

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 4 日現在

機関番号：54502

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25871037

研究課題名(和文) 風車教材の開発と地域連携したサステナブルな技術者および技術リテラシー教育の実践

研究課題名(英文) Development of education tool using wind turbine generator and sustainable practice of the engineer education and the technology literacy education with regional alliances

研究代表者

早稲田 一嘉 (WASEDA, Kazuyoshi)

神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：20390479

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大型風力発電機のペーパークラフト模型の設計・開発・工作教室の企画と運営を通して、高専学生や大学工学部学生のエンジニアリングデザイン力やコミュニケーション力を鍛えるとともに次世代の産業界を担う小中学生に、風力発電の仕組みの理解、再生可能エネルギーの啓蒙そしてものづくりの奥深さを体験してもらうことが可能なサステナブルな教育システムの開発をすることを目的とした。研究開発の成果として、風力発電機のペーパークラフト模型および3Dプリンタによる模型の設計、一般向け公開講座、教員向けの研修、大学や高専での授業内での実践が可能な教材化を達成した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is development of the sustainable education system using horizontal axis wind turbine (HAWT) generator model which is made from a paper or 3D printer. The practical purposes of this study are instruction in renewable energy to young students and provide the experience of mechanical engineering such as airfoil design, manufacturing, and craftsman's mind and so on. Furthermore, the open seminar is a good opportunity for college students about mechanical engineering design skill-building and the technical communication skill-building. In this study, designing of the wind turbine generator paper model and 3D-printed model, and planning, preparation and operation of the open seminar using the HAWT generator paper model were carried out. The new curriculum using the horizontal axis wind turbine generator paper model with GPL wind turbine calculation software (QBlade) was constructed at department of mechanical engineering, Kobe City College of Technology.

研究分野：工学教育

キーワード：工学教育 STEM教育 再生可能エネルギー 公開講座 導入教育

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月11日の東日本大震災以降、石油などの化石燃料を燃料とした火力発電や原子力発電などの既存のエネルギーの代わりに再生可能(持続可能)エネルギー、特に風力発電が注目されていた。エネルギー分野に注目が高まっている一方で、日本における科学技術リテラシーは低下しており、子どもの理科離れ、工学離れが進行していた。このような時代背景の中で、大学工学部や工業高等専門学校(高専)に入学してきた直後の学生は本格的な加工技術が伴っていない状態であり、それなりの加工技術を身につけるには実習に多くの時間を割かなければならない現状であった。

(2) 大学工学部や高専でのエンジニア教育において、「理論と実践」両方の教育として、「講義(座学)と実習」を同時並行的に進めていく形が望ましいと思われるが、入学直後の学生は上述のように加工技術が伴っていないため、導入教育などの最中に実践的なものづくりを含む内容を盛り込んだ「理論と実践」を同時並行に進める授業を提供するということは非常に困難であった。また、導入教育の形式が講義中心の教育では、今後の学生生活においてどのような知識と経験を身につけていけばよいか肌身をもって考える機会も少なく、卒業までの数年間で、「工学」を学びエンジニアになるという実感を伴わないままに知識だけを蓄積していきただけになってしまう学生が多いと考えられた。他方、IoT、インダストリー4.0やスマート工場などが注目されており、中心を担う機械のひとつとして、3Dプリンタが挙げられるが、3Dプリンタの教育現場での活用は研究室での利用というレベルであり、まだ模索段階であった。製造・生産技術はより高度で複雑になってきているにも関わらず、入学時から卒業時まで要求されるスキルの差は年々大きくなってきていると考えられていた。

(3) 上述の「科学技術リテラシー低下の直接的な対策」として、公開講座に学生が主体的に参加することで、地域社会とつながり、社会において科学、工学、技術がどのように認識され、関心をもたれているかということを知る機会となり、工学系学生のエンジニアリング導入教育と、社会との接点をもち一般向けの工学の啓蒙活動を両立していくことは、環境に考慮した思考を合わせもったエンジニアを育成し、持続可能な製造業および社会を成り立たせるためにも重要な活動であると考えていた。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、大型風力発電機のペーパークラフト模型(以下ペーパークラフト風車)の設計・開発・工作教室の企画と運営を通して、高専学生や大学工学部学生のエンジニアリングデザイン力やコミュニケーション力を鍛えるとともに次世代の産業界を担う小中

