

梵天丸を改造したお茶運びロボットの製作と技術教育への活用

*水谷好成・**岩本正敏

Development of Tea-Serving Robots made of BontenMaru and their Application for Technology Education

MIZUTANI Yoshinari and IWAMOTO Masatoshi

Abstract

Many mechanical Karakuri-dolls were made in the Edo Period. Their mechanical movements are very interesting for children. A tea-serving doll is one of famous Karakuri-dolls. Similar tea-serving robots can be made easily by robot control technology. We have designed the tea-serving robots using educational robot 'BontenMaru'. The robots have a micro-switch or a lead switch for an input port of their computer to detect a tea cup. These robots have made in the class of junior high school and in the workshop of science museum. Making of an original tea-serving robot gave a good creative experience to students and children.

Key words : Robot (ロボット)

Technology Education (技術教育)

BontenMaru (梵天丸)

Mechanism (からくり)

Tea-serving dool (お茶運び人形)

1. はじめに

著者らは、仙台市科学館のロボット教室や小・中学校における授業で、教育用ロボット「梵天丸」を使った情報関連教育を実践してきた(岩本他(1998a, 1998b, 2001);米谷他(2001, 2002);水谷他(2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2003c, 2003d, 2004)). また、グラフィカルな専用のプログラム作成インターフェースを使ったLED制御装置「いろは姫(光のメッセンジャ)」を光源とする図画工作と連動させたメカトロニクスの導入的な学習も実施してきた(岩本他, 2002;水谷他(2002, 2003b, 2003e, 2005a)). これらの活動により、小学校の中学年から中学校までの段階的な

ロボット関連学習メニューの実践的な検証ができた。これらの基礎的な学習に続く発展的な学習としては、梵天丸をベースにした改造ロボットを製作する学習メニューが考えられる(岩本他(2003a, 2003b);水谷他(2003a, 2005b)).

現代のロボット以前に古くから製作されていた「からくり人形」には、子ども達にロボット学習の興味を持たせる導入学習のヒントがたくさんある。江戸時代に、細川半蔵頼直(からくり半蔵)により書かれた「機巧図彙(からくりずい)」の中にみられるお茶運び人形は有名なからくり人形の一つであり、大江戸からくり人形(学研, 大人の科学シリーズ(*1))としてこの人形を復元したキットも販売された。その後、

* 技術教育講座

** 東北学院大学

田中久重（からくり儀右衛門）の「弓曳き童子」なども復元され、教材として利用することができるようになった。様々なからくりの動作を実現する機構（機巧）は巧妙で大変面白く、大人目から見ても興味深い。これらのキットを利用して、からくり人形の動くしくみを考えさせることは、もの作りの導入学習に有効である。さらに、これらの「からくり」という日本の昔からの技術とコンピュータを使った現在のロボット関連技術を対比させることによって、新しい発見を子ども達にさせることができると期待できる。そこで、代表的なからくり人形である「お茶運び人形」に注目して、教育用ロボット梵天丸を改造した「お茶運びロボット」の製作学習を検討した。ここでは、改造ロボットとして設計・製作したロボット「お茶運び梵天丸」を示し、それらをワークショップや授業（中学校技術）で活用した事例を報告する。

2. お茶運びロボットの設計

2.1 お茶運び梵天丸の構想

改造ロボットの出発点となる「お茶運び人形」は、お茶を入れた茶碗をお盆の上に載せると、お客の所まで運び、元の場所に戻ってくるという動作をする。この動作を実現する機構は大変面白く、子ども達の興味関心を引き起こすために有効である。しかし、そのからくりのしくみを子ども達に理解させることは必ずしも簡単なことではない。もちろん、学研から発売されているキット（大江戸からくり人形）を授業中に製作させることはできるが、そこで授業を終えてしまっただけでは発展性に欠ける。その後、続く授業の工夫が必要である。もの作りとして考えると、同じ物を真似て作るアプローチと、同じ機能を別の手法で実現するアプローチがある。ここでは、お茶運び人形と同じ物を作らせるのではなく、そこからヒントをもらって同じような機能を持つ人形（ロボット）を作るという展開を検討した。

お茶運び人形の「物を載せると動き出す」という基本動作に注目した簡単なロボット教材として、「メカニカルポーターロボット（優良教材株）」が中学校の技術・家庭科用に販売されている（*2）。このロボットは、トレイに物を載せると目（LED）を光らせながら前進し、トレイから物をどけると頭部の電球が点灯して後

