

視線計測による興味推定を用いた 優柔不断な選択者を後押しするシステムの提案

小松原 達哉[†] 中村 聡史[‡]

[†] [‡] 明治大学総合数理学部 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

E-mail: [†] ev180596@meiji.ac.jp, [‡] satoshi@snakamura.org

あらまし 人生の中で選択を行う機会は無数にある。その選択行動において、選択後に他の候補を選択すればよかつたと後悔することを想像し、優柔不断になってしまうことがある。ここで、視線はその選択者の興味に基づいて動くことがわかっており、選択において優柔不断な状態になることを解消するために、我々は選択者の視線運動に着目した。本研究では、選択者の選択行動中の視線運動をアイトラッキングデバイスにより取得し、注視していた選択候補についてフィードバックし推薦をすることによって、選択決定を促す手法を提案する。また、実際にシステムを開発し、実験によってその有用性について検討した。その結果、実際にユーザの選択を後押しできる可能性が示唆された。

キーワード 選択支援, アイトラッキング, 優柔不断, 視線, 注視

1. はじめに

人々は日常生活において様々な場面で選択を行っている。具体的には、一日のスケジュールリング、自分の欲しい商品の購入、進学先や就職先を決めるといった進路決定など、様々なシチュエーションが存在する。

このような選択を迫られる場面において、判断がなかなか出来ずに迷ってしまう優柔不断な状態に陥ってしまうことがある。この原因として、選択した後に後悔することを想像して、不安を抱えてしまうことが挙げられる[1][2][3]。この不安を解消する方法の一つとして、人は選択をする際にその選択候補に関する多くの情報について収集を行い、吟味することがわかっている[4][5]。例えば、ある商品を購入する際にその商品群の値段や見た目、機能等の商品に関する情報を収集し、それを比較検討したうえで購入する商品を決定する。様々な情報を考慮して最適な選択をしたいと考えることは選択候補への理解を深め、後悔を防ぐことにつながる。

しかし選択候補の数が多い場合には、選択候補について調べているうちに、その選択候補に関する情報が膨大になってしまう。その結果として、見つけられた膨大な量の情報をうまく処理できず、どの選択候補にするか決め手に欠けることになってしまう。このようにして過度に悩みすぎて余計に時間を使ってしまうことで、選択者の疲労感や選択後の満足度の低下を招く可能性があるとし唆されている[6][7]。つまり、選択において悩ませすぎないことが重要であり、何らかの方法で選択の悩みを低減させる必要がある。

そこで我々は、優柔不断で選択行動においてなかなか決断ができない人（選択者）に対して、システムが選択肢の中から「これを選んで？」と後押しをし、

選択の悩みを解決することを目指す。ここで、ランダムに選択肢を選択者に提示するだけでは効果がなく、ある程度選択者が納得するものを候補として提示する必要があると考えられる。

ここで、選択行動の結果には、選択者の自然な視線運動が大きく関わっていることがわかっている[8][9][10]。Shimojo らは、人は複数の刺激から選択行動を行う際に、他の刺激よりも最終的に選択する刺激についての注視時間が長くなることを示し、これを視線のカスケード効果と呼んでいる[11]。この視線の特徴的な運動を利用して選択者の選択肢に対する興味を推定し、「これを選んで？」と候補として提示することはそれなりに納得感が高いものではと考えられる。具体的には、実際にパンフレットやカタログといった資料を用いた意思決定において、ユーザが装着したメガネ型視線検出装置を用いてユーザが興味を持っていると考えられる候補を推定する。ここで、ユーザの思考時間が長い場合は、そのユーザ自身が優柔不断な状態になっていると判断し、システム側からユーザに対して推定された選択候補の推薦を行うことによってユーザの選択を促す。また、実際に選択を行う実験を実施し、提案システムを用いることでシステムが選択の後押しとなって選択への満足度を向上させることができるか検証する。

2. 関連研究

2.1. 優柔不断に関する研究

人が選択をしかねる、優柔不断な状況における心理についての研究は様々ある。Rassin ら[17]は優柔不断のモデルについて研究し、優柔不断な人の選択では決断力のある人と比べて、決定する前に多くの情報を求

