

3. 走行支援サービスに必要な大縮尺道路地図の整備・更新手法の研究

3.1 整備手法の検討ステップ

本共同研究では、走行支援サービスに利用する大縮尺道路地図の要件をとりまとめるべく、走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)を作成した。また、とりまとめた要件に基づき、必要となる空間データ(以下、「道路構造データ」という。)の仕様を定めるために、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)を作成した。さらに、既存の道路基盤地図情報の加工手法や追加する地物・属性の整備手法を検討し、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)に則した道路構造データを整備する際の既存資源および整備手法などを規定した走行支援サービスのための道路構造データ整備要領(案)を作成した。

走行支援サービスに必要な大縮尺道路地図の整備手法の検討ステップを図 3-1 に示す。

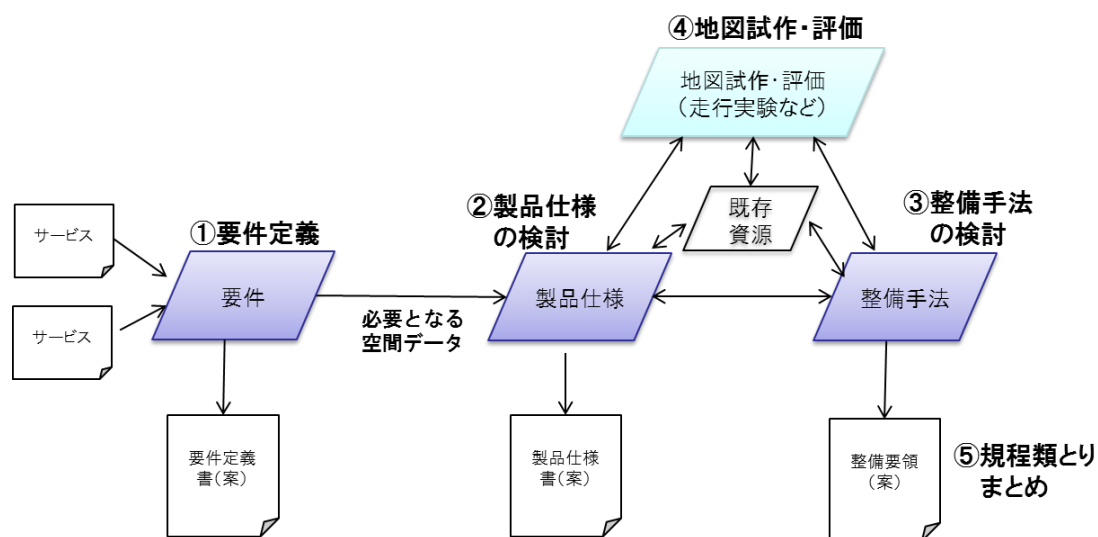


図 3-1 走行支援サービスに必要な大縮尺道路地図の整備手法の検討ステップ

図 3-1 の検討ステップの詳細を以下に示す。

① 要件定義

要件は、「オートパイロットシステムに関する検討会(国土交通省)」資料および本共同研究における議論をもとに、高速道路における運転支援の高度化で実現を目指すサービスを整理した上で具体化し、走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)を作成した。また、走行支援サービスに利用する大縮尺道路地図は、道路管理者での活用も想定できることから、道路管理者の大縮尺道路地図への要件もとりまとめた。

②製品仕様の検討

前項で定義した要件を満足する地物・属性の一覧を整理した。次に、共同研究者との議論を踏まえ、本共同研究で定める走行支援サービスのための大縮尺道路地図の位置づけおよびデータ構造を明確化し、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)を作成した。さらに、地図試作・評価(走行実験など)を踏まえ、製品仕様を見直した。

③整備手法の検討

走行支援サービスに資する大縮尺道路地図は、既存の道路基盤地図情報以外の新たな地物・属性が追加される。そのため、机上検討だけで、実用的な整備手法を具体化するのには困難と考えた。そこで、共同研究者で地図を試作し、トライ&エラーを繰り返しながら、作業手順を具体化した。この結果を踏まえて、整備手法を定式化し、走行支援サービスのための道路構造データ整備要領(案)を作成した。さらに、地図試作・評価(走行実験など)を踏まえ、整備要領を見直した。

④地図試作・評価

前項に示したとおり、地図を試作してトライ&エラーを繰り返し、あわせて評価も進めた。具体的には、第一次の試作として対象地域・地物を限定して試作した。次に、第一次の試作で顕在化した課題への対応方策の具体化を目的として、第二次の試作として、第一次の試作よりも規模を拡大して試作・評価した。これらの検討を踏まえ、様々な高速道路を対象に地図を試作・評価した。

次に、試作した地図を用いて、アプリケーションでの有用性検証を目的とした走行実験を実施した。

⑤規程類のとりまとめ

④地図試作・評価で得られた知見を整理し、①～③のステップで作成した走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)および走行支援サービスのための道路構造データ整備要領(案)の3つを最終化した。

3.2 地図への要件定義および製品仕様書(案)の作成

3.2.1 走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)の作成

本共同研究では、走行支援サービスに利用する大縮尺道路地図の要件をとりまとめるべく、走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)を作成した。

要件は、オートパイロットシステムに関する検討会(国土交通省)資料および本共同研究における議論をもとに、高速道路における運転支援の高度化で実現を目指すサービス、各サービスの要件と必要な情報、適用範囲外の要件などにより構成した。また、走行支援サービスに利用する大縮尺道路地図は、道路管理者での活用も想定できることから、道路管理者の大縮尺道路地図への要件を附属書として整理した。表 3-1 に、具体化した大縮尺道路地図を用いた走行支援サービスの要件一覧を示す。要件は、5つの分類のもと、12の要件で構成している。あわせて、附属書に道路管理者の要件として、3つの要件を整理した。

表 3-1 大縮尺道路地図を用いた走行支援サービスの要件一覧

分類	要件
車両走行の制御 (左右方向)	要件①: 曲率半径の小さいカーブ区間での車線維持
	要件②: 複雑な形状の道路での車線維持
	要件③: 走行車線の維持
車両走行の制御 (前後方向)	要件④: 道路形状変化に応じた速度制御
	要件⑤: 付帯設備に応じた速度制御
	要件⑥: 速度規制情報に従った速度制御
区画線等の認識	要件⑦: 区画認識率の向上
	要件⑧: トンネル等の出入り口地点の把握
	要件⑨: 視界不良となった場合の適切な車線区分線の把握
自転車位置の把握	要件⑩: 道路上の地物を用いた自転車位置の把握
操舵制御 (車線変更)	要件⑪: 分合流や誘導線等、複数の区画線が存在する場合の適切な車線区分線の把握
	要件⑫: 本線もしくはランプ上の複数の区画線が存在する場合の適切な車線区分線の把握
(附属書) 道路管理者の要件	要件①: 車線単位での情報の収集・蓄積・分析・活用
	要件②: 既存の道路ネットワークとの連携
	要件③: 車両が物理的に走行可能な範囲の特定

本項目の研究成果となる走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)は、巻末資料として添付する。その目次構成は図 3-2 のとおりである。1 章では背景・目的、2 章では適用範囲、3 章では実現を目指すサービスを示す。4 章で各サービスの要件を整理したうえで、要件毎に必要な情報を示す。5 章では適用範囲外の要件を示す。

1. 概論
1.1 背景
1.2 目的
2. 適用範囲
3. 「高速道路における運転支援の高度化」で実現を目指すサービス
4. 各サービスの要件と必要な情報
4.1. 車両走行の制御(左右方向)
4.2 車両走行の制御(前後方向)
4.3 区画線等の認識
4.4 自車位置の把握
4.5 操舵制御(車線変更)
5. 適用範囲外の要件
5.1 気象条件が不良な場合
附属書 1(参考) 走行支援サービスの要件を実現するために必要な情報
附属書 2(参考) 走行支援サービスに必要な情報に関する用語の整理
附属書 3(参考) 道路管理者のサービスの要件

図 3-2 走行支援サービスに資する地図の要件定義書(案)の目次構成

3.2.2 走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)の作成

前項で定義した要件に基づき、必要となる空間データ(以下、「道路構造データ」という。)の仕様を定めるために、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)(以下、「本製品仕様書」という。)をとりまとめた。

道路構造データの利用方法としては、地図利用者が用途に合わせて変換・加工し、自社の走行支援サービス(アプリケーション)に組み込む流れを想定している。図 3-3 に、データの流れからみた道路構造データおよび本製品仕様書の位置づけを示す。本製品仕様書は、各社が共通的に利用(変換・加工)できる汎用性の高いデータ構造を定義しており、道路基盤地図情報を元に、電子地図や点群座標データなどの様々な既存資源を組み合わせて整備することを前提にした内容になっている。こうして整備された道路構造データは、直接各社の走行支援アプリケーションで用いるのではなく、その前段階で各社が変換・加工を行うことを念頭においた位置づけのものとしている。

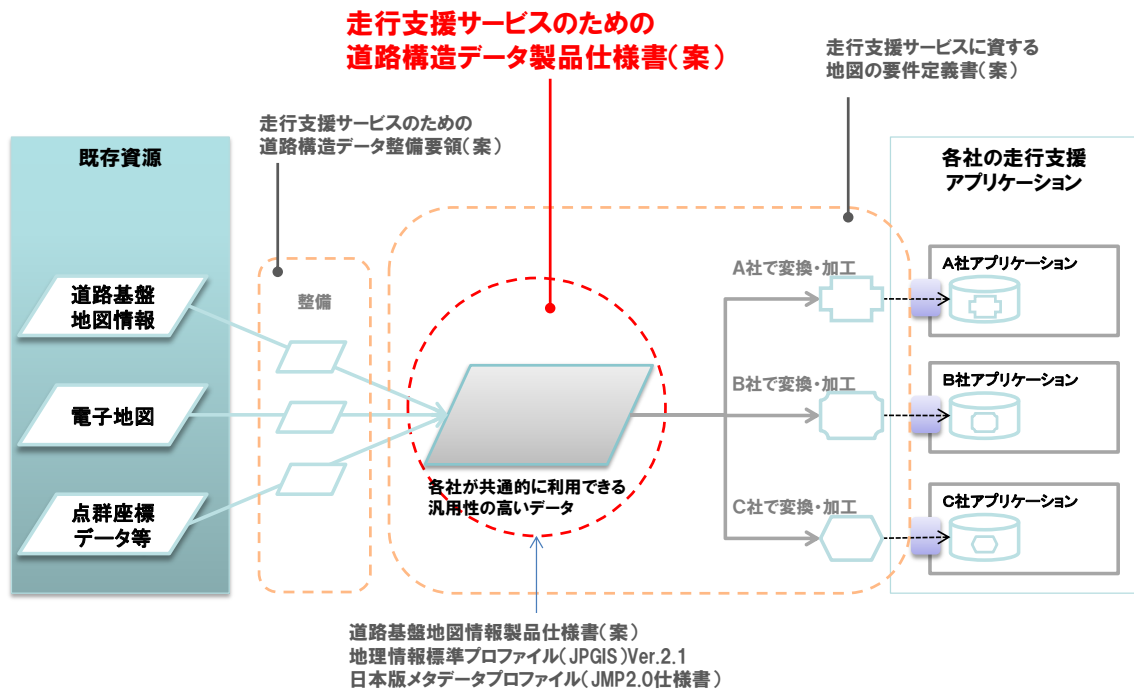


図 3-3 走行支援サービスのための道路構造データおよび本製品仕様書の位置づけ

走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)では、道路構造データは図 3-4 に示す 4 層構造で定義することとし、道路構造の一部をとりだして用いることを可能にするなど、汎用性を確保した。

第 1 層:道路基盤地図情報プロファイル

道路基盤地図情報のうち、走行支援サービスの実現に必要な地物。

第 2 層:道路基盤地図情報の拡張

道路基盤地図情報の既定義地物に属性を追加、あるいは加工して新たに作成した地物。

第 3 層:ネットワーク

車線のつながりを示す位相。

第 4 層:制約

走行中の制約条件。

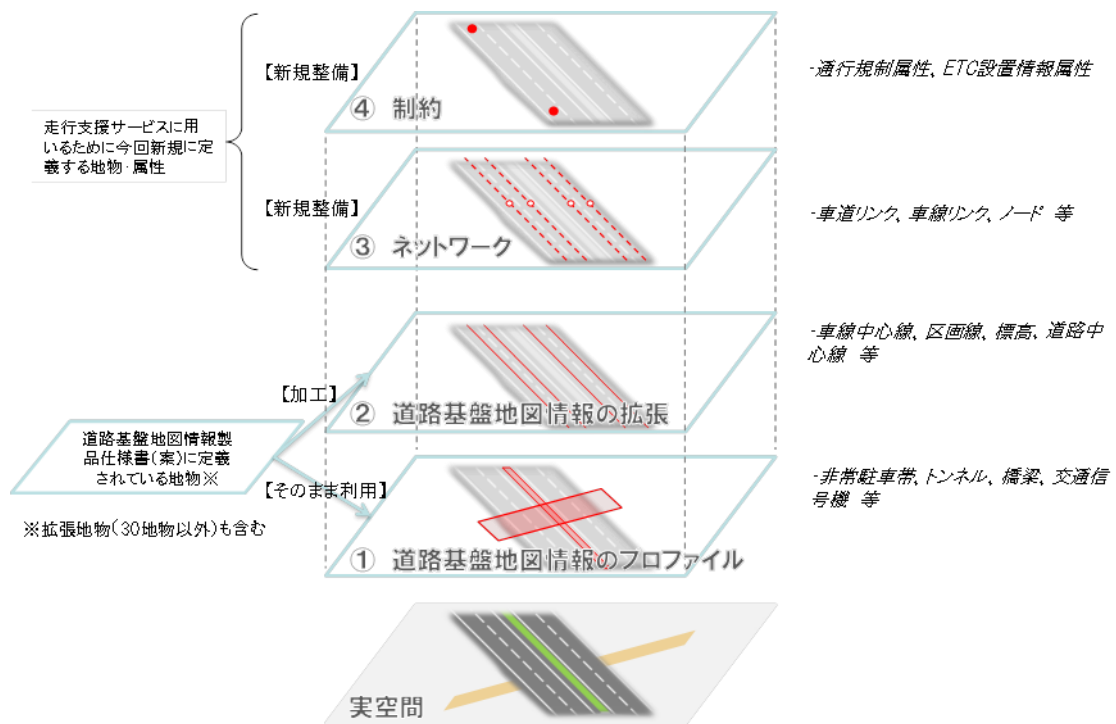


図 3-4 道路構造データの概略構成

また、本製品仕様書の具体的な規定にあたっては、以下に示す 3 つの観点に留意した。また、作成に際しては、道路の区間 ID 方式などの発行済みの関連する国際標準に則った記述となるよう留意した。

- ①道路構造データの地図調製者および地図利用者の創意工夫の妨げにならないこと(競争領域には踏み込まないこと)

- ②国内外における複数の実装例を許容できること
- ③国際標準化を見据えた規程の構成や文書表現とすること

本項目の研究成果となる本製品仕様書は、巻末資料として添付する。その目次構成は図 3-5 のとおりである。その目次構成は、空間データ製品仕様書の構成を規格化した国際標準である ISO 19131 Data Product Specification に則るよう設定した。本目次構成は、道路基盤地図情報製品仕様書(案)および道路基盤地図情報(整備促進版)製品仕様書(案)と同一のものとなる。具体的には、1章では、本製品仕様書が対象とする地理空間データ製品の概要を示す。2章では、空間的、時間的な観点から本製品仕様書の適用範囲を示す。3章では、本製品仕様書が対象とする地理空間データ製品の識別に関する情報を示す。4章では応用スキーマを示す。5章では、座標および暦に関する情報を示す。6章では、品質要求および評価手法を示す。7章では、符号化仕様を示す。8章では、メタデータの記述方法を示す。

1 概覧

1.1 製品仕様書の作成情報

1.2 目的

1.3 本製品仕様書で定義する道路構造データの基本構造

1.4 空間範囲

1.5 時間範囲

1.6 引用規格

1.7 用語と定義

1.8 略語

2 適用範囲

3 データ製品識別

4 データ内容および構造

4.1 応用スキーマ UML クラス図

4.1.1 走行支援サービスのための道路構造データ応用スキーマ

4.1.2 道路構造データパッケージ

4.1.3 道路基盤地図情報プロファイルパッケージ

4.1.4 道路基盤地図情報の拡張パッケージ

4.1.5 ネットワークパッケージ

4.1.6 制約パッケージ

4.2 応用スキーマ文書

4.2.1 道路基盤地図情報プロファイルパッケージ

4.2.2 道路基盤地図情報の拡張パッケージ

4.2.3	ネットワークパッケージ
4.2.4	制約パッケージ
5	参照系
5.1	座標参照系
5.2	時間参照系
6	データ品質
6.1	データ集合全体
6.2	道路基盤地図情報プロファイルパッケージ
6.3	道路基盤地図情報拡張パッケージ
6.4	ネットワークパッケージ
6.5	制約パッケージ
7	データ製品配布
7.1	配布書式情報
7.1.1	JPGIS 付属書 8(参考)による符号化
7.2	配布媒体情報
8	メタデータ
9	その他
	附属書 1(規定) 試作データのための符号化仕様(XML ファイル)
	附属書 2(参考) 道路基盤地図情報プロファイルの例
	附属書 3(参考) 走行実験等を踏まえた各地物・属性の評価結果
	附属書 4(参考) 本共同研究成果に基づく実装形式 1 (新高度 DRM-DBRev0.4.01) 【一般財団法人日本デジタル道路地図協会】

