

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：53901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00987

研究課題名(和文) プログラミング教育を核としたエンジニアリングデザイン教育と社会連携教育の実践

研究課題名(英文) Practice of Engineering Design Education and Regional Cooperation Education Through Programming Education

研究代表者

稲垣 宏 (INAGAKI, Hiroshi)

豊田工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：40213110

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)：「エンジニアリングデザイン教育の実践」においては、情報系の高専学生を対象に、「ICTを利用した解決法を提案し、情報システムとして実装していく」体験を通して、エンジニアリングデザイン能力の育成を図った。「社会連携教育の実践」においては、自治体との連携を強化し、小中学生対象の理科教室の企画・運営を行うとともに、地域の製造業の企業技術者を対象にした夜間講座の開催を通して、中小企業の製造現場へのIoT導入の促進を図った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IoTとよばれる技術革新が始まり、身の回りのあらゆる製品がインターネットにつながろうとしている。このIoT時代にあっては、工業製品と情報通信技術は切り離せないものとなり、情報機器の動作を知る「プログラミング教育」が、すべての「ものづくり技術者」に必要となってくる。このことと、国際標準の技術者教育において必須である「エンジニアリングデザイン教育」を結び付け、IoT時代に適した課題解決型の技術者教育プログラムを構築した。さらに、この取り組みを地域社会に広げるため、自治体・産業界との連携を推し進めた。

研究成果の概要(英文)：In the practical case of engineering design education, developing an ability of engineering design for KOSEN students majoring computer engineering was planned through the experiments of seeking a solution using ICT and implementing the solution as a computer system. Furthermore, in the practical case of regional cooperation education, several new science programs for kids were held, and several new night classes for company engineers were held in order to promote the introduction of IoT at manufacturing floors.

研究分野：教育工学

キーワード：プログラミング教育 社会連携教育 エンジニアリングデザイン教育 教育支援システム 科学教育 リカレント教育

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 技術者教育の質保証

日本技術者教育認定機構 (JABEE) が公開している「認定・審査の手順と方法」によると、「エンジニアリングデザイン」とは、「必ずしも解が一つでない課題に対して、種々の学問・技術を統合して、実現可能な解を見つけ出ししていくこと」である。そして、この「エンジニアリングデザイン」が、国際標準の技術者教育を特徴づける最も重要なものとして位置付けられている。

(2) IoT時代のプログラミング教育

近年、社会のあらゆるところに、「情報技術」が埋め込まれ、私たちの社会を支えている。さらに、IoT (Internet of Things) という技術革新が始まりつつあり、将来的には、「情報技術」が埋め込まれたあらゆる製品がインターネットに接続され、世界規模のネットワークの一部として機能するようになる。まさに、地球全体が巨大な情報システムとなり、私たちの生活の隅々まで情報サービスがいきわたるようになる。そして、IoT が普及した社会においては、ものづくりに携わる全ての技術者に対して、「プログラミング」を始めとする情報技術教育が不可欠となる。

これまでは、とすると「プログラミング」は、ごく一部の ICT 技術者にのみ必要なスキルであり、情報機器を利用するだけの技術者・技能者には無関係であると捉える向きがあった。しかし、IoT の普及によって、「ものづくり」と「情報技術」は切り離せないものとなり、「情報機器がどのようにして動いているのか」を学ぶ「プログラミング」教育の重要性が飛躍的に高まる。情報機器を完全な「ブラックボックス」として捉えてしまうと、IoT 時代の「新しいものづくり」に対応できなくなってしまうのである。

2. 研究の目的

(1) 「プログラミング教育」を核とした「エンジニアリングデザイン教育」の実践

本研究では、来るべき IoT 時代に向け、「プログラミング教育」を核にして、国際標準の技術者教育において必須となる「エンジニアリングデザイン教育」の実践に取り組む。そこでは、最新の ICT デバイスを活用した「新しい教材の開発」や、最新のソフトウェア開発環境を活用した「新しい学習環境の創出」を、実践的課題として取り上げ、プロジェクトベースの問題解決型学習を展開していく。

