

# ロボットコンテストを利用した教育用教材の開発と検証

鈴木 秀和<sup>\*1</sup>, 内田 尚登<sup>\*2</sup>, 吉田 哲也<sup>\*2</sup>

## Development and Verification of Educational Tool Employing Robot Competition

Hidekazu Suzuki <sup>\*1</sup>, Naoto Uchida <sup>\*2</sup>, Tetsuya Yoshida <sup>\*2</sup>

Robot technology is very useful for learning task at the engineering education in the field of electronics and mechatronics, because it is consolidation of various engineering factors. Moreover, encouraging and maintaining the motivation for learning is important in engineering education. Thus, in a production subject at universities and high schools, robot contests are often employed for aiming to motivate students and to encourage intelligibility of technology and knowledge.

In this research, we aim at developing the educational tool for fabrication method of robots attending competition “Micromouse” which is the earliest and famous robot contest in japan. Furthermore, we verify the effectiveness and usefulness of the developed educational tool.

### 1 緒言

ロボットコンテスト（以下、ロボコン）は、競技を通じた様々な技術の発展・波及のみならず、工学的動機付けからエンジニアの育成を目指した工学教育をも含む研究・開発・教育のフィールドとして国内外に広く普及している [1]. 特に若年層に対しては理系離れ、工学離れの問題に対する対応策の一つとしても注目されており、その有用性は軽視できない [2]. このようなロボットを利用した技術教育の拡がりを受け、大学や高校におけるロボット製作科目においてコンテスト形式を採用するカリキュラムは多い. 競技（ゲーム）の楽しさを利用することで、低学年に対する工学的な動機付けや、技術・知識の理解度向上を比較的容易に引き出すことができ、また、オリジナルのロボット製作という解のない問題に取り組むことで、問題解決能力の育成が期待できるためである [3]. また、「モノづくりは人づくり」という言葉に代表されるように、ロボコンは人間教育のためのツールとしても広く認知されており、企業においても社員の技術力向上、創造力活性化などを狙ったロボコン開催や、新入社員研修の一環としてロボコン出場を行っている例もある [4].

しかし、ロボコンに参加するためには、ロボットを製作することがもちろん必須となるが、今からロボットを通じてものづくりを学ぼうとする者にとって、ロボットの製作そのものが大きなハードルとなる場合が多い. 簡単なロボット製作であれば、技術的初心者にも手を付けやすいが、そのような簡易的なロボコンは歴史・規模・課題の面白さや求める技術レベルの面で学習者の興味を継続させることが難しく、得られる技術要素も製作レベルが下がることに伴って少なくなる. そこで、適度な技術要素を含み、かつ学習者の興味・関心を持続させられるロボットを用いた教育用教材が求められている.

現在、国内には様々な規模・技術レベルのロボコンが開催されており、その中でも国内最古の歴史を持つロボコンとしてマイクロマウス大会が知られている [5] ~ [7]. マイクロマウスとは、未知の迷路内でロボットがスタートからゴールを目指して走行し、通った区間の記憶からロボット自身が最適と考える最短経路を導き出して駆け抜ける競技である. 1977 年、当時登場し始めたマイクロコンピュータを用いたロボットの検証実験として、IEEE（米国電気電子学会）が提唱したことがマイクロマウスの始まりであり、1980 年に日本で初めてのロボットコンテストとして「第 1 回全日本マイクロマウス大会」が幕を開けた. 約 40 年が経過した現在では、エントリー総数約 400 台という比較的大きな規模のロボコンであり、その勢いは留まる所を知らない.

また、全日本マイクロマウス大会は事実上の世界大会とも言われており、近年では大会エントリー総数の 1 割程度が海外からの競技者で構成されている. シンガポール・台湾・韓国などのアジア諸国を筆頭に、アメリカ・イギリスなど、日本を含む 9 カ国のロボットが一堂に会し、競い合う、国際的なロボット競技会として成長し続けている. さらに、参加者の構成も幅広く、技術の最前線で活躍する企業の技術者から、下は中学生まで、大学のサークルや研究室からの参加者を分布の中心として広く多様な競技者が参加している.

この様な、大会の歴史・規模・国際性・参加者の層に加え、小さなメカに運動性能と人工知能を搭載した小型自律ロボットが目にも留まらぬ猛スピードで迷路を疾走するという見た目の華やかさと課題の面白さは、様々なロボコンの中でも興味・関心を引きやすいと言える.

