

# 自動運転車両普及過渡期における手動運転車両への影響を考慮した 交差点通行プロトコルの提案

古川 義人<sup>†</sup> 清原 良三<sup>‡</sup>

神奈川工科大学大学院<sup>†</sup> 神奈川工科大学<sup>‡</sup>

## 1. 背景

ITS の分野では交通流の安全性と輸送の効率性の向上などを目的とし、自動運転車両や V2X 通信の研究・開発が行われている [1]。しかし、自動運転車両の普及過渡期では、手動運転車両への影響を考慮した運転の制御方法を検討する必要がある。本論文ではシミュレータ上に自動運転車両と手動運転車両の走行モデルを実装し、混在環境を想定したシミュレーション実験を行った。実験の結果から、混在環境における問題点を挙げ、その解決方法を提案する。

## 2. 関連研究

Sharon ら [2] は交差点において、信号機と併せて、安全性を確保できた場合にのみ、赤信号時に進入できる方向を拡張する方法を提案している。しかし、信号機が存在しない交差点では適応することができない。

Lee [3] らは交差点への進入方法として、交差点を通行する軌跡を予約する方法を提案している。ただし、提案手法内の全ての通信は、パケットロスや通信の遅延を考慮していない。

実験では信号機のない交差点を使用することで、車両と路側通信機のみで成立する手法を提案する。また、プロトコルに通信の遅延を考慮することで、より現実的な環境を考慮する。

## 3. 実験環境

シミュレーション時間は 3600 秒とし、総車両台数は 300 台とした。

### 3.1. 道路モデル

実験で使用した道路モデルを図 1 に示す。左右に優先道路が接続されており、縦方向には非優先道路が接続されている。実験では、自動運転車両が交差点に進入する際の手動運転車両に与える影響について確認するため、自動運転車両のみが非優先道路から右左折に通行することができる。

### 3.2. 車両モデル

車両の走行モデルを表 1 に示す。それぞれ交

差点への進入判断方法と追従走行時の速度の計算方法が設定されている。通信はすべての車両が使用することができるが、提案手法は、通信の可否にかかわらず、自動運転車両か手動運転車両かによって適応されるかを判別する。また計算式を以下に示す。

$$x = v_n \times t \tag{1}$$

$$x = v_n \times (t + T_{rand}) + d \tag{2}$$

進入判断式は (1) と (2) を比較した。(1) は進入時における対向車両の速度  $v_n$  と進入車両が通過にかかる時間の積である。(1) は自動運転車両のみに適応される。(2) はさらに安全性を考慮した式であり、交差点を通過する時間に加え対向車両の車間時間  $T_{rand}$  と停止距離  $d$  を考慮している。

追従走行時の速度は IDM モデルによって計算される [4]。計算式で使用する車間時間及び反応時間は各ドライバ毎にランダムで設定される。

## 4. 提案手法

プロトコルの概要を図 2 に示す。提案手法は非優先道路を走行する自動運転車両が進入依頼を路側通信機器に対して送信することで開始する。進入依頼を受信した優先道路を走行する車両は、速度の調節及び進入車両の進入を許可で

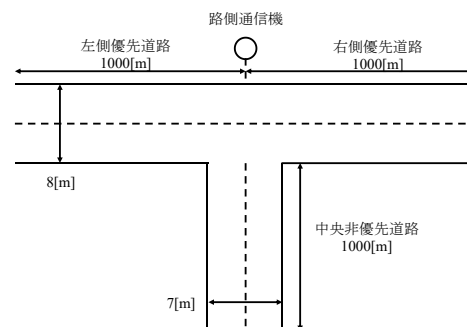


図 1 道路モデル

表 1 車両の定義

	交差点進入時 車間距離	追従走行時 速度	通信
自動運転車両	(1) or (2)	IDM モデル	可
手動運転車両	(2)	IDM モデル	可

Proposal of a Protocol for Traffic Control at Intersection with Considering the Influence on Human-Operated Vehicles in the Transition Period of Autonomous Vehicles.

