

2018 年度 ロボティクス学科 PDⅢ公開発表審査会			テーマ番号	1ER07
プロジェクト テーマ	和文	トイレ掃除ロボット Happy Burger の開発	指導教員	出村 公成 教授
	英文	The Development of Toilet Cleaning Robot Happy Burger		
氏名		4ER1-71 湯田 晴也 (Haruya Yuda)		

Abstract This paper presents Happy Burger which is the robot for Toilet Cleaning. Robotization of toilet cleaning can solve one of the problem of super-aging society with support for old people. Happy Burger moves in and cleans bathroom by its wheels, dust suction machine inserted on its bottom and 4 degrees of freedom robotic arm mounted on top of the robot and recognizes toilet seat by 2DLidar and depth camera. Happy Burger has size of 400mm×350mm×240mm and weight of 13kg including computer.

The experiments were conducted at a bathroom model. For the sake of simplicity, each single separated values were analyzed and the experiments showed the robot cleans 85% for 90% area of bathroom. The robot Happy Burger has potential in areas such as life support.

Keywords Robot, Cleaning, Autonomy, Toilet, Bathroom

1. はじめに

現在、高齢者 1 人の生活は生産年齢者 2.3 人によって支えられている。出生率が低迷すると仮定した場合、2065 年には高齢者 1 人は生産年齢者 1.2 人によって支えられることになる。この超高齢社会では高齢者の生活を支援することが生産年齢者の課題の一つである。この生活支援の取り組みとしてトイレ掃除も要求されている。

本プロジェクトではトイレ掃除を、トイレトペーパーの塵取りと便器の拭き掃除と定義し、トイレ掃除のできるロボットの開発を目的とする。

トイレ掃除にロボットを使用する方法として、トイレ自体をロボット化する方法やトイレの部屋をロボット化する方法が考えられる。本プロジェクトではトイレ以外のリビングなど、トイレに限定されない生活空間でのロボットによる生活支援の要求にこたえることを狙い、自立型の小型ロボット Happy Burger を開発した。

2. トイレ掃除ロボットの開発

2.1 要求仕様

トイレの部屋の定義をトイレの部屋全体にすると部屋の換気扇など対応すべき範囲が広くなりすぎてロボットの構成が大きくなりすぎてしまう。そこで清掃対象を、洋式トイレの便座までの高さまで限定した。またトイレに存在するゴミにはトイレトペーパー以外にも髪の毛、さらには床面にこびりつき湿式清掃を必要とするものもあるが、今回は乾式清掃を必要とするトイレトペーパーに限定した。ロボットは塵取り清掃を行い、尿の拭き掃除を行う必要がある。また、ロボットはトイレの部屋に入られる大きさである必要がある。そこで要求仕様を以下のように定義した。

- (1) トイレに散らばった 5mm 角のトイレトペーパーをロボットが自身のごみ箱に収納できる。
- (2) トイレ側面や便座下の上面につく飛沫の 8 割を除去できる。
- (3) 直径 450mm に収まる[1]。

2.2 技術課題と解決方針

トイレ側面は曲線であるため、エンドエフェクタを局面に沿って動かす必要がある。そのため、4 自由度のロボットアームを搭載した。また、トルクモードでアームを動かすことによってトイレ側面を拭いた。さらに、自動ロボットとしてトイレの部屋におけるトイレとロボットの位置関係を把握する必要があるため、2DLidar と Depth Camera をそれぞれ自己位置推定とトイレの形状推定のために搭載した。

2.3 アイデア仕様

ベースに掃除ロボット、ロボットアームにはサーボモータを 5 つ使い、センサには 2DLidar と Depth Camera を用いた。仕様を Table 1 に示す。また、ロボットの外観と構成図を Fig1、Fig2 に示す。

3. 実験

3.1 実験条件

トイレの部屋モデルを Fig. 3 に示す構成で用意した。また、実験の際には、ゴミを模した 5mm の長さに切ったトイレトペーパーが任意の位置に置かれ、模擬尿で汚され、掃除が必要な状態を再現した。

