

Title	ユーザの嗜好に基づく電子商取引支援システムに関する研究
Author(s)	松尾, 徳朗
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/458
Rights	
Description	Supervisor:伊藤 孝行, 知識科学研究科, 修士

修士論文

ユーザの嗜好に基づく電子商取引支援システム に関する研究

指導教官 伊藤孝行 助教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

150071 松尾 徳朗

審査委員：伊藤孝行 助教授（主査）

國藤進 教授

宮田一乗 教授

西本一志 助教授

2003年2月

概要

近年のインターネットの普及により、ネットワークを用いた商取引が盛んになってきている。インターネットを用いたオークションおよび共同購入は注目を集めている商取引の一形態である。しかし、既存の電子商取引には多くの問題点が存在する。特にユーザの嗜好が効果的に反映できる商取引支援は既存に少ない。本論文では、既存の問題点を解決できる電子商取引支援システムを提案する。オークションに関してはメカニズムデザインおよび商品選択支援システムを提案する。共同購入に関しては買い手の嗜好が反映される買い手グループ形成支援システムを提案する。以下、章ごとの内容に関して簡単に説明する。

第3章において、新規に既存の問題点を解決できる逆オークションプロトコルを設計し提案する。現在、逆オークションを用いたオークションサイトが注目を集めている。既存の逆オークションの問題点は、買い手の嗜好を反映できない、売り手に関して誘因両立的ではない、および談合が容易であるという3点である。本研究では上記の問題点を解決するためにREV(Reverse Extended Vickrey) オークションプロトコルを提案する。REV オークションでは、買い手が購入したい商品を出品している複数の売り手が封印入札に基づいて競売を行う。買い手は、売り手によって出品された複数の商品に関し、購入してもよい財を指名し、留保価格を表明する。指名と提示が終了した時点で買い手および売り手が入札を始める。エージェントが評価値の入札を代行する。買い手は最も低い入札値を表明した売り手に対し、二番目（一部において一番目）に安く表明した売り手の入札額を支払う。実験では、REV オークションを用いた場合、Vickrey オークションおよび指名を行わない一般競争入札を用いた場合より取引成立率は常に高いことを示す。REV オークションの特長は以下の4点である。

- (1) 売り手を指名することで、質の劣る商品を売る売り手を除外でき、買い手の嗜好が反映できる。さらに、異なるカテゴリの商品を一度に競争させることができる。
- (2) 入札値を落札額として用いないことにより、売り手に関して誘因両立的である。
- (3) C2Cでの適用においては、繰り返しゲームとならないために談合が困難である。
- (4) 既存のオークションよりREV オークションの方が取引成立率が高い。

第4章において、既存のインターネット・オークションの落札率の低さに注目して、新規に買い手支援のためのマーケットを提案する。既存のインターネット・オー

クションでは、商品が売れ残るケースや、ある商品に多くの買い手が入札するケースが多い。落札した買い手はより安く商品を購入できない。落札できない多くの買い手は取引ができない。最低価格で買い手の嗜好を反映した商品割り当てを実現するために、*CooperationMarket* を提案する。本マーケットでは買い手の多属性な効用にに基づき商品の割当を行う。一般に、異なる属性における効用は比較できないので、選好順序に基づき商品の割当を行う。実験において、本システムの有効性を示す（１）多属性効用理論に基づいた商品の割り当てにより、買い手の嗜好が反映される（２）*CooperationMarket* に参加していない買い手に商品を落札された場合以外、買い手は最低価格で商品を購入できる（３）既存のオークションでは取り引きできない売り手が、本マーケットを導入することで取り引きができるために、取引成立数が増加する。

第５章で共同購入に関して、買い手の嗜好が反映され、既存の共同購入よりもより安く購入できるユーザ支援マーケットを提案する。共同購入支援に関する研究においては、共同購入において買い手の統合を支援するシステムを提案する。共同購入は電子商取引において注目を集めている商取引の一形態である。共同購入では、より多くの買い手が参加すれば買い手はより安く商品を購入できる。既存の共同購入において、買い手グループは商品ごとに広大なインターネット上に散在しているため、より大きなグループを形成するチャンスを逃している。そこで本研究では、グループ統合支援機構に基づく電子共同購入マーケットを提案する。電子共同購入マーケットでは代替的な複数のサイトの商品に関して買い手の共同購入を支援する。複数の買い手グループを統合することで買い手は商品をより安く購入できる。本マーケットでは多属性効用理論に基づく買い手グループ形成支援を行う。買い手個人の決定とグループの決定および商品の価格に基づいて、買い手のグループ統合を行う。実験では、既存の購入方法と本支援システムを用いた場合を、買い手の嗜好および支払い金額に関して比較した。本支援システムを用いた場合、買い手の嗜好が反映され、さらに商品をより安く購入できることが示された。本システムの特長は以下の４点である（１）買い手の多属性効用を反映したグループ統合が実現できる（２）買い手はより安く商品を購入できるチャンスを得る（３）買い手の妥協度に基づき支払い金額が決定される（４）売り手はより多くの在庫を処分することができる。

Abstract

As the Internet develops it has become an increasingly prosperous network for many types of commerce. Internet auctions and group buying have been a particularly effective form of electronic commerce. They have made rapid progress in recent years. However, existing e-commerce sites have problem regarding trade. In this paper, we propose some user support systems which solves those problems. We consider novel support methods based on users' preferences.

First, we propose an REV auction in which sellers are selected by a buyer based on his/her preferences. Internet auctions are seen as an effective form of electronic commerce. An Internet auction consists of multiple buyers and a single seller. We propose an alternative, the REV auction, in which a buyer can select sellers before conducting the auction. There are several advantages to our mechanism. First, the seller selection mechanism enabled us to reflect the buyers' preference. Second, the seller's evaluation mechanism effectively maintains seller quality. Third, our mechanism can avoid consulting before bidding. We implemented an experimental e-commerce support system based on the REV auction. Experiments demonstrated that the REV auction increased the number of successful trades.

Next, we propose a novel buyers support system based on their multi attribute preferences in the Internet auctions. In many existing auction sites, some sellers deal in the same sort goods or their imitations. Buyers bid for each item on sale. Buyers cannot always purchase goods at a lower price, because buyers compete but do not cooperate with each other. Thus, buyers need to search hard to find the goods they can purchase. In this paper, we propose a bidder support system to make collusion in auctions on the Internet. In our system, buyers can purchase goods at a lower price in collusion with each other. In our system, each buyer selects a good based on his/her multi-attribute preferences. Our system supports buyer's decision making by using the Analytic Hierarchy Process. Advantages of the bidder support system are described as follows. (1) Each buyer can purchase a good at a lower price. (2) Buyer's multi-attribute utilities are reflected.

Finally, we propose a group integration support system in the group buying. In electronic marketplaces, group buying is seen as an effective form of electronic commerce and a promising field for applying agent technologies. When buyers cooperate with each other, a seller can discount the price of a good. In many existing group buying sites, some sellers deal in the same sort goods or their imitations. Buyers form coalitions for each item on sale. However, buyers cannot always purchase goods at a lower price, because buyers' sub-groups are distributed. Thus, buyers need to search hard to find the goods they can purchase. In this paper, we propose a group buying marketplace on the Internet. In our marketplace, buyers can purchase goods at a lower price by forming coalitions. In our system, buyers are integrated based on buyers' multi-attribute preferences. Our system supports buyers' decision making by using the Analytic Hierarchy Process. We propose three methods for group integration. First, simple group buying. Second, all buyers are integrated. Third, some buyers are integrated. Advantages of our market can be described as follows. (1) Buyers' multi-attribute utilities are reflected effectively in group integration. (2) Buyers can purchase goods at a lower price. (3) Buyers' payments are decided based on their degree of compromise. (4) A successful seller can sell goods in their stock.

目次

1	序論	5
1.1	本研究の背景	5
1.2	本研究の目的	7
1.3	本論文の構成	9
2	関連研究	11
2.1	序言	11
2.2	メカニズム・デザイン	12
2.2.1	オークションの理論	12
2.2.2	オークションのプロトコル	13
2.2.3	オークション・プロトコルの設計	15
2.3	エージェントに基づく電子商取引支援	15
2.3.1	エージェントに基づく電子マーケット	16
2.3.2	提携形成	16
2.3.3	本研究の位置付け	17
3	REV オークション	21
3.1	序言	21
3.2	背景と問題点	22
3.3	REV オークション	24
3.3.1	逆オークションと指名競争入札	24
3.3.2	REV オークションメカニズム	26

3.3.3	REV-auction の例	30
3.4	実験	32
3.5	議論	35
3.5.1	ユーザインターフェース例	35
3.5.2	財の選択による嗜好の反映	39
3.5.3	談合の困難性	40
3.6	結言	41
4	<i>CooperationMarket</i>	43
4.1	序言	43
4.2	<i>CooperationMarket</i>	44
4.2.1	インターネット・オークション	44
4.2.2	<i>CooperationMarket</i> の概要	46
4.3	結託支援機構	47
4.3.1	AHP を用いた意思決定支援	47
4.3.2	商品の割り当て	49
4.4	実験	50
4.5	議論	53
4.5.1	ユーザインターフェース例	53
4.5.2	システムの特長	53
4.6	結言	53
5	共同購入マーケット	55
5.1	序言	55
5.2	共同購入マーケット	57
5.2.1	共同購入	57
5.2.2	共同購入マーケットの概要	59
5.2.3	AHP を用いたグループ作成支援	60
5.3	グループ統合支援機構	64
5.3.1	買い手の分散	64

5.3.2	グループ統合アルゴリズム	65
5.4	実験と評価	74
5.5	議論	81
5.5.1	グループ統合アルゴリズムの買い手の効用に関する妥当性	81
5.5.2	関連研究	82
5.6	結言	82
6	結論	85
6.1	成果	85
6.2	今後の課題	87
	謝辞	88
	参考文献	90
	発表論文および業績事項	96

目 次

1.1	本論文の構成	10
2.1	本研究における支援システムの位置づけ	19
3.1	逆オークション	23
3.2	逆オークションの問題点	25
3.3	REV オークションの取り引きの概念図	26
3.4	売り手の登録	28
3.5	REV オークションにおける指名と入札	29
3.6	フローチャート	31
3.7	REV オークションと Vickrey オークションの比較	33
3.8	REV オークションと一般競争入札の比較	34
3.9	商品検索画面	36
3.10	売り手指名画面	37
3.11	落札成功画面	38
3.12	取り引き不成立画面	39
4.1	既存の問題	45
4.2	理想的な状況	46
4.3	<i>CooperationMarket</i> の取り引きの概念図	47
4.4	AHP による意思決定階層図	48
4.5	<i>CooperationMarket</i> を用いた場合と用いない場合の買い手の効用	51
4.6	ユーザインターフェース例	52

5.1	共同購入サイト	58
5.2	共同購入マーケット	60
5.3	グループにおける一対比較	62
5.4	買い手グループの分散	66
5.5	グループの統合	67
5.6	ステップ 1	69
5.7	ステップ 2	69
5.8	ステップ 3	70
5.9	ステップ 4	70
5.10	ケース 1 における効用の平均	77
5.11	ケース 1 における支払い金額	77
5.12	ケース 2 における効用の平均	78
5.13	ケース 2 における支払い金額	78
5.14	ケース 3 における効用の平均	79
5.15	ケース 3 における支払い金額	79

表 目 次

2.1	代表的なオークション・プロトコル	14
3.1	商品選択問題	40
4.1	既存のオークションにおける落札率	44
4.2	選好順序の決定	49
5.1	価格のテーブル	59
5.2	一対比較の範囲	64
5.3	ケースごとの比較	75
5.4	ケースごとの比較	80

第 1 章

序論

1.1 本研究の背景

近年の目覚ましいコンピュータ技術の発展により，世界的に様々な分野でのコンピュータの利用が盛んである．組織における複雑な処理を遂行するための利用から，個人における趣味での利用まで幅広く利用されるようになり，電子計算機の汎用化が顕著である．コンピュータの普及に関しても年々増加傾向にある [13][16][58]．さらに，インターネットの整備に関しても学校，企業だけではなく家庭にまで広がってきており，インターネットを基礎とした社会が形成されつつある [11][39]．インターネット社会における最も顕著な変化としてインターネットを用いたビジネス，電子商取引 (Electronic Commerce) が挙げられる [59][66]．

電子商取引とは，取引をネットワーク上で遂行することであり，電子的に財貨やサービスや情報を購買し，販売する過程である [39]．Kalakota と Whinston は電子商取引を以下の視点で定義している [32]．

- コミュニケーションという視点からすれば，電子商取引は，電話線，コンピュータネットワーク，あるいは他の電子的手段を介しての情報，製品やサービス，あるいは支払のデリバリである．

- ビジネスプロセスの視点では，電子商取引は，ビジネス上の取引や業務フローを自動化する技術の適用である．
- サービスの視点からすれば，商品の品質を改善し，配送サービスのスピードを増す一方，サービスコストを節減したいという企業，消費者やマネジメントの欲望に狙いをかけている道具である．
- オンラインという視点からは，電子商取引は，インターネットや他のオンラインサービスを通じて製品および情報を売り買いする能力を提供する．

第一のコミュニケーションの視点において，これまで B2B すなわち企業間商取引が盛んであった．近年のコンピュータの汎用化に伴い，B2C および C2C すなわち個人ユーザが商取引に参入することが容易に可能になった [56]．例えば，Amazon.com [4] は，B2C タイプの個人ユーザ対象の商取引サイトである．書籍の発注は Web 上で行われ，支払においてもクレジットカードを利用することで Web 上で決済が可能である．また，Yahoo! auctions [1] では，C2C 間のオークションに基づいた取引が可能である．オークションサイトで価格競争し勝者となった買い手は，直接売り手と連絡を取り合い代金と商品の交換を行う．しかし，オークションにおける取引のプロトコルはミクロ経済学の視点からすれば，十分に完成されたものであるとはいえない．買い手の嗜好が反映された取引が行われるとは限らない．

第二のビジネスプロセスの視点において，勝者決定や代金支払等の取引は自動化される．例えば，商品検索においてキーワードを入力することで，売りにだされている商品を即座に知ることができる．また，オークションや共同購入において，商品の販売（落札）価格コンピュータにより計算される．しかし，自動化において知的な処理を施すことができる商取引は現在発展途上であり，改良を重ねていく必要がある．購入したい商品を探すためには，既存の電子商取引では，コンピュータの操作などにおいて相当の負担を要する [43]．

第三のサービスの視点において，売り手はインターネットを用いることで不特定多数の買い手にサービスを提供でき，人件費等のコストを削減できる [48][61]．買い手は，コストが削減された分，市販された商品より安価に購入できる場合がある．しかし，既存の商取引のメカニズムでは十分に買い手が安い価格で商品を購入できない．

さらに，共同購入では，買い手の提携の組み方で買い手の効用が大きく変化し，買い手の嗜好が十分反映されない場合もある．

第四のオンラインという視点において，インターネットを用いた商取引により新たなマーケットプレイスが開拓された．大企業が，仲介業者を通すことなく直接個人に商品を提供することが可能である．しかし，共同購入などのマーケットプレイスでは，買い手にとって商品選択おける手間は購入する際の負担となる [43]．

以上のように，既存の電子商取引には解決すべき問題点が山積している．問題解決の一つのアプローチとして，エージェント技術を用いた電子商取引支援がある．エージェント技術を用いることで，オークションにおいて複雑な仕組みを持つプロトコルの構築が可能であり，例えば，架空名義に頑健なオークションプロトコルなどの研究は多い [50]．共同購入においては，効用が大きくなるような買い手の提携が可能となる．

1.2 本研究の目的

本研究は，既存の電子商取引の諸問題を解決するために，新奇に商取引メカニズムおよび支援システムを提案する．具体的な目的は，次の2点である．(1) 不正行為が困難な商取引メカニズムの構築．(2) ユーザの嗜好が反映される商取引メカニズムの構築．

- 不正行為が困難な商取引メカニズムの構築

インターネット・オークションにおける問題点の一つとして，複数回競り上げ入札において，売り手が買い手になりすまし架空名義の入札を行う場合がある．売り手の架空名義の入札には買い手の入札を煽り，入札値を高騰させる行為がある．実際の複数回競り上げオークションにおいて，架空名義の入札は行われており，買い手は従来購入できる価格ではない金額の支払いや評価値以上の支払いを行う場合がある [53]．例えば，2人の買い手が参加して，\$1 ずつ競り上げることができるとする．ある買い

手の評価値は、\$200 とする。もう一人の買い手の評価値を\$150 としたとき、架空名義入札がない場合は前者が\$151 を入札し、その価格で落札できる。しかし、\$151 の入札後売り手が架空名義の入札を行い、\$180 の入札をしたとする。買い手は\$200 まで入札できるので、\$181 を入札する。たとえ\$180 で落札できたとしても、本来より、\$30 多く支払う必要がある。従って、架空名義に頑健なプロトコルを導入する必要がある。架空名義に頑健なプロトコルの一つに、Vickrey オークションがある。Vickrey オークションの説明は後述する。Vickrey オークションを用いた場合、売り手の架空名義入札を防ぐことができるうえに、一回入札であるので、入札を管理しているサーバーへの負担が減少する。第3章において、本目的に関する研究を示す。

- ユーザの嗜好が反映される商取引メカニズムの構築

既存の電子商取引において、ユーザは商品を安く購入できない場合がある。インターネットオークションにおいては、インターネット上に複数の同じ商品や類似した商品が存在するにもかかわらず、多くの買い手がある商品のオークションのみに参加し、他の売り手が扱っている同一商品のオークションに参加しない場合がある。それぞれの買い手が、オークションサイトを他の売り手と重複しないように選択し、入札すれば、競争は一極集中しないことが考えられる。理想的な状況として、一つのオークションサイトに一人の買い手が参加すれば、それぞれの買い手は最低価格で商品の購入が可能である。しかし、どの買い手がどの売り手が扱っている商品に対して入札を行うかは、買い手の嗜好を考慮に入れて決定する必要がある。買い手の嗜好が反映され、従来の入札と比べてより安く商品を購入するための商品の割り当てが必要である。第4章において、本目的に関する研究を示す。

共同購入においても、インターネット上に同一か類似した商品が多く存在する。共同購入サイトに代替財が存在する場合、買い手が分散している状況が存在する。買い手が分散している状況とは、複数の共同購入サイトにおいて分散して買い手がグループを形成している状況である。買い手の分散状況の場合、買い手は安く商品を購入できない。買い手は商品を安く購入するチャンスを逃している。分散している買い手を統合し、割引が大きくなる人数以上のグループで一つの共同購入に参加すれば、買い手は商品をより安く商品を購入できるチャンスを得る。しかし、全ての買い手にとっ

て，統合前より統合後のほうが商品価格は安くなっている必要があり，さらにより買い手の嗜好が反映される商品選択が必要になる．複数の商品のうち，グループがどの商品を購入するかを決定する手法が必要となる．第5章において，本目的に関する研究を示す．

以上の商品割り当ておよび商品選択において，本研究では，多属性効用理論に基づき買い手の嗜好を定義する．多属性効用理論を用いることで，実際の商品購入に即した議論が可能となる．

1.3 本論文の構成

本論文では，まず第2章で関連研究を示す．関連研究では，メカニズム・デザインに関して説明する．そこではオークションの理論概説し，現在のインターネット・オークションに関するメカニズム・デザインを紹介する．つぎに，エージェントに基づく電子商取引に関して，電子マーケットプレイス研究を紹介する．買い手への商品割り当ておよび共同購入に関して，提携問題に関する文献を紹介する．第3章において，売り手指名競争入札プロトコル REV オークションを提案し，取引成立率に関する実験を行い，プロトコル有効性に関して議論する．第4章において，既存のインターネット・オークションの取引成立率の低さに注目し，新奇に買い手支援のためのメカニズムと支援機構を提案する．本システムの有効性を買い手の嗜好に関して示す．第5章において，既存の共同購入の問題点を解決するために，グループ統合支援機構を構築する．本機構における，グループ統合のためのアルゴリズムを提案し，買い手の効用および購入金額に関する実験および評価を行う．第6章で本論文のまとめ，今後の課題を示す．

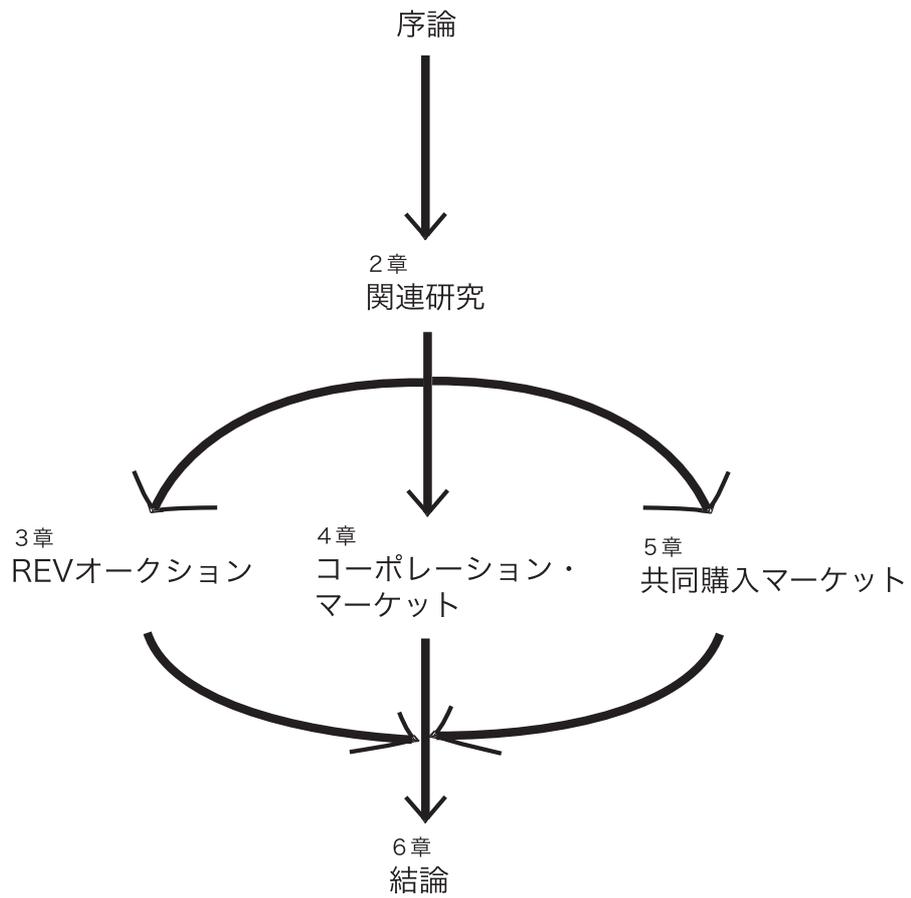


図 1.1: 本論文の構成

第 2 章

関連研究

2.1 序言

電子商取引に関する研究において，商取引支援システムやメカニズムデザインの研究が盛んである．本章では，電子商取引およびユーザ支援の要素技術に関する関連研究を示し，本研究との差異を明らかにする．本研究の関連研究は次の 2 つの節に分け示す．

