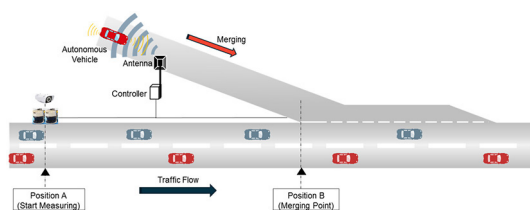


自動運転車支援のための協調型 ITS 合流支援システム

Approach for Realization of Merging Point Support System as Cooperative ITS



北嶋 一 欽*¹
Kazuyosi Kitajima

山本 公之*²
Masayuki Yamamoto

早川 祥史*³
Yoshifumi Hayakawa

自動運転車を対象とした高速道路の合流部で路側インフラがサポートするシステムの開発が期待されている。高速道路本線の合流車線手前で本線を走行する車両をセンシングして、車両挙動の情報を合流する自動運転車へ提供するシステムである。本線上流部で走行車線の車両の“車両速度”、“車間距離”、“車長”などをセンサにより精度よく検知して、合流部に到達するときの“到達予想時間”、“車間距離”、“車長”などの情報提供を行い、自動運転車のスムーズな合流を支援することを目的としている。

1. はじめに

自動運転車に関連する研究開発と実証実験が、ここ数年、世界中に非常に活発に行われている。日本においては内閣府が主導して自動運転車の普及に向け取り組んでおり、高速道路の合流部でインフラがサポートするシステムの開発が期待されている。特に都市部では合流車線が短く且つ合流車線から本線への見通しも悪いため、自動運転車がスムーズな合流をするためには、路側インフラによる、本線車線の車両挙動の情報を合流車線手前から提供する合流支援サービスが必要であるとされている。

2. 合流支援システムの種類

合流支援サービスとしては、本線の状況を連続的に合流車両に通知することが望ましいが、本線で高精度に面的な車両検知する方法と合流する自動運転車に連続して情報提供する通信方法など課題が多く実用化には時間がかかる。まずは既存の技術で実現できる合流支援サービスとして Day1システムと、将来技術も含めた Day2システムの2種類について導入が検討されている。

(1) Day1システム

このシステムは既存の技術を使用して設計されており、高速道路本線の上流部の一箇所ですべて車両挙動をセンシングし、本線道路に合流する自動運転車両に情報提供する。

ここで、走行する車両は一定速度で走行すると仮定して、本線との合流部に到着する時間を予測する。ただし、課題として、本線道路を走行する車両が車線を変更したり、車両速度を変更したりする場合、合流支援システムから提供される情報とは異なる場合がある。

(2) Day2システム

このシステムは、センサの位置と合流部の間をセンシングエリアとして車両挙動を検出し、自動運転車に継続的に情報提供することにより、Day1システムの課題を解決する。

これは最終的な合流支援システムを目指すものであるが、様々な気象条件下で 24 時間正確に検出することを検討しなくてはならないため、複雑で高価なシステムとなってしまう場合がある。

次章以降では、Day2 システムを見据え、当社が構築した Day1システムについて説明する。

*1 三菱重工機械システム(株) ITS 事業本部 技術部

*2 三菱重工機械システム(株) ITS 事業本部 主幹

*3 三菱重工機械システム(株) ITS 事業本部 技術部 次長 技術士(電気電子部門)

3. 合流支援システム (Day1)

(1) システムの概要

システムは、レーザセンサ、コントローラ、及び DSRC (Dedicated Short Range Communication) アンテナで構成されている。2組のレーザセンサを使用して、本線道路を走行する車両をセンシングし、車両速度と車長を測定する。

測定された本線の車両情報から、合流部に到達する推定到着時間と車両前後の車間距離の予測値を計算して合流支援データが生成され、DSRC アンテナを介して自動運転車両に通知される。

自動運転車両は情報を受信した後、DSRC アンテナ設置位置から合流部までの間で速度を調整するなど、高速道路の本線に安全でスムーズな合流をするための制御として、合流支援データを利用する。

(2) システムの実現性の検討

合流支援システムを設計するために、本線と合流車線での車両速度、加速、検出から通知までのシステム遅延時間、安全性を確保するための車間距離など、いくつかのパラメータを考慮する必要がある。

