専門カリキュラムを動機付けとした 機械系学生による小学生への教育奉仕活動

Voluntary Instruction to Primary School Students by Undergraduates
Motivated by the Major Curriculum of the Mechanical Engineering

合 田 公 一^{※1}
Koichi GODA

A synthetic engineering seminar, one subject of the major curriculum of the Department of Mechanical Engineering of Yamaguchi University, motivated three undergraduates to carry out voluntary instruction to primary school students. Three educational winches, a uni-shaft winch, a two-shaft winch, and a three-shaft winch, were designed and produced in the seminar. The second and third winches function with 1/3 and 1/8 gear reduction ratios. Consequently, the first winch gives the highest lifting speed while the third winch lifts the heaviest load. To encourage interest in science and machines, a voluntary course was held by three undergraduates using those produced three winches: 158 Kami-Ube Elementary School students residing in Ube-city, Yamaguchi prefecture attended the course on March 4, 2003. A post-course survey showed that 90% of the children were impressed by the course. More than 50% of the children were interested in science and machines. This fact leads us to discuss the subject of building a major curriculum including voluntary instruction or service to the local community.

Keywords: Voluntary Education, Primary Education, Science Apathy, Winch, Mechanical Engineering, Motivation by Major System

キーワード: 教育奉仕活動, 初等教育, 理科離れ, ウインチ, 機械工学, 専門科目による動機付け

1. はじめに

子どもたちの理科離れが進んでいる。1999年の国際教育到達度評価学会(IEA)の学力調査結果¹⁾によると、日本の中学生の理科における成績は参加38ヶ国中4位と比較的高い順位を維持している。1995年における調査結果でも41ヶ国中3位であった。同学会の小学生を対象にした理科の成績においても日本はトップクラスの成績を修めている。これらのデータを参照にする限り、学力低下が深刻に進んでいるとは思えない¹⁾。しかし、理科の学習・知識への関心に係わるアンケート結果(1999年、中学生)によると、理科が「大好き」「好き」と答えた生徒は下から2番目の55%であり、国際平均の79%を大きく下回る。実は、この関心度の低さは大人の理科に関する知識に深刻な影響を与えると考えられるのである。2001年に18歳以上を対象に実施された文部科学省科学技術政策研究所の「科学技術に関する意識調査」結果によると、科学技術知識の理解度(リテラシー)の正答率は欧米14ヶ国中スペインと並んで11位に相当する²⁾。

同様な低レベルの結果は、経済協力開発機構(OECD)の1996年報告「一般市民の科学・技術に対する意識調査(科学技術の問題に対する判断能力)」でも指摘されている³⁾。

1994年、物理系3学会(日本物理教育学会、日本物理学会、応用物理学会)が理科離れの阻止を文部省(当時)に訴えた話しはあまりに有名である。小・中・高校生の理科の授業時間回復や小学校低学年の理科の復活、科学教育の充実などを「理科教育の再生を訴える」と題し、会長声明として提出した⁴⁾。事態の深刻さをうかがい知ることができる。さらに、日本学術会議・物理教育小委員会によると、この深刻な事態は大学関係者に責任があることを指摘している⁵⁾。大学は、学習指導要領に従って小学校・中学校・高校の教育を受け

†1 中教審「初等中等教育と高等教育との接続の改善について²⁾」によると、これらのデータからみる限り我が国の小・中学校段階の児童・生徒の学力は、全体としておおむね良好であり、維持されているものと考えられる、として学力低下を認めていない。一方、岡部³⁾は国際学力調査結果の得点データの再整理によって学力低下につながる考察を詳述している。

た学生を迎え入れて教育を施す立場にあるので、そこで規定されている時間数の減少、および教育内容の変化について十分認識すべきである。そして、市民の素養の維持および大学教育との接続との観点から、初等中等教育の諸問題の解決のために尽力するのは当然である、としている。もとより、大学教官は「専門教育と研究」のみならず、一般教育の教授活動⁸⁾を始め、地域奉仕や情報公開を通したグローバルな教育活動を求められるようになっている。それならば、上述の理科離れや接続教育の問題を念頭におき、専門カリキュラム科目を初等教育への奉仕活動とリンクさせて、学生が機械工学をより深く学ぶための動機付けになればまさに一石二鳥である。本報はその一つの試みである。

