

高専ロボコンにおけるBチームの活動報告

—2018年と2019年について—

大澤 茂治*, 武田 海**

Activity Report of B Team in the KOSEN ROBOCON

—About 2018 and 2019—

Shigeji Osawa*, Kai Takeda**

Abstract

This paper reports about robots and contest results of B team of Yuge college in the KOSEN ROBOCON 2018 and 2019. B team has few members. And they are beginner of robot making.

1. はじめに

高専ロボコンとは、正式名称「アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト」であり、与えられた課題に対するアイデアを競う大会である。大会は、まず、全国8地区で実施される地区大会で試合が行われる。地区大会は1グループ3チームまたは4チームによる予選リーグを行う。各グループを勝ち抜いたチームが、トーナメント戦を行い、優勝を決める。全国大会へ進めるチームは、各地区大会の優勝チームと審査員が推薦したチーム（複数チームが推薦される地区もある）である[1][2]。

試合形式で勝敗を決めているため、勝敗ばかりが注目されるが、実際は創造的アイデアを大切にする大会である。地区大会、全国大会共に、「アイデア賞」、「技術賞」、「デザイン賞」、各協賛企業名が入った「特別賞」が設けられており、良いロボットを製作したチームに贈られる。特に全国大会では、最高の賞である「ロボコン大賞」が設けられており、「アイデア・技術・デザイン全てにおいて優れたロボットを製作したチームに対して贈られる最も名誉ある賞」と定義されている。このように高専ロボコンは、勝敗のみを評価する大会ではなく、製作したロボットを専門家がアイデアや完成度を含めて評価してくれる大会である。

近年、AIや自動運転で走行する自動車などが盛んに開発されており、自動化の技術が身近なものになってきた。高専ロボコンでも2018年と2019年の大会では、2台ロボットを出場させる場合、1台は必ず「自動ロボット」にしなければならないという決まりが追加された。また、「安全」を最優先としており、2018年からロボット1台に対

して、電源ボタンの他に2個の緊急停止ボタンを設けること、ヒューズを取り付けることが必須になった。さらに2019年の大会からは、電源を入れたときLEDが点灯することも必須となった。このように2018年と2019年は、ロボット製作の負荷が増加した時期でもあった。

弓削商船高専のBチームは、大澤研究室の卒研生（電子機械工学科5年生）で構成され、2018年、2019年ともに4名のみと非常に少ない人数であり、全員がロボット製作は初めての学生である。さらにロボット製作時間は、主に週8時間の卒業研究の時間と夏休みの一部のみである。他のチームは、部活動で毎日活動しており、約10名のロボット製作経験者で構成されており、本チームは、高専ロボコン参加チームでは異例のチームである。このようなチームであるが、2018年、2019年共に賞を受賞している。

本稿では、少人数のロボット製作初心者チームにおけるコンテスト指導事例として、2018と2019年度の高専ロボコンの弓削商船高専Bチームの活動報告を行う。合わせて、自動ロボットや安全面への対応と、その結果について報告する。

2. 2018年について

2. 1 課題

2018年の課題名は、「Bottle-Flip Cafe（ボトルフリップ・カフェ）」である。ロボットがペットボトルを投げ、用意されたテーブルの上に立たせ、その立たせた箇所と本数から得点が決められ、勝敗を決する競技である。テーブルは1段のものと2段のものが8箇所用意されている。そ

*電子機械工学科

**生産システム工学専攻

令和元年11月29日 受理

それぞれ高さが異なり、1段テーブルは、高さ 0.8[m]が2箇所、1[m], 1.2[m], 1.5[m], 1.8[m]が1箇所であり、2段テーブルは、下段が 1.2[m]、上段が 2.4[m]となっている。得点は、2段テーブルの上段が 5 点、それ以外のテーブルは 1 点である。使用できるペットボトルは 20 本である。そして、ロボットの台数は 2 台までであり、2 台で出場する場合、1 台は自動ロボットでなければならない。また、手動ロボットと自動ロボットで移動できる領域は異なり、手動ロボットの方が移動できる領域は狭く設定されている[1]。