本線走行車両と合流する自動運転車の関係を図1に示す。図1は車両が連続に走行している状況の車間を狙って自動運転車両が合流するシナリオを検証している。自動運転車がDSRC アンテナ位置で合流支援データを受信して、自動運転車両が本線車両の1台目と2台目の車間にタイミングよく合流できるケースと、加速を制御して2台目と3台目の車間で合流できるケースとをシミュレーションしたものである。

実際の道路では、合流車線の長さ、道路の直線性、DSRC アンテナの無線通信に必要な通信領域などの制約があるため、実際の道路状況に基づいて上記のパラメータと設計値を調整する必要がある。

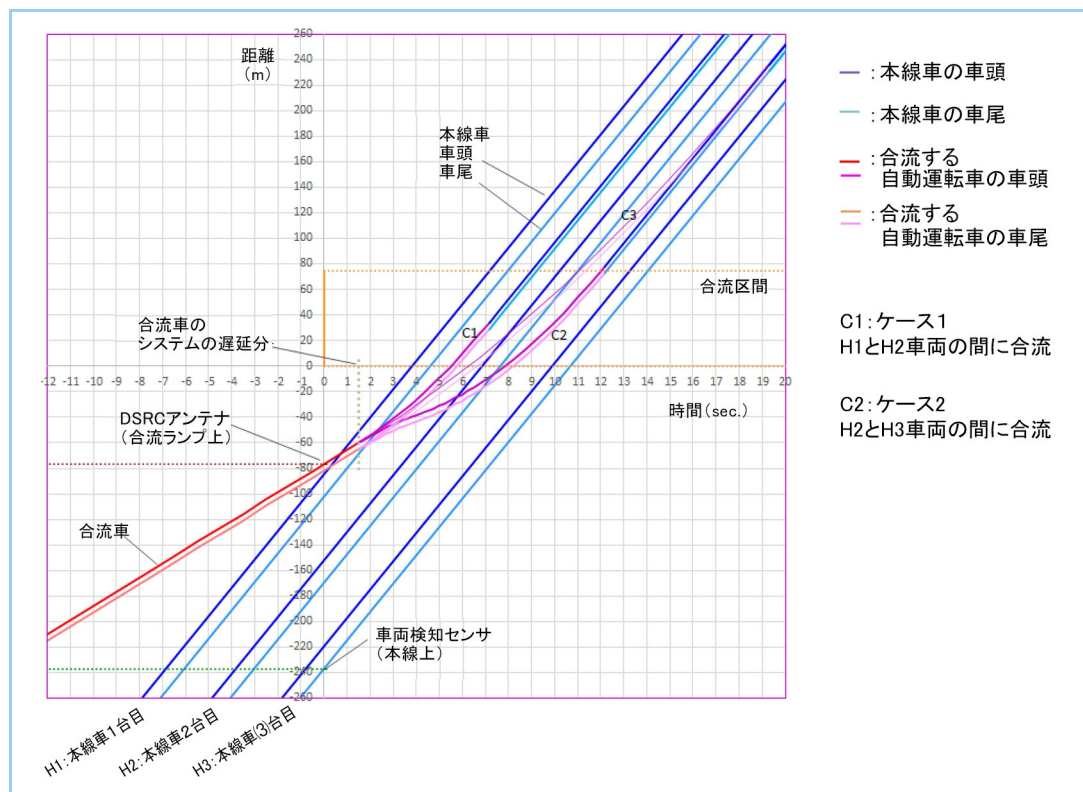


図1本線走行車両と合流する自動運転車の関係

4. 車両挙動の分析

まずは、Day1システムがどれほど効果的かを確認することが重要となるため、実際の高速道路の車両挙動の分析を行った。センサの位置と合流部の間で、走行車両の車線変更状況や速度変更状況を把握するため、首都高速道路の車両挙動をビデオ撮影して分析を行った。

