

ハイパーゲームからポリエージェントシステムへ：  
知覚と主観性のゲーム

東京工業大学大学院 価値システム専攻  
木嶋 恭一

概要

複雑な決定状況に關与する決定主体の意思決定を、知覚あるいは主観性を考慮しながら分析しその背後にある構造を明らかにしようとするハイパーゲーム分析とポリエージェントシステムの考え方について、いくつかの例を交えながら概説する。

Hypergame Analysis and Poly-agent System:  
Games Focusing on Subjectivity

Kyoichi Kijima  
Dept. of Value and Decision Science  
Tokyo Institute of Technology  
2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152  
Japan

Abstract

This article firstly introduces and argues concepts of hypergame and polyagent system. Then, we describe some actual situations by using these frameworks to demonstrate their validity.

# 1 はじめに

ハイパーゲーム分析は、複雑な決定状況に關与する決定主体の意思決定をその知覚あるいは主観性を考慮しながら分析することにより、その背後にある構造を明らかにすることをねらって提案された考察の枠組みである。

ハイパーゲームの出発点は、各々の意思決定が直接・間接に他人の状況に影響を及ぼす状況を取り扱う非協力ゲーム理論である。しかし、通常の非協力ゲームが「全てのプレーヤーは同じゲームを見ている」と仮定するのに対し、ハイパーゲームは決定主体の知覚や主観性に注目し、問題状況に關与する人々は異なった価値観を持っており、共通に關与している問題状況を異なって知覚するのは当然であると仮定する。すなわち、ハイパーゲーム分析は決定主体の主観的な内部モデルを仮定し、プレーヤーの主観的意思決定問題を体系的に扱おうとする1つの枠組みである。

さらに、ポリエージェントシステムは、このハイパーゲーム分析に問題状況の学習や理解の変化といったダイナミックな側面をも考慮した理論枠組みである(Kijima, 1996)。

以下では、まず、ハイパーゲームについて概観し、ついで、筆者が提唱するポリエージェントシステムの基本的モデルである知的ポリエージェント学習モデルについて検討することにする。

## 2 単純ハイパーゲームゲーム

単純ハイパーゲームゲームは非協力2人ゲームを出発点としている。プレーヤー  $p$  と  $q$  による非協力2人ゲームは一般に

$$G = (S_p, S_q, \geq_p, \geq_q)$$

で与えられる。ここで、 $S_p$  はプレーヤー  $p$  の戦略の集合、 $\geq_p$  は  $p$  が  $S_p \times S_q$  上に設定する選好順序である。 $S_q$  と  $\geq_q$  についても同様である。通常、適当な効用値を選好に割り当てることで非協力2人ゲームはマトリクスの形で表現されることが多い。非協力2人ゲームでの典型的な合理性(解の概念)としてナッシュ均衡がある。さて、これに対して2人単純ハイパーゲームは次で定義される。

2人単純ハイパーゲーム

$(G_p, G_q)$  を2人単純ハイパーゲームという。ただし、

$$G_p = (S_p, S_{qp}, \geq_p, \geq_{qp})$$

$$G_q = (S_{pq}, S_q, \geq_{pq}, \geq_q)$$

である。ここで、 $S_{qp}$  はプレーヤー  $p$  が想定する  $q$  の戦略の集合である(すなわち、 $p$  は「 $q$  の戦略集合は  $S_{qp}$  である」と知覚している)。 $\geq_{qp}$  は、 $S_p \times S_{qp}$  上の選好関係であって、プレーヤー  $p$  が想定する  $q$  の選好順序である(すなわち  $p$  は「 $q$  の選好順序は  $\geq_{qp}$  である」と知覚している)。 $q$  についても同様である。ここで、 $S_{pp} = S_p$ 、 $\geq_{pp} = \geq_p$  と仮定することは自然であろう。なお、各選好順序を線形順序と仮定しこれを適当な序数的な効用関数で表現するのは、解析を簡単にするのに有用である。

2人単純ハイパーゲーム  $(G_p, G_q)$  が与えられたとき、各  $G_p$  と  $G_q$  は通常のゲームであるから各々にたいして、ナッシュ均衡解の概念を次のように自然に拡張して適用できる。

