



## 情報処理学会 IoT行動変容学研究グループ 第二回研究会(BTI2)

- URL: <http://www.sig-bti.jp/> · Twitter: [@ipsjbt](#)
- 日程: 2022年11月21日(月)13:15 ~ 22日(火)14:00
- オンサイト会場: 大和高原ボスコヴィラ(〒632-0251 奈良県奈良市針町3918)
- オンライン会場: zoom(参加者の方にメールでお知らせいたします)

### ◆ オンサイト会場での新型コロナウイルス感染症防止対策について

オンライン会場(ボスコヴィラ)での新型コロナウイルス感染症防止対策については、皆様の健康と安全のために下記の点についてご理解・ご協力のほどよろしくお願いいたします。  
詳しくは <http://www.sig-bti.jp/event/bti-02.html> をご覧ください。

### ◆ 発表フォーマット

- 一般講演(7件)
  - 発表: 15分
  - 質疑: 9分 (+ 交代: 1分)
- スポンサー紹介(1件)
  - 発表: 15分 (質疑応答したい場合はこの時間の中で)
- デモ・ポスター(8件)
  - 前半・後半に分け、45分ずつ

## ◆ プログラム

1日目 ————— 11/21(月)

- 12:00頃 送迎バス(近鉄奈良発)
- 12:30- 受付
- 13:15-13:30 オープニングセッション
- 13:30-15:00 セッション1「日常生活と行動変容」(90min)
  - **ライフログサービスにおける適応的プッシュ通知型情報提示と行動変容**  
浜中 智己(慶應義塾大学), 坂本 一憲(WillBooster 株式会社), 佐々木 由樹, 水野 慎一郎, 土岡 由季, 川崎 康紀, 吉松 智美(株式会社リンクアンドコミュニケーション), 大越 匡(慶應義塾大学)
  - **遠隔調理活動に対する他者の気づきと声掛けの初期分析**  
益田 岳(東京女子医科大学), 酒造 正樹(東京電機大学), 荒木 英夫(大阪工業大学)
  - **行動変容支援サービスにおけるユーザ保護と有用性を両立する重み付きε-差分プライバシーの提案**  
藤本 隆晟, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学)
  - スポンサー紹介(AgileWare様)
- 15:00-15:15 休憩
- 15:15-16:45 デモ・ポスターセッション(90min)  
前半(グループA)
  - **信頼ゲームにおける視線や他者の存在感が意思決定に与える影響の検討**  
岸 駿斗, 橋浦 健太(明治大学), 犬飼 佳吾(明治学院大学), 渡邊 恵太(明治大学)
  - **HydReminder-W 生体情報を活用したスマートボトルキャップシステム**  
元川 錦, 横窪 安奈, ロペズ ギヨーム(青山学院大学)
  - **ユーザアクティビティに応じた機能制限によるPC作業時の健康支援システム**  
久保 彰悟, 田中 宏和, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学)
  - **音楽を利用した社会的価値志向性測定のための検討**  
山内 大河(富山県立大学), 山崎 悠大, 柏本 幸俊, 上坂 大輔(株式会社 KDDI 総合研究所), 岩本 健嗣(富山県立大学)後半(グループB)
  - **伸縮センサを用いた呼吸センシングによる水泳パフォーマンス解析システムの提案**  
近藤 亮介, 松田 裕貴, 諏訪 博彦, 安本 慶一(奈良先端科学技術大学院大学)
  - **誘因と説得と集団随伴性を活用したハイブリット介入による行動変容の効果検証**  
織 瞳樹, 甲斐 貴一朗, 大園 咲奈, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学), 山崎 悠大, 曹 蓮, 柏本 幸俊, 上坂 大輔(株式会社 KDDI 総合研究所)
  - **絵文字による感情の振り返りは Well-being の向上につながるか: スマートウォッチによる感情測定システムの実装**  
渡邊 将太(立命館大学大学院), 松村 耕平, 岡藤 勇希(立命館大学), 沢澤 岳, 小林吉之(産業技術総合研究所)
  - **フェムテックによる本人及び周辺の人の行動変容支援に関する調査**  
大園 咲奈, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学)

- 16:45-17:00 休憩
- 17:00-18:30 夕食
- 19:00-21:00 チュートリアル「行動分析学とIoT」(1.5-2.0hr)
  - チュートリアル概要  
行動分析学を専門とする研究者が、「行動」についての視点・価値観、行動の測定の仕方、データの取り方などについて対話形式で行うチュートリアルセッションです。
  - モデレータ
    - 是村 由佳(株式会社 コレムラ技研)
  - パネリスト
    - 黒田 敏数(ATR) : Why IoT?
    - 大森 幹真(早稲田大学) : IoTって何を測っているの?

## 2日目 ————— 11/22(火)

- 8:00-10:00 朝食・チェックアウト
- 9:30-11:15 セッション2「ナッジ・心理効果による行動変容」(105min)
  - PC作業時のスマホ利用を抑制するコンテンツ制限手法の検討  
田中 宏和, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学)
  - 向社会的行動促進に向けた心理プロセス調査とAIによる行動誘発・習慣化に向けた展望  
柏本 幸俊, 曹 蓮, 山崎 悠大, 上坂 大輔(株式会社KDDI総合研究所)
  - ナッジフレームを適用したCaptive Portalによるセキュリティリテラシ向上支援システムの検討と評価  
松尾 周汰, 中村 優吾, 荒川 豊(九州大学)
  - 映画館チケット予約システムの上映回選択画面における混雑回避を目的としたナッジの効果について  
鵜沼 亘, 間邊 哲也(埼玉大学)
- 11:15-11:30 休憩
- 11:30-12:00 インタラクティブセッション(30min)
  - テーマ  
切れ目ないIoT技術と行動変容の連携に向けて:ビニールハウスセンシングにおける農家の行動を題材として
  - セッション概要  
IoT技術によるさまざまな支援は、人にとって行動変容をもたらす。しかし、IoT技術の専門家にはこの行動変容を行動分析的に分析することは難しく、アンケート評価などに終わることも多い。一方で行動分析の専門家はIoT技術に精通していない場合が多く、IoT技術が行動分析、行動変容がどのように役に立つか詳しくはない。そこでIoT技術によりビニールハウスをセンシングした実験において、データを示したり、研究者とデータを元にやり取りをしたことが、農家の行動にどのような影響を与えたかを元に行動分析学的な観点から解説を行い、連携に向けた第一歩としたい。
  - モデレータ
    - 岸野 泰恵(NTTコミュニケーション科学基礎研究所)
    - 是村 由佳(株式会社 コレムラ技研)
- 12:00-12:30 クロージングセッション(表彰等)
- 12:30-13:00 休憩
- 13:00-14:00 昼食
- 14:00- 送迎バス(ボスコヴィラ発)

# ライフログサービスにおける適応的プッシュ通知型情報提示と行動変容

浜中智己 <sup>†1</sup> 坂本一憲 <sup>†2</sup>  
慶應義塾大学 WillBooster 株式会社

佐々木由樹, 水野慎一郎, 土岡由季, 川崎康紀, 吉松智美 <sup>†3</sup> 大越匡 <sup>†4</sup>  
株式会社リンクアンドコミュニケーション 慶應義塾大学

## 概要

食事や運動・睡眠などのライフログを記録すると、アルゴリズム・AI によるアドバイスがユーザに提供される健康アプリケーションにおいては、ライフログの入力や健康行動の継続が重要である。一方で、その継続促進に向けた、効果的な情報提示手法が課題である。本研究では、ライフログ入力を促す情報提示において、(a) 物理的行動に基づくタイミング調整や (b) 個人の制御焦点状態に基づく文言の調整およびそれらの複合的調整の、ユーザのサービス利用促進への影響について実証実験を行い効果を明らかにした。

## 1. はじめに

ライフギングサービスは、利用する個人だけではなく、企業などの組織の両面で活用され、近年注目されている。個人レベルでは、自らの心身の健康状態を記録／把握し、改善ができる。企業では、人的資本への投資の観点から従業員の健康増進を図る「健康経営」で、自治体では、市民の健康増進による地域全体の活性化の観点で利用されている。ライフギングでは、自らの生活における行動や心身の状態（運動、睡眠、食事、体重、血圧、感情状態等）を記録する。記録方法は、手動入力と、スマートフォンやスマートウォッチ等で動作するセンシングアプリケーション等を通じた自動入力の 2 通りがある。サービスはそれらのデータを視覚化・解析し、ユーザの心身健康状態を改善するための行動に関するアドバイスを情報として提供する。

このように普及するライフギングサービスであるが、その継続的利用の実現には課題が残る。一例が手動での情報入力である。例えば食事の記録や主観的状態の回答入力など、技術的に自動化が難しい、もしくはサービス設計に起因

する等の理由で、ユーザが手動で入力する情報はまだ存在する。ユーザが手動での入力行動を忘れたり遅れたりすることは、ライフログデータの欠損や品質低下を招き、ユーザへ提供する情報の品質低下につながり、最終的にはユーザの健康状態改善に影響を及ぼすため、できるかぎり発生を抑制する必要がある。

本研究ではライフギングサービスの中でも、仮想エージェントとの会話型インターフェースを搭載したサービスに焦点を当てる。同サービスでは、仮想エージェント（キャラクタ）が、ユーザへのライフログデータ入力を促したり、健康アドバイスを行う。（例：8:30AM に「朝食食べました？」と朝食のライフログ入力を促すメッセージがキャラクタから配信される）

本研究ではこのような会話型インターフェース搭載ライフギングサービス上で、筆者らのこれまで研究開発した複数の技術を組み合わせ、(1) ユーザの情報受容性が高まるようなメッセージ配信のタイミング最適化、(2) ユーザ個人のパーソナリティに対するメッセージ文言の最適化、(3) およびそれらの複合的手法について、メッセージの効果に及ぼす影響を明らかにする。一般的なサービスからのプッシュ型情報提示の最適化はこれまで研究が行われているが、会話型インターフェースを搭載したサービスで、行動促進メッセージにおいて同様の取り組みは、今までにない。この点が、本研究の第一の新規性と言える。またメッセージに対するタイミングや文言といった多次元的な最適化を、実際に事業展開するサービス上で実証した点も新規性の一つである。

本研究の貢献は以下の通りである。

- スマートフォン用健康アプリケーションのプッシュ通知の開封率を向上させるため、文言の適応的变化、タイミングの適応的变化、文言とタイミングの併用からなる 3 種類の介入方法を設計した。
- 介入の有効性を検証するため、ユーザセグメントを変更し計 2 回のデータ収集実験を実施した。
- 予め定義したアウトカムに対し、各回で収集したデータから各介入群と対照群を検定手法を用いて比較し、1

Adaptive Push Notification Of Information in Lifelog Service for Promoting Behavior Change

<sup>†1</sup> SATOKI HAMANAKA, Keio University

<sup>†2</sup> KAZUNORI SAKAMOTO, WillBooster Inc.

<sup>†3</sup> YUKI SASAKI, SHINICHIRO MIZUNO, YUKI TSUCHIOKA, YASUNORI KAWASAKI, TOMOMI YOSHIMATSU, Link & Communication Inc.

<sup>†4</sup> TADASHI OKOSHI, Keio University

項目で有意な差があった。

本論文は以下のように構成される。2章では、情報提示の方法論に関する関連研究を提示する。3章では本研究で対象とする「カロママ プラス」についての詳細を述べる。4章では実験での情報提示手法の詳細について述べる。5章では構築したシステムの構成図を示す。6章では構成したシステムをもとに行う実験手順を述べる。7章では実験で収集したユーザデータの一覧を提示する。8章では採用した検定手法と、本研究で定めた各アウトカムの算出手順を述べる。9章ではサービスへの新規加入ユーザを対象にした実験を通じた評価結果を報告する。10章ではサービスの既存ユーザを対象にした実験を通じた評価結果を報告する。11章で結果をもとにした考察を行い今後の課題を明らかにする。12章で今後の展望とともに結論を述べる。

## 2. 関連研究

近年の健康意識の高まりから、スマートフォン用健康アプリケーションを介したライフロギングサービスの重要性が高まっている。永井ら [1] は、健康アプリケーションへのログインデータを分析し、ログインによる意識変化が生活習慣の改善につながるとする結果を報告している。特定の症状を対象にした研究でも、健康アプリケーションによる介入の効果を測定するため、非盲検ランダム化比較試験を行った結果、介入群の血圧状態が改善したと報告されている [2]。

一方で、スマートフォン用健康アプリケーションによる介入は高い離脱率が問題とされる [3]。そのため、ユーザのコンテキストに応じたプッシュ通知のメッセージの調整や [4] [5]、文脈付きバンディットアルゴリズムを用いた推薦アルゴリズムの開発 [6] など、ユーザの接触率の向上を目的とした研究は多数行われている。症例に特化したプッシュ通知の有効性の調査として、Valle et al. [7] は、体重管理を促すメッセージを含んだプッシュ通知は、その後の体重の変化に関連すると報告した。

先行研究の知見に基づき、本研究も個人のコンテキストに応じた文言のパーソナライズによる介入を実施する。Kasahara et al. [8] によれば、情報提示する際の文言および表現方法（例：成長を褒める、危機感を煽る等）に関して、達成目標理論などの理論に基づいてパーソナライズし学習者の意欲を高めることで学習量増加に繋がる。さらに、制御焦点理論 [9] によれば、人には良い結果の獲得に意識がある状態（促進）と、悪い結果の回避に意識がある状態（予防）があるとしている。プッシュ通知の適応的文言による介入として、上記の理論を応用することで、開封率が向上するという仮説を立てた。

さらに、人間の行動の継ぎ目（タイミング）に着目した介入方法を設計した。Okoshi et al. [10] [11] [12] は、人間の行動の継ぎ目である breakpoint と呼ばれるタイミングにプッシュ通知を行うことで情報受容性が高まるることを明らかにした。さらに、提案手法を実サービスに展開し評価を行なった結果、プッシュ通知の開封率は大幅に向上了し、現在 1000 万人を超えるユーザがその恩恵を受けている [13]。上記の先行研究の知見に基づき、文言による介入以外に、breakpoint によって情報通知の適応的タイミングを行う介入も同時に行なった。

## 3. 会話型インターフェース搭載型ライフロギングサービス

本研究では、会話型インターフェース搭載型ライフロギングサービスとして、リンクアンドコミュニケーション社のサービスである「カロママ プラス」を使用する。「カロママ プラス」は「AI コーチが食事・運動・睡眠など毎日の健康をサポートする AI 健康アプリケーション」（同社）である。ユーザはスマートフォンアプリケーションをダウンロードし会員登録すると、日々の食事、運動、睡眠、体情報（体重など）のライフログデータを入力できる。入力されたデータに基づいて同社の解析エンジン/AI によるアドバイスコンテンツがユーザに提供される。アドバイスコンテンツは、管理栄養士などの専門家によって監修された内容となっている。「カロママ プラス」は、企業・健康保険組合、スポーツクラブ、自治体その他の会員組織等、合計 6000 組織に導入の実績がある。「カロママ プラス」の特徴の一つは、AI コーチ「カロママ」と呼ばれるサービス上のキャラクターの存在である。カロママがチャットスタイルの会話型ユーザインターフェースを通じて、ユーザにライフログデータ入力を促したり、アドバイスコンテンツを提供する。図 1 に同ユーザインターフェース例を示す。



図 1 「カロママ プラス」の会話型ユーザインターフェース

群	A群: 文言変更		B群: タイミング変更		C群: 文言+タイミング変更		D群: 対照群	
タイミング/文言	(変更無し) (D群と同一タイミング)	タイミング変更	文言変更	タイミング変更	文言変更	タイミング変更	文言変更	タイミング変更
「朝食」通知		各ユーザ毎に	6:00~9:00	各ユーザ毎に	6:00~9:00	各ユーザ毎に	8:30	朝食食べましたか？
「昼食」通知		各ユーザ毎に	11:00~14:00	各ユーザ毎に	11:00~14:00	各ユーザ毎に	12:30	昼食食べましたか？
「夕食」通知		各ユーザ毎に	18:00~21:00	各ユーザ毎に	18:00~21:00	各ユーザ毎に	19:30	夕食食べましたか？
「間食」通知		各ユーザ毎に	15:00~17:00	各ユーザ毎に	15:00~17:00	各ユーザ毎に	15:30	間食食べましたか？
「睡眠」通知		各ユーザ毎に	6:00~9:00	各ユーザ毎に	6:00~9:00	各ユーザ毎に	10:00	昨日はよく眠りましたか？
「気分」通知		各ユーザ毎に	19:00~22:00	各ユーザ毎に	19:00~22:00	各ユーザ毎に	21:00	今日はどんな気分でしたか？
「カラダ」通知		各ユーザ毎に	6:00~9:00		6:00~9:00	各ユーザ毎に	9:00	今日のカラダ情報を入力してみましょう！
備考		時間帯の中で推定最もタイミングが生じなかつたユーザへは、時間帯終了時に通知				(上記既存のサービス仕様)		

図 2 本研究における 4 群

## 4. 本研究の手法

本研究では、募集の告知を通じて参加した被験者に、自身のスマートフォンに「カロママ プラス」アプリケーションをインストールし会員登録してもらう。その上で研究者は、被験者全員をランダムに A～D の 4 群（図 2）に割り付ける。被験者自身には各自がどの群に割り当てられたかの情報は開示しない。次に各群に対して、情報提示の文言 (Phrasing) の最適化 (A 群)、提示のタイミング (Timing) (B 群)、その両方 (Combination) (C 群) をそれぞれ変更/調節して提示する。D 群は対照群であり、既存の「カロママ プラス」サービスにおける文言・タイミングの仕様通りの情報提示を行う。

### 4.1. 情報通知の適応的文言

情報提示の各ユーザ個人への文言調節は、強化学習アルゴリズムの一種である文脈付き多腕バンディットアルゴリズムの LinUCB [14] で選択した文言を表示する。LinUCB により、与えられた文脈を考慮した上で、探索と活用のトレードオフを踏まえ、アプリケーション起動の期待値を最大化するように文言を選択する。

文言については、「朝食入力」「昼食入力」「夕食入力」「体重入力」といった通知の種類ごとに、サービス標準の従来文言 (例: (昼食入力) "昼食食べました?") に加えて、(a) 「感情的に訴えかける」もしくは「情報提供に意識する」、および (b) 制御焦点理論における「促進焦点向け」もしくは「予防焦点向け」の 2 軸からなる 4 種の文言を用意した。一例として、以下に昼食情報の入力を促す文言のバリエーションの例を示す。なお、文言中には絵文字が含まれているが、端末によって表示される画像が異なるため、本論文においては「(ハート記号)」のように文字で表現する。

- (促進焦点向け、感情に訴えかける文言)

「さあ、昼食の入力を (ハート記号) あなたの努力はきっと報われる！スリムな自分を目指して、これからもファイト (星記号)」

- (促進焦点向け、情報提供を意識した文言)

「さあ、昼食の入力を (ハート記号) 夜のドカ食いを防ぐには、昼食を抜かないことが大切 (星記号) 時間が

なくとも、少しでも食べて、空腹時間を縮めましょう (ハート記号)」

- (予防焦点向け、感情に訴えかける文言)

「昼食は、もう食べた？食べすぎを許せば許すほど、理想の体型になれません。今が頑張り時！正直な入力をお待ちしています (ハート記号)」

- (予防焦点向け、情報提供を意識した文言)

「さあ、昼食の入力を (ハート記号) 夕食をたくさん食べたいからって、まさか極端に少なくしてないですよね？各食事の量もバランスが大切です (星記号)」

本実験の被験者にはそれぞれ実験開始前にアンケート調査を行った。アンケート調査では、相川らの「学業領域における制御焦点尺度」 [15] および Gomez らの「Health Regulatory Focus Scale」 [16] を参考にして、ダイエットに取り組む者向けに作成した心理尺度を使用した。作成した心理尺度は促進焦点と予防焦点の 2 因子から構成される。なお、心理尺度の測定値は LinUCB の文脈として使うことを想定して作成しており、尺度の品質が大きく LinUCB に影響を与えることはないと判断して、心理尺度の妥当性および信頼性の評価は行っていない。

実験期間中、毎日各ユーザごとに、上述の心理尺度の測定値を文脈とした LinUCB によって、従来文言と新たに作成した 4 種類の文言の合計 5 種から、その日に表示する文言の種別を一つ選択した。そして、通知のタイミングごとに、被験者のデバイスに該当種別の文言を一つ表示した。なお、通知のタイミングごとに文言の種別を選択すると、例えば、朝食時は促進焦点向けの文言が表示されて、昼食時は予防焦点向けの文言が表示されるといったケースが起こり、ユーザが混乱すると考えたため、毎日文言の種別を選択することとした。

### 4.2. 情報通知の適応的タイミング

情報提示のタイミングの調節について、「カロママ プラス」のスマートフォンアプリケーションは、iOS や Android OS がそれぞれ提供する行動認識 (Activity Recognition) API [17, 18] の出力データ（現在スマートフォン携帯者が「静止している」「走っている」「車に乗っている」等の移動

状態に関する情報)を継続的に「カロママ プラス」のバックエンドサーバに送信する。サーバはそれぞれ通知(例:朝食)に関して、対象とする時間帯(例:6:00am~9:00am)において、アプリケーションから受信した行動のデータに有意な変化を検知した時に「送信タイミング」と判定し、通知をユーザへ送信する。

## 5. システム

図3に本研究におけるシステム構成図を示す。本システムは、ユーザが自身のスマートフォンにインストールして動作させる「カロママ プラス」アプリケーション、それと連動してアプリケーションとデータの送受信や保管、情報の供給を行う「フロントサーバ」、条件により適応的文言の生成を行う「Advice Engine (AE) サーバ」、WillBooster社が提供するWebサービスの「WebAPI サーバ」から構成される。

スマートフォンアプリケーションは、既存の製品版アプリケーションに本研究用に用いる機能を追加した。スマートフォンへの通知の送信にはAmazon AWSクラウドサービスの「Amazon SNS」を採用した。文言の選択においては、WillBooster社が提供するWebサービスがLinUCBによる文言選択の責務を持ち、「カロママ プラス」が選択された文言を表示する責務を持つアーキテクチャを採用した。

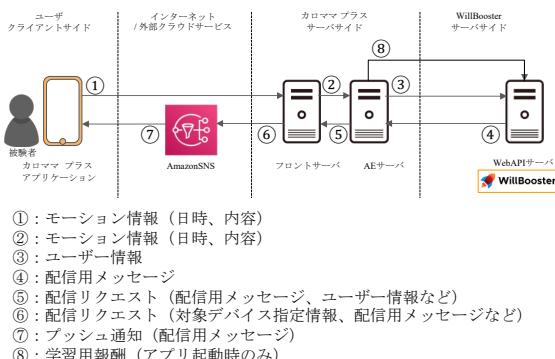


図3 本研究のシステム構成図

情報提示のタイミングの調節においては、ユーザのactivity変化情報を、iOSアプリケーションは30分間隔、Androidアプリケーションはモーション情報を取得した時点で、サーバサイドのフロントサーバそしてAEサーバへ送信する。AEサーバ上で判定する対象被験者については、条件(1)時間帯、条件(2)アクティビティ、条件(3)ログで判定し、すべての条件が適合する場合には、通知発信の処理へ進む。当該ユーザが文言変更が必要な群(A群もしくはC群)に所属するユーザのactivity変化情報だった場合は、WillBooster社のWebAPIサーバへユーザ情報を

送信し、本通知のための配信用メッセージを受信する。(B群、D群のユーザの場合は同通信は行わず規定のメッセージを使用する。)その後AEサーバは、フロントエンドサーバを通じてAmazonSNSへ通知を送信し、被験者のスマートフォン上に通知が到着し表示される。

WillBooster社のWebサービスは、心理尺度の測定値や各文言の種別に対する報酬(ユーザに文言を送信した後に「カロママ プラス」のアプリケーションが起動したかどうかの情報)などを蓄積するデータベースと、データベース上の情報を活用してLinUCBのモデルを構築したり構築済みのモデルで文言の選択を行ったりするLinUCBモジュールから構成される。「カロママ プラス」が管理するユーザIDに紐付ける形で、作成した心理尺度の測定値を同社のWebサービスへ予め格納する。「カロママ プラス」がWeb APIを介して同社のWebサービスへ文言の種別を問い合わせる。また、「カロママ プラス」が起動するたびに、Web APIを介して同社のWebサービスへ起動情報を送信する。同社のWebサービスは毎朝5時ごろにデータベースに蓄積された情報を活用して、LinUCBのモデルを再学習する。

## 6. 実験手順

被験者は、株式会社リンクアンドコミュニケーションのウェブサイト上の一般向けお知らせ、同社の類似サービス上でのユーザ向け告知、協力依頼をした他企業内の従業員に対する告知のいずれかを通じて本研究への協力依頼を閲覧し応募する。

### 6.1. 実験期間開始時

実験期間開始時、被験者はまずリンクアンドコミュニケーション社から送付されたURLを開き、ブラウザ上で(1)制御焦点尺度を一部改変した質問項目、(2)既存のカロママサービスにおける通知の体験に対する満足度についてのアンケート、(3)体重に関してオンライン形式の質問紙に回答する。

次に被験者は「カロママ プラス」のスマートフォンアプリケーションを各自のスマートフォンにインストールし、以下の手順で利用開始する。

1. GooglePlay (Android)\*1もしくはAppStore (iOS)\*2から「カロママ プラス」アプリケーションをダウンロード・インストールする。
2. リンクアンドコミュニケーション社から送られた前述の電子メール内に記載された「パスコード」を使って、

\*1 <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.lc.karadakawarunavi>

\*2 <https://apps.apple.com/jp/app/id1124333484>

表 1 収集したユーザデータの一覧

実験状況	収集したデータの概要	詳細な項目
実験開始時	デモグラフィック (カロママ プラスに入力)	身長 目標とする体重 生年月日 ニックネーム
	質問紙への回答	「学業領域における制御焦点尺度」を一部改変した質問項目 既存のカロママサービスの通知体験に対する満足度 現在の体重
実験中	ライフログデータ (被験者の手入力)	朝食, 昼食, 夕食, 間食データ (写真, 個別の食物リスト) 睡眠データ (主観 3 段階評価, 入眠時刻, 起床時刻) 気分データ (主観 5 段階評価, テキスト形式メモ) 体情報 (体重)
	ライフログデータ (サーバに記録)	各種ライフログを入力したかどうか 各種ライフログを入力したタイムスタンプ
	プッシュ通知開封データ (サーバに記録)	各プッシュ通知の提示タイムスタンプ 各プッシュ通知の開封タイムスタンプ
	スマートフォンセンサデータ	行動認識 (Activity Recognition) API の出力
実験終了時	質問紙への回答	既存のカロママ プラスサービスの通知体験に対する満足度 現在の体重

カロママ プラスに会員登録する。その際の登録情報は身長、体重、生年月日、ニックネームである。また同時に、同サービスが提供する 9 つのコースの中から「ダイエットコース」を選んでアプリケーションを利用開始する。

## 6.2. 実験期間中

実験期間中に被験者が行う事は、従来通り「カロママ プラス」のサービスを利用することであり、期間中に限って明示的に追加の作業が求められる事はない。被験者のスマートフォンにインストールされた「カロママ プラス」アプリケーションは、従来からのサービス仕様として、毎日定められた時間帯にプッシュ通知でライフログ入力等を促す。ユーザはそれに伴い任意で情報入力をを行う。本実験期間中であっても、その行動の任意性は従来の「カロママ プラス」自体の仕様通りであり強制性は発生しない。

## 6.3. 実験期間後

実験期間終了時、被験者は再びリンクアンドコミュニケーション社から送られてきた電子メール内の URL を開き、ブラウザ上でいくつかのオンライン形式の質問紙に回答する。

## 7. 収集したデータ

本研究全体の過程で取得したユーザのデータについて、表 1 に示す。

## 8. 解析の手順

設計した介入方法の有効性を検証するため、ユーザセグメントを変更して 2 回のデータ収集実験を実施した。各実験で収集したデータをもとに、図 2 で示した 4 群について、下記のアウトカムで群間の比較を行なった。

- アプリケーションの起動回数
- プッシュ通知の開封率

群間の差の検定には Brunner–Munzel 検定 [19] を用いた。Brunner–Munzel 検定は対応のない 2 群のノンパラメトリック検定で、群間の代表値の有意差を検出する。類似した手法として Mann–Whitney の  $U$  検定が挙げられるが、比較する分布が非等分散の場合に検定精度が落ちることが知られている [20]。よって、分布の正規性と等分散性を仮定しないロバストな本手法を採用し、分布の自由度を高いままに維持し、かつ検定精度を落とさないように工夫した。以下、各アウトカムの算出方法を述べる。

なお、データを分析する際は予め匿名化処理を適用した。

### (1) アプリケーションの起動回数

各実験ではユーザのアプリケーションの起動ログが残されているため、ユーザごとに起動回数をカウントした。

### (2) プッシュ通知の開封率

プッシュ通知の開封率を算出するため、各プッシュ通知を開封した場合をコンバージョンとして設定した。ユーザごとにコンバージョンが発生した回数から、アプリケーショ

ンの起動回数を除算することで、開封率と定義した。

## 9. 評価 1: 新規ユーザに対する有効性

### 9.1. 実験設定

1回目の評価実験は、2022年1月から4月にわたって実施された。被験者募集は旧バージョンの同社アプリの利用者や、協力を得た外部企業を通じて実施され、422名が申し込みを通じて被験者となった。被験者の内訳は、A群：99名、B群：107名、C群：107名、D群：108名である。

### 9.2. 解析結果

1回目の実験から収集したデータをもとに算出した各アウトカムの中央値について、表2に示す。

表2 1回目の実験における各アウトカムの中央値

各アウトカム	群	中央値
アプリケーションの起動回数	A群	171
	B群	158
	C群	176
	D群	138
プッシュ通知の開封率 (%)	A群	1.2
	B群	1.6
	C群	2.1
	D群	1.0

解析結果を表3に示す。アプリケーションの起動回数に着目すると、対照群と比較して、A群とC群のユーザは有意に多く開いたことが分かった。 $(p < 0.05)$  またB群も対照群と比較して多く聞く傾向がみられた。一方で、その他のアウトカムでは各群間と特定の傾向は見られなかった。

表3 実験1回目の検定結果

各アウトカム	比較した群	p値
アプリケーションの起動回数	A群とD群	<b>0.01</b>
	B群とD群	0.08
	C群とD群	<b>0.04</b>
プッシュ通知の開封率	A群とD群	0.52
	B群とD群	0.24
	C群とD群	0.17

## 10. 評価 2: 既存ユーザに対する有効性

### 10.1. 実験設定

1回目の評価実験は、2022年7月から8月にわたって実施された。被験者募集は「旧版カロママ」のサービス上で既存ユーザに向けて実施され、402名が申し込みを通じて被験者となった。被験者の内訳は、A群：105名、B群：105名、C群：98名、D群：94名である。

### 10.2. 解析結果

2回目の実験から収集したデータをもとに算出した各アウトカムの中央値について、表4に示す。

表4 2回目の実験における各アウトカムの中央値

各アウトカム	群	中央値
アプリケーションの起動回数	A群	126
	B群	129
	C群	143
	D群	132
プッシュ通知の開封率 (%)	A群	3.5
	B群	1.6
	C群	5.0
	D群	2.4

解析結果を表5に示す。全てのアウトカムにおいて、対照群と比較した際に、介入群に特定の傾向は見られなかった。

表5 実験2回目の検定結果

各アウトカム	比較した群	p値
アプリケーションの起動回数	A群とD群	0.82
	B群とD群	0.49
	C群とD群	0.85
プッシュ通知の開封率	A群とD群	0.63
	B群とD群	0.63
	C群とD群	0.81

## 11. 解析結果の考察

各回の解析結果について考察する。1回目の実験の際、アプリケーションの起動回数の差がA群とD群、C群とD群で有意となった理由について、被験者が新規/既存ユーザかによって効果が左右されると考えられる。1回目の実験は「カロママ プラス」の使用が習慣化していないユーザが被験者のほとんどを占めており、介入が効果的に機能したと考えられる。一方で、1回目の実験で有意な差が見られた

アプリケーションの起動回数について、2回目の実験では有意な差が見られなかった。その理由として「カロママ プラス」の既存ユーザが実験に参加したため、そうしたユーザは同アプリの起動や同アプリを通じたログ入力がすでに習慣化しており、介入に関係なくアプリケーションを起動しログを入力するユーザが一定数存在した可能性が考えられる。さらに1回目と比較して実験期間が短かった点も、有意な差とならなかった原因として挙げられる。

## 12. 結論と今後の展望

本研究は、食事や運動・睡眠などのログを記録するとアルゴリズム・AIによるアドバイスがリアルタイムに提供されるライフロギングサービスにおいて、ログ入力を促すプッシュ通知に関して、ユーザの状況に応じたタイミングや文言でのそれが、ログ入力や行動をどう促進させるのか明らかにした。複数の観点から今後の展望を述べる。まず、今回実装したプッシュ通知の方法論について、改良の余地がある。文言の最適化について、文言の適応的表示に用いた、制御焦点尺度をもとにした心理尺度の信頼性および妥当性を評価していない。本研究の課題を文脈付き多腕バンディット問題として解いたことで、アプリケーション起動回数において有意な差が出たが、文脈としてより有効な情報が存在していたり、文言を選択する上でより性能の高いモデルが存在していたりすることが考えられる。例えば、文言の時系列的な変化を考慮していないため、ユーザに対して同じ情報を提示し続けた結果、ユーザが文言に飽きてしまい、性能が落ちていた可能性がある。今後は、本研究で明らかになった課題への取り組みと、定式化するモデルを変更することで動機づけにどう影響するのか検証を行う予定である。

次に、現状の検定方法では、検定の多重性の問題が発生している可能性がある。多重性の問題とは、対照群に対して繰り返し検定を実施しているため、帰無仮説が棄却されやすくなっている状態を指す。よって、今後は算出された  $p$  値に対して補正を行うか、多重検定を想定した手法を採用し、アウトカム間で正確な比較を行う。

最後に、介入対象のユーザが「カロママ プラス」に日常的にログインし食事情報を入力している場合、单一的な介入は効果的に機能しない。この点は実験2回目の解析結果からも明らかであり、既存ユーザに対してパーソナライズした介入を状況ごとに行う必要がある。その際には、反実仮想機械学習の手法を本問題に適用できる。具体的には、複数のユーザログを説明変数、推定したい各アウトカムを目的変数として、介入が行われた場合/行われなかつた場合で機械学習モデルを構築し介入の効果を推定する Uplift Modeling の手法が挙げられる。さらに文言の適応的介入と同様に、

ユーザの特徴量に応じて探索と活用を行う多腕バンディットアルゴリズムの応用も考えられる。本研究で得られた知見をもとに、今後もユーザのコンテキストに適応した情報提示手法の開発に取り組む予定だ。

**謝辞** 本研究の一部は、(独) 情報処理推進機構の未踏アドバンスト事業(「個性を考慮して行動変容を支援するソフトウェアの開発」、代表:坂本一憲)の助成を受けたものである。本研究の一部は、JST, CREST, JPMJCR19A4 の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 永井克彦, 山本信一, 米山高生健康アプリへのログインによる「マイナスのモラルハザード」 - 大量データを用いた被保険者の健康増進をめぐるインセンティブに関する研究, *生活経済学研究*, Vol. 53, pp. 107–130 (2021).
- [2] Debon, R., Bellei, E. A., Biduski, D., Volpi, S. S., Ana Luisa Sant' AnnaAlves, Portella, M. R., De Marchi, A. C. B. Effects of using a mobile health application on the health conditions of patients with arterial hypertension: A pilot trial in the context of Brazil's Family Health Strategy, *Scientific Reports*, Vol. 10, No. 1, pp. 1–10 (2020).
- [3] Eysenbach, G. et al.: The law of attrition, *Journal of medical Internet research*, Vol. 7, No. 1, p. e402 (2005).
- [4] Bidargaddi, N., Pituch, T., Maaieh, H., Short, C. and Strecher, V.: Predicting which type of push notification content motivates users to engage in a self-monitoring app, *Preventive medicine reports*, Vol. 11, pp. 267–273 (2018).
- [5] Bidargaddi, N., Almirall, D., Murphy, S., Nahum-Shani, I., Kovalcik, M., Pituch, T., Maaieh, H., Strecher, V. et al.: To prompt or not to prompt? A microrandomized trial of time-varying push notifications to increase proximal engagement with a mobile health app, *JMIR mHealth and uHealth*, Vol. 6, No. 11, p. e10123 (2018).
- [6] Zhang, T., Jarrad, G., Murphy, S. A. and Bidargaddi, N.: A smartphone-based behavioural activation application using recommender system, *Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 250–253 (2019).
- [7] Valle, C. G., Nezami, B. T. and Tate, D. F.: Designing in-app messages to nudge behavior change: lessons learned from a weight management app for young adults, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 161, pp. 95–101 (2020).
- [8] Kasahara, R., Sakamoto, K., Washizaki, H. and Fukazawa, Y.: Applying gamification to motivate students to write high-quality code in programming assignments, *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Inno-*

- vation and Technology in Computer Science Education*, pp. 92–98 (2019).
- [9] 外山美樹, 長峯聖人, 湯立, 三和秀平, 黒住嶺, 相川充制御焦点が学業パフォーマンスに及ぼす影響—制御適合の観点から—, 教育心理学研究, Vol. 65, No. 4, pp. 477–488 (2017).
- [10] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K. and Tokuda, H.: Attelia: Reducing user's cognitive load due to interruptive notifications on smart phones, *2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, IEEE, pp. 96–104 (2015).
- [11] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K. and Tokuda, H.: Reducing users' perceived mental effort due to interruptive notifications in multi-device mobile environments, *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 475–486 (2015).
- [12] Okoshi, T., Tsubouchi, K., Taji, M., Ichikawa, T. and Tokuda, H.: Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications, *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, IEEE, pp. 100–110 (2017).
- [13] Okoshi, T., Tsubouchi, K. and Tokuda, H.: Real-world product deployment of adaptive push notification scheduling on smartphones, *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining*, pp. 2792–2800 (2019).
- [14] Li, L., Chu, W., Langford, J. and Schapire, R. E.: A contextual-bandit approach to personalized news article recommendation, *Proceedings of the 19th international conference on World wide web - WWW '10*, ACM Press (2010).
- [15] 相川ほか学業領域における制御焦点尺度の作成ならびに信頼性・妥当性の検討, 筑波大学心理学研究, No. 52, pp. 19–24 (2016).
- [16] Gomez, P., Borges, A. and Pechmann, C. C.: Avoiding poor health or approaching good health: Does it matter? The conceptualization, measurement, and consequences of health regulatory focus, *Journal of Consumer Psychology*, Vol. 23, No. 4, pp. 451–463 (2013).
- [17] Apple: CMMotionActivity . <https://developer.apple.com/documentation/coremotion/cmmotionactivity> (accessed 2022-10-31) .
- [18] Google: Adapt your app by understanding what users are doing . <https://developers.google.com/location-context/activity-recognition> (accessed 2022-10-31) .
- [19] Brunner, E. and Munzel, U.: The nonparametric Behrens-Fisher problem: asymptotic theory and a small-sample approximation, *Biometrical Journal: Journal of Mathematical Methods in Biosciences*, Vol. 42, No. 1, pp. 17–25 (2000).
- [20] Neubert, K. and Brunner, E.: A studentized permutation test for the non-parametric Behrens-Fisher problem, *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 51, No. 10, pp. 5192–5204 (2007).

