

VANETにおける車両位置関係の分散把握と 道路構造に応じた車両のセンサ情報配信制御手法の設計

古川 魁斗¹ 高井 峰生² 石原 進³

概要: 車々間通信によるセンシング情報の共有は、個々の車両が直接センサにより検知出来ない車両の存在の把握を可能とし、安全運転支援や自動運転において有用である。しかしながら、センサの検知範囲が重複した車両によるセンシング情報の頻繁な配信は車々間通信伝送路の混雑を招き、緊急情報の配信を妨げる。本稿では、個々の車両が分散的に車群中の自身の相対位置を判定し、周辺車両との位置関係と道路構造に基づいてセンシング情報の送信頻度を制御する手法を提案する。本提案手法の特徴は、他車両がセンサで検知できていない範囲をより検知する車両のセンシング情報が優先的に配信されることである。これにより、車々間通信を行う車両は周辺の交通状況についてより理解する機会が増え、運転者の安全性の向上が期待できる。

Design of a sensing data dissemination method based on distributed relative vehicle positions estimation and road structure in VANET

KAITO FURUKAWA¹ MINEO TAKAI² SUSUMU ISHIHARA³

1. はじめに

ミリ波レーダやカメラ等の車載センサで取得した自車両周辺の交通状況に関する情報から他車両との衝突を察知した際に、警告や制動制御等の運転支援を運転者に行う先進運転支援システム (Advanced Driver Assistance System: ADAS) を搭載した車両が普及し始めている [1–3]。今日のADASの大半では、車載センサや路側機が持つセンサがその視野内にある車両の存在を検知することで、運転を支援するが、センサの死角にいる車両を検知することは困難である。例えば、見通し外の交差点に接近してくる他車両を車載センサのみで検知できない場合、運転者に衝突の危険を知らせることは困難である。

運転者の安全性を向上させるために、車々間通信を用いて交通情報を交換する技術の開発・研究が進められている [4]。車々間 (Vehicle-to-Vehicle: V2V) 通信機能を有する車両 (以下、V2V 通信機能搭載車両) は自身の存在を

周辺車両に通知するために、VANET (Vehicular Ad Hoc Network) を介して位置、速度、進行方向等の車両情報をビーコンに含めて定期的にブロードキャストする。車両は、受信したビーコンに含まれる情報から、周辺車両の位置を推定し、必要であれば安全運転支援を運転者に対して行う。V2V 通信機能搭載車両間でビーコンを交換することで、車載センサのみの場合と比べて自車両周辺の交通状況をより広範囲に把握できる。しかしながら、自身のセンサの死角を走行する V2V 通信機能を持たない車両の存在を把握することは依然として困難である。

周辺の交通状況の知覚範囲を拡大する技術に、collective perception がある [5]。Collective perception とは、ミリ波レーダやカメラ、LIDAR 等の車載センサ機器で取得した周辺車両や障害物等の位置情報を含むセンシング情報を車両間で交換することを指す。図 1 は、赤色で示す V2V 通信機能搭載車両 A が自身のセンサと B から受信したビーコンに含まれるセンシング情報から存在を把握した周辺車両を表している。A は B が検知したセンシング情報を V2V 通信で取得することで、自身のセンサの死角にいる B と B

¹ 静岡大学大学院
² 大阪大学 / カリフォルニア大学ロサンゼルス校
³ 静岡大学学術院工学領域

度が高い状況において、隠れ端末問題によるパケットの衝突や通信端末が多いことによる送信待ち遅延の増加により、安定した通信を行うことが困難となる。そのため、これまでに、パケットの衝突を減らしその受信率を向上させるビーコンの送信制御手法が提案されてきた。

Torrent-Moreno らは、車両がチャンネルの利用率に応じてビーコンの送信電力を動的に制御する Distributed Fair Power Adjustment (D-FPAV) を提案している [14]。車両は、現在のネットワーク負荷が既定のネットワーク負荷の最大値となるまでビーコンの送信電力を増加させる。その結果、D-FPAV ではネットワークの負荷を一定以下に保ちつつ、ビーコンの受信率を向上させることが可能となる。また、車両は平等にネットワークを使用可能となる。

