

### 領域 3

新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる

# ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

## Research on advanced processing of ETC 2.0 probe data

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 小原 弘志  
Senior Researcher OBARA Hiroshi  
研 究 官 寺口 敏生  
Researcher TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 清水 大輔  
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this paper, we report the results of studying the functions required for managing ETC 2.0 probe data.

### 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、ITS スポット等の路側機により ETC2.0 プローブ情報を収集し、道路管理に活用している。ETC2.0 プローブ情報には、急減速や方向転換等の車両挙動に加え移動軌跡が記録されており、それらを分析することで、観光地の渋滞分析や災害時の通行実績把握等が可能である。しかし、交通統計調査を目的として処理された ETC2.0 プローブ情報は、解析の単位時間やエリアが様式で固定されており、昨今の多様なニーズに柔軟な対応が難しいという欠点が指摘されてきた。

そこで、国土技術政策総合研究所では、システムの抜本的な回収を見込みながら、ETC2.0 プローブ情報の処理フローを見直し、様々な目的に活用可能な基礎データとなる「補正済み個車データ」を生成してから、交通統計調査や災害時の通行実績等、分析処理を実施する方式を検討している。

本報では、現状の ETC2.0 システムの課題や補正済み個車データに対するリクワイヤメントを整理した上で、ETC2.0 プローブ情報の管理に求められる機能を検討した成果を報告する。

### 〔研究内容及び成果〕

#### 1. 現状の ETC2.0 システムの課題の整理

現在の ETC2.0 システムでは、地方整備局や高速道路会社に設置されたプローブ処理装置から ETC2.0 プローブ情報を収集し、データ伸長処理をした後、災害時等の道路の通行可否に係る基礎データを生成する逐次処理や DRM リンク単位の旅行時間・旅行速度等の交通統計調査に関わる統計データを生成するアーカイブ処理等が行われている。これと平行して、ASL-ID プローブ集計処理など、目的に応じた様々な処理が行われている。これらの処理内容を分析したところ、下記の課

題が抽出された。

- 交通統計調査以外の分析処理が追加実装された際、システムへの負荷が大きいマップマッチング処理を個別に実施しており、処理が重複している
- 統計データは、交通統計調査での利用を目的とした複数のデータが作成されているが、あくまで決められた単位（15分、1時間、月平均など）の統計データであり、柔軟な分析ができない

以上の分析結果より、ETC2.0 情報を様々な目的に活用するためには、目的とする処理に合わせたデータを個別に生成するのではなく、多様な目的に応じて利用可能なデータを生成する処理と分析に合わせてデータを解析する処理を切り分け可能なシステムが望ましい。

#### 2. 補正済み個車データに対するリクワイヤメントの整理

既存のプローブ情報の活用目的を調査したところ、データの分析単位は、エリア/区間、期間/時間、車種、平日休日などの要素の組み合わせとなっていた。また、リアルタイムな情報が必要なシステムでの利用を想定した場合、時間指定によるデータの抽出要求があるものと考えられる。以上の分析結果を基に、補正済み個車データへのリクワイヤメントを下記の通り整理した。

- 時間指定（年月日時分）
  - エリア指定（県指定、市区町村指定、緯度経度指定）
  - 車種指定
  - 平休指定
  - 上記条件を組み合わせたデータ抽出要求に対応
- また、将来的なニーズとして、他の機器で計測したデータとの連携の必要性が想定される。

#### 3. ETC2.0 プローブ情報の管理に係るシステムの機能要件

上記の整理を踏まえ、将来的な ETC2.0 システム構

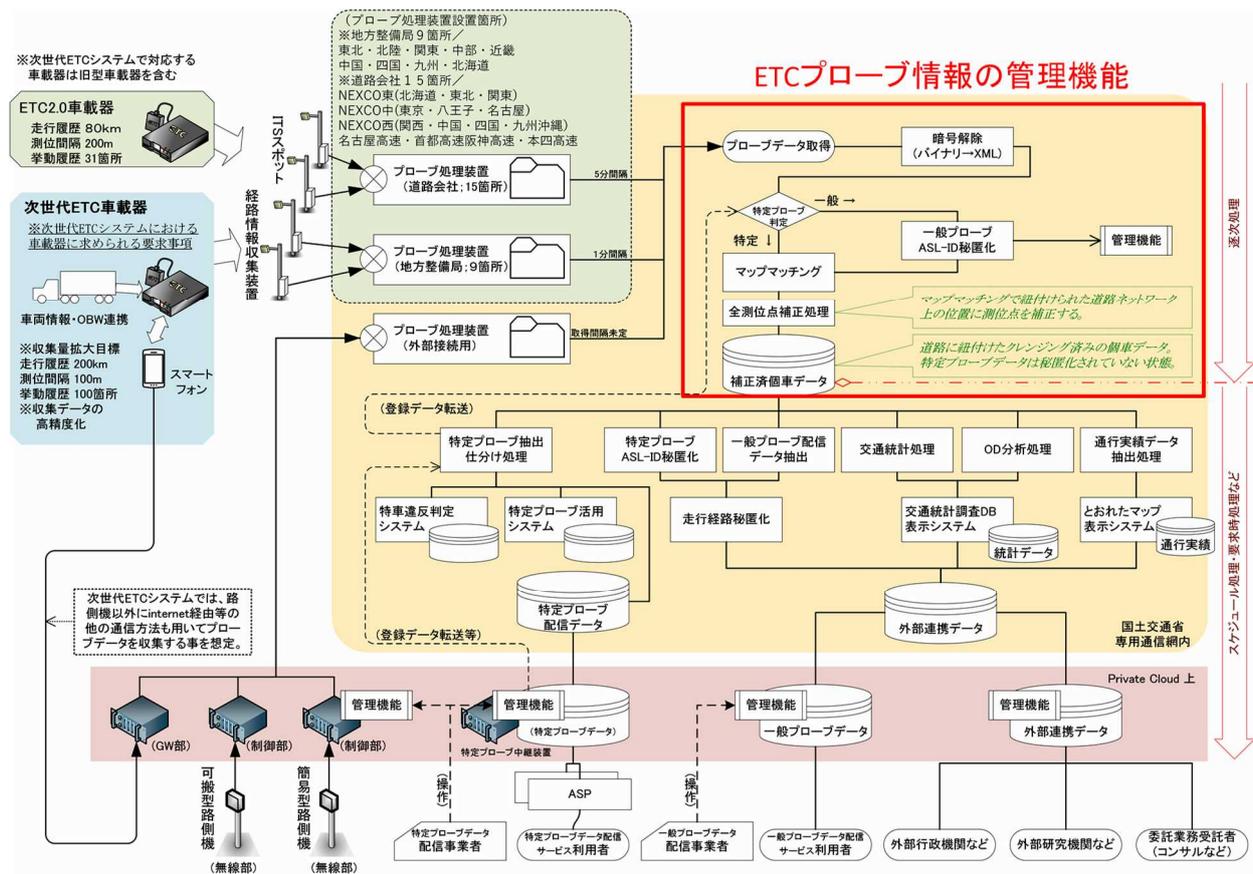


図-1 将来的なETC2.0システム構成案に対するETC2.0プローブ情報の管理機能のイメージ

成案(図-1)を整理した。さらに、そのシステム構成案に対応するETC2.0プローブ情報の管理機能(図-1太枠内)の要件を検討・分析し、「上流サーバからのデータ受信、管理」、「下流システムのリクエストに応じたデータ抽出」及び「データ削除(退避)」の3項目について整理した。

(1) 上流サーバからのデータ受信管理

ITSスポットや経路情報収集装置等の路側機から地方整備局や道路会社に設置されるプローブ処理装置に集約されたプローブ情報は、時刻別や車両別等の単位で整理されたデータとして受信されるわけではない。また、将来的な展開として、外部センサから取得した動的データが追加登録されることも想定される。

これらの上流サーバから届くデータの特性を考慮し、必要に応じてデータ項目の見直しが行えるデータベースの構築が必要であることが分かった。これらの分析結果を基に、管理対象データの区分とデータ項目及びデータベース上の主キーとなる項目を整理した。

さらに、図-1に示すシステム構成を実装した場合に想定される取り扱いデータ量を計算し、機能要件として整理した。

(2) 下流システムのリクエストに応じたデータ抽出

民間企業へのヒアリングを通じて、プローブ情報に対する利用ニーズを調査したところ、統計処理したデータだけでなく、個車を特定できない状態にしたもの

であっても、経路情報が分かるデータが求められる場合があった。このため、プライバシーに十分な配慮が可能な強度で匿名化する基準や技術が必要になることが分かった。その上で、プローブ情報を活用する多様な処理機能とデータ管理機能が直結せず、それぞれが独立したソフトウェア・ハードウェア構成となるよう、API(Application Programming Interface)連携等の方策を検討した。

(3) データ削除(退避)

(2)の民間へのヒアリング時に、プローブ情報を利用する場合、プライバシー保護の観点を受けて個車を特定できないよう匿名化するが、ユーザが希望する場合に削除できる機構が必要との指摘があった。そのため、匿名化後であっても、ユーザ本人からの情報提供を受けて、対象となるデータを特定可能な仕組みを検討した。

[成果の活用]

本研究を通じて、プローブ情報の管理に求められる機能の要件を整理した。本成果を基に、「プローブデータ管理機能要件定義書(案)」を作成した。

今後は、上記機能要件定義書(案)に則ったテストシステムを開発し、課題の抽出とシステムの改善に取り組む予定である。

# ITS の研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査

## Survey of overseas trends in ITS R&D and international standardization

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 中川 敏正  
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa  
研 究 官 中田 諒  
Researcher NAKATA Ryo  
交流研究員 藤村 亮太  
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

NILIM conducts the international activities about ITS by collecting information on overseas efforts related to ITS and introducing efforts in Japan.

