

## Vacuum Colorner:

# 複合現実を用いた掃除における行動変容を促すアプリケーションの提案

浜田惇矢 <sup>†1</sup>

慶應義塾大学総合政策学部

浜中智己, 佐々木航 <sup>†2</sup>

慶應義塾大学院政策・メディア研究科

大越匡 <sup>†3</sup>

慶應義塾大学環境情報学部

中澤仁 <sup>†4</sup>

慶應義塾大学環境情報学部

## 概要

家事は生活する上で日常的に多くの人が取り組んでいる一方で、煩わしさや面倒臭さ、ストレスを感じる場合がある。さらに家事に対するストレスは家庭内ストレスの一種である。家庭内ストレスを日常的に感じ続けることにより、人々の主観的健康にも影響を与えることがわかっている。本研究では、MR（複合現実）を用いて家事における掃除機がけをストレスフリーかつゲーム感覚で行えるゲーミフィケーションを応用したアプリケーション Vacuum Colorner を提案する。Vacuum Colorner を用いることで、掃除機的位置情報をもとに掃除をした箇所を青、赤、黄色、半透明の4色から好きな色で塗ることができる。これによりユーザは掃除をした位置をMR経由で視覚的に認識し、掃除に対する達成感を感じられる。本システムの有効性を検証した結果、定量的な比較項目である面積とストレス値において、視覚的な介入を行わなかった場合と比較して統計的に有意となった。よって、MRや色塗りといった視覚情報を介入方法とすることで、家事における掃除を対象に行動変容を促せる可能性を見出した。

## 1. はじめに

家庭内での家事を苦痛に感じている人は多数存在する。リンナイ社のアンケート [1] によると家庭内で感じるストレスに関する意識調査において25%の人が家事にストレスを感じると回答した。また、家庭内ストレスは自覚的健康度に悪影響 [2] を与えているという事もわかっているため家事

のストレスはより健康的に幸福に生活することにおいて妨げになっている。また、家事がストレスとなる要因は評価されない事と、義務感 [3] である。本研究では家事をよりストレスフリーに娯楽感覚で行うことで義務感を排除することを目的としている。そのためにゲーミフィケーション [4] という手法を利用し、より家事を娯楽に近づける。ゲーミフィケーションとはタスクにゲームの要素を加えることで意欲の向上や、ストレスの軽減を図る手法である。本研究ではゲーミフィケーションの即時フィードバックと達成感の項目を利用し、掃除機をかけたところが色で塗られ、かけたところがすぐわかる即時フィードバック、かけ終わったタイミングで綺麗に、多く色が塗られていることを確認し達成感を味わうことのできるアプリケーションを開発した。視覚情報の追加には複合現実を用いた。複合現実とは現実世界との相互的なインタラクションが可能であるが故に現実世界とシステムによる視覚情報の差が少ないため、我々の日常生活に溶け込みやすかつ、新たな価値の創造が容易である。そこで、本研究を通して普段の掃除機掛けに違和感のない視覚情報を追加し、色が塗られていくという新たな価値を付随できるアプリケーションを提案し、複合現実を用いた掃除機行為への介入による行動変容について調査した。調査をおこなった掃除機行為に対する行動変容の項目は面積、距離、時間、ストレス値について評価を行い、面積とストレス値において無介入時とシステムによる介入時において統計的な有意差が確認された。

本論文は以下のように構成される。3章では本研究の関連研究についてゲーミフィケーションを利用した関連研究と複合現実についての関連研究に分けて提示する。3章では複合現実を用いた掃除活性化システム「Vacuum Colorner」についての詳細を述べる。4章では評価実験の手法について述べる。5章では評価に基づく考察を行い、6章で本研究のまとめと、今後の展望を結論として述べる。

Vacuum Colorner: Proposal for an Application to Promote Behavior Change in Cleaning Using Mixed Reality

<sup>†1</sup> ATSUYA HAMADA, Faculty of Policy Management, Keio University

<sup>†2</sup> SATOKI HAMANAKA, WATARU SASAKI, Graduate School of Media and Governance, Keio University

<sup>†3</sup> TADASHI OKOSHI, Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

<sup>†4</sup> JIN NAKAZAWA, Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

## 2. 関連研究

本研究は介入方法にゲーミフィケーションとその手法として複合現実を使用している。掃除機行為に対するゲーミフィケーションの介入についての関連研究と複合現実による掃除機行為に対する介入についての関連研究の2種類に分けて考える。