学生に、風力発電の仕組みの理解、再生可能エネルギーの啓蒙そしてものづくりの奥深さを体験してもらうことが可能なサステイナブルな教育システムの開発をすることを目的とした。

(2) また、このペーパークラフト風車を高専の導入教育に取り入れることで、特に機械系エンジニアの仕事を疑似体験させ、早期にエンジニアリングのイメージを大局的に捉えさせることを試みることも目的とした。

3. 研究の方法

(1) ペーパークラフト風車の開発

①基本形：本格的な加工技術を伴わなくとも比較的短時間に容易に実機に近い形状の風車を組み上げることが可能なペーパークラフト風車を開発する。特に、専門的・本格的に機械工学・電子工学・電気工学を実践的に学ぶことが可能な教材へと拡張を進める設計を図形作成ソフトウェア等を用いて実施する。

②応用形：エンジニアリングデザイン教育向け教材としての改良をする。具体的には、流体解析教材とArduino互換ボードおよびプログラムによる風車データ取得とを組み合わせることで利用ができるようにオプションパーツを作成する。

(2) 一般向け活動

① 一般向けの公開講座を実施可能とするための「サンプル模型、文房具類」などのパッケージ化をする。また、風車のペーパークラフト模型を工作する公開講座の実施し、参加者への効果を確認するためのアンケートを作成する。

② アンケートの解析をする。公開講座が「風車」、「再生可能エネルギー」や「機械工学」への興味・関心へつながるかどうかの有効性の検証などをする。

(3) 3Dプリンタ風車の開発

ペーパークラフト風車で導入教育を経た学生などを対象とした、エンジニアリング教材向けとして各種センサーを取り付け可能で3Dプリンタでの造形を前提としたモデルの設計をした。

(4) エンジニアリング向け教材の開発

ペーパークラフトを工作するだけではエンジニアリングのごく一部を体験するのみに終わってしまう。そのために、ペーパークラフト風車とオープンソースの風車解析ソフトウェアのQBladeと組み合わせることで、組立→実験→解析というエンジニアリングの流れを簡易に体験できる教材を開発する。

(5) 学生との共同開発 上述の(1)~(4)は神戸高専本科卒研究生(5年生)および専攻科生とともに開発から運営まですることで学生らのエンジニアリング力の育成になる。

4. 研究成果

(1) 本格的な加工技術を伴わなくとも比較的短時間に容易に実機に近い形状の風車を

組み上げることが可能な大型風力発電用風車のペーパークラフト模型（以下ペーパークラフト風車）を開発した。図1に例としてアップウィンド型ペーパークラフト風車の展開図および完成図を示す。

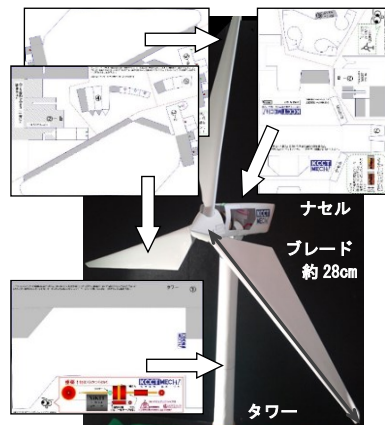


図1 アップウィンド型ペーパークラフト風車の展開図および完成図^①

(2) ブレード部は実機と同様に翼型形状をしているため、翼型周りの流れ場を解析可能な2次元解析ソフトウェアであるQBlade(オープンソースのソフトウェア)による解析が可能である。ペーパークラフトのブレード断面形状から解析モデルを作成し解析までの手順を記した解析マニュアルを作成した。図2に解析マニュアルの一部を示す。また、解析マニュアルは <http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/wtgpapermodel/hawt-qblade.html> に公開した。

