

P2P 型電子商取引のための エージェントの提携に基づく売買交渉機構について

服部 宏充 伊藤 孝行 新谷 虎松

1 はじめに

近年、電子商取引 (EC: Electronic Commerce) が社会的にも高い関心を集めている。電子商取引は、インターネット上で行われる売買活動であるため、実世界で行われるものとは異なるタイプの、効果的な商取引が実現できる可能性がある。現在、人工知能の分野では、電子商取引を対象とした研究が活発に行われている。特に注目を集めているアプローチとして、エージェントに基づく電子商取引支援がある [10]。エージェントとは、自律的かつ協動的に振る舞い、人間の代理として様々なタスクを実行可能なソフトウェアであり、計算機上での知的な活動主体である。ユーザは、エージェントを用いることによって、希望する商品を探し出したり、実際に交渉する負担から解放される利点が得られる。エージェントが主体となって売買交渉を行うことにより、インターネット上で、ソフトウェアを中心とした新たな経済活動のパラダイムが生み出されることが期待される。ここでは、エージェン

トが、売買に関する多くの情報を知的に処理し、効果的な売買を自律的に行うことが求められる。ゆえに、エージェントを中心とした新奇な売買メカニズムの開発が必須である。

エージェントに基づく電子商取引支援に関しては、これまでに様々な研究が行われている。筆者らは、これら既存の研究を 2 つのカテゴリに分類している。一方は、エージェントに基づく電子マーケットに関する研究で、Kasbah [4]、Tete-A-Tete [9]、FishMarket [15]、および AuctionBot [18] などの研究がある。もう一方は、売買に関する情報収集エージェントに関する研究がある [5][6][12]。現在筆者らは、前者の、エージェントに基づく電子マーケットに関する研究に注目している。

本論文では、実際に複数のエージェントが売買交渉を行う場として、電子マーケット *G-Commerce* を提案する。既存の多くのシステムは、実世界における市場のメタファをネットワーク上のソフトウェアとして実現した、中央集中型のシステムである。そのため、高度に非同期分散処理が可能なインターネットの利点を十分に活かしていない。一方、*G-Commerce* は Peer-to-Peer (P2P) [14] に基づく分散型のシステムである。P2P とは、Napster [13] や Gnutella [8] に代表されるネットワークモデルのことである。*G-Commerce* では、インターネット自体を、複数の買い手/売り手エージェントが存在する 1 つの巨大な市場とみなす。その中で、ある商品の売買に関係する複数のエージェントが、一時的な (ad-hoc な) 売買ネットワークを形成し、各エージェントは特定のサーバを介

On a Negotiation Mechanism based on Coalition Formation among Agents in a P2P Electronic Market place.

Hiroimitsu HATTORI, 名古屋工業大学大学院 工学研究科, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology.

Takayuki ITO, 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育研究センター, Center for Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology.

Toramatsu SHINTANI, 名古屋工業大学 知能情報システム学科, Dept. of Intelligence and Computer Science, Nagoya Institute of Technology.

さずに直接売買交渉を行う。現在、P2P の形式には、Hybrid P2P 型と Pure P2P 型の 2 つのタイプがあると考えられている。Hybrid P2P 型は Napster が採用している形式で、各ユーザが持つ情報を管理するサーバを有しており、従来のサーバ/クライアント形式を一部取り入れたものとなっている。一方、Pure P2P 型は Gnutella が採用している形式で、Hybrid 型のようなサーバを持たない。完全な分散型システムの実現のためには、後者の Pure P2P 型が望ましいが、各ユーザが持つ情報の把握が困難である点や、最初に誰と接続するのか、というエントリポイントに関する問題が存在する。筆者らは、両者を組み合わせたシステムアーキテクチャの構築を試みている。本論文では特に、*G-Commerce* において、エージェントが適切な売買交渉の相手を発見するための手法を示す。

G-Commerce には、買い手、もしくは売り手となる複数のエージェントが存在することになる。既存のシステム (e.g., Kasbah, Tete-A-Tete) では、売買交渉は 1 つの買い手エージェントと 1 つの売り手エージェントによって行われていた。すなわち、複数の買い手/売り手エージェントがマーケット内に存在するにもかかわらず、各々の売買交渉は互いに独立して行われていた。筆者らは、売買交渉の際に、複数の買い手/売り手エージェントが相互に関係する場合を考慮した交渉手法の開発を試みている。文献 [19] では、交渉プロトコルの一種であるオークションにおいて、複数の買い手エージェントが提携する仕組みが提案されている。本論文では、売り手エージェントと買い手エージェントの双方が提携可能とした場合での、売り手エージェントの提携手法について明らかにする。具体的には、売り手エージェントは、交換に基づく協調的な交渉 [11] によって提携を形成する。

本論文の構成は以下の通りである。第 2 章では、*G-Commerce* の概要を示し、システムにおけるエージェントのマッチング手法について述べ、語彙の定義と交渉のプロトコルを示す。第 3 章では、売り手エージェント間の、交換に基づく交渉手法について論じる。第 4 章では、提案した交換に基づく交渉手法について、理論的/実験的な評価を行い、システムの実行例を示す。第 5 章では関連研究を示し、本研究との