### 2.1. ゲーミフィケーションを利用した家事促進

小笠原ら [5] 市村ら [6] 埴田ら [7] は、は掃除機行為にゲーミフィケーションを応用した。また、小坂ら [8] は「掃除機をかける」という行為をゲームコンテンツに設定することで子供たちの行動を誘導、誘発し、楽しみながら掃除機かけを行うことを目指すシリアスゲーム「妖怪クリーナーズ」の提案を行った。ホコリセンサを利用し、ごみの中の妖怪を吸い込むという対戦型の掃除機かけをすることによるゲームの提案を行った。また、その表示は画面だけでなく、実際に掃除機にもエフェクトがあり、現実空間とゲームをうまく結びつけることで、掃除機をよりゲームの感覚に落とし込んだ。また、他のゲーミフィケーションを盛り込んだ掃除機行為とは違い、現実世界へのアプローチがある。それは視覚的に掃除機で吸い込んだ時にノズルが光るという点である。やはりゲーム画面を通してではなく現実世界に影響することは直感的であり、人々 (特に子供達) の楽しみを掻き立てるものであることが分かった。これら関連研究のようなゲーミフィケーションの掃除機行為への適応は多く行われてきた。その結果として、システム使用時の掃除機行為に対する意欲の向上や意識の変化が見られた。

また、これらの研究では掃除に対して加速度センサやプロジェクトを設置する過程が必要となっていることや対象が子どもであったり、普段の掃除機を利用した状態でシステムを利用することが難しかった。本研究では、より掃除機行為に対するゲーミフィケーションを馴染みあるものにするため、掃除機への設置はQRコードのみとし、気軽に家庭でも再現可能な形をとることとした。また、複合現実を利用することでより現実に近い視覚情報を追加することなど、全年齢に向けて行動変容を図れるようにした。

### 2.2. 家事行為へのMR(複合現実) 利用例

本研究では掃除機行為を別のディスプレイを参照することなく直感的にストレスフリーに楽しくすることを目的としているため、複合現実を利用した。ロベズら [9] はMRを用いて掃除の面倒さや手間を解消し、掃除のモチベーションを向上して楽しく掃除を行うための掃除活性化システム「Dustoon」を提案した。掃除機状況の可視化することで、重複掃除の防止や、掃除不足箇所の特定を可能にした。塵濃度センサから取得した塵濃度を5秒おきにデバイスに送

信し、塵濃度をもとに色を変化させたオブジェクトを3次元マーカをカメラの画像認識により追跡し位置を合わせて描画するシステムであった。

本研究ではオブジェクトの位置合わせに誰でも簡単に設置や入手の可能であるQRコードを利用した。それにより自宅でMRデバイスに加えて、プリンタ等でQRコードを用意、配置すれば普段の掃除機を用いたとしてもシステムの利用を可能とした。また、QRコードは動画撮影用の撮影用カメラではなく空間認識カメラにより位置情報を取得することができる。そのため、撮影用カメラを作動させる必要がなく動作が軽く、かつ認識対照が掃除機のノズルの分遠距離になったとしてもスムーズな動作を可能とした。

## 3. 複合現実を用いた掃除活性化システム

本研究では掃除機をストレスフリーに行うために掃除機をかけたところが色が塗られるシステムを実装した。色を塗ること自体にストレス軽減の効果 [10] があるだけでなく、掃除機の重複や掃除残しを確認することで視覚的な楽しさ、達成感を味わうことのできる掃除機体験を提供する。システム構成図は以下の図1の通りである。

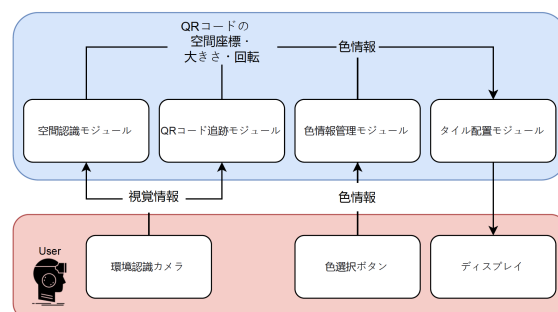


図1 システム構成図

本研究ではMRデバイスにmicrosoft社のhololens2を利用した。実装にはUnity(2020. 3. 38f1)を用いた。まず、環境認識カメラによって空間の座標を取得する。加えて環境認識カメラより、QRコードを追跡する。掃除機にQRコードを設置することで、実質的に掃除機の追跡を可能にした。これら二つの情報から、QRコードの空間内での座標、大きさ、回転を取得し、それをもとにタイルを設置する。タイルはQRコードと同じサイズのタイルを掃除機側に少しずらした位置に配置する。こうすることで、ユーザにまるで掃除機をかけたところが色が塗られているかのような体験を与える。また、ユーザにとって色塗りが楽しい体験になるように好きな色で塗る機能を付した。色選択はアプリケーション開始時の目線の位置に常駐させる形で表示させ、色は4色 (青, 赤, 黄色, 半透明) を用意し、ボタンを押下することで、各色に変更することができる。以上のよ

