

複数集団間交渉を支援するマルチエージェントシステムの構築

堤 大輔[†] 小泉寿男[†]

[†]東京電機大学 理工学研究科 情報システム工学専攻

現在、企業間電子商取引(B to B EC)増加傾向にあり、今後も市場そのものの数・規模ともに飛躍的な増加が考えられる。本稿では以上のような交渉を複数集団間交渉と定義し、大多数の複数対複数交渉をスピーディーに行うことと好条件の交渉相手の選定を人間の行動や思考を代わりに行うソフトウェアであるエージェントを用いることで、人間が行う交渉の支援を行うようなシステムを提案する。適応対象として電子企業間取引を取り上げ、エージェント間の交渉で複数の検討項目と人間の持つ意思などのデータを定量的に表現する方法論であるAHP(Analytic Hierarchy Process)を活用する。

Implementation of multi agent system to support negotiation between many groups

Daisuke Tsutsumi[†] Hisao Koizumi[†]

[†]Department of Computers and Systems Engineering

Graduate School of Science and Engineering

Tokyo Denki University

Recently, Business to Business Electronic Commerce (B to B EC) is in tending upward, and in future these market will expand on large scale by leaps and bounds. We would like to propose the agent system to make a support for the negotiation as mentioned above instead of people, in this paper, so that user can respond with speed and flexibility to a lot of many to many negotiation and choose appropriate partner with good condition. We focused on electronic commerce among enterprises in this paper and make a good use of AHP methodology can change qualitative data such as intentions and consideration with people into quantitative data.

1. はじめに

従来、商品の売買の形態は店頭購入・通信販売が主流であった。しかし近年のコンピュータ・インターネットの普及にともない、Yahoo, ebay, 楽天といったインターネットオークション、ネット販売などの消費者向け電子商取引(B to C EC)が新しい取引のインフラとして確立してきた^①。その中、企業間電子商取引(B to B EC)も増加傾向にあり、市場の数・規模ともに飛躍的な増加がますます予想される。そのため、企業間電子商取引における、一つの企業の取引をする選択肢の数も広がることで、国際的な規模での取引相手の選択ということになっていくことが考えられる。

以上の企業間電子商取引のような、多数の相手からの交渉相手の選択や多数の相手からの交渉の申込があった場合において複数対複数での交渉になる。このようなエージェントによる複数対複数での交渉は利用者の心理要素を考慮した配属支援方法^②などの研究がなされている。本稿では以上のような交渉を複数集団間交渉と定義する。このような交渉では大量の交渉条件の分析といったことに手間がかかり、時間が割か

れるといった課題点が挙げられる。そこで数多くの相手との交渉をスピーディーに行うこと、好条件の交渉相手との交渉を実現させるために、人間の行動や思考を代わりに行うソフトウェアであるエージェント^③を用いることで、人間が行う交渉の支援を行うことが本研究の目的である。適応モデルとして電子商取引を扱う。

2. 複数集団間交渉の定義

2.1 複数集団間交渉の定義

本稿では、図1のような企業間電子商取引をモデルに複数集団間交渉を定義する。発注企業を o_n で表し、その集合を O とする。 O は有限集合で要素の数は N で表される。また受注企業を r_j で表し、その集合を R とする。 R は有限集合で要素の数を M で表される。

N 社の互いに独立した発注企業は、ある商品を購入する企業を募集しているとする。そのために各発注企業は M の受注企業を人の手で交渉できる企業数 m 社まで絞込みをおこなう。 $(m \ll M)$

M 社の互いに独立している受注企業は、自社の商品を

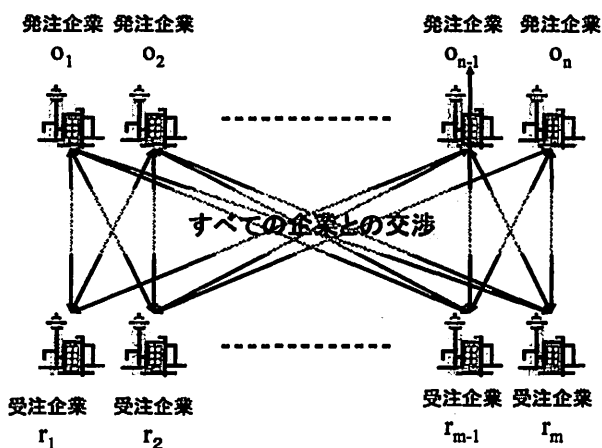


図1 複数集団間交渉のモデル図

購入してもらうために、各発注企業に応募しているとす。ただし、各受注企業はすべての発注企業に応募することはできるが、交渉を成立できるのは(人の手で交渉する段階) n 社までとする。 $(n \ll N)$