- メカニズム・デザイン
- エージェントに基づく電子商取引支援

メカニズムデザインにおいては，まずインターネット・オークションの基本的な理論を概説し，最近のインターネット・オークションにおけるプロトコルの設計に関する研究を示す．エージェントに基づく電子商取引支援の節では，電子マーケット研究を説明し，応用研究である提携形成に関して説明する．

以上の関連研究と本研究の差異を明確にし，本研究の位置づけを明確に示す．

2.2 メカニズム・デザイン

近年，エージェント研究の一つの潮流として，インターネット・オークションにおけるプロトコル設計に関する研究が盛んである．本節では，オークションの議論に必要な，基本的な経済理論に関して説明し，次に代表的な4つのオークション・プロトコルに関して説明する．さいごに最近のオークション・プロトコルのメカニズム・デザインに関する研究動向を示す．

2.2.1 オークションの理論

経済学において，消費者の消費に対する満足度を効用という [45]．オークションにおいても，買い手は財を得るとき代金をいくら支払ったかで効用が変化する．一般的に効用は非線形関数で表されるが，本論文では効用は準線形であると仮定する．準線形の効用では，評価値が b_* である買い手が価格 p で一単位の財を得たとき，その効用は $b_* - p$ で定義される．同様に，評価値が s_* である売り手が，価格 p で保有する財を売ったとき，その効用は $p - s_*$ で定義される．買い手が財を得なかったとき，および売り手が財を販売しなかったときの効用は0とする [49]．

オークションの参加者が参加しない場合と比べて，参加したことで効用がより悪くならない場合，このプロトコルは個人合理的であるという．個人価値のオークションにおいて，個人合理性は必須の条件であると考えられる [49]．個人価値とは，一般に人により価値が異なる財を言う．特に再販を目的としない嗜好や趣味的な財のことで，絵画などの骨董品は通常個人価値に分類される．価値は一般的に以下に分類できる．

- 個人価値
- 共通価値
- 相関価値

共通価値とは，すべてでの人で財の価値が共通なものである．この価値をすべての人が知っている場合にはオークションを行う必要はない．一方，財の価値が不明で買

い手ごとに異なる評価値を持つと考えられる場合は、オークションを行う必要がある。共通価値には、鉱山の採掘権などがある。

相関価値とは、個人価値と共通価値の間にあたるもので、ほとんどの財は相関価値であると考えられる。インターネットを用いた商取引においては、商品を手にすることができない。写真のみで購入するかどうか判断する必要がある。特に、商品が中古であれば、なおいっそう財の価値は不明になると考えられる。

2.2.2 オークションのプロトコル

代表的なオークションプロトコルは、表 2.1 のように分けられる [47]。

- 英国型オークション (競り上げ入札)
- オランダ型オークション (競り下げ入札)
- 第一価格封印入札
- Vickrey オークション (第二価格封印入札)

英国型と呼ばれるオークションでは、入札値は公開され、入札者は入札値を上方に自由に変えることができる。誰も値の変更を望まなくなった時点で、入札者が落札し、自分の入札値を支払う。英国型オークションプロトコルを用いたインターネットオークションに、eBay, Yahoo! auctions 等がある [1][8]。

オランダ型と呼ばれるオークションでは、主催者は最初の価格を宣言し、ある買い手がストップというまで価格を下げていく。ストップといった入札者がその時点の価格で落札する。このプロトコルは一般的になじみがないが、オランダの花の市場、オントリオのタバコのオークションで用いられているプロトコルである。また、スーパーマーケットなどでの生鮮食料品等の商品が、開店後しばらくは新鮮で、種類も豊富にあるり定価で販売され、時間がたつにつれ次第に割引率が大きくなり、閉店間際には大幅に割引されるが欲しい商品や新鮮な商品があるとは限らない状況では、買い手は一種のオランダ型のオークションに参加していると考えられなくもない。インターネッ

表 2.1: 代表的なオークション・プロトコル

公開型オークション	価格封印入札
イングリッシュ型 (競り上げ)	Vickrey 型 (第二価格封印入札)
オランダ型 (競り下げ)	第一価格封印入札

ト・オークションにおけるオランダ型オークションプロトコルは，PriceDownAuction [9] などが挙げられる．

第一価格秘密入札と呼ばれるオークションでは，各入札者は，他者の入札値を知らされずに入札する．最も高い入札値をつけた入札者がその値で落札する．日本の公共事業における一般競争入札および指名競争入札は，第一価格秘密入札プロトコルが用いられている．

第二価格秘密入札と呼ばれるオークションでは，各入札者は他者の入札値を知らされずに入札する．最も高い入札値をつけた入札者が，二番目に高い入札値で落札する．第二価格秘密入札は，Vickrey オークションとも呼ばれ，ノーベル経済学賞を受賞した W. Vickrey によって提案されたものである．オークションの特長としては売り手に関して誘引両立的であることが挙げられる．

Vickrey オークションが誘引両立的である性質を持つのは，自分の入札値と受け取り金額が独立しており，自分の入札値は，落札するか否かに影響するが，支払額には影響しないからである [30]．なお，イギリス型のプロトコルと比べて収入は同値で，買い手の支払額の期待値は変化しないことが知られている．Vickrey オークション・プロトコルを用いたオークションは，アメリカの電波の帯域のオークションにおいて用いられている [60]．

2.2.3 オークション・プロトコルの設計

エージェントを用いたオークションを実現するために，オークション・プロトコルのメカニズム・デザイン研究が盛んである．以下，近年の研究に関して紹介する．

Yokooらは，インターネット・オークションにおいて架空名義による入札をふせぐために，ダブルオークションおよび組合せオークション・プロトコルを提案した．前者は，売り手が架空名義を用いて買い手になりすまして入札をした場合，既存のプロトコル(PMDプロトコル [28])では，売り手が不当な利益を上げることが可能であることを指摘している．新奇に，TPDプロトコル(Threshold Price Double Auction protocol プロトコル)[50]を提案している．本プロトコルでは，架空名義が不可能であり，その上，支配戦略において誘引両立的であるプロトコルを提案している．実験では，パレート効率的な割り当てに非常に近い社会的余剰が得られることが示されている．

後者はLDSプロトコル [24][51]と呼ばれ，一般化 Vickrey オークションを修正することで，架空名義を使って商品をバンドルしたり個別購入による不正な効用を得ることができないメカニズムを考案した．LDSプロトコルは，個人合理性および誘引両立性を含んでいるが，パレート効率的な財の分配はなされていない．既存のプロトコルと比べ，ユーザの高い効用が実験により検証された．

2.3 エージェントに基づく電子商取引支援

本節では，エージェントに基づく電子商取引に関して説明する．まず，エージェントに基づく電子マーケットにおける関連研究を紹介し，つぎに提携形成に関する関連研究を示す．

2.3.1 エージェントに基づく電子マーケット

エージェントに基づく電子商取引支援の一つに，エージェントに基づく電子マーケットの構築がある [37][42]．これまで，交渉プロトコルなどを用いた電子マーケット研究は多くなされている．

オークション・サーバーに，AuctionBot[31] がある．ユーザは，商品売るためにオークションを開く．本オークションでは，エージェントは事前に決定されたプロトコルに基づき入札を行う．AuctionBot はユーザがマーケット上にエージェント生成するための API を提供している．

Kasbah[12] は，Web 上にマーケットプレースを提供している．ユーザは，マーケットプレース上で取り引きするための自律的な買い手エージェントや売り手エージェントを生成できる．Kasbah での取り引きは，単純なプロトコルに基づいている．

FishMarket[15] では，電子オークションサイトが提供され，ユーザは，エージェントに対して複数の入札戦略を持たせることができる．エージェントが売り手と買い手になりあらかじめ決められたプロトコルに基づいて入札を行う．

Tete-A-Tete[14] と呼ばれる電子マーケットプレースでは，エージェントは協調的なアージェントに基づきお互いに交渉を行う．

2.3.2 提携形成

買い手が商品購入する際に，売り手と 1 対 1 で直接取引をする場合と，同じ商品を購入しようとする買い手どうしで提携し，商品を分配する場合がある．提携は，複数のエージェントがある目的を達成するときのタスクの遂行のために，エージェントへのタスク割当として用いられることもある [18]．買い手の提携においては，それぞれの買い手は買い手エージェントとして表され，買い手がそれぞれ効率よい割り当てで商品を購入するためにグループを形成する．

Yamamoto ら [41] は，ボリュームディスカウントに基づく仮想マーケットにおいて，安定的かつ効率的提携に関して議論した．ある商品を買手が提携し，安く購入した際の効用の配分問題を解決するためにゲーム理論のコアを用いた安定的な配分法を提

案し、余剰分配における安定性を保証した。本マーケットにおいては、複数の売り手エージェントと買い手エージェントが存在する。買い手グループのリダエージェントが買い手グループを小グループに分割する。次に、リダエージェントは、それぞれの小グループに対して取り引きする売り手を選ぶ。さいごに、取り引きにおいて得られた余剰を計算し買い手で分ける。

Tsvetovat ら [38] は、買い手の提携に関して、次の5つのステップのモデルを考案した。(1) 交渉、(2) グループリーダーの選出、(3) 提携形成、(4) 支払い額の計算、(5) 取引。アルゴリズムの実験においては、大学における書籍の購入という状況でアルゴリズムが適応され、提携のサイズに応じて売り手がどのように商品を割り引くかテストされた。

Li ら [21] は、提携ゲームにおける組み合わせアルゴリズムを提案し、買い手の支払い金額に関する差別化を行った。買い手は留保価格を提示し組み合わせた商品に対して入札を行い、売り手は販売量に応じた商品価格を申し出る電子商取引である。複数の商品に対してそれぞれの買い手の留保価格を分割することで、商品の最適な組み合わせを求める。解は商品の相補性を満たしている。

Leyton-Brown ら [19][20] は、オークションにおいて入札を調整するために Bidding Club というエージェントベースのメカニズムを提案している。実際のオークションで入札する前に、Bidding Club においてエージェントは事前にオークションを行い。事前入札の結果により買い手どうして金銭の授受を行うことで支払金額を調整する。複数財のオークションを補完財および代替財において行う場合の有効性を示している。

2.3.3 本研究の位置付け

本研究は、前半でオークション・プロトコルのメカニズム・デザインに関して新奇に指名競争逆オークション・プロトコルを提案する。後半では、既存のオークションおよび共同購入における問題点を解決するために、新奇に支援システムを提案する。

メカニズム・デザインにおいては、インターネットの出現により、既存の経済学では議論してこられなかった部分にまで言及する必要がでてきた。特に、Vickrey オークションは、エージェントを用いたインターネット・オークションにおいては有望で

ある考えられる [22] . 本論文の , メカニズム・デザイン研究で関連がある分野を , 以下にキーワードおよび主な関連文献として列挙する .

- ミクロ経済学 [40][45]
- Mediated-agent[23][31]
- Vickrey オークション [50]
- 協力ゲーム , 談合 [29][46]

商取引支援システムに関しては , 図 2.1 のとおり , 既存の電子商取引サイトとユーザの橋渡しの役割を担う . 既存の支援システムがない商取引においては , 様々な取引上の問題が存在する . 例えば , ユーザの嗜好が反映されないなどである . 本研究においては , 関連が考えられる分野に関して , 以下にキーワードおよび関連文献を示す .

- ミクロ経済学 [40][45]
- Mediated-agent[23][31]
- 意思決定支援 [34][36][44]
- 電子マーケット [12][15]
- 提携形成 [20][21]
- 共同購入 [41]

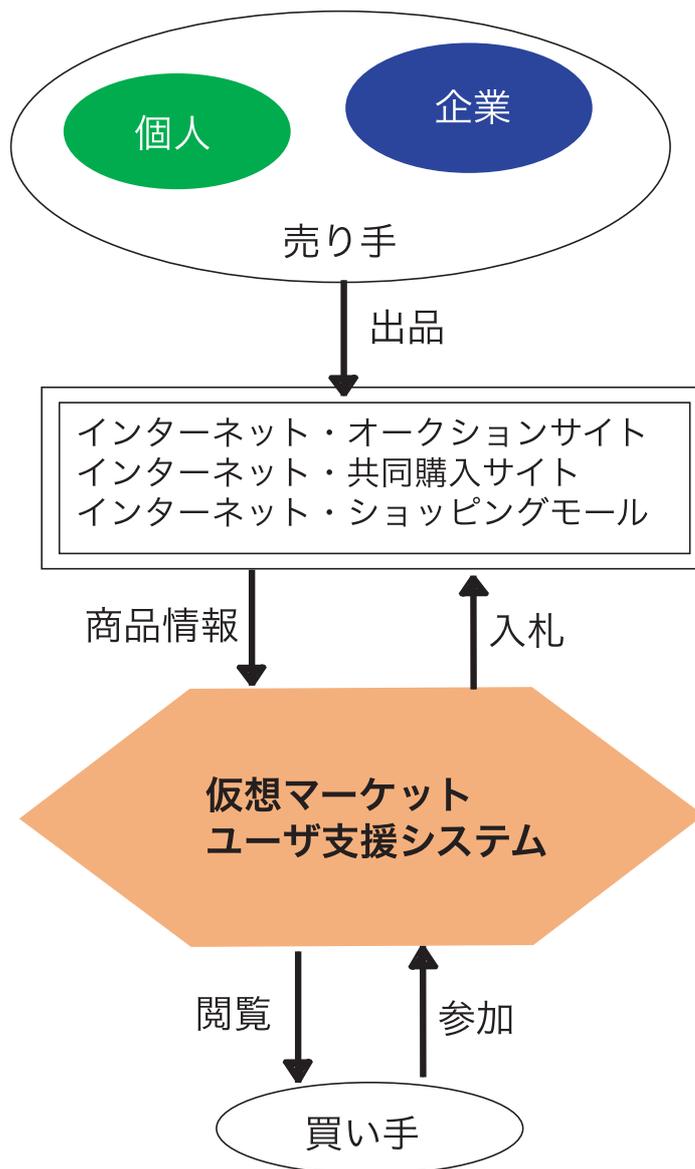


図 2.1: 本研究における支援システムの位置づけ

第 3 章

REV オークション

3.1 序言

本章では，買い手の嗜好が反映される指名型逆オークションを提案し，その有効性を示す．まず，既存のオークションの問題点を示し，問題を解決できるプロトコルである REV オークション (Reverse Extended Vickrey Auction) プロトコルを新奇に提案する．本プロトコルは，逆オークションである．一人の買い手と複数の売り手からなり，買い手から指名をうけた売り手は価格競争を行う．最も最低価格を提示した売り手が勝者となり，買い手と取り引きできる．買い手との取り引きは，買い手の評価値が，全ての売り手の入札額と比べ第二価格であれば，買い手の支払額は買い手の評価値を適用する．第三価格以上であれば，売り手の第二価格を買い手の支払額として適用する．REV オークションシステムは，入札代理エージェントと仲介エージェント (Mediated-agent) からなり，仲介エージェントは売り手がオークションに参加したとき売り手の入札代理エージェントを作成する．売り手の入札代理エージェントは，買い手から指名を受けたとき入札を行う．仲介エージェントは，勝者を決定する．実験において本プロトコルは，既存の Vickrey オークションプロトコルと一般競争入札プロトコルのいずれを用いた場合よりも取り引き成立率が高いことを示す．

本章の構成は以下のとおりである．まず，3.2 で逆オークションについて説明し，既

存のオークションの問題点を明確にするを説明する．次に，3.3でREVオークションを提案し，3.4で実験と評価を行う．3.5では，議論としてREVオークションの実行例や特長を示す．3.6では，本章のまとめと今後の課題をのべる．

3.2 背景と問題点

電子商取引の一形態であるインターネット・オークションの市場は年々成長してきており，関連する研究も多く見られる [35][49]．また，インターネット・オークションは，マルチエージェント技術の有望な適応領域であり，実装技術に関する研究もある [23][42]．現在，数多くのオークションサイトが存在し，その収益は年々増加している [1]．しかし，多くのオークションは最低価格提示や取引するか否かなど，主導権は売り手がにぎり，買い手は価格を提示すること以外の権限をもたない．他方，逆オークションと呼ばれるオークションでは，買い手が希望する財や価格を提示し，複数の売り手が競う．例えば，priceline.comは逆オークションである [2]．

現在，逆オークションを用いたオークションサイトが注目を集めている．既存の逆オークションには，買い手が商品を購入する方法として2つのタイプがある．1つは，オークションサイトが準備したフォームに，買い手が購入したい商品やその詳細をあらかじめ記入しておき，記入された内容によって売り手をさがすタイプである．例えば，priceline.comでは，買い手は商品や商品の中身に関して詳細に選択する必要がある．従って，買い手に提示される商品の種類等には限界があり，買い手の嗜好を完全には反映できないという問題点がある．もう1つは，買い手が購入したい商品を表明して売り手を募るといったタイプである [7]．買い手が表明してから同時に複数の売り手が現れる保証はなく，価格競争も期待できないという問題点がある．

図3.1は，逆オークションの取引までの流れである．まず，(1) 買い手が購入したい商品を公募する．この際，商品情報(商品の性質，年式，特長等)および購入希望価格を入力する．つぎに，(2) 買い手の希望価格で商品を売却してもよい売り手は申し出る．さいごに，(3) 買い手と売り手の間で代金と商品の交換を行う．

しかし，既存の逆オークションには，図3.2に示した問題点が存在する．(1) 買い手

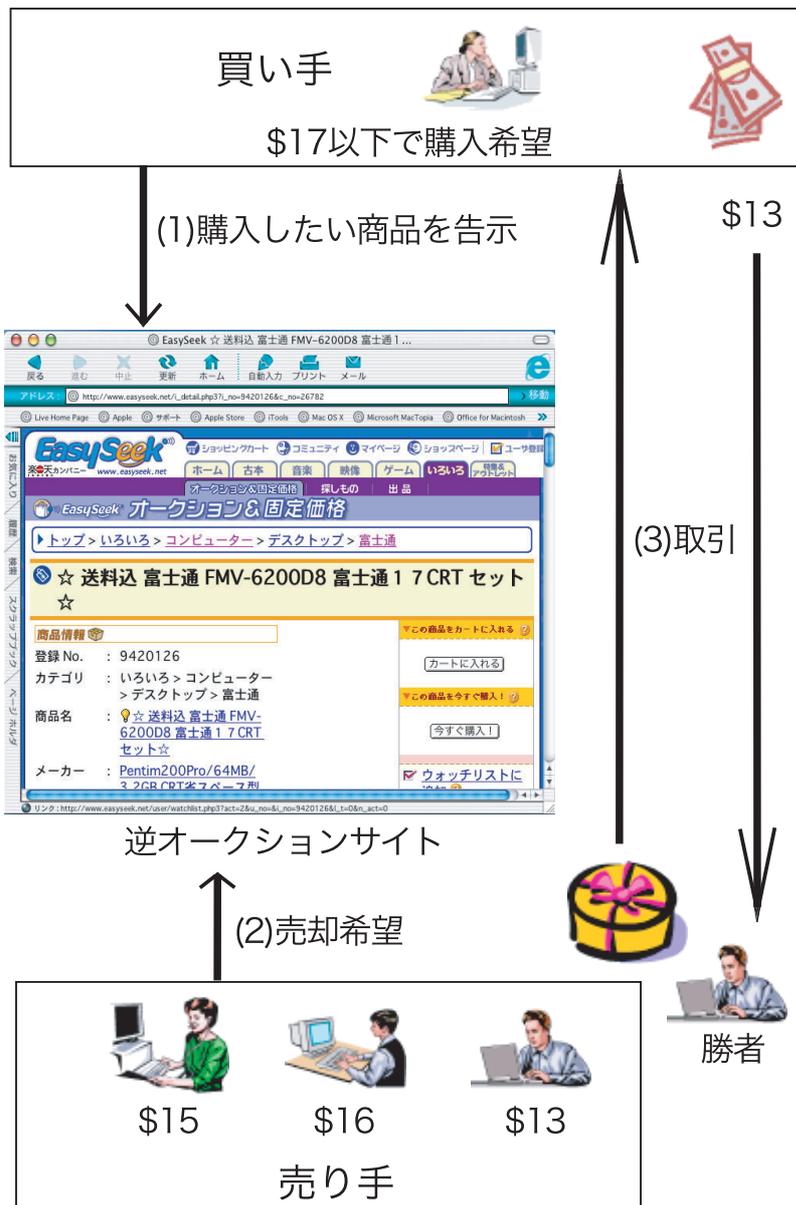


図 3.1: 逆オークション

が代替的な商品からより嗜好に合う商品を選ぶことができない。既存の逆オークションでは、異なるカテゴリの代替的な商品を競争させることができない。(2) 既存の逆オークションでは、勝者が即座に決定されない。取り引きできる売り手がいつ現れるか分からない。(3) 売り手にとって誘引両立的ではない。競争入札を行う逆オークションでは、売り手が嘘の評価値を申告することで利益を得ることがある。

3.3 REV オークション

3.3.1 逆オークションと指名競争入札

逆オークションとは、買い手が提示した希望する財や評価値に対し、複数の売り手が競うオークションである。指名競争入札は、日本の公共工事の発注で使われ逆オークションの一形態である [63][65]。指名競争入札では、発注者は財(仕事)の質に基づいて入札者を指名するので、質(能力)の劣った入札者の落札を未然に防ぐことができる。指名競争入札では、発注側が技術的要件の基準によって審査の結果、適性と認められた業者のみに入札の権利を与える(指名する)ので、一般競争入札とは性質が大きく異なる。優良な業者を指名することによって工事の品質をある程度確保することが可能となるが、一方で入札参加者の数が制限されるため談合が生じる可能性が高くなる [29][46]。また、事前に入札者が分かるため、談合の成立を容易にすることに加えて、指名にあたっての過去の業績が重要視されるなど、他地域や新規参入の企業の入札参加は容易でない。また、公正な競争を阻む上、指名、落札を目的としたリベートやサイド・ペイメントを生みやすいという点で、一般競争入札に劣るものであると考えられている [64]。毎回ほぼ同じグループの入札者のみ指名されるこの状況は、繰り返しゲームとして分析でき、その結果談合により効用が増加する。また、談合破りをした入札者は談合をしたときと比べ利得が減少する。関連研究として、談合および談合における入札者の行動に関する研究は、実験経済学において分析されている [46]。



