

レスキューロボット製作および競技を通じた創造性教育

道下 貴広 阪部 俊也 福田 和廣 天野 裕司*

Engineering Education to Cultivate the Creativity by Designing and Producing Autonomous Rescue Robot

Takahiro MICHISHITA, Toshiya SAKABE, Kazuhiro FUKUDA and Yuji AMANO

This paper presents the results of the designing and producing lesson for an autonomous robot, which the Department of Control Engineering gave to the fourth academic year students. The autonomous robot, named a rescue robot, moves to rescue peoples stayed behind from a burning building and carry them to the safety zone. It is shown that the school lessen is very useful to cultivate the creativity of students.

1. はじめに

「ものづくりを通じた創造性教育」の一環として、奈良高専電子制御工学科では平成5年度から自律型マイクロロボット製作の授業^{1),2)}を4年生におこなっている。年度始めの5月にまずテーマ原案を学生達に提示し、全員の学生から具体的競技内容を提案させる。実行可能なテーマを教官が数点選び、最終決定を学生達と一緒に決める。

昨年度は災害時を想定した「自律型レスキューロボット」の製作・競技を行った。自律型とすることでプログラミングと機構部製作の両方の学習ができ、電子制御工学科の学習に適した総合学習と位置付けしている。

本報告は創造性教育の観点からレスキューロボットの製作・競技がどのように効果があったか、また授業の反省点はなにかについてまとめたものである。

2. 授業としてのロボット競技

学生の創造性を養う教育は種々考えられ、また今までにもいろいろ実行されてきた³⁾。それらの中でロボット製作・競技が創造性教育として優れた点は次の点が上げられる。

- 1) 課題を達成するためにアイデア、問題点をチームとして考える。
- 2) プログラムと機構部の両方の知識が身につく。
- 3) ものづくりや出来たときの喜びを仲間と共有できる。
- 4) 設計図面による情報のやり取りがチーム作業においていかに重要であるかを知る。

しかし、授業としてロボット製作を行う場合、ロボコンなどのように有志だけが行う場合と異なり、つぎの問題点がある。

- 1) 多人数（1クラス45名）全員が一度に実施する。
- 2) 短期間（1年間2単位）で実施しなければならない。
- 3) 機械、工具、スペースが不足している。
- 4) 「作ること」が不得意な学生も含めて全ての学生を対象にしなければならない。

これらの問題点を解決するには年間スケジュールとテーマ設定、さらにグループの構成が重要な要素となる。昨年度実施したスケジュールを表1に示す。

表1 年間スケジュール

月	授業数	実施内容
4	3	ガイダンス、プログラム学習
5	4	テーマ原案提示、テーマ案発表会、機械実習
6	3	機械実習、テーマ決定
7	2	計画図作成
9	3	インターフェース学習、製作図作成
10	3	物品発注、ロボット製作
11	2	ロボット製作
12	2	ロボット製作
1	4	ロボット製作、予備コンテスト
2	3	ロボットコンテスト、発表会

本スケジュールでは次のような工夫を行った。

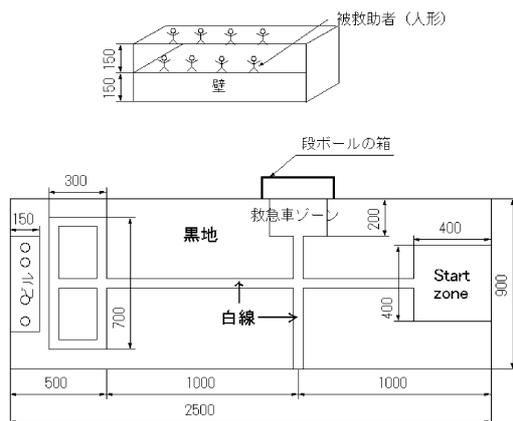
- 1) 学生達の参加意識を高めるために、テーマ設定までに数週間をかけ、アイデアの検討期間を設けた。
- 2) 電子制御工学科ではカリキュラムに機械工場での機械実習がなく、4週かけて実習を行った。

