基準及び配置について、設置間隔、設置位置の規定を行った。

(g) 検査基準

路面状況データ収集装置に関する製造メーカーでの工場検査及び据付調整後の検査について、検査項目を定めた。

(h) 保守・運用

路面状況データ収集装置の保守・運用について、計画及び内容を明確化した。

(2) 道路管理業務支援センサの導入効果

(a) 導入箇所と導入の目的

全国地方整備局において、以下の目的によって、路面状況データ収集装置の適用を実施した。

(ア) 冬季路面管理業務の効率化

(イ) 道路利用者に対する情報提供

(b) 導入効果測定項目の抽出

路面状況データ収集装置の導入効果測定項目として、時間短縮、負荷軽減、路面品質の均一化、情報提供による利便性向上を抽出した。

(3) AHS 構成機器の評価

(a) 冬季路面管理業務の支援

路面状態の変化を検知した時点で発報することができるため、凍結や積雪状態となってから監視職員が認識するまでの時間短縮効果があった。また、監視職員が CCTV 画像を注視する路面監視業務の負荷軽減の効果が得られた。

(b) 情報提供による利便性・安全性の向上

検出結果画面（メッシュ画像）に対する道路管理者インタビューの結果、路面状態が直感的に分かり易く、ドライバーの視点に近いとの意見が多く、WEB 公開に適していることが判明した。また、道路利用者へ情報提供できる品質を満たしていることを確認した。

4.3.5.2.10 AHS 構成機器の課題・要望と改善

平成 15 年度に全国地方整備局国道事務所へ導入した道路管理業務支援センサ（危険事象データ収集装置、及び路面状況データ収集装置）に関する課題・要望を抽出し、改善項目を整理した。

(1) 危険事象データ収集装置改善項目の整理

抽出した課題に対して、今回の業務適用時に新たに発生したものか、全国で汎用的に有効であるか、技術的難易度を考慮して実現可能か、改善機能が有効であるか、などの観点から課題及び要望の絞り込みを行った。結果を表に示す。

表 4.3.5-2 危険事象データ収集装置の改善項目

分類	改善項目
監視作業の効率化	・アラーム機能 ・蓄積部遠隔操作機能 ・事象画像メール機能 ・装置 ID 設定機能
分析・解析作業の効率化	・事象発生前後データ記録機能 ・データ重畳機能 ・事象履歴表示機能 ・自動統計処理機能 ・画像一覧表示機能
装置の機能性能向上	・避走パラメータのエリア別設定機能 ・車両区分による交通量統計機能
装置の有効活用	・記録／蓄積データ自動更新機能 ・時刻情報選択機能 ・記録事象選択機能 ・JST 時刻表示機能

(2) 路面状況データ収集装置改善項目の整理

抽出した課題に対して、今回の業務適用時に新たに発生したものか、全国で汎用的に有効であるか、技術的難易度を考慮して実現可能か、改善機能が有効であるか、などの観点から課題及び要望の絞り込みを行った。結果を表に示す。

表 4.3.5-3 路面状況データ収集装置の改善項目

分類	改善項目
監視作業の効率化	・WEB 表示による過去データ表示機能
分析・解析作業の効率化	・WEB 表示によるリアルタイムトレンドグラフ表示機能 ・WEB 表示による気温表示機能
装置の機能性能向上	・薬剤散布後の路面再凍結／橋梁・土工部の温度差検証 ・木影による湿潤誤判定の回避機能 ・夜間メッシュ判定機能

4.3.5.3 平成 17 年度実施内容

道路管理に関する検討について、危険事象データ収集装置による事象発報、路面状況データ収集装置による事象発報を検討した。

4.3.5.3.1 危険事象データ収集装置による事象発報

(1) 事象発報の考え方

事象発報の扱いには発報されたあとの情報の利用方法によって以下の 2 種類の考え方がある。

- モニタとして利用する

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

● 警報として利用する

モニタとして利用する局面は、事実をそのまま監視する場合やログデータとして蓄積し、状況分析等の目的で事後に利用する場合などが想定できる。この場合は、装置が発報する事象を加工することなく利用することになる。

一方、警報として利用する局面では、道路上の異常状態あるいは危険状態を適切なタイミングで管理者が認識することが重要であり、装置が発報するタイミングとは必ずしも同一であるとは限らない。この差について検討を行い、管理者が使いやすい事象発報の定義を行った。ただし、以下をその前提として考慮する。

- 事象発生時は「安全優先」の考え方で速やかに発報する。
- 一旦発報された事象は事象解除の誤検出によって解除されてはならず、「安全優先」の考え方を解除条件に取り入れる。

(2) 事象発報データ解析

一度渋滞が発生すると停止事象の発生/解除と渋滞事象の発生/解除が混在し、かつ短時間の発報が繰り返し行われている。更にこのような状態が長時間にわたり継続する可能性があることがわかった。

このことから、危険を伴う重大な状態変化が原因の発報が、既知の原因等による発報のなかに埋没してしまい、発報の度にモニタを確認しなければならない。道路管理者の多大な時間と労力によってのみ、重大な状態変化が抽出できるという問題点が浮き彫りとなった。

このことから、多くの事象検出結果から有意な事象のみを発報させることが課題となった。

(3) 事象発報方法の検討

道路管理者にとって「多くの事象検出結果から有意な事象のみを発報させる」と言う課題に対しての対応策として以下の3つについて技術的な要素を含めた実現の可能性、安全性、結果の有意性等を考慮し検討した。

- (a) 検出パラメータを変更/追加する
- (b) 管理者の意思で発報を抑制する仕組みを新たに追加する
- (c) 従来の検出・判定処理はそのまま新たなフィルターを追加する

さらに(c)について詳細検討を行った。

新たなフィルターを追加することは、3つの検出事象（停止/渋滞/避送）に対して下記の2つを行うことで、必要なときにのみ発報みされて発報自体の有意性を高める効果が期待できる。

- 発報事象の解除タイミングの適正化
- 発報の優先順位付けで事象が重複している際の発報抑制

優先順位は、重複して発生する可能性の重み付けから「渋滞>避走>停止」と定めた。

発報事象の解除タイミングの適正化は、事象解除を検出してから一定時間発報を待ち、その間に同一の事象発生が検出されれば事象が継続してい

ると判断し、事象解除及び事象発生の再検出の発報を抑制する発報時間延長処理を採用した。データ解析の結果得られた場所ごとで適切と思われる時間でシミュレーションを行った。

シミュレーションの結果より、フィルターを通すことで渋滞事象は 16～64%、避走事象は 49%、停止事象は 7～54%に発報回数が減少しており、このことから、短時間での繰り返し発報が抑制されていることが読み取れる。

発報の優先順位付けによるより高い優先事象によって他の事象の発報が抑制される効果と、発報解除のタイミングを変えることによる短時間での繰り返し発報を抑制する効果の予測がシミュレーション結果で裏付けられた。また、優先順位の低い事象の発報中でも、より発報順位の高い事象が発生すれば新たに発報されることも示されている。

今回検討してきた手法は、事象発報回数は減少させるが、重大な状態変化が原因の発報は抑制しない。その結果、発報の有意性が高まり、道路管理者にとってより使いやすくなったと判断できる。

4.3.5.3.2 路面状況データ収集装置による事象発報

路面状況データ収集装置の現状の事象発報方法では、利用者（道路管理者）から「発報回数が多い」、「発報し続ける」、「短時間で事象が変化し、そのたびにメール着信やポップアップ表示があり、煩わしい」などの指摘を受けたため、事象発報の現状を把握・整理し、事象発報方法についての検討を行った。

(1) 事象発報の考え方

事象発報の考え方については、4.3.1 の危険事象データ収集装置による事象発報で考えられた利用方法と同じ定義を使用した。

(2) データ解析箇所の選定（絞り込み）

データ解析箇所は東北地方整備局管内の秋田河川国道事務所の 5 カメラとした。

(a) 映像取得期間：平成 17 年 2 月～平成 17 年 3 月

平成 16 年度の現地検証で取得したデータを使用した。

(b) データ取得場所：秋田県 一般国道 46 号 CCTV カメラ

(c) 対象システム：道路管理用「路面状況データ収集装置」

(3) 事象発報データ解析

データ解析の結果、「積雪⇄凍結」の変化が短時間に繰り返すなどの生情報をそのまま発報しているため、重要な危険状態への変化がはっきりせず、道路管理者はこの状態を把握するため常時端末を監視するなど、多大な時間と労力を必要としていることが分かった。道路管理者にとって重要な、「危険状態への変化という必要な状態のみを見極めたい」という課題が発生している。

(4) 事象発報方法の検討

発報基準の設定として事象の発報／解除のルールを考え、既を取得した

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

データにこのルールを適用してシミュレーションを行い、その効果を検証した。

(a) 事象発報／解除ルールの検討

事象の発報では優先順位が重要であり、道路管理者にとって重要な事象の優先度は「凍結→積雪→湿潤→乾燥」となり、凍結に関しては最も危険な事象として、凍結が発生したらその時点で直ぐに危険事象への変化として警報を発報すべきである。

事象を発報する場合については、以下の2種類を発報すると想定した。

- 事象が危険な状態に遷移した場合→「危険」事象になったことを発報
- 危険でない状態に遷移した場合 →「危険」が解除されたことを発報

(b) シミュレーション

検討した事象発報／解除のルールをデータ解析に使用したデータに適用し、事象発報解除の持続時間を5分と10分に設定してシミュレーションを行った。シミュレーション結果より、上位事象連続時間を長くすれば事象発報回数を減少させられることが分かったが、以下の問題が考えられる。

- センサの一時的誤判定により上位事象連続時間延長の間、誤発報が続く
- 周囲の変化（気温、路面温度の変化など）への追従ができず、上位事象連続時間を延長している間、誤発報になる

これらを回避するために、通常のテレメータなどの発報間隔（5分～10分程度）を参考にしつつ周囲の環境変化への追従を考え、路面温度計のデータ収集周期の10分に上位事象連続時間を設定することが適切と考える。

しかし、実際の設定に際しては、現場における個々の運用全体に留意し、道路管理者に違和感の内容に決定していくことが望ましいと考える。

(5) アンケート

今回の事象発報定義で検討した内容は道路管理者にも受け入れられ、検討結果が正しいことが裏付けられた。ただし、「不要な時間帯や時期などには発報を抑えたい」など、運用に関わる機能の追加意見も出てきており、地域差や検出対象に対する重要度などを考慮して、道路管理者の要望を加味した個別の改良を加えていく必要もあることがわかった。

4.3.6 合流支援システムに関する調査

4.3.6.1 合流部におけるニーズ調査

4.3.6.1.1 合流部の実情調査

(1) 既存サービスの実状調査

合流支援サービスのリクワイアメントの策定にあたっては国内外の既存サービスの実状を調査し、これらを評価した上で実施することが必要である。西瀬戸自動車道西瀬戸尾道 IC は国内で唯一の分合流支援サービスを実施している箇所であり、ここでの下り方向のランプ内合流部では、一方のランプの走行車両を検知して、他方のランプ走行車に合流車の存在を表示板で提供している。

このサービスを分析することにより情報提供による速度の変化、実際の合流挙動など、合流支援サービス検討の基礎的な資料となる可能性がある。そこで、個々の走行車両の挙動を表示板の表示状態とともに観測し、合流部の情報提供の車両走行への影響を観測し合流支援サービスに反映することを目的とし実地調査を実施した。

調査にあたっては、休日（平成13年6月24日（日））と平日（6月25日（月））の2日間実施し、トラフィックピーク時、トラフィックオフピーク時を含む7時から17時まで観測を行った。

本調査により以下の事項が判明した。

(a) 情報板「接近車両警告通知」について

注意喚起の標識として十分機能していると考えられる。これは「合流車接近」表示条件時全ての場合において、「スピード落とせ」の表示条件時より平均速度が小さいことよりその効果が示されていると理解される。また、この機能は都市間および都市内インターチェンジで夜間などには十分使える機能である。

(b) 都市内、都市間合流部での支援サービスについて

合流部において一般的には危険な事象と思われる停止が行われており、合流車両全体の25.6%に達している。この中には、遭遇車の前に入る、車列の間に入るという場合に停車するということがなされており、事故につながり得る事象である。西瀬戸尾道 IC のように車両密度が小さい場合は安全性、円滑な交通流を確保する場合は問題が発生していないが、都市内、都市間のインターチェンジでは車両密度も高く、本線、合流車線の相互が視認できないなど合流条件は厳しい。都市内、都市間高速の合流にあたっては、車間距離の確保、速度差を減少されるサービス手段が必要である。

(2) 合流部の実情調査

一般道（直轄国道）を対象とすると、形状、事故データとも詳しい物が無く、問題点が曖昧となる可能性が危惧される。従って、合流部の設置に

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

対する制約が多く、また詳細なデータがそろっているME Xを対象に実施することとした。

具体的には、合流部の構造の調査、合流部の特徴に基づいた事故分析を実施し、問題のある合流部の特徴の抽出を実施し、下記の結論が得られた。

(a) ME X合流部の特徴

設計基準からすると、道路構造令、旧日本道路公団（JH）の設計基準などと遜色無く、合流部に対する安全性の確保は考慮されている。

実体としては、平均加速車線長などは設計基準を満たしておらず、またカーブとの複合合流部が多いなど、必ずしも安全性が確保されているとは言えない。ビルの存在など環境上の制約が厳しいことと、現状の設計基準策定以前に設置された合流部が多いことが、上記原因と考えられる。

(b) 事故分析結果

平成9年から13年のME Xで発生した全事故データを基に分析した結果、合流部全体での事故発生件数は全体の10%、事故率は全体と比較して1.2倍と合流部における事故発生が特段に多いとは言えない。

しかし、合流部の構造などに着目すると、特定の構造をしている合流部で特徴的に事故率が高いことが分かった。

- 本線側がカーブしているなど、本線側から合流部の事前確認が難しい合流部で事故率が約2.2倍
- 合流部に至るまでに十分な加速が得られないなど、本線側との速度差が大きいと予想される合流部での事故率は約1.7倍

となっており、両者が重なっている合流部では、事故率が3倍以上となっている。

(c) 調査の纏め

合流部の実情調査を行った結果、以下のことが分かった。

- 実施例の調査から、情報板による単なる注意喚起サービスでは出会い頭的な事故に対する効果は認められるが、連続的な合流挙動を前提としたドライバの負荷低減等への効果は期待できない。
- 事故調査とアンケート調査から、問題がある合流部へのニーズとして、
 - a) 合流部の位置と状態を事前に知りたい。
 - b) 合流車両の有無を事前に知りたい。
 - c) 合流車両に合わせた事前調整（減速・避走）の必要性を事前に知りたい。
 - d) 本線側で事前に調整してほしい。
 - e) 本線側の状態（後方接近状態）を事前に知りたい。等が抽出された。

4.3.6.1.2 導入効果の検討

(1) ドライビングシミュレータ (DS) による評価

合流支援サービスの策定にあたっては第一ステップとし先ずドライバの合流挙動に関する基本データを予め取得し、それをリクワイアメントへ反映すること、第二ステップとしこれに基づき検討されたサービスに対する成立性・有効性の検証、システムの検証を行うことが必要である。

シミュレーションの結果以下のことが明らかになった。

(a) 道路環境とヒヤリハット、安全性との関係

- 合流長が短いとヒヤリハット、事故が増加する。
- 合流側、本線側が相互視認できないと事故増加する。

これは MEX のアンケート結果と良く一致し、合流支援サービス導入優先順位づけの条件となる。

(b) 合流時交通環境とヒヤリハット、安全性との関係

- 本線速度が早くなると合流側事故増加する。
- 本線では単独走行時は合流側が遅いほど、複数台走行時は速度差が小さいほど安全と感じる。
- 合流側は本線車両より 10~20km/h 程度遅く合流すると安心感が高くなる。他の場合はヒヤリハット、事故が増加する。

(c) ドライバ特性

- 女性ドライバの方が不安感大、事故を起こし易い。

(d) 運転操作とヒヤリハット

- 平均二乗加・減速度が小さいと安心感が増える。

以上から、合流支援サービスは以下の要件を満足するのが望ましい。

(a) 合流時車間距離を大きくし、相対速度差が小さい走行をサポートするサービス。

(b) 平均二乗加・減速度の小さい走行をサポートするサービス。

(2) S I P Aによる評価

S I P Aにガイドライトサービスの疑似モデルを組み込み、MEX狩場線上り花之木ジャンクションをモデルに、シミュレーションを実施サービスの影響評価を行い、下記結論を得た。

- 合流支援サービスに対しての利用率が30%~70%の時には、交通流に多少の悪影響はみえるが、TTCが4秒以下の錯綜的挙動が2/3~1/2以下に減少し、安全性への大きな改善が見られる。

(3) 都市内高速道路利用者に対するアンケート

首都高速道路は、合流部までの距離が短い、お互いの車線の可視性が悪いなどの理由により合流が難しい箇所がある。従って、事故数は合流自体が同方向を向いているため決して多くないものの、ヒヤリハットに遭遇する頻度は多いと推定される。分合流支援サービスを検討するにあたってアンケート調査により、ヒヤリハットの遭遇頻度を定量化、CVM (Contingent Valuation Method) 法により料金支払意思を確認し、社会受容性を定量化し

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

た。3700 の配布に対し 224 の回答 (6.1%) の回答を得た。

アンケートの結果以下のことが判明した。

(a) ヒヤリハットの遭遇頻度は高い

回答者の約 80%は業務用で首都高を利用しており、週 3~4 回の利用者が約 70%に達する。このような馴れの多い状況であっても 100 回の走行に対し合流側 3.3 回、本線側 2.9 回とヒヤリハットへの遭遇回数は高い。また、20 才台、高齢者の遭遇頻度が高い。

(b) 料金の支払意思是潜在受容を含めると約 5 割に達する

約 3 割の人が、オプションとして料金を支払っても「合流部に接近する本線車あるいは合流車の存在を事前に検知し、ドライバに警告する機能」を利用したいと回答している。一方で、約 50%の人がサービスを利用したくないと回答しているが、内約 40%の人がヒヤリとする事象の回避に疑問を持っており、確実なサービスができれば約 5 割の人が利用する潜在可能性がある。

(c) 具体的料金支払額

サービスの利用意思を持つ人のうち、約 80%の人が 10 円であれば利用したいと考えている。平均支払意思額は 43 円程度である。

(d) 合流し難いと回答された箇所

トップ 5 は新宿 (4 号線、上り)、上野 (1 号線、上り)、東池袋 (5 号線、下り)、初台 (4 号線、下り)、土橋 (神奈川線、下り) の順。

合流し難い理由のトップ 5 は以下のとおりであり、合流支援サービス導入候補条件となる。(括弧内は回答者数で複数回答を許している)

- 合流長が短い。(50)
- センタランプ。(40)
- カーブ部に合流がある。(33)
- 本線との速度差が大きい。(26)
- 相手が見えない。(17)
- 料金所からの距離が短い。(13)

4.3.6.2 サービス及びリクワイアメントの検討

「ドライバの負荷低減」をサービスの主目的とし、合流部におけるドライバニーズに基づいて、提供すべき情報の検討を行い、リクワイアメントの見直しを行った。

リクワイアメントそのものに関しては、情報提供を前提としているため大きな修正は生じなかったが、リクワイアメント導出における検討過程が整理されたため、具体的なサービスイメージをより明確に出来た。

以下に、必要とされるサービスの整理・類型化とリクワイアメントの見直しについての検討結果を示す。

4.3.6.2.1 必要とされるサービスの整理・類型化

問題点の分析とニーズの整理結果を基に、合流部の部位毎にサービスの類型化を行った結果を、表 4.3.6-1 に示す。

表 4.3.6-1 合流支援サービスの類型化

部位	ニーズ	サービス内容		
		提供情報	目的	
合流側	本線側後方接近車両の状況を知りたい。	本線側後方接近車両の有無を伝達	注意の喚起	
		複数の本線側後方接近車両の状況・自車両との関係を連続的に伝達	判断の支援	
	安全に入れるタイミングを知りたい。	本線側後方接近車両の状況に応じて、合流(発進)の可否を伝達	操作の指示	
	合流部終端を正確に知りたい。	合流部終端が明確でない合流部の場合に、終端を表示	注意の喚起	
本線側	合流部手前	合流部の存在、形状、状態などの情報を提供	注意の喚起	
	合流部近傍	合流車両との干渉の可能性を、事前に情報提供	注意の喚起	
	合流部直近	合流車両の出現の有無と、そのタイミングを事前に知りたい。	合流車両の出現のタイミングもしくはその状態を事前に詳しく提供し、避走・速度調整の必要性などの判断材料を提供	判断の支援
		事前調整のために、合流車両の有無とその状態を連続して知りたい。	前方を走行する合流車両の位置、速度などを、自車両との関係が分かる形で連続的に情報提供	操作の支援を目的
		速度調整・避走の必要性を知りたい。	合流車線を走行している車両との関係に応じて、速度調整・避走の必要性を指示	操作の指示

4.3.6.2.2 サービスの具体化

調査を通じて明らかになった合流支援サービスの類型化を基に、サービスの目的、提供情報、支援レベルなどを明確にし、具体的な情報提供手段の検討と具体的なサービスイメージの作成を行った。

(1) 必要とするサービスの目的の整理

サービス類型化の結果を再整理し、サービス目的の抽出を、本線側、合流側それぞれについて実施した。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

(a) 本線側への情報提供の目的

- 合流部の存在・形状・状態などを事前に知らせる、注意の喚起
- 合流車両の存在を事前に知らせて注意を促す、認知の支援
- 合流車両の状態を事前に詳しく提供し、避走・速度調整の必要性などの判断材料を提供する、判断の支援
- 合流車線の車両の走行状態などの情報を連続的に提供し、合流車両との車間調整、避走などの操作を支援する、操作の支援
- 合流車両の出現を事前に知らせ、避走などを促す、注意の喚起
- 合流車の出現に合わせて、避走指示を行う、操作の指示

(b) 合流車両への情報提供の目的

- 後方から接近する本線側走行車両の有無を知らせて注意を促す、認知の支援
- 本線走行車両の接近状態を事前に詳しく提供し、速度調整などの操作判断材料を提供する、判断の支援
- 本線の走行状況を基にした、合流開始の可否を指示する（一種のランプメタリング）、操作の指示

(2) 必要とされる情報提供の内容の整理

サービスの類型化から、提供する情報の内容の整理を、本線側、合流側それぞれについて実施した。

(a) 本線側へ提供する情報の内容

- 合流部の存在とその形状・状態などの事前予告情報
- 合流車両の存在とその状態などの事前情報
- 合流車線の合流車両走行状態などの操作支援の情報
- 合流車両の状況を基にした、避走指示の情報

(b) 合流車両へ提供する情報の内容

- 本線側後方接近車両の状態（特に複数車両の走行状況）の情報
- 本線側走行車両の後方接近状況などの情報
- 本線側の走行状況（場合によっては指示状況）に応じた、合流可否の操作指示の情報

(3) 情報提供手段の分析整理

情報提供手段に要求される機能は、情報提供の目的（提供情報内容）によって異なる。

情報提供の目的と情報提供手段に要求される内容をまとめた。

サービスを類型化し合流部への適用の可能性を検討した結果を、表 4.3.6-2 に示す。

表 4.3.6-2 情報提供手段の類型化

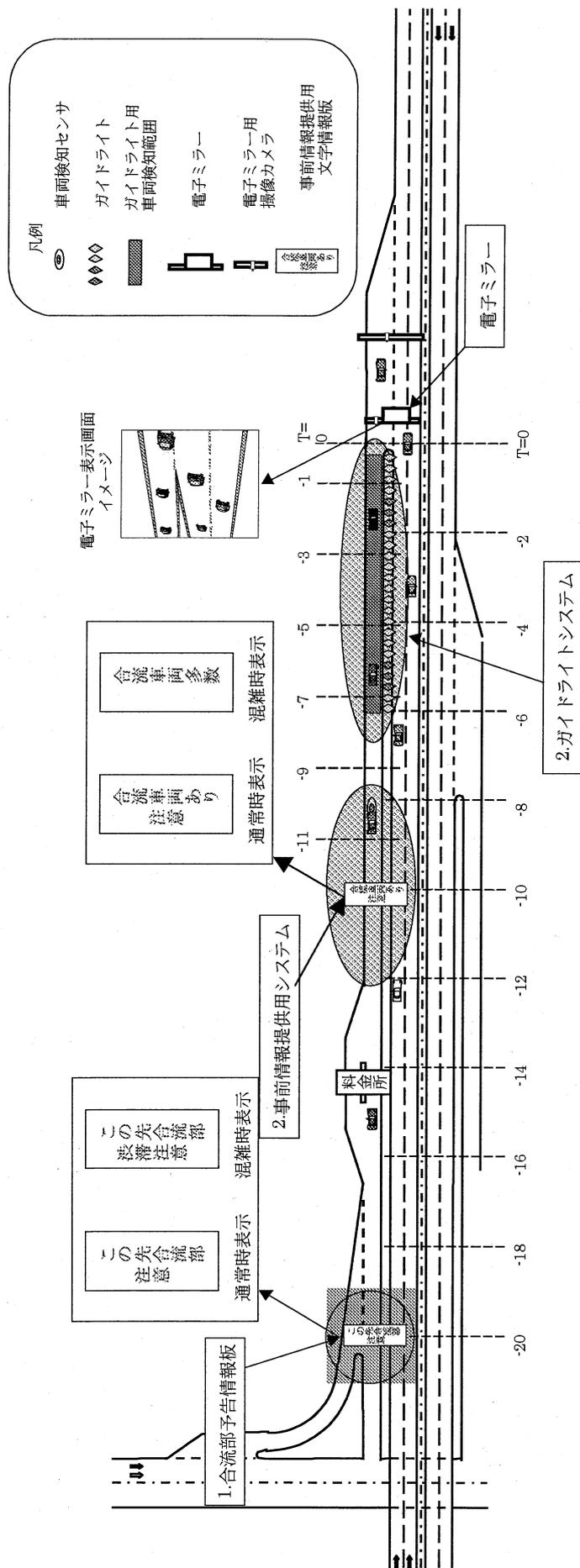
部位		サービス内容		適用情報提供手段
		提供情報	情報提供の目的	
合流側	合流部直近	本線側後方接近車両の有無を伝達	注意の喚起	可変文字情報板 図形情報板
		複数の本線側後方接近車両の状況・自車両との関係を連続的に伝達	判断の支援	図形情報板(表示灯) ガイドライト 電子ミラー
本線側	合流部手前	合流部の存在、形状、状態などの予告情報を提供	注意の喚起	可変文字情報板
	合流部近傍	合流車両との干渉の可能性を、事前に情報提供	注意の喚起	可変文字情報板 図形表示板
	合流部直近	合流車両出現のタイミングもしくはその状態を事前に詳しく提供し、避走・速度調整の必要性などの判断材料を提供	判断の支援	図形表示板 表示灯 電子ミラー
		前方を走行する合流車両の位置、速度などを、自車両との関係が分かる形で連続的に情報を提供	操作の支援	ガイドライト

(4) サービス内容の具体化

これまでの検討を基に、情報板、ガイドライト、電子ミラーによるサービスを具体的イメージにまとめた結果を、図 4.3.6-1、図 4.3.6-2 に示す。

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査



ガイドライトによる本線側合流支援システムの概要

目的: 本線走行車両のドライバに合流車両の位置速度などを通知し、車線変更・速度調整のための判断材料を事前に提供し、合流部でのスムーズな合流を実現する。

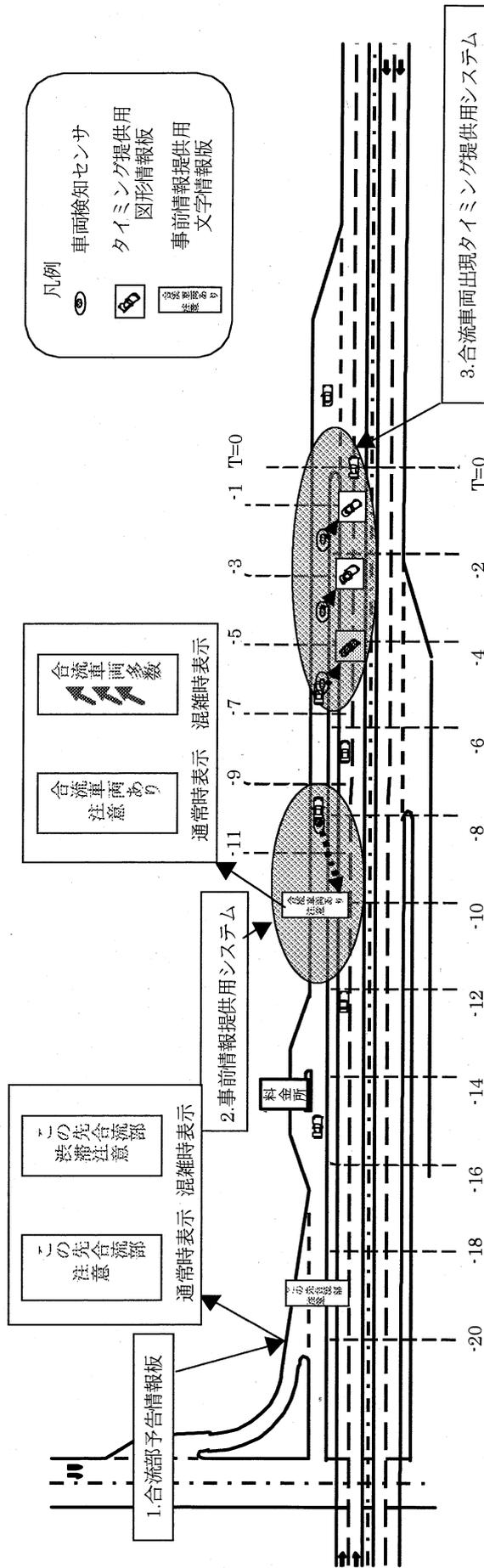
構成: ランプ走路に設置された車両検知器と、合流部予告情報板、事前情報提供用情報板、ガイドライトからなる

・合流部予告情報板で、合流部の存在と状況をあらかじめ通知

・事前情報提供用情報板とガイドライトで連携して、合流車両の有無と自車両との関係・出現タイミングを通知

方式: 合流部手前10秒程度のごとくに設置された事前情報提供用情報板で、合流車両の出現の可能性を通知し、合流部手前6秒程度から合流部まで設置されたガイドライトで、前方を走行する合流車両との関係を知通知する。

図 4.3.6-1 ガイドライト、電子ミラーによる本線側合流支援システムイメージ図



複数の情報板による本線側合流支援システムの概要

目的: ランプ沿う航路を走行中の合流車両に対して、後方から接近する本線走行車両の状態を、合流部到達以前に情報板を通じて情報提供し、合流部での落ち着いた操作判断の実現を支援する。

- 構成:
- ・合流部手前の見通し不良部に設置された予告情報板と、本線側に設置された車両検知器と連動する複数の情報板からなる。
 - ・合流部予告情報板で、合流部の状態を通知し、合流部手前での追突を回避する。
 - ・位置関係を変えた複数の情報板により、本線走行車両の接近具合を擬似的に、通知する。

方式: 合流部までの距離に応じて、検知距離を長くした情報板を複数設置することで、合流部に至るまでの本線車両の接近状態を連続的に通知し、合流部到達以前の判断を促す。

図 4.3.6-2 情報板による本線側合流支援システムイメージ図

4.3.6.2.3 リクワイアメントの検討

(1) 前提条件

(a) 走行支援の方法

合流支援サービスは、ジャンクションやインターチェンジ部において交錯する可能性がある本線車（本線走行車線走行車）と合流車（合流ランプ走行車）を対象とする。少なくともどちらか一方の車両が何らかの回避行動をとる、あるいは準備することが可能なように、ドライバの認知判断時間、およびドライバの回避行動時間を考慮し、サービス対象車両が合流点へ到達する以前に情報提供を行う。

本来非優先側である合流車両へのサービスを主に考えるべきであるが、本線側走行車両へのサービスを実施する事により事前の車間調整・避走などを促すことが容易となり、サービスとして効果の範囲が大きいと考えられる。従って、ここでは優先側である本線側走行車両をサービスの対象とする場合についての合流支援サービスについて纏めることとする。

交通状況によっては車両規制を伴う可変チャネルリゼーションやランプメタリングなども有効と考えられるが、それらについては円滑化の調査項目で行った。

路車協調サービスに関しては、当面は連続的な情報提供が難しいスポット通信のみとなる点、単なる注意喚起ではなく連続した状態の伝達の具体化が難しい点、など実現に向けた検討課題が多くあるため、ここでの検討は路側単独サービスのみとする。

(b) サービスが対象とする適用速度

適用速度の範囲の設定に当たっては、当該道路区間や道路箇所における平均走行速度を大幅に超過するような速度は対象外とする。

実用的には、当該道路の実勢速度を考慮して設定する。ただし、実勢速度を含めて具体的な上限下限速度の決め方については、今後さらに検討する必要がある。

(c) サービスが運用される気象条件

道路が通行可能な範囲における走行支援を基本とし、高速道路が通行止となる条件をサービスが運用を停止する気象条件とする。

(d) サービスが運用される路面条件

道路が通行可能な範囲における走行支援を基本とし、高速道路が通行止となる条件をサービスが運用を停止する路面条件とする。

(e) サービス対象車両

対象車種は、原則として自転車をのぞく自動車とする。また、表示板設備等を利用するインフラ単独サービスでは、AHS 車載装置を搭載していない一般車両への情報提供が可能なことから、一般車両についてもサービスの対象とする。

