

ロボットの設計・製作における課題解決能力の育成

田口浩継*・多田禎智**

Development of Ability to Problem Solving in Design and Manufacturing of Robot

Hirotsugu TAGUCHI and Yositemo TADA

はじめに

学習指導要領の改訂が平成10年に行われ、中学校技術・家庭科においては、本教科の特徴である実践的・体験的な学習を一層重視するとともに、自ら課題を見出し解決を図る問題解決的な学習の重要性が示された¹⁾。

熊本県では、ロボットの設計・製作を通じた学習は、課題解決学習に必要な工夫・創造する能力の育成や、共に助け合い相手を思いやる心の育成につながると考え、平成9年度より中学生を対象としたロボットコンテストの県大会を実施してきた。しかし、本県技術・家庭科教育研究会の調査²⁾によると、自分で調べて課題を解決しようとする生徒は31%と少なく、目標や課題を解決する方法があまりわからないとする生徒も35%存在することが明らかとなった。このことから、従来の指導法では、十分な教育効果が得られているとはいえない。

既報で、ロボットコンテストは機械、情報基礎領域の複合題材としての可能性を多く含んでおり、教育の効果が期待できることが明らかとなった³⁾⁴⁾。

本報では、課題解決能力の育成についてさらに詳しく調査を行った。具体的には、機械に対するイメージ、製作に対する意欲及び課題解決能力の育成得点の変化を調査し、今後の指導のあり方について検討を行う。

技術科教育とロボットコンテスト

ロボットコンテストを中学校技術・家庭科に取り入れる意義は、①ロボットの設計・製作の中で機構要素や電気回路、車体の加工など技術科の基本的な学習内容を含むとともに、②技術科が重視してきた

主体的な学習活動の場が保障されていることである。さらに、③生徒の科学技術への理解と興味関心の高揚、④工夫・創造力の育成、⑤達成感・成就感の体感、向上心や協調性を含めた「生きる力」の育成につながる事が期待される。また⑥技術科教育の振興と本教科に対する社会的な理解を深めることが挙げられる⁵⁾。

中学生を対象としたロボットコンテストの全国的な状況を見ると、県単位で実施しているのは、熊本県、福岡県及び福井県の3県である。教育事務所単位及び近隣の地域での大会としては、埼玉県、広島県で実施されている。熊本県と福岡県は平成9年度から県大会を実施しており、昨年は両県は合同で熊本市において、図1に示すような第1回目の九州地区大会を実施した。なお、本大会には佐賀県、長崎県を含め4県からの出場があった。



図1 第1回九州地区大会(1999)

平成12年度は、第2回目の九州地区大会と合わせて、第1回目の全国大会を福岡市で開催した。本大会は文部科学省と全国中学校技術・家庭科研究会の共催行事で、生徒の創造力や工夫する力の育成を目指し、ロボットの考案・製作を通して、「創造力」や「技術力」を競うイベントと位置づけられている。

* 技術教育学科

** 八代郡泉村立泉中学校

今後多くの学校でロボットコンテストに取り組むことが予想されるが、生徒の創造性や課題解決能力を育成するためには、ロボットコンテスト用の指導カリキュラムや指導方法の早急な確立が望まれているといえる。

調査及び調査方法

調査対象

「機械」領域でロボットの製作及びコンテストを題材とした検証授業を実施し、それらの実践による指導効果を検討した。調査は八代郡内の4中学校(第3学年・126名)を対象として実施した。学習内容は、「機械」領域の「ロボットの設計・製作」とし、表1に示した指導計画に従った授業を設定し実施し

表1 検証授業の指導計画

回	主な学習内容	調査	
		A	B
1	ロボットコンテストについて	○	○
2	コントローラの作成	○	
3-6	基本ロボット足回り部の製作	○	
7	足回りコンテスト	○	
8-11	基本ロボット仕事部の製作	○	
12	学級内ロボットコンテスト	○	
13	自由作品の仕事部の検討	○	
14	自由作品の仕事部の製作	○	
15	アイデア交換会	○	○
16-18	自由作品の製作・完成	○	
19	反省・まとめ	○	○

