

リスクの下での協調行動

3C-5

王雲峰 大野真 生天目章

防衛大学校 情報工学科

1 はじめに

主体が協調することによって集合的には充たしうる集合的ニーズ、あるいは相互利益が存在しなくても、社会における協調が自生的に形成されることがある。本研究では、不確実な状況下におけるエージェントの協調問題について分析する。すなわち、単独行動では行動に伴うリスクが高く個人的合理性の条件を満たさないが、協調してリスクを共有することにより個人的合理性及び集団的合理性の条件を満足するような協調行動が生じる。すなわち、リスクを共有することにより協調行動が形成されることを明らかにする。

2 不確実な状況下における協調問題

例として、マルチ・エージェントによる知識獲得の問題を考える。知識獲得にはあるコストが伴い、獲得した知識の価値は確定的でなく、状況によって変動するものと仮定する。以上のような知識獲得の問題において、エージェントが単独では知識を獲得しないが（獲得しないことが個人的合理性を満足する場合）、エージェントが協調すれば両者にとって都合がよい（協調して知識を獲得することが集団的合理性を満足する）場合がある。このような共同行動を不確実な状況下における協調行動と呼ぶことにする。不確実な状況下における協調行動は、知識獲得における不確実な価値に伴うリスクを協調して分担することによって可能になる。リスク共有による協調行動の形成とは、両者にとって受け入れられない、あるいは、片方のエージェントしか受け入れない知識獲得行動もたらす価値とコストをエージェントが互いに配分することにより、その知識獲得が集団的合理性を満足することである。また、そのような価値とコストの配分とエージェントのリスクに対する態度の関係について明らかにし、その配分方法は、公正なものかどうかについて調べるこ

とである。具体的な例として、不確実な状況下の2人のエージェントによる知識獲得問題について考察する。エージェントA, Bが、あるサーバーより知識を獲得する。その知識の獲得にはコストcが必要である。いま獲得しようとする知識は、状況によって各エージェントの評価する価値wが変化する、あるいは、その知識の獲得に必要なコストcが変化するものとする。ここで考えられる不確実な状況とは、例えばサーバーまでの通信経路の状態（回線が込んでいるためにその知識のコストが上がるような場合）など第三者から見れば共通の状況であるけれども、状況によって享受する効用は各エージェントに固有のものである。不確実な状況は、ここでは確率p及び1-pでそれぞれ生起する二つの事象 θ_1 及び θ_2 によって表す。

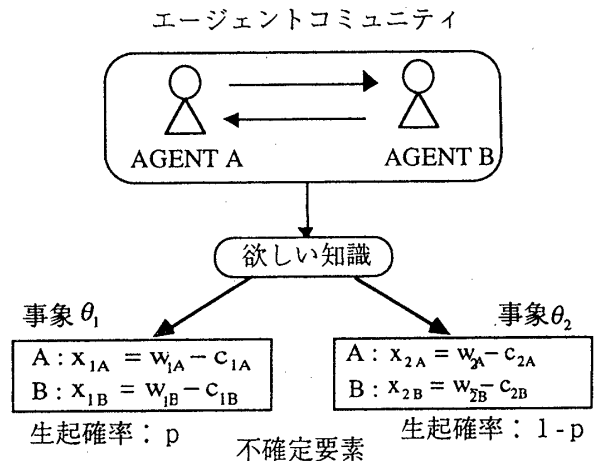


図1 不確実状況下の知識獲得

3 リスク共有の下でのコスト分担問題の定式化

不確実な状況下では、生じた状況によって得られる効用が変化するため、各エージェントに、知識獲得行動におけるリスクに対する行動（リスク回避度）を考慮する。リスク回避度は、個々のエージェントに固有なものとする。各エージェントのリスク回避度を r_A 及び r_B とするときの効用関数を、

$$U_A(x_i) = 1 - e^{-\frac{x_i}{r_A}}, U_B(x_i) = 1 - e^{-\frac{x_i}{r_B}} \quad (1)$$

