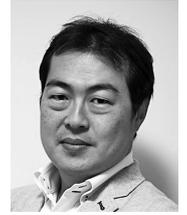


人間行動認識技術に基づく ICT 行動変容支援システムの広がり

九州大学大学院システム情報科学研究院 教授 荒川 豊



要 約

本稿では、社会をセンシングし、社会に介入し、SDGs を含めた社会問題の改善につなげ、人類の Well-being に寄与していく ICT 行動変容支援システムについて解説します。まず、スマートフォンやウェアラブル機器を用いた人間行動認識技術の基本と、これまでの行動変容支援に関して述べたあと、ICT 技術を活用した行動変容支援システムについて説明します。ICT 行動変容支援システムは、ICT 技術を用いて、物理的あるいは心理的に介入し、行動を変えていく技術であり、人間行動認識技術と組み合わせることにより、より個人に則した適切な行動介入が可能になります。さらに、これまでの行動変容支援では個人の健康増進が目的だったのに対し、ICT 行動変容支援システムでは、三密回避や外出自粛など社会の中での人の行動を変えていくこと、つまり社会の健康増進、にまで適用範囲が広がっています。

目次

1. はじめに
2. センサと AI による人間行動認識技術の現状
 - (1) 行動の定義
 - (2) モバイル行動センシング
 - (3) 環境側からの行動センシング
 - (4) 行動認識アルゴリズム
3. 行動変容とは？ ICT 行動変容支援システムとは？
 - (1) 行動変容とは？
 - (2) 行動変容のための介入
 - (3) ICT 行動変容支援システムとは？
 - (4) ICT 行動変容支援システムにおける行動介入
 - (5) 個人のための ICT 行動変容支援システム
 - (6) 社会のための ICT 行動変容支援システム
4. まとめ

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的大流行は、我々の生活を一変させました。海外ではロックダウンを行う都市も多く、全世界で国外からの渡航者を制限した状態が長く続いています。日本では、緊急事態宣言が発動され、マスク着用や手洗い、消毒は当然として、外出自粛や三密 (密閉・密集・密接) 回避などこれまでにない「行動」の推奨も始まりました。2020年5月、厚生労働省は、感染症の収束に時間がかかることから、こうした新たな「行動」を

一時的な変化とはせず、「新しい生活様式」として提言し、「行動変容」の重要性を訴えました。

皆様は、この「行動変容」という言葉、新型コロナウイルス感染症が広がる前からご存知でしたでしょうか？ Google Scholar で検索すると、1960年代に社会心理学分野において使われ始め、その後、教育心理学や認知行動学、医学の分野で使われるようになったようです。特に、2000年代は、健康への意識の高まりから、生活習慣病予防の分野で、「行動変容」という言葉がよく使われるようになりました。

筆者は、センサを用いた人間行動認識 (HAR: Human Activity Recognition) に関する研究を専門としてきましたが、2015年頃、急速な人工知能 (AI: Artificial Intelligence) 技術の進化を目の当たりにし、もし AI の進展で 100% 我々の行動が計測される時代が来たら、その先にどんな研究があるだろうと考え始めました。当時は、シンギュラリティ (技術的特異点) という言葉が流行り、2045年に AI が人間社会を支配するといった話まで広がったのは記憶にあるのではないのでしょうか？ AI は怖いと感じる方もまだいらっしゃるかもしれませんが、当時の私は良い意味で、人間が人工知能に操られることで、社会が円滑になるのではないかと感じ、2016年3月の情報処理学会全国大会 IPSJ-ONE において「コンピュータに気持ちよく操られる社会へ向けて」というタイトルで発表しました。

炎上も覚悟したのですが、蓋を開けてみると、主な聴者である若者たちの反応はむしろポジティブで驚きました。我々は、すでに、乗換案内アプリや地図アプリによって移動手段やルートを決めていますし、Pokémon GO⁽¹⁾やドラゴンクエストウォーク⁽²⁾のように仮想空間にあるアイテムを求めて街を歩いている訳で、スマートフォンに表示される情報に操られているといっても過言ではありません。

そのような背景から、2016年4月に「行動変容と社会システム研究会」というグループ (<https://bcss.ubi-lab.com/>) を情報処理学会関西支部に設立し、社会を円滑にするための行動変容技術に関する情報交換の場を作りました。メンバーには、自治体の首長や地元の企業の方にも入っていただき、交通や医療などさまざまな観点で議論を交わしました。通常、支部研究会の活動が年1回であるところ、毎年3回、3年で9回もイベントを開催し、多いときでは50名以上が参加するなど、支部研究会としては異例の活動となりました。2019年に九州大学に教授として研究室を開くにあたり、人間と親和性の高い情報システムに関する研究を行うという意味を込めて、ヒューマノフィリックシステム研究室 (<https://arakawa-lab.com/>) と名付け、行動認識に関する研究に加えて、伊都キャンパスや自治体を舞台として、人の行動を変えていくさまざまな技術の研究を行っています。

研究室2年目となる2020年春に新型コロナウイルス感染症が広がり、研究や教育の面で、大学にも様々な制約が生まれ、新しい生活様式への対応に迫られました。伊都キャンパスは、日本最大の面積を誇り、約1.8万人の学生が在籍しています。加えて、鉄道沿線から徒歩可能な距離ではないため、朝夕のバスが混雑するという問題を抱えていました。そこで、私の研究室で、九大学研都市駅やキャンパス内のバス停の混雑状況をセンシングし、情報提供することで、時差通学・時差通勤を促そうと考え、キャンパス混雑度可視化システム itocon (<https://hub.arakawa-lab.com/itocon/>) の開発に着手し、2020年6月より、全国に先駆けて、サービスを開始しました。現在では、キャンパス内の全バス停を網羅するとともに、バス停と同様に混みやすい食堂も対象とし、キャンパス全体の混雑度を計測・可視化しています。

