

ソフトウェアエージェントによる価格交渉シミュレーション

亀山 裕樹 岡田 ロベルト 藤井 章博

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、ソフトウェアエージェントを実装した価格交渉シミュレーター・ATRAS (A TRading Agents Simulator)を開発した。これは現実に行われている電子商取引を想定した様々な交渉戦術のシミュレーションを行うことを目的として開発している。本稿では価格交渉において売り手と買い手が、それぞれ商品を販売する基準となる価格や購入する基準となる価格を保持すると仮定して、その価格から両者の妥協点を探して交渉を続ける場合に注目する。特に交互に取引価格を提示する様々な価格交渉において、前回の金額提示からの譲歩金額(PriceDif)に注目した。シミュレーションの結果よりメッセージのやりとりとともに PriceDif を変動させていくことで、交渉の成功率を表す Success_Rate と成立時の価格を表す Agreed_Price に一定の規則性があることを確かめることができた。尚、ATRAS で行ったシミュレーション結果に基づいて、今後 ATRAS の交渉プロトコルを B2B システムに実装を行う。

キーワード：ソフトウェアエージェント、企業間電子商取引

Price Negotiation Simulation with Software Agents

Hiroki KAMEYAMA, Roberto OKADA, Akihiro FUJII

School of Project Design, Miyagi University, Japan

Abstract

We are exploring different price negotiation strategies to be included in an ongoing B2B electronic commerce project for perishable goods. In order to experiment on the different possible strategies, we have developed an agent-based price negotiation simulator, named ATRAS (A TRading Agents Simulator). The agents representing the buyers and sellers set their dealing criteria and start the price negotiation based on the strategy implemented, until the proposed price satisfies both parties. In this paper, we report with focus on the price difference PriceDif - which is the price increment / decrement from the previous offer - against the number of exchanged messages. From our experiments, we found some interesting relations between PriceDif, the success rate and the agreed price. ATRAS will help us to experiment with different strategies, for the development of a negotiation protocol to be implemented on our Web-based intermediary trading system.

Keywords : Software Agents, Electronic Commerce

1. はじめに

近年、B2C（販売者と消費者）及びB2B（業者間取引）におけるインターネットの商取引が拡大しつつある。とりわけB2Bにおいて調達関連の市場を電子化することで、調達側にとっては低コストによる調達を、販売側には低価格による販売を実現する仕組みが急速に浸透しつつある。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[1]。

インターネットの商取引においてソフトウェアエージェントの技術を導入することにより、購入する商品の数量や商品、取引サイトの特性などごとに商品単価や値引率をより適切に変動させることが可能となり、既存のインターネットの商取引と比較して効率的かつ高利益な取引を実現できると考えられている。そこでソフトウェアエージェントを利用するインターネットでの商取引の交渉戦術の研究が重要となる。

本研究ではソフトウェアエージェントの技術を実装した価格交渉シミュレーターATRAS (A TRading Agents Simulator)を開発し、これを用いて様々な価格交渉のシミュレーションを行う。シミュレーション時に交渉戦術の様々なパラメータを変えることによって変動する交渉成立価格や交渉成立の確率などの比較を行う。また、シミュレーションの結果よりB2Bにおける適切な交渉戦術を見つけ出す。

以降、第2章でATRASの開発概要を説明し、第3章でATRASによる価格交渉シミュレーションの実施結果を示す。第4章でまとめを述べる。

2. ATRAS (A TRading Agents Simulator) の開発

2.1 交渉シミュレーションの重要性

本研究では将来的にソフトウェアエージェントにより、売り手と買い手の価格交渉を行うことを前提に、エージェントが行うべき情報処理機能についての検討を行ってきた。インターネットによる電子商取引において、従来は売り手と買い手のみエージェント化された研究[2][3]があげられていたが、我々は商品をエージェント化することで、商品情報の提示や価格交渉に際しての処理の効率化が計れると考えている。このと

きソフトウェアエージェントを用いることで、既存の取引と比較して多種多様な交渉が可能となる。交渉戦術の幅が広がることに伴い、取引の状況に応じてより適切な交渉戦術を実装することの重要性が増す。そこで本研究では特に価格に注目して交渉に関してシミュレーションを行った。