単純ハイパーゲームのナッシュ均衡解

プレーヤー  $p$  と  $q$  による単純ハイパーゲーム  $(G_p, G_q)$  において、 $(s_p^*, s_{qp}^*) \in S_p \times S_{qp}$  が  $G_p = (S_p, S_{qp}, \geq_p, \geq_{qp})$  のナッシュ均衡解であるとは

$$(\forall s_p \in S_p)((s_p^*, s_{qp}^*) \geq_p (s_p, s_{qp}^*))$$

$$(\forall s_{qp} \in S_{qp})((s_p^*, s_{qp}^*) \geq_{qp} (s_p^*, s_{qp}))$$

が成立することである。同様に、 $G_q$  のナッシュ均衡解も定義することができる。

以上の概念を整理するために次のような例を考えてみる。A と B 国が互いに平和を望んでいるが互いに他方に対しては懐疑的であるとする。そのため、他国の兵器増強による脅威に対抗する兵器の整備という、軍備拡張競争が生じているとしよう。いま A、B 両国の取り得る戦略として、武装解除 D と軍備拡大 R を考えるとその結果として、MD: 相互軍備解除 (A、B ともに武装解除)、LFA: A が B より軍事的に優位に立つ、AR: 軍備拡張競争 (A、B ともに軍備拡大)、LFB: B が A より軍事的に優位に立つ、の4つの状況が考えられる。ここで A、B ともに平和指向であるという仮定からそれぞれの選好順序は、

$$MD \geq_A LFA \geq_A AR \geq_A LFB$$

$$MD \geq_B LFB \geq_B AR \geq_B LBA$$

となるはずである。

ところがいま、互いの相互不信から A と B は互いの選好順序を誤解しそれぞれ次のように想定したとしよう。

$$LFA \geq_{AB} MD \geq_{AB} AR \geq_{AB} LFB$$

$$LFB \geq_{BA} MD \geq_{BA} AR \geq_{BA} LFA$$

これを、適当な効用値を用いてマトリクスとして表現すると図1になる。

$S_A$ $S_{BA}$	D	R
D	4, 3	1, 4
R	3, 1	2, 2

$S_{AB}$ $S_B$	D	R
D	3, 4	1, 3
R	4, 1	2, 2

図1 AとBの単純ハイパーゲーム

従って、両国のマトリクスにおいて、ナッシュ均衡解となっているのは、それぞれ、軍備拡張競争に走るという行動である。このことは、相互不信から互いにに両国が相手の選好順序を誤解した場合とはとえ、両国が本当は平和指向であったとしても、均衡解としては軍備拡張競争に陥ってしまうことを示している。

ところが、両者が互いの真の選好順序を知っている場合は、両者の単純ハイパーゲームは共通に図2で表され、軍備拡張競争とともに、相互軍備解除もナッシュ均衡解となり、後者が実際に起きる可能性もでてくるのである。この例は、プレイヤーの知覚あるいは誤解が原因で、均衡解の存在が大きく異なってくることを良く示している。

$S_A$ $S_B$	D	R
D	4, 4	1, 3
R	3, 1	2, 2

図2 通常の非協力ゲーム

### 3 知的ポリエージェントの学習モデル

本節では、複雑な問題状況を学習してゆく意思決定者の動的な行動を記述するためにハイパーゲーム理論を基礎に筆者が提案する知的ポリエージェント学習モデル (I-PALM; Intelligent Poly-agent Learning Model) について解説する。さらに、この分析枠組みの有効性を示すために、自然環境保護と技術援助

をめぐる先進国と発展途上国のコンフリクトに関する分析を紹介する。

I-PALMにおいてもハイパーゲーム分析と同様に、ある問題状況に関与する人々は当初異なった多様な価値観を持っており、各人は共通に関与している問題状況を異なって知覚するのが当然であると仮定する。そして、I-PALMは各プレイヤー間に相互作用のない独立な状況認識から始まって、各プレイヤーが次第に問題状況を学習し、互いに理解し相互認識を形成し、ついには通常のゲーム状況を共通に認識するようになる一連の過程を記述する。I-PALMの枠組みから見れば、通常のゲーム状況は十分な相互理解と問題状況の学習プロセスが終了して、各人が「同じゲームを見る」ことができるようになった究極の状況といえる。さらに、I-PALMの主要な関心の一つは、プロセスの各ステージでどのような解(合理性)の概念が用いられそれがどのように変化してゆくかの考察である。

