

# 教育用ロボットによるプログラミング教育の実践

## —20年間の実践を通して見えてきたもの—

日下孝（仙台市科学館）・岩本正敏（東北学院大学）・水谷好成（宮城教育大学）

概要：仙台市科学館では、平成8年に子どもたちにもものづくりとプログラミングの楽しさを知ってもらう目的で開発された教育用ロボット（梵天丸）を使ったロボット教室やロボットコンテストを継続的に実施してきた。メカトロで遊ぶ会などの協力によって科学館を始め小中学校で実施してきたロボット教室は20年間にわたり、3万人を超える子どもたちがロボットのプログラミング学習に参加してきた。ロボット教室のアンケートから、プログラミング教育の有効な手段であることが示された。

キーワード：学校と科学館連携，問題解決能力，プログラミング教育，ものづくり教育

### 1 はじめに

仙台市科学館が継続的に行ってきたロボット教室で用いている教育用ロボット（梵天丸）は、平成8年に開発されて以来、現在まで3万台を超える台数が生産されている。梵天丸を使ったロボット教室は、仙台市科学館を始め、姫路科学館、盛岡市子ども科学館、東北電力グリーンプラザ、発明クラブなど様々な会場でも行っている。また、梵天丸はスミソニアン博物館（The National Museum of American History）でも評価され<sup>[1]</sup>、平成13年には韓国でもロボット教室を行った。さらに、梵天丸を使ったロボット教室は、宮城県内の小中学校においても科学教室や技術科の授業として行われている。今年まで20年間続いている梵天丸のロボット教室の人気はいまだに高い。科学館では、年間4回のロボット教室とロボットコンテスト（ロボコンジュニア）を継続的に実施している。初級のロボット教室は、毎回5倍を超える倍率になっており、抽選で参加者を決めている状況であり、抽選に漏れた方がロボットコンテストの時に行っているロボット教室に参加している。

### 2 教育用ロボット梵天丸の誕生

#### （1）梵天丸とは

仙台市科学館では、平成2年から知能ロボットコンテスト（以下、知能ロボコン）をロボット競技実行委員会と開催している。この知能ロボコンは、市民に大変人気があり、会場には大人に混じって多くの子どもたちも訪れていた。その子どもたちから自分たちも知能ロボコンに参加したいという強い要望が寄せられた。しかし、知能ロボコンに参加するためには専門的な知識が必要であり、ロボットの価格

は最低でも10万円ほどであった。

そこで、平成8年に岩本を中心にロボット教育を考える市民グループ（メカトロで遊ぶ会）が、子どもたちでも扱うことができる教育用ロボットを開発した<sup>[2][3]</sup>。価格は、子どもたちが購入可能な5,000円にした。この価格は、20年経過した現在でも変わっていない。対象は、ローマ字でキーボードを打つことができるということで小学校4年生以上とした。プログラミング言語も、ひらがなでプログラムが組める「まきもの言語」を開発した。実践による試行錯誤を経て、最終的にはプログラムの流れが視覚的の分かり、マウス操作だけで作ることができるように改良し、現在に至っている。命令も最小限に絞り、行動コマンド：16種類、条件コマンド：16種類の30種類ほどにした。このうち、20種類のコマンドだけである程度の動作をさせることができる。この基本仕様は、現在まで変更していない。現在、小学校におけるプログラミング学習が注目されているが、小学校4年生は論理的な考えかたができはじめる時期としても適切な年齢であるように思われる。

#### （2）仕様

ワンチップのマイコン（PIC16F84/628A/648A）を搭載した自律型二輪駆動ロボットで、アルカリ単三乾電池4本で6時間以上動作する。PIC等電子部品のハンダ済み基板キットの場合、2時間ほどで完成できる。マイコンチップにはあらかじめ幾つかのプログラムが登録されており、本体のディップスイッチで切り替えて3種類のプログラムを選択して遊ぶことができる。

障害物の認識は、前方左右に1個ずつ配置している赤外線LEDから交互に発信した信号が、反射して

戻ってくるかどうかを中央の受光ユニット1個で認識する仕組みになっている。センサーが1個だけなので、仙台藩の初代藩主である伊達政宗の幼名をいただいて「梵天丸」と名付けられた。



図1 教育用ロボット梵天丸

### 3 科学館におけるロボット教室

#### (1) ロボット教室の概要

仙台市科学館では梵天丸を活用したロボット教室を平成9年より継続して行っている。参加者のほとんどは小学4年から6年生である<sup>[4, 5]</sup>。

#### ◆ ロボット教室

【初級】受講条件：小学校4年生以上

10時～12時 梵天丸の製作

13時～15時 梵天丸のプログラミング

【中級】受講条件：梵天丸を持っていること

10時～12時 拡張基板の製作(モータ, ブザー, LEDなどのハンダ付け)

13時～15時 拡張基板のプログラミング(外部モータ, ブザー, LEDの制御)