(2) 「プログラミング教育」を核とした「社会連携教育」の実践

この取り組みを効果的に (かつ強力に) 推し進めるために、地域の自治体やものづくり企業との連携体制の強化に取り組む。そして、「地方創成」に向けた「社会連携教育」の実践を進める。

昨今、地域のものづくり企業、とくに中小企業では、次世代のリーダーとなる「創造力豊かなものづくり技術者」の育成が急務となっている。というのも、グローバル化によって製造業界のピラミッド構造が崩れ、注文された部品を忠実に作って納めているだけでは会社が成り立たない。中小企業自らが新しい技術を生み出し、独創的な製品を開発していく必要に迫られている。

その一方で、高等教育機関においては、地域の「知の拠点」としての役割が重視されるようになり、高等教育機関の資源を活用した地域活性化の取り組みが増えている。本研究では、「IoT 時代のものづくり人材育成」に焦点をあて、地域の小中学生からものづくり企業の技術者まで広い範囲を対象として、「社会連携教育」の実践に取り組む。

3. 研究の方法

本研究では、「プログラミング教育」を通して「エンジニアリングデザイン能力」を育むための「問題解決型学習環境」の構築とその実践を行う。また、この取り組みに「社会連携」を取り入れることで、「社会人のリカレント教育」あるいは「子供向け科学教室」といった社会貢献活動につなげていく。

(1) 「プログラミング教育」を核とした「エンジニアリングデザイン教育」の実践

学習者自身が身を置く環境 (学生であれば「教育現場 (授業・課外活動・家庭学習)」、製造技術者であれば「製造現場」) における課題を見つけ出し、それを解決するための情報システムを開発する。そのプロセスを通して、「エンジニアリングデザイン能力」を養う。

そこでは、新しい情報デバイス (ロボット型スマートフォン、身体の動きを検知する装置、スマートグラスなど) を利用した学習支援システムの開発などが主なテーマとなる。開発したプロトタイプシステムは、高専の教育現場で試行され、その結果をフィードバックすることで、評価につなげる。高専の学生は、新しい技術に対する関心が強いことに加え、中学卒業後から実践的な技術者教育を受けているため、「技術者」と「学習者」の両面から適切な評価を下すことができる。

(2) 「プログラミング教育」を核とした「社会連携教育」の実践

高専は、その創設時より、地域に根差した高等教育機関として歩んできたのではあるが、「地域創成」が叫ばれる昨今、受け身の姿勢で待っているだけではいけない。地域の自治体および産業界と連携し、ものづくり人材の育成事業に積極的に関わっていく。幸いにも、平成 21 年度から 25 年度にかけて、文部科学省の補助金事業 (「地域再生人材創出拠点の形成」事業) に採択され、その補助金により、地域連携の基盤を作ることができた。筆者は、当該事業のプロジェクト

トリーダーとして、産学官連携の旗振り役を務め、計画通りの成果を挙げることができた（事後評価における総合評価「A」）。

本研究では、これまでに築き上げてきた産学官連携ネットワークを活かし、IoT 時代の製造現場で活躍できる「次世代のものづくり技術者」の育成を目指す。また、「小中学生向けのものづくり教室」を企画・開催している組織とも連携し、そのネットワークを活用することで、本研究の手法を、地域の若い世代にも展開していく。

4. 研究成果

(1) 「プログラミング教育」を核とした「エンジニアリングデザイン教育」の実践

① プロジェクションマッピングを利用した「電腦フリップボード」のプロトタイプ版の試行

プロジェクションマッピングを利用することで、板書ベースの授業スタイルを変えることなく、教師が手に持った白紙のフリップボード上に、視覚教材を瞬時に提示できる(図1)。PCの操作も一切不要であり、フリップボードを構えたと同時に、視覚教材が投影される。非常に直感的であり、操作を覚える必要がない。このシステムを利用することで、これまで板書スタイルの授業の苦手な部分であった「視覚教材の提示」が、格段に便利になる。