図 3.2: 逆オークションの問題点

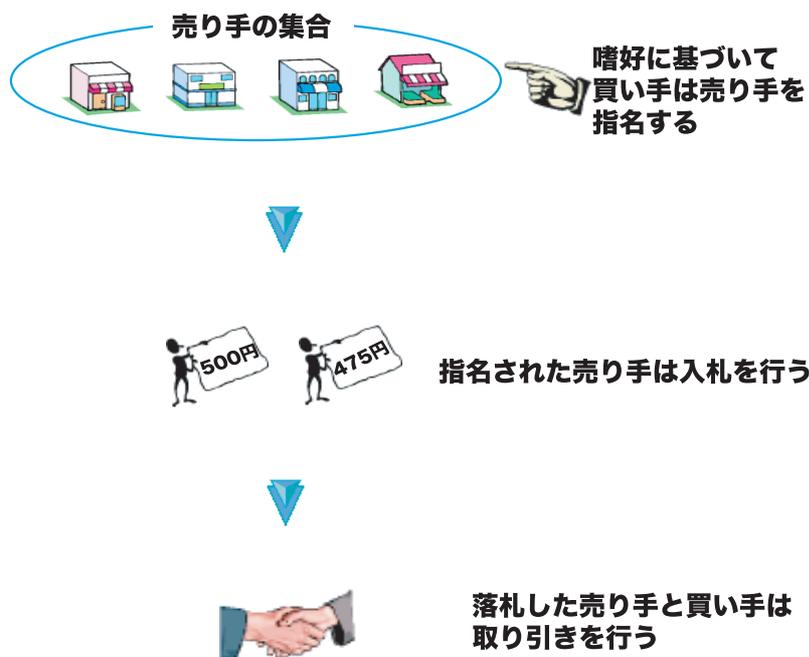


図 3.3: REV オークションの取り引きの概念図

3.3.2 REV オークションメカニズム

代替的な財を取り扱う複数の売手のうち買手が嗜好や目的に見合う売手を指名し、指名された売手で封印入札で競売を行う。前にも述べたとおり、指名競争入札は売り手を選択することにより、財の劣った売り手を排除することができる。

第一に、売り手は仲介サイトに財を登録し、またエージェントに財の評価値を告げておく。第二に、買手はあらかじめ登録された売り手の集団の中から自らの嗜好や目的にあう財を選定する。また同時に最高落札価格を提示しておく。第三に、指名と提示が終了した時点で買手および売り手の入札を始める。売り手はあらかじめエー

エージェントに伝えておいた評価値を入札する．プロトコルは，第二価格秘密入札であるので買い手は最も低い入札値を表明した売り手に対し，二番目に安く表明した売り手の入札額を支払う．ただし，買い手の入札額が売り手の第一価格と第二価格の間にある場合に限っては，買い手の入札額が採用される．

まず仲介サイトにすでに登録された売り手を n 人 ($n \gg 0$) であるとする．財のカテゴリは n 人すべてが共通のものであり一人につき一つの財を出品しているものとする．また，買い手に関しては簡単のためここでは 1 人であるとする．このとき買い手が，買い手自身の嗜好や目的にあう財を示す売り手 m 人 ($m \leq n$) を選んだとする．買い手の評価値は b とする．買い手が選んだ売り手の集合を，

$$\{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_m\}$$

で表し，売り手 S_i の財の売却に対する評価値を s_i ($i = 1, 2, \dots, m$) とする．売り手エージェントは，それぞれ売却における評価値を，入札する．記述を簡単にするために，それぞれの入札値を小さい（安価な）順にソートした列を，

$$s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_m$$

とする．ここで， s_i は i 番目に小さい売り手の入札値である．

ここで勝者および支払額の決定のアルゴリズムを示す． S_1 が最も小さい入札値を表明した．従って，売り手エージェント S_1 が勝者となり，買い手の支払額および売り手と買い手それぞれの効用は，次のようになる．

1． $s_2 \leq b$ ならば， S_1 への支払い金額は s_2 である．

従って，この取引における売り手 S_1 の効用は，準線形の効用の仮定より $s_2 - s_1$ である．他方，買い手の効用は $b - s_2$ となる．

2． $s_1 \leq b \leq s_2$ すなわち，買い手の評価値が第一価格よりも高く第二価格よりも低い場合，買い手の支払額は b であり，このときの買い手の効用は 0，売り手 S_1 の効用は， $b - s_1$ である．

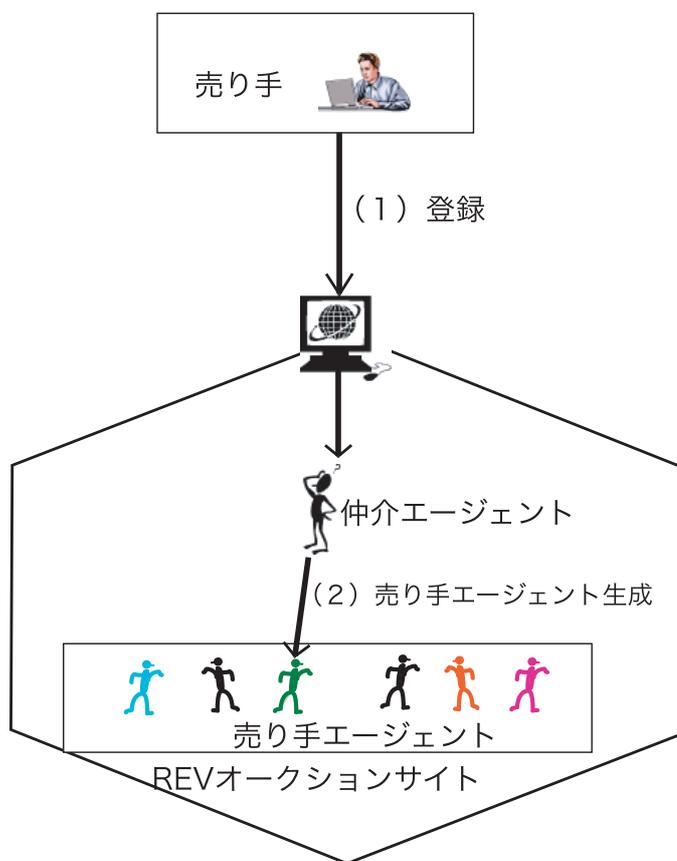


図 3.4: 売り手の登録

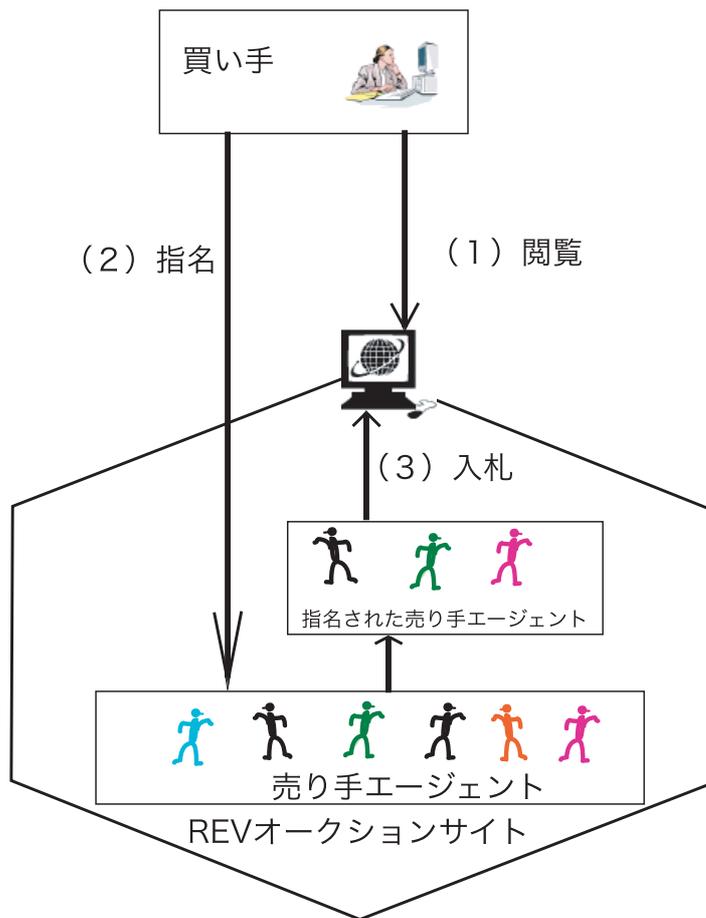


図 3.5: REV オークションにおける指名と入札

3. $b < s_1$ であったならば，取引は成立しない．

以上のように，1の場合で第二価格を落札者の支払額とすることから，本オークションは Vickrey オークションを拡張したものである．買い手および売り手の入札額の間買い手の入札額がある，すなわち，全ての入札者の中で第二価格が買い手の入札額である場合でも第二価格を採用する．これは，取引成立の枠を広げる効果がある．

3.3.3 REV-auction の例

以下，具体的に REV オークションの例を示す．ここでは，売り手 1，2，3 の 3 人と買い手が 1 人いたとする．また，売り手 i の評価値は $s_i (i = 1, 2, 3)$ と表す．

1. 第二価格が買い手の支払額となる例

買い手の評価値：\$ 6

売り手の評価値： $\{s_1, s_2, s_3\} = \{\$3, \$5, \$7\}$

このとき，勝者は売り手 1 で，買い手は第二価格である \$5 を売り手 1 に支払い，財を得る．このとき，余剰は $\$6 - \$3 = \$3$ で，売り手 1 の効用は $\$5 - \$3 = \$2$ ，買い手の効用は $\$6 - \$5 = \$1$ となる．

2. 買い手の評価額が支払額となる例

買い手の評価値：\$ 4

売り手の評価値： $\{s_1, s_2, s_3\} = \{\$3, \$5, \$7\}$

同様に，売り手 1 が勝者となり，買い手は自らの評価額である \$4 を売り手に支払い財を得る．このとき，余剰は $\$4 - \$3 = \$1$ で，\$1 がそのまま売り手 1 の効用となるが，買い手の効用は \$0 である．

3. 取引が成立しない例

買い手の評価値：\$ 2

売り手の評価値： $\{s_1, s_2, s_3\} = \{\$3, \$5, \$7\}$

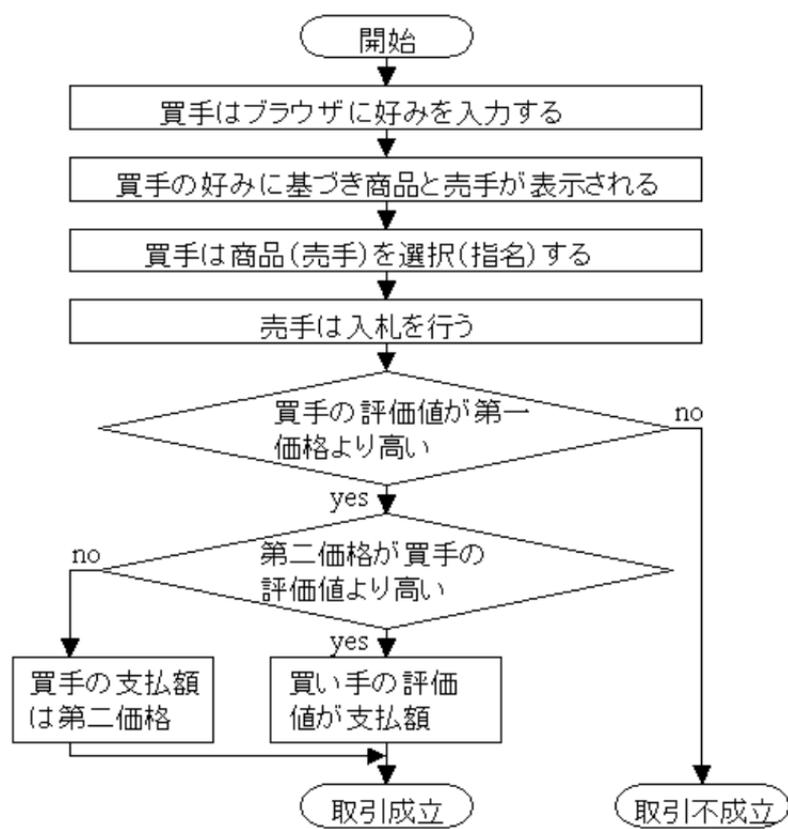


図 3.6: フローチャート

この場合，買い手の評価値は売り手の評価値より低いので，取引を行った場合買い手には $\$2 - \$3 = -\$1$ で負の効用が生じる．すなわち，オークションに望まれる条件の一つである個人合理性が満たされない．従って，取引は行われない．

3.4 実験

REV オークションの特徴の一つとして，第二価格が買い手の評価値となった場合，買い手の評価値を支払額とした．このことは Vickrey オークションと比較して REV オークションのほうが取引成立率を高めることが予想される．本節では，REV オークション・プロトコルの有効性を示すために，REV オークション・プロトコルと Vickrey オークション・プロトコルおよび一般競争入札プロトコルと取引成立に関する実験を行う．

以下，実際に売り手の人数が変化する毎の取引のシミュレーションを行った．買い手一人に対して，買い手が指名した売り手の人数を変化させている．一回のオークションで指名される売り手に対する買い手の評価値は，すべて等しいものとする．買い手および売り手の評価値および入札値は個人価値の財と仮定し，値はそれぞれ一様分布とした．

また，計算にあたっては 10000 回の取引の平均を求め図 1 に表した．

まず，REV オークション・プロトコルと Vickrey オークション・プロトコルに関して実験を行う．グラフのとおり，REV オークション・プロトコルを用いた場合は，Vickrey オークション・プロトコルを用いた場合より取引率は常に高い．REV オークションでは，買い手が 2 人の売り手を指名した場合，取引が成立するのは平均 60% 以上である．売り手を 4 人選択したところで取引率は平均 80% を超える．また，10 人以上の売り手を指名した場合は平均 90% 以上である．他方，Vickrey オークションでは，買い手が 8 人以下の売り手を指名した場合は取引成立率は，平均 80% を下回り，取引成立率が平均 90% を超えるのは 19 人以上指名した場合に初めて現れる．以上より，買い手が少数の売り手を指名したとしても取引成立率は Vickrey オークションを用いた場合と比べ，REV オークションのほうが高いといえる．

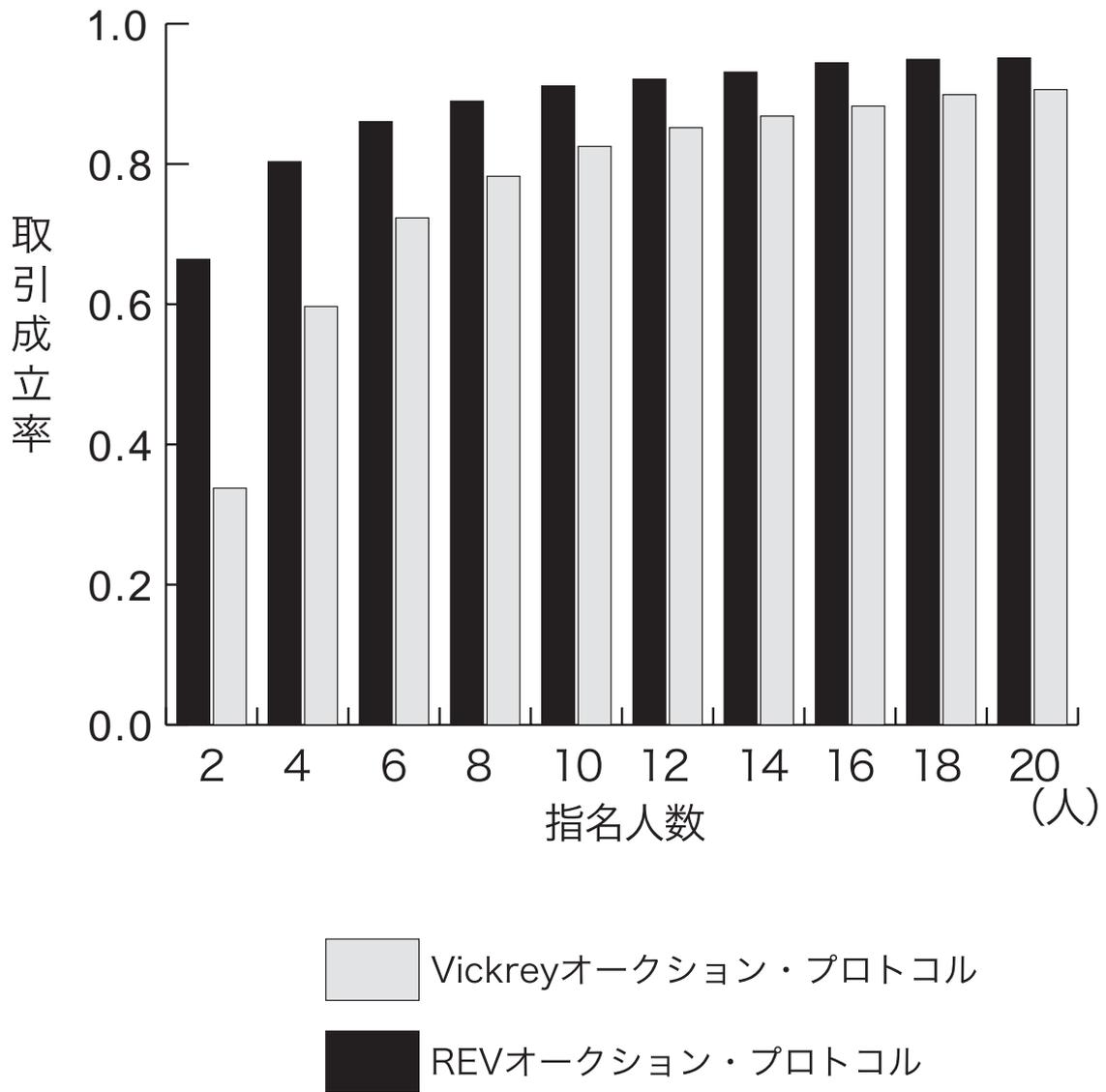


図 3.7: REV オークションと Vickrey オークションの比較

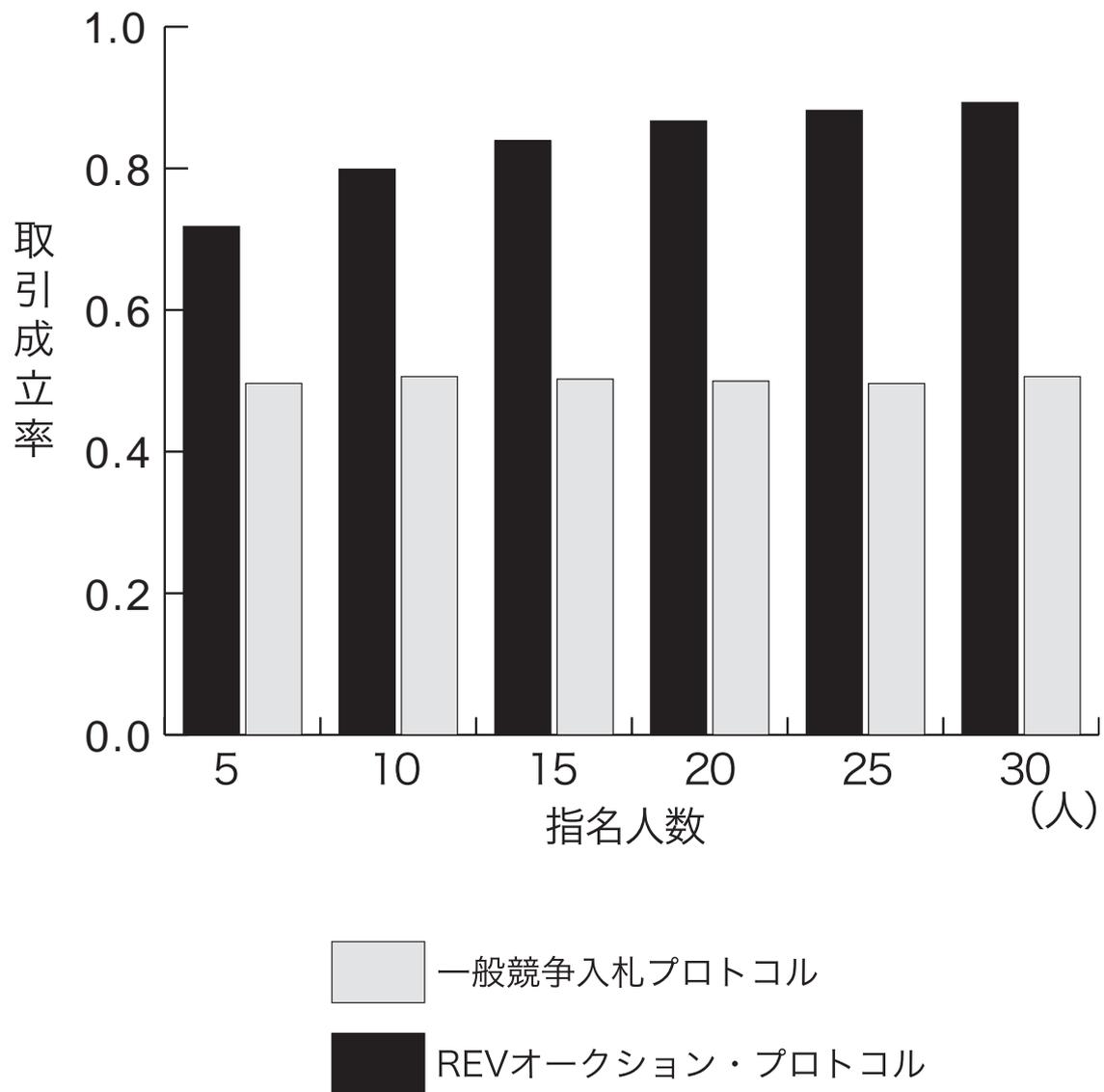


図 3.8: REV オークションと一般競争入札の比較

さらに、買い手が売り手を 50 人指名した場合と 100 人指名した場合も計算した。その結果、50 人の場合であれば 2% 弱、100 人の場合も 1% 弱は REV オークションのほうが Vickrey オークションよりも取引成立率は高いことが確かめられた。

