

Title	混在交通における協調走行のための自動車通信による統合交通環境認識技術
Sub Title	V2X-based collective perception for cooperative driving in mixed traffic
Author	重野, 寛(Shigeno, Hiroshi) 屋代, 智之(Yashiro, Tomoyuki)
Publisher	
Publication year	2024
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	自動運転車と手動運転車との混在交通における協調走行支援・制御の実現のために、車両間や車両と路側インフラ間などの近距離自動車通信を用いた統合交通環境認識のための情報交換・共有方式を提案した。具体的には、輻輳制御下での協調認識のためのメッセージ優先制御方式、走行軌跡情報の圧縮による協調走行調停メッセージサイズ削減縮方式、協調走行の調停と交渉受け入れ判断方式などの研究を進めた。混在交通や合流などの協調走行シナリオを想定したシミュレーション評価を行い、提案手法の有効性を示した。 To provide cooperative driving support and control in mixed traffic with connected automated and human-driven vehicles, this project proposed information exchange and sharing schemes for integrated traffic environment awareness using vehicle-to-vehicle and/or vehicle-to-infrastructure communications. Specifically, the project studied an adaptive message prioritization scheme under congestion control, a vehicle trajectory data reduction scheme for maneuver coordination message, a negotiation acceptance scheme in maneuver coordination, and others. The proposed schemes were evaluated through computer simulations considering mixed traffic and/or cooperative driving scenarios to demonstrate their effectiveness.
Notes	研究種目：基盤研究 (B) (一般) 研究期間：2020～2023 課題番号：20H04180 研究分野：情報ネットワーク
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_20H04180seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

令和 6 年 6 月 1 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04180

研究課題名（和文）混在交通における協調走行のための自動車通信による統合交通環境認識技術

研究課題名（英文）V2X-based Collective Perception for Cooperative Driving in Mixed Traffic

研究代表者

重野 寛 (Shigeno, Hiroshi)

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・教授

研究者番号：30306881

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 16,420,000 円

研究成果の概要（和文）：自動運転車と手動運転車との混在交通における協調走行支援・制御の実現のために、車両間や車両と路側インフラ間などの近距離自動車通信を用いた統合交通環境認識のための情報交換・共有方式を提案した。具体的には、輻輳制御下での協調認識のためのメッセージ優先制御方式、走行軌跡情報の圧縮による協調走行調停メッセージサイズ削減方式、協調走行の調停と交渉受け入れ判断方式などの研究を進めた。混在交通や合流などの協調走行シナリオを想定したシミュレーション評価を行い、提案手法の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

協調型自動運転に向けた通信サービスの実現のために、無線リソースの制約や先進的サービスのために増加する通信負荷の増加に対応しつつ、即時性が高い動的な情報の交換を実現することが課題である。本研究課題では、輻輳制御や高いメッセージ負荷に対応する交通環境認識や協調走行調停の手法に取り組んでおり、本分野の研究を前進させる学術的な意義がある。また、混在交通、具体的な協調走行シナリオ、実際の交通状況を想定して提案手法の有効性を示しており、自動運転社会に向けて社会的な意義がある。

研究成果の概要（英文）：To provide cooperative driving support and control in mixed traffic with connected automated and human-driven vehicles, this project proposed information exchange and sharing schemes for integrated traffic environment awareness using vehicle-to-vehicle and/or vehicle-to-infrastructure communications. Specifically, the project studied an adaptive message prioritization scheme under congestion control, a vehicle trajectory data reduction scheme for maneuver coordination message, a negotiation acceptance scheme in maneuver coordination, and others. The proposed schemes were evaluated through computer simulations considering mixed traffic and/or cooperative driving scenarios to demonstrate their effectiveness.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：高度道路交通システム 交通環境認識 協調走行 自動車通信 混在交通

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1（共通）

1. 研究開始当初の背景

自動車が他車両やインフラと協調し、安全で快適、効率的なモビリティを提供する協調型高度交通システム（協調型 ITS）の実現が期待されている。近い将来、自動運転車（CAV）と人間が運転する手動運転車（非 CAV）との混在交通における協調走行の実現が課題となっている。協調走行の例として、合流や車線変更、停止車両や落下物等の回避、隊列走行などがある。

