

自動運転車両普及期における丁字路制御手法

鈴木 暁仁[†] 鈴木 孝幸[†] 清原 良三[†]神奈川工科大学[†]

1 背景

自動運転車両は安全性と交通流の改善，輸送効率の向上などを目的とし，近年盛んに研究・開発が行われている。

自動運転車両の普及には長い年月がかかるとされている[1]。そのとき相当期間の自動運転普及過渡期が存在すると考えられ，道路上に人間が運転する手動運転車両とシステムが運転制御を行う自動運転車両が混在する環境が生じる。そこでシステムと人間の運転挙動の違いを考慮しなければ，自動運転車による恩恵を十分に受けられないことが明らかになっている[2]。

本論文では，自動運転車両が普及期での交通流問題に着目し，信号での制御の難しい丁字路における交通流改善のための信号機制御の方法を提案する。

2 関連研究

見通しの悪い交差点での車車間通信・路車間通信を利用した交差点通行方式が提案されており，シミュレータ上での実験によってその有効性を示している。自動運転車普及期における間の運転と自動運転システムの違いによる交通流の影響を想定した交差点進入プロトコルがあり，交差点への進入機会を増やすための通信プロトコルおよび進入機会を得るための車間距離の調整方法を提案している[2]。

本論文では，文献[2]で扱う手法では，改善しないうえ優先路が丁字に曲がる場合を対象としてその改善手法を提案する。具体的には，図1に示す神奈川県で最も渋滞の激しい丁字路と言われる神奈川県鎌倉市にある小袋谷の交差点は，自動運転車に適していると考えられる。図1の交差点では人が譲り合いによって自動運転車のように最適化が行われているためである。実際には，信号機は設置されており，過去も信号機の運用をしたが，交通渋滞が激しくなるだけであり，現在は点滅信号にしており，人が注意して譲り合いを実施している。そのため事故も多く，歩行者もいるため危険な状態であり，改善すべきである。

3 提案手法

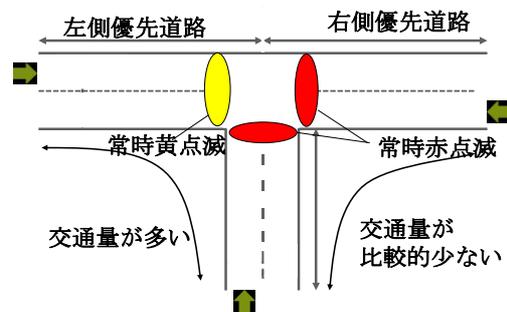


図1 小袋谷交差点

現状では，図1に示すような丁字路交差点では，人同士のコミュニケーションであるため，優先路であっても，右折時に直進車が来れば一旦停止することになる。そのため，改善すべき点があると考えられる。

具体的には，自動運転車の通信機能を利用し，信号機と通信を行わせ信号制御を行う。即ち，自動運転車両は，路車間通信を行うことにより，信号の情報および周辺車両が自己車両を認識しているかどうかを知ることができる。一方，手動運転車両は信号でのみ周辺車両がどう動作するかを知ることができる。すなわち露側から手動運転者には信号という手段で通信を行う。

従来はすべての車両が注意しながら譲り合いで通行していたが，交差点の通行を，適切に公平性を保って通行を指示する信号機によるものに変更する。従来は固定の信号機であると，通行量に関わらず一定の周期となり，信号機を運用した方が渋滞になること多かったが，これを動的に適切に変更することで解決を図る。

3.1 各モデル

本実験では信号機の丁字路交差点を想定する図2に道路モデルを示す。速度決定モデルでは，車両には IDM モデル[3]を利用し，次の式(1)と式(2)から安心安全を考慮する。

$$iTTC = 1/TTC = RV/RD \quad (1/s) \quad (1)$$

$$F = a \times iTTC \times VI + b \times (1/RD^2) \quad (2)$$

安心安全を考慮した式ではリスク認知と関係する衝突余裕時間 (Time-To-Collision, TTC) の逆数である iTTC が重要となり，RV は相対速度，RD

Control Method at T-junction during Spread of Autonomous Vehicles

AKIHITO SUZUKI[†], TAKAYUKI SUZUKI[†], RYOZO KIYOHARA[†][†] Kanagawa Institute of Technology

