

ハイパーゲーム理論による 意思決定と認識の安定性分析

佐々木康朗

本稿では、相互意思決定状況を主観的に認識する主体を想定したハイパーゲーム理論を紹介する。通常のゲーム理論は、ゲームのルールが主体間で共有されている際の合理的な意思決定を追求するのに対し、ハイパーゲーム理論では、そもそもゲームの構造に関する認識に主体間で差異があるような状況を考え、そのことが主体の意思決定やゲームの結果に及ぼす影響について分析する。さらにゲームの結果の認識のあり方へのフィードバックについても扱い、認識と意思決定の相互関係を論じるものである。具体的な事例をもとにいくつかのハイパーゲームモデルを紹介しながら、その独自の問題意識について解説する。

キーワード：ハイパーゲーム理論、ゲーム理論、認識と意思決定

1. はじめに

ハイパーゲーム理論は、相互意思決定状況を主観的に認識する主体を想定したゲーム理論的枠組みであり、Bennettにより提唱された[1]。その基本的な仮定は、各主体が独自に意思決定状況をゲームとして捉え、それぞれの認識の制約のもとに意思決定を行うというものである。

ゲーム理論では、一般的にゲームのルールが主体間で共有されている際の合理的な意思決定に関心が払われる¹。これに対してハイパーゲーム理論では、そもそもゲームの構造に関して主体間で認識のしかたに差異が存在する可能性があるときに、そのことが主体の意思決定やゲームの結果にどのような影響を及ぼすかということが分析における興味の対象となる。ただし、ゲームの構造に関しては必ずしも完全に正しく認識していくなくとも、個々の認識の中では最大限合理的（効用最大化の意味で）に振る舞おうとする主体を通常想定する。その意味で、ハイパーゲームは限定合理的な主体を扱うモデルであるともいえる[3]。現実の状況では、関与する人々の間でその構造に関する認識の違いが見られることは少なくない。このようなより現実的な意思決定状況を扱うことがその狙いである。

従来のハイパーゲームの研究では、各主体のゲームの構造についての認識のあり方（「主観ゲーム」として定式化される）を所与として、それがゲームの結果

に及ぼす影響を分析するのが一般的であった。近年では、さらにゲームの結果が各主体の認識にどのようにフィードバックされ得るのかを分析する試みがなされている[4]。ハイパーゲーム的状況では、ゲームの結果によっては、主体が想定外の事態に直面する。例えば、相手の戦略について三種類を想定していたところ、実際にそのいずれでもない第四の戦略が選択された、といったケースである。そのような場合には、その主体はゲームの構造に関する認識を更新する動機を持つことになり、更新の動機を与える条件や具体的な認識の更新のされ方がここでの関心となる（通常のゲーム理論では、ゲームの構造を所与とするためこのような問題は考える必要がない）。あるいは、主体の認識が「誤って」いたとしても、ゲームの結果によってはその更新の動機を与えない場合も考えられるが、このような誤認識が「安定」となるような状況の表現と分析も興味深い。ゲーム理論が所与のゲームにおける安定的な意思決定（均衡）を論じるのに対して、いわば認識と意思決定の相互関係を一体的に捉えようという試みは、ハイパーゲーム理論特有の問題意識である（図1）。

本稿では、特にこの認識と意思決定の相互関係の観点から、ハイパーゲーム理論の枠組みと、その問題意識や応用可能性について紹介する。その際に、抽象的な数理的議論には立ち入らずに、例を挙げながら分か

¹ ゲーム理論による分析では、従来はゲームの構造に関する共有知識（脚注2参照）を仮定することが一般的であったが、近年の研究では必ずしもこの前提を置かないものも見られる（例えば、文献[2]参照）。