進するように動作が切り替わる。トレイの下にある2つのマイクロスイッチ（重さを感じるセンサ）を使って、この動作の切り替えを行っている。ただし、このロボットでは、お茶を運んで戻ってくるという動きを実現できてはいない。しかし、このロボットをベースとし、コンピュータ制御技術を利用することによって、茶碗を運ぶ動作（移動）をさせ、目的の場所まで行って戻ってくるようにできれば、発想の原点となっている「お茶運び人形」の機能に近づけることができる。このような機能・動作は、教育用ロボット「梵天丸」の基本機能にデジタル入出力の拡張機能（拡張ユニット）を付加することによって比較的簡単に実現することができる。

2.2 梵天丸のデジタル入出力機能の利用

梵天丸では、タイヤの動きを制御する基本機能に加えて、4つの入出力ポート（PIC16F84/F628(A)のRB2～RB5ポート）を使って、デジタル入出力制御が利用できる。さらに、梵天丸用の制御言語（まきもの言語）にも、デジタル入出力関係のコマンドが用意されている（表1）。

表1. デジタル入出力コマンド（まきもの言語）

| 出力制御コマンド（行動コマンド） | |
|------------------|--------------------|
| つけ D | ポートDを High (H) にする |
| けせ D | ポートDを Low (L) にする |

Dは2～5の整数値で、それぞれRB2～5の各ポートに対応する。

| 入力信号処理コマンド（条件コマンド） | |
|--|--|
| にゅうりよく D ₅ D ₄ D ₃ D ₂ だ | |

D₅～D₂の各ポートの状態を調べる。D₅～D₂は、RB5～RB2の各ポートに対応する。

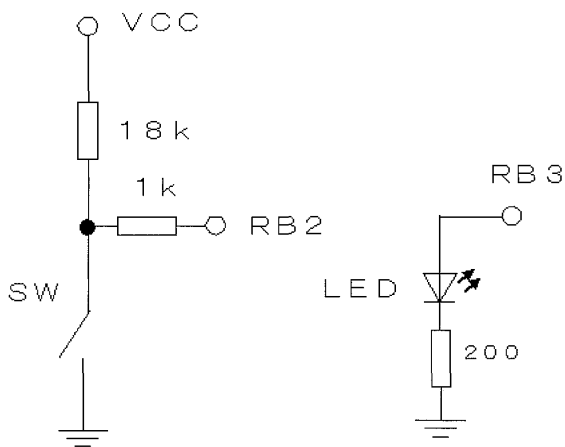
D₅～D₂で調べる状態（0, 1, X）を指定する。0がLow (L), 1がHigh (H)に対応し、X（エックス）はドントケアで状態を調べない。

出力制御コマンド「つけ D」「けせ D」で指定したポートを High (H), Low (L) にセットすることができる。たとえば、「つけ 3」とすると、RB3ポートがHになる。このコマンドは、LEDを点灯させることをイメージしている。ポートがHの状態ではLEDがON（点灯）になるように回路を組めば、「つけ=LEDの点灯」となり、理解しやすい。図1は、デジタル制御回路の例であるが、RB3ポートでLEDを直接制御しており、HでLEDが点灯する。もちろん、LでLED

が点灯する回路も構成できるが、混乱を避けるためにここでは使わなかった。

一方、入力信号処理コマンド「にゅうりょくD₅D₄D₃D₂だ」(省略型の「にD₅D₄D₃D₂だ」でも代用できる)で、指定したポートの状態(High/Low)を調べることができる。指定するのは1つのポートでも複数のポートでも良い。たとえば、図1の回路例では、入力としてSWの状態を調べている。モニタするのは、SW回路と関係するRB2だけであるので、RB5～RB3の状態は調べる必要はない。SWがOFFでRB2がH(1)にプルアップされており、SWがONでL(0)になる。したがって、この回路に対して「入力XXX0だ」という条件コマンドを使えば、Xを指定したRB5～RB3の状態に関わらず、RB2が0(L)であるかどうかを調べることができる。これで、SWがONになったかどうかを調べることになる。

