

企業技術者との連携による創造的人材の育成

島岡 三義

Creative Human Resources Development by Co-operation with Engineers in Company

Mitsuyoshi SHIMAOKA

Relative lowering of economical superiority of Japan in the world has been a serious situation. Teachers in college of technology must have the ability to instruct the design and manufacturing of a machine system to students, but their ability seems to be declined. In this paper, problems in education for enhancing creative ability through manufacturing and engineering design in college of technology have been described and the some solutions offered a way out of this serious situation has been discussed. In order to keep and develop the total engineering design ability of students, the education in connection with the well experienced engineers is more effective.

1. はじめに

技術革新が進んで、我が国の技術力が世界のトップレベルに達してきたものの、中国やインドなどの新興工業国の追い上げが激しく、長年堅持してきたGDP（Gross Domestic Products 国民総生産）世界第2位の地位も中国に明け渡すことになった¹⁾。また、図1にOECD経済協力開発機構（主要先進34カ国が加盟）が実施した、高校1年生（非加盟国・地域を含め65カ国・地域の約47万人が参加）の学習到達度試験結果²⁾を示すが、次代を担う我が国の若者の基礎学力も大きく低下している。2006年度の調査では、成人後の生活に必要とされる重要な知識・技能をどれだけ習得しているかを見てお

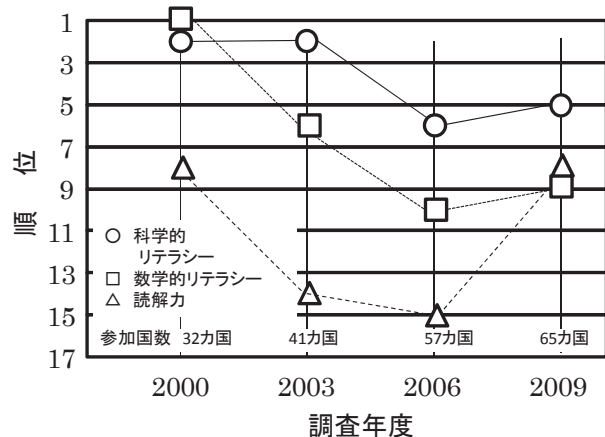


図1 OECDによる学習到達度試験における日本の順位

り、読解力や数学的リテラシーの大幅な順位の後退は、世界における日本の経済力や技術力の優位性を危うくするもので、大きな論議を呼んだものである。その後、2009年に実施された結果においては、3分野とも順位を盛り返し、特に、読解力が2000年レベルまで回復したのは朗報と言えよう。

一方、2008年秋の「リーマンショック」に端を発する世界経済の不況は長期化しており、2011就職年度の大学生の就職内定率は60%程度（2010年10月現在）である。就職が非常に厳しい状況の中で、高専は非常に恵まれており、奈良工業高等専門学校（以後「本校」と記す）の就職内定率はほぼ100%である。しかし、恵まれた状況の意味を考え、学業への自身の取り組みを真剣に見直す学生は本校には多くない。潤沢ではない教育予算の中で、教員側にも教育にかける予算や時間がきわめて少ない状況でもある。もはや、子供たちの理科離れを阻止するというような国内目線での教育改善では、日本の繁栄とその持続性は望めないと思うのは筆者ばかりではあるまい。

2011年3月11日、東日本は大震災に見舞われ、記憶に残る日となった。原子力発電所の安全神話が崩れ、確実に収束できるのか、日本の技術力が世界中から注目されている。人的資源しかない我が国の経済的優位性を維持していくには、世界に通用する独創性あふれる優秀な人材を学校で育成することである。さらに、企業でその能力を発揮して世界のリーディングカンパニーを作り上

げていくことである。そのような技術者が再び高専で指導するという、我が国を発展させていくための良い循環を構築していくことである。高専はモノづくりを通じた、実践的技術者育成教育や創造性育成教育を得意とする教育・研究機関である。しかし、近年、モノづくり教育における看過しがたい問題が出てきている。本稿では、それら問題点をピックアップし、今後の教育改善策を述べたい。