Table 1 Specification

Vehicle dimension	400[mm]×350[mm]×240[mm] Body only
Weight	13[kg] including computer
Actuators	DC12[V], Dynamixel XM430-W350-R
Power Source	Two 6.6[V] Li-Fe Batteries
Sensors	HOKUYO 2DLidar UTM30LX, INTEL REALSENSE DEPTH CAMERA D435
Computer	ALIENWARE 13 GAMING Laptop

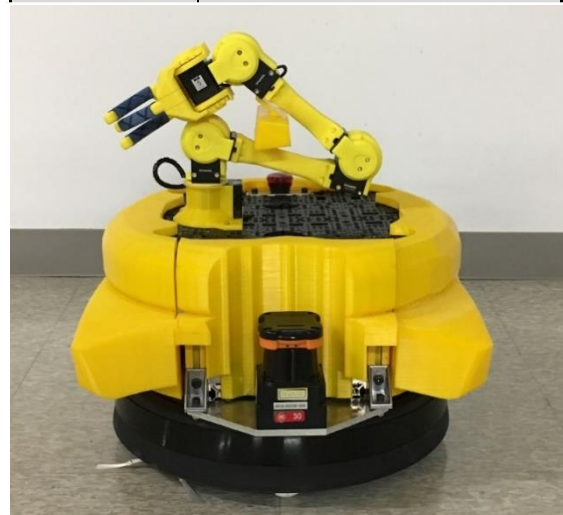


Fig. 1 Exterior the developed robot Happy Burger

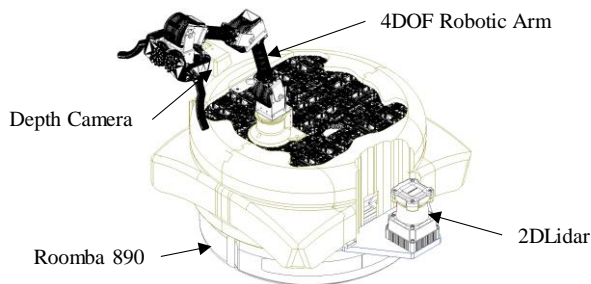


Fig. 2 Toilet cleaning robot Happy Burger

トイレの部屋モデルは実際のトイレ環境で特に汚れると想定される部分を黒色にした。実験では、ゴミや尿のモデルは黒色の部分にあり、ロボットがそれを取り除くことができるか評価を行った。さらに実験は問題の単純化のために要素ごとに分けられ、以下 3 点の検証が行われた。

(1) 便器とロボットの位置関係が取得できるかの検証。

自己位置推定のために用いられる 2DLidar がどの範囲で環境値を取得できるか検証した。

(2) 5mm 角のトイレットペーパーを取り除けるかの検証。

ロボットを無線操作し、無作為に置かれた 5mm 角のトイレットペーパー 5 つをいくつ取り除けるか検証した。

(3) 模擬尿として用意する、水性ペンで描かれた線を取り除けるかの検証。

ロボットを無線操作し、尿を模してつけられた水性ペンの汚れをどの程度取り除けるか検証した。

3.2 実験結果

ロボットの持つハードウェアの機能として、トイレの汚れを、部屋の 80%以上の範囲で、統計的に 80%以上取り除けることが分かった。以下に 3.1 項で示した各実験結果を述べる。

(1) 便器とロボットの位置関係が取得できるかの検証。

ロボットに搭載された 2DLidar は、便器とロボットの位置関係を、ヨー角で -70° から 70° の範囲で取得した。ロボットが障害物を認識するために必要な距離は 170mm だった。

(2) 5mm 角のトイレットペーパーを取り除けるかの検証。
30 秒程度で 100%取り除いた。

(3) 模擬尿として用意する、水性ペンで描かれた線を取り除けるかの検証。

便器側面の清掃具合を示す実験結果を Fig. 4 に示す。トイレの床から 5mm の高さでは拭き残しがあったが、その部分を除いた、94%の範囲で 86%以上汚れを取り除いた。

