

学位請求論文審査の要旨および担当者

報告番号 乙 第 号

氏名 森井 真広

論文題目 眼球運動測定を用いた選択行動の予測と制御に関する実験的検討

主査

慶應義塾大学名誉教授、前文学部・大学院社会学研究科教授 文学博士 坂上 貴之

副査

慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科 博士（人間環境学） 川畑 秀明

慶應義塾大学経済学部教授・大学院社会学研究科 博士（心理学） 中野 泰志

早稲田大学文学学術院教授 博士（学術）・博士（医学） 竹村 和久

学識確認

慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科 博士（人間環境学） 川畑 秀明

論文審査の要旨

本論文は、左右一対の画像刺激のいずれか「(より) 好ましい刺激」への選択場面（これを「選好」の判断場面と呼ぶ）を取り上げ、その選択行動の予測と制御が、それに先行する眼球運動の測定と制御によってどれだけ可能となるかを検討した研究である。以下に目次を掲げる。

第1部 研究背景と問題の所在

第1章 研究背景

1.1 はじめに

1.2 「選好」とは何か

1.3 刺激シリーズごとの「選好」に関する研究

1.3.1 顔に対する「選好」の研究

1.3.2 風景写真に対する「選好」の研究

1.3.3 抽象的な図形に対する「選好」の研究

1.4 「選好」の形成(変化)に関する研究

1.4.1 単純接触効果

1.4.2 評価的条件づけ

1.4.3 選択による「選好」の変化 (choice-induced preference change)

1.5 「選好」の安定性, 測定法に関する問題点

1.6 眼球運動に関する研究

1.6.1 眼球運動測定装置の種類と特徴

1.6.2 眼球運動測定装置によって測定されるもの

1.6.3 「読み」における眼球運動の研究

1.6.4 画像観察における眼球運動の研究

1.6.5 自然場面 (ナチュラルタスク) における眼球運動の研究

1.6.6 意思決定における眼球運動の研究

1.6.7 眼球運動測定を用いた意思決定過程分析の事例

1.7 眼球運動と「選好」の関係: ゲーズカスケード効果

1.7.1 ゲーズカスケード効果の発見

1.7.2 ゲーズカスケード効果への批判

1.7.3 ゲーズカスケード効果における刺激シリーズの影響

1.8 眼球運動データを用いた意思決定の数理モデル

第2章 問題の所在と本研究の焦点

- 2.1 問題の所在
- 2.2 本研究で使用する刺激シリーズ
- 2.3 本研究の焦点

第2部 研究報告

第3章 調査1 Web調査による画像刺激の選定

3.1 方法

- 3.1.1 調査概要
- 3.1.2 調査対象者
- 3.1.3 刺激
- 3.1.4 予備調査
- 3.1.5 手続き

3.2 結果

- 3.2.1 外れ値の処理
- 3.2.2 評定平均値
- 3.2.3 提示順序ごとの各シリーズの評定平均値
- 3.2.4 各刺激シリーズにおける画像特徴と評価平均値

