

明治大学大学院

2023年度 修士論文

論文題名 優柔不断なユーザ向けの視線情報を用いた

意思決定促進手法と選択タスクの設計に関する研究

先端数理科学研究科 先端メディアサイエンス専攻

指導教員名 中村 聡 史

本人氏名 小松原 達哉

2023 年度 修士学位請求論文

優柔不断なユーザ向けの  
視線情報を用いた意思決定促進手法と  
選択タスクの設計に関する研究

明治大学大学院先端数理科学研究科

先端メディアサイエンス専攻

小松原 達哉

Master's Thesis

Research on Decision Support Methods Using  
Eye-Tracking Data and Task Generation  
Techniques in Decision-Making Experiment

Frontier Media Science Program,

Graduate School of Advanced Mathematical Sciences,

Meiji University

Tatsuya Komatsubara

## 概要

人々はレストランで注文する料理を選んだり、将来的な進路を選んだりと日常的に様々な場面で選択を行っている。そういった選択の状況において、自信を持って効率的に意思決定ができない優柔不断な状態に陥ってしまうことがある。そのような優柔不断な状態では選択一つ一つに通常より長い時間をかけてしまうことや、選択後の満足度が低下する可能性があるなどの悪影響が引き起こされる。

ここで、優柔不断な人であっても第三者によるアドバイスに同調することで意思決定を円滑に行えることがある。このような体験をベースとして、常に優柔不断なユーザに同行でき、「これを選んではいか？」とユーザの興味を反映した提示を行うことで、ユーザはその提示に同調し、その意思決定を後押できるのではないかと仮説を立てる。ここで、ユーザの興味を反映するために検出する手段として視線運動を用いる。視線運動はその個人の潜在的な興味や関心を表す特性があり、選択中の視線運動を分析することで興味を持っている選択肢の判定が可能であると考えられる。

本論文ではメガネ型アイトラッキングデバイスを用いて、装着したユーザの視線運動を計測し、そこで撮影された映像をもとにどの選択肢を見ているかの検出をリアルタイムで行い、ユーザに対して最も注視していた選択肢を推薦するシステムを提案・実装した。また、このシステムによってユーザの意思決定を後押しできるかという点について検証した。

まず、本論文の提案システムについてプロトタイプを実装した。その実行が適切に行われるかについて、実装したシステムを用いて、自作した20択の選択肢を用いた選択実験を行い、検証した。その結果、システムによる選択肢の検出がうまくなされていない問題が見受けられた。しかし、それらに対してのユーザのフィードバックと適切に推薦されたユーザのフィードバックを比較したところ、適切に推薦されたユーザの方が選択にかかる時間が短縮され、選択結果に対しての満足度も向上した。

次に、同じプロトタイプシステムを用いて、実際に販売されているカタログギフトを用いた選択実験を行った。その結果、推薦の影響は見られにくかった。この理由として、カタログギフトの情報量が多量であったため推薦が中途半端なタイミングで行われ、推薦後も残りの選択肢を確認し、決定までにかかる時間が長くなってしまったことが考えられる。そこで視線運動のログをもとに推薦を行うべきタイミングについて考察を行った。

そして、それらの実験をもとにシステムの有用性を検証するための公正な実験設計についての検証を行い、プロトタイプシステムの改良、生成AIによる選択肢の生成、推薦の有無での条件分けによる比較といった条件のもと、選択実験による検証を行った。その結果、推薦が行われた試行では悩まなかったと答えるユーザが増加し、選択への達成感を感じているなどの影響がみられ、有効的な後押しが行えたことが示唆された。また、生成AIを用いて選択タスクを生成することで、これまでの選択実験において問題であった、選択肢情報の複雑性に関して調整を行いやすくなることなどの有用性がみられた。



## **Abstract**

People make choices in various situations daily, such as choosing what food to order at a restaurant or choosing a future career path. Within such situations, a state of indecision may arise, in which they are unable to make confident and efficient decisions. Such indecisiveness may prolong the selection time for each choice and potentially reduce the level of satisfaction with the choice made.

Even an indecisive person may be able to make a smooth decision by agreeing with the advice of a third party. Based on this experience, we hypothesize that a system that consistently accompanies an indecisive user and offers suggestions reflecting the user's interests, like "Why don't you choose this?", could encourage decision-making. We will use eye movement as a means of detecting the user's interest. Eye movement has the property of expressing the latent interest of the individual, and we believe that analyzing gaze movement during selection will enable us to determine which option the user is interested in.

In this paper, we propose and implement a system employing a glasses-type eye-tracking device to measure the user's gaze movements in real-time, identify which options are being observed, and present the most watched choice as a recommendation to the user struggling with decision-making. We also examined whether this system could effectively support the user's decision process.

First, we developed a prototype system, and an experimental trial involving 20 options was conducted to verify if it works properly. The results indicated some inaccuracies in the system's detection of choices. However, a comparison of user feedback from both accurately and inaccurately recommended trials revealed that those with precise recommendations experienced a reduction in decision time and an increase in satisfaction with their choices.

Furthermore, an experiment utilizing an actual catalog gift comprising 102 items was performed. As a result, there wasn't much effect in shortening the time of decision. The reason for this may be that since there were many options, it took time for the participants to review all the choices, causing the recommendation to come at an inappropriate time. Therefore, we examined the timing of recommendation based on eye movement logs.

Based on these experiments, we conducted a fair experimental design to verify the system's usefulness. This involved enhancements to the prototype system, AI-generated options, and comparisons with and without the system's interventions. The results indicated that in the trial with system assistance, users who responded that they did not have difficulty in selecting increased and gained a sense of accomplishment from making the choice, suggesting the effectiveness of the support. In addition, the use of a generative AI to generate choice tasks

has some useful features, such as making it easier to adjust to the complexity of the choice information, which has been a problem in previous choice experiments.

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1.	選択における優柔不断	1
1.2.	選択行動中の視線運動	1
1.3.	研究目的	2
1.4.	本稿の構成	2
第2章	関連研究	4
2.1.	選択行動と優柔不断	4
2.2.	選択と視線運動	5
2.3.	意思決定支援	6
2.4.	ウェアラブルアイトラッキングデバイスを用いた研究	7
第3章	提案手法	8
第4章	プロトタイプシステム	9
4.1.	視線データ計測	9
4.2.	選択肢の認識	9
4.3.	推薦の提示	10
4.4.	システム概要	10
第5章	プロトタイプシステムの検証	12
5.1.	実験概要	12
5.2.	実験手順	13
5.3.	結果	14
5.4.	考察	16
5.5.	限界	17
第6章	選択中のシステム使用有無による影響の検証	19
6.1.	実験概要	19
6.2.	実験手順	19
6.3.	結果	20
6.4.	考察	22
第7章	生成AIを用いた選択タスクの設計改良	25
7.1.	システムの有用性検証のための実験設計	25
7.2.	過去の実験における選択肢の改善点	25
7.3.	生成AIによる選択肢情報の生成	26
7.4.	選択肢情報生成	26

第8章	改良した実験設計による検証.....	29
8.1.	実験手順 .....	29
8.2.	実験システム .....	29
8.3.	結果.....	31
8.3.1.	選択タスク設計に関する結果と考察 .....	31
8.3.2.	システム運用に関する結果と考察.....	33
8.4.	悩ませる選択タスクの調査検討.....	36
第9章	提案システムの総合考察 .....	37
9.1.	総合考察 .....	37
9.2.	制約と今後の展望.....	37
第10章	まとめ .....	39

## 第1章       はじめに

### 1.1. 選択における優柔不断

選択は人々が日常生活をおくる中でさまざまな場面にて発生する。それは将来の進路を決めたり、住む家を決めたりといった人生にとって重要となるような大規模の選択から、レストランで注文する商品を決めたり、これから見る映画を決めたりといった日常的に頻出する小規模の選択まで様々な状況がある。

このような選択を行う状況において、人は優柔不断な状態になってしまうことがある。優柔不断とはその人が自信を持って、素早く効率的に意思決定ができない状態のことを指す[1]。優柔不断な状態は決定した後の後悔などを考慮し、不安を抱えてしまうことなどによって引き起こされる[2]。また、選択肢の数が多い場合は優柔不断な状態を引き起こしやすい。ここで、人は選択をする際にその選択候補に関する多くの情報を収集し、吟味することがわかっている[3]。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、機能などの商品に関する情報を収集し、それを比較検討した上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決定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、その選択候補に関する情報量が膨大になってしまう。そのため、収集し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よって優柔不断は引き起こされる[4]。

過去の研究[5]では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。これらのことから、日常の選択行動において優柔不断になってしまうことは、時間の浪費や選択結果への悪影響などの問題を引き起こすことが考えられる。そのため、本研究では優柔不断を解消し日常の選択行動を支援する手法について検討する。

ここで優柔不断な人であっても、選択中に一緒に考えてくれる友人や店員などの有識者によって「これを選んででは？」と促され、その意見に同調することでスムーズに意思決定できる場合がある。つまり、一緒に考える他者による促しが選択の悩みを打開できる可能性がある。しかし、日常的にそうしたことを促してくれる他者にサポートしてもらうことは難しい。そこで本研究では、優柔不断で選択行動においてなかなか意思決定ができない選択者に対して、常に同行するシステムが選択肢の中から選択者の潜在的な興味や関心を元に「これを選んででは？」と後押しをし、選択の悩みを解決する手法についての検討を行う。

### 1.2. 選択行動中の視線運動

ここで、選択行動の結果にはそれを行う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。特に最終的に決断された選択肢は選択者によって長く見られている

といった特徴が明らかになっている[6]. このことから, 選択行動において人は無意識に特徴的な視線運動を行っていることがわかる.

また, 近年ではアイトラッキングデバイスの技術的な進化により, 軽量化によって持ち運びや組み込みが容易になり, パソコンやスマートフォン, VRを使用中の視線の動きを容易に計測することが可能となった. これにより, 様々なシーンにおけるユーザの選択行動中の視線計測に関する研究が行われている[7]. それらの研究の結果によると様々なシーンや対象における選択においても, 決定した選択肢に関する興味度合いとその項目への注視時間の長さに関連があることがわかっている[8].

以上の文献より, 選択時における選択者の視線運動は選択者自身の興味や関心といった部分に潜在的に関わっていることがわかる. そのため, 選択中の視線情報に沿った内容で選択者に働きかけることで優柔不断な状態にある人に対して, 潜在的な興味を顕在化させることができる. またそのことが選択者の探索行動に影響を与えることができると考えられる. これらのことから, 日常的な選択行動を支援するにあたって, 視線情報を分析した結果を優柔不断な人に提示することで, 決定の後押しが可能になると考えられる. さらに, 持ち運び可能なアイトラッキングデバイスを用いることで様々な選択場面に対して適用可能な仕組みが実現できる.

### 1.3. 研究目的

本論文では日常的な選択での優柔不断を解消することを目的とする. そこで選択行動において優柔不断な状態にある人の視線情報から最も注視されている選択肢を測定することで, 優柔不断な状況においてもその人が潜在的に興味を持っている選択肢について明らかにすることが可能であると考えた. またその選択肢について推薦することが決定の後押しとなり, 優柔不断な状態の解消ができると期待される. そこで, メガネ型のアイトラッキングデバイスを用いてユーザに帯同しながらリアルタイムに視線情報を記録し, 優柔不断で決めあぐねている段階で最も注視されている選択肢を分析してユーザに提示し, 意思決定を後押しするシステムの提案をする.

本稿では実装した提案手法のプロトタイプシステムを用いて, 日常的な選択に近づけた状況設定での選択実験を行い, 選択結果やユーザのフィードバックを通して提案手法の有用性について検証する.