めることがわかっている。Jeong ら[18]は、慢性的に優柔不断な消費者について、それ以外の人との違いを多様性の面から明らかにした。また三浦[19]は、アンケートによって人の不決断傾向と幸福度について調査した結果、それらに有意な負の相関が見られた。本研究は、適切な外的要因を提示することで、このような優柔不断状態を解決することが目的であり、これによりユーザの満足度の低下を防ぐことに寄与すると考えられる。

また Luviya ら[20]は 2 つの回帰アルゴリズムとアイトラッキングによる視線データを用いることで決断力のある人と優柔不断な人を区別することを可能としている。Patalano ら[21]は意思決定を行う情報検索タスクにて、優柔不断な人と決断力のある人の相違点として優柔不断な人が最終的に選択する選択肢についてより多く注視していることを明らかにしている。これらのことより、優柔不断な人の視線は特徴的であるため、視線計測から適切なフィードバックを行うことの実現性が高いと考えられる。

2.2. 嗜好と視線の関係性に関する研究

加藤ら[13]はスマートフォンで Web ブラウザを見ているユーザの興味度合いについて、スワイプ平均速度や注視時間において、強い相関があることを明らかにしている。大野[14]は Web ブラウザにおける閲覧者の情報選択行動と視線についてその関係性を調査し、閲覧者が領域について注視する際に 200ms から 500ms 程度の時間を要することを明らかにしている。また、Lohse[15]は広告と消費者の情報処理行動について、選択された広告は消費者に見られた時間が 54%長くなったことを明らかにしている。また Saito ら[22]は、2 着のサッカーのユニフォームについて選択する最中に視線の誘導を行うことで、その誘導された選択候補について好意を持つことがわかっている。

これらのことより、選択肢に優柔不断な人に対して、その視線データから最もよく見られていた選択候補がわかれば、それがその人にとっての嗜好の対象であると考えられる。それにより、推薦によってより注視時間を長くすることができれば、選択への後押しができると考える。本研究では、これらの研究のように注視している視線情報をユーザの嗜好の対象とみなし、推薦することでユーザの優柔不断状態を解決する。

2.3. 視線運動を用いた選択支援に関する研究

田川ら[23]は 2 択の商品選択において視線計測と選択結果に関する研究を行い、実際に選ばれた商品について注視される時間が長かったことを明らかにしている。Bee ら[24]は画面に表示された商品に関する 2 択の設問において、回答するユーザの眼球運動データを取得し、そのデータから選択肢におけるユーザの視覚的嗜好を推定するシステムを開発した。実際に視覚的

嗜好を推定する実験を行い、精度は 81%と高い結果であった。これにより選択時の視線運動を基にした嗜好推定の可能性について明らかにしている。しかし、これらの研究では選択肢が 2 択の状況での計測だったため、限られた選択状況でのみ有用である。本研究では、より日常生活に適したシステムの開発を目的とし、一度に多くの選択候補を閲覧する設計での調査を行う。

また落合ら[25]は VR 環境のネットショッピングにおいて、ヘッドマウントディスプレイによって視線情報を取得し、その情報からユーザの興味に沿った商品を推薦するシステムを開発した。その結果、決定までの時間が短いユーザには目新しい商品を、決定までの時間が長いユーザにはその興味にあった商品を推薦することが可能であったことを明らかにしている。このように実際の購入シーンでの視線情報に基づいた推薦がユーザの選択行動に対して良い影響を与える可能性が示されているが、落合らの実験は VR 環境上での実施だったため、現実の環境での行われる場合の効果については明らかにされていない。本研究では現実の環境で資料を手にした状態で見ている際の選択について、視線情報をもとにした推薦の効果を明らかにする。

3. 提案手法

本研究では、あるユーザが料理のメニューで何を食べるかを選択する状況や、旅行のパンフレットからどこに行くかなどについて選択する状況において、優柔不断になってしまい選択できない状態を打開することを目指す。ここでは、その優柔不断な状態の打開のため、ユーザが何に悩んでいるかを推定し、後押しをすることで解決を図る手法を提案する。