うに 4 色の好きな色を選択し掃除機をかける事でその色で掃除機をかけた軌跡が見れるアプリケーションを実装した。使用時の外からの様子を以下の図 2 に示す。



図 2 システム使用の様子

### 3.1. 空間認識

本研究では hololens2 をデバイスとして使用しており、hololens2 は 2 種類のカメラを搭載している。1 種類目はデバイス中央の環境認識カメラ、2 種類目はデバイスの左右に 2 つ付いている 4 つの環境認識カメラである。空間認識は hololens2 を起動したタイミングから常に空間の状態を把握し続ける。これにより、オブジェクトを配置する際により自然に適切な位置に配置することができる。例えば机の裏にオブジェクトが回り込んだ場合には表示を止めることや、実世界の物体とオブジェクトが重ならないように実装が可能である。また、本研究には実装していないが、オブジェクトに重力をつけた際には床におち、重心の安定した状態になるなど、オブジェクトをより現実世界の物体に近しいものにすることが可能である。本研究ではデバイスの空間認識による座標に対して、適切な位置に座標を合わせることで、ユーザに直感的な視覚情報を与えている。

### 3.2. QR コードの座標取得

本研究では掃除機の検出に QR コードを用いた。掃除機を掃除機であると認識することは技術的に可能であるが、掃除機を検出する際に使用する撮影用のカメラを起動しなくてはならないために、動作が重くなる。MR は空間把握を正確に行うため、他の動的処理を加えると動作がスムーズにならない欠点がある。本研究ではなるべくデバイスへの負荷を削減するため、撮影用カメラを用いることな

く、掃除機の追跡を行うこととした。QR コードの追跡は Microsoft.MixedReality.QR.QRCodeWatcher という API プラグインファイル [11] を利用した。本研究では QR コードにマイクロ QR コードを使用すること、光の反射防止のため画用紙にペンタブブラックを使用して QR コードを描画することで長い距離においてもサイズの小さい QR コードでの検出を可能としている。180cm の人が使用した際、掃除機のヘッドに取り付けた QR コードまでの距離は約 230cm である。この時過不足なく反応するマイクロ QR コードのサイズは約 15cm 四方であり、本研究では約 14cm 四方の QR コードを利用した。

### 3.3. 色選択

より色塗りを楽しい物にするために好きな色を選択できるようにした。色は全部で 4 色あり青、赤、黄色、半透明である。色選択はボタンでできるようにしている。使用感を hololens2 の使用時と同じようにするために MRTK のボタンオブジェクトを利用している。ボタンの利用感はハンドトラッキングにより認識している手の人差し指の先にポインタが表示されるようになっている。ポインタがボタンに乗っている時、ボタンの前方に透明のボックスが表示される。これにより、ボタン一つ一つが隣り合っているもののボタンを参照にしているのか分かりやすくなっている。さらに、ボタンを押して選択というテキストを表示し、UI を分かりやすくしている。ボタンを押した際のトリガーはボタンをタッチしている時、押し始めた時、押し切った時等があるが、本システムではボタンを押し切った時をトリガーとして、タイルのマテリアルの変更を行っている。ボタンは様々なジェスチャーにより出したりしまったりすることもできるが、掃除機行為の最中に意識せずにボタンが表示することを防ぐため、今回は常にボタンが出ている状態でボタンの位置は起動時の目線のポジションにする。そうすることで起動時に色選択をできるようにし、かつ掃除機行為の邪魔にならないようにした。ユーザ側の操作は単純にするためにボタン操作のみとしている。

### 3.4. タイル設置

空間認識により、周りの空間情報を取得し、QR コード追跡により掃除機の位置情報を空間上の座標として取得する。タイルは厚みのないタイルオブジェクトを使用し、QR コードよりも少し掃除機側にずらして設置する事で掃除機をかけた所が色が塗られているように見せる。また、タイルの大きさは設置した QR コードの大きさと同じにしてある。掃除機の大きさに応じて QR コードの大きさを変えることでどの掃除機に対してもシステムを利用出来るようにするためである。また、より自然に見せるために、重力や物体の衝

