

室内温度の快適指向性を考慮した 加湿空気清浄機の自動制御

原 晃汰^{†1} 松井 加奈絵^{1,2}

概要: ネットワーク制御対応の家電の普及により、空調管理を自動化できるようになった。しかしながら集中管理制御において電力消費量に重きが置かれ、快適性についてはあまり考慮されていない。集中管理が必要になるような大きい建物では建築物衛生法の 17 度以上 28 度以下、相対湿度 40%以上 70%以下という管理基準を維持できるよう求められているが、その環境に居る人間全てが快適であると感じるとは限らない。また一軒家やマンション、アパートなど人々が暮らしている場所ではこの基準の適応外であるため、快適な温湿度が保たれているとは限らない。そこで本研究では、住環境においても快適な室内環境を維持するために重要な役割を果たす加湿空気清浄機に着目した。本研究では室内環境、主に温度湿度に着目し、それらのデータをセンサによって収集し快適域を判別、対象の加湿空気清浄機の加湿機能を利用して快適域を保つシステムを提案する。また有用性をはかるために 1 分ごとに温度湿度のデータを取得している大学の一室を使用し、実証実験を行った。実験では被験者 5 名に参加して頂き、提案システムを使用した場合としない場合を経験してもらい、室内快適空間に関する 7 段階評価のアンケートの結果を収集した。

キーワード: センサネットワーク, 家電制御, 快適性, スマートホーム

Automatic control of humidifier and air cleaner considered with indoor comfort preference

Kouta HARA^{†1} Kanae MATSUI^{†1,2}

Abstract: With the spread of home appliances compatible with network control, air conditioning management systems can be automated with collected by networked sensors. However, centralized management control system puts emphasis on reduction of power consumption, and less maintain comfort is taken into consideration. As considered large buildings, they have a centralized management system to maintain 17 to 28 degrees and 40 to 70% relative humidity under the Building Sanitation Law in Japan, but not all people in the building feel comfort with the central system. In addition, comfort temperature and humidity are not taken into account in living places such as houses and apartments. Therefore, this study focuses on designing and developing a system of automatic control of humidifier and air purifier that plays an important role in maintaining an indoor comfort by controlling especially indoor humidity. Therefore, proposed system collects the indoor environment data of mainly temperature and humidity, and stores them to distinguish the comfort zone for each resident. To determine each person's comfort zone, a web-based questionnaire is used to collect their comfort zone by matching real data and their preference. After determining their preference, the system controls the humidifier and air purifier, which can connect the Internet according to the preferences. In order to accomplish the study, this paper shows results of experiments to collect the environmental data and people's preferences of the indoor comfort.

Keywords: Sensor Network, Automatic control of electric appliances, Indoor comfort, Smart home

1. 概要

日本は北緯が約 35 度の付近に位置しており、北緯 35 度

付近というのは温暖温潤気候の範囲に入っている。そのため四季による温度変化が激しい。また日本は周りを海に囲まれており、かつ太平洋上の高気圧と大陸の高気圧がぶつ

^{†1} 東京電機大学
Tokyo Denki University.

^{†2} 慶應義塾大学 メディアデザイン研究センター
Keio University Media Design Research Center

かり合う場所に位置しているため四季の気候変化が激しい。そのため、温度、湿度の変化が激しく、適切な室内環境を保つことが難しい。このような環境の中、ビルやデパートといった建築物では、法律により夏場では暑さや湿気、冬場では寒さと乾燥といった対策してお QoL(Quality of Life)が高い状態であるといえる。これは日本国内では、表 1 のような建築物における衛生的環境の管理に関する法律「建築物衛生法」を定めており、延べ床面積が 3000 m²以上ある建物では温度 17 度以上 28 度以下、相対湿度 40%以上 70%以下という維持管理基準があるためである[1]。

表 1 建築物衛生法第 2 条の空気調和設備についての基準

1	浮遊粉塵の量	空気一立方メートルにつき ○・一五ミリグラム以下
2	一酸化炭素の含有率	百万分の十（厚生労働省命で定める特別の事情がある建築物にあっては、厚生労働省命で定める数値）以下
3	二酸化炭素の含有率	百万分の千以下
4	温度	一 十七度以上二十八度以下 二 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと
5	相対湿度	四十パーセント以上七十パーセント以下
6	気流	○・五メートル
7	ホルムアルデヒドの量	空気一立方メートルにつき ○・一ミリグラム以下