### 〔研究目的及び経緯〕

高度道路交通システム (ITS) の研究開発については、海外動向を幅広く調査するとともに、我が国の取組を発信することで、国際的に協調して進めていくことが重要である。

国総研では、諸外国の ITS・自動運転に関する取組の最新動向を収集するとともに、道路関係の国際機関 (PIARC) 等に参画し、ITS・自動運転に関する我が国の取組を紹介することを通じて、ITS・自動運転に関する国際活動を継続的に実施している。

### 〔研究内容〕

#### 1. 海外動向調査

今年度調査した諸外国のITS・自動運転に関する取組について、以下に示す。

##### (1) 中国におけるインテリジェント・ハイウェイ

中国政府は、コネクテッドカーや自動運転車に対応したインフラ開発を重視している。既に「インテリジェント・ハイウェイ」の試験建設が行われており、プロトタイプが完成している。自動運転車の走行試験については、百度、BAICニューエナジー、BMW等が各都市で公道試験ライセンスを取得し、試験が行われている。現在、最も多くの試験免許を取得しているのは百度であり、5台の試験車両が、2021年4月と5月に合計2,000kmの公道走行試験を完了したところである。

##### (2) シンガポールのCOVID-19流行中の交通状況分析

シンガポールでは、道路ネットワーク上に設置されたITS機器で収集されたデータからヒートマップを製作し、COVID-19流行中の規制強化・緩和の5段階における交通状況の変化を調査している (図-1)。データは主に高速道路監視・案内システム (EMAS) と幹線道路 (EA) システムから抽出されたものを利用している。EMASとEAのデータは、高速道路や主要幹線道路に設置された合計1,700台以上のカメラ映像が情報源となっている。

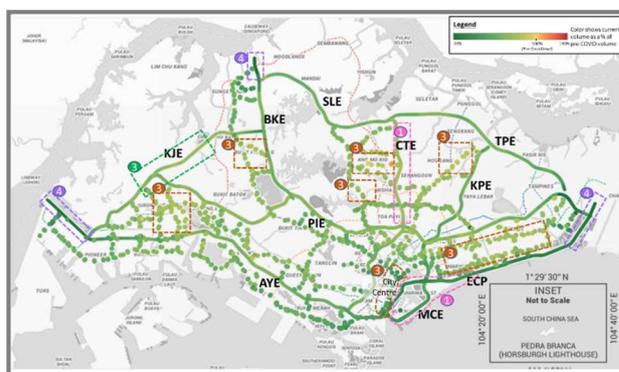


図-1 COVID-19流行中の交通状況調査

##### (3) 自動運転車を踏まえた道路管理者の課題

PIARCタスクフォースB.2では、自動運転車を踏まえた道路管理者の課題が検討されている。例えば、道路標識は重要な道路施設のひとつである (図-2)。人間のドライバーは、類似した標示でも比較的正しく意味を認識することができるが、機械 (自動運転車) は必ずしも人間のドライバーほど適応能力があるわけではない。そのため、安全性を確保するための道路標識について、同タスクフォースにて、国際的な統一の必要性が議論されているが、我が国からは提言していないのが実情



図-2 各国の規制標識  
(類似性はあるが、統一されていない)

である。

#### (4) 交通安全のためのコネクテッド・ビークル・データ・エコシステム

米国ユタ州交通省 (UDOT) は、ソルトレイクシティ周辺地域の道路にV2X (車車間、路車間通信) 装置を配備して、コネクテッド・ビークル・データ・エコシステムを運用している。このシステムは、車両からデータを収集し、道路気象情報ステーションの情報を組み合わせることで、警告メッセージを生成し車両に放送している。当初はDSRC路側機を活用していたが、現在はセルラーV2X (C-V2X) 路側機の配備も進められている。

## 2. 国内事例の発信

諸外国へ発信する国内のITS・自動運転に関する取組について、以下に示す。

### (1) ETC2.0プローブ情報の民間活用に向けた取組み

国土交通省では、ETC2.0プローブ情報をオープン化し、民間企業がビジネスに活用したり、大学が研究で活用したりする等の用途を拡大していくことを検討している。具体的には、1) 車両運行管理支援のためのETC2.0特定プローブ情報配信事業、2) 民間主体の地域モビリティサービス創出支援、3) 大学主導のプローブ情報と民間企業データを用いた地域モビリティサービス創出支援を実施している。

### (2) ビッグデータを活用した災害時の通行可能道路を特定するシステム

国土交通省では、ETC2.0のプローブ情報を使って通行実績を可視化する「通行実績表示システム」を開発・導入している。地図上に表示されるプローブ情報は15分ごとに更新され、ETC2.0車載器を搭載した車両が走行した道路の全区間を把握することができる。これにより、大規模災害時に被災地で通行可能な道路を特定することができる。また、このシステムと現地調査を組み合わせ「通れるマップ」を作成し、災害時に通行可能な道路、通行不可能な道路の情報をホームページで公開している (図-3)。

### (3) ETC2.0プローブ情報を用いた高速道路ボトルネック位置の特定

国土交通省では、東名高速道路のサグ部を対象として、ETC2.0プローブ情報を用いたボトルネック位置の特定を試行している。

この取組では、ETC2.0プローブ情報の走行履歴情報に基づき速度変動図が作成される。速度低下位置は、「非渋滞時」の速度が最も低くなる地点であり、分析対象日毎に「非渋滞時」の速度低下位置を特定した結果から速度低下位置の分布を作成し、サグ部でのボトルネック位置を特定するものである。



図-3 公開された通れるマップ (初版)

### (4) ETC2.0プローブ情報を用いた環状道路開通効果に関する分析

本事例では、個々の車両の走行経路や、急挙動の発生箇所が記録されたETC2.0プローブ情報を活用し、圏央道の開通効果が分析されている。この結果、圏央道経由の経路では都心経由に比べて、所要時間の時間帯変動や急挙動の発生が少なく、安定的な走行が可能であることが示された。また、圏央道開通前後のトリップ長分布の比較を通じて、中央環状線や圏央道と並行する一般道路の大型車の長距離トリップが圏央道に転換し、路線の機能分担が明確になったことが示唆されている。

### (5) 一般道路における自動運転サービスの社会実装に向けた取組

国土交通省では「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスの実証実験」を2017年より実施してきた。特に歩道がなく路肩も狭い区間においては、円滑な走行のために解決すべき課題として、歩行者・自転車を車両センサが検知し走行停止するケース、沿道の植栽や除雪による道路脇の堆雪を車両センサが障害物として検知するケース、山間部や人家連坦部においてGPSの位置測定精度が低下するケースなどが明らかになっている。

### 【成果の活用】

本研究における海外動向調査の結果については、我が国の施策を検討する上での基礎的情報として活用が期待できる。また、国内事例については、PIARCなどにおいて、事例紹介、レポート作成等に活用され、我が国のITS技術の国際展開に寄与する。

# 自動運転サービスの実現に向けた研究

## Research on realization of automated driving services

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 中川 敏正  
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa  
研 究 官 中田 諒  
Researcher NAKATA Ryo  
交流研究員 藤村 亮太  
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

The purpose of this study is to gain the knowledge about the installation interval of magnetic marker according to the road alignment.

### [研究目的及び経緯]

国総研では、2017年より国交省が実施している道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験（実証実験）において、自動運転車が自動走行を継続できなくなる要因を明らかにした。その要因の一つとして、自車位置特定に関する課題があり、当該課題への対応として磁気マーカや電磁誘導線（路面施設）（図-1）を使用して道路側から自車位置特定の補助を行った。

実証実験において、路面施設が安定した自動走行に寄与する施設であることが確認されたことを受け、2020年5月に道路法が改正され、路面施設が自動運行補助施設として道路附属物に位置づけられた。これを受け、国総研では、路面施設の計画・設計等に係る技術基準案を作成し、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会の審議を経て、同年11月に国土交通省道路局長より「自動運行補助施設（路面施設）設置基準」が地方整備局等に通知された。

一方、路面施設は実績の少ない技術であり、その設置方法や設置間隔に関する知見が乏しいこと、舗装への中長期的な影響が不明であることなど、技術的課題がある。このため、国総研では路面施設に係る調査研究を行っており、本稿ではその研究の一つである磁気マーカの設置間隔に関する研究について紹介する。

### [研究内容]

これまでの実証実験では、磁気マーカは2m間隔での

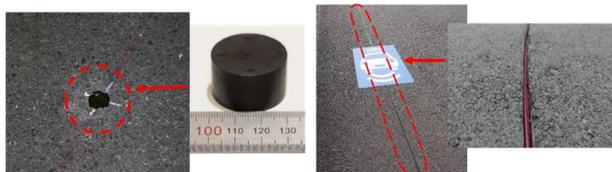


図-1 路面施設（左：磁気マーカ、右：電磁誘導線）

設置を標準としてきたが、磁気マーカの設置間隔を広げることで設置費用の削減が期待できる。一方で、設置間隔を広げることで自動運転車が走行する際の道路横断方向への走行ズレが大きくなることが想定される。また、磁気マーカの設置では、道路線形によって望ましい設置間隔が異なることが考えられる。そこで、道路線形に応じた適切な設置間隔に関する知見を得るため、磁気マーカの設置間隔等の条件を複数設定して、磁気マーカの設置間隔と自動運転車が走行した際の磁気マーカに対する道路横断方向への離隔距離（車両に搭載された磁気センサと磁気マーカ中心との離隔（磁気マーカからの離隔））を計測する実験を行った（表-1、図-2）。なお、実験の評価について、自動運転車の走行位置の平均値を「走行予定コース」とし、「走行予定コ

表-1 実験条件

道路線形	設置間隔	走行速度 (バスタイプ)	走行速度 (乗用車タイプ)
			
直線	2m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	2m (2個) + 8m空き	10 [km/h]	10 [km/h]
	2m (2個) + 16m空き	20 [km/h]	30 [km/h]
単路カーブ (R=30m)	1m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	1m間隔	10 [km/h]	10 [km/h]
	2m (2個) + 8m空き	20 [km/h]	10 [km/h]
交差点左折 (R=12m)	1m間隔	5 [km/h]	5 [km/h]
	2m間隔	10 [km/h]	10 [km/h]

※それぞれの設置間隔を下記のように定義する。

1m間隔を「密」、2m間隔を「標準」

2m (2個) + 8m空きを「やや疎」、2m (2個) + 16m空きを「疎」

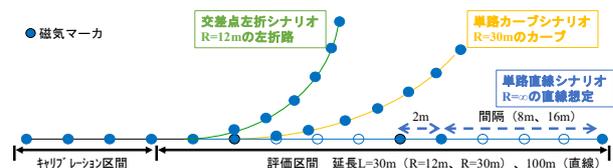


図-2 磁気マーカの設置イメージ

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

ース」と「走行ごとの自動運転車の走行位置」の偏差（ズレ幅）を用いて評価を行った。

**【研究成果】**

表-1 に示した全走行パターンについて、ズレ幅の発生頻度を算出した。ここでは、車両がバスタイプ、走行速度が 10km/h の結果を以下に示す。設置間隔については、1m 間隔を「密」、2m 間隔を「標準」、2m 間隔と 8m 間隔の交互を「やや疎」、2m 間隔と 16m 間隔の交互を「疎」として、間隔を変えた場合の差異を確認した。

直線走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-2 の通りである。磁気マーカの設置間隔を広げるとズレ幅は大きくなる傾向にある。ズレ幅の発生は、「標準」の場合は 4mm 以内、「やや疎」、「疎」の場合は、ともに 19mm 以内である。「やや疎」と「疎」が同じズレ幅の範囲に収まっているが、4mm 以下のズレ幅の発生頻度を比べてみると「やや疎」の方が多い（「やや疎」が全体の約 95%、「疎」が全体の 75%）。ズレ幅が小さい方が自動運転車の走行は安定しているため、設置間隔が自車位置特定の補助に与えた効果はあると考えられる。単路カーブ走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-3 の通りである。ズレ幅の発生は、「密」の場合は 29mm 以内、「標準」の場合は 19mm 以内、「やや疎」の場合は 59mm 以内である。ここで、1 回だけであるが、「標準」の場合よりも「密」の時の方が大きいズレ幅があった。また、4mm 以下のズレ幅の発生頻度を見てみると「密」の場合は全体の約 61%、「標準」は全体の約 64%である。このことから、単路カーブにおいては設置間隔が広がることによる影響を明確には確認できなかった。交差点左折走行時におけるズレ幅の発生頻度は、表-4 の通りである。直線と同様に、磁気マーカの設置間隔を広げるとズレ幅は大きくなる傾向にある。ズレ幅の発生は、「密」の場合は 19mm 以内、「標準」の場合は 39mm 以内である。

**【成果の活用】**

本研究の成果は、自動運転サービスを地域に導入しようとする際に、走行ルート（磁気マーカの設置間隔）を設定する上での参考値としての活用が期待できる。例えば、表-2 より直線区間において 4mm 以下のズレ幅しか許容できないような場合は「標準」の設置間隔、約 20mm まで許容できる場合には「やや疎」若しくは「疎」の設置間隔という具合に設置間隔を設定することができる。

