ペーパークラフト風車の開発と学生による 学生のための技術者教育の継続的な実践

Development of Paper Craft Wind Turbine and Continuous Practice of
Engineering Education for the Student by the Student

早稲田 一 嘉^{※1}
Kazuyosi WASEDA

立 川 力^{※2}
Tsutomu TATIKAWA

稲 垣 照 美^{※3}
Terumi INAGAKI

杉 森 健 志^{※4}
Takeshi SUGIMORI

This research planned and practiced “the engineer education for the student by the student with the aid of an inter-regional association”. We used a newly developed paper craft modeled three dimensional upwind type wind turbines, and exhibited the paper craft for a series of regional science festivals. The paper craft is connected to a development of new science teaching materials throughout the appropriate evaluation.

Keywords : Science & Engineering Education, Environmental Education, Creative Exercise, Community, Sustainable

キーワード：理科学教育，工学教育，環境教育，ものづくり，地域貢献，サステイナブル

1. はじめに

国民の科学技術に関する調査分析報告（2001年度文部科学省科学技術対策研究所版）¹⁾では、国民の「環境問題」に対する関心の高さが示されている一方、国民の「科学技術」に対する関心の低さも指摘されている。ここでは、我が国の理科離れが13歳以上になると急激に進行し、大人（18歳以上69歳まで）の科学技術知識に対する理解度が先進16カ国中14位と極めて深刻な状況にあることが指摘されている。また、2004年度文部科学省科学技術対策研究所版の科学技術指標－日本の科学技術の体系的分析－²⁾、2008年度文部科学省科学技術対策研究所版の科学技術システムの課題に関する代表的研究・有識者の意識定点調査（科学技術システム定点調査2007）³⁾や2008年度文部科学省科学技術対策研究所版のインターネットを利用した科学技術に関する意識調査の試み⁴⁾でも、同様な趣旨が繰り返し展開されている。

一方、OECDによる理数学リテラシーの平均得点に関する国際比較⁵⁾では、2000年の学力調査対象である32カ国のうち日本は数学リテラシー1位・科学リテラシー2位、2003年の学力調査対象である41カ国のうち日本は数学リテラシー6位・科学リテラシー1位という結果が報告されている。2006年度には、56カ国の

うち日本は数学リテラシー10位・科学リテラシー5位に転落した。また、国立教育政策研究所による追跡調査⁶⁾によると、「理科は面白い」と考える生徒の割合が学年進行とともに減少し、高校生になると50%にまで減少していることが憂慮されている。こうした理科学を取巻く背景は、科学技術立国である日本の将来の「ものづくり」に対する深刻な問題に発展しかねない。

一方、「ものづくり」に対する考え方も、経済優先から環境優先に急速にシフトされつつある。近年では、環境省事務次官会見要旨（2009年6月25日）⁷⁾にも見られるように、グリーン・ニューディール、すなわち環境配慮型の経済発展が打ち出され、地域発展と自然環境を強く意識した経済活動の必要性が叫ばれるようになってきた。「ものづくり」立国である日本としては、地域貢献と同時に、その担い手として将来を嘱望される青少年への「ものづくり」教育を具現化させ、環境問題に配慮させつつ人間生活に役立つ「ものづくり」の理念と感覚を身に付けさせて行かねばならないであろう。

したがって、一連の研究では、地域連携に基づいた継続的な技術者教育の実践を通じた理工学系大学院生のコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の向上と地域住民（小学校児童や中学校生徒など）への理科学への啓蒙を意図した。すなわち、茨城大学理工学研究科の大学院生自らが、大学と地域コミュニティー相互の連携組織を活用して問題解決能力とコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の涵養

平成22年2月4日受付

※1 神戸市立工業高等専門学校

※2 茨城大学技術部

※3 茨城大学工学部

※4 茨城大学大学院理工学研究科機械工学専攻大学院生

を図るとともに、学部学生向け専門基礎教育としての機械工学実験教材の開発や地域青少年向け理科学教室の開催を通じて環境問題や理科学への興味や関心の向上を図った。大学院生自らが体験型イベント「ものづくり体験理科教室」を企画・運営し、学部学生や地域の小・中学生に夢と現実の中継ぎをしながら「ものづくり」への興味の喚起と理科離れの防止を目指している。この活動は、茨城大学を知って貰う絶好の広報活動にもなり得るであろう。具体的な研究目的は、以下の4つである。1) 地域貢献を志向した地域に根ざした理工学技術者の養成とコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の涵養、2) サステナブルな環境教育の具現化による教育教材の開発、3) 青少年の理工学離れ防止、4) 茨城大学の広報活動である。ここで意図するサステナブルな環境教育とは、無尽蔵かつクリーンなエネルギー形態の一つである風力エネルギーを利用した風車を物理的に正しくモデル化し、それによって環境問題への興味や関心の向上を図ることである。

