

ロボット教育を通じた創造力の育成に関する考察（第4報）

－ロボットコンテスト国際大会の出場を通して－

葉山泰三

(奈良教育大学附属中学校)

谷口義昭

(奈良教育大学 技術教育講座 (技術科教育))

藪 哲郎

(奈良教育大学 技術教育講座 (電気))

古川大和

(奈良教育大学 英語教育専修)

佐竹 靖

(奈良教育大学附属中学校)

市橋由彬

(奈良教育大学附属中学校)

Consideration about Training of the Creativity by Robot Education IV － The Result gained from Participation of an International Robot Convention －

Taizo HAYAMA

(Nara University of Education Junior High School)

Yoshiaki TANIGUCHI

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

Tetsuro YABU

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

Yamato FURUKAWA

(Nara University of Education)

Yasushi SATAKE

(Nara University of Education Junior High School)

Yoshiaki ICHIHASHI

(Nara University of Education Junior High School)

要旨： これからの時代を担う子どもたちが生きていくために身に付けなければならないリテラシーは、自ら進んで課題を見つけ、探求し、解決する能力である。奈良教育大学附属中学校科学部は、この能力をロボット学習主体のクラブ活動を通して獲得することを目的として活動している。本報告は、2015 年度に取り組んできた活動の中からロボットコンテストに焦点を当てて、その活動過程と成果を示す。本年度のロボットコンテスト World Robot Olympiad (以下WROと略す) 地方大会において、本附属中学校科学部は、レギュラーカテゴリーでは優勝し、全国大会でも準優勝を果たした。また、オープンカテゴリーでは、全国大会で優秀賞を獲得した。この2つの部門で世界大会 (於：カタール) に出場した。世界大会に向けては、正確に、短時間にミッションを遂行するロボットの製作、人の指の動きを再現するロボットシステムの構築、奈良教育大学学生の指導による英語プレゼンテーション力の向上に努力した。世界大会では上位入賞を果たすことが出来なかったが、生徒は努力し続けることの意義、独創的なロボット開発の重要性、また大学生は生徒と一体となって目標に向かって活動する達成感を得ることが出来た。

キーワード： ロボット教育 Robotics 創造力 Creativity

1. はじめに

今日の技術革新には目覚ましいものがあり、工業製品を

製作する現場においては、最新技術が積極的に導入され、かつて人間が行ってきた仕事の多くが、コンピュータ制御のロボットシステムに置き換えられる時代になってきた。

今の小学生が大人になる頃には、現存しない新たな仕事が大幅に増えているとの予測もある。そのような時代に突入する中、現代の子どもたちには、自ら進んで学び、新たなものを創り出す力が、今まで以上に求められるようになってきている。そのため日本の教育のあり方も、かつての知識偏重の受動的なものから、主体的に学ぶ能動的なものへ更に進化させていく必要性に迫られている。このような学校教育の大きな転換期に、ロボット教育は、これからの時代を担う子どもたちの育成に有効な手段として、日本でも大きく注目され始めた。その教育効果の高さは、既に多くの国でロボット教育が積極的に導入されている事実からも窺い知ることができる。このような教育情勢の中、筆者らは奈良教育大学附属中学校の科学部において最新のロボット教育の実践研究を行っている¹⁾²⁾³⁾。2014年には、ロシア・ソチで行われた国際ロボットコンテストにおいて世界一の座に輝いた。この成果は日本勢初の快挙として、教育業界やマスコミ各社からも大きく注目され、また継続して2015年の全国大会での優秀な成績へと繋がり、国内の学校では唯一2チームも日本代表に選抜される躍進の要因ともなった。本論文は、2015年にカタール・ドーハで行われた世界大会出場の成果を中心に、創造力の育成を始めとしたロボット教育の持つ教育効果とその課題について報告するものである。

2. ロボットコンテストWROの競技部門について

2. 1. 国際大会に出場した2つの競技部門

本校が挑戦しているロボットコンテストWRO (World Robot Olympiad) は、国際的なロボットコンテストである。約50ヶ国、延べ数万人の子どもが参加する大規模なものであり、開催国は毎年異なっている。世界中の子どもが同じ条件で参加できるように、使用するロボットキットはLEGO社製と規定されている。使用されるプログラム言語は、子どもにも扱いやすいアイコン型のものが中心であり、この学習教材の普及に伴って、国内でも次第にコンテストに参加するチームが増えている。