2. 創造性育成教育の試みと問題点

2.1 機械工学科での創造性育成教育の試み

本校機械工学科では、モノづくりを通じた創造性育成教育（3年次生対象、3単位、通年科目で「総合実習」と称した）を昭和57（1982）年から取り組んできた³⁾。これは、旋盤やフライス盤などの汎用機械の操作にある程度熟練し、製作図の作成能力もある3年次生に対する、限られた予算、材料、製作手段の中で、学生の自主性を尊重して創造性を育もうとした、今で言うPBL（Project Based Learning）教育である。

筆者は、機構が単純（部品図はもとより、組立図の作成が容易であることと関係している）で理解できること、学生の手で実際に製作が可能（きわめて大事なこと）な装置を念頭に、カムならい装置、歯車減速装置やポンプを製作テーマに設定した。図2にカムならい装置の概要を、図3に製作品例を示す。被削材を旋盤に取り付け、カムならい装置を刃物台に取り付けている。NCで加工したマスタカムと被削材の回転を同期させるのがフレキシブルシャフトである。実のところ、新たな構造を検討する余地が余り見込めない装置なので、どのグループも図3に示すような構造になってしまった。

次いで、歯車減速装置やポンプを新テーマに設定したが、これらに関しても、完成度の高い既存製品が多く、独創的構造の創出は難しかった。しかしながら、新たな構造を考えようという積極的な姿勢や協力的精神が学生に見受けられたことから、当時の教育目標は十分達せられたと考えている。

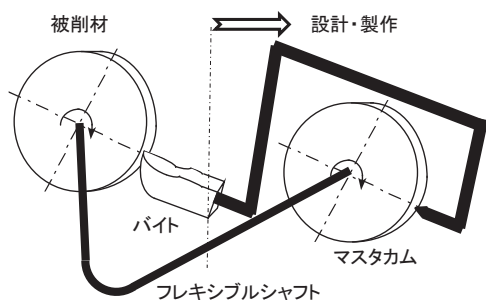


図2 カムならい装置の概要図

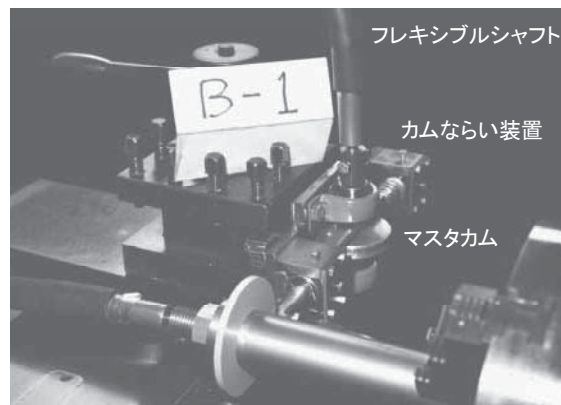


図3 カムならい装置の製作品例

2.2 機械工学科でのモノづくりの難しさ

このような授業では、製作品目を変えていかないと、学生が過去の作品を模倣し、若干の修正をして終わってしまうことが懸念された。教員側としては、どのようなテーマで取り組ませるかを常に考えていかなければならないところが悩みの種であった。また、同じ教員が長期にわたって担当すると、教員自身のマンネリ化を誘発するデメリットもあり、交代すれば、この教育プログラムのノウハウの継承の途絶を誘発するという問題もあった。

グループで製作する場合、他グループの様子を知りたいという欲求があるので、製作品の発表・評価の場面を設定し、プレゼンテーション能力の育成も教育目的の一つとした。しかし、3年生では十分な発表資料を作成できる能力が伴わず、物足りない発表会に終わってしまい、この点の改善が課題であった。

