

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：53302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501042

研究課題名(和文)技術のグローバル化に対応した実学型EVの開発 - 工学と英語の協同学習 -

研究課題名(英文)Development of electric vehicles for globalized technical education - Collaborative learning with engineering and English -

研究代表者

土地 邦生 (Tochi, Kunio)

金沢工業高等専門学校・電気電子工学科・教授

研究者番号：30390446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：金沢工業高等専門学校(KTC)の教育目標は新しい工業製品を生み出すグローバルイノベーターの育成である。電気電子(E&E)工学教育の進歩のために、3台の教育用小型一人乗り電気自動車(EEV)が必要である。センサ制御型、ツインモータ型、ハイブリッド型EEVである。3タイプのEEVは2011年から2013年に5年次の卒業研究で開発され、本校電気電子工学科の外国人技術者と日本人教員により3年次の学生実験で利用された。この協同授業を通して、3タイプのEEVは学生の実用的工学英語の学修に大変に有用であった。EEVの開発および電気電子工学と工学英語の協同学修の優位性を報告する。

研究成果の概要(英文)：The educational goal of Kanazawa Technical College (KTC) is to develop global innovators creating industrial products which have never been achieved before. To progress electrical and electronic (E&E) engineering education, three small personal electric vehicles for education (EEV) are used. They are sensor controlled type EEV, twin motor driving type EEV and motor-engine hybrid type EEV. Three types EEVs were developed in 5th year capstone project from 2011 to 2013, and also used in 3rd experimental curriculum taught by English engineers and Japanese teachers in department of E&E engineering at KTC. Through this collaborative curriculum, the 3 type EEVs are very useful for students to learn practical technical English. This study reports the development of the EEVs and the advantage of collaborative learning in electrical, electronic engineering and technical English.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：工学教育 工学英語 CDIO デザイン思考

1. 研究開始当初の背景

グローバル化された社会と経済で活躍できる人材が強く求められるようになった。電気電子工学の分野でも技術の高度化とグローバル化に対応できる技術系グローバル人材の育成が強く求められた。そこで、本校は平成 22 年に日本の大学および高専の中で初めて「将来の技術者育成」のための教育改革を目指す国際的な CDIO イニシアティブに加盟し、電気電子系ものづくり教育と英語教育を継承発展させ、グローバルに貢献できる実践的で創造的なエンジニアの育成を目指すこととなった。本校ではこのような技術系グローバル人材をグローバルイノベータと位置付けている。

2. 研究の目的

工学技術の高度化とグローバル化に対応した技術者の育成のために、卒研究生、日本人教員、外国人教員、地元協力企業 3 社が開発連携チームを組織し、グラフィック言語で制御できる体感型教育用電気自動車(EV)を開発し、工学と英語による協同学習を卒業研究で実施、実用的な電気電子工学技術と英語の習得に大きな教育効果を得た。そこで、より高い教育効果を狙って、教育用ハイブリッド型電気自動車(EV)を開発し、平成 25 年度電気電子工学科 3 年次学生実験で使用する。モータやエンジンのグラフィック言語などの平易な言語でモータ制御技術を外国人教員が教授することで、電気電子工学の基礎と英語を協同学習する。そこで、レーシングカートの後輪をモータおよびエンジン駆動に改造してハイブリッド実学型教育用 EV を開発し授業で用いる。パソコンでモータおよびエンジンを制御することで回生ブレーキ技術が学べるだけでなく、各種センサを備えているので学生の自由な発想と創造力で多種多様な「ロボカー」が製作できる。学生は、センサ技術、モータ制御技術、ハイブリッド技術など、走行実験を通じて電気電子工学の基礎技術を「実学」として学べるよう設計されている。

本研究の目的は、実学型 EV を開発し、この EV を用いて外国人教員が電気電子工学基礎技術を教授することが技術のグローバル化に有効な教育方法であることを本校学生実験で明らかにすることである。

3. 研究の方法

研究目的の達成のために、(1)教育用 EV を開発し、(2)日本人および外国人教員が協同で学生実験授業を実施、(3)授業は CDIO アプローチおよびデザイン思考に従って実施する。

(1) 教育用電気自動車の開発

レーシングカートと呼ばれる一人乗りの競技車両を改造して乗用型教育用 EV を卒業研究で開発した。①～③に各 EV のコンセプトを示す。学生の意見を考慮することで知的