### 1.4. 本稿の構成

本稿は, 本章を含む全10章から構成される. まず本章で選択における優柔不断の問題性と, それを解決する手がかりとなる選択中の視線運動について述べた. 以降2章では本論文の関連研究について挙げ, その立ち位置を明確にする. 3章では本論文の提案手法について詳細に説明する. 4章では提案手法の評価実験を行うために初めに実装したプロトタイプシステムの仕組みについて述べる. 5章ではプロトタイプシステムを用いて, 本手法

におけるユーザに推薦する選択肢の妥当性について調査した実験について述べる。6章では本手法の有用性と応用性を調査するために行ったシステムの使用有無の比較実験について述べる。7章では5, 6章で行った実験の結果をもとに新たに生成 AI を用いた選択タスク設計について着目し, その生成結果について述べる。8章では改良した選択タスクを用いて行ったプロトタイプシステムの評価実験について述べる。9章では実験の総合的な結果をもとに提案システムの制約と今後の展望を述べる。最後の10章では本稿のまとめを行う。

## 第2章 関連研究

### 2.1. 選択行動と優柔不断

優柔不断という特性についてさまざまな研究がされている。Anderson[9]はなぜ意思決定において優柔不断になるのかという問題に焦点をあて、その主な構成要素として、費用対効果の概算、予想できるような後悔、選択場面の難しさなどを挙げている。Brooks[10]は、選択において決断がされにくい状況として、正当な決断を求められるとき、選択肢同士の魅力が似ているとき、検討すべき選択肢が多数あるときの3つを挙げている。Rassin[3]は優柔不断のモデルについて研究し、優柔不断な人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ていることがわかっている。Ferrariら[11]は、人によっては選択の難易度に関わらずほとんど全ての選択が困難に感じる場合があるとしている。Frostら[12]は人が優柔不断であるかどうかを判定する尺度を開発し、その度数が高い優柔不断な個人は日常生活や学業、社会などさまざまな場面での意思決定において問題を抱えており、その選択時間が長くなることを報告している。Yatesら[13]は日本人、中国人、アメリカ人で優柔不断特性についての文化間での差異を調査した結果、日本人は他の文化圏よりも大幅に優柔不断特性を持つ傾向が顕著であることを明らかにした。さらにこの特性が社会的な価値観や個人の徹底性といった部分から影響されている可能性を議論しており、この特性が個人の日常的な部分に根付いていると考えられる。これらの研究から、優柔不断な人は日常的に行われる選択に対しても多様に思考を張り巡らせているため、より長い時間を選択に使ってしまうと考えられる。

優柔不断であることはさまざまなデメリットを生み出している。Jeongら[14]は、慢性的な優柔不断特性がその人のネガティブな心境と関連していることを示唆しており、Rassinら[15]の研究では、優柔不断で悩みすぎてしまうことが、選択者の疲労感増加や、選択自体の満足度低下につながる要因となることが明らかにされている。Patalanoら[16]は、優柔不断な人がリスクに対してどう向き合っているかを研究している。その結果、決定を先延ばしにするにつれ選択肢がなくなっていくような場合においても優柔不断な人は悩み続けるケースが多くみられた。このことから、優柔不断な人は決定を先延ばしにすることによって起こるリスクを軽視している可能性があると報告している。これらのことから、優柔不断であることは、選択結果や自身の精神的な部分でネガティブな影響を引き起こすことがあるため、これらの影響を避けるために優柔不断を解消する手段が必要であると考えられる。

Liuら[17]はそのような優柔不断な人の情報探索行為に着目し、オンラインストアでの行動ログをもとにして顧客が優柔不断であるかどうかを自動的に判定するフレームワークを研究している。また、Patalanoら[18]は、選択中の視線運動について着目した結果、優柔不断な人の方が最終的に決定した選択肢について長い時間見ているということがわかった。Luviyaら[19]は、アイトラッキングで得られるデータを用いて決断力のある人と優柔不断



な人を判別する手法を提案している。これらの研究から、優柔不断な人は特徴のある選択行動を行っており、その中でも本論文では視線運動と注視について着目して、優柔不断を解消する手法を提案する。

## 2.2. 選択と視線運動

選択中の視線運動について調査を行った研究は他にも多く存在する。Shimojo ら[6]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している。この特徴は閉塞的な実験環境に限られたものではない。Lohse[20]は、商品の広告について表示された時に、購入者によって選ばれた方は選ばれていない方よりも 54%長い時間見られていたことを報告している。田川ら[21]は実験において 2 枚の T シャツから選択させる実験において、注視と選択結果についての検証を行った結果、注視をもとに選択結果の予想が 76%の精度で可能であると明らかにした。Saito ら[22]は実験において、2 着のユニフォームを選択する最中に視線を誘導させることによって、誘導された方の選択肢について好意を持つようになることがわかっている。また、加藤ら[23]はスマートフォンでの Web ブラウジング中という状況に着目し、視線運動やスワイプ操作と閲覧している記事への興味度合いの相関を検証した結果、スワイプ操作が遅いほど記事への興味が高く、注視時間の比率が高いほど記事への興味が高いという結果を報告している。これらの研究から、さまざまな対象や状況であっても選択中の視線運動とその選択結果には関係性があり、この情報をもとにして優柔不断を解消するシステムに応用することは可能であると考えられる。

前述したように視線情報は個人の意思決定に深く結びついている。その特性を利用してアイトラッキングデバイスによって得られた視線情報を応用してユーザの行動を支援する手法についての研究がされている。Mori ら[24]は、インターネットを介した情報検索支援として Web で観光に関する情報を閲覧中のユーザの視線運動をもとに、新しい検索キーワードの提示や興味のある項目を推定して関連情報を提示するシステムを提案している。Yamada ら[25]は、複数選択肢に回答する際の自信度合いについてユーザの視線運動データをもとに推定する手法を提案し、その精度は 90.1%を達成しており過去の推定手法と比べ高い精度であったことを報告している。またこの手法に関して、教育分野での生徒の理解度モニタリングなどの応用性についても述べている。Bee ら[26]は、2 択の選択設問において視線運動を計測することで、システムは 81%の確率で選択肢のどちらが選ばれるかを推定することに成功している。増田ら[27]は、商品選択時に生じた迷いに対して視線計測によって潜在的ニーズを明らかにして迷いを解消するシステムを開発した。その結果認識は 83.3%の確率で成功した。また、衣料品販売の実店舗での実証実験も行っており[28]、接客がスムーズに行えたことや、推薦された商品が実際に購入されたケースを報告している。これらの研究のように視線計測の結果をリアルタイムでユーザにフィードバックを行い、

支援を行う研究は多くある。本論文も選択行動中のユーザの視線運動から潜在的なニーズを探り出し、それを推薦として提示することで、意思決定を支援するものである。

### 2.3. 意思決定支援

意思決定中の悩みは広く問題視されており、意思決定支援に関する研究は数多く存在する。その中でも協調フィルタリング[29]やその他データを用いたアルゴリズム[30]によって推薦する選択肢を決めるようなものは多く存在する。しかし、これらは探索行動をベースにしてフィルタリングされるため、主にインターネット上でのショッピングや広告表示などで用いられる。本論文では日常での様々なシーンで扱えるシステムを目指すため、選択を行う状況をインターネット以外にも広げる。

また、意思決定支援システムに関してもさまざまな研究がされている。Li ら[31]は、推薦が行われることで消費者の購入意欲を 12.4%増加させることができたことを報告している。Dinter ら[32]は、研究に関する文献を検索する行為に対して意思決定支援システムを用いたところ、10%の作業負荷の軽減に成功し、エラー率も大きく低減することができたことを明らかにしている。このように数多くの選択肢から意思決定を行う場面において、意思決定支援システムを用いることでユーザの行動に影響を与えることができる。また、意思決定システムは様々な形で実用的なシステム化が目指されている。Carlisle ら[33]は、人々が食べたい食品を決定する際に、ユーザ評価や食品の健康情報などをもとにした食品推薦システムを提案している。Jaiswal ら[34]は、ウェブカメラを用いてユーザの探索行動中の視線や表情をキャプチャし、それによって感情や興味といったパラメータを取り入れることでより効果的な推薦を行う推薦システムについて提案している。落合ら[35]は、VR 上でのショッピングにおける意思決定においてユーザの視線運動や VR 上で商品モデルを手にとったログなどを用いてユーザの思考を分析し、商品推薦を行うシステムの開発をしている。しかしこれらの研究は、特定の選択肢でのみ扱えるパラメータを用いたり、ウェブカメラの前や VR 上といったユーザデータの取得可能な状況に限定されていたりと、特定のシチュエーションでのみ扱えるシステムが多い。本論文はシステムによって日常的な選択で優柔不断にならないようにユーザを支援するものである。

さらに、選択を支援するエージェントについてさまざまな研究がされている。Xiao ら[36]は商品推薦エージェントについて、オンラインでの選択行動においてユーザの好みに適応したオファーを提案することで、ユーザの意思決定労力を低減することを目的とするものであると述べている。松井ら[37]は、ユーザに対して信頼性や購買意欲を向上させるような商品推薦エージェントについて検証し、その設計について時間や技術的な制約に合わせて提示のしかたを変えることでより効果的な推薦が可能であると示している。本論文では日常的な選択に対してアドバイスを行うシステムとしてエージェントのようにユーザに推薦を行うことを目指す。

## 2.4. ウェアラブルアイトラッキングデバイスを用いた研究

2.2節で述べたようにアイトラッキングデバイスを用いた研究は多くあるが、2023年現在ではウェアラブル型の製品が数を増やしてきている。それによって、設置型のアイトラッカーでは計測できなかった環境での視線計測が可能となった。古市ら[38]は、待ち合わせにおいて相手を探索することの困難性に着目し、実際の探索中の視線ログを Tobii Pro Glasses 2 を用いて計測した。その結果、人の探索が得意でない人は人の顔をよく見ておらず、振り返り行動が多かったことを報告している。Li ら[39]は、ウェアラブルでの視線追跡によって電気技師の作業中の危険性について、専門家が探索時間やミスの検出率において優れたパフォーマンスを示したことを述べている。Murakami ら[40]は、人同士がすれ違う際の視線移動をウェアラブルアイトラッキングデバイスで計測することで人混みの中をすり抜ける人の行動について分析している。その結果対向方面の歩行者の不確実性のある動きに注目していることなどを明らかにしている。Gouら[41]は、ウェアラブルアイトラッキングデバイスを用いてバスケットボールのシュートにおける視線での狙いとゴール成功率の関係を分析している。その結果、経験豊富なプレイヤーはフープの前端を狙っていたのに対して、アマチュアのプレイヤーはフープの中央や後端を狙っており、その成功率に関して約 35%経験豊富なプレイヤーの方が高かったことを明らかにしている。これらの研究のようにウェアラブルであるメガネ型アイトラッキングデバイスを用いることで、様々な環境での視線計測が可能となっている。本論文も日常的な選択のシチュエーションに対応可能なシステムの開発を目指しており、これらの研究と同じようにメガネ型のウェアラブルアイトラッキングデバイスを用いる。

## 第3章 提案手法

本論文では、あるユーザの料理のメニューから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決定しきれない状態を打開することを目指す。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ユーザが装着するデバイスが推定し、「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することで、決定の後押しを行い問題の解決を図る手法を提案する（図1）。

提案手法で行う後押しのためにはシステムが自動的にそのユーザが決めかねている選択肢について推定する必要がある。そこで前述したように人の選択行動の結果はその選択過程の視線運動に関連していることに着目し、選択中の視線運動を計測した結果で最も注視されていた選択肢をユーザに提示する。そのためには日常的な選択の状況において視線運動を計測できる必要があるため、ウェアラブルのメガネ型アイトラッキングデバイスを使用して視線運動のデータを記録する。また、選択中にもっとも注視されていた選択肢を特定する必要があるため、アイトラッキングデバイスで選択中の視野映像を撮影し、そのデータを分析することでユーザがどの選択肢を見ているかについて計測することができると考える。ここで提案手法では、視野映像をフレームごとに画像にし、その画像群についてリアルタイムで教師なしの機械学習を行い、それぞれの画像の瞬間でどの選択肢を見ているか計測する。その計測結果からもっとも多く計測された選択肢について、その選択肢を推薦の対象としてユーザに提示する。

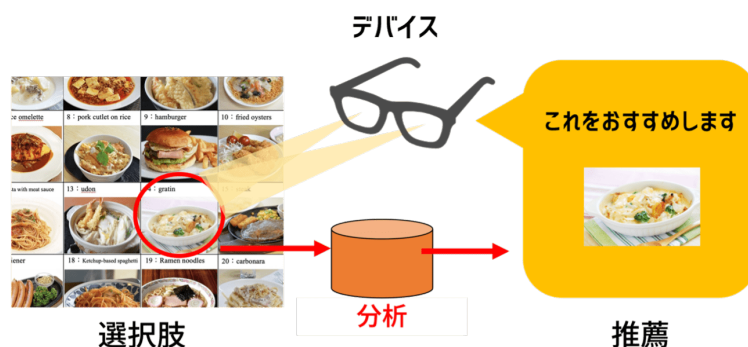


図1 提案手法イメージ図

## 第4章 プロトタイプシステム

### 4.1. 視線データ計測

本提案手法では、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物理的なメニューやパンフレット、商品陳列棚の商品を対象とし、視線計測をするには、装着可能したまま視線計測ができるメガネ型アイトラッキングデバイスを使用するのが現状適切である。そこで本論文では、視線情報の取得と視野映像の取得のため Tobii Pro Glasses 3[42]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る。レンズに埋め込まれた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が可能であり、計測した視線運動をリアルタイムでPCなどに送信することが可能である。また、フレームの外側に搭載されたシーンカメラによってユーザの視野環境について対角 106 度、水平 95 度、垂直 63 度の広さを縦 1920px、横 1080px の画質で撮影可能である。

