

スマート端末からの状況情報で冷蔵庫模型 を制御する IoT システムの開発

増野 宏一^{†1} 伊藤 淳子^{†2} 宗森 純^{†2}

概要: スマート端末の普及により、状況情報の取得が容易となった。IoT (Internet of Things) も普及してきている。そこで、スマート端末とセンサで構成される IoT システムを開発した。このシステムは、位置情報および心拍数を用いて冷蔵庫模型を制御する。例えば、ユーザが近くに来ると冷蔵庫のスイッチがオンになる。この実験の結果から、冷蔵庫模型の内に飲み物があることが分かる機能が必要かつ便利であることがわかった。また、ユーザはスマートウォッチが負担とは思わなかったことがわかった。

Development of an IoT System for a Refrigerator Model Controlled by Situation Information from Smart Terminal

Kouichi Masuno^{†1} Junko Itou^{†2} Jun Munemori^{†2}

Abstract. By the spread of smart terminals, the acquisition of the situation information have become easy. IoT (Internet of Things) have spread, too. So, We have developed an IoT system, which consists of smart terminals and sensors. This system controls a refrigerator model with positional information and a heart rate information. For example, when a user comes near, the refrigerator is switched on. The results of experiments showed that the function to understand drink presence in a refrigerator model was necessary and convenient. Users were not worried about a smartwatch.

1. はじめに

近年、スマートフォンの普及やスマートウォッチの出現により、容易に様々な状況情報を取得できるようになってきた。その中でも特に、スマートウォッチは小型・軽量であり、使用者にあまり負担をかけずに状況情報を取得できる。また、家の中の様々な家電をインターネットと接続して操作する IoT 家電が普及しはじめ、研究されてきている[1]。例えば、インターネットに接続されている家電をスマートフォンを用いて操作することで、遠隔地で家の中にあるテレビ、エアコンや照明器具などの電源を入れたり消したりすることができるようになった[2]。このように、生活環境をよりいっそう便利で快適なものにするための研究が行われている。しかしながら、外出先でスマートフォンを用いて家電を操作するためには、手があいていないと操作できないといったことや、操作するのを忘れてしまうということが起きる可能性が挙げられる。これらより、よりいっそう生活環境を便利にするためには、自動化を進め、ユーザの負担を軽減させる必要がある。また、生活環境が便利になってきている一方で、環境問題や大量消費問題、大量廃

棄問題などが生じている[3]。さらに、エコへの関心が集まってきており、環境のことを配慮した行動が求められてきている[4]。これより、エコロジーとエコノミーの両方に貢献することができるエコなシステムを開発する必要がある。そこで、スマートフォンと手に持つ必要がなく使用者に負担が少ないスマートウォッチを用いて取得できる、自分の状況情報をもとに自動的に家電を操作し、家電の方の状態も自動的に取得できないかと考えた。

本研究では、スマートフォンとスマートウォッチから得たユーザの状況情報を用いて自動的に家電を操作し、その家電の情報をスマートウォッチに通知する双方向でエコなシステムの開発を行い、実際に使用することによって本システムを評価する。

2. 関連研究

2.1 スマート家電“家電コンシェルジュ”サービス

このサービスは、家電機器がクラウドサーバにつながることで、宅外からスマートフォンや携帯電話を使ってスマート家電を操作することができる[5]。例えば、外出先からエアコンの電源を入れたり、部屋の中の温度を確認したりすることが挙げられる。また、買い物先から冷蔵庫内に設置されたカメラユニットを操作することによ

^{†1} 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University
^{†2} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

り、冷蔵庫内の様子をスマートフォンに表示される画像で確認することができる。このサービスでは、便利で快適な暮らしをサポートすることを目的としている。

2.2 家電の状態に応じたユーザへの通知システム

このシステムは、携帯電話やスマートフォンなどの電子スケジュールをユーザの行動情報としてサーバに保存し、その情報を基に家電の操作を行うシステムである[6]。エアコンを例にすると、ユーザが「20:00 帰宅」というスケジュールをサーバに保存している場合、帰宅 15 分前にサーバがユーザに「もうすぐ帰宅時間ですが、部屋を暖めておきますか?」という通知を送る。そして、通知を受け取ったユーザがボタンを押すことでエアコンを操作し部屋を暖めることができる。このシステムではユーザに利便性を提供していることが分かる。