本校機械工学科のカリキュラム（主要部のみ）を表1に示す。表から、「実体のある物」を作ることに関する設計能力を有し、実際に製作できる能力を有する人材を養成することを主要な目的とする学科であることが伺える。ただし、機械工学科の3年次や4年次の学生が製作可能な物は、学習した内容の応用として考えた場合、たとえ「動く」としても、「メカニカル機構を主とする定置装置」に限られてしまう。創造的活動には「遊び心」の要素が必要と思うが、定置装置の設計・製作活動において遊び心の要素を付与することは難しい。筆者以外の教員らが取り組んだテーマの一つに「スターリングエンジン」がある。運動機構だけでなく熱力学の学習もできたが、これも定置装置であり、どちらかと言えば、子供よりは大人に、素人よりは玄人に受ける装置である。これを駆動源にして動く物を設計・製作することになると、学生は遊び心を持って創造力を発揮でき、子供達も楽しめる物ができて良いのであが、3年次生にそれを期待す

表1 奈良高専機械工学科カリキュラム（主要科目）

開設科目	単位数	開設年次
機械工学入門	2	1
情報リテラシ	2	1
機械設計製図Ⅰ	2	1
機械工作実習Ⅰ	3	1
材料学Ⅰ	1	2
機械工作法Ⅰ	2	2
情報処理Ⅰ	1	2
機構学	1	2
機械設計製図Ⅱ	2	2
機械工作実習Ⅱ	3	2
材料学Ⅱ	2	3
機械工作法Ⅱ	2	3
材料力学Ⅰ	2	3
エネルギー基礎力学	2	3
情報処理Ⅱ	1	3
電気工学	2	3
機械設計製図Ⅲ	2	3
創造設計製作	3	3
機械工学演習Ⅰ	1	4
材料力学Ⅱ	2	4
流体力学Ⅰ	2	4
熱工学Ⅰ	2	4
数値解析	1	4
電子工学	2	4
設計工学	2	4
設計工学演習Ⅰ	2	4
機械工学実験Ⅰ	3	4
機械工学演習Ⅱ	2	5
材料力学特論	2	5
流体力学Ⅱ	2	5
熱工学Ⅱ	2	5
計測工学	1	5
制御工学	2	5
応用制御工学	1	5
設計工学演習Ⅱ	2	5
振動工学	1	5
工業数学	2	5
エネルギー工学	2	5
生産システム工学	1	5
機械工学実験Ⅱ	2	5

るのは困難であり、以下に述べる理由から、4年生でも難しいであろう。

機械工学科の学生に期待される能力は、運動機構の設計能力、装置を構成する部材の強度設計能力、装置の図

面作成能力および部材加工技能である。この中で、部材加工技能に関しては、学生が卒業後に期待される度は非常に低い（高専は技能者養成機関ではないので）ものである。基本的な加工技能のトレーニングを積むが、そのトレーニング量は機構・強度設計が机上の空論にならないように、また、設計にフィードバックできるように、という程度である。ところが、動く物を作るということになると、設計の妥当性以上に、動くか動かないかが大問題になる。動く物を作るには、ある程度以上の加工技能を有する必要があるが、設計能力が第一に求められるので、必要なレベルの加工技能を身につけるまでのトレーニング量を増やせないジレンマが高専には存在する。本校の場合、このトレーニングは3年で終了するので、総合実習的な授業を4年次以降に開設しても、装置の出来具合に大きな違いは生じないものと考えられる。

一方、学生の設計能力に問題がないかという点、実はそうではない。「動く物」には必ず「相対運動」する部分が存在し、関係する部材の表面粗さや寸法公差の設計はきわめて重要になる。各部材の設計が良くても、装置の組立過程において、寸法公差の累積で思わぬ不具合（動かなくなる）が発生することがある。不具合の発生の可能性は予見できても、不具合の具体的な内容までは推定が困難であるので、不具合の対処は発生したその時になる。表面粗さや寸法公差などと異なり、不具合の対処術を事前に教育することはほとんどしない（できない）ので、不具合を解消できないことがある。結果として、「動かない」ことになる。このようなことが原因で、「動く物を作れて当たり前だ」と思われる機械工学科の学生に、モノづくりで成功体験を積み重ねることは実のところ容易ではない。

