

行動変容タスクを考慮した サービス間連携フレームワークの設計と実装

張志華¹ 松田裕貴¹ 藤本まなと¹ 荒川豊^{2,3} 安本慶一¹

概要: 近年、生活習慣病を予防するため、情報技術を用いて健康な鼓動を促すといった行動変容の誘発に関する研究が注目されている。行動変容を誘発するにはトリガーが必要であるが、既存研究でもっとも使用された仕様であるモバイルアプリケーションでは、主に通知をトリガーとしてユーザに送信している。しかしながら、現在のユーザは様々なアプリから非常に多くの通知を受け取るため、行動変容用のアプリからのトリガーに気づき難くなる可能性がある。そこで、我々は通り掛かりのユーザに積極的に話しかけるインタラクティブサイネージシステムを開発した。しかしながら、仕掛けのシナリオは多種多様であり、我々の実装はその1つにすぎない。今後、様々な環境において、ユーザや環境の状態に応じて、適切な行動変容を促すために、我々は行動変容を誘発するタスクを考慮したサービス間連携フレームワークを設計、実装する。実験として、提案したフレームワークを用いたシナリオをユーザの日常活動導線に設置し、3日間に渡り、ユーザの反応を調査する実験を実施した。実験の結果から、本シナリオはユーザの行動(体重計に乗る)と態度(健康への関心度)を変容できることが分かった。

Design and Implementation of an Inter-service Cooperation Framework considering Behavior Change Tasks

ZHIHUA ZHANG¹ YUKI MATSUDA¹ MANATO FUJIMOTO¹ YUTAKA ARAKAWA^{2,3}
KEIICHI YASUMOTO¹

1. はじめに

近年、肥満、糖尿病、高血圧などの生活習慣病は世界各国で深刻な社会問題になっている。これらの生活習慣病は名前の通り、日々の生活習慣によって発症する病気である。このような生活習慣病の予防のため、情報技術を用いて健康的な行動を促すといった「行動変容の誘発」に関する研究が注目されている [1]。例えば、Wang らはスマートウォッチで心拍数を取得しストレス度合を可視化することで、ユーザにストレスを自己調整 (Stress Self-regulation) させる研究を行っている [2]。こうしたシステムでは、BCSS 理論 (Behavior Change Support System Theory) [3] という概

念に沿って設計することが推奨されている。

BCSS 理論とは、詐欺や強要的な手段を使わずにユーザの態度・行動を形成、変更あるいは支援することを狙った、行動変容支援システムデザインのガイドラインである。BCSS 理論では、行動変容を誘発するためにトリガーが必要である。既存研究でもっとも使用されている方法として、モバイルアプリケーションでは主に通知を用いてトリガーをユーザに送信しているが、ユーザは日々様々なアプリから数多くの通知を受け取っていることから、行動変容支援システムからのトリガーに気づかない可能性がある。そこで、我々はユーザがシステムの前を通りすぎた際に積極的に話しかけるインタラクティブサイネージシステムを開発した [4]。しかしながら、どのような行動をトリガーに、どのような刺激を与え、どのような行動変容を促すか、という仕掛けのシナリオは多種多様であり、我々のこれまでの実装はその1つに過ぎない。今後、様々な環境において、ユーザや環境の状態に応じて、適切な行動変容を促す

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
NARA Institute of Science and Technology
² 九州大学
Kyushu University
³ JST さきがけ
JST PRESTO

には、このようなシナリオを統一的な形で記述できるようにする必要がある。

例えば、Web サービス間の連携を、統一的な記述でできるようにしたものとして、IFTTT (If This Then That) というサービス*1がある。IFTTT では、その名の通り、IF:Trigger $\xrightarrow{\text{THEN}}$ Action (もし Trigger が生じたら Action を実行する)、という形で連携動作を記述できる。そして、この記述はタブレットという形で保存でき、他者とも共有できる。しかし、IFTTT はこの形式以外では記述できず、僅かに条件が異なる場合でもその条件ごとにタブレットを作成する必要がある。トリガーが p 個 ($p = [1, N]$)、閾値が q 個 ($q = [1, N]$)、その出力が r 個 ($r = [1, N]$) となることを想定すると、 N の 3 乗個のタブレットを書く必要があり、その数は膨大になることから、登録と管理が非現実的なものとなる。

