

## レスコン 20×21 への参加とロボット開発

二井見 博文\*

### Participation in Rescue Robot Contest 20×21 and Robot Development

Hirofumi NIIMI\*

**Synopsis:** August 8, 2021, the Rescue Robot Contest 20×21 was held online due to COVID-19. The students of the robotics project gathered at the robotics laboratory on the first floor of Building 3 to participate in the competition. We will report on the participation and results of Rescon 20×21. Then, we will explain about the robots that participated in the Rescue Robot Contest 20×21 and the robot development. Finally, we will discuss future tasks.

(Received Sep.21, 2021)

**Key words:** Rescue Robot Contest, humanoid robot, mass production rescue robot

#### 1. はじめに

レスキューロボットコンテスト(レスコン)は阪神・淡路大震災(1995年)をきっかけに開催された大規模都市災害の救命救急活動を題材としたコンテストである。産業技術短期大学の学生チームは、2008年の第8回大会から参加している<sup>1)</sup>。レスキューロボットコンテスト 20×21(レスコン 20×21)が2021年8月8日にオンライン形式で実施された。新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、2020年のレスコンは中止になった。レスコン 20×21は1月の時点では感染拡大防止対策を行ったうえで、予選会場、本選会場で実施される予定であったが、6月の予選は中止となり、本選も4日前にリアルからオンラインに切り替えて実施されることになった。

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、学生チームの活動時間が制限されることが予想されたため、短時間でロボットを試作する方法を準備した。組み立て作業が容易なアルミフレームを使用してロボット本体を作成し、モーターコントローラーを準備することで配線作業時間の削減を図った。以下に、レスコン 20×21、および、それに出場するロボットとその開発プロセスについて述べる。

#### 2. レスコン 20×21

レスキューロボットコンテストは、レスキューを題材としたコンテストであり、神戸サンボーホールで本選が実施されてきた。例年、12月のレスコンシンポジウムで規定が公開され、募集が開始される。1月末に募集が締め切られ、2月にコンテストの参加の可否が発表される。3月にコンテストで使用されるロボットコントロールボード(TPIPボード)の講習会、6月に神戸予選、7月に東京予選、8月に本選(神戸)が行われる。

2020年12月のレスコンシンポジウムで、レスコン 20×21が新フィールドで実施されることが発表された。フィールドはサイズが1/6スケールから1/4スケールへ、設定場面は市街地から建物内へと変更された。フィールド内には新たに階段が設置された。救助する要救助者人形は、従来通り約300mmの身長の人形である。また、ロボットを操縦することのできるオペレータの数は、3人から2人に変更された。

応募申し込み(1月末締切り)では、製作する予定の「ロボットの概要」・「重要な機能」を明記する必要がある。応募申込書に明記した「重要な機能」を満たしていない場合、そのロボットを競技会に出

\* 産業技術短期大学 教授 博士(工学) 機械工学科

場させることはできない。そのため、「重要な機能」の表記には注意が必要である。コロナ禍にあり、ロボット制作時間の確保が難しいことも考慮しながら、レスコン 20×21 の応募書類を作成する必要があった。チーム名は、「TASUKE 隊」として、階段を移動する機能を持つロボット 2 台と横移動可能なメカナムホイールを持つロボット 2 台を作成することにした(Fig.1)。

3 月の春休み期間中の 5 日間でロボットの試作を行った。メカナムホイールを持ち、上下動機構にアームを取り付けたロボットの試作機が出来上がった。

6 月は予選の代わりに、スタートアップミーティング(6 月 27 日)が一般非公開として実施された。現状を伝える 2 分間のプレゼンテーションと 2 分間の動画の作成が必要であった。3 月に作成した試作機に、遠隔操縦用ロボットコントローラである TPIP2 ボードを載せ、無線でコントロールできる状態にし、メカナムホイールも 4 インチから 6 インチのホイールに変更した(Fig.2)。前後移動・方向転換だけではなく、横移動も可能である。コロナ禍にあり、放課後の時間を使って作業できる状態にないため、卒業研修の時間を使い動画撮影を行った。スタートアップミーティングへの参加は、チームキャプテンが自宅から行った。

競技会本選は 8 月 7 日(土)-8 日(日)に神戸サンボホールで実施される予定だったが、8 月 3 日(火)にオンラインで実施するとの通知があった。事前接続確認 8 月 4 日(水)、リハーサル 8 月 7 日(土)、競技会本選当日 8 月 8 日(日)である。2 分半のプレゼン動画と 4 分半の課題動画の提出期限であった 8 月 6 日(金)まで期末試験期間であったため、すべての期末試験が終了した後、動画を撮影した。動画の編集は、チーム責任者が行い提出した。