2.3 電子制御工学科での創造性育成教育の試み

1980年代半ば以降、我が国では電子系、制御系、情報系の技術者の育成が急務となり、筆者は平成3年に新設された電子制御工学科に配置換えとなった。この学科は電気系学科の枠に組み込まれたが、当時は、電気系学科で「総合実習」のようなモノづくりをすることはほとんどなかった。しかし、所属教員全員がモノづくりの重要性を理解していたし、機械工学科での「総合実習」の教育効果が高いことも十分承知していたので、当学科でも「総合実習」に相当する科目を設定した。現在のカリキュラム（主要専門科目）を表2に示すが、座学で学習したことの集大成として位置付け、より高度な設計・製作を目指し、3年次生ではなく、4年次生を対象に「電子制御設計製図」（通年3単位）を開設した（後年、「システム設計Ⅱ」、通年2単位に変更し、さらに21年度の

表2 奈良高専電子制御工学科カリキュラム (主要科目)

開設科目	単位数	開設年次
情報数学	1	1
電気回路	1	1
基礎製図法	3	1
基礎工学実験	3	1
プログラミング	2	2
交流理論 I	2	2
材料・加工学	2	2
機械工学実習	2	2
電気工学実験	2	2
計算機アーキテクチャ	1	3
アルゴリズムとデータ構造	1	3
交流理論 II	2	3
電磁気学 I	2	3
電子工学	2	3
計測工学 I	2	3
基礎システム設計	2	3
電子制御工学実験 I	3	3
電磁気学 II	2	4
電子回路	1	4
計測工学 II	2	4
制御工学 I	1	4
材料力学	2	4
流体力学	2	4
熱力学	2	4
実践システム設計	2	4
電子制御工学実験 II	2	4
数値解析	1	5
画像工学	2	5
制御工学 II	2	5
現代制御理論	2	5
ロボティクス	2	5
応用システム設計	2	5
電子制御工学実験 III	2	5
光工学	1	5
情報理論	1	5
環境・エネルギー工学	1	5
生体工学	1	5
システム工学	1	5
電気電子材料	1	5
応用電気工学演習	1	5
応用機械工学演習	1	5

カリキュラム改訂で「実践システム設計」に名称変更した。当学科の主要キーワードが「制御」であることから、動く物であり、かつ自律的にコントロール可能なものをとということで、自律型ロボットを製作させることにした。

機械工学科での定置型装置とは異なり、移動型装置であり、「動かないと非常に困る」装置を製作テーマにすることになった。カリキュラムでは、そのような装置を製作できるように、必要最低限の理論、設計法、を習得できるようにしたつもりである。また、「NHK 高専ロボットコンテスト」の人气が高まってきたこともあって、最終的にはロボットコンテストを実施し、もちろん、まとめとしての成果発表会も実施した⁴⁾。

2.4 電子制御工学科でのモノづくりの難しさ

ロボットの製作においては、ロボット本体の製作の他に、センサやモーターなどの購入品の選定・組立、電子回路の構築、制御プログラムの作成等も重要なものである。表2からわかるように、図面作成は「基礎製図法」の3単位、機械加工技能の習得は「機械工学実習」の2単位だけなので、機械加工主体のモノづくりである総合実習とはモノづくりの内容が大きく異なっている。また、担当教員には機械工学だけでなく、電気・電子工学、制御工学等の幅広い知識が要求される。一人では対応が困難になって、専門分野が異なる複数の教員を配置する必要が生じた。単位数の割に人員と経費が必要な授業で、学科の負担は軽くはない。