2.2 ATRAS の特徴

ATRAS はパラメータの設定によって様々な交渉戦術を実装することが可能なフレームワークである。つまり商品の価格交渉の基準である Strike_Price や、make_offer1 と呼ばれる1度目の金額提示や、make_offer2 と呼ばれる2度目に提示する金額、交渉の成立や決裂の条件を戦術のパラメータとして選択することができるシミュレーターである。ATRAS ではこれらの交渉戦術を自由自在に実装することが可能であり、ATRAS のシミュレーターとして重要な機能は、一度に大量のSellerとBuyerの取引を処理できるところにある。大量の取引を処理できることにより、交渉結果を統計的に分析することが可能となる。

2.3 ATRAS の開発について

ATRAS は先に解説したエージェントによる価格交渉の他に、実装した交渉戦術からの取引結果を分析する目的として、取引記録をログに出力する機能と交渉成立価格をファイルに出力する機能等を備えている。取引ログでは、各Seller・BuyerのStrike_Priceやメッセージの送受信の記録、成立時の成立価格等が詳細に記録され、ログを基に取引を分析することが可能となる。

また、ATRASの開発にはJava言語を用い、開発環境はIBM社のVisualAge for Java3.5を利用した。

2.4 エージェントの種類とそのふるまい

ATRAS ではソフトウェアエージェントを実装し、複数のエージェントからなるマルチエージェント環境を設定し、相互に価格交渉を行うシミュレーターである。

ATRAS 上で、メッセージのやりとりを行うエージェントは(1)売り手エージェント、(2)買い手エージェント、(3)仲介者エージェントの3つのエージェントであ

る。以下にそれらのふるまいを記述する。

(1) Seller Agent (売り手エージェント)

ATRAS において商品の販売を行う側のエージェントを Seller Agent (以下 Seller とする) と呼ぶ。各 Seller はそれぞれ Item_List という商品販売リストを保持しており、その中に販売する商品とその販売価格を決める基準となる価格である S_Strike_Price など格納している。Seller は仲介者エージェントに対して、取引を行うエージェントとその商品の登録を行うことによって、マーケットに参加することができる。この登録業務を Register という。Register 時に登録した情報を基に Facilitator が仲介役として交渉相手を決出し、販売商品の価格交渉を行う。

(2) Buyer Agent (買い手エージェント)

Seller と取引する買い手側のエージェントを Buyer Agent (以下 Buyer) と呼ぶ。Buyer は wish_List という商品の購入リストを保持している。wish_List には取引を希望する商品の種類とその希望購入価格である B_Strike_Price 等が格納されている。Buyer は仲介者エージェントにこれらの情報を登録することにより、マーケットに参加し取引を始める。

(3) Facilitator Agent (仲介者エージェント)

売り手エージェントと買い手エージェントの仲介役を勤めるエージェントが Facilitator Agent (以下 Facilitator) である。Facilitator の役割としては、売り手エージェントと買い手エージェントの割り当てを行うマッチメイキングや、交渉成立時に売り手・買い手の両エージェントのマーケットからの退場など取引全体の統括を行う。

2.5 ATRAS におけるメッセージ交換の流れ

ATRAS のシステム設計の段階においてシステムの仕様/設計を明確にする目的で UML (Unified Modeling Language) にて複数の視点からシステムの仕様記述を行った。以下で図 1 に示すシーケンス図を基にして ATRAS の交渉のプロトコル、メッセージングの機能について解説する。

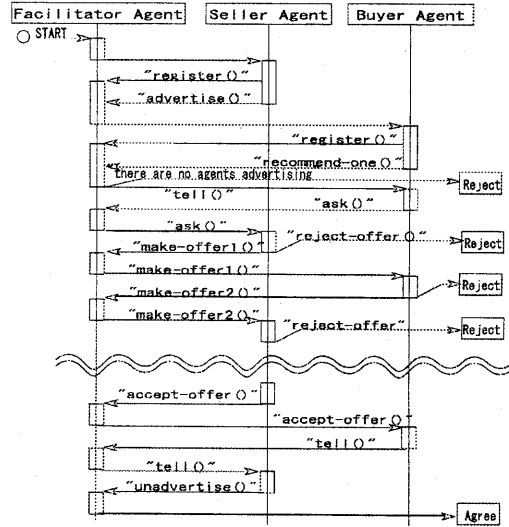


図 1 ATRAS の交渉のプロトコル (シーケンス図)

