

# 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

兵藤 正樹<sup>†</sup> 松尾 徳郎<sup>†</sup> 伊藤 孝行<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

<sup>‡</sup>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

e-mail: {m-hyoudo,t-matsuo,itota}@jaist.ac.jp

## 1. はじめに

近年、インターネットの整備・汎用化により、ネットワークを利用したさまざまな形態の商取引が盛んになってきている。共同購入は注目を集めている商取引の一形態で、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。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。ある買い手にとって、どの商品を購入してもよいとすると、それらの商品は代替財という [Varian 90][Matsuo 02]。本論文では、複数の共同購入サイトに対して、複数の買い手が、支払額を小さくし、かつ実時間で提携を形成するための支援機構を提案しうる。

本論文では、具体的な問題例を用いて実時間提携形成問題の特徴を示し、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。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。また、問題によっては解決できなくなってしまうアルゴリズムと違い最適解もしくは最適解に近い解を導出できる。

本論文の構成は、2章で電子共同購入における実時間提携形成、3章で実時間提携形成アルゴリズムについて説明し、4章で実験の説明と結果を示す。最後に5章でまとめを述べる。

## 2. 電子共同購入における実時間提携形成

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。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。

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。共同購入は多数の買い手が参加するほど単価が安くなるため、電子共同購入の利点は大きい。しかし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原因となる。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。この場合より単価の安い商品を購入するほうが効用の合計が大きくなる。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、十分な提携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提携形成を支援する機構が必要である。

## 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 遺伝子の評価方法

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

Real-Time Coalition Formation in Electronic Group  
Buying based on a Genetic Algorithm

<sup>†</sup>Masaki HYODO, <sup>†</sup>Tokuro MATSUO, Japan Advanced Institute Science and Technology School of knowledge science

<sup>‡</sup>Takayuki ITO, Japan Advanced Institute Science and Technology Center for knowledge science

伝子になる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に行う個体の評価方法は買い手の単価の合計とし、値が小さい遺伝子ほど優秀とする。この評価法において、制限 2) を満たさない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、優秀な遺伝子を淘汰することなく、集団の多様性維持の役割も果たす。

### 3.3 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。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。図 2 に例を示す。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。

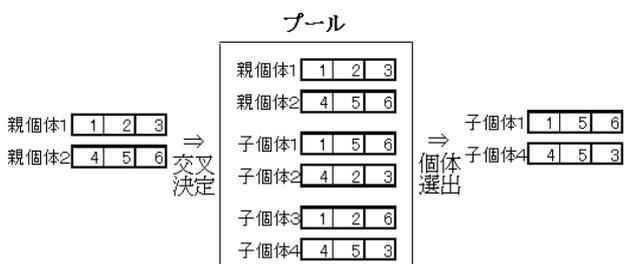


図 2 致死遺伝子発生を抑制した交叉法

### 3.4 初期集団の分散化

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する。以上から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。

### 4. 実験

あらかじめ 5 人の売り手と 10 人の買い手を設定し、共同購入を開始する。開始から 6 秒後に新たな買い手を一人増やす。開始から 8 秒後にある売り手が締め切る。開始から 12 秒後に買

い手が一人参加をやめる。最後に開始から 15 秒後に全ての売り手が締め切る。

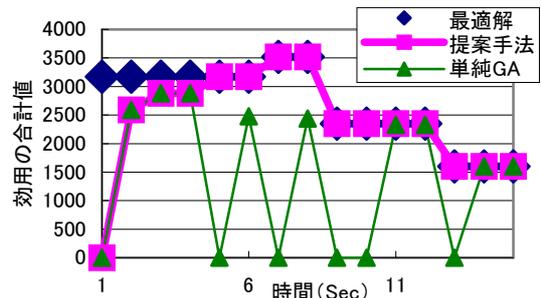


図 3 提案手法と単純 GA の結果の時間遷移

表 4 締め切り後の効用の合計

提案手法	2770
単純GA	2200
欲張り法	0

図 3 は単純 GA と提唱手法が算出した最適解を時系列で並べたものである。単純 GA は売り手や買い手の人数が変化したときに演算をやり直すため十分な解を導出できていない。それに対し、我々が提唱した方法は共同購入開始時に行った演算を有効に活用して人数変化に対応した問題解決がなされているといえる。

表 4 は全ての売り手が締め切ったとき、買い手の効用の合計を示している。山登り法は、全ての買い手が留保価格以下の商品を購入できる提携組み合わせを発見できなかったため、最終的に取引を成立させることができなかった。本例では、本論分で提案する手法は、単純 GA よりも多くの効用を得ることができる。

### 5. まとめ

本論文では、共同購入の実時間提携形成問題を取り上げて、GA を用いた解法を構築した。GA を用いた解法は解候補を多量に導出する特性を生かして動的な問題に対して柔軟に対応し、実時間問題解決を実現した。本システムでは母集団を二つに分けることで問題変化時点までの演算を生かし、効率よい問題解決を実現した。

#### 参考文献

- [Varian 90] Varian, H. R.: Intermediate Microeconomics: A Model Approach, 2<sup>nd</sup> ed. W. W. Norton & Company, 1990.
- [Matsuo 00] Matsuo, T. Ito, T.: A Decision Support System for Group Buying based on Buyer's Preferences in an Electronic Commerce, in the proceedings of the Eleventh World Wide Web International Conference 2002