4. 考察

トイレ内の便器が壁かどの程度離れているかなどの位置関係が既知であるとすれば、トイレはロボットが障害物を認識するために必要な距離より十分大きいので自動ロボットとして自己位置推定は十分できると考えた。また、ハンドアイカメラを組み合わせることで、狭い空間でもぶつからないよう移動できると考えている。

隅に置かれたトイレットペーパーも取り除くことができた。ロボットが移動した領域を把握できれば、トイレットペーパーの位置が推定できなくてもトイレットペーパーを 100%取り除くことができる。

トイレの床から 5mm までの範囲で拭き残しが多かったことには 2 つの理由があると考えられる。1 つはトイレ側面にくぼみがあり、くぼみについた汚れを取り除くことができなかったことである。もう 1 つは、トイレの床から 5mm までの範囲ではエンドエフェクタについてのスポンジ

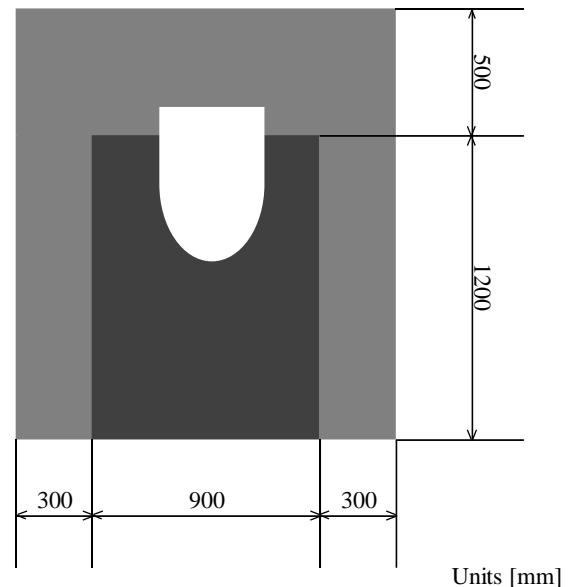


Fig. 3 Experiment environment

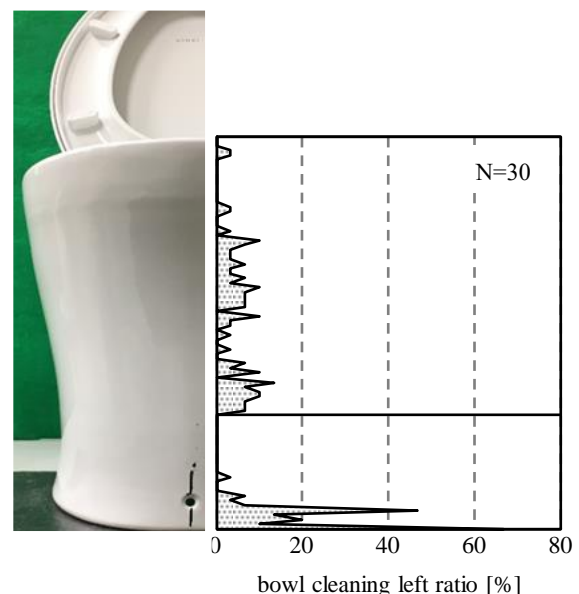


Fig. 4 Wipe toilet bowl cleaning result

がトイレと床の隅まで届かなかったことである。

5. おわりに

トイレ掃除のできるロボットを開発した。乾湿掃除に限定してハードウェアの評価を行い、塵取りは 100%、拭き掃除はトイレの 90%以上の範囲で、統計的には 80%以上汚れを取り除けた。また、2DLidar で取得できる環境値はヨー軸で -70° から 70° の範囲で、自動ロボットとして必要な自己位置推定もできることが分かった。

参考文献

[1] 薩見, 青山, 石川, 関, 足立, 石村, 高橋, 横田: “トイレ用小型清掃ロボットの開発”, 日本ロボット学会誌, vol. 29, no. 7, pp. 573-583, 2011.