

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20530163

研究課題名(和文) 視線測定器を用いた新しい経済学実験

研究課題名(英文) New Economic Experiments by Using Eye-Tracking Machine

研究代表者

船木 由喜彦 (FUNAKI YUKIHIKO)

早稲田大学・政治経済学術院・教授

研究者番号：50181433

研究成果の概要(和文)：

本研究は従来の経済実験研究に、視線測定器(アイトラッカー)を用いることにより、新たな知見を得ることを目的としている。視線測定器は実験参加者の情報取得活動を明示的に分析することを可能とする。個人の社会的選好のタイプを同定する実験、個人の戦略的思考の深さを同定する実験を主として行ったが、いずれも、アイトラッカーの示す情報取得活動は、実験参加者の選択や他の実験データから導かれる個人の分類と整合的であった。アイトラッカーのデータの統計分析は非常に難しいが、一つの分析手法を開発したことも本研究の成果である。

研究成果の概要(英文)：

The aim of this research is to find new insights and enrich the results of previously conducted economic experiments by using an eye-tracking machine. The eye-tracking machine can analyze subjects' information-processing behavior by checking their eye-movements. The experiments we have conducted so far are related to social preferences and strategic sophistication. The results of these experiments show that the classification by eye-tracking machine is consistent with that by other "usual" methods, e.g. the analysis of observed-choice data. Although the statistical analysis of eye-tracking data is complex, we have succeeded in finding a way to make use of it.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20年度	2,800,000	840,000	3,640,000
21年度	500,000	150,000	650,000
22年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：経済学

科研費の分科・細目：理論経済学・3601

キーワード：視線測定器(アイトラッカー)、経済学実験、社会的選好

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は視線測定器(アイトラッカー)を用いた多様な経済実験の集成研究である。

視線測定器は高価な機器であり、早稲田大学には研究開始当初、旧型の1台しか存在し

なかった。しかし、2008年3月まで研究滞在していたオランダ、ティルブルグ大学に設置された4台の測定器の利用も認められたため、その4台に、この研究費で購入した新たな1台を加えて、スムーズに研究を開始す

ることが可能となった。

なお、研究開始時点で、視線測定器を用いた経済学実験は数少なく、公表された論文はほとんど存在しなかった。関連する（アイトラッカーを用いない）実験研究として、戦略的推論能力の測定に関する研究や社会的選好に関する著名な雑誌に掲載された先行研究があり、それらを参考文献として挙げる。これらの実験と同じ枠組みにおいて、視線測定器を用いた経済実験を行い、従来の実験データと比較し、その整合性を検討した。

戦略的推論能力：Costa-Gomes, Crawford and Broseta, "Cognition and Behavior in Normal - Form Games: An Experimental Study," *Econometrica* 69, pp1193-1235, 2001.

社会的選好：Engelmann and Strobel, "Inequality Aversion, Efficiency, and Maximum Preferences in Simple Distribution Experiments," *The American Economic Review* 94(4), pp867-69, 2004.

なお、研究開始以前に研究代表者に交付された科学研究費補助金および早稲田大学特定課題研究による研究により、基礎的研究準備は開始されていた。また、2006年度の早稲田大学特定課題研究により、視線測定器を利用したパイロット実験を実施し、その効果は十分に把握されていた。

## 2. 研究の目的

本研究は、個人の特性と考えられる社会的選好および戦略的推論能力の差異などが経済実験の結果にどのように影響するかを研究する一連の研究の1つであり、最新の機器である視線測定器を用いて実験を実施するのがその特徴である。個人の社会的選好や戦略的推論能力の差異は個人の情報収集能力や、情報の取捨選択能力に関連すると考えられる。実験における実験参加者の最大の情報取得活動は目を通じて行われ、視線や注視時間を分析することによって情報取得の方法を分析することができる。これらの分析を行うのは非常に難しいと考えられてきたが、最新の視線測定器（アイトラッカー）により実験参加者に負担を感じさせることなく、自然に視線や注視時間を測定することが可能となった。本研究はその最新機器を用いて、新たな知見を得るための研究と位置づけられる。具体的には、特に下記のテーマに関して視線測定器を用いた研究を行った。

(1) 個人の社会的選好の測定実験：個人の社会的選好は効用和最大原理、マクシミン原理など様々なタイプに分かれると考えられ、従来の実験では、各個人の選択の結果の分析から社会的選好タイプを同定し、個人を分類してきた。このような個人の分類をアイトラ

ッカーによる視線の測定データに基づいて行う。

(2) 個人の戦略的推論能力の測定実験：個人がどれだけ相手のことを深読みするかは、個人の特性によって異なり、Theory of Mindにも関連して多様な研究が試みられている。アイトラッカーにより、個人のそれらの特性と、相手の利得に関する情報取得活動が矛盾無く説明できるかを分析した。