### 4.2. 選択肢の認識

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、ユーザが何を見ているかをリアルタイムに認識し、推薦対象を推定する必要がある。そこでまず Tobii Pro Glasses 3の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、これをもとにユーザが視線を向けている対象の推定を行う。その後、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肢を推定する。

また、提案手法においては日常的な様々な場面での使用を考慮して、教師なしの機械学習による選択肢の認識が必要である。しかし、本研究において、後述するシステムの実証実験で用いる選択肢はあらかじめ設定されたものであり、また、教師なし機械学習の計算速度や精度を考慮し、プロトタイプシステムでは教師ありの機械学習を用いる。そこで、視線の先にある選択肢の判別には 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[43]を用いた。Teachable Machine にあらかじめアイトラッキングデバイスのカメラで撮影された画像データを選択肢ごとに 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 回程度行われるようになっている。

### 4.3. 推薦の提示

4.1 節および 4.2 節により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する選択肢とする。そのため、4.2 節での認識の結果をもとに選択肢毎に見ていたと認識された回数を求め、その回数が最も多かったものを推薦項目とし、画面上に提示した。ここで、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と考えられる。そこで推薦への注意を促すため、音声を用いてシステム画面への視線誘導を図ったうえで、選択肢の提示を行う。

### 4.4. システム概要

本論文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。そこでユーザ（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肢の認識と、認識した選択肢をどれだけ注視しているかをリアルタイムで分析するシステムを開発した。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、実装には JavaScript を使用した。システムの概要を図 2 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決定する選択肢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ていた選択肢



図 2 システム概要図

の認識結果とその結果の信頼度(0~1)、計測時間、最終的に選択した選択肢、推薦された対象を記録した 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肢のデータから最も長い時間見られ

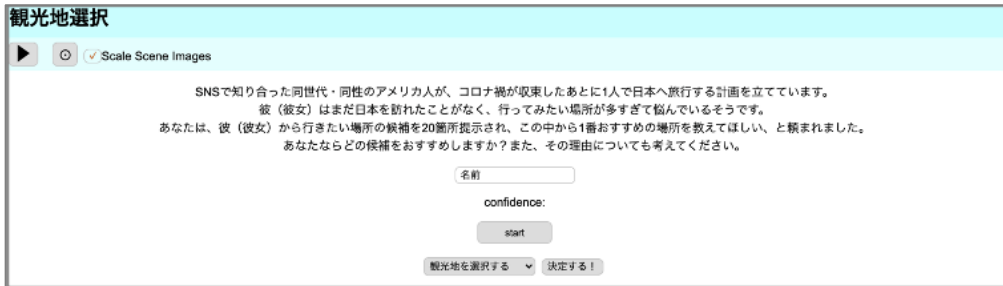


図3 システム画面

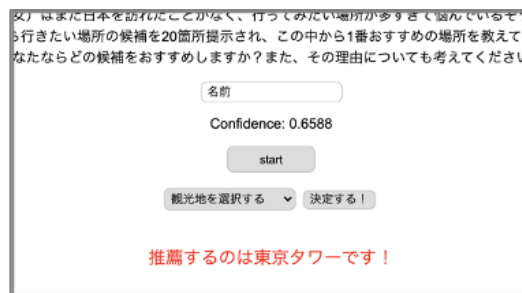


図4 システムによる推薦が行われた画面

ていた選択肢を判定し、その選択肢についてアラート音を鳴らすとともに図4のように表示、推薦するようになった。

## 第5章 プロトタイプシステムの検証

### 5.1. 実験概要

制作したプロトタイプシステムを用いて、「提案手法によって、優柔不断なユーザの意思決定を後押しすることができる」という本論文の目的が達成可能であるかを検証する。ここで、前述したように選択に迷うことによって過度に時間を使いすぎてしまうこと、疲労感や満足度の低下などの影響が現れること[5]から、本稿では複数の選択肢の中から意思決定する実験を行い、後押しできたかの基準として実験協力者それぞれの選択時間や、アンケートによって疲労感や満足度などをヒアリングした結果を用いる。

本論文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、実験を行う環境として実際に優柔不断になりやすい状況を選択タスクとして再現する必要がある。そこで選択タスクとして選択カテゴリとして観光地・食べ物・年賀状テンプレートの3つを選定した。次にそれぞれの選択カテゴリについて選択肢を画像とテキストをペアにして20種類ずつ選定した。なおここでは個人の興味の偏りによって選べる選択肢が瞬時に決まってしまうように選択肢の幅を広くすることに配慮した。また、20種類の選択肢は図5のように縦4マス横5マスのタイル状に配置し印刷した。その後、条件として各選択カテゴリにおける選択のコンテキストを表1のように複雑にならないように現実的なものを選定した。

また、今回の実験ではシステムによる推薦をユーザがメニューを見始めてから1分と3分の時点で行うようにした。これは、著者らが事前に行った予備実験により、1分経過時点での推薦が十分に悩んだ後でありタイミングとして適していると考えたためである。なお、本論文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試行とした。



図5 食べ物カテゴリのメニュー



表1 選択カテゴリと選択における条件

選択カテゴリ	条件
観光地	SNS で知り合った同世代・同性のアメリカ人が、コロナ禍が取束したあとに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ほしい、と頼まれました。 あなたな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 テンプレート	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ため、市販のものを買いにきたところ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。

## 5.2. 実験手順

本論文で行った実験は、実験協力者が Tobii Pro Glasses 3 を着用した状態で、まず表1に記した指定の各条件下の状況にあるということ把握してもらった。次に、システムを4.4節に述べた方法で使用しながら印刷された各選択カテゴリのメニューを閲覧してもらい、20個の選択肢の中から選択してもらった。実験の様子を図6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。

- 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。など）
- 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。
- 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の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?」という設問を追加で行い、これも5段階のリッカート尺度で1をそう思わない、5をととても思うとし、回答してもらった。本章ではこの値を各実験協力者の優柔不断度とする。

なお、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、名前の入力と選択の決定、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。

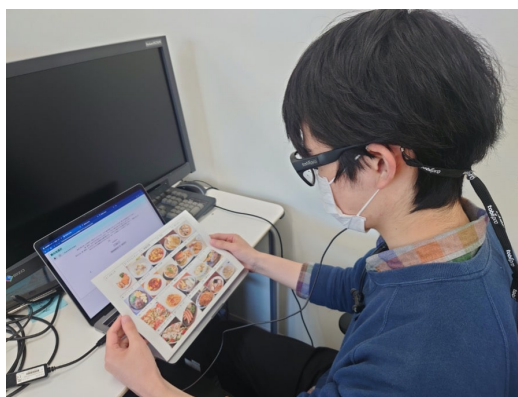


図6 実験の様子

### 5.3. 結果

実験協力者は大学生12名(男性10名、女性2名)であった。全員に対して観光地、食べ物、年賀状テンプレートのカテゴリについて選択を行ってもらったため、計36試行分のデータが得られた。

各選択カテゴリで、推薦の前に決定したか、推薦後に決定したかの数を表2に示す。システムの推薦が行われた後に決定した21試行について、システムによって推薦された選択肢と選択者が選択した選択肢が一致したかどうかの件数を表3に示す。本論文では優柔不断な選択者の問題を解決することを目的としているため、推薦後に決定した試行について分析を行う。また、その中で推薦された選択肢と決定した選択肢が一致した試行とそうでない試行での比較を行い、今回の推薦がユーザに与える影響について分析する。

アンケートにおいてQ3、Q6、Q7の回答をそれぞれ図7、図8、図9に記す。この結果より、推薦される前に決定された試行を除き、Q3については推薦された選択肢について興味を持っていた人は多く、推薦のタイミングについては遅く感じている人が多かった。また、選択自体への満足度について、低く評価された試行はなかった。

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 10 に表す。この結果より、この二項目についての相関係数は 0.02 であり相関はみられなかった。

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

	推薦前	推薦後
観光地	6	6
食べ物	4	8
年賀状	5	7

表 3 推薦された候補と選択された候補の関係とその件数

	試行件数
一致	6
不一致	15

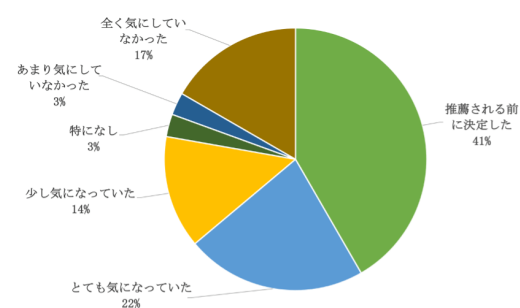


図 7 Q3 についての回答

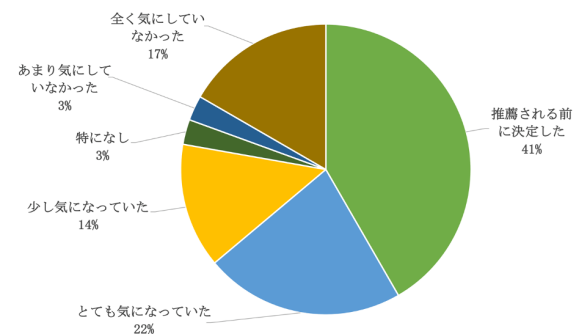


図 8 Q6 についての回答

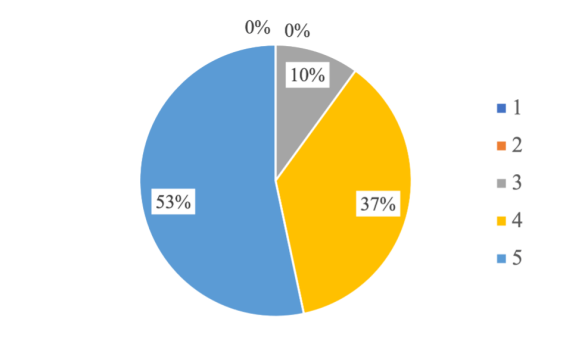


図9 Q7についての回答

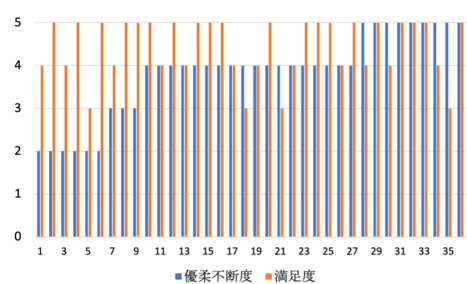


図10 各試行の優柔不断度と満足度

## 5.4. 考察

システムによって推薦されたものと同じ選択肢で決定した試行の件数は表3に示すように21件中6件であった。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ばなんでも良いなと思い、おすすめされるのを待っていた」といった回答がみられた。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。

推薦によって提示された選択肢以外のものを選択した試行（15件）の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の推薦された選択肢に対する質問に「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」と回答した8試行の録画データを確認した。その結果、8試行において、選択者はある選択肢について注視しているにも関わらず、システムが認識に失敗し、異なる選択肢を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。また、これらの試行ではアンケートのQ4の結果からも、システムの認識結果とは異なった選択肢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」、推薦された選択肢について決定した6試行を「推薦決定群」、推薦された選択肢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選択肢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4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。しかし、気になっていなかった選択肢を提示されるような適切でない推薦が行われてしまうと、選択者を余計に混乱させてしまう可能性があるため、これを防ぐために推薦する選択肢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。

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5に示す。この結果より、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いえる。

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、満足度との間に相関はみられなかった。また推薦前決定と推薦後決定について、選択者の優柔不断度合いを表6に示す。この結果より、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であり、自身を優柔不断だと認識している人の方が比較的早く決定ができていた。つまり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できてしまっていたのではないかと考えられる。

## 5.5. 限界

今回の実験ではシステムの推薦が行われた後に決定された試行についてそれらを悩みが発生したものとして分析を行った。しかし、システムの推薦が行われる前に決定した試行について、アンケートQ2の決定理由の項目において「価格が控えめであることが多いから(食べ物)」、「過去に行ったことがあるから(観光地)」といったような回答が得られた。これらの回答は回答者それぞれの経験や知識などが影響し、選択タスクへの悩みやすさが回答者ごとに異なってしまふことを表しており、選択タスクを行ってもらった中で意図していない選択の難易度を左右している要因が増えてしまった可能性が考えられる。また、この実験において選択肢として用いたメニューは自作のもので名称と画像のみであり、実際に存在する選択のシチュエーションとは離れた印象を実験協力者に与えた可能性が考えられる。また、今回の実験では実験協力者全員にシステムを用いた選択を行ってもらったため、システムを使わない条件との比較ができていない。

表4 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)
全体	15.14
推薦決定群	11.50
認識失敗群	19.25
推薦回避群	13.57

