

分散制約充足による交通信号の動的制御

中野 雅則[†] 水野 一徳[‡] 西原 清一[‡]

[†] 拓殖大学工学部情報工学科 [‡] 筑波大学大学院システム情報工学研究科

1 はじめに

近年、自動車の台数の増加などにより、都市部を中心とした交通渋滞などの交通問題が深刻化している。本研究では、交通渋滞を解決する方法の1つとして、交通信号制御により交差点の交通量の調整を行なうことで渋滞の緩和をすることを目的とする。信号の制御方法としては、交差点をエージェントとしたマルチエージェントシステム (MAS) としてモデル化し、個々の信号パラメータの決定には、分散制約充足問題を用いる [1]。交差点エージェントは接続している道路から、混雑情報などを受け取り、それらを基に、各信号のパラメータを動的に決定する。

2 研究分野の概要

2.1 分散制約充足問題

制約充足問題 (CSP) とは、離散値をとる変数の値の組合せのうち、すべての制約を満たす組合せを探索することによって発見する問題である。CSP の変数が複数のエージェントに分散された問題が分散制約充足問題 (DCSP) である [2]。

2.2 関連研究

交通信号制御は、信号の現示方式を決めた後、以下に示す3つの信号パラメータを調整する必要がある。

- サイクル長：信号の色が一巡する周期の長さ
- スプリット：1サイクル中の青信号の時間配分
- オフセット：交通をスムーズにするための隣接する交差点間の青信号開始時間のずれ

現在、行なわれている制御方式には、パターン選択方式や MODERATO 方式などがある。両者とも事前に調査した交通流データなどを基にパターンを設定し、交通状況に応じて、パターンを選択するものである。しかし、これらの制御方式では、交通流の経年変化により、制御パターンを見直す必要があり、また、想定外の交通状況に対して対応することが困難であるという問題点がある。

3 提案する方式

3.1 基本方針

本研究では、2.2 節で述べた信号のパラメータを、道路の混雑状況に応じて動的に決定する方式を提案する。本方式の基本方針を以下に示す。

- (1) 信号パラメータを決定する問題を CSP として捉え、各変数がそれぞれ信号が属する交差点エージェントに分散された DCSP として定式化する。
- (2) 提案する方式を文献 [3] の交通流シミュレータに実装することにより、道路の混雑状況を交差点に接続する道路エージェントから受信する。
- (3) 各エージェントは複数の変数を持つため、文献 [2] で述べられているアルゴリズムを本問題を解くための基本アルゴリズムとする。
- (4) より効率的な制御を目指し、感应式信号もモデル化に加える。

3.2 制約条件

本方式は、文献 [1] と同様に、CSP における変数として $cycle$, $gstart$, $gtime$ を決定することで各信号のパラメータを決定するものである。変数間に要請される制約条件の集合には、それぞれエージェント内制約、エージェント間制約、異エージェント制約といった部分制約集合からなる。以下、これら3つ制約について詳しく述べる。

- (1) エージェント内制約 (C_{in})
エージェント内制約とは、各交差点が持つ2つの信号で必ず満たされるべき制約である。
 - 交差点内の2つの信号のサイクル長は等しい
 - 青時間の長さは、サイクルの20パーセントから80パーセントの間とする
 - 交差点内の2つの信号が同時に青信号にはならない
- (2) エージェント間制約 (C_{adj})
エージェント間制約とは、隣接する交差点 i, j が信号を持っている場合、満たしたほうが良い制約である。
 - 隣接信号のサイクル長は等しい
 - $gstart_{ik} = gstart_{jk} + Dist_{ij}/LV_{ij} - CL_{ij}$
ただし、 i から j への隣接信号間の距離を $Dist_{ij}(m)$ 、道路の制限速度を $LV_{ij}(m/s)$ 、隣接信号で停車している車が全て交差点 j を通過するまでの時間を $CL_{ij}(s)$ とする。
- (3) 異エージェント制約 (C_{road})
接続している道路の混雑を解消するための制約である。
 - 混雑度を求める式
 $W = \text{交差点に流れ込む車列の長さ} / \text{道路の長さ}$

Distributed Constraint Satisfaction for Dynamic Urban Traffic Signal Control

Masanori Nakano[†], Kazunori Mizuno[‡], Seiichi Nisihara[‡]