このような可視化は、これまでも交通渋滞や乗り換え案内等で行われてきたものをキャンパスという新し

い社会に実装したに過ぎませんが、この実証を通じて、行動をより効果的に変容させるには、情報の可視化だけでは不十分であり、行動経済学のナッジ(Nudge)やゲーミフィケーション、心理学におけるバイアスといった様々な技術を取り入れ、現代のセンサやAIと組み合わせた、新しいメカニズムの発見が必要であるということもわかってきました。私は、それを「ICT行動変容支援システム」と名付け、さまざまな関連分野の研究者と連携して研究を進めていく研究ユニット (<https://www.ict-bc.ait.kyushu-u.ac.jp/>) を2021年10月に立ち上げたところです。

本稿では、これから社会に広がっていくであろう ICT 行動変容支援システムについて、行動の定義、行動認識技術の現状、行動変容に関わる学問分野など、事例を交えながら解説いたします。

2. センサと AI による人間行動認識技術の現状

まず、人間行動認識について、行動の定義、モバイル行動センシング、環境側からの行動センシング、行動認識アルゴリズムに分けて解説します。

(1) 行動の定義

人間は、常に動いており、それらすべてが「行動」の1つと言えますが、広く用いられている定義として、総務省が実施している社会生活基本調査⁽¹⁾における行動分類があります。この調査は、海外では Time Use Survey と呼ばれ、行動分類は若干異なりますが多くの国々で実施されています。

日本では、5年に一度実施され、最新の調査は令和3年度10月に実施されたばかりです。そこで用いられた調査票はA、Bの2種類があり、調査票Aでは1日の行動を20種類に分類、調査票Bでは大分類6種類、中分類22種類、小分類90種類で分類し、主行動と同時行動や国際比較用の集計も行われています。表1に調査票Aで用いられる20種類の行動分類を示します。20種類の行動は、睡眠、食事など生理的に必要な活動(1次活動)、仕事、家事など社会生活を営む上で義務的な性格の強い活動(2次活動)、これら以外の各人が自由に使える時間における活動(3次活動)という3つに区分する事ができます。

こうした行動の調査は、長年、紙の調査票を用いて実施されていますが、行動がわかれば、それに応じたサービスが提供可能になることから、情報科学分野に

表 1 20 種類の行動分類⁽³⁾

区分	行動の種類	内容例示
1 次活動	1 睡眠	夜間の睡眠, 昼寝, 仮眠
	2 身の回りの用事	洗顔, 入浴, トイレ, 身じたく, 着替え, 化粧, 整髪, ひげそり, 理・美容室でのパーマ・カット
	3 食事	家庭での食事・飲食, 外食店等での食事・飲食, 学校給食, 職場での食事・飲食
2 次活動	4 通勤・通学	自宅と職場・仕事場との行き帰り, 自宅と学校(各種学校・専修学校を含む。)との行き帰り
	5 仕事	通常の仕事, 仕事の準備・後片付け, 残業, 自宅に持ち帰ってする仕事, アルバイト, 内職, 自家営業の手伝い
	6 学業	学校(小学・中学・高校・高専・短大・大学・大学院・予備校等)の授業や予習・復習・宿題
	7 家事	炊事, 食後の後片付け, 掃除, ごみ捨て, 洗濯, アイロンかけ, つくろいもの, ふとん干し, 衣類の整理・片付け, 家族の身の回りの世話, 家計簿の記入, 庭の草取り, 銀行・市役所等の用事, 車の手入れ, 家具の修繕
	8 介護・看護	家族あるいは他の世帯にいる親族に対する日常生活における入浴・トイレ・移動・食事等の動作の手助け, 看病
	9 育児	乳児のおむつの取り替え, 乳幼児の世話, 子供の付添い, 子供の勉強の相手, 授業参観, 子供の遊びの相手
	10 買い物	食料品・日用品・耐久消費財・レジャー用品等各種の買い物
3 次活動	11 移動(通勤・通学を除く)	電車やバスに乗っている時間・待ち時間・乗換え時間, 自動車に乗っている時間, 歩いている時間
	12 テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	テレビ・ラジオの視聴, 新聞・雑誌の購読
	13 休養・くつろぎ	家族との団らん, 職場又は学校の休憩時間, おやつ・お茶の時間, うたたね, 食休み, 一人で飲酒
	14 学習・研究(学業以外)	各種学校・専修学校, 学級・講座・教室・社会通信教育, 習い事
	15 趣味・娯楽	映画・美術・スポーツ等の観覧・鑑賞, クラブ活動・部活動で行う楽器の演奏, 読書, ドライブ, ゲーム
	16 スポーツ	各種競技会, 全身運動を伴う遊び, 家庭での美容体操, 運動会, クラブ活動・部活動で行う野球等
	17 ボランティア活動・社会参加活動	道路や公園の清掃, バザーの開催, 献血, 青少年活動, リサイクル運動, 交通安全運動
	18 交際・付き合い	訪問, 来客の接待, 会食, 知人との飲食, 冠婚葬祭・送別会・同窓会, 電話, 手紙を書く
	19 受診・療養	病院での受診・治療, 健康診断, 自宅での療養
	20 その他	求職活動, 墓参, 調査票の記入

において、センサを活用した行動認識という研究が広がっています。以降では、簡単にどのような行動認識技術が広がっているかを紹介します。

(2) モバイル行動センシング

認識対象となる人にセンサを取り付けて行動を計測する方式について説明します。基本的には、加速度センサなど動きを測るセンサを用いて人の行動を計測す

るもので、最も原始的なものは歩数計でしょう。スマートフォンの広がりは、加速度センサと通信可能なコンピュータを持ち歩くようになったと言え、モバイル行動センシングが大きく飛躍しました。

