

ロボット教育を通じた創造力の育成に関する考察（第3報）

－ WRO2014 国際大会での優勝 －

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））

佐竹 靖

（奈良教育大学附属中学校）

山崎隆史

（奈良教育大学）

Consideration about Training of the Creativity by Robot Education Ⅲ

－ Victory in World Robot Olympiad 2014 －

Taizo HAYAMA

（Nara University of Education Junior High School）

Yoshiaki TANIGUCHI

（Nara University of Education）

Tetsuro YABU

（Nara University of Education）

Yasushi SATAKE

（Nara University of Education Junior High School）

Takashi YAMAZAKI

（Nara University of Education）

要旨：教育現場においては、これからの21世紀社会を支えるために、グローバル人材の育成が推し進められており、幅広い知識や柔軟な思考力、豊かな創造力や優れた人間性を兼ね備えた人材の育成が求められている。奈良教育大学附属中学校の科学部はロボット教育を中心として部活動を行っており、世界規模で行われているロボットコンテストであるWRO（World Robot Olympiad）に毎年参加している。2014年の成績は、設定されたミッションを遂行するレギュラーカテゴリーのプレゼン部門において全国大会で優秀賞を獲得した。また、設定課題「ROBOTS and SPACE」に沿ってロボットを設計し、開発意図、機能、機構や安定性をプレゼンテーションするオープンカテゴリーで日本代表に選拔され、ロシアで行われた国際大会に出場し優勝した。国際大会のオープンカテゴリーで優勝したのは日本初の快挙であった。

本校科学部でのロボット教育は、ロボット開発だけでなく、様々な研究活動やそのプレゼンテーションの学習等、幅広い学習を大切にしている。また、大学生と連携した英語でのプレゼンテーショントレーニングにおいては、学びを受けた中学生と教授した大学生の双方が学び合うことで、高い教育的効果があった。本論文では、ロボットコンテスト国際大会で優勝する過程および大会で得られた子どもや大学生の成長について報告する。

キーワード：ロボット教育 robotics education

国際大会 world contest

プレゼンテーション presentation

1. はじめに

国際競争力を高めるため、近年、韓国、中国、インド、マレーシアをはじめとするアジア諸国においては、国をあげて若い世代の科学技術教育の強化に取り組む、優秀な人材を多々輩出している。また、アメリカ、ヨーロッパにおいても科学技術教育の推進が盛んであり、子どもの才能を積極的に開拓しようとするロボットコンテストへの参加の度合いは、日本より大幅に進んでいる。

社会構造の国際化に伴い、グローバル人材の育成が世界的にも強く押し進められようとしており、異なる文化を理解し、国際間で互いに協力し合う人材の育成が求められている。

更に近年の国内外の学力調査の結果から、我が国の子どもたちの思考力、判断力、表現力に対する課題が指摘されている。

これら子どもを取り巻く現状や課題等を踏まえ、奈良教育大学附属中学校の科学部では、21世紀の社会で活躍できる人材の育成を目指して、MIT（マサチューセッツ工科大学）で開発されたレゴ・マインドストームを活用したロボット教育を行っている。また本校の技術・家庭の授業でも、同様にロボット教育を展開している¹⁾。

本論文は、世界規模のロボットコンテストであるWorld Robot Olympiad（以下WROと略す）の国際大会に出場する取り組みの中で、生徒が活動の過程で如何に成長してきたか、また併せて活動をサポートした学生の成長も検証するものである。

具体的には、2014年11月にソチ（ロシア）で開催された国際大会において本校チームが優勝し、世界一になるまでの軌跡について論述する。

2. ロボットの研究開発について

2.1. 今年度のWROオープンカテゴリー部門のテーマについて

WROオープンカテゴリーは、毎年発表されるテーマをロボットで如何に表現するかを競う。「ロボットを設計する企画力」「組み立て・製作の技能」「意図した動きを制御するプログラミング力」そして「それらを統合して公表するプレゼンテーション力」を競い合う競技であり、総合能力を競うものである。競技内容の詳細については、葉山ほか（2013）²⁾で詳述したので本報では省略する。今年度のテーマは「ROBOTS and SPACE（ロボットと宇宙）」であった。

2.2. 活動の起点

テーマの発表は毎年3月頃にあり、通常ならば生徒達はその時期から活動を開始する。しかしながら、本

校の生徒達は、2014年の大会テーマ発表前の2013年12月から活動を開始していた。その理由は、2013年のWRO国際大会にて入賞を逃した苦い経験を生徒達は非常に重く受け止めており、少しでも早い時期からロボット開発の研究を始めようと考えたからである。勿論次年度のテーマ発表はまだの時期であったが、どのようなテーマであっても応用できる機構の基礎研究を開始した。

