

探索ロボットの製作

武村 航太郎

1. 研究概要

レスキューロボットを模した探索ロボットを製作することで、CAD 技術およびプログラミング技術の向上を図るとともに、ロボットに関する幅広い知識の習得と理解を目指した。

2. 研究の具体的内容

(1) カメラについて

本研究では、映像をスマートフォンに出力し、リアルタイムに映像を確認しながら操作することを想定しているため、探索ロボットには広角でブレが少ない GoPro HERO (2024) を搭載した。86g と非常に小型計量ながら防水性能を備えており、連続で 2.5 時間の連続撮影が可能である。(図 1)



図 1 GoPro HERO (2024)

(2) ロボットのタイプについて

当初、本研究では足回りにクローラ型を採用し、サブクローラ (図 2) など特殊な機構 (図 3) と組み合わせることで走破性の向上を図る予定だった。しかし、クローラ型は移動速度が遅く、「探索」を主目的とする本研究には適さないと判断した。また、レスキューロボットの分野ではクローラ型がすでに実用段階にあり、同様の機構を製作しても新たに得られる知識や成果は限定的であると考えた。そこで、ドローンのような高速性はない

ものの風の影響を受けにくく、クローラ型と比べて走破性は劣る一方で、より高い移動速度が期待できる点に着目し、本研究では足回りの方式としてタイヤ方式を採用した。



図 2 サブクローラの試作品

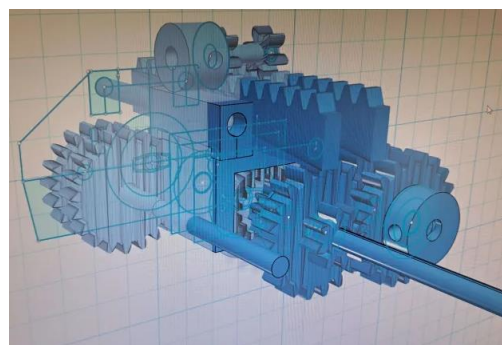


図 3 初期の機構

(3) ロッカーボギー機構

タイヤ方式でありながら高い走破性を確保するため、本研究ではロッカーボギー機構を採用した。ロッカーボギー機構は、不整地での走行性能向上を目的として開発された車輪支持機構であり、NASA の惑星探査ローバにも広く用いられている。最大の特徴は、各車輪が独立して上下動できる点にあり、これによりタイヤ径を超える段差であってもスムーズに乗り越えることが可能となる。また、サスペンションやバネを用いないリンク構造のみで構成されているため、機構がシンプルで故障しにくいという利点も持つ。本機構は、左

右のロッカーアーム（図4）、ボギーアーム（図5）、およびそれらを連動させる作動装置によって構成されている。地形に応じて各アームが適切な角度に変化することで、6輪すべてのタイヤが常に地面と接触し、安定した走行を実現する。段差に対しては、ボギーアームが段差形状に沿って持ち上がるため引っかかりが生じにくく、車体姿勢の安定性も高い。さらに、ロッカーアーム、ボギーアーム、および作動装置は保守性と組立性を考慮して分解可能な構造とし、すべて3Dプリンターを用いて製作した。



図4 ロッカーアーム



図5 ボギーアーム

（4）作動装置について

ロッカーボギー機構を構成する装置の1つである作動装置も3Dプリンターで作製した。差動装置のかさ歯車同士を上手く噛み合わせるために、左右2つのかさ歯車の中央には金属製の軸を通した。ガタつきを無くしたことで、動作が滑らかになり安定性が高まった。（図6・図7）

