

信号情報に反応するドライバーの割合が単一交差点通過に与える影響の分析

名城大学 学生会員 ○西尾 和也
名城大学 正会員 松本 幸正

1. はじめに

ITS の進展にともない、ドライバーは道路情報を取得することができるだけでなく、信号情報も取得することが可能となりつつある。その時、信号情報に反応することで加減速を行うドライバーと信号情報に反応しないドライバーの2種類が混在することになる。そこで本研究では、このようなドライバーが互いに作用しあう状況を把握するためにマルチエージェントシステムを用い、信号情報に反応するドライバーの割合による交差点通過の影響を明らかにする。

2. シミュレーションの概要

2.1 マルチエージェントシステムの概要

マルチエージェントシステムとは、複数のエージェントから成るシステムであり、各エージェントは、他のエージェントや環境状態と通信をしながら行動を決定する。エージェント同士が互いに作用しあうことで、単一のエージェントで達成できない事柄をシステム全体として達成することができる。

2.2. ドライバーの行動の提案

本稿では、ドライバーをエージェントとみなしてドライバーの行動を記述する。ドライバーは、信号情報に反応することで加減速を行うドライバーと信号情報に反応しないドライバーの2種類に分ける。ドライバーの行動は、以下のように記述する。

①反応するドライバー

信号情報の取得によって加減速を行うドライバーは、加減速を自身で考え行動を決定することから、強化学習の1つであるQ学習を用いる。図1に、Q学習によるドライバーの学習概念を示す。ドライバーは、ステップ t における環境状態 $s_t \in S$ (S は取り得る状態の集合)を受け取り、その環境状態に対する行動 $a_t \in A(s_t)$ を決定する。ドライバーの行動 a_t により環境は $s_{t+1} \in S$ に移り変わり、その結果として報酬 $r_{t+1} \in R$ (R は全報酬の集合)を得る。ドライバーは、報酬が最も多く得られることを目的として行動を決定する。

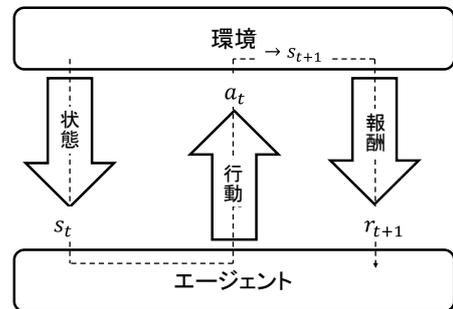


図1 ドライバーの学習概念

信号状態によって、信号機からの距離約 300m 手前より車両挙動に変化が生じていることが明らかになっている。このことから、本研究においても、ドライバーが信号機からの距離 300m に到着後、環境状態を認識し、以下のように行動することとする。

- 1) 信号からの距離 300m地点に到着と同時に環境状態を認識する
- 2) 認識した環境状態から加速か減速かを ϵ -greedy 手法に従い選択する
- 3) 選択した行動に対する Q 値を更新する
- 4) 信号を通り過ぎるまで (1) ~ (3) を繰り返す行う

エージェントが環境状態として認識する情報は、信号の残り時間と信号までの距離の2つである。

Q 値の更新式は、以下のものである。

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha[r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a') - Q(s_t, a_t)] \quad (1)$$

α は学習率、 γ は報酬の割合率である。

②反応しないドライバー

初速 30km/h で走行を始め、前方に余裕があり、信号が青信号である限り最高速度である 50km/h まで加速度 1m/s^2 で速度を上げて走行する。前方車がいる場合は、前方車との距離を用い速度を決定する。信号からの距離 100m 以内で、信号が赤信号の場合は、信号との距離を用い速度を決定する。

3. シミュレーションの概要

シミュレーションは、片側 1 車線の長さ 600m から

キーワード：マルチエージェント、信号情報、交通シミュレーション、信号交差点

〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 TEL 052-832-1151 名城大学大学院理工学研究科社会基盤デザイン工学専攻

700m の道路が 4 本直角に交差する信号交差点を対象とする。ドライバーの加減速度を 1m/s^2 、初速を 30km/h 、最高速度を 50km/h とする。車両は、右左折することなく直進のみとする。1 ステップは、実時間の 1 秒に相当させ、10,000 秒までシミュレーションを実行する。車両の発生量は、約 200[台/h]で、発生タイミングをランダムとし、シミュレーションを 3 回行った平均値を用いて評価を行う。信号機は、青信号を 30 秒、赤信号を 40 秒とする。ただし、黄色信号は便宜のため赤信号に含める。車両は、道路の末端から発生させ、逆の端に到着した時点で消滅させる。この時、その車両の走行が完了したとみなす。

