

Dustoon：複合現実を用いた掃除活性化システム

歸山 幸大* 横窪 安奈* ロペズ ギヨーム*

概要. 本研究では、家事の一つである掃除のモチベーションを向上するために、複合現実（MR）を用いた掃除活性化システム「Dustoon（ダストゥーン）」を提案する。提案システムでは、掃除機周辺の塵の濃度をダストセンサを用いて測定し、MR用ヘッドマウントディスプレイ（HMD）に掃除箇所（ダスト）の汚れ度を可視化した情報を提示する機能を実装した。汚れている領域に投影された映像を Dustoon コントローラ（掃除道具）を用いて消去することで、ゲーム感覚で掃除を行うことが可能となる。

1 はじめに

我々が日常生活を送る上で欠かせない家事労働の一つに、「掃除」が挙げられる。サンケイリビング新聞社が行った掃除に関するアンケート調査 [1] によると、「掃除が面倒だ」と思うことがある」という問いに対し「あてはまる」「ややあてはまる」と回答した人が全体の 87.2% であった。また、ノーリツ社が行った共働き世帯の家事に関する意識調査 [2] によると、女性が誰かに任せたい家事の第一位が掃除であった。このように、掃除は必要不可欠な家事労働であるものの、面倒さや手間を感じている人が多い。昨今、台頭してきた IoT 家電により、家事の自動化も進みつつあるが、掃除の面倒さや手間を解消してモチベーション向上への取り組みは未だ少ないのが現状である。

本研究では、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」を提案する。掃除のモチベーションを向上するために、複合現実（MR）及びゲーミフィケーションの手法を用いて、掃除した範囲を可視化し、掃除道具周辺の塵の濃度によって色変化する映像を HMD 上に表示する試作システムを実装した。

2 関連研究

山木ら [3] は、掃除機にプロジェクタを装着し、床に投影した仮想的なオブジェクトを吸い込むインタラクティブなゲームを実現することで、掃除を楽しく行えるアプリケーションを提案した。また、市村ら [4] は、掃除機に対して加速度を検出できるデバイスを取り付け、そのデバイスを介してゲームの要素を加えたことにより、掃除が楽しくできるようなシステムを提案した。また他のユーザと SNS で共有できる機

能も実装し、掃除機の往復運動からスコアを算出することで SNS 上にてフィードバックを受け取れるようにしている。その結果、SNS で共有するだけでは楽しさはほとんど増加しないが、ゲーム要素を加えたことにより掃除が楽しくなったということが明らかになった。

真壁ら [5] はリアルタイムで床用掃除道具（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可能なシステムを提案した。ワイパーが接している床面が拭かれた回数に応じて、振動の大きさを変えている。またユーザが次に拭くべき領域を 3 次元音響を用いて提示した。リズムゲームとして音楽の各小節のタイミングと動かすワイパーの移動方向を変えるタイミングが揃った時に得点が増加される。

田中ら [6] は Web カメラ、AR マーカを用いて掃除機の掃引作業の妨げになる障害物や行った領域を履歴として可視化するシステムを提案した。掃除機に貼付された AR マーカを天井に設置したカメラからの映像で座標を計測し、掃引した箇所を白色、掃引していない場所を赤色で表示することでかけ漏れを防ぎ床全体を一様に掃除することができる。また経過日数に応じて掃引履歴の画素値を変化させることで、念入りに掃除する必要がある箇所を判断可能にした。しかし棚の隙間など天井のカメラで認識できない場所の位置認識が不可能であり複数カメラの設置が必要となる。

このように、掃除のモチベーションを向上させるための研究は数多く存在するものの、日常生活で利用するには、掃除対象となる部屋全体を認識するために複数カメラの設置や掃除する人の動作を確認するために複数のセンシングデバイスの装着が必要となり、煩雑である。本研究では、掃除道具に手軽に装着可能となるコントローラ及び MR を用いて、実世界の掃除体験にモチベーション向上を付加するための手法を検討する。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 青山学院大学



図 1. Dustoon の利用イメージ

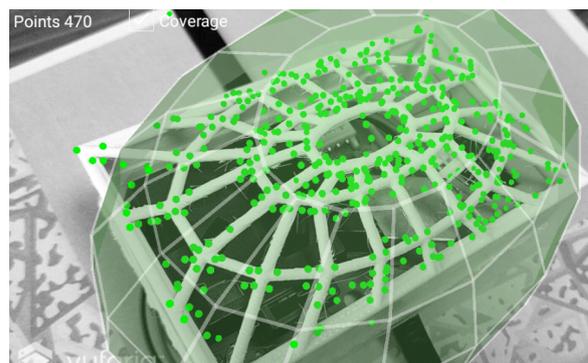


図 2. 3次元マーカのスキャン

3 Dustoon

3.1 提案システムの概要

Dustoon は、MR 用 HMD を用いた表示端末に加え、図 3 に示すような掃除道具に 3次元マーカ及びダストセンサを装着した Dustoon コントローラから構成される。図 1 に Dustoon の利用イメージを示す。Dustoon では掃除をする人が HMD を装着し、3次元マーカ及びダストセンサが装着された Dustoon コントローラを用いて掃除を行うことで、Dustoon コントローラ周辺の掃除状況を可視化して確認することができる。MR を用いることで、掃除した場所の重複を防ぎ、ダストセンサから得られた情報により、掃除が不足している箇所を特定可能になる。