本研究では、マイクロマウス大会を題材として、ものづくり技術をこれから学ぶ生徒・学生のためのロボットを用いた教育用教材を開発することを目的とし、実際の高校生・大学生に製作させることで、その学習効果を検証する.

<sup>\*1</sup> 東京工芸大学工学部電子機械学科 <sup>\*2</sup> 東京工芸大学大学院工学研究科電子情報工学専攻  
2017 年 3 月 27 日 受理

## 2 マイクロマウス教材「Basic Mouse」

マイクロマウス大会が現在の規模に成長する過程において、実はロボットを用いた教育用教材が大きな影響を与えている。2000年に森永により公開された「Basic Mouse」[8][9]は、マイクロマウスを製作するために必要な要素技術であるマイコン、センサ、モータの制御に加え、競技に必要なアルゴリズムまでをも網羅したキットとして知られており、マイクロマウス競技者で知らない者はいない。当時、ほとんどの競技者が手探りで製作していたマイクロマウスを、明快に各要素にモジュール化し、その原理や回路の解説はもとより、使用パーツを初心者で購入しやすい素子で構成していた点が秀逸である。一時期は大会参加ロボットの多数が「Basic Mouse」派生となるほど広く認知され、初めてロボコンに参加する競技者の技術的敷居を下げ、大会参加者を大幅に増やす事に寄与した。しかし、素子の高機能化に伴う入手性の悪化や、技術体系の推移により、残念ながら「Basic Mouse」を製作する競技者も減少し、現在ではその姿を見ることはない。ただ、その功績と有用性を記憶している競技者も多く、現代版「Basic Mouse」の登場は常に望まれ続けている。

## 3 マイクロマウス用教材の開発

本研究では、前述した「Basic Mouse」の優れた点を参考にしつつ、ロボットを用いた教育用教材の構築を行う。

### 3.1 シンプルな回路とパーツの入手性

教育用教材を構築する場合、後の改良を見据えて様々な機能を盛り込みたくなるものであり、現にそのような過剰教材は多く存在する。本教材では、初心者の理解のしやすさを重視して、マイクロマウスの競技に最低限必要なシンプルな回路構成とした。また、使用するパーツはできる限り一般的な素子を選択し、初心者でも容易に入手できるように配慮している。

### 3.2 回路のモジュール化とユニバーサル基板を用いた製作

本教材では、回路を各機能（マイコン、センサ、モータ）にモジュール化するのはもちろんのこと、モジュール毎に回路自体を図1のように物理的に分離することで、より感覚的に理解しやすいように工夫した。さらに、各モジュール内においても、より細かい機能毎に切り分けているため、回路製作では最小機能単位で1つずつ理解しながら作り進めることができるようにしている。

初心者にとってのハンダ付けのしやすさや、接触不良の起きにくさを考慮した場合、プリント基板を用いることが一般的な手法として採用される傾向にあるが、プリント基板による教材は、そのハンダ付けのしやすさから回路を意識した製作を行わせることが難しいことが経験的にわか