相違点を明らかにする。第 6 章で結論を述べる。

2 *G-Commerce*: P2P に基づく電子マーケット

2.1 *G-Commerce* の概要

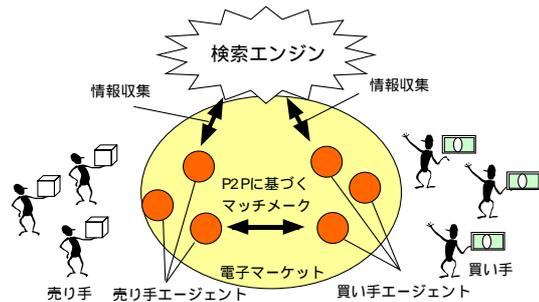


図 1 Outline of *G-Commerce*

図 1 に、P2P に基づく電子マーケット *G-Commerce* の概要を示す。*G-Commerce* には、ユーザの代理となるエージェントが複数存在し、自律的かつ協調的に商取引を行う。ユーザである売り手と買い手は、それぞれ、売り手エージェントおよび買い手エージェントを生成する。売り手エージェントと買い手エージェントは、お互いに適切な相手を探しだし、交渉を行う。

G-Commerce は P2P に基づくシステムであり、市場における情報管理のための特別なサーバを必要としない。ユーザは、個々の計算機において、エージェントが動作する場を提供するためのソフトウェアを稼働させるだけで良い。各ユーザの計算機上には、ユーザの好み (嗜好) を保持し、売買交渉を代行するエージェントが、少なくとも 1 つ存在している。エージェントは、モバイルエージェントとして実装されており、適切な交渉相手を発見した後に、ネットワークに接続された他の計算機に移動して、直接売買交渉を行うことができる。また、エージェントは WWW サーバとしての機能を持ち、HTTP アクセスに対して、適切な内容の HTML を生成する CGI プログラムとして動作する。従って、エージェントは、入力されたユーザの好みに適切な処理を与え、通常の Web ページと同様の形式でインターネット上に公開することができる。ここでエージェントが公開する情報は、

交渉相手として適切なエージェントのマッチングを実現するために利用される。エージェントのマッチングについては、第 2.2 節で述べる。

本システムの実装には、*MiLog*(Mobile intelligent agents using Logic programming) [7] を用いている。*MiLog* は、Java によって実装された知的エージェント開発環境であり、Prolog と Java を用いて、知的なエージェントをプログラミングすることが可能である。*MiLog* では、強モビリティ、WWW サービス機能、および WWW アクセス機能を持つエージェントを生成できる。すなわち、*MiLog* のエージェントは、CGI プログラムや Servlet のようにサーバーサイドプログラムとして振る舞うと同時に、HTTP を用いて他の WWW サーバーにアクセスすることが可能である。

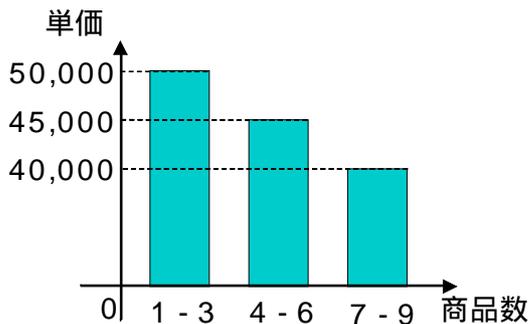


図 2 売り手の価格テーブルの例

G-Commerce では、1 つの売り手エージェントが、複数の商品を販売することができる。各商品には、価格テーブル、締め切り、および在庫数が定められている。価格テーブルとは、商品の販売数に基づく割引価格を示すテーブルであり、締め切りとは、その商品を売ることができる期限である。図 2 に、価格テーブルの例を示す。本例では、買い手エージェントが 5 つの商品を買った時、商品の単価が 45,000 円になることが示されている。

2.2 エージェントのマッチングメイキング

本節では、*G-Commerce* における、エージェントのマッチング手法を明らかにする。具体的なマッチン

グのプロセスを以下に示す。

【Process 1】

ユーザは、エージェントに対して、売買に関する希望 (e.g., 購入, もしくは販売希望商品に関する選好) を入力する。現在、本システムではユーザの選好として、商品のカテゴリ、商品名、希望価格等を用いている。

【Process 2】

第 2.1 節で述べた通り、エージェントは WWW サーバの機能を持つため、通常の Web ページと同様の HTML による記述に基づいてユーザの選好をインターネット上に表明することができる。買い手エージェントは、ユーザの商品に関する選好を表明する HTML 文書に、特殊なキーワード *UniqueKeyword*, および各々のサーバへのアクセス方法 (e.g., IP アドレス) 等をコメントとして埋め込む。

【Process 3】

Google, goo 等のロボット型検索エンジンでは、検索ロボットがネットワーク上を自動巡回し、Web データを収集する。*G-Commerce* のエージェントも、通常の Web ページと同様、検索ロボットによるアクセスを受け付けることが可能である。検索ロボットは、エージェントが生成した、ユーザの選好とキーワード *UniqueKeyword* 等を含む HTML データを収集し、各検索エンジンのデータベースに記録する。ここで、エージェントは、保持しているユーザの選好に基づいて、表明する情報を適切に調整する。