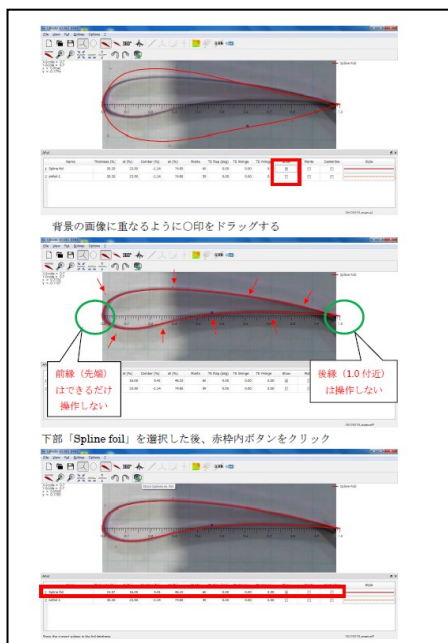


図2 解析マニュアルの一部

(3) 上述の解析はマニュアルにより初学者でも操作できるようにしたが、模型による実験や流体力学を駆使した解析の意味を理解するための、風力タービンが回転する仕組み

を初学者が学べる入門書(スライド)を作成した。図3に入門書の一部を示す。入門書は <http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/wtgpapermodel/hawt.html> に公開した。

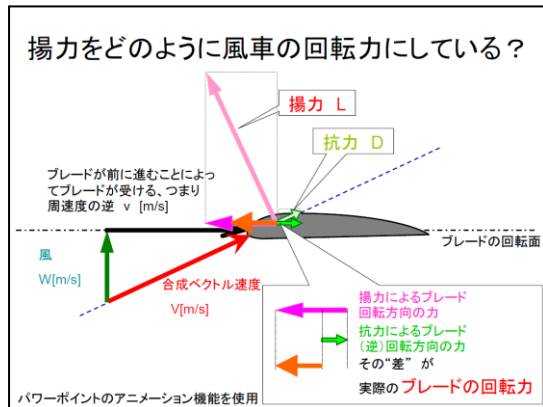


図3 風力タービンの回転する仕組み入門スライドの一部

(4) Arduino 互換マイコンボードおよびプログラミングによる風車データ取得システムの構築をする手段を開発し構築方法を公開した。図4にデータ取得システムの構築方法の一部を示す。また、このデータ取得システムの構築方法は <http://www.kobe-kosen.ac.jp/~fujimoto/work.html> に公開した。

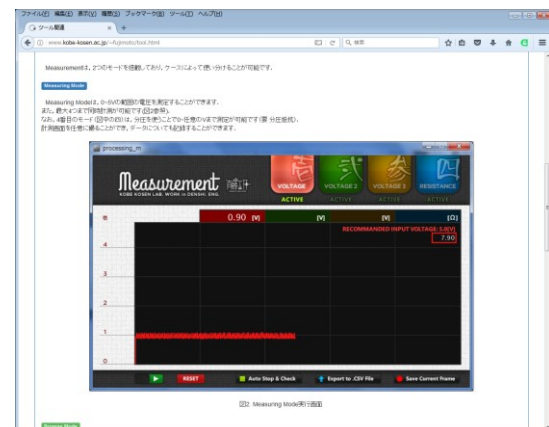


図4 データ取得システムの構築方法の解説Webページの一部

(5) 前述した、QBladeは翼型の流体解析からブレードの設計そしてブレード形状の3D形状データ(stl形式)での出力機能も有していることから、ペーパークラフト風車による導入教育を経て3Dプリンタを用いた現代的なエンジニアリングを体験するためのセンサー類を内包できる3Dプリンタ風車の開発を進めた。教材化までは至らなかったが、大よその設計は完成した。図5に開発した3Dプリンタ風車を示す。今後、教材化できた場合には随時公開していく予定である。

(6) これらの開発は後述の6.研究組織(4)研究協力者15名の学生らの協力によるところが大きく、学生らの卒業研究の一部とすることで、エンジニアリングの素養をはぐくむ機会になった。



図5 3D プリンタ風車²⁾

(6) ペーパークラフト風車を用いた公開講座・教員向け研修・高専や大学の講義や実習での利用を実践した。図6～図9にペーパークラフト風車を利用した講座等の写真を示す。

