

エージェント間の提携形成に基づくスケジューリングシステムの実現

伊藤 孝行 新谷 虎松

名古屋工業大学知能情報システム学科

1 はじめに

ゲーム理論の提携ゲーム [2] によって、マルチエージェント環境におけるエージェント同士の交渉がモデル化できる。本論文では、エージェント間交渉における提携形成のメカニズムを利用したスケジューリングシステムを実現する。スケジューリングシステムは、組織内のメンバーの個人的なスケジュールを考慮して、組織内の行事(会合など)を決定する。スケジューリングはユーザの代理人であるエージェント同士の交渉によってなされ、エージェントは基本的に個体合理性を満たそうとする。エージェント間の交渉で表明が収束し合意に達成するとき、その交渉プロセスとシステムは安定しているといえる。しかし、実アプリケーションシステムにおいて特性関数に強い制約を与えることなしに、すべてのエージェントの個体合理性を満たすような安定性を保証することは困難である。本論文では強い制約を与えない特性関数を使って、説得、根回しといったメカニズムを用いてシステムの安定性を高める方法を提案する。

2 スケジューリングシステムの構成

本システムではユーザ1人に1エージェントが割り当てられ、ユーザは各自のスケジュールをエージェントに知らせる。エージェントは、ユーザのスケジュールを基本情報として、他のエージェントとの合意形成を行なう。ここで、スケジューリングを提起したユーザのエージェントを主催エージェントと呼ぶ。本システムは、組織内のユーザが合意するような候補日をひとつ決定することが目的である。主催エージェントの提起する複数の候補日に従って、エージェントは提示された候補日を自分のスケジュールや人間関係と照らし合わせながら自分の好みにあった候補日を選択し表明を行なう。表明は表明参照度が高い閲覧板方式 [1] で収集される。そして他のエージェントとの合意を目的として提携形成を行なう。システムの実行例を図1を示す。図1の左にあるのはカレンダーで、ユーザはこれに個人的なイベントを書き込む。右にあるのはエージェントの交渉過程を表示するウィンドウである。中



図1: 実行例

央にあるウィンドウは、このユーザが会合を主催するために会合の性質を入力するウィンドウである。

3 提携形成のための特性関数

実世界のスケジュール管理における組織内イベントの参加への表明において、参加者が重視する点としては、イベントの規模、日程、人間関係がある。これらを吟味した上で、本論文ではあるエージェントが提携 S に加わった場合に最終的に得ることのできる効用 $v(S)$ を式(1)のように定義した。 S は提携集合を表し、 $|S|$ は集合 S の大きさを表す。

$$v(S) = |S| + U_{event} + \sum_{i \in S} U_{relation}(i) \quad (1)$$

$$U_{event} = -\frac{E_{weight}}{Max_{weight}} \times |S| \quad (2)$$

$$U_{relation}(i) = \begin{cases} 0 & \text{if } i \in A_{dislike} \\ 1 & \text{if } i \in A_{like} \end{cases} \quad (3)$$

- S : 提携集合
- E_{weight} : 候補日と重なるイベントの重要度
- Max_{weight} : エージェントのイベント重要度の最大値
- $A_{dislike}$: 相性の悪いユーザのエージェント集合
- A_{like} : 相性の良いユーザのエージェント集合

提携の大きさ $|S|$ と U_{event} が互いに均衡し合う形になる。これによって『個人的イベントが重要なものであればあるほど、提携 S に加わることによる利益は得られない』ことになる。式(2)は U_{event} の定義である。ここで E_{weight} は、候補日と重なるイベントの重要度であり、9段階の数字によって表す。この数字(1(同じくらい重要), 3(やや重要), 5(かなり重要), 7(非常に重要), 9(極めて重要), 2, 4, 6, 8(中間に用いる))は個人的イベントについての主観的重要度としてユーザが決定する。式(2)の分母である Max_{weight} は、個々のエージェントの主観的重要度を、エージェント全体の客観的重要度に標準化するためのものである。この

An Implementation of the Scheduling System based on Coalition Formation among Agents
Takayuki Ito, Toramatsu Shintani
Nagoya Institute of Technology, Dept. of Intelligence and Computer Science, Gokiso, Showa-ku, Nagoya, 466, JAPAN



