

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：14403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25870418

研究課題名(和文) タブレット端末上で動作する、インタプリタ型言語搭載マイコン用開発環境の研究開発

研究課題名(英文) Research and development of IDE for a micro-controller which runs on a tablet PC

研究代表者

光永 法明 (Mitsunaga, Noriaki)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：30362669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はタブレット端末上で動作する、初心者にも扱いやすい開発環境を実現することを目標とし、Android OS搭載タブレット端末上で動作するマイコン用ビジュアルプログラミング環境aiBlocksを実現した。実現に当たりaiBlocksのベースとなるiArduinoインタプリタの開発、ビジュアルプログラミング環境でのメニューの検討、プログラミングテキストの試作、中学校技術科におけるマイコンを使った教材への関心の調査等をおこない報告している。aiBlocksについてはサンプルプログラムなどを含め公開している。

研究成果の概要(英文)：This research aims to develop a programming environment for beginners to write codes for micro-controllers, which runs on a tablet PC. As a result, we have developed aiBlocks, a visual programming language for Arduino micro-controller boards, that runs on Android OS. The aiBlocks is available on the net with tutorials. In the process of development, we had research on an interpreted language iArduino, its interpreter and development environment, how blocks of visual programming language should be grouped in a visual programming environment, studies on programming texts for beginners, and a study on interests of students in junior high school for programming examples.

研究分野：情報工学、ロボット工学

キーワード：プログラミング環境 インタプリタ タブレット端末 プログラミング教育

1. 研究開始当初の背景

近年、マイコン (マイコンコンピュータ / マイコンコントローラ) が安価になる一方で処理速度や記憶容量といった性能が向上し、応用範囲が広がっている。また実世界指向インタフェースへの関心の高まりとともに、Arduino や Gainer といったアーティストやデザイナー向けにプロトタイプ作成用に開発されたボードと開発環境が広く知られるようになり、マイコンを利用する層も広がりを見せつつある。また 2012 年度から中学校の技術・家庭科では実世界とつながったコンピュータのプログラム作成の指導が必須となる。したがって、マイコンを使った製品や作品製作に関心が高まるとともに、初心者にも分かりやすい開発環境がより重要となる。

マイコンを利用した製品や作品を制作するには、目的に合った回路の設計と実装、開発に利用するプログラミング言語とライブラリ (API) についての知識と活用が必要とされる。現在は、理解・利用しやすい単位のソフトウェアやハードウェアのブロックを多く用意し、設計・製作を容易にする様々な手法が提案・実現・市販されている。

一方で各ブロックの利用方法を理解し、適切に利用することが不可欠であることは変わらない。ソフトウェア、ハードウェア共に理解には、実際に実装し動作を確かめることが早道である。動作を確認するために、ソフトウェアではデバッガ、ハードウェアでは回路計やオシロスコープといった可視化ツールが用いられる。しかし、それらのツールを利用するには、基本的なプログラミング言語、マイコン、回路動作の理解が必要である面があり、またツール操作の習得や実際の操作にも時間が必要なことから、使用が有効な場面でも初心者には使われない傾向がある。

したがってソフトウェアの基本的な操作ができれば使用できる、可視化ツールを用意すれば初心者の助けになると考えられる。そこで研究代表者らは Arduino 言語と互換性のあるインタプリタ型言語と、変数や入出力ピンの変化を容易に観察、操作できるターミナルソフト iArduino Terminal を作成した。ソフトウェアはインターネットで公開しており、一般向けの展示もしている。研究発表や展示、インターネットでの公開時にも、プログラミングの経験者 (最近プログラミングを始めた学生を含む) からは、このような環境があるとよいと考えたとのコメントを得ている。一方でこのソフトウェアはパソコン上でのみ動作する。パソコンほどの能力や自由度はないが安価なタブレット端末上で、このような環境が動作すれば、よりプログラミングに親しむ層が広がると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ハードウェアの操作を含むプログラム開発におけるハードルを下げ、

プログラミングに親しむ層を広げる}ことである。マイコンの性能が向上し安価になる一方で、実世界指向インタフェースへの関心の高まり、2012 年度からの中学校の技術・家庭科でのプログラミング (計測・制御) の必須化などもあり、マイコンを使った小規模な作品製作の場面が急速に増加している。このような状況において、初心者にとってのプログラム開発のハードルが下がると、さらに関心をもたれ、様々な場面でのエンドユーザプログラミングの実現など情報技術の一般化に繋がると考えられる。そこで研究期間内にタブレット端末上で動作する、初心者にも扱いやすい開発環境を実現する。

