

ロボット大会を活用したものづくり教育と その活用効果の評価

岩手県立産業技術短期大学校 加藤 邦庸
岩手大学工学部 高木 浩一

はじめに

「ロボット大会」をものづくり教育などに活用する動きは、ますます広がっている。代表的なものとして、NHKで放送されている「高専ロボコン」⁽¹⁾がある。テレビ番組で継続して放送され注目を浴びる理由として、ロボットに対して興味を持っている人が多いことや日本において、ものづくり教育の必要性が高まっていることがある。また、ロボットをターゲットとした大会はこの他にもいくつかあり、参加資格は大会にもよるが子どもからお年寄りまで幅広く対応しており、比較的解放的なものとなっている。これらのことから、「ロボット大会」をターゲットとすれば、成果が目に見えて理解しやすいため、学生も興味を持って取り組み、ものづくり教育のいい教材となる。加えて大会優勝という明確な目標があることから比較的良好な教材になると考え、本稿で述べるロボット大会参加へ向けた取り組みを行った。

学生自身が興味を持てる内容で、「生きる力」⁽²⁾がよりよく育まれるものであれば、「ロボット大会」以外でも教材になりうる。ただし、技術者として生き抜く上で必要になる能力を身に付けるという点で、この選択によって特に“期待される教育効果”として考えられるものを表1に挙げる。

表1. 期待される教育効果

	項 目	内 容
1	モチベーション持続による目的達成度の上昇	大会優勝という明確な目標および参加への緊張感があり、参加学生のモチベーションが比較的高く維持されることによって目的達成度の上昇が期待される。
2	システム化技術技能修得度の上昇	ハードウェア、ファームウェアおよびソフトウェア、それぞれの設計製作において、それらの整合性をとる技術技能が求められ、システムとして全体を捉える能力が身に付き、スキルアップが期待される。
3	コミュニケーション能力向上	複数人で協力し合うことおよびチーム間で情報交換することによる相乗効果を体験でき、コミュニケーション能力が向上することが期待される。
4	忍耐力・精神力向上	取り組み途上、スムーズに進むばかりでなく、障害にぶつかることも経験でき、困難に打ち克つ忍耐力および精神力が身に付くことが期待される。
5	向上心の涵養	校外の他の参加者という見えないライバルがいることから、自身のロボットが安定動作をしたとしてもそれで満足することなく、客観的な視野に立って更にも上を目指そうとする向上心の涵養が期待される。

ものづくり教育への活用として選定したロボット大会は、いずれもマイコンを使った自律型ロボット製作を条件としたものである。また、製作環境として、複数チームで2人につき1台とすることを原則とした。このようにしたのは、「ロボコン」がチームで行われていることに多分に影響を受けてのものである。著者は、「ジャパンマイコンカーラリー」⁽³⁾ (以下「マイコンカーラリー」と呼ぶ) 用のマイコンカー製作指導を岩手県立高度技術専門学院の制御システム科で3年間(平成14~16年度)担当した。いずれの年度も参加学生が地区大会(一般の部)を突破し全国大会に出場した。3年目には全国大会(一般の部)においてベスト16の成績を残させていただいた。これは2年次後期の応用実習という科目の中で全員が取り組み参加したものである。なお、この岩手県立高度技術専門学院は平成16年度を最後に廃止され、現在は岩手県立産業技術短期大学校⁽⁴⁾の水沢校となっている。また、「東北ポリテクニクビジョン」⁽⁵⁾というイベントの中にある「ロボット競技会」(以下「ポリテクロボット競技会」と呼ぶ)用のポリテクロボット製作指導を岩手県立産業技術短期大学校の電子技術科で2年間(平成17~18年度)担当し、2年目には運よく優勝をいただいた。なお、これは2年次後期の卒業研究という科目の中で取り組み参加したものである。いずれの大会でもその真剣に取り組む学生の姿を支えに担当させていただいた。本稿では、これらのロボット製作の取り組みを紹介し、前述の“期待される教育効果”を、後述する「教育効果の検証・評価」で検証・評価し、この取り組みをまとめるものである。

大会概要

1 マイコンカーラリー

マイコンカーラリー競技は、マイコン搭載のライントレースロボットが、全長60mほどの、直線、カーブ、直角カーブ(クランク)、坂道などが含まれるコースを自律走行しタイムを競うものである。図1に全国大会コースを示す。コースには、幅300mm黒地、幅20mm白色センターラインで両脇に幅10mm灰色ライン、コース両端には幅30mm白色ラインが施されている。主催者は全国工業高等学校長協会および北海道工業高等学校校長会で、高校生の部、一般の部およびBasicクラスの3部門に分かれており、一般の部には子どもからお年寄りまで参加できる。また、個人種目のみなので1人1台のエントリーとなる。全国大会は、平成7~20年度現在開催(毎年1月中旬頃に札幌市内)されており、最寄りの地区大会は北東北地区大会(毎年12月上旬頃に秋田県内)である。図2に、一例として、平成15年度に製作したマイコンカーを、表2にマイコンカーの主要レギュレーション(平成16年度)を挙げる。なお、コースレイアウトは毎年異なり、大会当日の公表となっている。



図1. 全国大会コース (大会HPより引用)

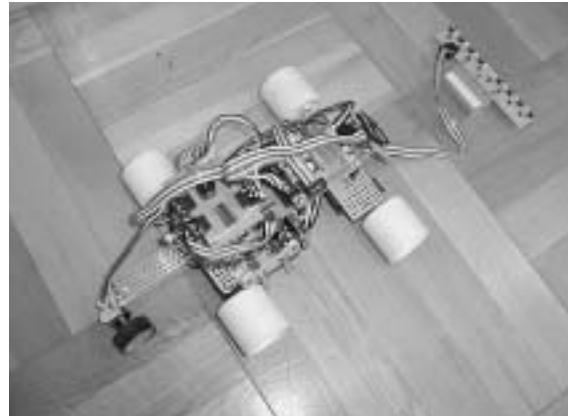


図2. 製作したマイコンカー (平成15年度)

表2. マイコンカーの主要レギュレーション (平成16年度)

項目	内容
制御方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自律型のみ ・ 支給CPUボード (H8_RY3048F-ONE)⁽⁶⁾ 使用必須
大きさ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全幅: 300mm以内 ・ 全高: 35mm以上 150mm以内 ・ 全長: 無制限
重量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 無制限
電池	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単3形電池 8本以内

