

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月14日現在

機関番号：53901

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500831

研究課題名（和文） 高度 ICT 人材育成に向けた早期専門教育を支援する教材開発と教育評価システムの構築

研究課題名（英文） Development of Learning Tools for Early Engineering Education aiming at being High-Level ICT Staff and Construction of Evaluation System for Education Program

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

研究成果の概要（和文）：高専の学生（特に低学年）を対象として、情報工学に対する興味の掘り起こしと勉学意欲の向上を目指し、ICTを活用した様々な教育支援システムを開発した。主なものに、(1)直感的理解を目指すアルゴリズムアニメーションシステム、(2)グループ学習形式のプログラミング体験システム、(3)赤外線ペンや Kinect センサを利用した講義支援システム、(4)JABEE 認定教育プログラムにおける達成度点検 Web システムがある。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research is to generate interest in Computer Engineering and to raise study motivation for young students of college of technology. Various computer-supported learning/teaching systems have been developed through this research. The major outcomes are below. (1) Algorithm animation system towards intuitive understanding, (2) Learning system for programming experience in group study, (3) Lecture support system using IR pen or Kinect sensor, (4) Web-based system for confirming student achievement level in JABEE accredited program.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：工学教育，情報教育，プログラミング教育，高専教育，JABEE，教育支援システム，フィジカルコンピューティング

## 1. 研究開始当初の背景

(1) わが国は、高度 ICT 社会の実現に向けて着々と基盤の整備を進めているが、設備面や行政面における整備状況に比べて、人材の育成面が遅れていると言わざるを得ない。高度 ICT 人材の育成においては、早い段階からプログラミングを体験させ、「情報処理の仕組み」に興味をもった学生に対して、情報処

理の原理と応用について系統的に学べる場を提供することが大切である（情報処理学会「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言」より）。

(2) 高等専門学校の情報工学科においては、中学校を卒業したばかりの若い学生に対し、将来、高度 ICT 人材として社会で活躍できる技術者の養成を目指し、国際水準を満たした

教育 (JABEE 認定教育プログラム) を行なっている。そのカリキュラムの大きな柱の一つとして「実践的なプログラミングスキルの習得」を掲げ、低学年から段階を踏んでプログラミング教育を実施している。しかし、教科書に沿って、そこに取り上げられている専門的なことから次々と説明していただくだけでは、若い学生の興味を引き付けることはむずかしい。悪くすると、当面の試験をクリアするための表面的な暗記だけに終わってしまう。これでは、情報技術に対する勉学意欲が失われ、将来コンピュータエンジニアになって活躍したいという気持ちそのものが萎えてしまう。

(3) このような状況に陥ることを防ぐため、以前より、プログラミング教育を効果的に行なうための教育/学習支援システムの開発に取り組んできた。そこで目指しているのは、「プログラミングで必要な各種の技法がもつ本質な意味 (その巧妙さや有効性) を直感的に捉えることができる教授支援システムの構築」及び、「実践的なプログラミングスキルの向上を目指す演習支援システムの構築」である。

## 2. 研究の目的

(1) インタラクティブ性に優れた新しい電子教材の開発 :

早期の専門情報教育の充実を図るべく、高専の学生 (特に低学年の学生) を対象として、情報技術に対する興味の掘り起こしと勉学意欲の強化を目指した、インタラクティブ性に優れた新しい電子教材の開発に取り組む。そこでは、「イメージによる直観的な理解を促進させる教材の開発」及び、「多様なデバイスを利用した『ものづくりマインド』を育む教材の開発」、という二つの基本方針を掲げ、プロトタイプ的设计・実装および試行による評価を実施する。

早期専門教育の充実に向けた新しいアイデアや工夫を形にし、実践していくフィールドとして、高専の教育現場は最適である。本研究における成果は、すぐに教育現場で試され、学生や教員からの評価を受ける。このフィードバックを的確に受け止めることで、機能の改善や追加が効果的に進むとともに、新しいアイデアの創出にもつながっていく。

(2) 教育プログラム支援システムの構築 :

教育の質保証が叫ばれる昨今であるが、高専においては、全国すべての高専が一丸となって、早い段階から、日本技術者教育認定機構 (通称 JABEE) の基準を満たした教育プログラムを設計し、運用してきた。

ただ、JABEE 認定教育プログラムにおいては、学生による継続的な達成度点検等が要求されるため、教員・学生ともに習得状況の確認作業に多くの時間がとられる。JABEE 教育

