

Title	遺伝的アルゴリズムに基づく電子商取引における問題 解決システムの構築
Author(s)	兵藤, 正樹
Citation	
Issue Date	2004-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/495
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

遺伝的アルゴリズムに基づく電子商取引における 問題解決システムの構築

指導教官 國藤 進 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

250051 兵藤 正樹

審査委員： 國藤 進 教授（主査）
藤波 努 助教授
吉田 武稔 教授
西本 一志 助教授

2004 年 2 月

目 次

1	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	3
1.3	本論文の構成	4
2	関連研究	5
2.1	関連研究	5
2.1.1	電子商取引	5
2.1.2	提携形成手法	6
2.1.3	遺伝的アルゴリズム	7
2.2	本研究の特色	7
3	電子共同購入マーケットにおける実時間提携形成	8
3.1	代替財を用いた電子共同購入	8
3.2	実時間提携形成	14
4	遺伝的アルゴリズムを用いた実時間提携形成アルゴリズム	21
4.1	遺伝的アルゴリズム	21
4.2	遺伝子表現	21
4.3	交叉による致死遺伝子の抑制	23
4.4	遺伝子集団の分散	25

5	実験	2 6
5.1	共同購入における最適提携形成	2 6
5.1.1	共同購入における最適提携形成問題	2 6
5.1.2	最適提携形成問題の特性および解決アルゴリズムの特性	2 7
5.1.3	アルゴリズムの評価	2 9
5.2	共同購入における実時間提携形成	3 2
5.2.1	共同購入における実時間提携形成問題	3 2
5.2.2	実時間提携形成問題の特性および解決アルゴリズムの特性	3 2
5.2.3	アルゴリズムの評価	3 5
5.3	個別留保価格に基づく共同購入における実時間提携形成	3 7
5.3.1	個別留保価格に基づく共同購入における実時間提携形成問題	3 8
5.3.2	個別留保価格に基づく共同購入における実時間提携形成問題の特性および 解決アルゴリズムの特性	3 9
6	結論	4 3
6.1	成果	4 3
6.2	今後の課題	4 4
	謝辞	4 5
	参考文献	4 6
	発表論文	4 9

目 次

1.1 既存の共同購入	5
3.1 代替財を用いた共同購入	1 1
3.2 提携形成案 A	1 3
3.3 提携形成案 B	1 3
3.4 電子共同購入マーケットの時間経過例	1 5
3.5 実時間提携形成例 1	1 6
3.6 実時間提携形成例 2	1 6
3.7 実時間提携形成例 3	1 7
3.8 実時間提携形成例 4	1 7
3.9 実時間提携形成例 5	1 8
3.10 実時間提携形成例 6	1 8
3.11 実時間提携形成例 7	1 9
4.1 遺伝子表現	2 2
4.2 交叉による致死遺伝子の抑制	2 4
4.3 遺伝子集団の分散の概念図	2 5
5.1 各アルゴリズムの時間遷移	3 4
5.2 個別留保価格に基づく共同購入における実時間提携形成の時間遷移	4 1

表 目 次

3.1	価格テーブル例	10
5.1	売り手の価格テーブル (問題 a).	27
5.2	売り手の価格テーブル (問題 b).	28
5.3	買い手の留保価格	28
5.4	買い手の効用の合計値	29
5.5	演算時間	29
5.6	平均演算時間：買い手 10、売り手 5	30
5.7	提案手法と欲張り法の正答度比較：買い手 10、売り手 5	30
5.8	平均演算時間：買い手 11、売り手 6	30
5.9	提案手法と欲張り法の正答度比較：買い手 11、売り手 6	31
5.10	売り手の価格テーブル.	33
5.11	買い手の留保価格.	33
5.12	共同購入マーケットのタイムテーブル	33
5.13	マーケット終了時の効用の合計.	35
5.14	イベント確率.	36
5.15	マーケット終了時における効用の合計の平均	37
5.16	マーケット終了時における適合解導出回数	37
5.17	売り手の価格テーブル.	39
5.18	留保価格テーブル	40
5.19	共同購入マーケットのタイムテーブル	40
5.20	マーケット終了後の効用の合計値	42

第 1 章

序論

1.1 本研究の背景

近年，計算機技術の急速な発展により，企業だけでなく個人でも簡単に計算機が利用されるようになった．それに伴い，コンピュータは専門的な演算だけでなく，個人的な活動にまで幅広く利用されるようになった．また，インターネットの整備・汎用化により，インターネット環境は学校や企業だけでなく，家庭まで広がっており，インターネットを基礎とした新たな社会が形成されてきた．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[1][2]．電子商取引とは，取引をネットワーク上で遂行する事であり，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．

電子商取引は取り扱う商品やサービスによって様々な形態がある[11][12]．なかでも共同購入は注目を集めている電子商取引の一形態である[10]．共同購入とは，買い手の人数によって商品価格が決定され，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商取引である．買い手は多人数で提携してまとまった数の商品を一度に購入する事で買い手はよりやすく購入でき，売り手はまとまった在庫を一度に処分する事が出来る．インターネットでの共同購入はマーケットの参加者が時間や場所に縛られる事なく共同購入に参加できるため，見ず知らずの人間同士が提携することで非常に安価に商品が購入できるという大きな利点がある．しかしながら電子共同購入にはインターネット上の取引であるデメリットも同時に存在する．既存の共同購入サイトには，多くの同一および類似した商品が存在する．共同購入はより多くの買い手が参加する事でより安価に商品を購入できるため，広いインターネットの世界

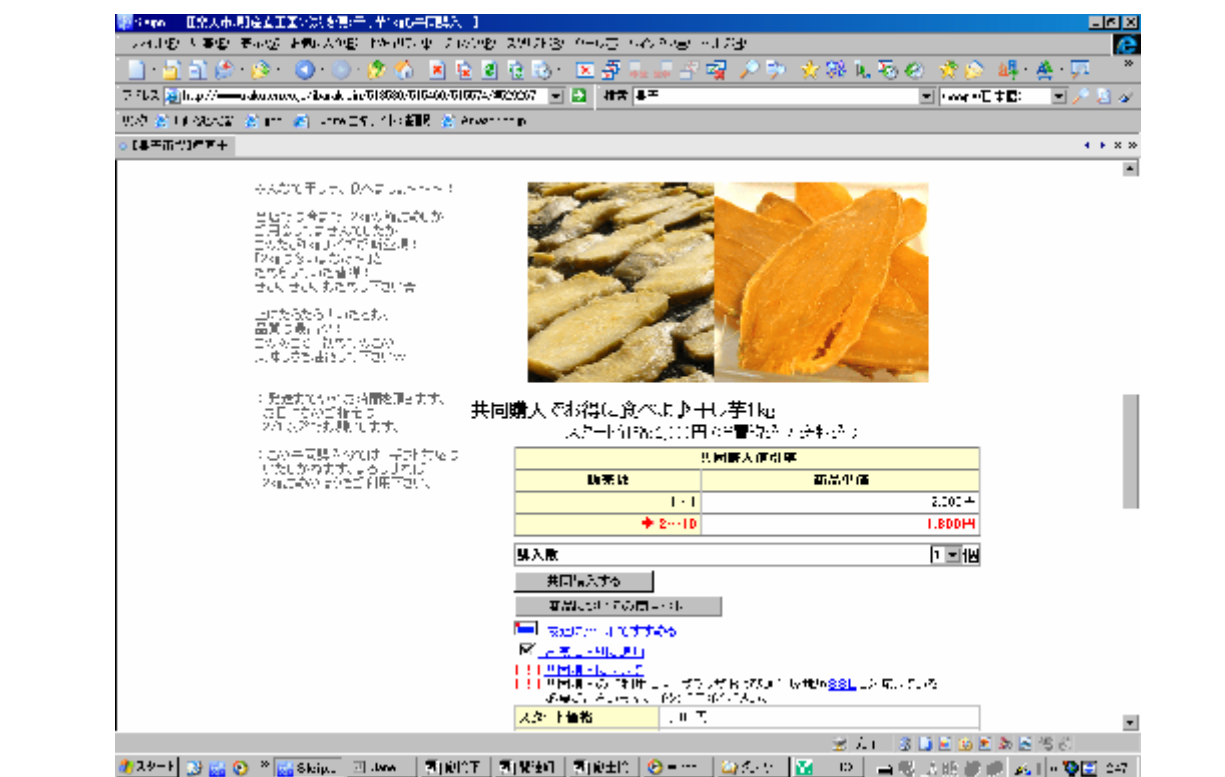


図 1.1 既存の共同購入

1.2 本研究の目的

本研究では代替財を用いた共同購入マーケットを提案し、買い手が最大限の効用を得られる提携形成を支援するシステムを構築する。

- ・ 代替財を用いた共同購入マーケットの構築

代替財とは、ある買い手にとって選択肢のうちのどの商品を購入してもよい場合、それら全ての商品を代替財と呼ぶ。1.1 で述べたように、既存の共同購入は同一・類似した商品が点在する事による買い手の分散が問題となっている。本論分で提案する代替財を用いた共同購入マーケットは、買い手に同一のカテゴリの商品を提示することで買い手が希望する商品群から可能な限り安価に商品の購入が出来る取引を可能とする[5][6]。

- ・ 買い手同士の最適な提携形成の支援

しかしながら、共同購入は取引される品数でその単価が動的に変化する。したがって参加者全員が購入する品物を決定するまで各々の買い手の購入単価が決定できない。全ての買い手は希望価格内かつ可能な限り安価に商品を購入する事を望んでいる。そこで、全ての買い手の希望価格内かつ購入金額の合計値が最も小さくなるような最適な提携組み合わせを導出する必要がある。

共同購入における買い手の最適振り分け問題は **NP** 困難な問題である。全ての買い手が希望価格内かつ全ての買い手の購入金額の合計値が最も小さくなる提携組み合わせを導出するためには全ての組み合わせを計算する必要がある。しかし、インターネットによる共同購入は不特定多数の買い手が参加するため指数爆発が起こり、全検索による最適組み合わせの探索は計算時間が大きく、実用的ではない。そこで、効率のよい解探索法による提携形成アルゴリズムを提案する。

- ・ 動的な電子共同購入マーケットにおける提携形成支援

また，インターネット上で行われる電子商取引は参加者が時間に束縛される事なく各々が自由なタイミングでマーケットに参加／退出する事ができる．従って，参加者人数が動的に変化する．共同購入は買い手人数によって購入価格が決定されるため，最適な提携形成をする上で動的な参加人数の変化は問題解決を非常に困難にする要因であるといえる．そのため，環境の変化に対応した提携形成支援が必要である．

