

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 1 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870483

研究課題名(和文)ブロック型ツールを用いた視覚障害者のプログラミング教育手技の構築

研究課題名(英文) Design of the programming education procedure for visual impairments using the block type programming tool

研究代表者

本吉 達郎 (MOTOYOSHI, Tatsuo)

富山県立大学・工学部・講師

研究者番号：20533061

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：RFIDシステムを用いたブロック型のプログラミングツール P-CUBE の開発に取り組んだ。P-CUBEはプログラム要素に対応したプログラミングブロック、およびプログラムマットで構成されている。プログラミングブロックには凸加工による識別マーカを設置しており手触りで判別可能である。P-CUBEを用いた体験授業を実施し、プログラミングブロックをプログラムマットに並べるだけで、視覚障がい者が移動ロボットを制御するプログラムを学習できることを確認した。参加者のレビューに基づくデザイン改良を施すことで、視覚障がい者が操作の意味を実感しやすいインタフェースデザインを実現した。

研究成果の概要(英文)：We developed a tangible programming tool "P-CUBE" which supports the programming education for visually impaired. P-CUBE consists of a number of wooden cubic blocks "programming block" with RFID tags and a program mat which has tiny RFID readers. RFID tags are attached in the programming blocks has information of the mobile robot's action. Users can create the program of the mobile robot intuitively by laying out programming blocks on the program mat based on algorithm structure. Programming blocks has convex tactile information in order to enable the system to be used by visually impaired individuals. We held programming workshops using the P-CUBE, and modified the interfaced sign of the P-CUBE based on reviews from participants of workshops.

研究分野：情報学

キーワード：プログラミング教材 タンジブル・ビット 視覚障がい者の教育支援

### 1. 研究開始当初の背景

情報教育に対するニーズが高まるなか、小学校から高等学校において情報機器を教材に利用するケースが増えてきており、移動ロボットを用いたプログラミングは授業テーマとしてしばしば取り上げられるものである。プログラムは、PC にインストールした付属のソフトウェアを用いて作成することが一般的であるが、PC 操作を介さなければプログラミングを体験できない方式は視覚障害者にとっては大きな障害である。また、PC 操作に不慣れた生徒にプログラミングを行うには事前にレクチャーが必要になり、教員の負担増につながっている。晴眼者にとっても PC での作業は、他人と共有しにくく生徒間コミュニケーションによる理解促進が進みにくいなどの問題があった。

### 2. 研究の目的

プログラミング用のソフトウェアを用いることによる問題点を解決するため、木製ブロックをマット上に並べる方式を採用したプログラミングツール P-CUBE を製作し、プログラミング経験が無くとも詳細な説明なく移動ロボットのプログラムが作成可能なシステムの開発に取り組んだ。具体的には次の 4 項目を本研究の目的とした。

- 条件分岐プログラムの実装
- 視覚障害者が容易に扱えるブロック、走行コースのデザイン
- ロボットによるブロック配置スキャン機能の実装
- P-CUBE を用いたプログラミング教育手技の構築

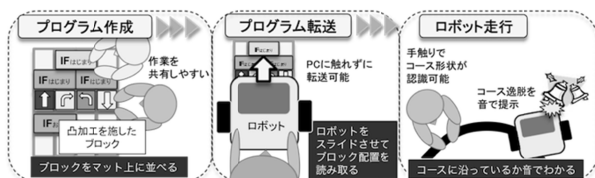


図 1: P-CUBE を用いたプログラミング

### 3. 研究の方法

移動ロボットのプログラム要素に対応させた木製ブロックを製作し、これらを並べることで移動ロボットのプログラミングが可能なツール P-CUBE を開発した。P-CUBE はプログラム要素に対応したプログラミングブロック、およびプログラミングブロックを配置するプログラムマットからなる。ブロックの配置を読み取るために RFID システムを利用し、コネクタ接続など視覚障害がい者や低学年生にとって煩雑な操作が不要になるように工夫した。研究目的の各項目に対する取り組みは次のとおりである。