好奇心を喚起できる教材の開発を目指した。

① センサ制御型 EV

乗用型 EV であり超音波センサを備えている。モータの PWM 制御とセンサ制御の基本技術が習得できる。

② 後輪駆動独立制御型 EV

左右後輪の独立したモータの制御を通じてツインモータの連携制御技術が習得できる。独立のモータで左右後輪を駆動することで連携制御技術を習得できる乗用型教材である。windows に対応した端末制御機器を任意の操作方法で連携制御できるようになっている。これはデザイン思考による連携制御技術の開発授業を行うために開発した。デザイン思考とは優れたエンジニアの思考方法を参考に発想・試作・理解を繰り返して新技術の開発を試みる方法である。最初に行う発想はブレインストーミングによる。実験グループの全員がアイデアを出し合うことで発想の誘発を期待し新技術の開発に繋げる。この手法をモータ連携制御技術の開発授業に利用するには端末制御機器操作が任意であることが重要と思われる。

③ ハイブリッド型 EV

モータとエンジンで駆動するハイブリッド型 EV である。走行時の運動エネルギーをモータで電気エネルギーに変換できるように設計されている。回生ブレーキ技術が習得可能である。

(2) CDIO に基づく授業

CDIO は工学教育の国際標準であり、CDIO シラバスにおいて工学部卒業生は「複合的な付加価値をもたらすエンジニアリングシステムを C(発想), D(設計), I(実行), O(運用)できる」ことを目指し、エンジニアは「人間社会の向上のためのシステムや製品を開発する」と定められている。教育内容は CDIO シラバスに具体的に明記され教授方法も CDIO アプローチが採用されている。本研究では 3 年次学生実験で日本人および外国人教員が協同して CDIO に従った授業を実施する、即ち、教育用 EV を用いて工学と英語を協同学修する。

(3) 学生実験

本校では各学科 2 名の外国人教員が配属され専門の授業を担当している。電気自動車の製作実験は 3 年次に週 3 時間で 11 週の授業が実施される。最初の 2 週は、モータ制御に用いる Arduino マイコンの使用手法や PWM 制御技術など、EV 製作実験に係る基本事項を日本人教員が日本語で教授する。次の 9 週は外国人および日本人教員の英語による協同学習授業である。この授業の目的は専用教材を利用した工学英語および工業英会話教育を実施し、グローバルに活躍できる技術者を育成することである。なお、理解度を高めるために 3 年次にシステム設計 I で電気工学システムや設計法を教授し、EV 製作実験の理解を助けている。システム設計 I および II は外国人技術者と日本人教員の協同学修授業で

ある。

4. 研究成果

(1) 教育用電気自動車の開発

3種類の教育用EVを開発した。仕様の概略を列記する。各EVは乗用型で電気電子工学基本技術の体感と体感を通じた学修を可能としている。また、学生全員に貸与したパソコンが利用でき、平易に技術が理解でき修得できる。

① センサ制御型EV

LabVIEWおよびArduinoマイコンでモータのPWM制御およびセンサ制御技術を学修できる。LabVIEWを用いる場合にはグラフィック言語での学修が可能である。Arduinoマイコンを用いる場合には安価であるので授業期間を通じた貸与が可能であり、より高い学習効果が得られるだけでなく組み込みソフトウェアの学修に繋がるに違いない。図1に開発したセンサ制御型EVを示した。



図1 センサ制御型EVの外観

② 後輪駆動独立制御型EV

左右後輪を独立のモータで駆動することでモータ連携制御技術を学修できる乗用型教材である。図2に開発した後輪駆動独立制御型EVの外観を示した。

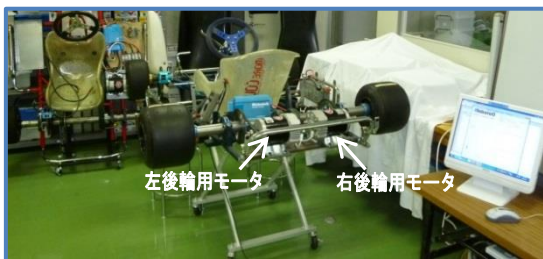


図2 後輪独立制御型EVの外観

このEVは教育用制御ソフトにも特長がある。デザイン思考によるモータ連携制御技術を開発する授業の実施のために、フリーウェアGlovePIEおよびPPjoyを利用して、windowsに対応した端末制御機器を任意の操作方法で連携制御できるような新しいソフトウェアを開発した。