しかし本法律の対象外であるアパートやマンション、一軒家などの人々が暮らしている住居ではこの基準をみたすような制御をされているとは限らない。湿度が 50%以下の環境ではインフルエンザウイルスの生存率が高い、口内粘膜が乾燥するといった問題、湿度の 70%以上ではカビやダニの生育が早いといった問題があるため[2]、住環境においてもこの基準を満たすような温湿度の制御を行うことによって、室内快適性を保つことが必要である。

そこで本研究では乾燥が目立つ冬場において重要な役割を持っている加湿空気清浄機に着目し、かつ個人の室内快適指向性を考慮したネットワーク利用した自動制御を提案する。

2. 関連研究

2.1 先行事例

ネットワークを用いて家電を制御する通信プロトコルとして、日本では ECHONET Lite が使用されている。ECHONET

Lite を用いることで様々な家電を制御するシステムを開発するためのオープンソースの代表例として、kadecot がある[2]。この kadecot を利用して「スマートハウスのいじれる化」と題した様々な家電を制御するためのアプリケーションが開発されてきた。また、ECHONET Lite 対応の家電やネットワーク対応のセンサ、モノといったデバイスが複数ある環境を各ユーザに対して設定し、サービス利用時に登録したデバイスの状態を確認し制御制御を行うといった研究も行われている[3, 4]。

2.2 カビ対策例

また、部屋の湿度データを収集し、利用する事例として、東京エレクトロデバイス株式会社のカビ発生予報クラウドシステムが挙げられる[5]。本システムは収集したデータを対象クラウドに送ることで、8 種類のカビの発生状況を診断するものであり、既に実証実験が開始されている。

このように、室内環境データの解析することで、室内環境の向上を目指すシステムおよびサービスが着目されている。室内環境データの収集、解析を行い、室内環境の安定化、向上をはかるための家電の自動制御を行う試みが行われている。

3. 提案手法

近年の空調には除湿機能がついており、夏場においては温湿度の管理を空調のみで行うこと可能であるが、空調だけでは加湿を行うことができないため、冬場に問題となる乾燥の問題を解決することができない。そのため、家庭に加湿空気清浄機が導入されることが多くなっている[6]。そこで本提案では、(1)室内の温湿度をネットワーク対応センサによって計測し、データベースに収集、(2)Web アンケートから収集した利用者の温湿度における嗜好性を判別、(3)嗜好性に合わせた加湿空気清浄機の自動制御を行うシステムを提案する。

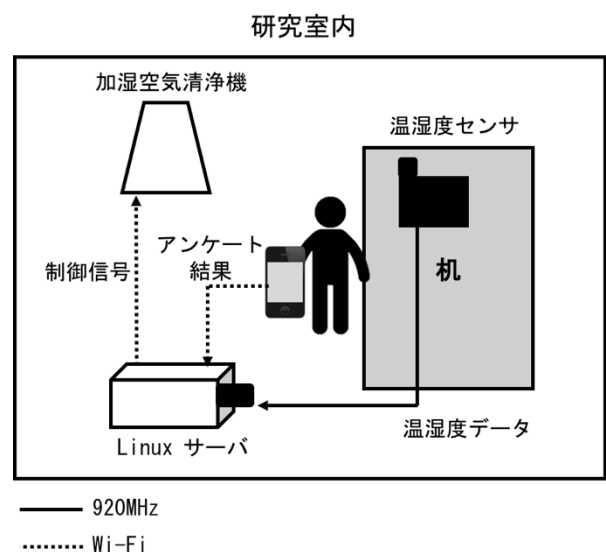


図 1 提案の概要

図1は本提案の概要を示したものである。提案のシステムの有用性を確かめるために、本システムを東京電機大学鳩山キャンパス内の研究室に設置し、実験を実施した。

3.1 室内の温湿度

ネットワーク対応の環境センサを用いて、1分ごとに温度、湿度データを収集し、Linux サーバに転送する。環境センサとLinux サーバの通信には920MHz帯を使用して通信する。

一般的に夏場は室内温度が25～28度、室内湿度55～65%、また冬場の温度18～22度、湿度45～60%が快適であると言われている。室内の温湿度をデータから読み取ることでより快適域内であったか、なかったのかを判断する。

