

ぬりつぶし爽事機の試作

大澤 奈々穂^{*1} 和田 佑太^{*1} 八木澤 喬樹^{*1}

Prototype a Vacuum Cleaner with Visualizing Cleaned Area

Nanaho Osawa^{*1}, Yuta Wada^{*1} and Takaki Yagisawa^{*1}

Abstract – We propose a "Vacuum Cleaner with Visualizing Cleaned Area" concept. The cleaned area is visualized while the cleaning occurs. By using this, People can reduce the remaining cleaning while feeling refreshed. We tried making this vacuum cleaner using an infrared camera and a projector. As a result of the evaluation experiment, it was found that the uncleaned part was reduced by 1.7% on average.

Keywords: vacuum cleaner, painting, projection, visualize and tracking

1. はじめに

従来、掃除という作業は汚れた部屋を元に戻す、つまりマイナスをゼロに戻すための義務的な作業であり、部屋が綺麗になるという結果が重要であった。そこで、人は掃除にかかる時間をできるだけ短く効率的にするため、一般的な掃除機やロボット掃除機を発明してきた^[1]。一方で、掃除には、掃除をすることで心がすっきりするなどの良い効果があると言われている。我々は、掃除の作業過程に快感というプラスの価値を追加することで、マイナスをゼロに戻し部屋が綺麗になるという結果を得るのに加えて、作業過程がプラスの価値を生み出す掃除を提案する(図1)。

掃除の問題点として、(1)時間がかかる、(2)どこを掃除したのかわからなくなる、(3)作業過程が楽しくない、という3点があげられる。そこで我々は、掃除済み領域がリアルタイムに可視化されることで、(1)時短、(2)簡単、(3)快感の3つの効果のある「ぬりつぶし爽事機」を提案する。

掃除にエンターテインメント性を付加し、掃除自体を楽しむためだけを目的とするのであれば、床面にキャラクター等のオブジェクトを投影して掃除機で吸い込むなどの方法が既に提案されている^[2]。しかし、我々の提案する「ぬりつぶし爽事機」は、単に効果(3)の快感や楽しさを実現するだけでなく、掃除済み領域が可視化されるため掃除機のかけ残しを防止するといったような掃除の効率化にも貢献するとともに、掃除の量を実感することで掃除の満足感も得ることができる。

2章で「ぬりつぶし爽事機」の試作機について説明し、3章で評価実験にてその効果を提示し、4章でまとめる。

2. ぬりつぶし爽事機の試作

2.1 システム構成

掃除済み領域をリアルタイムに可視化するためには、(1)掃除機のヘッド位置の位置検知、(2)掃除済み領域の表示が必要となる。図2にぬりつぶし爽事機の試作機のシステム構成を示す。提案の試作機では、(1)のヘッド位置の位置検知のために赤外LED光源を掃除機ヘッドに取り付け、赤外線カメラでその位置を撮影することで位置検知を実現する。(2)の掃除済み領域の可視化にはプロジェクタを用いる。(1)で検知した掃除機ヘッド位置に応じてPCで掃除済み領域を自動生成し、プロジェクタで投影する。

2.2 掃除前の準備

掃除前の事前準備として、赤外線カメラ座標系とプロジェクタ座標系の相対位置のキャリブレーションを行っておく。このキャリブレーションは、赤外線カメラ・プロジェクタ・床の相対位置関係が変わらない限り、実施しなおす必要はない。

キャリブレーションは、赤外線カメラでの撮影範囲とプロジェクタの投影範囲が異なっているために行う(図3)。赤外線カメラで撮影される点 $P_{cn}=(x_n, y_n)$ が、プロジェクタ投影画像のどの座標点 $P_{pn}=(u_n, v_n)$ と一致するかを

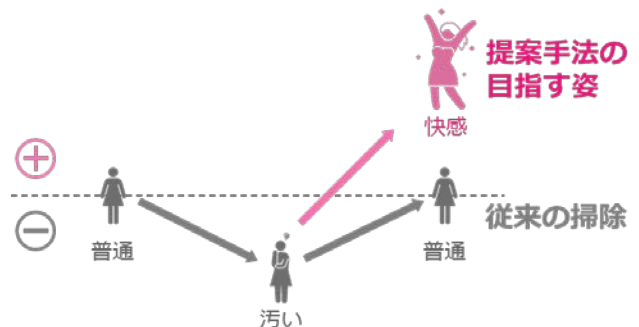


図1 従来の掃除と本提案の目指す姿
Fig.1 Conventional Cleaning and the Goal of Proposed Method.

