

# 紫外線ライトを用いたトイレの尿汚れ可視化システム

酒井 郁貴<sup>1,a)</sup> 濱川 礼<sup>2</sup>

**概要:** 本論文では、紫外線ライトを用いてトイレの尿汚れを可視化し、紫外線ライトと白色ライトを用いてユーザーに汚れ具合を示すシステムについて述べる。トイレの汚れには主に、水垢汚れと尿汚れがある。水垢汚れは黒くなるため汚れていると判断できる。しかし、尿汚れは水垢汚れのように黒くなることはなく、人間の目では見るのが難しい。そこで本論文では、紫外線ライトを当てると発光する尿汚れの性質を活かして尿汚れを可視化し、さらに紫外線ライトと白色ライトで撮影した2枚の画像の色差情報を用いて尿汚れの検出と数値化を行い、ユーザーに汚れ具合を示すシステムの構築について述べる。

## Urine soil visualization system of toilet using UV light

FUMIKI SAKAI<sup>1,a)</sup> REI HAMAKAWA<sup>2</sup>

**Abstract:** In this paper, we will visualize the urine smear of the toilet using UV light, and describe the system showing the degree of contamination to the user by using UV light and white light. There are water stain dirt and urine smear mainly in the dirt of the toilet. It can be judged that it is dirty because the stain becomes dark, but the urine smear will not become black like the stain of the water stain, but it will be seen by human eyes. It is difficult. Therefore, in this paper, by utilizing the nature of urine soil that emits light when illuminated with ultraviolet rays, urine smear is visualized, furthermore detection of urine smear and detection of urine smear by using color difference information of two images taken with UV light and white light. We will describe the construction of a system which shows the degree of contamination to users.

### 1. はじめに

清潔感のある家は人に良い印象を与えることができる。2012年に小林製菓が男女1000人に対して行った他人の家に行ってあなたが気になることに関するアンケート[1]では、1位が清潔さで約27%、2位がその家のニオイで約24%を占めていた。特に他人の家で清潔でないと気になる場所として@niftyニュースが2013年に行った掃除についてのアンケート[2]の中で「人の家できれいでないと気になる場所」という項目では約76%の人がトイレと回答した。また、P & G ファブリーズが行った自宅のトイレのニオイを気にしているかというアンケート[3]では半数以上の人が気にしていると回答した。このように、トイレの清潔さ

や良いニオイは他人に対して良い印象を与える。一方、マイボイスコム株式会社が11448人に対して行った自宅のトイレを掃除する頻度というアンケート[4]では1位は約23%で週1回であった。その中でもトイレの掃除のタイミングとしては「汚れに気づいたら、そのつど掃除する」という回答が最も多く62%を占めていた。他人に対して悪い印象を与えないためには汚れやニオイが付く前に掃除をする必要がある。そこで、本研究ではトイレの汚れに着目した。トイレの汚れには大きく分けて2つの汚れがある。トイレの水たまり部分に付きやすい水垢汚れと、トイレの全体に付き、臭いニオイの原因である尿汚れである。水垢汚れは図1の(1)のように黒くなるため目に見ることが出来る。一方、尿汚れは図1の(2)のように人間の目には汚れていないように見えるが、紫外線ライトを当てると尿に含まれるビタミンB2[5]が発光し、図1の(3)のように目で見ることが出来る。さらに、水垢汚れは放置していてもブラシ等ですぐに落とすことができるが、尿汚れは放置して

<sup>1</sup> 中京大学 情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology,  
Chukyo University

