

奈良からロボット教育の風を

—ロボット教育における新たな試み—

福田 哲也・葉山 泰三

(奈良教育大学附属中学校)

森本 弘一・藪 哲郎・谷口 義昭

(奈良教育大学)

真城 匠・柴田 和真・松木田 悠豊

(奈良教育大学技術教育専修3回生)

The Roots of Robotics Enthusiasm spread from Nara

—New Activities for Robotics Challenge—

Tetsuya FUKUDA, Taizo HAYAMA

(Nara University of Education Junior High School)

Koichi MORIMOTO, Tetsuro YABU, Yoshiaki TANIGUCHI

(Nara University of Education)

Takumi SHINJO, Kazuma SHIBATA, Yuto MATSUKIDA

(Nara University of Education)

要旨：奈良教育大学附属中学校では、2002年よりロボット教育を推進し、国内において先導的な取り組みを行ってきた。当初は、ものづくりやロボット、プログラミングに興味のある生徒が多い科学部を中心とした取り組みであったが、2007年より大学生と中学生が協働し、小学生を対象にしたロボットセミナーを開催している。セミナーの内容の充実に加え、世代をこえた教授形態にロボット教育の将来の有能性を提案することができた。2010年度は、ロボットセミナーの内容を一新し、より子どもたちの興味・関心を高めることに取り組んだ。また、新学指導要領に基づき、中学校の理科の授業でもロボット教育を取り入れることを試みた。さらに、世界規模のロボットコンテストであるWRO (World Robot Olympiad) において、附属中学生が奈良の世界遺産である「東大寺の大仏」について、ロボットで表現することにも挑戦し、日本代表チームとして最高位の世界第5位に入賞した。産学連携が叫ばれている中、まさに今回の取り組みは、奈良教育大学、附属中学校、地域ならびに企業が連携した教育活動であり、その連携が大きな成果を産んだと言っても過言ではない。本取り組みが、今後のロボット教育の発展に繋がる可能性を示唆した。

キーワード：「ロボット教育 ; Robotics」「ものづくり ; Hands-on」「創造力 ; Creativity」

1. はじめに

奈良教育大学附属中学校では、奈良教育大学、日本フルブライトメモリアル基金ならびにNASAの教育基金の支援のもと、2003年より火星探査をテーマにした日米の共同プログラムを科学部の生徒が中心となり行ってきた。MITで開発されたレゴ社のマインドストームを使って、日米両校が互いに火星探査機のモデルを製作し、インターネットを通してコンピュータで制御することによって双方からお互いの探査機を動かすなどの取り組みを行い、国内外から高い評価を得た。

また、2005年からは世界最大のロボットコンテストであるFirst Lego League (以後：FLL)、2006年からは同じく世界規模のWorld Robot Olympiad (以後：WRO) にも挑戦し、国内はもちろん、世界大会においても数々のタイトルを獲得してきた。FLLおよびWROの両大会でタイトルをとったチームは、世界の中で、本校のチームだけであると聞いている。これらの活動から、本校のロボット教育レベルの高さは立証されている。また、2007年からは、「僕たちにもロボットについて教えてほしい」という地域の小学生の声にこたえて、中学生が小学生に教えるというロボットセ

ミナーを開催してきた。セミナーに関しては、短期間の募集にも関わらず、即座に定員を満たす盛況ぶりである。また、その成果は既報^{1,2,3)}のアンケートからも明らかである。

2010年度は、さらなるロボット教育の推進を図ることを目的に、次に示す新しい試みに挑戦した。

1) ストーリーを取り入れた課題提起による

小学生を対象にしたロボットセミナー

2) 中学校理科授業におけるロボット教育

～歯車の仕組みと仕事の原理を考える～

3) WROオープンカテゴリーへの挑戦

～奈良の世界遺産をロボットで表現～

それぞれの活動は、その意図するものも違えば、対象者も異なる。本報では、そのねらいと実践内容、および成果について紹介する。

2. ストーリーを取り入れた課題提起による小学生を対象にしたロボットセミナー

2. 1. セミナーを開催するにあたり

2007年から奈良教育大学の学生と奈良教育大学附属中学校の生徒が協働して、地域の小学生を対象とするロボットセミナーを開催している。この形態をとることで小学生はものづくりのスキルを高め、中学生と大学生は「教える」ことを通して「学ぶ」ことができると考えたからである。2009年度までは3日間で行われていたためプログラミング中心の内容であったが、今回は1日間の開催ということもあり内容を一新した。そして、ロボットの機構を工夫することに重点を置いた内容とした。さらに、人気ゲームのキャラクターを使ったストーリーを取り入れた課題を提示することで、小学生の課題に対する問題解決の目的意識を高めようとして計画した。ロボットの製作には通常多くの時間がかかるが、簡単に組み立て・分解することのできるレゴを用いることで、容易にトライ＆チェックができる。試行錯誤を繰り返す中で、欠点を見つけ、班で相談しながら改良し、課題を克服する過程で、創造力と問題解決能力を培うことができると考えた。

