

# 床拭き掃除の体験価値を向上させるシステムの開発と評価

真壁亮太<sup>†1,2</sup> 伊藤弘大<sup>†2</sup> 丸山翼<sup>†2</sup> 宮田なつき<sup>†2</sup> 多田充徳<sup>†2</sup> 大倉典子<sup>†1</sup>

**概要：** 家庭内での床拭き掃除に対し、音と振動によって直感的に拭きもれを提示できないかと考えた。さらに、ゲーミフィケーションの考え方を適用して楽しくすることで、モチベーションの維持を図る。そこで、実時間でワイパーの位置を計測し、聴覚・触覚などマルチモーダルなフィードバックが出来るシステムを開発した。評価実験の結果、システム内のワイパーの位置が実際の位置と大きくずれていた。一方で、このシステムを使用することで床拭き掃除が楽しくなったという結果が得られた。

**キーワード：** 床拭き掃除、マルチモーダル、実時間フィードバック、ゲーミフィケーション

## 1. はじめに

日々繰り返される家庭内の掃除へモチベーションを維持するのは難しい。先行研究では、掃除にゲーミフィケーションを適用することで、掃除が楽しくなったという結果が得られている[1]。また一方で、床拭き掃除は床全面を満遍なく拭く必要があるが、実際の家庭では家具や、床の上に散らかった本や洋服などの障害物などによって拭きもれが発生しうる。拭きもれをディスプレイに提示するシステムは開発されている[2]が、このような視覚的な提示のみでは掃除をしているユーザが確認しづらい可能性がある。

そこで、本研究の目的は、聴覚と触覚へのマルチモーダルフィードバックによる拭きもれの提示とゲーミフィケーションを用いて、床拭き掃除を楽しむシステムの開発およびシステムの評価とする。

## 2. システムの構築

### 2.1 システムの構成

触覚フィードバックのために振動を出力するデバイスには ADTEDS、聴覚フィードバックのために音を出力するデバイスには Bluetooth サラウンドヘッドフォンを利用する。

ADTEDS は、特殊な振動子から触感を出力するためのデバイスである。掃除中のユーザに実時間で振動を与えられるように ADTEDS を Bluetooth レシーバーとつなげて無線化する。

また Bluetooth サラウンドヘッドフォンは、オーディオインタフェースを通して 5.1 チャンネルの音情報を出力する。

システムの構成図を図 1 に示す。

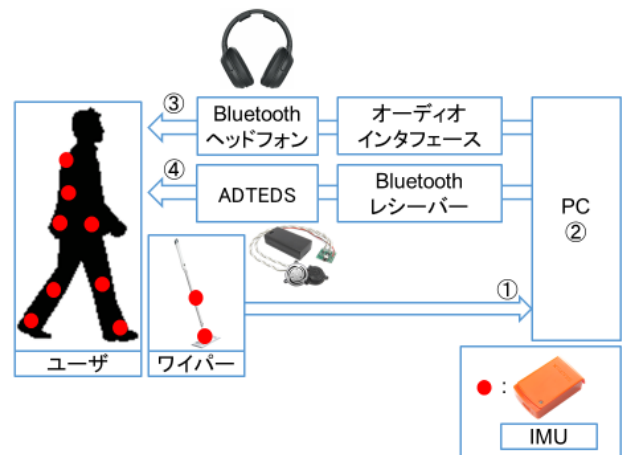


図 1 システムの構成図

- ① ユーザに取り付けた複数個の慣性計測装置（Inertial Measurement Unit 以下 IMU）と、ユーザが動かすワイパーに取り付けた複数個の IMU は、PC にそれぞれの 3 軸加速度と 3 軸角速度の情報を送る。
- ② PC は、3 軸加速度と 3 軸角速度の 2 つの情報をもとにワイパーの位置を復元し、後述するアルゴリズムに基づいてフィードバックする音の情報と振動の情報を決定する。
- ③ PC は、オーディオインタフェースと Bluetooth ヘッドフォンを通じてサラウンド音の情報をユーザに提示する。
- ④ PC は、Bluetooth レシーバーと ADTEDS を通じて振動の情報をユーザに提示する。

