

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：13103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381242

研究課題名(和文) 大学生のチャレンジ精神を醸成する学内起業による自律型ロボット教材の開発・製作

研究課題名(英文) The development and the production of the autonomy vehicle type robot for teaching materials by building an inner company in university in order to breed the challenge mind of the university students.

研究代表者

川崎 直哉 (kawasaki, naoya)

上越教育大学・学校教育研究科(研究院)・教授

研究者番号：40145107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)： 小学校高学年から中学生までを対象として、子どもたちが先端技術を直接体験することができる安価な教材を開発した。具体的には、マイクロコントローラを搭載した自律走行型ロボットの標準仕様ともいえるべきものを開発した。基礎的なセンサは標準装備、ロボットの機構部分の製作は自由度が大きく、子どもの発想力を生かせる形のものを検討した。開発した教材については教育現場等で実践を行い、その効果について評価を行った。開発した教材はマザーボードを中心に量産化を実現し、学生を中心とした学内起業を推進した。

研究成果の概要(英文)： For the junior high school students and the elementary school upper grades students, we developed cheap teaching materials that they can experience advanced technology directly. Concretely, we developed the teaching materials which satisfy standard specifications of an autonomy vehicle type robot equipped with a microcontroller. Based on ideas of themselves, students can make the mechanism area of a robot with the degree of big freedom. On the other hand, fundamental sensor modules and a microcontroller module are supplied. We practiced the developed teaching materials in educational scene and evaluated their effect. We realized the mass production of teaching materials including the motherboard which we developed, and are proceeding to build the inner company led by the students in university.

研究分野：社会科学

キーワード：教材開発 自律型ロボット 中学校技術 小学校高学年 ものづくり

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 子どもたちの理科離れ、科学離れが指摘されているが、特に、小学校、中学校の義務教育については、学習状況に応じて柔軟に対応できる指導者と、適切な教材、有効な教材の普及が望まれている。先端的科学技術の基礎を子どもたちに教えようとするとき、その技術を取り込んだコンパクトな標準的な教材があれば、指導者の大きな助けとなると期待される。

(2) 小学校高学年では、現在、サイエンスについては理科、アートについては図工でそれぞれ学習しているが、工学的な内容を中心としたいわゆるテクノロジーについては柱として行われていない。中学校になると「技術・家庭」技術分野で学習するが、小学校高学年では理科の中に一部が含まれているが、子どもたちがテクノロジーについて意識して学習しているかは疑問である。

### 2. 研究の目的

(1) 先端技術を教材化して扱いやすい形で普及することを目的とし、特に、小学校高学年から中学生までを対象として、一貫して先端技術を学べるような、子どもたちが先端技術を直接体験することができる安価な教材の開発・評価・普及とそれを用いた科学技術の啓蒙を目指す。

(2) 小学校および中学校において、教材として利用可能なロボットの標準仕様ともいえるべきものを開発する。具体的には、マイクロコンピュータを搭載して自動走行する自律型走行ロボットの製作を通して、小学生の場合には電子回路を組み込んだマザーボードの部分はブラックボックスとして与え、ロボット本体の「デザインと製作」および「プログラミング」を中心に、中学生の場合にはマザーボードの一部製作も含んで、子どもたちの独創性・思考力及び「ものづくり」への興味を育み、子どもの発想力を生かせる形のものを検討する。

(3) ロボット本体の製作では、小学校では図工の、中学校では美術にも深く関係すると考えられることから、特に小学校高学年で「図工」の要素を積極的に取り入れ、「理科」を柱とした、楽しみながら「先端技術(テクノロジー)」に興味を抱かせるような教材の開発を目指す。具体的には、自律型ロボットの製作を通じて、子どもたちに「先端技術」への興味を高めることを本研究のひとつの目標とする。

(4) 開発したロボットを安価に製作し、教育現場に教材として普及するために、学生を中心とした大学内起業の実現を試みる。子どもたちの「ものづくり」への動機付けを高めるとともに、学生が起業化を目指すことによるチャレンジ精神を醸成することをもひとつの目標とする。