図4に、平成21年度に製作した自律型ロボットの一例を示す。ロボットを構成する部品数は、総合実習で製作してきた装置に比べて非常に多く、組み込まれる電子部品などを含めた複雑な全体組立図を作成しにくい状況にある。図4のロボットを見れば、そのことが理解できよう。そのために、モノづくりの基礎になり、グループ全員が情報共有できる媒体としての、きちとした製作図面の作成が後回しにされ、「図面なきグループディスカッション」が横行している。これは、企業での設計、製作活動においては考えられないことであり、企業での設計、製作工程の疑似体験をさせられていないという重大な問題点でもある。

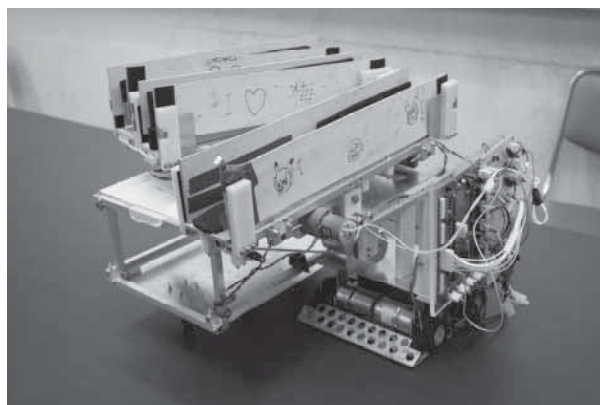


図4 自律型ロボット製作品例

3. 両学科における取り組みでの共通の問題点

3.1 設計専門家の不在

近年は企業での実務経験のない教員を採用することが多くなっている。モノづくりの実務経験がない者がモノづくり教育を担当し、学生の設計の善し悪しを的確に判定できない事態に陥っている。また、教員の研究活動において、実験装置等を自作している場合があるが、設計や工作不良によるものと思われる装置の不具合によって、望みの結果が得られていない研究が垣間見られるので、教員の設計能力は低下している。したがって、定置型装置であっても、部品加工精度や組立精度不足で動かない、あるいは期待した性能を発揮しないで終わっている場合がある。構造がより複雑なロボットにおいては、最後に行うコンテストがコンテストにならないで終わってしまう場合も少なくなかった。つまり、教育過程において極めて重要な「成功体験」を学生に積み重ねてこられなかったのである。想定していた物を作り得なかったとしても、能動的に取り組める授業に学生は満足している場合が多いが、「成功体験」がないままでは自信をつけることができない。学生の自己満足を教育成果と偽り、教員が自身の指導力不足や成功体験させていないことの責任を回避しているところがあるので、この点はきわめて遺憾なことであると思っている。

つまり、学生のアイデアを重視することを錦の御旗に掲げ、教員は「モノづくりのプロセスを指導」するもの、技術職員は「図面化されたアイデアを具現化」するものであるとして、より良い設計とはどうあるべきかの指導を主眼とせず、また、そのような指導ができる教員が非常に少ないのが現状である。

3.2 教員の実務経験の陳腐化

実務経験を積んだ者でも、時間が経てばその経験は陳腐化する。実際、筆者自身、本校着任前に企業での設計実務経験があるが、恥ずかしながら、その時の経験への上積みはほとんどない。

ネジ、歯車などの機械要素部品は30年前と今で形や規格にほとんど変化はない。しかし、ロボットに組み込まれるセンサや電子部品等では、数年前のカタログは使い物にならない。モノづくりの方法が大きく変わらなくても、製作に必要な物品の選定や調達ができなければ、モノづくりに関する教育能力がないのと同じである。製作に必要な物品に関する動向調査を怠れば、積年の実務能力も無に帰しかねない。電子部品等の開発動向や調達に関する動向を注視している、あるいは動向に注視することが大切だと認識している教員は実は少ない。

もちろん、機械関係でも、設計・解析ツールなどはコンピュータハードの進展とともに進化しているので、パーツやツールの開発動向に注目していくことはきわめて重要なことである。