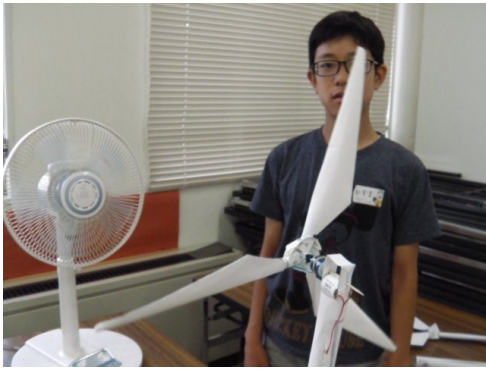


図6 中学生対象の公開講座の様子²⁾



図7 神戸市総合教育センター指導力向上研修（中学校理科）の様子²⁾

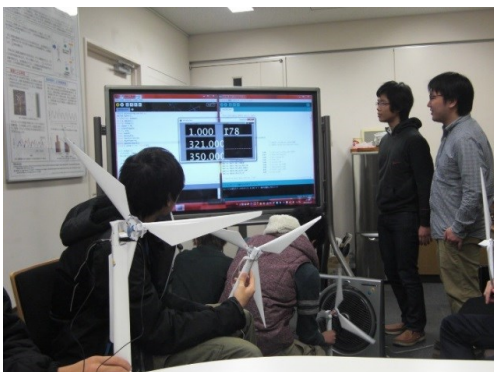


図8 大学ゼミの様子²⁾

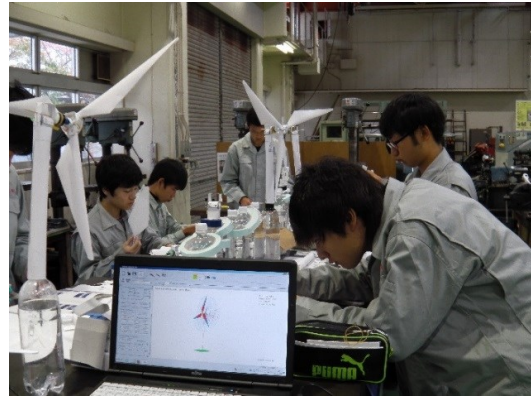


図9 神戸高専機械実習の様子²⁾

一般向け公開講座では風力発電の認知度を上げることを主な目的とした。教員向け研修では、中学校理科の先生の授業のヒントとなるような内容として研修向け教材とした。公開講座における学生アシスタントの数は4年間で延べ25名であった。また、科研費により継続して多くの参加者を集めての公開講座を開催できたことで、公開講座のアンケート数を増加させることができた。アンケートについての報告は今後論文として発表予定である。

大学での利用では、風力発電の初学者が素早く発電のメカニズムを把握するため、また高専での利用では、神戸高専機械工学科カリキュラムに組み込み、エンジニアリング（研究・開発・製造）につながるPDCAサイクルを実体験させ、エンジニアリングデザイン力を養う体験をさせることやエンジニアのキャリアを認識することを主な目的として実践した。神戸高専のカリキュラムへの採用は本研究課題の都合だけでは採用を決定できるものではなく、本研究課題採択の最終年までに間に合わず、平成29年度（2017年度）のカリキュラム再編に合わせての採用になった。

当初の研究計画では予定していなかった3Dプリンタによる造形まで進め、想定していたよりも実践的な教材へとつながる成果物ができた。

<引用文献>

- ① 早稲田 一嘉, 原 宏太郎, 立川 力, 飯田 誠, 稲垣 照美: 風力発電用大型風車のペーパークラフト開発—機械機能及び組み立てやすさの改良—,(社)日本工学教育協会平成24年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.572-573, 2012
- ② 早稲田 一嘉: 多用途水平軸風力タービン教材と公開講座の紹介, 日本風力エネルギー学会誌, 40, 4, pp.514-518 (2017.2)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4件)

- ① 藤本 健司, 早稲田 一嘉:3D 風車モデルを用いた工学教育教材の開発,神戸市立工業高等専門学校研究紀要,査読有,55,2017,75-79
- ② 藤本 健司, 早稲田 一嘉:プロトタイプング技術習得のための教材開発,神戸市立工業高等専門学校研究紀要,査読有,54,2016,51-56
- ③ 藤本 健司, 早稲田 一嘉:工学教育のための実践的実験教材開発, 神戸市立工業高等専門学校研究紀要, 査読有, 53,2015,51-56
- ④ 藤本 健司, 早稲田 一嘉:「ペーパークラフト風車を用いた実験教材の開発」,神戸市立工業高等専門学校研究紀要,査読有, 52, 2014,43-47

〔学会発表〕(計 10件)