4.1 分析手法

センサの位置と合流部での走行車両の動画を撮影するために、首都高速道路5号の横の高層ビルに2台のビデオカメラを設置した。図2はカメラからの撮影サンプルである。

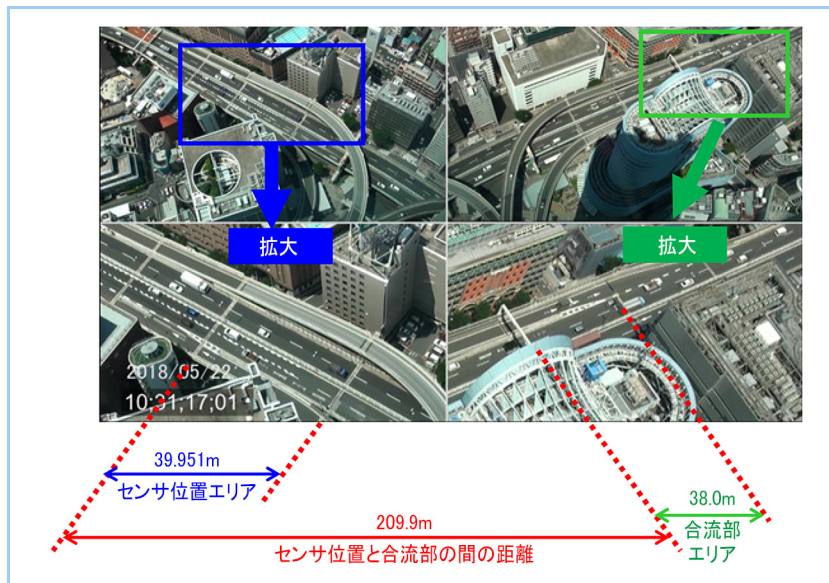


図2 カメラからの撮影サンプル

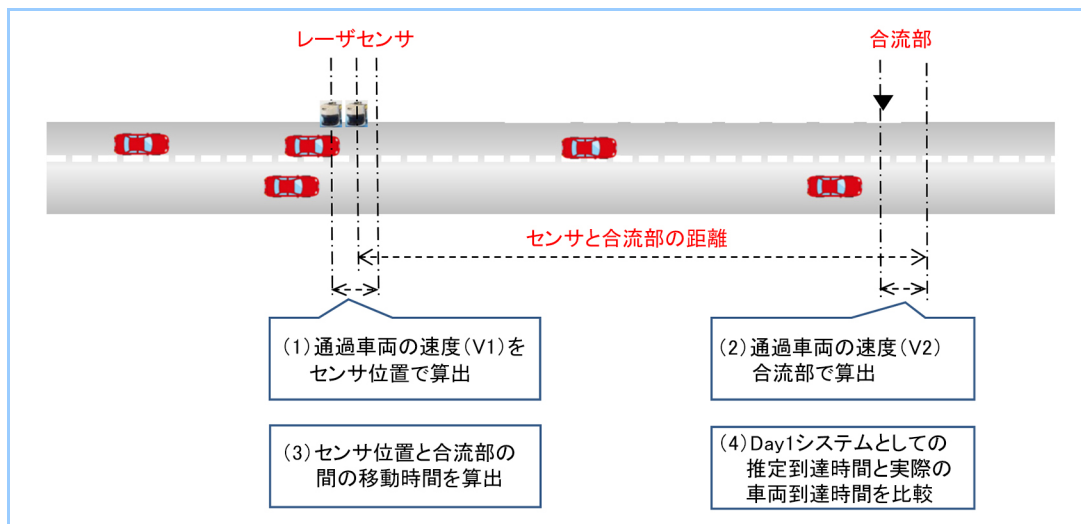


図3 分析手順

図3に示す分析手順は次の通りである。

- (1) センサの位置で撮影されたビデオ動画を使用して、この場所を通過する時間より個々の車両速度 (V1) を算出。
- (2) 合流部の位置で撮影されたビデオ動画を使用して、この場所を通過する個々の車両速度 (V2) を算出。
- (3) センサの位置から合流部までの、個々の車両移動時間は、各区間を通過するタイムスタンプによって算出。
- (4) 合流部への推定到着時間は Day1システムとして上記の V1の車両速度とセンサ位置と合流部間との距離から計算され、合流部の実際の車両到着時間である合流部のタイムスタンプと比