企業間取引における交渉は、各企業が望む条件でできるだけ交渉を成立させる必要がある。そのためさまざまな条件を設定し、考慮しながら企業間の交渉を支援することに帰着する。

2.2 エージェントを用いた複数集団間交渉支援モデル

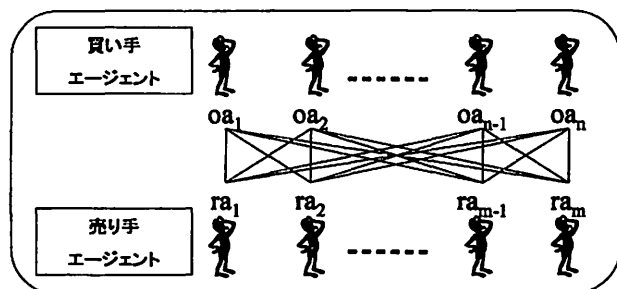


図2 エージェント間交渉

本稿におけるエージェントを用いた図2のようになる。各発注企業と各受注企業はそれぞれ1つのエージェントを持つ。エージェントにはどの交渉条件に重みをおくか、最低条件をエージェントに入力を行う。個々のエージェントは入力された条件を考慮しつつ、交渉の進展状況を加味して、ユーザの条件にあった交渉を成立させるために交渉を代行する。発注企業のエージェント(買い手エージェント)を oa と表し、受注企業のエージェント(売り手エージェント)を ra とする。

3. AHP(Analytic Hierachy Process)の概要

エージェントによる意思の決定方法としては、契約ネットプロトコル⁴⁾、ゲーム理論、認知学均衡理論

などを利用した様々な研究が行われている。そして本稿の特徴として複数の項目を同時に考慮しなければならない企業間電子商取引において、値段が最重要項目であると考えられる。しかし値段が同じときの判断や値段の条件は多少悪くても、次に重要な要素がよい場合のときといった判断があいまいな状況で判断しなければならないという課題がある。そこで、人間の持つ意思などのデータを定量的に表現する方法論であるAHP(Analytic Hierachy Process)⁵⁾を利用する。AHPとは定量的な分析では扱いきれない意思決定の問題の分析に利用される。

これを用いることで、人間が持っている主観や考えが反映されると同時に、意思決定を行う際に多くの目的を同時に考慮する事が可能になる。AHPでは、意思決定を行う問題を要素ごとに対しての重み付けをつけて、比較行列を作成して計算するものである。比較行列の例を表1に示す。

表1 AHP 一対比較行列の(具体例)

評価基準	納期	値段	信頼度	品質
納期	1	2	4	1/2
値段	1/2	1	2	1/5
信頼度	1/4	1/2	1	1/7
品質	2	5	7	1

比較値は、1(同じくらい重要)、3(少し重要)、 \dots 9(極めて重要)といった感じで、偶数の値は中間くらいをしめし、逆数の値は重要でない度合いを示す算出されるこれで、算出される重みを $ahpp_p_x$ とおくとする。

算出された $ahpp_p_x$ の合計値は1となり、どの要素にどのくらい重みをつけるかを判断することが可能になる。これを用いてどの要素に重きを置くかを決定し、交渉要素をどのくらいのポイントにおくかを決定する。

3. エージェントを用いた複数集団間交渉支援

3.1 交渉までの流れ

条件入力の流れ図を図3に示す。エージェントによる交渉の前段階として、条件入力をしてから交渉を行う。条件入力のステップを以下に示す。

- ① まず発注企業はWEB上に互いに独立した N 社の発注業は、自分の企業にあった商品を購入するために、類似商品の募集をWEB上に値段、品質、納期などの条件の記載を行い募集かける。
- ② 互いに独立した M 社の受注企業は自社にとって最も有益な発注企業に自社の商品を売るために、受注企業は発注企業群がWEBに記載した条件を見て応募を行う。以上のように入力を行った後