ここで、後押しのためにはそのユーザが決めかねている状態の選択候補について推定する必要がある。複数の選択候補がある場合に、ユーザは視線を様々に動かすと考えられるため、我々はユーザの選択中の視線の運動について着目する。

ユーザの選択中の視線運動から視線の先にある選択候補を認識するためには、選択中にユーザが何を見ているかをリアルタイムに推定し、また推薦候補を選定していく必要がある。こうした何を見ているのかを推定するため、本提案手法では、ユーザが装着するメガネ型デバイスを用いて、何を注視しているのかをリアルタイムに取得する。また、その注視結果から、ユーザが選択に悩んでいること、またどの選択候補に対して興味をもっているかを推定し、そして「悩んでいるくらいならこれを選んで？」とユーザに対して推薦し、ユーザの選択行動を後押しする (図 1)。



図1 提案手法イメージ図

4. 実装

4.1. 視線データ計測

本研究では、選択者の視線運動を選択中に計測する必要があるため、アイトラッキングデバイスの使用が不可欠である。現在、アイトラッキングデバイスにはパソコンに付属されたものや、薄型のカメラなど様々な形式のものがある。しかし、現実の環境で手元にある資料を閲覧中に視線計測をするには、カメラが選択者から離れた場所にあると手にした資料などによって眼が遮られる可能性があるため、装着することによって視線計測ができるメガネ型デバイスを使用するのが現状適切であると考えられる。そこで、視線情報の取得と視野映像の取得には Tobii Pro Glasses 3[26]を用いる。Tobii Pro Glasses 3 は高精度な視線取得を可能とするメガネ型ウェアラブルアイトラッキングデバイスであり、アイカメラによってユーザの眼球運動に関する情報の計測を、シーンカメラによってユーザの視野環境を縦 1920px、横 1080px の画質で撮影可能である。

本システムでは、ユーザの視線の先にある選択候補の分析をするため、シーンカメラで得られた視野環境の画像から、計測によって得られた視線の座標を中心として縦 200px、横 150px を切り出し、これをもとに候補の推定を行う。この大きさは後述するメニューを手元で見た時にそれぞれの項目の領域が範囲内に収まるように設計した。

4.2. 選択候補の認識

提案手法ではリアルタイムでの推薦を目的としているため、画像認識による推定もその工程の中で行う必要がある。そのため、本研究では機械学習を用いて、視線をもとに切り出された画像を分析することで、視線の先にある選択候補を推定する。

本システムにおいて、視線の先にある選択候補の判別には Google の提供する機械学習モデルを作成できるウェブツール Teachable Machine[27]を用いた。Teachable Machine にあらかじめアイトラッキングデバ



図2 学習用画像の例

イスのカメラで撮影された画像データ(図2)を候補ごとに20枚程度学習させ、リアルタイムで得られた視線映像について画像との一致度合いが計測される仕組みとなっている。これにより、選択者が現在何を見ているかを推定し記録することができる。なお、この画像認識はシステムの処理速度の都合により1秒間に4回行われるようになっている。

4.3. 推薦する候補の提示

以上で得られたデータをもとにユーザへの推薦を行う。本システムでは選択中にユーザが最もよく見ていた対象を推薦候補とする。そのため、4.2節での認識の結果をもとに、選択候補毎の視線停留時間の合計を求め、その時間が最も長かったものを推薦項目とする。ここで、ユーザの選択中は、ユーザの視線はメニュー上に釘付けとなっている。そのため、ユーザの注意をひくため、音声を用いて画面への視線誘導を図ったうえで、選択候補の提示を行う。

