



# Essays on limited memory and information acquisition in long-run relationships

日野, 喜文

---

(Degree)

博士 (経営学)

(Date of Degree)

2015-09-25

(Date of Publication)

2016-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6485号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006485>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



## 論文内容の要旨

本論文は長期的関係における記録の有限性と費用を伴う情報収集に関する研究である。長期的関係を無限回繰り返しゲームとして定式化し、ゲーム理論的分析を行っている。本論文は5章構成である。

本論文では3つの独自の研究を行っている。第1章はその3つの研究の要約を行っている。第2章では本研究と関連する研究を紹介している。無限回繰り返しゲームには完備情報と不完備情報を想定した分析がある。それぞれについて本研究と関連する先行研究の紹介を行っている。第3章と第4章は不完備情報のある無限回繰り返しゲームの分析であり、第5章は完備情報下の無限回繰り返しゲームに関する分析である。

第3章では、ひとりの長期プレーヤーと一連の短期プレーヤーとの無限回繰り返しゲームについて研究している。ここで言う短期プレーヤーとは、繰り返しゲームの各期にひとりの短期プレーヤーのみがプレーし、その短期プレーヤーはそのときに一度のみプレーできるものと仮定される。ここでは、すべてのプレーヤーは無限に情報を記録することができる、つまり、無限記録を仮定して分析を行っている。また、各プレーヤーは他のプレーヤーが選択した行動を観測することはできないが、選択された行動の組に関する共通のシグナルを観測することができる。これを公的シグナルという。ただし、この公的シグナルは選択された行動の組に関するノイズを含んでおり、プレーヤーはその公的シグナルから相手プレーヤーが選択した行動を完全に把握することはできないと想定される。繰り返しゲームの分野ではこのような情報構造を不完全公的観測という。

さらに、長期プレーヤーは自分の利得関数に関する私的情報（以下、タイプという）を保有しており、短期プレーヤーはそれを知ることはできない。このタイプは繰り返しゲームが始まる時に自然によって決定され、プレーを通じて変わることはないとは仮定される。長期プレーヤーは自分のタイプに応じ、行動選択の誘因が変わる可能性がある。極端なタイプとして、每期ある特定の行動のみをプレーするコミットメント・タイプがある。また、各期に自由に行動を選択できるタイプをノーマル・タイプと言う。

上記の設定について、Cole and Kocherlakota (2001) のテクニックを応用し、短期プレーヤーが純粋戦略に従うような無限回繰り返しゲームのナッシュ均衡のクラスに着目し、それぞれの長期プレーヤーのタイプについて、均衡集合を導出するアルゴリズムを提案している。Cole and Kocherlakota (2001) はマルコフ戦略に着目し、ゲームの情報

## 学位論文審査要旨

氏名 日野 喜文

論題 Essays on limited memory and information acquisition in long-run relationships

審査 平成27年9月

神戸大学

構造がある条件を満たしている場合には、Abreu, Pearce, and Stacchetti (1990) のアルゴリズムが適用可能であることを示した。本研究では Cole and Kocherlakota (2001) が想定した条件が満たされないような場合についても、本研究が着目するナッシュ均衡については、Abreu, Pearce, and Stacchetti (1990) のアルゴリズムが適用可能であることを明らかにしている。Cole and Kocherlakota (2001) と同様に、短期プレーヤーの長期プレーヤーのタイプに対する信念がどの期においても共通認識となっていることが Abreu, Pearce, and Stacchetti (1990) のアルゴリズムを適用可能となることを示している。

第4章では、第3章と同様に長期プレーヤーと短期プレーヤーの無限回繰り返しゲームを分析している。ただし、段階ゲームはある条件を満たすゲームに着目しており、それは製品選択ゲーム (product choice game) を一般化したものである。また、前節と同様に不完全公的観測の状況を分析している。本研究では記録が無限である場合と有限である場合の比較を行っている。記録が有限である場合は、各短期プレーヤーは自分が行動を選択する前に、直近の有期限間に実現した公的シグナルのみを観測できるものと想定している。第3章と同様、長期プレーヤーにはタイプがある。ただし、ノーマル・タイプとコミットメント・タイプの二つの可能性のみを考え、コミットメント・タイプは段階ゲームのナッシュ均衡に対応する行動のみを選択するものと仮定している。この研究分野ではこのようなコミットメント・タイプのことをバッド・タイプと言う。

