

# 「IoT住宅」の現在とこれから

「東京大学生産技術研究所教授」  
野城智也  
Yashiro Tomohari

いまや、IoT (Internet of Things =モノのインターネット) は住空間においても、様々なかたちで浸透しはじめており、その領域も省エネルギーやセキュリティといった分野から、住民ひとりひとりの快適や健康管理、家事サービスなど、まさに生活全般へと拡大している。IoT住宅の現状と将来への展望、求められる条件、産業界全体として取り組むべき課題について、企業横断的な機構「コネクティッドホームアライアンス」の特別顧問も務める第一人者が紹介する。

本稿では、IoTとは「インターネットを介して、モノそれぞれに組み込まれたコンピュータ・システムが互いに結びついて情報を交換し合い、複数のモノを協調的に働かせること」という意味で用いる。1970年代以来、家電など種々の人工物では設置された各種センサーや、小さなコンピュータ・システム(組み込みシステム)により単独で操作・制御する方式が用いられてきた。これに対し、外部のアプリケーション・ソフトウェアからネットワークを介して組み込みシステムに命令を送り、人工物を操作・制御する方式がIoTである。建築・住宅分野では、IoTという用語が普及する以前から、警備システムや、省エネルギーを指した建築設備の運転制御システム(BEMS)...

Building Energy Management System) など、ネットワークを介した機器の操作・制御が行われてきた\*1。これらの例は、住宅・建築分野におけるIoTの先駆例といつてよからう。

## 住まう人の快適さを学んでいく住宅

では、IoTは、住空間のなかで、どのような可能性を拓きはじめているのであるのか? その浸透・展開状況を概観してみよう。

### ①人工物の遠隔操作・制御

IoTは、ネットワークを介することによって人がその場になくても遠隔で人工物を操作・制御する途を開いている。建築・住宅の警備システムやBEMSはまさに遠隔操作の典型

例であるが、最近では外出時に家庭内の機器を

操作する手段やサービスが急速に普及している。例えば、外出中に家の中の様子を眺める、宅配便に対応する、帰宅前に風呂をわかしたり、空調機を動作させる、といったことができるアプリケーションがユーザーに提供されている。また、在宅時でも、いちいち人工物の前まで移動してスイッチを入れなくても、スマートスピーカーやスマートフォンから機器を操作するサービスも続々生まれている。

### ②人工物の自動操作・制御

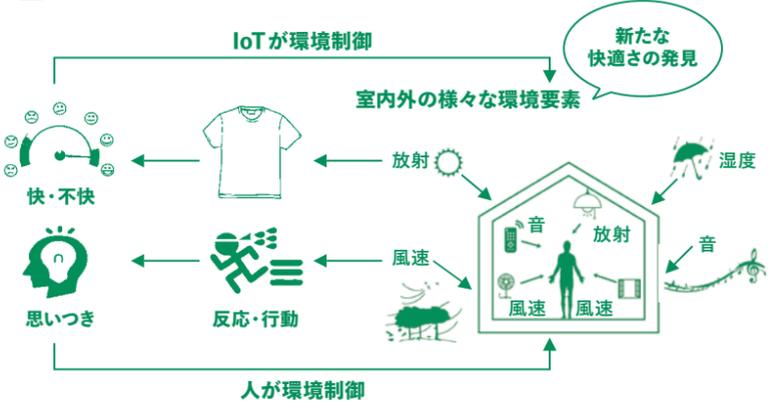
人工物単体に組み込んだシステムによる操作・制御でも、アプリケーションに仕込んだアルゴリズムに従って人工物を自動的に操作・制御することは可能であったが、あくまでその対

象は単一機器に限られていた。これに対してIoTはさらに、

- ・複数の場所に所在する種々のセンサーからのデータの分析による状況認識や、外部からの信号を利用して
- ・複数の人工物を一斉に、もしくは連携的に動作させる

ことができるという点を画す。具体的には、例えば、外部からの緊急地震速報の信号を利用して、住宅内の機器を一斉に停止させるシステムが試作されている。また、複数のセン

■図1: ふとした快適さを人間と互いに学ぶIoT



室内外の環境と居住者の生理的反応(体温や発汗量)や行動を計測、居住者の真の快適さとその変化を居住者と影響しあいながら学習し、制御目標を状況に応じ設定する。そんなIoTが実現しつつある。

サーから上がってくる情報を分析して、住民が外出したと判断できた場合は、消し忘れ機器の動作を停止したり、開口部の閉鎖・施錠を行うという、「うっかり」による被害を防止するサービスを創出することもできる。また、ガスコンロで調理を開始したら、換気扇の動作や開口部の開閉が自動的に行われるシステムも試作されている。ここでいう状況推定のためのセンサー類は、独立にセンサーを住宅内に置いていく流儀もあれば、相互接続性(後述)が確保されていることを前提に他の機器に組み込まれたセンサーのデータを利用する流儀もある。

