

マルチエージェントによる信号機動的制御の実現と検討

愛知県立大学 情報科学部 地域情報科学科 柴田 貴範

指導教員：井手口 哲夫

1. はじめに

近年、自動車の保有台数が増加し、平成 18 年度の段階では約 7,900 万台の自動車が保有されている[1]。これに伴い、日常的に発生している渋滞が問題視されている。渋滞は無駄な排出ガスを発生させ、環境へ負担をかけるだけでなく、経済的損失の増大や交通事故の一因にもなっている。特に著者の住む愛知県では全国で自動車保有台数が一番多い県であり、渋滞による損失が全国的に見ても高い[2]。

この渋滞による様々な問題を解決するため、自動車の流れに直接影響を及ぼす交通信号機に注目する。自動車の動きを制御している交通信号機をその場の道路状況に応じて動的に制御することで、自動車の流れを改善し、渋滞による損失を軽減できると考えられる。

そこで本稿では、ある道路上にいる自動車の数が多ければ交通信号機の青色（注意走行）の時間を長く取り、少なければ短く取るように道路の混雑状況に応じリアルタイムに変化させる制御方式を提案し、渋滞の緩和を目指す。これを(株)構造計画研究所の artisoc により、シミュレーションモデル化し、評価を行う。

本稿の構成として、信号機の現状など研究に至るまでの背景を第 2 章で、シミュレーションモデルの概要を第 3 章で、シミュレーション結果と考察を第 4 章で、第 5 章でまとめと今後の目標や課題について述べる。

2. 自動車の保有台数と渋滞による損失

この章では、本研究での背景となる自動車の増加と渋滞の損失について述べる。第 1 節では自動車保有台数の推移を、第 2 節では渋滞による損失について、第 3 節では渋滞緩和の諸対策を、第 4 節では信号機の現状について説明する。

2.1 自動車保有台数の増加

近年、自動車保有台数の前年度比は低くなってきているものの、保有台数は増加している傾向にある（図 1）[1]。

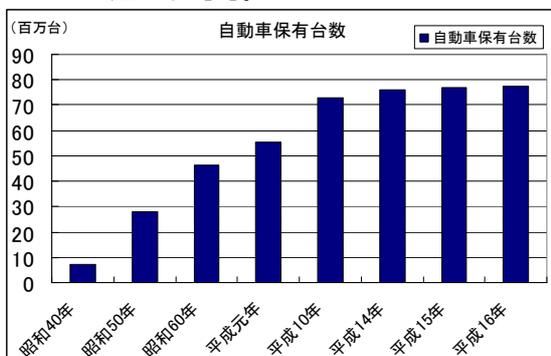


図 1 自動車保有台数の推移

2.2 渋滞による損失

渋滞による損失を表す指標として渋滞損失時間や渋滞損失金額などがある。渋滞損失時間は渋滞で無駄にしている時間を意味する。年間で 1 億人が各々その時間を損失することを意味する単位として億人時間がある。この単位で渋滞損失時間を見ると、東京都が 3.7 億人時間で一位、愛知県が 2.8 億人時間で二位となっており、上位 3 位はいずれも大都市である[2]。

2.3 渋滞緩和の諸対策

自動車の流れを制御する信号機は管制センターで制御されるものと信号機自身が曜日や時間を感じ、それに応じた制御を行うものの二つの方法がある。いずれも、複数のパターンによる制御のみであり、その道路の状況に適した制御を随時行うことができないと考えられる。

以上のことから、本稿では、交通信号機をその場の状況に応じリアルタイムに交通流を制御する方式を提案し、シミュレーションによって評価する。

2.4 信号機の現状

自動車の流れを制御する信号機は管制センターで制御されるものと信号機自身が曜日や時間を感じ、設定された制御パターンに切り替えるものの二つの方法がある。いずれも、複数のパターンによる制御のみであり、その道路の状況に適した制御を随時行うことができないと考えられる。

以上のことから、本稿では、交通信号機をその場の状況に応じリアルタイムに交通流を制御する方式を提案し、シミュレーションによって評価する。

3. 提案方式の概要

本稿で提案する制御方式は対面する信号と交差する道路の交通量の大小を比較する。比較した後、交通量差を時間に変換する定数 k を定義し、掛け合わせる。掛け合わせた値を交通量の多い道路の青の時間に加え、赤の時間で減らす。この動的制御により、交差点付近の停止車両台数の軽減や旅行時間の短縮により、渋滞緩和が期待できる。