(f) サービス提供時間

ユーザ受容性を考慮し、昼夜 24 時間を通じてサービスを提供する。

ただし、渋滞発生時や極端に交通量が少ない場合などには、サービスが成立しなくなる場合があるため、交通状況などに応じて提供するサービス内容の変更を行うことも考慮する。

(2) 合流サービスにおける走行支援機能

本線側、合流側へのサービスのそれぞれのリクワイアメントの見直し結果を、表 4.3.6-3、表 4.3.6-4 に示す。

(a) 本線車両への支援

表 4.3.6-3 本線走行車両への合流支援サービスのリクワイアメント

<p>a) 走行支援の必要性・考え方</p> <p>合流部の構造上、合流部手前で合流車両の出現の確認ができない様な合流部においては、本線走行車両は、突然現れた合流車両の出現に合わせた速度調整、車線変更を強要される。場合によっては、急激な減速、無理な避走などを強いられ、最悪の場合には事故に至ることもあり、渋滞等の交通障害の要因にもなることがある。このため、本線走行車両のドライバーに「合流部の存在や、合流部到達時点での合流車線走行車両との関係が推定可能な情報を事前に的確に伝達する」ことで、事前の準備を促し、合流車両との錯綜回避や急激な操作の回避を行う。</p>
<p>b) 走行支援機能</p> <p>本線車線を走行するサービス対象車両に対し、</p> <p>① 合流部の存在とその状況提供を行う。(場合によっては、現状の固定標識で可能)</p> <p>② 合流部で遭遇が予測される合流車両を検知した場合、合流車両の状況の伝達を行う。両者の組み合わせに関しては、交通環境・道路状況に応じて選択する。</p> <p><情報提供></p> <p>◆遅くとも情報提供限界点に至る前に、ドライバーに対して情報提供を行う。</p> <p>ここで、情報提供限界点とは、</p> <p>① ドライバーが提供情報に基づいて、合流部近傍に至るまでに合流部の特徴・操作上の注意などの判断を下し、事前の心構えが可能な地点を示す。(現行の固定標識設置基準に準ずる)</p> <p>② ドライバーの情報提供認知・反応時間を含めて、ドライバーが提供情報に基づいて、合流部に至るまでに合流時の状況を想定し、予備的な判断・操作を行うに十分なタイミングにある地点を示す。</p> <p><提供情報内容></p> <p>◆少なくとも、以下の要件を満足する情報の提供を行う。</p> <p>① 合流部の存在と、その位置・交通状況など、合流部に対する事前注意喚起が可能な情報</p> <p>② 合流部到達時点もしくは現時点での合流車線走行車両との関係を推定可能な情報(合流車両の状況を情報提供する場合には、主に前方走行車両の情報を提供)</p>

c) サービス提供対象道路

自動車専用道路および一般道の合流部手前の本線走行車線

ただし、道路構造・交通状況などによりサービスの成立性が異なるため十分な事前検討が必要である。

また、道路構造上連続的な合流が出来ない、もしくは不可能な部位に関してはサービスの必要性がないため対象としない。

d) サービス対象車両の上限速度

対象走行道路における実勢速度・設計速度等と交通状況により定める。

e) 必要情報

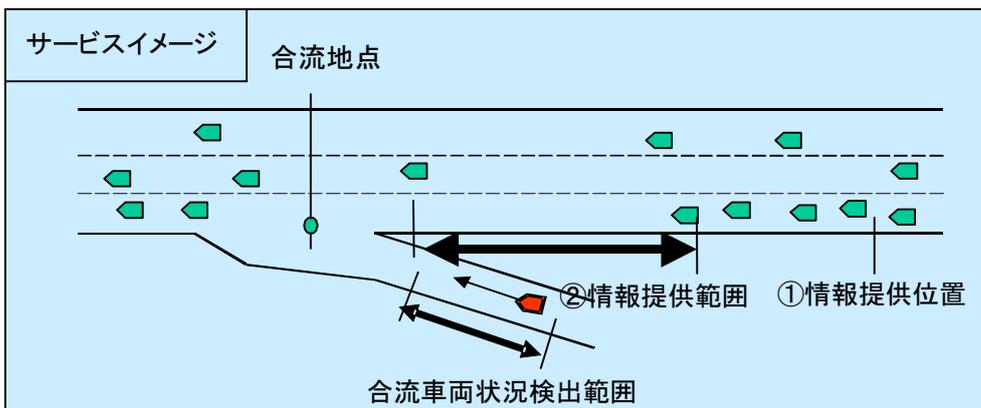
① 可変情報
・車両情報

① 合流車両の位置、速度
本線車両の位置、速度

連続的な事実情報の提供を行う場合と、収集された情報に基づいた情報を離散的に提供する場合で取り扱いが異なる。
後者の場合には本線車両、合流車両の情報を基に情報提供タイミングとその内容、遭遇の可能性などの算定が行われる。

② 地点固有情報

② 合流部の位置、形状など



アルゴリズム

- ① 検知: 合流車線の車両の存在、位置、速度など状況を検出する。
- ② 処理: 検出情報に基づき、合流側車両の状況をドライバーが理解可能な情報に変換または遭遇の可能性などの算定を行い提供情報内容を決定
- ③ 出力: 情報提供設備に情報提供(連続的もしくは離散的)

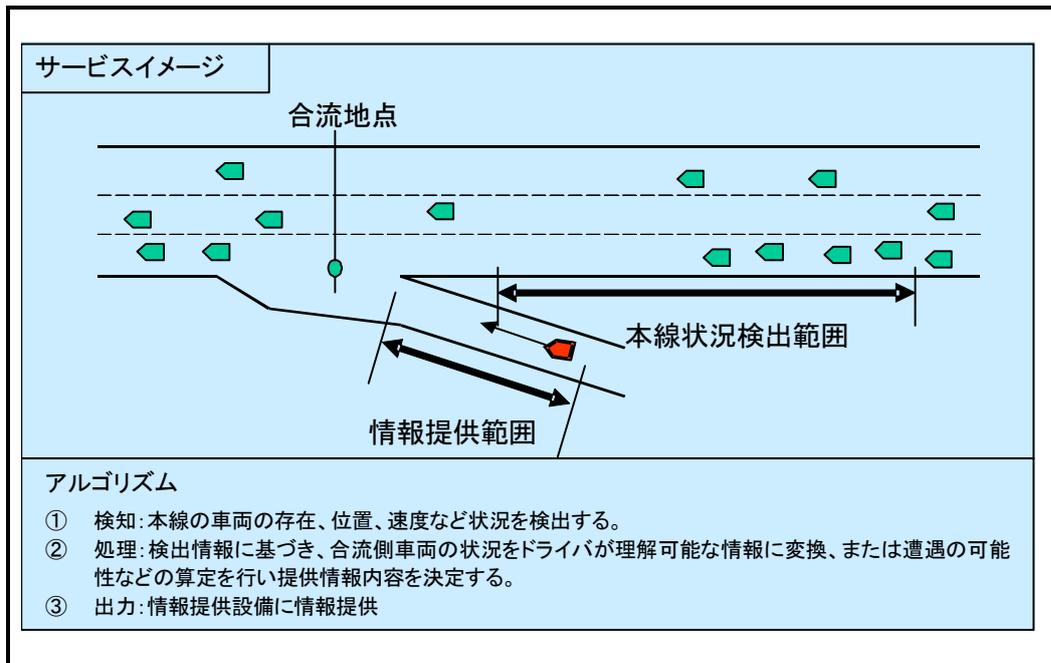
(b) 合流車両への支援

表 4.3.6-4 合流車線走行車両への合流支援サービスのリクワイアメント

<p>a) 走行支援の必要性・考え方</p> <p>合流部の構造上、合流部手前で本線側の状況を確認できない様な合流部においては、合流車両のドライバは合流部到達後に、本線側車両の状態を認知し、判断・操作を非常に限定された状況下(区間・時間)で行うことを強いられる。そのため、ドライバは極度の緊張下にさらされ、本線走行車両との異常接近、合流端での停止、最悪の場合には事故に至ることもあり、渋滞等の交通障害の要因にもなることがある。このため、合流車ドライバに「合流部到達時点での、本線走行車両との関係が推定可能な情報を事前に的確に伝達する」ことで、合流部での緊張緩和を計り、事前の準備を促し、本線車両との錯綜回避や急激な操作の回避を行う。</p>	
<p>b) 走行支援機能</p> <p>合流線を走行するサービス対象車両に対し、合流部で遭遇が予測される本線走行車を検知した場合、以下の走行支援を行う。</p> <p><情報提供></p> <p>◆遅くとも情報提供限界点に至る前に、ドライバに対して情報提供を行う。ここで、情報提供限界点とは、ドライバの情報提供認知・反応時間を含めてドライバが提供情報に基づいて合流部に至るまでに、合流時の状況を予測し予備的な判断を行うに十分なタイミングにある地点を示す。</p> <p><提供情報内容></p> <p>◆少なくとも、以下の要件を満足する情報の提供を行う。</p> <p>合流部到達時点、もしくは現時点での本線走行車両との関係を予測可能な情報 (本線走行車両の状況を情報提供する場合には、主に後方接近走行車両の情報を提供)</p>	
<p>c) サービス提供対象道路</p> <p>自動車専用道路および一般道の合流部手前合流車線走行路 ただし、道路構造・交通状況などによりサービスの成立性が異なるため、十分の事前検討が必要である。</p> <p>また、道路構造上連続的な合流が出来ない、もしくは不可能な部位に関してはサービスの必要性がないため対象としない。</p>	
<p>d) サービス対象車両の上限速度</p> <p>対象走行道路における最実勢速度・設計速度等と交通状況により定める。</p>	
<p>e) 必要情報</p> <p>① 可変情報 ・車両情報</p>	<p>① 本線車両の位置、速度 合流車両の位置、速度</p> <p>連続的な事実情報の提供を行う場合と、収集された情報に基づいた情報を離散的に提供する場合で取り扱いが異なる。 後者の場合には本線車両、合流車両の情報を基に情報提供タイミングとその内容、遭遇の可能性などの算定が行われる。</p>

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査



4.3.6.3 実験によるリクワイアメントの検証

4.3.6.3.1 試験走路実験による評価

サービスの提供はインフラ単独サービスに限定し、実験対象として可変表示板、ガイドライトとした。

(1) 試験走路における模擬実験

(a) 実験項目一覧

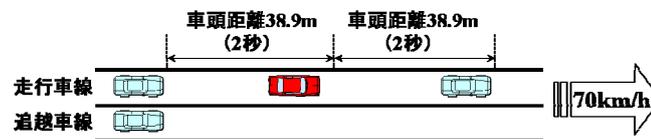
表 4.3.6-5 実験内容と被験者数一覧

区分	知見の有無	サービスの有無・種類	交通流	実験識別番号	計画被験者数(実績数。計画と異なるもののみ)			
					男性	女性	高齢者	計
① ガイドライト実験	知見なし	サービスなし	Ⅱ	G1	10	10	10	30
	知見なし	サービスなし	Ⅲ	G2	10	10	10	30
	知見なし	ガイドライト	Ⅱ	G3	10	10	10	30
	知見なし	ガイドライト	Ⅲ	G4	10	10	10	30
	知見あり	サービスなし	Ⅱ	G5	10	10	10	30
	知見あり	サービスなし	Ⅲ	G6	10	10(5)	10	30(25)
	知見あり	ガイドライト	Ⅱ	G7	10	10	10	30
	知見あり	ガイドライト	Ⅲ	G8	10	10	10	30
② 情報板実験	知見なし	情報板 0m	Ⅱ	J1	10	10	10	30
	知見あり	情報板 80m	Ⅱ	J2	10	10	10	30
	知見あり	情報板 0m	Ⅱ	J3	10	10	10	30
	知見あり	情報板 0m	Ⅲ	J4	10	10	10	30

(b) 交通流

被験車両を中心に次の配置を発車時点から構成し、合流部手前 200m まで維持することにより 2 ケースの交通流を生成する。

① 追越車後方位置シナリオ (交通流Ⅱ)



② 追越車並走位置シナリオ (交通流Ⅲ)

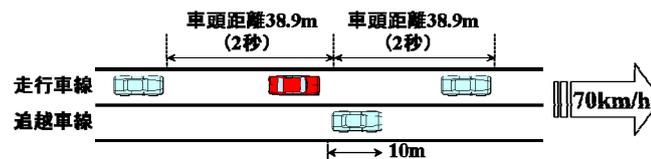
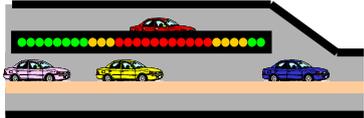


図 4.3.6-3 模擬交通流

(c) サービスの概要

表 4.3.6-6 サービスの概要

種類	提供方法	装置
ガイドライトサービス	①本線側にガイドライト表示 ・合流車位置に対応する本線側のガイドライトを赤に点灯 ・合流車の前後ヘッドウェイ3～4秒に相当する領域を橙に点灯 ②本線車の速度に応じ橙色の領域を変化させる。 ⇒本実験での領域長 3 秒:約 60m(速度 70km/h 対応)	・灯具:赤、橙、緑の 3 色発光ダイオード ・設置間隔、個数:4m、計 25 個 
可変型情報板サービス	①本線側に情報板表示 ②被験車両の定点通過にあわせて表示を開始	2 ケース設定 ・Case1:合流部手前 80m 地点表示 ・Case2:合流地点(0m)表示

(d) 実験結果の評価

(7) ガイドライトサービスの評価

(i) ネガティブチェック

- ① 意味の誤解性チェック：全被験者において、知見なしの場合でもガイドライトの「赤」の意味の誤解はなかった。
- ② 被験者による安全性の不均等性のチェック：安全性に関する指標（危険指標、減速度）は、平均値の改善だけでなく分散も減少し、サービス効果が中心化（安定化）することが判明した。

(ii) 交通流への影響

知見の有無に関わらずサービス提供により以下の点が確認できた。

① 合流挙動の円滑性の大幅な向上

最大減速度が大幅に減少し（特に高齢者においてその効果は著しく半減）、合流円滑性が大幅に向上する結果、ショックウェーブの発生原因の抑制効果が著しく、後続の交通流への悪影響が大幅に改善された。また区間通過時の最低速度も若干向上し、無駄のない減速が行われていることが判明した。

② 合流時の交通安全性の向上

危険指標値が大幅に低減し（特に高齢者においてその効果が著しく約 4 割減）、交通流全体としての安全性が向上することが判明した。

③ 合流車へのサービス性の向上

合流時に適切な車頭間隔（ギャップ：60m）が形成され、合流車が安全に合流できるスペースが効果的に形成されることが判明した。

(iii) ドライバ（被験者）への影響

① 安全性の向上

危険指標値の減少のみならず、急ブレーキ操作も減少することから、被験者の安全性も向上することが判明した。特に高齢者にとって、その効果が大きいことが判明した。

② 心理的負担の低減

高齢者では特に心理的負担の緩和にも大きな効果があることがアンケート結果から判明した。

③ サービス活用度

知見が無しの場合でも約8割でガイドライトが正しく活用され、知見ありにより、さらに活用度が向上することが明らかとなった。

④ サービスの信頼感

9割以上がガイドライトを参考にして走行したと回答し、サービスコンセプトが受け入れられたと思われる。但し、ガイドライトに対する改善要望が多くより利用しやすい仕様へ改善する必要がある。

(4) 情報板によるサービスの評価

文字情報板による情報提供は理解性が高く、運転の参考にする比率が高いことが確認できた。

80m手前での情報板の方が心理的効果が高く、ブレーキ回数の低減や安心感の向上を確認できた。

0m情報板では情報提供に合わせた減速と、合流部での減速度の低下が認められたが、心理面での改善は見られなかった。

(i) ネガティブチェック

① 情報提供に対する過剰反応などはなかった。

② 合流部におけるブレーキタイミングが遅くなる傾向がある。

(ii) ドライバへの影響

① 全被験者がサービスの有効性を認め、安心感が向上する。

② 情報提供により、合流部近傍での急減速が減少した。

③ 情報提供により、避走の比率が約4倍に増加した。

④ ブレーキ回数をのぞいて、客観データでの明確な評価は難しく、アンケート主体となった。

(iii) 交通流への影響

① 合流部における通過性の向上には寄与している。

② 他の指標に関しては、有意な結果は得られなかった。

(iv) 情報提供タイミングの分析

- ① 情報提供に対する車線変更の応答時間（情報提供から車線変更開始までの時間）として約 5.6 秒という値が得られた。読みとり時間と反応時間を考慮すると、操作余裕時間として 2 秒程度という参考値が得られた。
- ② 情報提供に対するブレーキの応答時間を分析したところ、約 4 秒という結果が得られた。読みとり時間を約 1 秒（7 文字×1.3 秒）としたときに、情報板における反応時間 2.5 秒（インフラ単独システムの検討で定義された値）とほぼ合致する結果が得られた。

4.3.6.3.2 ドライビングシミュレータ（DS）による模擬実験結果

12 通りの DS 実験を実施した。これらをサービスの有無に関わらず、交通流で分類すると表 4.3.6-7 に示す 5 通りの条件となる。

表 4.3.6-7 交通流に分類した場合の実験条件

実験条件	①	②	③	④	⑤
本線側速度 km/h	70			90	
合流側速度 km/h	50		30	50	30
車頭間隔 m	39	29		38	
ヘッドウェイ sec	2.0	1.5			

(1) 基本実験結果

ガイドライトサービスの基本評価指標を表 4.3.6-8 に示す。この評価指標からみたガイドライトサービスの有無による DS 実験の比較を以下に示す。

表 4.3.6-8 実験評価指標一覧

評価指標	説明	単位
減速度 (減速度の最大値)	指標が低いほど、ショックウェーブの発生が少なく、後続車両への合流の影響も少ない。	m/sec ²
危険指標 (衝突予想時間の逆数)	指標が低いほど、合流挙動が安全	4秒/TTC
通過速度 (走行速度の最小値)	指標が高いほど、合流における停滞が少ない	Km/h
旅行時間 (合流ノーズ端の前後200m、計400mの走行時間)	指標が低いほど、合流区間を迅速に通過	秒
操作タイミング (各操作の開始位置)	指標が低いほど、合流区間直前の操作が少ない	m

- (a) 減速度の比較
ガイドライトの導入により最大減速度の平均値、分散は減少しているか、サービス無しの場合に比べ同程度の値となった。
- (b) 危険指標の比較
ガイドライトの導入により①を除き全ての場合に危険指標が減少している。
- (c) 通過速度の比較
①を除き通過速度は改善されている。
- (d) 旅行時間の比較
通過速度については①を除き改善されているか、サービス無しの場合と有意差がない。
- (e) 操作タイミング
いずれの場合もアクセルペダルの開始位置がノーズ端の前にシフトしておりサービスの提供により合流操作への早期対応が見られる。
- (2) 実験結果の評価
- (a) ネガティブチェック
情報提供による過剰反応などは、見受けられなかった。
- (b) 交通流への影響
ガイドライトの導入により最大減速度の減少、旅行時間の減少より円滑な合流が行われており交通流への悪影響はない。
- (c) ドライバへの影響
- (ア) 安全性の向上
危険指標値の減少のみならず、急ブレーキ操作も減少することから、被験者の安全性も向上することが判明した。
- (イ) 心理的負担の低減

4章 研究の成果

4.3 路車協調による走行支援道路システムに関する調査

アンケート結果よりサービスの導入により合流に対する危険に対する評価が大幅に減少していることから大きな効果があることが判明した。

(ウ) サービス活用度

知見が無い場合でも約8割でガイドライトが正しく活用され、知見がある場合はさらに活用度が向上することが明らかになった。

(エ) サービスの信頼感

9割以上がガイドライトを参考にして走行したと回答し、サービスコンセプトが受け入れられたと思われる。但し、ガイドライトに対する改善要望が多く、より利用しやすい仕様へ改善する必要がある。

(d) ガイドライトサービスの有効性の範囲推定

評価指標の結果を一覧にすると図 4.3.6-4 のようになる。このうちネガティブな結果を含まない領域を選択すると②～④の領域が選択される。領域⑤については減速度に大きな値が発生しており有効な範囲から除いた。

本線側速度	km/h	70		90		
合流側速度	km/h	50	30	50	30	
車頭間隔	m	39	29		38	
ヘッドウェイ	sec	2.0	1.5			
		①	②	③	④	⑤
旅行時間	平均					
通過速度	平均					
減速度						過大
危険指標	分散					
安心度						
活用度(*説明省略)						
有効範囲						

Positive
 No difference
 Negative

図 4.3.6-4 ガイドライトサービスの有効性の範囲

4.3.6.3.3 交通流への基本影響評価実験結果

合流支援サービスの交通流に及ぼす影響を評価するために、花之木 JC 部におけるシミュレーションを基に、ガイドライトサービスを適用したケースの比較検討を行った。

(1) 花之木 JC 部における合流支援サービスが交通流に及ぼす影響評価

ガイドライトを誘導表示と見なし、合流車に配慮しつつ本線車を運転し

ている車を利用率という形で定義する。平均速度や断面交通量に関しては、サービス提供前後を比較して、ほとんど変化が無く、交通量に悪影響を及ぼさないことが確認できた。

なお、利用率 100% の場合、長田町入口～花之木入口の平均速度を見ると、渋滞開始が 15～20 分早くなっている事が分かる。これは、ガイドライトを見て本線車の事前に避走や、減速により、車間距離を確保するために渋滞が早まるものと推定される。

一方、合流支援サービスの適用前には、合流点で車間距離が不足しても強引に入ること、交通量がバランスし、下流側の交通容量に規定されてしまう。

すなわち、合流点下流側の交通量や速度は、サービス適用前後ではほとんど変化が無いのは、このような交通量でバランスが取れていることを示す。

(2) 合流挙動における錯綜挙動の評価

図 4.3.6-5 に利用率を変えて TTC (Time To Collision) の変化を求めた。この結果、TTC の最頻値の 4 秒を比較すると、発生頻度が 40～60% に低減し、その分、TTC が長い方へシフトし、安全性が向上したことが分かる。このことは、スムーズな合流がなされ、余裕の有る運転になっていることが分かる。

(3) シミュレーション結果の纏め

以上、狩場線上り、花之木 JC 部におけるシミュレーションを実施し、実測値と比較検討した結果以下の結論を得た。

- 錯綜挙動の危険性を表す評価指標の TTC は、ガイドライトによる合流支援サービスを適用することにより、比較的余裕の無い最頻値の 4 秒の発生頻度が 40～60% に低減し、余裕を持った運転ができるようになったことを示している。

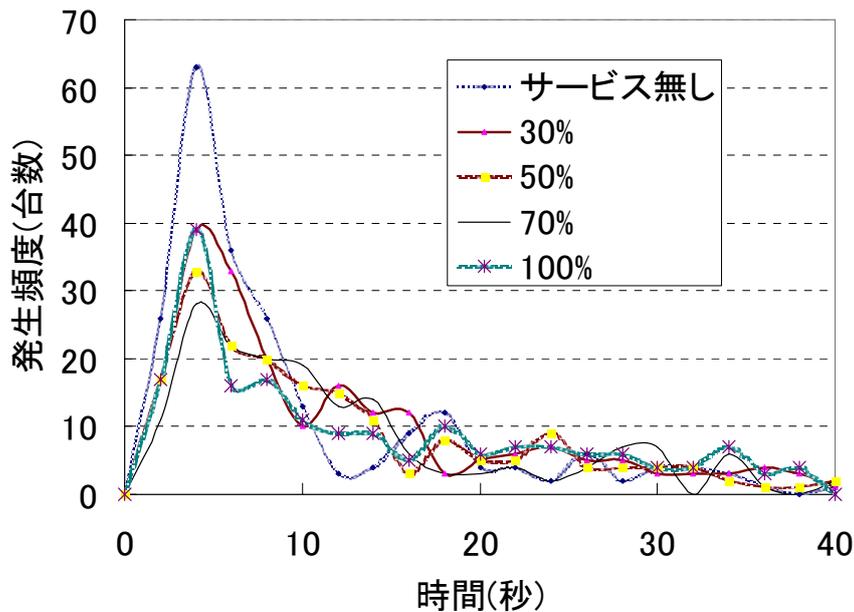


図 4.3.6-5 利用率と TTC の関係

4.3.6.4 サービス評価

(1) ガイドライトサービス

ガイドライトの模擬実験において取得した走行データとアンケート結果を総合した分析結果、評価を以下に示す。

(a) 合流円滑性

(ア) 関連評価項目 走行データ：減速度統計、ブレーキング分布

知見の有無に関わらず、ガイドライトサービス提供により大幅な改善が有意に確認できた。特に高齢者においてその改善が顕著であった。

ブレーキング位置分布の結果を合わせると、合流以前での緩やかな減速の結果、合流に必要な合流部前後での速度調整（減速）負担が大幅に改善される結果、減速がサービスなしの場合に比較して分散され局所的な急ブレーキ操作が大幅に減った結果である。

知見なしの場合でも大幅な改善が見られたことは、ガイドライトの意味の十分な理解がなくてもガイドライトの誘導的情報提供効果が有効であった結果といえる。

(b) 安全性

(ア) 関連評価項目 走行データ：危険指標統計

サービスのシナリオ毎に衝突の危険性があったか否かを比較した結果である。サービスが提供された場合、合流車との車間を保つように走行することから衝突の危険性が減少していることが明らかとなった。

これも合流円滑性と同様に、サービス無しと比較すると高齢者の

場合、効果が顕著にみられ、高齢者へのサービスとしても有効であることが検証することができた。

(c) 高速通過性

合流部を通過する高速通過性においては、合流車発見時の急ブレーキが減少することから、サービス提供時は合流部の最低速度もやや向上される。

(d) 通過迅速性

合流ノーズ手前 200m から合流部通過後 100m の計 300m 間の旅行時間は若干増大することとなった。これは合流部手前のガイドライト設置区間で緩やかな減速行動を行なうためトレードオフ的評価となるが、サービス無しの場合に比べても若干（平均 0.4 秒）差であり、この遅れ時間が渋滞を引き起こすとは考えにくい。むしろ、個々の車両の急加減速が減少する方向であることから、交通流としてのショックウェーブの影響は少ないと考える。

(e) 車間確保性

サービス提供時にガイドライトを利用して、合流車を受け入れる車頭間隔を確保できているのかを検証した結果である。

被験車両と先頭車両のスタート時の車頭間隔は 40m、その車頭間隔がサービス提供時には約 60m（車頭時間 3 秒）まで確保できており、検証目的である合流車が本線に入る車間域を確保できていることが確認できたといえる。

(2) 情報板によるサービス

今回の実験で、情報板によるサービスはドライバの理解性が高く、不安解消などの心理面での効果が高いことが明らかになった。

また、過剰反応などのネガティブな面も特に見受けられなかった。

ただし、今回はあくまでも基礎的な条件下での実験であるため、タイミングの違いによる影響など、より詳細な評価が必要と考えられる。

以下に今回の実験で明らかになった事項を纏める。

(a) 心理面に与える影響

余裕を持った情報提供で、特に心理的な効果が高いことが明らかになった。

一方、合流部直前での情報提供では、個人差が大きく心理的な効果は期待できないことが明らかになった。特に高齢者では、心理的な効果はほとんど見受けられなかった。

(b) 具体的な操作への影響

余裕を持った情報提供では、情報提供に対応した減速などの操作はほとんど見受けられず、合流車両を実際に確認してから操作を行う例が比較的多くなっている。このため、合流直後に比較的強い減速が発生している例が見受けられた。

一方、合流部直前での情報提供では、情報提供に対応した減速操作が比較的多く発生している。

(c) ネガティブな影響

情報提供による過剰反応などは、見受けられなかった。

ただし、(b)項でも述べたとおり、余裕が出来たことにより、事前減速が行われていないと思われる例もあり、今後更なる検討が必要と考えられる。

(d) サービスに関わるパラメータの評価

情報提供から車線変更開始時間を分析した結果、情報板による合流支援サービスにおける情報提供限界タイミングとして、約 5.5 秒が望ましいという参考値が得られた。

5.5 秒の内訳は、7 文字読みとり時間 1 秒+反応時間 2.5 秒+操作余裕時間 2 秒である。

また、情報提供から減速開始までの時間を分析した結果、反応時間として 3 秒という参考値が得られた。

(e) 情報提供手段に対する評価

今回の実験では、情報板と文字の大きさに関して、より大きくしてほしいとの要望が比較的多かった。

パイロットシステム用の情報板を流用したため、高速道路で一般的に使用されている情報板よりも小さかったことが原因と考えられる。

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

4.4.1 標準化活動に関する調査

4.4.1.1 国際標準化活動

走行支援システムの円滑な導入と早期普及に資する観点から、必要とされる標準化を進めることが求められていた。この目的を達成するために、標準化に関する活動が平成10年度から開始された。図4.4.1-1に、本テーマの研究の経緯を示す。

H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度
ISOにおける標準化状況を調査	ISO/TC204/WG14に、路車協調システムを提案	ACCに路車協調を折りこんだシステムを提案	ACCの拡張システムのPWI化を推進	TIWSに関する標準化活動を収束
		国内標準化を視野に入れる	標準規格草稿を作成	

図 4.4.1-1 研究の経緯

平成13年度の国内研究は、実道フィールド実験用システムの設計の段階にあった。国際標準化については、ISO/TC204/WG14(走行制御)に提案しているACCシステムの拡張についての規格化をPWI (Preliminary Work Item) として採択させるための活動を推進した。また、国内標準化に向けて規格草稿を作成した。国内標準としては、まずは、走行支援サービスの利害関係者の共通の理解のために、共通規格の開発が求められる。この共通規格群は、次期の国際標準化活動のベースになると共に、次期の規格化の対象となる安全性・信頼性及びHMIの検討のためのベースにもなるものである。

図4.4.1-2に、次期の国際標準化及び規格化に対する共通規格の位置付けを示す。

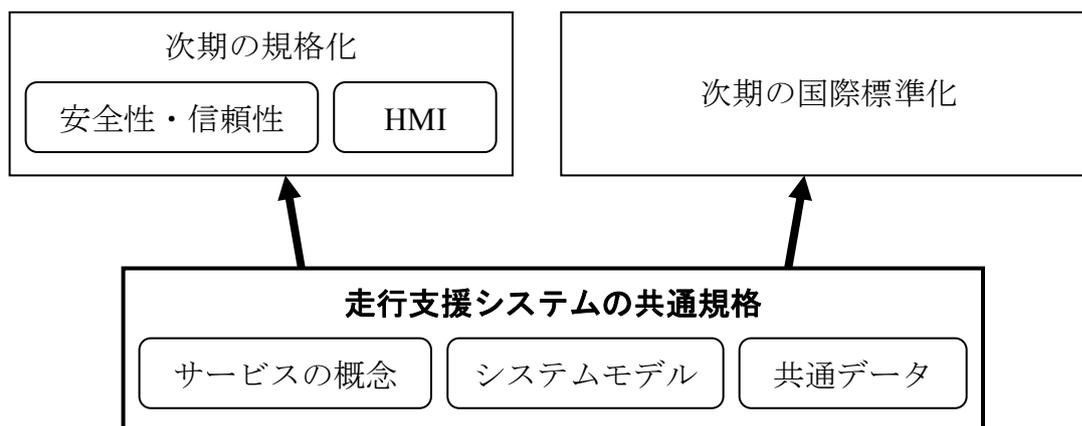


図 4.4.1-2 走行支援システムの共通規格の位置付け

平成 14 年度の国内研究は、実道フィールド実験の実施と技術資料の作成の段階にあった。国際標準化については、ISO/TC204/WG14 に提案していた ACC システムの拡張の規格化が休眠扱いとなったのに対応して、TS (Technical Specification) になっている TIWS (Traffic Impediment Warning System) に EAF (External Adaptation Factors) を含める見直しを提案したが、諸外国の賛同が得られなかったため、このテーマの標準化活動を収束させた。

4.4.1.2 DSRC 標準化に関する調査

(1) 研究開発の目的と位置付け

DSRC 標準化に関する検討は、平成 14 年度から行っている DSRC 関連規格、ARIB 技術資料の改定と策定作業のまとめ段階に位置する。具体的な作業は、総務省 ITS 情報通信システム推進会議研究開発部会路側通信システム専門部会規格タスクフォース（以下、規格 TF）の DSRC アドホックで行われた。規格 TF は、総務省電波産業会（以下、ARIB）が電波利用の観点から推進する DSRC 標準化の活動を実行面でまとめている。この活動により、将来の AHS アプリケーションの広範な展開を可能とする。

(注) 関連規格及び技術文書

ARIB STD-T75 : 「狭域通信 (DSRC) システム」

ARIB TR-T16 : 「狭域通信 (DSRC) システム陸上移動局の接続性確認に係る試験項目・試験条件技術資料」

ARIB TR-T17 : 「狭域通信 (DSRC) アプリケーションサブレイヤ標準仕様及びそれを用いた陸上移動局の接続性確認に係る試験項目・試験条件」

(2) 研究開発の手順・実施内容

アプリケーションサブレイヤ（以下、ASL）に関する提案が規格 TF

においてなされた。ASLは、各種アプリケーションが共通の処理部分をサブレイヤ化することにより、車載器のサービスの共用化を図りDSRCの普及促進に結びつけるという構想に基づき、多目的情報提供サービス用途のAID（AID=18を割り当て）に関する検討から開始された。

走行支援道路サービスも同様の構想を採用することとし、走行支援道路システムアプリケーション（AID=17）とDSRC-L7を仲介するアプリケーションサブレイヤ（AHS-ASL）を設けてトランザクションを行う方式を検討した。図4.4.1-3はDSRCプロトコルスタック上のアプリケーションインタフェース概観を示す。

