

インフラ協調型自動運転向け 車両間調停システム

竹原崇成*
Takayoshi Takehara
西脇剛史†
Takeshi Nishiwaki
前田 崇†
Takashi Maeda

伊藤益夫‡
Masuo Ito
濱田悠司§
Yuji Hamada

Behavior Arbitration System between Vehicles for Infrastructure - based Autonomous Driving

要 旨

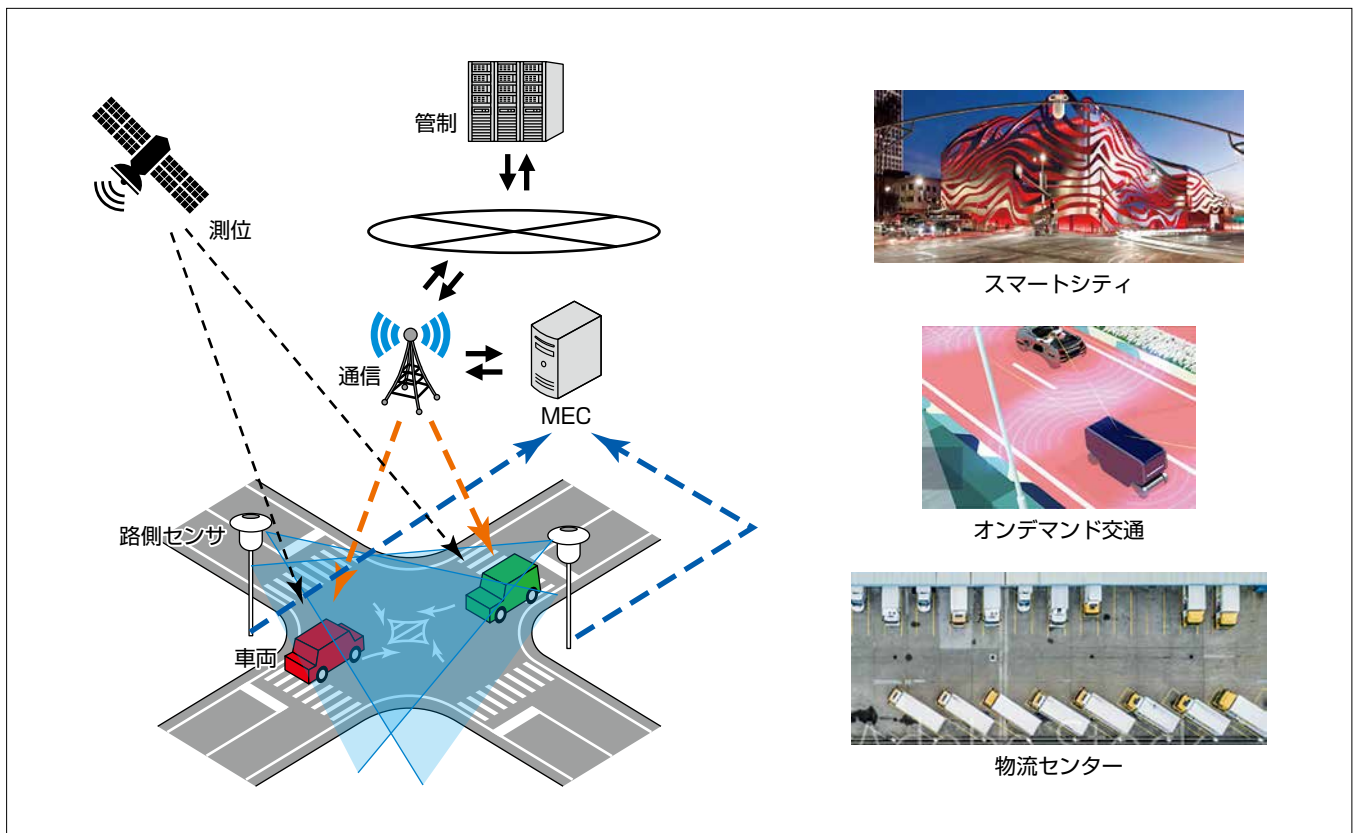
近年、レベル4以上の高度な自動運転システムの実現に向けた開発が進められている。三菱電機では、レーダやカメラ等の車載センサを用いた自律型の自動運転に加えて、準天頂衛星による高精度測位や路側センサ、ダイナミックマップを活用したインフラ型の自動運転を組み合わせたインフラ協調型自動運転システムの開発を推進している。