#### 3.1 問題状況の学習と解の概念

ソフトな問題状況ではあらかじめすべての代替案を列挙しそこから「最適なもの」を選択するといった行動は不可能であるしまた意味を持たない。ここでは、試行錯誤を繰り返しながら問題状況についての知識を増幅してゆく、学習を基本とする問題解決がきわめて重要になる。

ここでは、考察を簡単にするためプレイヤー数は2に限定し、同じ問題状況にプレイヤー  $p$  と  $q$  が関与しているとする。

二人のプレイヤー  $p, q$  が問題状況にはじめて関与したときには、問題状況に関する2人の理解に全く相互作用がなく、互いに独立にそれを認識し知覚していると考えた方が自然であろう。このような状況は、前節で定義した単純ハイパーゲームとして表現できるだろう。そこでは、プレイヤー  $p$  と  $q$  はそれぞれ独立に  $G_p$  と  $G_q$  に対処するわけだから、通常のナッシュ均衡の定義を自然に拡張して、 $G_p$  と  $G_q$  に互いに独立にナッシュ均衡解の概念が定義された。

しかしながら、時間の経過とともに、各プレイヤーの状況認識は独立ではなくなり、プレイヤーの行為を他のプレイヤーが認識・解釈するという相互作用がうまれてくるかもしれない。その結果、複数のプレイヤーが1つの状況を違って概念化するものの、実質的には同じ行為に対して違ったラベルを貼ることが十分考えられる。

このような状況を取り扱う一つの方法は、互いのゲームを認識し解釈するし方を表現する(解釈)関数を導入した相互認識のあるハイパーゲームの考え

方である。ここで、解釈関数というのは、あるプレイヤーが他のプレイヤーの戦略をどのように解釈するかを表現したものである。例えば、「自分の利益を守る」という行為を他のプレイヤーは「攻撃意図の表示」と名付けるかもしれない。

これを簡単な例を用いて説明してみる (Bennett et al., 1980)。英国でしばしば起きて問題となるサッカー場での暴動を、プレイヤーがサッカーファンと「当局」である2人単純ハイパーゲームとして次の様に表現してみよう (図3を参照)。ここで、重要な点は、サッカーファンにとって暴動は、本当の暴動 (RH) 以外に暴動を楽しむと自分たちが認識している行為 (PH) が存在すること、一方、当局にとっては、サッカーファンの行為は許容できるかできないかの2通りにしか識別されていないという点である。

図3 サッカーファンと当局とのゲーム

図3では、戦略間の解釈写像を2つのゲーム間のリンク (矢印) として表現し2通りの解釈写像を考えている。(a)では当局はサッカーファンが「暴動を楽しむ」のを許容可能としてみているが、(b)では同じ行為を許容不可能として解釈している点が異なっている。この場合(a)と(b)とでは、解の安定性が大きく異なっている。(a)では、ファンが「暴動を楽しむ」当局はこれに介入してこないという状況が、均衡解となり「暗黙の合意」点として存在しうる (均衡解の定義については後述)。しかし(b)ではもはやこの結果は均衡解ではなくなり、ファンが本当に暴動を起こし当局が介入するという最悪の事態が生じる。このように2つのゲーム間の解釈の仕方がどのようなものかは状況の分析に重要な役割を演じるのである。

以上のアイデアを定式化すると、相互認識のあるハイパーゲームの考え方が得られる。

#### 相互認識のあるハイパーゲーム

4つ組  $(G_p, G_q, f, g)$  を相互認識のあるハイパーゲームという。ただし、ここで、 $G_p = (S_p, S_{qp}, \geq_p, \geq_{qp})$  と  $G_q = (S_{pq}, S_q, \geq_{pq}, \geq_q)$  は単純ハイパーゲームで、 $f: S_q \rightarrow S_{qp}$  と  $g: S_p \rightarrow S_{pq}$  は関数である。

関数  $f$  は、プレイヤー  $q$  のもつ真の戦略集合  $S_q$  をプレイヤー  $p$  がどのように解釈・認識しているかを示すものである。関数  $g$  についても同様である。

相互認識のあるハイパーゲーム  $(G_p, G_q, f, g)$  が与えられたとき、われわれの興味はそこで新たに定義される合理性 (解) の概念である。この解の概念は、 $G_p$  と  $G_q$  それぞれに依存するだけでなく、これらがどのように互いに解釈されているかという  $f$  と  $g$  にも依

