



判断におけるバイアスを削減するためのインタラクション技術に関する研究

清水, 友順

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2023-09-25

(Date of Publication)

2024-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8740号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100485924>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博士論文

判断におけるバイアスを削減するための インタラクション技術に関する研究

2023年7月

神戸大学大学院工学研究科

清水 友順

内容梗概

人は物事を判断する際、様々な認知バイアスに影響されて意思決定を行っている。認知バイアスとは、人が直感や先入観によって、非合理的な判断を下す心理現象の総称である。認知バイアスは無意識的で自覚して制御することは難しく、判断の誤りを招いたり、最悪の場合では心身の健康を損なったり、事故の原因にもなり得る。認知科学では、「二重過程理論」という考え方があり、その枠組の中で認知バイアスが意思決定に果たす役割が議論されている。中でも代表的な二重過程理論に基づくモデルとしては、人は「直感」と呼ばれる無意識的だが労力が少なく高速で連想的な思考と、「推論」と呼ばれる労力がかかり低速だが意識的で分析的な思考を使い分けていると考え方があり。この考え方の中では認知バイアスは直感による思考である。したがって、認知バイアスは無意識的で非合理的な判断を許容しつつも、思考労力を下げる役割を担ってきたと考えられている。

一方で、近年ではスマートフォンをはじめとした情報機器の普及によって、コンピュータがユーザの判断を助けるようになり、人の思考過程は大きく変わりつつある。例えば、現在ではインターネットなどの大量の情報から判断に必要な情報を瞬時に探し出すことができ、これまで労力を費やさなければならなかった情報処理の一部を人間に代わって行うことができる。そのため、近年では、思考労力を減らすという認知バイアスが果たしてきた役割は、コンピュータが担うことができるようになってきているといえる。加えて、コンピュータであれば人の直感や思い込みに依らずに機械的に情報を処理することができ、認知バイアスよりも合理的な判断の役に立つ可能性がある。以上のことから、コンピュータが意思決定に必要不可欠になるにつれて、人は人間のみで行う推論よりも高速に、人間自らの直感に従うよりも合理的に判断できるようになると考えられる。

しかしながら、コンピュータを単純に意思決定に導入したとしても、人の判断におけるバイアスの諸問題はなおも存在する。例えば、インターネットの検索エンジンが自分の先入観を肯定する情報ばかり集めてしまうという確認バイアスを強めているという指摘がある。よって、コンピュータが普及したことで人の判断における新たなバイアスの問題が生じている側面がある。また、ウェアラブルデバイスなどのように、新しいコンピュータの利用形態が今後普及することで、人の判断にさらなるバイアスが

生じる可能性もある。したがって、コンピュータを使ったより高速で合理的な思考過程を得るためには、人の認知バイアスのみならず、コンピュータによって引き起こされるバイアスを理解し、削減する必要がある。

これらの人の認知バイアスおよびコンピュータによって引き起こされるバイアスを削減するためには、情報インタフェースが大きな役割を果たす。認知バイアス研究において、情報の伝え方によって判断が大きく異なる現象は多く報告されており、コンピュータにおいて情報を伝える役割はインタフェースが担う。したがって、インタフェースの設計がユーザの判断を大きく左右する。

以上の人の判断におけるバイアスとコンピュータの関係性の変化を踏まえ、本論文では「従来の認知バイアス」、「従来のコンピュータに起因するバイアス」、「将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアス」の3つのアプローチから研究を行い、人の判断におけるバイアスをコンピュータによって削減できることを示す。そして、コンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の実現可能性について議論する。

本論文は5章から構成され、その内容は次の通りである。

第1章では、本研究の背景と目的、及び本論文の構成を述べた。

第2章では、現状維持バイアスを削減するための選択インタフェースの研究について述べ、従来の認知バイアスをコンピュータとそのインタフェースにより削減できることを示した。現状維持バイアスは人が現状変更よりも現状維持を不当に好むという認知バイアスであり、ときに非合理的な選択の原因となる。そこで本研究では、現状維持バイアスによる非合理的な選択を防ぐため、ユーザが現状変更に反対する理由の入力とその理由に対する反論情報の閲覧を繰り返すことによって、現状変更に反対する不当な理由を取り除いた選択をユーザに促すインタフェースを設計した。この方法は科学倫理の議論で用いられる Reversal test と呼ばれる手法から着想を得た。Reversal test では現状変更に反対する理由を説明させ、正当な理由を説明できないのであれば現状維持バイアス下にあるとみなすという手法である。この手法をコンピュータにおける選択インタフェースに実装し、電子書籍と紙書籍のどちらを購入するかというテーマを題材とした評価実験を行い、提案手法が現状維持バイアス下にあるユーザに現状変更を促せることを示した。

第3章では、ユーザの選択を多様化させる選択インタフェースの研究について述べ、従来のコンピュータに起因するバイアスがインタフェースによって削減できることを示した。近年、スマートフォン等の情報インタフェースを利用する機会が増えたこと

で、ショッピングサイトや検索エンジンなどでユーザの選択が偏る現象が問題となっており、ユーザの選択を偏らせてしまう選択インタフェースの要素を調査する重要性が増している。心理学研究から、ポジティブな心理によって選択の多様性が増す可能性が示唆されているため、本研究では、ショッピングサイトの動画やテキストといった要素のポジティブ/ネガティブさを操作することで、ユーザの選択の多様性が増すかどうか評価した。その結果、ポジティブなレビューテキストによってユーザの選択が多様になり、ネガティブなビデオによってユーザの選択が偏るという傾向を確認した。

第4章では、ウェアラブルデバイスを用いた主観的な時間判断の制御の研究について述べ、将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアスを予測し、そのインタフェースによって削減できることを示した。主観的な時間の判断（主観時間）は知覚刺激によって影響を受けることが分かっており、充実時程錯覚と呼ばれている。一方で、ウェアラブルデバイスは常時情報を提示可能である特性を持っており、デバイスを装着して日常生活を行う中で、それらの情報は知覚刺激としてユーザの主観時間を意図せず歪めてしまう可能性がある。そこで本研究では、頭部装着型ディスプレイによる視覚刺激、イヤホンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激を実装し、知覚刺激量を操作することで、主観時間を制御できる可能性について検証した。実験では、20分に対する主観的な時間を見積もる実験を行い、視覚刺激によって時間評価を有意に長くすることができる可能性を確認した。

第5章では、本論文を通して得られた結果をまとめ、本論文で提案した手法の応用先や今後の展望について述べた。

目次

1	序章	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的と内容	4
1.3	本論文の構成	6
2	ユーザの理由入力と反論情報の提示による現状維持バイアス矯正手法	9
2.1	まえがき	9
2.2	関連研究	11
2.2.1	現状維持バイアス	11
2.2.2	言語化による意思決定への影響	12
2.3	提案手法	12
2.4	実装	13
2.4.1	提案手法を実装していない選択インタフェースの動作	13
2.4.2	提案手法を実装した選択インタフェースの動作	14
2.4.3	反論情報の作成	16
2.5	実験方法	18
2.5.1	仮説	18
2.5.2	実験手順	19
2.5.3	被験者の分類	20
2.6	結果	21
2.7	考察	23
2.8	本研究の限界と今後の課題	25
2.9	まとめ	26
3	ポジティブ/ネガティブなレビューおよび動画による多様な選択の促進手法	28
3.1	まえがき	28
3.2	関連研究	29
3.2.1	選択の多様性	29
3.2.2	ポジティブ/ネガティブ感情と意思決定	30

3.2.3	レビューや動画がユーザに与える影響	31
3.2.4	選択多様性の指標	32
3.3	実験 1: レビュー閲覧による選択の多様性への影響	32
3.3.1	手法: 商品印象操作のためのレビュー提示	33
3.3.2	仮説	33
3.3.3	評価指標	34
3.4	実験の手順	35
3.4.1	実験用のインタフェース	36
3.4.2	レビューの提示条件	36
3.4.3	レビュー収集の手順	37
3.4.4	結果	38
3.4.5	考察	40
3.5	実験 2: 動画閲覧による選択の多様性への影響	40
3.5.1	手法: ユーザ感情操作のための動画提示	41
3.5.2	仮説	41
3.5.3	評価指標と実験手順	42
3.5.4	実験用のインタフェース	43
3.5.5	映像提示条件	43
3.5.6	動画収集の手順	44
3.5.7	結果	45
3.5.8	考察	46
3.6	限界と今後の課題	47
3.7	まとめ	47
3.8	付録	48
3.8.1	実験で用いたデータセット	48
4	知覚刺激を提示するウェアラブルデバイスがユーザの主観時間に与える影響	53
4.1	まえがき	53
4.2	関連研究	55
4.2.1	知覚刺激と主観時間に着目したコンピュータシステム	55
4.2.2	FDI と提示時程の長さの関係	56
4.2.3	FDI 研究における実験タスク	57

4.2.4	錯覚を利用した情報インタフェース	57
4.3	提案手法	58
4.4	実装	60
4.5	評価実験	61
4.6	結果	66
4.7	考察	69
4.8	まとめ	76
5	結論	79
5.1	本論文のまとめ	79
5.2	今後の展望	80
	謝辞	83
	参考文献	85

1 序章

1.1 研究背景

人は物事を判断する際、人によって大小はあれども認知バイアスの下で意思決定を行っている。認知バイアスとは、人が直感や先入観によって、ときには非合理的ともいえる判断を下すようになる心理現象である。例えば、先入観に合致する情報ばかりを集めて自己の先入観を補強する確認バイアス、目の前の異常に対して自分は大丈夫だと思い込んでしまう正常性バイアスなどがある。これらのバイアスは判断の誤りを招いたり、最悪の場合では心身の健康を損なったり、事故を引き起こす原因になることもある。しかしながら、認知バイアスは基本的には無意識的なものであり、自覚し制御することは難しい。

認知科学では、人の思考過程について「二重過程理論」と呼ばれる考え方があり、人が思考するとき2つの思考過程に区別することができると考えられている。二重過程理論のモデルはいくつも考え出されているが、代表的なものに Kahneman らが直感と推論という考え方を導入したモデルがある [1]。このモデルでは、人は直感と推論という2つの思考モードを使い分け、ときには相互に影響を及ぼしながら意思決定を行っていると考えられている。このモデルにおいて、直感は伝統的に「システム1」と呼ばれ、労力を伴わず、無意識かつ連想的で高速に働く思考である。つまりは経験則などによる確率的判断であり、認知バイアスはこの思考が導いた誤った判断である。一方で、推論は伝統的に「システム2」と呼ばれ、労力をかけ、意識的かつ分析的で低速に働く思考である。これはルールに基づく論理的判断であり、事実を一つ一つ確認しながら合理的に判断するような場合はここに属する。例えば、 $2 \times 5 = 10$ となどの一桁どうしの計算は九九を暗記している多くの人にとって直感的に計算できる。しかし、 $17 \times 24 = 408$ という計算を暗記している人は少ないため、掛け算のルールに基づいた推論による思考が必要となる。これらの思考は独立したものではなく、相互に影響を及ぼし合う。例えば、推論を繰り返すうちに習熟し、経験として蓄積され、いずれは直感による思考に変わる。また、直感による思考の誤りは推論によって是正される。以上のことから、Kahneman らは表1のように2つの思考過程の特性について比較している。このように、認知バイアスは無意識的で制御が難しく、ときには非合理的な判断を許容しながらも、思考の労力を削減するという役割を担ってきた。

表 1: Kahneman らによる思考過程の特性の比較表 [1]

システム 1 (直感)	システム 2 (推論)
自動的	制御的
努力を要さない	努力を要する
連想的推論	演繹的推論
高速, 並列的	低速, 直列的
不透明	自覚的
熟練した行為に従う	ルールに従う

一方, 近年, スマートフォンをはじめとする情報機器の普及によって, コンピュータが人の判断・意思決定に影響を及ぼす機会は増えつつある. スマートフォンは常に持ち歩くデバイスのため, あらゆる情報を記録し, いつでも情報を取り出し, ユーザの判断に役立てることができるようになった. 今後はウェアラブルデバイスのような常時身につけて利用するコンピュータが普及することが考えられ, 人間の記憶能力以上にあらゆる情報を記録し, 日常生活を送る中で即時に必要な情報を提示することができるようになる. したがって, 今後はさらに人間の意思決定にコンピュータが必要不可欠になっていくことが予想される.

このようなコンピュータの普及と利用時間の増加によって, これまで述べてきた人の思考過程は大きく変わる可能性がある. コンピュータが人の思考過程の一部を補助するようになった場合, 表 1 に示したような直感と推論の特性のそれぞれの欠点を補うことが可能と考えられる. 以下に考えられる例を示す.

- **思考の半自動化:** あくまで最終的に判断を下すのは人間であるが, センサによってユーザの状況を認識し, 自動的に判断に必要な情報を提示することが可能になると考えられる.
- **思考労力の削減:** 情報推薦システムのように, 思考過程を省略して結論にたどり着くことが可能である. あるいは, 情報の可視化によって, 分析的な思考労力を減らすこともできる.
- **推論方法の自在化:** 「A ならば B, B ならば C」というルールベースの演繹的推論はコンピュータにとって最も容易な推論である. また, 近年の機械学習技術の発展によって, コンピュータが大量のデータから一般的法則を見出す帰納的推論, 連想的推論も可能になっている. よって, ユーザにとって適した推論方法から得られた情報をユーザに提示することができる.

このように、人間の意思決定とコンピュータが密接に関わるようになれば、人は人間のみで行う推論よりも高速かつ、認知バイアスを含む直感よりも合理的に判断できるようになる可能性がある。従来、認知バイアスは自覚し制御することは難しいものであったが、コンピュータがユーザの判断を手助けすることで認知バイアスによる誤った判断を克服できると考えられる。

しかしながら、現在において意思決定にコンピュータを導入したとしても、人の判断におけるバイアスの諸問題はなおも存在する。実際に、画面上の情報の配置方法や情報を表示するまでのアルゴリズムによって、インターネットの検索エンジン等がユーザの確証バイアスを強めている [28, 29, 30] などの事例が指摘されており、コンピュータが普及したことで人の判断における新たなバイアスの問題が生じている側面がある。また、ウェアラブルデバイスなどの新しいコンピュータの利用形態が普及することで、人の判断にさらなるバイアスが生じる可能性も考えられる。特に頭部装着型ディスプレイなどのウェアラブルデバイスのように常時情報を提示するというこれまでとは異なる特性を持ったデバイスの普及が予想されている。したがって、コンピュータを使ってより高度な意思決定を実現するためには、人の認知バイアスのみならず、コンピュータによって引き起こされるバイアスを理解し、削減していく必要がある。

これらの認知バイアスおよび、コンピュータにより引き起こされるバイアスによる諸問題を解決するためには、人間とコンピュータの接点である情報インタフェースの設計が重要になる。長年の認知バイアスの研究によって、伝え方次第で選択が大きく変わる現象は数多く確認されている。例えば、「10%の確率で失敗する手術」と伝えるか、「90%の確率で成功する手術」と伝えるかで選択が変わるフレーミング効果 [56] はその代表例といえる。コンピュータにおいてはユーザに情報を伝達する部分は情報インタフェースが担っているため、インタフェースの設計がユーザの判断を大きく左右すると考えられる。

そこで本研究では、人の判断における認知バイアスおよびコンピュータによって現在および将来引き起こされるバイアスを削減するための情報インタフェースの設計に取り組む。まず、従来であれば、認知バイアスを自覚して制御することは難しいものであったが、コンピュータが人の意思決定に関るようになった昨今では解決できる課題となった。次に、コンピュータを使うことに起因するバイアスであるが、これは2つの課題に分けることができると考える。まず一つは、従来のコンピュータによって引き起こされているバイアスである。これまでに述べたとおり、情報の配置やアルゴリ

ズムによって、人の意思決定は大きく歪められている可能性がある。そしてもう一つは、将来的なコンピュータの発展によって引き起こされるバイアスである。ウェアラブルデバイスのように今後は常時情報を閲覧するという利用形態が予想されるため、従来とは異なる特性に起因する課題を予測し、解決する必要がある。人の判断におけるバイアスとコンピュータの関係性の変化を踏まえ、これら3つのアプローチから課題を解決することで、コンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の確立に向けたバイアスの削減を目指す。

1.2 研究目的と内容

コンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の実現を目指す上で、従来の認知バイアスおよびコンピュータによって引き起こされるバイアスは解決すべき課題である。本研究では、前節で述べたように、(1) 従来の認知バイアス、(2) 従来のコンピュータに起因するバイアス、(3) 将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアス、の3つのアプローチから、人の判断におけるバイアスを削減するシステムの設計を研究テーマとする。これらのアプローチから人の判断におけるバイアスの削減に取り組み、実現可能性を示した上で、コンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の実現可能性について議論する。

本研究における、個別の研究課題を以下に示す。

● 研究課題 1: 選択インタフェースにおける現状維持バイアスの矯正手法

本研究課題では、現状維持バイアスを矯正するインタフェースの設計を通して、従来知られてはいても、無意識的で自覚が困難であった認知バイアスをコンピュータとそのインタフェースによって削減できることを示す。現状維持バイアスは人が何らかの選択を行うときに現状を維持する選択を好むという認知科学研究において知られている認知バイアスである。現状維持バイアスは現状変更の選択を過剰に低く評価し、思い込みによって早合点してしまうなど非合理的な意思決定の原因になる。一方、科学倫理問題の研究において、Reversal test という現状変更に反対する理由の正当性を検証する手法によって現状維持バイアスを取り除いた議論を行うことが提案されている。これは現状維持バイアス下にある人は、現状変更に反対する正当な理由を説明できないというアイデアに基づいている。そこで、本研究課題では、ユーザに現状変更に反対する理由を入力させ、提示された

反論情報に納得するか否かで、正当な理由と不当な理由を区別し、現状維持バイアスを取り除くインタフェースの設計と評価を行う。

- **研究課題 2: 選択インタフェースにおける多様な選択の促進手法**

本研究課題では、偏りのない多様な選択を促す選択インタフェースの設計を通して、コンピュータの普及によって顕在化したバイアスをコンピュータのインタフェースによって削減できることを示す。近年、スマートフォン等の情報インタフェースを利用する機会が増えたことで、ショッピングサイトや検索エンジンなどでユーザの選択が偏る現象が問題となっている。そのため、情報インタフェースがユーザの選択を歪めてしまう要因を調査し、多様な選択を促進する手法を確立することが重要である。一方、心理学ではポジティブな情報に触れた後に選択の多様化が促進され、ネガティブな情報に触れた後に選択の偏りが促進される可能性が示唆されている。そこで、本研究課題では、ショッピングサイトを模した選択インタフェースを題材に、レビューテキストや動画といったポジティブ/ネガティブな要素によって選択の多様化が促されるという仮説のもとで実験を行った。

- **研究課題 3: ウェアラブルデバイスを用いた主観時間の制御手法**

本研究課題では、ウェアラブルデバイスにおいて主観的な時間の判断（主観時間）が歪んでしまう可能性があるという問題から、主観時間の制御手法の設計を通して、これまでにない特性を持ったコンピュータが普及する際、その特性を踏まえた問題を予測し、そのインタフェースによってバイアスを削減できることを示す。主観時間の判断は知覚刺激によって影響を受けることが分かっており、充実時程錯覚と呼ばれている。一方で、ウェアラブルデバイスは常時情報を提示可能である特性を持っており、それらの情報は知覚刺激となる可能性がある。したがって、ウェアラブルデバイスによって主観時間が意図せず歪んでしまう可能性があり、主観時間と時計の客観的な判断に大きな差が生まれると時間的な経験に対する満足感を損なってしまう。そこで、本研究課題では、頭部装着型ディスプレイによる視覚刺激、イヤホンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激を対象に、知覚刺激量を操作することで、主観時間を制御できる可能性について検証した。

1.3 本論文の構成

本論文は全5章から構成される。以下に各章の概要を述べる。第1章では本研究の背景と目的、および本論文の構成を述べた。

第2章では、現状維持バイアスを削減するための選択インタフェースの研究について述べる。現状維持バイアスは人が現状変更よりも現状維持を不当に好むという認知バイアスであり、ときに非合理的な選択の原因となる。そこで本研究では、現状維持バイアスによる非合理的な選択を防ぐため、ユーザが現状変更に反対する理由の入力と反論情報の閲覧を繰り返すことによって、現状変更に反対する不当な理由を取り除いた選択をユーザに促すインタフェースを設計、評価する。この方法は科学倫理の議論で用いられる Reversal test と呼ばれる手法から着想を得ている。Reversal test では現状変更に反対する理由を説明させ、正当な理由を説明できないのであれば現状維持バイアス下にあるとみなすという手法である。この手法をコンピュータにおける選択インタフェースに実装し、電子書籍と紙書籍のどちらを購入するかというテーマを題材として、現状維持バイアス下にあるユーザに現状変更を促すことができるか検証する。

第3章では、ユーザの選択を多様化させる選択インタフェースの研究について述べる。近年、スマートフォン等の情報インタフェースを利用する機会が増えたことで、ショッピングサイトや検索エンジンなどでユーザの選択が偏る現象が問題となっており、ユーザの選択を偏らせてしまう選択インタフェースの要素を調査する重要性が増している。心理学研究から、ポジティブな心理によって選択の多様性が増す可能性が示唆されているため、本研究では、ショッピングサイトの動画やテキストといった要素のポジティブ/ネガティブさを操作することで、ユーザの選択の多様性が増すかどうか評価した。

第4章では、ウェアラブルデバイスを用いた主観的な時間判断の制御の研究について述べる。主観時間の判断（主観時間）は知覚刺激によって影響を受けることが分かっており、充実時程錯覚と呼ばれている。一方で、ウェアラブルデバイスは常時情報を提示可能である特性を持っており、デバイスを装着して日常生活を行う中で、それらの情報は知覚刺激としてユーザの主観時間を意図せず歪めてしまう可能性がある。そこで本研究では、頭部装着型ディスプレイによる視覚刺激、イヤホンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激を実装し、知覚刺激量を操作することで、主観時間を制御できる可能性について検証した。

第5では、本論文の成果を要約した後、今後の展望について述べ、本論文のまとめとする。

なお、第2章は、文献[114]で公表した結果に基づき論述する。第3章は、文献[115, 116, 117, 118, 119]で公表した結果に基づき論述する。第4章は[120, 121, 122, 123, 124, 125]で公表した結果に基づき論述する。

2 ユーザの理由入力と反論情報の提示による現状維持バイアス矯正手法

2.1 まえがき

人が何らかの選択を行うとき、現在の状態を維持するように選択することを好む傾向がある [2, 3]. この心理的効果は、現状維持バイアスと呼ばれ、現状変更によって生じる損失を回避するための反応だと言われている. 行動経済学の代表的成果である Kahneman らによるプロスペクト理論によると、人には利益を得ることよりも損失を回避することを重視する心理的特性があるとされている [4]. そのため、現状変更によってもたらされる損失のほうが、利益よりも大きく見積もられ、現状維持につながると考えられている. 現状維持バイアスは、既存の方法を新しい方法で置き換えることを検討したときなどに多く見られる. 例えば、書籍を紙で読むか、電子書籍で読むか人によって好みが変わる場合がある [5, 6, 7, 8, 9]. また、企業において、新しい社内システムに移行しようとしたときに、社員は新システムの使用に抵抗感を感じてしまうという事例が見られる [10, 11, 12]. 他にも、Google 社の Android と Apple 社の iOS がライバル関係にあるように、スマートフォンのユーザは自身のプラットフォームに対する愛着が極めて強く、一度選んだプラットフォームを乗り換えることは少ないことが知られている [13].

しかしながら、このような現状維持バイアス下での意思決定は、現状維持に執着するあまり、変化をもたらす選択肢をよく吟味することなく早合点してしまう可能性がある. 例えば、電子書籍には紙書籍ユーザの知らない利点があるかもしれない. そのように、対立する選択肢に対する理解がないまま現状維持に固執することは、不当に現状を好んでいるといえる.

このような現状維持バイアスを取り除く方法として、Bostrom と Ord は科学倫理問題を議論するために、Reversal test というバイアスの発見手法を提案している [14].

Reversal test: まずあるパラメータを変更することが悪い結果をもたらすと考えるならば、そのパラメータをそれとは逆方向に変更することも悪い結果をもたらすかを考える. どちらも悪い結果をもたらすと結論付けられるのであれば、パラメータ変更が状況を改善しない理由を説明する責任はそ

の結論を導いた人にある。理由を説明できないのであれば、その人は現状維持バイアス下にある可能性がある。

例えば、ある人がテクノロジーで人間の能力が向上することを悪い行いと考えるのであれば、逆に人間の能力を下げるべきではないかと問いかける。その人がその結果をどちらも悪いことであると結論づけるのであれば、その理由を説明する。もし理由が説明できないのであれば、妥当な理由なく現状変更を忌避していることになるのがだから、現状維持バイアスの下にある可能性があると判断できる。

しかしながら、Reversal test は現状維持バイアスを取り除く手法として、倫理問題において言及されることはあるものの、その他の問題に適用した事例はない。Reversal test のような手法は、日常の意思決定においても現状維持バイアスを取り除き、自己決定を改善する可能性がある。例えば、普段紙でしか読書しない人が電子書籍を拒むのであれば、電子書籍では自分のニーズを満たせない理由を説明することを求める。このとき、電子書籍に対する理解に乏しい状態で批判的な立場をとっているとすると、思い込みなど正当とは言えない理由を説明する可能性がある。したがって、間違いや矛盾を指摘することができれば、ユーザのバイアスの原因となる不当な理由を取り除くことができるため、現状変更を促すことができるようになる。

また、近年スマートフォンをはじめとする情報機器の普及に伴って、ショッピングサイトで商品を購入するケースなど、コンピュータが意思決定に関わる機会は増えている。Reversal test のように現状変更に反対する上で正当といえる理由を説明できないというアイデアは、コンピュータを用いた意思決定における現状維持バイアスを取り除く上で有用であると考えられる。例えば、前回と同じ商品を購入しようとした際に、ユーザに理由を説明させることで他の代替商品の購入を促すことなどが考えられる。

そこで本稿では、Reversal test をもとに、現状維持バイアスを取り除いた意思決定を促すインタフェースの設計と評価を行った。なお、本稿では不当な理由で現状維持を好み、現状変更に反対することを現状維持バイアスと定義する。本研究の提案手法は、Reversal test のように現状変更の選択に反対する理由を入力することをユーザに求め、入力内容に対して反論情報を提示するものである。このとき、ユーザの入力した理由はユーザが反論情報に納得できるのであれば不当な理由であったと判断し、納得できないのであれば正当な理由であったと判断する。最終的に、ユーザは思いつくりのすべての理由に対して、この操作を繰り返し、現状変更に反対する上で正当な理由と不当な理由を明らかにする。実験では、紙書籍と電子書籍のいずれを買うかと

いうユースケースを想定して、インタフェースの操作結果および事後アンケートから、提案手法を実装したインタフェースが現状維持バイアス下にあると考えられるユーザに対して現状変更を促すことができるか調査した。本研究成果は、ユーザの現状維持バイアスの理解と、それらのバイアスをコンピュータ上でどのように扱うことができるかという議論に貢献するものである。

2.2 関連研究

2.2.1 現状維持バイアス

人は現状を維持する選択を好む傾向があり、現状維持バイアスと呼ばれている [2, 3]. Kahneman らのプロスペクト理論によると、人は損失を利益よりも大きく見積もることが知られている [4]. したがって、損失を生む可能性のある選択を避け、最適な選択ではなくともリスクの少ない選択を好むと考えられている。また、現状維持バイアスと似た現象として、人は決断や行動を好まず、先延ばしにすることを好むことも知られている [15, 16]. そのため、現状維持バイアスは決断や行動の先延ばしと解釈することもできる。決断や行動を忌避するあまり、最悪の場合では現状に不満があるにもかかわらず現状維持を好むこともある。また、人はオンライン調査等においてデフォルトで選択されている選択肢を選びやすい傾向がある [17]. 例えば、臓器提供に同意するかどうかのオンライン調査において、デフォルトの選択が「臓器提供に同意する」あるいはデフォルトの選択を設定しない場合は同意した人は 80%前後であったのに対して、デフォルトの選択が「臓器提供に同意しない」だった場合で同意した人は 42%となった [18]. このように現状変更を拒む人の性質は多くの場面で確認されている。現状維持バイアスは最適でない現状が長く続くことや、新しい試みを行えないことによる機会損失などから、意思決定の際に現状維持バイアスを取り除くことは検討されるべきである。

そのため、現状維持バイアスを取り除こうとした研究事例がある。現状維持バイアスを克服するために、シンガポールにおいて現金払いから電子決済への以降を促すために、消費者の現状維持バイアスを克服するためのナッジについて基礎調査を行った事例がある [19].

