

# 市販のポリッシャを2対用いた 自律型全方向移動可能床磨きロボットの開発 (第2報)

布施 嘉裕・吉村 千秋・西村 通喜・清弘 智昭\*<sup>1</sup>・丹沢 勉\*<sup>1</sup>・井上 敬一\*<sup>2</sup>

## The Development of Omnidirectional Twin Brushes Polishing Robot without Driving for Locomotion and Steering (2nd Report)

Yoshihiro FUSE, Chiaki YOSHIMURA, Michiyoshi NISHIMURA,  
Noriaki KIYOHIRO\*<sup>1</sup>, Tsutomu TANZAWA\*<sup>1</sup> and Keiichi INOUE\*<sup>1</sup>

### 要 約

廊下や部屋等の狭い範囲の床を清掃することを目的とし、持ち運びが容易で安価な床磨きロボットの開発が求められている。そこで、車輪等の駆動系を持たず、「ポリッシャ」の床磨きの原理を駆動系に応用することで小型化を図るとともに、ポリッシャを2対搭載することで全方向移動を可能とした床磨きロボットの開発を行った。本稿では、ロボットの機構と走行実験結果について報告する。

### 1. 緒 言

人間が操作することなく自律的に床面を清掃するロボットが開発されており、実際に清掃現場において使用される例も増加している。しかし、このようなロボットは人がいない夜間に広い範囲を清掃することが目的であり、長時間自動的に走行させる必要性から、バッテリーや洗剤等を搭載しているため、大型である。そのため、廊下や部屋等の狭い範囲を清掃することを目的とし、持ち運びが容易な床磨きロボットが求められている。

そこで、2個のポリッシャを有するツインポリッシャロボットが開発された。この床磨きロボットは姿勢を保ったまま任意の方向に移動が可能であるが、ポリッシャが2個あるため、シングルポリッシャロボット<sup>1)2)</sup>より制御が難しい。これを解決するため、非干渉PID制御を用い、ロボットの制御が可能であることを示した<sup>3)4)5)</sup>。

これまで、ブラシを傾ける方法として4個のサーボを用い、ブラシを傾ける角度と推進力との関係をあらかじめ求めておき、ロボットを制御していた。しかし、この方法はモップやパッド等清掃の際に必要なブラシの特性や、清掃の際に撒かれる水や洗剤等の床面の状況によって、ブラシと床面の間に生じる摩擦が変わるため、これに対応できないことが考えられる。これを解決するには、ブラシを傾ける角度を制御するのではなく、ブラシと摩擦の間に発生する摩擦、すなわち、ブラシを傾けるのに必要なトルクを制御すればブラシの特性

や床面の状況によらず、安定したロボットの制御が行えるのではないかと考えた。上記内容を実現するため、

- ・ 新型ロボットの設計・製作
- ・ ポリッシャのモデリング
- ・ ロボットの数式モデル
- ・ パラメータ推定
- ・ 制御系の解析
- ・ 制御系の設計
- ・ 走行実験

を行った。本稿では、「新型ロボットの設計・製作」と「走行実験」について述べる。

### 2. 新型ロボットの設計・製作

現行ロボットを“ツインポリッシャロボット”と呼称するのに対し、新型ロボットを“DUALPOD”とした。これは、DUAL (floor) Polishing Drive system の略称である。

#### 2-1 ツインポリッシャロボットの課題

これまで開発した“ツインポリッシャロボット”とその構造を図1、図2に示す。課題として、

- ・ 錆などによる可動部への影響
- ・ リンク部にロッドエンドベアリングを用いており、ブラシを傾ける制御の精度が低下する
- ・ ブラシを傾ける方法にサーボを用いており、ブラシの特性や床面の状況の変化に対応できない

といったことが挙げられる。

\*1 山梨大学

\*2 井上技研(株)