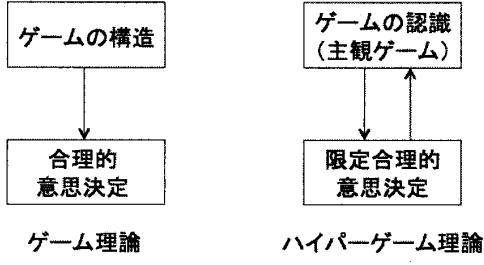


図1 ゲーム理論とハイパーゲーム理論

表1 二国間の軍拡競争—A国 の主観ゲーム

A国＼B国	軍縮	軍拡
軍縮	4, 3	1, 4
軍拡	3, 1	2, 2

表2 二国間の軍拡競争—B国 の主観ゲーム

A国＼B国	軍縮	軍拡
軍縮	3, 4	1, 3
軍拡	4, 1	2, 2

りやすく述べることを心がけた。ハイパーゲームに関してはいくつかのモデルが提案されているが、本稿では単純ハイパーゲーム（2節）、多階層ハイパーゲーム（3節）、展開形モデル（4節）を取り上げる。

ゲーム理論に関する素養があれば、ハイパーゲームのフレームワークを理解することは容易である。本稿では、非協力ゲーム理論の基礎的な知識を前提としているが、ゲーム理論の標準的なテキストについては文献[5]などを参照されたい。またハイパーゲーム理論に関する日本語の文献としては、文献[6][7]などが参考になるだろう。

2. 単純ハイパーゲーム

単純ハイパーゲームは、各主体が、自らの主観ゲームが主体間で共有知識であると考えているような状況である²。主観ゲームは、各主体の意思決定状況についての認識を示すもので、通常の標準形ゲームとして定式化される。単純ハイパーゲームは、各主体の主観ゲームの組として定義される。

単純ハイパーゲームの例として、二国間の軍拡競争のモデルについて考えてみよう。表1および表2に示すゲームは、それぞれA国、B国の主観ゲームを表している。すなわち、A国は二国間の関係を表1のゲームとして捉え、かつそれが二国間での共有知識だと考えている。一方のB国は、同様に表2のゲームが二国間関係を表現するものと考えている。

ここで注意が必要なのは、両者はあくまで各自の主観ゲームのみを認識しているのであって、ハイパーゲーム全体の構造を把握しているわけではないということである。両者がそれぞれのゲームを認識しているという事実は、分析者の視点からいえることである。ハイパーゲームのモデルに共通の注意事項として、主体

の視点と分析者の視点を区別することは重要である。

このゲームにおいて、主体はA国とB国であり、いずれも軍備拡張（軍拡）と縮小（軍縮）の二つの戦略を持つ。表1、2の二つのゲームを見比べると、両者は主体と戦略に関しては共通の認識を持っているものの、選好に関しては認識に差異があることが分かる。A国は、自国にとっては双方軍縮が最も好ましいが、B国は自国の軍事的優位（B国のみが軍拡）を最も望んでいると考えている。しかしながら、B国の視点に立つと、B国は全く対照的に状況を認識していることが分かる。すなわち、両者は互いの選好を誤認識している。

このゲームの結果として、どのようなことが起こるだろうか。ハイパーゲーム分析では、各主体の意思決定基準として、自らの主観ゲームにおけるナッシュ均衡を構成する戦略（ナッシュ戦略）を採用することが多いが、通常のゲーム理論における議論をふまえるとこれはやや強い仮定である。ゲーム理論においては、ゲームの構造および主体の合理性が共有知識である場合、主体の選択し得る戦略は、ナッシュ戦略よりも条件の緩い合理化可能戦略で与えられることが知られている。これは、相手のどの戦略に対しても最適応答とならない戦略の逐次消去によって得られる戦略である。ここでは、合理化可能戦略の概念を用いて分析を進める³。

A国の主観ゲームにおける合理化可能戦略は、両者とも軍拡のみとなる。このことは、次のように考えれば明らかである。まず、（A国の認識では）B国にとって軍拡は支配戦略であることから、軍拡のみがB国にとっての合理的な選択となる。次に、A国にと