2 ポリテクロボット競技会

「東北ポリテクニクビジョン」とは、東北地方にある職業能力開発施設の学生を対象としたイベントである。主な内容には、講演会、学生・職員の製作物展示会、研究発表会、そして、このポリテクロボット競技会がある。競技は、一言でいえば「自律型ロボットによる対戦型ビンゴゲーム」である。主催者は独立行政法人の雇用・能力開発機構で、エントリーはチーム毎となり1チーム当りの人数制限はない。この競技会は平成14~20年度現在開催されており、開催地は雇用・能力開発機構の大学校がある宮城・青森・秋田のいずれか1箇所で開催されている。

図3にポリテクロボット競技会場を示す。左上のビンゴパネル(9マス)は競技会場中央にあり、2列ビンゴ先取で勝敗を決める。図4に競技フィールド(縦1m×横2m)を示す。上の茶色いサークルがポリテクロボットのスタート位置である。手前にあらかじめ横置ききの円盤(CDと同寸の亚克力製6枚で赤または青)を競技フィールド奥にある10箇所の受け口へそれぞれの戦略のもとに円盤を縦置きに格納する。受け口には番号がついており、ビンゴパネルの番号に対応している。「5番」だけは真ん中に2箇所あり、この2箇所とも入れないと獲得できない。また、相手が先に取った番号は獲得できない。ポリテクロボットは、フィールド上の白いラインと確保・格納位置を示す白いマーカーを検知しながら動き回ることになる。また、受け口の隙間2.5mmのところ厚さ2mmの円盤を格納するという、タイヤで移動するロボットにとってはやや精密な動作が要求される競技と

なる。競技時間 2 分間の 3 本勝負である。図 5 に、一例として、平成18年度に製作したポリテクロボットを、表 3 にポリテクロボットの主要レギュレーション（平成18年度）を示す。



図 3 . ポリテクロボット競技会場

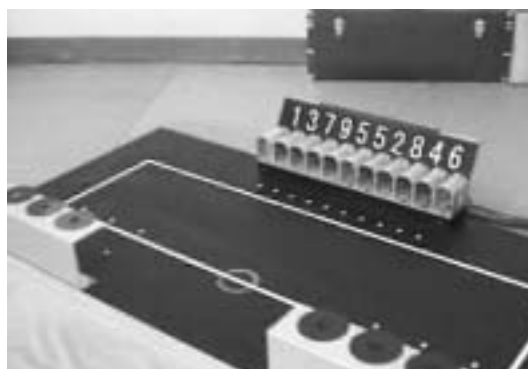


図 4 . 競技フィールド

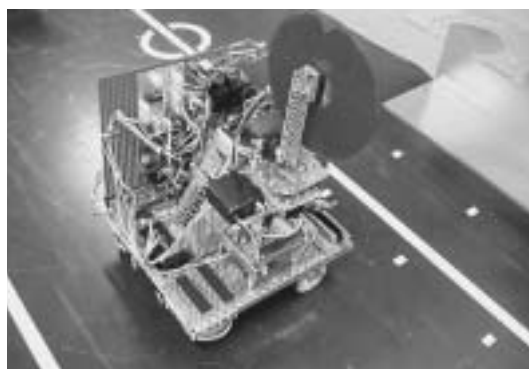


図 5 . 製作したポリテクロボット（平成18年度）

表 3 . ポリテクロボットの主要レギュレーション（平成18年度）

項 目	内 容
制 御 方 法	・ 自律型のみ
大 き さ	・ 1 台のみ： 外周1,200mm以内 ・ 2 台以上： 外周総合計1,600mm以内 ・ 高さについてはいずれも無制限
重 量	・ 1 台のみ： 10kg以内 ・ 2 台以上： 10kg以内（合計重量）
確 保 ・ 格 納	・ いずれも 1 枚ずつ確保・格納 複数枚を同時に確保・格納することが禁止のため
ロ ボ ッ ト 内 へ の 収 納	・ 1 台のみ： 複数枚の収納可 ・ 2 台以上： 複数枚の収納禁止

ロボット製作の取り組み

ここでは、大会毎に分けてそれぞれの取り組みの指導方針、内容および考察・検討の順に述べる。

ロボットづくりは機構設計および部材選定から始まり、機械加工、回路設計製作、プロ

グラミングというようにメカトロニクスそのものである。担当した制御システム科および電子技術科はともに電気電子系の科であり、機械加工の部分については、カリキュラム上も旋盤やフライス盤などの実習は無く、主に卓上ボール盤や電動糸鋸などでの加工になり、科内で加工不能なものについては校内にある機械系の科に協力をお願いした。また、練習用コースなどの製作についても複数の科からの協力を得ながら進めた。

1. マイコンカー製作

マイコンカー製作には、制御システム科として平成12～16年度の5年間取り組み、著者はこの内の平成14～16年度の3年間担当した。応用実習（2年次後期16単位）という科目の中で取り組み、12月上旬の北東北地区大会まで10月上旬からほぼ毎日、午後はこの授業か卒業研究のどちらかを行っていた。この科目の評価は、その製作過程、校内練習コース走行で確認する出来映えおよびレポート提出が対象となる。しかし、当然のことながら、競技では、いかに他人よりも優れているかが重要となる。大会コースの難易度は年々上がり他の参加者のレベルも高くなる。

(1) 指導方針

マイコンカーは原則として2人につき1台製作し、代表者1名でエントリーした。そのようにしたのは予算の関係もあるが、共同製作者同士でコミュニケーションを取らざるを得ない状況に追い込むことを目論んでのものである。

マイコンカーの基本仕様は毎年こちらから提示した。その仕様は、比較的簡単なコースレイアウトの完走はできる程度のもことになる。しかし、大会当日に公表されるコースレイアウトがどんなに複雑でも勝利するためには、機構、回路およびプログラムの研究が必要になる。学生は優勝を目指して、どうしたらもっと速く正確な制御ができるかを考え試行錯誤を繰り返す。また、行き詰ったときに、こちらからの説明を基に実行させ、その実行結果が上手く行っても行かなくても説明させることで理解度を確認した。こうすることで、製作したマイコンカーを改良する際にも全体のバランスを考慮しながら見る目が鍛えられたように思う。なお、プログラム開発は全チーム同じCコンパイラで統一した。

(2) 製作したマイコンカー

表4にマイコンカーのエントリー状況を示す。エントリーは10台以内にしたいと、在籍者数が奇数の場合は、調整のために1人や3人のチームを作った。やむを得ず、2人につき1台という原則から外れたものとなった。

