

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23730184

研究課題名(和文)意思決定における高次認識の役割：帰納的アプローチ

研究課題名(英文)Role of higher order beliefs in decision making: Inductive approach

研究代表者

石川 竜一郎 (ISHIKAWA, Ryuichiro)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：80345454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本プロジェクトの研究成果は理論的成果と実験経済的成果の二つに分けられる。理論的成果では(1)帰納的ゲーム理論の基礎となる動的論理の枠組みを提示した。また、主体の獲得する情報量の違いが意思決定にどのような影響を与え、社会厚生がどのように変動するかを分析した。

実験経済的成果では、こうした理論研究の成果を資産取引実験に応用し、主体の経験・認識能力等から帰納的推論を通じて、資産取引価格をどのように予想(期待)するかに関する分析を行った。その結果、取引相手の行動に関する不確実性(戦略的不確実性)の影響が、論理能力テストで高い得点を得た被験者においてより大きくなることがわかった。

研究成果の概要(英文)：The productions of this project are classified into either theoretical ones and experimental economic ones. In theoretical productions, we propose a framework of dynamic logic for inductive game theory. In addition, we study how the difference of information decision makers obtain makes an impact on decision making and how the social welfare varies.

In experimental economic productions, we study how subjects expect asset prices through their experiences and cognitive abilities. This is an application of the theoretical products for experimental asset markets. As a result, we found the subjects who get higher score in a cognitive ability test make a greater impact on strategic uncertainty.

研究分野：ゲーム理論

科研費の分科・細目：理論経済学

キーワード：ゲーム理論 実験経済学 バブル

1. 研究開始当初の背景

近年ゲーム理論の帰納的アプローチが研究され、その成果が報告されている。この背景には、標準的ゲーム理論で想定される「ゲームの状況に関する共通認識」がどのように形成されるのか、またそもそもそのような共通認識が達成されているのかということに対する疑問に答える必要性からである。

Gilboa and Schmeidler (2002, Cambridge University Press)の「事例ベース意思決定理論」や Kaneko and Kline (2008, *Journal of Mathematical Economics*)の「帰納的ゲーム理論」はその代表的成果である。

ゲーム理論の帰納的アプローチでは、意思決定の指針に経験を用いる。事例ベース意思決定理論では、現在の状況を過去に経験した事例と比較する。その比較を通じて現在の状況と過去の経験との類似度が得られる。帰納的ゲーム理論では、経験を情報として蓄積する。蓄積された経験と矛盾のない社会観を構築することで、主体の直面する状況の認識を描写する。

こうした近年発展しつつある帰納的アプローチを体系化する理論を構築し、ゲーム理論で重要な共通認識の形成及びそれが達成されないときの意思決定に関する分析を行うことが必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、上述の帰納的アプローチを、動的認識論理学を用いて定式化する。それによって、高次認識に焦点を当てた分析を可能にする。

帰納的アプローチでは、経験を蓄積する主体の記憶が明示的に定式化される。特に、帰納的ゲーム理論では、主体が記憶から推論を通じて社会観を構築する。こうした記憶や推論の明示的な定式化は、標準的ゲーム理論では行われていない。

事実、実験等で得られた意思決定データの分析は行動の帰結のみに注目して行われる。まずパラメータを伴う行動モデルを提示し、そのパラメータの調整によってデータを当てはめる。強化学習や Quantal response equilibrium はその代表的モデルである。

このような分析は、人間の意思決定メカニズムを解明するというよりも、むしろ認知的側面を捨象し、個々の行動モデルの当てはまり度を比較しているに過ぎない。意思決定メカニズムをより精緻に分析するために、認知的側面を捨象しない手法を用いる必要がある。

帰納的アプローチを用いることで、その可能性が現れる。先述のように、記憶や推論が明示的に定式化されているからである。その発展を通じて、これまでの実験・心理経済学の知見を包括的に考察できる。

本研究では、帰納的ゲーム理論を発展させ、人間の認知メカニズムに基づく意思決定理

論を構築する。特にこれまで研究してきた不確実性下の市場取引分析に応用し、その基礎付けを与える。

3. 研究の方法

本研究を理論と実験の両側面から、以下の二段階で研究を行う。第一段階で動的認識論理学を用いて、帰納的アプローチに基づく意思決定理論を構築する。このために、Ishikawa (2005)における認識形成の分析を拡張する。動的認識論理学を応用することで、高次認識の分析を伴う認識形成の分析が可能になる。第二段階で、その理論をもとに資産価格取引実験を行うことで、実際のデータを収集し、それを説明する行動モデル構築のための礎とする。