移動ロボットの赤外線センサを用いたライントレースプログラミングを作成

可能にすることで「順次」のほかに「条件分岐」、「繰り返し」のアルゴリズム構造を学習可能なツールとした。ブロック面に凸加工による識別マーカを設置し、視覚障がい者が手触りでアルゴリズムを構築できるようにした。識別マーカのデザインは視覚障がい者からのレビューをもとに改良を施した。走行コースは黒 / 白地の用いた材質の手触りから形状を読み取れるように設定した。また、ロボットの動作状況を音でフィードバックする装置を実装した。ロボットにスキャン機能を実装する方式では視覚障がい者が操作の意味を理解し難いことがわかったため、ブロックの配置を読み取るリーダーバーを設置したプログラムマットを開発した。視覚障がい者を対象としたプログラミング体験授業を実施し、その都度、システムのデザインや仕様に対するフィードバックを行った。

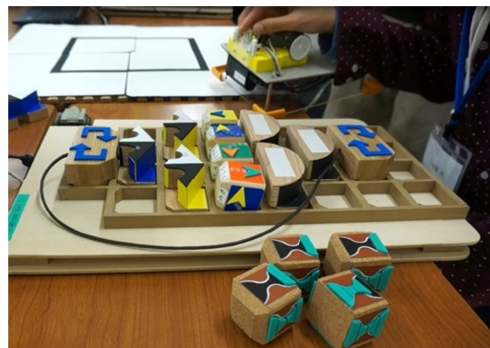


図 2: 体験授業で使用した P-CUBE

### 4. 研究成果

本研究においては、P-CUBE のプログラミング、およびプログラムマットを開発するとともに、制御対象である移動ロボット、および走行環境であるコースマットを製作した。P-CUBE を用いて視覚障がい者を対象としたプログラミング体験需要を実施し、得られた知見をシステムのデザイン、および授業プログラムの策定にフィードバックした。

- (1) 視覚障がい者が判別可能なプログラミングブロックを製作した。ブロックには移動ロボットの動作方向を指定する「動作ブロック」、動作時間を指定する「タイマーブロック」、赤外線センサへの入力情報によって処理を分岐する「IF ブロック」、および繰り返し処理を指定する「LOOP ブロック」の 4 種類を設定した。ブロックにはアートファイネクス社製 ASI4000 に対応した RFID タグを設置した。各ブロックに使用する素材や形状を変えることで、視覚障がい者がブロックの種類を手触りやにおい、重さによって判別できるように工夫した。形状や重さは、判別試験によって有効な形状、

重さを決定した。また、視覚障がい者が使用した際のレビューをフィードバックすることで改良を重ねた。プログラミング体験需要において視覚障がい者が補助なしにブロックの種類を判別し適切な位置に配置できることを確認した。

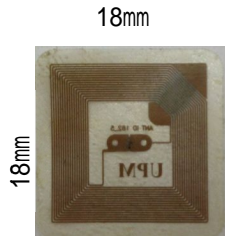


図 3: RFID タグ



図 4: プログラミングブロック

- (2) プログラミングブロックを配置するプログラムマットを製作した。プログラミングブロックを配置するための枠を30箇所設け、簡単なはめ込み操作でプログラムを完成させることができるシステムとした。枠の形状に工夫を施し、ユーザが視覚情報を利用しなくてもはめ込み方向を認識できるようにした。プログラムマットの底部にアートファイネクス社製 ASI4000 RFID リーダを5基搭載したリーダーバーを設置した。ユーザはプログラミングブロックを配置した後、リーダーバーを手前方向にスライドさせることでプログラムの読み取り操作を行う。読み取ったプログラムの情報は転送用 PC から Wi-Fi 経由で移動ロボットに転送される。読み取り位置を音で知らせるシステムを実装し、視覚障がい者が補助なしに操作できることを確認した。

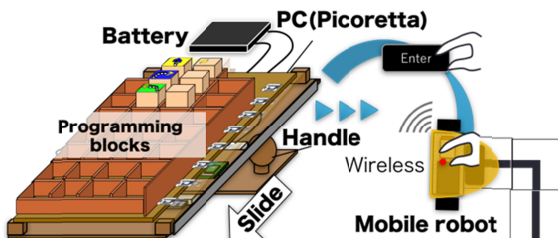


図 5: プログラムマットを用いた操作

- (3) P-CUBE の制御対象である移動ロボット、および素行用のコースマットを製作した。移動ロボットの制御用マイコンには Arduino Ethernet R3 を使用し、赤外