高専の教員の人事は決して流動的ではない。4年前後の周期で、学科単位の教員の退職、新任の採用が繰り返されるが、毎回企業経験者を採用できる訳ではない。企業経験者の採用のチャンスを一度でも逃せば、およそ数年間は教員団の実務経験の陳腐化が進行するだけである。この構造的欠陥を是正する必要がある。

3.3 教員の設計能力向上のための研修機会の不足

モノづくり教育では授業計画の立案の他に、加工・工作を指導する技術職員も含む指導スタッフ間の連絡・調整が加わり、座学以上の労力が必要になる。一方、教員定数削減や予算削減により、教育機関といえども外部資金獲得が至上命題になっている。筆者が高専に赴任した約30年前は、修士修了者の採用が多く、教育活動に力を入れつつも博士号を取得することを目標にしていた。しかし、今日の教員の中には、外部資金獲得には教育成果より研究成果を上げることが早道との考えがあり、教育にかけける情熱が相対的に低下している。また、教員採用候補者は博士号取得者であるため、教育より研究指向が強い教員が多くなっているが、高専の教員が皆研究一辺倒に走れば問題である。

高専の教員は、モノを設計できて、自らの手を動かして作ることができて、そして学生に指導できる、モノづくりに関するプレーイングマネージャーでなければならないと考えている。それでこそ、実践的技術者の育成ができ、高専教育の良さを維持できることになるが、プレーイングマネージャーの減少は是が非でも食い止めなければならない。より質の高い教育を行うためのスキルアップを図る機会や、設計能力を高めるための研修にける時間と意欲が少なくなっている。このような危機的現状を、教員個人の意識の問題とせず、組織的に改善しなければ高専教育の良さが消滅する。

4. 企業、企業技術者と連携したモノづくり教育

4.1 高専と企業との人事交流

長岡・豊橋両技術科学大学間並びに高専間交流人事制度があり、他機関での教育の実情を観察し、種々のアドバイスを受けられる可能性があり、教員のスキルアップに有効利用できる。ただし、実験装置があつてこそ研究ができる教員にとっては、必ずしも都合の良い制度ではない。また、モノづくりに関しては、世界規模で技術活

動を展開している企業を相手に人事交流を行った方がよい。教員のスキルアップはもとより、モチベーションも高まり、最新の生産スタイルを学ぶことができる。さらに、企業が求めている技術者像を明確に把握でき、帰校後に為すべき教育に確信を持って取り組めるであろうし、企業が抱える技術的課題を共同研究等で取り組むことで、外部資金の獲得も考えられる。

また、交換人事として企業から技術者が派遣されれば、派遣された技術者は学生の能力を把握でき、企業での新人教育方法の改善に役立てることができる。さらに、設計・生産の実務を学生に直接教授できるし、技術者自身の学術面のスキルアップも図れるメリットが期待できる。

一方、学生は企業におけるモノづくりや技術的課題等をリアルタイムに知ることができ、学習意欲の向上にもつながる。結果として、より質の高い実践的技術者の育成が可能になると考えられる。

4.2 企業技術者の技術アドバイザ制度

モノづくり教育スタッフの一員として企業技術者が加われば、学生の質問に対してよりの確なアドバイスが行える。つまり、大切な成功体験を今以上に学生に積ませることができる。教員は企業技術者との交流を通じて、企業におけるモノづくりの最前線について知ることができる。企業で研修するのと同程度のスキルアップを図れるものと考えられる。

できれば、企業技術者も学生と同じ条件でモノづくりをすることが望ましい。企業でのやり方でモノづくりを行い、モノづくりプロセスを教えるのではなく、学生が学び取れる見本を示すことが重要である。これにより、学生のチャレンジ精神も涵養されるであろう。