取引の手順としては、はじめに Seller は販売商品を、Buyer が購入希望商品を Facilitator に登録する。Facilitator はそれらの情報を基に Buyer と Seller のマッチメイキングを行う。Facilitator により割り当てられた両 エージェントは価格交渉に関するメッセージを送受信することにより交渉を進める。価格交渉では両エージェントが Strike_Price を基準に交渉相手に金額提示を行い、メッセージのやりとりを重ねる度に両エージェントが譲歩を行う。前回の金額提示からの譲歩金額を PriceDif と呼び、交渉成立時の価格を Agreed_Price と呼ぶ。交渉の結果として Seller と Buyer の両者の条件を満たす妥協点が見つければ交渉成立、妥協点に達しない場合は交渉決裂となる。

3. ATRAS による価格交渉シミュレーション

ATRAS による価格シミュレーションは基本的には Seller による売り値のつりあげと Buyer による買い値の値引きによる。このとき、どちらか一方のエージェントの Strike_Price を正規分布の乱数で発生させ、Strike_Price を固定したもう一方のエージェントとの両エージェントを複数生成し交渉を行う。シミュレーション結果として、交渉戦術の変化による Success_Rate (交渉の成立率) と Agreed_Price (交渉成立時の価格) が交渉後にどのような値となったかに

着目する。本稿では以下のシミュレーションを行う。

1. One_Shot_Strategy 戦略によるシミュレーション
2. Seller 主導型 Change_PriceDif_Strategy 戦略によるシミュレーション
3. Buyer 主導側 Change_PriceDif_Strategy 戦略によるシミュレーション

これらによって交渉戦術の変化が価格交渉に与える影響を明らかにする。

3.1 One_Shot_Strategy 戦略によるシミュレーション

One_Shot_Strategy 戦略によるシミュレーションでは、Buyer と Seller の価格交渉における前回の金額提示からの譲歩金額の大きさである PriceDif の変化に伴う Success_Rate と Agreed_Price の比較を行った。ATRAS に One_Shot_Strategy を実装したシミュレーションの結果を表 1、図 2 に示す。尚、表の S_Rate は Success_Rate を、A_Price は Agreed_Price を表している。

表 1 One_Shot_Strategy によるシミュレーション結果

PriceDif f	Buyer 主導型		Seller 主導型	
	S_Rate	A_Price	S_Rate	A_Price
10%	0.0		16.2	1050.4
20%	7.6	960.5	28.2	1050.3
30%	29.0	986.6	46.6	1041.1
40%	52.2	991.0	60.2	1017.6
50%	73.0	1006.2	68.8	1010.4
60%	79.8	1036.7	70.8	1005.2
70%	90.4	1048.3	78.2	990.9
80%	94.8	1074.1	87.0	988.3
90%	99.0	1090.8	91.8	981.4
100%	99.0	1110.5	96.2	973.8

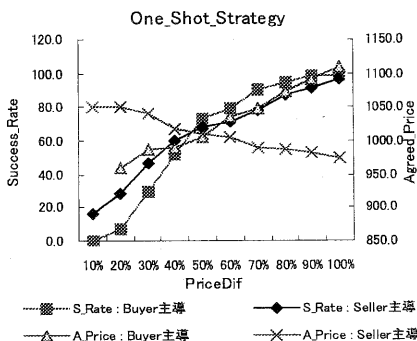


図 2 One_Shot_Strategy によるシミュレーション

Buyer Agent の PriceDif を変化させた場合

Success_Rate と Agreed_Price は比例関係にある。PriceDif の値を下げるに伴い、Success_Rate が著しく低下する。

Seller Agent の PriceDif を変化させた場合

Success_Rate と Agreed_Price は PriceDif にともなって反比例の関係になる。同じく PriceDif の大きさとともに Success_Rate の変動が激しい。

3.2 Seller 主導型 Change_PriceDif_Strategy 戦略によるシミュレーション

Seller 主導型 Change_PriceDif_Strategy では、メッセージのやりとりの回数とともに Seller (売り手) の PriceDif を変動し、Buyer の PriceDif を固定し Strike_Price を正規分布の乱数を発生させシミュレーションを行う。比較する交渉戦術は(1)毎回同じ大きさの PriceDif を行う戦術(CO_Strategy)、(2)交渉回数を重ねると共に PriceDif を大きくしていく戦略(SL_Strategy)、(3)交渉回数を重ねると共に PriceDif を小さくしていく戦術(LS_Strategy)の3つの戦術である(図 3 参照)。