引き続き、自動運転サービスを実現に向け、路面施設等の調査研究を推進し、地方公共団体等に対する技術支援を実施していきたい。



図-3 実験の様子

表-2 ズレ幅の発生頻度（直線）

ズレ幅の範囲	設置間隔		
	標準	やや疎	疎
ズレ幅 ≤ 4mm	510	104	45
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	0	4	12
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	0	2	3
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	0	0	0
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	0	0
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0	0
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0	0
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0	0

表-3 ズレ幅の発生頻度（単路カーブ）

ズレ幅の範囲	設置間隔		
	密	標準	やや疎
ズレ幅 ≤ 4mm	188	103	20
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	98	47	6
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	23	10	8
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	1	0	0
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	0	2
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0	1
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0	1
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0	0

表-4 ズレ幅の発生頻度（交差点左折）

ズレ幅の範囲	設置間隔	
	密	標準
ズレ幅 ≤ 4mm	179	74
5mm ≤ ズレ幅 ≤ 9mm	90	31
10mm ≤ ズレ幅 ≤ 19mm	21	27
20mm ≤ ズレ幅 ≤ 29mm	0	12
30mm ≤ ズレ幅 ≤ 39mm	0	5
40mm ≤ ズレ幅 ≤ 49mm	0	0
50mm ≤ ズレ幅 ≤ 59mm	0	0
60mm ≤ ズレ幅 ≤ 69mm	0	0
70mm ≤ ズレ幅 ≤ 79mm	0	0
80mm ≤ ズレ幅 ≤ 89mm	0	0
90mm ≤ ズレ幅 ≤ 99mm	0	0
100mm ≤ ズレ幅 ≤ 109mm	0	0

# 自動運転社会に向けた道路交通運用に関する研究

## Research on road traffic operation for automated driving society

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hiroataka  
主任研究官 中川 敏正  
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa  
研 究 官 中田 諒  
Researcher NAKATA Ryo  
交流研究員 花守 輝明  
Guest Research Engineer HANAMORI Teruaki  
交流研究員 藤村 亮太  
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

The purpose of this study is to conduct a traffic simulation to verify the effectiveness of merging support information provision system on expressways.

### 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、高速道路等の合流部において、本線走行車に関する情報を合流車(自動運転)に提供し、安全で円滑な自動合流を支援する道路交通環境の構築を目指している。

国総研では、官民共同研究において合流支援情報提供システムの構築を進めている。この中で、合流部の道路構造、本線の交通特性等に応じた適切な合流支援のあり方を検討している。具体的には、「適切なシステムタイプ(DAY1システム/DAY2システムのどちらか)」、「路側機(車両検知センサ及び情報提供装置)の適切な設置位置・区間」、「本線交通流の観点からのシステムの適用限界」を明らかにすることを目指している。本研究では、交通シミュレーションを用いて合流支援情報提供システムの有効性を検証することとした。

なお、DAY1システムとは、本線上流部の特定断面で車両の速度、車長等を検知し、合流車(自動運転)にス



図-2 シミュレーション対象・範囲

ポットで情報提供するシステムである。一方で、DAY2システムは、本線上流部の一定区間で車両の速度、車長等を一定の時間間隔で複数回検知し、合流車に連続的に情報提供するシステムである(図-1)。

### 〔研究内容と成果〕

#### 1. シミュレーションの構築

交通シミュレーション対象・範囲は、首都高速道路1号羽田線上り空港西入口の合流部とした(図-2)。範囲については、本線はソフトノーズ端から上流300m、下流200m程度、連結路についてはソフトノーズ端から手前120m程度とした。

#### 2. 評価指標の設定

「適用するシステムタイプ(DAY1/DAY2システムのどちらか)」、「路側機の適切な設置位置」、「本線交通流の観点からのシステムの適用限界」を明らかにするため、表-1に示す6つの評価指標を設定した。

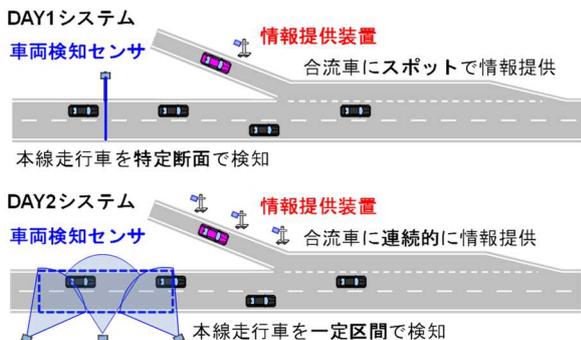


図-1 DAY1システムとDAY2システム

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

表-1 設定した評価指標

評価指標
(a) 本線上前後車両との車間時間
(b) 衝突危険性指標 (TTC・PICUD) ※HN 到達時
(c) 合流車前後車両との車間時間
(d) 衝突危険性指標 (TTC・PICUD) ※合流完了時
(e) 合流車と本線車の加減速度の変化
(f) ドライバーへの制御ハンドオーバー機会割合

### 3. シミュレーションの実施と評価指標の算定

1. で構築したシミュレーションを用い、合流車が本線走行車の間に合流する挙動のシミュレーションを行った。各シナリオにおいて、3,000 ケースの異なるタイミングで合流車を発生させた。なお、シミュレーション時のシナリオについては、「本線交通流の違い」、「システムの処理時間の違い」、「連結路での合流車の上限速度の違い」を考慮して、130 シナリオを設定した。

### 4. シミュレーションの実施と評価指標の算定

シミュレーション実行後に出力される車両のログデータをもとに、各評価指標を算定した。ここでは、結果の一例として、交通状況が「非渋滞」状態のハードノーズ (HN) 位置における本線先行車と合流車との車間時間 (図-3)、合流区間におけるシナリオ毎の危険事象割合 (PICUD がマイナスとなる割合) (図-4) を示す。

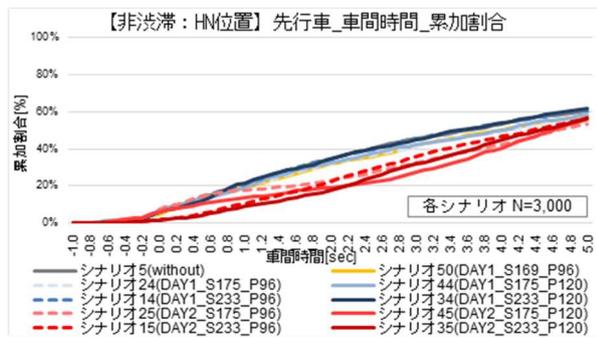


図-3 合流車と本線先行車の車間時間

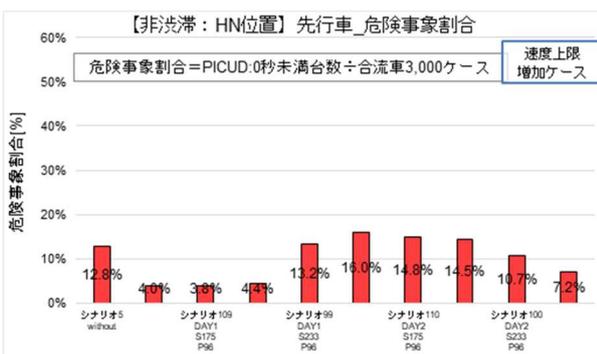


図-4 合流区間におけるシナリオ毎の危険事象割合

### 5. 評価指標の分析・整理

算定した評価指標について、以下の視点で分析し、整理した。

#### (1) 本線交通状況と指標算定位置の影響

本線交通流の違いにより、設定した評価指標がどのように変化するかを確認した。

- 本線先行車/本線後続車との車間時間：HN 位置および合流位置において、合流支援の効果に交通状況やシステムの違い (DAY1 システム / DAY2 システム) への感度が認められた。
- 衝突余裕時間 (Time-To-Collision:TTC)：HN 位置での指標の優劣で合流位置での優劣をおおよそ評価できた。

#### (2) 合流支援の効果と本線交通状況の影響

合流支援情報の有無で比較したとき、車間時間や TTC が支援なしより優位であることから、合流支援の有効性が確認できた。

#### (3) システムの違いによる影響

DAY1 システムと DAY2 システムでは、連続してセンシングと情報提供ができる DAY2 システムの優位性が確認できた。

#### (4) システム遅延時間・合流車の速度上限の影響

システム遅延時間や合流車の連結路での速度上限の違いについては、シナリオによっては、合流支援の効果が十分に得られない場合もあることが確認された。

#### (5) 合流区間長の影響

情報提供位置に対してセンシング位置の HN までの距離が短すぎる設定では、適切ではない車間ギャップへの合流が生じてしまう可能性があることが分かった。

### 【成果の活用】

本研究では、合流支援情報提供システムについて、「システムの種類」、「本線交通流の違い」、「システムの処理時間の違い」、「連結路での合流車の上限速度の違い」など、多角的な観点からシステムの有効性を定量的に把握することができた。本研究の成果は、今後、合流支援情報提供システムの実用化 (設置位置、適用すべきシステムタイプ、交通状況等に応じた有効性) を検討する上での有益な基礎資料となる。

今後の課題としては、現実の合流支援システムのロジックにより近づいたシミュレーションロジックの実装、及び他の合流部における実証実験結果との比較を実施していくことが挙げられる。

# ITS の研究開発及び国際標準化に関する海外動向調査

## Survey of overseas trends in ITS R&D and international standardization

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 小原 弘志  
Senior Researcher OBARA Hiroshi  
研 究 官 寺口 敏生  
Researcher TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 清水 大輔  
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this study, in order to understand the examination status of international standardization, we investigated the trends through hearings with members of domestic subcommittees and participation in international conferences. This report outlines the results of these research.

### 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省は、日本の ITS 技術を国際標準として位置づけることにより、国内の ITS 産業の国際競争力を確保する事を目指している。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、ITS に関する国際標準化機構・専門委員会 204、専門委員会 22 及び専門委員会 268（以下、それぞれ「TC204」「TC22」及び「TC268」という。）における検討状況を調査し、国土交通省道路局の所掌事項に関する国際標準規格案の作成を行っている。

本研究では、国際標準化の作業や検討状況を把握するため、国内分科会委員へのヒアリングや国際会議への参加を通じ、表-1 に示す各 WG の動向を調査した。本報では、それらの調査結果を概説する。

表-1 ITS に関する ISO の WG リスト

TC	SC	WG	審議内容
TC204		WG1	システム機能構成
		WG3	ITS 地理データ
		WG5	自動料金収受
		WG7	商用貨物車運行管理
		WG8	公共交通
		WG9	交通管理
		WG10	旅行者情報
		WG14	走行制御
		WG16	通信
		WG17	ノーマディックデバイス
		WG18	協調 ITS 協調システム
	WG19	モビリティインテグレーション	
TC22	SC31	WG6	データ通信
TC268	SC2	WG1, 2	持続可能なモビリティと輸送

### 〔研究内容及び成果〕

#### 1. 国内分科会の作業状況及び動向調査

表-1 の ITS 関連の国際標準化を検討する各 WG の国内分科会の委員に WEB 会議によりヒアリングを行い、国際規格案の作業状況や会議動向を調査した。調査結果の内、特筆すべき内容を以下に列記する。

##### (1) TC204/WG1：システム機能構成

国内分科会の引き受け団体が事務局を辞めることとなり、自動車技術会が発行文書の見直しや見直し投票などの作業を行うメンテナンスタスクフォースとして活動することとなった。