8 月 8 日(日)レスコン 20×21 オンラインが開催された。ロボットプロジェクトの学生は 3 号館 1 階のロボット工学実験室に集合し、競技会に参加した(Fig.3)。参加した学生は、2 年生 5 名、1 年生 2 名である。2 台の PC をネットワークに接続し、1 台は Zoom による競技会へ参加させ、もう 1 台は YouTube の配信動画を表示させた。前者は実験室の 60 インチにモニターに映し、後者はプロジェクターでスクリーンに投影した。

レスコン 20×21 開催中は、参加チームのプレゼ

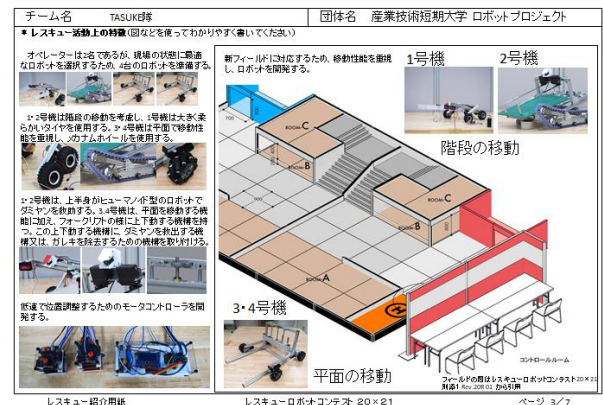


Fig.1 Features of rescue activities.



Fig.2 Video of the start-up meeting.



Fig.3 Participation in Rescue Robot Contest 20×21.



Fig.4 Results of Rescue Robot Contest 20×21.



Fig.5 Robots for Rescue Robot Contest 20×21.

ンの視聴や、ロボットのメンテナンス・操縦を行った。ロボットの操縦では、ヒトを乗せた台車をけん引するなどロボットの性能テストも実施した。

レスキューロボットコンテストの結果は、レスキュー工学大賞選出に係る評価が 18 チーム中第 9 位であった。また、レスキュー工学アイデア賞を受賞した(Fig.4)。

### 3. レスコン 20×21 のロボット

レスコン 20×21 に向けて作成した 4 台のロボットを Fig.5(a)-(d)に示す。1 号機(Fig.5(a))、2 号機(Fig.5(b))は、階段を移動する機能を持つロボットである。3 号機(Fig.5(c))、4 号機(Fig.5(d))は、横移動可能なメカナムホイールを持つロボットである。

1 号機のタイヤの直径は 150mm である。階段は実物の 1/4 のスケールであり、高さ 50mm ふみ幅 100mm である。踊り場までの 10 段と踊り場からの 4 段の合計 14 段で 700mm の高さまで上がる必要がある。Fig.1 のレスキューロボットコンテスト

の図面を基に、幅 100mm 長さ 900mm の杉板で階段を作成した。1 号機でこの 14 段の階段を上ることができた。

2 号機はクローラ型のロボットであり、クローラを使って階段を上ることができる。トルクが強いため、体重 70 kg の人間を乗せた台車をけん引することが可能である。

3 号機は、メカナムホイールを持つロボットであり、前後移動、左右への方向転換だけではなく、横移動も可能である。4 号機も同じ形式のロボットである。

1 号機から 4 号機の共通点を説明する。ロボットは、上半身ユニット、移動ユニット、映像ユニット、モーターコントロールユニットの 4 つで構成される。4 つのモジュールに分割することで、メンテナンスが容易である。また、共通のモジュールを使用することで、コンテスト期間中に優先度の高いロボットに故障が発生した場合に優先度の低いロボットから部品を流用することができる。

上半身ユニットは、右腕3つ、左腕3つ、腰に1つの合計7つのサーボモーターで構成される。腰、肩等のサーボモーターの大きさ約60×60×30mm、トルクは60kgf・cmである。ハンドは、一般的な大きさの40×40×20mm、トルク20kgf・cmを使用した。電圧は8.4Vを印加した。PCA9685 16チャンネルPWM Servo モーター ドライバーを使用し、モーターコントロールユニットからの配線を簡略化した。また、上半身ユニットには直動機構を取り付け、上半身を上下動できるようにした。

4号機の移動ユニットは、4つのモーターと4つのメカナムホイールで構成される。中央に密閉式の鉛電池(12V12Ah)を搭載している。電池は3.9kgあり、ロボットの中で最大重量を持つ部品である。1号機は車輪、2号機はクローラを使用した。