4.4. 実験システム

本研究では実際に提案手法を搭載したシステムを実装し、実際に選択する場面を想定して3章で述べた「システムがユーザの選択行動において決定する理由の後押しとなり、決定までの思考時間の短縮及び、決定に対する満足度を高めることができる」という仮説を検証する。そのためユーザ(実験協力者)の視線情報を取得し、その視線の先にある選択候補の認識と、認識した選択候補をどれだけ注視しているかをリアルタイムで分析を行うシステムとして開発を行った。具体的には、実験協力者の視線データとその分析、録画の収集とリアルタイムでの選択支援を行うWebシステムであり、JavaScriptで実装を行った。システムの概要を図4に示す。

システムの実行画面を図3に示す。実験開始前に中央部のテキストボックスに実験協力者の氏名を入力し、STARTボタンによって視線情報の計測が開始される。また選択を決定する際には、その左下のプルダウンリストから選択する候補に対応した番号を選び、その横の「決定する!」と書かれたボタンを押すことで計測が終了する。計測終了時には実験協力者の氏名、視線データ、Teachable Machineによって分析された注視し



図3 システム画面

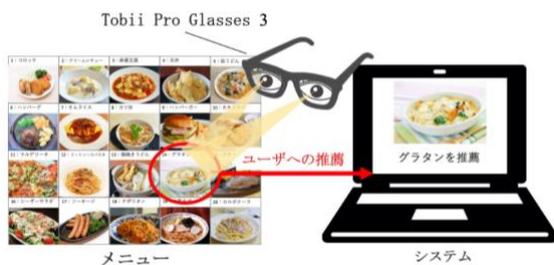


図4 システム概要図



図5 システムによる推薦が行われた画面

ていた候補の認識結果とその結果の信頼度 ($0 < 1$)、計測時間、最終的に選択した候補、推薦された候補について記録された csv ファイルを出力するようにした。また、計測開始から一定の時間が経過した時に、それぞれの時間までに注視されていた選択候補のデータから最も長い時間見られていた選択候補について解析し、その候補についてアラート音を鳴らすとともに図5のように表示、推薦する。

5. 実験

ここではまず、「システムがユーザの選択行動において決定する理由の後押しとなり、決定までの思考時間の短縮及び、決定に対する満足度を高めることができる」と仮説を立て、提案手法によってユーザがどのように選択を行うかを明らかにするため、システムを使用した状態で選択行動をしてもらう実験を行う。具体的には、計測された視線運動のデータとユーザの観察している環境を取得できるカメラの情報をもとに選択行動中にユーザが観察している選択候補を記録していく。そしてユーザの思考時間が長くなった時に、記録されたデータからユーザが時間内に最も長く見ていた選択候補を解析し、その候補についての推薦を行うことでユーザの選択行動を後押しする。

5.1. 実験設計

本研究は優柔不断な状況の解消を目的としており、

システムの有用性を検証するには、実験を行う環境を実際に優柔不断になりやすい状況を再現する必要がある。そこで選択を行う条件と、それぞれの条件における選択候補を20種類選定し表記したメニューをそれぞれ用意した。条件については全て考慮する点が多かつ複雑にならないように現実的なものを選定した。実際に実験協力者に提示した条件を表1に示す。実際に使用した食べ物選択のメニューを図6に示す。

また、今回の実験ではシステムによる推薦を計測開始から1分と3分の時点で行われるようにした。これは、著者が事前に行った同条件の選択を行ったところ、1分経過時点での推薦がタイミングとして適していると考え、さらに長い時間まで悩んだユーザへの推薦の影響がなくなることを懸念し、この時間設定とした。また、本研究では優柔不断な状態のユーザを対象としているため、最初の推薦がされる1分が経過する前の決定も可能とし、それらを後に推薦なし施行とした。

5.2. 実験手順

本研究で行った実験は、実験協力者が Tobii Pro Glasses 3 を着用した状態で、表1に記した指定の各条件下の状況にあるという設定で、システムを4.4章に述べた方法で使用しながら印刷された各種メニューについて閲覧してもらい、20個の選択候補の中から選択する。実験の様子を図9に示す。また、それぞれの試行の後に行った選択に関するアンケートを行った。アンケートでの設問は以下の通りである。

