

住むことで生活や暮らしをサポートする家「IoTスマートホーム」の開発と評価

サービスイノベーション部

やました けん よしかわ たかし やまぞえ たかふみ
 山下 顕 吉川 貴 山添 隆文
 ほりぐち しょういち もくたに しんいち
 堀口 賞一 杵谷 真一

多様な分野においてIoTが着目されており、機器の遠隔コントロールや収集データの解析による価値創造が期待されている。このような中、ドコモでは生活の基点である「家」に着目し、IoT機器を家の至る所に設置したIoTスマートホーム^{®*1}を構築した。宅内のIoT機器はIoTアクセス制御エンジンにより一元管理されており、宅内の情報センシングおよび機器のコントロールを実現している。このIoTスマートホームを用いて、住むことで生活や暮らしをサポートする家の実現をめざし、生活実証実験を行った。

1. まえがき

近年、モノのインターネット（IoT：Internet of Things）という言葉は市民権を得つつある。当初は工場の自動化など、生産性向上を目的としたものが多かったが最近では家電連携やホームセキュリティといった、一般市民にとっても身近なユースケースを目にするようになってきた。

IoTを取り巻く技術課題には、データ量、通信網、セキュリティ、データ解析技術、コストなど、さまざまなものが挙げられる [1] が、ドコモでは特に

相互接続性の課題に着目し、研究開発を進めてきた。一方、高齢単身世帯の増加 [2]、要介護高齢者人口の増加 [3]、医療費増大 [4] など、少子高齢化のもたらすさまざまな社会課題が顕在化しつつある。近年、日本における平均寿命と健康寿命の差は拡大傾向にあり、これらの社会課題はより深刻となることが予想される。

ドコモでは従来から取り組んできたIoTの技術を生活の基点である「家」に適用することで、快適性、健康などさまざまな面から人々の生活をサポートする「IoTスマートホーム」を構築した。

©2019 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 IoTスマートホーム[®]：(株)NTTドコモの登録商標。

従来のスマートホームは電力マネジメントやエネルギー効率化の観点で、ZEH（Net Zero Energy House）*2、HEMS（Home Energy Management System）*3、スマートメーター*4、ダイヤモンドリスポンス*5などのキーワードとともに語られることが多かった。

ドコモのIoTスマートホームでは、居住者の快適性や健康、安心、安全、美容を家がサポートするというコンセプトで構築を行っている。宅内のIoT機器を通じて、居住者の日々の生活データを収集・解析し、解析結果をもとにIoT機器を通じて居住者に対して適切な空間を提供するという仕組みとなっている。この仕組みにより、住むことで生活や暮らしをサポートする家の実現をめざしている。

IoTスマートホームを実現するために必要なIoTシステムとして、さまざまなIoT機器を統一的に扱うことができるプラットフォーム（クラウド基盤）「IoTアクセス制御エンジン*6」を構築し、各種アプリケーションを開発した。本稿ではIoTスマートホーム、およびIoTアクセス制御エンジンの技術的特徴について解説するとともに、これらを用いて行った実証実験とその結果、今後の展望について述べる。

2. IoTスマートホームの構成

2.1 IoTスマートホーム概要

ドコモは、生活・暮らしをサポートする家を実現するためにIoTスマートホームを構築した。IoTスマートホームの外観および内観を図1に示す。今回、IoTスマートホームは牽引移動が可能なトレーラーハウス上に実装を行った。図2に示すように、IoTスマートホームには多種多様なIoT機器が設置されており、これらをドコモのIoTアクセス制御エンジンが管理およびコントロールすることで快適で健康的な空間を作り出している。

2.2 IoTスマートホームのシステム構成

IoTスマートホームのシステム構成を図3に示す。IoTスマートホームは、IoT機器、ホームゲートウェイ、IoTアクセス制御エンジン、ユーザアプリケーションの4要素から構成されている。

