

説得と根回しに基づくエージェント間の交渉と その応用について

On Agent Negotiation Based on Persuasion and Nemawashi and its Application

伊藤 孝行[†] 新谷 虎松[†]

Takayuki Ito[†] Toramatsu Shintani[†]

[†] 名古屋工業大学知能情報システム学科

[†] Nagoya Institute of Technology, Dept. of Intelligence and Computer Science

Abstract: In this paper, we propose the methods that are persuasion and nemawashi, and implement a meeting scheduling system. The meeting scheduling system schedules the meeting based on the users' preferences. Each user assigned an agent inputs information on private events into his/her private calendar. The agent negotiates with the other agents based on the private calendar. If the agents reach a consensus, it means that the meeting can be scheduled. When an agent group makes a decision, there is a problem that is the trade off between "reaching a consensus" and "reflecting user's preferences in the decision". We consider the agent negotiation as a coalition game in game theory. We define the characteristic function to reflect user's preferences in the decision. Only using the characteristic function, the trade off is not improved. Thereby, we use the methods that are persuasion and nemawashi to facilitate reaching a consensus.

1 はじめに

本論文では、エージェント間における交渉において、合意を促進するための手法である説得と根回しを提案し、その応用としてマルチエージェントシステムである会議スケジューリングシステムを実現する。会議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基本情報として、組織内の会議をスケジューリングするシステムである。

エージェント間交渉 [1] においてエージェントが自らの好みを他のエージェントに明かすことを表明といい、表明の収集方法を表明収集プロトコルと呼ぶ。そして、エージェントが表明収集プロトコルに従って繰り返し表明を行なうプロトコルを反復表明収集プロトコルと呼ぶ。表明収集プロトコルには、一極集中型、二分木集中型、回覧板型、同報型が挙げられる。この中で、回覧板型は表明参照度が最も高く、さらに

回覧板型プロトコル [2] に従ってエージェントが表明をした場合、デッドロックを防ぐことができ、表明収集プロトコルとして優れている。表明参照度とは、あるエージェントが表明をする時点で、それ以前にされた表明の数の平均値である。つまり、表明参照度が高いほど、エージェントは他のエージェントの表明を多く参照することができ、自分の表明の参考にできる。回覧板プロトコルは、予め表明を収集する順番を決めておき、その順番に従って表明を収集する。この時、 i 番目に表明するエージェントは $i-1$ 番目までのエージェントの表明を参照することができる。本論文では回覧板プロトコルをエージェントの表明収集プロトコルとして採用する。

グループの意思決定において「合意を得る」と「個人の意思を決定に反映する」ことはトレードオフとなる。これはエージェントの交渉においても同様である。本論文では、効果的な特性関数や、根回しや説得といった方法を用いて、このトレードオフを改善

伊藤 孝行 〒466 名古屋市昭和区御器所町名古屋工業大学知能情報システム学科新谷研究室 TEL (052)735-5471 FAX (052)735-5477 email: itota@ics.nitech.ac.jp

する。

本論文では2章でシステム構成, 3章では会議スケジュールのながれを説明し, 4章ではエージェントの交渉と根回し, 説得について説明する。5章で実行例を示した後その評価を6章で行ない, 7章で本論文をまとめる。

2 システム構成

本会議スケジュールリングシステムの構成を図1に示す。本会議スケジュールリングシステムでは, ユーザ1人にエージェントが1つとカレンダーが割与えられる。ユーザは個人的なスケジュールの情報をカレンダーに入力する。この情報を基にエージェントが他のエージェントと交渉する。

カレンダーは, 1時間単位で個人的なイベントを入力でき, ユーザは個人的イベントを入力する際に, 個人的イベントの重要度 (1:重要でない, 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) も同時に入力しておく。個人的イベントの重要度は, ユーザが主観的に決定するものである。本論文では, ある1時間を時間スロットと呼び, となり合う時間スロットを時間インターバルと呼ぶ。