2. 2 目標と方針

目標は、賞を取ることであった。賞を取るためにには、独創的、かつ、こだわりを持ったアイデアを実現し、ロボットを製作することだと考えられる。そこで、勝ち負けや点数にこだわらず、人間が行うように、腕を使い、ペットボトルを1回転させ、テーブルに立たせる「ボトルフリップ」をロボットで実現させることを目指した。

メンバーは4名と非常に少なく、四国地区大会が10月7日のため、なるべく機構を簡単にすることを方針とした。また、ロボットは2台製作することを目指したが、人数が少ないと、製作期間が短いこと、そして、本チームは自動ロボットの製作経験がないことから、まず、手動ロボットを製作し、余裕があれば、自動ロボットを製作することとした。製作体制は、2名で1班とし、ペットボトルを投げる「腕」を製作する班と、それ以外(移動機構、ペットボトル充填機構、外装)を製作する班に分けた。

ロボット製作に用いるフレームなどの機械部品は、例年通り株式会社ミスミ[3]のものを積極的に使用することとした。理由を以下にまとめる。

- ① 企業で良く使用されており、就職後も使用する。
- ② 溝付きのアルミフレームを用いることにより、多くの穴あけ加工を不要とすることができます(ナットをフレームの溝に入れられる)、製作時間の短縮化が行える。
- ③ キャップをフレーム両端に使用することで、安全対策が容易に行える。
- ④ 頑丈である。

ただし、欠点として、ロボットが重くなること、また、重くなることにより多くの機能を実装することができないことが挙げられる。

2. 3 使用したペットボトルと内容物

使用するペットボトルと内容物は、各チームが用意する。ペットボトルは、500[mL]以上であり、底辺の長さと高さの比が 1:2 以上のものと決められている。また、内容物は、固体でも液体でも構わないが、ペットボトルの底に固定し、動かないものは不可である。



図1 2018年製作ロボット「手動販売機」



図2 2018年製作ロボット「手動販売機」の後ろ側

本チームでは、まず、複数のペットボトルを人間が投げ、ボトルフリップの成功率を確認した。その結果、伊藤園の健康ミネラルむぎ茶 1L を採用した。次に、内容物の候補として、水、小麦粉、砂、紙粘土(直径 10mm 程度に丸めたもの)を挙げ、ペットボトルを決めたときと同様の実験を行った。なお、内容物の量は、ペットボトルの容量の 1/3 とした。成功率が一番よかつたものは、水 180[g]であったため、水を採用した。内容量については、実際にロボットで投げ、調整を行い、最終的には 150[g]とした。また、絵具で色を付けた[4]。

2. 4 製作したロボット「手動販売機」

製作したロボット「手動販売機」について述べる。呼び方は、「しゅどうはんばいき」である。ペットボトルを腕がある自動販売機が投げたら、面白いだろうということから、このような名前を付けた。外観を図1、後ろ側を図2 に示す。後ろ側が自動販売機を模したデザインとなっている。サイズは、縦 795[mm]、横

890[mm], 高さ 995[mm]であり, 質量は 18.5[kg]である。

移動機構は、二輪駆動を採用しており、車輪径は 280[mm]である。車輪は軽量化のため、直径 270[mm]の円形木材を使用し、それに厚さ 5[mm]のゴムを巻き、製作した[5]。

ペットボトルは、図 1 のように 8 角形のテーブル上に置かれ、合計 8 本を置くことができる。テーブルは回転することができ、正面中央のペットボトルを 1 本ずつ腕で投げる。ペットボトルの周りには、ゴム製の滑り止めが貼ってあり、ロボットの移動中にペットボトルが落ちないようにしてある。