また、ロボットやプログラミング教育への世界的な関心の高まりから、世界では日本以上に参加が多いと聞いている。国内では、地域ごとに予選を行い、予選を勝ち抜いたチームが全国大会に集い、世界大会に向けて競技を行う。

本校は本大会で2部門、すなわちレギュラーカテゴリーとオープンカテゴリーで日本代表に選出された。この2つの部門は、競技内容が大きく異なるので、以下にその違いについて説明する。

2. 2. レギュラーカテゴリー

WRO世界大会本部が発表する課題(例年地方大会が開催される約3ヶ月前)を解決するために、ロボットのハードウェアとソフトウェアの両面からアプローチする。

ハードウェアではロボットの大きさ、使用するコントローラー、センサーの種類等の規定に沿ったロボットを製作する。次にソフトウェアの面から、ルールに則ってミッションを遂行するために必要なプログラムを作成しロボットに入力して指示通りに動作する自律型ロボットを完成させる。与えられたミッションごとに点数が割り当てられ、合計得点を競い合う。同点の場合は、タイムが短い方が上位となる。

日本で認知度の高いNHK高専ロボコンのように、人間がコントローラーで操作しながらミッションをクリアする形式のコンテストではなく、一旦競技が始まったら人はロボットに手を触れたり操作したりすることが一切出来ないために、課題を適切に解決するアルゴリズムの作成が重要となる。また、ハードウェアとソフトウェアの連携を考慮した開発が必要である。

2015年の課題は、以下の通りであった。

競技コート上に、縦横それぞれ4本ずつの線を交錯させ、その交点に置かれている5つのカラーブロックを回収する。ブロックの位置情報は、カラーパネルで競技コート上に示す。使用した競技用コートの略図を図1に示す。

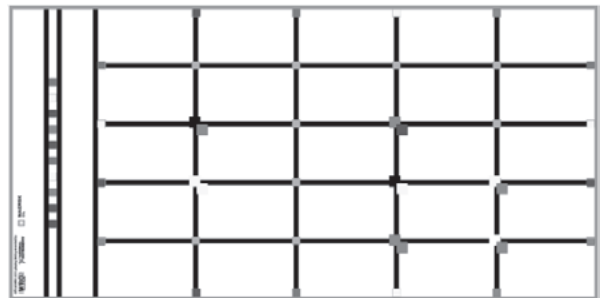


図1 競技用コートの略図

課題を解決するために、カラーを正確に読み取り、論理的にロボットの位置座標を計算し、制御する力も必要とされる。正確にライントレースする力、カラーセンサーを活用する力、ブロックを効率よく回収する機構を開発する力など、プログラムと機構の両面において、かなり高い技術レベルが要求された。

更にレギュラーカテゴリーにおいては、競技直前にサプライズルールと称される新たな課題も追加される。このルールは、競技者に本当に力があるかどうかを明確に測るために、準備してきたロボットに更にもう一つのミッションを付加して、性能を評価するために実施されるものである。競技者には、発表されたサプライズルールにも対応できる新たな機構とプログラムを制限時間の中で作り上げる、より高い技術力や創造力が求められた。

2. 3. オープンカテゴリー

オープンカテゴリーは、レギュラーカテゴリーのように、明確に得点を競い合うタイプの競技部門とは大きく異なり、開発したロボットの性能をプレゼンテーション

する競技である。競技中の出場者の様子は、新開発した製品をユーザーに売り込んでいるビジネスマンのようにも見える。

オープンカテゴリーでは、事前に与えられたテーマに沿ってロボットを設計、製作する。一般的なロボット競争競技であるレギュラーカテゴリーは、競技の特性上、公正な競争にするために、前述のようにロボットのサイズや使用する部品に厳密な制限を加えている。しかし、テーマに沿ったプレゼンテーションを主体とするオープンカテゴリーの競技においては、ロボットのサイズやパーツに厳しい制限がなく、自由な発想でロボットを製作することが可能であり、創造力やコミュニケーション能力の育成に重点が置かれる。