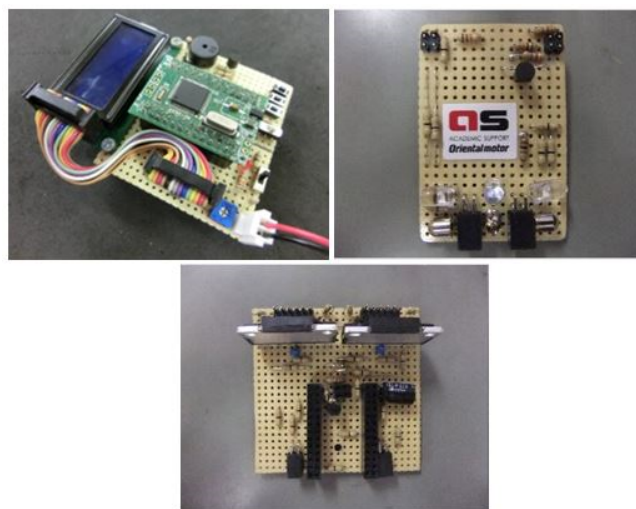


図1 物理的にモジュール化された回路

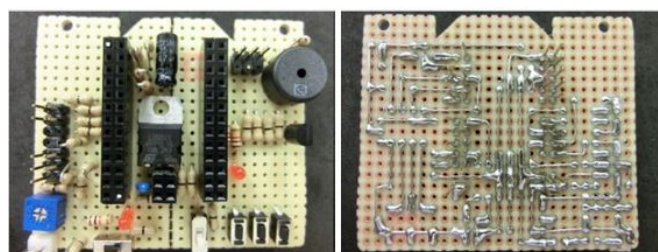


図2 ジャンパ配線を廃した回路

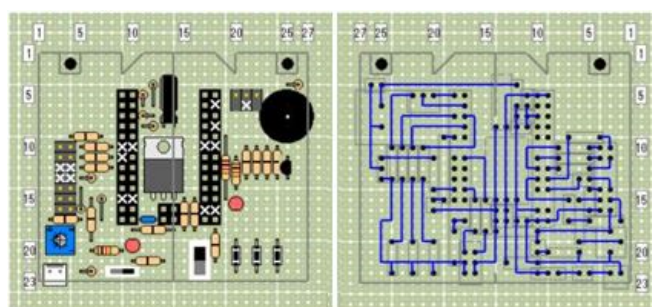


図3 配置図（イラスト）

っている。そこで本教材では、図2のように片面ユニバーサル基板をベースとして構成しており、初心者が回路製作でつまづきやすい（接触不良を引き起こしやすい）被覆線によるジャンパ配線を極力排除できるように工夫している。さらに、前述した最小機能単位でハンダ付けを進めるため、1つの機能を実装しては確認するという過程を繰り返す形式としており、回路とそれによる動作を意識した製作ができるようになっている。

### 3.3 写真とイラストを用いた製作マニュアル

本教材では、初心者が製作を間違えず、かつスムーズに進められるように、詳細な製作マニュアルを作成している。製作マニュアルでは、初心者がわかりやすいように実際の製作時の写真のみならず、図3のような視覚的にわかり



やすい配置図（イラスト）を同時に提示している。製作マニュアルは、前述のように機能を1つずつ順番に理解・製作・動作確認していくことで、最終的にロボットが完成するようになっており、図4のように回路図を用いた解説・基板の写真・イラストがわかりやすく配置されている。

### 3.4 段階的なサンプルプログラム

本教材では、最終的なマイクロマウス競技に使用するプログラムに至るまで、段階的に細かくサンプルプログラムを用意している。最初は、マイコンの動作確認を行うのみのテストプログラムから始まり、前節で述べた最小機能単位の製作を終える都度、その動作を確認するためのサンプルプログラムが用意されている。また、各サンプルプログラムは、追記形式で統合されていくように構成しているため、プログラム自体は徐々に大規模になっていくが、各回のサンプルで新規に加わる部分は比較的少なく、初心者が理解しやすいものとなっている。

### 3.5 複数競技に対応できる構成

マイクロマウス大会の代表的競技であるマイクロマウス・クラシック競技（図5：1区画18[cm]四方，16×16区画）（以下，クラシック競技）は，1980年からその規定をほとんど変えることなく続いている日本で最も歴史あるロボコン競技である。クラシック競技開始より30年経過後の2009年，電子部品やモータ等の小型化・高性能化を受け，すでに「マイクロ」と呼ぶには大きすぎるとも言われていた従来のクラシック競技の区画サイズを半分にスケールダウンしたマイクロマウス（ハーフサイズ）競技（以下，ハーフサイズ競技）がスタートした。図6のように区画の大きさを半分にすることで，迷路の区画数も32×32区画と飛躍的に拡がり，複雑な迷路が課題とされるようになった。また，実際の体積比では8分の1となるため，ロボットに要求される実装技術も高度化し，これにより，高い技術と知能が求められる競技となっている。

本教材の基本仕様はクラシック競技用であるが，図7，図8のようにモータを変更し，ベースとなる足回りを変更することで，ハーフサイズ競技用としても使用可能となっている。ハーフサイズ競技は，区画の小ささから調整の難易度は若干上がるが，スペース的な優位性が高く，机上で作業できるというメリットがある。

### 3.6 本教材で到達できる範囲

本教材では，マイクロマウス競技に参加できる最低限のハードウェアと，最低限のソフトウェアのみを学習用に用意している。マイクロマウス競技において，より上位を狙うためには，様々な技術が必要となり，本教材のハードウェアを最大限活用することができれば，中位程度のタイムは狙えるようになっているが，教材の学習範囲ではあえて上位を狙うための技術の解説はしていない。本教材の狙いは，ものづくり初心者をロボコンの入り口に立たせること