【Process 4】

適切な交渉相手を探すために、エージェントは、検索エンジンを利用したエージェントサーチを行う。最もシンプルな方法として、検索エンジンに対して、商品名とキーワード *UniqueKeyword* との “AND” 検索を行う。例えば、商品 *Item* の販売を希望しているエージェントが、買い手のエージェントを探す場合は、*Item* と *UniqueKeyword* との AND 検索を行う。ここでの検索結果は、本システムを利用しており、かつ商品 *Item* の購入を希望している買い手エージェント

のリストとなる．リストはエージェント内部にキャッシュされ，次回以降，同様の商品の売買を行う際に利用される．

【Process 5】

エージェントは，検索の結果得られたリストからサーバへのアクセス方法を抽出し，各々のエージェントの計算機上へ移動し，売買交渉を開始する．

本手法の特長は，他のエージェントの情報を参照するためのサーバとして，通常は Web ページを検索するために用いる検索エンジンを利用している点である．そのため，P2P の形式は Hybrid P2P 型と同様になるが，ユーザの側でサーバを用意する必要はない．エージェントが複数の検索エンジンを同時に用いることにより，インターネット上に存在するほぼ全てのエージェントの発見が可能となる．また，同様の商品に関する売買を繰り返し行うならば，エージェントが，過去に交渉を行ったエージェントの情報を内部にキャッシュしておくことにより，本手法を用いることなく，直接売買交渉を行うことができる．すなわち，Pure P2P 型と同様の動作が可能となる．

2.3 G-Commerce におけるエージェント間の交渉プロトコル

まず，本論文で用いる語彙を以下に定義する．

買い手エージェント: $B = \{b_1, b_2, \dots, b_l\}$ は，買い手エージェントの集合を表す．

売り手エージェント: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ は，売り手エージェントの集合を表す．

商品: $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ は，商品の集合を表す．特に，売り手 s_j の持つ商品の集合を， $G(s_j) = \{g(s_j)_1, g(s_j)_2, \dots, g(s_j)_n\}$ と表す．売り手は，複数の種類の商品を売ることが可能とする．

買い手の希望商品: $g(b_k)$ は，買い手 b_k の希望する商品を表す．

価格テーブル: 売り手 s_j の商品 g_i に対する価格テーブルは，関数 $p(s_j, g_i) : N \rightarrow R$ で表される．こ

こで， N は自然数， R は実数である． $p_n(s_j, g_i)$ は，商品 g_i が n 個売れた場合の g_i の単価を示す．

商品のコスト: $cost(s_j, g_i)$ は，売り手 s_j が商品 g_i を仕入れるため，または生産するためにかけるコストを表す．

希望価格: $r(b_k, g_i)$ は，買い手 b_k の商品 g_i に対する希望価格を表す．

売り手が提示する商品数: $num(s_j, g_i)$ は，交換に基づく交渉において，売り手 s_j が提示する商品 g_i の数である．

買い手が希望する商品数: $num(b_k, g_i)$ は，買い手 b_k の商品 g_i に対する希望個数を表す．

買い手の提携: $C(g_i)$ は，商品 g_i に対する買い手の提携を表す．ここで， $C(g_i) \subset B$ である．

提携としての商品の希望個数: $num(C(g_i)) = \sum_{b_k \in C(g_i)} num(b_k, g_i)$ は，提携 $C(g_i)$ が希望する商品 g_i の個数を表す．

買い手の効用: 買い手 b_k が，売り手 s_j から商品 g_i を買った時， b_k の効用は以下のように定義される． $u_{b_k}(g_i) = r(b_k, g_i) \times num(b_k, g_i) - p_{num(b_k, g_i)}(s_j, g_i) \times num(b_k, g_i)$.

買い手の提携の効用: 提携 $C(g_i)$ の効用は以下のように定義される． $u_{C(g_i)}(g_i) = \sum_{b_k \in C(g_i)} r(b_k, g_i) \times num(b_k, g_i) - p_{num(C(g_i))}(s_j, g_i) \times num(C(g_i))$.

G-Commerce では，以下のプロトコルに従ってエージェントが売買交渉を行う．ここでの基本的なアイデアは，単独での商品の売却に失敗した売り手エージェントが，他の売り手エージェントと在庫にある商品を交換することにより，買い手エージェント，もしくは買い手エージェントの提携が希望する商品数を集めて商品の売却を試みる，というものである．

(Step 1): 買い手エージェント b_k は，売買に関する要求 (商品の種類 g_i ，希望価格 $r(b_k, g_i)$ ，および個数 $num(b_k, g_i)$) を宣言する．第 2.2 節で述べた方

法により、同じ種類の商品 g_i を希望する複数のエージェントにより、提携 $C(g_i)$ が形成される。

(Step 2): 売り手エージェント s_j が商品 g_i に関する提携 $C(g_i)$ を発見し、売り手エージェント s_j の持つ商品の中に商品 g_i が含まれている、すなわち、 $g_i \in G(s_j)$ ならば、商品 g_i の売却を試みる。もし、商品 g_i に対する提携 $C(g_i)$ が存在しなければ、自分が持っている商品の集合 $G(s_j)$ に含まれる商品に対する、買い手エージェントの提携が形成されるのを待つ。ただし、待つのは、ユーザに与えられた締め切り時間までである。

