

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

松尾 徳朗[†] 伊藤 孝行[†]

[†] 北陸先端科学技術大学院大学 〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1

E-mail: †{t-matsuo,itota}@jaist.ac.jp

あらまし 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。現在、インターネット上で多くの共同購入サイトが存在し、多くの同じような商品や類似した商品が売られている。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。そこで本論文では、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グループ統合支援を行う。本システムの特長は、(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安く商品を購入できるチャンスを得る、(3) 買い手の満足度を調整するために妥協度に基づき支払い金額が決定される、(4) 売り手は買い手グループが統合することによって、より多くの在庫を処分することができる。

キーワード 共同購入, グループ意思決定支援システム, 電子マーケット, AHP.

A Group Coalition Support System based on Multi Attribute Preferences in e-Group Buying

Tokuro MATSUO[†] and Takayuki ITO[†]

[†] Japan Advanced Institute of Science and Technology,

1-1 Asahidai, Tatsunokuchi, Nomi, Ishikawa, 923-1292 JAPAN.

E-mail: †{t-matsuo,itota}@jaist.ac.jp

Abstract Group buying is seen as an effective form of electronic commerce. In existing group buying sites, however, buyers cannot always purchase goods at a lower price, because buyers' sub-groups are distributed. In this paper, we propose a group buying marketplace on the Internet. We propose some methods for group integration based on buyers' multi-attribute preferences. Advantages of our market can be described as follows. (1) Buyers' multi-attribute utilities are reflected effectively. (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.

Key words Group buying, Group Decision Support Systems, Electronic Marketplace, AHP.

1. はじめに

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 [10] 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 [1] [3]。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 [2]。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。楽天市場をはじめ、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 [3]。

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

表 1 価格のテーブル

Table 1 A price table.

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

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。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。

共同購入に関する研究として、Yamamoto ら [15] および Li ら [8] 等の研究がある。関連研究は 5 章で詳述する。以上の関連研究では、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。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。2 章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。3 章で本論文で提案するグループ統合アルゴリズムを説明し、4 章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 章で、本研究と関連研究の相違点を明らかにし、6 章で、本論文のまとめを述べる。

2. 共同購入マーケット

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。

売り手はまとまった数の商品を準備し、一度の取引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

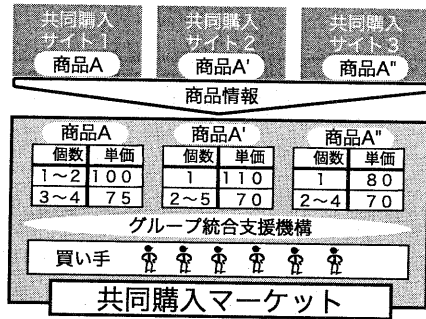


図 1 共同購入マーケット

Fig. 1 A group buying market.

1 のようなテーブルで商品の販売数に応じた単価が示される。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、商品単価は 5,000 円である。買い手が 2 人~5 人の場合、商品単価は 4,000 円である。買い手が 6 人以上の場合、商品単価は 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。

2.2 共同購入マーケットの概要

図 1 は、共同購入マーケットの構成図である。本マーケットは、Perl で記述された CGI プログラムであり、ユーザインターフェースは JavaScript および HTML によって構築される。

本共同購入マーケットにおける取引の流れを示す。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。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。または、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を入力する。買い手の入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。

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、多属性効用理論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 [11]。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を選択する際に、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 があるとすると、それぞ

商品A		商品A'	
商品数(個)	単価(円)	商品数(個)	単価(円)
1-2	200	1	300
3-4	160	2-5	170
5-	130	6-	150



図2 買い手グループの分散

Fig. 2 A distribution of buyer groups.

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, 式(1)で多属性効用関数が定義できる.

$$U(x_1, x_2) = f(f_1(x_1), f_2(x_2)) \quad (1)$$

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.

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. 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[6]. 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)[12]によって支援する.

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. あるレベルにある要素間の一対比較を, その一つ上にあるレベル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.

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判断できる[14].

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.

提携してA'を購入

商品A'	
商品数(個)	単価(円)
1	300
2-5	170
6-	150



図3 グループの統合

Fig. 3 An integration of groups.

3. グループ統合支援機構

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. すべての商品がすべての買い手にとって代替的であるとき, 買い手グループの分散が見られる. 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3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4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. いづ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できる.

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[4]. 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.

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で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

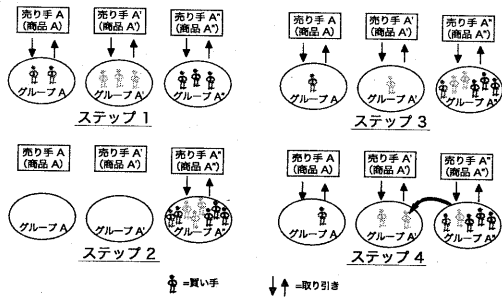


図4 統合における各ステップ
Fig.4 Steps for a trade.

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が考えられる。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[9]。統合の際の制約として、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5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([グループ統合1])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2])、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} 。

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 $\forall i, r_i \geq p_{min}$, すべての小グループの買い手人数の合計 $n > n_l(p_{min})$. (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 小グループ毎に取り引き ($p \leftarrow p_{min}$).

else [ステップ2] に移る.

[ステップ2]

if $N_{max} > N_b$ (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, N_b は参加人数の合計),

$\forall i, p_i - p_{after} > 0, \forall i, w_{group} - w_i < v_1, r_i \geq p_{min}$ (p_i : 統合前の買い手 i の支払い額, p_{after} : 統合後の支払い額, v_1 : 閾値).

then 統合して取り引き ($p \leftarrow p_{after} + p_{add}$).