Q 値の更新式で用いる α を 0.1, γ を 0.9 とする。

4. シミュレーション結果

図 2 は、横軸に経過時間、縦軸に全車の平均旅行時間をとり、信号に反応するドライバーの割合別による全車の平均旅行時間を示した図である。この図から、信号に反応するドライバーの割合それぞれが、約 2,000 秒を過ぎると全車の平均旅行時間が一定の値に収束していることから、強化学習の学習時間を 2,000 秒とし、2,000 秒から 12,000 秒までの 10,000 秒を用いて評価を行う。

図 3 は、横軸に信号情報に反応するドライバーの割合、縦軸に停止車両の平均停止時間をとり、停止回数別の停止車両の平均停止時間を示した図である。この図から、1 回のみ停止している車両の平均停止時間は、反応するドライバーの割合が増えるにつれて、減少していることがわかる。2 回以上停止している車両の平均停止時間は、反応するドライバーが 0%~40% のときに減少しているが、60% を超えると平均停止時間が約 40 秒とあまり変化がみられないことが見てとれる。

図 4 は、横軸に信号情報に反応するドライバーの割合、縦軸に停止車両率を示した図である。この図から、信号情報に反応するドライバーの割合が 1 回停止する車両と 2 回以上停止する車両ともに、大きくなるほど全体的に停止車両率が下がっているが、60% を超えるとあまり変化をしていないことがわかる。加えて、信号に反応するドライバーの割合が 0% の場合と 100% の場合を比較すると、停止車両率が約 15% 程度低下していることがわかる。

5. おわりに

本研究では、信号情報を取得した際のドライバーの

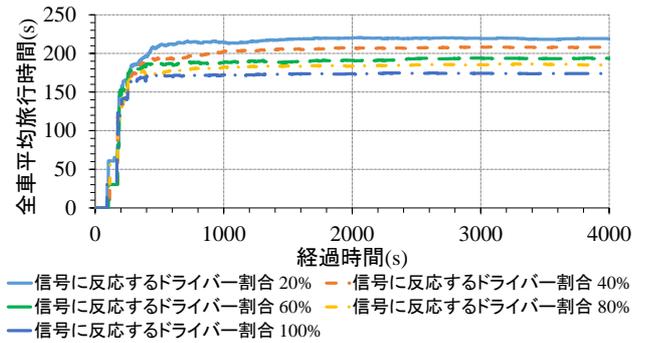


図 2 全車平均旅行時間

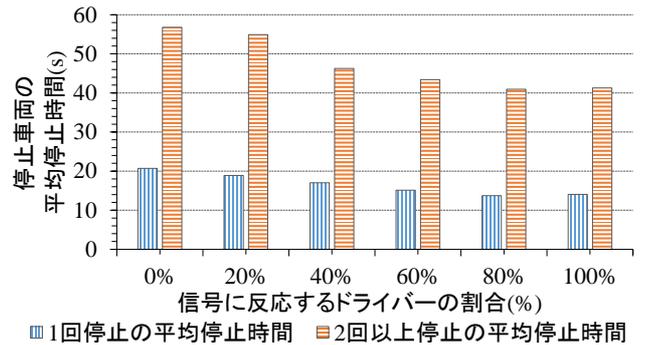


図 3 停止車両の平均停止時間

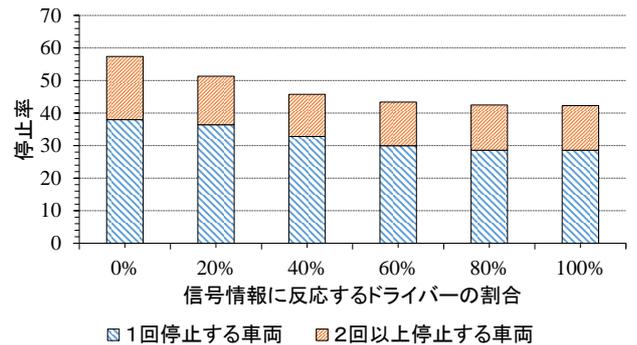


図 4 停止車両率

挙動を 2 種類に分け、それらが互いに作用しあうことからマルチエージェントシステムを用いて、単一交差点でのシミュレーションを行った。その結果、信号での反応によって赤信号での停止時間や停止車両率が減ることが確認できた。加えて、信号情報に反応するドライバーが 60% を超えると、大きな効果が見込めないことがわかった。

本シミュレーションは、交差点が 1 つであり、直進する車両のみを対象としていたため、今後は、複数交差点や右左折を含めた運転挙動を記述する必要がある。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究 (C) (15K06262) を受けた研究成果の一部である。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- 1) 宮田健治・吉井稔雄: 信号切り替り時における車両加速減速挙動の分析, 土木計画学研究発表会・講演集, No.24, pp.329-330, 2001.