図 3-5 走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)の目次構成

3.3 既存の道路基盤地図情報の加工手法や追加する地物・属性の整備手法の検討

本共同研究では、既存の道路基盤地図情報の加工手法や追加する地物・属性の整備手法として、走行支援サービスのための道路構造データ製品仕様書(案)に則した道路構造データを整備する際の既存資源、道路構造データの整備手法および品質評価にあたっての留意事項などを走行支援サービスのための道路構造データ整備要領(案)(以下、「本要領」という。)として作成した。

本要領で具体化した道路構造データの各層を整備する基本的な作業手順を図3-6に示す。なお、道路構造データの地図調製者および地図利用者の創意工夫の妨げにならないことを念頭に、本要領では基本的な作業手順のみを規定し、詳細な作業手順は規定しないこととした。また、本共同研究では、更新手法に関しては地図の試作などを含む詳細な検討までは至らなかったことから、現段階では更新のことは規定しないこととした。

【道路構造データの基本的な作業手順】

- ① 道路基盤地図情報を利用して第1層を作成する。
- ② 道路基盤地図情報、道路の区間IDテーブルを利用して第2層を作成する。
- ③ 第2層、道路の区間IDテーブルを利用して第3層を作成する。
- ④ 第1層、第2層を利用して第4層を作成する。なお、制約条件の位置は第3層に反映する。
- ⑤ 第1層、第2層、第4層の作成にあたっては、その他の既存資源を補完的に利用する。

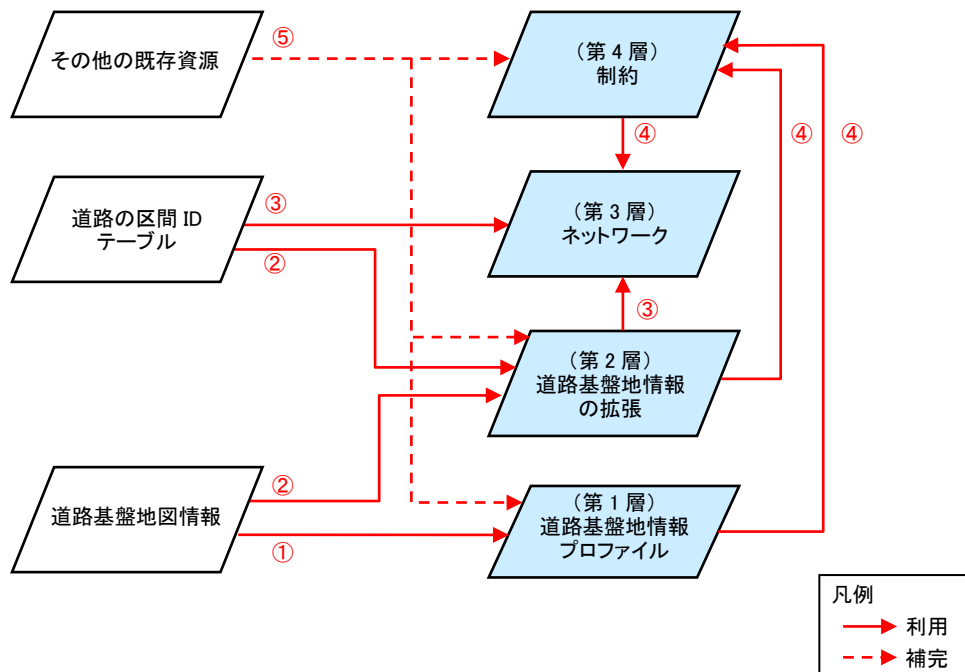


図 3-6 道路構造データ整備の基本的な作業手順

道路構造データを作成する際には、本要領だけではなく、道路構造データ製品仕様書入手する必要がある。データの内容、構造や符号化仕様など、道路構造データの詳細は、この道路構造データ製品仕様書を確認しなければならない。また、道路構造データ製品仕様書は、「道路基盤地図情報製品仕様書(案)」、「JPGIS2.1」および「JMP2.0」を参考に行っているため、必要に応じてこれらを手し、参照すること。

本項目の研究成果となる本要領は、巻末資料として添付する。その目次構成は図3-7のとおりである。1章では、本要領の目的・背景および構成を説明する。2章では、道路構造データ製品仕様書(案)の概要および道路構造データの基本構造を解説する。3章では、道路構造データを整備する際に使用する既存資源を述べる。4章では、2章で示した道路構造データを3章に示した既存資源を用いて整備する際の作業上の留意点を示す。5章では、整備した道路構造データの品質評価の方法を示す。

1 概覧

- 1.1. 目的
- 1.2. 適用範囲
- 1.3. 用語
- 1.4. 本要領の位置づけ
- 1.5. 本要領の構成

2 道路構造データ製品仕様書の解説

- 2.1. 道路構造データの基本構造
- 2.2. 製品仕様書の構成
- 2.3. 道路基盤地図情報プロファイル
 - 2.3.1 基本的な考え方
 - 2.3.2 道路基盤地図情報プロファイルの指定
 - 2.3.3 道路基盤地図情報プロファイルの作成

3 道路構造データ整備のための既存資源

- 3.1. 本要領で定義する既存資源
- 3.2. 既存資源から取得可能な地物
 - 3.2.1 道路基盤地図情報プロファイルパッケージ
 - 3.2.2 道路基盤地図情報の拡張パッケージ
 - 3.2.3 ネットワークパッケージ
 - 3.2.4 制約パッケージ
- 3.3. 既存資源の要件
- 3.4. 既存資源に関する留意事項
 - 3.4.1 既存資源の使用手順

3.4.2 既存資源に関する留意事項

4 道路構造データの整備

4.1. 道路構造データ整備の基本的な作業手順

4.2. 各層の作業手順と作業上の留意事項

4.2.1 道路基盤地図情報プロファイルパッケージ

4.2.2 道路基盤地図情報の拡張パッケージ

4.2.3 ネットワークパッケージ

4.2.4 制約パッケージ

4.3. 成果品の作成

4.3.1 ファイルフォーマット

4.3.2 ファイル単位

4.3.3 成果品作成時の留意点

5 道路構造データの品質評価

5.1. 品質評価結果の記録方法

5.2. 既存資源の要件を満たさない場合

附属書 1(参考):道路基盤地図情報プロファイル取得項目一覧

図 3-7 本要領の目次構成

3.4 地図の試作による適用可能性の検証

本共同研究では、道路構造データを試作してトライ&エラーを繰り返しながら、あわせて評価を進めた。具体的には、第一次の試作として対象地域・地物を限定して試作した。次に、第一次の試作で顕在化した課題への対応方策の具体化を目的として、第二次の試作として、第一次の試作よりも規模を拡大して試作・評価した。これらの試作を通じ、10以上の課題が顕在化し、試作・評価および共同研究者による議論を重ねて、これら全ての課題への対応策を明確化した。これらの検討を踏まえ、様々な高速道路を対象とした走行実験などへ向けて道路構造データを試作・評価した。

本共同研究では、走行支援サービスに必要な大縮尺道路地図の整備に関する検証および走行実験の準備を目的とし、地図調製者と国土技術政策総合研究所とで分担し、延べ約440kmの道路構造データを試作した。

道路構造データの試作の成果として、地物・属性毎の整備手法や基本的な作業手順、整備における作業上の留意点などを明らかにし、本共同研究で定めた規程類へ反映した。本共同研究において実施した試作の概要を表3-2に示す。

【試作エリアの条件】

- ・分合流部、二階層構造箇所、路線の接続箇所を含むこと。
- ・電子地図(オルソ画像)では地物の整備が難しい箇所を含むこと。
- ・様々なカーブの曲率・車線数の組み合わせを含むこと。
- ・数十mの範囲で高さが大きく変化する区間を含むこと。

表 3-2 共同研究で試作した道路構造データの概要

エリア	試作した層			
	1層	2層	3層	4層
阪神高速道路 (1号環状線(一部)、13号東大阪線(一部)、15号堺線(一部))、約15km	・国土技術政策総合研究所	・国土技術政策総合研究所	・(一財)日本デジタル道路地図協会	・(一財)日本デジタル道路地図協会
首都高速道路 (都心環状線内回り)、約15km	・(株)パスコ ・(株)ゼンリン	・(株)パスコ ・(株)ゼンリン	・国土技術政策総合研究所 ・(株)ゼンリン	・国土技術政策総合研究所 ・(株)ゼンリン
首都高速道路 (10号晴海線-湾岸線(一部)-9号深川線豊洲IC-福住IC(上下線))、約14km	・アジア航測(株) ・NTT空間情報(株)	・アジア航測(株) ・NTT空間情報(株)	・国土技術政策総合研究所	・国土技術政策総合研究所
さがみ縦貫道路 (寒川北IC-寒川南IC(上下線))、約6km	・アジア航測(株) ・(株)パスコ ・(株)ゼンリン	・アジア航測(株) ・(株)パスコ ・(株)ゼンリン	・(一財)日本デジタル道路地図協会 ・(株)ゼンリン	・(一財)日本デジタル道路地図協会 ・(株)ゼンリン

エリア	試作した層			
	1層	2層	3層	4層
東名高速道路 (横浜町田IC-厚木IC(上 下線))、約 30km	・(株)パスコ	・(株)パスコ	・国土技術政策 総合研究所	・国土技術政策 総合研究所

3.5 試作した道路構造データによる走行実験の実施

3.5.1 トヨタ自動車株式会社による有用性の検証

(1) 走行実験の目的

本走行実験の目的は、道路形状変化に応じた速度制御「曲率半径の小さいカーブ区間の走行」(走行支援サービスに資する地図の要件定義書 4.2.1 要件④)における試作した道路構造データの有用性の検証とした。有用性は、試作した道路構造データの曲率を用いてカーブ進入前に速度制御が可能か否かを以て検証した。

(2) 検証内容

本走行実験では、道路構造データから抽出した曲率(以下、「地図曲率」という。)を用いてカーブ区間の走行時に横加速度(車両の進行方向に垂直な向きにかかる加速度)が上限値以下となるように速度制御支援を実施した。試作した道路構造データの有用性は、地図曲率と走行中のステアリングの舵角(以下、「ステア角」という。)より推定した曲率(以下、「推定曲率」という。)との比較により検証した。

速度制御支援における横加速度の上限 a は、曲率半径を R 、速度の上限値を v とすると以下の式 1 で求められる。

$$a = \frac{v^2}{R} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{aR}$$

式 1 : 横加速度の上限 a 、曲率半径 R 、速度の上限 v の関係

例えば、横加速度 $a=0.2G$ 、 $R=300\text{m}$ のとき、速度の上限値 $v=87.2\text{km/h}$ となる。ここで G は重力加速度 9.8m/s^2 を意味する。参考までに、横加速度 $a=0.2G$ の場合の曲率 R と速度の上限 v の関係を図 3-8 に示す。

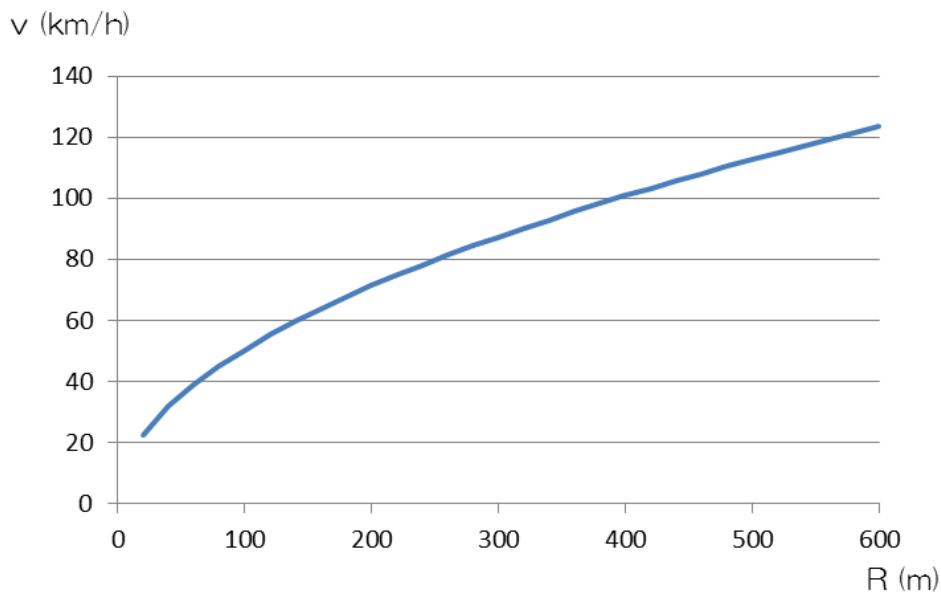


図 3-8 横加速度 $a=0.2G$ の場合の曲率半径 R と速度の上限 v の関係

2) 使用した道路構造データ

本走行実験では、道路の各位置の曲率を求めるために、本製品仕様書の既定義地物である車線中心線と表 3-3 に示す属性情報を用いた。

表 3-3 走行実験で使用した道路構造データ

地物名	属性・関連役割名	使用	用途
車線中心線	場所	○	形状(車線リンク)
	参照点 ID	—	
	線形種別	○	線形判定(直線/クロソイド/曲線)
	車線種別	—	
	管理用図面等からの取得の有無	—	
	カーブ方向	—	
	クロソイド方向	—	
	パラメータ	○	線形種別が曲線の場合は曲線半径、クロソイドの場合はクロソイド一般式 $R \cdot L = A^2$ の A
	緩和曲線長	○	緩和曲線長(クロソイド区間の長さ)
	オフセット距離	—	
	線形種別の判別方法	—	
	右側境界	—	
	左側境界	—	
覆う	—		

(4) 走行実験の結果

試作した道路構造データの線形種別にクロソイドが含まれる場合、地図曲率と推定曲率は比較的一致していたが、クロソイドが含まれない場合には地図曲率と推定曲率が乖離していた。

1) 地図曲率と推定曲率が比較的一致した例

地図曲率と推定曲率が比較的一致している場合の結果を図 3-10と図 3-11に示す。
④および⑧の箇所では、試作した道路構造データの曲率半径に応じて減速し、横加速度を上限値以下におさえた走行を実現できた。

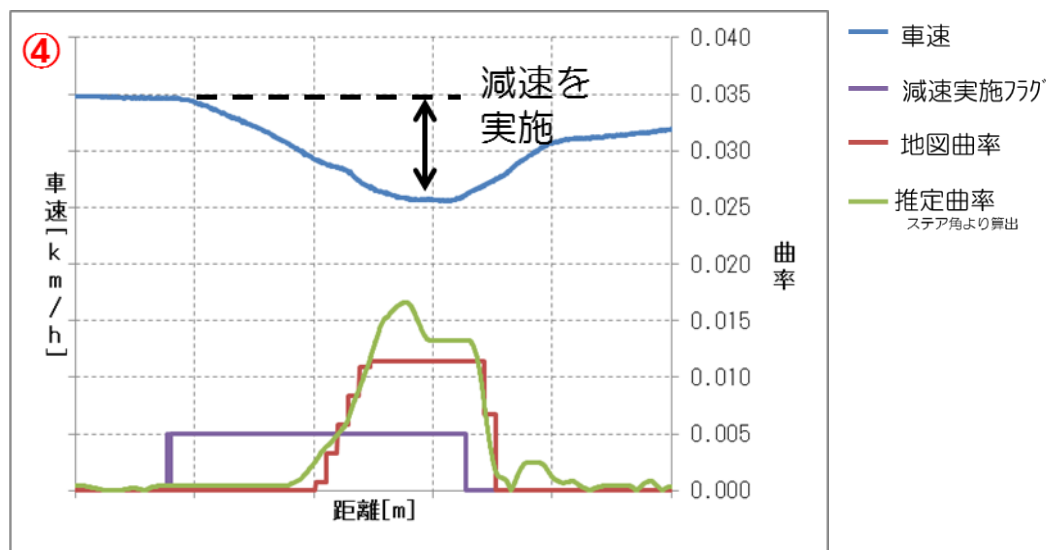


図 3-10 ④の箇所の結果

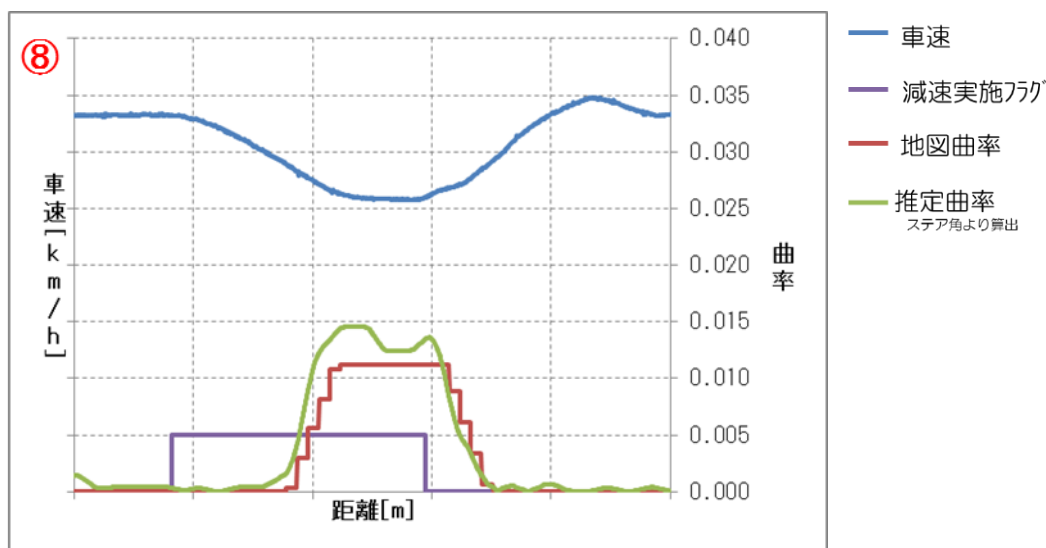


図 3-11 ⑧の箇所の結果

<参考:外的要因によって推定曲率に影響が生じた例>

外的要因によって推定曲率に影響が生じた例を図 3-12と図 3-13に示す。①および⑤は先行車のために減速する等の他の要因で減速した事例であり、カーブの曲率に応じて減速したわけではないが、地図曲率と推定曲率の比較のために掲載した。