*天野メカトロ設計事務所、本校非常勤講師

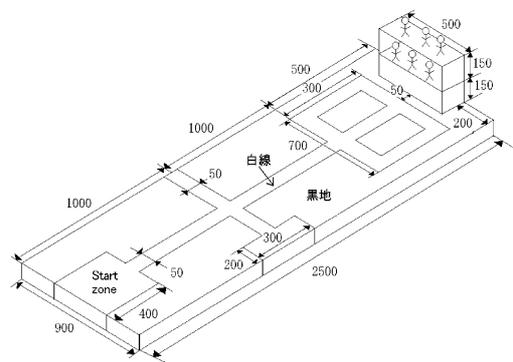
- 3) マシンの調整を兼ねて予備競技を行い、学生のやる気を高めた。
- 4) アイデア図、製作図を適宜提出させ、チェックとスケジュール管理を行った。
- 5) 競技終了後、工夫した点等について全員に発表させた。
問題点としては、製作時間が足りず、12月から2月にかけては多くの学生が放課後残って、自主的に作業していたことがあげられる。また、物品発注が10月になり、納期の遅い品物では製作スケジュールに影響した。

3. レスキューロボット競技ルール

4年生になった学生達にはロボット製作の経験がなく、どこまで出来るか、また出来ないかが見つめない。そのためある程度競技ルールを教官が決定し提示する。その後、競技の詳細ルールについては、作っている途中でこれは出来る、出来ないの判断が学生達に判ってくるため学生達と相談して順次変更、決定していった。



(a) 競技場平面



(b) 競技場斜図

図1 競技場の図

競技は1クラス(4年生45名)を6班に分け1チーム7~8人で行った。班分けも授業の成否を決める重要な要素であるが、学生の自主性にまかせて決めさせた。結果は相性の合う者同士で学生達がグループを組んだ。

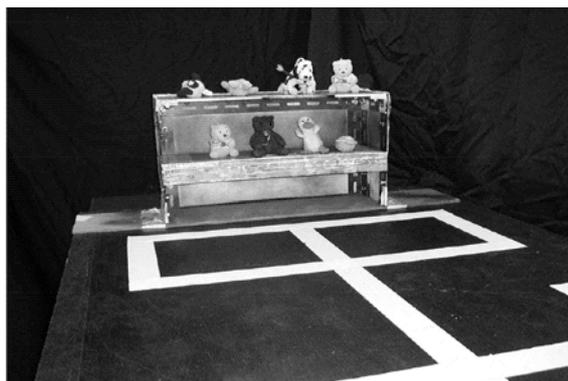


図2 ビルと取り残された人形達

競技フィールドは2.5m×0.9mであり、フィールド図と写真を図1と2に示す。スタートゾーン(0.4m×0.4m)から出発して反対側のビル(0.5m×0.3m×0.15m)に行き、取り残された人(競技では動物の人形)9名を救出し、救急車ゾーンに運び段ボールの箱に入れるまでの競技である。制限時間(3分)以内に何人救助できるかで競った。救助中に人を落下させた場合は1点減点とし、屋上の人の救出は2点/人、2階の人の救助は3点/人として、救助の難しさによる差をつけた。また救急車ゾーンの箱に入れると2点/人を追加した。

4. レスキューロボット製作時の工夫

ロボットの車輪部と制御部は「市販の相撲ロボット」を使用した。図3にオリジナル相撲ロボットを示す。これを改良しレスキューロボットとすることが課題である。ロボットの大きさは0.4×0.4×0.5m以内に制限した。制御部はZ80マイクロコンピュータであり、プログラムをパソコンからRAMに転送できる方式である。

4.1 救助方式の工夫

ビルに取り残された人(人形)は、屋上に5人、2階に4人と決めている。屋上の人は後方や横にストッパーとなる壁がないため、救助中に人を落下させる危険性がある。また、2階の人の救助には上下や横の壁が妨害をして救助しにくい難しさがある。各班はグループ内で協議した結果、表2のような方式を採用した。各班の完成ロボットの写真を図4から9に示す。

4.2 2階部の人の救出方法の工夫

2階部の人の救助には左右の壁が妨害し、回転板方式では壁に板があたってロボットが停止するかひっくり返る。そこで5班では回転板の軸にラチェット構造を自作し、取り付け解決した。壁に回転板があたるとラチェ

ット部の作用で回転板は止まるが、ロボットがビルに沿って進むと、再度板が回転するように工夫している。

4.3 救助した人を救助ゾーンで離す工夫

救助した人をロボットに入れて救急車ゾーンまで運んで来た後、どのように救急車ゾーンに下ろすかが課題となる。今回は「やさしくおろす」は課題とせず、救急車ゾーンに入れる（実際には落とす）ことを競った。