調査A：課題解決能力に関する自己評価

調査B：機械に対するイメージ、製作に対する意欲

表2 機械に対するイメージ調査

項目	4321	項目
好き	++++	嫌い
明るい	++++	暗い
しずか	++++	うるさい
きれい	++++	きたない
丈夫である	++++	壊れやすい
高価である	++++	安っぽい
安全	++++	危険
簡単	++++	難しい

た。調査は「機械」領域の指導計画35時間のうち第6～24時間目の授業(19時間取り扱い)を対象とした。

調査内容

調査は、各検証授業を行った後、課題解決能力に関する生徒の授業ごとの自己評価を行い、指導効果を分析した。また、機械に対するイメージ及び製作に対する意欲調査は、ロボットの製作前(第1回目)と自由作品の製作途中(第15回目)及び製作終了後(第19回目)に実施した。本調査で実施した機械に対するイメージ、製作に対する意欲及び課題解決能力の自己評価の調査項目を表2～表4に示す。

なお、表1の右欄「調査」に指導計画に沿って調査した種類を示す。

表2～表4の各項目とも4段階の評価尺度で回答させることとし、得られた結果について、4段階の評価尺度に評価点+2～-2を設定し、それらのポイントについて統計的処理を行った。

表3 製作に対する意欲の調査

項目	4321	項目
作ってみたい	++++	作ってみたいくない
興味がある	++++	興味がない
複雑な物を作る	++++	簡単な物を作る
作りたい物がある	++++	作りたい物がない
作り上げる自信がある	++++	作り上げる自信がない
こわくない	++++	こわい

表4 課題解決能力の調査

自己評価項目	4321
今日の目標を決めることができましたか	++++
授業に進んで取り組みましたか	++++
アイデアや工夫が浮かびましたか	++++
資料や工具を役立てることができましたか	++++
今日の目標を達成できましたか	++++
班で協力して活動できましたか	++++
次の授業の目標が分かりましたか	++++
学んだことを生活に生かそうと思えますか	++++

※よく当てはまる：4，当てはまる：3，

当てはまらない：2，全く当てはまらない：1

表1に示した授業計画は1～7, 8～12, 13～18の3段階に分け実施するものとした。具体的には、以下の通りである。

第1段階：ギヤボックス及びリモートコントローラの製作を行い、次に土台にギヤボックス、タイヤ(キャタピラ)、コントローラを接続させ足回り部を製作する。製作後、足回り部だけのコンテストを行う。(7時間取り扱い)

第2段階：ボールをつかんだりすくい上げたりするための仕事部の製作を行う。リンク装置やカム装置を用いた仕事部のサンプルの中から選択し製作する。これは市販のロボットのキットを利用することができる。製作後、コンテストを行う。(5時間取り扱い)

第3段階：第2段階で製作した仕事部を取り外し、独自の仕事部を設計し製作する(自由製作)。ロボットによっては、土台をさらに大きい物に取り替えることもある。製作後、最終的なコンテストを行う。(7時間取り扱い)

結果及び考察

機械に対するイメージ及び製作に対する意欲

機械に対するイメージ及び製作に対する意欲の調査結果を図2, 図3に示す。

図2は機械に対するイメージの製作前、製作途中、製作後の得点の推移を示している。製作前と製作後を比較した場合、「高価である」以外の全ての項目が向上していることから、本題材により機械に対するイメージが高まったといえる。「高価である」の値が低下したのは、製作前では機械の価値観として高価に感じられたのが、ロボットの製作を通してより身近に感じられたためと思われる。