(Step 3): $num(s_j, g_i) \geq num(C(g_i))$ が成り立つなら、売り手エージェント s_j は、商品 g_i の提携 $C(g_i)$ への売却に成功し、交渉は成立する。もし、 $num(s_j, g_i) < num(C(g_i))$ ならば、(Step 4) へ。

(Step 4): 買い手の要求を満足させるために、売り手エージェント s_j は、交換に基づく交渉手法を用いて、商品 g_i の数を増やすことを試みる。例えば、売り手エージェント s_j が、他の売り手エージェント s_k から、より多くの商品 g_i を得るために、 s_j は g_i の代償として、その他の商品を s_k に渡す。交換に基づく交渉の詳細は、第 3 章で述べる。

(Step 4) において、もし、商品を交換可能なエージェントが複数存在する場合、売り手エージェント s_j は効用を最大化するエージェントと交換を行う。もし、商品 g_i の交換が可能なエージェントが存在しない場合、売り手エージェント s_j は、ユーザから与えられた締め切りまで、他の売り手エージェントの参加を待つ。

3 商品の交換に基づく売買交渉

第 2.3 節の (Step 4) において、もし、売り手エージェント s_j が、要求された個数以上の商品を持っていない場合、 s_j はその商品を持っている他の売り手エージェントを探し、商品の交換に基づく交渉を行う。2 つの売り手エージェントが交渉に成功した場合、それぞれのエージェントは、効用を増加させるこ

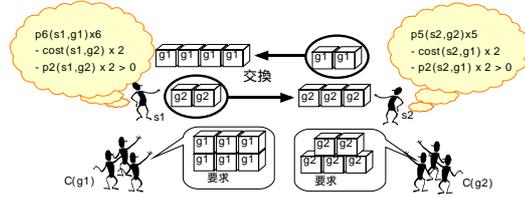


図 3 2 つの売り手エージェント間の交換機構

とができる。また、売り手間の交渉が成功することにより、多くの割引が期待できるため、買い手としても多くの利得を獲得することができる。以下に、2 つの売り手エージェント間での商品の交換に基づく交渉手法を示す。

図 3 に交渉の例を示す。本例では、2 つの売り手エージェント s_1 と s_2 が存在している。売り手エージェント s_1 は、商品 g_1 を 4 つ、商品 g_2 を 2 つ持っているとし、売り手エージェント s_2 は、商品 g_1 を 2 つ、および商品 g_2 を 3 つ持っているとする。ここで、買い手エージェントの提携 $C(g_1)$ が、売り手エージェント s_1 から商品 g_1 を 6 つ購入しようとしているとする。さらに、別の買い手エージェントの提携 $C(g_2)$ が、売り手エージェント s_2 から商品 g_2 を 5 つ購入しようとしているとする。

売り手エージェント s_1 は、十分な数の商品 g_1 を持っていないため、提携 $C(g_1)$ との売買を成立させることができない。そこで、売り手エージェント s_2 と交換に基づく交渉を行う。まず、売り手エージェント s_1 が次の提案を行う: 『 s_1 が商品 g_2 を 2 つ s_2 に渡す代わりに、 s_2 は s_1 に商品 g_1 を 2 つ渡す』。この時、以下の条件が成り立つならば、 s_1 と s_2 は提案に関して合意する:

s_1 について:

$$p_6(s_1, g_1) \times 6 - \text{cost}(s_1, g_2) \times 2 - p_2(s_1, g_2) \times 2 > 0$$

かつ、 s_2 について:

$$p_5(s_2, g_2) \times 5 - \text{cost}(s_2, g_1) \times 2 - p_2(s_2, g_1) \times 2 > 0$$

以上の条件の元でエージェントが合意することにより、交渉によって効用が減少しないことが保証される。商品を交換する際の条件の定義を以下に示す。

Definition 1 (商品交換の条件) 2つのエージェント s_1 および s_2 と, 2種類の商品 g_1 および g_2 が存在する場合に, 2つのエージェントは, 以下の 2通りのケースにおいて合意が可能である.

【case 1】

$shortage(s_1, g_1) = num(C(g_1)) - num(s_1, g_1) > 0$ かつ,

$shortage(s_2, g_2) = num(C(g_2)) - num(s_2, g_2) > 0$ として, s_1 の効用が,

$$u(s_1) = p_{num(C(g_1))}(s_1, g_1) \times num(C(g_1)) - cost(s_2, g_2) \times shortage(s_2, g_2) - p_{shortage(s_2, g_2)}(s_1, g_2) \times shortage(s_2, g_2) > 0$$

かつ, s_2 の効用が,

$$u(s_2) = p_{num(C(g_2))}(s_2, g_2) \times num(C(g_2)) - cost(s_1, g_1) \times shortage(s_1, g_1) - p_{shortage(s_1, g_1)}(s_2, g_1) \times shortage(s_1, g_1) > 0$$

である場合.

