



[未来の学びを主導する高専教育]

# ④ エンジニアリング・デザイン教育 としての高専ロボコン

応  
般

藤原康宣 | 一関工業高等専門学校

## 高専ロボコンとは？

「高専」と聞けば「ロボコン」を思い浮かべる読者の方も多いと思う。アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(以下高専ロボコンとする)は、2019年で32回を迎える歴史あるコンテストである。第1回大会は1988年に開催された「乾電池カー・スピードレース」で、乾電池で動く車を開発し、人間を乗せて走らせる競技であった。第2回大会からロボット色が強くなり、第3回大会からすべての高専が参加するようになった。現在では各高専2チーム(Aチーム、Bチームと呼ぶ)が10月に行われる地区大会に臨み、そこで選抜された代表校が11月に国技館で開催される全国大会に出場する形式になっている。高専ロボコンの最大の特徴は、毎年新しい競技課題が設定される点にある。そのため毎年課題ごとにロボットを新規開発することにな

る。競技は地区大会、全国大会ともトーナメント形式で勝敗を争うが、独創的なアイデアを評価する点も大きな特徴である。その中でも全国大会に設けられている「ロボコン大賞」は、高専ロボコンにおける最大の名誉とされている。その歴史的背景より、高専ロボコンは現在開催されている各種の学生向け技術コンテストの先駆的な存在である。また全国大会は国技館で開催されること、全国ネットでテレビ放映されることから、その知名度は抜群に高く、これにあこがれて高専へ入学する学生も多い。また教員の立場から見るとエンジニアリング・デザイン教育の実践的な環境と捉えることもでき、単なるコンテストの枠を超えた存在となっている。

一関工業高等専門学校(以下一関高専とする)は任意参加だった第1回から参加している数少ない高専である。2018年は6年ぶりの全国優勝を果たし(図-1)、全国大会優勝3回、準優勝1回の実績を誇っている。本稿では、2018年の一関高専における取り組みを通じて、高専ロボコンの魅力とその教育効果について紹介したい。



図-1 高専ロボコン2018全国大会 優勝一関高専

## 高専ロボコン2018 競技課題：ボトルフリップ・カフェ

ボトルフリップとは内容物が入ったペットボトルを回転させて立たせる遊びで、これをロボットで行うのが2018年の競技課題である。図-2に競技フィールドの外観を示す<sup>1)</sup>。フィールドは赤ゾーンと青ゾーンに分かれており、対戦する2チームのロボットはそれぞれのゾーンで競技を行う。フィールドに



は手前から位置が固定された「固定テーブル」、高さの異なる2つのテーブルからなる「2段テーブル」、試合開始前に対戦チームが位置を決める「移動テーブル」が配置され、ロボットはここに向けてペットボトルを射出し、立てたペットボトルの個数で得点を競う。得点は立てたペットボトル1本につき1点だが、2段テーブルの上段だけは5点となる。この2段テーブル上段は高さ2,400mm、直径300mmとなっており、ほかのテーブルよりも狭く、高い位置にある。このテーブルにいかによくペットボトルを立てさせるのがこの競技のポイントの1つとなる。

もう1つのポイントが、自動ロボットの導入である。人間が操縦する手動ロボットはテーブルのすぐそばに近づくことができないルールが設定され、自律移動しペットボトルを射出する自動ロボットの開発がルールに初めて盛り込まれた。また「移動テーブル」は試合開始直前に対戦チームによりその位置が決定される。そのため単に目標位置に移動するだけでなく、テーブルを認識する機能が必要となり、自動ロボット開発の難易度がさらに上昇することになった。

最後のポイントはトーナメントにおける勝利条件の変更である。地区大会、全国大会とも準々決勝までは試合時間2分で得点の多いチームが勝利となるが、準決勝以降はすべてのテーブルにペットボト

ルを立てた時点で勝敗が決まるVゴール方式となる。トーナメントを勝ち上がるためには得点力が要求されるが、優勝を目指すにはスピードも要求されることになる。この相反する要求をどのような形でロボットに実現していくのかが、各チームを悩ませることになった。

## 全国大会優勝ロボット「一角」

この競技課題に対し、一関高専Bチームは、1つの射出機構ですべてのテーブルを狙うことができるシンプルで安定性の高いロボットをコンセプトに開発を行った。図-3に開発したロボット「一角(いっかく)」を示す。主に固定テーブルを狙う赤色の手動ロボット「一角獣(いっかくじゅう)」と、2段および移動テーブルを狙う青色の自動ロボット「一角鯨(いっかくくじら)」の2台のロボットで構成される。