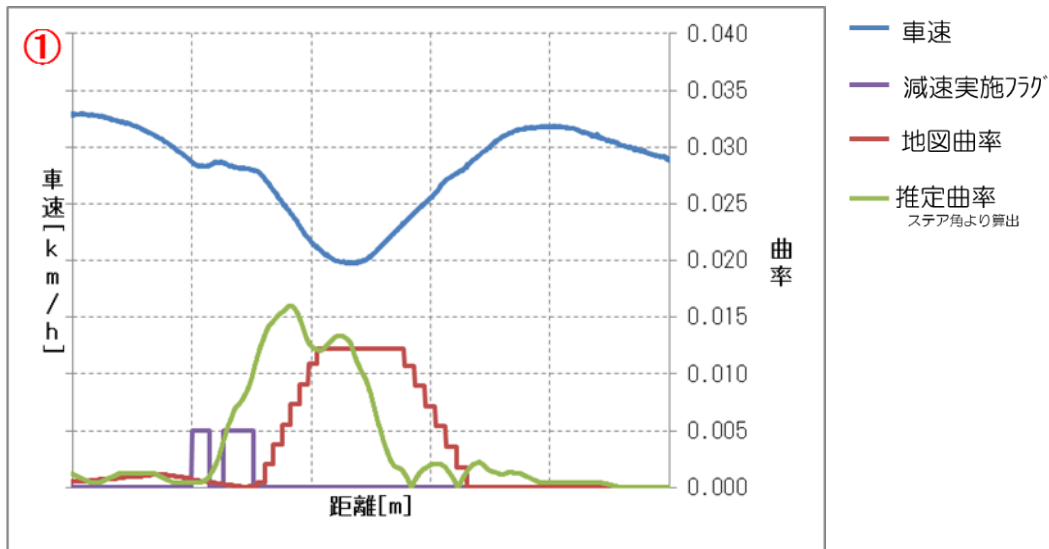


図 3-12 ①の箇所の結果

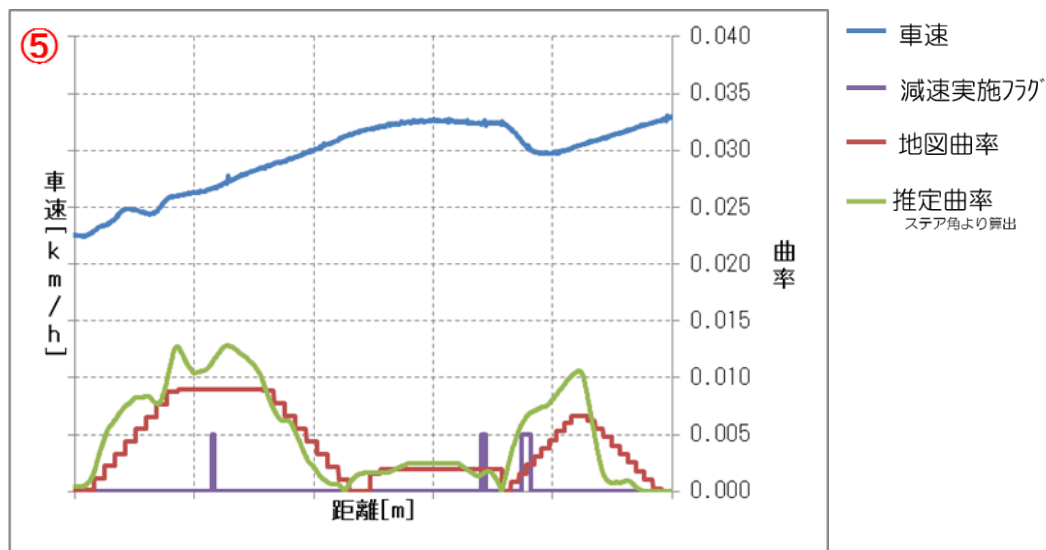


図 3-13 ⑤の箇所の結果

2) 地図曲率と推定曲率が乖離した例

試作した道路構造データの線形種別にクロソイドが含まれない場合、曲線の区間の前後の直線部では曲率は0となり、曲線の区間では曲率が一定値(曲率半径の逆数)となるため、横軸に距離、縦軸に曲率をとったグラフを描くと方形波となる。

試作した道路構造データの線形種別が曲線のみ箇所(②、③、⑦、⑨)では、図3-14～図3-17に示すように地図曲率と推定曲率が乖離する場合があります、速度制御支援において以下の課題が生じた。

- ・ 地図曲率が上昇する位置がカーブ区間の前方となるため、カーブ進入前の減速タイミングが想定よりも早くなる。
- ・ 地図曲率が低下する位置がカーブ区間の後方となるため、カーブ終了後の速度復帰タイミングが想定よりも遅くなる。

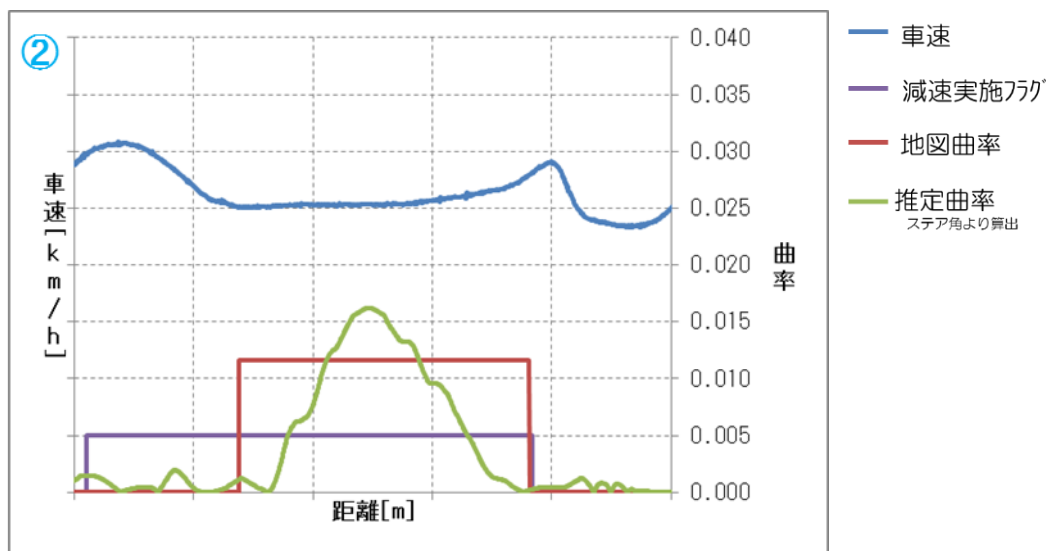


図 3-14 ②の箇所の結果

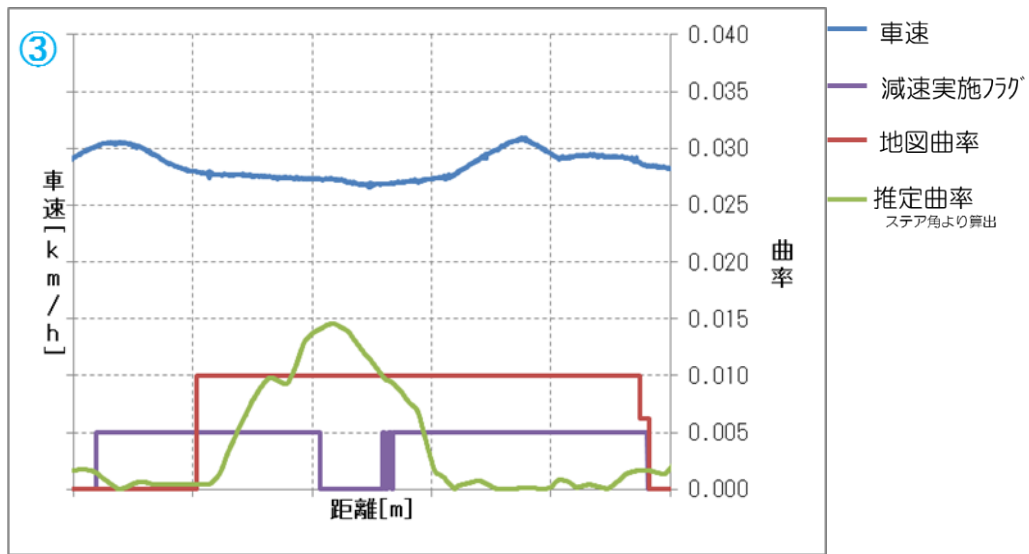


図 3-15 ③の箇所の結果

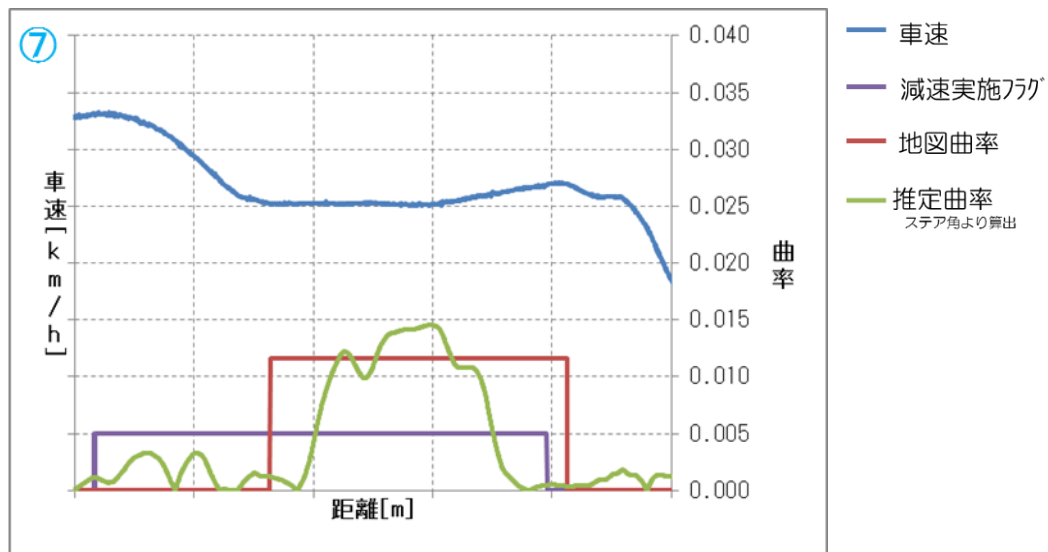


図 3-16 ⑦の箇所の結果

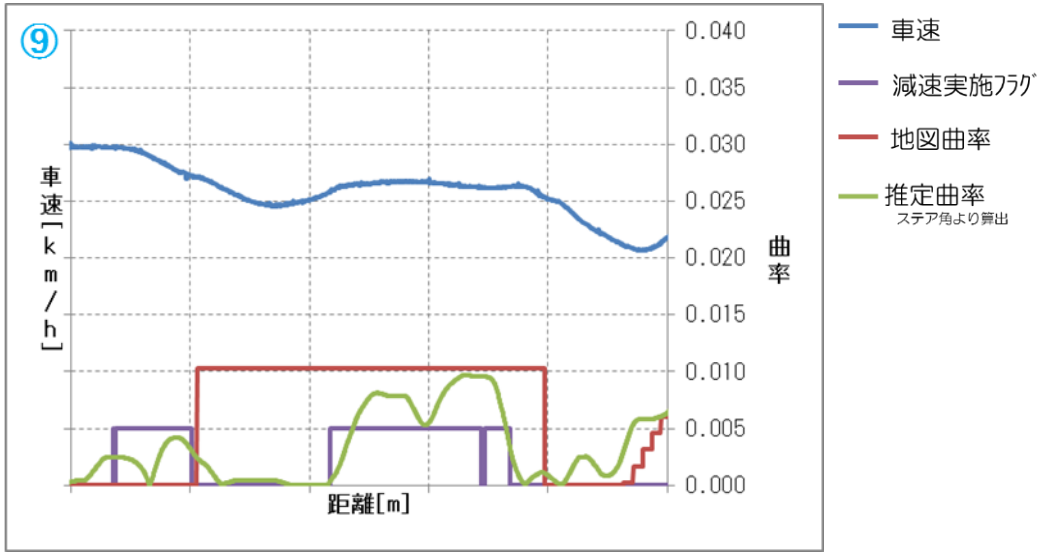


図 3-17 ⑨の箇所の結果

(5) 考察

本走行実験においては、線形種別にクロソイドを含んでいる場合には地図曲率と推定曲率が比較的一致していたが、線形種別にクロソイドを含まない場合には地図曲率と推定曲率が乖離していた。

以降では、線形種別にクロソイドを含んでいる場合とクロソイドを含まない場合における速度制御支援に与える影響を考察する。

1) 考察に用いる想定道路形状

本考察では、図 3-18 に示すように、直線区間からクロソイド区間を経て、一定曲率区間となり、その後、クロソイド区間を経て、直線区間へ変化する道路形状を想定した。なお、一定曲率区間における曲率半径は 300m とした。

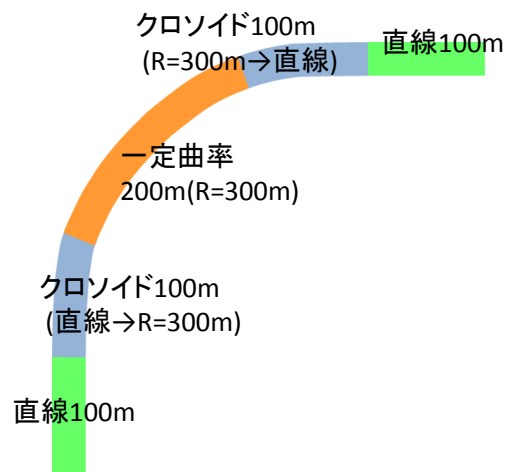


図 3-18 考察に用いた道路形状(クロソイド)

また、比較対象として図 3-19 に示すように、図 3-18 のクロソイド区間を一定曲率区間とする道路形状を想定した。

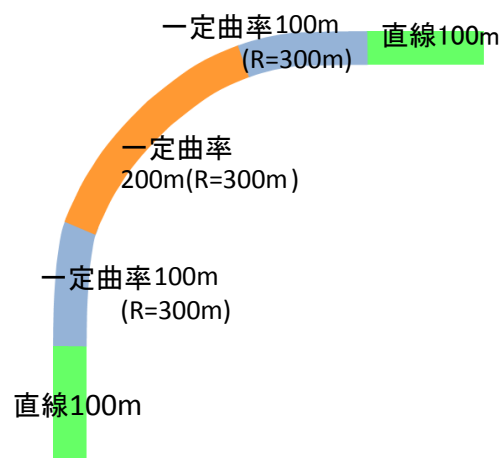


図 3-19 考察に用いた道路形状(曲線)

2) 線形種別にクロソイドを含む場合の曲率と上限速度の関係

線形種別がクロソイドの場合の曲率と上限速度の関係を図 3-20 に示す。青曲線が図 3-18 の道路形状の曲率を表しており、赤曲線が青曲線の曲率に対し横加速度を 0.2G に保つ上限速度を計算した結果である。

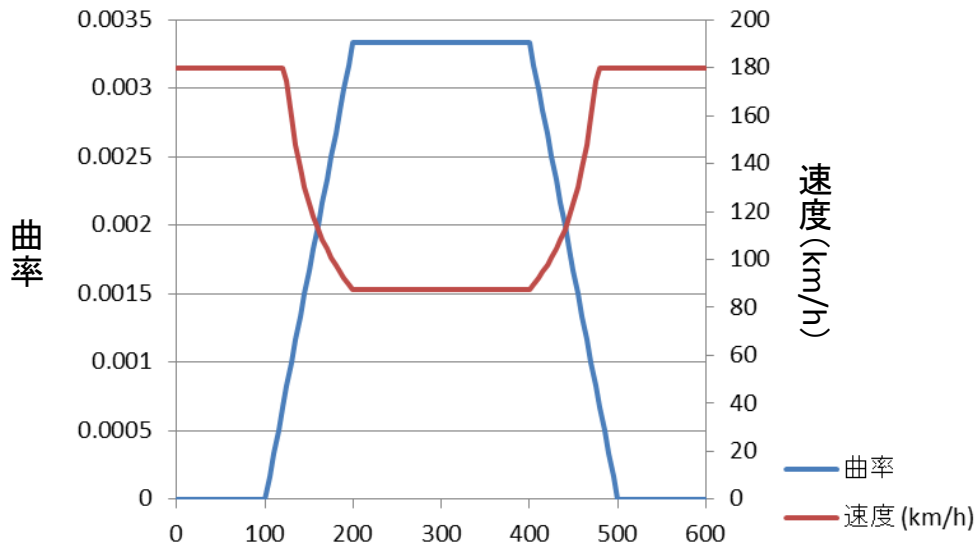


図 3-20 線形種別がクロソイドの場合の曲率と上限速度の関係

3) 線形種別がクロソイドを含まない場合の曲率と上限速度の関係

図 3-19 に示す道路形状に対し、横加速度を 0.2G に保つ上限速度を計算した結果を図 3-21 に示す。これにより、特にカーブの開始と終了の部分で上限速度が真の値から大きく乖離することがわかる。