² ある事象が共有知識であるとは、全員がそれを知っている、かつそのことを全員が知っている、という無限個の命題が成立することである。

³ 本稿では、混合戦略は考慮しない。

つては、合理的なB国は軍拡のみを選択すると考えられるので、それに対する最適応答として自らも軍拡を選択することが合理的となる。一方、B国の主観ゲームにおける合理化可能戦略も、同様に考えて、両者とも軍拡のみとなる。

したがって、各主体は自らの主観ゲームにおける合理化可能戦略を選択するものとすると、達成されると考えられる結果はただ一つ、両者とも軍拡を選択することである。両者とも双方軍縮を最も望んでいるにもかかわらず、各々の認識の範囲で合理的に振る舞う結果、A国、B国いずれにとってもそれより好ましくない双方軍拡が達成されるのである。

ただし、これはいわゆる囚人のジレンマとは似て非なる状況である。仮に両者が互いの選好を正しく認識していたとすると、二国間の関係は表3のようなゲームで表される⁴。このゲームでは、双方軍拡に加えて、双方軍縮もナッシュ均衡となる（当然ながら、両者にとって軍縮、軍拡のいずれの戦略も合理化可能戦略である）。ゲームが正しく認識されていたなら、合理的な解として双方軍縮が実現される可能性もあることが分かる。先のハイパーゲームでは、まさしく認識の差異が、両者にとって望ましいはずの双方軍縮の達成を妨げていたのである。

このハイパーゲームのポイントはもう一つある。それは、双方軍拡というゲームの結果が、各主体に認識を積極的に更新する動機を与えないために、このハイパーゲーム状況（すなわち各主体の主観ゲームのあり方）と双方軍拡という意思決定がともに安定的となることである。B国の軍拡という選択は、B国自身の（B国の主観ゲームにおける）合理化可能戦略であるのみならず、A国の主観ゲームにおいても合理化可能戦略である。そのため、A国にとって、B国の選択は「想定の通り」ということになる。したがってこの場合、A国としては、自らの認識を修正する積極的な理由がない。主観ゲームが表1のままである限り、A国は軍拡を選択し続けるであろう。全く同様のことがB国についてもいえる。このように各主体の認識とそれに基づいた意思決定が変わることがないという意味で、認識と意思決定の両方が「安定的」になるのである。

ところが、何らかの理由でB国が軍縮を選択して

⁴ ここでは、自ら認識する自らの選好は「正しい」と仮定している。

表3 正しく認識された場合の二国間のゲーム

A国＼B国	軍縮	軍拡
軍縮	4, 4	1, 3
軍拡	3, 1	2, 2

きたとすると、話は変わってくる。いま仮に、A国はこれまで同様表1のゲームを認識しているが、B国は表3のゲームを認識していたとしよう。表3のゲームでは軍縮も合理化可能戦略であるから、B国は軍縮を選択する可能性がある。そうすると、それはA国にとって「想定外」の事態となる。正確な表現をすれば、表1のゲームの構造および主体の合理性が共有知識であることと、B国が軍縮を選択することは、論理的に矛盾するのである。ここに、A国が主観ゲームを更新する動機が発生することになる。ただし、A国の認識がどのように更新されるかは自明ではない。B国の選択との論理的整合性を保つような修正のしかたは、複数考えられるためである。しかしいずれにせよ、もはやこのハイパーゲームの構造は安定的とはならない。

この例から分かるように、ある主体の認識が安定であるかどうかは、しばしば他の主体の認識に依存する。他の主体の意思決定は、その主体の認識に依存するためである。単純ハイパーゲームのような非常に単純化されたモデルであっても、通常のゲーム理論では扱えない認識と意思決定の相互関係を論じることができるるのである。

3. 多階層ハイパーゲーム

単純ハイパーゲームでは、各主体が他者も全く同じようにゲームを認識していると考えている状況を想定したが、現実的には、私たちは「自分は状況をこう捉えているが、あの人は違ったように捉えているのではないか」と考えて、他者の認識を織り込んで意思決定を行うことがある。このような「認識の階層」を扱うモデルが、多階層ハイパーゲームである[7][8]。