2. 専門カリキュラムによる動機付け

平成14年度において山口大学工学部機械工学科では「機械工学演習D」を3年次の新カリキュラムとして実施した。このカリキュラムの目的は、これまで学んだ講義・演習、設計製図、実験・実習に係わる知識を集約し、一つのプロジェクトを完成させることである。プロジェクトは3人の学生を1グループとして実施する。著者の所属する設計生産工学講座では、課題名「ウインチ機構を有する機械の製品企画とモデル設計・原価計算」と題して表1のようなスケジュールを与えた。

表1 設計生産工学講座「機械工学演習D」のスケジュール

○第1週：ガイダンス
○第2～4週：
・ウインチ機構を含む製品の調査・製品案の決定
・規格の決定動力（電動、手動、エンジン）、荷重、機構、使用形態など
・役割分担の決定
・発表準備、企画書作成
○第5週：課題・実施計画の中間発表会、企画書の提出
○第6週～8週：
・機構設計
ウインチの強度計算：ロープ、巻胴、歯車、軸など
レイアウト設計
○第9週～10週：
・原価計算
・レイアウト設計、原価計算をもとにした設計修正
○第11週：製図
○第12～13週：発表準備、演習報告書の作成
○第14週：最終発表会、演習報告書の提出

2.1 教育用ウインチの目的と仕様

著者のグループは「教育用ウインチの設計・製作」と題し、小学生でもウインチの仕組みが理解できるようなウインチ教材の開発を目的とした。そして、このウインチを用い、小学生向けの講習会を開催することももう一つの目的である。

教育用ウインチの設計・製作にあたり、以下の点に注意した。

- (1) 小学生に危険がなく、かつ、扱いやすいように小型のウインチを設計・製作する。
- (2) 小学生でも容易に機構が理解できるように、簡単な機構を有するウインチを設計・製作する。
- (3) 小学生が荷重を実感しやすいように、身近にある水の入ったペットボトルを巻上げ荷重とするウインチを設計・製作する。
- (4) 機構の違いによるウインチの性能の違いを小学生に理解させるため、機構の違いによって巻上げ荷重、速度および回転方向の変わる3種類のウインチを製作・設計する。

3種類のウインチとは、①モーターとドラムを直結させたウインチ、②ハンドル及びモーターの出力を一对の歯車で減速するウインチ、③ハンドル及びモーターの出力を二対の歯車による歯車列で減速するウインチであり、以下、それぞれを単軸ウインチ、二軸ウインチ、三軸ウインチと呼ぶ。単軸ウインチはモーターもしくはハンドルによる動力を用い、ドラムを直接回転させるウインチである。二軸ウインチはモーターもしくはハンドルによる動力を一对の歯車で減速してドラムを回転させるウインチである。歯車列の減速比を1/3に設定する。このウインチは、単軸ウインチに比べて一对の歯車で減速しているの、より小さい力でペットボトルを持ち上げることができる。しかし、巻上速度は小さくなる。また、出力軸とドラムの回転軸は逆に回転する。三軸ウインチはハンドルもしくはモーターによる出力を二対の歯車による歯車列で減速するウインチである。このウインチはモーターもしくはハンドルによる動力を二対の歯車による歯車列で減速してドラムを回転させるウインチである。歯車列の減速比を1/8に設定する。このウインチは二軸ウインチよりさらに小さい力でペットボトルを持ち上げることができるが、巻上速度はさらに小さくなる。出力軸とドラムの回転軸は同じ方向に回転する。二軸、三軸ウインチともに軸間距離の調整が可能である。紙面の都合上、三軸ウインチのみについて外観写真と設計図概要を図1、2にそれぞれ示す。以上のウインチの設計では、当然ながら、歯車、軸および軸受の強度計算も併せて実施された。

