

人と住まいの自助・共助促進のための安全・健康・エコ見守りシステムの開発

Development of safe, health and eco watching system for promoting self-help and mutual assistance of people and houses



中島 裕輔
Yusuke Nakajima

核家族化が進み、独居高齢者も増加している現代社会では、災害時のみならず、熱中症や風邪の予防など日常的な安全・健康の確保にも、本人の気づきと家族や周囲の見守りによる自助・共助の仕組みが必要と言える。一方、住宅の空き家問題や改修需要の拡大とともに、インスペクションの評価手法の確立が課題となっており、今後は、構造の安全性だけでなく、住まいを長く健康かつエコに維持する視点が不可欠である。

本研究は、人の安全と健康を守り、その住まいを省エネで長持ちさせるために、室内環境情報は居住者に速やかに分かりやすく伝え、住宅の診断結果などの耐久性に関わる情報は設計者や施工業者と共有できるような一体型の見える化システムの開発を行い、その有用性の検証を行ったものである。

In a modern society in which the number of elderly people living alone is increasing due to the advancement of nuclear families, not only in the event of a disaster, but also in ensuring daily safety and health such as the prevention of heat stroke and colds It can be said that a system of self-help and mutual assistance by watching is necessary. On the other hand, along with the issue of unoccupied houses and the demand for renovation, the establishment of inspection evaluation methods has become an issue. From now on, not only the safety of the structure but also the viewpoint of maintaining a healthy and ecological home is essential.

In this research, in order to protect the safety and health of people, and to save energy and prolong the life of the house, we have developed an integrated visualization system that the indoor environment information is quickly and easily communicated to the resident, and the information about the durability such as the diagnosis result of the house can be shared with designers and contractors, and verified its usefulness.

工学院大学建築学部まちづくり学科 教授

Department of Urban Design and Planning, School of Architecture, Kogakuin University, Professor

Email : yusuke@cc.kogakuin.ac.jp

研究の背景と目的

東日本大震災を受けて、防災対策における自助・共助・公助の概念が注目されているが、核家族化が進み、独居高齢者も増加している現代社会では、災害時のみならず、熱中症や風邪の予防など日常的な安全・健康の確保にも、本人の気づき・行動（自助）と、家族や周囲の見守り（共助）の仕組みが必要と言える。これまで研究開発してきた環境情報の見える化システムは、省エネに加えて、センサの活用次第で熱中症や過乾燥、結露防止への注意喚起などをリアルタイムで伝達できるため、安全・健康配慮ツールとして、また共助にも活用できるシステムへのバージョンアップは有用と考えている。

また、住宅の空き家問題や改修需要の拡大とともに、中古住宅の適性評価とストックの有効活用に向けて、政府は中古住宅のインスペクション（住宅診断）を義務化する方針を示している。これは、築年数のみで査定され、木造住宅では20年程度で価値がなくなってしまう現状を変えるためのもので、その住宅診断結果や改修履歴情報の蓄積とその活用方法の検討が課題となっている。この活用方法としては、住宅所有者が住まい方の工夫や改修工事等で価値を高めるために使えたり（自助）、設計者や工務店が住宅を合理的に評価するための基礎資料として使える仕組みにする（共助）ことが重要と考えられる。環境見える化システムで収集できる温湿度や空気質などの室内環境情報は、住まいを長く健康かつエコに維持するための判断材料としても非常に有用な情報と言える。

そこで本研究では、熱中症や風邪の予防につながる室内環境情報は本人や家族に速やかに分かりやすく伝え、住宅診断結果の情報や日常的なエネルギー消費、床下湿気環境などの情報は設計者や施工業者と共有して適切に居住者にフィードバックできるような仕組みを構築することで、人の安全・健康を守るのと同時に、その住まいを省エネで長持ちさせることを目的とする。また、これらを実現するシステムの開発と、モデルエリアにおける実装及び有用性の検証を研究目標とする。

研究経過

本研究では、研究計画として以下に挙げる項目を掲げている。

- ①組み込みセンサの種類、設置個所と小型パッケージ化の検討と試作
- ②住宅診断情報の分類整理とニーズ調査
- ③住宅診断情報データベースと「共助」の仕組みを組み込んだシステムコンテンツの開発
- ④開発システムの実装と運用評価

これらの項目を順に進めながら、居住者の安全と健康を守る「人の見守り」と、住宅を省エネルギーかつ長持ちさせる「住まいの見守り」の2つの見守りを実現するシステム（以下、「見える化システム」と表記）の開発を行った。以下に、年度ごとの研究経過を示す。

1. 見える化システムキットの製作と住宅診断情報管理に関する現状把握（2017年度）

見える化システムキットについては、これまでの助成研究で開発してきた環境情報見える化システムを小型パッケージ化するとともに、安全・健康・エコ見守りの目的のために、環境センサの種類の追加と、コンテンツとしてのアドバイスプログラムの製作をおこなった。

環境センサでは、これまでの助成研究での調査結果から要望の多かった室内外の粉塵を測定できるセンサを組み込み、換気アラートとの連携や、推奨する換気方法（窓開けまたは換気扇稼働）の提示をできる仕組みとした。合わせて、夏期は熱中症注意喚起、冬期は過乾燥注意喚起、年間を通しては換気推奨の各アドバイスを発信できるシステムとした。

住宅診断情報管理については、住宅履歴情報の蓄積・活用の促進に向けた現状把握のため、住宅履歴情報サービス機関とその顧客、住宅事業者、一般消費者の各者に対してアンケート・ヒアリング調査を実施した。

