

ICT・IoTを活用した未来の住環境

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

現在、住宅分野ではエネルギーの効率的な利用を目的とした、スマートハウスという新しい住宅が拡がりつつある。更にその先は、IoT (Internet of Things:モノのインターネット)・ビッグデータ等のICT (情報技術) が、住宅などの建築分野でも活用され、新たな産業の創出や社会問題の解決、QOL (生活価値) の向上などに、大きな期待を集めている。

本レポートでは、住生活にICTを取り入れた未来の住環境について、(株)LIXILの実験住宅での取組みをベースに紹介する。

2 現在のスマートハウス

一般的なスマートハウスの特徴は、以下のとおりである。

- ①太陽光発電に代表される発電装置や蓄電池などのエネルギー機器が装備されている。
- ②スマートメーターというエネルギー供給会社との通信機能を備えた新しい電力メーターが設置されている。
- ③HEMS (Home Energy Management System) というエネルギー機器やスマートメーターと通信し、エネルギー消費や売電・買電の状態を、生活者やエネルギー供給者へ提供し、エネルギーの効率的な管理に繋げる機器 (または機能) が装備されている。

また、電気以外にもガスや水の使用量が見える化したり、家電などの簡単な操作がスマートフォ

ン等でできるスマートハウスもある。

3 (株)LIXILにみる取組み

未来の住環境・住生活をより良く、より現実の物とするために、(株)LIXIL (前身のトステム含む) の研究部門では2009年より千葉県の実験住宅で研究を進めてきた。

小規模な予備実験を経て、2010年には各種センサーや住宅設備機器がネットワークで繋がり、住宅の様々なニーズに柔軟に応えるため、カスタマイズ性の高い住環境制御システムU²-Links (ユースクウェアリンクス) を独自開発して実験住宅に実装した。これをベースにセンサー、ヒューマンインタフェース、接続機器の拡充を進めながら、実際に未来の住環境を体感することにより、より良いアイデアの創出や課題の抽出を行ってきた。

これらの研究成果の一部は、2011年8月に東京大学に寄贈した実験住宅「COMMAハウス」に、2011年10月には(株)LIXIL住宅研究所アイフルホームのコンセプトホーム「GURU GURU」と2013年公開「レジリエンス住宅」等に活用されている。

また、当初非公開であった千葉県の実験住宅を2015年に研究機関やメディアに限定公開し、そこから得られた感想・意見を参考に改良を加え完成度を高め、2016年には東京都に実験拠点を移し、後継施設のU²-HomeII (ユースクウェアホーム) にて研究を継続している。

現在、この施設では旧施設での研究成果を踏まえ、次のステップとして、住環境の快適性、住生活に潜むリスクの低減という住生活・住環境の課

題を中心に据え、活動を継続している。

以下に、この研究成果から見えてきた、これからの住宅について考察する。



写真1 研究施設U²-Home II

4 これからの住宅の方向性

スマートハウス以前にも住宅は、気密・断熱性能、耐震性能、耐火性能、バリアフリー化など住宅の性能を、主に形や素材の工夫で高めてきたが、これからはエレクトロニクスやICTの導入により、従来では実現が難しかった住生活の進化が予想されている。これらの動きは、異分野での技術革新や普及の影響を受け、ゆっくりとしかし着実に社会に広がっていくであろう。

この変化は以下のようなものが中心となる。

- ①住環境のセンシングにより生活シーン・状況が正しく認識される。
- ②住宅内・敷地内の多くの物（生活家電・住宅設備・建材）がホームネットワークなどの通信で結ばれコントロールされる。
- ③エネルギーだけでなく、住宅性能の向上や、QOL全般（安心・安全・健康・快適・省エネ・省資源など）の向上が図られる。
- ④住宅の情報システムや様々な機器がインターネットに接続され、新しい機能やサービスが提供される。