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) は、Decentralized Congestion Control (DCC) をヨーロッパにおける V2X (Vehicle-to-X) の MAC (Medium Access Control) プロトコルの一部として標準化している [15]。DCC では、車両は Channel Busy Ratio (CBR) に応じてビーコンの送信パラメータ (電力、頻度、データレート等) を制御する。車両は現在のチャンネルの状態を見積もり、その状態に基づきビーコンの送信パラメータを制御する。単位時間内の受信信号強度の平均が既定の閾値を超える場合、車両は現在のチャンネルの状態をビジーと判断する。車両は現在のチャンネルの状態をビジーと判断した場合、近辺にいる車両が安定してビーコンを受信できるようにその送信電力や送信頻度を下げる。チャンネルの状態がビジーではないと判断した場合、より遠方の車両も安定してビーコンを受信できるようにその送信電力や送信頻度をあげる。このような制御を行うことで、車両密度が高い状況においても車両はビーコンを安定して周辺車両に届けることが可能となる。

Sommer らは、チャンネルの品質とメッセージの優先度に基づきビーコンの送信頻度を制御する Adaptive Traffic Beacon (ATB) を提案している [16]。車両は過去、現在、未来のチャンネルの状態をそれぞれ、ビーコンの衝突回数、Signal-to-Noise Ratio (SNR)、隣接車両数から把握し、それら3つを平均することでチャンネルの品質を推定する。車両はチャンネルの品質が悪いと判断すると、ビーコンの送信頻度を長くし、単位時間当たりのビーコンの送信数を減らす。チャンネルの品質が良いと判断すると、既定の最小送信頻度を下回らない程度にビーコンの送信頻度を短くする。メッセージの優先度は送信する交通情報の重要度を表しており、その交通情報が示すものからそのメッセージの送信車両までの距離とそのメッセージの新しさから決定する。ATB によるビーコンの送信制御を車両が行うことで、通信トラフィックを抑えつつ、重要度が高いメッセージからより早く遠方の車両にまで配信することが可能となる。

これらの手法では、チャンネルの状態に基づきビーコンの

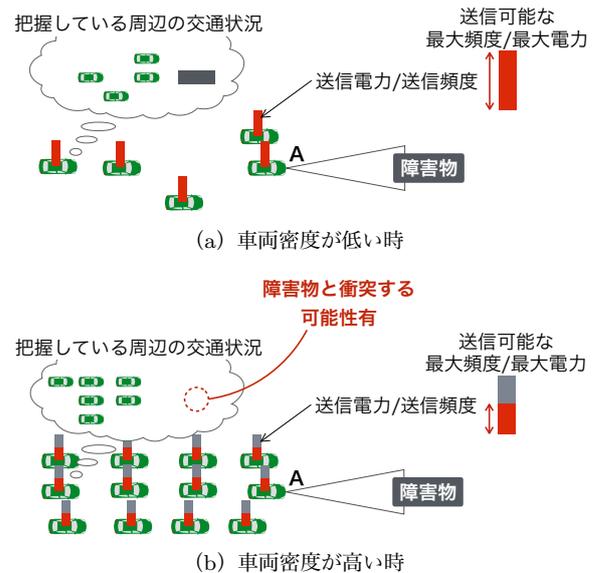


図 3: 車両密度に応じてビーコンの送信制御をした際の車両が把握する交通状況

送信パラメータを制御していることから、本質的に車両密度に基いたビーコンの送信制御だと言える。ATB ではメッセージの優先度も考慮されているものの、チャンネルの品質を優先してビーコンの送信頻度を決定している。また、collective perception を用いた周辺車両の存在の把握を前提としていない。つまり、センサの検知範囲が重複した車両によるセンシング情報の配信が頻繁に発生し、緊急情報や他車両とのセンサの検知範囲の重複度合いが低い車両が送信するセンシング情報のように周辺車両の把握にあたってより重要度の高いメッセージの受信がチャンネルの混雑により妨げられることが考えられる。

図 3 は、車両密度に応じたビーコンの送信制御を車両が行った時に、車両が把握している周辺の交通状況を表したものである。車両 A はセンサで障害物の存在を把握しており、ビーコンにセンシング情報を含めて配信しているとする。図 3 (a) では車両密度が低いため、A のビーコンが周辺車両に行き届いている。一方、図 3 (b) では車両密度が高いため、各車両はビーコンの送信電力もしくは送信頻度を下げるような制御をする。この結果、A のビーコンが周辺車両に行き届かなくなり、周辺車両の中で障害物の存在を把握できない車両が出てくる。

Günther らは、DCC を適用した車両が collective perception による周辺車両の存在の把握を行った際の、その性能評価をシミュレーションにより行っている [17]。同論文では、V2X を搭載した車両の割合が 5 割以上の時、車両が通信範囲内にいる周辺車両の位置を把握している割合が 8 割を超えることが示されている。しかし、DCC を用いているため、センサの検知範囲が重複した車両によるセンシング情報が重要度の高いメッセージの送信機会を妨げている可能性が考えられる。