線センサ2基、制御用モータ2基、プザー1基、プログラム実行用ボタン1基、およびプログラム情報の書き込み用ワイヤレス SD カード FlashAir を搭載した。さらにマイコン、およびモータ駆動用にモバイルバッテリーを設置した。移動ロボットの背面には実行用ボタンのみを設置し、その他の装備品はロボットの内部に設置することで視覚障がい者が簡単に実行操作ができるようにした。コースマットは、白色部に厚紙、黒色部に EVA シートを使用し、手触りにコース形状がわかるように工夫した。

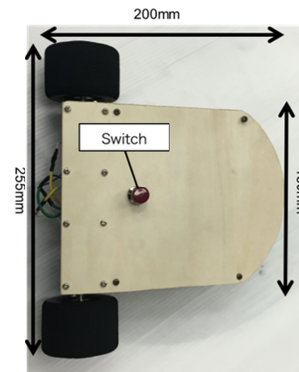


図 6: 移動ロボット



図 7: コースマット

- (4) 視覚障がい者を対象としたプログラミング体験授業を3回実施し、視覚障がい者が、
- ・ 補助なしにプログラミングブロックを選別し配置できること
  - ・ プログラム情報の読み取り操作ができること
  - ・ 移動ロボットの実行操作ができること
- を確認した。また、体験授業で得られたレビューをもとに P-CUBE のデザインに対するフィードバックを行うことで
- ・ プログラミングブロックの形状の差異を大きくする
  - ・ プログラムマットの読み取り操作音を音階とする
  - ・ システムに弱視者や色弱者に配慮した配色を施す等の改良を順次実施した。

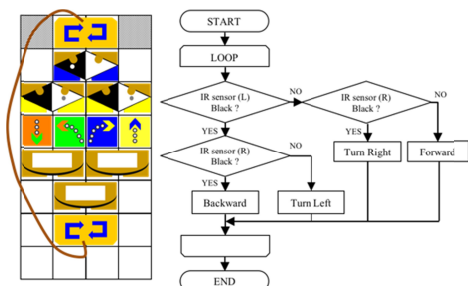


図 8：プログラムの作成例



図 9：プログラミングの様子

- (5) P-CUBE の有用性を検証するために既存のプログラミングツールとの比較実験を行った。被験者はプログラム未経験者の晴眼者とした。初めにトレーニング用のプログラミングツールを使用してプログラミングを体験した後に、実験で用意された全てのツールを用いて自力でプログラム課題に取り組んでもらった。実験で用いるツールは、プログラミング用のソフトウェア(タイル型, およびコード型), および P-CUBE とした。結果から、トレーニングに使用する初期ツールに P-CUBE を使用した被験者は、ほかのツールを使用した被験者に比べてトレーニング期間が短いこと、ツールに関するマニュアル参照回数が少ないこと、また、トレーニング後にコード型のプログラミング用ソフトウェアを使用しても課題達成時間が短く、ソフトウェアに対する評価も高いことが示された。

## 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) 本吉達郎, 掛橋駿, 小柳健一, 増田寛之, 大島徹, 川上浩司, “P-CUBE: 視覚障害者のプログラミング教育支援用ブロック型ツール”, 日本ロボット学会誌, Vol. 33, No.3, 2015
- (2) 本吉達郎, 掛橋駿, 小柳健一, 増田寛之, 大島徹, 川上浩司, “ブロック型プログラミングツール P-CUBE の学習初期段階における有用性の検証”, 日本知能情報ファジィ学会論文誌 Vol. 27 (2015) 号 No. 6, pp.909-920, 2015
- (3) Tatsuo Motoyoshi, Naoki Tetsumura, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, Hiroshi Kawakami,

“Formal Concept Analysis of Programming Operation using Tangible Tool”, 計測自動制御学会論文誌 (採録決定)

[学会発表](計 19 件)