存するはずである。ここでは、そのような解を集合  $S_p \times S_q$  上に次のように定義する。 $S_p \times S_q$  は、学習が十分繰り返されたときに  $p$  と  $q$  が共通に認識するという意味で仮想的に定義される問題状況に設定された「真」の戦略空間である。

#### 相互認識のあるハイパーゲームの均衡解

$(G_p, G_q, f, g)$  を相互認識のあるハイパーゲームとし、 $G_p = (S_p, S_{qp}, \geq_p, \geq_{qp})$ 、 $G_q = (S_{pq}, S_q, \geq_{pq}, \geq_q)$ 、 $f: S_q \rightarrow S_{qp}$ 、 $g: S_p \rightarrow S_{pq}$  とする。 $(x^*, y^*) \in S_p \times S_q$  がその均衡解であるとは

$$(\forall x \in S_p)((x^*, f(y^*)) \geq_p (x, f(y^*))) \text{ と}$$

$$(\forall y \in S_q)((g(x^*), y^*) \geq_q (g(x^*), y))$$

が成立することである。

$(x^*, y^*) \in S_p \times S_q$  が均衡解であるとき、これがプレイヤー  $p$  によって解釈された  $(x^*, f(y^*)) \in S_p \times S_{qp}$  について、相手が  $f(y^*)$  から戦略を変えない限り、自らの戦略  $x^*$  を変える動機がない。このことは、プレイヤー  $q$  についても成立するから、この均衡解は、 $f$  と  $g$  による相手の戦略の解釈に基づいたナッシュ均衡解と考えることができる。その意味で、この均衡解はナッシュ均衡解を自然に拡張した解の概念といえる。

### 3.2 学習における創発性

さらに問題状況への関与が続き、相互の理解がより進むかも知れない。これを次の大域的整合性の概念として定義する。

#### 想定の大域的整合性

$(G_p, G_q, f, g)$  を相互認識のあるハイパーゲームとする。 $p$  による  $q$  の選好順序の想定が  $(f, g)$  に関して大域的に整合しているとは、任意の  $x \in S_p$  と  $y, y' \in S_q$  について、

$$(g(x), y) \geq_q (g(x), y') \Leftrightarrow (x, f(y)) \geq_{qp} (x, f(y'))$$

が成立することをいう。このとき、単に、 $p$  の想定は大域的に整合している、ということにする。

この条件は、 $p$  による  $q$  の選好順序の想定  $\geq_{qp}$  が、真の  $\geq_q$  に  $f$  と  $g$  に関して整合していること、すなわち、 $q$  の選好順序を「正しく」理解していることを示している。もちろん、概念の双対性から、ここでも、 $G_q$  と  $(G_p, G_q, f, g)$  に関しても対称的な定義が可能なのは当然である。

#### 価値観を共有するハイパーゲーム

相互認識のあるハイパーゲーム  $(G_p, G_q, f, g)$  が価値観を共有するハイパーゲームであるとは、(1)  $p$  による  $q$  の選好順序の想定が  $(f, g)$  に関して大域的に整合している、(2)  $q$  による  $p$  の選好順序の想定が  $(f, g)$  に関して大域的に整合している、ことをいう。

いま、最初に個別に存在していた2つの単純ハイパーゲーム  $G_p$  と  $G_q$  に、相互認識  $f$  と  $g$  が生じて  $(G_p, G_q, f, g)$  が生成される過程を考えてみる。そのとき、もともとの  $G_p$  あるいは  $G_q$  に存在していた解が消滅したり、逆に単純ハイパーゲーム  $G_p, G_q$  では解が存在しなかったものが、 $f$  あるいは  $g$  が想定されることで新たに均衡解が生まれてきたりするであろう。

このような、解の発生と消滅の現象は、個別の  $G_p, G_q$  間に関係  $(f, g)$  が生じたからこそ発生するものであり、いわば、個別の  $G_p, G_q$  からシステム  $(G_p, G_q, f, g)$  が生成される際の創発特性 (emergent properties) を表現するもので、その生起条件を求めることはシステム論的にきわめて興味深い問題である。さらに、その生起条件が求めれば、相互認識  $f$  と  $g$  がどのようなものとき、どのような現象が生じるかがわかり、 $f$  と  $g$  の形に関する what-if 分析ができることから、応用面でも重要な問題である。

