

## 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24年6月1日現在

機関番号：33401  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21500962  
 研究課題名（和文） マイクロロボットを用いた学校間交流型プログラミング教材の開発  
 研究課題名（英文） Development of programming material for exchanges between schools using the micro robot  
 研究代表者  
 山西 輝也（YAMANISHI TERUYA）  
 福井工業大学・工学部・教授  
 研究者番号：50298387

研究成果の概要（和文）：本研究は、次世代を担う ICT 人材を育成するために、ロボカップサッカーの競技部門の一つである Mixed Reality シミュレーションリーグで用いられたマイクロロボットを小・中・高校生向けの教材として利用し、学校間の垣根を越えた協調学習を通じて協働作業の大切さを理解させるような体験授業の考案を目的として実施された。この結果、ロボットシステムの整備とサッカーエージェントの開発が行われ、小学生でもグラフィカル・ユーザ・インターフェースを利用することにより、ロボット動作のプログラムが生成できる環境が整備された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is the development of teaching materials and teaching experience for elementary, middle and high school students using a micro-robot of Mixed Reality Simulation League, one of the department of RoboCup soccer competitions, in order to cultivate the next generation of ICT human resources. We also aim to foster human resources capable of collaborative work through collaborative learning among students who are belonging to the different schools each other. Here we improved the robotic soccer system and developed the robotic soccer agent. In addition the system has been implemented a graphical user interface so that a program of robot behavior could be generated by even schoolchildren.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
21 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
22 年度	800,000	240,000	1,040,000
23 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：創業領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：教材情報システム・プログラミング教材・ロボット・交流型学習

## 1. 研究開始当初の背景

平成20年当時、我が国は、u-Japan 構想の下、高度 ICT 社会に向けて基盤整備が進み設備機器や行政制度の充実が図られていた。人材の育成においては、総務省が平成19年

に高度 ICT 人材育成研究会を発足し抜本的な育成策について検討がなされ、今般、産業構造や人材活躍の場、人材育成の場について具体的な現状と課題が報告された。その報告の中で、中等教育や高等教育では ICT の社会

的意義・魅力・ICT リテラシーの習得不十分や産業界側のニーズとのミスマッチが指摘されていた。このような現状を打破するために、中教審が平成 20 年 1 月に学習指導要領等の改善の答申を発表し、普通教科「情報」は「情報活用の実践力」、「情報の科学的な理解」、「情報社会に参画する態度」の“目標の 3 観点”をより一層重視した「社会と情報」と「情報の科学」の 2 科目に再編された。そして、これらの 2 科目を通じて情報活用能力の育成を求めた。その結果、この教育カリキュラムを実施するにあたり効果ある指導や教材開発が喫緊の課題であった。

## 2. 研究の目的

近年、情報教育分野において、児童や生徒の ICT 水準を底上げしつつ、次代の技術者育成の観点で不足していると考えられる情報处理的視点を小・中・高等学校それぞれの発達段階に応じて体験学習させる教材の開発を目指した。最近の事例では、ロボット教材を活用した課題の分析や系統的な解決策の構築、実行結果の検討と反復改良と言った「手順的な自動処理」プロセスの実体験から情報处理的視点の獲得に一定の成果があったことが報告されている。しかし、ロボットの規格化や学習場所の限定などの問題で、多くの児童・生徒に学びの場を提供するには課題が残っている。

本研究では、手順的な自動処理の実体験から情報处理的視点を育むことを目的とし、年齢に応じ適切に実践でき、種々の制限を受けない教材を考案する。そこで、「ロボカップサッカー」Mixed Reality シミュレーションリーグ (MR リーグ)において、大阪大学と(株)シチズンが共同開発したマイクロロボット「Eco-Bee!」を用いて、ロボットの知的行動戦略が創発する自律適応システムと児童や生徒による対戦（手動によるものやサッカー動作のプログラム対戦）から協働作業の大切さの学習を通して情報处理的視点の育成を目指す。今日、ロボカップはそのエンターテインメント性から、幅広い年齢層、特に子ども達に人気がある。そこで、Eco-Bee!ロボットを用いた体験学習は、子供達に科学技術の興奮と素晴らしさを伝えるだけでなく、情報科学の啓蒙にも極めて有効であると考えられる。