2. 各種情報発信・共有ツールの開発と環境測定データを用いた住宅性能予測手法の開発（2018年度）

各種情報発信・共有ツールについては、前年度に製作した見える化システムキットを約20世帯の被験者宅に設置し、運用実験を開始した。その際に、居住者の快適性・健康面のサポート機能として、リアルタイムでの情報発信と注意喚起ができるLEDランプとビューアサイト内のリアルタイムアドバイス機能を整備し、被験者の行動変容と環境改善・省エネ効果の検証を行った。また合わせて、近い過去を振り返ることと他の被験者宅との比較による行

動変容促進を目的とした「週間環境レポート」の製作を行い、この定期配布による効果検証も行った。

環境測定データを用いた住宅性能予測手法については、前年度に実施したヒアリング調査結果もふまえ、環境情報見える化システムで測定しているデータを用い、既存住宅の住宅性能予測指標の提案とその活用方法の検討と有用性の検証を行った。指標としては、カビや結露による部材の劣化や不朽に関わる床下湿気環境と、居住者の快適性・健康面に関わる熱環境（断熱性能）の2つの指標について提案を行った。

3. 各種情報発信・共有ツールの改善と住宅履歴情報の見える化システムの試作（2019年度）

各種情報発信・共有ツールの改善については、冬期データの詳細分析をふまえたヒートショック注意報機能の製作や、週間環境レポートにおける他住戸比較グラフの改良、システムの通年で効果検証等を行った。

住宅履歴情報の見える化システムの試作については、各戸の冬期室内温度の断熱性能別の傾向分析、断熱改修を実施した住戸の改修前後の比較分析をおこなった上で、住宅の維持管理及び履歴情報に関するアンケート調査を実施した。これらの結果もふまえ、履歴情報の見える化システムを試作してこれまでの見える化システムに組み込み、試験運用してその有用性や課題の検討を行った。

研究成果及び考察

1. 製作した環境情報見える化システムの概要

1.1 システム全体構成

図1に開発システムの概要を示す。全住宅に共通する計測項目は、温湿度、壁床表面温度、グローブ温度、CO₂濃度、粉塵濃度（PM2.5/PM10）、電力であり、屋外には、温湿度、粉塵濃度センサのみ設置している。一部の住宅では、床下温湿度、エアコン電力、ガスも計測している。各センサは簡易に設置が可能である。これらセンサで計測されたデータ（計測1分間隔）は親機ユニットを経由して、サーバーに蓄積される。

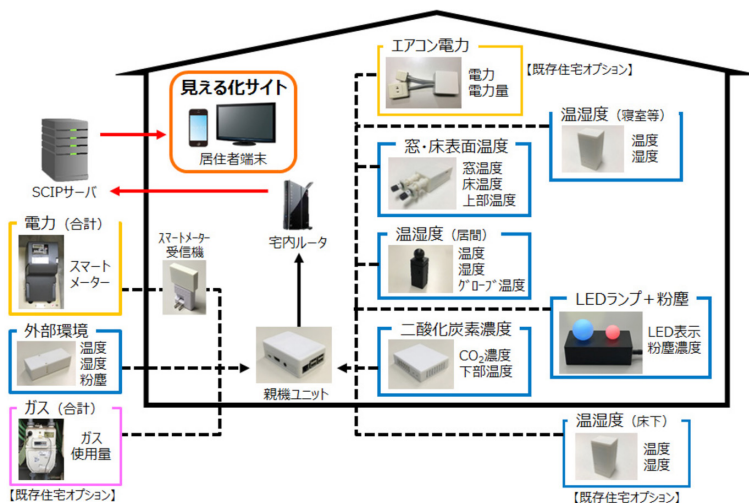


図1. 開発システム構成図

Fig.1. Overview of a system kit

1.2 ビューアサイト画面

図2にビューアサイトの画面を示す。計測されたデータはすべてリアルタイムで閲覧することが可能である。トップ画面では、センサの情報全てを確認することができ、各項目をタップすると、過去のデータをグラフで確認できる詳細画面が開かれる。各詳細画面には、日常的に行うことができる環境調整・省エネ行動の豆知識・アドバイスがランダムで表示される仕組みになっている。また、熱中症などの環境注意報画面を表示することができ、自宅の環境を簡易的に評価することができる。



図2.「見える化サイト」画面例
Fig.2. Example screenshot of the visualization website

1.3 LED インジケータとリアルタイムアドバイス

室内外の環境を、サイトを見ずに視覚的に把握できるシステムとしてLED インジケータを設置している。大球で屋内温度、小球で屋外の温度が色レベルで表示される。色レベルは夏季と冬季用の2種類である。

また、快適性・健康面のサポート機能として熱中症や通風などの環境調整行動の促進を目的とした、アドバイス機能を発信させている。各アドバイスには閾値を定めており、計測された条件を満たすと前述のLED インジケータが点滅し、サイトには具体的なアドバイスが表示される仕組みである。なお、LED の点滅は健康面への影響のある項目（夏期は熱中症、換気）のみ設定をしている。また、アドバイスの画面には「今すぐ実行してみる」「外出中」などのボタンが表示され、後に被験者のアドバイスに対する行動を確認することができる。