本研究では、実世界に設置された様々な IoT 機器を連携させ行動変容を誘発するシナリオを実現するためのデバイス・サービス間連携フレームワークを設計、実装する。そして、フレームワークを用いたシナリオの一例として、体重計と連携し、電子レンジを使う際に健康診断を促すシナリオを紹介する。このシナリオは、弁当を電子レンジで 2, 3 分間暖めるという要望と時間の隙を利用して、健康診断をしたり、ストレスの状況を聞き出したり、より良い食事を推薦したり、ストレッチを促したりする。例えば、電子レンジへの通電トリガーとしては、体重計や血圧計を使った簡単な健康診断が考えられるが、必ず両方をしないといけないわけではない。また、利用時の行動変容タスクも、ストレッチや食事推薦など複数が考えられる。こうした条件は、現状の IFTTT では大量なタブレットを用意する必要がある。それに対して、本フレームワークは、トリガーと出力を切り離して、容易にトリガーと出力を変えられるようにすることで、行動変容タスクを考慮したシナリオを作成でき、様々な場面に簡単に対応できるようになる。

今回は、開発したシナリオ (体重計と連携し、電子レンジを使う際に体重測りを促す) を著者らの研究室がある奈良先端大 A 棟 4 階のコーヒースペースに設置し、3 日間に渡り、実際の環境で行動変容を誘発できるかについて、調査実験を行なった。このシナリオは体重計、電子レンジ、スマートプラグ、ラズベリーパイで構成されている。電子レンジを利用するには、体重計に乗り、体重を測る必要がある。体重計はラズベリーパイとシリアルケーブルで繋がれており、体重計測を検知すると、ラズベリーパイからスマートプラグの電源を制御し、3 分間だけ利用可能になる。被験者は研究室のメンバー全員 (約 30 人) である。被験者にバイアスを掛けないように、事前説明を一切実施せずに直接シナリオを設置した。そして、被験者の行動に影響

を与えない (注意を逸らさない) 位置に GoPro カメラを 2 台設置し、被験者の行動を記録する。実験後、被験者にシナリオへの感想についてアンケートを回答してもらう。

結果として、事前説明がなくても、被験者はシナリオの使用方法を把握できることが分かった。そして、本シナリオによって、ユーザの行動 (体重計に乗る) と態度 (健康への関心度) を変容できることが分かった。

以降、第 2 章では本研究と関連する既存研究と我々の先行研究であるインタラクティブサイネージシステムについて説明する。第 3 章では、本研究の提案フレームワークを説明する。第 4 章では、実験について説明し、第 5 章では、実験結果と考察を示す。最後に、第 6 章において本論文のまとめと今後の予定を述べる。

2. 既存研究

BCSS 理論は PSD (Persuasive System Design) モデル [5] の拡張版であり、詐欺や強要的な手段を使わずにユーザの態度・行動を形成、変更あるいは支援することを狙った理論である。そして、BCSS 理論は実践を強調し、行動変容サポートシステムを設計するためのソフトウェア特徴を提案しているため、既存の研究で幅広く応用されている。本章では、BCSS 理論を応用した実例、インタラクティブサイネージシステム、IFTTT サービスを紹介する。

2.1 BCSS 理論を応用した実例

近年の IoT と人工知能技術の発展に伴い、情報技術を用いて健康な鼓動を促すといった行動変容の誘発に関する研究が高まっている。これらの開発は主に人々の生活パターンを改善、あるいは改善の結果を維持することをサポートするように設計されている。そして、行動変容を誘発するためのアプローチは多種多様である。

例えば、ゲーミフィケーションを利用した行動変容を誘発するシステムが増えている。ゲーミフィケーションはたくさんのアトラクティブな要素を含んでいるため、ユーザのモチベーションを長期間維持し、ゲームを通じてユーザの意思と行動に影響を与えることができる。その代表はポケモン GO という拡張現実ゲームである。Kari らの研究によって、ポケモン GO はユーザの意思と行動を形成、変更、またはサポートできることがわかった。また、ポケモン GO を通じて、ユーザの運動量の増加、社交の負担を低減することも実現できた [6]。仮想ペットアプリケーションを通じてユーザの行動を変容する研究 [7] や観光などの都市環境において行動変容を活用したデータ収集に関する研究 [8,9]、イベントでのゲームと連携しセンシングを行うシステム [10]、ユーザの行動量が多いほどより綺麗な花壇を作れるアプリ [11] 等も存在している。