# 遠隔調理活動に対する他者の気づきと声掛けの初期分析

益田 岳 <sup>†1\*</sup>

東京女子医科大学

酒造 正樹 <sup>†2\*</sup>

東京電機大学

荒木 英夫 <sup>†3</sup>

大阪工業大学

## 1. はじめに

IoT 行動変容学研究グループ キックオフシンポジウムにおいて、著者らは遠隔ソーシャルダイニングの実施によりもたらされる行動変容について議論を行い、ちょっとした失敗も周りのサポートを受けてポジティブな相互関係性の醸成に繋がりうることを示唆した [1]。これを受けて、調理活動の遠隔共有の場に、意図的な失敗行動を実験的に挿入したならば、周囲の参加者からどのような声掛けを得られるかについて検討を行った。

物理的なサポートができない遠隔の共同作業において、困っている人に対する配慮は、唯一、声掛けといった精神的なサポートに限られている。遠隔で共有可能な情報に制約が伴い、かつ複数人参加の映像情報を複数視点で閲覧する条件下で、困っている状態を検出し、適切な声掛けを行うことは、熟練したファシリテータであっても難しい。将来の画像認識システムやロボットエージェントの活用を狙い、どのような行動要素であれば検出が可能であり、また、対象者にとって意味のある声掛けがどのようなものかをセットで議論することが肝心である。

## 2. 関連研究

画像認識システムの研究として、橋本らは画像情報から調理シーンの認識手法の開発 [2] を行っている。井上らは人間のモーションデータなどを用いて調理行動を認識するコンテスト [3] を開催し、比較的長時間の要素として扱われるマクロ行動と、短時間の要素として扱われるミクロ行動の双方を同時に認識するチャレンジに取り組んでいる。これらの関連給は、カメラやセンサデバイスによって、リアルタイムに調理状況の認識が現実的になることを予想させる。

さらに、文脈理解に伴うロボットエージェントの文章生成技術も進んでいる。杉山らは車載カメラから見える画像情報をもとに、リアルタイムに最適な文章生成を行い、ロ

ボットが運転手と雑談対話するシステムを開発した [4]。言語生成に当たっては、事前学習済みの言語モデル [5] を活用し、調理や共食のドメインの対話データによってファインチューニングすることで自然な発話文章を生成できると期待される。今後、調理において、どういったシチュエーションでどういう声掛けをなすべきかを定めてデータを収集すれば、ロボットエージェントがファシリテーションを行うことも可能であろう。

また、浅野らは、エージェントからのアドバイスは画一的なものではなく、個人の気質を考慮した手法が有効であると主張している [6]。一人で集中して調理に専念したい人もいれば、料理の出来栄えよりも調理プロセスをみんなと楽しむことに重きを置く人もいる。何をどのようにアドバイスできるかできるかの視点のみならず、どんな相手に声掛けするか、またその人の受け止め方を考慮する必要がある。

## 3. 遠隔調理活動の映像収録

### 3.1. 条件

2者間の遠隔調理活動の映像収録を 2022 年 5 月に行った。食材は主としてカット野菜などを指定し、皿に盛り付ける作業を収録対象とした。調理時間は約 5 分とした。顔の表情と調理テーブルを撮影するカメラを 2 点用意し、Zoom のカメラ接続により両者の映像を共有した。モニタの表示は、図 1 に示すようにギャラリービューの全画面表示とした。調理中、両者は自然な会話をして良いとした。相手の進行状況を意識することなく、自らの調理活動を優先する



図 1 Zoom の表示レイアウト

Figure 1 Layout of Zoom application

Prerimarily Analysis of Attention and Considering Utterance on Remote Cooking Activities

<sup>†1\*</sup> GAKU MASUDA, Tokyo Womens Medical University

<sup>†2\*</sup> MASAKI SHUZO, Tokyo Denki University

(\* Equal contribution)

<sup>†3</sup> HIDEO ARAKI, Osaka Institute of Technology

表 1 意図的行動の一覧

Table 1 Intentional actions list

ID	意図的行動	開始	終了	時間
A01	蓋を開けるのに苦労する	1:15	1:47	0:32
A02	調味料が手について困る	3:18	3:27	0:09
A03	混ぜている葉っぱが溢れる	4:24	4:40	0:16
A04	おやつを自慢する	6:04	6:15	0:11
B01	サラダを豪快にいれる	1:01	1:07	0:06
B02	箸がなくスプーンを使う	1:35	2:00	0:25
B03	パストラミを飛ばす	2:51	3:13	0:22
B04	「間違った」と発言する	3:30	3:40	0:10
B05	別皿に移しかえる	5:41	6:00	0:19

こととした。

この収録中に、事前に用意した意図的行動を設けた。例えば、食材が溢れるという状態は、他者の気づきを得やすく、また声掛けに繋がりやすいものと思われる。両者は互いに用意した意図的行動を収録前に情報共有していない。また、第三者評価に影響を与えないよう、収録中に気づいたとしても言及することを求めなかった。

### 3.2. 収録データ

パイロットスタディとして著者らが実施した6分24秒の映像に対して、事前に用意した意図的行動の一覧を表1に示す。それぞれを代表するシーンを図2、3に示す。

## 4. 意図的行動に対する第三者評価

### 4.1. 評価方法

2者間の遠隔調理映像に対して、第三者の評価実験を行った。評価は、前提として、評価者が「他人に対して優しく振る舞う思いやりある人」であるとして、15秒単位に切り出した映像を視聴し、(1) どんな気づきを得たか、(2) それに対してどんな声掛けをしたいかとした。Google フォームのアンケート機能を用いて実施した。評価者は、共食の研究プロジェクトに従事している研究者の6名とした。

### 4.2. 気づきに関する結果

評価者6名による気づきの有無を表2にまとめた。

A03 および B03 の食材が溢れてしまうという事象は視覚的变化が大きく認知しやすいため、それぞれ3人、6人の気づきを得た。同様に、A04、B01、B05 の事象も視覚的变化が大きく気づきを得やすいと言える(5人、3人、4人)。

一方で、A01 の遅延を伴うのみで視覚的变化に乏しい事象は、即座の気づきを得ることが難しい。最終的に蓋を開

表 2 6名の評価者による気づきの有無

Table 2 Attention by 6 reviewers

ID	1	2	3	4	5	6
A01	○	-	○	○	-	○
A02	-	-	-	-	-	-
A03	-	-	○	○	○	-
A04	○	○	-	○	○	○
B01	○	-	○	○	-	-
B02	-	-	○	-	-	○
B03	○	○	○	○	○	○
B04	○	-	○	-	-	○
B05	○	○	-	○	○	-

けるのに困っているという気づきを得たのは4人であった。また、A02 のように短時間で終えてしまうような事象も気づきを得にくく、0人であった。

また、B02 は A01 に並行して生じたものであるが、ともに気づきを得たのが2人であった。

アンケートの際のコメントとして、同時に進行する2者の共同調理に対して、複数のカメラ映像のどこを注視してよいか困るという意見が上がった。このことは、参加者の増加とともに、表示領域が小さくなり、見落とす可能性が上がる事を示唆している。

### 4.3. 声掛けに関する結果

意図的行動に対して何らかの気づきを得た評価者が、どのような声掛けを行えばよいか、自由回答で得た結果を事象ごとに以下に示す。

#### 4.3.1 A01

- かわりに開けましょうか？ お手伝いしますよ。大丈夫ですか？
- 蓋がすごくかたいの？ 結構、がっちりとされているみたいですね。
- それ開きにくいですか？
- 開けづらいんですか？ そのバック。テープが結構しっかりくっ付いてる？

#### 4.3.2 A02

なし。

#### 4.3.3 A03

- 結構飛び出しちゃっていて、大丈夫ですか。
- いや、 そうなりますって
- 菜箸など使ったほうがよいですよ

#### 4.3.4 A04

- わあ、 それ何？ おいしそう。

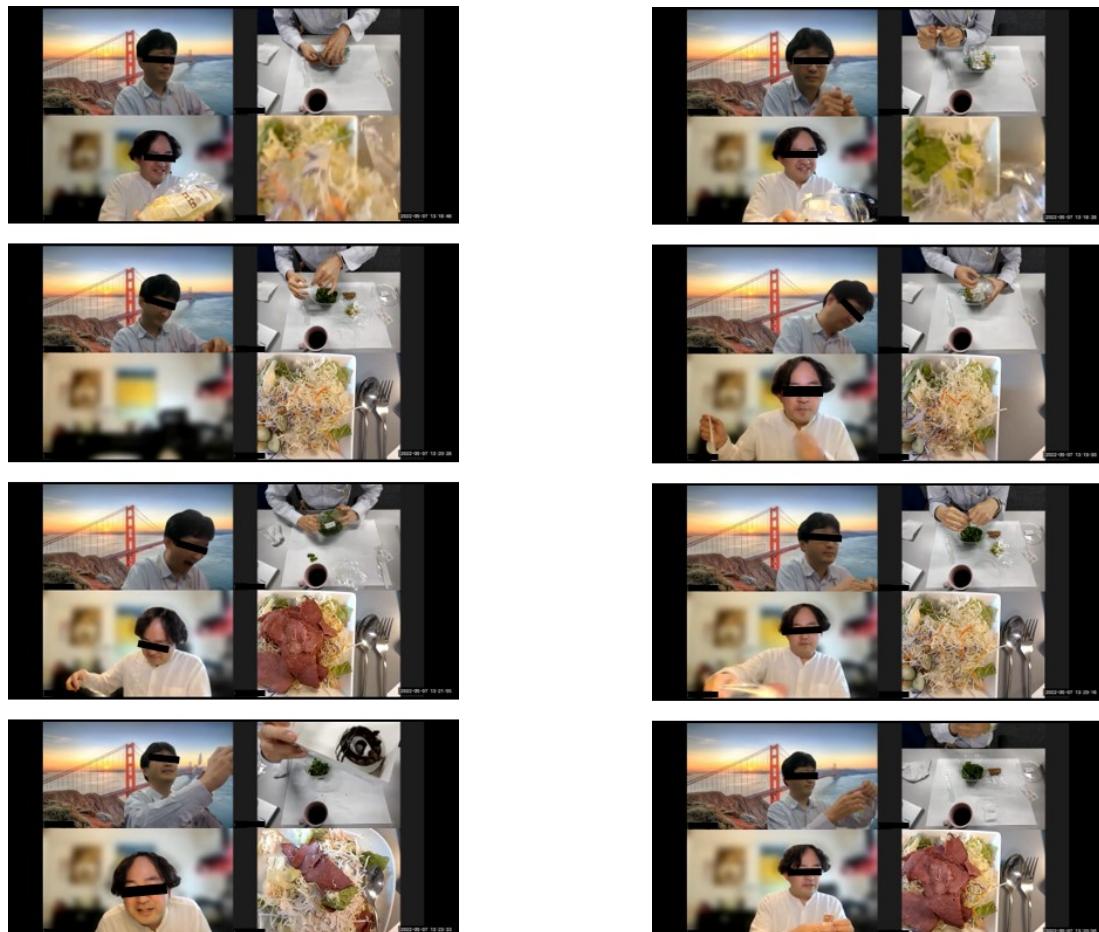


図 2 被験者 A (上段) の意図的行動 (上から順に A01～A04)

Figure 2 Scene samples of intentional actions by subject A (A01～A04)

- それってドーナツですか？
- ドーナツの箱大きくないですか。
- え、何味？

#### 4.3.5 B01

- ゆっくり作業してくださいね。
- 一気に盛り付けられましたけど、なんかうまく行つますね
- 結構豪快にサラダを入れられるんですね。
- どうしました？何かありました？

#### 4.3.6 B02

- お箸と言ってて、スプーンなんですか？
- スプーン…？



図 3 被験者 B (下段) の意図的行動 (上から順に B01～B05)

Figure 3 Scene samples of intentional actions by subject B (B01～B05)

#### 4.3.7 B03

- 大丈夫ですか？三秒ルールですね
- 大丈夫ですか。
- 袋を開けるときは、慎重に開けましょう
- 大丈夫ですか？どこに飛びました？ん？軽く洗つたりしてこなくても大丈夫？

#### 4.3.8 B04

- なんか間違えました？
- ん？どうしました？

#### 4.3.9 B05

- お皿かえると、洗い物増えちゃいますよ。
- 豪快に移しますね
- せっかくきれいに入れていたのに移し替えちゃうんですか。
- え、間違えています？どこが？ お、そのままひっくり返します？パストラミどけといった方が良くない？

#### 4.4. 第三者評価の考察

調理に手間取り遅延を生じる事象の A01 に関して、心配の声かけが多くみられた。蓋が開かなくて困っていることに対して、気づくもののリモート環境においてはサポートする具体的な策が見つからない。また、30 秒を超えた最も長い意図的行動であるが、全体に対して冒頭に位置付けられているため、これが遅延であるとは認識されなかった。目標調理時間の 5 分に対して遅れと見なすか否かは、全行程を知る前にはなかなか気づけない。

次に、食材が溢れてしまうという突発的事象の A03 と B03 については、反射的に「大丈夫ですか？」という問い合わせがでやすい。また、失敗行動に対して、冷静に考えれば防げたであろうという指摘を行い、代案の提案もあった。

また、文脈上の理解が難しく突発的に出た「間違えた」という音声発話 (B04) に対しては、評価者は意図をとらえることができずに、「どうかしましたか？」と確認の問い合わせを行う。

また、同じく文脈理解が難しい事象の B02 は、サラダという食べ物に対してスプーンを求め出す奇怪なシーンであり、適切ではない行動サンプルとして実験的に設けたものである。「箸がない」とネガティブな発話しながら立ち去るシーンに気づきを得ながらも、突飛な行動に閉口気味な対応しか取れない。

B01, B05 に関しては、意図的なオーバーアクションであり、そもそも困っている事象ではない。多くの評価者が気づきを得ながらも、サポートを申し出るコメントはなかった。

同様に、A04 に関して、困っている事象と異なり、人々の注目を浴びたいシーンである。自らアピールした様に対して、単純な肯定的なレスポンスを得やすいといえる。

#### 4.5. 声掛けの受容可能性

以上は初期検討の結果であり、今後、対象者に対して受容可能な最適な声掛けが何であるか、さらなる調査が必要である。対象区間のビデオに対する声掛け案として、4.3 項のリストを候補として、別途評価者に自らがそのような声掛けを受けると嬉しいか否かなどの評価を行うことを検討している。

#### 4.6. その他のシーンに対する気付きと声掛け

ここまで意図的行動として定義済みの箇所について、第三者の気づきと声掛けについて検討を行ってきた。他のシーンについても多数の気づきと声掛けの案を得ているが、本稿では詳説しない。他者が好意を持って声掛けをしてあげたいと思ったとしても、それが本人にとって良い印象を与えるとは限らないことを示唆している。

#### 5. おわりに

リモート調理活動を題材に、意図的に実施した行動にどれだけ気づきを得るか、またどのような声掛けがあり得るかを調査した。他者の声掛けが有用に思われる、食材の開封に困る、食材が溢れる、時間的遅延が生じる、手が汚れるなどといった事象において、気づきの得やすさに差があることを示した。短時間で大きな変化を生むコンテキストに比べて、文脈理解を前提とした高次コンテキストは気づきを得にくい。

気づきを得た事象に対して、具体的にどのような声掛けが可能であるか具体例を集めた。いずれのコメントも相手の状況を慮ったものであり、将来的にロボットエージェントなどがシステム発話をを行うときの参考データとなる。なお、対象者に対して受容可能な最適な声掛けが何であるかの追加検討が必要である。

従来、自然な形で収録したビデオデータに対して、事後アナリシスを行いケーススタディとして有用なシーンの抽出を行う方法論を取っていた。しかしながら、この手法において偶発的に生じる困った事象を量的に捉えることが難しく、十分量の学習データを求めることができなかった。本稿で提案する実験的手法は、声掛けを必要とするシーンの定義から始まり、再現性のある映像収録が可能となるため、有用な手法と思われる。

#### 謝辞

本稿は JST 未来社会想像事業 探索加速型「世界一安全・安心社会の実現」領域課題「QOL 計測とハートフルネス実践による食体験競争システム」JPMJMI20D9 の支援を受けた。

#### 参考文献

- [1] 益田 岳, 酒造 正樹, “遠隔ソーシャルダイニングはどんな行動変容を起こすのか,” IoT 行動変容学研究グループキックオフシンポジウム, P24, 2022.
- [2] Shinya Michibata, Katsufumi Inoue, Michifumi Yoshioka, Atsushi Hashimoto, “Cooking activity recognition in egocentric videos with a hand mask image branch in the multi-stream CNN,” Proc. of the 12th Workshop on Multimedia for Cook-

- ing and Eating Activities (CEA), pp. 1-6, 2020.
- [3] Paula Lago, Shingo Takeda, Sayeda Shamma Alia, Kohei Adachi, Brahim Bennai, Francois Charpillet, Sozo Inoue, “A dataset for complex activity recognition with micro and macro activities in a cooking scenario,” arXiv preprint, arXiv:2006.10681, 2020.
- [4] 杉山 弘晃, 古賀 光, 西島 敏文, “移動体から見える風景を話題とする雑談対話システム,” 2022 年度人工知能学会全国大会（第 36 回）, 2N5-OS-7a-04, 2022.
- [5] Hiroaki Sugiyama, Masahiro Mizukami, Tsunehiro Arimoto, Hiromi Narimatsu, Yuya Chiba, Hideharu Nakajima, Toyomi Meguro, “Empirical analysis of training strategies of transformer-based Japanese chit-chat systems,” arXiv preprint, arXiv:2109.05217, 2021.
- [6] 浅野 倫子, 横澤 一彦, 酒造 正樹, 山田 一郎, “気質分類に基づく適切な情報提示法の心理学的検討,” 信学技報, vol. 109, no. 471, HIP2009-175, pp. 335–340, 2010.

# 行動変容支援サービスにおけるユーザ保護と有用性を両立する重み付き $\epsilon$ -差分プライバシーの提案

藤本 隆晟<sup>†1</sup> 中村 優吾<sup>†2</sup> 荒川 豊<sup>†3</sup>  
九州大学 九州大学 九州大学

## 1. はじめに

センサや機械学習アルゴリズムの技術革新により、ユビキタスコンピューティングやヒューマンコンピュータインターラクション分野では人間の行動認識 (Human Activity Recognition: HAR)[1] に関する研究が進んでいる。行動認識は運動・健康支援や娯楽、セキュリティ等、幅広い分野で応用されており、近年では加速度やジャイロセンサ、GPS 等、複数のセンサを搭載したスマートデバイスの普及によって、人の行動認識に基づく行動変容支援サービスが多く開発されている。これは行動変容支援サービスの実装には多くの行動データを集めることが必須となるからである。しかし、スマートデバイスから収集したセンサデータにはユーザのプライバシーが含まれているため、そのデータの取り扱いにはプライバシーへの配慮が要求されている。

プライバシーの保護技術としては従来からユーザ ID の削除や k-匿名化が存在する。前者は利用するデータベースのレコードから個人が特定される ID を削除するという単純な手法だが、Ji らの研究 [2] によると脱匿名化攻撃に対して脆弱であることが証明されている。後者はデータベース内に同じ準識別子を持つレコードが k 件以上存在する、という k-匿名性 [3][4] を満たすようにデータ加工する技術である。しかし、この技術によってプライバシーが保証されるのはデータベースの複数属性を組み合わせることで個人を特定しようとするリンクエージ攻撃に限られる [5]。そこで、これら従来の脆弱性を克服するために提唱されたプライバシー保護技術が「差分プライバシー」である [6]。差分プライバシーとは個人のプライバシーをどの程度守ることができるかを定量的に示す枠組みであり、数学的に厳密なプライバシー保護を満たす基準を定めている。差分プライバシーを実現するにはプライバシー保護メカニズム（関数・統計処理や機械学習モデルの生成等）[7] によって、データにノイズを加算する。その代表的なメカニズムとして「Laplace メ

カニズム」と呼ばれる手法よくが用いられる [8]。しかし、差分プライバシーに基づくプライバシー保護メカニズムはデータに対して統計的なノイズ加算を用いるため、プライバシーを保証すると同時にデータの有用性が下がってしまう。つまり、ユーザのプライバシーとデータ有用性の間にトレードオフの関係があり、これを両立させるのが様々な行動変容支援サービスにとっての課題である。行動変容支援サービスにおいて、センシングデータの有用性を妨げずにユーザのプライバシーを保護するための適切なメカニズムにおけるプライバシーパラメータ ( $\epsilon$ ) は未だ明らかになっていない。そこで本研究では、行動変容支援サービスにおいて適切なプライバシーパラメータ  $\epsilon$  について検証し、ユーザ保護と有用性を両立したプライバシー保護メカニズムの提案と評価を行った。

本研究で想定する行動変容支援サービスはライフロギングによる運動促進システムである。ユーザのスマートフォンから収集されるデータを行動認識モデルによって分類し、その結果の行動ラベルと行動に基づく報酬をユーザにフィードバックすることで行動データを記録するとともに運動増進を促すことを目的とする。またこのシステムにおける脅威は、ライフロギングシステムのデータベースに対して攻撃者による推論攻撃が行われ、攻撃者の背景知識に基づくユーザ認識モデルによって個人が特定されることである。ここで、行動認識モデル、ユーザ認識モデルは機械学習アルゴリズムの 1 つである Random Forest を用いて学習モデルを構築した。

本研究におけるプライバシー保護メカニズムの提案手法では、Laplace メカニズムと差分プライバシーの合成定理に基づき、想定している攻撃者のユーザ認識モデルの構築において重要な特微量に対してのみノイズを多く加え、他の特微量に対しては一様のノイズを加える。この提案手法を 2 つの認識モデルにおいて 10 分割交差検証法にて、行動認識精度（サービスの有用性）と、ユーザ認識精度（プライバシー保護）を F 値を用いて評価した。

本稿では、2 章で関連研究を紹介し、本研究の位置づけを明らかにする。3 章では本研究で想定しているライフロギングシステム構成とその脅威モデルについて述べ、行動変

A Proposal for Weighted  $\epsilon$ -Differential Privacy to Realize User Protection and Availability in Behavior Change Support Service

<sup>†1</sup> RYUSEI FUJIMOTO, Kyushu University

<sup>†2</sup> YUGO NAKAMURA, Kyushu University

<sup>†3</sup> YUTAKA ARAKAWA, Kyushu University

容支援サービスにおけるサービス要求とプライバシー要求を定義する。4章では本研究における提案手法について述べ、5章でその結果を評価する。最後に6章で行動変容支援サービスにおけるユーザ保護とサービスの有用性を両立するプライバシー保護メカニズムについて考察し、今後の展望について述べる。

## 2. 関連研究

本章では本研究に関連する既存研究について述べる。まず、 $\epsilon$ -差分プライバシーについての定義や動向について述べる。次に差分プライバシーを保証した HAR に関する研究におけるプライバシー保護メカニズムについて述べる。

### 2.1. $\epsilon$ -差分プライバシー

前章でも述べた通り、ユーザ ID の削除や k-匿名化では、特定の攻撃手法のみのプライバシーしか保証されない。そこで特定の攻撃のみではなく、任意の攻撃に対してプライバシーが保証することを目的とし、個人のプライバシーがどの程度保証されるかを定量的に示した差分プライバシーが提唱された [5]。差分プライバシーではアプリケーションで利用されるデータベースへのクエリ処理に対し、そのクエリ結果にノイズを加えるプライバシー保護メカニズム  $M$  とそのプライバシー強度を表すパラメータ  $\epsilon$  によって、以下のように定義される [6]。

**定義 1.** ( $\epsilon$ -差分プライバシー)  $D$  をデータベースのドメインとし、 $D_1$  と  $D_2$  は 1 レコードのみ異なる任意の隣接したデータベースとする ( $D_1, D_2 \in \mathcal{D}$ )。このとき、プライバシー保護メカニズム  $M : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{R}$  が式 (1) を満たすならば、 $M$  は  $\epsilon$ -差分プライバシーを保証する。ここで、 $S$  は  $M$  の出力空間  $\mathcal{R}$  の任意の部分空間とする ( $S \subseteq \mathcal{R}$ )。

$$P(M(D_1) \in S) \leq e^\epsilon P(M(D_2) \in S) \quad (1)$$

上記の定義より、プライバシー保護メカニズム  $M$  が  $\epsilon$ -差分プライバシーを満たすならば  $\epsilon$  の値が小さいほどプライバシーをより厳格に保証することが可能である。そのため、プライバシー保護メカニズム  $M$  は  $\epsilon$  の値が小さいほどノイズを多く加算する。本稿では  $\epsilon$  をプライバシーパラメータとして扱う。また、プライバシー保護メカニズムは必ずしも 1 つである必要はなく、下記の定理によって複数の差分プライバシーを満たすメカニズムを合成した場合にも差分プライバシーは保証される [9]。

**定理 1.** (合成定理)  $\epsilon_i$ -差分プライバシーを満たすプライバシー保護メカニズム  $M_i$  ( $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ) があり、 $M$  を  $M(D) = (M_1(D), M_2(D), \dots, M_n(D))$  と定義する。こ

のとき、 $M$  は  $\sum_{i=1}^n \epsilon_i$ -差分プライバシーを満たす。

### 2.2. 差分プライバシーを保証する VR インターフェイスでの文書分類に関する研究

ヒューマンコンピュータインターラクション分野では、VR ヘッドセットに搭載されるアイトラッキング技術によってユーザ情報の識別を防ぐためのプライバシーに配慮した VR インターフェースの提案とその有用性に関する研究 [10] で差分プライバシーが導入されている。この研究の実験では被験者が VR ヘッドセットを装着し、目の前に浮かぶ文書 (3 種類) を読むことでその眼球運動を記録した。記録された時系列データから眼球運動の特徴量を 52 個抽出し、特徴量ごとに異なるプライバシー保護メカニズム (指指数メカニズム) を適用させた。つまり、この研究では定理 1 に基づき、特徴量  $f_i$  ごとのプライバシーパラメータ  $\epsilon_i$  の合計値がプライバシー強度となる。このノイズを加えた特徴量を用いてサポートベクターマシン分類器で 3 つの文書、2 つの性別、20 人のユーザを分類した。評価結果としては  $\epsilon = 15$  とすることで偶然性と同様のプライバシー保護を実現しつつ、目的である文書のタイプ分類の実用性を約 70% 維持した。つまり、この研究によって視線データに基づく文書のタイプ分類においては、ユーザやその性別情報を保護しつつ、有用性も両立できることを示している。

### 2.3. 差分プライバシーを保証するスマートフォンのセンサデータに基づく HAR に関する研究

近年、行動変容支援サービスを実現するにあたっては、スマートフォンやスマートウォッチ等に搭載されたセンサによってセンシングした行動データが活用されている [11][12]。しかし、これらのデータは有益である反面、ユーザのプライバシー情報を多く含んでいるため、それを保護する研究が進められている。Garain らの研究 [13] ではスマートフォンの 3 軸加速度センサのデータに対し、差分プライバシーに基づくプライバシー保護メカニズムを適用する HAR フレームワークの提案によってプライバシー保護と行動認識の精度のトレードオフ関係について調査している。提案手法では収集された加速度センサの RAW データを 3 次元ベクトルと捉え、以下の手順で特徴量抽出前と特徴量抽出後にプライバシー保護メカニズムを用いる。

(手順 1) 加速度ベクトルないしはその特徴量ベクトルに一様なノイズ  $p = (p, p, p)$  を加えて、ベクトルを回転させる。 $(p \in \mathbb{R})$

(手順 2) ノイズを加算したベクトル空間におけるベクトルの大きさを一定にするために、手順 1 で生成したベクトルをスカラー倍する。

(手順 3) 上記手順のメカニズムが定義 1 を満たすとき、そのプライバシーパラメータ  $\epsilon$  を算出する。

提案手法では、HAR フレームワークに Deep Multi Layer Perceptron (DMLP) を用いており、ノイズを加える特徴量選択の際に、ノイズを加えない場合と 9 つの特徴量それぞれにノイズを加えた場合の 10 パターンについて 10 分割交差検証を行った。その結果として、スマートフォンにおける z 軸加速度データの標準偏差値にノイズを加えることは行動認識に大きな影響を及ぼすことなくユーザ認識精度を下げることができると判明した。HAR フレームワークの評価結果としては 8 人の被験者によるデータセットに対し、差分プライバシー導入前では行動認識精度が約 96%，ユーザ認識精度が約 95% だったが導入後は行動認識精度が約 96%，ユーザ認識精度が約 49% となり、行動認識精度を維持してユーザ認識精度を下げることに成功している。

しかし、先行研究の手法では行動変容支援サービスにおいてユーザ認識精度はまだ偶然性と同様のレベル（プライバシー要求）には程遠い。そこで本研究では、ユーザ認識精度をプライバシー要求を満たし、行動認識精度もサービス要求を満たすような差分プライバシーに基づくプライバシー保護メカニズムを提案し、行動変容支援システムにおけるユーザのプライバシー保護とサービス有用性のトレードオフについて考察する。

### 3. 行動変容支援サービス

本章では、まず本研究で想定する行動変容支援サービスとしてライフロギングシステムについての概要を述べる。次に行動変容支援サービスにおける脅威やその脅威の原因となりうる背景知識について述べる。最後にサービスの構成や脅威を踏まえて、本サービスで求められるサービス要求とユーザ保護で求められるプライバシー要求について定義する。

#### 3.1. 行動変容支援サービス概要

本研究では、行動変容支援サービスとしてライフロギングによる運動促進システムを対象とする。ライフログとは人間が生活する上での行動を記録することであり、システムとしては私生活における行動のセンシングデータに対し行動（歩く、座る等）がラベル付けされ、それを記録する。本研究におけるシステム構成図を図 1 に示す。構成として、ユーザはスマートフォンに搭載された加速度センサ、ジャイロセンサとライフログを確認できるアプリケーションを利用する。そして、アプリケーションではそれぞれのセンサでセンシングされた RAW データのみをサーバに送信する。送信されたデータは特徴量抽出され、特徴量データが

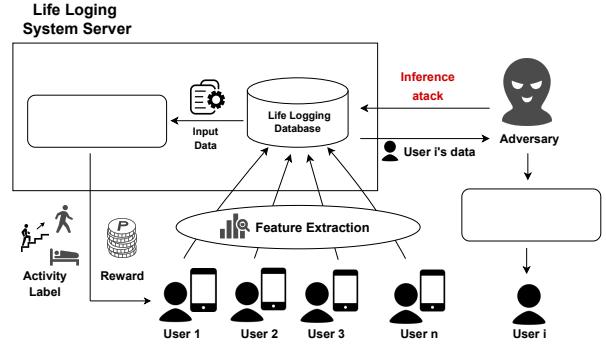


図 1 ライフロギングシステムとそれを襲う脅威モデル

Figure 1 Life logging system and the threat models that attack it

サーバのデータベースに保存される。ここで、データベースにはユーザ ID は含まれないとする。次に、ユーザの行動情報を含む特徴量データを行動認識モデルに入力することで行動を分類し、データに行動ラベルを付与する。最後に付与された行動ラベルと行動に基づく報酬をフィードバックすることでユーザの運動増進を促す。本研究において分類する行動は「座る、立つ、寝る、歩く、階段を登る、階段を降りる」の 6 種類である。

#### 3.2. 脅威モデル

次に、本研究で想定する行動変容支援サービスにおける脅威について考える。このライフロギングシステムにおける脅威とは、攻撃者の背景知識と攻撃手法によって構成される。また本サービスでの攻撃者の目的は行動データからユーザを特定することとする。まず攻撃者の背景知識については最悪のケースを想定する。攻撃者は差分プライバシーの定義 1 に基づき、サービスにおける行動認識モデルを構築する際のデータセットと高々 1 レコード異なるデータセットを保持しているとし、さらにはサービスを利用するユーザの ID とデータセットに含まれる匿名化されたユーザ ID の対応付けが可能であるとする。攻撃手法としては、図 1 に示すライフロギングシステムのデータベースに対し、攻撃者はクエリを実行することで、あるユーザの行動データを取得する。そして、背景知識に基づいて構築されたユーザ認識モデルによって個人の特定を行う。この状況下において差分プライバシーを導入し、想定する脅威からユーザ保護を実現することが本研究の目的である。

#### 3.3. サービス要求とプライバシー要求

差分プライバシーの概念を行動変容支援サービスに導入するにあたって考えるべき問題は、ユーザのサービスの有用性とプライバシー保護がトレードオフ関係になっているということである。そこで、想定するサービスを実現するに

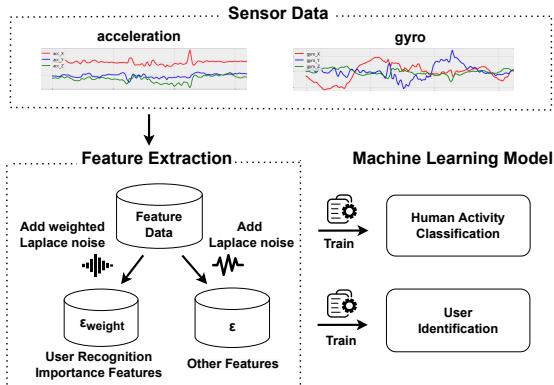


図2 重み付き $\epsilon$ -差分プライバシーによる学習モデル構築  
Figure 2 Learning Model building with Weighted Epsilon-Differential Privacy

あたり、ユーザから求められるユーザ保護とサービス有用性を両立するためのプライバシー要求とサービス要求について考える。まずプライバシー要求については、2章で紹介した先行研究[10]で偶然的にユーザが特定される確率と定義している。本研究においてもこれに倣い、偶然的にユーザが特定される確率として、 $\frac{1}{\text{利用ユーザ数}}$ をプライバシー要求の指標として利用する。次にサービス要求について説明する。今回分類する行動は「座る、立つ、寝る、歩く、階段を登る、階段を降りる」の6種類であり、これは静的動作である「座る、立つ、寝る」と動的動作「歩く、階段を登る、階段を降りる」の2つに大きく分けることができる。そこで、サービス要求の指標としてはこの2つの動作を正確に分類することができるとする。

しかし、ユーザによってはプライバシー漏洩について考慮せずサービス有用性を求める場合や、完全にプライバシーが保護された上でのサービス提供を要求する場合もあり、考え方は各ユーザに依存してしまう。そこで、5章ではこの指標を基準とした場合における従来手法と提案手法を比較し、提案手法が行動変容支援サービスにおけるサービス有用性を保ちながらもプライバシーを十分保護できることを示す。

## 4. 提案手法（重み付き $\epsilon$ -差分プライバシー）

### 4.1. 学習モデルとデータセット

本研究では、ライフロギングシステムで利用する行動認識モデル、攻撃者が保持するユーザ認識モデルの2つの学習モデルを構築する。学習モデルの構築は、先行研究[14]でスマートフォンに搭載したセンサデータを用いた行動認識において精度が最も高かった機械学習アルゴリズムであるRandom Forestを利用した。また学習モデル構築における学習・テストデータには、19歳から48歳までの30人の被験者を対象とした、スマートフォン(Samsung Galaxy S

II)に搭載された加速度センサとジャイロセンサのオープンデータセットであるUCI HAR[15]に含まれるRAWデータを利用した。提案手法においては、時系列RAWデータから時間領域と周波数領域の特徴量を抽出したデータセットでの10分割交差検証によってモデルの評価を行う。特徴量抽出の手法については4.2節で述べる。モデルの評価指標にはF値を用いており、Precision(適合率)とRecall(再現率)の調和平均として、下記の式(2)で表される。

$$F\text{-Score} = 2 \cdot \frac{\text{Recall} \cdot \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (2)$$

### 4.2. 特徴量抽出

最初に、一定間隔(50Hz)で計測されている時系列RAWデータに対して、ノイズフィルタによる前処理を施し、データに含まれるノイズを除去した。その後、加速度データに関してはカットオフ周波数が0.3Hzのバターワース型ローパスフィルタを用いることで静加速度と動加速度に分離した。次に動加速度とジャイロセンサで取得した角速度の信号データを時間微分することにより、ジャーカーを導出した。ここで、動加速度と角速度、ジャーカーの信号においては、高速フーリエ変換(FFT)を適応させることで周波数領域における信号データも取得した。これらの時間領域、周波数領域における信号データはオーバーラップ50%で2.56秒のスライディングウィンドウによりデータをサンプリング(128 data/window)し、特徴量を640個抽出した。最後に抽出した特徴量データに対して行動と匿名ユーザIDのラベル付けを行なった。

### 4.3. プライバシー保護メカニズムの提案

本研究で提案する差分プライバシーを満たすプライバシー保護メカニズムについて説明する。4.1節、4.2節で述べた通り被験者30人、特徴量640個のデータセットを用いる。本研究の目的としては行動認識精度を維持しつつ、ユーザ認識精度を低下させることである。そこで、本研究では学習モデルの構築時の行動認識、ユーザ認識における特徴量重要度に基づいてノイズの加算方法を変化させた。具体的には、まず学習モデル構築に利用する機械学習アルゴリズムであるRandom Forestのジニ係数によって行動認識モデル、ユーザ認識モデルの各特徴量重要度を求める。そして、各特徴量重要度の高い上位n個の特徴量において重複率が最も低いnを求め、ユーザ認識モデルの特徴量重要度が上位n個の特徴量に対しノイズを多く加算する。提案手法でのプライバシー保護メカニズムを図2に示す。ノイズを多く加算するということはプライバシーパラメータ $\epsilon$ を小さくする必要があり、 $\epsilon$ の値は小さいほどプライバシーはより厳格に保証される。そのため、この提案メカニズム

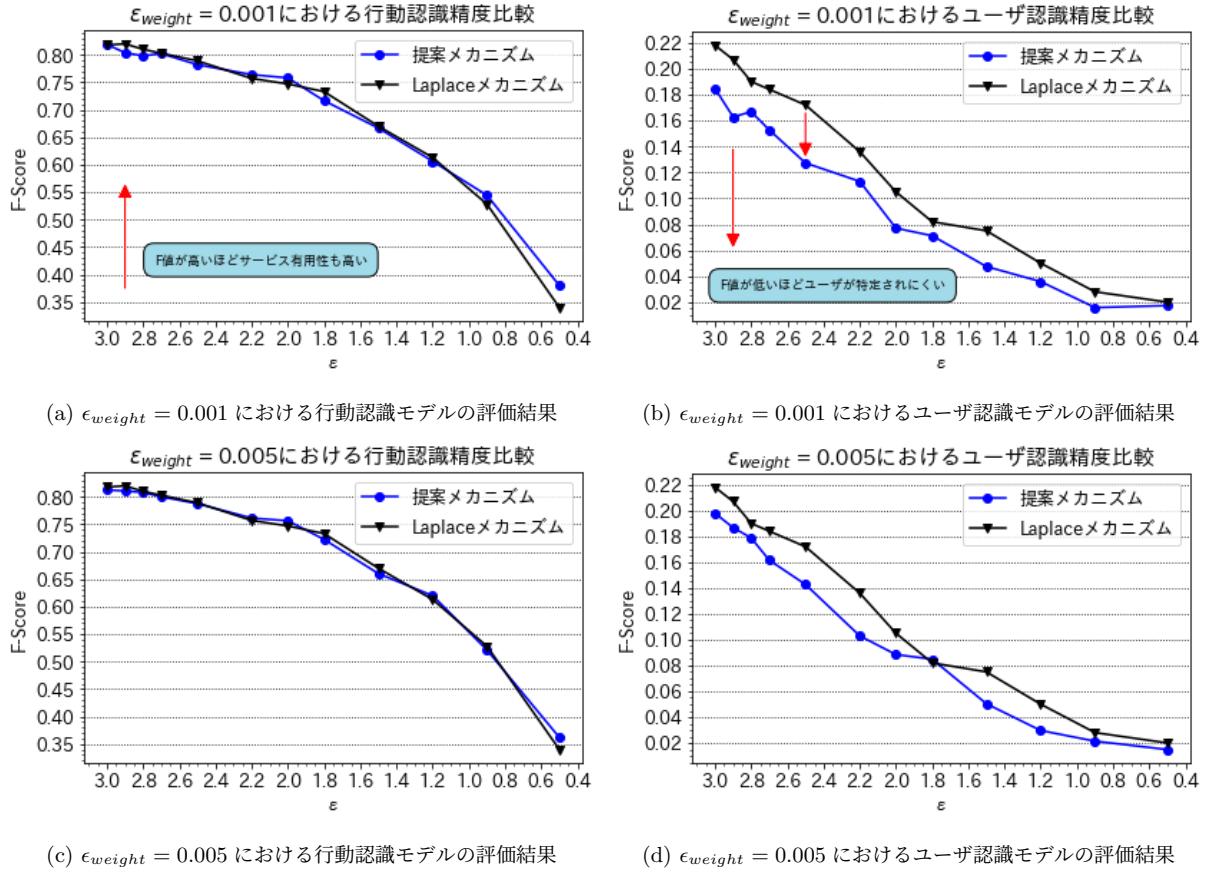


図 3 プライバシー強度を比較指標にした場合のモデル評価結果

Figure 3 Model evaluation results when privacy strength is used as a comparative measure

はユーザ認識において重要な特徴量には重み付けされたプライバシーパラメータ  $\epsilon_{weight}$  のノイズを加算し、その他の特徴量には一様の  $\epsilon$  のノイズを加算する ( $\epsilon_{weight} < \epsilon$ ). ここで、ノイズ加算には Laplace メカニズムを利用した. この提案するプライバシー保護メカニズムは**定理 1**に基づき、( $\epsilon_{weight} + \epsilon$ )-差分プライバシーを満たす.

5 章では従来の Laplace メカニズムで一様にノイズを加算した場合と提案するプライバシー保護メカニズムによって重み付けしてノイズを加算した場合における行動認識精度、ユーザ認識精度の評価を行う.

## 5. 評価実験

本章では、本研究で提案するプライバシー保護メカニズムを利用したモデル評価実験の内容について述べる. その後、従来手法と提案手法を比較し、その評価結果について述べる.

### 5.1. 実験内容

本実験の目的は、提案手法がサービス要求とプライバシー要求を同時に満たすことができるプライバシー保護メカニズムであるかを従来手法と比較し、評価することである.

実験前に、まずノイズなしの特徴量を学習させた行動認識モデル、ユーザ認識モデルにおける各特徴量重要度を算出し、各特徴量重要度の高い上位  $n$  個の特徴量において重複率が最も低い  $n$  を求めた. 本実験では  $n = 119$  となり、ユーザ認識モデルの特徴量重要度が高い 119 個の特徴量に重み付けした Laplace ノイズを加算することにする.

本実験では、提案するプライバシー保護メカニズムにおける  $\epsilon$  と  $\epsilon_{weight}$  のパラメータを変化させて、特徴量によって重み付けした Laplace ノイズを加えた際の行動認識とユーザ認識モデルの F 値を評価する. ここで重み付けを行うパラメータ  $\epsilon_{weight}$  については、 $\{0.001, 0.005\}$  の 2 つの値で実験を行う. 実験結果は Laplace メカニズムによるノイズ生成のランダム性を考慮し、2 つのパラメータの組み合わせに対して 5 回ずつ実験を行い、平均化した結果とする.

## 5.2. 評価結果

本研究の提案手法を評価するために比較対象を設定する。比較対象はノイズを加算しなかった場合と、従来の Laplace メカニズムで  $\epsilon$  のパラメータを変化させて特微量に対して一様の Laplace ノイズを加えた場合のモデル評価値とし、後者は同様に 1 つの  $\epsilon$  に対して 5 回ずつモデル評価を行い、平均化したものを利用した。まず本研究の提案手法と従来手法について、プライバシー強度を比較指標とした場合の結果を図 3 に示す。図 3 の (a), (b) は  $\epsilon_{weight} = 0.005$  における比較結果であり、(c), (d) は  $\epsilon_{weight} = 0.001$  における比較結果である。これより比較指標をプライバシー強度とした場合は、提案するプライバシー保護メカニズムが、従来手法である Laplace メカニズムと同等の行動認識精度を維持、もしくは少し向上しつつ、ユーザ認識精度を一部を除き低下させるという結果になった。

また、次に比較指標をプライバシー要求にした場合について両者を比較する。3.3 節で述べたが、本研究ではプライバシー要求を偶然的にユーザが特定される確率と定義している。これより、本実験では被験者 30 人のデータセットを利用しているため、本研究におけるプライバシー要求は 3% と決定した。このプライバシー要求において提案手法と従来手法を比較した結果を図 4 に示す。図 4 における左のグラフはノイズを加算しなかった場合の認識精度である。ノイズなしの場合と比較すると、プライバシー要求 3% というのはユーザ認識精度を大幅に低下させていることになる。次に中央のグラフは従来手法である Laplace メカニズムによる一様にノイズを加算した際にプライバシー要求を満たす場合 ( $\epsilon = 0.9$ ) である。最後に右のグラフは提案手法による  $\epsilon_{weight} = 0.005$  で重み付けをした際のプライバシー要求を満たす場合 ( $\epsilon = 1.2$ ) である。これよりプライバシー要求を評価指標とした場合においても、提案手法が従来手法より行動認識精度を約 10% 向上するという結果になった。また、本研究ではプライバシー要求を 3% と定義したが、別に定義した場合においても、ほとんどの場合で行動認識精度が従来手法に比べて向上した。

最後に、比較指標をサービス要求にした場合について両者を比較する。図 4 の Laplace メカニズムと提案メカニズムでノイズを加算した際の行動認識における混同行列を図 5 に示す。図 5(a) が従来手法による結果で図 5(b) が提案手法による結果である。本研究における行動変容支援サービスではサービス要求としてはこの 2 つの動作を正確に分類することができるとしている。その観点について、従来手法では動的動作を静的動作と分類している点が提案手法と比較すると少々見当たるがほとんど差異はない。そのため両者とも動的動作と静的動作の分類は問題なく行うことができる。しかし、提案手法が従来手法に比べて F 値が約 10%

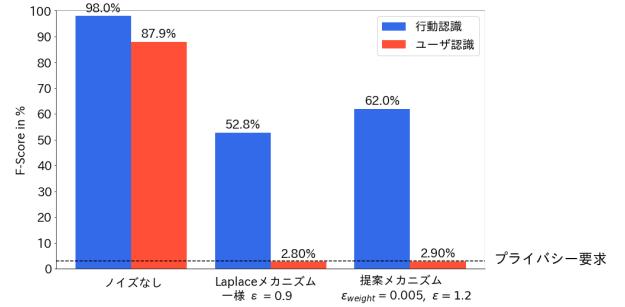


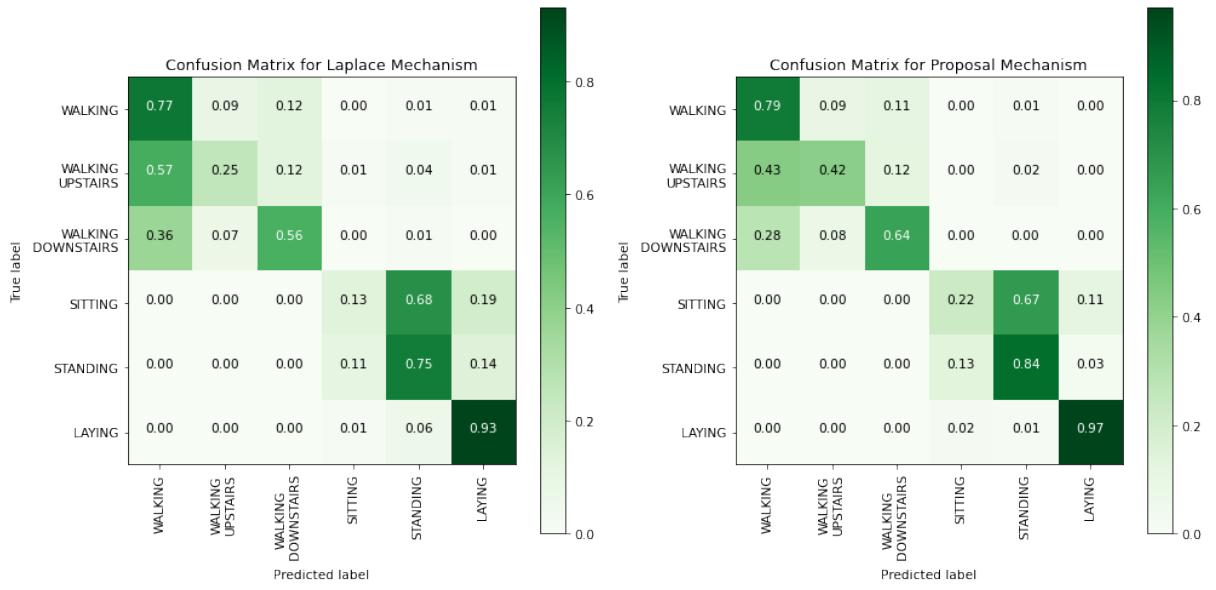
図 4 プライバシー要求を比較指標とした場合のモデル評価結果

Figure 4 Model evaluation results when privacy requirements are used as a comparative measure

向上していることもあり、図 5(a) と (b) を各行動で比較すると全体的に精度が向上している結果となった。このことから、サービス有用性は提案手法により十分向上していると言える。次章では以上の内容を踏まえて実験結果の考察を行う。

## 6. 考察と展望

5 章より、従来の一様に Laplace メカニズムを適用する場合と比較して、提案手法がプライバシー要求を満たすようにユーザ保護を実現しつつ、サービス有用性を向上できることがわかった。これは適用する Laplace メカニズムを 2 つにしたことで定理 1 より、単純に 1 つのメカニズムを適用した場合と比べて、微小だが制約を緩めることが要因として考えられる。またノイズを加算するものを特微量の重要度で変化させたことも要因の 1 つだろう。一方、行動認識、ユーザ認識モデルの各特微量重要度の重複率に基づいてノイズを重み付けする特微量を選択したことにより、その特微量の中には行動認識にとって重要な特微量が一部含まれてしまった。そのため、図 4 のようにプライバシー要求を満たしつつ、サービス有用性を向上するのには限界があり、先行研究 [13] のような精度の高さを実現するまでには至らなかった。しかし、今回の実験を通して、差分プライバシーの合成定理を用いてプライバシー保護メカニズムを組み合わせることでより有用性のあるメカニズムができることがわかった。応用するアプリケーションやシステムにはそれぞれに適切なメカニズムがあり、適切なメカニズム選択を行うことがより、サービス有用性を高める。今後の展望としては、行動変容支援サービスにとって十分な有用性を発揮するプライバシー保護メカニズムについて、さらに検討していきたいと考えている。またその際に、今回は 1 つのデータセットに限って実験を行ったが、他のデータセットでも検証を行い、一般的に利用できるような特徴



(a) Laplace メカニズムにおける行動認識モデルの混同行列

(b) 提案メカニズムにおける行動認識モデルの混同行列

図 5 サービス要求を比較指標とした場合のモデル評価結果

Figure 5 Model evaluation results when service requirements are used as a comparative measure.

