

# 研究報告書

## 「行動認識と行動介入による情報駆動型社会システムの実証」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016年12月～2020年3月

研究者: 荒川 豊

### 1. 研究のねらい

本研究の狙いは、労働人口が減少する中で、情報技術によって人の行動を変化させ、そのエネルギーを社会システムの一つの動力源とする新しい社会システムを創成することである。すでに我々の行動はさまざまな「情報」によって変化させられており、Apple Watch(情報機器)が人間に「立て」と命令することもあれば、AR空間のアイテムを取るために人間が歩きまわる「ポケモン Go」の世界も当たり前になっている。センサや AI(Artificial Intelligence)から構成されるIoT(Internet of Things)が得意とする点は、継続的なモニタリングと、過去のデータに基づくパターン認識である。健康分野では、FitbitやApple Watchなどの小型活量計が広がり、これまで継続的な計測が行われていなかった、心拍、歩数、睡眠などの生体情報が可視化されるようになった。そして、所有者の平常パターンを理解し、平常と違う場合にアラートを出すということが可能になっている。現在は、個人を対象としたセンシングとフィードバックとなっている、このような仕組みをより大きな「社会」に広げていくことが将来的な狙いである。

そこで、本さがけでは、こうした「情報」による行動変容を意図的に励起するための行動認識技術に関する基礎研究を進めると同時に、人の行動変容を引き起こすメカニズムの解明に向けて、複数の「社会」にシステムを実装し観察する実証的研究を行う。このような研究を推進するにあたり、さまざまな企業と連携したり、情報処理学会関西支部の下に「行動変容と社会システム研究会」を設立したりという準備を進めてきている。

本研究における「社会」の定義は、多人数が1つの資源を共有している世界とし、我々が生活している社会よりも狭義の意味である。例えば、オフィスや研究室、大学も1つの社会であり、カーシェアリングなどシェアリングエコノミー関連のサービスも1つの社会と言える。今回は、主にオフィスや研究室を社会と見立てた研究を軸として、より大きな社会としてカーシェアリングシステムを社会と見立てた研究を進めていく。それぞれの社会の上で、行動認識に関する研究と行動変容を促す行動介入に関する研究を進めていく。

### 2. 研究成果

#### (1) 概要

本さがけ研究では、さまざまな社会での行動認識と行動変容に関する研究を実施した。具体的な社会としては、小規模なものとしてオフィス、大規模なものとしてカーシェアリングを対象とした。

オフィスにおける行動認識に関しては、心身の両面に対して、[研究テーマA]ウェアラブルデバイスを着用した心的状態の計測と推定、と[研究テーマB]オフィス環境における姿勢と椅子の設定計測システムに関する研究を実施した。前者は、一部上場企業の社員延べ160名のデータ計測を敢行し、抑うつ気分と睡眠状態の関係性を導くことに成功した。後者について

は、オフィス家具メーカーと連携し、実販売されている椅子にセンサを内蔵した上で、都内のコワーキングスペースで常用稼働している。

次に、オフィス環境における行動変容としては、[研究テーマ C]生活空間内のインタラクションによる行動変容誘発システム、の研究を実施した。通過する人に対して能動的に対話を始めるインタラクティブサイネージを開発し、3週間、さまざまな対話を行い、提案システムが想像以上に受容されることを明らかにした。この研究は、Behavior Change Support System (BCSS)という概念を提唱している、オウル大学 Harri Oinas-Kukkonen 教授とも共同研究を実施し、国際ジャーナルに掲載された(主要成果2)。

カーシェアリングにおける行動変容の研究では、[研究テーマ D]カーシェアリングに行動変容要素を入れた場合の効用シミュレーション、という研究を実施した。この研究では、ワンウェイカーシェアリングの主要問題である車両の偏在を解決する手法として、潜在的な利用者に特定区間の車利用を依頼する手法を提案し、パーク24から得られた実データに基づくシミュレーションを通じて、その効用を明らかにした。その結果は、情報処理学会論文誌に採択された(主要成果1)。

