

技術教育における横断的授業プログラムの開発

一異なる専門分野の連携によるものづくり教育の実践一

辻野 智二*・東 徹*・塚本 光夫*
田口 浩継*・井上 健次郎*

Development of Combined Lesson Program in Industrial Arts Education
— Practice of Manufacturing Education by means of
Combination with Different Technical Subjects —

Tomoji TSUJINO, Toru HIGASHI, Mitsuo TSUKAMOTO, Hirotsugu TAGUCHI and Kenjiro INOUE

緒 言

これからの大学の果たすべき使命としては、教育、研究、地域社会貢献の3つの活動に要約されるが、特に教員養成系大学・学部においては、教育の質を保証する教育活動の展開が、学校教育への支援・協力とも関連し、重視すべき課題と言える。学校教育に関わる改革の動向としては、平成10年に、小学校、中学校、養護学校等における教育課程基準の改善¹⁾が示され、次いで、それに基づき学習指導要領²⁾の大幅な改定が行われた。今年度より、各学校現場では、新学習指導要領に基づいた教育活動が全面的に実施されているが、教科内容の3割削減、総合的な学習の時間の新設等に加えて、開かれた学校づくり、特色ある学校づくり等、これからの学校現場にとっては、取り組むべき多くの課題に直面している状況にある。

このような学校教育の改革を推進するためには、「教育職員養成審議会³⁾」及び「国立の教員養成系大学・学部の在り方に関する懇談会⁴⁾」も述べているように、専門的力量的な教員、創造的な課題解決能力を有する教員、また、実践的なイニシアティブを発揮する資質豊かな教員が必要とされている。従って、教員養成系大学・学部においては、学校現場のニーズに応えるべき適格な資質の備わった教員の育成が求められており、その目的に符合する体系的・統合的な教員養成カリキュラムの再編成が不可欠であると考えられる。

教員養成系大学・学部における専門分野のカテゴ

リーとしては、教科専門、教科教育法及び教職専門に分けられる。これらの専門をベースとした大学教育は、これまでの我が国の学校教育に対して相応の役割を果たしてきたが、今後の教育の動向を見据えた場合、十分なものとは言いがたい。これまでの大学教育においては、喜多村⁵⁾の指摘にもあるように、教授者個人の研究活動を基本とする伝統的な大学教育システムが前提とされており、今後、各大学・学部の教育目標を実現するために組織化された系統的な教育カリキュラムを構築していくことが重要となる。最近の高等教育に関する専門分野の特徴としては、多くの専門的内容の複合化・学際化の動きが指摘されており^{6) 7)}、これからの大学の専門教育における講義等の在り方としても、旧来の専門の垣根を取り払った横断的に連携した学際的な教育内容の創出が強く求められている。

一方、学校現場では、中学校の技術の場合⁸⁾、学習指導要領の改訂に伴って、旧来の機械、電気、金属加工、情報などの領域が改変され、新たに「技術とものづくり」及び「情報とコンピュータ」で構成されることになった。ものづくり教育は、大学教育においても、科学技術に対する興味・関心を引き出し⁹⁾、また創造的能力の育成¹⁰⁾につながる総合的な教育題材である。従って、中学校における技術領域の学習内容、さらには科学技術教育とも関連する教育内容として、機械、電気・情報、金属加工、技術科教育の4分野の専門を横断的に連携した授業プログラムを開発することは、今後の大学教育の一つの在り方を示すものとして重要である。

よって、本論文では、ものづくり教育の主要な題材となるロボット製作をキーワードとして、上記専

* 技術教育

門分野の講義内容と実践的製作課題を組み合わせた横断的授業プログラムを作成・提案する。次いで、熊本大学教育学部・技術教育2年次生を対象とした授業実践を試みたので、その結果を報告する。

各専門分野における講義内容

総合的なものづくり教育を推進するため、熊本大学教育学部・技術教育で行っている4専門分野の講義等を横断的に連携した授業プログラムを作成した。以下に、ものづくり教育、ロボット製作に関連する各専門分野の教育内容について述べる。

