心理状態を考慮したエージェント間の説得機構による配属問題支援法の提案

中村勝一　　佐藤和彦　　程　子学

会津大学コンピュータ理工学研究科
{m5021214, m5011207, z-cheng}@u-aizu.ac.jp

企業や大学などの組織や，プロジェクトチームなど組織内で形成される集団の構成員の組合せの違いは活動効率などに大きな影響を与える．したがって，配属問題は重要な課題といえる．この問題では，配属に関わる人間それぞれの心理を考慮しつつ，配属決定までに要する負担を軽減するような支援が求められる．本稿では，心理学分野の人間の態度形成・変化に関する研究成果である認知的均衡理論に基づいたエージェント間の説得機構と，それを用いた配属問題支援法を提案する．

A Support Method for Assignment based on Psychological Persuasion Mechanism among Agents

Shoichi NAKAMURA　　Kazuhiko SATO　　Zixue CHENG

Graduate School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu
{m5021214, m5011207, z-cheng}@u-aizu.ac.jp

In this paper, we study a kind of assignment (matching) between two kinds of persons. Some psychological factors such as preference are desired to be considered in the assignment. We assume that every person has an agent which knows the person's preference and negotiate with other agents to make assignment. In order to support the assignment, a persuasion mechanism among agents based on a psychological theory, i.e. Balance Theory, which reflects the attitude change of a person by persuasion of another person, is proposed.

1　はじめに

ネットワーク環境の発展に伴い，様々な社会的活動がネットワーク上で行なわれるようになった．企業や大学などの組織やプロジェクトチームなど組織内で形成される集団の構成員の組合せの違いは活動効率などに大きな影響を与える．そのため配属問題は，ネットワーク上における社会活動を実現する上での重要な問題の一つといえる．

代表的な配属問題としては，会社における採用問題やプロジェクトのスタッフ決定問題，大学での学生の研究室配属問題などが考えられる [1]．本稿では，企業での採用問題を取り上げ，その有効な支援法を検討する．

従来，配属問題は線形計画法の分野において，配分問題の一種として研究されてきた [2]．しかし，この方法では，希望に偏りがある場合には解決不能となり，有効な方法とは言えない．

現在は配属問題の多くが人間の手作業で処理されており，数学的に扱うことが困難な，複雑な問題にも柔軟に対応できる．しかし，対象となる人間それぞれの希望を調整するためには，配属決定までに多くの時間と労力が必要となる．

本研究では，処理にかかる時間と労力を少なくしながら，人の手による配属のような柔軟な対応を可能とするシステムの実現を目指している．そのため

に, 希望や判断基準などの心理的な情報を自己の内部情報として持ち, それに従って行動するエージェントをシステム内に導入する. 人間同士での交渉のような柔軟な対応をユーザに代わって行なうエージェント間での説得機構を開発する. エージェント間での説得は, 従来の機械的処理では困難であった柔軟な対応を行ないつつ, ユーザ自身に掛かる時間的負担を軽減させ, 効率の良い配属を実現する.

従来までの説得を用いたエージェント間の合意形成に関する研究には [3] などがある. ここでの説得は, 被説得側エージェントが常に説得側のエージェントに妥協する形で行なわれるため, 代替案が存在しないケースでは合意を得ることができない.

本研究におけるエージェントは, 社会心理学の認知的均衡理論に基づく均衡モデルを適用し, 希望の食い違いなどの矛盾の発生を均衡モデルの状態によって検知し, 矛盾を解消する説得行動を起こす行動決定機構として利用する.

本論文の構成は, 2. で一般的な配属問題のモデルを定義する. 3. では, 本研究の特徴であるエージェント間の説得について説明する. 4. では, 我々が考えるエージェントを用いた配属問題の例を示す. 最後に 5. において, 本論文を結論を述べる.

2 配属問題の一般モデル

社会や組織の様々な場で, 配属問題は起こり得る. 本研究では, 就職や学生の研究室配属などのように, 1つの組織や人物に対して複数の人間が配属されるような配属問題を扱う. この他の配属問題としては, お見合いのように1対1のペアを形成する問題や企業におけるプロジェクトチーム形成のような1つ組織の中でのグループ形成問題などが考えられる.

配属問題では, その配属に関わる人間それぞれが自分の価値観や好みを持ち, それらを判断基準として行動を決定する. 就職問題を例に取れば, 企業はそれぞれの人事方針に従って採用する人物を選ぶ. それに対し, 就職希望者から見れば, 興味を持った多くの企業に就職を希望し, もっとも条件のいい企業に就職する. 一方が気に入っても, お互いが合意しなければペアは成立しない. そのため双方の合意が得られるような何らかの方法が必要になる.