現在は、スマートウォッチやスマートリングなど、より小型なウェアラブルデバイスが広がり、かつ、それらには心拍計や血中酸素濃度計など、加速度センサ以外のセンサも広がっており、行動認識の範囲が広

がっています。歩く、走る、階段を登る、等から始まり、さまざまなスポーツやエクササイズの認識⁽²⁾も可能になっています。体の動きを直接測るだけでなく、動きから睡眠やメンタルヘルスなどを間接的に推定する手法⁽³⁾も広がり、スマートウォッチに搭載が進んでいます。

また、スマートフォンに搭載されている GPS (Global Positioning System) や接続されている基地局情報から、マクロな群衆行動もセンシングされています。例えば、NTT ドコモは、モバイル空間統計サービスとして、基地局から得られた人口動態データを販売しています。KDDI や Agoop (ソフトバンクのグループ企業)、プログウォッチャー (モバイル広告事業者) などの企業も同様のデータを販売しており、今回の新型コロナウイルス感染症対策においても、緊急事態宣言の効果測定等に活用されました。

(3) 環境側からの行動センシング

スマートフォンやスマートウォッチは、個人で所有し、常時身につけておく必要があります。また、センサ、特に GPS などはバッテリー消費が大きい点やプライバシー情報となるということから扱いづらいといった問題があります。

そこで、行動をセンシングしたい環境にセンサを取り付け、その空間の中で行動センシングを行う研究も進んでいます。代表的な研究は、住宅への適用で、特に高齢者向けに見守りを目的とした宅内行動センシング⁽⁴⁾は一部実用化が始まっています。一般家庭においても、HEMS (Home Energy Management System) が少しずつ広がり、家電の消費電力等を把握可能な住宅も増えているため、我々は消費電力に基づく、家庭内行動認識の研究⁽⁵⁾を行ったりもしています。

また、街の安心・安全を目的としたカメラによる不審行動・不審者検知も世界で広がっています。公共空間にカメラを置くことに対して強い反発のあった日本においても、オリンピックを機にある程度、公共空間でのカメラによる行動センシングが受け入れられつつあります。我々は、九大学研都市駅前、白杖や車椅子利用者など移動困難者を認識し、交通事業者に通知するシステムや、福岡市内の川端通商店街において通行客と買い物客を識別するシステム⁽⁶⁾等を稼働させています。

環境側からの行動センシングでは、常にプライバ

シー問題が隣り合わせになります。上記カメラを用いた公共空間でのセンシングでは、自治体、交通事業者などと長年調整した結果、移動困難者を助けるという社会的便益があるという理解が得られたことで実現することができました。一方、米国のディズニーエンタープライゼズ社は、プライバシー問題を解決しつつ、敷地内での行動センシングを行う方法として、足元の画像による人識別の特許⁽⁷⁾を発表しています。敷地内の券売機や移動販売車の下部にカメラを取り付け、足元を撮影し、敷地内の回遊状況を計測するというものです。靴の種類、汚れ具合、紐の形状は、来園した1日の中での変化は少ない上に、次に来園するときは変化している可能性が高く、うまくバランスの取れた行動センシング手法と感心します。

モバイル行動センシングと環境側からの行動センシングを組み合わせた例もあります。我々が開発中のキャンパス混雑度可視化システム itocon⁽⁸⁾⁽⁹⁾は、ユーザのスマートフォンから勝手に発信される電波を測る装置をバス停や食堂、バス車内に設置することで、大まかな混雑度を把握しています。スマートフォンから発信される電波には、機器固有の ID (専門用語では、MAC アドレス: Media Access Control address) が含まれていますが、プライバシー問題に対応するため、iOS も Android も MAC アドレスがランダム化されるようになっており、個人をトラッキングすることはできません。しかしながら、発信される電波から大まかに何台くらいスマホが存在しているか推定することは可能⁽¹⁰⁾です。

(4) 行動認識アルゴリズム

行動認識は、センシングして集めたデータを分析することで実現されています。データ分析手法としては、統計的な手法ではなく、収集したデータから数理モデルを構築する機械学習という手法が多く利用されており、このモデルのことを世間では AI と呼んでいます。行動認識は、構築されたモデルに対して新たに観測されたデータを入力することで、分類や予測をおこないます。機械学習には、大きく、教師あり学習と教師なし学習、強化学習という3つに分類されます。さらに、教師あり学習の中には、分類モデルと回帰モデルがあります。

(4-1) 教師あり学習・分類モデル

ラベル付きの教師データを学習し、与えられたデータがどのラベルに近いかを推定するのが分類モデルです。例えば、宅内での行動推定においては、料理、食事、お風呂など、分析対象となる行動ごとにデータにラベルを付与し、学習させています。教師あり学習の場合、ラベル（正解値）付きのデータを大量に用意することが大きな課題となります。我々の研究室では、大学内にデータ計測用の実験用住宅を建設し、その中に実際に住みながらデータ計測を行なってデータを収集していますが、秒単位で何をしていたかというラベル付与作業は非常に負荷の大きな作業となっています。行動認識技術をビジネス化するという観点では、いかにして良質なデータをスケールする形で収集できるかにかかっています。