そして開発の基礎素材として選んだのは、ピンアートのおもちゃであった(図1)。細い針状のピンで、様々な形をリアルに造形することができるこのおもちゃに注目し、この機構を制御する方法について研究を始めた。



図1 ピンアートのおもちゃ

2.3. 出力機構の基礎研究

生徒達はピンアートをLEGOブロックで表現し、個々のピンの高さを制御する方法について、検討を重ねた。

その結果、図2左に示すように、「ピンアートの1つのピン」を「棒状のパーツの端にブロックを接続したもの」で表し（以後、ピンブロックと呼ぶ）、人間の目に見える表面はブロックを配置し、目に見えない内部に棒状のパーツを配置する機構を開発した。そして、その高さの制御方法の検討に入った。

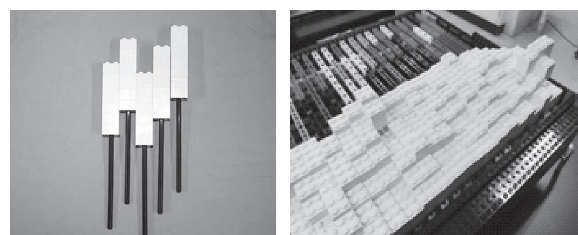


図2 ピン状パーツと出力機構の初期の状態

しかしここで問題が一つ生じた。ピンブロックを押し上げて何らかの形状を作り上げても、ピンブロックを押し上げる力を取り除くと、自重でピンブロックが落ちてくるので、せっかく作った形が崩れてしまう。そこで、その対策として、スポンジを棒状のパーツの隙間に詰めて、その摩擦でピンブロックを落ちなくする機構を考案した(図3)。このシンプルなアイデア

により、一度押し上げたピンブロックが、自重で落ちることがなくなり、造形した形を維持することができるようになった。

このようにして、ピンアートのおもちゃをモデルにした、LEGOブロックで造形物をつくる機構の基本部分が徐々に出来上がっていった。

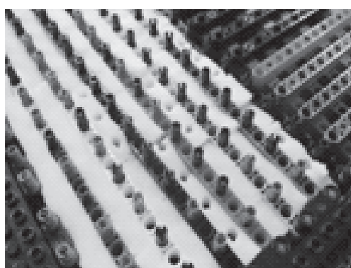


図3 スポンジを用いたアイデア機構

2.4. 造形データ出力機構における動作の基礎研究

造形データ出力機構において、ピンアートのピンに相当するLEGOブロック（ピンブロック）を押し上げる方法を、LEGO社の制御用インタラクティブサーボモータ（以下モータと略す）を用いて製作することとし、その機構の開発に取り組んだ。

まず、試験的に1本のピンブロックを押し上げる機構を考案し（図4）、再現性と正確性を高めるための改良を重ねた。

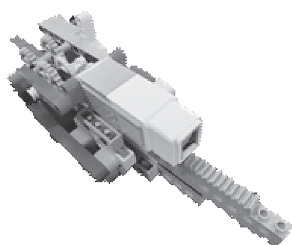


図4 1本のピンブロックを押し上げる機構

1本のピンブロックを押し出す機構の基礎が出来上がった後、今度はその機構を用いて、複数のピンブロックを順番に押し上げる方法を検討した。複数のモータを横方向に並べ、信号によって一列を押し上げ、次にこれらのモータ群を前後に移動させて次の信号によって次の一列を押し上げる、この操作を繰り返すことによって全体を造形するシステムとした。安定してモータ群を正確に移動させる機構を開発するために、ブロックの組み立て、ラックとピニオンの組み合わせ、制御ソフトウェアの構築等多くの要素を統合させ、実験を繰り返して行い、そのシステムを完成させた（図5）。

2.5. 発表されたテーマに沿った活用方法を検討

出力機構の基本構造の実験が進んでいる時期に、2014年のWROテーマ「ロボットと宇宙」の発表があ

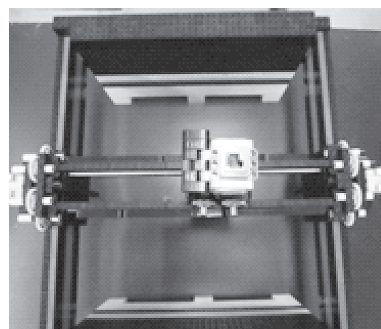


図5 出力機構を縦横に移動させる機構

った。生徒達は自分たちの基礎研究の、テーマに沿った活用方法を検討し、目標を「未知の惑星の地形を上空から読み取って、その地形を再現し、それを基にして安全な探索を行うシステムの開発」に設定し、活動を進めた。