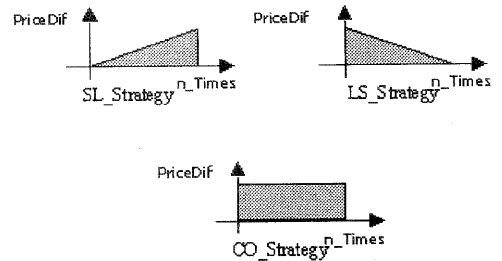


図 3 Change_PriceDif_Strategy

尚、交渉決裂の条件はメッセージのやりとりの回数 (n_Times) で定義する。表 2、図 4 にシミュレーション結果を示す。尚、表の S_Rate は Success_Rate を、A_Price は Agreed_Price を表し、n はメッセージのやりとりの回数を表している。

表2 Seller 主導型 Change_PriceDif_Strategy

n	CO_Strategy		SL_Strategy		LS_Strategy	
	S_Rate	A_Price	S_Rate	A_Price	S_Rate	A_Price
1	0.0		0.0		0.0	
2	0.0		0.0		0.0	
3	11.0	1027.2	0.0	1099.2	14.4	1085.3
4	20.4	1032.5	5.2	1098.3	34.8	1050.8
5	30.8	1027.4	18.2	1091.0	55.8	1042.2
6	44.2	1024.9	24.4	1081.7	65.4	1024.0
7	55.8	1026.7	39.6	1077.4	68.4	1002.1
8	69.4	1010.6	56.0	1061.9	78.0	985.3
9	80.8	1000.2	69.2	1046.0	90.4	978.8
10	84.8	996.1	80.8	1036.5	91.2	962.9
11	88.0	989.6	87.6	1015.3	90.6	964.3
12	92.2	974.0	94.6	1008.2	94.4	959.5
13	97.8	964.4	97.8	992.5	95.0	956.8
14	97.6	955.3	98.6	980.4	93.6	953.1
15	97.6	943.7	99.4	962.2	97.2	951.2

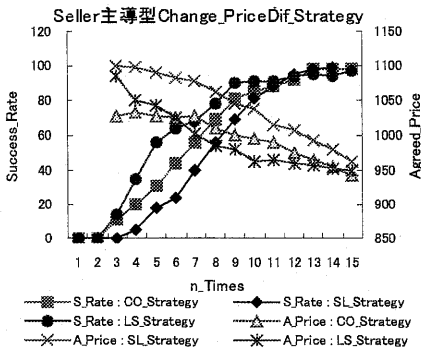


図4 Seller 主導型 Change_PriceDif_Strategy

グラフからメッセージのやりとりの回数とともに Success_Rate と Agreed_Price は反比例の関係になることがいえる。また、Success_Rate の変動と比較して Agreed_Price の変動は微々たるものであるということがいえる。以下に交渉回数から3つに分けて分析する。

Zone_A (n_Times : 1-5)

この間の Success_Rate で最も変動率が大きいのは変動率55.8%のLS_Strategyである。CO_Strategyの30.8%、SL_Strategyの18.2%と約2倍である。

Zone_B (n_Times : 6-10)

このとき Success_Rate はLS_Strategy で常に65%以上を記録しており、n_Times:1-5 と比較して安定し

ているといえる。SL_Strategyは変動率62.6%と大幅なSuccess_Rateの上昇が伺える。

Zone_C (n_Times : 11-15)

3つの戦略全てSuccess_Rateが80%を超えている。この間で一番上昇しているSL_Strategyの変動率は19.2%とLS_Strategyの6.6%やCO_Strategyの12.8%と約2倍の変動率であり、15回目の交渉ではSuccess_Rateが99.4%と100%に接近しているのも注目すべきだろう。

3.3 Buyer 主導型 Change_PriceDif_Strategy 戦略によるシミュレーション

Buyer 主導型 Change_PriceDif_Strategyでは、メッセージのやりとりの回数とともに買い手であるBuyerのPriceDifを変動させ、SellerのPriceDifを固定し、Strike_Priceを正規分布の乱数で発生させた場合のシミュレーションである。比較する交渉戦略は(1)毎回同じ大きさのPriceDifを行う場合(CO_Strategy)、(2)交渉回数を重ねると共にPriceDifを徐々に大きくしていく戦略(SL_Strategy)、(3)交渉回数を重ねると共にPriceDifを小さくしていく戦略(LS_Strategy)の3つの戦略である。尚、交渉決裂の条件はメッセージのやりとりの回数(n_Times)で定義する。表3、図5にシミュレーション結果を示す。尚、表のS_RateはSuccess_Rateを、A_PriceはAgreed_Priceを表し、nはメッセージのやりとりの回数を表している。