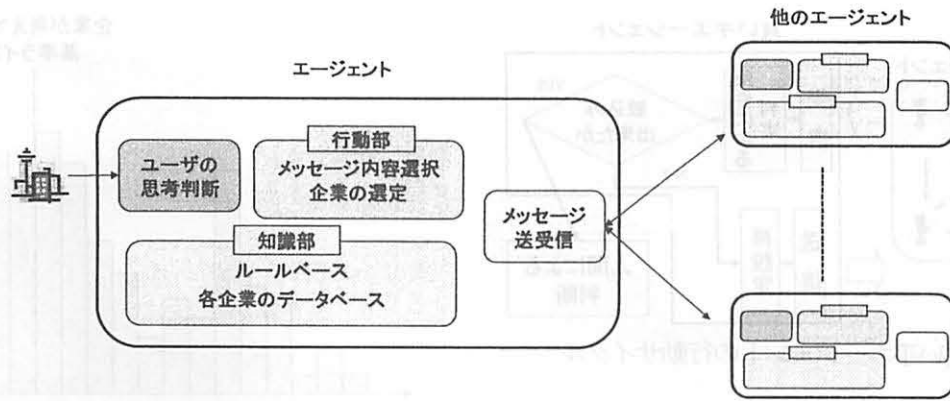


図4 エージェントの構成

エージェント間の交渉を行う。

3.2 エージェントの構成

本稿におけるエージェントの構成を図4に示す。エージェントは自らの行動を決定する行動部と知識を管理する知識部によって構成されている。

行動部では主にユーザからの思考の入力の元交渉におけるメッセージの内容の選択・決定と企業選択をどのようにするかを判断をする所である。

一方知識部では行動部が行動の基準になる。ルールベースや交渉企業がどのような条件(交渉企業の値段・納期などのパラメータ)であるといった、企業のデータベースが蓄えられている所である。

さらに行動部では知識部のデータを踏まえたうえで自立的に行動をする。またメッセージの送受信を行った際には、新たな知識として知識部を更新した上で、更新された知識を反映させた上で交渉のメッセージの選択・決定を行った上で交渉を行っていく。

3.3 ランキングポイントの設定

複数の企業と交渉を行う際には、交渉相手の企業相手の選定において、どの企業が自社と条件が合っているという判断を行う必要がある。そこで AHP で算出されて重み付けを利用しランキングポイント設定をする。算出方法を以下に示す。

- ① まず、各企業の条件のポイント化を行う。ポイント化に関しては、すべての要素に行いポイントは 0~100 に区切り設定を行う。要素 x のポイントを e_x とおく。
- ② 各種設定した、AHP の要素で各要素の重み付け ($ahpp_p_x$) を算出する。
- ③ 各交渉要素の $ahpp_p_x$ を算出した後ランキングポイントを設定する。交渉要素が n 個の時、 A 社に対するランキングポイントを $Rank_P(A)$ とおくと、(1)の式で表される。