1.4 週間環境レポート

自宅の省エネ性や快適性を振り返ることができるツールとして、週間環境レポートを各週作成し、紙面での配布を行っている。図3に週間環境レポートの概要図を示す。内容は大きく4項目の情報を表示している。①では1週間の電力消費量を他住戸との比較を表示、②では省エネ性と快適性のバランスを見るため各日の電力消費量と在室時におけるリビングの平均体感温度の散布図を示し、③ではリビングにおける温湿度の時刻変動と各アドバイスの発生時間を示し、④では省エネや快適性に関して1週間ごとのアドバイスコメントを表示している。

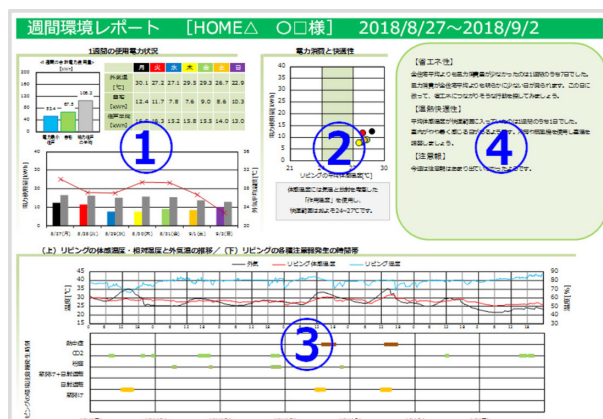


図3. 週間環境レポート
Fig.3. Weekly environmental report

2. 環境情報見える化システムの運用実験概要

2.1 被験者概要 (2018 年度まで)

表 1 に被験者・住宅概要を示す。A～K 邸は 2017 年 7 月頃、L～U 邸は 2018 年 7 月頃より設置をしている。さいたま市緑区の住戸の多くはスマートホームモデル住宅街区内にある、HEAT20 の G2 を満たす高断熱仕様の新築住戸で子育て世帯が中心であり、2018 年設置住宅は築年数にばらつきがあり、高齢世帯が中心である。なお、スマートホームモデル住宅街区の住戸では合同でのシステム説明を行い参加者を募ったが、2018 年設置住戸の多くは「NPO 木の家だいすきの会」に関わる住宅であり、設置時に各被験者に細かい説明を行った。また、2017 年設置住戸は実験期間を 2018 年度末までとしていたため、本節も 2018 年度末までの報告としている。

表1. 被験者概要

Table1. Summary of trial households

	2017年設置			2018年設置			
	場所	延床面積	家族人数 (子ども・高齢者の有無)	場所	延床面積	家族人数 (子ども・高齢者の有無)	
A	さいたま市緑区	95㎡	3人 (子ども)	L	さいたま市緑区	108㎡	4人 (子ども)
B	さいたま市緑区	104㎡	3人	M	さいたま市緑区	107㎡	4人 (子ども)
C	さいたま市岩槻区	119㎡	3人	N	埼玉県所沢市	110㎡	2人
D	さいたま市緑区	105㎡	2人	O	神奈川県鎌倉市	140㎡	3人 (高齢者)
E	さいたま市緑区	98㎡	4人 (子ども)	P	埼玉県所沢市	92㎡	3人 (高齢者)
F	さいたま市緑区	104㎡	4人 (子ども)	Q	東京都武蔵野市	136㎡	4人
G	さいたま市緑区	98㎡	3人 (子ども)	R	東京都日野市	105㎡	2人 (高齢者)
H	さいたま市緑区	99㎡	4人 (子ども)	S	東京都三鷹市	88㎡	3人
I	さいたま市緑区	104㎡	3人 (子ども)	T	東京都八王子市	131㎡	2人 (高齢者)
J	さいたま市緑区	50㎡	3人 (子ども)	U	埼玉県鶴ヶ島市	118㎡	2人 (高齢者)
K	さいたま市緑区	105㎡	3人 (子ども)				

■ : スマートエネルギー特区 ※子ども : 小学生以下 / 高齢者 : 65歳以上

2.2 アンケート調査概要

被験者のシステムへの参考度や環境・省エネ行動の実践度などの状況を把握するためのアンケート調査を実施した。調査内容は、環境・省エネへの意識、サイト・LED インジケータ・アドバイス・レポートの活用や参考度、各行動の実践度などである。

2.3 実験スケジュール

サイトのオープンは 2017、2018 年設置共に、概ね 8 月からである。リアルタイムアドバイスは 8～9 月に夏季アドバイス、12～2 月に冬季アドバイスを発信している。なお、2017 年に関しては、夏季は発信時期が遅れ、冬季に関してはシステムの不具合により 12 月のみの発信となった。週間環境レポートは 2018 年より作成を開始し、配布を行った。2017 年設置住宅には、2018 年 8 月より、2018 年設置住宅 (L, M 邸を除く) は 9 月より配布を開始した。2017、2018 年の夏季実験終了後にアンケート調査を行った。

3. 環境情報見える化システムの運用実験結果

3.1 ビューアサイト利用状況

図 4 に各月における閲覧頻度を示す。2017 年設置住戸では週に 1 回以上見る住戸が 2018 年以降減少したままとになっているが、2018 年設置住戸は週に 1 回以上見る割合が 75% 程度で維持されており、サイト内の環境情報への関心を保っていると言える。また LED インジケータはほとんどの住戸が 1 日に数回以上確認しており、ビューアサイト以上に活用されていることが確認された。