表5 推薦パターンごとの  
決定への満足度

	平均満足度
全体	4.19
推薦決定群	4.67
認識失敗群	3.88
推薦回避群	4.14

表6 推薦前決定と推薦後決定  
それぞれの優柔普遍度

	平均優柔普遍度
推薦前決定	4.07
推薦後決定	3.67

## 第6章 選択中のシステム使用有無による影響の検証

### 6.1. 実験概要

本章では 5 章の実験では検証しきれなかった、システムの使用の有無によって選択をするにあたってユーザが受ける影響を調査する。そのために同じシステムを用いて、実験協力者を推薦あり群と推薦なし群に二分してそれぞれの結果を比較することとする。また、同じく懸念点として挙げられた選択肢の現実感をクリアするため、本実験では販売されているカタログギフトを用いて選択を行ってもらった。実験で使用したカタログギフトはリンベル株式会社の「〈北海道からの福音〉北海道七つ星ギフト カムイコース」[44]であり、102 の商品群からなる（図 11）。このようにカタログギフトを選定した理由は、システムによる画像認識を行いやすくするために選択肢の全てに写真が付与されている必要があり、文章のみで表された選択肢や選択肢それぞれの写真が似通ったものであるとシステムが選択肢を正しく推定できないといったリスクが上昇する可能性が考えられたことに加えて、カタログギフトは結婚式の引き出物や各種お祝いなどで受け取る機会が多いが、その選択で困る経験をもつ人が多かったためである。

今回の実験では実験協力者をランダムに推薦あり群と推薦なし群に振り分けた。推薦あり群には 4 章で説明したプロトタイプシステムによって、カタログギフト内で最も見られていたページの商品が推薦される。推薦タイミングはユーザがカタログのすべてのページを閲覧し終わってから 90 秒後とした。これは事前に行った予備実験での閲覧時間や選択時間をもとに設計した。また、推薦なし群にはシステムによる推薦は提示されないが、視線データ計測と実験環境統制のため、システムを装着してもらい、最終的な決定の入力方法などもシステム使用の際と同一のものを使った。

### 6.2. 実験手順

実験協力者には Tobii Pro Glasses 3 を着用してもらい正確にアイトラッキングをするためのキャリブレーションをする。その後選択条件やシステムの使い方、注意事項の説明を行う。そして、Tobii Pro Glasses 3 の録画を開始したうえで、合図に合わせて選択を開始して



図 11 カタログギフト

もらった。選択に使用してもらう時間は30分間とした。なお、推薦ありの場合にシステムに頼りすぎてもととの選択行動とかけ離れてしまわないように、どちらの試行でもシステムの推薦があることは明確に説明しないようにした。選択終了後にはその選択中の思考や、日常的な選択に対する振る舞いについて尋ねるアンケートに回答してもらった。アンケートの設問は表7の通りである。

### 6.3. 結果

実験協力者は大学生、大学院生の計29名であり、実験途中で不具合が生じてデータが正常に記録できなかった試行3件と、推薦あり試行において推薦がされるよりも前に決定した1件を除き、推薦あり試行が14件、推薦なし試行が11件得られた。

表7 アンケート項目

設問番号	設問内容	回答方法	備考
Q1	最終的に商品を決めた理由を教えてください	自由記述	
Q2	決定に対する満足度を教えてください	五段階評価	1. 不満足, 5. とても満足
Q3	今回の選択で悩みましたか	五段階評価	1. 全く悩まなかった, 5. とても悩んだ
Q4	選択を通しての疲労感を教えてください	五段階評価	1. 快適である, 5. とても疲れた
Q5	選択時間に対してどのように思いましたか	五段階評価	1. 短く感じた, 5. 長く感じた
Q6	推薦された商品についてどう思っていましたか	五段階評価	推薦あり試行のみ 1. 全く気にしていなかった, 5. とても気になっていた
Q7	推薦された商品に対する印象はその前後でどのように変わりましたか	五段階評価	推薦あり試行のみ 1. 悪くなった, 5. 良くなった
Q8	推薦されたタイミングについてどう思いましたか	五段階評価	推薦あり試行のみ 1. かなり早く感じた, 5. かなり遅く感じた
Q9	推薦はどれだけ選択の参考になりましたか	五段階評価	推薦あり試行のみ 1. ならなかった, 5. とても参考になった
Q10	あなたは日常生活の選択において時間をかけて悩むことが多いですか	五段階評価	1. そうではない, 5. 多い
Q11	あなたは日常生活の選択において選択後に後悔することが多いですか	五段階評価	1. そうではない, 5. 多い
Q12	日常生活でメガネを着用したことがありますか	Y/N	「はい」または「いいえ」
Q13	最終的に決定した際に推薦された候補を選ばなかった理由を教えてください	自由記述	推薦あり試行のみ
Q14	表示された推薦の文面からどのような印象を受けましたか	自由記述	推薦あり試行のみ



今回の実験では推薦あり試行の中で、推薦として提示された選択肢がそのまま選ばれた試行は一つもなかった。図 12 に推薦あり群において Q9「推薦はどれだけ選択の参考になったか」の結果の分布を示す。この結果より、参考になったと回答している実験協力者がいる一方で、参考にならなかったと回答している実験協力者も多数いることがわかる。

Q2「決定に対する満足度」、Q3「今回の選択で悩んだか」、Q4「選択を通しての疲労感」、Q5「選択時間に対する感想」および、Q10「日常生活の選択において悩むか」と Q11「選択後に後悔することが多いか」に関するアンケートの結果を推薦あり群、なし群に分けて整理したものを表 8 に示す。この結果より Q3「今回の選択で悩んだか」と Q10「日常生活の選択において悩むか」において悩むと回答し、Q11「選択後に後悔することが多いか」に多いと回答した実験協力者が推薦あり群に多かったことがわかる。

推薦あり群と推薦なし群のそれぞれの選択時間の分布を図 13 に示す。この結果より、推薦なし群の方がやや選択時間が短い傾向が見て取れる。

表 8 各設問の回答値の平均

設問番号	推薦あり	推薦なし
Q2	4.43	4.36
Q3	4.14	2.73
Q4	2.79	2.73
Q5	2.86	2.55
Q10	4.57	3.27
Q11	3.14	2.82

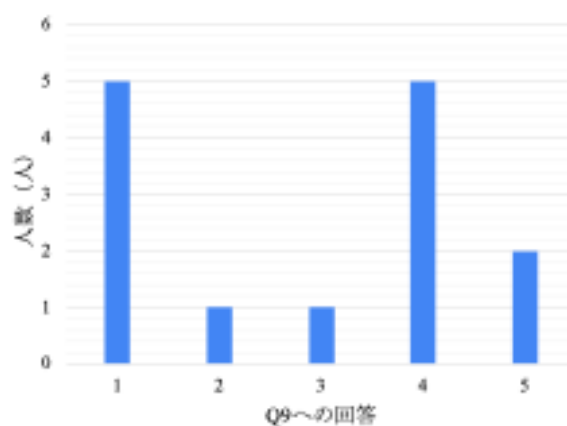


図 12 Q9「推薦はどれだけ選択の参考になったか」への回答の分布

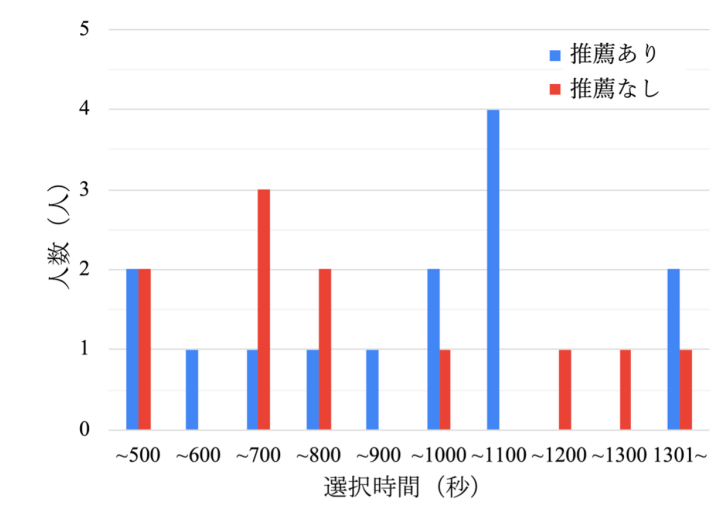


図13 選択時間の分布

#### 6.4. 考察

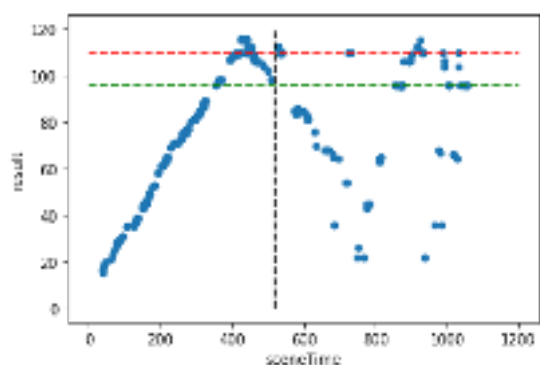
表8より、推薦あり群の方が悩んでいたと感じた人が多かったことがQ3への回答からわかる。またその他のQ2, Q4, Q5の項目について、これまでの研究で得られたような後押しした効果はみられなかった。これは、今回の実験ではまず選択項目が多すぎたために、推薦が当たらなかったことが理由として考えられる。また、90秒後に推薦するというタイミングが早すぎたために、興味をもった商品を推定できなかった可能性がある。

図14に推薦あり群におけるある3人の選択行動のログを、図15に推薦なし群におけるある3人の選択行動のログを示す。ここで、横軸は経過時間、縦軸は閲覧していた商品を意味しており、緑色の点線は最終的に選択した商品の番号を示している。また、推薦あり群において赤い点線は推薦した商品の番号を、黒い点線は推薦タイミングを意味している。図15の結果から、特に推薦あり群において、最後まで閲覧するのにはそこまでそれぞれの商品に対して時間をかけておらず、推薦後により早く悩み始めていることがわかる。このことより、90秒での推薦はタイミングとして不適切だった可能性がある。一方、図16の結果より、推薦なし群の1や2のような最後まで閲覧したら割と短い時間で決断している実験協力者も見受けられる。そのため、どのようなタイミングで推薦を行うべきなのかについては今後検討を行うとともに、予備実験などと組み合わせることによりその実験協力者の特性を把握しておくことが重要になると考えられる。

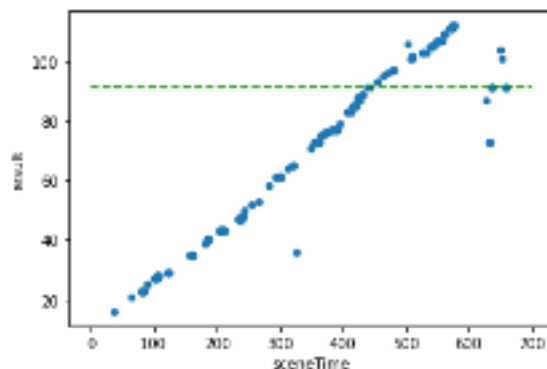
図14で示すように、推薦あり群となし群の間に選択時間の点で大きな差はなかった。また図13において推薦が参考になったと回答があった件数は7件あったが、Q14への回答で、「再度考えるきっかけにはなった。」や「流し見の際に気になったうちのひとつだったので、良い所をついてくるな...と言った印象でした。」などの記述が見受けられた。こ

のことから推薦が決定を後押しするものではなく、新たな選択肢の提案としての役割になっていたことが考えられる。そこで、推薦ありの3人の実験協力者の閲覧していた商品を見ると、最終的に選択した緑色の点線に載っている商品と、赤色の点線で表示された推薦された商品とを見比べる行動が観察される。このことより、適切な推薦対象の推定が可能になれば、ユーザをより後押しできると期待される。

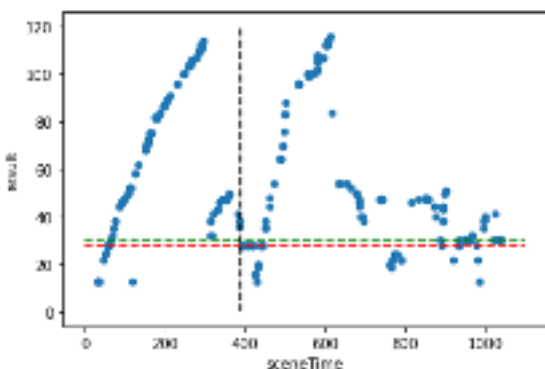
Q6「推薦された商品についてどう思っていましたか」の設問に対して「気にしていなかった」と回答された試行や、Q13「最終的に決定した際に推薦された選択肢を選ばなかつ