量選択アルゴリズムについても考えていく。

である。

## 7. おわりに

本研究では、行動変容支援サービスにおけるユーザ保護と有用性を両立したプライバシー保護メカニズムの提案と評価を行った。結果としては、プライバシー要求を偶然的にユーザが特定される確率未満と定義した場合において、提案手法が従来手法に比べて約 10% の行動認識精度を向上させた。しかし、行動認識精度としては 62% 程度であり、静的動作、動的動作を分類することは可能だが正確に全行動を分類できるまでには至らなかった。

行動変容支援サービスを利用するユーザには、プライバシー保護よりサービス有用性の向上を要求するユーザもいれば、サービス有用性よりも完全にプライバシーが保護された状態を期待するユーザも存在する。そのため行動変容支援サービスにおいてトレードオフな関係にあるユーザのプライバシー保護とサービス有用性の具体的な基準を決めることが難しいが、それを踏まえ、各ユーザに適したプライバシー保護とサービスを提供できるようなプライバシー保護メカニズムの開発が求められる。今後は行動変容支援サービスにおける、より有用性の高いプライバシー保護メカニズムや特徴量選択アルゴリズムについて検討し、プライバシー要求を達成した上での行動認識精度の向上を目指していきたい。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金 (19KT0020) および JST さきがけ (JPMJPR21P7) の助成を受けたもの

## 参考文献

- [1] Slim, S. O., Atia, A., Elfattah, M. M. and M. Mostafa, M.-S.: Survey on Human Activity Recognition based on Acceleration Data, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 10, No. 3 (online), 10.14569/IJACSA.2019.0100311 (2019).
- [2] Ji, S., Mittal, P. and Beyah, R.: Graph Data Anonymization, De-Anonymization Attacks, and De-Anonymizability Quantification: A Survey, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, Vol. 19, No. 2, pp. 1305-1326 (online), 10.1109/COMST.2016.2633620 (2017).
- [3] Sweeney, L.: K-Anonymity: A Model for Protecting Privacy, *Int. J. Uncertain. Fuzziness Knowl.-Based Syst.*, Vol. 10, No. 5, p. 557-570 (online), 10.1142/S0218488502001648 (2002).
- [4] 小栗秀暢, プライバシー保護データ流通のための匿名化手法, システム/制御/情報, Vol. 63, No. 2, pp. 51-57 (2019).
- [5] 寺田雅之, 差分プライバシーとは何か, システム/制御/情報, Vol. 63, No. 2, pp. 58-63 (オンライン), 10.11509/isciesci.63.2\_58(2019).
- [6] Dwork, C.: Differential Privacy, *Automata, Languages and Programming* (Bugliesi, M., Preneel, B., Sassone, V. and Wegener, I., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 1-12 (2006).
- [7] 寺田雅之, 差分プライバシーの基礎と動向, 情報処理, Vol. 61, No. 6, pp. 591-599 (2020).
- [8] Xue, W., Shen, Y., Luo, C., Xu, W., Hu, W.

- and Seneviratne, A.: A differential privacy-based classification system for edge computing in IoT, *Computer Communications*, Vol. 182, pp. 117–128 (online), <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.10.038> (2022).
- [9] Dwork, C. and Roth, A.: The Algorithmic Foundations of Differential Privacy, Vol. 9, No. 3–4, p. 211–407 (online), [10.1561/0400000042](https://doi.org/10.1561/0400000042) (2014).
- [10] Steil, J., Hagedeit, I., Huang, M. X. and Bulling, A.: Privacy-Aware Eye Tracking Using Differential Privacy, *Proceedings of the 11th ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA '19, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), <https://doi.org/10.1145/3314111.3319915> (2019).
- [11] Vecchio, A., Mulas, F. and Cola, G.: Posture Recognition Using the Interdistances Between Wearable Devices, *IEEE Sensors Letters*, Vol. 1, No. 4, pp. 1–4 (online), [10.1109/LSENS.2017.2726759](https://doi.org/10.1109/LSENS.2017.2726759) (2017).
- [12] Mekruksavanich, S. and Jitpattanakul, A.: Biometric User Identification Based on Human Activity Recognition Using Wearable Sensors: An Experiment Using Deep Learning Models, *Electronics*, Vol. 10, No. 3 (online), [10.3390/electronics10030308](https://doi.org/10.3390/electronics10030308) (2021).
- [13] Garain, A., Dawn, R., Singh, S. and Chowdhury, C.: Differentially private human activity recognition for smartphone users, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 81 (online), [10.1007/s11042-022-13185-4](https://doi.org/10.1007/s11042-022-13185-4) (2022).
- [14] Gupta, P. and Arora, R.: Human activity recognition system using smartphone based on machine learning algorithms, Vol. 2555, p. 040010 (online), [10.1063/5.0110384](https://doi.org/10.1063/5.0110384) (2022).
- [15] Garcia-Gonzalez, D., Rivero, D., Fernandez-Blanco, E. and Luaces, M. R.: A Public Domain Dataset for Real-Life Human Activity Recognition Using Smartphone Sensors, *Sensors*, Vol. 20, No. 8 (online), [10.3390/s20082200](https://doi.org/10.3390/s20082200) (2020).

# PC 作業時のスマホ利用を抑制するコンテンツ制限手法の検討

田中宏和 <sup>†1</sup> 中村優吾 <sup>†2</sup> 荒川豊 <sup>†3</sup>  
九州大学 九州大学 九州大学

## 1. はじめに

デジタル教育の推進により、多くの学生にとってコンピュータを使った学習が当たり前になりつつある [1]。このパラダイムシフトによって利便性が向上した一方、学生たちのウェルビーイングに対する懸念も増大している。例えば、PC 作業中にスマホで SNS などのデジタルコンテンツを頻繁にチェックしてしまう「デジタル・ディストラクション（情報機器の使用による注意散漫）」は、ユーザの注意力や生産性、学習意欲の低下につながることから、早急に対処すべき問題である [2, 3]。

ユーザは通常、一度に複数のデバイスを使用しており、それぞれのデバイスが気を散らす原因になる可能性があることが示唆されている [4]。そのため、スマホと PC など複数のデバイス利用を前提としたデジタルウェルビーイング支援技術の実現が必要である。Apple が開発している iOS・macOS を搭載したデバイスではスクリーンタイムの設定によって複数デバイスの任意のアプリの利用時間を制限することが可能になっている [5]。しかし、デジタルウェルビーイングを実現するためにこのような設定を活用して SNS などのアプリを制限することは可能であっても、ユーザのアプリ利用を制限することに対してネガティブな感情を引き出してしまう可能性がある [6]。SNS などのアプリは中毒性が高く、長時間の利用を行ってしまったり、習慣的にアプリを利用てしまい、勉強のやる気や仕事などに注意を向けることが難しくなるなど、デジタルとの正しい付き合い方を考えることは重要である。また、デバイス利用を制限するアプリは複数存在しているが、その多くがユーザの作業内容を理解せずに SNS などの利用を強制的に利用できなくなる機能であり、これではユーザの気分を概してしまい逆効果になってしまいかねない。そのため、ユーザのデジタルウェルビーイングを実現するためのツールの柔軟性が重要になってくる。そこで本研究では、ユーザの PC 作業時のスマホ利用を緩和するコンテンツ制限手法を提案する。具体的には、利用制限を解除するためのタスクをいくつか

提案し、ユーザはそのタスクをクリアすると制限が解除されるようなアプリを開発する。今回はアプリのタスクの受容性やそれぞれのタスクに対するユーザの評価を収集した。ユーザは普段と同じようなスマホの利用を行ってもらいながら、制限アプリが介入してきたときの反応とシステムの利用ログからどのようなタスクが好まれるのかを調査した。調査の結果、タスクの難易度がユーザの機能に対する受容性や評価に大きく関係があり、制限アプリの制限の難易度の設計は重要な要素であることがわかった。

## 2. 関連研究

過去数年間で、ナッジ [7] を使用する行動変化支援システムに関する研究は、ユビキタスコンピューティングの分野で増加している [8, 9, 10]。また、デジタルディストラクション解決のためのいくつかの戦略も提案されている。たとえば、既存の研究では、ユーザがソーシャルメディアを使用するための自発的な時間制限を超えた場合、アプリをロックする [11] や継続的に振動する [12] などの戦略を採用している。また、アプリの使用を阻止するために、アプリの起動たびにほぼゼロのワーカロードでロックアウトタスク（固定長の数字を入力させるなど）の戦略が提案されている [13]。さらには、コンピュータの使用状況を把握し、結果をフィードバックすることで、個々の生産性を向上させる目的で、自己監視システムが提案されている [14]。最近では、Alina ら [15] が、メディアやアプリ自体の視覚的な魅力を損なうことによって、コンテンツの使用体験を損なわせるアプローチを提案している。我々の研究グループにおいては、デバイスの画面をグレースケールに設定することが、スマホ、アプリ、メディアの使用を阻止する有望な方法であるという知見に基づき [16, 17]、ユーザの作業内容に合わせて、動的に画面のカラーフィルターの on/off を制御するシステム「Color-wall」を提案している [18]。本研究では、ユーザの PC 作業におけるスマホ利用の緩和というシナリオに焦点を絞り、アプリケーションシールドを活用したコンテンツ制限手法を検討する。スマホ利用における代表的なコンテンツ制限手法として、スクリーンタイムが存在する。スクリーンタイムは、スマホに標準搭載されている機能であり、この機能を ON にすると、制限対象のアプ

Consideration of content restriction methods to reduce smartphone use while working on a PC

<sup>†1</sup> HIROKAZU TANAKA, Kyushu University

<sup>†2</sup> YUGO NAKAMURA, Kyushu University

<sup>†3</sup> YUTAKA ARAKAWA, Kyushu University



図1 コンテンツアクセスのシナリオ図

Figure 1 Content Access Scenario Diagram

リを開く際に、時間制限であることを明示するアプリケーションシールドが表示される仕様になっている(図1E)。しかしながら、1タップで制限を延長可能であることから、コンテンツの利用制限という観点では、負荷が弱いアプローチといえる。本研究では、制限解除するための操作にバリエーションを持たせることによって、制限解除の負荷を柔軟にコントロール可能なアプローチを検討する。このとき、負荷が強すぎるとツールそのものの利用が中断されてしまうなど、逆効果を生み出すなどのリスクが存在する。そのため、本研究では、機能制限解除のための複数検討し、スマートフォン利用の緩和のための行動変容効果とユーザの受容性のバランスを調査する。

### 3. 行動変容シナリオと設計方針

#### 3.1. 想定する行動変容シナリオ

ここでは、我々が想定する行動変容シナリオを記述する。太郎はソーシャルメディア中毒気味な大学生である。慢性的な疲労感に悩んでいる。プログラミングの課題を進めようと思っていても(図1A)、ついついスマートフォン上でのSNSの通知が気になって、スマートフォンを手にとってしまう(図1B, C)。スマートフォンにはSNSの他にもゲームや、動画コンテンツをすぐにアクセスできてしまうためついついSNSに夢中になってしまい、時間が過ぎ去ることもしばしばある(図1D)。ある日、そんな悩みを友人に話したところ、機能制限アプリの存在を教えてもらう。このアプリでは、誘惑になるアプリを開いた際にだけ、アプリ制限が発動し、アプリの利用を続けるためには解除するためのタスクをこなす必要がある。これにより、誘惑アプリの使用が制限できるらしい。太郎は、

実際に、使ってみることにした。あらかじめ誘惑となりうるアプリやURLをアプリに設定し、利用を始める。作業を始めて1時間経過、集中力が下がってきた太郎は、いつもの癖でついついTwitterに手を伸ばしてしまう。しかし、アプリがその動作を検知し、Twitterを閲覧するためにはタスクをこなす必要がある。制限タスクをこなしている最中に太郎は、本来のプログラミングの課題を思い出し、課題を進めようと考える((図1D\*)). アプリを使用して数日経過、太郎は、徐々に、画面を自己管理ができるようになりつつある。遊び関連のスクリーンタイムも徐々に減り、デジタルデトックスができていることに喜びを感じるのであった。

#### 3.2. 設計方針

本研究では、上記シナリオに基づき、PC作業中についついSNSなどの誘惑コンテンツを閲覧してしまうデジタル・ディストラクションの抑制案を考える。ここでは、スタンフォード大学のBJ フォグ教授によって確立された、フォグ行動モデル[19, 20]に基づき、コンテンツ制限のアプローチを検討する。フォグ行動モデルは、人に行動を起こしてもらうために必要な(1)動機(モチベーション)、(2)行動障壁、(3)トリガーの3要素の関係性をまとめたものである。行動の変容を促す場合には、この3つの要素のうち少なくとも1つを操作することが必要である。今回のケースにおいて、スマートフォンでソーシャルメディアを閲覧するという行動は、ユーザにとって(1)行動を起こす動機が高く、(2)行動を起こすための障壁が低く、(3)行動を起こしたくなるきっかけ(心理的トリガ)が十分にある状況であり、デジタル・ディストラクションが発生しやすい状況であると解釈できる。本研究では、(2)行動障壁に着目し、ソーシャルメディ

アを閲覧するという行動を実施する際の行動障壁を制限アプリによって追加することを基本的な設計方針とし、PC 作業中におけるデジタル・ディストラクションの緩和策を検討する。フォグ行動モデルの行動障壁には、時間、お金、身体的努力、精神的努力、ルーティーンという 5 つの要因が存在する。本研究では、時間、身体的努力、精神的努力の 3 つに焦点を絞り、PC 作業中にスマホでソーシャルメディアを閲覧するという行動に対する行動障壁を高める制限手法(図 1G)を検討する。

## 4. コンテンツ制限手法

### 4.1. システム全体概要

ユーザがコンテンツにアクセスする時にアクセス自体をできなくなることは、スクリーンタイムなどの機能を利用することで可能である。しかし、このような制限手法は長期的には効果が得られにくく、機能を OFF にするなどの行動を誘発しやすい。機能を OFF にされると機能を使っていた時とユーザのコンテンツ消費方法は元に戻ってしまう。そこで、今回は、スマホにおけるコンテンツ制限を制限するかしないかの制御ではなくどのようなタスクがユーザに受け入れられるかなどを考慮し制限手法を複数提案する。今回開発したアプリ名は **Focus-Shield** である。図 1 は **Focus-Shield** アプリの利用シナリオである。(図 1A～C) では PC 作業からスマホの利用を行っている様子でありユーザがコンテンツにアクセスすると、提案する機能制限手法(図 1F)のようなコンテンツシールドでコンテンツを制御する。制限を解除するために **Focus-Shield** アプリを開く(図 1G)。ユーザは制限を解除するためにアプリに提示されたタスクをこなし、コンテンツのアクセスを開始する(図 1D)。また、今回の狙いとしては、制限解除タスクを解除する前に本来の作業の継続を促進する(図 1D\*)。これらの一連の流れになるようにアプリを設計した。**Focus-Shield** の特徴は、コンテンツを利用できなくなる制限ではなく、タスクをこなすことでアプリの制限を解除することができる。また、タスクをこなし制限を解除すると 10 分間の利用時間を獲得できる。今回は評価を統一させるためにすべてのタスクが制限されているアプリに対して 10 分間の利用時間を付与する設計にした。

### 4.2. 時間を用いた制限手法

時間を用いたシンプルな制限手法で、ユーザは時間というリソースを必要とする。本提案は、集中が切れたときにスマホを見るなどの無意識なコンテンツアクセスに対して気づきを与えることができる。また、待ち時間の間に、ユーザがメインタスクに戻るという選択肢を与える。これはシ



図 2 時間を用いた制限手法

Figure 2 Time-Based Restriction Removal Techniques

ステム側が提示することではなく、ユーザ自身の気づきを利用する。図 2 に示すように UI は残り時間と、それに対応するプログレスバーが表示されており、0% から 100% になるまで待つ必要がある。時間設定は 100 秒間にしている。

### 4.3. タップ動作を用いた制限手法

スマホは指を使った動作が基本となっており、タップ動作はその動作の代表的なものである。図 3 のように画面中央にボタンが設置されており、そのボタンを 1000 回タップすることによって制限を解除することができる。このタップ動作はフォグ行動モデルの物理的労力を要する。また、1000 回タップ動作を終えるための時間も必要になる。時間と物理的労力の組み合わせでの制限を実現した方法が今回の制限手法になっている。



図 3 タップ動作を用いた制限手法

Figure 3 Restriction method using tap action

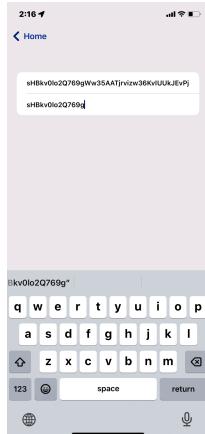


図4 パスワード入力を用いた制限手法

Figure 4 Methods to remove restrictions using password entry

#### 4.4. パスワード入力を用いた制限手法

パスワード入力によってアプリの制限を解除する。パスワードの長さは40文字になっており、比較的長い文字数に設定した。制限アプリを解除するためにパスワードを正しく入力することができたら制限を解除することができる。図4は途中までパスワードを入力している様子である。このタスクは、キーボードから文字を入力するための物理的労力と、正しくパスワードを入力できるかの精神的労力が必要になる。

#### 4.5. 計算を用いた制限手法

計算を用いた制限手法のタスクは単純な掛け算を行うものになっている。フォグ行動モデルの行動障壁の1つに精神的労力が存在する。私たちの認知的なリソースは限られており、人は考える必要の無いものに対して考えることを嫌う。また、一生懸命考えることを余儀なくされると、情報を処理する容易さが低下する。計算問題を解くという行動を実行することで私たちは一生懸命考えなければならなくなる、精神的に負荷がかかる。計算問題はランダムに表示され、ユーザは計算をするために考える時間が必要になる。考えることに対して精神的労力や時間を利用することで、制限を解除するために計算問題を解くのか、それとも計算をやめるかの選択肢が考えられる。制限を解除するためには計算問題を解くことに注意を向ける必要があり、認知タスクという精神的労力をかけることで、アプリの利用をやめるきっかけになるとえた。図5に実際のアプリの画面を示す。

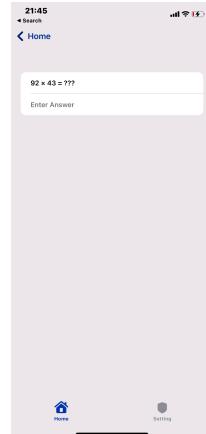


図5 計算タスクを用いた制限手法

Figure 5 Limiting Methods Using Computational Tasks

#### 4.6. 運動を用いた制限手法

ユーザはメインタスクでの集中力が切れてしまうことをトリガーとしてSNSなどを聞く。本来ユーザはメインタスクについて気をそらすための動作として選ばれやすい行動がSNSアプリであれば、集中が切れたときに、SNSを利用するのではなく、運動をするという方法を用いて気をそらす方法を提案する。運動をすることで集中力や、リフレッシュ効果が期待でき、本来SNSを開くモチベーションを運動することで健康促進ができるというモチベーションに切り替える。今回運動の検知は、iPhoneに搭載されている加速度センサの値を用いた機械学習モデルを利用した。github上で公開されているモデル<sup>\*1</sup>を利用した。分類した行動はstay, walk, jog, skip, stUp, stDownの6つである。今回は歩くことを検知することで解除されるように設計した。歩く距離は50mや100mとばらつきがあるものの、どのユーザでも検知されていることが確認できた。静止した状態だと図6の左画面の表示になっており、歩くことによって図6の右画面の表示に変化する。歩くことでゲージが溜まっていき最後までゲージを貯めると、制限が解除される。

#### 4.7. マルチデバイスを用いた制限手法

意識をスマホからPCに移すことによって、本来のPC作業に意識を移すことを目指している。今回はPCを用いて作業を行っていることを想定しており、ユーザは制限を解除するためにはまず、macOSのアプリを開く必要がある。次にそのアプリに表示されるパスワードを入力することで、制限を解除することができる。今回の実装では、パスワード入力などの単純なタスク採用している。しかし、PCというスマートとは異なるプラットフォームを利用しての制限は

<sup>\*1</sup> <https://github.com/Shakshi3104/Motion-CoreML>



図 6 ユーザの運動を用いた制限手法

Figure 6 Restriction method using user motions

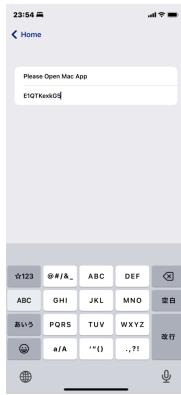


図 7 マルチデバイスを用いた制限解除

Figure 7 Removing restrictions using multiple devices

制限の幅を広げることが考えられる。図 7 にスマホの画面を図 8 にパスワードが表示されている PC 画面を示す。

#### 4.8. 実装

今回スマホ利用を制御するコンテンツ制御手法を実装するために、Swift 言語を使用して iOS 用のアプリを作成した。Apple は 2021 年の Worldwide Developers Conference2021(WWDC21) の発表で、Screen Time API を公開した。Screen Time API には Device Activity, Managed Settings, Family Controls の 3 つの Framework を発表し、プライバシーを保護しながら子供のコンテンツアクセスを計測したり、制限する機能の提供を開発者向けに公開した。これらの 3 つを組み合わせると、スマホの利用状況を監視しその利用状況から、適切なタイミングでデバイス制限を行うことができるようになる。また、親のコントロールではなく、自分の端末をコントロールすることができるようになった。プライバシーなどを考慮してコンテンツアク

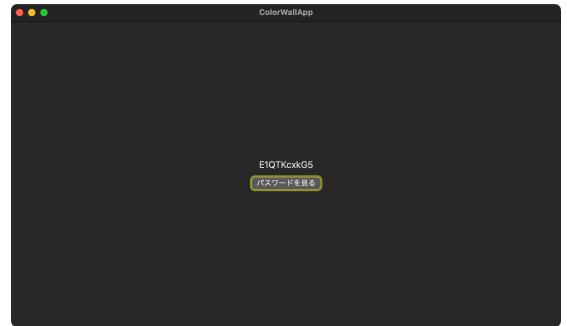


図 8 制限解除のためのパスワードが表示される macOS アプリ

Figure 8 macOS app that displays password to unlock restrictions

セスを計測したりする API は、Android には整備されておらず、今回は十分な API が整備されている Swift 言語で開発することによって、安定したアプリの提供を行うことができる。そのため今回は iPhone ユーザをターゲットにして実験を行った。

## 5. 基礎実験

### 5.1. 実験概要

今回の実験は、提案する制限手法がユーザにとって、どのような要素が受容されるのか、制限の効果はどの程度なのかについて考察していく。実験条件は、iPhone 端末を持った 10 人の実験者で、ユーザの iOS 端末にアプリをインストールしてもらい、制限するアプリケーションはユーザ自身が利用を制限したいアプリを選択した。アプリケーションをインストールした端末で普段どおりの利用をしてもらった。ユーザのアプリに制限がかかった段階で今回提案する制限手法をすべて試してもらった。制限のタイミングはユーザが制限アプリを起動することが実験のトリガーとなる。ユーザが制限されているアプリを開こうとすると図 9 のような画面(シールド画面)が表示される。ユーザはシールド画面が表示されると制限アプリの利用を止めるか、今回開発したアプリ上でのタスクを完了して制限を解除するかの選択肢がある。今回評価するのは制限を解除するために必要なタスクがユーザにどのような印象を与えるかであるため、Focus-Shield アプリを利用して制限を解除するときについて評価する。

### 5.2. 実験結果

アンケート内容は、ユーザが一日どのくらいアプリを利用しているか、作業効率や集中力を高めるツールに興味があるか、スマホの使用時間を短縮したいと思うかなどのユーザ



図 9 表示されるシールド画面の例

Figure 9 Example of displayed shield screen

属性を調べるための質問を行った。また、提案する機能に対してスマホ利用の抑制に効果があるかや、どの程度ユーザに受容されるかについてのアンケートの評価をしてもらった。参加者のスマホの一日の利用時間は表 1 に示す 1 日 1 時間未満のスマホ利用をしている被験者はいなかった。逆に、80% の人が 3 時間以上スマホを利用していることがわかった。また参加者の 70% は集中や作業に役立つツールに興味を持ち、40% はスマホの消費を削減したいと考えていることがわかった。表 2 にユーザ属性についての質問とその回答を示す。

表 1 参加者の一日平均スマホの利用時間

質問	時間			
	<1h	1-2h	2-3h	>3h
一日にどのくらいスマホをつかっているか？	0	0	2	8

表 2 ユーザ属性を尋ねる質問

質問	回答		
	はい	いいえ	どちらでもない
集中力を高めるツールに興味がありますか？	7	3	0
スマホの使用時間を短縮したいと思いますか？	4	4	2

また、提案した 6 つの機能と純正のシールドの機能をすべて順位付けしてもらった。表 ?? にその結果を示す。得点の計算方法は多数決の代替案として利用されるボルダーラル用いて 1 位を 7 点、2 位を 6 点、… 7 位を 1 点として計算を行った。図 10 に機能の順位とその内訳を示す。

図からわかるように計算、時間、運動タスクが順位が高く、純正のシールドの評価は一番低かった。また、システムのそれぞれの制限手法の制限の効果と、その受容性についてのアンケートも収集した。図 11 に制限手法の効果についての結果を示す。また図 12 に制限手法の受容性についての結果を示す。

表 3 各機能を良かった順に順位付けした結果

手法	得点	順位
時間経過	46	1
認知タスク	46	1
運動	45	3
マルチデバイス	40	4
パスワード	39	5
タップ	38	6
純正 ScreenTime	26	7

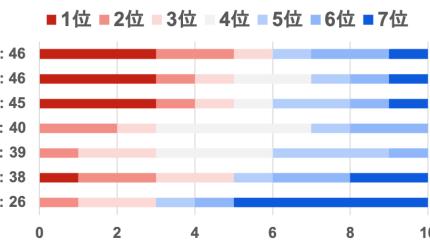


図 10 機能の順位づけの内訳

Figure 10 Ranking Breakdown

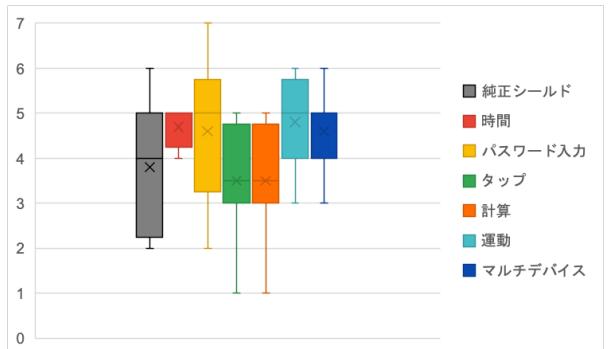


図 11 提案された機能はスマホ利用抑制に効果があると思うか

Figure 11 Do you think the proposed feature will be effective in curbing smartphone use?

結果を示す。

制限手法の効果については純正シールドの意見にはらつきが多かった。逆に時間に関しては効果に対する評価のはらつきは小さく、機能の順位が高く一番効果のある制限手法だということがわかった。アンケートの回答では、「100秒あれば作業の続きを少ししようという気になった。」などの回答があることからもわかるように、待ち時間に別のこととに注意を向けるという行動が起きたことがわかった。また、時間を待つことに対する意見として、「アプリ内広告のスキップが出るのを待つのと同様の感覚」という意見もあっ

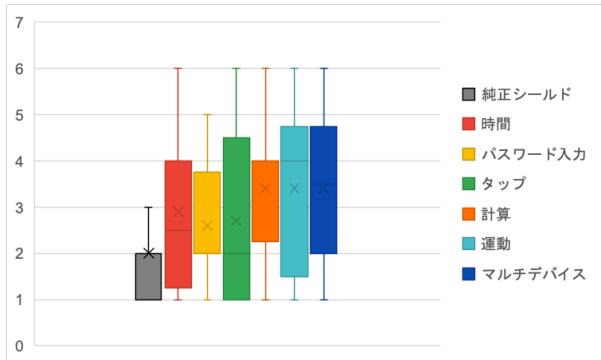


図 12 提案された機能を日頃から利用したいと思うか

Figure 12 Do you want to use the proposed feature on a regular basis?

た。時間的なリソースはかかるが、時間を待つだけのタスクは結果的にユーザの選択肢の幅が広がり制限の受容性が他のものと比べると高かったと考察できる。次に、平均的に一番効果が高いと感じられた制限手法は運動タスクであった。運動はその他の制限タスクとは異なり、歩くという身体的な動きを要するため、新鮮で効果がありそうだと評価が多かった。アンケートの回答にも「制限による集中力向上以外にも、相手の運動を促進するのに効果的に思った。難易度は低く悪印象はない。」という意見があった。逆に「家の 中で使用している場合に運動タスクはハードルが高いように感じた。」などという意見もあった。この意見から場所に応じて、運動タスクは難易度が変化するという面白い考察が得られた。また、今回の実験ではタップタスクや計算のタスクは抑制に効果が薄い事がわかった。まず、タップタスクに関してユーザから多かった意見は一番めんどうなタスクであるという意見が多かった。この評価は面倒なタスクが必ずしもスマホ利用抑制に効果があるとは言えないことがわかった。逆に、機能の順位は高いがスマホ利用抑制に効果がないと評価されたものが計算タスクである。計算タスクのアンケートでは「電卓で計算して入力できるので簡単だった。抑制効果はあまりないと思う」という意見があった。このように難易度が低いと制御効果も薄いが、難易度が高すぎると、ユーザは効果が無いと感じるという考察ができる。この考察から、制御手法の難易度はユーザに対する抑制効果に影響していることがわかった。

## 6. おわりに

本研究では、PC 作業時のスマホ利用を抑制するコンテンツ制御手法の検討を行った。今回検討を行った制御手法としてフォグ行動モデルの 1 つの軸の能力の 3 つの要素(時間、物理的労力、精神的労力)を踏まえた上で機能を実装し

た。結果的には、ユーザのアプリに対する受容性とタスクの難易度は関係が強いことがわかった。また、スマホ標準のスクリーンタイムの機能と比べて今回提案した制限手法がスマホ利用制御に効果があることが示唆された。また、アプリ側がユーザの状況を把握した状態で制限手法を提示することは、アプリに対する印象と制御に対する評価が変わることがわかった。今後の展望としては、ユーザの普段のスマホ利用や、ユーザがどれだけ集中して作業したかなどの情報をを利用してのアプリ設計とその効果を調査したい。

**謝辞** 本研究の一部は、JST さきがけ (JPMJPR21P7) および科学研究費補助金 (18H03233) の助成によって行われた。

## 参考文献

- [1] Strielkowski, W.: COVID-19 pandemic and the digital revolution in academia and higher education, *Preprints*, Vol. 1, pp. 1–6 (2020).
- [2] Flanigan, A. E. and Babchuk, W. A.: Digital distraction in the classroom: exploring instructor perceptions and reactions, *Teaching in Higher Education*, Vol. 27, No. 3, pp. 352–370 (2022).
- [3] Van Der Schuur, W. A., Baumgartner, S. E., Sumter, S. R. and Valkenburg, P. M.: The consequences of media multitasking for youth: A review, *Computers in Human Behavior*, Vol. 53, pp. 204–215 (2015).
- [4] Monge Roffarello, A. and De Russis, L.: Coping with Digital Wellbeing in a Multi-Device World, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), 10.1145/3411764.3445076 (2021).
- [5] Apple: Use Screen Time on your iPhone, iPad, or iPod touch (2020). Accessed on 10.14.2022.
- [6] Schwartz, R., Monge Roffarello, A., De Russis, L. and Apostolellis, P.: Reducing Risk in Digital Self-Control Tools: Design Patterns and Prototype, *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '21, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), 10.1145/3411763.3451843 (2021).
- [7] Sunstein, C. R.: Nudging: a very short guide, *Journal of Consumer Policy*, Vol. 37, No. 4, pp. 583–588 (2014).
- [8] Caraban, A., Karapanos, E., Gonçalves, D. and Campos, P.: 23 ways to nudge: A review of technology-mediated nudging in human-computer interaction, *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–15 (2019).
- [9] Bergram, K., Djokovic, M., Bezençon, V. and Holzer, A.: The Digital Landscape of Nudging: A Systematic Literature Review of Empirical Research on Digital Nudges, *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–16 (2022).
- [10] Nakamura, Y. and Matsuda, Y.: IoT Nudge: IoT Data-driven Nudging for Health Behavior Change, *Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 51–53 (2021).
- [11] Kim, J., Jung, H., Ko, M. and Lee, U.: GoalKeeper: exploring interaction lockout mechanisms for regulating smartphone use, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and*

- Ubiquitous Technologies*, Vol. 3, No. 1, pp. 1–29 (2019).
- [12] Okeke, F., Sobolev, M., Dell, N. and Estrin, D.: Good vibrations: can a digital nudge reduce digital overload?, *Proceedings of the 20th international conference on human-computer interaction with mobile devices and services*, pp. 1–12 (2018).
  - [13] Kim, J., Park, J., Lee, H., Ko, M. and Lee, U.: LocknType: Lockout task intervention for discouraging smartphone app use, *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–12 (2019).
  - [14] Kim, Y.-H., 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).
  - [15] Krischkowsky, A., Fuchsberger, V. and Tscheligi, M.: Making un-use: When humans disengage with technology, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–10 (2021).
  - [16] Bowles, N.: Is the answer to phone addiction a worse phone, *The New York Times* (2018).
  - [17] Elliott, I. K.: Devices of mass distraction: Can they be kept at bay by going grey? An investigation into greyscale as an effective strategy in reducing phone use (2019).
  - [18] Yugo Nakamura, Hirokazu Tanaka, Y. A.: Color-wall: Adaptive Color Filter to Reduce Digital Distractions during PC Work, *5th International Workshop on Computing for Well-Being (WellComp 2022) in ACM UbiComp 2022*, (online), [https://arakawa-lab.com/wp-content/uploads/2022/09/WellComp2022\\_color\\_wall\\_camera.pdf](https://arakawa-lab.com/wp-content/uploads/2022/09/WellComp2022_color_wall_camera.pdf) (2022).
  - [19] Fogg, B. J.: A behavior model for persuasive design, *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology*, pp. 1–7 (2009).
  - [20] Fogg, B. J.: Fogg Behavior Model (2022). Accessed on 11.3.2022.

# 向社会的行動促進に向けた心理プロセス調査と AIによる行動誘発・習慣化に向けた展望

柏本 幸俊 <sup>†1</sup>

KDDI 総合研究所

曹 蓮 <sup>†2</sup>

KDDI 総合研究所

山崎 悠大 <sup>†3</sup>

KDDI 総合研究所

上坂 大輔 <sup>†4</sup>

KDDI 総合研究所

## 概要

これまで、感謝と向社会的行動の関連を示唆した研究は多く存在するが、感謝から向社会的行動に及ぼす媒介過程や、その媒介因子について調査した研究は殆ど存在しない。また、多くの先行研究は海外の大学生を対象としており、国内における感謝が向社会的行動に及ぼす心理プロセスについて調査したものは殆ど存在しない。そこで本研究では、日本国内を対象とし、感謝が向社会的行動に及ぼす心理プロセスを明らかにするために、質問紙調査を実施した。本研究の仮説モデルとして、感謝が向社会的行動に及ぼす心理プロセスに、社会的価値が媒介すると仮定した。調査会社を通じて 2473 名がアンケートに回答した。アンケート結果を分析した結果、感謝が社会的価値を媒介して向社会的行動を予測することが示されたため、その心理プロセスについて考察した。また、考察したプロセスに基づき、情報システム（AI）を活用した向社会的行動を誘発・習慣化を実現するための展望について考察した。

## 1. はじめに

感謝とは他者が意図的になにか価値のあるものを与えたときまたは与えようとしたときに人間に引き起こされるポジティブな感情である。思想家の Ralph Waldo Emerson によると、感謝とは「あなたにもたらされるすべての良いことにありがたいと思い、継続的に思い続ける。また感謝に気持ちを込めるとあなた自身の返りより良い高みに到達させることができる」能力として紹介されている<sup>\*1</sup>。そのため、感謝によって人々はより良い健康な状態に向かうことができるのだと考えられる。これまで、様々な思想家が感謝が人間における社会的価値を構築し維持するために不可欠であるとしており、「最高というだけではなく、他のすべて

の美德の親である。[1]」「人類の道徳的記憶 [2]」「最も即座にそして直接的に私達に報酬を与えようと促す感情 [3]」等の格言を残してきた。

感謝の心理効果は、ポジティブ心理学の興隆に伴い、国内外を問わずに研究されている[4][5][6]。心理学において、感謝は、特性感謝と状態感謝に大別される[7]。特性感謝とは、「個人が得たポジティブな経験や結果において、他者の善行の役割に対する感謝感情を抱いたり、気がついたりする傾向」と定義されている[8]。つまり、感謝感情を抱く個人差を意味する。他方、状態感謝は、「個人に何らかの良いことが起きたときに、そこで得られた利益は他の存在のおかげであると、個人が気づくことで生じる感情である」と定義される[7]。これは、個人が特定の状況下で抱く感謝感情を意味する。Algroe は Find-Remind-and-Bind Theory を提唱し、感謝の機能を説明している[9]。この理論では、感謝感情は、他者との関係性の価値に気づかせ、その他者の肯定的な側面を想起させ、その他者との関係性を強めると考えている。従って、感謝は、対人関係を形成し、維持するために重要な心理要因であると言える。先行研究では、感謝の心理効果が数多く検証されている。例えば、Bartlett らは、大学生を対象に、実験室で機械が故障して困っている大学生を、実験協力者（サクラ）が助けることで、大学生に感謝感情を生起させ、感謝の効果を検証した[4]。その結果、感謝感情を抱いた大学生は、別の第三者に向社会的行動を行うことを明らかにした。DeSteno らも、大学生を対象に、実験室にて経済ゲームを行い、経済ゲームの中で、感謝感情を抱くことが、相手に向社会的行動を行うことにつながるのかを検証した[10]。その結果、感謝感情を抱いた実験参加者は、他者に向社会的行動を行うことを実証した。これらの研究結果を踏まえると、感謝は向社会的行動を促進する効果があると考えられる。

上記の研究は、感謝する側の心理に着目した研究であるが、感謝される側の心理に着目した研究もある。例えば、Grant らは、感謝されると、自己効力感や社会的価値が高まることで、向社会的行動を促進すると仮定した[11]。ここで自己効力感とは、ある結果を達成するために、行動できる感覚である[12]。また、社会的価値とは、他者から必要とされたり、肯定的に評価されていると感じたりすることであり、他者との絆や人との繋がりを意味する[13]。Grant

Study on correlation between gratitude activity and pro-social behaviour and viewing induction and habituation of pro-social behaviour by utilizing AI

<sup>†1</sup> YUKITOSHI KASHIMOTO, KDDI Research Inc.

<sup>†2</sup> CAO LIAN, KDDI Research Inc.

<sup>†3</sup> YAMAZAKI Yudai, KDDI Research Inc.

<sup>†4</sup> KAMISAKA Daisuke, KDDI Research Inc.

