

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：レスキューロボットプロジェクト

ミッション名：レスキューロボットの製作

ミッションメンバー：システム工学部2年高柳 克哉 システム工学部2年佐野 承士
システム工学部2年佐野 巧実 システム工学部3年柴田 康平
システム工学部2年田羅鋤 祐果 システム工学部2年仲 研太

キーワード：レスキューロボット 汎用アーム 長期使用 要救助者救助 逆運動学

1. 背景と目的

1.1 背景

レスキューロボットプロジェクトは、「レスキューロボットコンテスト（実際の災害現場を想定したフィールドからダミヤン（要救助者を模した人形）を救助する際の速さなどを競う競技、以下レスコン）で入賞すること、ロボットに関する必要な知識、技術を習得すること」を目標とし、救助ロボットを毎年新たに製作してきた。しかし、従来のこの方針では製作したロボットに課題点が見つかって改良が困難かつ、負担も大きかった。また、今年度は新型コロナウイルス感染症の影響で出場予定であったレスコンが中止となったため、来年度以降のロボット製作を見据えた準備・学習を行うことにした。

1.2 目的

昨年度、我々はスタートアップミッションでロボットの土台となる足回り部分を完成させており、そのロボットにレスコンのための機能を搭載する予定であった。そのため、昨年度製作したロボットの土台に搭載可能で、かつ来年度以降も長期使用できるよう汎用性を持たせたロボットアームの製作を行うことをこのミッションの目的とした。

2. 活動内容

2.1 汎用ロボットアームの製作案

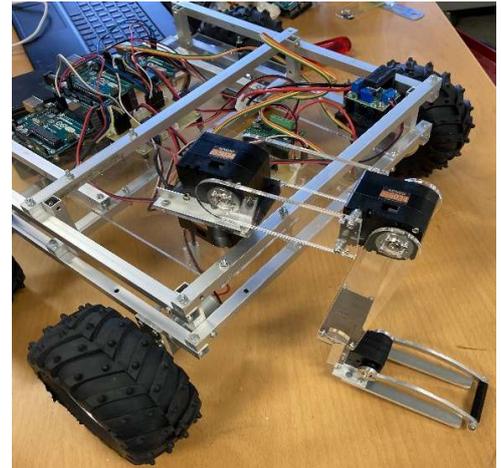
レスコンのフィールド上にはダミヤンのほかに、様々な形のがれきが設置されており、救助活動の妨げとなる。これらのことから、レスコンにおける汎用ロボットアームとは、ダミヤン救助とフィールド上のがれき撤去どちらも可能なものと考え、両方の機能を備えたアームの設計を目指した。

2.2 汎用ロボットアームの製作

アームの5つの関節部分は近藤科学のサーボモータ KRS シリーズを採用した。アーム全体を動かすため負荷の大きい根本部分の3つの関節は出力の大きい KRS-5034 を、それ以外の2つの関節は KRS-5034 よりも出力の小さい KRS-3304 を選んだ。フレームには、外部から対象の物体が見やすいように無色透明の厚さ 3mm のアクリル板を使用した。板材の加工には、CNC フライスとレーザーカッターを使用した。製作したロボットアームを図1に示す。



(a) 製作したロボットアーム



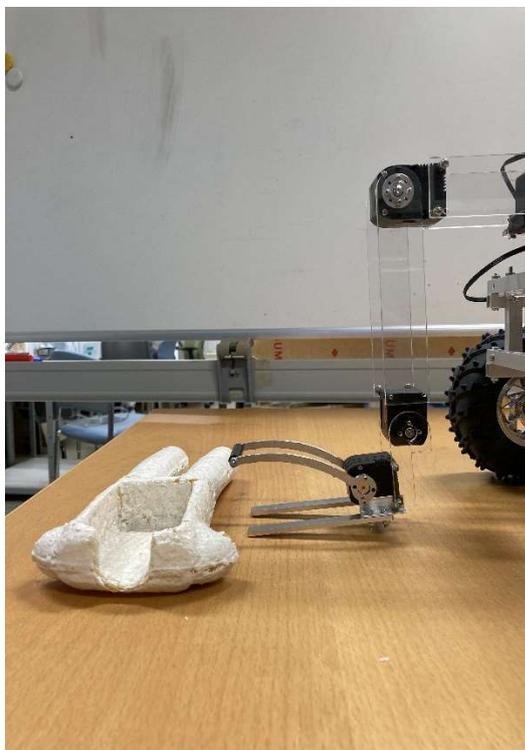
(b) 土台に乗せたアーム

図1 ロボットアーム

2.3 ダミヤン救助

要救助者を模したダミヤンに圧力や衝撃が加わるとレスコンにおいて減点される。そのため、レスコンにおけるアームの役割はがれき撤去がメインであった。アームでつかむという行為はダミヤンの負担が非常に大きいからである。

従来型のロボットアームにダミヤン救出という機能を持たせ、汎用性を高めるためにダミヤンの負担を減らす方法を考えた。図2に示すように、アームのハンド部分を地面と同じ高さになるように固定し、車体を前進させることによってダミヤンがハンド部分の2本の爪に乗り、つかむことなくダミヤンの負担を軽減しながら搬送することが可能である。