3. 研究の方法

プログラミング初心者にとってマイコンを使って、どのような作品や解説があればよいと考えられるか調べるため、自らが初心者である学生と共に、中学校向けの教材、作品作りを楽しむための作例集を試作する。また既存のビジュアルプログラミング環境 ArduBlock をもとにユーザインタフェースについて検討をする。それらをもとにタブレット端末用 OS である Android OS 上で動作するビジュアルプログラミング環境 aiBlocks を実現するとともにプログラミングテキスト等を整備する。

4. 研究成果

まず既存の PC 上でのマイコン用ビジュアルプログラミング環境である ArduBlock を用いて中学校向けの教材が実現できるかセンサ付きライトを試作し確かめた (学会発表)。また初心者向けプログラミング環境として評価されている Scratch のブロックの分類方法を参考に、初心者がマイコンのプログラムを作成する過程を

- 1) 作品づくりの最初の段階では、出力に係るブロックの使い方を覚える。
- 2) つぎに、そういったブロックと時間待ちのブロックを並べ、オープンループで動作するプログラムを作る。
- 3) 繰り返しや、条件分岐、あるいは演算を使って動作を複雑にする。
- 4) 入力に応じて動作を分岐するプログラムにする。
- 5) 入力や記憶 (変数) を使って計算 (演算) をし、動作を変えるプログラムにする。
- 6) デバッグ方法も覚え、さらに発展させていく。

と仮定し、この仮定に基づいてブロックを、

- 1) プログラムを構成する基本のブロック (基本)、
- 2) デジタル / PWM 出力 (出力)、
- 3) 音の出力 (音)、
- 4) プログラムの待ち (いわゆる busy loop, 待つ)、
- 5) くりかえし・分岐、
- 6) デジタル入力と時刻 (入力・時刻)、

- 7) 変数, 算術・論理・ビット・比較演算(演算),
 - 8) 非同期シリアル・I2C 通信(通信)
- に分け, ArduBlock を改変した(図 1, 学会発表) .

さらに初心者向けのマイコンを使った作品の作例集を試作した(図 2, 図 3, 学会発表). この作例集は作成をプログラミングの初心者である学生と共に開発し, 一つの作品(ハードウェア)についてテキストベースの iArduino 言語(インタプリタ型), Arduino 言語(コンパイラ型), ビジュアルプログラミング言語である ArduBlock 言語の3つの言語でのプログラム例を載せている. これにより読者が好みの言語を使えることと, ビジュアルプログラミング言語からテキストベースへの移行, あるいはインタプリタ型言語での開発環境からコンパイラ型言語の開発環境への移行がスムーズになることを狙っている .



図 1 改変した ArduBlock のメニュー

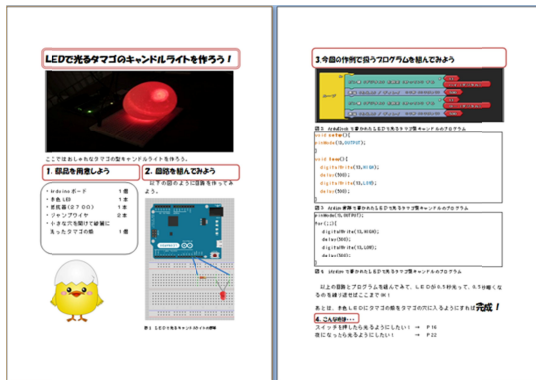


図 2 キャンドルライトの作例ページ. 制作例の写真(左ページ上), 部品表(左ページ左下), 配線図(左ページ右下), ArduBlock(右ページ上), iArduino(右ページ中), Arduino 言語でのプログラムリスト(右ページ下)を載せている.



図 3 左: イラストの一部が光る, 右: 音が出る作例

つぎにマイコン上で動作するインタプリタ iArduino とタブレット端末上で動作するプログラミング環境 iArduinoTerminal(雑誌論文)を基にビジュアルプログラミング環境 aiBlocks を開発した(学会発表). iArduinoはマイコンボード Arduino 上で動作するインタプリタである(図 4). プログラミング言語は Arduino 言語と文法の似た iArduino 言語である. iArduino の開発環境としてタブレット端末用 OS の Android OS 上で動作する iArduinoTerminal for Android を実現した(図 5, 図 6, 図 7, 図 8). iArduinoTerminal はシリアルターミナルソフトとして機能とマイコンの入出力と変数値のモニタ, プログラム開発用のテキストエディタを備えている(図 5). 入出力の様子はグラフで観察でき(図 6), 出力ピンはプログラムの動作と関係なく操作できる(図 7). さらにプログラムの例を参照できるようになっている(図 8). このプログラム例を参照しているときにダウンロードボタンをタップすると, プログラムがエディタに入力されるのでタイプミスなしに試すことができる .