表 1 実験概要

	A 群 (5 名)	B 群 (5 名)	C 群 (5 名)	D 群 (5 名)	E 群 (5 名)	F 群 (5 名)
30 秒	唾液アミラーゼ検査 (一回目)					
1 分半以上	普段通り	普段通り	デバイス装着	デバイス装着	システム使用	システム使用
30 秒	唾液アミラーゼ検査 (2 回目)					
1 分半以上	デバイス装着	システム使用	普段通り	システム使用	普段通り	デバイス装着
30 秒	唾液アミラーゼ検査 (3 回目)					
1 分半以上	システム使用	デバイス装着	システム使用	普段通り	デバイス装着	普段通り
30 秒	唾液アミラーゼ検査 (4 回目)					

突は行わないものとした。物体の物理演算を行わないことによりシステムをスムーズに動作させる目的もある。また、配置には Unity のプレハブにタイルを登録し、プレハブからオブジェクトを読み込むことで、タイルを配置している。色選択により、プレハブの色変更を行っているため、指定した位置に指定した色のタイルを配置している。使用時の様子を下記の図 3 に示す。

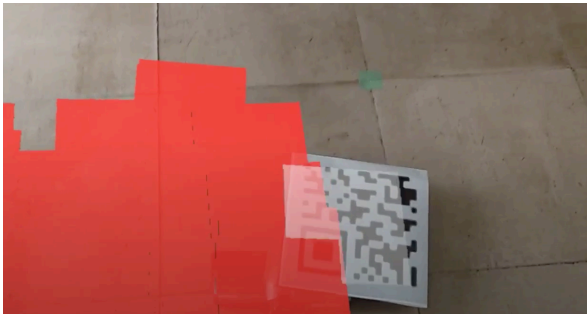


図 3 システム使用の様子

## 4. 評価実験

### 4.1. 実験設計

本研究では大学生 30 名の被験者を集め、実験を行った。実験は各工程に対し、1 教室 (4.05m, 8.55m) を自由に掃除してもらい、最低 1 分半、上限は満足いくまで掃除機をかけてもらうという実験を行う。

実験では唾液アミラーゼによるストレス評価と、掃除機をかけた面積、距離、時間を測る。各工程の前後でニプロ社の唾液アミラーゼモニターを利用して、唾液アミラーゼの値を取得する。中野ら [12] は唾液アミラーゼが急性のストレス評価に適していることを示し、快・不快の判別が可能であることを示した。唾液は非侵襲で、随時性、簡易性に優れ、血液等のように採取がストレス要因にならないことから、短期的かつ快・不快のストレス値を複数回取得する本研究と非常に相性がよいと考えたため、唾液アミラーゼをストレス評価指標として採用した。唾液アミラーゼ活性の生理的特徴として、朝低く午後に上昇し [13]、就寝中は再び

低い値 [14] となるという日内変動がある。その差には統計的な有意差が示されていない [15] が、個人差がある可能性を考慮し、唾液アミラーゼの絶対値ではなく、 $SAA_0$  をストレスサーを加える前の唾液アミラーゼ活性 (ベースライン kU/l)、 $SAA$  をストレスサーを加えた後の唾液アミラーゼ活性 (kU/l) と定義したとき、

$$\Delta \frac{SAA - SAA_0}{SAA_0} \times 100 \quad (1)$$

にてアミラーゼ活性の絶対値から変化率 (%) を求め、その数値をストレス値として判定する。変化率が大きい方が、よりストレスを感じたことになる。

実験は 3 工程あり、3 工程を連続で行うため、唾液検査、1 工程目、唾液検査、2 工程目、唾液検査、3 工程目、唾液検査という順で唾液アミラーゼを取得する。そのため、1 回の実験で 4 回唾液アミラーゼを取得する、唾液アミラーゼからストレス値を算出する際絶対値と前の値からの差分を記録する。

