

標準形ゲームと社会ネットワーク

猪原 健弘

ここでは、ゲーム理論的主体と心理学的主体の融合によって構成される新しい意思決定主体像と、そのような主体が意思決定を行う新たな意思決定状況像を紹介する。新しい主体は、経済合理性だけでなく、他の主体に対する感情や態度によっても影響を受ける、いわば「心理合理性」も備えている。新たな状況下での新たな主体の振る舞いの帰結を表現するために、「関係均衡」と呼ばれる新たな均衡概念を導入し、その性質を、「囚人のジレンマの状況」や「チキンゲームの状況」などの例を用いた分析結果で紹介する。

キーワード：標準形ゲーム、社会ネットワーク、合理性、バランス理論、均衡

1. はじめに

ゲーム理論的枠組みの中で、「感情」や「態度」といった心理学的な要素を取り込んだ形で意思決定状況の分析を行っている研究は多い。

「信念と実際に達成された結果との差」から感情が生じる、とする枠組みである「心理学的ゲーム (psychological game)」に基づく、非協力ゲーム的状況の分析として、Geanakoplosらのもの[1]、Ruffleのもの[2]、InoharaとNumataのもの[3]などがある。また、「意思決定状況の中のジレンマ (dilemma)」によって感情が生じ、感情によって意思決定主体の選好、そして意思決定状況自体が変化していく、と捉える枠組みである「ソフトゲーム」に基づく非協力ゲーム的状況の分析としては、Howardによるもの[4, 5]、Bennettのもの[6]、InoharaとNakanoのもの[7]などがある。もう少し広く「感情」や「態度」を捉えようと、情報が不完備な状況を扱うために用いられる「信念」を応用した、「評判 (reputation)」(Kreps and Wilson[8])や「公正さ (fairness)」(Rabin[9])、あるいは「互惠主義 (reciprocity)」(Bolton and Ockenfels[10])、「悪意 (spite)」(Dufwenberg and Guth[11])などについての、非協力ゲーム的状況における分析も含めることができよう。

一方、心理学的議論をもとにして協力ゲーム的状況における意思決定について論じている研究もある。Heider[12]、Newcomb[13]、Taylor[14]などの社会心理学的研究を数学的に展開した、Cartwright

and Harary[15]、Davis[16]、Inohara[17]などを受けて、会議 (committee) の停滞 (deadlock) を防ぐ方策 (Inohara[18]) や認定投票 (approval voting) を用いた選挙 (Inohara[19]) などについての研究が行われている。

心理学的ゲームでの感情・態度は、意思決定の「事後」に発生するものであり、ソフトゲームでの感情・態度は、意思決定の「最中」に発生するものである。また、社会心理学に基づく研究は、意思決定の「事前」の感情・態度を扱っている。意思決定状況の協力・非協力の区別とともにいえば、ここでの議論は「社会心理学に基づいた、意思決定の「事前」の感情・態度を考慮した、非協力ゲーム的状況の分析」と分類されよう。実際、このあとの議論は、Heider[12]やNewcomb[13]、Cartwright and Harary[15]やInohara[17]、そして標準形ゲームについての考え方に基づいて展開される。

感情や態度を考慮に入れる以上、登場する意思決定主体は、純粋な意味で経済合理的ではあり得ない。ここでは、心理的安定を求めるという「心理安定性」を考慮する。そして、「自分が肯定的な感情を持っている主体には献身的になり、否定的な感情を持っている主体に対しては攻撃的になる」、という行動原理を持っている、いわば「関係合理的」な主体を考える。このような、関係合理的な主体を適切に扱うことができる分析枠組みとともに、関係合理的な主体の振る舞いの帰結を論じるための、新たな均衡概念（「関係均衡」と呼ばれる）を提案・紹介するのがここでの目的となる。

次では、まず、意思決定状況の「システム」[20]としての二つの見方を紹介し、それぞれが「標準形ゲー

いのほら たけひろ

東京工業大学 大学院社会理工学研究科
〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1

ム」[21]の枠組みと「社会ネットワーク」[22]の枠組みとに対応することをみる。その後、標準形ゲーム論と社会ネットワーク論における意思決定主体や意思決定状況の扱いを概観し、それに基づき、新たな（「関係合理的」な）意思決定主体、および新たな意思決定状況（「社会システム」と呼ばれる）を構築する。そして、分析のための新たな均衡概念（「関係均衡」と呼ばれる）を定義して、囚人のジレンマの状況やチキンゲームの状況についての分析例を紹介する。