図2 科学館のロボット教室

#### ◆ 指導

ロボットの作成やプログラムの指導は、岩本・水谷を中心にロボット教育のボランティア団体であるメカトロで遊ぶ会に属しているメンバーと大学生が

当たっている。

#### (2) 子どもの感想

ロボット教室の後にアンケートを取っているが、「ロボットの組立てやプログラミングは難しかったけど、梵天丸が自分で考えたとおりに動いたときは感動しました」「自分がプログラムするとロボットが動くので、難しかったけど、ゲーム機よりおもしろかった」「また、新しいロボット教室に参加したいです」などの感想が多く見られた。

### 4 学校教育におけるロボット教室

#### (1) 小中学校におけるロボット教室

水谷・岩本によって、学校のカリキュラムを考慮しながら小中学校に出向いてのロボット教室<sup>[6-10]</sup>を科学館のロボット教室と並行して平成9年から数多く行ってきている。助成金によってキットを用意して組み立てから実施する場合もあったが、多くは仙台市科学館での学習メニューをベースに、授業時間に合わせてプログラミング学習を中心に行っている。

#### ◆ 小学校の内容の一例：それぞれ2時間程度

4年生：梵天丸の製作(可能な場合)

5年生：梵天丸の簡単なプログラミング学習

6年生：応用的なプログラミング



図3 小学校のロボット教室

#### ◆ 中学校(技術科)の例

基本～応用プログラミング学習をベースにポーターロボットのようなロボットの改造とプログラミング学習の組合せを時数に応じて行ってきた<sup>[8-10]</sup>。

#### (2) 子どもの変容と課題

学校教育における教育用ロボットの実践については、仙台市教育センターの情報教育研究推進委員会において、平成12,13年度の総合的な情報教育とし

てのロボットの活用に関する実践研究<sup>[11]</sup>を経て、平成15年～平成17年度に実践研究を推進した<sup>[12]</sup>。その結果、子どもたちには次のような変容が見られた。

### 【子どもたちの変容】

- ・教室ではほとんどしゃべらない児童が、人前で発表するなど、自分の夢や思いを表現する力が育った。
- ・自分がプログラムを根気強く作成するなど、あきらめずに取り組む力が育った。
- ・ものづくりの楽しさ、作り上げた満足感、喜んでもらえた達成感などから、自分に対する自信が付いた。
- ・グループ活動を通して友情が生まれ、絆が深まる事が確認できた。

梵天丸を使ったロボット教室は、扱う内容次第ではそれほど難しくないが、熱心な管理職や指導できる教員がいない学校では、大学から出前授業の形態で実施している。適切な指導者が確保できない学校にいかにか普及させていくかが課題になっている。

## 5 ロボットコンテスト（ロボコンジュニア）

### （1）ロボコンジュニアについて

プログラミングの成果を試すため、子どもたちが目標にしているのがロボコンジュニアである<sup>[13]</sup>。仙台市科学館で実施してきたロボコンジュニアとしては、幾つかの種目を実施してきたが、現在は、ジャストストップとパフォーマンスの部に分けて実施している。



図4 ロボコンジュニア2016

### （2）競技内容

#### ◆ジャストストップ

梵天丸をスタートラインからスタートして奥の壁まで直進して壁を感知し、再びスタートラインまで戻って止まる競技である。ゴールライン中央の目標地点にできるだけ近く、規定時間（30秒）ちょうどに止まるほど成績が上位になる。当初は障害物がない簡単なルールであったが、参加者のレベルが上が

ってきたことから、現在は図5のように中央に障害物を置いて、その障害物を避けて戻ってくるルールにしている。

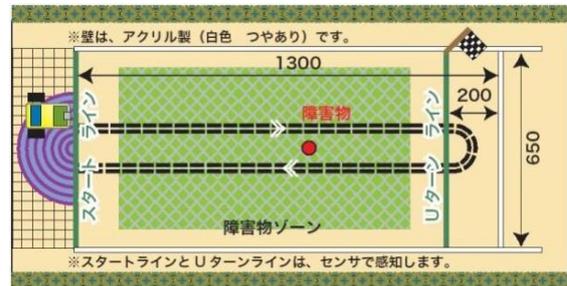


図5 ジャストストップの競技

#### ◆パフォーマンス

1分間の間に自分のテーマでパフォーマンスするロボットの競技である。

### （3）運営

平成9年11月に仙台市科学館で最初のロボコンジュニアが開催された。その後、メカトロで遊ぶ会やはりまロボットスクールプロジェクト等が科学館等において継続的に開催してきている。

平成10年以降、仙台市科学館を会場にしたロボコンジュニアは、知能ロボコンと並行して、知能ロボットコンテストフェスティバルとして毎年6月に開催されている。平成28年は、40名を超える子どもたちが参加した。今年の大大会の運営は、30名を超えるメンバーで行った。メンバー構成は、メカトロで遊ぶ会のメンバーや大学生が中心であるが、それに加えて仙台市科学館に登録されているボランティアや学校現場の先生方も加わって広がりを見せている。