- ・ 個別の留保価格設定に対応した提携形成支援

本論文で扱う共同購入マーケットは代替財を用いた共同購入マーケットで，買い手は複数の売り手が出品する同一の種類の商品の中からなるべく効用が大きくなる商品を選択して購入したい．しかし，買い手は別々の嗜好を持っており，全ての商品に対して同一の価値観を持たないものである．そこで，買い手は全ての商品に対して別々の留保価格を設定する．別々の留保価格設定をすることで買い手はより希望通りの商品を購入しやすくなる．また，希望の商品を安価に購入した場合は効用の値が大きくなり，買い手の嗜好が効用に反映されることになる．個々の買い手がそれぞれの財に対して別々の留保価格を設定するため，最適な提携形成は非常に困難になる．そこで，個別留保価格設定に対応した提携形成支援が必要である．

1.3 本論文の構成

本論文では，まず第2章で関連研究について説明する．第3章では電子共同購入マーケットについて述べる．代替財を用いた電子共同購入について示し，実時間提携形成について説明する．そして，提案する電子共同購入マーケットについて述べる．第4章では電子共同購入における提携形成アルゴリズムについて説明する．まず提案アルゴリズムの基礎である遺伝的アルゴリズムについて説明し，本問題解決のために特化した機構について説明する．第5章ではシミュレーションによる本アルゴリズムの有効性を示す．第6章で本論文のまとめ，今後の課題を述べる．

第 2 章

関連研究

2.1 関連研究

本章では電子商取引と提携形成手法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以下の節に分けて示す．

- ・ 電子商取引
- ・ 提携形成手法
- ・ 遺伝的アルゴリズム

電子商取引の節では近年のインターネットオークションにおける設計に関する研究を示し，本論文で提案する電子共同購入マーケットとの違いを明らかにする．提携形成手法の節では，提携形成問題を扱う他手法の研究を説明し，本手法との差異を明確に示す．遺伝的アルゴリズムの節では遺伝的アルゴリズムにおける拡張的な遺伝子操作手法を説明し，本アルゴリズムにおける操作との違いを示す．

2.1.1 電子商取引

本節では電子マーケットの研究について説明する．

オークション・サーバに **AuctionBot** がある．ユーザは，商品を売るためにオーク

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 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引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．

Yamamoto らは **GroupBuyAuction** を提案した[17]．**GroupBuyAuction** はエージェントベースの電子マーケットでエージェントが自動的に各々のユーザ利益のために交渉をするものである．買い手エージェントは利益の大きい安価な価格で購入できる提携を構成できる．本研究との違いは **GroupBuyAuction** はエージェントを用いた買い手個々の視点から見た提携形成システムであるのに対し，本アルゴリズムはマーケット側から見た，買い手全体を見渡して全体の利益が最大になる提携形成を目的としている．

Layton-Brown らは **BiddingClub** を提案した[8]．**BiddingClub** はプレオークションで，エージェントがあらかじめ入札をすることで本入札時に利益を確保するものである．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が示されている．本研究との違いは，**BiddingClub** がプレオークションを行って利益を確保しているのに対し，本アルゴリズムは共同購入サイトに対して実時間での問題解決を可能としている．

2.1.2 提携形成手法

本節では様々な提携形成手法についての研究を説明する．

Sen らは **Order Based Genetic Algorithm (OBGA)**を提案した[14]．**OBGA** は遺伝的アルゴリズムベースの探索アルゴリズムで，ここで遺伝的アルゴリズムによる最適提携形成の有効性が示されている．しかし本研究と適用する問題の性質が大きく異なる．**Sen** らの提携形成[15]は固定的なメンバによる最適提携形成を目的としているが電子共同購入はメンバの数は動的に変化する．また，買い手の留保価格設定に個人差が出るという特徴を持っている．電子共同購入における買い手同士の最適提携形成はより複雑な問題であるといえる．従って **Sen** らの提案する手法では本問題を解決する

事は出来ない。

2.1.3 遺伝的アルゴリズム

本節では遺伝的アルゴリズムにおける拡張的手法の研究について説明する。遺伝的アルゴリズムは生物進化を模した探索アルゴリズムである。遺伝的アルゴリズムは基本的に再生・交叉・突然変異の三つの遺伝的オペレーティングで構成されている。遺伝的オペレーティングはこれまでに様々な改良がなされ、解決する問題にあわせて効率のよい方法が研究されてきた。

Tanese らは **Distributed Genetic Algorithm** を提案した[13]。 **Distributed Genetic Algorithm** は遺伝子集団を分散して演算を行う事で騙しの多い問題においても局所解に陥ることなく解を探索する事が出来る事を示した。本研究との違いは遺伝しゅ集団を分散させる着目点の違いである。Tanese らは遺伝子集団を小さなグループに分けて演算する事で騙しの多い問題でも遺伝子全てが局所解に収束する事を防いだ。本研究では分散した遺伝子にそれぞれ役割を与え、問題変化時にも連続的な解探索を可能とした。

Syswerda らは **Uniform Crossover in Genetic Algorithm** を提案した[16]。 **Uniform Crossover in Genetic Algorithm** は 0-1 で表現され遺伝的アルゴリズムにおいて効率よい交叉法である。本研究との違いは解決する問題とそれに伴う遺伝子表現の違いから効率のよい交叉法の違いである。本研究における致死遺伝子抑制交叉は本問題特有の致死遺伝子発生を妨げる。

2.2 本研究の特色

本研究は代替財を用いた電子共同購入マーケットにおける買い手同士の最適提携形成を支援する機構を構築する。代替財を用いた共同購入は今までにないマーケットであり、本マーケットにおける買い手同士の提携形成はマーケット構築の上で避けられない問題である。

また、本研究の提携形成はマーケット側から見た最適な提携形成であり、個々の買い手が利益のために提携形成するのではない。

本提案アルゴリズムは本提携形成問題を解決するために設計されている．特に実時間での提携形成は非常に困難な問題であり，本アルゴリズムは他のアルゴリズムでは困難な実時間提携形成を可能としている．

第3章

電子共同購入マーケットにおける 実時間提携形成

3.1 代替財を用いた電子共同購入

共同購入とは、売り手が出品した単一の商品を一度に複数の買い手が購入する商取引である。買い手側はまとまった数の商品を購入する事で、より安い単価で商品を購入する事が出来る。売り手はまとまった在庫を処分する事が出来るというメリットがある。

インターネットを用いた共同購入は、急速に成長している電子商取引におけるマーケットプレースの一形態で、注目を集めている。インターネットにおける共同購入の利点は、お互い面識のない不特定多数の買い手がグループ形成する事で個別に購入するより安い価格で商品を購入することが出来る点である。買い手はある時点でそれぞれの商品に対し買い手が何人参加しているかを常に閲覧する事が出来る。売り手はまとまった数の商品を準備し、商品を準備し、一度の取引で買い手により購入される数に応じた商品の単価を提示する。一般に表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。例えば個別に購入すると価格が5000円の品物も買い手が3人集まり購入すれば購入金額は4800円となり、 $5000 - 4800 = 200$ 円から、個別に購入するより200円安い価格で購入できる。買い手が7人集まり取引した場合価格は3800円で $5000 - 3800 = 1200$ 円となり個別に購入するより1200円も安く購入できる。買い手は、提示されたテーブルと共同購入を希望する買い手人数の二つの情報から購入するか否かを判断する。

現在、多くの共同購入サイトにおいて複数の売り手が同一もしくは類似した商品を

扱っている．同一の商品であっても売り手によって価格が大きく異なる場合もある．買い手の参加人数制限や参加人数による販売価格の変化を考慮に入れば，買い手にとって参加するタイミングや参加するグループを決定するなどの意思決定は重要な問題だといえる．また，複数の売り手が類似した商品を共同購入で扱う場合，買い手が分散してしまい大きなグループの形成ができていない状況がみられる．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く，インターネットにおける共同購入の利点である，面識のない買い手がグループを形成できるという利点が生かされていない．このためある買い手グループにとっては十分な参加者にならず，商品を安く購入できないことがある．

表 3.1 価格テーブル例

販売個数	単価
1-2	5,000
3-4	4,800
5-6	4,500
7-8	3,800

代替財を用いた共同購入とは，上記の意思決定や買い手の分散などの問題を解決する取引形態である．主催者は出品された商品をカテゴリーごとに分類し，買い手に明示する．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かまわないならば，ある買い手が他の買い手グループに統合されることでより安価に購入できる．図 1 に示された代替財を用いた共同購入では，商品 A，商品 B，商品 C が同じカテゴリーの財であり，参加する買い手はどれを購入してもよいものとする．