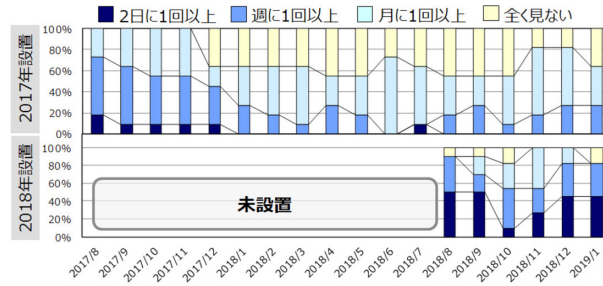


図4. サイト閲覧頻度 (上：2017／下：2018年設置住戸)

Fig.4. Browsing log of each screen of viewing site (Upper part : Installation in 2017 / Lower part : Installation in 2018)

3.2 リアルタイムアドバイス活用状況

図5に各アドバイスに対する行動ログの集計結果を示す。全体的に「すでに実行している」「今すぐ実行してみる」などの肯定的な回答の割合が大きく、アドバイスへのニーズは高いと言える。サイト閲覧時におけるアドバイス出現回数及び行動ログの内訳では、閲覧が多い2018年設置住戸の反応が多いことが確認された。

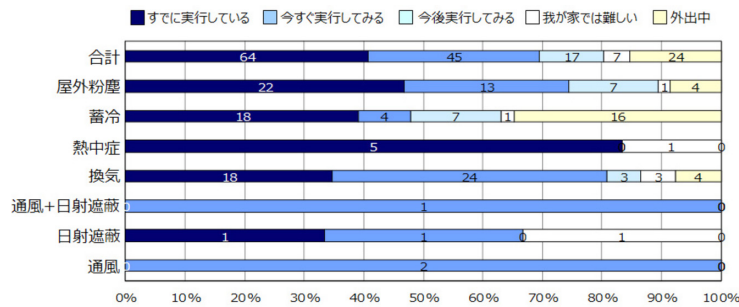


図5. アドバイスに対する行動ログ

Fig.5. Action log for advice

3.3 夏期の週間環境レポート配布の効果

週間環境レポート配布前後での効果を明らかにするため、配布前後での外気条件が類似する期間を選定し、電力消費量及び体感温度の快適率を比較した。図6に各住戸の配布前後における電力消費量を示す。2017年設置住戸A～Kは約半数で、2018年設置住戸N～Uはほぼ全ての住戸で電力消費量が減少していた。各グループの配布前の平均電力消費量以上を「多消費群」、平均未満を「少消費群」とし比較を行ったところ、両グループともに多消費群の方が省エネ性が向上していることが確認された(図7)。



図6. レポート配布前後の電力消費量

Fig.6. Power consumption before and after report distribution

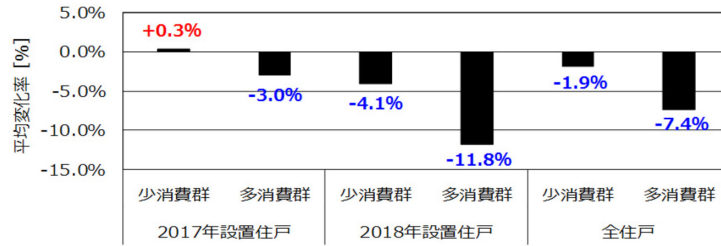


図7. 各群のレポート配布前後の電力消費量変化率平均

Fig.7. Average change rate of electricity consumption before and after report distribution

図8に各住戸の配布前後における体感温度の平均値（在室時）を示す。配布前の値が高い住戸ほど配布後の平均値が減少している。配布前の体感温度の平均値が27℃以下のグループを「快適群」、27℃を超えるグループを「高温群」として比較を行ったところ、快適群の快適率は減少、高温群の快適率は増加している結果であった（図9）。

省エネ行動・環境調整行動へのレポートの参考度は、どちらも約7割が参考になったとの回答であり、中でも電力情報の参考度は95%と最も高い結果であった。

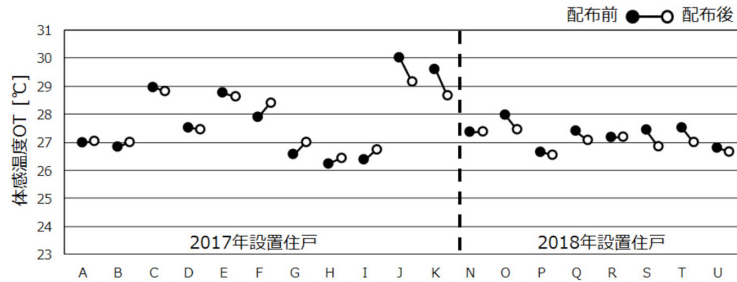


図8. レポート配布前後における体感温度の平均値

Fig.8. Average value of Operative Temperature before and after report distribution