次の定理は、この問題に対して一つの解答を与えるものである。すなわち、 $G_p$  にナッシュ均衡解が存在していても、 $(G_p, G_q, f, g)$  に均衡解が存在しない場合 (解の消滅)、逆に  $G_p$  にナッシュ均衡解が存在しなくても、 $(G_p, G_q, f, g)$  に均衡解が存在する場合 (解の創発) のための一種の判定条件を与えている。

定理:  $(G_p, G_q, f, g)$  を相互認識のあるハイパーゲームとし、 $f$  が全射 (surjection) であるとする。さらに、 $p$  による  $q$  の選好順序の想定が大域的に  $(f, g)$  に関して整合しているとする。そのとき、 $G_p$  にナッシュ均衡解が存在すれば、 $(G_p, G_q, f, g)$  においても均衡解が存在するし、逆に  $(G_p, G_q, f, g)$  において均衡解が存在すれば、 $G_p$  にもナッシュ均衡解が存在する。

対偶をとると、

系:  $(G_p, G_q, f, g)$  を相互認識のあるハイパーゲームとし、 $f$  が全射であるとする。 $G_p$  と  $(G_p, G_q, f, g)$  との間に解の発生あるいは消滅が起こっていれば、 $p$  による  $q$  の選好順序の想定は大域的に  $(f, g)$  に関して整合していない。

もちろん、概念の双対性から、 $G_q$  と  $(G_p, G_q, f, g)$  についても対称的な定理が成立するのは当然である。

ここで定理に現れている、 $f$  が全射であるという条件は、 $p$  は  $q$  の真の戦略集合  $S_q$  の「モデル」として  $S_{qp}$  を持っていることを示しており、冗長な戦略を  $q$  に対して想定していないことを表現していると考えることができる。

さて、最終的には、この相互認識のあるハイパーゲームは、通常のゲーム状況へと変化してゆくかもしれない。そのとき両者は同じゲーム  $G = (S_p, S_q, \geq_p, \geq_q)$  を共通に戦うことになる。しかし、この共通の理解も時間とともに、意識的にせよ無意識的にせよ、また能動的にせよ受動的にせよ破られ、また次のフェーズに変化するかもしれない。以上から、I-PALM は図4に示したように問題状況の変化を認識し、それぞれのフェーズにおける合理性を考察する分析枠組みとすることができる。

図4 I-PALM による問題状況の認識の表現

## 4 自然環境保護と開発援助問題

I-PALM の枠組みを用いて、状況認識の違いによってそこでの合理的な行動がどのように変化するか、最近社会的な関心を集めている地球規模の自然環境保護と開発援助の問題を解析してみる。

一般に、「開発」とは現在の技術と資源を用いて、自然や社会から最大の利益を獲得する生産行為を意味するが、近年では開発の進展が地球の生態系を損ない、人類の資源ベースを非可逆的に破壊してゆく状況が目だつようになった。熱帯林の破壊、砂漠化、野生生物の絶滅、オゾン層の破壊、大気中の二酸化炭素蓄積にともなう地球温暖化、酸性雨などがそれである。ここから、「開発」と「保護」を調和させ、発展を持続可能なものにしようとする考え方が生まれたのである。しかしながら、持続可能な開発は長期的な視野に立つが、開発行為自体はしばしば短期的な視点に立ち、またこれらのうち多くの問題で、財政的技術的に十分でない開発途上国ないしは中進国がその決定的な役割を担っている。

ここでは、財政的技術的援助を受ける立場の国を便宜的に開発途上国 (D: Developing Country) と呼び、一方それを提供する能力のある立場の国を先進国 (I: Industrialized Country) とよぶことにする。そのとき、I-PALM の枠組みを用いて、開発途上国と先進国の間の意識のズレとその解釈およびその変化を考察する。

いま、開発途上国と先進国がはじめて開発援助の交渉会議に出席した状況を考える。そのとき、この会議において発展途上国側は、次の3つを提案できる

と仮定する。まず、環境破壊のない環境保護を考慮した開発案 (LR: Long-Range Developing Plan) の提案である。しかしこの案では、発展途上国にとっての短期的な経済的効果はそれほど望めないと考えられる。逆に、環境問題を余り考慮しない短期的な経済効果を狙った案 (SR: Short-Range Developing Plan) の提案も開発途上国のオプションであろう。さらに、自国の開発の必要性はアピールするもののその開発行動については明確にコミットしない (G: Gray Plan) という手段があるだろう。この案はいわば玉虫色の提案であって、発展途上国にとっていちばん柔軟性がある案であるとする。