2.3 心拍数を用いた空調管理の最適化

この研究では、ライフログを日々の生活の向上に役に立てようとする活動を意味する Quantified self と家の中の様々なデバイスをスマートフォンと接続しスマートフォンから家電を操作することを意味する Home automation を組み合わせ、更なる生活の向上を目指している研究である[7]。心拍数を用いてクーラーの空調管理を行い、人が快適だと感じられるかを検証している。この研究の結果から心拍数によって空調の最適化を行うことが可能であることが確認されている。

これらの研究では、スマートフォンや携帯電話を用いて屋外から家電を操作することを目的とし研究されている。また、人間から取得できる情報で家電を操作することで人が最適であると感じさせられるかを研究している。しかしながら、ユーザから情報家電、情報家電からユーザに双方向で自動的に状況情報のやりとりを行うシステムは見当たらない。

3. システムの概要

3.1 設計方針

本システムは、スマート端末が取得する状況情報によって冷蔵庫模型を制御する IoT システムである。本システムの設計方針を以下に示す。

- (1)スマート端末のセンサなどを利用し、ユーザの操作を低減する。
- (2)ユーザと対象 (冷蔵庫模型) の双方向で状況情報をやり取りする。
- (3)電気代を節約するエコノミーでかつ二度買いなどの無駄を排除するエコロジーなシステムをめざす。

3.2 システム概要

本システムのシステム構成図を図 1 に示す。LG Gwatch

R(LG)と Nexus5(LG)側は java で書かれた 1000 行のプログラムから構成されている。また、PC(DELL)側は C#で書かれた 200 行のプログラムで構成されており、Arduino(Arduino Uno R3)側は C 言語で書かれた 40 行のプログラムから構成されている。

本システムは、他に下記の機器から構成されている。

- ・冷蔵庫模型 (自製)
- ・感圧センサ (ALPHA 製)
- ・Arduino (Arduino Uno R3)
- ・ペルチェ素子冷却ユニット(DC12V ペルチェ式 冷却ユニット)

基本的な動作は以下の通りである。スマートウォッチとスマートフォンで心拍数と位置情報を測定し、ある条件を満たせば冷蔵庫模型を制御する PC に通知する。PC は感圧センサで冷蔵庫模型の中にジュースが入っているかどうかを確認し、スマートウォッチに有無を連絡する。もしジュースが入っている場合は冷却を開始する (実際に 4 度程度下がる)。

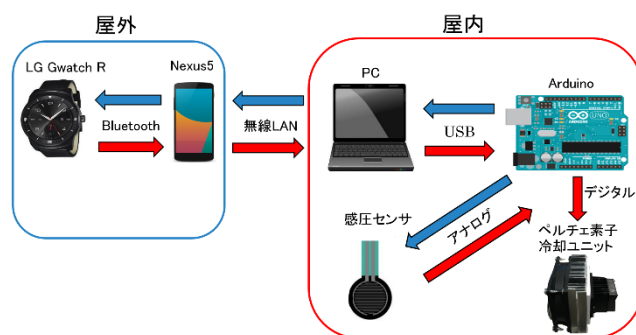


図 1 システム構成図

3.3 システムの機能

3.3.1 状況情報の取得

LG G WatchR を用いて心拍数を取得し、Nexus5 を用いて位置情報を取得する。

3.3.2 冷蔵庫模型内の冷却機能

Arduino を用いて、電圧をペルチェ素子冷却ユニット (DC12V ペルチェ式 冷却ユニット)にかけることで冷蔵庫模型内を冷やすことができる。冷蔵庫模型の外観を以下の図 2 に示し、冷蔵庫模型内の内装を図 3 に示す。ペルチェ素子冷却ユニット(冷却部分)を図 4 に示す。



図 2 冷蔵庫模型の外観

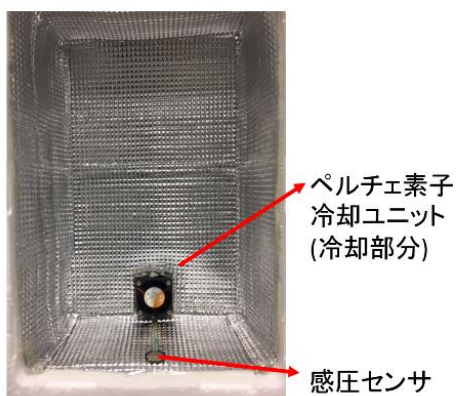


図 3 冷蔵庫模型内の内装



図 4 ペルチェ素子冷却ユニット(冷却部分)