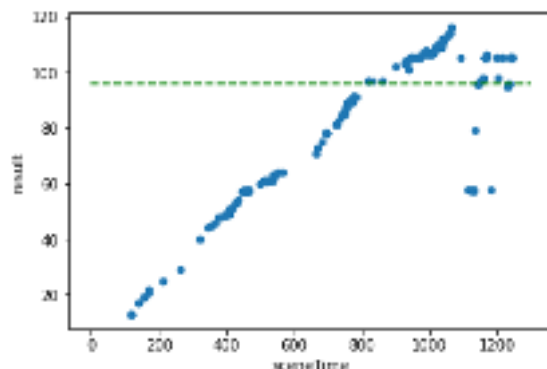
推薦あり 1



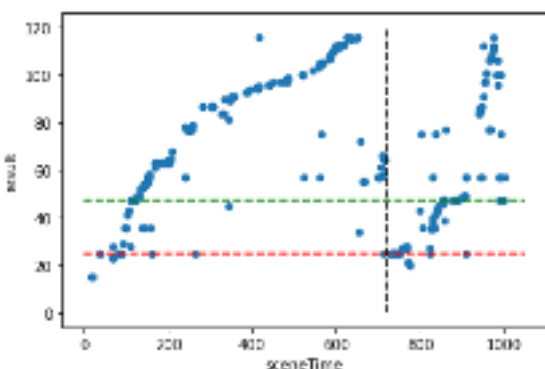
推薦なし 1



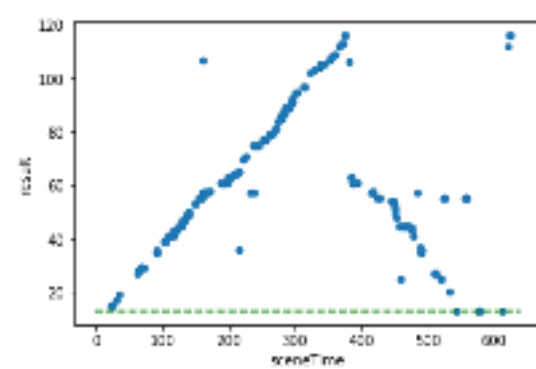
推薦あり 2



推薦なし 2



推薦あり 3



推薦なし 3

図14 推薦あり群のログ

図15 推薦なし群のログ

た理由」の設問に対して「興味がありませんでした」と回答された試行について録画データを検証したところ、他の選択肢と比べ少し注視しているような動きが確認された。これはカタログギフトに施された目を引くような写真や文言の工夫が選択に影響を及ぼしたからであると考えられる。しかし、そのような選択肢に関しては一度見た後の見返しの工程において省かれるようになる場合が多い。そのため興味推定には時系列の要素を加えることで、外見的要因よりも選択者の興味の部分を重視でき、より適切な興味推定を実現できると考える。この点については、今後の研究において改善予定である。

Q14「表示された推薦の文面からどのような印象を受けたか」の記述では「何を判断して推薦してきたのだろうという疑問に近い印象を受けた」といったシステムによる推薦の理由について不思議に思うような回答が複数見受けられた。今回の実験では推薦の有無以外の実験の条件についてなるべく統一するために、推薦の存在やその仕組みについて選択者には伝わりづらいように実験設計をしたが、その不透明性がかえって悪影響を及ぼしてしまったケースであると考えられる。本来、本システムは日常的に利用することを想定しているため、推薦の基準などを踏まえた設計を事前に説明しておくことや、システムに慣れさせることが重要であったと考えられる。

Q12で尋ねたメガネの着用経験とQ4で調査した選択後の疲労度について照らし合わせたところ、メガネ着用者は平均疲労度が2.55であったのに対し、非着用者は3.60と平均疲労度が高くなっていた。このことからデバイスを着用している状態の負担は日常的にメガネをかけている実験協力者ほど少なく、これらの慣れの影響も考慮していくべきであると考えられる。

## 第7章 生成 AI を用いた選択タスクの設計改良

### 7.1. システムの有用性検証のための実験設計

6章での実験によって、情報探索中の序盤では選択肢全体を広く順番に見ている行動となり、終盤では全体の中からいくつかの選択肢に絞られ、最終的な意思決定のためにそれらに限って見る行動となる特徴が見られた。また、その結果から選択中に推薦するタイミングとして終盤の途中に絞られた選択肢から推薦することが適していると考察した。これは、実験後の計測データとしての特徴であり、選択中にシステムがリアルタイムでこの特徴を導くことは難しいと考えた。また制限を設けない選択実験においては、終盤の情報探索が始まる時間も大きく異なり、多くの実験参加者に対して推薦が効果的な後押しとして働かないことが、以前の研究で見受けられた。

そこで、選択について制限時間を設けることとした。制限時間のある選択状況は買い物におけるタイムセールや、予約可能期間中に行きたいスポットを決めて予約をする場面などが存在し、こちらも日常的であるといえる。制限時間があることによって多くの実験協力者がいる程度一律のタイミングで選択行動中の序盤と終盤が分かれ、終盤のタイミングで推薦を行い効果的な後押しとすることが可能であると考えた。

### 7.2. 過去の実験における選択肢の改善点

次に、選択実験における選択肢の見直しを行うこととした。5章では、図6のような選択肢を用いた。選択肢に関する情報として提示されたのはそれぞれの選択肢の名称と画像一枚のみであったが、5.5節で述べたようにその選択理由として、実験協力者個人の体験から掲載されていない情報を補っていることがわかった。このように、画像一枚のみの情報量であると、個人の体験をもとに補う情報の量が増え、実験参加者同士での認識の相違点が生まれる可能性が高くなると考えた。

その結果をもとに、6章では図11のように画像に加え商品の概要を説明する文字情報が掲載された既製品のカタログギフトを用いた実験を行った。しかしその実験では、単にその選択肢について詳しく知ろうと時間をかけて閲覧してただけで、実際にはその選択肢に対して興味はないのにもかかわらず視線情報をもとにして推薦されたため、後押しとして働かなかったというケースが多く観察された。

以上のことより、既存の情報を選択肢として実験内で使用する場合には、実験参加者それぞれの事前知識の影響が介入し、その個人差が選択実験として分析に問題を起こす可能性がある。また、説明する文章にも適切な量があると考えられる。

### 7.3. 生成 AI による選択肢情報の生成

そこで今回の実験では文字情報や視覚情報といった選択肢の情報を生成 AI によって用意することを検討した。Charness ら[45]は、大規模言語モデルを用いた生成 AI によって科学的実験の拡張可能性について論じている。その中で実験計画段階でのアイデアの生成や、実験の設計について既存のものの改善や、新たな方向性の模索に用いることができると述べている。選択肢情報の生成にあたり、言語情報と視覚情報が必要である。まず言語情報に関する生成に関して、Sadasivan ら[46]によれば、2023年現在の AI によって生成された文章は人間の描いたものと判別不可能とされている。また、選択肢に関する視覚情報に関しても、DALL·E 3[47]や Stable Diffusion[48]などによって、架空の対象物を写実的に画像生成することが可能となった。これにより、選択肢に関する事前情報や公平性といった問題を解消した上で一般的な選択肢を用意することができる。

### 7.4. 選択肢情報生成

今回、選択肢の文字情報を ChatGPT4[49]で生成した。まず、日常の中で選択を必要とする状況を数多く生成させ、それらの中から重複しているものや限定的なものを除外した。その後選定した選択状況のテーマを実験の際に実験協力者に閲覧してもらう設問文としての形式に変更するように生成した。このとき、日常的な選択の場面に近づけて選択を行ってもらうように、架空の具体的な背景を補強するように指示した。その後、選択テーマと設問文をもとにその状況において選択肢となり得るものの種類と、その選択肢の情報を補強する情報として説明文やユーザ評価などを数パターンずつ生成した。選択肢の文字情報作成後、DALL·E 3[47]を用いて生成した文字情報をもとに選択肢それぞれのイメージ画像を生成した。選択肢のイメージ画像はそれぞれ写実的な描写で生成され、実際にそのものを選択する状況を想像しやすいように用意した。全ての選択肢について情報を生成した後、文章や画像としての整合性がとれていないものや、文字数が突出して多いものや、画像の中に非現実的な対象が含まれているものなどの選択肢として目立ちすぎてしまう特徴が含まれているものを除外して再生成を行い、実験に用いる選択肢を選定した。

以上の点を整理し、表 9 の設問文を今回の実験では用いることとした。また、それぞれの設問テーマに関して生成した選択肢情報を図 16~19 に示す。また生成した Restaurant の選択肢情報群を図 20 に表す。このようにそれぞれの選択肢に対してその詳細が把握可能になるような写実的な画像と、数値の情報が一定の範囲でランダムに割り振られ、それぞれユニークな選択肢となっている。

表9 選択設問

設問テーマ名	設問文	選択肢情報
Restaurant	とある駅で友人と食事をするようになったあなたは、近所のレストラン10ヶ所を調べました。すると、それぞれの店のレビュー点数や価格帯、駅からの所要時間がわかりました。この中からどこに行きますか？	店名 画像 店舗説明文 顧客レビュー点数 必要移動時間 メニューの値段帯
Souvenir	アルディシアという国に旅行に来たあなたは、家族にお土産を買って帰ることにしました。ネクタリンベリーという果物と、ルミネシア・ハーバーという港町の景色が有名です。ショップではそれぞれの商品の評価と日本円での価格、商品の特徴がわかります。あなたはどれを買おうとしますか？	商品名 価格 顧客評価点 商品説明文
Spot	アルディシアのルミナリアという土地に旅行に行くあなたは、滞在中の旅行計画を立てています。観光スポットを検索すると、サイトのユーザ評価とホテルからの移動時間、そのスポットでの観光所要時間が乗っています。観光したい場所を選んでください。	名称 説明文 訪問者評価点 移動時間 観光所要時間
Movie	あなたは飛行機で移動している最中です。機内で視聴できる映画が10種類あり、それら全て搭乗中に最後まで見ることができます。この中から視聴したい映画作品を選んでください。	作品名 映画ジャンル あらすじ 視聴者評価点



図16 今回の実験で用いた選択肢の一例

Restaurant



図17 今回の実験で用いた選択肢の一例

Souvenir



図18 今回の実験で用いた選択肢の一例

Spot



図19 今回の実験で用いた選択肢の一例

Movie

 <p><b>アズールカプエ</b>          ・地中海風シーフードパスタが有名          ・店内が少し狭い          ・レビュー点数：4.5/5          ・徒歩約          ・価格帯：¥1000～¥1500</p>	 <p><b>トラディショナル・ラーメンハウス</b>          ・街場中心のフレンチ専門店          ・レビュー点数：3.8/5          ・徒歩約6分          ・価格帯：¥1100～¥1600</p>	 <p><b>リバーサイドバーベキュー</b>          ・川沿いのバーベキューレストラン          ・レビュー点数：4.1/5          ・徒歩約14分          ・価格帯：¥2200～¥2700</p>	 <p><b>サンライト・ブランチカフェ</b>          ・ヘルシーなサラダやトースト、ドリンク          ・レビュー点数：3.6/5          ・徒歩約13分          ・価格帯：¥900～¥1400</p>	 <p><b>風海寿司</b>          ・落ち着いた雰囲気、伝統的な寿司屋          ・レビュー点数：4.2/5          ・徒歩約10分          ・価格帯：¥1800～¥2300</p>
 <p><b>山小屋グリル</b>          ・山菜などが野菜をふんだんに使った料理が特徴          ・レビュー点数：3.7/5          ・徒歩約12分          ・価格帯：¥1750～¥2250</p>	 <p><b>ダイニング・メトロボリス</b>          ・隠れた名店のハンバーガー店          ・レビュー点数：4.0/5          ・徒歩約40分          ・価格帯：¥1450～¥1950</p>	 <p><b>森のピストロ</b>          ・こだわりのハーブを使った          ・スモークチキン          ・レビュー点数：3.5/5          ・徒歩約3分          ・価格帯：¥1250～¥1750</p>	 <p><b>ヨーヨーカフェ・レトロ</b>          ・手作り感あふれる          ・パンケーキやコーヒー          ・レビュー点数：3.8/5          ・徒歩約2分          ・価格帯：¥950～¥1450</p>	 <p><b>モダンパイス・フュージョン</b>          ・アジア的なパイスのタコスなど          ・斬新な料理がウリ          ・レビュー点数：4.3/5          ・徒歩約9分          ・価格帯：¥1800～¥2300</p>