2. 2. 課題の設定

ロボットはLego社が開発したScience&Technology Set (Lego Education) を使用した。図1に本セミナーで使用したロボットの基本部分を示す。本ロボットは、ギヤ比を簡単に変えることができ、トルクや回転数を容易に操作することができる。

また、図2のような斜面の上まで、ペットボトルを運ぶことを最終的な課題とした。その際、水の入った3種類のペットボトル（容量150ml、250ml、500ml）を用意し、より大きなペットボトルを運んだロボットに高い得点をつけた。そして、課題を提示する際、人

気ゲームのキャラクターを用いて寸劇を行い、目的意識を高めようとした。



図1 設計図の基本
ロボット



図2 コースと寸劇による課題提示

2. 3. 学習習慣

このセミナーにおいて小学生が2人とサポート役の中学生1人で1つの班を構成した。また、小学生は互いに面識のないメンバーと組むように設定した。そして、大学生が全体のコーディネートをを行い、セミナーを進行した。セミナーのタイムスケジュールを表1に示す。セミナー終了後に、参加した小学生と保護者に対してアンケートを実施した。

時間	内 容	留意点
9:30～9:45	開会式	本セミナーのねらいを伝える。
9:45～10:00	チーム発表と各班の自己紹介	小学生と中学生のコミュニケーションを図る。
10:00～10:20	設計図にあるロボットの組み立て	2人が協力して組み立てていることを確認する。
10:20～10:30	課題1「F1レーサーになろう！」	ギヤ比を変えて、より速く走るロボットの製作。
10:30～10:40	課題2「ピーチ姫に水を届けろ！」	寸劇を用いて、課題を提示する。
10:40～11:00	課題に対する思考・議論・改良・試技	小学生に対して、中学生は助言をする。
11:00～11:15	トライアル1	お互いの良い点を指摘し、共有できるようにする。
11:15～11:45	課題に対する思考・議論・改良・試技	小学生に対して、中学生は助言をする。
11:45～12:00	トライアル2	お互いの良い点を指摘し、共有できるようにする。
12:00～12:30	表彰式および振り返り（アンケート）	子どもたちの声を拾い、成長した面を確認する。

表1 セミナーの進行スケジュール

2. 4. セミナーの成果と考察

小学生が課題に取り組んでいるようすを図3に示す。今回のセミナーでは課題の提示を人気ゲームのキャラクターを用いた寸劇で行ったが、小学生のアンケートから「お姫様を助けることができた」などのコメントが多数あり、課題に対する目的意識を高めることに効果的であったと考察できる。また、ほとんどの小学生が、セミナーの内容について、「とても良かった」「面白かった」と回答している。



図3 トライアルのようす

技術面においても、1回目のトライアルでは、全ての班が250mlのペットボトルを斜面の上まで運ぶことができた。また、2回目のトライアルでは、ギヤ比を変えるだけでなく、ペットボトルをロボットの上に乗

せた班、リアカーのような荷台を取り付けた班、ペットボトルを転がした班など様々な工夫があった。その結果、なかにはペットボトル3本を同時に運んだ班もあった。準備計画の段階で、500mlのペットボトル1本を運び上げることすら小学生にとっては難しいのではないかと予想していたが、逆に小学生の創造力や独創性に驚かされる結果となった。アンケートに書かれた小学生と保護者の感想の一部を次に示す。

【小学生の感想】

- 自分のオリジナルのロボットを作れておもしろかった。新しい友だちができた。
- 工夫して作ることができてすごうれしかったし、中学生の先生に教えてもらってすごうれしかった。
- 中学生の先生と一緒に仲良く楽しくできた。次はプログラミングもしたい。

【保護者の感想】

- ルール変更や追加にどうしたらついていけるか一人ひとりが工夫している様子がよかった。
- 初めての友達と仲良く相談していた。また、他のチームの友達とも交流ができればよかった。
- 中学生のサポート（作るだけでなく、コミュニケーション面も）がよかった。