また掃除機をかけた面積、距離は、掃除機にマウスを取り付けることによって座標を取得し、距離と面積を算出した。使用マウスは ROCCAT 社の Kone Pro Air [16] を利用した。dpi は専用の dpi 変更ソフトウェアの swarm を利用し、50dpi に設定をした。また、距離に関しては 1 フレームごとに x 座標、y 座標を前のフレームで取得した値と比較して距離を算出し、それを距離変数に加算していくことにより、掃除機を始めてから終わるまでのストロークの総距離を算出している。面積はポインタに対して、格子状に区切った部分にポインタが入った場合色を塗る仕様にし、色が塗られている総合計を取得できるようにした。重複を加味しており、実際に目線で見ている色の塗られた範囲に近似した面積を取得した。システム上のエラー等を確認するために、デバイスからのミラーキャストを用いて画面共有を行うことによって被験者の視界を確認しながら実験を進めた。以下の表 1 に実験概要をまとめる。

### 4.2. 実験後アンケート

実験終了後に評価に必要なアンケートを実施する。アンケート内容は年齢、性別、5 段階評価である



表 2 実験後に行った 5 段階評価のアンケート内容

1	普段の掃除機がけは楽しいか
2	日常的に掃除機をかけるか
3	普段の家事にストレスを感じるか
4	普段掃除機を掛けることにストレスを感じるか
5	何もつけていない時の掃除機がけは楽しかったか
6	デバイスをつけているのにストレスを感じたか
7	システムを使って達成感を感じたか
8	システムを使った掃除機は楽しかったか
9	色を塗ることで掃除が楽しくなったか
10	システムを使って日常的に掃除をしたいか

定性評価では定量評価では得ることのできない楽しさや、モチベーションについて調査することが主な目的である。よって、システムを使った際と普段の楽しさやモチベーションを比較できるように 5 段階の数値に落とし込んだアンケートとした。以下の表 2 に 5 段階アンケート内容をまとめる。

また、5 段階評価では確認できない部分については記述式で解答を求めた。記述式アンケート項目は、

- システムの良かったところ
- システムの改善点
- 実験中にストレスを感じたことがあったか

から構成される。

## 5. 評価

### 5.1. 定性評価

実験参加者 30 名に対して 5 段階のアンケートを行った。本アンケートでは 1 がネガティブ、5 がポジティブな評価になるように設定している。以下の表 3 に得られた評価に対する平均値をまとめる。

表 3 5 段階評価のアンケート内容に対する評価

質問項目	平均値
普段の掃除機がけは楽しいか	1.8
日常的に掃除機をかけるか	2.1
普段の家事にストレスを感じるか	3.8
普段掃除機を掛けることにストレスを感じる	3.3
何もつけていない時の掃除機がけは楽しかったか	2.4
デバイスをつけているのにストレスを感じたか	2.8
システムを使って達成感を感じたか	3.2
システムを使った掃除機は楽しかったか	3.9
色を塗ることで掃除が楽しくなったか	3.7
システムを使って日常的に掃除をしたいか	2.8

楽しさのアンケートについて、システムによる介入時では中央値として 4 の評価が得られた。また、無介入時では

中央値として 1 の評価が得られた。介入時と比較すると 3 の差があり、通常の掃除機掛けよりもシステムを使った方が掃除機行為が楽しく感じられたことが分かる。普段の掃除機がけは中央値として 1 の評価が得られ、また、面倒だと感じている (1 を選択した) 被験者は 50 % 存在し、掃除機がけを面倒だと考えている被験は非常に多いことが分かった。これによりシステムを使った掃除機がけは普段の掃除機がけに比べて幾分か面白いものであるという評価が得られた。

また、モチベーションについてのアンケートでは普段は中央値として 2 の評価が得られた。対象者が学生であったためか掃除機を日常的にかけたいという被験者は少なかった。また、システムを使用した場合には中央値として 2.5 の評価が得られた。日常的に掃除機を掛けるかの評価に対して 0.5 高い評価であり、モチベーションの向上についても効果がある可能性が示唆される。

システムを使って達成感を感じたかというアンケートでは中央値として 4 の評価が得られた。色を塗ることにより、掃除機を行った形跡が見え達成感が得られのではないかと考えられる。また、色を塗ったことによる楽しさも中央値として 4 の評価が得られた。これにより、システムの色塗り要素に楽しさがあることが推測される。

記述式のユーザアンケートではシステムの良かった点、改善点、実験中にストレスに感じた点について解答を求めた。システムの良かった点については、

- ゲーム感覚で快感を感じながら掃除をすることができ、長時間の掃除機がけも苦では無くなった
- 近未来的
- 掃除したところが可視化できたことで見落とししていたところを直ぐに発見できる
- 自分の動きが可視化されて面白かった
- 掃除した軌道が分かりやすく見えたので、掃除し忘れた箇所がないか確認できた