5 未来の住環境に備わるシステム

未来の住環境では、従来のような新たなエネルギー機器の導入や見える化が主体ではなく、住生活・住環境を正しく捉え、研究やデータ分析から得られたノウハウに基づき、最適な解決策により住環境をコントロールしたり、生活者に適切な情報提供を行い、住生活を安全、安心、環境（省資源・省エネ）、健康、快適に導くシステムが必要となる。

以下にシステム構成の一例を紹介する。

5-1 住生活・住環境センシング

生活シーン・状況を正しく認識するため室内外の環境や人の行動のセンシングを行う。

(1) 室内環境センサー

主に各住空間（居室、水回り空間、玄関、廊下など）毎の天井や室内の壁に設置され、温度、湿度、明るさ、CO₂濃度などを検出する。設置数は、キッチン・トイレや階段など空間によっては増減される。

(2) 室外環境センサー

主に屋根、外壁、門に設置され、温度、湿度、明るさ、雨、風向き・強さ、紫外線、埃、PM2.5などが測定される。住宅の中を快適に制御するためには屋外の環境の把握も重要である。

(3) 行動センシング

室内環境センサーと同じく、各住空間の天井や室内の壁に設置され、人の在不在や移動の経路などを把握する。

(4) エネルギーセンシング

主に電気の使用量と発電量・ガス・水の使用量を計測する。住宅全体で一カ所に測定する場合もあるが、配線・配管系統、あるいは個々の機器毎に測定すると、より生活に合った機能・サービス

の元データとなる。



写真2 室内環境センサー（天井）

5-2 通信ネットワーク

センサーや各機器を接続するためには、通信ネットワークが重要な役割を持つ。この分野は重要でありながら長年規格の統一が遅れた分野である。日本では、スマートハウスの標準通信規格であるECHONET Lite規格があるが、その他にも様々な通信規格や各企業の専用方式が乱立している。

U²-HomeIIでは独自の通信規格を持たず、住宅の工法や接続される機器に合わせて最適な通信方式を採用できるように、各種有線・各種無線方式に対応し通信変換により規格の差を吸収してセンサーや機器を接続しており、通信方式の異なるものでも連携可能になっている。主なものとして、有線パラレル通信・有線シリアル通信・無線LAN・赤外線通信、その他（無電源無線等）を採用している。

将来的には一つの規格に統一されることが望ましいが、規格の入れ替わりが激しい分野であり、性能的には優れた新しい規格でも対応する商品が乏しいという問題があり、今後とも様々な規格が混在する状況を想定し、通信規格を連携させる技術は重要である。

5-3 ヒューマンインタフェース

ここではシステムからの情報を人に伝え、人の要望をシステムに伝える手段を指す。未来の住環境では今よりも多くの情報が人に伝えられたり、人の意志を確認するシーンが多くなる。

U²-Home IIでは玄関、トイレなどほとんどの住空間にタッチパネルとスピーカーを設置して、住宅のどこにいても必要な情報が伝えられるような環境を整えている。この方法は現在ではコスト的に現実的ではないが、手ぶらで操作いらずで、情報を受取る手段としては非常に快適である。個人が複数のスマートフォンやタブレットを持つ時代が更に進むと近い将来には現実的な方法となる。また音声認識やジェスチャ認識なども併用されていく。



写真3 生活空間に設置されたモニター

5-4 制御システムとIoT

住宅に設置されたセンサーや機器からネットワーク経由で収集されたデータに基づき、現在の住環境や人の状態を判断し、生活に役立つ情報を通知したり、住宅設備・建材・生活家電を制御し住環境をコントロールするシステムを指す。当面は住宅内に設置される場合が多いと想定されるが、今後はIoTの進展により、住宅内のシステムは非常時（災害時、ネット遮断時など）のバックアップに限定されたシンプルなものになっていく。

インターネットが接続された環境では天気予報や防災情報など住宅外の情報との連動や、多くの住宅から集めた情報（ビッグデータ）を分析して導き出された高度な住宅サービスが期待される。

