

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24531193

研究課題名(和文)地球環境に配慮した創造的製作活動をアフォードするエネルギー変換教材の開発

研究課題名(英文)The development of teaching materials for energy conversion to afford students' creative manufacturing for the future global environment

研究代表者

江口 啓 (EGUCHI, KEI)

福岡工業大学・工学部・教授

研究者番号：00321521

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、環境問題を学習するための2種類のエネルギー変換教材を開発した。1つ目の教材は、発電ブロック、充電ブロック、動力ブロックの3つのブロック群を組み合わせることで、目標物を作製させるものであり、生徒の創造的製作活動を支援する。2つ目は、インターネットを介してロボットの遠隔制御を行う教材であり、遠隔地の生徒の学習を補助する。これらの教材については、試作評価と実践授業を行うことで、その有効性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To afford students' creative manufacturing for the future global environment, we proposed two types of teaching materials for energy conversion. The first teaching material consists of three types of modules: clean energy generation module, energy storage module, and power output module. By combining these modules, students learn technologies for energy conversion. Another teaching material is a mobile robot using an Internet environment to support distance learning. The proposed teaching material enables students to learn technologies for energy conversion at any place if there is even Internet environment. The effectiveness and feasibility of these teaching materials were confirmed by experimental classes.

研究分野：教育学

キーワード：教材開発 技術教育 エネルギー変換 国際情報交換 技術・家庭科 中国：タイ

### 1. 研究開始当初の背景

現在、エネルギー問題は人類が解決しなければならない重要なテーマであり、「将来、人類に寄与する環境にやさしい科学技術を開発する能力を持つ子供達」を育成することは、人類全体としての命題であると言える。研究代表者は、平成20年度～21年度の期間に科研費若手(B)ならびに日産科学振興財団の支援を受けて、廃品のプラスチックカップを再利用した手作りの濁度計の開発を行ってきた。これらの研究においては、実践授業を通じて、同教材が水質に関する環境学習を補助するだけでなく、廃品を使った「ものづくり」によって、材料面での環境に配慮した科学的な視点が生徒達に身につくことが確認できた。さらに、これまでに行ってきた「ものづくり」を念頭に置いた教材開発を通じて、生徒自身が既に持っている知識構造を通して、教材と相互作用しながら、科学技術に関する新しい知識を得て、新しい知識構造を構成する児童・生徒等の姿が確認できた。

これらの教育研究を基に、水質に関する環境教育だけでなく、さらに大きな「地球環境に配慮したエネルギー問題」という視点から環境教育への発展を模索する中で、エネルギー問題に着眼した環境教育においても“生徒自身が自らの環境(道具や材料)に働きかけ、環境そのものを構成することを通して学習するための教材、ならびに、その効果的な活用方法を開発することが必要である”という本研究の主題に到達した。すなわち、図1に示すように、生徒らがエネルギー問題に関する新しい知識を得るにあたって、具体的なものから抽象的なものを操作へと転移をする架け橋になる教材が提供し、かつ、それを効果的に活用できる授業方法を開発できれば、「将来、人類に寄与する環境にやさしい科学技術を開発する能力を持つ子供達」を育成することができると考えた。

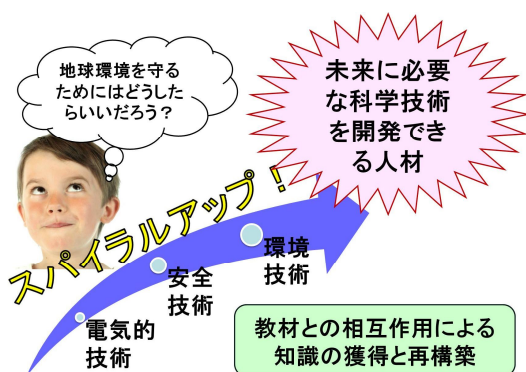


図1 未来に必要な科学技術を開発できる人材の育成の概念

### 2. 研究の目的

本研究では、地球環境に配慮した創造的製作活動をアフォードするエネルギー変換教材を作ることで、エネルギー環境問題を学習するための学習環境そのものを提供するこ

とを目的としている。

提案教材は、図2に示すように、様々なクリーンエネルギーを電気エネルギーとして取り出す発電ブロック群、取り出した電気エネルギーを蓄えるための充電ブロック群、蓄えた電気エネルギーを利用することで動作する動力ブロック群から構成されている。生徒らは、これら～の機能ブロック群を組み合わせることで、太陽光で動くロボットを作製したり、風力で光るLEDライトを作製したりといった、自らの環境に働きかけ環境そのものを構成することを通して学習を行う。本研究においては、図2に示すような仕組みを持つ、エネルギー変換教材を開発し、さらに、その教材の授業への効果的な導入方法についての検討を行う。