プログラムを維持し、さらなる発展を図っていくには、ICT を活用した学生支援システムの構築が効果的であると考え、システムの設計・実装に取り組んできた。

本研究では、他機関でも利用できる汎用性と拡張性を備えた JABEE 認定教育プログラム支援システムの実現に向けて、システムの拡張・評価・運用を実施する。

## 3. 研究の方法

(1) プログラミング教育支援システムの開発と授業への展開・評価 :

① 代表的な「ソート」アルゴリズムを実装したアルゴリズムアニメーションシステムを活用した授業を実践し、その教育効果を確認する。

② 代表的な「グラフ」アルゴリズムを実装したアルゴリズムアニメーションシステムを活用した授業を実践し、その教育効果を確認する。

③ グループによるプログラミング体験を通して、プログラミングのもつ楽しさを体感し、プログラミングさらには情報工学全般に興味をもつ若い世代を増やしていきたい。そのために、「グループのメンバー一人ひとりが作成したプログラムを持ち寄り、それらを合わせることで全体としてまとまった動作させることができる」演習環境を構築する。

(2) フィジカルコンピューティング演習環境の構築 :

① 無線センサネットワークデバイス SunSPOT を利用したフィジカルコンピューティング演習環境を構築する。Sun SPOT は、サン・マイクロシステムズ社が開発した無線センサネットワークデバイスであり、Java 言語の開発環境を使って、様々なハードウェア制御プログラムを作成することができる。

② 「Kinect センサと無線センサデバイス SunSPOT を組み合わせる」ことで、「姿勢認識プログラムの出力を、離れた場所にあるハードウェア制御という形で現実世界の動きとして見せる」ことができる。これにより、効果的なフィジカルコンピューティング演習環境が構築できると期待している。

③ Arduino というマイコン基板と Processing という開発環境を利用して、教育効果の高いフィジカルコンピューティング演習を構築する。Arduino と Processing を利用することで、様々なハードウェア制御プログラムを効率よく作成できる。そのため、「ものづくりマインド」をもったソフトウェア技術者の育成に効果があると期待している。

(3) 汎用性・拡張性を組み込んだ JABEE 認定教育プログラム支援システムの開発 :

① これまでに開発した初期バージョンの

システムは、本校情報工学科の教育プログラムに特化した部分が多く、他の教育プログラムへの展開がむずかしかった。ここでは、他の教育プログラムにも柔軟に対応できるように、学習・教育目標や達成度の設定に関して自由度を高め、汎用性と拡張性をもったシステムの実現を目指す。

③ 他の教育プログラム（豊橋技術科学大学）にて、システムを運用し、有効性の確認と問題点の洗い出しを行う。

(4) ICTを活用した「専門情報教育」を支援するシステムの開発：

① AR（拡張現実）技術を利用した体感型学習システムの開発に取り組む。ここでは、コンピュータネットワークのしくみや管理技術を学ぶ体験型学習システムの構築を計画している。

② 情報系基礎科目を対象とした板書支援システムの開発に取り組む。この研究では、普通の黒板（またはホワイトボード）を使った板書主体の講義形式を変えることなく、ICTを活用することで、板書作業自体を支援するシステムの開発を行う。

③ Kinect センサを利用した拡張現実に基づく講義支援システムの開発に取り組む。Kinect センサを利用することで、AR空間内に配置された仮想的な教材オブジェクトを、教師の動きに合わせて操作すること（ナチュラルユーザインターフェース）が可能になる。

#### 4. 研究成果

(1) プログラミング教育支援システムの開発と授業への展開・評価：

① 代表的な「ソート」アルゴリズムを実装したアルゴリズムアニメーションシステムを開発し、授業への展開を図った。

実行中の様子（「マージソート」の例）を図1に示す。低学年の学生に興味をもってもらえるようにやわらかいタッチの親しみのもてるデザインにしてある。

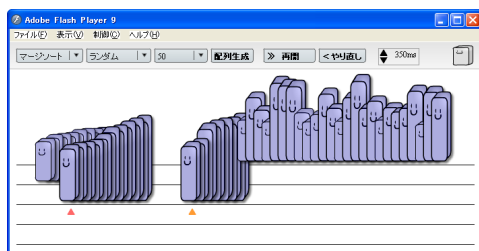


図1 マージソートの実行例

② 代表的な「グラフ」アルゴリズムを実装したアルゴリズムアニメーションシステムを開発し、授業への展開を図った。

今回開発したシステムは、実際の授業の中で幅広く利用してもらうことを目指している。代表的なグラフアルゴリズムの多くが実

装されており、継続的に利用することができる。また、各種アルゴリズムを統一した操作で扱えるため、教員にとって使いやすだけでなく、見た目の統一感から、学生にとってもわかりやすい。実行中の様子（「最大マッチング」の例）を図2に示す。

