

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12789

研究課題名（和文）IoT技術を利用した居住空間における快適性向上システム構築に関する研究

研究課題名（英文）A Research of Indoor Comfort Management System Using IoT Technology

研究代表者

松井 加奈絵（MATSUI, Kanae）

東京電機大学・システムデザイン工学部・准教授

研究者番号：30742241

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、HEMSやスマートホームはエネルギー消費の効率化、居住空間の快適性向上、セキュリティ、コミュニケーションの円滑化の目的としたサービスやアプリケーションの提供機能に対し、時系列、また行動別の快適性の定義、および情報提示、家電制御を用いた快適性の維持、向上が必要であるとした。そこで、世帯内の室内快適性を担保するためのIoTデバイスによるデータの収集、ホームネットワークにおけるデータ収集、クラウド上でのデータ解析を行う環境を構築し、情報提供、家電制御信号の生成を行うシステム、アプリケーションを実装し、世帯における実証実験を行い、その有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究開発当初では異なる環境として、新型コロナウイルス感染症防止によるリモートワークの普及が挙げられる。目的別に構造が異なる2つの場所を、住居に存在させ、その中で人間が活動することで、身体的、精神的な問題が表層化することが懸念される。そこで、本研究で実施した、IoTデバイスによるデータの計測、ネットワークを用いたデータ収集、プラットフォーム内でのデータ蓄積、解析、情報提供、家電制御による異なる目的を持った空間の快適性維持を行うための技術を普及させていくことが次の課題となると考えられる。

研究成果の概要（英文）：HEMS and smart homes have the function of providing services and applications for the purpose of efficient energy consumption, improvement of living space comfort, security, and smooth communication. However, it is necessary to define comfort by time series and behavior in home and office for people's comfort, and to maintain and improve comfort by presenting information and controlling home appliances. Therefore, a proposed system that builds an environment that collects data by IoT devices to secure indoor comfort in households, collects data on the home network, and analyzes data on the cloud, provides information, and generates home appliance control signals, is proposed in this research. After design and implemented the system and application for users, we conducted an experiment in household, and showed its usefulness.

研究分野：情報学

キーワード：IoT HEMS 室内快適性 情報提示 機械学習 スマートホーム スマートオフィス

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで Home Energy Management System (HEMS) やスマートホームはエネルギー消費の効率化、居住空間の快適性向上、セキュリティ、コミュニケーションの円滑化の目的としたサービスやアプリケーションの提供が主であった参考文献 [①, ②, ③]. しかしながら、人間活動を妨げない、サポートし向上させることが重要であることから、以下の2点に着目した。

・増加するエネルギー消費量

IoT を利用した世帯に研究事例として Home Energy Management System (HEMS) が挙げられ、人類の課題である電力消費量削減に貢献するシステムであるが、初期費用は高いためエネルギーコスト削減のみでは回収には至らない場合が多く、現在普及の速度が遅くなっている。しかしながら、国内外の世帯のエネルギー消費量は年々高まっており、その対策は急務である。そのため、HEMS はエネルギーに焦点を置いたもののみならず、総合的な生活環境と効率性の向上を目的としたスマートホームとして様相を変えつつある。世帯のエネルギー消費量削減を目指すためには、必ずしもエネルギー、環境貢献が根拠にならないと理解し、快適性や利便性を求める傾向にあるため、住民が住環境に求めるニーズを理解した技術およびサービスの提供が必要となる。