2.6. 造形データ入力機構の基礎研究

次に、出力機構で造形する物体の形を、センサで読み取る、造形データ入力機構の開発に取り組んだ。

最初に使用したセンサは、LEGO社の教育用制御学習キットに入っている超音波センサであった。まず、その超音波センサで、読み取りたい物体からセンサまでの距離を測定できる機構の開発を行い、次にその入力データを処理するプログラムの開発を行った。制御に使用した機器はEV3（2013年に発表された最新の製品）であり、プログラム言語にもEV3用のソフトウェアを用いた。

この段階では、機構的に不安定であったが、センサで読み取ったデータを基にして、出力機構を動作させることができた。

2.7. センサとモータの数を増加した機構の開発

1個の距離センサから信号を受け取りモータが作動して所定の形状を作り上げるには理論上20～30分の時間を要した。これでは実用的でないので、複数のセンサとモータを用いた機構の開発を行い、出力時間の短縮を図った。複数モータとセンサを同時に制御するためには、複数のEV3を同期させながら制御する必要があった。このために、EV3に搭載されているデージーチェーン（daisychain）機能を活用した。この機能は、複数のEV3をコードでつなぎ、同時に制御することができるものであり、従来のNXT（EV3の1世代前の製品）には無い機能であった。

このデージーチェーン機能を使いこなすプログラム開発に、生徒達は苦勞し、何度も実験を積み重ね、制御する技術を身に付けていった。

センサを8個組み合わせて実験したところ、読み取ったデータが正確に出力されない現象が新たに生じた。隣接するセンサの超音波が相互に干渉し合っ

ることが判明し、超音波センサの使用を断念した。生徒達は複数のセンサを並べても干渉しにくいEOPDセンサ（光距離センサ）を見つけ出し、超音波の干渉の問題を解決した。

しかし、ここでまたEOPDセンサで測定した距離データはEV3専用のソフトウェアでは制御できず、C#（プログラミング言語名）を使用しなければならないという新たな問題が生じた。生徒達はC#を習得してプログラミングを行い、動作させることに成功した。ところが実験を繰り返すうちにEOPDセンサで測定できる距離が最大20cm程度しかないことが判った。「上空から地形を読み取るシステム」としては性能が不十分なので、このセンサの使用も断念した。多くのセンサを検討した結果、KINECTセンサ（図6）が深度センサ機能を内蔵しており、目標物の凹凸データを一瞬で読み取ることができることが分かった。KINECTセンサを制御するにはC#を更に深く勉強する必要があったが、生徒達は敢えて困難な道を選じた。



図6 KINECTセンサ

2.8. KINECTセンサによるデータ取得とそれを用いた出力機構制御プログラムの開発

KINECTセンサに内蔵されている深度センサから得られる距離データは $640 \times 480 =$ 約30万個ある。そのデータから、出力機構に必要な $16 \times 16 = 256$ 個のデータだけを抽出し、更にその抽出データをモータ出力に適するデータ形式に変換し、出力機構の制御を行うプログラムをC#で開発した。5台のEV3と20個のモータをBluetooth機能で制御するプログラムの作成は、非常に難易度の高いものであったが、生徒はその開発に

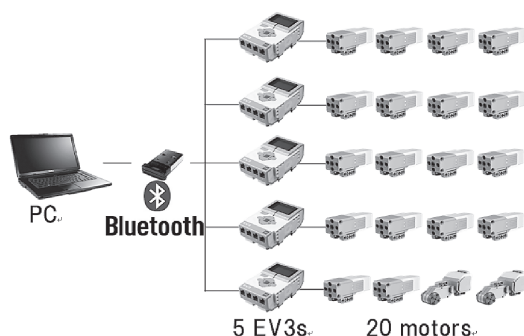


図7 出力機構制御システムの概要図

も成功した。完成した出力機構制御システムの概要を図7に示す。

2.9. 出力機構の中核が完成

KINECTセンサで取得したデータを活用することに成功する中で、出力機構の構造においても、改良を重ね、小型かつ低重心で、安定した動作を可能にする機構の開発に成功した。一番重要な機構部分を図8に示す。この機構は、最終的には、ピンブロックを押しあげる出力機構を16個備えており、それに加えて、縦横の移動用のモータを4個備えている。