つぎに、REV オークション・プロトコルと一般競争入札プロトコルに関して実験を行う。グラフのとおり、REV オークション・プロトコルを用いた場合は、一般競争入札プロトコルを用いた場合より取引率は常に高い。REV オークションでは、買い手が 5 人の売り手を指名した場合、取引が成立するのは平均 70% 以上である。売り手を 10 人選択したところで取引率は平均 80% を超える。また、30 人以上の売り手を指名した場合は平均 90% 以上である。他方、Vickrey オークションでは、買い手は一定して、およそ 平均 50% である。以上より、取引成立率は指名競争入札プロトコルを用いた場合と比べ、REV オークション・プロトコルのほうが高いといえる。

3.5 議論

3.5.1 ユーザインターフェース例

本節では、REV オークションにおける、ユーザインターフェースを示す。インターフェースは買い手が使用するインターフェースと売り手が使用するインターフェースがある。売り手のためのインターフェースは、商品名、カテゴリ、キーワード、留保価格および詳細を記入するためのテキストボックスが存在する。

図 3.9 は、買い手の商品検索画面である。REV オークションに参加する買い手は、まず商品選択を行い、購入したい商品を表示させる。REV オークションでは、第一に買い手は購入したい商品のカテゴリを選択し、次に商品に関するキーワードをテキストボックスに入力する。複数のカテゴリにわたり指名する場合は、カテゴリは選択しない。「エージェントに基づく電子商取引」に関する書籍を購入したい場合、例えば、カテゴリで「book」を選択し、テキストボックスに「economics」および「agent」を

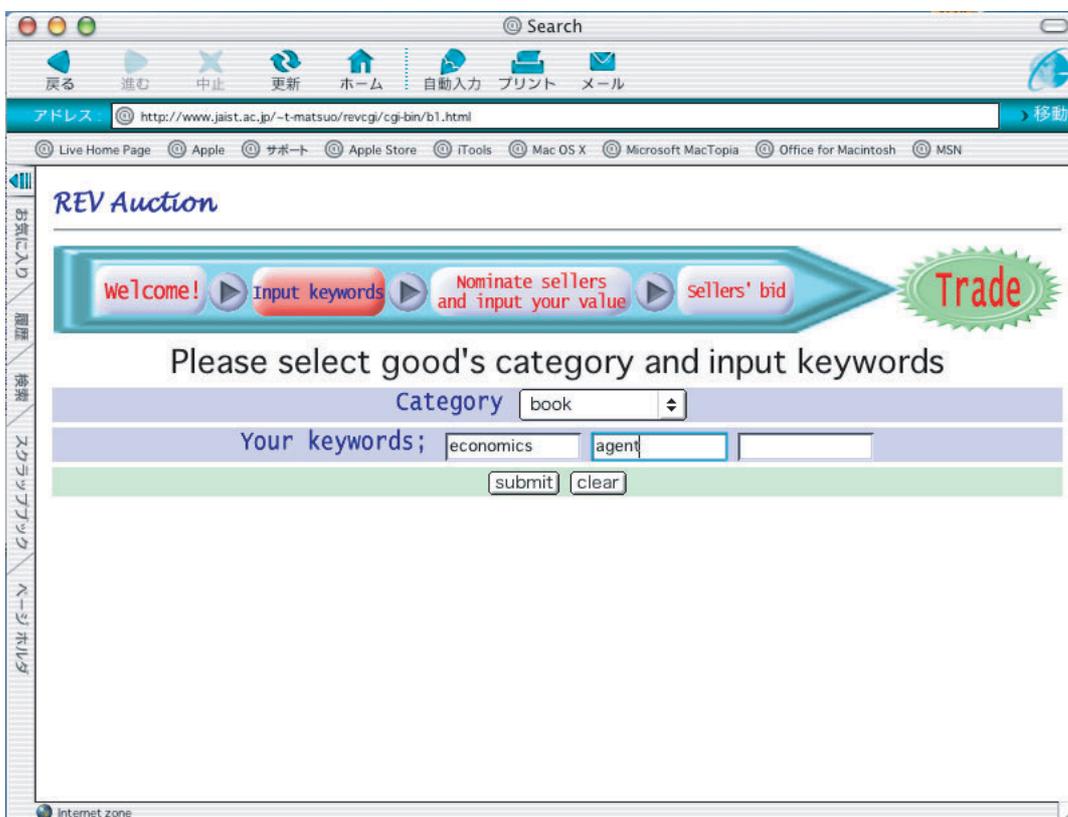


図 3.9: 商品検索画面

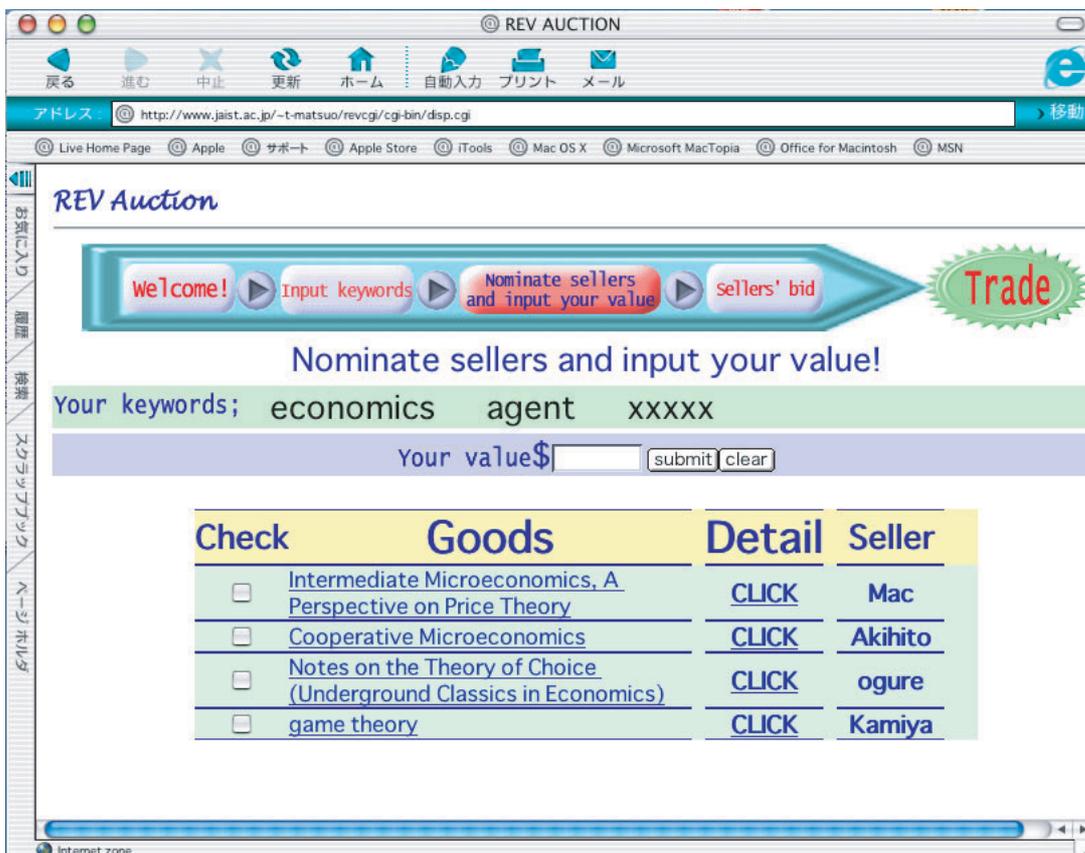


図 3.10: 売り手指名画面

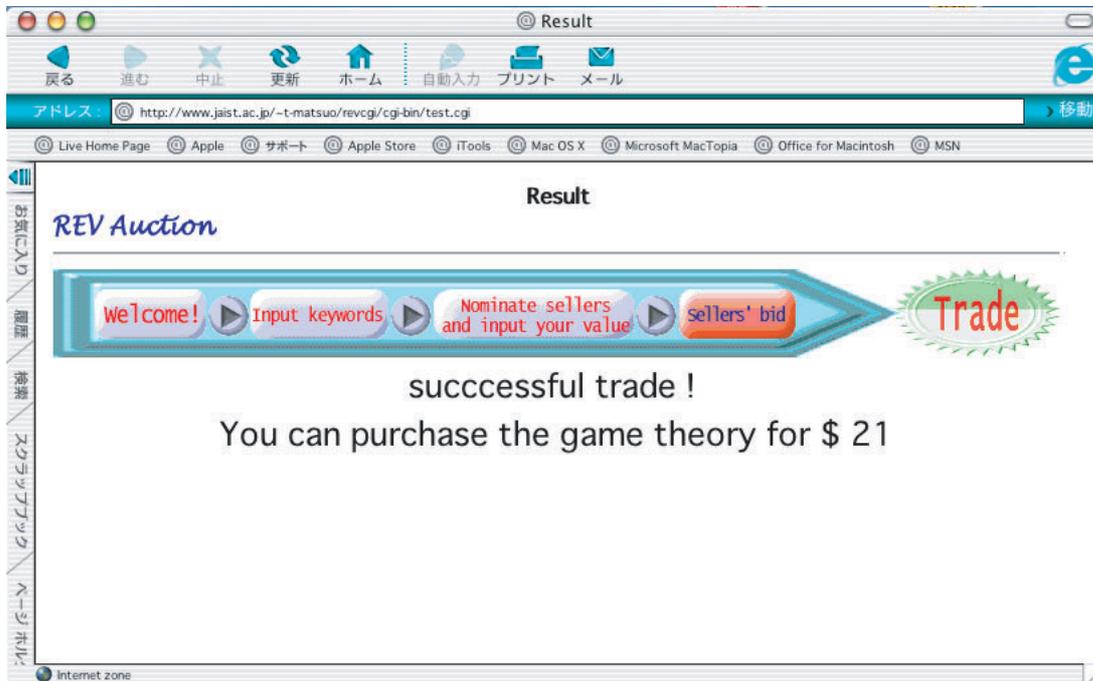


図 3.11: 落札成功画面

入力する．キーワードは，1～3 つまで入力可能である．

図 3.10 には買い手のカテゴリおよびキーワードから検索された商品の一覧が表示されている．それぞれの商品には，商品名，商品の詳細ページへのリンク，および出品者名が表示されている．買い手は商品名や商品情報の詳細のページで商品情報を閲覧し，購入してもいい商品を選択する．この際，商品を選択する場合，最左部のチェックボックスにチェックをいれる．つぎに，選択した商品に対していくらまで払えるか評価値（留保価格）をテキストボックスに入力する．さいごに送信ボタンを押したところで，買い手により指名された商品を持つ売り手エージェントが，売り手の入札を代行し，競争入札を行う．

図 3.11 は，買い手の評価値が売り手の第一価格以上のとき，すなわち取り引きできる場合である．ここでは，買い手の留保価格が\$50 であった．第二価格の\$21 が落札価格である．取り引きできる売り手は，買い手と代金および商品を交換する．全ての入札値のうち第二価格である金額を買い手は売り手に支払い，売り手から商品を受け取る．

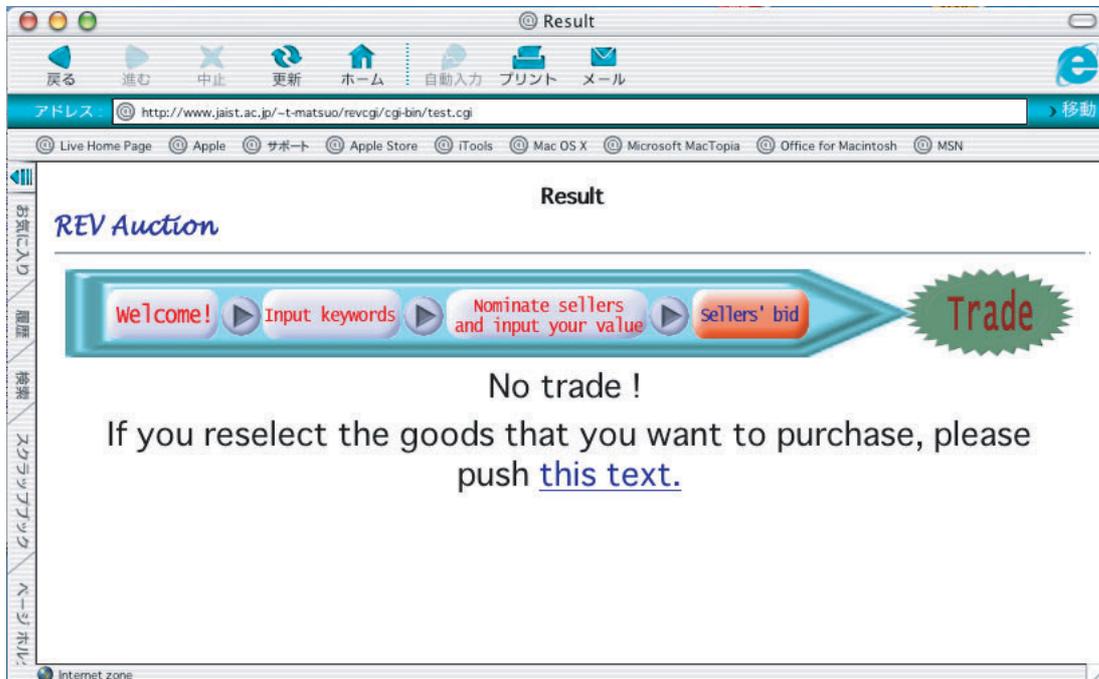


図 3.12: 取り引き不成立画面

図 3.12 は、落札できなかった場合の例である。買い手および全ての売り手は取り引きできない。買い手は商品を購入したい場合は、留保価格を上げ再び入札するか、指名しなかった売り手まで考慮にいれ、売り手を選びなおし指名する。

3.5.2 財の選択による嗜好の反映

REV オークションの特長の一つとして、財の選択すなわち売り手を指名して競争させることにより質の保証が挙げられる。一般のオークションでは、価格のみの競争である。一方で、指名競争では、売り手の財の質が悪い場合には指名されず入札に参加することはできない。従って、売り手にとって質の向上は必須である。また、買い手の嗜好および目的に合わせた財の選択も可能である。別々のカテゴリーの商品が一度にオークションにかけられるということも可能である。カテゴリーが別々の代替的な財に同等の評価値を持った場合を考える。

表 3.1: 商品選択問題

item	book1	dataCD-ROM	online data
edition	new	new	old
auther	famous	not famous	famous
price	high	low	high
contents	good	good	bad
size	large	small	-
weight	heavy	light	-
value	8	8	8

例えば，REV オークションでの書籍の購入で，表のような条件があるとする．ただし，CD-ROM や online data は，本と同様の内容を提供しているものとする．買い手は，版の新しさ，著者の有名度，値段の安さ，内容の充実度，商品の大きさ，重さなど考慮に入れ，評価値を値段で表明した．買い手の商品の評価はすべて\$8である．すなわち，\$8以上は支払えないということである．この中から買い手の評価値を下回る商品があれば取引は成立する．

この例で注目すべき点は，本と CD ROM とオンラインで入手できるデータで同時にオークションが行われているところである．新品や中古のものも同時に競わせることも可能である．異なるカテゴリーの商品を一度に競争できる．以上のように，REV オークションでは買い手が商品の質や買い手自身の嗜好により商品を選択できる．

3.5.3 談合の困難性

日本の公共工事の受注における指名競争入札のような繰り返しゲームは，談合に対して頑健でない．日本の公共工事の談合には次のようなことが原因と分析されている．[29][52]．

- 共通価値であり，入札者はリベートを渡すことにより事前に発注者の評価値を

知ることが可能である．共通価値の財とは，すべての人に対して価値が共通な場合である．

- 繰り返しゲームがあるので，入札者が協力するインセンティブが働く．また，談合を破ると利得は減少する．
- ほかの入札者からの報復を恐れ，談合を破ることができない．

REV オークションにおいては，次のことから談合することは困難であるといえる．

- 指名される売り手は，同じカテゴリーに属しているとは限らない．
- 指名される売り手はあらかじめ知ることはできない．また，オークションごとに指名されるグループの成員は変化する．
- もし，売り手全員で談合したとしても，別の売り手が新たに現れる．

一般に談合は，すべての参加者が談合し，談合したほうが談合破りをしないときに比べ利得を得ることができることが前提となる．従って，REV オークションでは，メカニズム上，談合が困難であるといえる

なお，売り手の談合が万一成功したとしても REV オークションのメカニズムより，買い手は評価値以上の支払いをすることはない．

3.6 結言

本章では，新奇に REV オークションを提案し，その特長に関して検討した．REV オークションは従来の逆オークションでの問題点を解決するために提案した．買い手が売り手を指名することで，財の質や買い手の嗜好を反映できる．また，買い手の評価値もを合によって買い手の支払額とすることで，Vickrey オークションプロトコルの場合よりも REV オークションプロトコルの場合のほうが取引成立率が高いことを実験的評価で示した．REV オークションの特長は，次の3点である．(1) 異なるカテ

ゴリの商品を一度に競争させることができ、買い手の嗜好が反映できる。(2) オークション・プロトコルは、売り手に関して誘引両立的である。(3) 談合に対して困難である。

第 4 章

Cooperation Market

4.1 序言

本章では、インターネット・オークションにおける商品の割り当てに関して、商取引支援システムを構築する。既存のインターネット・オークションの取引成立率は、高いとはいえない。商品が購入できない（入札で負けた）買い手と売れ残った商品をかかえる売り手が多数存在している。一方、取引が成立したオークションにおいて、必ずしも商品は最低価格で購入されるとは限らない。オークションで落札できた買い手にとって、予想以上の価格を支払わざる得ない場合も存在する。本章では、上記の問題点を解決するために電子商取引支援のためのマーケットを構築する。本マーケットにおいて、買い手は結託することにより商品を最低価格で購入できる。本システムでは、買い手の商品選択は多属性効用に基づいて行う。多属性効用を数値化するために階層化意思決定法 AHP (Analytic Hierarchy Process) を用いる。AHP の評価項目は買い手ごとに異なる。買い手への商品割り当ては、商品に対する重要度から選好順序に基づき、決定する。実験においては、買い手の効用の幾何平均を求めシステムの有効性を示す。本システムの特長は次の 3 点である (1) 取り引きできる買い手は商品を最低価格で購入できる (2) 買い手の多属性な効用は効果的に反映される (3) 従来のオークションでは取り引きできない売り手が商品を売却できるチャ

表 4.1: 既存のオークションにおける落札率

2002年11月現在	Yahoo! auctions	Bidders auction
出品数	3,150,000	570,000
落札数	820,000	43,000
落札率	26%	7.5%

ンスを得る。

本章の構成は以下の通りである。まず，4.2においてインターネット・オークションにおける既存の問題点を明らかにし，解決するためのマーケットを提案する。4.3において結託支援システムを説明する。4.4において実験を行い，買い手の効用に関して評価する。4.5では，議論として *CooperationMarket* のユーザインターフェースおよび特長を示す。4.6で本章をまとめる。

4.2 *CooperationMarket*

4.2.1 インターネット・オークション

インターネット・オークションは電子商取引の中で特に注目を集めている商取引の一形態であり，買い手は効率良く商品を購入できる。イングリッシュタイプのオークション（第一価格競り上げオークション）において，買い手の入札値は公開され，留保価格まで自由に価格を競り上げることができる [1] [8]。留保価格とは，買い手が支払うことができる最高の価格である [40]。留保価格以上の値を入札した場合，買い手は正の効用を得ることができない。従って，入札額が留保価格以上になった時点で競りからおり，以降入札を行わない。複数の買い手が競りに参加しているとき，一人の買い手を除いて他の買い手が競りからおりた時点で勝者が決定し，落札できた買い手

	商品A	商品A'	商品A''	商品A'''
買い手	—	—		—
入札価格	—	—	\$ 160	—
最低価格	\$ 100	\$ 130	\$ 140	\$ 160

図 4.1: 既存の問題

は商品を最後に入札した価格で購入する。買い手の競りへの参加は一般的に終了時刻か最低入札額により制限される。取り引きは、第一に開始時刻と終了時刻の間で行われる。第二に、取り引きは終了時刻か売り手の設定した価格に達した時点で終了し、その時点で最後に入札した買い手が売り手と取り引きを行う。

既存のインターネット・オークションでは、取り引き成立率が高いとはいえない。表 4.1 は Yahoo! auctions および Bidders auction における取り引き成立率を示している [1] [5]。Yahoo! auctions では出品数は 3,150,000 件であり国内のオークションでは出品数は 1 位である。取り引き成立数（落札数）は 340,000 件である。Yahoo! auctions の取り引き成立率の平均は、26%である [3]。一方、Bidders auction においては、出品数は 570,000 件であり、そのうち落札される商品数は 93,000 件である。取り引き成立率の平均は 7.5%であり、いずれの場合も必ずしも高いとは限らない。入札されず売れ残る商品が多く存在していることを示している。

図 4.1 は、既存のインターネット・オークションにおける問題の概念図を表している。買い手にとってどちらを購入してもよいという財（代替財）が 4 つあり、現在 3 人の買い手がオークションサイトに存在しているとする。商品の最低価格はそれぞれ、商品 A が \$100、商品 A' が \$130、商品 A'' が \$140、および商品 A''' が \$160 である。3 人の買い手は全員が商品 A'' に入札しており、それぞれの入札値（留保価格）は買い手 1 が \$140、買い手 2 が \$150、および買い手 3 が \$160 である。この場合、買い手 3 がオー

	商品A	商品A'	商品A''	商品A'''
買い手	 買い手1	 買い手2	 買い手3	—
入札価格	\$100	\$130	\$140	—
最低価格	\$100	\$130	\$140	\$160

図 4.2: 理想的な状況

クシヨンの勝者であり商品を\$160で購入できる。一方、買い手1および買い手2は商品を購入できない。さらに、3人の売り手も在庫を処分することができない。上記のケースは、既存のインターネット・オークシヨンにおいて、実際に多い。3人の全ての買い手にとって、商品が代替的である場合お互いに交渉・結託し、購入商品ごとに分散できるのであれば、それぞれの買い手は競争入札を行うことなしに、より安く商品を購入するチャンスを得る。理想的な状況を図4.2に示す。買い手1は商品Aに商品Aの最低価格である\$100で入札し、買い手2は商品A'に商品A'の最低価格である\$130で入札し、さらに買い手3は商品A''に商品A''の最低価格である\$140で入札すれば、全ての買い手がそれぞれの商品の最低価格で購入するチャンスを得る。結託に参加していない他の買い手が入札したり、売り手が架空の名義を用いて不正に入札を行わない限り、買い手は最低価格で商品を購入することができる。

4.2.2 CooperationMarketの概要

図4.3は、CooperationMarketの取引きの概要である。まず、代替財がマーケットに登録される。商品情報は商品の詳細を含む。商品の詳細とは、色、形、写真、性能などである。商品が決められた数に達したところで、登録は締め切られる。買い手