この方式を構造計画研究所が開発したマルチエージェントシミュレータ「artisoc」を用いて評価を行う[3]。

4. シミュレーション環境

本章ではシミュレーション環境について述べる。今回モデルを作成するに当たり、著者の住む愛知県内で頻繁に渋滞が起こる道路を参考にした（図 2）。

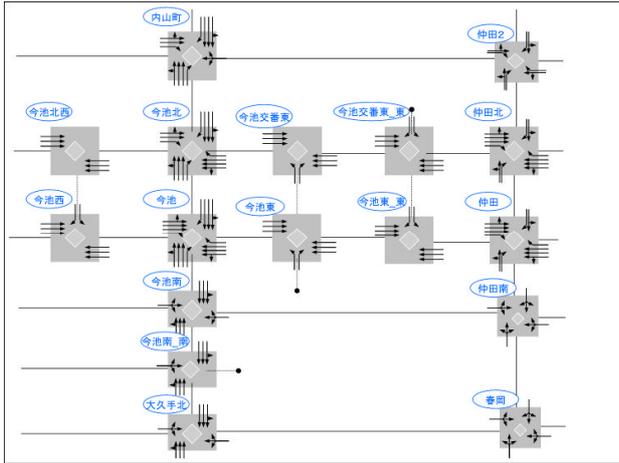


図2 シミュレーション対象範囲概要図

参考にした点は、車線数、交差点間距離などである(図3)。この道路は、名古屋市中心部に向かう道路として多く利用されている。さらに、駐車車両が少なくなく、車線の変化も激しいため頻繁に渋滞が発生している道路である。この道路網を次の表1のように定義する。

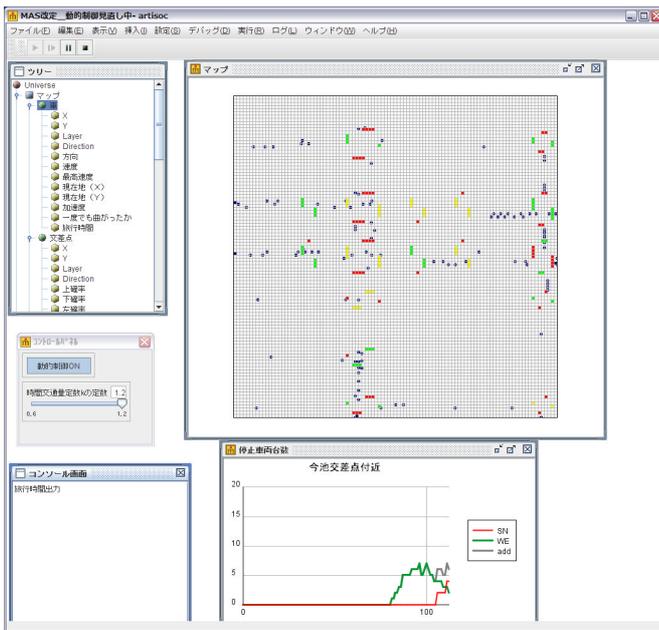


図3 シミュレーション実行図

表1 シミュレーション環境：道路網

	面積	
道路網	1 × 1[km]	100 × 100[マス] (1マス:10m)

自動車が進路に到達したときには以下のよう動作する。

- 車線が多く、専用車線がある場合
→ その車線に従って動作
- 右折車線だけが独立し、直進と左折が同じ車線である場合

- 2/5 の確率で左折を、3/5 の確率で直進をし、右折車線は必ず右折する
- 車線が1車線の場合
→ 1/5 で右折、1/5 で左折、3/5 で直進する

シミュレーション範囲内へ自動車が流入する量は、一番大きい道路では交通量調査によって得られている値を、それ以外では著者の経験により、大きい道路で与える量の1/2、1/5、1/10という相対的な値を1ステップごとにランダムに発生させる。

提案方式を実現するために、交差点付近の各道路にて、存在する自動車量を常時検出させる必要がある。そのためエージェント集合型変数を用いて自動車量を検出し、提案する信号機制御方式に利用する。具体的に述べると、自動車量を検出した後、交差する信号機との交通量差を信号機自身が算出する。これに車両差を時間に変換する時間交通量定数 k を掛け合わせ、交通量の多い道路の青信号時間に加え、赤信号時間から減らす動作を次式のように行う

$$Bt(i) = Bt(i-1) + |T_{EW}(i) - T_{NS}(i)| \times k$$

$$Rt(i) = Rt(i-1) - |T_{EW}(i) - T_{NS}(i)| \times k$$

状態 i の時、上式の $Bt(i)$ は青信号時間、 $Rt(i)$ は赤信号時間、 $T_{EW}(i)$ 、 $T_{NS}(i)$ はそれぞれ東西方向、南北方向の交通量を表す。

この提案方式を評価する値として、旅行時間と停止車両台数を用意する。一つ目の評価値である旅行時間は、シミュレーション範囲内の端から端まで移動する際の所要時間を意味する。しかし、右左折の回数により、旅行時間の分散が大きくなり、結果として精度が低くなってしまふ恐れがある。そのため、本稿では、右左折を行わず直進する自動車のみ旅行時間を計測し平均を取る。二つ目の停止車両台数は、信号機が赤から青に切替わる瞬間に交差点付近で停止している自動車の台数を検出し、各交差点で平均してどれほど自動車が停止しているかを見ていく。

今回、シミュレーションは1000ステップを1回とし、 k の値ごとに5回実施し、平均を取る。また、時間交通量定数 k が0.8、1.0、1.2のときの各評価値を従来の固定パターン方式と比較検討を行う。