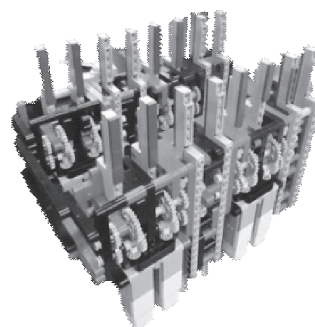


図8 出力機構の中心部分

2.10. システム全体の完成

このシステムの開発期間は、2013年12月から2014年11月までの約1年間である。生徒達は、大会が近づくにつれて休日を返上し、開発に没頭し続けた。

読み取ったデータを基にしてその形を再現する出力機構の動作所要時間は、開発当初の20～30分から最終的に30秒を切るまでに短縮された。

これは、機構面、プログラム面、共に一切妥協せず、よりクオリティの高いものを目指して研究開発を積み重ねた結果である。

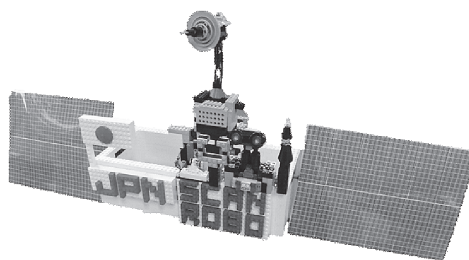


図9 地形データ入力ロボットシステム

完成した地形データ入力ロボットシステム、地形再現ロボットシステムの全体の様子を図9と図10に示す。地形データ入力ロボットシステムは、外観からはわからないが、KINECTセンサを内蔵している。

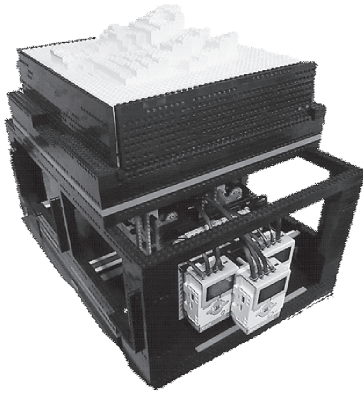


図10 地形再現ロボットシステム

3. 国際大会に向けたプレゼンテーションの取り組みについて

3.1. 真意が伝わる英文原稿の作成

オープンカテゴリー部門の国際大会においては、プレゼンテーションに加えて審査員からの質疑応答にも全て英語で対応しなければならない。

言葉の問題が日本チームにとっては非常に大きな壁になっており、今まで国際大会のオープンカテゴリー部門で日本チームが上位に入賞することは大変難しいとされていた。

そこで、国際大会で上位に進出するために、英語でのプレゼンテーションの特訓を綿密に行うこととした。

真意が伝わる原稿づくりが大事であるので、公表されている採点項目をしっかりと意識しながら、本校が開発したロボットの優れている面が正確に伝わる原稿づくりに力を注いだ。まず日本語でポイントを確実に押さえた原稿を作成し、その原稿を、奈良教育大学の英語科のサポート学生（山崎）に翻訳してもらい、更にその翻訳した英文を大学の外国人教員に添削してもらいながら、確実に伝わる英文へと仕上げていった。また、英文は更に別の外部機関のネイティブの人にも見てもらい、何度もブラッシュアップを重ね、よりクオリティの高い英文に仕上げた。

3.2. 奈良教育大学や外部機関との連携

英文原稿を完成させてから、その英文の発音練習に取り組んだ。発音指導は、奈良教育大学のサポート学生が行い、ボイスレコーダーやビデオも活用しながら、約1か月間徹底して特訓を行った。更に、外部機関の通訳ガイドやプレゼンテーションに長けた企業の方にも指導に来ていただき、発音、表情・表現方法などにおいても高いレベルの特訓を受け、プレゼンテーション技術のスキルアップを図った。

3.3. 質疑応答に向けたトレーニング

大半の日本チームにとって、最も苦手とするのが英語での質疑応答である。中学生に、審査員のネイティブの英語を正確に聞き取り、的確な応答をさせることは非常に困難である。しかしながら、大会で上位進出を狙うには、英語での質疑応答こそが重要なキーポイントになってくる。

そこで、質疑応答に関しては、事前にあらゆるパターンの質疑応答の事例を考え、質問されるキーワードだけでもしっかり聞き取り、的確に応答できるようなトレーニングを積み重ねた。そして、大会会場に入ってから特訓を続けた。その特訓の甲斐もあって、本番では審査員からの英語での質問に対して、実にスムーズに答えることが出来ていた。プレゼンテーションの様子を図11に示す。