本論文では, まず, 問題で扱われる人や物などからなる集団を一般的に扱うための社会的オブジェクトの概念を提案する.

定義 (社会的オブジェクト): 独自の価値観や好みを持ち, その基準に従って行動するような要素単位を社会的オブジェクト (Social object) と呼ぶ. 例えば就職問題における企業なども, 人間同様に, 企業独自の価値基準に従って行動する1つの社会的オブジェクトとして扱かう. 問題の中で定義される全ての社会的オブジェクトからなる集合を社会 (Society) と呼ぶ.

定義 (オブジェクトの種類): 社会の中に存在する社会的オブジェクトには, 問題によっていくつかの種類 (Class) が存在する. 例えば就職問題における社会は, 就職希望者と企業の2種類の社会的オブジェクトによって構成される.

定義 (オブジェクトの集団): 社会的オブジェクトは, 同じ種類に属する共通の目的を持った1つ以上からなる社会的オブジェクト同士で1つの社会的集団 (Group) を構成する. 例えば, 同じ課の人間や, 友人同士などの集団も1つの Group である. 社会の中では社会的オブジェクトは Group 単位で行動する. 扱われる問題によって集団を構成するオブジェクトの組合せも変化する. また, 問題の中でオブジェクトが持つ目的が変化することで, 集団を構成するメンバーが変化する場合も考えられる.

定義 (選好関係): ある社会的オブジェクトは, 興味などを背景として, 自身とは異なる種類に属する他の社会的オブジェクトとの間に選好関係を持つ.

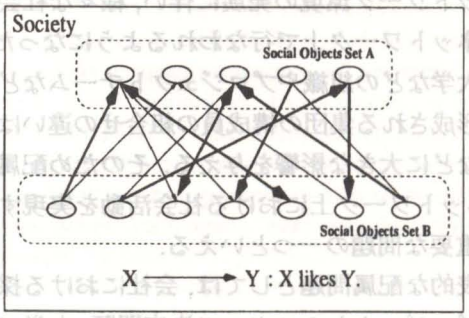

図 1: 配属問題の一般モデル

一般的な２種類の社会的オブジェクトによる配属問題は図１のようなモデルによって示される．社会の中には，複数の社会的オブジェクトが存在し，それぞれ２つの種類のいずれか一方にに属している．社会的オブジェクトはそれぞれ自分の持つ価値基準によって，他の種類の社会的オブジェクトを見定め，自分の好みに合った相手を選び出す．図１で示したモデル上では，好みの相手と自分との関係を矢印によって表現している．あるオブジェクトから出ている矢印は，それが指す相手にそのオブジェクトが興味を持っていることを表し，矢印の太さがその興味の強さを示している．

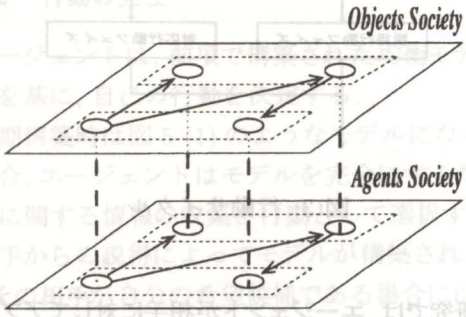

図 2: 本論文の配属問題のモデル

社会的オブジェクトは，自分が興味を持つ相手に対して，相手も自分に興味をいだくように説得する．そして互いに興味を持ち合った社会的オブジェクト同士がペアを作る．各オブジェクトは，そのオブジェクトの意図，心理，好み，希望などを理解し，それに従って行動を代行するエージェントをただ１つ持つ．

エージェントは図２のように，オブジェクトが構成するオブジェクト社会が持つあらゆる関係を正確に投影したエージェント社会を構成する．１つのオブジェクトとそのオブジェクトが持つエージェントは，１対１写像の関係にある．エージェント社会におけるエージェントは，オブジェクト社会の中での各自のオブジェクトの属性，集団，オブジェクトの持つ価値基準，好みなどに基づいて活動する．