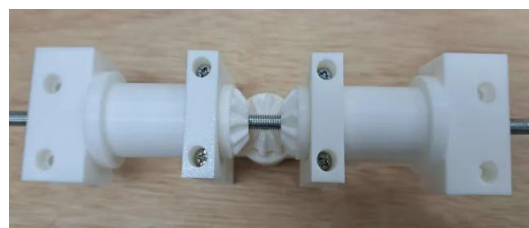


図6 差動装置

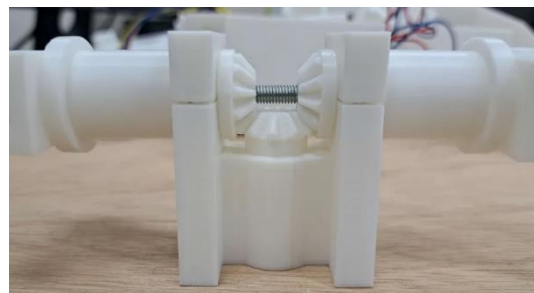


図7 差動装置（正面）

（5）車輪について

車輪には直径65mmのタイヤを採用し、ロッカーアームおよびボギーアームの先端にそれぞれモーターを配置した。6基のモーターが各タイヤへ直接動力を伝達できるよう、ホイールは3DCADと3Dプリンターを用いて独自に設計・製作した。

（6）CADを用いた設計について

本研究では、123D Designを用いてロボット本体、アーム、固定具などの設計を行い、それらを3Dプリンターによって出力した。

しかし、多くのレスキューロボットはクローラ型で、参考文献もあまり多くなかった。アームの長さや形状をどのように設計すれば安定して動作するのか、ボギーアームとロッカーアームの位置関係は、走破性にどのように影響するのか、などを判断することが困難であった。そこで本研究では、ロッカーアーム、ボギーアーム、モーターを収納する先端部分、差動装置との接続部分をそれぞれ独立した構造として設計し、後からネジ止めによって接続する方式を採用した。（図8）この構造により仮に設計の一部に問題が生じた場合でも、該当部分のみを換装することで容易に

修正が可能となった。その結果、繰り返し造形が可能な 3D プリンターの特性を有効に活用でき、試作や改良の効率向上につながった。

また、部品の換装や組み換えが容易であることから、使用状況に応じた修理や調整が行いやすく、ロボット全体のメンテナンス性も向上させることができた。

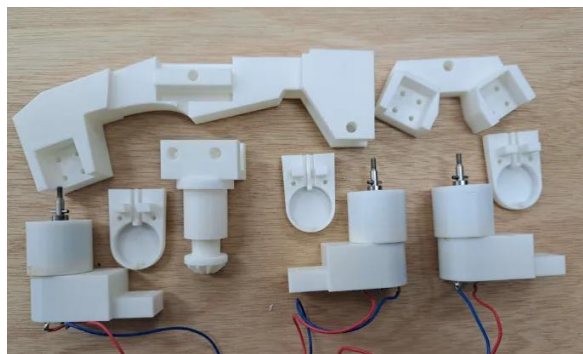


図 8 パーツごとに分解したアーム

(7) 通信機器について

遠隔操作を可能にするため、探索ロボットには TWELITE DIP を搭載した。本モジュールは最大約 1 km の通信距離を有し、汎用性が高く導入のハードルが低いことから、本研究に適していると判断し、採用した。(図 9)

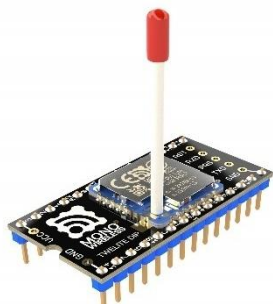


図 9 TWELITE DIP

(8) Arduino について

Arduino は ELEGOO UNO R3 を使用した。6 基のモーターは左右 3 基ずつ制御するため、ピン数は少なくても足りると判断し、本体のスペースも考慮し小型な物を採用した。

(図 10)



図 10 ELEGOO UNO R3

(9) 電源について

Arduino の電源には 9 V 角電池を 1 個使用し、モーター駆動用には 9 V 角電池を 2 個使用した。バッテリーではなく電池を採用した理由は、災害時においては、停電によりコンセントを用いた充電が困難になる可能性が高いためである。そこで、電源には入手性が高く、非常時にも確保しやすい角電池を電源として採用した。(図 11)



図 11 角電池

(10) 走破可能な段差の高さについて

バッテリー残量や進入角度といった条件に左右されるものの、本機は最大で 50 mm の段差を走破することに成功した。一般に、タイヤが自力で乗り上げられる段差の限界はタイヤ半径の 40~50% とされており、今回使用した直径 65 mm のタイヤでは理論上 12~15 mm