上記の設定の下で、ある条件を満たすような逐次均衡に着目し、短期プレーヤーが無限記録を持つ場合と有限記録を持つ場合を比較している。着目している逐次均衡とは、短期プレーヤーの信念とプレーヤーの行動を関連付けるものであり、短期プレーヤーが異なる2つの期において、同じような信念を持つ場合には、各プレーヤーはそれぞれの期において、同じような行動を選択しなければならないという条件を課している。これは、短期プレーヤーの信念を長期プレーヤーの評判と解釈すれば、異なる期に同じような評判が実現している場合には、各プレーヤーは同じような行動を選択するであろうという現実的な行動様式を表したものである。このとき、短期プレーヤーが無限記録を持つ場合には、段階ゲームのナッシュ均衡の繰り返しのみが均衡となることを示している。一方、短期プレーヤーが有限記録を持つ場合には、あるパラメーターの下では、均衡において長期プレーヤーが段階ゲームのナッシュ均衡に対応する行動とは異なる行動を選択することを示している。つまり、無限記録の場合よりも有限記録の場合のほうが、長

期プレーヤーはより高い期待利得を得ることがあることを示している。

第5章では、完備情報下の無限回繰り返し囚人のジレンマ・ゲームについて分析を行っている。各プレーヤーは各期に相手プレーヤーが選択した行動を観測することができる。ただし、観測するには費用が発生するが、相手が選択した行動を完全に知ることができる。ただし、プレーヤーが観測したかどうかはそのプレーヤーの私的情報であり、相手プレーヤーは自分が観測されたかどうかを知ることができない。観測しなかった場合には相手プレーヤーが選択した行動に関する情報は全く得ることはできない。これは費用を伴う観測 (costly observation) と呼ばれる観測構造であり、私的観測 (private monitoring) と呼ばれる観測構造に属する。この観測構造の下で、ある条件の下ではサンスポットが利用可能であれば、効率性を達成することが可能であることを実際に逐次均衡を構築し、明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

長期的関係を分析する場合に無限回繰り返しゲームとして定式化して分析することは、近年、標準的な方法となりつつあり、無限回繰り返しゲームに関する研究の重要性は増しつつある。無限回繰り返しゲームには完備情報を想定する分析と不完備情報を想定する分析の2種類がある。本論文の第3章と第4章は不完備情報における分析であり、第5章は完備情報における分析である。

不完備情報のある無限回繰り返しゲームについては均衡利得集合を特定化することが非常に困難であることが知られている。第3章では、不完備情報のある無限回繰り返しゲームについて、均衡において短期プレーヤーが純粋戦略を選択するようなナッシュ均衡に焦点を当て、均衡利得集合を特定化するアルゴリズムを提案している。既存研究では、割引因子が十分に1に近い場合について、長期プレーヤーの均衡利得集合の上界と下界を示している。一方、本研究では、任意の割引因子について、均衡利得集合を特定化するアルゴリズムを提示している。短期プレーヤーが純粋戦略を選択するようなナッシュ均衡に着目しているという意味で、限定的な均衡利得集合の特定化アルゴリズムを提示したことになるのであるが、応用研究への適用可能性の観点からは、十分な評価に値する。