図 4.3: *CooperationMarket* の取り引きの概念図

のマーケットへの参加は，買い手の人数が商品数と同じ数になったところで締め切られる．それ以降は，他の買い手はマーケットに参加できない．

4.3 結託支援機構

4.3.1 AHP を用いた意思決定支援

CooperationMarket において，買い手への商品割り当ては，買い手の多属性な効用に基づいて行う．買い手の多属性な効用は，効用関数に基づき定義される．効用関数は，多属性効用理論 (MAUT) に基づき多様な独立の属性からなる [17][36]．多属性効用を数値化するために，本マーケットにおける買い手の意思決定には階層化意思決定法 AHP (Analytic Hierarchy Process) [34] を用いる．本支援システムにおいて AHP に関して，それぞれの買い手が異なった階層木を用いる．したがって，代替案に関する評価項目は，買い手ごとに異なる．

AHP は，システムズ・アプローチと主観的判断を組み合わせることにより，定量分析では扱いきれない決定問題に対処する方法である．この手法では，意思決定者の

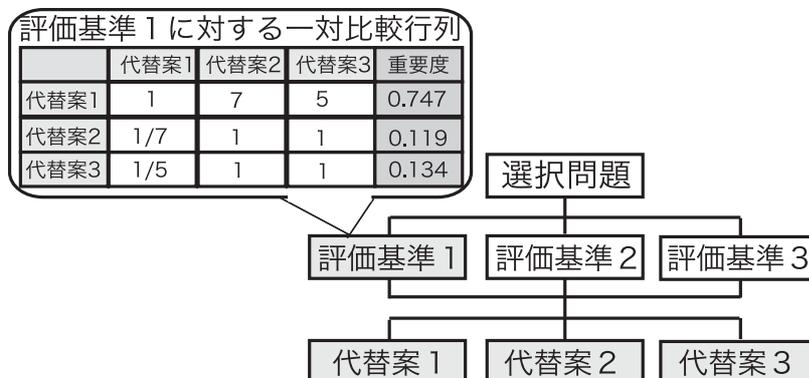


図 4.4: AHP による意思決定階層図

勘や経験を生かすことがその主眼となっている。AHP では、まず決定問題を、目的、評価基準、代替案の関係でとらえて階層構造を作りあげる。あるレベル(図 4.4 では代替案 1、代替案 2、および代替案 3)にある要素間の一対比較を、その一つ上にあるレベル(図 4.4 では評価基準 1)の要素を評価基準として用いて行う。ここでは各評価基準ごとに得られる一対比較値の集合を一対比較行列(図 4.4 の左上)として扱うことにより、一対比較要素の重要度(つまり、評価基準に対する重み)を解析的に求める。具体的には、各要素の重要度は一対比較行列の幾何平均として得られる。

本マーケットでは、選択問題として代替財の選択、代替財の各属性、および代替財の 3 層に問題が階層化される。一対比較行列の特徴は、(1) 対角要素は 1、(2) 行列の要素の値は $a_{ij} = 1/a_{ji}$ である。一対比較による要素間の重み付けは 9 点法が用いられ、その重み付け(評点)は別の第三要素から見て決定される相対的重み付けである。9 点法は、一対比較値として、1(同じように重要を示す)から 9(極めて重要を示す)までの正整数値を与えるものである。一般的に、明確な尺度を持たない要素間の比率をユーザが明確に答えるのは不可能である。そこで AHP では、一対比較値を獲得するために、「極めて重要」、「非常に重要」、「かなり重要」、「やや重要」といった言葉による(verbal な)表現を用いることによってつかみどころのない要因を含む問題に関する主観的な分析を可能にし、ユーザの負担を軽くする。AHP における一対比較値は人間の意思を厳密に表すのではなく、およそこれぐらいという人間の主観的評価値を表す。

表 4.2: 選好順序の決定

	商品 A	商品 A'	商品 A''
重要度	0.5	0.3	0.2
選好順序	$A \succ A' \succ A''$		

AHP には、非整合度尺度 (I.R.: inconsistency ratio) と呼ばれる主観的評価の整合度を表す指標がある。理想的な一対比較が行われると非整合度尺度 I.R. は 0 になる。この非整合度尺度の値が 0.1 以下であれば、経験的に、一対比較に整合性が有りとは判断できる [62]。I.R. が 0.1 以上の場合は、一対比較をもう一度やり直す。

4.3.2 商品の割り当て

本節では、買い手への商品の割り当て方法に関して説明する。買い手の商品への重要度は、AHP を用いて計算される。買い手ごとに多属性な評価項目は異なるので、一般的に代替案に対する重要度は買い手どうしで比較することはできない。したがって、本支援システムにおいては買い手の選好順序に基づき、商品の割り当てを行う。

それぞれの買い手は、全ての商品の最低価格以上の留保価格を持つとする。商品の最低価格とは、売り手が取り引きできる商品価格の最低ラインであり、オークションに登録する際に売り手が入力する。それぞれの買い手の選好順序は、買い手個人の商品の重要度に基づき決定される。例えば、買い手の商品に対する重要度から選好順序は表 4.2 のように表される。ある買い手の商品 A の重要度が 0.5、商品 A' に対する重要度が 0.3、商品 A'' に対する重要度が 0.2 であるとする。このとき、買い手の選好順序は、 $A \succ A' \succ A''$ である。

図 4.2 は、買い手の選好順序の例である。買い手 1 の留保価格は \$21 であり、選好順序は $A \succ A' \succ A''$ である。買い手 2 の留保価格は \$19 であり、選好順序は $A' \succ A'' \succ A$ である。買い手 3 の留保価格は、\$25 であり、選好順序は $A'' \succ A' \succ A$ である。このとき、商品 A は買い手 1 に割り当てられ、商品 A' は買い手 2 に割り当てられ、商品

A'' は買い手 3 に割り当てられる．買い手どうしの選好順序が重なった場合，割り当てはランダムに行われる．

4.4 実験

CooperationMarket のシステムの有効性を示すために，買い手の効用に関して，既存のオークションを用いた場合と本支援マーケットを用いた場合とで比較実験を行った．買い手の効用は購入商品に関して AHP における重要度で定義する．既存のオークションは全てイングリッシュ・タイプのオークションプロトコルが用いられていると仮定する．イングリッシュ・タイプのオークションプロトコルは，Yahoo! auction など広く用いられている．本システム利用のユーザの商品に対する評価値（評価項目および代替案に対する重要度）は公開されないものとする．AHP における買い手の評価項目および代替案の重要度は一様分布に基づき決定される．図 4.5 は既存のオークションのみで取り引きを行った場合と，*CooperationMarket* を用いた場合のシミュレーションの結果を折れ線グラフとして表示したものである．横軸は取り引き成立率を示している．一方，縦軸は買い手の効用を示している．実験は 100 回行い，それぞれの結果の平均を求めグラフにした．本実験では，本 *CooperationMarket* に 4 つの代替財が存在し，4 人の買い手が参加したものとした．取り引き成立率を変化させて，既存のオークションのみでの結果と本支援マーケットを用いた場合の結果を比較した．*CooperationMarket* を用いた場合，買い手の効用は常に既存のオークションを用いた場合より大きいことが確認できる．取り引き成立率が 10% (Bidders auction は 7.5%) のとき，買い手の効用は既存のオークションと比べ，20% 以上高い．取り引き成立率が 25% (Yahoo! auctions では，26%) のとき，買い手の効用は既存のオークションと比べ，10% 以上高い．明らかに，*CooperationMarket* を用いた場合，既存のオークションのみを用いた場合より買い手の効用が高いといえる．

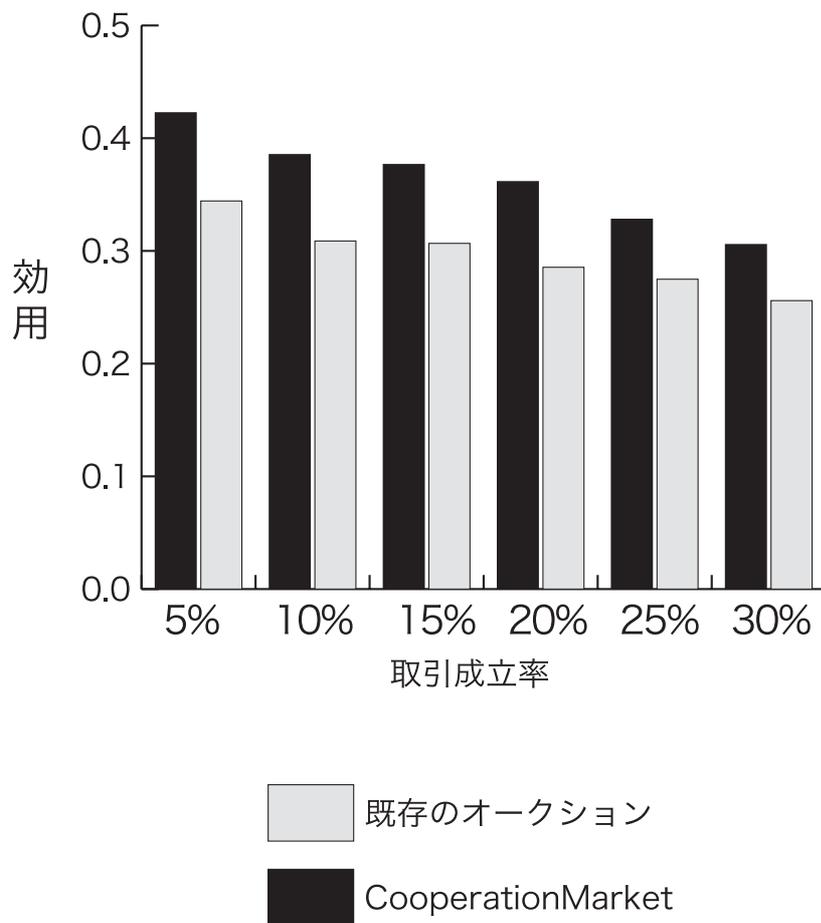


図 4.5: *CooperationMarket* を用いた場合と用いない場合の買い手の効用

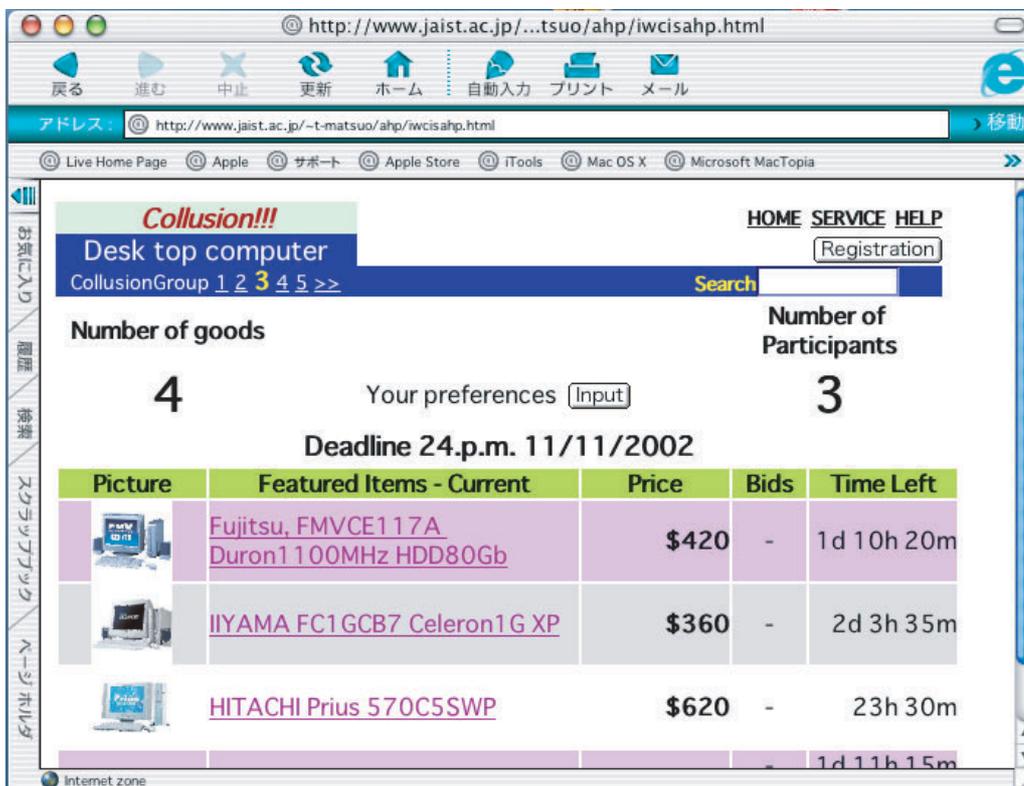


図 4.6: ユーザインターフェース例

4.5 議論

4.5.1 ユーザーインターフェース例

図 4.6 は、*CooperationMarket* のインターフェース例である。まず、マーケットに買い手が参加する。買い手は、購入したい商品のキーワードを入力したりカテゴリを選択できる。つぎに、キーワード入力などに基づき商品の候補が提示される。本グループの商品数がブラウザ上部中央に表示されている。さらに、本グループにおいて結託に参加している買い手の人数が表示される。買い手は締め切り時刻になるまでに参加する。締め切り時刻は、既存のオークションの終了時刻よりも長く設定されている。参加した買い手は、多属性な効用を入力し選好順序は AHP の重要度に基づき決定される。最後に、仲介エージェントにより、買い手の選好順序に基づいて決定された商品のあるサイトに入札を行う。

4.5.2 システムの特長

既存のインターネット・オークションにおいて、取り引き成立率は低く出品された商品はほとんど売れ残る。本研究では、既存のオークションにおいて、多くの代替財が売れ残るケースに注目した。買い手が結託することで、売れ残り商品を購入するシステムを提案した。本システムの特長は、結託が成功した場合全ての買い手が商品を最低価格で購入できる点、多属性効用理論に基づき買い手の多属性な嗜好が反映される点である。

4.6 結言

本章では、買い手がつ多属性な効用に基づき結託することを支援するために、*CooperationMarket* を提案した。インターネット・オークションサイトに出品された商品が現実的にほとんど売れ残るケースに注目し、システムを提案した。*CooperationMarket* では、代替財が扱われており、買い手が結託して商品を購入する。本システムにおい

て、買い手の多属性な嗜好は反映され、さらに取り引きできる買い手は最低価格で商品を購入することができる。

第 5 章

共同購入マーケット

5.1 序言

インターネットの発達および汎用化により、オークション等 [26] の様々な形態の商取引が盛んに行われている。共同購入は急成長している電子商取引の重要な一形態であり、多くの共同購入サイトが存在している [5] [10]。共同購入とは、買い手の参加人数に応じて販売価格が変化する商取引である。買い手が集まりまとまった数の商品を一度に購入することで買い手はより安く購入でき、売り手はまとまった在庫を一度に処分することができる。現在、様々な形態の共同購入が存在する。例えば生活共同組合では、個人で商品を注文した場合配達手数料が課せられる。一方、近所どうして班をつくりグループで商品を受け取ることで配達手数料なしで購入することができる [6]。インターネットを用いた共同購入は、不特定多数の買い手との提携が可能である。楽天市場では、共同購入において買い手が参加しやすいように予約共同購入オークション機能を備えている。本機能は、商品が十分安く購入できるようになったときに買い手が共同購入に参加を表明する機能であり、ユーザは仮の参加者人数を知ることができる。多くの共同購入サイトでは、商品が割り引かれるまでに何人の参加が必要であるかブラウザに表示される [10]。

インターネット上では、多くの共同購入サイトにおいて複数の売り手が同一または

類似した商品を扱っている．同一の商品でも売り手によって大きく価格が異なる場合もある．買い手の参加人数制限や参加人数に応じた販売価格を考慮にいれば，参加するタイミング，およびどの売り手の共同購入に参加するか意思決定は買い手にとって重要な問題であるといえる．

複数の売り手が類似した商品または同一の商品を共同購入で扱う場合，買い手の分散が見られる．買い手の分散とは，複数の類似した商品に関して複数の売り手の下で買い手が別々にグループを形成している状況である．特に，インターネット上では，売り手が散在しているため，買い手が分散しやすい．買い手が分散した状況において，ある買い手グループにとっては十分な参加者数にならず，商品を安く購入できないことがある．もし，買い手にとって複数の商品のうちどれを購入しても構わないならば，買い手グループを統合することで安く商品を購入することができる．本論文では，共同購入において複数の代替的な商品が存在するときに買い手がより安く商品を購入するためのグループ統合を支援する機構を提案する．そして買い手は多属性の嗜好をもつと仮定し，多属性効用理論に基づきグループ統合アルゴリズムを提案する．例えば，コンピュータの購入を考える．コンピュータを購入する際の判断基準には，メモリ，ハードディスク，価格等が挙げられる．[27]．

既存の関連研究は，金額のみによって効用が定義されているが，本研究では，買い手の効用を多属性効用理論として定義する．金額のみでの議論は実際の商品購入における商品選択にそぐわない．例えば，買い手がコンピュータを購入する場合，商品のスペックを考える．いくつかの代替案から注目する属性と注目しない属性を考慮に入れて購入する．従って，価格のみでの決定は実際の購入にそぐわない．本論文では，実際の商品購入において，より実現可能な商取引プロトコルを提案する．

一般に，複数のエージェントの提携形成問題は，解空間がエージェントの数に対して指数関数的に増加するため，計算が困難な問題である．さらに，多属性効用まで考えたとき計算量はさらに増加する．そこで本論文では，提携形成（グループの統合）の手法として，経験的な手法（エージェント間の妥協）を用いることにより，単にグループを形成するよりもユーザの効用が高くなる解を得るためのグループ統合アルゴリズムを提案する．

本論文の構成を以下に示す．5.2で共同購入マーケットを説明し，共同購入支援機構を示す．5.3で本論文で提案するグループ統合アルゴリズムを説明する．5.4で本ア

ルゴリズムの有効性を確認するために実験および評価を示す．5.5 で，本研究と関連研究の相違点を明らかにする．5.6 で，本論文のまとめを述べる．

5.2 共同購入マーケット

5.2.1 共同購入

共同購入 (Group Buying) は，売り手が準備したまとまった数の商品を一度に複数の買い手が購入する商取引である．買い手が集まることで，商品をより安く購入できる．売り手はまとまった数の在庫を処分することができる．インターネットにおける共同購入の利点は，不特定多数の買い手が提携を組むことが可能であることである．

取り引き終了は一般に時間による締め切りと人数による締め切りがある．前者は，開始と終了を時間で区切り終了時刻になった時点で参加が締め切られ，参加した買い手と売り手が取り引きを行う．后者は，商品の個数に限定があり買い手の人数が決められた限定数に達したところで新規の参加が締め切られ，参加した買い手と売り手が取り引きを行う．買い手はある時点で何人参加しているかを常に閲覧することができる．

売り手はまとまった数の商品を準備し，一度の取り引きで買い手に購入される数に応じた商品の単価を提示する．一般に表 5.1 のようなテーブルにより商品の販売数に応じた単価が提示される．買い手は商品の単価を示したテーブルの情報と既に何人の買い手が共同購入を希望しているかに関する情報を参照した上で，購入するかを判断する．

買い手が 1 人の場合，商品の単価は 5,000 円である．買い手が，2 人～5 人の場合，商品の単価は 4,000 円である．買い手が 6 人以上の場合，商品の単価は 3,000 円となり個別に購入するよりは 2,000 円安く購入することができる．例えば，買い手 A の留保価格を 3,500 円とする．留保価格とは商品を購入する際にある買い手が支払っても

共同購入サイト

The screenshot shows the Bidders website interface. The top navigation bar includes 'オークション' (Auction), 'ショッピング' (Shopping), and 'NEW プレゼント' (New Present). The main content area is titled '共同購入カテゴリ > 食料・飲料 > パン' (Joint Purchase Category > Food & Drink > Bread). Below this, there are three images of different breads. The main product details are as follows:

共同購入

現在価格 : 100円 (23%OFF) [購入履歴]
 ロットナンバー : 14136230
 終了時間 : 2/16 12:43
 残り時間あと : 3日間
 出品者 : 熊さんママ (〇〇) (101)

[評価]
 [出品者の他の出品を見る]
 [出品者に質問する]

購入・予約状況 :

	販売数	販売価格	売れた数	予約数
	1~10	130	-	-
	11~20	120	-	-
	21~30	110	-	-
現在価格帯	31~1,000	100	75	-

お一人様 200 個まで購入・予約できます

現在価格で 個

[購入する]

価格テーブル

図 5.1: 共同購入サイト

表 5.1: 価格のテーブル

商品数 (個)	商品の単価 (円)
1	5,000
2-5	4,000
6-	3,000

よいと考える最高額である [40]。もし、共同購入サイトに既に他の買い手が 5 人参加していれば、買い手 A が参加することによって買い手 A は商品を参加前の 5,000 円より 2,000 円安い 3,000 円で購入することができる。

なお、実際の共同購入サイトは図 5.1 のように、一人で複数個の商品を購入できたり、予約しある割引に達したところで共同購入への参加が可能なサイトも存在する [5]。

5.2.2 共同購入マーケットの概要

本共同購入マーケットにおける取り引きの流れを示す。まず、共同購入マーケットにおける該当カテゴリに商品を登録する。登録する情報は、商品の詳細情報 (色, 形, 写真等) と、商品販売数に応じた単価である。商品が 3 個登録された時点で売り手の商品登録は締め切られる。商品登録が締め切られたところでシステム管理者により商品の複数の属性が候補として決定される。商品の属性とは、商品が持つ性質である。例えば自動車には、排気量, 燃費, 色, 型等の属性がある。

システム管理者により複数の属性が候補として決定される。買い手の参加が開始される。買い手は、登録された商品が代替財である場合に共同購入マーケットに参加する。販売される商品の個数に制限がある場合、制限された個数に買い手の人数が達した時点で買い手の参加は締め切られる。個数に制限がない場合、開始後のある一定の時間が経過したところで買い手の参加は締め切られる。参加した買い手は、商品に対する留保価格および意思決定における数値 (一対比較の値) を入力する。買い手の入

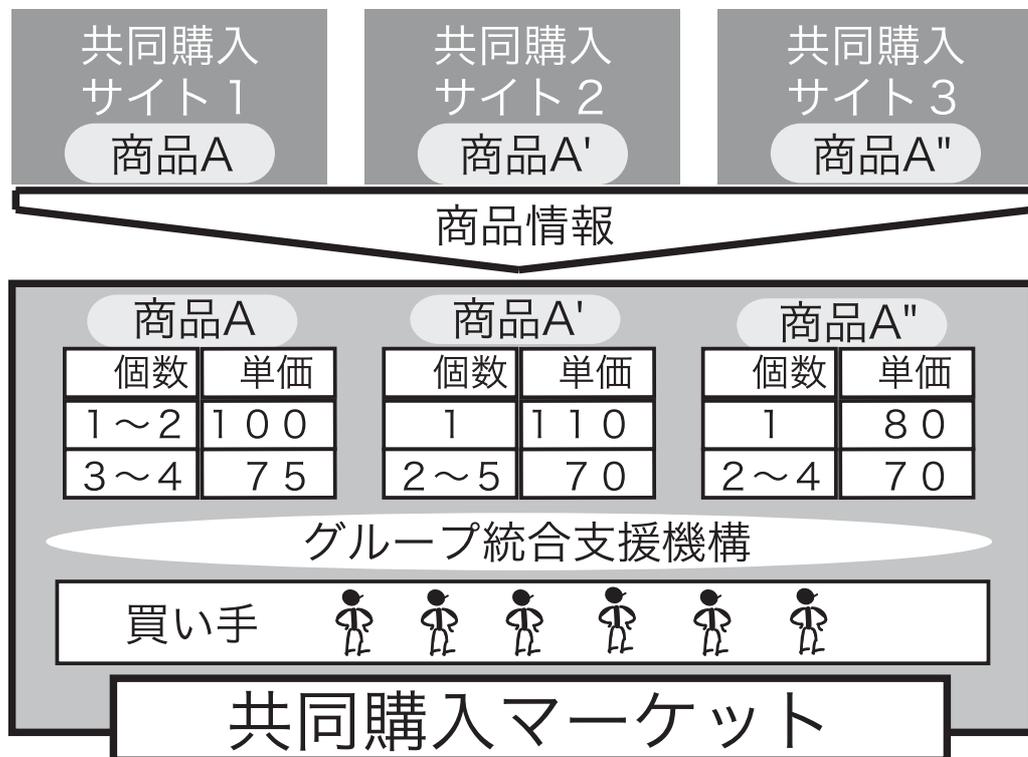


図 5.2: 共同購入マーケット

力に基づいて行われる計算結果により、購入方法が決定される。但し、留保価格がある商品の最低価格を下回る場合は参加できない。

5.2.3 AHP を用いたグループ作成支援

本共同購入マーケットにおける買い手の効用は、多属性な嗜好に基づいて定義する。一般にある選択問題が存在するとき選択肢において2つまたはそれ以上の属性によって特徴づけられる問題は、多属性効用理論により論じられる [33]。本機構では、買い手が2つ以上の商品のどれを購入すべきか選択する際に、商品の価格、色、材質など複数の属性に基づいて選択するので、多属性効用理論に当てはめて問題を定式化できる。ある選択問題が存在し、属性として X_1, X_2 があるとする。それぞれの属性に関

する値 (ある商品のそれぞれの属性に関する嗜好) を x_1, x_2 としたとき, 次式で多属性効用関数が定義できる.

$$U(x_1, x_2) = f(f_1(x_1), f_2(x_2)) \quad (5.1)$$

ここで, f_i はある商品の属性 X_i の属性値 x_i における効用関数であり, f はそれぞれの属性における効用関数を総合するための関数である. $U(x_1, x_2)$ は, ある商品に対する多属性の効用を総合した効用である.