また、オープンカテゴリーは、その競技の特性上、ロボットの機構や製作能力、プログラミング能力の育成は勿論のこと、プレゼンテーションに用いる資料や、予め審査の対象となるビデオの製作、英語でのプレゼンテーション力や質問に応答するコミュニケーション力も必要である。競技に先立ち、英語による原稿制作や表現方法のトレーニングなど、多方面に渡る能力の育成も要求されるため、日本の中学生にとって準備過程で精神的な負担が大きい、完遂したときの達成感も大きい。

2015年におけるオープンカテゴリーの競技テーマは「危険な場所における資源採掘作業に役立つロボットを開発せよ」であった。

3. WRO国内および国際大会へ向けての取り組み

3. 1. レギュラーカテゴリー

2015年度において、レギュラーカテゴリーの生徒達が世界大会に出場するまでの過程で多くのことを経験した。大会に向けて1年前からトレーニングを重ねてきた。その取り組みについて以下に述べる。

2015年度に出場した2年生の生徒達は、前年度(2014年)の地方予選においてミッションを遂行できるロボットやプログラムを作ることができず惨敗した。敗因を分析し、次年度(2015年)の大会に向けてロボットの機構の学習とプログラミング力を付けるため、2014年8月から半年以上かけて徹底した基礎技術のトレーニングを行った。

方法は、2014年の課題であった競技コートを用いて、その課題を完璧に達成するまで、ロボットとプログラムの改良を続けることであった。

当初は、基礎的な技術力が不足していたため、全く上手くいかなかったが、地道な努力を続けた結果、トレーニングを開始して半年を過ぎる頃には、課題をパーフェクトにクリアすることができるまでに成長した。すなわち、全国大会で上位に入賞できるまでの技術力を身に付けたのである。このように一旦スタートラインまで戻り、基礎・基本を学ぶ生徒たちの地道な活動は、大変効果的

であった。近年本校の生徒達は、地方大会では高得点を得るが、全国大会では実力が発揮できなかった。これは、この基礎技術力の育成不足が大きな要因と思われた。このように基礎・基本の学習の必要性が立証された。

2015年の課題が、2015年の2月頃に公表され、生徒達はその課題に取り組み始めた。基礎技術を実身に付けた生徒達のロボット開発能力は前年度より格段に上がっており、ロボット開発は非常に順調に進むようになった。

ロボットの開発過程で、課題を解決する高機能化に向けて、生徒達の能力育成に大きな役割を果たしたのが、ライバルの存在であった。本校は、レギュラーカテゴリーの地方予選に2年生2チーム、3年生3チームの合わせて5チームがエントリーした。3年生のチームは経験が豊富なため地方大会で優勝を狙えるほどまでに実力を付けており、2年生のチームにとっては大きな目標となっていた。先輩というライバルの存在があったため、2年生はロボットとプログラムに、日々繰り返し改良を加えた。その努力が実り、2年生のチームは、非常に優秀なロボットを開発できた。この成果は、ロボット教育においても、切磋琢磨の環境をつくるのが、とても重要であることを表している。

(1) 地方大会

8月2日に開催された地方予選において、結果的には2年生の1チームが3年生を上回り優勝した。しかし、その得点は僅少な差であった。自律型ロボットの大会においては、大会会場の照明の状況や競技コート表面の摩擦力の状態などに合わせてロボットやプログラムの調整を行わなければならない。競技は中間に調整時間を挟み2回行えるのだが、優勝チームの1回目の競技では、カラーセンサーに必要な情報を正確に読み取ることができず、誤作動を起こしてゼロ点であった。生徒達はその状況を打開するため、調整時間にロボットに新しい機構を付加する工夫を行った。その対応策は高い技術力を要し、且つ非常なリスクを伴うものではあった。2回目の競技でミッションの遂行に成功し、3年生の得点を上回り、優勝することができた。この結果より2年生のチームが地区代表として日本大会の出場権を獲得した。