図1 三軸ウインチの外観

図2 三軸ウインチの設計図面

2. 2 教育用ウインチの性能試験

単軸ウインチ、二軸ウインチ、三軸ウインチの性能試験を行った。性能試験として、(i) 無負荷状態における巻上速度の測定、および(ii) 最大負荷状態における巻上速度の測定を実施した。性能試験に先立ち、手動によりすべてのウインチで2 kgfの負荷まで持ち上げること確かめた。しかしながら、歯車、軸などの耐久性に問題の生じる可能性があるため、安全率を考慮して各ウインチの最大負荷を、単軸ウインチを0.2kgf、二軸ウインチを0.5kgf、三軸ウインチを1.0kgfにそれぞれ設定した。以上の負荷を与え、巻上速度を測定した結果を表2に示す。

無負荷状態の試験結果から、すべてのウインチは正常に作動した。すなわち、巻上速度は単軸ウインチを基準に、二軸、三軸ウインチともに、ほぼ減速比どおりの速度を示した。しかし、若干ながら二軸、三軸と歯車数が増えるにつれて効率が落ちることがわかる。これは、無潤滑で運転していることと、軸受のアライメントの精度に問題があることが原因と考えられる。また、最大負荷状態では巻上速度が大きく低下し、どのウインチもほぼ同じ巻上速度となった。

2. 3 教育用ウインチの構成部品価格

表3に3種類のウインチに要した構成部品価格とその合計額を示す。単軸、二軸、三軸ウインチの順に2,530円、3,545円、4,765円であった。今回、軸力伝達のためのインラインカラーやハンドルについては既製品を購入した。後述するように別途同じウインチを後日製作したが、ハンドルについては機械工場で作製したので部品価格から除くことができた。したがって、ウインチの部品価格はすべて760円ほど安くなり、1,770円、2,785円、4,005円となる。また、モーターは4年生で登場する光電池キット⁹⁾においてすでに購入されており、さらに500円ほどの減価が見込まれる。実際に製品化するには、三軸ウインチの歯車列を可動させ単軸および二軸にも対応できるように計画して

表2 教育用ウインチの巻上速度

	減速比	最大負荷 (kgf)	無負荷状態 (m/s)	最大負荷状態 (m/s)
単軸ウインチ	1	0.2	0.7	0.023
二軸ウインチ	1/3	0.5	0.23	0.024
三軸ウインチ	1/8	1.0	0.07	0.021

表3 教育用ウインチの構成部品価格 (単価×個数で表示)

部 品 名	材質・規格	単軸ウインチ	二軸ウインチ	三軸ウインチ
モーター	ギヤドモーター (出力339g・cm, 回転数49rpm, タミヤ社製)	¥500×1	¥500×1	¥500×1
歯車1 (歯数15)	DSジュラコン成型平歯車 (モジュール0.8, 小原歯車製)	—	¥125×1	¥125×1
歯車2 (歯数45)		—	¥200×1	¥200×1
歯車3 (歯数30)		—	—	¥170×1
歯車4 (歯数80)		—	—	¥280×1
軸 (φ3)	ステンレス製中実丸棒	¥60×1	¥60×1	¥60×1
軸 (φ6)	ステンレス製中実丸棒	—	¥110×1	¥110×2
軸継ぎ手	インラインカラー	¥450×1	¥450×1	¥450×1
軸受 (φ3)	両シールドころがり軸受	¥360×1	¥360×1	¥360×1
軸受 (φ6)	すべり軸受	—	¥220×2	¥220×4
ハンドル	アルミ成型ハンドル	¥760×1	¥760×1	¥760×1
ドラム	ミシン用ボビン	¥10×1	¥10×1	¥10×1
外板 ^{*1}	アクリル製	¥30×2	¥100×2	¥210×2
電池	単一乾電池	¥100×1	¥100×1	¥100×1
電池ボックス	単一乾電池用	¥230×1	¥230×1	¥230×1
合計金額	—	¥2,530 + a ^{*2}	¥3,545 + a ^{*2}	¥4,765 + a ^{*2}

*1 購入価格から各外板面積に換算した値

*2 ボルト・ナットなどの諸経費

いるので、原価は三軸ウインチのみの部品価格に製作費を加えた値、すなわち4,500円～5,000円程度になるものと見込んでいる。1学級1機の購入を考えるならば、妥当な価格と思われる。