\*1 <https://quotepark.com/quotes/812727-ralph-waldo-emerson-cultivate-the-habit-of-being-grateful-for-every-go/>

らによると、援助者は、自分が相手のために効果的な支援をしたかどうかが気になっているため、感謝されると、相手のために支援できたと実感したり、相手から肯定的に評価されたと感じたりすることができる。Grant らは、大学生を対象に実験を行い、感謝が自己効力感や社会的価値を媒介し向社会的行動を促進することを検証した結果、感謝は、自己効力感は媒介せず、社会的価値のみ媒介して向社会的行動を促進することを明らかにした。

我々の研究では、Grant らの心理プロセスを、感謝する側に適用する。つまり、感謝すると、自己効力感や社会的価値が高まり、向社会的行動を促進すると仮定する。Algoe の Find-Remind-and-Bind theory[9] を踏まえると、感謝感情を感じると、人から助けてもらっていることに気づいたり、援助者との関係性の価値を認識したりすると考えられる。援助者との関係は、例えば、困難な出来事があるても、なんとかなるという自信を生みさせたり、人の繋がりを大事にしようとさせたりするであろう。その結果、感謝感情を感じた人は、人のために役立つ行動を行うようになると考えられる。つまり、感謝感情を感じている人は、社会的価値を感じることができるため、向社会的行動を行う。本研究では先行研究を参考に、国内における感謝と向社会的行動のプロセスを調査した結果について報告する。

## 2. 関連研究

### 2.1. 向社会的行動の促進に影響する要因

ここまで述べられてきたように、筆者らは家族や友人、知人、見知らぬ人など行動の被対象者が誰なのかに関わらず、「他者のためになると思われる行動」を向社会的行動と捉えている。しかし、心理学や関連領域の研究では、「他者のためになると思われる行動」を表す概念として「向社会的行動」以外に、「利他行動」や「援助行動」「協力行動」などが挙げられる。これらの概念は自己損失を覚悟したうえでの行動であるのか、快感情など自分への利益や返報を考慮したうえでの行動であるのかなどによって、研究では柔軟に扱われている。菊池は向社会的行動を論じる際の必須条件として、他者への援助行動であること、自己の損失・コストを伴うこと、外的報酬（金銭や物質的なもの）を得ることを目的としないこと、という 3 点を挙げている [14]。

人はなぜ、どのようなときに他者のためにふるまうのか、人々の向社会的行動の促進につながる規定因が解明できれば、それを活性化することで互いに助け合えるようなより良い社会への構築につながる。そのため心理学では向社会的行動はいかにして生じるのかに焦点を当てた研究が多く行われている。ここでその関連要因についていくつかを抜粋して紹介する。

**共感性** 共感性は向社会的行動を促進する要因として多くの研究で検討されている [15][16][17][18]。具体的には共感性が高いほど他者を援助するといった向社会的行動が多

いことが示され、男性に比べ女性の方が、共感性が高いという性差も検討されている。また、共感性が高いほど反社会的行動である攻撃的行動が抑制される可能性についても述べられている [15]。さらに、他者の苦境やネガティブな感情への共感のみならず、ポジティブな感情への共感に焦点を当てた櫻井らの研究においても、向社会的行動と正の相關が示されている [18]。子どもの場合も大人による共感的な声掛けをすることによって、向社会的行動が促進される可能性が示されている [19]。

**帰属過程による影響** 電車で倒れている人を見た場合、その人が酒の瓶を手にした人である場合と、杖を持つ老人である場合、援助する人の人数や素早さが異なる [20]。それは酒を飲んで倒れている人に対しては「自業自得である」という不快の感情が伴い、積極的な援助が躊躇されるが、杖を持つ老人に対しては「かわいそう」という同情の感情が伴い、積極的な援助が行われると考えられる。このように同じ状況に対して異なる感情が生じ、その後も質的に異なる社会的行動が随伴するのは、その結果に対する援助者の認知（原因帰属）によるという Weiner の帰属過程モデルが挙げられる。Weiner は被援助者への共感が援助行動の促進につながるという理論に基づき、原因帰属 - 感情 - 行動という時系列で援助行動を説明するモデルを提唱した。特に、統制可能性の次元が援助行動の判断に影響することが確認されている [21]。例えば、杖を持って倒れている老人のように被援助者がその事態を自分でどうすることもできなかつたという統制不可能な状態であると帰属した場合は、統制可能な状態（例えば、倒れるほどまで酒を飲んでしまった人）より援助量が多くなる。

このような他者の行為の結果に対する帰属だけでなく、自己の行為の結果に対する帰属研究も行われている。自ら行われた行動を自分の向社会的特性に帰属させる場合（例えば、「自分が優しいから助けたんだ」と認知・帰属する），その行動が内在化され、維持されることが示唆されている [22]。感謝されると社会的価値が高まり、向社会的行動が促進されるというモデルも同様に説明できると考えられる。つまり、感謝されることによって、向社会的行動を自分自身の社会的価値という個人特性によると帰属することによって、向社会的行動がさらに促進されると考えられる。また、自分の行動を向社会的行動として自己認知する（例えば、自分の行動は誰かのためになると認知する）場合は、そうでない場合に比べ向社会的行動を行いやすいことが示されている [23]。

### 2.2. 職場における感謝と向社会的行動

筆者らは、過去職場環境における感謝と向社会的行動との関係性について調査した。Grant らによると、人間は感謝されると、社会的価値が高まることで向社会的行動を促進することをアンケート調査を用いて証明した [11]。しかし、Grant らの研究は海外の大学生を対象とした研究であ

り、また「感謝する（感謝行動）」と向社会的行動との関連については調査できていない。そこで、感謝行動と向社会的行動の関係性を国内で活用することを目指し、筆者らは調査を行った。感謝と向社会的行動を効果的に活用できる環境の1つとして職場が想定できる。そこで、Grantらの調査を参考に、社会的価値を媒介因子とし、感謝行動と向社会的行動との関係性をアンケートで調査した[24]。調査を行った結果、職場環境においても社会的価値が感謝行動と向社会的行動を媒介することが分かった。

### 2.3. 本研究の位置づけ

本研究では、向社会的行動の促進因子である感謝を対象とし、2.2節で筆者らが行った研究を参考に、日本国内における職場に限定しない調査を行い、感謝行動と向社会的行動を社会的価値が媒介するかを調査する。また、調査結果を踏まえて、情報システム(AI)を活用し、向社会的行動を誘発・習慣化することを目的とした行動変容の実現方法について展望する。

## 3. アンケート設計

本研究では、日本国内を対象に、日頃感じている感謝、社会的価値、向社会的行動を測定した。

### 感謝行動

日頃感じている感謝感情を測定するために対人感謝尺度を使用した[25]。対人感謝尺度は、普段から感じている感謝感情の傾向について、9項目で測定する尺度である。対人感謝尺度にある9項目は、4件法(1: 当てはまらない—4: 当てはまる)で回答を求めた。対人感謝尺度では、各項目の得点が高いほど、日頃から感謝感情を感じていると評価する。

### 社会的価値

価値志向的精神作用尺度の下位尺度にあたる「社会的・精神作用尺度」(8項目)を使用した[26]。社会的・精神作用尺度は、人とのつながりに価値を感じ、他者に献身する傾向を測定できると考えられる。そこで、本研究では、社会的・精神作用尺度によって、回答者の社会的価値を測定した。社会的・精神作用尺度にある8項目は、5件法(1: 全く当てはまらない—5: 非常に当てはまる)で回答を求めた。社会的・精神作用尺度では、各項目の得点が高いほど、回答者の社会的価値が高いと評価する。

### 向社会的行動

対象別利他行動尺度を使用した[27]。この尺度は、普段の生活でどの程度向社会的行動を行っているかを測定するものである。また、この尺度には3つの下位尺度があり、「家族項目群」、「友人・知人群」、「他人項目群」でそれぞれを測

定できる。それぞれの下位尺度は、5件法(1: したことがない—5: 非常によくある)で回答を求めた。3つの下位尺度では、各項目の得点が高いほど、普段の生活で3種類それぞれの向社会的行動を行っていると評価する。

## 4. アンケート分析手法

まず、アンケート回答結果のセグメント毎の傾向分析を行った。本研究の参加者の年齢(16歳～88歳)を生涯の発達段階に沿って4つのグループに分類した。具体的には16歳～22歳の青年期(69名)、23歳～40歳の成人前期(604名)、41歳～65歳の成人後期(1,450名)、66歳以上を高齢期(350名)に分け、発達段階(年代)を独立変数とし、アンケート回答結果を従属変数にした1要因分散分析を行った。

次に、仮説モデルを検証するために、相関分析(correlation analysis)と、SEM(Structural Equation Modeling)による多変量回帰分析を使用した。まず、相関分析によって、変数同士の相関関係を検討した。相関係数(Pearson's r)は、Cohenの効果量の基準で考えると、0.10が小さい効果量、0.30が中程度の効果量、0.50が大きい効果量の値であると評価できる[28]。この基準によって、変数同士の相関係数の値を判断した。

次に、SEMによって、感謝が社会的価値を媒介して向社会的行動を予測するという仮説モデルを検討した。この仮説モデルの適合度は、i) CFI(Comparative Fit Index), ii) TLI(Tucker-Lewis Index), iii) RMSEA(the Root-Mean-Square Error of Approximation), iv) SRMR(Standardized Root-Mean-square Residual), v) AIC(Akaike's Information Criterion), vi) BIC(Bayesian Information Criterion)によって評価した。Huらによると、CFIとTLIは、0.95以上、RMSEAは0.06以下、SRMRは0.08以下であれば、データがモデルに適合していると判断できる[29]。また、AICとBICは、複数のモデルから最良のモデルを選択するために役立つ指標であり、それらの値が最も小さいモデルが良いと評価される。以上の6つの適合度指標によって、仮説モデルを修正した。

## 5. アンケート実施

2022/03/11～2022/03/15の間で調査会社を通じて日本国内に在住の一般パネルで調査を行い2473名のアンケートを回収した。

## 6. アンケート分析結果

まず、発達段階ごとの回答値傾向分析結果について述べる。感謝の回答値の平均値と標準誤差を図1で示す。その結果、感謝行動は発達段階の間で有意な違いが示された( $F(3, 2469)=10.29$ ,  $p<.01$ , 偏 $\eta^2=.01$ )ため、多重

表 1 各変数同士の相関と記述統計量 ( $n = 2473$ , \*\*\* $p < .001$ )

#	Variables	1	2	3	4	5	M	SD	$\alpha$
1	感謝	-	.50***	.34***	.39***	.24***	2.86	0.69	.95
2	社会的価値		-	.49***	.54***	.39***	3.40	0.63	.84
3	向社会的行動（家族群）			-	.59***	.40***	3.49	0.83	.85
4	向社会的行動（友人・知人群）				-	.48***	2.99	0.79	.83
5	向社会的行動（他人群）					-	2.14	0.90	.84

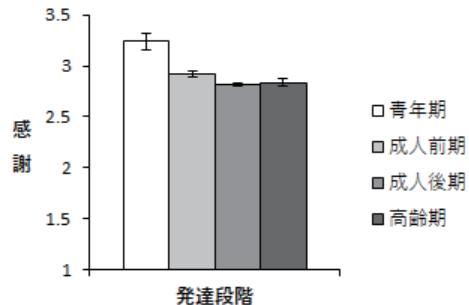


図 1 感謝行動の発達段階ごとの回答値

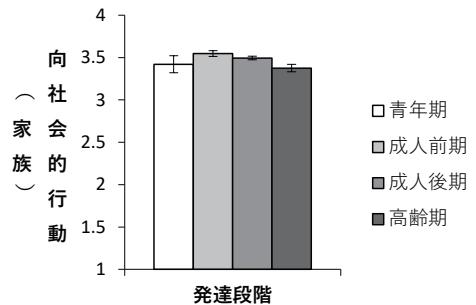


図 3 向社会的行動（家族群）の発達段階ごとの回答値

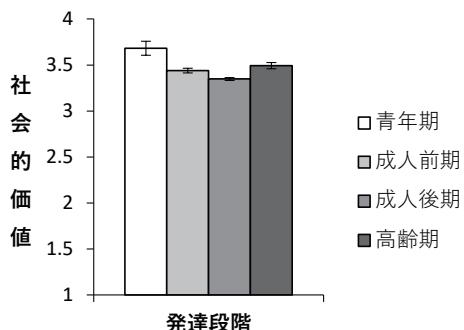


図 2 社会的価値の発達段階ごとの回答値

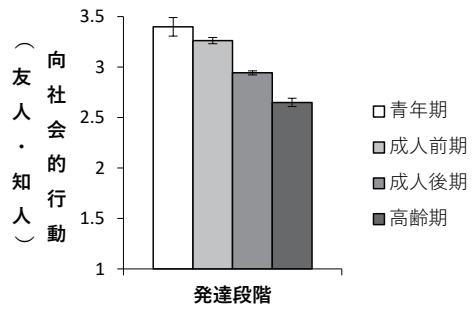


図 4 向社会的行動（友人・知人群）の発達段階ごとの回答値

比較を行った。その結果、感謝行動は青年期で最も高く、高齢期になるにつれ低下し、成人後期と高齢期で一番低かった。社会的価値の回答値の平均値と標準誤差を図 2 で示す。その結果、発達段階の間に有意な違いが示された ( $F(3, 2469) = 11.40, p < .01$ , 偏  $\eta^2 = .01$ ) ため、発達段階ごとの多重比較を実施した。成人後期が最も低く、次に成人前期と高齢期、最後に青年期が最も高かった。向社会的行動（家族群）の回答値の平均値と標準誤差を図 3 で示す。その結果、各発達段階の間に有意な違いが示された ( $F(3, 2469) = 3.32, p < .05$ , 偏  $\eta^2 = .004$ )。向社会的行動（友人・知人群）の回答値の平均値と標準誤差を図 4 で示す。その結果、各発達段階の間に有意な違いが示された ( $F(3, 2469) = 56.86, p < .01$ , 偏  $\eta^2 = .07$ )。向社

会的行動（他人群）の回答値の平均値と標準誤差を図 5 で示す。その結果、各発達段階の間に有意な違いが示された ( $F(3, 2469) = 7.37, p < .01$ , 偏  $\eta^2 = .01$ )。向社会的行動において、まず家族に対する向社会的行動は高齢期に少し低下する傾向が見られているものの、発達段階に関わらず、全体的に高かった。一方、見知らぬ他者に対する向社会的行動は全体的に低く、特に青年期において顕著に低いことが示された。しかし、青年期は友人・知人にに対する向社会的行動が他の発達段階に比べ最も高い結果であり、友人関係を大事にする発達段階の特徴の現れであると推察される。

次に、各変数間の相関分析を行った。最初に、各変数の信頼性を確認した。その結果、各変数の内的整合性 ( $\alpha$  係数) は、0.83 から 0.95 の値であり、十分な信頼性を備えて

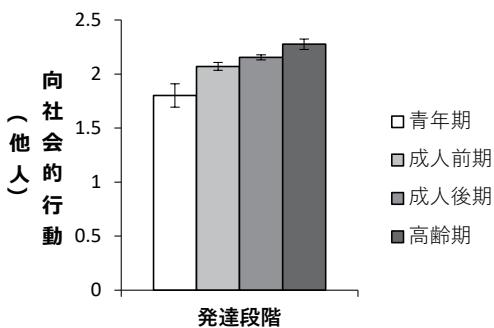


図 5 向社会的行動（他人群）の発達段階ごとの回答値

いた。そこで、各変数の平均値と標準偏差を算出し、変数同士の相関関係を検討した。その結果は、表 1 に示した通りであった。相関分析の結果、全ての変数間に有意な正の相関 ( $r = .24 \sim .59$ ,  $p < .001$ ) が示された。

全ての変数間に有意な正の相関が示されたため、本研究で想定している仮説モデルを検証した。本研究の仮説モデルは、感謝が社会的価値を媒介して向社会的行動を予測するものであった。本研究では、複数のモデルを検証し、最もデータに当てはまるモデルを採用した。

SEM により分析したモデルの結果は、図 6 に示した通りであった。本モデルにおいて、感謝は、社会的価値 ( $\beta = .50$ ,  $p < .001$ ) に対して正の影響を及ぼす。また、感謝は、向社会的行動—家族群 ( $\beta = .13$ ,  $p < .001$ )、向社会的行動—友人・知人群 ( $\beta = .16$ ,  $p < .001$ )、向社会的行動—他人群 ( $\beta = .06$ ,  $p < .001$ ) それぞれに対して正の影響を及ぼす。社会的価値は、向社会的行動—家族群 ( $\beta = .42$ ,  $p < .001$ )、向社会的行動—友人・知人群 ( $\beta = .46$ ,  $p < .001$ )、向社会的行動—他人群 ( $\beta = .36$ ,  $p < .001$ ) それぞれに対して正の影響を及ぼす。以上の結果から、感謝が社会的価値を媒介して向社会的行動を予測したと言える。

## 7. 考察

本研究の目的は、日本国内を対象に、感謝が社会的価値を媒介して向社会的行動を予測する仮説モデルを検討することであった。SEM による分析の結果、仮説通りの心理課程を実証した。普段の生活で感じる感謝が、社会的価値を媒介して、向社会的行動を促進する過程である。感謝が社会的価値を媒介する場合は、向社会的行動の家族群、友人・知人群、他人群のすべてを促進することが明らかになった。感謝感情が社会的価値を媒介する場合は、人間関係に対して感謝感情を感じている人は、家族や友人などの様々な人の繋がりを大切に思っている傾向があることを意味する。つまり、様々な人間関係を大切にする価値観を持っているため、他人のために役立つ行動を行っていると考えられる。

社会的価値より向社会的行動の各項目に対するパス係数を詳しく見ると、友人・知人群 (0.46) > 家族群 (0.42) > 他人群 (0.36) の関係となっていることが分かる。他人群が最も低いパス係数となっている理由として、感謝や社会的価値が高い人間であっても見ず知らずの他の他人に対して向社会的行動を行う場合、家族や友人・知人に比べて心理的ハードルが高く感じる回答者がいたためと考えられる。また、友人・知人群が家族群よりも向社会的行動のパス係数が少し低い理由として、家族に対する向社会的行動は友人・知人に対する向社会的行動に比べると社会的価値と関係なく行われる傾向があるからと考えられる。以上を要約すると、本研究の仮説モデルは、感謝感情を感じている人は、周囲の人からの援助してもらっていることに気づいていて、困難な出来事があったとしても、なんとかなると自信を持っていたり、人との繋がりを大事にしていたりするため、他人の役に立つ行動を行っていることを意味するものと言える。

向社会的行動誘発行動変容に向けて介入手法が検討できる。つまり、社会的価値を刺激しながら感謝行動を促進することで向社会的行動を誘発することが考えられる。例えば、「感謝のメッセージを送りましょう。きっとその方はいいなと思ってくれるはずです。」等が考えられる。

## 8. 今後の展望

本研究においては感謝行動が向社会的行動を誘発する心理プロセスを明らかにした。これらの媒介因子は人間を介在せずテキストメッセージや音声によっても刺激することが考えられるため、機械学習と IoT システムを用いた向社会的行動誘発行動変容の自動化への活用が期待される。

行動変容における介入手法として、人の行動を後押しすることで介入者の意図した行動を促す介入手法である Inducements と説得によって本人に目標の実現を促す介入手法である Persuasion の 2 つが知られている [30]。図 7 に Inducements と Persuasion の違いを表す。Inducements のひとつとしてナッジが存在し、公衆衛生や健康医療など幅広い分野で実施されている<sup>\*2</sup>。代表的なナッジの例としてはコンビニエンスストアの床に足を置く場所のマークを描き、整列を促すというものがある<sup>\*3</sup>。一方 Persuasion は健康医療などの分野で用いられ、健康管理を促すアプリで本人の目標実現に向けて習慣改善の説得を行っていくものが有名である<sup>\*4</sup>。図 7 で示すように Inducements は反応時間が短く短期で効果が出現する特徴を持つ一方で、持続性が短いという課題が知られている。一方で、Persuasion は効果が出現するまで時間を要する課題が存在するが、効果が現れると Inducements に比べると持続性が長く習慣化に

<sup>\*2</sup> ナッジとは?: <https://www.env.go.jp/content/900447800.pdf>

<sup>\*3</sup> 新型コロナウィルス感染症対策における市民の自発的な高度変容を促す取組（ナッジ等）の募集について（結果）: <https://www.env.go.jp/content/900447771.pdf>

<sup>\*4</sup> au ウェルネスアプリ: <https://wellness.auone.jp/>

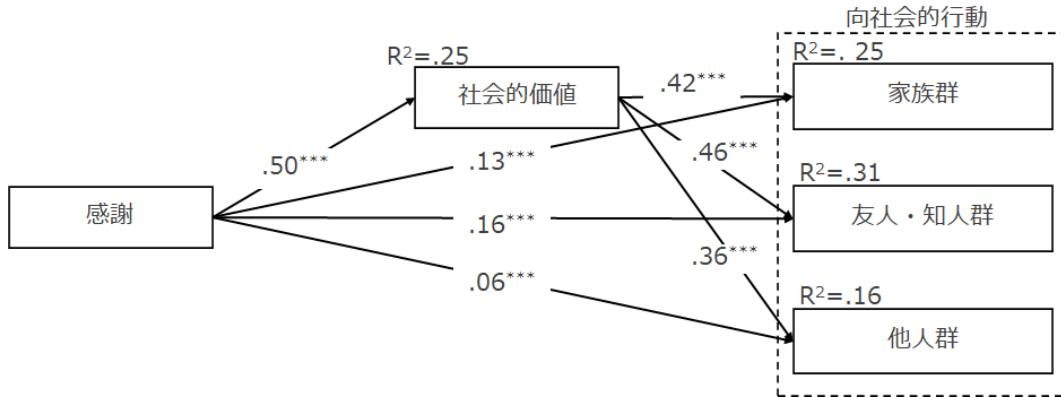


図 6 SEM により分析したモデルの結果 (\*\*p &lt; .001)

介入手法		手法の違い				効果の違い	
既存手法	Inducements	介入目的	目標設定	反応時間	持続性	効果持続イメージ	
		他者が意図・設定した目標を実現するための介入	不要	短い	低い		
提案手法	Persuasion	本人が意図・設定した目標を実現するための介入	必要	長い	高い		
		 Inducementsによる行動誘発 Persuasionによる行動誘発と維持 認知再構成法(心療)を応用した行動結果の意義づけによる認知の修正		短い	高い	 ①効果発生の早期化 ②行動変容効果の底上げ	

図 7 行動変容における種々の介入手法と検討中のハイブリッド介入

適しているという特徴が存在する。

我々は Inducements と Persuasion それぞれの課題と特徴が相補関係にあることに注目し、Inducements と Persuasion の 2 つの介入手法を組み合わせ、ユーザの状態にあわせて適応的に介入手法を変化させるハイブリッド介入の提案を検討している。この際、Inducements と Persuasion を結び付ける役割を担うと考えているのが認知再構成法を応用した行動結果の意義づけによる認知の修正である。これは、単に Inducements と Persuasion を組み合わせただけでは、あるタイミングを境に介入が突然切り替わるため、介入の一貫性が低く、組み合わせによる効果を発揮できない可能性が考えられるためである。行動結果の意義づけを活用することで、以下のような手順で行動の誘発・習慣化を実現する。

1. Inducements によって本人が意図しない形で行動を誘発
2. 本人が起こした行動に対して行動の意義づけを実施
3. 行動の意義づけに基づき目標設定した行動の強化・習

### 慣化 (Persuasion)

ハイブリッド介入の実施の一例として、歩行者赤信号の遵守行動の誘発・習慣化を実現する次世代の信号機を考える。まず、Inducements として、赤信号のときのみ赤色に発光する足の形の待機場所マークを信号機付き横断歩道の手前に設置し、赤信号時に立ち止まる行動を誘発する。次に赤信号時に横断歩道前で待機している歩行者に対して、赤信号を遵守することで近隣の小学生の交通安全行動の模範にもなることをメッセージとして伝えることで歩行者赤信号の遵守行動の意義づけを行う（社会的価値の刺激）。また、他にも歩行者赤信号を遵守している歩行者を見つかったときに、近隣の小学生の交通安全行動の模範となっていることから感謝を伝えるように促すことも考えられる（感謝行動の誘発）。最後に歩行者赤信号の遵守率の目標などをフィードバックすることで、赤信号の遵守行動の誘発・習慣化を実現することが考えられる（Persuasion）。

ハイブリッド介入技術確立のためには状況に応じた適応的な介入手法の選択と介入の自動化が必要なことから、今

後は機械学習と IoT システムを用いた向社会的行動誘発行動変容に併せてこのハイブリッド介入の有効性についても検証を行う予定である。

## 参考文献

- [1] Cicero M. *The Orations of Marcus Tullius Cicero*. 1851.
- [2] Simmel G. *The Gift: An Interdisciplinary Perspective*. 1996.
- [3] Adam Smith and Ryan Patrick Hanley. The theory of moral sentiments. p. 494, 1976.
- [4] Monica Y. Bartlett and David DeSteno. Gratitude and prosocial behavior : Helping when it costs you. *Psychological Science*, Vol. 17, No. 4, pp. 319–325, 4 2006.
- [5] Yu Komase, Kazuhiro Watanabe, Daisuke Hori, Kyosuke Nozawa, Yui Hidaka, Mako Iida, Kotaro Imamura, and Norito Kawakami. Effects of gratitude intervention on mental health and well-being among workers: A systematic review. *Journal of Occupational Health*, Vol. 63, No. 1, p. e12290, 1 2021.
- [6] Yu Komase, Kazuhiro Watanabe, Kotaro Imamura, and Norito Kawakami. Effects of a Newly Developed Gratitude Intervention Program on Work Engagement Among Japanese Workers: A Pre- and Posttest Study. *Journal of occupational and environmental medicine*, Vol. 61, No. 9, pp. E378–E383, 9 2019.
- [7] Philip C. Watkins, Michael Van Gelder, and Araceli Frias. Furthering the Science of Gratitude. *The Oxford Handbook of Positive Psychology*, (2 Ed.), 7 2009.
- [8] Michael E. McCullough, Robert A. Emmons, and Jo-Ann Tsang. The grateful disposition: a conceptual and empirical topography. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 82, No. 1, pp. 112–127, 2002.
- [9] Sara B. Algoe. Find, Remind, and Bind: The Functions of Gratitude in Everyday Relationships. *Social and Personality Psychology Compass*, Vol. 6, No. 6, pp. 455–469, 6 2012.
- [10] David DeSteno, Monica Y. Bartlett, Jolie Baumann, Lisa A. Williams, and Leah Dickens. Gratitude as moral sentiment: emotion-guided cooperation in economic exchange. *Emotion (Washington, D.C.)*, Vol. 10, No. 2, pp. 289–293, 4 2010.
- [11] Adam M. Grant and Francesca Gino. A little thanks goes a long way: Explaining why gratitude expressions motivate prosocial behavior. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 98, No. 6, pp. 946–955, 6 2010.
- [12] Albert Bandura. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, Vol. 84, No. 2, pp. 191–215, 3 1977.
- [13] Stephen Kaplan and Rachel Kaplan. Health, Supportive Environments, and the Reasonable Person Model. *American Journal of Public Health*, Vol. 93, No. 9, p. 1484, 2003.
- [14] 菊池章夫. 向社会的行動の発達. *教育心理学年報*, Vol. 23, No. 0, pp. 118–127, 3 1984.
- [15] Albert Mehrabian and Norman Epstein. A measure of emotional empathy. *Journal of personality*, Vol. 40, No. 4, pp. 525–543, 1972.
- [16] 菊池章夫. 思いやりを科学する：向社会的行動の心理とスキル. 1988.
- [17] TAKAKO SUZUKI. Some Factors Influencing Prosocial Behavior Empathy, social skill and extraversion. *THE JAPANESE JOURNAL OF EXPERIMENTAL SOCIAL PSYCHOLOGY*, Vol. 32, No. 1, pp. 71–84, 7 1992.
- [18] 櫻井茂男, 葉山大地, 鈴木高志, 倉住友恵, 萩原俊彦, 鈴木みゆき, 大内晶子, 及川千都子. 他者のポジティブ感情への共感的反応と向社会的行動, 攻撃行動との関係. *心理学研究*, Vol. 82, No. 2, pp. 123–131, 2011.
- [19] 長谷川沙羅, 井上久美子. 幼児の向社会的行動を促進する大人の関わり方に関する一考察 - 九大コレクション — 九州大学附属図書館. *九州大学総合臨床心理研究*, Vol. 12, pp. 7–12, 3 2021.
- [20] Irving M. Piliavin, Judith Rodin, and Jane A. Piliavin. Good samaritanism: an underground phenomenon? *Journal of personality and social psychology*, 1969.
- [21] Bernard Weiner. A cognitive (attribution)-emotion-action model of motivated behavior: An analysis of judgments of help-giving. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, No. 2, pp. 186–200, 1980.
- [22] 一夫川島. 愛他行動における認知機能の役割—その情況要因と個人内要因の検討. 風間書房, 1991.
- [23] 伊藤順子. 幼児の向社会性についての認知と向社会的行動との関連：遊び場面の観察を通して. *発達心理学研究*, Vol. 17, No. 3, pp. 241–251, 12 2006.
- [24] 柏本幸俊, 酒井智弘, 南川敦宣. 職場環境における感謝が向社会的行動に及ぼす心理プロセス. *行動変容と社会システム* vol.08, Vol. 2022, , 3 2022.
- [25] Yu Komase, Kazuhiro Watanabe, Natsu Sasaki, and Norito Kawakami. Reliability and validity of the Japanese version of the Gratitude at Work Scale (GAWS). *Journal of Occupational Health*, Vol. 62, No. 1, 1 2020.
- [26] 酒井恵子, 久野雅樹. 値値志向の精神作用尺度の作成. *教育心理学研究*, Vol. 45, No. 4, pp. 388–395, 12 1997.
- [27] 田中堅一郎. 日本版組織市民行動尺度の研究. *産業・組織心理学研究*, Vol. 15, No. 2, pp. 77–88, 2002.
- [28] Jacob Cohen. A power primer. *Psychological Bulletin*, Vol. 112, No. 1, pp. 155–159, 1992.
- [29] Li Tze Hu and Peter M. Bentler. Fit Indices in Covariance Structure Modeling: Sensitivity to Underparameterized Model Misspecification. *Psychological Methods*, Vol. 3, No. 4, pp. 424–453, 1998.
- [30] Marja Harjumaa and Harri Oinas-Kukkonen. Persuasion theories and IT design. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 4744 LNCS, pp. 311–314, 2007.

# ナッジフレームを適用した Captive Portal によるセキュリティリテラシ向上支援システムの検討と評価

松尾周汰 <sup>†1</sup> 中村優吾 <sup>†2</sup> 荒川豊 <sup>†3</sup>  
九州大学 九州大学 九州大学

## 1. はじめに

スマートフォンや SNS の普及に伴い、無線 LAN は自宅や職場だけではなく、多くの施設で利用されている。また、リモートワークの増加により、外出先でフリー WiFi を使用する機会も増えている。フリー WiFi は気軽にインターネットが利用できる利便性がある一方で、危険性を正しく理解しておかないと、盗聴やのぞき見によるウイルス感染やパスワードの流出、SNS アカウントの乗っ取りなどの被害に遭う可能性がある。総務省により自宅、公衆それぞれの無線 LAN に対する意識調査の結果、リスク自体は比較的認知されているが、どのようなリスクがあるかまで知る人は 2 割強に留まる、7 割の利用者が不安を感じるもの漠然とした不安が多い、無線 LAN を暗号化していない人は 5% に留まり、4 割強が暗号化がわからない、との結果であった。公衆無線 LAN に対する意識調査の結果、公衆無線 LAN を利用している人は約半数にのぼる。8 割強の人が無線 LAN セキュリティの知識を身につけたいと思っている一方で、利用時の暗号化確認をしていない、または暗号化がわからない人は約 65%、https 確認をしていない人は約 70% も存在している。文部科学省により実施された学校における教育の情報化の実態等の調査<sup>\*1</sup>によると、無線 LAN の設置やインターネット接続率などの ICT 環境の整備状況や、ICT の活用や情報セキュリティの基本的な知識などを指導する教員の能力には都道府県により格差があり、教育方法や教育体制が学区現場に十分に行き渡っていないとの指摘もある [1]。

そこで本研究では、情報リテラシー教育体制が未熟であり、安全なフリー WiFi の利用方法を十分に認知、理解する機会が少ないという問題に対して、Captive Portal を活

用したセキュリティリテラシ向上支援システムを提案する。Captive Portal の仕組みを持つフリー WiFi に接続しようとすると、認証画面が表示される。利用規約への同意やメールアドレスの入力などの後、接続完了画面が表示される。接続完了画面において、セキュリティリテラシを向上させるためのガイドラインへの誘導を図る。このシステムでは、効果的な学習動線のためにナッジ理論を用いる。今回の評価実験は、システムに使用する文言やインターフェースデザインのうち、効果的な文言やデザインをナッジ観点から検証するものである。システム画面の要素であるテキストが与えるリスクイメージや、ガイドラインリンクのクリックを促すテキストに適用させるナッジのフレームと、スタイルやフォントの組み合わせのうち、クリックさせるための動機付けとして効果があるものをアンケートにより調査した。その結果、具体的な影響を提示した文言が最もリスクイメージを高めること、クリックの動機付けとして、連言錯誤フレームを用いた誘導テキスト、利得フレームと赤いボタンスタイルの組み合わせ、簡単フレームと手書き文字の組み合わせが最も効果が高いことが分かった。

## 2. 関連研究

### 2.1. ナッジとは

ナッジとは選択の自由を奪ったり、金銭的報酬を変えることなく、人々が望ましい選択をするよう影響を与える手法である [2]。ナッジは人間の思考の癖を利用し、特定の選択肢に導く。思考の癖のタイプとして「限定合理性」、「限定自制心」、「限定利己心」の 3 つがある。限定合理性とは、どんなに合理的な行動を取ろうとしても、様々な制約条件によって、限定された合理性しか持ち得ないことを指す。できる限り簡単な方法を用いて満足できる選択肢を発見しようとする性質である。限定自制心とは、リスクを過大評価してしまい、時間を待つことを嫌うことを指す。限定利己心とは、自身の利益を犠牲にしてしまったり、周りと違う意見・姿勢を貫くことを難しく感じたりするとこを指す。また、人間が意思決定や物事を判断するときに、直感や今までの経験に基づく先入観によって非合理な行動をとってしまう現象が

Implementation and Evaluation of a Security Literacy Improvement Support System Using Captive Portal

<sup>†1</sup> SHUTA MATSUO, Kyushu University

<sup>†2</sup> YUGO NAKAMURA, Kyushu University

<sup>†3</sup> YUTAKA ARAKAWA, Kyushu University

\*1 [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000825536.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000825536.pdf)

\*2 [https://www.mext.go.jp/content/20220830-mxt\\_jogai02-000023485\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20220830-mxt_jogai02-000023485_1.pdf)

あり、これを認知バイアスと呼ぶ。これらの癖やバイアスは、人間の直感的な思考に作用する。人の思考や情報処理は 2 つの系統に分かれており、1 つは自動的、直感的、非論理的に無意識下で高速に処理される「システム 1」と、もう 1 つは意図的、分析的、論理的に熟慮され処理される「システム 2」があり、総称して二重過程理論 (dual process theory) と呼ばれる [3]。このシステム 1 の判断の癖を逆手に取り、意思決定の支援をするための様々なナッジツールやフレームワークが提案されている。ナッジの手法として、同じ内容でもメリット・デメリットなどの表現や提示方向を変える「フレーミング」[4]、現状から変更したくないという現状維持バイアス [5] を利用した「デフォルトオプション」などが活用されている。ナッジのフレームワークとして、英国、Behavioural Insights Team (BIT、通称「ナッジ・ユニット」)\*3 によって MINDSPACE\*4 や EAST\*5 が提案されている。MINDSPACE とは、「Messengers(メッセンジャー)」「Incentives(インセンティブ)」「Norms(規範)」「Defaults(デフォルト)」「Salience(顕著性)」「Priming(プライミング)」「Affect(情動)」「Commitments(コミットメント)」「Ego(エゴ)」の頭文字を取っている。EAST とは、「Easy (簡単)」「Attractive (魅力的)」「Social (社会的)」「Timely (タイミング)」の頭文字を表しており、MINDSPACE と同様の内容を含むが、4 つに絞っている。

## 2.2. プライバシー選択におけるナッジデザイン選好

オンライン環境におけるプライバシー関連のナッジデザインの研究 [6] では、Slack 上でのプライバシーに関する意思決定をするインターフェースに対し、7 種類のナッジを用いてデザインを作成し、ベスト・ワースト・スケーリング法 (BWS) によりユーザーの選好調査を行った。その結果、ユーザーは視覚的なデザインや赤や緑といった色に基づくナッジを好む一方で、情報提供やフィードバックのようなテキスト要素に基づくナッジは、あまり好まれないことが明らかになった。色の表示とフレーミングによるナッジは、理解がしやすく、プライバシー関連の情報を公開するかどうかの意思決定を迅速に行うことに役に立つことが分かった。しかし、時間制限のようなプレッシャーをかけるものは最も好まれなかったため、設計する際には注意すべきだとされた。課題として、プライバシーナッジに対するユーザーの選好は明らかになったが、実際のデジタル作業環境における有効性が明らかになったわけではない。そのため、最も好まれたものが効果があり、最も好まれなかつたものが効果がないとは言えない。また、デザイン対象を Slack に

限定しているため、より一般的な環境での効果は定かではない。

## 2.3. プライバシー選択におけるナッジ文言の影響

SNS におけるプライバシー保護に関する研究 [7] では、青年向けの仮想 SNS にて、画像アップロード時にナッジを含んだ情報の提供が、プライバシー保護や危険回避に対して効果があるかを検証している。シナリオとして、友人と一緒に撮影した画像、住所や通学路がわかる画像などをアップロードする状況を想定する。「友達が嫌がるかも」や「95% の人はあげないそうだよ」といったプライバシーに関する情報が提供された結果、共有することに明確な合意が取れていないシナリオではアップロードをしない選択をするようになる効果があった。しかし、安全に配慮した選択を行うべきという認識がすでにあるシナリオでは効果がなかった。また、ナッジの文章は否定的な表現で記述する必要があることも分かった。この研究の課題として、仮想的な環境を想定しているため、ユーザー自らが撮影した写真を使用していない、実際の投稿が自分のアカウントと紐づいて反映されないなど、実世界への影響はない状況での実験であることが挙げられる。また、Instagram では写真の共有をしないが、Facebook では写真を共有するといった、プラットフォームによって異なる振る舞いをとる可能性もある。

## 2.4. セキュリティ選択におけるナッジデザインの影響

セキュリティ選択とナッジの組み合わせの研究 [8] では、公衆 WiFi 選択、クラウドサービスの選択、スマートフォンの暗号化、パスワード生成というサイバーセキュリティに関する 4 つのシナリオにおいて、3 種類のナッジの効果検証を行っている。ナッジの種類は、色や図表を用いた、直感に訴えかける変更を行う Simple Nudge、選択に関する説明による情報提供を行う Information Nudge、Simple と Information を組み合わせた Hybrid Nudge に分けられる。初回実験を行った 2 週間後にも同様の実験をナッジなしの状態で行い、初回のナッジの持続性についても検証を行なっている。実験の結果、全てのシナリオにおいて、ナッジを用いるとよりセキュアな選択をすること、Hybrid Nudge が一番効果的であることが分かった。しかし、2 週間後のプレーンな条件ではセキュアな選択をすることはなく、ナッジの持続性については認められなかった。この研究の課題として、仮想環境のアンケートフォーム上の実施であったため、実世界における選択と異なる可能性があること、ナッジの教育的な効果についての検証がされていないことが挙げられる。

\*3 <https://www.bi.team>

\*4 <https://www.bi.team/publications/mindspace/>

\*5 <https://www.bi.team/publications/east-four-simple-ways-to-apply-behavioural-insights/>

## 2.5. 本研究の位置付け

上記関連研究では、プライバシー選択やセキュリティ選択における効果的なナッジデザインがある程度明らかになっているものの、これらナッジの効果はその場その限りであり、選択結果のフィードバックとしての教育的効果はまだ十分に理解されていない。また、色の表示やテキストに関するナッジデザインの研究は行われているものの、ナッジのフレームと色やフォントとの相性・効果はまだ十分な研究は行われておらず、検討の余地がある。そこで、本研究では、フリー WiFiへの接続が完了した画面を想定し、セキュリティリテラシの向上支援を促す効果の高い、テキスト要素のナッジフレームや、各ナッジフレームと色やフォントなどのスタイルの関係を評価する。

## 3. 評価項目

今回提案するシステムの画面は、図 1 に示す見出し、図 2 に示す無線 LAN のセキュリティに関するガイドライン<sup>\*6</sup>へのリンクとガイドラインのクリックを促す誘導テキストから構成される。それぞれの要素について、比較評価するポイントを挙げる。

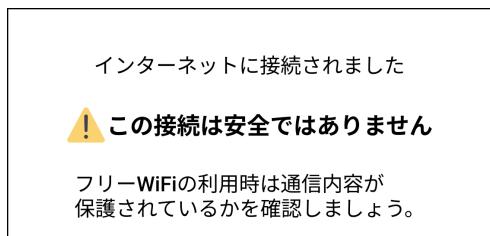


図 1 ベースの見出しテキスト

Figure 1 Base Heading Text

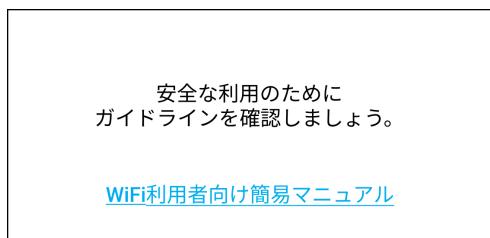


図 2 ベースの誘導テキスト (上部) とリンク (下部)

Figure 2 Base Guide and Link

## 3.1. 見出しテキスト

インターネットに接続された後の見出し表現として、どの程度危険性を感じるかを調査した。ベースラインと比較して、明確な表現、具体的な表現、具体的かつ専門的な表現の比較を行った。各フレームと見出しテキストを表 1 に示す。

表 1 フレームと見出しテキスト

Table 1 Heading text per frame

フレーム	テキスト
ベース	この接続は安全ではありません
明確	この接続は危険です
具体的	この接続は盗聴される可能性があります
具体 + 専門的	この接続は暗号化されていません

## 3.2. 誘導テキスト

安全な利用のためのガイドライン誘導テキストに対し、どの程度リンクをクリックしたいと思うかを調査した。ベーステキストに対して 4 種類 5 個のフレームを適用した。MINDSPACE の「Messengers」と「Norms」、EAST の「Social」に基づき、権威のある人物や重要な人からの情報であること、他の人がやっている社会規範となることを組み合わせ、権威 + 同調の 2 つのフレームを作成した。MIDSPACE の「Incentives」に基づき、その行動を取らないと損するように思えることを用いて損失回避フレームを作成し、デメリットではなくメリットを伝えるためにフレーミング効果 [4] を用いて利得フレームを作成した。これらフレームワークからの選択以外にも、代表性ヒューリスティックという認知バイアスを利用して連言錯誤フレームを作成した。代表性ヒューリスティックとは、ある事象が、典型例との程度似ているかや、当該のカテゴリーの代表的な特徴をどの程度備えているかといったことをもとにして、その事象の生起頻度や生起確率を判断する方法であり、これにより迅速かつ効率的に判断を下すことができる [9][10]。連言錯誤とはこの代表性ヒューリスティックを利用し、単一事象（単元事象）よりも、複数状況が重なる事象（連言事象）の方が起こりやすいと誤って判断される現象を指す [10]。各フレームと、そのフレームを用いて作成した誘導テキストを、表 2 に示す。

## 3.3. リンクテキスト

リンクテキストに対し、どの程度リンクをクリックしたいと思うかを調査した。リンクのベーステキストに対し、3 種類のナッジフレームを適用し、ベーススタイルに対し、4 種類のカラースタイルを適用した。

<sup>\*6</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/cybersecurity/wi-fi/](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/cybersecurity/wi-fi/)

表 2 ナッジフレームと誘導テキスト

Table 2 Guidance text with nudge frames applied

フレーム	テキスト
ベース	安全な利用のためにガイドラインを確認しましょう。
権威 + 同調 1	総務省によると約 80% の人が無線 LAN セキュリティの知識を学びたいと回答しています。ガイドラインを確認しましょう。
権威 + 同調 2	総務省によると約 3 人に 1 人が通信の暗号化や https の確認をしています。ガイドラインを確認しましょう。
損失回避	安全な接続をしない場合、あなたの重要なデータが抜き取られる可能性があります。ガイドラインを確認しましょう。
利得	安全な利用をすることで、あなたの重要なデータを保護できます。ガイドラインを確認しましょう。
連言錯誤	安全な接続をしない場合、SNS やメールをのぞき見されたり、閲覧している Web サイトの履歴を窃取されたりするリスクがあります。その結果、ウイルスに感染したり、パスワードが盗まれる可能性があります。ガイドラインを確認しましょう。

### 3.3.1 リンクテキストのフレーム

EAST の「Incentives」に基づき、損失回避フレームを、メリットを伝えるフレーミングを用いて利得フレームを作成した。EAST の「Easy」に基づき、そのリンクから何が得られるかのメッセージをシンプルにする簡単フレームを作成した。各フレームと、そのフレームを用いて作成したリンクテキストを表 3 に示す。

表 3 ナッジフレームとリンクテキストスタイル

Table 3 Frame and Link Text Style

フレーム	テキスト
ベース	WiFi 利用者向け簡易マニュアル
損失回避	危険を回避するために確認する
利得	安全のために確認する
簡単	セキュリティに詳しくなる

### 3.3.2 リンクテキストのスタイル

色彩心理学において、代表的な色へのイメージや心象へ与える効果は明らかになっており、心理的・生理的・感情

的な影響を与える [11][12]。積極的・危険のイメージを持つ赤、親和的なイメージを持つオレンジ、安らぎのイメージを持つ緑、消極的・知的なイメージを持つ青を選択した。それぞれの色が持つ効果と適用したスタイルを表 4 に示す。

表 4 効果とカラースタイル

Table 4 Effects and color styles

効果	カラースタイル
ベース	ノーマルリンク <b>WiFi利用者向け簡易マニュアル</b>
危険	赤いボタン <b>WiFi利用者向け簡易マニュアル</b>
親しみ	オレンジのボタン <b>WiFi利用者向け簡易マニュアル</b>
安らぎ	緑のボタン <b>WiFi利用者向け簡易マニュアル</b>
知的	青のボタン <b>WiFi利用者向け簡易マニュアル</b>

### 3.3.3 リンクテキストのフォント

フォントの違いによるイメージの伝達効果に関する研究では、フォントにある視覚情報が与えるイメージそのものよりも、そのフォントが置かれた環境に左右されると推測され、相対的なものであると考えられている [13]。また、和文書体フォントの印象の因子構造に関する研究では、ゴシック体は親しみやすさを重視し、明朝体は安定性を重視するフォントであると分析されている。さらに、手書き文字を含む、動的に描画されたコンテンツは、静的な書体テキストの方が好まれるが、魅力的に感じるユーザーがいることが分かっている [14]。今回は、一般的に Web フォントとして使用されているゴシック体と明朝体に加え、手書き文字の 3 種類を用意した。Android や ChromeOS でデフォルトで使用されるフォントである「Roboto」をベースとし、明朝体として「Noto Serif JP」、手書きスタイルとして、手書き文字のスキャン画像を用いた。各フォントの種類と表示を表 5 に示す。

## 4. アンケート調査

3 章の内容を評価するため、Google Form によるアンケートを実施した。見出しテキストのイメージ調査には SD 法 (Semantic Differential Methods) を用いた [15]。SD 法とは、人がテキストや色彩、図形、人物や商品に抱くイメージを測定するための手法である。SD 法では、相反する形容詞

表5 フォントの種類と表示

Table 5 Font type and display

フォントスタイル	表示
ベース (Roboto)	WiFi利用者向け簡易マニュアル
Noto Sefif JP	WiFi利用者向け簡易マニュアル
手書き	WiFi利用者向け簡易マニュアル

が左右に配置され、左右の語のイメージに対象がどれだけ近いかを判定する。本調査では、防災の文脈で実施された、SD 法によるリスクイメージの調査で用いられた形容詞 12 個のうち [16]、セキュリティの文脈にも適用できる 5 つを選抜した。設問項目は図 3 に示す。表示画像は、図 1 のうち、太字部分の文言を、表 1 のテキスト毎に変化させ、全 4 パターンで調査した。「表示されている画面を見た時に感じるイメージについて、当てはまるものを選択してください」という質問文のもと、左側から 1・5 番目を「非常に当てはまる」、2・4 番目を「やや当てはまる」、3 番目を「どちらでもない」とし、各項目を 5 件法で聴取した。

誘導テキストとリンクテキスト調査にはリッカート尺度を用いた。誘導テキストのフレーム調査では、図 2 のうち下部のリンク部分をベーステキスト・ベーススタイルで固定させ、上部の誘導テキスト部分を表 2 の 6 種類で調査した。リンクテキストのフレーム・スタイル調査では、図 2 のうち上部の誘導テキスト部分をベーステキストで固定し、下部のリンクテキストを表 3 の 4 種類、リンクスタイルを表 4 の 5 種類で変化させた。それぞれを組み合わせ、 $4 \times 5 = 20$  パターンで調査した。リンクテキストのフォント調査では、図 2 のうち上部の誘導テキスト部分をベーステキストで固定し、下部のリンクテキストを表 5 の 3 種類で調査した。これらの調査全てにおいて、「このガイドラインへのリンクをクリックしたいと思いますか?」という質問文のもと、「思わない」を 1、「思う」を 7 として、各項目 7 件法で聴取した。