自動車向けの通信システム [1] は精力的に研究開発されている。車車間（V2V）や路車間（V2I）の通信には専用狭域通信（DSRC）やセルラー系システム（LTE V2X PC5、Uu）があり、車両とクラウドとの通信（V2N）には第 5 世代移動通信（5G）が期待されている。通信技術に加えて、ITS で共通に使用できる情報共有基盤の必要性が認識されている。近距離での時間制約の高い情報共有は課題である。自動運転車を対象として、交通環境情報を地図情報として集約・提供するダイナミック・マップ（LDM）が検討されている。渋滞や事故情報、他車両の位置、路上の障害物情報など、数十秒から秒未満のオーダーで共有が必要な動的情報の収集・配布方法は課題である。各車両がセンシング情報を交換することで、センシングの質や量を向上する統合交通環境認識（collective perception）が検討されており、車載器普及期においても有効であることが報告されている [2]。一方で、即時性、精度などのセンシングの質、可用性など、具体的な協調走行の場面における有効性についてはさらに検討が必要である。

協調走行が行われるような、車両が密集し、その位置が常に変化する厳しい通信条件のもと、車両位置やセンシング情報などの即時性の高い動的情報の交換効率を最大化する方法、自車両、他車両、インフラの持つ情報を交換・統合して効果的で正確な交通環境の認識・共有を実現する方法、それらの協調走行における具体的な効果について検討する必要がある。

2. 研究の目的

自動運転車と手動運転車との混在交通における協調走行支援・制御の実現のために、車両間や、車両と路側インフラとの通信などの近距離自動車通信を用いた統合交通環境認識のための情報交換・共有方式を提案し、協調走行シナリオにおける効果について明らかにする。具体的には、（A）既存の自動車通信の性能や挙動についてシステム全体と車両ごとの両面からのシミュレーション分析評価を行い、（B）協調走行支援・制御のための統合交通環境認識プロトコルを提案する。このために、通信システムのアーキテクチャ、輻輳制御・優先送信制御連動方式、センシング情報交換・統合機構を検討する。そして、（C）提案した統合交通環境認識プロトコルの混在交通を想定した協調走行シナリオにおける有効性についてシミュレーション評価を行う。これら全体として、混在交通における協調走行に対して自動車通信が提供できる支援とその実現レベルを明らかにする。

3. 研究の方法

2020 年度は、基本的な協調走行のシナリオとシミュレーション環境、協調走行支援のための通信システムのアーキテクチャ、輻輳制御手法、車両レベルでの性能の可視化・分析方法について研究を進めた。輻輳制御方式として ETSI 分散輻輳制御機構（DCC）をシミュレーションに実装し、単純な道路モデルにおける基本特性について評価した。混在交通における合流時の協調走行や通信による支援方式を提案し、主に交通効率の観点からの有効性を評価した。

2021 年度はセンシング情報交換・統合機構について検討し、基本的な統合交通環境認識プロトコルとして、輻輳制御下における協調認識のためのメッセージ優先度制御方式、セルラー V2X（C-V2X）サイドリンク通信によるマルチホップ通信を用いた協調認識を提案し、単純な道路モデルを想定したシミュレーション評価を行なった。

2022 年度は、センシング情報交換・統合機構と輻輳制御・優先送信制御連動方式を連携させる基本的な統合交通環境認識プロトコルの研究を進めた。MCM（Maneuver Coordination Message）による周辺車両との情報交換と協調走行の調停と効用ベースの交渉受け入れ判断方式を提案して評価した。CPM（Cooperative Perception Message）と MCM 等のメッセージの動的な送信間隔制御による優先送信制御方式を提案して評価した。具体的な協調走行シナリオを実現する自律走行・協調走行モデルをシミュレーションに実装し、混在交通での基礎的な性能を評価した。

2023 年度は、センシング情報交換・統合機構と輻輳制御・優先送信制御連動方式を連携させる統合交通環境認識プロトコルを拡充し、複数種類の情報共有や協調走行が発生するような複雑な状況を想定したシミュレーション評価を行った。CPM に含めるセンシング情報について、事故リスクと AoI（Age of Information）を考慮した情報選択手法を提案して評価した。多項式近似による走行軌道情報の圧縮を用いた MCM 情報圧縮手法を提案し、都市部を想定した交通シミュレーションによる走行軌跡情報を用いて評価した。

