

コネクテッドカーと非対応車両の混在状況における 交差点通過時の安全性・効率の検討

Safety and Efficiency of Intersection Passing in Mixed Connected and Non-Connected Vehicles Environment

東山 紘樹 † 木村 健太 ‡ 佐藤 健哉 ‡
Koki Higashiyama Kenta Kimura Kenya Sato

1 はじめに

近年、V2X(Vehicle-to-everything) 通信を利用することで、自車のセンサの検知可能範囲外となる死角や遠距離の情報を入力できるコネクテッドカーが研究されている。自動運転技術と通信を組み合わせたコネクテッドカーにより、安全で効率的な交通を実現できることが期待されている。

しかしながら、今後コネクテッドカーが発売されたとしても、普及するまでのしばらくの期間は通信機能を有しない非対応車両も一緒に走行している状況は避けられないことが想定される。こういった状況では、非対応車両の存在も考慮する必要がありコネクテッドカー同士の情報だけでは不十分である。

そこで本研究では、コネクテッドカーと非対応車両が混在する交差点において、非優先道路側を走行するコネクテッドカーが通信を用いて交差点を通過する手法を提案し、シミュレーションによって安全性と効率を検討する。

2 関連研究

2.1 協調認識

Gunther らは、レーダセンサを備えるコネクテッドカーと非対応車両が混在する状況で、センシング情報をコネクテッドカー同士でやり取りすることで、通信可能範囲である 300m 周辺の車両をどれだけ認識できるかを評価した。その結果、コネクテッドカーの普及率が低くてもセンシング情報のみによって認識率が向上し、普及率 60% では 9 割近くの周辺車両を認識できることが示されている [1]。

2.2 協調型自動運転の交差点通過シミュレーション

木村らは、見通しの悪い交差点を通過する際に、車車間通信によってほかのコネクテッドカーの走行位置と速度を取得することで、非優先道路側を走行する車両が衝突することなく安全に通過できるかを判断する手法を提案した。結果として、非優先道路側を走行する車両の旅行時間は、一時停止する場合や信号機による調停の場合に比べて減少することが示されている [2]。ただし、これは全ての車両が通信できる自動運転車であるという前

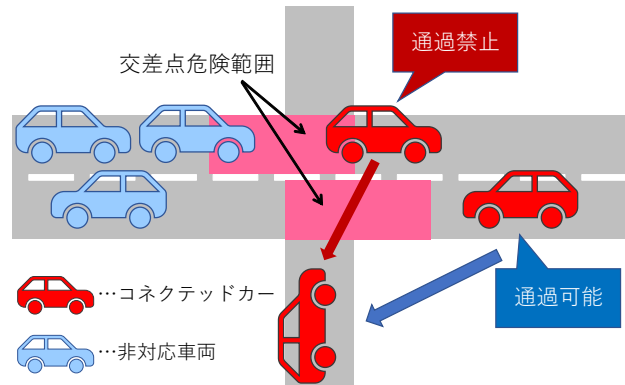


図 1 提案手法の構成

提であるため、通信非対応車両が存在する状況でも検討する必要がある。

3 提案手法

3.1 概要

提案手法の構成を図 1 に示す。以下ではコネクテッドカーの動作を説明する。なお、非優先道路側を走行する非対応車両は交差点手前で必ず一時停止し、安全を確かめてから通過するものとする。

優先道路側を走行するコネクテッドカーは、交差点付近で通信頻度である 0.1 秒おきに以下の動作をする。

1. 交差点危険範囲をセンシングできる位置にいる場合は、前後の他車両の存在を調べる。
2. 自車両及び前後車両が交差点危険範囲に存在しない場合は、通過可能情報を送信する。
3. 自車両及び前後車両が交差点危険範囲に存在する場合は、通過禁止情報を送信する。
4. 自車両のすぐ前後に他車両がいることにより、交差点危険範囲に車両が存在するか確認できない場合は、何も情報を送信しない。

非優先道路側を走行するコネクテッドカーは、通信可能範囲となる交差点の手前 300m 以内で 0.1 秒おきに情報受信を行い、以下の動作をする。

1. 1 つでも通過禁止情報を受信した場合、通過可能情報を 1 つも受信しなかった場合、あるいは優先道路の 1 車線からしか通過可能情報を受信しなかった場合は、交差点の手前で停止できるように減速する。
2. 通過禁止情報がなく、通過可能情報が優先道路の 2

† 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科 Department of Information System Design, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

‡ 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻 Division of Information and Computer Science, Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