ゲーミフィケーション以外、ソーシャルサポートという人間関係の影響を利用して行動変容を誘発するアプローチ

*1 <https://ifttt.com/>

も流行っている。Jaques らはウェブベースのペアリングサービスを開発した [12]。このサービスでは、ペアリングできた 2 人はお互いに相手の目標（例えば、もっと水を飲むとか、もっと運動するとかなど）を実現できるようにサポートすることで、行動変容を誘発する。Luhanga らはダイエットを成功させるためにグループ間での競争やグループメンバーからのサポートにより行動変容を誘発する研究を行なった [13]。

また、Matthews らの研究によって、セルフモニタリングは最も採用されたアプローチとなった [14]。セルフモニタリングはユーザ自身でデータを記録し、監督することによって、意思と行動を変容するアプローチである。例として、Wang らはスマートウォッチで心拍数を取得し、ストレス度合を可視化することで、ユーザにストレス自己調整 (Stress Self-regulation) させることを研究している [2]。また、Dawadi らは、ソーシャルサポートとセルフモニタリングを両方採用し、毎日の飲食内容をユーザ自身で記録し、ユーザをフォローした友人と家族はその記録について「もっと野菜を食べなさい」というようなコメントを追加できるアプリを開発した [15]。

しかし、これらのアプローチはそれぞれ問題点が存在している。ゲーミフィケーションでは、ユーザのゲームへの興味が其々違うため、適応性の問題が存在している。ゲームに興味が低いユーザはすぐ飽きてしまい、行動変容ができなくなってしまう可能性が高い。ソーシャルサポートはプライバシーと人間関係に影響を与える可能性があるという問題がある。最後に、セルフモニタリングはユーザに依存する問題点がある。生活ログを記録する習慣がないユーザは初期段階で記録を忘れることが頻発し、結局、行動変容に結びつかない可能性が高い。

そして、現在、ユーザが常に自分のスマートフォンを持ち歩くという背景において、既存システムはよくモバイルアプリケーションとして開発されている。スマートフォンには様々なセンサーが搭載されているため、研究者と開発者は容易にユーザの個人データを収集し、ユーザと周りの環境の状況を把握できる。モバイルアプリケーションを使用することによって、コストを抑えることもできる。BCSS 理論によって、行動変容を誘発するために、ユーザにトリガーを送る必要がある [3]。そして、既存システムでは、ユーザにトリガーに送る手段は主に通知である。しかし、この手段には問題点が存在している。現在、ユーザは日々色々なアプリから大量な通知を受けながら暮らしているため [16]、行動変容用のアプリからのトリガーに気づきにくくなる可能性がある。一方、ユーザが自分のスマートフォンをマナーモードに設定すると、通知が届かなくなるため、さらにトリガーに気づきにくくなる。よって、ユーザに依存せずかつ行動変容を誘発できるアプローチが必要である。

2.2 インタラクティブサイネージシステム

以上の問題点に対して、我々は通り掛かったユーザに積極的に話しかけるインタラクティブサイネージシステムを開発した [4, 17, 18]。大型ディスプレイの低価格化に伴い、デジタルサイネージは著しく普及している。初期のデジタルサイネージはディスプレイに情報を提示するだけのものだったが、カメラとセンサが装備され、ユーザの状態を検知し、ユーザに応じてコンテンツを変化させるインタラクティブサイネージが広がりつつある。先行研究では、iPad を内蔵したインタラクティブサイネージシステムを使用したため、情報を可視化するだけでなく、タッチパネルで操作できる、そして音声メッセージを送信することもできるという特徴がある。カメラを用いたユーザの検知よりも簡易かつ高速な方法として、BLE ビーコンを用いる手法もある。近年では、BLE ビーコンは小型・低価格化が進んでおり、500 円玉サイズ 8 グラム程度で数ヶ月動作するビーコン [19] も市販されている。これを名札や財布に入れておいてもらうことで、簡単にユーザ識別とその結果に基づいたインタラクションを実現することが可能となる。提案システムでは、ユーザがインタラクティブサイネージに近付くたびに、インタラクティブサイネージはそのユーザに適した内容を音声と文字メッセージで提示する。ユーザのインタラクティブサイネージへの反応を調査するため（問いかけに返答するか、行動変容を誘発できるか）、研究室にある奈良先端大 A 棟 4 階の 4 箇所にインタラクティブサイネージを設置し、3 週間の調査実験を行なった。結果として、ユーザは高確率（平均 80%）でインタラクティブサイネージからの問いかけに回答することを確認できた。そして、低い労力と時間コストで行動変容を有効に誘発することも確認できた [4, 17, 18]。