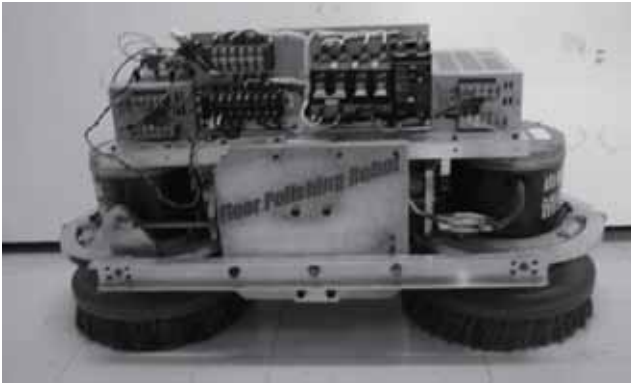


図1 “ツインポリッシャロボット”の外観

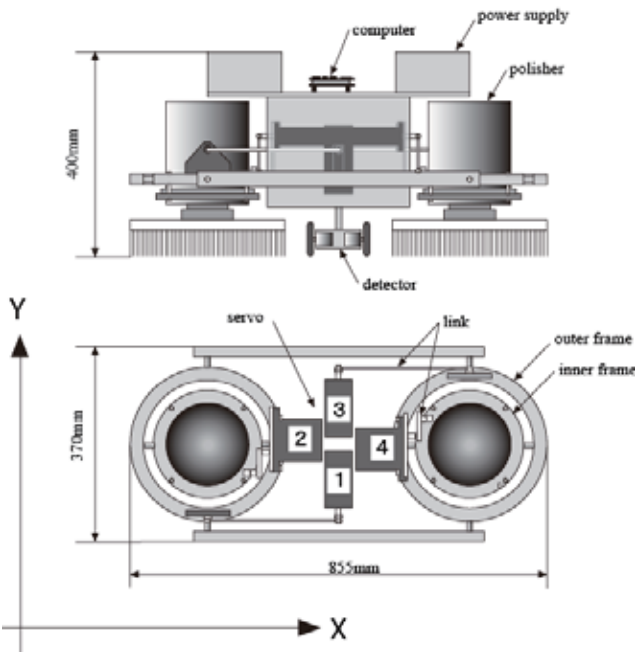


図2 “ツインポリッシャロボット”の構造

## 2-2 DUALPOD の設計・製作

そこで、これらの課題を解決するようなロボットを設計・製作した。方針として、

- ・ 部品の材質はアルミニウムまたはステンレス
- ・ リンク部はロッドエンドベアリングでない方式
- ・ ブラシを傾ける方法はブラシつき DC モータを用い、トルク制御を行う

とした。製作したロボットの外観を図3 に示す。

また、今回の制御結果について、ロボットの自己位置推定にはグローバルビジョンによる手法を、制御には、現代制御理論を用いた。



図3 DUALPOD

## 2-3 効率的な清掃経路に基づいたロボットの移動

廊下や部屋などの実環境を本ロボットが清掃する場合、壁から壁への往復を繰り返しながら少しずつ前進し、清掃領域を塗りつぶしていく経路が効率的であると考えられる。また、往復の際にブラシが磨く領域をその半径程度重ねればロボットが多少軌道からずれても磨き残しが生じることがない。これらの理由からロボットの経路を図4 のように決定した。

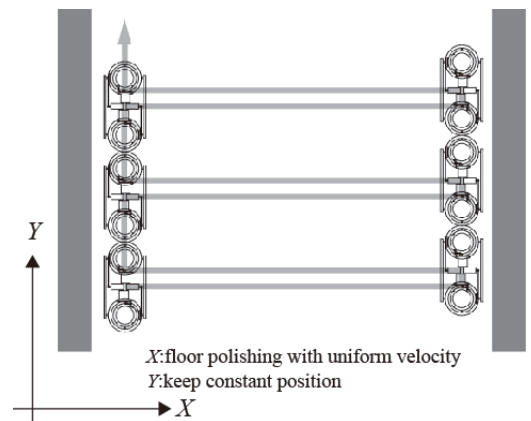


図4 ロボットの経路

本ロボットは、床を磨く作業を行うことから、汚れがひどい箇所は時間をかけて磨き、また、清掃範囲を満遍なく磨くといったことが必要となる。清掃経路としては、前者は速度制御、後者は位置制御が必要であることを示している。

ロボットの構造から図4 のように、X 方向は速度一定、Y 方向は位置一定でロボットを移動させ、Y 方向については、壁から壁への往復の際にはブラシで磨いた部分をブラシの半径約 150mm ほど磨く領域を重ねる必要がある。そのため、目標直線からのずれが 75mm 以下であれば磨き残しのない移動を行うことが可能である。

### 3. 静止実験

図 4 のようにロボットを配置し、 $-90\text{deg}$  のまま静止状態を保持した場合の X 方向, Y 方向の位置, 回転角度のステップ応答を図 5~図 7 に, このときのロボットの軌跡を図 8 に, グローバルビジョンの様子を図 9 に示す.