3.2 室内温湿度快適性の収集

一般的な冬場の快適域は上述の通りであるが、本指標は一般的なものであり、各個人によって温湿度快適嗜好性は異なる。各個人の快適嗜好性を分析するために被験者に対してWeb ページ型アンケートを実施する。初回アンケートのみ被験者の情報（年齢、性別、温度指向性）に回答してもらった。温度嗜好性については暑がり、どちらでもない、寒がりの3択で質問を行った。表2にその結果を示す。またアンケートは現在の室内環境をどのように感じたかを温度と湿度、快適性について3種類について7段階評価で回答してもらう。温度はかなり寒い、寒い、少し寒い、適切、少し暑い、暑いかかなり暑い、の7尺度になっており湿度はかなり乾燥している、乾燥している、少し乾燥している、適切、少しジメジメしている、ジメジメしている、かなりジメジメしている、の同じ7尺度となっている。快適性に関してはかなり不快、不快、やや不快、適切、やや快適、快適、かなり快適の7尺度で質問する。

3.3 加湿空気清浄機の自動制御

項目2で得られたデータを用いて加湿空気清浄機の自動制御を行う。自動制御を行うためにISO規格及びIEC規格として国政標準化され近年流行しているスマートハウス向けに開発された通信プロトコルであり、かつセンサーネットワークプロトコルでもあるECHONET Lite使用する[7]。ECHONET Liteは対応家電別に自動制御するために対応オブジェクトがあらかじめ用意されている。今回ECHONET Lite対応の加湿空気清浄機としてSHARP製品のKI-EX100を使用した(図2)。

表2 初回アンケート結果

被験者 ID	年齢	性別	温度嗜好性
001	20代	男性	寒がり
002	20代	男性	暑がり
003	20代	男性	寒がり
004	20代	男性	暑がり
005	20代	男性	寒がり



図2 使用機材 KI-EX100

4. 実験

4.1 室内の温湿度

今回は室内温度快適性に個人差があるかを中心にデータの解析結果を中心に実験結果を述べる。図3は、研究室に設置されたセンサから得られた温湿度データをグラフ化したものである。上述の通り、冬場は温度18～22度、湿度45～60%が快適と言われている。この図から、11時から14時にかけて人が在籍していた時間帯に湿度が快適域である45%を下回っていたことがわかる。

4.2 個人の室内温湿度快適性の収集

図4は実際に使用したアンケート画面である。アンケートの実装には、Web アンケートを生成することのできるGoogle フォームを利用した[8]。

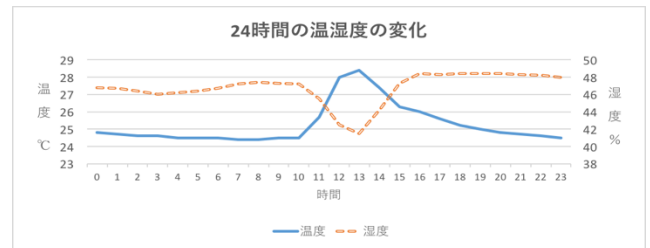


図3. 2016/10/13の温湿度グラフ



図4 アンケート画面

本アンケートは被験者の20代男性5名に2016/10/11～20の10日間で最低回答数30回以上、一度アンケートに回答してから15分以上空けて次の回答を行ってもらうという条件の元実行した。このアンケートを用いて示した5名の快適嗜好性をまとめたものを図5に示す。

図5より温度25.1度から25.9度、湿度42.9%から46.8%と温度24.6度から25.2度、湿度56%から58.4%、さらに温度25.1度から25.9度、湿度61.7%から64.1%の3点に快適性が高い回答が集中しておりこの近辺が被験者5名には快適であったことがわかる。

4.2.1 被験者(ID001)の室内快適指向性

被験者(ID001)のアンケートから得られた快適指向性を図6に示す。図6の結果より温度25.1度から25.9度、湿度42.9%から46.8%と温度24.5度から25度、湿度56%から58.4%さらに、温度25.3度から25.5度、湿度61.7%から64%の3点に回答が集中しておりこの被験者の快適域はこの3点であることがわかる。