## 3. 研究の方法

ロボカップのMR リーグ公式マイクロロボット Eco-Bee!を用いて、「情報処理の仕組み」と「手順的な自動処理」の体験学習を実践するための教材開発を行い、その教材を用いたプログラミング学習を提案する。

- (1) Web ブラウザを用いた GUI ベースによるロボット制御のための簡易プログラ

ムの開発

- ① Eco-Bee!の制御は、現段階では CUI ベースの C++言語によるものであり、ロボットの動作の生成ではプログラムについて十分な知識が必要である。そこで、ロボットの基本動作のモジュール化を行い、マウスで順次アイコンを並べることにより Eco-Bee!が動作するシステム開発を行う。

- ② 遠隔地からでも Eco-Bee!を制御できるようにシステムを改良する。従来、Eco-Bee!の制御はサーバ・クライアント方式で、すでに CUI ベースの C++言語で記述されたソースをサーバで実行するシステムの構築がなされている。従って、プログラム初心者でも扱えるように制御コマンドをアイコンで表示しマウスで操作できるような GUI を開発する

- (2) 児童・生徒（小・中・高校）の学齢に応じた教材の開発として、遊ぶ要素も取り入れる。例えば、複数台の Eco-Bee!が調和してダンスをする場面を見せることにより、ロボットに興味を抱かせた上で実際のプログラミングへと発展させる。

- (3) PDCA サイクルによる開発教材の実施・評価・改善を行う。現本務校の附属中・高等学校の授業や、他校への出前講義、地域の児童・生徒への地域講座を通じて本研究の開発教材を用いた体験学習を例えば 2 校間同時実施し協働作業によるコミュニケーション能力も育ませる。そして、PDCA サイクルで教材と学習法の改善を行う。そこで学齢に応じた教材開発として、

### ①小学生対象

ロボット複数台による協調行動を見せ、子ども達のロボットに対する興味を持たせる。さらに、ロボットを制御する仕組みを説明し、開発した簡易プログラムでロボットを動かして見せる。子ども達でグループになり、簡易プログラムを使って実際にロボット 1 台の制御を行い、反復練習の後、グループ対抗競技種目のプログラムを開発し、競技を行う。

### ②中学生対象

前半部分は小学生向けと同様とする。簡易プログラムを使ったロボットの動作生成によるグループ対抗競技では、ロボット複数台を用いた協調行動による競技種目とし、逐次処理だけでなく

反復処理や分岐処理などのプログラム基本構造を取り入れた競技とする。

### ③高校生対象

プログラミングの経験のない生徒には、中学生向けの実験授業を行う。一方、プログラミング経験のある生徒には簡易プログラムによるロボット制御ではなく、組み込みシステムによる制御の体験授業を行い、ソフトウェア開発に必要なプログラム生成とデバック処理を実践させる。

これらの研究開発を期間3年で計画した。

## 4. 研究成果

(1) Webブラウザを用いたGUIベースによるEco-Bee!の制御のための簡易プログラムの開発では、

①GUI ベースによるロボットの動作生成プログラムの開発環境を当初はC言語をベースに独自開発を進めたがタイル型の設計に時間が掛かり、最終的にMITメディア研究所が開発したタイル型言語「スクラッチ」をEco-Bee!の操作インターフェースとする開発に切り換えた。その結果、スクラッチのスクリプトパレットにタイル型のスクリプト(命令)を並べてロボットの動作を作成することができるようになった(図1参照)。並べ終わったスクリプトはテキストデータに変換し、基本動作モジュールとの連携からマウス操作でEco-Bee!の動作作成ができるようになり、またコンピュータ言語の基本構造が視覚的に理解できるようになった。