(3) 世論調査における個人の情報取得活動の特性を調べる実験：世論調査でどの項目がどの順番で表れるかは、個人の選択に影響を持つと考えられ、調査票の設計において非常に重要である。一番上あるいは左の選択肢を選択する頻度が一般的に高いと言われているが、個人が、実際にそれに対応する情報獲得行動をとっているかは未だ分析されていない。アイトラッカーにより、この特性を調べるための新たな分析を行った。

(4) 帰納的ゲーム理論および個人の学習能力を測定する実験：従来のゲーム理論では、ゲームの構造は既知と仮定されているが、現実には、我々は様々な試行により、情報を獲得し、構造を理解して、選択を行っている。そのような状況をフォーマルに分析する理論として帰納的ゲーム理論が脚光を浴びている。この理論における、ゲームの構造情報の獲得とその学習プロセスを解明するためにアイトラッカーを用いる。

## 3. 研究の方法

もっぱら、一般的な経済実験手法に従う。以下ではその方法の詳細を述べる。

(1) 個人の社会的選好の測定実験：実験はプレ実験（2007年）をもとに、2008年にオランダ、ティルブルグ大学の研究協力者（ポッターズ教授ら）とともに、3人の参加者間の利益分配に対する社会的選好表明の実験をオランダで行った。その際、研究代表者は日本において、実験サーバの操作を行った。さらに、その後、早稲田大学でも同様な実験を行った。各実験参加者は相手を知らずに3人組みのグループに分けられ、そのグループ内の利得分配について、もっとも好ましいものを自由に選択した。このような選択が18ラウンド行われた。この実験は1人意思決定実験であるが、複数の主体の獲得利得についての考察を伴う実験であるので、自分の選択が他のメンバーに影響するのは1方向であり、他人の選択が自分の意思決定時に自分に影響しないことを実験参加者によく理解させなければならない。そのために、謝礼の支払い方法に関して十分に注意を払って設計した。具体的には、ランダムに3人組を作り、その中の一人の選択を18回の選択の中から

ランダムに選び、その通りに謝礼金の支払いを実行した。

選択実験の終了後、実験参加者の社会的選好を表現すると思われる基準として、マクシミン基準、効用和最大化基準、最高利得獲得者の利得差を最小化する基準（エンバイ最小化基準）を前提として選び、それに基づくタスクを実験参加者に与え、そのときの視線の動きを記録し、その特徴をとらえるパラメータを特定した。さらに、そのパラメータと実験参加者の自由選択時の視線パラメータの間の相関関係を分析し、最も近いパターンを特定した。それにより実験参加者の社会的選好を同定し、分類することが可能となった。最後に、これと、選択結果による個人の社会的選好の分類の間の整合性をチェックしてこの研究の結論を得た。

これらの結果は、ディスカッションペーパーとして、まとめられ、さまざまな、研究会、セミナー、学会で報告された。2009年度には神戸大学経済学部で開かれたアイトラッカーによる最新の実験成果に関する研究集会において報告を行い、多くの有益なコメントを得た。さらに、論文の完成を目指して、オランダ Tilburg 大学を訪問し、共同論文執筆者である Potters 教授および博士課程院生 Jiang 氏と集中的な議論を行った。そのほか、筑波大学システム情報工学系、フランス、モンペリエ大学経済実験研究所、信州大学経済学部などでも本研究に関する報告を行った。現在、査読つき国際学術雑誌に投稿するための最終調整を行っている。

(2) 個人の戦略的推論能力の測定実験：実験は周到に準備された多数の戦略形2人ゲームをもとに行った。選択した選択肢のパターンを分析することによりその実験参加者の戦略性を特定する実験は平成19年度にパイロット実験として実施していた。これに加えて、視線測定器では利得行列のどの部分を注視するかを注視時間を含めて測定することができる。

平成20年度当初、視線測定器の新型器を購入して、より精度の高いデータを早い時点で入手する予定であったが、直接経費の減額により、新型機の購入が不可能となり、中古の旧型機を購入して、実験を実施し実験データの蓄積に努めた。さらに、平成21年度に他の大型研究費(G-COE)により新型視線測定器の購入が可能となったため、新型機、旧型器による実験結果の比較も行った。

この実験ではアイトラッカーによる実験だけでなく、意志決定時間、意志決定結果、相手に対する正確な予測など、様々な要素を比較検討しなければならない。そこで、早稲田大学大学院生竹内あい氏、オランダ・ナイメヘン大学 Vyrastekova 専任講師にも研究協

力者として協力していただいた。

この研究の成果も研究協力者がいくつかの大学のセミナー、ワークショップで報告した。さらに、これらの成果は論文としてまとめられ、現在、審査付き国際学術雑誌に投稿中である。