4. 研究成果

(1) 前提：車両間メッセージとシステムモデル

通信装置を持つ自動運転車（CAV）は、V2V や V2I 通信を用いて種々のメッセージを用いて交

換することで周辺の交通環境を認識する。ETSI ではこのようなメッセージとして、CAM (Cooperative Awareness Message)、CPM、MCM 等の標準化を進めている。自動運転車は自身の位置、速度、加速度等を CAM で送信する。また車載センサにて取得した周辺に存在する車両や物体の情報を CPM に含めて送信する。自動運転車は予定する走行経路（計画軌道）や希望する走行経路（希望軌道）を MCM で送信し、周辺の自動運転車両と協調的な走行を実現する。

ETSI の車両間通信アーキテクチャにおいては、これらのメッセージはファシリティ層で生成され、その下に位置するアクセス層でメッセージの送信優先度にしたがって DSRC (IEEE802.11p) やセルラー V2X 等の無線通信にて送信される。アクセス層では各メッセージの優先制御を提供する。また、所望の無線チャネル・ビジー率 (CBR) 以下に維持されるようにメッセージを適宜破棄して輻輳制御する。輻輳制御方式には分散輻輳制御機構 (DCC) を採用している。

(2) 輻輳制御下における協調認識のためのメッセージ優先度制御方式

① 提案概要

本提案では、周辺環境認識において物体が認識される時間間隔、すなわち、物体に関する情報鮮度を維持するために、物体の最長の認識間隔を各車両で共有し、所望の認識間隔に近づくように CPM に高送信優先度を割り当てる間隔を調整する。車両間通信に参加する全ての車両が所望の認識間隔にて周辺の物体を認識することを可能にする。

図 1 に自動運転車における物体の認識を示す。車両は、車載センサ、送信車両の存在を通知する CAM、他車両がセンシングした物体の情報共有する CPM の 3つの手段により周辺の物体を認識する。車載センサの死角に位置する物体の情報を CAM や CPM から得ることができる。CAM は送信車両 1 台分の情報しか含まず、メッセージ損失の影響が大きい。一方で、CPM は複数の物体の情報を含み、複数の CPM が同じ物体の情報を含むことも期待できるため、メッセージ損失に対してロバスト性が高い。しかし、CPM の送信優先度は CAM より低く設定されている。このため、輻輳制御時には CPM が優先的に破棄され、物体の認識間隔は長くなる。

提案手法では、車両は自身が観測する物体の中で、認識間隔が最長の物体 k のその認識間隔 AoI_{feed}^k を共有し、各車両はそれが所望の認識間隔 AoI_{target} に近づくように高優先度での CPM 送信間隔 I^k を更新する。物体 k の情報を含む CPM を送信する際は、前回の送信からの経過時間が AoI_{target} を超えていれば CAM よりも高い優先度を CPM に割り当てる。その結果、輻輳時でも CPM が破棄される確率が減少し、周辺の車両 k の車両を高い頻度で認識できるようになる。

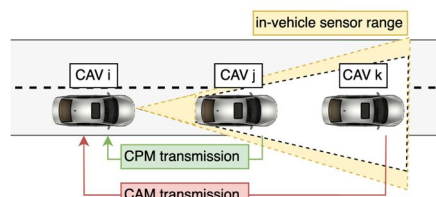


図1 車両における周辺物体の認識

② シミュレーション評価

提案手法を混在交通と想定したシミュレーションにより評価した。全長 3km、6 レーンの直線道路に車両流入量を 0.8veh/sec/lane とした。自動運転車は CAM と CPM を生成する（それぞれ 300Byte と 1500Byte）。IEEE802.11p (5.9GHz 帯, 10MHz 幅, 送信電力 20dBm) と適応的 DCC による輻輳制御を想定した。評価では、提案手法、優先制御なしの DCC (DCC)、FLaLA ベースの手法 (Fixed) を比較した。提案手法では所望の認識間隔を 0.4 秒に設定し、Fixed 手法での高優先度での送信間隔を同じ値に固定した。半径 500m 圏内に存在し、CPM の最長生成間隔に相当する 1 秒以内に認識できた車両の割合 r_{percep} と、全受信メッセージに対する CPM の割合 r_{cpm} を評価した。