その他、行動センシングに汎用的に使えるセンシングプラットフォームが論文として採択(主要成果4)されるとともに、複数の企業から市販された。また、情報技術によって引き起こされる行動変容を社会システムに組み込んでいくという潮流を確かなものにするために、情報処理学会関西支部の配下に「行動変容と社会システム研究会」を立ち上げたり、UCLA の Prof.Mani と IEEE PerCom 内で Persuasive System に関するワークショップを主催する等の学会活動を行った。また、オフィス環境におけるセンシングに関する招待論文(主要成果 3)をまとめたり、音声対話システム分野での国際会議での基調講演、JST-NSF-DATAIA ワークショップでの講演等、多数の講演を行った。

## (2) 詳細

### 研究テーマ A「オフィスにおけるウェアラブルを用いた心的状態の計測と推定」

これまで産業医や産業カウンセラーは、標準化された質問票というものをを用いて、さまざまな心的状態を計測してきたが、不調になってからしかカウンセリングが行われないという問題があった。そこで、改正労働安全衛生法の施行により、定期的に従業員の心的状態を把握することが企業に義務付けられるようになったが、実態としては、年1回のWebアンケートを実施するだけと、形骸化している企業も多い。そこで、不調になる前に、簡単にセルフチェックを行えるようにするシステムが求められている。まず、我々は質問数の少ない QoL (Quality of Life) に焦点を当て、その質問票に対する回答とセンシングデータとの関係性について分析した。その結果、26 問中 17 問については、91.2%で推測できることがわかり、2019 年に企業 4 社の人事・総務部の協力を得て、一般会社員 60 名を対象とした計測を実施した。内訳は、世代別で 20 代、30 代、40 代、50 代がそれぞれ 9 人、20 人、18 人、13 人、男女別では男女それぞれ 13 名、47 名、世帯別では単身世帯とそれ以外でそれぞれ 10 人、50 人と、さまざま被験者を募っている。

本実験の実施にあたり、定期的なアンケートを実施するためのモバイルアプリケーションおよびデータ確認プラットフォームを構築した。我々が開発したアプリケーションは、センサデバ

イスとして利用する Fitbit 社にも協力を依頼し、参加者の詳細なセンシングデータを収集可能  
な日本初のプラットフォームである。実験では、不安気分や抑うつ気分を測る DAMS  
(Depression and Anxiety Mood Scale)やワークエンゲージメント、リカバリー経験、生産性な  
ど、これまで産業保健領域で用いられているアンケートを毎日数回に分けて延べ 130 問質問  
しつつ、全参加者に Fitbit Charge 3 を配布し、心拍、睡眠、歩数データを計測した。2 週間の計  
測で得られたデータは、テキストデータだけで 4.5GB を超えるデータとなった。このデータは完  
全匿名化した上で、データセットとして他の研究者も利用できるように整備した。

収集したデータの分析例として、DAMS と睡眠の関係について報告する。DAMS は抑うつ  
気分と肯定的気分、および不安気分の程度を測定するための質問票であり、「はつらつとし  
た」、「暗い」、「気がかりな」といった気分を表現する言葉について、今の自分の気分  
にどの程度当てはまっているかを 7 段階で選択するようになっている。抑うつ気分得点の算  
出方法は、「暗い」「沈んだ」「嫌な」の質問項目の 7 段階評価の合計であり、0~18 の範  
囲の値を取りうる。同様に、肯定気分得点は、「楽しい」「嬉しい」「はつらつとした」の合  
計点数、不安気分得点は、「不安な」「心配な」「気がかりな」の合計点数である。我々は、  
先行研究と同様に、極端な状態(上位 20%と下位 20%)を対象として、前日の睡眠状況(時  
間、4 段階の睡眠ステージの変化等)との関係性分析を行ったところ、抑うつ気分:0.776、  
肯定気分:0.610、不安気分:0.756 という F1-Value が得られた。そして、特に浅い眠りの  
時間が抑うつ気分に関連していることが明らかになった。