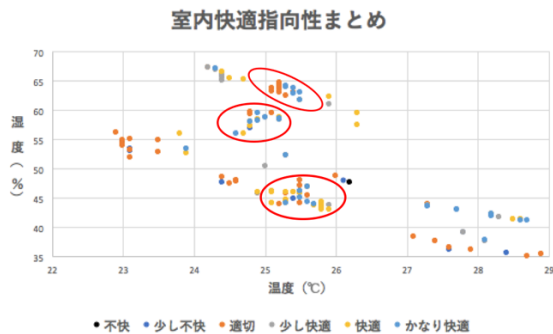


図5 被験者5名の室内快適指向性

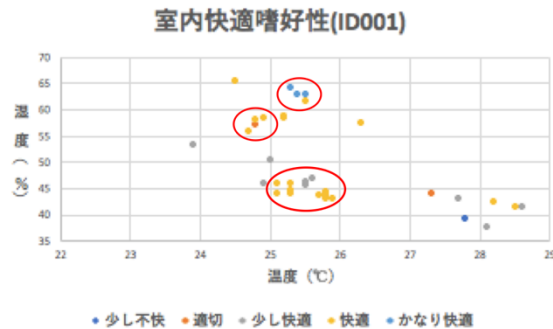


図6 被験者(ID001)の室内快適指向性

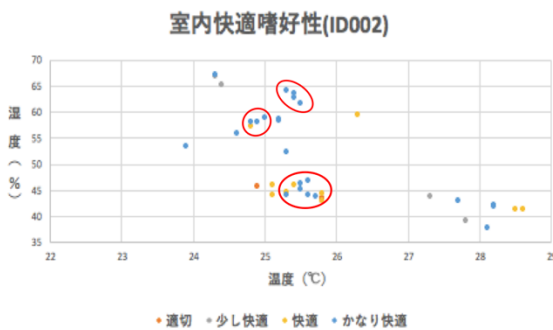


図7 被験者(ID002)の室内快適指向性

4.2.2 被験者(ID002)の室内快適指向性

被験者(ID002)のアンケートから得られた快適指向性を図7に示す。図7の結果より温度25.3度から25.8度、湿度43%から46.8%と温度24.7度から24.9度、湿度56%から58.4%、温度25.3度から25.5度、湿度61.7%から64%の3点に回答が集中しておりこの被験者の快適域はこの3点であることがわかる。

4.2.3 被験者(ID003)の室内快適指向性

被験者(ID003)のアンケートから得られた快適指向性を図8に示す。図8の結果より温度25.5度から25.7度、湿度44.1%から46.8%と温度24.7度から25.2度、湿度57%から59%の2点に回答が集中しているのがわかる。