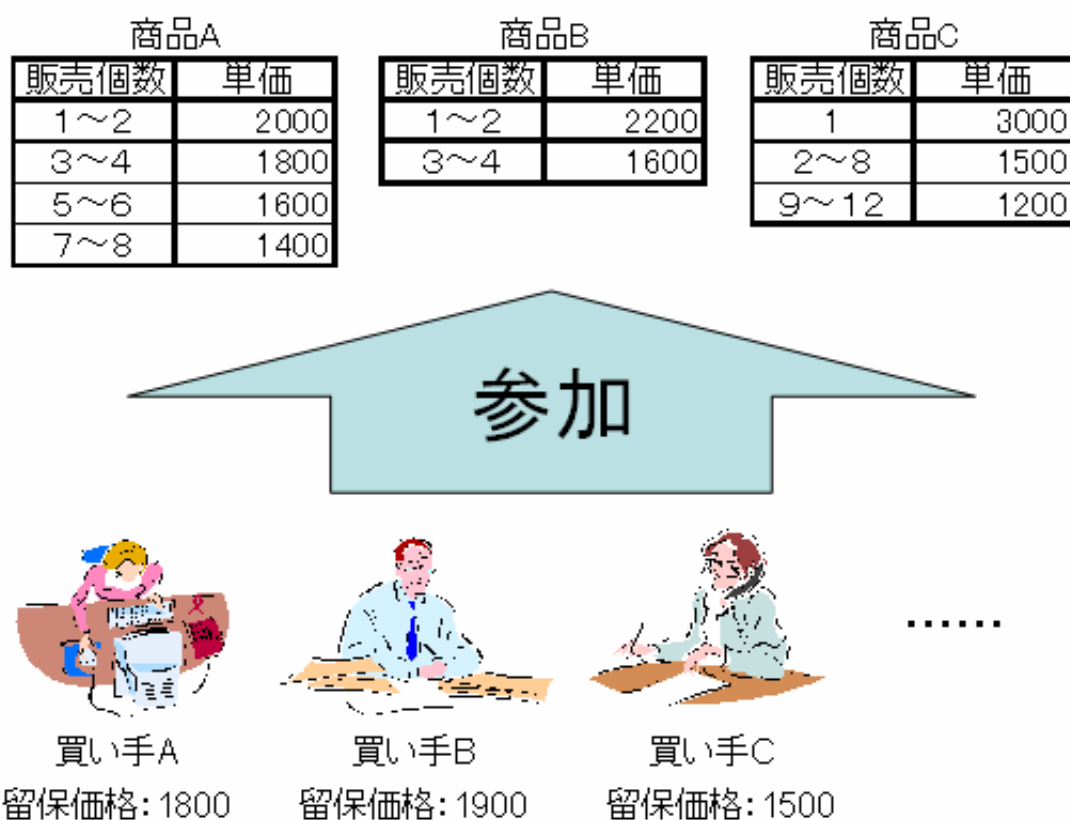


図 3.1 代替財を用いた共同購入

売り手はそれぞれ出品した商品に、商品数とそのときの単価の関係を示したテーブルを主催者側に提出する。買い手は留保価格（**reservation price**）を主催者側に提出する。留保価格とは買い手がある商品に支払ってもよいと考える最高価格である。以上の条件から買い手全員の効用の合計値が最大になるように商品に買い手を振り分ける最適な組み合わせを探索するものである。これを最適振り分け問題と呼ぶ。ある商品は単価が5000円である。買い手が2～5人である場合、商品の単価は4000円となり、個別に購入するより1000円安く購入することができる。買い手が6人の場合なら単価は3000円となり、個別に購入するより2000円安く購入できる。この商品の購入を希望する買い手Aが存在する。買い手Aの留保価格を3500円とする。商品の価格が留保価格より高い場合、買い手は購入しない。ここでこの商品にすでに5人の買い手が参加していれば、買い手Aが参加することによってこの商品の単価は3000円になり購入することができる。本論分では線形効用を仮定する。買い手Aの留保価格は3500円なので買い手Aの効用は500円となる。一方、もしこの商品に4人しか買い手がついていなかった場合、買い手Aが参加しても単価は4000円のままである。買い手Aにとって留保価格より商品の価格が高いためこの時点では参加しない。

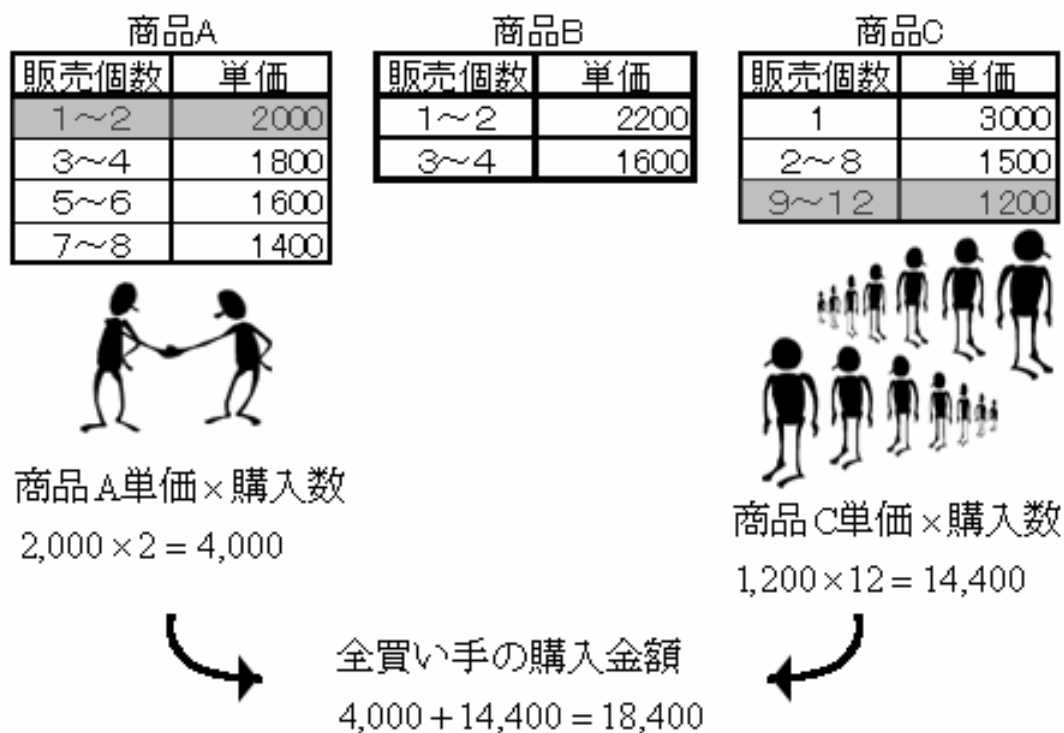


図 3.2 提携形成例 A

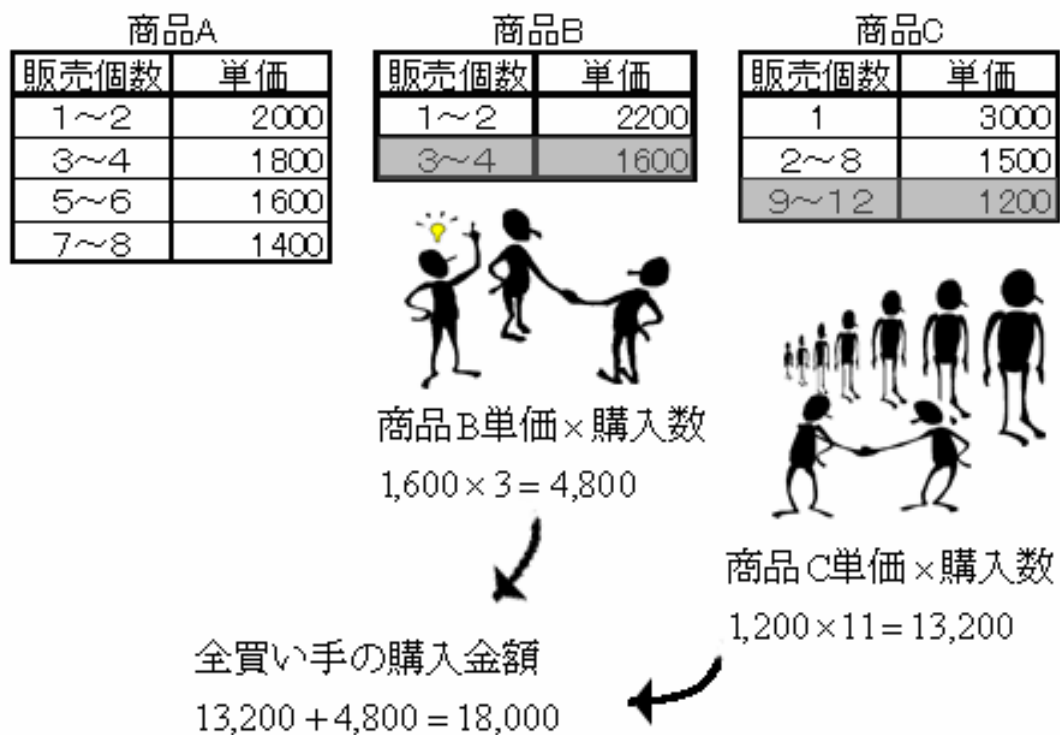


図 3.3 提携形成例 B

3.2 実時間提携形成

インターネット上の取引は時間や場所に制限されることなく不特定多数の人間が参加できるという利点がある。共同購入は多数の買い手がつくほど安価に購入できるため、不特定多数の人間が参加できるという利点は買い手にとって大きい利点であるといえる。しかし不特定多数の売り手や買い手が自由に参加できるということは不規則な環境の変化を生む。共同購入は買い手人数によって商品の単価が変化するため、買い手人数の増減は全ての買い手の購入商品価格が変動する契機となる。

また、新しい売り手が参加した場合、全ての買い手は選択肢が増えることになる。この場合より条件のよい売り手につくほうが効用の合計が大きくなる。そして、買い手人数が売り手の在庫数に達したとき、または売り手が設定した締切時間が来たときにその売り手と購入する買い手はこの共同購入取引を成立させて終えることになる。

図 3.4 に電子共同購入マーケットの時間経過例を示す。図 3.4 のように時間の流れに対して定まっていないタイミングで買い手は参加／退出する。また、売り手は不規則なタイミングでマーケットに参加し、個々が設定した自由なタイミングで商品の締切時間を迎える。売り手が締切時間を迎えるとき、締切時間を迎える売り手の商品購入を予定していた買い手グループは売り手と取り引きが成立する事になる。このように、実時間での電子共同購入は動的に参加人数が変化する事が予想される。