本稿ではインターネットなどを経由して制御の対象となるものや情報を収集できるものをIoT機器と称する。IoTスマートホーム内に設置しているIoT機器には体重計や照明など市販の物や、スマート鏡（ヘッドアップディスプレイ付鏡）など特注のもの



図1 IoTスマートホームの外観および内観

*2 ZEH：経済産業省によれば、「快適な室内環境」と、「年間で消費する住宅のエネルギー量が正味でおおむねゼロ以下」を同時に実現する住宅のことをいう。
 *3 HEMS：家電・住宅設備が使用している電力・ガスなどの使用量をモニターなどで可視化したり、管理するシステム。
 *4 スマートメーター：通信機能を搭載した電力計。

*5 デiamondリスポンス：経済産業省によれば、需要家側エネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させることをいう。
 *6 IoTアクセス制御エンジン：ドコモが開発したさまざまなIoTデバイスを制御管理できるクラウド基盤。

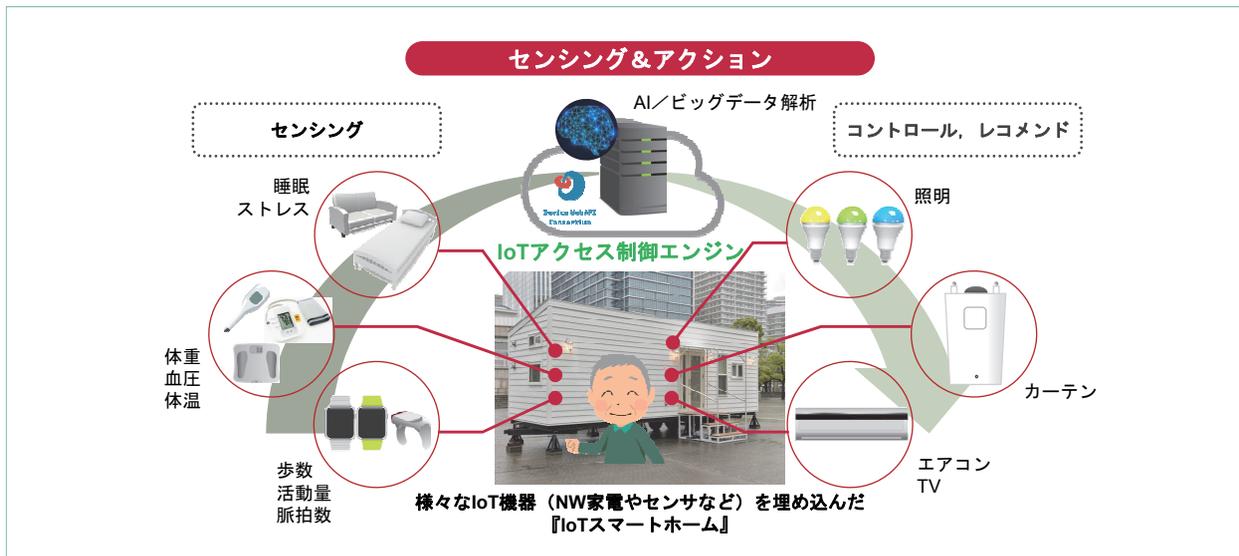
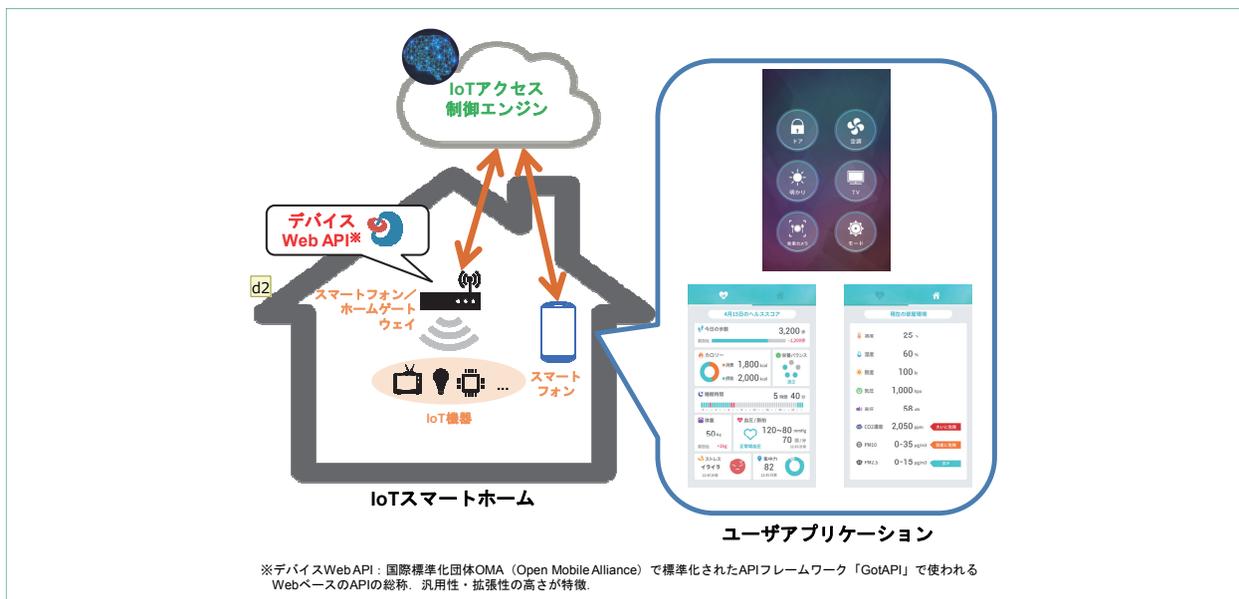