(a) 車体前進前



(b) 車体前進後

図2 車体移動でつかむ方法

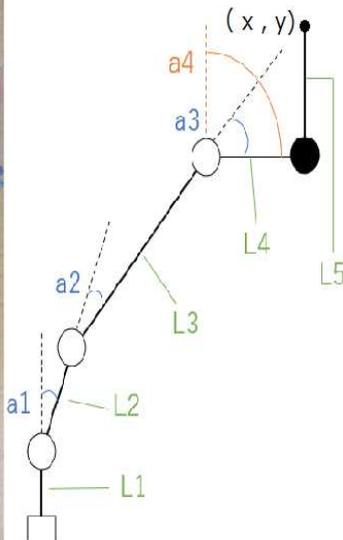
2.4 ロボットアームの制御

モータを制御するマイコンである Arduino とサーボモータ間の通信を行う ICS 変換基盤を使用することにより、近藤科学が配布しているライブラリなどが使用できるため、サーボモータを制御するプログラミングが容易になる。また、手先の位置から各関節の角度を求める逆運動学により、5つの関節を1つの座標入力で動かせるため簡単かつ素早くロボットアームを動かすことができる。また、単純に関節角度を送信しただけでは、指定の角度に最高速で動こうとしてしまうので、不安定な動作となる。そこで、モータの現在の角度を getPOS 関数で取得し、目標角度までの一次式の直線を細かく分割して、複数回に分けて角度を変換する直線補間を使い、滑らかな動作を可能とした。

3. 活動の成果や学んだこと

3.1 逆運動学

アームの制御方法を考える過程で、様々なロボットを動かすために広く利用されている逆運動学について学んだ。今回のアームでは、ハンドの開閉に使用する関節を除いた、アームの姿勢制御に関わる4つの関節の角度をアーム先端の座標と角度から、簡単な三角関数の計算で求めることができるため、制御が非常に楽になる。モデル化したアームと計算式を図3に示す。



$$a_4 = \frac{\pi}{2}: \text{入力変数}$$
$$(x_2, y_2) = (0, L1): \text{第2リンク座標}$$
$$(x_4, y_4) = (x - L_4, y - L_5): \text{第4リンク座標}$$
$$L_v = (x_4 - x_2)^2 + (y_4 - y_2)^2: \text{第2、第4リンク間距離}$$
$$a_1 = \arccos \frac{L_v + y_4^2 - x_4^2}{2L_v y_4} - \arccos \frac{L_2^2 + L_v - L_3^2}{2L_2 \sqrt{L_v}}$$
$$a_2 = \pi - \arccos \frac{L_2^2 + L_3^2 - L_v}{2L_2 L_3}$$
$$a_3 = a_4 - a_1 - a_2$$

3.2 機械加工

アームの制御に上記の逆運動学を使用するため、寸法の誤差が致命的なものとなる。なので、フレームやハンド部分などの素材を選定するとき、精度の低い手作業の加工しか行うことができないアルミ角パイプなどを避け、精度が高い機械加工を行うことができるジュラルミンやアクリルなどの板材を中心に購入し、それらの加工方法について学んだ。板材の加工は高精度かつ負担が少ないため、今後のロボットの様々なパーツに板材を活用していきたい。

CNCフライスは「エンドミルと呼ばれる回転する円形の刃を、Z軸を固定しながらXY方向に動かし板材を削る→Z軸を0.1mm下げる」これらを何度も繰り返すことで板材に切削加工を行う(3mmの板材ではこれを30回行う)。CNCフライスで直径2mmの穴あけ加工を行った際、機械が

エラーを起こした。これは、使用したエンドミルの直径が2 mmと穴と同じ大きさだったので、XY方向に動く余裕がなく、十分に削ることができなかつたためである。工作機械の動きを理解することで、不可能な加工を知ることができた。

4. 今後の展開

今年度の活動では、新型コロナウイルスの影響で活動できる時間が限られていたので無線通信でのロボットアームの操作まで到達することができなかつた。そのため、来年度ではまず通信関連のことについて学習し Raspberry Pi を用いた無線通信を実現させたい。また、機体の制御にはプログラムだけでは困難を極めるため、ロボット開発を支援するライブラリやパッケージといったものを提供する ROS というオープンソフトウェアの導入も同時に進めていきたい。

また、ミッションの進行途中でレスキューロボットコンテストの規定が大幅に変更され、このことにより今回のミッション以前に製作されたロボットの見直し・変更が必要となった。この作業には多くの時間や費用を使うことになる予想されるが、着実に進めていきたい。

5. まとめ

本ミッションでは、レスキューロボットコンテストに出場させる機体に搭載する汎用ロボットアームを製作することを目標に活動してきた。新型コロナウイルスの影響により課外活動が禁止されている期間ができたために、今回のミッションで予定していた無線化に着手することはできなかつたが、ロボットアームの機体の製作を終えることができた。これからは、今回の予定で達成できなかったことを重点的に活動していく。