

神奈川大学ロボットプロジェクト活動報告

江上 正* 大和田 晃平**

Activity Reports of Kanagawa University Robot Project

Tadashi EGAMI* Kohei OWADA**

1. 緒言

神奈川大学ロボットプロジェクトは、2008年度から活動している。機械工学科だけでなく、電気電子情報工学科、総合工学プログラムなどから10名ほどの学生が所属している。各学生の興味によって、ロボット剣道、室内飛行ロボット、二足歩行ロボットの3チームに分かれて活動し、複数のチームに所属する学生もいる。これらのチームはそれぞれ設計やプログラムなどの担当に分かれ、各種大会への出場を目標として、ロボット製作に取り組むのが主な活動内容である。これ以外にもオープンキャンパスでの実演展示で多くの来場者の注目を集めた。

2021年度は第12回 ROBO-剣（アーム型）において、優勝という成果を出した。また、第17回全日本学生室内飛行ロボットコンテストで決勝戦進出という結果を残した。この2つの成果を中心として2021年度の活動を報告する。

2. 第12回 ROBO-剣（アーム型）大会報告

ROBO-剣（アーム型）とは、二足歩行ロボット協会主催の2台のアーム型ロボットによる対戦をトーナメント方式で行う剣道大会である。相手の赤、青、黄にそれぞれ色分けされた面、胴、小手に竹刀を打ち込むことで1本取ることができる。攻撃頻度や逃げの姿勢による反則なども定められており制限時間は3分、3本勝負の2本先取で勝敗が決まり、剣道の有段者が技の判定を行う。技を決める際には面なら「面」、胴なら「胴」とスピーカーで再生しなければならない。このことにより、闇雲に攻撃をしても技は決まりにくくなっている。また、この大会に出場するロボットは自律型でなければならないため、競技を開始した後は人間がロボットを操作することはできない。

2021年11月20日に、第12回 ROBO-剣（アーム型）が開催された。社会人や大学生など8チームがエントリーし、本プロジェクトの剣道ロボットである「ku 剣」が優勝を勝ち取った。本プロジェクトは2014年に行われた第2回大会からROBO-剣に出場し続けており、2018

年に行われた第8回大会において準優勝、翌年の第9回大会では第3位、第10回大会で準優勝という成績を残し、優勝を目指していた。大会に出場するチームはお互いに技術力を吸収しあうため、大会上位となるためには、他チームに技術的な遅れをとらないよう改良を重ねる必要があり、素早い処理で正確に技を決めることが優勝へとつながる。また、競技中はロボット同士が接触するためロボットが故障することも少なくない。このため、シンプルでメンテナンス性の良いシステムで、軽く頑丈なフレームを作ることも重要である。

本プロジェクトのku 剣はサーボモータ4つから構成されるアーム型剣道ロボットである。モータをつなぐフレームにはアルミ板を切り出したものを用いて、面、小手、胴は3Dプリンターによって印刷したABS製である。相手を認識するためのカメラには奥行を計測することができるIntel RealSense カメラを用いた。このカメラを用いて、相手の面、胴、小手の3次元座標を検出する。相手の状況を検出した後、攻撃が可能であると判断した場合、攻撃を行うための竹刀の軌跡を計算し、この軌跡を描くためのサーボモータの角度を計算することで、実際にサーボモータへ入力する信号を決定する。

今回、サーボモータへの信号を決定するために、著者らが開発した最適位置速度制御系を構築した。ROBO-剣は自律型であるロボットの攻撃精度を高めるために、画像処理の正確さが注目されやすい。しかし、どれだけ画像処理により相手の座標を正確に求めても、ロボットアームの制御が正確でなければ攻撃は当たらない。そこで、今回の大会においては、ロボットアームの高速で精度の高い制御に挑戦した。ku 剣に組み込んだ最適位置速度制御系は、角度の誤差と角速度の誤差を同時に制御する制御系である。一般的に、ロボットの関節の制御には角度制御系が用いられる。しかし、角度制御系は目標値が変化する場合に追従性が悪いという問題がある。この追従性を改善するために、角速度制御系を用いる方法があるが、角速度制御系では角度の累積誤差に対応することができない。最適位置速度制御系は、角度と角速度の誤差を同時に補正するため、目標の動きが変化した場合は、角速度制御系のような早い応答性が得られ、目標の角度と現在の角度の誤差が発生した場合も、角度誤差を零にする制御が行われる。この制御系により、ku 剣はすばやい攻撃を正確に行うことができるようになった。