##### (2) TC204/WG5：自動料金収受

日本から提案した IC カードを利用した車載器のセットアップ方法が TS (Technical Specifications) として発行された。

欧州の EETS (The European Electronic Tolling

Service：欧州統一課金サービス) で活用する課金技術 (ANPR: Automatic Number Plate Recognition) の国際標準化が検討された。

##### (3) TC204/WG7：商用貨物車運行管理

日本から車高クリアランスを提案し、国際標準規格案の新規項目として承認された。

##### (4) TC204/WG14：走行制御

日本から自動運転の遠隔操作に関する項目を提案し、国際標準規格案の新規項目として承認された。

##### (5) TC204/WG19：モビリティインテグレーション

日本が提案した ITS サービスのロールモデルが国際標準規格案の新規項目として承認されたため、道路附属物 (自動運行補助施設) までを含めた国際標準化への提案が可能となった。

##### (6) TC22/SC31/WG6：データ通信

道路インフラシステムとの関わり合いにも十分な配慮が必要であり、エクステンディビクル側との議論に

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

積極的に係る必要があることを確認した。

## 2. 国際的な標準化の動向調査

下記4つのWGに参加する専門家（各1名）から、国際会議での標準化動向について情報収集を行った。

- ・ TC204/WG5：自動料金収受
- ・ TC204/WG16：通信
- ・ TC204/WG17：ノーマディックデバイス
- ・ TC204/WG19：モビリティインテグレーション

調査結果の一例として、TC204/WG5における道路課金制度に関する調査では、一般道の走行距離課金を検討もしくは実施している国（ドイツ、ベルギー、アメリカ、シンガポール、オランダなど）を調査し、

「GNSS (Global Navigation Satellite System) の位置情報から地図上の車両の位置を特定する技術」、「走行距離データの改ざんを防止する技術」や「新しい課金技術の調査」に関する技術開発の内容を重点的に整理した。

### (1) 一般道の走行距離課金

走行距離課金はドイツ、ベルギーなどでは大型車を対象として、ニュージーランドでは大型車だけでなく乗用車を含む全車種を対象として実施されている。現在、全車種を対象に走行距離課金を実施しているのはニュージーランドのみだが、シンガポールや米国では今後導入される予定である。

### (2) 車両の位置を特定する技術

現在使われている車両の位置特定の技術は、GNSSを使った位置測位を始めとして、測位衛星の増加と、広域通信や車載のカメラやセンサを利用した位置測位の高精度化が進みメートル級の測位が可能となっている。自動運転では高精度三次元地図を使い車線を区別するほどの位置測位が実現されている。

### (3) 走行距離データの改ざんを防止する技術

現在利用されている走行距離のデータの改ざん防止は、路上に設置されたカメラによってナンバープレートを撮影し、走行経路を把握することによって、走行距離が改ざんされていないかどうかのチェックが行われている。また、将来の走行距離データの改ざんを防止する技術として、ブロックチェーンが検討されている。

### (4) 新しい課金技術

多くの国で運用されている料金所での現金の支払いやETCの料金収受から、人と接触しないような料金収受やETCに変わる料金収受の新しい課金技術が欧米やアジア地域で検討されている。検討されている新しい課金技術を以下に列記する。

#### ● ナンバープレートを利用した課金技術 (ANPR)

車の所有者に通行料金の未払い請求が出来る仕組み（法制度）が出来ている国が多く、画像認識技術が向上したことから、車載器を搭載せずにナンバープレートを利用した課金技術 (ANPR) を導入する国が増えて

いる。

#### ● スマートフォンを利用した課金技術

多くの人が所有しているスマートフォンを活用し、スマートフォンの位置情報やスマートフォンを利用した二段階認証による個人特定によって、スマートフォンを車載器とした課金技術が米国で検討されている。

#### ● ブロックチェーンを利用した課金技術

不正防止技術のブロックチェーンを利用し、GPS機能が搭載された専用の車載器を用いることで移動距離が計測でき、走行距離税や環境税などが米国で検討されている。

## 3. 国際標準化案の審議状況の調査と修正案の作成

下記3項目の国際標準規格案の審議状況を調査し、規格案がないものはドラフトを作成したり、ISOルール変更に対応していないものは語句の修正や説明の加筆等の修正を実施した。

- ・ Mobility integration -Digital infrastructure service role and functional model for urban ITS service applications (TC204/WG19)
- ・ Low speed automated driving system (LSADS) - part1 overall role and functional model (TC204/WG19)
- ・ Low speed automated driving system (LSADS) - part2 functional gap analysis (TC204/WG19)

また、2022年1月26日付けで国際標準化機構 ISO TC268 SC2にて新規作業予備項目として承認された「フィジカル及びデジタルな道路インフラを活用した自動運転システムのアーキテクチャ」に関し、自動運転モビリティシステムの全体像の策定や具体的なモビリティインフラサービスの作業項目の国際標準化を推進するために必要な提案資料を作成した。

### [成果の活用]

本研究を通じて調査した国内外の国際標準化に関する作業状況や検討状況は、我が国の施策を検討する上での基礎的情報として活用が期待できる。また、これらの国際標準化に関する動向に対しては、国総研が主催するISO/TC204 インフラステアリング委員会等を通じて専門家の意見を仰ぎ、日本のITS技術を国際標準として位置づけるための方策の検討に利用する予定である。

# 一般道路における自動運転を実現するための調査研究

## Research for realization of automated driving in general roads

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 中川 敏正  
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa  
研 究 官 中田 諒  
Researcher NAKATA Ryo  
交流研究員 藤村 亮太  
Guest Research Engineer FUJIMURA Ryota

The purpose of this study is to summarize the technological tasks for automated driving in general roads.

### [研究目的及び経緯]

限定地域での無人自動運転移動サービス（自動運転サービス）については、「2030年までに100箇所以上で社会実装」という目標を掲げ、政府全体で取り組んでいる。

国交省では、これまでに道の駅等を拠点とした自動運転サービス（図-1）の実証実験を全国18か所で行い、順次、社会実装を進めているところである。

国総研は、当該サービスについて「道路・交通」、「地域環境」、「社会受容性」等の観点で主に技術的な分析を実施するとともに、自動運転車を円滑に走行させるための方策等を検討している。

#### 道の駅を拠点とする自動運行車が集落や施設間の移動サービスを提供



図-1 自動運転サービスのイメージ

### [研究内容]

#### 1. 自動運転サービスの手動介入の分析

自動運転車が自動運転を継続できなくなる事象である「手動介入」について、走行データ（運行日報、車載カメラ映像等）をもとに、手動介入の要因分析を行った。手動介入には、車両がセンサ検知情報をもとに自動停止する事象も含まれている。本調査研究では、福岡県みやま市及び山形県高島町で実施された実証実験を対象に分析を行った。

図-2にみやま市と高島町での実証実験の結果を示す。みやま市では、210便分の走行で2.47回/kmの手動介入が発生し、主な理由は「後続車による追い越し」であることを確認した。これは、走行ルートに自動運転車より速度の高い一般車が多く走行する区間の割合が多いことが原因と考えられる。対策としては、自動運転車の待避所の設定が有効と考えられる。高島町では、90便分の走行で0.59回/kmの手動介入が発生し、主な理由は「駐車場内での駐車車両の回避」であることを確認した。これは、狭い敷地内で一般車との錯綜が多いことが原因と考えられる。対策としては、路面標示や交差点に回転灯や電光表示板を設置し自動運転車の存在を周知することが有効と考えられる。

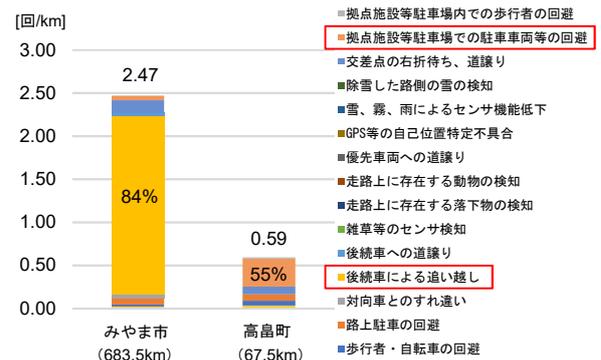


図-2 距離あたりの手動介入の発生状況 (カッコ内は分析データの総走行距離)



図-3 後続車による追い越し状況

※本報告は令和2年度補正予算「ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

## 2. 車道沿いの狭空間を活用した自動運転走行空間の検討

自動運転車は走行速度が小さいため、一般車両とは走行空間を分離することが有効と考えられる。しかしながら、既存の車道から新たに自動運転用の走行空間を創出することは困難である場合も多い。

そこで、本研究では、特例として橋梁上の歩道（幅員約2m、延長約140m）に電磁誘導線で自車位置特定の補助を行う自動運転車を走行させる実験を行った（図-4）。また、走行区間の両端には、歩行者や自転車等との一時的な分離を想定したゲート及び注意喚起標示を設置した。そのうえで、自動走行時と手動走行時の車両走行データを取得し、横ブレ（自動運転車の走行位置と電磁誘導線の位置の離隔）の発生状況を把握した。



図-4 歩道を活用した自動運転走行空間の実験

表-1 横ブレの計測結果

	最大ブレ幅	1走行平均ブレ幅 <sup>※1</sup>
自動運転	3.4cm	0.75cm
手動運転	11.1cm	-7.88cm <sup>※2</sup>

※1 1回の走行で取得されるブレ幅の平均値がもっとも大きかった回の値  
 ※2 電磁誘導線に対して左側がマイナス値

実験の結果は、最大ブレ幅が自動運転で3.4cm、手動運転で11.1cmであった（表-1）。また、1回走行平均ブレ幅が自動運転で0.75cm、手動運転で7.88cmであった。今回の条件においては、自動運転の方が手動運転よりもブレ幅が小さいことが分かり、幅員の小さな空間を走行させることの有効性が示唆された。なお、手動運転は1名のドライバーによる結果であることから、今後は複数属性のドライバーによる検証を行う必要がある。

## 3. 路車協調システムによるスムーズなすれ違いのための方策の検討

自動運転サービスの走行ルートは、細街路に設定される場合もある。この場合、狭隘区間での自動運転車と対向車（一般車両）の交互通行が課題となる。そこで、本研究では、路車協調システムによる円滑な交互通行のための方策を検証した。具体的には、自動運転車からは検知できない地点を走行する対向車を、路側に設置した車両検知センサが検知し、自動運転車に事前に通知することで、所定の待避所で対向車の通過を

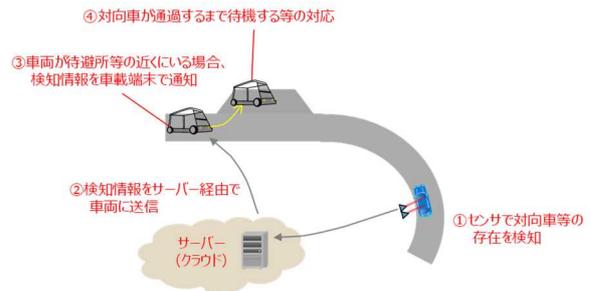


図-5 路車協調システムによるスムーズなすれ違い



図-6 実験状況

左：センサで対向車を検知、右：所定のスペースで待機

表-2 通知継続時間の検証（設定時間と実績時間の差）

	箇所1 (N=13)	箇所2 (N=11)	箇所3 (N=16)
(設定値)	101秒	18秒	13秒
平均値	-1.27秒	-1.55秒	2.35秒
最大値	2.77秒	0.60秒	7.10秒
最小値	-3.87秒	-3.53秒	0.17秒

