

分散協調信号制御における制御方式の評価

3J-1

本多 勝明 村上 国男
 神奈川大学大学院理学研究科

1 はじめに

マルチエージェントシステムの設計においては、複数の自律的に動作する個々のエージェントの行動戦略とシステム全体の振舞いとの関係を把握する事が重要である。また、システム全体として望ましい調和を実現するためには、エージェントの独自の目標達成に向けた行動により発生する各種の競合を、エージェント相互の情報交換に基づく協調動作によって解消する方式の確立が必要となる。

本研究では、交通信号制御問題をマルチエージェントシステムによる問題解決の一つとして捉え、局所的な情報しか得ることできないエージェントが情報交換を行うことによりシステム全体の制御へ向けた協調動作を決定する方式について検討する。

エージェントが隣接エージェントとの情報交換を基に次の状況を予測し、単独で制御を行うアルゴリズムについては既に検討した [4]。しかし、交換情報の内容やこれを利用するためのエージェントの処理知識についての検討が不十分であった。本稿では、4つの制御方式について、エージェントが必要とする制御情報と知識について検討し、その効果を評価する。

2 交通制御のモデル

対象領域としてある環状車道上を考える。環状線（幹線道路）にはそれに交わる支線道路とにより複数のT字型交差点が存在する（図1）。

交差点の信号制御システムをエージェントとし、エージェントはセンサ、信号機、通信機器と問題解決器から構成され、問題解決器はエキスパートシステムの枠組で提供される。エージェントはその交差点の信号制御のみが可能である。

各エージェントは、固有の目標を持ち、自律的に行動する。つまり、エージェントは自己の状態を最適に保つことを目標として、他のエージェントから強制されることなく、独立に交差点の制御を行う。システムは、このような複数のエージェントにより構成され、環状線全体の交通制御を行う。

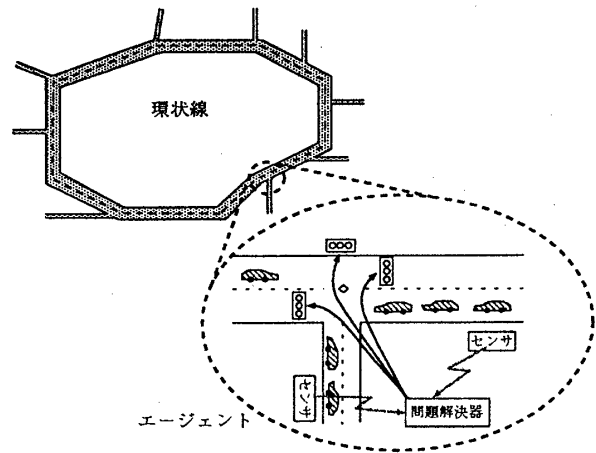


図1: 交差点のモデル

ここで、制御とは、各交差点における幹線道路の信号表示が青赤と一巡する固定時間間隔を1サイクルとしたときの、1サイクル中の青時間長の割合（スプリット）を設定することである。エージェントが設定できるスプリット値の集合を $SP = \{sp_1, sp_2, \dots, sp_n\}$ とする。

また、交通状態の変化は、道路上の交通量の変化ではなく、交差点の交通量の変化として捉える。即ち、交差点で信号待ちをする各方向毎の車両数の変化として捉える（ここでは道路の最大許容量については考慮しない）。

3 エージェントモデル

エージェント A を次のように定義する。

$$A = (ST, C, K, D)$$

ここで、

$$ST = (S_1, S_2, S_3, S_4)$$

$$C \subseteq SP$$

である。

状態 ST は、エージェントの取る状態を表し、交差する道路の状態の4つ組である。また、 S_i は各交差道路が取る n 個の状態（負荷の程度）の集合 $S_i = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ である。アクション C は、エージェントの選択可能な制御動作の集合であり、スプリット SP の設定を行う。知識 K は、エージェントの持つ知識

の内容を表し、状態解析・予測知識、行動戦略知識などからなる。情報 D は、エージェントが得ることの可能な情報であり、交差点の情報、局所域の情報などである。

ある時刻 t において、エージェント A は独自の目標 G_A (C ST) を達成するために、状態 ST^t 、情報 D^t から知識 K を用いて、一定のサイクル時間間隔 T における制御プラン $PLAN^t = (C^t, C^{t+1}, \dots, C^{t+T})$ を生成し、実行する。

4 エージェントの制御方式

エージェントが、他のエージェントと協調を行わず、固有の目標の実現を目指して独立に行動する場合における、制御方式を検討する。エージェントの制御方式を、エージェントが利用可能な情報と知識の内容により、以下の4方式に分類する。

4.1 基本制御方式

エージェントは、状態解析のための知識を持ち、センサの入力から自己の状態 ST^t を解析する。エージェントは、状態 ST^t に対応する処理ルールを知識 K から取り出し、現時点のアクション C^t を決定し制御を行う。

4.2 予測制御方式

エージェントは情報 D として、エージェントの過去の状態に関する時系列データを持つ。さらに、状態 ST^t と情報 D から、時刻 $t+1$ の状態 ST^{t+1} を予測するためのルールを知識 K に持つ。状態の時系列データを用いて次の状態を予測することにより、エージェントは交通量の変動に合わせたより適切な制御を行うことが可能になる。

エージェントは独自の目標 G_A を達成するために、次の状態 ST^{t+1} を予測し、制御プラン $PLAN^t$ を生成してこれに基づき制御を行う。

4.3 隣接交差点の情報を用いる制御方式

エージェントは情報 D として、時系列データに加え、隣接する交差点についての部分情報を得ることが可能である。知識 K として、隣接交差点の状況から次の流入する交通量を推測するルールを加え持つ。このことにより、交通量の変動に合わせたより適切な制御プランの作成を行うことが可能となる。

しかし、他のエージェントの行動についての情報は得られない。このため、推測する交通量の変化は必ずしも正確ではない。

4.4 周辺域を考慮した制御方式

エージェントは、知識 K として、周辺域を考慮した制御を行う行動戦略を合わせ持つ。前述までの各方式では、エージェントは自己の状態を最適に保つという独立の目標 G_A を持ち、その目標を達成するために行動している。本方式では、独立の目標 G_A に加え、その行動が周辺域に与える影響についても考慮し、経験的知識を用いて制御プランを作成する。このことにより、システム全体としても適切な振舞いを得られる可能性がある。

しかし、エージェントは互いに制御プラン情報については交信していない。このため、システム全体として目的とする交通状態を実現できる保証はない。

5 おわりに

マルチエージェントによる交通信号制御モデルの検討を行った。エージェントが協調を行わず、単独で行動するモデルについて検討した。まず、エージェントのモデル化を行い、次に、エージェントが必要とする制御情報と処理知識について検討するために、4つの制御方式を提案した。

今後は、エージェント間で発生する競合についての考察も行い、それを解消するための協調メカニズムを、2 エージェント間の交渉モデルにおいて検討していく予定である。

参考文献

- [1] 石田亨, 桑原和宏: 分散人工知能 (1) 協調問題解決, 人工知能学会誌, Vol.7, No.6, pp.945-954 (1992).
- [2] 桑原和宏, 石田亨: 分散人工知能 (2) 交渉と均衡化, 人工知能学会誌, Vol.8, No.1, pp.17-25 (1993).
- [3] 柳澤洋, 村上国男: マルチエージェントシステムの合意形成方式, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.6, pp.1387-1395 (1995).
- [4] 本多勝明, 村上国男: 交通信号系の分散協調制御, 1994年電子情報通信学会秋季大会, D-135.