今回は、HMD として Microsoft 社の HoloLens 2¹ を使用し、Unity を用いて掃除状況可視化アプリケーションを試作した。また、塵濃度の測定は、Seeed Studio 社の Grove ダストセンサ² を利用して行った。また、ダストセンサ値を HoloLens 2 に送信するために M5StickC³ による Bluetooth 接続を利用した。

Dustoon が動作可能な状態で掃除を開始すると、HoloLens 2 に標準搭載されているカメラの映像を用いて Dustoon コントローラの位置を画像認識で特定する。実世界で Dustoon コントローラが通過した位置に合わせて MR 空間内に着色を行う。またダストセンサからの値を Bluetooth でリアルタイムに受信し、塵の量に応じて色を変化させる。

3.2 仮想空間と実空間の位置合わせ手法

HMD 上の正しい位置に着色するためには仮想空間と実空間の位置座標を合わせる必要がある。本研



図 3. Dustoon コントローラの全体像（掃除機を用いた場合）

究ではカメラとマーカを用いた画像認識を使用する。

Dustoon コントローラで使用する 3次元マーカは、対象となる物体を 360° 撮影し特徴点を抽出することにより特徴点データから物体を認識することができる。3次元マーカは 2次元のマーカに比べ、360° の角度で認識が可能のため大幅に認識精度が向上する。今回 Dustoon コントローラを試作するにあたり QR コードを用いて位置合わせを試みたが、QR コードが斜めになると掃除道具の動きを検出することができなかつたため、3次元マーカを採用した。図 2 に 3次元マーカをスキャンした様子を示す。本研究ではセンサーを格納した容器を掃除道具に取り付けるため、上部のデザインを認識しやすくするために容器自体を図 4 のように 3D プリンタで出力した。蓋および側面をスキャンしているため白箱全体が 3次元マーカとして機能する。

画像認識には PTC 社が提供している Vuforia エンジンを用いた。これはカメラから取得した画像より 3次元マーカを検出し物体を認識することができる。

¹ HoloLens 2, Microsoft 社, <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>

² Grove ダストセンサ, Seeed Studio 社, https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Dust_Sensor/

³ M5StickC, M5Stack 社, <https://docs.m5stack.com/#/en/core/m5stickc>



図 4. Dustoon コントローラに装着したセンサ

3.3 MR 空間内での着色

HoloLens 2 に標準搭載されているカメラから Dustoon コントローラを検出することで自動的に位置を認識し、コントローラ上面を矩形オブジェクトとして MR 空間上に描画する。また認識した物体を動かすたびに、オブジェクトの位置を更新する。ダストセンサは、空気中の塵濃度を一定時間内のローパルスの占有時間として出力する。パルスの生データを取得し、補正式より塵濃度を測定することができる。また M5StickC の Bluetooth を用いて HoloLens 2 に値を 5 秒おきで送信し続ける。HoloLens 2 上で、受信した塵濃度に応じた色を生成する。低い順に黒→青→水色→緑→黄色→赤となる。描画した矩形オブジェクトに生成した色を設定する。掃除道具が移動することによりオブジェクトの位置座標が変化するがその間を切れ目なく重ねて描画することで、実際に通過場所に色が付いたように表示する。

3.4 利用方法

Dustoon の利用者、すなわち掃除をする人は HMD を装着し、掃除道具に図 4 に示す Dustoon コントローラとなるセンサを取り付ける。MR 空間上に表示した掃除開始ボタンを押下することで Dustoon コントローラの認識及びダストセンサ値の取得を開始する。Dustoon コントローラと HMD のカメラ映像により床平面との衝突判定を行い、床面に接している状態となっているとき着色を行う。

4 まとめと今後の展望

本研究では、MR とダストセンサを用いて掃除を活性化させることを目的とした掃除活性化システム「Dustoon」を提案した。床面の汚れ度をダストセンサで取得し、実世界に重畳するように HMD の映像として床面の色を変化させることで、利用者は掃除状況を直感的に確認可能になった。今後の展望として、Dustoon のシステムの有用性及び掃除に対する意識変化を探るための評価実験を行い、Dustoon の

改良を行いたい。また、より実用的なシステムを目指し、Dustoon コントローラの認識精度の向上や、音や振動によるフィードバック、クラウド機能を用いた複数人による掃除機能も追加していきたい。

参考文献

- [1] サンケイリビング新聞社. お掃除に関するアンケート. <http://ad.sankeiliving.co.jp/wp/wp-content/uploads/2018/08/97d6acb0f4e0849e820b250f2fca5ab2.pdf>. (Accessed on 11/5/2020).
- [2] 株式会社ノーリツ. 共働き世帯のおふろ掃除・調理などの「家事シェア」実態と意識調査. ALIA news : 快適な住空間をめざして, (164):37-42, 2019.
- [3] 山木妙子, 小笠原遼子, 椎尾一郎. インタラクティブな掃除機による情報提示. 全国大会講演論文集, 70:129-130, mar 2008.
- [4] 市村哲, 矢澤崇史, 戸丸慎也, 渡邊宏優. 家事をゲーミフィケーション化する試み——掃除への適用. DICOMO2014 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp. 1285-1290, 2014.
- [5] 真壁亮太, 伊藤弘大, 丸山翼, 宮田なつき, 多田充徳, 大倉典子. 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. 情報処理学会 インタラクション 2019, pp. 721-724, 2019.
- [6] 田中寛子, 井垣宏, 井上亮文. 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, pp. 3-335-3-336, 2012.