本システムにおいては, 買い手の商品選択における入力負担を少なくするために, 商品の評価基準を 3 つに絞る. より重要な属性に関してグループ作成を行うために本共同購入マーケットに参加した買い手は, あらかじめシステム管理者により候補として決定された商品の属性の中から認定投票で 3 つの属性を選択する. 3 つの属性を認定投票することにより, 少なくとも商品選択における評価項目は決定できる. 1 つないし 2 つの投票においては, 全ての買い手が同じ属性に投票した場合, 多属性な評価項目の決定とはならない. 3 つの属性を認定投票することで上の問題は回避することができる. 認定投票とは, 複数の候補から投票者が最低限認める候補すべてを選び出す投票方法である [55]. 各買い手の認定投票した属性を得票数順にソートし上位から 3 つの属性を買い手グループの属性として決定する. 各買い手およびグループの商品選択における意思決定は, 階層化意思決定法 (AHP: Analytic Hierarchy Process)[34] によって支援する.

AHP は, 先述のとおり, まず決定問題を, 目的, 評価基準, 代替案の関係でとらえて階層構造を作りあげる. 本マーケットでは, 買い手個人の階層木とグループの階層木を作成する. 代替案の評価項目は, 上記の認定投票による属性を採用する.

本共同購入マーケットでは, 先述の *CooperationMarket* と同様に選択問題として代替財の選択, 代替財の各属性, および代替財の 3 層に問題が階層化される. 一対比較行列の特徴は, (1) 対角要素は 1, (2) 行列の要素の値は $a_{ij} = 1/a_{ji}$ である. 一対比較による要素間の重み付けは 9 点法が用いられ, その重み付け (評点) は別の第三要素から見て決定される相対的重み付けである. 9 点法は, 一対比較値として, 1 (同じように重要を示す) から 9 (極めて重要を示す) までの正整数値を与えるものである. 一般的に, 明確な尺度を持たない要素間の比率をユーザが明確に答えるのは不可能である. そこで AHP では, 一対比較値を獲得するために, 「極めて重要」「非常に重要」,

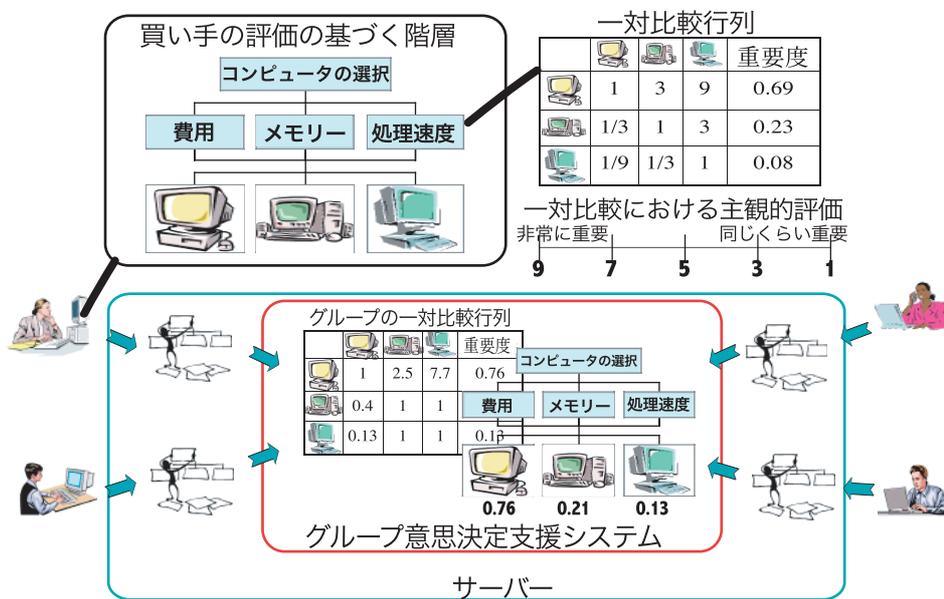


図 5.3: グループにおける—対比較

「かなり重要」、「やや重要」といった言葉による (verbal な) 表現を用いることによってつかみどころのない要因を含む問題に関する主観的な分析を可能にし、ユーザの負担を軽くする。AHP における一対比較値は人間の意思を厳密に表すのではなく、およそこれぐらいという人間の主観的評価値を表す。

AHP には、整合度 (C.I.:Consistency Index) と呼ばれる主観的評価の整合度を表す指標がある。AHP における代替案の一対比較において、得られた数値はあくまでも 2 つの項目比較であるので、全体として首尾一貫した整合度を持っていない場合がある。整合度とは一対比較行列から次式を計算することで調べることができる。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5.2)$$

ただし、 λ_{max} は一対比較の最大固有値、 n は固有値の和である。理想的な一対比較が行われ完全に整合性を持つ時、整合度 C.I. は 0 になる。不整合性が高くなるにつれ、C.I. も大きくなる。この非整合度尺度の値が 0.1 以下であれば、経験的に、一対比較に整合性が有りだと判断できる [62]。

本機構では、整合度が満たされず何度もユーザが入力する負担を軽減するために、入力機能に一対比較値選択機能を持つ。本機能では、選好順序に基づいた比較可能な候補を提示する。さらに、整合度が満たされる属性値の選択可能範囲のみを提示する。属性 A および属性 B の比較を行った時点で、属性 A および属性 C において選択可能範囲は制限される。本機構では非整合度尺度が 0.1 未満となる値のみが提示される。例えば、属性 A および属性 B における比較でユーザが 1/7 を選択したとき、属性 A および属性 C における選択では、5、7、9 を除いた比較値が提示される。

AHP において一対比較の整合度を C.I. を計算することで調べることができる。一対比較において、ユーザが入力可能な候補値は C.I. を調べることで容易に知ることができる。例えば、3 行 3 列の一対比較行列作成において、ユーザがまず 1 行 2 列に 9 を入力したとする。このとき、1 行 3 列には、1/5、1/7 および 1/9 は入力することができない。仮に入力したとすれば、2 行 3 列にはどの値も入力することができない。つまり、どの値を入力したとしても C.I. は 0.1 を越えてしまい整合性はなくなってしまう。表 5.2 は、1 行 2 列の入力に基づく 1 行 3 列の入力可能範囲である。

表 5.2: 一対比較の範囲

属性 A と属性 B の比較値	属性 A と属性 C の比較における制限
1/9	5, 7, 9
1/7	5, 7, 9
1/5	7, 9
1/3	制限なし
1	制限なし
3	制限なし
5	1/7, 1/9
7	1/5, 1/7, 1/9
9	1/5, 1/7, 1/9

5.3 グループ統合支援機構

5.3.1 買い手の分散

共同購入において、複数の商品と複数の買い手が存在する場合を考える。インターネット上には多くの売り手が存在しており、代替的な複数の商品情報に関して、ユーザが知ることができない場合がある。それぞれのユーザが、ある限られた情報しか持たない場合、買い手が分散することがある。買い手グループの分散とは、複数の売り手の下でそれぞれの売り手の共同購入(サイト)において買い手がグループを形成している状況である。図 5.4 は買い手グループの分散の例である。代替的な商品として商品 A と商品 A' が存在し、買い手が 7 人参加している。すべての買い手にとって商品 A か商品 A' のどちらを購入してもよいとする。商品 A には 3 人、商品 A' には 4 人の買い手が参加しており、商品の単価はそれぞれ 160 円、170 円である。買い手が分散している状況において、ある買い手グループにとっては十分な参加者数にならず、商品を安く購入できないことがある。もし、買い手にとって複数の商品のうちどれを購

入しても構わないならば、安く購入できない買い手グループは他の買い手グループ統合されることで安く商品を購入することができる。図 5.5 はグループ統合により統合前より商品の単価が安くなる例である。図 5.5 の例では、統合に合意した買い手の多属性な嗜好に基づき、グループ統合を行った結果、グループの決定としてもう一方の商品より 20 円高いが、150 円の商品を購入したほうが買い手グループの効用が反映した例である。いずれかの買い手グループ全員が妥協し、もう一方のグループに統合されることですべての買い手にとって統合前より安く商品が購入するチャンスを得る。

買い手が分散している状況で、一般に多くの共同購入サイトにおいて、複数の売り手が同一または類似した商品を扱っている。すなわち、買い手にとって、どの商品を購入してもよいという状況である。このとき商品は代替財と呼ばれる。厳密にはミクロ経済学では、代替財とは、商品 A の価格が上昇したことで商品 B の需要が増加する場合、商品 B は商品 A の代替財であると定義される [57]。例えば、コーヒーと紅茶の両方を好む買い手が存在し、コーヒーの価格が高騰したことで紅茶を購入するようになれば、この買い手にとってコーヒーと紅茶は代替的であるといえる。代替財とは、ある買い手にとってどちらを購入してもよいと考える商品であると定義できる。買い手が一人存在し、複数存在する商品すべてに対して代替的であると考えられる場合、買い手は、商品の特長や性質に対する嗜好および価格などからどの商品を購入するか判断する。

5.3.2 グループ統合アルゴリズム

本節では、グループ統合アルゴリズムを提案する。AHP を用いて各買い手の商品の重要度が計算される。グループの商品の重要度は以下の手順で求める。各買い手が作成した一対比較行列の各要素に関し幾何平均を求め、グループとしての一対比較行列を作成する。グループの一対比較行列に基づきグループとしての重要度を計算する。AHP を用いて意思決定を行った買い手は、商品ごとにグループを形成する。買い手が分散した時、3.1 節で示したように商品の価格が十分安くならず、共同購入の効果が減少する場合は考えられる。本機構では、複数の小グループを統合することで、買い手の嗜好を考慮しつつもより安く商品を購入できる支援を行う [25]。統合の際の制

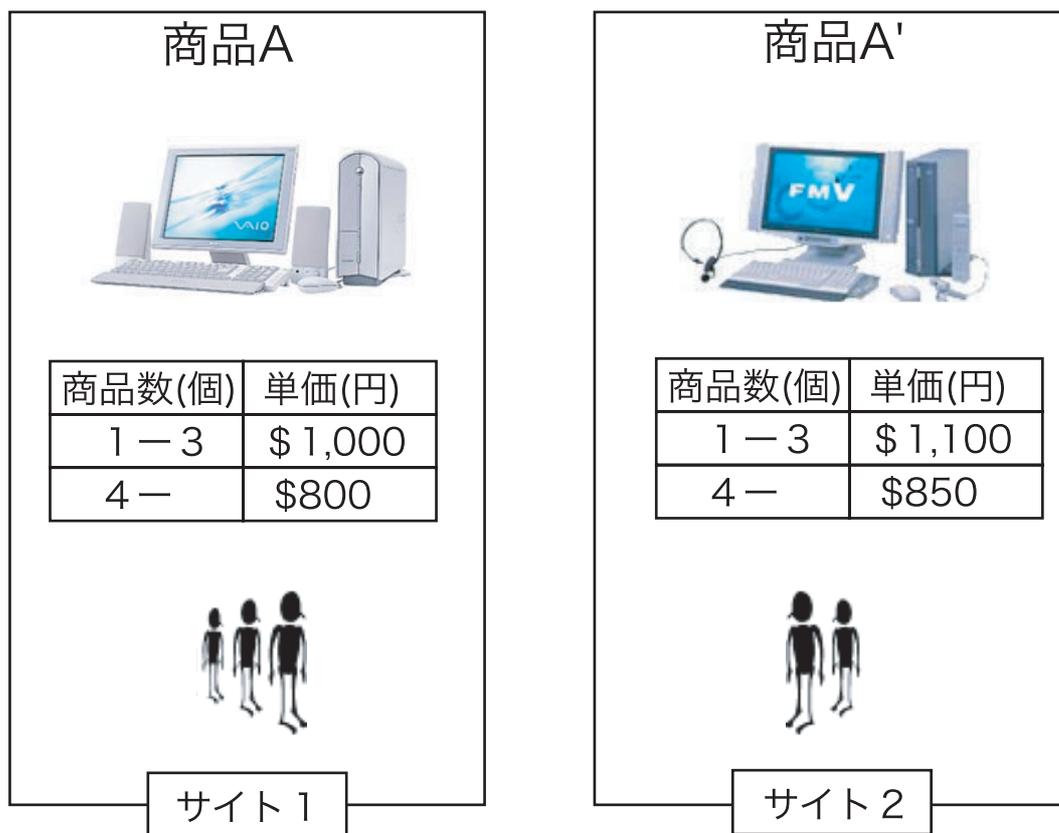


図 5.4: 買い手グループの分散

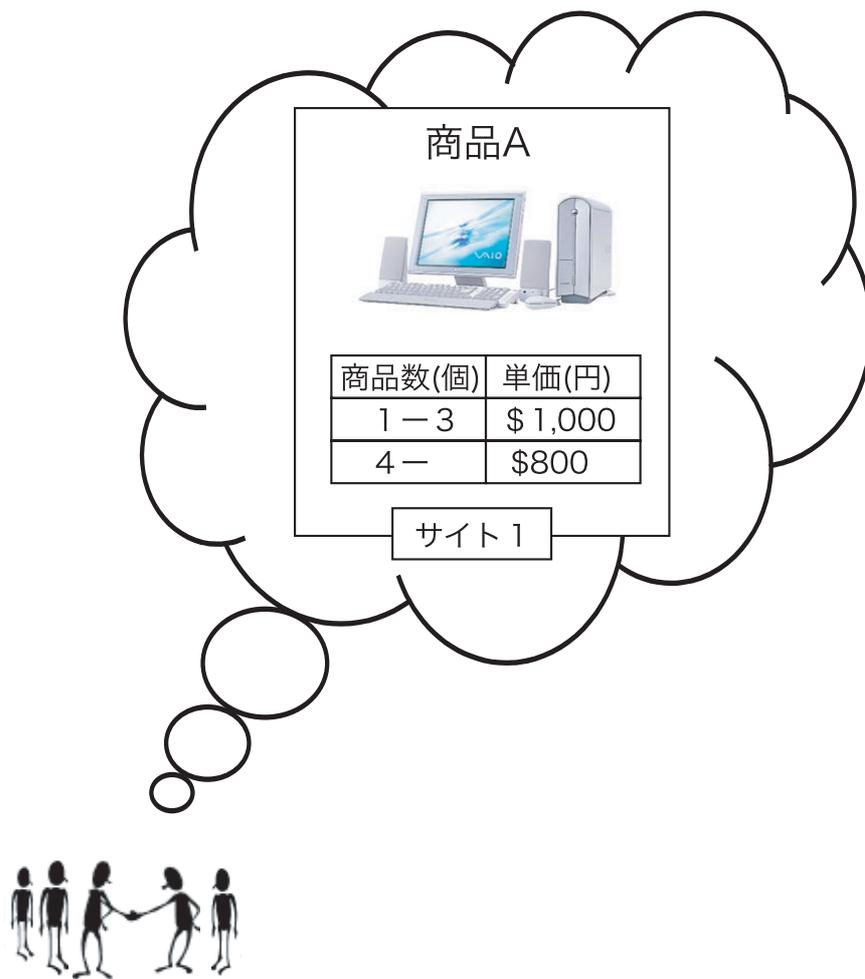


図 5.5: グループの統合

約として、購入可能な商品数、グループの参加人数、留保価格、および各買い手の代替財に対する重要度が考えられる。以上の制約に基づきグループ統合方法を [ステップ 1] ~ [ステップ 4] に分類する。

図 ~ はステップごとの概念図である。[ステップ 1] は既存の共同購入を行う場合 ([単純共同購入]) である。グループ統合が可能であれば、取り引きを行わず [ステップ 2] に進む。[ステップ 2] は全ての買い手をグループ統合する場合 ([全統合]) である。全ての買い手がある閾値を越えない場合は [ステップ 2] で取り引きを行い、そうでない場合は取り引きを行わず [ステップ 3] に進む。[ステップ 3] は、ある閾値を越えない買い手のみをグループ統合した場合である。[ステップ 4] は [ステップ 3] で効用が増加しない買い手は統合を行わず、統合前の商品を購入する場合である。後述のアルゴリズムでは、[ステップ 3] および [ステップ 4] は買い手の効用がより反映されるほうが適用され ([グループ統合])、取り引きを行う。

以下で、[ステップ 1] ~ [ステップ 4] のアルゴリズムを示す。

入力：買い手 i の留保価格 r_i 、買い手の商品重要度 w_i 、グループの商品重要度 w_{group} 、 j 番目のグループ G_j 、グループ G_j における買い手の人数 n_{G_j} 、参加人数 $N(= \sum n_{G_j})$ 。
買い手 i の統合後の購入商品に対する重要度 w_{after} 。
システム使用料 p_{add} (但し、 p_{add} が負値のときは 0 とする)。
出力：支払い額 p 。

procedure GroupBuying(r_i)

[ステップ 1]

begin

if 小グループに関して $i, r_i \geq p_{min}, j, n_{G_j} > n_i(p_{min})$

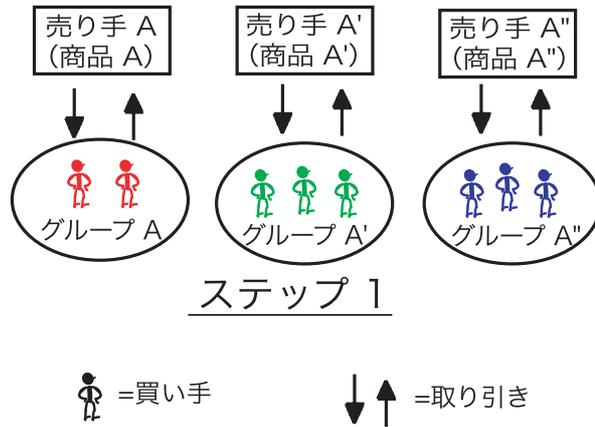


図 5.6: ステップ 1

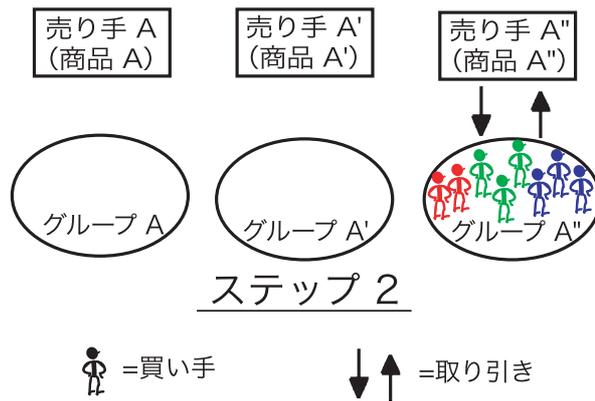


図 5.7: ステップ 2

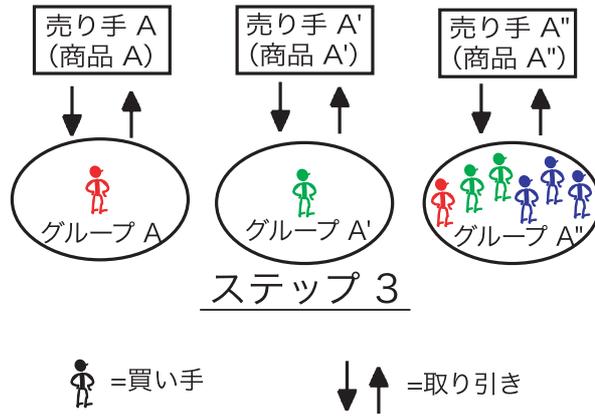


図 5.8: ステップ 3

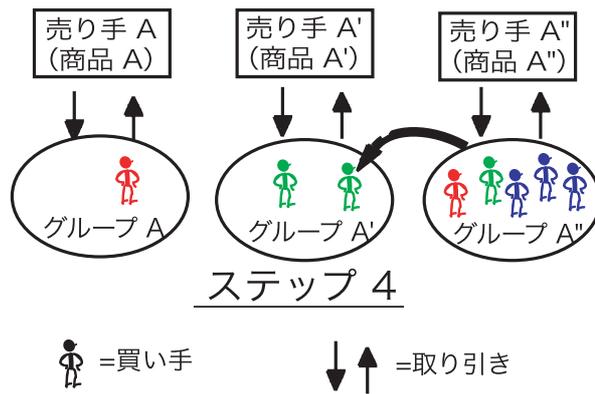


図 5.9: ステップ 4

(p_{min} : 最低価格 , $n_l(p_{min})$: 最低価格における商品数の下限) .
 then 小グル - プ毎に取り引き ($p = p_{min}$) .
 else デ - タ (支払い額および重要度の幾何平均) を格納 .
 [ステップ 2] に移る .