【case 2】

$shortage(s_1, g_2) = num(C(g_2)) - num(s_1, g_2) > 0$ かつ,

$shortage(s_2, g_1) = num(C(g_1)) - num(s_2, g_1) > 0$ として, s_1 の効用が,

$$u(s_1) = p_{num(C(g_2))}(s_1, g_2) \times num(C(g_2)) - cost(s_2, g_1) \times shortage(s_2, g_1) - p_{shortage(s_2, g_1)}(s_1, g_1) \times shortage(s_2, g_1) > 0$$

かつ, s_2 の効用が,

$$u(s_2) = p_{num(C(g_1))}(s_2, g_1) \times num(C(g_1)) - cost(s_2, g_2) \times shortage(s_1, g_2) - p_{shortage(s_1, g_2)}(s_2, g_2) \times shortage(s_1, g_2) > 0$$

である場合.

4 議論

4.1 パレート最適性

本論文で提案した交渉手法は, ゲーム理論 [17] における交渉問題のルールの一つであると言える. ゲーム理論における交渉問題では, 交渉の結果得られる

配分を示す効用ベクトル $(u(s_1), u(s_2))$ が以下の (1), (2), および (3) の条件を満たす時, その配分はパレート最適であると言う.

1. $u(s_1) \geq u(s_1)^*$ かつ $u(s_2) \geq u(s_2)^*$. ただし, $u(s_1)^*$ および $u(s_2)^*$ は現在の状態を表す. すなわち, $u(s_1)$ と $u(s_2)$ は, 効用の最大値である.
2. $(u(s_1), u(s_2))$ は R の 1 点である. R は, すべての可能な点の集合を表す.
3. R には, $u(s_1)' \geq u(s_1)$ かつ $u(s_2)' \geq u(s_2)$ となるような $(u(s_1), u(s_2))$ と異なる点 $(u(s_1)', u(s_2)')$ は存在しない. すなわち, $u(s_1)$ と $u(s_2)$ の両方がより大きくなる点は存在しない.

本論文で提案する交換に基づく交渉手法では, エージェントは 2つの戦略を持つ. 1つは交換すること, もう1つは何もしないことである. ここで2つの戦略を $str.1$, および $str.2$ とする. エージェントが交換によって合意に達した時, 得られる効用 $u(s_1)$ と $u(s_2)$ は, 明らかに最大化されるため, 条件 (1) が満たされる. また, 提案手法では, すべての可能な戦略集合は, $\{(str.1, str.1), (str.1, str.2), (str.2, str.1), (str.2, str.2)\}$ である. ここで, $(str.1, str.2)$ は, s_1 の戦略が $str.1$, および s_2 の戦略が $str.2$ であることを表す. 可能な効用ベクトルの集合は, $\{(u(s_1), u(s_2)), (0, 0), (0, 0), (0, 0)\}$ である. ここで, $(u(s_1), u(s_2))$ は, 戦略ベクトル $(str.1, str.1)$ を実行した場合の効用ベクトルである. $(u(s_1), u(s_2))$ は, R に含まれる点の一つであるため, 条件 (2) が満たされる. 条件 (3) に関しては, 2つのエージェントは戦略ベクトル $(str.1, str.1)$ を選んだ時にのみ, 0より大きい効用を得ることができる. どちらか1つのエージェント, もしくは両方のエージェントが, 他の戦略を用いた場合, 効用ベクトルは $(0, 0)$ となり, 条件 (3) も満たされる. 以上より, 交換の結果得られる配分はパレート最適な配分になっていると言える.

4.2 実験

提案手法の有効性を示すために, 下記の設定で, シミュレーション実験を行った.

- 売り手の数: 5
- 買い手の数: 500

- 商品の値段: 200 to 300
- 商品の種類の数: 10
- 売り手の持つことのできる商品の最大数: 10
- 買い手の希望商品に関する分布: 正規分布
- 商品に対する売り手の効用の分布: 一様分布
- 売り手の商品数の分布: 一様分布

本実験では、既存の手法と提案手法とを比較した。既存の手法は、以下の 3 ステップからなる単純なプロトコルである。交換に基づく交渉手法は、第 2.3 節で示した (Step 1) から (Step 4) に基づくプロトコルである。

(Step A): 買い手エージェント b_k は、売買に関する要求 (商品 g_i , 希望価格 $r(b_k, g_i)$, および個数 $num(b_k, g_i)$) を宣言する。同じ種類の商品 g_i を希望するエージェントの集合が、提携 $C(g_i)$ を形成する。

(Step B): 売り手エージェント s_j は、商品 g_i に対する提携 $C(g_i)$ が存在し、売り手エージェント s_j の持つ商品の中に商品 g_i が含まれている、すなわち $g_i \in G(s_j)$ ならば、商品 g_i を売ることが可能である。もし、提携 $C(g_i)$ が存在しなければ、締め切り時間になるまで、自分が持っている商品の集合 $G(s_j)$ に含まれる商品に対する買い手エージェントの提携を探し続ける。

(Step C): $num(s_j, g_i) \geq num(C(g_i))$ が成り立つなら、売り手エージェント s_j は、商品 g_i を提携 $C(g_i)$ に売る。