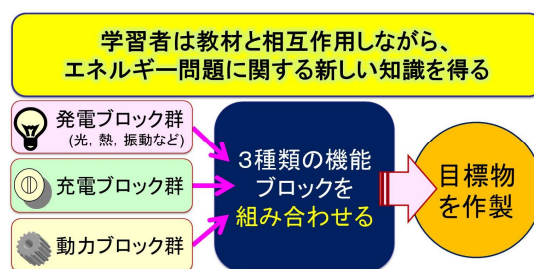


図2 提案教材の概念

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の3つの事柄について研究を行う。

#### (1) 提案教材の開発

教材を開発していく上で非常に重要になることは、文部科学省の学習指導要領を満たした教材を開発することである。そのために、まず、教科教育の研究者と専門教育の研究者によって、提案教材の機能ブロックならびに教材全体が具備すべき条件を決定し、原理機を試作する。試作にあたっては、教科教育と専門教育の研究者によって、これまでに行ってきた回路システムの研究結果を基に開発を行う。その後、提案教材が学習指導要領を満足すること明確化し、新しい手法で環境教育に取り組めるエネルギー変換教材を確立する。

#### (2) 理科教育・技術教育での活用方法の検討と授業補助ツールの開発

教科教育の研究者、ならびに、現場教員からの協力を仰ぐことで、提案教材の技術教育、ならびに、理科教育での活用方法を検討する。具体的には、提案教材を授業において円滑に活用するための授業方法について検討すると共に、その授業を補助するための補助ツールの開発も併せて行う。

#### (3) エネルギー環境教育に関する国際比較と提案教材の総合評価

提案のエネルギー変換教材が中学校における技術教育・理科教育、ならびに、工業高校の学習指導要領を満たし、かつ、未来に向けての環境教育を確立するならば、総合的な学

習として、これらの教科の融合的視点からの評価が必要となる。そのため、これまでに行ってきた素養調査結果を基に、教育の融合的視点からの評価を行う。また、提案教材による新環境教育を国際的な視野で捉えるため、日本・中国・タイのアジア3ヶ国におけるエネルギー環境教育の実情を調査・研究し、国際比較を行う。



図3 教材の特徴

表1 試作したモジュール群

モジュール名	機能
発電モジュール	太陽光発電, 手回し発電
充電モジュール	Ni-H <sub>2</sub> 電池, EDLC
負荷モジュール	LED, DC モータ

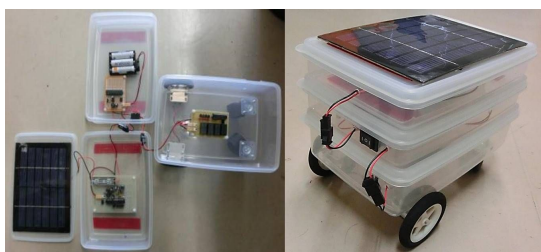


図4 提案教材の組み立て例

#### 4. 研究成果

(1) 本研究においては、モジュール接続型ロボット教材、さらには、これを応用した遠隔制御型ロボット教材の2種類のエネルギー変換教材を開発した。

モジュール接続型ロボット教材は、図3に示すように、発電モジュール、充電モジュール、および、負荷モジュールの3つのモジュールから構成されており、学習者はこれらのモジュールを組み合わせることで1つのエネルギー変換システムを作り上げる。提案教材では、表1に示す各モジュールが利用可能であり、発電モジュールの種類による発電方法・発電効率の違いや、負荷の違いによるエネルギー利用方法・変換効率の違いなどを体験することで、学習者がエネルギー利用に関する素養を、試行錯誤を繰り返しながら身につけることができる。ここでは、モジュール同士の組み合わせることで目標となるシステムを生徒に製作させるが、モジュールの特性を理解しなければ所望の動作を行うシ

テムを上手く実現できないようになっている。

提案するモジュール接続型ロボット教材が、新学習指導要領が定めるエネルギー変換、また、計測・制御についてどの程度の教育効果を有するのかを多面的に評価するために、実践授業による評価を行った。図4に、提案教材を用いて、生徒が作製したソーラーカーの一例を示す。実践授業においては、生徒がモジュールの組み合わせ方によって、発電量や蓄電量などが異なることを学習者が体験できることが確認できた。

