

国土館大学理工学部機械工学系における実践的モノづくり教育

大高 敏男^{*1}, 岸本 健^{*1}, 本田 康裕^{*1}, 児玉 知明^{*2}

Concurrent Education in mechanical engineering using PBL at Kokushikan University

Toshio Otaka^{*1}, Ken Kishimoto^{*1}, Yasuhiro Honda^{*1}, Tomoaki Kodama^{*2}

Abstract: School of science and Engineering at Kokushikan University was established in 2007, descended from the former Faculty of Engineering. The purpose of its education is to foster creative, practical and promising engineers. The Mechanical Engineering course is one of the six courses offered in this department. Its core curriculum focuses specifically on practical training because there is an increasing need for work-ready skills in the recent industrial world. This curriculum includes contents learning a plan of a machine, a design, trial manufacture, evaluation as one project. It can learn basics knowledge of mechanical engineering by also making a model of a machine device. There say Project-based Learning or Product-based Learning and merely say PBL education. This paper reports such a program implemented by a class of the lower grades in our course.

Key words: mechanical engineering, practical engineering, education, mechanical design

1. 緒 論

私たちは、例えば、ご飯を炊く炊飯器、通勤や通学に使う電車やバス、銀行に立ち寄ればキャッシュディスプレイというように、いろいろな機械に囲まれて生活をしている。工場では加工機や製造ロボットが稼働し、工事現場では重機が動いている。これらは、電気エネルギーあるいは化石燃料の化学エネルギーを用いて私たちに有用な仕事をしている。このように、何らかのエネルギーを使って、人や社会に役に立つ仕事を行うのが機械であり、その機械を創り活用するのが技術者の仕事である。「機械」とは、何らかのエネルギーを用いて「人」や「社会」に役に立つ「仕事」をするものをいう。その機械をはじめ、器具や道具といったモノを造ることを意味して「モノづくり」という。

ところで、我国は主要な資源が少ない国であり、その多くを外国からの輸入に頼っている。そして、輸入で得た原材料に加工などによる高度な付加価値を与えることにより、国や社会を豊かにしていかざるを得ない国である。したがって、モノづくりを手放すことはできず、技

術を伝承して発展的に継続させなければならないのである。このような背景から、高等教育機関に対する技術者育成の社会的要望は高まっている。痛ましい電車や飛行機の事故、楽しいはずの遊具施設の事故、時代が進んでも悲しい事故は後を絶たず、本来、人や社会に有用なはずの機械が逆に不幸の引き金になってしまう事故が発生している。これらの原因のひとつには必ず機械要素部品が関係しており、技術者は人や社会に役に立つモノを創出する反面、その設計をひとつ間違えば大きな事故に繋がることもあり、質の高い実践的な技術者の育成が重要かつ急務であることは間違いない。

一方で、近年若者がモノづくりに興味を抱かなくなり、理工学離れが顕著になっているとの指摘がある。この原因は、技術に携わる職に対する社会的理解度の低さや職場環境の悪さに加えて、初等・中等・高等教育機関における、魅力ある教育カリキュラムや教育スタッフの乏しさがある。

国土館大学は、実践的な教育に重点を置いている。本学は、首都圏、とりわけ東京の真中に位置することもあり、他の理工系高等教育機関に対して差別化を図る上でも、立地を活かした実践的なモノづくり教育に対して最大限の注力を推進するべきであろう。

このような背景から、国土館大学理工学部機械工学系では、低学年から高学年まで一貫したモノづくりに重点を置いた実践的な専門技術教育を行っている。本稿で

^{*1} 国土館大学理工学部理工学科機械工学系
Mechanical Engineering Course, Department of Science & Engineering, Kokushikan University

^{*2} 国土館大学理工学部
Department of Science & Engineering, Kokushikan University

は、この中から、低学年時における実践的なモノづくり教育手法について整理し、学生のアンケート結果を踏まえて考察を行うことにより、専門知識を持たない機械技術者の入門教育の展開方向を見定めることを試みる。