などの回答が得られた。

システムの良かった点について、掃除漏れがなくなることにより、達成感や楽しさを感じるという意見が最も多かった。このアンケートより掃除機を掛ける行為はやはり綺麗に掃除できていること、目に見える達成感があることでより楽しく行うことができるのではないかと推測できる。また、視覚的な面白さを追加したことで掃除機行為よりも色塗り行為を優先し、掃除という行為を家事のようなタスクではなく、色塗り行為を行った際のおまけのように感じられる人も存在した。色塗り行為をゲームのように感じるという回答も多数あり、本システムを使うことで、たまたま掃除機がかけられたという可能性もあると考えられる。

改善点については、

表 4 面積評価統計値

	面積			距離			時間			SRE		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
中央値	13.4	13.4	18.4	106.0	98.2	108.3	1.7	1.7	2.3	35.0	106.0	0.0
平均値	14.5	14.2	18.6	99.6	97.0	115.5	1.9	1.9	2.9	101.3	125.3	18.3
標準偏差	5.1	5.1	6.2	17.0	14.6	30.9	0.5	0.5	1.6	169.2	171.0	115.7

表 5 システムによる介入時と他群との u 検定結果と p 値

	面積	距離	時間	ストレス値
無介入	○ p = 0.006	× p = 0.102	× p = 0.182	○ p = 0.042
装着時	○ p = 0.002	○ p = 0.027	× p = 0.066	○ p = 0.008

- 実際にゴミが落ちている時に、色とゴミが混ざってしまうのではないと思った
- ちょっと重いので、軽かったらいいかなと思った
- 装着しているものが少し重かった
- 部分的ではなく、軌道に色をつけるといいと思った

等の意見が得られた。

もっと面白くできるという回答もあり、具体的には音楽をつけることが挙げられた。また、システムで色を塗る関係上その部分の視界が遮られることで、ゴミが見つけづらくなってしまうという意見がみられた。これについては、逆に掃除機をかけていない部分に色を塗り、掃除機をかけたところの色を消すことが考えられるが、実際に色を塗っていくアプローチを楽しい、面白いという意見があるため、この部分は個人ごとに一長一短である。しかしながら、デバイスのカメラから、ゴミの検知を行いアラートを出すなどができれば改善できると考えられる。デバイスの動作の関係上綺麗に色を塗ることは難しい、そこについて改善としている回答が多くみられた。もしスムーズな動作を必要とするのであれば、違うアプローチが必要となってくるだろう。

実験中ストレスを感じた点についてアンケートをとったが、ほとんどがデバイスに対する不満であった。デバイスに対する不満ではやはり重量感や、装着時の不快感が挙げられた。やはりデバイスの装着自体にストレスを感じてた人は多かった。その中には不慣れであるからであるという理由も含まれていたが、初めて使うデバイスとしてはやはりストレスに感じると推察できる。

## 5.2. 定量評価

定量評価では主に何もつけていない時とシステム使用時を比べどのような変化があったかを検定を通して評価した。特に唾液アミラーゼなど、個人差が生じるデータを評価す

るため、統計的な有意差を示す。本研究では独立した 2 群比較かつ、データに必ずしも正規性があるに限らない。それゆえ、本研究では正規性のない/分からない独立した 2 群比較を行うマン・ホイットニーの U 検定を用いて有意差を検証した。

データの評価値は以下の表 4 のとおりである。

- A: 無介入時
- B: デバイス装着時
- C: システム使用時
- SRE: ストレス値

数値で見るとデバイスをつけている際と、何もつけていない時の差はあまり無いと考えられるが、システムを使った際には面積が大きくなっていることがわかる。また、統計値だけでは個人差につき偶然の結果が得られた可能性があるため、統計的有意差を示すために行ったマンホイットニーの u 検定の結果を下記の表 5 に示す。u 検定の帰無仮説は 2 群に差がないことであり、有意確率は 5 % とした。

システムを利用した際に掃除する面積が増えたことについては何もつけていない時、デバイスをつけている時とどちらと比べても統計的有意差が示され、システムの**面積における優位性**が示された。また、ストレス値においても何もつけていない時とシステム使用時、デバイス装着時とシステム使用時に**統計的な有意差がある**ことが示された。これによりシステムを使用することでストレスが軽減されていることが統計的に示され、システムの**ストレスに対する有効性**を明らかにしている。