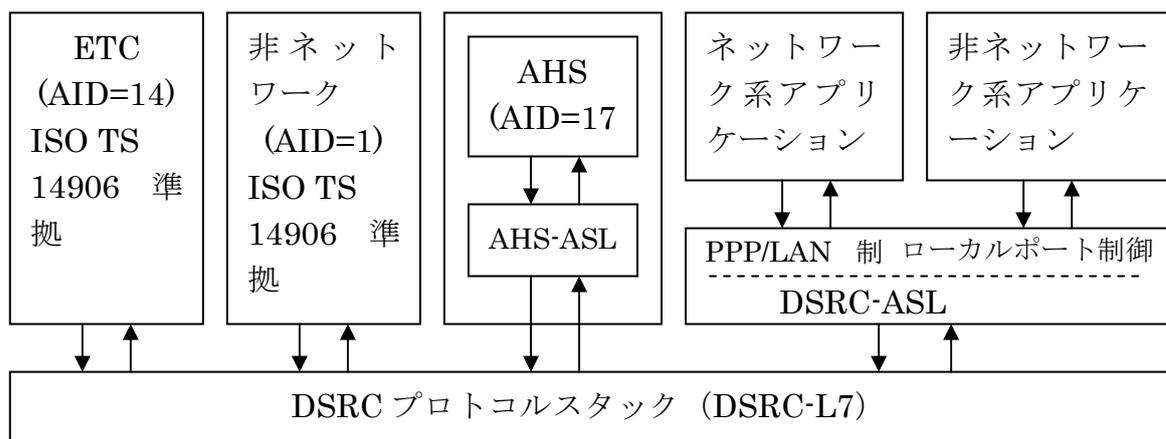


図 4.4.1-3 DSRCプロトコルスタック上のアプリケーションインタフェース概観（ARIB TR-T17 付録I から引用）

規格TFにおいて実施した内容を以下に示す。

① AHS-ASL（AID=17）の導入

AHSサービスに対するアプリケーションサブレイヤ（以下、ASL）に関する記述をARIB技術資料TR-T17に追加すること

② DSRCに関する規格改定の検討

ARIB標準規格STD-T75、及びARIB技術資料TR-T16改定に関してAHSサービスの実現を妨げることのないようにすること。

(7) AHS-ASL（AID=17）の導入

AHSに割り当てたアプリケーションID（以下、AID）=17に対するASLの導入に関する経緯を以下に示す。

- ① DSRC規格検討の過程で、多目的情報提供サービス用途のAID（AID=18を割り当て）に関してASLに関する提案がなされた。関連する各種アプリケーションが共通の処理部分をサブレイヤ化することにより、車載器のサービスでの共用化を図りDSRCの普及促進に結びつけるという構想により、規格TFでそ

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

の技術資料作成の検討が開始された。

- ② 国土交通省でも車載器の共用に関する検討が進められており、A I D=14を割り当てたE T C以外の国土交通省関連のサービスを1つのA I Dにまとめて利用するマルチサービスの構想が進められていた。
- ③ この中でA H Sサービスは、日本が発案し国際的に走行支援用途に認められたA I D=17が割り当てられ、A H S研究組合はこのA I D=17にサービスを一本化する検討を行った。一方、道路新産業開発機構（以下、H I D O）が進めていたインフォメーションシャワー（現スマートコミュニケーション）の検討では、情報提供目的のアプリケーション（A I D=18）が検討の中心であった。
- ④ そこで、A S Lに関する規格T Fの審議に当たって、A H S研究組合とH I D O間で調整が行われ、A H S研究組合として以下の提案方針を決めた。
 - (a) 応用別に該当のA I Dを設定する
 - (b) A H S関連応用はA I D=17としサブレイヤを設け共通化を図る

これらを決めた理由を以下に示す。

- ・ A H Sに割り当てるA I D=17は、日本の要望を踏まえて国際的に認められたので他のアプリケーションに割り当てることは難しい。
 - ・ A I Dはアプリケーションと1対1に対応するものである。安全走行支援と情報提供という目的の異なる応用を、1つのA I Dで扱うことは国際標準化機構（以下、I S O）におけるA I D割付の論理に矛盾する。
 - ・ A H Sサービスも将来サービスが増えた場合のことを想定して、A S Lを設置する車載器の共用化の導入が望ましい。
 - ・ A I D=17のA S Lは、将来の厳しい要求（情報更新周期100ミリ秒等）を含むA H S用途での利用が考えられ、ベストエフォートの概念で設計されているA I D=18のA S Lでは対応できなくなることが予想される。
 - ・ 共通化の観点からは、A I D=17とA I D=18は部品レベルで共用が望ましい。
- ⑤ 以上の経緯を経て、車載器メーカーにA H Sというサービスが今後出現することを示すために、平成14年12月に国交省I T S推進室から総務省移動通信課へ技術資料の付録にA I D=17のA H S-A S Lについて記載するよう要請した。これに基づき規格T FではA I D=17に関する提案を行った。

平成15年度の活動は、これらの活動の総まとめとして技術資料TR-T17を完成することであった。

(イ) DSRCに関する改定の検討

ARIB標準規格STD-T75及び相互接続規定ARIB技術資料TR-T16改定に関する検討の経緯を以下に示す。

DSRCの改定は平成13年度に策定されて以来、毎年実施されている。ETC仕様のDSRCを民間展開するために、以下の改定を行ってきた。

- ・ ARIB STD-T75のETC限定を解除及び大容量化、
- ・ 周波数割当て（7組波）の民間開放、
- ・ アプリケーションを支援する共通プロトコルの規定
(DSRC-ASL)

これをさらに改定1.2版とすることが平成15年度の作業となった。

まず、ARIB標準規格STD-T75の改定に関しては、平成15年度の改定分（平成15年9月の規格会議にて決定）は、以下の詳細な検討が行われた。

- ① 今までETCのみ1サービスを受けてきた既存ETC車載器が新規サービスを受信しても誤作動しないこと。
- ② 新規サービス対応車載器がETCサービス混在で利用できること。
- ③ 既設のETC路側機が新規サービス対応車載器で誤作動しないこと。
- ④ 新規サービス路側機が既存ETC車載器で誤作動しないこと。

特に、ARIB STD-T75規格がASK、QPSKの変調方式2方式を含むことに伴う各種パラメータの内容、解釈に関して

- ・ ETC規格策定時の空き領域に新しいパラメータを割り当てる場合
 - ・ ETC規格策定時の予約領域の機能を明確化する場合
 - ・ 応用が明確になって仕様の意味を拡大する場合
- 等の詳細な検討を加えた。

一方、相互接続性に関しては平成14年改定分までに、接続性試験をETC等の各応用で「共通の部分」と「応用別部分」に別け、基本的に共通部分のみの試験を策定対象とした。

(3) 研究成果の概要

第26回（4月4日）から第32回（7月22日）まで計7回のDSRCアドホックに参加した活動の結果を以下に示す。

(ア) AHS-ASL (AID=17) 挿入

「狭域通信（DSRC）アプリケーションサブレイヤ標準仕様及びそれをういた陸上移動局の接続性確認に係る試験項目・試験条件」技

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

術資料（ARIB TR-T17 1.0版）に、AHS-ASL（AID=17）を付録に記載した。

本年度の検討で見直し追加した点は以下のとおりである。

① AHS-ASLプロトコル構成を記載

平成14年度通信RTのASL、相互接続性の研究結果、実道実験での路車間通信の結果、およびAHS-ASLを部品レベルでAID=18のDSRC-ASLと共有化する方針等を反映し、ネットワーク制御プロトコルと通信制御プロトコルからなる構成案を規定した。提案した構成図を図4.4.1-4に示す。

② プロトコルのサービス概要を記載

AHS-ASLが提供するサービスとして、AHSポート制御プロトコル、サーバ/クライアント型通信制御、バルク転送制御、放送モード制御、転送サービス処理、通信接続管理、管理サービス等の概要を記載した。

③ 双方向通信におけるアプリケーション識別項目を追加

車載器がAHS基地局からの信号を受けて初期接続を行う際に通信プロトコル手順中のパラメータ交換のための通知内容を規定する、基地局側テーブルBST（Beacon Service Table）、車載器側テーブルVST（Vehicle Service Table）を定めた。

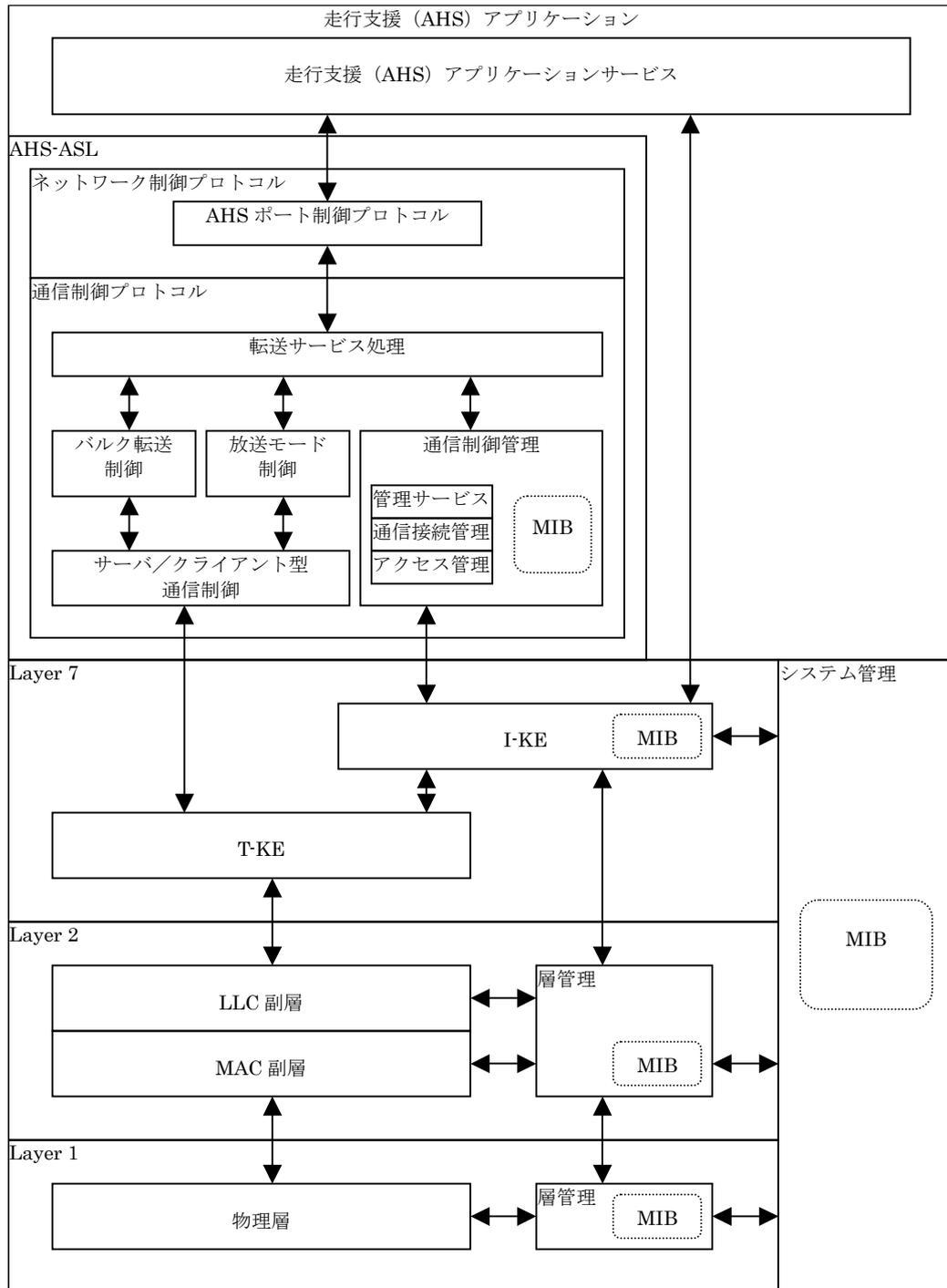


図 4.4.1-4 AHS-ASL 協議構成概観

- 平成14年の春から行ってきたDSRCに関する審議を終了し、10月にARIB規格会議において、以下の規格、技術資料を改定した。
- ① 狭域通信（DSRC）システム標準規格改定（ARIB STD-T75 1.2版）
 - ② 狭域通信（DSRC）システム陸上移動局の接続性確認に係る試

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

験項目・試験条件技術資料改定（ARIB TR-T16 1.2版）

- ③ 狭域通信（DSRC）アプリケーションサブレイヤ標準仕様及びそれを用いた陸上移動局の接続性確認に係る試験項目・試験条件技術資料（ARIB TR-T17 1.0版）

本標準化活動としては、上記規格類の改定、策定をもって活動を終了とした。

(4) 今後の課題

平成15年度の活動によって第1期のAHS通信方式に関する活動を終了した。今後の課題は以下の通りである。

① 車載器メーカーとの合意形成

車載器へのAHS機能搭載には、詳細な点での車載器メーカーとの合意が最も重要である。今回の活動により、AHS-ASL（AID=17）の存在に関しては、ARIB TR-T17の付録として記載された。しかしDSRC-ASLに付いて記載されているプロトコルの具体的内容、相互接続性に関する規定は、AHS-ASLの記載分に含まれていない。この理由として、詳細審議に必要なAHSサービスがまだ検討段階であるため、公開できない点があげられる。サービス仕様公開前後から車載器メーカーとの調整を始める必要がある。

② 車載器普及のシナリオとAID

AHSのDSRC実現には車載器普及が前提となるが、車載器の普及は先導するサービスによって形態が左右される。車載器が実装するAIDは、ETCのAID=14と先導サービスのAIDとを想定する。AHS-ASLの詳細規定の前段階として、まず普及するAIDから、それに近いサービス内容から実現する方法もある。第2期研究では車載器の普及シナリオの検討を並行に進め、使用するAIDを柔軟に定めることが求められる。現在考えられる案として、初期のAHS-IをAID=18で、将来のAHS-C、AをAID=17で進めるシナリオが有効である。

4.4.2 プローブサービスに関する調査

4.4.2.1 ETC プローブシステムの活用検討

(1) 目的

ETC 車載器を活用した旅行速度計測システムの試験導入にあたり、整備計画を広く推進するために統一的な整備及び導入コスト削減を支援した。また、車両情報を活用した走行支援システムを提案した。

(2) ETC プローブの現地導入にあたっての課題への対応とその解決

機器配置、回収方法、設置指針などの仕様を検討し、実道へ試験導入する場合の技術課題の抽出及び運用上の問題点の抽出を行った。試験導入にあたり、多様な設置形態を対象とした。

(a) 路側機の送信出力（50mW、10mW）

(b) 路側アンテナの取り付け（情報板、ガントリー等）

(c) センターとの接続インタフェース

(3) 多機能プローブサービスの検討

(a) 道路管理者のニーズを調査し、マルチアプリ車載器を活用した旅行速度計測プローブ等道路管理に活用できるプローブ情報を検討した。

(b) 情報提供サービスとの共用を前提として、試験走路でアップリンク通信量の実験評価を行った。結果を表に示す。

表 4.4.2-1 通信データ量の関係

ダウンリンク データ量	最大アップリンクデータ量		
	車速 20km/h 時	車速 60km/h 時	車速 100km/h 時
6KB	57KB	16KB	8.7KB
11KB	57KB	16KB	8.7KB
25KB	57KB	16KB	5.2KB(1台) 2.6KB(2台)

(c) 車両センサ情報を活用した安全走行支援サービスを検討した。

4.4.2.2 アップリンク情報を活用した走行支援に関する技術検討

アップリンク情報を活用した走行支援サービスの実用化に向けて、具体的なサービスに対するアップリンク情報の検出精度や事象検出遅れを検証することを目的に研究した。

4.4.2.2.1 アップリンク情報を活用したサービスの整理

平成 16 年度までの研究成果、調査結果ならびに最新の状況をもとに、アップリンク情報を活用した走行支援サービスを抽出した。抽出したサービスについて

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

て、ニーズや実現性等を整理し、匿名 ID・走行履歴・車載センサそれぞれのアップリンク情報毎のサービス選定を行った。

(1) アップリンクサービスの抽出

「多機能プローブを活用したサービスの検討」および、新たなサービスの検討としてアップリンク情報を活用した走行支援サービスが抽出された。

(2) サービスニーズ・実現性の検討

(1)で抽出したサービスについて、サービスニーズおよび実現性についての検討を行った。

(a) ヒヤリハット情報提供サービス

ヒヤリハット調査によりヒヤリハットが起きる状況を把握してドライバーへ提供することにより、ドライバーの危険への気づきが高まれば事故の予防へ貢献することが大いに期待できる。そのため、ヒヤリハット情報提供サービスを有望サービスとして選定した。

(b) 渋滞末尾情報提供サービス

平成 16 年度は参宮橋に AHS センサを設置し、渋滞末尾情報の提供を実施しサービスが有効であることが確認されたが、センサーの設置には、空間的制約や費用的制約のため、全ての危険箇所に導入することは困難と考えられる。

そのため、安価にシステム構築が可能かつ技術的にも実現可能な、渋滞末尾の検出及び、渋滞末尾情報提供サービスを有望サービスとして選定した。

(c) 前方障害物情報提供サービス

落石や落下物等の道路障害物事象の発生を迅速にドライバーに提供することが出来れば、安全な道路交通環境の確保に大きく寄与することが期待出来る。

そのため、アップリンクを用いた前方障害物情報提供サービスを有効サービスとして選定した。

(d) 前方路面情報提供サービス

路面凍結や視程不良等による事故を防止するには、路面凍結や視程不良等が起こり得る地点全てに高性能な固定センサを設置することが必要となる。

しかし、センサの設置はコスト的に困難なため、車両のセンサ情報を収集して監視することにより、前方路面情報提供サービスを有望サービスとして選定した。

(e) 気象情報提供サービス

気象情報は、走行支援や道路管理の基礎情報として活用可能な上、情報提供が常に求められているサービスである。そのため、気象情報提供サービスを有望サービスとして選定した。

4.4.2.2.2 匿名 ID 情報の活用

匿名 ID (LID 等) 情報を活用した見通し不良カーブ等での渋滞末尾検出や停止車両の検出方法について、参宮橋地区カーブでの記録映像および分析データが利用して検討した。また、システム面からの実用化に向けての検討も実施するとともに、匿名 ID から走行履歴情報収集への移行方法についても検討した。

4.4.2.2.3 匿名 ID 情報を用いた突発事象検出システムの検討

ETC 車載器および ITS 車載器の匿名 ID 情報を用いた突発事象検出システムについて、検討を行った。

(1) 突発事象検出ロジックの検討

突発事象発生時の車両滞留による旅行時間変動を検知 (以下、滞留検知) するロジックについて、「交通流の異常を検知して、突発事象を発見できる」の仮説を立て、参宮橋の事故事例をもとに検証を行った。

対象カーブ区間の入口と出口にビーコンを設置し、車載器からビーコンへのアップリンク情報をもとに、路側処理装置にて対象区間内での車両の滞留および異常挙動の有無を判定し、滞留または異常挙動が発生した場合には、ドライバーに対して情報板や入側ビーコンから車載器等に情報を提供する。

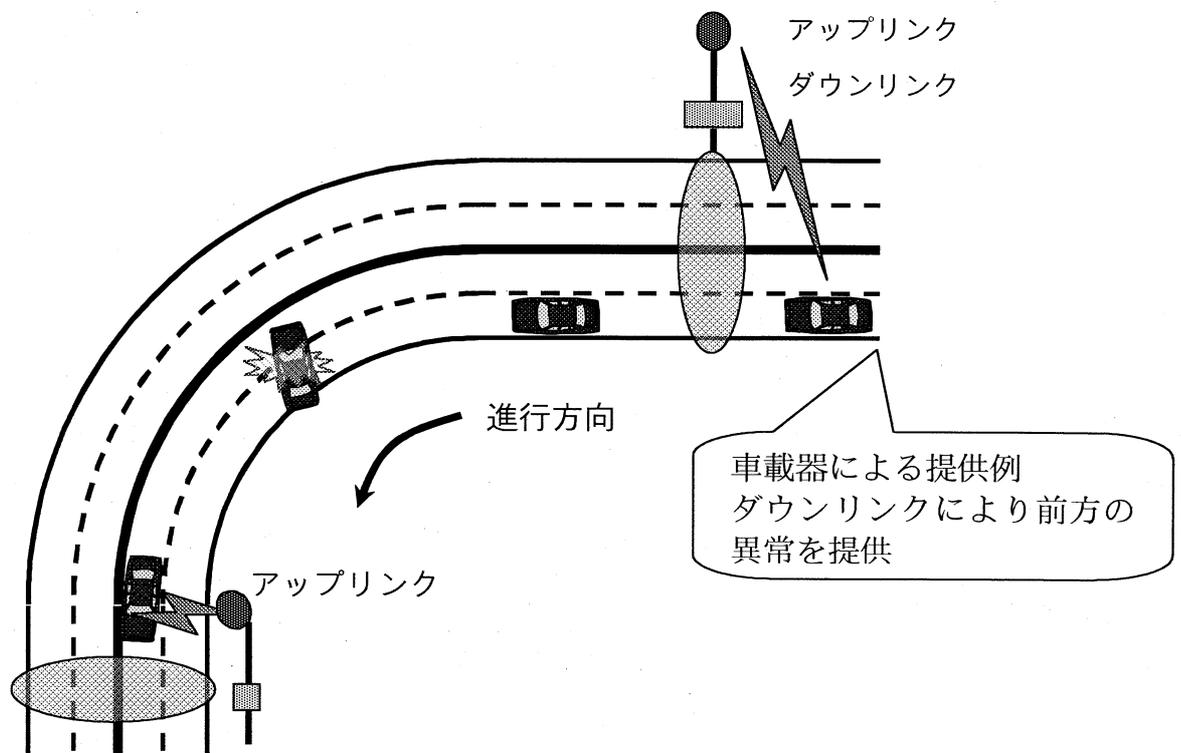


図 4.4.2-1 サービスのイメージ

4 章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

(2) ビーコン設置位置の検討

ビーコン設置位置については、まず、首都高速道路上のカーブの曲率半径 ($R \leq 200$) をもとにサービス候補箇所となるカーブを抽出し、次に、二次事故の発生時刻が一次事故発生からどれくらいの時間が経過して起きているかに着目し分析を行った。また、ビーコン設置間隔の違いによる検出遅れ時間の関係を算出するとともに、カーブ内での事故発生地点の分析を実施した。これらの結果から、検出エリアと検出遅れ時間はトレードオフの関係になることが分かった。

すなわち、400m程度より短いカーブであれば、入口と出口の2箇所に設置すれば良いと考えられる。これは、カーブ区間のどの位置で事故発生したとしても、少なくとも1分超を超える二次事故(1068件:二次事故のうち40%)は削減の可能性があることが確かめられたことによるものである。

(3) システム導入費用対効果

システム導入費用対効果を計るために、過去10年間を対象として事故損失額累計とシステム投資額を比較することとした。ただし、システムにより削減対象となる事故は、ビーコンの設置位置や提供媒体、提供方法、車載器搭載率など様々な要因が複雑に関係するので、ここでは、パラメータに対して一定の仮定を置き、カーブ毎の投入可能額を算出した。

(4) システム構成

匿名ID情報を活用した突発事象検出システムについて具体的なシステム機器構成、機能構成案を策定した。

4.4.2.2.4 匿名IDから走行履歴収集への移行

匿名ID情報を活用したサービスでは、主にETC車載器のID情報を利用するのに対して、走行履歴情報を活用したサービスでは、主にITS車載器の走行履歴情報を利用するといった相違点がある。

車載器の普及といった観点から、既に普及が進んでいるETC車載器に対してITS車載器の普及までには一定のタイムスパンが存在するため、匿名ID情報サービスが先行し、ITS車載器の普及に伴って走行履歴情報サービスが順次整備されていくものと考えられる。

(1) 移行時期

(a) 車載器

ETC車載器は、高速道路における料金収受に用いられるものであるが、車載器固有のID情報を持っていることを応用して、匿名IDをアップリンクする情報源として考えることができる。

一方、ITS車載器は、次世代VICSや決済などのマルチアプリケーションを実現するものとして仕様化や実証実験が進められているものであり、走行履歴をアップリンクする機能と匿名IDをアップリンクする機能の双方を有するものとして想定することができる。ここでは、ITS車載器は、ETC車載器の上位互換機として考えるものとした。

(b) 移行の段階

走行履歴情報サービスは ITS 車載器の普及に伴って実現化していくので、匿名 ID 情報サービスが先行して実用化されていくこととなる。

匿名 ID 情報は ETC 車載器と ITS 車載器の双方から取得可能であるので、移行後段階のように市中を走行する車両の殆どが ITS 車載器を装備する段階においても、匿名 ID 情報サービスの提供が可能である。

(2) 移行時サービス並存状況

(a) 並存時のシステム構成概要

サービス並存時には、ETC 車載器と ITS 車載器から各々の情報がアップリンクされ、匿名 ID アプリケーションと走行履歴アプリケーションの双方が共存することとなる。

(b) 匿名 ID と走行履歴の両方のデータを収集する方法

ITS 車載器からは ID 情報と走行履歴情報の双方をアップリンクすることが可能であるので、ITS 車載器が DSRC 下を走行することによって、両方のデータを収集することは可能である。

ITS 車載器の普及につれて、走行履歴情報がアップリンクされる数も増えていくことになるが、匿名 ID のみで有効なサービスも考えられることから、DSRC では両方の情報を収集し活用していくこととなる。

(3) 移行後の匿名 ID サービスの位置付け

走行履歴情報サービスが提供可能な状況においても、匿名 ID 情報サービスは有効である。従って、移行後においても、匿名 ID 情報サービスと走行履歴情報サービスの双方が利用されるものと考えられる。

4.4.2.2.5 走行履歴情報の活用

AHS 安全サービスを実現するためには、プローブ情報から危険事象を検出するアルゴリズムの開発が必要となる。検出する危険事象としては、急ブレーキ、急ハンドル、車線変更を対象とし、これらを車両挙動から検出することを目指した。収集するプローブ情報としては、現行カーナビが持つ時刻、位置、加速度、ヨー角加速度などのデータを使用することとした。

4.4.2.2.6 事象検出方法の検討

(1) 事象検出方法の検討

論文等の既存知見の調査、および関連団体へのヒアリング調査の結果より、減速度に応じた一般的な車両挙動の状況や危険度について整理した。

また車載器を搭載した試験車両により試験走路と一般道路を走行してデータ収集を行い、危険事象の発生時および通常走行時の加減速度等を把握し、そのデータを活用した事象検出方法について検討を行った。

(2) 試験車両によるデータ収集

アップリンク情報を活用した安全運転支援サービスを実現するためには、「急ブレーキ」「急ハンドル」「車線変更」などヒヤリハット事象を検出す

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

ることが課題である。

そこで、以下を明らかにすることを実験の目的とした。

- (a) 検出可能な事象
 - (b) 事象検出に有効なデータ項目
 - (c) 事象判定のしきい値
- (3) 試験走路実験
- (a) 実験1：試験走路での走行実験
 - (ア) 実験システム構成

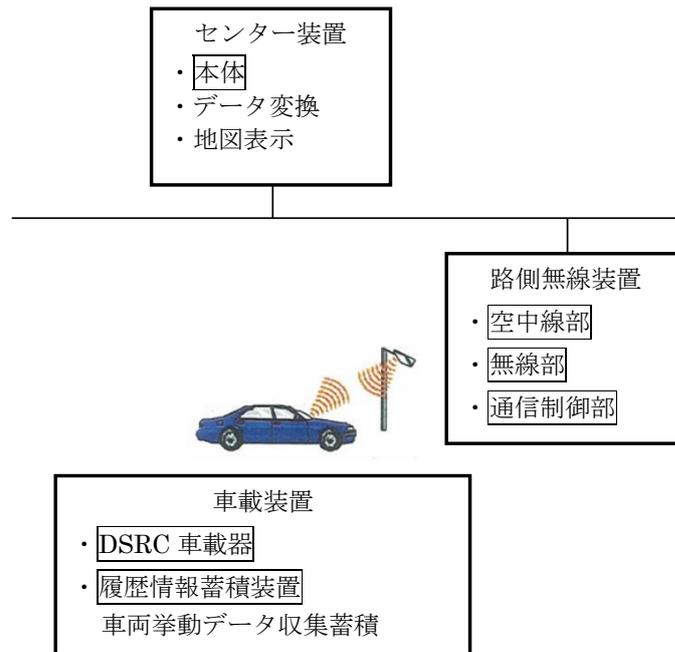


図 4.4.2-2 システム構成図

- (4) 実験手順
- (i) 急ブレーキに関する実験

走行シナリオに従い人為的に急ブレーキ操作を行い、その時の時刻、位置（緯度・経度）、速度、加速度、角速度を収集する。
 - (ii) 急ハンドルに関する実験

走行シナリオに従い人為的に急ハンドル操作を行い、その時の時刻、位置（緯度・経度）、速度、加速度、角速度を収集する。
 - (iii) 車線変更に関する実験

走行シナリオに従い車線変更を行い、その時の時刻、位置（緯度・経度）、速度、加速度、角速度を収集する。
- (b) 実験2：一般道走行での走行実験
- (ア) 実験システム構成



図 4.4.2-3 システム構成図

(イ) 実験実施方針

通常走行における安全領域で発生する減速度等と、危険事象発生時に出る減速度等を相対的に比較し、その相関より異常事象の検出が可能であるかを検証するために、一般道における通常走行時の減速度などの各種指標値の検証を行った。走行シナリオは以下のとおり。

表 4.4.2-2 専門家による一般道路走行シナリオ

走行ルート	収集データ
①一般道路(山岳部)	<ul style="list-style-type: none"> 一般ドライバを想定した通常時の運転 タイヤグリップ上限領域の運転 同一ルート(3往復計6走行実施)上
②一般道路(平坦部)	<ul style="list-style-type: none"> 一般ドライバを想定した通常時の運転 交差点、車線変更等を含む一般道路上。
③高速道路	<ul style="list-style-type: none"> 一般ドライバを想定した通常時の運転 高速道路本線上およびインターチェンジなど。

(4) 実験結果および今後の課題

市販のカーナビに実装されているセンサデータ（前後・左右加速度及びヨー角速度）を用いて、急ブレーキ及び急ハンドルなどのヒヤリハット事象を検出できることを実験により確認し、事象発生 of 判定しきい値に至る基礎データを収集整理した。以下に各判定の結果をまとめる。

(a) 急ブレーキの判定

急ブレーキは、前後加速度のみにより判定が可能であり、走行速度に依存する傾向にある。

(b) 急ハンドルの判定

急ハンドルは、前後加速度及び左右加速度により判定が可能であり、前後加速度は走行速度に依存するが、左右加速度は走行速度に依存しない傾向にあった。

(c) 車線変更の判定

車線変更は、データの変化量が小さいため判定が困難なことを確認した。

(d) 汎用的なカーナビのデータによる判定

急ブレーキの判定は可能性があるが、急ハンドルの判定は困難と推察する。

(e) 実験結果を用いた効果の検証

(ア) AHS センサーが捉えた実際の事故車両の挙動データに今回のしきい値をあてはめて、判定可能性を検証した。結果は実測値で3割、路面状況で補正をした場合で5割判定できた。しかしながら、車種や道路環境等の細部の条件に合わせたしきい値が必要であり、今後の検討課題である。

(イ) 角速度を用いて線形を推計した結果、実際の線形に近い精度が得られることが確認できた。今後はこれらを用いた新しいサービスを提案していくことも考えられる。

(f) 一般道走行データの比較検証

(ア) 専門家が想定した一般ドライバの通常運転時の分布図から、一定の範囲内に収まっていることが確認できた。この領域を越えた値がヒヤリ、ハッとする挙動であると推察する。これにより、個人毎の癖（個人差）を考慮した相対的なしきい値の設定が可能となる。

(イ) 個人の相対比較から、通常運転時に比べ急を要する運転時は挙動が大きくなることが確認できた。なお、今回はデータ量が十分ではないため、発生メカニズムの要因は明確にできなかった。

(g) 今後の課題

(ア) 今回の実験は限られた期間のため限られた走行条件下で実施したが、今回得られた実験結果を検証するため、多様な走行条件（湿潤、路面状態、大型車、道路線形）におけるデータを収集分析することが必要である。

(イ) 同一被験者で実験毎の車両挙動の違いを確認できたが、被験者間個人差の違いは明確にできなかった。今後、多数のドライバの平均的な判定しきい値で対応できるか、ドライバの運転特性に応じた判定しきい値が必要かをさらに調査する必要がある。

4.4.2.2.7 他サービスとの共用

バスロケ等運行管理システムあるいは旅行時間調査や OD 調査等交通調査システムとサービスを共用することを想定し、アップリンクデータの共用及び情報取得位置の共用可否を検討した。

(1) アップリンクデータの共用検討

まず、走行履歴情報による事象検出と共用できるサービスについて抽出

した。これらのサービスは、平成16年度の検討において、DSRCを活用した走行履歴情報を活用した場合の利点を踏まえて、走行支援サービスと合わせて抽出されたものである。各サービスおよび車両からの収集情報を整理したものを表4.4.2-3に示す。

表 4.4.2-3 各サービスと車両からの収集情報

情報		サービス			
		道路交通情報	事業評価	道路管理	運行管理
車両情報 (車両管理 情報を含む)	車両ID	○	○	○	○
	車両諸元		○		○
	車両番号				○
	車両属性			○	
車種		○	○	○	○
走行履歴(緯度・経度、時刻)		○	○	○	○
車載機器(カーナビ、等)				○	
車両挙動履歴 (急ブレーキ、急ハンドル等)				○	
付属情報				○	○