図2 IoTスマートホームの概要



*デバイスWeb API：国際標準化団体OMA（Open Mobile Alliance）で標準化されたAPIフレームワーク「GotAPI」で使われるWebベースのAPIの総称。汎用性・拡張性の高さが特徴。

図3 IoTスマートホームのシステム構成

がある。これらのIoT機器はドコモのIoTアクセス制御エンジンによって管理、コントロールされている。多くのIoT機器はBluetooth[®]*7やWi-Fi[®]*8などの近距離無線規格での通信を行うため、IoT機器とクラウドとの通信は宅内に設置したホームゲート

ウェイ装置が仲介を行う。ユーザーアプリケーションはWebアプリとして実装しており、IoTアクセス制御エンジンを用いることでIoT機器のコントロールや情報の可視化の機能を提供している。

*7 Bluetooth[®]：移動端末、ノートPCなどの携帯端末を無線により接続する短距離無線通信規格で、米国Bluetooth SIG Inc.の登録商標。

*8 Wi-Fi[®]：IEEE802.11規格を使用した無線LANの規格で、Wi-Fi Allianceによって相互接続が認められたデバイスに用いられる名称、Wi-Fi Allianceの登録商標。

2.3 IoTアクセス制御エンジンによるIoT機器の接続

IoTスマートホームでは現在約20種類のIoT機器が設置されている。メーカーや仕様も異なるこれらのIoT機器を、ドコモが開発したIoTアクセス制御エンジンによって管理・コントロールしている。IoTスマートホームではIoTアクセス制御エンジンを用いることで以下に述べる5つの機能を実現している。

(1)IoT機器からの情報収集

さまざまなIoTセンサにより収集される生活情報は、宅内のホームゲートウェイ装置を経由して、IoTアクセス制御エンジンで取得することが可能である。例えば、居住者の睡眠情報は布団下に敷かれたIoT睡眠マットにより収集され、睡眠の質や呼吸数、寝返りを打った回数などの情報を収集することができる。また、洗面台前の床には体重計が埋め込まれており、生活に支障なく自然な形で体重などの生体情報を収集することを可能にしている。