機械分野

機械分野の講義題目・機械Iの中では、機構学の内容を講義する。機構学とは、機械の動く原理を考究する学問であるが、この講義の目的は、動きのメカニズムと機械の要素に関する知識・理解を得ることである。また、後半のロボット製作に必要なアイデアを創造・考案するときの応用力を獲得させることも、本講義のねらいとしている。講義内容を以下に要約する。

機械を構成する基本的要素として対偶・連鎖、各種運動伝達の方法について取り扱う。円板及び楕円体を組み合わせた摩擦伝動装置、各種歯車及び歯車列による力の伝達、往復運動、揺動運動、回転運動を伝達・変換するリンク装置及びカム装置、チェーンやベルトを利用する巻掛け伝動装置等について、資料や模型を教材として教授している。

講義に要する時間数は8コマで、講義の後半にロボット製作の課題に取り組むことになる。

金属加工分野

金属加工分野の講義題目・金属加工Iでは、金属加工法の内容を講義する。この講義の目的は、工作方法について学習することである。また、後半のロボット製作に必要な加工のスキルを修得させることも、本講義のねらいとしている。本講義の内容を以下に要約する。

前半は講義室にて資料や実物を提示しながら講義を行った。鋼、アルミニウム、真鍮などの日常で接する機会の多い金属材料の強度や弾性・塑性・延性、腐食などの代表的な性質や特徴について講義する。次に、曲げ加工、切削加工などの加工手法について解説し、加工で用いる手工具や加工機械について教授している。

後半は金属加工実習室にて亜鉛鋼板と真鍮板を用

いて、手工具による薄板曲げ加工、やすりがけ、はんだ付け、ねじ切りなど、機械加工による穿孔などの基礎的な加工法のスキル修得を行った。それに引き続き、ロボットのシャシーを覆うボディを亜鉛鋼板で製作する。製作にあたって各自のアイデアの基に製図を行い、その図面に基づき曲げ加工やリベット接合によりボディを各自製作する。加工終了後のボディは亜鉛鋼板のままであるため美観や独自性をさらに生かすことを目的として、ボディ部にシールを貼ることとし、各自のデザインをパソコンのグラフィックソフトで描いた後、カラープリンターで透明シールに印刷し、それをボディ部に貼って、ボディの完成品とした。

なお、前半の講義に要する時間数は8コマで、後半で基礎的の加工スキル修得とボディ製作の課題に取り組むことになる。

電気・情報分野

講義題目・情報とコンピュータIでは、情報化社会の特徴とコンピュータのしくみとその応用について講義を行う。このコンピュータの応用の中で、コンピュータを使った計測と制御を取り扱う。これに関連して、ロボット製作に関連する内容を2コマ実施した。その内容について以下に述べる。

ロボットにおいて使用されているモータ制御システムについて取り扱う。まず、直流ブラシモータ、交流モータ及び直流ブラシレスモータの構造と回転速度・トルク特性について説明を行った。次に、モータの速度制御について、PWM(パルス幅制御)方式の原理とモータ制御用ICを使った実装方法について、実際のモータを使った実験を交えながら講義を行った。

技術科教育分野

技術科教育の講義題目・技術科教育演習では、中学校技術科の指導内容に関連する基礎的知識・技能及び指導技術の習得を目的とした演習を行う。「技術とものづくり」のエネルギー変換の学習題材の一つとして、ロボットの製作及びコンテストがある。本演習では、ロボット製作に関連する指導法について2コマ実施した。その内容について以下に述べる。

各種学校で実施されているロボットコンテストの製作及び大会風景をビデオで視聴させ、ロボットコンテストと学校教育との関連を捉えさせた。次に、前年度実施された全国中学生ロボットコンテストの競技規定について説明し、それに基づきロボットを

製作することを説明した。実際に教師側から生徒に教授すべき項目について、昨年度学生が製作したロボットや機構模型を例に説明を行った。最後に、指導にあたって留意すべき事項について講義を行った。

ロボット製作と競技

平成13年度全国中学生ロボットコンテストの規定に基づき製作を行わせた。ロボット製作に関しては、設計・製図・材料選択・加工・組み立て・試作・修正などの一連の作業に関して、2人1グループで自らが考え、実行するように配慮した。具体的な、競技内容、競技規定及びロボットの規格は以下のとおりである。