<sup>2</sup> 中京大学 工学部  
School of Engineering Chukyo University

a) h11607m@m.chukyo-u.ac.jp



(1) 水垢汚れ (2) 尿汚れ (紫外線ライト無し) (3) 尿汚れ (紫外線ライト有り) (4) 尿石汚れ

図 1 トイレの汚れ

おくと、図 1 の (4) のように尿石となって固まってしまい、汚れやニオイを取ることが難しくなってしまう。

本論文ではトイレの汚れの中でも目で見ることが難しく、放置しておくとも固まって取ることが難しい尿汚れに焦点を当てて検出を行った。紫外線ライトを用いることによって尿汚れを目で見ることができ、紫外線ライトで撮影した画像だけでは尿汚れのみを検出することができない。その為、紫外線ライトと白色ライトで撮影した 2 枚の画像の色差情報を用いて尿汚れの検出を行い、汚れ具合を数値として出すことでトイレの清潔さとニオイを保つシステムを提案する。

## 2. 関連研究

### 2.1 身の回りの汚れを検出することを目的とした研究

身の回りの汚れを検出する研究として伊藤らの研究 [6] では、布製品に付着した人間の目視では検出することが難しいシミや汚れを画像処理によって鮮鋭化し、汚れの検出の補助を目的としている。この研究では、汚れが付着した布に対し白色ライトと紫外線ライトを光源として撮影した 2 種類の画像に対して主成分分析を行い、汚れを強調させる。その後、強調化した画像に対して独立成分分析をかけることによって汚れをさらに強調させる。この研究で検出しているものは、紫外線ライトを当てると発光するビタミン B2 が含まれているコーヒーやマヨネーズ、酢の汚れを用いて検出を行っている。本研究で検出する尿汚れにも紫外線ライトを当てると発光する性質を持つビタミン B2 が含まれている為、上記の研究 [6] を参考にし、汚れの検出を行う。

### 2.2 掃除する頻度から掃除を支援するシステム

掃除の頻度から支援するアプリケーションとして「おそうじログ」[7] がある。くらしのマーケットマガジン [8] では、リビングの掃除は 3 日に 1 回、トイレやキッチンの洗剤を使った掃除は週に 1 回をベストな頻度としているが、生活状況によって汚れ具合や掃除する頻度は変わってくる。このアプリケーションは、自分の生活状況に合わせて掃除する場所と掃除する頻度を登録しておくことができ、登録しておくことで掃除をする日に通知が届く。しかし、このアプリケーションでは自分で決めた周期で掃除を促されるので、旅行中や出張中等の長期間家を開ける場合でも通知が

届いてしまう。一方、本研究では汚れている部分を示すため、汚れている部分のみ掃除を行えば良い。

### 2.3 トイレ掃除の頻度を高める研究

トイレ掃除の頻度を高める研究として Laurens Boer らの研究 [9] では、トイレの使用時間に応じてトイレブラシでトイレ掃除をするように促すことを目的としている。この研究では、ユーザーが便座に座ると横に置いてあるトイレブラシが動き出し、長時間座っているとブラシ全体が激しく動き出し、ユーザーがブラシを取るまで動き続け、掃除することを促す。トイレブラシをユーザーに取らすことによって掃除の頻度を上げることはできたが、持ち上げて動きを止めるだけの人がいたり掃除を行ったかどうかかわからない場合がある。一方、本研究では汚れている部分を示すため、きれいに掃除を行い汚れが取れたかどうか確認することができる。

### 2.4 関連研究・関連システムとの関連

掃除の頻度を高めようとしていたり、自分で決めた頻度で掃除を支援するものはあるが、掃除をする要因である汚れ具合から掃除を支援するシステムは無い。また、伊藤らの研究 [6] 手法では、撮影機材の規模が大きくなり、図 2 のように紫外線ライトが反射してしまう場所では見えない汚れを検出することはできない。



図 2 紫外線ライト反射例

本研究では紫外線ライトの反射を考慮しつつ見えないトイレの尿汚れを検出し、汚れ度を示すことによってトイレの清潔さとニオイを保つシステムを目標とする。

### 3. システム構成

本研究では汚れ状況をユーザーに示すシステムの為、自宅のトイレに設置することを想定している。

図3にシステム構成を示す。ユーザーはトイレの汚れ状況を確認したい時に Android 端末にある撮影ボタンを押すと Raspberry Pi に撮影指示が送られる。撮影指示を受け取った Raspberry Pi は白色ライトを点灯させ撮影を行う。次に、紫外線ライトを点灯させ撮影を行う。その後、2枚の画像に対して尿汚れの検出を行い汚れ可視化画像と汚れ度を Android 端末に送信する。