3.3 考察

- 3.3.1 各刺激シリーズの評定平均値と系列の影響
- 3.3.2 各刺激シリーズにおいて評定平均値が高かった刺激の特徴

第4章 実験1 視線随伴型の刺激除去が選好判断に与える影響1

4.1 方法

- 4.1.1 被験者
- 4.1.2 装置・刺激
- 4.1.3 手続き

4.2 結果

- 4.2.1 ターゲット選択率と選択一貫性
- 4.2.2 視線尤度の分析

4.3 考察

- 4.3.1 視線に随伴させた刺激除去による選択の操作について
- 4.3.2 視線尤度について

第5章 実験2 視線随伴型の刺激除去が選好判断に与える影響2

5.1 方法

- 5.1.1 被験者

- 5.1.2 装置・刺激
 - 5.1.3 手続き
 - 5.2 結果
 - 5.2.1 最終注視—選択一致率と選択一貫性
 - 5.2.2 視線尤度の分析
 - 5.2.3 実験1と実験2の結果の比較
 - 5.3 考察
 - 5.3.1 実験2における結果
 - 5.3.2 選択の予測と制御について
 - 5.3.3 実験1および実験2の結果から導ける結論
- 第6章 実験3 選好判断課題における刺激シリーズと魅力度の影響
- 6.1 方法
 - 6.1.1 被験者
 - 6.1.2 装置・刺激
 - 6.1.3 手続き
 - 6.2 結果
 - 6.2.1 単独提示試行の評定値
 - 6.2.2 回答時間
 - 6.2.3 Dwell 交代回数
 - 6.2.4 視線尤度の分析
 - 6.2.5 初回注視および最終注視刺激の選択率
 - 6.2.6 初回 Dwell と最終 Dwell の持続時間
 - 6.3 考察
 - 6.3.1 刺激シリーズの影響
 - 6.3.2 刺激魅力度の影響
 - 6.3.3 刺激シリーズ, 魅力度に関わらず共通して見られた特徴
 - 6.3.4 選択の予測に関する知見
- 第7章 実験4 刺激提示方法の操作による選択への影響1
- 7.1 方法
 - 7.1.1 被験者
 - 7.1.2 装置・刺激
 - 7.1.3 手続き
 - 7.2 結果
 - 7.3 考察

第8章 実験5 刺激提示方法の操作による選択への影響2

8.1 方法

8.1.1 被験者

8.1.2 装置・刺激

8.1.3 手続き

8.2 結果

8.3 考察

第9章 これまでの結論と新たな問題の提起

9.1 実験1から実験5までの結論

9.2 新たな問題の提起

第10章 実験6 自由観察場面の眼球運動データに基づく選択の予測

10.1 方法

10.1.1 被験者

10.1.2 装置・刺激

10.1.3 手続き

10.2 結果

10.2.1 自由観察フェーズの注視データの特徴

10.2.2 自由観察フェーズの注視データからの選択の予測

10.2.3 ロジスティック回帰分析による選択の回帰

10.2.4 自由観察フェーズの視線尤度

10.2.5 選択フェーズの初回注視および最終注視刺激

10.2.6 選択フェーズの視線尤度

10.2.7 選択フェーズの初回 Dwell と最終 Dwell の持続時間

10.3 考察

10.3.1 自由観察場面の眼球運動からの選択の予測

10.3.2 初回注視に対する解釈

10.3.3 自由観察場面と選択場面における眼球運動の違い

10.3.4 選択場面における眼球運動の特徴 (実験3の結果との比較)

10.3.5 実験6の結論

第11章 総合考察

11.1 調査および実験結果のまとめ

11.2 選択の予測について

- 1 1.3 選択の制御について
- 1 1.4 自由観察場面と選択場面の違い
- 1 1.5 本研究の応用可能性
- 1 1.6 本研究の課題と展望

引用文献

資料

研究業績一覧

学歴・職歴

謝辞

本論文の第1部では、第1章において「選好」ならびに「眼球運動」に関連する研究のレビューが行われた。まず、様々な刺激の種類（これを刺激シリーズと呼ぶ）において「選好」が高いとされる画像刺激の特徴を整理した。「選好」は選択の原因として扱われることがあるが、「選好」には状況依存的な不安定な側面が存在していること (Fujii & Gärling, 2003)、また「選好」の測定 (推定) 方法が研究によって異なることを問題点として挙げている。「選好」は様々な行動データを元に推定される構成概念であり、選択行動の予測と制御については、「選好」ではなく、行動データを用いて客観的かつ直接的に検討を行うべきであることを主張した。そこで本研究では、客観性の高い生体データである眼球運動を行動データとして使用している。眼球運動測定は被験者の内観を必要とせず、非侵襲的な方法によって高い時間分解能で記録可能であり、情報獲得過程との関連が強いといった利点がある。続く眼球運動のレビューでは、上で指摘した利点から、選択行動に先行する眼球運動パターンからその後の選択を予測する結果を示す研究を紹介し、中でも、眼球運動と選択行動の関係を表すゲーズカスケード効果 (Shimojo et al., 2003) を取り上げ、その批判と共に論じた。ゲーズカスケード効果とは、「より魅力的な」画像を選択させる一対比較の選択場面において、キー押しによる選択に先立って、後に選択される刺激へ視線が向けられている割合 (視線尤度) が徐々に上昇していく現象、もしくはそのメカニズムをいう。この効果については、追試により「より魅力的な」画像を選択させる以外の課題でも同様の視線の偏りが生じることが報告されており、選択に先立った視線の偏りは様々な選択場面で生じる一般的な現象との主張もなされてきた (例えば Glaholt & Reingold, 2009; Nittono & Wada, 2009)。そしてこの結果の相違を生む要因は、選択課題で使用された刺激シリーズが実験により異なっているためだという指摘もなされた (Liao et al., 2011)。