2.3 IFTTT サービス

しかしながら、どのような行動をトリガーに、どのような刺激を与え、どのような行動変容を促すか、という仕掛けのシナリオは多種多様であり、我々の実装は、その 1 つに過ぎない。今後、様々な環境において、ユーザや環境の状態に応じて、適切な行動変容を促すには、このようなシナリオを統一的な形で記述できるようにする必要がある。例えば、Web サービス間の連携を、統一的な記述でできるようにしたものとして、IFTTT サービス (If This Then That) というサービスがある。IFTTT では、その名の通り、IF:Trigger $\xrightarrow{\text{THEN}}$ Action (もし Trigger が生じたら Action を実行する)、という形で連携動作を記述することができる。そして、この記述はアプレットという形で保存でき、他者とも共有することが可能となっている。しかし、IFTTT はこの形式以外では記述できず、僅かに条件が異なる場合でもその条件ごとにアプレットを作成する必要がある。ここでいくつかの例をあげる：

- (1) IF:BLE ビーコンの信号が見つかった $\xrightarrow{\text{THEN}}$ ビーコンの登録リストをチェックする
- (2) IF:リストにあるビーコンだった $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 持ち主を特定する
- (3) IF:持ち主を特定できた $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 持ち主のデータを API から取得する
- (4) IF:持ち主のデータを取得した $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 場所, 睡眠具合, 体重, 歩数のデータをチェックする
- (5) IF:持ち主が初めてこの場所に来てかつ前の日の睡眠がいつもより 30 %短かった $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 「昼寝をしたらどうですか」をユーザに提案する
- (6) IF:持ち主の体重が前より 3 キロ以上太っているかつユーザの歩数が少なかった $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 「もっと歩こう」と提案する
- (7) IF:持ち主の体重が前より 3 キロ以上太っているかつユーザの歩数が十分だった $\xrightarrow{\text{THEN}}$ 「食事改善しよう」と提案する

以上のシナリオを IFTTT で実現すると, 7 つのアプレットが必要となる。しかし, トリガーとアクションを変更したい, あるいは新しいトリガーとアクションを追加したい場合は, 新しいアプレットを作成しないといけない。トリガーが p 個 ($p = [1, N]$), 閾値が q 個 ($q = [1, N]$), その出力が r 個 ($r = [1, N]$) となることを想定すると, N の 3 乗個のアプレットを書く必要があり, その数は膨大になることから, 登録と管理が非現実的なものとなる。よって, このような複雑な条件を簡単に設定できるフレームワークが必要である。

3. 提案システム

様々な環境において, ユーザや環境の状態に応じて, 適切な行動変容を促すには, 多種多様なシナリオを統一的な形で記述できるようにする必要があるが, 前述の通り, IFTTT で実現するためには非常に大きなコストがかかる。そこで, 本研究では実世界に設置された様々な IoT 機器を連携させ行動変容を誘発するシナリオを実現するためのデバイス・サービス間連携フレームワークを提案する。

3.1 提案フレームワーク

図 1 に, 提案するフレームワークの構成を示す。提案フレームワークは, トリガー, マネージャー, アクションという 3 つの部分から構成されている。トリガーは実世界に設置された IoT 機器であり, データを取得した後 (例えば, ユーザが体重計に乗って, 体重を測った), トリガーが発動し, マネージャーにデータを発送する。トリガーとしては, 体重計や血圧計を使った簡単な健康診断が考えられるが, 歩数や睡眠時間など日常生活に関するデータもトリガーとして使えるため, 必ず両方をしないとイケないわ