※設定より実績時間の方が長いとプラス

待ち、円滑な交互通行を実現するものである（図-5、図-6）。実験では「対向車の検知位置」、「通信時間と確実性」、「自動運転車への通知継続時間」等を検証した。なお、通知継続時間については、自動運転車が待避所において対向車と確実に交互通行を実施するために必要な情報提供の時間を明らかにするために検証した。表-2は3箇所では対向車の速度を30km/時と仮定して設定した継続時間に対する実績時間の差である。今回の実験では、遅くて約4秒、早くて約7秒という結果となった。本実験で用いたシステムは既存の要素技術の組み合わせにより実施可能なものであり、実用化の可能性を有していると考えられる。

### [成果の活用と今後]

本研究では、自動運転サービスの走行データをもとに、手動介入の要因分析を行った。また、自動運転車を円滑に走行させるための方策として、車道沿いの狭空間を活用した自動運転走行空間の実験や路車協調システムによる円滑なすれ違いの実験を行った。得られた知見については、当該地域や他地域で社会実装を展開していく上での活用が期待される。

引き続き、自動運転サービスの社会実装を支援するため、自動運行のための走行空間確保策や道路管理のあり方等について調査研究を推進するとともに、地方公共団体等に対する技術支援を実施していきたい。

# 官民連携による路車協調 ITS に関する研究

## Public-private joint R&D on cooperative ITS

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 中川 敏正  
Senior Researcher NAKAGAWA Toshimasa  
研 究 官 寺口 敏生  
Researcher TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 花守 輝明  
Guest Research Engineer HANAMORI Teruaki

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has organized the requirements of lane markings to activate the lane keep assist system in terms of the "peeling ratio" of lane markings.

In this paper, we introduce the basic concept of the peeling ratio and report the results of the analysis of the relationship between the peeling ratio of lane markings and the detection status by on-board sensors.

### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、自動運転車の自律走行を支援するための道路環境の整備のあり方を検討している。これを受けて、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、特に高速道路における自律走行を支援する方策として、合流部における合流支援情報の提供、車載センサが届かない進行方向の情報（先読み情報）の提供、区画線による自車位置特定補助等を研究している。本報では、「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究」において検討を行った、区画線の整備による自車位置特定補助に関する研究成果を報告する。

自動運転車の運転支援システムとして、車線維持支援機能がある。車線維持支援機能は、車載センサで区画線（車線境界線及び車道外側線）を検知し、車線中央を走行するようにハンドル操作を自動で行う機能である。国総研では、車線維持支援機能が作動するために必要となる区画線の要件を「剥離率」という観点で分析・整理している。ここでは、剥離率の考え方を概説するとともに、区画線の剥離状況と車載センサによる区画線の検知状況との関係を分析した結果を報告する。

### [研究内容]

本研究において「剥離率」とは、区画線の設置範囲（図-1に示す境界線内）における剥離部分（図-1境界内の黒領域）の面積割合で表される、区画線のかすれ度合いの指標である。また、剥離率の算定フローを図-2に示す。図-2に示す通り、車載センサとして車載カメラで撮影した画像を解析対象とし、まず事前に準備したテンプレートとの一致度合いをもとに区画線を認識する。次に、区画線の設置範囲の一部（ $1\text{m} \times$

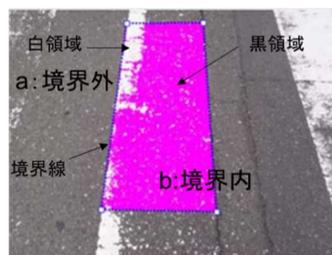


図-1 剥離率のイメージ

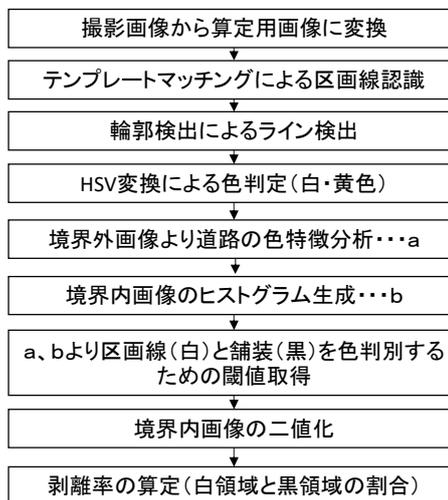
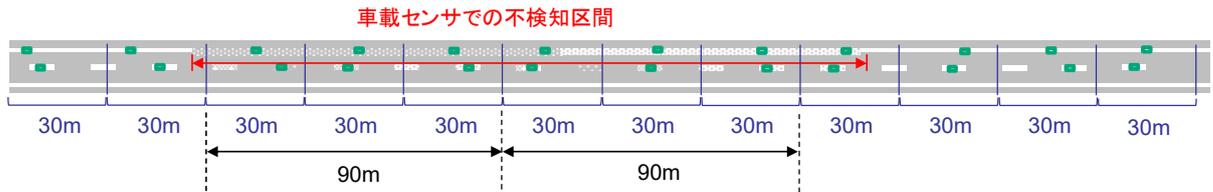


図-2 剥離率の算定フロー

$1\text{m}$ ) を解析境界として検出し、境界内外の色特徴をもとに剥離部分を取得し、剥離率を算定する。その後、上記の処理を一定間隔（今回の場合は  $30\text{m}$ ）で実施し、区画線の剥離率を算定する。なお、剥離率の取得間隔は  $30\text{m}$  であるうえ、剥離率自体が  $1\text{m} \times 1\text{m}$  の特定領域から算出するため、区間としての剥離率の評価に

※本報告は令和2年度補正予算「ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

### パターン①：単純平均



### パターン②：移動平均

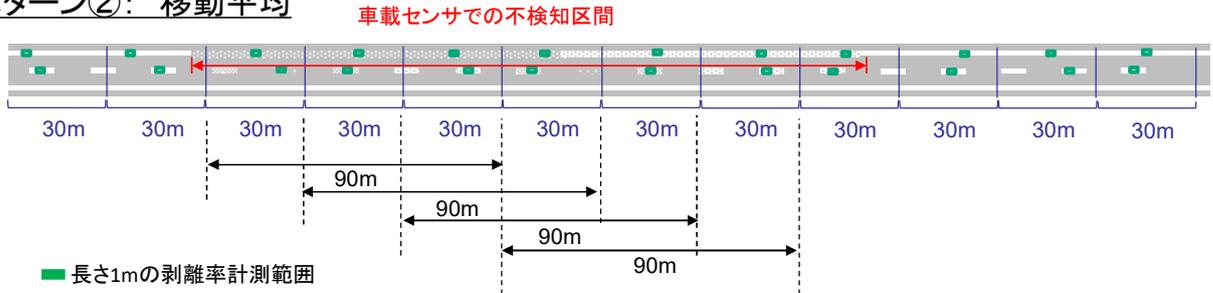


図-3 区間としての区画線の剥離率の評価方法

は工夫が必要となる。そこで、区間としての区画線の剥離率を評価する方法として、「連続する複数区間の剥離率の平均値を代表値とする方法（図-3のパターン①）」と、「2区間以上の剥離率の移動平均を組み合わせて代表値を算出する方法（図-3のパターン②）」を設定することとした。

#### 【研究成果】

本研究では、車載カメラでは区画線が検知できなかった高速道路上の8箇所を抽出し、区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係を分析した。図-4と図-5に、車載カメラで検知できなかった箇所の例を示す（図-4は当該箇所前後での区画線の剥離率、図-5は車載カメラが検知できなかった箇所のカメラ映像）。

また、分析対象とした全箇所（8箇所）について、区

画線の剥離率と車載カメラの検知状況との関係を分析した結果を図-6に示す。分析の結果、区画線の剥離率が85%以上の場合、不検知となる割合が相対的に高いことが分かった。

#### 【成果の活用】

本研究の成果をもとに、引き続き、共同研究において区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係を分析・整理を進めたい。

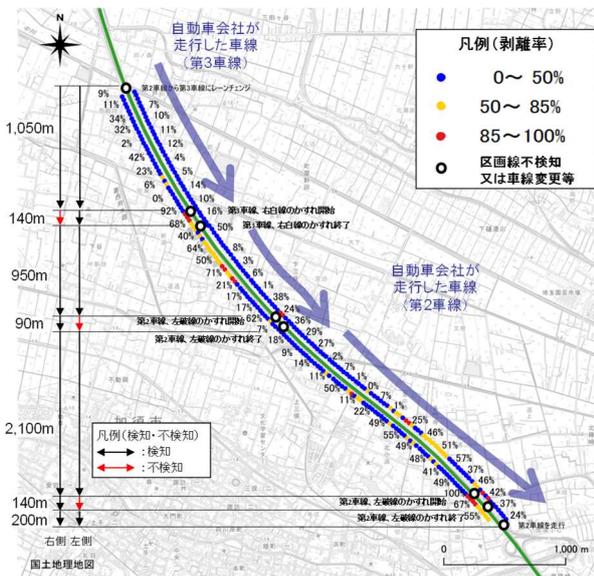


図-4 車載カメラで検知できなかった箇所例



図-5 車載カメラが検知できなかった箇所例

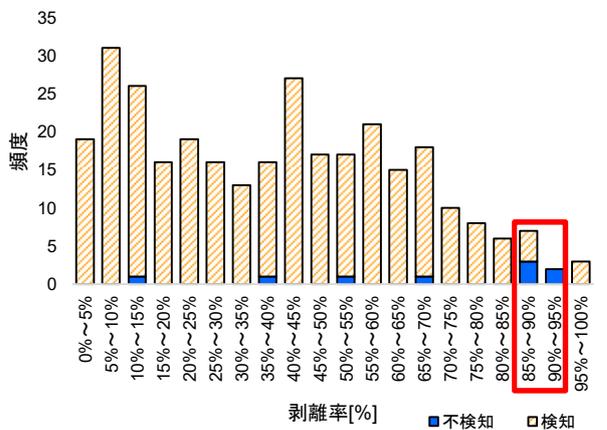


図-6 区画線の剥離率の頻度分布

# ETC2.0 プローブ処理の高度化に関する研究

## Research on advanced processing of ETC 2.0 probe data

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hiroataka  
主任研究官 小原 弘志  
Senior Researcher OBARA Hiroshi  
研 究 官 寺口 敏生  
Researcher TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 清水 大輔  
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this research, we report the research results on the map matching method using the information accumulated when the traveling direction changes as the feature of ETC2.0 probe data.