2. 機械工学系のモノづくり教育カリキュラム概要

2.1 モノづくり教育の現状と課題

理工系に進路を決める学生が少ないことは、初等・中等教育における理科や技術科目が軽視されていることに大きな原因がある。理科や技術科目を担当する教員は、国語、数学、英語に比べて少なく、ひとりの教員が受け持つ学生数がこれら3教科に比べて2倍から3倍となっている。一例として、表1に東京都杉並区の区立中学校における教員の受持学生数を示す。この事例では、理科の教員は数学の教員に比べて3倍の生徒を受け持っている。また、技術科目では専任教員は不在で非常勤教員のみで対応している。このような状況になっている原因のひとつには、高校への進学率を上げようとする中学校の競争がある。高校が指定する受験科目のみを重要視する傾向があるためである。理科科目を数学の教員が兼任するケースもあるという。このような傾向は、高校においても同様であり、大学の受験科目を中心とする偏った教育がなされているのが現状である。数Iのみしか履修していない学生、物理を全く履修していない学生が入学生に多く見られるのはこのためである。しかし、大学側が受験科目に数Ⅲや物理を指定することは、受験生減少につながる危険性があり、容易に解決しがたい問題となっている。したがって、大学低学年における教育では、初等・中等教育と高等教育の連結と専門科目への展開をバランスよく進める必要がある。図1に教育課程の流れを横軸、専門科目への展開を縦軸とした模式図を示す。最近の理工系大学教育において求められる領域は、初等・中等教育の補講を進めながら実践的な高等専門技術教育までを実施する広範囲となっている。実践的な高等専門技術教育とは、これまで主として企業において新人技術者教育、あるいはOJTとして実施されている技術者教育の一部で、これを大学内でインターンシップや企

業出身の教育スタッフによる講義等により実施するものである。これは、近年では企業において、1980年代から1990年中頃までのいわゆるバブル期に行われていた長期間にわたる新人研修がなくなり、数日の簡素な研修後にすぐに新入社員が現場に配属されるようになったため、多くの企業では即戦力となりうる実践的な技術者を大学に要望するようになった結果である。高等教育機関においても、図2に示すようにこれまで行っていた専門科目だけではなく、企業内で実施される実践的な高等専門知識も学習できるようなカリキュラムを用意し、実践的技術者教育を行う大学として特色を出す大学が多くなっている。少子化が進む日本において、このような特色を有する大学は、一般的に就職に有利であり、大学として存在価値が高まると考えられる。

さらに、最近では中国を中心とするいわゆるBRICs諸国がモノづくり技術の導入に積極的に注力している。これは安価で豊富な労働力と国際分業が進んでいることが背景にあり、世界における生産シェアは、例えば、中国のテレビは40%以上、テレビやパソコンは80%以上となっており、日本の数%に比べて大きい。日本のモノづくりの道は、BRICsでは実現不可能な高品質と高い生産性の追求であることは間違いないが、少子高齢化が進み熟練技術者からの技術伝承が良好に行われず、新しい技

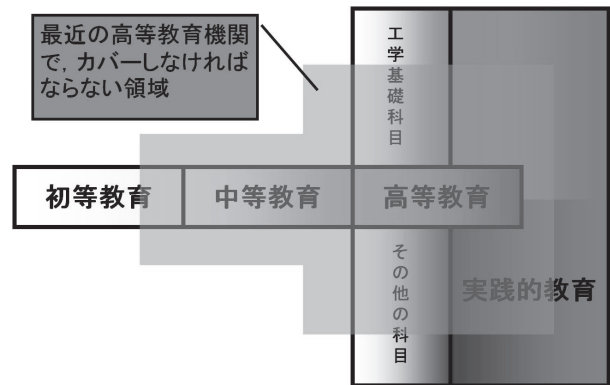


図1 工学教育の縦軸と横軸

表1 初等・中等教育における理数科および技術科

科目	教員一人あたりの受持生徒数
国語	75 (-)
数学	75 (50)
英語	150 (75)
理科	150 (-)
技術	- (150)
家庭科	- (150)
社会科	150 (150)