この逆転を生んだ最大の要因は、半年以上の基礎トレーニングで培った確かな技術力にある。調整時間内に冷静かつ論理的な判断を行い、普段の活動で培われた技術力を発揮して獲得した成果である。

(2) 全国大会

9月20日に開催される全国大会への出場が決まってから、生徒達は世界大会でも戦える高性能ロボットの開発を目指し、制御ユニットとプログラム言語を変更するなど、機構もプログラムも全て一から作り直した。全国大会では、地方大会ではなかったロボットの機能をプレゼンテーションする競技も追加され、その準備のための資料作成も意欲的に取り組んだ。

全国大会における結果は、競技部門において準優勝、

プレゼンテーション部門では最優秀賞であった。この結果、本校のチームは世界大会へ出場できる日本代表チームに選出された。

競技部門では準優勝に終わったが、これは最終的に世界出場の権利を得ることを最優先したためである。1回目の競技では、ミスをせずに得点する着実な戦術を用いた。この作戦が功を奏し、高得点を得ることができた。所要時間は出場チーム中で最短であった。2回目の競技においては、改良を加えて、より高得点を狙うロボットを製作した。しかし制御ユニットに予期せぬトラブルが発生し、ロボットが競技中に停止してしまった。このような機器のトラブルの原因は多種多様であり、大会会場の環境にも大きく影響を受ける。同時間に競技を行った高校生の部でも類似のトラブルでロボットが停止した。このような現象がロボット競技で最も怖いところである。生徒たちには世界大会に向けて、あらゆるトラブルを想定した判断力を育成するように指導した。

以上の結果、本校が5年ぶりにレギュラーカテゴリーで世界大会へ出場することになった。

(3) 世界大会

11月6～8日にカタール・ドーハで開催される世界大会に出場が決まってから、生徒達はより高速かつ正確に動作するロボットにするため、ロボットにさらに改良を加えた。その結果、ミッションを短時間で遂行する高性能なロボットの開発に成功した。

また、あらゆる照明の条件下でも正確に動作するためのトレーニングや、サブライズルールに備えたトレーニングを徹底して行い、世界大会に臨んだ。

大会前日の練習を見た限りでは、本校のロボットは他国のロボットの性能を明らかに上回っていた。本校の優秀なロボットに強い興味を示した他国の生徒から、本校の生徒達が質問攻めに遭うほどであった。練習段階では満点を出し、また他国より高速でミッションを遂行できることを確認し、本番の競技に臨んだ。ロボットの外観を図2、練習の様子を図3に示す。

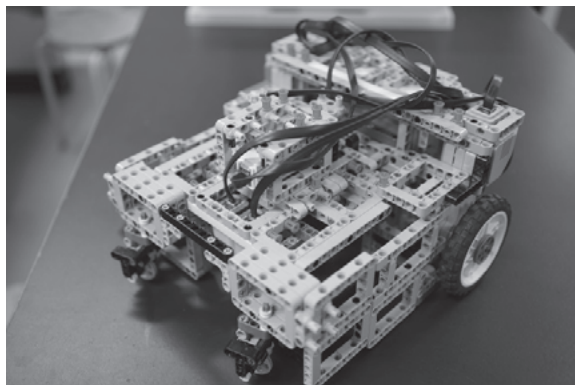


図2 ロボットの外観

しかし大会競技中に、今まで繰り返し練習をしてきた中で一度も経験したことのない機器のトラブルが発生し、

ロボットが3回とも競技中に停止してしまった。停止の原因は不明である。

この結果、世界で上位に入賞するという目標を達成することはできなかった。しかし、3回目の本番直前の練習では満点を取り、しかもそのタイムは、優勝タイムを上回るものであった。このことは、本校の実力が、世界のトップレベルであることを示している。