・住環境向上へのニーズ

住環境において WHO は居住環境の4つの理念として、(1) 安全性、(2) 保健性、(3) 利便性、(4) 快適性、が挙げられており [2], IoT 技術によってこれらの理念を具体化したサービスを提供することが上述の問題の打開策になり得ると考えられる。また日本の住民の平均在宅時間は15時間と長く [3], 4つの居住環境のクオリティを上げることは QoL (Quality of Life) の向上につながるだけでなく、SOHO (Small Office・Home Office) など多様な働き方によって居住空間を仕事場とした場合、仕事の達成率の向上率が指標となる。このような多様なニーズの中、本申請者は IoT 技術、具体的にはデータの取得、解析、情報提示、家電制御を行うことで、居住空間における様々なシーンの総合的な快適性、利便性向上を行うことを目的とする。本研究では、WHO の定めた住環境の4つの理念である (1) 安全性、(2) 保健性、(3) 利便性、(4) 快適性、を IoT (Internet of Things) 技術を利用して実現することを目的とし、居住空間における快適性向上システム構築を実施する。

2. 研究の目的

このような多様なニーズの中、本申請者は IoT 技術、具体的にはデータの取得、解析、情報提示、家電制御を行うことで、居住空間における様々なシーンの総合的な快適性、利便性向上を行う。そのためには、居住空間を時系列の事象と捉え、連続的な行動に対応可能なシステムが必要となる。また、LEED など居住空間の快適性認証制度に IoT 技術を取り入れることの必要性を主張することで、IoT 技術と住環境の融合を狙う。

つまりは、

- ・ IoT デバイスを用いたデータ収集、解析、情報提示システムの構築
 - ・ 解析結果を情報提示に用いる、家電制御信号に変換するモジュールを構築し、上記の環境に組み込む
 - ・ 本システムを用いたユーザ調査の実施
- を行うことで、本研究の目的を検証するものとする。

3. 研究の方法

本研究内容を実現するために、研究遂行期間内に行うべき項目を5つに分けそれぞれに対して達成すべき項目について述べる。

(1) 技術による状態変化が可能な居住空間の定義：

居住空間では住民の行動は空調、照明といった電化製品と結びつくことが多い。つまりは居住内の住民の連続的な行動を理解し、電化製品と情報提示で快適性を変化できる事象とできない事象に区別をする必要がある。

(2) 対応するセンシング手法およびデータの整理：

これまで申請者が取得してきた環境、身体データ、また他のセンサによって得られるデータを整理し、どのデータが項目(1)で定義した行動と関連性があるのか対応表を作成する。例えば赤外線センサによる入退出情報は照明の自動制御や情報提示に使用可能となる。このようなデータと使用方法の関連性をデータベース化し、システムに利用する。

(3) 情報提示手法、家電別自動制御手法の定義と実装：

項目(1)、(2)で作成した自動制御、情報提示によって状態を変化することができる状況を把握し、その状態変化を行うためのデータ収集、解析方法をまとめた後、(a)提示情報の生成、(b)自動制御手法を実装する。項目(a)では主に家電制御を行う環境ではない住居向け、項目(b)では自動制御対象とネットワーク対応家電が居住内に存在する住居向けとなる。また、項目(a)(b)の組み合わせに関しても考慮する。

(4) 居住空間における定量的、定性的評価を目的とした実証実験：

項目(3)にて構築したシステムを実際の世帯に導入し、(a)システムを介在しない生活から得られる基礎データ、(b)システムが介在した場合のデータをセンシングおよびアンケートによって取得し、定量的、定性的な評価を行う。実証実験から得たデータからシステムへフィードバックを

行ない、チューニングを行う。

(5) LEED のように居住空間およびワーキングスペースの認証制度との連携：

IoT データを用いた LEED 認証案について、オープンアクセスジャーナルを執筆する。また、ジョージア工科大学におけるスマートシティワークショップにて、本研究で収集した匿名化されたデータを提供する。

4. 研究成果

本研究成果について述べる。

(1) 技術による状態変化が可能な居住空間の定義：

室内環境を表す温湿度・照度データから適切な状態にするためにどのような情報提供もしくは制御が必要になるのかをまとめ、データベース化した。データベースは、室内温湿度、照度に変化した場合、どのような状態変化が起きているのかを、温度、湿度、照度の 3 項目の値を単独に、もしくは相互関連性がある場合は相互の値から定義し、値、文章による説明、居住空間の快適性を 5 段階評価したものを作り、WebAPI 化し、参照可能とした。