較される。

図4に示す交通データの中から、交通量が多く、平均車両速度が速い、午前10時30分から午前10時45分までの交通データ(合計15分)を分析対象とした。

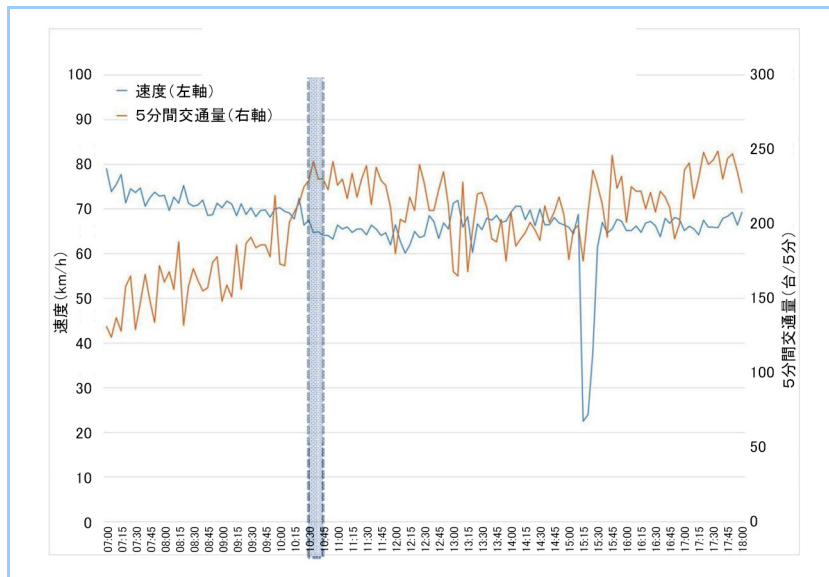


図4 交通データと分析対象

4.2 分析結果

(1) センサ位置と合流部での車速差異(図5)

- ・ 半分以上の車両が同じ速度で走行している(速度誤差 5Km/h 以内)
- ・ 合流部での車両速度は、センサ位置の車両速度よりも遅い傾向がある

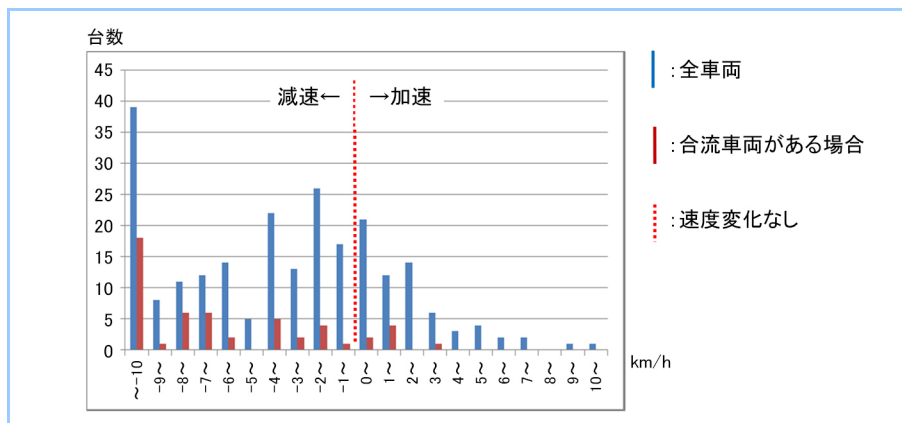


図5 センサ位置と合流部の車両速度差異

(2) 推定到達時刻と実際の到着時刻の時間差(図6)

- ・ 図4に示す交通データによると、車両速度は通常の状態では約 70Km/h(=19.4m/s)
- ・ 推定到達時刻が実際の到達時刻と1秒間異なる場合、車両が等速走行した時と比べて合流部での車両の位置は 19.4m 異なることになる
- ・ 本線道路の車両速度はセンサの位置と合流部の間で大きく変化していることもあるため、自動運転車両は Day1システムから提供される情報に基づいて、安全でスムーズに本線道路に合流できるように速度調整と合流時の状況判断を行う必要がある。