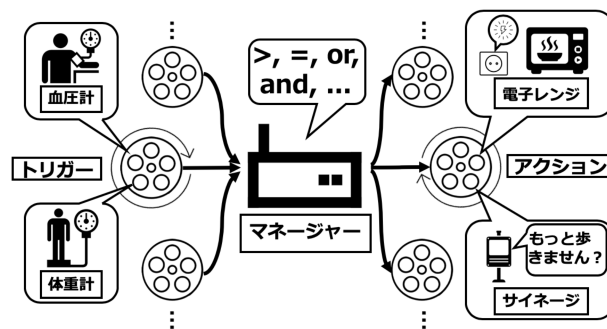


図 1 提案フレームワークの概要図

けではない。マネージャーはトリガーから受信したデータを処理する場所であり, データによって自動的に閾値を取得し, 比較する。そして, 複数のトリガーが存在している場合, マネージャーは各トリガーから受信したデータを処理した後, 論理計算で結果を計算し, アクションを発動するかどうかを判断する。アクションは, ユーザに送信するフィードバックと行動変容を誘発するためのトリガーである。図 1 では, 電子レンジへ通電するとデジタルサイネージから「もっと歩きませんか?」を音声メッセージで提案することを例としてあげたが, 実際は他の家電の制御 (例えば, コーヒーメーカーをオンにして, コーヒーを一杯作る) や「もっと野菜を食べましょう」ような食事改善させるためのメッセージを提示するなど, 日常生活習慣に関するアクションが考えられる。このような様々なトリガーとアクションを容易に設定できるようにするため, 本フレームワークはトリガーとアクションを切り離し, モジュール化する。こうすると, ニーズに応じてトリガーとアクションをスイッチすることができる, そして新しいトリガーとアクションを容易に追加することもできるため, 様々な場面に簡単に対応できるようになる。また, 本フレームワークでは, 確率やユーザのコンテキストに応じてトリガーを変えられるようにすることでユーザの負担と疲労度を減らす。例えば, 一度ユーザにサイネージから音声メッセージを提示したあと, 一定期間内で同じメッセージを同じユーザに提示しなくする (クールダウン機能)。

3.2 行動変容を誘発するための仕掛け

本提案フレームワークの最終的の目的は, ユーザの生活パターンを改善すること, あるいはその改善を長期間維持できるようにすることである。これを実現するには, ユーザの日常生活パターンを識別し, 生活の中でユーザにトリガーを継続的に与える必要がある。しかし, 既存の行動変容システムは主に通知でユーザに情報を送っているため, 日々大量な通知を受けているユーザとスマートフォンをマナーモードに設定したユーザにとって, トリガーに気づきにくい可能性が高い。対策として, 先行研究では, 通り

かかるユーザに積極的に話しかけるインタラクティブサイネージをユーザの日常アクションラインに設置し、行動変容を誘発してみた。実験の結果によって、低い労力と時間コストで行動を有効的に誘発できることが分かった。しかし、実験のアンケート結果から、約半分の被験者（7名）が「タスクを完成するモチベーションが低い」と報告していることが分かった。その原因は、実験で用意したタスクは他のメンバーや研究室の備品の状態を確認するタスクであり、被験者自身との関連性が低かったためである。そして、ユーザがタスクを完成した後、ユーザへのフィードバックは「ありがとう」の文字メッセージしかなかったことも原因の1つと考えられる。

ユーザのモチベーションを向上させるために、本研究は、電子レンジで弁当を温める、朝からコーヒーを一杯飲むなどユーザの日常生活でよくある要望を考慮し、実環境にIoT機器を設置することで、行動変容を誘発してみる。これらのIoT機器はユーザの日常要望や習慣と関連しているため、ユーザのモチベーションを向上させ、有効的に行動変容を誘発できると考えている。ここで、フレームワークを用いたシナリオの一例として、体重計と連携し、電子レンジを使う際に健康診断を促すシナリオを紹介する。自分の健康を常に注意する人はよく健康診断を受けるが、関心度が低い人は体重計にすら乗らないことが多い。このシナリオは、弁当を電子レンジで2、3分間暖めるという要望と時間の隙を利用して、ユーザに体重計で体重を測らせる。体重を測らせることによって、ユーザに自分の健康状況を気づかせ、行動変容を誘発する。そして、ユーザのモチベーションを向上させるために、フィードバックとして、電子レンジが使えるようになる。

4. 調査実験

開発したシナリオを奈良先端大 A 棟 4 階の研究室にあるコーヒースペースに設置し、ユーザがこのシナリオに対してどのような反応をするか、実際の環境で行動変容を誘発できるかについて、3日間に渡る調査実験を行なった。

図2はシナリオが設置されたコーヒースペースの配置図を示している。シナリオは、トリガーである体重計、マネージャーであるラズベリーパイ（収納庫の中にある）、フィードバックであるスマートプラグと電子レンジで構成されている。スマートプラグは常にオフの状態であるが、ユーザが体重計に乗った場合のみ、体重計からデータを受信したラズベリーパイがスマートプラグをオンの状態に切り替えることで、電子レンジが利用できるようになる（この通電は3分間持続する）。

被験者は研究室のメンバー全員（約30名）である。本調査実験において、被験者にバイアスを掛けないようにするため、事前に実験内容についての説明はせずにシナリオを実施した。被験者を混乱させないために図2上に示すと