2. システムとしての意思決定状況

意思決定状況をシステムとして捉える際には、少なくとも2通りの見方がある。一つは入力を出力に変換する「入出力システム」としての見方、もう一つは「要素」と「要素間の関係」の組としてのシステムである。

入出力システムとして意思決定状況を捉える場合、入力となるのは「ゲーム」であり、出力は「ゲームの結果」である。「ゲーム」を「ゲームの結果」に変換するとき用いられる方法は、Nash均衡に代表される様々な均衡概念である。したがって、入出力システムとしての意思決定状況は、ゲーム理論で捉えることが可能であり、ここでは特に標準形ゲーム論を用いる。一方、「要素」と「要素間の関係」の組としてのシステムにおいては、要素は「意思決定主体」であり、要素間の関係は「主体間の感情や態度」である。これら二つの組は、社会ネットワーク論で捉えることが可能である。さらにここでは、社会ネットワークの「均衡」を、Heider[12]やNewcomb[13]の考え方に基づいて分析する。

意思決定状況の、システムとしてのこれら二つの捉え方を一つに融合するために、まず、標準形ゲーム論と社会ネットワーク論における意思決定主体や意思決定状況の扱いを概観する。

3. ゲーム理論的主体

ゲーム理論的主体は「経済合理性」に基づいて振る舞う。経済合理的な主体とは、いわば利己的な主体で、自分自身にとってより望ましい結果を追求する。標準形ゲーム論では、意思決定状況を主体、戦略、選好という三つの要素の組で表現する。

定義[標準形ゲーム]

標準形ゲームは、 $(N, (S_i), (R_i))$ という三つ組である。

表1 囚人のジレンマの状況

主体		2	
	戦略	a ₂	b ₂
1	a ₁	3, 3	1, 4
	b ₁	4, 1	2, 2

表2 チキンゲームの状況

主体		2	
	戦略	a ₂	b ₂
1	a ₁	3, 3	2, 4
	b ₁	4, 2	1, 1

ゲームの例

標準形ゲームの例としては、次の「囚人のジレンマの状況」(表1)と「チキンゲームの状況」(表2)が代表的である。

ゲーム理論的主体は、「自分の戦略集合の要素を一つ選ぶ」という行動をする。選択の基準は「経済合理性」であり、それを表現するのがNash均衡などの均衡概念である。Nash均衡は、最適応答という考え方を使って定義できる。

定義[最適応答 (Best Reply: BR)]

標準形ゲーム $(N, (S_i), (R_i))$ が与えられているとする。主体 i の戦略 s_i が、結果 s^* において、主体 i の最適応答であるとは、 S_i の任意の要素 s'_i に対して、

$$(s_i, s^*_i)R_i(s'_i, s^*_i)$$

であることをいう (s^*_i は、 s^* における i 以外の主体の戦略の組を指す)。 s^* における i の最適応答となっているような、 i の戦略全体の集合を $BR_i(s^*)$ で表す。

定義[Nash均衡]

標準形ゲーム $(N, (S_i), (R_i))$ が与えられているとする。結果 s^* が Nash 均衡であるとは、任意の i に対して s^*_i が $BR_i(s^*)$ の要素であることをいう。

囚人のジレンマの状況 (表1) では、結果 (b_1, b_2) が、チキンゲームの状況 (表2) では、結果 (a_1, b_2) と結果 (b_1, a_2) が Nash 均衡である。

囚人のジレンマの状況とチキンゲームの状況においては、Nash均衡に基づいた主体の振る舞いによって、社会的に非効率な結果が達成され得る。社会的効率性は、通常 Pareto 最適性によって捉えられる。

定義[Pareto 最適性]

標準形ゲーム $(N, (S_i), (R_i))$ が与えられているとする。ある結果 s^* が Pareto 最適であるとは、任意の結果 s に対して、もしある i が存在して $s P_i s^*$ ならば、ある j が存在して、 $s^* P_j s$ ということが成り立つことをいう ($s P_i s'$ は、 $s R_i s'$ かつ「 $s' R_i s$ でない」ことを指す)。