図 2 に自動運転車の普及率に対する車両認識率 r_{percep} を示す。提案手法と Fixed 手法は CPM に高送信優先度を割り当てるため全ての自動運転車両の普及率において高い認識率を維持している。特に自動運転車の普及率が 20% の場合でも 98% の認識率を達成している。この結果から、メッセージ破棄が起こるような輻輳制御下において、周辺環境への認識率を維持するために CPM に高送信優先度を割り当てることは有効であることが分かる。一方、DCC 手法では CPM の送信優先度が低く、輻輳制御で相対的に多く破棄されるため、認識率が低下している。

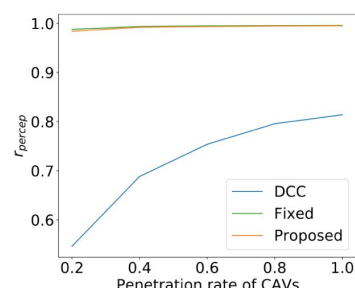


図2 CAV 普及率に対する認識率 r_{percep}

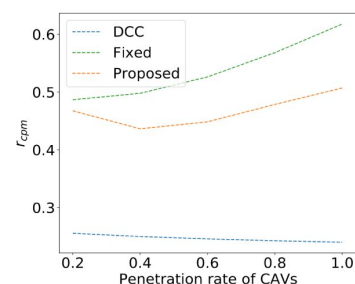


図3 CAV 普及率に対する CPM 割合 r_{cpm}

図 3 に自動運転車の普及率と CPM の割合 r_{cpm} の関係を示す。Fixed 手法と比較し、提案手法における r_{cpm} は低く、提案手法においてより少ない CPM によって周辺環境を認識できていることがわかる。提案手法において、自動運転車は周辺環境を所望の認識間隔にて認識するように CPM に高送信優先度を割り当てる間隔を更新する。その結果、提案手法は Fixed 手法と比較し少ない CPM で周辺環境を認識することを可能にしている。

(3) 多項式近似による走行軌道情報の圧縮を用いた MCM 情報圧縮手法

① 提案概要

車両の走行軌道情報を多項式近似によって圧縮し、協調走行調停メッセージ (MCM) のサイズを削減する手法を提案した。MCM には走行を予定する軌道 (計画軌道) や走行を希望する軌道 (希望軌道) が含まれる。これらの走行軌道情報は経由地点の座標と通過時刻の列で表現されるが、走行軌道が長く、複雑になると MCM に含まれる走行軌道情報のサイズが大きくなり、通信量への影響が問題となる。そこで提案手法では、走行軌道情報を多項式近似して圧縮する。

本提案では MCM に走行軌道情報の代わりに軌道の多項式近似の係数情報を用いることでメッセージのサイズを削減する。最小二乗法による近似では近似曲線の次数を決める必要がある。また、近似された軌道と元の軌道との誤差が保証されない点が問題である。提案手法では、所望の誤差以内になるように軌道全体を複数の区間に分割する。このとき、各区間の近似表現の次数と区間長を調整し、各区間の軌道の近似表現の効率を最大化する。具体的には、軌道の先頭から与えられた最高次数 $N_{\max}$ 以下での近似で位置誤差が許容誤差以内になる最長の区間を計算する。その後、その近似多項式による区間軌道の表現の効率指標 E が最大となるように各区間に対する次数と経由地点数を決定する。同様の処理を軌道の残りの部分に対して繰り返す。

② シミュレーション評価 1：生成した走行軌道に対する評価

提案手法の基本的な特性を評価するために、Kinematic Bicycle Model に基づき複数の走行軌道を作成し、提案手法、及びフィルタベース手法を用いた場合の走行軌道のサイズを評価した。本評価では、車両は速度 30 m/s、加速度 2 m/s²、 I_{head} 秒毎に Δ_{head} 度自身の進行方向を左右交互に変更するものとした。フィルタベースの手法では、走行軌跡の経由地点の中で CAM の生成基準を満たすものを残し、それ以外を削除した。