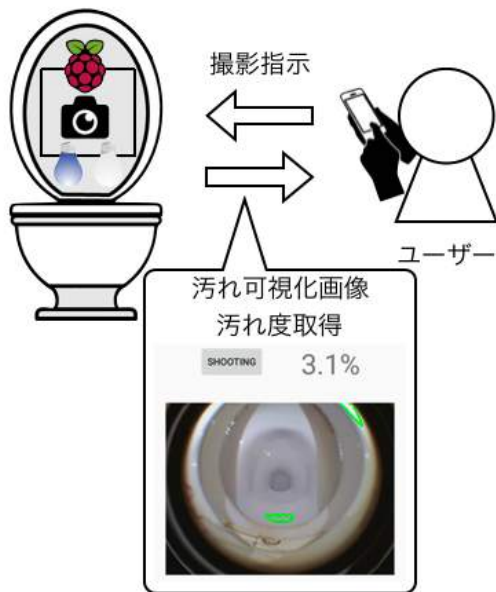


図3 システム構成

実際の設置図例を図4に示す。図4のように紫外線ライト [10] を便蓋上部、白色ライト [11] を便蓋中央部、Raspberry Pi を便蓋下部に取り付けた。紫外線ライトと白色ライトの点灯には、Raspberry Pi に搭載された GPIO (General Purpose Input/Output) から制御を行っている。また、Raspberry Pi にはトイレ全体を映すために魚眼レンズを取り付けた。撮影のカメラには Raspberry Pi PiNoir カメラモジュール V2 [12]、魚眼レンズには Magnetic Super Fisheye Lens [13] を用いた。

#### 3.1 尿汚れ検出

尿汚れ検出はカメラで撮影した2枚の画像に対して図5の流れで行う。

##### 3.1.1 汚れ検出部

汚れ検出部では、白色ライトと紫外線ライト2つの条件で撮影した画像の色差情報を用いて尿汚れ検出を行う。図6の(1)の白色ライト画像と図6の(2)の紫外線ライト画像に対して主成分分析を行い、図6の(3)のような汚れ強調画像を取得する。



図4 システムの設置例

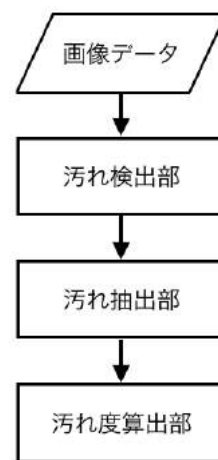
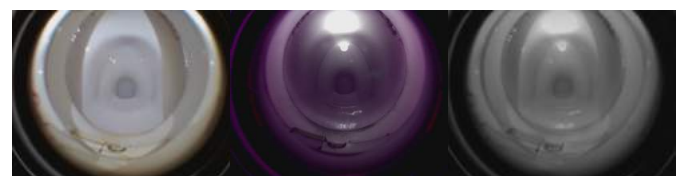


図5 尿汚れ検出の流れ



(1) 白色ライト (2) 紫外線ライト (3) 処理結果

図6 主成分分析での尿汚れ検出例

##### 3.1.2 汚れ抽出部

汚れ抽出部では、汚れ検出部で取得した汚れ強調画像に対して2値化処理を行い、汚れ部分のみを抽出する。図7に汚れ強調画像の最頻値で2値化処理した画像を示す。図7では、紫外線ライトの光まで検出しており、汚れのみを抽出できていない。

そこで、図7の画像に対して、輪郭抽出を行い、その領域内の面積を求めることによって紫外線ライトの光を除去する。今回設置した紫外線ライトの大きさは5.5cmのため、1ピクセルを0.35mmと計算し、領域内の面積が25000ピクセル以上のものを除外している。また、面積が小さすぎるものも対象外としている。紫外線ライト除去した画像を図8に示す。紫外線ライトの光が除去され汚れ部分のみを抽