○：収集が必要な情報、空欄：収集が不要な情報

(2) 情報取得位置の共用検討

情報取得位置とは、プローブデータを取得あるいは提供するためのビーコンの設置位置のことである。事象検出用の設置位置と、他サービスとの設置位置の共用の可能性について検討した結果、事業検出用設置位置のうち、全国の道路密度に応じて配置されるものは全てを他サービス用と共用可能であるが、局所的に配置されるものの共用性は低い。一方、他サービス用設置位置は、各サービスを実現する設置密度に応じて事象検出との共用性が決まり、設置密度が低ければほぼ全てを、高ければその一部を事象検出用と共用することが可能となった。

(3) ドライバによる停止車検出検討

道路上の停止車検出方法について、現状の手段と課題及びアップリンク情報を活用することによる効果について検討した。

(a) アップリンク情報を活用した停止車検出サービス

アップリンク情報を活用した停止車検出サービスは、自動車専用道路及び一般道等において、車両からプローブデータを収集することにより、事故・故障等による停止車の位置、状況を抽出し、道路管理者に提供するサービスである。

(ア) 期待される効果について

パトカー、道路パトロールカーなどの公共車両や路線バス、高速バス、タクシー、一般車両のドライバーが停止車を発見し、停止

4 章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

車の位置、状況を自動的に道路管理者に送信することにより、迅速に処理することが可能となり、さらなる事故の減少が期待できる。

(イ) 停止車検出サービスに必要なプローブデータ

停止車検出サービスには、車載器 ID の情報、位置情報、時刻情報、停止車両の状況といったプローブデータが必要である。

(ウ) 停止車検出サービスのシステムイメージについて

停止車検出サービスのシステムは、停止車を発見した際、停止車に関するプローブ情報がカーナビに蓄積され、DSRC を用いてアップリンクすることにより、道路管理者に停止車の存在を知らせるというものである。

(エ) 停止車検出サービスの画面イメージについて

カーナビの画面操作方法としては、タッチパネルより停止車の状況をインプットする方法と、音声認識による方法が想定されるが、走行中タッチパネル操作によりドライバーが画面を注視する可能性があるため、音声認識による画面操作が望ましい。

4.4.2.3 ITS 車載器に関する調査

4.4.2.3.1 ITS 車載器の展開

路車協調システムを実現していくためには、インフラの整備と共に、車載器の普及が必要である。ITS 車載器は、カーナビ、VICS、ETC と個別に提供されていたサービスを 1 つの車載器で提供するものであり、音声、画像などを含む大容量の情報も瞬時に情報提供することが可能である。そのため、AHS を含む幅広いサービスに活用することができるとともに、民間での利用も見込まれて事から、車載器の普及によるサービスの広がりが期待される。

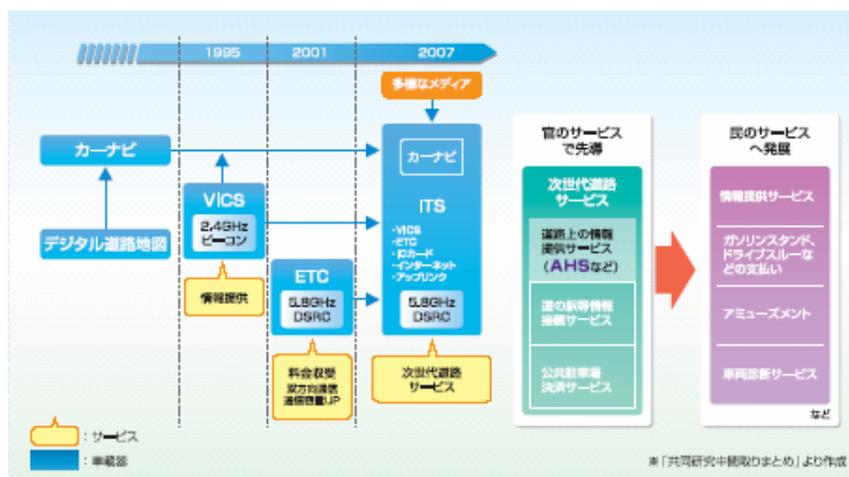


図 4.4.2-4 車載器の展開

4.4.2.3.2 汎用的なカーナビによる挙動判定

汎用的なカーナビによる挙動について、収集周期 1.0sec を想定したデータを作成し、実験車で収集した 0.1sec 周期の挙動と比較し、挙動判定が可能か検証した。

(a) データの要件

収集周期：1.0sec

収集項目：時刻、位置（緯度・経度）、速度、方位

(b) 収集周期 1.0sec のデータ作成

(ア) 時刻、速度、方位

実験で収集したデータのうち、現状の車載器が観測できる速度、方位データを 1.0sec 周期に変換する。変換方法は、1 sec の 10 個 (0.1sec) あるデータの一番はじめのレコードをその sec の代表値を用いた。

(イ) 前後加速度の算出

前後加速度は (i) で抽出した速度の差分で求めた。具体的には、基点の速度 15m/s、1.0 秒後の速度が 10m/s であれば、この間の前後加速度 (m/s^2) は「 $10-15=-5m/s$ 」となり、これを g (9.8) で割った値 $-0.51m/s^2$ となる。

(ウ) 方位の算出

収集可能な方位は 16 方位あり、南を基点 0 [deg] とした。具体的には、1.0sec 毎で南→南南東→南西と変化した場合、方位あたりの角度 22.5 [deg] であるため、0 [deg] →22.5 [deg] →-45.0 [deg] となりこれを加算して軌跡を描いた。

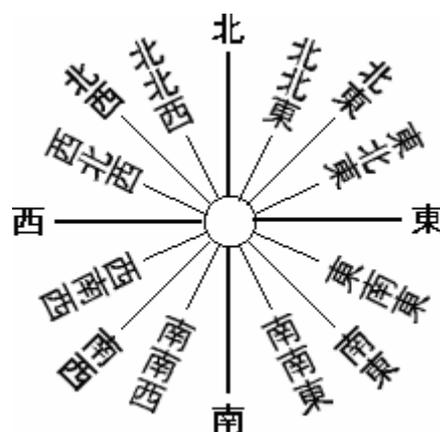


図 4.4.2-5 16 方位図

(c) 挙動判定の検証

(b) で作成したデータ (1.0sec 単位) と本実験データ (0.1sec 単位) を用いて、次の事象の把握有無を検証した。検証で用いたデータは同一被験者、同一走行データである。

(ア) 急ブレーキ

- 収集周期による挙動計測の粗さはあるが、ほぼ同じ時刻、同じ大きさの挙動データを計測。
- したがって、急ブレーキは 1 sec 周期でも判定が可能。

(イ) 急ハンドル

- 周期 1.0sec では、タイムラグが発生し、周期 0.1sec とくらべ 1 秒程度遅れている。
- また周期 0.1sec では左右の挙動が判別できるが、周期 1.0sec では判別できない。
- したがって、急ハンドルは 1 sec の周期では判定が困難。

4.4.2.3.3 ITS 車載器の機能要件の提案

実験の結果、「急ブレーキ」「急ハンドル」などを検出する場合、ITS 車載器から収集するデータには表 4.4.2-4 に示す要件が求められる。また、これらのデータを活用するためには、ITS 車載器に収集データをキャッシュし、定期的に走行履歴として貯めておく必要がある。

表 4.4.2-4 収集するデータの要件

検出項目	収集データ項目	データの要件		備考
		蓄積データ量	収集間隔	
急ブレーキ、 急ハンドル	時刻	6(byte)	1(s)	
	位置	8(byte)	1(s)	
	速度	20(byte)	0.1(s)	蓄積データ量は 1(s)分
	前後左右 加速度	40(byte)	0.1(s)	蓄積データ量は 1(s)分
	ヨー角速度	20(byte)	0.1(s)	蓄積データ量は 1(s)分
蓄積データ量の合計		94(byte) × 10(S) = 940(byte)		

4.4.3 インフラからの情報提供による走行支援に関する調査

インフラからの状況情報の提供手法に関する技術検討と注意喚起情報の提供手法に関する技術検討、車両への情報伝達方法の検討により、インフラからの情報提供による走行支援に関する技術検討を行った。

4.4.3.1 インフラからの状況情報の提供手法に関する技術検討

状況情報提供サービス、サービスの優先度について検討を行った。

4.4.3.1.1 状況情報提供サービス

状況情報提供サービスについて、インフラから提供できる情報を検討し、状況情報提供サービスの提供方法について考察した。

(1) インフラから提供できる情報

表 4.4.3-1 に、現在利用可能な道路インフラ情報の種別と提供方法を示す。

表 4.4.3-1 道路インフラ情報の概要

区分	提供方法	情報種別
静的情報	道路標識(本標識)	案内情報
		警戒情報
		規制情報
		指示情報
	道路標識(補助標識)	本標識を補助する情報
準静的情報	Web	本日の規制情報
		工事情報
		事前通行規制区間情報
		道路気象情報
		渋滞情報
	情報板	
	可変表示板	制限速度などの補助情報

(2) 状況情報提供サービスの提供方法

(a) 静的情報提供

静的状況情報の代表例である道路標識の状況情報提供サービスの生成にあたっては、それぞれの標識分類の内容に応じた提供方法を検討する必要がある。表 4.4.3-2 に検討結果を示す。

表 4.4.3-2 静的情報の提供方法

	案内標識情報	警戒標識情報	規制標識・指示標識情報
情報種別	静的情報	静的情報	静的情報
情報内容	案内標識情報	警戒標識情報	規制標識・指示標識
情報提供位置	案内場所に近づく前方位置	警戒場所に近づく直前位置	規制箇所・指示箇所 (現行の道路標識設置箇所)
提供位置精度	厳密な精度は不要	ある程度の精度が必要	位置精度必要(罰則の対象)
情報量	多	中	少
優先度	低	中	高
望ましい提示方法	視覚モード	視覚モード+聴覚モード	聴覚モード+視覚モード

(b) 準静的情報提供

準静的情報の一例である路上工事情報の提供においては、工事箇所までの距離に応じてサービスの内容を変えることが望ましい。表 4.4.3-3 に路上工事情報の提供方法を示す。

表 4.4.3-3 路上工事情報の提供方法

情報種別	準静的情報
情報内容	路上工事情報
情報提供位置	1)道の駅等情報検索が可能な場所 (車両停止中) 2)工事箇所に近づく箇所 (車両走行中)
提供位置精度	厳密な精度は不要
情報量	1)情報検索時は多 2)工事箇所接近時は少
優先度	中
望ましい提示方法	1)視覚モード(Web) 2)視覚モード+聴覚モード

4.4.3.1.2 サービスの優先度

静的及び準静的な状況情報は多岐にわたるので、これらすべてを同時に提供可能とすることには困難が予想される。このため、サービスの優先度を定め、優先度の高いものから順に情報提供サービスとして実用化することが必要である。そこで、それぞれのサービスについてアンケート調査を実施し、優先度について検討した。

その結果、以下のことがわかった。

- 通常の運転状況では、路上工事情報提供の優先度が高位にある。
- 不慣れた運転状況では、路上工事情報提供、路面情報提供、気象情報提供、道路防災の優先度が高位にある。

- カーブ進入速度注意喚起、一時停止注意喚起は、通常の運転状況では優先度が低位にあるが、不慣れな運転状況では優先度が向上する。

4.4.3.2 注意喚起情報の提供手法に関する技術検討

注意喚起情報の提供手法に関する技術について、走行速度に基づく注意喚起サービス、効果的な情報提供の条件、提供すべき利用情報、利用情報の所要精度、車載器へのサービス実装の検討、サービス対象箇所の選定の検討を行った。

4.4.3.2.1 走行速度に基づく注意喚起サービス

道路インフラ情報を用いる走行支援サービスを有効なものとする一つの方法として、自車両の走行速度に応じて情報または警報を提示するかどうかを判断する、走行速度に基づく走行支援サービスがある。表 4.4.3-4 に、代表的なこの種のサービスのサービス内容と期待効果を示す。

表 4.4.3-4 走行速度に基づくサービスの例

サービス名	サービス内容	期待効果
カーブ進入速度注意喚起	通常の減速度では進路前方のカーブ開始点に到達するまでにカーブ通過の安全速度以下に減速できないと予測されたなら、注意喚起の情報を提示する。	カーブにおける速度超過に起因する事故を減らす。
一時停止注意喚起	通常の減速度では進路前方の一時停止位置において停止できないと予測されたなら、注意喚起の情報を提示する。	信号なし交差点における非優先側の不停止に起因する事故を減らす。
前方障害物注意喚起	通常の減速度では進路前方の障害物を避けるための安全速度以下に減速できないと予測されたなら、注意喚起の情報を提示する。	見通し不良箇所における衝突事故を減らす。

これらのサービスでは、情報または警報を提示する路上の位置は走行速度に応じて変わっており、この機能は危険事象予知機能により実現される。この危険事象予知機能は、走行速度に基づき自車両が危険事象に遭遇する可能性を判断する危険予知アルゴリズムにより実現できる。

4.4.3.2.2 効果的な情報提供の条件

静的な道路インフラ情報を用いる注意喚起レベルのサービスを成立させるためには、ドライバーに対する情報提示に関して十分な対策が必要である。この対策としてつぎの方策が有効と考えられる。

(1) 不適切な情報／警報の抑制

自車両が危険な状態に遭遇する可能性が生じたときにのみ情報／警報を提示することが求められる。このために自車両が危険な状態に遭遇する可能性があるかどうかを判断する機能が必要になる。

(2) ヒューマンファクタの設計

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

情報／警報の提示の方法を工夫し、不適切な情報／警報が提示されてもドライバに煩わしさを感じさせないようにすることが重要である。しかし、サービスの効果を期待するためには、ある程度の煩わしさは許容しなければならず、適切なヒューマンファクタの設計が必要になる。

4.4.3.2.3 提供すべき利用情報

(1) 対象サービス

サービス提供の対象サービスとして、状況情報提供レベルのサービス及び注意喚起レベルのサービスのいずれかを独立して提供する場合とそれらのサービスを組み合わせて提供する場合を検討した。

図 4.4.3-1 に、検討結果から求められる組み合わせサービスの提供における位置関係を示す。サービス生成のためには、サービス開始点の位置情報、サービス開始点から目標地点までの距離（目標距離）、及びサービス開始点から固定情報提示位置までの距離（固定提示距離）が必要である。

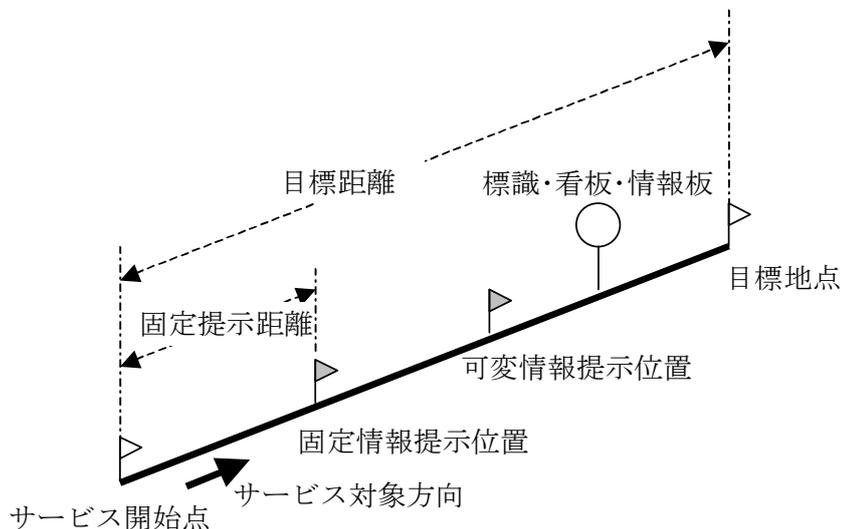


図 4.4.3-1 組み合わせサービスの提供における位置関係

(2) 利用情報のデータモデル

図 4.4.3-2 に、上記の対象サービスを実現するために必要とされる利用情報のデータモデルを示す。

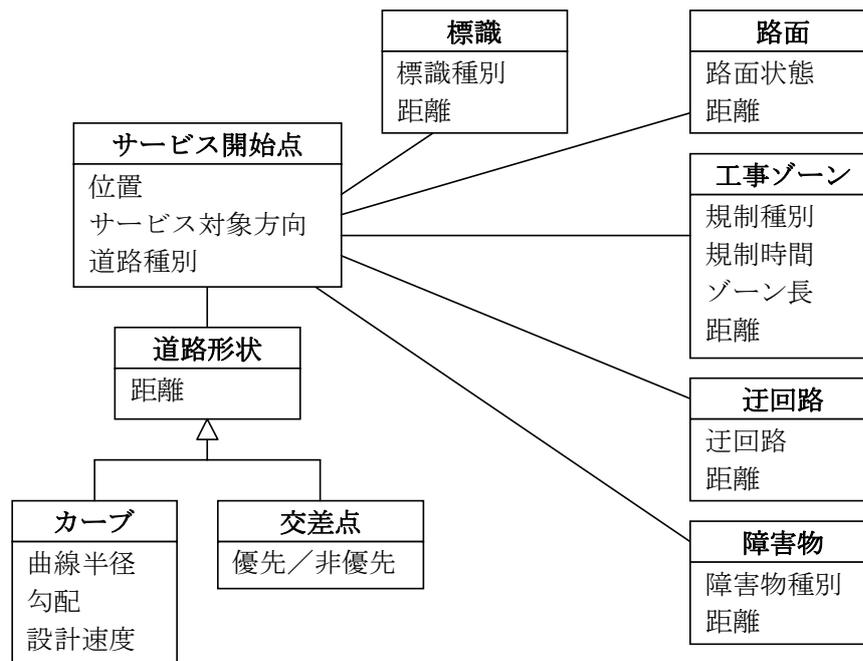


図 4.4.3-2 走行支援サービスに用いるインフラ情報のデータモデル

4.4.3.2.4 利用情報の所要精度

利用情報の所要精度について、許容誤差の考え方、情報／警報発生のプロセスとタイミング変動要因、許容誤差の配分の検討を行った。

(1) 許容誤差の考え方

上記の危険予知アルゴリズムで用いられる情報には誤差が含まれており、この誤差は提供されるサービスの品質に影響を及ぼす。この誤差の影響は、主に危険事象予知機能における危険予知率と情報／警報発生タイミングの変化として現れる。

情報／警報発生タイミングの変動によるドライバーの反応の違いについて、平成 14 年度に試験走路において実施した AHS 研究組合の実証実験の結果や米国 NHTSA の衝突回避警報装置のヒューマンファクタ・ガイドラインからの考察に基づき、情報／警報発生タイミング変動の目標値を 3 レベルに分けて設定した。

表 4.4.3-5 に、警報タイミング変動の 3 レベルの目標値を示す。ここで、第 3 行の予告時間 T_c は、上記の実験結果及び NHTSA ガイドラインを参考にして設定したものであり、設定の幅を示している。この T_c の設定に対し、同表の第 4 行に示す変動幅 $2\Delta T$ が許容できると仮定する。この変動幅に対応するタイミング変動の標準偏差 $\sigma(T)$ (第 5 行) が目標値となる。

表 4.4.3-5 警報タイミング変動の目標値

目標レベル	1	2	3
サービスレベル	状況情報提供	注意喚起	警報
予告時間 T_c	10-20 秒	3-7 秒	2-3 秒
許容タイミング変動幅 $2\Delta T$	10 秒	4.0 秒	1.0 秒
許容タイミング変動 $\sigma(T)$	2.5 秒	1.0 秒	0.25 秒

(2) 情報／警報発生のプロセスとタイミング変動要因

ここでは、上記の危険予知アルゴリズムを採用した場合の情報または警報発生タイミングの変動要因を調べる。表 4.4.3-6 に、4 つの誤差要因により生じる情報／警報発生タイミング変動の表現を示す。

表 4.4.3-6 情報／警報発生タイミング変動の表現

利用情報の誤差	警報発生タイミングの変動
目標地点の位置誤差 δX_c	$\delta T1 = \delta X_c/V$
自車両の位置誤差 δX	$\delta T2 = -\delta X/V$
自車両の速度誤差 δV	$\delta T3 = -(T_c + V/\alpha_0) \cdot \delta V/V$
曲線半径の誤差 δR	$\delta T4 = (V_0^2/2V\alpha_0) \cdot \delta R/R$

(3) 許容誤差の配分

総合の警報発生タイミング変動が情報提供タイミング変動の目標値になるように、各誤差要因に誤差を配分する。表 4.4.3-7 に、利用情報の誤差による情報／警報発生タイミングの誤差配分の例を示す。

表 4.4.3-7 情報／警報発生タイミング変動の配分

利用情報の誤差	レベル 1	レベル 2	レベル 3
地理情報の位置誤差 δX_c	0.79 s	0.32 s	0.079 s
曲線半径の誤差 δR	0.79 s	0.32 s	0.079 s
位置特定の誤差 δX	1.58 s	0.63 s	0.158 s
速度の誤差 δV	1.58 s	0.63 s	0.158 s
合計 (rms)	2.5 s	1.0 s	0.25 s

表 4.4.3-8~4.4.3-10 に、表 4.4.3-7 の誤差配分に対応する許容誤差の数値例を示す。

表 4.4.3-8 許容誤差の数値例 (レベル 1、 $T_c = 15$ s)

走行速度 V	30 km/h	60 km/h	120 km/h
地理情報の位置誤差 δX_c	6.6 m	13 m	26 m
曲線半径の誤差 $\delta R/R$	82 %	41 %	20 %
位置特定の誤差 δX	13 m	26 m	53 m
速度の誤差 $\delta V/V$	8.9 %	7.7 %	6.1 %

表 4.4.3-9 許容誤差の数値例（レベル 2、 $T_c = 5$ s）

走行速度 V	30 km/h	60 km/h	120 km/h
地理情報の位置誤差 δX_c	2.7 m	5.3 m	11 m
曲線半径の誤差 $\delta R/R$	33 %	16 %	8 %
位置特定の誤差 δX	5.3 m	11 m	21 m
速度の誤差 $\delta V/V$	8.1 %	6.0 %	3.9 %

表 4.4.3-10 許容誤差の数値例（レベル 3、 $T_c = 2.5$ s）

走行速度 V	30 km/h	60 km/h	120 km/h
地理情報の位置誤差 δX_c	0.7 m	1.3 m	2.6 m
曲線半径の誤差 $\delta R/R$	8.2 %	4.1 %	2.0 %
位置特定の誤差 δX	1.3 m	2.6 m	5.3 m
速度の誤差 $\delta V/V$	3.0 %	2.0 %	1.2 %

許容誤差と現在の GPS 測位システムの測位誤差を検討した結果、状況情報提供サービスのために必要になるレベル 1 の精度は現状の技術でほぼ実現可能であり、注意喚起サービスのために必要になるレベル 2 の精度も近い将来に実現できる可能性が高いことが分かった。しかし、警報サービスのために必要になるレベル 3 の精度を実現するためには、大きな努力が必要になる。

4.4.3.2.5 車載器へのサービス実装の検討

図 4.4.3-3 に、車載器におけるサービス実装の 2 つの方式を示す。

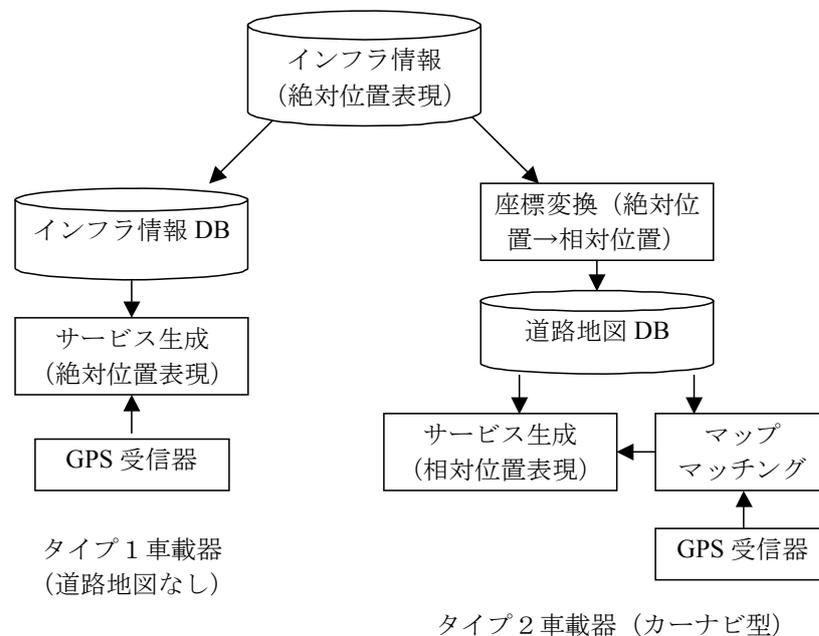


図 4.4.3-3 車載器におけるサービス実装の 2 方式

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

上記の2つのタイプの車載器構成の主な違いは、データ記憶装置の容量、道路地図とマップマッチング機能があるかないかである。

4.4.3.2.6 サービス対象箇所を選定

サービス対象箇所として、必要費用に対する事故削減効果の大きな箇所を潜在事故発生件数から選定した。

潜在事故発生件数の推定方法として、表4.4.3-11示す2つの方法が考えられる。

表 4.4.3-11 潜在事故発生件数の推定法

推定方法	(1) 直接法	(2) 事故率から推定する方法
説明	個々のサービス対象箇所の潜在事故発生件数を過去の事故統計から直接推定する	サービス対象箇所の類型ごとの事故率に個々のサービス対象箇所の交通量を乗じる
必要データ	事故統計	事故率、交通量
長所	プロセスが単純	対象箇所の事故統計が不要
短所	長期間の対象箇所の事故統計が必要、新設道路に適用できない	事故率の検証が難しい、交差点の特徴が多様で適切な分類が不明
適用箇所	事故発生件数の大きい箇所 大規模交差点	潜在事故発生件数が中程度の箇所 新設道路

(2)の方法を用いるためには、まず、サービス対象箇所であるカーブの類型への分類が必要である。そこで、カーブの分類に用いる特徴として、道路種別、曲線半径、車線数を採用し、直轄国道について人身事故統計データから事故率を求めた。つぎに、ある地域のサービス対象候補のすべてのカーブについて、次の関係により潜在事故発生件数を求めた。

$$\text{潜在事故発生件数} = \text{事故率(件数/億台キロ)} \times \text{カーブ区間長} \times \text{交通量(億台)}$$

分析の結果、カーブについては上記(2)の方法を採用すべきであることが分かった。しかし、交差点については、適切な類型への分類が明らかではなく、上記(2)の方法の適用が可能かどうかの検証が必要である。

上記の分析の結果を利用して、必要とされるサービス対象箇所数を推定することができる。表4.4.3-12に、直轄国道及び一般幹線において事故カバー率を90%とするために必要になるサービス対象箇所数の推定値、及びこれらの箇所において発生するサービス対象事故の全人身事故に占める割合の推定値を示す。

表 4.4.3-12 サービス対象箇所数及びサービス対象事故件数

道路種別	カーブ		信号なし交差点	
	箇所数	相対事故件数	箇所数	相対事故件数
直轄国道	20,000	1.4%	70,000	2.7%
一般幹線			360,000	4.5%

4.4.3.3 車両への情報伝達方法の検討

車両への情報伝達方法について、車両への情報伝達方法、位置特定方法の検討を行った。

4.4.3.3.1 車両への情報伝達方法

車両への情報伝達方法について、情報伝達システムの概要、TPEG 技術に基づくインフラ情報配信、デジタル道路地図を媒介する情報伝達、通信・放送媒体による情報伝達について検討を行った。

(1) 情報伝達システムの概要

図 4.4.3-4 に、走行支援サービスの生成のために必要とされるインフラ情報の車載器への想定される伝達経路を示す。

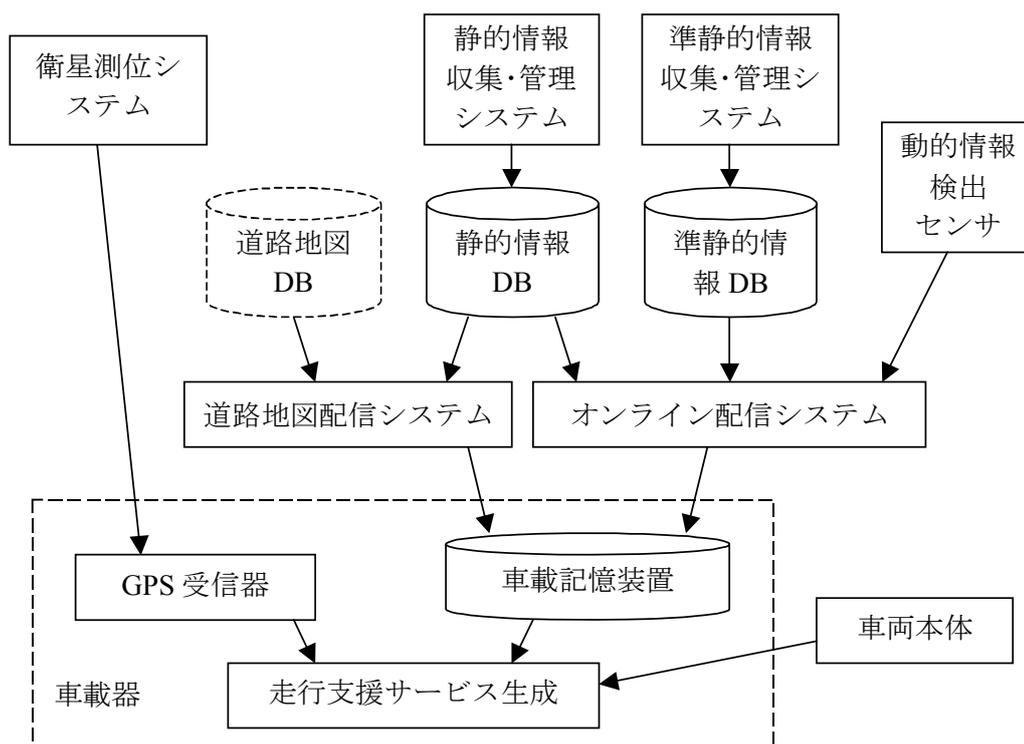


図 4.4.3-4 インフラ情報の車載器への伝達経路

インフラ情報の配信のために、種々の通信媒体が利用できる。表 4.4.3-13 に、利用可能な通信・放送媒体の候補と配信モードを示す。

表 4.4.3-13 配信のための通信・放送媒体と配信モード

媒体	配信モード	ビーコン 設置位置	サービス範囲	サービス 開始点
DSRC	放送(同報)型	路側のサービス開始点	ビーコン設置位置を基準とする局所	実
		料金所、SA/PA等	地域の高速道等	
	要求応答型	SA/PA、道の駅等	全国の全道路	仮想
データ放送	放送型	—	地域の全道路	
インターネット、公衆移動通信等	要求応答型	—	全国の全道路	

図 4.4.3-5 に、サービス対象車載器の違いによるインフラ情報の配信及び更新手段の違いを示す。これらの機能は新 VICS の機能の一部として実現することが可能と考えられている。

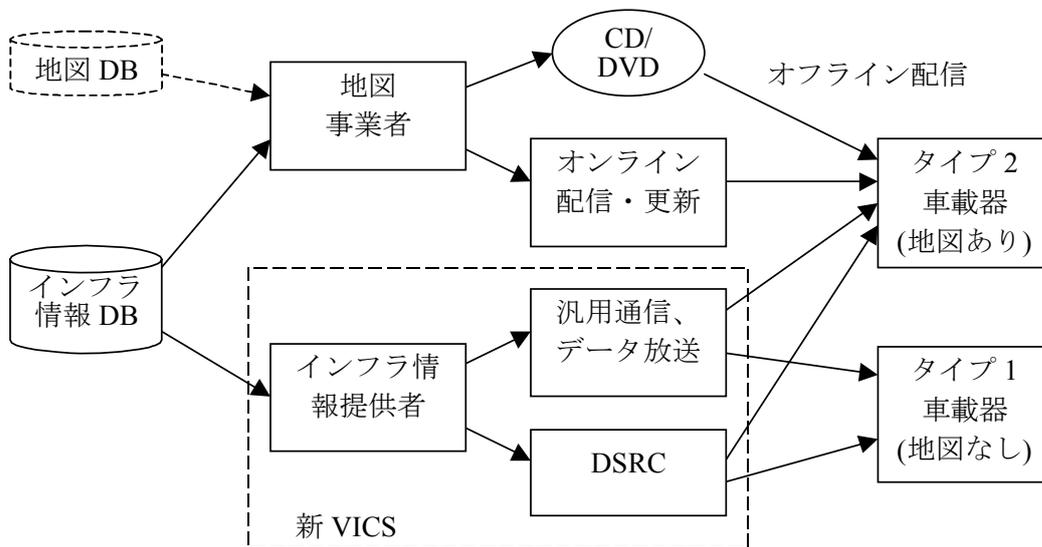


図 4.4.3-5 インフラ情報の配信及び更新手段

(2) TPEG 技術に基づくインフラ情報配信

ベアラ（伝達手段）独立な交通及び旅行情報 TTI（Traffic and Travel Information）配信技術の国際標準として TPEG がある。

TPEG は、交通情報をユーザに配信するためのベアラに依存しない配信技術である。したがって、TPEG の当初からの応用対象であったデジタル放送、インターネットによる配信の他に、VICS やテレマティクス事業者への伝達形式としても、また静的インフラ情報をナビ用道路地図に添付するかまたは埋め込んで配信する場合の地図事業者への伝達形式としても、TPEG を利用することができる。