なお、本システムの有用性を確認するため、グラフアルゴリズムを扱う授業の中で本システムを活用した授業を実施した後、アンケート調査を実施した。その結果を見ると、肯定的な回答が80%を超えていた。また、アルゴリズム・アニメーション教材を利用することで、そのグラフアルゴリズム自体に対する理解の促進だけでなく、グラフアルゴリズムやアルゴリズム全般、さらには実社会におけるコンピュータの重要性に至るまで幅広い効果があることもわかった。

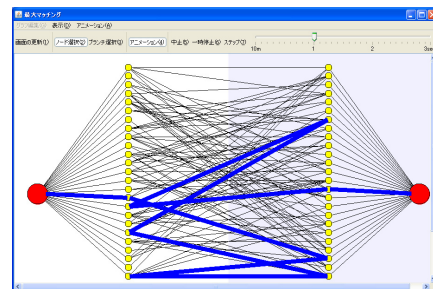


図2 最大マッチングの実行例

③ グループ学習形式で利用するプログラミング体験システムを開発した。

世の中のソフトウェア開発はチームで行われることが一般的である。そのため、情報科学分野の日本技術者教育認定基準の中にも「チームとして計画的に目標を達成していく能力」が設けられている。

ここでは、「チームプログラミング」の体験を可能にするため、グループ学習形式で利用するプログラミング体験ソフトウェアの構築を目指した。

開発したシステムでは、図3のように、学習者一人に1台のコンピュータと、グループ全員が見るための大画面の「仮想草原」表示用サーバコンピュータ1台が、ネットワークで接続されている。

まず、個々の学習者に、プログラミングの題材として、「ライオン」・「キリン」・「ウマ」等の草原で生息する「動物」を与える。学習者は、自分に与えられた「動物」の振る舞いを実現するプログラムを、自分のコンピュータ上で作成する。その後、全員のプログラムをサーバコンピュータ上で一つにまとめて動作させる。そのための環境として、「仮想草原」プログラムを用意した。「仮想草原」(図4)の画面でグループ全員のプログラムの動作を同時に確認することができ、コミュニケーションを伴ったプログラミング体験につながる。

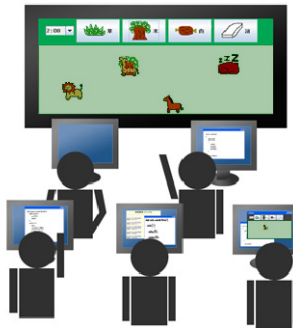


図3 開発したシステムの利用の様子



図4 「仮想草原」の画面の例

(2) フィジカルコンピューティング演習環境の構築：

① 無線センサネットワークデバイス SunSPOT を利用したフィジカルコンピューティング演習環境を構築した。

Sun SPOT には、プログラム開発環境が提供されているものの、基本的で単機能な機能を組み合わせて開発するスタイルであるため、プログラミング初学者にとっては敷居が高い。そこで、プログラミング初学者でも簡単に直感的に Sun SPOT を制御できる「Sun SPOT クラスライブラリ」を独自に開発した。

また、Sun SPOT に装備されている入出力ポートにサーボモータ（とタイヤ）さらに距離センサを取り付け、「Sun SPOT カー」と称する教材を作成した。図5は、SunSPOT の通信機能を使って、Sun SPOT カーを制御する課題の実行風景である。

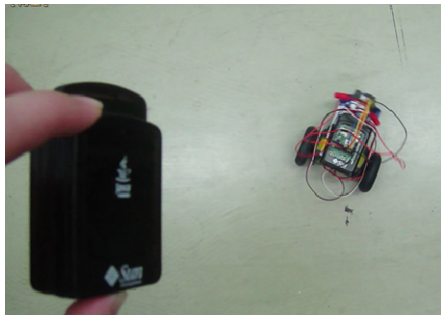


図5 通信機能を使った SunSPOT カーの制御

② 「Kinect センサと無線センサデバイス SunSPOT を組み合わせる」ことで、これまでにないフィジカルコンピューティング演習

環境の実現が可能になると考えた。この二つの装置を利用することで、「姿勢認識プログラムの出力を、離れた場所にあるハードウェア制御という形で現実世界の動きとして見せる」ことができる。