- (1) Tatsuo Motoyoshi, Shun Kakehashi, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, Hiroshi Kawakami, “The Usefulness of P-CUBE As a Programming Education Tool for Programming Beginners”, Proc. of 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2015), Kobe, Japan, pp.297-300, 2015
- (2) Tatsuo Motoyoshi, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, and Hiroshi Kawakami, “P-CUBE: Tangible programming tool for Inexperienced Persons in PC operation,” Proc of the 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2015), Mokpo, Korea, DVD/ Te1-4, 2015
- (3) Tatsuo Motoyoshi, Naoki Tetsumura, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, Hiroshi Kawakami, “Tangible Programming Gimmick Using RFID Systems Considering the Use of Visually Impairments” Computers Helping People with Special Needs, Vol.9758 of the series Lecture Notes in Computer Science, Linz, Austria, pp.51-58, 2016
- (4) Tatsuo Motoyoshi, Naoki Tetsumura, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, Hiroshi Kawakami, “Effectiveness of Tangible Programming Tool Using RFID System” Proc of the Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems(SCIS&ISIS2016), Sapporo, Japan, pp.496-499, 2016
- (5) Tatsuo Motoyoshi, Naoki Tetsumura, Hiroyuki Masuta, Ken'ichi Koyanagi, Toru Oshima, Hiroshi Kawakami, “Tangible gimmick for programming education using RFID systems” Proc. of 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (IFAC HMS2016), Kyoto, Japan, FriG3-03, 2016
- (6) 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司, “アルゴリズム学習支援のためのブロック型インタフェース”, 計測自動制御学会システム・情報

- 部門 学術講演会 2013 (SSI2013) 講演予稿集,ピアザ淡海(大津) pp.283-284, 2013
- (7) 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “ブロック型プログラム教育支援ツールを用いた視覚障害者のプログラム体験授業”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014・講演論文集(2014), 富山市総合体育館, DVD-ROM/1P2-T02 . 2014
- (8) 黒澤進太郎, 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “視覚障害者のプログラミング教育を支援するブロック型ツール:P-CUBE”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014・講演論文集(2014), 富山市総合体育館, DVD-ROM/1P2-T02 . 2014
- (9) 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “視覚障害者の体験授業を通じたプログラム教育支援ツール P-CUBE の改善”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014・論文集, 京都工業繊維大学, pp.913-916 . 2014
- (10) 黒澤進太郎, 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “視覚障害者のアルゴリズム構造理解を支援する木製プログラミングブロック”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014・論文集, 京都工業繊維大学, pp.323-326 . 2014
- (11) 掛橋駿, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “触覚情報を付与したブロック型プログラム教育支援ツール P-CUBE”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2014・講演論文集, 岡山大学, CD-ROM/SS19-7 . 2014
- (12) 黒澤進太郎, 本吉達郎, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, “初学者の自立的プログラミングを支援するブロック型ツール”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015・講演論文集(2015), 京都市勧業館, DVD-ROM/1P2-P01 . 2015
- (13) 本吉達郎, 掛橋駿, 黒澤進太郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, “視覚障害者の自立的な操作を目指したプログラミング教育ツール” 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 大阪中央電気倶楽部, DVD-ROM/323-4, 2015
- (14) 本吉達郎, 黒澤進太郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司, “PC 利用による潜在的バリア解消を目指したブロック型プログラミングツール P-CUBE”, 教育システム情報学会(JSiSE) 2015 年度第 1 回研究会講演論文集, 千葉工業大学, DVD-ROM/A2-1,

- 2015
- (15) 黒澤進太郎, 本吉達郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司, “木製ブロックを用いたプログラミングツールによる初学者向けトレーニング”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015・論文集, はこだて未来大学, CD-ROM/2514P . 2015
- (16) 黒澤進太郎, 鉄村直樹, 本吉達郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司, “視覚障害者の自立的な学習を支援するタンジブルなプログラミングツール”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015・講演論文集, 函館アリーナ, CD-ROM/SS15-11 . 2015
- (17) 本吉達郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司, “タンジブルなツールを用いたプログラミング操作の形式概念分析” 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015・講演論文集, 函館アリーナ, CD-ROM/SS15-13 . 2015
- (18) 本吉達郎, 鉄村直樹, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 澤井圭, 川上浩司, “タンジブルなツールによるプログラミング操作の形式概念分析”, 第 41 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, 帝京大学宇都宮キャンパス, CD-ROM/I2-9, 2016
- (19) 本吉達郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, “タンジブルなツールを用いたプログラミングの協調学習” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016・論文集, 東京農工大学, CD-ROM/2C1-3 . 2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

本吉 達郎 (MOTOYOSHI Tatsuo)

富山県立大学・工学部知能デザイン工学科・講師

研究者番号: 20533061

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

### (4) 研究協力者