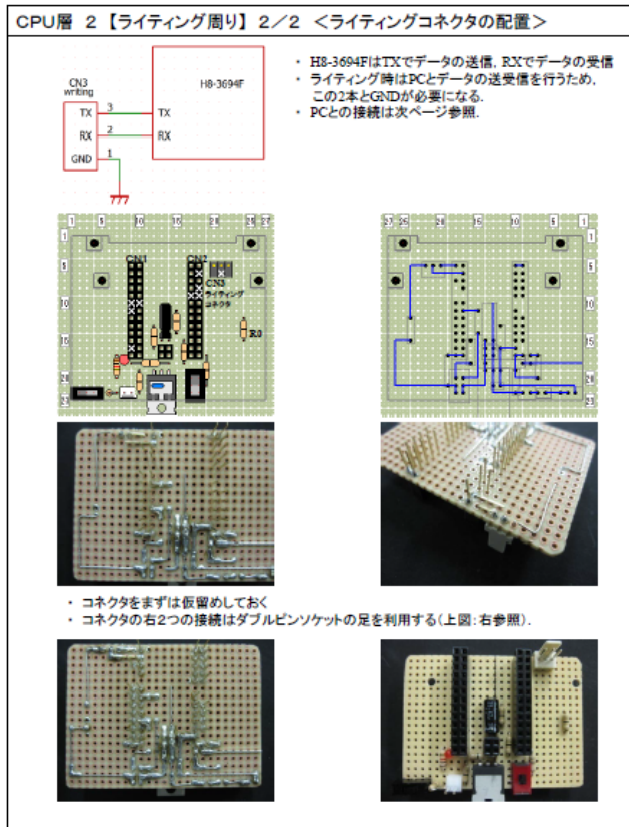


図4 製作マニュアル



図5 マイクロマウス・クラシック競技



図6 マイクロマウス（ハーフサイズ）競技

であり、そこから先のステップアップは学習者自身が興味・関心を持って学ぶことを期待しているためである。実際、「Basic mouse」が広く利用された理由の1つは、与え過ぎないというコンセプトのもとに、学習者が後に楽しむ領域を多く残していたことが大きいのである。

## 4 開発教材の試用と検証

### 4.1 高校、大学における試用

開発したロボットを用いた教育用教材の有効性を検証するため、実際のものづくり初心者に対し、本教材を試用した。受講者は、興味を持った高校（東京工芸大学の近隣高校や、他のロボコンで繋がりのあった高校）の教員・生徒（神奈川県立厚木高等学校：物理化学部3名、向上高等学校：情報研究部8名、埼玉県立新座総合技術高等学校：電子機械科6名）と東京工芸大学の学生（ロボット製作サークルからくり工房8名）の合計25名（高校1年：5名、高校2年：5名、高校3年：6名、大学1年：4名、大学2年：1名、大学3年：3名、高校教員：1名）である。受講者はロボコン（第36回全日本マイクロマウス大会：マイクロマウス2015）出場を目指して本教材を用いた学習を行い、競技での完走を目標として据えた。製作補助には著者ら（教員1名+学生2名）があたり、直接指導は図9、図10のように出前授業／校内授業として数回実施し、それ以外は各自で自主学習として製作を進めた。特に、大会前の調整に関しては、学習者自身が完走のための調整・上位入賞のための改良を行った。

### 4.2 マイクロマウス2015への出場

マイクロマウス大会は当初マイクロマウス競技のみで開始したが、その競技人口の広がりを受け、後に上級者用のエキスパートクラスと初心者用のフレッシュマンクラスにクラス分けされた。その後、前述のハーフサイズ競技と区別するために、従来の競技をマイクロマウス・クラシック競技、新しい競技をマイクロマウス（ハーフサイズ）競技とし、さらに2014年にそれぞれにフレッシュマン／エキスパートクラスを用意して現在に至っている。

本教材の受講者には、自身でクラシック競技／ハーフサイズ競技のどちらに参加するかを興味・関心により選択させた。最終的に、クラシック競技フレッシュマンクラス7名／ハーフサイズ競技フレッシュマンクラス18名のエントリーとなった。これは、図11のようにクラシック競技の調整用競技台（4×6区画）が一畳程度の大きさのために床に置くしかないので、ハーフサイズ競技の調整競技台（4×4区画）は45[cm]四方と小さく、調整を行うPCと同じ机の上に置くことができるため、調整時の手軽さが大きく影響していると見受けられた。