表4. マイコンカーのエントリー状況

年度	チーム数	台数	在籍者数	チーム内訳
14	7	7	13	6チーム * 2人 + 1チーム * 1人
15	10	10	19	9チーム * 2人 + 1チーム * 1人
16	10	10	21	9チーム * 2人 + 1チーム * 3人
合計	27	27	53	24チーム * 2人 + 2チーム * 1人 + 1チーム * 3人

図6に、製作したマイコンカー（平成15年度）の外観を示す。表5には学生に提示したマイコンカーの基本仕様（平成16年度）を示す。なお、平成15年度の基本仕様はこれと全く同じであり、平成14年度は若干の相違があった。それは、ロータリーエンコーダを使わず、二輪駆動方式で提示した点である。いずれもこの基本仕様から大幅なモデルチェンジをした者はいなかったが、どうしたらもっとよくなるかを常に考え取り組んでいた。

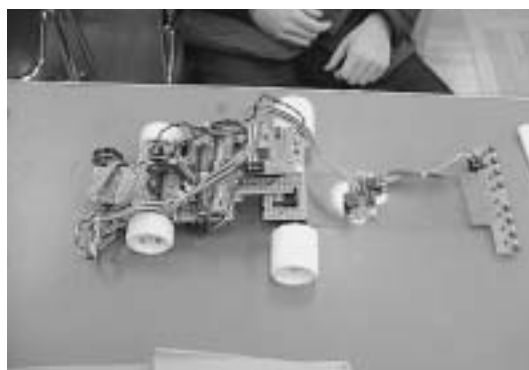


図6．製作したマイコンカー（平成15年度）

表5．学生に提示したマイコンカーの基本仕様（平成16年度）

項 目	内 容	
製 作 者	・ 2名	
ロボット台数	・ 1台	
寸法・重量	・ (レギュレーション参照)	
電 池	・ 1.2V NiCd電池	8本
マイコン	・ H8_RY3048F-ONE (ワンボードマイコン)	1枚
セ ン サ	・ ライン検知用のフォトセンサ	8個
	・ 移動速度・移動距離検知用のロータリーエンコーダ	1個
移 動 機 構	・ 四輪駆動方式 (左右それぞれ並列接続)	
	・ DCモータ (マブチモータ 定格6V)	4個
	・ ギヤボックス (タミヤのハイスピードHE)	4個
操 舵 機 構	・ ラジコンサーボモータ	1個
タイヤ	・ 直径: 50mm、幅: 24mm (自作シリコンゴム)	4個
制 御 方 法	・ 自律型のみ	

(3) 考察・検討

取り組みでは、完成させたつもりが全く動かず四苦八苦しながらも、それをきっかけとして問題を発見して修正する能力を鍛えることができたように思う。また、いろいろなトラブルがあり、誰もストレートに完成させた者はいなかった。そういった困難さの中に“ものづくりの楽しさ”があることがこの取り組みの魅力となっており、取り組んでいる学生の姿は、生き生きとして普段では見ることのできない表情を見ることができた。たとえば、全く動作しないマイコンカーの原因を究明するため1週間もの時間を掛ける者がい

た。また、マイコンボードや回路から煙や炎を噴かせながらも、その原因を突き詰め解決している者もいた。プログラミングについても、はじめのうち苦手意識があった学生でも他の学生がプログラムを書換えることによってマイコンカーの動きがよくなるのを見るにつけプログラムについて知りたくなる傾向が現れ、自ら進んでよく質問するようになった者もいた。また、プログラムどおりに動かない原因を調べ上げて解決するたびに、次の課題に頭を悩ませつつも、最終的に完璧な走行をするマイコンカーに仕上げた者もいた。

コミュニケーション能力向上を目論んで、原則として2人1組とした。これによるデメリットが現れ、お互いの主張がぶつかり合って喧嘩になる場合や、完全に分担して進めていたら協力関係が崩れ、お互いに不平不満の悪循環に陥ることもあった。このことから自己主張が強過ぎても弱過ぎてもだめであり、また、相手に気を遣いすぎても遣わなさ過ぎてもよくなく、「過ぎたるは猶及ばざるが如し」を、体験したように感じる。

学生自身の考え方に多少の間違ひはあっても、自らが考え、作り、問題が発生したら解決策を見つけていけるような力を身に付ける配慮を行った。指導者は、最初の基本仕様のみを提示して、あとは時々進み具合を確認・アドバイスしながら学生は積極的に取り組んでいくというのが理想であると考えている。また、それに近い状態になれば本質的なところの目的達成は困難と思われる。時にアドバイスをし、時に突き放し、対話することで進めたわけであるが、当初の思惑どおりにある程度放っておいても研究熱心な姿を見ることができ、その副産物としての大会記録からもその成果が伺える。図7に北東北地区大会記録(平成16年度)、図8に全国大会予選記録(平成16年度)を示す。平成16年度の北東北地区大会は、一般の部に参加10台(全48台中)、完走9台(全21台中)、全国大会出場権獲

一般の部 結果

順位	氏名	チーム名	タイム	所属校
1位	小室 浩弘	熊鷹ロボC4	0007'08	町立第一中学校
2位	三村 洋一	22	0007'48	山形県立東根工業高等学校
3位	高橋 拓也	F2000	0007'56	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
4位	齋藤 拓志	熊鷹ロボC4	0007'77	山形二中
5位	高田 真直	4057TEAM	0007'88	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
6位	藤川 智将	RUSH	0007'99	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
7位	佐々木 高樹	熊鷹ロボ	0007'38	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
8位	横田 新樹	熊鷹ロボ	0007'08	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
9位	中村 雄也	H27TEAM	0007'59	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
10位	佐藤 孝治	熊鷹	0007'38	奥州南
11位	新田 裕介	アノニマス-200	0008'08	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
12位	佐々木 悠	SAN2004	0008'45	奥州南
13位	奥森 直太	SLIM	0008'57	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
14位	長瀬 大輝	AGDF	0009'36	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
15位	佐々木 一真	チームL3	0009'08	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
16位	中野 謙一	空母	0009'08	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
17位	加藤 裕一	コーラ	0009'38	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部

図7. 北東北地区大会記録(平成16年度)
(大会HPより引用)