(4-2) 教師あり学習・回帰モデル

どのラベルに属するかではなく、値を推定するのが回帰モデルです。例えば、気温データを学習して明日の気温を予測する等に利用されます。行動認識の観点では、歩行時の心拍変動を予測したり、メンタルヘルスのスコアを予測するなどの行動変容に何らかの数値指標データを学習して、明日の数値を予想したりする場合に利用しています。代表的な教師あり機械学習アルゴリズムとしては、SVM (Support Vector Machine)、決定木、ロジスティック回帰、Random Forest があり、分類、回帰のどちらにも使用できます。近年、注目を集めている深層学習 (Deep Learning) も教師あり学習の一種となります。

(4-3) 教師なし学習

教師なし学習は、正解ラベルが付与されたデータがない場合に用いられる分析手法です。前述の通り、ラベル付け作業は大変な労力を要するため、データそのものの特徴を見て、特徴の似たものをグループ化していき、あとから各グループに対してラベルを付与するという場合に利用されます。このグループ化の手法はクラスタリングと呼ばれており、データの距離で分類する階層型クラスタリングや、予めクラスタ数を決めて分類する非階層型クラスタリング、データのスコアを計算して分類するトピックモデルなど、種々の手法があります。

(4-4) 強化学習・転移学習・連合学習

教師あり学習は教師データの準備が大変であり、教師なし学習は精度が足りないというトレードオフを補うために、強化学習 (Reinforcement Learning)、転移学習 (Transfer Learning)、連合学習 (Federated Learning) などの新しい技術が広がっています。

強化学習は、ある報酬を設定し、その報酬を最大化するために、試行錯誤を繰り返していくことで性能を向上していく手法です。行動変容など、実世界へ適用する場合、試行のコストやサイクルの長さが問題となるため、エージェントシミュレーション等を使い、コンピュータ上で試行を重ねるのが一般的ですが、多数のロボットアームを使い分散強化学習によって掴み方を学習させた例などもあります。

転移学習は、あるタスク向けに学習したモデルを別の類似したタスクに適用させる技術です。教師データがすでに大量にあるタスクで作成されたモデルを、教師データの少ないタスクに適用することができれば、そのタスク学習に必要なデータ量や学習時間を大幅に削減することが可能になります。

連合学習は、少ないデータ量で個人最適化された学習モデルを作成するために考えられた技術です。大量のデータを用いて作成された共通のモデルを土台として、個人から得た少量データで学習します。これにより全データをサーバに集約する必要がなくなり、通信量の削減が可能になるとともに、プライバシー情報をサーバに預けなくても個人最適化が可能になるというメリットも生まれます。

3. 行動変容とは？ ICT 行動変容支援システムとは？

まず、これまで広く使われてきた「行動変容」について説明した上で、ICT 行動変容支援システムについて事例を交えて解説します。

(1) 行動変容とは？

「行動変容」という言葉が最も使われている領域は、生活習慣病の改善や予防を対象とした保健指導です。この中では、以下の表に示すように、対象者の意図と行動によって、表2に示すような5段階の行動変容ステージを定義し、ステージに応じた保健指導が考えられています。

各期は概ね6ヶ月単位で定義されており、行動変容

表 2 行動変容の 5 ステージ

無関心期	関心もなく、実行もしていない（行動変容の必要性を感じていない）
関心期	関心が生まれ、6ヶ月以内に実行しようとしている
準備期	すぐに実行しようとして準備している
実行期	実行し始めて6ヶ月以内である
継続期	実行し始めて6ヶ月以上である（習慣化）

を促し、習慣化するためには長い時間が必要であることがわかります。ただし、対象となる行動は、ダイエットや禁煙など、将来の病気を予防するもので、対象者にとってすぐに実害がなく実感がわかない行動だったり、タバコなど中毒性を伴う行動を辞めることであつたりすることから、時間を要すると考えることもできます。

介入は、カウンセリングやワークショップなど人による働きかけが中心に行われており、ステージに応じて様々なアプローチが取られています。例えば、無関心期においては、健康になることのメリットや、将来的なデメリット等を説き、気づきを与えるという支援をします。実行期では、褒めたり、報酬を与えることで、行動変容を強化していったり、取り組みやすい環境を準備するといった支援が考えられます。

これまでの説明でおわかりだと思いますが、これまで「行動変容」と言えば、健康行動となり、個人のために行動を変えていくものとなります。しかしながら、新型コロナウイルス感染症という未曾有のパンデミックにおいて広がった「行動変容」では、感染から身を守るという個人のための行動変容に加えて、感染を広げないという社会のための行動変容という観点が生まれました。新しい生活様式と言われるような新たな行動（三密回避、手洗い、マスク着用、検温、黙食など）をどのように浸透させていくのかがこれからの研究課題となります。

ただし、緊急を要する行動変容は、医療で言われるステージモデルのようにゆっくりとしたスパンで定着させるものではなく、国によっては罰を伴う法律にして強制するほど迅速な対応が求められます。日本では、強制力のない形で、政府が国民にお願いするだけであつたため、初期の対応は他国に比べて遅いという批判もありましたが、結果として、国民一人ひとりが行動変容の意味を考え、実行に移したことで、新しい生活様式が継続期に入ったため、行動制限が撤廃されたあとも、マスク非着用の人を見かけないという安全

な状態が続いていると言えます。一方、外出禁止などを強制した国は、行動変容に繋がっていないために、行動制限を撤廃するとすぐに感染が増えるということを繰り返しているのではないかと考えられます。

（2）行動変容のための介入

健康行動に関わる行動変容は、カウンセリングが中心であると述べましたが、社会の中での行動変容では、どのような介入手段があるのでしょうか？ここで参考になるのは、行動経済学におけるナッジ（Nudge）理論、The Fun Theory（自動車メーカーとして広く知られているフォルクスワーゲンが実施した社会実験、すでにホームページは閉鎖）、阪大・松村教授が提唱する仕掛学⁽¹¹⁾（英語では、shikakeology）といった理論です。