ペットボトルの射出には、モータの回転を直線運動に変換し射出する直動機構を採用した。この直動機構には角度を調整できる機能が実装されている。これによりペットボトルの射出速度と射出角度を自由に変更することが可能となり、1つの射出機構で高さが異なるすべてのテーブルにペットボトルを立てることが可能となった。多くのチームが採用して

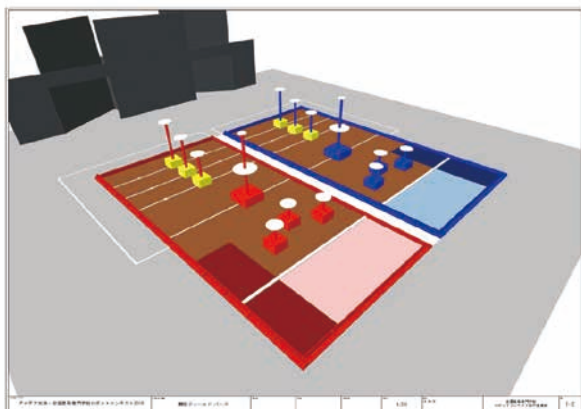


図-2 高専ロボコン2018競技課題ボトルフリップ・カフェフィールド<sup>1)</sup>

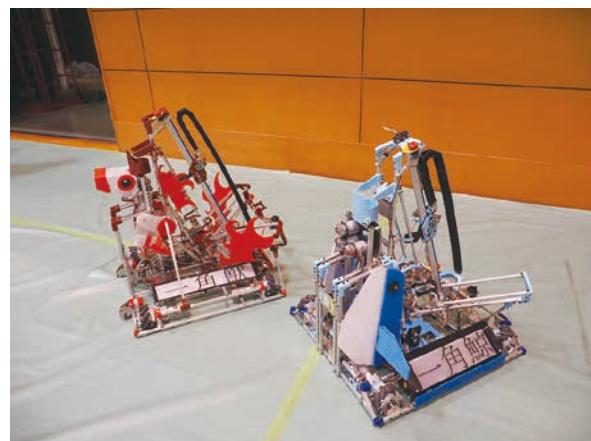


図-3 高専ロボコン2018全国大会優勝ロボット 一関高専「一角」



いた圧縮空気を使用する射出方式と比較してフィールドの環境（特に室温）の影響が少なく、安定した射出が可能となった。

もう1つのポイントであるロボットの自律移動については、メカナムホイールによる移動機構と、ホイールオドメトリと各種センサによる自己位置推定により実現した。移動機構に採用したメカナムホイールにはバレルと呼ばれる小型ローラが車軸に対して傾いて複数装着される構造となっている。メカナムホイールは配置した4つの車輪の回転方向を制御することにより、回転を含む全方向移動が可能となる。自己位置の推定にはホイールオドメトリ（車輪の回転角の計測により移動距離を推定する手法）とIMU（並進加速度と回転角加速度を計測できる慣性センサ）を併用した。これに加えてテーブルの認識に超音波センサを採用することで、ロボットは前後左右方向の並進移動に加えて、回転運動2段階の側面や背面へ回り込む機能を実現できた。

「一角」の最大の特徴は、上述の射出機構と移動機構を手動ロボットと自動ロボットに採用し、同一の設計としたことである。これにより設計、製作の工数や、パラメータ調整作業を大幅に減少することができた。また破損などが発生した場合は、2台のロボットで部品を交換することも可能となるため、大会におけるフェイルセーフの役割も果たした。これは結果として安定性を増加させる大きな要因となった。東北地区大会では地区最多得点43点を記録して優勝し、地区大会4連覇を達成した。全国大会では一回戦での射出の不具合に見舞われたものの、それを修正してからは安定して得点を重ねた。準決勝、決勝では大会唯一のVゴールを達成し、6年ぶり3度目の全国大会優勝を果たした。

## 一関高専の取り組み

高専ロボコンの地区大会には各校2チーム出場することになっており、その対応は各高専により異

なっている。一関高専では技術系のクラブである「機械技術部」で2チームを編成し、学校代表として出場することが通例となっている。現在機械技術部には40名ほどの部員が在籍しており、高専ロボコンに出場するロボット開発をメインに、地域イベントにおけるロボットのデモや、学内の3D-CAD講習会の補助などの活動を行っている。