## 5. 評価と考察

理系/文系問わない 20 代の大学生、大学院生を中心とした回答に加え、SNS 上でも回答を募集した。56 件の回答が集まり、全 56 件を有効な回答として、評価と考察を行う。

### 5.1. 見出しテキスト

見出しテキストに対する SD 法の評価として、5 件法のうち、左側からそれぞれ 1~5 点とし、各形容詞ごとの平均値を算出した。図 3 に各フレームに対する評価結果を示す。

いずれの形容詞に対しても、具体的、明確、ベース、具体 + 専門的の順でスコアが高い結果となった。このことより、具体的な被害を表す文言を使用することで、リスクイメージが高くなることが分かった。一方で、具体的かつ専門的な文言、今回の調査における「暗号化」という用語は、言葉に対する理解が低い人にとっては、リスクイメージがつきづらく、効果が薄いと考えられる。これはベースラインよりもスコアが低いため、注意喚起のシーンにおいて、用語への共通理解があると言えない場合は、専門用語を使用するのは避けるか、もしくは用語に対する説明を加えるべきである。

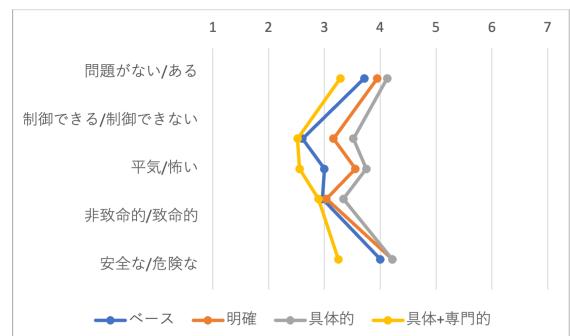


図 3 誘導テキストの各フレームと印象

Figure 3 Each frame and impression of the guidance text

### 5.2. 誘導テキスト

誘導テキストに対する調査の結果として、7 件法の各値を 1~7 点とし、平均値と分散を算出した。表 6 に各フレームに対する評価結果を示す。最もスコアが高かったものは、連言誤謬フレームを用いたものであり、次に、権威 + 同調 1 のフレームであった。連言誤謬のフレームは、情報量が多く、より具体的な被害の可能性を示唆するため、たとえ起こる可能性が低くとも、最悪のケースの被害を想像しやすい。その最悪のケースを避けようとする働きから、ガイドラインを確認しようとする強い動機付けが行われたと考えられる。同じ権威 + 同調フレームでも、1.19 ポイントの差が出ている。権威要素である「総務省」という単語は共通しているが、同調の割合が、1 つ目のフレームは「約 80% の人」、2 つ目のフレームは「約 3 人に 1 人」と、1 つ目の方が表している人数の割合が大きく、同調効果が強められたと考えられる。2 つ目のフレームは全フレームの中で最もスコアが低い。「暗号化」「https」という専門的な文言が使われており、見出しテキストの考察結果同様、危険のイメージがつきにくいためクリックの動機付け効果が小さかったと考えられる。損失回避と利得のフレームでは、「あなたの重要なデータ」という文言は共通させ、フレーミングを用いて対

策のための表現を変えた。その結果、利得の方が 0.7 ポイントスコアが高かった。損失回避フレームで用いた「抜き取られる」という受動的な被害よりも、「保護できる」という能動的な行動の方がイメージがつきやすいことが要因であると考えられる。これらのフレームを用いた場合、ベースのテキストよりもスコアが高いことから、セキュリティリテラシ向上のためのガイドライン誘導テキストにはナッジフレームを用いることは有効であると言える。

表 6 誘導テキストのフレームごとの評価

Table 6 Evaluation of guidance text by frame

フレーム	平均値	分散
ベース	2.63	1.72
権威 + 同調 1	<b>3.73</b>	2.09
権威 + 同調 2	2.54	1.48
損失回避	3.04	1.55
利得	3.21	1.84
連言錯誤	<b>3.82</b>	2.04

### 5.3. リンクテキストのフレームとスタイル

リンクテキストとフレームのスタイルに対する調査の結果として、7 件法の各値を 1~7 点とし、平均値と分散を算出した。表 7 に各フレームとスタイルに対する評価結果を示す。利得フレームと赤いボタンの組み合わせが最もスコアが高かった。また、ベースフレーム以外の全てのフレームにおいて、赤いボタンを用いた場合がスコアが高かった。これらより、積極的・危険な印象を与える赤いボタンは、ガイドラインのクリックへの動機付けの力が強いと分かった。全てのフレームでベーススタイルは最もスコアが低く、一般的にリンクを表す下線付きのテキストよりも、ボタンスタイルを適用することで、クリックへの動機付けの力が増すと考えられる。

### 5.4. リンクテキストのフレームとフォント

リンクテキストとフレームのフォントに対する調査の結果として、7 件法の各値を 1~7 点とし、平均値と分散を算出した。表 8 に各フレームとスタイルに対する評価結果を示す。ベースフレームと明朝体の組み合わせが最もスコアが高く、「マニュアル」というテキストの公式文書のイメージを強める効果があると考えられる。損失回避フレーム、利得フレームのどちらも手書き文字との組み合わせで最もスコアが高かった。手書き文字は web フォントと特性が異なることで、注目を集め効果があると考えられるが、簡単フレームでは最もスコアが低かった。損失回避、利得フレームを用いたリンクテキストの「確認する」と同じく、簡単フ

表 7 リンクテキストのフレームとスタイルの評価

Table 7 Evaluate frame and styling of link text

フレーム	スタイル	平均値	分散
ベース	ベース	2.70	1.54
	赤いボタン	2.98	1.52
	オレンジのボタン	3.05	1.49
	緑のボタン	3.04	1.50
	青のボタン	3.00	1.63
損失回避	ベース	2.75	1.54
	赤いボタン	<b>4.05</b>	1.85
	オレンジのボタン	3.39	1.34
	緑のボタン	2.89	1.34
	青のボタン	3.04	1.35
利得	ベース	2.66	1.53
	赤いボタン	<b>4.11</b>	1.82
	オレンジのボタン	3.61	1.61
	緑のボタン	3.57	1.44
	青のボタン	3.21	1.57
簡単	ベース	2.46	1.54
	赤いボタン	<b>3.07</b>	1.55
	オレンジのボタン	2.88	1.32
	緑のボタン	2.96	1.45
	青のボタン	2.89	1.49

レームを用いたリンクテキストでは「詳しくなる」という自主的な行動を示しているが、差分の要因はまだ調査の必要があると言える。簡単フレームを用いたものの中ではベースの Roboto フォントとの組み合わせで最もスコアが高くなり、シンプルな文言とデフォルトのフォントの相性が良いことが分かった。

## 6. 課題と今後の方針

本調査の課題として、アンケートの実施が Google Form 上であったことから、リアリティ性が十分でなかったことや、アンケート回答者のセキュリティリテラシが高い可能性があり、ベースのリテラシを考慮すべきであることが挙げられる。また、従来研究において課題とされる、仮想環境での調査と現実世界との選択の差異の考慮が必要である。今後の研究方針として、今回の調査結果をもとに、ナッジフレームを適用したセキュリティリテラシ向上支援システムのインターフェースを構築する。また、実際のインターネット接続環境において、Captive Portal によるリテラシ向上支援システムを持つフリー WiFi に接続した際の、ガイドラインのクリック率の測定に取り組む。

表8 リンクテキストのフレームとフォントの評価

Table 8 Evaluate frame and font of link text

フレーム	フォント	平均値	分散
ベース	ベース	2.02	1.34
	明朝体	<b>2.96</b>	1.71
	手書き文字	1.95	1.38
損失回避	ベース	1.95	1.23
	明朝体	2.66	1.54
	手書き文字	<b>2.71</b>	1.47
利得	ベース	2.50	1.40
	明朝体	2.32	1.39
	手書き文字	<b>2.75</b>	1.59
簡単	ベース	<b>2.75</b>	1.54
	明朝体	2.59	1.44
	手書き文字	1.98	1.38

## 7. おわりに

本研究では、セキュリティリテラシ向上支援システムに効果的な文言やナッジフレームとスタイル、フォントをGoogle Form 上で調査した。見出しテキストとして、具体的な内容を提示することでリスクイメージを高めること、ガイドラインへの誘導テキストとして、権威 + 同調フレームを用いることでガイドラインクリックへの動機付けの効果を高めることが分かった。また、セキュリティに関する専門的な用語を用いると、見出しのリスクイメージが下がること、誘導テキストのガイドラインのクリックへの動機付けの効果が下がることが分かった。ガイドラインリンクとして、利得フレームと赤いボタンスタイルの組み合わせ、ベースフレームと明朝体スタイルの組み合わせが最も動機づけの効果があることが分かった。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金(19KT0020)および東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 堀田龍也, 佐藤和紀日本の初等中等教育における情報リテラシーに関する教育の動向と課題, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, Vol. 13, No. 2, pp. 117–125 (2019).
- [2] Leonard, T. C.: Richard H. Thaler, Cass R. Sunstein, Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness (2008).
- [3] Stanovich, K. E. and West, R. F.: Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate?, *Behavioral and brain sciences*, Vol. 23, No. 5, pp. 645–665 (2000).
- [4] Tversky, A. and Kahneman, D.: The framing of decisions and the psychology of choice, *Behavioral decision making*, Springer, pp. 25–41 (1985).
- [5] Kahneman, D., Knetsch, J. L., Thaler, R. H. et al.: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias, *Journal of Economic perspectives*, Vol. 5, No. 1, pp. 193–206 (1991).
- [6] Schöbel, S., Barev, T. J., Janson, A., Hupfeld, F. and Leimeister, J. M.: Understanding user preferences of digital privacy nudges—a best-worst scaling approach, *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (2020).
- [7] Masaki, H., Shibata, K., Hoshino, S., Ishihama, T., Saito, N. and Yatani, K.: Exploring Nudge Designs to Help Adolescent SNS Users Avoid Privacy and Safety Threats, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1–11 (online), 10.1145/3313831.3376666 (2020).
- [8] Zimmermann, V. and Renaud, K.: The Nudge Puzzle: Matching Nudge Interventions to Cybersecurity Decisions, *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol. 28, No. 1 (online), 10.1145/3429888 (2021).
- [9] Kahneman, D. and Tversky, A.: On the psychology of prediction., *Psychological review*, Vol. 80, No. 4, p. 237 (1973).
- [10] Tversky, A. and Kahneman, D.: Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment., *Psychological review*, Vol. 90, No. 4, p. 293 (1983).
- [11] 大山正色彩の心理的効果, 照明学会雑誌, Vol. 46, No. 9, pp. 452–458 (1962).
- [12] 相馬一郎色彩の心理効果, 色材協会誌, Vol. 58, No. 9, pp. 548–557 (1985).
- [13] 石原次郎, 熊坂亮フォントの違いによるイメージの伝達効果, 独語独文学研究年報, Vol. 29, pp. 25–40 (2002).
- [14] Ram, A. and Zhao, S.: Does Dynamically Drawn Text Improve Learning? Investigating the Effect of Text Presentation Styles in Video Learning, *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '22, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), 10.1145/3491102.3517499 (2022).
- [15] Osgood, C. E.: Method and theory in experimental psychology. (1953).
- [16] 城戸楓, 小崎恭弘, 阿川勇太, 小崎遼介, 上野公嗣, 瀧川光治, 田辺昌吾, 野澤祥子 COVID-19 下におけるリスクイメージと対処意識が保育士と保護者の信頼関係に与える影響に関する検討, 防災教育学研究, Vol. 1, No. 2, pp. 49–61 (2021).

# 映画館チケット予約システムの上映回選択画面における 混雑回避を目的としたナッジの効果について

鶴沼 亘<sup>†1</sup> 間邊 哲也<sup>†2</sup>  
埼玉大学 埼玉大学

## 1. はじめに

現在、日本では少子高齢化に伴い、働き手、つまり、生産年齢層の人口比率が低下の一途を辿っている。働き手不足への対策として、自動化システム・AI(Artificial Intelligence)・ロボット・DX(Digital Transformation)などが導入されているが、今後も生産年齢人口比率が低下していくことを考えると、さらなる対策が必要である。また、近年のコロナ禍における感染症予防を目的とした混雑回避を促す施策(例えば、日時指定チケットの販売[1]やポイント付与による時差通勤の促進[2]など)がスタッフ配置・数の最適化に繋がっている。そのため、施設利用者の混雑回避を促す施策が結果として、働き手不足の解消へ寄与すると考えられる。

人の行動変容を促す手法として「ナッジ」[3]がある。「ナッジ」は、強制的な手法を用いたり、経済的なインセンティブを大きく変えたりせずに、人の行動を望ましい選択に導く手法であり、様々な分野で行動変容への効果が実証されている。そこで、本論文では、不特定多数が利用する需要が高い施設において、施設利用者の混雑回避を促すためのナッジの考案と効果検証を行う。施設利用者の時間的・空間的なピークシフトを実現することで、スタッフ配置・数の最適化による働き手不足の解消に加えて、それに伴う人件費の削減、さらには、施設側の多大な設備投資の削減や感染症拡大防止を目指す。

## 2. ナッジに関する従来研究

「ナッジ」[3]は Thaler と Sunstein が提唱した行動経済学の概念である。文献[3]において、ナッジは「選択を禁じることも、経済的なインセンティブを大きく変えることもなく、人々の行動を予測可能な形で変える選択アーキテクチャのあらゆる要素」と定義されている。ここでの「選択アーキテクチャ」は、人が意思決定をする際の環境を意味している。ナッジの代表例としては、小便器にハエの絵を描き、狙いたくなる心理を利用して清掃費の削減に繋がった事例や臓器提供の意思表示をオプトアウト方式にすること

で同意率を向上させた事例などが挙げられる。

ナッジは、健康増進やオンライン上のセキュリティの強化、環境問題への対策など、様々な目的で用いられている。健康増進のためのナッジに関する研究の例として、オンラインスーパーで健康的な食品の購入を促すナッジの効果を調査しているもの[4]や社会規範を用いたナッジにより、病院訪問者の手指消毒剤の使用を増やす試み[5]などが挙げられる。オンライン上のセキュリティの強化のためのナッジに関する研究の例として、オンライン上のパスワード強化のために個人に合わせたナッジを提示した場合の効果を調査している研究[6]や安全なワイヤレスネットワークの選択を促すためにワイヤレスネットワークの表示順序の操作や文字の色の変更するナッジの効果を調査した研究[7]などが挙げられる。環境問題への対策のためのナッジに関する研究の例として、家庭内でより高いレベルのリサイクルを行うための支払い額の増加のために、社会規範を用いたナッジを提示した場合の効果を調査している研究[8]や再生可能エネルギーの契約を増加させるためにはどのような種類のナッジが効果的かを調査している研究[9]などが挙げられる。

ナッジは混雑回避を促す施策としても用いられている。ナッジを用いた混雑回避を促す施策の例として、クーポン付与による路線バスの通勤ラッシュの混雑緩和[10]や密を避けた観光の実現[11]、さらに、ポイント付与による時差通勤の促進[2]やバス車内の混雑緩和[12]などが挙げられる。一方でこれらの施策は、クーポンやポイントの付与といった経済的インセンティブに頼ったものがほとんどであり、施策を打ち出す側の経済的負担が大きくなってしまう。そのため、施策が持続せずに打ち切られてしまい、ナッジによりもたらされた混雑回避への意欲が消失してしまう可能性がある。そこで、本論文では、施設利用者の混雑回避を促すための「経済的インセンティブに頼らない」ナッジの考案とその効果検証を行う。

Effectiveness of Nudges to Avoid Congestion in Showtime Selection Screen of Movie Theater Ticket Reservation System

†1 WATARU UNUMA, Saitama University

†2 TETSUYA MANABE, Saitama University

### 3. 経済的インセンティブに頼らない混雑回避のためのアプローチ

#### 3.1. 不特定多数が利用する需要が高い施設におけるアプローチ

施設利用者の混雑回避を促すためのアプローチは大きく二つ考えられる。一つ目は、ショッピングモールやテーマパークなどの利用者が自由に移動できる施設において、混雑状況の収集・可視化による知覚範囲の拡大とナッジを組み合わせて、混雑しているエリア・時間帯の回避を促すアプローチである。二つ目は、映画館や新幹線などのチケット購入時に時間・エリア指定が可能な施設において、チケット購入画面にナッジを適用し、混雑しているエリア・時間帯の回避を促すアプローチである。

一つ目のアプローチの実現にはいくつかの課題がある。まず、位置特定性能により、提示する混雑状況の質が左右されてしまう。また、屋内では GPS の電波が届きにくく GPS の利用が困難であるため、位置特定システムの構築が必要となる。位置特定システムの構築を既存システムのみで早期に実現するためには、経済的コストや時間がかかるため、施策の準備段階における施策者側の負担が大きくなってしまう。

よって、本論文では、施策者側にとって導入しやすいと予想される二つ目のアプローチにより、施設利用者の混雑回避の実現を目指す。ここでは、対象システムをスマートフォン上の映画館チケット予約システムの上映回選択画面とし、空いている上映回の選択を促すナッジを適用することで、施設利用者の時間的なピークシフトの実現を目指す。

#### 3.2. 映画館チケット予約システムの上映回選択画面におけるアプローチ

ここでは、ナッジのテクニックをまとめている文献 [13]に基づき、3種類のナッジを考案している。考案したナッジを適用した上映回選択画面およびナッジ未適用時の上映回選択画面を図 1 に示す。

図 1 の (a) はナッジ未適用時の画面、つまり、スマートフォン上における既存の映画館チケット予約システムの上映回選択画面を模した画面であり、赤色の三角 ( $\Delta$ ) と緑色の二重丸 ( $\odot$ ) で混雑状況が確認できる。(b) は上映回の混雑度に応じて色やイラストを追加することに加えて、空いている上映回が上に位置するような操作を行い、空いている上映回を認知しやすくすることで空いている上映回の選択を促すナッジ（以後、「視覚化ナッジ」と呼ぶ）を適用した上映回画面である。視覚化ナッジは文献 [13] における Positioning と呼ばれるテクニックを使用したナッジである。(c) は、(a) の上映回選択画面で混雑した上映回 ( $\Delta$  がついている上映回) を選択した人に対して、空いている上映



図 1 ナッジ未適用時・適用時の上映回選択画面

Figure1 Showtime selection screen when nudges are not applied and when nudges are applied.

回を提案する画面である。このように、混雑した上映回を選択した人に対して、空いている上映回の代替案を提案するための画面を新たに表示するナッジをここでは、代替案ナッジと呼ぶ。代替案ナッジは文献 [13] における Suggesting alternatives, Just-in-time prompts と呼ばれるテクニックを使用したナッジである。(d) は多数の人が混雑している時間帯を避けているという社会規範を伝えることで、空いている上映回を選択することを促すナッジ（以後、「社会規範ナッジ」と呼ぶ）を適用した上映回画面である。社会規範ナッジは文献 [13] における Enabling social comparisons と呼ばれるテクニックを使用したナッジである。

社会規範ナッジについては、社会規範ナッジの中で二つの

表 1 社会規範ナッジにおける社会規範の文面

Table1 Text of social norms in social norm nudges.

	社会規範の文面
社会規範(数値)ナッジ	本施設利用者の74%は、混雑している時間帯を避けています。
動機付け文付き社会規範(数値)ナッジ	あなたの友人/家族が感染症にかかるのを防ぎましょう。
社会規範(言語)ナッジ	本施設利用者の74%は、混雑している時間帯を避けています。
動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ	あなたの友人/家族が感染症にかかるのを防ぎましょう。
	本施設利用者の多くは、混雑している時間帯を避けています。

観点で比較を行うために4種類考案した。比較する観点の一つ目は、規範集団の表現方法の違い(言語的表現か数値的表現か)による社会規範の効果の違いである。規範集団の表現方法の違いによる効果の違いを比較した研究として、税務コンプライアンスの遵守を促すための社会規範ナッジにおける規範集団の表現方法の違いを比較した研究[14]と、がん検診の受診意向の向上のための社会規範ナッジにおける規範集団の表現方法の違いを比較した研究[15]がある。文献[14]では、数値的表現の方が言語的表現よりも効果が高いという結果が得られ、文献[15]では言語的表現の方が数値的表現よりも効果が高いという結果が得られており、これら二つの研究では逆の結果が得られている。そのため、規範集団の違いによる社会規範の効果の違いに関するさらなる知見を得るために、規範集団の表現方法に関する比較を行う。比較する観点の二つ目は、動機付け文の有無の違いによる社会規範の効果の違いである。文献[5]では、病院入口前に設置した手指消毒剤の使用量を増加させるための動機付け文ありの社会規範(文献[5]中の実際の文面:「Here we use HAND DISINFECTANT... to protect your relatives.」)の効果と動機付け文なしの社会規範(文献[5]中の実際の文面:「Here we use HAND DISINFECTANT」)の効果を比較している。文献[5]において、動機付け文がある場合とない場合での社会規範の効果は同程度であるという結果が得られている。この結果の理由として、文献[5]における動機付け文は根拠に基づいて考えられた文面ではないことが挙げられる。そのため、根拠に基づく動機付け文であれば社会規範の効果に違いが出ると考え、根拠に基づく動機付け文の有無による社会規範の効果の違いを比較する。よって、社会規範の文面は、規範集団の表現方法(数値的表現か言語的表現か)と動機付け文の有無の組み合わせである4種類考案した。まず、動機付け文なしの社会規範の文面は、「本施設利用者の74%(数値的表現の場合)/多く(言語的表現の場合)は、混雑している時間帯を避けています。」とした。動機付け文の文面は、「あなたの友人/家族が感染症にかかるのを防ぎましょう。」とした。この動機付け文は、感染症予防対策のための文章による介入の効果を調査した文献[16]の中で、効果があった文章に基づいている。文献[16]において

感染症予防対策に効果があった文章は「家族や友人の死を避けることがあなたの義務です。」であり、「家族や友人」を「友人/家族」、「死」を「感染症にかかる」として今回考案した動機付け文に反映している。ここでは、4種類の社会規範ナッジをそれぞれ、社会規範(数値)ナッジ、社会規範(言語)ナッジ、動機付け文付き社会規範(数値)ナッジ、動機付け文付き社会規範(言語)ナッジと呼ぶことにする。以上を踏まえて、表1に、考案した4種類の社会規範ナッジにおける社会規範の文面を示す。

これら合計6種類の「経済的インセンティブに頼らない」ナッジの効果を調査するための実験を実施した。

## 4. 検証実験

単体評価と一对比較法による評価により、3.2で考案したナッジの効果を調査する。被験者は46名の大学生で、年齢は18~25歳(平均:20.6、標準偏差:1.83)、男女比は男性33名(71.7%)、女性13名(28.3%)である。

### 4.1. 単体評価実験

#### 4.1.1 実験概要

ここでは、被験者は、映画を見ることと映画館の近くで時間的融通が利きやすい予定(映画館の近くで昼食を取るなど)がある日の前日に、映画館のチケットを購入するシチュエーションを想定する。被験者に求める行動は、映画を見ることの他に時間的融通が利きやすい予定がある状況で、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回を選択することである。

1人の被験者は、ナッジなし群、視覚化ナッジ群・代替案ナッジ群のどちらか一つ、社会規範(数値)ナッジ群・社会規範(言語)ナッジ群・動機付け文付き社会規範ナッジ(数値)群・動機付け文付き社会規範ナッジ(言語)群のうちどれか一つ、合計三つの群に割り当てられる。各群の被験者には、各群の名前の前に付いているナッジ条件が適用された上映回選択画面を提示し、提示した上映回選択画面を評価してもらった。よって、1人の被験者が3種類の上映回選択画面について評価を行うことになる。これは、今回参

表 2 各群で被験者に提示する上映回選択画面における上映回の時間と想定する予定の組み合わせ

Table2 Combination of showtimes and assumed schedule on the showtime selection screen presented to subjects in each group.

	ナッジなし群	視覚化ナッジ群 代替案ナッジ群	社会規範ナッジ群 (4種類)
想定する予定 のシナリオ	映画館の近くで 12:30頃に 昼食を取る	映画館の近くで 15:30頃に 間食を取る	映画館の近くで 18:30頃に 夕食を取る
上映回 の時間	9:40～11:20△ 11:40～13:20◎ 13:40～15:20△ 15:40～17:20◎	12:40～14:20△ 14:40～16:20◎ 16:40～18:20△ 18:40～20:20◎	13:30～15:30◎ 15:30～17:30△ 17:30～19:30◎ 19:30～21:30△

※表中の △ は混雑している上映回、 ◎ は空いている上映回を表している。

加する被験者の人数が少ないとためである。そのため、被験者が相対的な評価を行わないようにするための対応策として、上映回選択画面における上映回の時間と想定する時間的融通が利きやすい予定の内容を群ごとに変更した。各群における上映回の時間と想定する時間的融通が利きやすい予定の内容の組み合わせは表 2 に示している。また、各群に割り当てた被験者の人数は、ナッジなし群が 46 人、視覚化ナッジ群と代替案ナッジ群は各々 23 人、社会規範(数値)ナッジ群と動機付け文付き社会規範(数値)ナッジ群は各々 12 人、社会規範(言語)ナッジ群と動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ群は各々 11 人である。

代替案ナッジ群以外の群の被験者に対しては、提示した上映回選択画面についてのアンケートを実施した。アンケートでは、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回を選択したくなる度合いを 4 段階尺度(「選択したいと思う」～「選択したいと思わない」)で回答してもらった。各群の被験者に提示する上映回選択画面において、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回は 2 種類存在する。一つは、空いているが予定と被る時間帯の上映回(以後、「上映回 a」と呼ぶ)であり、もう一つは、空いているが予定から離れた時間帯の上映回(以後、「上映回 b」と呼ぶ)である。表 2 について、ナッジなし群における上映回 a は 11:40～13:20◎、上映回 b は 15:40～17:20◎、視覚化ナッジ群・代替案ナッジ群における上映回 a は 14:40～16:20◎、上映回 b は 18:40～20:20◎、4 種類の社会規範ナッジ群における上映回 a は 17:30～19:30◎、上映回 b は 13:30～15:30◎である。被験者は、上映回 a と上映回 b のそれについて、選択したくなる度合いを回答した。評価指標は、各群において上映回 a, b を「選択したいと思う」または「やや選択したいと思う」と回答した人の割合(以後、「選択したい派の人の割合」と呼ぶ)とした。ここで、ナッジなし群以外の各ナッジ群における上映回 a, b を選択した

い派の人の割合には、2 種類の人が含まれている。一つは、ナッジの効果以外の影響(もともと混雑が嫌いな性格であるなど)により上映回 a, b を選択したい人であり、もう一つは、ナッジの効果により上映回 a, b を選択したくなつた人である。ナッジの効果は後者の人の割合に表れるが、アンケートの結果のみではその割合を把握することはできない。一方で、ナッジなし群における上映回 a, b を選択したい派の人の割合には、ナッジの効果以外の影響による人のみが含まれる。そのため、ナッジなし群における上映回 a, b を選択したい派の人の割合と、各ナッジ群における上映回 a, b を選択したい派の人の割合を比較することで、ナッジの効果の有無を確認できる。すなわち、各ナッジ群における上映回 a, b を選択したい派の人の割合がナッジなし群における上映回 a, b を選択したい派の人の割合よりも高い場合にはナッジの効果があると判断できる。

代替案ナッジ群に割り当てられた被験者は、他の群とは異なるタスクにより評価を行った。まず、被験者は時間的融通が利きやすい予定があることを踏まえて、実際に上映回を一つ選択した。空いている上映回を選択した被験者は、アンケートに回答することなくそのままタスク終了とした。混雑した上映回を選択した人には、図 1(c) の画面を提示し、空いているが予定にとっては都合の悪い上映回である上映回 a と上映回 b を代替案として提案した。被験者は、提案された上映回 a, b それぞれについて、他の群の被験者と同様のアンケートに回答した。評価指標は、アンケートに回答した人の中で、上映回 a, b を選択したい派の人の割合とした。ここで、アンケートに回答した人は、混雑した上映回を選択した人であるため、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回を選択したくない人だと考えられる。そのため、アンケートに回答した被験者の中で上映回 a, b を選択したい派の人は、代替案ナッジが提示されたことで上映回 a, b を選択したいと思うようになった人であると考えられる。よって、代替案ナッジの効果は、上映回 a, b を選択したい派の人の割合そのものとなる。

#### 4.1.2 結果

図 2 に、代替案ナッジ群以外の群における単体評価の結果を示す。図 2 の (a) は各群における上映回 a を選択したい派の人の割合、(b) は各群における上映回 b を選択したい派の人の割合、(c) は各群における上映回 a を選択したい派の人の割合と上映回 b を選択したい派の人の割合の平均値についてのグラフである。フィッシャーの正確確率検定の結果、どの群間においても、上映回 a を選択したい派の人の割合、上映回 b を選択したい派の人の割合、上映回 a を選択したい派の人の割合と上映回 b を選択したい派の人の割合の平均値には有意差が見られなかった(それぞれの  $p$  値は  $p = 0.06$ ,  $p = 0.40$ ,  $p = 0.07$  であり、有意水準  $\alpha = 0.05$

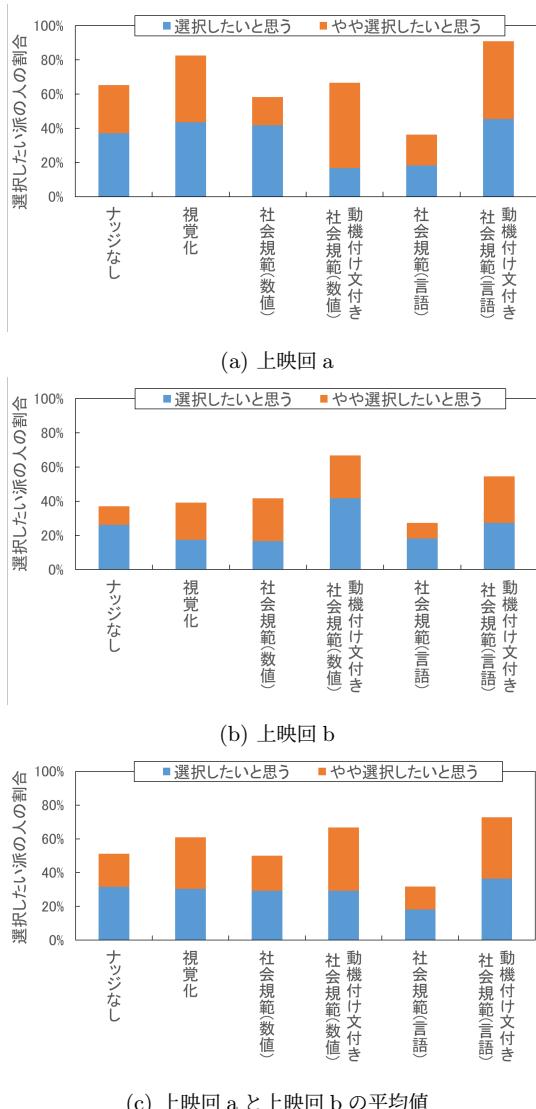


図2 代替案ナッジ群以外の群における上映回a, bを選択したい派の人の割合

Figure2 Percentage of those who would like to choose showtimes a and b in the groups other than the alternative nudge group.

とした). 図2の(a)について、ナッジなし群よりも上映回aを選択したい派の人の割合が高い群は、視覚化ナッジ群と動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ群であった。図2の(b)について、ナッジなし群よりも上映回bを選択したい派の人の割合が高い群は、動機付け文付き社会規範(数値)ナッジ群と動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ群であった。図2の(c)について、ナッジなし群よりも上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい派の人の割合の平均値が高い群は、視覚化ナッジ群、動機付け文付

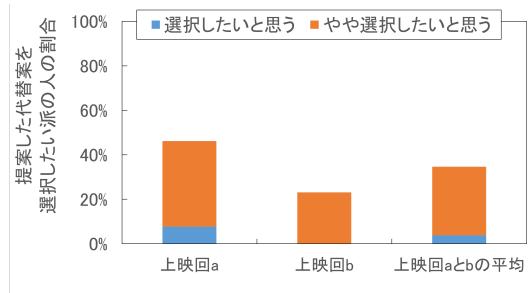


図3 代替案ナッジ群における上映回a, bを選択したい派の人の割合

Figure3 Percentage of people in the alternatives nudge group who would like to choose showtimes a and b.

き社会規範(数値)ナッジ群、動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ群であった。これらの結果から、視覚化ナッジと2種類の動機付け文付き社会規範ナッジは、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回の選択を促す効果がある可能性を示している。一方で、社会規範(言語)ナッジ群については、上映回a, bの両方について、ナッジなし群よりも選択したい派の人の割合が低い結果となった。また、図2の(c)について、4種類の社会規範ナッジ群の結果を比較すると、動機付け文なしよりも動機付け文ありの方が上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい人の割合の平均値が高くなっている。また、動機付け文付きの社会規範ナッジにおいて、言語的表現の場合と数値的表現の場合では、上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい派の人の割合の平均値は同程度となった。動機付け文なしの社会規範ナッジにおいては、数値的表現の方が言語的表現の場合よりも上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい人の割合の平均値は高くなっている。これらの結果から、社会規範ナッジにおいては、動機付け文なしよりも動機付け文ありの方が、言語的表現よりも数値的表現の方が、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回の選択を促す効果が高くなることがわかった。

図3に、代替案ナッジ群における上映回a, bを選択したい派の人の割合および上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい派の人の割合の平均値を示す(混雑した上映回を選択してアンケートに回答した13人の結果のみを使用している)。上映回aを選択したい派の人の割合と上映回bを選択したい派の人の割合の平均値は約34.6%であった。よって、混雑した上映回を選択した人のうち、約34.6%の人を、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回へ誘導できる可能性がある。

## 4.2. 一対比較法による評価実験

### 4.2.1 実験概要

ここでは、一对比較法(中屋の変法)により、代替案ナッジを除く各ナッジの効果の相対的な評価を行う。代替案ナッジを評価対象から除く理由は、代替案ナッジが機能するシチュエーションは、実際に被験者が混雑した上映回を選択したシチュエーションであり、他のナッジが機能するシチュエーションとは異なるためである。

4.1と同様に、被験者は、映画を見ることと映画館の近くで時間的融通が利ききやすい予定がある日の前日に、映画館のチケットを購入するシチュエーションを想定する。被験者に、ナッジ未適用時・ナッジ適用時の上映回選択画面の中から同時に2種類の画面を提示し、提示した2種類の上映回選択画面についてのアンケートを実施した。アンケートでは、提示した2種類の上映回選択画面について、どちらの上映回選択画面の方が、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回を選択したくなるかの度合いを4段階尺度(「左側の提示の方が人が少ない上映回を選びたいと思う」～「右側の提示の方が人が少ない上映回を選びたいと思う」、スコアは-1.5～1.5)で回答してもらった。提示する全てのナッジ未適用時・ナッジ適用時の上映回選択画面における上映回の時間は表2中のナッジなし群における上映回とし、被験者が想定する時間的融通が利ききやすい予定も表2中のナッジなし群における予定と同じとした。被験者は、ナッジ未適用時・ナッジ適用時の上映回選択画面の全ての組み合わせ(15通り)について、アンケートに回答した。

### 4.2.2 結果

図4に、ナッジ未適用時・ナッジ適用時の各上映回選択画面における主効果を示す。視覚化ナッジが最も主効果が高いという結果となった。また、どのナッジ適用時の上映回選択画面についても、ナッジ未適用時の上映回選択画面よりも主効果が有意に高いという結果となった。4種類の社会規範ナッジについて主効果を比較すると、動機付け文ありの場合の方が動機付け文なしの場合よりも有意に主効果が高くなっている。さらに、有意ではないものの、数値的表現の場合の方が言語的表現の場合よりも主効果が高くなっている。

## 4.3. 考察

単体評価において、社会規範(言語)ナッジ群はナッジなし群よりも、上映回a, bともに選択したい派の人の割合が低くなっている。この理由として、ナッジの効果は性格に影響を受けることが知られているため、社会規範(言語)ナッジ群に割り当てられた被験者の性格が原因であることが考え

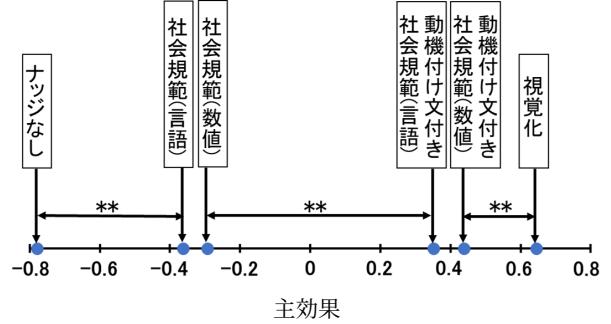


図4 各上映回選択画面における主効果 (\*\* :  $p < 0.01$ )

Figure4 Main effect on each showtime selection screen.(\*\* :  $p < 0.01$ )

表3 各群における被験者の勤勉性スコアの平均値(括弧の中の数値は標準偏差)

Table3 Mean of subjects' Conscientiousness scores in each group.(Values in parentheses are standard deviations)

	勤勉性のスコアの平均値
ナッジなし群	5.65 (2.73)
視覚化ナッジ群	6.26 (2.54)
代替案ナッジ群	5.00 (3.16)
社会規範(数値)ナッジ群	5.50 (2.71)
動機付け文付き社会規範(数値)ナッジ群	6.33 (2.23)
社会規範(言語)ナッジ群	4.18 (2.27)
動機付け文付き社会規範(言語)ナッジ群	6.55 (3.30)

られる。文献[17]では、Big Fiveと呼ばれる性格を5因子(外向性、勤勉性、協調性、神経症傾向、開放性)で表すモデルが提唱されている。文献[17]において、勤勉性は、タスクや目標に向かった行動を促進する社会的に定められた衝動制御を説明するものであると定義されており、勤勉性が高い人は社会規範を遵守する特徴があるとされている。そのため、単体評価時の社会規範(言語)ナッジ群において、ナッジなし群よりも、上映回a, bを選択したい派の人の割合が低くなった理由として、勤勉性スコアが低い被験者が多かったことが考えられる。そこで、Big Fiveの5因子を各2項目で測定するTIPI-J(日本語版Ten Item Personality Inventory)[18]という尺度の中の勤勉性に関わる2項目(どちらも7段階尺度、スコアは1～7)を使用して、各群における被験者の勤勉性のスコアを測定した。各被験者の勤勉性のスコアは2項目のスコアの合計値であり、スコアが高いほど勤勉性が高いことを意味する。表3に、各群における被験者の勤勉性のスコアの平均値の結果を示す。クラスカル・ウォリス検定の結果、どの群間についても勤勉性のスコアに有意差は見られなかった( $p = 0.245$ ,  $\alpha = 0.05$ )が、社

会規範(言語) ナッジ群における勤勉性のスコアの平均値は4.18であり、全ての群の中で最も小さい値であった。よって、社会規範(言語) ナッジ群は勤勉性スコアが低い被験者が多かったため、ナッジなし群よりも上映回a、上映回bを選択したい派の人の割合が低かった可能性が示された。

単体評価の結果と一対比較法による評価の結果において共通点がいくつか挙げられる。一つ目の共通点は、視覚化ナッジと動機付け文付き社会規範(数値) ナッジ、動機付け文付き社会規範(言語) は、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回の選択を促すのに効果があったことである。この結果から、「経済的インセンティブに頼らない」ナッジの効果が示唆された。二つ目の共通点は、社会規範ナッジについては、動機付け文ありの場合の方が動機付け文なしの場合よりも空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回の選択を促す効果が高いことである。これにより、根拠を伴う動機付け文により、社会規範ナッジの効果が強まる可能性が示された。三つ目の共通点は、社会規範ナッジにおいて、数値的表現の場合の方が言語的表現の場合よりも、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回の選択を促す効果が高いことである。数値的表現の方が言語的表現よりも効果が高いという結果は、税務コンプライアンス遵守のための社会規範ナッジにおいて、規範集団の表現方法の違いによる効果の違いを調査した研究[14]と同様の結果であり、文献[15]とは逆の結果となっている。数値的表現として使用した数値は、本研究では74%、文献[14]では88%、文献[15]では43%である。そのため、半数(50%)以上を表す数値的表現であれば、言語的表現よりも効果が高くなるという仮説が立てられる。この仮説を裏付けるために、追加のアンケートを実施した。具体的には、社会規範(数値) ナッジにおける数値を47%、53%、62%、74%とした時のそれぞれの社会規範(数値) ナッジと社会規範(言語) ナッジを一対比較法による評価と同様の条件・評価方法でアンケートに回答してもらった。アンケートの結果、数値的表現に使用する数値が74%の時に初めて、社会規範(数値) ナッジを適用した上映回選択画面の方が、空いているが予定にとっては都合の悪い時間帯の上映回を選択したい、または、やや選択したいと回答した人の割合が50%を上回った。よって、約70%以上の数値的表現であれば、言語的表現を使用するよりも効果が高くなる可能性がある。

## 5. おわりに

本論文では、映画館チケット予約システムの上映回選択画面における混雑回避を目的とした「経済的インセンティブに頼らない」ナッジの効果を調査した。単体評価と一対比較法による評価の結果、視覚化ナッジと動機付け文付き社会規範ナッジの効果が確認できた。これらの結果から、「経済

的インセンティブに頼らない」ナッジの効果を示した。さらに、社会規範ナッジ内の比較により、根拠に伴う動機付け文により社会規範の効果を強める可能性や約70%以上の数値的表現であれば言語的表現よりも効果が高い可能性を示唆した。

今後の課題としては、今回得られたナッジの効果と個人特性の関連性の詳細な調査や映画館チケット予約システムの座席選択画面における混雑回避を目的としたナッジの考案・効果検証実験、さらに、利用者が自由に移動可能な施設(ショッピングモールやテーマパークなど)において混雑回避を促すアプローチの実現などが挙げられる。

**謝辞** この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP20004)の結果得られたものです。

## 参考文献

- [1] Live News α. “混雑緩和と集客力アップの一石二鳥 …スマホ電子入場券でDX加速 来場客データはレジャー施設をどう変える?”. FNN プライムオンライン. 2021-10-15. <https://www.fnn.jp/articles/-/254063>, (参照 2022-10-28)
- [2] 佐藤 嘉彦. “時差通勤でポイント還元開始 一方で廃止されるポイントサービスも”. 日経ビジネス. 2021-03-18. <https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00148/031800027/>, (参照 2022-10-28)
- [3] リチャード・セイラー, キャス・サンスティーン. 実践行動経済学: 健康、富、幸福への聰明な選択. 遠藤真美訳. 日経BP社, 2009, 416 p.
- [4] Forwood, Suzanna E. et al. Offering within-category food swaps to reduce energy density of food purchases: a study using an experimental online supermarket. IJBNPA. 2015, vol. 12, no. 85. doi:10.1186/s12966-015-0241-1.
- [5] Mobekk, M.; Stokke, L. Nudges emphasizing social norms increased hospital visitors' hand sanitizer use. Behavioral Science & Policy. 2020, vol. 6, issue. 2, p. 51-57. doi:10.1353/bsp.2020.0015.
- [6] Peer, E. et al. Nudge me right: Personalizing online security nudges to people's decision-making styles. Computers in Human Behavior. 2020, vol. 109. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106347>.
- [7] Turland, J. et al. Nudging Towards security:Developing an Application for Wireless Network Selection for Android Phones. British HCI '15:Proceedings of the 2015 British HCI Conference. Lincoln, Lincolnshire, UK, 2015-7-13. ACM, 2015, p. 193-201. doi:10.1145/2783446.2783588.
- [8] Czajkowski, M. et al. Social norm nudging and preferences for household recycling. Resource and Energy Economics. 2019, vol. 58. doi:10.1016/J.RESENECO.2019.07.004.
- [9] Momsen, K.; Stoerk, T. From intention to action: Can nudges help consumers to choose renewable energy?. Energy Policy. 2014, vol. 74, p. 376-382. doi:10.1016/j.enpol.2014.07.008.
- [10] 両備グループ. “両備・岡電バス×日本マクドナルド “夏の「早起き」応援キャンペーン” 路線バス全車両車内に「朝マッククーポン」10万枚設置”. 両備グループ HP. 2020-08-05. <https://ryobi.gr.jp/news/5791/> (参照 2022-10-28)
- [11] 経済産業省. “地域新MaaS創出推進事業での先進パイロット地域の取り組み”. 経済産業省 HP. [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono.info\\_service/smart\\_mobility\\_challenge/20210402\\_report.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono.info_service/smart_mobility_challenge/20210402_report.html), (参照 2022-10-28)
- [12] 清宮信志. “「次のバスは空いているか?」事前に分かるアプリ。ドコモと東急バス”. Impress Watch. 2021-09-16. <https://www.watch.impress.co.jp/docs/news/1351701.html>, (参照 2022-10-28)
- [13] Carabán, A. et al. 23 Ways to Nudge: A Review of Technology-Mediated Nudging in Human-Computer Interaction. CHI '19:Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing. Glasgow, Scotland, UK, 2019-5-4/9. Association for Computing Machinery. ACM, 2019, no. 503, p. 1-15. doi:10.1145/3290605.3300733.
- [14] Hallsworth, M. et al. The Behavioralist As Tax Collec-

- tor:Using Natural Field Experiments to Enhance Tax Compliance. *Journal of Public Economics.* 2017, vol. 148, issue. C, p. 14-31. doi:10.1016/j.jpubeco.2017.02.003.
- [15] Stoffel, Sandro T. et al. Testing verbal quantifiers for social norms messages in cancer screening: evidence from an online experiment. *BMC Public Health.* 2019, vol. 19, no. 658. doi:10.1186/s12889-019-6997-5.
- [16] Cynthia, B. et al. Are Behaviorally Informed Text Messages Effective in Promoting Compliance with COVID-19 Preventive Measures?:Evidence from an RCT in the City of Sao Paulo. *Inter-American Development Bank.* 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0002722>.
- [17] John, Oliver P.; Srivastava, S. The Big-Five Trait Taxonomy : History, Measurement, and Theoretical Perspectives. *Handbook of personality: Theory and research.* 1999, vol. 2, p. 102-138.
- [18] 小塙真司ほか. 日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み. *パーソナリティ研究.* 2012, vol. 21, no. 1, p. 40-52. doi:<https://doi.org/10.2132/personality.21.40>.