表1 条件とメニューのパターン

メニュー	条件
観光地	SNSで知り合った同世代・同性のアメリカ人が、コロナ禍が収束したあとに1人で日本へ旅行する計画を立てています。彼（彼女）はまだ日本を訪れたことがなく、行ってみたい場所が多すぎて悩んでいるそうです。あなたは、彼（彼女）から行きたい場所の候補を20箇所提示されこの中から1番おすすめの場所を教えてください、と頼まれました。あなたならどの候補をおすすめしますか？また、その理由についても考えてください。
食べ物	あなたは大学で5限の授業を受けています。授業が終わると、一緒に講義を受けていた特に仲が良い同級生の友人2名に食事に誘われファミリーレストランで夕食をとることになりました。ファミリーレストランのメニューには20品の料理の画像が並んでおり、その中から1つ注文しようと考えています。あなたはどの料理を選択しますか？また、その理由についても考えてください。
年賀状	元旦に、中学時代の友人から年賀状が送られてきました。その友人から年賀状を貰うのは数年ぶり、年賀状には数年の近況が書かれておりその返事として年賀状をこちらからも送ろうと考えています。しかし、家に年賀状がなかったので、市販のものを買ってきたところ20種類の年賀状が販売されていました。あなたはどのデザインの年賀状を購入しますか？また、その理由についても考えてください。



図6 食べ物のメニュー

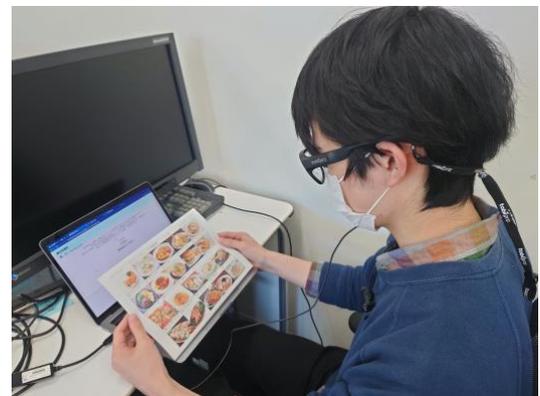


図7 実験の様子

- Q1. 今回選択した項目について教えてください。
 - Q2. 決定した理由を教えてください。
 - Q3. 推薦された候補についてどう思っていましたか。
 - Q4. 1つに決定する直前の時点で考えていた選択候補について教えてください。
 - Q5. 選択候補の中で特に知っていたものはありますか。(調べたことがあった。高頻度で目にしたことがある。等)
 - Q6. システムによる推薦のタイミングについてどのように感じましたか。
 - Q7. 決定に対する満足度を教えてください。(1<5)
 - Q8. その他感想があれば教えてください。
- この設問のうち、Q3、Q6、Q7については5段階のリッカート尺度、Q2、Q8に関しては自由記述、Q4、Q5に関しては複数回答可能な選択式で回答してもらった。また、実験終了後に実験協力者に対して、「あなたは自分を優柔不断（物事の判断がなかなかできず、迷ってしまう）だと思いますか。」という設問を追加を行い、これも5段階のリッカート尺度で1をそう思わない、5をとともそう思うとし、回答してもらい、それを各実験協力者の優柔不断度とする。

また、実験中のそれぞれの選択試行において計測開始までのセットアップは実験監督者が、名前を入力と選択の決定、アンケートへの回答は実験協力者がその操作を行うようにした。

5.3. 結果

実験協力者は大学生12名（男性10名、女性2名）を対象に実験を行った。全員に対して観光地、食べ物、年賀状のデータが得られ、計36試行分のデータを収集した。そのうち各条件の推薦の有無について表2に示す。システムの推薦が行われた後に決定した21試行のうち、選択者が決定した候補とシステムによって推薦された候補が一致していた試行は6試行、決定した選択候補と推薦された候補が不一致だった試行は15試行だった。また、システムの推薦なしに決定された試行が15試行だった。また、アンケートにおいてQ3、Q6、Q7の回答をそれぞれ図8、図9、図10に記す。全試行についての選択者の優柔不断度と満足度について図11に表す。

