

「合流が苦手」なんて言わせない！ ～自動運転車両の円滑な合流を実現する V2I 型ブロードキャスト制御技術を開発～

名古屋大学大学院工学研究科の 東 俊一 教授は、株式会社豊田中央研究所の伊藤 優司、Md Abdus Samad Kamal 元客員研究員、吉村 貴克らの研究グループと共同で、自動運転車両の合流のための V2I^{注1)}型ブロードキャスト制御^{注2)}技術を開発しました。

今回開発した制御技術である「疑似摂動型ブロードキャスト制御」は、東 俊一 教授が 2013 年に発表したマルチエージェントシステム^{注3)}のフォーメーション形成のためのブロードキャスト制御 (Automatica 誌、pp. 2307-2316、2013) を、自動運転車両の合流制御のために拡張したものであり、疑似摂動と呼ぶアイデアが鍵となっています。これによって、V2I (Vehicle to infrastructure : 路車間通信) の環境が整えられた車線の合流地点において、本線走行中の車両への影響を極力減らしながら円滑に合流させることが可能になりました。実際、本制御技術を計算機シミュレーションによって検証したところ、人間が運転したとき (自動運転ではない) は、円滑に合流した車両が 70%程度に留まるような交通環境において、今回開発した方法を用いた自動運転では、ほぼ 100%の車両が円滑な合流を実現しました。この結果は、実環境においても大きな効果が得られることが見込まれ、自動運転を実現するにあたっての主要技術のひとつになると考えられます。

この研究成果は、平成 30 年 11 月 21 日付米国科学雑誌 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems オンライン版に掲載されました。

【ポイント】

- ・ 高速道路等で円滑に合流を実現するための自動運転技術を開発した。
- ・ 高いセキュリティが求められる車車間通信（V2V）ではなく、V2I の環境において通信コストの低いブロードキャスト型の制御によって実現した。
- ・ 車両を人間が運転したとき（自動運転ではない）と比較し、円滑に合流した車両の割合を約 70%から約 100%に向上させることを計算機シミュレーションにて確認した。

【研究背景と内容】

走行中の車両の急な減速は、後続車両へ次々と伝搬する恐れがあり、渋滞を引き起こす原因となる。特に、混雑した合流部では、本線と合流車線の車両が協調して走行しなければスムーズな合流は困難であり、急減速する車両が多発しやすく渋滞しやすい場面である。近年は、車両同士が通信で繋がる交通環境を想定し、車両を協調的に制御することで合流場面の円滑化を図る研究が盛んである。それらの通信方式は V2V（車車間通信）と V2I（路車間通信）に大別されるが、セキュリティの観点からは V2I が望ましい。しかしながら、V2I を想定した従来の集中型制御（図 1(a)を参照）では、インフラから各車両へ個別の情報を送信していたため、通信コストが問題となる。そこで本研究では、インフラから全車両へ単一の情報を一斉送信するブロードキャスト型制御（図 1(b)を参照）において、合流を円滑化するための車両制御手法を提案する。これにより、セキュリティと低通信コストの両立が可能となる。

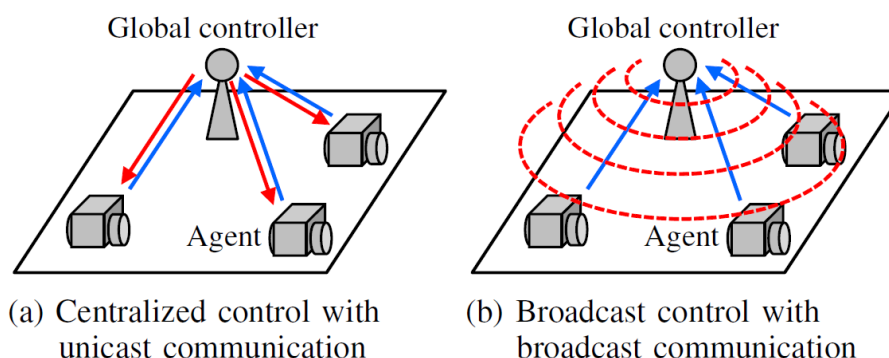


図 1 V2I 通信と制御方式の種類 : (a)1 対 1 で行うユニキャスト通信を用いた集中型制御
(b)単一の情報を一斉送信するブロードキャスト型制御
(項目【論文情報】に記載の論文の Fig.1 より引用)