第2章では、こうした批判を踏まえ、ゲーズカスケード効果では選択の予測と制御を理解する上では不十分であると、本研究の目的として、以下の3点を挙げた。

- 選択場面に先行する眼球運動データから、選択行動を予測できるか。
- 刺激提示方法の操作によって選択行動を制御できるか。

- 選択場面とは独立した自由観察場面の眼球運動データを分析することから、後の選択行動を予測できるか。

第2部の研究報告は、1つの調査および6つの実験についての報告からなっている。

調査1では、実験で用いる刺激の選定を行うために、風景写真、多角形型無意味図形、点対称型無意味図形の3つの刺激シリーズについて、すべて異なる各100枚の画像刺激への「好ましさ」の評価をWeb調査により実施し、以降の6つの実験で用いる刺激を選定した。調査では、各刺激シリーズにおいて好まれる画像刺激の特徴や各シリーズ間の評定平均値や分散も検討された。

実験1および実験2では、選好判断場面において、視線に随伴させて画像刺激を画面上から除去することで選択のタイミングを操作し、その後の選択への効果を検討した。その結果、最後に見せる刺激を操作するため、実験者が事前に定めたターゲット刺激へ視線を向けている途中で両刺激を除去した場合には選択を制御できなかったが(実験1)、左右の各刺激へ視線を向けた後に、いずれかの刺激へ視線を向けている途中で両刺激を除去した場合には最後に視線を向けていた刺激を選択する傾向がみられた(実験2)。また、視線尤度の上昇は刺激が除去される前には生じず、刺激画像が除去された後に生じていたことから、この視線の偏りはキー押しという選択行動に先立って生じる準備反応である可能性を支持した。

実験3では、調査1で得られた画像刺激の評定平均値を元に、高魅力(H)と低魅力(L)の刺激を用いて様々な刺激ペアを作成し、3つの刺激シリーズおよび魅力度の組み合わせごとに眼球運動から選択に至る過程を分析した。その結果、いずれの刺激シリーズにおいても最後に視線が向けられた画像刺激の選択割合が高いこと、初めに視線が向けられた刺激やそのDwell(滞在、同一選択肢内に視線が停留している状態)持続時間から、選択が予測できることが示された。しかしこれらの傾向はDwellの回数が左→右もしくは右→左のように2回であった試行ではみられず、1回もしくは3回以上の試行においてのみ見られた。魅力度の組み合わせについては、魅力度に差がないペア(HHやLL)では、魅力度に差があるペア(HLやLH)よりもDwell交代回数(選択肢をまたぐ視線の移動)が増加し、回答時間も長くなった。HHとLLの比較では、HHよりもLLにおいて回答時間が長くなり、最後に視線が向けられた刺激の選択割合も高かった。また、最終のDwell持続時間は、最後に視線が向けられた刺激と選択刺激が一致する場合は長く、不一致の場合は短い傾向があった。これらの結果から、はじめにもしくは最後に視線が向けられた刺激、およびそのDwell持続時間の長さに基づき選択の予測が可能であることが分かった。