囚人のジレンマの状況 (表 1) でもチキンゲームの状況 (表 2) でも、結果 (b_1, b_2) 以外の三つが Pareto 最適な結果である。

4. 心理学的主体

社会ネットワーク論的主体は「心理合理性」に基づいて振る舞う。つまり、自分自身にとっての心理的安定を求めて、他者や自分への感情や態度を変化させる。社会ネットワーク論では、意思決定状況 (社会ネットワークと呼ばれる) を、主体と主体間の関係 (感情・態度・評価などと呼ばれる) の組で表現する。

定義[社会ネットワーク]

社会ネットワークは、 $(N, (E_i))$ という二つ組である。

主体の集合が N 、主体 i の感情・態度・評価などの集合を $E_i = \{+, -\}^N$ (集合 $\{+, -\}$ の $|N|$ 個の直積集合) とする。社会ネットワークとは、組 $(N, (E_i))$ である。ただし、 E_i の要素 $e_i = (e_{ij})$ の成分 e_{ij} は、主体 i の主体 j に対する「評価」を表す。+ は肯定的評価、- は否定的評価を表す。特に、 e_{ii} は主体 i の自分自身に対する評価を表す。 e_i を主体 i の評価、 $e = (e_i)$ を、単に評価と呼ぶ。

$N = \{1, 2\}$ である場合、主体 i の評価の集合 E_i は、 $E_i = \{+, -\} \times \{+, -\}$ となる。したがって、 E_i の要素は、

- $(e_{i1} = +, e_{i2} = +)$
- $(e_{i1} = +, e_{i2} = -)$
- $(e_{i1} = -, e_{i2} = +)$
- $(e_{i1} = -, e_{i2} = -)$

の 4 個であり、 E の要素は 16 個となる。図 1 は、評価 e の例である。

社会ネットワーク論的主体は、「自分の評価の集合の要素の一つを選ぶ」という行動をする。選択の基準は「心理合理性」であり、それを表現するのが「Heider 均衡」あるいは「Newcomb 均衡」という概念である。

定義[H (Heider) 均衡]

社会ネットワーク $(N, (E_i))$ が与えられているとす

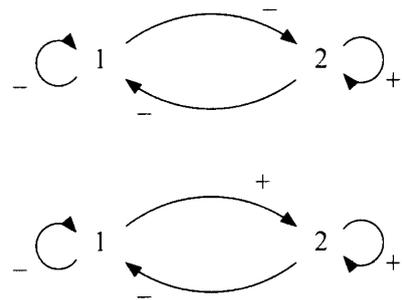


図 1 主体の評価

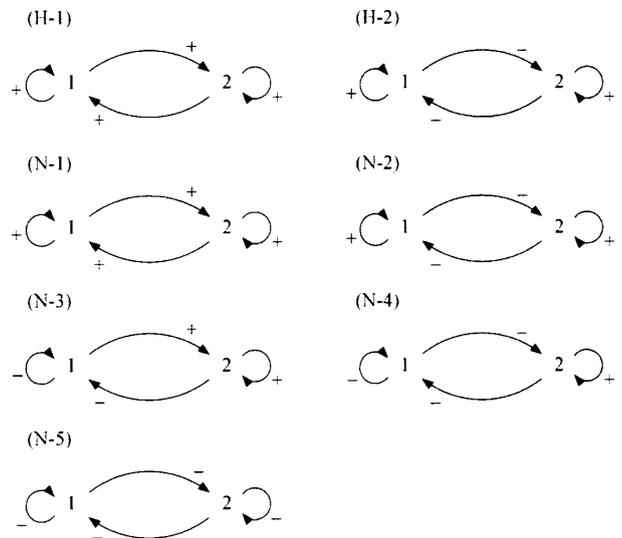


図 2 H 均衡と N 均衡

る。ある評価 e^* が H 均衡であるとは、任意の i, j, x に対して、

$$e_{ij}^* = + \Leftrightarrow e_{ix}^* = e_{jx}^*$$

であることをいう。

定義[N (Newcomb) 均衡]

社会ネットワーク $(N, (E_i))$ が与えられているとする。ある評価 e^* が N 均衡であるとは、任意の i, j, x に対して、

$$e_{ij}^* = - \text{ または } e_{ix}^* = e_{jx}^*$$

であることをいう。

図 2 は、H 均衡である評価 (H-1, H-2)、N 均衡である評価 (H-1, H-2, N-1~N-5) である。 $N = \{1, 2\}$ である場合、H 均衡な評価はこの二つ、N 均衡な評価はこの七つに、N-3 と N-4 において主体 1 と主体 2 の立場を入れ替えたものを加えた九つがある。一般に、H 均衡であれば N 均衡であることが定義よりすぐにわかる。

