

価格交渉のモデル化とソフトウェアエージェント機能による実装

藤井 章博 岡田 ロベルト 貞明 大谷 毅

宮城大学 事業構想学部 デザイン情報学科

概要

本研究では、現実に行われている取引業務を電子化し、ソフトウェアエージェント機能によって自動化を行うことを想定し、取引業務のなかで特に価格交渉機能を対象にモデル化を行った。現実の取引行為を調査し、これに基づいて交渉プロトコルを形式的に記述し、これを仕様としソフトウェア開発を行う。

キーワード：企業間電子商取引、価格形成理論、ソフトウェアエージェント、プラットフォームビジネス

Negotiation Modeling for Software-Agent in Business Applications

Akihiro FUJII, Sada-aki R. OKADA, Tsuyoshi OHTANI

School of Project Design, Miyagi University, Japan

Abstract

Web-based intermediary trading system has been developed under our long term B2B electronic commerce system development project. Based on the interviews to the business personals about realistic business practices. Formal descriptions of negotiation protocol about price determination are introduced. We also show the prototype of the software agent system architecture.

Keywords: Electronic Commerce, Price formation, Software Agents, Platform Business

1. はじめに

多くの業界における電子商取引の実践がB2C（販売者と消費者）の間から、B2B（業者間取引）に拡大しつつある。今後、幅広い業界で商取引における枢機な部分に関しても、OR的手法や人工知能的手法を適用させて経済行為の効率化を図る試みが増大すると予測できる。

著者らは、生鮮食料品や加工食品などを対象としたインターネット商取引のモデルとそれを具体化する分散システムの設計・開発・運用に従事してきた。[5]

取引行為における交渉要因の主たるものは、商品の価格であろう。取引価格の決定には、取引量や取引関係の持続性、決済手段など他の要因が関連する場合が多く考察の対象となる問題は非常に複雑である。

ソフトウェアエージェントを現実のB2B取引に適用させようという試みは、情報技術の進展を背景にして、ごく最近に始まった。マルチエージェントを取引に利用することを想定し、で実務を指向した視点から考察することの意義は大きいと考えられる。

ソフトウェアエージェント機能などの技術を導入して取引の自動化を図る技術に関しては、例えば、文献[3]等により先駆的な研究が行われている。この専攻研究では、販売期間を限定した中古日用品市場を対象として、時間経過に従って単純に売価が低下する価格形成のモデルが導入されている。

本稿では、生鮮食料品の流通過程における現状の調査に基づき、特に価格交渉をソフトウェアエージェントによって実施することを想定し、エージェント交渉プロトコルの設計に関する考察を行う。

2 取引行為の類型分類

2. 1 取引段階の分類

インターネット上のオンライン販売ビジネスモデルによる商取引は、一般的に3つの段階を経て成立すると考えられる。

(1) ショッピング段階

人間が行うにしろ、ソフトウェアエージェントが行うにしろ、特定商品に関する価格交渉を開始する前段階で、商品の検索等が行われる。例えばサーチエンジンなどの機能を利用して、買い手の求める商品の絞り込みが行われる。

(2) 交渉段階

ここでは、商品と対峙する買い手が、その商品に関してどのような取引条件のもとで取引を実施するか決定す

る段階である。本文では、この段階では発生する作業をモデル化し抽象化し議論する。この段階での発生する作業のより細かい分類を次節に示す。

(3) 取引の終了段階

買い手が商品の購入を決定しそれに伴ってシステム内では購買データの記録などの処理が行われる。売り手・買い手双方の他に、第三者が市場に相当するWebサイトを提供する場合はその第三者とも、それぞれ購買データの収集を行う。

2. 2 取引要求の頻度による分類

文献[3]を例として挙げると、ウェブサイトの提供する仮想市場では、取引対象の商品は、売り手が売るべき物品を保持している状態で市場に陳列され、それが売れるあるいは販売期限が切れるまで市場に提示される。このとき買い手の側はというと、購入希望物品に関してあらかじめ厳密な購入仕様が定まっているわけではなく、例えば、「机」とか「椅子」という大まかなカテゴリを定めて商品検索に入る。商品と買い手の要望が出会うのは、売り手・買い手それぞれの代理人動作を行うソフトウェアエージェント同士の遭遇によって実現される。