(2)IoT機器のコントロール

さまざまな宅内のIoT機器をIoTアクセス制御エンジンにより、コントロールすることができる。例えば、スマート電子錠による玄関の鍵の開閉や、IoTシャッターや赤外線コントロール可能なカーテンの開け閉めを行うことができる。また、エアコンやテレビなどの家電をコントロールすることも可能である。そして、これらのIoT機器は1つひとつコントロールすることも当然可能だが、就寝前には電気を消してエアコンを止めて鍵を閉めるといったように、機器を一括コントロールすることも可能である。

(3)遠隔管理

IoTアクセス制御エンジンはクラウドシステムとして構築されているため、IoT機器からの情報収集およびIoT機器のコントロールは遠隔地からも実施することが可能である。これにより、帰宅前にエアコンの制御を行う、遠隔地から家の様子を確認する

といった機能を実現している。

(4)対応機器拡張

IoTアクセス制御エンジンでは、プラグインソフトウェアをホームゲートウェイ上に追加するだけで対応するIoT機器を増やすことができる。この拡張容易性を用いることで、IoTスマートホーム内の機器は日々拡張や変更を行っている。

(5)多様な権限管理

IoTアクセス制御エンジンを用いることで、ユーザー単位、時間単位、機能単位といった多様な権限管理機能を実現することができる。本IoTスマートホームを用いた実証実験では、被験者が1週間ごとに入れ替わって生活を行うため、被験者アカウントに対しては、IoT機器の利用権限を付与するとともに、管理者にIoT機器の状況閲覧権限を付与することにより、被験者と管理者のみがIoTスマートホームの必要な機能にアクセスできるようにしている。

(6)生活データの蓄積

IoTスマートホームにおけるIoT機器の操作履歴やIoT機器が収集したデータログについてはすべてIoTアクセス制御エンジン内のデータベースに保存している。これにより、日々の膨大な生活データが自動的に蓄積され、この多様なデータの解析を行うことで、データの価値化を行うことができると考える。IoTスマートホームでは、IoT機器から収集したデータをクラウド上で解析し、解析結果に応じて機器の制御を行うことで、居住者にとって快適で健康的な空間を自動的に作り出すことをめざしている。

2.4 設置機器

IoTスマートホームに現在設置している機器の一覧を表1に示す。

2.5 機能

現在、IoTスマートホームは主に以下の6つの機能を有する。

表1 IoTスマートホーム設置機器

IoT機器	通信方式	機能
血圧計	BLE	血圧の測定
体重計	BLE	体重の測定
睡眠計	Wi-Fi	睡眠状況の測定
人感センサ	EnOcean	人の有無の検出（寝室，玄関，トイレ，ソファ）
ドア開閉センサ	EnOcean	ドアの開閉状況の検出（冷蔵庫，冷凍庫，電子レンジ，クローゼット，玄関）
スマートリストバンド	BLE	歩数，消費カロリーなどの測定
食事カメラ（スマートフォン）	LTE	食事の内容，カロリー，栄養素の推定
ほこりセンサ	BLE	PM10，PM2.5の測定
照明	Wi-Fi	照明のON/OFF，色変更
赤外線学習リモコン	Wi-Fi	空気清浄機，香りデバイス，エアコン，TV，カーテン，天窓カーテンの制御
CO ₂ センサ	EnOcean	CO ₂ 測定
スマートロック	BLE	鍵の状態取得，開閉操作
分電盤	有線LAN (ECHONET Lite)	電力測定
スマート鏡	Wi-Fi	睡眠状況，体重，天気，時刻などの情報表示
位置検出床	BLE	居住者の位置抽出
シャッター	Wi-Fi (ECHONET Lite)	シャッターの開閉，角度調整
室内外環境センサ	有線LAN	NO，NO ₂ ，SMP，PM2.5，風向風速，温湿度，HCHO，VOC，CO ₂ の測定
健康アドバイスデバイス	—	IoTアクセス制御エンジンとは未接続
化粧品吐出マシン	—	IoTアクセス制御エンジンとは未接続

