

高速道路における安全で円滑な自動運転の実現に向けた取組

中田 諒・花守輝明・中川敏正・関谷浩孝

1. はじめに

自動運転は一般的に人間による運転よりも安全で円滑であることが期待されるものであり、交通事故削減、渋滞緩和、環境負荷低減等に資するものと考えられる。

官民ITS構想・ロードマップ¹⁾では、自動運転の実現に向けた目標が明確化されており、自家用車については2025年を目途に高速道路での自動運転（レベル4）の実現が掲げられている（表-1）。また、道路政策ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」では、目指す社会像のひとつに、日本各地で人が自由に居住し、移動し、活動することを挙げ、道路による貢献の具体イメージとして自動運転車に対応した幹線道路ネットワークの形成を示している。

自動運転技術としては、車載センサの検知情報に基づき自動制御を行う車両自律型技術が開発され、車両への実装が進められているが、車載センサで得られる情報には限界があり、車両単独では自動運転を継続出来ない場面が存在する。そこで、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、このような場面を対象に、道路インフラと自動車が相互通信により情報を共有し、より良い道路交通を実現するシステムである路車協調ITSに関する官民共同研究を行ってきた。

本稿では、高速道路における安全で円滑な自動運転の実現に向けた、当該共同研究の取組を紹介する。

2. 国総研の官民共同研究の取組

国総研では、高速道路での自動運転を道路側から支援するための情報提供サービスについて、自動車会社、高速道路会社、通信機器メーカー等と共同研究を行ってきた²⁾³⁾。以下では、これまでに検討してきた情報提供サービス⁴⁾について、システムのイメージとともに説明する。

2.1 合流支援情報提供サービス

合流支援情報提供サービスとは、高速道路本線の交通状況を車両検知センサで把握し、合流車（自動運転）に情報提供することで安全で円滑な合流を支援するサービスである（図-1）。

我が国の都市高速道路では、合流車線が短く、



図-1 合流支援情報提供サービス

表-1 自家用車の自動運転システムの市場化・サービス実現目標（期待時期）と評価

実現が見込まれる技術(例)	市場化等期待時期	内容	評価
運転支援システムの高度化	2020年代前半	・ 高速道路においてドライバーは前方を注視しつつも、ハンズオフが可能な運転支援システム（レベル2）を市場化（自動車会社各社） ・ 今後はより高性能なセンサ、カメラを搭載した車両が市場化予定	目標達成
一般道路での運転支援	2020年まで	・ 主要幹線道路（国道、主な地方道）において、直進運転が可能な運転支援機能（ACC（車間距離制御装置）+LKAS（車線維持支援システム））を有するも、信号や交差点の通過での支援機能は未実装	一部実現
高速道路での自動運転	2020年目途	・ 改正道路運送車両法の施行（2020年4月） ・ 改正道路交通法の施行（2020年4月） ・ 高速道路渋滞時における自動運転システム（レベル3）を市場化	目標達成
	2025年目途	・ 民間において車両技術開発を推進、レベル4におけるビジネス価値を検討中 ・ 高速道路上の合流部等における道路側から情報提供を行う仕組み等の検討	計画通り進捗

参考文献1を基に筆者が作成。

かつ合流車から本線への見通しが悪い箇所が存在する。このため、本線走行車の速度、合流部への到達計算時刻等を情報提供することで、合流車が事前に速度や合流のタイミングを調整することが期待出来る。

共同研究では、これまでにシステム仕様案及び情報提供フォーマット案を作成するとともに、当該システムの基幹的要素技術である車両検知センサの計測精度を確認するための実験を行ってきた⁵⁾⁶⁾。現在の取組は、本稿の第3章で記載する。

2.2 先読み情報提供サービス

先読み情報提供サービスとは、車載センサでは検知出来ない前方の情報を自動運転車に提供するサービスである。これにより、自動運転車が余裕を持った車線変更等が可能になり、安全で円滑な自動運転が期待出来る。

共同研究では、「路上障害情報提供サービス（図-2）」、「IC出口等の渋滞情報の提供サービス（図-3）」及び「料金所情報提供サービス（図-4）」を検討した。料金所情報提供サービスについては、内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）が主体となり、国総研が共同研究で作成した技術仕様案を基に東京臨海部実証実験⁷⁾において



図-4 料金所情報提供サービス

効果検証を行った。延べ365回（うち路車協調型自動運転車は15回）の情報提供を行い、全ての回で料金所を円滑に通過出来ることを確認した。

2.3 自車位置特定補助情報

自動運転車の車線維持支援システム（LKAS）は、車載カメラ等で区画線を読み取り、車線中央を走行するようにハンドル操作を自動で行うものである。ところが、かすれた区画線については車載カメラで検知することが出来なく、LKASが作動しないことがある。このため、LKASが作動するための区画線の条件を明らかにする研究を行っている。