図 7 2 値化処理結果画像

出している。



図 8 紫外線ライト除去処理結果画像

### 3.1.3 汚れ度算出部

汚れ度算出部では、汚れ抽出部で取得した 2 値化画像を元に汚れ可視化画像を作成し、汚れ度を算出する。汚れ度は 2 値化画像の画素値の割合を元に算出を行う。図 9 に汚れ可視化画像を示す。緑色に囲まれた部分が尿汚れとして検出した部分である。

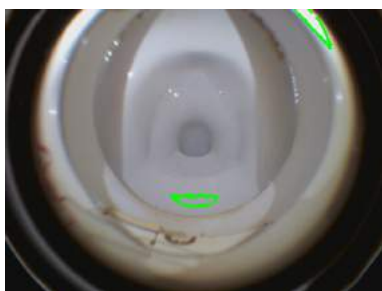


図 9 汚れ可視化画像

図 9 の汚れ度は 3.1 % と算出され、この値と汚れ可視化画像を Android 端末に送信する。図 10 に端末に送信された汚れ具合表示例を示す。

## 4. 評価

本論文では、尿汚れ検出に関する評価を行うために、システムを 15 日間筆者自宅トイレに設置した。15 日間の間にトイレを 40 回使用しており、1 日平均 2.67 回使用した。また、使用した 40 回のうち小便を 32 回、大便を 8 回行った。表 1 に 15 日間の経過画像を載せる。

誤検出しているところもあるが、日数が経つ毎に検出で

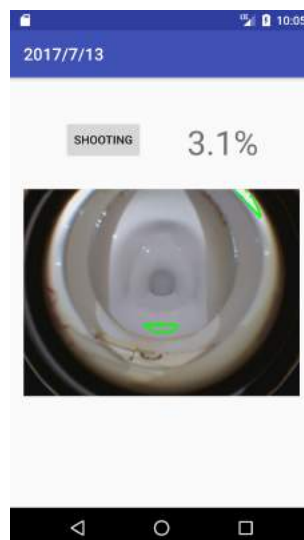


図 10 汚れ具合表示例

きている尿汚れが増えており、尿汚れが検出できていることがわかる。汚れ度の推移を図 11 に示す。7/13 の初日に 3.1 % と汚れ度が算出されている。これは、掃除を行った際にうまく掃除できていなかった為、尿汚れがあるとシステムが判定した為である。全体的に見ると汚れ度は増えてきているが、7/17, 20 では汚れ度が大きく減少している。

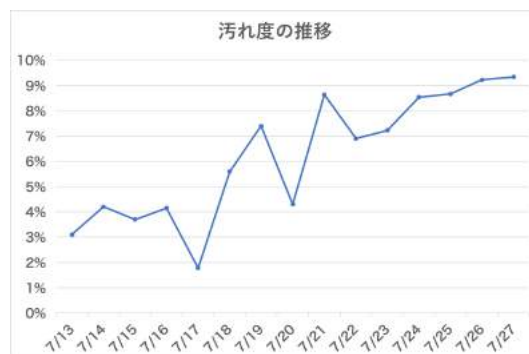


図 11 汚れ度の推移

表 1 の 7/16, 18, 19, 21 と比較しても同じ部分を検出することはできているが、7/17, 20 では検出している尿汚れの範囲が小さくなっている。この原因として考えられるのは、輪郭抽出を行った際に領域が分割されて、領域内の面積が小さすぎると判定された為である。この事から、前日の可視化画像と比較して汚れ度を算出する必要がある。

## 5. 考察・展望

今回は尿汚れの検出部分を評価する段階まで進めた。日常生活においてトイレは毎日使うため、取り付けたシステムがズレてしまう設置上の問題がある。システムがズレてしまった場合でも前日までの画像から補間できる方法はないか調査を行う。汚れ度が減少していた場合には検出ミスではなく、掃除を行った可能性があり、現時点では判定が不