正面中央に付けられた腕は、2 関節を有している。人間で言うと肘と指（2 本指）に当たる。ペットボトルを投げる動作は、まず、指でペットボトルの蓋の下部分を挟み、次に肘を回転させ、ロボット内部からペットボトルを引き抜く。そして、さらに腕を回転させながら、指を開き、ペットボトルを投げる。この動作により、人間のようにペットボトルを 1 回転させるボトルフリップが実現できる[4]。ロボットからテーブルまでの距離が近ければ、30%程度の確率で成功させることができる。しかしながら、大会では、最も短い距離でも約 800[mm]あり、この距離だと成功確率は著しく低い。

外装は、プラスチック段ボールで製作した。安全を考慮し、可能な限り全面を覆うようにした。また、持ち運びのため、アルミフレームを 1 本入れ、持つ場所の外装に四角い穴を空け、これを取手とした。

用いたモータは、5 台である。移動機構に 2 台、テーブルの回転用に 1 台、腕の肘に 1 台の計 4 台をツカサ電工株式会社製の DC モータ TG-85R-KU-216-KA, 12V を用いた。そして、腕の指用に Grand Wing Servo Tech 社製のサーボモータを用いた。各モータの制御は、Arduino MEGA ADK を用いて行っている。また、ロボットの操作は、無線コントローラで行う。本ロボットでは、ヴィストン株式会社製の VS-C3 を用いた。また、バッテリーは、SHORAI 社製のリチウムイオンバッテリー LFX07L2-BS12 を用いた。これは、出力電圧が 12 [V] であり、425g と非常に軽い。

自動ロボットは製作する予定だったが、平成 30 年 7 月豪雨による被害のため、学校が 3 週間休校になってしまい、製作時間が短くなつたためと、自動ロボット製作は、本チームは経験がないため、8 月上旬に製作を諦める決断を行つた。

2. 5 大会結果

2018 年 10 月 7 日、香川高等専門学校高松キャンパスの体育館にて、四国地区大会が開催された。本チームは、予選リーグにて、香川高専高松キャンパス B チ

ームと香川高専宅間キャンパス B チームと対戦し、2 敗し、予選リーグ敗退となつた。ボトルフリップも 1 度も成功しなかつた。しかし、表彰式では、人の腕を模したペットボトル投擲機構が評価され、特別賞（田中貴金属グループ賞）を受賞することができ、目標であった受賞を達成することができた。

ロボットの機能を確認する大会前日のテストランでは、人の腕を模した投擲機構の独自性と安全面において良い評価をもらつていた。しかし、自動ロボットを出場させていないことから（四国地区大会において、自動ロボットなしは、本チームのみ）、試合においてボトルフリップを数回、成功させないと受賞は難しいと考えていたため、特別賞の受賞は驚きであった。本大会の結果から、以下の 2 点が確認できた。

- ①自動ロボットの有無は、賞には関係がない
- ②結果が出なくても、良いアイデアが実現できていれば受賞できる

このことは、自動ロボットという要素が大会に入ってきたが、アイデアの実現が重要であるという大会の趣旨が貫かれていることを示している。また、本チームのようにメンバーが少なく自動ロボットまで製作できないチームにとって、励みになると考えられる。

2018 年大会は、目標の受賞も達成できたが、大きな問題もあった。それは、体調管理に関するものである。2018 年大会は、10 月上旬であり、かつ、台風が通過した直後であったため、非常に暑かった。このため、体調を崩す学生がいた。運動部に所属していた学生は、水分補給の重要性を理解しており、教員が何も言わなくとも定期的に水分を補給していたが、体調を崩した学生は、水分補給をほとんど行っておらず、食事もあまりとつていなかつたようである。対策として、クーラーボックスにスポーツ飲料を入れて持つて行くこと、食事や水分補給について定期的に学生に声をかけることが挙げられる。さらに、体調を崩す学生や不測の事態が発生したときに対応する教員が必要である。つまり、少なくとも指導教員が各チーム 1 名、引率教員 1 名の計 3 名の体制を整える必要があると考える。