ここでは、仕掛学として、松村先生が整理された仕掛けの原理、つまり行動変容に関係する介入（トリガ）について紹介します。まず、大分類として、物理的トリガと心理的トリガに分類されます。さらに、物理的トリガは、視覚や嗅覚といった人間の五感を刺激するフィードバック型のトリガと、知っているものに似ている（アナロジー）とか見ただけで使い方がわかる（アフオーダンス）といったフィードフォワード型のトリガに分類されています。Fun Theory での有名な実験として、ピアノ階段と呼ばれるものがあります。階段をピアノ化して、音になるようにすることで、階段の利用を楽しく（だから Fun Theory と呼ばれる）して行動変容を促すというものですが、階段を鍵盤のように装飾することによって音が鳴るということを想起させていて、これがアナロジーと言われるものです。

心理的トリガも、的（まと）を見ると狙いたくなるなど自分の内面から生じる「個人的文脈」と、監視カメラによる被視感など社会的な要因から生じる「社会的文脈」の 2 つに分類されます。ナッジ（Nudge）理論は、この心理的トリガをうまく利用するもので、男

子トイレの便器に蝇のシールを貼るだけで床への飛散を低減でき、清掃費を大幅に削減できたという話が有名です。この蝇シールはすでに全世界で当たり前に使われていますが、それに限らず、さまざまなトリガがすでに社会の様々なところで、知らぬ間に利用されています。

(3) ICT 行動変容支援システムとは？

ICT は、Information and Communication Technology、つまり情報通信技術を意味します。前述の通り、スマートフォンやスマートウォッチの広がりにより、我々を取り巻くセンシング環境は大きく変わりました。単に常時センシングが可能であったり、行動認識率が高まっただけではなく、情報を常時送り介入することが可能になりました。これは、行動変容の分野において大きなインパクトを持っています。人的な介入の場合、カウンセリングやワークショップの時間を設ける必要があります、どうしても頻度は低いものとなります。

それに対して、身につけているデバイスからの介入は常時行うことが可能となります。加えて、センシングによって、自分の行動を記録して振り返りを可能にしたり、ある行動パターンになったときだけ介入を行うといった個人最適化された介入も可能になったのです。

Ingress⁽⁴⁾やPokémon GOに代表される位置ゲームでは、仮想空間のアイテムを獲得させることでウォーキングを促進させることに成功しています。プレイヤーの移動は、交通事業者や地元観光事業者にとっても恩恵があり、ゲームに行動変容は個人にも社会にも有用な手段の1つとして考えられています。すでに、インターネット広告は、個人最適化が進み、自分の興味に応じたものが表示されるようになってきました。移動する際は、ナビアプリの指示通りに移動している人が増えています。今後は街角のサイネージなどが個人の好みに応じて切り替わったり、ナビアプリのルートが広告主によって少し変化する（広告主の店舗の前を通るようになるなど）なども有り得ないとは言いきれない世界となってきています。

ICT 行動変容とは、センサや機械学習を用いた行動認識はもとより、行動介入においてもさまざまな ICT 技術を活用することで、個人のみならず社会的な観点で行動変容を促していくアプローチの総称です。

(4) ICT 行動変容支援システムにおける行動介入

ICT 行動変容支援システムで重要となる点は、やはり行動介入です。仕掛学の仕掛けの原理に則って、行動介入を整理すると、ICT 技術によって可能になる行動介入としては、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚という五感に対する刺激を行うフィードバック型の物理的トリガとなります。

この中で、最も広く使われているものは、視覚です。我々はスマートフォンの画面、パソコンの画面、街頭の広告、案内板など、目から取り込まれる様々な情報によって意思決定をしています。次に利用されているのは、聴覚（音）でしょう。放送や警報の音を聞くと我々の行動は変わります。スーパーマーケットでは購買意欲を掻き立てるような音楽がかけられていたりもします。触覚は、情報の通知においてよく用いられていますが、振動を伝えるためにはものに触れておかないといけないという制約あり、スマートフォンやウェアラブルデバイス以外にはそれほど使われていません。嗅覚と味覚は、スーパーマーケットでの試食販売で使われている手法です。近年では、様々な香りを放出可能な IoT デバイス⁽¹²⁾が登場したり、電気刺激で味覚が変わるフォーク⁽¹³⁾といったものが開発されています。

こうしたフィードバック型の物理的トリガに加えて、心理的トリガを加えることで、行動変容を促進します。個人的文脈としては、ポイントなどの報酬が得られる、何かに挑戦する（歩数によってバッジがもらえるなど）、ポジティブな期待（お得感を感じる）など、心理的なきっかけを与える手法が用いられます。これは認知バイアスとも呼ばれ、「先着・限定何名」という文言で希少性を感じさせたり、「顧客満足度 98%」等でみんなが良いと思っている感を出すといった手法は、マーケティング分野で広く利用されています。

心理的トリガの効果には個人差があると考えられます。例えば、アンカリング（値引き後の価格だけではなく、元値を表示して割引率を強調する手法）という認知バイアスに敏感な人もいれば、そうでない人もいます。ある商品の販売に関する日欧の比較研究で、日本人は同調バイアス（みんなと同じだと安心）が強いものに対して、ドイツ人やロシア人は権威バイアス（専門家の意見だと受け入れる）が強いという結果も発表されていたりします。

ICT 行動変容支援システムは、個人ごとの行動を

計測できるようになることで、その人に対してより効果のある介入を行うことも可能になります。そして、単に個人の健康だけではなく、社会のために行動を変えていくという文脈でも利用できます。