2. 4 講習会に向けての取り組み

機械工学演習Dの評価にあたり、設計生産工学講座内で最終発表会を開催した。各グループ10分の発表時間に加えて5分の質疑が課せられる。個々のグループがこの日のために準備した成果を順番に披露した。最後に成果報告書を提出し、設計生産工学講座の14週すべてのスケジュールを無事終了した。通常の学生はこれで評点が下され、晴れて自由の身となる。しかし、著者の指導する3人の学生はそうではない。開発した教材が、小学生が理解するにふさわしいかどうかを試す仕事（講習会）がまだ残っている。人に物を教えるためには自身もよく理解しなければならない。再度、ウインチの適用例や仕組みについて学習するとともに、（講習対象となる小学校の児童数の都合により）別途、同様なウインチをもう1組試作した。そればかりではない。講習会のための配布資料と講習用パワーポイントの作成、さらにプレゼンテーションの原稿作成に時間を費やした。当然ながら、講習会本番に向けての発表練習も繰り返して実施しなければならない。3人の学生が主体的に以上の取り組みを行なった。

3. 教育奉仕活動の実践

3. 1 講習会「ウインチを知ろう！」

平成15年3月4日、山口県宇部市立上宇部小学校6年生158人（4学級）の児童に対し、講習会「ウインチを知ろう！」を実施した。実施メンバーは山口大学工学部機械工学科3年生（当時）の加治岳士君、木村浩一郎君、中村純弥君の3人である。当日予定されていた理科の授業をいただき、2学級ずつに分けて45分授業を同校の体育館において2回実施することになった。この試みは地元のマスコミも注目していたので、当日は地元新聞社およびNHKの取材とともに始まった。

まず、ウインチの日常生活における適用例を写真で紹介するとともに、ウインチの原理を、①力学的エネルギー保存則および②歯車による力の伝達機構を通して重点的に講述した。これらの概要を、小学生に配布した資料の一部を抜粋し、図3および図4に示す。①のエネルギーの概念は小学校では登場しない。そこで、荷重と移動距離の積としていきなり考えさせるのではなく、図3のように身近な例として階段を人間が移動する形態で実感させることをねらいとした。体育館には登壇用階段があるので、学生2人がこれを利用して図3を実演した。これよりエネルギーなるものが力だけでなくその移動距離にも係わることを理解してもらうのである。②は力が歯車を通して他の軸に伝達されることを教えるものである。ここで、5年生で習った“てこ”を登場させた¹⁰⁾。

図3 配布資料より（その1）

図4 配布資料より（その2）

てこにおける力の伝達は支点を介して他端のおもりに伝わる。歯車列も、図4に示すように、歯のかみ合いを介して歯車1から歯車2へ力が伝達し、荷物を持ち上げることができる。てこでは支点までの距離のちがいによって簡単に持ち上げられるように、歯車列では歯数のちがいによって大きな荷物を持ち上げることが可能となる。押し下げるに費されるエネルギーは持ち上げるに要するエネルギーと等価になる。すでに習った知識を通してエネルギーや歯車列に親しんでもらった。

ここまでで約10分経過した。続いて子どもたちに実際に手で触れて観察・操作してもらうために、前述した3種類のウインチと、力の伝達機構を理解させるために別途準備した2枚歯車列からなるモデル機の計

4台2組を各学級各班にそれぞれ配布した（この時点ではまだペットボトルを持ち上げない）。1学級は4班約10名からなり、各班で一つのウインチを扱う時間はおよそ5分である。5分後、他班から別種のウインチを受け取る。この間、学生3人と著者が各班の子どもたちに適宜説明しながらウインチを体験してもらう。その際の様子を図5に示す。この体験コーナーで約20～25分費やした。続いて、体験したウインチ