[ステップ 2]

if $N_{max} > N$ (但し , N_{max} は一つに統合された買い手グループ
 が決定した商品の数の上限) , $i, p_i - p_{after} > 0$,
 $i, w_{group} - w_i < v_1, r_i \geq p_{min}$, 単純共同購入における買
 い手の効用の幾何平均より本統合方法を用いた場合の買い手の
 効用の幾何平均のほうが大きい . (p_{after} : 統合後の支払い額 ,
 p_i : 単純共同購入における買い手 i の支払い額 , w_i : グループ
 を一つに統合したときの重要度に関して , 単純共同購入で選択
 した商品に関する買い手の重要度 , v_1 : 閾値) .
 then 統合して取り引き ($p = p_{after} + p_{add}$) .
 else [ステップ 3] に移る .

[ステップ 3]

if ある買い手 i に関して $w_{group} - w_i < v_2$, (v_2 : 閾値) .
 then 買い手 i を小グル - プで決定した商品に統合 . デ - タ (支
 払い額および重要度の幾何平均) を格納 . [ステップ 4] に移る .
 else 買い手 i は統合しない . デ - タ (支払い額および重要度の幾
 何平均) を格納 . [ステップ 4] に移る .

[ステップ 4]

if 買い手 i の単純共同購入において選択した商品の重要度から

[ステップ 3] における統合において決定した商品の重要度を引いた値が閾値 v_3 より小さい .

then 買い手 i の選択を単純共同購入において選択した商品に変更 , デ - タ (総支払い額および重要度の幾何平均) を格納 .

if [ステップ 4] の格納データにおいて買い手の重要度の幾何平均から [ステップ 3] の格納データにおける買い手の重要度の幾何平均を引いた値が閾値 v_4 以上大きい . 単純共同購入の場合の買い手の支払い総額が本統合の場合での買い手の支払い総額より多い .

then [ステップ 4] のグル - プ統合を採用 . $r_i \geq p_{min}$ を満たす買い手 i のみ取り引き . 重要度の大きい順に購入 .

$(p - p_{after} + p_{add})$.

elseif [ステップ 4] の格納データにおいて買い手の重要度の幾何平均から [ステップ 3] の格納データにおける買い手の重要度の幾何平均を引いた値が閾値 v_4 以上小さい . 単純共同購入の場合の買い手の支払い総額が [ステップ 3] の場合での買い手の支払い総額より多い .

then [ステップ 3] のグル - プ統合方法を採用 . $r_i \geq p_{min}$ を満たす買い手 i のみ取り引き . 重要度の大きい順に購入 .

$(p - p_{after} + p_{add})$.

else [ステップ 2] の統合方法を採用 . $(p - p_{after} + p_{add})$.

elseif 買い手 i の単純共同購入において選択した商品の重要度から

[ステップ 3] における統合において決定した商品の重要度を引いた値が閾値 v_3 より大きい . 単純共同購入の場合の買い手の支払い総額が [ステップ 3] の場合での買い手の支払い総額より多い .

then [ステップ 3] でのグル - プ統合方法を採用 , 支払い

金額を決定． $r_i \geq p_{min}$ を満たす買い手 i のみ取り引き．
 重要度の大きい順に購入． $(p - p_{after} + p_{add})$ ．
 else [ステップ 2] の統合方法を採用． $(p - p_{after} + p_{add})$ ．

[ステップ 1] は，グループ統合を行わない場合である．買い手全員が最低価格で購入可能である場合，グループ統合を行わない．買い手が重要であると判断した商品をそのまま購入する．この場合，買い手の嗜好は十分反映される．[ステップ 2] は参加人数よりグループ決定における商品数の上限が多く，買い手全員が統合前より商品を安く購入できる場合である．すべての買い手の重要度とグループにおける重要度から閾値 v_1 を引いた値よりも小さい場合，買い手を一つのグループに統合する．[ステップ 3] は，妥協が小さい買い手のみに限ってグループ統合を行う場合である．重要度は，一時格納しておき [ステップ 4] で計算された重要度との比較に用いる．[ステップ 4] は，[ステップ 3] において十分な効用を得られない買い手の商品選択の変更が可能であれば調整を行い，統合方法および支払い額を決定する．[ステップ 3] と重要度の幾何平均に関して比較し，大きいほうを採用する．なお，支払金額が留保価格以上の買い手は取り引きを行わない．

本機構では，妥協した買い手と統合前より統合後の方がより満足な結果で購入できた買い手とは支払う料金を区別する．満足な結果に終わった買い手とは，他の買い手（グループ）を統合（吸収）する側のグループであるとする．妥協して希望商品を変更することなく，さらに他の買い手を取り込むことにより，より安く商品を購入できる買い手側には，システム使用料を負担させる．妥協度 c を式 (3) で定義する．

$$c = w_i - w_{after} \quad (5.3)$$

本システム使用料 p_{add} は，式 (4) で定義する．個人の重要度がグループの重要度を上回っている買い手に対しシステム使用料を課す．但し，商品の価格とシステム使用料を足した支払い額が留保価格を上回る場合は留保価格を支払う．

$$p_{add} = c(r_i - p_{after}) \quad (5.4)$$

ただし, p_{add} はシステム使用料, w_i は購入商品における買い手 i の重要度, w_{after} は購入商品における買い手の重要度, r_i は買い手 i の留保価格, p_{after} は購入商品の価格である. 商品購入できなかった買い手には, システム使用料を課さない.

5.4 実験と評価

本グループ統合アルゴリズムの有効性を示すために, シミュレーション実験を行った. 個別購入, 単純共同購入, およびグループ統合アルゴリズムに基づく購入における買い手の効用および支払い額に関して評価した. 商品は3つが登録され, 登録された3つの商品すべてに対し代替財とする買い手10人が本代替財共同購入マーケットに参加しているとする. AHPにおける買い手の一対比較行列の各要素は一様分布に基づき, $1/9$ (極めて重要でない) から 9 (極めて重要) 間の奇数値とした. 買い手の一対比較行列に基づいて買い手全員のグループの一対比較行列およびグループの意思決定における商品に対する重要度は決定される. 買い手の効用を商品の重要度で定義し, 効用は 0 から 1 の間で表す. 各買い手の留保価格は $1,000 \sim 2,000$ 円の間で一様分布を用いて決定した. 商品価格は実際の共同購入サイトに基づき作成した. 例えば, 本実験では, 商品の個数に上限が存在しないものとする. 比較した各購入方法は, [個別購入] では共同購入しない個別購入の場合, [単純共同購入] では既存の [ステップ1] の共同購入方法と同様に共同購入を行った場合, [全統合] では買い手グループの全員 (10人全員) の決定として選択された商品を全員が購入する場合, [グループ統合] では [ステップ3] および [ステップ4] を用いる.

[全統合]におけるグループと個人の重要度の差は $0.1(=v_1)$ 以下かつ統合前より統合後の方が商品が安く購入できる場合に妥協可能でありグループ統合を承認したとする. グループ全員の承認が得られた場合のみグループ統合を行う. グループの重要度から個人の重要度を引いた値が $0.1(=v_2)$ より小さい場合, [グループ統合] の統合があり得る. 全統合前の買い手の重要度と全統合におけるグループの重要度の差が $0.1(=v_2)$ であれば, [ステップ3] の統合方法を採用する. [グループ統合]([ステップ3]) の統合における買い手の重要度と, 単純共同購入における買い手の重要度の差が $0.05(=v_3)$ 以

表 5.3: ケースごとの比較

	価格属性以外の幾何平均値	価格属性の幾何平均値
ケース 1	1.951	1.018
ケース 2	0.607	1.154
ケース 3	1.125	1.061

下の場合に妥協を許すものとした．重要度の差が大きい買い手順にグループ再統合する．再統合における買い手の重要度から再統合前の重要度を引いた値が $0.01(=v_4)$ より大きい場合，再統合したグループ統合方法を用いる．

筆者は [全統合] において，買い手がグループ統合することが買い手の効用に反映される仮説を立てた [25]．[全統合] では，必ずしも買い手の効用が増加しない場合が存在する．[全統合] に改良を加えたのが [グループ統合] である．本論文では [グループ統合] の特性を示すため，以下の 3 つのケースに関して実験を行った．

ケース 1 : 属性の対比較において買い手が価格属性よりも価格以外の属性を重要と評価したケース．

ケース 2 ; 属性の対比較において買い手が価格属性を他の属性よりも重要であると評価したケース．

ケース 3 ; 属性の対比較において買い手が価格属性と同じくらい他の属性も重要であると評価したケース．

表 5.3 は，それぞれのケースにおける属性ごとの値の幾何平均である．

図 5.10，図 5.12 および図 5.14 は，各購入方法における買い手の購入後の効用を示すグラフであり，それぞれに対応して支払金額の合計は図 5.11，図 5.13 および図 5.15 で示す．効用を買い手が商品を購入した時の重要度であると定義した．効用を示すグラフでは，縦軸は買い手の購入した商品に対する効用を示し，横軸は各購入方法である．各買い手の効用の幾何平均を求めグラフに示した．買い手の効用は， $0 \sim 1$ で示

され、各代替財に対する効用の和は1のように正規化されている。支払額の合計を示すグラフでは、縦軸は買い手の支払い額の合計を示し、横軸は各購入方法である。

ケース1 図 5.10 および図 5.11 に結果を示す。[個別購入] の場合は、買い手の効用の幾何平均は 0.500 であり支払額の合計は 11,600 円である。[単純共同購入] の場合買い手の効用の幾何平均は 0.504 であり支払額の合計は 10,000 円となる。価格が安くなった分効用が増加した。[全統合] において買い手の効用の幾何平均は 0.477 であり支払額の合計は 8,000 円である。商品に対する支払い額が減少した一方、価格以外の属性に対して大きな妥協をともなった結果が現れている。[グループ統合] においては買い手の効用の幾何平均は 0.542 であり支払額の合計は 9,200 円である。[全統合] において効用が減少した買い手を考慮して再統合を行ったことで、効用が増加した。[グループ統合] では、[全統合] と比較して支払い額がやや増加した。一方で、効用が反映される統合であるといえる。[単純共同購入] と比較して支払い額および効用ともに優れている。

ケース2 図 5.12 および図 5.13 に結果を示す。[個別購入] の場合買い手の効用の幾何平均は 0.472 であり支払額の合計は 12,000 円である。[単純共同購入] では買い手の効用の幾何平均は 0.452 であり支払額の合計は 9,800 円である。[全統合] では買い手の効用の幾何平均は 0.515 であり支払額の合計は 8,000 円である。商品に対する支払い額が減少した分、効用が増加した。[グループ統合] においては買い手の効用の幾何平均は 0.543 であり支払額の合計は 9,000 円である。[単純共同購入] と比較して支払い額および効用ともに優れている。

ケース3 図 5.14 および図 5.15 に結果を示す。[個別購入] の場合は、買い手の効用の幾何平均は 0.495 であり支払額の合計は 11,400 円である。[単純共同購入] の場合買い手の効用の幾何平均は 0.532 であり支払額の合計は 10,000 円である。[全統合] において買い手の効用の幾何平均は 0.535 であり支払額の合計は 8,000 円である。価格が安くなったが効用があまり増加しない。価格属性が他の属性と比較してとりわけ重要であると評価していないためであると考えられる。商品に対する支払い額が減少した一方、価格以外の属性に対して大きな妥協をともなった結果が現れている。[グループ統合] においては買い手の効用の幾何平均は 0.565 であり支払額の合計は 8,800 円である。妥協が少なく希望商品を購入できたために効用増加した。[単純共同購入] と比較して支払い額および効用ともに優れている。

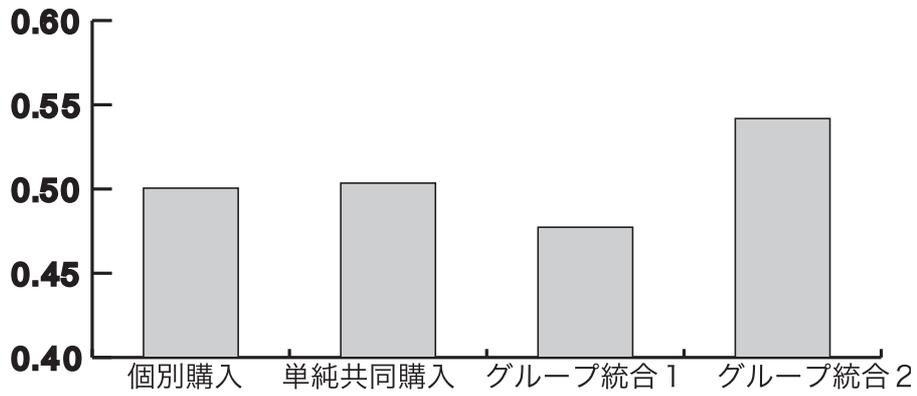


図 5.10: ケース 1 における効用の平均

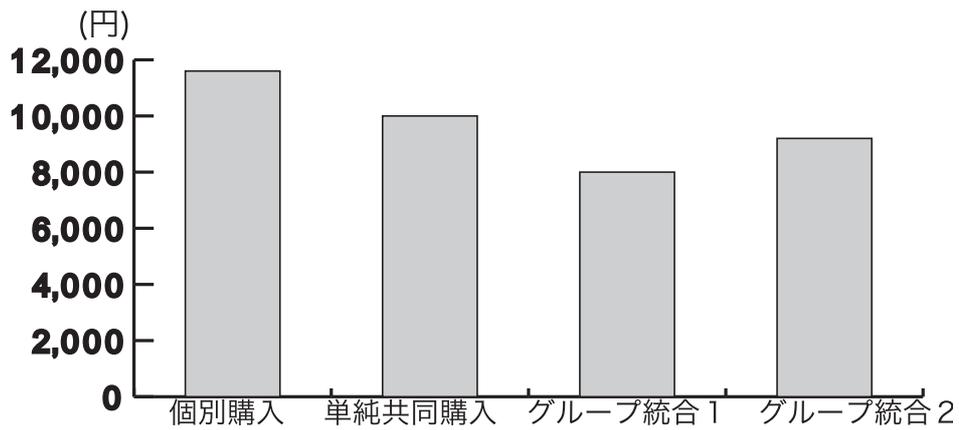


図 5.11: ケース 1 における支払い金額

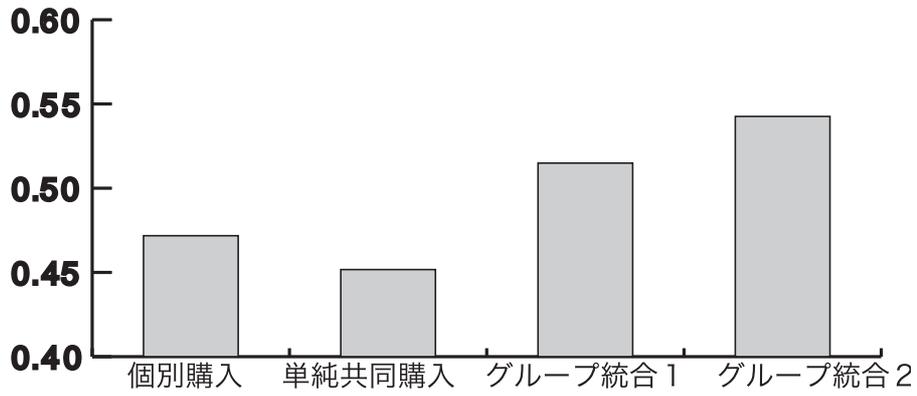


図 5.12: ケース 2 における効用の平均

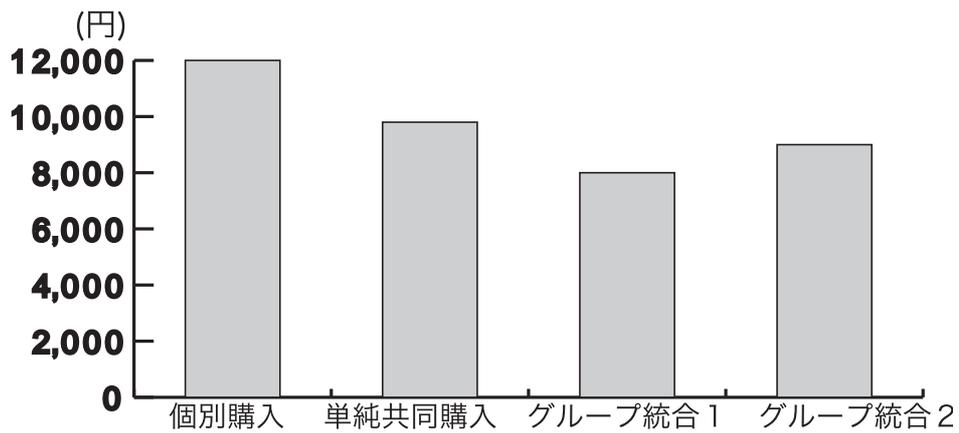


図 5.13: ケース 2 における支払い金額

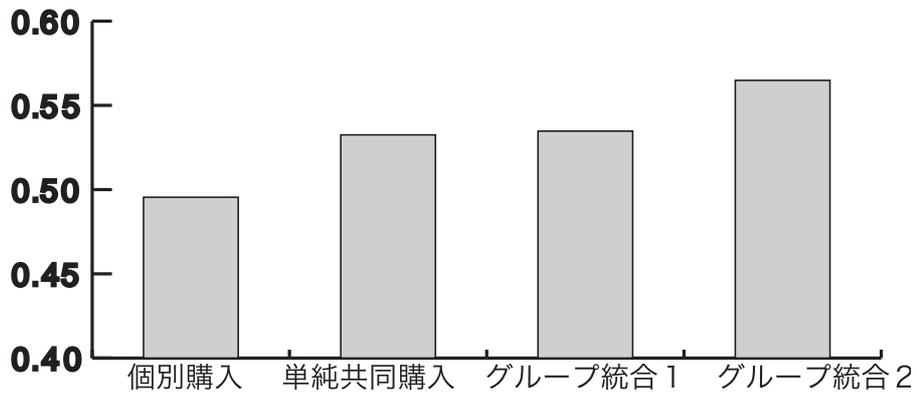


図 5.14: ケース 3 における効用の平均

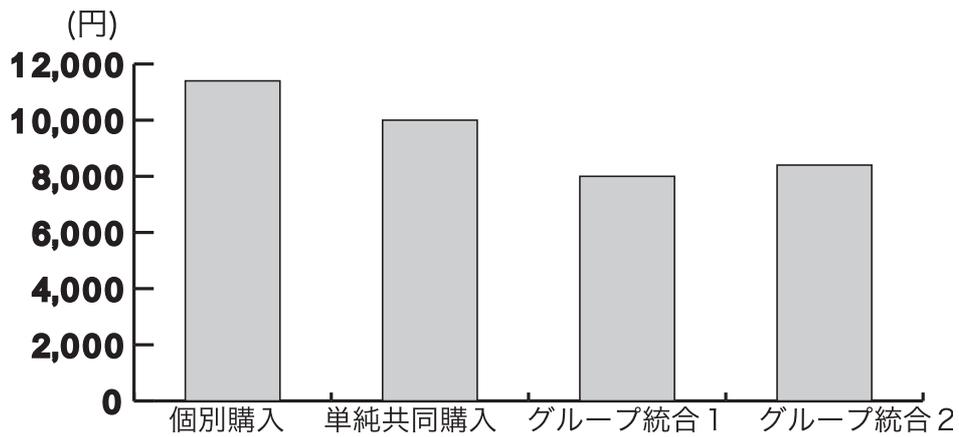


図 5.15: ケース 3 における支払い金額

表 5.4: ケースごとの比較

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
単純共同購入における効用	0.50350	0.45172	0.53248
グループ統合 2 における効用	0.54184	0.54259	0.56485
改善率	8%	20%	6%
単純共同購入における支払額	10,000	9,800	10,000
グループ統合 2 における支払額	9,200	9,000	8,800
割引率	8%	8%	12%

実験より，アルゴリズムに示したグループ統合方法は既存の共同購入方法を用いる場合に比べ，支払い金額および効用において優れているといえる．表 5.4 は，[単純共同購入] と [グループ統合] におけるケースごとの比較である．効用の改善率は [単純共同購入] を [グループ統合] における効用で割った数で求めた．割引率は [グループ統合] の買い手の支払額が [単純共同購入] と比較し，どの程度安くなったかを示している．実験における [グループ統合] での取り引きでは，[単純共同購入] に比べ買い手の支払い金額は少ない結果が示された．効用の幾何平均は [単純共同購入] に比べ [グループ統合] の方が高い結果を得た．効用の幾何平均は [単純共同購入] に比べおよそ 10% 前後高い結果を得た．したがって，グループ統合により既存の共同購入より買い手の効用が十分反映され，さらに統合することで買い手はより安く商品を購入できるといえる．

5.5 議論

5.5.1 グループ統合アルゴリズムの買い手の効用に関する妥当性

グループ統合アルゴリズムを用いた場合，買い手の効用に関して用いない場合以上の効用が得られることを示す．買い手の効用および効用に関するアルゴリズムは以下に示される．

- [ステップ 1][単純共同購入]．全ての買い手の効用の幾何平均を U_s とする．
- [ステップ 2][全統合]．全ての買い手の効用の幾何平均を U_a とする．グループの重要度と買い手の重要度の差が妥協に関する閾値以下であれば，全ての買い手を統合．このとき， $U_a > U_s$ でなければならない．条件を満たしていない場合，次のステップに移る．
- [ステップ 3] および [ステップ 4][グループ統合]．全ての買い手の効用の幾何平均を U_g とする．ある買い手の妥協が閾値以下であれば買い手を統合．計算結果に基づき統合を行う．このとき， $U_g > U_s$ でなければならない．