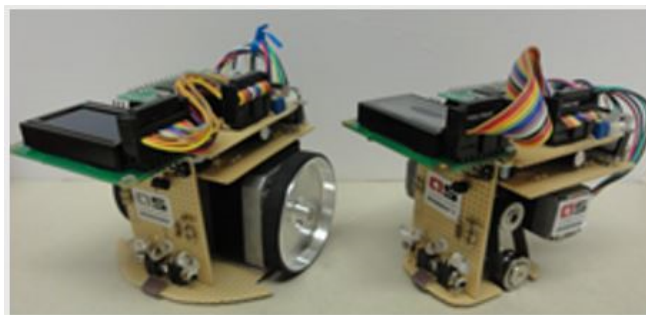


図7 同じ回路を用いた2種類のロボット  
クラシック競技用：左 ハーフサイズ競技用：右

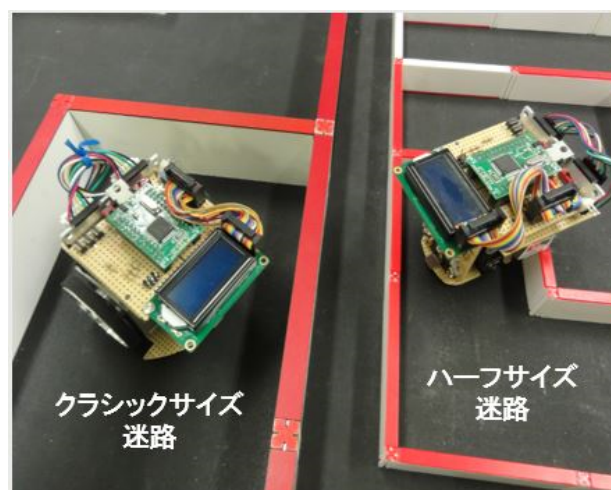


図8 迷路サイズの比較



図9 高校での授業風景



図10 大学での授業風景



### 4.3 ロボコンへの出場結果

#### 4.3.1 クラシック競技フレッシュマンクラス

近年、クラシック競技フレッシュマンクラスは参加者が非常に多く、大会運営スケジュールの関係で予選／決勝に分けて実施されている。予選はロボットの性能を確認するために図 12 の簡単な迷路課題（8×8 区画）で行われ、予選走行タイムの上位 30 台程度が決勝に進出することができる。2015 年大会のエントリー総数は 97 台であり、本教材受講生は 7 台中 4 台が完走し、内 3 台が決勝に進出した。リタイアしたロボットはほとんどが競技台の段差（分割された競技台の連結部。規定上、1[mm]までの製作誤差は許容される。）で止まってしまった事に起因しており、調整不足が露呈した形であった。

決勝は図 13 の迷路課題で実施され、進出した 3 台はそれぞれ 14 位、18 位とリタイアとなった。フレッシュマンクラスとは言え、近年は速いロボットが多く出場する中において、この結果は健闘したと言える。

#### 4.3.2 ハーフサイズ競技フレッシュマンクラス

ハーフサイズ競技フレッシュマンクラスは始まって間もないという点と、そもそもハーフサイズ競技用のロボットを作り上げる事自体が難しいという点から出場者はそれほど多くないため、予選が行われない。競技は図 14 に示した 16×16 区画の迷路課題で行われた。エントリー総数は 32 台であり、本教材受講生は 18 台中 16 台が完走し、4～19 位に並んだ。本教材を用いて出場しているため、同じ性能のロボットがまとまっているように見えるが、実際には 4 位のタイム「21 秒 920」から 19 位のタイム「3 分 10 秒 496」までは大きな開きがあり、各自が行ったハードウェア／ソフトウェアの改良や調整の仕上がりが大きく影響していることがわかる。また、成績上位に入賞した 4 位～8 位には特別賞が授与され、さらに団体として向上高校が団体特別賞を受賞した。これに加え、厚木高校の参加者がつくば科学万博記念財団理事長賞も受賞している。

## 5 結言

本研究では、興味・関心を引き出しやすく、かつ技術・知識の理解度向上と問題解決能力の育成が期待できるロボコンを利用したロボットを用いた教育用教材の開発を行った。対象とするロボコンには、様々な観点より全日本マイクロマウス大会を選択し、マイクロマウスにおける過去の教材「Basic Mouse」の良さを引き継ぎつつ、さらに教材としての有効性を高める工夫を多く追加することで、独自の教材とした。さらに、開発した教材を実際の高校生／大学生に試用し、ロボコンへの出場を目指すことで、教材の検証を行った。