(a) パワーポイントによる説明（左から中村君，加治君）

(b) 子どもたちによる観察・操作（右手前 木村君）

(c) 著者（左上）による説明補助

図5 講習会の様子

に関してクイズ形式で子どもたちに問題を与えた。すなわち、3種類のウインチのうち、

- (1) ペットボトルを最も速く巻き上げられるのはどれか？
- (2) ペットボトルを最も小さい力で巻き上げられるのはどれか？

とした。子どもたちに考えさせて、各班ごとに解答をだしてもらう。続いて、クラスの代表者が3つのウインチを実際に手で操作し、水の入ったペットボトルを持ち上げた。そしてクイズに答えるという流れである。クイズ(1)(2)ともにほぼ全班が正解であった。最後にウインチの原理について簡単におさらいし、終了となった。わずか45分の講習会ではあったけれど、機械や科学への興味を引くことに多少なりとも貢献できたであろうか。子どもたちがウインチに触れているとき、その目の輝きを見ればわかる。最後に学生が「今日の授業で理科が好きになった人、手を挙げて！」と尋ねると、ほとんどの子どもたちが挙手した。今回の目的が達成されたと確信した。3人の学生も同じ気持ちであったにちがいない。

我々は2組のウインチのうち、1組を小学校に寄贈した。時間内に十分に操作できなかった子どもたちに試してほしいし、ウインチを理解する上で改良点があるかどうかを担当の先生方から情報提供してもらうためである。将来の教材開発の糧になるであろうし、教育奉仕活動を持続するためである。

3. 2 講習会のアンケート結果

子どもたちは今回の講習会に対してどのような感想や意見を持ったであろうか。担当の先生方の協力の下に、子どもたちへアンケート調査を実施した。表4にアンケートの内容と結果を示す。設問1では約9割の子どもたちが「おもしろかった」と回答した。時間を掛けて準備した甲斐があった。設問2では6割が「ウインチを操作したこと」を選択し、実際に手で触れることの大切さを感じた。注目すべきことは「エネルギーのしくみ」を選ぶ子どもたちが少なからずいることである。先述した荷物を移動させる実演を通して、エネルギーを子どもたちに興味付けることが可能であることを示している。設問3では表に示すように、取り上げてほしい項目は実に様々であった。中でも「電流・電磁石」は最も多く、「モーター」と併せると、39人(24.7%)の子どもたちが電磁石に興味を持っていることがわかる。6年生の理科の授業に登場する他の項目(宇宙・星、気体・液体、水溶液、植物のしくみ、水と自然など¹¹⁾)に比べ抜きでている。続いて、ロボット、ラジコンが最近のブームを象徴してか、これに続く。いずれにしても、このような多岐にわたった回答から、子どもたちの科学や機械、自然、環境への関心の深さ

表4 講習会「ウインチを知ろう!」のアンケート結果

1. 今日のウインチの授業はおもしろかったですか?	
a. おもしろかった	90.5% (143/158)
b. どちらとも言えない	8.9% (14/158)
c. おもしろくなかった	0.6% (1/158)
2. 「おもしろかった」と答えた人に聞きます。どのようなところがおもしろかったですか? (複数回答あり)	
a. エネルギーのしくみ	26.1% (42/161)
b. ウインチを操作したこと	59.6% (96/161)
c. クイズで景品をもらったこと	10.6% (17/161)
d. その他	3.7% (6/161)
3. 今後、大学生のお兄さんたちによる授業があれば、他にどんなものを授業で取り上げてほしいですか?	
電流, 電磁石 (28), ロボット, ラジコン (25), 宇宙, 星 (12), モーター (11), 雲, 雷 (7), 気体・液体, 水溶液 (7), パソコン・ゲームのしくみ (4), 車とスピード (4), 地殻変動, 地震 (4), 数学 (3), てこ (3), 植物のしくみ (3), ソーラーカー・システム (3), 人工雨・雪 (2), 水と自然 (2), クローン, 人間の進化 (2), 電動リール (2), 化学 (2), その他, 鳥は何故飛べるか, 魚の優れているところ, 果物電池, 酸性雨, 羽根車, 生物と環境, 体のしくみ, 飛行機, 日食, 煙, 万有引力, 光の進み方, 医療器具, 無重力, 人工知能, 電波など	
4. 今日のウインチの授業をとおして、機械や科学に興味をもてましたか?	
a. 機械や科学には以前から興味をもっている	26.5% (40/151)
b. たいへん興味をもった	51.0% (77/151)
c. あまり変わらない	21.9% (33/151)
d. 興味がうすれた	0.7% (1/151)