5. 結果と考察

まず、旅行時間を見る。制御方式ごとの自動車の旅行時間の平均を表2に示す

表2 制御方式ごとの旅行時間平均

制御なし [k=0]	制御あり [k=0.8]	制御あり [k=1.0]	制御あり [k=1.2]
407.629	359.93949	353.156425	346.43179

[ステップ]

表 2 を見ると、従来の固定パターン方式に比べ今回用意した k 全ての制御方式において 11~15%短縮していることが分かる。また、 k の値が大きくなるにつれ旅行時間も減少していることがわかる。

次に、信号が赤から青に切替わる瞬間の停止車両台数の平均をそれぞれの制御方式で見ている（図 4）。

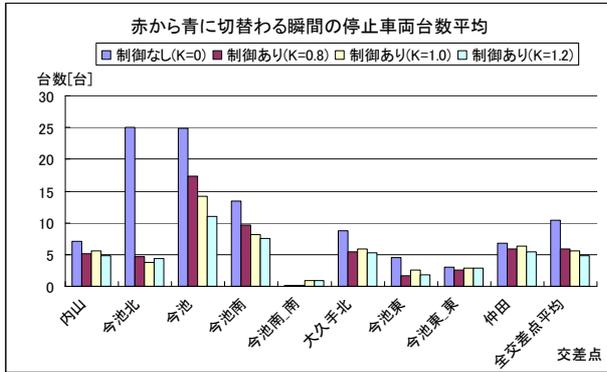


図 4 赤から青に切替わる瞬間の停止車両台数の平均

図 4 の一番右の”全交差点平均”は図にある 9 つの交差点の平均を取ったものである。 k の値によって前後している部分はあるものの、ほとんどの交差点で停止車両台数が下回る。

次に交通量の多い道路が交差している「今池」交差点付近の停止車両台数の変化について k 毎に見ていく（図 5）。

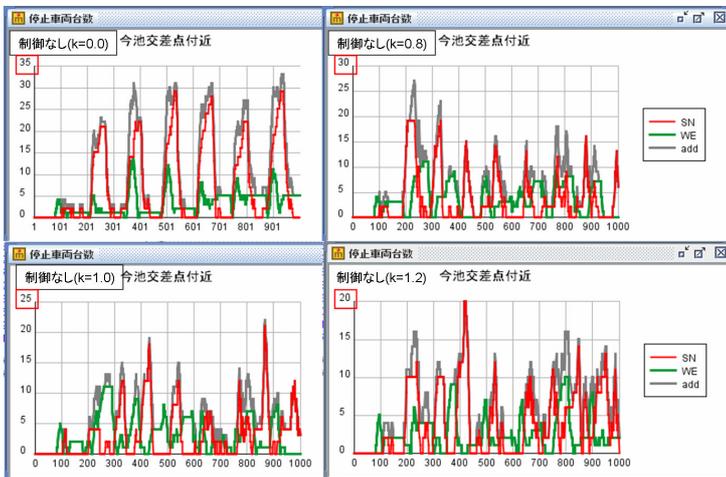


図 5 制御方式毎の「今池」交差点付近の交通量変化

図 5 の SN は南北方向、WE は東西方向、add は二つの合計を表す。急激に下降している部分は赤から青に切替わった瞬間を意味する。

これを見ても、 $k=0$ 、つまり従来の固定パターンによる制御を行った場合の停止車両台数が一番多くなっていることが分かる。また、提案方式による制御を行う場合、 $k=0$ の場合と比べ、信号の切替え回数が多くなっていることが判る。このことから、交通量の変化に適した制御を行っていることがわかる。

6. まとめと今後の課題

本稿では自動車の増加による渋滞を軽減すべく自動車流に関わる信号機に着目し、動的制御方式を提案。これをマルチエージェントシミュレータ”artisoc”を用いて実装し、評価を行った。その結果、従来の固定パターン制御方式に比べ、提案方式の旅行時間が 11~15%程度短縮することが明らかになった。結果として本方式及び本方式を評価する上でマルチエージェントシミュレータ”artisoc”の有効性を確認することができた。

今後の課題として、シミュレーションモデルの詳細化やシミュレーション中の交通量変化などが必要である。

更に、時間交通量定数 k を変化させ、旅行時間が短縮するような最適な k を導くと共に、交差点ごとに異なる k を与え、精度を高めていきたい。

参考文献

- [1] 国土交通省陸運統計要覧（平成 18 年）：
「<http://toukei.mlit.go.jp/search/pdfhtml/16/16200600x00000.html>」
- [2] 渋滞の現状と施策体系 国道交通道路局
「<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tdm/Top03-01-01.html>」
- [3] MAS コミュニティサイト
「<http://mas.kke.co.jp/index.php>」
- [4] 村木雄二、狩野均：感知器交通量データに基づく分岐率を用いた交通流シミュレーション、情報処理学会研究報告、2007-ITS-28、pp. 1-6 (2007)
- [5] 竹内伝史、本多義明、青島縮次郎、磯部友彦：[新版]交通工学-土木教程選書、鹿島出版会（2000）