(3) 世論調査における個人の情報取得活動の特性を調べる実験：世論調査は社会的、経済的な問題に対する人々の意見を集約する非常に重要な方法である。近年、コンピュータを活用する方法が開発され、より精緻なデータを収集することが可能となった。調査表の画面を設計する際、質問の提示順や、一画面での情報量入力量の多寡は重要な要素であり、視線測定器はそれらを分析するための有用な手段である。平成21年度、22年度には世論調査が行われたが、様々な政治的要因（首相の交代など）で世論調査のタイミングがたびたび変更され、常に実施までの準備時間が不足する事態となった。そのため、少人数のパイロットの実験ならびに、世論調査実施後の少人数による調査にしか、アイトラッカーによる実験を実施できなかった。本研究期間終了後、平成23年度は大型の国政選挙が実施されない見込みであるため、世論調査の準備に十分に時間をかけることができ、質問票の項目の選択にも余裕ができる。これまでの他の研究で得られた成果を生かして研究を継続し、さらなる新しい研究成果を得ることを目標としている。

(4) 帰納的ゲーム理論および個人の学習能力を測定する実験：最新の理論的成果を元に2009年早稲田大学において通常の実験を行い、情報獲得行動についてのデータを獲得した。しかしながら詳細な統計分析に時間がかかり、論文は2011年4月に完成した。現在、それをもとに、アイトラッカーによる分析の実験計画を行っている。これらの新たな研究についても、2012年度中に実験を実施し、研究成果をまとめる予定である。

#### 4. 研究成果

(1) 個人の社会的選好の測定実験：本研究期間中に行った実験研究により、実験参加者の選択データより導かれた社会的選好基準の分類（マクシミン基準、効用和最大化基準、エンバイ最小化基準）は、アイトラッカーによって得られた実験参加者の情報取得行動による分析から導かれる分類と整合的であることが導かれた。ただし、この分析は困難を極め、さまざまな統計分析手法を試み、その果てに得られた結果である。個人データの分析か集計データの分析か、どのパラメータを主成分として分析するかなど、さまざまな

要素を検討しなければならず、これらを多角的に検討し、前述の結論を導くことができた。この意味で、この分野における新たな分析手法を開発したことも、この研究の貢献であり成果であるといえる。

各個人の社会的選好に基づくと考えられる選択結果と彼らの情報取得活動の有意な整合性を発見することができたことは、単なる選択行動よりも、より実験参加者の心理、内面に近いところで、社会的選好基準と整合的な行動をとっていることが検出されたことになり、個人の意思決定がこのような社会的選好基準を元になされていることにより強い根拠を与えることができたと考えられる。とくに、マクシミン基準をとる参加者が多かったことは、ジョン・ロールズの無知のベールの議論とも整合的であり、新しい知見を与えている。

実験データの分析において、マクシミン基準を持つと視線測定からのデータから分類された個人が、選択結果による分類よりも多く見積もられるというバイアスが生じていた。これはラウンドの前半において、各個人が、利得分配の全体状況を俯瞰し観察するための探索活動を行うことによるずれと考えられる。

以上の知見は、本研究以前には全く知られていなかったものである。

(2) 個人の戦略的推論能力の測定実験：実験データの分析によると、視線測定器による、自分と相手の利得を凝視する時間の差は、戦略的に相手の手を読む深さ、思考時間、相手の手の予測の正確さ、などの他の条件と整合的であることが分かった。すなわち、より、深く考えることのできる個人は、思考時間も長く、相手の手をより正確に予想し、相手の利得行列を見る時間も長かった。なお、定まった選択パターンを持たず、このような戦略性の深さでは分類できない個人を検出したことも興味深い。これらは以前の研究成果と整合的である。

一方、旧型と新型の視線データ分析の比較では、その差は大きなものではなかった。これはこの分析が自分と相手の利得行列の比較という、比較的大きな AOI (分析する視線の関連領域) に基づく分析であり、視線の詳細情報を必要としなかったことによる。その意味で、研究のデザインを工夫すれば新型視線測定器でなくとも十分に分析が可能で、興味深い成果が得られる研究対象もあることが分かった。

この研究におけるアイトラッカーによる個人の情報獲得活動の分析は、従来のマウスラボ (マウスを移動した箇所の情報が開示されるシステム) による結果と整合的であり、さらに、より強固なものである。これは情報

取得活動のコストが、視線移動の方がマウス移動よりも格段に低いことによるものであり、アイトラッカーの有効性をこの点でも確認することができた。これも本研究の成果の一部である。