図1の下には、回路を制御するサンプルプログラムを示してある。このプログラムでは、2つの状態(続く説明の[1]と[2])があり、条件コマンド「にゅうりょく」「じかん」を使って、これらの2つの状態を遷移する。以下は、その動作の説明である。



```

: はじめのだん
  けせ 3
  にゅうりょくXXX0だ : 1のだん
: 1のだん
  つけ 3
  じかん10で : はじめのだん
    
```

図1. 梵天丸の入出力機能の活用

[1] 「: はじめのだん」は初期状態であり、ポートRB3はLであり、LEDは消えた状態にある。この状態で、ポートRB2が0(L)であるかどうかを調べている。RB3～5については「X」になっているので、それらの状態は条件として調べていない。すなわち、RB3～5の状態にかかわらず、スイッチ(SW)がONになりRB2がLになると、条件コマンドが成立することになる。条件コマンドが成立すると、条件コマンドで指定した次のだん「: 1のだん」に移動する。

[2] 「: 1のだん」では、RB3がHになり、LEDが点灯する。1秒経過すると(「じかん10で」)、「: はじめのだん」に移り、RB3がLになりLEDが消灯する([1]の状態)。

2.3 梵天丸用拡張ユニットの活用

梵天丸の拡張ユニット(図2)は、前述のRB2～RB5のI/Oポートの制御を簡単に実現できるように用意したオプションパーツである。この拡張ユニットでは、RB2を入力回路、RB3～5を出力回路として利用するように基本設計をしている。図3はお茶運びロボットとして梵天丸の拡張ユニットを使用した回路図である。ここではRB2をセンサ回路として使用している。設計したお茶運びロボットでは、センサとしてマイクロスイッチまたはリードリレーを使うことにした。RB3は外部LED制御回路として、並列した複数のLEDを同時に制御できるように、トランジスタを介して電流を駆動するようにしている。RB4はトランジスタ駆動のブザー回路とした。使用した拡張ユニットでは、RB4はLED制御回路とブザー制御回路を切り替えられるが、ここではブザー回路に固定して使用している。RB5はトランジスタを使ってオルゴール回路を制御している。マイクロコントローラと同じ内部電源をこの回路に使用することもできるが、移動動作のためにモータが回転しているときには内部電源の電圧が下がってオルゴール音に雑音が混入する可能性がある。そこで、ここではオルゴールを安定して鳴らすために外部電池で駆動するようにした。ただし、図4に示すお茶運び梵天丸では、RB5は予備回路として未接続にして、プログラム切り替え機能に利用できるようにした。

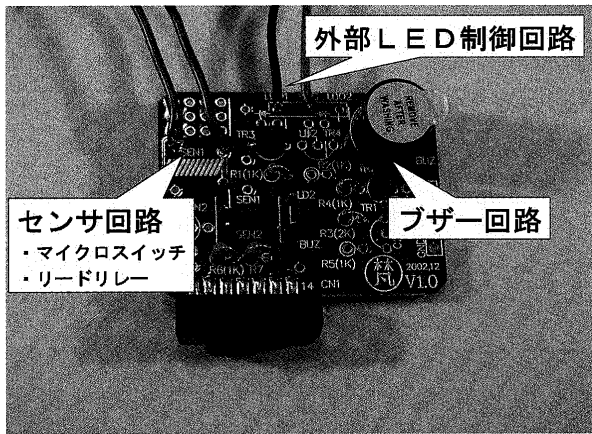


図2. 梵天丸用拡張ユニット

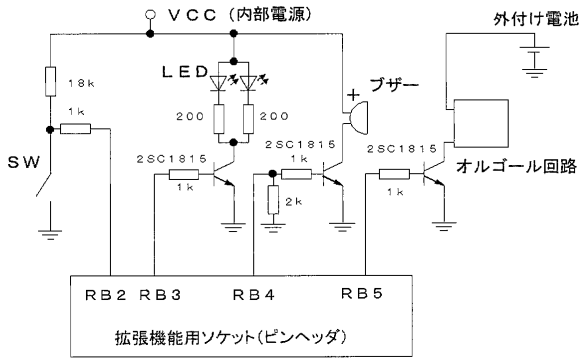


図3. お茶運び梵天丸用拡張ユニットの回路図

2.4 ポーターロボットを利用したお茶運びロボット
 まず、前述した「メカニカルポーターロボット」を利用したお茶運びロボットについて説明する。ロボットの上部のセンサに関する部分そのまま利用して、前進と後進しかできない足回りの部分を梵天丸の移動機能で代替した。RB3の外部LED制御回路の出力は、ポーターロボットの2つの目となっているLEDを並列接続し、RB4はブザー回路とした。ここでは、RB5は予備回路として使用しなかった。梵天丸とポーターロボットを組み合わせたお茶運びロボットの基本タイプは図4の構造になる。