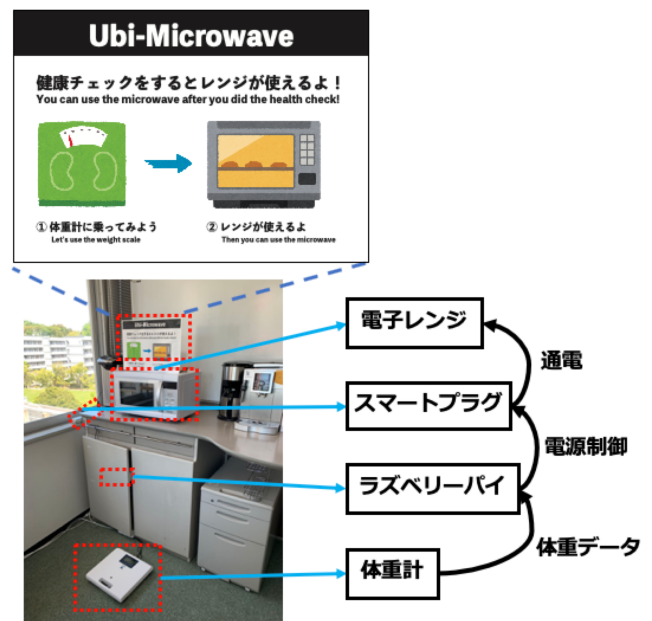


図2 コーヒースペースの配置図

おり、電子レンジの上にシナリオの概要を説明する看板を設置した。看板にはこのシナリオの使い方を説明するヒントとして、「健康チェックをするとレンジが使えるよ！」、「1. 体重計に乗ってみよう」、「2. レンジが使えるよ」という日本語と英語の文字メッセージと体重計と電子レンジの絵が描かれている。

被験者のシナリオに対する反応・行動を記録するため、今回は被験者の行動に影響を与えない（注意を逸らさない）位置に GoPro カメラを2台異なる角度で設置した。撮影時間は毎日の9時～21時とした。実験が終了した後、被験者に電子レンジを使用する習慣とシナリオに対する感想を調査するアンケートに回答してもらった。

5. 実験結果

3日間の実験の結果、合計36時間分の映像データと23回の体重計測記録を収集することができた。

5.1 モニタリングの結果

映像を確認した結果として、初日では、被験者がシナリオの利用方法についてまだ理解していないため、看板の内容を読み、体重計に乗ったり、電子レンジのドアを開けたり、シナリオの仕組みを理解しようと試している。2日目と3日目では、被験者は自然に体重計に乗って、電子レンジを利用することになった。よって、本シナリオによって、「ユーザを体重計に乗らせる」という行動変容を有効的に誘発できることが確認できた。

表1はラズベリーパイで記録した体重の詳細データを示したものである。初日では、体重が同じの記録が2つあった（No.2, No.3）。映像を確認すると、これは被験者の弁

表 1 体重データの内訳

No.	日時	体重の記録 (kg)
1.	2019/05/07 12:25:55	60.4
2.	2019/05/07 12:29:23	90.5
3.	2019/05/07 12:33:00	90.5
4.	2019/05/07 15:15:59	59.0
5.	2019/05/07 15:16:16	51.3
6.	2019/05/08 08:35:28	69.8
7.	2019/05/08 12:21:38	90.0
8.	2019/05/08 12:24:52	11.5
9.	2019/05/08 12:28:42	7.3
10.	2019/05/08 12:30:13	55.0
11.	2019/05/08 13:11:50	43.1
12.	2019/05/08 13:11:58	43.1
13.	2019/05/08 13:12:47	42.9
14.	2019/05/08 13:16:16	72.6
15.	2019/05/08 13:21:20	66.9
16.	2019/05/08 13:21:31	66.8
17.	2019/05/08 13:25:02	66.8
18.	2019/05/08 17:39:16	48.1
19.	2019/05/09 12:30:28	59.9
20.	2019/05/09 12:33:40	59.9
21.	2019/05/09 12:42:07	90.1
22.	2019/05/09 12:45:43	89.9
23.	2019/05/09 13:03:36	51.5