BLE (Bluetooth® Low Energy)：近距離無線通信規格Bluetoothの拡張仕様であり，Bluetoothバージョン4.0において追加された．低消費電力の通信を特長とする．Bluetoothは米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標．

ECHONET® Lite：エコーネットコンソーシアムが策定した通信プロトコル．主にホームシステムを対象としている．ECHONETは一般社団法人エコーネットコンソーシアムの登録商標．

EnOcean®：サブギガヘルツ帯を使用した無線通信技術の1つ．自己発電による電力を使ったデータ送信が可能であり，バッテリーレスが特長．EnOceanはEnOcean GmbHの登録商標．

(1)ヘルスケア情報可視化

IoTスマートホーム内の各ヘルスケア機器で収集した健康情報はスマートフォン上で可視化できる．これにより，居住者は，各機器単独ではなく，複数

の機器からの情報を組み合わせた総合的な健康情報を把握できる．

(2)環境モニタリング

ほこり濃度（PM10，PM2.5）や温湿度，CO₂濃

度、風向風速などの室内外の環境情報、各ドアの開閉状況や人がいる場所をリアルタイムに可視化できる。これにより、離れて暮らす家族の見守りや、室内外の目に見えない環境情報の可視化を実現している。

(3)スマート鏡

洗面台の鏡にはスマート鏡を採用している。スマート鏡には前日と今日の体重、1週間の睡眠状況、今日の天気などを表示している。また、洗面台の前の床には体重計が埋め込まれている。自然な情報取得および情報表示により、居住者に負担なく、居住者の健康に対する気づきをさりげなく提供している。

(4)食事解析

スマートフォンのカメラで食事を撮影することで、食事の内容やカロリー、栄養バランスを算出することが可能である。さらに、1日の食事の内容から食事に関するアドバイスを提供する。

(5)リモコン

スマートフォンにてIoTスマートホーム内のIoT機器をコントロールすることができる。個別にIoT機器を制御することや、帰宅モードなど各生活シーンに合わせて機器を一括制御することが可能である。これにより、IoT機器ごとにリモコンを操作する手間を省くことができる。

(6)チャットボット対話

IoT機器のコントロールや情報可視化をチャットのUIを介して行うことが可能である。また、IoT連携以外の対話にも対応しており、家があたかも人格をもっているかのように対話することが可能である。

3. IoTスマートホームを用いた生活モニタリング実証実験

3.1 実証実験概要

IoTスマートホームを用いて生活実証実験を実施した。実証実験では、IoT、AIなどの技術を用いて、家が居住者に快適で健康的な空間を提供できるかを検証する。

本実証実験では、被験者は1名ずつIoTスマートホームで1週間の生活を行い、実験前後での被験者の状態変化、意識変化、行動変容を評価する。被験者はIoTスマートホームで生活すること以外は普段通りの生活を実施しており、IoTスマートホームを起点に出社などを行っている。実証実験はこれまでに場所を変えて2回実施しており、合計20名の被験者にIoTスマートホームで1週間の生活を送ってもらった。生活モニタリング実験の概要を表2に示す。

3.2 実験結果 (アンケート)

被験者20名に対してアンケートを実施した。1週間のIoTスマートホームでの生活最終日にWebサイトから回答を取得しており、回収率は100% (20名/20名)であった。アンケート結果を図4に示す。

IoTスマートホームでの生活を通じ、健康への意識向上につながったのは75%、自身の健康状態に対する何かしらの気づきが得られたのは65%という結果となった。さらに、自由回答欄では、食事に気を使うようになった、階段を積極的に使うようになった、といったように意識だけでなく具体的な行動変容へとつながっている様子が確認できた。