表3 Buyer 主導型 Change_PriceDif_Strategy

n	CO_Strategy		SL_Strategy		LS_Strategy	
	S_Rate	A_Price	S_Rate	A_Price	S_Rate	A_Price
1	0.0		0.0		0.0	
2	0.0		0.0		3.4	960.4
3	9.0	954.4	0.0		24.8	990.0
4	19.8	968.7	10.3	922.2	46.8	1003.9
5	38.2	978.2	28.2	930.9	54.2	1020.2
6	50.2	993.8	37.8	947.7	72.4	1037.1
7	60.8	1001.1	49.0	956.3	77.8	1054.6
8	70.6	1015.0	64.3	990.2	79.0	1082.9
9	72.4	1025.4	72.5	1012.7	85.4	1086.3
10	82.2	1035.2	81.7	1033.0	85.4	1075.2
11	87.8	1036.7	92.2	1032.1	89.2	1096.1
12	96.4	1053.4	94.0	1033.8	91.4	1071.0
13	93.8	1058.2	98.8	1052.3	94.8	1079.7
14	94.8	1042.9	98.4	1029.8	93.2	1075.5
15	97.8	1057.0	99.6	1043.3	96.8	1087.3

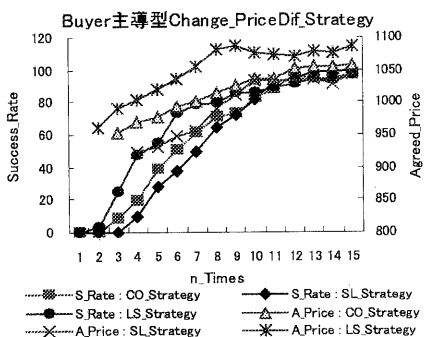


図5 Buyer 主導型 Change_PriceDif_Strategy

グラフより Success_Rate と Agreed_Price は比例関係にある。ただし、他のシミュレーションと同様に Success_Rate の変動と比較して Agreed_Price の変動は微々たるものであるという事がいえる。また、交渉回数ごとの比較は3.2のSeller 主導型のシミュレーションと同様の傾向が見受けられる。

4. 考察

シミュレーションの結果から今回注目した交渉戦術について次のような性質が分かった。まず、One_Shot_Strategy での Buyer 主導型と Seller 主導型の2つの戦略に共通するのは、PriceDif の大きさに応じて Success_Rate の変動が大きいということである。これは交渉が成立するか否かということが PriceDif に依存する度合いが大きいということである。また、このとき Success_Rate の変動と比較して Agreed_Price の変動は微々たるものとなる。図2より10%高い利益を得るためには、Success_Rate が80%低下することを覚悟しなければならないということがいえる。次に、Change_PriceDif_Strategy の2つのシミュレーション結果より、LS_Strategy は全体を通して高い成功率だが、若干低利益であるということが分かる。すなわちLS_Strategy は低利益でも手堅く交渉を成立させたい場合に利用するのが望ましいといえる。SL_Strategy は交渉を始めた直後は低成功率だが、成功したならば高利益を上げることができる。このことから、若干リスクを犯してでも高利益を狙うならばSL_Strategy を利用するべきである。次に、

CO_Strategy は Success_Rate の変動が比較的一定であり、PriceDif 以外の設定が素直に反映されるというメリットがあるということが分かった。つまりCO_Strategy は、他の交渉を設定するときの基準として適切であるといえる。

以上のように ATRAS によるシミュレーションの結果から様々な交渉戦術の交渉結果を的確に把握することが可能となる。今後の課題としては、さらに様々な電子商取引を想定してシミュレーションを続けることである。さらにプロトコルの有効性を実証するために、現在これらの交渉戦術は ATRAS にて検証されたシミュレーション結果を基に、B2B システムへの交渉プロトコルの移行を検討している。

5. 謝辞

本研究は、平成12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(MIT)建築都市計画学部 William Mitchell 教授および MIT Media lab Software Agent group Pattie Maes 准教授の協力のもとで実施した。ご指導に感謝します。また、研究プロジェクトリーダーの大谷毅教授、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]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
- [2]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.
- [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