当を温める時間が本シナリオで設定した制限時間（3分間）を超え、電子レンジの電源が切られてしまったため、被験者がもう一度体重計に乗り再度電子レンジを使用していたことが確認できた。そして、2日目には、体重が軽すぎる記録が2つがあった（No.8, No.9）。映像によると、初日で2回体重計に乗った被験者がまた同じ原因（電子レンジに通電する時間が足りなかった）で、2日目で体重計に3回乗ったが、負担を感じて、全身ではなく、足だけ体重計に置き、電子レンジを動かしていた。他にも通電時間が短すぎて2回乗らないといけなような記録が存在していたため、通電時間を調整する必要があることが分かった。また、電子レンジを利用するためではなく、ただ単にシナリオを試してみたいため体重計に乗った人も1人居た。

5.2 アンケートの結果

実験が終了したあと、被験者に電子レンジを使用する習慣とシナリオへの感想について、アンケートに回答してもらった。結果として、19人から回答を収集できた。

「普段はよく A407 の電子レンジを使いますか」という質問では、14人が「よく使います」と「たまに使います」と答え、5人が「全く使わない」と回答した。そして、14人のうち、実験期間内で電子レンジを使用しなかった被験者は7人だった。さらに、電子レンジを使用しなかった理由について、7人のうち1人が「体重計りが面倒だから利用をやめた」と回答した。一方、電子レンジは普段全然使

用しない5人は実験期間内でも電子レンジを使用しなかった。この12人の被験者に対してはアンケートの質問はここまでだが、電子レンジを利用した残りの7人には4つの質問がある。

1つ目はシナリオの使用方法の理解し易さについての質問である。この質問に対して、3人が「すぐ分かった」と回答し、3人が「時間がかかった」と回答した。もう1人の被験者は「いつも通り使えました」と回答したが、それは実験が開始する前にまだスマートプラグと繋いでいない電子レンジを使用したからであると被験者本人に確認した。よって、事前説明がなくても、時間が少しかかるが、被験者はシナリオの使用方法を理解できることが分かった。

2つ目は体重計と電子レンジの連携についての感想である。この質問に対して、被験者に短文で回答してもらった。表2は被験者の回答の詳細を示したものである。表2によって、7人全員はシナリオに対して「体重を知ってよかった」というようなポジティブな感想を持っていることが分かった。

3つ目は実験を通じた、自分の健康状態に対するの関心度への影響に関する質問である。この質問に対して、被験者に短文で回答してもらった。表2は被験者の回答の詳細を示したものである。表2によって、6人が自分の健康への関心度が高まったと回答し、1人が特に変化がないと回答した。よって、本シナリオを利用することで、被験者の健康関心度を高められることが分かった。

4つ目は弁当を温める時間についての質問である。この質問について、4人が「1分ぐらい」、3人が「3分以上」と回答した。その原因は、弁当が冷凍されているため、解凍するには時間がかかるからであった。よって、固定の通電時間はよくないということが分かった。

6. まとめと今後の展望

本論文では、実世界に設置されたIoT機器を用いた行動変容を誘発するシナリオを考慮したデバイス・サービス間連携フレームワークを設計、実装した。また、提案したフレームワークを用いたシナリオの一例として、体重計と連携し、電子レンジを使う際に健康診断を促すシナリオも紹介した。提案したフレームワークを用いたシナリオをユーザの日常的に活動する動線上に設置し、ユーザの反応を調査する実験を実施した。その結果、本シナリオはユーザの行動（体重計に乗る）と態度（健康への関心度）を変容させることがわかった。今後の課題として、本フレームワークと先行研究で開発したインタラクティブサイネージシステムを連携させ、健康診断をしたり、ストレスの状況を聞き出したり、より良い食事を推薦したり、ストレッチを促したりすることのできるシステムの構築を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、JST さきがけ「行動認識と行動

表 2 アンケートの回答の一部の内訳

質問	回答
電子レンジと体重計の連携について、 どう思いますか？	最近では電子レンジで簡単に調理出来てしまうので食べ過ぎたりすることもあります。それを防ぐ事が出来るのは良いことだと思います。
	自分の体について考える良いきっかけづくりになると思う。
	女性は嫌かも思いました。また、強制的に乗るので、日々計測するにはいいなと思いました。
	家に体重計がなかったので、自分の体重を毎日知れてよかったです。
	ダイエットに繋がる。
	普段体重を管理したいと思いつつも、測り忘れてめんどくさくなって測らなかつたりするので、毎日必然的に測れるのはとても便利だし効果的だと感じた。
このシステムを利用した後、自分の健康 状態への関心度に影響ありましたか？ どんな影響がありましたか？	食べるのを少しためらう。
	少し痩せよう（運動しよう）と思いました。
	特に影響はなかった。
	体重が気になった。
	毎日使用したため、日々の体重変化をみることができ、自分の前日の生活を振り返る機会につながりました。
	食欲が無くなる。
	直近の食生活について思い返すようになった。
忙しくあまり健康について考える余裕がありませんでした。	

介入による情報駆動型社会システムの実証」(16817861)の
支援により実施した。

参考文献

[1] E. Elenko, L. Underwood, and D. Zohar, “Defining digital medicine,” *Nature biotechnology*, vol. 33, no. 5, p. 456, 2015.