アンケートからもわかるように、技術的な面もさることながら、はじめて会う友だちといかに協働して課題に挑戦したか感想を述べる小学生が多かった。つまり、ものづくりのスキルは言うまでもなく、コミュニケーション力の育成にも繋がったと考えられる。失敗しても相談をしてアイデアをたくさん出し合い再び挑戦することで、小学生たちが1人ひとり持っている能力に相乗効果が生まれ、予想を上回る結果が得られたのではないと思われる。

3. 中学校理科授業におけるロボット教育 ～歯車の仕組みと仕事の原理を考える～

3. 1. 授業を実施するにあたり

ロボット教育は日本でも広がりを見せつつあり、多くの実践が報告されるようになった。しかしながら、その多くは民間のロボット教室の実践であったり、課外活動が中心である。つまり、ロボットやものづくりに対して、もともと興味のある子どもたちを対象とした実践である。

そこで、興味がある子どもたちではなく、ロボットやものづくりに無縁の子どもたちに、その面白さを知ってもらおうと、中学校理科の授業に組み入れることを考えた。授業時数の関係上、プログラミングやロボットを制御するところまでは行うことができなかったが、歯車のしくみと機能について焦点を絞り、風車を製作する授業を展開した。

学習指導要領の改訂に伴い、中学校理科に「仕事とエネルギー」という単元が組み入れられた。理科でいう「仕事」について定量的に考え、エネルギーと関連づけて理解することが主な内容である。そして、道具を使ったときの仕事の大きさを問う内容が含まれており、てこや滑車を使ったときの仕事の大きさから「仕事の原理」について理解することがねらいである。

そこで、教育玩具であるレゴブロックを使用し、歯車のしくみや回転数の変化、さらには仕事の原理まで考えを深める授業を展開しようと計画した。

3. 2. 授業「歯車のしくみと仕事の原理について考える」の実践

理科でいう「仕事」を考える際、小学校理科では「てこ」、中学校では「動滑車」といった道具が採り上げられている。「てこ」の原理が身の回りに多くの道具に存在するが、「動滑車」はクレーンなどの特殊な機械で使用されており、中学生が身の回りの実体験からイメージすること



図4 設計図の風車のモデル

は難しい。そこで、図4のような風車の製作を通して、機械や道具で多用されている歯車に焦点を当て、その仕組み、回転数の変化、そして仕事の原理に考えを及ぼせるような授業を計画した。さらには、「与えられた歯車を自由に組み合わせ、もっと回転する風車に改良しよう」という課題を提示し、単にものづくりだけでなく、創造力を掻き立てる授業を展開した。

授業で使用されたレゴブロックの部品は多種・多様であり、歯車も10数種類ある。また、組み立て・分解、および改良することが容易であるため、時間的効率も考えると、授業に用いる教材として、有効であると考えた。

授業展開の略案（授業者のはたらかけがわかるように、主発問を中心に明示）を表2に示す。また、授業で用いたワークシートを文末に資料1で示す。

表2 授業の展開

学習活動	主発問・主指示	留意点
・理科でいう「仕事」について、その定義を確認する ・歯車を使った道具や機械について考える	・「仕事」とは何だろう ・歯車を使った道具や機械にはどのようなものがあるだろうか	・2人1組の班で行う。(20班)・身近なものの中には、多くの歯車が使われていることを理解させる
① Aの歯車を1回転させると、Bの歯車は何回転するだろうか。		
・A、Bの歯車の羽根の数から、回転数を考える	・Aの歯車を回したとき、Bの歯車はどちら向きに回転するか	・A(24枚)とB(8枚)の歯車を組み合わせたものを提示
② 設計図をもとに、風車をつくってみよう。 また、風車の後ろのハンドルを1回転させたときに、風車は何回転するだろうか。		
・風車を実際につくって、ハンドルを回したときの回転数を考える	・どのように歯車の組み合わせと、回転数が増えたり減ったりするだろうか	・歯車(8)×2、歯車(40)×2を使用
③ ハンドルを1回転させたとき、30回転以上まわるような風車をつくろう。		
・歯車をどのように組み合わせたらよいか考える	・歯車をどのように組み合わせれば回転数が増えようか	・歯車(8)×3、歯車(24)×2、歯車(40)×2を使用
④ 回したときの回転数と加える力の大きさから、どのようなことがいえるだろうか。		
・回転数や力の大きさの変化から仕事の原理について理解する	・回したときの回転数と加える力の変化を意識しよう	