5. 新たな主体・新たな意思決定状況

ここで扱う新たな意思決定状況は、標準形ゲームと

社会ネットワークを接合したものであり、「社会システム」と呼ばれる。また、経済合理性と心理合理性を融合した新たな合理性を「関係合理性」と呼び、ここで、関係合理性に基づいて振る舞う主体を構成していく。

定義[社会システム]

社会システムとは、組 $(N, (S_i), (R_i), (E_i))$ のうち、 $(N, (S_i), (R_i))$ が標準形ゲームであり、 $(N, (E_i))$ が社会ネットワークであるようなものである。 $S_i \times E_i$ の要素 (s_i, e_i) をエージェント i の状態、 $(s, e) = ((s_i), (e_i))$ を単に状態と呼ぶ。

社会システムにおける主体 i は、「戦略集合 S_i の要素 s_i を一つ選ぶ」という行動と、「評価集合 E_i の要素 e_i を一つ選ぶ」という行動を同時に行う。すなわち、「 $S_i \times E_i$ の要素 (s_i, e_i) を一つ選ぶ」という行動をする。この選択の基準を表現する均衡概念の候補として、「関係均衡」、「H 関係均衡」、「N 関係均衡」などが考えられる。これらはいずれも、「自分が肯定的な感情を持っている主体には献身的になり、否定的な感情を持っている主体に対しては攻撃的になる」という行動原理に基づいている。

6. 社会システムの均衡

社会システムの均衡概念の候補として、「関係均衡」、「H 関係均衡」、「N 関係均衡」などが考えられる。これらの定義には、「献身応答」、「攻撃応答」、「関係応答」、および「全関係応答」の導入が必要である。

献身応答は、自分にとっての選好を犠牲にして他者にとっての選好を向上させるような行動選択、攻撃応答は、自分にとっての選好を犠牲にして他者にとっての選好を後退させるような行動選択である。

定義[献身応答 (Devotive Reply : DR)]

標準形ゲーム $(N, (S_i), (R_i))$ が与えられているとする。主体 i の戦略 s_i が、結果 s^* において、主体 i の主体 j に対する献身応答であるとは、

$$s^*R_i(s_i, s_{-i}^*) \text{ かつ } (s_i, s_{-i}^*) R_j s^*$$

であることをいう。 s^* における i の j に対する献身応答となっているような i の戦略全体の集合を $DR_{ij}(s^*)$ で表す。

定義[攻撃応答 (Aggressive Reply : AR)]

標準形ゲーム $(N, (S_i), (R_i))$ が与えられているとする。主体 i の戦略 s_i が、結果 s^* において、主体 i の主体 j に対する攻撃応答であるとは、

$$s^*R_i(s_i, s_{-i}^*) \text{ かつ } s^*R_j(s_i, s_{-i}^*)$$

であることをいう。 s^* における i の j に対する攻撃応答となっているような i の戦略全体の集合を $AR_{ij}(s^*)$ で表す。

関係応答は、「自分が肯定的な感情を持っている主体には献身的になり、否定的な感情を持っている主体に対しては攻撃的になる」という行動選択である。

定義[関係応答 (Relational Reply : RR)]

社会システム $(N, (S_i), (R_i), (E_i))$ が与えられているとする。主体 i の戦略 s_i が、状態 (s^*, e^*) において、主体 i の主体 j に対する関係応答であるとは、

$$[e_{ij}^* = + \text{ かつ } s_i \in DR_{ij}(s^*)]$$

または

$$[e_{ij}^* = - \text{ かつ } s_i \in AR_{ij}(s^*)]$$

であるときをいう。 s^* における i の j に対する関係応答となっているような i の戦略全体の集合を $RR_{ij}(s^*, e^*)$ で表す。

すべての主体に対して関係応答となっているような行動選択が全関係応答である。

定義[全関係応答 (Totally Relational Reply : TRR)]

社会システム $(N, (S_i), (R_i), (E_i))$ が与えられているとする。主体 i の戦略 s_i が、状態 (s^*, e^*) において、主体 i の全関係応答であるとは、任意の j に対して、 $s_i \in RR_{ij}(s^*, e^*)$ であることをいう。 s^* における i の全関係応答となっているような主体 i の戦略全体の集合を $TRR_i(s^*, e^*)$ で表す。