また、前節で述べたように Bostrom らは、人の認知能力を強化するという科学倫理の議論の中で、Reversal test によって現状維持バイアスを取り除くことを提案した [14]. その後、Reversal Test は、記憶を無くすための薬物を許容することの法的・倫理的な

意味についての議論の中で現状維持バイアスを取り除くために用いられている [21]. また、一度始めた手術を途中で取りやめる難しさの議論においても言及されている [22]. このように法律や倫理の議論において、Reversal test は倫理的な議論において言及されることはあるものが、日常的な選択に応用しようとした研究は我々の知る限り存在しない.

2.2.2 言語化による意思決定への影響

Reversal test では現状変更に対抗する理由を説明するものであるが、思考を言語化することが意思決定や態度に影響を与えることが示されている. Kokkoris らは消費者に商品やブランドを選ぶ前に理由を説明させることで、商品やブランドを理想化しにくくなったことを報告している [23]. Simonson らはユニークさを求める消費者に購入理由を選ばせると、型にはまらない理由を選び、型にはまらない選択肢を選ぶことを確認した [24]. また、理由を提示することで消費者は合理的に行動しようとすることを確認した. Wilson らは他人に対する態度はその人が自分のとっている態度の理由について考えることで変化することを報告している [25].

このように、選択の前に理由を説明させることはユーザに合理的な行動を促し、現状変更を選ぶ可能性が高まると考えられる.

2.3 提案手法

本稿では、現状維持バイアスを「最も望ましい状態を実現する上で、不当に現状維持を好むこと」と定義する. 提案手法のイメージを図1に示す.

提案手法は、ユーザがなんらかの選択を行うインタフェースにおいて、現状を維持する選択を行った際、現状を変更する選択がユーザのニーズを満たさない理由をそのユーザ自身に輸入させるものである. このとき、インタフェースは入力された理由に対する反論情報を提示する. 反論情報は、ユーザにとって最も望ましい状態を実現する上で、その理由が正当とは言えない可能性について指摘するものである. ユーザが反論情報に納得できるのであれば、現状変更したとしても望ましい状態になる可能性があるため、ユーザが入力した理由は不当な理由だったと判断し、その理由を却下する. 反対に、ユーザが反論情報に納得できないのであれば、インタフェースは入力された理由を受け付ける. ユーザは理由を思いつかなくなるまで、これらの理由の入力と反論情報の閲覧を繰り返す. 最終的に現状を変更すべきでない理由に1つでも不当

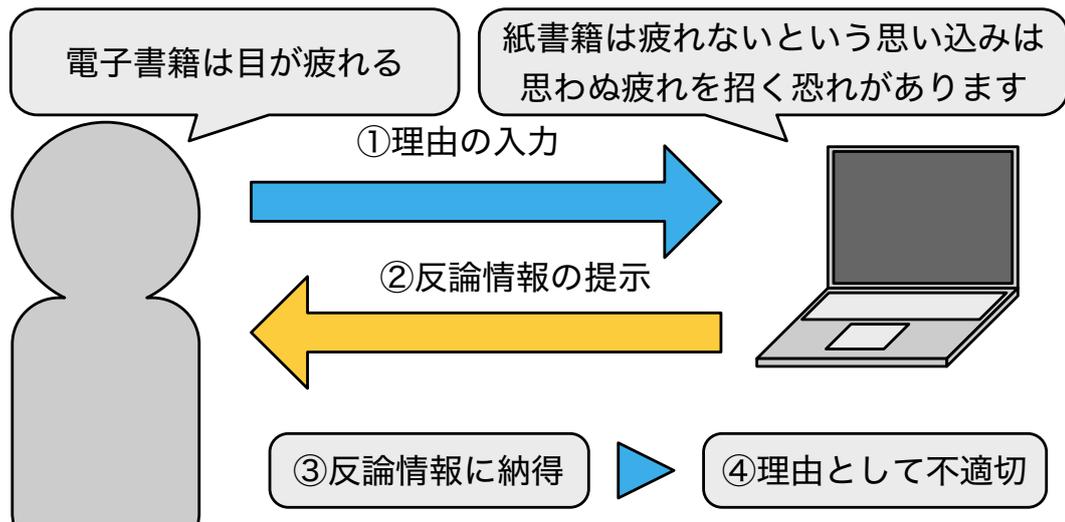


図 1: 提案手法におけるユーザーの入力と提示情報の例

な理由が見つかれば、現状維持を続ける理由が少なくなり、ユーザーが現状変更を選ぶ可能性が高まると考えられる。以上の方法で、提案手法は不当な理由と正当な理由を分類し、現状維持バイアスを取り除いた意思決定をユーザーに促す。

2.4 実装

提案手法を評価するために、2種類の実験用インタフェースを実装した。ひとつは提案手法を実装していない選択インタフェース、もうひとつは提案手法を実装した選択インタフェースである。実験用インタフェースは、実際のショッピングサイトを参考に、書籍を紙書籍、電子書籍のいずれかを選択してから購入するシーンを想定した画面となっている。実験用インタフェースはHTML/CSSとJavaScriptで実装し、PC向けのWebブラウザで動作する。

2.4.1 提案手法を実装していない選択インタフェースの動作

図2に提案手法を実装していない場合の選択インタフェースを示す。初期画面には書影、書籍名、著者名、価格、内容のあらすじ、選択媒体の選択ボタンを表示する。書籍媒体の選択ボタンは「紙書籍版」、「電子書籍版」、「どちらでも良い」の3種類があり、いずれかのボタンをクリックすると、購入確定ボタンが表示される。購入確定ボタンをクリックすると、その選択は完了となる。

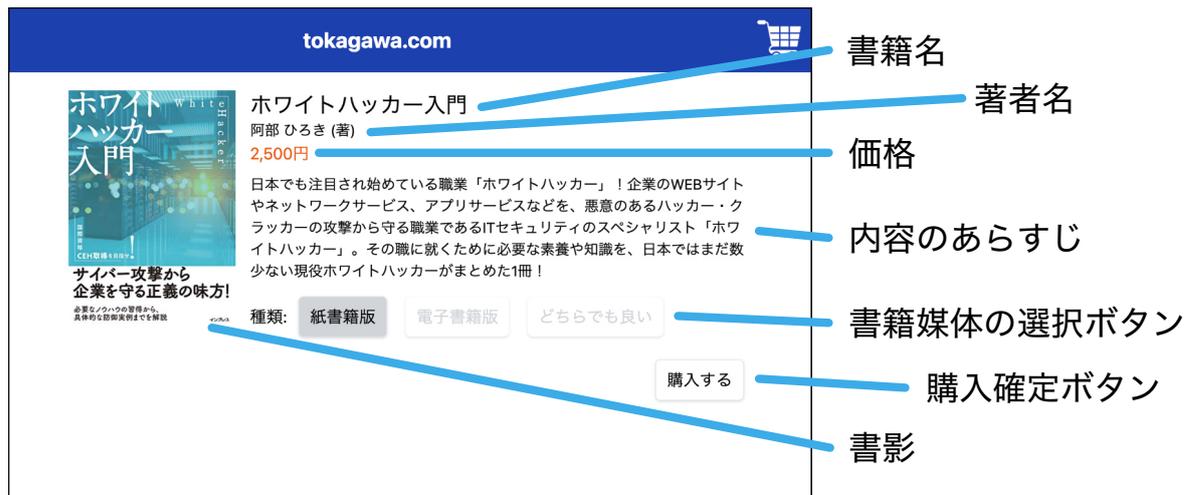


図 2: 提案手法を実装していない選択インターフェース

2.4.2 提案手法を実装した選択インターフェースの動作

図 3 に提案手法を実装した場合の選択インターフェースを示す。提案手法を実装した選択インターフェースはユーザが前回と同じ選択を行った場合に用いることを想定している。初期画面は提案手法を実装していない場合と同様に、書影、書籍名、価格、内容のあらすじ、書籍媒体の選択ボタンを表示する。

図 3(A) に示すように、ユーザはまず「紙書籍版」、「電子書籍版」、「どちらでも良い」のいずれかをクリックする。このボタンは一度クリックすると途中で変更はできない。3つの書籍媒体の選択ボタンのうち、「紙書籍版」または「電子書籍版」のいずれかをクリックすると、ユーザの選択と対立する選択肢を選ばない理由を入力するフォームが表示される。

ユーザが自由記述で理由を入力すると、図 3(B) に示すように、入力欄の下部に入力内容に対応する理由候補を予測し、理由選択ボタンとして提示する。理由選択ボタンの提示は、入力が想定されるそれぞれの理由が含むであろう単語リストを作成しておき、単語リストの部分一致検索を入力内容に対して行っている。例えば、入力内容に値段、価格、中古などの単語が含まれているときに「紙書籍のほうが安い」という理由選択ボタンを提示する。

理由選択ボタンをクリックすると、図 3(C) に示すように、反論情報を提示する。ユーザは反論情報を閲覧後、その下部に表示されているボタンで、反論情報に納得するかどうかを回答する。このとき、反論情報に納得するのであれば、不当な理由で現状変更に反対している可能性があるかと判断する。逆に、反論情報に納得しないのであれば、正

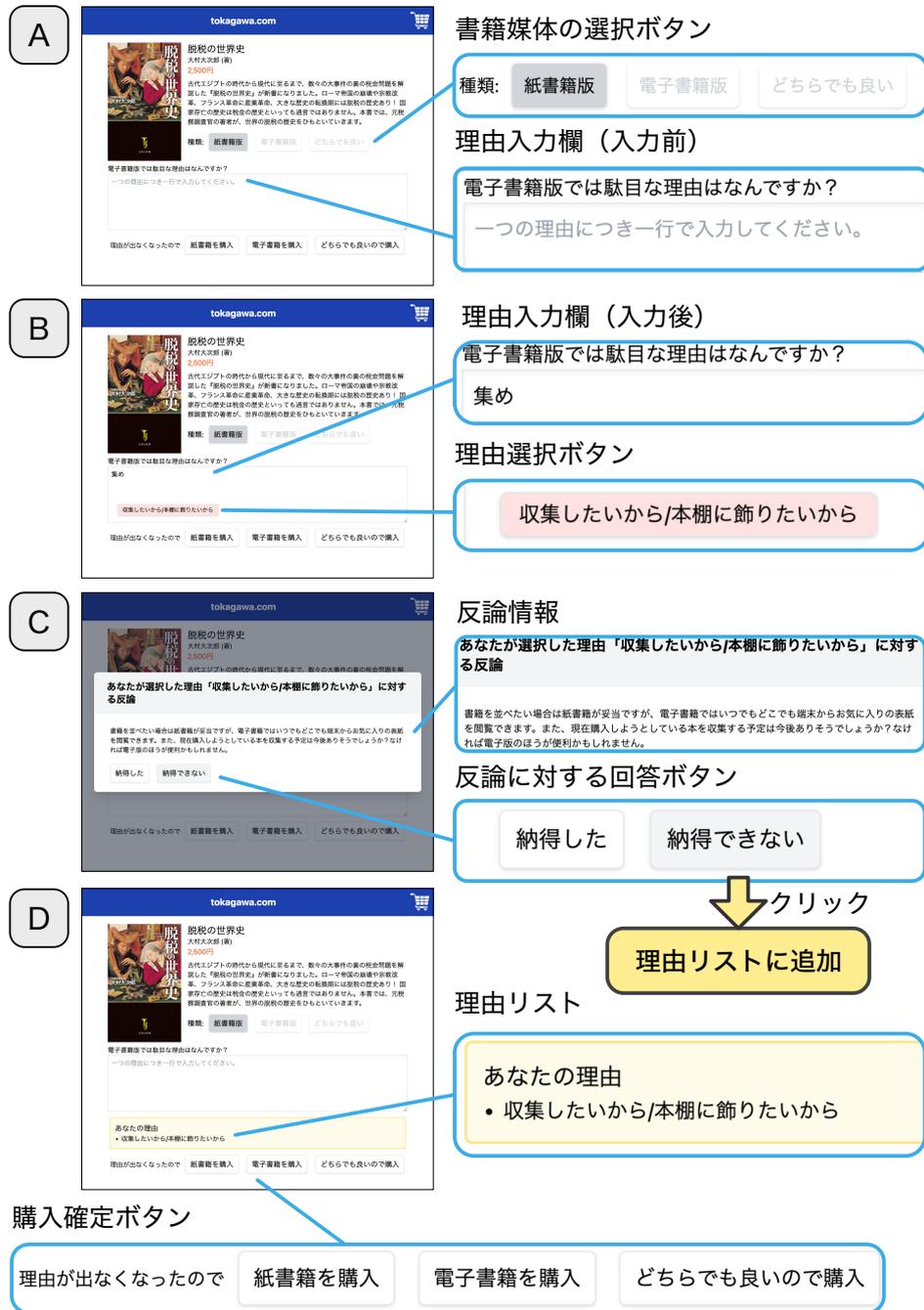


図 3: 提案手法を実装した選択インターフェース

当な理由で現状変更に対してしていると判断する。

ユーザが反論情報に納得しなかった場合のみ、図 3(D) のように、その理由を理由リストに追加する。ユーザが反論情報に納得した場合は、不当な理由であると判断するため、理由リストへの追加は行わない。理由の入力はユーザが理由を思いつかなくなるまで繰り返し、最終的に購入確定ボタンでどの媒体で購入するか選択する。

表 2: 電子書籍を好むユーザ向けの反論情報

紙書籍が望ましくない理由	反論情報
紙書籍はサイズが大きく持ち運び もたいへん	購入後この本を持ち運ぶことや、よく使う机などの場所置きっぱなしにすることはありそうでしょうか？今後の読書シーンを具体的にイメージしてみると紙書籍のほうがあなたにマッチするかもしれません。
電子書籍のほうがメモを残しやすいから	文字をタイプするよりも紙とペンで文字を書くほうが情報として記憶に残りやすいということが知られています。たとえ、タブレットのペンスタイラスでメモを取ったとしても、紙とペンの書き味とはことなります。また、電子データは消すことが簡単なため、メモを誤って消してしまう危険性もあります。
電子書籍のほうが値段が安いから	紙書籍なら中古でより安く手に入れることもできます。中古本のなかには書き込みや傷がある本もありますが、数百円で手に入る上に、中身は問題なく読めます。
いつも電子書籍で読んでいて慣れているから	電子書籍に不慣れな人はいても、紙書籍に不慣れな人はいないので、慣れという点では紙書籍も変わらないのではないのでしょうか？
電子書籍のほうが読みたいページを探しやすいから	紙書籍は文字列検索できませんが、付箋を張ったり、パラパラめくって探すこともできます。この本を読むのに文字列検索は本当に必要であるか考えてみましょう。
試し読みがしたいから	店に出向く必要はありますが、紙書籍なら全ページに目を通すことができます。
収集したいから	せっかく集めても、電子書籍はアカウントがなくなったり、ログイン方法を忘れてしまうと買った書籍を紛失してしまう危険性があります。
他人と共有しやすいから	電子書籍だとサービスとして家族と本を共有することはできますが、友達と本の貸し借りを行うことはできません。
電子書籍のほうが読みやすいから	紙書籍は紙の匂いや肌触りなどもあり、記憶にも残りやすいかもしれません。また、電子書籍のほうが積ん読をしやすいという人もいます。
紙書籍は劣化するから	電子書籍も内容次第では情報が陳腐化する可能性があります。

なお、図 3(A) の時点で「どちらでも良い」をクリックした場合は図 2 の提案手法を実装していない場合と同様に購入確定ボタンが表示されて購入完了となる。

2.4.3 反論情報の作成

実験に先立ち、ユーザの入力が想定される理由と提示する反論情報のデータセットを作成した。まず、ユーザがどのような理由で電子書籍および紙書籍のいずれかを選ぶのか把握するため、24名の大学生に対してアンケートを行った。アンケートでは、(1) 電子書籍および紙書籍のどちらを好んでいるか、および(2) 自分の選択と対立する書籍形式を好まない理由について自由記述で回答を求めた。集めた回答をもとに合計3名の研究協力者の話し合いによって、すべての理由の分類と、それに対応する反論情報の作成を行った。その結果、紙書籍と電子書籍は共通して、持ち運びやすさ、メモの残しやすさ、価格の安さ、慣れているかどうか、ページの探しやすさ、試し読みが可

表 3: 紙書籍を好むユーザ向けの反論情報

電子書籍が望ましくない理由	反論情報
紙書籍のほうが持ち運びやすいから 紙書籍のほうがメモが残しやすいから	電子書籍のほうはデバイスに何冊でも収めることができ、PC/スマホ/タブレットと様々なデバイスからアクセスできます。紙にメモをとるとメモが散らばりやすく紛失しやすくなります。本に直接書き込む場合でも、ページが異なれば後からまとめたり整理することは難しいと考えられます。一方で、電子書籍だと検索やコピーが簡単なので整理や見返すことが簡単です。
紙書籍のほうが値段が安いから	電子書籍を頻繁にセールしている出版社もあるのはご存知でしょうか？ タイミングによっては30%~50% OFFで購入できますし、中古本とは違って経年劣化などありません。
いつも紙書籍で読んでいて慣れているから	電子書籍には紙書籍ではできないこともたくさんありますし、情報を得る手段は多いほどあなたの世界を広げることにつながります。何よりも、あなたやあなたの将来の家族は、電子媒体で本を読まなければならない場面が必ず増えます。なので、今から少しずつでも読み慣れておくほうが安心と思いませんか？
紙書籍のほうが読みたいページを探しやすいから	電子書籍は全文検索やブックマークを使い慣れれば、紙書籍よりも早く、そして正確に読みたい場所を探し出せるかもしれません。
試し読みがしたいから	電子書籍も買う前に試し読みはできます。しかも、店舗に向く必要はありません。また、紙書籍も本の種類や店舗によっては試し読みはできないので、紙書籍であるか電子書籍であるかはあまり関係がないのではないのでしょうか？
収集したいから/本棚に飾りたいから	書籍を並べたい場合は紙書籍が妥当ですが、電子書籍ではいつでもどこでも端末からお気に入りの表紙を閲覧できます。また、現在購入しようとしている本を収集する予定は今後ありそうでしょうか？ なければ電子版のほうが便利かもしれません。
他人と貸し借りできるから	電子書籍もスクリーンショットで手軽に共有することができます。また、家族とであれば電子書籍を丸ごと共有することは可能ですし、貸している間自分の手元から離れることもありません。
紙書籍のほうが読みやすいから	電子書籍にはダークモードやブックマーク、検索や辞書機能、読書ペース計測、様々な種類のデバイスで読めるなど、紙書籍ではできないことがたくさんあります。慣れてくると紙書籍のほうが読みやすいとは一概には言えないかもしれません。電子書籍に慣れる努力をしてみませんか？
目が疲れるから	電子書籍はダークモードでも読むことができますし、輝度調節もできます。また、紙書籍なら疲れないと思込むことも、知らぬうちに疲れを溜め込んでしまう可能性があるため危険です。
インターネットに抵抗や不安があるから	インターネットにつながっているからと言って必ずしも個人情報や不正に利用されるわけではありません。これからの社会はインターネットリテラシーは必要になります。
端末を持っていないから	スマートフォンでも読めますし、適した端末を持っていないなら、新しい体験をするためにも購入してはいかがでしょうか？

能かどうか、コレクション性、他者との共有ができるか、読みやすさの観点があることが分かった。紙書籍特有の理由としては、経年劣化という懸念点があることが分かった。一方、電子書籍特有の理由として、目が疲れること、インターネットへの抵抗感、読書端末の不所持という懸念点があることが分かった。以上の手順によって、ユーザの入力が想定される理由と提示する反論情報のデータセットを作成した。電子書籍を好む人向けの反論情報を表2、紙書籍を好む人向けの反論情報を表3に示す。

2.5 実験方法

本実験では、電子書籍あるいは紙書籍のいずれかの媒体を選ぶというユースケースを想定し、実装したインタフェースを通して選択がどのように変化するかを評価した。また、事後アンケートによってインタフェースに対するユーザの評価を得た。被験者は42名の大学生であり、実験は静かに落ち着ける部屋でラップトップPCを用いて行われた。

2.5.1 仮説

本仮説では、提案手法によって、現状維持を続けるユーザが現状変更を行うようになると仮定した。これは、提案手法の反論情報によって現状変更に対する理由が少なくなると考えられるからである。また、これに関連する仮説として、提案手法によって現状変更を選択するユーザは、現状変更に対する上で正当と認められるような理由の数が少ない傾向があると仮定した。正当な理由の入力数が少ないほど、提案手法のインタフェースを利用する前まではユーザは現状維持バイアスで選択を行っていた可能性が高く、そのようなユーザは選択を変えやすいと考えられるからである。また、提案手法のインタフェースを利用した後、現状変更を選択するユーザは読書媒体に対してこだわりの少ない傾向があると仮定した。これは読書媒体へのこだわりの少ないユーザは、現状変更に対する理由を考えるための観点が少なく、反論情報にも納得しやすいと考えられるためである。これらを検証することで、不当に現状維持を好むユーザに現状変更を促すことができたことを確認する。

また、本仮説では提案手法の有効性の検証に関する仮説に加えて、提案手法を実装したインタフェースによって、選択肢に対する印象が変化すると仮定する。これは、提案手法によって現状変更を選択した場合、現状変更の選択肢への印象が良くなったために選択を変更すると考えられるためである。また、提案手法によって現状維持した

場合、現状維持の選択肢の良さを再認識する可能性がある。特にこの場合は、提案手法が反論に失敗すると現状維持の傾向を強めてしまうという副作用を持つ可能性があるため確認すべきだと考えられる。

以上のことから、本実験では、次の仮説について検証する。

- 仮説 1: 現状維持を続けていたユーザは提案手法によって現状変更を行うようになる。
- 仮説 2: 提案手法によって現状変更を行うユーザは、現状を維持する上で正当と認められるような理由の入力数が少ない。
- 仮説 3: 提案手法によって現状変更を行うユーザは、選択肢に対してこだわりの少ないユーザである。
- 仮説 4: 提案手法によって現状変更を選択したユーザは現状変更の選択肢に対する印象が良くなる。
- 仮説 5: 提案手法によって現状維持を選択したユーザは現状維持の選択肢に対する印象が良くなる。

2.5.2 実験手順

本実験において、被験者は書籍媒体に関して1~3回の選択を行った。1回目と2回目の選択の目的は、同じ選択肢を選び続ける被験者をスクリーニングすることである。また、3回目の選択の目的は、同じ選択肢を選び続けていた被験者が提案手法によって選択を変えるかどうかを確認することである。

1回目の選択では、被験者は提案手法を実装していないインタフェースで書籍媒体を選択した。提示される書籍情報はショッピングサイトであるamazon.comの文学・評論、人文思想、ノンフィクション、歴史・地理、ビジネス・経済、投資・金融・会社経営、科学・テクノロジー、コンピュータ・IT、アート・建築・デザイン、趣味・実用、スポーツ・アウトドアの11カテゴリの売れ筋ランキング最上位の書籍の中から無作為に選ばれた。被験者は図2の画面で書籍媒体を「紙書籍版」、「電子書籍版」、「どちらでも良い」の3つのボタンのいずれかを選択した後、購入確定ボタンをクリックした。「紙書籍版」および「電子書籍版」を選択した被験者は2回目以降の選択に進み、「どちらでも良い」を選択した被験者はその時点で実験終了とした。

表 4: 実験後アンケートの内容

質問内容	
Q1	普段、読書媒体へのこだわりは強いですか？(1: こだわりはない - 5: こだわりは強い)
Q2	反論表示機能によって、自分が1回目の選択で選ばなかった商品に対する印象はどう変わりました？(1: 悪くなった - 5: 良くなった)
Q3	反論表示機能によって、自分が1回目の選択で選んだ商品に対する印象はどう変わりました？(1: 悪くなった - 5: 良くなった)
Q4	自分の思いついた理由に近い理由のボタンが表示されないことがありましたか？
Q5	自分の思いついた理由に近い理由のボタンが表示されないことがあった場合、それはどんな理由ですか？(自由記述)

2回目以降の選択では、被験者は提案手法を実装したインタフェースで書籍媒体を選択した。提示される書籍情報は前回の選択と同様に11カテゴリの中から無作為に選ばれた。まず、2回目の選択として、被験者は図3(A)の画面で書籍媒体を選択した。「どちらでも良い」あるいは1回目と異なる媒体を選択した被験者はその時点で実験終了とした。1回目と同じ書籍媒体を選択した被験者は、図3(B)および(C)の画面で、理由の入力と反論情報の閲覧を理由が思いつかなくなるまで繰り返した。最終的に、3回目の選択として、図3(D)の購入確定ボタンで、最終的な書籍媒体を選択した。

実験が終了した被験者には、表4の事後アンケートへの回答を求めた。

実験開始前に、被験者には前述の実験手順およびインタフェースの操作方法を実際の画面を提示して説明した。なお、実験結果に影響すると考えられるため、全体の選択回数や、具体的な理由の入力例、および実験の目的は伝えなかった。また、自分の考えた理由選択ボタンがどうしても表示されない場合は、その理由を諦めて事後アンケートで回答するように指示した。

2.5.3 被験者の分類

本稿では前述の実験手順を通して、被験者を以下の4種類のカテゴリに分類する。なお、UCとCHの被験者群は提案手法を用いる前から現状を維持する選択を行っていないため、本実験の分析対象となるユーザではない。

- **UC(unconcerned)**: 書籍媒体にこだわりのない被験者を指す。1回目の選択で「どちらでも良い」を選択した被験者がこのカテゴリに分類される。
- **CH(changed)**: 書籍媒体にこだわりがないわけではないが、何らかの理由で選択を変えた被験者を指す。1回目の選択で「紙書籍版」あるいは「電子書籍版」

表 5: AF と UA の被験者における実験結果とアンケートの回答 (Q1: 読書媒体へのこだわり, Q2: 現状変更に対する印象の変化, Q3: 現状維持に対する印象の変化)

被験者 カテゴリ	正当な理由数		不当な理由数		Q1 への回答		Q2 への回答		Q3 への回答	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
AF(N=7)	1.14	0.69	0.86	0.69	2.00	1.00	3.71	0.76	3.29	0.76
UA(N=17)	1.76	0.97	0.71	0.59	3.06	1.43	3.18	0.53	3.00	0.35

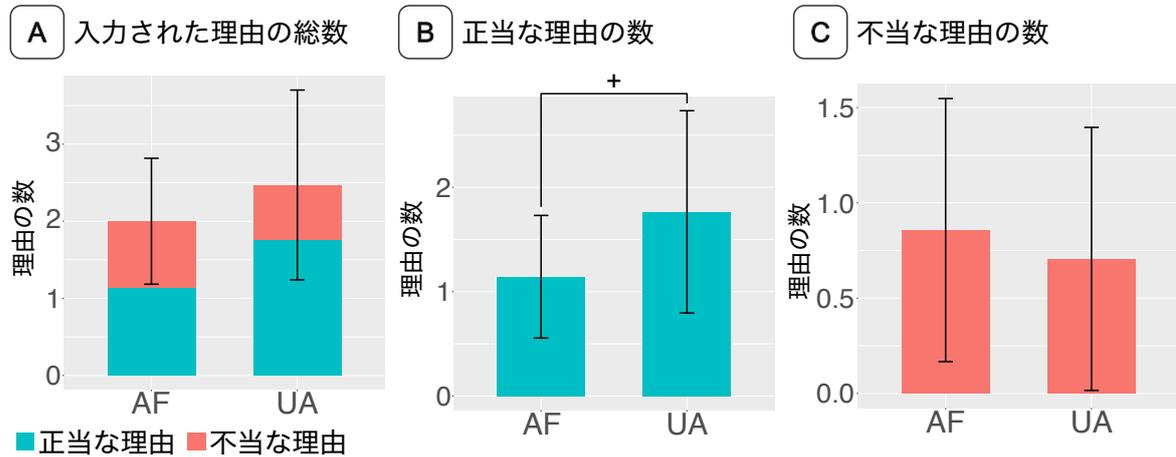


図 4: 入力された理由の数

を選択したが、2回目の選択で異なる選択をした被験者がこのカテゴリに分類される。

- **UA(unaffected):** 提案手法を実装したインタフェースを利用した後、現状維持の選択肢を選んだ被験者を指す。1回目から3回目の選択まで同じ選択を行った、被験者がこのカテゴリに分類される。
- **AF(affected):** 提案手法を実装したインタフェースを利用した後、現状変更の選択肢を選んだ被験者を指す。1回目と2回目で同じ選択を行い、3回目の選択で異なる選択を行った被験者がこのカテゴリに分類される。