3. 車両の位置関係と道路構造に応じたセンシング情報配信制御手法

本章では車両の相対的な位置関係と道路構造に応じたセンシング情報の送信頻度制御手法を提案する。本提案手法の目標は、1章で述べた通り、車両密度が高い環境においても、事故回避支援で許容できる遅延時間までに受信した交通情報から、車両が将来、自身と衝突し得る車両の位置を事故回避支援に許容可能な遅延以内に把握できるようにすることである。ここで、車両が将来、自身と衝突し得る車両を、自車両の中心から半径 100 m 以内に存在する車両と定義する。以下、提案手法の基本戦略を述べた後、センシング情報の送信頻度制御方法について述べる。次に、車両が自律的に重要度の高いセンシング情報を保持し得るかの判断を行うための優先度の付与の考え方について述べる。そして、本提案手法における優先的にセンシング情報を送信する車両の位置を述べる。

3.1 基本戦略

前提条件として、V2V 通信機能を搭載した車両と V2V 機能を搭載していない車両が道路上に混在する環境を仮定する。V2V 通信機能搭載車両は collective perception による周辺の交通状況の把握を行うものとする。また、車両は周囲 360 度検知可能な LIDAR を搭載しているものとする。

本提案手法ではより重要度の高いセンシング情報の配信機会が十分な量確保されるような制御の設計を目指す。車両が保持するセンシング情報の重要度は時と場合によって変化するものの、特定の条件を満たすような位置関係にある車両や特定の地点周辺を走行する車両等と条件を限定した場合、潜在的に重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両の位置は推測できると筆者らは考える。この重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両の位置についての考察は 3.2 節にて述べる。

センシング情報の送信頻度制御方法: 車両は 2 種類の優先度 i) 自身の相対的な位置関係に応じた優先度 R と ii) 特定の道路構造における位置に応じた優先度 S を求める。その後、式 (1) に従いセンシング情報の送信頻度 I を決定する。

$$I = \min \left(\frac{I_{\min}}{R \cdot S}, I_{\max} \right) \quad (1)$$

ここで、 I_{\min} 、 I_{\max} はそれぞれ最低送信頻度と最大送信頻度である。 R 、 S の値は重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両程大きくなる。つまり、式 (1) は、センシング情報の重要度が高い程、その送信頻度が高くなり、センシング情報の重要度が低い程、その送信頻度が I_{\max} を超えない程度に低くなる。なを、 R 、 S の算出方法については 4 章にて述べる。

3.2 優先度付与の考え方

本節では、重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両はどのような位置関係にいる車両と言えるのか、またはある道路構造においてどのような位置にいる車両と言えるのかについて説明する。以下では、一定の車間距離以内で走行する V2V 通信機能搭載車両を含む複数の車両で構成され複数車線にまたがる車群（以下、クラスタ）と合流車線付近の車群における重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両の位置を説明する。

3.2.1 クラスタにおける重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両

クラスタにおける重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両の位置について以下に考察する：

- **車体に遮られることによるセンサの死角の影響:** 図 4 (a) に示すように、クラスタの内側にいる車両のセンサの検知範囲は、クラスタの先頭/末尾車両により近い車両の車体によって遮られる。クラスタの前方に障害物がある場合やクラスタの後方からバイク等が急接近する場合を考えると、クラスタの内側にいる車両はそれらの存在をセンサで検知することは困難である。したがって、クラスタの前方/後方をセンサの検知範囲により多く含むクラスタの先頭/末尾車両は、クラスタの内側にいる車両にとって重要度の高い情報をセンシングしていると言える。

- **センサの検知範囲の重複:** 全車両のセンサの検知範囲が同じだとすると、図 4 (b) に示すように、クラスタの内側にいる車両のセンサによる検知範囲の大部分は他車両のそれと重複する。また、クラスタの先頭/末尾車両それぞれのセンサの検知範囲を見ると、端にいる車両と比べてその間にいる車両のセンサによる検知範囲の重複度合いが高く、その重複範囲は広い。そのため、端の車線にいるクラスタの先頭/末尾車両はより重要度の高いセンシング情報を持ち得ると言える。

上記では、クラスタの先頭/末尾車両が横一列に並んでいる場合を考えたが、図 4 (c) に示すように各車線の先頭/末尾車両の位置が前後に不揃いの場合も考えられる。このような場合、クラスタの先頭/末尾を走行する車両は、自身のセンサの検知範囲の重複度合いが低く、より重要度の高い情報をセンシングしていると言える。