図 3.5 から図 3.11 に具体的な実時間提携形成例を示す。

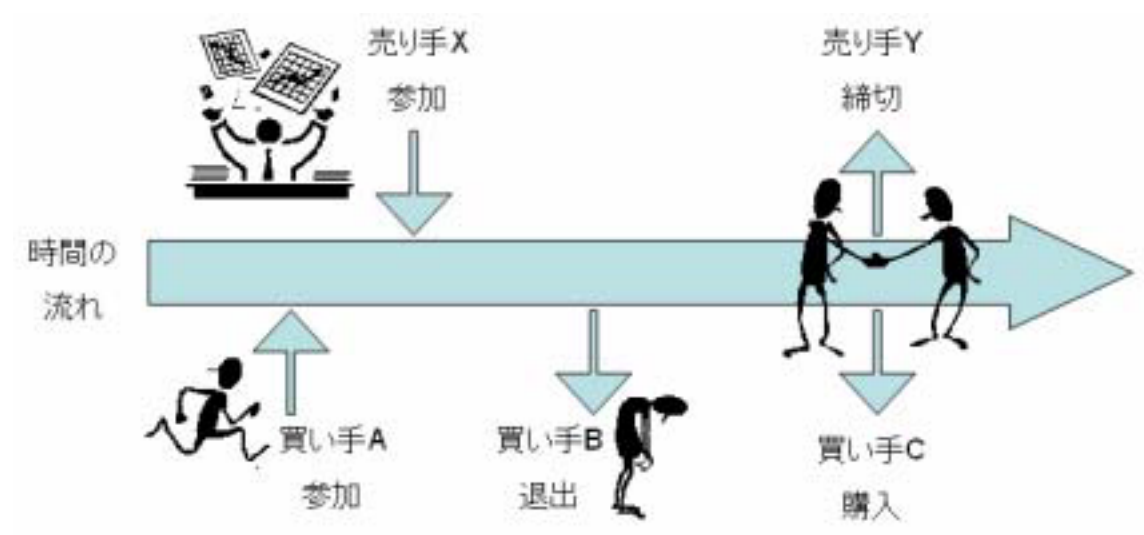


図 3.4 電子共同購入マーケットの時間経過例

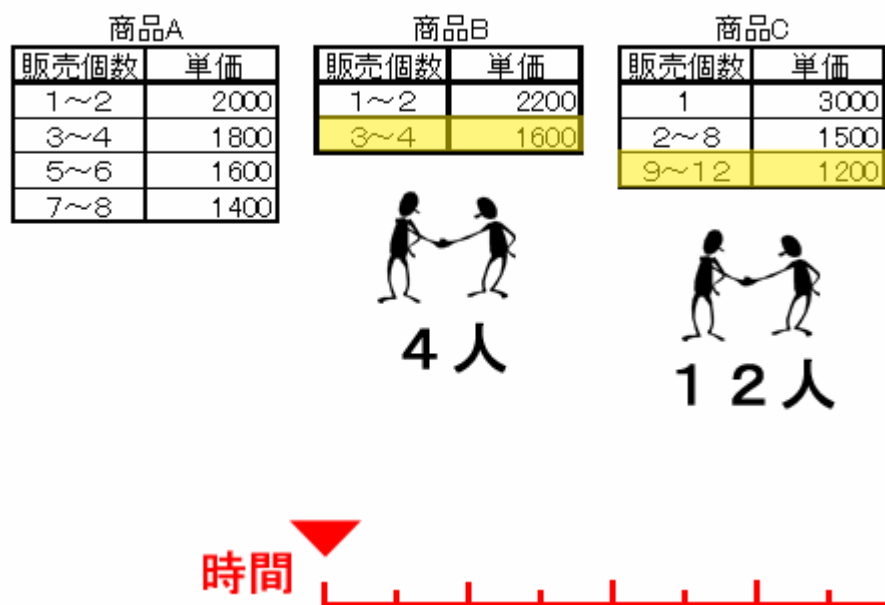


図 3.5 実時間提携形成例 1

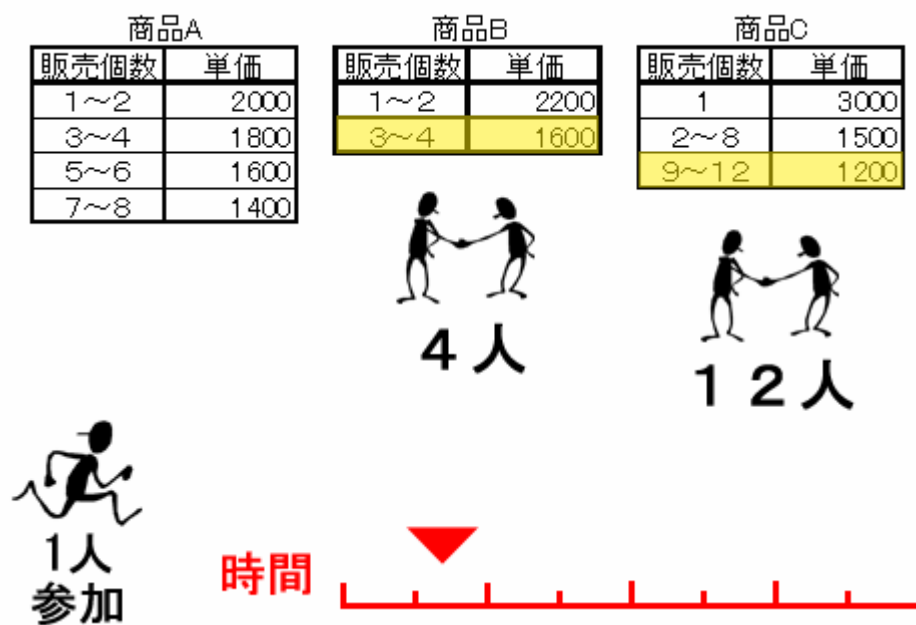


図 3.6 実時間提携形成例 2

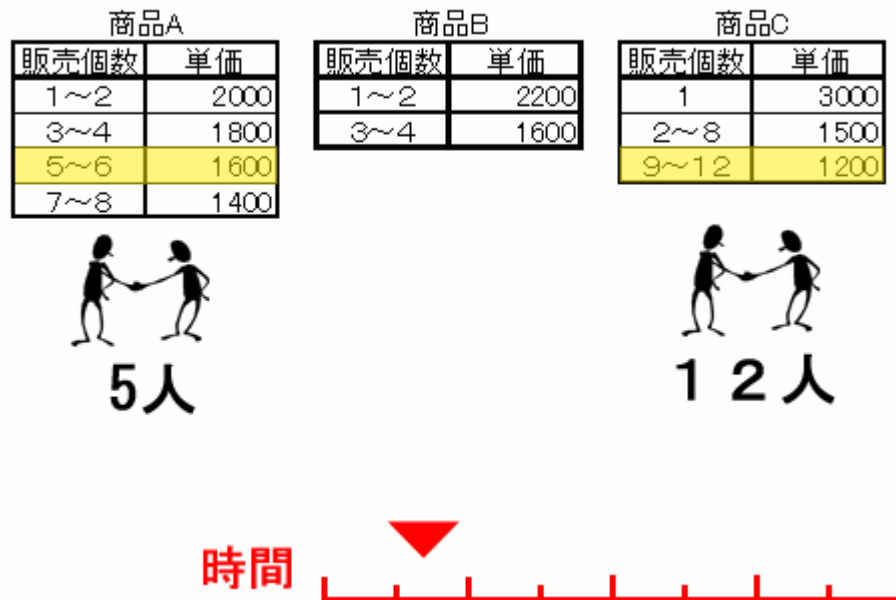


図 3.7 実時間提携形成例 3

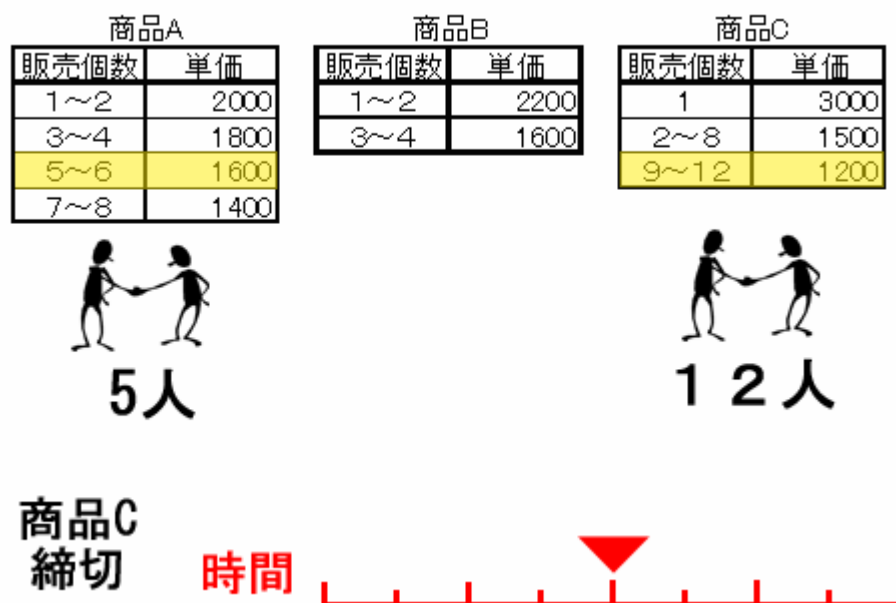


図 3.9 実時間提携形成例 4

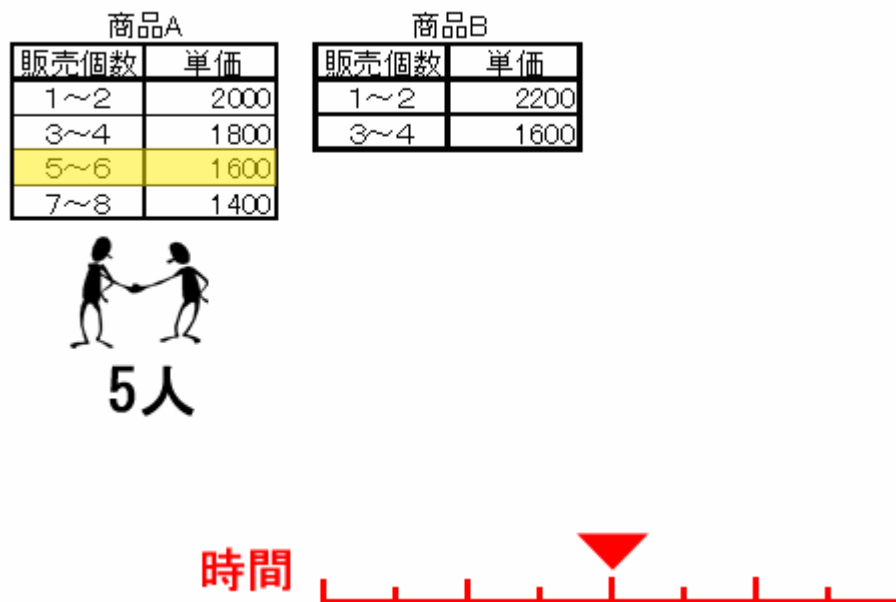


図 3.10 実時間提携形成例 5

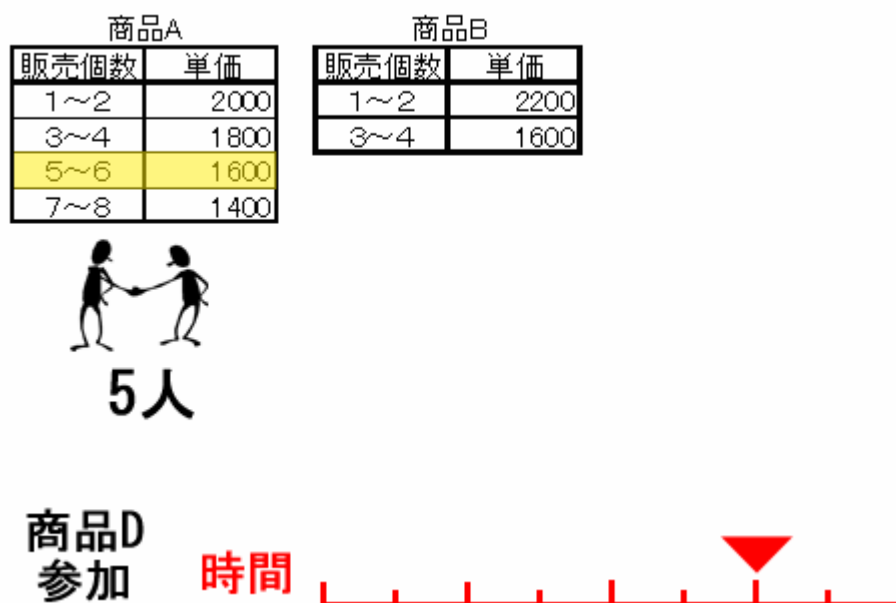


図 3.11 実時間提携形成例 6

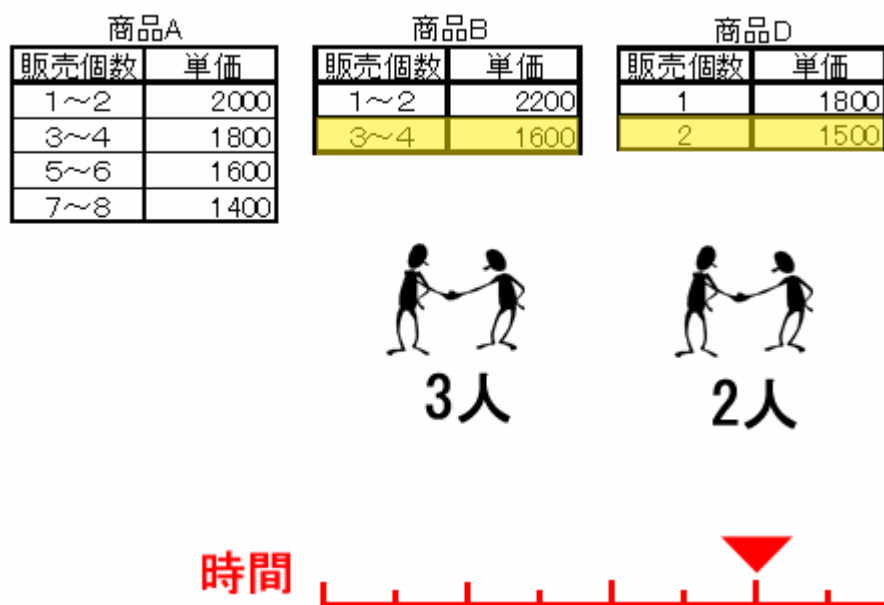


図 3.12 実時間提携形成例 7

買い手は環境が変化するごとに新しい条件から効用が大きくなるように商品の選択を強いられる。不特定多数の人間が参加する電子商取引は売り手、買い手人数ともに大規模となり、その組み合わせの数は非常に大きくなる。その結果十分なグループ形成は困難であるといえる。そこで環境の変化に対応できる実時間グループ提携形成を支援する機構が必要である。

第 4 章

遺伝的アルゴリズムを用いた 実時間提携形成アルゴリズム

4.1 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは，生物進化の原理に着想を得たアルゴリズムであり，確率的探索・学習・最適化の一手法として知られている[7]．遺伝的アルゴリズムは数字の配列で解を表現し，大量に用意された遺伝子集団を操作する事で優秀な解を生み出し，遺伝子集団を解に収束させる．

遺伝的アルゴリズムは短い時間で **NP** 問題を解決する事ができ，初期状態に依存することなく解探索をすることが出来る．また，遺伝子集団の操作（遺伝的オペレーティング）において局所解に収束する事を防ぐ事が可能なため，遺伝的アルゴリズムは騙しの多い問題においても局所解に陥ることなく最適解を導出する事を可能としている[3][4][9]．

4.2 遺伝子表現

コーディングについて説明する．**GA** での最適化によって利点は遺伝子表現によって買い手に振り分けられる商品と商品ごとの単価，買い手の効用が一度に表現できるという点がある．複数の属性を評価しなければならない場合や，制限条件が複数の属性にかけられていた場合でもすべてを一度に評価できるという利点がある．商品の単価は買い手の人数によって変化するため，買い手全員に商品を振り分けるまで組み合

わせに対する評価ができない．そこで，買い手人数と同じ大きさの配列を用意し，各買い手がどの商品を振り分けられるかを表現することで，解集団の遺伝子表現とする．

	買い手1	買い手2	買い手3	……	買い手n
遺伝子	商品A	商品B	商品C	……	商品B

図 4.1 遺伝子表現

本問題における，致死遺伝子について述べる．最適振り分け問題において制限は

- 1) 商品は必ず有限個しかないので，それを超える人数の買い手がその商品を選ぶことはできない
- 2) 買い手が設定した限度額を超える単価の商品を振り分けてはいけない

の二つがある．

2) の制限に関しては買い手が極端に低い金額を設定した場合解なしとなり，取引できない．GA において致死遺伝子はその個体の価値を 0 にするため，致死遺伝子が集団の中で多数存在すると，十分な結果が得られにくい．適用する問題によっては 1) および 2) における制限から，問題の解空間の大部分を致死遺伝子が占めてしまう場合もある．

