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

兵藤　正樹† 松尾　徳朗‡ 伊藤　孝行‡ 國藤　進†

†北陸先端科学技術大学院大学　知識科学研究科
‡名古屋工業大学大学院　工学研究科

１．はじめに

インターネットの発達・汎用化により，ネットワーク上において様々な形態の電子商取引がなされるようになった．共同購入は急成長している電子商取引の一形態で，買い手の人数によって単価が変化し，買い手は多人数でグループを形成するほどより安価に購入できる[1]．共同購入マーケットにおいて，買い手は出品されている商品に対して留保価格を設定しなければならない．留保価格とは買い手が商品に対して払うことのできる限度額である．しかし買い手には各々の嗜好があり，それぞれの商品に対して別々の留保価格を設定しなければならない．本論文では買い手が各々の嗜好に基づいて設定した留保価格内でより効用が大きくなるように買い手同士の提携形成の手法について提案する．

本論文では，具体的な問題例を用いて個別留保価格設定された電子共同購入の特徴を示し，問題に特化した遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm ： GA）による解決を試みる．一般的に参加者が複数の提携形成問題は，参加者の数に対して解空間が指数関数的に増加するため解の導出が困難である．商取引の性質上，実時間で取引する買い手を計算する必要があるため，本論文ではGAを用いた解決手法を導入する．GAはNP困難な問題を比較的短時間で最適解，もしくは準最適解を求めることができる[2]．

２．個別留保価格設定

共同購入の手順について説明する．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[3]．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提携形成をすることが目的である．

共同購入は取引される品数でその単価が変化するため，買い手全員が購入する品物を決定するまで購入単価を決定できない．全ての買い手が留保価格内で，効用の合計が最大になる組み合わせを探索するには全可能性を検索するしかない．買い手の組み合わせ問題は NP 困難である．

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．買い手同士の提携形成は全ての買い手が留保価格内で購入できる提携組み合わせを探索しなくてはならないため，制限条件を満たした組み合わせを見つけるのは非常に困難となる．

３．GA に基づく実時間提携形成アルゴリズム

３．１　問題の遺伝子表現

図 1 のように，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購入す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１　遺伝子表現

本問題には以下の二つの制限がある．

1）商品は必ず有限個であり，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

以上の制限を満たさない組み合わせを表現する遺伝子は致死遺伝子となる．

３．２　交叉における致死遺伝子抑制

本問題では，普通の一点交叉を行った場合，多数の致死遺伝子を生み出してしまい，解探索の効率を下げてしまうことがある．そこで，以下のような手順で交叉を行う．①交叉率によっ

An Optimal Coalition Formation in Electronic Group Buying which established the Individual Reservation Prices
†Masaki HYODO, †Susumu KUNIFUJI, Japan Advanced Institute of Science and Technology, School of Knowledge Science
‡Tokuro MATSUO, ‡Takayuki ITO, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

て交叉を実行するか否かを決定する．②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．③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．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．従って前世代の個体が致死遺伝子でない限り，この交叉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．

３．３　遺伝子集団の分散化

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参加者人数変化後に利用し，演算量を削減するためである．しかし，参加者人数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方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を利用して演算を続ける集団とに役割分担をする．そうすることにより参加者人数が変化したときにこれまで導出された解候補を利用して演算量を削減することができる．

また，分散した遺伝子集団間で優秀な遺伝子を移動させることによってより効率のよい解探索を行うことができる．GA には遺伝子集団が局所解に陥ることによって優秀な解を導出できなくなることを防ぐために突然変異という操作を行う．本アルゴリズムでは突然変異の操作ではなく問題変化時に初期化される遺伝子集団の優秀な遺伝子を移植させることで遺伝子集団の収束を緩める．図２に遺伝子集団の分散化の例を示す．これにより，解を受け継ぐ遺伝子集団は効率よく局所解を回避することができる．

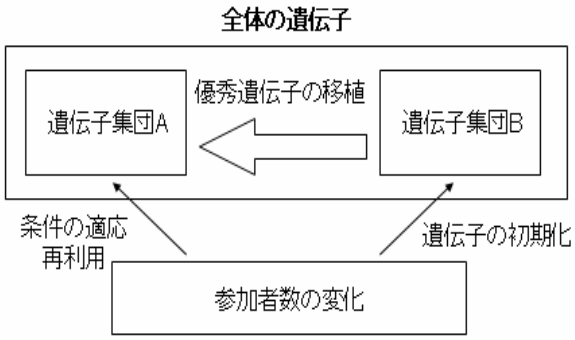

図２　遺伝子集団の分散化

４．実験

あらかじめ６つの商品の価格テーブルと１２人の買い手の留保価格テーブルを乱数によって設定する．はじめは５つの商品と１０人の買い手による共同購入マーケットを開始する．共同購入開始から１０秒後に新たな買い手を一人参加させる．開始から１５秒後に新たな商品をひとつ加える．開始から２０秒後にある商品は締切時間を迎える．開始から３０秒後にさらに一人買い手を参加させ，３５秒後に全ての商品が締切時間を迎える．

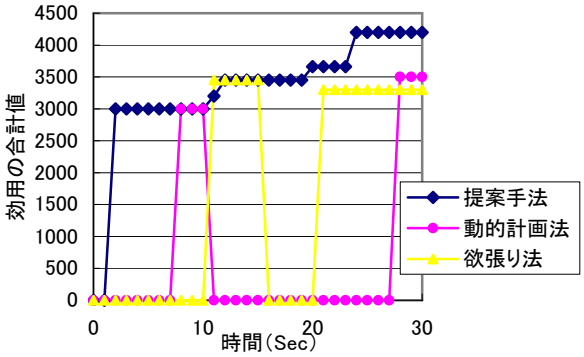

図３　各アルゴリズムの時間遷移

図３は提案手法，動的計画法，欲張り法が算出した最適解を時系列で並べたものである．動的計画法は組み合わせ問題を少ない演算量で解くことのできるアルゴリズムだが提案手法にくらべて制限条件を満たした解導出までに時間がかかりすぎる．その結果，頻繁に参加者数が変化するような問題に対応できず，締切時間に対して提携形成が間に合わないことがあることがわかる．また，欲張り法は演算時間が短いが問題によっては解を導出できていない．

５．まとめ

本論文では，個別留保価格設定された共同購入における提携形成問題を取り上げて，ＧＡを用いた解法を構築した．買い手が商品に対して個別に留保価格設定をするため，制限条件が厳しく，単純な並び替えアルゴリズムでは制限条件を満たした解を導出できないが本アルゴリズムは優秀な解を実時間で導出することに成功した．

参考文献

[1] Hyodo, M., Matsuo, T. & Ito, T. : An Optimal Coalition Formation among Buyer Agents based on a Genetic Algorithm, Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 2718, pp.759-767, Springer-Verlag, 2003.

[2] 北野宏明 : 遺伝的アルゴリズム，産業図書株式会社, 1993.

[3] Varian, H. R. : Intermediate Microeconomics, A Modern Approach, W. W. Norton & Company, 1990.