次に、開発途上国は、先進国の行為として財政的技術的援助を行う (S: Support) ことと、行わないこと (NS: Not Support) の2種類の行為を想定しているとする。そのとき開発途上国が想定する単純ハイパーゲームを次のように仮定する。

$S_D$	$S_{ID}$	NS	S
LR		1, 5	3, 6
G		2, 3	6, 4
SR		4, 2	5, 1

図5 開発途上国の単純ハイパーゲーム  $G_D$

すなわち、開発途上国にとって最も望ましいのは、ほとんど自らの行為にコミットしていない案 (G) が先進国に受け入れられ、そこから援助が得られる状況 (G, S) である。次に開発途上国が選好するのは、短期的な経済効果を狙った (環境破壊をも省みない) 開発であるとする。もし、それが何らかの理由で先進国に受け入れられれば (SR, S) よいし、それが受け入れられなくても (SR, NS) 3番目に選好されるとする。ついで、調和的な開発を行い先進国がこれを援助してくれるという状況 (LR, S) が選好されるとする。さらに、自らの行為を縛らない案をアピールしたにも関わらず援助が得られない (G, NS) のは望ましくなく、最悪なのは調和的な開発を行うにも拘らず先進国からの援助が得られない状況 (LR, NS) であるとする。

一方、先進国側からみて、開発途上国の行為は、許容できるものか (A: Acceptable)、できないものか (Ua: Unacceptable) の2通りしかないと考えているとする。また、先進国のとり得る手として、開発途上国に援助する (S: Support) かしない (NS: Not Support) かの2つを考える。そのとき、先進国の想

定する単純ハイパーゲームを次のようであると仮定する。

$S_{DI}$	$S_I$	NS	S
A		1, 3	3, 4
$U_a$		2, 2	4, 1

図6 先進国の単純ハイパーゲーム  $G_I$

このとき、 $G_D$ と $G_I$ のナッシュ均衡解はそれぞれ (SR, NS)、(G, S) と ( $U_a$ , NS) となる。ここで、重要なのは、開発途上国側には調和的な開発、短期的な開発の他に自らの開発行為の内容をあえて明確にしないという案が存在するが、先進国側では開発途上国の行為は許容できるかできないかの2通りにしか認識されないとという点である。後で示すように、この玉虫色案が先進国にどのように解釈されるかで問題の状況は大きく異なってくる。

いま、開発途上国と先進国との間に次のような相互認識 (f, g) が生まれたとしよう。すなわち、 $f: S_I \rightarrow S_{ID}$ 、 $g: S_D \rightarrow S_{DI}$ がそれぞれ

$$f(NS) = NS, \quad f(S) = S$$

$$g(LR) = A, \quad g(G) = g(SR) = U_a$$

となったとするのである。すなわち、先進国は玉虫色案を短期的な開発案同様、許容不可能なものとして解釈しているとする。なお、 $f$ が全射であるのは明かである。そのとき、 $D$ による $I$ の選好順序の想定は (f, g) に関して大域的に整合していない。実際、 $G \in S_D$ 、 $NS, S \in S_I$ について、 $(g(G), NS) \geq_I (g(G), S)$  は、 $(g(G), NS) = (U_a, NS) \geq_I (U_a, S) = (g(G), S)$  より成立するが、 $(G, f(NS)) = (G, NS) \geq_{ID} (G, S) = (G, f(S))$  は成立しない。従って、前節での議論からわかるとおり、実際に解の消滅が生じている。すなわち、この状況では、(SR, NS) は均衡解になるが、(G, S) は均衡解にはならない。(SR, NS) は  $G_D$ 、 $G_I$ それぞれで (SR, NS)、( $U_a$ , NS) と解釈され、また、(G, S) は  $G_D$ 、 $G_I$ それぞれで (G, S)、( $U_a$ , NS) と解釈される。(G, S) と ( $U_a$ , NS) はともに  $G_D$ 、 $G_I$ でナッシュ均衡解であった。