(但し, $p_{add} = (w_i - w_{after})(r_i - p_{after})$, $p_{add} > 0$, w_{after} は買い手 i の統合後の購入商品に対する重要度).

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 を小グループで決定した商品に統合.

else 買い手 i は統合しない.

データ (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 [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が統合前に選択した商品の重要度より閾値 v_3 以上大きい,

then 買い手 i の選択を統合前に選択した商品に変更, データ (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] における買い手の重要度の幾何平均が [ステップ3] における買い手の重要度の幾何平均より閾値 v_4 大きい,

then [ステップ3] でグループ統合. $r_i \geq p_{min}$ 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. ($p \leftarrow p_{after} + p_{add}$).

(但し, $p_{add} = (w_i - w_{after})(r_i - p_{after})$, $p_{add} > 0$)

else [ステップ4] でグループ統合. $r_i \geq p_{min}$ 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. ($p \leftarrow p_{after} + p_{add}$).

(但し, $p_{add} = (w_i - w_{after})(r_i - p_{after})$, $p_{add} > 0$)

else [ステップ3] でのグループ統合方法を採用, 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. ($p \leftarrow p_{after} + p_{add}$).

(但し, $p_{add} = (w_i - w_{after})(r_i - p_{after})$, $p_{add} > 0$)

[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で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。本システム使用料 p_{add} は、式 (2) 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。

$$p_{add} = (w_i - w_{group})(r_i - p_{after}) \quad (2)$$

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_{group} は購入商品におけるグループの重要度、 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。

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、「極めて重要」、「非常に重要」、「かなり重要」、「やや重要」、および「同じ程度に重要」の5段階を決定した。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。各買い手の留保価格は1,000~2,000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、[グループ統合1]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2]では[ステップ3]および[ステップ4]を用いる。

[グループ統合1]におけるグループと個人の重要度の差は0.1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[グループ統合2]において、[グループ統合1]で各個人の商品ごとの重要度の差が0.05以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。

筆者らは[グループ統合1]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[9]。[グループ統合1]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。[グループ統合1]に改良を加えたのが[グループ統合2]である。本論文では[グループ統合2]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:属性の一対比較において買い手が価格に対してあまり重要ではないとした場合、ケース2;買い手グループ全体での決定された商品を購入

入するグループ以外の小グループの買い手が価格に関して重要であるとした場合、ケース3;買い手が価格に関してやや重要であるとした場合である。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、0~1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[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。価格が安くなった効用が増加した。[グループ統合1]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。グループに統合された買い手の効用が減少した。[グループ統合2]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。[グループ統合1]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1]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[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。ある買い手にとって、他の商品が極端に安くなったために相対的に効用が減少した。[グループ統合1]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。価格属性に対して重要である傾向がある買い手グループである。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2]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[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。[グループ統合1]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8,800円である。価格が安くなったが効用があまり増加しない。価格属性に重要であると考えない集団であるといえる。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2]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。

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2は、[単純共同購入]と[グループ統合2]におけるケースごとの比較である。効用の改善率は

表2 ケースごとの比較
Table 2 A comparison of cases.

	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	8,400
割引率	8%	8%	16%

単純共同購入をグループ統合2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2]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2]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2]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. 関連研究

共同購入に関する研究で、Yamamotoら[15]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する際、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、余剰配分における安定性を保証した。複数の売り手と買い手が存在する。買い手グループのリーダー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。リーダーエージェントは、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。余剰を計算し買い手で分ける。

Liら[8]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。

Layton-Brownら[7]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た。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で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。以上の研究においては、買い手の効用を金額のみで表現している。一方、本研究では、多属性効用理論に基づくアルゴリズムを提案している。

多属性効用に基づく交渉手法に関する研究は、Shintaniら[13]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する研究ではなく、グループ統合方法も異なる。

6. おわりに

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2]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。

文 献

- [1] <http://www.bidders.co.jp/>
- [2] <http://www.coopnet.or.jp/>
- [3] <http://www.rakuten.co.jp/groupbuy/>
- [4] 細江 守紀, 今泉 博国, 慶田 収, “現代ミクロ経済学”. 勁草書房, 2000.
- [5] 伊藤 孝行, 新谷 虎松, “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), Vol.J80-D-II, No.10, pp.2780-2789, 2000.
- [6] 今野 浩, 数理決定法入門, 朝倉書店, 1992.
- [7] Layton-Brown, K., Shoham Y., Tennenholtz, M., “Bidding Clubs: Institutionalized Collusion in Auction”, in the proceeding of ACM Conference on Electronic Commerce(EC'00), pp253-259, 2000.
- [8] Li, C., Sycara, K., “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(AAMAS-2002), 2002.
- [9] Matsuo, T., Ito, T., “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), 2002.
- [10] Matsuo, T., Ito, T., “A Designate 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 System(IEA/AIE-2002), Lecture Note in Artificial Intelligence 2358, pp460-469, 2002
- [11] Russell, S. J., Norvig, P., “Artificial Intelligence”, Prentice-Hall, 1995.
- [12] Saaty, T., “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw Hill, 1980.
- [13] Shintani, T., Ito, T., Sycara, K., “Multiple Negotiations among Agents for a Distributed Meeting Scheduler”, in the proceeding of the Fourth International Conference on Multi Agent Systems(ICMAS-2000), pp.435-436, 2000.
- [14] 刀根 薫, “ゲーム感覚意思決定法”, 日科技連, 1986.
- [15] Yamamoto, J., Sycara, K., “A Stable and Efficient Buyer Coalition Formation Scheme for E-Marketplaces”, in the proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, (Agents-2001), 2001.