### ③使えば使うほど 使い心地をよくする操作・制御

IoTでは組み込みシステムよりは遙かに大きな容量のデータを分析することができるので、機械学習などのいわゆるAIなどを制約なく活用した人工物の操作・制御を可能にする。実際、空調機は操作履歴をもとに住まい手の温熱環境への嗜好を機械学習し、使えば使うほど空調機の使い心地がよくなるサービスが提供されている。この例をさらに発展させて、室内各所の温湿度や床壁天井・開口部面の表面温度などの環境データや、操作者の操作履歴データをもとに快適域を学習し、操作者・在室者や室内の環境条件・状況に応じた操作・制御をする事例も出てくるであろう(図1)。この例のようにデータが積み上げれば積み上がるほど、学習の精度が上がっていくことによる便益が増していく

「使えば使うほど使い心地がよくなる」ことが実現していく事例はどんどん現れてくると予想される。

### ④サービスのシナリオに沿った連携制御

IoTを活用することで、住まい手に対する人的サービスのシナリオに合わせる人工物を連携的に動作させることができる。例えば、米国では、次のようなシナリオによるサービスが試行されたことがある。

- ・冷蔵庫に設置されたカメラ・センサー類などにより、食材の「在庫状況」を把握し、もし、その内容があらかじめ取り結んだ「食材供給サービス」の契約内容に照らし合わせて欠品があると判断された場合は、配達員の発注信号が送られる
- ・その食材の配達にあたって居住者が不在であれば、認証システムが作動し、食材を冷蔵庫や配達ボックスに受け入れるまでに必要となる解錠などがなされて配達員がアクセスするとともに、そのアクセス状況がカメラなどの監視システムで追跡される

この例では、冷蔵庫は、単なる食品保管庫ではなく、在庫管理と発注を行うサービス端末という新たな役割・意味を担っている。この例そのものが日本社会で受け入れられるかについては、読者諸氏も疑問をお持ちになるであろう。ただ、この例のように、IoTによって住空間のなかにある、ごくありふれた機器に新たな役割・意味が与えられることで、新たなサービス

が創出される可能性は大いに拡がっているといっている。

## 「ひとまとまりの価値」が持つ重要性

以上のような住空間へのIoTの浸透・展開の向こうに見えてきているのは、これらの可能性を連携させた「合わせ技」がもたらす、新たな価値の創出の可能性である。

例えば、ベッドのマットの下に置かれた脈拍数・呼吸数を測定する非接触型のセンサー及び離床などを推定するための加速度センサーのデータ、室内の温湿度や床・壁・天井の表面温度データ、住まい手が設定した起床時間などのデータをもとに、人工照明機器、空調機、ブラインドなど窓の調光機構を適宜自動制御することによって、住まい手に安眠環境を提供するサービスが供給されるようになることは十分に考えられる。

こうした合わせ技により、言い換えれば、複数の人工物を繋いで擬似的に新たな一体型の人工物として働かせることによって、もたらされる価値を、筆者は「ひとまとまりの価値」と呼んでいる。IoTによって、バラバラに操作・制御されていた人工物同士を繋ぎ、あたかも、それらが一体の人工物であるかのように振る舞わせることにより創出される「ひとまとまりの価値」は、IoTが住空間のなかで実現すべきコトの核心であると思われる。「ひとまとまり

よいワンストップのアプリケーションで自分の意のままに複数の人工物を操作・制御できることが、ひとまとまりの価値にとって大事である。

いま、様々な企業が住生活まわりでのIoTサービスの提供をしている。ただし、一般的に、設備メーカーは自らが製造・販売する機器を作動させるためのアプリケーションを作成提供するが、他社製品も作動するアプリケーションまで提供するわけではない。そこで、個々別々のアプリケーションを束ねて、ユーザーから見えてワンストップのアプリケーションが提供される必要がある。これは技術の問題というより、ワンストップのアプリケーションを提供する担い手がいるのか、あるいは成立するののかという組織立ての問題である。

こうした問題意識にたつて、複数の人工物を束ねて操作・制御できるアプリケーションを提供することが既に展開している。多種多様な機器を製造供給する企業が、少なくとも自社製品についてはワンストップのアプリケーションで動かそうとしている。また、スマートスピーカーなどのユーザー・インタフェースを提供する企業がAPI[\*4]を公開して繋がる機器を増やしていくことで、そのユーザー・インタフェースで住空間のなかの機器を包括的に操作・制御できるようにする動きを強めている。また、住宅メーカー、有線テレビ、警備サービスの事業者が住宅全体のIoT機器を一つのアプリケーションで一括に動かそうとする指向を

の価値」という概念を手がかりにすることによって、安眠サービスだけでなく、健康・体調管理サービス（脈拍数・呼吸数のほか、センサー付きトイレによる体重や尿の成分データなど）、見守りサービス（家電の使用頻度、ドアの開閉や床のセンサーによる独居者の行動確認など）など住生活を彩る様々なサービスが多様な人工物の連携的操作・制御によって創出されていくことが期待される。