2.5 磁石を入力に利用したお茶運びロボット

茶碗を検出する入力スイッチとして、ポーターロボット型茶運びロボット(図4)のようなマイクロスイッチは、その動作のしくみがわかりやすい。しかし、我々の周囲には非常に多くの種類のセンサがあるので、それらに気づかせるという観点から、磁石を利用したスイッチ入力についても検討した。磁気セ

ンサとしては様々な種類があるが、図5に示すロボットでは、安価で入手しやすいリードスイッチの活用を考えた。これは窓用の防犯ブザーなどでも利用されており、100円ショップなどで容易に入手できる。今回製作したロボットも、防犯ブザーの部品を流用している。

RB2の入力として使用したリードリレーは、磁石を入れた荷物が荷台に載せられたかどうかを検出する。出力として用意したRB3・RB4はポーターロボットと同じである。RB3で制御する2個並列のLED回路は荷物の台の後ろに設置した。図5のロボットには、図3で示した回路図のようにRB5にオルゴール回路を組み込んでいるが、後述するワークショップで製作した同型の磁石制御型のロボットでは、RB5は予備回路として未接続とした。

2.6 お茶運びロボットの制御プログラム

図4・図5のお茶運びロボットの動作は、スイッチ入力の違いを除けば、おおよそ同様である。以下にそ

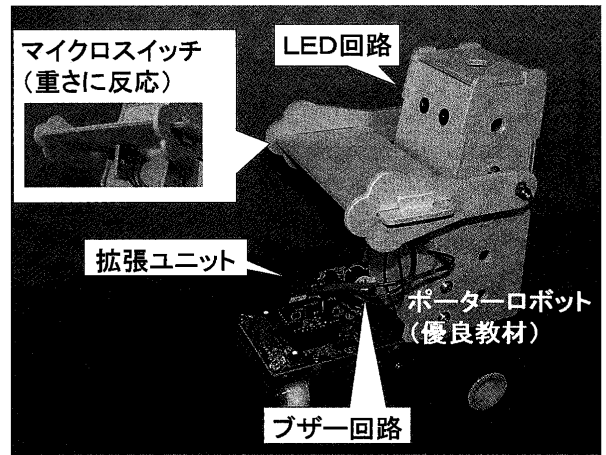


図4. ポーターロボットを利用したお茶運びロボット

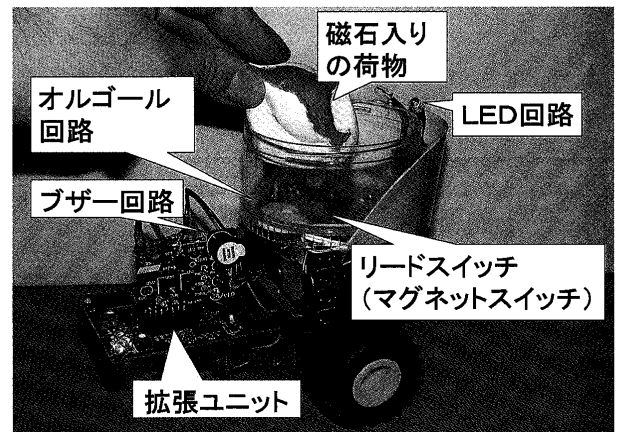


図5. 磁石を入力に利用したお茶運びロボット

これらの動作を順に示す。

- (1) スタンバイ：電源スイッチを入れると目または荷台の後ろの LED が点滅し、トレイ（荷台）に荷物が載せられるまで停止して待つ。待っている期間中、LED は点滅している。
- (2) トレイ（荷台）に荷物が載せられると、マイクロスイッチ／リードスイッチが ON になり、前進を始める。ただし、図 5 のロボットは磁石入り荷物にのみ反応する。
- (3) 梵天丸の赤外線センサを使って、前方に何かを見つけると、前進を止めて、左右に梵天丸の先頭部を左右に振る動作をする。先頭部を左右に振る動作に同期して、ブザーの断続音を発生させ、LED を点滅させる。
- (4) トレイ（荷台）から荷物を取ると、マイクロスイッチ／リードスイッチが OFF になり、先頭部を左右に振る動作を止めて、180°反転する。
- (5) 180°の反転が終了すると、ブザー音で知らせ、(1) のスタンバイ状態に戻って、再度、トレイ（荷台）に荷物が載せられるのを待つ。これらの(1)~(5)の動作を繰り返す。