と定義する。

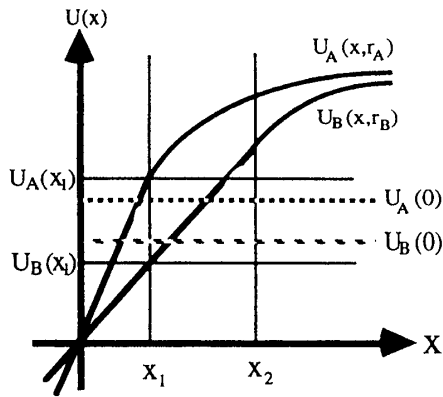


図2 $U_A(x_1) \geq U_A(0), U_B(x_1) < U_B(0)$

3.1 個人的合理性の条件

このリスク共有の下での知識獲得行動における個人的合理性の条件は、次式で得られる。

$$\forall i \quad U_A(x_i) \geq U_A(0), U_B(x_i) \geq U_B(0) \quad (2)$$

ここで $U_A(0), U_B(0)$ は、現状維持の場合の効用を示す。図2の状況ではリスク回避度が低いエージェントAは ($0 < r_A < r_B$ とする。) この知識を獲得しようとするが、リスク回避度の高いエージェントBは最悪のケース x_1 が、現状維持の時の効用よりも低いために、知識獲得行動をとらない。しかしながら、エージェントBはリスク回避度が低いエージェントAと協調することにより知識を獲得する。すなわち、協調してリスクを分担することによって、その効用が、個人的合理性の条件を満足することによりその知識を獲得するようになる。

3.2 社会的合理性の条件

次に、エージェントA及びBがコスト分担することにより協調して知識を獲得する場合の公平なコスト分担ルールを求める。集团的合理性を満足するようなコストの分担ルールは、平均効用の和を最大にする、

$$\begin{aligned} & \text{Max } p\{U_A(x_{1A}) + U_B(x_{1B})\} \\ & + (1-p)\{U_A(x_{2A}) + U_B(x_{2B})\} \quad (3) \\ \text{s.t. } & \begin{cases} x_{1A} + x_{1B} \leq x_1 (= w_{1A} - c_{1A} + w_{1B} - c_{1B}) \\ x_{2A} + x_{2B} \leq x_2 (= w_{2A} - c_{2A} + w_{2B} - c_{2B}) \end{cases} \end{aligned}$$

の解として与えられる。これは、ある λ のもとで、

$$\begin{aligned} & \text{Max } p\{\lambda u_A(x_{1A}) + (1-\lambda)u_B(x_{2B})\} \\ & + (1-p)\{\lambda u_A(x_{1A}) + (1-\lambda)u_B(x_{2B})\} \quad (4) \end{aligned}$$

となるので、不確定状況下での効率的なコストの分担

問題は、資源配分問題と同様に個々の事象内での知識獲得におけるコストと価値の配分問題となる。この場合の最適な解を求めると

$$\begin{aligned} c_{iA} = & \left(\frac{r_A}{r_A + r_B}\right)c_i + \left(\frac{r_B}{r_A + r_B}\right)w_A - \left(\frac{r_A}{r_A + r_B}\right)w_B \\ & + \frac{r_A r_B}{r_A + r_B} \log\left(\frac{1-\lambda}{\lambda} \cdot \frac{r_A}{r_B}\right) \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{iB} = & \left(\frac{r_B}{r_A + r_B}\right)c_i + \left(\frac{r_A}{r_A + r_B}\right)w_B - \left(\frac{r_B}{r_A + r_B}\right)w_A \\ & - \frac{r_A r_B}{r_A + r_B} \log\left(\frac{1-\lambda}{\lambda} \cdot \frac{r_A}{r_B}\right) \quad (6) \end{aligned}$$

となる。つまり、最適なコストの分担ルールは、リスクを比例配分したものを、互いの価値によって修正し、さらに、配分ルール λ によって決定し、生起する事象に依存しない一定量のコスト(副支払い)によって決まる。副支払いは知識獲得に対して積極的なエージェントが消極的なエージェントの負担するコストの肩代わりであり、この副支払いによって、単独行動では知識獲得に動かないエージェントの個人的合理性を満足させ協調を誘引する。つまり、積極的なエージェントは単独行動ではリスクが大きい場合でも、他人と協調することによって、この副支払いにより自らの効用を割引しても他のエージェントに協調を誘引して、その知識を獲得する行動を選択する。なおリスク回避度が等しいとき ($r_A = r_B$) に、 $\lambda=0.5$ の時、あるいは不確定状況がない場合 ($p=0$) には、副支払いがない。

4 まとめ

本研究では、リスクの下での協調について検討した。不確定状況下では、協調がみられないような領域においてもリスクを共有し、副支払いを約束することによって協調が形成される。この副支払いは、エージェントが互いの効用(社会の利益)について考慮した結果ではなく、自己の効用を満足するための行動に基づいている。すなわち、協調とは自己を満足させるための自己の効用の割引といえる。

5 参考文献

- [1] J.Rosenschein: Rules of Encounter .MIT Press, 1995
- [2] H.Raiffa: Decesia Analysis Addison-Welsley, 1973