(3) 世論調査における個人の情報取得活動の特性を調べる実験：これは「3. 研究の方法」で述べたように、パイロット的な研究にとどまっているが、実験参加者の視線の動きを明確に捕らえることができ、分析に有用であることは確認された。2011 年度中の世論調査において、より多くの主体に対して、データを収集、分析を進める予定である。この分析により、調査表の画面を設計する際に注意すべき項目が、より明らかになると考えられる。

(4) 帰納的ゲーム理論および個人の学習能力を測定する実験：この研究は、アイトラッカーの利用に関して言えば、研究の端緒であると言える。アイトラッカーを用いない実験において、理論と整合的な実験参加者の行動が、多く見られた。個人がゲームに参加する際にプレイヤー役が変わる、より複雑なゲームにおいては、情報取得行動の差により、理論と異なる結果に収束することがみられ、これをアイトラッカーで検証し、分析することは興味深い。

アイトラッカー (視線測定器) による研究では、従来の実験研究と異なり、実験参加者の情報獲得行動が明白になり、その分析が可能となる。また、f-MRI ほど高価な機器を使う必要がなく、また、明確な数値データを獲得できるので職人的な分析能力を必要としない。しかしながら、眼球運動の数値データは膨大であり、その分析方法の確立は困難を極めた。そのような困難を克服して、熟練した技術がなくても通常の統計、計量分析手法によりデータを解析する一つの方法を提示することができたことは、この研究の大きな成果と言える。今後、さまざまな分野での応用への端緒を開いたということができる。

## 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 4 件)

Yukihiko Funaki, Rene van den Brink, "Axiomatization of a Class of Equal Surplus Sharing Solutions for TU-Games," *Theory and Decision* 67-3, pp303-340, 2009.

Takumi Kongo, Yukihiko Funaki, Rodica Branzei and Stef Tijs, "A Non-cooperative and an Axiomatic Characterization of the AL-value," *International Game Theory Review*, 2011

Ai Takeuchi, Yukihiko Funaki, Jana Vyrastekova, "Strategic Sophistication Category : Response Time, Eye Movements, and Stated Beliefs," Discussion Paper of Waseda University, 2010

Yukihiko Funaki, Ting Jiang, Jan Potters, "Eye-tracking Social Preferences" Discussion Paper of Tilburg University, 2011.

〔学会発表〕 (計 9 件)

Yukihiko Funaki: Leximals, the Lexicore and the Average Lexicographic Value, The 3<sup>rd</sup> World Congress of International Game Theory Society, July, 2008. North-Western University, Chicago, USA.

Mischel Grabisch, Yukihiko Funaki: A Coalition Formation Value for Games in Partition Function Form Game European Conference on Operations Research, 5-8 July, 2009, Bonn, Germany

Rene van den Brink, Yukihiko Funaki : Axiomatizations and Implementation of Discounted Shapley Values, 5th Spain, Italy, Netherlands Meeting on Game Theory (SING5), 1-3 July, 2009, Amsterdam, the Netherlands

Yukihiko Funaki, Jana Vyrasterkova, Daan van Soest: Coalition Formation in a Common Pool Resource Game: the 6th Experiment, Logic, Game Theory and Social Choice Conference, 26-29 August, 2009, Tsukuba, Japan

Mischel Grabisch and Yukihiko Funaki: A Coalition Formation Value for Games in Partition Function Form, Far East and South Asia Meeting of the Econometric Society, 3-5 August, 2009. Tokyo, Japan

Mischel Grabisch and Yukihiko Funaki : A Coalition Formation Value for Games in Partition Function Form, the 4th

Pan-Pacific Conference on Game Theory 17-19 August, 2009, Taipei, Taiwan

Takumi Kongo, Yukihiko Funaki, Rodica Branzei and Stef Tijs: A Non-Cooperative and an Axiomatic Characterization of the AL-Value, *EURO 2010 Conference* 11-14 July, 2010, Lisbon, Portugal

Yukihiko Funaki: Is There a More Likely Agreement When The Core Is Empty? Experimental Evidence from a 3-persons Coalition Formation Game, Asia-Pacific ESA Conference, 11-13 February, 2011, Kuala-Lumpur, Malaysia

Yukihiko Funaki: Is There a More Likely Agreement When The Core Is Empty? Experimental Evidence from a 3-persons Coalition Formation Game, the Sixth Pan-Pacific Conference on Game Theory, 1-3 March, 2011, Tokyo Tech, Tokyo, Japan

〔図書〕 (計 1 件)

中山幹夫、船木由喜彦、武藤滋夫『協力ゲーム理論』勁草書房、2008年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

船木由喜彦 (早稲田大学 教授)

研究者番号 : 50181433

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

竹内あい (早稲田大学大学院 博士課程学生)

Jan Potters (Tilburg 大学 教授)

Jana Vyrastekova (ナイメヘン大学 専任講師)

Ting Jiang (Tilburg 大学大学院 博士課程学生)