5-5 接続される機器

将来的には階段、床などの住宅建材や身の回りのものなど、電動化・電子化されていないものまで、ネットワーク化されていくが、当面は既に電動化・電子化されている住宅設備・建材・生活家電などが、ネットワーク化されて、未来の住環境のコントロールに活用される。実は、住宅に関連する電動化・電子化された機器は多く存在するが、普及率が低いものが多く、存在を知られていない機器も多いので、一部を紹介しておく。

(1) ホームオートメーション機器

電動窓・電動雨戸シャッター・電動ガレージシャッター・電動日除け及びそれらの集中制御システムを指す。他にも電動室内ドア・キッチン昇降戸棚・電動昇降床下収納・玄関などの段差解消機・タッチレス水栓・ホームエレベーターなどがあり、人の生活行動を動力によりアシストする。主に新築時に設置される。一部ネットワーク対応している商品もある。

(2) ホームセキュリティ機器

ドアホン、玄関電気錠、防犯（人感）センサ、防犯カメラ、施錠モニター・火災報知機・センサーライト、スプリンクラーなどがあり、来訪者の確認、侵入者の検知、警報、安全性の確認、火災の早期発見などに使われる。後付け商品も多数発売されている。

(3) ホームエンタテインメント機器

ホームシアター、浴室TV/オーディオ、キッチンTV、スピーカー内蔵トイレなど、特定の空間で音楽や映像を楽しむものである。照明の調光・調色と組み合わせられ、映像や音楽を楽しむために部屋全体をコントロールする場合もある。情報端末の一機能やその周辺機器としての商品も増えている。

(4) 空調・衛生機器

24時間計画換気システム、浴室換気乾燥機、

シャワートイレ、トイレ暖房、脱衣所暖房、床暖房、キッチン足下暖房など、快適な温熱環境、衛生的な生活を実現する。主に新築時に設置されるが、比較的交換が可能である。

6 コスト的な考察

以上のように、未来の住環境では多くのセンサーや機器が住宅に設置され、すべてを導入すると非常にコスト（機器代、設置代、プログラム調整費、維持費）がかかる。しかし、現在の電動化・電子化された住宅設備・建材の電装品は、自動車や家電品の技術が転用されている場合も多く、IoTを始めとしたICTも、他の業種の普及（量産効果による大幅なコストダウン）を受け、徐々にコストが下がっていく。

また、各々の家庭にとって必要な機能を見極め、システムを絞り、商品化・導入することも重要である。

7 ICT活用で何が実現されるのか

エネルギーマネジメントに特化した現在のスマートハウスに対し、未来の住環境で実現されることは多岐にわたる。ここでは代表的な三つを紹介する。

7-1 住宅性能の向上・維持・調整

住宅性能表示制度により定められている内容を要約すると、

- 地震・火災時の安全性や防犯対策
- 長寿命や維持管理のしやすさ
- 省エネルギーの為の気密・断熱性
- 身体的・精神的な健康に関する配慮（空気・採光・遮音）
- 高齢者・障害者への配慮となる。

これらは、主に住宅躯体や住宅設備・建材、間取りなど住宅建築により実現される項目で、住宅設計の初期に織り込まれる内容である。

住宅の性能は長い年月により低下していき、生活者がそれを早期に発見することは難しく、気がついた時点では劣化が進行しており、多大な修復費用が発生する。

住宅の性能は項目間で相反することも多く、また一つの項目でも季節や時間帯、人の状況により求められる状態が変化するため、性能のバランスが難しい。

例えば、窓や扉を例に挙げると、犯罪などから生活者を守る場合は閉ざされた状態が良いが、災害で避難する段階となると開放された状態が求められる。人が在宅なのか不在なのかによっても状況は異なる。

また、プライバシーや開放感は時間帯によっても優先度が異なる。昼間、見晴らしの良い窓は、夜、カーテンや雨戸を閉めなければ大きな不安となる。

エネルギーを考えても冬は窓から太陽のエネルギーを十分に取り入れ、なるべく外に逃がさないことが重要であるが、夏場は逆に、外部から侵入するエネルギーを遮断したり逃がすことが必要である。