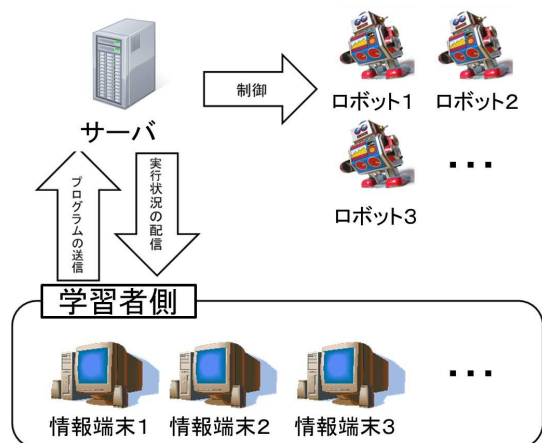


図5 教材の概念

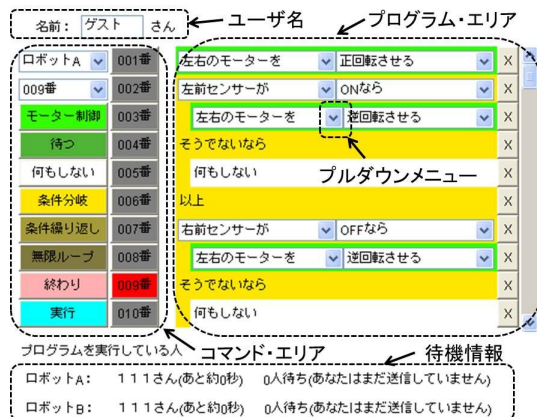


図6 教材の概念

一方、遠隔制御型ロボット教材は、中学校技術・家庭科の技術分野における「エネルギー変換」ならびに、「プログラムによる計測・制御」を学習するための教材であり、インターネット環境があれば生徒はどこでも学習を行うことができるという特徴をもつ。すなわち、これまで授業内だけで行われてきた学習の一部を授業外でも可能にすることで、生徒の科学技術に関する知識と能力を向上させることが期待できる。

図5に、遠隔制御型ロボット教材の概要を示す。提案教材は、教育拠点が設置するサーバ、ウェブページ、ウェブアプリケーションとロボットから構成されている。学習者は、ウェブブラウザでインターネットを通じてサーバに接続し、遠隔地にあるロボットをブ

プログラミングによって動かすことで、エネルギー変換と計測・制御に関する学習を行う。提案教材は次の特徴をもつ。ハードウェアとの通信をサーバに任せ、サーバと学習者側の情報端末との通信を、全て HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) を利用している。

図 6 に示すロボットの制御プログラミングを行うための日本語ソフトウェアが、ウェブアプリケーションとしてサーバから与えられる。また、ライブ動画の外部配信サービスである Ustream を用いることで、ロボットの様子を遠隔地から確認することができる。

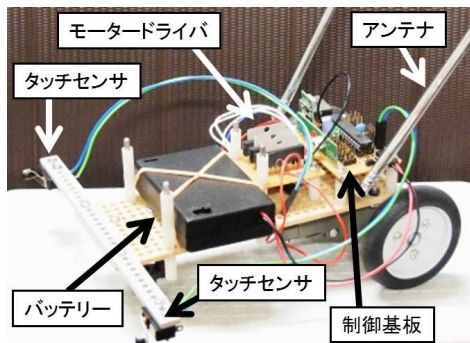


図 7 提案教材の一例

提案する遠隔制御型ロボット教材が、新学習指導要領が定めるエネルギー変換、また、計測・制御についてどの程度の教育効果を有するのかを多面的に評価するために、図 7 に示すロボットを用いて現場教員と生徒に対してそれぞれ実践授業を行った。その結果、教育現場から約 30km 離れたロボットを、開発したウェブアプリケーションで遠隔操作可能であり、設計の妥当性が確認できた。また、授業後アンケートの結果、提案教材によってプログラムの基本三構造を学ぶことができ、エネルギー変換と計測・制御を学ぶための教材としての活用できることを明らかにした。

本研究においては、2 種類のエネルギー変換教材の開発を行ったが、これらの教材においては効率よくエネルギーを変換するために、小型電源回路の設計もあわせて行った。その結果、開発した電源回路は、国際会議 JTL-AEME2013 (Japan - Thailand - Lao P.D.R. Joint Friendship International Conference on Applied Electrical and Mechanical Engineering 2013) において Best Paper Award を受賞、さらに、一般社団法人産業応用工学会主催の国際会議 ICIAE2015 (The 3rd International Conference on Industrial Application Engineering 2015) において Best Presentation Award を受賞した。