2.6 結果

実験の結果、各被験者カテゴリに分類された人数はUCが7名、CHが11名、AFが7名、UAが17名であった。また、AFとUAの被験者における理由の入力数と、仮説に関わるアンケート項目の回答結果を表5に示す。

被験者が入力した理由の数の結果について、図4に示す。棒グラフは平均値を表し、エラーバーは標準偏差を表す。AFとUAに分類された被験者が入力した理由の数に対

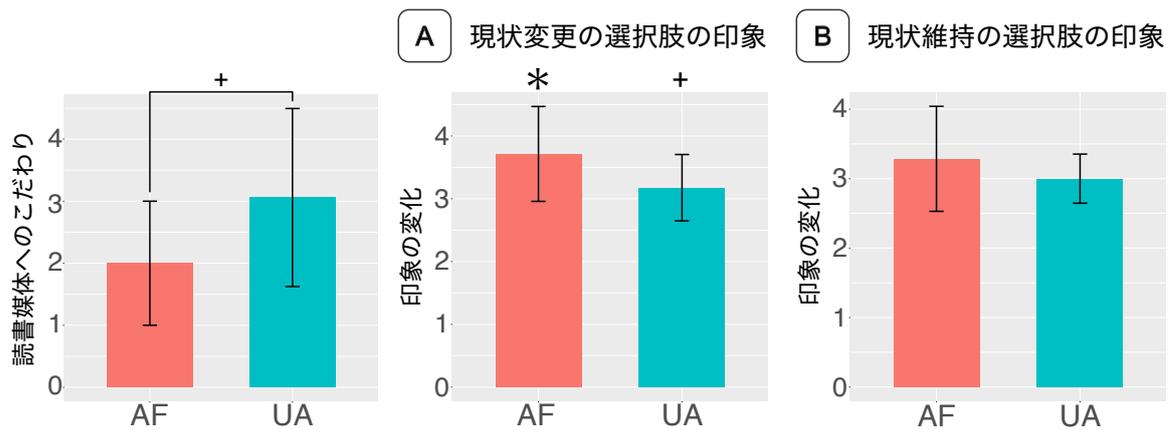


図 5: 読書媒体へのこだわり 図 6: 選択肢に対する印象の変化 (A: Q2, B: Q3) (Q1)

して対応のないt検定を行った結果、正当な理由の数は有意傾向であり、AFの被験者はUAの被験者より正当と認められる理由の入力数が少なかった ($t(15) = 1.76, p < 0.10$)。一方で、入力された理由の総数および不当な理由の数に対するt検定では有意差は確認されなかった ($p > 0.10$)。

被験者が事後アンケートで自身の読書媒体に対するこだわりについての回答(Q1)の結果について、図5に示す。棒グラフは平均値を表し、エラーバーは標準偏差を表す。AFとUAに分類された被験者の回答に対して対応のないt検定を行った結果、AFの被験者はUAの被験者に比べて有意傾向で読書媒体へのこだわりが少なかった。 ($t(16) = 2.06, p < 0.10$)

被験者が事後アンケートで現状変更および現状維持する選択肢に対する印象の変化についての回答(Q2およびQ3)の結果について、図6に示す。棒グラフは平均値を表し、エラーバーは標準偏差を表す。各選択肢におけるAFとUAの結果それぞれに対して、印象の変化に対する回答結果が印象が変わらないことを意味する3よりも大きく、印象が良くなったかどうか、1標本のt検定(片側検定)を行った。結果は図6(A)に示す現状変更の選択肢の印象において、AFの被験者は有意に印象が良くなっており ($t(6) = 2.50, p < 0.05$)、UAの被験者は有意傾向で印象が良くなっていることを示した ($t(16) = 1.38, p < 0.10$)。一方で、図6(B)に示す現状維持の選択肢の印象において、AFとUAの被験者の結果のいずれにおいても有意に印象が良くなっていることは確認できなかった ($p > 0.10$)。

以下に、その他のアンケートの回答結果についてまとめる。

Q4の回答について、思っていると通りの理由ボタンが表示されなかった被験者は、全体の50%であった。

Q5の回答で、どのような理由が表示されなかったか自由記述を求めると、そのうち66%は表2および表3と内容が重なるものであった。上記の反論情報で対応できない理由の入力は以下の4つであった。

紙書籍を好むユーザが入力しようとした理由:

- 電子書籍ならどこでも読める利点があるが、外出したときに読もうと思わない
- 購入履歴を残したくない
- 電子版だと読む気力が出ない

電子書籍を好むユーザが入力しようとした理由:

- 他人に何の本を読んでいるか知られたくない

2.7 考察

提案手法による選択への影響

実験結果はAFに分類される被験者が7名いたことから、現状維持を続けていたユーザは提案手法によって現状変更を行うようになるという仮説1を支持することを示した。これは3回目の選択に進んだAFとUAの24名のうち29.2%の被験者にあたる。AFに分類される被験者は「どちらでも良い」を選ばず、かつ1回目と2回目の選択で同じ選択を行ったため、現状維持の傾向を持っていると考えられる。提案手法を実装したインタフェースを利用した後に異なる選択を行ったため、提案手法によって現状変更を選ぶか、あるいはどちらでも良くなったと考えられる。したがって、実装したインタフェースは現状変更を促す能力があると考えられる。

現状維持/変更と入力される理由数の関係

実験結果は提案手法によって現状変更を行うユーザは、現状を維持する上で正当と認められるような理由の入力数が少ないという仮説2を支持するものであった。まず、図4(B)の結果から、提案手法によって正当と認められる理由の数は、AFのほうがUAよりも有意傾向で少ないことが示された。一方で、UAよりもAFのほうが入力された

理由の総数は少なく、不当と判断された理由の数が多かったが、有意な差は見られなかった。したがって、AFとUAの被験者の最も大きな違いは正当な理由の入力数にあると考えられる。この結果は、AFの被験者は正当と認められるような根拠が少ないにも関わらず、1回目と2回目の選択で同じ選択肢を選んでいるため、UAの被験者に比べて不当に現状維持を好んでいたとみなすことができる。したがって、AFの被験者群は現状変更に反対する根拠の少ない被験者とみなせるため、提案手法は現状維持バイアス下にあるユーザに現状変更を促すことができたと考えられる。

現状維持/変更と読書媒体に対するこだわりの関係

実験結果は提案手法によって現状変更を行うユーザは、選択肢に対してこだわりの少ないユーザであるという仮説3を支持するものであった。これは図5から、AFの被験者はUAの被験者よりも読書媒体へのこだわりに対する自己評価が有意傾向で低いことを示したことから確認できる。また、それを示唆するその他の結果として、前述したとおり、図4(B)の結果から、AFの被験者は正当な理由の入力数が少なかったことが示されている。これは読書媒体へのこだわりが少ないため、現状変更に反対する理由を考えるための観点が少ないのだと考えられる。一方で、不当な理由の数はAFとUAの被験者に有意な差は確認できなかったため、AFの被験者のほうが反論情報に納得しやすいといったことは確認できなかった。これらの結果は、AFの被験者は読書媒体にこだわりが少ないにも関わらず、「どちらでも良い」を選ばずに同じ選択を続けていたと考えられるため、UAの被験者に比べて不当に現状維持を好んでいたとみなすことができる。以上のことから、AFの被験者群は読書媒体に対するこだわりが少なく、提案手法は現状維持バイアス下にあるユーザに現状変更を促すことができたと考えられる。

選択肢に対する印象の変化

実験結果は提案手法によって現状変更を選択したユーザは現状変更の選択肢に対する印象が良くなるという仮説4を支持していた。これは、図6(A)の結果において、AFの被験者において現状変更の選択肢の印象が有意に良くなっていたことから確認できる。提案手法によってユーザは、現状変更の選択肢に対する印象が改善し、選択を変えたと考えられる。

また、仮説とは異なるが、図 6(A) から、UA の被験者においても印象は有意傾向で改善することも確認できた。これは、提案手法はユーザが最終的に現状維持を選んだとしても、現状変更に反対する不当な理由を取り除くことに役立ち、印象が改善したのだと考えられる。したがって提案手法は、より明確な根拠を持った意思決定をユーザに促す上で有益であると考えられる。

一方で、提案手法によって現状維持を選択したユーザは現状維持の選択肢に対する印象が良くなるという仮説 5 は支持されなかった。図 6(B) の結果から、UA の被験者において現状維持の選択肢の印象が有意に良くなっていることは確認できなかった。したがって、ユーザが反論情報に納得しないケースなど、現状変更を促すことに失敗したときに現状維持傾向を強めるという副作用については確認できなかった。

2.8 本研究の限界と今後の課題

本研究には次の点で限界がある。今後、以下の点を考慮した評価を行う予定である。

(1) 今回の実験では、日本人の 20 代前半の大学生を対象とした。そのため、今回の紙書籍と電子書籍の対立というユースケースでは世代別で選択傾向に大きな偏りが生まれる可能性がある。また、年齢や国籍によっては現状維持を好む傾向にも偏りがある可能性もある。したがって、今後はより幅広い年齢や国籍を対象に評価を行う必要がある。

(2) 事後アンケートの Q4 の回答結果では、全被験者のうち 50% の被験者はユーザの思ったとおりの理由ボタンが表示されないことを報告していることから、ユーザ入力を解釈して理由ボタンを表示する実装には改善する余地があることが分かった。Q5 の結果から、部分一致検索でマッチしないケースが多数存在し、事前に作成した表 2 と表 3 の反論情報ではどうしても対応できない理由の入力があることが分かった。したがって、これらの実装を改善することで反論情報にユーザを納得させることができるケースが増え、現状変更の促進効果をより高める余地があると考えられる。例えば、近年 OpenAI 社の GPT-4 など、大量のテキストデータを学習した汎用的な大規模言語モデルが大きな注目を集めており、あらゆる言語処理タスクを自動処理できるようになりつつある。ユーザの自由な入力を解釈してコンピュータから反論情報を提示することも言語処理タスクのひとつであるため、このような大規模言語モデルは提案手法に応用できると考えられる。また、大規模言語モデルを利用すれば、書籍媒体以外の選択肢（スマートフォンなど）への対応も今後は容易になると考えられる。そのため、今

後はテキストの部分一致検索ではなく、大規模言語モデルによるチャット機能などに置き換えて調査する。

(3) 被験者に反論表示機能に対して感想を求めたところ、「反論情報に反感を招きそう」、「自分の考えを否定されることに嫌悪感がある」などの意見があった。そのため、ユーザの感情に配慮した反論情報の提示について調査する必要がある。また、「購入の手間が増えるのであまり使いたくない」という意見もあった。そのため、操作プロセスには改善する余地があると考えられる。

2.9 まとめ

本研究では、ユーザによる理由の入力とそれに対する反論情報の提示という手法で、現状維持バイアスを取り除いた意思決定を促すことを目指した。本稿において、現状維持バイアスを取り除いた意思決定とは、現状変更に反対する上で妥当とは言えない理由を明らかにし、妥当な理由のみによって意思決定することを指す。この手法の実現可能性の検証のために、提案手法を実装したインタフェースを実装し、ショッピングサイトで電子書籍と紙書籍のどちらを選ぶかというユースケースを想定して、評価実験を行った。実験は、まず2回の選択で現状維持を選ぶ被験者をスクリーニングした。そして、現状維持を続ける被験者に対して、提案手法によって3回目の選択で現状変更を行うようになるかを調査した。実験結果から、提案手法を利用した後に、被験者に対して現状変更を行うことを確認できた。また、現状変更を選んだ被験者は現状変更に反対する上で妥当といえる理由の入力数が少なく、読書媒体へのこだわりが少ない被験者であることも分かった。これらの特徴は、提案手法を利用する前まで不当に現状維持を選んでいたユーザの特徴であるだと考えることができる。したがって、提案手法は現状維持バイアス下にあるユーザに対して、現状変更を促せることを確認した。本研究成果は、ユーザの現状維持バイアスの理解と、それらのバイアスをコンピュータ上で扱う方法を考える上で役立つ。

3 ポジティブ/ネガティブなレビューおよび動画による多様な選択の促進手法

3.1 まえがき

近年、情報インタフェースを通じた選択が増加したことによって、ユーザーの選択が偏る現象が問題視されている。例えば、ショッピングサイトや検索エンジンで広く用いられているランキング表示は、より評価の高い商品に選択を偏らせ、個人や集団の選択の偏りを引き起こす [26, 27]。また、多くの研究において、オンライン上の情報探索によって人が自分の考えを支持する情報しか収集しなくなるという確認バイアスを促進することが指摘されている [28, 29, 30]。また、情報機器によるオンラインの情報源のほうが、ガイドブック、旅行会社、友人などのオフラインの情報源よりも、観光ルートを首都圏に偏らせ、この偏りが地域経済の健全な成長を阻害する可能性も指摘されている [31]。

このような選択が偏る現象を改善するためには、情報インタフェースにおいて選択の偏りに影響する要因を明らかにし、選択の多様性を促進するインタフェース設計を理解することが重要である。一方、情報機器を利用して何らかのコンテンツを選択する前に、レビュー(本文では口コミを指す)や動画を閲覧する状況がある。例えば、ECサイトではコンテンツへのレビューが提示される場合がある。また、動画共有プラットフォームは動画広告を表示することでユーザが商品選択画面にアクセスするように誘導し、ユーザは動画を見てから買い物をする。このような状況においてユーザの選択が偏る現象を不用意に起こさないためには、レビューや動画の閲覧によってユーザの選択がどう影響されるかを調査することが重要である。

一方、心理学の研究では、ポジティブな情報に触れた後に選択の多様化が促進され、ネガティブな情報に触れた後に選択の偏りが促進される可能性が示されている。例えば、今やりたいことの選択肢を列挙する数は、ポジティブな動画を見た後に増加し、ネガティブな動画を見た後に減少することが示されている [32]。この結果は、拡張形成理論 [33] によると、ポジティブな感情をもつことで人はより幅広い行動や選択肢を想起しやすくなったり、受け入れやすくなると解釈されている。この知見を踏まえると、ポジティブ/ネガティブなレビューや動画の閲覧によって、コンテンツへの印象やユー

感情がポジティブ/ネガティブに誘導された場合、ユーザの選択が無意識的に偏ったり、多様になると想定できる。もし、このような影響が明らかになれば、選択が偏る現象を防いで選択の多様性を促進するインタフェースの設計に役立つ。

そこで、本研究では、選択の多様性を増加/減少させるレビューや動画を、情報のポジティブさ/ネガティブさの観点から調査した。そして、調査結果に基づいて、ユーザの選択の多様性を増加させるために、レビュー提示による商品印象操作や、動画提示によるユーザ感情操作を、効果的に行う手法を示した。なお、本研究において、選択の多様性の意味は個人内でより多くの選択肢が選択されることを指し、選択の偏りの意味は多くの選択肢の中で一部の選択肢が個人内で繰り返し選択されることを指す。本稿では、5種類のドリンクから1種を個人が繰り返し選択する実験タスクを対象に、オンラインで商品購入をするためのスマートフォンアプリケーションを実装し、次の2種の実験を行った。実験1ではレビュー閲覧による商品印象操作を介した選択への影響を調査した。実験2では動画閲覧による感情誘発を通じた選択への影響を調査した。本研究成果は、レビューや動画の閲覧によるユーザの選択への影響を理解するため、あるいは選択の多様性を促進するインタフェースを設計するために役立つ。

3.2 関連研究

3.2.1 選択の多様性

同じ選択を繰り返すことは意思決定のコストを減らすことができるが、変化したり、不確実性の高い環境では様々な選択を行うほうが良い場合がある。いつもと違う選択を行うことは、新しい知見を得ることになり、結果的に不確実性を減らすことができる。このような同じ選択によるリスク回避と未知の選択による知識習得のジレンマについては、医学 [34]、経済学 [35, 36]、経営学 [37]、心理学 [38, 39]、生物学 [40, 41] など多くの分野で研究が行われている。その多くは、バランス良く2つの意思決定戦略を用いることを勧めている [42]。

一方、先行研究では、インタフェースやアルゴリズムに影響された選択行動の偏りが確認されている。ショッピングサイトでは、レビュースコアが高く、レビュー数が多い選択肢が選択される傾向がある [26, 27]。オンラインの情報源を用いた観光客は、オフラインの情報源 (e.g., ガイドブック, 旅行会社, 友人) よりも、観光ルートが首都圏に偏る [31]。また、先行研究では、オンライン上の情報探索によって人が自分の考えを支持する情報しか収集しなくなるという確認バイアスを促進することを指摘されてい

る [28, 29, 30]. 類似の問題として、情報推薦アルゴリズムによる情報の過度なパーソナライゼーションによって人が欲しい情報しか手に入れられなくなる問題はフィルタバブルと呼ばれている [43, 44].

この問題を踏まえて、インタフェースや情報推薦アルゴリズムを改善し、多様な意思決定を促進する研究が行われてきた. 例えば, Tsai ら [45] は, 1次元のランキングではなく2次元的に選択肢を並べるなど, 選択肢どうしの違いを捉えやすくするインタフェースを提案した. その研究の中で, 彼らは被験者にデータセットからできるだけ多様な選択肢を選択させる課題によって, 1次元的で単純なランク付けリストよりも提案インタフェースのほうが多様な選択肢を選択することを確認した. また, 選択肢どうしの違いの捉えやすさに着目し, 製品 [46] や音楽 [47] に関する同様の推薦インタフェースが存在する. 情報推薦アルゴリズムについては, ユーザがいつも似たような情報に飽きてしまわないように, 推薦結果のセレンディピティや新規性を評価する研究が多く行われている [48, 49, 50].

3.2.2 ポジティブ/ネガティブ感情と意思決定

リスク選択 [51, 52], 購買意欲 [53], 意思決定時間 [54] など, 感情と意思決定の関係については多くの研究がなされている.

特に, Fredrickson は, 喜び, 興味, 満足などのポジティブな感情の心理的効果である 拡張形成理論を提唱している [32, 33]. この理論は, ポジティブな感情は「何かをしたい」といった思考や行動のレパートリーを広げ, ネガティブな感情は逆にレパートリーを狭めるとするものである. 例えば, Fredrickson らは, 特定の感情を喚起するビデオを見た後, 被験者に何をしたいかを挙げさせた. その結果, 喜びや満足を感じているグループの方が, 恐れや怒りを感じているグループよりも, より多くの行動を挙げていることが確認された. さらに, ポジティブな感情は視覚的な注意を広げるという理論もある. 例えば, Fredrickson らは被験者に全体的な部分と細かい部分で異なる2つの画像の違いを見つけるように指示した. その結果, ポジティブ群は全体的な変化を見つける傾向があり, ネガティブ群は細部の変化を見つける傾向があることがわかった.

Fredrickson らは拡張形成理論の論文で, ポジティブな感情がバラエティシーキング (様々な商品を購入する消費者の行動) を増加させるという研究を引用している. Kahn ら [55] は, 被験者の感情を誘導した上で, 被験者が食べたいクラッカーを繰り返し選

択する実験を行った。その結果、ポジティブな感情を喚起した群で、ブランドスイッチング行動が増加することが確認された。ブランドスイッチングは前回と違う製品を選ぶことであり、顧客が商品のバラエティーを追求する行動の一つである。ただし、この研究では選択の偏りを評価していない。

選択肢のポジティブさ/ネガティブさが選択傾向に与える影響についても多くの研究がある。特に、フレーミング効果 [98, 56] はよく知られた現象であり、同じ意味であっても否定的な記述と肯定的な記述では人の選好が逆転してしまうというものである。例えば、患者は「あなたの手術は 80% の確率で成功する」といわれたほうが、「あなたの手術は 20% の確率で失敗する」といわれるよりも手術を受け入れやすくなるとされている。ただし、フレーミング効果は基本的に選好の逆転に焦点を当ており、選択の多様性のように 3 つ以上の選択肢が存在するケースを対象にしていない。

3.2.3 レビューや動画がユーザに与える影響

ショッピングサイトで、レビューに含まれる感情がユーザに及ぼす影響についての研究がある。Zhang ら [57] は、オンラインレビューから楽しみや喜びを感じたユーザは衝動買いを行いやすいことを明らかにした。また、レビュー文のポジティブさ/ネガティブさが、レビューの有用性について、ユーザの認識に与える影響についての研究もある。Huang らはレビュー中の絵文字の感情の影響を調べている [58]。Yin らは不安を込めたレビューと怒りを込めたレビューを比較している [59]。

また、動画や音楽を用いて被験者の気分を誘導して、選択のリスク選好の傾向を調べた研究が行われている。例えば、幸せな気分を誘導する動画を見ると悲しい気分や中立的な気分比べてギャンブル性の高い選択を好んだり [60]、楽しいと感じる音楽を聞いた群がリスクの高い選択を好むようになる [61]。反対に、悲しい気分を誘導する動画によって、リスク回避傾向が強まる [62]。映像への感情移入のしやすさには個人差があるという研究がある [63]。感情研究では、動画の視聴は感情を喚起させるもっとも有効な手法のひとつである [64]。Schaefer ら [65] は、恐怖、怒り、悲しみ、嫌悪、娯楽、優しさ、中立状態を呼び起こすフランス語または英語のショートフィルムクリップのデータベースを作成している。その研究では、多くの形容詞からなる 2 つの感情尺度を用いて、多くの動画を主観的に評価するよう参加者に求め、特定の感情を喚起できることを確かめている。このように動画の視聴は感情に大きな影響を与えるため、選択内容に影響を与える可能性がある。

以上のことから、選択インタフェースにおいて、レビューや動画といった要素がユーザの選択に影響を与えることが分かっているが、本研究のようにポジティブ/ネガティブな情報が選択の偏りに与える影響の調査は十分に行われていない。

3.2.4 選択多様性の指標

選択の多様性を測るための指標はいくつかある。Kahn ら [55] の研究の中では、ブランドスイッチング回数と意思決定時間を消費者のバラエティシーキング行動の指標として評価している。ブランドスイッチングは選ぶ選択肢を切り替える頻度を意味し、意思決定時間は選択に費やす時間を意味する。また、Shannon の情報エントロピーも選択肢を均等に選ぶ傾向を表現することができる。エントロピーは多くの分野で多様性を示す指標として用いられる。例えば、インタフェース [45] やアルゴリズム [66] によるユーザエンゲージメント数、生物多様性 [67]、都市計画における多様性 [68]、経済格差 [69] がある。

本稿では、エントロピー H は k 個の選択肢があった場合とき以下のように計算される。

$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \log_k p_i \quad (1)$$

$$p_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^k s_i} \quad (2)$$

s_i は選択肢 i が選ばれた回数を指し、 p_i はすべての選択の中で選択肢 i が選ばれた割合を指す。このエントロピーの計算においては、1 が最も多様な選択結果を表し、0 が最も偏った選択結果を表す。

3.3 実験 1: レビュー閲覧による選択の多様性への影響

本実験では、ポジティブ/ネガティブな商品印象を誘発するレビュー文を閲覧した後に、選択の多様性がどう影響されるか評価した。被験者は 28 名 (男性 26 名、女性 2 名) の大学生 (20 代前半) で、全員がネガティブ感情を引き起こす可能性についてあらかじめ同意していた。

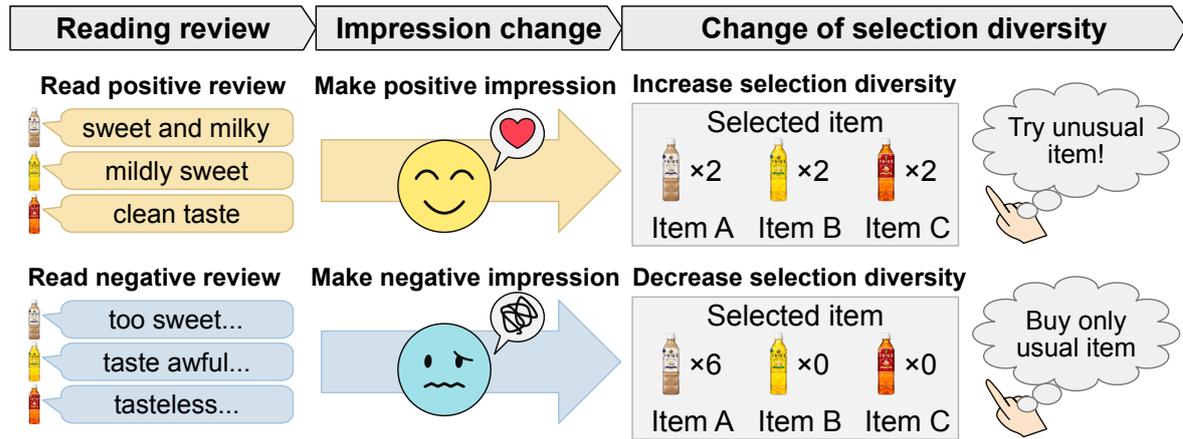


図 7: 実験 1 の仮説 (選択時にポジティブ/ネガティブなレビューを提示することによる選択の多様性への影響)

3.3.1 手法: 商品印象操作のためのレビュー提示

本実験では、ポジティブ/ネガティブなレビューの提示によって、商品印象をポジティブ/ネガティブに操作する手法を利用した。レビューは、その商品に対するユーザの口コミを指す。

3.3.2 仮説

図 7 は、我々の仮説を示したものである。本仮説では、ポジティブなレビュー閲覧によって選択の多様性が増加し、ネガティブなレビュー閲覧によって選択の多様性が減少すると仮定した。これは、商品のポジティブな印象が誘発された場合、はじめは興味が無かった商品を試したくなり、ネガティブな印象が誘発された場合、はじめは興味があった商品を選びたくなくなるという仮説に基づく。

そこで、本実験では、次の仮説を検証する。なお、ポジティブとネガティブのどちらのレビューが選択の多様性を促進するかはわかっていないため、以下の点を検証した後、適切なレビューの提示手法について議論する。

- 仮説 1. ポジティブなレビューの閲覧後に、選択の多様性が増加する (選択の偏りが減少する)
- 仮説 2. ネガティブなレビューの閲覧後に、選択の多様性が減少する (選択の偏りが増加する)

3.3.3 評価指標

本実験では、以下の3つの指標によって選択の多様性を評価した。これらは先行研究でも採用されている。

- **エントロピー**: Shannon の情報エントロピーは選択の多様性を評価する指標であり、この数値が高いほど、より多くの選択肢が均等に選ばれたことを示す。例えば、5つの選択肢の中からどれか一つを選ぶことを繰り返す際に、被験者がすべての選択肢を均等に選ぶとエントロピーは1になる。反対に、1つの選択肢だけを選ぶとエントロピーは0となる。この指標は、2章で述べたエントロピーの式1から算出される。
- **ブランドスイッチング**: ブランドスイッチングは、選択の偏りを評価する指標であり、この数値が高いほど連続した選択において同じ選択が行われなかった、つまり前回と異なる選択が試みられたことを示す。具体的には、この指標は複数回の連続した選択において、一つ前の選択と異なる選択を行った回数をカウントする。この指標は、1つ前の選択と異なる選択肢に頻繁に切り替えるほど高くなり、1つ前と同じ選択を繰り返すほど低くなる。例えば、合計6回メニューを選択するとき次の2人のユーザがいることを想定する。(1) ユーザ1はメニューAを3回連続で選択した後にメニューBを3回連続選択する。(2) ユーザ2はメニューAとメニューBを合計で6回となるように1回ずつ交互に選択する。この場合、後者のユーザ2の方がブランドスイッチングの数値が高くなり、選択が偏っていないと解釈される。ただし、ブランドスイッチングの値が高い場合、選択の多様性が増加したとは限らず、あくまでも連続して同じ選択をしなかったことを示す。
- **意思決定時間**: 意思決定時間は、1試行の総選択時間を計測した指標であり、選択の多様性とは直接関係しない。Kahnらは意思決定時間を多様な選択を試みたかを評価する指標として用いている。先行研究では選択の多様性と意思決定時間の関係に一貫した傾向はみられなかった。しかし、この関係を調査するために本実験でも本指標を採用した。例えば、情報提示によって意思決定時間と選択の多様性の両方が増加した場合、選択の偏りが起こるインタフェースは選択時の思考時間を短くさせる設計が問題ではないかといった示唆が得られる。