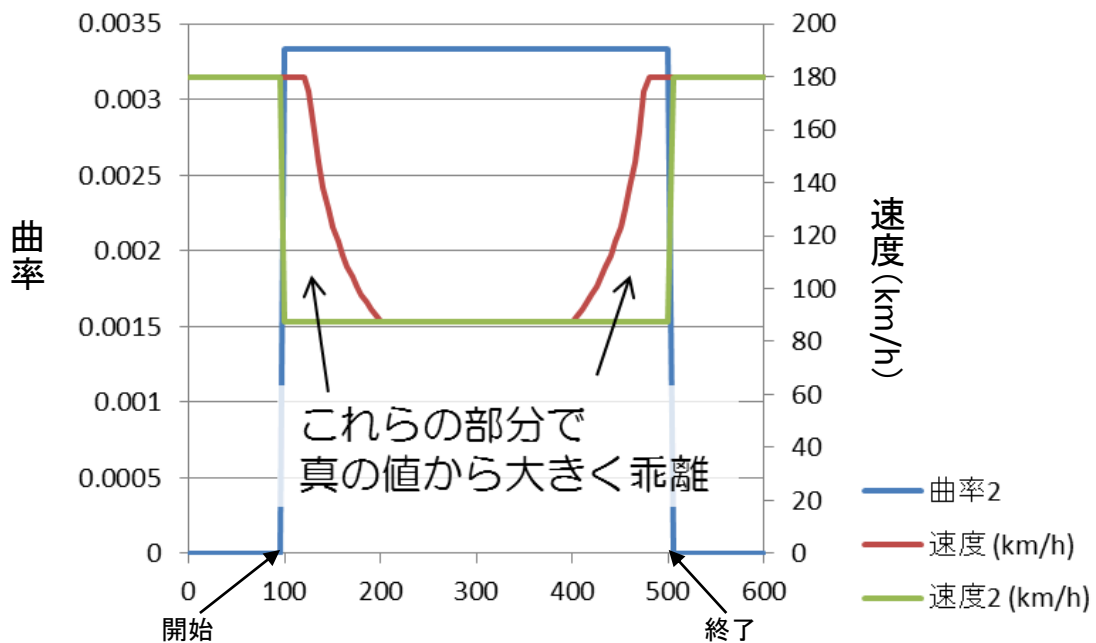


図 3-21 線形種別が曲線の場合の曲率と上限速度の関係

4) クロソイドの曲率にノイズが含まれる場合の速度制御支援へ与える影響

クロソイドの曲率は、既存資源の入手可否や地図調製方法によって差異が生じる場合がある。そこで、本項ではクロソイドの曲率にノイズが含まれた場合の速度制御支援へ与える影響を考察する。

図 3-20 に示す線形種別にクロソイドを含む場合の曲率に±10%のノイズを加え、それに対して横加速度を0.2Gに保つ上限速度(速度3)を計算した結果を図 3-22 に示す。上限速度と真値との乖離は、線形種別が曲線のみの場合(図 3-21)と比べて相当小さいことがわかる。

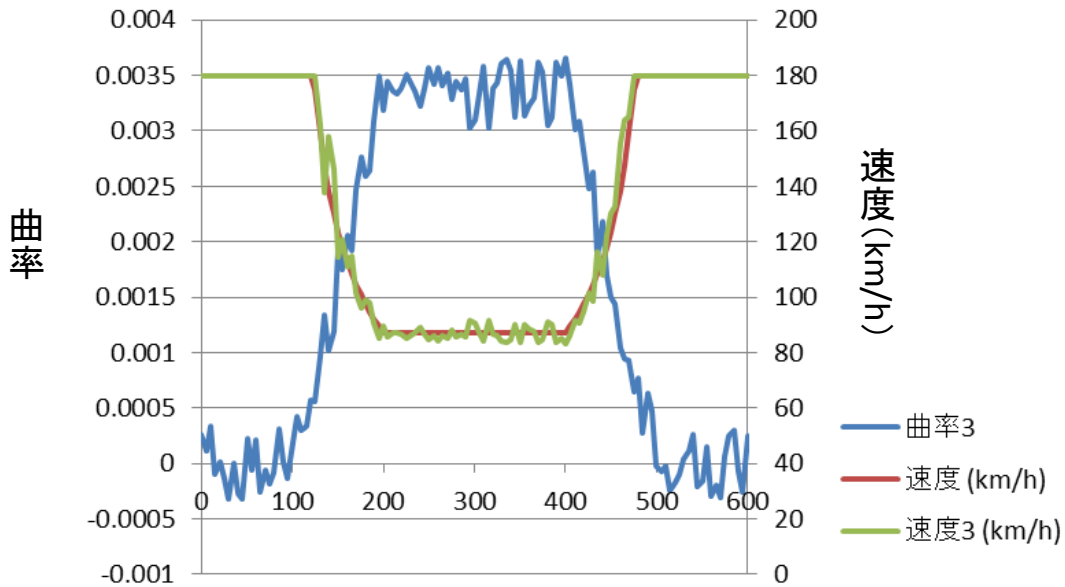


図 3-22 クロソイドの曲率に±10%のノイズを加えた場合

仮に±10%のノイズがのった曲率に対して算出した上限速度(速度3)で走行した場合、生じる横加速度は約0.18G~0.22Gとなり、狙い値の0.2Gに対して±10%程度の差異が生じる(式2参照)。そのため、クロソイドの曲率にノイズが生じるとしても、道路構造データにはクロソイドの情報を省かないことが、本制御にとって望ましい。

$$\left. \begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{a \times g}{C}} \dots \textcircled{1} \\ v' &= \sqrt{\frac{a \times g}{(1+k)C}} \end{aligned} \right\} a' = \frac{a}{1+k} \quad \therefore k = \frac{a}{a'} - 1$$

v: 車速[m/s]
 a: 横G [G]
 g: 重力加速度=9.8m/s²
 C: 曲率[1/m]
 K: 曲率誤差[-]

式 2 : 曲率誤差と横加速度(横G)との関係

(6) まとめ

試作した道路構造データを用いて、『走行支援サービスに資する地図の 4.2.1 要件④:道路形状変化に応じた速度制御の「曲率半径の小さいカーブ区間の走行」』を実施し、道路構造データの有用性を検証した。

道路構造データの曲率の情報を用いてカーブ区間に対して事前に減速を実施し、横加速度を上限値以下に抑えた安心感のある走行を実現することができ、道路構造データの有用性を確認できた。

一方、一部のカーブ区間では、道路構造データのクロソイド区間を含んでおらず、曲線区間のみとなる場合があった。その場合はカーブ入り口に対する減速が早すぎたり、カーブ出口に対する速度復帰が遅すぎたりした。

そこで、道路構造データにクロソイド区間を含んでいない場合の速度制御支援への影響を考察した。その結果、±10%程度のノイズが曲率に生じたとしても、線形種別にクロソイドを含む方が曲線のみの場合に比べて速度誤差が小さくなることが明らかとなった。そのため、既存資源の入手可否や地図調製方法によりクロソイドの曲率に差異が生じるとしても、道路構造データにはクロソイドに関する情報を省かないことが、本制御にとって望ましい。

3.5.2 日産自動車株式会社による有用性の検証

【道路構造データの1層2層を用いた走行実験の結果】

(1) 走行実験の目的

本走行実験の目的は、道路上の地物を用いた自車位置の把握（走行支援サービスに資する地図の要件定義書4.4.1要件⑩）における、試作した道路構造データの有用性の検証とした。具体的には、量産車に搭載可能なレベルの車載カメラおよびセンサ等で測定した地物寸法と、道路構造データの地物寸法の相対精度が自車位置推定の実用レベルであるかを検証した。

(2) 走行実験の内容

1) 走行実験システムの概要

(a) 全体のシステム構成

車載カメラおよびセンサ等で自車位置を特定し、道路構造データ上に自車位置をマッチングさせる高精度ロケータ機能をもつシステム（以下、「高精度ロケータ」という。）を開発した。システムの全体構成を図 3-23 に示す。

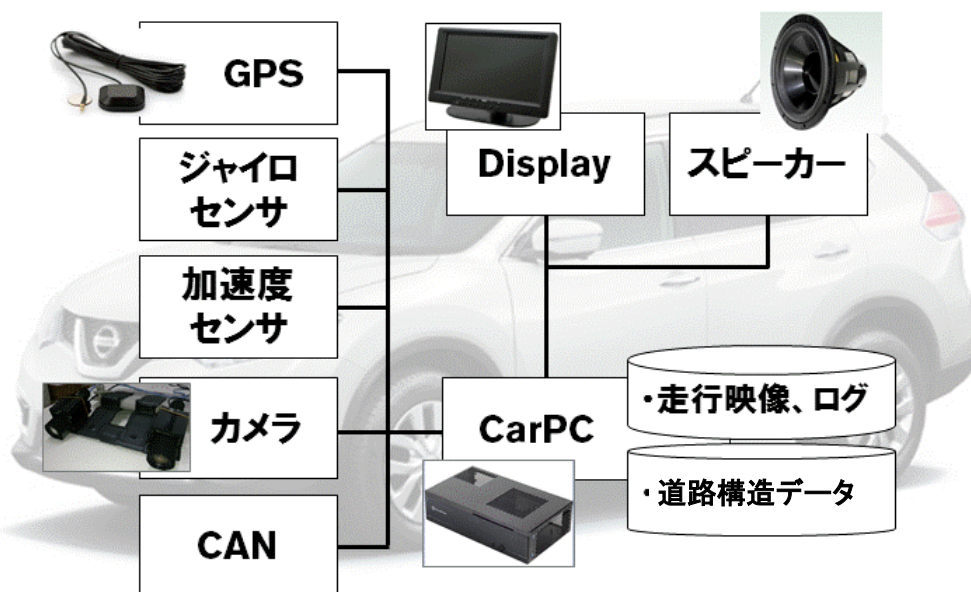


図 3-23 全体のシステム構成

ディスプレイは図 3-24 に示すとおり、道路構造データ上における自車位置、認識した地物、認識した区画線および測定データを表示する。ディスプレイ左上画面における青点は GPS で測位した位置、赤点は本システムを用いて推定した自車位置を表している。ディスプレイ左下画面における水色線は区画線の左端、緑色線は走行している車線の左右の区画線、黄線は区画線の右端を表している。



図 3-24 走行実験システムの画面表示例

(b) システムの初期設定

予め計測済みの区画線幅をカメラで認識し、システムを初期設定した。

(c) 自車位置特定フロー

自車位置特定フローを図 3-25 に示す。①車載カメラにより道路上の地物(速度規制標識、非常電話案内標識)の有無を認識する。対象となる地物を認識した場合、②自車から地物までの距離を測定し、距離情報をもとに道路構造データ上の自車位置を補正する。さらに、③車両の走行速度情報を用いて移動距離を算出することで進行方向の自車位置を特定する。最後に、④自車から左右区画線までの距離を測定することで横方向の自車位置を特定する。

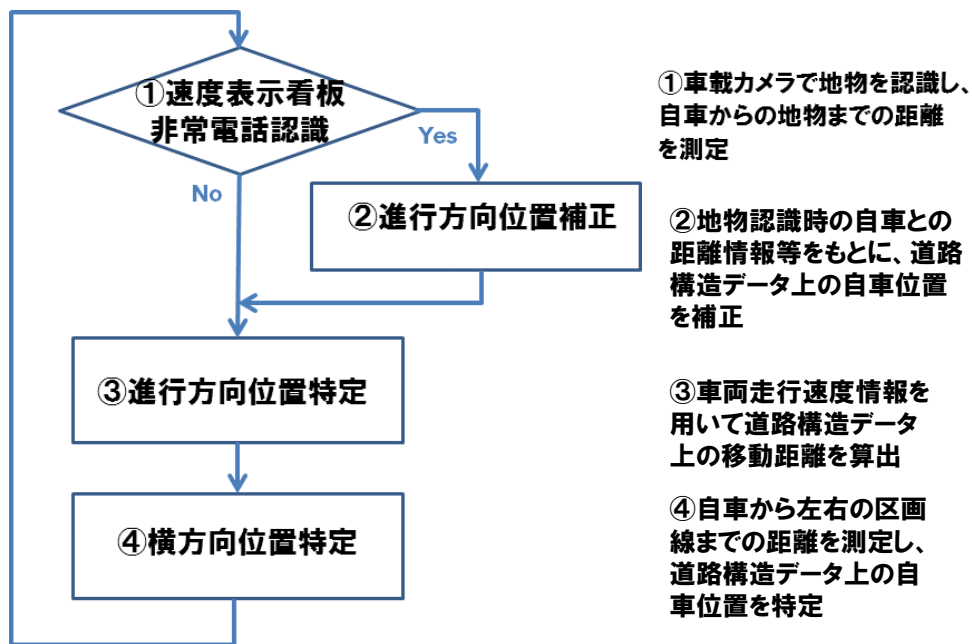


図 3-25 自車位置特定フロー

2) 走行路線・区間

本走行実験は、さがみ縦貫道の寒川南 IC～寒川北 IC と、阪神高速道路の 1 号環状線、13 号東大阪線、15 号堺線の一部路線で行った。走行区間を図 3-26 および図 3-27 に示す。

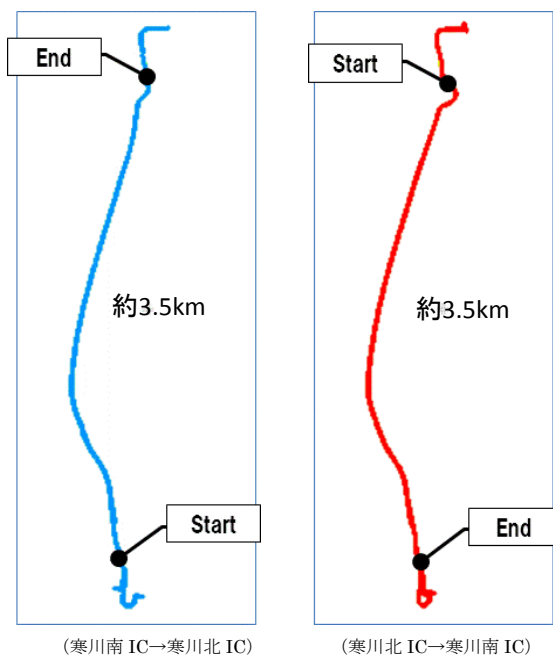


図 3-26 さがみ縦貫道の走行実験区間

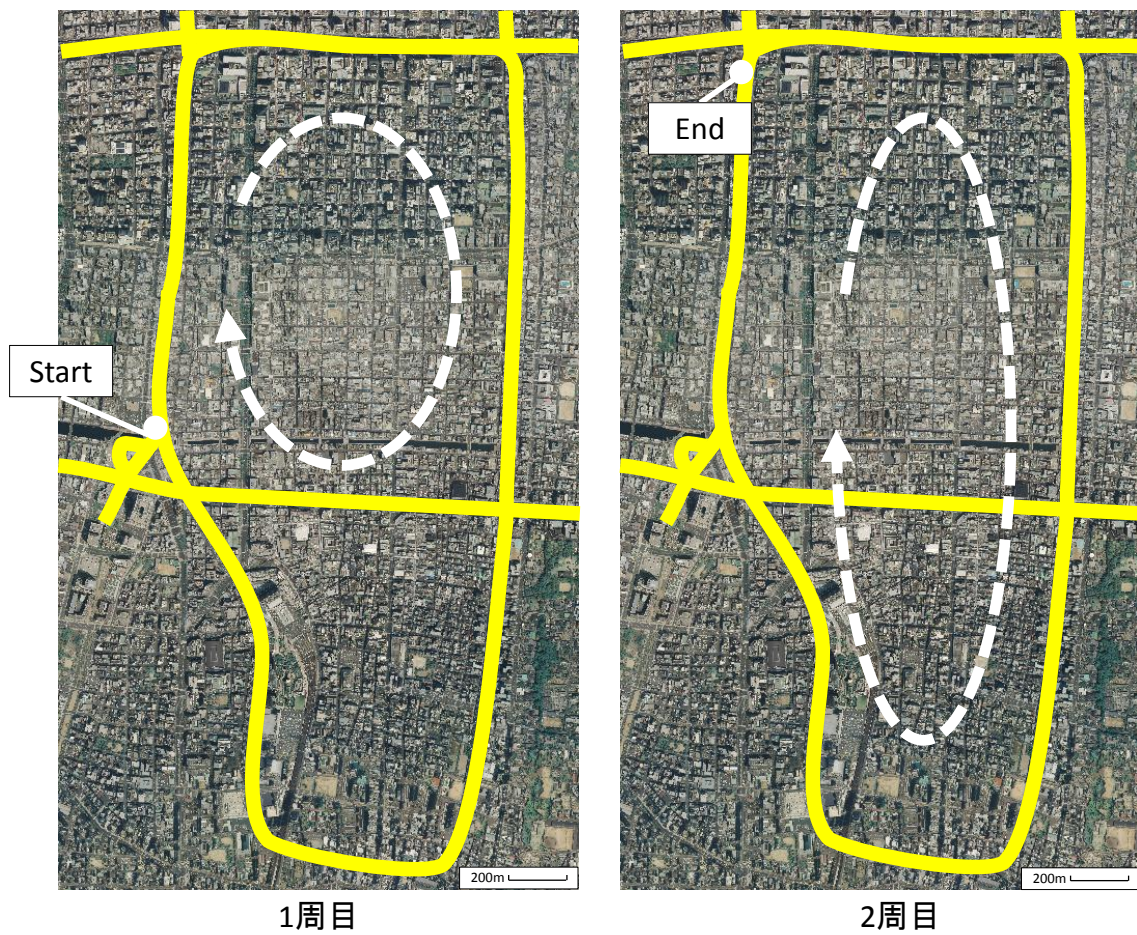


図 3-27 阪神高速道路の走行実験区間

出典:NTT 空間情報株式会社
GEOSPACE オルソ画像

3) 使用した道路構造データ

本走行実験では、本製品仕様書で規定した地物である区画線、車線中心線、車道部、道路標識のうち、表 3-4 に示す属性の情報をを用いた。

表 3-4 走行実験で使用した道路構造データ

地物名	属性・関連役割名	使用	用途
区画線	場所	○	形状(区画線形状)
	コード	○	区画線種別(車線境界線、導流帯等)
	線種	○	区画線パターン(実線、破線等)
	推測有無	—	
車線中心線	場所	○	形状(車線リンク)
	参照点 ID	—	
	線形種別	○	線形判定(直線、曲線等)
	車線種別	○	車線判定(変速車線、すりつけ等)
	管理用図面等からの取得の有無	—	
	カーブ方向	—	
	クロソイド方向	—	
	パラメータ	—	
	緩和曲線長	—	
	オフセット距離	—	
	線形種別の判別方法	—	
	右側境界	○	車線中心線 ID と左右区画線 ID の紐付け(自車位置判定)
	左側境界	○	
	覆う	—	
車道部	範囲	○	形状(道路面)
道路標識	地点	○	
	高さ	—	
	コード	○	規制標識(最高速度)、案内標識(非常電話)