すべての主体にとって、今選択している戦略だけが全関係応答になっているような状態を関係均衡と呼ぶ。さらに、関係均衡であり、かつ主体の評価が H 均衡、N 均衡になっているような状態を、それぞれ H 関係均衡、N 関係均衡と呼ぶ。これらは、すべての主体に対して、今の状態よりも、より関係合理的に望ましい状態が存在しない、という考え方に基づく。最適化概念のみに依存せず、経済合理性と心理合理性を融合した関係合理性に基づいている。

定義[関係均衡]

社会システム $(N, (S_i), (R_i), (E_i))$ が与えられているとする。ある状態 (s^*, e^*) が関係均衡であるとは、任意の i に対して、 $TRR_i(s^*, e^*) = \{s_i^*\}$ であることをいう。

定義[H (または N) 関係均衡]

社会システム $(N, (S_i), (R_i), (E_i))$ が与えられているとする。ある状態 (s^*, e^*) が H (または N) 関係均衡

であるとは、 (s^*, e^*) が関係均衡であり、かつ、評価 e^* が H (または N) 均衡であることをいう。

評価 e^* は、H 均衡であれば N 均衡なので、状態 (s^*, e^*) は、「H 関係均衡なら N 関係均衡」であり、かつ「H (または N) 関係均衡なら関係均衡」である。

7. 分析例

関係均衡、H 関係均衡、N 関係均衡の性質を知るために、代表的な標準形ゲームである、「囚人のジレンマの状況」(表 1) と「チキンゲームの状況」(表 2) を分析してみよう。

まず、「囚人のジレンマの状況」であるが、前に述べたように、結果 (b_1, b_2) が Nash 均衡、それ以外の結果が Pareto 最適である。通常問題になるのは、いかにして「合理的」に Pareto 最適な結果、特に、結果 (a_1, a_2) を達成するかである。ここでは、関係合理性を行動原理として、結果 (a_1, a_2) が均衡になるかどうかを見よう。

まず、献身応答 $DR_{ij}(s^*)$ と攻撃応答 $AR_{ij}(s^*)$ を求める。献身応答は、

- 任意の i に対して $DR_{ii}(s^*) = \{s_i^*\}$
- $DR_{12}(a_1, a_2) = \{a_1\}$
- $DR_{12}(b_1, a_2) = \{a_1, b_1\}$
- $DR_{12}(a_1, b_2) = \{a_1\}$
- $DR_{12}(b_1, b_2) = \{a_1, b_1\}$
- $DR_{21}(a_1, a_2) = \{a_2\}$
- $DR_{21}(b_1, a_2) = \{a_2\}$
- $DR_{21}(a_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$
- $DR_{21}(b_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$

攻撃応答は、

- 任意の i, j ($i \neq j$) に対して、 $AR_{ij}(s^*) = \{s_i^*\}$
- $AR_{11}(a_1, a_2) = \{a_1\}$
- $AR_{11}(b_1, a_2) = \{a_1, b_1\}$
- $AR_{11}(a_1, b_2) = \{a_1\}$
- $AR_{11}(b_1, b_2) = \{a_1, b_1\}$
- $AR_{22}(a_1, a_2) = \{a_2\}$
- $AR_{22}(b_1, a_2) = \{a_2\}$
- $AR_{22}(a_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$
- $AR_{22}(b_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$

となる。

これらを用いて全関係応答 $TRP_i(s^*, e^*)$ を求めると、例えば、主体 2 人ともが他者に対しても自分に対しても肯定的な評価を持っている場合、つまり、図 2 の (H-1) の場合には、任意の s^* 、任意の i に対して、

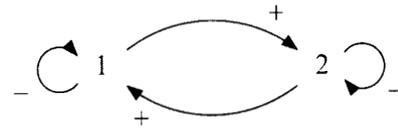


図 3 「囚人のジレンマの状況」で (a_1, a_2) だけが関係均衡になる評価構造

$TRR_i(s^*, e(H-1)) = \{s_i^*\}$ となる。したがって、任意の s^* に対して、 $(s^*, e(H-1))$ が関係均衡であることがわかる。 $e(H-1)$ は H 均衡であり N 均衡でもあるので、任意の s^* に対して、 $(s^*, e(H-1))$ は H 関係均衡かつ N 関係均衡であるということになる。一方、図 3 の評価の場合、すなわち、各主体は自分自身に対しては否定的な評価を与えており、他者に対しては肯定的な評価を与えている場合には、結果 (a_1, a_2) のみが関係均衡になることがわかる。しかし、この場合の評価は H 均衡でも N 均衡でもないので、結果 (a_1, a_2) は H 関係均衡や N 関係均衡を構成しない。