本実験では、上で挙げたパラメータを変化させた、いくつかの異なる設定の元で比較を行った。実験では、各々の設定の元で 1000 回試行し、1 試行は 1000 単位時間とした。1 単位時間は、既存の手法では (Step A) から (Step C)、提案手法では、(Step 1) から (Step 4) とした。買い手エージェントと売り手エージェントは、 n 単位時間毎に電子マーケットに 1 つずつ参加するものとし、 $n = 1000 / (\text{エージェントの総数})$ とした。

図 4 は、売り手の効用の変化と売り手の数の変化の比較を示している。図 5 は、売れた商品の割合の

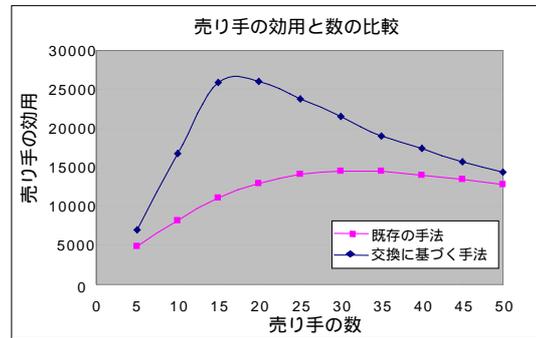


図 4 売り手の効用と売り手の数の比較

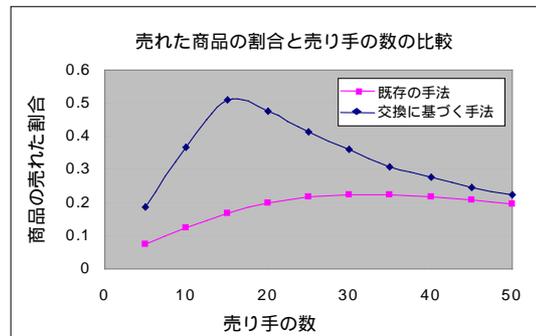


図 5 売れた商品の割合と売り手の数の比較

変化と売り手の数の変化の比較を示している。図 4、および図 5 が示す通り、提案手法の方が既存の手法と比較して、より多くの効用が得られている。特に、売り手の数が 10 から 25 の範囲では、既存の手法の 2 倍の効用が得られている。売れた商品の割合に関しては、提案手法では、既存の手法の 3 倍から 5 倍の効用が得られている。売り手の数が少ない時に、売り手の効用も売れた商品の割合も少ない理由は、売り手も買い手も数が少なすぎるために十分な数の商取引が行われないためと考えられる。

図 6 は、売り手の効用の変化と売り手が持つことのできる最大の商品数の変化の比較を示している。図 7 は、売れた商品の割合の変化と売り手が持つことのできる最大の商品数の変化の比較を示している。図 6 および図 7 から、提案手法では既存の手法より多くの効用が得られることが分かる。