調査:2009年 括弧内は非常勤教員を含めた場合を示す

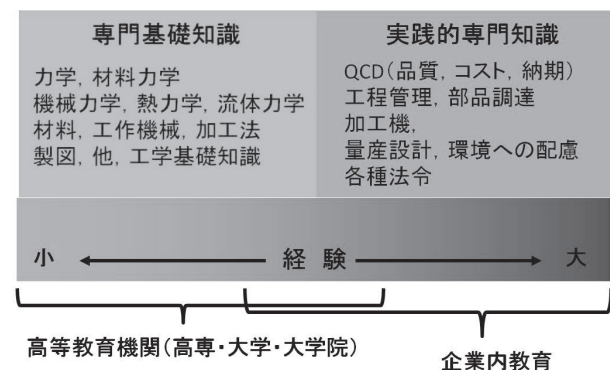


図2 高等教育機関の専門教育

術の担い手が不足している。日本の若いモノづくり技術者育成が大きな課題となっている。

2.2 機械工学系のモノづくり技術教育体系

図3に機械工学系の大まかな教育体系を示す。工学系では、修得すべき学術分野を機械力学分野、材料力学分野、熱力学分野、流体力学分野の4つの力学分野に分け

て体系立てている。また、3重の円構造とし、中心部には機械工学に必要な基礎知識または高校における理科や数学などを位置づけている。中間にある円は大学における専門科目を位置づけており、その外側を実践的な専門教育としている。学生の年次進行に伴い円が外側に広がる方向に学習を進めるようにしている。

実際のモノづくり系科目の年次進行を図4に示す。

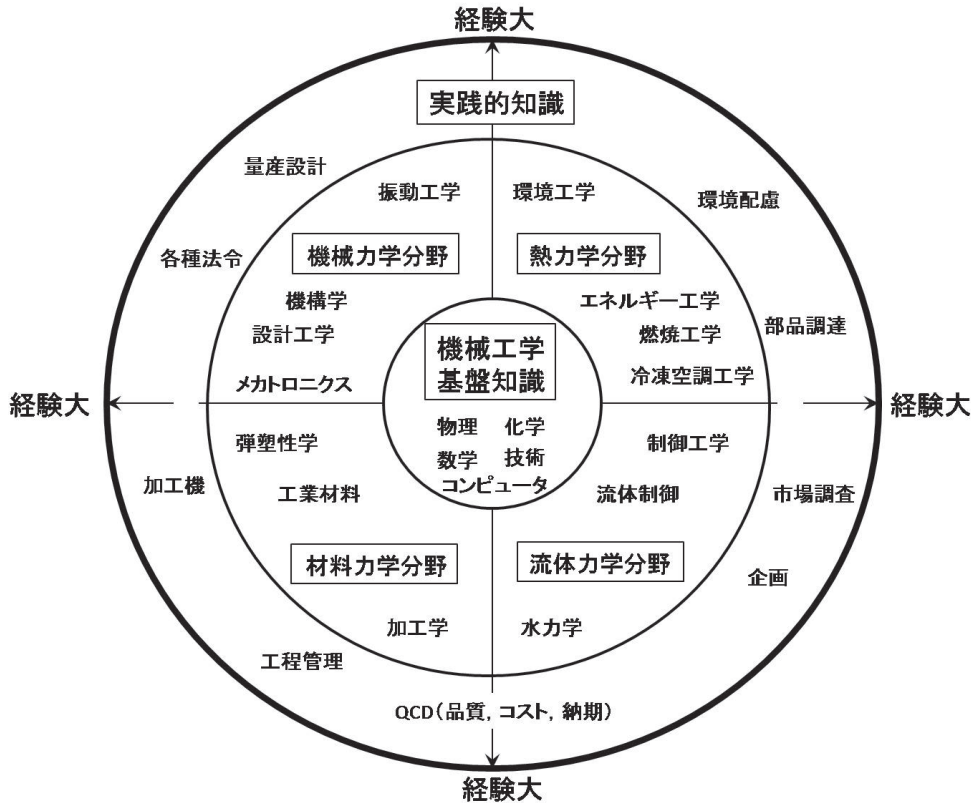


図3 国士館大学理工学部機械工学系のモノづくり教育

科目名	1年		2年		3年		4年
	春	秋	春	秋	春	秋	
ものづくり基礎A/B	工学基礎知識の応用と創造力育成						集大成として卒業研究
機械工学実験実習			専門知識の実験による確認				
設計製作プロジェクトA/B/C/D			PBL (Project-based Learning)				
機械系専門科目							
ゼミナール							