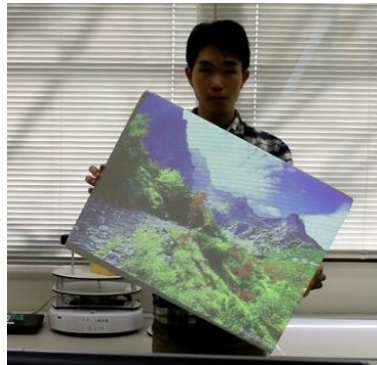


図1 フリップボード上に投影した視覚教材

② 紙教材で利用する「答え合わせ支援システム」のプロトタイプ版の試行

近年普及しているデジタル教材には、「自動採点機能」や「学習履歴の保管」といった従来の学習形態にない長所がある。一方で、紙とペンを使った従来の学習形態にも「一覧性」や「俯瞰性」といった長所がある。そこで、本研究では、両方の長所を取り入れた効果的な学習を実現するため、ポケットプロジェクタとWebカメラを利用して、デジタル教材の「自動採点機能」を、紙と鉛筆を使った学習形態で実現するシステムを開発した。穴埋め形式の選択問題プリント(紙媒体)(解答済)に対して、ポケットプロジェクタをかざすことで(図2)、自動正誤判定(図3)と自動採点を行うことができる。また、補足資料や総合得点、評価を提示する機能も実装した。



図2 プリント教材の答え合わせの様子

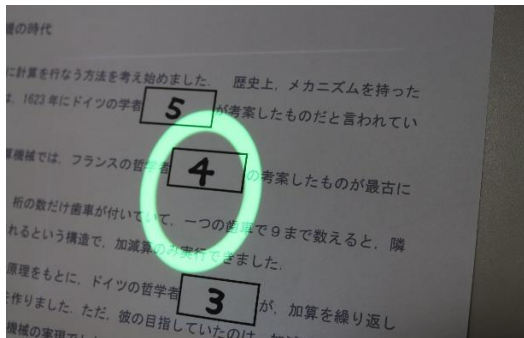


図3 プリント教材上に投影された正誤判定結果

③ デジタルペンのストロークデータを用いた自動板書システムの開発

従来の板書による授業形態を可能な限り維持したまま、教員の書き損じによる授業時間のロスなど、板書を用いた授業が抱える問題を解決するシステムを開発した。まず、デジタルペンを用いて講義ノートを作成することで、そのストロークデータを取得する。その後、講義時にそのストロークデータをアニメーションとして、黒板に直接投影することにより、自動板書を実現する(図4)。さらに、板書速度、色、大きさをリアルタイムに変更する機能も実装した。

④ 「プログラムによる計測と制御」学習を対象とした「疑似体験型」プログラミング学習支援システムの開発

平成24年度より、中学校の「技術・家庭科」において、「プログラムによる計測と制御」教育が必修となっている。しかし、授業の実施に不安を抱えている技術教員が多くいる。その要因として、実機制御における、ハードウェアに由来する難しさと、フローチャートを理解するソフトウェア的な難しさが混在していることが挙げられる。そこで、ハードウェア制御学習の前段階となる(実機を使わない)「疑似体験型」の学習支援システムを開発した。本システム中の数々のミッションを通して、「情報処理手順」の理解(フローチャートの理解)が促される。

⑤ スマートグラスを用いた円滑なコミュニケーションを支援するシステムの開発

スマートグラスとタブレット端末を用いることで、日常会話における円滑なコミュニケーションを支援するシステムを開発した。まず、対面での会話中に、タブレット端末上で会話内容のメモをとる。後日、その人と会話する際に、以前のメモ内容を検索し、その結果（メモの情報）が、スマートグラスを通して、実空間に重ねて表示される。

⑥ VRを用いた体験型歴史学習システムの開発 — 「日本の調理器具・食文化の歴史」を対象として—

「日本の調理器具・食文化の歴史」を対象とし、VRを用いた「体験型」の歴史学習システムを開発した。そこでは、PC接続型のVRヘッドセットであるOculus Riftを用いて、各時代における調理器具・食文化を、仮想空間上で体験することができる。教科書の写真だけでは伝わらない「器具の大きさや3次元形状」そして、その器具の「使い方」までを、自分の手を動かして体験的に学習することができる（図5）。