多階層ハイパーゲームでは、理論的には、「……に関するA氏の認識に関するB氏の認識に関する……私の認識」といったように無限の階層を扱うことができる。もっとも、実際の人間の認知や推論の能力を考えると、多くても二、三階層くらいまでのモデル化が現実的だろう。各階層の認識は、単純ハイパーゲームと同様、主観ゲームと呼ばれる標準形ゲームで表現

される。これにより、例えばB氏の認識に関するA氏の認識は、A氏が考えるB氏の主観ゲームとして定式化されることになる。なお多階層ハイパーゲームの文脈では、単純ハイパーゲームは、各主体の認識における全ての階層の主観ゲームが同一となるような特殊ケースということになる。

以下では、Bennettの初期の論文[1]で分析されているケーススタディをもとに、多階層ハイパーゲームの考え方を紹介する⁵。ここではモデルの紹介が趣旨であることから、戦略や選好についての具体的な説明は省略するが、興味のある読者は元論文を参照されたい。

Bennettは、第二次世界大戦におけるドイツによるフランス侵攻の成功について、ハイパーゲームを用いた分析を行った。彼によれば、フランスは当初、表4に示されるゲームを認識していた。ここでは、フランスがこのゲームを共有知識として捉えていると仮定しよう。これは単純ハイパーゲームと同様の想定である。

一方のドイツは、実際には表5に示されるゲームを認識していたとされる。このゲームでは、表4のゲームにはないG3およびF3が、それぞれの戦略集合に追加されている。ところが、ドイツは、フランスは（表5ではなく）表4のゲームを認識していると考えていた。G3はドイツの「秘密作戦」であり、F3はG3に対抗するための作戦であることから、これらの戦略の存在はフランスには「気付かれていない」という確信を持っていたのである。ドイツの想定では、フランスは表4のゲームを共有知識として認識していることになる⁶。多階層ハイパーゲームによるモデル化では、ドイツの主観ゲームは表5のゲームで与えられるが、ドイツの考えるフランスの主観ゲーム（さらには、ドイツの考えるフランスの考えるドイツの主観ゲーム……等）は表4のゲームとなる。

さて、このゲームの結果としてどのようなことが起こるだろうか。フランスの視点に立つと、両国はそれぞれ二つの戦略を有するが、そのうちG2およびF2のみが合理化可能戦略である。したがって、フランス

⁵ Bennett[1]は、表4および表5に示すゲームに基づいて分析を行ったが、主体の知識構造や意思決定基準についての形式的な議論は限定的である。合理化可能戦略などの概念を用いた本稿での分析は、筆者による。

⁶ このケースでは、ドイツはフランスの認識を「偶然に」正しく把握していたことになる。仮にドイツがフランスの認識を誤って想定していた場合、多階層ハイパーゲームではそのような状況のモデル化も可能である。

表4 フランスの主観ゲーム

独\仐	F1	F2
G1	1, 4	2, 3
G2	4, 1	3, 2

表5 ドイツの主観ゲーム

独\仐	F1	F2	F3
G1	1, 4	2, 3	2, 3
G2	4, 1	3, 2	3, 2
G3	3, 2	5, 0	2, 3

は、自らはF2を選択し、またドイツはG2を選択していくと考えていることになる。一方、ドイツは、フランスがまさにこのような推論プロセスを経てF2を選択することを想定している。F2は、ドイツの考えるフランスの主観ゲームにおける合理化可能戦略だからである。このときドイツは、F2に対する最適応答として、G3を選択する。結果、(G3, F2)という戦略の組が選択されることになる。これはドイツにとって最も望ましく、かたやフランスにとって最も悪の結果である。相手には気付かれていなかった戦略を有していたことがドイツの勝因となったというのが、Bennettの分析の概略である。