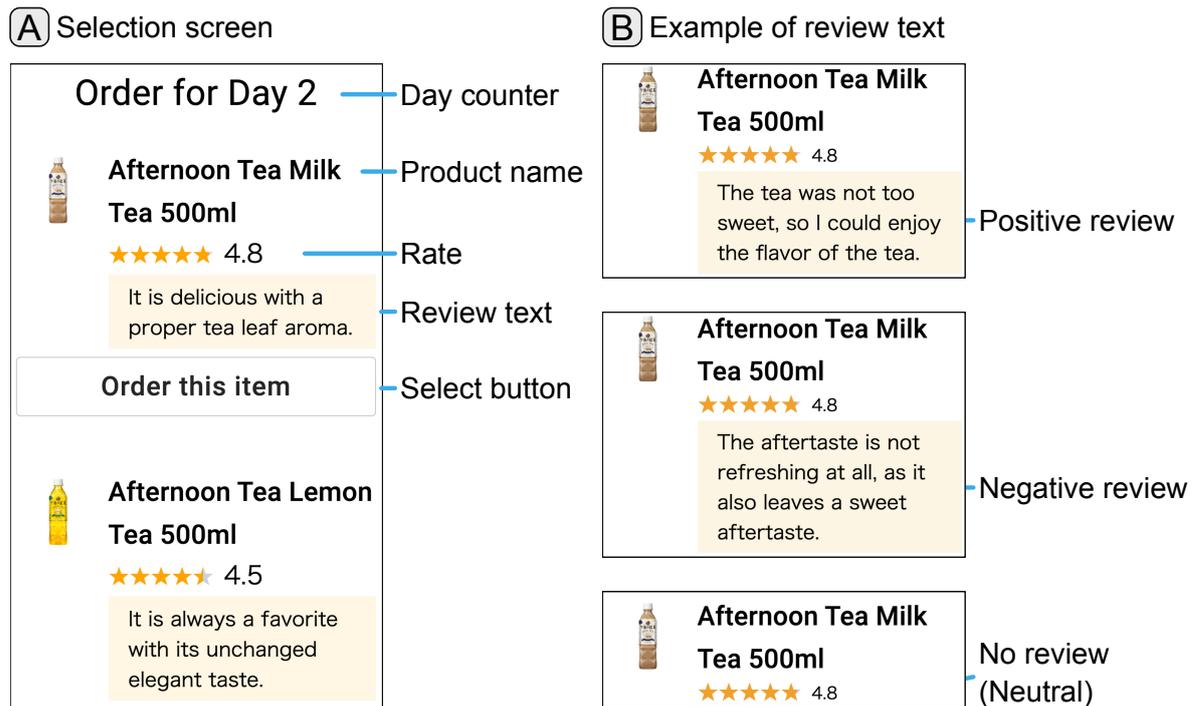


図 8: 実験 1 のレビュー提示インターフェースの実装画面: (A) 商品選択画面, (B) レビュー内容の例

3.4 実験の手順

この実験では、被験者は5種類のペットボトル入のお茶から1つずつ繰り返し選び、合計で30回選択した。実際には実験開始時に被験者へ以下に示す指示を行った。本実験手順と、指示文章は、選択への影響を評価する先行研究を参考にした[55]。また、このように数十の選択を一括で行う状況は現実にも存在している(e.g., 食事の定期宅配サービス利用時)。

指示: 新しい定期購入サービスを利用すれば、休憩時間に毎日1本のお茶を飲むことができます。ただし、1ヶ月分の注文を一度に提出する必要があります。なので、来月の注文の予定を立ててください。

1 試行はレビューの閲覧、商品選択、休憩からなる。まず、被験者は図8(A)に示す画面で、5種類のお茶と、商品ごとのレビューを閲覧する。レビューは図8(B)に示すように、ポジティブレビュー、ネガティブレビュー、レビュー無しのどれか1つである。次に、5種類のお茶飲料から30日分を選択し終えるまで、1つずつ選択を繰り返した。30日分選択し終えると、被験者は次の試行まで10分の休憩をとる。この一連の手順は3.4.2節で述べる3種類のレビュー提示条件(ポジティブレビュー条件、ネガティ

表 6: 実験で使用したお茶製品と味, およびユーザ評価点数

商品名	フレーバー	評価点
午後の紅茶 ミルクティー 500ml	ミルク	4.8
午後の紅茶 レモンティー 500ml	レモン	4.5
午後の紅茶 無糖 500ml	無糖	4.2
午後の紅茶 ストレートティー 500ml	加糖	3.9
胡麻麦茶 350ml	ごま	3.6

ブレビュー条件, レビュー無し条件) に対してそれぞれ1 試行ずつ行われた。被験者は合計3 試行実施し, 実験を終えた。レビュー提示条件の実施順序はランダムで, カウンターバランスはとれていた。また, 本実験は, 静かな個室で被験者のスマートフォンを用いて行われた。

実験に使用したお茶を表6 に示す。表は商品名, 味, ユーザ評価点数を表す。ユーザ評価点数は商品の人気度のスコアを意味する。そして, 人気度は日本での各飲料の生産量を基にして設定した。ミルクティー, レモンティー, 無糖紅茶, ストレートティー, 胡麻麦茶の順で人気あった。実際の商品購入サイトでも商品ごとに人気度のスコアに差があって商品選択が偏り安い状況のため, 本実験でも人気度のスコアの差を付けた状況を採用した。

3.4.1 実験用のインタフェース

図8 は, 実験に使用された情報画面を示す。本画面は, JavaScript で動作し, 被験者のスマートフォンの Chrome と Safari のブラウザで動作する。商品選択画面は, 図8[A] に示すように, 上部に日数カウンター, その下に人気順で固定された商品を配置した。日数カウンターは, 被験者が選択肢を選ぶたびに最大30 日分カウントされる。選択ボタンを押すと, 画面は上部までスクロールし, 日数カウンターがカウントアップした。各商品の情報には, 名前, 画像, ユーザ評価点数, レビューが表示された。図8(B) のように, 3.4.2 節で述べるポジティブレビュー条件とネガティブレビュー条件ではレビューが表示されるが, レビュー無し条件ではレビューが表示されない。

3.4.2 レビューの提示条件

レビューの提示条件は次の3 種類であった。

- **ポジティブレビュー条件:** 本条件では、それぞれの選択肢にポジティブなレビュー文が提示される。レビューの例としては、「香り高い紅茶の味が引き立っていると感じます」、「香ばしくて美味しい麦茶です」、「仕事の休憩中に飲むと疲労感も取れるような感じがして良かったです」などがあつた。実際に使用したポジティブなレビューの一覧を付録の表 11 に示す。実験では被験者が1つのお茶を選択することに画面上のレビュー文が更新され、各商品ごとにポジティブな5つのレビューの中から一つがランダムに提示される。
- **ネガティブレビュー条件:** 本条件では、商品ごとにネガティブなレビューが提示される。レビューの例としては、「あまりおいしくありませんでした。」、「独特の味がちょっと苦手..」、「もう少し甘さ控えめの方が良いかな」などがあつた。実際に使用したネガティブなレビューの一覧を付録の表 12 に示す。実験では被験者が1つのお茶を選択することに画面上のレビュー文が更新され、各商品ごとにネガティブな5つのレビューの中から一つがランダムに提示される。
- **ニュートラルレビュー条件:** 本条件では、レビューは提示されない。

3.4.3 レビュー収集の手順

実験で使用した前述のレビューは、実際のレビューサイトから収集し、Google Natural Language APIにより、ポジティブ、ネガティブな印象を喚起することが確認されたものである。これらのレビューは、次の手順で選定した。まず、日本で最も人気のあるレビューサイトの一つである価格.comから、商品のレビューを収集した。そして、無効な単語や意味の分からない行を手作業で削除した。例えば、次のような3つの例がある。(1) 不要な接続詞を削除した。例えば「ところで、この味は甘すぎる。」の下線部分を削除する。(2) 他製品との比較する文は削除した。例えば、「同じブランドのレモン入り紅茶より、この紅茶の方がいい香りだ」のような文は全て取り除いた。(3) 製品とは無関係の記述は削除した。例えば、「今日は暑いからこうして投稿してみたよ」のような文は全て取り除いた。

このようにデータクリーニングを行った結果、レビュー候補は全部で185種となり、Google Natural Language APIを用いて全レビューのセンチメントスコアを分析した。このAPIは、入力されたテキストのセンチメントスコアを0.1刻みで-0.9以上0.9以下のスコアで出力する。最後に、センチメントスコアが最も高いポジティブなレビュー

表 7: 実験 1 で利用した各商品ごとのレビューの感情スコアの平均値

フレーバー	レビュー条件	感情スコアの 平均値	S.D.
ミルク	ポジティブ	0.90	0.00
ミルク	ネガティブ	-0.66	0.15
レモン	ポジティブ	0.90	0.00
レモン	ネガティブ	-0.72	0.13
無糖	ポジティブ	0.90	0.00
無糖	ネガティブ	-0.60	0.20
加糖	ポジティブ	0.90	0.00
加糖	ネガティブ	-0.76	0.11
ごま	ポジティブ	0.90	0.00
ごま	ネガティブ	-0.50	0.27

と、センチメントスコアが最も低いネガティブなレビューを、商品ごとに5つずつ選んだ。6つ以上のレビュー候補のスコアが等しく、最もポジティブ/ネガティブな場合、その中からランダムに5つのレビューを選択した。表7は、商品ごとのレビューのセンチメントスコアの平均値と標準偏差 (S.D.) を示す。なお、ポジティブレビューのS.D. が0であることは、収集手順とAPIの仕様を考慮すると正しい数値である。本収集方法はポジティブ/ネガティブな5つのレビューを上から順に選ぶというものなので、5つ以上のレビューがAPIスコアの上限スコアを示していれば、平均値とS.D. は必ずそのような値になる。

3.4.4 結果

図9と表8にエントロピー、ブランドスイッチング、意思決定時間の結果を示す。図9のボックスプロットは四分位値、ジッタープロットは全被験者による実測値を表している。表8は、各条件での平均値と標準偏差を表す。各被験者のエントロピーは、30回の個人内の選択から底が5の式1を用いて算出し、各条件におけるエントロピーの全体平均を算出した。したがって、この計算で1は最も多様な選択を意味し、0はより多様でない選択を意味する。ブランドスイッチングは、被験者が前の選択肢と異なる選択肢を選択した回数を表す。意思決定時間は、被験者が1試行を終了するまでの秒数を表す。

エントロピーについて、Friedman 検定と Holm 補正によるポストホック Nemenyi 検定を行った。Friedman 検定の結果、条件間の差は有意傾向であった ($p < 0.10$, $\chi^2(2) =$

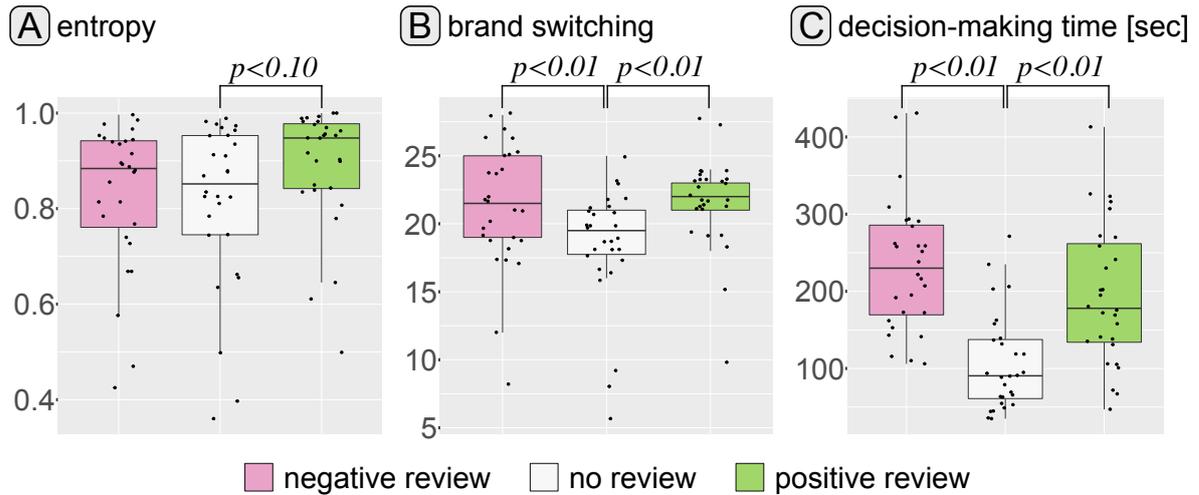


図 9: 実験 1 のレビュー提示条件ごとの結果: (A) エントロピーの結果, (B) ブランドスイッチングの結果, (C) 意思決定時間の結果

表 8: 実験 1 のレビュー提示条件ごとのエントロピー, ブランドスイッチング, 意思決定時間の平均値

指標	平均 (S.D.)		
	ネガティブ	ニュートラル	ポジティブ
エントロピー	0.830(0.023)	0.812(0.030)	0.890(0.016)
ブランドスイッチング	21.25(4.66)	18.50(4.40)	21.61(3.45)
意思決定時間 [sec]	232.6(85.3)	107.1(62.9)	194.8(90.8)

4.96). ポストホック検定の結果はポジティブレビュー条件とレビュー無し条件の間に有意傾向を示し ($p < 0.10$), ポジティブレビュー条件の方がレビュー無し条件よりもエントロピーが大きかった.

ブランドスイッチングについて, Friedman 検定と Holm 補正によるポストホック Nemenyi 検定を行った. Friedman 検定の結果, 条件間の差に有意差が認められた ($p < 0.01$, $\chi^2(2) = 13.90$). ポストホック検定の結果から, ポジティブレビュー条件とネガティブレビュー条件の両方が, レビュー無し条件よりもブランドスイッチングが有意に増加した ($p < 0.01$).

意思決定時間について, Friedman 検定と Holm 補正によるポストホック Nemenyi 検定を行った. Friedman 検定の結果, 条件間の差に有意差が認められた ($p < 0.01$, $\chi^2(2) = 35.59$). ポストホック検定の結果から, ポジティブレビュー条件とネガティブレビュー条件の両方が, レビュー無し条件よりも意思決定時間が有意に増加した ($p < 0.01$).

3.4.5 考察

ポジティブレビューはユーザの選択を多様化できるか？

実験結果は、ポジティブレビューが選択の多様性を促進させるという仮説1を支持した。ポジティブレビュー条件はレビュー無し条件と比べて、選択の多様性を評価するエントロピーが有意傾向で増加し ($p < 0.10$)、選択の変更を試みるブランドスイッチの値が有意に増加した ($p < 0.01$)。この結果は、ポジティブレビュー閲覧によって、より幅広く選択されたことと、連続して違う選択が多く行われたことを示している。

ネガティブレビューはユーザーの選択を偏らせるか？

実験結果は、ネガティブレビューが選択の偏りを促進させるという仮説2を支持しなかった。エントロピーの結果は、ネガティブレビュー条件とレビュー無し条件の間に有意差は無かった。しかし、ブランドスイッチの結果は、ネガティブレビュー条件がレビュー無し条件と比べて、有意に大きくなった ($p < 0.01$)。これらの結果は、ネガティブレビュー閲覧によって選択の多様性は影響されなかったものの、被験者が毎日同じお茶を選択せずに異なるお茶を選択した割合が多かったことを示している。この結果は、選択の多様性を減少させず、偏った連続選択を減少させたと解釈できる。

レビュー閲覧による意思決定時間への影響について

ポジティブレビューとネガティブレビューの閲覧によって、レビュー無しよりも意思決定時間が増加したことは、自然な結果である。ポジティブレビューとネガティブレビューによって、被験者が選択に迷うようになった結果、意思決定時間が増加したと解釈できる。本実験においては、意思決定時間が増加するほど選択の多様性が増加するとは限らなかった。

選択の多様化を促進するためのレビュー提示手法は？

実験結果を踏まえると、選択の多様化をユーザやシステム設計者が促進したい場合には、ポジティブレビューを提示することが最も推奨される。ネガティブレビューは、レビュー無しと比べると選択の多様化(選択の偏りの防止)に貢献する可能性があるため、ポジティブレビューの提示が行えない場合には、提示しても良い。

3.5 実験2: 動画閲覧による選択の多様性への影響

本実験では、ポジティブ/ネガティブなユーザ感情を誘発する動画を閲覧した後に、選択の多様性がどう影響されるか評価した。被験者は28名(男性26名, 女性2名)の

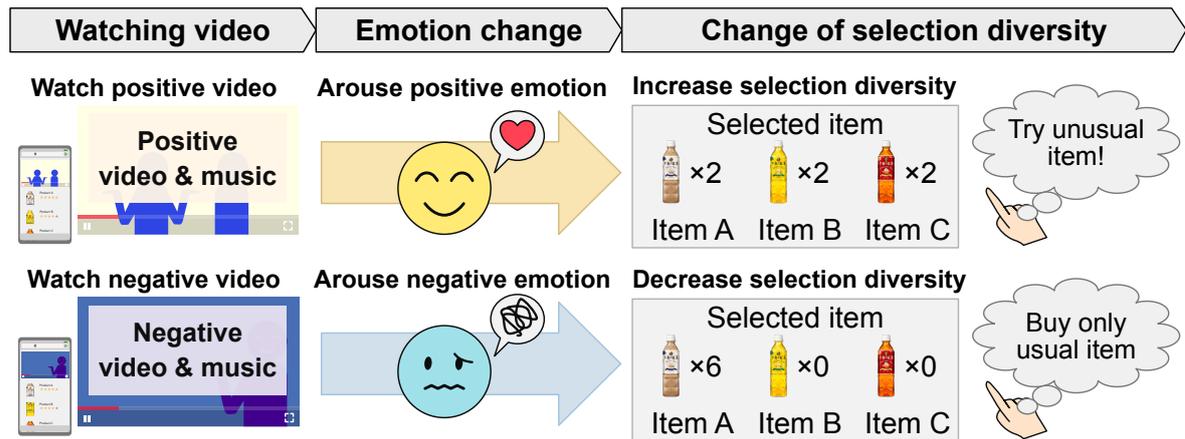


図 10: 実験 2 の仮説 (選択前にポジティブ/ネガティブな動画を提示することによる選択の多様性への影響)

大学生 (20 代前半) で、全員がネガティブ感情を引き起こす可能性についてあらかじめ同意していた。

3.5.1 手法: ユーザ感情操作のための動画提示

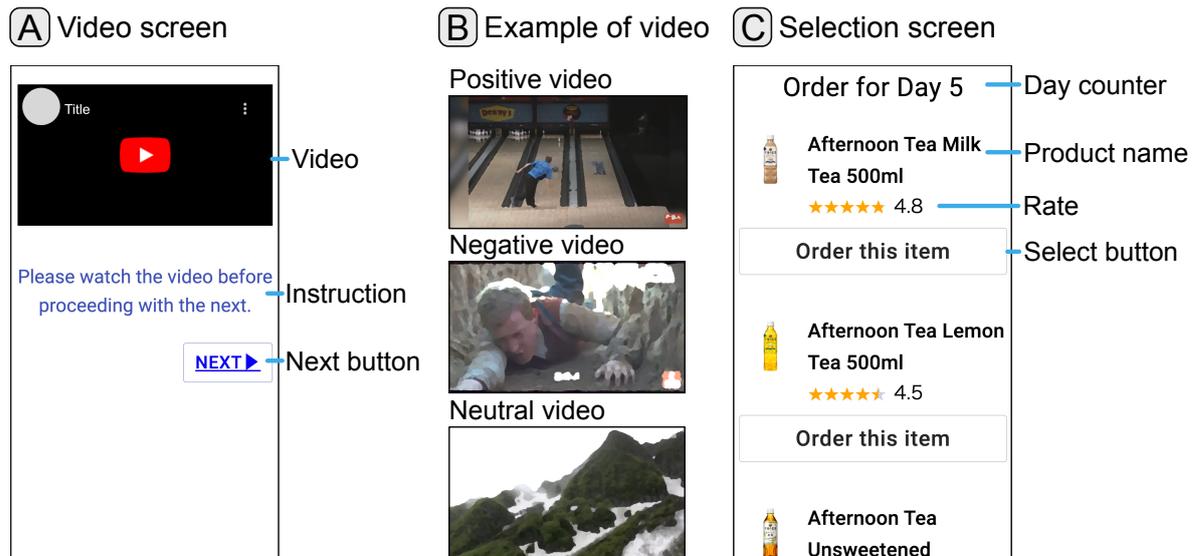
本実験では、ポジティブ/ネガティブな動画の提示によって、ユーザ感情をポジティブ/ネガティブに操作する手法を利用した。特定の感情を喚起するために動画を提示する手法は多くの研究で採用されている [65]。

3.5.2 仮説

図 10 に我々の仮説を示す。本仮説では、ポジティブな動画閲覧によって選択の多様性が増加し、ネガティブな動画閲覧によって選択の多様性が減少すると仮定した。これは、ポジティブな感情が誘発された場合、様々な商品を試してみたい思考になり、逆に、ネガティブな感情が誘発された場合、最も気に入っている商品以外は試したくない思考になるという仮説に基づく。

そこで、本実験では、次の仮説を検証する。なお、ポジティブとネガティブのどちらの動画によって選択がどう変化するかはわかっていないため、以下の点を検証した後、適切な動画情報の提示手法について議論する。

- 仮説 3. ポジティブな動画の閲覧後に、選択の多様性が増加する (選択の偏りが減少する)



* 動画のキャプチャには油絵風の画像加工を行っており、実際の映像とは異なる

図 11: 実験 2 の動画提示インターフェースの実装画面: (A) 動画閲覧の画面, (B) 動画内容の例, (C) 商品選択の画面 (動画の例は, ポジティブ動画はボーリングのトリックショットの場面, ネガティブ動画は映画予告で男性が虐げられている場面, ニュートラル動画は霧がかかった山の風景が流れる場面を表している)

- 仮説 4. ネガティブな動画の閲覧後に, 選択の多様性が減少する (選択の偏りが増加する)

3.5.3 評価指標と実験手順

評価指標は, 実験 1 と同じエントロピー, ブランドスイッチング, 意思決定時間の 3 つであった。

実験内容は実験 1 と同じで, 5 種類のペットボトルのお茶の中から 1 日 1 本ずつ選び, 合計 1 ヶ月分となるように選択するものである。実験手順も実験 1 と同じであったが, 本実験では (1) レビュー閲覧が無い点, (2) 商品選択の前に動画を閲覧する点が, 実験 1 と異なった。1 試行は動画の閲覧, 商品の選択, 休憩からなる。まず, 被験者は図 11(A) に示す画面で, 動画を閲覧する。動画は図 11(B) に示すように, ポジティブ動画, ネガティブ動画, ニュートラル動画のどれか 1 つである。次に, 図 11(C) の画面で, 被験者は 5 種類のお茶飲料から 30 日分を選択した。最後に, 被験者は 10 分の休憩をとる。この一連の手順は 3.5.5 節で述べる 3 種類の映像提示条件 (ポジティブ動画条件, ネガティブ動画条件, ニュートラル動画条件) に対してそれぞれ 1 試行ずつ行われた。被験者は合計 3 試行実施し, 実験を終えた。映像提示条件の実施順序はランダムで, カウ

ンターバランスはとれていた。

3.5.4 実験用のインタフェース

図 11 に、実験に使用した情報画面を示す。本画面は、JavaScript で動作し、被験者のスマートフォンの Chrome と Safari のブラウザで動作する。画面は、動画を見る画面と選択タスクを行う画面の 2 種類を用意した。図 11(A) の動画閲覧の画面では、埋め込み動画と選択タスクへの遷移ボタンを配置した。図 11(C) の選択画面は、実験 1 で行われたレビュー提示は無いが、実験 1 と同じ画面構成であった。

3.5.5 映像提示条件

映像の提示条件は次の 3 種類であった。実際に実験で使用した動画は付録の表 13 に示す。

- ポジティブ映像条件:

本条件では、試行の最初にポジティブ映像が提示される。ポジティブ映像は合計 3 本で、スポーツ系動画 1 本、ニュース動画 1 本、映画プロモーション 1 本から構成される。提示される映像はこれら 3 つの動画の中からランダムに選ばれた。スポーツ映像は、ボウリングの曲芸的なショットを集めた映像であった。ニュース動画は、命の危機にあったアザラシの赤ちゃんを救ったニュースの映像であった。映画プロモーションは、「ウォルト・ディズニーの約束」という映画のプロモーションであった。

- ネガティブ映像条件:

本条件では、試行の最初にネガティブ映像が提示される。ネガティブ映像は合計 3 本で、映画プロモーション 1 本、事故映像 1 本、ニュース映像 1 本から構成される。提示される映像はこれら 3 つの動画の中からランダムに選ばれた。映画プロモーションは、「ホロコーストの罪人」という映画のプロモーションであった。事故映像は、悪質なあおり運転に巻き込まれた際の車内映像と当事者の夫婦の体験談であった。ニュース映像は、広島での被爆者が戦争の体験談を語る映像であった。

- ニュートラル映像条件:

本条件では、試行の最初にニュートラル映像が提示される。ニュートラル映像は

表 9: 実験 2 で用いた動画の覚醒尺度と PANAS と DES による感情尺度の平均値 (S.D.)

	感情	カテゴリ	覚醒度	PANAS		DES	
				ポジティブ	ネガティブ	ポジティブ	ネガティブ
1	ポジティブ	スポーツ	2.8(0.79)	21.5(4.86)	10.4(0.70)	25.6(8.26)	8.2(0.63)
2	ポジティブ	ニュース	3.0(1.25)	16.4(5.83)	11.2(1.93)	30.3(10.90)	10.4(3.53)
3	ポジティブ	映画	3.2(1.03)	20.6(6.64)	10.3(0.67)	25.1(13.36)	8.6(1.07)
4	ネガティブ	映画	3.9(0.99)	14.1(4.31)	24.4(8.10)	11.0(3.77)	25.5(11.72)
5	ネガティブ	事故	4.4(0.70)	15.7(4.66)	30.6(8.72)	12.4(3.17)	30.8(7.22)
6	ネガティブ	ニュース	3.5(0.71)	11.3(1.25)	18.5(5.74)	9.2(1.03)	20.8(9.76)
7	ニュートラル	金融	1.3(0.48)	11.8(1.81)	11.1(1.10)	10.2(2.48)	9.8(3.55)
8	ニュートラル	天気予報	1.4(0.70)	11.8(2.57)	10.5(1.01)	10.0(1.83)	8.8(1.32)
9	ニュートラル	風景	1.4(0.97)	11.7(1.70)	10.7(1.06)	11.7 (5.56)	8.6(1.07)

合計 3 本で、金融ニュース 1 本、天気予報 1 本、風景動画 1 本から構成される。提示される映像はこれら 3 つの動画の中からランダムに選ばれた。金融ニュースは値動きが穏やかな日のマーケットニュースであった。天気予報は穏やかな日の天気予報の映像であった。風景動画は霧に包まれた日本アルプスという山脈の風景映像であった。

3.5.6 動画収集の手順

前述の映像提示条件で利用するビデオは、動画共有プラットフォームから収集し、ポジティブ、ネガティブ、ニュートラルな感情を喚起することが確認されたものである。これらのビデオは、次の手順で選定した。

1: 収集ステップ: Youtube から、各感情の 8 本ごとの動画からなる 24 本の候補を集めた。すべての動画は、プロスポーツ協会やテレビ会社など、公的な団体や企業の公式チャンネルで共有されているものであった。ポジティブ動画の候補は、映画の予告編 3 本、日々のニュース 4 本、スポーツの映像 2 本から構成されている。さらに、ネガティブ動画の候補は、映画の予告編 2 本、ニュース報道 5 本、交通事故の映像 1 本で構成されている。最後に、ニュートラル動画の候補は、静かな日の金融市場レポート 2 本、穏やかな日の天気予報 3 本、風景クリップ 2 本であった。

2: 誘発感情の評価ステップ: 男子学生 8 名、女子学生 2 名を募集した。そして、参加者に 1 つの覚醒尺度と 2 つの感情尺度を質問紙で主観的に評価してもらった。これら 3 つの感情尺度は、感情を誘発する映画のデータベースを作成する先行研究が使用したものを採用した [65]。覚醒尺度は、感情の種類に関わらず、どの程度感情が高揚しているかを 5 段階のリッカート尺度 (1: 無感情~5: 極端な感情を感じる) で測定する。2 つの感情尺度には、PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) [71] と DES (Differential

表 10: 実験 2 の動画提示条件ごとのエントロピー, ブランドスイッチング, 意思決定時間の平均値.