4.2.4 被験者(ID004)の室内快適指向性

被験者(ID004)のアンケートから得られた快適指向性を図9に示す。

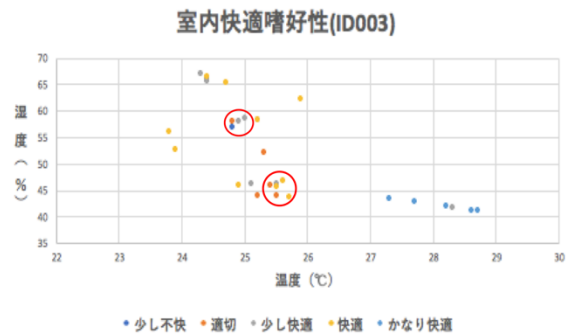


図8 被験者(ID003)の室内快適指向性

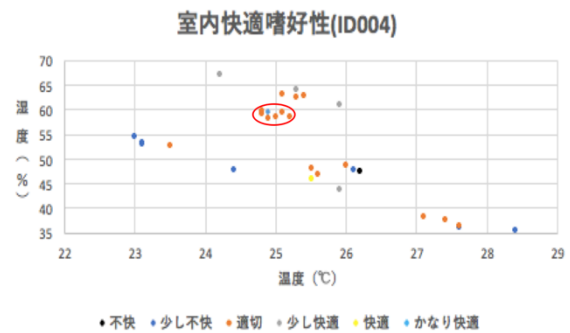


図9 被験者(ID004)の室内快適指向性

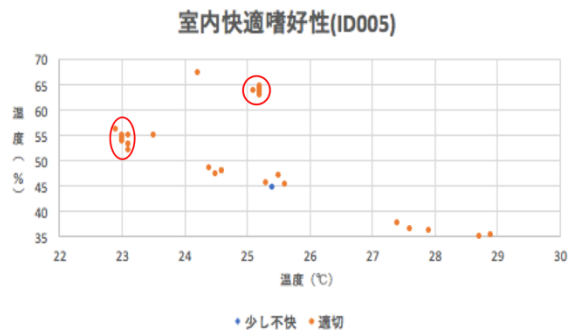


図 10 被験者 (ID005) の室内快適指向性

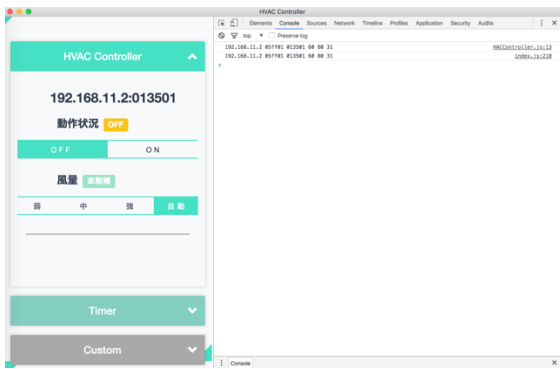


図 11 アプリケーション画面

図 9 結果より温度 24.8 度から 25.2 度, 湿度 58.4% から 59.7% の点に対して回答が集中しているのがわかる。

4.2.5 被験者 (ID005) の室内快適指向性

被験者 (ID005) のアンケートから得られた快適指向性を図 10 に示す。図 10 結果より温度 22.9 度から 23.1 度, 湿度 51.9% から 56.2% の点と温度 25.1 度から 25.2 度, 湿度 63% から 64.6% の 2 点に対して回答が集中しているのがわかる。

4.3 加湿空気清浄機の自動制御

JavaScript をベースとしたデスクトップアプリケーション作成ツール Electron にて ECHONET Lite を利用し機能 (a) 加湿空気清浄機の ON・OFF を制御する, (b) 加湿空気清浄機を指定した時間のみ起動する, (c) 風力の強度設定 (1~8 段階) を実装した。図 11 はアプリケーション画面である。これまで収集した個人の快適性嗜好性を制御のトリガーとし, 本自動制御アプリケーションを完成させることが今後の課題である。

5. 結果

5.1 アンケートの全体結果

被験者 5 名のアンケート結果をまとめたものから温度に対しては冬場の一般的指標より 3 度ほど暖かい場所に回答が集中しているが, 湿度に対しては指標に対して近い場所に回答が集中していることがわかった。表 2 より寒がりと推定される被験者が多いことから, 一般の指標より温度が 3 度ほど高くなっているには正しい結果であると考えられる。

5.2 寒がりと推定される被験者のアンケート結果

寒がりと推定される被験者 ID001, ID003 の結果から温度に対して一般的な指標の範囲内ではないが, 湿度に対しては一般的な指標の範囲内である。この被験者 2 名は寒がりと推定されることから, 一般の指標の温度より暖かい場所に回答が集中しているのは正しい結果であると考えられる。

5.3 暑がりと推定される被験者アンケートの結果

暑がりと推定される被験者 ID002, ID004 の結果からは前章と同じく温度に対して一般的な指標の範囲内ではないが, 湿度に対しては一般的な指標の範囲内である。この被験者 2 名は暑がりと推定されることから, 一般的な指標より 3 度ほど暑い温度に回答が集まってしまった。

5.4 指標に左右せれない被験者のアンケートの結果

被験者 ID005 の結果からは, 少し不快の回答が 1 件, それ以外の回答が適切であるという結果が得られた。この結果から, この被験者の快適嗜好性は環境の影響あまり受けないと推測される。

6. 考察

前章の結果から暑がり, 寒がりに関わらず冬場の一般的な指標より 2 から 3 度ほど暖かい場所に回答が集中する結果となった。寒がりと推定される被験者の回答は一般指標より暖かい場所に回答が集中するというのは, 寒がりであると推定されることから暖かい環境を好むという事になるので良い結果だと言えるが, 暑がりを回答した被験者の結果も同様に 2 から 3 度ほど暖かい場所に回答が集中する結果はいい結果とは言えない。

このような結果が出た原因は 2 点挙げられる。ひとつは急激に気温が変化し身体がその変化に対応できなかった可能性である。図 12 は, 実験の行われた鳩山町の平均気温データをグラフにしたものである。データは気象庁の公開データを用いた [9]。鳩山町の実験期間前日 10 日前から, また実験期間前日までの 10/1 から 10/10 の日平均気温を図 12 に示す。また図 13 に実験期間中の鳩山町の日平均気温を示す。