図 2: 交渉の流れ

ように主観的重要度を標準化した理由は次のとおりである。エージェントは主観的評価で個人的なイベントの重要度を決定するが、本システムがエージェントの主観的な表明を基にしてエージェントの効用を同一の計算式で行なうと不均衡が生じる。例えば、あるエージェントの極めて重要なイベントと他のエージェントのかなり重要なイベントは、各々のエージェントの主観的重要度であり、単純比較はできない。そのため本システムが主観的重要度の標準化を行い、エージェント全体の重要度の客観的な評価が可能にする。式 (2) の $|S|$ は最終的な提携の大きさであり、式 (2) の U_{event} は個人的イベントの重要度が高いほど $-|S|$ に近づくことになる。これは式 (1) において第 1 項の $|S|$ と均衡することにより、エージェントが得られる $v(S)$ は 0 に近づく。ここで、エージェントの得られる効用が 0 以下にならないので、エージェントが交渉に加わることの個体合理性を満たす。つまり、式 (2) によってエージェントが得られる効用 $v(S)$ は妥当なものであるといえる。式 (3) は、 $U_{relation}$ の定義である。これはユーザの人間関係で決定される。

4 エージェント間の根回しと説得

上のような特性関数だけでは合意に到達することが望めない。なぜなら、エージェントは個体合理性を追求するために、いろいろな候補日に表明が分散する可能性が大きいからである。そこで、本論文ではエージェントの交渉過程を、根回し、基本交渉、説得の 3 段階に分割した。これによって、3 段階に分割せずに交渉を行なうよりも、表明が収束し易くなりシステムとそのプロトコルの安定性を高めることができる。エージェント間の交渉の流れを図 2 に示す。

根回しは、主催エージェントがすべてのエージェントから候補日についての好みの統計をとり、その統計に従って候補日を表明が収束し易いように絞り込む一連の動作をいう。候補日を絞り込む方法は、総計ランクが 2 番目の候補日を削除する (1 番目の候補日の表明がより増加することが期待できる) 方法を採用した。こ

れは余分な選択肢を削るという意味で根回しといえる。

根回しの次に基本交渉を行なう。基本交渉は、候補日に個人的イベントのないエージェントが参加する交渉である。エージェントは特性関数によって得られる効用を計算し、より効用の高くなる候補日を自分の表明として提示する。この場合、エージェントの得られる効用はユーザ同士の相性のみで決まることが分かる。

基本交渉の後に説得が行なわれる。説得は、候補日に個人的なイベントを持つエージェントを対象にして基本交渉と同様の手順で行なわれる。ただし対象となるエージェントの中でも、主観的重要度が 5 よりも高い重要度を持つものは対象外とし、重要度の高い個人的イベントを持つエージェントを無理矢理合意させるというトップダウン的な説得は避けた。

このように根回しで余分な候補日を削除し、基本交渉の段階でユーザ間の相性だけによって表明を集めれば、説得の段階に入る前に候補日に出席人数の差を作ることができる。ここで特性関数より、出席人数の多い候補日に出席すればそれだけ効用が大きくなる。そのため説得の段階で対象となるエージェントが、個人的なイベントを譲って、より多くの出席者が集まっている候補日に表明する傾向を強めることができる。つまり、これによってエージェントの表明がある候補日に収束し易く、かつ合意に達し易くなり、システムの安定性を高めることができる。

5 まとめ

本論文では、マルチエージェント環境に提携ゲームを適用することによって、スケジューリングシステムを実現した。このようなスケジューリングシステムにおいて、エージェントの表明が収束し合意するとき、そのシステムとプロトコルが安定しているといえる。しかし、提携ゲームを単に適用し、エージェント間で交渉を行なっても、表明が収束するようにするには、提携ゲームの特性関数に強い制約を加えなければならない。それではエージェントの自律性を制約してしまう。そこで、特性関数に強い制約を加えるのではなく、交渉過程を、根回し、基本交渉、説得という 3 段階に分割することによって、表明の収束を促進し、システムとプロトコルの安定性を高める方法を提案した。

参考文献

- [1] 北村康彦, 横尾真, 桑原和宏: マルチエージェント合意形成のための回覧板プロトコル. Technical Report 電子情報通信学会, pp. 41-48(1995).
- [2] 鈴木光男: ゲーム理論入門. 共立出版 (1981).