一般の部 予選出走者

順位	氏名	チーム名	タイム	所属校
1位	齋藤 拓志	熊鷹ロボ	00'16"12	山形県立第一中学校
2位	小室 浩弘	熊鷹ロボ	00'16"25	山形県立第一中学校
3位	藤川 智将	rush	00'16"44	岩手県立高尾根高等学校
4位	大森 高平	私立、ソフト、ロボ	00'16"58	丸森市民クラブ
5位	戸塚 孝大	RCO SPHED	00'17"18	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
6位	藤野 文輝	WaringRun	00'20"58	アノニマス-200の会
7位	藤野 博也	熊鷹ロボ	00'20"77	チームM
8位	中村 謙一	synth-SMB	00'21"17	TRIC
9位	小室 浩弘	熊鷹ロボ	00'21"28	TRIC
10位	関 裕人	スロース	00'21"52	Team 6 world
11位	内野 博也	FRAGAL2004	00'22"18	岩手県立高尾根高等学校
12位	土間 達	STRIP	00'22"28	SAN-AOYA Family
13位	竹村 洋二	エクスプレス	00'22"54	アノニマス
14位	中村 拓	熊鷹ロボ	00'23"05	TRIC
15位	佐藤 拓也	ALRM_TO	00'23"13	岩手県立高尾根高等学校
16位	中野 謙一	空母	00'23"48	岩手県立高尾根高等学校
17位	藤川 智	ソフト	00'24"36	個人で参加せん
18位	藤野 剛	熊鷹ロボ	00'25"00	SSO1
19位	山本 弘	アノニマス	00'25"45	アノニマス
20位	藤野 文輝	WaringRun	00'27"18	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
21位	奥森 直太	熊鷹ロボ	00'28"25	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部
22位	高橋 拓也	F2000	00'28"52	岩手県立高尾根高等学校 制御システム部

図8. 全国大会予選記録(平成16年度)
(大会HPより引用)

得4台(全5台中)という結果であった。同じく、全国大会では、一般の部に参加4台(全123台中)、予選通過2台(全32台中)、決勝トーナメントベスト16入り1台という結果であった。

表6. 参加学生の感想

	感 想
1	プログラムを理解するのに苦労したが、完成したときはとても嬉しく、達成感が得られた。(2人チーム)
2	回路が思うように動作せず苦戦したが、動作したときはとても嬉しかった。原因はハンダ付け不良であった。(2人チーム、3人チーム)
3	マイコンカーに興味はあっても、不器用な2人が組んでしまったのでトラブルだらけで大変だった。(2人チーム)
4	大会終了まで回路の調子が悪く、改善できなかった。(2人チーム)
5	1人1台は大変だった。相談できるパートナーが欲しかった。(1人チーム)
6	プログラムは全て任せてもらったので、そのほうが楽でよかった。(2人チーム)
7	自分が作ったプログラムで意図したとおりに動いたときの感動が忘れられない。(2人チーム)
8	大会は終わってしまったが、マイコンをもっとよく調べて自分の作ったマイコンカーを更にレベルアップさせたい。(2人チーム)
9	C言語に対する苦手意識がなくなった。(2人チーム)
10	マイコンカーづくりをすることでマイコンの使い方がわかった。(2人チーム)
11	回路の結線を間違えて、ドライブICから煙や炎を噴かせたことは、貴重な体験だった。(2人チーム)
12	大会間際に学校に泊り込んでまでマイコンカーづくりをしたことが思い出になっていると同時に、計画的に取り組むことの大切さを学んだ。(2人チーム)

表6に参加学生の感想を示す。反省点を挙げると、3・4のようなチームに対して、作業がもっと効率よく進むような適切かつ有効なアドバイスができなかったことになる。

5は、当初、全員が納得の上でのチーム分けであったが、作業を進めるにつけ1人で全部やらなければならないという不公平感を募らせた結果だと思う。6は、1人が優位に立ってしまいバランスが崩れてしまった例になる。なお、これら以外の感想については、取り組みが比較的スムーズに進んだチームからのものであり、7・8などは、自らマイコンのデータシートを解読して基本仕様からの脱却を試みていた。この応用実習は、平成12年度より卒業研究から分離独立させたものである。制御システム科の集大成としてマイコンカー製作に取り組みつつ、これとは別に卒業研究も平行して行った。学生たちは忙しい中でも充実感および達成感がより大きかったようにも思っている。

また、高校卒業者で、ある程度基礎学力が身に付いた学生に対しては、順序立てて進めていくよりも、プロトタイプとしての基本仕様やサンプルプログラムなどを提示・説明した上で進めたほうが学生の能力をより効率よく引き出すことができると考える。⁽⁷⁾ただし、

これは、このような短期間で取り組むような大会に限った指導方針であり、ものづくり教育における教え方の1つとして、その有効性の検証に継続して取り組んでいきたい。

なお、取り組み当時は、基本仕様として、機構モデル、回路図およびプログラムのサンプルまで提示していたことを与え過ぎだと考えていた。この改善策として、機構、回路およびプログラム、いずれにしても、段階を踏んで各自の考えの基に作り上げていくということを重視して、基本仕様やサンプルプログラムなどは提示しないほうがよりよく身に付くのではないかと考えた。このことから、次に述べるポリテクロボット製作指導担当1年目の指導方針では、基本仕様を提示しないものとなることにつながった。

2. ポリテクロボット製作

ポリテクロボット製作には、電子技術科として平成16～20年度現在取り組んでいる。著者はこの内の平成17～18年度の2年間担当した。卒業研究（2年次後期21単位）という科目の中で、2月中旬の大会まで10月上旬から取り組んだ。卒業研究なので、20名ほどの在籍者から希望者を募って絞り込み、いずれの年度も6名とした。

(1) 指導方針

大会へのエントリーは、1年目は3チーム、2年目は2チームとした。いずれも2人につき1台製作することを原則とした。指導方針が1年目と2年目とで大きく相違したことから、年度に分けて述べる。

平成17年度

ロボットのプロトタイプとなるような基本仕様は提示せず、学生自身がその仕様を考えるとところからの取り組みをさせた。こちらからの提示は、製作に必要な最小限の情報にとどめ、あまり口出しをせず、考えさせるように仕向けた。これは失敗することも学習になり⁽⁸⁾、失敗したほうがより深く調べ、学習効果が高まるものと考えたためである。

研究という観点から今までにない斬新なロボットをイメージし、タイヤとしてオムニホイール⁽⁹⁾というものを学生に勧めた。回路は試作でよく利用されるユニバーサル基板にワイヤーラッピングで製作することになった。図9に示すPICマイコン(16F877)⁽¹⁰⁾は電子技術科の実習で既に使用していることから、これを使うことを推奨した。



図9. PICマイコン(16F877)