図11 国際大会におけるプレゼンテーションの様子

4. 国際大会での評価について

4.1. 日本史上初のオープンカテゴリーでの優勝

今回生徒達が開発したロボットシステムは、機構面、プログラム面において世界トップレベルと言っても過言でないくらい、高い技術力を誇るものであった。その技術力がプレゼンテーションで審査員に伝わるかどうか不安であったが、生徒達は特訓の成果を実らせて言葉の壁を乗り越え、見事に自分たちのロボットシステムの技術力の高さを英語で伝え切った。

そして、閉会式における審査結果発表において、本校チームが優勝であることが発表されると、日本関係者から歓喜の渦が巻き上がった。

後から分かったことではあるが、実は審査員団が全員一致で本校の優勝を推したということを知り、技術力の高さを正当に評価してもらえたことが改めて確認できた。

本校の業績がマスコミに注目され、奈良新聞2014年11月27日付で掲載された。その内容を図12に示す。

5. 生徒、大学生の変容

5. 1. 国際大会後の生徒の感想の抜粋

僕たち3人だけで掴み取った世界一ではない。コーチの先生、サポートの大学生さん、大学・中学の沢山の先生方、保護者の方々などの多くの支援があつての世界一だと思う。今回の大会で、努力すれば実ことを実感できた。昨年の挫折から1年間、必死に活動をしてきて、本当に良かったと思う。昨年の挫折がなければ、今年の世界一はなかった。またこの活動を楽しんでいたことも勝利の大きな要因であった。自分たちで、何もないところから新しいものを創り上げることがとても大変だったが、本当に楽しかった。

この感想から、挫折から立ち上がって物事を成し遂げることの大切さを学んだことが伺える。この学びは、子どもたちの今後の人生の大きな糧になる。また他の生徒の感想から、創造力やコミュニケーション能力の育成が図れたことも確認できている。

5. 2. 国際大会後のサポート大学生の感想の抜粋

プレゼンを指導し、生徒たちの発音が上達していく中で私はとても満足していた。しかしある時、私の指導が「きれいな発音」だけの指導に終始していることに気づかされた。いかに発音がきれいだろうと、流暢な英語が喋れても、「伝える」ことができれば意味がないのだ。日本語で同じことをすれば絶対に気づくことが、英語になると曇って見えていなかった。英語教育を学んできた私にとって、致命的なミスであった。… (以下略)

サポートした大学生も今回の指導や経験を通して、大きく変容している様子が伺えた。今回の取り組みが、中学生を支える側の大学生にとっても大きな成長に繋がる、生きた学習活動であることを改めて確認できた。

6. 終わりに

6. 1. 成果の要因

今回世界一となる大きな成果を上げることができたのだが、その要因として次の3つが挙げられる。

まず一つ目は、「挫折」である。昨年の国際大会での苦い経験がその後の高い向上心を育み、妥協の無いハイレベルな研究開発に繋がっていった。

二つ目の要因は、「粘り」である。生徒達は実現不可能と思われたロボットシステム実現に向けて、膨大な回数の実験を繰り返しながら、機構やプログラムの改良を行った。その粘り強く研究開発に取り組む姿勢こそが成功の大きな要因であった。

三つ目の要因は、「楽しむ」である。生徒達は、毎日実楽しそうに活動していた。つまり子どもたちには、強要されることなく、自ら積極的に学ぶ姿勢があったのである。また指導者は、子どもたちのその姿勢を大切に、内にある才能を子どもたちが自ら引き出

して磨いていくような指導を心がけた。

以上の3つが、今回の成功の鍵であったと思われる。

6. 2. 今後に向けて

ロボット教育に国が力を入れている諸外国に比べ、国からの支援体制や資金面において圧倒的に不利な状況の中、本校科学部は諸外国と対等に渡り合うため、コンパクトで高性能なロボットの開発を強く意識して今回の大会に臨んだ。そして、その方向性が間違っていなかったことを今回の優勝で証明できた。

ロボットの研究開発や産業では世界のトップを歩んでいる日本ではあるが、ロボット教育の分野では諸外国に比べまだ遅れをとっていることを国際大会に行く度に痛感させられる。今後、このようなロボット教育活動を更に普及させ、子どもたちの創造力を育成することが、次世代を担う人材を育てるために重要であると思われる。

文献

- 1) 葉山泰三：ロボット制御学習を通じた論理的な対話の育成、奈良教育大学附属中学校研究紀要、第42集、pp.69-74 (2013)
- 2) 葉山泰三、谷口義昭：ロボット教育を通じた創造力の育成に関する考察 -ロボットコンテスト国際大会の出場を通して-、教育実践開発研究センター研究紀要、第22号、pp.273-278 (2013)



図12 国際大会で優勝した記事を掲載した新聞