### 3. 研究の方法

(1) 小学校高学年生および中学生に対して、以下を満足するロボットの開発を継続して

行ってきた。ロボットのマザーボードを含む電子回路や機構部分を、研究分担者と共同で開発しながら、さらに理科分野、美術(図工)分野の研究者が加わることによって、前述の目標の達成を目指した。特に、ロボットのマザーボードを含む電子回路や機構部分については、標準的仕様と呼ぶべきものをまとめ上げ、教育現場に使いやすい形での提供を目指す。開発された教材は、最終的にはハードウェアのみでなく、使用方法やソフトウェアも含めて、教育現場に提供することにより、ただちに使用可能な形として、子どもたちが先端技術に接して学習する教材とする。

マイクロコントローラ搭載(PIC16F88, 18F2420等のPICシリーズ)の自律型走行ロボットであること。

走行部・駆動部機構の製作については自由度が大きく、子どもの発想力を生かせるもの。

基本的なセンサは標準搭載し、オプションで更に高度なセンサや通信機能も搭載可能なもの。

プログラミングはパソコンで行い、パソコンからライター等を必要とせず、簡単に自律型走行ロボットにダウンロードできること。

基本となるプログラミングソフトはヒューマンインターフェースに優れており、小学校高学年でも使用可能なもの。

ロボットのフレーム・外形等のデザイン・製作については、子どもたちが自由な発想・独創性を生かせる仕様とし、小学校高学年でも、マザーボードの部分はブラックボックスとして与え、上記のデザイン・製作、およびプログラミングを中心に子どもたちの独創性・思考力を育てることができること。

中学校(特に技術分野)で学習すべき基本的内容(例えば、アクチュエータ、センサ、プログラミング等)が盛り込まれていること。

高校生や大学生など学習者のレベルに合わせて、より高度な学習の教材としても利用可能となるよう(ハード、ソフト両面の)オプションを充実すること。

機能の割には安価であること。

(2) 製作したロボット教材を用いて授業実践を行い、有効性の評価とそれに基づいた改良を行なった。広く教材としての普及を考え、競技用ロボットにも搭載可能なレベルの標準型マザーボード(PIC18F2420搭載)の他に、機能を制限した簡易型マザーボード(PIC16F88搭載)も製作して、小学校高学年の課外活動および工作経験のない学生が多い大学授業を対象に、開発したロボット教材の可能性を検討した。

最終完成したロボットの量産に当たって、マザーボード基板など製作を外注依頼するものと、ギアなど汎用の部品を流用するものとに分け、外注するものについては量産体制の確立を行い、汎用部品については価格も考慮して最終決定した。

(3) 学内に学生を中心とした起業を進め、開発したロボットの教材化を目指した。マザー

ボード基板などのハード関係の製作は外注して量産化を実現した。学生を中心とした学内起業による組織については進行中である。併せて、課外活動でロボットの製作を希望者に対して行う活動も継続して行っている。

#### 4. 研究成果

(1) 上記計画に従って自律型ロボットやその他の教材に適用可能なマイクロコントローラ搭載のマザーボードを2種類(標準型マザーボード(PIC18F2420 搭載), 機能を制限した簡易型マザーボード(PIC16F88 搭載)の2種類)を設計・製作し, 量産を行った。写真1に, 製作した PIC18F2420 搭載の標準型マザーボードの外観を示す。

(2) 上記マザーボードを搭載する自律型ロボットを設計・製作した。PIC18F2420 搭載の

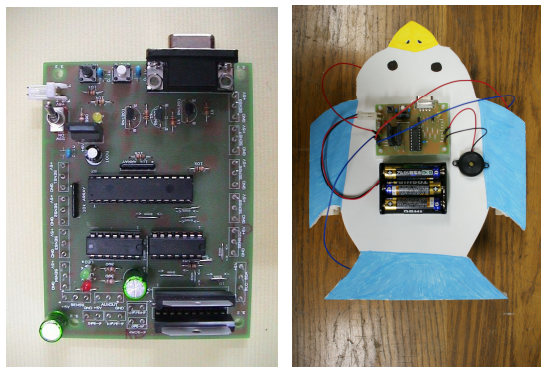


写真1

写真2

標準型マザーボードについては, プロトタイプとして, いくつかのセンサを搭載した多機能ロボットを設計・製作し, PIC16F88 搭載の簡易型マザーボードについては, 広く小学生高学年, 中学生を対象として活用できる自律型ロボットの基本形を設計した。これについては, 子どもたちが自由にロボットの形をデザインすることが可能で, 製作にあたっては工作・加工も容易な材料を用いて比較的短時間でロボット本体を製作できるよう工夫した。併せて PIC16F88 搭載の簡易型マザーボードを用いて, 自律型ロボット以外の教材として, 小学校低学年にも活用可能な色彩が自動的に変化する多色 LED を備えた電子オルゴールを設計・製作した。