$$Rank_P(A) = \sum_{k=1}^n e_k \times ahpp_p_k \dots\dots(1)$$

- ④ 算出したランキングポイントを基にエージェントによる交渉を行っていく。

3.4 エージェントによる交渉

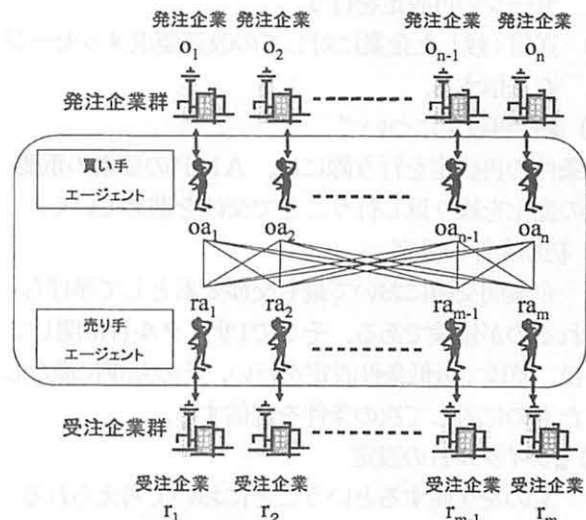


図5 企業間取引におけるエージェント間交渉

エージェントによる交渉図を図5に示す。3.4項に示したランキングポイントを設定した後に、交渉を行っていく。設定したランキングポイントを基に買い手エージェントはポイントを上げるような条件を出し、条件を受けるかなどの判断を繰り返し、条件の合う企業を自社の設定する企業数まで絞込みを行う。一方売り手エージェントでは交渉の結果交渉の成立した企業との交渉を受けるかどうかの判断を行う。

3.5 各エージェントの行動サイクル

3.5.1 買い手エージェントについて

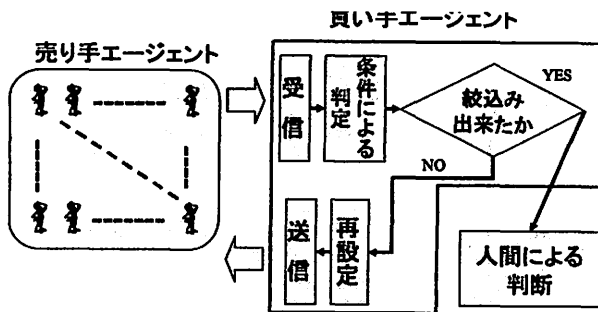


図6 買い手エージェントの行動サイクル

(1) 行動サイクル

買い手エージェントの流れは図5のようになる。各フェーズにおける行動を以下に示す。

- ① 受信：売り手エージェントからの改善メッセージを受信する
- ② 条件による判定：AHPの要素設定によるランキング構成の元、条件にあった企業を残すフェーズ
- ③ 再設定：残した企業に対して状況に応じてAHPの重要度の要素を変化させて次の改善要求メッセージの再設定を行う。
- ④ 送信：残した企業に対しての改善要求メッセージを送信する。

(2) 条件再設定について

条件の再設定を行う際には、AHPの要素の重要度の変化を繰り返し行うことで交渉を進めていく。

① 初期条件の設定

企業間交渉において最も交渉要素として挙げられるのが値段である。そこで1サイクル目に関しては、値段で最低条件設定を行い、その基準に満たしたのに対して次の条件を送信する。

② 2サイクル目の設定

ものを生産するということにおいて考えられるのが、同じものをより多く生産したほうが1つあたりの値段が安くなる。そこで2サイクル目は交渉企業に量を増やした時にどの程度値段が安くなるかを見て、交渉企業の絞込みを行う。

③ 3サイクル以降

3サイクル目以降は相手の条件がどのような条件を出してきたかで判断を行う。

(3) 判断基準の設定方法

交渉を行っていく中で、交渉の要素によってばらつきが大きいものと、ばらつきが小さいものに分類されることが考えられる。ばらつきをみることの有用性を、図7を例にとり説明をする。図2の値段を例にとって考えると、買い手企業はある商品の値段は500円程度が妥当だと考えていたとする。しかし実際に募集

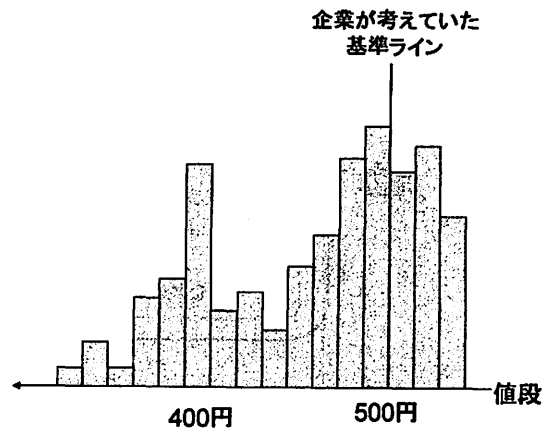


図7 基準値を踏まえた上でのばらつき具合の例

をかけてみると400円程度のところにも多数あったということがわかった。買い手企業の立場になれば商品ができるだけ安く購入したいので、設定を400円程度にしてもよいのではという判断ができる。