3.3.3 冷蔵庫模型内に飲み物があるかどうかの判断機能

Arduino のアナログ部分に接続された感圧センサに圧力がかかっているかどうかを判定し、冷蔵庫模型内に飲み物があるかどうかを判断する。感圧センサを以下の図 5 に示す。



図 5 感圧センサ

3.3.4 スマートウォッチへの通知機能

冷蔵庫模型内に飲み物があるかどうかをスマートウォッチに画像と振動で通知する。冷蔵庫模型内に飲み物がある時に表示される画像を図 6 に示し、飲み物がない時に表示される画像を図 7 に示す。



図 6 飲み物がある時



図 7 飲み物がない時

3.4 システムの利用手順

ユーザの心拍数を LG GWatchR で取得し、LG Gwatch R から Nexus5 へ伝え、Nexus5 で緯度・経度の情報を取得する。その後、Nexus5 内に存在する心拍数と位置情報がある基準値を超えたならば、PCが Arduino を制御し、感圧センサを用いて自動的に冷蔵庫模型の中に飲み物が入っているかどうかの判定を行う。ここで、飲み物が入っていたならば冷蔵庫模型内をペルチェ素子冷却ユニットで冷却する。そして、LG GwatchR に飲み物があるかどうかの判定結果を LG GwatchR に振動と表示される画像で通知する。

3.5 想定する利用場面

想定する利用場面は 2 つに分けられる。

3.5.1 想定する利用場面 1(電力の削減)

大学通学時、研究室内の冷蔵庫 (模型) にジュースがあり、ペルチェ素子冷却ユニットでジュースを冷やす。直前に冷やすので消費電力の削減となる。

3.5.2 想定する利用場面 2(無駄の削減)

大学通学時、研究室内の冷蔵庫 (模型) にジュースがないことが分かり、ジュースを周辺の自販機で購入する。二度手間や二度買いの防止となり、無駄の削減となる。

3.6 利用場面に対応する処理の流れ

図 8 に利用場面 1 (電力の削減) に対応する処理の流れ、図 9 に利用場面 2 (無駄の削減) に対応する処理の流れを示す。

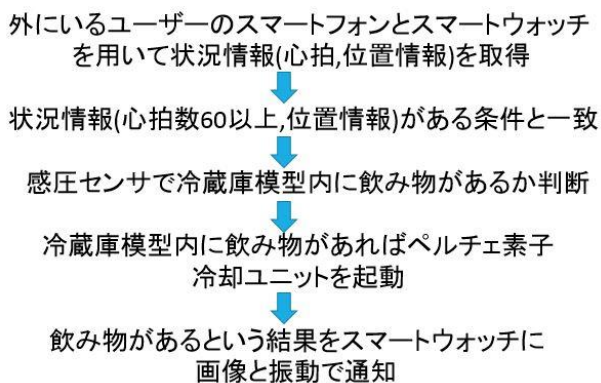


図 8 利用場面 1 (電力の削減) に対応する処理の流れ

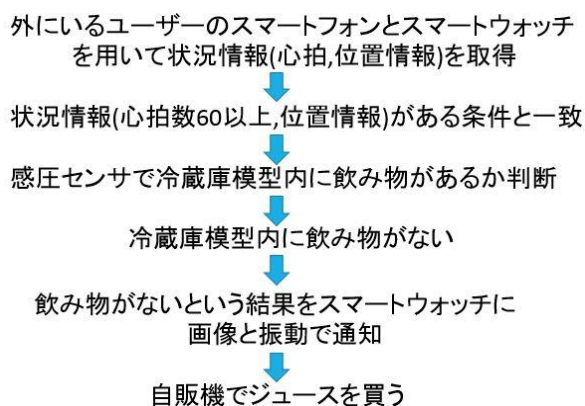


図 9 利用場面 2 (無駄の削減) に対応する処理の流れ

4. 実験

4.1 実験 1(エコロジー(電力の削減))

4.1.1 実験方法

本システムを用いて評価実験を行った。実験協力者は、和歌山大学生 12 名である。経路を和歌山大学の経済学部棟からシステム工学部 A 棟の研究室までの約 100m とし、その間に実験協力者の心拍と位置情報が、ある基準値を満たすことでシステムが作動し(今回は必ず基準値を満たすようにした)、冷蔵庫模型の中に飲み物があるかどうかの判定を行う。判定を行った結果をユーザが身に着けているスマートウォッチに振動と画像で通知する。その後、実験 1 では飲み物がある場合なのでペルチェ素子を用いて冷蔵庫模型内を冷却し、冷蔵庫模型から飲み物を取り出して飲むという実験を行う。この実験の終了後にアンケートに記入を行う。