3 エージェント間の説得機構

3.1 エージェントの構成

本研究でのエージェントを次のように定義する．

$$Agent \quad ag_i = (\text{行動部}_i, \text{知識部}_i)$$

$$\text{知識部}_i = (\text{内部知識}_i, \text{外部知識}_i, \text{行動知識}_i)$$

行動部は他のエージェントから受信したメッセージの処理や，知識部に記述される情報の管理，更新，図３の行動サイクルに従った動作などを行なう．行動部は，他のエージェントから受信したメッセージや知識部の知識に基づいて，後述の均衡モデルを構築し，行動を決定する機能を持つ．

知識部は内部知識，外部知識，行動知識の３つからなり，エージェント自身が持つ知識情報を管理する．内部知識はエージェントの心理情報に関する記述であり，ユーザ自身に関する情報，希望条件に関する情報，交渉相手に関する情報などが含まれる．外部知識は，エージェントが入手した社会全体の状況などの情報である．行動知識は，エージェントがどのような行動を起こすのか，その行動決定の機構が記述されている．行動決定の原理については均衡モデルの項で詳しく説明する．

3.2 エージェント動作プロトコル

エージェントは希望する相手（企業，学生）との間で合意（採用決定）が得られるか，交渉期間などその他の終了条件が満たされるまで，順位付け（交渉相手の決定），交渉，交渉結果の知識への反映からなる行動サイクルを繰り返す．行動サイクル内でのエージェントの動作は以下のプロトコル（図３）に従って行なわれる．

(1) **対象決定フェイズ：** ユーザから与えられた情報をもとに，エージェントの知識内のユーザと対象候補のキーワードとの一致率（希望適合率＝ Hope）を算出することにより，エージェントは希望条件に近い交渉相手を捜し，希望条件に近い順に順位付けを行なう．さらに，それぞれの候補の採用可能性を計算し，それと希望順位とがともに高い候補をアプローチの対象として選択する．ここでの採用可能性は，募集人数に対する応募人数の割合や相手との信頼関係などによって決定される．各候補に対する重要度（Value）は，信頼度に対する重みを p としたとき，その候補に対する信頼度（Trust）と先に算出した Hope から以下の式によって求められる．

$$\text{Value} = \text{Hope} * (1\text{-p}) + \text{Trust} * \text{p}$$

(2) 均衡モデル構築フェイズ： 第1位の交渉対象として決定した候補に対する均衡モデル (3.3) を知識内部に構築し，それに従い行動を決定する．

(3) 情報収集フェイズ： 交渉対象に関する情報が不足している場合に，その対象に対して情報請求を行なう．

(4) メッセージ受け付けフェイズ： 他のエージェントからの交渉や情報請求のメッセージ（表1）を受け付ける．この時，(1) で求めた順位の高い順にメッセージを受け付ける．

(5) ユーザ入力受け付けフェイズ： ユーザ入力を受け付け，その内容を解析する．

(6) 対応行動フェイズ： 希望順位1位の候補のエージェント以外からのメッセージを受け取った場合，その相手との間にも均衡モデルを構築する．そして，(2) で求めた最良候補の均衡モデルと比較し，興味の強さと採用までのコストなどに基づいて，希望順位の変更，返答内容の決定，送信するメッセージの決定などを行なう．

(7) 説得行動フェイズ： 均衡モデル構築フェイズにおいて説得が行動として選ばれた場合，このフェイズで交渉相手に対して説得を行なう．

3.3 均衡モデルに基づく行動決定

人間同士での説得は，社会心理学などの分野において，対人行動における人間の態度の形成や変化に関する研究，社会における集団意思決定・合意形成の手法の1つとして，数多く研究されている [5][6][7][8][9]．本論文では，その中から社会心理学における認知的均衡理論を取り上げ，その理論に基づいた態度の形成と行動の発生の仕組みを我々の考えるエージェント間の説得に適用する．

認知的均衡理論では，自己 (p) と他者 (o)，対象 (x) の3者間の関係を好き (+)，嫌い (−) などの相対的な関係によって表すことにより，図4に示すような均衡状態と不均衡状態の2つの状態を表現するモデルを構築する [7]．そして，不均衡状態が起こった場合に，モデルの認知者である p の心理に葛藤や緊張が生じ，それを均衡状態に変化させようという動きが生じる．