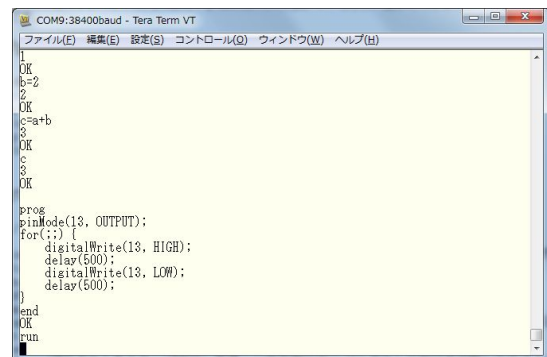


図 4 マイコンボード上で動作する iArduino インタプリタとシリアルポートを経由して接続している様子. インタラクティブな命令の実行とプログラムをメモリ上に読み込んだの実行とができる .

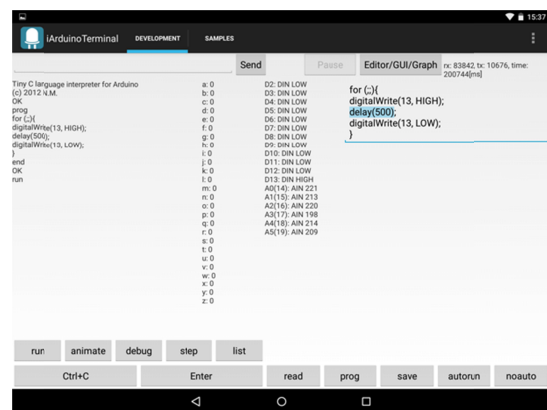


図 5 iArduinoTerminal の画面. 左にシリアルターミナル, 中央にマイコンのピンの入出力値のモニタ, 右にプログラム作成用のエディタがあり, 下に操作用ボタンがある .

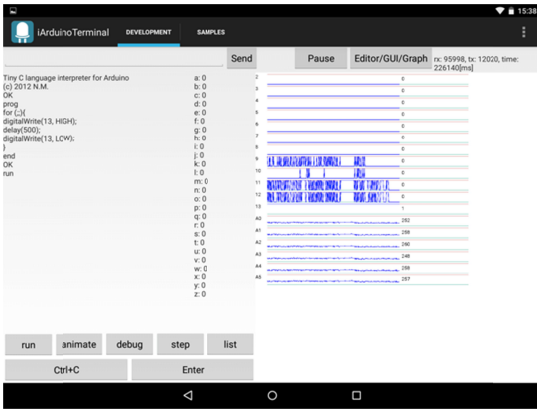


図 6 iArduinoTerminal では入出力ピンの変化をグラフとして観察できる。

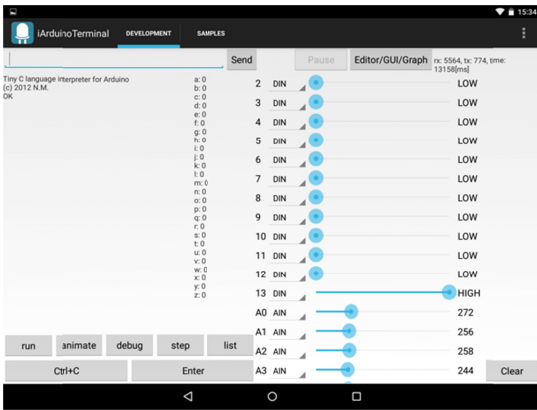


図 7 iArduinoTerminal では実行中のプログラムと関係なく、出力ピンを操作できる。



図 8 iArduinoTerminal ではプログラム例を参照でき、例にあるプログラムをワンタップでエディタにダウンロードできる。

aiBlocks は iArduinoTerminal for Android を拡張し実現している。aiBlocks の操作画面を図 9 に示す。メニュー配置は ArduBlock での検討を通した成果を利用し決めている。キーボードを持たないタブレット端末での利用が中心となることから、数値や変数名入力専用の入力パッドを実装している(図 10)。またアナログ出力(PWM 出力)はスライダーバーにより操作できる(図 11)。また入力の値はプログラミング中にも見ることができる。また iArduinoTerminal の全機能は使うこと

ができ、作例については iArduino 用のものを基に動画を加えて作成し、公開している(その他を参照)。aiBlocks の研究成果については雑誌に投稿中である。

さらにこういったプログラミング環境を使って行われるであろう教材について、教材の構成が違ふと関心が異なるか調べるために中学校においてアンケート調査をし結果を学会発表で示している。