4) 走行実験時の走行ログ取得データ

走行実験時に取得した走行ログは表 3-5 のとおりであり、道路構造データからは走行車線の番号や区画線種別、Lane 幅、地物タイプを取得した。

表 3-5 走行ログ取得データ

No	項目	道路構造データからの取得情報
1	System Time	
2	GPS Time	
3	GPS 緯度経度(世界測地系)	
4	カメラ Locator 出力緯度経度(世界測地系)	
5	走行車線の番号	○
8	左区画線種別	○
9	右区画線種別	○
11	Lane 幅(Map)	○
14	自車と右区間線までの距離	
15	自車と左区間線までの距離	
16	地物までの距離	
18	地物タイプ	○
19	地物 Calibration Flag	
21	地物 Calibration 前の緯度経度	
22	地物 Calibration 後の緯度経度	
	

(3) 走行実験の結果

試作した道路構造データを真値とし、車載カメラおよびセンサ等を用いた高精度ロケータの利用可能性を検証するため、表 3-6 に示す分析内容に基づき、走行実験を実施した。

表 3-6 分析の観点と分析内容

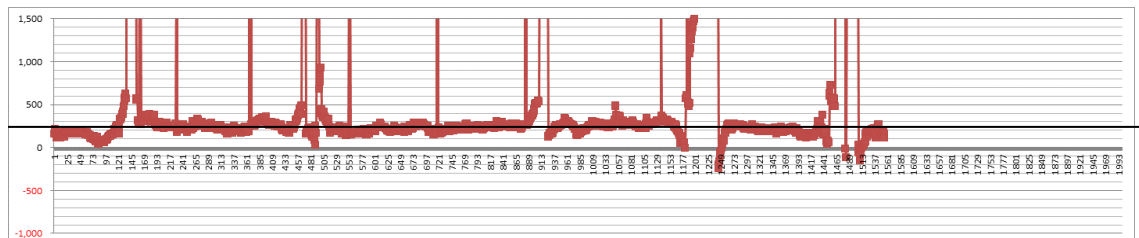
分析の観点		分析内容
横方向	1) 車線幅の相対精度	車線幅の相対精度検証
	2) 相対精度の要因分析	交通状況、周辺状況(車両、遮蔽物)による影響の確認 道路形状(直線部、カーブ部)、路面状況による影響の確認
進行方向	3) 進行方向の相対精度	進行方向の相対精度検証 進行方向位置補正用の地物間距離と修正量の関係から、対象地物の種類と間隔の妥当性の確認
	4) 地物の認識率	交通状況、周辺状況(車両、遮蔽物)による影響の確認 道路形状(直線部、カーブ部)、地物種類による影響の確認

1) 車線幅の相対精度

道路構造データの車線幅と、車載カメラの測位結果による車線幅の差とを比較した。さがみ縦貫道の寒川南 IC→寒川北 IC における比較結果を図 3-28、寒川北 IC→寒川南 IC における比較結果を図 3-29、阪神高速道路における比較結果を図 3-30 に示す。

車載カメラの測位による異常値(例:車線変更時の測位エラー、カメラの認識エラー等)を除いた状態で車線幅の差の平均は、さがみ縦貫道の場合は約 200mm、阪神高速道路の場合は約 600mm とほぼ一定であった。

区画線幅差平均 226mm

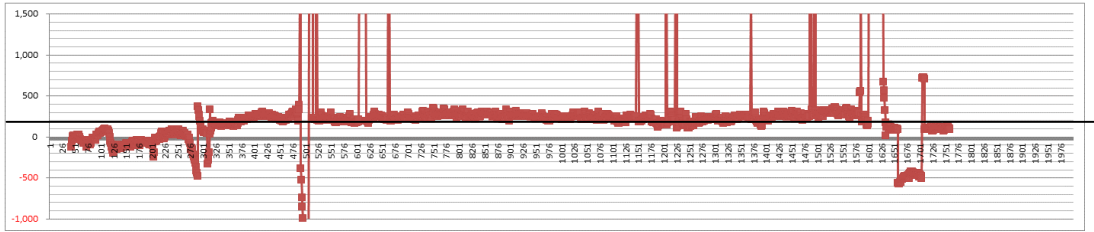


縦軸 : 幅差(mm) (=地図データの区画線幅 - カメラ測位による区画線幅)

横軸 : 走行距離

図 3-28 寒川南 IC→寒川北 IC における比較結果

区画線幅差平均 185mm

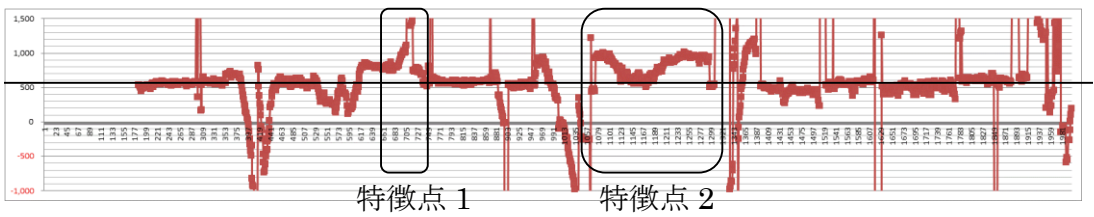


縦軸：幅差(mm) (=地図データの区画線幅-カメラ測位による区画線幅)

横軸：走行距離

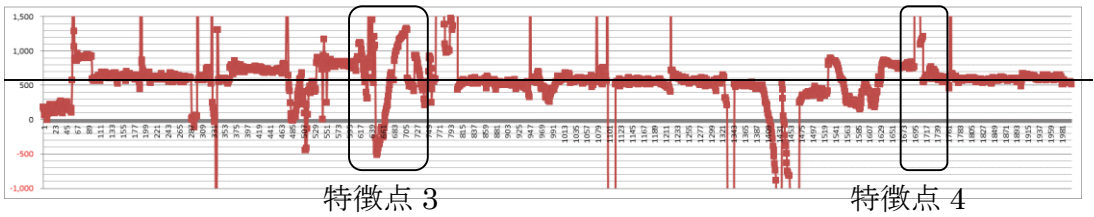
図 3-29 寒川北 IC→寒川南 IC における比較結果

区画線幅差平均 569mm



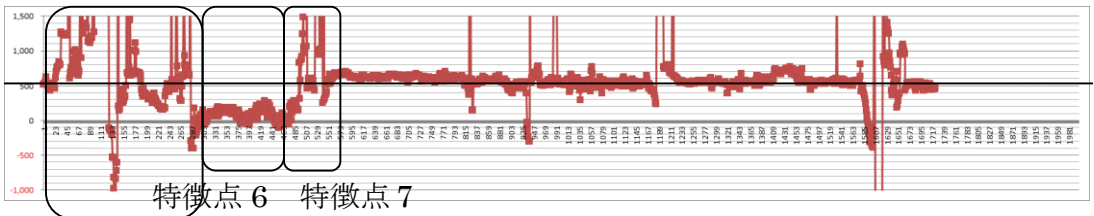
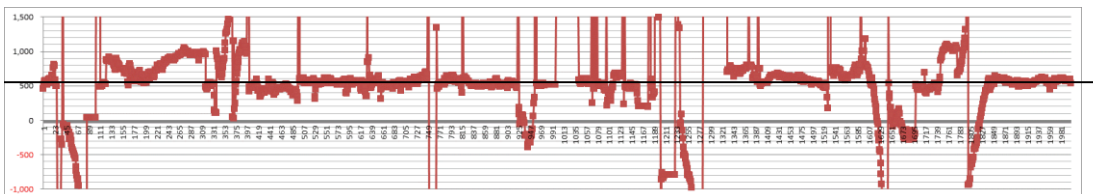
特徴点 1

特徴点 2



特徴点 3

特徴点 4



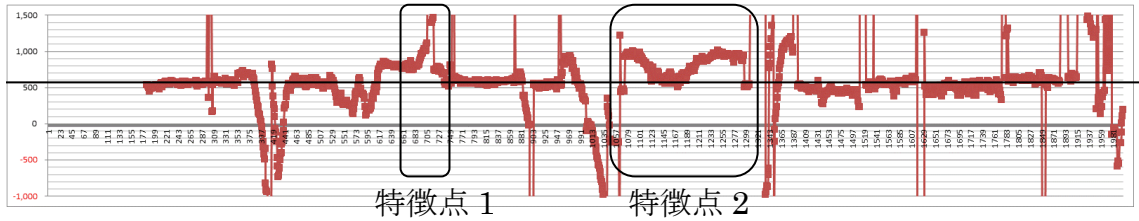
特徴点 5

縦軸：幅差(mm) (=地図データの区画線幅-カメラ測位による区画線幅)

横軸：走行距離

図 3-30 阪神高速道路における比較結果

図 3-30 の特徴点(1~7)が生じた要因の分析結果を図 3-31~図 3-33 に示す。図 3-31 に示すとおり、特徴点 1 では、合流地点での区画線形状が道路構造データと道路のペイントとで異なること要因であった。特徴点 2 では、右側の区画線の内側ペイントが広くており、カメラで認識した左側区画線から右側区画線までの距離が狭くなった。



特徴点 1 合流地点での道路構造データ(区画線形状) 要因

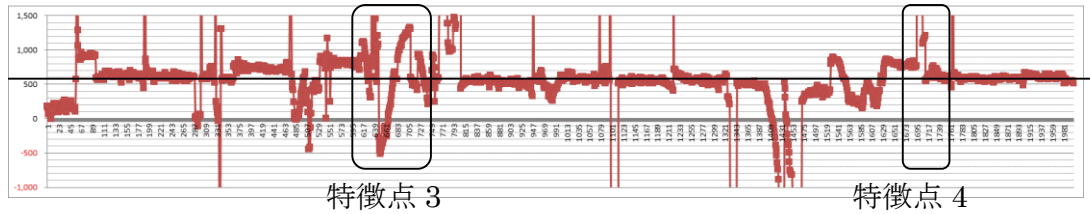


特徴点 2 右側の区画線の内側ペイントが広くなり、右側区画線までのカメラ測位の距離が狭くなった

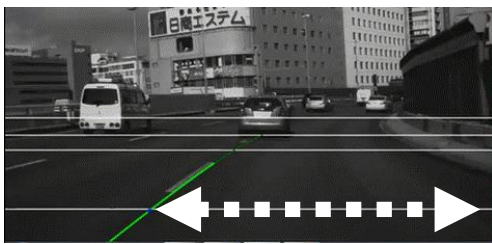


図 3-31 特徴点 1、2 の補足

図 3-32 に示すとおり、特徴点 3 では、右側区画線のペイントが消えておりカメラが検知できなかった。



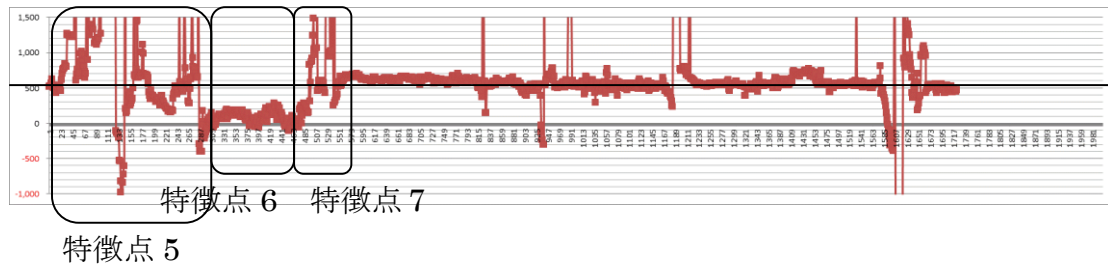
特徴点 3 右側の区画線ペイントが消えてカメラ測位不可



特徴点 4 特徴点1の要因と同様

図 3-32 特徴点 3、4 の補足

図 3-33 に示すとおり、特徴点 5 と特徴点 7 はカーブ区間でありカメラによる測位にばらつきがあった。特徴点 6 では、強調区画線ペイントの区間であるが、道路構造データに強調区画線ペイントの情報が含まれておらず、カメラによる測位と道路構造データとで誤差が発生した。



特徴点 5 カーブでのカメラ測位ばらつきおよび強調区画線ペイントによるカメラ測位誤差



特徴点 6 強調区画線ペイントによるカメラ測位誤差



特徴点 7 特徴点 5 と同様

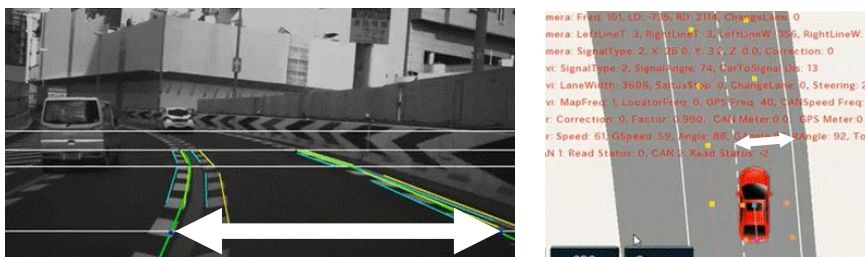


図 3-33 特徴点 5、6、7 の補足

2) 相対精度の要因分析

(a) 車線幅の差に関する交通状況、周辺状況の影響

今回の走行ログを用いて、交通状況や車両、遮蔽物等の周辺状況による測定した車線幅への影響を目視ですべて確認した。その結果、今回の走行実験では、車両の前方直近の車線幅を測定しているため、交通状況や周辺状況の影響がないことがわかった。

(b) 車線幅の差に関する道路形状の影響

走行ログを用いて直線部とカーブ部に分けて分析し、道路形状が測定した車線幅に及ぼす影響を確認した結果を表 3-7 に示す。さがみ縦貫道のような曲率の大きいカーブでは直線部と同様に道路形状による影響はあまりないことが分かった。一方、阪神高速道路の JCT のような急なカーブではばらつきが大きくなるが、車線内の自車位置は維持できており、問題ないと考える。

表 3-7 カメラ測位異常値を除いた道路形状別の車線幅の差の平均とばらつき(σ)

道路形状	さがみ縦貫道				阪神高速道路	
	寒川南 IC→寒川北 IC		寒川北 IC→寒川南 IC			
	幅差平均 (mm)	σ	幅差平均 (mm)	σ	幅差平均 (mm)	σ
直線部	237	65	221	93	584	117
カーブ部	198	43	130	134	502	277

3) 進行方向の相対精度検証

(a) 阪神高速道路における検証の結果

阪神高速道路における、位置補正用地物間の距離と自車位置補正量との関係を図 3-34 に示す。

図 3-34 から、数mから数十mの自車位置補正が発生していることが確認できた。自車位置補正量が大きくなった地点 1 と地点 2 の状況は、図 3-35 に示すとおりであり、地点 1 では、地図データにはない実世界の道路標識があり、かつ自車位置の 1 車線ずれがある場合の自車位置補正量であり、地点 2 は、道路構造データと異なる地点に実世界の道路標識があった場合の自車位置補正量であった。