[2] Y. Wnag, N. Fischer, and B. Franois, “Pervasive persuasion for stress self-regulation,” in *PerPersuasion’19 - The 1st International Workshop on Pervasive Persuasive System for Behavior Change*, March. 2019.

[3] H. Oinas-Kukkonen, “A foundation for the study of behavior change support systems,” *Personal and ubiquitous computing*, vol. 17, no. 6, pp. 1223–1235, 2013.

[4] Z. Zhang, Y. Takahashi, M. Fujimoto, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, “Investigating user reactions to interactive-signage-based stimulation toward behavior change,” in *The 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2018)*, Oct. 2018.

[5] H. Oinas-Kukkonen and M. Harjumaa, “Persuasive systems design: Key issues, process model, and system features.” *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 24, 2009.

[6] T. Kari, J. Arjoranta, and M. Salo, “Behavior change types with pokémon go,” in *Proceedings of the 12th International Conference on the Foundations of Digital Games*. ACM, 2017, p. 33.

[7] K. Fujinami, “Facilitating unmotivated tasks based on affection for virtual pet,” in *PerPersuasion’19 - The 1st International Workshop on Pervasive Persuasive System for Behavior Change*, March. 2019.

[8] Y. Arakawa and Y. Matsuda, “Gamification mechanism for enhancing a participatory urban sensing: survey and practical results,” *Journal of Information Processing*, vol. 57, no. 1, pp. 31–38, 2016.

[9] S. Kawanaka, Y. Matsuda, H. Suwa, M. Fujimoto,

Y. Arakawa, and K. Yasumoto, “A gamified participatory sensing for tourism: the effect to a sightseeing,” *The Third International Workshop on Smart Sensing Systems (IWSSS ’18)*, pp. 196–205, 2018.

[10] Y. Matsuda, E. Akpa, C. Konan, Y. Nakamura, N. Maeda, K. Senju, and Y. Arakawa, “位置情報サービスにおける個人特化型ゲーミフィケーション～スタンブラリーイベントを通じた「慣れ」「飽き」の調査～,” 第3回行動変容と社会システム研究会 (BCSS), 2017.

[11] S. Consolvo, D. W. McDonald, and J. A. Landay, “Theory-driven design strategies for technologies that support behavior change in everyday life,” in *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. ACM, 2009, pp. 405–414.

[12] N. Jaques, T. Rich, K. Dinakar, N. Farve, W. Chen, P. Maes, R. Picard, and K. Slavin, “Bitxbit: Encouraging behavior change with n= 2 experiments,” in *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2016, pp. 2134–2140.

[13] E. T. Luhanga, A. A. E. Hippocrate, H. Suwa, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, “Identifying and evaluating user requirements for smartphone group fitness applications,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 3256–3269, 2018.

[14] J. Matthews, K. T. Win, H. Oinas-Kukkonen, and M. Freeman, “Persuasive technology in mobile applications promoting physical activity: a systematic review,” *Journal of medical systems*, vol. 40, no. 3, p. 72, 2016.

[15] R. Dawadi, T. Mizumoto, and K. Yasumoto, “Mutual-monitor: A tool for elderly people to anonymously monitor each other,” in *The 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2018)*, Oct. 2018.

[16] K. Taki, Y. Matsuda, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, “Design and implementation of notification information survey system and survey results toward use-side adaptive notification management,” in *PerPersuasion’19 - The 1st International Workshop on Pervasive Persuasive System for Behavior Change*, March. 2019.

- [17] Z. Zhang, Y. Takahashi, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, “行動変容を誘発するインタラクティブサイネージへのユーザの反応調査,” in *マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム*, July. 2018.
- [18] Z. Zhang, Y. Arakawa, and H. Oinas-Kukkonen, “Design of behavior change environment with interactive signage having active talk function,” in *PerPersuasion’19 - The 1st International Workshop on Pervasive Persuasive System for Behavior Change*, March. 2019.
- [19] “Hibeacon mini,” <https://www.hibeacon.jp/>.