- **全長が長いクラスタ:** クラスタ内の車両の進行方向に対してクラスタが大きく広がっている時、クラスタの横方向からクラスタに接近してくる車両のことを考える必要がある。この場合、先頭/末尾車両に加えて、クラスタの側面にいる車両も重要度の高い情報をセンシングしていると言える。それらの中でも、先頭/末尾車両からそれらのセンサの検知距離分だけ離れている場所にいるクラスタの側面の車両は、先頭/末尾車両

がセンサで検知していない範囲をセンシングしているため、特に重要度の高い情報を持つと考えられる。図4 (d) は、全長が長いクラスタに対して、クラスタの横方向から車両 A が接近してくる状況を表している。クラスタの先頭/末尾車両は A を検知できないが、先頭/末尾車両からセンサの検知距離だけ離れ、かつクラスタの端にいる車両 B は、A を検知できる。

- **幅が広いクラスタ:** クラスタ内の進行方向に対して横にクラスタが大きく広がっている場合を考える。この時、前述の方針で選んだ車両からの情報のみでは、クラスタ内の車両がクラスタの前方/後方を事故回避に十分な精度で把握困難な場合がある。LIDAR のような測域センサはセンサから物体までの距離が遠のく程、その検知精度が低下する問題がある。車両のセンサの性能や走行する環境によっては、センサからの距離が遠い物体の位置を高精度で検知困難な状況も考えられる。

ここで、車両がセンサで高精度に位置検出が可能な車線数を自車走行車線も含めて CL と定義すると、各車線の先頭/末尾車両のうち車線両方向に CL 間隔である車線にいる車両らは重要度の高いセンシング情報を持ち得ると考えられる。図4 (e) は、クラスタの幅が長い時の $CL = 3$ の場合における重要度の高い情報をセンシングしている車両を赤色で示したものである。赤色の車両は各車線の先頭/末尾車両のうち走行車線が CL 間隔の車両であり、これらの車両のセンサで高精度に位置検出が可能な範囲はクラスタの前方/後方の領域を重複することなく覆っていることがわかる。

3.2.2 合流車線付近における重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両

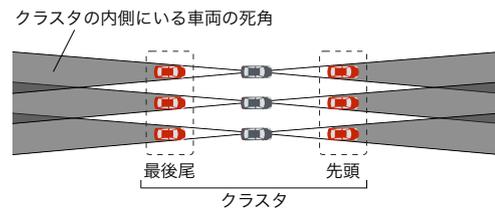
図5 は、合流車線付近における重要度の高いセンシング情報を持ち得る車両を赤色で示したものである。赤色の車両は、本線を走行する車両と合流車線を走行する車両両方の位置をセンサで検知している。したがって、赤色で示した車両のような位置、車線合流地点付近にいる車両は、合流車線付近の車両にとって重要度の高い情報をセンシングしていると言える。

3.3 優先的にセンシング情報を配信する車両の決定

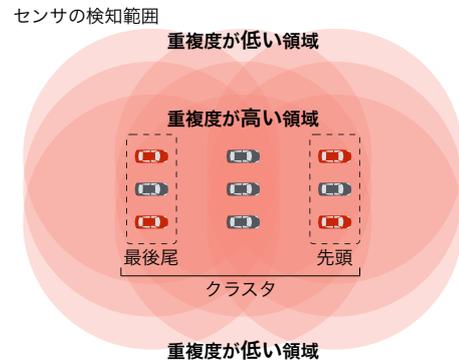
3.2 節での考察を基に、提案手法では以下に該当する車両から優先的にセンシング情報を配信させる。

- (1) クラスタにおける先頭/末尾車両
- (2) クラスタにおける先頭/末尾車両から CL 間隔にいるクラスタの各車線における先頭/末尾車両
- (3) (1) (2) からそれらのセンサの検知距離間隔の場所にいる車両
- (4) 車線合流地点付近にいる車両