(3) 小学生でもパソコンを使って簡単に自律型ロボットにプログラミングでき, 瞬時にダウンロードできるヒューマンインターフェースに優れた PIC16F88 搭載の簡易型マザーボード用のプログラミングソフトを製作した。基本は小学生高学年, 中学生を対象とした自律型ロボット用に開発したもので, ロボットの移動のためのモータの制御信号や, センサからのデジタル信号やアナログの信号を簡単に取り込むことが可能なプログラミングソフトであるが, それを応用して電子オルゴールへの音符入力も可能とした。PIC18F2420 搭載の標準型マザーボード用のソフトウェアについては, マザーボードが高機能であるためソフトウェアも複雑であり, そのためオリジナルソフトウェアについて

は現在開発中である。

(4) 開発した PIC16F88 搭載の簡易型マザーボードを用いて, 小学生高学年, 中学生を対象とした工作教室, 及び大学生を対象とした授業で自律型ロボットの製作実践を行った。延べ人数は 250 名程度である。マザーボードの部分はブラックボックスとして与え, ロボットのデザイン・製作, およびプログラミングを中心に子どもたちの独創性・思考力を育てることに主眼を置いた。その結果, ロボットのフレームや足回りなどについては比較的短時間で製作することができ, オリジナルのデザインやプログラミング部分などで時間をかけることができた。対象者は興味を持って望んでおり, 先端的な科学技術に親しみながらもものづくりを行い, 巧緻性と論理的な思考力を高めるという面から, 十分な効果があると判断された。写真2に作品の例を示す。

(5) 開発した PIC18F2420 搭載の標準型マザーボードを用いて, 小学生高学年, 中学生を対象としたロボットサッカー競技用の自律型ロボット工作教室を開催した。写真3に作品の例を示す。プロトタイプということでもまだ完成型ではないが, 継続的に教室を開催して高機能の自律型ロボットを完成する予定である。併せて, 学生を中心とした学内起業による組織について検討を行い, 現在具体的な起業について進行中である。

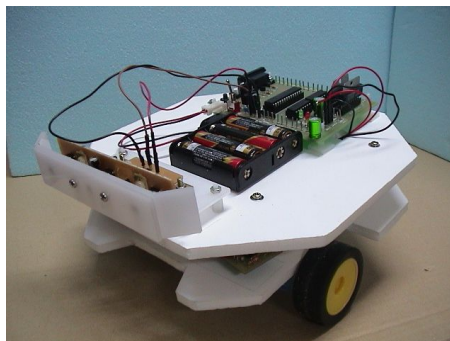


写真3

#### 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5件)

(1)長瀬大,大森康正,川崎直哉「連携教育を支援するためのユーザの検索意図に基づいた学習リソース検索システム」日本産業技術教育学会誌,第57巻,121/129(2015) 査読有

(2)山口真人,田中保樹,小林辰至「科学的な問題解決において児童・生徒に仮説を形成させる指導の方略 - The Four Question Strategy(4QS)における推論の過程に関する一考察 - 」理科教育学研究,第55巻,437/443(2015) 査読有

(3)有川誠,土井康作,田口浩継,坂口謙一「イギリス Design and Technology の現状と課題」日本産業技術教育学会誌,第55巻,61/69(2013) 査読有

(4)西本彰文,田口浩継,萩嶺直孝「技術科に

おける思考力・判断力・表現力等の育成を目指したカリキュラム開発 論理的思考・システム思考・対話を核として」技術科教育の研究(日本産業技術教育学会技術科教育分科会編集),第18巻,9/18(2013)査読有

(5)長谷川敦司,小林辰至「教員養成系大学生の物理学的素養の向上を目指した授業」物理教育(日本物理教育学会),第61巻,131/136(2013)査読有

〔学会発表〕(計45件)

川崎直哉,他5名「小中学生を対象とした自律制御型ロボット教材の開発~PIC向けプログラミング環境の開発~」日本産業技術教育学会第27回北陸支部大会(福井大学)2015.11.7