(3) デジタル道路地図を媒介する情報伝達

デジタル道路地図の配送システムを利用したインフラ情報の配信を実用化するためには、地図事業者に提供するインフラ情報のデータ形式を標準化することが必要である。現在、カーナビ用道路地図のデータ形式は機種ごとに異なるため、インフラ情報はこれらの地図のデータ形式とは独立な中立的な表現形式で表現し、地図事業者に提供することが望まれる。

インフラ情報の中立的な表現形式の候補として、GDF/XGDF、DRM21、TPEG/ tpegML が考えられる。GDF/XGDF 及び DRM21 は道路地図のファイル交換のためのデータ形式であり、複雑な構造を持つ。一方、TPEG/tpegML は、ベアラ独立な交通及び旅行情報 (TTI) の表現形式であり、地図の形式には依存しない単純な構造を持つ。

(4) 通信・放送媒体による情報伝達

インフラ情報利用サービスを実現するために必要になるインフラ情報のうち、準静的及び動的情報を車載器に配信するために通信・放送媒体の利用が必須になる。また、静的情報も通信・放送媒体を利用して配信できる。

(a) DSRC による配信

最も早く実用化の可能性のあるのが、DSRC を用いる新 VICS による配信である。

少数の DSRC ビーコンで多数のサービス対象箇所をカバーできるように、事前に 1 つのビーコンから複数のサービス対象箇所のデータを送信し、このデータを車載器に蓄積し、車両がこれらの複数のサービス対象箇所を通過したときに適切なタイミングで情報／警報を発生することが望まれる。このような応用を可能にするため、インフラ情報を新 VICS の蓄積型のデータとして配信するものとする。

(b) デジタル放送による配信

日本における地上波デジタル放送は、2006 年から全国放送される見通しである。ISDB-T は、UHF (470~770MHz) の電波を使用し従来のアナログ放送波と同じ帯域幅 (約 6MHz) を 13 のセグメントに分割して使用する。

13 のセグメントのうちの 1 つは移動体向け放送に予め割り当てられている。これを用いる放送を 1 セグメント放送と呼ぶ。1 セグメント放送の番組内容は、当面、通常の放送のサイマル放送となるが、地上波携帯端末の特性を活かした利用法が考えられている。これに加えてデータ放送や地上波デジタルラジオ (音声放送) ISDB-T SB がある。

地上波デジタルラジオでは VHF 帯を 3 または 1 セグメントを 1 単位として使用する。1 セグメントは電波帯域 430kHz を使い、伝送できる情報量は 4 つの変調方式のうち移動体に適した方式で 280kbps である。

このデジタルラジオでは、公共放送である NHK のデータ放送の中に VICS チャンネルが確保されている。このチャンネルを利用して新しい

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

交通情報サービスを提供できる可能性がある。

(c) インターネットによる配信

すでに広域の高速データ通信媒体としての地位を確立しているインターネットを利用するならば、交通情報提供者がサーバに蓄積した道路インフラ情報をエンドユーザが PC、PDA 等の汎用端末にダウンロードすることができるようになる。ダウンロードしたインフラ情報を一時記憶装置等を介して車載器に転送することにより、インフラ情報の間接配信を容易に実現できる。

4.4.3.3.2 位置特定方法

位置特定方法について、必要とする位置精度、情報伝達メディアと位置特定方法の関連、車両による位置特定、インフラと協調した位置特定、インフラからの情報提供の為に位置特定方法について検討を行った。

(1) 必要とする位置精度

平成 16 年度の研究結果により、必要とする位置精度はサービスレベルと走行速度に依存することが分かった。サービスレベルに対する要求精度は、状況情報提供サービス（レベル：1）、注意喚起サービス（レベル：2）、警報サービス（レベル：3）の順に厳しくなる。一方、走行速度に対する要求精度は走行速度が遅いほど要求精度が厳しくなる。

インフラ情報提供サービスに於いて、必要とする位置精度は下記のとおりである。

(a) 状況情報提供サービス：要求位置精度 34.8m(相対)於:走行速度 \geq 40km

(b) 注意喚起サービス：要求位置精度 14.4m(相対)於:走行速度 \geq 40km

(2) 情報伝達メディアと位置特定方法の関連

情報伝達メディアが情報を提供する範囲が広域か狭域により、位置特定に使用できる手段が異なる。即ち、広域提供メディアでは、情報発信源の位置から場所を特定する事ができない。一方、狭域提供メディアでは、情報発信源の位置から場所を特定する事ができる。

(3) 車両による位置特定

現時点に於いて、車両による位置特定で最も精度と信頼性が確保されているものは、カーナビゲーションシステムに用いられている方式である。この方式は慣性航法を主体に、時々 GPS (Global Positioning System) から得られる絶対位置座標により、慣性航法で推定した位置を補正する方式が取られている。一方、GPS そのものの測位には GPS 衛星が捕捉できない場所が必ず存在する。そこで、GPS の状態を「GPS の見える所」「GPS の必要数見えない所」に分けて GPS 測位の實力値を把握し、その後要求位置精度との関係を検討した。

(4) インフラと協調した位置特定

車両に情報伝達するメディアの提供範囲が狭域の場合、情報発信源の位置から場所を特定する事ができる。代表的な狭域の情報提供メディアであ

る DSRC ビーコン、VICS 光ビーコン、VICS 電波ビーコンの 3 方式について位置特定機能を調査した。

表 4.4.3-14 狭域情報提供メディアと協調した位置特定

情報提供メディア	位置特定精度	自車位置の補正
DSRC ビーコン	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信ゾーンの大きさに依存(3m~30m) ● 3車線の高速道路に於いて車線方向の通信ゾーンは約 20m ● RSSI 利用の位置特定も要検討 	<ul style="list-style-type: none"> ● ビーコン設置位置の緯度/経度等が情報提供に含まれており、自車位置の補正が可能
VICS 光 ビーコン	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信ゾーンの大きさに依存(車線方向 3.7m、幅員方向 2.7~3.5m) ● 道路の幅員方向の通信ゾーンが車線幅(3.5m)より小さく、車線毎の位置把握が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状、自車位置の補正は不可
VICS 電波 ビーコン	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信ゾーンの大きさに依存(車線方向 70m) ● ビーコンの前後方向で電波が位相反転しており、逆相検知によりビーコン直下を知る事が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状、自車位置の補正は不可

(5) インフラからの情報提供の為の位置特定方法

インフラからの情報提供の為の位置特定方法については、使用可能なエリアの広さから現在カーナビの使用されている「GPS+慣性航法+マップマッチング」による位置特定方法が主体と考える。但し、高層ビル街など GPS が使用できない場所ではインフラが位置特定を補助する事が必要であり、情報提供ビーコンの正確な位置をインフラ情報に付加する方法等のインフラが補助する方法により自車位置の補正ができる機能の追加を期待する。

4.4.4 道路地図情報に基づく走行支援サービスの調査

4.4.4.1 目的

本研究は、カーナビを活用し、車載の道路地図によりドライバーに情報提供を行うことで安全走行を支援し、道路交通の安全に寄与するサービスを実現することを目的とした。

また、早期に実現すべき道路地図情報に基づく走行支援サービスを提案し、道路勾配や曲率などの道路構造情報、事故多発箇所などの統計情報など、走行支援サービス提供のために必要となる情報を抽出した。また、情報の記述方法、及びその情報を収集・更新・配信する情報集配信の仕組みを研究した。

4.4.4.2 地図利用走行支援サービスの概念

地図利用走行支援サービスについて、サービス概要、提供サービス例、対象事故、サービスレベル、不適切な警報及び不警報、サービス生成の基本機能の検討を行った。

(1) 地図利用走行支援サービスの概要

地図利用走行支援サービスは、カーナビゲーションシステム（カーナビ）にその付加機能として実装され、カーナビのユーザインタフェースを通してドライバーに安全走行に役立つ情報や警報を提供するものである。表 4.4.4-1 に、サービス対象車両の違いによる走行支援サービスの分類を示す。地図利用走行支援サービスは、ナビ型車載器を持つ車両をサービス対象とするサービスである。

表 4.4.4-1 走行支援サービスの分類

サービス対象車両	サービス対象箇所	通信インフラ	情報源による分類
車載器なし	路側表示器設置箇所	—	インフラ単独サービス
ETC 型車載器 (地図を持たない)	DSRC 等ビーコン設置箇所	路車間通信 (DSRC 等)	路車協調サービス
	制限なし	車車間通信 車路車間通信	車車協調サービス (運転挙動に基く)
ナビ型車載器 (地図を持つ)	制限なし	配信システム	車両単独サービス (静的情報)
		路車間通信 (DSRC 等)	路車協調サービス
		車車間通信 車路車間通信	車車協調サービス (位置情報に基づく)

(2) 提供サービスの例

表 4.4.4-2 に地図情報を利用する公共的な走行支援サービスの例を示す。ここで、公共的なサービスとは、交通の安全と交通流の円滑化を目的とするサービスを意味する。

表 4.4.4-2 地図情報を利用する走行支援サービスの例

静的情報を用いるサービス	事故多発箇所情報提供サービス
	標識情報提供サービス
	カーブ進入速度警報サービス
	一時停止警報サービス
	サグ部交通流円滑化サービス
準静的情報を用いるサービス	路面情報提供サービス
	規制情報提供サービス
	路面情報適応サービス
	規制情報適応サービス
	サグ部交通流円滑化サービス(交通量適応)
動的情報を用いるサービス	追突警報サービス
	出会い頭衝突警報サービス

(3) サービス対象事故

地図利用走行支援サービスのサービス対象事故類型（事故削減効果があると考えられる事故類型）は、広範囲に及ぶが、検討の結果、静的情報のみの提供でも全体の1/4、動的情報まで提供するなら全体の1/3程度の事故がサービス対象になる可能性のあることが分かった。

地図利用サービスのうち静的情報のみを用いるサービスは、大きな追加のインフラ投資なしに実現できるので、容易にサービス対象箇所を拡大でき、したがって広い地域の道路をサービス対象とすることができる特徴を持つ。このため、特に、他の対策の適用が難しい交通量の少ない非市街地における事故削減対策として有望である。

(4) サービスレベル

走行支援サービスのサービスレベルの定義を、表 4.4.4-3 に示す。

表 4.4.4-3 サービスレベルの定義

サービスレベル	定義
警報	危険を避けるために、車両制御のための即時の反応を必要とするか、または予定した反応の修正を必要とする状況と判断した場合にのみ提供する。
注意喚起	ドライバーの即時の注意を必要とする危険の可能性はあるが、警報の定義には合致しない状況と判断した場合にのみ提供する。
状況情報提供	ドライバーの注意を必要とする危険の可能性はあるが、警報および注意喚起の定義には合致しない状況と判断した場合に提供する。

(5) 不適切な警報及び不警報

提供サービスの出力である警報または情報が、実際には必要ないときにも提供されたり（不適切な警報）、必要なときに提供されないこと（不警報）があり、ドライバーに対する影響が懸念されている。ここでは、米国 NHTSA

4章 研究の成果

4.4 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

やASV開発指針の研究をもとに検討し、その適用範囲を明確化するために、より広い「サービスなし」の概念を導入し、「サービスなし」を「サービス提供が期待される状況においてサービス提供がない場合」と定義した。

「サービスなし」が生じる原因とそれらが不警報の対象になるかどうかを分析した結果を以下に示す。

- (a) サービス対象箇所選択機能の適用を制限すべき
 - (b) 準静的情報・動的情報を用いる場合には、その誤りを極力排除すべき
 - (c) 危険事象予知機能の不検知を極力排除すべき
- (6) サービス生成の基本機能

地図利用走行支援サービスの、サービス生成のためのプロセスは5つの段階で識別されている。表4.4.4-4に、この5つのプロセスに対応する基本機能の概略の説明を示す。

表 4.4.4-4 サービス生成の基本機能

基本機能	説明
1 位置特定機能	GPS 受信器の出力データ、自車両の挙動情報などに基づき、デジタル道路地図を基準とする自車両の現在位置を特定する。
2 サービス対象箇所選択機能	不適切な警報提示の頻度を抑えるため、静的・準静的情報に基づき警報提示の対象となるサービス対象箇所の候補の潜在的危険度を評価し、その評価に従いサービス対象箇所を選択する。
3 危険事象予知機能	自車両の現在位置・挙動情報、外部から更新される静的・準静的情報、外部から送られる動的情報に基づき、自車両が危険事象に遭遇する可能性の有無を判断し、危険事象との遭遇の可能性が予知されたなら適切なタイミングで警報を発生する。
4 警報提示機能	危険事象予知機能により警報が発生されたなら、カーナビのユーザインタフェースを通してドライバに警報を提示する。
5 車両挙動情報発信機能	自車の急制動・停止時に急制動・停止情報を、また見通し不良箇所の手前で位置・速度情報を発信する。

4.4.4.3 事故多発箇所情報の提供サービス

事故多発箇所情報の提供サービスについて、サービス内容及び既存情報によるサービス対象件数の検討を行った。

(1) サービス内容

事故多発箇所情報の提供サービスは、事故多発箇所情報をカーナビからドライバーへ提供することによって、事前の注意喚起や安全を優先した経路選択を促す。このサービスは、カーナビを用いる走行支援サービスにおいて、最も早く実現可能と考えられる。

表 4.4.4-5 事故多発箇所情報を用いるサービスの内容

提供方法	サービス内容
音声案内サービス	事故多発箇所に進入する直前に、音声により伝達
画面表示サービス	事故多発箇所があることをカーナビの画面上に表示
迂回案内サービス	事故多発箇所を回避する経路案内を実施
経路選択サービス	運転開始前の経路選択時に事故多発箇所を避けて経路案内を実施

(2) 既存情報

既存の事故多発箇所データを検討した結果、事故多発箇所のうち 43,000 箇所の情報を提供することで、全交通事故件数の約 15%の事故をサービス対象とすることが出来ると判明した。

4.4.4.4 車両挙動に応じた走行支援サービス

車両挙動に応じた走行支援サービスについて、サービス内容及び利用情報、サービス有効性に関する評価方法の検討を行なった。

(1) サービス内容

車両挙動に応じた走行支援サービスは、カーナビを用いる走行支援サービスの事故削減効果を向上させるために、車両挙動に応じてドライバーが必要とする情報を、必要なときにのみ与える情報提供サービスである。

表 4.4.4-6 車両挙動に応じた走行支援サービスの例

サービス名	サービス内容	利用情報
カーブ進入速度警報サービス	カーブ形状、勾配情報に基づきカーブ進入速度を目標値まで減速できるかどうかを判断し、適切なタイミングでドライバーに警報・情報を提示する。	カーブ、勾配
一時停止警報サービス	交差点情報に基づき一時停止線で停止できるかどうかを判断し、適切なタイミングでドライバーに警報・情報を提示する。	標識
路面情報適応サービス	路面状態の変化に応じて減速度スレッシュホールド、目標速度を変え、ドライバーへの警報・情報発生基準を適切に保つ。	路面状態、静的情報
規制情報適応サービス	発令中の規制情報に応じて、規制に反する可能性が生じたなら適切なタイミングでドライバーに警報・情報を提示する。	速度・車線規制情報、静的情報
追突警報サービス	前走車両が発信する急制動情報、停止車が発信する停止情報に基づき追突の可能性を判断し、適切なタイミングでドライバーに警報・情報を提示する。	近隣車両情報、静的情報
出会い頭衝突警報サービス	交差点、単路の見通し不良箇所に進入する車両が発信する位置・速度情報に基づき衝突の可能性を判断し、適切なタイミングでドライバーに警報・情報を提示する。	近隣車両情報、静的情報

(2) 利用情報

表 4.4.4-7 に危険事象予知アルゴリズムにおいて用いる利用情報の分類、

データ項目、利用目的を示す。

表 4.4.4-7 危険事象予知のための利用情報

危険予知アルゴリズム	利用情報		
	分類	データ項目	利用目的
道路構造情報に基づく危険予知アルゴリズム-1(一時停止)	交差点	一時停止標識/一時停止線の位置	T
道路構造情報に基づく危険予知アルゴリズム-2(カーブ進入)	カーブ	カーブ開始点	T
		曲線半径	Vo
		片勾配	Vo
動的情報に基づく危険予知アルゴリズム(車車協調)	近隣車両	位置	T
		速度	T
	道路構造	危険(見通し不良)箇所	T
共通	自車両	位置	T
		速度	T
	道路構造	勾配	T
		路面	Vo

T：警報提示タイミングの決定、Vo：目標速度の決定

(a) 情報の表現

交通安全及び交通流円滑化に関する利用情報を公共サービスとして提供することを想定すると、経済性の観点から利用情報の表現を共通化することが望まれる。情報の表現形式の基礎になるのはデータモデルであるから、共通のデータモデルに基づき利用情報を表現することが求められる。

欧州のNextMAPプロジェクトでは、ISO標準であるGDF(Geographic Data Files)のデータモデルに基づき、地図利用サービスの実現のために必要になるデータモデルを検討した。その結果、以下の項目についてGDFの拡張が必要になることを明らかにした。

- (ア) 車線のトポロジーモデル及び幾何学的形状表現
- (イ) 橋梁及び他の高架構造物の属性と関連
- (ウ) 優先度規制
- (エ) 信号灯規制
- (オ) 速度制限
- (カ) 横断軌道/横断歩道

(b) 情報の許容誤差

車両挙動に応じた走行支援サービスは、車両が減速限界点(ドライバが減速操作を開始すべき限界点)に到達するTc時間(予告時間と呼ぶ)前に警報・情報がドライバに提示され、Tcが小さいほどサービスレベルが上がり、サービスの効果が上がると考えられる。利用情報に誤差が含まれると、その影響は警報・情報発生タイミングの変化とし

て現れる。

4.4.4.2 で提示したサービスレベルにおける予告時間 T_c は、表 4.4.4-8 に設定する値が適切と考えられる。この T_c の設定に対し以下の変動幅が許容できると仮定すると、この変動幅に対応する変動の標準偏差は以下の通りとなる。

表 4.4.4-8 情報提供タイミング変動の目標値

レベル	1	2	3
サービスレベル	状況情報提供	注意喚起	警報
予告時間 T_c	10–20 秒	3–7 秒	2–3 秒
許容タイミング変動幅 $2\Delta T$	10 秒	4.0 秒	1.0 秒
許容タイミング変動 $\sigma(T)$ (標準偏差)	2.5 秒	1.0 秒	0.25 秒

表 4.4.4-9 に、上記の 3 レベルの許容タイミング変動に対応する主要なタイミング誤差要因への誤差配分の一例を示す。

表 4.4.4-9 利用情報の誤差により生じる警報発生タイミング変動の配分

利用情報の誤差	レベル 1	レベル 2	レベル 3
地理情報の位置誤差 δX_c	0.83 s	0.333 s	0.083 s
曲線半径の誤差 δR	0.42 s	0.167 s	0.042 s
勾配の誤差 δd	0.42 s	0.167 s	0.042 s
位置特定の誤差 δX	1.61 s	0.645 s	0.161 s
速度の誤差 δV	1.61 s	0.645 s	0.161 s
合計 (r m s)	2.5 s	1.0 s	0.25 s

表 4.4.4-10 に、表 4.4.4-9 の誤差配分を採用した場合の許容誤差を示す。ここでは、走行速度 V を 30 km/h から 120 km/h まで変えた場合の許容誤差の最小値を示している。レベル 1 は現状の技術レベルで容易に実現できるレベルであるが、レベル 3 はかなり高度な水準である。

表 4.4.4-10 許容誤差の要求値

利用情報の誤差		レベル 1	レベル 2	レベル 3
地理情報の位置誤差 δX_c		6.9 m	2.8 m	0.7 m
曲線半径の誤差 $\delta R/R$		11 %	4.3 %	1.1 %
勾配の誤差 δd	カーブ	0.075	0.03	0.008
	交差点	0.023	0.009	0.003
位置特定の誤差 δX		13.4 m	5.3 m	1.3 m
速度の誤差 $\delta V/V$		6.9 %	4.0 %	1.2 %

現在の GPS (Global Positioning System) /GDPS の測位では、この要

求は満たされると考えられる。ただし、大都市のビルの谷間等では測位精度が下がり、GPS/DGPS の利用ができない箇所が生じることもある。このため、サービスの信頼性及びサービス被覆率が低下する。この問題を解決するためには、GPS 補完技術の開発が必要である。

欧州の NextMAP プロジェクトでは、地図利用サービスの実現のために必要になる利用情報の精度に対する要求を明らかにしている。この要求を表 4.4.4-10 の許容誤差の要求と比較すると、レベル 3 の要求が NextMAP の 2008 から 2012 年の精度に対する要求とほぼ同程度になっていることが分かった。

(c) 情報更新

車両挙動に応じた走行支援サービスの利用情報は車両の走行環境の実態を表現するものであるから、走行環境の実態が変化したらその実態を表現する情報を更新することが求められる。利用情報の蓄積・管理のために少なくとも 2 種類のデータベース、センタ DB と車載 DB、が用いられる。センタ DB では、多数の情報源から収集された情報が蓄積・管理される。センタ DB から車載 DB に、サービス生成のために必要な情報が適切なタイミングで配信されるものとする。車載 DB に蓄積されている情報を用いて走行支援サービスが生成される。

走行環境の実態が変化したのに車載 DB の利用情報の更新がなされなかった場合に、本サービスを利用する車両の走行にどのような影響が及ぶかを検討した。更新されない情報により、サービス出力には「不適切な警報」または「サービスなし」の状況が生じる。このうちのサービスなしの影響は、サービス対象箇所が減少したことと同じである。一方、不適切な警報は、ドライバに煩わしさを感じさせ、サービスの利用率低下を招く可能性がある。利用情報の更新は、不適切な警報及びサービスなしの状況が許容レベル以下に抑えられる程度の頻度で行う必要がある。

(3) サービス有効性の評価方法

交通事故削減を目的として地図利用の走行支援サービスを実用化するためには、この走行支援サービスが実際に交通事故を削減する効果を持つかどうかを評価することが求められる。

ここではサービス有効性の評価尺度として、より短期間に測定できる、サービス提供により実現される危険事象（ヒヤリハット）の削減率を採るものとした。危険事象削減率と事故削減率とは、密接な関係で結ばれているものと考えられており、危険事象削減率は、

$$\text{危険事象削減率} = \text{端末装置の普及率} \times \sum \{(N_i / N_T) \times Q_i\}$$

により求められる。ここで、 N_T は全事故形態の危険事象の全潜在発生件数、 N_i は事故形態 ϕ_i に属する危険事象の全潜在発生件数、 \sum はサービス対

象事故形態 ϕ_i のみについての総和、 Q_i は次表の3つの因子の積である。

表 4.4.4-11 3つの因子を求めるための評価式

評価項目	評価式
サービス利用率	サービス選択時間／全走行時間
サービス被覆率	$\sum e(X_n) \times Ni(X_n) / Ni$ ただし $e(X_n) =$ 全ドライバの X_n の通過回数のうちサービス対象に選定された回数の総計／全ドライバの X_n の通過回数の総計
サービス成功率	危険回避成功件数／危険事象発生件数

ここで、サービス利用率を求めるために必要になるサービス選択時間、全走行時間の計測、及びサービス被覆率を求めるために必要になる、ある箇所 X_n がサービス対象に選択された回数の計測は、直接的に実現できる。しかし、サービス成功率を求めるために必要になる危険回避成功件数と危険事象発生件数は直接には計測できず、車両挙動判定機能が必要になる。

表 4.4.4-12 に、車両挙動によるサービスの結果を表す判定表を示す。

この判定機能をカーナビに組み込むことにより上記のサービス成功率を測定することが可能になる。

表 4.4.4-12 サービスの結果を表す判定表

	警報なし	警報あり	
危険が内在する走行	不検知(IV)	適切な警報(III)	
		危険回避(III a)	危険に遭遇(III b)
安全な走行	安全(I)	不適切な警報(II)	

4.4.4.5 地図利用走行支援サービスの進化のシナリオ

ここでは、地図利用走行支援サービスの進化のシナリオの策定を行った。

(1) サービスの進化

早期に実用化できる地図利用走行支援サービスは、利用情報の精度、信頼度等の制約のために初等的なサービスに限定されるため、その有効性も限定されたものになる。サービスの有効性を高めるために、次の方策が有効と考えられる。

- (a) サービスレベルを状況情報提供レベルから注意喚起レベル、警報レベルへ高める
- (b) 利用情報の種類を静的情報から準静的・動的情報にまで拡張し、サービス対象事故形態を拡大する

図 4.4.4-1 に、サービスレベルと利用情報の型により分類した公共的地図利用走行支援サービスの代表例を示す。

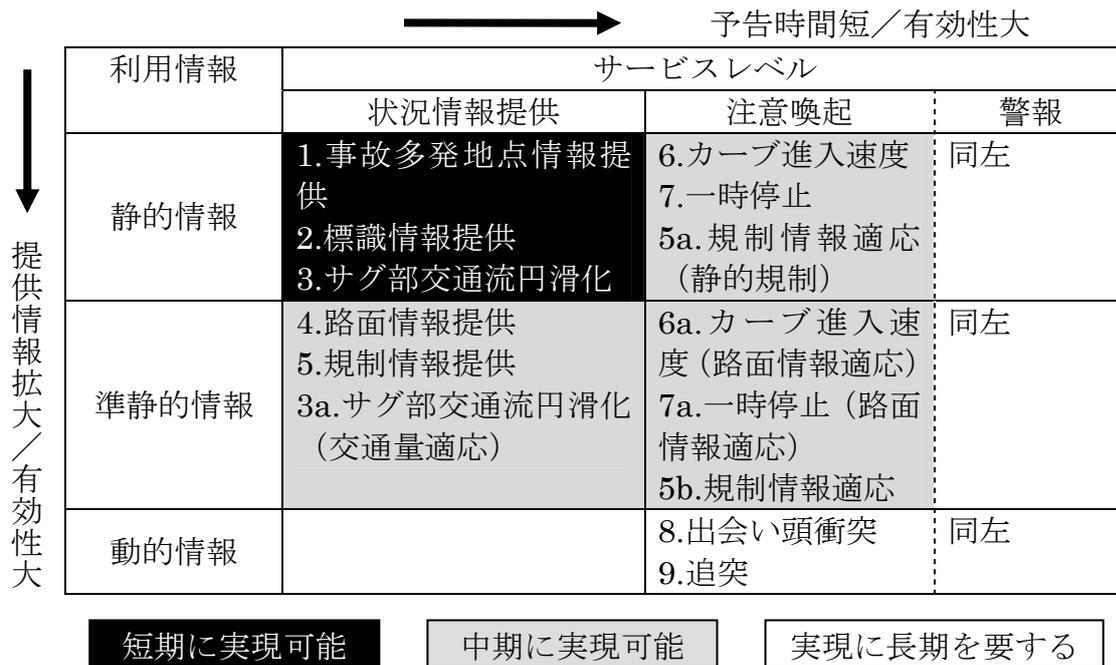


図 4.4.4-1 公共的地図利用サービスの分類

(2) 配信システムのステップアップ

地図利用走行支援サービスの進化を実現するためには、利用情報の配信をオフライン配信から始め、オンライン配信、リアルタイム配信（事前配信、車車間配信）へと段階的にステップアップして行くことが必要である。

そこで、利用情報を車載器に届けるための通信メディアとして、つぎの2種類の配信網が用いられる。

(a) 広域配信網

データ放送、インターネット等の広域の公共通信メディアを利用して、広域のユーザに対して共通的な利用情報を配信する。

(b) 狭域配信網

路車間、車車間、車路車間通信を利用して、狭域のユーザに対してリアルタイムで近隣車両情報、インフラ情報等を配信する。この配信網は、動的情報を用いるサービスの提供のために必須のものとなる。また、広域配信網の補完的役割を持たせることができる。

(3) 進化のシナリオ

図 4.4.4-2 に地図利用走行支援サービスの進化のシナリオを示す。

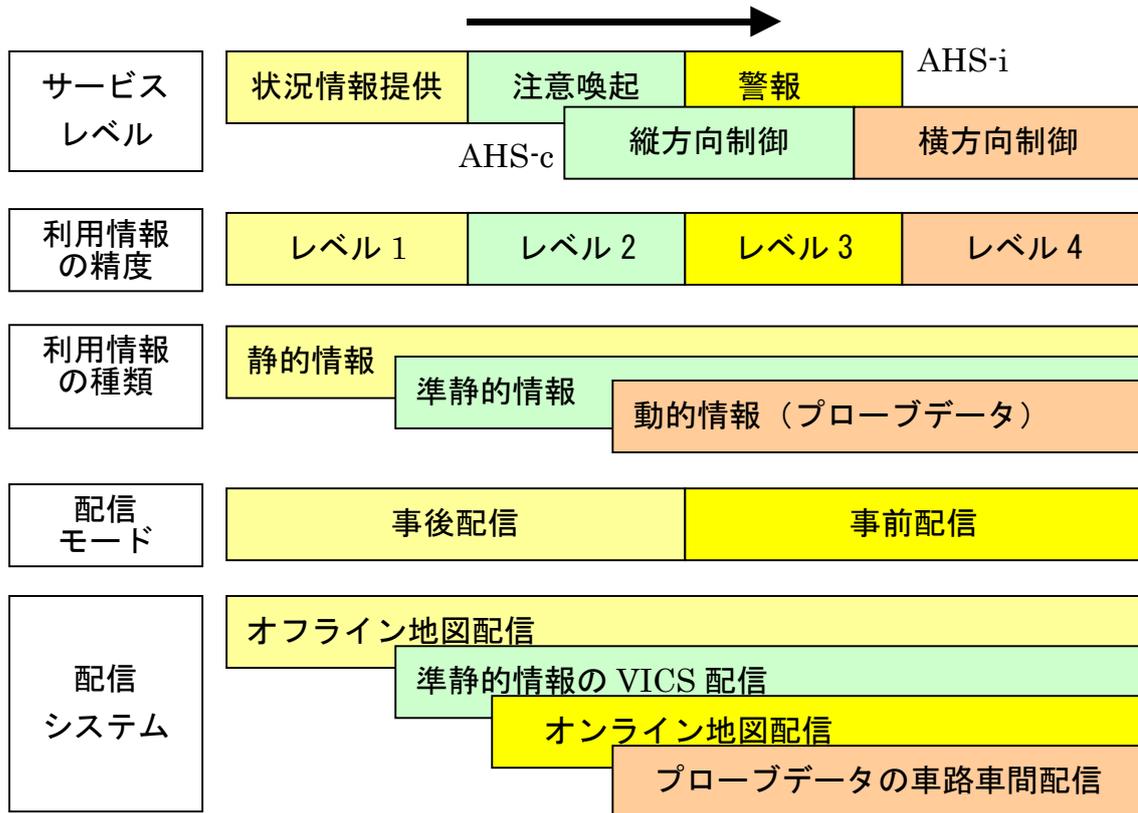


図 4.4.4-2 地図利用走行支援サービスの進化

サービスレベルが情報提供レベルに留まる間は、サービスの事故削減効果はあまり期待できないので、早期に利用情報の精度を上げ、注意喚起レベルのサービスを実現すること、また利用情報を静的情報から準静的・動的情報に拡大することが望まれる。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

4.5 システムの実用化に関する調査

システムの実用化に関する調査では、今後施設を普及させていくためのコストに関する検討、均質な性能を得るための検査・仕様規定等について検討した。また、今後の展開が予想される実用化サービスについても調査した。

4.5.1 評価調整ツールの開発

可視、赤外、ミリ波いずれの道路状況把握装置も、全体の製作費に占めるS I費、調整費等の高度な技術を必要とする人件費の割合が高い。特に、調整費は全体の約31%を占めており、調整費を対象とした対策を講じることが実導入にあたり重要な事項であると考えられた。そのため極力自動化できること、ベテランでなくても容易に調整できることを目的に評価調整ツールの開発を行った。