この成果を今後の取り組みに活かしていくことが大切である。



図3 練習の様子

3. 2. オープンカテゴリー

2015年度において、オープンカテゴリーの生徒達は世界大会に出場するまでの過程で多くのことを経験してきた。その取り組みについて以下に述べる。

(1) システムの構築

課題は「危険な場所における資源採掘作業に役立つロボットを開発せよ」であった。本課題を解決するために新しいシステムのロボットの開発に着手した。

2014年は、KINECTセンサーを活用したロボットシステムを、制御プログラムにC#言語を用いて構築した。本年度は微少な動きも感知するLEAPMOTIONセンサーを用いた。その活用の様子を図4に示す。

本センサーは、KINECTセンサーよりも人の指の微少な動きも感知する機能に優れていた。このセンサーの制御にはやはりC#言語が必要であり、生徒はその高度なプログラムの作成に挑戦した。



図4 LEAPMOTIONセンサーと画面に表示された手のモデル

（2）全国大会

全国大会に向けて課題を解決するロボットの製作とソフトウェアの開発を行い、さらに審査用のビデオを作成した。ビデオ審査が全国大会の予選を兼ねている。この審査の結果、全国大会の出場が決定した。この段階では、課題を解決する手の動きを再現するロボットは実現していなかった。全国大会で手の動きを再現することを目指し、動作センシング技術、手の動作機構および制御プログラムの作成に主力をおいて活動した。その結果、全国大会では、不完全ではあるが、人の手の動きをロボットが再現することに成功した。このロボットの機構に対して審査員から高い評価を受け、優秀賞を獲得した。併せて、世界大会への出場権を獲得した。

ロボットそのものはこの時点ではまだ不十分であり、世界大会に向けて多くの課題を克服する必要があった。手の機構部分を図5に示す。

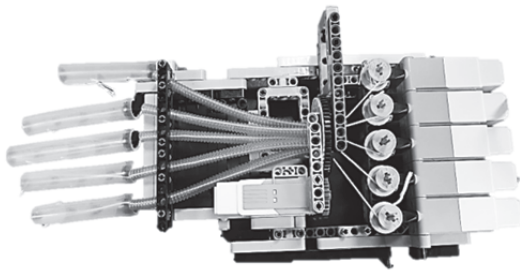


図5 手の機構部分

（3）世界大会

世界大会のオープンカテゴリーにおいては、英語でプレゼンテーションを行い、質疑応答も全て英語で行うことが求められる。そのため、世界大会出場が決まてからは、奈良教育大学の英語科の大学生（古川）を、プレゼンテーション指導のために招聘し、英語の指導を推し進めた。

大学生は、英語の原稿作成、英語の発音指導、英語での質疑応答のトレーニング、留学生も交えた指導体制の確立など、多岐にわたるサポート活動を約1ヶ月間精力的に行った。様々な特訓の甲斐があって、生徒達は最終的には堂々としたプレゼンテーションが出来るまでに成長した。この成果は、大学生の熱心な指導によるものであった。プレゼンテーションの様子を図6に示す。

オープンカテゴリーの結果は、世界11位に止まった。2014年の優勝に比べると見劣りはするものの、世界中から集まった各国の代表チームの中であって、生徒達が努力によって11位まで辿り着いたことは、大いに評価してよい。世界の舞台上、全力で戦い、そして負ける悔しさを味わうこともこの上もない貴重な経験である。その学びの様子を次に述べる。



図6 プレゼンテーションの様子

4. WROの活動を通じた学びと成果

4. 1. 生徒達の学び

大会後、生徒達は次のような意見を述べている。

＜レギュラーカテゴリーの生徒A＞

（前略）…だからこそ練習を何千回とし、ミスを探すのですが、それでも本番にミスは起きます。いかに本番に練習通りを出すか、これがこの競技の最終目標だと思います。そして、この最終目標を達成できた者が本当に力ののある者と言えるのではないのでしょうか。

確かに、僕たちは世界に通用するだけのロボットとプログラムをもっていったかもしれない。センサーが通常通りに動いたら優勝できたかもしれませんが、でもそれができなかったから負けたのです。まだ「何か」が足りなかったのだと思います。その「何か」は練習をする上でしか気付けないことだと思います。

世界大会ではそれを一番学びました。この先いつか絶対リベンジします。

＜レギュラーカテゴリーの生徒B＞

（前略）…また他国の生徒のミッションに対する姿勢も勉強になりました。ほとんどの生徒が仲間と共にミッションをこなし、楽しんでいました。この楽しみは僕にはなかったと思います。