実験4および実験5では、画面左右に交互に1つずつ画像刺激を継時提示することで被験者の視線を操作し、提示順序や提示時間の操作による選択行動の制御を検討した。実験4では、最後に提示された刺激の選択割合はチャンスレベルであったものの、最後に提示された際の提示時間が長い場合はその刺激の選択割合が高かった。一方、より長い刺激提示時間とより数の多い刺激数を用いた実験5では、初回提示時間がより長い場合に、その刺激の選

択割合が高い傾向があった。しかし実験 4 および 5 において生じた選択の偏りは一般に僅かであり、刺激提示方法によって選択の制御が可能であるという十分な証拠を示すことはできなかった。

実験 6 では、選択のない自由観察場面を先行させ、この場面の眼球運動データからその後の選択行動を予測することができるか検討を行った。その結果、風景写真では自由観察場面において「はじめにどちらに視線を向けるか」や「どちらの刺激をより長く見ているか」といったデータからその後の選択を予測できることが示された一方、点対称型無意味図形では、風景写真の場合よりも予測精度が低く、はじめに視線を向けた刺激と選択の間には有意な関係はみられなかった。また自由観察場面では、選択場面より Dwell の平均持続時間が長いこと、最後に視線を向けた刺激と選択する刺激に関連が見られないことが明らかとなった。

以上の調査および実験の結果から、選択行動の予測と制御が、それに先行する眼球運動の測定と制御によってどれだけ可能となるかについて、以下の結論を得た。

- 選択の予測について

選好判断場面では、最初もしくは最後に視線を向けられた刺激の選択割合が高く、選択刺激へ向けられた初回および最終 Dwell の持続時間は非選択刺激へ向けられた場合よりも長かった。また、選択から独立した自由観察場面では、はじめに視線を向けた刺激や、相対注視時間からその後の選択が予測可能であった。

- 選択の制御について

被験者の視線に随伴させて画像刺激を除去した実験では、両画像を一度ずつ見た後に再度いずれかの刺激を見ている途中で画像を除去した場合において、その刺激への選択割合が有意に高かった。また、刺激を 1 つずつ交互に提示した実験では、最初もしくは最後の提示時間を長くすることによって、その刺激への選択を制御できる場合があったが、その効果は小さかった。

- 自由観察場面と選択場面における眼球運動の違い

自由観察場面では、選択場面よりも Dwell 持続時間が長い傾向がみられた。また、選択場面では最後に視線を向けていた刺激が選択される傾向があるのに対し、自由観察場面においては最後に視線を向けた刺激と選択について一貫した傾向はみられなかった。この結果は、ゲーズカスケード効果がアーチファクトであるという先行研究の主張、すなわち選択以前にみられる視線尤度の上昇は課題依存的な選択前の準備動作の一つであるという主張を支持するものであった。

ここまで述べてきたように、本研究は今まで十分に明らかになっていない眼球運動と選択行動との関係について、綿密に計画され系統的になされた調査・実験からなっている。日常の行動を予測したり制御したりするために眼球運動を手掛かりとする研究には多数の研

研究者が参入している一方、実験手法や得られた眼球運動データの分析手法はいまだ十分に確立しているとは言い難い。また、選択行動と眼球運動の関係についても、ゲーズカスケード効果に関する議論が長らく続いてきたことが示しているように、未だ解決されていない問題が多く存在する。このような状況下で、著者は眼球運動と選択行動に関する問題点を整理し、新しい実験方法や解析方法を駆使して取り組むことで、新たな知見を得ている。本論文は、そうした観点から、最新で高度な研究水準を示すものとなっている。

本論文について、主査および副査4名は、2020年6月17日15時より慶應義塾大学三田校舎にて公開の形をとった審査会を開いた。審査会は、新型コロナウイルスの影響による入構制限により、本人、中野（副査）、川畑（副査）、坂上（主査）以外の参加者は、竹村（副査）を含めオンライン会議システムを使用して審査会に参加した。公開審査会において議論された主要な問題とそれへの回答を以下にまとめる。