前報⁸⁾では、単なる小中高生向きの理科教育教材としてだけではない、大学課程においても流体力学の基礎を可視的に学べる教材として渦輪による渦運動に着目し、学生（大学院生等）による学生（学部生等）のための技術者教育の継続的な実践と評価について述べた。ここでは、過去数年に亘る学生自身による継続的な技術改善と地域向け理科学教室の開催を通じてコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の涵養を図る努力を続けた。

一方、本研究では、流体力学の基礎的な現象を教材として活用した前報に基づき、より応用的かつ環境教育を志向したペーパークラフト風車を教材として新たに考案し、地域連携を活用した学生による学生のための技術者教育の継続的な実践を意図した。ここでは、

平成16年から本学工学部内に大学院生を中心とした風力研究会（会員数：例年10名程度にて推移）を立ち上げ、実機のモデル化からまず開始した。

2. ペーパークラフト風車

「風力発電」は自然エネルギーの一形態である風力を活用しており、地球温暖化や化学的な公害を排出しない環境に優しいエネルギー資源である。そのため、温暖化を始めとする地球環境問題や自然エネルギーに関心を持たせ易い教材となる。ここでは、風力発電に供する水平軸アップウインド型風車を独自にモデル化し、図1～図5に示したようなペーパークラフト風車を開発した。本ペーパークラフトは、世界で初めて流体力学的な考察に基づいて開発されたものであり、小型風車用（図2）、大型風車用（図3と図4）の2種類である。一般に、実機と相似な形態をリアルにモデル化してしまうと、翼形状も複雑になり、組立ても難しくなってしまう。しかしながら、開発したペーパークラフト風車では、実機の翼形状を忠実にモデル化することに成功しつつ、小学生でも取り扱いが可能なように簡便な製作プロセスに最大限の配慮を払いながら、それらの相反する要件をバランス良く配合させてある。すなわち、従来から存在するペーパークラフト

図1 ペーパークラフト風車
(左：小型風車，右：大型風車)

図2 小型ペーパークラフト風車用台紙

図3 大型ペーパークラフト風車用台紙1

図4 大型ペーパークラフト風車用台紙2

図5 翼のひねり

風車では、翼形状が二次元的であるが故に実物感を創出できない。一方、新たに開発したペーパークラフト風車では、翼部品③に対する貼り合わせ方の工夫と「ひねり」によって三次元な翼形状のモデル化を可能とした(図5参照)。すなわち、以下に記述した幾つかの工夫が本ペーパークラフト風車を三次元翼化する際の独創的な特徴となる(図6参照)：1) 同一長さ ℓ を有した翼後縁接合部(糊付け部)，2) テーパー角 θ_1 、 θ_2 ($\theta_1 < \theta_2$) を有した翼後縁接合部(糊付け部)，3) 翼背面長さ Z_1 と翼腹面長さ Z_2 の相違 ($Z_1 < Z_2$)。さらに、翼のアスペクト比を大きくして見せかけの翼厚を増大させた。これらの工夫により、ペーパークラフト完成後に実物感を伴う達成感や充実感が得られるとともに、ものづくりへの関心や興味を高められるものと考えている。

大型ペーパークラフト風車では、発電用モーターと直結させてLEDを点灯させ、発電状況を視覚化する仕組みも加えた。これまでも電子オルゴールや電力計などを使用して発電状況を感知させていたが、視覚装置であるLEDの導入により風力エネルギーと電気エネルギーの変換プロセスが一目瞭然となり、風力発電の仕組みを体験的に面白く学習させることが可能と

図6 翼のひねりの仕組み

なった。すなわち、綺麗なイルミネーションの仕組みも付加することで、大人から子供に至る参加者に興味や関心を引き付けると同時に、風車・風力発電に対して好意的な印象を植え付けられるものと考えられる。大型風車用のペーパークラフトは、小型のそれに比べて製作難易度がより高い複雑な構造となっており、完成時の達成感もより大きい。

3. ものづくり体験理科教室への応用

3.1 ペーパークラフトの実践

独自に開発したペーパークラフト風車は、地域貢献を意図した継続的な環境教育の実践を通じた理工学系大学院生のコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の向上と、地域住民(小学校児童や中学校生徒など)への理科学の啓蒙を意図している。著者等は、茨城大学の周辺で毎年開催される茨城県日立市の「ひたち環境都市フェスタ」と東海村の「とうかい環境フェスタ」に本ペーパークラフト風車を持ち込み、本学大学院生(茨城大学風力研究会員)によるものづくり理科・環境教育講座をここ数年連続して展開している。ここでは、それらの成果について述べる。なお、毎年茨城大学工学部で開催される工学祭へも、ペーパークラフト風車を活用した「ものづくり理科教室」を地域住民向けに展開している。