平成18年度

後述する1年目の反省をもとにして、オーソドックスなロボットの基本仕様を提示・説明した。表7に示す学生に提示したポリテクロボットの基本仕様がそれである。また、基

本仕様にあるマイコンは、図10に示すH8マイコン（H8_RY3048F-ONE）で、マイコンカーで指定されているものと同じものとした。なお、この基本仕様は、それだけではライントレースおよびマーカ検知の精度にまだまだ改善の余地があるように仕組んだものとなっている。それは、ロボットを安定動作させたり位置制御の精度を高めるために有効と思われるロータリーエンコーダやアナログセンサなどを基本仕様の中に入れず、これらは学生の希望によって提示することとした点である。また、製作条件として、CAD・CAMを使った基板製作を指示し、プログラムは、とりあえずの一連の動作はする程度の単調なサンプルプログラムを与えた。

表7. 学生に提示したポリテクロボットの基本仕様

項 目	内 容	
製 作 者	・ 2名	
ロボット台数	・ 1台	
寸 法	・ (レギュレーション参照)	
重 量	・ (レギュレーション参照)	
電 池	・ 7.2Vバッテリーパック	2本
マ イ コ ン	・ H8_RY3048F-ONE (ワンボードマイコン)	1枚
セ ン サ	・ ライン・マーカ検知用のフォトリフレクタ	4個
移 動 機 構	・ ステッピングモータ (二輪駆動方式)	2個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ	3個
収 納 機 構	・ (レギュレーションどおり、確保・格納用アームのみ)	
タ イ ヤ	・ 直径：48mm、幅：8mm (後輪)	2個
	・ ボールベアリング (前輪)	2個



図10. H8マイコン (H8_RY3048F-ONE)

(2) 製作したポリテクロボット

表8はポリテクロボットのエントリー状況についてまとめたものである。2人につき1台を原則としたが、17年度は2人で2台のチームもできた。これは、同じチーム内の2人で協力し合っただけの2台であって、当初の思惑から外れるものではないので、許可した。

表 8 . ポリテックロボットのエントリー状況

年度	チ ャ ーム		人 数		ロボット台数	
17	チャレンジャー3チーム	3チーム	2	6	1	5
	立花兄弟 マサオ カズオ		2		2	
	景勝 with 兼続		2		2	
18	ラーメンマン	2チーム	2	6	1	3
	KcAyTaOnU & e-WIND		4		2	

平成17年度

a ロボット名「チャレンジャー」

ロボットの外観および主な仕様は、図11および表9に示すとおりである。このロボットは円盤6枚を順番にロボット内に全て収納し終わってから格納場所へ移動するタイプである。競技会では予選敗退であったが予選で二勝し、機構が独特のものだったため敢闘賞をいただいた。



図11. チャレンジャー

表 9 . 「チャレンジャー」の主な仕様

項 目	内 容	
製 作 者	・ 2名	
ロボット台数	・ 1台	
寸 法	・ 縦*横*高： 300*300*350[mm]	
重 量	・ 不明 (10kg以内)	
電 池	・ 7.2Vバッテリーパック	3本
マ イ コ ン	・ P I C 16F877 (ワンチップマイコン)	3個
セ ン サ	・ ライン・マーカ検知用のフォトリフレクタ	8個
移 動 機 構	・ DCギヤドモータ (四輪駆動方式) 左右それぞれ並列接続	4個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ	3個
収 納 機 構	・ リニアアクチュエータ	1台
タ イ ヤ	・ 直径： 50mm、 幅： 24mm (前輪・後輪)	4個

b ロボット名「立花兄弟 マサオ カズオ」

ロボットの外觀および主な仕様は、図12、図13、表10に示す。この2台はフィールドの左半分と右半分にエリアを分担して動作するようにしたものである。このロボットのように2台以上の場合はロボット内に円盤を収納することは禁止される。よって、1枚円盤を確保したらすぐに格納場所へ移動しなければならないことになる。

特徴としては、タイヤにオムニホイールを使った点である。このタイヤは本来の用途とは違った形での利用であるが、ロボット本体を旋回させることなく、全方向自在走行でUFOのような変幻自在な動きをさせることを目論んだまさに幻のロボットである。結果としては予選で辛うじて一勝の成績であった。

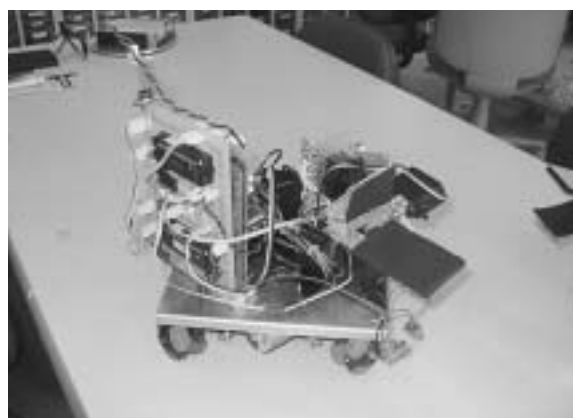
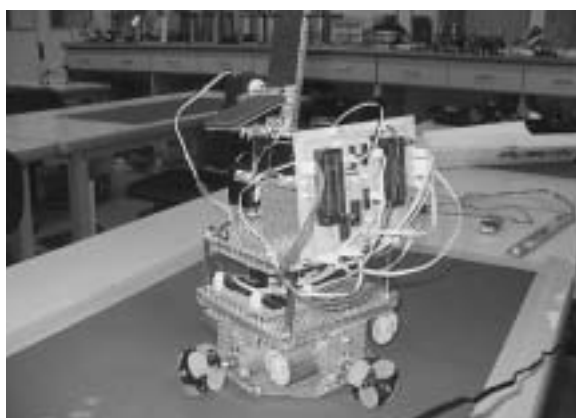


図12. マサオ (立花兄弟 マサオ カズオ) 図13. カズオ (立花兄弟 マサオ カズオ)

表10. 「立花兄弟 マサオ カズオ」の主な仕様

項 目	内 容	
製 作 者	・ 2名	
ロボット台数	・ 2台	
寸 法	・ 縦*横*高： 200*200*350[mm]	
重 量	・ 不明 (合計10kg以内)	
電 池	・ 7.2Vバッテリーパック	2本
マイコン	・ PIC16F877 (ワンチップマイコン)	2個
センサ	・ ライン・マーカー検知用のフォトリフレクタ	6個
移動機構	・ DCギヤドモータ (四輪駆動方式)	4個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ	3個
収納機構	・ (レギュレーションどおり、確保・格納用アームのみ)	
タイヤ	・ オムニホイール (直径48mm) 対角同士をそれぞれ並列接続	4個

c ロボット名「景勝 with 兼続」

ロボットの外觀および主な仕様は、図14、図15、表11に示すとおりである。特徴としては、タイヤとボールベアリングを対角線上にそれぞれ配置し、カーブでの曲がりやすさを