# 信頼ゲームにおける視線や他者の存在感が意思決定に与える影響の検討

岸駿斗 <sup>†1</sup>  
明治大学橋浦健太 <sup>†2</sup>  
明治大学犬飼佳吾 <sup>†3</sup>  
明治学院大学渡邊恵太 <sup>†4</sup>  
明治大学

## 1. はじめに

人は他者の目や見られる行為に対して敏感である。例えば、自転車の放置駐車の対策のために、目のイラストを用いたポスターを設置することがある。これは、他者の監視を想起させ、自転車の放置を躊躇させるためである[1]。このように、人は見られていることを意識するだけで、利己的な振る舞いが抑制される。また、その場に実際の目線やイラストがなくても見られていることを想起する場合がある。Myllynevaらは[2]、電子シャッターやサングラスなどの仕切りを介したアイコンタクトとコンピュータ上に表示される顔写真へのアイコンタクトの反応や行動の差を調査した。その結果、電子シャッターやサングラスを介した相手の目や姿が見られない状態は、コンピュータ上で顔写真へアイコンタクトするよりも利他的行動が促進されることを明らかにした。Foucaultは[3]監視対象者が直接監視されているよりも、他の人に見られているかもしれないと思う「被監視感」のほうが重要だとしている。

これらの研究が示すように、見られている意識が行動に影響を及ぼす可能性がある。しかし、PCを介したオンライン上で、他者の存在を意識させた状態での行動変容についてはほとんど調べられていない。そこで、本研究では実験経済学で用いる信頼ゲームを利用し、ゲーム中に他者の存在感（他者から見られている感覚）を与えることによって、利他的行動が促進するか調査する。

## 2. 信頼ゲーム

信頼ゲーム[4]とは、実験経済学の研究で用いられる、相手との信頼を測るゲームである。

本ゲームは2人の実験参加者がTrustorとTrusteeと呼ばれる役割に分かれて進行していく。1段階目としてTrustorは所有している金額の中から、Trusteeに送る金額を決める。TrusteeはTrustorが送った金額の2~3倍の金額を受け取る。2段階目としてTrusteeはもらった金額

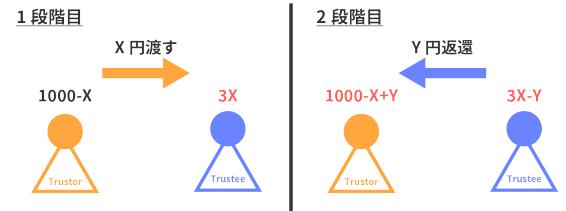


図1 信頼ゲームのルール

Figure 1 Trust Game rules

の中から、Trustorにいくら返還するかを決める。TrustorはTrusteeが決めた金額を等倍で受け取る。この流れをTrustorとTrusteeの立場を入れ替えながら繰り返していく（図1）。最初のTrustorの行動は「信頼」の指標として、次のTrusteeの行動は「信頼に応える」指標として用いる。

本ゲームにおける信頼とは、他者に一時的に預ける金額を指す。預ける金額が多いほど、自身に見返りとして返ってくる額が多くなる可能性がある。ただし、相手の行動によってはまったく返ってこない可能性もあり、相手へ預ける金額は相手への信頼度に依存する。今回の実験では、相手への信頼度の高まりを利他的行動と定義する。これは、信頼感と協調行動の間に正の相関が存在する[5]ことが確認されており、相手への信頼が「協力」という利他的行動につながるためである。

## 3. 実験システム

### 3.1. 他者の存在感を提示するパターン

本システムは参加者が金額を決定する直前に、他者の存在感を与える信頼ゲームをプレイするものである。今回は提示する条件が信頼ゲームにどのような影響を及ぼすのか調べるために、Trustor前、Trustee前、両方の3つのパターンで行った（図2）。

1. Trustorが金額を決める直前に他者の存在感を提示する
2. Trusteeが金額を決める直前に他者の存在感を提示する
3. Trustor, Trustee それぞれが金額を決める直前に他者の存在感を提示する

Manuscript Format for Kickoff Symposium of IPSJ Behavior Transformation by IoT (BTI)

<sup>†1</sup> HAYATO KISHI, Meiji University

<sup>†2</sup> KENTA HASHIURA, Meiji University

<sup>†3</sup> KEIGO INUKAI, Meiji Gakuin University

<sup>†4</sup> KEITA WATANABE, Meiji University

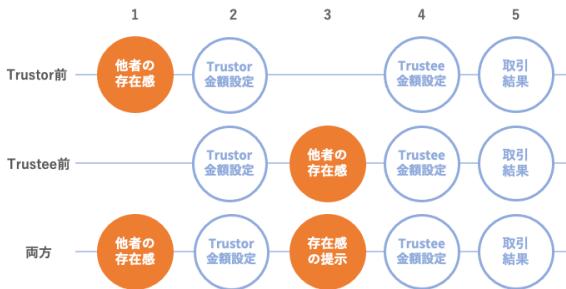


図 2 他者の存在感を提示するパターン

Figure 2 Patterns that present the presence of others

### 3.2. 他者の存在感の与え方

図 3 と図 4 は本実験で使用する信頼ゲームの画面である。渡す金額を決める直前に図 3 のいずれかの条件を表示する。これらの 3 条件を金額を決定する立場（他者の存在感を受ける立場）から説明する。(a) インタラクション条件は、相手の顔とレコーディングマークが表示される条件である。このとき、リアルタイムで相手の顔が表示される。また、自分の顔もレコーディングされ、相手へと表示される。(b) 監視条件は、レコーディングマークが表示される条件である。これは、レコーディングマークによって、他者から監視されていると想起させるものである。このとき、相手へ自分の顔が表示される。(c) 擬似監視条件は、(b) 条件と同じく、レコーディングマークが表示される。このとき、相手の画面には何も表示しない。(b) と (c) の条件を入れることで、相手は自分の顔が見られているかどうかがわからない状態にさせる。

また、他者の存在感を与える直前にカメラを見てもらう指示をし、お互いが正確に顔を合わせることができるようになした。

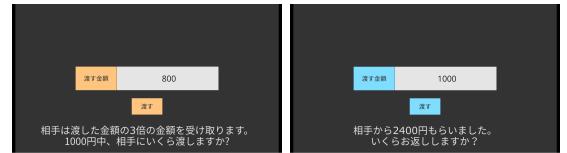
これら一連の動作のあと、図 4 の画面で相手に渡す金額をキー入力した。



(a) インタラクション条件 (b) 監視条件 (c) 疑似監視条件

図 3 他者の存在感を与える条件

Figure 3 Conditions that give presence of others



(1) Trustor 金額設定

(2) Trustee 金額設定

図 4 役割ごとの金額を決める UI

Figure 4 UI for determining the amount for each role

## 4. 実験手法

### 4.1. 参加者と実験環境

本実験では、金額を決める直前に他者の存在感を与えることで、利他的行動が促進されるのかを調査した。4組8人の学生（21~24歳、男性8名）で実験を行った。本実験は参加者の前にはディスプレイのみ設置し、お互いの操作を見ることができないよう敷居を設置した（図5）。実験参加者は、実験開始前に実験の説明ビデオを聴き、経済的意意思決定を持たせるために、信頼ゲーム中に得た金額に応じて報酬を与えた。最初に Trustor が持っている金額は 1000、Trustee に渡すときの倍率は 3 倍と固定した。また、取引する金額は 100 単位からとした。



図 5 実験環境の様子

Figure 5 Experiment environment

### 4.2. 手順

本試行では、Trustor と Trustee の役割を交互に行った。他者の存在の与える条件 3 種類 × 提示するパターン 3 種類 × Trustor と Trustee の役割の 2 種類の合計 18 パターンをそれぞれ 2 回ずつ試行した。また、他者の存在感の提示しない状態と比較するために、最初に通常の信頼ゲームを 6 回を追加し、合計 42 回試行した。

他者の存在感を与える条件と提示する箇所のパターンをランダムにすることで、他者の存在感の慣れによる影響を防いだ。実験後に実験に関するアンケートを行い、実際に見られている意識を感じたかを調べた。

#### 4.3. 分析方法

Trustor と Trustee の行動の分析は以下のように定義する。

- pSent = Trustor が送った金額 / Trustor の初期保有金額 (1000)
- pReturn = Trustee が送った金額 / Trustee が受け取った金額 (Trustor が渡した 3 倍の金額)

pSent は Trustor の Turstee に対する信頼の指標となり, pReturn は Trustee の Turstor に対する信頼の指標となる。

すべてのデータは、解析前に Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性の検定を行った。データが正規性から有意に逸脱している場合 (Shapiro-Wilk 検定,  $p < .05$ ), Mann-Whitney U 検定を採用し、2 つのグループ間に差があるか検証した。

### 5. 結果

#### 5.1. 存在感あり/なしにおける pSent, pReturn

すべてのデータを他者の存在感がある状態 (Y) とない状態 (N) に分け、それぞれの pSent と pReturn を分析対象とした。図 6 はそれぞれのデータを平均したものである。それぞれ分けたデータに対して Shapiro-Wilk 検定を行い、有意に正規性から逸脱したデータが得られたので、Mann-Whitney U 検定を行った。その結果, pSent(statistics=3425.0,  $p=0.917$ ), pReturn(statistics =3334.5,  $p=0.687$ ) それぞれにおいて、有意差は確認されなかった。

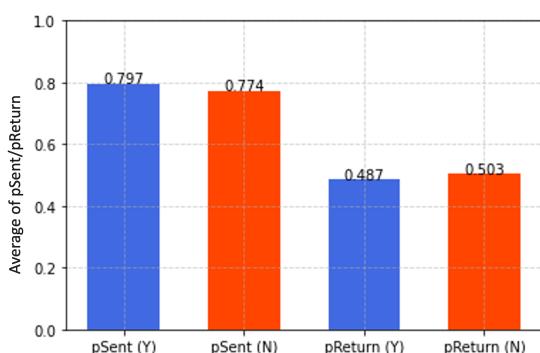


図 6 他者の存在感があり・なしでの pSent, pReturn の平均

Figure 6 Average of pSent and pReturn with and without presence of others

#### 5.2. 提示条件における pSent

続いて、提示条件における影響を明らかにするために、それぞれの条件の pSent の平均を求めた (図 7)。それぞれの平均でもっとも差がある、存在感なし条件とインラクション条件に対して Mann-Whitney U 検定を行った。その結果、有意差は確認されなかった。 (statistics=490.5,  $p=0.273$ )

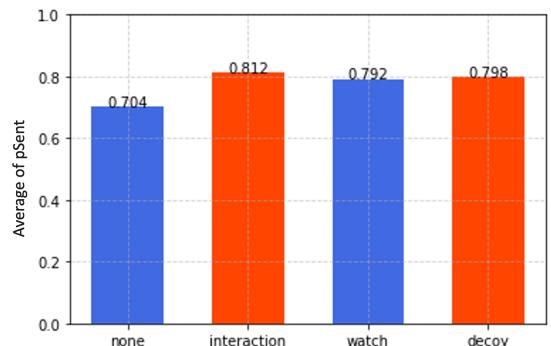


図 7 提示条件における pSent の平均

Figure 7 Mean of pSent under presentation conditions

#### 5.3. それぞれのペアの pSent

最後にそれぞれのペアにおける pSent の平均を求めた (図 8)。pairA においては、すべての試行で全額を預け、pReturn において半分に分け合っていた。pairA は、全ての試行で自分が Trustor の時は相手に 1000 円を渡し、Trustee の時は平等な取引になるように金額を返還したため、pairA の pSent の平均が 1.0 となった。pairB は、自分が Trustor の時は渡す金額を少なくし、Trustee の時は平等な取引になるように金額を返還する傾向があった。pairC は、自分が Trustor の時は渡す金額を多くし、Trustee の時は平等な取引になるように金額を返還する傾向があった。pairD は、自分が Trustor の時は他者の存在感関係なく全額を渡す傾向があった。

#### 5.4. コメント

実験後、実験に関するアンケートを行った。他者の存在感を受けた時に見られている意識を感じたか聞いたところ、多くの実験参加者はインラクション条件で見られていると感じ、それ以外の条件では見られないとあまり感じなかったとコメントした。また、後半の試行になるほど相手と最終的な取引が平等になるように取引をしていたとコメントした。

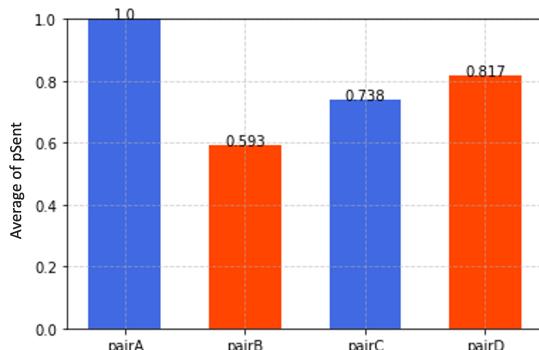


図 8 それぞれのペアにおける pSent の平均

Figure 8 Mean of pSent for each pair

## 6. 考察

今回の実験からは他者の存在感があり・なし状態での利他的行動の促進に関して、有意差は確認できなかった。その理由として、2つ考えられる。1つ目は実験参加者同士が知り合いだったことが影響している可能性がある。今回の実験は研究室内で参加募集したため、お互いのことをよく知っていた。そのため pairA のような相手を 100 %信じるような行動をとることが可能だったと考える。2つ目はデータ量が少なかったことがある。これは、実験参加者数や条件あたりの試行数が少なかった可能性がある。

一方で、他者の存在感の提示条件において、お互いの顔が写るインタラクション条件となし条件を比較すると、有意差は出なかったものの利他的な行動が促進する傾向があった。また、インタラクション条件ほどではないが、監視条件と疑似監視条件でも傾向があり、人に見られているという意識が働いている可能性がある。

また、pSent と pReturn で結果に大きく差が出た理由は、実験参加者が信頼した相手に多くの金額を返還するのではなく、最終的な取引金額が平等になるように返還した可能性がある。最終的な取引を平等にすることを意識した場合、少ない金額の返還で十分な場合があるため、pReturn の差が出にくかったと考える。これは、森ら [6] の Trustee の意思決定には不平等回避が関わっているという考察の内容を補強するものである。実験後アンケートでも、相手のことを信頼してから平等になるように返還したとあり、信頼は相手と平等な取引を行うのに必要なものだと示唆している。

その他、実験環境で実験参加者 2 人の間に仕切りを設けたが、操作音で隣に人がいる感じ、見られている意識を誘発した。また、実験協力者同士が顔を合わせてしまうことで、実験前に相手の情報を取得していた。実験参加者同士が別部屋で実験をすることで、実験中に相手の情報や見られている意識を与えない実験環境を検討する。

## 7. まとめ

本研究では信頼ゲームを用いて、ゲーム中に他者から見られている意識を与えることで行動変容が起こるのか調査した。実際に調査するために、金額を決める直前に見られている意識を与える信頼ゲームを開発し、4組の参加者で試行を行った。その結果、見られている意識によって利他的行動を促進させる可能性を示唆した。今後は実験条件の見直しと多くのデータを収集を行い、他者からの見られている意識による影響について調査を進める。

## 参考文献

- [1] 阿部正太朗, 藤井聰: 他者の監視を想起させる「目」の絵を用いたポスターによる放置駐輪抑制効果の検証, 都市計画論文集, Vol. 50, No. 1, pp. 37–45 (オンライン), 10.11361/journal-cpij.50.37 (2015).
- [2] Myllyneva, A. and Hietanen, J. K.: There is more to eye contact than meets the eye, *Cognition*, Vol. 134, pp. 100–109 (2015).
- [3] Foucault, M.: *Surveiller et punir*, Éditions Gallimard (1975).
- [4] Berg, J., Dickhaut, J. and McCabe, K.: Trust, Reciprocity, and Social History, *Games and Economic Behavior*, Vol. 10, No. 1, pp. 122–142 (online), <https://doi.org/10.1006/game.1995.1027> (1995).
- [5] Dawes, R. M., McTavish, J. and Shaklee, H.: Behavior, communication, and assumptions about other people's behavior in a commons dilemma situation., *Journal of personality and social psychology*, Vol. 35, No. 1, p. 1 (1977).
- [6] 森 知晴, 小川一仁: 信頼ゲームにおける年齢・性別・所得獲得方法の影響, ソシオネットワーク戦略ディスカッションペーパーシリーズ, Vol. 40 (2016).

# HydReminder-W: 生体情報を活用したスマートボトルキャップシステム

元川錦 <sup>†1</sup> 横窪安奈 <sup>†2</sup> ロペズギヨーム <sup>†3</sup>  
青山学院大学 青山学院大学 青山学院大学

## 1. はじめに

水は人の生命活動をサポートし、生命維持のために必要不可欠な存在である。体内の水分は、食事等から得た栄養素を体内へ循環させながら各細胞に必要な栄養や酸素、ホルモンなどを供給したり、体内で不要になった代謝老廃物を尿として体外へ排出する重要な役割を担っている [1]。また、水は比熱が高いため、温度変化が少なく体温の調節に適している [2]。このように、水は体内において多方面に渡って重要な役割を担うため、人は一定の水分を補給しなければ生きていいくことができない。体内の水分が不足すると、のどの渇きや運動能力の低下だけでなく、熱中症や脳梗塞、心筋梗塞といった死に繋がる病気を引き起こす危険性がある [3]。総務省の発表 [4] によると、2020年6月から9月の全国における熱中症による救急搬送人員の累計は64,869人で、そのうち43.4%が自宅にいたにもかかわらず発症していた。また、オフィスワーカーが1日の中で摂取する水分量は1L以下で、一日に必要な水分量を補給できておらず、慢性的な水分不足であるというデータもあり、いつ、どこにいても水分不足になることが考えられる。

厚生労働省が推奨する1日の水分補給量は、1.2Lである。一方、人間の体は一度に大量の水を吸収することができず、1時間あたり250mlが限界とされている。以上のことから、ユーザーの水分補給状態に加え、発汗などによる健康状態や、ユーザーがいる環境の温度・湿度などの環境情報を総合的に考慮したタイミングでのサポートが必要かつ効果的である。本研究では、水分補給不足を通知し、適切なタイミングで水分補給不足を解消するための水分補給促進システム HydReminder-W を提案・開発し、その有用性を検証する。また、評価実験の結果から、実用化に向けた課題を明らかにする。



図 1 HydReminder-W

## 2. 関連研究

水分補給や飲料容器に着目した研究は以下のようなものがある。Beddoeら [5] は Nudge Technology と呼ばれる、ユーザーに適切な選択や危険回避を人に促す仕掛けや手法 [6] に注目しシステムを開発した。システムは適度なタイミングで水分補給できていないと、内容物が溢れてしまいユーザーに水分補給が不十分であることを想起させ、それ以上こぼさないように促す。本システムではアンケート結果から飲水量の向上が示唆された。レッセルら [7] は重量から水分量を測定するコースター型デバイスを開発し、ユーザーの水分補給状態を反映したスマートフォンゲームを提案した。本システムでは、飲水量が向上し、水分補給の促進に効果があることが明らかになった。一方で、スマートフォンのゲーム機能を用いたフィードバックによる有意差はみられなかった。

水分補給支援を目的とした研究ではボトルが倒れてしまうと内容物が溢れる構造 ([5]) であったり、実際のオフィス環境などのシステムの使用や持ち運びは、周囲の電子機器の故障などに繋がる危険性もあり、実用的とは言い難い。また、「水分摂取のタイミング」に着目した研究は少ないことに加え、システムを使用することで、理想的な水分摂取が行えているのかの検証も必要である。そのため本研究では、

HydReminder-W:Smart bottle cap system using biometric information

<sup>†1</sup> NISHIKI MOTOKAWA, nmotokawa@wil-aoyama.jp

<sup>†2</sup> ANNA YOKOKUBO, yokokubo@it.aoyama.ac.jp

<sup>†3</sup> GUILLAUME LOPEZ, guillaume@it.aoyama.ac.jp

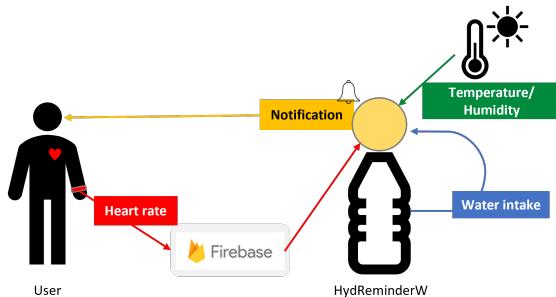


図 2 HydReminder-W システム全体像

オフィス環境やスポーツジムなどの様々な環境で実際に使用でき、持ち運びも可能なシステムの実現と、システムの有用性検証を行う。

### 3. HydReminder-W

HydReminder-W は、ユーザーの生体信号をもとにパーソナライズすることで、理想的なタイミングで水分補給を促すことができるボトルキャップシステムである。HydReminder の名称は、水分補給の意味を持つ「Hydration」と想起の意味を持つ「Reminder」、常に身に着けられる「Wearable」を組み合わせて命名した。HydReminder-W は、キャップ内側に搭載したセンサでユーザーの水分補給状況を、同じくキャップ内側の環境センサでユーザーの環境（温度・湿度）を、そして装着したスマートウォッチでユーザーの心拍数を測定する。ユーザーの水分補給状態が不足するとアラームが鳴り、水分補給不足を知らせる。HydReminder-W のデバイスを図 1、システム構成を図 2 に示す。

#### 3.1. Hardware

HydReminder-W は、環境センサ、気圧センサ、赤外線センサ、これらを収納するキャップ状のシェル、スマートウォッチ（心拍センサ）、これらをコンピュータ制御するコントロールユニット（M5Stick-C）で構成されている。また、これらのパーツを一体化するために、3D プリンターで「生活空間に馴染む」「センサや制御ユニットをすべて収納できる」という条件を満たした球状のキャップを作成した。

#### 3.2. Software

システム遷移図は図 2 に示す。制御部は、クラウドホスティングの NoSQL データベースである Firebase Realtime Database を介して、スマートウォッチからユーザーの心拍数を取得する。取得した心拍数データは、ユーザーの健康状態や運動状態として利用される。また、有線で接続され

た環境センサからユーザー環境の温度と湿度を取得し、熱中症の危険度や環境の極端な乾燥度合いを判断するために利用する。そして、これらの健康状態や運動状態、危険度を踏まえた水分補給ができているかを確認するために、管圧センサからストロー内の空気圧を、赤外線距離センサから容器内の水面からの距離を用いて、ユーザーが十分に水分を補給しているかどうかを判断する。ユーザーが十分な水分補給をしていない場合、キャップ型デバイスは警告音を発し、スマートウォッチの画面には水分補給を促すメッセージが表示される。

## 4. 評価実験

本研究では、HydReminder-W を使用した際に水分補給が促進されるかどうかの確認と、HydReminder-W の印象を評価するために、評価実験を実施した。

### 4.1. HydReminder-W の有用性検証実験

提案する HydReminder-W を使用した際に水分補給が促進されているかの確認するために、有用性検証実験を実施した。HydReminder の有用性検証実験では、10 代から 50 代までの男女 10 名を被験者とし、水分摂取量及び水分摂取回数の計測および SUS (System Usability Scale Fact. 以下:SUS) を用いた印象評価を行った。なお、被験者は以下の二つのグループに分けられている。

Group A: 1 日目 HydReminder-W なし 2 日目 HydReminder-W 使用

Group B: 1 日目 HydReminder-W 使用 2 日目 HydReminder-W なし

実験の様子を図 3 に示す。実験では、参加者に HydReminder-W の使用方法を 3 分間説明し、1 時間デスクワークを行ってもらった。HydReminder-W はボトルキャップ型デバイスに搭載された IMU センサと赤外線センサのデータから、ユーザーが定期的に水分補給をしているかどうかをモニターする。そして、ユーザーの水分補給が必要なタイミングでは、水分補給が十分でないことを知らせ、水分補給促す。1 時間の作業後、被験者は SUS を活用した HydReminder-W の使い勝手に関するアンケートに回答し、実験者がデスクワーク中に消費した水分量をデジタルスケールで計測した。



図3 実験の様子

表1 被験者ごとの SUS スコア (points)

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave
Score	50	77.5	67.5	82.5	92.5	87.5	95	90	87.5	55	78.5

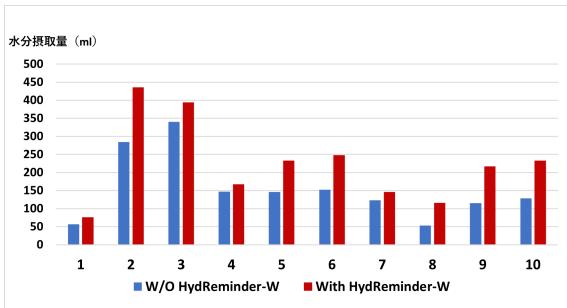


図4 各被験者の水摂取量の比較 (ml)

## 5. Results

### 5.1. HydReminder-W の有無による水分摂取量の比較結果

HydReminder-W を使用した場合と使用しなかった場合の水分摂取量を比較した結果を図 4 に示す。結果として、10 名中 10 名の水分摂取量を増やすことが確認できた。この結果から、HydReminder-W はシステムを使用しないときに比べて、水分補給を促すことが可能であることが示された。

### 5.2. SUS による印象評価結果

HydReminder-W のユーザビリティ検証実験では、SUS を用いたアンケートを実施した。各項目について 100 点満点のスコアを算出し、使い勝手を数値化した。その結果を表 1 に示す。この結果から、10 人中 7 人が「使いやすさ」の基準点である 68 点よりも高い点数を獲得していることがわかる。また、10 名のユーザーの平均点は 78.5 点であった。したがって、HydReminder-W は優れたユーザビリティを有していることが確認された。

## 6. Conclusion

本稿では、生体情報を用いて適切なタイミングで水分補給を促すスマートボトルキャップシステム「HydReminder-W」を開発し、適切なタイミングで水分補給を促すことができるかどうかを検証する評価実験を行った。HydReminder-W は、キャップ内側に搭載したセンサでユーザーの水分補給状況を、同じくキャップ内側の環境センサでユーザーの環境（温度・湿度）を、そして装着したスマートウォッチでユーザーの心拍数を測定する。ユーザーの水分補給状態が不足するとアラームが鳴り、水分補給不足を知らせる。HydReminder-W を使用した場合と使用しない場合の水分補給量を比較したところ、HydReminder-W を使用することで水分摂取量が増えることが確認できた。また、SUS を用いたアンケートの結果、平均 78.5 点となり、HydReminder-W が優れたユーザビリティを持ち、水分補給促進システムとして有用であることが確認されました。今後の展望として、システムをより長い時間使用した際の有用性検証をするとともに、有用性検証実験の結果を深く考察し、より効果的なシステムへ改良を重ねていく。

**謝辞** 本研究は、セコム科学技術振興財団の研究助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] サントリーサントリーステラ次世代環境教育「水育人間」と水の関わり、サントリー(オンライン), <https://mizuiku.suntory.jp/kids/study/n004.html> 2021-7-12.
- [2] 公益財団法人長寿科学振興財団水は1日どれくらい飲めば良いか、, <https://www.tyoyaku.or.jp/net/kenkou-tyouju/shokuhin-seibun/water.html> 2021-7-12.
- [3] 健康づくりかわら版水分不足にご用

- 心！，健康づくりかわら版（オンライン），  
<https://www.jpm1960.org/kawara/kawaraban/post-24.html> 2021-7-12.
- [4] 総務省令和2年（6月から9月）の熱中症による救急搬送状況，消防庁（オンライン），  
[https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/heatstroke\\_geppou\\_2020.pdf](https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/heatstroke_geppou_2020.pdf) 2021-7-12.
- [5] Beddoe, A., Burgess, R., Carp, L., Foster, J., Fox, A., Moran, L., Bennett, P. and Bennett, D.: Disruptabottle: Encouraging Hydration with an Overflowing Bottle, *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '20, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1–7 (online), 10.1145/3334480.3382959 (2020).
- [6] 井原敏宏「IoTとAI普及の鍵はNudge」NTTファシリティーズが実証，日経XTECH（オンライン），  
<https://xtech.nikkei.com/it/atcl/news/17/011802980/> 2021-7-12.
- [7] Lessel, P., Altmeyer, M., Kerber, F., Barz, M., Leidinger, C. and Krüger, A.: WaterCoaster: A Device to Encourage People in a Playful Fashion to Reach Their Daily Water Intake Level, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '16, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1813–1820 (online), 10.1145/2851581.2892498 (2016).

# ユーザーアクティビティに応じた機能制限による PC 作業時の健康支援システム

久保 彰悟 <sup>†1</sup>

九州大学

田中 宏和 <sup>†2</sup>

九州大学

中村 優吾 <sup>†3</sup>

九州大学

荒川 豊 <sup>†4</sup>

九州大学

## 1. はじめに

オフィスワーク、自動車運転、テレビ視聴など生活のさまざまな場面で、椅子に座るなどの座位姿勢が出現する。日本人は特に座位時間が長く、世界 20 カ国の成人を対象とした平日座位時間の国際比較研究 [1]において、日本人の座位時間は 1 日あたり 420 分（中央値）と対象国内で最長であることが指摘されている。また、1 日の覚醒時間の中での中高強度身体活動、低強度身体活動、座位行動の占める割合に関しては、座位行動が（55～60%）であることも示されている。さらに、リモートワークの普及に伴い、通勤の移動などの最低限の運動もなくなり、より一層座りすぎが加速していくと見られる。

座りすぎにはいくつかのリスクを伴っている。これまでの研究で、身体活動とは独立して、長時間の座位姿勢は総死亡、新血管疾患、2 型糖尿病、各種ガンのリスクの上昇と関係していることが明らかになった [2]。また、1 日の総座位時間が 11 時間以上の成人は 4 時間未満に比べて、総死亡のリスクが 1.40 倍高いことも指摘されたことに加え、心の健康状態への影響も明らかになっている。

これらのリスクを減らすために、総座位時間・座位持続時間を減らすことが重要である。座位持続時間とは、座り始めて次に立つまでの時間のことであり、持続時間の長い方が死亡リスクが高くなることが明らかとなっている [3]。現在の総座位時間を減らす手段としてはスタンディングデスクなどがあり、座位持続時間を減らす手段としては Apple Watch のスタンドリマインダ機能などがある。しかし、両者とも能動的に立ち上がる必要性があるため、総座位時間・座位持続時間の短縮に効果があるとは言い難い。

そこで本研究では、座位時間が長くなる原因であるパソコン自体の機能に制限を設け、運動によって制限が解除されるという健康支援システムを提案する。提案システムでは、座位姿勢および運動の計測に、イヤラブルデバイスを用

い、頭部の動きからそれらを判定する。メインスクの機能を制限することで、半ば強制的に運動させることができとなる。

本システムでは、座り姿勢の時間が長くなった場合、PC に制限を与え、その後スクワットを規定時間おこなうことで PC の制限が解除される。スクワットを実施したかどうかの判定は、AirPods Pro に搭載されているセンサを使ってセンシングし、機械学習により判定をおこなう。PC の制限解除のためには、半ば強制的に運動を実施しなければならないため、現在の手法よりも座位持続時間の短縮に効果があると思われる。本発表では、本システムを用いて作業した場合と現在の手法を用いて作業した場合を比較・考察し、評価をおこなう。

## 2. 関連研究

### 2.1. 加速度データを使った行動分類についての研究

近年、スマートフォン、スマートウォッチなどセンサを搭載した機器が増えている。それに伴い、センサデータを活用した研究が盛んになっている。スマートフォンの 3 軸加速度センサを用いた行動分類の研究 [4] では、停止、ジョギング、歩行、スキップ、階段上がり、階段下がりの 6 種類の行動の分類をおこなった。機械学習モデルとして、CNN、LSTM を用いて予測したところ、CNN では 95.4%，LSTM では 94.3% の精度で分類できたことを報告している。本研究においても、3 軸加速度センサを用いてスクワットの分類は可能であると考える。

### 2.2. 作業中の運動促進システムの研究

座りすぎの解消のため、運動を促進する研究も数多く存在する。圧力センサを搭載した椅子を使用した運動促進システムの研究 [5] では、使用者の着座状態を検知して、座りながらできる運動を提案するとともに、運動後にフォードバックを送るシステムを提案している。しかし、このようなシステムは提案時に使用者の意欲に依存してしまう可能性が高い。

本研究では、使用者の意欲に依存しない設計をしたシス

Health Support System for PC-work by limiting functions based on user activity

<sup>†1</sup> Shogo Kubo, Kyushu University

<sup>†2</sup> Hirokazu Tanaka, Kyushu University

<sup>†3</sup> Yugo Nakamura, Kyushu University

<sup>†4</sup> Yutaka Arakawa, Kyushu University

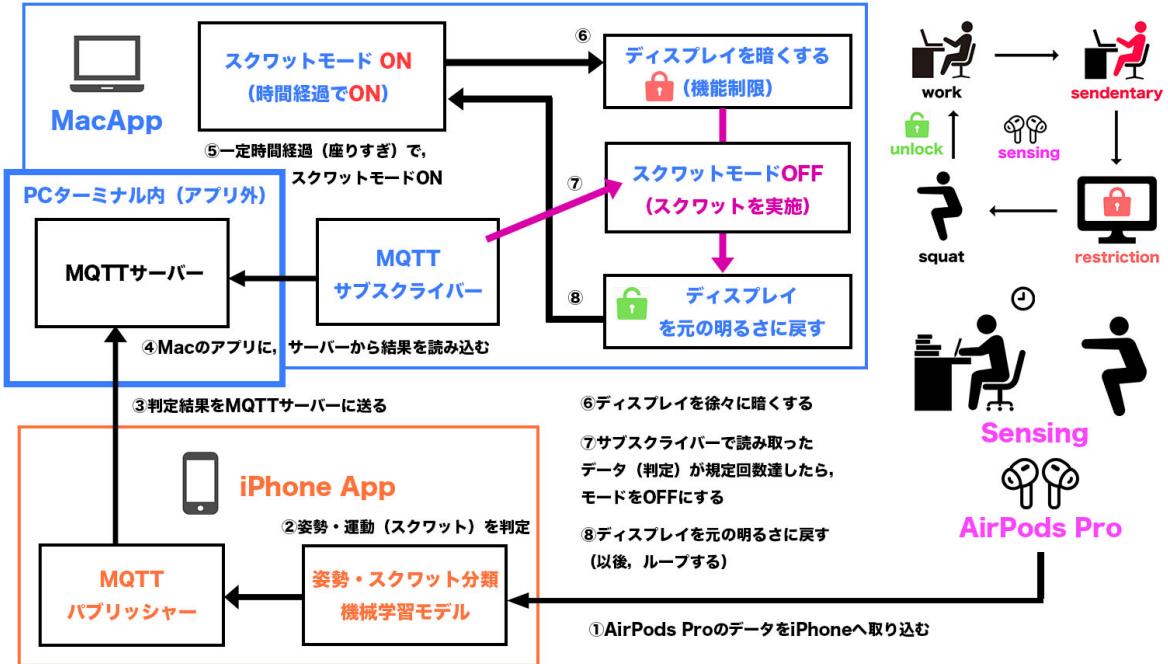


図 1 本システム構成・使用時の詳しい流れ

テムの実現を目指す。

### 3. システム設計と実装

今回提案するのは、座りすぎ防止つまり座位持続時間短縮のための運動促進システムである。今回のシステムに必要な機能は主に 2 つある。

1. AirPods のセンサデータを用いて、スクワットをしているかどうかの判定をする。
2. 作業時間が長くなったら、PC の機能（メインディスプレイの明るさ）を一部制限する。

これらの機能を導入するためのシステム構成について説明する。本システムの構成に使用したデバイスは、MacBook Pro, iPhone13 Pro, AirPods Pro の 3 つである。iPhone と AirPods 間のデータの受け渡しは、Swift のライブラリ (CoreMotion) を使用しており、iPhone と Mac 間の通信は MQTT 通信を使用している。

実際のシステム構成・使用時の流れの図 1 をもとに、以下に説明を述べる。

1. AirPods で計測したセンサデータを iPhone へ常時取り込む。
2. iPhone でスクワット中かどうかの予測をおこなう。
3. iPhone での予測結果を MQTT を用いて MacBook 内の MQTT サーバーへ渡す。

4. Mac のアプリケーションに MQTT サーバーから結果を読み込む。
5. 一定時間が経った場合、座りすぎと判断し、スクワットをさせるモードを開始する。
6. 開始後、ディスプレイの明るさを徐々に落とす。
7. スクワットの判定が 10 回出るまで（スクワット約 10 回）、明るさの変更不可。
8. 判定が 10 回出た時点で、ディスプレイを元の明るさに戻す（以後、ループする）。
9. 5 以降の工程をループし続ける。

#### 3.1. 機械学習モデル

本システムの機械学習モデルは、Xcode の CreateML を使って構築した。学習には、不動（座位）・頷き・首振り（横向き）・スクワットの 4 種類のデータを使用した。分類の種類が多いのは、不動とスクワットの 2 通りの分類よりも、分類の種類を増やした方がスクワットを予測する精度が高くなったからである。システムの中では、頷き・首振りも不動と同様に扱う。今回は AirPods で測定した約 2 秒間のセンサデータを 4 種類で合計約 500 件準備し、X 軸、Y 軸、Z 軸の 3 軸加速度センサの 3 つの値を用いて学習した。

アプリ内では、リアルタイムで入力されるデータが 2 秒分溜まった時点で予測結果を出力している。

実験者	予測回数
A	9
B	7
C	6
D	7
E	7

表1 スクワット 10回に対する予測回数

## 4. 評価実験

本研究では、2つの評価実験を実施した。

### 4.1. 実験1：機械学習モデルの評価実験

AirPods のセンサを用いた学習モデルが、スクワットと不動を正しく分類できたのかを実験で評価した。5人の実験参加者 (A, B, C, D, E) に、10回のスクワットを実施してもらい、システムが何回スクワットと予測したかを調べた。

### 4.2. 実験2：既存手法と提案手法の比較実験

既存手法である座りすぎ防止の機能をもつ Apple Watch のスタンドリマインダと今回の提案システムを比較した。4人の実験参加者 (A, B, C, D) に対して、Apple Watch のスタンドリマインダ機能を使った場合と本システムを使つた場合の2パターンの実験を実施した。実験では、40分のPC作業を実施し、その途中で運動を促す機能を作動させた。実験終了後に、7段階のリッカースケールを用いたアンケートを実施し、結果をもとに評価・考察をおこなった。

## 5. 実験結果・考察

### 5.1. 実験1

10回スクワットを実施した場合の、システム上の予測回数の結果を表1に示す。実験参加者5人全員に対して、スクワット10回に対しての予測回数が10回以下となった。スクワットをしていないときに、スクワットと予測することはなかったが、スクワット中にスクワット以外を予測することがしばしばあった。原因は2つ考えられる。

1つはスクワットをする姿勢が良くないことである。スクワットを正しくする場合、頭部は前後に動かない。しかし、参加者の中にはスクワットに慣れていない者もいたため、頭部が前後にしばしば動いていたように見られた。その影響により、動きと予測してしまったと考えられる。

もう1つはスクワットをするスピード・タイミングである。機械学習への入力データは2秒間分であるため、ゆっくりスクワットをした場合2秒以上かかり、入力データとして適していないと考えられる。また、2秒間隔のうちの前半は止まっており、後半はスクワットをするといった

	質問内容
Q1	普段、作業中に意図的に軽い運動を取り入れている方だと思う
Q2	作業しているときは、運動を避けたいと思いますか？
Q3	日常的に軽い運動を取り入れたいと思いますか？
Q4	Apple Watch のリマインダー機能が、運動の動機づけになったと思う
Q5	Apple Watch のリマインダー機能が不快に感じた
Q6	今回のシステムが、運動の動機づけになったと思う
Q7	今回のシステムが不快に感じた
Q8	今回のシステムは、運動の機会の増加に効果があると思う
Q9	今回のシステムを日頃から利用したいと思う
Q10	このシステムに関する感想や印象を答えてください（自由記述）

表2 アンケートの質問一覧



図2 Q1~3の結果

場合、入力データとしてはスクワットのデータの半分しか入力されなかつたため、予測がうまくできなかつたと考えられる。

これら2つの原因に関しては、閾値を調整することである程度改善すると思われる。現在は、分類の種類が4つ（不動、動き、首振り、スクワット）存在しており、最も確率の高い状態を結果として出力している。そのため、不動の時にスクワットと予測せず、スクワット中にスクワットと予測する適切な閾値を与えることで、改善が可能だと考える。

### 5.2. 実験2

実験後アンケートの質問項目を表2に示す。まず、質問内容について説明する。Q1では普段の作業中に軽く運動しているか、Q2では作業中に運動を避けたいかどうか、Q3では軽い運動を取り入れたいかどうかを調査し、参加者の作業中の運動習慣への意識について調べた。Q4, 6では、2パターンの手法の運動の動機づけに対する効果の差を調べ、Q5, 7では、2パターンの手法の不快感の差について調べた。Q8, 9では、本システムが運動の機会の増加に効果があり、また使いたいと感じたかどうか調べた。Q10では、自由にコメントを求めた。質問のQ1とQ4~9は7段階のリッカースケールを使用している（1：非常にそう思わない、7：非常にそう思う）。

Q1~3の質問の結果を図2に示す。Q1の結果から、作業中に軽い運動をする習慣がない人がいることがわかった。



図3 Q4, 6 の比較



図4 Q5, 7 の比較



図5 Q8, 9 の結果

また、軽い運動の内容が軽い散歩程度の人も存在しており、強度の高い運動を作業中に習慣的に実施している人は少ないと考えられる。Q2によると、作業中の運動に抵抗がない人の方が多く、Q3によると、全員が日常的に軽い運動を取り入れたいと思っていることが分かった。Q1, 2の結果を合わせてみると、運動習慣が少ない人でも運動する機会の増加を望んでいることがわかる。

Q4～7の結果を図3, 4に示す。ここでは、既存の手法と本システムの運動促進の機能についての比較をおこなう。図3から、実験参加者に対してはApple Watchの機能よりも本システムの方が、運動の動機づけに効果があったことが分かる。これは、Apple Watchのリマインダーの提案の強制力が弱いことが要因であると考える。実験参加者は、提案の通知の後には「伸び」、「散歩」、「立つ」といった強度が低い運動をしており、進んで強度の高い運動をしていないように見られた。また、Apple Watchの通知はバイブレーションのみであり、気付きにくいとの声もあった。仮に日常的に使う場合、Apple Watchを見ることなく無視する可能性は高いと思われる。

図4の結果によると、数値の差は少ないが、Apple Watchに比べて不快を感じやすいうことが分かった。考えられる原因として、2つ考えられる。1つは予測の精度である。今回の実験において、10回のスクワットの想定で設定していたが、実験1の結果からもわかる通り、スクワットの回数が多くなってしまった。実験参加者の中には、20回近くスクワットした人も見られた。この原因是、実験1の考察で述べた閾値の調整と、現在の設定回数10回を調整することで会う程度軽減できると考える。2つ目の原因是、集中の妨げになる可能性があることである。実際に、前触れもなく画面が暗くなってしまうため、作業が急に中断してしまうことに不快に感じたとの声があった。この原因に対しては、暗くなり始める前にアラートを出すなどの工夫が必要であり、一部軽減の可能性があると考える。

Q9, 10の結果を図5に示す。Q9の結果から、運動の機会に効果がありそうだと答えた人が多く、システムの利用は座位持続時間の短縮に効果があると考えられる。しかし、

Q5, 7からの結果にあった通り、不快感を感じやすい部分が数多く見られたためか、半数は利用したくないと感じたようである。

## 6. 終わりに

今回提案したPCの機能制限を利用した健康支援システムは、普段より強度の高い運動の機会を増加させ、座位持続時間の短縮に効果があることが確認できた。しかし、不快感を感じてしまう部分があり、改善点が多く見られた。今後は、不快感を感じにくく正確なシステムへの改善を目指すとともに、システム評価のための実験対象者を増やし、改めて正確な評価をする必要がある。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金(18H03233)およびJSTさきがけ(JPMJPR21P7)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Neville, O., Jo, S., Mohammad, Javed, K., Gavin, T. and Billie, Giles, C.: Sedentary behaviour and health: mapping environmental and social contexts to underpin chronic disease prevention.
- [2] Richard, P., Eoin, M., Marko, T., Thiago, Hérick, d. S., Andrea, D., S., Stephen, J., S., Phil, E., James, W., Søren, B. and Katrien, W.: Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis, *Eur J Epidemiol*, p. 811–829 (2018).
- [3] Keith, M., D., Virginia, J., H., Brent, H., Natalie, C., John, E., V., Monika, M., S., Steven, N., B. and Steven, P., H.: Patterns of sedentary behavior and mortality in U.S. middle-aged and older adults: A national cohort study, *Ann Intern Med*, pp. 465–475 (2017).
- [4] Kazuya, K., Tomohiro, O., Jousuke, K., Izumi, S. and Haruhiko, S.: 加速度データからの機械学習による行動認識, 福井大学 大学院工学研究科 研究報告, pp. 58–65 (2020).
- [5] Mizuki, K., Ryo, T. and Kaori, F.: デスクワークを対象としたながら運動促進システム, 情報処理学会第83回全国大会, pp. 359–360 (2021).