図 5 に示したオルゴール回路を使ったロボットでは、(1)のスタンバイ状態でオルゴール回路が動作してオルゴールが鳴るようにした。これに対して、RB5 が未接続でオルゴール回路を使わない図 5 と同型の磁石制御型ロボットと図 4 のポータロボット型では、この予備回路 RB5 のポートに対応するディップスイッチによるプログラムの切り替え機能が利用できる。図 6 のサンプルプログラムでは、プログラムの最初の部分

```
#どれかな
:はじめのだん
      に 1 X X X だ   #かるがものじゅつ:はじめのだん
      に 0 X X X だ   #おちゃのじゅつ:はじめのだん
.....
#かるがものじゅつ
:はじめのだん
.....
#おちゃのじゅつ
:はじめのだん
```

図 6. ディップスイッチによるプログラムの切り替え

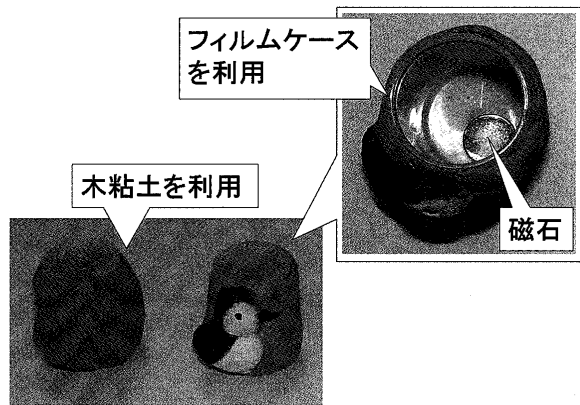
に記述したコマンドで、RB5 に相当するディップスイッチ 1 が OFF (1) のときに「#かるがものじゅつ」の「:はじめのだん」に移動し、そこに続くプログラムが動作する。一方、RB5 が ON (0) のときに「#おちゃのじゅつ」の「:はじめのだん」に続くプログラムが動作することになる。

3. ロボット工作教室の実践

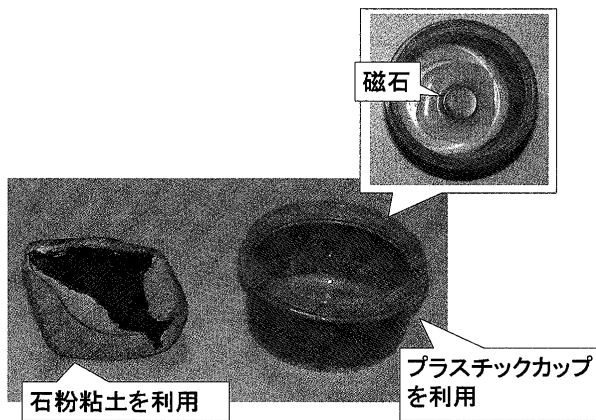
設計したお茶運びロボットの製作を授業やワークショップの中で実際に適用していくことが本研究の目的である。以下に、仙台市科学館で行ったワークショップと公立中学校の授業実践事例を示す。

3.1 科学館のワークショップにおける実践

磁石入力を利用したお茶運びロボット（図 5）の製作は、平成16年 8 月11・12日に仙台市科学館において「梵天丸ハイパー教室」として実施した。参加者は小・中学生を対象に公募され、11人が参加した。初日に梵天丸の基本キットの製作・制御プログラム（まきもの言語）の基本的な操作の学習、2日目に半田付けを含めたロボットの改造を行った。ここでは、オルゴール回路（RB5）を除いた簡易型のお茶運び梵天丸を製作した。未使用の RB5 ポートは「お茶運び」と「前方の物体を追いかける」2つのプログラムをディップスイッチで切り替えるために使用した（図 6 の説明参照）。荷物（人形）は、磁石を入れたフィルムケースを木の粘土（北星鉛筆、もくねんさん）で製作した（図 7 (a)）。初日に人形を製作し、1日乾燥させた後、第 2 日に実際に使用した。磁石入り荷物に関しては、木粘土の他に、石粉粘土（図 7 (b)）を使った人形や、湯飲みをイメージしたプラスチックカップを利用したものも提示した。参加者は荷物をどのようなものにするかについて、様々な発想をしたようで、自宅に戻ったら色々と工夫をするという感想を耳にした。荷物を人形のようにしたことによって、人を運ぶという発想も生まれ、タクシーロボットの要素も考えることができるかもしれない。