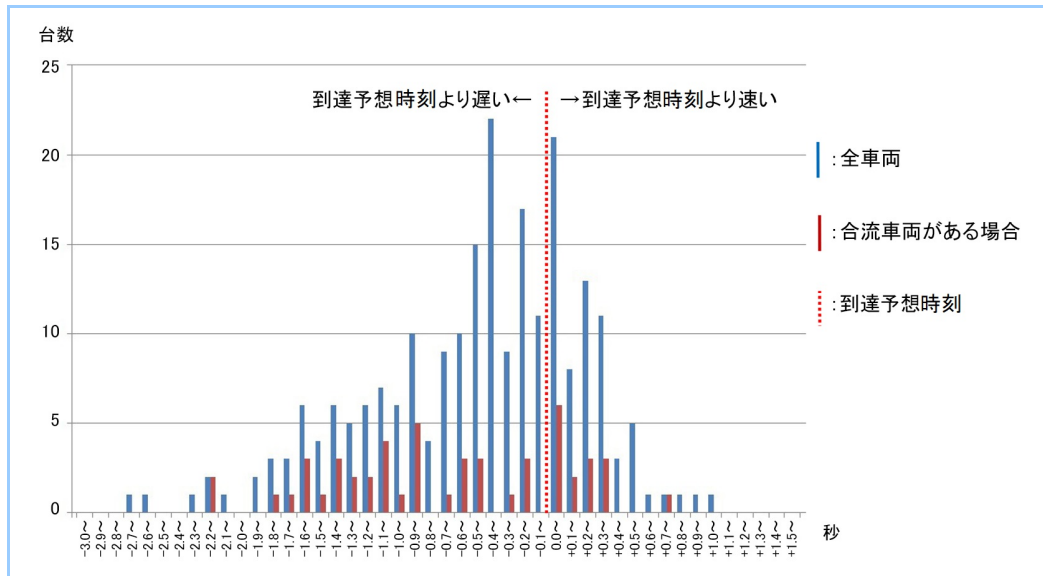


図6 到達予想時刻と実際の車両到達時刻の差異

5. Day1システムの評価

合流支援システムは、路側インフラが合流する自動運転車両へ本線側を走行する車両の情報を提供し、合流する自動運転車はその情報を利用して安全に合流制御をするシステムである。路側インフラは本線側を走行する車両の走行状況を正確にセンシングして本線側を走行する車両の状況を遅延なく発信することが求められる。Day1システムでは合流部から上流のある場所で本線を走行する車両を正しく検知して、車両速度と車長などを正しく計測することが求められる。このため社内テストコースで実車両を使い車両検知、車両形状の測定、及び車両速度について評価を実施した。試験内容と結果を表1に、試験の様子を図7に示す。

表1 試験内容と結果 ※表中[]は要求性能

試験内容	
車両種別	乗用車・ワゴン車・貨物車両・二輪車
テスト時の車両速度	20・40・60・80 km/h
走行種別	並走・縦走・組み合わせ走行
テスト結果	
車両検出率	100% [99%以上]
車両形状の測定精度	誤差 50cm 以内 (車両の長さ, 高さ, 幅) [誤差 50cm以内]
計測した車両速度	誤差 1km/h 以内 [誤差 1km/h 以内]



図7 社内テストコースでの試験の様子

車両の検知と車両形状の測定は合流支援に求められる性能を満足していたが、車両速度については計測誤差を限りなく低減することが求められた。従来の算出アルゴリズムでは $\pm 5\text{km/h}$ が計算上の限界であったが、車両速度を計測するセンサの追加と算出アルゴリズムを繰り返し改良することで誤差 1km/h 以内まで達成させることができた。

今回の評価試験ではテスト車両数の制限があるため、実際の道路での検証が必要であり、今後の課題として計画している。また、いくつかの種類の気象条件の下で Day1システムの性能を検証することも計画している。

6. まとめ

Day1システムの合流支援システムについて調査を行い、システム構築と評価を実施した。

本線車両がセンサ位置から合流部に到達するまで速度変化があるため、Day1 システムよりもDay2システムの方が適している。しかし、Day2システムを実用化するまでは課題が多く、Day2システムの製品化は時間がかかる。既存の技術で実現できる Day1システムについては、社内テストコースで評価を実施し、車両速度の計測誤差を1km/hまで低減することが確認できた。自動運転車が合流支援システムとして求める車両速度精度については、Day1システムで要求精度に達することは確認できた。Day1システムは首都高速道路の空港西料金所に設置して、実道評価を行っているところである。

センサは本線の中央にガントリなどにより設置することが望ましいが、設置条件として本線横のポール設置や高さ制限も今後の課題として検討していく必要がある。

以下の項目は近い将来に計画している内容である。

- 実際の道路で Day1システムを検証
- Day1システムとして自動運転車走行車を使用してシステム全体の機能と有効性を検証
- Day2システムの開発及び評価

短期的なソリューションとしての Day1システムは、協調型 ITS のインフラ技術の1つとして、自動運転車をインフラから支援する技術である。更に、最終的に、Day2システムの技術に発展させて実際の道路に適用されていくことが期待されている。

参考文献

- (1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所(2015)次世代の協調 ITS 開発に関する共同研究報告書
- (2) Masayuki YAMAMOTO et al., Approach for realization of merging point support system as Cooperative ITS, 26th ITS World Congress, Singapore, 21-25 October 2019, Paper ID AP-TP2048