「人間の動きという自然で直感的な入力によって、離れている（ケーブルでつながっていない）モノを制御する」というプログラムを開発することで、多くの学生に、プログラミングという技術に興味をもってもらいたいと思っている。

開発した演習環境を利用した動作確認実験の様子を図6に示す。ここでは、両手を挙げたことを Kinect が認識し、SunSPOT 子機の全ての LED を点灯させている。

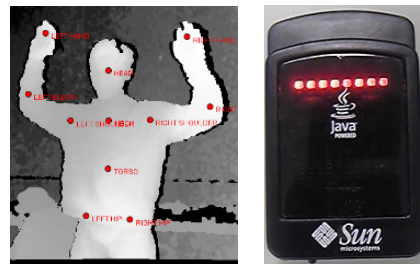


図6 KinectとSunSPOTを組み合わせせた

課題プログラムの動作確認

③ Arduino と Processing を利用したフィジカルコンピューティング演習課題を、高専4年生のプロジェクト実験（半年間）のテーマとして設定し、実践研究を行っている。

(3) 汎用性・拡張性を組み込んだ次期 JABEE 認定教育プログラム支援システムの設計・実装を行った。そこでは、他の教育プログラムにも柔軟に対応できるように、学習・教育目標や達成度の設定に関して自由度を高めるとともに、データベースへの入力作業の軽減を図るべく、データ入力の支援機能を実装した。そして、他校（豊橋技術科学大学）の教育プログラムにおいて試験運用を実施し、その有効性を確認した。豊橋技術科学大学の教育プログラム向けに変更された「学習・教育目標に対する達成度状況」の表示画面を図7に示す。

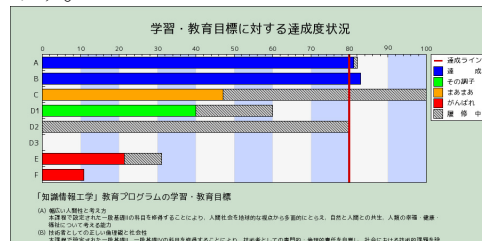


図7 カスタマイズされた達成度グラフ

(4) ICTを活用した「専門情報教育」を支援するシステムの開発：

① AR (拡張現実) 技術を利用した体感型学習システムとして、コンピュータネットワークのしくみやネットワーク管理技術を学ぶ体験型学習システムを構築した。

パケットの流れやネットワーク管理情報を視覚化し、それらを実空間に重ねて表示させることで、コンピュータネットワークのしくみの理解やネットワーク管理技術の習得支援を図った。実行画面の例を図8に示す。

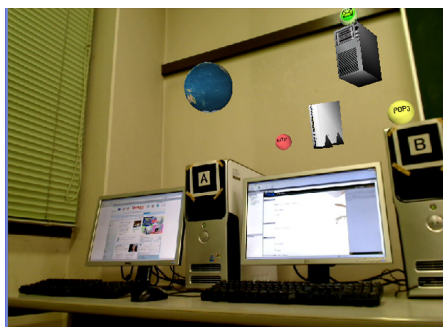


図8 可視化されたパケットの様子

② 情報系基礎科目を対象とした板書支援システムの開発に取り組んだ。ここでは、普通の黒板 (またはホワイトボード) を使った板書主体の講義形式を変えることなく、ICTを活用することで、板書作業自体を支援するシステムの実現を目指した。

具体的には、情報系基礎科目の授業において板書する機会が多い「論理回路」「ベン図」「グラフ構造」を対象として、フリーハンドで書いた図を自動整形するなどの作図支援機能の実装を行った。また、入力インターフェースとして赤外線ペンを利用することで、チョークと同等の操作性を確保した。図9に、本システムを利用して、論理回路図を板書している様子を示す。

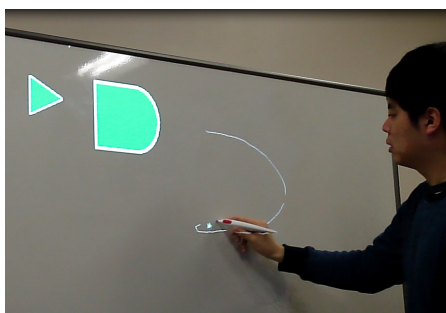


図9 論理回路を板書している様子

③ Kinect センサを利用した拡張現実に基づく講義支援システムの開発に取り組んだ。Kinect センサを利用することで、AR (拡張現実) 空間内に配置された仮想的なオブジェクトを、教師の動きに合わせて操作すること (ナチュラルユーザインターフェース) が可能になる。今回開発するシステムでは、仮想的なオブジェクトとして、「教材フリップ」