程度が上限となる。これを大きく上回る段差を走破できたことから、ロッカーボギー機構を採用した効果が十分に発揮されたといえる。これ以上の段差を乗り越えるには後部のタイヤをクローラ等にするなど、換装が必要となるが荒れた道を走らせる程度ならタイヤでも十分だと分かった。

3. 研究のまとめ

結論として、この課題研究には十分な時間をかけ、納得のいく成果を得ることができた。研究に着手したのは5月中旬で、班員が自分一人というもあり、その時点では他の誰よりも早く取り組み始めていた。当初はサブクローラを備えたクローラ型ロボットの製作を計画しており、まずはCADソフト「123D Design」に慣れるため、試作品の設計を繰り返しながら操作方法を習得していった。(図12)最終的にクローラ型の採用は見送ったものの、初期段階でCAD操作に習熟していたおかげで、ロッカーボギー機構を用いたタイヤ方式へ方針転換した後も、スムーズかつ迅速に設計・製作を進めることができた。試作品を実際に動かして改善点を見つけたり、失敗を踏まえて作り直したりする過程はどれも刺激的で、純粋に楽しいと感じられた。もともと大学進学後もロボット製作に携わりたいと考えていたため、この課題研究では高校生の私が作れる最高品質のものを作り、自分の将来の基盤にしたいという思いを強く持っていた。そんな思いを持った半年前の自分に恥じない物を作れたと思う。(図13)

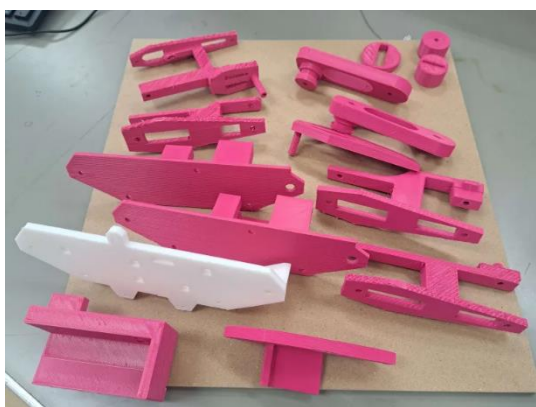


図12 初期の試作品

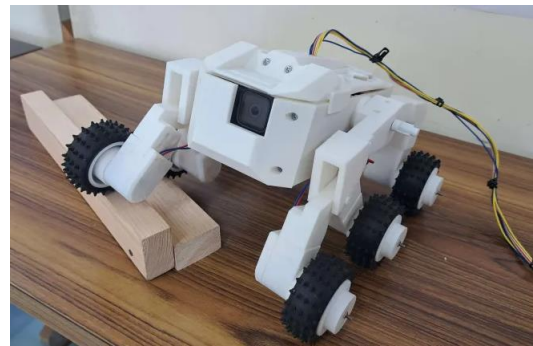


図13 岡工祭で展示した初期モデル

参考文献

SunFounder GalaxyRVR Kit for Arduino 1.0
ドキュメント

<https://youtu.be/90HxqwZaWRA?si=A1L7tty7I7AZ9vxn>

https://youtu.be/dts8WvfQUDg?si=_VOXgPs8rc.j9wyLp

Counter Rotating Differential Explained (Rover)

Google AI Pro - Video Gen Pup Strut 26s 16x9 jaJP

Monash Nova Rover Team | 2019 University Rover Challenge SAR

Monash Nova Rover Team | 2023 University Rover Challenge SAR

URC System Acceptance Review (SAR) 2023 | TMR - Toronto MetRobotics

GalaxyRVR Build Guide 1 - Constructing the Rocker-Bogie System

差動装置 (デフ) | どのような仕組みになっている?

Rocker Bogie Rover carrying a plastic bottle 01

[Mars Rover 2020 Project] Bogie suspension Tests

Mars rover inspired robotics project update: 2/18/2021: rocker-bogie suspension demo