今回、製作講習を受けた受講者全員がものづくり初心者であったが、ほぼ全員がロボットの完成まで到達し、かつ大会に参加できるレベルに調整することができた。実際に



図 11 調整用競技台（左：クラシック 右：ハーフサイズ）

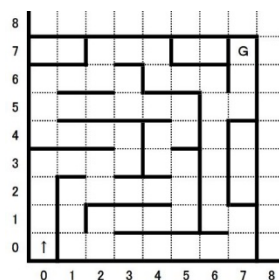


図 12 クラシック競技フレッシュマンクラス予選課題

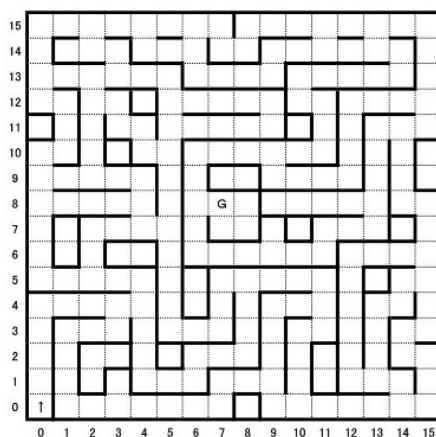


図 13 クラシック競技フレッシュマンクラス決勝課題

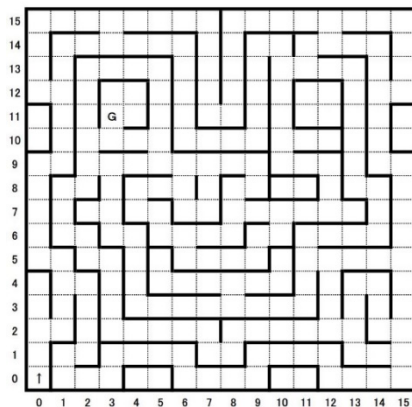


図 14 ハーフサイズ競技フレッシュマンクラス課題

製作した高校生／大学生が大会においてフレッシュマンクラスで上位入賞を果たし、特別賞を獲得していることから、教材のターゲットとしているレベルに即した内容となっていると考えられる。

本論文では、ロボットを用いた教育用教材の開発におけるコンセプトと実際の教材、及びその試用に重点を置いて報告を行った。しかし、今回は教材の開発と受講生の講習で手一杯となってしまう、教材の効果を確かめるための客観的な視点による検証が十分ではなかった。今後は、大会実績による客観的な検証に加え、アンケートやレポート等による受講生の意識／意見の聴取も実施する必要があると考える。また、今回試用した教材においても、解説すべき内容が不足している点が多々見受けられたため、教材の加筆・修正も併せて行っていく必要がある。

## 謝辞

神奈川県立厚木高等学校物理化学部、向上高等学校情報研究部、埼玉県立新座総合技術高等学校電子機械科の皆様には、本開発教材の試用・検証に協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 森政弘, “ロボコンの人間教育的意義”, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 9, pp. 2-4, 2009
- 2) 鈴木秀和, “コンテスト型製作科目の紹介と検証”, 第29回ファジイシステムシンポジウム講演論文集, pp. 302-305, 2013
- 3) 加藤幸一, 山浦政彦, 山本静, 鈴木綾子, 他7名, “ロボット製作・ロボコンの教育的効果について”, 群馬大学教育学部紀要芸術・技術・体育・生活科学編, Vol. 46, pp. 125-147, 2011
- 4) 手操能彦, 森川賢二, 片山政彦, “夢のある作品製作で想像力と活性化を!”, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 9, pp. 13-16, 2009
- 5) “公益財団法人ニューテクノロジー振興財団”,  
URL: <http://www.ntf.or.jp/index.html>
- 6) 井谷優, “マイクロマウスの歩んだ路”, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 9, pp. 979-982, 2009
- 7) 小島宏一, 福井善朗, 中村文一, “開かれた環境が育むマイクロマウスの技術進化”, システム制御情報学会誌「システム/制御/情報」, Vol. 55, No. 7, pp. 265-270, 2011
- 8) 「実践 マイクロマウス入門講座」, ロボコンマガジン, No.8~14, オーム社, 2000~2001
- 9) “マイクロマウス工房”,  
URL: <http://www8.big.or.jp/~morinaga/>