初期選択集団に致死遺伝子が多数含まれた場合，GA による探索はきわめて局所的となり，十分な解が得られない．可能な限り初期選択で制限範囲内の個体を選択する．初期選択はランダムに遺伝子座の値を決定し，買い手全員に商品を振り分けた遺伝子を決まった数だけ作成する．GA において最初の操作であり，選択された集団に対し各種の遺伝的オペレーティングを用いて解を探索する．初期選択で致死遺伝子を減らすため，制限 1) の範囲内で個体を選択する．ランダムに制限をかけ，ストック上限を超える商品を買手に振り分けないようにする．制限 2) に対して考慮することはできないが，初期選択における致死遺伝子発生率を小さくすることができる．

この問題における評価方法について説明する．すべての買い手は留保価格を持ち，商品の価格が留保価格より高い場合取引は成立しない．取引が成立するには商品価格が留保価格以下である必要がある．購入価格の合計の点で優秀な遺伝子が，ある買い手の厳しい制限条件で致死遺伝子になってしまうのは解探索の上で大きな損失である．そこで，遺伝的オペレーティングと呼ばれる再生，交叉，突然変異の **GA** における個体の操作時の個体の評価方法は買い手の単価の合計にする．値が小さい遺伝子ほど優秀ということになる．この評価法において，制限 2) に引っかかる遺伝子も価値無しになることなく次世代に生き残る可能性を持つため，優秀な遺伝子を消し去ることなく，集団の多様性維持の役割も果たす．

4.3 交叉による致死遺伝子の抑制

遺伝的オペレーティングの中で，交叉は **GA** において最も特徴的な操作である．しかし，普通の一点交叉を行った場合，問題の性格上致死遺伝子を生み出し，解探索の効率を下げてしまうことがある．計算量は増えるが，交叉において致死遺伝子が生まれなように，以下のような手順で交叉を行う．交叉率によって交叉を実行するか否かを決定する．交叉の実行が決定された二つの個体はすべての交叉点で交叉され，親個体とともに一度プールされる．その中から評価の高い個体を二つ取り出し次の世代に生き残らせるのである．これにより，最悪の場合交叉した個体がすべて致死遺伝子になったとしても，親個体が次の世代に引き継がれる．前世代の個体が致死遺伝子でない限り，このオペレーティングによって致死遺伝子が次世代に受け継がれることがないという点である．しかし，交叉が決定された場合，最も評価の高い個体が次世代に受け継がれるため，収束を早め，局所解に収束する要因になる場合もある．交叉率や，突然変異率の調整が必要になる．

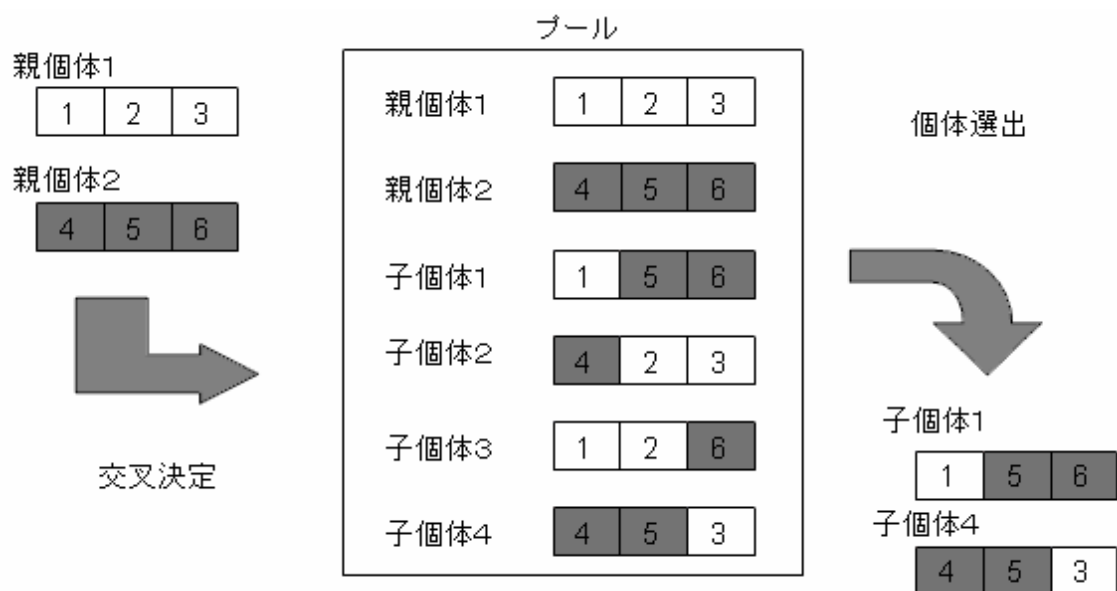


図 4.2 交叉による致死遺伝子の抑制

4.4 遺伝子集団の分散

問題解決に GA を用いるのは演算の過程で生まれる解候補を環境変化後に利用し、演算量を削減するためである。しかし、問題の性質上環境変化後に全ての解候補が最適解導出に有用であるとは限らない。環境が変化した場合に全てを初期化した集団から大域的に検索しなおすほうが有用な場合も考えられる。そこで、GA の初期集団を二つに分け、環境変化時に初期化する集団と演算途中に導出された解候補の集団とする。大域的探索と局所的探索を同時に行うことで、局所解に陥ることを防ぎ、演算量の削減を視野に入れて解の探索を行うことができる。

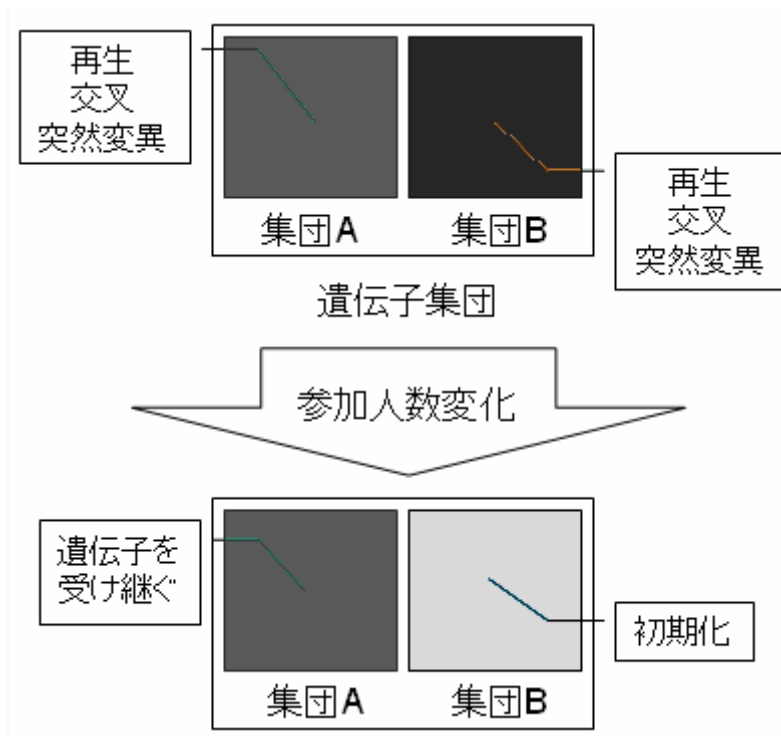


図 4.3 遺伝子集団の分散の概念図

第 5 章

実験

5.1 共同購入における最適提携形成

本節では代替財を用いた共同購入マーケットにおける買い手同士の最適提携形成問題を提案するアルゴリズムで解決し、他のアルゴリズムと比較する事で本アルゴリズムの特長を述べる.