図4 モノづくり系科目の年次進行

専門科目が未履修の1年次には高校理科や技術の知識を基本とする題材を用いたモノづくりを行う。ここでは、創造力の育成や工学基礎知識と実際のものを結びつける力を要請することを最大の目標として「ものづくり基礎A/B」を実施している。専門科目の履修が進む2年次や3年次では、専門知識を確認できるような題材を用意して実験・実習を行うようにしている。とくに、「設計製作プロジェクトA/B/C/D」では、プロジェクトとして「Plan」-「Do」-「See」の手続きを意識させるように進めている。また、成果発表会を実施し、プレゼンテーション技術やプロジェクトをまとめる力も修得できるようにしている。これらの経験を生かし最終的に4年次の卒業研究に繋がるようにしている。

3. 低学年モノづくり教育事例

3.1 スケジュールと概要

理工学系の専門科目を修得するには、自然科学の理論と実際のモノを構成する技術を結びつけて理解することが重要である。特に、大学に入学したばかりの学生は、いわゆる受験科目として数学や物理を理解していることが多く、実際の機械との結びつきを知らない学生がほとんどである。したがって、1年次では、高校数学や物理といった大学入学前に持っている知識を活用し、身近な題材を用いたモノづくり教育が効果的である。ここでは、1年生向けに実施している「ものづくり基礎A/B」の事例について述べる。

「ものづくり基礎A」は、春期15回1コマ、「ものづくり基礎B」は、秋期15回1コマでそれぞれ実施している。表2にテーマと図3に示した4分野の専門科目への連結状況を示す。すべてのテーマにおいて、その原理は高校までの知識で理解できるような題材を選定している。また、目標を設定し、単なる試行錯誤の改造ではなく、自然科学の原理に基づき改造をして目標達成するようにしている。そして、担当教員は次年次以降で受講する専門科目の工学知識へ興味を持って進めるよう誘導するようにしている。表3に、「ものづくり基礎A」の15回分の内容を例として示す。テーマに対して概ね5~7回で完結するようにしてい

る。構想検討や設計の時間を多くして、考える時間を持つるようにしている。また、1次評価の結果を基にした改造設計を実施するようにしている。これは、課題解決能力を育成することを目的としており、将来の卒業研究に役立つ。

3.2 テーマの実施例

図5に「ものづくり基礎B」で実施している投石機の概要を示す。学生は、決められた材料を自由に使い設計を進めるようにする。カップ部はプラスチック製で、カップや必要な木材などの材料はすべて支給している。カップの取付角度、部品3の長さや支点となる針金の設置位置、部品2の設置角度などをそれぞれが設計して製作する。カップに入れる玉はスーパーボールを用いている。学生は、高校で学習した、遠心力や物体の回転、運

表2 「ものづくり基礎A/B」の内容

科目名	テーマ	概要	専門科目(4分野)の連結
ものづくり基礎A	紙飛行機	割り箸とケント紙のみで、飛行距離が直線で10[m]以上となる紙飛行機を設計・製作。	「流体力学」
	竹とんぼ	竹材と竹ひごを用い、滞空時間10[s]以上、垂直に高く上がる竹とんぼを設計・製作。	「流体力学」「機械力学」
ものづくり基礎B	投石機	木材と輪ゴムでスーパーボールを5[m]以上遠くに投げつける投石機を設計・製作。	「機械力学」「熱力学」
	スパゲティブリッジ	スパゲティの麺を用いて、0.6[m]を渡す、耐荷重が自重の10倍以上の橋を設計・製作。	「材料力学」
	ゼンマイカー	ゼンマイカーを改造して登坂できるようにする。	「機械力学」「熱力学」