図3は、製作に対する意欲の製作前、製作途中、製作後の得点の推移を示している。「興味がある」については、製作が進むにしたがい向上しているが、

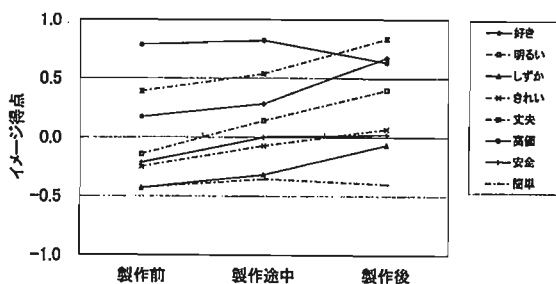


図2 機械に対するイメージの推移

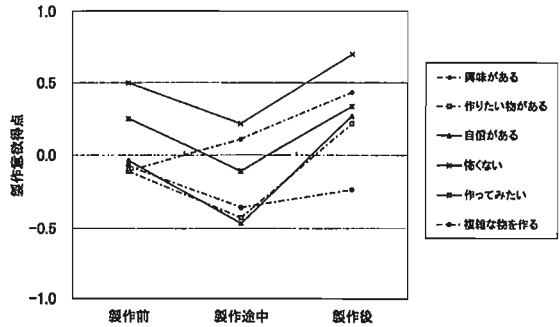


図3 製作に対する意欲の推移

その他の5項目については、製作の途中で値が下がり、その後、製作が完了した時点で値が向上している。

特に変化が著しい項目は、「怖くない」「作ってみたい」「作りたい物がある」「作る自信がある」の4項目であった。生徒はロボットの製作に入る前は、ロボットの製作に対して興味関心があり、自信を持っていたが、自由製作に入ると製作が思い通りにいかず、作業にも困難さを感じている。しかし、ロボットが完成した時点では、4項目の各値は製作前か、または、それ以上に向上している。ただ、「複雑な物をつくる」については、製作終了後も値は製作前以下であった。

これらのことから、ロボットの製作は生徒にとり難度の高い課題であるといえる。特に自由製作の製作途中では、意欲が低下したり自信をなくしてしまう生徒が存在することが明らかとなった。しかし、適切な指導によりロボットを完成させることで、製作に対する意欲や自信が高まり、教育的な効果も高まるといえる。

ところで、技術・家庭科の機械及び情報基礎領域においてロボット製作を行った実践報告⁶⁾によると、授業時間内(25時間取り扱い)でのロボットの完成率は平成10年:41.3%,平成11年:63.8%であった。この完成率の低さは、ロボットの製作が難度の高いものであり、製作・完成に多大な時間が必要とされることを示したものであるといえる。また、指導者側にもある程度の知識と指導技術が必要であることがわかる。

本研究の結果から未完成のまま製作を終えることは、教育効果が十分得られないばかりか、マイナスの効果さえあらわれることが明らかとなった。このことから、作品が未完成のまま終了することには問題があることが明らかで、今後ロボットコンテスト

を技術・家庭科の授業に位置づける場合、生徒の実態、指導時間、指導者の指導力等を考慮し、確実に全ての生徒が完成できるように配慮する必要があるといえる。

イメージ及び意欲の男女の比較

機械に対するイメージ及び製作に対する意欲を男子と女子で比較したものを表5、表6に示す。

表5と表6より製作に入る前の段階の機械に対するイメージ及び製作意欲を男女で比較すると、男子の方が機械に対して好意的で、興味関心が高いといえる。さらに、表6より男子は作りたい物の構想を持っており、より複雑な物を作ってみたいという製作意欲も高いことが明らかとなった。これに対して、女子は機械に対するイメージはマイナス傾向が強いことが示された。さらに製作の意欲については、女子は全ての項目でマイナスの値を示し、男子と比較しても全て値が低く有意差もみられた。

また、製作途中においても機械に対するイメージでは、8項目中6項目について男子が高い結果となった。さらに、製作に対する意欲は全ての項目において男子が高く有意差もみられた。ただ、生徒の感想からはロボットの製作に対して男女とも充実感や満足感をあらわすものが多くみられた。

以上のように、機械に対するイメージやロボットの製作に対する意欲については男子と女子で顕著な差があるといえる。これらの結果から、ロボットコンテストを技術・家庭科の必修領域の題材として扱うか、選択領域の題材とするかは検討の余地があるといえる。特にロボットの自由製作のように難度の高い製作を行わせる場合には考慮が必要である。

指導者の経験の差による指導効果

本調査の対象としたクラスの指導者は、4名である。このうち2名はロボットの設計・製作の指導経験が3年以上、他の2名は初めての指導である。

前者と後者のクラス別に、機械に対するイメージ及び製作に対する意欲の第1回目の値を初期値として製作途中(第15回目)の変化量を表7、表8に示す。各表においては、指導経験3年以上の教師のクラスを「経験有り」、初めて指導する教師のクラスを「経験無し」としている。

初期値に対する製作途中の得点を指導者の経験の有無により比較すると、得点が低下している項目数は経験有りが4項目、経験無しが8項目であった。また、経験有り無しの変化量を比較すると、14項

