

エージェントの選好情報の集約化とマルチエージェントの
効率的な資源配分法

3N-8

村上 幸一 塚本 義明 生天目 章
防衛大学校 情報工学科

1 はじめに

本研究では、個々のエージェントの選好情報の集約化による、マルチエージェントの合意形成法と、それに基づくマルチエージェント間の効率的な資源配分法について提案する。

各エージェントの持つ選好情報に対し、適切な手法でのインデックス化を図る。インデックス化された各エージェント個人の選好情報に基づきマルチエージェント集団としての選好情報を形成する。また、そのようにして形成された集団の選好情報に基づいて、各エージェントが自己の選好情報を自己修正するためのメカニズムを提案する。

各エージェントの自己修正メカニズムの下で合意形成された集団の選好情報に基づき、マルチエージェント全体として効率的な資源配分法について提案する。

2 エージェントの選好情報のインデックス化

各エージェントの選好対象の集合を $W=(O_1, O_2, \dots, O_n)$ で表す。それぞれの選好対象に対し、自己の選好順序に応じて、次のような選好インデックスコードを定義する。すなわち i 番目の要素においては、 i 番目が 1 で、それ以外は 0 となる n ビットのベクトルを選好インデックスとし、それを r_i で表す。選好インデックスは選好順序関係において、下位関係にある選好対象に対して、次の方法でその上位の選好順序の選好インデックスを継承させる。すなわち、 O_i と直接下位の選好順序関係にある選好対象の集合を $S(O_i)$ とするとき、 $O_j \in S(O_i)$ となる O_j に対し

$$r_j = r_i \oplus r_j \tag{1}$$

(\oplus はベクトルの各要素のビットOR演算を表す) で選好インデックスを定義する。

3 エージェントの選好情報の集約化

各選好対象 $O_t \in W$ に対するエージェント A_i ($A_i \in G$) の選好情報のインデックスを $C_i(O_t)$ で表し、それらを集計し、その合計点の大きさによって集団としての選好順序を決定する。すなわち、

$$\text{もし } \sum_{i=1}^n \|C_i^{(i)}(O_\alpha)\| > \sum_{i=1}^n \|C_i^{(i)}(O_\beta)\| \text{ ならば } O_\alpha > O_\beta \tag{2}$$

ここで $O_\alpha > O_\beta$ は集団 G として O_β より O_α を選好することを表す。このようにして求められた集団の選好情報は、ボーダーの原理を満たしている。また、反射性、完備性、推移性の条件を満たしている。

4 エージェントの選好情報の自己修正メカニズム

集団の選好順序に基づき、各エージェントが自己の選好情報を自己修正するメカニズムを示す。すなわち自己の選好情報の更新式を次式で定義する。

$$C_{t+1}^{(i)}(O) = \alpha_i(G_t(O) - C_t^{(i)}(O)) + C_t^{(i)}(O) \tag{3}$$

$G_t(O)$: 更新ステップ t における選好対象 $O \in W$ に対する集団の選好情報

$C_t^{(i)}(O)$: 更新ステップ t における選好対象 $O \in W$ に対するエージェントの選好情報

(3)式の自己修正メカニズムにおいて、各エージェントの個人の選好情報と集団の選好情報との間には、次の3つの性質が考えられる。

(性質 1)

$$\text{もし } G_t(O) > C_t^{(i)}(O) \text{ ならば } C_{t+1}^{(i)}(O) > C_t^{(i)}(O)$$

もし $G_t(O) < C_t^{(i)}(O)$ ならば $C_{t+1}^{(i)}(O) < C_t^{(i)}(O)$ (4)

つまり集団の選好情報に比べて、エージェント個人の選好情報の方が低い場合は、個人の選好情報を増大させ、逆に集団の選好情報に比べて個人の選好情報が高い場合は個人の選好情報を減少させる。つまり(3)式のメカニズムは、集団の選好情報に個人選好情報を合わせようとする働きを表している。

(性質2)

$$\begin{aligned} \sum_{O \in W} C_{t+1}^{(i)}(O) &= \alpha_i \left[\sum_{O \in W} (G_t(O) - C_t^{(i)}(O)) \right] + \sum_{O \in W} C_t^{(i)}(O) \\ &= \sum_{O \in W} C_t^{(i)}(O) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\therefore \sum_{O \in W} C_t^{(i)}(O) = \sum_{O \in W} C_{t+1}^{(i)}(O)$$

つまり、各エージェントの持ち点は一定であるという性質を(3)式は満たしている。

(性質3)

ある任意の選好対象 $O_\alpha, O_\beta \in S$ に対して、

$$C_{t+1}^{(i)}(O_\alpha) - C_{t+1}^{(i)}(O_\beta) = \quad (6)$$

$$\alpha_i ((G_t(O_\alpha) - G_t(O_\beta)) + (1 + \alpha_i)(C_t^{(i)}(O_\alpha) - C_t^{(i)}(O_\beta)))$$

を得る。特に、

(a) $\alpha_i = 0$ の場合は次式を得る。

$$C_{t+1}^{(i)}(O_\alpha) - C_{t+1}^{(i)}(O_\beta) = C_t^{(i)}(O_\alpha) - C_t^{(i)}(O_\beta) \quad (7)$$

つまりこのエージェントは、頑固で自分の意見を変えない。すなわち、自己の選好情報をなるべく変化させないような方式で選好情報を更新していく。また、

(b) $\alpha_i = 1$ の場合は、次式を得る。

$$C_{t+1}^{(i)}(O_\alpha) - C_{t+1}^{(i)}(O_\beta) = G_t(O_\alpha) - G_t(O_\beta) \quad (8)$$

すなわち個人の選好情報よりも集団の選好情報を重視し、個人の選好情報を適合させるような方式で自己の選好を更新するようなエージェントである。

5 集団の選好情報に基づく

マルチエージェント間の資源配分法

選好対象 $O_t \in W$ に対するマルチエージェントの集約化された選好情報を $G(O_t)$ で表す。また、マルチエージェント全体で利用可能な資源量を R で表す。その場合、選好対象の集合 $W = (O_1, O_2, \dots, O_n)$ の各対象にどのような割合で R を配分すれば効率的であるかについて考える。その場合、各対象 $O_i, 1 < i \leq n$ に対し(9)式により資源配分を行う。

$$\frac{\|c_i(O_t)\|}{\sum_{i=1}^n \|c_i(O_t)\|} \times R \quad (9)$$

$\sum_{t=1}^n G(O_t)$: 集団の選好情報の総得点

(9)式の配分メカニズムにより、マルチエージェント全体として最適な配分をすることができる。

6 まとめ

本研究では、各エージェント個人の選好情報を集約して、集団の選好情報の決定法を求めた。次に、集団の選好情報をもとに、各エージェントが自主的に自己の選好情報を修正していくが、その個人の選好情報を更新する際の性質についての分析をした。そしてその性質に従い、各エージェントが自己の選好情報をどのように更新するかについて、幾つかのシミュレーションを行い、集団の選好情報がどのように変化していくか、個人の選好情報と集団の選好情報の関係について明らかにした。また、そのように求められたエージェント集団としての選好情報に基づき、マルチエージェント全体の効率的な資源配分メカニズムを提案した。

7 参考文献

- [1] Derivory concensus in multiagent systems (1996) Artificial Intelligence, vol 87 (1996) P21-74 E.Ephrati, J.S.Rosenschein
- [2] Decision Science P.R.Kleindorfer, H.Kurreuther, and P.Schoewoker, Cambridge Univ Press