[†]Department of Computer Science, Takushoku University

[‡]Department of Computer Science, University of Tsukuba

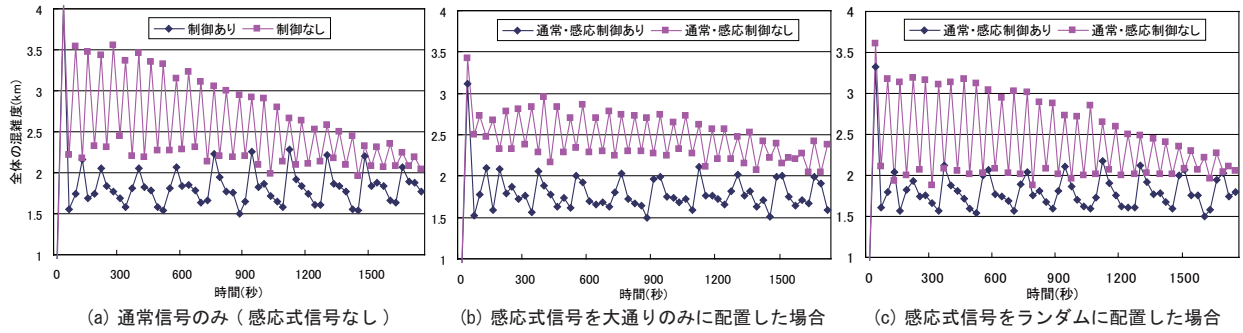


図 2: 混雑度の変化

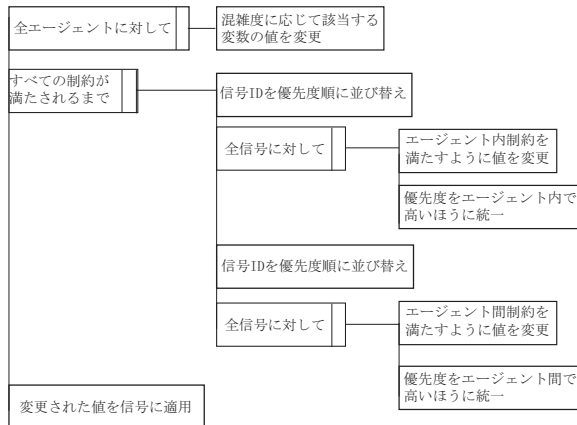


図 1: DCSP を解くための処理手順

- ・青信号 赤信号 (W_{min})
- ・赤信号 青信号 (W_{max})
- ・優先度 = $W_{min} + W_{max}$

混雑度に応じて各信号パラメータを変更する.

- ・ $cycle_{ik} = cycle_{ik} * W_{max}$
- ・ $gstart_{ik} = gstart_{jk} + Dist_{ij} / LV_{ij} - CL_{ij}$
- ・ $gtime_{ik} = \frac{W_{max_{ik0}} + W_{max_{ik1}}}{\text{全 4 方向の } W_{max_{iki}} \text{ の和}}$

図 1 に本方式の DCSP を解くための処理手順を示す.

3.3 感应式信号

感应式信号とは、交差点に進入してきた車を感知し、一定時間後に青信号にする信号である。本研究では、通常の感应式信号(デフォルト式)に対して、混雑度に応じて制御を行う方式を提案する。以下、感知後のパラメータ決定方法を述べる。

- ・デフォルト式
あらかじめ設定した信号パラメータに変更する。
- ・制御あり感应式(本方式)
 $gstart = \text{現在の時間} + \text{最大遅延時間} * \text{隣接交差点の混雑度} + \text{青信号になるまでの最小時間}$
 $gtime = \text{道路に停車している車両が全て出までの時間} + \text{反対の道路に停車している車両が全て出までの時間}$

4 評価実験

提案した方式を文献 [3] の交通流シミュレータ上に実装し、実験を試みた。ここでは、 5×5 の道路網(交差点数=121, 交差点をつなぐ道路数=202)に 700 台の車を走行させ、本方式による信号制御を行なった場合と制御を行わない場合とで比較し(図 2(a))。またデフォルト式と本方式とで比較をした(図 2(b),(c))。図 2 は、それぞれ 30 秒ごとの道路網全体の渋滞長を示している。図 2(a) より、信号制御を適用した場合の方が、全体の渋滞長が減っていることがわかる。また、図 2(a) より図 2(b),(c) の渋滞長が減っていることがわかる。図 2(c) に比べ(b)の方が、全体的に渋滞長が短いことがわかる。したがって、感应式信号を導入することにより渋滞は緩和し、大通りに感应式信号を置くことで、より渋滞緩和に有効であると考えられる。

5 おわりに

本研究では、道路交通における渋滞緩和の方法として、道路状況に応じて動的に信号制御を行なう方式を提案した。本方式は、信号制御のパラメータ調整を分散制約充足問題として定式化しリアルタイムに信号の調整を行なうものである。また、感应式信号を導入することで、渋滞の緩和を試みた。そして、交通流シミュレータを用いた実験により本方式の有効性を確認した。今後は、車両エージェントの個性知識の改良や現実にある道路種などを用いることで、より現実に近い状況で実験が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 山田和枝, 他: 分散制約充足による交通信号制御方式, 第 68 回情報処理学会全国大会, 7B-6(2006).
- [2] 横尾真, 平山勝敏: 複雑な局所問題に対応する分散制約充足アルゴリズム, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 2, pp. 348-354 (2000).
- [3] 水野一徳, 山田雅一, 福井幸男, 西原清一: マルチエージェントによる都市交通流の微視的シミュレーション, 芸術科学会論文誌, Vol. 5, No. 2, pp. 23-32 (2006).