図 20 Restaurant タスクの選択肢として生成された  
 選択肢情報群



## 第8章 改良した実験設計による検証

本章では提案したシステムについて、選択中にそのシステムによる推薦の提示の有無によって、意思決定にどのような影響を及ぼすかを、7章で述べた内容をもとに検証する。

### 8.1. 実験手順

実験協力者には 2 日間で合計 4 つの選択設問を行ってもらった。実験協力者の疲労や慣れの影響を防ぐため、1 日目に前半 2 問を推薦なし、2 日目に後半 2 問を推薦ありとして 10 の選択肢の中から 1 つに決定してもらおうというタスクを行ってもらった。実験で使用した設問と選択肢は表 9 や図 16~19 に表したものである。選択肢は 1 つの設問に対して 10 個ずつ用意し、実験協力者にはそれらを iPad にて閲覧してもらった。以前までの実験では紙媒体を用いていたが、今回 iPad を用いたのはシステムで画像認識する際に環境光の影響を受けないようにするためである。推薦される設問が固定にならないように、実験協力者について設問 1, 2 を前半に行い設問 3, 4 を後半に行うグループ A と、設問 3, 4 を前半に行い設問 1, 2 を後半に行うグループ B に二分した (図 21)。なおこのグループ分けにおいては、グループごとの選択を行う能力ができるだけ公平になるように、実験前に Frost らの作成した優柔不断度合を測定するアンケート[12]に回答してもらい、そのスコアをもとにグループ分けを行った。

実験協力者は設問文の内容に従って 3 分間で選択肢を閲覧してもらい、3 分経過後に速やかに決定した内容をシステム上に入力してもらった。その様子を図 22 に表す。また、推薦ありの設問の場合、選択時間が残り 1 分になったタイミングでシステムによって最も注視されていた選択肢がユーザに推薦されるようにした。この実験における時間設定は全て予備実験で同じ選択設問に取り組んでもらった結果をもとに設定した。決定後、実験協力者にその選択に関するアンケートに回答してもらった。その回答項目を表 10 に表す。なお今回の実験においてはこれまでの実験と異なり制限時間性であり、選択時間による比較を行えないため、アンケートへの回答をより重視し、7 段階評価のリッカーと尺度で行なった。第 1 章で述べたように、優柔不断であると選択に時間がかかり、満足感の低下や疲労感の増加を伴うため、これらの項目で比較する。

### 8.2. 実験システム

視線計測のためのメガネ型デバイスには Tobii Pro Glasses 3[21]を用いて実験協力者の眼球運動を測定し、およそ 0.3 秒に 1 回視野の画像をリアルタイムに取得する。ここで得られた視野画像と視線位置から注視していると思われる部分を画像として切り出す。この画像について JavaScript で Teachable Machine[21]を用いて機械学習によって分析し、ユーザが現在どの選択肢を見ているかを推定する。選択肢のページすべてを予め学習させたモデルを

表 10 アンケート項目

番号	設問内容	回答方法	備考
Q1	最終的に商品を選定した理由を教えてください	自由記述	
Q2	最後に一つ回答を選ぶ直前まで候補として残っていた選択肢について、覚えている限りで記述してください	自由記述	
Q3	今回の選択に悩まされましたか	7段階評価	1. 悩んだ, 7. 全く悩まなかった
Q4	回答時間についてどう思いましたか	7段階評価	1. 足りないと感じた, 7. 長く感じた
Q5	選択への満足度を教えてください	7段階評価	1. 不満であり, 変更したい, 7. 満足であり, 自信がある.
Q6	今回の問題についての疲労感を教えてください	7段階評価	1. 楽に行えた, 7. 疲労感があり
Q7	今回の問題に対する達成感を教えてください	7段階評価	1. ある, 7. ない
Q8	選択肢の数についてどう思いますか	7段階評価	1. 少ない, 5. 多い
Q9	アドバイスされた選択肢の立ち位置について教えてください	ラジオボタン	推薦あり試行のみ ● アドバイスされる前から気になっており, それに決定した ● 気になっていなかったがアドバイスを経て気になった ● アドバイスされる前後で変わらず気にならなかった ● アドバイスされる前から気になっていたが違うものに決定した
Q10	今回の選択に関するアドバイスの必要性について教えてください	7段階評価	1. アドバイスが欲しかった, 7. アドバイスを必要としなかった



図 21 設問の流れ



図 22 実験の様子

作成し、ユーザがどの商品を見ているかの推定を行うこととした。この推定は画像の取得頻度と同じタイミングで行われる。

実験用のページを図 23 に示す。実験ページは JavaScript のフレームワークである Vue.js で作成しており、図 23 上のように上部から、設問タイトル、設問文、タイマー、推薦表示箇所と並んでいる。画面に表示されているタイマーが 1 分を切ると、チャイム音が鳴ると同時に、画像認識によって最も多く検出された選択肢の名称が推薦として画面に表示される（図 23 中央）。タイマーが 0 になったタイミングではアラーム音が鳴り、選択肢一覧から自分の決定するものを選ぶ入力フォームが表示される（図 23 下）。



図 23 システム図

### 8.3. 結果

実験協力者は 20 名の大学生・大学院生であり、実験中にエラーとなった 2 名分のデータを除外し、グループ A が 10 人分、グループ B が 8 人分のデータが得られた。

#### 8.3.1. 選択タスク設計に関する結果と考察

アンケートの Q1 において、その選択肢に決定した理由として推薦なしで行われた 46 件中 37 件において、「駅近で値段も安く、評価も悪くなかったため (Restaurant)」や「海に行くこととパーティーが好きなので移動時間は他の観光地と比較して長いですが魅力的なので選択しました。(Spot)」といったような選択肢に付加されている情報同士を比較して決定をしたことが伺える回答が得られた。また、AI によって生成された選択肢画像に関して 20 件で触れられており、「影の追跡者と迷いましたが、幻翼の方が評価が高いのと、ポスターの子が可愛いのでこちらに決めました。(Movie)」や「ネクタリンベリーが有名とのことだったので、このベリーを使ったチョコレートを配りやすさも加味して決

定した、「(Souvenir)」などといったように最終的な選択の手がかりとして扱われていることが伺える回答が得られた。また、設問に含まれる架空の要素についても「ペリーが有名な場所ということで、ジャムが一番素材を感じられると思ったから (Souvenir)」といったように、その情報を踏まえた上で選択を行っていることがわかる。

次に選択タスクごとの選択率の偏りについての分析を行う。図24は5章で行った実験の選択タスクジャンルごとにそれぞれの選択肢が何回選ばれたかを表したグラフである。このタスクでは1~2つの選ばれやすい選択肢が存在しており、その偏りが発生する確率は約0.205%となるものであった。それに対して図25は8章で行った選択タスクの各選択肢が選ばれた回数を表したものである。これらの表から8章で行った選択タスクにおいては選ばれなかった選択肢の数は減少し、幅広く選択肢が選ばれるようになっている。しかし、依然として1~2つ程度の選択肢は選ばれやすいものが各タスクに含まれていることがわかる。

アンケートQ1の結果より十分に選択肢の情報を吟味して意思決定を行っている件数が多いことがわかる。このことから、生成AIによって選択タスクに応用できる選択肢情報の生成が可能であることが考えられる。しかし、その選択率に偏りがみられたことから、選択肢情報において全体的に他の選択肢より優れているものがある際にそれが選ばれやすくなる。そのため、選択率の問題を解消する必要がある選択タスクでの設計を行う際は、選択肢情報をより総合的に考慮して一長一短な調整などを施すことでそれを調整できると考えられる。

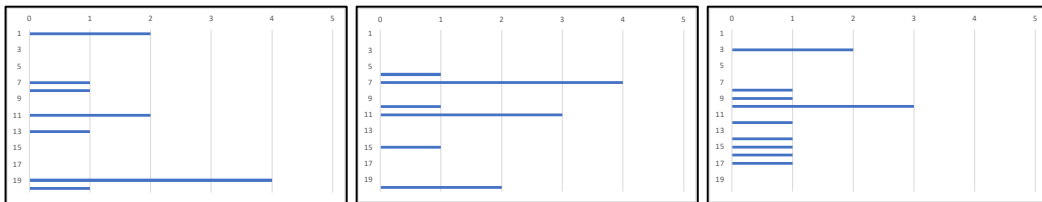


図24 5章での実験におけるジャンルごとの選択の偏り

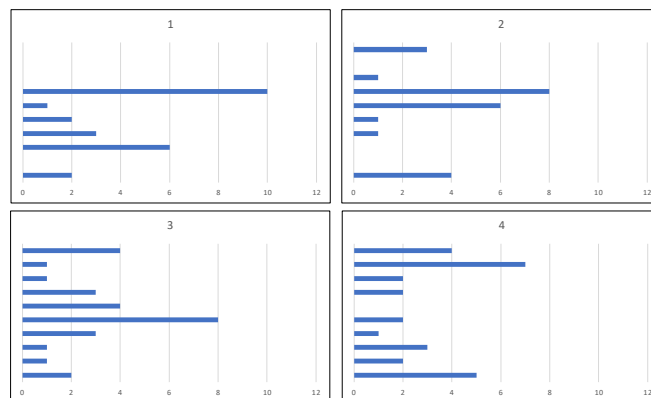


図25 8章での実験におけるタスクごとの選択の偏り

また、選択率の偏りについて、今回の実験では架空の選択肢を用いて、実験協力者それぞれの先入観などが意思決定に与える影響を減らすことを狙った。その結果として一度も選ばれなかった選択肢の数は減少したため、回答者にとって同程度に魅力的な選択肢情報を生成することが可能であると考えられる。しかし、いくつかの選択肢について選ばれやすい傾向が存在し、それらの傾向について調査したところ、選ばれやすかった選択肢に関してレビュー点や価格といった数値で表される情報が中央値よりも良い（レビュー点が高い、価格が安い）ことがわかった。反対に選ばれにくかった選択肢では Souvenir のタスクで価格帯が一番高いものや、Restaurant のタスクで移動所要時間が一番長いものなど、極端な情報を持つものであった。このことから選択タスクにおいて選択率を統制する場合、選択肢情報生成の際に他の選択肢情報とのバランスを反映し、価格が高い選択肢には高いレビュー点を割り振るように生成時に指定するなどが考えられる。

### 8.3.2. システム運用に関する結果と考察

アンケート項目への回答の推薦あり群と推薦なし群での回答の平均を表 11 に表す。この結果から、推薦ありの方が悩まなかったと答えていることや選択時間に対して長く感じたと答えたことが伺える。このことから推薦によってユーザは意思決定が後押しされ、選択に対しての悩みを軽減できたことや、選択時間に余裕を持って決定を行うことができるようになったと考えられる。また、推薦の影響の検証としてそれぞれの質問について推薦なしと推薦ありでの回答の比較を行った結果を表 12 に表す。まず、Q4 での選択時間に関して、Souvenir や Movie の設問では推薦ありの方が選択の制限時間を長く感じており、早い段階での選択を行えている。しかし Spot の設問では推薦なしの方が早い段階での選択を行えていることがわかる。Q5 の選択への満足度の項目では、どの項目でも平均が高いが、推薦ありでの Restaurant, Souvenir, Movie の 3 設問においてより高い値となっていることから、後押しされたことで満足度のいく選択が行えていると考えられる。Q6 の選択後の疲労感については Restaurant と Souvenir について、推薦ありでの回答の方が楽に行えたと回答されている。しかし、制限時間が 3 分と短いこともあり、個人の回答に着目してみても、疲労感を感じたと答えた参加者は少なかった。

Q9 の「アドバイスされた選択肢の立ち位置について教えてください」という質問に関して「アドバイスされる前から気になっており、それに決定した」が 8 件、「アドバイスされる前から気になっていたが、違うものに決定した」が 6 件、「気になっていなかったがアドバイスを経て気になった」が 4 件、「アドバイスされる前後で変わらず気にならなかった」が 18 件であった。この「アドバイスされる前後で変わらず気にならなかった」と回答された試行を調査したところ、4 件は Q4 「回答時間についてどう思いましたか」の設問に対して「長く感じた」と回答されており、優柔不断な状況にならなかったものと考えられる。

「選択肢の数についてどう思いますか」という設問に対して、その回答の平均はどの設問においても中間に近く、その標準偏差も小さかったことから、今回 AI によって生成した設問に関する選択肢情報に関して、その読みやすさや考えやすさなどはテーマ間で一律であったと言える。

アンケートでの質問 Q3, Q4, Q8 の結果について選択設問ごとにその平均と標準偏差を算出した結果を表 12 に示す。全ての設問テーマにおいて Q8 の「選択肢の数についてどう思いますか」に対する回答の平均は 4.22, 4.33, 4.56, 3.72 と、どれも 7 段階評価での中間の値となる 4 に近く、その標準偏差も 1.0 前後と小さい。また、Q3 の「今回の選択に悩まされましたか」についてはどの問題においても推薦ありの試行の方が推薦なし試行よりも高い点となっている。しかし、Restaurant の設問以外では標準偏差の値は大きく、実験協力者それぞれで値が分散している。

表 11 アンケート項目への全体の回答の平均

	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
全体	3.26	4.17	5.61	3.06	3.51	4.21
推薦なし	2.94	4.08	5.56	2.94	3.72	4.28
推薦あり	3.58	4.25	5.67	3.17	3.31	4.14

