

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：12613

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25780129

研究課題名(和文) 眼球運動と経済的意思決定：アイトラッキングを使った実験研究

研究課題名(英文) Eye-movement and Economic Decision-making: Experimental Study using Eyetracking

研究代表者

竹内 幹 (TAKEUCHI, Kan)

一橋大学・大学院経済学研究科・准教授

研究者番号：50509148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、視線を測定(アイトラッキング)し、意思決定者がどこに注意(attention)を向けているかを観察し、人が意思決定にいたる「過程」のモデル化を行った。これは、意思決定の「結果」だけに着目してきた従前の経済学と本質的に異なるアプローチである。

この観察に特に意義があるのは、限定合理性を前提として、複数属性の選択肢を比較する意思決定を分析するときである。こうした特徴をとらえつつ、人が「迷う」選択過程を再現するために、濃淡の異なる複数の色を比較検討させる実験課題を用いた。データをもとにDrift-diffusionモデルを複数属性に拡大応用し、選択過程のモデル化にある程度成功した。

研究成果の概要(英文)：This research observes the attention of decision-makers through eye-tracking and formalizes the models of the decision-making process. This approach to the "process" itself makes the study different from the previous economics analysis that has focused on the "outcomes" of the decisions. This analysis is particularly useful when one with bounded rationality is making her decision between alternatives with multi-attributes. To model such characteristics and simulate the debating behavior of the decision-maker, I employ the choice task between different brightness of colors and guess which ones is the brightest among the colors. The eyetracking data enables me to apply the drift-diffusion model for the multi-attributes cases and simulate the decision-making process itself.

研究分野：実験経済学

キーワード：アイトラッキング 実験経済学 意思決定 眼球運動 行動経済学 時間選好 迷い

1. 研究開始当初の背景

認知科学の発展とともに、経済学でも、意思決定プロセスに焦点をあてた研究が盛んになっており、神経経済学 (neuroeconomics) とよばれる学問分野が確立される状況である。従前の経済学における意思決定理論は、「顕示選好理論」といい、意思決定者が行った選択結果に関する理論が中心であり、その選択に至る途中の過程はあまり分析されていなかった。

眼球運動や視線を測定すること (アイトラッキングという) も、意思決定過程についてのデータを得るひとつの方法である。アイトラッキングによって意思決定者の視線を追えば、意思決定者がどこに注意 (attention) を向けているかがわかり、それを分析して意思決定過程についてモデルを推定することができる。すでに 1970 年代には、アイトラッキングを使って意思決定過程を分析する実験研究が認知科学や心理学の分野にはあった。経済学的な意思決定課題を使った研究も近年、主要な経済学学術誌に発表されるようになってきた。

たとえば、標準的な経済学は、PC モニターに提示された選択肢 x と y のどちらかを選ぶ課題では、それぞれの価値として $v(x)$ と $v(y)$ があると考え、 $v(x) > v(y)$ ならば x を選択するというモデルを想定する。だが、実際の意思決定者の視線を分析すると、 $v(x)$ や $v(y)$ が瞬時に決定されているというよりは、選択肢を文字通り“見比べる”過程を経てから $v(x)$ や $v(y)$ が形成される様子がわかる。選択肢に視線を移しそれをみている間にその選択肢への価値があがるという性質があり、その価値が本来の値 (最大値) にまで上がり切る過程を経る。このような、選好、意思決定および視線の相互関連についての研究は蓄積がある。

2. 研究の目的

意思決定過程の観察に意義があると研究代表者が考えるのは、特に、1) 限定合理性を前提として、2) 複数属性の選択肢を比較する意思決定を分析するときである。単純な二者択一についてはすでに研究がすすみ、drift-diffusion モデルで意思決定プロセスが表現できることなどが明らかになってきた。ただし、選択肢が複数属性である (たとえば「くじ」であれば賞金額と当選確率の 2 つの属性があるし、あるいはパソコンのスペックを比較するような状況) 場合には、複数の属性をどのように統合していくのか、また、そこにどのような認知バイアスが介在しているのかに関する知見はまだ十分に得られていない。

本研究では、複数属性の選択肢に研究対象を限定し、その意思決定モデルを分析した。その際には、アイトラッキングを利用し、意思決定過程を中心にモデル構築をすすめた。属性が複数あるので、アイトラッキングを用

いる利点が多い。眼球運動の既存研究で明らかになっているとおり、意思決定者がある 1 つの属性を頻繁に見るということは、その属性が意思決定において重要であることを示唆する。したがって、アイトラッキングによって、どの属性が重要視されているか、すなわち意思決定モデルにおける「ウェイト」を観察データとして分析に取り入れることができる。