4.1.2 実験結果

アンケートは 5 段階評価で行い、(1)の質問項目は、最も低い評価である 1 を「一度もない」とし、3 を「数回ある」とし、最も高い評価である 5 を「毎日ある」とした。(1)以外の質問項目は、最も低い評価である 1 を「全く同意しない」とし、3 を「どちらでもない」とし、最も高い評価である 5 を「強く同意する」した。また、実験 1 の主要なアンケート結果を表 1 に示す。

表 1 実験 1 のアンケート結果

		平均値	中央値	最頻値
(1)	今まで家についた時に飲み物や食べ物などを買い忘れたと気づいたことがありますか？	3.3	3.0	4.0
(2)	スマートウォッチは負担にならなかったですか？	4.5	5.0	5.0
(3)	スマートウォッチに表示された小型冷蔵庫内に飲み物があるかどうかの通知(振動と画像)は必要であると思いませんか？	4.0	4.0	4.0
(4)	スマートウォッチに表示された小型冷蔵庫内に飲み物があるかどうかの通知(振動と画像)は便利であると思いませんか？	4.3	4.0	4.0
(5)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内の情報を知ることができることは必要だと思いませんか？	3.5	4.0	4.0
(6)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内の情報を知ることができることは便利だと思いませんか？	3.6	4.0	4.0
(7)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内を冷やすことは必要だと思いませんか？	3.9	4.0	4.0
(8)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内を冷やすことは便利だと思いませんか？	3.8	4.0	4.0
(9)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内を冷やすことはエコだと思いませんか？	4.0	4.0	4.0
(10)	小型冷蔵庫内の飲み物の温度は適切でしたか？	3.8	4.0	4.0
(11)	本システムはエコであると思いませんか？	3.8	4.0	4.0
(12)	本システムはエコに貢献できると思いませんか？	3.7	4.0	4.0
(13)	本システムは実生活で役に立つと思いませんか？	4.0	4.0	4.0
(14)	本システムを今後も利用したいと感じましたか？	4.1	4.0	4.0

4.1.3 考察

表 1 の(2)の結果から、スマートウォッチはユーザにかかる負担が少なかったと考えられる。表 1 の(3)と(4)の結果から、飲み物があるかどうかの通知は必要であり便利であると考えられる。表 1 の(5), (6)の結果から、ユーザ側から情報家電への状況情報の伝達は比較的评价が低いことが分かった。表 1 の(7), (8), (9), (10)の結果から、状況情報を用いて冷蔵庫模型内を冷やすことは比較的评价が高いことが分かった。表 1 の(11)と(12)の結果と、自由記述に記述されていた「必要な時にだけ冷やすことはエコだと思った」や「冬は冷えすぎていることがあるので、適温にしてくれるこのシステムは使えると思った」という意見から、エコを実感できるシステムであると考えられる。表 1 の(13)と(14)の結果より、システム全体としての評価は高かった。

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。表 1 の(10)と(9)との間で 0.803 の強い相関が得られた。このことから、冷蔵庫模型内の飲み物の温度が適切であると感じたほど、状況情報(心拍数, 位置情報)によって冷蔵庫模型内を冷やすことをエコだと感じていると考えられる。

4.2 実験 2(エコノミー(無駄の削減))

4.2.1 実験方法

本システムを用いて評価実験を行った。実験協力者は、和歌山大学生 12 名である。経路を和歌山大学の経済学部棟からシステム工学部 A 棟の研究室までの約 100m とし、その間に実験協力者の心拍と位置情報が、ある基準値を満たすことでシステムが作動し(今回は必ず基準値を満たすようにした)、冷蔵庫模型の中に飲み物があるかどうかの判定を行う。判定を行った結果をユーザが身に着けているスマートウォッチに振動と画像で通知する。その後、実験 2 では飲み物がない場合なので、システム工学部 A 棟の 1 階にある自動販売機で飲み物を購入し、研究室で飲むという実験を行う。この実験の終了後にアンケートに記入を行う。