競技内容

リング中央におかれた40個の写真用プラスチック製フィルムケースを拾ってゴールに入れ、その得点を競う。図1に競技場の見取り図を示す。得点は図2に示すように、フィルムケースの置き方により異なる。リングの広さは合板2枚分（縦1.8m×横1.8m、コートの縁に高さ5cmの木枠を設置）。スタートエリアは40cm平方。ゴールは、側面中央部に木製の台（長さ30cm×幅20cm×高さ3cm）を設置する。フィルムケースエリアの中央には、障害物としてレンガが1個設置してある。なお、本エリアには特別に着色したゴールドケースも2個設置する。

競技規定

(1) 競技方法

- ・競技時間は90秒で行う。
- ・競技が終わったらロボットは、ゴール内のフィルムケースに触れてはならない。
- ・勝敗はゴールの得点で決定する。
- ・同点の場合は、終了時フィルムケースを多く保持していたチームの勝ちとする。
- ・相手の競技の妨害をしてはならない。

(2) ロボットの規格

- ・車体の幅・長さは、40cmのスタートエリアに収まること。高さについては制限無し。
- ・ロボットの台数は1台。また、ロボットは分離してはならない。
- ・操縦者は1名、アシスタントとして1名。
- ・電源は、電源装置を用い合計電圧6V以下とする。

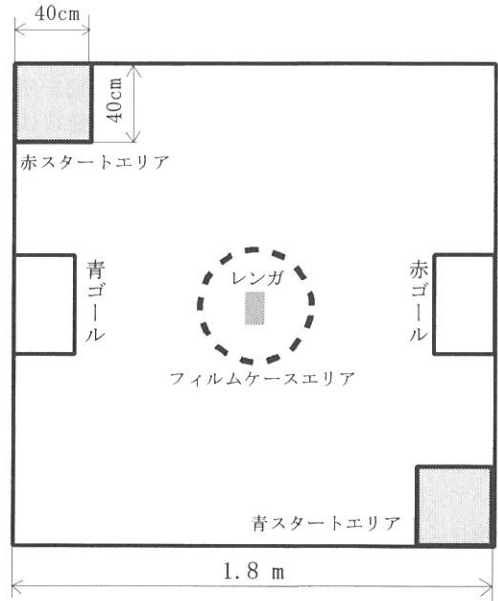


図1 競技場の見取り図

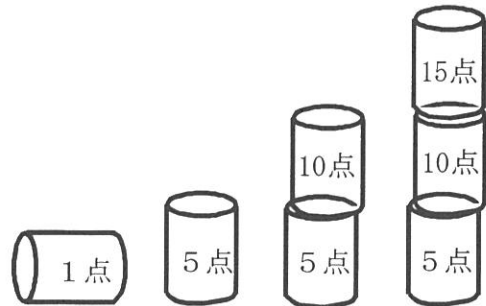


図2 得点の算出法

- ・モータの個数は、最大4個。FA-130、RE-260タイプまたはそれに準ずるモータを使用する。
- ##### (3) 得点の数え方
- ・1段目で横向きの場合1個につき1点、縦向きの場合1個につき5点とする。
 - ・2段目に横又は縦に載っているケースは、1個につき10点とする。
 - ・3段目は15点、4段目は20点というように5点ずつ1個の得点があがる。
 - ・ゴールドケースが含まれていると、1個につき5点のボーナス点が加算される。

競技の実践と評価

約2ヶ月間に渡る製作の後、機械Iの時間を使い競技を行った。授業時数は1コマである。競技は5チームによるリーグ戦とし、競技規定に則して競技を行った。図3に製作例、図4に学生の製作風景、図5に競技風景を示す。

また、資料1に示した材料やものづくりに関するイメージ調査を、ロボット製作の初めと終わりに実施した。表1～3に、調査結果を示す。さらに、学生のロボット製作に関連する講義・演習に対する感想と複数教官の連携による講義・演習に関する感想を表4に示す。

表1に示すように、金属加工、機械、電気分野において、「好き」、「興味がある」、「有意義である」の項目において授業後に高い評価値を示し、技術3分野への興味関心が深まることわかる。しかしながら、各分野ともに「理解しやすい」等については