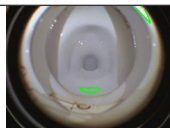
























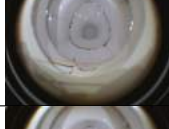
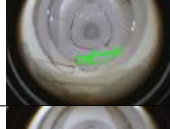




可能である。その為、掃除を行った場合に汚れ度がどれだけ減少するかを調査し、掃除を行った判定をできるようにする。今回の評価で検出することができた尿汚れはトイレの水たまり部分周辺のみであり、トイレ全体の尿汚れは検出できていない。今後はトイレ全体の尿汚れを検出できるように撮影条件や紫外線ライトの光を変更して調査を行う。また、尿汚れがどの程度ある時に掃除をした方が良いかという定量的なデータは無い。そこで、尿汚れの量と臭気の関連性を調査し、掃除を行うタイミングを見つける。

### 参考文献

- [1] 小林製薬 自宅に訪問時・来訪時に気になる場所  
[https://www.kobayashi.co.jp/corporate/news/2012/120723\\_01/index.html](https://www.kobayashi.co.jp/corporate/news/2012/120723_01/index.html)
- [2] @nifty ニュース 何でも調査団 掃除についてのアンケート・ランキング  
[http://chosa.nifty.com/life/chosa\\_report\\_A20131206/](http://chosa.nifty.com/life/chosa_report_A20131206/)
- [3] PRTIMES 夫婦間の異性としての魅力度とトイレの消臭に関する調査  
<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000001.000006237.html>
- [4] マイボイスコム株式会社 トイレ掃除に関するアンケート調査  
<https://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/21806/index.html>
- [5] 「健康食品」の素材情報データベース ビタミン B2(リボフラミン)  
<http://hfnet.nih.go.jp/contents/detail49.html>
- [6] 伊藤 良太, 桶谷 新也, 藤田 和弘: "布汚れの鮮鋭化画像処理"  
[http://imagelab.jp/cloth\\_stain\\_2016Mar/cloth/cloth.html](http://imagelab.jp/cloth_stain_2016Mar/cloth/cloth.html)
- [7] おそうじ専用のメモ & リマインダー [おそうじログ]  
<http://ur0.work/EM41>
- [8] 暮らしのマーケットマガジン ベストな掃除の頻度  
<https://curama.jp/magazine/929c9570-d7ed-449a-8c30-605644f1c0ed/>
- [9] Laurens Boer, Nico Hansen, Ragna L. Moller, Ana I.C. Neto, Anne H. Nielsen, Robb Mitchell: "The Toilet Companion: A toilet brush that should be there for you and not for others": Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference, Pages 151 - 154 (2015)
- [10] 紫外線 LED NSPU510CS <http://www.nichia.co.jp/specification/products/led/NSPU510CS.pdf>
- [11] 1W 白色パワー LED OSW4XME1C1E-100 <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-03042/>
- [12] Raspberry Pi PiNoir カメラモジュール V2  
<https://www.raspberrypi.org/products/pi-noir-camera-v2/>
- [13] マグネティック スーパー 魚眼レンズ for Raspberry Pi Camera - Magnetic Super Fisheye Lens  
[http://fado.vn/jp/dp/B0115XE4P2/ref=twister\\_dp\\_update?ie=UTF8&psc=1](http://fado.vn/jp/dp/B0115XE4P2/ref=twister_dp_update?ie=UTF8&psc=1)

表 1 尿汚れ検出経過

日付	通常画像	可視化画像	汚れ度
7/13			3.1 %
7/14			4.2 %
7/15			3.7 %
7/16			4.15 %
7/17			1.78 %
7/18			5.6 %
7/19			7.4 %
7/20			4.3 %
7/21			8.64%
7/22			6.9 %
7/23			7.23 %
7/24			8.54 %
7/25			8.67 %
7/26			9.23 %
7/27			9.34 %