

段差乗り越え能力を有する全方向移動ロボットの開発

○金沢 竜也 (東理大) 山下 淳 (東大) 浅間 一 (理研) 嘉悦 早人 (理研)
遠藤 勲 (理研) 新井 民夫 (東大) 佐藤 一省 (東理大)

Development of an Omni-Directional and Step-Climbing Mobile Robot

*Tatsuya Kanazawa, Science University of Tokyo, Atsushi Yamashita, The University of Tokyo,
Hajime Asama, RIKEN, Hayato Kaetsu, RIKEN, Isao Endo, RIKEN,
Tamio Arai, The University of Tokyo, Kazumi Sato, Science University of Tokyo

Abstract: This paper proposes a new holonomic omni-directional mobile robot that can climb up steps. A prototype robot has nine wheels with free rollers and a passive suspension system. The performance of the prototype robot is shown through experimental results.

Key Words: Omni-Directional Mobile Robot, Holonomic Robot, Step-Climbing

1. 序論

化学・原子力プラントのような大規模施設や工場等、屋内産業現場において、移動ロボットによる作業の自動化が望まれている。これらの場所では、人間が簡単に入り込めないような狭い場所や複雑な環境が存在するため、ホロミック全方向移動可能な移動ロボットを用いることが有効である¹⁾。また、同時に迅速に作業を遂行するために、高速移動性能が求められる。

そこで、これまで様々な全方向移動ロボットが提案されている。これまで開発されてきた全方向移動ロボットは平地での走行を想定したものがほとんどで、床面に小さな凹凸や段差がある環境には対応できない。しかし、ロボットが作業する屋内実環境では、ケーブルによる床面の凹凸や、多くの段差が存在する。

そこで本研究では、段差乗り越え能力を有したホロミック全方向移動ロボットの開発を行う。

2. 設計指針

ホロミック全方向移動を実現するための移動機構として考えられるのは、主に

- ① フリーローラ付き特殊車輪…制御が簡単、高速移動可能
- ② ステアリング付き車輪…一般の車輪が使用可能、1車輪につきアクチュエータが2個(駆動用・ステアリング用)必要
- ③ 球…摩擦によって駆動力が発生、制御が複雑
- ④ 脚…高速移動不可、制御複雑、移動誤差大の4種類である。本研究では、高速移動を実現し、機構が複雑でないフリーローラ付き特殊車輪¹⁾を採用した (Fig.1)。

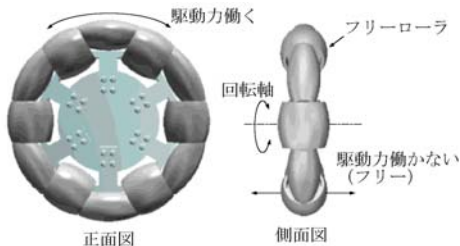


Fig. 1 フリーローラ付き特殊車輪

また、段差乗り越えについてはロボットが段差にさしかかった時にセンサ・アクチュエータを用いて車輪を上下させるアクティブな機構とパッシブな機構で段差を乗り越える方法とがあるが、本研究では制御が複雑でないパッシブな機構を採用する。

実際にロボットを設計するにあたり、重要となる要素は次の通りである。

1. フリーローラ付き車輪の駆動力伝達方向

Fig.1 に示したように、フリーローラ付き特殊車輪は一方のみ駆動力が働き、もう一方は完全にフリーである。よって3自由度全方向移動を実現するためには、複数の車輪を使用し、さらに車輪同士が直行するように配置する必要がある。