(2) 対応するセンシング手法およびデータの整理：

項目 (1) を参照し、情報提示、本研究で構築したデータの信頼性の高さや各種センサから得られるデータフォーマットの違いを考慮したデータベースに対し、別のサービス連携を行いやすいよう API を構築し、データアクセスを可能とした。これまで様々なセンサから得られたデータを元に (a) 屋内センサの適切な配置、(b) 各種センサデータの適切なデータフォーマットへの変換をまとめ、その処理を行う機能を IoT プラットフォーム上に実装した。

(3) 情報提示手法、家電別自動制御手法の定義と実装：

本データベースおよび IoT プラットフォームを用いた情報提示、制御手法を用いた快適性維持を目的とした実証実験を、世帯およびワークスペースで実施した。使用頻度の高い空調、照明に関しては適宜制御手法を調査し、実証実験にて可用性を確かめる。制御手法においてはモデル化し、性能評価とともに提示可能とするよう整備した。これらをシステム化、アプリケーション化し、クラウドサーバー上に構築した Web サーバーにアクセス可能な環境とし、家庭内、またオフィス内で使用可能なアプリケーションをスマートフォンから使用可能とした。情報提示においてはチャットコミュニケーションツールの Slack から定期的、もしくはしきい値を超えた場合は通知を行い、家電制御においては実験協力世帯に導入しやすいネットワーク対応照明においてのみ実装、項目 (4) において検証した。

(4) 居住空間における定量的、定性的評価を目的とした実証実験：

項目 (4)：項目 (3) で実装した手法について実証実験を実施し、実データを用いた評価を実施する。情報提示においては ABAB テストを行い、ランダム提示と室内環境データから推測される快適性嗜好に基づいた提示を比較した。今回は世帯における検証を東京都、埼玉県内にて世帯内にて実施し、またオフィス空間においては大学内、また SOHO と区分されるオフィスにて検証した。

(5) LEED のように居住空間およびワーキングスペースの認証制度との連携：

IoT データを用いた LEED 認証案について、オープンアクセスジャーナルを執筆した。また、ジョージア工科大学におけるスマートシティワークショップにて、本研究で収集した匿名化されたデータを提供し、家庭内の省エネルギー効果を期待した家電制御および論文化を行った。

また、研究開発当初では異なる事象として、新型コロナウイルス感染症防止によるリモートワークの普及が挙げられる。これまでは、人にとって職場と自宅は異なる環境であったが、ホームオフィス化が都心部を中心に波及することが考えられる。一般的に住居は身体の充足、休息を図る場所、オフィスでは集中力を上げる必要がある場所とされ、照明を含む内装から温湿度管理方法まで異なる。また、そこに存在する人間のあり方、行動も異なる。このように、目的別に構造が異なる 2 つの場所を、住居に存在させ、その中で人間が活動することで、身体的、精神的な問題が表層化することが懸念される。そこで、本研究で実施した、IoT デバイスによるデータの計測、ネットワークを用いたデータ収集、プラットフォーム内でのデータ蓄積、解析、情報提供、家電制御による異なる目的を持った空間の快適性維持を行うための技術を普及させていくことが次の課題となると考えられる。

<引用文献>

- ① 植野和文 (1999) 「ライフスタイルの志向に注目した居住環境評価の構造分析」『都市計画論文集』34, 631-636
- ② 渡辺春彦, 浅見泰司 (1999) 「住民による住環境要素の評価と重要度認識」『住宅問題研究』15(2), 25-45
- ③ 国土交通省国土交通政策研究所 (2010) 「居住者の多様性を考慮した居住環境に関する研究 J, 国土交通政策研究 94