図 4 に各手法における走行軌道情報のサイズを示す。提案手法では、 I_{head} と Δ_{head} のすべての組み合わせにおいてフィルタベースの走行軌道のサイズを下回っている。走行軌道のサイズは、提案手法では、直線軌道の場合 ($\Delta_{\text{head}} = 0^\circ$) に最小で 46 byte、蛇行軌道の場合 ($I_{\text{head}} = 1\text{sec}$, $\Delta_{\text{head}} = 45^\circ$) は最大で 186 byte、フィルタベースの手法での少なくとも 459byte 必要であった。提案手法は、軌道が複雑な場合に多数の区間に分割し、多くの多項式係数を用いて表現する。このため、サイズは大きくなる傾向にある。それでもフィルタベースの手法に対して、提案手法は軌道のサイズを最低でも 59.47%削減しており、圧縮率の観点から有効である。

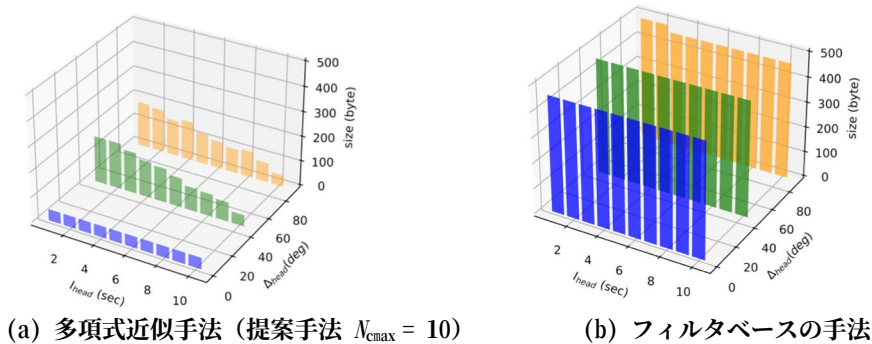


図 4 各手法での走行軌道情報のサイズの比較

③ シミュレーション評価 2：直線道路及び都市部を想定した評価

提案の MCM 情報圧縮手法について、直線道路 (片側 6 車線、2km 長) の基本的モデルと複雑な道路形状を含む都市部モデルによる交通シミュレーションにから得られた走行軌跡を用いてシミュレーション評価した。都市部モデルについては Luxembourg SUMO Traffic (LuST) シナリオを用いた。LTE-V2X (PC5) による MCM, CPM, CAM の複数種類のメッセージ交換を想定し、既存の情報圧縮手法や送信電力ベースの輻輳制御手法と比較評価した。走行軌道情報の圧縮率、圧縮・伸張時間、走行軌道の誤差、チャンネルビジー率 (CBR)、メッセージ種別ごとの AoI などの観点から提案手法の有効性を示した。提案手法は、最大軌道誤差を約 0.014m に保ちつつ、圧縮後のサイズの 50 パーセンタイル値において、軌道情報を直線道路で約 10% に、LuST シナリオで約 20% に圧縮することができた。これは Huffman 符号化、GZIP 圧縮、ポリライン表現と圧縮手法の組み合わせなどの手法との比較で、もっとも高い圧縮率であった。計算時間については、概ね設定した基準時間 0.1 秒を満たしたが、ワーストケースではそれを超える場合もあったが、送信電力ベースの輻輳制御を用いた場合と比較して、提案手法は CBR を約 50% から約 42% に削減するとともに、MCM, CPM, CAM それぞれで AoI を向上できることを確認した。

(4) 協調走行の調停と効用ベースの交渉受け入れ判断方式

① 提案概要

協調走行調停サービス (MCS) では、各車両が MCM をブロードキャストし、周辺車両の走行計画軌道を互いに認識する。計画軌道を変更する場合は自身の希望軌道を MCS によって周辺車両に通知し、走行軌道の交渉を行うことができる。希望軌道を受け取った車両は自身の計画軌道との衝突を判断し、衝突がある場合は走行軌道を再計画することで、協調走行を実現する。

本研究では、交通流の改善を目的として、効用ベースの交渉受け入れ判断方式を提案した。効用関数を式(1)に示す。効用関数 U では、交渉を主導する車両で計画軌道 (PT) から希望軌道 (DT) に変更した場合に期待される速度変化量 $\Delta V_{initiate}$ と、要求を受けた車両とその後続車両で代替となる軌道 (AT) を選択した場合に期待される速度変化量 $\Delta V_{receive}$ の両方を考慮する。

$$U = \alpha \frac{\Delta V_{receive}}{v_{max}} (1 + N_{follow}) + (1 - \alpha) \frac{\Delta V_{initiate}}{v_{max}} \quad (1)$$

$$\Delta V_{receive} = v_{min}^{AT} - v_{max}, \Delta V_{initiate} = v^{DT}(T_p) - v^{PT}(T_p)$$