また積極性にも日本との差がありました。色々な国の人々がどこからきたのだとか、何に参加しているのかだとかをバンバン積極的に話してきました。この積極性がオープンカテゴリーでのプレゼンテーション力に変わり、ロボット作りやプログラム作りに対する探究心が変わっていくのだと思いました。

<オープンカテゴリーの生徒C>

(前略)・・・僕は今回逃げ回って、さんざん泣いて、負けました。でも次は、この涙を乗り越えることが大切、ということ学びました。

今まで助けてもらったこと、教えてもらったこと、笑ったこと、泣いたこと、学んだことを活かしてこれからも夢を叶えられるよう、残りの中学生生活を頑張っていこうと思います。今回は一生に一度の、自分を知れる良い機会になりました。ありがとうございました。

今回、世界大会において生徒達は思うような結果を残すことは出来なかった。しかし生徒達は、今回の苦い経験を基に、自分自身に足りなかったことに気付き始め、確実に大きく成長していることが、上記の意見からも確認できた。

4. 2. サポートした大学生の学び

大会後、サポートし大学生は次のような意見を述べている。

(前略)・・・世界大会へ行ってみると、子どもたちを育てるための大会であるのに、コンテストの結果を優先し、明らかに大人が力を貸し過ぎているケースがいくつも目につき、とても疑問を感じました。

そのような状況の中でも附属中の先生は、生徒たち自身で準備やロボットの組み立てを行わせて、生徒たちの成長を一番に考えておられました。生徒は、自分たちで試行錯誤し、どうしても上手くいかない時にだけ先生や私がヒントを与えるとという形で指導されていました。生徒も、自分たちの力で問題を解決していく中で自信をつけていき、大会の最後には堂々としてプレゼンテーションを行っていました。

このように、常に現場の先生の近くで、リアルな指導を意識しながら活動をする、また自分自身も生徒と関わりながら教員として指導をするという経験は、まだ大学生の私にとっては本当に貴重であり、大変意義深い学びにもなりました。

サポートした大学生は、今回の経験を通して、教育現場で実際に役立つ指導方法を学び取っていることが確認できた。中学生のサポート活動を行う中で、実は指導する大学生にも大きな学びや成長がある。今回のような教育活動は、未来の教育現場で活躍できる人材育成にも大きく寄与できる。

6. まとめ

図 7 に世界大会出場を報じる新聞記事(奈良新聞 2015年 11月 4日掲載)を示す。世界大会への出場の経験をを通して生徒達は、地道に努力を積み重ねることで、

大きな目標に到達できることを学んだ。その過程では、ロボット開発が思うように進まないという壁に何度もぶつかり、ものづくりの難しさを味わい、それを乗り越えて新しいものを作り上げる楽しさを経験した。

入賞はできなかったが、レギュラーカテゴリーで本校の生徒が製作したロボットは独創的な機構を持ち、世界トップレベルの性能を有していた。このことは本校の生徒が豊かな創造力を身に付けたことを示している。

生徒達には、この貴重な学びを自分自身の成長に活かすだけでなく、後輩達にも伝達してもらいたい。



図 7 世界大会出場について掲載した新聞記事

参考文献

- 1)葉山泰三、谷口義昭、藪哲郎、佐竹靖、山崎隆史(2015)、「ロボット教育を通した創造力の育成に関する考察(第3報)ーWRO2014 国際大会での優勝ー」、次世代教員養成センター研究紀要、第1号、pp.335-340
- 2)葉山泰三、谷口義昭、西野紘道、佐竹靖(2014)、「ロボット教育を通した創造力の育成に関する考察(第2報)ーロボットコンテスト全国大会および国際大会への取組についてー」、教育実践開発研究センター研究紀要、第23号、pp.207-212
- 3)葉山泰三、谷口義昭(2013)、「ロボット教育を通した創造力の育成に関する考察ーロボットコンテスト国際大会の出場を通してー」、教育実践開発研究センター研究紀要、第22号、pp.273-278