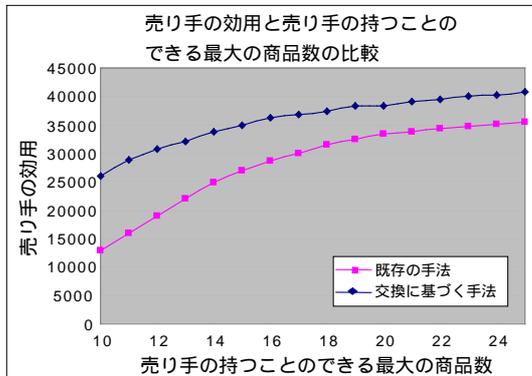


図 6 売り手の効用と売り手が持つことのできる最大の商品数の比較

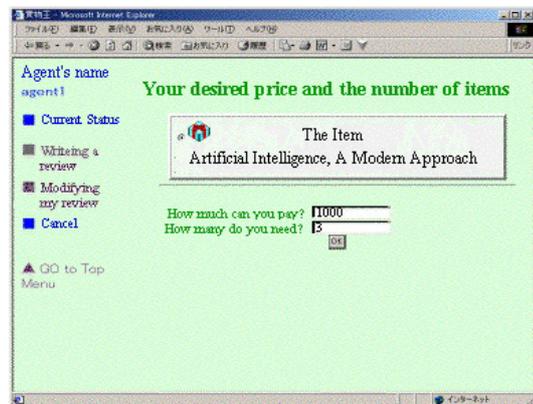


図 8 ユーザの希望価格と希望商品数の入力

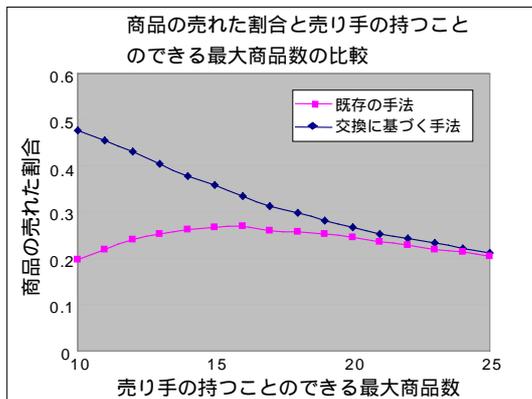


図 7 売れた商品の割合と売り手が持つことのできる最大の商品数の比較

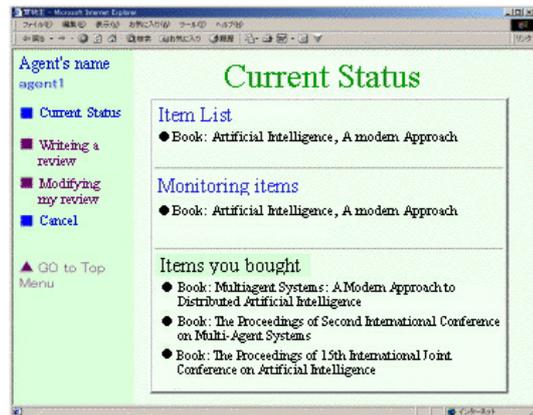


図 9 現在の取引の状況の表示

4.3 ユーザインターフェースの例

図 8 と図 9 は、G-Commerce のユーザインターフェースの例を示している。

図 8 のウィンドウは、ユーザの好み (嗜好) を入力するユーザインターフェースである。MiLog のエージェントは、CGI プログラムのように振る舞う機能を持つため、ユーザは、自分のエージェントに WWW ブラウザを用いてアクセスすることができる。ユーザは、自分の希望する商品、および希望価格を、図 8 に示すインターフェースの中央のテキストボックスから入力する。

図 9 のウィンドウは、現在の状態を示すユーザインターフェースである。ユーザは、現在、どの商品を監

視しているか、どの商品が売られているか、どの商品が売れたか、を知ることができる。また、商品を買いたいユーザもこのインターフェースを用いて商品の情報を入力する。買い手エージェントと売り手エージェントが合意した時、買い手エージェントは、ユーザに合意したことを知らせる。エージェントの合意後に、実際に購入を実行するのはユーザである。

5 関連研究

本節では、関連研究を示し、本研究との相違点を明らかにする。特に、インターネット上の複数のサイトから商品の情報を検索し統合するシステム、および、商取引を行う場を提供するシステムについて述べる。インターネット上の複数のサイトから商品の情報を

検索し統合するシステムに関する研究または商用の製品としては Sherlock 2, AuctionWatch, Bargain-Finder, ShopBot, Jango などがある。Apple 社 [1] の Sherlock 2 は、インターネット上の複数のサーチエンジンにアクセスすることによって、複数の財に関する情報を得ることができる。AuctionWatch [2] は、主要なオークションサイトを継続的に監視し、ユーザから指定されたキーワードとマッチする商品が出品された時、ユーザに E-mail で知らせるというオンラインサーバである。BargainFinder [3] は、オンラインショップにおける商品の値段を比較し、買物における意思決定を支援するエージェントである。特定の商品を与えると、BargainFinder は前もって指定されたいくつかの商店の Web サイトから、その商品の値段を検索する。BargainFinder を発展させて開発されたショッピングエージェントが ShopBot [5] である。ShopBot の特長は、オンラインの商店のサイトの記述や、その商店に対するクエリーを自動的に解析できる点である。ShopBot をさらに発展させた Jango [6] では、ユーザが商品に対する情報を指定することを可能にしている。BiddingBot [12] では、エージェントは複数のオークションサイトから情報を収集することだけでなく、実際に入札することも支援する。以上のシステムは、インターネット上の既存の WWW サイトから情報を収集することが主な目的であり、売り手と買い手双方の活動をエージェントが代行する本システムとは異なる。

オークション、または商取引を行う場を提供するシステムとしては、AuctionBot, eMediator, Kasbah, FishMarket, Tete-A-Tete, GroupBuyAuction などがある。AuctionBot [18] はオークションサーバである。AuctionBot のユーザは、商品を売るためにオークションを始めることができる。そのオークションでは、エージェントが売り手、もしくは買い手となり、あらかじめ定義されたプロトコルに従って入札を行う。AuctionBot の特長は、ユーザが自分自身のソフトウェアエージェントを作成できるような API を提供している点である。Kasbah [4] は、WWW 上の仮想的なマーケットプレイスであり、その上でユーザは、自分の代理として商品の売買を行うエージェントを生

成できる。Kasbah でのエージェント間の取引は単純なものである。また、AuctionBot のようにオークションのプロトコルに従う必要はない。FishMarket [15] は、仮想的なオークションの場を提供するシステムである。FishMarket では、ユーザはエージェントの入札戦略をエンコードすることができる。FishMarket は実世界のシステムとしては現在のところ使われていないが、様々な入札戦略を持ったエージェントによるトーナメントが開催されている。Tete-A-Tete [9] も仮想的なマーケットプレイスを提供する。Tete-A-Tete の特長は、エージェントが議論に基づく協調的な交渉を行う点である。eMediator [16] は、eAuctionHouse と eCommitter から成る電子商取引サーバである。eAuctionHouse では、Sandholm らによって開発されたアルゴリズムによって勝者を決定する、組合せオークションを行うことができる。eCommitter では、Leveled Commitment Contracts を使って最適な価格での契約を実現する。GroupBuyAuction [19] は、ボリュームディスカウントに基づく仮想マーケットである。ボリュームディスカウントとは、複数の買い手で多数の商品を共同で買う代償として、売り手が商品の単価を割引くことである。GroupBuyAuction では、買い手のエージェントの提携により、ボリュームディスカウントを実現している。以上のシステムは、仮想的な商取引の場を提供することにより、自動的な取引を実現しようという点では、本システムと同じである。しかし、本システムの相違点は、売り手が協調することができたり、P2P 技術で売り手と買い手のコネクションを確立する点である。