3. 2019 年について

3. 1 課題

2019 年の課題名は、「らん♪ RUN Laundry (らん・ラン・ランドリー)」である。ロボットが、T シャツ、バスタオル、シーツを運び、そして 3 本の物干し竿に干していく競技である。物干し竿の高さは、1[m], 1.5[m], 2[m] である。さらに、物干し竿には、洗濯物を干すエリアが決められており、そのエリアに T シャツをかけると 1 点、

バスタオルでエリアを覆うと2点、シーツでエリアを覆うと3点など得点が決められている。Tシャツ、バスタオル、シーツはそれぞれ別の場所に置いてあり、置き方も決められている。ロボットの台数は、2台までであり、2018年と同様に2台出場させる場合、必ず1台は、自動ロボットでなければならない。そして、自動ロボットは、競技開始後であれば、3[m]の高さまで展開しても良いという手動ロボットと比べ有利な決まりが設けられている。なお、手動ロボットの展開は、高さ1.5[m]までである[2]。

3. 2 目標と方針

目標は、①賞を取ること、②1試合で3点を取ることであった。賞を取るためにには、独創的、かつ、こだわりを持ったアイデアを実現し、ロボットを製作することだと考えられるが、2019年は、メンバーから洗濯物を干すための独創的なアイデアは出てこなかった。そこで、高専ロボコンが安全を最優先にしていることから、安全を重視したロボットを製作することを方針とした。また、メンバーは4名のみであることから、Tシャツ、バスタオル、シーツの全てに対応する機能は製作不可能だと判断し、Tシャツのみ扱うこととした（Tシャツだけでも、目標の3点は獲得可能）。自動ロボットは、単純な機能のみとし、製作時間の短縮を図った。

3. 3 手動ロボット「ザ・ブーン」

製作した手動ロボット「ザ・ブーン」について述べる。外観は洗濯機を模しているため、色は白く、形は四角とした。静止状態の正面からの外観を図3、Tシャツを運んでいるときの外観を図4に示す。サイズは、静止状態のとき、縦490[mm]、横730[mm]、高さ785[mm]であり、質量は17[kg]である。

腕が2本あるロボットであり、2本の腕でTシャツを台から運び、Tシャツを竿にかけるときは、図4のように2枚ずつ運ぶ。腕は、上下の平行移動、上下の回転動作、左右の回転動作が行える[6]。また、腕は胴体内に格納できるよう製作した。これは、安全面を考慮し、ロボットを置いておくときや運搬時に腕が人や物に当たらないようにするために、洗濯機を模しているため、可能な限り四角形にするためである。

移動機構は、二輪駆動を採用しており、車輪径は160[mm]である。車輪は軽量化のため、直径150[mm]の円形木材を使用し、それに厚さ5[mm]のゴムを巻き、製作した[7]。本チームはこれまで車輪径260[mm]や280[mm]のタイヤを用いていたが、走行精度が悪く、期待したほど速度がないことから、タイヤ径を小さくした。



図3 2019年製作ロボット「ザ・ブーン」



図4 2019年製作ロボット「ザ・ブーン」 動作様子

使用したモータは、計7台である。腕1本につき、上下回転と左右回転に1台ずつ、ツカサ電工株式会社製のDCモータ TG-85R-SU-552-KA, 12Vを使用し、2本の腕を上下平行移動させるため、同社のDCモータ TG-85R-KU-24-KA, 12Vを1台使用した。腕の回転動作に使用したモータは、Tシャツを運ぶためトルクが必要なので、回転は遅いがトルクが大きいモータを選定した。上下平行移動に使用したモータは、平行移動の機構としてボールネジを用いたので、回転速度が必要なため、トルクは小さいが回転が速いモータを選定した。移動機構のモータは、同社のDCモータ TG-85R-KU-96-KA, 12Vを2台使用した。各モータの制御は、Arduino MEGA ADKを用いて行っている。無線コントローラとバッテリーは、第2.4節で述べたものと同じものを使用した。