(a) 木粘土を利用した荷物



(b) 石粉粘土とプラスチックカップを利用した荷物

図7. 磁石入り荷物の製作

これまで科学館で行ってきた梵天丸関係の工作教室は、通常は1日コースとして設定しており、初級・中級を別々に実施することが多く、連続して実施出来る機会は少ない。今回の教室では、夏休み期間を利用することにより、2日間連続のコースを実現することができた。指導側としては、参加者の年齢差（学年差）や技能レベルの違いによる、作業進度のバラツキを吸収できるという点では、2日間連続の教室は行いやすい。また乾燥などの時間が必要な作業を第1日に実施することもできる。

ここで扱った磁石を利用したセンサの効用としては、磁石を内蔵していない物を載せても動作が起きないことを示すことにより、学習者に意外性を発見させることもできた。万能金具を加工して荷台を製作する部分の工作などに苦戦する子ども達もいたが、完全なキット教材ではなく、様々な部品を加工しながら工作

をしていく過程に楽しさを感じている子ども達が多かった。

3.2 中学校の技術・家庭科における実践

ポーターロボットを利用したお茶運びロボットの製作は、平成16年度に、富岡中学校（宮城県柴田郡川崎町）の選択技術において実践することができた（担当：高橋智男教諭）。この学習の目的は次のように設定した。(1)からくり人形の製作を通して、先人の工夫や努力を体感させる。ロボットに対し興味関心を持たせる。(2)プログラムの修正を通して問題解決能力の育成を図る。(3)茶運びの機能を製作することを通して創意・工夫する能力を育成する。(4)ロボットの発表会を通して完成する喜びを味わわせる。これらの目的に応じて、学研の大江戸からくり人形の学習、ポーターロボット（優良教材^(株)）の製作、梵天丸の基本キットの学習を経て、ポーターロボットと梵天丸を融合させたオリジナルお茶運びロボットの製作へと展開させた。

授業の対象は2学年の1クラスで、21人の生徒（男女）が参加した（図8）。週1時間の35週の計画で1年間を通した活動になった。基本的に週1時間としたが、学習内容によっては2時間連続として実施した。生徒に対する基本的な梵天丸の学習指導は、中学校の高橋教諭が中心に行った。コンピュータのロボット制御に関する学習を初めて授業に取り入れる場合、少なからずとまどいや疑問点も出てくる。最終の仕上げの段階になると、教諭側が想定しなかった発想をする生徒も現れ、様々なトラブルも生じてきた。その部分については、著者が大学から学校に赴き、協力指導を行った。

この授業では、ロボットの改造は生徒の自由な発想に基づいて行われた。ポーターロボットには、足回りとして、左右の足を動かす機構（別電源）がある。図4の基本型では、足を動かす機能を使わなかった。しかし、図9の作品例のように、お茶運びの動作とは無関係に飾り的な要素としてポーターロボットの足回り用のモータを使った者もいた。できあがったロボットは障害物をおいた簡易迷路を走行させた。飾り的な機能を持たせたために動作がうまくいかない場合もあったが、動作が面白くなるので製作者は面白さの観点から満足していたようである。この富岡中学校の実践学習は、^(財)つくば科学万博記念財団による支援をいただいで実施された。この学習のまとめとして、平成17年