1班と4班は回転板で取り込んで救出したのと逆のやり方で回転板を使って落とす。また、5班と6班はダンブカーと同じように床を持ち上げて落とす方式にした。2班は空気袋をしぼめて落とすが、さらに落ちやすくするためにロボット全体を揺すって落とすように工夫した。揺する操作はロボットの前進、後退を繰り返すプログラムで行った。

救急車ゾーンで救助者を落とすことはレスキューとしてははなはだ乱暴なやり方であり、「やさしさ」まで考慮した競技が今後の課題として残った。

4.4 有効モータの工夫

オリジナルの相撲ロボットでは4つの車輪を各々制御駆動する。ポートには5つの空きポートがある。従って、普通には2つの追加DCモータを制御してレスキュー作業ができる。6班では2つのモータ制御だけでは十分な操作ができないことから後方車輪2ヶをフリーにして駆動モータもレスキュー活動に参加できるように改造した。

表2 各班の救助方式

班	救助方式
1	ビルの正面にロボットが進み、回転板で人形を取り込む。救急車ゾーンでは回転板で人形を落とす。
2	ビルの正面にロボットが進み、空気袋のついた串状のものを差込み、空気袋をふくらませて人形をはさみこむ。救急車ゾーンでは空気袋を凹ませ、人形を落とす。
3	ビルの正面にロボットは進み、輪投げのひもを人形にかけてひっぱりあげる。救急車ゾーンでは、ひもをゆるめて人形を落とす
4	ビルと平行にロボットは走り、回転板が当たらない位置に来てから回転板を回転し、人形を取り込むプログラムとする。救急車ゾーンでは回転板を逆回転し、人形を落とす。
5	ビルに沿ってロボットは走行し回転板が回って人形を取り込む。回転板は常時回転し、壁に当たるとラチェット構造で回転板は回転しないで軸のみ空転する。救急車ゾーンでは床をあげダンブカー方式で人形を落とす。
6	ビルの正面にロボットは進み、ビルの端から端まで開いた板を挿入する。板は閉じて行き人形が集まるとベルトコンベヤで回収する。救急車ゾーンでは一方の壁が開くダンブカー方式で人形を落とす。