表3 「ものづくり基礎A」のスケジュールの例

	内 容		内 容
第1回	ガイダンス	第9回	構想検討
第2回	構想検討	第10回	1次設計・試作
第3回	1次設計・試作	第11回	1次設計・試作
第4回	1次設計・試作	第12回	1次評価
第5回	1次評価	第13回	修正・改造
第6回	修正・改造	第14回	2次評価
第7回	2次評価	第15回	まとめ プレゼンテーション
第8回	まとめ プレゼンテーション		

材料: 5×15×900ヒノキ材 2本
 木ねじ(3.1×13) 5本
 輪ゴム 2本
 ゼムクリップ 1個
 針金(#14, 長さ50[mm]) 1本

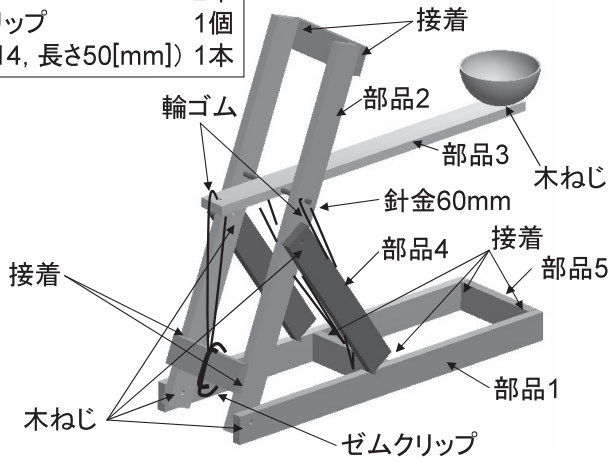


図5 投石機の概要

動エネルギー、トルクなどを復習しながら、スーパーボールを遠方に飛ばす最適な構造を作り上げていくこととなる。図6、図7に投石機の製作品の例と評価風景を示す。製作品は、学生それぞれの設計による個性的なものできあがっている。評価試験では、飛距離の他に、軌道の調査を行ったり、障害物を置き高さや飛距離の関係を調査したり、目標物を置き投石の精度を評価するなど、工夫がなされている。

次に、スパゲッティブリッジのテーマについて述べる。表4に、スパゲティブリッジの設計仕様を示す。使用材料は、スパゲッティの麺を用い、小刀と瞬間接着剤にて設計した形状に製作していく。