4.5.1.1 設計範囲

道路状況把握装置を導入する場合、図4.5.1-1に示すような作業となる。評価調整ツールはこのうち調整工程を対象にしたものである。

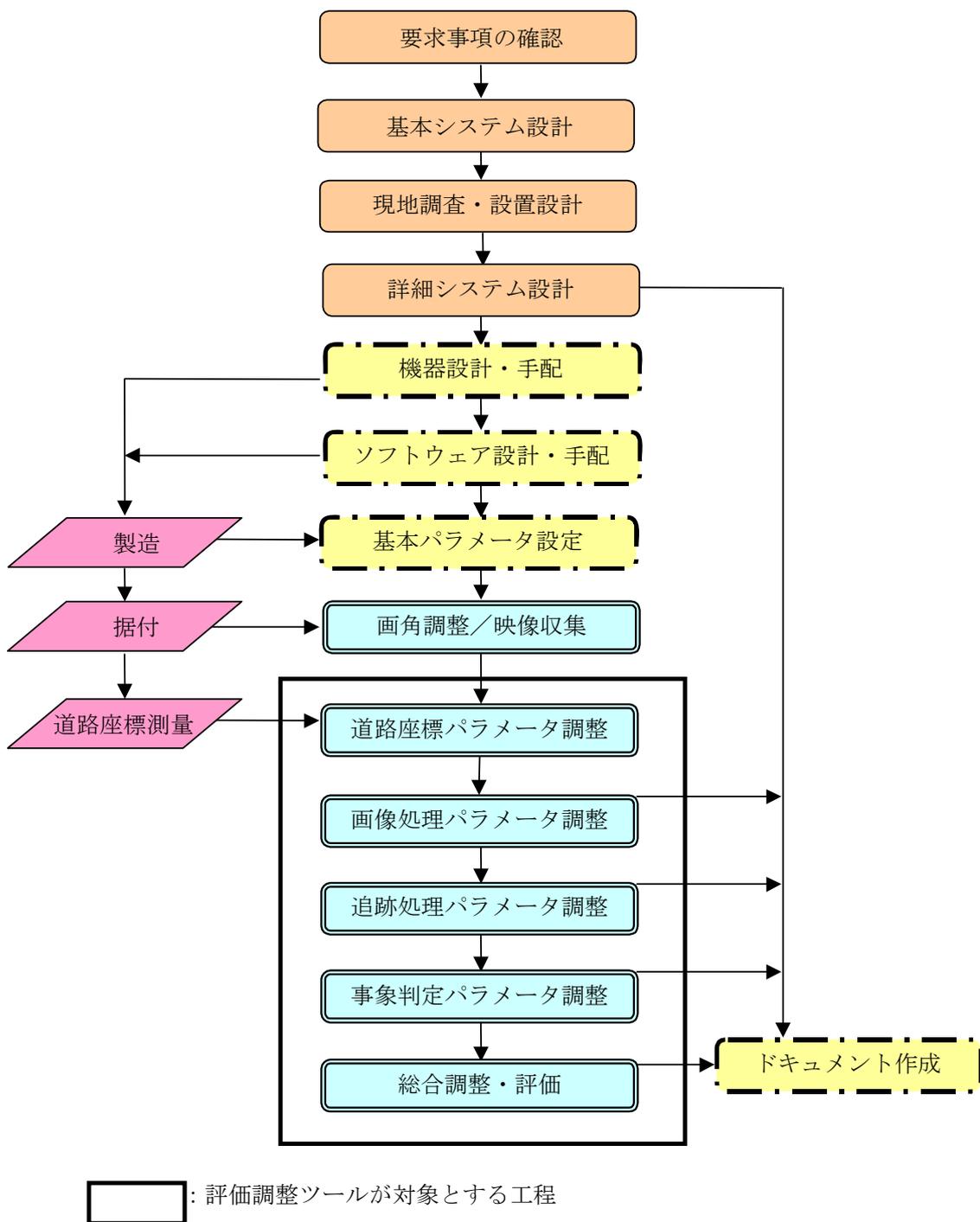


図 4.5.1-1 評価調整ツールが対象とする工程

4.5.1.2 対象装置

今回開発する評価調整ツールは、可視道路状況把握装置を対象としたものである。但し、本評価調整ツールは、可視道路状況把握装置以外の、赤外画像式、ミリ波式およびレーザ式への適用も考慮して設計を行った。

4.5.1.3 課題と対策方針

可視道路状況把握装置(※)の調整工程における作業内容から課題を抽出し、本評価調整ツールにて対策すべき方針を決定した。

可視道路状況把握装置の調整工程と各工程における作業の流れを図 4.5.4-2 に示す。

※以下、現地に据え付けた可視道路状況把握装置を示す場合は現地実機とし、工場の評価用に使用する可視道路状況把握装置を示す場合は工場評価機とする。また、特に区別しない場合は可視道路状況把握装置とする。

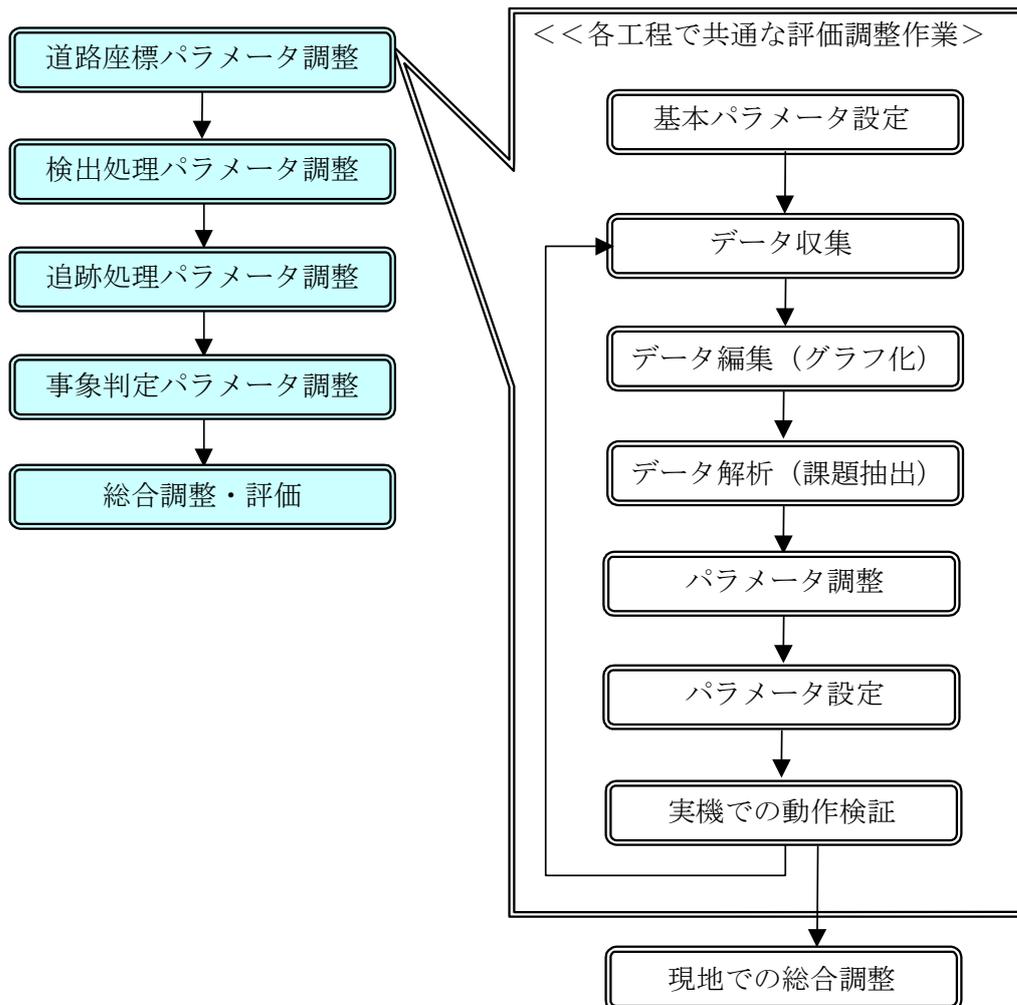


図 4.5.1-2 調整工程と各工程における作業の流れ

以下に調整工程における作業内容から抽出した対策すべき内容を示す。

① データ収集

現地に行かずに、遠隔地（工場等）から現地実機の出力データを収集することを可能とする。

② データ編集（グラフ化）

人為的ミスや作業効率の低下を防ぐために、手作業で行っていたものを自動化する。

- ③ データ解析（課題抽出）

経験の浅い技術者でも課題および調整すべきパラメータの抽出ができるように、熟練者のノウハウを蓄積したデータベースを構築する。
- ④ パラメータ調整

経験の浅い技術者でもパラメータの最適化ができるように、熟練者のノウハウを蓄積したデータベースを構築する。
- ⑤ パラメータ設定

現地に行かずに、遠隔地（工場等）から現地実機へパラメータ設定することを可能とする。
- ⑥ 実機での動作検証

遠隔地（工場等）で区間統合処理および事象判定処理のパラメータ調整を行えるようにするため、遠隔地（工場等）から収集した各検出処理部の現地データを使用し、パソコン上で現地動作環境をシミュレーションできる仕組を構築する。

4.5.1.4 システム仕様

(1) 道路状況把握装置評価ユニット

道路状況把握装置評価ユニットは、3つのハードウェア（評価ユニット、画像キャプチャユニット、ネットワークアダプタ）から構成され、道路状況把握装置評価ツールをインストールし、道路状況把握追跡処理部（以下、追跡処理部）、各道路センサと接続することにより、複数センサのデータ及び画像データの収集、収集データから必要データの抽出、抽出したデータから評価項目毎のグラフ作成を自動的に行う。

(2) データ収集ソフトウェア

(a) 概要

本ソフトウェアは、OSとしてWindowsXP Professionalを採用し、複数のセンサからのデータをHDDに記録し、WEBサービスを実装することにより、WEB経由でセンサの稼動状況を表示し、データを取得する機能を実現する。

WEBサーバとコマンドを発行するCGIプログラム、および、稼動状況画像のキャプチャプログラムとセンサデータの保存プログラムから構成される。

(b) 機能

本ソフトウェアの機能を表4.5.1-1に示す。

表 4.5.1-1 データ収集ソフトウェア機能一覧

機能	内容
計測データ記録機能	追跡処理部経由で、100 ミリ秒ごとにセンサが出力する各道路センサと追跡処理部の計測データを LAN 経由で評価ユニットのハードディスクに記録する。
事象判定データ記録機能	100 ミリ秒ごとに追跡処理部が出力する事象判定データを、LAN 経由で評価ユニットのハードディスクに記録する。
特徴量データ記録機能	追跡処理部経由で、100 ミリ秒ごとにセンサが出力する各道路センサの特徴量データを LAN 経由で評価ユニットのハードディスクに記録する。
統計処理機能	追跡処理部経由で、100 ミリ秒ごとにセンサが出力する各道路センサと追跡処理部の計測データから、単位時間当たりの交通量、平均速度、大型車混入率を算出する。
統計データ記録機能	統計処理機能により算出した単位時間当たりの交通量、平均速度、大型車混入率を、評価ユニットのハードディスクに記録する。
画像記録機能	道路センサからの画像を、評価ユニットのハードディスクに記録する。
WEB 機能	Web を介して遠隔地から情報を収集できるように WEB サーバーを設定し、外部に対して情報を提供する

(c) ソフトウェア構成

本ソフトウェアの構成を表 4.5.1-2 に示す。

表 4.5.1-2 データ収集ソフトウェア構成一覧

区分	種別	名称
汎用 ソフトウェア	OS	Microsoft WindowsXP Proffesional
	開発 統合環境	Microsoft Visual C++6.0 Enterprise
	HTTP サーバー	パーソナル WEB サーバー (WindowsNT 付属)
	座標変換	ビクトリーソフト PhotoModelerPro Windows 版 3D 座標変換プログラム
	バックアップ	CD-R ライティングソフト (CD-R 付属)
製造 ソフトウェア	改修	(1) WEB 画面 (含む CGI) (2) 全景表示プログラム (3) 記録サーバープログラム

4.5.2 技術資料の策定

全国均質サービスを行うためにはシステム製作に統一要件が必要である。

機能・性能要件だけで製作する場合、メーカにより装置形態が異なることになり、システム導入後の拡張性や保守・運用性の面で大きな制約を受ける。それを回避するために画像処理装置や路側処理装置等のブラックボックス、インタフェース部分をオープンにし、処理部ごとの機能・性能設定、ソフトウェア、ハードウェア分担等迄明確にした仕様書としての技術資料を策定した。作業は平成13年度から15年度まで行った。

(1) 技術資料の構成

技術資料は、実用化を目指すシステムについてサービス定義やシステム設計のアーキテクチャ、ハードウェアやソフトウェアの設計根拠やアルゴリズム等をまとめた図書である。

具体的には、前方停止車両・低速車両情報提供支援やカーブ進入危険防止支援等の単路系のサービスを集録した。また、これらのサービスを実現するための道路状況把握設備、路面状況把握設備などのセンサや路車間通信設備についての記述を集録した。

また、「安全性、信頼性の考え方」、「全国での均質サービスの提供やコスト縮減のための設計」、「チューニング、メンテナンスの省力人化」などについても記載の充実を図るように努めた。

技術資料は、要件定義書、基本設計書に分けて編集した。それぞれの記載内容は次のとおりである。

(a) 要件定義書（【Bxx】）

サービス定義やシステム設計に必要な項目等を記載している。実道実験で得られた性能値も該当する図書に集録されている。

(b) 基本設計書（【Cxx】）

ハードウェア、ソフトウェアの設計の考え方やアルゴリズム等を記載している。実道実験施設により評価が行われたアルゴリズム等について集録されている。また、実験が行われなかったものについては検討された考え方までが記載されている。

技術資料の図書構成を図4.5.2-1に示す。

なお、安全走行支援システムの成果を活用した「AHS構成機器の道路管理への適用検討書」も合わせて記載した。

(2) 記載内容

記載内容についてはシステムの要件定義書、装置の要件定義書、装置の基本設計所で目次項目を統一しているため、例として、サービス要件定義書(B08)、装置の要件定義書(B16)、装置の基本設計書(C17)の3図書の目次を載せる。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

区分	図書名	図書番号と所属		
		概要編	実用化研究編	
			要件定義書	基本設計書
概要編	エグゼクティブ サマリー	●A00		
	安全走行支援サービス		●B01	
	走行支援道路システム		●B02	
	技術資料の読み方	●A01		
システム	走行支援道路システム		●B02	
	単独 カーブ進入危険防止支援サービス		●B03	
	前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス		●B08	
	路面情報提供支援サービス		●B09	
	組合せ カーブ進入+路面情報提供支援サービス		●B03B	
	カーブ進入+前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス		●B03C	
	路面情報+前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス		●B09B	
	インフラ単独サービス		●B101	
	単独 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス		●B102	
	路面情報提供支援サービス		●B103	
インフラ 前方停止車両・低速車両情報+路面情報提供支援サービス		●B105		
インタフェース	インタフェース技術資料			
	単独 道路状況把握設備～路側処理設備		●B12	
	路面状況把握設備～路側処理設備		●B12A	
	路車間通信設備～路側処理設備		●B12B	
	路車間通信		●B12C	
	路車間通信		●B12D	
	ライン AHSセンタ設備～路側処理設備		●B12E	
	単独 情報表示設備～路側処理設備		●B112F	
ライン AHSセンタ設備～路側処理設備		●B112E		
道路状況把握設備	可視道路状況把握設備		●B16	
	可視道路状況把握設備		●C17	
	赤外道路状況把握設備		●C18	
路面状況把握設備	可視路面状況把握設備		●C19	
	可視路面状況把握設備		●B21	
	レーザーダ路面状況把握設備		●C22	
路車間通信設備	レーザーダ路面状況把握設備		●C23	
	光ファイバ路面状況把握設備		●C24	
	路車間通信設備		●B27	
路側処理設備	路側処理設備(AHS-i用)		●C27	
	前方障害物衝突防止支援		●B29	
	カーブ進入危険防止支援		●C30	
	路面情報活用車間保持等支援			
AHSセンタ設備	路側処理設備(インフラ単独用)		●B37	
	前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス			
	路面状況情報支援サービス		●C37	
AHSセンタ設備	前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス+路面			
	AHSセンタ設備(1/3) 要件定義書(AHS-i編)		●B39	
	AHSセンタ設備(1/3) 基本設計書(AHS-i編)		●C39	
	AHSセンタ設備(2/3) 要件定義書(インフラ単独システム編)		●B39A	
	AHSセンタ設備(2/3) 基本設計書(インフラ単独システム編)		●C39A	
情報表示設備	AHSセンタ設備(3/3) 要件定義書(AHS-i+情報表示設備編)		●B39B	
	AHSセンタ設備(3/3) 基本設計書(AHS-i+情報表示設備編)		●C39B	
設置	AHS設備 設置要件定義書		●B40	
保守	AHS設備 運用・保守ガイドライン		●B13	
AHS構成機器の道路管理への適用検討書			●B15	
			B201	

図 4.5.2-1 技術資料の図書構成

・ [B08] 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス要件定義書
目次項目

- 第1章 本書の位置付け
- 第2章 サービスの定義
 - 2-1 前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス
 - 2-2 連続・前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス
 - 2-3 事象検出に関する路車機能の分担
 - 2-4 支援レベル
 - 2-5 サービスを提供する車両の種類
 - 2-6 サービス対象車両の適用上限速度と減速度
 - 2-7 サービスを提供する条件
- 第3章 サービスの提供場面と提供情報
 - 3-1 サービスの提供場面
 - 3-2 サービスが対象とする事象
 - 3-3 サービス機能と処理フロー
 - 3-4 サービス提供情報の内容
 - 3-5 サービス情報伝達地点
 - 3-6 基点情報伝達地点
- 第4章 性能、信頼性
 - 4-1 システム性能
 - 4-2 安全性と信頼性
- 第5章 設備構成
 - 5-1 設備構成
 - 5-2 機器構成
 - 5-3 機能構成
- 第6章 設備導入計画から設備設置までのS I
 - 6-1 設備導入計画からサービス稼働までの全体フロー
 - 6-2 計画から発注までのS I 要件
 - 6-3 発注から設備設置までのS I 要件
- 第7章 検 査
 - 7-1 検査の目的
 - 7-2 完成検査の検査手順と内容
- 第8章 運用・保守
 - 8-1 システムの運用・保守体制
 - 8-2 障害監視
 - 8-3 予防保全

・ [B16] 道路状況把握設備要件定義書から可視道路状況把握装置部分
目次項目

第1章 本書の位置付け

第2章 道路状況把握設備

2-1 適用範囲

2-2 機能・性能

2-3 道路状況把握設備の構成

2-3-1 構成

2-3-2 適用サービス毎の構成

2-4 環境条件

2-5 安全性・信頼性

2-6 設備選定の考え方

第3章 可視道路状況把握設備

3-1 設備の目的

3-2 設備の前提条件

3-3 設備の機能概要

3-4 設備の性能

3-5 設備構成

3-6 インタフェース

3-7 機器設置・配置基準

3-8 施工

3-9 検査基準

3-10 保守・運用

・ [C17] 可視道路状況把握設備基本設計書 目次項目

第1章 本書の位置付け

第2章 構成

2-1 設備概要

2-2 動作タイミング

2-3 性能

2-4 システム構成

第3章 ハードウェアとソフトウェアの設計

3-1 ハードウェア設計

3-2 ソフトウェア設計

第4章 検出処理部

4-1 概要

4-2 機能概要

4-3 各機能のアルゴリズム概要と処理フロー

第5章 追跡処理部

5-1 概要

5-2 機能概要

5-3 各機能のアルゴリズム概要と処理フロー

第6章 インタフェース

6-1 外部インタフェース

6-2 内部（検出処理部～追跡処理部間）インタフェース

第7章 検査方法

7-1 概要

7-2 試験条件

7-3 検査項目

付録 計測実績

4.5.3 標準検査映像の制定

AHSは安全を支援するサービスであるので、情報を提供する装置の信頼性確保が重要である。システムとしての信頼性は、各装置の信頼性、特にセンサの信頼性を押さえれば担保されると考え、センサの性能を左右するソフトウェアの標準化と検査映像の標準化に取り組んだ。なおソフトウェアについては製造メーカーごとに統一するのは不可能なため、使用希望社にたいして貸与（使用許諾）できるものとして整備した。試験検査及びソフトウェアについては技術資料で規定しているが、実際に標準として使えるものを準備したものである。

4.5.3.1 標準検査映像

システム設置後は各種の条件で短期に性能検査をすることは不可能である。たとえば路面状況把握センサの場合は乾燥、湿潤、積雪、凍結等の路面状況の検査には数ヶ月を要する。そのため工場出荷時点ですべての条件を標準検査映像にて確認しておこうとするものである。

対象となるセンサは以下のものである。

- 可視道路状況把握センサ
- 赤外道路状況把握センサ
- ミリ波道路状況把握センサ
- 可視路面状況把握センサ
- レーザレーダ路面状況把握センサ

以下に路面状況把握センサの標準検査映像とサービスの検証に用いるために作成した可視道路状況把握センサと赤外道路状況把握センサの標準検査映像について記載する。

4.5.3.1.1 路面状況把握センサ標準検査映像の検討

(1) 標準検査映像の位置づけ

標準検査映像は、AHS 路面状況把握センサの機能・性能検査を実施するための映像であり、メーカーが行う工場検査の一部とすることができる。

(2) 標準検査映像の準備範囲

標準検査映像として準備する範囲を以下に示す。

- (a) AHS 路面状況把握センサの機能・性能検査を実施するための映像
- (b) 通常発生しうる現象で正常検知できる映像（晴天時に木や電柱等の構造物の影が道路上にかかる映像）
- (c) AHS センサとして対処し正常検知できる映像
 - (ア) 突発照度変化の映像：雲の移動等による周囲の瞬間的照度変化映像
 - (イ) 季節の映像：季節の違いによる照度変化映像

4.5.3.1.2 路面状況把握センサの標準検査映像

(1) 標準検査映像のパターン

AHS 路面状況把握センサの標準検査映像は、季節、時間帯、状況別に 17 種類のパターンの映像を準備した。

(2) 標準検査映像の取得概要

AHS 路面状況把握センサの標準検査映像取得場所の選定内容および選定した取得場所の概要を以下に示す。

(a) 映像取得場所の選定

映像取得場所は、複数の基準に基づき、北海道の中山峠を選定した。

(b) 映像取得場所の概要

標準検査映像を取得する場所の概要を以下に示す。

(ア) 映像取得期間：平成 14 年 10 月～平成 15 年 3 月

(イ) 映像取得場所：北海道 一般国道 230 号、中山峠 46.4kp 付近

(ウ) 対象システム：中山峠実験の「可視画像式路面状況把握装置」

(3) 標準検査映像の内容

(a) 標準検査映像の選定

中山峠実験にて取得したデータの中から「正常に判定結果を出力できる映像」、「(1)に示す 17 種類のパターンを判定できる映像」、「他の事象をなるべく含まず、はっきりと一つの事象を判定できる映像」という基準で下記の 7 種を標準検査映像として選定した。

(ア) 「夏期、昼、乾燥」映像

(イ) 「夏期、昼、湿潤」映像

(ウ) 「夏期、昼、水膜」映像

(エ) 「夏期、昼、積雪」映像

(オ) 「冬期、昼、凍結」映像

(カ) 「移動体除去機能」判定映像

(b) 標準検査映像の作成

選定した映像を基にして AHS 路面状況把握センサに入力して画像処理できる NTSC 信号を出力できる映像を作成した。

(ア) 路面状態判定用映像の作成

各 5 事象（乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結）の 10 分映像を作成して結合した一つのファイルを作成する。このファイルを夏期と冬期の 2 種類について作成し、DVD メディアと DV テープに記録した。

(イ) 移動体除去機能確認用映像の作成

中山峠実験で保存していた移動体除去を確認するための 1 時間程度の動画映像をパソコン等の編集機材に取込み、選定した移動体が走行する部分の 10 分程度を抜き出し編集し、一つのファイルを作成し、このファイルを DVD メディアと DV テープに記録した。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

(4) 標準検査映像の使用方法

標準検査映像を使用した AHS 路面状況把握センサの機能・性能検査方法例を以下に示す。

(a) 標準検査映像を使用した機能検査例

表 4.5.3-1 機能検査 (例)

検査項目	判定規格	検査手順
面的計測機能	入力映像をデジタル変換し、移動体を除去した後、面的エリア(約 10m×100m程度)の路面状態をメッシュ単位で計算出力し、出力が約1分であることをデータ蓄積装置に蓄積されたデータで確認する。	標準検査映像(映像番号 17)を入力し、 ●移動体を除去した映像が出力されることを確認する。 ●面的エリア(約 10m×100m程度)がメッシュ単位で計算出力されることを確認する。 ●出力が約1分であることを確認する。
状態判定機能	次の路面状態出力をデータ蓄積装置に蓄積されたデータで確認する。 ●基本機能:乾燥・湿潤・積雪・凍結の4状態 ●最大機能:乾燥・湿潤・水膜・積雪・凍結の5状態	標準検査映像(映像番号 1~16)を入力し、 ●基本機能:乾燥・湿潤・積雪・凍結の4状態を確認する。 ●最大機能:乾燥・湿潤・水膜・積雪・凍結の5状態を確認する。
画像蓄積機能 (参考:必ずしも標準検査映像でなくても可)	最小1分毎のカメラ画像と路面判定後のメッシュ画像を各々静止画で蓄積可能なことをデータ蓄積装置に蓄積されたデータで確認する。	標準検査映像(映像番号 1)を入力し、カメラ画像、路面判定後のメッシュ画像を各々静止画で最小1分毎に蓄積することを確認する。
事象定義変更機能	路面変化条件等の事象定義変更が可能なことを確認する。	標準検査映像は使用しない。
現況表示機能 (参考:必ずしも標準検査映像でなくても可)	現在のカメラ画像、検出結果画像等が道路管理用端末の監視用WEB画面「状態遷移画面」に表示されることを確認する。	標準検査映像(映像番号 1~2)を入力し、道路管理用端末の監視用WEB画面「状態遷移画面」を開き、現在のカメラ画像、検出結果画像が表示されることを確認する。
帳票出力機能	検出結果画像、路面状態遷移チャートとの帳票が出力されることを確認する。	標準検査映像は使用しない。

(b) 標準検査映像を使用した性能検査例

性能検査は、表 4.5.3-2 に示す方法で検査する。

表 4.5.3-2 性能検査 (例)

検査項目	判定規格	検査手順
正解率(状態判定率)	状態判定機能における正解率が次のとおりであることを確認する。 ●基本性能:80%以上 ●最大性能:90%以上	標準検査映像(No.1~16)を入力し、状態判定機能における総合の正解率が次のとおりであることを確認する。 ●基本性能:80%以上 ●最大性能:90%以上
データ更新周期	データ更新周期が次の通りであることを確認する。 ●約1分	表 4.1.8-1 機能検査の「面的計測機能」により、路面状態が約1分で出力されることを確認する。
道路上でのメッシュの大きさ(空間分解能)	面的計測機能において、CCTVカメラ直下の映像範囲内での道路上でのメッシュの大きさが次のとおりであることをデータ蓄積装置に蓄積されたデータで確認する。 ●基本性能:2m以内 ●最大性能:0.5m以内	標準検査映像(No.1)を入力し、CCTVカメラ直下の映像範囲内での道路上でのメッシュの大きさが ●基本性能:2m以内 ●最大性能:0.5m以内であることを確認する。

4.5.3.1.3 道路状況把握センサの標準検査映像の作成方針

(1) 標準検査映像の準備範囲

標準検査映像の準備範囲を纏めた表を表 4.5.3-3 に示す。これに基づいて、機能検査、および性能検査の検査項目と、それらに対する項目ごとの判定規格を検討した。

なお、標準検査映像は、可視画像式装置用と赤外画像式用に分け、また標準検査映像(可視用)については夜間照明の有無に分けて作成準備した。

表 4.5.3-3 標準検査映像の準備範囲

	撮像方向	機能検査		性能検査							その他			
		個別車両 検出機能	事象判定 機能	検出対象		検出速度 90km/h 以下	検出範囲	検出対象 車線 各1車線の 計2車線	データ 更新 周期	車両 検出率 95%以上		天候		映像記録時間 通過車両台数
				四輪車	自動 二輪車					昼	夜	晴天	雨天	
1	後方撮像	●	●	●	●	●	●	●	●	◎		◎		車両検出率の 機能検査項目 を実施できる だけの時間、 または台数を 記録した映像 とする。
2		●	●	●	●	●	●	●		◎	◎			
3		●	●	●	●	●	●	●	●	◎			◎	
4		●	●	●	●	●	●	●	●		◎		◎	
1	前方方向	●	●	●	●	●	●	●	●	◎		◎		車両検出率の 機能検査項目 を実施できる だけの時間、 または台数を 記録した映像 とする。
2		●	●	●	●	●	●	●		◎	◎			
3		●	●	●	●	●	●	●	●	◎			◎	
4		●	●	●	●	●	●	●	●		◎		◎	

「国土技術政策総合研究所資料 No.209 対向車両情報表示サービス、前方停止車両・低速車両情報表示サービス(国道交通省 国土技術政策総合研究所)」による

- (注記) ●印 : 機能が検査できる道路状況が記録された短時間の検査映像で実施する。
◎印 : 車両検出率が検査できる時間または台数を記録した長時間の検査映像で実施する。

4.5.3.1.4 可視道路状況把握センサの標準検査映像

表 4.5.3-3 を参考に、対向車両情報表示サービスの標準検査映像パターンの標準検査映像を準備した。

これらに使用した映像は、これまでに AHS 関連の業務で対象となった、実道設置のカメラの映像を基本とし、機能・性能の確認を 1 カメラの映像で実施できるように考慮した。また、可視画像式センサ用の映像は夜間照明の有無の違いを考慮し 2 種類の映像を準備した。

4.5.3.1.5 赤外道路状況把握センサの標準検査映像

(1) 標準検査映像のパターン

赤外面像式センサによる対向車両情報表示サービスには、映像シーン（対象物、環境条件、車両映像の向き）別に 21 種類の映像を準備した。

(2) 標準映像の取得概要

(a) 標準検査映像の要件

検査映像のシーンは、より実運用に即した状態で検査するために対面通行車線の自然交通流のシーンとし、昼/夜、晴/雨のふたつのパターンとした。

(b) 取得業務概要

(ｱ) 実施期間

2005 年 12 月 22 日～2006 年 1 月 25 日（35 日間）

(ｲ) 実施箇所

国土交通省鳥取河川国道事務所管内
国道 9 号線 199K010 地点近辺（駟馳山峠）

(ｳ) 対象システム／カメラ

- 前方障害物情報提供設備／カメラ 2
- 設置地点：国道 9 号線 199K010 地点

4.5.3.1.6 標準検査映像の使用方法

標準検査映像の実際の使用に当たっては個々のシステム構築時における設備内容に準じて規定する。

工場検査を実施する際の検査機器構成例のブロック図を図 4.5.3-1 に示す。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

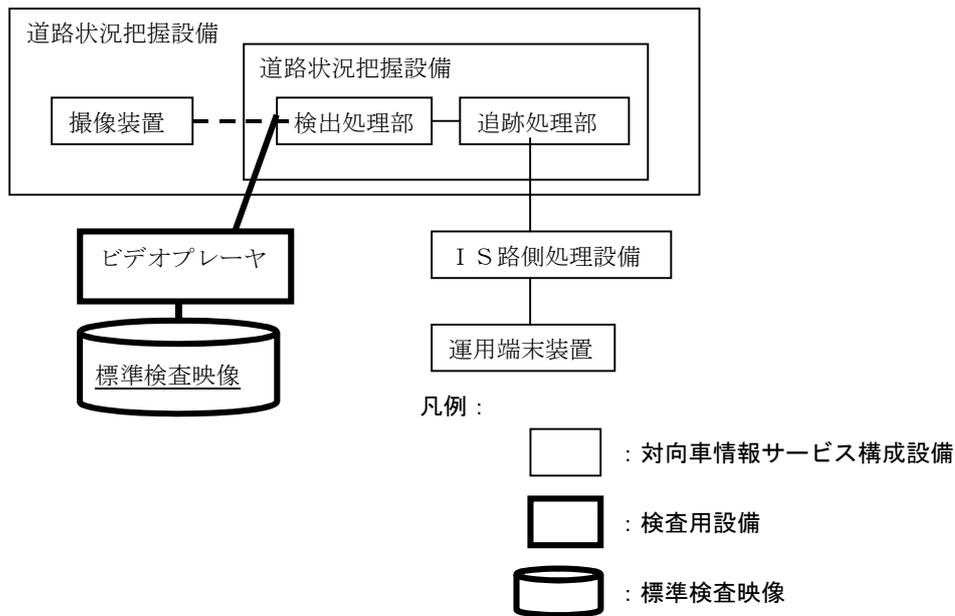


図 4.5.3-1 検査機器構成例ブロック図

4.5.3.2 標準ソフトウェアの整備

全国のAHSサービスの導入箇所における均質なサービスを提供できることを目的に、基本となる可視道路状況把握センサと赤外道路状況把握センサのソフトウェアを整備した。

これらのソフトウェアは実道実験で必要機能の精査および機能の検証を実施し、品質が保証されたものであり、貸与が可能である。

その他のソフトウェアについては施設の要求ごとに機能の異なる所があるため、標準としては整備していない。

4.5.4 システム導入後の評価検討

実用化システム導入後、改善効果が見られたか、ネガティブな問題点が発生しなかったかを検討し、導入が問題なかったことを調査した。

4.5.4.1 平成 16 年度実施内容

平成 16 年度においては、首都高・参宮橋地区で VICS を活用した AHS の試行サービス（社会実験）実施時の評価について検討した。

4.5.4.1.1 AHS の試行サービス（社会実験）実施時の評価

VICS を活用した AHS 試行サービスに対する、サービスの有効性評価、サービスの受容性評価、システム検証の検討結果を示す。

(1) サービスの有効性検証

(a) サービスに対するドライバの主観評価

サービスに対するドライバの主観評価は表 4.5.4-1 のアンケートにより評価した。

表 4.5.4-1 アンケート内容

1	情報提供は有効と思えましたか？
2	情報提供を受け、運転行動に結びつけましたか？
3	体験したサービスは両親や高齢者の方々に使ってもらいたいと思うサービスと思えますか？
4	このサービスを同様な他の場所に導入すべきと思えますか？

(b) 事故削減効果の検証

首都高速道路・参宮橋カーブで、試行サービスを実施する前後で、事故削減効果があるかを検証した。実施期間は 1 ヶ月である。

参宮橋カーブでの事故実態によると、平成 14 年 10 月 15 日から 11 月 12 日の 29 日間で事故記録映像から目視抽出で抽出した事故件数は 30 件発生している。その内訳は、前方渋滞衝突 1 件、前方事故車 10 件、スピード超過 19 件となっている。

本試行サービスを実施することにより、前方渋滞衝突および前方事故車については、回避できる可能性のある事故と推定されることから、本試行サービスに関係する事故件数は 11 件/29 日（約 11 件/月）と仮定することができる。