3. 3. 授業の成果と考察

製作した風車を回して実験しているようすを図5に示す。授業において、ハンドルを1回まわしたとき30回転以上する風車を製作した班は3～5班程度（全20班）あった。しかしながら、「もう少し考えさせてくれ」「あと5分ほしい」などの発言もあり、多くの生徒が積極的に取り組んでいた。また、「このような教材を使った授業は、理科の授業に有効か」という問いに対して、ほとんど生徒が有効であると回答している。次に生徒のレポート（資料1）の感想をあげる。



図5 製作した風車を回しているようす

- 歯車の数から回転数を計算したりして風車をつくることは難しかった。でも、頭を使いながらものづくりができて面白かった。
- 75回転したけれど、最初の時よりも回すのが重かったのだ、仕事の原理にあてはまると思った。
- 必要な力の大きさなど、自分でしっかり感じられるし、楽しくて良かったです。良く頭に入りました。

実際に「つくる」ことにより、歯車の仕組みや仕事の原理に留まらず、生徒たちの理解が深まっていることがわかる。また、単に規格の歯車から回転数を調べただけでなく、風車というものを製作し、さらに「30回転以上する風車の改良に挑戦する」という課題を提示することによって、生徒たちの学習意欲をさらに高めることができたように感じられた。ただ、授業という限られた時間の中で、生徒に組み立てさせたり、改造させたりしたりすることは容易ではない。そのような点で、レゴブロックを教材として採り上げることは非常に有効であったと考える。

新学指導要領では、学習内容の充実が図られただけでなく、「ものづくりの推進」も盛り込まれている。ゆえに、このようなロボット教育を意識した理科の授業が今後も展開されていくであろうし、実体験に乏しい生徒たちの科学的な理解を深めるためにも展開されなければならないと考える。

4. WROオープンカテゴリーへの挑戦 ～奈良の世界遺産をロボットで表現～

4. 1. WROオープンカテゴリーとは

奈良教育大学附属中学校では、2006年度より世界規

模のロボットコンテストであるWROに参加している。WROには2つのカテゴリーがあり、1つは事前に発表されたコースやルールにのっとり課題をクリアしていく「レギュラーカテゴリー」、もう1つは毎年決まったテーマに沿ったロボットをデザイン、製作し、プレゼンテーションする「オープンカテゴリー」である。今年のオープンカテゴリーのテーマは「ロボットで旅行の楽しさを伝えよう！あなたの国や文化遺産をロボットで紹介しよう！」である。奈良には多くの文化遺産があり、今年は平城遷都1300年という記念すべき年でもあったことがきっかけとなり、奈良教育大学附属中学校は学校として初めてオープンカテゴリーに出場することとなった。

4. 2. 大会出場に至るまでの過程

生徒たちは、奈良にある多くの文化遺産の中で、世界的にも有名な東大寺の大仏について紹介することにした。発表するにあたり、まず、生徒たちは東大寺の大仏について調べてみたところ、人類だけでなく、全ての生き物の繁栄や世界平和を願うという考えから大仏がつくられたことや、その基となった考えである仏教は、ブッダがインドの地で悟りを開き、さまざまな人の願いや思いをのせて日本に伝わったことを知った。これらのことを考慮し、「大仏は日本の文化遺産であるが、日本人だけでなく、様々な人の思いや願いが大仏の建立に繋がったというプロセスを伝えたい」というコンセプトに科学部員の意見がまとまった。これらの歴史をうまく表現する必要があったために、図6のように回転式にすることで、4つの時代の場面を表現するようにした。

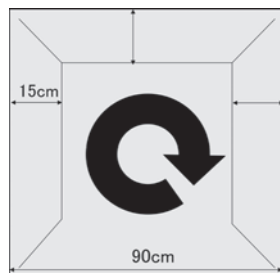


図6 ロボットのデザイン

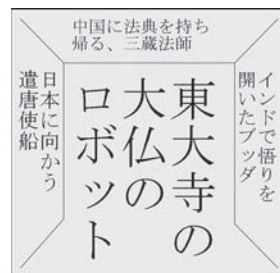


図7 ロボットの配置

一方、ロボットは表現方法を回転式にしたことにより、図6の双方向矢印のようにそれぞれ約15cmの奥行きでロボットを製作するという寸法の制限を受けた。そこで、1つの場面にモータを1つ使い、複数の動きをするロボットを目指した。図7のようにロボットを配置し、ブッダが悟りを開く場面で異なる2つの動き、三蔵法師が中国に法典を持ち帰る場面で異なる3つの動き、鑑真が遣唐使船で荒波を越えて日本に向かっていく場面で異なる3つの動きを実現することができた。