選択結果のデータだけをもとに意思決定を分析する従前の分析手法は、いわば間接的に対象 (意思決定) にアプローチするものだ。だが、アイトラッキングを用いることで、その対象をより直接的に観察できる。意思決定プロセスにより近いところで raw data が得られれば、限定合理的な選択行動も包括した意思決定モデルを構築できるので、その意義は大きいと研究代表者は考える。

3. 研究の方法

はじめに、既存の drift-diffusion モデルを複数属性のケースに応用することから始めた。Drift-diffusion モデルは、たとえば x と y という 2 つの選択肢について情報をあつめつつ、最終的にどちらが望ましいかを決定するプロセスを以下の逐次モデルとして描写する：

$$R(t+1) = R(t) + A(z) + \theta [v(x) - v(y)] + \varepsilon$$

ここで、 $A(z)$ は選択肢 x を注視していれば $v(x)$ という値をとり、選択肢 y を注視していれば $-v(y)$ となるような関数で注意の効果を表している。 ε は誤差項である。 $R(t)$ は時点 t における、選択肢 x の望ましさと、これが正の閾値を超えると x が選択され、負の閾値を超えると y が選択される。

このモデルでは単一属性なので選択肢 x については $v(x)$ がひとつ割り当てられているだけだが、これを各選択肢に含まれる属性ごとに値を割り当ててモデルを作り、データとの整合性をチェックしたい。必要に応じて、新規モデルを構築し、その外的妥当性も勘案しつつ、データフィッティングを行う。

複数属性をもつ選択肢として経済実験で多用されるのが「くじ」であるが、これは不適當であるため、本研究では使用しなかった。なぜなら、意思決定プロセス自体が「自分にとって最も望ましい選択肢はどれか」を確率的に推定するプロセスであるからだ。したがって、くじの賞金・当選確率をもとに望ましい選択肢を推定しなくてはならない課題は好ましくない。

そこで、本研究では、意思決定者本人の選好とは無関係な「グレーの濃淡」を比較するという選択課題を用いた。意思決定者の選好とは独立に「正解」がある、このような問題を解くとき、被験者は見比べながら選択に至る。Drift-diffusion モデルを用いて、データフィッティングを行った。

4. 研究成果

実験で用いた課題では、図1のように、灰色の4つの四角形がPCモニターの上下左右に均等配置で表示される（各四角形のグレーの明るさは異なっている）。

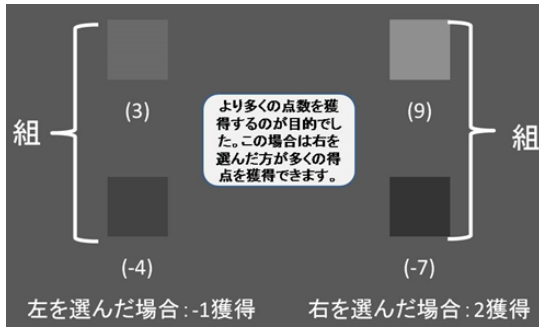


図1 迷いを生じさせるための選択課題

左側に表示された四角形のペアと右側のペアを比べ、左右どちらのペアが全体的に明るいかを推定する課題であり、正解するごとに謝金を追加した。

灰色の濃淡は、一番黒いものを0として、明るさを数値に対応させた。図2は明るさと値の対応一覧である。色と色の差が等しく感じられるように、色の分け方はCIELab色空間から作成した。



図2 灰色の濃淡グラデーション

実験は合計55人の被験者に対し行った。そのうち不適当なデータを除外し合計1253のデータを用いて分析を行った。課題での平均得点は約103.35であり被験者は平均1533.5円の謝金を受け取った。多くの得点が得られる選択を正解とした場合、平均正答率は約65% (1253問中833問正解)であった。また問題が表示されてから解答を入力するまでの平均注視時間は8551.6msであった。また、その間に26.3回も視点を移していた。

このデータをもとに、drift-diffusionモデルのパラメータを推定したところ、明るい灰色の四角形を見るほどそちら側（たとえば、左側にその四角があれば左）を選びたくなり、暗い四角を見るほどその四角形とは反対側のペアを選びたくなるという“気持ち”の時間変化を再現できた。

図3は四角の明るさの数値ごとに、モデルを使って、注視の効果を推定したものである。横軸が四角の明るさの数値であり、グラフの

右方は、その四角がより明るいことを示す。縦軸は、その値が正であれば、その四角を見つめることが、そちら側（図1でいうところの、右ないしは左）を「明るい」と判断する傾向を強めることを意味する。