図7～図11は、平成21年7月18、19日に開催されたひたち環境都市フェスタにおける活況振りを示したものである。フェスタ当日は、本学大学院生による指導の下、小学生を中心に老若男女様々な年齢層にペーパークラフト風車の製作をさせた。参加者には、まず初めにペーパークラフトの工程を説明した後に作業を開始させ、作業がやや困難な箇所においては参加者から適宜質問を受けながら必要に応じて大学院生と協力し合った。参加者の多くには保護者が同伴しており、親子で協力し合っている光景が目立った。フェスタには報道メディアや一般企業も参加しており、大学院生が保護者や企業の技術者など様々な参加者と展示

図7 ひたち環境都市フェスタの様子

図11 対話風景

図8 ひたち環境都市フェスタの様子

図9 ひたち環境都市フェスタの様子

図10 とうかい環境フェスタの様子

パネルやペーパークラフト製作を通じて「自然エネルギー」、「風車」や「環境」を議論する光景も目に付いた。このような場では、学生自らがそれらの問題に関する理解を深めると同時に、地域連携の重要性の認識、コミュニケーション及びプレゼンテーション能力の涵養も実践されるものと思われる。

3.2 ペーパークラフトの評価

完成したペーパークラフト風車は、団扇の微風でも起動する特性を有しているが、試験用に設置された扇風機の前には完成品の性能を確認する参加者の列が長く出来るほどの盛況振りであった。完成品が上手く起動した時には、参加者の多くが喜びの表情を浮かべ、彼等から完成後の達成感と喜びの声が聞かれた。ものづくりの面白さを大いに感じて貰えたものと思われる。また、毎年参加する子供たちも見受けられ、「去年楽しかったからまた来たよ」、「風車大好き」などの声も聞かれた。製作中に普段見せることのない集中力を発揮する子供の様子に驚いている保護者もいた。参加者から最も多く寄せられた関心は、風車の発電量に関するもので、自然エネルギーとしての風力エネルギーの可能性に大きな期待を寄せているようであった。ちなみに、平成21年7月18、19日に開催されたひたち環境都市フェスタでは、合計100セットほどのペーパークラフト風車が消費されるほどの盛況振りを呈していた。試運転時の回転と同期して点灯するLEDの光を見て満面の笑顔を覗かせていた。なお、現在までに開催した一連の理科学教室では、各報道メディアからも高い関心が示されている（日立ケーブルテレビJWAY⁹⁾、茨城新聞¹⁰⁾など）。

平成21年7月18、19日に開催されたひたち環境都市フェスタ参加者のうち25名（5歳～13歳）から得られた体験後のアンケート結果を図12、自由欄に記載されていた回答結果を図13、ペーパークラフトで難しいと感じた点に関する自由記入の回答結果を図14に示す。これらの集計結果から、本ペーパークラフトが楽しみながら環境問題や風車を学ぶことの出来る教材であるとともに、ものづくりへの興味や関心を引かせる

図12 アンケート結果

- ・楽しい
- ・さらに大きいものを作りたい
- ・綺麗に完成して嬉しい
- ・また作りたい
- ・風車が回転すると嬉しい
- ・夏休みの宿題に活用できる
- ・難しい

図13 アンケート結果（自由記入）

- ・ストローの挿入…………… (1名)
- ・紙を巻く作業…………… (2名)
- ・切る作業…………… (7名)
- ・翼部分の作業…………… (2名)
- ・貼る作業…………… (4名)
- ・モーター周辺作業…………… (1名)

図14 アンケート結果（難しいと感じた点 自由記入）

教材であることが明らかになった。すなわち、「風車について理解できた」、「もっと風車について知りたい」などの意見が寄せられた。ほぼ全ての参加者から完成後の達成感や充実感などの感想も寄せられている。また、参加者の83%が「製作が難しい」と回答していたが、「また作りたい」、「工作に興味が湧いた」などの回答も得られた。

以上を総合すると、翼形状の忠実なモデル化と簡便な製作指針に基づいて新たに設計・開発したペーパークラフト風車は、地域の青少年向け理科学教室の開催を通じて環境問題や理科学への興味や関心の向上を図るだけでなく、学部学生向け専門基礎教育としての機械工学実験向け教材としても有効となろう。アンケート回答者は小中学生が中心であったが、対象年齢をより年長者まで拡大した場合、教育教材としての価値がさらに高まることも予想される。学部学生向け専門教育教材としての適応性評価については、茨城大学