映像ユニットは、画面4分割器、モニター、DC-DCコンバータで構成される。4つのカメラからの映像を1つの画面にまとめることができる。カメラの角度調整を行う際、モニターを確認しながら調整することができる。カメラに共有する電圧が下がると画像が乱れるため、DC-DCコンバータで、安定した12Vの電源を供給している。

モーターコントロールユニットに12Vの電圧を供給し、2台のDC-DCコンバータで昇圧、降圧を行っている。24Vに昇圧した電源は移動用モーターに供給され、8.6Vに降圧した電源はサーボモーターに供給される。モーターコントロールユニットの上に乗せた無線通信用のTPIP2ボードから出力されるサーボモーターコントロール用のPWM信号をArduino MEGAに入力し、その信号でモーターを制御している。ArduinoのpulseIn(pin, HIGH)という関数を使用している。この関数は、あるピン番号に入力されたパルスのHIGHの時間をマイクロ秒単位で出力してくれる。TPIP2ボードからのサーボモーターの信号は、0.7ms~2.28msであるため、700から2280の数字が出力される。その信号を利用し、BTS7960モーターコントローラー4台とL298Nモーターコントローラー2台、PCA9685 Servoモータードライバ1台を制御する。

カメラからの映像をTPIP2ボードに挿入した無線LANカードを介してアクセスポイントに送信し、アクセスポイントに接続したノートPCから専用のソフトウェアを使用して映像を確認することが

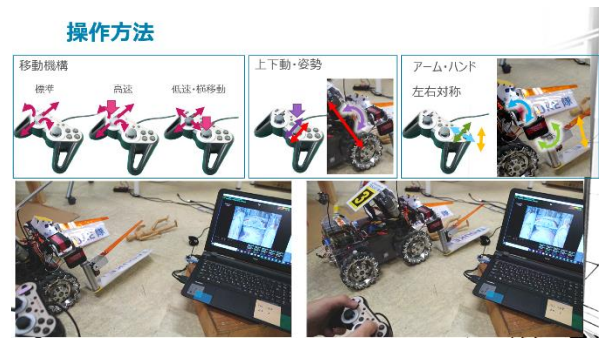


Fig.6 How to control the robot.



Fig.7 The concept of TASUKE-TAI.

できる。ノートPCにゲームコントローラを接続し、ゲームコントローラからの信号を、アクセスポイントを介して、TPIP2ボードに送信し、サーボモーターを動作させることができる。今回は、TPIP2ボードから出力されるPWM信号をArduino MEGAに入れ、サーボモーター及び、DCモーターをコントロールすることにした。TPIP2ボードのPWM出力は10個であり、10個のサーボモーターしかコントロールすることができないが、モーターコントローラを介することにより、8個のDCモーターと16個のサーボモーターをコントロールできるようにした。

ロボットの操作方法をFig.6に示す。左のジョイスティックで前進後退、方向転換ができるようにした。また、左のジョイスティックを下に押し込みながら操作すると、高速で移動できるようにした。右のジョイスティックのボタンを押しながら、左のジョイスティックを操作すると、左右の移動ができる。右のジョイスティックの操作で、上半身を上下動できるようにした。また、ボタンを押しながら操作すると、ピッチ軸周りの角度をコントロールすることができる。腕は、左右対称に配置されたコントローラのボタンを押すことで左右の腕を操作することができる。