「チキンゲームの状況」については、献身応答 $DR_{ij}(s^*)$ が、

- 任意の i に対して $DR_{ii}(s^*) = \{s_i^*\}$
- $DR_{12}(a_1, a_2) = \{a_1\}$
- $DR_{12}(b_1, a_2) = \{a_1, b_1\}$
- $DR_{12}(a_1, b_2) = \{a_1\}$
- $DR_{12}(b_1, b_2) = \{b_1\}$
- $DR_{21}(a_1, a_2) = \{a_2\}$
- $DR_{21}(b_1, a_2) = \{a_2\}$
- $DR_{21}(a_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$
- $DR_{21}(b_1, b_2) = \{b_2\}$

攻撃応答 $AR_{ij}(s^*)$ が、

- $AR_{11}(a_1, a_2) = \{a_1\}$
- $AR_{11}(b_1, a_2) = \{a_1, b_1\}$
- $AR_{11}(a_1, b_2) = \{a_1, b_1\}$
- $AR_{11}(b_1, b_2) = \{b_1\}$
- $AR_{12}(a_1, a_2) = \{a_1\}$
- $AR_{12}(b_1, a_2) = \{b_1\}$
- $AR_{12}(a_1, b_2) = \{a_1, b_1\}$
- $AR_{12}(b_1, b_2) = \{b_1\}$
- $AR_{21}(a_1, a_2) = \{a_2\}$
- $AR_{21}(b_1, a_2) = \{a_2, b_2\}$
- $AR_{21}(a_1, b_2) = \{b_2\}$
- $AR_{21}(b_1, b_2) = \{b_2\}$
- $AR_{22}(a_1, a_2) = \{a_2\}$
- $AR_{22}(b_1, a_2) = \{a_2, b_2\}$
- $AR_{22}(a_1, b_2) = \{a_2, b_2\}$

$$\cdot AR_{22}(b_1, b_2) = \{b_2\}$$

となる。このことから $e(H-1)$ の場合には、「囚人のジレンマの状況」のときと同様、任意の s^* に対して、 $(s^*, e(H-1))$ は H 関係均衡かつ N 関係均衡であることがわかる。また、図 3 の評価の場合には、結果 (a_1, a_2) と結果 (b_1, b_2) だけが関係均衡になる。さらに、「囚人のジレンマの状況」の場合の図 3 の評価のように、結果 (a_1, a_2) だけを関係均衡にするような評価は、「チキンゲームの状況」では存在しないことがわかる。

一般に、「囚人のジレンマの状況」と「チキンゲームの状況」においては、各主体が自分自身に対して肯定的な評価を持っている（つまり、任意の i に対して $e_{ii} = +$ であるような）評価においては、任意の結果が関係均衡になることがわかる。

8. おわりに

ここでは、自分にとっての望ましさを追求する「経済合理性」と、自分の心理的安定を追求する「心理合理性」を融合して、「関係合理性」という新たな行動原理を提案し、この行動原理に従って行動する意思決定主体、およびこのような意思決定主体の振る舞いを扱うことができる意思決定状況の数理モデル化を行った。さらに、「関係均衡」という新たな均衡概念を定義・利用して、関係合理性に基づいて行動する主体の振る舞いの帰結を分析した。

形式的には、完全ベイジアン均衡[21]の議論における信念の扱いと同様、ゲーム理論的枠組みに、「評価」という新しい要素を付け加えて、戦略と評価の組によって、「関係均衡」という新たな均衡概念を定義したことになる。

「囚人のジレンマの状況」と「チキンゲームの状況」の分析によって示唆されるのは、効率的な結果の達成には、利他的行動ではなく、「否定的な自己評価」、すなわち、自分自身に対する攻撃行動が重要であるということである。