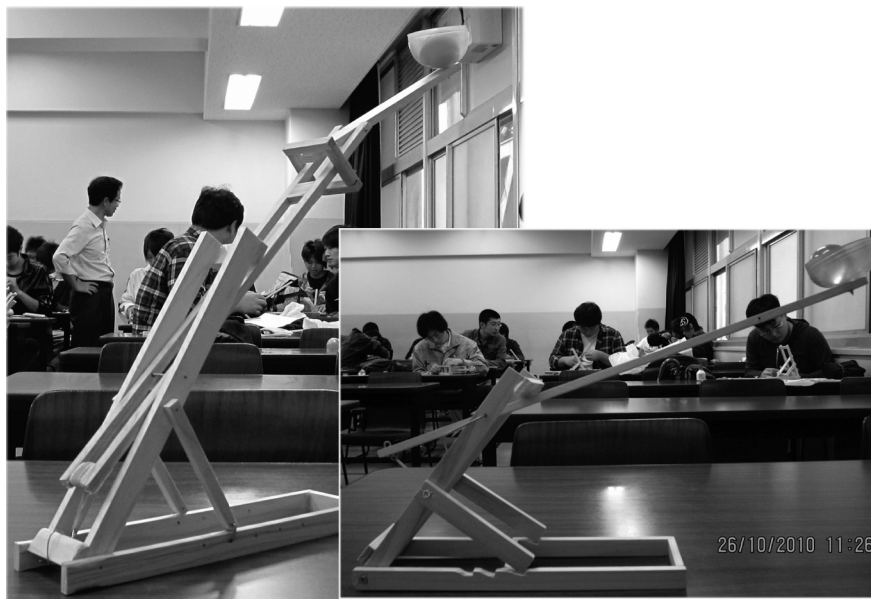


図6 投石機製作品の例



図7 投石機製作品の評価

表4 スパゲッティブリッジの設計仕様

設計条件
・完成品の自重: 基本的に100[g]以下とする
・橋のスパン: 60[cm]以上
・評価基準: [崩壊荷重] / [自重]
・使用材料: スパゲッティ用麺および瞬間接着剤
使用材料
・完成品の自重: 基本的に100[g]以下とする
・橋のスパン: 60[cm]以上
・評価基準: [崩壊荷重] / [自重]
・使用材料: スパゲッティ用麺および瞬間接着剤

このテーマでは、強度に関する理解度を高め、専門科目の材料力学への連結を図れるようにしている。したがって、補助教材として、図8、図9に示す材料力学の基礎的な解説を行い、さらにスパゲッティの麺1本の曲げ強度を考えさせてから設計作業に入るようにしている。図10にこうして製作されたスパゲティブリッジの製作品の例を示す。学生が意欲的に取り組んでいるので、強度だけでなく、芸術的な観点も考慮した構造の作品が多く見られている。

3.3 授業評価アンケート

これまでに、「ものづくり基礎A/B」は2007年から2010年まで実施している。受講生は、50人～80人程度である。図11～図13に、2010年に実施した「ものづくり基礎A」の授業評価アンケート結果を示す、図11は、授業の目標到達度に対する満足度を示している。大変満足とやや満足を合わせて64%が満足していると回答している。満足していないと回答している学生は少なく、概ね良好な目標設定であることが明らかになった。目標の説明、授業の趣旨をさらに理解させるようにすれば、満足度はさらに向上するものと考えられる。図12は、学生の授業内容に対する理解度を示している。よく理解できたと大体理解できたと回答した学



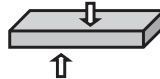
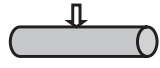

引張荷重 Tensile load		材料を引き延ばす方向に加わる荷重
圧縮荷重 Compressive load		材料を押し縮める方向に加わる荷重
せん断荷重 Shearing load		材料をはさみで押し切るような方向に加わる荷重
曲げ荷重 Bending load		材料を曲げる方向に加わる荷重
ねじり荷重 Torsional load		材料をねじる方向に加わる荷重