表2 生活モニタリング実験概要

	実験期間	実験場所	被験者数
第1回実証実験	2017.12~2018.02	相鉄ローゼンミニさちが丘店駐車場 (二俣川駅付近)	6名
第2回実証実験	2018.06~2018.09	相鉄文化会館駐車場 (緑園都市駅付近)	14名

3.3 実験結果 (データ)

図5は実験で得られたデータのうち、2名の被験者の生活時の人感センサ値を可視化したものである。

このデータより、以下の3つの仮説が考えられる。

(1)生活パターン抽出

被験者Aの場合、1週間の生活において就寝前

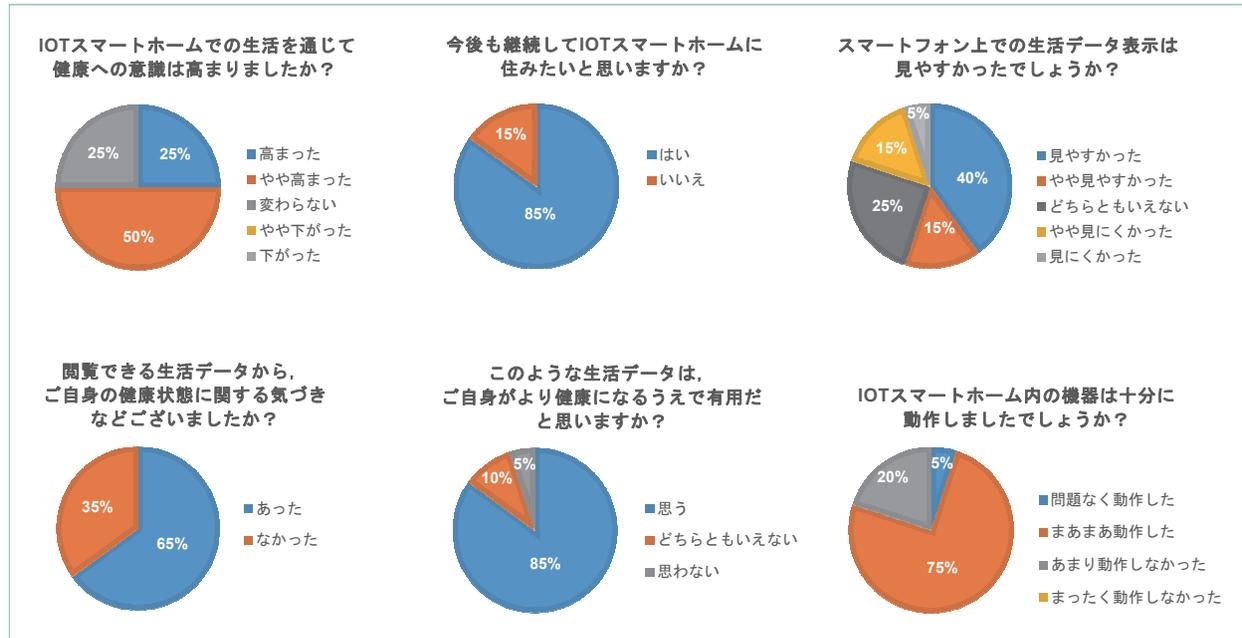


図4 アンケート結果

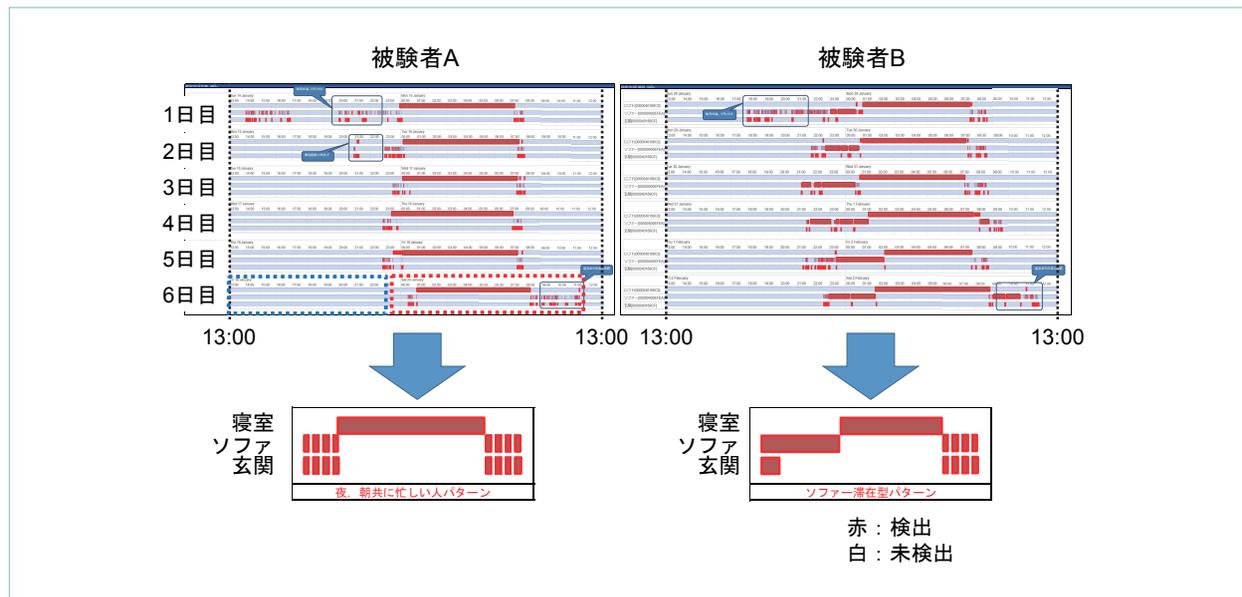


図5 人感センサ値の可視化

よび起床後はソファと玄関を行き来する生活パターンであることが見て取れる。一方で被験者Bの場合、就寝前はソファにしばらく滞在し、起床後は被験者A同様にソファと玄関の行き来を行う生活パターンであることが見て取れる。このように人感センサの値だけでも人の生活にある程度パターン分類できる可能性がある。これにより、生活パターンを考慮したIoT機器の制御提案すなわち快適なホームオートメーション機能を提供できると考えられる。

(2)異常検知

(1)にて居住者のいつもの生活パターンを抽出できる可能性を見出したが、逆にいつもと違う動き、すなわち異常検知が行える可能性がある。これを用いることで離れて暮らす家族の見守り等への応用が考えられる。

(3)居住者区別