指標	平均 (S.D.)		
	ネガティブ	ニュートラル	ポジティブ
エントロピー	0.790(0.032)	0.827(0.032)	0.820(0.037)
ブランドスイッチング	19.36(5.29)	19.32(5.47)	20.32(5.72)
意思決定時間 [sec]	111.9(69.4)	127.5(66.3)	127.0(77.0)

Emotions Scale) [72] の日本語版を使用した. PANAS は 20 個の感情的な形容詞に対して, 自己の感情がどの程度あてはまるかを 5 段階のリッカート尺度で測定する (1: あてはまらない~5: 非常によくあてはまる). 本尺度から, ポジティブ感情の形容詞 10 個とネガティブ感情の形容詞 10 個の 2 群に対する合計スコアが得られた. DES は 43 個の感情的な形容詞に対して, 感情がどの程度あてはまるかを 7 点のリッカート尺度で測定する (1: あてはまらない~7: 非常によくあてはまる). 本尺度から, ポジティブ感情の形容詞とネガティブ感情の形容詞の 2 群に対する合計スコアが得られた.

3: 動画の選定ステップ: アンケート結果から, 表 9 のように各感情に対して 3 つの動画を選択した. ポジティブ動画は, ポジティブな感情スコアが高く, ネガティブ感情スコアが低いものである. ネガティブ動画は, ポジティブ感情スコアが低く, ネガティブ感情スコアが高いものである. これらを選択するために, 各動画の PANAS と DES の結果について, Wilcoxon 符号順位検定を実施し, 両尺度でポジティブ感情スコアとネガティブ感情スコアの間有意差 ($p < 0.05$) を示した動画のみをピックアップした. ニュートラル動画には, Arousal スコアが最も低いもので, なお且つ, ポジティブ感情スコアとネガティブ感情スコアが両方とも低く, それらの間に有意差が無いものを選択した. 以上の手順で, 実験実施のために 9 本の動画を選択した.

3.5.7 結果

図 12 と表 10 にエントロピー, ブランドスイッチング, 意思決定時間の結果を示す. 図 12 のボックスプロットは四分位値, ジッタープロットは全被験者による実測値を表している. 表 10 は, 各条件での平均値と標準偏差を表す. 3 つの指標の算出方法は実験 1 と同じである.

エントロピーについて, Friedman 検定と Holm 補正によるポストホック Nemenyi 検定を行った. Friedman 検定の結果, 条件間の差は有意傾向であった ($p < 0.10$, $\chi^2(2) = 4.62$). ポストホックテストの結果から有意差は無かったが, ネガティブ動画とポジティブ

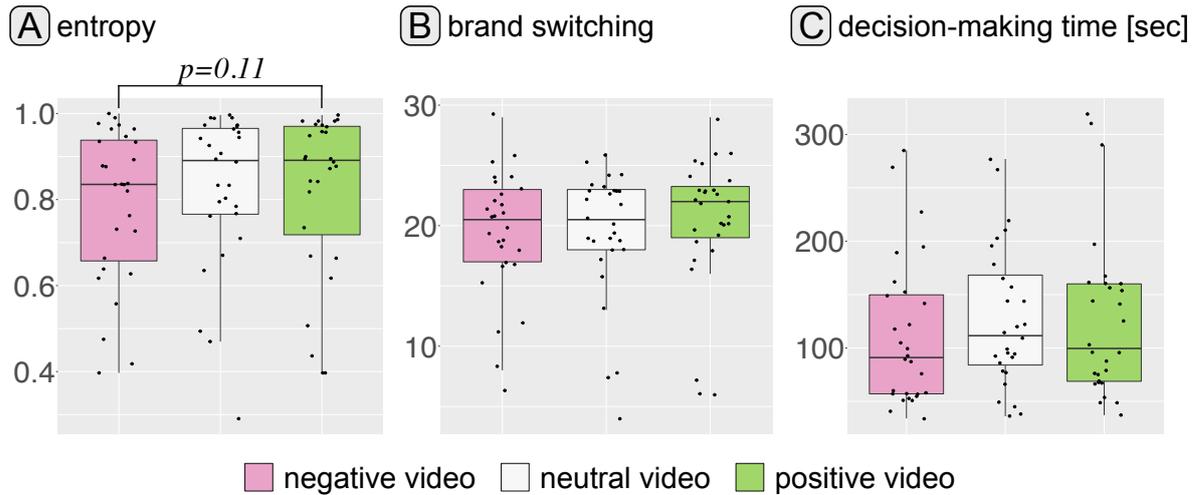


図 12: 実験 2 の動画提示条件ごとの結果: (A) エントロピーの結果, (B) ブランドスイッチングの結果, (C) 意思決定時間の結果

ブ動画の間に有意傾向に近い p 値が得られ ($p = 0.11$), ネガティブ動画の方がポジティブ動画よりもエントロピーが小さかった. ブランドスイッチングと意思決定時間については, Friedman 検定を行った. 結果はブランドスイッチングと意思決定は条件間に有意な差を示さなかった (順に, $p > 0.10$, $\chi^2(2) = 3.70$ と $p > 0.10$, $\chi^2(2) = 0.93$).

3.5.8 考察

ネガティブな動画はユーザーの選択を偏らせるか?

実験結果は, ネガティブ動画が選択の多様性を減少させるという仮説 4 を支持する傾向をもっていた. エントロピーについて Friedman 検定が有意傾向 ($p < 0.10$) を示した. この結果は, 動画閲覧によって選択が影響される傾向があることを示している. そして, ネガティブ動画のエントロピーがポジティブ動画のそれよりも小さい傾向があり ($p = 0.11$), なおかつ, ニュートラル動画とポジティブ動画のエントロピーがほとんど同じだった. この結果は, ポジティブ動画によってエントロピーが増加したと考えるよりも, ネガティブな動画によってエントロピーが減少したと考えるのが妥当なため, ネガティブな動画がポジティブ動画とニュートラル動画に比べて選択の多様性を減少させる可能性がある と解釈できる.

ポジティブ動画はユーザーの多様な選択を促進できるか?

実験結果は, ポジティブ動画が選択の多様性を促進するという仮説 3 を支持しなかった. 前の段落で述べたように, ポジティブ動画とネガティブ動画の間に有意傾向に近

い差があったが、この傾向はネガティブ動画の方がエントロピーを低下させたものと解釈できる。以上のことから、ポジティブ動画の提示が選択の多様性に影響しない結果を得た。

選択の多様化を促進するための動画提示手法は？

実験結果を踏まえると、選択の多様化をユーザやシステム設計者が促進したい場合には、ネガティブ動画の提示は選択の多様化を減少させる可能性があるため、ネガティブ動画を提示しないことが推奨される。

3.6 限界と今後の課題

本研究には次の点で限界がある。今後、以下の点を考慮した評価を行う予定である。

(1) 今回の実験では、日本人の20代前半の大学生を対象とした。そのため、様々な年齢層や国籍の人を対象とした場合に、情報提示の影響は変わる可能性がある。今後はより多様なユーザーを対象にした実験を行う予定である。

(2) 今回の実験では、実験状況が限定されていた。今回は、30試行連続で選択をする作業を採用し、また、1つだけの商品カテゴリ(お茶)を採用した。

食料品を用いた選択肢は先行研究でも採用されているため、選択への情報閲覧による影響を評価するためには適切であり、実生活の類似の状況においては似た影響が確認できると想定される。しかし、異なる状況においてどういう影響が起こるかは今後検証する必要がある。異なる状況とは、例えば、被験者にとって好き嫌いが明確な商品を選択肢に含む状況、疲労を感じているといった心身状態がニュートラルではない状況、自己の1つ前の選択を全く覚えていない状況などである。

(3) 本研究では個人内でより多くの選択肢が選択されることを狙ったが、個人内の選択の多様性を下げても、全ユーザの全選択の多様性を増加したい場面もある。例えば、個人の選択が偏っていても、各ユーザがそれぞれ異なる選択を行っているほうが好ましい場面である。今後は、本研究の手法を利用して、個人内ではなく全ユーザの全選択の多様性を促進する場合の調査も行う予定である。

3.7 まとめ

本研究では、ユーザの選択の多様性を増加させるために、レビュー提示による商品印象操作や、動画提示によるユーザ感情操作を、効果的に行う手法の開発を目指した。

この手法の実現可能性の検証のために、選択の多様性を増加/減少させるレビューや動画を、情報のポジティブさ/ネガティブさの観点から調査した。具体的には、5種類のドリンクから1種を個人が繰り返し選択する実験タスクを採用した。実験1ではレビュー閲覧による選択への影響を調査し、実験2では動画閲覧による選択への影響を調査した。実験のために、オンラインで商品購入をするアプリケーションを実装した。実験1の結果は、ポジティブなレビュー閲覧によってユーザの選択の多様性が促進されること、そして、ポジティブなレビューとネガティブなレビューの両方がブランドスイッチング(連続した選択において異なる商品を選択すること)を促すことを示した。実験2の結果は、ネガティブな動画閲覧によってユーザの選択の多様性が減少する可能性を示した。本研究成果は、選択の多様性を促進するためのインタフェースの設計において、レビューや動画を閲覧した影響を考慮するために役立つ。

3.8 付録

3.8.1 実験で用いたデータセット

表 11: 実験 1 で利用したポジティブレビューのテキスト. 感情スコアは Google Natural Language API によって計算され, 高い値ほどポジティブなテキストであることを意味する

フレーバー	レビュー文	感情スコア
ミルク	甘さが控えめなので紅茶の風味も楽しむことが出来ました。	0.900
	香り高い紅茶の味が引き立っていると感じます!	0.900
	きちんと茶葉の香りがして美味しいです。	0.900
	甘すぎず、くどくなく、すっきりとした味で飲みやすいミルクティーです。	0.900
	何か甘くて濃厚なものを手軽に飲みたいなと思ったときに手に取る品です。	0.900
レモン	久しぶりに飲みましたが、定番のレモンティーで甘さとすっぱさの調合がよく、美味しく頂きました	0.900
	仕事の休憩中に飲むと疲労感も取れるような感じがして良かったです。	0.900
	変わらず上品なお味でいつもお気に入りです。	0.900
	甘さも丁度良く、冷やしても常温でも変わらず、おいしいです。後味もすぐすっきりしていて口の中が爽やかになります。おすすめです。	0.900
無糖	甘さが控えめで、食事と一緒にでも飲みやすいです。	0.900
	飲んだ後に渋みが口に残らないので好きです。	0.900
	口当たり、紅茶の香りがよくそのまま飲んでも食事の時に飲んでも、ご飯、パンを問わずに食事に合います。	0.900
	製品 100ml 当たりゼロ kcal ♪	0.900
	おやつタイムにも Good!	0.900
加糖	スッキリ程よい甘さで、飲みやすいです。	0.900
	温めて飲んだら、いっそう飲みやすかったです。	0.900
	これも文句なしに飲みやすく後味もよし	0.900
	渋みがなく甘さをしっかり感じる。	0.900
	定番商品ですね。	0.900
ごま	香ばしくて美味しい麦茶です。	0.900
	胡麻の香りと風味が何とも良いですね～	0.900
	血圧も最近気になるので これは良いかもです。	0.900
	ゴマの香りが心地よいスッキリとしたお茶で、ゴマ好きな人ならすぐ好きになれる味だと思います!	0.900
	胡麻の香りと味がしっかりとするドリンクで和食と一緒に飲んだりしても合いました。	0.900

表 12: 実験 1 で利用したネガティブレビューのテキスト. 感情スコアは Google Natural Language API によって計算され, 低い値ほどネガティブなテキストであることを意味する

フレーバー	レビュー文	感情スコア
ミルク	余り良くないです。	-0.900
	甘すぎます。	-0.700
	これは少し缶のお味が違うような何か水っぽいですね～薄味でありますよ。	-0.600
	後味も甘さが残るので、スッキリ感は全くないです。	-0.600
	素材の見直しした方が良いのでは。	-0.500
レモン	レモンティーとしての完成度はイマイチかな。	-0.800
	もう少し甘さ控えめの方が良いかな。	-0.800
	こいつの味はやはりちょっと甘すぎる。	-0.800
	もっとレモンが濃くて酸味が強いほうが好みだ。	-0.700
	なんというかノドに残る感じがするとか... がぶ飲みできるタイプではないですね。	-0.500
無糖	あまりおいしくありませんでした。	-0.900
	紅茶としては申し分ないですが無糖だけに何か物足りない。	-0.700
	2L のときはダージリン 73% でしたのに、本商品では手摘みダージリン茶葉 55% となっています。	-0.500
	朝食時に頂きました。あっさりしすぎね。	-0.500
	紅茶としては申し分ないですが無糖だけに何か物足りない。	-0.400
加糖	味まで薄く感じてしまい、少し間の抜けたような味わいに感じてしまいました。	-0.900
	昔の商品と比べると紅茶の香りがとても薄くなったように思いました。	-0.800
	香りが薄いせいなのか、味まで薄く感じました。	-0.800
	糖分が 1 本当たり 7.4 グラムも入ってるので、全く甘さすっきりではない...	-0.700
	久しぶりに買って飲んでみたところ、紅茶の香りが薄くなっていました。	-0.600
ごま	独特の味がちょっと苦手..	-0.800
	胡麻の効果は私にはありませんでした。	-0.700
	もう少し値段が安かったらと思います。	-0.500
	口に合いません。	-0.400
	母は最初から大好きと言っていて私よりもっと飲んでいるので好みは分かれるかも。	-0.100

表 13: 実験 2 で用いた動画

感情	カテゴリ	タイトル URL	再生時間 (min:sec)
positive	sports	PBA's Best Bowling Trick Shots https://www.youtube.com/watch?v=dLLRg0sur6g	1:55
positive	news	アザラシ赤ちゃんに命の危機 24時間見守った1ヶ月間 https://www.youtube.com/watch?v=LhH2rfUGHh8	1:09
positive	movie	映画『ウォルト・ディズニーの約束』予告編 https://www.youtube.com/watch?v=iJrsmAdVFKA	2:13
negative	movie	映画『ホロコーストの罪人』本編映像 https://www.youtube.com/watch?v=xDJoodYBUNE	3:09
negative	accident	「悪質あおり運転」被害訴える夫婦が恐怖を語る https://www.youtube.com/watch?v=JFqY0r2qt7Y	3:47
negative	news	語り継ぐ戦争 広島で被爆 語り部となった服部十郎さん https://www.youtube.com/watch?v=5uB7wLb3Vsw	2:18
neutral	market	楽天証券マーケットNEWS 7月7日【大引け】 https://www.youtube.com/watch?v=6aHDnBobQHQ	4:03
neutral	weather	北海道は晴れて穏やかな空 内陸では天気急変に注意 https://www.youtube.com/watch?v=UbACWzeAfOE	1:04
neutral	scenery	梅雨のアルプス 涸沢 https://www.youtube.com/watch?v=pFWFtr6e3zk	0:50

4 知覚刺激を提示するウェアラブルデバイスがユーザの主観時間に与える影響

4.1 まえがき

人が主観によって見積る時間経過（主観時間）は様々な要因によって変化し、時間的経験への満足感に影響を与えている。例えば、朝の起床後であれば代謝の低さと脳の覚醒レベルの低さが原因となり、客観的な時間の速さを過小評価してしまうため [73]、外出前の朝支度の時間を慌ただしく過ごしたように感じてしまう可能性がある [74]。他にも時間感覚に関する研究では時間に注意が向くほどその時間を長く感じてしまうとされている [75]。よって、楽しい時間などに没頭して何かを行っているときは時間への意識が薄まるので時間を短く感じ、ただ待っているだけの退屈なときは時間に意識が向きやすいので時間を長く感じてしまう [74]。このように時間感覚には身体の代謝や脳の覚醒レベル、認知や心理といった要因が深く関わっており、これらを自力で制御するのは容易ではない。

一方で、視覚や聴覚、触覚における知覚刺激が主観時間に影響を与えることが確かめられている。例えば、知覚刺激の量や回数によって主観時間が変化する充実時程錯覚（FDI: filled-duration illusion） [76][77] という現象が知られている。この現象は、より速い映像、テンポのより速いメトロノーム音というようなより多くの刺激で満たされた時間である充実時程と、それより少ない刺激しかない時間である空虚時程を比較したときに、充実時程がより長い時間に感じられる現象である。ユーザが受ける刺激の増減はコンピュータによって容易に制御できるため、図 13 のような主観時間制御を単純な刺激制御で実現できる可能性がある。このような現象を踏まえて、デスクトップコンピュータの視覚情報を用いてユーザの主観時間を意図的に制御する手法が提案されており、PC 画面の周辺視野にあたる領域に提示した視覚刺激の速度変化によって主観時間が変化することを報告している [78]。

しかしながら、これまでの先行研究ではデスクトップ型 PC を用いて刺激提示を行っており、利用シーンは限られている。例えば、従来のコンピュータディスプレイを用いて視覚刺激を提示する場合は、ユーザがディスプレイを閲覧し続ける作業でしか主観時間制御を実現することができない。そのため、主観的な時間を制御するシステ

ムを日常生活のより多くのシーンで活用するためには、ディスプレイやマウス、キーボードを持つようなデバイスのみで検証されるべきではない。

このように、コンピュータ内の作業だけではないシーンを想定すると、ウェアラブルデバイスは主観時間制御システムの利用シーン拡大に適した特徴を持つ。ウェアラブルデバイスはハンズフリーであり、なおかつ様々な知覚モダリティを通して情報を提示できるため、ユーザは日常生活のタスクをこなしながら常に知覚刺激提示を受けることが可能である。例えば、頭部装着型ディスプレイ（HMD: head-mounted display）上のアニメーション速度を制御することや、イヤホンから流れるBGMのテンポを制御すること、スマートウォッチのような常に肌に接しているデバイスを使って振動を提示することが考えられる。しかしながら、このようなウェアラブルデバイスを用いた主観時間制御手法の実現可能性は検証されていない。例えば、次の観点の検証が必要と考えられる。情報機器の観点においては、HMDやスマートウォッチやイヤホンといったウェアラブルデバイスから提示される視覚や聴覚や触覚の刺激によって、主観時間を変化させる手法を検討する必要がある。この点について、先行研究ではデスクトップコンピュータ画面の視覚刺激を用いた手法のみが検討されている。また、ユーザ状況の観点においては、ユーザの注意が実世界で何らかの活動を行っている状況を対象に、手法の有効性を検証する必要がある。先行研究はデスクトップコンピュータ画面の前で画面を注視するユーザ状況を対象に検証している。また、手法が起こす悪影響の観点においては、主観時間制御のための刺激の提示がユーザの実世界で行う作業を邪魔することやユーザを不快にするかなどを検証する必要がある。先行研究はユーザが実世界で活動しながら、刺激を知覚チャンネルに重畳する状況は検証していないため、この観点での検証が行われていない。

これらの問題から、本研究では知覚刺激提示に基づく主観時間制御の利用シーンを拡大するため、ウェアラブルデバイスによる知覚刺激提示システムの提案と評価を行った。ウェアラブルデバイスとして、視覚刺激を提示する頭部装着型ディスプレイ（HMD: head-mounted display）、聴覚刺激を提示するイヤホン、触覚刺激を提示するスマートウォッチの3種類を評価した。また、これらのウェアラブルデバイスに実装した知覚刺激は、主観時間制御を行う開始時刻の前後で知覚刺激の増減を起こすことで充実時程錯覚を再現することを狙った。そして、評価実験は12名を対象に行い、実世界でタスクを行っている被験者を対象に提案手法の有効性を評価した。

以下、本稿では2章で関連研究について述べ、3章で提案手法について説明する。4章

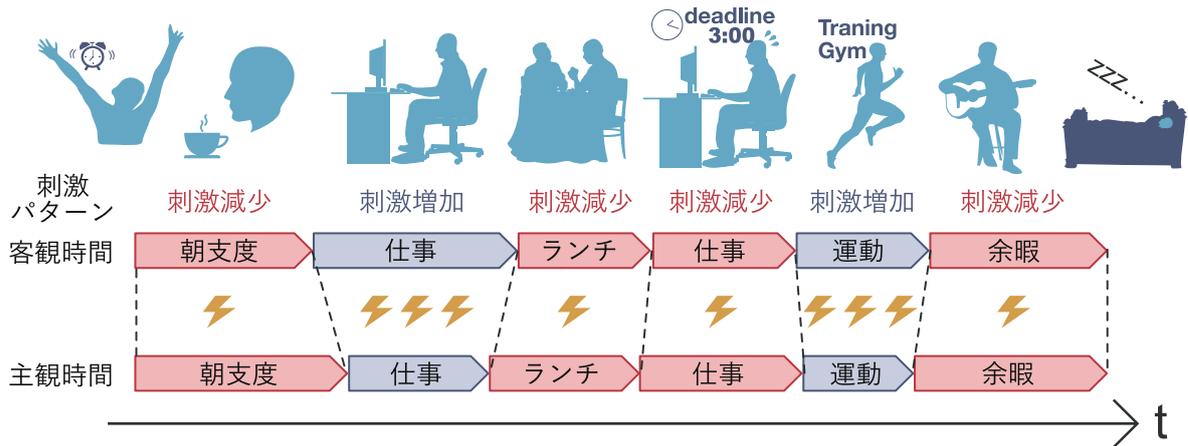


図 13: 主観時間制御システムの利用イメージ

で実装，5章で実験と結果について考察し，6章でまとめと今後の課題について述べる。

4.2 関連研究

4.2.1 知覚刺激と主観時間に着目したコンピュータシステム

本研究と同様に知覚刺激によって主観時間が変わることに着目したシステムがある。伴ら [79] は単純作業の効率を向上させる目的で実際よりも速く進む時計やゆっくり進む時計を画面に表示する実験を行い，その中で時間経過の感じ方を調査している。この研究の中では，明滅する視覚刺激を提示した場合にゆっくり明滅させた条件で時間を長く感じたことを報告している。この結果は，刺激量が多いほど時間を長く評価するという一般的な充実時程錯覚とは逆の結果である。一方で，山根ら [80] も単純作業の効率を向上させる目的で時計のチクタク音のスピードの制御を行い，その実験の中で作業完了時間の主観評価を得ているが，こちらの研究では有意な差は得られていない。これらの研究は，実験心理学の時間知覚研究とはやや矛盾結果を含んでいるが，そもそもユーザの作業効率の向上を目的としているため，むしろ時間経過の感じ方が行った作業量による影響を受けている可能性を示唆している。また，伴ら [79] と山根ら [80] の主観時間に関する矛盾した結果については，視覚と聴覚という違いがあるため，知覚チャンネルによる影響の違いも検討の余地がある。

一方で，本研究と同様に松井ら [78] はPC操作の待ち時間を短く感じさせる利用シーンを想定して，PC上で周辺視野を運動する視覚刺激を加速・減速させるように提示し，主観時間への影響を調査している。しかし，この研究ではPC上での作業と視覚刺激に着目しており，利用シーンは限られている。FDIは視覚，聴覚および触覚のいずれで

も起きることが確認されている [76] ため、ウェアラブルデバイスによってマルチモーダルな主観時間制御システムを構築できれば、利用シーンを広げることができる。例えば、視覚刺激提示が難しい車の運転中や映画など視聴しているときは触覚刺激で主観時間を制御するといったケースが考えられる。視覚障害者向けに振動刺激による時計 [81] も販売されており、そのようなデバイスに主観時間制御を応用することも考えられる。また、知覚刺激による主観時間制御システムの利用シーンが広がると制御可能な主観時間もより長いものを想定する必要がある。松井らの研究では、実験で設定した時間が最大の場合で 160 秒程度であり、退屈な会議など大きくまとまった時間の時間的経験をより良いものに改善する利用においても、松井らの提案システムがそのまま利用が可能であるかは検討の余地がある。例えば、長い時間で知覚刺激を提示するのであれば、ユーザが刺激に順応し影響が出にくくなる可能性は問題となる。よって、本研究ではウェアラブルデバイスで FDI を応用した刺激を提示することを念頭に、先行研究よりも長い時間の主観時間制御における刺激の影響について検討する。

4.2.2 FDI と提示時程の長さの関係

本研究は知覚刺激を満たした充実時程と、それより少ない量の知覚刺激あるいは刺激を提示しない空虚時程を比較したときに、主観時間が変わってしまう現象である FDI に基づいた知覚刺激をウェアラブルデバイスの情報提示環境に応用する。FDI は知覚刺激が人の時間評価に影響を及ぼす現象として、多くの研究が行われてきた。例えば、発光ダイオードなどを用いた回転や点滅のような視覚刺激 [82][83]、規則的あるいは不規則的に繰り返される短音 [76][84][85] や振動 [76]、皮膚との摩擦 [86] などによって主観的な時間が変化することが報告されており、数十 msec から数秒の提示時間では刺激量の多さが主観時間を長くする方向に作用するという一貫した結果が得られている。

一方で、それらの先行研究より比較的長い 10 秒から数十分といった刺激の提示時間では、知覚刺激と主観時間についての基礎的な研究例はあまり多くない。時間感覚に関する研究では、主観時間について人間が直接把握できる数秒程度の短い時間までを「時間知覚」、記憶などによって間接的に判断される長い時間を「時間評価」と呼び、その区切り方は明確に定まっていないが区別している [87]。これまでの時間感覚に関する実験心理学の研究では、FDI を時間知覚における現象として扱っていると考えられる場合が多く、その提示時間が長いときの錯覚効果には従来研究の結果と異なる場合が考えられる。例えば、Droit-Volet [77] は、比較する時程の長さが長くなると 4 から 6 秒

を比較するところで FDI の効果が従来と逆転する，すなわち刺激量が多いほど時間を短く見積もるという従来と逆の結果を報告している。

事例は少ないが，長い時間における知覚刺激と主観時間に関する研究では，Droit-Volet の研究 [77] と同じように，従来の FDI と異なる結果が得られることを示唆する応用研究がある。前述の松井らの研究 [78] では，20 秒から 160 秒の刺激提示時間で実験を行い，周辺視野に提示した視覚刺激の強度を上げると時間を短く見積もる傾向があることを報告している。このように，3 分弱程度の時間であれば，純粋に刺激量を増加させることで時間を短く見積もる結果が得られている。また，純粋な知覚刺激のみの影響ではないと考えられるが，さらに長い時間において主観時間が変化することを確認した研究として，Wearden [88] は 9 分間の映画を見るグループと，部屋で何もせずに 9 分間待ち続けるグループに分け，映画を見るグループが時間を短く見積もったことを確認した。これらのことから，長い時間においては知覚刺激の増加によって時間を短く見積もるようになる可能性がある。