決勝戦での相手は、ワイヤ駆動を用いた軽量で高速な剣道ロボットであった。試合が始まり、5秒が経過した段階でku 剣が相手の胴に一本。その8秒後に相手がこちらの面に一本、試合再開後、1秒

*教授 機械工学科 ロボットプロジェクト顧問

Professor, Dept. of Mechanical Engineering

**ロボットプロジェクト部長

President, Robot Project

経たずにこちらが相手の小手に一本を取り、2本先取でku 剣が勝利した。制限時間は3分であったが、2分45秒を残して決勝戦は終了した。お互いに制御も正確で、スピード感のある試合であった。第2回大会から出場し続けて初めての優勝を勝ち取り、最適位置速度制御系が評価され、制御技術が優れたチームに与えられる MATLAB 賞も受賞した。



図1 剣道ロボット「ku 剣」

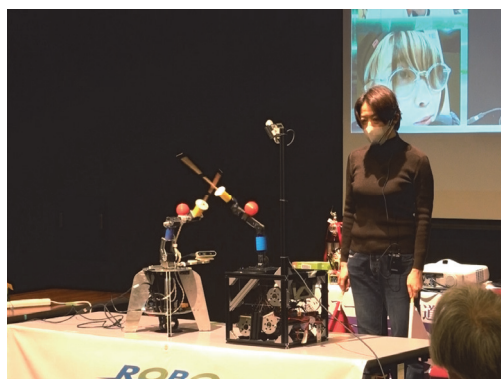


図2 第12回 ROBO-剣の決勝の様子

ヒューマンエラーによるプロペラの回転などを防止する策を講じるなど、機体の安全性も新たに配慮したことで、破損が少なく飛行試験の効率を上げることができた。プログラムにおいては、2021年度はラジコン信号の読み取りと姿勢制御、物資投下を1つのマイコンボードに統一して行い、制御系の単純化を行ったほか、OSを用いずに姿勢制御を行えるように開発を行った結果、昨年度より制御周期を短くすることに成功し、飛行が安定した。大会当日には、モータにトラブルがあったもののソフトのバージョンを下げるなどの対応を落ち着いて行い、焦ることなく競技に挑戦することができたと感じている。それらの影響もあり決勝戦進出の成果につながった。しかし、課題も多く、競技ルールの把握や、操縦になれず練習時間が不足していた。このため大会本番では操縦や競技中の指示がきちんとなく、タイムロスにつながる場面があったことから、今後はより多く練習時間を確保する必要がある。ほかにもドローンに搭載するバッテリーの固定位置の違いから重心が毎回異なり、ドローンの飛行を不安定にする要因につながったことも改善の余地があると考えられる。また、他団体の大会中の様子から学ぶことも多く、より練習に励む必要があると感じた。



図3 第17回全日本室内飛行ロボットコンテストの様子

3. 第17回全日本室内飛行ロボットコンテスト

室内飛行ロボット部門は、一般社団法人日本航空宇宙学会が主催する全日本学生室内飛行ロボットコンテスト、マルチコプター部門に出場することを目的として活動している。このマルチコプター部門は複数のプロペラの回転数を制御することによって飛行するマルチコプターを用いて物資運搬やS字飛行を行い、その運搬量や時間を点数化して順位をつける大会である。

2021年度に開催された第17回大会に参加し、決勝戦に進出を果たし4位の結果となった。

本部門で製作しているマルチコプターは市販されている姿勢制御基板であるフライトコントローラを用いずに、teensy4.0というマイコンボードを用いた自作を行っている。機体の工夫点として、フレームは3DCAD上で部品配置を試行錯誤し、重心を設計することに挑戦した。また、軽量かつ試験運転の際から破損しない剛性を得られたことと、プロペラ全周囲を覆うプロペラガードやソフトでの

6. 結言

今年度はロボット剣道で優勝という大きな成果を得ることができた。担当学生は、2021年度の神奈川大学学生表彰優秀賞も授与されている。これは長年取り組んできたプロジェクトの大きな成果であると考えている。また、室内飛行ロボットコンテストにおいても、決勝進出し、4位という結果となり、第3位の入賞まであと一歩であった。

ROBO-剣は、自律二足歩行ロボットによる剣道大会を目指し、自律型移動ロボットと従来のアーム型ロボットを組み合わせた大会へと移行することが発表されている。このため、本プロジェクトでの剣道ロボットも、二足歩行により移動することができるロボットへと発展させて行くのが課題である。