また、[8]のモデルでは、商品の提示は、ファシリテータと呼ばれる仲介者が行う。これは、売り手の保持する商品と買い手の要望とを結びつける役割を担う。

そこで、これらの先行研究例から演繹し、オンライン上での商品の提示と取引に至る過程時系列上での性質に基づいて類型分類を試みる。

まず、「取引要求」を買い手側、売り手側がそれぞれ取引を実施する用意がある状態と定義する。この取引要求が連続的(C)に存在するか、断続的(R)に存在するかで、表1に示すような分類が成り立つ。

購買側取引要求	販売側取引要求
断続的 (R)	断続的 (R)
	連続的 (C)
連続的 (C)	断続的 (R)
	連続的 (C)

表1：取引要求の頻度による分類

1 R-R

文献[3]に見られるように、移動エージェントが遭遇することに基づく売買行為の発生がこれにあたる。

2 R-C

売り手が常に店を開いている状態である。断続的購入要求の発生に対して、常に販売要求が存在する場合である。通常の商行為はこれにあたる。この場合、売り手が常に提示している商品を準備しているとは限らない。すなわち、商品の提示は潜在的な購入要求の掘り出しという側面を持つ。

3 C-R

この状態は、買い手がある商品に関して常に購買要求をもっており、その商品の供給が限られている状態を指す。

4 C-C

連続的な需要と供給が発生している状態を指す。金融取引の多くがこのモデルに相当するといえよう。「連続」を規定する際、取引要求とその取引が完了するまでの時間差を意識する必要があり、その差によってモデルの様相が異なる。

2. 3 付加的交渉要因

商品情報を開示するかどうかという点は、その商品の希少性や市場の状況に大きく依存し、価格交渉に際して重要な戦略的要因となる。また、買手の購買能力、決済能力、売手の商品の供給能力等も、交渉の重要な要因となる。

これらの要因を交渉モデルの性質に反映させようとするとモデルが非常に複雑になる。そこで、以下ではこの商品情報の開示に関しての損得等の付加的要因に関しては触れないものとする。

3 取引行為のモデル

3. 1 モデル化の目的

本章では、取引行為のモデル化を試みる。これは、ソフトウェアエージェントにより業務取引の実態を反映させることを想定しており、インターネット上で特定商品の企業間商取引の効率的・自動的に実現するための基礎的な考察を行うことが目的である。議論を簡略化するために、交渉に際しての付加的な条件は無視する。

3. 2 基本的定義

ある特定の商品の集合 T に関して取引を行うものとする。買い手側売り手側共に複数のエージェントが存在しそれぞれの集合を B 、 S とする。

買い手の集合： $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$

売り手の集合： $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$

いま、仮に s と b が一対一の関係であり、双方とも連続的な取引要求を持っているものとしよう。取り扱われる商品の品質は、平均値 Q_s 、分散値 d_s の正規分布を取り、価格に関しても同様に平均値 P_s 、分散値 d_p の正規分布を取るものとする。また、価格と品質は無関係に定まるものとする。また、品質と価格の間には相関関係がないものと仮定する。また、購入されなかった商品は、後の取引に影響を与えないものと仮定する。

価格と品質のどちらを優先させるかで、二つの異なる戦略が存在する。買い手はどちらかの戦略に従って取引の是非を決定する。以下に購買側の価格優先戦略の形式的記述を行う。

購買戦略の形式的記述

形式的記述は前提条件である Precondition とその後の動作である Transition によって構成される。

価格優先戦略：

Precondition:

Given $T = (P, Q)$

If $P_b > P$

Transition:

Buy T

ここで、 P_b は買い手側で購入を決定するための価格に関する閾値であり、通常「ストライクプライス」などと呼ばれる。また、品質優先戦略も同様の構造をもち、この場合も同様に Q_b が規定される。

販売戦略を形式的に記述することは、重要である。上述した戦略は、現実の取引と比較して多くの制約条件を設定しており非常に単純化されたものである。しかし、電子商取引が進展し、取引行為をソフトウェアエージェントに代行させるという要求が高まると、複雑な前提条件と戦略を明確かつ厳密な形で仕様記述する必要性が生じる。そこで、形式的記述の手法を導入することが非常に重要である。