4.2.3 FDI 研究における実験タスク

従来の FDI 研究では，本研究のように実空間に情報を重畳する形での刺激提示によっても，主観時間が変化するのかは明らかにされていない。例えば，刺激を提示した後に時間の長さを答えさせる実験 [85][86] や，2 種類の刺激を提示して主観的に長いあるいは短いと感じた刺激を答えさせる実験 [76][77][89][90] や，文章の読み上げ課題における文章の難易度 [91] や複雑性 [92]，見慣れたものであるかどうか [93] を変化させる実験などが行われてきたが，刺激に無関係なタスクを被験者に課すことなく，ほぼ全ての注意が刺激に向くような環境で実験を行っている。しかし，実際に知覚刺激による主観時間制御が行われるシーンを想定すると，ユーザはずっと刺激に注意を向けるのではなく，実空間に注意が向いている状態であると考えられる。よって，本研究ではより実環境での利用を想定し，被験者に対してデスクワークを課して，そこに刺激情報を重畳させて主観時間の変化を測定する。

4.2.4 錯覚を利用した情報インタフェース

近年，本研究と同様に，コンピュータ上で起きる錯覚や心理現象の調査や応用システムが多く研究されてきており，それらは刺激や情報に対してユーザの心身が意図せず反応することを示唆している。例えば，Costa らは触覚刺激で心拍情報を常時提示す

るシステムにおいて、心拍値の知覚がユーザの不安程度や認知機能を無意識に変化させる現象を示し、虚偽の心拍情報を実際よりも低くなるように提示することでユーザの精神状態や認知機能を向上させる手法を提案している [94][95][96]。その他にも古典的条件付けによるメンタル制御 [97] やフレーミング効果による行動改善 [98]、プライミング効果による実世界情報への引き込み [99]、成功の追体験によるタスク成功率の向上 [100]、積極的な情報改変によるユーザ体験の改善 [101][102][103][104][105] や行動変容 [106][107][108] などの心理的影響を狙ったシステムの研究例がある。これらの研究から、配色や数値、提示オブジェクトの形など様々な情報がユーザの意図に関わらず心身に影響を与える可能性が示されている。

特に、ウェアラブルデバイスのような常時情報を提示する環境では従来以上の影響を与える可能性が考えられる。ウェアラブルデバイスが提示する知覚刺激も同様に、主観時間に対してネガティブ・ポジティブ双方の影響を与える可能性が考えられるため、ウェアラブルデバイスを想定した主観時間制御システムを確立する必要性があると考えられる。

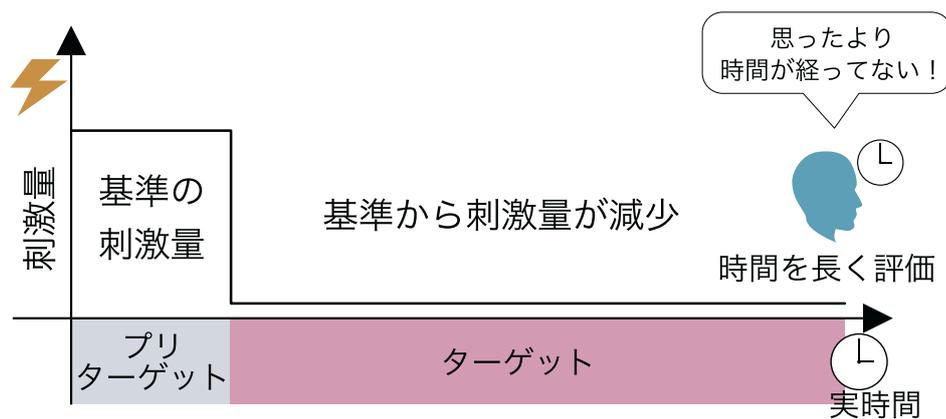
4.3 提案手法

提案手法は、ウェアラブルデバイスが提示する刺激を利用して、ユーザの主観時間を制御するものである。利用するウェアラブルデバイスとしては、HMD やスマートウォッチやイヤホンといった機器を想定する。ウェアラブルデバイスはユーザが実世界における作業や活動を行っている間にユーザへ刺激を提示できるため、実世界で活動をしているユーザを対象にして主観時間を制御できる。

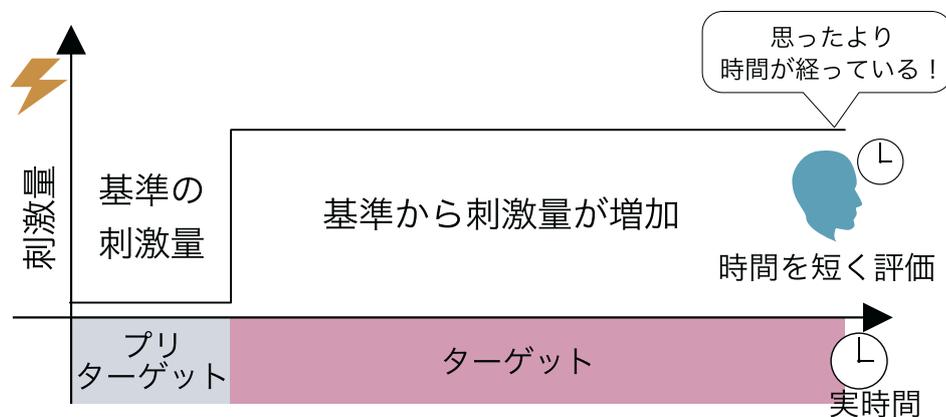
刺激パターンはユーザに知覚される刺激量を変化させることで、主観時間を制御するものである。本手法における刺激量の変化パターンの流れを図 14 に示す。主観時間の制御が必要な時間をターゲット時間とし、その直前の時間をプリターゲット時間とする。プリターゲット時間における刺激量を基準として、その基準からの刺激量の増減の変化をターゲット時間に起こす。

刺激量の変化パターンは刺激減少パターンと刺激増加パターンの 2 つである。

図 14(a) の刺激減少パターンはターゲット時間における時間評価を長くすることを狙っている。刺激量の操作手順としてはプリターゲット時間で基準となる刺激を提示し、ターゲット時間で刺激量を減少させる。この操作では、刺激が少なくなったターゲット時間は長く評価されることを想定している。その理由は、Droit-Volet[77] の研究



(a) 刺激減少パターン



(b) 刺激増加パターン

図 14: 刺激パターンと時間の感じ方の仮説

から、比較する時間が長くなるにつれて、刺激が多いことによって時間評価が短くなるという通常とは逆の FDI の結果が得られているためである。その点に関して、松井ら [78] も数分程度の刺激提示実験において、加速的な視覚刺激提示によって体感時間は短く評価され、通常と異なる結果を得たことを報告している。そのため、本研究は数分以上の長い時間を対象にした FDI では、刺激量が多い場合に時間は短く評価されるという仮説に基づいている。このように、プリターゲット時間からの相対的な刺激量の減少によって、ターゲット時間はより長く評価されると考えられる。

図 14(b) の刺激増加パターンはターゲット時間における時間評価を短くすることを狙っている。刺激量の操作手順としては、刺激減少パターンの逆操作を行えばよく、プリターゲット時間で基準となる刺激を提示し、ターゲット時間で刺激量を増加させる。

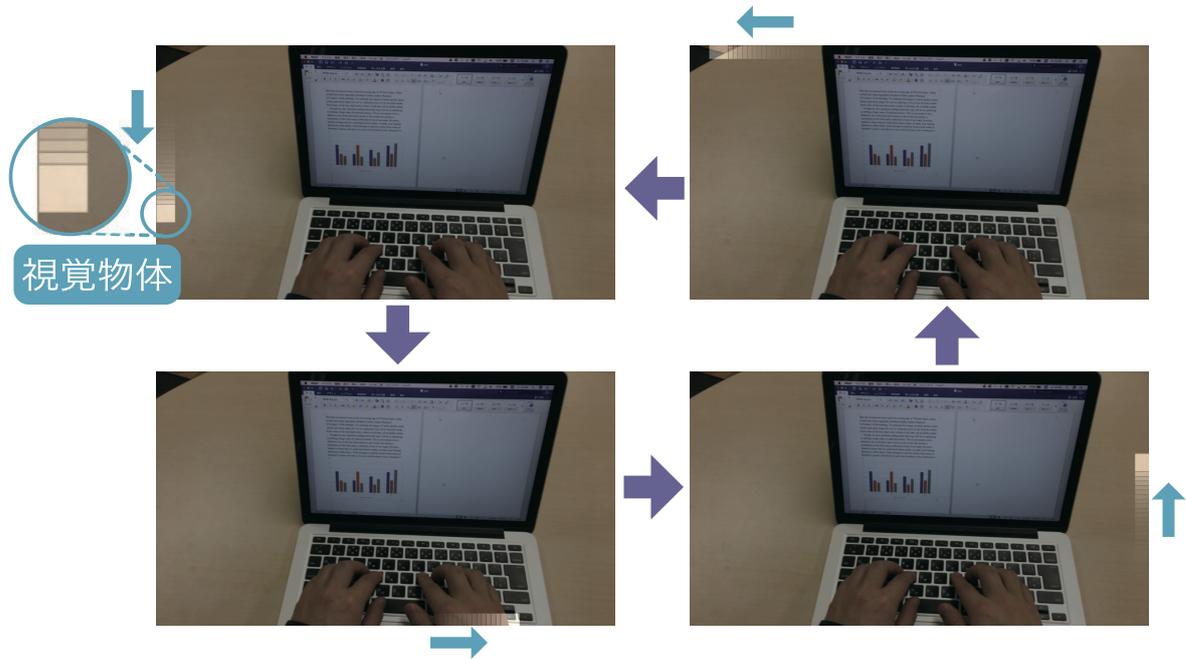


図 15: 視覚刺激提示システム利用時の視界

この操作では、刺激が多くなったターゲット時間は短く評価されることを想定している。その理由は、刺激減少パターンと同じく、数分以上の長い時間を対象にしたFDIでは、刺激量が多い場合に時間は短く評価されるという仮説に基づいているためである。このように、プリターゲット時間からの相対的な刺激量の増加によって、ターゲット時間はより短く評価されると考えられる。

4.4 実装

提案手法のプロトタイプシステムを、次の3種のウェアラブルデバイスを用いて実装した。

- HMDを用いた視覚刺激提示システム

光学シースルー型HMDを用いて、田山ら[83]を参考にした視覚刺激を提示する。視覚刺激は周辺視野を反時計回りに動く視覚物体であり、図15に示すように、光学シースルー型HMDの表示領域の端に反時計回りに視覚刺激が動く。システムは、光学シースルー型HMD(EPSON MOVERIO BT-200, 960×540 pixel)のみで構成される。このHMDの画面サイズは仮想的な320インチのスクリーンを20m離れた距離で見るのに相当する。視覚物体の一辺のサイズは40 pixelであり、

動く速度は田山ら [83] と同程度の時間間隔で1周するように約 2000 pixel/s に設定した。開発には Android SDK を用いた。

- **イヤホンを用いた聴覚刺激提示システム**

イヤホンを用いて、先行研究 [76][84] を参考にした一定周期で繰り返されるビープ音を提示する。ビープ音が鳴る時間幅は約 200 ミリ秒であり、1 秒周期で繰り返し鳴るように設定した。システムは、イヤホン (Apple EarPods)、PC (Thinkpad X240, Core i7 4600U, 8GB) から構成される。ビープ音は音楽ソフトウェアである SonicPi を用いて作成した。

- **スマートウォッチを用いた触覚刺激提示システム**

先行研究 [76] を参考にして、一定周期で繰り返される短い触覚振動刺激をスマートウォッチによって提示する。短い振動刺激はスマートウォッチ (ASUS ZenWatch) を用いて提示した。開発には Android SDK を用いた。触覚振動刺激の振動一回分の時間幅はスマートウォッチの振動時間が短すぎると動作が不安定であったため 500 ミリ秒とし、2 秒周期で繰り返すように設定した。また、実験中は時刻が見えないようにするために、スマートウォッチの時計表示画面はカバーによって隠した。

4.5 評価実験

本実験ではユーザが実世界における作業・活動をしている際に、提案手法がユーザの主観時間を制御できるかを検証した。被験者は 12 名 (男性 9 名, 女性 3 名)、平均年齢は 22.3 歳 (21~24 歳) の日本人であった。

検証項目

本実験では、提案手法の有効性を次の観点で検証する。

- **主観時間制御の観点:** 提案手法がユーザの主観時間を操作できるかを検証する。本実験では、実世界でのタスクをしている状況のユーザを対象にする。この状況では、ユーザの注意は実世界で行っている対象 (作業) に向くため、ウェアラブルデバイスからの刺激は特に意識せずに知覚されると想定する。このような状況で提案手法の効果があるかを検証する。

- **ユーザの活動や精神に起こす悪影響の観点:** 提案手法の利用によって、ユーザ及びユーザの行う活動が悪い影響を受けるかを検証する。例えば、提案手法の刺激提示がユーザの実世界で行う作業の妨げになることや、ユーザの精神的不快感を増加させることになると、ユーザにとって都合が悪い。そこで、本実験では、提案手法の利用によって、タスクの作業効率や精神的不快感がどの程度変わるかを検証する。

タスク

被験者が行うタスクは、実世界での活動として一般的なものとして、デスク上での手を動かしながらの認知作業とした。具体的に被験者が行うタスクは、紙面の上で点を繋いで一つの絵を完成させる単純なパズルである「点つなぎ」である。用紙にはあらかじめ点と番号が書いてあり、被験者は番号が1の点を始点として、番号を昇順に点をペンでつなぎ。点つなぎ用紙は、全ての試行でB3サイズの1000点に統一された絵であり、難易度の差は無い。また、事前に練習期間を与えるため、実験中の被験者間の習熟度の変化はないものとみなした。全ての実験を終了した後、表14の項目4によって、タスクに対するモチベーションの回答を得た。タスクの時間は被験者には伝えず、時間評価の測定時間は20分に設定した。加えて、毎試行同じ時間に終了すると時間を推測する手がかりを被験者に与えてしまうため、20分経過後はランダムな時間が経過するまで同じタスクを継続させてから終了を指示した。先行研究は数十秒や数分程度の時間幅に対する主観時間制御の効果を検証しているが、提案手法は事務作業中などの、先行研究で検証された時間幅よりも長い活動時間を主観時間の制御対象とできれば望ましいと考え、この時間に設定した。

表 14: 実験後アンケートによる測定指標

質問項目		選択肢
1-a	HMDをつけていて違和感を感じましたか?	
1-b	イヤホンをつけていて違和感を感じましたか?	
1-c	スマートフォンタッチをつけていて違和感を感じましたか?	1: 違和感はなかった, 5: 違和感があった
2-a	視覚刺激を意識しましたか?	
2-b	聴覚刺激を意識しましたか?	
2-c	触覚刺激を意識しましたか?	1: ほとんど意識しなかった, 5: かなり意識した
3-a	視覚刺激がタスクの邪魔をしたと思いますか?	
3-b	聴覚刺激がタスクの邪魔をしたと思いますか?	
3-c	触覚刺激がタスクの邪魔をしたと思いますか?	1: 邪魔をしなかった, 5: 邪魔をした
4	タスクのモチベーションはどの程度ありましたか?	1: 全くなかった, 5: かなりあった

提案手法による悪影響の測定指標

指標は2つである。1つ目は、タスクの作業効率である。これは点つなぎの数を指標とする。2つ目は、表14に示すアンケート項目のうち1から3である。これは、ウェアラブルデバイス装着に対する違和感、刺激への意識度合い、刺激の邪魔度合いを問う内容である。

刺激の提示条件

刺激の提示条件は9種類である。まず、刺激を提示する知覚チャネルの条件が3種類で、視覚刺激を提示するHMDを用いた条件、聴覚刺激を提示するイヤホンを用いた条件、触覚刺激を提示するスマートウォッチを用いた条件である。次に、刺激パターンは3種類で、刺激減少パターン、刺激増加パターン、無刺激パターンである。無刺激パターンは、提案手法の有効性の比較のための統制条件であり、プリターゲットおよびターゲット時間のいずれにおいても一切刺激を提示しない。評価実験で利用する刺激の増減パターンは、刺激のONとOFFによって行った。つまり、視覚刺激の刺激減少パターンはプリターゲット時間で2000pixel/sの視覚物体を表示し、ターゲット時間で刺激を提示しないパターンである。これらの知覚チャネル3条件と刺激パターン3条件による3×3の9条件で実験を行った。これらの実験全体の流れを図16に示す。

場所および、機材確保の問題から同じ刺激は同日中に行ったため、被験者が実験に要する時間は3日間であった。実験条件の試行順序は知覚チャネルおよび刺激パターンごとに無作為な順序で実施し、試行順序が条件間の比較に影響を与えないように配慮した。

実験全体の手順

被験者が行う1試行は、プリターゲット時間が2分、ターゲット時間が20分の時間からなる。

まず、プリターゲット時間においては、次の2点を行う。1つ目は刺激の量の基準を被験者に作ることである。このために、被験者はタスクを行いながら、前述した刺激の提示条件に応じて、ウェアラブルデバイスから刺激を提示される。2つ目は後のターゲット時間で経過時間を推定させるための時間的な基準を被験者に作ることである。このために、2分のプリターゲット時間の終了時点で、被験者にはプリターゲット時間が2分の長さであったことを提示する。



図 16: 実験デザイン

そして、ターゲット時間において、被験者はタスクを行いながら次の2点を行う。1つ目は、主観的な経過時間を報告することである。このために、側に置かれた指示音声用 PC からチャイム音が再生されたタイミングで、主観的な経過時間を別紙にメモとして報告するようあらかじめ指示した。このチャイム音は、分析用のデータとしてターゲット時間開始から 20 分経過時点は必ず再生するようにした。これに加えて、Lavie ら [109] の実験を参考に、1 から 9 分の無作為な間隔でダミーのチャイム音を再生し、毎試行 20 分時点でチャイム音が再生されることを推測されないように配慮した。ターゲット時間は、被験者に実際の時間を知る手がかりを与えず行われた。2つ目は、被験者に主観的に感じた提案手法への害を報告させることである。

このために、ターゲット時間終了後に前述のアンケートを行わせる。

その他の点は次のようにした。1人の被験者が1試行を、知覚チャネルの種類と刺激のパターンが異なる実験条件で9回行う。タスクである点つなぎ完成時の絵柄は20種



図 17: 実験環境

類の中から，試行ごとに重複なしに無作為に選ばれた．毎試行のプリターゲットと時間からターゲット時間に移るタイミングで新しい用紙に取り替えた．実験時間として1試行に30分以上を要するため，実験は刺激ごとにそれぞれ異なる日に区切って行った．被験者に時間を見積もるときに秒数えしないように指示し，被験者に対して時計などの客観的な時間を示すものが一切存在しない環境で行った．実験環境について，その様子を図17に示す．外部の音が聞こえないスタジオにて，近くに実験内容の指示音声を再生するPCを置き，椅子に座った状態で行われた．

4.6 結果

20分経過時点の時間評価を標本として，知覚チャンネルおよび刺激パターンの9条件における平均時間評価を図18に示す．エラーバーは標準誤差を表す．この結果に対して，知覚チャンネルの種類と刺激パターンの2要因によるANOVAを行った結果，知覚チャンネルの主効果は有意 ($F(2, 22) = 5.17, p < 0.05$)，刺激パターンによる主効果は有意傾向 ($F(2, 22) = 2.66, p < 0.10$) であり，この2つの要因に交互作用は見られなかった．図19に，知覚チャンネルごとの平均時間評価を示す．*は $p < 0.05$ を表す．知覚チャンネルごとの平均時間評価について，LSD法による多重比較を行った結果，HMDによる視覚刺激は聴覚や触覚に比べて有意に時間を短く評価していた ($p < 0.05$)．また，刺激パターンごとの時間評価平均においてもLSD法による多重比較を行った結果，刺

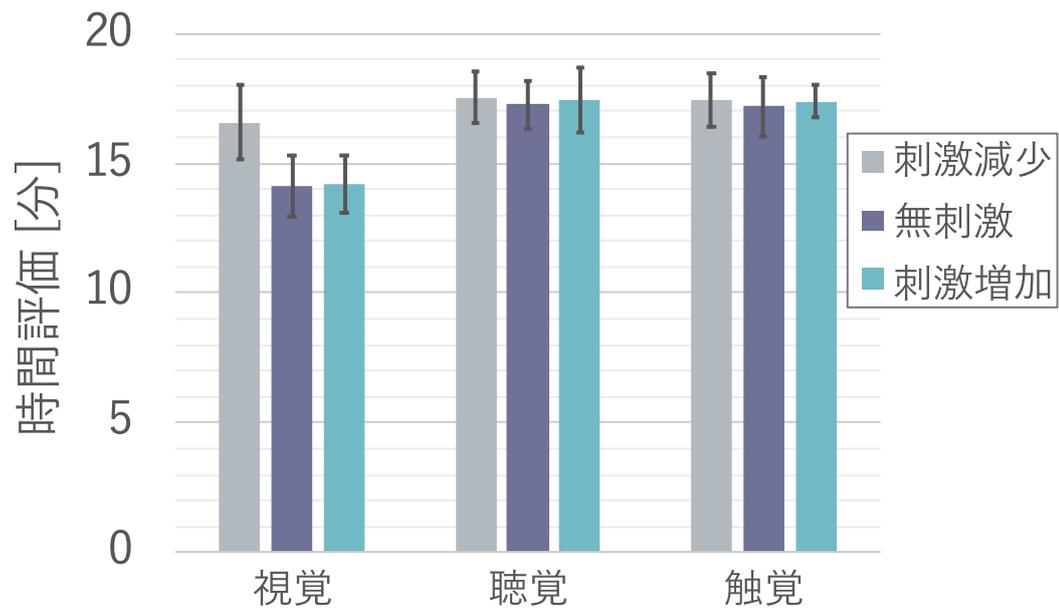


図 18: 全条件における 20 分に対する平均時間評価

刺激減少パターンは無刺激パターンよりも有意に時間を長く評価していた ($p < 0.05$)。ただし、これは図 18 を見る限りでは、聴覚および触覚における刺激パターン間に大きな差は見られないため、視覚条件における刺激減少パターンとその他パターンの差によって生じた有意差だと考えられる。

作業効率として、各条件において 20 分間でつないだ点数を図 20 に示す。20 分経過時点でつながれた点の総数を標本として、知覚チャンネルの種類と刺激パターンの 2 要因による ANOVA を行った結果、知覚チャンネルに有意差が見られた ($p < 0.05$)。知覚チャンネルごとのつないだ点数について、LSD 法による多重比較を行った結果、HMD による視覚刺激は聴覚に比べて有意に点つなぎ量が減少した ($p < 0.05$)。

アンケートについて、違和感、意識度、邪魔度のそれぞれの結果の箱ひげ図を図 21 に示す。ひげは最小値と最大値、箱は第一四分位と第三四分位を表し、箱中央の太い横線が中央値を表す。これらの結果に対して、フリードマン検定を行ったところ、ウェアラブルデバイスの装着に関する違和感についての回答結果についてのみ有意な差が見られた ($p < 0.001$)。下位検定として、Holm 法による補正を用いた Wilcoxon の符号付順位和検定を行った結果、HMD 装着による違和感はイヤホン装着よりも有意 ($p < 0.01$)、スマートウォッチ装着よりも有意傾向 ($p < 0.10$) な差が見られた。

最後に、本実験参加者の特性について補足するため、個人差について分析した。ま

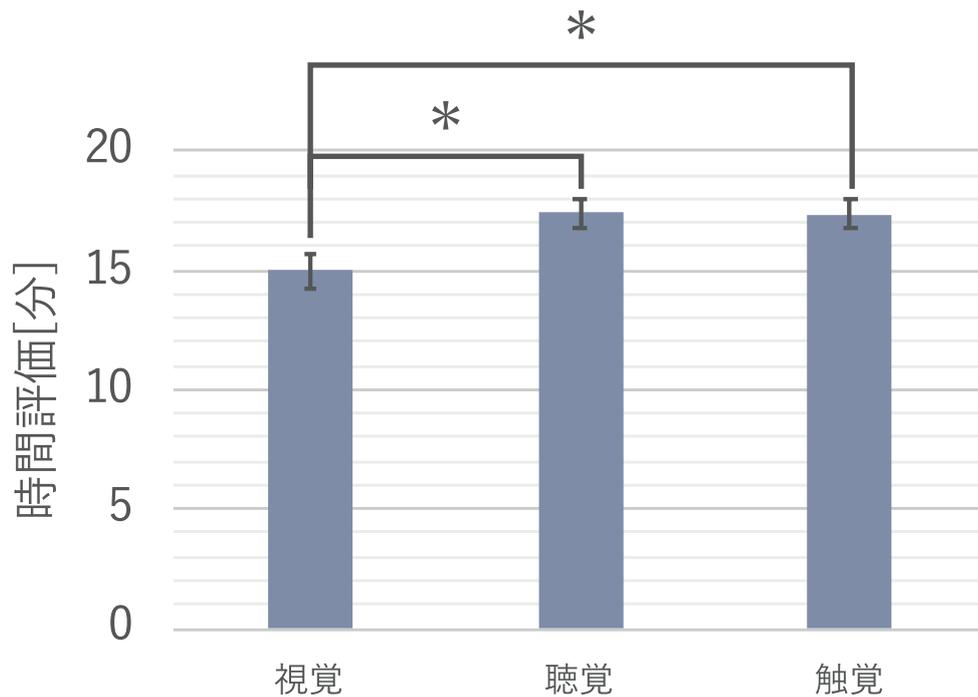


図 19: 知覚チャンネル条件ごとの 20 分に対する平均時間評価

ず、表 15 に各被験者の時間評価と点つなぎ量に関して、平均値と標準偏差 (S.D.)、変動係数 (C.V.) を示す。変動係数による比較を行うと、本実験で得られた全標本から求めた変動係数は被験者 F と J の時間評価を除いて各被験者の変動係数を上回っており、個人内の変動に比べると個人間の変動のほうが大きいケースが多いことが分かった。次に、性別で分類した各条件における時間評価を図 22 に示す。知覚チャンネル条件、刺激パターン条件に性別の条件を加えた 3 要因被験者混合計画とみなして再度 ANOVA を行ったところ、前述の分析同様に知覚チャンネル条件において有意差が示された ($F(2, 20) = 4.44, p < 0.05$)。しかしながら、性別と刺激パターンの要因については有意な差は確認できなかった。また、図 23 の点つなぎ数についても、時間評価と同様の 3 要因で ANOVA を行ったところ、性別に有意傾向の差が見られ、男性のほうが 20 分時点で多くの点数を結んでいた ($F(1, 10) = 4.06, p < 0.10$)。

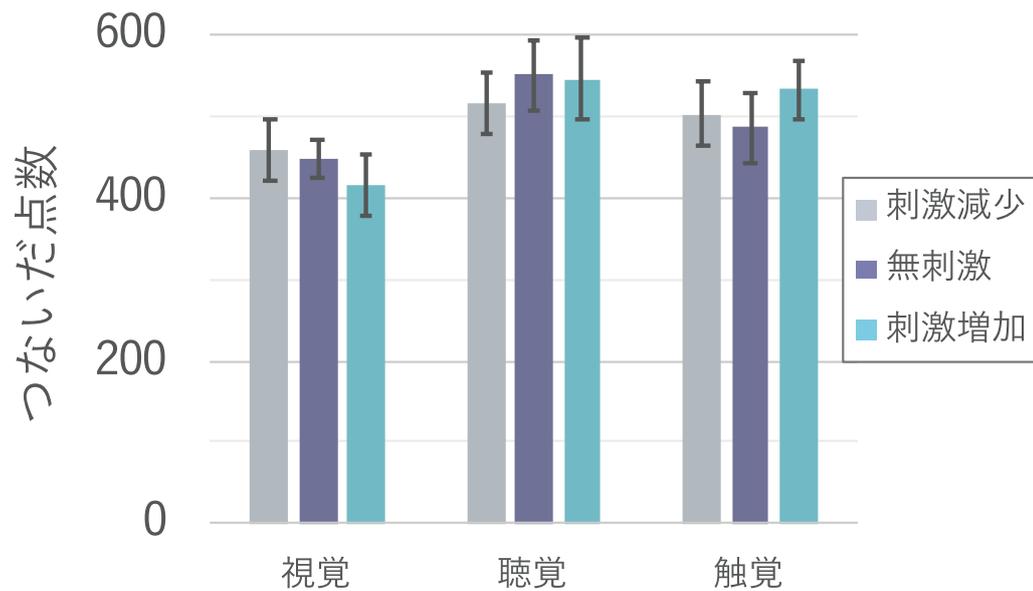


図 20: 20 分間でつないだ点数の平均値

表 15: 被験者ごとの時間評価と点つなぎ量

被験者	性別	時間評価			点つなぎ量		
		平均	S.D.	C.V.	平均	S.D.	C.V.
A	男性	21.11	2.47	0.117	521.6	124.4	0.238
B	男性	20.22	3.42	0.169	543.0	90.5	0.167
C	男性	17.44	2.40	0.138	572.0	79.2	0.138
D	男性	19.11	3.91	0.205	401.6	86.0	0.214
E	男性	19.67	2.65	0.135	651.9	132.3	0.203
F	男性	13.83	3.61	0.261	366.2	95.6	0.261
G	男性	14.13	2.87	0.203	476.0	81.3	0.171
H	男性	13.89	2.59	0.186	566.8	101.0	0.178
I	男性	12.81	1.80	0.140	628.6	170.3	0.271
J	女性	16.44	4.10	0.249	436.1	70.6	0.162
K	女性	16.06	2.38	0.148	349.3	60.5	0.173
L	女性	14.22	2.17	0.152	432.7	95.7	0.221
平均	男性	16.91	4.15	0.245	525.3	138.9	0.264
	女性	15.57	3.05	0.196	406.0	84.5	0.208
	全体	16.58	3.93	0.237	495.5	137.3	0.277