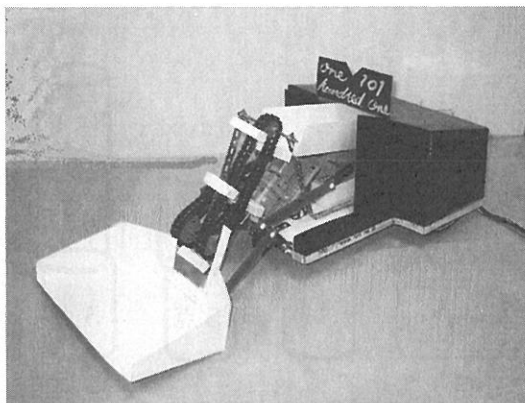


図3 学生の作品例



図4 ロボットの製作風景



図5 競技風景

授業後に評価値は低くなっている。表3に示した講義・演習の評価の「目標達成」の項目で授業後に低くなっていることから考えて、製作の際に各自の目標が達成できず、理解しにくいものと評価されたものと思われる。達成感が十分得られるようにするためには、①事前の講義の充実と基礎・基本となる簡便な製作物の追加、②工夫の余地があるもの、ある程度の時間内で完成することができる製作物、③競技方法の見直し等により改善できるものと思われる。

表2に示す「ものづくり教育」に対するイメージをみると本講義・演習後はより複雑なものを作り、それを作り上げる自信ができており、各分野の目標達成では不十分であったものの、製作を通してものづくりに対する達成感が得られたことになる。また、表3の「アイデア・工夫がうかびましたか」に対しては授業後に高い評価点となっており、本講義・演習の授業が学生の発想・創意工夫の向上に効果的であったことがわかる。

自由記述では、製作前には不安があったものの、創意工夫ができたことや競技実施による点検・評価を行うことが再度実施したいという意欲にもつながる記述がみられた。特に競技実施が達成感を得るために効果的であるという内容の記述が多くみられた。また、グループによる実施では協議、協力などに対する意識の芽生えがあった。授業内容の評価では、教師になってからの指導に効果的であるという記述もみられた。複数教官による授業に関しては、総合的に学習できること、一つの目標・目的に対する複数教官からの指導・援助があることの利点が指摘され、ロボット製作に様々な要素が含まれていて、各分野の学習がつながっていることを実際に認識する

表1 講義や演習に対するイメージ調査結果

		授業前	授業後	変化
金属	好き	3.44	3.67	0.22
	興味がある	3.44	4.00	0.56
	親しみがある	2.33	2.33	0.00
	意欲的に参加	4.44	4.00	-0.44
	理解しやすい	3.56	3.33	-0.22
	有意義である	3.67	4.00	0.33
	学習の必要性	4.00	4.00	0.00
	簡単	1.78	2.00	0.22
機械	好き	3.11	4.00	0.89
	興味がある	3.44	4.00	0.56
	親しみがある	3.00	3.00	0.00
	意欲的に参加	4.00	4.33	0.33
	理解しやすい	3.11	2.67	-0.44
	有意義である	3.44	4.33	0.89
	学習の必要性	4.22	4.00	-0.22
	簡単	2.11	2.00	-0.11
電気	好き	2.89	4.00	1.11
	興味がある	3.44	4.33	0.89
	親しみがある	2.67	2.67	0.00
	意欲的に参加	3.89	4.33	0.44
	理解しやすい	2.78	2.33	-0.44
	有意義である	3.33	4.00	0.67
	学習の必要性	4.00	4.67	0.67
	簡単	2.00	2.00	0.00
もの	好き	4.33	4.67	0.33
	興味がある	4.22	4.67	0.44
	親しみがある	4.22	5.00	0.78
	意欲的に参加	4.44	5.00	0.56
	理解しやすい	3.78	4.33	0.56
	有意義である	4.22	5.00	0.78
	学習の必要性	4.56	5.00	0.44
	簡単	3.00	2.33	-0.67

ことができたとの記述があった。

以上のことから、本講義・演習の授業形態は学生のものづくりに対する興味関心の向上や各分野の講義内容の確認には非常に効果的であり、アイデアや創意工夫に対する意識を向上させるのに有効であると言える。