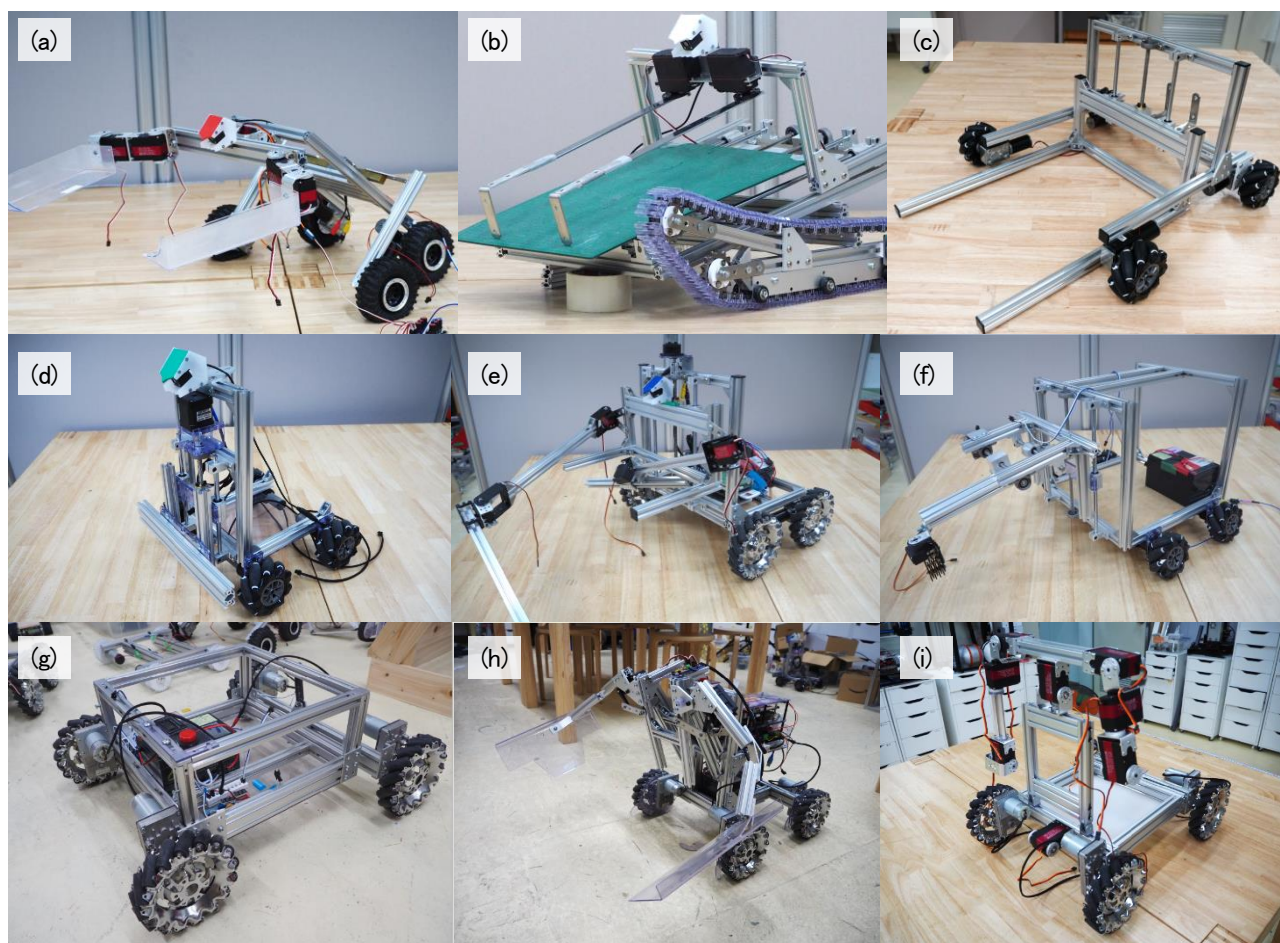


Fig.8 Prototype robots for Rescue Robot Contest

コンセプトを Fig.7 に示す。チーム名は「TASUKE 隊」であり、チーム名に、「助けたい」という気持ちを込めている。産業技術短期大学はこれまで、2008,9,10 年「太助隊」、2011 年「太助隊プラス」、2014,15,16,17 年「SUKUI 隊」というチーム名で参加した。2018 年から「TASUKE 隊」というチーム名とし、「太助隊」の「ヒューマノイドロボット」というコンセプトと、「SUKUI 隊」の「シンプルな量産型ロボット」というコンセプトを統合し、「TASUKE 隊」は「シンプルな量産型ヒューマノイドロボット」をコンセプトとした。未来を想定したシナリオとして、日常生活で人の手助けをするロボットが、非常時に、レスキュー活動を行うことを想定している。日常生活で手助けをする汎用ロボット(荷物の配達、工事現場作業、農作業)が災害発生時に現場近くで初動対応を行い、更に災害現場周辺から大量のロボットが災害現場に派遣されることを想定している。すなわち、レスキ

ュー専用機ではなく、汎用ロボットをレスキュー現場で活用することを想定している。

#### 4. ロボット開発のプロセス

応募申し込み(1 月末締切)までに、Fig.8(a)-(c)のロボットを開発する計画を立てた。3 月以降の活動では、Fig.8(d)のロボットをモデルに Fig.8(e)(f)のロボットを開発し、Fig.8(e)のロボットでレスコンミーティング(6 月)の動画を撮影した。

レスコン 20×21 では、20 ミリ角のアルミフレームを基本にロボットを作成することにした。アルミフレームには溝があり、その溝に専用の T ナットを挿入することで任意の位置で固定することができるため、穴あけ作業が不要になる。短時間でロボットの筐体をつくるのが可能で、Fig.8(g)-(i)のようなロボットの試作を行った。Fig.8(h)に TPiP2 ボード、モーターコントローラー、電池を乗せ、動作確認を行った。ロボットの総重量は 16kg となり、