### （4）ロボコンジュニアの今後

仙台市科学館で始まったロボコンジュニアは、今年で20年になる。最初のロボコンジュニアに参加した小・中学生は、社会人になっている。その経験者に話を聞いてみるとロボットのプログラミングを通して「論理的な考えかたができるようになった」「パソコン上の動きと実際の動きが違うことが分かり、ものづくりの大切さと、問題解決の方法を思考することが楽しかった」などの感想が寄せられている。また、ロボットの専門家や製造業など、ものづくりに関わっている人も出てきている。

子どもたちが主体的に関わり、しかも他の人たちのコミュニケーションが求められるのがロボットコンテストである。科学館の年中行事として市民にも認識されており、子どもたちにも支持されている競技なので、これからも継続していきたいと考えて

いる。

## 6 これからのプログラミング教育

これまで仙台市科学館や小中学校の学校現場で行ったロボット教室の経験から次のようなことが考えられる。子どもたちがプログラミングに興味を持つのは、自分が興味を持っているものが多い。つまり、子どもたちが真剣に問題に取り組むのは自分にとって意味があることをやっているときである。その一面が、ロボット教室におけるプログラミングの過程で見られる。ロボット教室の集大成であるロボコンジュニアに参加する子どもたちは、だれに強制される訳でもないが、できるだけ高得点を取るために、2時間以上飽きることなくプログラムのトライ&エラーを繰り返している。このことによって、子どもたちはものづくりの楽しさを知るとともにプログラミングをすることで考える力や論理的な思考が育まれると考えられる。さらに、仲間と一緒に作業をすることで社会性や協調性も身につくと考えられる。

著者等がロボット教室を重視しているのには、次のような理由がある。プログラミングは、ともするとバーチャルの世界だけでクローズしがちである。その点、ロボットのプログラミングは、バーチャル動きを現実の動きに置き換えており、子どもたちにその違いを理解させ、理由を考えて修正する能力を養うことができる。

このようにすばらしい反面、ロボット教室を行う場合、ロボットの製作やパソコンへのソフトウェアのインストールや接続などを調整する事項が多く、専門的な知識を持っている先生でも一人で教室を行うのは容易ではない。科学館のロボット教室は、「メカトロで遊ぶ会」という教育用ロボットの知識のあるボランティア団体のメンバーや大学生など2~5名で指導を行っている。このようにこれから学校教育などでロボット教室を行う場合は、このような外部団体の支援があることが望ましい。

そこで、考えられるのが地域の科学館の活用である。全国には科学館が183館ある。(全国科学館連携協議会の登録館) ロボット教室やプログラミング教室を開催しているところも多く、大学や関係ボランティア団体との繋がりも強い。そして、科学館は学校現場との連携を望んでいる。その力を借りながら子どもたちへのロボット教室やプログラミング教育を進めるのも一つの方法であると考えられる。

**謝辞:** 本研究の遂行に当たり、協力いただきました、メカトロで遊ぶ会・教育センター・仙台市科学館の方々に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Takashi Kusaka, Masatoshi Iwamoto : The Educational Role of Robots in Japanese and American Schools, Globalization in Universities Using Advanced Computer Network, Study Meeting in The National Museum of American History, 2000
- [2] 岩本正敏: 自律ロボットキット開発と仙台市科学館を中心とした教育・啓蒙活動, 日本機械学会教育賞, 日本機械学会, 2002
- [3] 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, 日本ロボット学誌, Vol. 24. No. 1, pp. 2-6, 2006
- [4] 日下孝: コンピュータロボット「梵天丸」の開発とロボット教室, 仙台市科学館研究報告, Vol. 8, pp. 60-63, 1998
- [5] 日下孝, 岩本正敏, 鈴木南枝: コンピュータロボット梵天丸の教育, 仙台市科学館研究報告, Vol. 9, pp. 52-55, 1999
- [6] 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関連教育の実践, 宮城教育大学紀要, Vol. 36, pp. 183-190, 2002
- [7] 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, No. 1, pp. 79-83, 2003
- [8] 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, 信学技報, Vol. 105, No. 205, pp. 41-44, 2005
- [9] 水谷好成・岩本正敏: 教育用ロボットキット梵天丸を用いた小・中学生のためのプログラミング教育, 信学技報, Vol. 106, No. 166, pp. 43-48, 2006
- [10] 岩本正敏・水谷好成: 小中学校における制御教育-図画工作から始める科学技術教育, 計測と制御, Vol. 46, No. 9, pp. 683-686, 2007
- [11] 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
- [12] 平成17年度仙台市教育センター情報教育研究推進委員会: 心をつなぐ情報教育~ロボットを活用し, 一人一人の夢の実現を目指して~, <http://www.sendai-c.ed.jp/~robot17/>
- [13] 岩本正敏: メカトロで遊ぶ会 (ロボコンジュニア), 日本機械会, Vol. 103, No. 977, pp. 76-77, 2000