### 〔研究目的及び経緯〕

ETC2.0 プローブ情報の新たな展開として、国土交通省は、平成30年5月に生産性革命プロジェクトの一つとして「ETC2.0のオープン化」を掲げ、その実現に向けた仕組み作りのための社会実験、共同研究や共同実験を行っている。これらの取り組みを通じて抽出したニーズを確認すると、ETC2.0 プローブ情報を利活用するためには、マップマッチング処理の高速化と処理負荷の軽減が必要であることがわかった。現在のETC2.0 プローブ情報のマップマッチング処理では、走行履歴として記録された座標の近傍ノードをすべて探索し、隣接ノードを接続する走行経路をすべて探索する方法でマップマッチング処理を行っているため、脇道が多い市街地等では探索対象の走行経路が膨大なものとなると考えられる。そこで、国土技術政策総合研究所では、処理の高速化と処理負荷の低減を目的としたマップマッチング手法を検討している。

本研究では、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報を用いたマップマッチング手法を提案し、試行するものである。

### 〔研究内容〕

#### 1. ETC2.0 プローブ情報と提案手法の概要

ETC2.0 プローブ情報は主に、基本情報（車載器等の固有情報）、走行履歴（時刻、緯度経度）及び挙動履歴（前後加速度、左右加速度、ヨー角速度）の3種類の情報で構成される。このうち、走行履歴には、前回蓄積した地点から200m 走行した地点、もしくは進行方向が45度以上変化した地点の情報が蓄積される（図-1）。

本研究の提案手法は、進行方向が45度以上変化した地点を屈曲点とし、屈曲点と屈曲点に挟まれた区間の走行履歴で形成される道路線形と付近のDRM (Digital

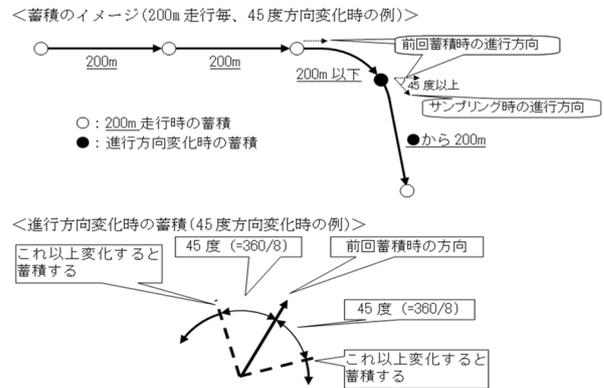


図-1 ETC2.0 プローブ情報の走行履歴の蓄積条件

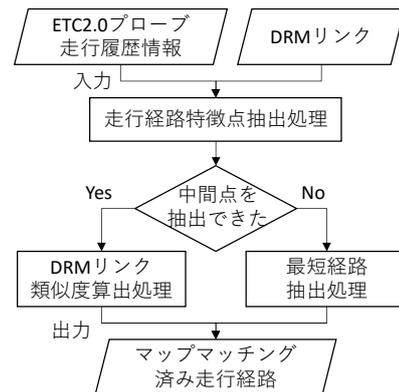


図-2 提案手法の処理の流れ

Road Map) リンクを比較し、その類似度を基にマップマッチングを実施するものである。

本提案手法の処理の流れを図-2に示す。本提案手法では、ETC2.0 プローブ走行履歴情報と DRM リンクを入力し、まずマップマッチング処理の起点となる屈曲点と中間点(2.で詳述)を走行経路特徴点として抽出し、走行経路特徴点を繋ぐ経路を走行経路候補と設定する。

※本報告は令和2年度補正予算「ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

次に、中間点が抽出された場合は DRM リンクとの類似度を評価し、中間点が抽出されなかった場合は最短経路を走行経路として抽出する。最後に、これらの処理を通じてマップマッチング済み走行経路を出力する。

## 2. 中間点の抽出及び DRM リンクとの類似度算出

2つの屈曲点に挟まれた区間の走行履歴にて、隣接する3つの測位点を直線で繋いで織りなす角度が一定の閾値を超えた場合、中央の測位点を中間点として抽出する(図-3)。中間点は、走行経路が変曲する点に対応するものと考えられる。

DRM リンクとの類似度の算出では、まず2つの屈曲点に挟まれた区間の走行履歴から中間点以外の測位点を除去し、始終点と中間点で走行履歴を分割の上、距離延長をそれぞれ計算する。次に、対応する走行経路候補の DRM リンクと比較し、距離延長に基づく按分比率に則った地点に中間点に対応する疑似特徴点を設定する(図-4)。最後に、走行履歴と走行経路候補において、対応する中間点同士の距離を算出する。本提案手法では、この距離の和を類似度とし、値が小さいほど類似度が高いと評価して、そのような経路をマップマッチング済み走行経路として選定する。

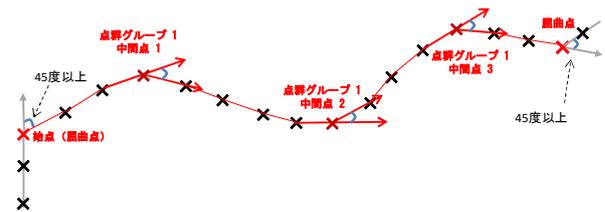


図-3 中間点の抽出

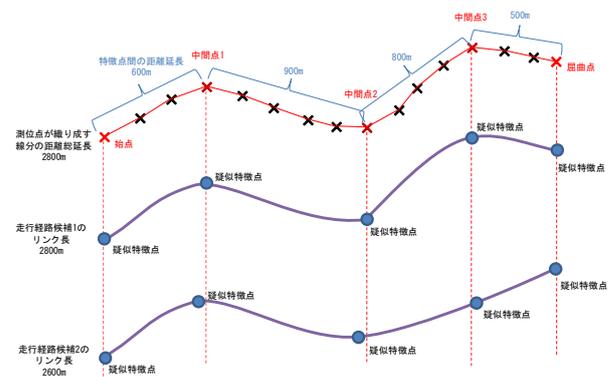


図-4 DRM リンクへの疑似特徴点の設定

### 【研究成果】

本提案手法によりマップマッチングが可能であることを確認するため、進行方向の変化が比較的単純な ETC2.0 プローブ走行履歴を用いて経路探索を試行した。試行対象は、神奈川県相模原市の津久井湖付近の国道412号と413号を走行した ETC2.0 プローブ情報である。なお、中間点の抽出時に用いる角度閾値は、経験的に屈曲点の抽出時の半分の角度である22.5度を用いた。

走行経路特徴点と各走行経路候補に発生させた疑似特徴点のみを抽出し、リンクで接続したグラフを図-5に示す。図-5の8組の走行経路特徴点と疑似特徴点の距離を地球の丸みを考慮してヒュベニの公式により算出し、和を比較(表-1)したところ、距離の和が小さい走行経路候補1がマップマッチング済み走行経路として選定された。

本年度は、提案手法の有効性を確認しやすい経路を試行対象としたが、今後は様々な特徴の道路を対象に試行を行い、適用条件の明確化に取り組む。

### 【成果の活用】

本研究を通じて、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報を活用したマップマッチング手法により経路探索が可能であることを確認した。

一方、屈曲点のマップマッチングが失敗した際に、経路探索が適切に行われないことが想定される。また、複数の道路が基盤の目状に交差している区間にて、適切にマップマッチングできるかどうかの検証が必要である。

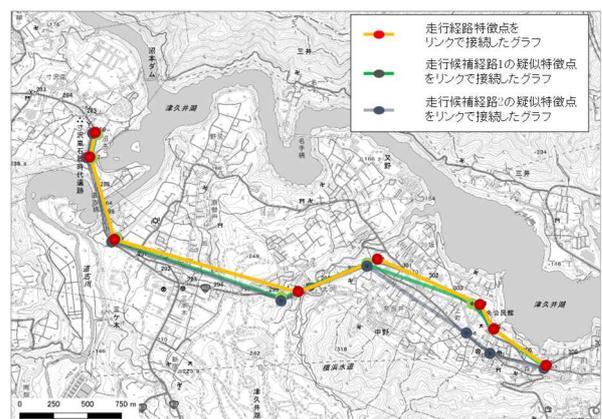


図-5 走行履歴と走行経路候補のグラフ

表-1 走行経路特徴点と疑似特徴点の距離算出結果

特徴点 No.	走行経路候補1の疑似特徴点との距離	走行経路候補2の疑似特徴点との距離
1	3.29 m	3.29 m
2	7.82 m	8.90 m
3	17.19 m	21.40 m
4	18.57 m	27.78 m
5	16.00 m	19.84 m
6	16.52 m	199.52 m
7	7.24 m	136.31 m
8	2.73 m	2.73 m
合計	89.36 m	419.77 m

今後は、これらの課題の抽出とアルゴリズムの改良に取り組む。また、処理に要する時間やシステムの処理負荷等を調査し、ETC2.0 プローブ情報の高速で低負荷なマップマッチング手法の実現に取り組む。

# 次世代 ETC の官民連携での取組に関する調査

## Research on next-generation ETC in public-private partnership

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hiroataka  
主任研究官 小原 弘志  
Senior Researcher OBARA Hiroshi  
研 究 官 寺口 敏生  
Researcher TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 清水 大輔  
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this research, we introduce the results of studying the uplink format of ETC2.0 probe data when the accumulated data volume increased in the ETC2.0 in-vehicle unit.

### 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、2009年より高速道路や直轄国道に設置した ETC2.0 路側機を用いて車両の走行履歴や挙動履歴等からなるプローブ情報を収集し、道路の利用状況の把握に活用している。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、プローブ情報を蓄積する ETC2.0 車載器、車載器と通信して情報を収集する ETC2.0 路側機及び収集したプローブ情報を収集分析するシステムの開発を行ってきた。また、収集したプローブ情報を各種統計調査に活用する方法を研究してきた。これらの研究成果は、季節やイベント発生時の交通需要の調査や被災時の通行可能経路の分析等の場面で用いられている。

将来的な発展として、ETC2.0 プローブ情報の利用場面やニーズの調査をしたところ、分析可能な区間や挙動の拡充が求められていることが判明した。これらの要望に対応するため、国総研では、ETC2.0 車載器のソフトウェアやハードウェア、及び路側機との通信方法に関する検討を進めている。

本報では、上記のニーズに対応して ETC2.0 車載器のデータ量が増加した場合におけるアップリンク（車載器から路側機への通信）時のフォーマットの検討成果を概説する。

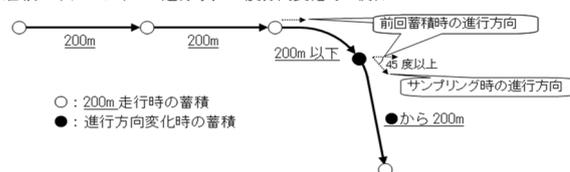
### 〔研究内容及び成果〕

#### 1. アップリンクフォーマットに係る検討項目の整理

ETC2.0 車載器のデータ量が増加した場合でのアップリンクフォーマットの検討にあたり、ETC2.0 プローブ情報の利用場面やニーズに関する調査結果を基に、下記の検討項目を設定した。

A) 走行履歴データの収集距離を現行車載器の 80km から 200km に拡大。また、測位点の記録間隔を現

<蓄積のイメージ(200m 走行毎、45度方向変化時の例)>



<進行方向変化時の蓄積(45度方向変化時の例)>

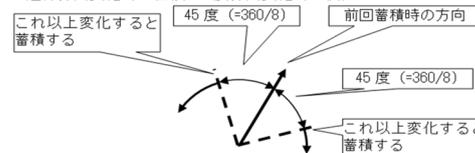


図-1 ETC2.0 プローブ情報の蓄積条件

行の 200m から 100m に短縮

- B) 挙動履歴データの収集量を現行車載器の 31 箇所から 100 箇所に拡大
  - C) 既存のプローブ情報に加え、車両から取得した情報（OBD、CAN 等）や、車両軸重計（OBW）などの計測機器から取得したデータをアップリンク可能なこと
  - D) データ増加に対応するため、ETC2.0 路側機によるデータ収集以外の、スマートフォン経由のインターネット通信など、複数の通信方法でプローブ情報をアップリンクできること
  - E) 生成するプローブ情報を可能な限り廃棄せず、繰り返しデータをアップリンクするなどの方法を用いて収集できること
  - F) ETC2.0 路側機によるデータ収集以外のインターネット回線などを用いたデータ収集に必要な暗号化機能を備えること
  - G) 情報項目の追加を行うために必要なデータ領域を有すること
- 以降では、特に項目 E) を紹介する。