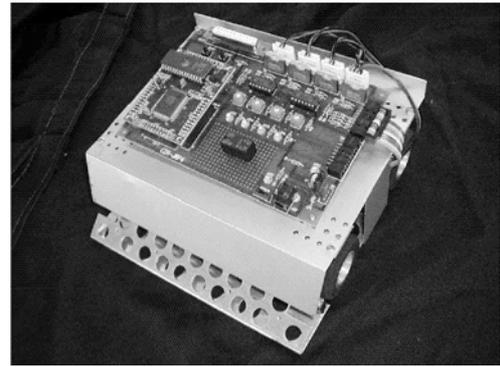


図3 オリジナル相撲ロボット

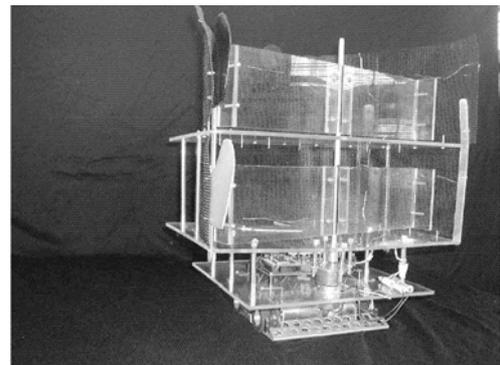


図4 1班のレスキューロボット

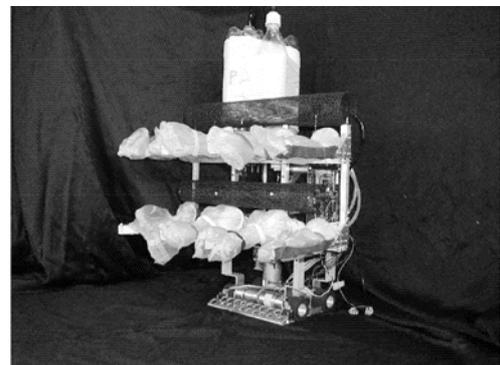


図5 2班のレスキューロボット

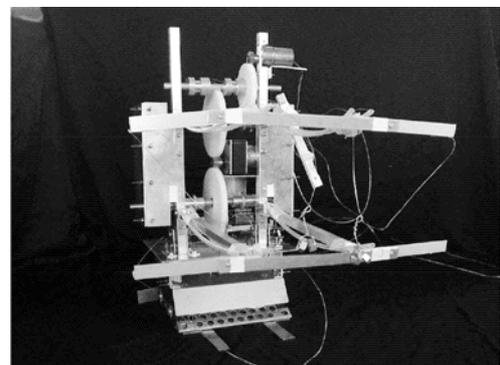


図6 3班のレスキューロボット

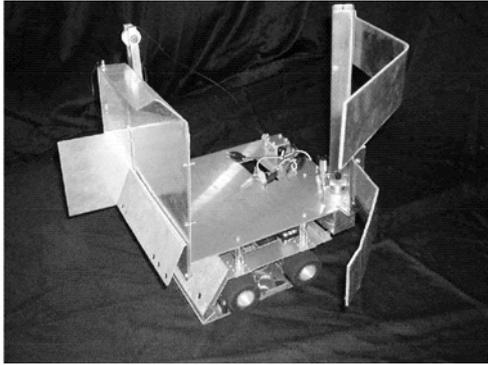


図7 4班のレスキューロボット

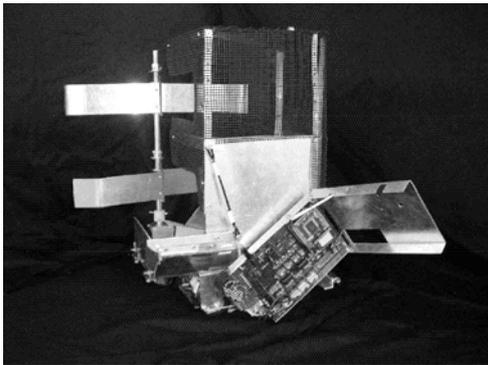


図8 5班のレスキューロボット

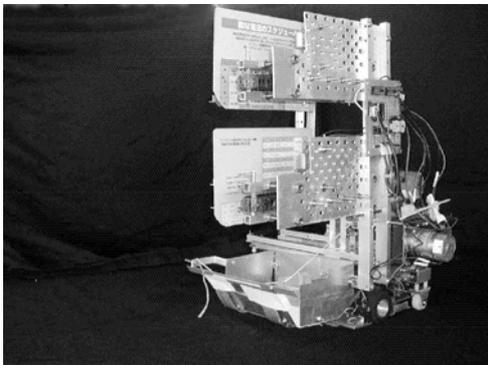


図9 6班のレスキューロボット

4.5 同じ位置で停止するプログラムの工夫

ロボットが白線に沿って進んでいって停止した場合、白線幅とセンサー間隔に差があり、左右に同じ位置で停止しない。ターゲットの人形に対して同じ位置で停止させるため、2班ではある時間進んだ後、ロボット全体を左に寄せるプログラムを入れた。この結果ロボットはビルに対して同じ位置で停止することが可能となり、レスキュー活動が正確になった。

5. ロボット授業における機械実習の重要性

ロボット製作において機構部の部品製作は大切な要素である。電子制御工学科では機械実習はカリキュラム

に入っていない。そのため、本授業の中で機械工学科と実習工場教官の方々の協力を得て、表3に示すような機械実習を取り入れた。

表3 工場実習内容表

工場機械名	内 容
施 盤	円柱の加工
フ ラ イ ス 盤	エンビ板の端面加工
ボ ー ル 盤	穴あけ、タップ立て
コンターマシン	アルミ板切断
溶 接	溶接ビード線数本

期間が短いために学生達は操作法をマスターするまでには至っていない。しかし、どの機械でどんなことができるかを知ることは、ロボットのアイデア出しの段階で大いに役立ったようである。実際の製作段階では、実習工場の先生方の支援を得て完成させた。精度良く製作することの難しさと大切さを学び取れたと考える。