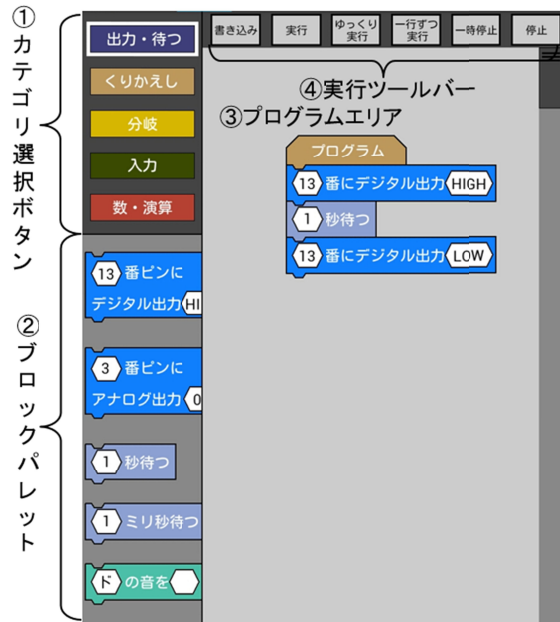


図 9 aiBlocks のプログラム作成画面

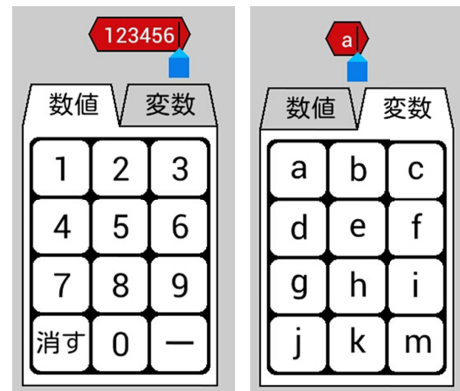


図 10 数値と変数の入力パッド。タブで入力モードを切り替える。

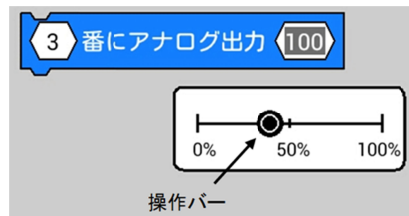


図 11 アナログ出力(PWM 出力)を操作するスライダー。プログラム上の値が変わると共にピンの出力もリアルタイムに変化する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

光永 法明. マイコンで動作するインタプリタ型言語 iArduino とプログラミング環境, 大阪教育大学紀要 第 III 部門 自然科学・応用科学, vol.64 no.2, pp.41-54, 2016/2/29.
<http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/handle/123456789/28754>

〔学会発表〕(計7件)

奈良 明香, 光永 法明. 中学校技術科のプログラムと計測・制御における題材・教材の構成と教材の関心の関係の調査. 日本産業技術教育学会 近畿支部 第 32 回研究発表会講演論文集, pp.53-54, 2015/12/6.

光永 法明, 吉田 凶夢, 井芹 威晴. タブレット端末で動作する Arduino 用プログラミング環境 aiBlocks の初心者向け作例集の試作と評価, 第 42 回人工知能学会 AI チャレンジ研究会, 人工知能学会 研究会 資料, SIG-Challenge-042-04, pp.16-20, 2015/5/3.

井芹威晴, 光永法明. aiBlocks: マイコンにインタプリタを載せて利用するタブレット端末用ビジュアルプログラミング環境. 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 128 回研究発表会, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-CE-128, No.8, 2015/2/1.

井芹 威晴, 光永 法明. タブレット端末で動く, マイコン用ビジュアルプログラミング環境 aiBlocks の開発. 日本産業技術教育学会 近畿支部 第 31 回研究発表会講演論文集, pp.29-30, 2014/11/30.

光永 法明, 栴田 真輝. Arduino ボード用の 3 種のプログラミング言語を扱う初心者向け作例集の試作, 第 40 回人工知能学会 AI チャレンジ研究会, pp.30--35, 2014/5/5.

光永法明. マイコン用ビジュアルプログラミング言語 ArduBlock のメニュー構成等の検討. 日本産業技術教育学会 近畿支部 第 30 回研究発表会講演論文集, pp.61-62, 2013/12/01.

井芹威晴, 光永法明. センサ付きライトの試作を通じたビジュアルプログラミング言語 ArduBlock の可能性の検討. 日本産業技術教育学会 近畿支部 第 30 回研究発表会講演論文集, pp.63-64, 2013/12/01.

〔その他〕

ホームページ等

aiBlocks: Android タブレット端末で動作する Arduino マイコンボード用ビジュアルプログラミング環境

<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~mitunaga/aiBlocks/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光永 法明 (MITSUNAGA, Noriaki)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 30362669