### 2.2 システムの動作

制作したシステムの動作の流れは次の通りである。

1. IMU をユーザとワイパーに装着する。
2. ユーザがワイパーを持たない状態で、IMU のキャリブレーションを行う。
3. ユーザにワイパーを持ってもらい、ADTEDS と

<sup>†1</sup> 芝浦工業大学

<sup>†2</sup> 産業技術総合研究所

Bluetooth ヘッドフォンも装着してもらう。

4. PC はスタート入力でコンテンツを開始し、以下のアルゴリズムで情報を処理する。

- PC は、触覚フィードバックとして ADTEDS に振動を出力する。振動は、ワイパーが接している床面が拭かれた回数に対応している。拭かれた回数が多いと振動の大きさが小さくなり、拭かれた回数が少ないと振動の大きさが大きくなる。床面は 2.5cmx2.5cm ごとに区画分けし、区画ごとに拭かれた回数が 3 回になると拭き終わりとなり、振動が完全になくなる。
- PC は、聴覚フィードバックとしてヘッドフォンに 3 次元音響の音を出力する。3 次元音響の音楽は、ユーザが次に拭くべき領域を音源とする。
- PC は、「リズムゲーム」として 3 次元音響の音楽の各小節のタイミングとユーザが動かすワイパーの移動方向を変えるタイミングが合ったとき、成功の効果音をヘッドフォンを通して出力し、コンテンツ内で得点を加算する。

5. PC は、ユーザが床面全面を拭くと完了の効果音を鳴らし、コンテンツを終了する。

コンテンツで利用するフィードバック手段と情報とそれぞれが利用するデバイスの対応を表 1 に示す。

表 1 フィードバック情報とデバイス

| フィードバック手段 | フィードバック情報                   | 利用するデバイス            |
|-----------|-----------------------------|---------------------|
| 振動        | ワイパーが接している区画が何回拭かれたか        | ADTEDS              |
| 3 次元音響    | 拭いていない領域がどの方向にあってどれだけ離れているか | Bluetooth<br>ヘッドフォン |
| 成功音       | リズムゲームの得点が入ったか              | Bluetooth<br>ヘッドフォン |
| 完了音       | 床拭き掃除が完了したか                 | Bluetooth<br>ヘッドフォン |

## 3. 評価実験

### 3.1 実験方法

フィードバック情報の有効性を評価するために、フィードバック情報の組み合わせの条件を 3 通り設定し評価実験を行った。それぞれの組み合わせは表 2 に示す。

表 2 フィードバック情報の組み合わせ条件

| 組み合わせ条件 | フィードバック情報                          |
|---------|------------------------------------|
| 条件 1    | ● フィードバック情報なし                      |
| 条件 2    | ● 振動<br>● 3 次元音響<br>● 完了音          |
| 条件 3    | ● 振動<br>● 3 次元音響<br>● 完了音<br>● 成功音 |

調査する目的は以下の通りである。

- ① 開発したコンテンツが楽しんでもらえたか
- ② フィードバック情報は適切か
- ③ 拭きもれなく床拭き掃除ができたか

実験手順は以下の通りである。

1. 実験協力者に対して、事前アンケートを行う。
2. 実験協力者の身体に IMU を装着する。
3. フィードバック情報と注意事項の説明を行う。
4. キャリブレーションを行う。
5. ワイパーを右手に持ち、振動子を右手の甲に装着する。
6. ヘッドフォンを装着する。
7. 床拭き掃除を行う。
8. 3 分経過したら終了する。
9. IMU を取り外す。
10. アンケートに回答する。
11. 2 から 10 をフィードバックの組み合わせの条件を変えて 3 回繰り返す。

上記 3 において、注意事項として以下の項目を協力者に説明した。

- 指定した領域内を拭く。
- 机と椅子が置いてあるが、動かさずにその下も拭く。
- なるべくすり足ではなく、足を上げて移動する。
- 同じ場所を 3 回拭いてから次の場所を拭く。
- 3 分経過したら終了となる。

### 3.2 評価方法

- アンケート調査
  - 事前アンケート
    - ◇ 普段どれくらい床拭き掃除をするか
    - ◇ どれくらい意欲的に行うか
  - 掃除後アンケート
    - ◇ システムを実際の床拭き掃除の際にも使っていたいか
    - ◇ 床拭き掃除が楽しくなったか
    - ◇ 振動は適切だったか
    - ◇ 3 次元音響は適切だったか
    - ◇ リズムゲームの難易度はどうだったか
    - ◇ 良かった点や改善してほしい点
    - ◇ その他意見

- ログデータ
  - 時間ごとのリズムゲームの得点
  - 時間ごとのワイパーの座標
  - 拭くべき床面全面に対する拭き終わっていない領域の時間ごとの割合
  - 掃除終了時のリズムゲームの得点
  - 掃除終了時の拭き終わっていない領域の割合