2. ロボットの安定性

段差乗り越えを行うことによって車輪が浮いた場合、ロボットが安定であるためには、ロボットの重心が各車輪を結んだ多角形の内部にある必要がある (Fig.2)。

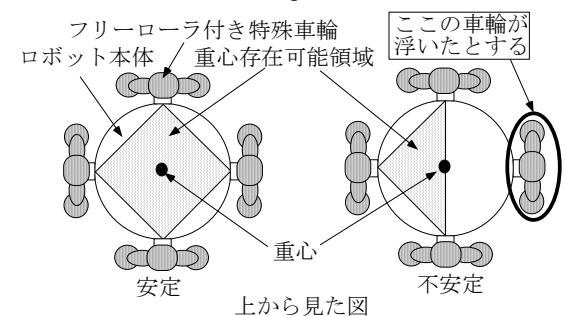


Fig. 2 重心存在可能領域によるロボット安定性

そこで、車輪数を増やすことによって車輪が浮いても重心が重心存在可能領域内に収まるようにする。

3. 段差に接触する車輪の径

段差を乗り越え能力は段差に接触した車輪の直径によって決定される。したがって、直径の小さなフリーローラが段差に接触するのを避ける必要がある。

4. 一方からの段差乗り越え

全方向からの段差乗り越えは必ずしも必要ではなく、Fig.3 のようにその場旋回によって

方向転換を行ってから、段差を乗り越えれば同等の段差乗り越え能力を得られる。

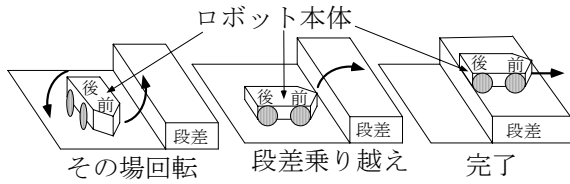


Fig. 3 一方向からの段差乗り越え

5. 一つの車輪あたりの力は小さく

段差を乗り越えるに必要な車輪のトルクを小さくする。そのためには、車輪数を多くして力を均等に分配することにより、段差を効率良く乗り越えられるようにする必要がある。

以上の1~5の要素をもとに、設計を行った。

3. 段差乗り越え機能を有した全方向移動ロボット

1の条件を満たす車輪配置を Fig.4 に挙げる。

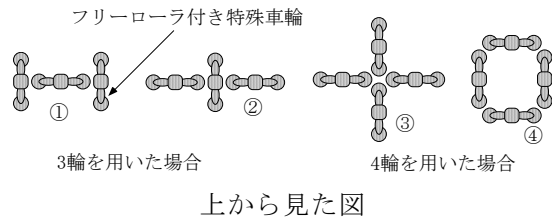


Fig. 4 直交させた車輪配置

さらに3と4の条件を満たす車輪配置を Fig.4 より選択すると①となった。次に2と5の条件より①をユニット化し、複数用いた。そしてパッシブに段差を登るための機構として、各ユニットをアームで繋ぎリンクさせた結果、著者らは全方向移動と段差乗り越えが可能な機構として9輪型ロボットを提案した (Fig.5, Fig.6)。

また、段差乗り越え能力を有する全方向移動ロボットの試作機を Fig. 7に示す。

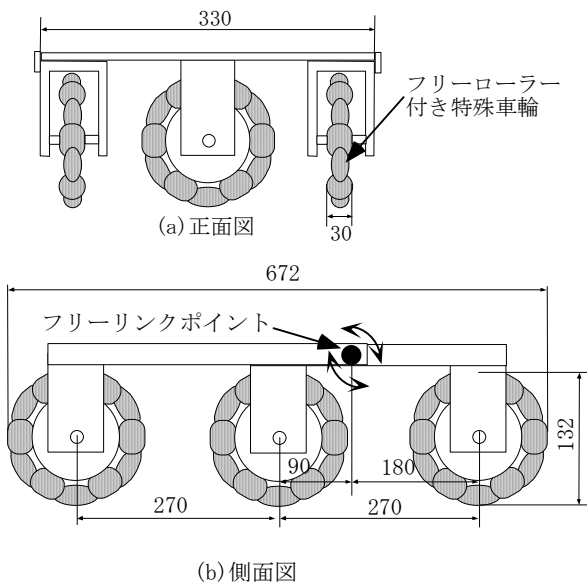


Fig. 5 9輪型ロボット (正面図・側面図)

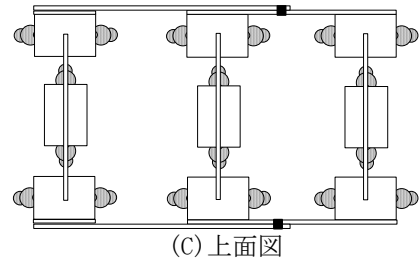


Fig. 6 9輪型ロボット(上面図)

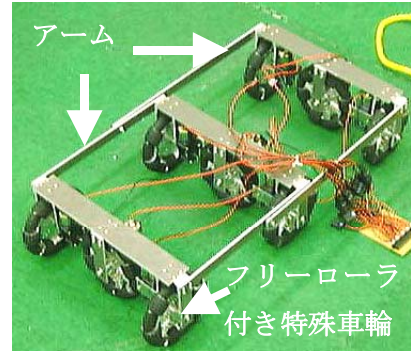


Fig. 7 9輪型ロボット試作機

Fig.7 の試作機を用いて平地での全方向移動能力の確認、および Fig.8 のように段差乗り越えを行い、その能力の確認を行った。

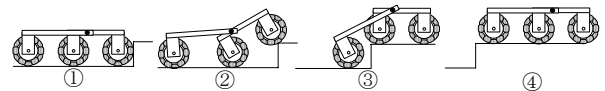


Fig. 8 段差乗り越え中の状態

実験の結果、平地での全方向移動能力が確認された。また、段差乗り越え能力については、一般では、車輪径の約1/3の高さを登ることができるのに対し、9輪型では車輪径の約3/5を登ることができた。つまり段差乗り越え能力が約1.8倍向上したことになる。

4. 結論

本報告では、段差のある環境で高い運動性能を獲得するために、平地ではフリーローラー付き特殊車輪を用いて全方向移動性を実現し、段差を登るためにサスペンションを工夫した9輪型移動ロボットを提案した。さらに、実際に試作機を用いて段差乗り越え実験を行うことにより、著者らが提案した機構の有効性を確認した。

謝辞

本ロボットの機構設計において貴重な御意見を賜った理化学研究所川端邦明氏、鈴木剛氏、倉林大輔氏に深く感謝する。

参考文献

- 1) 浅間一, 佐藤雅俊, 嘉悦早人, 尾崎功一, 松元明弘, 遠藤勲: "3自由度独立駆動型全方向移動ロボットの開発", 日本ロボット学会誌, Vol.14, No.2, pp.249-254, 1996.