交通混雑時には、ひとつの交渉に複数の車両が関与するケースが見込まれる。このような状況において調停に関連する車両の間での不一致を軽減するために、交渉プロトコルに合意フェーズ (agreement phase) を導入した交渉手法を提案した。図 5 に交渉プロトコルを示す。自身の計画軌道を変更する車両は、希望軌道が走行優先権をもつ他車両の計画軌道と衝突する場合に、衝突する車両の ID を指定して走行調停を開始する。調停要求を受けた車両は、上記の効用関数を用いて調停要求の受け入れを判断する。新たに導入された合意フェーズでは、調停を受け入れる車両が自身の計画軌道に変わる代替軌道 (AT) を通知する機会を設け、調停要求を受けたすべての車両の軌道が調整されることを確認する。

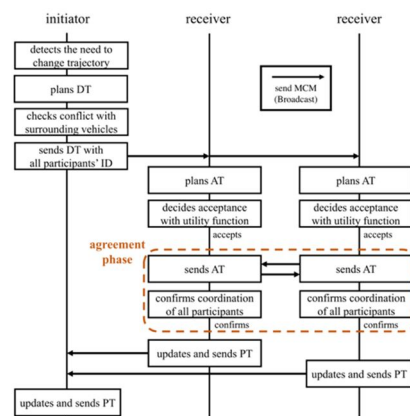


図5 合意フェーズを導入した交渉プロトコル

② シミュレーション評価

直線道路 (200m) での2車線から1車線への車線変更 (合流) と信号のないT字路での優先道路への右左折の2つの協調走行シナリオを対象としたシミュレーション評価を行い、交通効率の改善、通信量への影響などの観点から、提案手法の有効性を評価した。交通シミュレータ SUMO を用いた。走行軌道の生成には Frenet Frame を用いた。本評価ではすべての車両が自動運転車であるとして、MCM 生成速度を 10 msg/sec、最大通信距離 200m とした。

図6に直線道路での車線変更シナリオにおける車両の平均走行速度を示す。車線変更の調停の受け入れの拒否 ($\alpha=1.0$) と無条件に受け入れ ($\alpha=0.0$) の間で判断基準を変化させると、合流を受ける車線の車両 (vehicle1)、合流する側の車両 (vehicle0) の走行速度が変化する。全車両 (all) の最大平均速度は 11.6 m/s ($\alpha=0.4$) で、これは $\alpha=0$ の場合に比べて約 15% 向上であった。周辺車両への影響を一定程度考慮した調停受け入れ判断は有効であると言える。

図7にT字路シナリオにおける平均走行速度を示す。 $\alpha \leq 0.7$ のとき、合意フェーズあり (実線) の全車両の平均速度は、合意フェーズなし (破線) に比べて向上していることがわかる。本シナリオでは、非優先道路から侵入する車両 (BL) は、優先道路を対向する形で直進する車両 (LR, RL) との間で調停が必要であり、特に対向して直進する車両の間での判断の不一致を避ける合意フェーズが有効に機能している。 $\alpha > 0.7$ では、調停要求を拒否することが多くなるため、合意フェーズの有無は平均速度に影響しない。

<参考文献>

- [1] ITS 情報通信システム推進会議, “自動運転(自専道)通信活用ユースケース向け通信システムの実験用ガイドライン”, ITS FORUM RC-015, 2019年10月.
- [2] H. Günther, R., et al, "Collective perception and decentralized congestion control in vehicular ad-hoc networks," 2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), pp. 1-8, 2016.