4.2.2 実験結果

アンケートは 5 段階評価で行い、(1)の質問項目は、最も低い評価である 1 を「一度もない」とし、3 を「数回ある」とし、最も高い評価である 5 を「毎日ある」とした。(1)以外の質問項目は、最も低い評価である 1 を「全く同意しない」とし、3 を「どちらでもない」とし、最も高い評価である 5 を「強く同意する」した。また、実験 2 の主要なアンケート結果を表 2 に示す。

表 2 実験 2 のアンケート結果

		平均値	中央値	最頻値
(1)	今まで家についている時に飲み物や食べ物などを買い忘れたと気づいたことがありますか？	3.3	3.0	4.0
(2)	スマートウォッチは負担にならなかったですか？	4.5	5.0	5.0
(3)	スマートウォッチに表示された小型冷蔵庫内に飲み物があるかどうかの通知(振動と画像)は必要であると思いませんか？	4.2	4.0	4.0
(4)	スマートウォッチに表示された小型冷蔵庫内に飲み物があるかどうかの通知(振動と画像)は便利であると思いませんか？	4.5	4.5	5.0
(5)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内の情報を知ることができることは必要だと思いませんか？	3.6	4.0	4.0
(6)	状況情報(心拍数と位置情報)を用いて小型冷蔵庫内の情報を知ることができることは便利だと思いませんか？	3.8	4.0	4.0
(7)	本システムはエコであると思いませんか？	4.2	4.0	4.0
(8)	本システムはエコに貢献できると思いませんか？	4.0	4.0	4.0
(9)	本システムは実生活で役に立つと思いませんか？	4.2	4.0	4.0
(10)	本システムを今後も利用したいと感じましたか？	4.0	4.0	5.0

4.2.3 考察

表 1 の(2)の結果から、スマートウォッチはユーザにかかる負担が少なかったと考えられる。表 1 の(3)と(4)の結果から、飲み物があるかどうかの通知は必要であり便利であると考えられる。表 1 の(5)、(6)の結果から、ユーザ側から情報家電への状況情報の伝達は比較的評価が低いことが分かった。表 1 の(7)と(8)の結果と、自由記述に記述されていた「無駄な労力と時間を節約できるのは便利だと思った」という意見から、エコを実感できるシステムであると考えられる。表 1 の(9)と(10)の結果より、システム全体としての評価は高かった。

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。表 1 の(1)と(10)との間で 0.896 の強い相関が得られた。このことから、買い忘れの回数が多いほど本システムを利用したいと思っている可能性が考えられる。

5. おわりに

本研究では、スマートフォンとスマートウォッチから得たユーザの状況情報(心拍数、状況情報)を用いて自動的に家電を操作し、その家電の情報をスマートウォッチに通知するエコなシステムの開発を行い、評価実験を行った。実験結果から以下のことがわかった。

- (1)本システムでは飲み物があるかどうか分かることは必要であり便利であると考えられた。
- (2)スマートウォッチは使用に負担が少なかった。
- (3)エコを実感できるシステムと感じられた。
- (4)ユーザから状況家電への状況情報の伝達は改良の余地がある。

今後は自由記述も考慮してシステムの改良を行い、状況情報として新たな情報を追加する予定である。

参考文献

- [1] 中村 勇貴, 三好 力: “情報家電での一人暮らしの学生の見守りサービスの研究”, 第 78 回全国大会講演論文集, Vol.2016, No.1, pp.809-810(2016).
- [2] 齋藤 啓司, 平山 紀之: “テレビやタブレットを用いたスマート家電連携サービス”, 東芝レビュー, Vol.70, No.6, pp.15-18(2015).
- [3] 薩本弥生: “生活を豊かにするために必要とされる衣生活教育”, 日本家政学会誌, Vol. 67, No.3, pp.192-198 (2016).
- [4] 重川純子, 山下綾子: “環境配慮行動への動機づけを高める「消費生活と環境」の学習”, 埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, Vol.16, pp.67-72(2017).
- [5] 古田和浩, 丸谷祐樹, 中川達也: “スマート家電“家電コンシェルジュ”サービス”, 東芝レビュー, Vol.69, No.4, pp.54-57(2014).
- [6] 阿部聡明, 池田雅人, 渡部智樹, 杉村博, 一色正男: “家電の状態に応じたユーザへの通知システム”, 第 76 回全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp.513-514(2014).
- [7] 野元隆介: “心拍数を用いた空調管理の最適化”, 早稲田大学学位論文, pp.1-45(2015).