当学科では、「システム設計Ⅱ」の授業において、従来は、6班中、1、2班しかロボットを完成できなかったことから、学生に成功体験を味わわせてやるために、平成21年度に、独立行政法人国立高等専門学校機構の「企業技術者等活用プログラム」の予算措置により、複数の企業技術者を上記授業に招聘して授業を展開した⁵⁾。学生の自主性を尊重し、学生から要求があった場合のみ企業技術者がアドバイスする形にしたが、5班がロボットを完成させることができ、従来にない、充実したコンテストを実施できるようになった。そこで22年度は、同プログラムの発展として、企業技術者集団に、図5に示すような、オムニホイールを用いた全方位移動可能で、物体を把持し、持ち上げ、移設可能なロボットを設計、製作していただいた。自律型ロボットとして必要最低限の動作を実現できるもので、4年次生にとってはロボッ

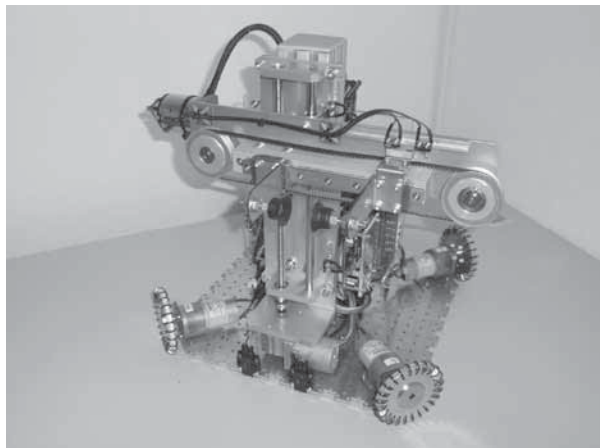


図5 企業技術者が製作した自律型ロボット

トの基本動作のプログラミング法、3年次生以下の学生にとってはロボットの機構や構成要素など、各学年レベルに応じた学習教材として利用していく予定である。しかし、企業技術者雇用費用の財源、派遣技術者の企業での就労条件、副業の問題など、簡単には解決できない問題が多いことも判明した。我が国の将来を考えれば、是非とも考えなければならない教育方法の一つであろう。

5. おわりに

人件費の安い国・地域に、我が国のメーカーの生産拠点が移動して久しい。さらに、設計業務すら外国に委嘱している企業が少なくなく、モノを作れる技術者が少なくなっている。世界の中で、我が国の経済的優位性を保持していくには、モノづくりを通じた創造性育成教育の充実が今後益々重要になると考える。

大学1年相当の、さほどロボットに興味を持たない4年次生でも、必修の授業を通して、ロボットの設計から製作までをやり遂げている。モノを作れて設計できる技術者を育成するという、他の国にはおよそないであろう、「マルチエンジニア」の養成が我が国の強みになる。高専は、我が国でそのような技術者の養成が可能な教育機関の代表格である。

しかし、教員のモノづくり能力は低下しつつあるように思われるので、企業体ならびに企業技術者と連携した教育方法の開発を今後真剣に検討すべきであると考えられる。

モノづくりに関して、高専が抱える課題と一教育機関だけでの課題解決が困難な現状を述べ、企業体や企業技術者との連携が課題解決の一方策であることを提言した。本稿がモノづくり教育方法の改善の一助となり、提言の実現が図られれば幸いである。

参考文献

- 1) 外務省主要経済指標（日本及び海外）、主要経済指標（毎月更新）（2010年11月17日）、http://www.mofaj/area/ecodata/pdfs/k_shihyo.pdf, 2010. 参照日：2010-11-27.
- 2) OECD 生徒の学習到達度調査－2009年調査国際結果の要約－、http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afielddfile/2010/12/07/1284443_01.pdf, 2010. 参照日：2010-12-8.
- 3) 島岡三義, 他9名:奈良工業高等専門学校研究紀要, 22 (1987), pp. 87 - 92.
- 4) 道下貴広, 他5名:奈良工業高等専門学校研究紀要, 34 (1999), pp. 59 - 62.
- 5) 島岡三義, 樫 弘明, 道下貴広, 脇田良夫:日本高専学会誌, 16 (2011), pp. 31-36.