第4章では、長期プレーヤーのタイプとしてノーマル・タイプとバッド・タイプを考慮し、短期プレーヤーの記録が有限であるような状況を分析した。バッド・タイプを考慮した既存研究は非常に少なく、また、有限記録を考慮した既存研究も非常に少ない。分析が複雑とならざるを得ないモデルであり、本研究は挑戦的な研究であると言える。ある条件を満たす逐次均衡に着目し、短期プレーヤーが無限の記録を持つ場合には、長期プレーヤーはよい評判を構築することはできないことを示した。一方、有限の記録を持つ場合には、長期プレーヤーはよい評判を構築することができることを示した。有限記録には評判構築の観点からはメリットとデメリットがあることを明らかにしたことは十分な評価に値する。

第5章は完備情報下の無限回繰り返しゲームの分析である。この分野の分析では、想定される情報構造が非常に重要である。完全観測と不完全公的観測に関する分析については多くの性質が明らかとなっている。完全観測とは、プレーヤー達が過去に選択された行動の組すべてが完全にわかる状況である。無限回繰り返しゲームの分野で近年着目

されている情報構造は私的観測 (private monitoring) と呼ばれているものである。私的観測とは、プレーヤーは他のプレーヤーが選択した行動を直接知ることはできないが、他のプレーヤーが選択した行動に関する私的なシグナルを受け取ることができる状況である。つまり、各プレーヤーが私的情報を持つような状況である。私的観測下における分析は分析が複雑であるため、現在のところ、他の情報構造と比較すれば、あまり発展していない。本論文の第5章は私的観測のモデルに属する。

第5章での分析は私的観測の中でも観測費用を伴う観測 (costly observation) と呼ばれる新しい観測構造に着目している。本研究の貢献は観測費用を伴う観測下における囚人のジレンマ・ゲームについて、効率が達成可能であることを示したことにある。既存研究によるとプレーヤーが選択可能な行動の数が少ない場合や費用をかけずに得られる情報がない場合には効率性を達成することは難しいことが知られている。本論文では各プレーヤーの選択可能な行動の数は2つであり、しかも、観測しなければ、相手プレーヤーが選択した行動に関する情報が全く得られないという情報的には非常に制限された状況を想定している。その状況において、ある条件の下では効率が達成可能であることを示したことは評価に値する。また、実際に均衡を構築しているのであるが、ここではプレーヤー間のコミュニケーションを使うことなく、プレーヤー達が共通に見ることができるシグナル (サンスポット) を活用することによって効率性を達成している。このサンスポットはプレーヤー達が選択する行動に全く依存することなく実現するようなシグナルである。サンスポットを活用すること自体は既存研究でも行われていたが、本研究では既存研究とは異なる活用を行っている点は興味深い。

以上の3つの独自の研究は独創的であり、当該研究分野において十分に意義のある研究であると評価できる。よって、著者はゲーム理論を用いて独創的な研究を行っていく十分な能力を備えていると判断できる。

しかしながら、本論文には改善の必要点がいくつかある。第1にそれぞれの研究について関連研究との位置付けが十分には説明されていないことである。第2章において関連研究の紹介がなされているが、個々の既存研究の紹介が中心になっており、既存研究間の繋がりや本研究の位置付けに関する説明は不十分であるように思われる。

第2に、定理の証明において、論理構造がわかりにくい箇所がいくつか見られることである。定理や命題自体は正しいが、証明を読んだだけでは理解が困難な部分が見られ、改善が必要である。

最後に、それぞれの分析がどのように役立つのかについて十分な説明がなされていないことである。第3章については、定理が証明されているが、それがどのように活用できるのかについて十分な記述がなされていない。第5章においては、モデル自体の当該分野における重要性の記述が不十分であり、実際に構築した逐次均衡の当該分野におけるインパクトに関する説明が不十分である。

ただし、これらは今後改善可能なものであり、本研究の本質的な貢献を損なうものではない。よって、著者が独創的研究を行っていく能力を備えていることを疑うものではない。

以上の理由から、審査委員は、本論文の著者が、博士（経営学）の学位を授与されるに十分な資質を持つものと判断する。

平成27年9月9日

審査委員	主査	准教授	宮原 泰之
		教授	末廣 英生
		准教授	久本 久男
		教授	松井 建二