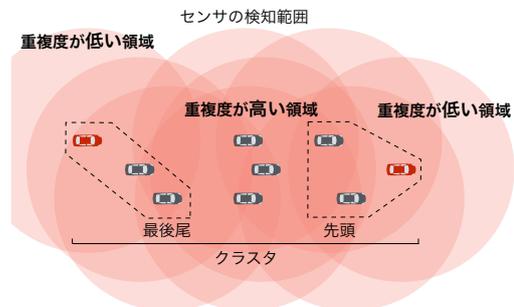
図6 はこれらの車両を赤色で示した図であり、図中の数字



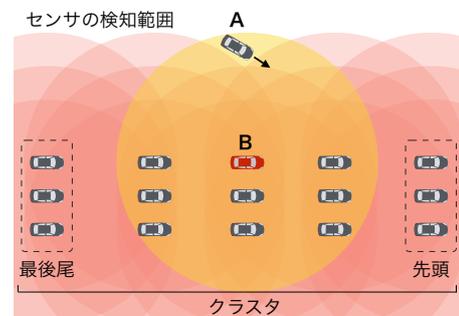
(a) センサの死角を考える場合



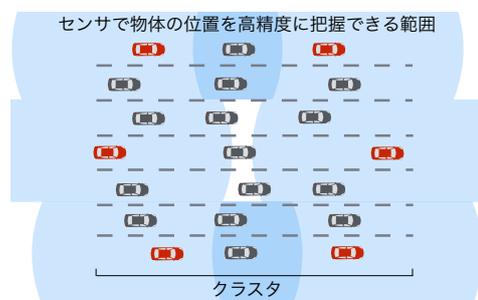
(b) センサによる検知範囲の重複度を考える場合



(c) 先頭/末尾車両らの位置が前後に不揃いの場合



(d) クラスタの全長が長い場合



(e) クラスタの幅が広い場合 ($CL = 3$)

図4: クラスタにおける重要度の高いセンシング情報を保持し得る車両

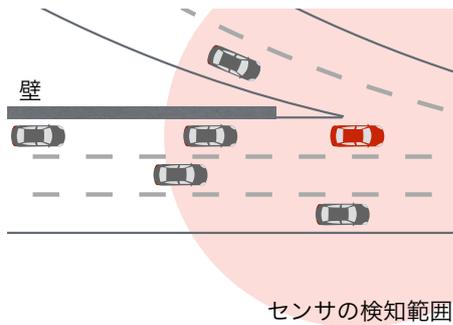


図 5: 合流車線付近における重要度の高いセンシング情報を保持し得る車両

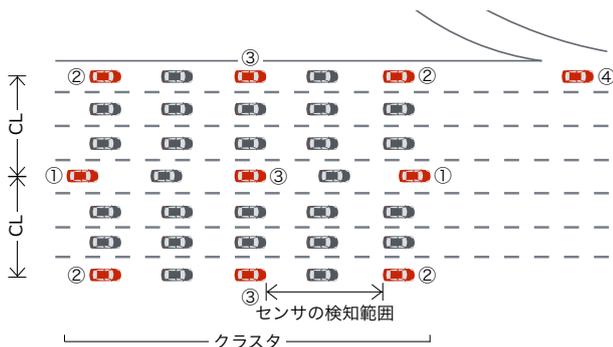


図 6: 優先的にセンシング情報を配信する車両

は上記の数字と対応する。

4. 優先度の分散的な導出方法

本章では、各車両が自律的に自身のセンシング情報の優先度を導出する方法について述べる。車両は、相対的な車両の位置関係に応じた優先度 R と、道路構造における自身の位置に応じた優先度 S を導出する。

4.1 車両の相対的な位置関係に基づく優先度の算出方法

車両は自身が、3.3 節 (1), (2), (3) の優先配信車両に該当するかを自律的に判断し、この判断を基に相対的な位置関係に応じた優先度 R を求める。以下ではまず、クラスタにおける相対的な位置関係を定義する。次に、車両が自律的に自身を優先配信車両であるかを判断する方法を述べ、この判断結果に基づく R の決定方法を述べる。

4.1.1 位置関係の定義

クラスタにおける先頭、末尾を次のように定義する:

先頭車両 前方 L_{front} [m] の複数車線において同進行方向の車両が存在しない車両

末尾車両 後方 L_{back} [m] の複数車線において同進行方向の車両が存在しない車両

車両の存在の有無は、自身のセンサ、他車両から受信したビーコンとセンシング情報から判断するものとする。

各車線における先頭、末尾を車線先頭車両、車線末尾車両と呼ぶこととする。また、3.3 節 (2) に該当する車両を先頭重点車両、末尾重点車両と呼ぶこととし、3.3 節 (3)

に該当する車両を単に重点車両と呼ぶこととする。そして、それぞれ次のように定義する:

車線先頭車両 前方 L_{front} [m] の同一車線上に同進行方向の車両が存在しない車両

車線末尾車両 後方 L_{back} [m] の同一車線上に同進行方向の車両が存在しない車両

先頭重点車両 先頭車両がいる車線から CL 間隔にある車線にいる車線先頭車両

末尾重点車両 末尾車両がいる車線から CL 間隔にある車線にいる車線末尾車両

重点車両 同一車線の先頭車両、先頭重点車両および他の重点車両からそれらのセンサの検知範囲間隔だけ離れた場所にいる車両

4.1.2 優先配信車両の判定方法

車両は自身の LIDAR の検知範囲と自身が先頭/末尾車両、先頭重点車両、クラスタにおける優先配信車両ではない車両のどれかの車両であることを識別する ID をビーコンに含めて送信するものとする。また、車両は自身のセンサ、他車両から受信したビーコンとセンシング情報で把握した他車両の位置から、カーナビゲーションに予め登録された地図情報や HD (high definition) map [20,21] やダイナミックマップ [22] と呼ばれる車載センサや受信した周辺の交通情報を基に車両が作成する 3D 地図情報等を用いて、自身および他車両の走行車線の ID や進行方向を知ることができると仮定する。

車両は自身がクラスタにおける優先配信車両であるか以下の手順で判断する。

- (1) 自身のセンサ、他車両から受信したビーコンとセンシング情報を基に、周辺車両の位置と走行車線を把握する
- (2) 把握した周辺車両の位置と走行車線から自身が先頭車両もしくは末尾車両であるか判断する
- (3) 自身が先頭/末尾車両でない時、自身が車線先頭車両もしくは車線末尾車両であるか判断する
- (4) 車線先頭車両/車線末尾車両である時、自身が先頭重点車両もしくは末尾重点車両であるかを判断する
- (5) 車線先頭車両/車線末尾車両、先頭/末尾重点車両でない時、自身が重点車両であるかを判断する
- (6) 重点車両でない時、自身はクラスタにおける優先配信車両ではないと判断する

車両 i が自身をクラスタにおける優先配信車両かどうかの判定をする方法は以下の通りである:

- **先頭/末尾車両:** i は自身のセンサ、他車両から受信したビーコンとセンシング情報を基に、周辺車両 $j(j \in V)$ の位置 P_j と進行方向を把握する。ここで、 V は自身のセンサ、他車両から受信したビーコンとセンシング情報から把握する周辺車両の集合である。 i と j が同じ進行方向である時、 i は自身の位置 P_i と P_j

の距離 $\text{dist}(P_i, P_j)$ を計算する. $\text{dist}(P_i, P_j) > L_{\text{front}}$ が i の前方にいる全ての j で成り立つ時, i は自身を先頭車両だと判断する. 一方, $\text{dist}(P_i, P_j) < L_{\text{back}}$ が i の後方にいる全ての j で成り立つ時, i は自身を末尾車両だと判断する.

- **車線先頭車両/車線末尾車両:** i と j が同じ進行方向でかつ, 同じ車線を走行する時, $\text{dist}(P_i, P_j)$ を計算する. $\text{dist}(P_i, P_j) > L_{\text{front}}$ が i の前方にいる全ての j で成り立つ時, i は自身を車線先頭車両だと判断する. 一方, $\text{dist}(P_i, P_j) < L_{\text{back}}$ が i の後方にいる全ての j で成り立つ時, i は自身を車線末尾車両だと判断する.
- **先頭重点車両/末尾重点車両:** i は過去単位時間内に受信したビーコンの中に, その送信車両 x が先頭/末尾車両であることを表す ID が含まれているかどうかを確認する. ID が含まれている時, i は x の走行車線の ID である L_x を確認する. i は自身が車線先頭/末尾車両であり, 走行する車線の ID である L_i が $L_i = L_x \pm kCL (k = 0, 1, 2, \dots)$ を満たす時, 自身を先頭/末尾重点車両と判断する.
- **重点車両:** i は過去単位時間内に受信したビーコンの中に, その送信車両 x が先頭/末尾車両もしくは先頭/末尾重点車両であることを表す ID が含まれているかどうかを確認する. ID が含まれている時, i は x のセンサの検知範囲である R_x を確認する. $\text{dist}(P_i, P_x)/R_x < \text{dist}(P_j, P_x)/R_x$ を i と同走行車線にいる全ての j で満たす時, i は自身を重点車両だと判断する

4.1.3 R の決定

$R_{\text{max}}, R_{\text{mid}}, R_{\text{min}}$ はそれぞれ, R の最大値, R の中間値, R の最小値であり, $1 \geq R_{\text{max}} > R_{\text{mid}} > R_{\text{min}} > 0$ を満たすような定数とする. 車両は相対的な位置関係に応じた優先度 R を次に従い決定する: i) 自身が先頭/末尾車両である時, $R = R_{\text{max}}$ とする, ii) 自身が先頭重点車両/末尾重点車両もしくは重点車両である時, $R = R_{\text{mid}}$ とする, iii) 自身が優先配信車両でない時, $R = R_{\text{min}}$ とする.