インフラ協調型自動運転では、準天頂衛星から測位補強情報を受信してセンチメートル級の高精度な自車位置の測位を実現する。さらに、路側センサが検出した自車周辺の車両や歩行者の位置を高精度地図上にマッピングしたダイナミックマップ情報を、車両が路車間通信によってリアルタイムに受け取ることで高度な自動運転を実現する。この

ダイナミックマップ情報は、インターネット上のクラウドサーバではなく、車両に近いエリア内に設置されたエッジサーバ(MEC: Multi-access Edge Computing)で演算することで処理の遅延を小さくしている。

今回、このMECと路車間通信を用いて複数車両で走行経路の調停を行う機能を開発した。複数車両が同時に車線変更しようとするユースケースについて、高速な5G通信とMECを用いて調停を行う実証実験を実施した。

今後、インフラ協調型自動運転の社会実装を目指して様々なユースケースで実証実験を進めて、スマートシティを始めとする安全で快適なモビリティ社会の実現に貢献していく。



インフラ協調型自動運転システムとそのアプリケーション

インフラ協調型自動運転システムは、エリア内の車両や歩行者を検知する路側センサや、路側センサ情報からエリア内のダイナミックマップを生成するMECなどを配置することによって、限定エリア内での高度な自動運転を実現できる。スマートシティ、オンデマンド交通や物流センターなどへの展開が期待される。

*自動車機器開発センター(博士(情報科学)) †同センター
‡通信システムエンジニアリングセンター §先端技術総合研究所

1. ま え が き

政府がまとめた官民ITS(Intelligent Transport Systems)構想・ロードマップ2020⁽¹⁾によれば、2025年をめどに高速道路や限定地域でシステムが全ての運転タスクを実施する自動運転レベル4の普及が期待されている。このような状況下、当社では、レーダやカメラ等の車載センサを用いた自律型の自動運転と、準天頂衛星による高精度測位や路側センサ、ダイナミックマップを活用したインフラ協調型自動運転システムを開発している。

インフラ協調型自動運転システムでは、車載センサで得られる情報に加えて、衛星測位やダイナミックマップなどインフラから得られる情報を用いて自動運転を行う。これによって、夜間や積雪時等の視認性の悪い条件や死角の多い環境でも、安定した自動運転を行うことが可能になる⁽²⁾。

本稿では、当社が取り組んでいるインフラ協調型自動運転の開発での路車間通信を活用した複数車両に対する車両間調停機能について述べる。

2. インフラ協調型自動運転システム

インフラ協調型自動運転システムでは、路車間通信を使って車両とインフラが連携しながら自動運転を行う(図1)。インフラ側には車両の配車・走行経路の作成を行う管制システム、エリア内の車両や歩行者を検知する路側センサ、路側センサ情報からエリア内のダイナミックマップ情報を

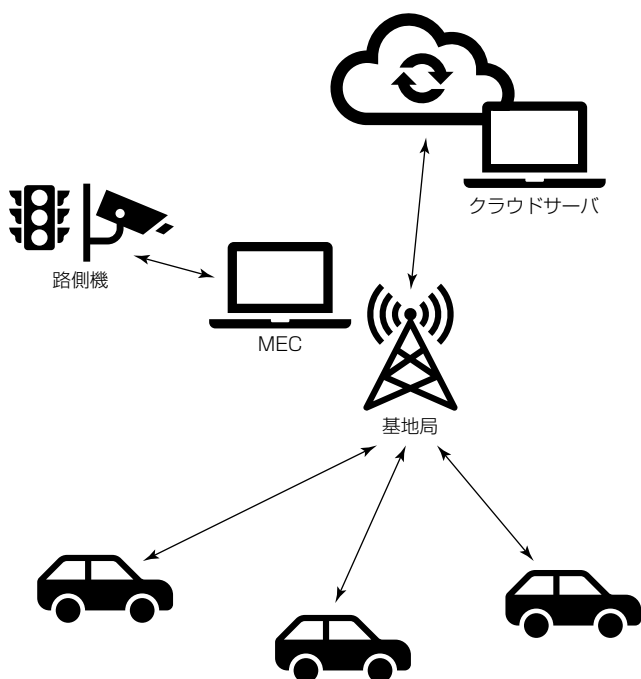


図1. インフラ協調型自動運転システムの構成

生成し、エリア内での車両間調停を行うMECが配置されている。路車間通信を用いてMECから車両にダイナミックマップ情報や経路情報が配信される。

このシステムでは、交差点等で自車から死角になる領域にいる車両や歩行者についても路側センサで検知できるため、その検知結果をダイナミックマップ情報に反映し、検知した情報を車両へ配信することで、より安全な自動運転を実現できる。また、複数車両の経路が輻輳(ふくそう)するような場合には、MECで当該車両間の経路を調停し、その調停結果を車両に配信することで、よりスムーズで効率的な自動運転が可能になる。