4.7 考察

主観時間への影響について

提案手法が主観時間に影響したかについて、刺激パターン、知覚チャネル、タスクの3つの観点から考察する。

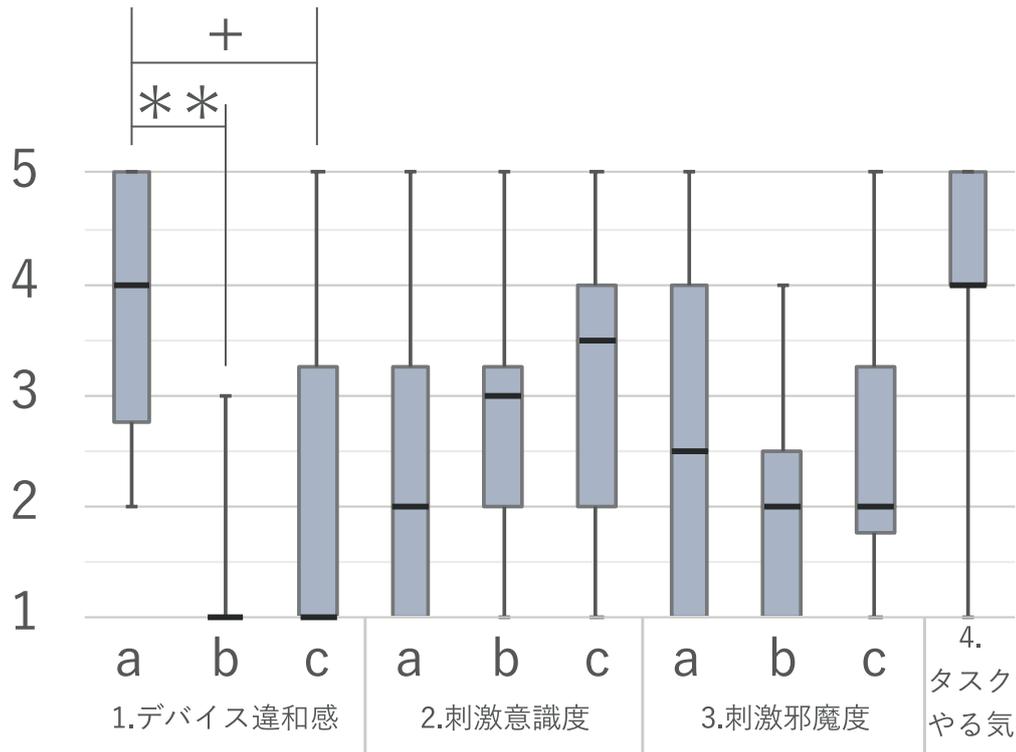
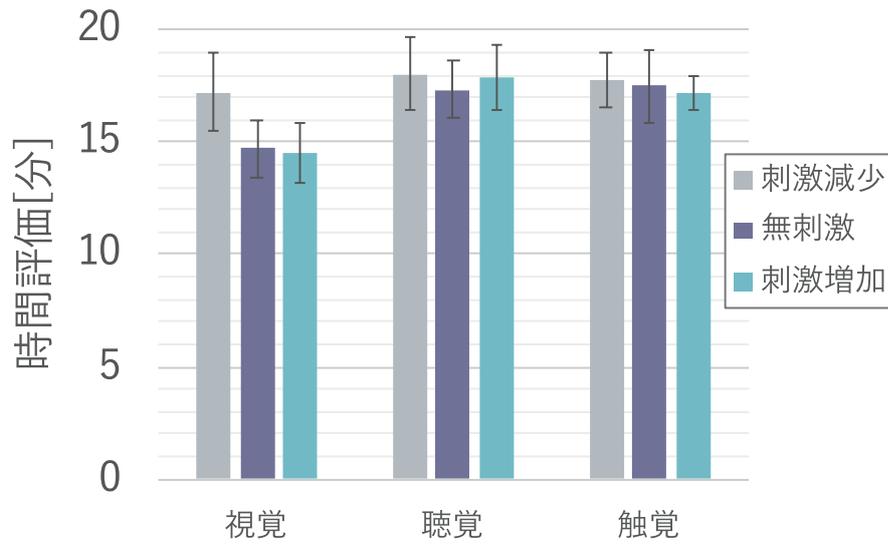
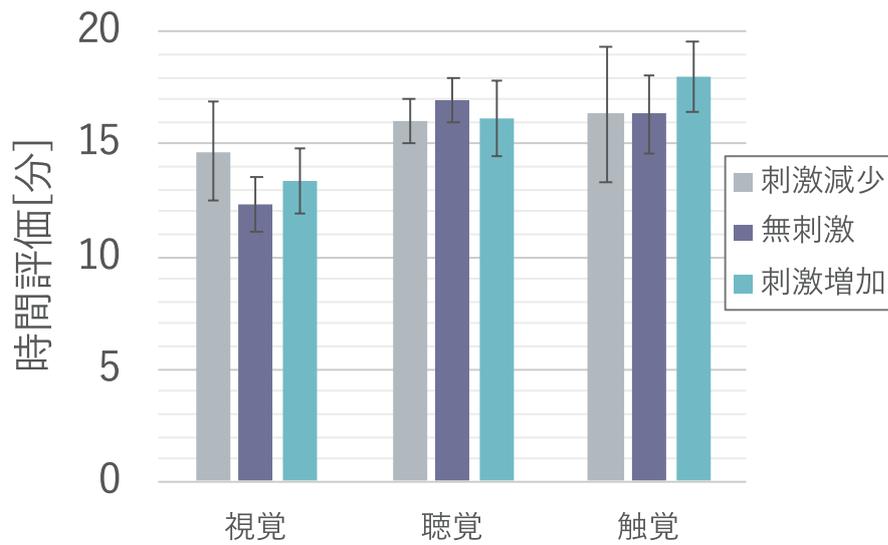


図 21: 質問項目の回答結果

まず、刺激パターンの条件の間で主観時間に差があったことから、今回提案した刺激パターンによって主観時間が変わることがわかった。具体的には、視覚刺激条件の刺激減少パターンによって刺激無しよりも被験者の主観時間が増加した。これについては、仮説通りの結果だったため、視覚刺激条件において提案手法が有効に働いたと考えられる。一方、刺激増加パターンは無刺激パターンとの比較から、被験者の主観時間に影響しなかったと考えられる。この点に関しては、さらなる調査が必要であるが以下のような可能性が考えられる。まず1つは、刺激増加パターンは、20分間常に刺激提示を受ける条件であるが、ユーザが同じ刺激に慣れて差が出にくくなるという可能性である。この点に関してはターゲット時間を20分時点のみではなく、より短い時間に設定した調査が必要である。次に、ターゲット時間が長くなるほど知覚以外から時間を判断する必要があるため、20分という長さでは刺激よりも記憶による影響が支配的となる可能性もある。Ornsteinら [110] は「蓄積容量説」というモデルにおいて、心理的な時間は記憶を手がかりに形成されるという説明を行っている。この考え方に基づくと、刺激減少パターンでは知覚刺激によって歪められたプリターゲット時間の時間感覚を記憶することで、相対的にターゲット時間が長く評価されたという説明ができる。この点に関しては、複数のターゲット時間を設定することや、プリター



(a) 男性 (9名)

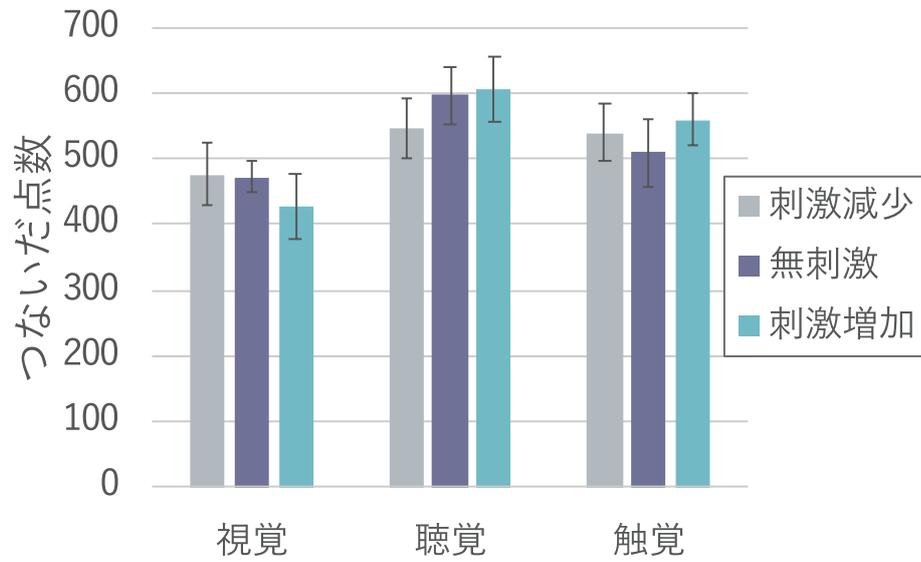


(b) 女性 (3名)

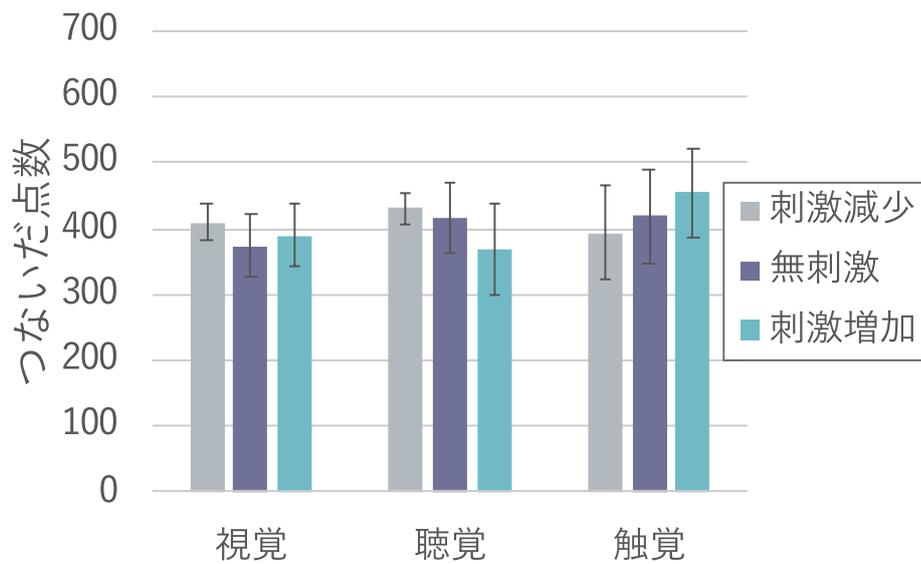
図 22: 性別ごとの平均時間評価

ゲット時間とターゲット時間の比率を変えて実験を実施することが必要であると考えられる。以上のことから、今回実装した視覚刺激の刺激減少パターンによって、ユーザの主観時間を増加させることは可能であることが確認できた。

次に、知覚チャンネルの条件の間で主観時間に差があったことから、知覚チャンネルの



(a) 男性 (9名)



(b) 女性 (3名)

図 23: 性別ごとの平均時間評価

種類によって主観時間が変わることがわかった。具体的には、視覚刺激を提示するシステムを使ったときのほうが、聴覚および触覚刺激を提示するシステムを使ったときよりも主観時間が低下し、その他のチャネルの間で有意差は見られなかった。この結果は、視覚刺激を提示すること自体もしくはHMDを装着すること自体によって、主

観時間が短くなることを示している。この原因としては、2点考えられる。まず、刺激の知覚器官の観点としては、知覚チャンネルによって主観時間に与える影響度合いが異なる可能性が考えられる。Goldstoneら [111][112]によると、同じ刺激提示時間であっても、聴覚刺激の場合のほうが視覚刺激の場合よりも過大評価されることを報告している。Goldstoneらの研究と本研究を単純に比較はできないが、同様に知覚チャンネルによって影響度合いが異なるということは今後検討する余地があると考えられる。次に、利用機器の観点としては、アンケート結果からウェアラブルデバイスの装着に対する違和感はHMDが最も高いことから、装着時のウェアラブルデバイスの存在感の違いも原因として考えられる。したがって、提案手法を利用するうえでは、HMDを用いたシステムを利用すると、他の情報機器を利用した際よりも主観時間が短くなると考えられる。

最後に、時間評価の平均値の全体的な傾向として、今回の実験において経過時間は実際の時間よりも過小評価されている傾向があった。図18から、時間評価が増加したと考えられる視覚刺激条件の刺激減少パターンにおいても、実際の20分の経過時間に比べると過小評価されている。つまり、本手法は経過時間を過小評価する傾向を緩和するための主観時間制御であれば可能であるが、時間を過大・過小評価する傾向そのものを変えるほどの効果は確認できなかった。このような全体的な過小評価傾向はタスクによる影響が考えられる。Lavieら [109]は何も時間を知る手がかりがない環境で人がどのように時間を見積もるのか長期的な実験を行い、定期的な運動を課した群では運動を課していない群よりも経過時間を過小評価することを報告している。本実験の結果においても、被験者には実際の時間を直接知ることができないよう統制しているため、Lavieら [109]の結果と一致した結果が得られたと考えることができる。また、図21のタスクに対するモチベーションに関する回答から、各被験者は中央値4と過半数以上が高いモチベーションを有しており、心理的な要因によって時間を過小評価した可能性もある。本実験のように他に時間を判断する手がかりが無いような状況では、タスク自体が時間を判断する手がかりとなり、実際の時間よりも時間は短く評価された可能性がある。これらの点に関しては、より退屈なタスクを課した実験や、あるいは被験者は何もしないという実験を通して確認される必要がある。これらの調査によって、主観時間制御システムをタスクによる影響を織り込んで設計できるようになると考えられる。

ユーザ及びタスクへの悪影響について

提案手法が、ユーザやユーザの作業を害したかについて、作業効率、アンケートの結果の2つの観点から考察する。

まず、点つなぎタスクの作業効率については、視覚刺激を提示した条件が聴覚刺激を提示した条件よりも有意に低下していることから、視覚刺激条件にタスクの妨げになる要因があったことが示唆された。この原因としては、HMD装着によって視野が狭まり、タスクの効率が低下した可能性がある。視覚刺激条件のどの刺激パターンにおいてもHMDは装着して行われたため、視覚刺激条件で全体的に点つなぎ量が減少したと考えられる。一方で、刺激の存在がタスクの妨げになったのだとすると、刺激減少パターンや無刺激パターンはターゲット時間中に視覚刺激を提示しない条件であるにも関わらず、他の知覚チャンネル条件よりもタスク効率が低下したことを説明できない。そのため、視覚刺激条件における点つなぎ量の減少は、デバイス装着による影響であると考えられる。

次に、アンケート結果については、視覚刺激を意識した程度や、視覚刺激を邪魔と感じた程度は、中央値が5段階中の3以下であったことから、半数以上の被験者は提案した視覚刺激が主観的にはタスクの邪魔をしたと感じていないことが分かる。一方、ウェアラブルデバイスの装着に対する違和感に対して、HMDについては違和感があると回答された。

以上のことを踏まえ、デバイスの装着自体の影響は知覚刺激の影響に比べても決して無視できるものではないことが分かった。

主観時間制御手法の利用場面の拡大

実験結果は、従来の主観時間制御手法の利用場面を提案手法が拡大できることを示している。ユーザ状況については、先行研究ではデスクトップPC前の何もしていない待機状況のユーザを対象にした検証しか行われていないが、提案手法を使うことで実世界の多くの場面でユーザの主観時間制御が行えると考えられる。ただし、提案手法の効果がない場面もあると想定しており、例えば、刺激を受け取れないほど身体や精神の活動が激しい場面などが挙げられる。また、主観時間制御の時間幅についても、先行研究では数十秒や数分を対象にした検証しか行われていないが、提案手法を使うことで数十分程度のより長い時間幅の活動を対象にして、主観時間制御ができると考えられる。

主観時間への影響を考慮したインタフェース設計

実験結果は、ウェアラブルデバイスを装着し、それらから刺激を得るだけで、ユーザの主観時間を意図せず歪めてしまう可能性があることも示唆した。この結果から、提案手法のように主観時間制御を目的としないシステムであっても、ウェアラブルデバイスやそれを利用したアプリケーションは、ユーザの主観時間を増減させることを考慮した設計を行う必要があると考えられ、その考慮がよりユーザの体験満足度を向上させることに繋がると考えられる。

リミテーションと今後の課題

本稿では、提案手法の有効性を示し、ウェアラブルデバイスを用いた主観時間制御手法の実現可能性を示した。一方、提案手法をブラッシュアップするために、次の点を今後の検討していく。

まず、今回の実験では被験者が経過したと思った時間を言葉として評価する言語評価法を用いたが、時間知覚研究ではスイッチの押下時間などで感じた時間と同じ時間を再現する産出法など他にも評価方法が存在し、それぞれ時間の過小評価や過大評価傾向が報告されている。そのため、本研究の時間評価の値は他の研究と直接比較できるものではないことには留意しておく必要がある。また、他の評価方法によって提案手法の再評価を行うことも必要である。

また、今回の実験において、聴覚刺激および触覚刺激を提示した場合の刺激パターン間では大きな差が見られなかったが、今回の実装では聴覚刺激と触覚刺激が繰り返される周期が異なるため、これらを揃えた上で様々な刺激強度で試す必要があると考えられる。Goldstoneら [111][112]によると、同じ刺激提示時間であっても知覚チャンネルが異なると結果が変わることも考えられるため、どの知覚チャンネルにはどの程度の刺激強度が必要なかを明らかにする必要がある。

また、今後は時間評価の個人差を生む要因を明らかにすることが必要である。表15の結果では、個人間における結果の変動は個人内の変動よりも同等かそれ以上であると考えられる。今回のように被験者内計画実験の分散分析では個人差の影響は取り除かれるが、被験者間計画の実験を行わざるおえないときにはこのような変動は無視できないと考えられる。また、本実験の被験者には点つなぎ量に性差が見られたが、女性被験者数は少なく、一部の条件では相対的にばらつきが大きいことから、ばらつきが十分に収束するよう男女比は改善する必要がある。

様々な実世界のタスクも今後検討する必要がある。本研究のタスクである「点つなぎ」は視覚に依存したタスクであるため、今回 HMD による視覚刺激を提示した条件で影響を受けやすかった可能性がある。この点は、聞こえてきた文章を読み上げるなどの聴覚を用いたタスクなどを含めて検討する必要がある。

また、視覚刺激を提示する HMD を用いた条件では、装着の違和感や作業効率を下げることでネックとなる可能性が示された。この点に関しては、LED のような単純な情報提示機構しか持たない代わりに、通常のメガネと遜色ない装着性を持つメガネ型デバイス [113] も市販されているため、そのような環境を想定した検証を行う。今後、どの程度の強度で視界に変化を起こせば、主観時間制御として十分であるのかを明らかにしていくことで、汎用的な HMD を用いない方向性も考えられる。

今回の実験では、被験者に実際の時間を知る手がかりを与えずに実験を行ったが、実際の利用シーンではユーザが本当の時間を知っている状況も考えられるため、そのような状況でも知覚刺激によってユーザが意図したとおり制御が可能なのかを明らかにする必要がある。

4.8 まとめ

本研究では、知覚刺激量の操作によって主観時間を制御するシステムの利用場面をコンピュータ外の作業に拡張することを目的として、HMD、イヤホン、スマートウォッチで知覚刺激を提示するプロトタイプシステムを実装した。また、ユーザに知覚させる刺激量の変化を、主観時間制御を行う開始時刻の前後で起こす手法を提案し、実用を考慮して実時間 20 分に対する時間評価に与える影響を評価した。結果としては、視覚刺激提示条件における刺激減少パターンの結果から、時間評価を有意に長くできる可能性を示した。被験者に対して課した作業に与える影響についても評価を行い、主観評価ではデバイスの装着によって作業効率の低下を招く可能性が見られた。今後は様々なタスクや知覚刺激の組み合わせを検討し、被験者の生活に支障をきたさないまま主観時間制御を実現することを目指す。これらの結果から、ウェアラブルデバイスを利用して実世界に刺激を重畳するような環境において、主観時間を制御システムの実現可能性を確認し、その有用性を示した。また、本稿の結果はシステム設計者が意図してユーザの主観時間を制御できることを示した一方で、ウェアラブルデバイスが提示する情報、あるいはウェアラブルデバイスを装着する行為そのものが、無意識にユーザの主観時間を歪めてしまう可能性があることも示した。以上のことから、筆者

らはウェアラブルコンピューティング環境のユーザインタフェース設計に本研究結果が
応用され、主観時間に着目した様々なアプリケーションへと発展することを期待する。

5 結論

5.1 本論文のまとめ

本論文では、人の判断におけるバイアスとコンピュータの関係性の変化を踏まえて、コンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の確立を目指し、(1) 従来の認知バイアス、(2) 従来のコンピュータに起因するバイアス、(3) 将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアス、の3つのアプローチから、人の判断におけるバイアスを削減するインタフェースの設計と評価を行い、コンピュータによって人の判断におけるバイアスを削減していくことを提案した。

まず、第1章では、人の判断におけるバイアスとコンピュータの関係性の変化について述べ、本研究の目的と解決すべき課題について述べた。

第2章では、現状維持バイアスを削減するための選択インタフェースの研究について述べ、従来の認知バイアスをコンピュータとそのインタフェースにより削減できることを示した。現状維持バイアスは人が現状変更よりも現状維持を不当に好むという認知バイアスであり、ときに非合理的な選択の原因となる。そこで本研究では、現状維持バイアスによる非合理的な選択を防ぐため、ユーザが現状変更に反対する理由の入力とその理由に対する反論情報の閲覧を繰り返すことによって、現状変更に反対する不当な理由を取り除いた選択をユーザに促すインタフェースを設計した。この方法は科学倫理の議論で用いられる Reversal test と呼ばれる手法から着想を得た。Reversal test では現状変更に反対する理由を説明させ、正当な理由を説明できないのであれば現状維持バイアス下にあるとみなすという手法である。この手法をコンピュータにおける選択インタフェースに実装し、電子書籍と紙書籍のどちらを購入するかというテーマを題材とした評価実験を行い、提案手法が現状維持バイアス下にあるユーザに現状変更を促せることを示した。

第3章では、ユーザの選択を多様化させる選択インタフェースの研究について述べ、従来のコンピュータに起因するバイアスがインタフェースによって削減できることを示した。近年、スマートフォン等の情報インタフェースを利用する機会が増えたことで、ショッピングサイトや検索エンジンなどでユーザの選択が偏る現象が問題となっており、ユーザの選択を偏らせてしまう選択インタフェースの要素を調査する重要性が増している。心理学研究から、ポジティブな心理によって選択の多様性が増す可能性

が示唆されているため、本研究では、ショッピングサイトの動画やテキストといった要素のポジティブ/ネガティブさを操作することで、ユーザの選択の多様性が増すかどうか評価した。その結果、ポジティブなレビューテキストによってユーザの選択が多様になり、ネガティブなビデオによってユーザの選択が偏るという傾向を確認した。

第4章では、ウェアラブルデバイスを用いた主観的な時間判断の制御の研究について述べ、将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアスを予測し、そのインタフェースによって削減できることを示した。心理学では、主観時間の判断（主観時間）は知覚刺激によって影響を受けることが分かっている。一方で、ウェアラブルデバイスは常時情報を提示可能である特性を持っており、デバイスを装着して日常生活を行う中で、それらの情報は知覚刺激としてユーザの主観時間を意図せず歪めてしまう可能性がある。そこで本研究では、頭部装着型ディスプレイによる視覚刺激、イヤホンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激を実装し、知覚刺激量を操作することで、主観時間を制御できる可能性について検証した。実験では、20分に対する主観的な時間を見積もる実験を行い、視覚刺激によって時間評価を有意に長くすることができる可能性を確認した。

これらのことから、従来の認知バイアスとコンピュータによって引き起こされるバイアスは、コンピュータとそのインタフェースを用いて削減できることが示された。本研究成果はコンピュータを用いて人の判断における従来から将来に渡るまでのバイアスを取り除いており、ユーザの判断の合理性を高めることに貢献した。したがって、本研究のように人の判断におけるバイアスを理解し削減していくことは、今後のコンピュータを用いた高速で合理的な思考過程の実現につながると考えられる。

5.2 今後の展望

いずれは、本研究で示した(1)従来の認知バイアス、(2)従来のコンピュータに起因するバイアス、(3)将来的なコンピュータの新しい特性に起因するバイアス、の3つのアプローチから知見をさらに集めることで、最終的にはこれら3要素を統合的に扱える法則性を見いだせる可能性がある。

例として、本研究で扱った個々の研究課題を比較し、得られた知見について説明する。ここでは、1章で述べた、Kahnemanらの二重過程理論における直感と推論という認知モデルの観点に基づき、2章の現状維持バイアスを矯正する研究と、他の2つの研究課題を比較する。現状維持バイアスの矯正についての研究では、ユーザに理由を入

力させるという手法によって現状変更を促しており、ユーザに意識的な思考過程を促す手法であるといえる。一方で、3章の選択を多様化させる研究では、ポジティブなレビューを見たことでユーザに選択を多様化させようという意識があったとは言い難く、意識的な思考過程を促しているわけではないため、無意識的な思考過程で選択を多様化させた可能性がある。また、4章の主観時間を制御する研究においても、提案手法は時間に無関係な知覚刺激を提示しているだけであり、無意識的な思考過程で主観的な時間判断が変化しただと考えられる。

このように、意識的な思考過程をユーザに促す手法によってバイアスを取り除くことができる一方で、無意識的にバイアスを取り除くというアプローチがあることが分かった。無意識的にバイアスを取り除く手法は、直感のみによって判断が変容するため、思考労力が少ない利点があると考えられる。したがって、2章の手法は思考の労力が大きいため、現状維持バイアスを無意識手に取り除く方法の検討も必要と考えられる。一方で、意識的な思考過程をユーザに促す手法においても、コンピュータを用いないときにおけるバイアスを削減できる利点があると考えられる。1章で述べたように、同じ推論による思考は繰り返すことで経験則に代わり、最終的に直感による思考に変わると考えられている。したがって、普段2章の提案手法によって現状維持バイアスを取り除かれたユーザは、提案手法を用いないシーンにおいても自身の現状維持バイアスに気づきやすくなる可能性がある。思考過程における意識の有無がどのような違いを産むのかは本研究では確認していないため、今後検討していく必要がある。

このように、本研究で示した人の判断におけるバイアスの3つのアプローチによって、新しい洞察が得られると考えられるため、今後も知見を集めて比較検討していくことが重要である。

謝辞

本研究全般に関して、懇切なる御指導と惜しみない御助言を頂きました神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 寺田努教授に謹んで御礼申し上げます。本研究を推進するにあたり、直接の御指導、御助言、御討論を頂きました神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 塚本昌彦教授に衷心より感謝申し上げます。本論文をまとめるにあたり、多くの御指導と御助言を賜りました神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 中村匡秀教授、白石善明准教授に心より感謝申し上げます。