チームに配属された部員は、ロボット本体の設計、製作を行う「機械班」と電気回路・ソフトウェアを担当する「電気班」に配属される。

機械班は、3次元設計ソフトウェアである3D-CADを最大限に活用しロボットのメカ設計を行う。3D-CADでは部品設計に加えて、ソフトウェア上で組み立て、機構や強度といった解析も行えるなどロボット設計に必要なツールも実装してある。高い技術レベルが要求される近年の競技課題において、必須ともいえるソフトウェアとなっている。電気班はロボットの動力源であるモータ等のアクチュエータを駆動するための電気回路や、各種センサや無線通信、それらを統合して1つのロボットとして制御するためのマイコンシステムとそのソフトウェア開発を行う。各班で開発された部品は、最終的に1体のロボットとして組み上げられる。その後実験と調整、大会を想定した練習を繰り返し、大会に臨む。

一関高専のもう1つの特徴は、授業カリキュラムの中にロボット開発を組み入れていることである。

図-4に一関高専機械工学科で実施されているロ

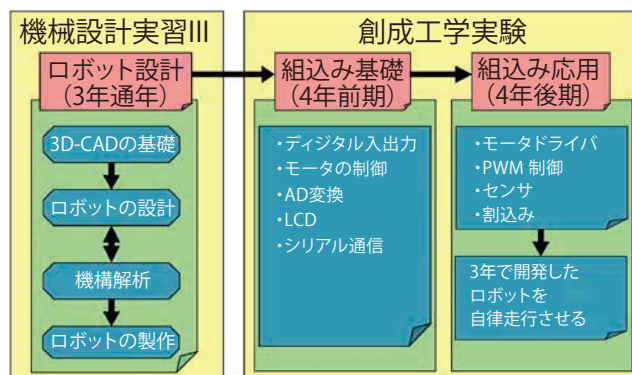


図-4 一関高専におけるロボット開発授業<sup>2)</sup>





ロボット開発をテーマにしたエンジニアリング・デザイン教育の流れ図<sup>2)</sup>を示す。3年生で3D-CADを活用したロボット本体の開発を行い、4年でそれを制御するマイコンのソフトウェア開発を行う内容となっている。ロボットの開発には機械工学はもちろん、電気電子・情報工学などの知識がいる。学習した知識の適用例として優れたテーマといえる。またロボットが動作したときに得られる達成感など、学生を積極的に授業に取り組みさせるモチベーション向上の効果も期待できる。このカリキュラム設計にあたり、高専ロボコンの指導から得られた知識を活用した。高専ロボコンに取り組んでいない一般学生に対してロボット開発を行わせることで、学校全体のレベルの底上げに繋がったと考えられる。

## 高専ロボコンのこれまでとこれから

高専ロボコンの概要について、2018年の一関高専の活動を例に報告した。高専ロボコンの魅力の1つに、同じ競技課題に対してさまざまなアプローチで多様なロボットが開発されることにある。大会には優勝した一関高専のロボットのほかにも魅力的なロボットがたくさん出場している。その様子は、公式のWebページ<sup>3)</sup>および動画投稿サイトの公式チャンネル<sup>4)</sup>などで公開されているので、本稿の補足としてもそちらも参照していただきたい。

筆者と高専ロボコンのかかわりは、20年以上になる。当時は機械という表現の方が相応しいロボットを開発していたが、近年コンピュータやセンサデバイスの低価格化により、自動化、自律化が進み、本来の意味のロボットに近づいているといえる。これに伴って要求される技術レベルは上昇しており、特に近年はソフトウェア開発の重要性が高まっている。その一方でロボットは、機械工学、電気電子工学、情報工学の複合体であり、エンジニアリング・デザイン教育の格好の教材ともいえる。高専ロボコンに限らず各種学生向けコンテストと教育カリキュラムはお互いに良い影響を与えられ、今後も学生の教育、研究に還元していければと考えている。

### 参考文献

- 1) 高専ロボコン2018ルールブック, <http://www.official-robocon.com/kosen/rulebook>
- 2) 藤原康宣, 八戸俊貴, 若嶋振一郎: 高専ロボコンでの活動をフィードバックしたエンジニアリング・デザイン教育, 第64回工学・工業教育研究講演会, 2D15 (2016-9-6)
- 3) NHKロボコンWebページ, <https://www.nhk.or.jp/robocon/kosen/zenkoku.html>
- 4) YouTubeロボコン公式[ロボットコンテスト]チャンネル, <https://www.youtube.com/channel/UCHaI7UN2G4BGKv46QnW40Rw>

(2019年4月1日受付)

藤原康宣 fujiwara@ichinoseki.ac.jp

一関高専 未来創造工学科 機械・知能系准教授。ロボット技術を活用した機械システムの開発に従事。高専ロボコンの指導教員として、2回の全国大会優勝を経験。博士(工学)。