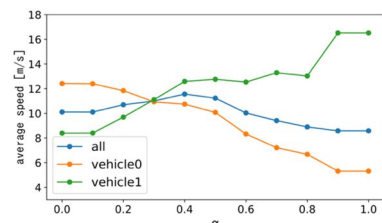


図6 直線道路の車線変更シナリオにおける平均走行速度

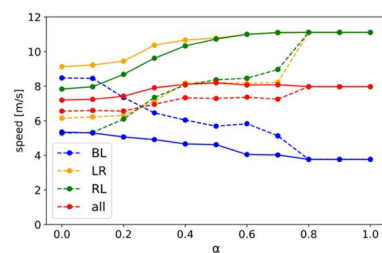


図7 T字路シナリオにおける平均走行速度 (実線: 合意 ph あり、点線: 合意 ph なし)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Iwashina Yuuri, Kato Sho, Shigeno Hiroshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Evaluation of a Negotiation Acceptance Scheme in Maneuver Coordination within a Congested Environment	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 223～231
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjjip.32.223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 —
1. 著者名 Kunibe Masashi, Yamazaki Rei, Murakawa Taichi, Shigeno Hiroshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Adaptive Message Prioritization for Vehicular Cooperative Perception at Target Intervals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 57～65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjjip.31.57	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 —
1. 著者名 M. Kunibe, H. Asahina, H. Shigeno, I. Sasase	4. 巻 Vol. 9
2. 論文標題 A Scheduling Scheme for Autonomous Vehicle Highway Merging With an Outflow Traffic and Fairness Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 49219-49232
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2021.3066653	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 —
1. 著者名 豊田睦, 佐竹颯太, 武藤晟, 重野寛	4. 巻 63(2)
2. 論文標題 Vehicular Edge Computingにおけるコンテナ応答時間を削減するためのコンテナ再配置手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 8-596, 2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

1. 著者名 佐竹颯太, 谷遼太郎, 豊田睦, 重野寛	4. 巻 62(2)
2. 論文標題 車載器非搭載車両を考慮した協調認識のためのモバイルエッジコンピューティング支援型車両情報共有システム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1882-7764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

[学会発表] 計19件 (うち招待講演 0件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 藤中達己, 國部匡志, 重野寛
2. 発表標題 周辺車両の走行経路推定に基づく協調走行メッセージのサイズ削減手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO 2023)シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryu Shihyun, Murakawa Taichi, Shigeno Hiroshi
2. 発表標題 Pedestrian Clustering Method of Vehicle-to-Pedestrian Communication Considering Awareness Rate in Urban Environments
3. 学会等名 2023 Fourteenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Network (ICMU) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤翔, 重野寛
2. 発表標題 Maneuver Coordinationにおける交渉受け入れ基準の検討
3. 学会等名 第30回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masashi Kunibe, Hiroshi Shigeno
2. 発表標題 Vehicle Trajectory Data Reduction in Maneuver Coordination Message by Polynomial Approximation
3. 学会等名 情報処理学会 第30回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Kato, M. Kunibe, R. Yamazaki, H. Shigeno
2. 発表標題 Group Formation for Cooperative Highway Merging Considering Undetected Vehicles in Mixed Traffic
3. 学会等名 2021 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Kunibe, H. Shigeno
2. 発表標題 Multihop cooperative perception with mitigating sidelink resource breaks by packet filtering
3. 学会等名 4th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎玲, 國部匡志, 村川太一, 重野寛
2. 発表標題 自動車ネットワークにおける物体認識率を考慮した輻輳制御手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会第101回モバイルコンピューティングと新社会システム研究会(MBL)・第87回高度交通システムとスマートコミュニティ研究会(ITS)合同研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masashi Yoshida, Hiromu Asahina, Hiroshi Shigeno, Iwao Sasase
2. 発表標題 A Scheduling Scheme for Cooperative Merging at a Highway On-Ramp with Maximizing Average Speed of Automated Vehicles
3. 学会等名 The 2020 IEEE 92nd Vehicular Technology Conference (VTC2020-Fall) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masashi Yoshida, Hiromu Asahina, Hiroshi Shigeno, Iwao Sasase
2. 発表標題 Investigation of a Scheduling Scheme for Cooperative Merging at a Highway On-Ramp with Maximizing Average Speed of Automated Vehicles
3. 学会等名 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2020) シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤翔, 吉田匡志, 山崎玲, 重野寛
2. 発表標題 手動運転車の混在を考慮した合流地点における自動運転車の制御手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 第84回高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS) 研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

慶應義塾大学理工学部情報工学科 重野研究室
<http://www.mos.ics.keio.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	屋代 智之 (Yashiro Tomoyuki) (60306397)	千葉工業大学・情報科学部・教授 (32503)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------