4.2 道路構造に基づく優先度の算出方法

S の計算方法は道路構造 (合流車線付近, 交差点付近等) 毎に異なるものとする. 道路構造毎に決められた優先的にセンシング情報を配信可能な車線 (以下, 優先配信車線) を走行する車両は, 道路構造毎の既定の地点 (以下, 優先配信地点) からの距離に応じて S を決定する. 車両が道路構造の把握する方法についての詳細はここでは言及しないが, カーナビゲーションに予め登録された地図データから把握する方法や, VICS (Vehicle Information and Communication System) [18] や LDM (Local Dynamic Map) [19] から得られる道路の分岐案内や事故, 工事等の道路交通情報から把握する方法, HD map やダイナミックマップにより把握

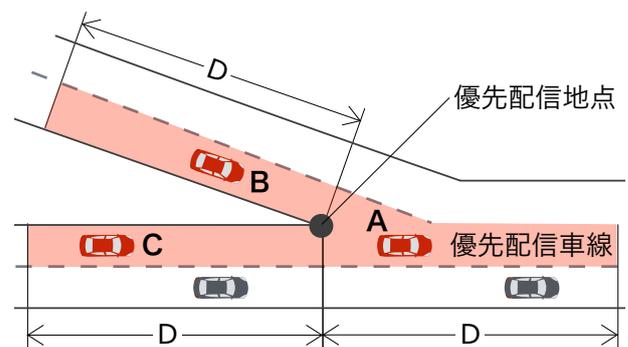


図 7: 合流車線付近における優先配信地点と優先配信車線

する方法等が考えられる.

(例) **車線合流付近における S :** 図 7 に示すような車線合流付近における各車両の S の算出方法について考える. 車線合流付近における優先配信地点は前述の道路構造の把握方法により把握している合流地点とするが, この例ではランプと本線の接続端を優先配信地点と仮定する. また, 車線合流付近における優先配信車線は, 接続端を構成する 2 車線とする. 車線合流付近における優先配信車両は次の 2 つを満たす車両である: i) 優先配信車線を走行している. ii) 優先配信地点から D [m] 以内に位置している.

車両 i は車線合流付近における道路構造に基づく優先度 S_i を式 (2) に従い算出する.

$$S_i = \max \left(1 - \frac{\text{dist}(P_i, P_p)}{D}, S_{\text{min}} \right) \quad (2)$$

ここで, P_p は優先配信地点の位置であり, $S_{\text{min}} (0 < S_{\text{min}} < 1)$ は S の最小値である. 優先配信地点に近い車両程, 高い優先度を得る. したがって, 図 7 において優先配信地点までの距離に近い順番が車両 A, B, C の順だとすると, それぞれの車両における S である S_A, S_B, S_C は $S_A > S_B > S_C$ となる.

5. まとめ

本稿では, 車両密度が高い状況においても, 周辺車両の位置を衝突事故回避に十分な程度に高精度かつ高頻度で認識できるようにするために, 車両が分散的に車両の位置関係や道路構造に応じてセンシング情報の送信頻度を動的に制御する手法を提案した. これまで提案されてきたビーコンの送信制御手法の多くは車両密度に基づく制御であり, collective perception による周辺の交通状況の把握, つまりセンシング情報の交換による周辺の交通状況の把握を前提としていなかった. そのため, センサの検知範囲が重複した車両によるビーコンの送信が頻発し, 衝突事故回避支援に有用なセンシング情報の配信が妨げられることが考えられる.

車載センサ機器と車車間通信を用いて衝突事故回避支援を車両が運転者に対して適切に行うためには, 車両は周辺車両の位置を十分に高い精度で把握している必要がある.