では、ひとまとまりの価値は、どのような条件が整うと実現するのであろうか？ 筆者は、以下の三つの条件がそろわなければならないと考えている。

- ① 煩わしくないユーザー・インタフェース
- ② ワンストップで使い心地のよいアプリケーション
- ③ 連動させたい人工物がなめらかに繋がる相互接続性

第1の条件であるユーザー・インタフェースについては、いま、様々な試作・探索がなされているといっている。毎年開催される電子機器見本市のCES[\*2]でも、実に面白い多様な試みが紹介されている。当面は、スマホが住空間におけるIoTのユーザー・インタフェースとなる未来像を描くことはできる。しかし、それは決して賞味期限の長い未来像にはならないのではあるまいか。というのは、筆者のような高齢者にとって、老眼鏡をかけながら画面を判別しミスタッチせず手指を動かす操作が、煩わ

強めている。

ここで、顕在化しているのが、第3の条件、相互接続性にまつわる問題である。というのは、住宅設備・機器メーカー、ユーザー・インタフェースの供給者、住宅メーカー、有線テレビ事業者、警備サービス事業者が提供するデータや情報を繋ぐ方式（プロトコル）は独自で、それらを相互に接続できる保証がないからである。そこで、いわゆるスマートハウス（これもIoTの初期の事例である）の開発導入が図られた今世紀初頭から、繋ぐ方式を標準化するという努力が続けられてきた。しかし、繋ぐ方式を標準化することは、機器の組み込みシステムのプログラム更新を含め、下手をすると、これまでその事業者が積み上げたモノやコトの大幅な更新をしなければならなくなる可能性もあることから、遅々として進んでこなかった。

そこで、近年では、異なる繋ぐ方式同士の接続ができる仕組みの構築が模索されている。言い換えれば、事業者がいままで積み上げてきたモノ・コトを尊重することを前提に相互接続する方式が求められている。シャープ[\*6]、大阪ガス[\*7]、セコム[\*8]などの企業がそれぞれの独自の繋ぎ方向士を相互に繋ぐ仕組みを導入しようとしているのは、その先端例であるといえる。こうした相互接続の仕組みは、特定企業だけにデータ・情報が流れていって、支配権が集中するような構造・運用になっているとうまくいかない。いまこれらの企業群は、プライバシー保

しくないとはいい難いからである。住空間では、集中心力を欠いても煩わしくなく操作・制御できることは大切である。こうした観点から見ると、いわゆるスマートスピーカー、特に、ディスプレイ付きのスマートスピーカーは、未来のユーザー・インタフェースに発展していく可能性を秘めているように思う。加えて、佐藤洋一教授（東京大学大学院情報学環）らの画像解析技術を応用し、目の瞬きや動き、手足の動作で人の意思をIoTに伝える「察しのいい機械」[\*3]も未来のユーザー・インタフェースの一翼を担っていると考えられる。

では、第2の条件のワンストップ、第3の条件の相互接続性についてはどうなのか？ これらについては技術的課題だけを見ても答えは見いだせないように思われる。というのは、住空間でIoTを提供していくための組織立てを抜きにして、有効な技術的手立てを創造することはできない、と思われるからである。そこで、住空間でIoTを提供する組織立てにまつわる問題にも焦点をあてながら、第2、第3の条件について考えてみたい。

## 求められるワンストップと相互接続性

例えば、住宅の機器ごとに別々のIoTのアプリケーションが提供されていたとしたら、ユーザーとしては面倒なこと甚だしく、ひとまとまりの価値の創出にはほど遠い。使い心地の護や、特定企業の支配権が強まってしまわないような構造・運用に配慮しつつ、相互接続の仕組みを構築しようとしているように見える。

相互接続を推進していくために、もう一つ乗り越えなければならぬ壁がある。それは、送信元と宛先の関係が多対多となる、通信ネットワークの分野ではM対N接続と呼ばれる関係がもたらす問題である。上記の日本を代表するリーディングカンパニー同士が相互接続する場合は、メンバー数が限られており、送信元・宛先となる当事者が相対で相互接続の仕組みを作り込んでいくことができる想像される。ただ、ひとまとまりの価値を創出するためには、スタートアップ企業や海外企業が提供する機器も相互接続の環に加えていかなければならぬことも生じると思われる。そうすると、やがて多対多の組み合わせの相互接続を用意しなければならなくなり、それをいちいち当事者が相対で作り込むことが、取引コストという点で現実的なのか、という問題が生じる。

## IoT-Hubによって多様な接続が実現

こうした多対多の相互接続で発生すると思われる問題を克服するために、筆者らは、図2に示すように、IoT-Hubという仕組みを提唱し、試作し、その実装をしようとしている。これは、IoT-Hubにさえ繋がるようにしておけば、相互接続できるようにしようという仕組みである。