しかし、これは互いに不幸な結果が均衡解になっていることになる。そのような不幸な結果が実際に起こったりあるいは何らかの手段でこのような結果が予測されれば、両者は解釈関数  $f$ あるいは  $g$ の変更を考えるかもしれない。いま、先進国が玉虫色開発案

を許容可能としてみるようになるのであれば、これは  $g$  が  $g'(LR) = g'(G) = A$ ,  $g'(SR) = Ua$  に変化したものと考えられる。 $f$  は  $f(NS) = NS$ ,  $f(S) = S$  で変化していないので、 $D$  による  $I$  の選好順序の想定は  $(f, g)$  に関して大域的に整合している。

このときには、 $(SR, NS)$  だけでなく  $(G, S)$  も均衡解となり、生じ得る可能性のある状況が拡大している。それらは  $G_D$ ,  $G_I$  それぞれで  $(SR, NS)$ ,  $(G, S)$  および  $(Ua, NS)$ ,  $(A, S)$  と解釈される。さらに解釈関数の変更以外にも、効用値自身の変更等、ほかにも問題状況を変える手段があるであろう。これらの手段をとることにより、認識される問題状況はまた次の状況へと変化してゆくのである。

## 5 おわりに

以上述べたように、ハイパーゲーム分析は、解の安定性などの定性的な特徴を基本的な集合論と論理数学に基づいて扱おうとする、ソフトな問題状況にたいして深い考察が可能な有望な枠組みである。

一方、I-PALM は各プレーヤー間に相互作用のない独立な状況認識から始まって、各プレーヤーが次第に問題状況を学習し、互いに理解し相互認識を形成し、ついには通常のゲーム状況を共通に認識するようになる一連の過程を記述する枠組みである。そこでの主要な関心は、プロセスの各ステージでどのような解（合理性）の概念が用いられそれがどのように変化してゆくかの考察にあった。

しかしながら、これ以外にも相手の立場に立って考えると他者の立場から自らの立場を見直すという視点を考慮した研究は存在する。たとえば、厚生経済学の分野での「拡張された同情アプローチ」はその例である。従来の厚生経済学は、社会に共存する個人間の感情の交流を社会的厚生に関する判断材料としてまったく考慮していなかった。これに対して、拡張された同情アプローチは「想像上の立場の交換」という思考実験を媒介とする個人間の「交感の原理」を導入するのである。

二つの社会状態  $x$ ,  $y$  と二人の個人  $A$ ,  $B$  だけから成る社会を例にとれば、拡張された同情アプローチの考え方は次のように説明できる。いま、社会状態  $x$  と個人  $A$  との組  $(x, A)$  によって「社会状態  $x$  を個人  $A$  の立場に身をおいて経験する」という「境遇」を示すことにする。このとき従来の厚生経済学では、個人  $A$  に対して  $(x, A)$  と  $(y, A)$ 、個人  $B$  に対して  $(x, B)$  と  $(y, B)$  というそれぞれ2つの境遇の優劣を比較することだけを求めている。

これに対し、拡張された同情アプローチは、 $A$ ,  $B$  両者に想像上の立場の交換を媒介にして4つの境遇  $(x, A)$ ,  $(y, A)$ ,  $(x, B)$ ,  $(y, B)$  の全部について選好上

の優劣比較を行うことを求めるのである。すなわち、「もし私  $A$  が  $B$  であったならば」、「もし私  $B$  が  $A$  であったならば」という想像上の立場から仮定的な境遇を個人的厚生観点から比較するのである。この方法は、社会状態の衡平性や正義にかなう社会的選択といった重要な観点を定式化することを可能にし厚生経済学特に社会的選択の理論を一層豊かにすることに貢献した。

今後は、このような厚生経済学の知見やハイパーゲーム分析などのソフト OR を含め、決定主体の知覚や認識・学習といった行為に関心を持つ様々な立場からのアプローチが融合され、より豊かな分析力・記述力を持った考察の枠組みが開発されることが望まれる。さらには、シミュレーション技法との融合により、操作的な考察に繋げることも必要であろう。