「メニューボタン」「聴講者」を実装し、それらを教師の身体動作によって制御する機能を実現した。

AR空間内に生成された「教材フリップ」の様子を図10に示す。教師のジェスチャによって、この教材フリップを進めたり、戻したり、拡大・縮小したり、さらに、矢印や丸印を書き込んだりすることができる。

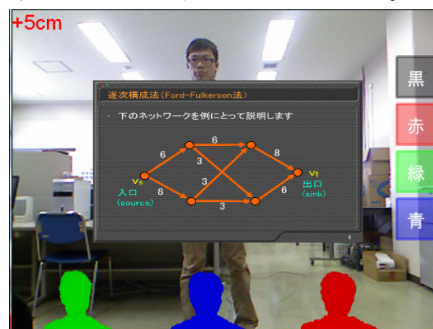


図10 AR空間に生成された教材フリップ

## 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3件)

- ① 稲垣 宏, 木村哲朗: Kinect センサと無線センサデバイス Sun SPOT を利用したフィジカルコンピューティング演習環境の構築, 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, 査読有, Vol. 36, 2013 (2013年12月発行予定)
- ② 稲垣 宏, 朴 誠史: グループ学習形式で利用するプログラミング体験システムの開発, 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, 査読有, Vol. 34, 2011, pp. 25-27
- ③ 平野 学, 江崎信行, 稲垣 宏, 竹下鉄夫: Sun SPOT を用いた卒業研究の実施事例と教材としての教育的効果の検証, 論文集「高専教育」, 第34号, 2011, pp. 179-184

〔学会発表〕 (計11件)

- ① 稲垣 宏, 木村哲朗: Kinect センサと無線センサデバイス Sun SPOT を利用したフィジカルコンピューティング演習環境の構築, 計測自動制御学会中部支部 第153回教育工学研究会, 2013年3月23日, 大同大学滝春校舎
- ② 稲垣 宏, 近藤吉峰: Kinect センサーを利用した拡張現実に基づく講義支援システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.66, pp.51-54, 教育工学研究会, ET2012-10, 2012年5月26日, 近畿大学

- ③ 稲垣 宏, 朴 誠史: グループ学習形式で利用するプログラミング体験システムの開発, 計測自動制御学会中部支部 第150回教育工学研究会, 2011年11月12日, 名城大学天白キャンパス
- ④ 稲垣 宏: 専門情報教育を支援するアルゴリズム・アニメーション教材の開発, 教育システム情報学会東海支部 日生 e-Learning 研修会・論文集, pp. 14-27, 2011年9月3日, 備前市日生町(備前東商工会 第一ホール)
- ⑤ 加藤弘明, 稲垣 宏: 情報系基礎科目を対象とした板書支援システムの開発, 2011年春・教育システム情報学会学生研究発表会, pp. 141-142, 2011年3月8日, 名城大学 MSAT
- ⑥ 稲垣 宏, 阿知波康博: Sun SPOT を用いた体験型プログラミング教材の開発, 計測自動制御学会中部支部 第149回教育工学研究会, 2010年12月11日, 名城大学天白キャンパス
- ⑦ 朴 誠史, 稲垣 宏: プログラミング体験を目的としたグループ学習システムの開発, 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, F3-1, 2010年8月31日, 中部大学
- ⑧ 阿知波 康博, 稲垣 宏: Sun SPOT を用いたプログラミング学習環境の構築. 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, F3-2, 2010年8月31日, 中部大学
- ⑨ 三宅 智也, 稲垣 宏: 拡張現実を用いたネットワークトラフィックの可視化, 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, E1-5, 2010年8月30日, 中部大学
- ⑩ 浜 克巳, 今野慎介, 森田 孝, 稲垣 宏, 河合和久: 技術者教育プログラム用達成度点検・評価に関する支援システム, 平成22年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, 講演番号 5-332, pp. 562-563, (2010年8月22日, 東北大学
- ⑪ 小笠原規浩, 稲垣 宏, 浜 克巳, 今野慎介, 森田 孝, 河合和久: JABEE 認定教育プログラムにおける ICT を活用した学生支援環境の開発, 平成22年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, 講演番号 6-214, pp. 334-335, 2010年8月21日, 東北大学

## 6. 研究組織

### (1) 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