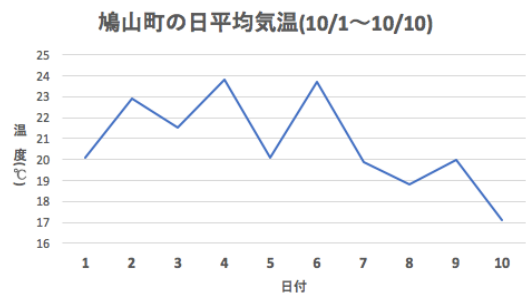


図 12 鳩山町の日平均気温

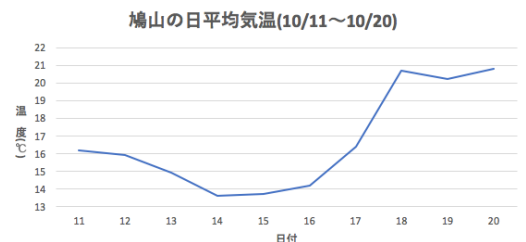


図 13 実験期間中の鳩山町の日平均気温

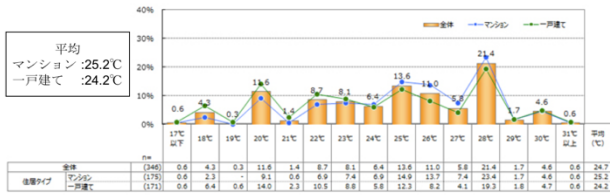


図 14 エアコン利用時の設定温度

図 12 より 10/6 日から急激に日平均気温が下がっていることがわかる。さらに実験期間の 10 日前からの日平均気温の平均を調べたところ 20.8 度であるのに対して実験期間中の日平均気温の平均は 16.7 度であった。この結果から、気温の急激が変化に身体が対応できなかった可能性が原因であると言える。

もうひとつの原因としては、被験者が住んでいる家の室内温度と実験場の温度が近く、暑さを感じなかった可能性が考えられる。図 14 にエアコン利用時の設定温度についての調査結果のグラフを示す[10]。この図 14 から、エアコン利用時のマンションの平均設定温度が 25.2 度、一戸建てが 24.2 度ということがわかり、一般的な指標との誤差は 24 度から 26 度になっていることから、建物の違いが原因であることが示唆される。

よって上記 2 つの原因のもと、暑がりの被験者も一般的指標より暖かい位置に回答が集中したのではないかと考えられる。

7. 結論

今回の結果から湿度は一般指標の範囲内であったが、温度は暑がり寒がり問わず、一般指標より暖かい場所回答が集中した。暑がりの被験者は前章で説明したような理由から、指標より暖かい位置に回答が集中したと言える。より精度を高めるために、データ収集の頻度を上げること、夏場のデータの収集が考えられる。

また収集したデータから結果から、実験を行った環境において湿度は冬の一般指標内に入っており、かつ建築物衛生法で定められている湿度 40% から 70% 以内に収まっていることがわかった。しかしながら何らかの影響で快適性が低下することは想定されるため、室内環境のモニタリングを行い、また低下が測定された場合には自動制御アプリケーションを可動させるよう開発を進める。

謝辞

本研究の一部は、平成 28 年度総務省委託研究開発「スマートコミュニティサービス向け情報通信プラットフォームの研究開発」の一環として実施した。

参考文献

[1]. 建築物における衛生的環境の確保に関する法律執行、

URL:<http://law.egov.go.jp/htmldata/S45/S45SE304.html>, (2016/12/19 閲覧)。

[2]. 快適温湿度 FAQ 株式会社レクセル
 URL:<http://www.creecer.jp/Q-A/HTML/A-11.htm>, (2016/12/19 閲覧)。

[3]. 岡本健司, 横山悠平, 三浦翔, 関家一雄, and et. al., “ECHONET Lite サービスプラットフォームの提案と実現,” IPSJ 第 76 回全国大会講演論文集, no. 1, pp. 407-408, (2014)。

[4]. 大和田茂, “スマートハウスの「いじれる化」を実現するためのkadecotプロジェクト概要,” 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS) 2.3 (2012): 16-22。

[5]. 東京エレクトロン デバイス株式会社, “Mold Forecast System (MFS),”
 URL:https://www.teldevice.co.jp/news_release/2014/press_141105.html, (2016/12/19 閲覧)。

[6]. 内閣府, “消費動向調査,”
http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu_shouhi.html, (2016/12/19 閲覧)。

[7]. エコネットソーシアム, URL:
<https://echonet.jp/about/>, (2016/12/19 閲覧)。

[8]. Google フォーム, URL:
https://www.google.com/intl/ja_jp/forms/about/, (2016/12/19 閲覧)。

[9]. 国土交通省 気象庁 URL:
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, (2016/12/19 閲覧)。

[10]. LIXIL, 自宅における冬の寒さ対策と窓に関する意識調査,
 URL:http://newsrelease.lixil.co.jp/news/2013/12_0_newsletter_1023_01.html, (2016/12/19 閲覧)。