ところで、いったん(G3, F2)という結果が実現すると、このハイパーゲームの構造はもはや保持されないと考えるのが自然である。フランスにとってドイツのG3という戦略は、合理化可能戦略でないどころか、そもそも想定さえしていなかった戦略である。直ちにG3を相手の戦略集合に加えたゲームの再定義を行うだろう。ドイツにとっても、いったんG3を選択すれば、相手にその存在が知られるわけだから、自ら考える相手の認識を修正する必要がある。

4. 展開形表現による「戦略の解釈」の扱い

ハイパーゲームを展開形に拡張した研究はなされていないが、ここでは展開形としてのモデル化によって、「戦略の解釈」というゲーム理論では扱われてこなかった新たな側面を明示的に論じることができる可能性があることを示す。

次のような日常的な例をもとに考えてみよう。いま、AとBの二人が一つの部屋にいる。部屋が暑くなっ

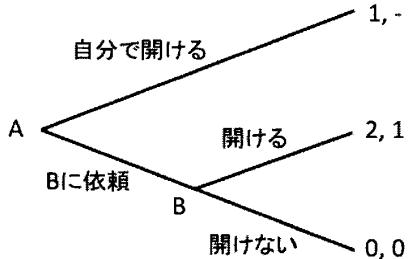


図2 Aの主観ゲーム

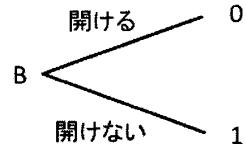


図4 「粗略な依頼」が導くBの意思決定問題

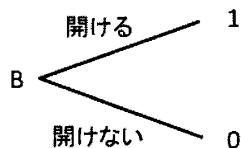


図3 Aが考えるBの意思決定問題

てきたと感じたAは、窓を開けたいと考えた。席を立って自分で開けることもできるが、窓の前に座っているBに開けてもらう方が便利であると思い、Bに後ろの窓を開けてくれるよう声をかけた。

このときのAの状況についての認識は、図2のように展開形ゲームとしてモデル化することができる。これをAの主観ゲームと呼ぶことにする。Aは、窓を自分で開けるか、Bに依頼するか、という二つの戦略を持つ。後者が選択された場合のみ、Bに意思決定の機会が訪れる。Bは窓を開けるか開けないかを選択することになる。Aは、自分で窓を開けるよりもBに開けてもらった方が良いが、Bが開けてくれないのなら自分で開けた方が良いと思っている。しかし、Aの想定では、BはAの依頼に応えて窓を開けることを好むので、このことを前提に、AはBへの依頼を選択する。これは、一般的な後ろ向き帰納法の考え方による意思決定である。なお、Aが自ら窓を開ける場合のBの効用は、Aの意思決定に影響しないで考えないものとする。

さて、ここでの興味は、Bに依頼というAの戦略を、Bがどのように「解釈」するか、という問題である。Aの認識では、AがBに窓を開けるよう依頼することで、Bは図3に示す意思決定問題に直面すると考えている（図2のBの意思決定ノードから始まる部分ゲームからAの効用を省いたもので、図中の数字はBの効用を表す）。

ところが、Bの立場からすると、BはAの具体的な振舞いを観察することで自らの意思決定問題を認知

することになる。いま、Aが「どのように」戦略（Bに依頼）を実行するかによって、Bが意思決定問題の捉え方を変える可能性があり、Aはそのことに気付いていないという状況を想定してみよう。Bへの依頼と一口にいっても、そのやり方にはいろいろあり、「窓を開けてもらえないか」と丁寧に頼むことや、あるいは言葉を発さずに窓を指差すことやその意図を伝えることも考えられる。このような戦略「Bに依頼」の具体的な振舞いに関して、Bは「丁寧な依頼」か「粗略な依頼」のいずれかとして解釈し、前者の場合には図3の意思決定問題を定義するが、後者の場合には図4の意思決定問題として状況を認知するものとする。すなわち、粗略な扱いを受けたと感じた場合には、Bは窓を開けない方を好む。