実現した点である。上記「立花兄弟」と同じ2台仕様である。結果としてこのロボットも予選で一勝のみの成績であった。ちなみに、「景勝」は“かげかつ”、「兼続」は“かねつぐ”と読む。

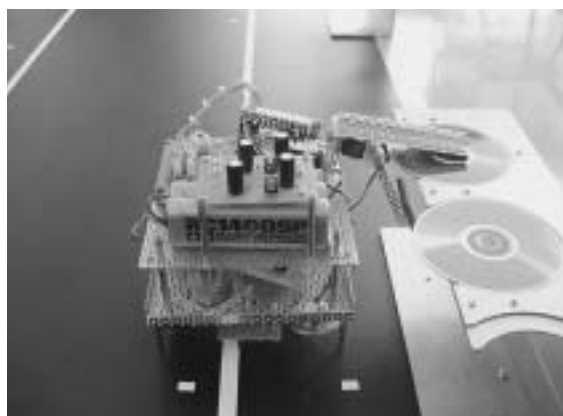


図14. 景勝 (景勝 with 兼続)

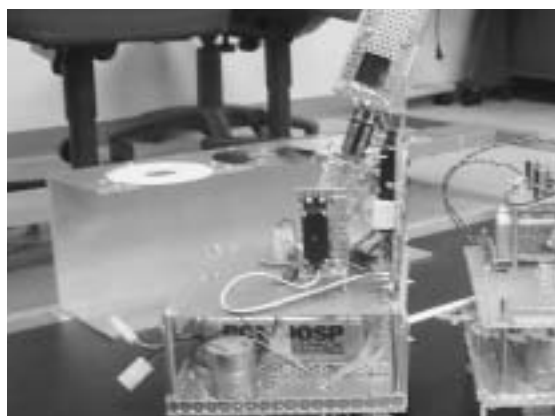


図15. 兼続 (景勝 with 兼続)

表11. 「景勝 with 兼続」の主な仕様

項目	内容	
製作者	・ 2名	
ロボット台数	・ 2台	
寸法	・ 縦*横*高： 200*200*350[mm]	
重量	・ 不明 (合計10kg以内)	
電池	・ 7.2Vバッテリーパック	2本
マイコン	・ PIC16F877 (ワンチップマイコン)	2個
センサ	・ ライン・マーカ検知用のフォトリフレクタ	8個
移動機構	・ DCギヤドモータ (二輪駆動方式)	2個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ	3個
収納機構	・ (レギュレーションどおり、確保・格納用アームのみ)	
タイヤ	・ 直径： 50mm、幅： 24mm	2個
	・ ボールベアリング タイヤとボールベアリングを対角に配置	2個

平成18年度

a ロボット名「ラーメンマン」

ロボットの外観および主な仕様は図16、表12に示すとおりである。優勝したロボットである。勝因は、対戦相手が番号を取る順番を見て、対戦の合間にマイコンに接続した手動スイッチでピンゴパネル獲得パターンを変更できるようにした点が大きかったと思われる。これは、学生のアイデアによるものであり、勝ちたいという執念から生まれたものである。基本パターンは先に3枚を確保・収納して格納後、残り3枚を取りに行くようにしていた。また、別のパターンでは先に4枚を確保・収納して格納することで、ピンゴパネルの真ん

中を通るピンゴを狙うものも用意していた。全部で8パターンくらい作っていた。よって、当初与えたサンプルプログラムは500行足らずのものであったが、大会当日までにはその10倍の5,000行まで達するプログラムとなっていた。



図16. ラーメンマン

表12. 「ラーメンマン」の主な仕様

項 目	内 容	
製 作 者	・ 2名	
ロボット台数	・ 1台	
寸 法	・ 縦*横*高： 300*250*350[mm]	
重 量	・ 4.6kg	
電 池	・ 7.2Vバッテリーパック	2本
マ イ コ ン	・ H8_RY3048F-ONE (ワンボードマイコン)	1枚
セ ン サ	・ ライン・マーカー検知用のフォトリフレクタ	12個
移 動 機 構	・ DCギヤドモータ (四輪駆動方式) 左右それぞれ並列接続	4個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ	3個
収 納 機 構	・ ラジコンサーボモータ	1個
タ イ ヤ	・ 直径： 50mm、 幅： 24mm (前輪・後輪)	4個

b ロボット名「KcAyTaOnU & e-WIND」

ロボットの外観および主な仕様は、図17、図18、表13に示すとおりである。決勝トーナメントの第2戦目で上記「ラーメンマン」に敗れたロボットである。特徴としてこれらのロボット達の中で唯一、ステッピングモータを使った仕様となっている。

このロボットは練習では「ラーメンマン」を上回る性能を誇っていたが、当日に片方のロボットに不具合が発生したものである。その原因は後でわかったことであるが、部品の取り付け違いであった。前日まではちゃんと動いていたことのほうが奇跡的なものであった。単純なミスが命取りになるということで学生にとってよい勉強になったことと思う。ちなみに、「KcAyTaOnU」は“キャイタオン”、「e-WIND」は“イーウインド”と読む。

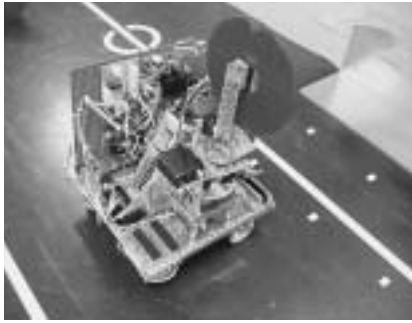


図17. KcAyTaOnU
(KcAyTaOnU & e-WIND)



図18. e-WIND
(KcAyTaOnU & e-WIND)

表13. 「KcAyTaOnU & e-WIND」の主な仕様

項 目	内 容
製 作 者	・ 4名
ロ ボ ッ ト 台 数	・ 2台
寸 法	・ 縦*横*高： 200*200*350[mm]
重 量	・ KcAyTaOnU 2.8kg ・ e-WIND 2.5kg 合計5.3kg
電 池	・ 7.2Vバッテリーパック 2本
マ イ コ ン	・ H8_RY3048F-ONE (ワンボードマイコン) 1枚
セ ン サ	・ ライン・マーカー検知用のフォトリフレクタ 6個
移 動 機 構	・ ステッピングモータ (二輪駆動方式) 2個
確保・格納機構	・ ラジコンサーボモータ 3個
収 納 機 構	・ (レギュレーションどおり、確保・格納用アームのみ)
タ イ ヤ	・ 直径： 48mm、幅： 8mm 2個 ・ KcAyTaOnU 後輪： モータ2個、前輪： ボールベアリング2個 ・ e-WIND モータ2個とボールベアリング2個とを対角配置