6. 競技結果および優勝ロボットの工夫

競技は本競技と再試合の2回行った。それぞれ3回トライしその合計点で決めた。

表4 各班の競技得点

班	1	2	3	4	5	6
本競技	37	74	9	1	42	6
再試合	36	33	3	18	20	-1
合 計	73	107	12	19	62	5

結果として2班の空気方式のロボットが優勝した。6班は2回とも前日まで動作しながら当日動かず残念な結果となった。

各班はそれぞれに工夫をこらしたが、2班の空気式ロボットの工夫をここでは紹介する。

(1) 空気袋の工夫

市販の風船では、膨らんだ時に人形を挟む希望の形状が実現しない。そのため、学生達は自作することにして、種々の材料で試作した。割れやすい物、膨れない物、袋状に作っても接合部から空気もれるものなどがあり苦労をした。最終的には濡れた傘を入れる薄いビニールの傘袋で成功した。袋状に作る際の接合は両面テープを使用した。少し粘着力を落として使用することがコツであることがわかった。さらに最大の工夫は、空気が入り過ぎて空気袋が割れないようにあらかじめ空

気袋に小さな穴をいくつか開けた点である。その結果、安心して空気を送り込むことが可能となった。空気袋の膨らんだ状態を図10に示す。

(2) 空気ポンベの工夫

空気圧は空気袋を膨らますために約3気圧ほど必要であり、ポンベをどうするかで思案した。ロボットに積める小型で軽量な物としてペットボトルを選んだが、はじめの物は破裂した。空気圧に耐える物としてソーダ入り飲料水のボトルが可能なのを見つけた。

(3) 空気の流れの制御

空気を注入、注出する制御部に三方弁を使用した。三方弁はONでポンベと直結、OFFで外気開放となる構造

とした。三方弁のON、OFFはカム機構を自作して行った。三方弁を通った空気は6つの空気袋に空気を送るために分流器で分けた。始めに自作した分流器では、空気袋に空気を入れるとき、奥の出口から出る空気袋はふくらみ、近くの出口から出る袋は逆に吸引になってしぼんでしまった。そのため、空気流れの検討を加え分流器の管路を太くするなど改造をおこなった。分流器の改良で空気が入るときはすんなり入るようになったが、外気開放で出すときは空気袋の弾力が弱く、大変時間がかかった。そこで、空気袋にゴムを巻き、ゴムの力でしぼむ構造に改良した。その結果、良好な空気の注入、注出が可能となった。分流器の写真を図11に示す。



図10 空気式で空気袋が膨らんだ状態

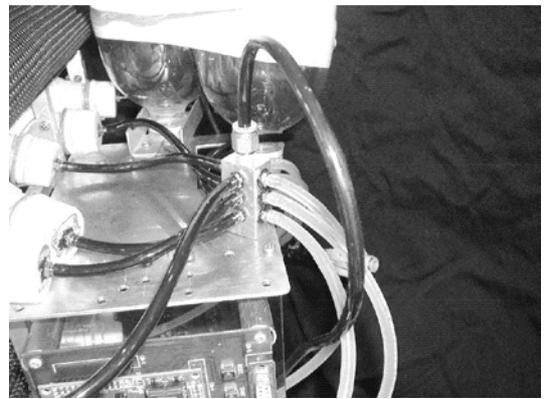


図11 分流器

表5 学生へのアンケート結果

分類 A: 競技関係 B: 製作関係 C: グループ作業関係 D: 創造性関係
 評価 5: よく当てはまる 4: やや当てはまる 3: どちらともいえない
 2: やや当てはまらない 1: 当てはまらない

分類	番号	項目	0%	50%	100%
A	1	テーマとしてレスキューロボットはよかった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
C	2	個人でするよりもグループでよかった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
C	3	グループ内での議論は十分にできた	■■■■■	■■■■■	■■■■■
C	4	班ごとのチーム間競技でよかった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	5	製作時間は十分にあった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	6	先生からのアドバイスは適当であった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	7	工場実習の経験は生かされた	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	8	設計時の計画にもっと時間をかけるべきであった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
C	9	メカ製作班とプログラム製作班に分かれてやってよかった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	10	プログラムの知識に関して事前学習はよかった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
B	11	工具、製作機械は十分にあった	■■■■■	■■■■■	■■■■■
C	12	電子制御工学科としてこの授業を今後も続けてほしい	■■■■■	■■■■■	■■■■■
A	13	競技終了後の発表会はあった方がよい	■■■■■	■■■■■	■■■■■
D	14	ロボット製作を通じて作る喜びを知った	■■■■■	■■■■■	■■■■■
A	15	ルールの決め方にもっと時間をかけた方がよい	■■■■■	■■■■■	■■■■■
D	16	創造性を発揮したと思う	■■■■■	■■■■■	■■■■■
D	17	創造力の向上に役立った	■■■■■	■■■■■	■■■■■