提案手法では、車両の collective perception による周辺の交通状況の把握を前提としており、衝突事故回避支援に有用なセンシング情報が優先的に配信されるような制御を車両が動的に行う。提案手法を用いることで次のような利点が期待できる:

- 車両は自身のセンサの死角にいる車両の位置を衝突事故回避に十分な精度で把握可能
- VANET における通信トラフィックの減少。

今後の展望として、提案手法における各パラメータ値の検討を行い、ネットワークシミュレータ Scenargie [23] に提案手法を実装し、その性能評価を行う予定である。

謝辞 本研究は科学研究費補助金課題番号 15H02689 の助成による。

参考文献

- [1] Toyota Motor Sales, “Toyota Safety Sense,” <https://www.toyota.com/safety-sense/animation/pcs>, (2018/6/26 アクセス).
- [2] AUDI AG., “Driver assistance systems,” <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>, (2018/7/26 アクセス).
- [3] Volvo Car Corporation, “IntelliSafe - driver support and safety,” <http://support.volvocars.com/uk/Pages/article.aspx?article=7a660a63632ab9b7c0a80151706a5baa>, (2018/7/26 アクセス).
- [4] H. Hartenstein and K. Laberteaux, “VANET: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies,” Wiley Online Library, Feb. 2010.
- [5] H.-J. Günther, O. Trauer, B. Mennenga, and L. Wolf, “Realizing Collective Perception in a Vehicle,” in *Proceedings of the 2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*, Columbus, Ohio, USA, Dec. 2016.
- [6] National Highway Traffic Safety Administration, “Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications,” *Federal Register*, Vol. 82, No. 8, pp. 3854–4019, Jan. 2017.
- [7] European Telecommunications Standards Institute, “Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5GHz frequency band,” ETSI EN 302 663 V1.2.0, Nov. 2012.
- [8] Association of Radio Industries and Businesses, “700 MHz Band Intelligent Transport Systems,” ARIB STD-T109 v1.3, Jul. 2017.
- [9] IEEE, “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications,” *IEEE Computer Society, Std 802.11-2012*, Mar. 2012.
- [10] M. Torrent-Moreno, D. Jiang, and H. Hartenstein, “Broadcast Reception Rates and Effects of Priority Access in 802.11-based Vehicular Ad-hoc Networks,” in *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET)*, ACM, Oct. 2004, pp. 10–18.
- [11] National Highway Traffic Safety Administration, “Vehicle Safety Communications Project: Final Report,” *Technical Report DOT HS 810 591*, Apr. 2006.
- [12] 古川魁斗, 石原進, “車車間通信を用いた周辺状況の協調認識における車両の位置関係に応じた車両情報送信制御のための一検討,” 第 69 回 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会 (ITS), 6 月, 2017.
- [13] K. Furukawa, M. Takai, and S. Ishihara, “Controlling Sensing Information Dissemination for Collective Perception in VANET,” *The 16th ITS Asia-pacific Forum*, Fukuoka, Japan, May 2018.
- [14] M. Torrent-Moreno, P. Santi, and H. Hartenstein, “Distributed Fair Transmit Power Adjustment for Vehicular Ad Hoc Networks,” *IEEE SECON2006*, pp.39–48, 2006.
- [15] European Telecommunications Standards Institute, “Intelligent Transport Systems (ITS); Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range; Access layer part,” ETSI, TS 102 687 V1.1.1, Jul. 2011.
- [16] C. Sommer, O. K. Tonguz and F. Dressler, “Traffic Information Systems: Efficient Message Dissemination via Adaptive Beaconing,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 5, pp. 173–179, May 2011.
- [17] H.-J. Günther, R. Riebl, L. Wolf and C. Facchi, “Collective Perception and Decentralized Congestion Control in Vehicular Ad-hoc Networks,” in *Proceedings of the 2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*, Columbus, Ohio, USA, Dec. 2016.
- [18] VICS とは, “VICS センター,” <http://www.vics.or.jp/know/about/index.html>, (2018/7/26 アクセス).
- [19] European Telecommunications Standards Institute, “Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM),” ETSI, EN 302 895 V1.1.1, Sep. 2014.
- [20] TomTom Automotive, “TomTom HD Map RoadDNA,” <https://www.tomtom.com/automotive/automotive-solutions/automated-driving/hd-map-roaddna/>, (2018/7/26 アクセス).
- [21] K. Massow, B. Kwella, N. Pfeifer, F. Hausler, J. Pontow, I. Radosch, J.Hipp, F. Dolitzscher, and M. Haueis, “Deriving HD Maps for Highly Automated Driving from Vehicular Probe Data,” *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 1745–1752, Rio de Janeiro, Brazil, Nov. 2016.
- [22] 高田広章, 佐藤健哉, “ダイナミックマップ,” *システム／制御／情報*, vol. 60, no. 11, pp. 457–462, 2016.
- [23] Space-Time Engineering, <https://www.spacetime-eng.com/en/products>, (2018/7/26 アクセス).