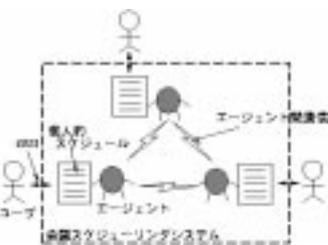


図 1: MCDSS のシステム構成

3 会議スケジュールリングのながれ

ここでは, 本会議スケジュールリングシステムにおける会議スケジュールリングの流れをここで述べる。本論文では, 会議を提起するユーザを主催ユーザ, そのエージェントを主催エージェントと呼ぶ。主催ユーザ以外のユーザを参加ユーザ, 参加ユーザのエージェントと参加エージェントと呼ぶ。会議スケジュールリングのながれは次のようである。(1) まず, 主催ユーザが会議の開催を提起する。(2) 主催ユーザが, 開催する会議の性質を決定する。会議の性質とは, 会議を成立させるための最低出席人数, 会議を開催すべきいくつかの時間インターバルの候補である。(3) エー

ントが交渉する。ここでは, 主催ユーザが決定した会議の性質から, 主催エージェントが, 時間インターバルの候補を, 回覧板に書き込み, 回覧板を参加エージェントに回す。そして, 参加エージェントは時間インターバルの候補に対して, どの時間インターバルが都合が良いかを, 特性関数に従って表明を行なう。エージェント交渉は次節で詳細に述べる。(4) 結果をユーザ全員に報告する。エージェントが交渉の結果, 合意案となった時間インターバルをユーザ全員にブロードキャストする。

4 エージェント間交渉

4.1 特性関数

本会議スケジュールリングシステムのエージェント間交渉において, エージェントは提携ゲームを行なう。一般にエージェントの集合があった時, 提携とはエージェント集合の部分集合である。提携ゲームは特性関数によって特徴付けられ, 特性関数により提携に対して与えられる提携値が算出される。提携値は分割され, その提携に加わっている各エージェントに与えられる。このエージェントに与えられる分割された提携値を配分と呼ぶ。本論文では配分のことをエージェントの効用と呼ぶ。提携ゲームにおいてエージェントは自分の得られる効用の期待値を計算し, 最も多く効用の得られる提携に加わる。

本会議スケジュールリングシステムでは, エージェントは提起された時間インターバルの候補 I_j に対して, 提携 S_{I_j} を形成する。そして, 特性関数によって, 提携 S_{I_j} に対して提携値 $V(S_{I_j})$ が与えられる。本論文では特性関数を次のように定義する。

$$V(S_{I_j}) = \sqrt{(p|S_{I_j}|)^2 + \sum_{a_i \in S_{I_j}} (W_{a_i}(I_j))^2} \quad (1)$$

$$W_{a_i}(I_j) = \frac{1}{|I_j|} \sum_{t_{jk} \in I_j} \{9 - w_{a_i}(t_{jk})\} \quad (2)$$

$$u_{a_i}(S_{I_j}) = \frac{V(S_{I_j})}{|S_{I_j}|} \quad (3)$$

ここで, $a_i, i = 1, 2, \dots, n$ はエージェント, p は説得係数である。 $I_j, j = 1, 2, \dots, m$ は時間インターバルである。 S_{I_j} は, 時間インターバル I_j に対する提携である。 $I_j = \{t_{j1}, t_{j2}, \dots, t_{jl}\}$ であり, $t_{jk} = (d_{jk}, h_{jk}), k = 1, 2, \dots, l$ は時間スロットである。時間スロットは, 年月日 d_{jk} と時間 h_{jk} のペアからなる。 $w(t_{jk})$ は時間スロット t_{jk} に対する重要度であり, ユーザによって主観的に決定される。

式 3は提携値 $V(S_{I_j})$ を与える特性関数である．式 2の $W_{a_i}(I_j)$ は時間インターバル I_j に対するエージェント a_i の好みによる効用を表す． $W_{a_i}(I_j)$ は、可能な重要度の最大値 9 から時間インターバル I_j 内の各時間スロットの重要度の差をすべて加えたものをさらに時間インターバルの大きさ（つまり会議の長さ）で割ったものである．例えば I_j の中にある個人的イベントの重要度が高くなるほど、エージェント a_i の $W_{a_i}(I_j)$ の値が低くなる．そして、 $|I_j|$ で割ることにより、時間インターバル長い会議に対する効用が高くなり過ぎないようにする．式 3は、提携 S_{I_j} に加わったエージェント a_i の効用 $u_{a_i}(S_{I_j})$ を示しており、提携値 $V(S_{I_j})$ を平等に分割したものである．