車線両方から受信した場合、交差点を通過する。

コネクテッドカーの通信頻度および通信可能範囲は総務省のITS通信要件[3]などを参考に設定した。

3.2 交差点危険範囲の定義

交差点危険範囲とは、非優先道路側を走行する車両が交差点を通過するにあたって、優先道路側を走行する車両が衝突の恐れがある交差点周辺の範囲のことである。この基準として衝突余裕時間(TTC: Time-To-Collision)の考え方を導入する。TTCとは2つの車両が追従走行している場合に、後続車が先行車に衝突するまでの時間のことである。後続車の速さを v_f 、車両先頭位置を x_f とし、先行車の速さを v_p 、車両後部位置を x_p とする。また、TTCを t_c とすると、TTCは2つの車両の車間距離を相対速度で除したものであり、以下の式(1)で表される。

$$t_c = -\frac{x_f - x_p}{v_f - v_p} \quad (1)$$

本研究では、これを交差点に応用できるように定義する。図2のように、非優先道路を走行する車両1と優先道路を走行する車両2について考える。交差点の中心位置を x_i 、交差点(優先道路)の幅を l_w 、車両長を l_v とし、車両1と車両2の速さと交差点までの距離をそれぞれ v_1 , x_1 , v_2 , x_2 とする。

そして、これらの値から求まる車両1が交差点入口に達したときの車両2の位置を $x_{2,1}$ 、車両1が交差点を通過しきるときの車両2の位置を $x_{2,2}$ とすると、これらが以下の式(2), (3)を満たすとき、車両1の交差点への進入は危険と判断する。

$$x_i - \frac{l_w}{2} - v_2 t_{TTC} \leq x_{2,1} \leq x_i + \frac{l_w}{2} \quad (2)$$

$$x_i - \frac{l_w}{2} - v_2 t_{TTC} \leq x_{2,2} \leq x_i + \frac{l_w}{2} \quad (3)$$

ここで、 $x_i - \frac{l_w}{2}$ は交差点の入口の位置、 $x_i + \frac{l_w}{2}$ は交差点出口の位置を表しており、TTCによって定まる交差点手前の位置から交差点出口までの範囲を交差点危険範囲と定義している。

4 評価

4.1 交通流シミュレーション作成

評価には交通流シミュレータVissim[4]を用いた。Vissim上で十字路の交差点環境を作成し、コネクテッドカーが前項で述べた動作を行った場合の効率を評価した。効率の指標は走行する車両の平均旅行時間や最大渋滞長である。さらに既存手法との比較として、信号機による調停を行うモデルや非優先道路側を走行する車両が必ず一時停止するモデルも作成し、それぞれで効率を評価することにより本提案手法が有効であるか検証した。

4.2 評価条件

シミュレーションは以下の条件のもとで行った。

- すべての車両の大きさ(車両長)は同一とする。
- すべての車両は制限速度以下で走行しているとする。
- コネクテッドカーは前後にセンサを搭載しており自車両周辺を認識できる。

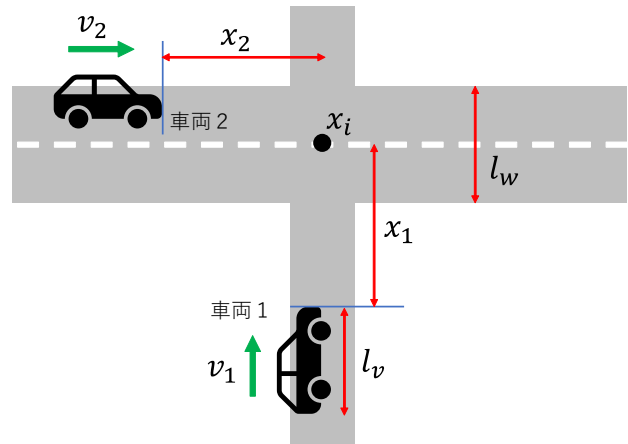


図2 交差点における各車両の値

- コネクテッドカーの通信可能範囲は半径300mとする。
- 車車間通信の情報誤りの可能性は考慮しない。

4.3 パラメータ

シミュレーションでは以下の項目を変化させた。

- コネクテッドカーの普及率
- 車両発生数(交通量)
- TTC

4.4 考察

本提案手法は既存手法に比べて効率的になるが、コネクテッドカーの普及率や優先道路の交通量に依存する面もある。また、TTCを適切に設定すれば安全性は確保される。その他のメリットとして、信号機や路側機の設置・維持に伴うコスト削減が挙げられる。

5 まとめと今後の課題

本研究では、自動運転普及期におけるコネクテッドカーと非対応車両の混在を想定し、そのような状況でもコネクテッドカーの利点を生かせる交差点の通過手法を提案した。そして、シミュレーションを行い、非優先道路側を走行するコネクテッドカーが交差点を通過する際の安全性と効率について検討を行った。今後は、各車両が右左折を選択する場合など、より現実に即した環境でも検証する必要がある。

参考文献

- [1] Hendrik-Jorn Gunther, Raphael Riebl, Lars Wolf, Christian Facchi, "Collective Perception and Decentralized Congestion Control in Vehicular Ad-hoc Networks", Vehicular Networking Conference(VNC), 2016.
- [2] 木村 健太, 東 峻太郎, 佐藤 健哉, "協調型自動運転の交差点通過における安全・効率のシミュレーション評価", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2018)シンポジウム論文集, pp.1377-1382, 2018.
- [3] 総務省, ITS無線システムの高度化に関する研究会報告書, 2009.
- [4] PTV Vissim, <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/>, (参照:2019/5/12).