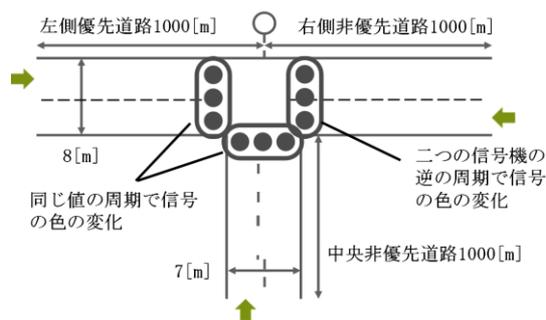


図2 道路モデル

は相対距離、VI は後続車両速度、a, b は定数となっている

3.2 通信プロトコル

本研究での通信プロトコルの概要を図3に示す。通信プロトコルの流れとしては、以下の順に通信する。

- (1) 各道路に信号機の色を伝達させる。
- (2) 右側非優先道路から道路状況を信号機に伝える。
- (3) 道路状況をもとに信号機の色を周期を変更させる。
- (4) 各道路に再び信号の色が変わる時間を伝達する。この流れで実行される。

4 実験結果

図4,5は本実験の実験結果である。信号の周期を80秒と100秒とする。80秒の時は初期設定の中央道路と左優先道路の周期は青55秒、黄5秒、赤20秒とし、100秒の時は、青75秒、黄5秒、赤20秒とした。右側非優先道路は、二つの道路の逆の周期とした。defaultは、自動運転車がない状態で信号機を運用しない状態である。default+信号は上記の信号のモデルを加えたものである。avは自動運転車のことを指す。混在時の状態は、50%から10%ずつ増やした。また、各シミュレーションは10回ずつおこなった。

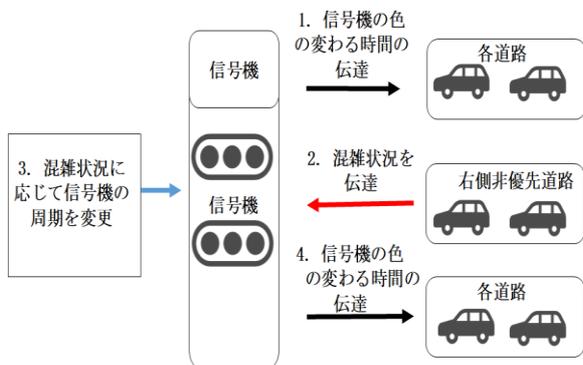


図3 通信プロトコル概要

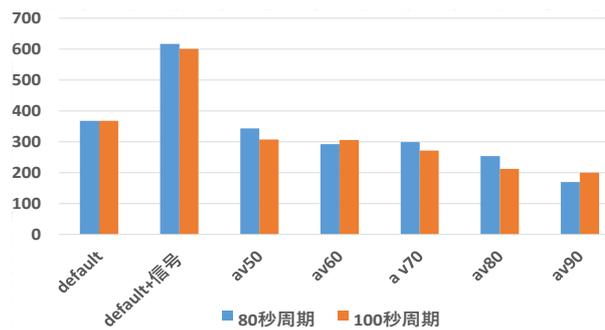


図4 中央道路平均旅行時間

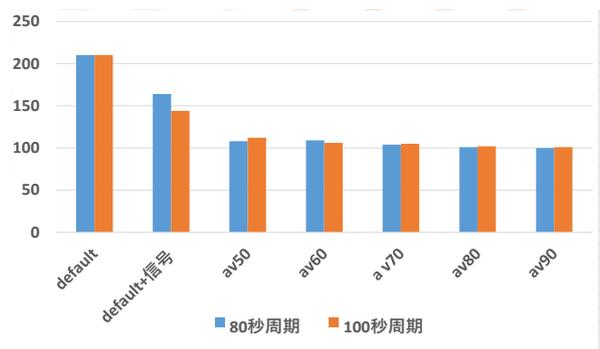


図5 左側優先道路平均旅行時間

図4,5ではdefaultと比べて自動運転車を混在時に加えた手法の中央道路と左優先道路の旅行時間が減少していることを確認した。また、信号の初期設定の80秒と100秒の周期では、変化はあまりないことを確認した。結果から提案手法の有効性を確認した。

5 まとめ

本論文では、今後普及する自動運転技術に関して、普及段階における問題点の提起をした。また、その改善手法として交差点における信号制御方法を提案した。その結果、現在環境で優先されている道路効率を下げることなく他の道路の効率も向上させることができた。

参考文献

[1] 井川雅貴, 村田秀則, 福重真一, 小林英樹 “自動運転普及シナリオのライフサイクルシミュレーション” 2019年春季大会精密工学会

[2] 古川義人, 清原良三 “自動運転車両の普及過渡期における非優先道路から優先道路への進入待機時間の削減手法” 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 10, 1809-1817, 2019

[3] 森田 和元, 田中 信壽, 安本 まこと, 青木 義郎: ドライバのブレーキ踏力アルゴリズムの提案, 自動車技術会論文集, Vo. 42, No. 5, 2011