^{*1}: 三菱電機株式会社
^{*1}: Mitsubishi Electric Corporation

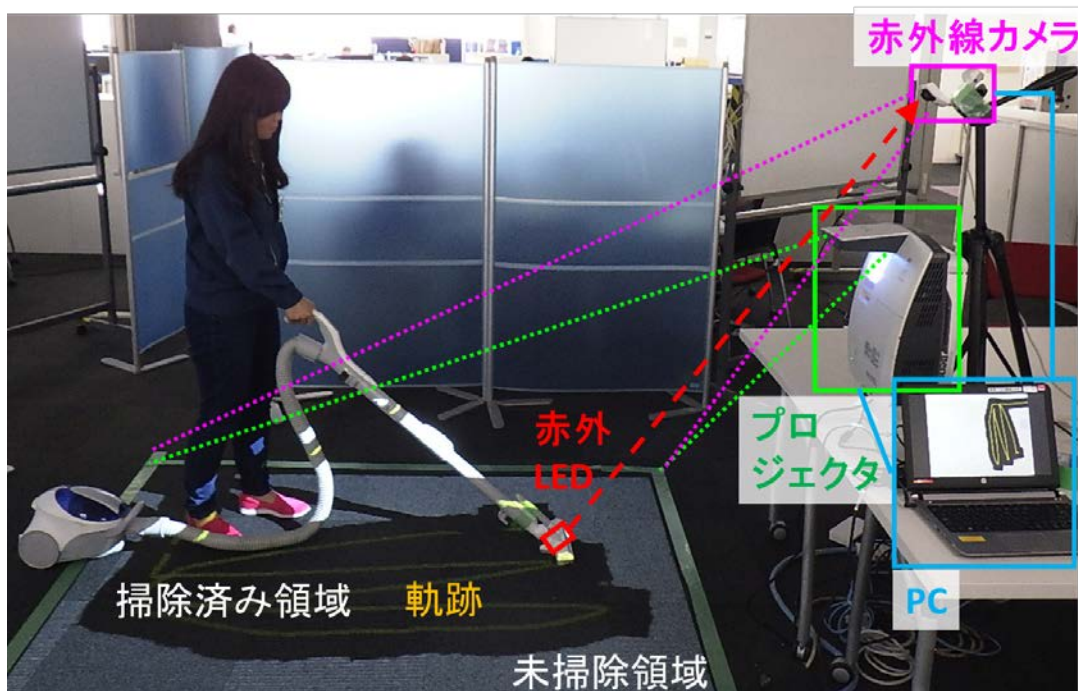


図2 システム構成
Fig.2 System.

求め、赤外線カメラ座標系からプロジェクタ座標系への射影行列を計算する。ジェクタから点 $Pp1=(u1,v1)$ を投影し、その投影点に赤外 LED 光源を置き、光源が映っている赤外線カメラの座標 $Pc1=(x1,y1)$ を取得する。これを数回繰り返し、 n 個の対応点 Pcn と Ppn ($n=1,2,3,\dots,n$) の組を得る。対応点の組 (Pcn と Ppn の組) から、赤外線カメラ座標系の点をプロジェクタ座標系に変換するための射影行列 H を求める。

2.1 掃除時の動作

掃除時には、時刻 t のカメラ座標系における掃除機へ

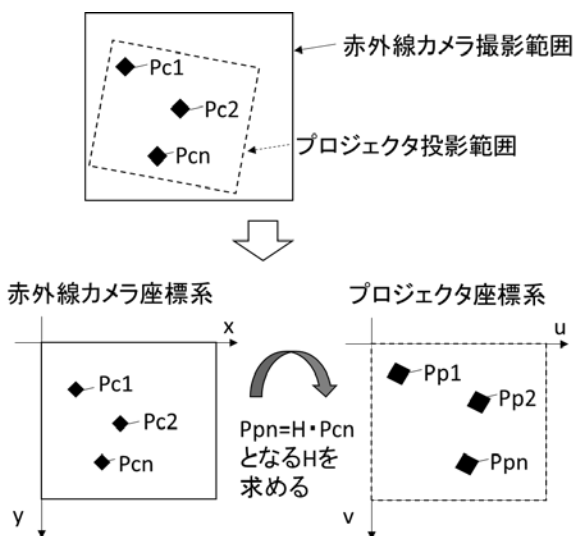


図3 赤外線カメラとプロジェクタの
キャリブレーション

Fig.3 Calibration of Infrared Camera and Projector.