2019年大会から、ロボット起動時には、LEDを点灯させることが義務づけられた。本ロボットには、側面に黄色、緑色、青色の3色の長さ300[mm]のテープLEDを付けた。それぞれに意味があり、黄色点灯は、静止モードと呼んでおり、コントローラのある1つのボタン以外、何を操作しても動作しない状態である。つまり、安全に停止させていることを示している。緑色点灯は、通常操縦モードと呼んでおり、移動及び2本の腕を同時に動かせる状態である。青色点灯は、微調整モードと呼んでおり、腕を個別に操作できる状態を意味している。これにより操縦者の誤操作を防ぐことができる。そして、LEDはロボットの外側に付けずに、外装の内側に付けた。これは、四角い形を維持するためと、外装内部に付けた方が、綺麗に光るためにある。

外装は、全面をプラスチック段ボールで製作し、簡単に取り外しができるようにマジックテープで固定した。安全のため、角に対しては全て面取りを行った。なお、面取りは、全ての部品の角に対して行っている。さらに、白く見せるためと安全性向上のため、図3のように、腕には白テープを貼り、モータや電子部品が集まる部分にもプラスチック段ボールでカバーを作成した。また、ロボット上部4箇所に取手を付け、運びやすいようにした。本チームは、4名のみのため、大会の運搬時は、Aチームに協力してもらう。このとき、持つ部分が不明瞭だと、持ってはいけない部分を持つ可能性がある。取手を付けることにより、持ちやすくなるだけではなく、持つ部分を明確にすることでき、誰にでも安心してロボットを運んでもらうことができる。

3. 4 自動ロボット「ド・バーン」

製作した自動ロボット「ド・バーン」について述べる。外観は手動ロボット「ザ・ブーン」と同様に、洗濯機を模しているため、色は白く、形は四角とした。静止状態の正面からの外観を図5、動作しているときの外観を図6に示す。サイズは、静止状態のとき、縦600[mm]、横790[mm]、高さ995[mm]であり、質量は18[kg]である。

腕が1本のロボットであり、手動ロボットと同様に、静止状態には、腕を胴体内に格納しておき、動作時に腕を出して、作業を行う。移動機構はオムニホイールを使用した全方位移動機構であり、フィールドの白線をライントレースし、高さ1.5[m]の竿にTシャツをかける予定であった。製作時間の不足により、自動部分が全く製作できず、形として製作するのみとなった。ただし、自動部分の製作用の調査のため、コントローラでの手動操作は可能である。



図5 2019年製作ロボット「ド・バーン」



図6 2019年製作ロボット「ド・バーン」 応援動作

9月下旬の会議において、リーダーが自動ロボットを「応援」に使用したいと提案した。応援は、製作時間がかかるないように、LEDを点灯させながら、腕を上下させるのみとした。LEDは赤色、緑色、青色の3色を用い、交互及び2色同時、3色同時を混ぜ、点灯させた。腕には、プラスチック段ボールの板を装着できるようにし、その板に応援コメントを書くこととした。応援コメントは、試合直前にそのときの感覚で書くということを決めた。第3.5節で述べるが、この応援をするロボットは、大会にて高い評価を得ることになった。

使用したモータは、計5台である。移動機構にツカサ電工株式会社製のDCモータTG-85R-KU-96-KA, 12Vを4台使用し、腕には、TG-85R-SU-552-KA, 12Vを1台使用した。各モータの制御は、Arduino MEGA ADKを用いて行っており、バッテリーは、第2.4節で述べたものと同じものを使用した。

3. 5 大会結果

2019年11月3日、阿南工業高等専門学校の体育館にて、四国地区大会が開催された。本チームは、予選リーグにて、新居浜高専Aチームと香川高専高松キャンパスBチームと対戦した。1戦目の相手は、新居浜高専Aチームであり、3対1で勝利した。弓削商船高専が勝利するのは、2004年大会以来の15年ぶりであった。2戦目は、香川高専高松キャンパスBチームであり、3対20で敗北し、1勝1敗で予選リーグ敗退となった。しかし、2戦共に目標であった3点を確実に取ることができた。また、自動ロボットによる応援も会場の注目を集め、会場全体を大いに盛り上げた。学生達もこの大会を十分に楽しめたようであった。特に、2戦目終了時の学生達の達成感に満ちた笑顔は、非常に印象に残るものであった。