さらに複数での要素間でのばらつきを比較することで、交渉する企業を全体としてみたときに出来のよい要素と悪い要素を比較することが可能になる。

3.5.2 買い手エージェントの具体的条件設定方法

買い手エージェントの条件設定は以下の項目を用いる。

(1) メディアンの利用

メディアンとはデータを大小の順に並べたときにちょうど真ん中の数のことを指す。このメディアンを利用することで、真ん中の順位がどのくらいになるか、つまり、どのくらいの値に集中しているかの目安とする。

(2) 標準偏差の利用

この標準偏差を用いることで、各要素がば、少ない項目はばらつきが少ないことがわかる。これを目安にメディアンと同様に利用することでどのようなばらつきが出てくるかどうかを判断する。標準偏差の算出方法、分散の算出方法を以下に示す。

①分散の算出

N 個のデータ x_1, x_2, \dots, x_n があり、 \bar{x} を平均としたときに $(x_i - \bar{x})$ の2乗の平均として定義される。つまり式(1)で定義される。

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N} \dots\dots(2)$$

②標準偏差の算出

そして標準偏差を σ とおくと(3)の式で表される。

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \dots (3)$$

またこれらのデータを算出する際には、基準より上のデータのみ抜粋する。その上で本稿では表2のように判断する。

表2 メディアンと平均値の関係

条件	状況	重要度
メディアン>平均値	上位の方にデータが集中	上昇
メディアン=平均値	データが平均	維持
メディアン<平均値	下位の方にデータが集中	下降

標準偏差の意義としては、要素ごとのメディアンでの重要度の上昇、維持、下降の判断の後、他の要素との比較することで、重要度の上げ幅、下げ幅を設定するのに用いる。

これによって、AHPの要素の重要度を上げ、ばらつきの小さいものに対してはAHPの要素を下げ各要素の ahp_{p_n} の再設定を行う。このように重要度の上げ下げを行いでランキングポイントの基準をあげ改善要求メッセージの送信を行う。

3.7.3 売り手エージェントについて

(1) 行動サイクル

売り手エージェントは図7のような流れに沿って行動する。各フェーズにおける行動を以下に示す。

- ① 受信：買い手エージェントからの改善要求メッセージを受信する
- ② 了解判定：発注企業からの企業から交渉成立になった場合その企業との交渉を成立させるかを判断するかを判断する。かどうかを判断する。
- ③ 条件設定：条件設定ではAHPで設定したランキングによって状況に応じて、再設定を行う。
- ④ 送信：改善メッセージを売り手エージェントに送信する。

(2) 了解判定について

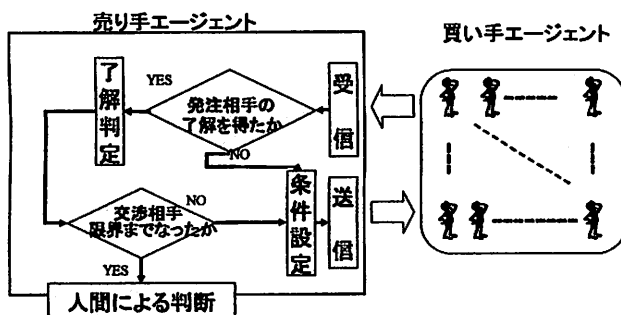


図8 売り手エージェントの行動サイクル

交渉を進めていく上で、必ずしも希望順位が高い企業と交渉が成立するとは限らない。そして、希望順位が高い企業との交渉が終了する前に、希望順位が高くない企業との交渉が成立することが考えられる。そこで、了解判定のみ、AHPの要素にどの段階まで交渉が進んでいるかを判断する。「リスク」の要素を了解判定時のみ設定する。A社に対するリスク判定のみのランキングポイントを $Rank_PR(A)$ とするとし、リスク要素の重みを ahp_{p_r} と置き、リスクのポイントを ep と置くと(リスクに関してはポイントが低い企業ほどよい)式(4)のようになる。

$$Rank_PR(A) = \sum_{k=1}^n (e_k \times ahp_{p_k}) - ep \times ahp_{p_r} \dots (4)$$