図19に平成18年度に優勝した際に紹介された新聞記事を示す。なお、このときは、2チーム (全20チーム中) 参加で、1チームが優勝し、もう1チームは決勝トーナメントで一勝のみという結果であった。



図19. ポリテクロボット競技会優勝紹介の新聞記事（岩手日報 平成19年3月6日）

(3) 考察・検討

それぞれの年度に分けて述べた後、ポリテクロボット全体を通してのものをまとめる。

平成17年度

前述の指導方針のもとで進めた結果、努力の割にあまり報われないものとなってしまう、達成感を半減させてしまったように思う。最終的に意図したとおりに動くロボットにできなかったのである。大会でも学生の沈んだ表情を見ることになってしまい、このときの学生には申し訳ないことをしてしまった。夜遅くまで製作するなどの苦勞をした割に報われないというのは辛かった。

計画どおりに進まず、1月頃になって慌てて軌道修正したが間に合わなかった。また、学生とのコミュニケーション不足も大きな敗因だと考える。この結果は著者の指導方針に不適切な点もあったと考えている。しかしながら、取り組みの充実感においては、学生が苦勞の末に仕上げたロボットとなっており、マイコンカーのときよりもやや大きかったように感じたようである。また、学生に勧めたオムニホイールを自在に制御するのは難易度が高く、このミリ単位の精密さを争う競技会向きではなかった。また、ユニバーサル基板のままにしたことも、配線ミスの手直しに時間が費やされ、製作が滞る原因となった。

これらの検討から、学生自身の工夫の余地は残すことを念頭に、オーソドックスなロボットの基本仕様を最初に提示することが望ましいものと判断した。指導者にとってはロボットの担当であれば多くのチャンスがあるが、学生にとっては一生に一度のものである。中庸を目指した指導が適当と考える。

平成18年度

取り組みの初めに、基本仕様およびサンプルプログラムなどを提示・説明した。回路部分については、ブレッドボードを利用した試作によって動作確認をした後、CADで設計を行った。このCADは、授業で履修済みだったので、慣れた操作で行っていた。しかし、この基板で動作テストをしたところ、複数の箇所配線ミスや部品取り付け上の問題点が見つかった。学生が気づかない点を指摘し、CADデータを修正して基板は完成した。その後は、特にこちらから口出ししなくても積極的に製作を進める姿を見ることができた。しかし、表14に示す“参加学生の感想”から、反省すべき点も多くある。

表14. 参加学生の感想

年度		感 想	人数
17	1	自分たちの力が及ばず残念だった。	2
	2	夜中までロボットづくりをして、よい思い出になった。	2
	3	ワイヤーラッピングの配線で誤結線を探すのは大変だった。	2
18	1	マイコンのCプログラミングにはかなり苦手意識があり、しかも、はじめて使うH8マイコンでできるかどうか不安だったが、意外と簡単なことがわかりロボット製作に自信がついた。	1
	2	分担して、自分はハードウェアを担当した。プログラミングは相方が得意なので任せた。	1
	3	プログラムが苦手だからという理由でプログラムについて任せきりのパートナーで、相談しようにも頼れず大変だった。	1
	4	分担して、自分は機械加工をメインに行った。どうしても回路設計やプログラミングは苦手なので避けたい。	1
	5	お互いにこだわりの多い2人で取り組んだので、意見の相違があった際の譲歩の仕方などを学べたと感じている。優勝できてよかった。	2

これらの感想は、取り組み中に全員に声を掛け聴くことができたものである。また、平成18年度の 1と 2はペアであり、同じく 3と 4もそうなのであるが、意思疎通が上手く行かなかったことがこの感想によく現れている。著者も機会あるごとにそれぞれに協力を促したのであるが、軌道修正に至らなく、協力関係を最後まで築くことができないチームが出来てしまった。これは、指導の反省点として、いずれも完全分業することを許したことが間違いの基であると感じていた。協力しない理由として、「プログラムは苦手なので」という言い訳から、著者の力不足が原因でプログラムは面白いということを伝えきれなかったのではないかと考えた。

プログラミングに苦手意識を持っている学生は多い。この改善として「相手を伸ばす！教え方」⁽¹¹⁾をベースに、今回の課題に対する検討を表15にまとめる。今後の改良点として、より多くの「練習」をさせるための学習プログラムの構築になる。この仕組みがあればよりスムーズな目的達成が可能になる^{(12),(13)}。また、学生間のコミュニケーション不足は、指導者からの目的の提示・説明が不足していたことが原因であると考え。「練習」をよ

り多く行えば、学生自身が技術技能に関して上達することで苦手意識がなくなり、コミュニケーションにも積極的になると考えられる。モチベーションをかきたてるという点では、マイコンカーラリーの全国大会（高校の部）で毎年上位に入る強豪校がある。そういう学校は担当する先生自らが一般の部に参加し上位に入っており、担当者自身の競技への思い入れが高い場合が多い。

また、1人1台でも、ロボット製作グループ全体が協力し合えるような体制をつくって実施すれば、よりよい結果・教育効果を得られる場合も考えられる。他校ではそのようにして行っているところもある。1人1台体制も選択肢の1つになる。

