

## 市場原理に基づくマルチエージェントの協調問題解決法

3N-3

黒木大輔 佐々木 隆師 生天目 章

防衛大学校情報工学科

## 1 はじめに

自己の効用を最適を目指して自律的かつ合理的に活動するエージェントの集団における資源獲得や配分問題を定式化し、市場メカニズムに基づく協調問題解決法を提案する。個々のエージェントは、市場情報というマクロ的情報に基づき、個人的合理性を満たすための分権型意思決定ルールに基づく行動をする。

マルチエージェントによる共有サーバの効率的な利用法の問題への適用例について示す。

## 2 エージェントの合理的な行動と競争解

各エージェントは自己の目標関数を最適にするための「個人的合理性」を追求した活動をする。このとき市場原理に基づく市場情報、いわゆる供給量や市場価格といったマクロ情報を共有し、それらの共有情報を媒体とした個々のエージェントの自律的な行動によって集団全体としての秩序が形成されることになる。

分権型意思決定問題とは、自己の行動戦略及び他のエージェントの行動戦略に依存する自己の効用関数を最適にするための各エージェントの行動戦略の決定問題である。

個々のエージェントの効用関数は、自己の行動戦略と他のエージェントの行動戦略の連続関数として次式で定義する。

$$U_i(x_1, \dots, x_n) = V_i(x_i, x(i)) - C_i(x_i, x(i)) \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

ここで  $V_i(x_i, x(i))$  は、マルチエージェントの共通サーバを利用して知識を供給することによる利得関数、 $C_i(x_i, x(i))$  は、そのような活動に対するコスト関数である。

自己の効用関数を最適にする行動を個人的合理性に基づく行動という。また、集団を形成する全てのエージェントの個人的合理性の条件を満足する行動の組を競争解として定義する。そのような競争解は、各エージェントの限界効用関数によって定義される方程式

$$\partial U_i(x_i, x(i)) / \partial x_i = M_i(x_i, x(i)) = 0 \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

を同時に満足する解として与えられる。

具体的な例として各エージェントの効用関数を  $x_i, i=1, 2, \dots, n$  の 2 次関数として、次式で定式化する。

$$U_i(x_i, x(i)) = x_i(a_i - \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j) - x_i(c_i + \sum_{j=1}^n d_{ij}x_j) \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

## 3 マルチエージェントによる共有サーバの効率的な使用法への適用

(3) 式において  $b_{ij} = 0, d_{ii} = d, d_{ij} = b$  と仮定した場合、エージェント集団の競争解は、次式で与えられる。

$$\text{競争解 } x^* = (a-c)/(2d+b(n-1)) \quad (4)$$

ここで  $a$  及び  $c$  は各エージェント固有の価値定数及び費用定数である。(4) 式で与えられる競争解は、エージェント集団において各エージェントの要求する共有サーバへのメモリ要求量とみなすことができる。各エージェント要求するメモリ量の総和をエージェント

Cooperative problem Solving of Multi-agents based on Market-oriented Decentralized Mechanizm

Daisuke Kuroki, Takanori Sasaki and Namatame Akira  
Dept. of Computer Science, National Defense Academy  
1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka, Kanagawa, Japan

の数として表したのが Fig.1 である。相互作用係数  $b$  が 0 の場合は、それぞれのエージェント間に相互依存性がない状況であり、各エージェントからの供給量の総和は直線的に増加する。相互作用係数が 1 に近づくにつれ、供給量の総和は低いレベルで一定値に収束するようになる。

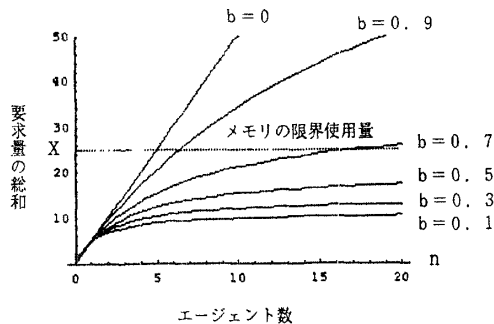


Fig.1 相互作用係数の違いによる各エージェントからの要求量の総和

#### 4 市場原理に基づく集団行動の操作

本節では各エージェントが、他のエージェントの行動戦略に伴う影響や社会的制約条件の下で自己の行動の意志決定ルールを修正するためのメカニズムについて示す。各エージェント  $A_i, i=1, 2, \dots, n$ , は社会的制約条件によって変動する相互作用係数  $b$  をマクロ情報として共有する。このようなマクロ情報に基づき、各エージェントが自己の行動を逐次調整しながら社会的協調解を求めるための分権型アルゴリズムを示す。なお記憶容量  $X$  は社会的制約条件としてこのエージェント集団が利用する共通のメモリの記憶容量の最大値とし各エージェントからの供給量の総和はこの値を超えられないものとする。エージェントの数が増大し、各エージェントが互いに競争してメモリーを占有する場合、ある一定限度までのエージェント数までは支障なくメモリーを占有できる。しかしながら、限界を越えた時点で個々のエージェントの作業効率が極端

に落ちる。

ある時点  $t$  における各エージェントの行動戦略を  $x(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_i(t), \dots, x_n(t)\}$  で表す。次の時点  $t+1$  における相互作用係数  $b(t+1)$  を以下のルールで修正する。

$$\sum_{i=1}^n x_i < X \text{ then } b(t+1) = b(t) + \rho \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i > X \text{ then } b(t+1) = b(t) - \rho \quad (6)$$

以上のようなルールで修正される相互作用による行動戦略は収束する。これによりエージェント  $A_i, i=1, 2, \dots, n$ , は相互作用係数  $b$  を共有し、他のエージェントとは独立して自律的に行動戦略を決定することから分権型アルゴリズムという。以上のようなアルゴリズムに基づき繰り返し計算を行い、社会的制約条件を満たす各エージェントの効用を最適にするよう自律的に自己の供給量を決定する。その結果各エージェントは他のエージェントとの相互作用によって自己の供給量を自律的に規制することにより社会全体の効用を最適にできる。そのような行動は、競争状態における効用の総和の著しい減少を回避できる。

#### 5 まとめ

市場経済におけるマクロ的情報である相互作用係数を媒体とした個々のエージェントにおける意志決定、修正のプロセスを分権型アルゴリズムとして提案し、いわゆる社会的ジレンマを回避することができることを示した。

#### 6 参考文献

- [1] Rosenschein, J.S. and Zlotkin, G. : Rules of Encounter : Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers, The MIT Press, 1994
- [2] Kurose, J.F. and R. Simha, A Microeconomic Approach to Optimal Resource Allocation in Distributed Computer Systems, IEEE Transactions on Computers, Vol.38, NO.5, May 1989, pp.705-717.