アンケートは質問紙によって行い両側 5 段階（1:全くそう思わない, 3:どちらでもない, 5:非常にそう思う）と自由回答によって評価した。

#### 4. 評価実験結果と考察

実験協力者は 4 名（20 代～30 代の男女 2 名ずつ）である。順序効果を考慮し、フィードバックの組み合わせ条件の提示順序はランダムとした。

図 2 から図 4 は条件 1（フィードバック情報なし）、条件 2（振動と 3 次元音響）、条件 3（振動、3 次元音響とリズムゲーム）の各アンケート結果である。図 5 は実験協力者別のアンケート結果をまとめたものである。図 2 と図 3、図 4 を比較すると、条件 1 よりも条件 2、条件 3 の方が、「掃除が楽しくなった」という回答が多い。このことからフィードバックがあることで掃除がさらに楽しくできると考えられる。また、図 3 と図 4 を比較すると、条件 3 の方が掃除が楽しくなったという回答が多い。このことから、ゲーム的要素を加えた方が掃除は楽しくなることがわかる。

また、図 5 から、実験協力者 1 の「音は適切か」という質問を除いては、条件 1、条件 2、条件 3 となるにつれ同じか、高い評価を得ることができた。

図 3、図 4 から振動については半数が「適切であった」と回答したため、振動の効果が確認できた。一方、3 次元音響については大多数が「2: 適切でない」という回答だったため、3 次元音響のフィードバックにおいては今後検討する必要がある。

また、それぞれの実験協力者の各条件下において、実際のワイパーの位置とシステム内でのワイパーの位置がずれている場合があった。実際には指定した領域内全面を 3 回ずつ拭き、掃除が完了したように見受けられたにもかかわらず、ログデータでは拭き終わった領域の割合が最高でも 22% であった。これより、ワイパーの位置の復元の改良も行う必要がある。

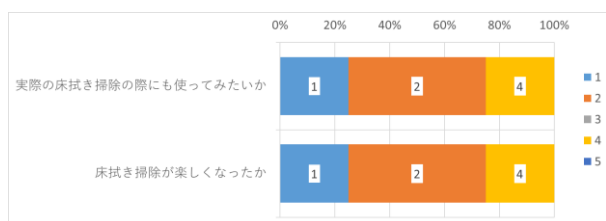


図 2 条件 1 のアンケート結果

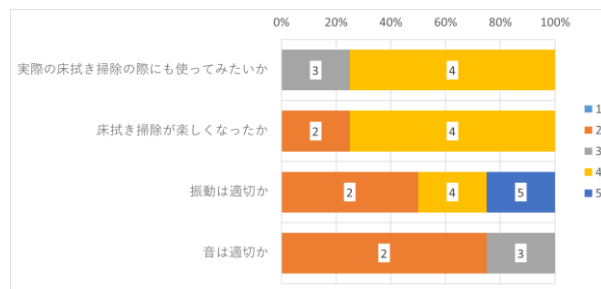


図 3 条件 2 のアンケート結果

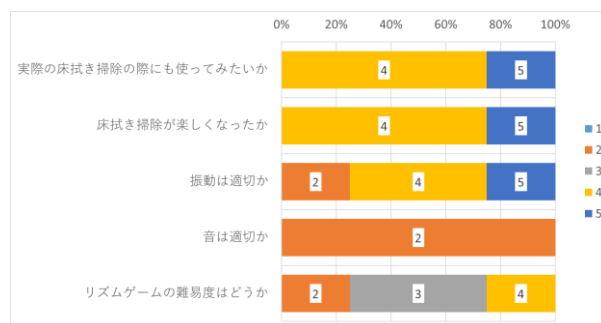


図 4 条件 3 のアンケート結果



図 5 実験協力者別のアンケート結果

#### 5. まとめ

本研究では、聴覚と触覚へのマルチモーダルフィードバックによる拭きもれの提示と、ゲーミフィケーションを用いて床拭き掃除を楽しむシステムの設計・開発を行った。このシステムのプラットフォームは視覚、聴覚、触覚の種々のフィードバックが可能となっている。今回は、振動で、床面の区画ごとに拭かれた回数を提示。音は、3 次元音響を利用して拭いていない領域の提示と音楽の提示、「リズムゲーム」の成功音を提示するプロトタイプを開発して評価実験を行った。結果から、ワイパーの位置の復元やフィードバックに問題がありながらも、床拭き掃除が楽しくなるシステムのプロトタイプを開発できたことが確認

された。

今後は、ワイパーの位置の復元の精度を上げるなど、システムの改良を行っていく。また、聴覚フィードバックやリズムゲームの難易度についてさらに検討していく。

**謝辞** 評価実験にご協力いただいた実験協力者の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 市村哲, 他 3 名 : 家事をゲーミフィケーション化する試み  
～掃除への適用～, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル  
(DICO2014)シンポジウム, 2014, p.1285-1290
- [2] 田中寛子, 他 2 名 : 掃除機の掃引履歴可視化システム, 情報処理学会第 74 回全国大会論文集 2012(1), 2012, p.335-336