また、本試行サービスでは、VICS 対応車載器を搭載した車両をサービス対象として、首都高速道路の VICS 対応車載器を搭載した車両（3メディア対応 VICS 搭載車）の割合を調査から 10%と仮定した。1 ヶ月に発生する 11 件の事故を本サービスの対象とし、サービス対象となる VICS（3メディア対応型 VICS）の普及率を 10%と仮定した場

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

合、1.1件/1ヶ月の事故削減効果が期待できる値と言える。

(c) ヒヤリハット現象の削減効果の検証

首都高速道路・参宮橋カーブで、試行サービスを実施する前後で、ヒヤリハット現象の削減効果があるかを検証した。ここでは、ヒヤリハット事象を急ブレーキ（減速度 $0.5G$ ($4.9m/s^2$) 以上の減速）と仮定した。

参宮橋カーブでのヒヤリハット現象の実態によると、平成15年度首都高速道路・参宮橋における実道実験時のセンサ測定値によると、ヒヤリハット事象は30台/日と仮定される。

つまり、サービス対象割合（VICS対応車載器を搭載した車両の割合）を10%の値と仮定すると、3台/日のヒヤリハット削減効果が期待できる試算となった。

尚、本サービスを実施することにより、VICS対応車載器を搭載した車両が、サービスにより減速すると、後続の一般の車両も減速し、スピード超過で発生する事故が減少する可能性がある。

ヒヤリハット事象の計測は、見通し不良地点近傍の交通流（監視カメラ画像）を道路状況把握装置を用いて観測し、走行車両台数、ヒヤリハット事象を抽出・計数するとともに事象発生時刻をログデータとして記録し、計測した。

4.5.4.2 平成17年度実施内容

平成17年度においては、「安全走行支援サービス参宮橋地区社会実験」（以下、「社会実験」と呼ぶ。）において、モニターや一般ドライバーからの意見やビデオ映像による事故状況、センサーデータや光センサーからの検出データなどを分析・評価した。

上記実験は平成17年3月1日～5月31日に実施したものであり、以下では「社会実験Ⅰ」と呼ぶ。また、平成17年9月21日から実施の同実験（以下、「社会実験Ⅱ」と呼ぶ。）では、社会実験Ⅰで分析・評価を実施した、サービス効果の継続性確認するとともに、社会実験Ⅰで確認された課題について、改善効果の確認を実施した。

4.5.4.2.1 社会実験Ⅰの実施

社会実験Ⅰについて、データ収集と分析を行った。

(1) 社会実験Ⅰのデータ収集と分析

(a) 社会実験Ⅰのデータ整理計画

社会実験Ⅰにおける効果検証方法について表4.5.4-2に示す。

表 4.5.4-2 社会実験 I における効果検証方法

区分	対象	調査項目	ねらい
ドライバーからの意見収集	実験モニター(259名)による意見収集(チラシ・ポスター等による公募)	情報内容の理解 情報内容の受け入れやすさ 情報確認後の行動	ドライバーのサービスに対する意見を収集し、サービスの満足度を検証
	一般ドライバーによるホームページ等からの意見収集	上記に準ずる	
基礎分析	事故発生状況	過去3年間の事故統計 実験期間中の隠れ事故を含む全事故件数	参宮橋カーブの交通実態を把握するための基礎データを収集
	交通状況	実験期間中の日交通量	
	3メディア VICS 対応カーナビ利用状況	3メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率	
交通流の観測(センサーデータを活用)	前方事象発生時に自由走行でカーブに侵入する一般車両	カーブ進入速度の低下 急減速挙動発生率の低減 3メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動調査	交通流への影響をサービス有無で比較し、サービスの実道での効果を検証

(b) 社会実験 I のアンケート分析

首都高速を利用するドライバーに対して、サービス体験時とサービス終了時にアンケートを実施し、分析した。

(ア) ドライバーからの意見募集状況

(i) 実験モニターの属性

- 実験モニターは259人
- 首都高速の一般的な利用者の属性(性別、年齢)とほぼ同じ傾向であった。

(ii) 意見募集結果

- 事前の意見では、多くのドライバーは日ごろから参宮橋カーブを危険な箇所と認識している。また、過去にヒヤリ体験した人が約7割、危険な箇所と考えている人が約9割いた。

表 4.5.4-3 実験モニター回答状況

	回収数
体験時アンケート	150
終了時アンケート	135

表 4.5.4-4 一般ドライバーの意見応募状況

	意見応募状況			
	合計	チラシ	代々木PA ヒアリング	インターネット
総回答数	146	78	30	38
有効回答数	121	67	30	24

表 4.5.4-5 参宮橋カーブに対する危険認識

(実験モニターへの事前アンケート)

項目	回答内容	回答数	
ヒヤリ体験があるか (N=135)*	ある	96名	71.1%
	ない	39名	28.9%
危険との認識があるか (N=81)*	ある	70名	86.4%
	ない	11名	13.6%

(危険と思う主な理由)
 ・カーブが急またはきつい...22%
 ・カーブの先がいつも渋滞している...20%
 ・見通しが悪い(防音フェンス等でカーブ先が見えない)...16.0%

(iii) 情報提供体験時の役立ち方に関する意見

① 全体の評価

- 「情報提供を受けた時、心構えや事前の減速ができて、安全運転に役立った」との回答が半数以上。
- 年齢別では特に 60 代以上の高齢層の評価が高い。
- 上流まで渋滞している場合の情報提供は不要との意見が多く、サービスの改善が必要。

② 利用改善に関する評価

ドライバーが上流から渋滞（混雑）していると感じる状況で、発報した時間長は

- 20km/h 以下走行で 0.6 時間／日
- 30km/h 以下走行で 1.8 時間／日
- 40km/h 以下走行で 2.6 時間／日

効果が持続するサービスとするために、不要な提供の抑制が必要なことがわかった。

③ 情報提供体験時の分かりやすさに関する意見

全体の評価

- 提供情報は気づきやすく、また、理解しやすいと評価。
- 年齢別では 60 代以上の高齢層の評価が高い。
- 情報板サービスは、殆どの方が「VICS サービスを補

完しより理解しやすく安心」と評価。

- ④ 2回目以降の体験時との比較
 - 2回目以降の体験の方が、情報内容を「分かりやすい」と評価。
 - 2回目以降で、「理解できない」とした人は、見慣れない情報のため時間がかかるとの意見。
- ⑤ 情報提供体験時のドライバーの行動・意識の変化
全体の評価
 - ドライバーは情報提供により、注意や穏やかな減速をしている。
 - 情報は冷静に受け止められ、気を引き締める効果がある。
 - 情報提供を受けて、急減速などの危険な急操作を行うドライバーやびっくりしてあわてたというドライバーは皆無。
- ⑥ 走行頻度別の評価
 - ドライバーの参宮橋カーブ走行頻度別の評価
 - 走行頻度が高い人ほど、情報提供を受けたとき減速行動をとっている。

<ドライバーの意識の変化>

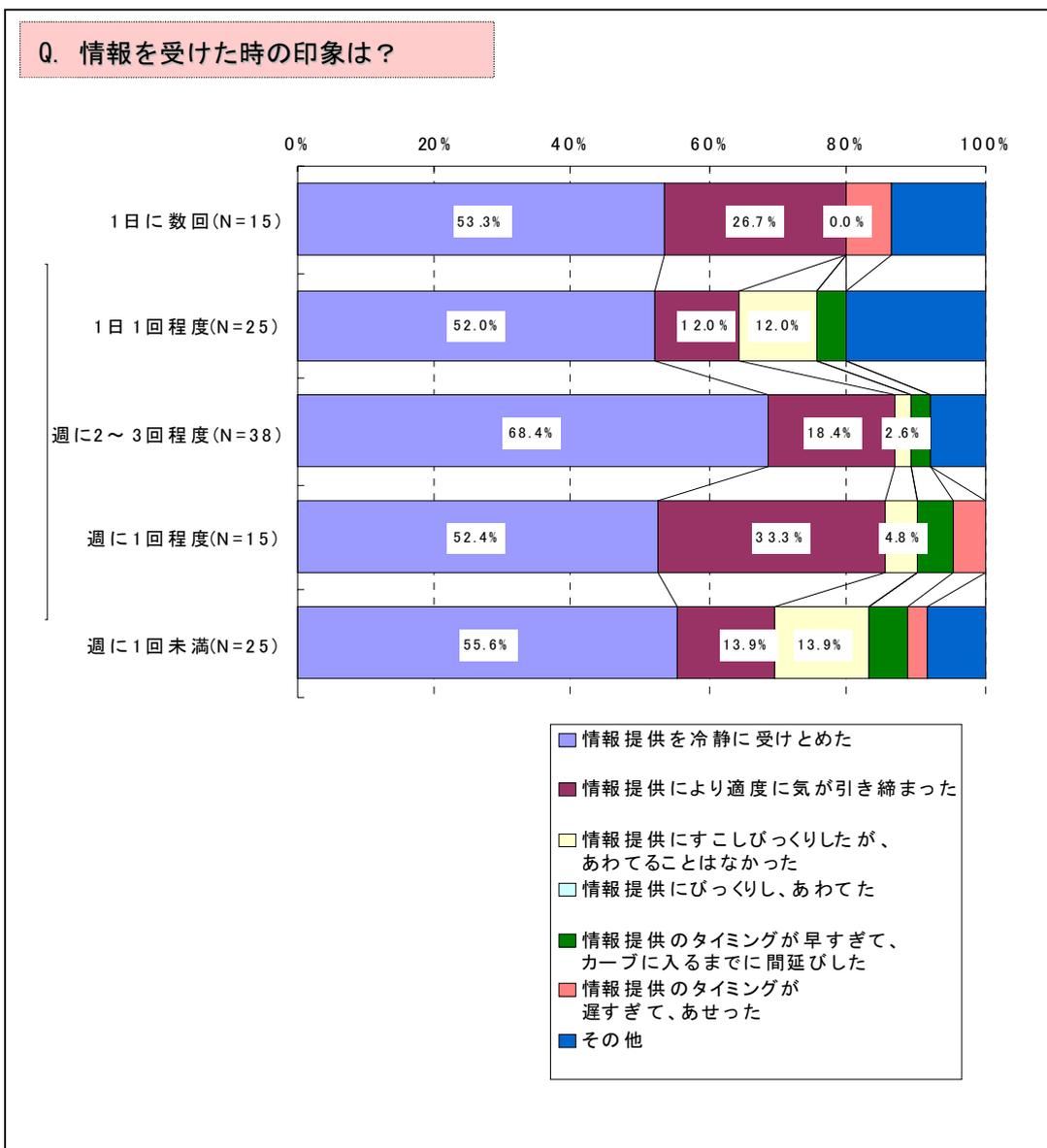


図 4.5.4-1 ドライバーの行動・意識の変化

⑦ 2回目以降の体験時との比較

- 2回目以降体験した人は、初回時に比べ、さらに注意や穏やかな減速をしている。
- 2回目以降体験した人は、さらに情報を冷静に受け止め、驚かなくなると評価。

(iv) 社会実験終了後の総合評価

実験終了後に実験モニターに対して、総合的な評価アンケートを実施した。

- 約9割の実験モニターがサービスを有効であると考

えている。

- 参宮橋でのサービスの継続、および、他の箇所（急カーブや合流部）へのサービスの普及は年齢を問わず多くのドライバーが求めている。
- 今後のサービスとして、音声による情報提供の期待が高い。

(c) 社会実験 I のサービス有効性検証のデータ分析

(7) 事故発生状況

参宮橋カーブ区間で発生する事故を（a）過年度の事故統計データおよび（b）映像収集により発生状況を整理した。

(i) 過年度の事故統計データからの事故発生状況の分析

① 事故統計からの事故発生状況

事故統計からの事故発生状況を整理した結果について、下記に示す。

- 事故統計では H14 年度 75 件、H15 年度 135 件、H16 年度 141 件と増加傾向。
- 社会実験期間では過年度の同月比で事故が 3 分の 1 に減少。

● 当サービスを含む、交通安全対策の効果が認められる。

※ただし、事故数は気象条件等により月変動が大きいいため、導入後もより多くのデータから評価する必要有り。

② 社会実験期間の過去同月比との比較

MEX 4 号新宿線および参宮橋以外の類似急カーブ（4 箇所）についての事故状況を比較し、整理した結果

- 4 号全線および類似急カーブとも、H16 年に比べて H17 年は微増傾向。
- 参宮橋カーブは H17 年に際だって減少しており、交通安全対策の効果が現れている。

③ 映像収集による事故の詳細分析

H16 年度と H17 年 5 月 31 日まで採取した参宮橋カーブで発生する事故や危険なシーンの映像を基に、詳細分析を行った。

映像による事故発生状況

前方障害物情報提供サービスが対応できる事故形態の件数を比較し、整理した結果を下記に示す。

- 前方障害物に起因する事故は導入後 92 日間で 2 件のみ（導入前は 28 日間で 11 件発生）。
- 事故停止車に起因する二次事故は導入後 92 日間で 0 件（導入前は 28 日間で 10 件発生）。

※ただし、事故数は気象条件等により月変動が大きいいため、導入後もより多

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

くのデータから評価する必要有り。

(イ) サービスによる情報提供状況

(i) 発報状況のまとめ

- 「この先渋滞、注意」は、昼間の渋滞が発生する時間帯では、10～15分/時間程度の発報。

表 4.5.4-6 AHSでの事象の定義

事象	条件
渋滞あり	カーブ区間内の交通流が平均速度30km/h以下かつ占有率35%以上の状態を検知した場合
低速車あり	カーブ区間内に14km/h以下の速度で2秒継続して存在する車両を検知した場合
停止車あり	カーブ区間内に4km/h以下の速度で4秒継続して存在する車両を検知した場合



「この先渋滞、注意」と発報

4.5.4.2.2 社会実験Ⅱの実施

(1) 社会実験Ⅱのデータ収集と分析

(a) 社会実験Ⅱのデータ整理計画

社会実験Ⅱにおける効果検証方法について表4.5.4-7に示す。

表 4.5.4-7 社会実験Ⅱにおける効果検証方法

区分	対象	調査項目	ねらい
長期での事故データ収集	サービスの事故削減効果の確認	首都高の事故データの継続的分析と過去データとの比較	高機能舗装の劣化があっても、サービスの効果が継続的に確認できること
	サービス効果の持続性の確認	首都高の事故データの継続的分析と過去データとの比較	必要なときに必要な情報を提供するサービスは、効果を持続できること
		車両挙動の定期的評価 モニターによる定期的評価	
サービス改善効果の評価	上流が混雑時に、提供を抑制する新サービスの効果の確認 (上流トラカンの平均速度データを活用してサービスを改善)	改善前と改善後のモニター意見の比較	不要な情報提供の削減によるドライバーの信頼感が向上

(b) 社会実験Ⅱのアンケート分析

(i) 情報提供の役立ち方の変化

- 社会実験Ⅰに比べ、「役立った（どちらかといえば役立った含む）」が2割増加。（53.5%→70.0%）
- 「どちらともいえない」「役立たなかった」の理由は、社会実験Ⅰ同様、上流まで渋滞していたので必要無かったとの回答であったが、その回答率は約2割減少し、サービス改良の一定の効果が見られた。

(ii) 参宮橋社会実験システムの情報提供時間長の変化

社会実験Ⅰで課題となった渋滞時の情報提供について、システム改良を実施した。その結果、社会実験Ⅱでは、サービス不要という意見が減少（42.1%→27.7%）し、表 4.5.4-8 のとおりサービス改良効果がみられた。

表 4.5.4-8 サービス改良の効果

	有効 回答数	サービス 必要なかつ たとの回 答数	サービス 必要なかつ たとの回 答率
実験Ⅰ	271	114	42.1%
実験Ⅱ	65	18	27.7%

注) 役立ち方の回答を問わず、すべてを計上

(iii) 情報提供の分かりやすさの変化

- 社会実験Ⅰに比べ、「分かりやすい（やや分かりやすい含む）」が約1割増加。特に「分かりやすい」が、全体の約7割を占めている（社会実験Ⅰでは5割弱）。
- 「分かりにくい（やや分かりにくい含む）」の回答は無く、さらに「表示内容が見慣れないため理解するのに時間がかかった」とした人は皆無。

(iv) ドライバーの意識・行動の変化

- 情報提供直後の行動は社会実験Ⅰ同様、注意や穏やかな減速行動をとっている。
- 情報に対する印象は、初期のような驚きは皆無で、全員が冷静に受け止めているもしくは気を引き締めている。

(v) サービス継続性の評価（サービスを長期間経験することについてのアンケート）

サービス開始から約3ヶ月経過した時点で、サービスを長期間経験することによる課題（慣れによるサービスのインパクト低下

等) について、アンケートを実施した。慣れによるサービスの実効性に及ぼす影響を評価した。

① サービスの体験回数

- 1回以上体験した人が全体の約6割、未体験の人は約4割であった。
- 2回以上の複数回体験者は、全体の4割程度いた。

② サービスに対する意識

- 参宮橋区間を走行するとき、ほとんどの人はサービスを意識している。
- 「あまり意識していない」と回答した人は、サービス自体あまり有効ではないと考えている。

③ サービスを受けたときの考え方

- サービスを体験した場合、ほとんどの人はカーブの先に何かあると考えている。

④ サービスを受けなかったときの思いこみ

- 参宮橋区間を走行中にサービスを受けなかった場合、「カーブに何も無い」と思い込まない人は6割程度、逆に思い込む人は2割程度いた。
- 「思いこむ」の理由として、「情報を受けなかった」＝「渋滞がない」という気持ちになりやすいという意見があった。

⑤ まとめ

- 参宮橋区間を利用するドライバーにとって、サービスに対する意識は高い。
- サービスを受けた人のほとんどはカーブ先に何かあると考えており、慣れによる実効性の低下は見られなかった。
- サービスを受けなかった人の2割程度は、情報に依存している傾向にあり、サービスの意味を利用者にしっかり認識させるための対策が必要。

(c) 社会実験Ⅱのサービス有効性検証のデータ分析

(i) 事故発生状況

① 事故統計からの事故発生状況

- 社会実験Ⅰおよびその後継続した情報板のみによるサービス期間を通して、事故削減の効果が持続。
- 4号上り類似急カーブ(代々木、新宿)に比べ、参宮橋カーブはH17年に際だって減少しており、交通安全対策の効果が現れている。
- 社会実験Ⅰ期間では、過年度同月比で二次事故が8割減少。

(ii) 交通流観測による効果検証

- ① 同一道路環境下におけるサービス有無の車両挙動比較
同一環境下のサービス導入前後の車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、同一環境下においても車両挙動は安全側に変化している。
- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が0.5G以上で4%減少。
0.5G以上の急減速が0.3G未満の安全側に変化。
 - 60km/h以上の高速でカーブ進入する車両が23%減少。
60km/h以上が40-50km/hの安全側に変化。

表 4.5.4-9 同一環境下の危険なシーンでの急減速や高速でのカーブ進入発生頻度の比較

区分	カーブ前方に渋滞や停止・低速車がある時			
	30km/h以上の進入車有効サンプル数	急減速挙動の発生頻度		高速でのカーブ進入頻度 (進入速度60km/h以上の車両)
		0.4G以上	0.5G以上	
サービス導入前 2005年2月及び9月のうち7日間 ^{注1)}	2,217 (台/7日)	29.6台 ／100台あたり	17.5台 ／100台あたり	4.3台 ／100台あたり
サービス導入後 2005年9月～11月のうち28日間 ^{注2)}	10,769 (台/28日)	26.7台 ／100台あたり	16.8台 ／100台あたり	3.3台 ／100台あたり
効果		10%減	4%減	23%減

注1) 乾燥6日間、湿潤1日間

注2) 乾燥20日間、湿潤8日間

*前方に障害物がある場合に30km/h以上でカーブ進入した車両を対象に分析

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

② 経時変化による車両挙動比較

同一環境下において、社会実験Ⅰ、Ⅱともに安全側へ変化しており、サービスによる効果が継続しているといえる。

経時変化

区分	カーブ前方に渋滞や停止・低速車がある時			
	30km/h以上の進入車有効サンプル数	急減速挙動の発生頻度		高速でのカーブ進入頻度 (進入速度60km/h以上の車両)
		0.4G以上	0.5G以上	
① サービス無し 2005年2月及び9月のうち7日間 ^{注1)}	2,217 (台/7日)	29.6%	17.5%	4.3%
② VICS+情報板 2005年4月～5月のうち28日間	11,409 (台/28日)	27.1%	15.4%	2.6%
社会実験Ⅰ 効果(①→②)		8.5%減	12.0%減	39.5%減
③ VICS+情報板 2005年9月～11月のうち28日間	10,769 (台/28日)	26.7%	16.8%	3.3%
社会実験Ⅱ 効果(①→③)		9.8%減	4.0%減	23.2%減

4.5.5 新 VICS における AHS 情報提供の展開調査

4.5.5.1 想定される新 VICS の導入要件

現行 VICS は、以下に示す項目に関して改善又は機能拡張が必要である。

(1) AHS 情報提供に関連する機能

AHS の情報提供を行うためには、提供する事象発生から情報をドライバに伝達するまでの時間遅れなく対応できる必要がある。そのためには、提供情報の詳細化と正確さが重要になる。

- ・簡易図形に広域図形と詳細図形を活用する情報提供。
- ・VICS 情報の画像、音声情報等を活用した高度化。

(2) VICS 全体の機能

VICS 全体の機能として以下の機能拡充を行う。

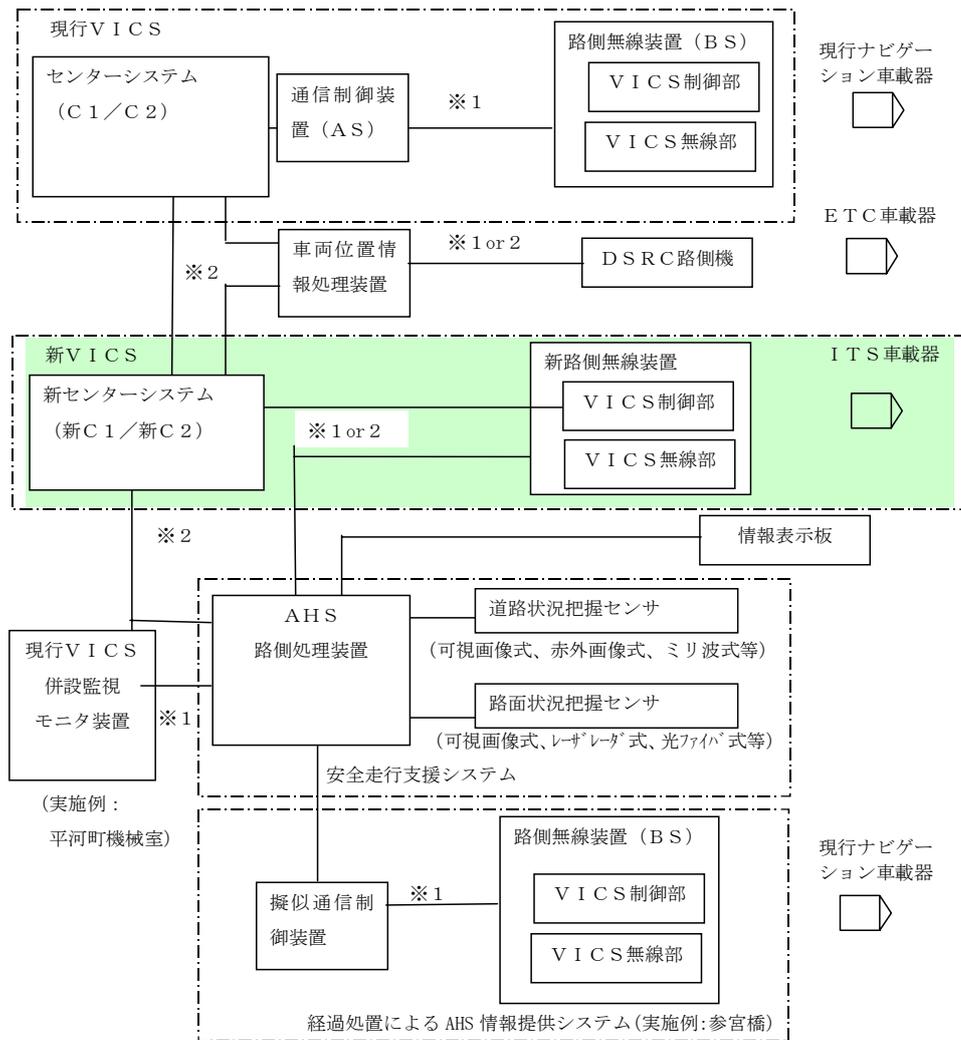
- ・都市部における詳細情報を全ての VICS リンク対応で提供。
- ・地方部における一般道路の全 VICS 情報の提供。
- ・詳細な情報（車線毎の渋滞情報、駐車場情報等）の提供。

4.5.5.2 新 VICS のシステム構成

VICS 情報提供の実施にあたっては、段階的にシステムを更新する事が想定される。図 4.5.5-1 にシステム構成（案）と AHS 情報提供に必要な装置との接続例を示す。

4 章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査



※1 伝送方式：全二重・調歩同期式、伝送速度：2400bps、伝送路：V24、V28 準拠
 ※2 インタフェース：IEEE802.3、アクセス制御：CSMA/CD、プロトコル：TCP/IP (socket)

図 4.5.5-1 VICS 全体システム構成 (案)

4.5.5.3 新 VICS 構築技術の調査

(1) 変調方式

新 VICS は、ETC と同じ 5.8GHz 帯の無線周波数帯を使用した DSRC (専用狭域通信) を採用する。新 VICS の通信仕様を表 4.5.5-1 に示す。

表 4.5.5-1 新 VICS の通信仕様

	周波数帯	変調方式	伝送速度	利用システム
5.8GHz 帯 DSRC (専用狭域通信)	5.8GHz 帯	ASK	1024kbps(1Mbps)	ETC
		QPSK	4096kbps(4Mbps)	新 VICS

※VICS：道路交通情報通信システム (Vehicle Information and Communication System)

(2) アプリケーション識別

アプリケーション識別子 (AID : Application Entity ID) とはビーコン車載器間でそれぞれが対応しているアプリケーションを識別・伝達するための識別子である。AID は、ISO で定められた ID であり、ARIB STD-T75 もそれに準拠している。

AHS において、以下のように目的に合わせて AID を使い分ける必要がある。

- (a) AHS-i : AID=18 を使用し、新 VICS 情報としての提供を想定
- (b) AHS-c、a : AID=17 の使用を想定

(3) 通信プロファイル

新 VICS では、通信ゾーン内の細かいレベル変動に強く、通信可能な情報量が大きい profile 12 を推奨する。profile 12 は、全スロット QPSK 変調方式である。なお、ETC と同一の周波数を用いても、ETC 車載器から WCN を取得することは出来ない

(4) VICS による提供情報容量

現行 VICS サービスでは、路車間の通信容量の制限により、高速道路を時速 100km で走行する車両に対する送信フレーム数は最大で 47 フレームに制限されている (1 フレームが 122 バイトであり、5.7 キロバイトが上限となる)。参宮橋の AHS 情報提供サービスは、12 フレーム構成で 1.5 キロバイトの情報を提供している。

AHS 情報を詳細に情報提供する場合、路車間通信の送信時間遅れも考慮して設計する必要がある。参宮橋における情報提供設計時この送信時間の遅れに考慮して最小のデータ容量に設定した。

新 VICS の提供情報を考慮すると、路面状況の静止画像の伝送も考えられる。静止画像の圧縮方法、画像の取り扱い基準等を検討して対応する必要がある。現在の情報に 10 キロバイト以上の情報容量の増加が考えられ、20 キロバイト程度の情報提供が可能な通信方式とするのが望ましい。

4.5.5.4 新路側無線装置と ITS 車載器の概要

新 VICS にかかわる構成要素のうち、5.8GHzDSRC にかかわる新路側無線装置と ITS 車載器の概要を以下に示す。

5.8GHzDSRC の路側無線装置と ITS 車載器は、複数のアプリケーションを実現することが考えられている。すなわち、共通プラットフォーム (路側機と車載器) を使用し、ETC や新 VICS、駐車場処理、道の駅等での情報提供など、複数のサービスを提供することができる。

図 4.5.5-2 にこの共通プラットフォームの概念を示す。

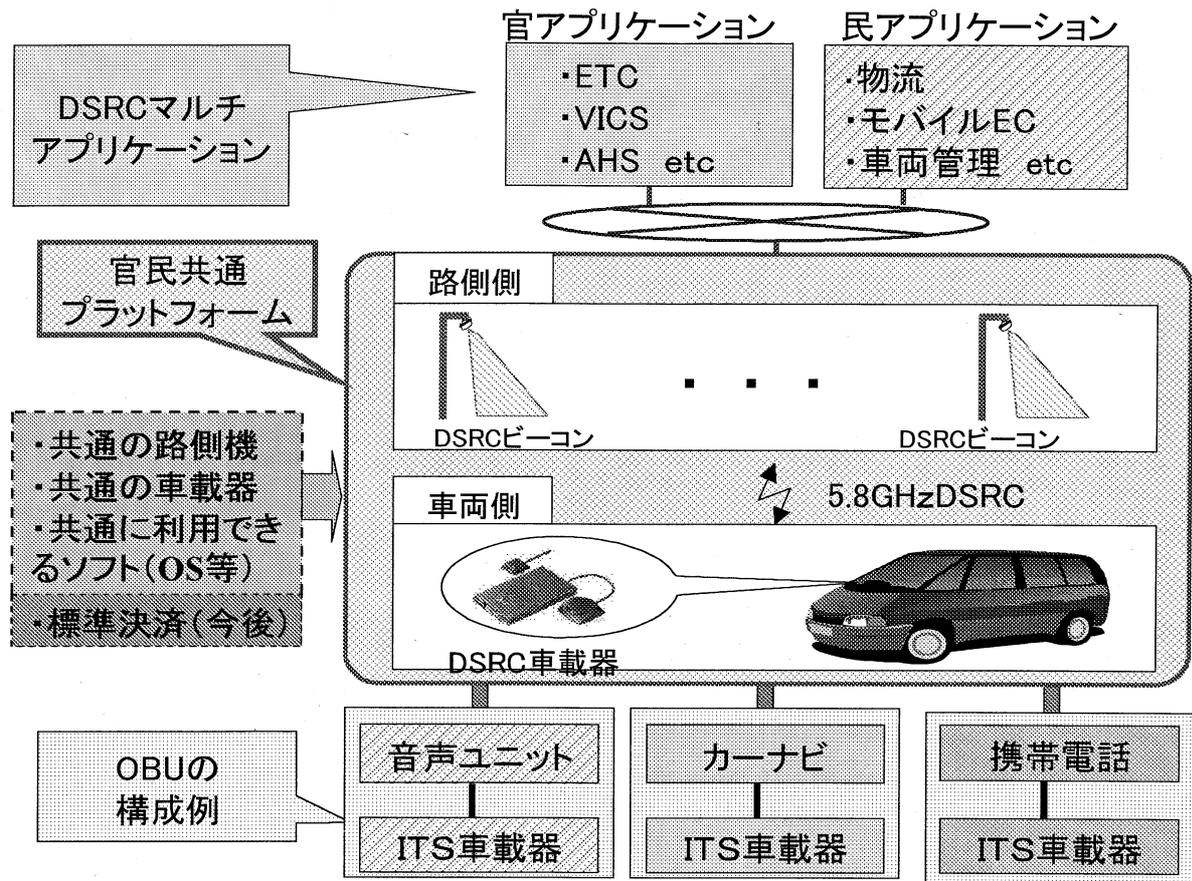


図 4.5.5-2 共通プラットフォームの概念

4.5.6 前方障害物情報提供システムの展開に関する調査

4.5.6.1 目的

前方障害物情報提供システムは、カーブなどの見通し不良部の障害物をセンサーで検出し、その情報をドライバに情報提供し、障害物への衝突を防止するサービスを提供するシステムである。システムの応用展開に関する調査では、都市高速の急カーブでの効率的な適用方法の調査および前方障害物情報提供システムの交差点付近への応用展開の調査を行った。

4.5.6.2 都市高速の急カーブでの効率的な適用方法の調査

連続した一連のカーブとして捉えることのできる新宿カーブに関して、直近10年間の事故発生状況、既設の監視カメラからの視野等の現状調査を通して前方障害物情報提供システムの適用区間を検討し、更に効率的なカメラ設置位置の調査を行った。

4.5.6.2.1 首都高速道路4号新宿線の新宿カーブの現状調査

(1) 事故発生状況の調査

首都高速道路4号新宿線の新宿カーブ上り車線当該区間での事故発生状況を調査した結果、事故発生状況は次の通りである。

- (a) 新宿カーブを原因とする見通し不良区間（5.59～5.91kp）では10年間に572件（人身52件）の事故が発生
- (b) 新宿カーブの年度別事故件数は平成14年度を境に大幅に増加
- (c) 全体の事故の約62%（355件）が5.80～5.84kp区間に集中
- (d) 二次事故37件のうち32件が5.80～5.84kp区間に集中
- (e) 見通し不良区間全体では、前方の障害物に起因したと想定される事故が572件中190件発生しており、ほぼ3件に1件の割合である

(2) 既設カメラの視野調査

新宿カーブ近辺の既設監視カメラ3台の視野を、管制センターのモニタ画像から調査した。

新宿カーブの平面図に対して、既設カメラ視野で更に画像処理に利用できる映像範囲を重ねた図を図4.5.6-1に示す。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