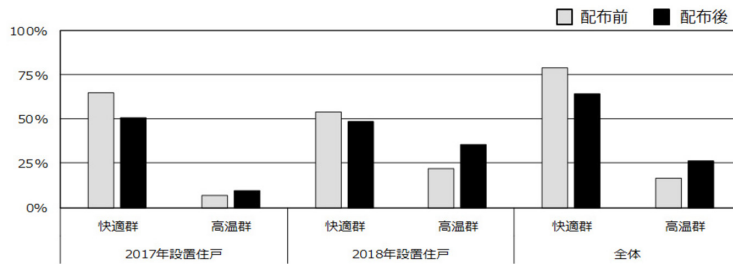


図9. レポート配布前後における体感温度の快適率

Fig.9. Average value of comfort rate before and after report distribution

3.4 冬期のデータ分析と機能向上

(1) 建物内温度差

図10の下に、被験者住戸の中でも冬期リビング作用温度の最低温度が低く、かつ温度の分布幅も大きいQ邸、S邸、T邸における2018年12月17日～12月24日のリビングと洗面脱衣室の温度差を示し、上にはQ邸における同期間の外気温度を示す。既往研究を参考に本システムではヒートショック危険性レベルを温度差7℃以上で警戒、10℃以上で危険とした。Q邸はリビングと洗面脱衣室の温度差がほとんどみられないが、S邸とT邸においては温度差が大きく、特にS邸はヒートショック危険性レベルが危険とされる温度差10℃以上になっている時間が頻発し

ていることが分かる。

(2) ヒートショック注意報の実装

前述の3邸を含めた全住戸にヒートショックの注意喚起の必要性について調査したところ、8割の被験者から必要との回答が得られたため、2019年度冬期に、見える化システムにヒートショック注意報の実装を行った。リビングと洗面脱衣室の温度差が4℃未満で安全、4℃～7℃で注意、7℃～10℃で警戒、10℃以上で危険として、リアルタイムアドバイスの項目にも追加を行った。

図11に2020年1月6日～1月10日におけるT邸のリビングと洗面脱衣室の温度差とヒートショックのリアルタイムアドバイスに対してのT邸の反応を示す。T邸では、ヒートショックのリアルタイムアドバイスが表示されたら浴室の暖房をつけ、ドアを開けることで洗面脱衣室を暖めていることがヒアリング調査で分かった。図でも、リビングと洗面脱衣室の温度差が7℃を超えた時、リアルタイムアドバイスが表示された後に環境改善行動をすることで、その温度差が小さくなっていることが分かる。

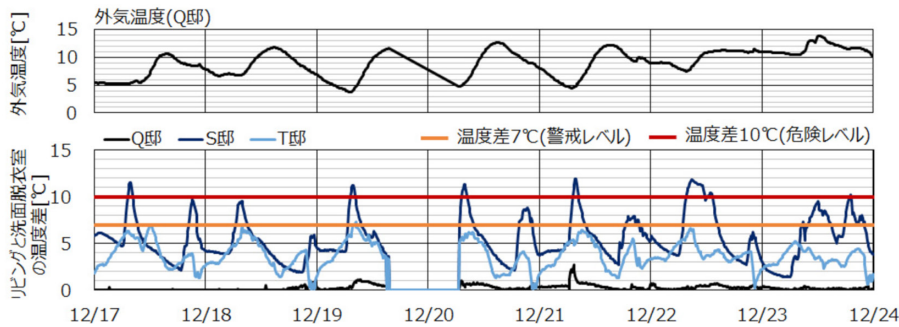


図10. リビングと洗面脱衣室の温度差 (2018年度)

Fig.10. Temperature difference between living room and washroom

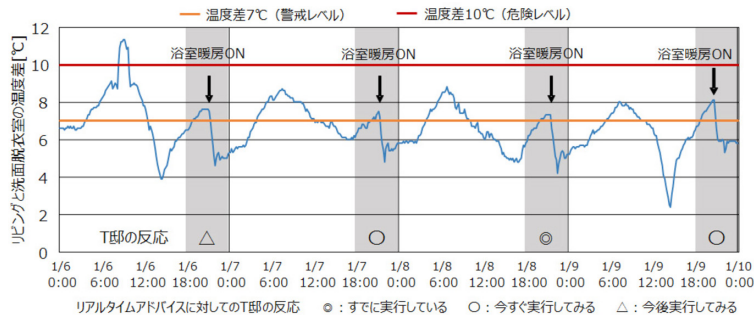


図11. ヒートショック注意報に対する行動

Fig.11. Action on heat stroke alert

4. 履歴情報見える化システムの構築

4.1 住宅履歴情報システムの現状調査

(一社)住宅履歴情報蓄積・活用推進協議会で実施した住宅履歴情報に関するアンケート調査から、住宅履歴情報サービス機関の現状把握を行った。

まず、住宅履歴情報を確実に管理するために付与を推奨している共通IDの発行状況に関する調査結果では、新築住宅の住宅履歴情報の登録数は既存住宅と比べ7倍以上であり、登録のほとんどが新築住宅であったが、新築・既存共に共通IDを付与していない住宅履歴情報が9割以上であった。

次に住宅履歴情報システム利用者の年間の閲覧回数では、「ほとんど閲覧・利用していない」が64.5%、「住宅所有者1人あたり平均1～5回以下/年程度」が16.1%、残りは不明であり、半数以上が住宅履歴情報を蓄積してい

るにも関わらず、利用頻度が非常に少ないことが確認された。さらに、測定不可能のため、ほとんど閲覧・利用していないと回答している機関もあり、蓄積された情報の利活用状況の確認がされておらず、サービスの提供のみに留まっている機関もあることが確認できる。また、アンケートの備考欄より、利用者・住宅事業者に対するメリットや活用方法の提示が少ないという記述が多数確認された。このことから共通IDの発行、利用頻度が少ない要因として利用者・住宅事業者に対するメリットや活用方法が明確に提示されていないことが考えられる。

4.2 住宅事業者の住宅の維持管理及び履歴情報に関する調査

省エネルギー性能や耐久性などに優れた木材住宅・建築物整備の補助事業（国土交通省）である「地域型住宅グリーン化事業」で採択された関東圏内の会社およびその他5社を対象にアンケート調査を実施した。

