

研究計画書

車輪に依存しない段差登攀ロボットの開発

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 24 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、その作業内容の特性上車輪径・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内を移動することが主であり、段差がある場合部屋間の移動やフロア間の移動を含む運用をすることは少ない。



Fig. 1.1 Robots that move around the home[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や、部屋間に段差のある家屋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、複数台のロボットを稼働させる必要がある。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。また複数台稼働させるとなると、1台の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。それは床面積の小さい家屋での導入に際してマイナス要素となる。

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、フロア間の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。しかし図 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 A cleaning robot with the ability to overcome lag[2]

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て開発を行う。一般的な階段の段差は約 200mm 程度であり、奥行きは 300mm 程度なため、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、普及している掃除ロボット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、二つの台車を用いて互いを持ち上げ合う方式を取る。

図 3.1 に示すように、二つの台車をアームで接続する。上の段に登った台車に重りを移動させ、段差の下台車を持ち上げることで段差の登攀を完了する。式 (3.1) は登攀の際に移動させる重りの条件式である。

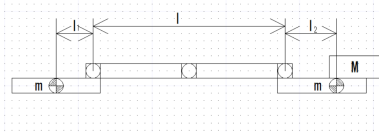


Fig. 3.1 Aircraft schematic diagram

$$M = \frac{l_1 + l \cos \theta - l_2}{l_2} m \quad (3.1)$$

- M : 移動させる重りの質量 [kg]
 m : 台車の質量 [kg]
 l : 台車間距離 [mm]
 l_1, l_2 : 台車の支点から重心の距離 [mm]
 θ : 台車とアームの角度 [deg]

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、段差の下にある台車を持ち上げる際には図 3.4 の様にアームを畳み込み、モーメントを減少させる。製作する機体を図 3.2 と図 3.3 に示す。

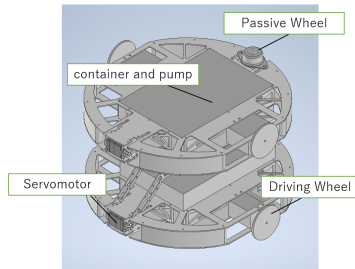


Fig. 3.2 Overall view when moving

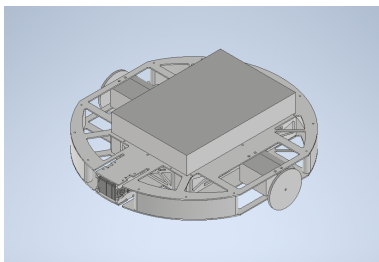


Fig. 3.3 designed trolley

重りの移動についてアームが 3 自由度であり、各台車間の距離が可変になるため、液体をポンプで輸送する方法を採用する。水を始めとする液体を二つの台車についた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台車を切り替え、段差を登攀する。

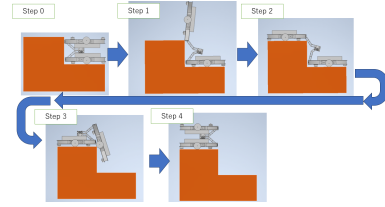


Fig. 3.4 Image of movement when climbing steps

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。10 月末までに現在移動させる質量の参考にしてしている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。12 月末までには実際の階段での連続登攀実験を行い、性能評価を行う。

また、大学院では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、段差登攀動作の最適化を図るとともに、研究を拡張し段差以外での有用性や、平地での走行性能等も考慮した設計を行う。

また、現行の水の移動による質量の移動は車体を安定させながら移動させられるが時間が掛かる。水の移動は段差 1 段ごとに行うため、水の移動時間は段差登攀に掛かる時間に直結し、水の移動時間はポンプの性能に依存する。そのため現行の方法は時間短縮に限度がある。そこで現行の研究の発展としてブローや吸盤等の方法で吸着し、移動させる質量の代替えとすることで段差登攀の時間の短縮を図る。

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。

更に、車輪に依存しないため、メカナムホイールやオムニホイールなどの全方向移動機の段差登攀方法としての効果も期待される。

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、より学術的知見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る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、研究室内のみならず TA や研究室内での指導も積極的に行う。

7 引用

[1] kachaka

<https://store.kachaka.life/products/detail/50>

(参照 2024-4-19)

[2] Panasonic ルーロ

<https://panasonic.jp/soji/products/rulo.html>

(参照 2024-4-18)