表5 機械に対するイメージの男女の比較

項目	製作前	途中	男女の差	
			製作前	途中
機械は好き	1.17	0.98	1.36	1.09
	-0.19	-0.11	**	**
機械は明るい	0.18	0.44	0.14	0.39
	0.04	0.05		+
機械は静か	-0.54	-0.23	-0.19	-0.05
	-0.36	-0.18		
機械はきれい	-0.07	-0.07	-0.23	-0.09
	0.16	0.02		
機械は丈夫	0.61	0.81	0.02	0.18
	0.59	0.63		
機械は高価	0.85	0.81	0.24	0.02
	0.61	0.79		
機械は安全	-0.07	0.06	0.03	0.01
	-0.10	0.05		
機械は簡単	-0.41	-0.25	0.03	0.22
	-0.44	-0.47		

上段：男子、下段：女子 ** p<.01, * p<.05, + p<.10 n=126

表6 製作に対する意欲の男女の比較

項目	製作前	途中	男女の差	
			製作前	途中
興味がある	0.86	0.93	1.28	1.30
	-0.41	-0.37	**	**
作りたい物がある	0.59	0.66	0.89	2.28
	-0.30	-0.66	*	**
作り上げる自信がある	0.35	0.30	0.70	1.03
	-0.36	-0.73	*	**
機械は怖くない	0.50	-0.43	0.60	0.45
	-0.10	-0.02	*	+
作ってみたい	1.06	0.75	1.13	1.06
	-0.07	-0.31	**	**
複雑な物を作りたい	0.75	0.56	1.31	1.29
	-0.56	-0.73	**	**

上段：男子、下段：女子 ** p<.01, * p<.05, + p<.10 n=12

目中10項目において経験有りのクラスが高得点であった。そのうち6項目については有意差が示された。

先にも述べたがロボットの製作、特に自由製作は

表7 機械のイメージの指導者による比較

	経験有り	経験無し	得点の差
好き	0.14	-0.32	0.46 **
明るい	0.37	0.02	0.35 *
しずか	0.31	0.25	0.06
きれい	0.14	-0.22	0.36 **
丈夫	0.12	0.19	-0.07
高価	0.11	-0.07	0.17
安全	0.29	-0.03	0.32 **
簡単	0.06	0.18	-0.12

n=126

表8 製作意欲の指導者による比較

	経験有り	経験無し	得点の差
興味	0.03	0.16	-0.13
作りたい物	-0.37	0.21	-0.58 **
自信	-0.06	-0.16	0.10
怖くない	0.06	-0.06	0.12
作ってみたい	-0.12	-0.39	0.27 *
複雑な物	-0.02	-0.29	0.28 *

n=126

難度の高い製作であり、意欲や自信が低下してしまう生徒が存在する。この傾向は、指導者の経験によっても差が生じており、指導経験の浅い教師が担当するクラスは、機械に対するイメージや製作意欲が著しく減少しやすいことが明らかとなった。ロボットの製作に対する知識や指導技術の有無が教育効果に影響を及ぼすといえる。

課題解決能力の育成

図4に課題解決能力得点の変化を示す。本図より、足回り部の製作においては、製作に入った第1回目の授業において下降がみられたが全体としては向上している。基本ロボットの仕事部の製作では、若干低下したが安定した値を取っている。最後の自由製作では値はさらに低下するが、完成時にはまた向上するという結果を示した。また、ロボット製作の作業を通して工具・材料の使用法や加工法が向上し、生徒自身の授業に対する取り組みが能率的になった。

以上の結果から、ロボットコンテストの教育的効果として、課題解決能力の育成に効果があると考えられる。また、生徒の自由記述による感想では、足

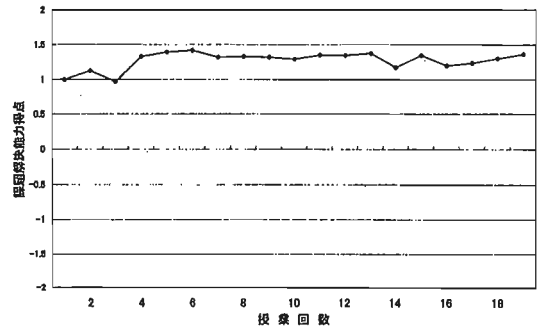


図4 課題解決能力得点の変化

回りコンテスト及びアイデア交換会において意欲的な感想や意見が述べられている。これに対して、ギヤボックスやコントローラの作成及びロボットの自由製作の初期段階において作業の難しさや作業に対する不安が多く出されていた。

