

研究計画書

車輪に依存しない段差踏破ロボットの開発

千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科 米田研究室
学生番号 21C1016 稲葉健

2024 年 4 月 18 日

1 研究背景

近年普及の進む掃除ロボットを始めとする室内移動系のロボットは、車輪径・車高を大きくすることが難しいケースも少なくない。しかし、一般的な車輪ロボットでは、車輪半径の半分以上、車高以上の段差を登攀することは困難である。そのため、現行の室内移動ロボットの運用は、大きな段差のないフロアを移動することが主である。



Fig. 1.1 段差を乗り越えるルンバ

[1]

したがって、室内移動型のロボットを複数階建ての一軒家などで運用する場合、複数のフロアで稼働させるためには人間がロボットを移動させるか、別フロアの作業は人間が行う必要がある。移動させる作業はロボットの重量が増えていくごとに困難になり、作業中の事故なども懸念される。また、人間が代替りの作業を行うとなると、ロボットを導入したメリットを享受できるのが 1 フロアだけになってしまう。

そこで、車輪で移動を行い、段差の上り下りを車輪に依存せずに行うロボットを開発すれば、車輪径や車高は別の問題に最適化しつつ、フロア移動が可能になるのではないかと考えた。

2 研究目的

現在普及の進む掃除ロボットの中には段差登攀性能を売りにしている製品も存在する。しかし、Fig.2.1 に示すようにその多くが 20mm 程度のカーペットやラグなどで生じる小さな段差を想定しており、階段サイズの段差を登攀可能な製品は少ない。



Fig. 2.1 Panasonic RULO

[2]

一般的な階段の段差は約 200mm 程度であり、奥行きは 300mm 程度ある。

本研究では一般家庭の階段を連続登攀することを想定し、直径 300mm の円内に全長が収まり、200mm の段差登攀性能を有すロボットの開発を目的とする。また、車輪径については、iRobot 社のルンバの車輪径よりも小さい 55mm 径のものを使用し、既存のロボットにも応用可能であることを示す。

3 研究方法

段差踏破方法について、二つのユニットを用いて互いを持ち上げ合う方式を取る。

Fig.3.1 に示すように、二つのユニットをアームし、上の段に登ったユニットに重りを移動させ、段差の下ユニットを持ち上げることで段差の登攀を完了す

る。登攀の際に移動させる重りの条件式である。

$$M = \frac{l' + l \cos \theta - l''}{l''} m \quad (3.1)$$

M : 移動させる重りの質量 [kg]
 m : 1 ユニットの質量 [kg]
 l : ユニット間距離 [mm]
 l', l'' : ユニットの支点から重心の距離 [mm]

θ は地面とアームの角度である。

式 (3.1) より, M を最小限に抑えるには持ち上げる瞬間の $l \cos \theta$ を小さくする必要があることが分かる。そのため、アームの中央に自由度を追加し、したユニットの持ち上げ時には Fig.3.2 の様にアームを畳み込み、モーメントを減少させる。

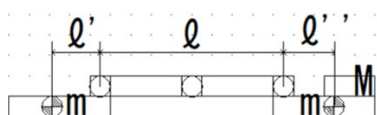


Fig. 3.1 機体模式図

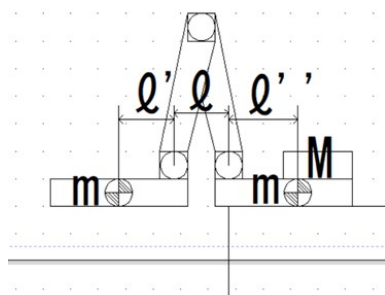


Fig. 3.2 登攀動作模式図

重りの移動について、アームが 3 自由度であり、各ユニット間の距離が不定になるため、液体をポンプで輸送する方法を採用する。液体は安価で安全な水道水を使用し、二つのユニットについてタンク内を行き来させることで持ち上げ動作時に接地するユニットを切り替え、段差を登攀する。

製作するユニットを Fig.3.3 に示す。

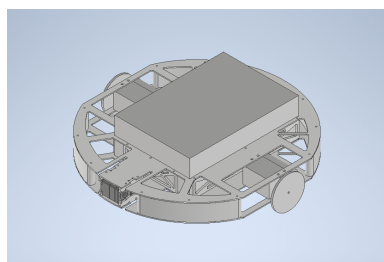


Fig. 3.3 ユニットの CAD 図

また、狭い段差内で移動する際の形状を Fig.3.4 に示す。

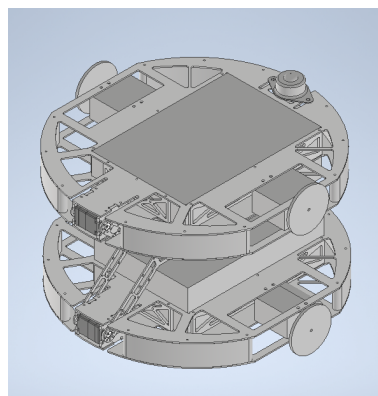


Fig. 3.4 移動時の CAD 図

階段の奥行である 300mm 以内に収まる様に 3 自由度のアームを畳み込み、二つのユニットが重なる形で登攀を開始する。

4 スケジュール

今年の 6 月末までに現在設計中の試作機を完成させ、単純な 200mm の段差を登攀する実験を行う。現在移動させる質量の参考にしての式から導かれる数値と実際の値を比較し、式の正誤を確認する。

また、段差を登攀する際にモーメントを最小に抑える軌道を求め、実際の階段での連続登攀実験を行う。

5 期待される効果

室内移動型のロボットの行動範囲を広げ、階段や段差の多い家屋内での運用を押し進める。また、重心移動機構を個別に取り付けることにより、車輪径以上の溝など段差以外の障害物を避けることも可能になる可能性がある。

6 大学院での抱負

大学院で勉強し、さらに知見を深めることで、より学術に基づいた設計や制御を行い、私の製作物のクオリティを上げていくことができると考える。また、サークル等で後輩の指導を行った経験を活かし、研究室のみならず TA などの活動で、よりレベルの高い結果を残せるように後輩たちのサポートを行いたいと考えている。

7 引用

- [1] iRobot Roomba Combo™ i5+
<https://www.irobot-jp.com/roombacombo/i5/>
(参照 2024-4-18)
- [2] Panasonic ルーロ
<https://panasonic.jp/soji/products/rulo.html>
(参照 2024-4-18)