※本報告は令和2年度補正予算「ITS 技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

項目 E) を検討するにあたり、現在の ETC2.0 車載器におけるプローブ情報の蓄積条件 (図-1) やメモリ上のタグ構成とデータ量を確認の上、具体的にどの項目の変更が必要か、どの程度データ量が増加するか等の項目を整理した。ETC2.0 車載器に蓄積されるデータ項目やデータ量が増加する場合、ETC2.0 路側機と一度に通信可能なデータ量を超過することが想定される。そこで、可能な限り今までのアップリンク方式との整合を図りながら、ETC2.0 車載器のデータ蓄積方法と蓄積データの路側機へのアップリンク手順との 2 つの観点を検討した。

(1) 拡張領域を用いたデータ蓄積方法

拡張領域を用いたデータ蓄積方法のイメージを図-2 に示す。図-2 に示すタグ①から⑧までは、現行の通信方式で車載器が路側機に、一度にアップリンク可能な範囲であるが、それを超過したデータは、タグ 21 以降の拡張領域に保管されるようにする。アップリンク完了後、タグ①から⑧までのデータは消去され、タグ 21 以降の拡張領域に保管されているデータをタグ②以降に移し替える。また、前回アップリンク以降に蓄積を開始した最初のプローブ情報は、必ず起点タグ①に格納することとしており、これによりデータ分析上の目印とする。以上の方式で、蓄積したプローブ情報を一度にアップリンクできなかつた場合でも、プローブ情報を可能な限り廃棄せずにアップリンクする。特に、路側機の設置間隔が短い都市内高速の範囲では、一度のアップリンク時のデータ量は小さいことが見込まれるため、蓄積されたデータのアップリンクに有効であるものと期待される。

(2) 蓄積データの路側機へのアップリンク手順

(1) の方法で蓄積したデータを ETC2.0 路側機にアップリンクする際、現状の通信方式では拡張領域に格納されたデータの収集ができない。そこで、ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機の通信時におけるアップリンク手順を確認し、改良項目を抽出した。本研究にて検討した蓄積データの路側機へのアップリンク手順の見直しを図-3 に示す。図-3 に示すとおり、図-2 のタグ①から⑧内のデータをアップリンクした後、ETC2.0 路側機は追加でアップリンクするプローブ情報があるかを ETC2.0 車載器に問い合わせ (メモリ情報要求)、ある場合は改めてアップリンク手順を繰り返し実行する。以上の方式により、拡張領域内のデータのアップリンクに必要な通信プロセスが明らかとなるため、実際の改良が必要になった際の参考情報となることが期待できる。

【成果の活用】

本研究を通じて、将来的に ETC2.0 車載器のデータ量の増加が求められた際、ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機の改修に必要な項目が整理できた。そ

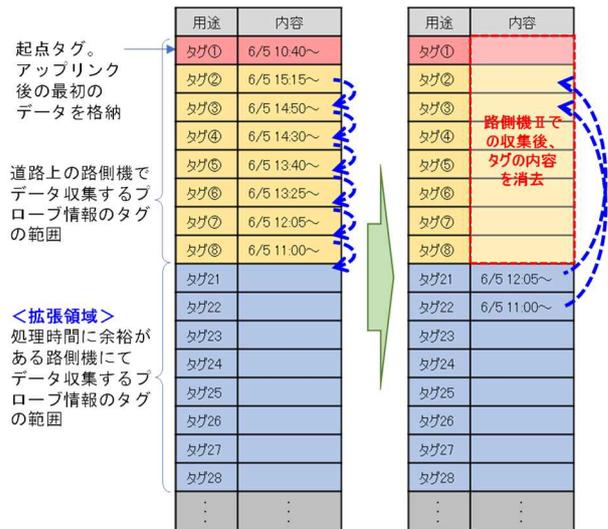


図-2 拡張領域を用いたデータ蓄積方法のイメージ

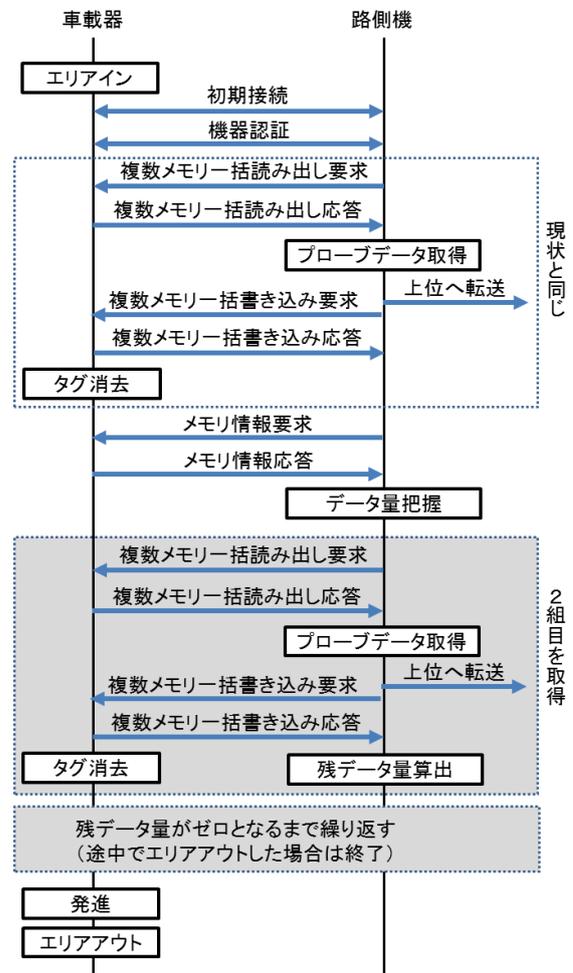


図-3 蓄積データの路側機へのアップリンク手順の見直し

の一方で、全ての機器が一度に変更されず、新旧の機器が混在した場合に、適切にプローブ情報が収集できないことが危惧される。そこで、次年度以降は、本研究成果を基に試作した ETC2.0 車載器と ETC2.0 路側機を用いた実験を通じて、新旧の機器が混在する環境での動作検証を実施する予定である。

# 簡易型路側機を活用した車両運行管理の高度化に関する研究

Research on advancement of vehicle operation management utilizing simplified roadside units

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路交通研究部  
高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hiroataka  
主任研究官 小原 弘志  
Senior Researcher OBARA Hiroshi  
研 究 官 寺口 敏生  
Research Engineer TERAGUCHI Toshio  
交流研究員 清水 大輔  
Guest Research Engineer SHIMIZU Daisuke

In this report, we will summarize the requirements for the additional functions of the simplified roadside units in consideration of the usage situation, and report the results of verifying the operation through experiments.

## [研究目的及び経緯]

国土交通省では、平成22年度より全国の高速道路や直轄国道の3,000箇所以上にETC2.0車載器を搭載した車両のプロープ情報（走行履歴等）の収集等を行えるITSスポット等の路側機（路車間通信用の無線アンテナ）を設置している。また平成30年度より、車両所有者の求めに応じて、車両を特定したプロープ情報（特定プロープ情報）を収集し、車両所有者の運行管理を支援する「ETC2.0車両運行管理支援サービス」の本格運用を開始した。

これを受けて国土技術政策総合研究所では、路側機が設置されている主要幹線道路から離れた位置にある道の駅の交通状況把握や車両管理者が自社の敷地内で即時性の高い特定プロープの取得に用いる簡易型路側機を開発し、様々な現場での導入を通じて、その有効性を検証している。

本報では、簡易型路側機の運用にあたって追加すべき機能の要件を整理すると共に、実験を通じてその動作を検証した結果を報告する。

## [研究内容及び成果]

### 1. 簡易型路側機の概要

簡易型路側機関連システムの概略構成（図-1）を以下に示す。簡易型路側機は、道の駅や物流拠点等の入り口に設置される無線部と、データセンター等に設置される制御部に分かれており、車載器とのデータ交換は基本的に制御部が担う。これにより無線部の機能や設置に係る手間は簡易なものとなるため、導入コストを抑制できるというメリットがある。

### 2. 簡易型路側機の追加機能の要件整理

簡易型路側機に追加すべき機能を整理するにあたり、まず導入から運用までの一連の手続きを時系列順に整理して、その手続きに関係する各者（無線免許

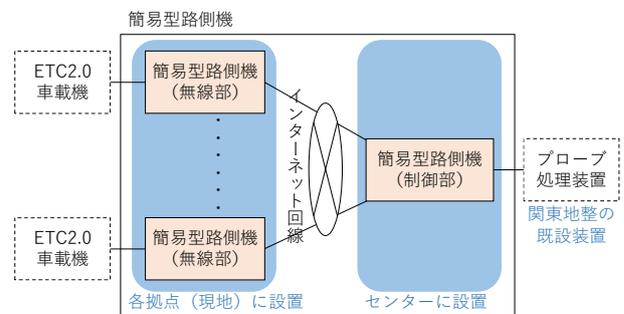


図-1 簡易型路側機関連システムの概略構成

人、制御部の管理・運用者、無線部の設置工事・点検保守作業員、無線部の管理・運用者及びデータ収集・活用者）の立場や役割を整理した。次に、各者の責任を明らかにした上で、必要機能の優先順位を「法的な必要性」や「現状の機能不足」を基準として整理した。特に法的な観点として、簡易型路側機が免許を必要とする基地局型無線設備であるため、稼働監視や停止操作等、電波法上の責務が簡易型路側機の運用者に求められる。本項目に対応した機能追加は優先的に検討した。

以上の流れで検討した結果、下記の5機能を追加すべき機能として整理した。

- 無線部の動作状況を確認し、異常を検知した場合に制御用端末の画面上に通知する機能
- 制御部から電波の発射や停波などの操作を実施できる機能
- 制御部において、各無線部で取得したプロープデータの件数を個別に把握する機能
- 上記3機能を、制御部設置箇所から離れた遠隔地で操作する機能
- 各無線部のプロフィール（設置位置住所等）が見渡せる機能

※本報告は令和2年度補正予算「ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

以上の追加機能を具体化し、改修する既存機器や設置場所、ユーザインタフェースやセキュリティ等の要件を整理した。

【研究成果】

1. 追加機能の動作検証

本研究にて検討した機能要件を基に、評価試験機器を構築し、機能検証を実施した。評価試験時の機器構成を図-2に示す。評価試験の項目は、下記のとおりである。

- 運用記録及びデータ受信記録を5年間分保存できること
- 遠隔地から制御部と無線部の動作状況、リソース使用率やプロフィール情報を表示できること
- 無線部の運用モード（運用/停止）や電波のオンオフの切り替え操作ができること
- 各無線部から受信したプローブデータを時、日、週、年、月でそれぞれ集計し、表示できること
- 無線部の操作やステータスの変化を記録し、その内容を表示すること
- 回線以上等の障害が発生した場合、Eメールで障害通知できること
- ユーザ種別毎に設定されたサービスが利用できること

以上の項目を実験するため試験環境を構築し、上記の試験項目を実施し、開発した追加機能が適切に動作することを確認した。追加機能の例として、遠隔地からのWebによる監視制御画面例を図-3に、集計データのグラフ表示画面例を図-4にそれぞれ示す。これらの機能を用いて、遠隔地から各機能を監視できることを確認した。