## 参考文献

- [1] Bennett, P.G., Hypergames: Developing a Model of Conflict, *Futures*, 12(6)(1980) 489-507
- [2] Bennett, P.G. et al., Using Hypergames to Model Difficult Social Issues: An Approach to the Case of Soccer Hooliganism, *J. Opl. Res. Soc.*, vol. 31, pp.621-635, 1980
- [3] Bennett, P.G. et al., Modelling Interactive Decisions: The Hypergame Focus, in *Rational Analysis for a Problematic World*, John Wiley and Sons, 1989
- [4] Kijima, K., Intelligent Poly-agent Learning Model, Proceedings of Workshop for Cooperation between Japan and the United Kingdom on Soft Science and Technology, Osaka, 1994
- [5] Kijima, K., Intelligent Poly-agent Learning Model and its Application, *Information and Systems Engineering*, 2(1996) 47-61
- [6] 木嶋 恭一, 問題状況の主観的評価に基づく意思決定: 相互認識のあるハイパーゲームとその応用, 電気学会論文誌 C (電気・情報・システム部門誌), vol.111 (1991), 98-106
- [7] 木嶋恭一, 学習ゲーム分析: 解の概念とその応用, 日本経営情報学会誌, 2 (2), 27-34, 1992
- [8] 木嶋恭一, 交渉とアコモデーション, 日科技連出版, 1996

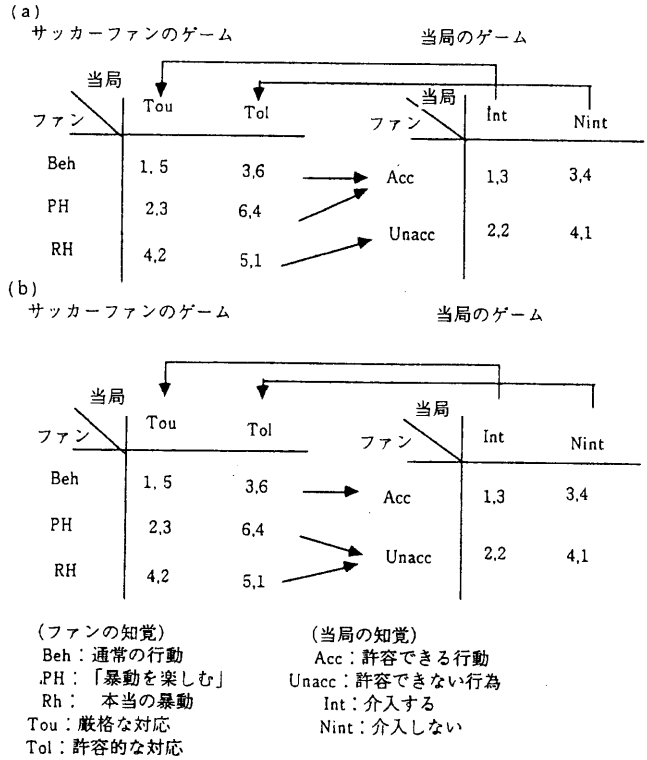


図3 サッカーファンと当局とのゲーム

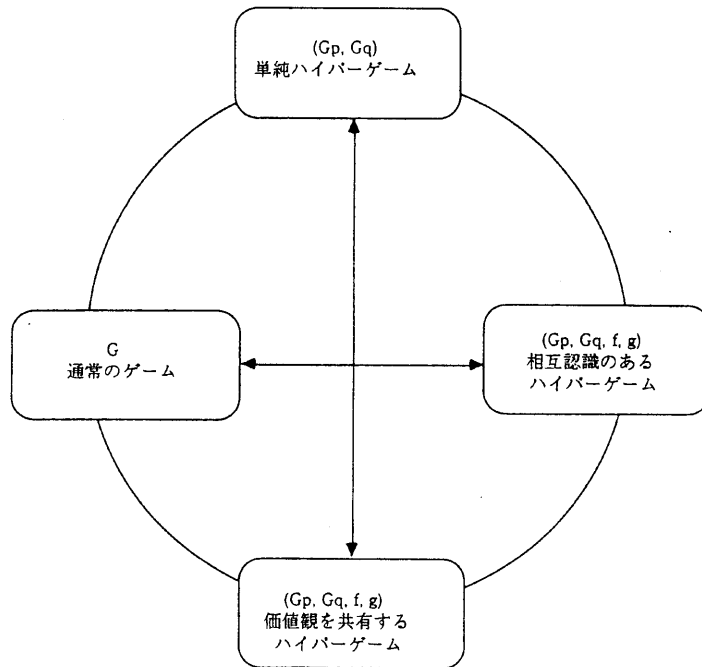


図4 I-PALMによる問題状況の認識の表現