表 12 設問テーマごとのアンケート回答値の平均と標準偏差

		Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
		Restaurant						Souvenir					
全体	平均	4.17	4.61	5.78	2.22	3.17	4.22	2.50	4.28	5.89	3.44	3.33	4.33
	標準偏差	1.50	1.33	0.70	1.26	1.50	0.90	1.10	1.18	0.70	1.54	1.64	0.80
推薦なし	平均	3.50	4.40	5.70	2.30	3.20	4.30	2.20	4.20	5.70	3.90	3.30	4.40
	標準偏差	1.58	1.58	0.50	1.25	1.48	1.25	0.60	1.32	0.70	1.52	1.64	0.80
推薦あり	平均	5.00	4.88	5.88	2.13	3.13	4.13	2.88	4.38	6.13	2.88	3.38	4.25
	標準偏差	0.90	1.00	1.00	1.36	1.64	0.40	1.46	1.06	0.60	1.46	1.77	0.70
		Spot						Movie					
全体	平均	3.28	3.94	5.28	2.94	3.56	4.56	3.11	3.83	5.50	3.61	4.00	3.72
	標準偏差	1.93	1.39	1.23	1.66	1.65	0.90	1.88	1.76	1.00	1.75	1.78	1.07
推薦なし	平均	3.25	4.25	5.63	2.25	3.75	4.75	2.88	3.38	5.13	3.25	4.88	3.63
	標準偏差	1.58	1.39	1.19	1.39	1.67	1.16	1.81	1.85	1.00	1.91	1.73	0.90
推薦あり	平均	3.30	3.70	5.00	3.50	3.40	4.40	3.30	4.20	5.80	3.90	3.30	3.80
	標準偏差	2.26	1.42	1.25	1.72	1.71	0.70	2.00	1.69	0.90	1.66	1.57	1.23

そこで、実験協力者個人の実験結果について着目する。図 26, 27 は実験協力者個人ごとの Q3 と Q4 の質問への回答のグラフであり、質問においてどのような回答を行ったかが各設問間でどのように変化したかを表すものである。図 26 のグラフでは 1 問が「悩んだ」と回答されているが、この設問ではどちらの実験協力者もアドバイスされた選択肢について決定しており、アンケートの Q1 に対しても「食べ物で迷っており、決め手に欠けていたところ、選択肢のうちの一つがアドバイスで勧められたから」といった回答がされている。それに対して、図 27 では反対に 1 問のみ「悩まなかった」と回答されているが、こちらもアドバイスされた選択肢について決定している。これらのことから、Q3 の質問について、アドバイスによって選択することができたがそれまで悩んでいたという意味で悩んだと回答した人と、アドバイスを踏まえたことで決断できた人が悩まなかったと回答したことで、標準偏差の値が大きくなったと考えられる。また、図 26 下のように推薦ありの設問においては悩んだと回答した人も、回答時間に関して短いと回答されていない。よってこれらの結果から、推薦によって意思決定が後押しされ、悩みを軽減することや悩んだ場合においても後押しをきっかけとして時間内での選択がシステムによって可能となったと考えられる。

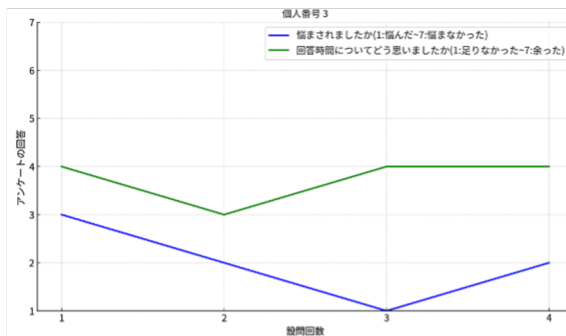


図 25 Q3 で悩んだと回答した  
実験協力者の  
設問ごとのアンケート回答の変化

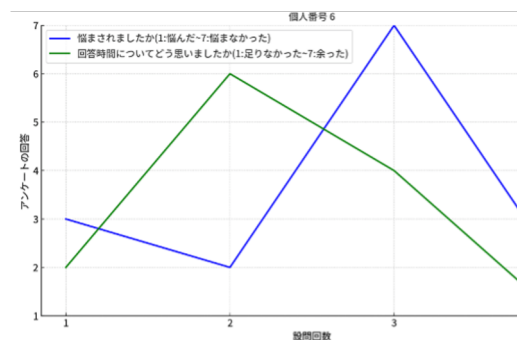
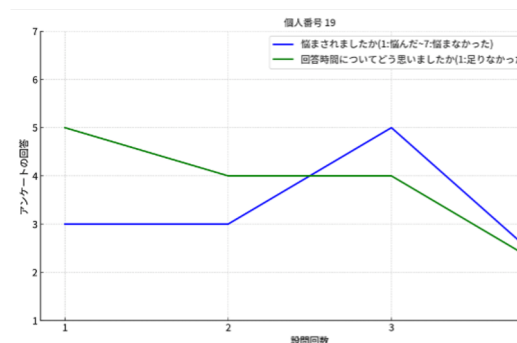
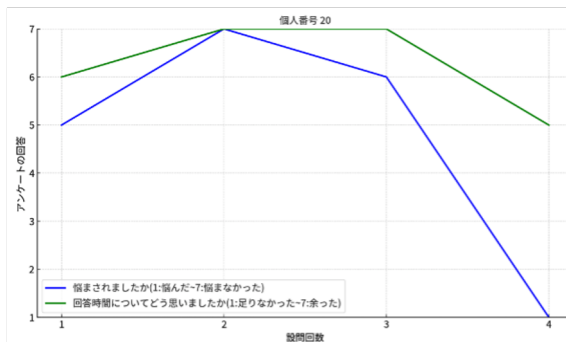


図 26 Q3 で悩まなかったと回答した  
実験協力者の  
設問ごとのアンケート回答の変化



## 8.4. 悩ませる選択タスクの調査検討

7章では本研究で提案するシステムを実験環境で検証するためのタスク設計を目的として、これまで使用してきた実験タスクについて振り返った。そこで、悩ませるタスクの作成とその難易度の再現が困難であると示したが、このような選択実験に用いるタスクについての問題は他の研究でも問題視されてきた。人々が行う選択の傾向や情報の探索行為について、より現実の状況に近づけるために実在する電話帳や衣服を用いた実験が行われている[20][22]が、その選択タスクに用いた選択肢がどれだけ既視感のあるものであるかなどについて考慮されていない。Lorainsら[50]は意思決定を行う際の熟練者と初心者の選択速度や精度の違いについて検証するために、サッカー中のビデオからどこにパスを出すかのテストとしてビデオを閲覧する実験を行った。その結果熟練者の間ではビデオを通常の1.5倍速で再生された場合でも意思決定を正確に行えており、事前知識が選択に与える影響の大きさを示している。このことから、選択タスクとして既存の情報を使うことで、すでに似たような状況で選択を行ったことがある人が存在する可能性があるなど、実験協力者ごとに選択タスクへ感じる難易度が異なってしまい、それらのデータを比較することが困難になることが考えられる。

ここで、そういった選択肢情報について8章でAIを用いて新たに設計を行なった選択タスクを複数用意して実験を行い、その結果として選択タスクの設問文として架空の国の特徴が説明されていたり、選択肢の情報として存在しない果物の名前が組み込まれていたりしたが、実験協力者はそれらの情報を考慮して決定していたことがわかった。Spinksら[51]より、選択肢に含まれる情報の中で閲覧者にとって複雑なものほどその情報を無視しやすいことがわかっているため、架空の情報であっても十分に閲覧する時間があれば過度な負荷とはならないと考えられる。また、この複雑性は主に選択肢に関する情報の量やその専門性からなる難しさによって形成される。選択タスクにおける選択肢情報の複雑性について、Hughesら[52]は、選択に関する情報が増加し複雑になるほど、複数の選択タスク間や回答者間での回答結果の分析について、その結果の一貫性が薄れていくことを示している。本研究で扱ったAIによる選択肢生成手法のメリットとして、この複雑性の調整が考えられる。実験設計において選択にどれだけの複雑性を求めるかによって、生成する情報の項目数や、文章情報のおおまかな文字数や単語数を必要に応じて変更することが可能である。



## 第9章 提案システムの総合考察

### 9.1. 総合考察

本章ではこれまでの実装，実験の内容を踏まえて総合的な考察を行い，「メガネ型のアイトラッキングデバイスを用いてユーザに帯同しながらリアルタイムに視線情報を記録し，優柔不断で決めあぐねている段階で最も注視されている選択肢を分析してユーザに提示するシステム」によって「日常的な選択の後押しを行う」という目的について達成可能であるかを確認する。

5章では20択の自作の選択肢においてシステムを使ってもらった状態での選択を行ってもらった。その結果，システムによって推薦された選択肢と同じ選択肢を選んでいたケースにおいて，選択時間が減少し，選択結果に対しての満足度も向上する傾向が見られた。

6章では，カタログギフトを用いて選択実験を行ったところ，推薦が後押しとして有効的な影響を与えたような結果は見られなかった。その理由として，推薦が適切なタイミングで行われにくかったことや選択肢自体の情報量の多さなどが挙げられた。8章では7章の考察をもとに実験設計を見直し，AIによって生成された選択肢を閲覧してもらい制限時間内での選択を行ってもらった実験を行った。その結果，推薦を行った試行と行わなかった試行を比較したところ，推薦を行った試行では選択に悩まされなかったと回答するユーザが多く，迷ったと回答したユーザに関しても推薦が行われることで，最終的な選択時間には余裕があったと回答していた。これらの結果から視線情報を計測し，システムが選択中にもっとも注視されていた選択肢を推薦することによって，ユーザの意思決定を後押しし，主に選択時間に関して短縮可能であると考えられる。また，システムによる推薦は各ユーザに2回ずつ行われたが，その中で「システムによる推薦を待つてそれを頼りにした」と選択の動機として回答した試行もあった。長期的な実験によって継続的に推薦を行い，システムの「後押ししてくれる存在」としての説得力が増すことによって，このようにシステムによる推薦を効果的に活用できるユーザも増えると考えられる。

### 9.2. 制約と今後の展望

先述したように，提案手法によって意思決定を後押しし，選択時間を短縮可能であることを示した。しかし，本論文の制約として，実験環境において選択で優柔不断になっている状態を用意することが難しいことが挙げられる。本論文では1章において優柔不断を「その人が自信を持って，素早く効率的に意思決定ができない状態」とBarkley-Levensonら[1]の研究を通して紹介したが，具体的にどのような状態が優柔不断であるかといったことは定義されていない。人間の心理的な許容量は人それぞれであり，同じ選択であっても5分以上かけないと決定できない人もいれば，1分以上選択にかけたくないと感じる人もいる。そのような心理的状况について実験環境内で分析の母数を増やすことは困難である。

そこで、進路選択などの多くの人が意思決定に時間のかかるような状況について実験を行うことも考えられるが、そのようなケースは日常的でなく、選択のシチュエーションを用意してもそれに馴染めない可能性が考えられる。そのため優柔不断な状態で行われた選択について分析を行うためには、事前に数多くの実験協力者に選択を行ってもらい、その中から選択結果やアンケートの結果から優柔不断に陥ったと判断される人に対して実験を行っていくことが考えられる。

また、研究の目的として日常的な選択において使用できるシステムとしての実装を挙げていたが、本論文では日常的な選択を模した設定の選択実験でのみ効果を検証した。しかし、購入行動や移動行動など選択の結果で金銭や時間といった要素を消費し選択結果を得ることができるため、そういった場面で意思決定することによる自らへの影響がある場合の選択への取り組み方の変化や、衝動買いをして数日後に後悔するといったような選択後の影響を考慮した、時間差付きの満足度などについても検証ができていない。それに加え、今回のシステムでは選択肢の画像認識について事前学習ありの機械学習を用いたが、日常的な選択ではその場にある選択肢の中から選ぶため、事前学習なしでの画像認識によって選択肢を判別する必要がある。

## 第10章 まとめ

本論文では日常的な選択において優柔不断となり自信を持って意思決定できないような状態を問題とした。その解消をするために、選択における人の視線運動と興味の関係性に着目し、選択中にもっとも注視されていた選択肢を推薦するシステムによって、日常の意思決定を後押しすることを目的とした。手法の実現のためにアイトラッキングデバイスを用いて視線運動を観測し、それに画像認識を組み合わせることでリアルタイムにどの選択肢を見ているかを検出することによって、選択中にもっとも注視されていた選択肢を推定し、その選択肢について推薦するプロトタイプシステムを実装した。そのプロトタイプシステムを用いた実験によって、数分間の選択において推薦が意思決定の後押しとしてユーザに働きかけ、主に選択時間や満足度について短縮できる可能性が示唆された。しかし、自作の選択肢を用いた実験を行った際には情報量が少なく、実際に販売されているカタログギフトを用いた実験では、選択肢ごとの情報が統制されていなく、どちらも選択結果を分析する実験に用いるには適していないといった問題点も見受けられた。そのため、AIによって生成した選択肢情報を生成し、その選択肢において選択実験を行ったところ、選択肢の難易度は均一となった。また選択後に行ったアンケート結果からも選択中の悩みの軽減や選択時間の短縮など、推薦が後押しとして働いたことが見受けられる結果となった。