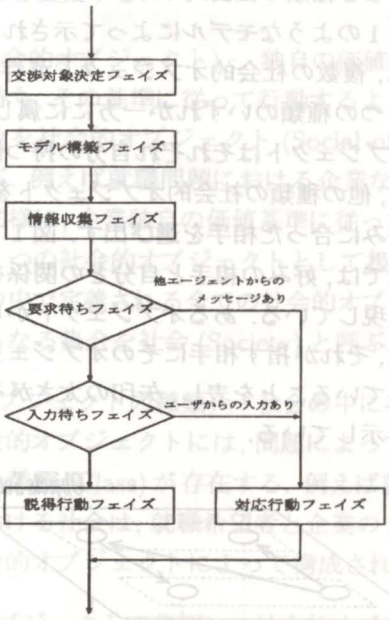

図 3: 行動サイクル

本研究では，エージェントが相手に対してアプローチを行なう場合に，どのようなコミュニケーションが発生するのかを決定する基準として均衡モデルを適用する．また，均衡理論の態度形成の仕組みに基づいて，他のエージェントからアプローチを受けた際に取るべき態度も決定する．

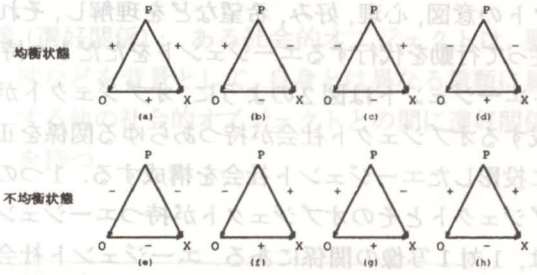

図 4: 均衡理論の $p-o-x$ モデル 1

3.3.1 均衡モデルの構築

本論文では，エージェント ag_i は自身 (p) と，交渉相手 (o) との間で交渉内容 (x) について交渉を行なう際に，自己の態度を均衡モデルによって決定する．

エージェント ag_i の持つエージェント ag_j に対す

る均衡モデルは，以下のように定義される．

$$POX_j^i = (PO_j^i, PX_j^i, OX_j^i)$$

PO_j^i は ag_i の ag_j に対する信頼の強さの値であり，交渉の過程でその成否によって増減する．

PX_j^i は ag_i と ag_j の間で行なわれる交渉の内容に対する ag_i の態度を表す．

OX_j^i は ag_i から見た ag_j が交渉内容に対して持つ態度を表し，現在までの ag_j に関する情報から推測される．

3.3.2 行動の発生

エージェントは，前項で構築された均衡モデルの状態を基に，自己の行動を決定する．

初期構築時は図 5-(1) のようなモデルになる．この場合，エージェントはモデルを完全にするために相手に関する情報の収集を行動として選択する．

相手からの説得によってモデルが構築され，しかも，その相手が自分の希望候補である場合には図 5-(3) のようなモデルになる．この場合，均衡状態への変化が発生し，相手への信頼が高まる．つまり図 4-(a) への態度変化が起こる．相手が候補に入っていない場合には図 5-(2) のような状態となり，情報の収集が発生する．

図 4-(a) の状態では，採用の決定行動が発生する．

図 4-(c) の状態では，$o-x$ の情報自体の信頼度も低いため，均衡状態ではあるが $p-o$ 関係の強化が行動として選択される．

図 4-(d) の状態では，他の候補と比較して態度変更が有利であれば意思を変更する．

図 4-(f) の状態でも，やはり均衡状態への変化が発生し，図 4-(a) への態度変化が起こる．

図 4-(g) の状態では，他の候補と比較して意思の変更が有利であれば変更し，それ以外の場合は均衡状態として否定意見を相手に返す．

図 4-(h) の状態では，相手の意思を変更させるための説得行動が選択される．

3.3.3 結果の反映

我々の考えるエージェントは，説得などのアプローチの結果などを自己の内部情報に反映させる．

図 5: $p-o-x$ モデル 2

エージェントは，相手に対して説得を行なった場合，受けとった返答に応じて自己の態度を変更する．

採用を希望する説得を行なった場合に，相手が肯定的な返答をしたならば，相手に対する信頼度と相手に対する興味が強まる．逆に相手の返答が否定的であった場合には，相手に対する信頼度と相手に対する興味は減少する．

相手側からアプローチを受けた場合，相手に対する信頼度が上昇する．そして，その内容を受け入れる場合には，相手に対する興味の強さが上昇する．

3.3.4 行動の終了

本研究におけるエージェントは，自己の内部に生成した均衡モデルが図 4-(a) の状態となっている候補のうちで，均衡モデルのそれぞれの要素が最も強い相手に対して，採用決定の要求メッセージを送信する．相手エージェントから，受け入れのメッセージが返った場合，採用が決定し，エージェントの行動は終了する．相手側から拒絶のメッセージが送られてきた場合，採用は成り立たず，相手に対する信頼度や興味の値が減少するだけで，エージェントは同様の行動を継続する．