- ① 早稲田 一嘉, 藤本 健司:材料力学導入教育用 3D プリント水平軸型風車ブレード教材の開発,日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集,16,1,S2020202(2016.9.14)
- ② 早稲田 一嘉, 和田健吾, 植田誠大, 藤本健司:熱溶解積層方式 3D プリント向け教材用水平軸型風車モデルの開発,日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集,15,1, S2020203 (2015.9.14)
- ③ 早稲田 一嘉, 藤本 健司:水平軸型ペーパークラフト風車モデルとオープンソース風車解析ソフトウェアを組み合わせた高専学生向け教材の開発,日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集,15,1, S2020202 (2015.9.14)
- ④ 早稲田 一嘉, 間 由樹, 藤本 健司:教材用垂直軸型ペーパークラフト風車の開発」,平成 27 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.354-355 (2015.9.3)
- ⑤ 和田 健吾, 竹村 大輔, 藤本 健司, 早稲田 一嘉:3D プリントローターブレードを有した教材用水平軸型風車モデルの性能評価,日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集, 14, 1, S2010103 (2014.9.6)
- ⑥ 早稲田 一嘉, 藤本 健司:風力発電用大型風車のペーパークラフトを用いた力学実験教材の開発,日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集,14,1,S2010102(2014.9.6)
- ⑦ 早稲田 一嘉, 田島 元気, 藤本 健司:風力発電用大型風車のペーパークラフト開発-グローバル化に向けたクリエイティブ・コモンズ・ライセンス化および Web 公開-,平成 26 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.116-117 (2014.8.8)
- ⑧ 和田 健吾, 竹村 大輔, 早稲田 一嘉:3D プリントを用いた教材用水平軸型風車モデルの試作,平成 26 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.114-115 (2014.8.8)
- ⑨ 早稲田 一嘉, 桑田 博貴, 藤本 健司, 飯田 誠, 立川 力, 稲垣 照美:風力発電用

大型風車のペーパークラフトを用いた実験教材の開発,日本機械学会 2013 年度年次大会講演論文集, 13, 1, S201042 (2013.9.7)

- ⑩ 早稲田 一嘉, 飯田 誠, 立川 力, 稲垣 照美:風力発電用大型風車のペーパークラフト開発-ダウンウィンド型風車の開発および公開講座の開催-,平成 25 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.108-109 (2013.8.9)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

〔図書〕および〔産業財産権〕の実績はゼロであるが,研究計画で述べたように,展開図の電子ファイルは編集可能なものをクリエイティブ・コモンズライセンス(自由に2次利用可能)として Web ページ上で広く公開した。

〔その他〕

ホームページ等

・研究室ページ(日本語)

<http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/index.html>

・研究成果のページ(日本語)

http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/wtgp_apermodel/index.html

・研究室ページ(英語)

<http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/index-e.html>

・研究成果のページ(英語)

http://www.kobe-kosen.ac.jp/~waseda/wtgp_apermodel/index-e.html

研究成果の紹介記事

・早稲田 一嘉:多用途水平軸風力タービン教材と公開講座の紹介,日本風力エネルギー学会誌, 40, 4, pp.514-518 (2017.2)

・日本機械学会関東支部「機械の日」イベントへの工作の提供,日本機械学会誌, 第 120 巻,第 1179 号, pp.45,(2017.2)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

早稲田 一嘉 (WASEDA, Kazuyoshi)
神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号: 20390479

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

藤本 健司 (FUJIMOTO, Kenji)
河村 惟友 (KAWAMURA, Yuito)
煎谷 晴輝 (IRITANI, Haruki)
村川 星太 (Murakawa, Seita)
是井 昭人 (KOREI, Akito)
須貝 航平 (SUGAI, Kouhei)
松下 涼花 (MATSUSHITA, Suzuka)
和田 真由 (WADA, Mayu)
川西 秀明 (KAWANISHI, Hideaki)
住友 佑樹 (SUMITOMO, Yuuki)
間 由樹 (AIDA, Yoshiki)
植田 誠大 (UEDA, Seidai)
高木 篤 (TAKAGI, Atsushi)
田島 元気 (TAJIMA, Genki)
竹村 大輔 (TAKEMURA, Daisuke)
和田 健吾 (WADA, Kengo)