ッド位置 $Pct=(xt,yt)$ を取得し、射影行列 H を用いて、プロジェクタ座標系に変換する。プロジェクタ座標系に変換された掃除機ヘッド位置を $Ppt=(ut,vt)$ とすると、 $Ppt=H \cdot Pct$ である。時刻 $t-1$ の掃除機ヘッド位置 $Pp(t-1)$ 刻 t の掃除機ヘッド位置 Ppt から掃除済み領域を計算し、投影画像を作成する。例えば、 Ppt と $Pp(t-1)$ を結んだ線分を用いて、その線分と掃除機のヘッド幅から掃除済み領域を求める (図 4)。

アプリケーションとして、掃除済みの領域だけでなく、今から掃除しなければならない未掃除領域、掃除し終えた面積が床面積に占める割合、掃除にかかった時間や今まで総掃除面積なども一緒に表示する。また、掃除機ヘッド位置の履歴を記録しておき、どのように掃除機を動かしたかという軌跡を表示することもできる。

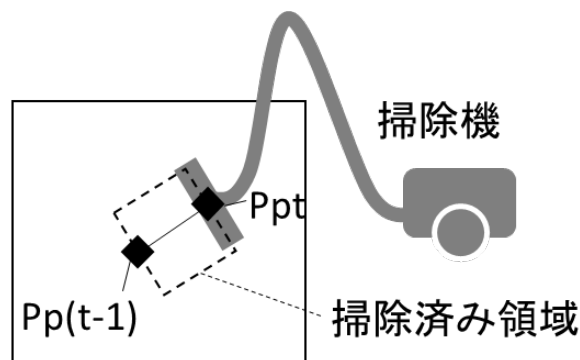


図4 掃除済み領域の計算方法例

Fig.4 Example of Calculation Method of Cleaned Area.

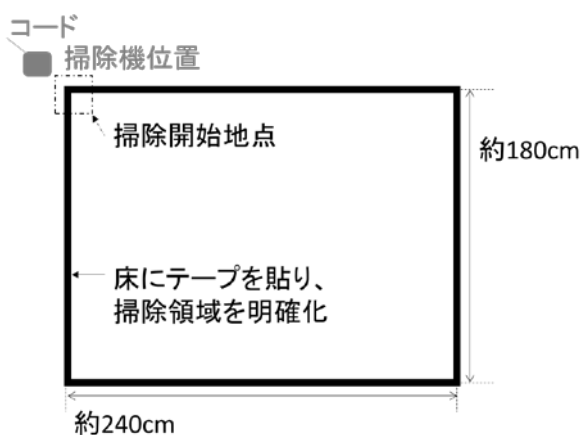


図5 実験環境
Fig.5 Experimental Environment.

3. 評価実験

3.1 実験方法

被験者9人に2章の「ぬりつぶし爽事機」の試作機で掃除をしてもらい、評価実験を行った。実験環境について図5に示す。掃除領域は約180cm×240cmで、床にテープを貼り境界を明確化した。床の素材は絨毯で、目地により50cm間隔の升目が存在する。掃除開始地点は被験者で同一とし、「掃除領域内を全て掃除するように掃除機を動かしてください」と指定した。評価実験では掃除機のヘッドを動かすのみで実際には掃除機の電源を入れなかったが、電源コードはつないでおいだ。

実験は表1に記載の3パターンで実施した。掃除機の種類は、図2に示す通常のタイプ（本体は床に置かれ、ホースにつながれたヘッドのみを動かす）で電源コードのあるものと、本体も全て動かすスティック型（コードレス・バッテリー充電）の2種類を用いた。また、通常タイプでは掃除済み領域の可視化なし・ありの2パターンで実験を行った。

被験者は20～30代の男女9人で、表2に示すカテゴリ毎に2名ずつ実施した。各カテゴリで、表1の評価パターンNo.1を最初に実施する人と、評価パターンNo.2を最初に実施する人を1名ずつ設けた。どの被験者も評価パターンNo.3は最後に実施した。また、表2のカテゴリ4の被験者で、スティック型を日常的に利用している被験者を1名追加で実施した。

3.2 評価方法

評価方法としては、(1)掃除領域の掃除にかかった時間、(2)掃除領域に対して掃除未実施領域が占める割合、(3)掃除の軌跡の3つで評価した。

(1)掃除領域の掃除にかかった時間は、被験者に「掃除を開始してください」と声をかけてから、被験者が「掃除終わりました」と宣言するまでの時間を計測した。

(2)掃除領域に対して掃除未実施領域が占める割合は、

表1 評価実験パターン
Table 1 Experimental Pattern.