式 3の提携値 $V(S_{I_j})$ はエージェントの交渉を特徴づけるものであり重要である．そこで、式 3のように定義した理由を示す．式 3では「提携の大きさ」と「時間インターバルの候補に対する各エージェントの好み」をベクトルと考え、提携値をこれらのベクトルの総和の大きさとしている．なぜなら、「提携の大きさ」と「時間インターバルの候補に対する各エージェントの好み」はすべて互いに独立な事象であるためである．「提携の大きさ」を要素とした理由は、次の通りである．一般的にグループで決定を行なう場合、多数派の意見に従うことが多い．なぜなら、個人にとっても多数派に加わったほうが利益を得られる可能性が高いからである．そのため、エージェントがより大きな提携に加わったときにより多く効用が得られるように「提携の大きさ」を提携値の要素とした．「時間インターバルの候補に対する各エージェントの好み」を要素とした理由は、エージェントがより好む時間インターバルに対する提携に参加した場合にそのエージェントの効用を多くするためである．つまり、本特性関数は、「ユーザの好みをグループの決定に反映する」ためのものである．

4.2 エージェント間交渉プロトコル

3.1 節で示した特性関数を基にエージェントは交渉を行なう．エージェントの交渉を図 2に示す．エージェントの交渉を始める前に説得係数 p を 0.1 にしておくことによって、提携値は提携の大きさよりも、各エージェントの時間インターバルの候補に対する好みの影響が大きくなる．つまり、まずエージェントの好みを重視して表明を収集する．エージェントの交渉が開始されると、まず根回し (3.3 節で述べる) が行なわれる．次に主催エージェントが参加エージェントの表

明を回覧板プロトコルに従って収集する．回覧板を回す順番は、役職の高いものから回す．これによって、役職の高いものの意見をグループの意見に反映し易くなる．表明を集めると主催エージェントは集めた表明が合意条件を満たしているかをチェックする．合意条件とは、主催ユーザが決定した会議の性質の参加者の最低数以上のエージェント数が集まっている提携があるかどうかである．合意条件が満たされていれば合意となり、満たされていない場合は、表明を集める前と比べて提携に変化があったかを調べ、あればもう一度表明収集を試みる．変化がない場合、説得 (3.3 節で述べる) を使って表明収集を行ない合意を得ることを試みる．

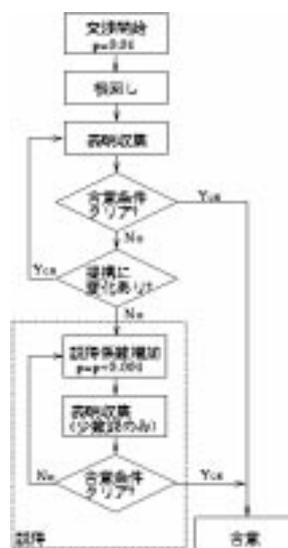


図 2: エージェント間の交渉プロトコル

4.3 根回しと説得

エージェントの交渉の最初に行なわれる根回しのながれを次に示す．(1) 主催エージェントが主催ユーザによって決められた時間インターバルの候補を、参加エージェントにブロードキャストする．(2) 参加エージェントは、その時間インターバル内の時間スロットの重要度の最大値が 7(非常に重要) を超えるものがあれば不参加、なければ参加を主催エージェントに返す．(3) 主催エージェントは、不参加のエージェントには回覧板を回さない、つまり交渉から除外する．(1) ~ (3) のように根回しを行なうことによって、非常に重要なイベントを持っているユーザを無理矢理会議に参加させることを防ぐことができる．ただし、これによって、参加エージェント数が合意条件以下となった場合、主催エージェントは主催ユーザにもう一度、