杵淵信,川崎直哉,鳥居隆司「赤外線を用いたIOシステムの計測・制御分野への援用」日本産業技術教育学会第58回全国大会(愛媛大学)2015.8.22

鳥居隆司,杵淵信,川崎直哉,他7名「低水準入出力の実行可能なWebブラウザベースのプログラミング実行環境」2015 PCカンファレンス(CIEC,コンピュータ利用教育学会)(富山大学)2015.8.21

Toshikazu YAMAMOTO,他2名「Utilization of tablet -type computer to support the mechanism learning for robot manufacture and its evaluation」ICBTT 2014 (the 7th International Conference on Business and Technology Transfer) Germany, 2014.12.5

川崎直哉,他4名「組合せ可能なロボットアーム教材の試作」計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会(中央大学)2014.12.14

杵淵信,川崎直哉,鳥居隆司「教育用走行型マイコンロボットの新たな可能性の検討」日本産業技術教育学会第28回北海道支部大会(北海道教育大学)2014.11.1

田口浩継,他2名「計測・制御学習におけるシステム思考導入による評価活用能力の育成」日本産業技術教育学会第27回九州支部大会(福岡教育大学)2014.10.4

杵淵信,川崎直哉,鳥居隆司「計測・制御分野教材におけるI<sup>2</sup>Cインタフェースの利用設計」日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本大学)2014.8.23

鳥居隆司,杵淵信,川崎直哉,他6名「グラフィック出力を備えたWebブラウザベースのプログラミング実行環境」2014 PCカンファレンス(CIEC,コンピュータ利用教育学会)(札幌学院大学)2014.8.8

川崎直哉,他2名「連携教育のための学習リソース検索システムにおける検索対象の一般化」日本教育工学会研究会(徳島大学)2013.12.14

山本利一,他1名「プログラムによる計測制御におけるルーブリックの提案」日本産業技術教育学会第25回関東支部大会(東京学芸大学)2013.12.8.

杵淵信,川崎直哉,鳥居隆司,他1名「マ

イコンロボットにおけるI<sup>2</sup>Cインタフェースを利用したモータドライバの利用設計」日本産業技術教育学会第27回北海道支部大会(北海道教育大学旭川校)2013.11.2

田口浩継,他2名「技術科における思考力・判断力・表現力等の育成のためのシステム思考の導入について」日本産業技術教育学会第26回九州支部大会(大分大学)2013.10.5

杵淵信,川崎直哉,鳥居隆司,他1名「Webアプリケーションによる学習環境の提案」日本産業技術教育学会第56回全国大会(山口大学)2013.8.25

川崎直哉,他1名「中学校技術分野における二足歩行ロボット教材の開発」日本産業技術教育学会第56回全国大会(山口大学)2013.8.25.

鳥居隆司,杵淵信,川崎直哉,他6名「Webブラウザベースのプログラミング実行環境」2013 PCカンファレンス(CIEC,コンピュータ利用教育学会)(東京大学駒場)2013.8.3

Takashi Torii,他5名「Development of a Skill Learning System Using Sensors in a Smart Phone for Vocational Education」CSEDU 2013 (the 5th International Conference on Computer Supported Education) Germany, 2013.5.6

〔図書〕(計2件)

(1) 菊地章,東原貴志,宮下晃一,川崎直哉,伊藤陽介,林秀彦「教科内容学に基づく小学校教科専門科目テキスト『初等技術・情報』」鳴門教育大学教科内容学研究会編著全103頁(2015)

(2) 森夏節,鳥居隆司,立田ルミ,大岩幸太郎「基本からわかる情報リテラシー」日経BP社(日経パソコン編集),全84頁(2013)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川崎直哉(KAWASAKI NAOYA)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授  
研究者番号:40145107

### (2) 研究分担者

杵淵信(KINEFUCHI MAKOTO)

北海道教育大学札幌校・教育学部・教授  
研究者番号:30261366

鳥居隆司(TORII RYUJI)

椋山女学園大学・文化情報学部・教授  
研究者番号:90207663

小林辰至(KOBAYASHI TATSUSHI)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授  
研究者番号:90244186

阿部靖子(ABE YASUKO)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授  
研究者番号:00212556

田口浩継(TAGUTI HIROTSUGU)

熊本大学・教育学部・准教授  
研究者番号:50274676

山本利一(YAMAMOTO TOSHIKAZU)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号:80334142