■ 評価5
 □ 評価4
 ■ 評価3
 □ 評価2
 □ 評価1

7. 本授業に対する学生達の評価

レスキューロボット授業を4年生の時におこなった学生達に、授業終了後半年経ってアンケートを実施した。

アンケートはA競技関係、B製作関係、Cグループ作業関係、D創造性関係について無記名で回答してもらった。評価は質問に対してよく当てはまるを5、全く当てはまらないを1とする5段階評価で答えてもらった。その結果を表5に示す。

A: 競技関係で見ると、テーマとして選んだレスキューロボットは学生達に好評であったことがうかがえる。競技終了後の全員による発表会も多くの方がよかったと評価している。ただ、ルールについてはもっと時間をかけて全員に納得のいくしっかりしたものを作って行くべきであったと反省させられる。これは競技のときに突発的事態が発生し、審判である先生が一方向的に決めて行い、再試合を後日することになったためである。

B: 製作関係で見ると、製作時間の不足、機械、工具の不足を多くの学生が感じた。これは、彼らが製作するとき毎日遅くまで残っていたことから予想された。1年間2単位の限られた時間の中で、納得のいく製作をさせてやるには、夏休みや冬休みの利用などもっとスケジューリングの工夫が必要になる。工場実習の経験は90%近くの学生が活かされたと感じており、この授業の中で4週間にわたり実習をやったことが良かったと考える。

C: グループ作業関係を見ると、個人でするよりもグループで行ってよかったとの回答が評価4まで入れると90%近くになる。一人で製作したいと望む学生が多いと思っていたが、これは意外な評価であった。プログラムからメカの製作までを一人でやるのは無理と感じているためか、あるいはグループで共有する達成感に満足感を得たためかと思われる。ただ、何人のグループが良いかは別の問題である。3~4人の小グループでやりたいとの声もあった。グループ内での議論は十分に出来たかの問いに対して、十分でなかったとの回答が多く、時間的なものもあるが、授業の進め方に改善の点があるように見える。納得のいくグループ討論の場所と時間がとれるようにしてやりたいと考えている。

D: 創造性関係で見ると、ロボット製作を通じて作る喜びを知ったと答えた学生が評価4まで入れると80%近くになる。また、創造性を発揮した、創造性の向上に

役立ったと答えた学生は70~80%もいた。何らかの形で彼らの創造性教育に役立ったと評価できる。さらに、この授業を電子制御工学科として続けて欲しいと答えた学生は全員であった。

自由記述欄に書かれた意見を2、3紹介すると、「この授業で設計業に就きたいと確固たるものを得た」、「この授業を一生覚えている」など、教える側にとってはうれしい限りの意見を書いてくれた学生がいた。また、反省すべき意見として「ルールを途中で変えないで欲しい」、「夏休みも製作できるようにして欲しい」との記入などがあった。

8. まとめ

「ものづくりを通じた創造性教育」として、1年間のレスキューロボット製作授業を行い、今回その成果を報告した。製作中や競技中における彼らの表情からも彼らが満足して授業に臨んでいることは予想出来たが、アンケート結果を見て確信した。アンケートの中でほぼ全員の学生達がこの授業を今後も続けて欲しい、と述べていることから、この授業をより良いものへと改善して続けていきたいと考えている。

9. 参考文献

- (1) 道下貴広、櫛宏明、中島レイ、島岡三義、岸下晴亮、阪部俊也：自律型マイクロ・ロボットを通じての創造教育、奈良工業高等専門学校研究紀要、第34号、1998年
- (2) 道下貴広、櫛宏明、岸下晴亮、阪部俊也：自律型マイクロ・ロボットを通じての創造教育 (II)、奈良工業高等専門学校研究紀要、第35号、1999年
- (3) 犬塚勝美、小関修、渡辺正人：PICとMindStormsとを用いたロボットコンテストの事例報告、高専教育、第26号、2003年