(5) 個人のための ICT 行動変容支援システム

まず、これまでの行動変容における目的であった、個人のため、特に健康増進のための行動変容に対して、ICT 技術が活用されている事例を紹介します。

(5-1) ウェアラブル機器による常時介入

Apple Watch⁽⁵⁾や Fitbit⁽⁶⁾に代表されるウェアラブル機器は(小型活動量計)は、個人のための ICT 行動変容支援システムの代表例と言えます。歩数計の歴史は長く、100 円ショップで販売される程に安価になっているというのに、なぜ数万円もする機器が売られるのでしょうか? ICT 行動変容支援システムでは、介入が重要であると述べましたが、まさに介入の有無が価値の差を生み出していると考えられます。

スマートフォンと連携する小型活動量計は、日々の歩数データを記録することが可能です。もちろん、安価な歩数計でも毎日、メモを取ることで記録することも可能ですが、そのひと手間が行動変容ステージにおける実行期や維持期での障壁になります。加えて、その記録された歩数により、他者との競争やバッジの付与など心理的トリガを加えることが可能となります。そして、液晶画面(視覚)やバイブレーション(触覚)などの物理的トリガを通じて、定期的に情報を提供し、継続的に行動変容の実行・維持を支援していくことが可能になりました。例えば、スタンドリマインダという機能では、長時間座っていることを検知すると健康のため立ちましょうというメッセージが届きます。

(5-2) 生体センシングに基づく介入

上述した小型活動量計は、歩数計に加えて、脈拍センサを備えているものが一般的になっています。機種によっては、血中酸素濃度(SPO2)が計測できたり、ECG(心電)センサや PTT(脈波伝播時間)センサ、EDA(皮膚電位)センサなどが搭載されています。これらのセンサにより、歩行や座位の検知だけではなく、睡眠やストレスの計測を行い、その結果に基づいた介入が可能となります。

Apple Watch は、歩数と脈拍から緊張やストレスを

検知すると、マインドフルネスリマインダが起動します。筆者も一度、重要な面接の前に起動した経験がありますが、歩いていないのにこの脈拍はおかしいということの時計が検知して、深呼吸を促してくるという体験は斬新でした。

今後、さまざまなセンサが登場し、ウェアラブルと言う形で身につけることで、常時、体の異常をセンシングして予防的な介入をするということが当たり前になっていくと考えられます。

(6) 社会のための ICT 行動変容支援システム

社会のための行動変容という文脈は、新型コロナウイルス感染症という未曾有のパンデミックによって顕在化しましたが、この数年、SDGs(Sustainable Development Goals)に対する意識の高まりによって徐々に社会に浸透していたと言えます。例えば、CO₂排出低減や省エネを目的とした行動変容の促進が全世界で実施されています。費用対便益の観点から、ICTではなく、メッセージカードなどアナログ的な手法やレジ袋有料化など政治的な手法が使われることも多いですが、ICT 技術により、オンライン会議が当たり前になったことで、航空機などの交通機関からの CO₂ 排出低減につながるといったことも考えられます。

ICT 行動変容支援システムという意味では、インターネット広告やレコメンデーション等で、個人の嗜好に応じた情報を提示して、購買行動を変容させるということは古くから行われています。一方、フェイクニュースも増加しており、DeNA の WELQ⁽⁷⁾(DeNA 社が運営していた医療キュレーションサイト)で発生した問題など事業者による恣意的な情報操作にも注意が必要となります。

(6-1) 社会のセンシングと情報介入

人をセンシングする技術は、スマートフォンやウェアラブルの進化によって実現されましたが、社会のセンシングはどのように行うのでしょうか?ここでは、交通を例に説明したいと思います。日本では、全国の主要道路に、T システムと呼ばれるカメラを用いた交通量計測システムが配備されています。ここで計測された情報を元に計算された渋滞情報や交通規制などの情報は、VICS⁽⁸⁾(Vehicle Information and Communication System)と呼ばれる道路交通情報通信システムを介して、ドライバーに伝えられます。VICS の情

報伝達には、FM ラジオの電波が使われており、対応するカーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）で情報を取得、表示することが可能になっています。ただし、T システムを配備するコスト、VICS のコスト、受信可能なカーナビのコストなど非常に金のかかるシステムであり、日本以外の国には普及していません。

このように、交通1つとっても、社会のセンシングと情報介入はコストがかかるものですが、交通に関しては、スマートフォンの普及によって解決されつつあります。誰もが知っているアプリケーション Google Maps (Google マップ) は世界中で利用可能です。単に地図を閲覧するだけでなく、経路案内の機能も充実しているため、ナビゲーションシステムとして利用している人も多いと思います。もともとカーナビが普及していなかった国はもちろん利用者が多いのですが、カーナビが普及していた日本でさえ、カーナビより Google Maps と言う人が増えているのではないのでしょうか？ Google Maps の利用が増えると、利用者の移動状況から所要時間を把握することが可能となります。さらにそのデータが溜まってくると、平常時の平均的な所要時間がわかり、最終的には渋滞情報へと変換することが可能になります。そして、最大の利点は、インフラ構築の費用がゼロになることです。結果として、世界中の国々で渋滞情報が利用可能になっています。

(6-2) SDGs と ICT 行動変容支援システム

都市の渋滞は、SDGs の観点でも重要な課題となっています。交通渋滞は、CO₂ 排出の問題だけでなく、大気汚染の問題もあり、公共交通機関の利用促進が求められています。先述の Google Maps では、自家用車の移動だけではなく、公共交通機関、徒歩、自転車、など多様な手段が同じ画面で示されています。私自身、自家用車で行こうと思っていたのに、Google Maps から意外なバス路線が提示され、バスで行くことにしたという経験は何度もあります。渋滞情報や期待される到着時間、必要なコストを含め、代替手段を同時に表示することで行動変容を促すことが可能であると実感しています。