結 言

講義で得られた知識とものづくり実践の有機的な結合と同時に、課題解決能力と学習達成を得ること

表2 ものづくりに対するイメージ

	授業前	授業後	変化
作ってみたい	3.78	4.00	0.22
興味がある	3.78	4.00	0.22
複雑なもの	2.89	3.33	0.44
作りたいものがある	3.11	3.33	0.22
作り上げる自信	2.67	3.33	0.67
こわくない	3.67	3.67	0.00

表3 講義・演習に対する学生の評価

	授業前	授業後	変化
本時の目標	3.14	3.33	0.19
進んで取り組む	3.57	3.67	0.10
アイデア・工夫	2.86	3.67	0.81
資料・工具の活用	3.57	4.00	0.43
目標達成	3.86	3.67	-0.19
班での協力	3.86	3.67	-0.19
次の目標	3.29	2.67	-0.62
生活に生かす	3.29	3.67	0.38

を目的として、ものづくり教育の題材としてロボット製作を取り上げ、熊本大学教育学部・技術教育で実施している機械、電気・情報、金属加工、技術科教育の4領域の専門分野の講義と製作課題の実践を組み合わせた横断的プログラムを提案し、実践を行った。以下に得られた結果を総括する。

1. ロボット製作の前段階として、機械分野では機構学の講義、金属加工分野では金属加工法の講義と基礎的な加工法スキル修得の実践、電気・情報分野ではモータ制御システムの実験と講義、技術教育分野では、ロボット製作に関する指導法に関する講義を実施し、その後ロボット製作実践・競技を実施する横断的授業プログラムを提案した。
2. 本時の授業形態は、学生のものづくりに対する興味関心の向上や各分野の講義内容の確認には非常に効果的であり、アイデアや創意工夫に対する意識を向上させるのに有効である。しかし、各専門分野における理解度の面では、講義あるいは製作に関して改善が必要な点も残されている。
3. 競技実施が継続的な学習意欲にもつながり、達成感を得るために効果的である。グループ製作は協議、協力などに対する意識の芽生えが生じ、本実践は教師になってからの指導に効果的であるという学生の評価が得られた。複数教官による授業

表4 講義・実習に対する学生の感想

<p>1. 講義・演習</p> <p>○製作の難しさ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットを0から構想するのは難しい(2) ・進度も遅くきちんと出来るか不安であった(2) ・構想や製作は大変であったが楽しい授業であった(2) <p>○創意工夫</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の吟味や機構の工夫に単一な答えが無く、それが面白かった(2) ・考えることの多い(工夫することの多い)授業であり、楽しかった ・ロボット作りを通して、他の授業では学ぶことが困難な創造力を養えたように思う <p>○興味・関心</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単に製作をおこなうだけでなく、コンテストを実施することによりものづくりに対する興味や関心が高まると実感した(3) ・コンテストで自分のロボットの弱点がわかり、もう一度やりたいという意欲がわいた ・製作したマシンに対して愛着がわいてきた。完成し競技したときのおもしろさは格別 <p>○成就感、達成感</p> <ul style="list-style-type: none"> ・完成時に成就感や達成感を得ることが出来た(3) ・プラモデルも作った事がないため最初難しかったが、試行錯誤を繰り返す中、納得のいく物を作り上げることが出来た(2) <p>○他人との協力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実習を通して自ら考え、行動し、他人と協力することなど多くのことを体験できた(3) ・2人組で行い、協議しながら進める体験は意義が大きい(3) ・製作に行き詰まったとき、他の班の人の意見が役に立ち感謝している <p>○ロボコン授業</p> <ul style="list-style-type: none"> ・不器用な自分にもできることが実感できたので、モータを使ったおもちゃになじんだ生徒には簡単に出来ると思う。 ・教師になってからの指導に役立つことを体験できた、実際授業に取り入れたい(2) 	<p>2. 複数教官による授業</p> <p>○総合的に学習</p> <ul style="list-style-type: none"> ・様々な領域を総合的に関連させ学習できるのでよい(3) ・一つのことについて複数の教官からアドバイスがもらえる(2) ・それぞれの分野で学んだことが、どの様な繋がりを持っているのかということが分かりロボット製作に様々な要素が含まれているのに気づくことが出来た(2) ・学んだことが具体的な形にあらわれる今回のような授業をもっと増やして欲しい ・ロボットをとおして各教官の授業を実用的に利用できた <p>○教官とのコミュニケーション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・沢山の先生とふれ合うことができ、いろいろな先生からアドバイスを受けることが出来たので、とても楽しく、有意義な時間が過ごせた ・この授業は普通の授業にくらべただけのムードがあり、先生方ともコミュニケーションをとることができた
---	--