- (1) 「選好」や「魅力度」など使用されている用語の定義や使用法が、従来の研究とは異なっているが、それに関する説明が不十分である。またこれらの概念を、刺激の選択やそれに関わる行動データでのみ説明しようと試みているが、特に心理学以外の他分野の研究者たちを十分に納得させるものとなっていないのではないかと。 (回答) 第1部の先行研究のレビューで述べたように、著者自身は選択の予測と制御において、測定が難しくまた一貫性の乏しい「選好」という曖昧な概念を用いて分析や検討をすべきではなく、選択行動をその前駆的な眼球運動という行動データから実証的に捉えていく方が有効であると考えている。ただ、その理由について、もっと具体例を挙げて丁寧に説明すべきであった。
- (2) 刺激シリーズ間で、一部では異なる結果が得られているが、これらの結果から何が言えるのか、特に、使用した刺激の画像特徴（色彩や顕著性等）と眼球運動や選択行動との関連についての検討や考察が十分とは言えない。 (回答) 例えば風景写真がカラーで提示されていたのに対して、無意味図形は白黒であったために、左右の刺激の弁別のしやすさが眼球運動データにも反映されていたことが考えられる。画像の特徴を変数とした検討が今後の課題として挙げられる。
- (3) 測定された眼球運動データは注視点の解析に留まっており、周辺視の影響に関する検討や考察が十分とは言えない。特に (2) とも関連して、画像刺激の提示位置や画像の特徴が眼球運動に与える影響は大きいと考えられるが、その点について論文での記述が不足している。 (回答) 特にはじめに左右のどちらに視線を向けるかは周辺視による画像の特徴の把握がはじめの眼球運動を引き起こすトリガーとなっている可能性が高い。上記 (2) の問題と合わせて、周辺視の影響についても今後検討を行いたい。また、刺激提示についての情報は、訂正表で補う予定である。
- (4) 本論文では、視線の操作に関して、刺激を交互に提示するだけに留まっているが、画像の色を変化させる、動きをつけるなどの操作を行うことによって、より積極的に眼球運

動を操作することで選択の制御が可能になるのではないか。また、眼球運動について生態心理学的な観点からの検討ができるのではないか。(回答)本研究においては選択行動の制御に関して十分な成果が得られなかったため、頂いたアイデアも含めて今後の研究に活かしていきたい。また、生態心理学的な観点も含め、消費者行動研究などへの応用を積極的に考えていきたい。

- (5) 実験では2つの選択肢が同時に提示される一対比較場面に限定されており、選択肢が1つずつ継時的に提示される場合や、評定値を用いた判断など、異なる選択課題における結果との比較や検討を行うべきではないか。(回答)選択行動は選択肢同士の相対的な比較によって行われていると考えられるため、本研究では最も単純な場面として2選択肢の選択に限定して実験を行った。また、眼球運動データの分析においても同時提示された際の相対的な指標を主に使用した。他の選択課題との比較は以前から関心を持っているテーマであり、今後行っていきたいと考えている。
- (6) 公開審査会では、時間の都合上、検討が出来なかったが、他には次のような疑問も出された。用いられたロジスティック回帰分析は、最終的な選択行動を予測するのに、先行する眼球運動計測の全データを用いて、有意な変数を探し出している。このような場合、過剰適合や過学習の問題は起こらないのだろうか。訓練用データと確認用データを分けてその予測の精度を検討すべきではないか。(回答)全被験者のデータを用いて得られた予測モデルについて、被験者ごとの予測精度を確認したが、風景写真の場合においては1名を除きいずれの被験者に対してもチャンスレベルより高い傾向がみられた。ただ、過剰適合が生じている可能性は否定できないため、訓練用データと確認用データを分けた検討についても行う必要があると考えられる。

以上の問題点は、著者の活動する研究領域での特徴に依存したものや、今回の研究が引き金となって新たに見出されたもの、また実験参加者を多数必要とし現段階の装置では限界があるものなど、今後の研究の一層の展開に期待が寄せられるものであった。こうした点から、これらの問題点を含め著者の提示した研究は、今後の眼球運動と選択行動との関連を探る研究の新しい可能性を提示していると言える。

以上の議論に基づき、審査者一同は本論文が博士(心理学)学位を授与するに値するものと判断する。