路車間通信としては、2020年に国内でも商用サービスが開始された5G通信を活用したC-V2X(Cellular-Vehicle to X)技術が注目されている。5G通信では、キャリアの基地局やコアネットワークの中に配置されたMECを活用することで、MECと車両との間で低遅延の通信が可能である。国内外で、MECを活用した自動運転の実証実験が進められている⁽³⁾⁽⁴⁾。

3. 車両間調停機能

3.1 機能構成

本稿では、インフラ協調型自動運転システムでのMECを活用した機能の一つとして、車両間調停機能を取り上げる。

図2(a)に車両間調停機能の検証システム構成を示す。自動運転車両(以下“車両”という)、基地局を含むセルラネットワーク(5G)及びMECから構成されている。MECは基地局の近くに設けられており、車両との間で低遅延な通信を行うことが可能である。車両は衛星測位によって自車位置を把握する。そして、現在地から10秒先の走行ルート(以下“目標中期パス”という)を生成する。MECでは、各車両の目標中期パスを受信し、各車両間で衝突する、又は車両が過度に接近する可能性を算出する。そして、衝突、又は車両が過度に接近すると判断した場合、MECは該当する車両に対して調停を開始する。そして、MECが算出した調停後の走行ルート(以下“調停中期パス”という)を該当車両に送信する。

図2(b)は従来システム構成の一例である。従来システム構成ではMECではなく、基地局、インターネットを介してクラウドサーバへと接続する。また、セルラネットワークとしてはLTE(Long Term Evolution)通信を用いる。

3.2 ユースケース

図3は車両間調停機能の評価で用いたユースケースを示している。今回の想定は、片側2車線の道路で、交差点の

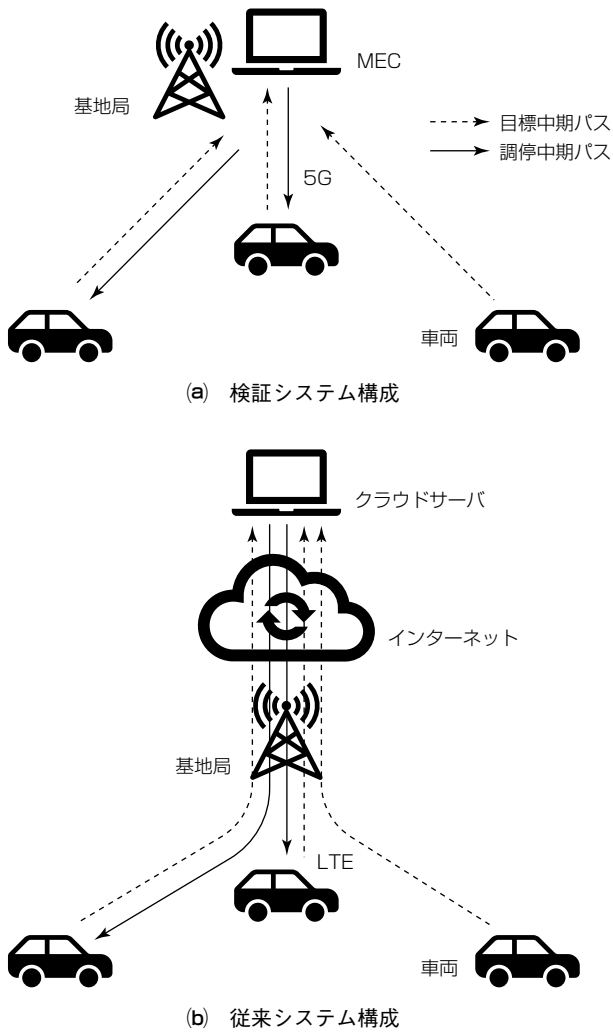


図2. 車両間調停機能のシステム構成

手前で3台の車両が並走している状況である。車両Aと車両Bが走行レーンを走行しており、車両Cが追越しレーンを走行している。図3の①は、初期の位置関係を示しており、車両B及び車両Cは、前方に迫る交差点で左折することを予定している。しかし、この状態のままでは、車両Cは左折できない。そのため、車両Cは走行レーンへの車線変更を計画し、車両Aは交差点を通過するために追越しレーンへの車線変更を計画する。なお、車両Aと車両Cの速度は等速と仮定する。