このように、新しい作業に入る段階では、課題解決能力の下降がみられるが、足回りコンテストやアイデア交換会を実施することにより、目標が明確となり意欲や実践力が高まることが明らかとなった。

カリキュラム及び指導法の改善

筆者らのこれまでの調査から、ロボットコンテストを授業に取り入れる場合の問題点として、指導時間が多く必要、製作費が高い、指導者の知識や指導技術が必要であることが明らかとなった³⁾。さらに本研究より、足回りコンテストや基本ロボットの仕事部の製作は、生徒の学習意欲及び作品の完成度も高いが、ロボットの自由製作は製作の難度も高く、つまりきも多いため製作意欲や自信が低下することが明らかとなった。ただ、適切な指導を行い作品を完成させることにより、意欲や自信が高まることが明らかとなった。また、男女による機械に対するイメージや製作意欲に顕著な差がみられ、履修の形態(必修、選択)についても考慮する必要がある。

ロボットコンテストは指導者にとっても、これまでに指導経験の少ない分野であり、特有の指導技術や知識が必要である。これらに関しては、実践の積み重ねが最も有効であるが、指導者のための講座や指導資料⁷⁾を活用することにより補うことができると考える。

また、生徒の実態、製作の難度や教育的効果を考慮すると、足回り部及び基本ロボットの製作は、全ての生徒に履修させる必修取り扱いとし、自由製作

によるロボットの製作は生徒の興味関心に応じて履修させる選択領域、または、生徒の能力に合わせた教育課程の設定が可能な総合的な学習等で取り扱うことが望ましいといえる。筆者等が検討し決定した中学生のロボットコンテスト全国大会では、競技を3部門開催し、生徒や学校、指導者の実態に応じたレベルの部門に参加できるように配慮した⁵⁾。

さらに、指導に当たっては、生徒の実態、授業時間数、指導者の経験等を考慮してロボットの大きさ、機構、製作の難度を考慮する必要がある。

おわりに

本研究ではロボットの設計・製作において課題解決能力を高める学習内容及び指導法について検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 機械に対するイメージ及び製作に対する意欲は、難度の高いロボットの製作において一時的に低下するが、ロボットの完成にともない値は向上する。
- (2) 機械に対するイメージ及び製作に対する意欲は、製作前、製作途中ともに男子が女子に比べ高く顕著な差が見られた。
- (3) ロボットコンテストは課題解決能力の育成に効果的である。さらに、学習の途中に、中間目標や互いに情報を交換し合う学習場面を取り入れることが効果的である。
- (4) 足回り部の製作及び基本ロボットの製作は必修領域で、自由製作によるロボットの製作は選択領

域及び総合的な学習で実施することが生徒の実態等を考慮した場合妥当である。

今後はロボットコンテストと技術科教育との整合性を明らかにするとともに、さらに効果的なカリキュラム及び指導方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 文部省：中学校学習指導要領解説－技術・家庭編一，1999。
- 2) 熊本県技術・家庭科教育研究会：第43回九州地区大会要録，1999。
- 3) 田口・大迫他：機械・情報基礎領域における複合題材の開発，技術科教育の研究，4，67-70，1998。
- 4) 田口浩継：生きる力を育むロボットコンテスト，産業教育，No. 578，pp. 51-54，1998。
- 5) 田口浩継：ロボットコンテストの光と影－ロボコン全国中学生大会に向けて－，技術教室，5798，6-11，2000。
- 6) 杉浦・中村：生徒の発想を引き出す指導法の工夫－コンピュータ等の情報機器の活用を通して－，日本教材学会年報，10，161-163，1999。
- 7) 鈴木・下山・田口他：はじめてのロボコンマニュアル，オーム社，2000。

付記

本論文は、平成12年度日本産業技術教育学会九州支部大会（平成12年10月21日佐賀大学）、及び第12回日本教材学会（平成12年11月11日成蹊大学）において講演した内容をベースとしてまとめたものである。