# 音楽を利用した社会的価値志向性測定のための検討

山内大河 <sup>†1</sup>  
富山県立大学

山崎悠大 <sup>†2</sup>  
KDDI 総合研究所

柏本幸俊 <sup>†3</sup>  
KDDI 総合研究所

上坂 大輔 <sup>†4</sup>  
KDDI 総合研究所

岩本健嗣 <sup>†5</sup>  
富山県立大学

## 1. はじめに

Penner ら [1] によると、他者の利益を考慮した自発的な行動を向社会的行動と呼ぶ。例として、人助けやボランティアといった活動が挙げられるが、これらの行動は自身の時間や労力の消費といった、自身の損失が前提となるものが一般的である。この向社会的行動に伴う損失をどの程度許容するかは、個人ごとに存在する意思決定の傾向に左右される。この傾向は、他者の利益を最大化しようとする利他的思考や、自身と他者の利益をともに最大化しようとする協力的思考などからなり、向社会的行動を促す際にはこれらの意思決定傾向を把握する必要がある。また Murphy ら [2] によると、これらの傾向は自他の利益バランスに対する選好を表す指標である社会的価値志向性 (SVO : Social Value Orientation) を測定することで判別することが可能である。今後、行動変容を用いてさまざまなサービスを実現する際に、ユーザの意思決定傾向を無視できないケースは多く、前提として SVO を実用的に利用することが重要となる。本稿ではより実用的な SVO の測定方法を検討し、その精度評価を行う。

## 2. 向社会的行動

前章で述べたように、向社会的行動とは、一般に社会や自身が属する集団において自分以外の他者にとって有益であると定義される行動であり、菊池 [3] によると向社会的行動は次の 4 つの条件により定義される。

- 他人あるいはほかのグループについての援助行動であり、利益は相手のものとなる行動。
- 金銭など相手から直接的な報酬を得ることを目的しない行動。
- 行うことによって何らかの損失（コスト）が発生する

行動。

4. 自発的であり、他人からの強制や心理的な圧迫とは無関係な行動。

しかし、菊池らはこれらすべての要素を満たさなくとも向社会的行動に該当する場合が存在するとも述べている。これは、自発性は周囲の人間の自発性に影響を受けやすく、行動の結果として直接的な報酬を得られる場合などが存在するからである。

さらに、向社会行動の起こしやすさには、以下の 4 つの要素が影響を与えると証明されている。

**個人差** 自身の利益を優先する傾向や、自身と他者、両方の利益を可能な限り大きくしようとする傾向など、個人ごとに意思決定傾向が異なる。それに伴い、向社会的行動の起こしやすさに個人差が生じる。

**動機** 向社会行動を起こす理由。自身の行動により利益を得る対象が、自身にとってどのような人物であるかによって向社会的行動の起こしやすさが変化する。先行研究では、「家族」「友人」「見知らぬ他者」の中では、「家族」「友人」がより向社会的行動の対象となりやすいことがわかっている。

**費用対効果** 向社会行動による損失（コスト）が受け入れられるかどうか。例として、ボランティアに参加する際に必要となる時間が長くなることで、ボランティアへの参加を敬遠することなどが挙げられる。

**状況的要件** 向社会行動を行う動機が他者からの要求に基づいたものであるかどうか。例として「向社会的行動をしないと自身の評価が低下してしまうため、仕方なく行う」などが挙げられる。

これらの要素のうち、動機、費用対効果、状況的要件は、全て自分が行動する際の状況によって変化する。また、同じ状況であっても、人によって動機や費用対効果などが異なるため、これらも個人差による影響を受ける。すなわち、これらの要素は「向社会的行動を行う状況」と、それに対しても影響を与える「個人差」として大まかに二分することができる。そして、向社会的行動を促す際には、個人差を把握

Measuring Social Value Orientation Using Music

<sup>†1</sup> TAIGA YAMAUCHI, Toyama Prefectural University

<sup>†2</sup> YUDAI YAMAZAKI, KDDI Research, Inc.

<sup>†3</sup> YUKITOSHI KASHIMOTO, KDDI Research, Inc.

<sup>†4</sup> KAMISAKA DAISUKE, KDDI Research, Inc.

<sup>†5</sup> TAKESHI IWAMOTO, Toyama Prefectural University

した上で適切な行動変容を行う必要があると考えられる。

本稿では、向社会的行動への効果的な行動変容を実現するため、個人差の測定手法の確立を目標とする。

## 2.1. 社会的価値志向性 (SVO)

意思決定に作用する個人差の指標として、Van Lange[4], 森 [5] らにより、社会的価値志向性 (SVO : Social Value Orientation) が定義されている。SVO とは、何らかの行動に対する意思決定の際に、行動から自身が得る利益、他者が得る利益のどちらを重視するかといった、自他の利益バランスの選好傾向を示したものである。

例として、意思決定者が自身の利益を最大化しようとする個人主義、相手の利益を最大化しようとする利他主義、自身と相手の利益の差を最大化する競争主義、自身と相手の利益をともに最大化しようとする協力主義などが挙げられる。また、森 [6] は利他主義と協力主義を 1 つのカテゴリにまとめて向社会的、競争主義と個人主義をまとめて向自己の 2 タイプに集約されると述べている。

次節では、SVO を測定する手法である SVO スライダーについて述べる。

## 2.2. SVO スライダー

SVO スライダーとは、前章で述べたように Murphy らが作成した SVO 測定手法で、自身の利益と他者の利益を金銭に見立て、双方に振り分けることで数値的に SVO の測定を行う手法である。図 1 に示すようなスライダーがそれぞれ 6 つ存在しており、(1) 個人主義的-協力的 (2) 個人主義的-利他的 (3) 利他的-競争的 (4) 利他的-協力的 (5) 競争的-個人主義的 (6) 協力的-競争的の指標となっている。図

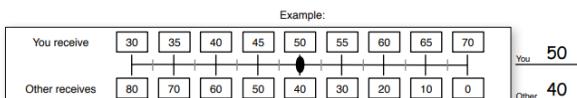


図 1 SVO スライダー

Figure 1 SVO Slider

1 を例にすると、左へ向かうにつれて自身の利益は 30、相手の利益は 80 に近づき、右へ向かうにつれて自身の利益が 70、相手の利益が 0 へと近づいていく。スライダー上で一点を決定することで、自身の利益とともに相手の利益が決定される。これらの 6 指標に対応する数値を図示したもののが図 2 であり、横軸が自身の利益、縦軸が相手の利益、各頂点が利他的 (Altruistic)・協力的 (Prosocial)・個人主義的 (Individualistic)・競争的 (Competitive) に対応している。SVO の傾向は

$$SVO^\circ = \arctan\left(\frac{A_O - 50}{A_S - 50}\right)$$

で求められ、この時  $A_O$  は自身の利益、 $A_S$  は相手の利益を示している。この角度は  $-16.26^\circ \sim 61.39^\circ$  の値を取り、 $61.39^\circ$  に近づくにつれて利他的思考の度合いが強くなっている。向社会的行動などの利他的行動をとりやすい傾向にあるといえる。従って、この SVO スライダーを用いることで個人の向社会的行動の取りやすさを測定することができる。

しかし、SVO スライダーの設問では、例えば、「相手と自分にいくらずつお金を振り分けますか?」という 1 つの問い合わせに対して複数のスライダーの選択を行う。その際、スライダーによって数値の間隔が異なったり、自分と他者の合計値が一定でないなど、直感的に理解が難しく、答えにくいという問題が存在する。本稿ではこの問題に対し、スライダーの値選択の際に、自他の利益を直感的に知覚可能な SVO スライダーを用いた SVO 測定手法を検討し、実用を視野に入れた精度の評価を行う。

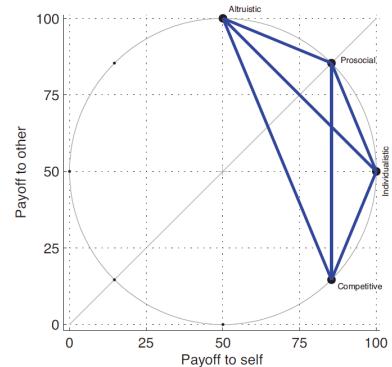


図 2 SVO スライダーにおける 6 項目の図式表現

Figure 2 Diagrammatic representation of the six items in the SVO slider

## 3. 提案手法

本章では、SVO 測定の手法について述べる。既存の SVO スライダーでの測定では、問い合わせに正解があるのではないかといった疑惑や、周囲の目があるなどの状況が結果に影響を及ぼす可能性がある。また、前章で述べたように、より直感的な知覚やスライダー操作が可能であることが望ましい。

そこで本稿では、自他の利益を直感的に知覚しながら、対応する SVO スライダーの値を決定する手法として、音楽の視聴における音量の操作を用いた SVO の測定手法を提案する。本稿では、原著の SVO スライダーにおける自身の利益、他者の利益をそれぞれ、楽曲におけるボーカルの音量、メロディの音量となるよう代替した上で、予め提示した設問から SVO が測定可能であると仮定し、検証を行った。

自他の利益を音量に代替するにあたり、SVO スライダーで測定する 6 つの指標について以下のように問い合わせを設定した。

**指標 1: 個人主義的-協力的** 自分のボーカルを大きくすれ

ば、コンテストの得点は上がりますが、曲全体のバランスが悪くなってしまいます。

**指標 2: 個人主義的-利他的** あなたは、自分のボーカルを大きくしたいと思いますが、友人は自分の作ったメロディを大きくしてほしいと要求しています。

**指標 3: 利他的-競争的** あなたは、できるだけメロディが聴こえなくなるようにしたいです。しかし、友人は自分の作ったメロディを大きくしてほしいと要求しています。

**指標 4: 利他的-協力的** あなたは、友人がメロディを大きくしてほしいと依頼してきたのでメロディをできるだけ大きくしたいです。しかし、メロディが大きすぎても曲全体のバランスが悪くなってしまいます。

**指標 5: 競争的-個人主義的** あなたは、自分のボーカルを大きくしたいと思いますし、できるだけメロディが聴こえなくなるようにしたいです。

**指標 6: 協力的-競争的** あなたは、できるだけメロディが聴こえなくなるようにしたいですが、そうすると曲全体のバランスが悪くなってしまいます。

次章ではこのミュージックプレイヤーを用いて実験を行う。

## 4. 評価実験

評価実験として、3章で作成したミュージックプレイヤー(図3)と原著のSVOスライダーを用いての測定・比較を行い、SVO測定機能の検証、また、操作性や使用感についても評価を行った。



図3 提案手法をもとに作成したミュージックプレイヤー  
Figure 3 Music player created based on the proposed method

### 4.1. 実験条件

被験者 12 名を対象とし、順にミュージックプレイヤーと SVO スライダーへの回答を行った。回答を行う際に、前後

の問題や自身が決定したスライダーの数値を顧みることで回答に偏りが発生することを防ぐために、問題の回答後にその問題を非表示にし、次の問題を表示することとした。加えて、本実験では楽曲にボーカルが存在すること前提とし、被験者が直感的に理解しやすいように表 1 に示した複数の比較的有名な J-POP 楽曲を設定し、この内から 1 曲を選択する方式とした。また、SVO スライダーの回答の最後に自由記述方式で操作性や使用感についてのアンケートを行った。

表 1 本実験で対象とした楽曲動画

Table 1 Targeted music

楽曲動画の名称	アーティスト
夜に駆ける	YOASOBI
Love so sweet	嵐
シンクロニシティ	乃木坂 46
カブトムシ	aiko
天体観測	BUMP OF CHICKEN

### 4.2. 実験結果

本節では、実験の結果を各指標ごとに述べる。

#### 4.2.1 指標 1. 個人主義的-協力的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど協力的、0 に近づくほど個人主義的傾向を持つことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者は 6 名であった。この結果を示したもの図 4 に示す。

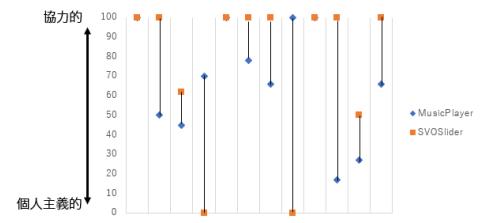


図 4 個人主義的-協力的の結果

Figure 4 Result of Individualistic - Prosocial

#### 4.2.2 指標 2. 個人主義的-利他的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど利他的、0 に近づくほど個人主義的傾向を持つことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者は 10 名であった。結果を示したもの図 5 に示す。

#### 4.2.3 指標 3. 利他的-競争的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど競争的、0 に近づくほど利他的傾向を持つ

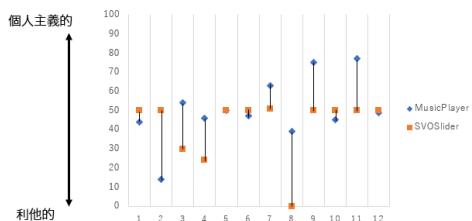


図 5 個人主義的-利他的の結果

Figure 5 Result of Individualistic - Altruistic

ことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者は 10 名であった。この指標については中間的な回答が多くみられた結果となっている。

#### 4.2.4 指標 4. 利他的-協力的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど協力的、0 に近づくほど利他的傾向を持つことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者は 2 名であった。その結果を図 6 に示す。

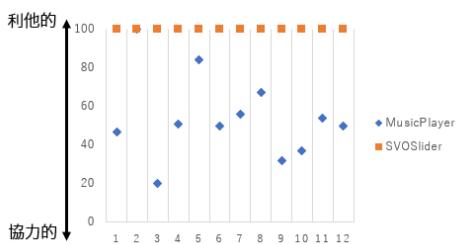


図 6 利他的-協力的の結果

Figure 6 Result of Altruistic - Prosocial

#### 4.2.5 指標 5. 競争的-個人主義的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど個人主義的、0 に近づくほど競争的傾向を持つことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者は 3 名であった。

#### 4.2.6 指標 6. 協力的-競争的

ミュージックプレイヤーと SVO スライダーの回答の値は 100 に近づくほど競争的、0 に近づくほど協力的傾向を持つことを表しており、この値が同じもしくは値の差が 30 以下となった被験者はみられなかった。

### 4.3. 考察

指標 1~3 についてはミュージックプレイヤーと SVO スライダーでどちらも同じ値や似た傾向となった人が見られた。指標 4~6 の結果に関して、Murphy らや井上ら [7] と同様に、SVO スライダーでは利他的な回答や競争的な回答が少なくなることを確認できたが、同指標におけるミュージック

プレイヤーではその傾向を確認することはできなかった。これは被験者からのアンケートの結果より、設定された問題とは別に音楽として視聴しやすいように中間的な値を選択してしまうことが要因であると考えられる。このことから、楽曲としての違和感が減少するようにボーカルとメロディの組み合わせだけでなく、ボーカルと別のボーカルの組み合わせや、ボーカルなしの楽曲における楽器の組み合わせでの測定を行うことで、改善が可能であると考える。加えて、ミュージックプレイヤーの回答全体を通して個人の聴覚特性や楽曲の好み、音楽経験の有無、再生環境（スピーカーやヘッドホン）が結果に影響を与えた可能性があるため、これらの条件を考慮して実験を行う必要があると考える。

## 5. おわりに

本稿では向社会的行動を促す行動変容を行うために、より実用的な社会的価値志向性の測定方法について検討した。結果としてボーカルを自身の利益、メロディを他者の利益とすることは、6つの指標において SVO スライダーの機能を保持するには至らなかったが、いくつかの指標の測定には有用である可能性が示唆された。今後は、楽曲におけるボーカル・メロディ以外での SVO 測定を行うことで、より精度を向上を検討する。

## 参考文献

- [1] Penner, L. A., Dovidio, J. F., Piliavin, J. A. and Schroeder, D. A.: Prosocial behavior: Multilevel perspectives, *Annu. Rev. Psychol.*, Vol. 56, pp. 365–392 (2005).
- [2] Murphy, R. O., Ackermann, K. A. and Handgraaf, M.: Measuring social value orientation, *Judgment and Decision making*, Vol. 6, No. 8, pp. 771–781 (2011).
- [3] 菊池章夫：向社会的行動の発達、教育心理学年報、Vol. 23, pp. 118–127 (1984).
- [4] Van Lange, P. A.: The pursuit of joint outcomes and equality in outcomes: An integrative model of social value orientation., *Journal of personality and social psychology*, Vol. 77, No. 2, p. 337 (1999).
- [5] 森久美子, others : 社会的価値志向性研究の現在: 測定法をめぐる問題, 関西学院大学社会学部紀要, No. 120, pp. 33–51 (2015).
- [6] 森久美子：囚人のジレンマゲームにおける社会的価値志向性と利得構造認知, 実験社会心理学研究, Vol. 38, No. 1, pp. 48–62 (1998).
- [7] 井上裕香子, 長谷川寿一, 斎藤慈子, 清成透子：社会的価値志向性が信頼性判断とその情報探索に与える影響, 心理学研究, Vol. 88, No. 6, pp. 580–586 (オンライン), 10.4992/jjpsy.88.16347 (2018).

# 伸縮センサを用いた呼吸センシングによる 水泳パフォーマンス解析システムの提案

近藤 亮介 <sup>†1</sup>

奈良先端科学技術大学院大学

松田 裕貴 <sup>†2</sup>

奈良先端科学技術大学院大学

諏訪 博彦 <sup>†3</sup>

奈良先端科学技術大学院大学

安本 慶一 <sup>†4</sup>

奈良先端科学技術大学院大学

## 1. はじめに

水泳のパフォーマンスは、泳ぎ手のテクニックに強く関係していることから、スイマーは泳ぎに安定性・再現性を持たせるため、速く泳ぐために自身の泳ぎについて理解を深め、トレーニングにおいて水泳スタイルの欠点を改善することが求められる。水泳のパフォーマンスに関する要因としては、身体的要因では筋力、柔軟性、心肺機能など、また、技術的要因ではスタート・ターン・レースペース・ストローク・キック・ボディバランス・呼吸動作などが考えられる。一方で、練習の量や質といった間接的な要因も存在する。水泳のパフォーマンス改善のため、古くから水泳の動作解析に関する研究が行われてきた [1, 2]。

水泳の動作解析のために用いられる手法として、ビデオベースの手法やセンサベースの手法が提案されている。Seifert らは、ビデオ映像から泳ぎ手のストローク速度やストロークあたりの距離を算出し、呼吸パターンがストロークに与える影響を調べている [3]。Pansiot らは、ゴーグルに取り付けた慣性センサからピッチ角とロール角を導出し、水泳中のストロークや呼吸のタイミング、壁際でのターンといった動作の検出および分類を行っている [4]。Bächlin らは、背中の上下および右手首の 3 か所に取り付けた加速度センサから泳速、ストローク数、ストローク長、回転角などのパラメータを抽出し、モデルを作成してストローク効率を評価、フィードバックを行っている [5]。

しかし、個人で行うトレーニングではビデオベースの手法は装置が大掛かりであることが多く、公共プールなどではプライバシーの観点からカメラを用いることは難しい。また、水泳の呼吸活動には水上における吸気運動だけではな

く、水中における呼気運動も含まれるが、センサベースにおける従来の解析手法では、吸気運動の回数やリズムを記録することしかできず、水中で行われる呼気運動の長さや呼気量を記録することはできない。

そこで本研究では、胸腹部装着型の伸縮センサを用いて水泳時の呼吸センシングを行い、水泳パフォーマンスを解析するシステムを提案する（図 1）。伸縮センサの変位から、水泳時の胸腹部伸縮や静電容量の変化を計測し、計測値から水上での吸気運動や水中での呼気運動、呼吸量を推測し、水泳パフォーマンスの評価を行うというものである。これにより、水上・水中のスイマーの呼吸活動の特徴を調べることが可能となるため、水泳パフォーマンスの評価・改善に貢献できると考える。

## 2. 関連研究

本研究では、ユーザが装着したセンサから水泳中の呼吸活動をセンシングして解析を行う。そこで本章では、まず水泳の動作解析に関する研究について触れ、その後、呼吸センシングに関する研究について述べる。

### 2.1. 水泳の動作解析

水泳の動作解析で主に用いられる手法はビデオベースのものである。ビデオ解析では、プール内やプール上部のさまざまな位置に設置されたカメラやスイマーに装着されたマーカを利用し、ストローク数、ストロークのあたりの距離を計算し、腕の角度や体の回転角など、スイマーのスタイルの一般的な特性を評価することができる。Castro らは短距離スイマーに着目し、呼吸の有無および泳ぎのペースが、ストローク長、ストローク速度および泳速に及ぼす影響をマーカを用いたモーションキャプチャによって検証している [6]。Pedersen らは 2 種類の呼吸動作が短距離スイマーのスプリントに与える影響を無呼吸と比較しており、呼吸頻度の計測に映像データを利用している [7]。

近年はセンサベースの手法による動作解析も盛んである。

Proposal for a Swimming Performance Analysis System Using Stretch Sensor-Based Breath Sensing

<sup>†1</sup> RYOSUKE KONDO, Nara Institute of Science and Technology

<sup>†2</sup> YUKI MATSUDA, Nara Institute of Science and Technology

<sup>†3</sup> HIROHIKO SUWA, Nara Institute of Science and Technology

<sup>†4</sup> KEIICHI YASUMOTO, Nara Institute of Science and Technology

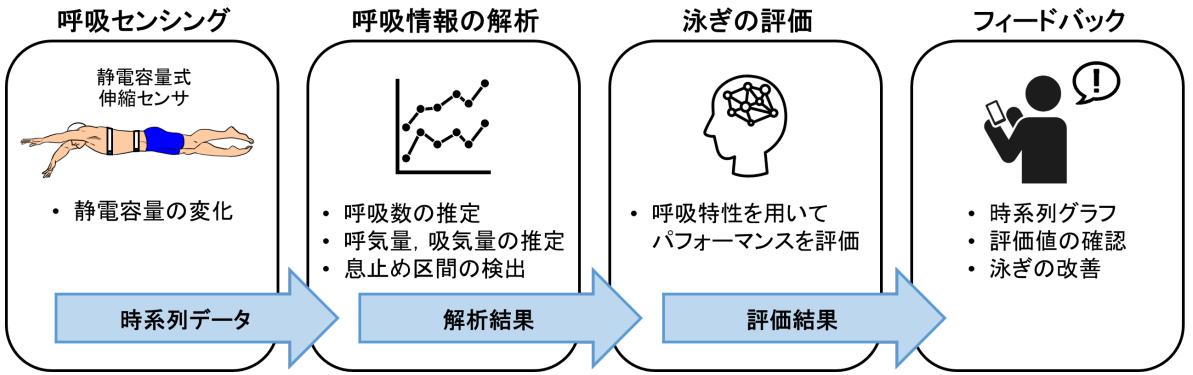


図 1 提案システムの概要

センサは小型のモノが多く、スイマーの泳ぎを阻害しにくい利点がある。Wang らは腰椎に装着した慣性センサによるモーションキャプチャから得られたデータを人体力学モデルと組み合わせてスイマーの姿勢推定を行い、ピッヂ角およびロール角の推移から被験者の 4 泳法を解析している [8]。Barden らは、腰に装着した加速度センサからクロールにおける腰の回転角のピーク値と平均角速度を算出し、呼吸の左右差が腰の回転に与える影響を調べている [9]。

## 2.2. 呼吸と水泳パフォーマンス

Cardelli らは、短距離を高速および長距離を低速で泳ぐで熟練者と非熟練者のグループに対して、クロールのストロークサイクルにおける呼気、吸気、息止めの持続時間をカメラと歯の上部に装着したマイクロホンを用いて測定し、ストローク特性（泳速・ストロークレート・ストローク長）との関係を調べている [10]。グループ間の比較した場合、高速泳では熟練者のグループは非熟練者よりも吸気時間が少なく、呼気時間が多いとしており、相関があるストロークレートと泳速には呼気に比べて吸気の方が関連するとしている。また、低速泳では非熟練者のグループは熟練者よりも息止めの時間が短く、相関があるストローク長と泳速には息止め時間が主に関連するとしている。グループ内で高速泳と低速泳を比較した場合、高速泳では熟練者は吸気時間が短くなり、非熟練者は呼気時間が短く、および息止め時間が長くなるという結果を述べている。

このように、呼吸特性から熟練度や水泳パフォーマンスを予測できる可能性が示唆されている。

## 2.3. 本研究の位置づけ

スイマーの呼吸特性は熟練度や水泳パフォーマンスを評価できる可能性があるにもかかわらず、水泳の動作解析における既存研究では、呼吸動作が他の部位に与える影響を調査している研究は多数あるが、呼吸活動そのものに着目した研究は少ない。水泳の呼吸動作には水上における吸気

運動だけではなく、水中における呼気運動も含まれており、吸気量と呼気量のバランスが浮力にも大きく関わることから、呼吸活動における呼吸量を記録できることは有意義であると考える。このことから、スイマーの呼吸特性をセンシングして解析・評価を行うことで、トレーニングの効率を向上させることに繋がると考える。しかし、ビデオベースの解析は装置が大掛かりであることや公共の場でのプライバシーの問題があり、また、センサベースの既存手法においては、吸気運動の回数や間隔を記録することしかできず、水中で行われる呼気運動の長さや呼気量を記録することはできない。以上から、本研究では水中・水上での呼吸センシングを実現するために、胸腹部装着型の伸縮センサを用いたシステムを提案する。

## 3. 提案システム

本章では、提案システムの概要について述べる。図 1 に提案するシステムの概要図を示す。提案システムは 1) 呼吸センシング部、2) 呼吸情報の解析部、3) 泳ぎの評価部、4) フィードバック部から構成される。以降ではそれぞれの部分について詳細を述べる。

### 3.1. 呼吸センシング部

スイマーの呼吸をセンシングするため、本研究では呼吸時の胸腹部の動きの変化に注目する。呼吸時の胸腹部の動きを測定するため、伸縮センサを用いる。伸縮センサは計測原理として静電容量式と抵抗式があるが、本システムでは、大高ら [11] の静電容量式伸縮センサを用いた計測事例を参考に、静電容量式の伸縮センサを採用することにする。静電容量式伸縮センサは平行平板コンデンサ構造をしていることから、式 1 に示すように、センサの静電容量  $C$  は電極間誘電率  $\epsilon$ 、電極間距離  $d$ 、電極面積  $S$  により一意に決まる。伸縮センサは、時系列の胸腹部の周長推移データおよびセンサの静電容量推移データが取得できる。

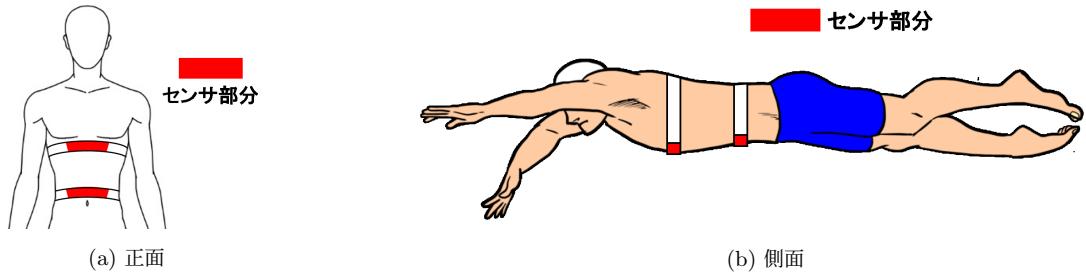


図 2 センサ装着のイメージ

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{d} \quad (1)$$

図 2 に伸縮センサ装着のイメージを示す。人間の肺は、胸骨・肋骨・脊柱で構成される胸壁と、胸部と腹部を隔てる筋肉の膜である横隔膜によって構成される、胸郭の内部に位置する。人間の呼吸は胸式呼吸と腹式呼吸の 2 種類に分類され、胸式呼吸は肋骨間の筋肉を利用して胸郭を横方向に伸縮させて換気を行うのに対し、腹式呼吸は横隔膜の弛緩による上下移動を利用して縦方向に換気を行う。そのため、胸部と腹部の伸縮による周長推移を計測することで胸式と腹式を含めた呼吸全体を計測できると考える。本システムにおいては、バンドの一部に伸縮センサが組み込まれたものを胸部と腹部の 2 か所に装着することを想定する。

データの送信については、最終的に本システムはスマートウォッチに対するフィードバックを目的とするため、トレーニングと並行してデータの閲覧や評価結果を確認することを想定すると、取得した時系列データはリアルタイムで出力できることが望ましい。しかし、水中では電波は減衰するため、センサが水中に位置していると出力先との通信は難しい可能性が考えられる。そこで、初期段階ではデータはフラッシュメモリに記録、オフラインでデータを伝送することを想定しつつ、センサが水上に出た際に通信を行う方式などを検討する。

### 3.2. 呼吸情報の解析部

呼吸センシングによって得られた呼吸の時系列データから、呼吸回数や呼吸量、呼吸状態の推定、呼吸頻度の推移などの情報を解析する。特徴量として、胸腹部の周長推移からは呼吸頻度と呼気量、吸気量が取得でき、静電容量の推移からは息止め区間の検出ができると考える。それぞれの解析方法について以下に詳細を示す。

#### 3.2.1 息止め区間の検出

水泳の呼吸活動の基本は、水上で吸気運動を行い、水中で呼気運動を行うことである。これに加えて、水中では吸気運動を行えないため、息を止めている状態も自然に発生する。ここで式 1 について、伸縮センサの電極間距離  $d$  を一定とした場合、電極面積  $S$  はセンサの長さに比例すること

から、静電容量  $C$  は吸気運動によってセンサが伸長すると増加し、呼気運動によってセンサが収縮すると減少すると言える。また、息を止めている間は胸腹部の伸縮が止まることから、静電容量の推移は微細な振動を示しながら一定値をとる、または少量の呼気によって緩やかな減少を示すことが考えられる。これより、DTW やコサイン類似度などを用いて息止め区間の検出を行うことで、息止めの時間を定量化できると考える。また、息止め区間の前後の間隔から、息止めを除いた呼吸活動の時間も併せて定量化できる。

#### 3.2.2 呼吸頻度と呼気量・吸気量

人間の胸腹部は吸気運動で膨張し、呼気運動で収縮することから、センシングによって得られる胸腹部の周長推移は、肺の体積に比例すると考えられる。この周長推移は、陸上での安静時には図 3 に示すスパイログラムのように正弦波の形を取ると考えられるが、水中においては前述の通り息止めをする必要があるため、図 4 のようにいびつな形状を取ると考えられる。形状は異なるものの、いずれの場合も呼気・吸気によるサイクルが生じるという点については共通している。ここで、吸気運動を行ってから次に吸気運動を行うまでを 1 サイクルとした場合、スパイログラムにおける正ピークから次の正ピークまでの間隔が 1 サイクルに相当することから、正ピークを検出し単位時間あたりのピーク数を計算することにより呼吸頻度を導出する。また、1 サイクルにおける正ピーク値と次の負ピーク値の差分が呼気量に、負ピーク値と次の正ピーク値の差分が吸気量に比例することから、胸腹部の周長から胸腹部の体積を推定するアルゴリズムを適用することで呼気量・吸気量を導出する。

### 3.3. 泳ぎの評価部・フィードバック部

解析部によって得られた呼吸特性の定量データを用いて水泳トレーニングの評価を行い、得られた評価結果を基にスマートウォッチへのフィードバックを行う。

水泳トレーニングの呼吸に対する評価指標としては、呼吸頻度、呼吸リズム、吸気量、吸気量のばらつき、の 4 つの基準が考えられる。呼吸頻度は、顔を水面に出す行動（泳速を下げる原因となる無駄な動き）の頻度を示す指標であり、

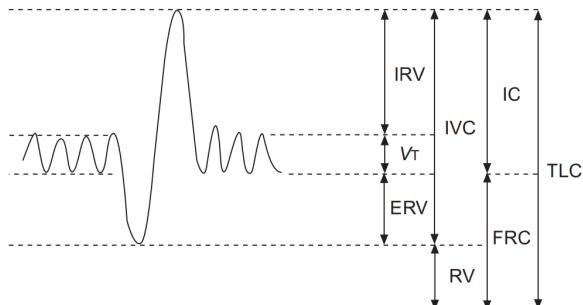


図3 陸上での安静時スパイログラム [12]

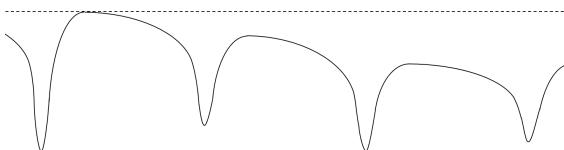


図4 水中のスパイログラムの想定

例えば短距離泳ではその頻度は低いことが望ましい。呼吸リズムは、呼吸頻度の時系列での変動を示す指標であり、どの程度安定的に呼吸行動が行っているかどうかを評価できる。特に、長距離泳では一定のペースを保つことが望ましいとされる。吸気量は、一度の呼吸でどの程度の体積の空気を体内に取り込むことができたかを示す指標であり、この量が少なくなると疲労が溜まりやすくなることから一定に保つことが望ましいが、時間経過に伴う疲労蓄積によって通常は減少する傾向にある。最後に、吸気量のばらつきは、各呼吸における吸気量の変動を示す指標であり、どの程度安定的に十分な量を吸気出来ているかを評価できる。以上の評価指標の組み合わせによって、スイマーの泳ぎのパフォーマンス評価を行う。この結果を受け、スイマーに対してその結果をフィードバックすることで指標の改善を促す。その方法としては、水中イヤホンや水中 AR ゴーグルを使用し、呼吸の周期に合わせて理想的な吸気リズムを提示することや、各呼吸時にその人のベースラインとなる吸気量との差がどの程度かを提示することで、聴覚的・視覚的にリアルタイムの改善を支援できると考える。

#### 4. おわりに

本稿では、胸部装着型の伸縮センサを用いた水泳時の呼吸センシングから水泳パフォーマンスを解析するシステムを提案した。伸縮センサの変位から、水泳時の胸腹部伸縮や静電容量の変化を計測し、計測値から水上での吸気運動や水中での呼気運動、呼吸量を推測し、水泳パフォーマンスの評価を行うというものである。今後の展望としては、胸部周囲径の変化量から呼吸頻度や呼吸量を導出するアルゴリズムの精査を行い、解析システムの実装を考えている。ま

た、心拍数やストローク特性といった呼吸特性以外の指標を組み合わせた評価も併せて検討する。

#### 参考文献

- [1] Craig Jr, A. B. and Pendergast, D. R.: Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming., *Medicine and science in sports*, Vol. 11, No. 3, pp. 278–283 (1979).
- [2] Chollet, D., Chalies, S. and Chatard, J.: A new index of coordination for the crawl: description and usefulness, *International journal of sports medicine*, Vol. 21, No. 01, pp. 54–59 (2000).
- [3] Seifert, L., Chehensse, A., Tourny-Chollet, C., Lemaitre, F. and Chollet, D.: Effect of breathing pattern on arm coordination symmetry in front crawl, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 22, No. 5, pp. 1670–1676 (2008).
- [4] Pansiot, J., Lo, B. and Yang, G.-Z.: Swimming stroke kinematic analysis with BSN, *2010 International Conference on Body Sensor Networks*, IEEE, pp. 153–158 (2010).
- [5] Bächlin, M., Förster, K. and Tröster, G.: SwimMaster: a wearable assistant for swimmer, *Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing*, pp. 215–224 (2009).
- [6] Castro, F. and Guimarães, A.: Front crawl kinematic: breathing and pace acute effects, *Portuguese Journal of Sport Sciences*, Vol. 6, pp. 26–28 (2006).
- [7] Pedersen, T. and Kjendlie, P.-L.: The effect of the breathing action on velocity in front crawl sprinting, *Portuguese Journal of Sport Science*, Vol. 6, No. suppl 2, pp. 75–77 (2006).
- [8] Wang, Z., Wang, J., Zhao, H., Qiu, S., Li, J., Gao, F. and Shi, X.: Using wearable sensors to capture posture of the human lumbar spine in competitive swimming, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Vol. 49, No. 2, pp. 194–205 (2019).
- [9] Barden, J. M. and Barber, M. V.: The Effect of Breathing Laterality on Hip Roll Kinematics in Submaximal Front Crawl Swimming, *Sensors*, Vol. 22, No. 6, p. 2324 (2022).
- [10] Cardelli, C., Lerda, R. and Chollet, D.: Analysis of breathing in the crawl as a function of skill and stroke characteristics, *Perceptual and motor skills*, Vol. 90, No. 3, pp. 979–987 (2000).
- [11] 大高秀夫：伸縮性ひずみセンサの開発と応用展開，日本ゴム協会誌，Vol. 91, No. 2, pp. 41–48 (2018).
- [12] Wanger, J., Clausen, J., Coates, A., Pedersen, O., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Crapo, R., Enright, P., Van Der Grinten, C. et al.: Standardisation of the Measurement of Lung Volumes, *European Respiratory Journal*, Vol. 26, No. 3, pp. 511–522 (2005).

# 誘因と説得と集団随伴性を活用した ハイブリット介入による行動変容の効果検証

織 瞳樹 <sup>†1</sup>

九州大学

甲斐 貴一朗 <sup>†2</sup>

九州大学

大園 咲奈 <sup>†3</sup>

九州大学

中村 優吾 <sup>†4</sup>

九州大学

荒川 豊 <sup>†5</sup>

九州大学

山崎 悠大 <sup>†6</sup>

株式会社 KDDI 総合研究所

曹 蓮 <sup>†7</sup>

株式会社 KDDI 総合研究所

柏本 幸俊 <sup>†8</sup>

株式会社 KDDI 総合研究所

上坂 大輔 <sup>†9</sup>

株式会社 KDDI 総合研究所

## 1. はじめに

近年、社会課題解決のための行動変容を起こす様々な介入手段が検討されている。例えば、代表的な社会課題の1つである環境美化促進においては、張り紙の設置や地域のゴミ拾いボランティアによる取り組みが見られる。しかし、このような行動変容のための「介入」の手順や手段は経験や事例に依存したものが多い。AIを活用した行動変容自動化への技術確立のためには、「介入」の構成要素とその特性への理解を深めることが重要である。

本研究では、外的報酬を期待することなく、他の人や他の集団を助け、役立とうとする行動である向社会的行動(prosocial behavior)に着目し、向社会的行動の促進に効果的な介入手法を検討する。具体的には、短期的な効果が期待できる「誘因」と効果は小さいが持続性が期待される「説得」をハイブリットに用いる介入手法を検討する。加えて、集団随伴性を活用した心理的な報酬による行動の強化を組み合わせる手法を提案する。最終的には、誰かが何気なく実施した向社会的行動を見える化することで、周りの人の感謝を誘発し、それに伴い他の人も同じような向社会行動を取り始めるという好循環ループの構築を目指す。

本稿では、第2章で介入の分類について述べ、第3章にて、向社会的行動、第4章で集団随伴性と向社会的行動の関連について述べる。第5章にて、計画している実験の概要を紹介し、第6章で今後の展望について述べる。

The effectiveness of a combined inducement and persuasion approach.

<sup>†1</sup> ORI Mutsuki, Kyushu University

<sup>†2</sup> KAI Kiichiro, Kyushu University

<sup>†3</sup> OZONO Sana, Kyushu University

<sup>†4</sup> NAKAMURA Yugo, Kyushu University

<sup>†5</sup> ARAKAWA Yutaka, Kyushu University

<sup>†6</sup> YAMAZAKI Yudai, KDDI Research Inc.

<sup>†7</sup> CAO Lian, KDDI Research Inc.

<sup>†8</sup> KASHIMOTO Yukitoshi, KDDI Research Inc.

<sup>†9</sup> KAMISAKA Daisuke, KDDI Research Inc.