表彰式では、「スマートなロボット、人を笑顔にさせてくれるロボット」と応援ロボットを含め、評価され、デザイン賞を受賞することができた。さらに「やるべきことをしっかりとやるロボット」と、確実に3点を獲得できるロボットを製作したことが評価され、特別賞(HONDA賞)も受賞することができた。目標であった受賞と、1試合3点を達成することができた。

また、ロボットの機能を確認する大会前日のテストランでも、規定の試合時間2分30秒でTシャツを3枚、竿にかけ、3点を取っていた。さらに、余ったテスランの時間を利用し、竿にかけたTシャツを回収するパフォーマンスを行い、関係者を楽しませた。他のチームのロボットを見ると、確かに多くの洗濯物をかける能力を持っているが、回収はできない機構になっていた。また、安全面でのチェックでは、確認を行う専門家から、何も指摘することができないと高評価を頂いた。

2019年大会の課題は、Tシャツ、バスタオル、シーツを干すことであったが、本チームは、Tシャツのみを対象として、受賞することができた。このことから、全ての課題を達成できなくても受賞可能なことがわかつた。本チームのように少人数かつロボット製作初心者メンバーで構成されるチームは、全ての課題を達成するため、複雑な機構を検討、製作するよりも、課題をしづらり完成度を高めた方が良いと言える。

なお、弓削商船高専Aチームも特別賞(マブチモーター賞)を受賞しており、弓削商船高専の2チームが同大会において受賞したのは、2007年大会以来となる。また、1つのチームで2つの受賞は、2002年以来である。さらに、2チームで3つの賞を受賞したのは、初めてとなる。さらにもう1つ記載すると、Bチームは全国大会に出場しないにもかかわらず、2019年11月17日(日)及び23日(土)に放送されたNHKのサイエンスZERO「高専ロボコン

2019全国大会直前SP」にて、応援ロボットと15年ぶりの勝利を取り上げてもらえた。このように2019年大会は、記録的な成果を残した大会であった。

4. おわりに

本稿では、2018年と2019年の高専ロボコンにおける弓削商船高専Bチームの取り組みと製作したロボット及び大会結果について述べた。2018年は、自動ロボットを製作せず、人の腕を模した投擲機構を有する手動ロボットを製作し、特別賞を受賞した。2019年は、安全面を重要視し、洗濯機を模した白い四角いロボットを製作し、デザイン賞と特別賞を受賞した。また、自動ロボットを応援用のロボットとして使用し、会場を大いに盛り上げた。そして、弓削商船高専にとって、記録的な成果を上げた。今後も多くの人を笑顔にできるロボット製作指導を行いたい。

参考文献

- [1] 全国高等専門学校ロボットコンテスト実行委員会競技委員会, 第31回アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト2018 ルールブック
- [2] 全国高等専門学校ロボットコンテスト実行委員会競技委員会, 第32回アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト2019 ルールブック
- [3] 株式会社ミスミ HP : <http://www.misumi.co.jp/>
- [4] 武田海, Erdenetsogt Gansukh : 高専ロボコン2018 のためのロボット製作 一ペットボトル投擲機構の製作ー, 平成30年度電子機械工学科卒業論文, 2018.
- [5] 濱田孝明, 渡邊亮 : 高専ロボコン2018 のためのロボット製作 一移動機構及び装填機構の製作ー, 平成30年度電子機械工学科卒業論文, 2018.
- [6] 肥塚達也, 村上悠斗 : 高専ロボコン2019 のためのロボット製作 一腕機構の製作ー, 令和元年度電子機械工学科卒業論文, 2019.
- [7] 金井雅人, 高上達也 : 高専ロボコン2019 のためのロボット製作 一移動機構と外装の製作ー, 令和元年度電子機械工学科卒業論文, 2019.