これまでの研究では、入手容易性やアプリの完成度(一度も会わない相手から確実にデ  
ータを収集できる確率)の高さから、Fitbit を用いているが、Fitbit の睡眠計測の正確につ  
いても把握しておく必要があると考え、2020 年 3 月に、最後の実験として、睡眠精度評  
価実験を実施した。評価実験では、8 名の被験者に、Fitbit IONIC/Charge2/Versa2 と、種  
々の睡眠に関する論文で利用されているアクチグラフを配布し、両者を装着して就寝す  
るという実験を行った。それぞれ 1 週間ずつ計測してもらい、延べ 8 週間分の睡眠デ  
ータを得た。睡眠には、睡眠時間(入眠時刻、起床時刻)と睡眠ステージという情報から  
構成されるが、アクチグラフでは睡眠ステージは提示されないため、睡眠時間につい  
て評価した。その結果、Fitbit の異なるデバイス間では、1 名 47.6 分のズレがあつた  
被験者もいたが、残りの被験者については誤差 1.4 分以内となり、ほぼ同一といえる。  
ズレが大きかった被験者は、自己申告時間とのズレも非常に大きく、布団に入ったあと  
スマホをしたり、寝るときだけ付けて他の時間はまったく付けていなかったりと、通  
常の使用形態と異なることがヒアリングでわかった。起床時にすぐ外して枕元におい  
たまにしていると、ずっと寝ているとカウントすることがあり、Fitbit を使う場合は、  
睡眠時だけでなく、日常生活においても装着して貰う必要があることがわかった。装  
着の有無は、心拍データからわかるため、心拍データが計測できている部分だけデー  
タを活用するなど、今後の分析において工夫したいと思う。

また、2020 年 1 月から、別の企業を含む 100 名を対象とした実験を行った。この実  
験では、同様のデータ収集に加えて、さまざまな休憩の仕方を情報として提示する行  
動介入実験も行った。

### 研究テーマ B「オフィス環境における姿勢と椅子の設定計測システム」

実際のオフィス環境における身体状態の計測システムの構築に取り組んだ。身体の計測に関しては、デスクワーク中の姿勢に着目し、18通りの着座姿勢を継続的に計測、評価可能な姿勢認識チェアを開発した。さらに、椅子自体の設定をセンシングする機構を椅子内部に組み込み、姿勢計測機能と組み合わせ、椅子の設定が適切であるかどうかを診断するシステムへと発展させた。卓上に設置したタブレットアプリを通じて、適切な設定と現在の設定の差異を可視化して見せることで、利用者が椅子の設定を変更するという行動変容の導線も構築している。

開発した姿勢認識チェアとタブレットアプリの詳細は以下の通りである。椅子については、メッシュ座面を対象とし加速度センサ 8 個を利用したタイプと、ウレタン座面を対象とし圧力センサ 16 枚を利用したタイプの2つを開発している。前者は、メッシュ座面のたわみを特徴量とし、後者は圧力の分布を特徴量として、機械学習による姿勢認識モデルを構築している。椅子の設定としては、椅子の高さ、肘掛けの高さ、座面の奥行き、バックカーブアジャストの上下、をセンシングしている。

本開発においては、オフィス家具メーカーであるオカムラと協力し、実際に市販されている椅子を対象に、センサを内蔵するためのパーツ修正まで踏み込んでいる。さらに、2019年7月より、都内の一般コワーキングスペースにおいて常設稼働しており、さまざまな利用者に体験してもらっている。

### 研究テーマ C「生活空間内のインタラクションによる行動変容誘発システム」

行動を変化させるためには、変化の目的ときっかけが必要となる。そこで、研究室を社会と見立て、社会の中で利用される家電、デジタルサイネージ、グループウェアなどを通じて、情報を提示し、社会の住人の行動を変容させるシステムを設計、実装し、実験を行った。また、行動変容を継続的に誘発させるメカニズムについて、グループフィットネスアプリを用いた実験を行い、友だち同士の励まし合いといったソーシャルサポート機能が重要であることを明らかにした。

まず、インタラクティブサイネージを用いた行動変容誘発システムについて説明する。このシステムは、iPad を用いて実装したサイネージが生活空間内に複数配置される環境を想定している。実際に、我々の実験では、下駄箱、廊下、研究室内の休憩スペース、会議室の休憩スペース(コーヒーマーカーや電子レンジがある)という4箇所に設置した。そして、そこで生活する学生には、小型のビーコンタグを配布し、普段首から下げている学生証ケースの中に入れてもらった。サイネージは、ビーコンの電波を受信すると、さまざまなシナリオの中から1つを選び、能動的に対話を開始する。対話内容は、身長や体重といったプロフィールに関するものから、ストレス状態など多岐に渡る。その中に、何らかの対応を要求する対話を混ぜ、ユーザの反応を観察する。対応が必要な対話としては、会議室の電気を消してください、コーヒーマーカーに水を補給してください等、この社会に対する貢献を促すものや、体重を測るという健康行動を促すものを含めた。