図 8 ロボットの軌跡



図 9 Global Vision

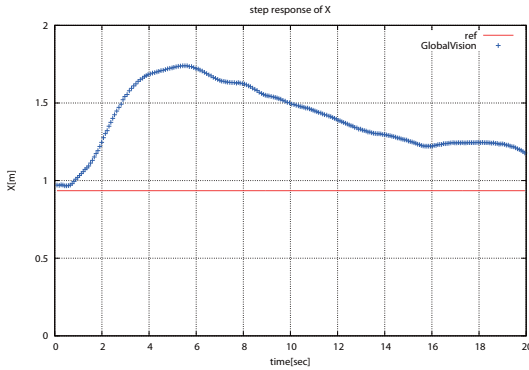


図 5 X 方向位置のステップ応答

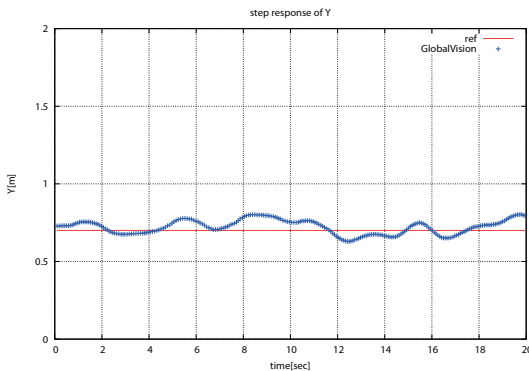


図 6 Y 方向位置のステップ応答

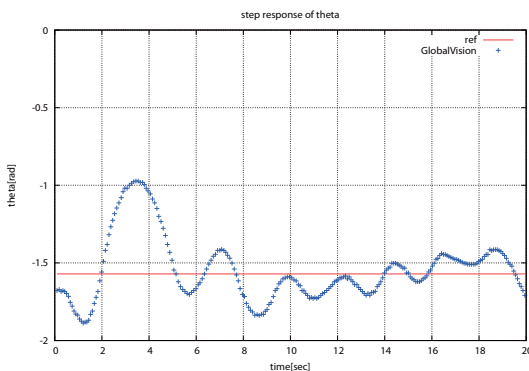
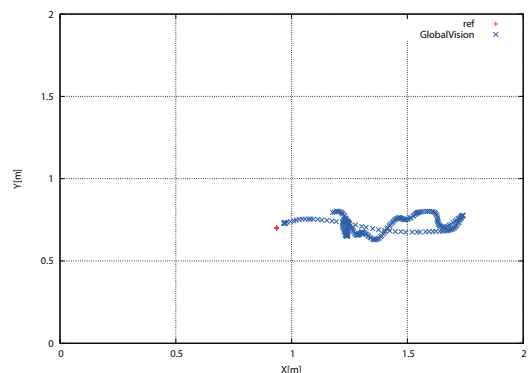


図 7 回転角度のステップ応答



この結果, X 方向について偏差は約 0.7m, Y 方向については約 0.15m となっている. また, 回転角度のステップ応答については, 周期約 3sec の振動が発生している. 原因として, ブラシを傾けないときにはロボットは静止しているという理想モデルで制御をおこなっているが, 現実には 2 個のポリッシャの回転数の違いやブラシの摩耗度などにより静止できず, X 方向へ移動していく. このことから, 制御計算に用いているモデルやパラメータが異なっている可能性がある.

### 4. 結言

本研究では, 床磨きロボットの全方向移動を目的としたロボットの開発を行った. ロボットの機構を見直し, モータの制御方法としてトルク制御を採用した. また, ロボット全体の制御には, 現代制御理論を適用し, 自己位置推定にはグローバルビジョンを用いた. ロボットを制御した結果から, 偏差および振動が発生しており, 制御モデルやパラメータを再度検討する必要がある.

### 参考文献

- 1) H.Furiya, N.Kiyohiro, T.Tanzawa : "Floor Polishing Robot Driven by Self Propulsive Force", Proc. of International Conference on Advanced Mechatronics, P.208-213 (1993)
- 2) 降矢裕, 清弘智昭 : "床磨きロボットの自己推進制御", 日本ロボット学会誌, **Vol.13**, No.6, P.854-859 (1995)
- 3) H.Furiya, N.Kiyohiro, T.Tanzawa : "The Motion Control for Twin Brushes Polishing Robot", Proc. of 3<sup>rd</sup> IASTED International Conference of Control and Application, P.222-227 (1995)
- 4) 長江信明, 清弘智昭, 降矢裕 : "ツインポリッシャ床磨きロボットの走行制御", 第 15 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, P.279-280 (1997)
- 5) 布施嘉裕, 丹沢勉, 清弘智昭 : "全方向移動床磨きロボットへの非干渉 PID 制御の適用", 日本ロボット学会誌 **Vol.27**, No.6, P.679-684 (2009)