(1)にて居住者のいつもの生活パターンの抽出ができたと仮定すると、複数人が暮らす家の場合において、居住者の区別を行うことができる可能性がある。これにより、単身世帯だけでなく、一般世帯やシェアハウスなどにおいても技術的適用が行える可能性がある。

4. あとがき

本稿では、IoTスマートホームとこれを用いた生

活モニタリング実証実験の内容について解説した。IoTアクセス制御エンジンを用いることにより、多種多様なIoT機器の一元管理を実現し、居住者にとって快適で健康的な空間を提供できる可能性を示すことができた。今後は、得られた仮説を検証するために、複数のIoT機器の組み合わせによるデータ検証を行うとともに、被験者数を増やして実証実験を行う予定である。最終的には、家があたかも人格をもち、家が居住者を理解し、快適で健康的な空間を自動的に作り出す「住むことで生活や暮らしをサポートする家」を構築することで、少子高齢化社会におけるさまざまな社会課題の解決に寄与することをめざす。

文 献

- [1] G. D. Abowd: "Software engineering issues for ubiquitous computing," Proc. of the 21st international conference on Software engineering, pp.75-84, ACM, May 1999.
- [2] 総務省: "平成30年版 情報通信白書," p.151, 2018.
- [3] 内閣府: "平成29年版 高齢社会白書," 2017.
- [4] 厚生労働省: "平成28年度 医療費の動向," p.1, Sep. 2017.