また、当初遣唐使船の動きは前後に動く簡単な機構だったが、教科技術・家庭の教科書に記載されている揺動スライダクランク機構を参考にし、荒波を越えている遣唐使船のようすをよりリアルに表現することができた。図8は遣唐使船の場面、図9はその機構部分を示している。



図8 遣唐使船の場面

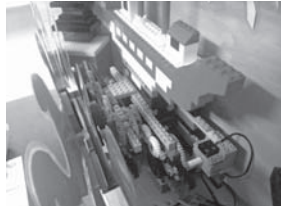


図9 遣唐使船の機構

9月に東京で開催された全国大会で、迫力のあるプレゼンテーションと高いロボット技術が評価され最優秀賞を獲得し、日本代表チームとして11月に行われるWRO世界大会（マニラ）の出場権を獲得した。この内容について新聞社から取材を受け、文末に資料2で示す記事が掲載された。

4. 3. WRO世界大会への挑戦

全国大会後、世界大会までの1ヶ月間に、全てのロボットの機構部分にさらなる改良を加えた。具体的には、ゴムで回転を伝えていた機構を、チェーン使う機構に変更することで耐久性を高めることができ、またブッダのロボットの機構も変更することで、より自然な動きのロボットに仕上げる事ができた。さらに、プレゼンテーションは英語での発表となるため、今まで以上に発表の練習も重ねた。

世界大会では、様々な国の人々の前で発表し、また他の国の発表を見ることで、生徒たちはロボット技術を互いに学びながら国際交流を行った。図10は世界大会での発表の様子である。また、大会以外にもプレゼント交換や写真撮影などで、他国の人々との交流を深めることができた。そして『奈良教育大学附属中学校Giant Buddha』チームは、世界各国の代表全23チームの中で、5位に入賞できた。これは、本年度のWRO世界大会において日本チームとして最高位にあたる。



図10 世界大会での発表のようす

4. 4. WRO世界大会における成果と考察

本大会を通して、生徒たちは2つの力を身に付けたと考える。

1つは、耐久性を兼ね備えた精度の高いロボットをつくる力である。各場面において1つのモータで複数の動きをすることを試みたが、これは決して容易なことではなく、卓越した創造力と高い技術力が必要である。生徒たちは試行錯誤を繰り返しながら、高度なスキルを身に付けることができた。また、ロボットの製作においても、ロボットデザイン、ロボット設計、ロボット製作、配線にいたるまでその内容は多岐にわたる。生徒たちはそれぞれの得意な面を活かし、協力しながら完成させた。半年間にわたる製作を通して、高度な「ものをつくる力」が培われたと考える。

もう1つは、「相手に思いを伝える」というプレゼンテーション力である。今回、生徒たちは自国の文化とはいえ、他国の文化と深い繋がりがあることを伝えようとした。英語の発表は決して中学生にとって簡単なものではないが、文化の繋がりを全面に出すことによって、世界大会では大きな共感と評価を得たと考えられる。

最後に参加した一人の生徒の感想を次に示す。

「世界大会では、より分かりやすく伝えようとした。世界大会では英語でやらなければならない。発音が悪くても、とにかく相手の目をしっかり見て、大きな声で、笑顔で発表するように心がけた。そして、説明のときはうなずいてくれ、面白く言ったところは笑ってくれて、伝わっていることを肌で感じる事ができた。

また、大会に参加し、2つのことを強く感じた。1つ目は、世界中の人々と同じ場所で互いに高められたこと。こんなことがあるのか、と自分でも思うくらい世界大会はすごかった。なぜなら、360度、辺りを見渡すと、黒人の人も、白人の人も、黄色人種の人も、1つの目的に向かって頑張っていた。まさに『国境の無い場所』それがWROという大会だった。2つ目は、この大会に出場するのに多くの人が支えてくれたこと。コーチの先生がいなければ大会に出場できなかったし、出場した競技の予算も助けてくれている人がいた。言い続ければきりがなくらい多くの人に助けてもらった。だから今回入賞した5位という結果は、みんなで作ったものだとして強く感じている。」