を思い知ることができる。子どもたちは勉強の「理科」を好きなのではなく、「探求」の理科が好きなのである。設問4では、今回の講習会を通して機械や科学に興味を持った子どもが約半数(51.0%)いることを示している。この結果だけでも今回の目的達成が裏付けられよう。しかしながら、機械や科学に以前から興味をもっている子どもたち(26.5%)と足し合わせても77.5%であり、冒頭で述べた理科の学習・知識への関心に係わるアンケートで「大好き」「好き」と答えた国際平均の79%と、ようやく同等な数値でしかないことを忘れてはならない。

4. おわりに

講師を務めた学生3人の活力は絶賛に値した。これまで教育活動的な経験がないにもかかわらず、彼らの潜在力にはただ驚かされるばかりである。彼らは、彼ら自身でウインチを具現化することでその仕組みをより把握し、これまで以上に興味を持つようになった。また原価を概ね把握し、自身で製作したウインチの商品としての価値を知った。しかしそれ以上に、小学生への講習会講師という役割に接し、機械工学科に所属する学生であることを改めて自覚したのではないと思う。この自覚こそが彼らの奉仕活動の動力源になったのであれば、今回の試みが成功であったことを意味するであろうし、動機付け

という観点から工学教育カリキュラムの在り方を再検討してもよいのではないか。もとより、中教審(答申)「新しい時代における教養教育の在り方について¹²⁾」では、ボランティアなど学生が社会や異文化との交流に参加する機会の提供を、教育課程の中で積極的に取り上げることが奨めている。今回試みた「専門カリキュラムを動機付けとする学生の教育奉仕」なる活動が、この答申に答え得る活動して一抹の参考にでもなれば本望である。

謝 辞

本報を発表するにあたり、山口大学工学部機械工学科4年生の加治岳士君、木村浩一郎君、中村純弥君に感謝の意を表す。著者は3君の代筆をただけであり、3君がすべてにおいて主体的に取り組んだ教育奉仕活動であったことを改めて記させていただく。また、山口県宇部市立上宇部小学校の西嶋浩次先生には講習会の受入れや会場準備、当日のスケジュールなど多大なるご支援をいただいた。山口県教育研修所・教科研研修部科学教育班の木村香織先生には本講習会を実施するにあたり貴重な助言をいただいた。山口大学工学部機械工場の技術専門職員の皆様にはウインチの製作にあたって懇篤なるご指導をいただいた。記して感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 文部科学省ホームページ http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/12/12/001244a.pdf
- 2) 文部科学省中央教育審議会「初等中等教育と高等教育との接続の改善について（答申）」(1999)
- 3) 岡部恒治：教育が危ない1－学力低下が国を滅ぼす（西村和雄編），日本経済新聞社（2001），173－208
- 4) 文部科学省科学技術政策研究所ホームページ <http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep072j/idx072aj.html>
- 5) 久富善之：学力を問う（岩川直樹，汐見稔幸編），草土文化（2002），164－170
- 6) 安斎育郎，滝川洋二，板倉聖宣，山崎 隆：理科離れの真相，朝日新聞社（1996），47－92
- 7) 長岡洋介，覧具博義：物理学研究連絡委員会報告「物理教育・理科教育の現状と提言」，日本物理学会誌，55－11（2000），872－875
- 8) 合田公一：オルテガに学ぶFaculty Developmentと学生の一般教育の必要性意識，山口大学工学教育，1（2002），7－11；合田公一，高木 均，

小出隆夫，呉景龍，有光 隆：機械系学生の一般教育の必要性意識と専門教育志向，工学教育，50－1（2002），7－13

- 9) 例えば，「光電池とモーターを使ったおもちゃ」教科書理科4年下，啓林館（1998）
- 10) 例えば，「てこのはたらき」教科書理科5年下，啓林館（1999）
- 11) 例えば，教科書理科6年上・下，啓林館（2000）
- 12) 文部科学省中央教育審議会「新しい時代における教養教育の在り方について（答申）」（2002）

著 者 紹 介

合田 公一

1982年 広島大学大学院博士課程前期修了

1989年 工学博士（広島大学）

現 在 山口大学工学部助教授

専 門 複合材料工学，材料信頼性工学