図4 自動板書システムを利用した授業風景

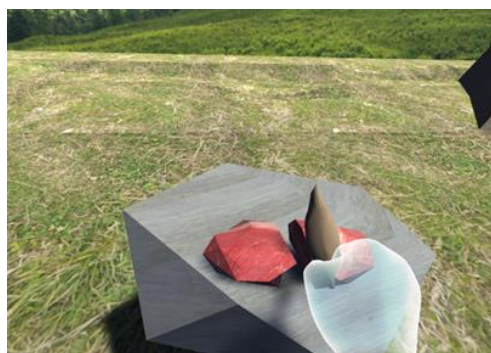


図5 ナイフ型石器を用いて肉を切る様子

⑦ ロボット型スマートフォンを利用した音声対話型学習支援システムの開発 — ヒトとロボットの共同学習を目指して—

ロボット型スマートフォンを利用して、「音声」による「ロボットとの対話」を通じた学習支援システムを開発した。特に、ロボットとの対話が効果的であると思われる暗記学習（今回は「歴史」を取り上げた）に焦点を当てた（図6）。そこでは、ロボットとの対話を通して暗記項目データベースを自動生成する機能、および生成したデータベースを利用して暗記内容に関する問題を出題する機能を実現した。また、視覚教材を内蔵プロジェクタにより机上に投影する機能（図7）も実装した。

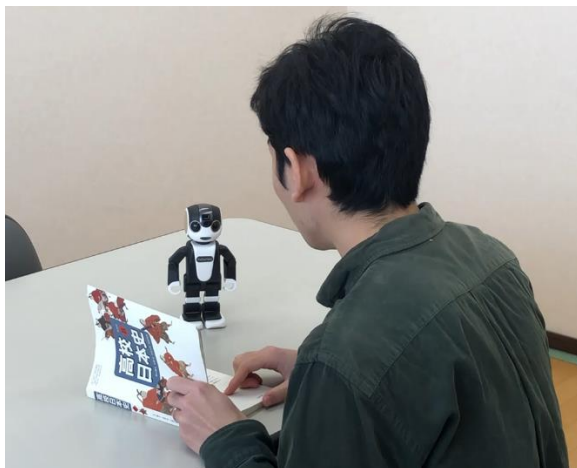


図6 ロボットと協調して暗記学習に取り組む様子



図7 視覚教材を机上に投影している様子

(2) 「プログラミング教育」を核とした「社会連携教育」の実践

① 小中学生のものづくり活動を支援する「豊田市ものづくりサポートセンター」との連携し、「サイエンスクラブ」という中学生対象の理科教室を企画し、運営を行った。そこでは、センサーやモーターを使ってロボットカー等を制御する体験（図8）を通して、プログラミングの醍醐味を感じてもらった。

② 外部のプログラミング教育支援団体と連携し、ワンボードマイコンの「製作」から始めるプログラミング講座を企画し、運営を行った（小学5年生～中学生を対象）（図9）。半田ごてを使ってコンピュータを作るところから始めるプログラミング講座はユニークであり、「貴重な体験ができた」と受講生から好評であった。



図8 ロボットカーを使った制御プログラミング

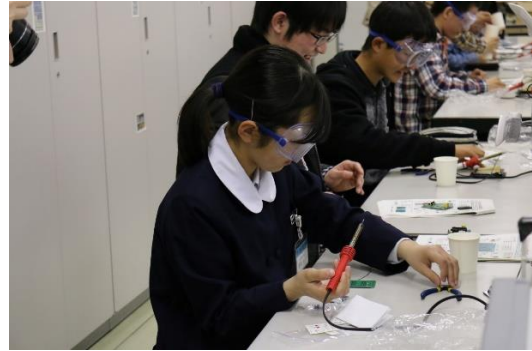


図9 ワンボードマイコンの製作

③ 「女子」小中学生のみを対象としたプログラミング教室を企画・運営した（図10）。これは、全国の高専で進めている「女子中学生に理系分野への進路選択に興味をもってもらう」活動に沿った講座でもある。