6. 考察

システムによって推薦されたものと同じ選択候補

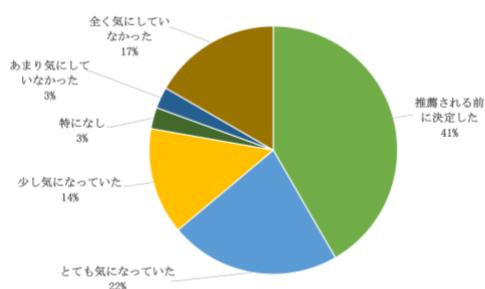


図 8 Q3 についての回答

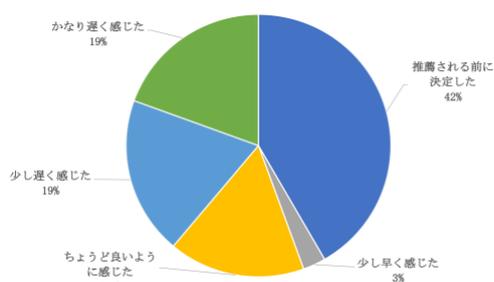


図 9 Q6 について回答

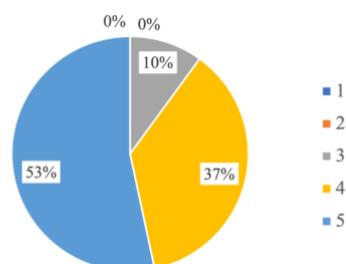


図 10 Q7 の回答数

表 2 各条件の推薦前に決定された試行と推薦後に決定された試行の回数

	推薦後	推薦前
観光地	6	6
食べ物	8	4
年賀状	7	5
全体	21	15

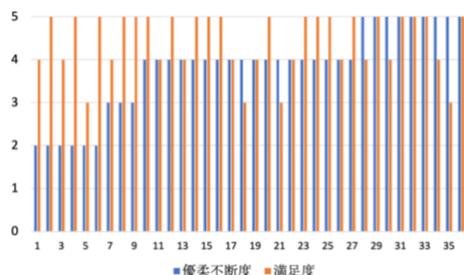


図 11 各試行の優柔不断度と満足度

表 3 推薦パターンごとの推薦後の決定までにかかった時間

	平均選択時間 (秒)
推薦決定群	11.50
認識失敗群	19.25
推薦回避群	13.57
全体	15.14

表 4 推薦パターンごとの決定への満足度

	平均満足度 (1<5)
推薦決定群	4.67
認識失敗群	3.88
推薦回避群	4.14

表 5 推薦前決定と推薦後決定それぞれの優柔普段度

	平均優柔不断度 (1<5)
推薦前決定	4.07
認識後決定	3.67

で決定した試行の割合は 21 件中 6 件と高くない数値であった。しかし、それらの試行のアンケート結果において「10 番が良さそうと思ってたところに、それが提案されて後押しされたから。」や「来年の干支は寅だからとりあえず寅の絵柄をプリントされていれなんでも良いなと思い、おすすめされるのを待っていた。」といった回答が見られた。このことから、システムの推薦によって選択の後押しは可能であると考えられる。

一方で、その他の推薦によって提示された候補とは別の候補に決定した試行 15 件について、推薦がうまくいかなかった原因について明らかにするため、Q3 に対する回答で、推薦された候補について「全く気にしていなかった」「あまり気にしていなかった」「特になし」といった回答が得られた 8 試行の録画データを確認した。その結果より、それらの試行において、選択者がある候補について注視しているのに、システムが認識を失敗していたことで異なる候補についてよく見ていたと認識され、適切な推薦が行われていなかったことがわかった。録画データにおいて、システム上で決定するためにパソコンを操作する際の選択者の視線は操作している先を見ていたため、アイトラッキングデバイスで計測されたデータの誤りではないと考える。