そこでICTを活用した未来の住環境ではこれらの住宅性能が維持されているかをセンサーで監視し、経年劣化や故障などの異常を早期に発見し、生活者に伝え、軽微なうちに対処することが可能となる。そして、季節や時間帯、人の在宅状況により窓・鍵・日除け・照明・空調等を調整し、その場面にあった最適な住宅性能を調整することができる。

例えば、春や秋など穏やかな季節には、室内外の温度や風の強さが換気通風に適切な状態になると、エアコンを消して風上や風下の窓を自動で開け、住宅内に空気の通り道を作り、通風を行う。

普段窓を開ける時は、近くの窓を開ける人が多いが、それでは風は効率的に入らない。ICTの活用により最適な窓を開閉すると何倍もの風を取り入れることができる。もちろん、風向きが変われば開閉する窓を変え、降雨や強風になると、窓は自動で閉められ、エアコン運転が再開される。

また、夏の夜間などは、風向きに合わせて可変させるのではなく、高窓や地窓など高低差のある窓を開けて、電動窓の開閉による動作音を防いだ換気を行う。



写真4 開口部の自動開閉システム

7-2 総合的な生活価値の向上

主な生活価値として、安心・安全・健康・快適・省資源・省エネ・生活の利便性等といった観点があり、我々の生活に一番身近な役割が想定される。

例えば、トイレにおける意識喪失などのおそれをセンサーでいち早く検知し家族に通知できるし、トイレや脱衣所・浴室の温度を自動制御することで、体調不良や家庭内事故の原因となるヒ-



図1 生活サポート画面（玄関）

トショックを防止することもできる。また、玄関・居室に設置されたモニターに、屋内外の温度差や、ガスの消し忘れ、窓の閉め忘れが表示され、身支度・戸締りに役立てることもできる。

そして、火事を防ぐために、室内空間の温度の変化を読み取り、火災報知機よりも異常を早期に警告できるし、門・玄関ドア・雨戸シャッターと屋外の人感センサーから危険度を判断して適切な防犯を行うこともできる。

更に、住人の生活習慣・行動を読み取った上で、健康や省エネに繋がる情報を提供し、生活習慣・行動の改善を促していくことさえ可能である。



図2 空間毎のヒューマンインターフェース

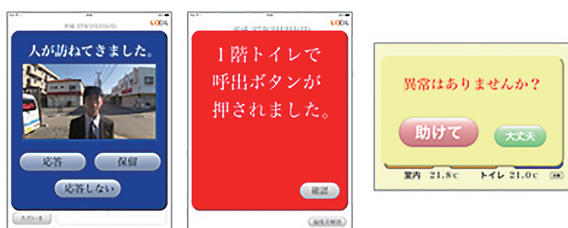


図3 生活シーンに合わせたポップアップ表示

7-3 社会的なニーズ（課題）への対応

低環境負荷社会の広がりにより、発電量の予測・調整が難しい再生可能エネルギーの割合が増え、需要側（住宅）にも調整機能を持たせる必要性が生まれているが、エネルギー問題以外にも、住宅が応えるべき社会的な問題は多く存在する。震災以降のエネルギーの供給不安・災害時のライフライン確保も重要であるし、また、少子高齢社

会の進展、介護施設・保育施設のキャパシティの限界、女性の社会進出、家庭内事故の増加により、子供や高齢者がより安全・安心に暮らせる住宅が求められている。このような課題解決にICTを活用した見守りや自動制御された住環境は活かされていく。

8 おわりに

以上、(株)LIXILの研究成果をベースに未来の住環境について報告した。

今はまだ、現実離れした過剰な装備に感じるであろうし、実現される機能の必要性やイメージが思い浮かばないかもしれない。しかし、ICTの活用は既に全産業に及んでおり、未来の住環境を人にとってより良くするためにも、この分野の研究を引き続き注目していきたい。

最後に、本調査をまとめるにあたり、(株)LIXIL Technology Research本部システム技術研究所住生活Algorithm研究グループ グループリーダー 高田巖氏に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。