## 2. 介入の分類

本研究では、行動変容のための「介入」の要素を誘因(Inducement)・説得(Persuasion)・脅迫(Coercion)・騙し(Deception)の4つに分類する。「誘因」は被影響者自身による目標設定なく、他者にとって望ましい行動を実現させるためのもので、等間隔で整列することを促す地面に貼られた足跡型のシールやナッジ等が例として挙げられる。「説得」は被影響者自身が設定した目標に対する行動変容を支援するもので健康増進アプリが例として挙げられる。「脅迫」は恐怖によって目的行動を強いるもので、戦争における降伏強要が例として挙げられる。「騙し」は嘘の情報によって目的の行動を行わせるもので、誇大広告などで見られる。

「誘因」と「説得」をそれぞれ単独で使用する既存手法に對して、提案手法である「誘因」と「説得」と集団随伴性を活用した心理的な報酬を組み合わせたハイブリット介入の違いと効果持続のイメージを図1に示す。「誘因」は行動変容の効果が表れるまでの反応時間が短い一方でその効果の持続性は低い。対して、「説得」は反応時間は長いものの、効果の持続性は高い。提案手法であるハイブリット介入では「誘因」の即時性と「説得」の持続性、さらに集団随伴性を活用した心理的な報酬による行動強化によって行動変容の介入を効果的に行うことを目指す。

類似の研究として、サイバーセキュリティにおける行動変容のためにナッジの種類を分類し効果を検証したものの、介入対象者の経験や事前知識を利用し介入した瞬間にのみ効果がある「単純ナッジ」とサイバーセキュリティについての情報を与え教育を施し将来の行動に影響を与える「情報提供」、この2つを組み合わせ行動の変化と同時に教育を施すことと将来の行動変容をも成し遂げる「ハイブリッドナッジ」の3つの分類のもと効果の検証がなされた[1]。

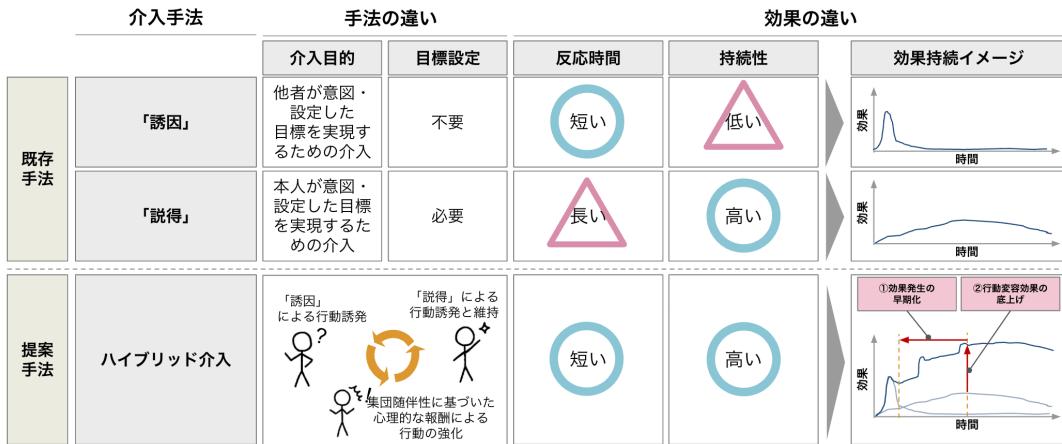


図 1 介入の手法とその効果持続イメージ

Figure 1 Methods of intervention and images of their lasting effects

### 3. 向社会的行動

道端に落ちているゴミを拾うことや、落ち込んだ友人を励ますこと、老人や妊婦に電車で席を譲ることは向社会的行動 (prosocial behavior) と呼ばれる。これらの行動に金銭的動機付けはないが、円滑な人間関係の構築の側面において重要な役割を果たす。大学生及び専門学生を対象とする調査 [2] で向社会的行動をとらなかった理由として「余裕のなさ」と「自信のなさ」が多く挙げられた。適切に行動変容させる技術を活用して向社会的行動を促す必要があることが示唆される。向社会的行動は認知されていないことが多い。向社会的行動が可視化されることで、なすべき行動の模範が示される。また、向社会的行動に対する感謝が可能になる。感謝により向社会的行動がさらに促進される事例 [3] も存在する。

### 4. 集団随伴性と向社会的行動の関係

集団随伴性 (group contingency) は応用行動分析の領域で、学級経営や集団行動のマネジメントにおいて、広く研究・活用してきた。集団随伴性は、強化子の提示方法により以下の 3 つの種類に分けられる [4]。

1. 依存型集団随伴性
2. 非依存型集団随伴性
3. 相互依存型集団随伴性

依存型集団随伴性は、集団全体が強化子を与えられるかどうかが特定の個人に依存している場合なので、例えば、代表者が試験で基準点を超えたたらクラスの全員にご褒美が提供されるような状況のことを指す。非依存型集団随伴性は、集団全体が強化子を与えられる条件は同じだが、各個人が強化子を得られるかどうかは各個人にのみによって決定さ

れ他者に依存しない場合のもので、例えば、試験で基準点を超えた人だけがご褒美をもらえるような状況のことを指す。相互依存型集団随伴性は、グループ全体の成果によって強化子が与えられるかどうかが決定される場合のもので、例えばクラスの試験の平均点が基準点を超えたたらご褒美が提供される状況のことを指す。

向社会的行動は、それによって集団が利益を受けるという性質上、集団随伴性の影響が考えられる。例えば研究室内の美化活動を考える。美化活動の責任者が決まっている場合、研究室の美化状態の責任の所在が明らかであるため、依存型集団随伴性が該当する。一方で美化活動の責任者が決まっていない場合、研究室の構成員それぞれの活動が美化状態に影響するため相互依存型集団随伴性が該当する、

### 5. 実験方法の検討

本研究では、具体的な美化活動として、ゴミ出しを対象に以下の 4 つの要素を準備する。

1. ゴミ出し行動の検出・記録
2. ゴミ出し行動への「誘因」
3. ゴミ出し行動への「説得」
4. 集団随伴性を活用した心理的な報酬

実験環境の概要図を図 2 に示す。圧力センサーとネットワークカメラによってゴミ出し行動の検知・記録を行い、パトランプの点灯によってゴミ捨てを宣言させることによってゴミ出し行動の「誘因」を、美化行動の意義づけとゴミ捨てを宣言させることによってゴミ出し行動の「説得」を行い、ゴミ出し行動の報告とゴミ出し行動に対する感謝の推奨によって集団随伴性を活用した心理的な報酬を与える。

まずはゴミ出し行動への「誘因」のみを与える。続けてゴ

ミ出し行動への「説得」を与え、最後に集団随伴性を活用した心理的な報酬を与える。段階的に介入方法を増やすことで、介入手法同士がどのように影響し合うかを分析する。

### 5.1. 美化活動の検出・記録

美化活動の記録は本実験の評価軸として最も重要であり、正確性と安定性が求められる。ゴミ出し行動の記録方法として、以下のものを考えている。

- ゴミ箱下部に圧力センサーを設置。  
ゴミ箱からゴミ出し行動されたタイミングを記録する。
- ゴミ箱前にネットワークカメラを設置し、行動を検知次第録画。  
録画映像をもとに行動者を判別する。

### 5.2. 美化活動への「誘因」

美化活動を「誘因」する方法として、パトライトによるゴミ箱充填率の可視化を考えていえる。ゴミ箱充填率が可視化されることにより、ゴミが溜まっているがゴミ出しが行われていないことが明らかとなる。利用している研究室を綺麗に保とうとする意志と、ゴミが溜まつたままであるという状態との間に認知的不協和が生じることが考えらえる。この認知的不協和の解消のためにゴミ出し行動が動機付けられることを狙う。

### 5.3. 美化活動への「説得」

美化活動への「説得」として、美化活動の意義づけを行ったのち、美化活動への取り組みを宣言させる。意義づけとして、ゴミ捨てをきっかけに会話が生まれ、新たな発想を膨らませる機会になることを知らせる。

行動する介入対象者自身が美化活動への取り組みを宣言することで、介入対象者の自己決定感を高く維持することが期待される。自己決定感が高い状態でこそ内発的動機づけが強化される[5]ことから、自己決定感の上昇とそれに伴う内発的動機付けによる行動定着を狙う。

### 5.4. 集団随伴性を活用した心理的な報酬

集団随伴性を活用した心理的な報酬によって美化活動促進を強化を図るために、5.1によって収集した美化促進活動の情報を Slack によって周知する。美化活動が行われたことと美化活動を行った人物が周知されることにより以下の効果が期待される。

- 集団への貢献が正当に評価されたことによる美化活動を行った本人の行動強化
- 集団への貢献がなされていることを知ることで美化活動を新たに始める行動強化

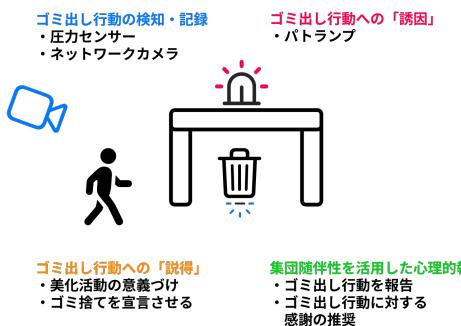


図2 ゴミ出しを対象とした実験要素との概念図

Figure 2 Conceptual diagram of the experimental environment for garbage disposal

## 6. おわりに

本稿では、現在進行中の「誘因」と「説得」のハイブリット介入と集団随伴性を活用した心理的な報酬による行動変容の効果検証実験の計画概要を述べた。ポスター発表では、より具体的な実験計画と介入による効果の心理学的評価方法についての説明を加える。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金（18H03233）および東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Zimmermann, V. and Renaud, K.: The Nudge Puzzle: Matching Nudge Interventions to Cybersecurity Decisions, *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol. 28, No. 1 (online), 10.1145/3429888 (2021).
- [2] 植村理恵社会的行動の生起過程に関する探索的研究, *Bulletin of the School of Education*, Vol. 46, pp. 173–185 (1999).
- [3] Grant, A. M. and Gino, F.: A Little Thanks Goes a Long Way: Explaining Why Gratitude Expressions Motivate Prosocial Behavior, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 98, No. 6, pp. 946–955 (2010).
- [4] Litow, L. and Pumroy, D. K.: A BRIEF REVIEW OF CLASSROOM GROUP-ORIENTED CONTINGENCIES, *Journal of Applied Behavior Analysis*, Vol. 8, No. 3, pp. 341–347 (online), <https://doi.org/10.1901/jaba.1975.8-341> (1975).
- [5] 齐井真史内発的動機づけに及ぼす自己有能感と自己決定感の効果, *社会心理学研究*, Vol. 7, No. 2, pp. 85–91 (オンライン), 10.14966/jssp.KJ00003725171 (1992).

# 絵文字による感情の振り返りは Well-being の向上につながるか ：スマートウォッチによる感情測定システムの実装

渡邊将太 <sup>†1</sup>

立命館大学大学院

松村耕平 <sup>†2</sup>

立命館大学

岡藤勇希 <sup>†3</sup>

立命館大学

沓澤岳 <sup>†4</sup>

産業技術総合研究所

小林吉之 <sup>†5</sup>

産業技術総合研究所

## 1. はじめに

我々は日常生活の中で様々な感情を経験する。これまでの研究から、自身の感情を正しく認識することは、ネガティブな感情を軽減するなどの感情に適した行動につながることが明らかになっている [1]。すなわち、感情を認識することによって、自分がより幸せになるための行動計画を立てることが示されている。これは、自分自身がいつ、どういう場所で、どのような状態の時に、感情が良い方向、あるいは、悪い方向へ変化するのか、このような感情を認識することによって Well-being の向上が図れることを示唆している。

しかし、身体的、環境的要因などによって変化する感情を自発的に捉え続け、感情の変化の原因を理解することは困難である。感情を継続的に測定できなければ、感情の変化を知ることはできないし、感情の変化が分かったとしても、その背景となる原因が分からなければ、自分の行動を計画することにつなげることはできない。そのため、(1) 継続的に感情を測定し、(2) 測定時の背景となる情報と結びつけて振り返ること、の 2 つの問題への対応が必要である。

(1) の問題、継続的な感情の測定については、従来、自由記述や尺度などのテキスト形式による方法によって、ユーザ自身が 1 日に複数回、感情を報告することで感情の変化を時系列データとして得る方法 (i.e., 経験サンプリング法) が試みられている。しかし、自由記述や多くの質問項目に複数回答することは負荷が高くなることが指摘されており、継続した測定が難しくなってしまう [2, 3]。そのため、ユーザが継続して感情測定を取り組めるように、より簡易的な測定方法が必要となる。

本研究では、この問題に対して、絵文字による感情測定法に注目する。絵文字は（例えば、😊）、世界中で常用され

ている非言語形式のコミュニケーションツールであり、視覚的に幅広い感情を表現することができる [4]。その利便性から消費者研究などで回答者の感情状態を測定する指標として、研究利用が始まっている。絵文字を感情の測定指標として利用することの利点として、容易に感情情報を理解できる特徴から、簡便に自身の感情を報告できることが挙げられる [5]。そのため、絵文字を用いて日常生活中の感情を測定することで、テキスト形式による方法に比べ、ユーザの負荷を抑えた感情測定が可能になることが考えられる。既存のシステムとして、「エモ日記」という顔のアイコンを用いて感情を記録しているアプリがある [6]。このシステムは感情を容易に記録できるが、記録時の背景情報を取得することができないため、感情の原因を知ることができない。これでは、(2) の問題に対応することは難しい。以上を踏まえ本論文では、2 章で絵文字を用いて継続的に感情と背景情報を測定できるシステムを実装する。

(2) の問題、測定時の背景となる情報を結びつけ感情を振り返る方法については、先行研究において位置や時間情報、行動を用いた振り返りが試みられており、振り返りによって自身や他者への感情に対する意識が高まり、行動が変化する事例がいくつか見られた [7]。しかし、先行研究では、1 日の中で任意のタイミングでの感情報告しか行われていない。すなわち、ユーザはなんらかのイベントがあったときに感情を報告する。また、その報告数は平均 1 日 1~2 回程度であるため、1 日の感情の変化に対する振り返りを行うことはできない。つまり、先行研究は本研究が目的とする感情が変化した原因について理解するツールではなく、イベントと感情報告を結びつけて記録・共有する体験レビュー ツールと言える。

本研究では、絵文字による容易な感情測定を用いて、1 日複数回の回答を集めることにより、感情の変化に着目した振り返りができる。この振り返りを通して、感情が変化した原因に対してユーザの理解を促し、自身の行動を変容させることで、Well-being の向上へつなげていくことを目指している。

本研究では感情の振り返りを、位置情報、時間情報、生体情報、社会活動量を用いて行うことで、自身の感情について

Can Emotional Reflection with Emojis Improve Well-being? :  
Implement Emotion Measurement System with Smartwatches

<sup>†1</sup> SHOTA WATANABE, Ritsumeikan University

<sup>†2</sup> KOHEI MATSUMURA, Ritsumeikan University

<sup>†3</sup> YUKI OKAFUJI, Ritsumeikan University

<sup>†4</sup> GAKU KUTSUZAWA, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>†5</sup> YOSHIYUKI KOBAYASHI, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

より深い理解ができると考える。

位置情報は、日常生活で経験する感情と結びついており [8]、ユーザごとにポジティブやネガティブになりやすい場所があることが考えられる。そのため、位置情報は感情変化の原因を理解する上で重要な要素となる。

感情は曜日や時間帯で変化することがある [9]。例えば、仕事が終わる金曜日の夜は幸せになったり、朝起きるのがつらくなったりすることがある。時間による感情の変化が予想されるため、時間情報も振り返りに重要な要素といえる。

生体情報である心拍数は、自身の状態を表現する手段として使用することができる [10]。そのため、生体情報を振り返りに用いることで自身の状態と感情を結びつけながら感情の原因について分析を行えることが考えられる。

感情は他者との関わり合いにより変化することがある [9]。我々は、多くの他者と関わり合いながら生活しているため、より良い社会活動を行なっていくには社会活動に応じて感情がどのように変わることかを振り返ることが重要だと考える。

以上を踏まえ本論文では、3章で背景情報と記録された絵文字を結びつけることで、ユーザの感情の認識を支援する振り返りシステムを提案する。視覚的に感情を表現した絵文字を用いることで自身の感情と背景情報について容易に振り返りを行えることが考えられる。この振り返りにより、ユーザに対してポジティブやネガティブに感情が変化する原因の理解を促すことで、Well-being の向上につながるような行動変容が期待できる。

## 2. スマートウォッチによる感情測定システム

複数の絵文字の中から感情に適したものを選択することにより感情を測定する方法を実装する。この方法は、絵文字を表示し選択するだけで感情を測定できるため、スマートフォンやタブレットなどの様々なデバイスに適用できる。実装するシステムでは、測定した感情の振り返りに用いる背景情報を取得するために、スマートウォッチを使用する。

### 2.1. 使用する絵文字

先行研究 [11] では、74 個の表情の絵文字を感情値と覚醒度の 2 軸から分類した時に、強い負の感情・中程度に負の感情・負に近い中立の感情・正に近い中立の感情・中程度の正の感情・強い正の感情の 6 個のクラスターに分類でき、幅広い感情と対応することが明らかになっている。本研究では、これらの絵文字の中でも、ユーザによる絵文字の解釈の違いを防ぐため、各クラスターから感情値と覚醒度の標準偏差が平均以下のものを 2 個ずつ使用する。

具体的には、強い負の感情として 😞, 中程度の負の感情として 😟, 負に近い中立の感情として 😐, 正に近い中立

の感情として 😊, 中程度の正の感情として 😃, 強い正の感情として 😄 を選別する。

### 2.2. 感情報告インターフェースの実装

本研究では、感情測定システムを実装するにあたってスマートウォッチ Fitbit Sense を用いた。感情測定システムは、(1) 感情測定を促す通知を行うスマートウォッチアプリ、(2) 複数の中から絵文字を選択することで感情を測定するスマートウォッチアプリの 2 つから構成される。スマートウォッチアプリは、プログラミング言語 XML・CSS・TypeScript と Fitbit SDK、データベースとして Google 社が提供している Cloud Firestore を用いて実装した。感情測定システムの詳細について以下で説明する。

(1) の通知を行うアプリでは、ユーザに対して一定またはランダムな時間間隔で感情測定を促す通知を行うことができる。画面には現在時刻とユーザを識別するための id が表示され、通知を行う時刻になるとスマートウォッチが振動する。振動を受け取ったユーザがスマートウォッチを画面をオンにすると、(2) の感情を測定するアプリが自動で立ち上がる。この通知により、ユーザに対して日常のあらゆる時間における感情の測定を促すことを目指した。

(2) の絵文字を用いた感情測定アプリの画面を図 1 に示す。このアプリでは、ユーザは図 1-STEP1 のように表示される 12 個の絵文字の中から自分の感情に最も適した絵文字を選択する。1 画面には 6 個の絵文字が表示され、上下のスクロールで絵文字を切り替えることができる。絵文字を選択すると、図 1-STEP2 のような確認画面に移動する。もし、絵文字を再選択する場合は画面下にある BACK ボタンを押す。BACK ボタンには緑のゲージがあり、ボタンの有効時間を表している。この緑のゲージは、確認画面への移動と同時に動き出し、3 秒でなくなる。緑のゲージがなくなる、もしくは画面がオフになると、選択した絵文字や時刻などの情報が Cloud 上のデータベースに保存される。もし、データベースに保存できなかった場合は次の測定までスマートウォッチ内で保存される。



図 1 絵文字を用いた感情測定アプリ

Figure 1 Emotion measurement app by emojis

### 2.3. 背景情報測定システムの実装

Fitbit Sense では、Fitbit SDK を用いて、感情報告とともに、その背景情報を取得できる。具体的には、位置 (GPS) 情報、時刻、心拍数、歩数、消費カロリー、上った階数、歩行距離、気圧、加速度、角速度を測定・取得できる。

本研究で実装したプロトタイプにおいては、このうち加速度、角速度以外の情報を測定する。報告時の一時的な加速度や、角速度を測定・記録しても意味がないためである。

1 章では、ユーザの社会活動（他者との関わり合い）の重要性について述べたが、今回は実装しない。

奥野と角はカメラを用いて社会活動を計測するシステムを提案している [12]。これら研究や、近接するユーザの位置を計測するシステムを参考に、今後社会活動を背景情報として測定したい。

## 3. 感情の振り返り

スマートウォッチ上で記録した絵文字と背景情報を用いた感情の振り返り方法を提案する。この振り返りシステムは Web アプリとして実装し、ユーザが所有するスマートフォンや PC を用いて振り返りを行うことを想定している。

### 3.1. 位置情報をもとにした振り返り

記録された絵文字のフィードバック方法として、図 2 のように絵文字を位置と結びつけ地図に表示する方法を提案する。この方法により、ユーザは自身の感情と場所との関連を容易に理解することができる。また、記録した絵文字を時系列順に表示していく機能を実装すれば、感情の変化に着目し位置と感情の関係について振り返ることができる。

振り返りにより感情と場所の関連に対して理解を深めることができれば、ネガティブな時はポジティブになる場所に行く、ネガティブになりそうな場所は避けるなどの行動変容が期待できる。

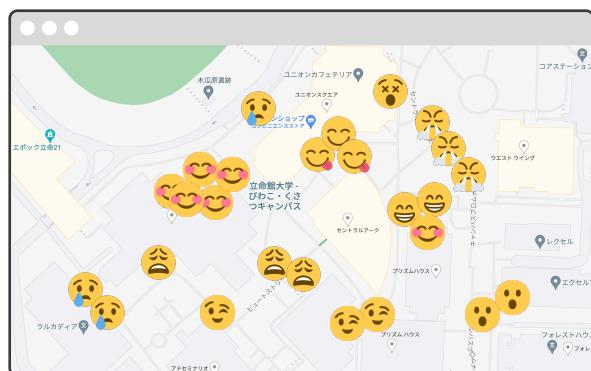


図 2 位置情報を用いた感情の振り返り

Figure 2 Emotional reflection by location

### 3.2. 時間情報をもとにした振り返り

記録された絵文字のフィードバック方法として、図 3 のように記録された絵文字をカレンダーに表示する方法を提案する。この方法により、ユーザは月や曜日と感情の関連を容易に理解できる。また、カレンダーに登録されたイベントと絵文字を結びつけることで、経験した感情の原因をイベントの内容をもとに振り返ることが可能となる。

図 4 のように記録された絵文字の割合を時間帯ごとに表示することで感情の変化による振り返りも考える。これにより、時間帯と感情の変化の関連を容易に理解できる。

時間情報をもとにした振り返りを行うことにより、ユーザに対してポジティブやネガティブになる曜日や時間帯、自身の感情変化の傾向の理解を促す。この方法で感情について理解を深めることができれば、月曜日はネガティブになることが多いから気分転換をする、夕方はネガティブな感情に変化することが多いから早めに仕事を終了するなどの曜日や感情の変化の傾向に合わせた行動変容が期待できる。

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1 😊	2 😞	3 😊	4 😞	5 😊	6 😊	7 😞
8 😊	9 😞	10 😊	11 😊	12 😞	13 😊	14 😊
15 😊	16 😞	17 😱	18 😞	19 😊	20 😊	21 😊
22 😊	23 😞	24 😊	25 😊	26 😊	27 😊	28 😊
29 😞	30 😞	31	1	2	3	4

図 3 時間情報を用いた感情の振り返り

Figure 3 Emotional reflection by time

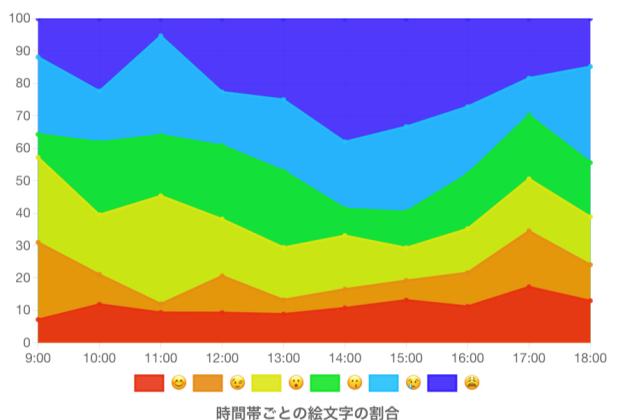


図 4 感情の変化を用いた感情の振り返り

Figure 4 Emotional reflection by emotional change

### 3.3. 感情の検索を用いた振り返り

記録された絵文字を振り返る際に特定の絵文字や時間帯、生体情報、社会活動量でフィルタリングをかけ、検索することができる機能を加える。これにより、心拍数が低い時は負の感情を表す絵文字を記録しやすい、周辺に誰かがいる時は強い正を表す絵文字を記録しやすいなどの感情と様々な背景情報との関係性を発見し、自身の感情について詳細な理解を促すことができる可能性がある。

また、感情の変化をもとに検索を行う方法も考えられる。先行研究では、ラッセルの円環モデルをもとにした二次元平面上に感情の変化を表す曲線を描画することでアニメーション顔アイコンを作成するシステムを提案している [13]。このシステムの入力方法のように、感情の変化を曲線として入力することで、過去の記録データから入力した曲線と似た感情の変化のデータを検索できることが考えられる。例えば、楽しいから悲しい感情に変化したときの時間や場所、生体情報などのデータやその前後の記録データを検索して見ることができる。この検索方法によって感情の変化が起こった原因について理解しやすくなることが考えられる。

## 4. おわりに

本研究では感情の振り返りを通じた、感情認識の促進方法を提案した。感情の振り返りのためには継続した感情の測定と、測定時の背景情報を結びつけて振り返るための方法が必要である。本論文では、感情測定の問題に対して、スマートウォッチと絵文字を用いた感情報告システムを実装した。感情と背景情報を結びつけて振り返るための方法については、位置情報と時間情報、感情の検索を用いた例を提示した。今後は、生体情報や社会活動を用いた感情の振り返り方法も考えていく。絵文字による感情測定において、その振り返りにどのような背景情報を要するのかは未知である。絵文字による感情測定とその振り返りの方法論を確立すべく研究を進める。

## 参考文献

- [1] Barrett, L. F., Gross, J., Christensen, T. C. and Benvenuto, M.: Knowing what you're feeling and knowing what to do about it: Mapping the relation between emotion differentiation and emotion regulation, *Cognition & Emotion*, Vol. 15, No. 6, pp. 713–724 (2001).
- [2] Eisele, G., Vachon, H., Lafit, G., Kuppens, P., Houben, M., Myin-Germeys, I. and Viechtbauer, W.: The effects of sampling frequency and questionnaire length on perceived burden, compliance, and careless responding in experience sampling data in a student population, *Assessment*, Vol. 29, No. 2, pp. 136–151 (2022).
- [3] Consolvo, S. and Walker, M.: Using the experience sampling method to evaluate ubicomp applications, *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 2, No. 2, pp. 24–31 (online), 10.1109/MPRV.2003.1203750 (2003).
- [4] Krekhov, A., Emmerich, K., Fuchs, J. and Krueger, J. H.: Interpolating Happiness: Understanding the Intensity Gradations of Face Emojis Across Cultures, *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '22, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), 10.1145/3491102.3517661 (2022).
- [5] Callender, J., Bridge, P., Al-Samarraie, F. and Blair, D.: The use of emoji to establish student wellbeing: does the image reflect the reality?, *Journal of Radiotherapy in Practice*, pp. 1–5 (2022).
- [6] Takigawa, M.: エモ日記, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.emodiary&hl=ja&gl=US> (2018). (Accessed on 10/29/2022).
- [7] Huang, Y., Tang, Y. and Wang, Y.: Emotion Map: A Location-Based Mobile Social System for Improving Emotion Awareness and Regulation, *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work amp; Social Computing*, CSCW '15, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 130–142 (online), 10.1145/2675133.2675173 (2015).
- [8] Manzo, L. C.: For better or worse: Exploring multiple dimensions of place meaning, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 25, No. 1, pp. 67–86 (online), <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.01.002> (2005).
- [9] Csikszentmihalyi, M. and Hunter, J.: *Happiness in Everyday Life: The Uses of Experience Sampling*, pp. 89–101 (online), 10.1007/978-94-017-9088-8\_6, SpringerNetherlands (2014).
- [10] Liu, F., Dabbish, L. and Kaufman, G.: Supporting Social Interactions with an Expressive Heart Rate Sharing Application, *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, Vol. 1, No. 3 (online), 10.1145/3130943 (2017).
- [11] Kutsuzawa, G., Umemura, H., Eto, K. and Kobayashi, Y.: Classification of 74 facial emoji's emotional states on the valence-arousal axes, *Scientific Reports*, Vol. 12, No. 1, pp. 1–10 (2022).
- [12] 茂野 奥野, 康之 角一人称ログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測, 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 2, pp. 607–616 (2021).
- [13] 川上雄大, 松村耕平, 野間春生ほか Face AVAS: 時系列を伴う感情の表現が可能な顔アイコン作成システムの提案, 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. 2021, No. 17, pp. 1–7 (2021).

# フェムテックによる本人及び周辺の人の行動変容支援に関する調査

大園 咲奈 <sup>†1</sup> 中村 優吾 <sup>†2</sup> 荒川 豊 <sup>†3</sup>  
 九州大学 九州大学 九州大学

## 1. はじめに

社会におけるジェンダーギャップはいまだに大きく、多くの商品やシステムが男性目線である。IT産業では女性目線のサービスは発展途上で、様々な健康情報がビッグデータとして収集されている昨今においても、女性の身体情報に特化したデータはまだ乏しい。あらゆる疾患の要因が明らかにされつつある中、多くの女性特有の疾患は詳しい原因がわからっていない<sup>\*1</sup>。これは女性の身体情報に特化したデータを収集するツールがまだ比較的少ないと起因していると考える。実際、乳がんなどの女性特有の疾患は罹患年齢が若い傾向にあり、女性は男性よりも若い年齢での病気の罹患率が高い<sup>\*2</sup>。また、社会的な側面においては、育児と仕事を両立する女性の43%がキャリアから外れてしまうというデータがある<sup>\*3</sup>[1]が、これは男性の育児休暇の取りにくさなどの、社会のシステムが原因のひとつであると考える。日常生活においても、トイレに生理用ナプキンが常備されている施設は珍しく、また月経による仕事への影響や周りへの理解を得にくいという問題点もあり、女性という視点を持って生活する中で、不便を感じるケースは少なくない。

近年、こういった女性特有の健康・社会的課題を解決するための技術やサービスとして「フェムテック」産業(フェムテックとは、femaleとtechnologyを掛け合わせた言葉)が伸長しており、月経対応にも影響する産業として注目されている<sup>\*4</sup>[2]。フェムテックの分野では、月経周期のセンシングアプリといった、女性特有の健康問題にアプローチするテクノロジーの開発が盛んであり、センシング技術を利用した女性の健康問題の改善法[3]やセキュリティ保護[4]、[?]デバイスの多様性<sup>\*5</sup>など多くの視点から議論がなされて

いる。しかし、我々の知る限り、サービスの導入がもたらす人々の行動の変化に関する研究はまだ少ない。そこで本研究では、世の中の女性に寄り添ったサービス、またそれによってなされているユーザ及びユーザのパートナーや親、職場の人といった周囲の人への心理的抵抗感をなくす工夫・実証実験について調査し、それによる行動変容を報告・議論する。

本稿では、2章にてフェムテック産業の文献調査を行った結果について述べ、フェムテックとは、セキュリティ及びプライバシーに関して、主な支援団体、そしてデバイスの多様性について紹介する。3章では、フェムテックサービスの介在による行動変容について、デバイス及び実証実験例について述べる。4章では生理の意思表明による行動変容に関する実験計画について述べ、5章にて本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

### 2.1. フェムテックとは

フェムテック産業における近年の論文は、(図2)に示す通りである。フェムテックという単語は、2016年にデンマーク出身の女性起業家、イダ・ティンを始めとする起業家たちが普及させたものである[5]。イダ・ティンは月経トラッキングサービスである“Clue”を開発した起業家で、フェムテックと言えば、一般的には女性の健康増進に焦点を当たたソフトウェアや製品・サービスを指す。この分野の市場には月経、不妊治療、妊娠・授乳、育児、セクシャルウェルネス、また更年期障害も含まれる。フェムテックの市場規模は近年瞬く間に拡大しており、フェムテックに関する市場調査レポートでは、フェムテック市場は2024年までに11億ドルに達すると予想されると述べられている[6]。

フォーブスによると<sup>\*6</sup>、フェムテック企業は、現状女性の健康問題に理解を示す投資家たちがまだあまり少ないと、投資家における女性の割合が低いこと、女性の起業家が男性起業家に比べお金を求めるに積極的でないことなどから、資金調達が難しい傾向にある。実際に、世界的に見て大きな投資のうち、女性起業家による企業への投資はわ

Research on behavioral and cognitive change caused by Femtech

<sup>†1</sup> SANA OZONO, Kyushu University

<sup>†2</sup> YUGO NAKAMURA, Kyushu University

<sup>†3</sup> YUTAKA ARAKAWA, Kyushu University

<sup>\*1</sup> [https://www.marianna-u.ac.jp/breast/03\\_breast\\_cancer\\_i/pdf/smm\\_11\\_02.pdf](https://www.marianna-u.ac.jp/breast/03_breast_cancer_i/pdf/smm_11_02.pdf)

<sup>\*2</sup> [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/healthcare/downloadfiles/H29kenkoujumyou-report-houkokusho-josei.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/H29kenkoujumyou-report-houkokusho-josei.pdf)

<sup>\*3</sup> <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1810862116>

<sup>\*4</sup> <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/cyber.2021.29230.editorial>

<sup>\*5</sup> <https://www.femtech-projects.jp>

<sup>\*6</sup> <https://www.forbes.com/sites/reenitadas/2019/09/24/is-technology-pink-investments-in-femtech-to-cross-the-13-billion-mark-in-2020/?sh=798c1e1d5205>



図 1 フェムテックに関わる研究領域

Figure 1 Research fields related to Femtech

ずか 10 %にすぎない<sup>\*7</sup>.

そんな中、女性の社会進出が増え、社会において生理痛や PMS（月経前にみられる精神的・身体的症状）、妊娠後社会復帰がしにくい現状など、女性が抱える問題が顕著になってきた。SNS の普及もあり、女性のリアルな声を話しやすくなってきた現状が、フェムテック産業拡大の背景にあると考えられる [7]。

## 2.2. セキュリティ及びプライバシー

フェムテックサービスによる利便性の裏には、女性の健康情報という個人情報のセキュリティに関する懸念がある。現在フェムテック産業が最も大きく拡大しているアメリカでは、フェムテックサービスで扱う個人情報は、一般的な健康に関する個人情報保護法が適応されない<sup>\*8</sup>。現状各アプリの個人情報に関するプライバシーポリシーは、取得したデータをどの様に扱うかは開発者の手に委ねられているということである。月経周期を管理してくれるサービスは便利であるため、深く考えずに利用するユーザは少なくない。その先にデータがどの様に使われるのか、利用者の同意をきちんと得る規制や法律がまだ不十分であるのが現状である [4]。

## 2.3. 国内関連団体

日本では、生理用品など女性向けの商品の多くは”医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律”規定外の”雑品”として扱われているため、きちんと定められた品質基準がない。こう言った現状を打破するために発足したのが、2020 年 10 月に設立された「フェムテック振興議員連盟」である。サービスや商品が品質・安全性を担保できる様、企業や厚生労働省と協力して審査基準を

設けることを目指している<sup>\*9</sup>。その他の国内のフェムテック産業を支援する組織として、2020 年 9 月に設立した、主にフェムテックに関する医療上の適性評価を目的とする一般社団法人メディカル・フェムテック・コンソーシアム<sup>\*10</sup>が、また 2021 年 3 月に設立した、国内外のフェムテック関連のビジネス・プロダクト推進のためのコミュニティとして Femtech Community Japan<sup>\*11</sup>が挙げられる。

## 2.4. 主なデバイス

日本で普及しているフェムテックサービスの代表例が、月経周期のトラッキングサービスである、ルナルナである。ルナルナは「フェムテック」の単語が生まれる 2016 年よりも前の 2000 年にサービスをスタートし、20 年以上にわたってデータを収集している。世界的に見ても最も早くフェムテックによるセンシングサービスを始めた企業で<sup>\*12</sup>、2020 年 9 月には、日本人女性 31 万人の 600 万月経周期のデータから、日本人女性の年齢と月経周期・基礎体温との相関関係について新たな知見を見出した [8]。

ルナルナの様な月経周期のトラッキングサービスは現在は非常に多くの企業が開発・サービス提供しており、アプリ内には各企業の独自の工夫が見られる。例えば、主に生理用品ブランドであったソフィは、生理トラッキングアプリ「ソフィ」を開発し、独自に作成した 24 のタイプの体质とユーザの生理周期や体质といった情報を示し合わせて、一人一人に合った体調管理を提案する。他にも（図 2）の様なフェムテックデバイス・サービスの例が挙げられる。

## 3. フェムテックによる行動変容支援の例

### 3.1. デバイス・アプリケーション

上記に挙げられる体調管理や排卵日、月経周期を管理するアプリには、パートナーへの共有システムを搭載したもの

<sup>\*7</sup> <https://www.forbes.com/sites/reenitadas/2019/09/24/is-technology-pink-investments-in-femtech-to-cross-the-13-billion-mark-in-2020/?sh=798c1e1d5205>

<sup>\*8</sup> <https://www.complianceweek.com/technology/femtech-wanders-into-uncharted-regulatory-territory/28081.article>

<sup>\*9</sup> <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA152A40V10C22A5000000/>

<sup>\*10</sup> <https://femtech.or.jp>

<sup>\*11</sup> <https://www.femtechjapan.org>

<sup>\*12</sup> [https://sp.lnln.jp/brand/information/our\\_story](https://sp.lnln.jp/brand/information/our_story)

フェムテックデバイスの例		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ a) アプリ管理型の基礎体温形</li> <li>・ b) 基礎体温が測れるナイトブラ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ c) 精子/卵子の冷凍保存</li> <li>・ d) 正確な排卵日を予測するプレスレット</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ e) アプリ連携型スマート搾乳機</li> <li>・ f) つわり/吐き気軽減版バンド</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ g) AIによる避妊が必要かどうか予測するアプリ（米国の食品医薬品局に避妊具として認められている。）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ h) スマートピルリマインダー</li> <li>・ i) 生理痛軽減パッド型デバイス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ j) 更年期の悩みに寄り添うオンラインサポートサービス</li> </ul>

図2 フェムテックデバイスの分類及び例

Figure 2 Classification and examples of femtech devices

もある。代表的なものでは、ルナルナは月額400円でパートナーへの体調・月経周期の共有が可能である。実際に実際にパートナー共有機能を使ったユーザーの声には、「パートナーが自身の身体についてしっかり考えてくれていることが改めてわかつて良かった。」(20代未婚女性),「避妊をより正確に気をつけることができるようになった。気分の変動にもある程度予測して構えることができていると感じる。」(20代未婚男性),「自分が情緒不安定になっていたり気分が後ろ向きになっていても、パートナーがより理解を示してくれる様になった。」(20代未婚女性)といったものがある<sup>\*13</sup>。また、ルナルナによる生理・妊娠に関する男性へのアンケート結果からも、85%以上の男性が、パートナーの体調や女性特有の状態について理解したいと感じていることがわかっている。パートナーに共有される情報には、妊娠可能性の高い時期や月経予定日だけでなく、どの様な時期にどの様な精神状態・体調になりやすいのかが含まれる。また女性が共有したい情報を選択する機能も搭載しており、共有情報の範囲も絞れる。

また、ソフィが開発している、中高生向けの月経周期トラッキングアプリである「ソフィガール」では、母親に娘の月経周期に関する情報が共有される機能が搭載されている。月経が始まったばかりで体調や月経周期が不安定な時期の若いユーザに特化したアプリで、一般の生理周期予測アプリが1か月先までしか予測しない一方、本アプリは3ヶ月先まで月経開始日の予測をしてくれる。また母親との共有機能では、娘と母親の、女性の健康に関するコミュニケーションをとる手助けとなったという声もあがっている。

基礎体温を測れるナイトブラ、「私の温度」にも、パートナー共有サービスが搭載されている。使用したユーザの声には、「自分で基礎体温を測らなくても、ナイトブラが自動で自身のPMSの時期を通知してくれる。パートナーにPMSの時期を知ってもらえるため、理解を示してもらえ衝

突が減った。」(30代未婚女性),「妊娠可能性の高い時期を教えてくれるので、パートナーと時期を見量計らうことができた。」(30代既婚女性)といったものがあった<sup>\*14</sup>。

他のパートナーや親との共有機能のある月経周期のトラッキングサービスには、以下の例がある。

- LINE上で友達に追加し、月経周期を管理、共有(PAIR-CARE(ペアケア))
- LINEを使って情報共有可能な共有アプリ(ケアミー)
- コノトキ、Cycles

### 3.2. ステッカーを使って意思表明した例

2019年11月に、大丸梅田店5階にオープンした売り場「ミチカケ」は、「月のみちかけのように、あなたのリズムに寄り添う」をコンセプトに、女性の心・身体に寄り添った商品を主に取り扱う<sup>\*15</sup>。大阪梅田店は、ミチカケを宣伝する目的で、2019年10月、漫画「ツキイチ！生理ちゃん」(作:小山健さん)のキャラクター“生理ちゃん”を使った生理バッジを5階の女性服フロアに所属する約500人のスタッフを対象に試験的に導入した。本漫画は、第23回手塚治虫手塚治虫文化賞受賞作である<sup>\*16</sup>。

職員のバッジは、表側には、“女性のリズムに寄り添う”をテーマにした売り場、「ミチカケ」の説明が、裏側には生理ちゃんのイラストが描かれたもので、バッジの案は従業員により提案された。職員は、生理の時にバッジを表側からひっくり返すことで、現在生理であるという意思表明になるという仕組みであり、使用するかはスタッフの任意であった。広報担当の樋口陽子氏はBBCの取材に対し、生理の情報を共有することで、従業員同士が体調を気遣い合ったり、生理の職員がいる場合は休憩時間を長く取ったりする

\*14 <https://watashino-ondo.toppan-f.co.jp/voice/index.html>

\*15 <https://www.wwdjapan.com/articles/1202357>

\*16 <https://omocoro.jp/matome/113450/>

\*13 [https://pc.lnln.jp/pages/lnln\\_nakayoshibi\\_woman.html](https://pc.lnln.jp/pages/lnln_nakayoshibi_woman.html)

といった職場環境の改善が目的であり、顧客に従業員の個人情報を共有することを意図したわけではないと説明した。

この取り組みに対して、顧客からの反応には前向きなものもある一方、批判が多く見られた。具体的な意見としては、「生理を恥ずかしいものだとする風潮をなくす取り組みは有意義だと思う。」といったものから、「従業員は自主的につけていないと思う。」「セクハラである。」「プライバシーがないと思う。」といった意見まで見られた<sup>\*17</sup>。一方スタッフへの取材では、「生理がつらいと言い出しにくい人も、バッジがあることで休憩を多めに取れる様気遣ってもらえたし、重いものの持ち運びがある際、他の従業員が代わりに持ってくれたりした。」といった声や、男性社員からは「バッジを着けている女性スタッフに対して、どう声をかけていいのか考えるようになった。」といった反応、それを受けた女性スタッフと「自分には声をかけてくれなくていい。」「自分は『大丈夫？』と言ってもらえると嬉しい。」といったコミュニケーションが生まれたという<sup>\*18</sup>。本試みを通して生理であることを表明することに対する物議が生まれたため、生理ちゃんの認知度が上がった。大丸梅田店は、顧客からの批判を受け、従業員同士でのみわかる形にデザインを変える予定であるとしている。

#### 4. 生理の意思表明による 行動変容に関する実験計画

大丸梅田店の例では、生理というデリケートな個人情報を、「従業員と顧客という関係間でわかる形で共有したこと」、「大きな組織で導入試験が行われたため、圧力があるのではないかと捉えられやすかったこと」が、多くの批判を呼んだ原因として挙げられると考える。そこで、本研究では、我々の研究室（構成人数：男性 45 名、女性 7 名）で生理ちゃんステッカーを活用した行動変容に関する基礎実験の実施を計画する。具体的には、生理ちゃんの認知度を調査すると共に、生理ちゃんステッカーを利用する女性被験者と研究室にいる周囲の学生の行動や態度にどの様な変化が見られるのか観察する実験を行う。

#### 5. おわりに

本論文では、女性の社会的・健康的課題とその解決手法の一つであるフェムテックについて文献調査を行った。また、フェムテックによる行動変容支援の事例を整理し、それを受けての実験計画について述べた。本番のポスター発表では、実験結果及び考察について紹介する。

表 1 フェムテックサービスを提供している企業の例

Table 1 Examples of femtech service companies

企業及びサービス名	ロゴ	URL
OMRON 婦人体温計 私の温度	 	<a href="https://www.healthcare.omron.co.jp/product/mc/mc-652lc.html">https://www.healthcare.omron.co.jp/product/mc/mc-652lc.html</a> <a href="https://watashino-ondo.toppan-f.co.jp">https://watashino-ondo.toppan-f.co.jp</a>
Prelude		<a href="https://www.preludefertility.com/">https://www.preludefertility.com/</a>
Ava		<a href="https://www.avawomen.com/">https://www.avawomen.com/</a>
Willow Go		<a href="https://onewillow.com/">https://onewillow.com/</a>
Reliefband		<a href="https://www.re liefband.com/">https://www.re liefband.com/</a>
Natural Cycles		<a href="https://www.naturalcycles.com/">https://www.naturalcycles.com/</a>
Popit		<a href="https://popit.io/">https://popit.io/</a>
Livia		<a href="https://mylivia.com/">https://mylivia.com/</a>
よりそる		<a href="https://www.community.yorisol.com/">https://www.community.yorisol.com/</a>

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金（18H03233）および東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- Cech, E. A. and Blair-Loy, M.: The changing career trajectories of new parents in STEM, *PNAS*, Vol. 116, No. 10, pp. 4182–4187 (2019).
- Wiederhold, B. K.: Femtech: Digital Help for Women's Health Care Across the Life Span, *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Vol. 24.
- Subbhuraam, V.: FemTech solutions for advancing women's health, *Predictive Analytics in Healthcare*, Vol. 1.
- Almeida, T., Shipp, L., Mehrnezhad, M. and Toreini, E.: Bodies Like Yours: Enquiring Data Privacy in FemTech, *Adjunct Proceedings of the 2022 Nordic Human-Computer Interaction Conference*, pp. 54–59 (2022).
- Bjørn, P. and Menendez-Blanco, M.: FemTech: Broadening Participation to Digital Technology Development, *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia*, p. 510–511 (2019).
- Wiederhold, B. K.: Femtech: Digital Help for Women's Health Care Across the Life Span, *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Vol. 24.
- Faubion, S. S.: Femtech and midlife women's health: good, bad, or ugly?, *Menopause*, Vol. 28.
- Souda, S., Suzuki, K. and Igari, I.: Relationship Between the Menstrual Cycle and Timing of Ovulation Revealed by New Protocols: Analysis of Data from a Self-Tracking Health App, *Journal of Medical Internet Research*, Vol. 19.

\*17 <https://www.bbc.com/news/world-asia-50597405>

\*18 <https://nlab.itmedia.co.jp/nl/amp/1911/29/news122.html>