その結果、手がけている物件の履歴情報のデータ管理状況として、約8割が電子的にデータ管理を行っているという回答であった。ところが、保存しているデータの保存形式については、その約7割がPDF等の画像形式に加えて文字入力、約3割がPDF等の画像形式のみとなっており、蓄積される住宅履歴情報の主なデータ形式としては、データの内容検索等はいにくい、画像形式のものが多く確認された。また、電子化していない事業者の理由としては、利用費用に対するメリットが低いことなどが挙げられた。

図12に部材の劣化を予測できる温湿度環境の見える化できるとした場合の活用に関するニーズの回答結果を示す。共に「思う」、「少し思う」を合わせた割合が7割以上であり、部材の劣化に関係する部位の見える化のニーズが高いことが確認できる。前述した結果も含め、住宅を維持管理する上で部材や断熱材の劣化を予想できるような温湿度環境の情報のニーズは高いと言える。故に、これらの項目をシステムに組み込み活用方法を提示することで、現在の利用費用に対する相応のメリットが生み出されることが期待できると考えられる。

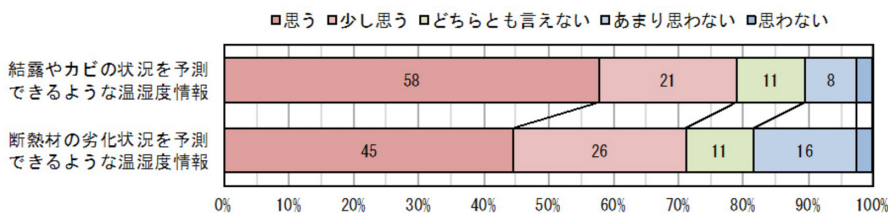


図12. 環境情報の見える化の活用ニーズ

Fig.12. Needs for utilization of visualization of environmental information

4.3 住宅の維持管理及び履歴情報に関するアンケート調査

現状の住宅履歴情報が居住者にほとんど利用されていないこと、また事業者側も活用ニーズを模索している様子が見られたこと、そして3.4節の結果からも築年数の古い住戸の冬期の温度低下は問題であることから、環境情報見える化システムの被験者に対して、住宅の維持管理及び履歴情報に関するアンケート調査を実施した。内容は、定期点検の状況、補修改修の予定、履歴情報の活用に関する関心度などである。

調査の結果、6割を超える住宅が住宅を購入してから一度も定期点検を行っていないという回答が得られた。これには築年数による大きな差はみられなかった。定期点検を実施している住宅の中でも、点検履歴が残っていると回答した住宅は半数にとどまった。また、「定期点検はなく、問題点を発見したら工務店に連絡している」といった回答が多数みられたが、適切な住宅の維持管理には不良個所の早期発見と対策が重要になってくるため、あまり好ましくない。

住宅の長寿命化を目的とする補修・改修への関心度、快適性向上を目的とする補修・改修への関心度については、いずれも関心が「とてもある」、「まあまあある」と回答した住宅が8割以上を占めており、消費者はより長く快適に現在の家に住み続けたいと考えていることが推測された。

4.4 履歴情報見える化システムの構築と試験運用

(1) 履歴情報見える化システムページの概要

図13に履歴情報の見える化システムサイト画面を示す。サイトへは室内外環境見える化サイトのトップページからアクセスすることができる。普段使用している見える化サイトと紐づけることで、よりアクセスしやすくなり、

室内環境と住宅性能を照らし合わせることができる。各ページの概要は以下の通りである。「基本情報」ページでは、住宅の所在地、竣工年、構造、延べ床面積、施工者などの基本情報が確認できる。「図面」ページでは、平面図、外部仕上げ表、設備機器表が確認でき、すべてPDFで別ページに表示される。「断熱性能」ページでは、自宅のUA値とそれがHEAT20あるいは省エネルギー規格などの基準を満たしているのかを確認できる。「補修・改修」ページでは、今までに自宅で行った建物まわりと設備機器の補修・改修履歴が理由や写真と共に確認できる。「自主点検」ページは、自主点検チェックシートで自主点検をサポートするものであり、点検履歴はその都度サイトに蓄積される。一般的に住宅の定期点検は、6か月、1年、3年、5年、とスパンが長くなることが特徴だが、自主点検を定期的に行うことで、劣化箇所の早期発見・対策が可能になり、定期点検時にもよりスムーズな点検が期待できるようになると推測する。



図13. 住宅履歴情報ページの画面例

Fig.13. Screen example of house history information page

(2) 試験運用後のアンケート調査

試作した住宅履歴情報見える化システムを実際に閲覧してもらい、その有用性の確認と課題点やニーズを抽出することを目的として、アンケート調査を実施した。アンケート用紙は郵送とメールにより配布・回収を行った。

試作した履歴情報見える化システムに関して有用だと思うと回答した住宅は、「とても思う」、「まあまあ思う」合わせて9割以上という結果となり、履歴情報見える化システムの有用性を確認できた。「今まで住宅履歴情報を蓄積するという考えがなかったが、見える化によって住宅の維持管理に対する関心が高まる」という意見が多くあった一方で、「設計図面などの個人情報ネット上にあることに不安を感じる」という意見も一部あった。また、項目別でも図14に示すように、ほとんどの項目で有用性を確認することができた。中でも特に重要だと思う情報はどれかと複数回答形式で尋ねた結果は、補修・改修履歴を挙げる住宅が9割以上であった。さらに補修・改修履歴と合わせて設備のメーカー・型番、取扱説明書・保証書を残しておくべきだと回答した住宅が多い(図15)。「後々役に立ちそう」という意見が多くみられ、補修・改修履歴の他にも防蟻処理の記録なども合わせて蓄積してほしいという意見もあった。