また、生成AIを用いて選択タスクを生成することで、これまでの他の選択実験においても問題とされてきた選択肢情報の複雑性に関して、その調整を行いやすくなり、またその手法を複数種類の選択タスクとして実現可能とできる有用性がみられた。

しかし、選択肢の多い選択条件において、効果的に推薦を行うタイミングが限られており、そのタイミングを狙っての推薦が難しいことや、選択肢を事前学習しないと画像認識が行えず、推薦が行えないといった問題点が存在する。これらの問題点をもとにシステムのアルゴリズムや構成要素などについて、日常的な運用に適応できるように再検討していく必要があると考える。

本論文が、筆者のように選択において優柔不断な人が悩む必要のない将来に貢献できることを望む。

## 謝辞

本論文を漸進していくにあたり，中村先生には数多くのご指導をしていただきました。また，中村研究室のメンバーとは，時間をかけてこの研究に関する議論を共に行い，研究のことに限らず日常的にコミュニケーションを取っていただいたことが大きな励みになりました。そして，この研究について発表させていただいた機会などで，学外の先生や学生の方々など多くの方から研究に関する議論を交わしていただいたり感想をくださったりなどしていただきました。最後に，私が大学生活を過ごすにあたり家族に数多くのサポートをしていただきました。厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] Barkley-Levenson, E. E., and Fox, C. R.. The surprising relationship between indecisiveness and impulsivity. *Personality and Individual Differences*, 2016, Vol. 90, pp. 1-6.
- [2] 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, Issue. 6, pp. 487-495.
- [3] Rassin, E.. A psychological theory of indecisiveness. *Netherlands journal of psychology*, 2007, Vol. 63, Issue. 1, pp. 1-11.
- [4] Iyengar, S. S., and Lepper, M. R.. When Choice is Demotivating: Can One Desire Too Much of a Good Thing?. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2000, Vol. 79, No. 6, pp. 995-1006.
- [5] 斎藤聖子, 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, pp. 22.
- [6] Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., and Scheier, C.. Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience*, 2003, Vol. 6, Issue. 12, pp. 1317-1322.
- [7] Bialkova, S., Grunert, K. G., and van Trijp, H.. From desktop to supermarket shelf: Eye-tracking exploration on consumer attention and choice. *Food Quality and Preference*, 2020, Vol. 81, Article. 103839.
- [8] Saito, T., Nouchi, R., Kinjo, H., and Kawashima, R.. Gaze Bias in Preference Judgments by Younger and Older Adults. *Front Aging Neurosci*, 2017, Vol. 9, Article. 285.
- [9] Anderson, C. J.. The Psychology of Doing Nothing: Forms of Decision Avoidance Result from Reason and Emotion. *Psychological Bulletin*, 2003, Vol. 129, pp. 139-167.
- [10] Brooks, M. E.. Management indecision. *Management Decision*, 2011, Vol. 49, No. 5, pp. 683-693.
- [11] Ferrari, J. R., and Dovidio, J. F.. Examining Behavioral Processes in Indecision: Decisional Procrastination and Decision-Making Style. *Journal of Research in Personality*, 2000, Vol. 34, No. 1, pp. 127-137.
- [12] Frost, R. O., and Shows, D. L.. The nature and measurement of compulsive indecisiveness. *Behaviour Research and Therapy*, 1993, Vol. 31, Issues. 7, pp. 683-692.
- [13] Yates, J. F., Ji, L. J., Oka, T., Lee, J. W., Shinotsuka, H., and Sieck, W. R.. Indecisiveness and Culture: Incidence, Values, and Thoroughness. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 2010, Vol. 41, Issue. 3, pp. 428-444.
- [14] Jeong, H. G., and Drolet, A.. Variety-seeking as an emotional coping strategy for chronically indecisive consumers. *Marketing Letters*, 2016, Vol. 27, Issue. 1, pp. 55-62.
- [15] Rassin, E., and Muris, P.. Indecisiveness and the interpretation of ambiguous situations. *Personality and Individual Differences*, 2005, Vol. 39, Issue. 7, pp. 1285-1291.

- [16] Patalano, A. L., and Wengrovitz, S. M.. Indecisiveness and response to risk in deciding when to decide. *Journal of Behavioral Decision Making*, 2007, Vol. 20, Issue. 4, pp. 405-424.
- [17] Liu, Q., Zeng, X., Liu, C., Zhu, H., Chen, E., Xiong, H., and Xie, X.. Mining Indecisiveness in Customer Behaviors. *2015 IEEE International Conference on Data Mining*, 2015, pp. 281-290.
- [18] 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, Issue. 4, pp. 353-368.
- [19] Lufimpu-Luviya, Y., Merad, 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. *Proceedings of the 2013 Conference on Eye Tracking South Africa*, 2013, pp. 32-38.
- [20] Lohse, G. L.. Consumer Eye Movement Patterns on Yellow Pages Advertising. *Journal of Advertising*, 1997, Vol. 26, No. 1, pp. 61-73.
- [21] 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. *研究報告エンタテイメントコンピューティング (EC)*, 2014, Vol. 2014-EC-31, No. 9, pp 1-4.
- [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] 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.
- [24] Mori, T., Hoshino, Y., Yamada, M., and Ishii, E.. Development of a Tourist Information Search Support System that Reflects Interests Based on User's Gaze. *Proceedings of the 5th International Conference on Tourism Research*, 2022, Vol. 15, No. 1, pp.561-567.
- [25] Yamada, K., Kise, K., and Augereau, O.. Estimation of confidence based on eye gaze: an application to multiple-choice questions. *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 2017, pp. 217-220.
- [26] Bee, N., Prendinger, H., André, E. and Ishizuka, M.. Automatic preference detection by analyzing the gaze 'cascade effect'. *2nd Annual Conference on Communication by Gaze Interaction (COGAIN 2006)*, 2006.
- [27] 増田裕太, 上村拓也. 購買行動に基づく視線分析による迷った商品推定技術. *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2042 論文集*, 2020, Vol. 2020, pp. 146-150.
- [28] 富士通株式会社. “お客様の視線の動きを AI が分析！お客様の思いに寄り添った接客をサポート”. <https://www.fujitsu.com/downloads/blog/jp/journal/2018-08-23-01.pdf>, (参照 :

2023-11-16).

- [29] Herlocker, J. L., Konstan, J. A., and Riedl, J.. Explaining collaborative filtering recommendations. Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, 2000, pp. 241–250.
- [30] Karthik, R. V., Ganapathy, S., and Kannan, A.. A Recommendation System for Online Purchase Using Feature and Product Ranking. Eleventh International Conference on Contemporary Computing (IC3), 2018, pp. 1-6.
- [31] Li, X., Grahl, J., and Hinz, O.. How Do Recommender Systems Lead to Consumer Purchases? A Causal Mediation Analysis of a Field Experiment. Information Systems Research, 2021, Vol 33, Issue 2, pp. 620–637.
- [32] van Dinter, R., Catal, C., and Tekinerdogan, B.. A decision support system for automating document retrieval and citation screening. Expert Systems with Applications, 2021, Vol. 182, pp. 1-11.
- [33] Carlisle, S., Ayling, K., Jia, R., Buchanan, H., and Vedhara, K.. The effect of choice interventions on retention-related, behavioural and mood outcomes: a systematic review with meta-analysis. Health Psychology Review, 2022, Vol. 16, Issue. 2, pp. 220-256.
- [34] Jaiswal, S., Virmani, S., Sethi, V., De, K., and Roy, P. P.. An intelligent recommendation system using gaze and emotion detection. Multimedia Tools and Applications, 2019, Vol. 78, pp. 14231-14250.
- [35] 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. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2019, Vol. 2019-HCI-184, No. 3, pp. 1-7.
- [36] Xiao, B., and Benbasat, I.. Research on the Use, Characteristics, and Impact of e-Commerce Product Recommendation Agents: A Review and Update for 2007–2012. Progress in IS, in: Francisco J. Martínez-López (ed.), Handbook of Strategic e-Business Management, 2014, pp. 403-431.
- [37] 松井哲也, 山田誠二. ユーザーの信頼と購買意欲を誘発する商品推薦エージェントデザイン. 人工知能学会全国大会, 2016, vol. 30, pp. 1-3.
- [38] 古市冴佳, 中村聡史. 待ち合わせ困難なユーザの支援に向けた人の探索時の視線分析. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , 2020, Vol. 2020-HCI-186, No. 23, pp. 1-8.
- [39] Li, S., Jiang, Y., Sun, C., Guo, K., and Wang, X.. An Investigation on the Influence of Operation Experience on Virtual Hazard Perception Using Wearable Eye Tracking Technology. Sensors 2022, 2022, Vol. 22, No. 14, pp. 5115.
- [40] Murakami, H., Tomaru, T., Feliciani, C., and Nishiyama, Y.. Spontaneous behavioral coordination between avoiding pedestrians requires mutual anticipation rather than mutual

gaze. *Iscience*, 2022, Vol. 25, Issue. 11, pp. 105474.

- [41] Gou, Q., Li, S., and Wang, R.. Study on eye movement characteristics and intervention of basketball shooting skill. *PeerJ*. 10:e14301, 2022.
- [42] “Tobii Pro Glasses 3”, <https://www.tobii.com/ja/products/eye-trackers/wearables/tobii-pro-glasses-3>, (参照：2023-12-18) .
- [43] “Teachable Machine”, <https://teachablemachine.withgoogle.com/>, (参照：2023-12-18) .
- [44] “カタログギフト 〈北海道からの福音〉 北海道七つ星ギフト カムイコース”, [https://www.ringbell.co.jp/ringbell/index.php/module/ShohinShosai/action/ShohinShosai/shohin/10240/?gclid=CjwKCAjwquWVBhBrEiwAt1Kmwh1xtnE-v7fPL2\\_cgU4h1w1xOm\\_dL491VkvCn6\\_-PBYJYGNncb98ghoCMzwQAvD\\_BwE](https://www.ringbell.co.jp/ringbell/index.php/module/ShohinShosai/action/ShohinShosai/shohin/10240/?gclid=CjwKCAjwquWVBhBrEiwAt1Kmwh1xtnE-v7fPL2_cgU4h1w1xOm_dL491VkvCn6_-PBYJYGNncb98ghoCMzwQAvD_BwE), (参照：2022-07-20) .
- [45] Charness, G., Jabarian, B., and List, J. A.. Generation Next: Experimentation with AI. National bureau of economic research, 2023, pp.1-25.
- [46] Sadasivan, V. S., Kumar, A., Balasubramanian, S., Wang, W., and Feizi, S.. Can AI-Generated Text be Reliably Detected?. *ArXiv:2303.11156*, 2023, pp. 1-23.
- [47] OpenAI. “DALL·E 3”, <https://openai.com/dall-e-3>. (参照：2023-12-21).
- [48] Stability.ai. “stable diffusion”, <https://ja.stability.ai/stable-diffusion>. (参照：2023-12-21).
- [49] OpenAI. “ChatGPT4”, <https://chat.openai.com/>. (参照：2023-12-21).
- [50] Lorains, M., Ball, K., and MacMahon, C. "Expertise differences in a video decision-making task: Speed influences on performance." *Psychology of Sport and Exercise*, March 2013, Vol. 14, Issue. 2, pp. 293-297.
- [51] Spinks, J., and Mortimer, D. "Lost in the crowd? Using eye-tracking to investigate the effect of complexity on attribute non-attendance in discrete choice experiments." *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2016, Vol. 16. pp. 1-13.
- [52] Hughes, K. K. and Young, W. B.. The relationship between task complexity and decision-making consistency. *Research in Nursing & Health*, Vol. 13, Issue. 3, pp. 189–197.



## 本論文に関する発表論文

- [1] 小松原 達哉, 中村 聡史. 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, 第 14 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2022.
- [2] 小松原 達哉, 中村 聡史. 優柔不断な選択者を後押しする眼鏡型デバイスの実現とその評価, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2022-HCI-199, No.8, pp.1-7, 2022.
- [3] Tatsuya Komatsubara, Satoshi Nakamura. Glasses Encourage Your Choices: A System that Supports Indecisive Choosers by Eye-tracking, International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2023), Vol.LNCS, volume 14015, pp.410-421, 2023.
- [4] 小松原 達哉, 中村 聡史. 優柔不断度合いを再現可能なタスクの設計と視線情報を用いた後押し手法の評価, 情報処理学会 研究報告コラボレーションとネットワークサービス (CN) , Vol.2024-CN-121, No.20, pp.1-9, 2024.