<sup>†</sup>Hiroto Furukawa, <sup>‡</sup>Ryozo Kiyohara

<sup>†</sup>Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

<sup>‡</sup>Kanagawa Institute of Technology

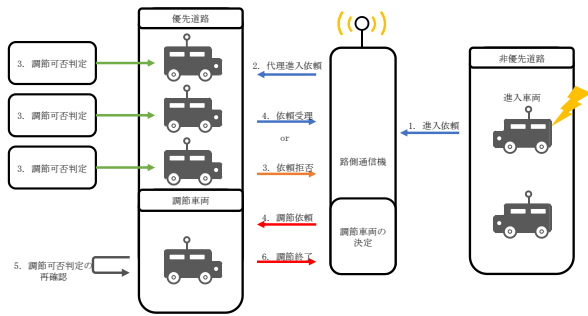


図2 通信プロトコル

きる場合、路側通信機器に調節可能返信を送信する。路側通信機器は調節可能な車両の中からさらに調節する車両を選択する。

速度の調節に関しては、道路の制限速度を40[km/h]としていることから最大で30[km/h]まで減速できることを想定している。

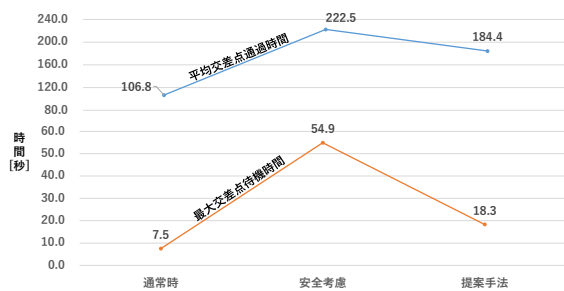


図3 効率性に関する評価

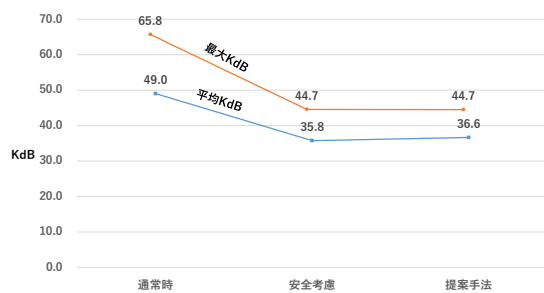


図4 安全性に関する評価

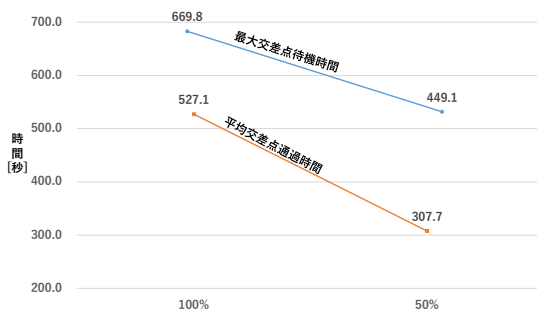


図5 混在環境における評価

## 5. 実験結果

実験結果を図3~5に示す。評価はそれぞれ式(1)を使用した通常時、式(2)を使用した安全考慮、提案手法の3種類で比較した。図3では旅行時間の比較をしている。提案手法で、同じ式(2)を使用しているにもかかわらず旅行時間が安全考慮よりも改善されたことが確認できた。

また、図4では人間の視覚に前方車両が面積として占める割合をdBで表したKdBという安全評価指標の比較をしている。実験結果から、安全性評価のKdBの値が小さくなっていることから、安全性も同時に改善されたことを確認した。

図5では手動運転車両が100%の時と50%混在する場合の旅行時間の比較結果である。結果から、提案手法は混在環境でも効果を示すことを確認した。

表2は提案手法の各メッセージ送信時の通信の評価を示している。最も通信回数の多い”VehicleAdjust”においても約3ms程度の遅延であり、許容範囲であると考えられる。

## 6. おわりに

自動運転車両の過渡期を想定した交通流改善手法を提案した。実験の結果、手動運転車両との混在環境でも旅行時間の削減と安全性の改善ができることを確認した。

### 参考文献

- [1] 辻野照久, 坪谷剛, ”自動運転自動車の研究開発動向と実現の課題”, 化学技術動向, Vol.133, 1・2号, pp.9-16, Jan.2013.
- [2] Guni Sharon, Peter Stone. A Protocol for Mixed Autonomous and Human-Operated Vehicle at Intersection. In ABMUS 2017, Sao Paulo.
- [3] Joyoung Lee, Byungkyu Park. Development and Evaluation of a Cooperative Vehicle Intersection Control Algorithm Under the Connected Vehicles Environment. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2012, vol. 13, no. 1, p. 81-90.
- [4] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. Phys.Rev.E. 2000, vol. 62, no. 2, p. 1805-1824.

表2 通信の評価

メッセージ名	遅延時間 [ms]	ロス率 [%]
VehicleEntry	0.0	0
RoadEntry	1.0	0
VehicleAdjust	2.9	13
AdjustRequest	1.0	26
Received	0.3	0
Disconnection	0.9	0