また、これらの試行ではアンケートの Q4 においても、システムの認識結果とは異なった候補について気になっていたことがわかった。

そこで、システムの認識が失敗した 8 試行を認識失敗群、推薦された候補について決定した 6 試行を推薦決定群、推薦された候補について関心があり、認識の失敗もなかったが推薦された候補を選択しなかった試行を推薦回避群として推薦と選択結果の関係をパターンごとに分類し、各パターンについて分析を行った。推薦が行われた 1 分経過時から決定までにかかった時間の平均をパターンごとに分類したものを表 3 に示す。この表より、推薦決定群は認識失敗群より 8 秒ほど早く、認識失敗群は全体の平均よりも長く時間をかけて選択していることがわかる。このことから、推薦による後押しで選択にかかる時間を短縮できたと考えられる。また、適切でない推薦が行われることで選択者を余計に混乱させてしまう可能性があり、これを防ぐために推薦する候補を適切な手段で推定することが重要であると考えられる。次に、Q7 で尋ねた満足度についてそれぞれの推薦パターンごとに分類した結果を表 4 に示す。推薦決定群の満足度は一番高い結果となった。このことより、推薦によって選択者にとって満足感を高めることができると言える。

実験終了後に行った、あなたは自分を優柔不断だと思いますか。という設問に対しては、図 11 の項目についての相関係数は 0.02 であり相関は見られなかった。また、推薦前決定と推薦後決定それぞれについてそれぞれの選択者がどれだけ優柔不断であるかを表 5 に示す。推薦前の比較的早いタイミングで決定された試行は平均優柔不断度が高い結果となった。これは日常的な選択では悩むような選択者でも、今回の実験に用いた選択肢では決定することができたと言ったような条件による影響が考えられる。

7. おわりに

本研究では実際にパンフレットやカタログといった資料を用いた選択行動において、ユーザの注視領域からユーザが資料上で注目している選択候補を推定し、思考時間が長引いた際にユーザに推定候補をフィードバックすることによるユーザの選択行動への影響について調査した。その結果、システムによる推薦が選択者の決定理由として選択を後押しする可能性が示唆された。

今後の展望としては、システムを使用しない場合の選択と比較する実験を行い、システムの有用性について検証していきたい。システムの設計については、今回の実験で見られたような選択者の気にしていなかった候補を認識し推定しないように、推薦のための基準

を改めて考え直す必要があると考える。視線の停留や瞳孔の大きさなど、人の興味と関係性のある眼の様々な情報を基に再構成することを予定している。実験設計については、今回の選択実験では 1 分前後での時間で決定が行われたが、より長い時間で考えさせるような条件での実験によってシステムがどれだけ選択時間に影響を及ぼすことができるかについても検証していきたい。そのために、実際に行われる選択のように選択結果が選択者に影響を及ぼすような実験設計によって、より日常的な選択に近い状態での後押しの可能性について検証する。

参考文献

- [1] 齋藤聖子, 緑川晶. 優柔不断な人に対するイメージの抽出. 日本心理学会大会発表論文集, 2013, vol. 77, p. 77.
- [2] 上市秀雄, 楠見孝. 後悔がリスク志向・回避行動における意思決定に及ぼす影響: 感情・パーソナリティ・認知要因のプロセスモデル. 認知科学, 2000, vol. 7, no. 2, pp. 139-151.
- [3] 上市秀雄, 楠見孝. 後悔の時間的变化と対処方法. 心理学研究, 2004, vol. 74, no. 6, pp. 487-495.
- [4] Iyengar, S. S. and Leeper, M. R.. When Choice is Demotivating: Can One Desire Too Much of a Good Thing. *Personality processes and individual differences*, 2000, vol. 79, no. 6, pp. 995-1006.
- [5] Bell, D. E.. Regret in Decision Making under Uncertainty. 1982.
- [6] Frost, R. O. and Shows, D. L.. The nature and measurement of compulsive indecisiveness. *Behavior Research and Therapy*, 1993, vol. 31, no. 7, pp. 683-692.
- [7] Rassin, E. and Muris, P.. Indecisiveness and the interpretation of ambiguous situations. *Personality and Individual Differences*, 2005, vol. 39, no. 7, pp. 1285-1291.
- [8] Smith, S.M. and Krajbich, I.. Gaze Amplifies Value in Decision Making. *Psychological Science*, 2019, pp. 116-128.
- [9] Thomas, A. W., Molter, F., Krajbich, I., Hecker, H. R. and Mohr, P. N. C.. Gaze bias differences capture individual choice behavior. *Nature Human Behavior*, 2019, vol. 3, pp. 625-635.
- [10] 大野健彦. 視線から何がわかるか. 認知科学, 2002, vol. 9, issue. 4, pp. 565-579.
- [11] Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E. and Scheier, C.. Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience* 6, 2013, pp. 1317-1322.
- [12] 下西慶, 川嶋宏彰, 石川恵理奈, 松山隆司. 対話的意思決定支援システムのための視線運動を用いた興味変化推定. 人工知能学会全国大会論文集, 2016.
- [13] 加藤勇太, 岩本健嗣, 松本三千人. タッチ操作ログを用いた Web コンテンツ閲覧時における興味度合い推定の研究. 情報処理学会論文誌, 2018, vol. 59, no. 2, pp. 508-518.
- [14] 大野健彦. Web 画面における情報選択行動と視線の関係. 映像情報メディア学会技術報告, 2000, vol. 24, no. 38, pp. 31-36.