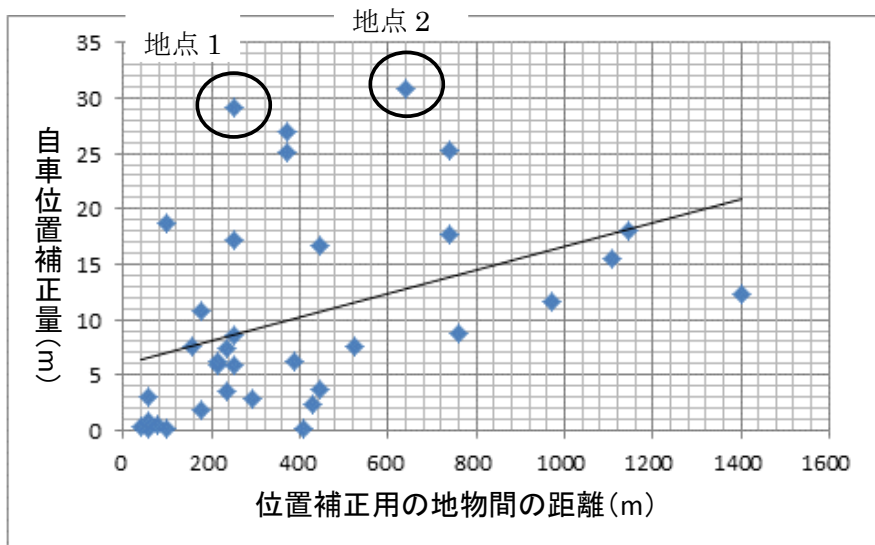


図 3-34 阪神高速道路における自車位置補正用地物間の距離と自車位置補正量の関係

地点1 道路構造データとほぼ同じ地点で、道路構造データに存在しない実世界の看板があった場合の自車位置補正量の誤計算、但し自車位置も1車線ずれあり。



地点2 道路構造データの位置と異なる地点に実世界の看板があった場合の自車位置補正量の誤計算

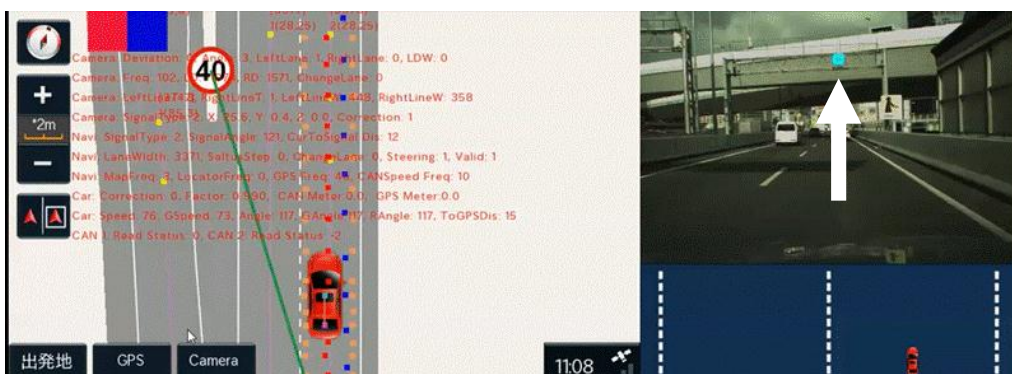


図 3-35 阪神高速道路における進行方向の相対精度検証の補足

(b) さがみ縦貫道における検証の結果

さがみ縦貫道の走行実験では、阪神高速道路における走行実験の結果を踏まえ、実験機器のシステムチューニングを行うことにより、車速情報の精度を高めた。これによって、図 3-36 のさがみ縦貫道における位置補正用地物間の距離と自車位置補正量との関係に示すとおり、位置補正用の地物を用いた自車位置補正が数 m で収まっていることが確認できた。

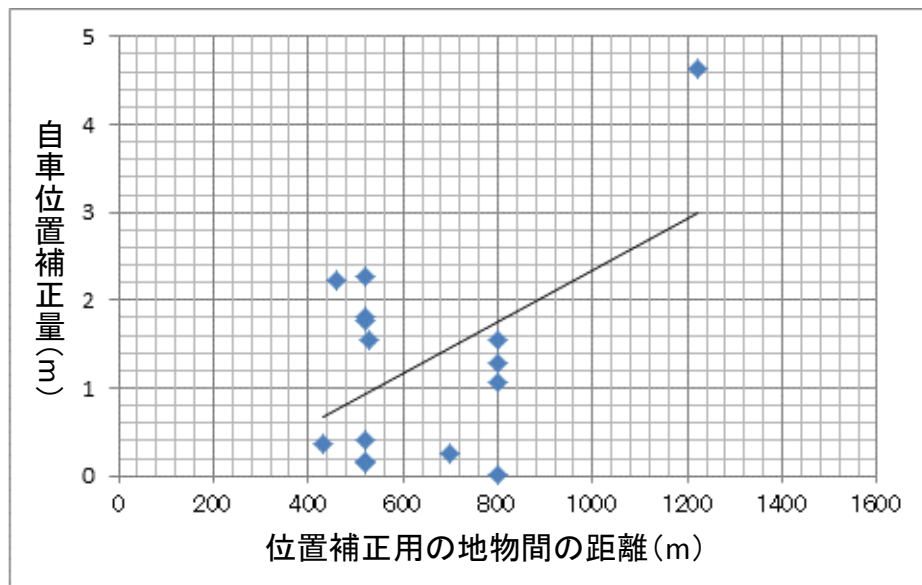


図 3-36 さがみ縦貫道における自車位置補正用地物間の距離と自車位置補正量の関係

4) 地物の認識率

進行方向に対する自車位置補正用地物として、道路標識(規制標識(最高速度)、規制標識(特定の種類の車両の最高速度)、案内標識(非常電話))を用い、進行方向位置補正の可否検証を実施した。

(a) 進行方向に対する自車位置補正用地物の整備箇所

進行方向に対する自車位置補正に用いる道路構造データの地物である道路標識(規制標識(最高速度)、規制標識(特定の種類の車両の最高速度)、案内標識(非常電話))の試作箇所を各図(さがみ縦貫道を図 3-37、阪神高速道路を図 3-38 に示す。

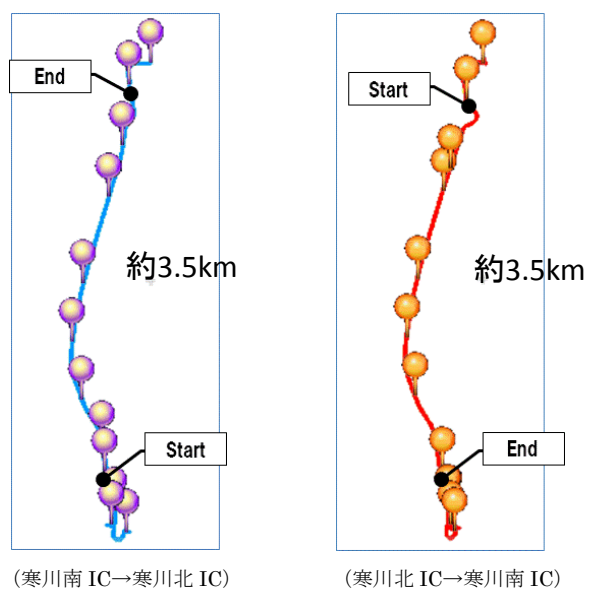


図 3-37 さがみ縦貫道の進行方向に対する自転車位置補正用地物の整備箇所

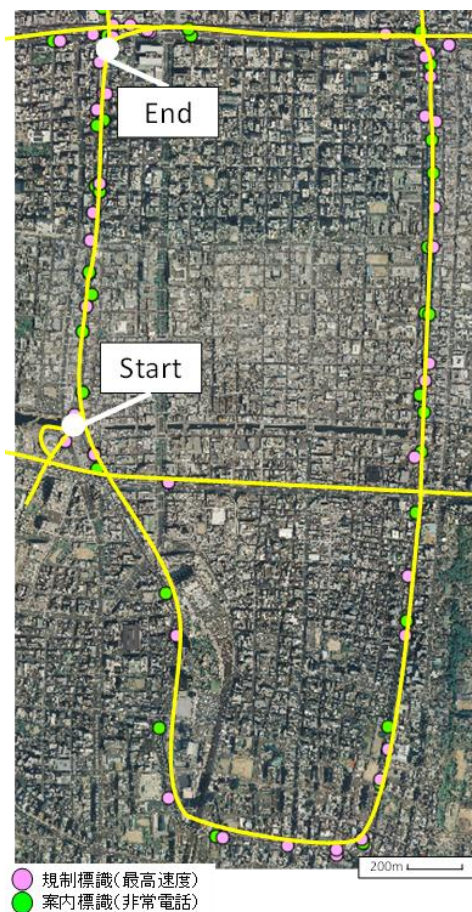


図 3-38 阪神高速道路の進行方向に対する自転車位置補正用地物の整備箇所

出典:NTT 空間情報株式会社
GEOSPACE オルソ画像

(b) 進行方向位置補正結果

道路標識(規制標識(最高速度)、規制標識(特定の種類の車両の最高速度)、案内標識(非常電話))を用いて進行方向に対する自車位置補正を実施した結果を表3-8に示す。走行実験時点では、海老名JCT～寒川北IC間が未開通であったため、交通量が少なく渋滞のないさがみ縦貫道の交通状況では、86%の地物の認識を確認した。

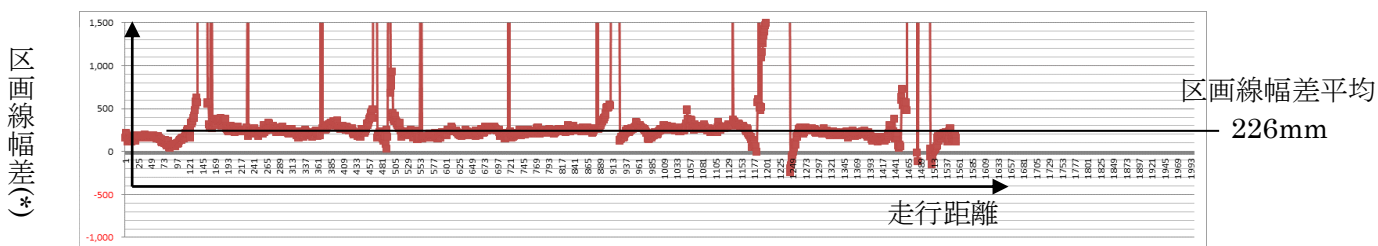
表 3-8 進行方向に対する自車位置補正結果

		阪神高速道路	さがみ縦貫道
走行ルートに基づく進行方向位置補正予定地点数		60 地点	22 地点
進行方向位置補正 OK 地点数		43 地点(72%)	19 地点(86%)
NG 地点数	車両等の遮蔽物により看板認識せず	2 地点(3%)	0
	エラー(実験システムが認識できず)	15 地点(25%)	3 地点 (14%)

(4) 考察

1) 横方向

区画線幅の相対精度(道路構造データの区画線幅とカメラ測位による区画線幅の差。以降、区画線幅差)の平均値は、図 3-39～図 3-41 のようにルートにより異なる。各ルートの区画線幅差はおおむね一定であり安定している。したがって、道路構造データによる影響ではなく、システムの初期設定による影響と考えられる。



(*) 幅差(mm) = 地図データの区画線幅 - カメラ測位による区画線幅

図 3-39 さがみ縦貫道(寒川南 IC→寒川北 IC)における比較結果

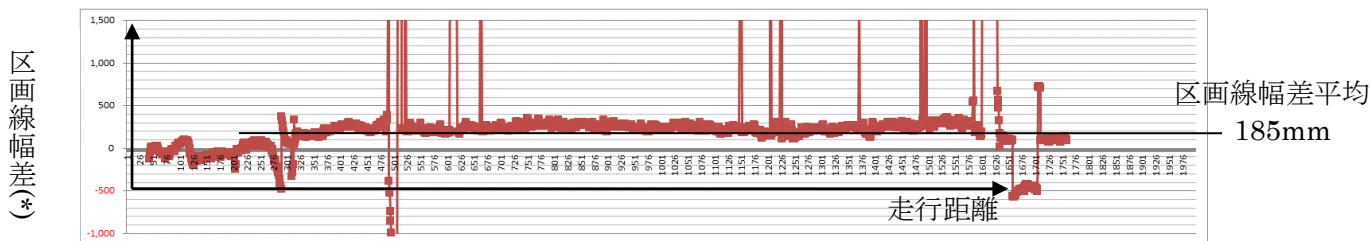


図 3-40 さがみ縦貫道(寒川北 IC→寒川南 IC)における比較結果

区画線幅差(*)

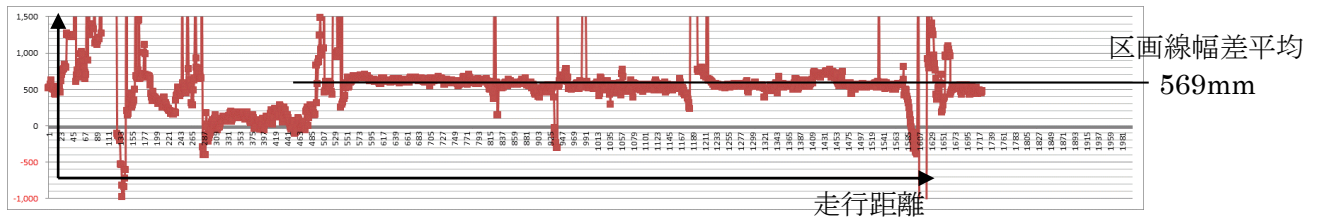
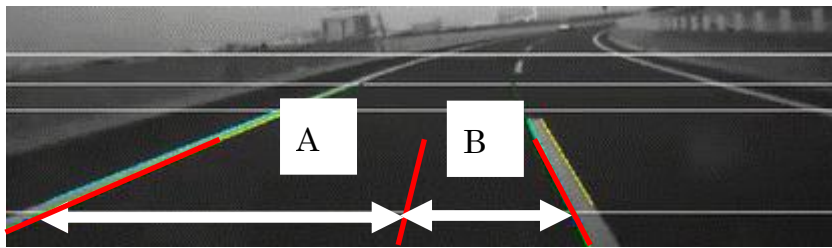
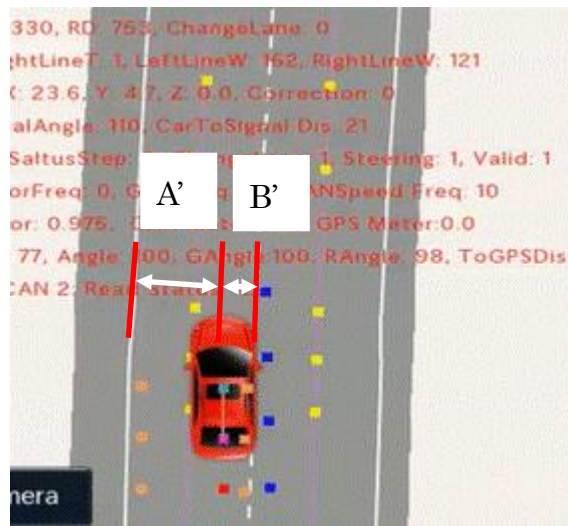


図 3-41 阪神高速道路における比較結果

図 3-39～図 3-41 の区画線幅差のばらつきの影響を考察する。今回のシステムではカメラ位置から左右の区画線までの測定距離を按分し、高精度地図上に自車位置をマッチングさせるため、車線内の自車位置を特定する点で問題はない。具体的には、図 3-42 のとおり $A : B = A' : B'$ となるよう、自車位置をマッチングさせている。



カメラ映像



ナビ画面

図 3-42 自車位置のマッチング

ただし、自動運転に必要な高精度ロケータを実現するためには、システムとしては相対精度 200mm～300mm を必要としており、システムの改善が必要である。また、強調部区画線の車線幅に対応したシステムになっていないため、図 3-43 に示すように計測誤差が発生した。今後のシステムの改善課題である。



図 3-43 計測誤差の発生

2) 進行方向

さがみ縦貫道では、～5m 程度の距離補正が生じた。横方向と同様に自動運転に必要な高精度ロケータでは 200mm～300mm の相対精度が必要とされ、システムの精度向上が必要である。

今回の走行実験は、さがみ縦貫道と阪神高速道路の 2 路線のみであったが、安定して進行方向の位置補正をするには、道路標識だけでなく他の地物の整備も必要になることが想定される。特に一般道では案内標識(非常電話)は非常に少なく対象地物の選定が必要である。

今回の検証により、下記のシステムの改善の必要性が明らかとなった。

- ・共同研究で道路構造データの精度を検証するためにシンプルな仕組みとしており、システム処理の遅れや車速により誤差が発生している
- ・図 3-44 に示すように道路構造データに存在していない道路標識を誤認識し、誤った進行方向位置補正を行った。