4 配属問題への適用

ここでは，配属問題の具体例として就職問題を取り上げ，交渉アプローチの概要を示す．まず，ここでの就職問題とは，就職を希望する大学生と採用を希望する企業との間の配属交渉とする．つまり，先に定義した社会的オブジェクトは，ここでは企業や学生を意味し，社会的オブジェクトの集団とは，就職活動中の大学生の集団，および学生を採用しようとする企業の集団を意味する．次に，交渉相手の中から対象を選択する際に考慮する要素（key）とし

ては, 以下のようなものが考えられる.

学生が企業を選択する場合:

職種, 給料, 勤務地, 転勤の有無など

企業が学生を選択する場合:

成績, 専攻, 希望職種, 出身大学など

また, 各学生は企業の採用定員に対する希望学生数の割合や併願数, 企業側の要求する条件に対する自分自身の適合度などから採用可能性を算出する. さらに, 均衡モデルを構築する際には, 学生側からは, 企業が自分自身をどれだけ必要としているか (評価されているか), 企業側からは, 学生の入社に関する熱意などが反映される. これらの条件のもとで行なわれる交渉は, 表 1 のようなメッセージを用いて行なう.

要求メッセージ	意味
ask	採用決定を要求
request(*key*)	*key* の情報公開を請求
request(*any*)	任意の情報の公開を請求
appeal(*key*, *val*)	*key* の情報を相手に公開
decided	終了確認
返答メッセージ	**意味**
accept	採用を受諾
condition(*key*)	条件つき受諾 (= *request*(*key*))
obscure	情報不足 (= *request*(*any*))
refuse	採用を拒否
resappeal(*key*, *val*)	appeal(key,val) に対する返答
closed	採用が終了済であると通知
decided	終了確認

表 1: エージェントが扱うメッセージ

本稿で提案した認知的均衡理論に基づく説得機構の動作を確認するために UNIX ワークステーション上に Java を用いて実験システムを実装した. 実験により, 現時点では, メッセージの交換に遅延が生じた場合などに同一のメッセージの送信が繰り返されるなどの問題点が残されている. 今後はこれらの問題点の改善を行なうとともに, 考慮すべき要素 (key) や希望順位と採用可能性の間の比重のおき方などについて検討する必要がある.

5 まとめ

本論文では, 心理学の認知的均衡理論に基づいたエージェント間の説得機構と, それを用いたエージェント間での配属問題支援法を提案した. その特徴として, エージェントは交渉相手と自分との間の人間関係を表す均衡モデルを自己の内部に構築し, そのモデルの状態によって行動を決定する.

また, Java 言語を用いて我々の考える説得機構に基づくエージェントを実装した. このエージェントを使った実験により, 簡単なモデルの上での配属交渉が行なわれることを確認した.

今後の課題として, 交渉で考慮する要素の検討, ユーザの好みや希望をより正確にエージェントに伝える柔らかいインターフェースの実現, ユーザの個人情報を的確に管理・利用できる知識データベースの実装と, それらを用いたシステムの実装・有効性の検討などが挙げられる.

参考文献

[1] 佐藤和彦, 日比野良樹, 江口寿成, 程 子学, "アンケート調査に基づいた学生の教官のプロジェクトへの配属のためのマルチエージェントシステムの提案", ソフトウェアエージェントとその応用シンポジウム講演論文集, pp.113–119, 1997

[2] 今野 浩, "線形計画法", 数理決定法入門キャンパスの OR, pp.1-20, 朝倉書店, 1992

[3] 伊藤孝行, 新谷虎松, "グループ代替案選択支援システムにおけるエージェント間の説得機構について", 電子情報通信学会論文誌 D-II, 電子情報学会, 1997

[4] 佐伯 胖, "決め方の論理–社会的決定理論への招待–", 東京大学出版, 1980

[5] 斎藤 勇, 人間関係の心理学, 誠信書房, 1983

[6] 対人行動学研究会編 : 対人行動の心理学, 誠信書房,1986

[7] 金城辰夫, 図説現代心理学入門, 培風館, 1990

[8] 安藤清志, 大坊郁夫, 池田謙一, 社会心理学, 岩波書店, 1995

[9] 堀 洋道, 山本真理子, 吉田富二雄, 新編社会心理学, 福村出版, 1997