GlovePIEはバーチャルエミュレータに分類されている。コンピュータの入力信号を監視し、指定された信号入力を指定のソフトウェアに送る機能がある。バーチャルエミュレータとしてゲームコントローラ用に特化している。Bluetooth信号にも対応可能で後述

のPPjoyに信号を送れるので、これを用いた無線操作も可能である。P

PPjoyはWindows上で動作する仮想ゲームコントローラである。モータが認識可能なものだけが制御機器として利用できるが、認識されないものでもWindowsに対応した制御機器であればPPjoyにより制御操作ができる。

本研究ではモータコントローラにRoboteQ社製モータコントローラHD2450を利用し制御専用ソフトウェアとしてRoborunPlusを利用している。例えば、RoboteQで認識されないWindowsジョイスティックを操作してモータを連携制御する場合、ジョイスティックの操作信号はGlovePIEが探知認識し信号をPPjoyに送る。PPjoyはこの信号をRoborunPlusに入力可能な信号に変換可能であるから、RoborunPlusは入力信号に対応した左右後輪モータの連携制御を可能とする。GlovePIEおよびPPjoyにより任意の端末操作器による任意の操作方法による連携制御が可能となるのである。

③ ハイブリッドEV

回生ブレーキ技術を修得するエンジンとモータを搭載した教育用ハイブリッド型EVである。モータ用電源として電気二重層キャパシタ(EDLC)を用いている。外観を図3に示す。EDLCは容量が1400[F/本]と大きく、EDLCを電源としたモータによる走行が可能である。また、電気エネルギーは端子電圧から容

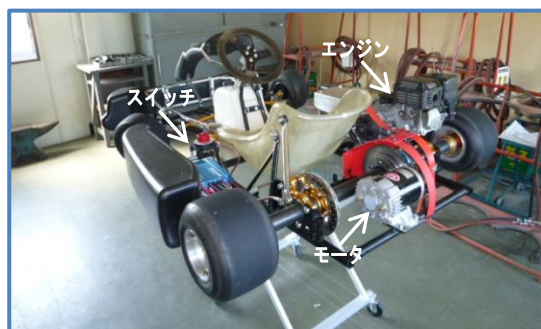


図3 ハイブリッド型EVの外観

易に求められるので、回生ブレーキ実験には好適な設計となっている。

(2) 協同学修の効果

日本人教員は外国人技術者の工学思考を学び、外国人技術者は本校の電気電子工学教育を学んだ。開発した3タイプの教育用EVを利用して協同授業を実施し、次の教育成果を得た。

- 1) 第1段階として、電気電子工学に関する工学英語に抵抗がなくなった。
- 2) 第2段階として、英語での電気電子工学教育に抵抗がなくなった。
- 3) 第3段階として、外国人技術者からモータ制御技術を修得できた。
- 4) 第4段階として、外国人技術者と協同して教育用EVを製作できた。

本校の教育目標はグローバルイノベータの育成である。このような技術者になるには、

先ず、「卒業時に、主体的に外国人技術者と協力して業務が遂行できる」ようにならなければならない。本研究で開発した教育手段と方法はグローバルイノベータの育成と技術のグローバル化に役立つに違いない。

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6件)

- ① OGUNTOYINBO Bolaji, TOCHI Kunio, NAOE Nobuyuki, OGAWA Hayato, Rapid System Development Using The LabVIEW and Arduino Platforms, Creative Engineering Design Education, 査読有, Vol.11, 2011, pp.58-63
- ② OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, TOCHI Kunio, NAOE Nobuyuki, Electric Vehicle Project for Introduction to Engineering Creation Experiment III, Creative Engineering Design Education, 査読有, Vol.12, 2012, pp.67-70
- ③ OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, TOCHI Kunio, NAOE Nobuyuki, Development of an Electric Vehicle Control System Curriculum for High Schools, Creative Engineering Design Education, 査読有, Vol.12, 2012, pp.71-74
- ④ OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, TOCHI Kunio, Electric Vehicle Project Post Implementation, 査読有, Vol.13, 2013, pp.79-82
- ⑤ 土地 邦生, 嶋倉 諒, 荻野 友樹, 大門 優樹, OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, 松本 裕, 直江 伸之, モータの連携制御技術を学ぶ教育用電気自動車の製作, 創造技術教育, 査読有, 14巻, 2014年(投稿中)
- ⑥ 土地 邦生, 三輪 純也, OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, 松本 裕, 直江 伸之, 「電気二重層キャパシタのEV電源への応用」創造技術教育, 査読有, 14巻, 2014年(投稿中)