No.	掃除機の種類	掃除済み領域の可視化
1	通常・コードあり	なし
2	通常・コードあり	あり
3	スティック型・コードレス	あり

表2 被験者
Table 2 Subject.

カテゴリ	性別	身長
1	男性	約180cm
2	男性	約170cm
3	女性	約170cm
4	女性	約155cm

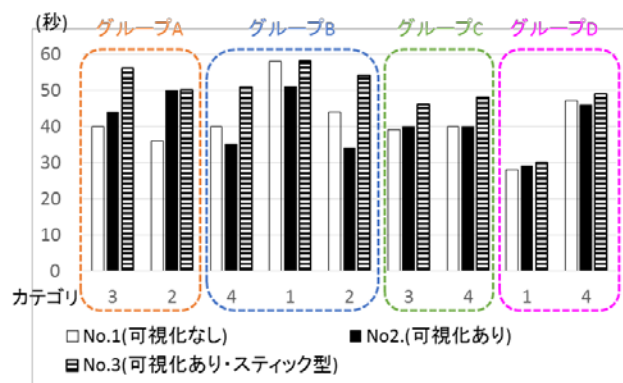


図6 掃除にかかった時間
Fig.6 Time Spent Cleaning.

表1のパターンNo.2、No.3では、掃除済み領域が可視化されているため0%となる。表1のパターンNo.1では、掃除時に掃除済み領域の可視化は行わず、後からヘッド位置の軌跡を確認できる状況で掃除を実施し、未実施領域の割合を求めた。

(3)掃除の軌跡は、掃除機の軌跡を目視で確認し、人毎の差異などについて考察した。

3.3 実験結果

3.3.1 (1)掃除領域の掃除にかかった時間

図6に、掃除にかかった時間を示す。被験者全体として、実験パターンNo.3のスティック型掃除機の時間が最も大きいことがわかる。これは、実験に用いたスティック型掃除機がバッテリー内蔵タイプで重く、評価実験の掃除領域があまり広くなかったためコードレスである利点が反映されなかったと推定される。

掃除にかかった時間の傾向は、図6のグループA～Dの4つに分類されたが、各グループと被験者のカテゴリ（男女・身長・可視化ありが先か）との相関は特に得られなかった。グループAは可視化なしの方が可視化ありよりも時間が短いグループである。このグループは、掃除済み領域が可視化されると、通常よりも丁寧に全ての

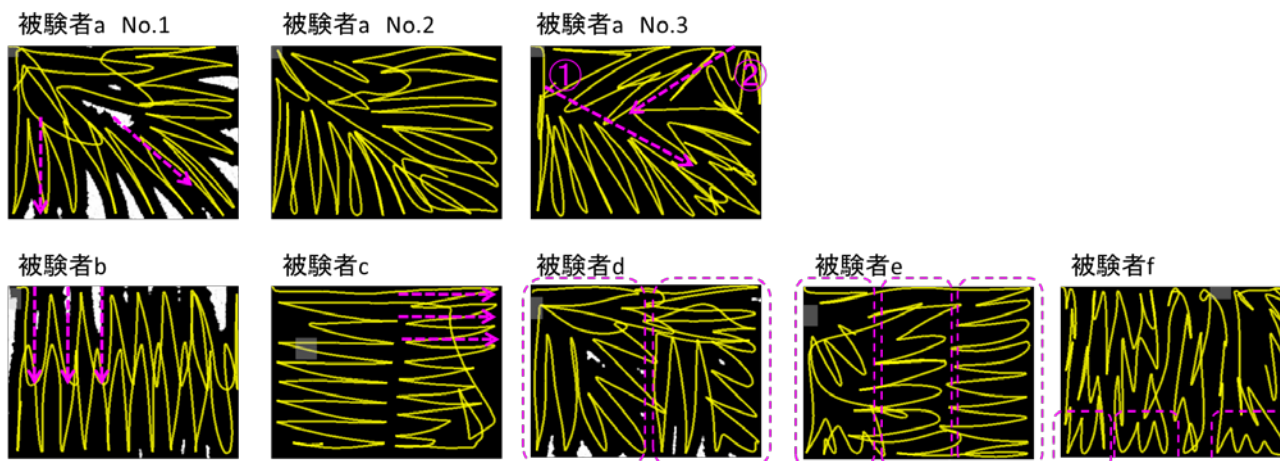


図7 被験者毎の掃除軌跡（白：掃除未実施領域、黄線：掃除の軌跡）
Fig.7 Cleaning Traces.