図 3-44 道路標識の誤認識

(5) 地図への要望

1) 横方向

図 3-45 に示すように、道路構造データの区画線の接合部が実世界とあっていない箇所があり、道路構造データの改善が必要である。



図 3-45 道路構造データの区画線と実世界の区画線の不一致

2) 進行方向

図 3-46 に示すように、道路標識の位置情報が実世界の地物の位置情報と合致していないため、道路構造データの改善が必要である。

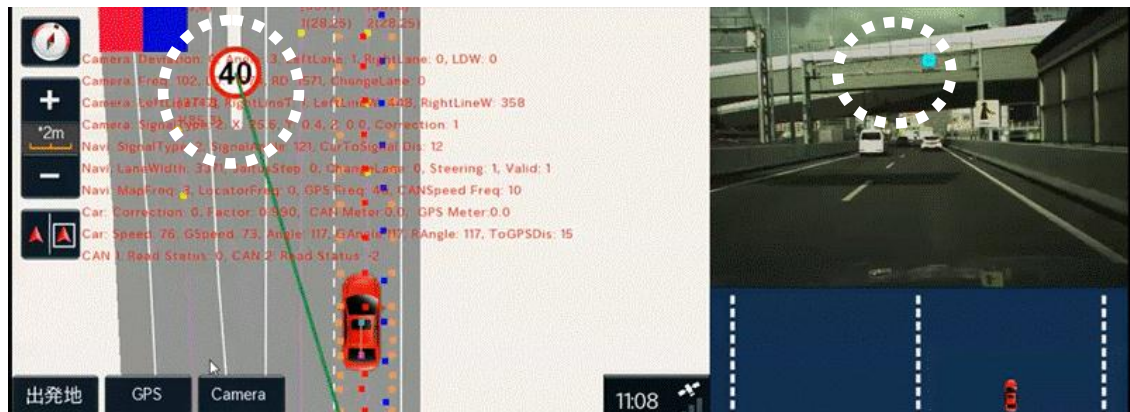


図 3-46 道路標識の位置情報の不一致

また、道路標識(規制標識(最高速度)、規制標識(特定の種類の車両の最高速度)、案内標識(非常電話))以外にも、自車位置補正用の地物データの整備が必要である。

【道路構造データの3層4層を用いた走行実験の結果】

(1) 走行実験の目的

本走行実験の目的は、本線もしくはランプ上の複数の区画線が存在する場合の適切な車線区分線の把握(走行支援サービスに資する地図の要件定義 4.5.2 要件⑫)における、試作した道路構造データの有用性の検証とした。具体的には、試作した道路構造データのうち、3層:ネットワーク、4層:制約のデータを用いて、車線別に整備された事故多発地点情報を活用した車線別ルート探索および誘導の妥当性を検証し、道路構造データの課題を明確化した。

(2) 走行実験の内容

1) 走行実験のためのシステムの概要

本走行実験のシステムは、道路構造データの1層および2層の走行実験で使ったシステム構成と同一とした(図 3-23 参照)。

また、道路構造データの1層および2層の走行実験で使ったシステムに加え、本走行実験では、道路構造データの車線ごとのネットワークデータを用いて、車線別のルート探索および誘導を実施するため、探索機能と表示機能、誘導機能を実装した。各機能の詳細を以降に示す。

(a) 探索機能

探索機能は、目的地設定、経由地設定、車線別ルート探索の各機能を実装した。さらに、推奨ルートや推奨車線から逸脱した場合にリルート、リレーン探索を行う機能も実装した。車線別ルート探索における車線リンクコスト(優先的に走行する車線を選定するための車線別の値)として、事故多発地点情報を元に、時間帯別、車線別の値を定義した。車線別ルート探索の結果のイメージを図 3-47 に示す。

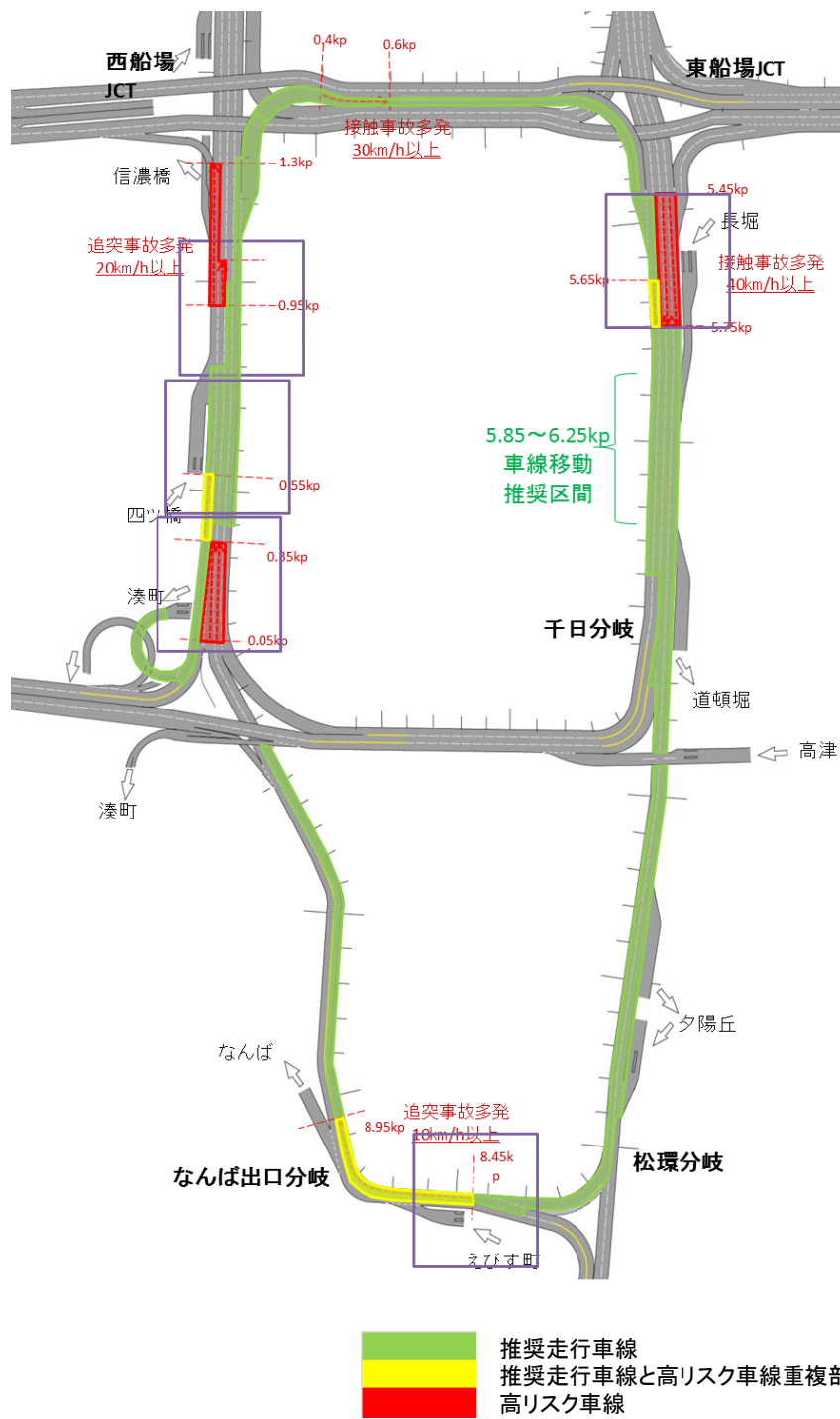


図 3-47 車線別ルート探索結果イメージ

出典: 阪神高速道路株式会社の地図に車線別ルート探索イメージを重畳

(b) 表示機能

表示機能は、図 3-48 に示すとおり、ディスプレイの右側に通常地図、通常地図上での探索ルートおよび自車位置の表示機能を実装した。また、ディスプレイの左側に道路構造データ、推奨走行車線、事故多発地点などの危険エリアおよび自車位置の表示機能を実装した。

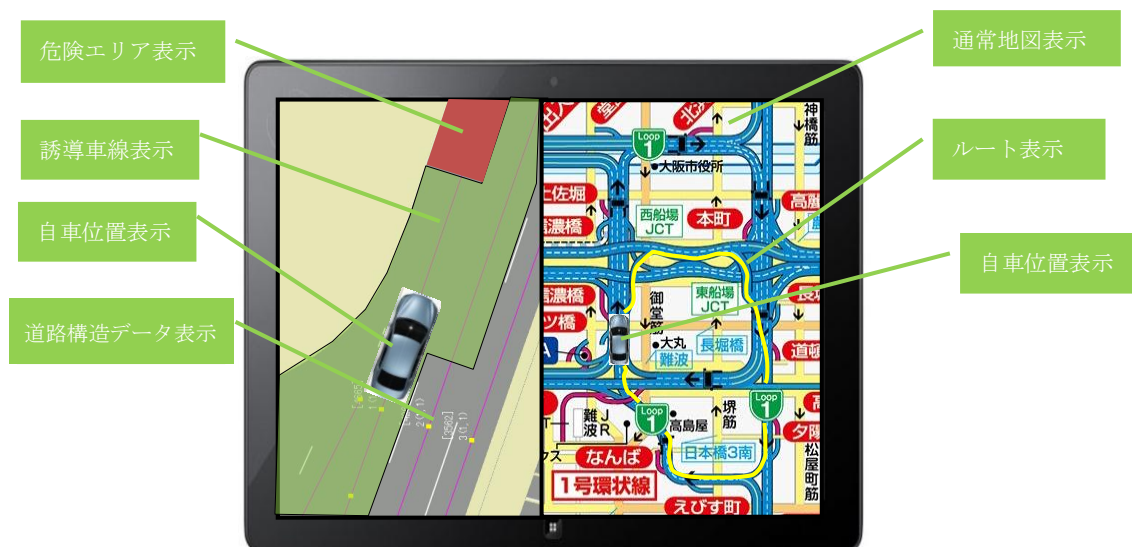


図 3-48 表示機能のイメージ

なお、本走行実験で用いた時間帯別の事故多発地点情報を図 3-49 に示す。

※赤色の→が車線毎危険エリアを表す

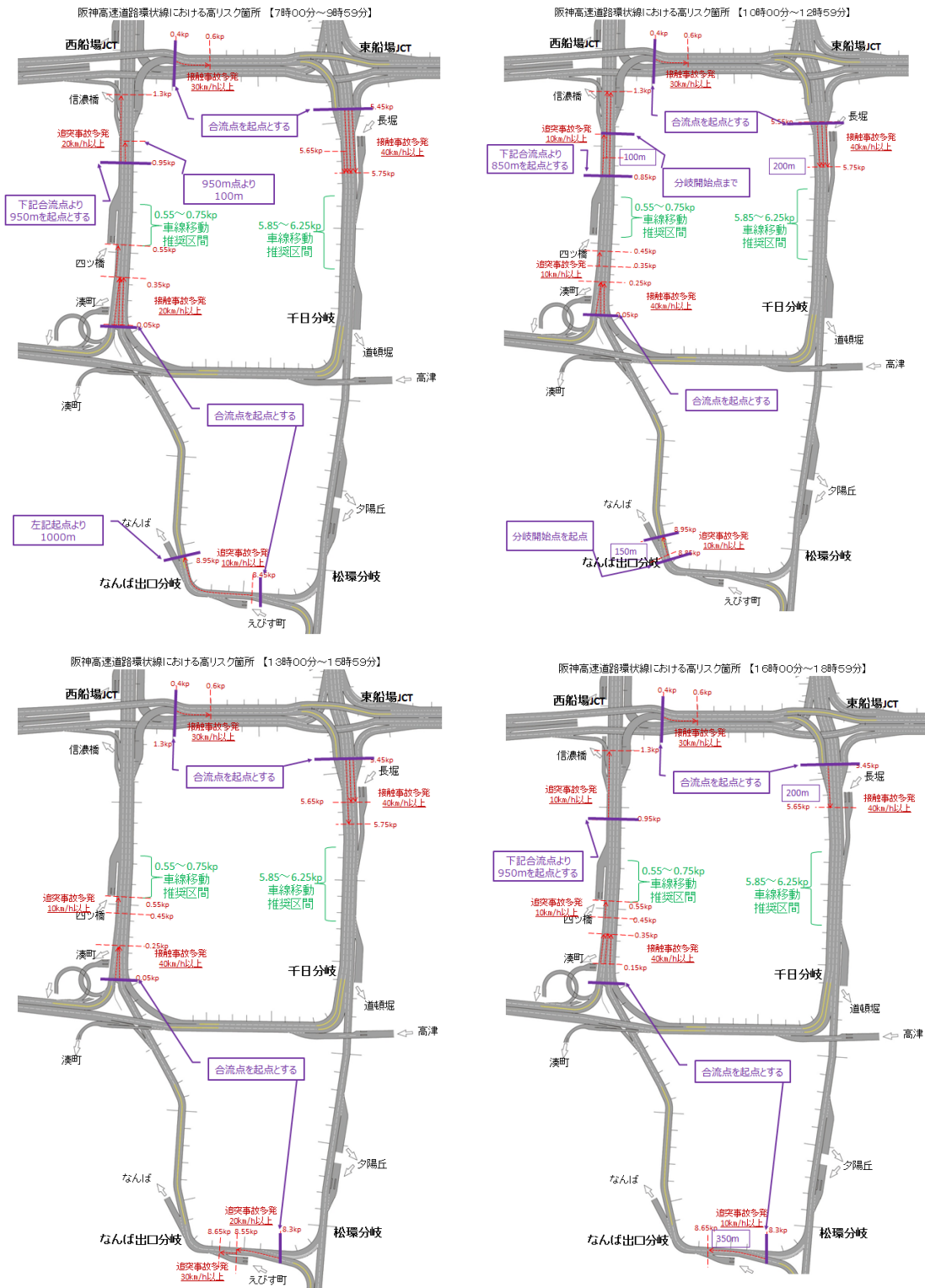


図 3-49 時間別事故多発地点情報

出典：阪神高速道路株式会社 の地図に時間別事故多発地点情報を重量

(c) 誘導機能

誘導機能は、車線別ルート誘導(表示・音声)、従来ナビと同様の車道別ルート誘導および危険エリアの警告機能を実装した。分岐・合流車線別の誘導パターン例を図 3-50 に、分岐・合流誘導音声の例を表 3-9 に示す。また、危険エリア車線別の誘導パターン例を図 3-51 に、危険エリア車線別誘導音声例を表 3-10 に示す。なお、表 3-9、3-10 の誘導音声は、それぞれ図 3-50、3-51 に記載している地点(英数字)に対応している。

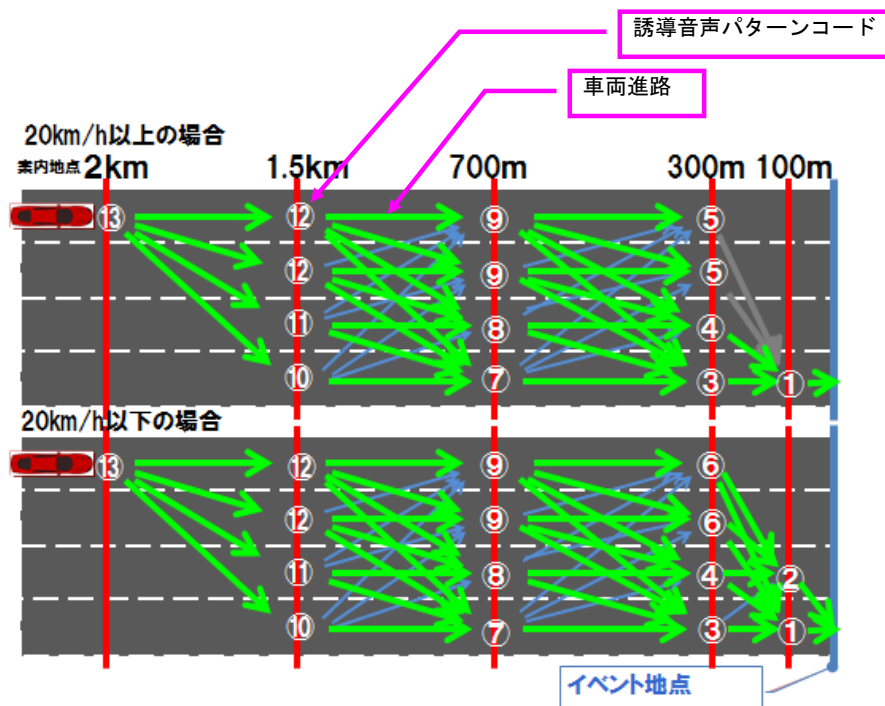


図 3-50 分岐・合流車線別誘導パターン例

表 3-9 分岐・合流誘導音声例(20km/h 以下の場合)

誘導タイミング									
2km 手前		1.5km 手前		700m 手前		300m 手前		100m 手前	
⑬	およそ 2 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	⑩	およそ 1.5 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) 今の車線を維持して下さい	⑦	およそ 1 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) 今の車線を維持して下さい	③	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。)	①	まもなく [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。)
⑬	↑	⑪	およそ 1.5 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	⑦	↑	③	↑	①	↑
⑬	↑	⑪	↑	⑧	およそ 1 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	③	↑	①	↑
⑬	↑	⑪	↑	⑧	↑	④	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	①	↑
⑬	↑	⑫	およそ 1.5 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	⑦	およそ 1 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) 今の車線を維持して下さい	③	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。)	①	↑
⑬	↑	⑫	↑	⑧	およそ 1 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	③	↑	①	↑
⑬	↑	⑫	↑	⑧	↑	④	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	①	↑
⑬	↑	⑫	↑	⑨	およそ 1 キロメートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	③	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。)	①	↑
⑬	↑	⑫	↑	⑨	↑	④	およそ 300 メートル先 [右方向、左方向]、[方面名称] 方面です。(有料道路 出口です。) ○側車線に移動して下さい	①	↑