この例のように、一見して非常に単純な状況であっても、そのモデル化には、通常の展開形ゲームの形式に加えて、ある戦略に対応する具体的な振舞い、そしてそれを受けたがどのように意思決定問題を定式化するかについての対応関係（ここではこのことを「戦略の解釈」と呼んでいる）を定義する必要があり、複雑な作業を伴う。一方、通常のゲーム理論では、戦略がどのように実行されるかということは問題にされない。展開形ゲーム全体の構造が共有知識であることは、当然ながら、ある戦略の選択が次にどの主体のどのような意思決定ノードを導くかということについても共有知識であることを含意しているためである。

例に戻り、AがBに依頼を選択する際に、（それと気付かずに）Bに「粗略な依頼」と解釈されてしまう振舞いをした場合に、どのようなことが起こるか考えてみよう。このとき、AはBが図3の意思決定問題に直面すると考えているから、Bは窓を開けてくれるものと思っている。ところが、実際にはBは図4の意思決定問題を解くので、窓を開けない。このことは、Aに認識を更新する動機を与えることになる。

Aの認識の更新のしかたは、一通りではない。一例として、Aは「そもそもBは自分の頼みなど聞いてくれないので」と考えて、図2のゲームを図5のよ

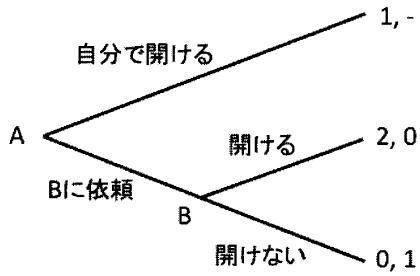


図5 修正されたAの主観ゲーム(1)

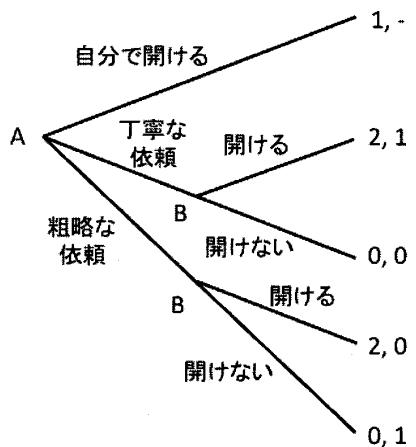


図6 修正されたAの主観ゲーム(2)

うに修正することが考えられる。ここでは、Aの想定するBの選好が修正されている。Aの主観ゲームが図5のようになると、後ろ向き帰納法の考え方に基づいてAは自分で窓を開けることを選択し、Bは意思決定の機会を持たない。この場合、Aの認識について修正を促す要素はなく、Aは今後同じような状況に直面したなら、常に「自分で開ける」を選択することになる。すなわち、実際にはAのBについての認識は正しくない部分を含むにもかかわらず、認識と意思決定の両方が安定となるのである。

しかし、もしAが懸命な人物ならば、「依頼のしかたが悪かったのだろうか」と考えて、「Bに依頼」という戦略を、Bの受け止め方を考慮してより細かく分割することを考えるかもしれない(図6)。この場合には、Aは後ろ向き帰納法により「丁寧な依頼」を選択する。そして、その具体的な振舞いが実際にBにとっても「丁寧な依頼」と解釈されたなら、Bは窓を開けるを選択する。このとき、Bの行動はAの推測の通りとなるので、これらの認識と意思決定もまた安定的となる(Aの認識する「丁寧な依頼」と「粗略な依頼」の区別が、必ずしもBのそれと完全に一致することを必要としないことに注意)。