5.1.1 共同購入における最適提携形成問題

本節では代替財を用いた共同購入マーケットにおける買い手同士の最適提携形成問題について説明し、5.1 節の実験に用いる問題を説明する.

本問題は売り手の価格テーブルと買い手の留保価格によって決定される. 一定数の売り手はそれぞれの商品に対して販売個数と単価の関係を示した表を提示する. これを価格テーブルという. また, 売り手はそれぞれが商品に対して支払う事の出来る限度額を提示する. これを留保価格という. 全ての買い手は留保価格以下の金額で取引を成立させる必要がある. また, 買い手は留保価格から実際の購入価格を引いた値を効用として得る. 取引価格が留保価格よりも小さいほど得られる効用は大きい.

本問題では全ての買い手が留保価格内で取り引きを成立させ, 全ての買い手の効用の値が最大になる買い手同士の提携組み合わせを導出する. 本組み合わせ問題は NP 問題であり, 最適解の導出は解空間の全探索以外に方法が存在しない. 買い手人数を m , 売り手人数を n とすると解空間 S の大きさは以下の式で定義される.

$$S = n^m$$

5.1.2 最適提携形成問題の特性および解決アルゴリズムの特性

本節では最適提携形成問題例を示し，本問題の特性と解決アルゴリズムの違いを示す．

本節で扱う問題は買い手 10，売り手 5 とする．二つの問題例を表 5.1，表 5.2 および表 5.3 に示す．表 5.1 および表 5.2 はそれぞれの問題の売り手の価格テーブルを，表 5.3 はそれぞれの問題共通の買い手の留保価格を示している．

表 5.1 売り手の価格テーブル（問題 a）

商品A		商品B		商品C		商品D		商品E	
品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価
1	2,000	1-2	1,800	1	2,000	1-3	1,520	1	2,000
2	1,900	3	1,310	2	1,320	4-5	1,440	2-3	1,600
3	1,450					6	1,330	4-5	1,500

表 5.2 売り手の価格テーブル（問題 b）

商品A		商品B		商品C		商品D		商品E	
品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価
1-4	1,700	1	2,000	1-4	2,000	1-3	1,520	1	2,000
5	1,310	2	1,900	5	1,350	4-5	1,400	2-3	1,600
		3	1,450			6	1,300	4-5	1,500

表 5.3 買い手の留保価格

買い手	留保価格	買い手	留保価格
買い手A	1,700	買い手F	1,800
買い手B	1,650	買い手G	1,680
買い手C	1,310	買い手H	1,900
買い手D	1,550	買い手I	1,780
買い手E	1,720	買い手J	1,380

以上に示される二つの最適提携形成問題を提案手法，全検索，欲張り法で演算し，その結果を比較する．

提案手法に用いている遺伝的アルゴリズムは 200 個体 200 世代で行い，交叉率は 0.5，突然変異率は 0.01 に設定した．全てのプログラムは JAVA で開発し，シミュレーション環境は OS : WindowsXP，CPU : Celeron 1GHz，メモリ : 256MB で行った．

買い手の効用の合計値を表 5.4，演算時間を表 5.5 に示す．

表 5.4 買い手の効用の合計値

	提案手法	全検索	欲張り法
問題a	2,900	2,900	2,900
問題b	3,170	3,170	解なし

表 5.5 演算時間

提案手法	全検索	欲張り法
2352ms	14039ms	18ms

表 5.4 より，欲張り法は問題によって最適解を導出することも出来るが，制限条件を満たした解が発見できない場合も存在することがわかる．

表 5.5 では全検索は他の探索法に比べ非常に時間がかかる事がわかる．インターネット上の取引引きではより多くの人間がマーケットに参加する事が予想できる．全検索は実用的な解決手段ではないといえる．

5.1.3 アルゴリズムの評価

本節では 5.1.2 節を踏まえて解空間の大きさが違う問題で提案手法と欲張り法の探索性能を比較し，提案手法の有用性を示す．

本節の実験で扱う問題は買い手 10，売り手 5 の問題と買い手 11，売り手 6 の問題である．それぞれの参加人数の最適提携形成問題を乱数によって 100 個作成し，提案手法，全検索，欲張り法によって解決した．全ての問題は買い手全員が留保価格内で取引引きが成立する．

提案手法に用いている遺伝的アルゴリズムは 200 個体 200 世代で行い，交叉率は

0.5, 突然変異率は 0.01 に設定した. 全てのプログラムは JAVA で開発し, シミュレーション環境は OS : WindowsXP, CPU : Celelon 1GHz, メモリ : 256MB で行った.

各手法の演算時間の平均を表 5.6 および表 5.7 に, 提案手法と欲張り法の演算結果の正答率の比較を表 5.8 および表 5.9 に示す.

表 5.6 平均演算時間 : 買い手 10, 売り手 5

提案手法	全検索	欲張り法
2352ms	14039ms	18ms

表 5.7 提案手法と欲張り法の正答度比較 : 買い手 10, 売り手 5

	提案手法	欲張り法
最適解導出回数	22	9
適合解導出回数	51	14
解なし回数	27	77

表 5.8 平均演算時間 : 買い手 11, 売り手 6

提案手法	全検索	欲張り法
2352ms	585500ms	18ms

表 5.9 提案手法と欲張り法の正答度比較：買い手 11，売り手 6

	提案手法	欲張り法
最適解導出回数	9	6
適合解導出回数	51	18
解なし回数	40	76

表 5.6 および表 5.8 からほんの少しの参加人数の増加でも全検索にかかる時間が格段に大きくなっていることがわかる．それに比べ提案手法や欲張り法は演算時間が変化しない．欲張り法は非常に単純なアルゴリズムのため解空間の大きさに比べ演算時間の増加が非常に小さいためである．提案手法は遺伝的アルゴリズムをベースにしているため個体数・世代数の設定を変化しない限り演算時間は固定である．ただし個体数・世代数を固定することは探索能力を限定してしまう事であり，解空間の大きさに対して探索能力が小さすぎる場合は十分な解が得られない．

表 5.7 および表 5.9 は提案手法と欲張り法の解探索能力の差を示している．適合解とは最適な組み合わせではないが買い手全員が留保価格内で購入できる提携組み合わせの事である．表 5.7 では欲張り法が 23%しか制限条件を満たした組み合わせを導出できていないのに対し提案手法では 73%適合解以上の解を導出している．表 5.9 でも欲張り法は 24%しか制限条件を満たした組み合わせを導出できていないのに対し提案手法では 60%適合解以上の解を導出している．ここで特筆する事は買い手 11，売り手 6 の問題では最適解導出割合が買い手 10，売り手 5 の問題より非常に小さくなっている点である．解空間が大きくなる事で解探索がより困難になっているためである．欲張り法は解空間の増大に対してほとんど解探索能力が変化していない．提案手法では問題の大きさに対して個体数・世代数の設定値を変化させ，より解探索能力を安定させる必要がある．

5.2 共同購入における実時間提携形成

本節では代替財を用いた共同購入マーケットにおける買い手同士の実時間提携形成問題を提案するアルゴリズムで解決し、他のアルゴリズムと比較する事で本アルゴリズムの特長を述べる。

5.2.1 共同購入における実時間提携形成問題

本節では代替財を用いた共同購入マーケットにおける買い手同士の実時間提携形成問題について説明し、5.2 節の実験に用いる問題を説明する。

本問題は売り手の価格テーブルと買い手の留保価格、参加者の参加タイムテーブルによって決定される。一定数の売り手はそれぞれの商品に対して販売個数と単価の関係を示した表を提示する。これを価格テーブルという。また、売り手はそれぞれが商品に対して支払う事の出来る限度額を提示する。これを留保価格という。全ての買い手は留保価格以下の金額で取引を成立させる必要がある。また、買い手は留保価格から実際の購入価格を引いた値を効用として得る。取引価格が留保価格よりも小さいほど得られる効用は大きい。

本問題では参加者は決められていないタイミングでマーケットに参加／退出をする。共同購入は参加者人数で買い手の購入価格が変化するため動的な人数の変化は最適な提携形成をより困難にする。

5.2.2 実時間提携形成問題の特性および解決アルゴリ

ズムの特性

本節では実時間提携形成問題例を示し、本問題の特性と解決アルゴリズムの違いを示す。

本節で扱う問題は買い手 11、売り手 6 とする。問題例を表 5.10、表 5.11 および表

5.12 に示す．表 5.10 売り手の価格テーブルを，表 5.11 は買い手の留保価格を，表 5.12 は参加者のタイムテーブルを示している．

表 5.10 売り手の価格テーブル

商品A		商品B		商品C		商品D		商品E		商品F	
品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価
1-4	1,700	1	2,000	1-4	2,000	1-3	1,520	1	2,000	1-2	1,800
5	1,310	2	1,900	5	1,350	4-5	1,400	2-3	1,600	3-4	1,400
		3	1,450			6	1,300	4-5	1,500		

表 5.11 買い手の留保価格

買い手	留保価格	買い手	留保価格
買い手A	1,700	買い手G	1,680
買い手B	1,650	買い手H	1,900
買い手C	1,310	買い手I	1,780
買い手D	1,550	買い手J	1,380
買い手E	1,720	買い手K	1,480
買い手F	1,800		