図8 補助教材の例（荷重の加わり方による分類）

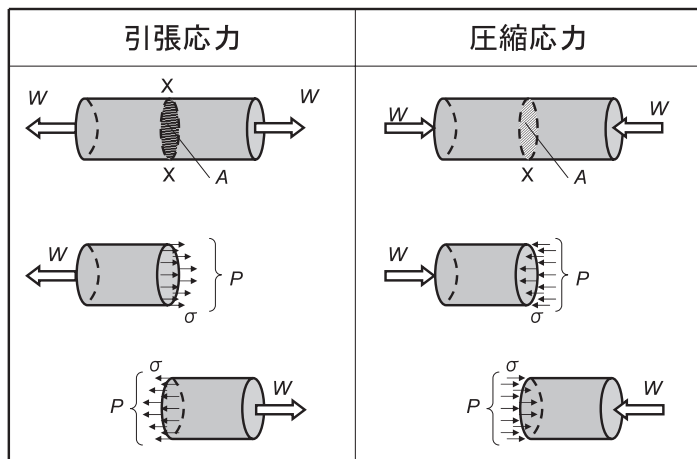


図9 補助教材の例（垂直応力）

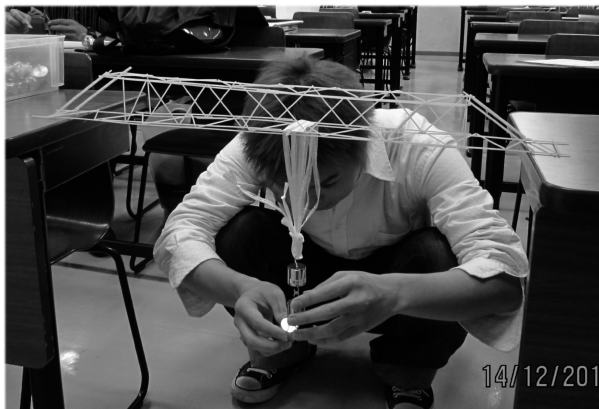
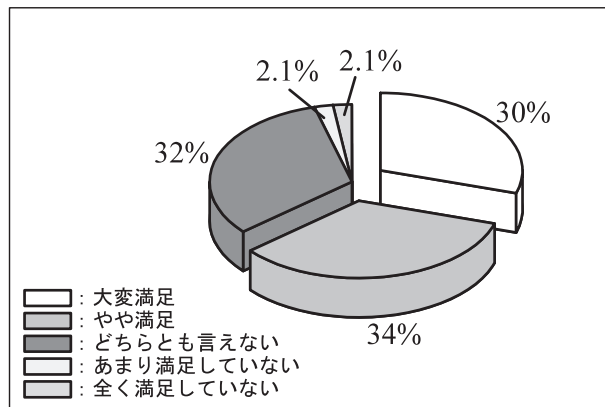


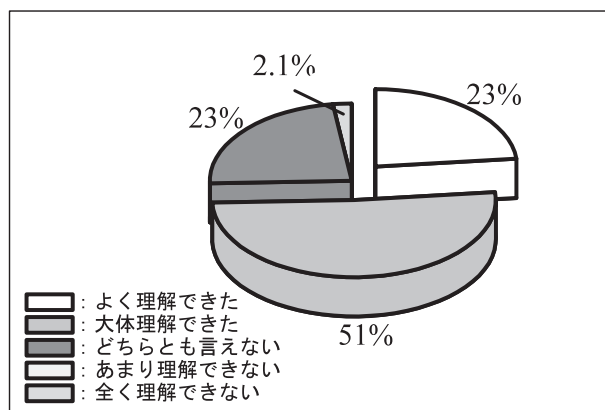
図10 スパゲティブリッジの製作品の例

生は74%となっており、本授業が高い習熟効果を有した授業であることが明らかになった。図13は、学生の授業に対する満足度を示している。大変満足しているとある程度満足していると回答した学生は72%であり、高い満足度を有した授業であることが明らかになった。



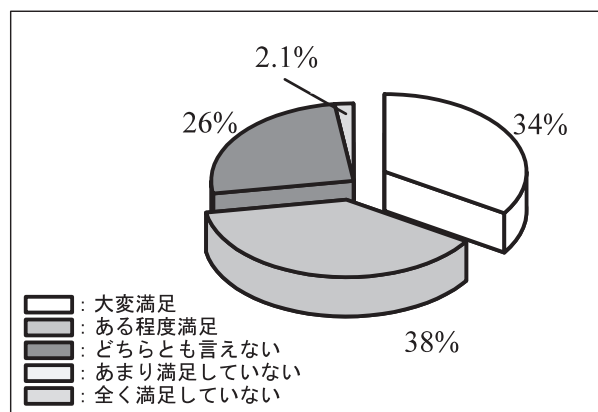
問: 授業目標到達度の満足度

図11 授業評価アンケートの結果 (その1)



問: 授業内容の理解度

図12 授業評価アンケートの結果 (その2)



問: 授業の満足度

図13 授業評価アンケートの結果 (その3)

4. ま と め

これまでに、低学年向けの実践的なモノづくり技術者教育手法として、理工学部へ改組と同時に開発して運用してカリキュラムに関して、工学に対する学生の興味を引き出し、その教育効果が十分高いことが、明らかになった。

歴史を振り返れば、戦士が英雄になり、政治家がその名を残す事が多い。しかし、いつの時代も社会の礎を作るのはエンジニアであり、そこには技術者にしかできない仕事があり、やりがいのある大仕事である。技術立国である我国において、次世代を担う技術者に求められる根本理念はまさにここにあり、このような観点に立ち、技術者育成に注力していくことは、学生の興味を引き出し、高い教育効果が得られることから、方向性として間違っていないことを確信しているところである。大学関連部署の理解と協力を切に望むところである。