## 6. 考察

### 6.1. 定性評価に対する考察

定性評価では大学生 30 名に対するアンケートにより、現状普段の家事や、掃除機行為に対してストレスを感じている人がほとんどであった。システムを利用した人は他の条

件と比較し楽しんだ傾向にあった。その要因として達成感や色塗りの要素を追加することで楽しさを感じたことが推測される。また、普段の掃除意欲とシステムを使った際の掃除意欲を比べると、システムを使った方が意欲が相対的に高い結果が得られた。これはシステムを使った掃除機行為が楽しいものであるという認識から意欲向上が見られたと考えられる。

システムの良い点として、軌道が見えることで掃除が丁寧になったり、達成感を感じたり、意識が変化することが挙げられた。それに対し、システムの改善点では動作が重いことに起因する色が綺麗に塗られないことや、デバイスとの相性の問題である、目がチカチカする、デバイスが重い、視界が狭いなどの回答があり、これらのほとんどはデバイスの改善により解決すると考えられる。

現状の段階ではスムーズな動きやデバイスの改善点を同時に解決できる技術は見受けられず、デバイスの軽量化、処理能力の向上を待つ他ない。しかしながら、本システムにおいて改善点がありながらも、通常の掃除機行為と比べると楽しさや意欲の点でポジティブな効果が見られており、MR や掃除行為に対しての色塗りのアプローチが効果的であると推測される。

## 6.2. 定量評価に対する考察

面積とストレス値においてシステムの優位性が示された。面積や距離においては色塗りの要素があるが故に逆に丁寧にかけている様子が見受けられたが、それ以上に掃除時間が長かったことから、面積や距離の値が大きくなったものであると考えられる。距離に関しては無介入時のストロークの速度が非常に速い被験者が数名いたため、統計的な有意差が出せなかったと考えられる。時間においては1.5以上の制約をかけてしまったが故にほとんどの被験者が1.5分で掃除機掛けをやめてしまったことが、統計的な有意差が出せなかった原因であると考えられる。しかしながら、距離、時間に関しても中央値や平均値だけでみると優位性が見てとれ、データの数を増やすなどすれば統計的な有意も示せるのではないかと考えられる。また、デバイスをかけた際のストレスは定性評価ほど大きいものは得られていなかったが、明らかにデバイスをつけた際の評価が低いことが多くこれは視界が狭まっていることや、デバイスのへの不慣れさからくる物理的なものであるとも考えられる。

## 7. 今後の展望

本システムは少し早く掃除機がけをすると、QRコードの検出が遅れてしまい、タイルとタイルに隙間が生まれてしまう。隙間が生まれるときれいに色が塗られているようには見えなくなってしまう。改善方法として空間メッシュを

取得し、掃除機をかけた位置座標により近い、メッシュに色付けを行う方法が考えられる。その場合、その地点が床である判定や掃除機の位置情報との位置合わせを行う必要がある。メッシュに色付けを行う際各メッシュの隙間を埋めるようにするとより、きれいに色付けをすることが可能となるはずだ。また本研究では実験の対象を大学生とした。しかしながら、掃除機がけをした部分が塗られていくゲーム性は大学生には少し単純すぎたと考えられる。一方で小学3年生以下がシステムを使用した際、とても熱中して掃除機をかけている姿が見受けられた。本研究では主な評価指標を唾液アミラーゼによるストレス値としたが、意欲向上や、掃除を楽しんでいるかという指標で、子供を対象とした実験であれば、MR や本システムの通常に比べた有効性がより大きく示せると示唆される。また、実験で対象とした教室が元々綺麗に保たれていたこともあり、実際に掃除機がけによる達成感がより失われてしまっていたように感じる。ゴミが少ない環境での掃除機掛けだったので実験自体を作業のような感覚で取り組み、その結果短時間で掃除機掛けを終わらす被験者が多かったのではないかと考えられるので、実験環境にゴミやゴミに類するものを用意することでより正確なデータが取れたと推測される。また、ゴミを用意することでゴミを何%きれいにできたかなど違う評価指標で評価することも考えられる。