4. 研究成果

本研究では、上述のように理論と実験の両側面から研究を進めたため、成果も理論的成果と実験経済学的成果の二つに分けられる。

理論的成果では(1)帰納的ゲーム理論の基礎となる動的論理の枠組みを提示した。また、(2)主体の獲得する情報量の違いが意思決定にどのような影響を与え、社会厚生がどのように変動するかを分析した。

(1)については、以下の Figure 1 で示されるような経験に基づく信念改訂理論を帰納的ゲーム理論の概念と結びつけた。

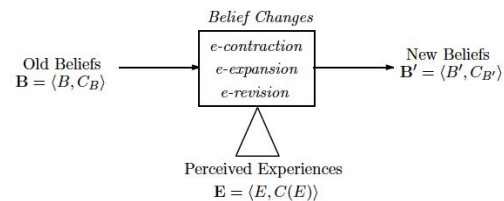


FIGURE 1. Revision Process

Figure 1 では、個人の認識の状態(信念)を B とし、経験 E を獲得することで新しい信念 B'へと改訂する状況を示している。改訂の際には、以前の信念から矛盾するものを削除(e-contraction)したり、新しい経験を付与(e-expansion)したり、新しい帰結を得る(e-revision)という過程を辿る。

本研究では、e-revisionをe-expansionとe-contractionで表現する帰納的ゲーム理論におけるLevi identityを示した。また主体の限られた経験から、どのような推論が可能になるかを示すことができ、Fujii, Y and R. Ishikawa (2013)として上梓した。

(2)の情報の生むと経済厚生に関しては、一度意思決定をしたら、その決定を取り消すためにかなりの費用が生じることになる**不可逆的意思決定**を不確実性下で分析した。

この枠組みでは、情報を獲得する前と後のいずれかに意思決定を行うに状況を考えて。情報を獲得する方がより適切な意思決定を行えるが、意思決定を遅らせることで他者の参入を招き、得られる利得が低くなる可能性がある状況となっている。

このもとで情報がどのように提示されることが社会的厚生を上昇させるかを分析した。

結果として、他者の参入によって利得を分配する際に、意思決定を先に行う方の分配が低いときには、情報の存在が経済厚生を下げたことを示した。

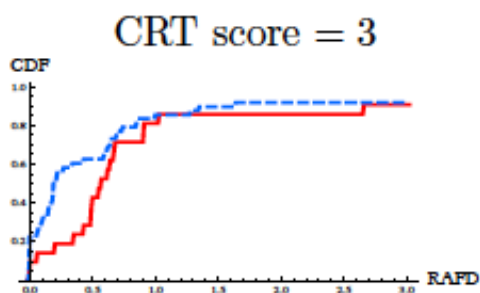
実験経済学的成果では、これらの理論研究の成果を資産取引実験に応用し、主体の経験・認識能力等から帰納的推論を通じて、資産取引価格をどのように予想(期待)するかに関する分析を行った。その結果、取引相手の行動に関する不確実性(戦略的不確実性)の影響が、論理能力テストで高い得点を得た被験者においてより大きくなることがわかった。

このことは下記のグラフで確認できる。以下のグラフは Cognitive reflection test(CRT)とよばれる、被験者の論理能力を計るテストによって分類したものである。CRT Score は 0-3 点で分類されるもので、以下では 1 点以下の被験者と 3 点の被験者の結果のみを抽出している。

横軸は Relative absolute forecast deviation(RAFD)と呼ばれる、被験者が取引前にどのような価格を予測し、どれくらい本源的価値と乖離しているかの平均値を表す指標である。0 に近いほど実際の価値と同じ取引価格を予測していることを意味し、値が大きくなることでその乖離が大きくなることを意味している。

下記のグラフは点線が、戦略的不確実性が存在しないときの RAFD で、実線で示されているのが、戦略的不確実性が存在する場合の被験者の結果である。

この両者の比較によって、CRT の他の得点ではあらわれていなかった統計的優位性が、CRT Score =3 の場合にあらわれてくる。



これはすなわち、論理的能力が高い被験者群では、戦略的不確実性の有無が取引価格の予測の違いにあらわれるということの意味している。

これは帰納的推論を行う際に、被験者の認知能力の高さが重要であることを、資産取引を通じて示したことになる。

今後はこの認知の違いを表現する行動モデルを構築することで、被験者の特徴を捉えた分析が行えると考える。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