3. 3 利益

次に売り手・買い手双方のこの取引における利益に関して考察する。まず、買い手について考える。買い手は、この商品を次に転売するなどの行為により利益を得る。そこで、いま買い手は購入した商品の品質のみから利益を得ると仮定しよう。価格優先戦略に基づいて購入する場合の利益の総和は以下のように表現される。価格の分散と、品質の分散に関する購入価格までの二重積分で表される。

すなわち、購入した商品の品質はもとの供給源と同じ統計的性質（ここでは正規分布を仮定する）を持つ。買い手側がこの商品を転売するなどしてえられる利益の総和は、購入決定価格 P_b と取引総量で定まる。

3. 4 仮想的単一購入者

商品の売り手、すなわち供給者の側で集約販売することの有効性を検証する目的で、ここでは買い手、すなわち需要者の集合を仮想的な単一購入者として定義する。すなわち、多数の買い手を、オンライン取引の視点から、すでに集約されある確率的な頻度を持って取引行為に参加する一人の購入者に見なすということである。現実には、このような機能を導入することにより、企業間取引における取引コストの削減等の利益がもたらされると予想できる。

仮想的単一購入者の購入戦略は以下に定義できる。まず、購入者は、 m 人の買い手の集合体であるとして、 m が各自に設定する P_{b_i} の中から最小値 P_{b_m} を選択する。

$$P_b = \min \{P_{b_1}, P_{b_2}, \dots\}$$

この値を利用して、購入戦略は以下のように記述できる。

仮想単一購入者の購入戦略

Precondition:

$$P_b < P$$

Transition:

Buy $T = (P, Q)$

deliver T to B_i where i is $P_{b_i} > P$

すなわち、購入の機会を増やし購入後はもっとも適当な買い手に商品を渡す。これは、単純に販売行為の集約をモデル化したものに他ならない。次節では、連続して継続する取引状況において、買い手はこの仮想的単一購入者のみという前提のもとで議論を進める。

3. 5 集約販売

以下では、仮想的単一購入者に対して、個々の売り手がそれぞれ独立に商品を提供する場合と、新たに出現する仮想的な単一供給者である売り手 S_i がこの買い手と対峙する場合の差異を数理的に考察する。

まず、売り手側は各人が商品 $T_i = (Q_i, P_i)$ を持つとする。個別の売り手は次の機能を実施する。

単独販売の販売戦略

Precondition:

Price Matches.

Transition:

Sell T_i ,

S_i Gets P_i

ここで、Price Match とは、買い手の要求する商品 T と S_i の提示する T_i が（買い手の戦略のもとで）合致したことを表す。Transition で示すように、 S_i は自分の提示した P_i のみしかその対価として受け取れないとする。このことは、価格設定に際しての機会損失、すなわち、「もっと良い値で売れたかもしれないのに」という状況、を表現しているといえる。

上述した例では、あらかじめ品質の分布がわかっており、売り手側の販売戦略もこのモデルのように明確である場合を考えている。いま、前節同様に買い手側の利益は Q_i に比例すると仮定すると、最大の利益を期待できる戦略的な買値の設定は P_a と一致する。

次に、売り手が N 人の供給源を集約し、仮想的な単一供給者を構成したとする。これは、現実にはオンライン上のウェブサイト「バーチャル卸商」として登場するような状況が考えられる。買い手は、ウェブサイトへのビジターとなるが、ここでは、連続的に取引要求をもつ仮想的に集約された需要者である。集約された売り手は、次の仕様に基づく機能によりその販売行為を実施するものとする。

集約販売の販売戦略

Precondition:

Match one of $\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$

Transition:

S Gets Max P_i of T_i

In which $P_i < B$

単独で販売する場合と比較すると、集合販売の場合に売り手の価格に関する機会損失の期待値が小さくなる

ことが明らかである。集約された買い手がこの集約された売り手から買う確率は、それぞれの売り手の持つ商品価格の確率分布の畳み込みとなる。

4. システム開発の状況

4.1 取引実務実態

調査ある特定商品の現実の商取引を調査した結果、現実の価格交渉に関して、次のような要因が存在することが明らかとなった。

- ① 売り手は共通の地域コミュニティに属するため、ある一定の共存共益の関係を保持したうえで競争を行う。
- ② 集約購買は現実の商行為として確立していない。また、一般的に一次産品に関しては、供給の季節変動や地域性、不確定性といった商品の特性を考慮すると、電子商取引環境が整備され仮想市場が確立しても供給側のエージェント間には依然として強い結びつきが保たれるものと考えられる。

このような関係を考慮し、一般的な状況を議論する目的で売り手と買い手およびそれらの関係に関して次のような仮定を設ける。

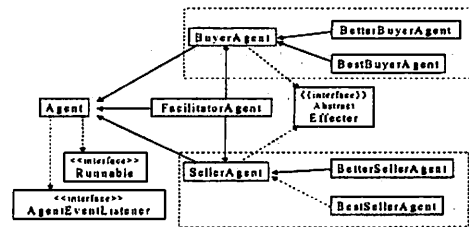
- (1) ここで \Leftrightarrow を取引行為を表す記号と定義する。 $s \Leftrightarrow b$ は、業者 s と業者 b 間での取引を表す。
- (2) 特定の b 、 s の間には長期的な取引関係の持続に基づく信頼関係が存在するため、特定取引業者間で取引が成立する場合が多い。すなわち、積集合 $B \times S$ の要素に結びつきを意味する一次変数が対応する。
- (3) 例えば b_1 から問い合わせを受けた s_1 が b_1 の要求に見合う商品の供給を s_2 に依頼し提供するということがありうる。実際には、要求に見合う商品を s_1 がもち得ず、 s_2 にあるという商品情報を保持している場合である。
- (4) 実際には、 $b_1 \Leftrightarrow s_1 \Leftrightarrow s_2$ という取引形態がありうる。しかし、以下では議論を単純化するために、 $b_1 \Leftrightarrow s_2$ と表現する。すなわち、 $S \times S$ にも結びつきを表す一次変数が対応する。以下では議論を単純化するために $S \times S$ の要素は全て 1 の場合、すなわち集約販売、全て 0 の場合すなわち個別販売のどちらかを考える。
- (5) 前項同様に、 $B \times B$ が定義できる。これは集約購買を意味する。一般的な B2C の販売形態では $B \times B$ は 0 といえる。集約購買を行う場合は $B \times B$ の要素が 1 となる。以下では、まず集約購買を考えない状況で議論する。

- (6) 商品情報は、価格 P と品質 Q からなる。この商品情報は常に開放されているものと仮定する。現実には、取引量と価格の間に値引きなどの関係がある場合や質に関して複数の要因が存在する場合など様々が考えられる。

4.2 エージェント機能の開発状況

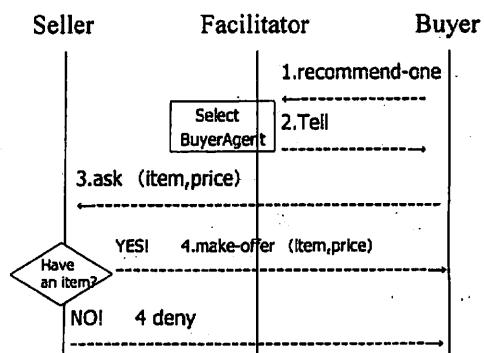
以上述べたモデル化に関する基本的方針と実務における実態調査に基づき、エージェント機能を利用する企業間取引支援システムのプロトタイプを作成した。以下の図 1 は、プロトタイプシステムの構成の、売り手・買い手のエージェントの構造を UML のクラス図によって記述したものである。

図 1 売買エージェント構成 (クラス図)



つぎに、以下の図 2 で、価格交渉プロトコルの一例を UML シーケンス図によって示す。平成 12 年 7 月現在、プロトタイプ上に、Java 言語により作成したエージェント機能の実装を行っている。

図 2 交渉プロトコル (シーケンス図)