- [15] Lohse, G. L.. Consumer Eye Movement Patterns on Yellow Pages Advertising. 1997, vol. 26, pp. 61-73.
- [16] Saito, T., Nouchi, R., Kinjo, H. and Kawashima, R.. Gaze Bias in Preference Judgments by Younger and Older Adults. *frontiers in aging Neuroscience*. 2017, vol. 3, pp. 625-635
- [17] Rassin, E.. A psychological theory of indecisiveness. *Netherlands journal of psychology*, 2007, vol. 63, pp. 2-13.
- [18] Jeong, H. G. and Drolet, A.. Variety-seeking as an emotional coping strategy for chronically indecisive consumers. *Marketing letters*, vol. 27, pp. 55-62.
- [19] 三浦大志. 決められないと不幸になる？ 優柔不断と幸福度の関連. 日本心理学会大会発表論文集, 2017, vol. 81, p. 45.
- [20] Luviya, Y. L., Merad, D. D., Paris, S., Draï-Zerbib, V., Baccino, T. and Fertil, B.. A regression-based method for the prediction of the indecisiveness degree through eye movement patterns. *ETSA '13: Proceedings of the 2013 Conference on Eye Tracking South Africa August 2013*, 2013, pp. 32-38.
- [21] Patalano, A. L., Juhasz, B. J. and Dicke, J.. The relationship between indecisiveness and eye movement patterns in a decision making informational search task. *Journal of Behavioral decision making*, 2009, vol. 23, no. 4, pp.353-368.
- [22] Saito, Y., Uchida, S., Yabe, Y. and Miyazaki, M.. The Effect of Gaze Manipulation on Preference Decisions: A Study of Football Shirt Evaluation. *International Journal of Sport and Health Science*, 2017, vol. 15, pp. 1-5.
- [23] 田川遼介, 加藤俊一, 数藤恭子, 谷口行信. 視線計測を用いた注視時間に基づく商品の購買決定要因の推定. *エンタテインメントコンピューティング研究報告*. 2014, vol. 2014-EC-31, no. 9, pp. 1-4.
- [24] Bee, N., Prendinger, H., Andre, E. and Ishizuka, M.. Automatic preference detection by analyzing the gaze 'Cascade Effect'. *COGAIN 2006: Gazing into the Future*. 2006.
- [25] 落合拓朗, 藤田智, 益子宗, 星野准一. 視線情報に基づいた嗜好分析から商品推薦を行う VR ショッピングシステム. *ヒューマンコンピュータインタラクション*. 2019, vol. 2019-HCI-184, no. 3, p. 1-7.
- [26] Tobii Pro Glasses 3, <https://www.tobii.com/ja/product-listing/tobii-pro-glasses3/>, (参照 2021-12-23).
- [27] Teachable Machine, <https://teachablemachine.withgoogle.com/>,(参照 2021-12-23).