に関しては、総合的に学習できること、一つの目標・目的に対する複数教官からの指導・援助があることの利点が指摘された。また、ロボット製作には、様々な要素が含まれており、各分野の学習内容が総合的、横断的にリンクしていることが実践を通して認識できたものと評価された。

参考文献

- 1) 教育課程審議会：幼稚園，小学校，中学校，高等学校，盲学校，聾学校，養護学校の教育課程の基準の改善について（答申），1998.
- 2) 文部省：中学校学習指導要領解説－総則編－，1999.
- 3) 教育職員養成審議会：養成と採用との連携の円滑化について（第3次答申），1999.
- 4) 国立の教員養成系大学・学部の在り方に関する懇談会：今後の国立の教員養成系大学・学部の在り方について，2001.
- 5) 喜多村：現代の大学・高等教育－教育の制度と機能－玉川大学出版部，1999.
- 6) 寺崎：大学教育の創造－歴史・システム・カリキュラム－，東信堂，1999.
- 7) P. F. ドラッカー：イノベータの条件－社会の絆をいかに創造するか－（上田編訳），ダイヤモンド社，2000.
- 8) 文部省：中学校学習指導要領・解説－技術・家庭編－，1998.
- 9) 科学技術会議：諮問第26号「科学技術基本計画について」に対する答申，2000.
- 10) 黒川ら：国立大学における教育改革の試み，日本機械学会誌，140－990，2001.

資料1

1. 大学で実施されている金属、機械、電気の講義や実習及びものづくり教育に対して持っているイメージについて5段階で答えなさい。ただし、どちらともいえない場合は3を選択します。

(1) 金属に対するイメージ

項目	5 4 3 2 1	項目
好き	+++++	嫌い
興味がある	+++++	興味がない
意欲的に参加する	+++++	意欲的に参加しない
理解しやすい	+++++	理解しにくい
有意義である	+++++	有意義でない
学習の必要性を感じる	+++++	必要性を感じない
易しい	+++++	難しい

(2) 機械に対するイメージ

項目	5 4 3 2 1	項目
好き	+++++	嫌い
興味がある	+++++	興味がない
意欲的に参加する	+++++	意欲的に参加しない
理解しやすい	+++++	理解しにくい
有意義である	+++++	有意義でない
学習の必要性を感じる	+++++	必要性を感じない
易しい	+++++	難しい

(3) 電気に対するイメージ

項目	5 4 3 2 1	項目
好き	+++++	嫌い
興味がある	+++++	興味がない
意欲的に参加する	+++++	意欲的に参加しない
理解しやすい	+++++	理解しにくい
有意義である	+++++	有意義でない
学習の必要性を感じる	+++++	必要性を感じない
易しい	+++++	難しい

(4) ものづくり教育に対するイメージ

項目	5 4 3 2 1	項目
好き	+++++	嫌い
興味がある	+++++	興味がない
意欲的に参加する	+++++	意欲的に参加しない
理解しやすい	+++++	理解しにくい
有意義である	+++++	有意義でない
学習の必要性を感じる	+++++	必要性を感じない
易しい	+++++	難しい

2. ものづくりに対するイメージについて4段階で答えなさい。

項目	4 3 2 1	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
気軽に取り組む	++++	取り組みにくい

3. 本時の講義・演習に対して次の質問に答えなさい。

自己評価項目	4 3 2 1
自分なりの目標を設定することができた	++++
授業に意欲的に取り組んだ	++++
創造的な活動（創意・工夫）ができた	++++
資料や工具を活用できた	++++
設定した目標を達成できた	++++
協力して活動できた	++++
次の授業の課題が分かった	++++
学んだことを今後の学習・教育活動に生かそうと思う	++++

※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