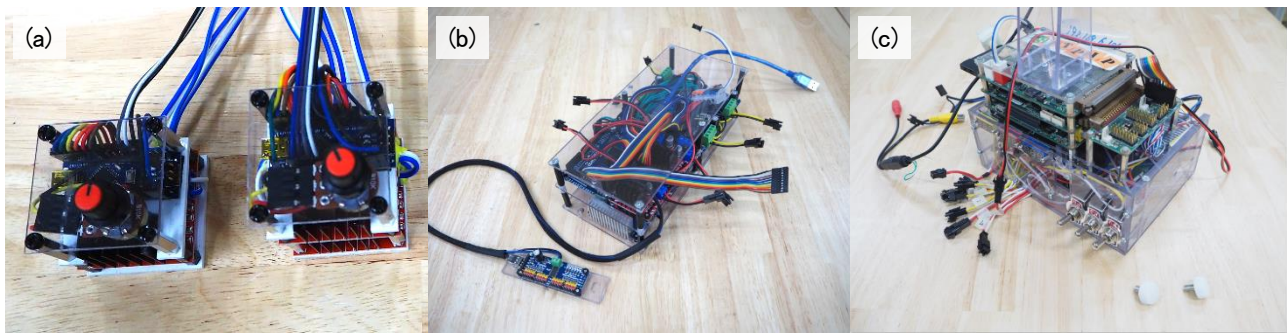


Fig.9 Prototype of motor controller.

軽量化を図る必要があったため、移動ユニットは樹脂版にモーターを取り付けて作成することにした。

ヒューマノイド型の上半身は、Fig.8(i)を基に、作成することにした。上下動機構は、Fig.8(c)-(f)のように複数の部品を組み合わせて作成する予定であったが、直動機構部品が入手できたため、それを使うことでシンプルな構造にすることができた。

Fig.8(a)-(c)のように、当初は、1号機から3号機は、違うタイプのロボットを想定していたが、開発時間が少ないため工夫が必要であった。そこで、基本的に同じ構造として、移動機構を車輪、クローラ、メカナムホイールに変更することで、応募用紙に記載したロボットの重要な機能を満たすようにした。

### 5. モーターコントロールユニット

レスキューロボットコンテストでは、現場までの高速移動、および、ガレキ撤去・要救助者人形の救出時の着実な位置合わせの低速移動の両立が必要である。そこで、高速移動と低速移動の両立が可能なモーターコントローラーを作成した。Fig.9(a)は、応募申し込み時(1月)に、Arduino nano, L298N, 可変抵抗器を組み合わせ開発した。低速移動を容易にするため、 $y=x^n$  の関数を使い、可変抵抗器で  $n$  の値を調整できるようにし、ジョイスティックの傾きによる変化に対し、モーター速度変化量を調整できるようにした。ただし、3月の試作機のテスト時に、電圧 24V で耐久テストを行うと、煙が出たため、24V で使用可能なモーターコントローラーを開発することにした。

Fig.9(b)は、24V でも使用可能な BTS7960 モーターコントローラー4台を使用しており、6月のスタートアップミーティングの動画撮影時に使用した。さらに改良を加え、Fig.9(c)のモーターコント

ローラーを開発した。スイッチを取り付けることでモーターに供給する電源の on-off を可能にし、さらにモーターに印加する電圧をモニタリングできるようにした。

### 6. 今後の課題

レスコン 20×21 で開発したロボットは、4つのパーツに分かれ、メンテナンスしやすい構造になっている。コンテストは、オンライン開催となり、レスキューロボットコンテストでの新フィールドでのテストはできていない。2022年大会では、この4台のロボットをベースに参加する予定である。

2022年大会に向けて課題が2つある。1つ目は、操縦側の改良である。これまで、市販のゲームコントローラーを使ってきたが、Arduino Leonardo を使用することにより、ロボットの操縦を考慮したオリジナルのゲームコントローラーを自作することが可能になる。そのため、コントローラーを自作してリーダー・フォロワー方式でアームをコントロールする方法の開発を目指す計画である。また、現在のメカナムホイールでは階段を上ることができないため、機構を工夫して、階段移動を可能にすることを目指す予定である。

### 7. まとめ

レスコン 20×21 の参加状況と結果について報告した。また、レスコン 20×21 に出場したロボット及びロボット開発について説明した。最後に今後の課題について述べた。

### 参考文献

- 1) 二井見 博文：産業技術短期大学誌, 52(2019) 51-60.