共同研究では、車載カメラで取得した画像データ等から区画線の剥離率（区画線面積における剥離面積の割合）を調査するとともに、LKAS搭載車両を実走させてLKASの作動条件のベースとなる白線認識の状況を把握し、区画線の剥離率とLKASの作動率との関係の分析を行った。その結果、区画線の剥離率が概ね80%以下であれば、車載カメラが認識出来ることを確認した。今後は路面の状態や時間帯等による影響を把握することが課題である。

3. 合流支援情報提供サービスの検討

3.1 DAY1システムとDAY2システムの概要

合流支援情報提供サービスを実現するシステム（以下「合流支援情報提供システム」という。）は、「DAY1システム」と「DAY2システム」に大別されている（図-5）。DAY1システムは、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0.1秒間隔等で複数回検知し、合流車（自動運転）に連続的に提供するシステムである。

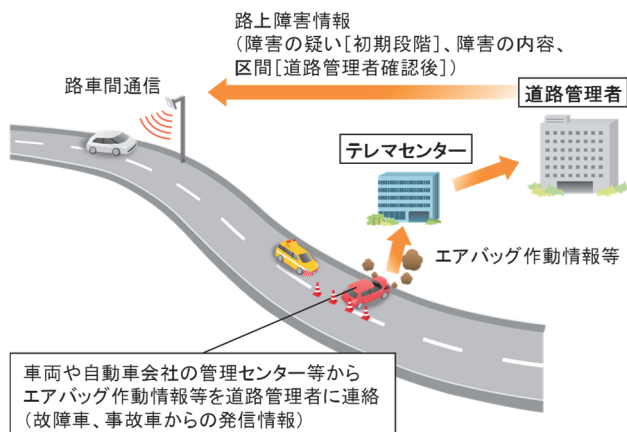


図-2 路上障害情報提供サービス（事故情報）

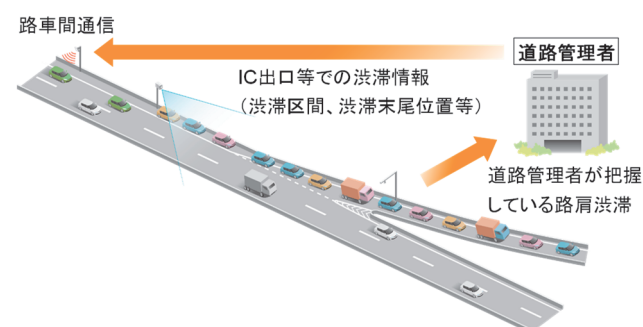


図-3 IC出口等の渋滞情報の提供サービス

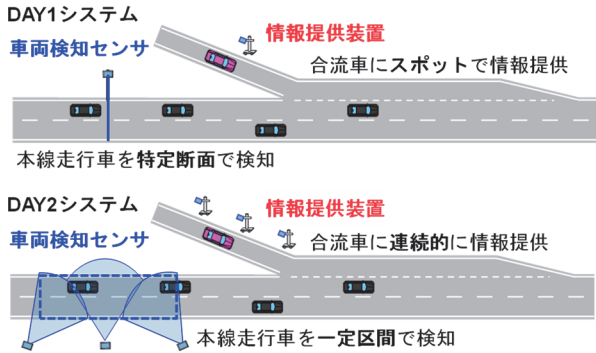


図-5 DAY1システムとDAY2システム

共同研究では、システムで用いる要素技術の技術レベルを考慮して、まずは既存の要素技術で構築が可能で個々の機器の仕様が比較的明確であるDAY1システムを対象に技術仕様案を作成し、実証実験を通じて検証した（3.2に記載）。その後、DAY1システムの技術仕様案や要素技術の開発動向等を考慮して、DAY2システムを対象に技術仕様案を作成し、実証実験を通じて検証した（3.3に記載）。