1. Yoichiro Fujii and Ryuichiro Ishikawa, (2013) "Revision of beliefs with perceived experiences," *Annual Research Bulletin of Osaka Sangyo University*, No. 5 (March): 45-70. (査読有)
2. Tomoki Fujii and Ryuichiro Ishikawa, (2013) "Arrow-Fisher-Hanemann-Henry and Dixit-Pindyck option values under strategic interactions," *Strategic Behavior and the Environment*, Vol. 3(3), 169-183. (査読有)
3. Tomoki Fujii and Ryuichiro Ishikawa, (2013) "How does childbirth alter intrahousehold resource allocation? Evidence from Japan," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 75(3), 362-387. (査読有)
4. Eizo Akiyama, Ryuichiro Ishikawa, Mamoru Kaneko, and Jeffery Jude Kline, (2013) "Inductive game theory: A simulation study of learning a social situation," in Hardy Hanappi (ed.) *Game Theory Relaunched*, Chapter 3, pp. 55-76, InTech. (査読有)
5. Tomoki Fujii and Ryuichiro Ishikawa, (2013) "A note on separability and intra-household resource allocation in a collective household model," *Review of Economics of the Household*, Vol. 11(1), 143-149. (査読有)
6. Tomoki Fujii and Ryuichiro Ishikawa, "Quasi-option value under strategic interactions," *Resource and Energy Economics*, Vol. 34, pp. 36-54, 2012年. (査読有)

[学会発表](計15件)

1. 石川竜一郎, Interbank market contagion by mark-to-market accounting, *Third International Workshop of Mathematics and Management*, 2013年11月2日, Shanghai, China.
2. 石川竜一郎, Interbank market contagion by mark-to-market accounting, *Singapore Management University Workshop*, 2013年8月4日, Singapore.
3. 石川竜一郎, A Simulation Study of Learning a Structure Mike's Bike Commuting, *Asian Meeting of the Econometric Society 2013*, 2013年8月2日, Singapore National University, Singapore.
4. 石川竜一郎, A Simulation Study of Learning a Structure Mike's Bike Commuting, *13th Society for the Advancement of Economic Theory (SAET) conference*, 2013年7月22日~7月27日, Paris, France.
5. 石川竜一郎, Interbank market contagion

- by mark-to-market accounting, 2013年3月11日, 関東学院大学
6. 石川竜一郎, Effect of uncertainty about others' rationality in experimental asset markets, *2013 Asia-Pacific ESA Conference*, 2013年2月17日 Tokyo, Japan.
  7. 石川竜一郎, Interbank market contagion by mark-to-market accounting, *24th Asian-Pacific Conference on International Accounting Issues*, 2012年10月21日~10月23日, Maui, Hawaii, USA.
  8. 石川竜一郎, Belief revision for inductive game theory, *International Workshop on Game Theory, Epistemic Logic, & Related Topics*, 2012年8月30日, 筑波大学
  9. 石川竜一郎, Belief revision for inductive game theory, *Mathematics, Technology and Education 2012*, 2012年3月18日, 茨城工業専門高等学校.
  10. 石川竜一郎, ヴィクセル型取引ネットワークにおけるエッジワース競争の分析, 関東学院大学セミナー, 2012年3月16日, 関東学院大学
  11. 石川竜一郎, ヴィクセル型取引ネットワークにおけるエッジワース競争の分析, 一橋大学経済理論ワークショップ, 2012年1月26日, 一橋大学
  12. 石川竜一郎, ヴィクセル型取引ネットワークにおけるエッジワース競争の分析, 学習院大学 GEM セミナー, 2012年1月20日, 学習院大学
  13. 石川竜一郎, ヴィクセル型取引ネットワークにおけるエッジワース競争の分析, 京都大学経済研究所ミクロ経済学・ゲーム理論研究会, 2011年12月8日, 京都大学
  14. 石川竜一郎, ヴィクセル型取引ネットワークにおけるエッジワース競争の分析, 早稲田大学現代政治経済研究所船木部会研究会, 2011年10月20日, 早稲田大学
  15. 石川竜一郎, Beauty contests and asset prices under asymmetric information, 一橋大学経済理論セミナー, 2011年4月21日, 一橋大学

〔図書〕(計1件)

1. 船木由喜彦・石川竜一郎 共編著『制度と認識の経済学』 - , 1-19, 279-332, NTT出版, 2013年.

〔その他〕

ホームページ等

<http://infoshako.sk.tsukuba.ac.jp/~ishikawa/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

石川 竜一郎 (ISHIKAWA, Ryuichiro)