図1 スクラッチにおけるプログラム作成

②遠隔地からのEco-Bee!の操作を可能とするシステム改良では、まず、Webカメラをディスプレイ上に設置し、ネット経由でロボットの動作を外部から見えるようにした。

次に、Eco-Bee!の制御はこれまで赤外線通信であったため、外乱を受け易く、正常な動作に必要な外部環境の構築が非常に困難で

あった。そこで愛知工業大学がXBee(無線通信)を用いたロボット制御システムの仕様を提案したため、我々はこのシステムの実装を試みた。まだ試験段階ではあるが、外部環境の依存性を激減させることができ、採光の調節をすることなく安易に遠隔制御が可能になることが期待できる(図2参照)。

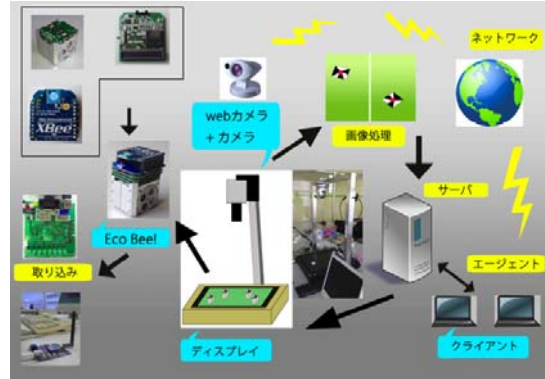


図2 システム概略図

(2)遊ぶ要素を取り入れた教材開発では、ロボカップサッカーにおけるコンピュータ知能によるEco-Bee!チーム対子供たちが操作するEco-Bee!チームとのサッカーゲームを、ロボカップジャパンオープン2009から3大会連続で大会会場にて実施した。子供チームは初対面同士の児童であったが、時間が立つと声掛けが始まり、ゲームを通して協働作業をしている様子がうかがえた(図3参照)。各大会実施後の反省から、子供チームの操作に応じてコンピュータチームの強さを変化できるようにオプションを実装した。



図3 ロボカップジャパンオープンの会場にて開発教材で子ども達が協働作業をする様子

(3)小・中・高校生向けの体験学習型の教材開発を行った。

①小・中学生対象では、与えられたラインをいかに外れずにEco-Bee!がラインレースするような動作生成のプログラミング学習を提案した。

1. 与えられたラインの実測
2. スクラッチで動作の命令タイルをマウスでクリック・アンド・ドラック
3. 実行, および動作確認

Eco-Bee!がライン上を正確に移動できるまで上述の2と3を繰り返す。ライントレースの形状として,

・1st ステップ

四角形に描かれたライン走行のプログラム作成

・2nd ステップ

一筆書きの星(五芒星)のライン走行プログラム作成(図4と5参照)

を用意した。このような学習から中学校で実施される「プログラムによる計測・制御」の実習に対する前段階学習が期待できる。



図4 五芒星のプログラム例

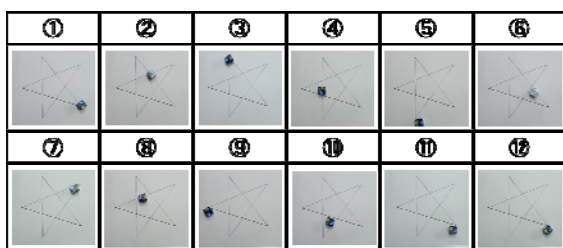


図5 Eco-Bee!の動作の様子

②高校生対象では、プログラム導入授業の観点から次のような教材開発を行った。

・1st ステップ

組込みシステムによる Eco-Bee!の動作生成

・2nd ステップ

サッカープログラムの生成とネット対戦

1stステップでは、普通科1年生と2年生英語クラスの2クラスで実施し、受講した生徒たちにアンケートを実施した。この体験学習では、課題の分析や系統的な解決策の構築、実行結果の検討と反復改良といった「手順的な自動処理」プロセスの実体験からの「情報处理的視点」の獲得を目標とし、2校で約60名の文理系選択前の生徒に実施したが、いずれも学習に十分な時間を取れず、新しい動作や微調整などの反復改良や、他グループと考えの共有や統合の機会を得ることができなかった。今後、短期集中授業を実施する機会を持てば、残りの内容についても実施し、その取り組みを十分に検証する。