表 5.12 共同購入マーケットのタイムテーブル

時間 (sec)	イベント
0	共同購入マーケット開始
6	買い手Kマーケットに参加
8	商品A締切
12	買い手Aマーケットから退出
15	共同購入マーケット終了

以上に示される実時間提携形成問題を提案手法，単純遺伝的アルゴリズム，欲張り法で演算し，その結果を比較する．

提案手法および単純遺伝的アルゴリズムに用いている遺伝的アルゴリズムのパラメータは個体数 200, 世代数 200 で行い，交叉率は 0.5, 突然変異率は 0.01 に設定した．全てのプログラムは JAVA で開発し，シミュレーション環境は OS : WindowsXP, CPU : Celelon 1GHz, メモリ : 256MB で行った．

各アルゴリズムの時間遷移を図 5.1，マーケット終了時の効用の合計を表 5.13 に示す．

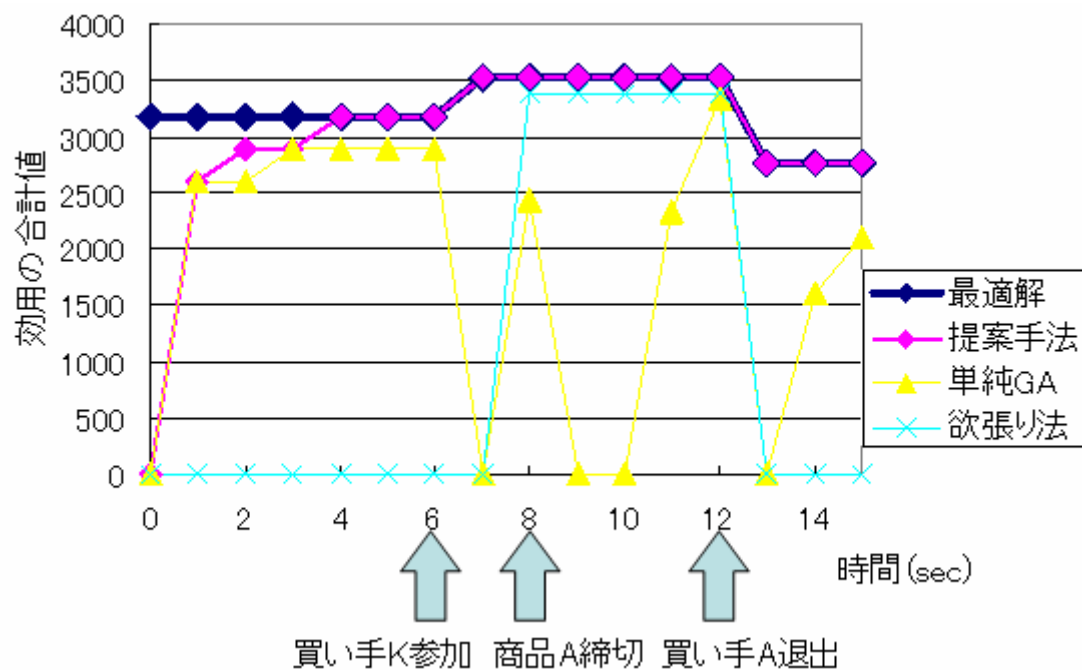


図 5.1 各アルゴリズムの時間遷移

表 5.13 マーケット終了時の効用の合計

提案手法	2,770
単純GA	2,200
欲張り法	0

図 5.1 からそれぞれのアルゴリズムの特徴がわかる．単純遺伝的アルゴリズムは提案手法と同様短時間で最適解，もしくは準最適解の導出が可能である．しかしながらマーケット開始後 6，8，12 秒後の参加者数変化の直後，導出した解がリセットされるために最初から演算をしておしていることがわかる．参加者人数変化から十分な時間があれば再び最適解の導出も可能だが短時間内で参加者数，締切時間を迎えると十分な解が得られないまま取り引きが成立もしくは不成立してしまう．マーケット開始後 8 秒地点で商品 A が締切時間を迎えているがここで十分な解が得られていない．その結果表 5.13 でもわかるようにマーケット終了時に効用の合計値が十分大きな値になっていない．

欲張り法は非常に短時間で演算を終了させる事が出来る．しかしながら探索能力が問題に依存するため，複雑な問題を解決できない．電子共同購入における実時間提携形成問題では参加人数が動的に変化しその都度問題が変化する．従って問題解決能力が問題に依存する欲張り法は実時間提携形成には適していないといえる．今回の問題では表 5.13 を見て分かるように商品の締切時間，マーケットの終了時間において取り引きを成立させる買い手の提携組み合わせを導出する事が出来なかった．

5.2.3 アルゴリズムの評価

本節では実時間での共同購入マーケットにおける実時間提携形成問題を提案手法，単純遺伝的アルゴリズム，欲張り法で解決し，それぞれの解探索性能を比較し，提案手法の有用性を示す．

本節の実験で扱う問題は以下の通りである.

1. あらかじめ買い手 12, 売り手 6 を乱数によって決定しておく
2. 買い手 10, 売り手 5 で共同購入マーケットを開始する
3. 表 5.14 で示される確率で毎秒参加者の入退出イベントを起こす
(ただし買い手・売り手が新たに参加するイベントは新たな買い手・売り手がない場合は無視する)
4. マーケット開始から 20 秒後に全ての商品の締切時間を迎える

表 5.14 イベント確率

イベント	確率 (%)
買い手が新たに参加する	5
売り手が新たに参加する	5
現在参加している買い手が退出する	5
現在参加している売り手が締切時間を迎える	5
参加者は変化しない	80

以上の条件で実時間提携形成問題を 100 問用意し, 提案手法, 単純遺伝的アルゴリズム, 欲張り法で解決した.

提案手法および単純遺伝的アルゴリズムに用いている遺伝的アルゴリズムのパラメータは個体数 200, 世代数 200 で行い, 交叉率は 0.5, 突然変異率は 0.01 に設定した. 全てのプログラムは JAVA で開発し, シミュレーション環境は OS : WindowsXP, CPU : Celeron 1GHz, メモリ : 256MB で行った.

マーケット終了時における効用の合計の平均値を表 5.15 に, マーケット終了時に取引引きが成立する提携形成を導出できた回数を表 5.16 に示す.

表 5.15 マーケット終了時における効用の合計の平均値

提案手法	2899.8
単純GA	1460
欲張り法	510

表 5.16 マーケット終了時における適合解導出回数

提案手法	78
単純GA	49
欲張り法	21

表 5.15 から提案手法は単純遺伝的アルゴリズム, 欲張り法に比べて効用の大きい提携形成が出来ていることがわかる. また, 表 5.16 を見ても分かるとおり, 単純遺伝的アルゴリズムや欲張り法はマーケット終了時に制限条件を満たした提携組み合わせを見つけられたのは半分以下である. 本問題は動的に参加人数が変化するため, ある時点では買い手全員が購入する事ができない問題設定になることがある. その上で提案手法は 78%もの適合解を導出しており, 実時間提携形成には有用である事が示されている.

5.3 個別留保価格に基づく共同購入における提携形成

本節では個別留保価格設定に基づく共同購入マーケットにおける買い手同士の実時

間提携形成問題を提案するアルゴリズムで解決し、他のアルゴリズムと比較する事で本アルゴリズムの特長を述べる。

5.3.1 個別留保価格に基づく共同購入における

提携形成問題

本節では個別留保価格設定に基づく共同購入マーケットにおける買い手同士の実時間提携形成問題について説明し、5.3 節の実験に用いる問題を説明する。

本問題は売り手の価格テーブルと買い手の留保価格テーブル、参加者の参加タイムテーブルによって決定される。一定数の売り手はそれぞれの商品に対して販売個数と単価の関係を示した表を提示する。これを価格テーブルという。また、売り手はそれぞれが出品されている全ての商品に対して支払う事の出来る限度額を提示する。これを留保価格テーブルという。商品に対して支払う事の出来る限度額を留保価格という。全ての買い手は留保価格以下の金額で取引を成立させる必要がある。また、買い手は留保価格から実際の購入価格を引いた値を効用として得る。取引価格が留保価格よりも小さいほど得られる効用は大きい。

本問題では参加者は決められていないタイミングでマーケットに参加／退出をする。共同購入は参加者人数で買い手の購入価格が変化するため動的な人数の変化は最適な提携形成をより困難にする。また、買い手は全ての商品に対して個別に留保価格を設定するため、最適な提携形成は非常に困難である。

5.3.2 個別留保価格に基づく共同購入における

提携形成問題の特性および解決アルゴリズムの特性

本節では個別留保価格設定に基づく共同購入における実時間提携形成問題例を示し、本問題の特性と解決アルゴリズムの違いを示す。

本節で扱う問題は買い手 12，売り手 6 とする。問題例を表 5.17，表 5.18 および表 5.19 に示す。表 5.17 売り手の価格テーブルを，表 5.18 は買い手の留保価格テーブルを，表 5.19 は参加者のタイムテーブルを示している。

表 5.17 売り手の価格テーブル

商品A		商品B		商品C		商品D		商品E	
品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価	品数	単価
1	2,000	1-3	1,800	1	2,000	1-4	1,700	1-3	2,000
2	1,900	4-5	1,400	2-3	1,600	5	1,310	4-5	1,350
3-5	1,450	6	1,300	4-5	1,500				

表 5.18 留保価格テーブル

	買い手A	買い手B	買い手C	買い手D
商品A	1,780	1,310	1,550	1,780
商品B	1,550	1,380	1,780	1,550
商品C	1,650	1,700	1,550	1,650
商品D	1,550	1,650	1,650	1,700
商品E	1,700	1,780	1,720	1,800
商品F	1,680	1,550	1,680	1,310
	買い手E	買い手F	買い手G	買い手H
商品A	1,780	1,700	1,780	1,650
商品B	1,380	1,720	1,550	1,720
商品C	1,650	1,900	1,310	1,780
商品D	1,700	1,720	1,700	1,700
商品E	1,550	1,650	1,650	1,550
商品F	1,380	1,680	1,680	1,680
	買い手I	買い手J	買い手K	買い手L
商品A	1,780	1,900	1,550	1,550
商品B	1,800	1,380	1,680	1,800
商品C	1,550	1,700	1,780	1,550
商品D	1,650	1,720	1,550	1,720
商品E	1,720	1,780	1,650	1,780
商品F	1,380	1,680	1,380	1,700