[学会発表] (計9件)

- ① OGUNTOYINBO Bolaji, OGAWA Hayato, TOCHI Kunio, NAOE Nobuyuki, Development of Electric Vehicle Control System Curriculum for Kanazawa Technical College, IEEE, International Electric Vehicle Conference, Mar. 4-8, 2012, USA, South Carolina, TD Convention Center
- ② OGAWA Hayato, OGUNTOYINBO Bolaji, TOCHI Kunio, NAOE Nobuyuki, Electric Vehicle Project for Introduction to Engineering Creation Experiment 3, IEEE, 3rd International Congress on Engineering Education, Dec. 7, 2011,

Kuala Lumpur, Malaysia

- ③ 熊野 稜, 土地 邦生, OGUNTOYINBO Bolaji, Arduinoを用いたバッテリーチャージャーの製作, 電気関係学会北陸支部, 平成23年度北陸地区学生による研究発表会, 2012年3月10日, 石川工業高等専門学校(石川県河北郡津幡町)
- ④ 村 貴幸, 土地 邦生, OGUNTOYINBO Bolaji, Arduinoで制御する自律走行型ロボカーの製作, 電気関係学会北陸支部, 平成23年度北陸地区学生による研究発表会, 2012年3月10日, 石川工業高等専門学校(石川県河北郡津幡町)
- ⑤ 嶋倉 諒, 荻野 友樹, 土地 邦生, モータの連携制御を学ぶ教育用電気自動車の製作, 電気関係学会北陸支部, 平成24年度北陸地区学生による研究発表会, 2013年3月9日, 福井工業高等専門学校(福井県鯖江市)
- ⑥ 三輪 純也, 土地 邦生, 回生ブレーキを学ぶ教育用電気自動車の製作, 電気関係学会北陸支部, 平成24年度北陸地区学生による研究発表会, 2013年3月9日, 福井工業高等専門学校(福井県鯖江市)
- ⑦ 大門 優樹, 土地 邦生, 教育用電気自動車の製作—モータ制御システムの構築—, 電気関係学会北陸支部, 平成25年度北陸地区学生による研究発表会, 2013年3月8日, 金沢工業高等専門学校(石川県金沢市)
- ⑧ 山川 徹, 土地 邦生, 回生ブレーキを学ぶ教育用電気自動車の製作, 電気関係学会北陸支部, 平成25年度北陸地区学生による研究発表会, 2013年3月8日, 金沢工業高等専門学校(石川県金沢市)

[図書] (計3件)

- ① 土地 邦生, 諸谷 徹郎, OGUNTOYINBO Bolaji, 金沢工業高等専門学校, 平成24年度創造実験Ⅲ実験指導書, 2012年, Production of EV-Motor Control by Arduino-, 2012, 21頁(5-1~5-21)
- ② 土地 邦生, 諸谷 徹郎, OGUNTOYINBO Bolaji, 金沢工業高等専門学校, 平成25年度創造実験Ⅲ実験指導書, 2013年, Production of EV-Motor Control by Arduino-2013, 14, 14頁(5-1~5-14)
- ③ 土地 邦生, 諸谷 徹郎, OGUNTOYINBO Bolaji, 金沢工業高等専門学校, 平成26年度創造実験Ⅲ実験指導書, 2014年, Production of EV-Motor Control by Arduino-2014, 14頁(73~86)

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

[その他]

- ① いしかわ夢未来博2011カレッジラボ 出展デモンストラーション
- ② いしかわ夢未来博2013カレッジラボ

出展デモンストレーション
<http://www.yumemirai.jp/college.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土地 邦生 (TOCHI, Kunio)
金沢工業高等専門学校
電気電子工学科 教授
研究者番号：30390446

(2) 研究分担者

直江 伸至 (NAOE, Nobuyuki)
金沢工業高等専門学校
電気電子工学科 教授
研究者番号：00249781

(3) 研究分担者

松本 裕 (MATSUMOTO, Yutaka)
金沢工業高等専門学校
電気電子工学科 教授
研究者番号：70469584

(4) 研究分担者

オグントインボ ボラジ (OGUNTOYINBO Bolaji)
金沢工業高等専門学校
電気電子工学科 講師
研究者番号：90601328

(5) 研究分担者

小川 隼人 (OGAWA, Hayato)
金沢工業高等専門学校
電気電子工学科 講師
研究者番号：20536734