式(2)のようにランキングの再構築を行い、最終的に絞り込む企業数以上の順位であったら交渉成立をさせる。

(3) 条件設定について

条件設定についてはランキングの高い企業に対してはより譲歩をする。ただ譲歩したことによりランキングの入れ替わりがないような譲歩の設定をする。

4. プロトタイプ構築と評価方法

4.1 開発環境

開発環境は表3に示す条件で行っていく。

表3 開発環境

OS	Windows XP
開発言語	Java
データベース	MySQL
買い手エージェント	100個
売り手エージェント	100個
AHPの要素	値段、納期、品質、規模 (値段を最重要要素に設定)
絞り込む企業数	買い手・売り手ともに5社

4.2 シミュレーション実験

本稿で提案した複数集団間交渉を支援するエージェントシステムの効果を確認するために、表2で示したとおり、買い手エージェント、売り手エージェントともにJavaで実装を行い、シミュレーション実験を行う。

各エージェントは交渉の要素として値段、納期、品質、規模の要素を持ち交渉を行う。各企業は相手交渉企業の4つの要素をそれぞれ各企業のデータベースを持つ。シミュレーション実験は受注企業から

の Web 上での入札が終わった状態から行い、エージェントシステム上での買い手エージェントの受注エージェントの交渉から行い、買い手エージェントがすべて絞り込む企業を絞り込んだ時点で終了する。

交渉のメッセージは各エージェントがメッセージの内容をデータベースに書き込み・読み込みを加えることでメッセージの送受信を行う。さらに読み取ったメッセージを各エージェントのデータベースに反映させつつエージェントが次のメッセージの送信を繰り返すことで交渉をしていく。評価項目としては以下のように行う。

4.3 実験内容と評価

(1) 動作確認

本システムのプロトコルを実装することで、正しく動作するかの確認を行う。

その上で、エージェントの振舞いを調べ適正なパラメータのポイントの決定を行う。

(2) 1 対他での動作確認

① 買い手エージェントが1つの時の交渉

買い手エージェントが1つのとき、交渉要素のパラメータの変化を調べ、パラメータの変化を検証する。

② 売り手エージェントが1つの時の交渉

買い手エージェントと同様、売り手エージェントが1つのとき、交渉要素のパラメータの変化を調べ、パラメータの変化を検証する。

(3) AHPの変化による交渉の変化

本システムでは交渉要素の重み付けとして、AHPを利用している。そこで本システムでの、AHPパラメータの重み付けを変化させることで、交渉にどのような変化が見られるかを評価する。

(4) 希望順位の変化の考察

エージェントによる交渉をしていく中で、交渉の希望順位がどんどん変化していくことが考えられる。そこで順位がどのように変化するか、パラメータの重み付けを変化させることで考察をする。

(5) リスク要素による交渉の変化

売り手エージェントは交渉相手の決定のときに、リスク要素で交渉を成立させるか、不成立にするかを決定している。そこで、リスクパラメータの高さを変化させる事での交渉の変化を調べ、考察を行う。

以上のような実験を行った上で、結果を評価・考察を行う予定である。

5. まとめと今後の予定

マルチエージェントによる複数団間の集団交渉を提案し、本方式の実例モデルとして企業間商品売買を例にとりプロトコル設定をした。

現段階では各企業のデータベースのフォーマットと売り手エージェントを構築中である。引き続きこれを行い売り手エージェントの構築と評価をしていく。またさらに実験をする状況を検討・考察をする。

参考文献

- (1) 管坂玉美他著 “e ビジネスの理論と応用”，東京電機大学出版局，2003年1月10日
- (2) 佐藤和夫，程子学，中村勝一，小山明夫，Aiguo He，程同軍 “利用者の心理要素を考慮したエージェント説得機構を用いた配属支援方法”，情報処理学会論文誌，2002年2月
- (3) 木下栄蔵，“入門AHP”，日科技連出版社，2000年5月12日
- (4) 西田豊明，木下哲男，北村康彦，間瀬健二 “エージェント工学”，オーム社，平成14年7月15日
- (5) 高玉圭樹，“マルチエージェント学習－相互作用の謎に迫る－”，2003年4月23日