6 おわりに

本論文では、インターネット上の電子マーケット *G-Commerce* を提案し、システムにおけるエージェントの交渉方式について論じた。既存のエージェントに基づく電子マーケットシステムは、市場を管理するサーバを用いた中央集中型のシステムであった。従って、ユーザは、売買を行うためには、マーケットの場所を知り、その都度システムにアクセスする必要がある。さらに、サーバに対して売買に関する種々の情報を登録しておく必要があった。それに対

して、*G-Commerce* は特別なサーバを必要としない Peer-to-Peer(P2P) に基づく分散型のシステムである。*G-Commerce* のユーザは、個々にソフトウェアを起動し、インターネットに存在する多数のユーザの中から、適切な交渉相手から成る一時的な (ad-hoc) な電子マーケットを形成することができる。売買交渉は、エージェントを用いて行い、ユーザは交渉の過程で必要となった情報のみを表明するだけで良い。

また、既存の研究では、1 つの商品に関する、売り手と買い手の 1 対 1 の交渉プロトコルが提案されているが、インターネット上の多数のユーザを対象とする *G-Commerce* では、それら既存の交渉プロトコルでは不十分である。本論文では、複数の売り手と買い手がそれぞれに提携を形成することを前提とした交渉プロトコルを提案している。本論文では特に、売り手エージェントが提携を形成する手法として、商品の交換に基づく協調的な交渉手法について論じた。理論的 / 実験的な評価により、本手法によって、売り手と買い手の双方にとって有益な交渉が実現できることが示された。

参考文献

- [1] Apple URL. <http://www.apple.com/>.
- [2] AuctionWatch URL. <http://www.auctionwatch.com>
- [3] BargainFinder, <http://bf.cstar.ac.com/>.
- [4] Chavez, A. and Maes, P., "Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods," In *Proc. of 1st International Conference and Exhibition on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents (PAAM-96)*, pp. 75-90, 1996.
- [5] Doorenbos, R. B., Etzioni, O. and Weld, D. S., "A Scalable Comprison-Shopping Agent for the World-Wide Web," In *Proc. of the 1st International Conference on Autonomous Agents (Agents-97)*, pp.39-48, 1997.
- [6] Etzioni, O., "Moving Up the Information Food Chain: Deploying Softbots on the World Wide Web," In *AI magazine*, Vol. 18, No. 2, pp. 11-18, 1997.
- [7] Fukuta, N., Ito, T. and Shintani, T., "MiLog: A Mobile Agent Framework for Implementing Intelligent Information Agents with Logic Programming," In *Proc. of the 1st Pacific Rim International Workshop on Intelligent Information Agents (PRIIA-00)*, pp. 113-123, 2000.
- [8] Gnutella URL. <http://www.gnutella.wego.com/>.
- [9] Guttman, R. H., "Merchant Differentiation through Integrative Negotiation in Agent-mediated Electronic Commerce," Master's thesis, MIT(Massachusetts Institute of Technology), 1998.
- [10] Guttman, R. H., Moukas, A. G. and Maes, P., "Agent-mediated Electronic Commerce: A Survey," *Journal of the Knowledge Engineering Review*, Vol. 13, No. 2, pp. 147-159, 1998.
- [11] 伊藤孝行, 新谷虎松, "協調的なスケジューリングのための交換条件の提示による説得手法," *電子情報通信学会論文誌 D-I*, Vol. J81-D-I, No. 9, pp. 1099-1106, 1998.
- [12] Ito, T., Fukuta, N. and Shintani, T. and Sycara, K., "BiddingBot: A Multiagent Support System for Cooperative Bidding in Multiple Auctions," In *Proc. of the 4th International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-00)*, pp. 399-400, 2000(poster abstract).
- [13] Napster URL. <http://www.napster.com/>.
- [14] Oram, A., "Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies," O'Reilly & Associates, 2001.
- [15] Rodriguez, J. A., Noriega, P., Sierra, C. and Padget, J., "FM96.5:A Java-based Electronic Auction House," In *Proc. of the 2nd International Conference and Exhibition on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents (PAAM-97)*, pp. 75-90, 1997.
- [16] Sandholm, T., "eMediator: A Next Generation Electronic Commerce Server," In *Proc. of AAAI-99*. AAAI Press, 1999. At the Intelligent Systems Demonstration Program.
- [17] 鈴木光男, "新ゲーム理論," 勁草書房, 1994.
- [18] Wurman, P. R., Wellman, M. P., and Walsh, W. E., "The Michigan Internet AuctionBot: A Configurable Auction Server for Human and Software Agents," In *Proc. of the 2nd International Conference on Autonomous Agents (Agents-98)*, pp. 301-308, 1998.
- [19] Yamamoto, J. and Sycara, K., "A Stable and Efficient Buyer Coalition Formation Scheme for E-Marketplaces," In *Proc. of the 5th International Conference on Autonomous Agents (Agents-01)*, pp. 576-583, 2001.