○凡例 ↑: 上に同じ

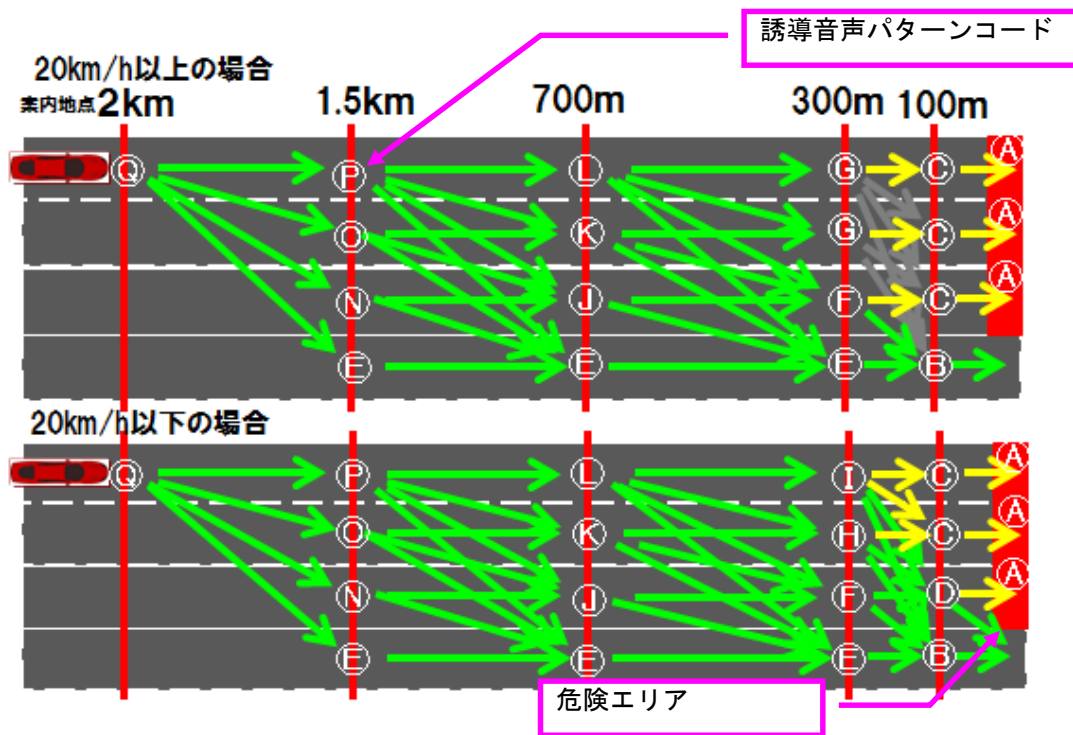


図 3-51 危険エリア車線別誘導パターン例

表 3-10 危険エリア車線別誘導音声例(20km/h 以上の場合)

誘導タイミング	2km 手前	1.5km 手前	700m 手前	300m 手前	100m 手前	危険エリア内
①	およそ 2km 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。3 車線〇側に移動して下さい	事故多発区間回避のため今の車線を維持して下さい	事故多発区間回避のため今の車線を維持して下さい	事故多発区間回避のため今の車線を維持して下さい	-	
②	↑	およそ 1.5km 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。〇側車線に移動して下さい	↑	↑	↑	
③	↑	↑	①	↑	↑	
④	↑	↑	↑	②	↑	
⑤	↑	↑	↑	↑	③	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。④
⑥	↑	およそ 1.5km 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。2 車線〇側に移動して下さい	事故多発区間回避のため今の車線を維持して下さい	事故多発区間回避のため今の車線を維持して下さい	-	
⑦	↑	↑	①	↑	↑	

誘導タイミング													
2km 手前		1.5km 手前		700m 手前		300m 手前		100m 手前		危険エリア内			
◎	↑	◎	↑	①	↑	⑥	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	◎	↑	①	↑	⑥	↑	◎	-	◎			
◎	↑	◎	↑	④	↑	⑥	事故多发区間回避のため 今の車線を維持して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	◎	↑	④	↑	⑥	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	◎	↑	④	↑	⑥	↑	◎	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	◎	↑	④	↑	◎	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎	↑	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	⑥	およそ 1.5km 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 3 車線○側に移動して下さい	⑥	事故多发区間回避のため 今の車線を維持して下さい	⑥	事故多发区間回避のため 今の車線を維持して下さい	◎	-	◎			
◎	↑	⑥	↑	①	↑	⑥	およそ 700m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	⑥	↑	①	↑	⑥	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	⑥	↑	⑥	↑	⑥	↑	◎	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	事故多发区間回避のため 今の車線を維持して下さい	◎	-	◎			
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	↑	◎	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	⑥	↑	④	↑	◎	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎	↑	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	700m 先○危険エリアです 3 車線○側に移動して下さい	◎	-	◎			
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。 ○側車線に移動して下さい	◎	↑	◎			
◎	↑	⑥	↑	④	↑	⑥	↑	◎	まもなく [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。
◎	↑	⑥	↑	④	↑	◎	およそ 300m 先 [接触事故、追突事故]が多い区間です。	◎	↑	◎		④	[進路変更による事故、追突事故]が多い地点です。

○凡例 ↑:上に同じ

2) 実験方法

本走行実験は、以下の手順で実施した。

- ①指定された場所、経由地、目的地を使用し、ルート探索を行う。
- ②探索結果により得られたルートに基づき走行する。
- ③ルートを逸脱し、リルート機能を検証する。

3) 走行路線・区間

本走行実験では、阪神高速道路の1号環状線、13号東大阪線、15号堺線の一部路線で2通りの走行区間を設定した。走行区間1を図3-52、走行区間2を図3-53に示す。ピンク線は、探索結果ルートを示している。走行区間1は、探索結果ルートに沿って走行する。走行区間2は、リルート機能を検証するため、探索結果ルートを逸脱し、走行区間1と同一のルート①を走行する。2周目は探索結果ルート②に沿って走行する。



図 3-52 走行区間 1

出典: 阪神高速道路株式会社の阪神高速道路案内エーマップに走行区間を重畳

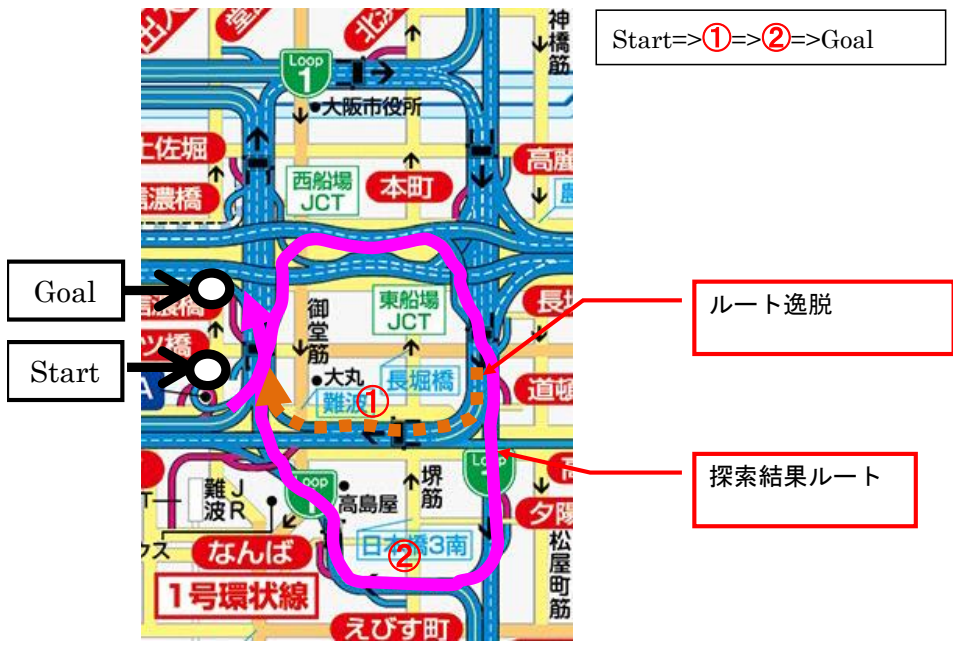


図 3-53 走行区間 2

出典: 阪神高速道路株式会社の阪神高速道路案内エーマップに走行区間を重畳

4) 使用した道路構造データ

走行実験では、本製品仕様書に3層、4層として規定された地物のうち、表 3-11 に示す属性の情報をを用いた。

表 3-11 走行実験で使用したデータ

区分	地物名	属性・関連役割名	使用
3層:ネットワーク	ノード	起点側が交差する区間 ID	○
		終点側が交差する区間 ID	○
		方向フラグ	—
		ノードが示す位置の区間・参照点の距離の割合	—
		ノードが示す方向と区間 ID の示す方向の一致・不一致	—
		地点	—
		開始リンク	○
		終了リンク	○
		経由リンク	○
		リンク	リンク長
	開始ノード		○
	終了ノード		○
	経由点		○
	車道リンク	車道リンク方向	—
		車道リンク種別	—
		ジオメトリ参照	—
	車線リンク	車線リンク種別	○
		車線数	○
		開始番号	○
		車線番号	○
		枝番号	—
		対応する車道リンク	—
		ジオメトリ参照	○
4層:制約	リンク属性	開始点	○
		終了点	○
		参照方向種別	○
		共通属性明示	○
		制約	○
		リンク	—
	制約	種別	○
		制約要素	○
	通行規制属性	コード	○
		規制値	○
		規制内容	○
		補助内容	—
		変更禁止位置	—
		矢印方向	—
	ETC 設置情報属性	ETC 設置種別	—

5) 走行実験時の走行ログ取得データ

走行実験時に取得した走行ログは表 3-12 のとおりであり、道路構造データからは走行車線の番号や区画線種別、Lane 幅、Lane 数、地物タイプを取得した。

表 3-12 走行ログ取得データ

No	項目	道路構造データからの取得情報
1	System Time	
2	GPS Time	
3	GPS 緯度経度(世界測地系)	
4	カメラ Locator 出力緯度経度(世界測地系)	
5	走行車線の番号	○
6	左区画線種別	○
7	右区画線種別	○
8	Lane 幅(Map)	○
9	Lane 数(Map)	○
10	自車と右区間線までの距離	
11	自車と左区間線までの距離	
12	地物までの距離	
13	地物タイプ	○
14	地物 Calibration Flag	
15	地物 Calibration 前の緯度経度	
16	地物 Calibration 後の緯度経度	

(3) 走行実験の結果

1) システム評価結果

走行実験では、各システムの機能の作動状況を確認した。その結果、表 3-13 に示すとおり、多くの評価項目で各機能が問題なく作動したことを確認した。ただし、表示機能の自車位置表示において、「自車が正しい車線に表示されているか」、「自車位置が正しい位置に表示されているか(進行方向)」、「自車位置表示追従性」の 3 項目で「CA;懸案が有り検討必要」という評価結果となった。

表 3-13 システム評価結果

OK;問題無し、CA;懸案が有り検討必要

システム評価	評価項目	評価の観点	判定	補足	
探索機能	目的地設定機能	目的地設定機能が正常に作動するか	OK		
	経路地設定機能	経路地設定機能が正常に作動するか	OK		
	車線別ルート探索機能	車線別ルート探索機能が正常に作動するか	OK		
	事故多発地点は時間帯別、車線別の車線リンクコストとして定義	事故多発地点を回避したルート探索が出来ているか	OK		
	推奨ルートから逸脱した場合はリルート及びリレーン探索を行う	リルート及びリレーン探索が行われているか	OK		
表示機能	通常地図を表示	通常地図が表示されているか	OK	道路構造データ 2 画面表示にて対応	
	通常地図上に探索ルートを表示	通常地図上に探索ルート表示されているか	OK	道路構造データ 2 画面表示にて対応	
	道路構造データを表示	道路構造データが表示されているか	OK		
	推奨走行車線表示	推奨走行車線が表示されているか	OK		
	推奨走行車線はゾーンで表示	推奨走行車線がゾーンで表示されているか	OK	推奨車線青表示 走行可能車線緑表示	
	事故多発エリア等危険エリアをゾーン表示	事故多発エリア等危険エリアをゾーン表示しているか	OK		
	自車位置表示 (通常地図上及び道路構造データ上)	自車位置が表示(通常地図上及び道路構造データ上)されているか		OK	道路構造データ 2 画面表示にて対応
		自車位置が正しい車線に表示されているか		CA	稀に車線ずれ有り
自車位置が正しい位置に表示されているか 横方向(車線内位置)			OK	目視上ほぼ問題無し	
	自車位置が正しい位置に表示されているか 進行方向		CA	視認にて数メートル程度のずれが時々確認された	

システム評価	評価項目	評価の観点	判定	補足
		自転車位置表示追従性	CA	若干の遅れが認められるも、通常ナビと同レベル
誘導機能	車線別ルート誘導（表示/音声）	車線別ルート誘導（表示/音声）が行われているか	OK	
	従来ナビで行っている経路誘導	従来ナビで行っている経路誘導が行われているか	OK	
	推奨レーンの走行を誘導する音声案内	推奨レーンの走行を誘導する音声案内がされているか	OK	
	危険エリアの警告	危険エリアの警告がされているか	OK	

2) 課題

本走行実験によるシステム評価結果を踏まえ、今後の課題として以下の 5 点が挙げられる。

- ・ 車線ずれ発生の原因分析、対策検討
- ・ 進行方向位置ずれの原因分析、対策検討
- ・ 自転車位置表示追従性についての定量的分析
- ・ 悪環境における性能確認、対策検討
- ・ 夜間における性能確認、対策検討

3) 考察および要望

本走行実験では、道路構造データの 3 層および 4 層のデータを用いて車線別ルート探索および誘導を行った。実験の結果、車線別ルート探索およびルート探索機能ともに正常に作動するとともに、問題なく誘導できることを確認した。以上より、道路構造データは、車線別ルート探索および誘導において実用可能レベルであることが検証された。

また、本走行実験では進行方向の自転車位置の検出のために、道路構造データのうち、規制標識(最高速度)、案内標識(非常電話)を使用した。2)に示すとおり自転車位置に関する課題が明らかとなったため、今後、自転車位置特定の精度向上のため、街路灯、方面看板、キロポスト、自動車ナンバー自動読取装置、自動速度取締装置などの地物データの整備検討が必要と考えられる。

3.6 走行実験結果等による試作地図の有用性の検証

前節 3.5 で整理した各地図利用者による走行実験結果を踏まえ、道路構造データの地物・属性の利用の優性順位を整理した。優先順位は、S:必須、A:需要が高い、B:今後需要が生じる可能性がある、C:他の地物に比べると優先度は低い、の4段階とした。整理結果は表 3-14 のとおりであり、Sとして、路面標示、停止線、区画線、車線中心線、車線中心線上の標高、道路中心線、路肩、交通信号機および道路標識が挙げられた。

表 3-14 道路構造データの地物・属性の優先順位

製品仕様書			優先順位
対象階層	地物名称	属性名称	
第1層：道路基盤地図情報プロファイル	距離標	FID	B
		地点	B
		路線番号	B
		上下区分	B
		種別	B
	測点	FID	B
		地点	B
		高さ	B
		横断勾配（左）	A
		横断勾配（右）	A
	島	FID	A
		範囲	A
	分離帯	FID	A
		範囲	A
	車道部	FID	A
		範囲	A
	中央帯	FID	A
		範囲	A
	車道交差部	FID	B
		範囲	B
	乗合自動車停車所	FID	A
		範囲	A
	非常駐車帯	FID	A
		範囲	A
	柵・壁	FID	A
		形状	A
	料金徴収施設	FID	A
		範囲	A
路面標示	FID	S	
	形状	S	

製品仕様書			優先順位
対象階層	地物名称	属性名称	
第2層：道路基盤地図情報の拡張		種別	S
		コード	B
	停止線	FID	S
		場所	S
	橋梁	FID	B
		範囲	B
		名称	B
	トンネル	FID	A
		範囲	A
	ボックスカルバート	FID	A
		範囲	A
	シェッド	FID	A
		範囲	A
	シェルター	FID	A
		範囲	A
	道路地物集合施設	FID	B
		名称	B
		種別	B
	区画線	FID	S
		場所	S
		コード	B
線種		S	
推測有無		B	
車線中心線	FID	A	
	場所	S	
	参照点 ID	B	
	線形種別	A	
	車線種別	S	
	線形パラメータ	A	
	関連1（左側境界）、関連2（右側境界）	S	
関連3（覆う）	A		
線形パラメータ	FID	B	
	管理用図面等からの取得の有無	C	
	カーブ方向	A	
	クロソイド方向	A	
	パラメータ	A	
	緩和曲線長	A	
	オフセット距離	A	
	線形種別の判別方法	A	
標高データ集合	FID	C	
	取得方法	C	

製品仕様書			優先順位	
対象階層	地物名称	属性名称		
	標高	FID	A	
		地点	A	
	区画線上の標高	FID	B	
		地点	B	
	車線中心線上の標高	FID	S	
		地点	S	
	道路中心線	FID	S	
		場所	S	
		参照点 ID	B	
	路肩	FID	S	
		範囲	A	
	交通信号機	FID	S	
		地点	S	
		高さ	S	
	道路標識	FID	S	
		地点	S	
		高さ	S	
		コード	S	
	第3層：ネットワーク	車線ネットワーク要素	区画 ID	B
			参照点 ID	B
ノード		起点側が交差する区間 ID	B	
		終点側が交差する区間 ID	B	
		方向フラグ	B	
		ノードが示す位置の区間・参照点の距離の割合	B	
		ノードが示す方向と区間 ID の示す方向の一致・不一致	B	
リンク		リンク長	B	
車道リンク		車道リンク方向	B	
		車道リンク種別	B	
車線リンク		車線リンク種別	B	
		車線数	B	
		開始番号	B	
		車線幅	B	
	車線番号	B		
	枝番号	B		
第4層：制約	リンク属性	開始点	B	
		終了点	B	
		参照方向種別	B	

製品仕様書			優先順位
対象階層	地物名称	属性名称	
		共通属性明示	B
		始点	B
		終点	B
	制約	種別	B
	通行規制属性	FID	B
		コード	B
		規制値	B
		規制内容	B
		補助内容	B
		変更禁止位置	B
		矢印方向	B
		進路変更	B
	ETC 設置情報属性	ETC 設置種別	B