領域をぬりつぶして掃除を行おうとするため時間が長くなると推定される。グループ B は可視化なしの方が可視化ありよりも時間が長いグループである。このグループは掃除済み領域が可視化されない場合通常の掃除では、何度も同じ部分を掃除し時間がかかっていると推定される。グループ C とグループ D は可視化なしと可視化ありがほぼ同じ時間であるグループである。特にグループ D は実験パターン No.3 のスティック型でもほぼ同じ時間であることがわかる。グループ D のカテゴリ 1 の被験者は通常タイプの掃除機の場合でも掃除機本体を片手に持って掃除を行っており、グループ D のカテゴリ 4 の被験者は日常生活でもスティックタイプの掃除機を利用していた。このように、掃除にかかる時間は可視化の有無だけでなく、日常的にどのように掃除機を動かしているかの影響が大きいということがわかった。

3.3.2 (2)掃除領域に対して掃除未実施領域が占める割合

実験パターン No.2 について、掃除領域に対する掃除未実施領域が占める割合を計測したところ、被験者 9 人の平均は約 1.74%、標準偏差は 1.83 であった。未実施領域の最も大きい被験者は 5.5% (図 7 の被験者 a)、最も小さい被験者は 0% であった。実験パターン No.1 と No.3 は掃除済み領域の可視化があるため、未実施領域が占める割合は 0% であった。この結果より、掃除領域の可視化は掃除領域を全て掃除することを支援する効果があることがわかる。今回の評価実験の掃除領域は長方形領域であり、絨毯の目地が掃除機のヘッドを動かす目安になったと推定されるが、より広い領域や椅子等の障害物がある場合には掃除済み領域を可視化し全ての領域を掃除する支援の効果が高くなると想定される。

3.3.3 (3) 掃除の軌跡

図 7 に被験者毎の掃除の軌跡を示す。まず、実験パターン毎の軌跡を比較する。被験者 a の軌跡を比較すると、掃除済み領域の可視化有無(No.1 と No.2)では、掃除軌跡

はあまり変化しないことがわかる。他の被験者でも同様の傾向が見られた。被験者 a の No.1 と No.3 は軌跡が異なっており、これは No.3 はコードレスであり移動がしやすかったためであると推定される。

被験者毎に掃除機の動かし方は異なっており、被験者 a のような放射状が 3 人、被験者 b と同じ方向が 2 人、被験者 c と同じ方向が 4 人であった。掃除領域をいくつか区切って掃除する被験者が多く存在し、被験者 d のような 2 分割が 5 人、被験者 e のような 3 分割が 2 人であった。また、被験者 f のように領域の端では細かく掃除機を動かす被験者も 2 人存在した。領域を 3 分割にした被験者と端の領域で細かく掃除機を動かした被験者はいずれも被験者カテゴリ 4 に属しており、小柄な体格の被験者は掃除機を動かす幅が小さいためであるという可能性が高い。このように掃除軌跡から、ユーザの掃除機の動かし方の傾向を把握することが可能である。

4. おわりに

本論では、掃除の作業過程の価値向上を目的として、リアルタイムに掃除済み領域が可視化され、掃除の達成感と爽快感が得られる「ぬりつぶし爽事機」を提案した。赤外 LED と赤外線カメラを用いて掃除機のヘッド位置をトラッキングし、掃除済み領域はプロジェクタを用いて投影した。試作した「ぬりつぶし爽事機」で掃除したところ、掃除作業が爽快になるだけでなく、かけ残し領域が削減されるという結果が得られた。また、掃除軌跡を解析することでユーザ毎の掃除機の動かし方を解析することがわかった。

参考文献

- [1] iRobot: <https://www.irobot-jp.com/>
- [2] 小笠原,山木,塚田,渡邊,椎尾: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).