5. おわりに

従来の教育においては、多くの知識を身につけることを求められてきた傾向がある。しかし、現実の世の中においては、一問一答では解決できない問題が数多くある。

本活動におけるロボット教育は、課題を達成する過程で、様々なスキルを身に付けることを目的としてい

る。それゆえに、活動においては結果より過程を大切にし、また要求する答えも1つではない。つまり、ロボット教育とは、プラモデルのように設計図通りにものをつくるのではなく、その製作過程において、技術力のみならず、創造力や問題解決能力、人間関係力に至るまで、総合的な能力を培う教育であると考えている。

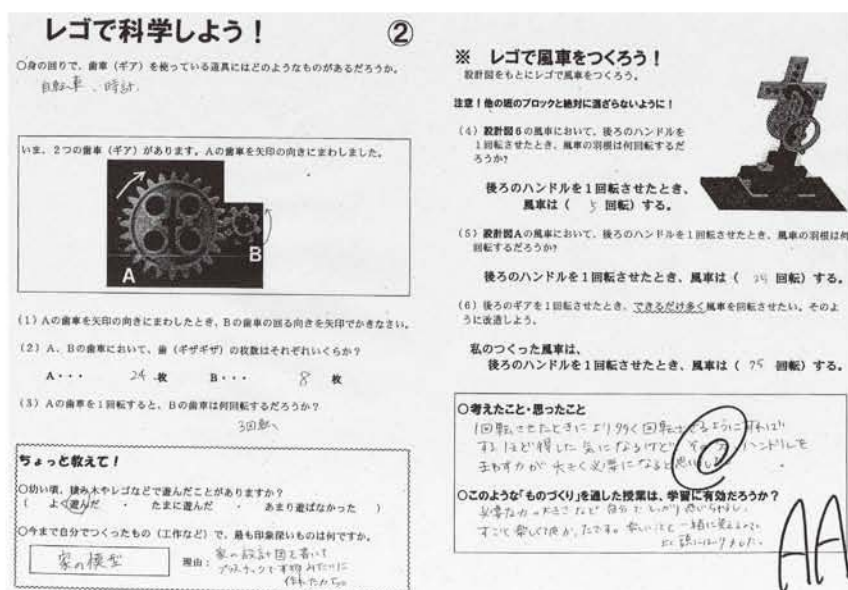
ものづくりの実体験に乏しい現代の子どもたちこそロボット教育が必要であり、このような教育が将来の科学技術立国「日本」の再建に繋がることを期待し、今後もロボット教育の発展と普及に努めていきたいと考えている。

最後に本活動にご支援いただいたLego Education、平城京ロータリークラブ、WRO Japan実行委員会、

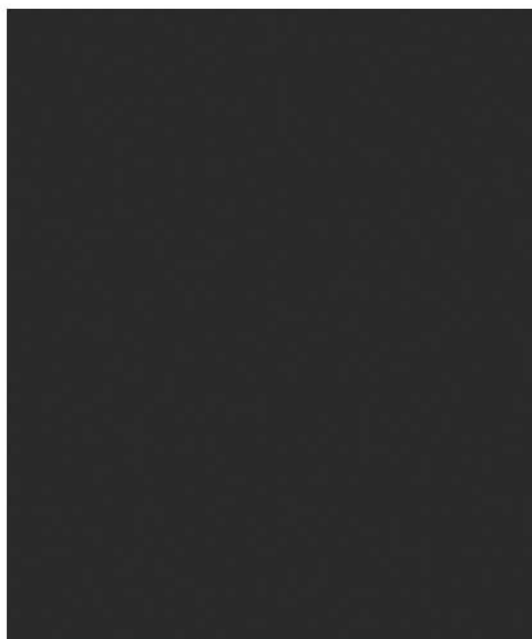
WRO関西大会実行委員会に謝意を示す。

参考文献

- 1) 福田哲也,原田岳志,森本弘一,谷口義昭: 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要17,pp.235-241 (2008)
- 2) 福田哲也,松原正之,北川雅尚,森本弘一,谷口義昭: 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 18,pp.195-201 (2009)
- 3) 福田哲也,森本弘一,田中琢也,麴谷慶太,谷口義昭: 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 19,pp.129-134 (2010)



資料1:「レゴで科学しよう～歯車のしくみと仕事の原理について考える～」ワークシート



資料2:「国際ロボ競技会に出場」産経新聞 (2010年10月9日)