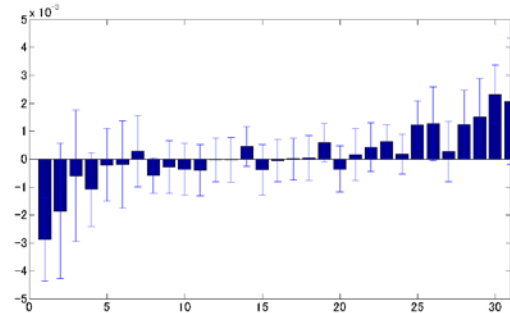


図3 凝視時間と選択との関係

注視の効果はグラフ中央を境に正負に分かれている。さらに中心から左右に離れれば離れるほど（明るさが極端なほど）注視の効果は大きくなる傾向が見て取れる。また、明るい四角を凝視することの効果は選択頻度を高める一方、暗い四角を見ることは逆にそちらの側の選択頻度を下げる方向に働いていると推計できた。これは、好きなものは見れば見るほど好きになり、また嫌いな物は見れば見るほど嫌になるという既存研究の発見に通ずる。

本研究では、上記の分析に加えて、「迷い」の過程を明示的分析することを試みた。従前のモデルではすべての情報が正確に与えられたうえで意思決定することを前提としており、そもそも迷いは生じない。だが、われわれは日常生活のなかでしばしば「迷う」。限定合理性の枠組みで考えれば、すなわち、得られた情報に確信がもてないので、リスクを含んだ決定をしなくてはならないからだといえる。

この実験では、グレーの濃淡を見比べることはできるが、数値について確証がもてないので、迷う。左右のどちらかを選んだ結果、それが正しくない選択であるリスクを完全になくすことができないためだ。

図4は、そのような、迷いながら見比べている視線の動きの典型例を示している。

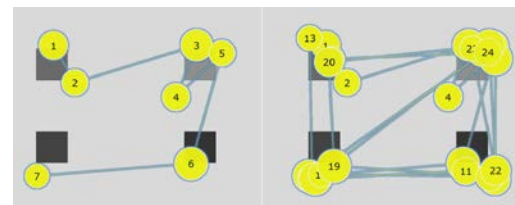


図4 視線の推移 (例)

図4左側は、新しく画面が更新されてから1.5秒経つ間の視線推移を示している。その短い間に4つの四角すべてに目をやることがわかる。右側は6.0秒の間の視線推移で、4つの四角の間を延べ15回も見比べ

ていることがわかる。

だが、どのように迷うのかを記述するモデルの構築を試みたが、データフィッティングには成功したとはいえなかった。選択プロセスのモデル化には成功したといえるが、迷いプロセスのモデル化は困難であった。この点は、今後の研究課題として残された。

本研究の実験課題の新規性は、選択肢に複数の属性（2つの四角の色）があることと、客観的な正解があることによって、その正解を当てるために属性を統合する過程が必要となる点である。そして、結果の新規性は、「反対側を選びたくなる気持ち」を負のパラメータで表すことに成功した点にある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① 竹内幹、人はなぜ迷うのか～眼球運動と経済的意思決定の関係、科研費 NEWS、査読無、1巻、2014、p.5。

〔学会発表〕（計7件）

- ① Kan Takeuchi, KANSEI: The implications from economic experiments on music and decision-making, International Symposium on Affective Science and Engineering 2016 (招待講演), 2016年3月21日, 工学院大学(東京都・新宿区)。
- ② Kan Takeuchi, Eyetracking on the debating behavior, 2015 European Meeting of Economic Science Association, 2015年9月3日, ハイデルベルク (ドイツ)。
- ③ Kan Takeuchi, Eyetracking on HEMS monitors: What do users see for energy saving?, Behavior, Energy and Climate Change Conference (BECC), 2014年12月9日, ワシントンDC (USA)。
- ④ Kan Takeuchi, Drift-diffusion model and Gaze Cascade, 2014 ESA International Meetings, 2014年6月28日, ハワイ (USA)。
- ⑤ 竹内幹, Eye tracking under uncertainty, 第2回京都大学実験経済学ワークショップ (招待講演)、2014年2月16日、京都大学 (京都府・京都市)。
- ⑥ Kan Takeuchi, Eye movement, the drift-diffusion model and the choice, 4th RISS Seminar Series on Experimental Economics, 2014年2月17日, 関西大学 (大阪府・吹田市)。
- ⑦ 服部光・竹内幹, ドリフトディフュージョンモデルとゲーズカスケードの関係、第17回実験社会科学カンファレンス、2013年12月22日、高知工科大学 (高知県・香美市)。

〔その他〕

- ① 竹内幹、マーケティングの行動経済学、応用脳科学コンソーシアム：応用脳科学ニューロエコノミクスセミナー第2回、2015年10月29日、TKP ガーデンシティ御茶ノ水 (東京都・千代田区)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 幹 (TAKEUCHI, Kan)

一橋大学・大学院経済学研究科・准教授

研究者番号：50509148