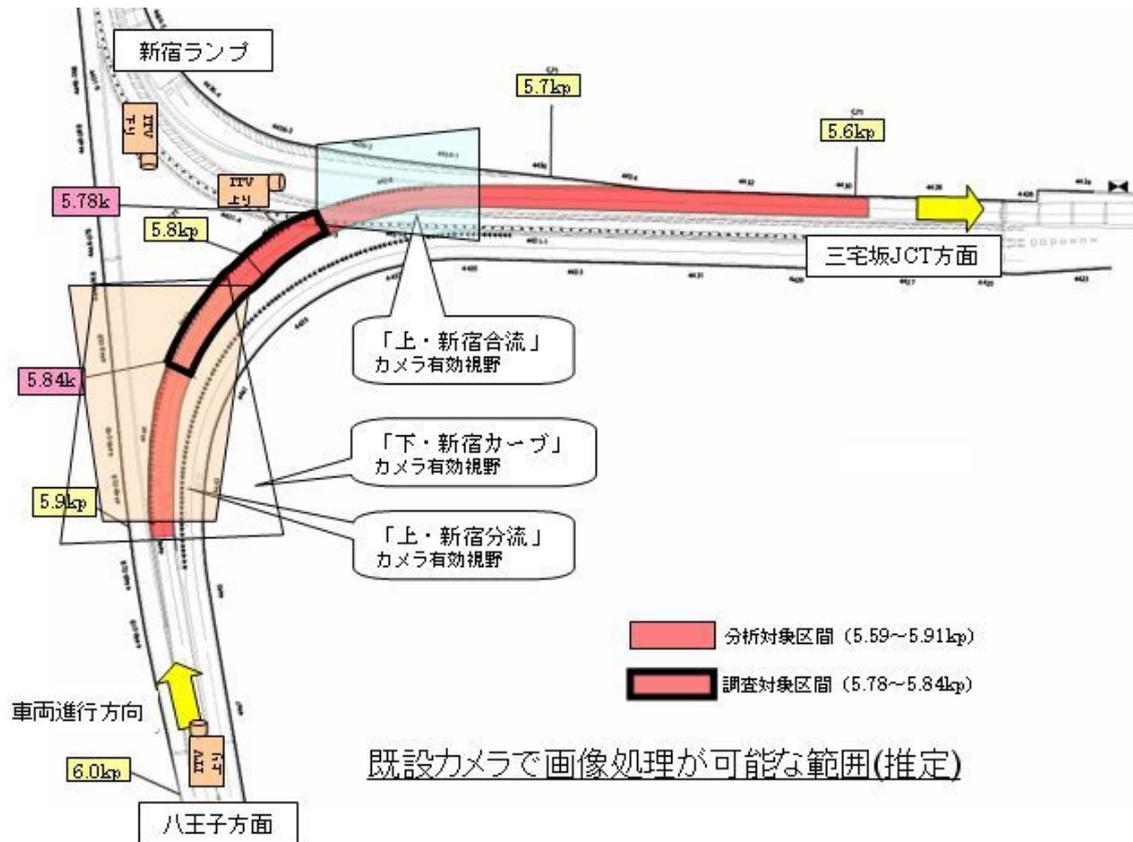


図 4.5.6-1 既設カメラ視野での有効画像処理範囲（推定）

新宿カーブ近辺の既設カメラ視野を前方障害物情報提供システムに使用する場合において、

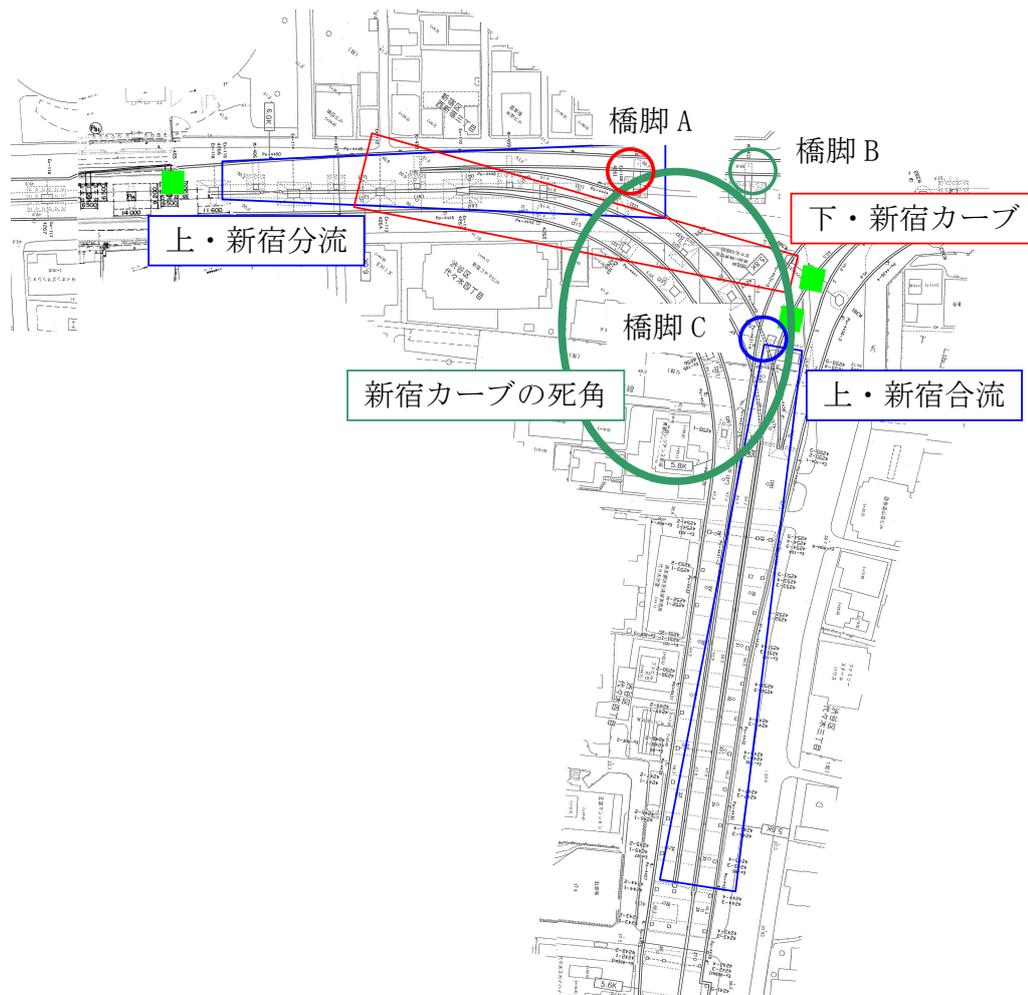
「上・新宿分流」視野および「上・新宿合流」視野は有用であるが、「下・新宿カーブ」視野は無用であることが判明した。

4.5.6.2.2 カメラ新設の可能性調査

首都高速道路・新宿カーブの既設カメラを有効に活用するとともに、危険箇所の死角の発生状況および現状で把握できていない場所に新設カメラを設置して効果的なセンサ配置を実現するための可能性について検討した。

(1) 既設カメラの死角分析

図 4.5.6-2 に示すように、既設カメラのみでは楕円で示した部分が死角となる。



(首都高速 完成図面より合成)

図 4.5.6-2 カメラの設置場所 (首都高速道路・新宿カーブ区間)

(2) カメラの効果的設置位置の調査

新宿カーブの死角がなくなるようにカメラを設置するための調査を行った。現状の図面より 3D の図面データを作成し、新設のカメラのために新規に支柱を建てずに設置できる場所を選定し、設置高等を想定値で設定した。その結果、橋脚 C があるため、橋脚 B にカメラを設置できない事が判った。

4.5.6.2.3 今後の課題

都市高速の急カーブでの前方障害物情報提供システムの効率的な適用方法を検討した結果、以下の様な課題がある。

- (1) 新宿カーブの既設カメラには、死角となる部分が存在し、この部分を監視できる新規のカメラの設置が必要である。現在死角となっている部分に事故車両が最終的に停止する場所である。
- (2) 新規カメラの設置に当り、現状の図面から 3D 図面を作成しカメラ位置の特

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

定をする必要がある。設置条件として、新設のカメラのために新規に支柱を建てない設置とし既存の橋脚および壁面を活用することで設計する。

- (3) 参宮橋の路側処理装置等の施設を共同利用できる設計を検討する必要がある。
- (4) 新規設置カメラは、参宮橋と同様に赤外線カメラの設置が望ましいが、道路管理者が現在行っている可視画像による監視は継続する事を考慮する必要がある。
- (5) 新規施設の設置に当り、現状の通信路を調査し回線の増設も含めて検討する必要がある。

4.5.6.3 前方障害物情報提供システムの交差点付近への応用展開の調査

前方障害物情報提供システムの交差点付近への応用展開へ向けた、交差点付近での事故件数調査と事故削減対策の調査、前方障害物情報提供システムの交差点付近への適用可能性検討を行った。

4.5.6.3.1 交差点付近での事故件数調査と事故削減対策の調査

前方障害物情報提供システムの適用可能性を検討するにあたり、カーブ及びクレスト部において過去に発生した全国の事故件数調査とサービス適用候補場所での事故発生状況の調査を実施した。

(1) 交差点付近での事故件数調査

一般道の交差点付近にクレストおよびカーブが存在する場合、見通し不良を原因とした事故が多発することが考えられる。

その典型的な例として、図 4.5.6-3 に示すように、クレスト（上り勾配から下り勾配に変化した道路線形、例えば陸橋、橋、立体交差など）の先に信号や交差点が存在する場合、赤信号で滞留している列の最後尾に追突する事故がある。

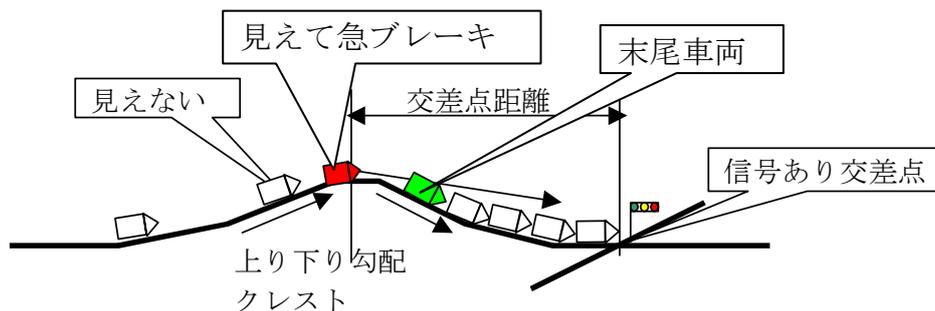


図 4.5.6-3 クレストでの追突事故

クレスト及びカーブを対象とした前方障害物情報提供システムの導入検討に際して、サービス対象となるクレスト及びカーブ部における事故件数調査として、クレスト付き交差点抽出条件およびカーブ付き交差点抽出条

件で全国の事故件数調査を実施した。

調査結果から、クレスト及びカーブ共に「交差点無」と比較して「交差点有」の追突事故率が2倍以上高いことが判った。

次に、クレスト及びカーブの交差点有の区間での信号の有無における事故件数の比較を行った。その結果、信号有交差点付近ではカーブよりクレストの追突事故率が高いことが判った。よって、クレストについて追突事故の調査を行った。

(2) 交差点付近のクレストでの事故調査

前方障害物情報提供システムの適用可能性を検討するにあたり、交差点付近でのクレストで発生している事故の中から、最も追突事故件数が多い「国道16号 大宮東バイパス 宮ヶ谷塔高架橋」の調査を実施した。

また、上記箇所データには含まれていないが、「国道16号 大宮東バイパス 宮ヶ谷塔高架橋」と同じ17件/3年である「国道246号府中県道高架橋」においても事故調査を実施した。

(a) 事故調査分析 (その1)

国道16号 大宮東バイパス 宮ヶ谷塔高架橋の事故調査を以下に示す。

(ア) 宮ヶ谷塔高架橋の概要

本箇所は、東部野田線と綾瀬川を跨いでおり、東部野田線を跨いでいる箇所がクレスト頂部となっている規制速度60km/hの区間である。

(イ) 追突事故発生状況

事故発生の位置関係を図4.5.6-4 事故発生状況図に示す。図から追突事故が交差点より上流約60mから約170m付近に集中している事が判る。

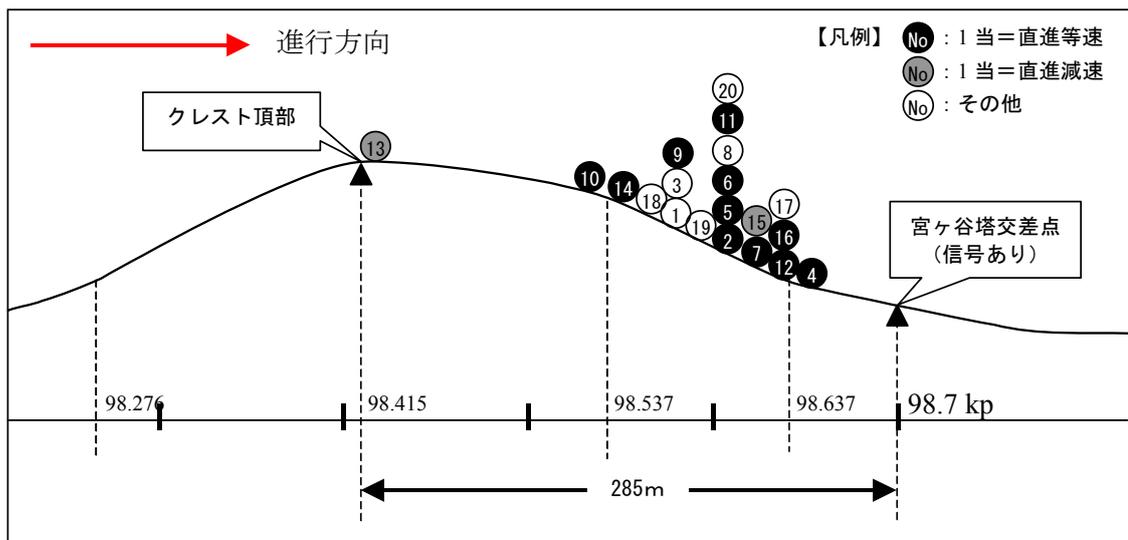


図 4.5.6-4 事故発生状況図

注1) 事故位置の丸の中の数字は、調査を行った事故のNo。

(ウ) 追突事故の傾向

20件の事故を集計し、傾向を整理した結果、以下のことが考察される。

- 追突事故のうち、第2当事者が「進行中」であった事故は1件のみであり、「停止」が16件あることから、ほとんどが駐・停車中の車両に追突した事故である。
- 沿道状況を考慮すると、当該場所での駐・停車はほとんどが信号待ちによるものと考えられる。

上記のことから、宮ヶ谷塔高架橋では、信号待ちによる停止車両に追突する事故形態が多い事が判る。

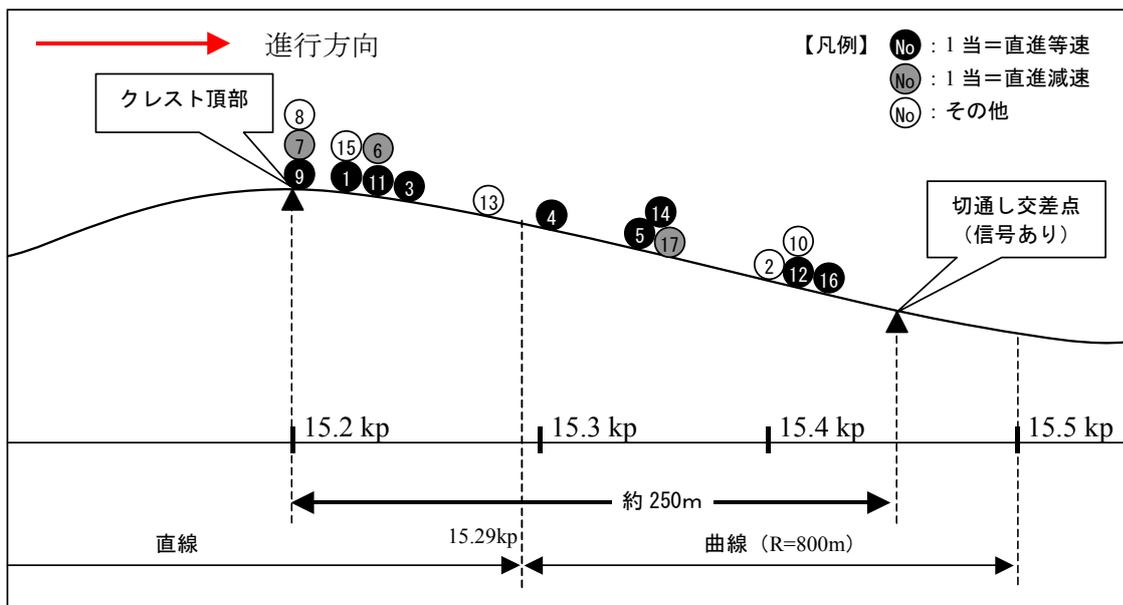
(b) 事故調査分析（その2）

国道246号 府中県道高架橋の事故調査を以下に示す。

(ア) 府中県道高架橋の概要

事故発生の位置関係を図 4.5.6-5 発生状況図に示す。

図から事故位置がクレストの下り部の全般に分布している事が判る。



注1) 事故位置の丸の中の数字は、調査を行った事故のNo。

図 4.5.6-5 事故発生状況図

(ウ) 追突事故の傾向

17件の事故を集計し、傾向を整理した結果、以下のことが考察される。

- 追突事故のうち、第2当事者が「進行中」であった事故は3件のみであり、「停止」が15件あることから、ほとんどが駐・停車中の車両に追突した事故である。
- 沿道状況を考慮すると、当該場所での駐・停車はほとんどが信

号待ちによるものと考えられる。

上記のことから、府中県道高架橋では、信号待ちによる停止車両に追突する事故形態が多い事が判る。

(3) 事故削減対策の調査

クレストやカーブ等により見通し不良となっているために事故が多発している交差点付近での事故削減対策としては、これまで下記のような対策が採られてきた。

- 情報板の設置
- 補助信号機の設置
- 警戒標識の設置
- 路面標示の設置
- 立て看板の設置

このような場所に対する更なる事故削減対策として前方障害物情報提供システムを応用展開するに当たっては、現状実施されている事故削減対策と実際の事故発生状況（事故が確実に減少しているか）を年度別に調査することが重要である。

4.5.6.3.2 前方障害物情報提供システムの交差点付近への適用可能性検討

前方障害物情報提供システムを交差点付近にクレストやカーブが存在する道路に適用する場合の検討を実施した。具体的にはシステム構成、センサ検出領域、情報提供装置の設置位置などの検討を実施した。

(1) システム構成例

前方障害物情報提供システムが、交差点付近の見通し不良部としてクレストのある道路に適用する場合のシステム構成は、交差点付近のクレスト部での前方障害物（主に、信号待ちなどによる末尾車両）を検知し、情報提供装置を用いドライバに通知し、信号待ちなどによる末尾車両に衝突しないよう安全を図るシステムである。基本的には、センサ、路側処理装置、情報提供装置から構成される。

また、交差点付近の見通し不良部としてカーブがある道路に、前方障害物情報提供システムを適用する場合のシステム構成も基本的には、センサ、路側処理装置、情報提供装置から構成される。

以上からわかるように、交差点付近の見通し不良部として、クレスト部およびカーブ部に前方障害物情報提供システムを適用する場合も、基本的なシステムは、単路部のカーブ部に適用されている前方障害物情報提供システムと同様に、

- (a) センサ
 - (b) 路側処理装置
 - (c) 情報提供装置
- から構成される。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

このシステム構成で、ポイントとなる点は、センサ検出領域、情報提供装置の設置位置、情報提供内容である。

そこで、このセンサ検出領域、情報提供装置の設置位置、情報提供内容に関し、検討した結果を以下述べる。

(2) センサ検出領域

センサ検出領域は、交差点から交差点視認位置までの距離、道路線形を鑑み、また、前方障害物情報提供システムを導入する場所の事故の実態を調査し、センサの検出領域を検討する必要がある。

そこで、実際にクレストやカーブで事故が発生している道路で、交差点から交差点視認位置までのどこで事故が発生しているか調査した。

(3) 情報提供地点の検討

(2)の調査の結果、交差点付近にクレストがある場合もカーブがある場合も情報提供地点の考え方は同じであるということが判明したので、以下クレストを対象に述べる。

図 4.5.6-6 は、表示板とビーコンとを併設した場合情報提供地点の説明図である。

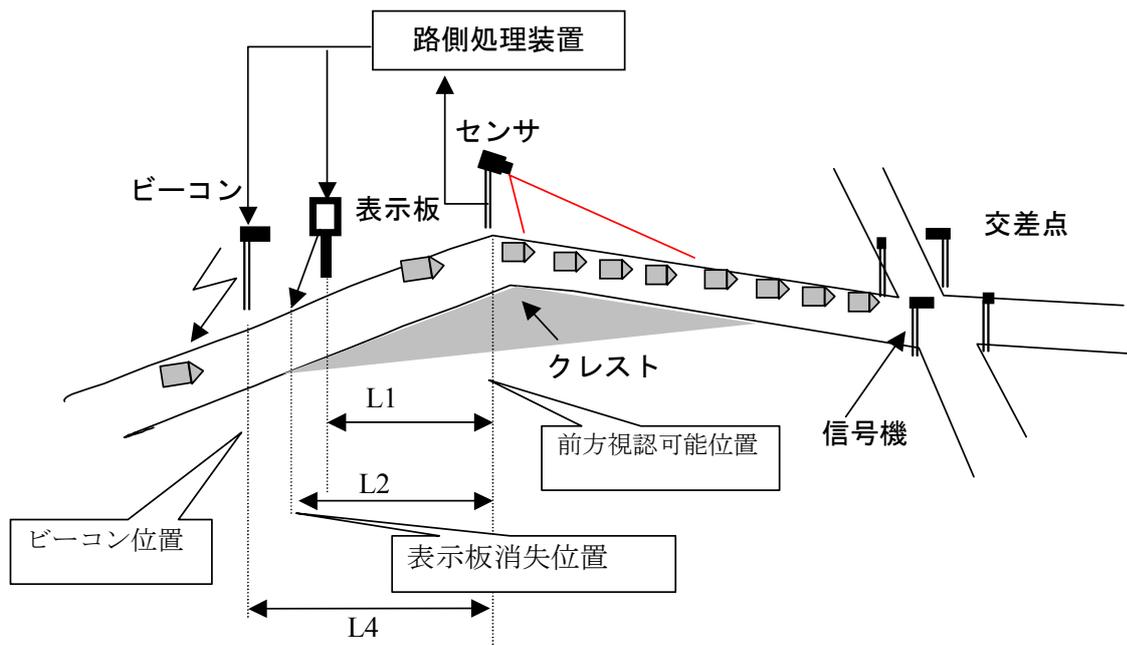


図 4.5.6-6 クレスト部での情報提供地点の説明図
(表示板とビーコン併設の場合)

前方障害物情報提供サービスでは、情報提供地点の計算は以下の式に基づき計算される。ドライバーが情報提供を受けてから、クレストの検出領域（図 4.5.6-6 の前方視認可能位置）に停止車両が存在するという仮定で、交差点視認可能位置までに、余裕をもって減速停止するという考えに基づいている。

表示板の場合、道路の制限速度を 60km/h とし、サービスの運用上限速度を 80km/h とした時、減速停止距離 L2 は、大型車の場合、約 300m となる。一方、ビーコンの場合、約 360m となる。ビーコンと表示板とで距離が異なるのは、反応時間が異なるためである。ビーコンに対応した車載器は、音声機能付きを想定し、音声で情報提供する内容をドライバーが聴き取り、反応するまでの時間を情報提供・反応時間と定義し、その時間を 5 秒と仮定した。実際には、車がビーコン位置を通過しても、瞬時に車載器が情報提供するのではなく、車載器の処理時間がかかる。従って、車載器の処理時間を考慮すると、ビーコンの位置は上記の約 360m より、更に、上流の位置に設置する必要がある。

この試算例より、ビーコンの設置位置は表示板の設置位置より上流となる。

(4) 情報提供内容

(a) 表示板の場合

センサ検出領域に停止車両が存在する場合、表示板でドライバーに情報提供する内容の例として、以下の 8 つが挙げられる。

- 前方・信号待ち車両あり
- 前方下り坂に信号待ち車両あり
- 前方・末尾車両あり
- 前方・渋滞末尾車両あり
- 前方下り坂に停止車両あり
- 前方・停止車両あり
- 前方信号あり。速度落とせ
- 前方停止車あり。速度落とせ

(b) ビーコンの場合

ビーコンを用いた車載器による情報提供は、音声の主となり、画面は補助と考える。

音声では、上記の表示板に表示する内容を情報提供すれば良いが、音声では、表示板よりきめ細かい情報提供が可能である。

(5) サービスの検討

交差点付近にクレストが存在する道路に、前方障害物情報提供システムによる情報提供サービスを実施する場合、以下の課題がある。

ドライバーが表示板で前方障害物情報を視認してからクレストの交差点視認位置まで走行する間に、信号の状態表示の変化に伴い、前方障害物の状態が変化することが発生する。この現象は、情報提供を受けてから、交差点視認位置に到達するまでに時間がかかり、その間に前方障害物の有無が変化することに問題がある。

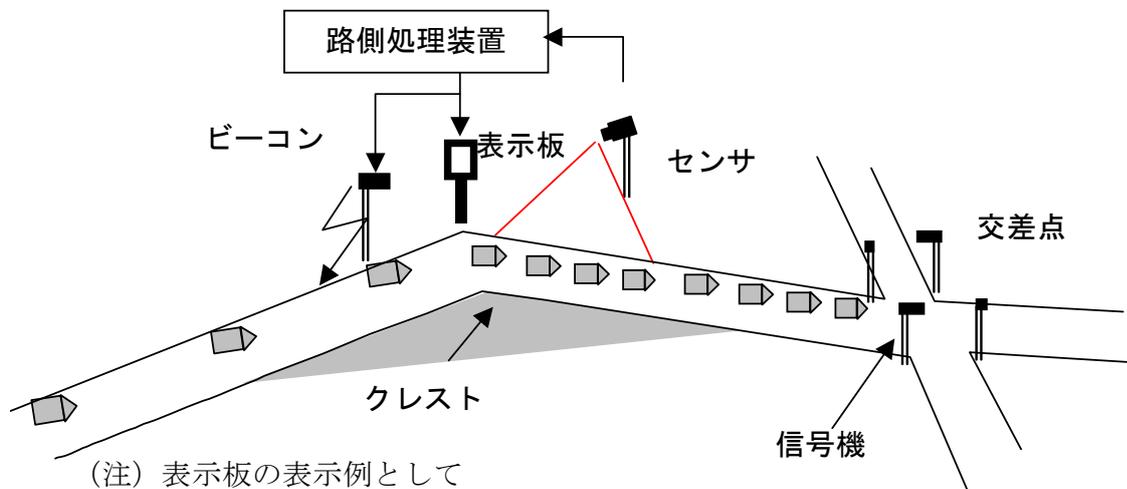
この対策として、1つの案は、情報提供地点を、従来の考えで決めるのではなく、図 4.5.6-7 に示すように、交差点視認位置の近くに表示板を設置しサービスの信頼性を上げる方法が考えられる。

表示板の場合、センサで検出した画像をそのまま情報提供する案、センサで停止車を検出した場合、表示板に文言（例として停止車あり）と黄色の信号を表示し、速度を下げるように、ドライバーに注意喚起させる案などが考えられる。

4章 研究の成果

4.5 システムの実用化に関する調査

また、ビーコンの場合、ビーコン対応の ITS 車載器が開発されようとしているので、この ITS 車載器を使用すれば、音声によりきめの細かい情報提供が可能となる。



(注) 表示板の表示例として

- ① センサで検出した生の画像を表示 (電子ミラーの役目)
- ② センサで停止車を検出した場合、文言と模擬信号表示 (黄色)

図 4.5.6-7 クレスト部での前方障害物情報提供システムの例

(6) 今後の課題

前方障害物情報提供システムの交差点付近への応用展開の調査としてのまとめと課題は以下である。

- (a) 情報提供地点の検討を実施した。前方障害物情報提供システムの交差点付近へ適応する場合、情報提供地点の工夫が必要である。
- (b) 交差点付近にクレストが存在する場合のクレストでの事故防止対策としては、従来の前方障害物情報提供システムの考え方にとらわれずに検討を広く行うと同時に、ITS 車載器の発展を考慮し、音声機能のある ITS 車載器を十分活用することを検討すべきである。

5章 今後の課題

5章 今後の課題

各調査において残っている課題をまとめた。

5.1 情報収集・処理道路システムに関する課題

5.1.1 要素技術開発（路車間通信システム）

AHS DSRC に関する課題を以下に示す。

- (1) 交差系サービスの情報提供
〔課題〕現状ではシャドウイングによる通信瞬断を回避することが難しい
〔対策案〕①交差系サービスの成立条件の見直し
②車載空中線の要求見直し（横、後からの電波を受信）
- (2) 連続通信の無線方式
〔課題〕検討を進めるには要求性能、許容値等サービスの具体的な要求が必要
〔対策案〕長い通信区間を要求する連続通信サービス要件の検討

5.1.2 位置検出技術

平成 13 年度、14 年度に評価を進めた GPS（疑似衛星）、DOA、簡易 DSRC については下記の課題がある。

- (a) GPS については、利用が屋外で数十 m 精度のものは既に実用化されているが、AHS サービスへの適用を考えると、カバー範囲（利用場所の制約）、精度の面が課題である。
- (b) DOA については、DSRC との組み合わせでシステムとして位置検出の精度は十分であることが確認できた。今後、DSRC の基点ビーコンの代替が可能かを検証するためには、実道実験等で実証していく必要があると考える。

5.2 路車協調による走行支援道路システムに関する課題

5.2.1 交差点サービスに関する課題

- (1) 課題
実証実験システムの道路と車両の役割分担では、車両側で見えない、あるいは見難い範囲の情報収集を道路側が分担する。この役割分担では、交差点で道路側のシステムがその役割を完全に果たすことは困難。
- (2) 今後の対応方針
交差点事故は、事故件数の半数以上を占める大きな課題であり、引き続き検討が必要。
システム構築の考え方からの再検討を実施、例えば路車分担の見直し、

車載地図・車載データの活用やインフラ側の工夫により安全性を高める技術開発といった視点での検討など。

5.2.2 合流支援システム

(1) ガイドライト表示方式の改善

ガイドライトの表示サイズ、形状、色等によっては更に効果の向上が期待できると予想される。対向車交通状況表示用として可視性、遠近感把握性向上が今後の課題のひとつである。

5.2.3 路車協調を活用した合流部円滑化走行支援サービスの課題

合流部における可変チャネルリゼーションサービスを実現するためには、円滑化を目的とするだけでなく並行して安全面での検討も進める必要があり、以下の研究が今後必要である。

- (a) 合流部における車両挙動の解析
- (b) 切替アルゴリズムの検討
- (c) 車線規制実現手段および使用デバイスの検討
- (d) ドライバーへの情報提供内容とその実現手段の検討
- (e) 総合的な運用方法(安全対策を含む)の検討

5.3 最先端の通信方式を利用した道路システムに関する課題

5.3.1 アップリンク情報を活用した走行支援

アップリンク情報としては、ETC 車載器の匿名 ID 情報、車両に蓄積した走行履歴情報、車両センサ情報があげられるが、サービスの実現に当たっては、次のような課題があると考えられる。

(1) 匿名 ID 情報の活用

- (a) 車載器普及率を考慮にいたした検証、情報板やビーコンなどの提供する媒体および提供位置を考慮にいたした検討を行う。

(2) 走行履歴情報の活用

- (a) 実験は限られた期間および走行条件下でしか実験を行っていないので、得られた実験結果を検証するため、多様な走行条件（湿潤、路面状態、大型車、道路線形）におけるデータを収集分析することが必要である。
- (b) 同一被験者で実験毎の車両挙動の違いを確認できたが、被験者間個人差の違いは明確にできなかった。今後、多数のドライバの平均的な判定しきい値で対応できるか、ドライバの運転特性に応じた判定しきい値が必要かをさらに調査する必要がある。

5.3.2 国際標準化に関する課題

- (1) エンドユーザであるドライバの観点から実用化のために欠くことの出来ないHMI (Human Machine Interface) に関する規格が求められる。HMI については、路車協調サービスとインフラ単独サービスに対する規格が必要であり、安全性の確保のために、ベンダーに依存しない車内表示の統一、及び車載表示器と路側表示器の表示内容の整合が必要であり、国際的な標準化が望まれる。

これらの他にも、今後、ITS の進展に伴い、以下のアイテムについて標準化が必要になると考えられる。

表 5.3-1 走行支援サービスに関する標準化アイテム

分野	標準化アイテム	国際標準化組織
(a) 走行支援サービス	機能、性能、安全性、信頼性、試験方法	ISO/TC204/WG14 ISO/TC204/WG10
(b) TICS データベース	データ辞書、道路地図、日付／時刻表現、位置表現、イベント表現	ISO/TC204/WG1 ISO/TC204/WG3 ISO/TC204/WG10 ISO/TC211
(c) TICS フレームワーク	データ記述言語、通信プロトコル、セキュリティ管理、端末クラス、UIM(User Identity Module)	ISO/TC204/WG1 ISO/TC204/WG16

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of N I L I M

№. 17

November 2006

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地

企画部研究評価・推進課 TEL.029-864-2657