工学部内に設備されている大型風洞装置にペーパークラフト風車数台から構成される風況ジオラマを実際に設置し、平成22年4月から機械工学科3年次開講の機械工学実験（課題名：風車の原理と模型製作）に応用して一連の成果を分析する予定である。

3.3 大学院生による自己評価

平成19年、20年、21年度のひたち環境都市フェスタ、とうかい環境フェスタに参加した大学院生及び風力研究会の大学院生合計16名から採取した体験後の自己評価結果（自由記入形式）を以下に簡易にまとめる。

コミュニケーション能力の向上に繋がったと思われる点：1）風力エネルギーを始めとする環境問題全般に関する地域住民との議論、2）実機のモデル化に際して派生した技術的な諸問題に関する地域住民との議論、3）風車に関わる流体力学的な諸問題に関する地域住民との議論、4）環境や人に優しいものづくりに関する地域住民への提案力、などが深まり、自身の技術的知識と発言力の向上に役立った。一方、5）参加者への積極的な関与と科学的・技術的なディベートの仕方及び知識不足について改善の余地がある。

プレゼンテーション能力の向上に繋がったと思われる点：1）技術的な知識が少ない地域住民へ如何に簡易にペーパークラフト風車の仕組みと組立方法を伝えるか、2）環境や人に優しいものづくりとは何かを如何に簡易に伝えるか、3）環境問題や風力発電についての解説パネルを如何にデザインするか、などについて様々な工夫をした。一方、4）コミュニケーションやプレゼンテーションを通じて自己の工学的・技術的な知見の不備に気づき、改善の余地がある。

4. まとめ

本研究は、「地域連携を活用した学生による学生のための技術者教育（ものづくり理科教室）」を企画・実践し、その評価について具体的に述べたものである。設定した研究目的は、1）地域貢献を志向した地域に根ざした理工学技術者の養成とコミュニケーション及びプレゼンテーション能力の涵養、2）サステナブルな環境教育の具現化による教育教材の開発、3）青少年の理工学離れ防止、4）茨城大学の広報活動、である。ここでは、流体力学的な考察に基づいて独自に開発したペーパークラフト風車を活用し、茨城大学理工学研究科の大学院生自らが大学と地域コミュニティ相互の連携組織を活用しながら各目的を実現した。目的達成のプロセスは、学生自らが企画し、学生自らが運営した「ものづくり」の実践の場ともなった。したがって、「学生による学生のための技術者教育（ものづくり「理科教室」）の実践」の目的を十分に果たせたものと考えている。

本ペーパークラフト風車は、コンパクトさ故に地域の小中高等学校訪問などの出前授業へも今後積極的に

活用する予定である。茨城大学工学部内に設備されている大型風洞装置にペーパークラフト風車数台から構成される風況ジオラマを実際に設置して、基礎的な機械工学教育向け教材としても評価を加える予定である。

参 考 文 献

- 1) 文部科学省科学技術政策研究所：科学技術に関する意識調査－2001年2～3月調査－概要, 2001
- 2) 文部科学省科学技術政策研究所：科学技術指標－日本の科学技術の体系的分析－, 2004
- 3) 文部科学省科学技術政策研究所：科学技術システムの課題に関する代表的研究者・有識者の意識定点調査(科学技術システム定点調査2007, 2008), 2008, 2009
- 4) 安高志穂ほか4名：インターネットを利用した科学技術に関する意識調査の試み, 文部科学省科学技術政策研究所, 2008
- 5) OECD：生徒の学習到達度調査(PISA)2000, 2003, 2006年調査国際結果報告書, 2000, 2003, 2006
- 6) 国立教育政策研究所：理科の学力とその影響に与える諸因子の経年変化, 国立教育政策研究所紀要第136集, 2007

- 7) 環境省：事務次官会見要旨, 2009年6月25日
- 8) 稲垣照美, 立川 力, 杉森健志：地域連携を活用した学生による学生のための継続的な技術者教育の実践と評価, 工学教育, 58-4, pp.46-51, 2010
- 9) 日立ケーブルテレビJWAY：市民ニュース, 2006年7月14日, 行政ニュース, 2007年7月30日～8月14日, 行政ニュース, 2007年7月30日～8月4日, 行政ニュース, 2008年7月14日～7月19日, まなびピアいばらき2006, 2006年10月1日～10月7日
- 10) 茨城新聞：ひたちいきいき百年塾(日立教育プラザ)における取組, 2005年10月24日

.....

著 者 紹 介

早稲田 一嘉
2004年 工学博士(茨城大学)
2008年 神戸市立工業高等専門学校准教授