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Soowon Chang, Daniel Castro-Lacouture, Kanae Matsui, Yoshiki Yamagata, Ph.D.	4. 巻 -
2. 論文標題 Planning and monitoring of building energy demands under uncertainties by using IoT data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computing in Civil Engineering 2019: Smart Cities, Sustainability, and Resilience	6. 最初と最後の頁 211-218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1061/9780784482445.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Chang Soowon, Castro-Lacouture Daniel, Matsui Kanae, Yamagata Yoshiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Planning and Monitoring of Building Energy Demands under Uncertainties by Using IoT Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computing in Civil Engineering 2019: Smart Cities, Sustainability, and Resilience	6. 最初と最後の頁 211-218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1061/9780784482445.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Matsui Kanae, Yamagata Yoshiki, Kawakubo Shun	4. 巻 158
2. 論文標題 Real-time sensing in residential area using IoT technology for finding usage patterns to suggest action plan to conserve energy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 6438 ~ 6445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.171	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Lancaster Zachary S., Binder Robert B., Matsui Kanae, Yang Perry	4. 巻 158
2. 論文標題 Developing a theory of an object-oriented city: Building energy for urban problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 4210 ~ 4217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.807	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Matsui Kanae, Yamagata Yoshiki, Kawakubo Shun	4. 巻 158
2. 論文標題 Real-time sensing in residential area using IoT technology for finding usage patterns to suggest action plan to conserve energy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 6438 ~ 6445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.171	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Kanae	4. 巻 82
2. 論文標題 An information provision system to promote energy conservation and maintain indoor comfort in smart homes using sensed data by IoT sensors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Future Generation Computer Systems	6. 最初と最後の頁 388 ~ 394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.future.2017.10.043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Kanae	4. 巻 3
2. 論文標題 An information provision system according to residents' indoor comfort preferences for energy conservation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cyber-Physical Systems	6. 最初と最後の頁 121 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23335777.2017.1415980	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Kanae	4. 巻 142
2. 論文標題 Proposal and implementation of real-time certification system for smart home using IoT technology	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 2027 ~ 2034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.406	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Kanae	4. 巻 105
2. 論文標題 An Information Provision System as a Function of HEMS to Promote Energy Conservation and Maintain Indoor Comfort	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 3213 ~ 3218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.705	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Matsui Kanae
2. 発表標題 Proposal of Web API Architecture for Smart Community: A Case Study of Japan
3. 学会等名 Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications 2019, WINA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsui Kanae, Sakai Keiya
2. 発表標題 A Proposal for a Dynamic Digital Map to Prevent Heatstroke Using IoT Data
3. 学会等名 International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsui Kanae
2. 発表標題 A Proposal of Web API Design for IoT Data Utilization Based on Smart Communities
3. 学会等名 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsui Kanae
2. 発表標題 A Proposal and Implementation of Networked Lighting System Considering Indoor Comfort and Energy Efficiency 著者
3. 学会等名 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河西達彦, 松井加奈絵
2. 発表標題 アノテーション自動化を目的とした動画データ環境整備手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会全国大会, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsui Kanae, Choi Hanjong
2. 発表標題 A recommendation system with secondary usage of HEMS data for products based on IoT technology
3. 学会等名 Networks, Computers and Communications (ISNCC), 2017 International Symposium on (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Choi Hanjong, Hamanaka Takeshi, Matsui Kanae
2. 発表標題 Design and implementation of interactive product manual system using chatbot and sensed data
3. 学会等名 Consumer Electronics (GCCE), 2017 IEEE 6th Global Conference on (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Matsui Kanae
2. 発表標題 Pleasant sleep provision system during warm nights as a function of smart home
3. 学会等名 Networks, Computers and Communications (ISNCC), 2017 International Symposium on (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京電機大学 教員情報 https://ra-data.dendai.ac.jp/tduhp/KgApp?kyoinId=ybygeosggy 個人のウェブサイト https://www.matsui lab.com/</p>

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考