5. 考察

まず、取引行為のモデル化に基づく考察の結果、集約販売によって得られる利益の性質をもととの製品の品質と価格の確率分布式に照らして考える次の特徴を持つことが理解される。

- (1) 利益・不利益の期待値は同じ
- (2) 利益・不利益の分散値は集約個数 N が多いほど小さくなる。

すなわち、集約を実施することが売り手側にも買い手側にも取引関係の安定を与えることは直感的にも明らかである。ここでいう安定とは、客の到着過程の分散値を小さくすること、不利益（そして利益も）の期待値の分散を小さくすることとなる。しかし、不利益は利益と裏表の関係にあり、不利益がばらつかないということは、「大儲け」の機会も小さくなるということである。

つぎに、インターネットを利用したビジネスモデルという観点から考察する。1996年にインターネットブラウザが登場すると同時に始まり、その後急激な進展を続けている。本文で述べた手法は、インターネット上のビジネスモデルの有効性を評価する観点から必要であると考え。いまビジネスモデルとして集約販売を取り上げ、仮にエージェント機能により効率化を図る場合でも、集約の有効性を決定付ける要因は多く存在し、それらの関係は単純ではない。個別販売か集約販売かはこのモデルでは二者択一であったが、現実にはそれほど単純ではない。

商取引行為におけるネットワーク利用の有用性が認知され、当初 B2C として始まった電子商取引も B2B という形に発展をはじめ、オンライン上で商取引のために行われるトランザクション（取引上の同意・同期処理）の件数は指数的に増大している。今後われわれは、インターネット上での電子商取引の方向性を注意深く観測しつづける必要があると思われる。

いま、著者らは、インターネットプラットフォームにおける“プラグイン”型のビジネスモデルに注目している。すなわち、情報システムから商業上の取り決めに至るまでの共通のプラットフォームを構築し、商品に関する競争原理を失わないまま、情報共有から得られる利益を最大限に享受するというビジネスモデルである。ポータルサイトはこの一つの具体例であるといえよう。ここでは、個々の参加企業、経済主体の個別の利益、収益、競争力を保持しつづけることができる。それでいて情報共有の有効性を生かしている。今後このような電子商取引のビジネスモデルに対して、情報技術・経営学・商学・組織論・政治学といった様々な観点から考察を加えていくことがこの分野の研究者に課せられた使命であると考え。

謝辞

本研究は、平成11年度（財）通信・放送機構研究補助金を受け、米国マサチューセッツ工科大学建築都市計画学部ウィリアムミッチェル教授の協力のもとで実施した。ご指導に感謝します。また、研究プロジェクトのパートナーであるブレイントラスト（株）、日本 IBM 情報ソリューション（株）、（有）さかな流通ネット、に感謝します。

参考文献

- [1] J.O. Kephart, J.E. Hanson, J.Sairamesh, "Price-War Dynamics in a Free-Market Economy of Software Agents," Proceedings of Artificial Life VI, UCLA, The MIT Press, 1998.
- [2] Kurose, J.F. and Simha, R.: A Microeconomic Approach to Optimal Resource Allocation in Distributed Computer Systems, IEEE Trans. Comp. Vol. 38., NO.5, pp.705-717, 1989
- [3] A. Chavez, P. Maes "Kasbah: an agent market-place for buying and selling goods." In Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology, London, U.K., April 1996
- [4] Zlotkin, G. and Rosenschein, J.S.: Mechanism design for automated negotiation, Artificial Intelligence, Vol.86, pp195-244, 1996
- [5] 大谷毅他、「広域分散型取引業務支援システムの開発とその運用実験」平成10年度、通信・放送機構公募研究最終成果報告書
- [6] Grosz, N. Benjamin, Labrou, Yannis, Chan, H. Hoi, "A Declarative Approach to Business Rules in Contracts: Courteous Logic Programs in XML" Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce, pp.68-77, Denver, November, 1999
- [7] Sairamesh, Jakka and Kephart, O. Jeffrey, "Price Dynamics of Vertically Differentiated Information Markets", Proceedings of First International Conference on Information and Computation Economies, Charleston, South Carolina, Oct. 1998.
- [8] Mark Watson, "Intelligent Java Applications" Morgan Kaufman, 1997