## 8. 結論

本論文は健康な生活を促進するために、家庭内ストレスの削減と家事の意欲向上を目的とし研究を行った。その手法としてゲーミフィケーションの要素である即時フィードバックや達成感の要素を加えることで目的を達成できるような行動変容を促した。ゲーミフィケーションの要素をあらゆる家事に応用できると考えたのが、色塗りにより掃除をした形跡をリアルタイムに確認できるという機能である。本研究ではその中で掃除機をピックアップし、掃除機をかけたところが色で塗られていくシステム (Vacuum Colorner) を提案した。システムはMR技術を用いたものでhololens2にて実装を行った。システムでは色選択を行ったのち、掃除機を掛けると掃除機に取り付けたQRコードを追跡し、QRコードから掃除機をかけた形跡を算出し、選択した色のタイルを配置していくというものである。空間認識に優れたMRデバイスで実装を行うことでより現実に近い視覚情報を与えた。システムの有効性を示すため30名の大学生を被験者とし実験を行った。実験では掃除意欲、掃除の楽しさ、面積、距離、ストレス値、時間について比較を行うため、定性的なアンケートと定量的な数値を用いてシステムの有効性を示した。意欲、楽しさ、ストレス要因については5段階のアンケートと記述式のアンケートにて評価を行った。面

積, 距離は掃除機につけたマウスの座標データから値を算出し, ストレス値は唾液アミラーゼの変化率から値を求めた. 以上の実験から, 意欲や楽しさ, 面積, ストレス値において何もつけていない普段の掃除機かけよりもシステムを使用した掃除機掛けに優位性が示された. これにより, MR や色塗り効果を交えたシステムは掃除機掛けに効果があり, これは他の家事にも応用可能であると考えられる.

**謝辞** 本研究成果は, 国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究 (05401), JSPS 科研費 JP21K11853, JST RISTEX (JPMJRX21J1) の支援を受けたものである.

## 参考文献

- [1] リンナイ株式会社【熱と暮らし通信】(2018). <https://www.rinnai.co.jp/releases/2018/0515/>.
- [2] 卯津羅祥子, ウヅラサチコ職場, および家庭におけるストレス要因が自覚的健康度, 心理学的健康度に及ぼす影響 (2002).
- [3] ゲンナイ製薬株式会社【プレスリリース・ニュースリリース】. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000008.000038158.html>.
- [4] Seaborn, K. and Fels, D. I.: Gamification in theory and action: A survey, *International Journal of human-computer studies*, Vol. 74, pp. 14–31 (2015).
- [5] 小笠原遼子, 山木妙子, 塚田浩二, 渡邊恵太, 椎尾一郎インタラクティブな掃除機, エンタテインメントコンピューティング 2007 講演論文集 (2007).
- [6] 市村哲, 矢澤崇史, 戸丸慎也, 渡邊宏優ほか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シンポジウム 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 1285–1290 (2014).
- [7] 菅野恭平 川畑裕也 茅田一貴 VACUUU(・∀・)UUUM, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 19.
- [8] 小坂崇之ほか妖怪クリーナーズ: 現実世界の掃除をゲームコンテンツにしたシリアスゲームの提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 148–151 (2016).
- [9] Kaeriyama, Y., Yokokubo, A. and Lopez, G.: Dustoon: Support System for Improvement of Cleaning using Dust Sensor and Mixed Reality, *IEICE Technical Report; IEICE Tech. Rep.*, Vol. 120, No. 319, pp. 42–44 (2021).
- [10] 竹島由起, 山田晃子 秋野暢子と一緒に楽しもう! 5 分でできるシンプル健康法 (8) ストレスが消える塗り絵, 日経ヘルス, Vol. 4, No. 13, pp. 52–54 (2001).
- [11] Microsoft: QR コード 追跡 の 概要. <https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/develop/advanced-concepts/qr-code-tracking-overview>.
- [12] 中野敦行, 山口昌樹唾液アミラーゼによるストレスの評価, バイオフィードバック研究, Vol. 38, No. 1, pp. 3–9 (2011).
- [13] Jenzano, J. W., Brown, C. and Mauriello, S. M.: Temporal variations of glandular kallikrein, protein and amylase in mixed human saliva, *Archives of Oral Biology*, Vol. 32, No. 10, pp. 757–759 (1987).
- [14] Kivelä, J., Parkkila, S., Metteri, J., Parkkila, A.-K., Toivanen, A. and Rajaniemi, H.: Salivary carbonic anhydrase VI concentration and its relation to basic characteristics of saliva in young men, *Acta physiologica scandinavica*, Vol. 161, No. 2, pp. 221–225 (1997).
- [15] Salvolini, E., Mazzanti, L., Martarelli, D., Di Giorgio, R., Fratto, G. and Curatola, G.: Changes in the composition of human unstimulated whole saliva with age, *Aging Clinical and Experimental Research*, Vol. 11, pp. 119–122 (1999).
- [16] roccat: kone pro air. <https://jp.roccat.com/products/kone-pro-air>.