続いて、このユースケースで、車両間調停機能によって調停された各車両の挙動を述べる。図3の①で、図中の矢印で示すとおり、車両Aには一旦減速を指示し、車両Bとの車間距離を空ける。次に、図3の②では、図中の矢印で示すとおり、車両Aには追越しレーンへ、車両Cには走行レーンへ車線変更を指示する。そして、図3の③のとおり、車両Bと車両Cには走行レーンを走行させ、追越しレーンには車両Aを走行させる。これによって、車両Bと車両Cは、先の交差点で予定どおり左折可能になる。

3.3 システムシーケンス

図4は、今回のユースケースでの、ウィンカー情報や調停中期パスの通知タイミングを示したシステムシーケンス図である。車線変更を調停するための処理時間を測る指標として、図4に示す調停時間を定義した。調停時間の開始時刻は、調停に関する車両の中で最後にウィンカーを出した時刻、終了時刻は調停結果の車両への配信が最後に届いた時刻である。

なお、今回のユースケースでは車両Bは調停に関係しない車両であり、定期的に目標中期パスをMECへ送信しているが、MECから車両Bには調停中期パスは配信されない。

3.4 評価結果

図3に示したユースケースについて、自動運転車両3台を用いた車両間調停の実証実験を行った(図5)。実車でも、調停結果を踏まえてスムーズな車線変更が行えることを確認した。

図6に調停時間の評価結果を示す。5G通信とMECの検証システム構成と、LTE通信とクラウドサーバの従来システム構成について、それぞれ3回ずつ繰り返して評価した結果である。その結果、検証システム構成での調停時間の方が、従来システム構成に比べて、