3.2 合流支援情報提供システム（DAY1）の実証実験

2020年3月から2021年3月にかけて、内閣府



図-6 東京臨海部実証実験
（首都高速1号羽田線空港西入口（上り））

SIPが主体となり、国総研が共同研究で作成したDAY1システムの技術仕様案を基に東京臨海部実証実験を実施した（図-6）。

当該実験では、実道の多様な交通状況下で効果検証を行い、合流部への到達計算時刻と実際の到達時刻の差異が約2秒であることを把握した。

3.3 合流支援情報提供システム（DAY2）の実証実験

2022年3月には、試験走路に合流部を再現し、DAY2システムの有効性を確認する実証実験を約1か月間実施した（図-7）。

当該実験では、表-2に示すように合流部の幾何構造（本線の検知区間長、加速車線の区間長）や、走行パターン（本線走行車の走行条件及び速度、

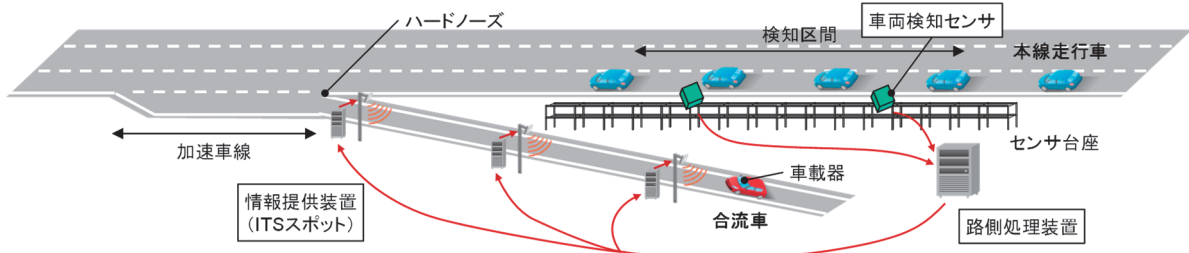


図-7 DAY2システムの実証実験の機器レイアウト

表-2 DAY2システムの実証実験で設定した実験ケース

No.	合流部の幾何構造		走行パターン				
	本線	加速車線	本線走行車		合流車		
	検知区間長	区間長	走行条件	速度	最大速度		
1	126m	200m	・ 5台が第一走行車線を走行 ・ 速度は一定 ・ 車間時間は2秒	70km/h	90km/h (実勢速度を想定)		
2				40km/h			
3		50m		70km/h			
4				40km/h			
5	209m	200m		90km/h		90km/h (実勢速度を想定)	
6				70km/h			
7				50km/h			
8				90km/h			
9		50m		70km/h			60km/h (規制速度を想定)
10				50km/h			
11				70km/h			
12				50km/h			

表-3 DAY2システムの実証実験における検証項目

	検証項目	検証内容
合流車	合流成功割合	加速車線の終点までに本線合流出来た回数、出来なかった回数
	合流適正割合	合流車が適切な位置(車間が長い箇所)に合流出来た回数
	TTC・PICUD※	合流車の本線合流時における合流車と前後の本線走行車とのTTC・PICUD
	合流地点	合流車の本線合流時のハードノーズからの距離
	加減速	合流車の加速車線走行時における加速度、減速度
	急ハンドル	合流車の加速車線走行時における最大角速度
	合流開始～終了時間、走行軌跡	合流車が連結路から本線に合流するまでの所要時間と走行軌跡
走行本線車	回避行動(避走)	合流車の本線合流時における、本線走行車の減速量及び避走の有無
	合流前後での速度調整の有無	合流車が本線合流した後に、第1車線および第2車線の本線走行車の急減速の有無(ブレーキランプ点灯等)

※ TTC (Time-to-Collision) は、追従状態の車両2台が速度を保っている時に、後方車両が前方車両に追いつくまでの時間。
PICUD (Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration) は、先行車両が急減速した際に、後続車両が遅れて急減速し停車した時の相対位置。

合流車の最大速度)を複数設定し、合流支援情報の提供がある場合とない場合でそれぞれ5回ずつ走行させた(計120回)。

実験車両及び機器から得られるログや、複数のアングルで撮影したビデオから読み取った車両挙動等を分析し、表-3に示す検証項目を実験ケース毎に評価することで、DAY2システムによる合流支援がどのような場合に有効であるかを把握することとしている。

現在、鋭意分析を進めており、今後、土木技術資料等において結果を報告する他、実験の様子を国総研YouTubeチャンネルで公開予定である。

4. おわりに

自動運転の早期の実用化のためには、車両単体のみではなく、道路との連携により道路インフラと車両が相互に情報共有出来る仕組みを整備することが重要である。引き続き、国総研では、共同研究等を通じて、自動運転の実用化、安全・安心・円滑な道路の実現に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 官民ITS構想・ロードマップ、2021年6月15日、<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20210615/roadmap.pdf>
- 2) 次世代の協調ITSの実用化に向けた技術開発に関する共同研究、報道発表資料、2018年1月19日、<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20180119.pdf>
- 3) 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、報道発表資料、2021年11月16日、https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001500.html
- 4) 井坪慎二、岩里泰幸、関谷浩孝、御器谷昭央：自動運転の早期実用化に向けた協調ITSの開発、土木技術資料、第62巻、第1号、pp.16～19、2020
- 5) 中川敏正、関谷浩孝、中田諒、花守輝明、藤村亮太：東京臨海部実証実験による合流支援情報提供システム(DAY1システム)の検証、交通工学論文集、第8巻、第1号、pp.39～48、2022
- 6) 中川敏正、関谷浩孝、中田諒、花守輝明、藤村亮太：合流支援情報提供システム(DAY2システム)の車両検知センサの計測精度に関する基礎検討、交通工学論文集、第8巻、第1号、pp.49～58、2022
- 7) 内閣府SIP 東京臨海部実証実験、https://www.sip-adus.go.jp/fot/fot01_04.php

中田 諒



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 研究官、現 阪神高速道路(株) NAKATA Ryo

花守輝明



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 交流研究員 HANAMORI Teruaki

中川敏正



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 主任研究官 NAKAGAWA Toshimasa

関谷浩孝



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部 高度道路交通システム研究室長、博士(工学) Dr. SEKIYA Hiroataka