5. おわりに

本稿では、いくつかのハイパーゲームモデルを紹介したが、より良い意思決定を行うという観点から、どのような教訓を得ることができるだろうか。ハイパーゲーム理論は、他者の認識をそもそも知り得ないことを想定しているため、通常のゲーム理論による分析のような合理的な解を求めるといったアプローチが意味を為さない。しかしながら、本稿の例でも見たように、ハイパーゲーム分析は、「問題定式化の重要性」について明確な示唆をもたらしている。主観ゲームの定式化のしかたによってゲームの結果が変わり得ることだけでなく、一見認知的な不協和がなくとも実際には誤認識を有し、それゆえに望ましくない意思決定をしているような可能性を表現できる。これは通常のゲーム理論では議論されてこなかった、ハイパーゲーム特有の問題意識である。ドラッカーは、「最も重大な過ちは、間違った答えを出すことではなく、間違った問い合わせることだ」と述べているが[9]、所与の問題の解決のみならず、そもそも問題の定式化の在り方を議論するゲーム理論的な枠組みがもっと発展してもよいのではないだろうか。

最後に、今後の発展の方向性と関連研究について、いくつかの話題を簡単に述べる。(1)ハイパーゲームモデルでは、何らかの主観ゲームを初めに定義する必要がある。つまり、ゲームの定式化のしかたについて、個々の主体で自由度はあるものの、どのような定式化がなされているかは分析の初めの段階では所与としなければならない。これに対して、個々の主体が経験をもとに認識を構築するプロセスを扱う帰納的ゲーム理論が提唱されている[10]。ハイパーゲームの問題意識を考えると、認識の差異の起源に関する議論は興味深い研究課題である。(2)ハイパーゲームが想定する主体の知識構造は、通常のゲーム理論や情報の経済学で仮定されるものと異なり、事象に気付いていないような状態(unawareness)を許すものだと考えられる。近年、このような気付きの有無を考慮した知識モデルの研究がなされている[11]。これらの成果の応用によりハイパーゲームをより理論的に強固に裏付ける取組みも重要である。(3)主体の認識の更新のされ方について、さらなる研究が望まれる。ゲーム理論で通常仮定されるベイズ更新は、ハイパーゲームの文脈では適用できず、例えば論理学で一定の蓄積が見られる信念修正(belief revision)の知見の援用が期待される。(4)4節

で紹介した展開形モデルについて、一般的なフレームワークは提示されていない。モデル化を試みる際の主な困難は、実際の意思決定の流れと各主体の主観的なゲーム状況の認識との間の対応付けである。本稿で述べたように、展開形モデルの開発によって「戦略の解釈」という新たな興味深い問題を扱えるようになる可能性があり、その発展を期待したい。

参考文献

- [1] P.G. Bennett and M.R. Dando, "Complex strategic analysis: A hypergame study of the fall of France," *Journal of the Operational Research Society*, 30(1): 23-32, 1979.
- [2] R.J. Aumann and A. Brandenburger, "Epistemic conditions for Nash equilibrium," *Econometrica*, 63(5): 1161-1180, 1995.
- [3] A. Rubinstein, *Modeling Bounded Rationality*, MIT Press, Cambridge, 1998. (『限定合理性のモデリング』(兼田敏之, 徳永健一訳) 共立出版, 2008)
- [4] Y. Sasaki and K. Kijima, "Preservation of misperceptions-stability analysis of hypergames," In *Proceedings of the 52nd Annual Conference of the ISSS*, 2008.
- [5] 岡田章:『ゲーム理論』有斐閣, 1996.
- [6] 高橋真吾:ハイパーゲーム分析, オペレーションズリサーチ, 46(2):73-78, 2000.
- [7] 猪原健弘:『感情と認識(競争と社会の非合理戦略2)』勁草書房, 2002.
- [8] M. Wang, K.W. Hipel and N.M. Fraser, "Modeling misperceptions in games," *Behavioral Science*, 33: 207-223, 1988.
- [9] P.F. Drucker, *Men, Ideas and Politics*, Harper and Row, New York, 1971.
- [10] M. Kaneko and A. Matsui, "Inductive game theory: Discrimination and prejudices," *Journal of Public Economic Theory*, 1(1): 101-137, 1999.
- [11] E. Dekel, B.L. Lipman and A. Rustichini, "Recent developments in modeling unforeseen contingencies," *European Economic Review*, 42: 523-542, 1998.