

マルチエージェントによるスケジューリングシステム

3J-7

田中雅浩

電気通信大学 情報システム学研究科

富井規雄 土屋隆司 池田宏

財団法人 鉄道総合技術研究所

1 まえがき

従来、スケジューリングは中央で集中的に行われてきた。しかしながら、現実のスケジュール作成作業においては、関係する多数のサイトでの個別の条件を加味することが必要であり、マルチエージェントによるスケジューリングが望ましい。マルチエージェントによるスケジューリングは分散制約充足問題と考えられ、それを解くアルゴリズムとしては、非同期バックトラック、制約ネットの構造を利用した分散制約充足アルゴリズムが提案されている。

しかし、これらバックトラックを基本とする手法では、先に値の割当を行う（上位の）エージェントの意見がかなり支配的になり、また、下位のエージェントから上位のエージェントに対する逆提案は全く不可能であるという問題がある。

そこで我々は、まず制約伝播の際にバックトラックとAHPを併用し、より多くのエージェントの意見を反映させるアルゴリズムを考案した。また、エージェントの部分集合の合意によりそれを総意とみなす、合意予測の手法を考案した。ここでは、その基本的な考え方について述べる。

2 基本的な考え方

2.1 分散環境でのAHP

一般にAHPでは、問題、代替案、評価基準という形に階層化し、代替案間、評価基準間で対比較を行ってウェイト値を算出し、それぞれのウェイト値の積より代替案の評価を得る。ここでは、評価基準を「エージェントの評価基準」に置き換えて考える。

例として、3つのエージェント Agent_x, Agent_y,

Agent_zが3つの代替案 A1, A2, A3 についてシーケンシャルにAHPを適用することを考える。

まず前処理として、Agent_x, Agent_y, Agent_zの対比較を行い、ウェイト値 W_x, W_y, W_z を得る。

次に、Agent_x, Agent_y, Agent_zはそれぞれの評価基準で、A1, A2, A3の対比較を行い、ウェイト値 $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ を計算する。

通常はここで、以下のように A1, A2, A3 の評価値を得る。

代替案	評価値
A1	$A_x X_1 + A_y Y_1 + A_z Z_1$
A2	$A_x X_2 + A_y Y_2 + A_z Z_2$
A3	$A_x X_3 + A_y Y_3 + A_z Z_3$

シーケンシャルなAHPでは、まずAgent_xとAgent_yで解を得、それをもとにAgent_zとの間で解を得る。

先の例で、3つのAgent間の評価値が完全に整合がとれているとすると、Agent_x, Agent_yのみ考えた場合のAgent_x, Agent_yのウェイト値 B_x, B_y は、

$$B_x = \alpha A_x, B_y = \alpha A_y (\alpha : \text{Constant}, \alpha \geq 1)$$

と算出できる。 B_x, B_y を用いると、Agent_{x, y}による評価値は次のように表すことができる。

A1	$B_x X_1 + B_y Y_1 = \alpha(A_x X_1 + A_y Y_1)$
A2	$B_x X_2 + B_y Y_2 = \alpha(A_x X_2 + A_y Y_2)$
A3	$B_x X_3 + B_y Y_3 = \alpha(A_x X_3 + A_y Y_3)$

この結果をもとに、Agent_zとの間でAHPを用いる。Agent_xとAgent_yが合意したものをAgent_vとおき、Agent_vとAgent_zの対比較によるウェイト値を C_v, C_z 、Agent_vの評価基準におけるA1,

A2, A3 の一対比較によるウェイト値を V_1, V_2, V_3 とおく。

これらを用いると、最終評価は次のようになる。

A1	$C_v V_1 + C_z Z_1$
A2	$C_v V_2 + C_z Z_2$
A3	$C_v V_3 + C_z Z_3$

通常的手法による解との整合をとるためには、

$$A_x X_i + A_y Y_i + A_z Z_i = C_v V_i + C_z Z_i (i = 1, 2, 3)$$

独立性より

$$A_z = C_z$$

$$C_v V_i = A_x X_i + A_y Y_i = \frac{B_x X_i + B_y Y_i}{\alpha} (i = 1, 2, 3)$$

よって、以下の流れでこの演算を実行できる。

1. ウェイト値 A_x, A_y, A_z をあらかじめそれぞれの Agent に通知しておく。
2. Agent x は Agent y に A_x および X_1, X_2, X_3 を送る。
3. Agent y は受け取った情報と自分の持っている A_y をもとに α, B_x, B_y の値を得る。Agent x との間で AHP を実行し、評価値 $B_x X_1 + B_y Y_1, \dots, B_x X_3 + B_y Y_3$ を得る。 $\frac{1}{\alpha}(B_x X_1 + B_y Y_1), \dots, \frac{1}{\alpha}(B_x X_3 + B_y Y_3)$ を Agent z に送る。
4. Agent z は受け取った情報を $C_v V_1, \dots, C_v V_3$ とし、 $C_z = A_z$ とし、AHP を実行し、評価値 $C_v V_1 + C_z Z_1, \dots, C_v V_3 + C_z Z_3$ を得る。

エージェントの数が増えたときも同様に計算できる。

2.2 部分合意による合意判定

従来 AHP では、代替案についての評価値を得るためには、全評価基準について演算を実行する必要があった。しかし、分散環境でバックトラックを併用して AHP を実行すると、計算速度が著しく低下することが予想される。そこで、あるエージェント群 (エージェントの部分集合) の合意により、それを全体の合意とみなすことを考える。

簡単のため、3 エージェント (Agent $x, Agent y, Agent z$)、2 代替案 (A1, A2) で考える。ウェイト値などは、前節および前々節の書式を用いる。

まず、普通に AHP を実行したときの評価値は次のようになる。

A1	$A_x X_1 + A_y Y_1 + A_z Z_1$
A2	$A_x X_2 + A_y Y_2 + A_z Z_2$

ここで、A1の方が評価値が高いものとする、次式が成り立つ。

$$\frac{A_x(X_1 - X_2) + A_y(Y_1 - Y_2)}{1 - (A_x + A_y)} > Z_2 - Z_1$$

Z_1, Z_2 は、

	A1	A2	Weight
A1	1	z_{12}	Z_1
A2	$\frac{1}{z_{12}}$	1	Z_2

Agent z の評価基準による Alternative の評価

である。いま、 $\frac{1}{z_{12}}$ を 9 から 1 まで、 z_{12} を 1 から 9 まで連続的に変化させると、 $Z_2 - Z_1$ の変化は図 1 のようになる。

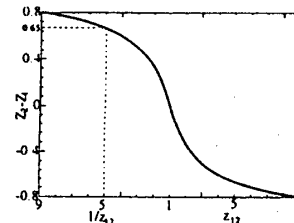


図 1

この図から、Agent x と Agent y による合意が全体の合意となる確率は、式 (1) の左辺が 0.8 以上であれば 1、0.65 であれば 75%、などとなる。この考え方と、シーケンシャルに AHP を実行することで、部分的な合意形成をもって全体の合意とする、あるいは合意とみなすことができる。

さらに、エージェントの重要度の高い順に AHP を実行すると、さらに早期に合意判定を得ることができるようになる。

3 今後の展開

z_{12} は等確率で発生するとは限らず、また、代替案の数により Z_1 のとれる範囲が限定されてくる。これらを考慮することにより、より早期に、より確実な合意判定が得られるようになるものと思われる。