現在は、おそらくまだ展開されていませんが、もう少し踏み込んだ介入としては、利用者ごとに異なるルートを表示するという事も考えられます。特に特

定の観光地から移動する場合、全員に同じ最適なルートが提示されることによって、特定の交差点や道路が渋滞してしまうという問題があり、都市全体の最適化という観点では、観光地周辺の車に異なるルートを提示することで、交通を分散し、地域の渋滞を減らすことが可能となります。しかしながら、こうした操作が不公平であるとか、AI による差別であるという人も一定数いるため、なかなか実用化されないという状況です。

SDGs と ICT 行動変容支援システムにおける、もう1つの身近な例としては、教育が挙げられます。私が2017年から2018年にかけてアメリカに住んでいた頃、パブリック小学校においても一人1台コンピュータがあり、講義の中でパソコンを使うのは当たり前でした。小学校1年生でも自宅で Google Slide (Google スライド) を開いて、友だちとチャットしながらスライドを共同編集していましたし、学級参観に行くとスライドでプレゼンテーションをしているという状況で、日本はかなり ICT 環境、そして、ICT を使った教育が遅れているということを実感しました。小学校に限らず、高等教育においても、アメリカは早くから MOOC (Massive Open Online Course) を推進し、Coursera⁽⁹⁾ (<https://www.coursera.org/>) にアクセスして利用すれば世界トップの講義を誰もが受講できるという世界になっています。日本では GIGA スクール構想により、ようやく小学校教育でパソコンが導入されました。新型コロナウイルス感染症に背中を押された形で、そのパソコンを使った講義も広がりしましたが、まだまだ世界からは遅れをとっている状況です。高い教育がどこでも受けられるようになれば、人口密度が高く住居費用の高い都市に住む必要もなくなりますし、電車で通勤、通学する必要もなくなります。我々、大人も、テレワークが進み、Work at home が当たり前のものとなりました。

(6-3) 新型コロナウイルス感染症と ICT 行動変容支援システム

通常、行動変容には時間がかかります。特に社会を動かすような行動変容には大きな労力と時間が必要となります。上に述べたオンライン教育やテレワークは、ICT 技術としてはすでに実施可能な状況でしたが、技術的に可能だったとしてもオンライン講義や在宅勤務が OK になることはありませんでした。今回起

きた未曾有のパンデミックは、その衝撃の大きさにより、たった2年間という短期間に大きく社会を変えたと言って良いでしょう。

新型コロナウイルス感染症に関わる ICT 行動変容支援システムとしては、混雑情報の可視化が挙げられます。外出自粛命令などに対して、実際にどの程度外出が減ったのかという情報を目にする事が多くなりましたが、この情報もスマートフォンから取得されています。例えば、NTT ドコモのモバイル空間統計⁽¹⁰⁾は、ドコモの基地局に接続されているスマートフォンの台数から地点ごとの人口を推定しています。同様に、KDDI やソフトバンクも、自社アプリから収集した位置情報データを販売しています。我々が学ぶ伊都キャンパスは、最寄り駅から5km以上離れており、多くの学生、教職員がバスを利用しています。そのため朝夕のバスは非常に混雑します。キャンパスには約1.8万名もの学生が在籍しているため、食堂も昼間は非常に混雑します。我々は、こうした混雑を可視化し、情報提供することで、伊都キャンパスに通う学生、教職員の行動変容を促すシステム itocon を開発し、1年半以上に渡って運用中です。現在は、バス停11ヶ所、食堂9ヶ所、計20箇所の混雑度をリアルタイムに計測しています。現在、可視化に加え、ポイント付与や心理的トリガを含めたメッセージ送信などを行い、どの程度行動変容を加速できるか、図1のような実験を行なっています。

もう1つ、ICT 行動変容支援システムに関わるものとして、オンラインコミュニケーションの支援が挙げられます。在宅ワークによるメリットも大きいのですが、やはり対面コミュニケーションの良さというも

のも再認識されています。具体的には、雑談の減少が挙げられます。オンラインコミュニケーションの場合、基本的には事前に予定を組み、用件のためにオンラインに集まることになります。その結果、同じプロジェクトに関わっている人としか話さない、話す場合も用件のみになってしまう、という事になりがちです。それに対して、旧来の対面コミュニケーションでは、オフィスで思いがけない人に会って、新たなコラボレーションが生まれ、自分では解決できない問題が解決できたりすることもあります。

このギャップを埋めるために、我々の研究室では、複数のチャットボットを活用しています⁽¹⁴⁾。例えば、さまざまなことを適当に聴いてくる質問チャットボットを2021年の夏から導入しています。このボットは、好きな食べ物や趣味など、さまざまな質問をユーザに送り、得られた情報を適当にシェアしてくれます。これによって、新型コロナウイルス感染症の前であれば、雑談で得られていたちょっとした情報を得ることができ、親近感が増したり、いざ対面で会った際の話題になったりと、組織に対してとても良い効果を生み出しています。

4. まとめ

本稿では、人間行動認識技術に関する基本的な話から、行動認識に加え、行動介入を加えた、ICT 行動変容支援システムの定義とその事例について紹介しました。新型コロナウイルス感染症のインパクトにより、行動変容という言葉が一般的になりましたが、それまで個人の健康を目的としていた行動変容が、社会の健康を目的とした行動変容へと広がったと考えるこ