2. 関連資料の更新

本研究で得られた検証結果を基に、簡易型路側機運用マニュアルとプローブデータ外部連携機能要件定義書（案）の内容を更新した。

簡易型路側機運用マニュアルには、これまではメンテナンス端末の確認作業は国（または委託業者）に限定されていたところ、本研究で追加した機能によりWeb経由で端末の確認ができるようになり、無線部の運用者（物流拠点管理者など）でも確認ができるようになった点を反映した。また、試行結果を踏まえ、本業務で製作した状態監視画面等をマニュアルに掲載した。

プローブデータ外部連携機能要件定義書（案）には、プローブデータを外部連携する際に、「制御部の管理・運用者＝国（または委託業者）」と「無線部の管理・運用者＝特定プローブデータ利用者」の2つの立場の管理者それぞれに向けた管理機能が必要であることを記載に盛り込んだ。

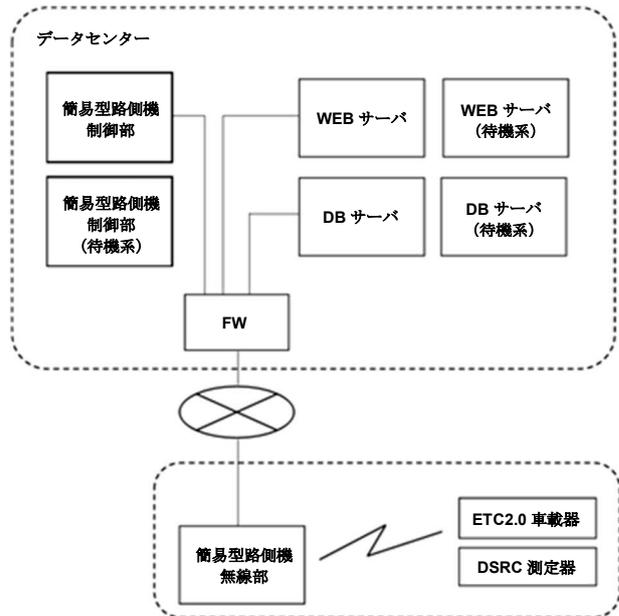


図-2 評価試験時の機器構成



図-3 Webによる監視制御画面例

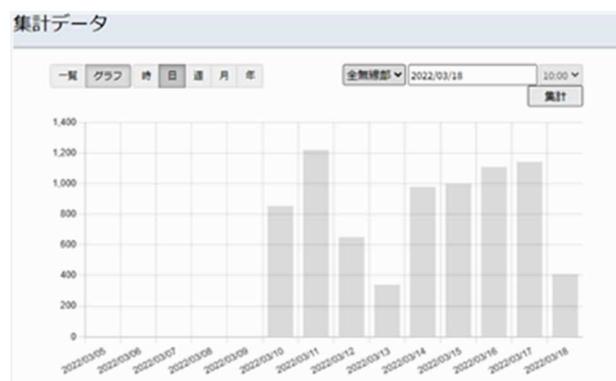


図-4 プローブデータの集計のグラフ表示画面例

【成果の活用】

本研究を通じて、簡易型路側機の具体的なステークホルダーを想定した機能の要件整理及び動作検証を実施した。

今後は、現場実験を通じて民間企業や地方自治体に簡易型路側機の利用を促進すると共に、利便性向上に必要な追加機能の確認・実装と検証を行う。

# 特殊車両モニタリングの高度化に関する調査

## Research on improving the monitoring of oversize or overweight vehicles

(研究期間 平成2年度～令和3年度)

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室  
Road Traffic Department  
Intelligent Transport Systems Division

室 長 関谷 浩孝  
Head SEKIYA Hirotaka  
主任研究官 大橋 幸子  
Senior Researcher OHASHI Sachiko  
研 究 官 山本 真生  
Researcher YAMAMOTO Masaki  
交流研究員 松永 奨生  
Guest Research Engineer MATSUNAGA Shoki

Efficiently monitoring oversize or overweight vehicles traffic with ICT technology to prevent overloading to maintain infrastructure integrity is important, and prompt, efficient procedures for oversize or overweight vehicle traffic is important to improve logistics productivity. In this study, a draft specification for weight recording using OBW based on driving experiments was written, a monitoring system using ETC2.0 probe data was built, and a system for easily updating the road information DB online was designed.

### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、健全なインフラの維持のための過積載の抑止に向け、ICT技術を活用して特殊車両の通行実態を効率的に把握するとともに、物流生産性の向上のため、特殊車両の通行手続きを迅速かつ効率的に行うことを目指している。国土技術政策総合研究所では、車載型重量計(On-Board-Weighing、以降「OBW」という)やETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングの手法を検討するとともに、特殊車両の通行経路の審査に使用する情報を掲載した道路情報DBの更新などの作業を効率化するシステムの構築を行っている。

重量や寸法が一般的制限値を超えた車両が特殊車両であるが、重量については構造物の劣化への影響が特に大きいことから、重量モニタリングを適切に実施することが特に重要である。現行の制度では、道路に設置された特殊車両自動計測装置や取締基地での重量の計測・取締りも行われている。しかし、これらは地点での計測であり面的なモニタリングとしては限界があることから、車両に装着するOBWの活用等の面的な重量モニタリングが望まれる。

特殊車両のモニタリングのうち経路のモニタリングについては、特殊車両のETC2.0の特定プローブ情報(個車が特定できるプローブ情報)とその車両の許可経路情報を用いることで、適正な経路を通行しているかモニタリングを行うことが可能となる。特殊車両の通行の可否は区間により異なることから、経路のモニタリングも重要となる。しかし、特殊車両の通行許可件数は令和元年度に国が許可したものだけで約48万件と膨大であり、効率的にモニタリングを行うことが

できるシステムが必要とされている。

特殊車両の通行の可否については、道路情報DBに情報が収録されている区間は判定が自動で実施できることから、通行手続きの省力化、迅速化の観点から更新の多頻度化が望まれている。現行の道路情報DBの登録は、各道路管理者がオフラインの専用ツールにより実施しており、主に年1回の作業となっている。また、作業が煩雑であるとともに、複数の道路管理者が関係する交差点の登録などでは調整に時間を要していることが課題となっており、改善が必要である。

これらのことを踏まえ、令和3年度は、OBWを利用した重量モニタリングに向け、重量記録タイミング等を検討するための走行実験を行い、重量記録仕様素案をまとめた。また、特殊車両の通行経路について、ETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングシステムを構築した。あわせて、道路情報DBを各道路管理者がオンラインで簡易に更新作業を行うことを可能にするシステムを設計した。

### [研究内容]

#### 1. OBWによる走行実験と重量記録仕様素案作成

本研究では、OBWとETC2.0車載器を接続しETC2.0プローブ情報とともにOBWによる重量計測値を収集することを想定した。そのうえで、重量モニタリングに向け必要な重量計測値を記録できる重量記録仕様素案を作成することとし、重量記録タイミング等を検討するための構内走行実験を行った。走行実験では、2台の大型車両に種類の異なるOBWを装着し、発進、加速、定速、右左折、停止等の車両挙動と直線、カー

※本報告は令和2年度補正予算「ITS技術の活用による道路交通サービスの高度化に向けた検討」について令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果としてまとめたものである。

ブ、傾斜等の道路状況が、重量計測値に与える影響を調査した。

## 2. 特殊車両の通行経路モニタリングシステム構築

モニタリングを行う車両の抽出方法、常時モニタリングを可能とする処理能力等について検討を行い、ETC2.0プローブ情報を活用したモニタリングシステムを構築した。

## 3. 道路情報 DB オンライン更新システムの設計

情報の正確性確保と管理者間調整等での作業量軽減を主眼に検討を行い、道路情報 DB オンライン更新システムを設計するとともに、システムのプロトタイプを作成し使いやすさに関して道路管理者にヒアリングを行った。

### [研究成果]

#### 1. OBW による走行実験と重量記録仕様素案作成

実験走行(図-1)の結果、いくつかの車両挙動、道路状況が計測値に大きく影響するものの、それらを除けば走行中であっても計測値は概ね安定していた(図-2)。なお、OBWは種類により計測方法(空気圧による計測、歪みによる計測等)が異なるため、車両挙動、道路状況の影響の出現具合に違いがみられた。結果を踏まえ、重量記録仕様素案を5案作成した。

#### 2. 特殊車両の通行経路モニタリングシステム構築

検討の結果、日次でのモニタリング対象車両の入れ替えが可能とするシステムとし、1日分の対象車両の経路外走行判定処理が24時間以内に可能であり継続的にモニタリングを行うことができるシステムを構築した(図-3)。

#### 3. 道路情報 DB オンライン更新システムの設計

検討の結果、DRM更新情報を利用して道路情報DBの更新漏れをなくすなど正確性の向上が期待される機能を備えるとともに、オンライン通知での管理者間の調整を可能にして効率化する機能等も備えた道路情報DBオンライン更新システムを設計した(図-4)。また、ヒアリングの結果、区間延長など自動計測箇所への拡充に関する要望等があり、修正を行った。

### [成果の活用]

本研究の成果のうちOBWによる重量記録仕様素案については、今後のOBWによる重量モニタリング検討に向けた基礎資料として活用予定である。特殊車両の通行経路モニタリングシステムについては、令和4年2月から試行運用され、令和4年度からの本格運用が予定されている。道路情報DBオンライン更新システム設計に関する成果については、今後の道路情報DBオンライン更新システム構築にあたっての基礎資料として活用予定である。



図-1 OBW 装着車両の実験走行の様子

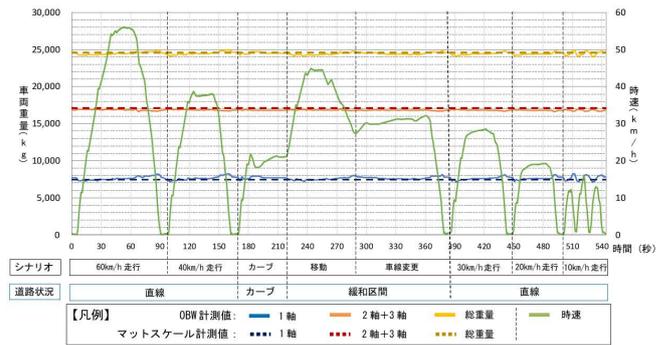


図-2 車両挙動・道路状況と重量計測値



図-3 モニタリングシステムでの経路確認イメージ

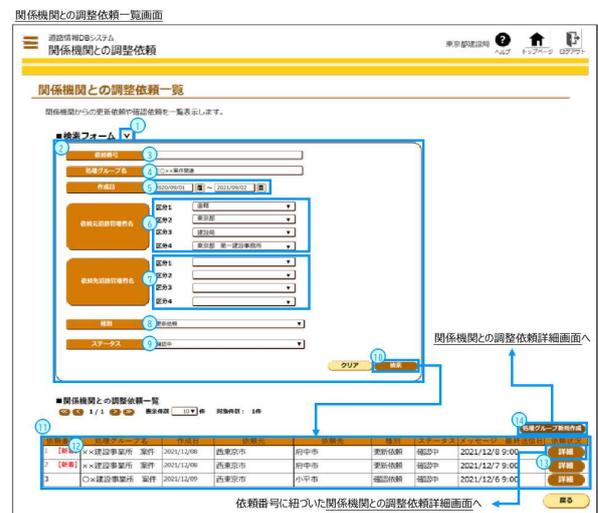


図-4 道路情報DB更新システムのイメージ