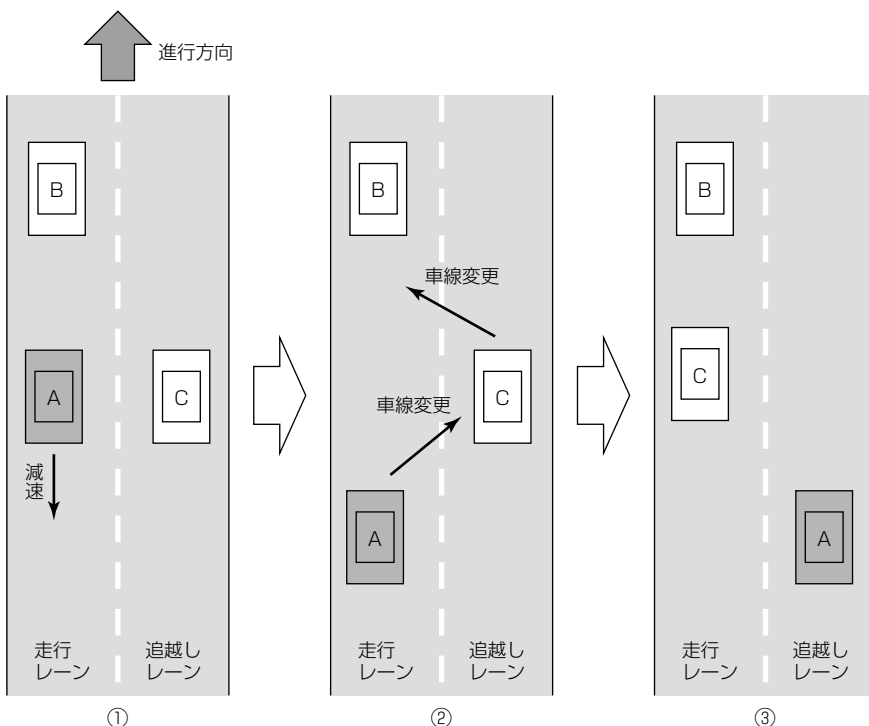


図3. ユースケース

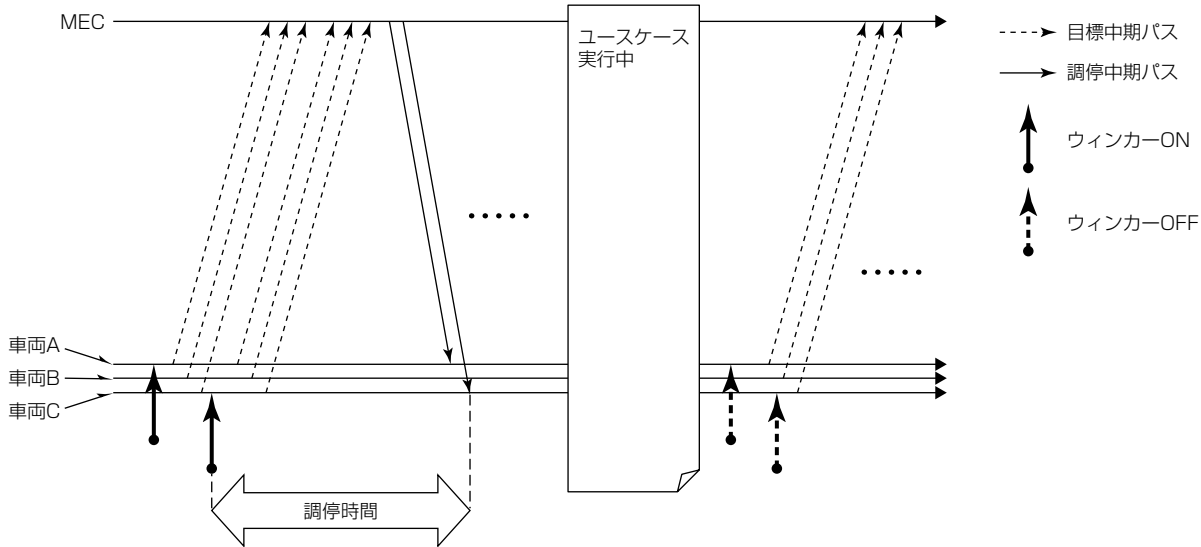


図4. 車両間調停機能のシステムシーケンス図



図5. 車両間調停の実証実験の様子

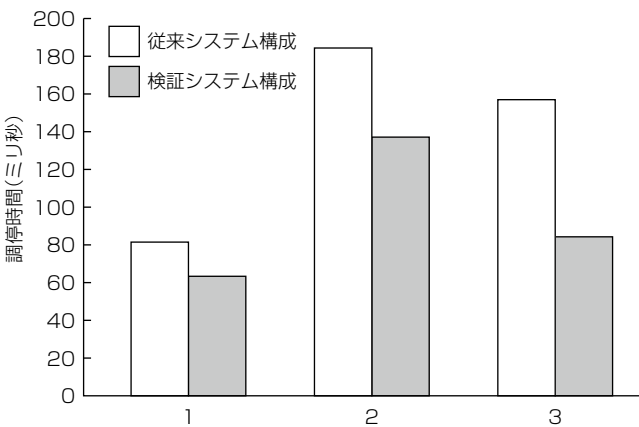


図6. ユースケースの調停時間

20~50%短縮されることが分かった。これは、今回MECとクラウドの処理性能に差はなかったため、5GとLTEの通信速度の差及び通信経路の違いに起因するものである。

多数の車両が存在する中で調停を実施する場合には、調

停の対象ではない車両による目標中期バス送信の輻輳によって、調停対象の車両のバス送受信に干渉が起これ、調停に時間がかかることが懸念される。調停時間が短縮されることによって、調停に関係のない車両の目標中期バスの送信と、調停中期バスが干渉しにくくなるため、MECと車両間で双方向のバスの送受信に遅延が起これにくく、調停の不成立を低減できると考えられる。

4. むすび

インフラ協調型自動運転システムでの車両間調停機能の開発について述べた。複数車両が同時に車線変更しようとするユースケースに関して、5G通信とMECを用いて調停を行う実証実験を実施した。従来のLTE通信とクラウドサーバの構成に比べて、調停時間を短縮できることを確認できた。

今後、インフラ協調型自動運転の社会実装を目指して、様々なユースケースでの実証実験を進めて、スマートシティを始めとする安全で快適なモビリティ社会の実現に貢献していく。

参考文献

- (1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議：官民ITS構想・ロードマップ2020 (2020) http://www.kantei.go.jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020_roadmap.pdf
- (2) 角谷文章, ほか：予防安全・自動運転の開発と実証実験の取組み, 三菱電機技報, **93**, No.5, 280~283 (2019)
- (3) ソフトバンク(株)：ソフトバンクとSUBARU, 自動運転車のユースケースに関する実証実験を実施 (2020) https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2020/20201124_01/
- (4) ボッシュ(株)：ボッシュ, 市街地の自動運転において車両とインフラを連携 (2020) <https://www.bosch.co.jp/press/group-2007-05/>