このように、住宅履歴情報見える化システムを活用することで、将来の断熱改修へ向けた準備や計画ができ、維持管理に対する関心が高まるというメリットが確認できたといえる。

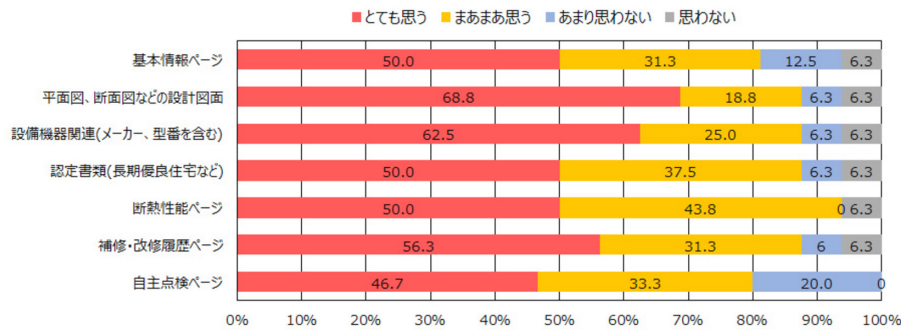


図14. 各情報項目の有用性

Fig.14. Usefulness of each information item

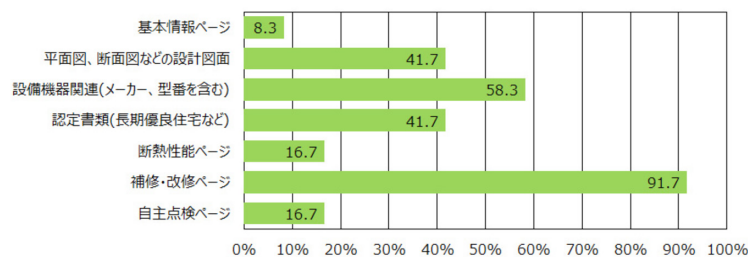


図15. 特に重要だと思う情報項目 (複数回答可)

Fig.15. Information items that are considered to be particularly important

5. まとめ

本研究では、人の安全と健康を守り、またその住まいを省エネで長持ちさせるために、室内環境情報は居住者に速やかに分かりやすく伝え、住宅の診断結果などの耐久性に関わる情報は設計者や施工業者と共有できるような一体型に見える化システムの開発を行い、その有用性の検証を行った。

まず、居住者の安全と健康を守り、快適性を確保するために必要な室内外環境情報の見える化システムについて、既存住宅にも簡単に設置できるような小型パッケージ化したキットを開発した。またその情報共有方法として、スマートフォン等のビューアサイト、リアルタイムアドバイス機能、LEDインジケータ、週間環境レポートからなる仕組みを構築し、被験者住戸延べで20世帯以上の住戸に対して設置をして運用実験を行った。

この被験者の行動変容及び環境改善・省エネ効果の検証の結果、LEDインジケータの利用頻度が非常に高く、ビューアサイトの閲覧にもつながっている状況が確認された。また、リアルタイムアドバイスについても8割以上の確率で従っており、有用性が確認されたと言える。紙面で配布した週間環境レポートは、電力の多消費住戸ほど省エネ効果が高くなる結果であった。各システムの参考度について、ビューアサイト、LEDランプ、リアルタイムアドバイスについては環境行動への参考度が高く、週間環境レポートは省エネ行動への参考度が高くなる傾向が確認された。前者の機能は、リアルタイムの情報に特化しているものであり、環境調整に関しては、リアルタイムの状況を把握できるものが有効だと推測される。後者に関しては、結果を振り返るツールであり、特に、省エネ性に関してはデータの振り返りや比較が有効であると推測される。システム全体として、ビューアサイト、LEDインジケータ、リアルタイムアドバイス、そして週間環境レポートのそれぞれ役割を分担して環境調整行動・省エネ行動の促進効果を高める結果となったと考えられる。

一方、住まいを省エネで長持ちさせるための仕組みについては、現状の住宅履歴情報システムが居住者及び事業者にも有効に活用されていない現状を把握した上で、開発した見える化システムの被験者にニーズを調査したところ、住宅の長寿命化を目的とする補修・改修への関心度、快適性向上を目的とする補修・改修への関心度ともに高いことが明らかとなった。そこで、日頃から利用している見える化システムの一機能として組み込む形で住宅履歴情報ページの試作を行った。この中には、住宅の基本情報、図面、断熱性能レベル、補修・改修履歴が確認できるペー

ジと、日頃から居住者自らが点検できるような自主点検チェックリストページを製作した。これを見える化システムに実装して試験運用した結果、居住者の非常に高い有用性が確認された。

このように、人と住まい双方の安全・健康・省エネルギーをトータルで見守る仕組みを一体化して構築した見える化システムは、実用性が期待でき、人と住まいの自助・共助促進にも寄与できるシステムであることが確認されたとと言える。