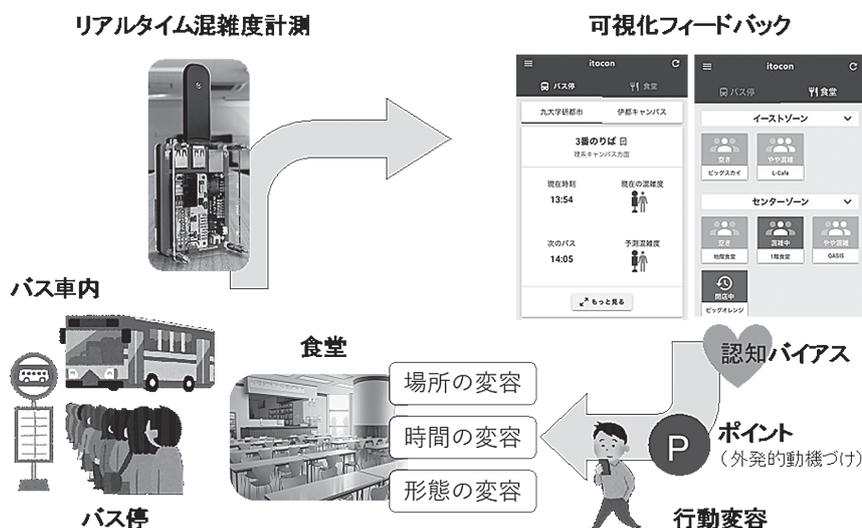


図1 混雑を避けるための ICT 行動変容支援システム itocon の概要

とができます。これまで説明したように、我々はすでにスマートフォンからの情報に基づいて意思決定することが当たり前になりつつあります。ネット上にはフェイクニュースも溢れていますし、行動変容の仕組みを私欲のために使うという話も実際は出てくるでしょう。本稿がみなさまにとって、現状を理解した上で、うまく「情報」と付き合っていくための助けになれば幸いです。

(注)

- (1) 任天堂株式会社の登録商標である。
- (2) 株式会社スクウェア・エニックス・ホールディングスの登録商標である。
- (3) 令和3年「社会生活基本調査 調査票 A」の「生活時間についての記入のポイント (<https://www.stat.go.jp/data/shakai/2021/pdf/pointa.pdf>) の表からの抜粋」
- (4) Niantic, Inc. (ナイアンティック, インコーポレイテッド) の登録商標である。
- (5) アップル インコーポレイテッドの登録商標である。
- (6) グーグル エルエルシーの登録商標である。
- (7) 株式会社ディー・エヌ・エー (英文名 DeNA Co., Ltd.) の登録商標である。
- (8) 一般財団法人道路交通情報通信システムセンターの登録商標である。
- (9) コーセラ, インク (COURSERA, INC.) の登録商標である。
- (10) エヌ・ティ・ティドモコの登録商標である。

(参考文献)

- (1) 統計局ホームページ/令和3年社会生活基本調査 <https://www.stat.go.jp/data/shakai/2021/index.html>
- (2) Yohei Torigoe, Yugo Nakamura, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto, "Strike Activity Detection and Recognition Using Inertial Measurement Unit towards Kendo Skill Improvement Support System," *Sensors and Materials*, 32 (2), pp.651-673, 2020.
- (3) Haruki Harashima, Yutaka Arakawa, Shigemi Ishida, Yugo Nakamura, "Estimating Work Engagement with Wrist-Worn Heart Rate Sensors," *The 13th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2021)*, 2021.
- (4) Tomokazu Matsui, Kosei Onishi, Shinya Misaki, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Keiichi Yasumoto, "SALON: Simplified Sensing System for Activity of Daily Living in

Ordinary Home," *Sensors*, Vol.20, No.17, Article ID 4895, August. 2020.

- (5) Kazuki Moriya, Eri Nakagawa, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Aki Kimura, Satoko Miki, Keiichi Yasumoto, "Daily living activity recognition with ECHO-NET Lite appliances and motion sensors," *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, pp.437-442, March 2017.
- (6) Mohamed A. Abdelwahab, Shizuo Kaji, Maiya Hori, Shigeru Takano, Yutaka Arakawa, Rin-ichiro Taniguchi, "Measuring "Nigiwai" from Pedestrian Movement," *IEEE Access*, 9, pp.24859-24871, 2021.
- (7) Paul Beardsley, Aparna Taneja, "System and method using foot recognition to create a customized guest experience," *US Patent 9,393,697*, 2016
- (8) Ryo Takahashi, Kenta Hayashi, Yudai Mitsukude, Masanori Futamata, Shunei Inoue, Shuta Matsuo, Shigemi Ishida, Yutaka Arakawa, Shigeru Takano, "Itocon-A System for Visualizing the Congestion of Bus Stops around Ito Campus in Real-time," *The 18th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2020)*, 2020.
- (9) 井上 隼英, 高橋 遼, 林 健太, 光来出 優大, 二俣 雅紀, 松尾 周汰, 石田 繁巳, 荒川 豊, 高野 茂, "itocon: 複数の混雑度センサを用いたバス停混雑度可視化システム," *電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)*, 2020.
- (10) Akira Tokuda, Yutaka Arakawa, Shigeru Takano, Shigemi Ishida, "Automatic Parameter Adjustment for Hybrid WiFi and BLE-Based Congestion Measurement," *The 13th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2021)*, 2021.
- (11) 松村真宏, "仕掛学-人を動かすアイデアの作り方," *東洋経済新報社* 2016/9/22
- (12) アロマジョイン, アロマシューター, <https://aromajoin.com/>
- (13) Nakamura, Hiromi, Homei Miyashita, "Augmented gustation using electricity", *Proceedings of the 2nd augmented human international conference*. 2011.
- (14) 本松大夢, 中村優吾, 荒川豊, "Slackにおける能動型質問ボットの効果検証," *情報処理学会モバイルコンピューティングと新社会システム (MBL) 研究会*, 2021-MBL-101 (2), 2021.

(原稿受領 2021.12.13)