④ 地域の製造業の企業技術者（主に機械系の技術者）に対して、「組み込みプログラミング入門」と題した2日間の講座を企画し、実施した（図11）。こうした取り組みを通して、製造現場へのIoT導入支援を行っている。



図10 「女子」中学生対象のプログラミング講座



図11 地域のものづくり技術者を対象とした組み込みプログラミング講座

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 伊藤優希, 稲垣 宏	4. 巻 Vol. 42
2. 論文標題 ロボット型スマートフォンを利用した対話型暗記学習支援システムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計測自動制御学会 中部支部 教育工学研究委員会・教育工学論文集	6. 最初と最後の頁 pp. 61-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊藤優希, 稲垣 宏	4. 巻 Vol. 41
2. 論文標題 ロボット型スマートフォンを利用した音声対話型学習支援システムの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 計測自動制御学会 中部支部 教育工学研究委員会・教育工学論文集	6. 最初と最後の頁 pp. 69-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉浦藤虎, 渡辺正人, 稲垣 宏, 上木 諭, 庫本 篤	4. 巻 Vol. 65, No. 3
2. 論文標題 豊田高専におけるロボットを活用した課外活動と実験実習の実践例	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 pp. 82-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.65.3_82	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 稲垣 宏	4. 巻 12
2. 論文標題 産・官・学・金・民の連携による「コトづくり人材」育成事業の展開	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東海工学教育協会 高専部会 高専部会報告	6. 最初と最後の頁 pp. 9-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 伊藤優希, 稲垣 宏
2. 発表標題 ロボット型スマートフォンを利用した対話型暗記学習支援システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会中部支部 第166回教育工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤優希, 稲垣 宏
2. 発表標題 ロボット型スマートフォンを利用した音声対話型暗記学習支援システムの開発
3. 学会等名 教育システム情報学会 2019年度学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shintaro UCHIYAMA and Hiroshi INAGAKI
2. 発表標題 Mixed Reality with HoloLens to Enhance the Expression Ability on Education
3. 学会等名 5th International Conference on Advance Informatics: Concepts, Theory and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣 宏
2. 発表標題 「とよたイノベーションセンター」における地域貢献・人材育成の取り組み
3. 学会等名 平成30年度全国高専フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤優希, 稲垣 宏
2. 発表標題 ロボット型スマートフォン「ロボホン」を利用した対話型学習支援システムの開発
3. 学会等名 平成30年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤優希, 稲垣 宏
2. 発表標題 ロボット型スマートフォンを利用した音声対話型学習支援システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会中部支部 第164回教育工学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 康仁, 稲垣 宏
2. 発表標題 「プログラムによる計測と制御」教育を対象とした「疑似体験型」学習支援システムの開発
3. 学会等名 平成29年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 稲垣 宏
2. 発表標題 産・官・学・金・民の連携による「コトづくり人材」育成事業の展開
3. 学会等名 平成29年度 東海工学教育協会高専部会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中孝治, 稲垣 宏
2. 発表標題 デジタルペンのストロークデータを利用した自動板書システムの開発
3. 学会等名 教育システム情報学会 第41回 全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原 康仁, 稲垣 宏
2. 発表標題 「プログラムによる計測と制御」教育を支援するプログラミング学習支援システムの開発
3. 学会等名 平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 稲垣 宏
2. 発表標題 チームワーク力を育む「産学官連携ものづくり人材育成プログラム」の構築とその継続的な運用について
3. 学会等名 東海工学教育協会 高専部会シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原 康仁, 稲垣 宏
2. 発表標題 「プログラムによる計測と制御」を対象とした「疑似体験型」プログラミング学習支援システム
3. 学会等名 教育システム情報学会 学生研究発表会（東海地区）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 楊 大樹, 稲垣 宏
2. 発表標題 スマートグラスを用いた円滑なコミュニケーションを支援するシステムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会 中部支部 第161回 教育工学研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----