実際に構築したサイネージを学内4箇所に設置し、3週間にわたって、15名の被験者による評価実験を実施した。実験結果としては、意外にも被験者の受容性は高く、サイネージに対



してストレス状態を入力するといった行動変容も観察できた。このシステムを、Behavior Change Support System (BCSS) という概念を提唱している、オウル大学 Harri Oinas-Kukkonen 教授と共同研究を実施した。そして、2件の国際会議で発表するとともに、国際ジャーナルにも採択された。

また、グループフィットネスで継続的な運動、すなわち行動変容を推進する場合に、どのようなインセンティブやサポートが重要となるかについて、さまざまな国籍の対象者42人に対してヒアリングを行い、アプリケーションをデザインした。そのアプリケーションを用いて、23 人による1ヶ月の実調査を行った。結果として、グループ内、グループ間のコミュニケーションが運動継続に効果的であることやその効果は女性より男性に対して効果的であること、そして普段の運動量とは関係ないことを明らかにした(主要論文 5)。また、この結果に基づき、任意のグループを作成し、ウォーキング競争を実施可能なアプリケーション Walkus を開発し、公開している。

#### 研究テーマ D「カーシェアリングに行動変容要素を入れた場合の効用シミュレーション」

近年、シェアリングエコノミーの普及により、レンタカーではなく、カーシェアリングを利用する人も増えている。しかしながら、カーシェアリングという場合も、乗降場所が同一であるラウンドトリップ型のカーシェアが大半である。乗り捨てを可能とするワンウェイ型カーシェアは、2014 年に法律が緩和され、日本でも実施可能になり、さまざまな事業者がチャレンジしたものの失敗に終わっている。その理由は、車両偏在を解決するコストである。つまり、乗車場所や降車場所に偏りが出た場合、何からの方法で元のバランスの取れた状態に戻す必要がある。

この課題に対して、研究テーマ D では、潜在的利用者(過去の利用者)に、乗車を依頼することで、車の移動を発生させ、平準化することを目標とした。当初計画では、奈良先端大に整備されたワンウェイカーシェアリング実験設備を用い、実証的に行う予定であったが、設備の改修が困難であったことから、共同研究先であるパーク24が都内で実施した 100 拠点 100 台のワンウェイカーシェアリングサービス Times Car Plus × Ha:mo のデータを利用し、5つのユーザ利用パターンを定義し、シミュレーションによって潜在的利用者を活用した場合の効用について評価した。その結果、潜在的利用者に対する依頼トリップの受諾率が高ければ、当然配車効率は改善し、最大で 1.74 倍の要求をさばけることがわかった。このとき、1受諾に対する効用は、受諾率 0.4 が最大となることがわかった。

### 3. 今後の展開

オフィスにおける行動認識と行動変容に関しては、これまで収集したデータの分析を進め、産業保健領域の研究者とも連携することで、現在の年 1 回アンケートによるストレスチェックに変わる、経常的な自己チェックツールへと発展させていく。姿勢計測チェアおよび設定ナビゲーションは、これまで通り、オフィス家具メーカーと組んで市販を目指していく。オフィス内で行動変容を促すことは容易ではないと考えているが、見えなかったデータを可視化して提示することによる行動変容(例えば、音や空気の状態を伝えて、静かにしたり、換気をしたりといった行動へとつなげる)などは実現可能であると考えている。

#### 4. 自己評価

本さきがけ研究は、「実証的研究」と名付けたように、いずれの研究においても、実際の会社員、実際のカーシェアシステム、実際のオフィスから、行動データを収集し、行動変容を促す実験をしていくという点が最もチャレンジングな点であった。実験のしやすい小さな社会(オフィス)と実験が困難であるが社会的波及効果の大きな社会(カーシェア)という2本立てで研究を実施し、いずれも当初の目標通り、実証的に進めることができ、実験しないと得られない結果に辿り着いたと考えている。