節 1 で述べたように、感情や態度などの心理学的要素を取り込んだゲーム理論的分析は多い。しかし、従来の研究は、主に意思決定の「最中」、ないしは意思決定の「事後」に発生する感情についての分析に偏っていて、意思決定の「事前」の感情についてのものであっても、それらは、協力ゲーム的な状況を分析したものに限られていた。ここでは、非協力的な意思決定状況を、意思決定の「事前」の感情を考慮して分析した。感情についての扱いは社会心理学の知見に基づい

ている。このことで、今までにはない新しい研究領域を切り開いたことになり、また、ゲーム理論の実用上の有益性を増加させたことになる。

今後、ゲーム理論の枠組みに心理学的要素を取り込むことの重要性・必要性は増していくだろう。その要請に応えるために、意思決定の「事前」の感情が「最中」の感情を、「最中」の感情が「事後」の感情を、そして、「事後」の感情が「事前」の感情を変化させるというモデルを考える必要がある。そして、「事前」、「最中」、「事後」の感情のサイクルがどのように動的に遷移していくか、そして、その結果意思決定がどのような影響を受け社会がどのように振る舞うか、ということについての分析が行われるべきである。

参考文献

- [1] J. Geanakoplos, D. Pearce and E. Stacchetti: Psychological games and sequential rationality, *Games and Economic Behavior*, 1, 60-79, 1989.
- [2] B. J. Ruffle: Gift giving with emotions, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 39, 399-420, 1999.
- [3] T. Inohara and T. Numata: Payment management based on gift giving model, in proceedings of The International Conference on Computer, Communication and Control Technologies (CCCT' 03), Orlando, Florida, USA, July 31-August 2, Volume III, 5-9, 2003.
- [4] N. Howard: 'Soft' game theory, *Information and Decision Technologies*, 16 (3), 215-227, 1990.
- [5] N. Howard: n-person 'soft' games, *Journal of Operational Research Society*, 49, 144-150, 1998.
- [6] P. Bennett: Confrontation analysis as a diagnostic tool, *European Journal of Operational Research*, 109, 465-482, 1998.
- [7] T. Inohara and B. Nakano: Properties of 'soft' games with mutual exchange of inducement tactics, *Information and Systems Engineering*, 1 (2), 131-148, 1995.
- [8] D. Kreps and R. Wilson: Reputation and Imperfect Information, *Journal of Economic Theory*, 27, 253-279, 1982.
- [9] M. Rabin: Incorporating fairness into game theory and economics, *The American Economic Review*, 83 (5), 1281-1302, 1993.
- [10] G. Bolton and A. Ockenfels: ERC: a theory of equity, reciprocity, and competition, *The American Economic Review*, 90 (1), 166-193, 2000.
- [11] M. Dufwenberg and W. Guth: Why do you hate

- me?—on the survival of spite, *Economic Letters*, 67, 147-152, 2000.
- [12] F. Heider: Attitudes and cognitive organization, *The Journal of Psychology*, 21, 107-112, 1946.
- [13] T. M. Newcomb: Individual systems of orientation, In S. Koch (Ed.), *Psychology: a study of a science*, Vol. 3, Formulations of the person and the social context, New York, McGraw-Hill, 384-422, 1959.
- [14] H. F. Taylor: Balance in small groups, New York, Litton Educational Publishing Inc., 1970.
- [15] D. Cartwright and F. Harary: Structural balance: a generalization of Heider's theory, *The Psychological Review*, 63, 277-293, 1956.
- [16] J. A. Davis: Clustering and structural balance in graphs, *Human Relations*, 20, 181-187, 1967.
- [17] T. Inohara: Characterization of clusterability of signed graph in terms of Newcomb's balance of sentiments, *Applied Mathematics and Computation*, 133(1), 93-104, 2002.
- [18] T. Inohara, S. Takahashi and B. Nakano: On conditions for a meeting not to reach a deadlock, *Applied Mathematics and Computation*, 90(1), 1-9, 1998.
- [19] T. Inohara: Clusterability of groups and information exchange in group decision making with approval voting system, *Applied Mathematics and Computation*, 136(1), 1-15, 2003.
- [20] M. C. Mesarovic and Y. Takahara: Abstract System Theory, Springer, 1989.
- [21] G. Owen: Game Theory, 3rd ed., Academic Press, Inc., San Diego, California, 1995.
- [22] 三隅一人他: 社会ネットワーク, 福村出版, 1990.