今後の展望

本研究で開発したシステムは、住宅におけるこれまでにない多機能型の情報見える化システムである。そのため被験者を増やすことが難しく、パイロット研究と言うべき位置づけであるが、人を見守るための環境情報、住まいを見守るための履歴情報の有用性は高く、実用化に向けて研究開発を進めるべきと考える。そのための汎用化には、幅広い居住者属性や住宅タイプに対応していくこと、システムキットの精度及び耐久性の向上、環境レポートなど情報フィードバック方法の改良などの技術的な課題解決が必要となる。また、履歴情報については、設計者や工務店との共有メリットの反面、個人情報管理しつつ、ビッグデータとしての有効な活用方法の検討も重要な課題であると考えている。こういったことを進めながら、できるだけ汎用性の高い、一般化されたシステムとして、今後も開発を進めていく計画である。

謝辞

各種調査では、被験者住宅の住民の方々、及び住宅関連企業・協会の方々から多大な協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- [1] 中島裕輔, 佐藤光太郎, 納富照光: 住宅における環境・エネルギー情報提供システムの開発, 日本建築学会技術報告集, 16巻, 34号, pp.1069-1074, 2010.10
- [2] 八木田克英, 岩船由美子, 畑泰彦: 見える化 HEMS の閲覧行動とコミュニケーション効果, エネルギー・資源学論文誌, Vol.35, No.4, 2014.7
- [3] 阿部寛人, 坊垣和明, 吉田一居, 三神彩子: 家庭内における省エネルギー行動と意識に関する研究 その3 WEB アンケートによる生活関連情報の認知・実践に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-I, pp.959-960, 2015.9
- [4] 石井尚樹, 宮崎豪, 石田慎一, 中島裕輔: 家庭における室内外環境の見える化システムキット構築に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 第87号, pp.177-180, 2017.2
- [5] 牧亮佑, 佐々木拓哉, 中島裕輔: 住宅における室内環境の見える化システムキット開発に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 第86号, pp.193-196, 2016.3
- [6] 環境省: 熱中症予防情報サイト, 日常生活に関する指針, <http://www.env.go.jp/>
- [7] ASHRAE: Thermal environmental conditions for human occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, 2013
- [8] (一社)住宅履歴情報蓄積・活用推進協議会: 住宅履歴情報に関するアンケート調査, 2015.8
- [9] 国土交通省: 地域型住宅グリーン化事業ホームページ, <http://chiiki-grn.jp/>

本助成研究にかかわる成果

〔論文発表〕

1. 村上啓介, 田中 駿, 石田慎一, 中島裕輔: 室内外環境の見える化による省エネルギー及び室内環境調整の行動変容分析に関する研究, 2019年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2020.3
2. 本間さやか, 田中駿也, 石田慎一, 中島裕輔: 住宅における室内外環境及び履歴情報の見える化システム構築に関する研究, 2019年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2020.3
3. 中島裕輔: 住宅における環境・履歴情報の見える化システム構築に関する研究(その3) 被験者の行動変容及び環境改善・省エネ効果の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp1171-1172, 2019.9
4. 本間優作, 佐藤慶季, 石田慎一, 中島裕輔: 室内外環境の見える化による省エネルギー及び環境改善効果に関する研究, 2018年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp39-42, 2019.3
5. 飯塚絢子, 佐藤慶季, 中島裕輔: 温熱環境の測定データを用いた住宅性能予測とその活用に関する研究, 2018年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp101-104, 2019.3
6. 佐藤慶季, 石田慎一, 中島裕輔: 住宅における環境・履歴情報の見える化システム構築に関する研究(その1) スマートエネルギー特区への室内外環境見える化システム導入による効果検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp1059-1060, 2018.9
7. 中島裕輔, 佐藤慶季: 住宅における環境・履歴情報の見える化システム構築に関する研究(その2) 環境情報を活用した住宅性能の簡易評価手法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp1061-1062, 2018.9
8. 佐藤慶季, 中島裕輔: 竣工初期における基礎断熱工法住宅の床下温湿度環境の実態調査と居住者行動が与える影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(名古屋), 第6巻, pp189-192, 2018.9
9. Yoshiki Sato, Yusuke Nakajima: Effect Validation of a Home Environment Visualization and Management System, Journal of Asian Urban Environment, Annual 2018, pp9-12, 2018.10
10. 大井一将, 宮崎 豪, 佐藤慶季, 中島裕輔: 基礎断熱住宅における居住者行動が床下温湿度環境に与える影響に関する研究, 2017年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp33-36, 2018.3
11. 大森翔太, 佐藤慶季, 宮崎 豪, 石田慎一, 中島裕輔: 家庭における室内外環境見える化システム導入による行動変容に関する研究, 2017年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp215-218, 2018.3
12. Yusuke Nakajima: DEVELOPMENT OF A HOME ENVIRONMENT VISUALIZATION AND MANAGEMENT SYSTEM, ZEMCH2018 International Conference Proceedings, pp337-346, 2018.1

〔口頭／ポスター発表〕

1. 中島裕輔: 家庭における室内外環境見える化システムの省エネルギー及び環境改善効果, BECC JAPAN 2019, 2019.8.23
2. Yusuke Nakajima: Development of a Home Environment Visualization and Management System, ZEMCH Mission in Japan, Kogakuin University, 2018.5.28
3. Yusuke Nakajima: Development of a Home Indoor and Outdoor Environment Visualization System(a New type of HEMS), ZEMCH Mission in Japan, Kogakuin University, 2017.7.24