前者に関しては当初の想定以上の成果が得られたと自負している。特に、一般企業 6 社延べ 160 名に対する長期間かつ詳細な調査は、簡単に得られるデータではなく、今後、収集したデータからさまざまな価値ある関係性を見いだせると考えている。また、調査のために構築したシステムは、今後アンケート調査を用いているさまざまな領域で利用可能である。後者に関しては、学内カーシェアシステムの改修が難しかったことから、実際に行動変容を用いた車両偏在問題の解決には至らなかったが、100 台 100 拠点という大規模な実データを利用した効用シミュレーションができたことは大きな成果であると考えている。引き続き、九州大学内のオンデマンド交通において、達成できなかった行動変容部分を進めていく予定である。

研究の進め方という観点では、概ねうまく進めることができたと考えている。テーマ毎に、さまざまな組み合わせで企業と連携することで、実データを取得するという観点と研究成果を実用化するという観点の両方において期待以上の成果をあげられたと考えている。

#### 5. 主な研究成果リスト

##### (1) 論文(原著論文)発表

- 1.千住琴音, 諏訪博彦, 水本旭洋, 荒川豊, 安本慶一. ワンウェイカーシェアリング実現に向けた潜在的利用者による車両偏在問題の解決. 情報処理学会論文誌, 2019. Vol.60, No.10, pp. 1818-1828.
- 2.Zhihua Zhang, Yuta Takahashi, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto. Investigating effects of interactive signage-based stimulation for promoting behavior change. Computational Intelligence. 2019. Vol.35, No. 3, pp 643-668.
- 3.Yutaka Arakawa. Sensing and Changing Human Behavior for Workplace Wellness. Journal of Information Processing. 2019. Vol.27, pp. 614-623.
- 4.Edith Talina Luhanga, Akpa Akpro Elder Hippocrate, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto. Identifying and Evaluating User Requirements for Smartphone Group Fitness Applications. 2018. IEEE Access, Vol.6, pp.3256-3269.
- 5.Yugo Nakamura, Yutaka Arakawa, Takuya Kanehira, Masashi Fujiwara, Keiichi Yasumoto. SenStick: Comprehensive sensing platform with an ultra tiny all-in-one sensor board for IoT research. Journal of Sensors. 2017. Article ID 6308302, 16 pages.

(2)特許出願

研究期間累積件数:3件(公開前の出願件名については件数のみ記載)

1.

発明者:荒川,水本,音田,菅田,佐野,小花,上西,中島  
発明の名称:着座姿勢判定装置,椅子,着座判定方法,プログラム  
出願人:国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学,オカムラ  
出願日:2018/11/5  
出願番号:JP20180208470

2

発明者:荒川,水本,音田,菅田,佐野,小花,上西,中島  
発明の名称:着座姿勢判定装置,椅子,着座判定方法,プログラム  
出願人:国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学,オカムラ  
出願日:2018/11/5  
出願番号:JP20180208469

3.

発明者:荒川,音田,小花,上西,中島  
発明の名称:着座姿勢判定装置,椅子,着座判定方法,プログラム  
出願人:国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学,オカムラ  
出願日:2017/8/31  
出願番号:JP20170167989

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 「Outstanding Research on Human Behavior Change by Information Technology」 (表彰式:2018年7月25日)
2. 島津 明人, 稲水 伸行, 花里 真道, 荒川 豊, 石井 香織. 働き方の近未来:働き方の多様化とポジティブメンタルヘルス. 産業ストレス研究(Job Stress Res.). 2019. Vol.26, No.4, 日本産業ストレス学会
3. 荒川豊. [招待講演]センサによるコンテキスト認識と行動変容 ~情報技術によるスマートオフィスの実現に向けて~. 第26回日本産業ストレス学会, 2018年12月1日.
4. 荒川豊. [招待講演]オフィス環境におけるコンテキストセンシングと行動変容—情報技術によるスマートオフィスの実現に向けて—. 日本行動医学会第24回学術総会. 2017年12月2日.
5. 荒川豊. [招待講演]オフィスにおける従業員のメンタル状態センシングと行動介入. JST-NSF-DATAIA 国際連携シンポジウム~IoTが切り拓く未来~, 2019年3月11日.