(2) 理科教育・技術教育での活用方法の検討と授業補助ツールの開発に関しては、静岡県下の中学校技術科教員、ならびに、教員希望の大学院生の協力の下、提案のエネルギー変換教材を授業へ円滑に導入するための授業

方法に関して議論を行うことで、提案教材の活用方法、ならびに、効果的な授業を行う授業補助ツールを開発した。

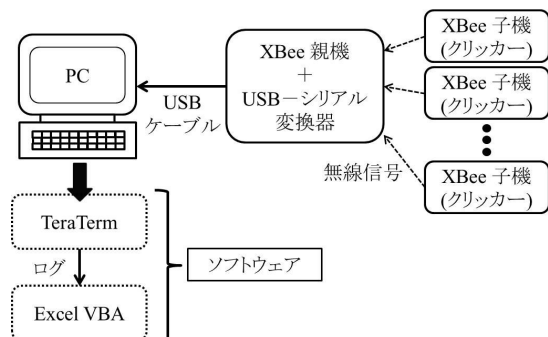


図 8 補助ツールのシステム構成



図 9 子機の外観

順位	クリックカーの番号	合計点	偏差値	平均点	正答率	解答速度
1位	2	40	60.7	8	80	2
2位	4	40	60.7	8	80	3.4
***	平均	32	50	6.4	64	2.5
3位	3	30	47.3	6	60	1.6
4位	5	30	47.3	6	60	4
5位	1	20	34	4	40	4

図 10 VBAソフトウェアの外観

図 8 に、開発した授業補助ツールのシステム構成を示す。同補助教材は、ARS (Audience Response System) の一つであるクリックカーであり、以下に述べる構成となっている。まず、授業者側ではパソコンに接続した XBee 親機によって、図 9 に示す XBee 子機から送られてきたデータを、USB 端子を介したシリアル通信によって受信する。続いて、ターミナルソフトウェアである TeraTerm の受信ログデータを専用の集計プログラムによって処理することで、授業者側は受講者の正答率や回答速度などをリアルタイムで把握できるようになっている。具体的には、図 10 に示すような集計プログラムによって、偏差値、平均点、正答率、回答速度を集計することができる。また、集計プログラムはこれらの結果を電子データとして保存する機能を持っているため、授業者は授業後でも受講者の学習状況を分析可能であり、授業内容の検討・見直しができるようになっている。開発した授業補助ツールを用いて、工学部の学生 148 名を対象とした模擬授業を行った結果、

92%以上の学生が授業後アンケートにおいて補助教材の使用に関して肯定的な意見を示した。また、中学校技術科の教員 12 名を対象としたアンケート調査の結果、91%以上が「授業で使用してみたい」と回答し、また、83%以上が「中学校技術・家庭科向けの教材として導入できる」と回答した。これらの結果から、開発した授業補助ツールの有効性を明らかにした。

(3) エネルギー環境教育に関する国際比較と提案教材の総合評価に関しては、日本人学生 177 名(理工系男子学生 176 名、女子 1 名)、中国人学生 142 名(理工系男子学生 84 名、女子 58 名) ならびに、タイ人学生 57 名(理工系男子学生 37 名、女子 20 名)を対象としたアンケート調査を実施した。具体的には、日本産業技術教育学会が実施している「技術的素養と初等中等教育における技術教育の内容に対する調査」を基に作成した、「技術教育の内容」と「技術的素養」に関するアンケートを実施することで、日本人学生・中国人学生・タイ人学生間におけるエネルギー環境教育、ならびに、エネルギー利用に関する意識の違いを明らかにし、国際的な視点に立ったエネルギー変換教材開発における要件について検討した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7 件)

1. 江口啓、安部寛二、河野裕太、新家和樹、紅林秀治、無線通信技術を利用した簡易クリッカーの教育効果、日本産業技術教育学会誌、査読有、採録決定
2. K.Eguchi、I.Oota、S.Terada、K.Fujimoto、Design of an inductor-less bipolar voltage multiplier for high-voltage low-current applications、ICIC Express Letters Part B:Applications、査読有、vol.6、no.1、2015、pp.1-6
3. K.Eguchi、Y.N.Zhang、S.Terada、I.Oota、A symmetrical digital selecting type DC-DC converter with power saving techniques、Applied Mechanics and Materials、査読有、vol.666、2014、pp.71-81
4. 江口啓、紅林秀治、中学校学習指導要領に基づく内容「B 情報とコンピュータ」に関する大学生の素養調査、電子情報通信学会論文誌D、査読有、vol. J96-D、no.4、2013、pp.1068-1070
5. 江口啓、渡邊肇也、小林健太、紅林秀治、中学生の授業外学習を支援する遠隔計測・制御教材の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、vol.55、no.2、2013、pp.103-110
6. 江口啓、渡邊肇也、小林健太、金原恭、中学生のためのK Y Tシートを用いた安