買い手の効用に関して，グループ統合アルゴリズムを用いることで，単純共同購入のみで商品を購入する以上の効用が得られることは，容易に示すことができる．

- [ステップ 2] で取り引きした場合は， $U_a > U_s$ であるので単純共同購入以上の効用が得られる．
- [ステップ 3] および [ステップ 4] で取り引きした場合は， $U_g > U_s$ であるので，単純共同購入以上の効用が得られる．
- [ステップ 3] および [ステップ 4] を用いなかった場合は $U_g \leq U_s$ である．このとき，単純共同購入の方法で取り引きを行うので，買い手の効用は U_s ．

従って、グループ統合アルゴリズムを用いた場合、買い手の効用は $U_g \geq U_s$ となる。統合アルゴリズムを用いた場合、用いない場合以上の効用が得られることがいえる。

5.5.2 関連研究

共同購入に関する研究として、Yamamoto らは、ボリュームディスカウントに基づく仮想マーケットにおいて、安定的かつ効率的提携に関して議論した [41]。Li らは、複数財のもとでの提携アルゴリズムと支払い金額に関する研究を行った [21]。既存の関連研究は、金額のみによって効用が定義されている。現実の商品購入は、商品の多属性を考慮にいれ商品を選択するので、本研究では、現実の購入活動と同様に多属性に基づく商品選択方法を導入した。

多属性効用に基づく交渉手法に関する研究は、Shintani ら [36] の多属性効用理論に基づいた会議スケジューリングに関する研究がある。Shintani らはエージェントによる多属性交渉が実現している。しかし、共同購入およびグループ統合に関しての研究ではなく、グループ統合方法も異なる。

5.6 結言

本論文では、代替的な商品が存在する場合の共同購入におけるグループ統合支援機構を提案し、その有用性を示した。本システムでは、共同購入において買い手の多属性な効用を AHP を用いて数値化した。次に、買い手個人の決定とグループの決定および商品の価格に基づいてグループ統合方法を提案した。さらに、本機構では、妥協度に基づいて買い手の支払い額を決定した。実験では本機構で用いられたグループ統合アルゴリズムの効果を示した。支払金額は [単純共同購入] より [グループ統合] の方が少なくすむ一方で、買い手の効用は [単純共同購入] より [グループ統合] の方が大きい。

本機構の特徴は、(1) 買い手の多属性効用を反映したグループ統合が実現できる、

(2) グループ統合により買い手はよりやすく商品を購入できる，(3) 妥協度に基づき支払い金額が決定される，(4) 取り引きできる売り手は買い手(グループ)の統合前より，より多くの在庫を処分することができることである．

第 6 章

結論

6.1 成果

本論文では，ユーザの嗜好に注目した電子商取引プロトコルおよび支援システムに関して構築を行った．売り手指名逆オークションにおいて Vickrey プロトコルと融合し，さらに拡張したプロトコルである REV オークション・プロトコルにおいて，既存のインターネット・オークションの問題点を解決できた．現在，逆オークションを用いたオークションサイトが注目を集めているが，既存の逆オークションは以下の 3 点の問題を抱えている．(1) 買い手の嗜好を反映できない，(2) 売り手に関して誘因両立的ではない，および (3) 談合が容易である．問題点を解決するために REV (Reverse Extended Vickrey) オークションプロトコルを提案した．REV オークションでは，買い手が購入したい商品を出品している複数の売り手を指名し，指名された売り手は封印入札に基づいて競売を行う．指名された売り手の売り手エージェントが評価値の入札を代行する．買い手は最も低い入札値を表明した売り手に対し，二番目（一部において一番目）に安く表明した売り手の入札額を支払う．実験では，取引成立率に関して，REV オークション・プロトコルを用いた場合と，既存のオークション・プロトコルを用いた場合で比較した．Vickrey オークションおよび指名を行わない一般競争入札を用いた場合より取引成立率は常に高いことを示した．REV オークションの特

長は以下の4点である(1) 売り手を指名することで、質の劣る商品を売る売り手を除外でき、買い手の嗜好が反映できる。さらに、異なるカテゴリーの商品を一度に競争させることができる(2) 入札値を落札額として用いないことにより、売り手に関して誘因両立的である(3) C2Cでの適用においては、繰り返しゲームとならないために談合が困難である(4) 実験により、既存のオークションよりREVオークションの方が取引成立率が高いことが実証された。

既存のインターネット・オークションの落札率の低さに注目して、新奇に買い手支援のためのマーケットを提案した。既存のインターネット・オークションでは、商品が売れ残るケースや、ある商品に多くの買い手が入札するケースが多いので、落札した買い手はより安く商品を購入できない。また、落札できない多くの買い手は取引ができない。最低価格で買い手の嗜好を反映した商品割り当てを実現するために、*CooperationMarket* を提案した。本マーケットでは買い手の多属性な効用に基づき商品の割り当てを行う。一般に、異なる属性における効用は比較できないので、選好順序に基づき商品の割当を行う。実験において、買い手の効用に関して、本システムの有効性を示した。本支援システムの特長は以下の3点である(1) 多属性効用理論に基づいた商品の割り当てにより、買い手の嗜好が反映された(2) *CooperationMarket* に参加していない買い手に商品を落札された場合以外、買い手は最低価格で商品を購入できる(3) 既存のオークションでは取り引きできない売り手が、本マーケットを導入することで取り引きができるために、取引成立数が増加する。

共同購入に関して、買い手の嗜好が反映され、既存の共同購入よりもより安く購入できるユーザ支援マーケットである共同購入マーケットを構築した。本システムは買い手(グループ)を統合することにより、買い手が安く商品を購入できる商取引支援を行った。既存の共同購入において、広大なインターネット上に散在しているため、共同購入において、より大きなグループを形成するチャンスを逃している。そこで本研究では、買い手の嗜好に基づくグループ統合支援機構を構築した。本支援機構を構築するために、共同購入マーケットを考案した。電子共同購入マーケットでは代替的な複数のサイトの商品に関して買い手の共同購入を支援する。複数の買い手グループを統合することで買い手は商品をより安く購入できる。本マーケットでは多属性効用理論に基づく買い手グループ形成支援を行う。多属性な効用を数値化するために、AHP(Analytic Hierarchy Process)を用いた。買い手個人の決定とグループの決定お

よび商品の価格に基づいて、買い手のグループ統合を行う。実験では、既存の購入方法と本支援システムを用いた場合を、買い手の嗜好および支払い金額に関して比較した。本支援システムを用いた場合、買い手の嗜好が反映され、さらに商品をより安く購入できることが示された。本システムの特長は以下の4点である(1)買い手の多属性効用を反映したグループ統合が実現できる。(2)買い手はより安く商品を購入できるチャンスを得る(3)買い手の妥協度に基づき支払い金額が決定される(4)売り手はより多くの在庫を処分することができる。

6.2 今後の課題

さいごに、本研究の課題および発展性を示す。

まず、研究全体においての課題は、商品情報の収集方法である。どのようにして広大なインターネット上から有益な商品情報を獲得するかが問題である。本研究においては、特に買い手の嗜好に基づいた商品検索が必要となる。代替財をユーザに提示するにあたり、どのようなフィルタリング技術を用いるかは課題である。実際に商取引サイトとして運営する場合、セキュリティの問題が惹起される [54]。さらに、ユーザに対して、(ユーザインターフェースを含め) どのようなサポートが必要であるかに関しては、研究を深める必要がある。

REV オークションに関しては、売り手をマーケットプレイスに集める方法は今後の課題である。既存の隆盛なサイトでどのようにして、売り手や買い手が参加してくるかも関心がある。

CooperationMarket において、談合破りを防ぐ方法およびマーケットを極限られた仲間を利用する場合は問題ないが、公開して運用した場合、マーケットが成立しなくなる場合がある。理論的な解決および改善が必要と思われる。

共同購入マーケットに関しては、グループ統合アルゴリズムにおいて、より最適解に近い解が得られる改善が必要であると考えられる。また、インターネット・オークション等との連携も視野にいれたマーケット構築が必要となる。例えば、商品を購入する場合妥協が大きすぎる買い手には、別なサイト(オークションサイトなど)の代

替案を提示するようなシステムが理想であると考えられる。

後半の研究において、買い手の多属性な効用を数値化するために、AHP を用いたが、AHP はあくまでも一つのアプローチである。AHP は、ユーザの入力が難しいと言われるので、使いやすいユーザインターフェース構築は課題である。また、他の意思決定アプローチでのグループ意思決定も興味深い。よりユーザにとって利用しやすい意思決定方法の考案も今後の課題と言える。

謝辞

本論文をまとめるにあたり，多くの方々の御指導および支援を頂きました．ここに，その方々への感謝の気持ちを申し上げます．

本研究を進めるにあたって，指導教官である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伊藤孝行助教授に感謝の意を表します．伊藤助教授には，わずか一年6ヵ月の間でしたが，研究を完成させるにあたり多くの時間および労力を頂きました．特に，研究室配属においては，異分野からの転向であるにもかかわらず暖かく研究室に迎え入れて頂いた点，研究室配属直後に専門分野に関して集中的に議論を深めて頂いた点，および投稿論文執筆および発表においてその細部まで御指導頂いた点に関しては深く感謝致します．

本論文の審査をつとめて頂きました北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究センター長國藤進教授，同センター宮田一乗教授，および同センター西本一志助教授に感謝致します．

副テーマを進めるにあたり，御指導頂きました HO TU BAO 教授に感謝致します．H0 教授には，副テーマ「電子商取引とデータマイニング」を研究する際に，多くの助言およびアドバイスを頂きました．

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究センター伊藤研究室配属の BEN HAS-SINE, Ahlem さん，大栗和久君，神谷俊輝君，中川彰人君，浪川恭平君およびその他の伊藤研究室配属の方々には，ゼミや輪講会において研究に関して貴重な意見を頂き

ました。特に同じ研究グループである兵藤正樹君には、議論のために多大な時間を割いて頂きました。友人である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科益田武士君には、異分野からの視点で日頃から、研究に関するアドバイスを頂きました。名古屋工業大学服部宏充さんには、伊藤研究室の合宿および輪講会などで研究に対する助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

雪解け清水の音とともに春をむかえる北國の里にて

2003年3月

松尾徳朗

参考文献

- [1] <http://auctions.yahoo.com/>.
- [2] <http://tickets.priceline.com/>.
- [3] <http://www16.big.or.jp/shumaru/>.
- [4] <http://www.amazon.com/>.
- [5] <http://www.bidders.co.jp/>.
- [6] <http://www.coopnet.or.jp/>.
- [7] <http://www.easyseek.net/>.
- [8] <http://www.ebay.com/>.
- [9] <http://www.price-down.com/>.
- [10] <http://www.rakuten.co.jp/groupbuy/>.
- [11] D.O. Stahl A. B. Whinston and S. Choi. *The Economics of Electronic Commerce: The Essential Economics of Doing Business in the Electronic Marketplace*. MACMILLAN TECHNICAL PRESS, 1997.
- [12] A. Chavez and P. Maes. Kasbah: An agent market-place for buying and selling goods. In *the proceedings of 1st International Conference and Exhibition on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-agents*, pages 75–90, 1996.
- [13] A. Dahl and L Lesnick. *Internet Commerce*. New Riders, 1995.

- [14] R. H. Guttman and P. Maes. Agent-mediated integrative negotiation for retail electronic commerce. In *the proceedings of 2st International Workshop on Cooperative Information Agents*, 1998.
- [15] C. Sierra J. A. Rodriguez, P. Noriega and J. Padget. Fm96.5: A java-based electronic auction house. In *the proceedings of 2st International Conference and Exhibition on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-agent Technology*, 1997.
- [16] J. Judge. インターネット・コマースの最前線レポート. ネットイヤー・パブリッシング, 東京, 2000.
- [17] R. K. Keeney and H. Raiffa. *Decisions with Multiple Objects*. John Wiley and Sons, New York, 1976.
- [18] S. Kraus. *Strategic negotiation in multi-agent environments*. MIT Press, 1990.
- [19] K. Layton-Brown, Y. Shoham, and M. Tennenholtz. Bidding clubs: Institutionalized collusion in auction. In *the proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce(EC'00)*, pages 253–259. ACM, 2000.
- [20] K. Layton-Brown, Y. Shoham, and M. Tennenholtz. Bidding clubs in first price auctions. In *the proceedings of the Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence*, 2002.
- [21] C. Li and K. Sycara. Algorithms for combinational coalition formation and payoff division in an electronic marketplace. In *the proceedings of International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, pages 120–127, 2002.
- [22] T. J. Teisverg M .H. Rothkopf and E. P. Kahn. Why are vickrey auctions rare? *Journal of Political Economy*, 98(1):94–109, 1990.
- [23] NR Jennings M. He and H. Leung. On agent-mediated electronic commerce. *IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering*, 2003.

- [24] Y. Sakurai M. Yokoo and S. Matsubara. Robust combinatorial auction protocol against false-name bids. *Artificial Intelligence Journal*, 132(2), 2001.
- [25] T. Matsuo and T. Ito. A decision support system for group buying based on buyers' preferences in electronic commerce. In *the proceedings of the 11th World Wide Web International Conference (WWW-2002)*, pages 84–89, 2002.
- [26] T. Matsuo and T. Ito. A designate bid reverse auction for agent-based electronic commerce. In *the proceedings of the International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert System(IEA/AIE-2002), Lecture Note in Artificial Intelligence 2358*, pages 460–469, 2002.
- [27] T. Matsuo and T. Ito. Effects of nomination in a multiagent reverse auction. In *the proceedings of the 6th World MultiConference on Systemics, Cybernetics and Informatics(SCI-2002)*, 2002.
- [28] R. P. McAfee. A dominant strategy double auction. *Journal of Economic Theory*, 56:434–450, 1992.
- [29] J. McMillan. Dango: Japan 's price-fixing conspiracy. *Economics and Politics*, 3:201–218, 1991.
- [30] J. McMillan. *Games, Strategies, and Managers*. Oxford University Press, 1992.
- [31] M. P. Wellman P. R. Wurman, W. E. Wals and. Flexible double auctions for electronic commerce, theory and implementation. *Decision Support Systems*, 24:17–27, 1998.
- [32] A. B. Whinston R. Kalakota. *Electronic Commerce: A Manager's Guide*. Addison-Wesley, 1997.
- [33] S.J. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence*. Prentice-Hall, 1995.
- [34] T. Saaty. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, 1980.

- [35] T. Sandholm. An algorithm for optimal winner determination in combinatorial auctions. In *in the proceedings of International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, 2002.
- [36] T. Shintani, T. Ito, and K. Sycara. Multiple negotiations among agents for a distributed meeting scheduler. In *the proceeding of the Fourth International Conference on Multi Agent Systems(ICMAS-2000)*, pages 435–436, 2000.
- [37] H. Hattori T. Ito and T. Shintani. A cooperative exchanging mechanism among seller agents for group-based sales. *International Journal of Electronic Commerce Research and Applications*, 1(2):138–149, 2002.
- [38] M. Tsvetvat and K. Sycara. Customer coalitions in the electronic marketplace. In *the proceedings of the fourth International Conference on Autonomous Agents*, pages 263–264, 2000.
- [39] E. Turban, D. King J. Lee, and H. M. Chung. *Electric Commerce - A Managerial Perspective*. Pearson Education, 2000.
- [40] H. R. Varian. *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach, 2nd ed.* W. W. Norton & Company, 1990.
- [41] J. Yamamoto and K. Sycara. A stable and efficient buyer coalition formation scheme for e-marketplaces. In *the proceedings of International Joint Conference on Autonomous Agents (Agents-2001)*, 2001.
- [42] 伊藤孝行, 新谷虎松. マルチエージェントシステムのための実装技術とその応用. 人工知能学会誌 15 卷 3 号, 404-415, 2001.
- [43] 伊藤孝行, 服部宏光, 新谷虎松. エージェント間の協調的入札機構に基づく複数オークション入札支援システム biddingbot. 人工知能学会論文誌, 17(3):247–258, 2002.

- [44] 新谷虎松, 伊藤孝行. 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*), J80-D-II(10):2780–2789, 2000.
- [45] 井上正, 川島康男, 胥鵬, 中山幹夫. ミクロ経済学. 東洋経済新報社, 1997.
- [46] 宇根正志, 西條辰義. 競争・公平・スパイト・談合：日本企業システムへの実験 経済学アプローチ, 伊藤秀史編「日本の企業システム」. 東京大学出版会, 1996.
- [47] 遠藤妙子. オークションの理論. 三菱経済研究所, 2001.
- [48] 奥野正寛, 池田信夫. 情報化と経済システムの転換. 東洋経済新報社, 2001.
- [49] 横尾真. インターネットオークションの理論と応用. 人工知能学会誌 15巻 3号, 2000.
- [50] 横尾真, 櫻井祐子, 松原繁夫. 架空名義入札に頑健なダブルオークションプロトコル. 電子情報通信学会論文誌, pages 1140–1149, 2000.
- [51] 横尾真, 櫻井祐子, 松原繁夫. 架空名義入札に頑健な組合せオークションプロトコル. 情報処理学会論文誌, 2002.
- [52] 梶井厚志. ミクロ経済学 戦略的アプローチ. 日本評論社, 2000.
- [53] 梶井厚志. 戦略的思考の技術：ゲーム理論を实践する. 中央公論新社, 2002.
- [54] 寺本義也, 原田保. インタ - ネット時代の電子商取引革命～生活・企業・社会を変える. 東洋経済新報社, 1996.
- [55] 今野浩. 数理決定法入門. 朝倉書店, 1992.
- [56] 斎藤孝文. *ECと情報流通～電子商取引が社会を変える～*. 裳華房, 2001.
- [57] 慶田収, 細江守紀, 今泉博国. 現代ミクロ経済学. 勁草書房, 2000.
- [58] 市川明彦, 佐々木良一. インターネット・コマース：新動向と技術, 2000.
- [59] 時永祥三, 譚康融. 電子商取引と情報経済. 九州大学出版会, 2001.

- [60] 舟田正之. 周波数オークション. 日刊工業新聞社, 1997.
- [61] 中谷巖. *e*エコノミーの衝撃. 東洋経済新報社, 2000.
- [62] 刀根薫. ゲーム感覚意思決定法. 日科技連, 1986.
- [63] 入札制度問題研究会. 新公共入札・契約制度実務ハンドブック. 大成出版社, 1994.
- [64] 馬場弓子. 民営化のオークション. 大蔵省財政金融研究所「ファイナンシャル・レビュー」, 2001.
- [65] 馬場敬三. 建設のマネジメント. コロナ社, 1996.
- [66] 片方善治, 谷口啓一. *e*-ネットビジネス - これからの情報流通産業 - . 森北出版, 1999.

発表論文および業績事項

Journal

1. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “An Approach to Supporting Buyers based on a Group Integration Algorithm in Multiple Group Buying Sites”, New Generation Computing. (投稿中)
2. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “代替財共同購入における買い手の多属性な効用に基づいたグループ統合支援機構”, 電子情報通信学会論文誌 D-1. (条件付き採録)

Lecture Note

3. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Bidders Cooperation Support System for Agent-based Electronic Commerce”, Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) (a selected paper in IEA/AIE 2003). (出版予定)
4. Masaki Hyoudo, Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, ”An Optimal Coalition Formation among buyer agents based on a Genetic Algorithm”, Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) (a selected paper in IEA/AIE 2003). (出版予定)
5. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Designated Bid Reverse Auction for Agent-based Electronic Commerce”, Developments in Applied Artificial Intelligence,

Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 2358, pp460-469, Springer, 2002
(a selected paper in IEA/AIE 2002).

International Conference: Refereed

6. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Bidders Cooperation Support System for Agent-based Electronic Commerce”, International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE-2003), Loughborough, U.K. . (採録済)
7. Masaki Hyoudo, Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, ”An Optimal Coalition Formation among buyer agents based on a Genetic Algorithm”, International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE-2003).Loughborough, U.K. (採録済)
8. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Bidder Group Support System to Participate in Multiple Auctions”, in the proceedings of the 1st International Workshop on Computer & Information Science (IWCIS 2003), Hamamatsu, JAPAN, 2003.
9. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Decision Support System for Group Buying based on Buyers’ Preferences in Electronic Commerce”, in the proceedings of the Eleventh World Wide Web International Conference (WWW-2002), Honolulu, Hawaii, USA, 2002 (poster abstract).
10. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “Effects of Nomination in a Multiagent Reverse Auction”, in the proceeding of the 6th World Multiconference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI-2002), pp. 199-204, Orlando, Florida, USA, 2002.
11. Tokuro MATSUO, Takayuki ITO, “A Designated Bid Reverse Auction for Agent-based Electronic Commerce”, in the proceeding of the International Conference

on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE-2002), pp. 460-469, Cairns, Australia, (published as Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI), Springer).

International Conference: Non Refereed

12. Tokuro Matsuo, Takayuki ITO. “An Implementation of a Group Buying Support System based on Buyers’ Preference”, SICE Annual Conference 2002 , 2002 年.

全国大会，研究会の論文

13. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “売り手指名に基づくマルチエージェント逆オークションについて”, 第 64 回情報処理学会全国大会論文集 (2), pp. 189-190, 2002 年.
14. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “買い手の嗜好に基づく指名入札型逆オークション”, 第 16 回人工知能学会全国大会論文集, 2002 年.
15. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “代替財共同購入支援システムにおけるグループ統合アルゴリズムについて”, 平成 14 年度電気関係学会北陸支部連合大会, p. 362, 2002 年.
16. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “電子共同購入マーケットにおける多属性な効用を持つ買い手のグループ形成支援”, 情報処理学会「知能と複雑系」・電子情報通信学会「人工知能と知識処理」合同研究会, 2003 年.
17. 松尾徳朗, 伊藤孝行, “電子共同購入マーケットにおけるユーザの多属性な効用に基づくグループ統合の効果”, 第 65 回情報処理学会全国大会, 2003 年. (発表予定)

その他の論文

18. 兵藤正樹, 松尾徳朗, 伊藤孝行, “遺伝的アルゴリズムに基づく電子共同購入における実時間提携形成機構について”, 第 65 回情報処理学会全国大会, 2003 年. (発表予定)

その他

19. Session Chair in Cooperative Multiagent System on The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI-2002), Orlando, Florida, USA, 2002.
20. 海外渡航助成, 情報科学国際交流財団海外派遣助成, 2002. (採択率 16%)