表15. 書籍「齋藤孝の相手を伸ばす！教え方」での考察・検討

	章の見出し	章のポイント	考察・検討
1	相手に幸福感を与える「教えるということ」	教えることの目標は相手を上達させることであり、その上達幸福感を生み出す。また、相手を上達させるためには「練習させる」ことが重要であり、教えること中心は練習をやらせることにある。相手を生き活きとさせるとともに使命感および充実感を得られるような課題の提供が望まれる。	この中で述べられている「課題」は、前述の「基本仕様」がそれに相当し、これについてはよかったと考える。しかし、「練習をさせる」という点で、最初に与えるだけでなくその後のケアも必要になる。
2	モチベーションをかきたてる「憧れる力」	相手のモチベーションをかきたてるには、教える側がその対象自体に熱中でき、それを相手に示すことができたかどうか重要である。また、教える側が学び続けるという姿勢を示すことも重要。プロジェクトチームを通して教えるというのが理想的。	指導者自身、熱中していた。しかし、学生にそれを言葉で示すことはしなかった。また、トラブルがあれば一緒に考え、ブレインストーミングした。チーム間でのコミュニケーションがあり、学生自身で解決している様子を窺うことができた。
3	相手に足りない力を見抜く「評価力」	評価することを恐れてはいけない。良い点・悪い点を適切に評価し、伝えることが重要である。また、最終的に相手自身に評価力を身につけさせることが重要。評価を生かすのは「コメント力」である。	チーム内でのコミュニケーション不足があったとき、それを解決できなかった。指導者はファシリテータとして、班作業に積極的に関わることを望ましいと考えられる。
4	優れた練習メニューのための「テキスト力(素材力)」	授業の中に新しい「発見」があることで相手の関心を高め、教えやすくなる。よい教材を探す努力が必要である。また、練習メニューと時間配分を提示する段取り力が必要。	この「ロボット」教材自体に新しい発見の要素が詰まっていると考える。また、目標および日程のみを掲げ、プログラミングなどを大量に練習させるような方策や学習プログラムが必要になる。

	章の見出し	章のポイント	考察・検討
5	退屈させず学習効果を上げる「ライブ能力」	相手の現在の実力や集中の度合いを見ながら、臨機応変に提示することが必要である。また、メリハリをつけ、相手に発問を促すことで、相手の達成感を高めることにつながる。また、答えを最初に教えて、課題をこなさせることも有効。	学生とコミュニケーションを取ることは積極的に行った。その中で、今行っていることを説明させることも積極的に行った。
6	自立を促す「育てる力」	「教育」の最終目標は、相手が自立していくことである。自分自身で育つ力を身につけること。それには、上達のパターンを教えることである。大量に課題を出し、パターンをつかませることが重要。	「生きる力」である。指導者自身が技術技能を身につける上で行ったことや考え方を示した。大量な課題も組み合わせると効果が高まると考えられる。

教育効果の検証・評価

表16に期待される教育効果の検証・評価をまとめる。取り組みで、完全分業を許可したことは、失敗だったと後悔している。このことは、2・3の評価に現れている。これらの検証・評価は、表15を基準としたものである。

表16. “期待される教育効果”の検証・評価

	項目	検証・評価
1	モチベーション持続による目的達成度の上昇	いずれも殆ど全員が放課後も残ってロボット製作に取り組み、大会終了後も意欲的に問題解決に取り組む姿が見受けられた。「生きる力」をよりよく養うよう動いていたと考える。
2	システム化技術技能修得度の上昇	いずれも授業を通して、マイコンの取扱い、回路設計製作、アクチュエータの制御方法、プログラミング方法などを組合せてロボットを作り上げた。設計どおり動いたということから、1つのシステムを構築する能力が身に付いたものと考えられる。ただし、身に付いたとは言い難い者が出たことも事実であり、解決策としては練習課題を多く出し、ある一定レベル以上に上達するまで実施することだと考える。
3	コミュニケーション能力向上	これについては残念ながら目立った向上は見受けられなかった。やはり、コミュニケーションが盛んなチームは取り組みの作業スピードが他のチームより明らかに速かった。逆にコミュニケーションが少ないチームは、勘違いや心理的ストレスが多々あるように見受けられた。それは、チーム内で完全分業したところにある。1チームに2人しかいないのに完全に分業してしまったら、お互いに頼ることができない。これは、目的の提示・説明が不足していたことがそもそもの原因で、大量の練習によって上達させることを怠った結果であると考えられる。

	項 目	検 証 ・ 評 価
4	忍耐力・精神力向上	取り組み前と後とでは、目に見える変化としてかなり顔つきに自信と明るさが引き立つように感じられた。他の職員からもその変化を指摘されることが多かった。これはこれらの力が向上した結果であると考えられる。
5	向上心の涵養	校内にある部材では満足せず、ホームセンターなどで自ら購入して改造・改良を試みる者もいた。また、小型軽量にこだわり、回路基板を設計し直す者もいた。これらはこちらから指示したものではない。自己の向上心がそうさせたものだと考える。

おわりに

ものづくりスキルの育成およびコミュニケーション能力の習得を目的に、ロボット大会を活用した学習の制度設計を行い、実施、またその学習効果について、インタビューを元に評価した。その結果、以下の点が明らかになった。

ロボット大会といった明確な目標を掲げることで、学生のものづくりに対する取り組みの積極性が増した。また、進める過程でも、アイデアを具体的な作業に落とし込むなどのスキルが高まることが明らかになった。学習プログラムおよび指導法も試行錯誤の結果、参加2年目で、東北大会での優勝といった成果にもつながった。学生へのインタビューを元にした検討の結果、解決すべき課題として、指導側の積極的なファシリテートが必要であることなどの点が明らかになった。

参考文献

- (1) 高専ロボコン (<http://www.official-robocon.com/jp/kosen/kosen2008/index.html>)
- (2) 高木浩一，向川政治，成田晋也，大坊真洋，長田洋：「電気電子マイスターを意識したコンピュータリテラシーからものづくりへの教育展開」，岩手大学生涯学習論集，第4号，pp.48-63，2008
- (3) マイコンカーラリーネット (<http://www.mcr.gr.jp/>)
- (4) 岩手県立産業技術短期大学校 (<http://www.iwate-it.ac.jp/>)
- (5) 第5回東北ポリテクニクビジョン (<http://www.ehdo.go.jp/miyagi/2007vision/PolYTECHNICVision2007.htm>)
- (6) ㈱ルネサステクノロジ (<http://japan.renesas.com/homepage.jsp>)
- (7) 原田隆史，本気の教育でなければ子どもは変わらない，旺文社，2003
- (8) 畑村洋太郎，失敗学のすすめ，講談社，2000
- (9) オムニホイール (<http://www.tosadenshi.co.jp/tsuhan/omni/urethanomni.html>)
- (10) マイクロチップテクノロジーージャパン(株) (<http://www.microchip.co.jp/index.html>)
- (11) 齋藤孝，齋藤孝の相手を伸ばす！教え方，宝島社，2004
- (12) 高木浩一，向川政治，猪原哲，高橋徹，佐藤秀則：「電気回路・電磁気学の学力向上のための電気数学の設計」，電気学会論文誌A，126巻，7号，pp.597-602，2006
- (13) 高木浩一，甚野伸雄，梶原昌五，山口明，菊地雅彦，鈴木桃子：「地域連携を活用し

た小学校高学年用エネルギー環境学習プログラムと教材の開発」, 電気学会論文誌 A,
127巻, 4号, pp. 205-211, 2007