本研究において、直接の御指導と御助言を賜りました立命館大学情報理工学部 双見京介助教に心からの感謝の意を申し上げます。

神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻に在学中、御教示、御激励頂いた神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻の諸先生方に感謝すると共に、諸職員の方々に感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、多くの御協力、御討論、御激励を頂きました神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻塚本・寺田研究室の諸氏に心より感謝申し上げます。研究生生活を継続するにあたり、経済的支援を頂きました伊藤忠兵衛基金、井植記念会に心より感謝申し上げます。

最後に、研究生生活を送る上で、暖かい御支援と多大なる御理解を頂いた両親をはじめとする親戚、そして親友に心からの感謝と御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] D. Kahneman and S. Reps. Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment., *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*, Vol. 49, pp. 49–81 (2002)
- [2] W. Samuelson and R. Zeckhauser: Status quo bias in decision making, *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 1(1), pp. 7–59 (1988)
- [3] Marie-E. Godefroid, R. Plattfaut and B. Niehaves: How to measure the status quo bias? A review of current literature, *Management Review Quarterly*, pp. 1–45 (2020)
- [4] D. Kahneman and A. Tversky: Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk, *Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I*, pp. 99–127 (2013)
- [5] W. D. Woody, D. B. Daniel, C. A. Baker: E-books or textbooks: Students prefer textbooks, *Computers & Education*, Vol. 55(3), pp. 945–948 (2010)
- [6] H. Jeong: A comparison of the influence of electronic books and paper books on reading comprehension, eye fatigue, and perception, *The Electronic Library*, Vol. 30(3) (2012)
- [7] I. Rowlands, D. Nicholas, H. R. Jamali and P. Huntington: What do faculty and students really think about e - books?, *Aslib Proceedings*, Vol. 59(6) (2007)
- [8] W. A. Shelburne: E-book usage in an academic library: User attitudes and behaviors, *Library Collections, Acquisitions, & Technical Services*, Vol. 33(2-3), pp. 59–72 (2009)
- [9] B. Casselden and R. Pears: Higher education student pathways to ebook usage and engagement, and understanding: highways and cul de sacs, *Journal of Librarianship and Information Science*, Vol. 52(3), pp. 601–619 (2020)

- [10] J. Li, M. Liu and X. Liu: Why do employees resist knowledge management systems? An empirical study from the status quo bias and inertia perspectives, *Computers in Human Behavior*, Vol. 65, pp. 189–200 (2016)
- [11] A. Shirish and L. Batuekueno: Technology renewal, user resistance, user adoption: status quo bias theory revisited, *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 34(5) (2021)
- [12] Hee-W. Kim and A. Kankanhalli: Investigating User Resistance to Information Systems Implementation: A Status Quo Bias Perspective , *MIS Quarterly*, Vol. 33(3), pp. 567–582 (2009)
- [13] A. H. C. Bejar, S. Ray, Y. H. Huang: Fighting for the status quo: Threat to tech self-esteem and opposition to competing smartphones, *Information & Management*, Vol. 60(2) (2023)
- [14] N. Bostrom and T. Ord: The Reversal Test: Eliminating Status Quo Bias in Applied Ethics, *Ethics*, Vol. 116(4), pp. 656–679 (2006)
- [15] C. J. Anderson: The psychology of doing nothing: Forms of decision avoidance result from reason and emotion., *Psychological Bulletin*, Vol. 129(1), pp. 139–167 (2003)
- [16] I. Ritov and J. Baron : Status-quo and omission biases, *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 5, pp. 49–61 (1992)
- [17] E. van Kleef, K. Seijdel, M. H. Vingerhoeds, R. A. de Wijk, H. C.M. van Trijp: The effect of a default-based nudge on the choice of whole wheat bread, *Appetite*, Vol. 121, pp. 179–185 (2018)
- [18] E. J. Johnson and D. G. Goldstein: Do Defaults Save Lives?, *Science*, Vol. 302, pp. 1338–1339 (2003)
- [19] Nina-B. Schirmacher, Jan Ondrus, F. T. C. Tan, Y. Ai-Chi Loh and D. R. Hardoon: Overcoming Status Quo Bias: Nudging in a Government-Led Digital Transformation Initiative, *Fortieth International Conference on Information Systems*, (2019)

- [20] M. Dean: Status Quo Bias in Large and Small Choice Sets
- [21] A. J. Kolber: Therapeutic Forgetting: The Legal and Ethical Implications of Memory Dampening, *Vanderbilt Law Review*, Vol. 59(5), pp. 1559–1626 (2006)
- [22] D. Wilkinson, E. Butcherine and J. Savulescu : Withdrawal Aversion and the Equivalence Test, *The American Journal of Bioethics*, Vol. 19(3), pp. 21–28 (2019)
- [23] M. D. Kokkoris and U. Kühnen: More than Just an Opinion: The Effect of Verbal Self-Expression on Consumer Choice, *Psychology & Marketing*, Vol. 30(12), pp. 1062–1075 (2013)
- [24] I. Simonson and S. M. Nowlis: The Role of Explanations and Need for Uniqueness in Consumer Decision Making: Unconventional Choices Based on Reasons, *Journal of Consumer Research*, Vol. 27(1), pp. 49–68 (2000)
- [25] T. D. Wilson., S. D. Hodges and S. J. LaFleur: Effects of introspecting about reasons: Inferring attitudes from accessible thoughts., *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 69(1), pp. 16–28 (1995)
- [26] Y. Chen: Herd behavior in purchasing books online, *Computers in Human Behavior*, Vol. 24(5), pp. 1977-1992 (2008)
- [27] D. Powell, J. Yu, M. DeWolf and K. J. Holyoak: The Love of Large Numbers: A Popularity Bias in Consumer Choice, *Psychological Science*, Vol. 28(10), pp. 1432–1442 (2017)
- [28] G. D. H. Pearson and S. Knobloch-Westerwick: Is the Confirmation Bias Bubble Larger Online? Pre-Election Confirmation Bias in Selective Exposure to Online versus Print Political Information, *Mass Communication and Society*, Vol. 22(4), pp. 466–486 (2019)
- [29] C. S. , Meppelink, E. G. Smit, M. L. Franssen and N. Diviani: “ I was Right about Vaccination ” : Confirmation Bias and Health Literacy in Online Health Information Seeking, *Journal of Health Communication*, Vol. 24(2), pp. 129–140 (2019)

- [30] R. Ling: Confirmation Bias in the Era of Mobile News Consumption: The Social and Psychological Dimensions, *Digital Journalism*, Vol. 8(5), pp. 596–604 (2020)
- [31] H. Lee, N. Chung and Y. Nam: Do online information sources really make tourists visit more diverse places?: Based on the social networking analysis, *Information Processing & Management* (2018)
- [32] B. L. Fredrickson and C. Branigan: Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires, *Cognition & emotion*, Vol. 19(3), pp. 313–332 (2005)
- [33] B. L. Fredrickson: The Role of Positive Emotions in Positive Psychology. The Broaden-and-Build Theory of Positive Emotions, *Am Psychol*, Vol. 56(3), pp. 218–226 (2001)
- [34] J. Wang and R. Yamada: In silico study of medical decision-making for rare diseases: heterogeneity of decision-makers in a population improves overall benefit, *PeerJ* 6:e56777 (2018).
- [35] J. G. March: Exploration and Exploitation in Organizational Learning, *Organization Science*, Vol. 2(1), pp. 71–87 (1991)
- [36] R. Azoulay-Schwartz, S. Krauzs and J. Wilkenfeld: Exploitation vs. exploration: choosing a supplier in an environment of incomplete information, *Decision Support Systems*, Vol. 38(1), pp. 1–18 (2004)
- [37] J. Uotila M. Maula T. Keil: Exploration, exploitation, and financial performance: analysis of S&P 500 corporations, *Strategic Management*, Vol. 30(2), pp. 221–231 (2008)
- [38] F. J. M. Castillo, D. J. Jimenez and J. L. M. Aleman: Product competence exploitation and exploration strategies: The impact on new product performance through quality and innovativeness, *Industrial Marketing Management*, Vol. 40(7), pp. 1172–1182 (2011)

- [39] J. D Cohen, S. M. McClure and A. J. Yu: Should I stay or should I go? How the human brain manages the trade-off between exploitation and exploration, *Philosophical Transaction of The Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 362(1481), pp. 933–942
- [40] S. Eliassen, C. Jørgensen, M. Mangel and Jarl Giske: Exploration or exploitation: life expectancy changes the value of learning in foraging strategies, *Oikos*, Vol. 116(3), pp. 513–523 (2007)
- [41] O. Berger-Tal and T. Avgar: The Glass is Half-Full: Overestimating the Quality of a Novel Environment is Advantageous, *PLOS ONE*, Vol. 7(4):e34578 (2012)
- [42] O. Berger-Tal, J. Nathan, E. Meron and D. Saltz: The Exploration-Exploitation Dilemma: A Multidisciplinary Framework, *PLOS ONE*, Vol. 9(4):e95693 (2014)
- [43] Eli Pariser: *The Filter Bubble: What The Internet Is Hiding From You*, *Penguin Press* (2012)
- [44] M. Wolfowicz, D. Weisburd and B. Hasisi: Examining the interactive effects of the filter bubble and the echo chamber on radicalization, *Journal of Experimental Criminology* (2021)
- [45] C. Tsai and P. Brusilovsky: Beyond the Ranked List: User-Driven Exploration and Diversification of Social Recommendation, *Proc. of the 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI '18)*, pp. 239–250 (2018)
- [46] R. Hu and P. Pu: Helping users perceive recommendation diversity, *Proc. of ACM RecSys 2011 Workshop on Novelty and Diversity in Recommender Systems (DiveRs '11)*, pp. 43–50 (2011)
- [47] Y. Jin, N. Tintarev and K. Verbert: Effects of Individual Traits on Diversity-Aware Music Recommender User Interfaces, *Proc. of the 26th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '18)*, pp. 291–299 (2018)
- [48] Y. Zhang, D. Séaghdha, D. Quercia and T. Jambor: Auralist: introducing serendipity into music recommendation, *Proc. of the fifth ACM international conference on Web search and data mining (WSDM '12)*, pp.13–22 (2012)

- [49] M. Ge, C. Delgado-Battenfeld and D. Jannach: Beyond accuracy: evaluating recommender systems by coverage and serendipity, *Proc. of the fourth ACM conference on Recommender systems (RecSys '10)*, pp. 257–260 (2010)
- [50] D. Kotkov, S. Wang and J. Veijalainen: A survey of serendipity in recommender systems, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 111, pp. 180-192 (2016)
- [51] M. F. Luce: Choosing to Avoid: Coping with Negatively Emotion-Laden Consumer Decisions, *Journal of Consumer Research*, Vol. 24(4), pp.409–433 (1998)
- [52] J. K. Maner, J. A. Richey, K. Cromer, M. Mallott, C. W. Lejuez, T. E. Joiner and N. B. Schmidt: Dispositional anxiety and risk-avoidant decision-making, *Personality and Individual Differences*, Vol. 42(4), pp. 665–675 (2007)
- [53] H. Mao: The influence of pre-existing negative affect on store purchase intentions, *Journal of Retailing*, Vol. 75(2), pp. 149-172 (1999)
- [54] M. J. Duque, C. Turla and L. Evangelista: Effects of Emotional State on Decision Making Time, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 97, pp. 137–146 (2013)
- [55] B. E. Kahn and A. M. Isen: The Influence of Positive Affect on Variety Seeking Among Safe, Enjoyable Products, *Journal of Consumer Research*, Vol. 20(2), pp. 257–270 (1993)
- [56] I. Lein, S. L. Schneider and G. J. Gaeth: All Frames Are Not Created Equal: A Typology and Critical Analysis of Framing Effects, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 76(2), pp. 149–188 (1998)
- [57] K. Z. K. Zhang, H. Xu, S. Zhao and Y. Yu: Online reviews and impulse buying behavior: the role of browsing and impulsiveness, *Internet Research*, Vol. 28(3), pp. 522–543 (2018).
- [58] G. H. Huang, C. T. Chang, A. Bilgihan and F. Okumus: Helpful or harmful? A double-edged sword of emoticons in online review helpfulness, *Tourism Management*, Vol. 81 (2020)

- [59] D. Yin, S. D. Bond and H. Zhang: Anxious or Angry? Effects of Discrete Emotions on the Perceived Helpfulness of Online Reviews, *MIS Quarterly*, Vol. 38(2), pp. 539–560 (2014)
- [60] S. J. Stanton, C. Reeck, S. A. Huettel and K. S. LaBar: Effects of Induced Moods on Economic Choices, *Judgment and Decision Making*, Vol. 9(2), pp. 167–175 (2014)
- [61] S. Schulreich, Y. G. Heussen, H. Gerhardt, P. N. C. Mohr, F. C. Binkofski, S. Koelsch and H. R. Heekeren: Music-evoked incidental happiness modulates probability weighting during risky lottery choices, *Frontiers in psychology*, 4:981 (2014)
- [62] K. S. L. Yuen and T. M. C. Lee: Could mood state affect risk-taking decisions?, *Journal of Affective Disorders*, Vol. 75(1), pp. 11–18 (2003)
- [63] K. Efimov, I. Ntoumanis, O. Kuskova, D. Kadieva, K. Panidi, V. Kosonogov, N. Kazanina, A. Shestakova, V. Klucharev and I. P. Jaaskelainen: Impact of induced moods, sensation seeking, and emotional contagion on economic decisions under risk, *Frontiers in Psychology*, Vol. 12:6295 (2022)
- [64] L. Fernandez-Aguilar, B. Navarro-Bravo, J. Ricarte, L. Ros and J. M. Latorre: How effective are films in inducing positive and negative emotional states? A meta-analysis, *PLOS ONE*, Vol. 14(11):e0225040 (2019)
- [65] A. Schaefer, F. Nils, X. Sanchez and P. Philippot: Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: A new tool for emotion researchers., *Cognition and Emotion*, Vol. 24(7), pp. 1153–1172 (2010)
- [66] D. Holtz, B. Carterette, P. Chandar, Z. Nazari, H. Cramer and S. Aral: The Engagement-Diversity Connection: Evidence from a Field Experiment on Spotify, *Proc. of the 21st ACM Conference on Economics and Computation July 2020 (EC '20)*, pp. 75–76 (2020)
- [67] W. B. Sherwin and N. P. i Fornells: The Introduction of Entropy and Information Methods to Ecology by Ramon Margalef, *Entropy*, Vol. 21(8), 794 (2019)

- [68] D. Zachary and S. Dobson: Urban Development and Complexity: Shannon Entropy as a Measure of Diversity, *Planning Practice & Research*, Vol. 36(2), pp. 157–173 (2020)
- [69] S. Mishra and B. M. Ayyub: Shannon Entropy for Quantifying Uncertainty and Risk in Economic Disparity, *Risk Analysis*, Vol. 39(10), pp. 2160–2181 (2019)
- [70] [Soft Drink Statistic Data 2021] seiryō inryōsui tokei (in Japanese) , *Japan Soft Drink Association*, http://www.j-sda.or.jp/about-jsda/publication/statistics_dataver/ (accessed Sep. 1st 2022)
- [71] D. Warson, L. A. Clark and A. Tellegen: Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 54(6), pp. 1063–1070 (1988)
- [72] G. J. McHugo, C. A. Smith and J. T. Lanzetta: The structure of self-reports of emotional responses to film segments, *Motivation and Emotion*, Vol. 6, pp. 365—385 (1982)
- [73] Wearden J. H. and Penton-Voak I. S.: Feeling the Heat: Body Temperature and the Rate of Subjective Time, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B*, Vol. 48(2), pp. 129–141 (1995)
- [74] 一川 誠: 時計の時間, 心の時間, 教育評論社, p. 84 (2009)
- [75] Zakay D. and Block R. A.: The role of attention in time estimation processes, *Advances in Psychology*, Vol. 115, pp. 143–164 (1996)
- [76] Buffardi L.: Factors affecting the filled-duration illusion in the auditory, tactual, and visual modalities, *Perception & Psychophysics*, Vol. 10(4), pp. 292–294 (1971)
- [77] Droit-Volet S.: A further investigation of the filled-duration illusion with a comparison between children and adults., *Journal of experimental psychology. Animal behavior processes*, Vol. 34(3), pp. 400–414 (2008)
- [78] 松井啓司, 中村聡史: 周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響, 情報処理学会論文誌, Vol. 59(3), pp. 970–978 (2018)

- [79] 伴祐樹, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 時計の表示時間速度制御による単純作業の処理速度向上手法, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 21(1), pp. 109–120 (2016)
- [80] Yamane S. and Matsumura N: The effect of a ticking clock on task performance, *AI & SOCIETY*, Vol. 30, pp. 443–449 (2015)
- [81] 愛すまっぷ合同会社: タックタッチ, available from (<http://www.ismap.co.jp/>) (accessed 2020-09-01)
- [82] 神宮英夫: 視覚的刺激テンポの充実時程錯覚におよぼす効果, *心理学研究*, Vol. 53(5), pp. 296–299 (1982)
- [83] Tayama T., Nakamura M., and Aiba T. : Estimation of Duration for rotating-spot-pattern, *Japanese Psychological Research*, Vol. 29(4), pp. 173–183 (1987)
- [84] Wearden J. H., Norton R., Martin S. and Montford-Bebb O.: Internal Clock Processes and the Filled-Duration Illusion, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 33(3), pp. 716–729 (2007)
- [85] Thomas E. A. C. and Brown I.: Time perception and the filled-duration illusion, *Perception & Psychophysics*, Vol. 16(3), pp. 449–458 (1974)
- [86] Tomassini A., Gori M., Burr D., Sandini G., and Morrone M. C.: Perceived duration of Visual and Tactile Stimuli Depends on Perceived Speed, *Frontiers in Integrative Neuroscience*, Vol. 5, pp. 51:1–51:8 (2011)
- [87] 田山忠行: 近年の時間知覚研究の諸問題とモデル, *北大文学研究科紀要*, Vol. 155, pp. 107–142 (2018)
- [88] Wearden J. H. : The wrong tree: time perception and time experience in the elderly, *Measuring the Mind: Speed, control, and age*, pp. 134–156 (2005)
- [89] Droit-Volet S., Brunot S., and Niedenthal P.: Perception of the duration of emotional events, *Cognition and Emotion*, Vol. 18(6), pp. 849–858 (2004)

- [90] Droit-Volet S., Ramos D., Bueno J., and Bigand E.: Music, emotion, and time perception: The influence of subjective emotional valence and arousal?, *Frontiers in Psychology*, Vol. 4, pp. 1–12 (2013)
- [91] Hicks R. E., Miller G. W., and Kinsbourne M.: Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed., *The American Journal of Psychology*, Vol. 89(4), pp. 719–730 (1976)
- [92] Thomas E. A. C. and Weaver W. B.: Cognitive processing and time perception, *Perception & Psychophysics*, Vol. 17, pp. 363–367 (1975)
- [93] Avant L. L., Lyman P. J., and Antes J. R.: Effects of stimulus familiarity upon judged visual duration, *Perception & Psychophysics*, Vol. 17(3), pp. 253–262 (1975)
- [94] Costa J., Adams A. T., Jung M. F., Guimbretière F. and Choudhury T.: EmotionCheck: leveraging bodily signals and false feedback to regulate our emotions, *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing. ACM*, pp. 758–769 (2016)
- [95] Costa J., Adams A. T., Jung M. F., Guimbretière F. and Choudhury T.: EmotionCheck: A Wearable Device to Regulate Anxiety through False Heart Rate Feedback, *GetMobile: Mobile Computing and Communications* Vol. 21(2) pp. 22–25 (2017)
- [96] Costa J., Guimbretière F., Jung M. F., and Choudhury T.: BoostMeUp: Improving Cognitive Performance in the Moment by Unobtrusively Regulating Emotions with a Smartwatch, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, p. 40 (2019)
- [97] 双見京介, 寺田努, 塚本昌彦: 条件づけ刺激を用いたメンタル機能制御支援システム, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58(5), pp. 1025–1036 (2017)
- [98] Kim Y., Jeon j. H., Choe E. K., Lee B., Kim K. and Seo J.: TimeAware: Leveraging framing effects to enhance personal productivity, *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* pp.272–283 (2016)

- [99] Isoyama N., Terada T. and Tsukamoto M.: Primer Streamer: a System to Attract Users to Interests via Images on HMD, *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia*, pp. 93–94 (2013)
- [100] Tagami S., Yoshida S., Ogawa N., Narumi T., Tanikawa T. and Hirose M.: Routine++: implementing pre-performance routine in a short time with an artificial success simulator, *Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference*, p. 18 (2017)
- [101] Shen R., Terada T. and Tsukamoto M.: A method for controlling crowd flow by changing recommender information on navigation application, *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 12(1), pp. 87–106 (2016)
- [102] Narumi T., Ban Y., Kajinami T., Tanikawa T. and Hirose M.: Augmented perception of satiety: controlling food consumption by changing apparent size of food with augmented reality, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 109–118 (2012)
- [103] Maeda M., Tominaga T., Hijikata Y. and Sakata N.: Controlling virtual body size to reduce discomfort caused by inappropriate interpersonal distance, *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 192–195 (2016)
- [104] Yoshida S., Tanikawa T., Sakurai S., Hirose M. and Narumi T.: Manipulation of an emotional experience by real-time deformed facial feedback, *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference*, pp. 35–42 (2013)
- [105] Ban Y., Narumi T., Fujii T., Sakurai S., Imura J., Tanikawa T. and Hirose M.: Augmented endurance: controlling fatigue while handling objects by affecting weight perception using augmented reality, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 69–78. (2013)
- [106] Futami K., Terada T. and Tsukamoto M.: A Method for Controlling Arrival Time to Prevent Late Arrival by Manipulating Vehicle Timetable Information, *Journal of Data Intelligence*, Vol. 1(1), pp. 001–017 (2019)

- [107] Takeuchi T., Fujii T., Ogawa K., Narumi T., Tanikawa T. and Hirose M.: Using social media to change eating habits without conscious effort, *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication* pp. 527–535 (2014)
- [108] Adams A. T., Costa J., Jung M. F. and Choudhury T.: Mindless computing: designing technologies to subtly influence behavior, *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 719–730 (2015)
- [109] Lavie P. and Webb W. B.: Time Estimates in a Long-Term Time-Free Environment, *The American Journal of Psychology*, Vol. 88, No. 2, pp. 177–186 (1975)
- [110] Ornstein R. E.: On the Experience of Time, Harmondsworth: *Penguin Books* (1969)
- [111] Goldstone S., Boardman W. K. and Lhamon W. T.: Intersensory Comparisons of Temporal Judgments, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 57(4), pp. 243–248 (1959)
- [112] Goldstone S., Boardman W. K. and Lhamon W. T.: Studies of Auditory-visual Differences in Human Time Judgment: 1. Sounds are judged longer than lights., *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 39(1), pp. 63–82 (1974)
- [113] 株式会社なまえめがね: 雰囲気メガネ, available from <http://fun-iki.com/> (accessed 2020-09-01)
- [114] T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: Corrective Method for Status-Quo Bias by User’s Inputting Reason for Selection and Presenting Criticism Information, *Proc. of The 12th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing(DEMoC-2023)*, accepted.
- [115] T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: Selection Interface for Promoting User Selection Diversity by Presenting Positive/Negative Review Text and Video to Evoke Product Impression and User Emotion, *Electronics 2023*, Vol. 12(12):2611 (Jun. 2023)

- [116] 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 選択行動の多様性を向上させるライフログ向け情報提示手法の提案, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2018) 論文集, p. 30, (Dec. 2018).
- [117] 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ・ネガティブ情報に着目した選択肢提示手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019(DICOMO2019) 論文集, pp. 1716–1724 (July 2019)
- [118] 清水友順, 双見京介, 牟田将史, 益子 宗, 寺田 努, 塚本昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ情報に着目したデジタルサイネージシステムの実装, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2019) 論文集, p. 21, (Dec. 2019).
- [119] 清水友順, 双見京介, 牟田将史, 益子 宗, 寺田 努, 塚本昌彦: ランキングバイアスの緩和に向けたポジティブ情報の利用と閲覧パターンの分析, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2020-HCI-187(5), pp. 1–7 (2020)
- [120] 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 知覚刺激を提示するウェアラブルデバイスがユーザの主観時間に与える影響, 情報処理学会論文誌, Vol. 62(3), pp. 968–980 (Mar. 2021).
- [121] T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: In-clock manipulator: information-presentation method for manipulating subjective time using wearable devices, Proceedings of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia(MUM2017), pp. 223–230 (Nov. 2017).
- [122] 清水友順, 寺田 努, 塚本昌彦: ユーザの主観時間制御のためのウェアラブルデバイス向け情報提示手法, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2015) 論文集, p. 27, (Dec. 2015).
- [123] 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: ユーザの主観時間制御のためのウェアラブルデバイス向け情報提示手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016(DICOMO2016) 論文集, pp. 162–169 (July 2016)
- [124] 清水友順, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブルデバイスの情報提示がユーザの主観時間に与える影響の評価, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2016) 論文集, p. 40, (Dec. 2016).

- [125] 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 情報提示を用いた主観時間制御におけるウェアラブルデバイスの比較検討, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2017) 論文集, p. 40, (Dec. 2017).

関連発表論文

学会論文誌発表論文

1. 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 知覚刺激を提示するウェアラブルデバイスがユーザの主観時間に与える影響, *情報処理学会論文誌*, Vol. 62(3), pp. 968–980 (Mar. 2021).
2. T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: Selection Interface for Promoting User Selection Diversity by Presenting Positive/Negative Review Text and Video to Evoke Product Impression and User Emotion, *Electronics 2023*, Vol. 12(12):2611 (Jun. 2023)

国際会議等発表論文

1. T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: In-clock manipulator: information-presentation method for manipulating subjective time using wearable devices, *Proc. of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia(MUM2017)*, pp. 223–230 (Nov. 2017).
2. T. Shimizu, K. Futami, T. Terada and M. Tsukamoto: Corrective Method for Status-Quo Bias by User’s Inputting Reason for Selection and Presenting Criticism Information, *Proc. of The 12th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing(DEMoC-2023)*, *accepted*.

その他の研究会発表論文

1. 清水友順, 寺田 努, 塚本昌彦: ユーザの主観時間制御のためのウェアラブルデバイス向け情報提示手法, *ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW*

- 2015) 論文集, p. 27, (Dec. 2015).
2. 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: ユーザの主観時間制御のためのウェアラブルデバイス向け情報提示手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016(DICOMO2016) 論文集, pp. 162–169 (July 2016).
 3. 清水友順, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブルデバイスの情報提示がユーザの主観時間に与える影響の評価, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2016) 論文集, p. 40, (Dec. 2016).
 4. 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 情報提示を用いた主観時間制御におけるウェアラブルデバイスの比較検討, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2017) 論文集, p. 40, (Dec. 2017).
 5. 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 選択行動の多様性を向上させるライフログ向け情報提示手法の提案, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2018) 論文集, p. 30, (Dec. 2018).
 6. 清水友順, 双見京介, 寺田 努, 塚本昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ・ネガティブ情報に着目した選択肢提示手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019(DICOMO2019) 論文集, pp. 1716–1724 (July 2019).
 7. 清水友順, 双見京介, 牟田将史, 益子 宗, 寺田 努, 塚本昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ情報に着目したデジタルサイネージシステムの実装, ユビキタスウェアラブルワークショップ (UWW 2019) 論文集, p. 21, (Dec. 2019).
 8. 清水友順, 双見京介, 牟田将史, 益子 宗, 寺田 努, 塚本昌彦: ランキングバイアスの緩和に向けたポジティブ情報の利用と閲覧パターンの分析, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2020-HCI-187(5), pp. 1–7 (Mar. 2020).

以上

神戸大学博士論文「判断におけるバイアスを削減するためのインタラクション技術に関する研究」全100頁

提出日 2023年7月13日

本博士論文が神戸大学機関リポジトリ Kernel にて掲載される場合、掲載登録日（公開日）はリポジトリの該当ページ上に掲載されます。

© 清水 友順

本論文の内容の一部あるいは全部を無断で複製・転載・翻訳することを禁じます。