表 5.19 共同購入マーケットのタイムテーブル

時間 (sec)	イベント
0	共同購入マーケット開始
10	買い手K参加
15	商品F追加
20	商品A締切
25	買い手L参加
30	共同購入マーケット終了

以上に示される実時間提携形成問題を提案手法、動的計画法、欲張り法で演算し、その結果を比較する。

提案手法に用いている遺伝的アルゴリズムのパラメータは個体数 200，世代数 200 で行い，交叉率は 0.5，突然変異率は 0.01 に設定した．全てのプログラムは JAVA で開発し，シミュレーション環境は OS : WindowsXP，CPU : Celelon 1GHz，メモリ : 256MB で行った．

各アルゴリズムの時間遷移を図 5.2，マーケット終了時の効用の合計を表 5.20 に示す．

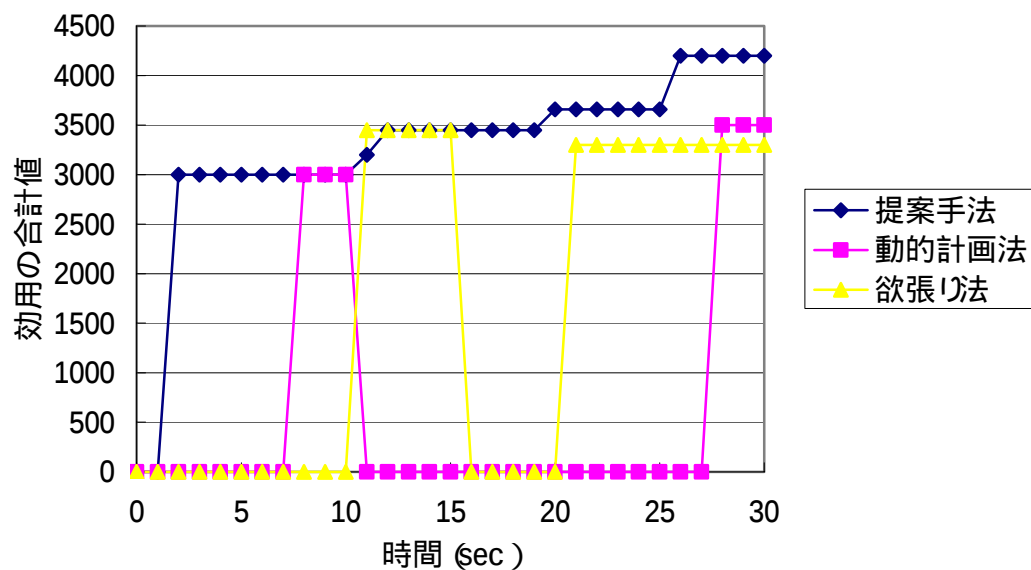


図 5.2 個別留保価格に基づく共同購入における実時間提携形成の時間遷移

表 5.20 マーケット終了時の効用の合計値

提案手法	4,200
動的計画法	3,500
欲張り法	3,300

図 5.2 からそれぞれのアルゴリズムの特徴がわかる．動的計画法は探索手法の一つで短時間で最適解，もしくは準最適解の導出が可能である．しかしながら提案手法より解の探索に時間がかかる．本節で扱った問題ではマーケット開始後 10, 15, 20, 25 秒で参加者数が変化しており，動的計画法は問題変化時に演算をやり直しているため参加人数の変化が著しい場合十分な解が導出できていない．

欲張り法は非常に短時間で演算を終了させる事が出来る．しかしながら探索能力が問題に依存するため，複雑な問題を解決できない．電子共同購入における実時間提携形成問題では参加人数が動的に変化しその都度問題が変化する．従って問題解決能力が問題に依存する欲張り法は実時間提携形成には適していないといえる．

表 5.20 を見るとそれぞれの手法は制限条件を満たした組み合わせを発見している．提案手法は中でも優秀な値を出している事が分かる．

第 6 章

結論

6.1 成果

本論文では電子共同購入における買い手同士の最適提携形成支援機構を構築した。本論文で提案する電子共同購入は代替財を用いる。代替財を用いた電子共同購入マーケットでは買い手の効用が最大になるように買い手同士の提携形成をする必要がある。本論文で提案した実時間提携形成アルゴリズムは短時間で最適解、もしくは準最適解を導出する事ができ、実時間での提携形成において有用性を示す事ができた。

本論文で提案した提携形成アルゴリズムには以下の特長がある。

- 短時間で最適解・準最適解を導出する事ができる
- 難解な組み合わせ問題である提携形成問題を問題に依存することなく解決できる
- 動的な参加人数の変化に対応し、すばやくマーケット参加者の提携形成が可能である
- 買い手は出品されている沢山の商品に対して個別に留保価格を設定する事ができ、複雑な問題でも紅葉が大きな提携形成を可能としている

本アルゴリズムは代替財を用いた電子共同購入における実時間提携形成問題を解決でき、本アルゴリズムの解探索能力は他の解探索アルゴリズムより良い成績を出している。実験を通して本アルゴリズムの有用性を示した。

6.2 今後の課題

電子共同購入における買い手同士の提携形成問題は組み合わせ最適化問題である。買い手同士の最適提携形成問題は **NP** 問題であり、解空間の大きさはマーケットに参加する買い手と売り手の数で決定される。インターネットでは沢山の人間が同時に参加することが予想されるため本アルゴリズムを解空間の増大に対応させる必要がある。

本アルゴリズムは遺伝的アルゴリズムをベースとした解探索アルゴリズムである。遺伝的アルゴリズムの解探索能力は個体数に依存する。問題の解空間の大きさに対して個体数が十分でないとき、遺伝的アルゴリズムの解探索能力は十分に発揮されない。電子共同購入マーケットにおいて参加者人数の変化時に解空間の増大に合わせて個体数を変化させる機構が今後の課題である。

謝辞

本論文をまとめるにあたり，多くの方々のご指導および支援をいただきました．お世話になった皆様に感謝の気持ちを記します．

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研究科國藤進教授に感謝致します．國藤教授にはプロポーザル発表，中間発表前に大変緻密なアドバイスをいただき，研究を完成させる重要なご指導をいただきました．また，学会投稿論文，学会発表資料のご指導いただいた点にも深く感謝致します．

名古屋工業大学大学院工学研究科伊藤孝行助教授には研究方向性の指導や学会論文投稿，学会発表練習において大変重要なご指導をいただきました．深く感謝致します．

名古屋工業大学大学院工学研究科松尾徳朗さんには学会論文投稿，学会発表において大変多くの時間と労力を割いていただきました．感謝致します．

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科國藤研究室配属の羽山徹彩さん，平田敏之さん，八木龍平さん，楊向東さん，伊藤直己君，小柴等君，清水健君およびその他の國藤研究室配属の方々はずemiや発表練習において研究に関する様々な意見を頂きました．ここに感謝の意を表します．

参考文献

- [1] <http://www.bidders.co.jp/>
- [2] <http://www.rakuten.co.jp/groupbuy/>
- [3] Bui, N. T. : On Multi-Dimensional Encoding/Crossover, International Conference on Genetic Algorithms (ICGA-1995), pp.49-56, 1995.
- [4] Eshelman, J. L. & Schaffer, D. J.: Crossover's Niche, International Conference on Genetic Algorithms (ICGA-1993), pp.9-14, 1993.
- [5] Hyodo, M., Matsuo, T. & Ito, T. : An Optimal Coalition Formation among Buyer Agents based on a Genetic Algorithm, Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE-2003). Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 2718, pp.759-767, Springer-Verlag, 2003.
- [6] Hyodo, M., Matsuo, T. & Ito, T. : An Optimal Coalition Formation Algorithm for Electronic Group Buying, The Society of Instrument and Control Engineers Annual Conference, 2003.
- [7] Kitano, H., (Ed.) : Genetic Algorithms, Sangyotosho, 1993. (in Japanese)
- [8] Layton-Brown, K., Shoham Y. & Tennenholtz, M.: Bidding Club:

Institutionalized Collusion in Auction, in the proceeding of ACM Conference on Electronic Commerce(EC'00), pp253-259, 2000.

- [9] Matsumoto, M., Kanoh, H. & Nishihara, S. : Solving Constraint Satisfaction Problems by Hybrid Genetic Algorithms Based on Min-conflicts Heuristic, Information Processing Society of Japan Journal, Vol.38, No.5, pp.962-969, May 1997. (in Japanese).
- [10] Matsuo, T. & Ito, T. : A Decision Support System for Group Buying based on Buyers' Preferences in Electronic Commerce, the Eleventh World Wide Web International Conference (WWW-2002), 2002.
- [11] Matsuo, T. & Ito, T. : A Buyers Integration Support System based on Users' Multi Attribute Utilities for Internet Group Buying, the 12th World Wide Web International Conference (WWW-2003), 2003.
- [12] Matsuo, T., Hyodo, M. & Ito, T. : A Buyer Allocation Support System in First-Price Auctions, The Society of Instrument and Control Engineers Annual Conference, 2003.
- [13] Tanese, R. : Distributed Genetic Algorithms, International Conference on Genetic Algorithms (ICGA- 1989), pp.434-439, 1989.
- [14] Sen, S. & Dutta, S. : Searching for optimal coalition structures, the Fourth International Conference on Multiagent Systems pp.286-292, 2000.
- [15] Sen, S., Mahendra, S. & John, H. : Learning to coordinate without sharing information, the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence, pp.426- 431, 1994.

- [16] Syswerda, G. : Uniform Crossover in Genetic Algorithms, International Conference on Genetic Algorithms (ICGA-1989), pp.2-9, 1989.
- [17] Yamamoto, J. & Sycara, K. : A Stable and Efficient Buyer Coalition Formation Scheme for EMarketplaces, Fifth International Conference on Autonomous Agents (Agents 2001), 2001.

発 表 論 文

- [1]Hyodo, M., Matsuo, T. & Ito, T. : An Optimal Coalition Formation among Buyer Agents based on a Genetic Algorithm, Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE-2003). Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 2718, pp.759-767, Springer-Verlag, 2003.
- [2]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について, 情報処理学会第 65 回全国大会, 2003.
- [3]Masaki Hyodo, Tokuro Matsuo, Takayuki Ito: An Optimal Coalition Formation Algorithm for Electronic Group Buying, Society of Instrument and Control Engineers (SICE) Annual Conference 2003 in Fukui, 2003.
- [4]兵藤正樹,松尾徳朗,伊藤孝行,國藤進: 電子共同購入における実時間提携形成支援アルゴリズムについて, 電子情報通信学会「人工知能」研究会, 2003.
- [5]兵藤正樹,松尾徳朗,伊藤孝行,國藤進: 遺伝的アルゴリズムを用いた Web 情報に基づく旅行日程決定支援システムについて, 平成 15 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2003.
- [6]兵藤正樹,松尾徳朗,伊藤孝行,國藤進: 個別留保価格設定された電子共同購入における買い手の提携形成について, 情報処理学会第 66 回全国大会, 2004.