ブロードキャスト通信を用いた提案手法の概要は次のとおりである。図 2 に示すように、人が運転する手動運転車両と制御可能な自動運転車両が混在している合流場面を想定する。各時刻において、自動運転車両は自車の位置や速度などの情報をグローバル制御器（インフラ）へ送信し、それらの情報を基にグローバル制御器がある単一の情報をブロードキャスト（送信）する。そして、ブロードキャストされた情報を基に各自動運転車両は次時刻の操作を決定する。

ここで、どのような情報をブロードキャストするかが重要な課題となるが、それを解決するのが疑似摂動と呼ばれる方法である。各自動運転車両は次時刻の操作（加減速）の候補を仮想的に作成し、グローバル制御器に送信する。グローバル制御器は、それら

の操作候補を集約することで、合流場面が理想的な状態（円滑に合流できる車両の位置・速度関係）に近づくか否かを計算する。その結果をブロードキャストすることで、各車両は自身の操作候補の良し悪しを判断し、採用するか否かを決定する。この操作候補はランダムに生成することで、様々な操作候補を統計的に漏れなく検証することが可能であり、その結果として滑らかな合流が実現される。

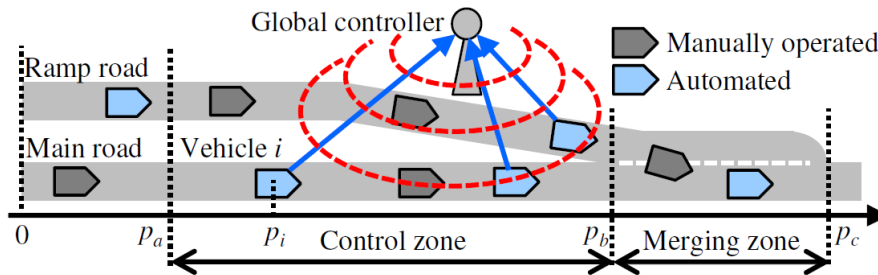


図2 ブロードキャスト型制御による合流場面の概略
(項目【論文情報】に記載の論文の Fig.3 より引用)

本手法を計算機シミュレーションにて検証した結果を図3に示す。本手法で制御された自動運転車両の割合 (R_{AM}) が増加するにつれて、円滑な合流の成功率が増加していることが確認できる。特に、全車両が手動運転である場合 ($R_{AM}=0$) に円滑な合流の成功率は約70%に留まったことに対し、全車両を本手法で制御した場合 ($R_{AM}=1$) には、合流成功率は約100%に達した。以上のことから、本手法が合流場面における交通の流れの円滑化を向上させることが示唆される。

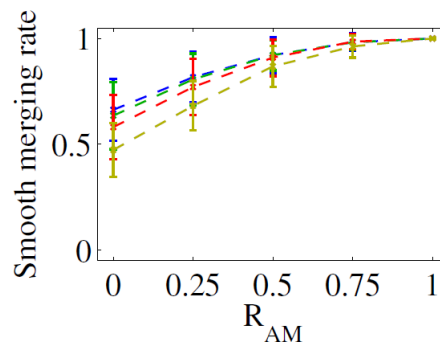


図3 計算機シミュレーションの結果

全車両に対する自動運転車両の割合 (R_{AM}) に対する円滑な合流の成功率
(複数回施行した際の平均と表示偏差) を示す。

本線の走行車両台数は1時間当たり約600台に対し、合流車線の台数は
1時間当たり約400台(青線)、約600台(緑線)、約800台(赤線)、
約1000台(黄緑線)である。(項目【論文情報】に記載の論文の Fig.4(a)より引用)

【成果の意義】

近年、自動運転の実現に向けた研究が盛んに行われているが、本成果はインフラからブロードキャスト型の情報伝達によって交通の円滑化を実現したものであり、今後、合流に限らず、交差点での交差、前方車両への追従など他の機能への展開が期待される。

【用語説明】

- 注 1) V2I : Vehicle to infrastructure の略で、車両と交通インフラとして設置された制御装置との間で情報をやり取りし、車両を制御する技術。
- 注 2) ブロードキャスト制御 : 制御信号をシステムの構成要素毎に送信するのではなく、同じ信号を一斉にブロードキャストして制御する方法。V2I 型ブロードキャスト制御技術とは、インフラを中心としたブロードキャスト制御のこと。
- 注 3) マルチエージェントシステム : 多数のサブシステムが相互作用するシステムのこと。

【論文情報】

雑誌名 : IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems

論文タイトル : Coordination of Connected Vehicles on Merging Roads Using Pseudo-Perturbation-Based Broadcast Control

著者 : 伊藤 優司、Md Abdus Samad Kamal、吉村 貴克、東 俊一

DOI: [10.1109/TITS.2018.2876905](https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2876905)