全教育教材の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、vol.54、no.4、2012、pp.205-212

7. 江口啓、玉木智大、渡邊肇也、杉村竜也、室伏春樹、紅林秀治、中学生のための繊毛運動型ロボット教材の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、vol.54、no.3、2012、pp.121-128

〔学会発表〕(計 13 件)

1. K.Eguchi、K.Abe、S.Terada、I.Oota、A single-input dual-output step-up/step-down DC-DC converter designed by switched capacitor techniques、The 3rd International Conference on Industrial Application Engineering 2015、2015年3月28日~2015年3月31日、北九州国際会議場(福岡県・北九州市)
2. K.Eguchi、Y.N.Zhang、K.Abe、I.Oota、S.Terada、H.Sasaki、A Fibonacci Switched-Capacitor DC-AC Inverter for small power applications、International Conference on Innovative Engineering Technologies、2014年12月28日~2014年12月29日、バンコク(タイ)
3. 安部寛二、梅山尚樹、川久保拓真、江口啓、能動的学習のための授業補助教材の開発とその評価、電気学会教育フロンティア研究会、2014年12月13日~2014年12月14日、京都大学(京都府・京都市)
4. 江口啓、市田佳祐、河野裕太、新家和樹、短距離無線通信デバイスを利用した簡易クリッカーの開発とその検証、日本産業技術教育学会第57回全国大会、2014年8月23日~2014年8月24日、熊本大学(熊本県・熊本市)
5. 江口啓、技術的素養についての工業大学の学生の認識に関するアンケート調査、日本産業技術教育学会第26回九州支部大会、2013年10月5日、大分大学(大分県・大分市)
6. K.Eguchi、Analysis of a thermoelectric energy-harvesting charger using power saving techniques、Japan - Thailand - Lao P.D.R. Joint Friendship International Conference on Applied Electrical and Mechanical Engineering 2013、2013年8月31日~2013年9月1日、バンコク(タイ)
7. 江口啓、平田阜月、紅林秀治、クリーンエネルギー発電を利用したモジュール型エネルギー変換教材の開発、日本産業技術教育学会第56回全国大会、2013年8月24日~2013年8月25日、山口大学(山口県・山口市)
8. K.Eguchi、S.Pongswatd、T.Thepmanee、K.Fujimoto、H.Sasaki、A step-up/step-down SC DC-DC converter and its

- power saving techniques、2013 ECTI International Conference、2013年5月15日～2013年5月17日、クラビ(タイ)
9. K.Eguchi、S.Pongswatd、T.Thepmanee、K.Fujimoto、H.Sasaki、Power saving techniques to improve efficiency of a parallel-connected negative DC-DC converter、2013 ECTI International Conference、2013年5月15日～2013年5月17日、クラビ(タイ)
  10. K.Eguchi、S.Terada、I.Oota、H.Sasaki、Control method of a parallel-connected ring-type converter to reduce parasitic power losses、The 3rd International Conference on Electrical, Electronics and Civil Engineering、2013年01月04日～2013年01月05日、バリ(インドネシア)
  11. K.Eguchi、S.Terada、I.Oota、H.Sasaki、Design of a negative heap converter using charge reusing techniques、International Conference on Data Mining and Computer Engineering、2012年12月21日～2012年12月22日、バンコク(タイ)
  12. K.Eguchi、S.Kurebayashi、Development of materials for teaching remote measurement and control for junior high school technology education in Japan、The 2nd Japan-Thailand Friendship International Workshop on Science, Technology & Education、2012年11月15日～2012年11月16日、パタヤ(タイ)
  13. K.Eguchi、S.Hirata、M.Shimoji、H.Zhu、Design of a step-up/step-down  $k(=2,3,\dots)$ -Fibonacci DC-DC converter designed by switched capacitor techniques、2012 Fifth International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems、2012年11月01日～2012年11月03日、天津(中国)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

江口 啓 (EGUCHI, Kei)  
福岡工業大学・工学部・教授  
研究者番号：00321521

### (2) 研究分担者

紅林秀治 (KUREBAYASHI, Shuji)  
静岡大学・教育学部・教授  
研究者番号：60402228

朱 紅兵 (ZHU, Hongbing)  
広島国際学院大学・その他部局等・教授  
研究者番号：90284736