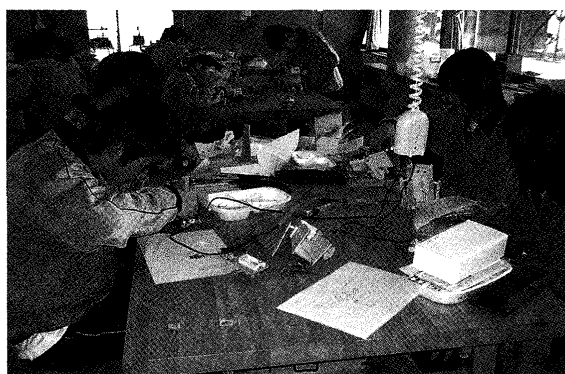


図8. 授業の様子（富岡中学校）



図9. 生徒の製作した改造ロボットの作品例

2月に仙台市科学館で生徒自身による発表会(報告会)が行われた。この対外的な発表も、やり遂げたという自信を生徒に与える良い経験になった。授業時間外にも学習に取り組む様子も見られ、生徒の自主性を引き出す学習形態も実現できた。今回の学習を通して、ロボットという学問分野に興味を持つ者も出てきた。そのような生徒に、ロボットについて学ぶためにはその基礎となる様々な基礎的な学習が必要であることを指摘すると、これまで関心を持たなかった数学を初めとする基礎科目の学習にも意欲を見せるようになった。一つの学習がその周辺にある多くの学習のモチベーションを与えるという副次的な教育効果が得られたと考えている。

4. まとめ

お茶運びロボットの製作は、からくり人形による動機付けから始まった。そして、からくり人形と同様な動作を現代のロボット関連技術で実現するところで、もの作りの面白さを経験的に学習させる。子ども達に「もの作り」の楽しさを経験させるためには、もの作

りをやり遂げたという成功体験が重要であると考えている。ここで述べてきた改造ロボットの製作学習は、もの作りの楽しさを与え、科学技術の教育へとつなげることができるものである。富岡中学校における授業実践の中でも、4月当初あまり興味を示さなかった女子も、作品が完成するにしたがって意欲的になり、ロボットのしくみや制御プログラムに興味関心を大きく示すようになった。これは、難しいと思っている学習内容でも興味を持つことによって、取り組みの姿勢が変わることを示している。

梵天丸を使ったロボット関連の学習において、基本的キットの製作から基本プログラムの作成までは、おおよそ教えられた通りに作業をしていけば、ある程度の到達点に達することができる。問題となるのは、その後続く発展的な課題をいかに与え、それをどのように解決させていくかにある。大学生に同様な課題を与えた場合、答えの決まっている規定の学習では問題はないが、その応用として、結果の決まっていない課題として自由な動きをするプログラムの作成、オリジナルな改造ロボットの設計と製作ロボットの製作をさせようとする、作業の手が止まってしまう者が少なくない。一般に、年齢が低いほど発想は豊かな傾向がある。早期の段階から創造的な学習活動を経験させることが重要である。その点では、ここで示した改造ロボットの製作は創造的な製作活動の手がかりを与える期待して良いのではないだろうか。

また、今回の中学校の授業実践においては、宮城教育大学において行った教員研修(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)の中の梵天丸に関する指導者向けの学習指導も活用した。新しい技術を授業に導入するという点では、担当者に不安があるのは当然である。大学における研修などと連動させ、大学と小・中学校教員の連携した授業作りによって新しい授業を実現していくことも重要であると考えている。

謝辞

教育用ロボット「梵天丸」を用いた教育活動は、著者らが属するメカトロで遊ぶ会の多くのメンバーによる様々な協力に支えられている。さらに、開発したお茶運び梵天丸製作のワークショップは仙台市科学館のご協力で実現できた。また、中学校における授業実践

では、富岡中学校の高橋智男教諭とともに実施計画を立案し、授業実践に至ることができた。なお、本実践研究の一部は、平成16年度ロボット学習メニュー開発支援事業として、科学技術振興事業団・財つくば科学万博記念財団の助成を受けて行われた。本研究の実践は、多くの方々の協力によって成立している。関連した数多くの方々のご協力に感謝している。