アンケート結果では、体験学習の内容について受講生全体の7割以上から肯定的な回答を得ることができ、また、一般に初学者には難解なプログラムにおいても過半数の生徒が興味を示したのは、ロボットを用いた体験学習であったことによると思われる。授業主要科目とプログラミングに対する興味・関心については、数学に対する関心が比較的高い(低い)生徒は、この授業に対する興味やプログラミングに対する興味・関心も比較的高い(低い)という傾向があり、数学以外の科目に対しては有意な結果が得られなかった。しかしながら、多くの生徒の興味を得られているため、授業内容や手順の工夫により文系的な生徒にもプログラミングに対する興味や関心を持たせることができると考えられる。今後は、小・中学生にも体験学習を展開し、その結果を逐次フィードバックしつつ、情報科学への興味や関心が喚起し、情報处理的視点が育成される教材の開発を目指す。

2ndステップでは、工業系の高校3年生数名に2教室に分かれて予行練習を行ったが、用意したサンプルのサッカープログラムがサッカーエージェントのポジションを入力するだけであったため、工業系の生徒にしてみれば物足りなかったようである。今後は、運動範囲の指定や攻撃力や守備力の数値入力、連係プレイの動作生成などのサンプルプログラムからのプログラミング教材などの開発と体験授業の実施、そしてPDCAサイクルの実行による教材の改善を行う。

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9件)

- ① 山西輝也, 杉原一臣, 大熊一正, マイクロロボットを用いたプログラミング導入教育の試み, 福井工業大学研究紀要, 査読有, 41号, 2011, 486-496
- ② M. Osogami, T. Yamanishi, K. Uosaki, Input-Output Conditions for Automatic Program Generation Using Petri Nets, KES2011 Part I LNAI 6881, 査読有, 2011, 296-305
- ③ 大熊一正, 杉原一臣, 須藤和敬, Web基盤を利用した学習管理システムによるプログラミング言語教育環境の構築とその情報基礎科目への応用に向けて, 福井工業大学研究紀要, 査読有, 40号, 2010, 469-480

[学会発表] (計30件)

- ① 大熊一正, マイクロロボットとスクラッチによる組込みシステムの学習に向けて, 情報処理学会第74回全国大会, 2012年3

月 8 日, 名古屋工業大学

- ② 杉原一臣, RoboCup3Dシミュレーションリーグの取組みと今後の課題, 日本オペレーションズ・リサーチ学会中国・四国支部 第5回定例シンポジウム, 2010年11月12日, 高知大学
- ③ 山西輝也, ICT活用の教育の実践, 福井県高等学校教育研究会(情報・視聴覚研究部会学習会), 2009年9月9日, 福井県立丸岡高等学校

[その他]

- ① 山西輝也, 大熊一正, 杉原一臣, 「情報教育のためのマイクロロボットによる教材開発と実践」, ふくい IT フォーラム 2011 ブース展示, 2011年10月20-21日
- ② 山西輝也, 大熊一正, 杉原一臣, 「マイクロロボットを用いた先進的情報教育用教材の開発」, ふくい IT フォーラム 2010 ブース展示, 2010年10月21-22日
- ③ 山西輝也, 大熊一正, 杉原一臣, 「マイクロロボットを用いた先進的情報教育への展開」, ふくい IT フォーラム 2009 ブース展示, 2009年10月22-23日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山西 輝也 (YAMANISHI TERUYA)  
福井工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 50298387

### (2) 研究分担者

大熊 一正 (OHKUMA KAZUMASA)  
福井工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 80367507

杉原 一臣 (SUGIHARA KAZUTOMI)  
福井工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 90367508