文 献

- 岩本正敏, 水谷好成, 中村昇, “子供用ロボット教材の開発”, ROBOMECH '98, 1BIII4-3 (1998a)
- 岩本正敏, 水谷好成, 日下孝, “メカトロニクス教材開発と社会教育施設での実践”, 平成10年度電気関係東北支部連合大会講演論文集, 2H-5, p. 307 (1998b)
- 岩本正敏, 水谷好成, “ロボット教材を活用した情報基礎教育”, 電子情報通信学会技術報告, ET2001-39, pp. 31-38 (2001)
- 岩本正敏, 水谷好成, “マイクロコントローラを利用した「ひかりのメッセージ」”, 日本産業技術教育学会第45回全国大会講演要旨集; P1-1, p. 126 (2002)
- 岩本正敏, 水谷好成, “教育用ロボット梵天丸を用いた中級者向けロボット学習メニューの開発”, Robomech '03, 2P2-1F-F4 (2003a)
- 岩本正敏, 水谷好成, “コンピュータ制御ロボットを用いた電子技術教育の導入学習”, 電子情報通信学会技術報告 (ET2003-25) pp. 35-40 (2003b)
- 岩本正敏, 水谷好成, 鈴木南枝, 中村昇, “子どものためのロボットキット「梵天丸」の開発と教育実践”, 日本ロボット学会誌, vol. 24-1, pp. 2-6 (2006)
- 小石川秀一, “ものづくりと科学教育—どんぐり探検隊の活動から—”, 応用物理教育, vol. 27-1, pp. 37-40 (2003)
- 米谷年法, 三浦弘幸, 白石和也, 日下研二, 水谷好成, 岩本正敏, “教育用ロボット梵天丸を活用した情報教育の検討と実践”, 仙台市教育センター平成12年度ネットワークで広げよう情報教育2 情報教育実践事例集, pp. 71-77 (2001)
- 米谷年法, 工藤哲, 水谷好成, “教育用自律型ロボット「梵天丸」を活用した小中学校の共同学習の一試み”, 第28回全日本教育工学研究協議会全国大会2002年栃木大会研究発表論文集, No. 1-7, pp. 25-28 (2002)
- 水谷好成, 岩本正敏, 米谷年法, “小学校教育におけるロボットの活用—国語教育への応用—”, ROBOMECH '01, 2P1-A8 (2001a)
- 水谷好成, 岩本正敏, “国語教育と技術教育”, 電子情報通信学会技術報告, ET2001-40, pp. 39-44 (2001b)
- 水谷好成, 岩本正敏, “ロボット教材を用いた小学校における情報教育の実践”, 宮城教育大学紀要, vol. 36, pp. 183-190 (2001c)
- 水谷好成, “総合的な情報教育としてのロボットの活用”, 平成12年度ネットワークで広げよう情報教育2, p. 10-11 (2001d)
- 水谷好成, 岩本正敏, “光のメッセージを使った小学校における情報関連教育の検討”, 日本産業技術教育学会第20回東北支部大会講演論文集, B07, pp. 31-32 (2002)
- 水谷好成, 岩本正敏, “教育用ロボット梵天丸を用いた創造性の教育”, 応用物理教育, vol. 27-1, pp. 79-83 (2003a)
- 水谷好成, 岩本正敏, “光のメッセージを用いた情報技術関連教室の実践 (光のインテリアの製作)”, 日本産業技術教育学会第18回情報分科会論文集, pp. 21-24 (2003b)
- 水谷好成, “ロボット技術とコンピュータ”, 宮城教育大学情報処理センター年報, vol. 10, pp. 27-30 (2003c)
- 水谷好成, 米谷年法, “情報関連教育に関する大学と小学校の連携の実践”, 宮城教育大学紀要, vol. 38, pp. 203-210 (2003d)
- 水谷好成, 岩本正敏, “小学校における光装飾工作学習に対するコンピュータ制御 LED 発光装置の活用”, 電子情報通信学会技術報告, ET2003-24, pp. 29-34 (2003e)
- 水谷好成, 米谷年法, 沼田玲子, “ロボットをテーマにした小学校における総合的な学習の実践”, 宮城教育大学紀要, vol. 39, pp. 193-202 (2004)
- 水谷好成, 岩本正敏, “LED 制御装置いろは姫を活用した小学校におけるメカトロニクス教育”, Robomech '05, 1P2-N-069 (2005a)
- 水谷好成, 岩本正敏, “梵天丸を利用したお茶運びロボットの製作と教育への適用”, 電子情報通信学会技術報告, ET2005-25, pp. 41-44 (2005b)

- * 1) 大人の科学からくりシリーズ: 学研,
<http://shop.gakken.co.jp/otonanokagaku/>
- * 2) ボーターロボット: 優良教材株式会社,
<http://www.yuryo.co.jp/>

(平成17年9月30日受理)