

令和 3 年 5 月 16 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01088

研究課題名（和文）初等中等教育向けプログラミング学習環境の構築に関する研究開発

研究課題名（英文）Research and development on a programming environment for elementary and secondary education

研究代表者

松浦 敏雄（MATSUURA, Toshio）

大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授

研究者番号：40127296

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：小・中学生向けのプログラミング学習環境として、Googleが開発したBlocklyをベースとして、大学入試センターの入試用アルゴリズム記述言語DNCLが実行可能なBlocklyPENを開発した。BlocklyPENは、構文エラーを起こさないなど、初学者に優しいブロック型言語を備えている。さらに、中・高校生向けのプログラミング学習環境としてwPENを開発した。wPENはPENの入力支援機能をさらに充実させて、パラメータ入力可能なプログラム部品をドラッグアンドドロップすることでプログラミングを行うWeb上のプログラミング環境である。実験授業によりこれらの有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

主として小・中学生向けのプログラミング学習環境 BlocklyPEN、および、主として中・高校生向けのwPENを開発し、いずれも、実際の授業で使用可能なレベルに仕上がっており、初等・中等教育におけるプログラミングの入門学習に貢献できるものと確信している。

研究成果の概要（英文）：As a programming learning environment for elementary and junior high school students, we have developed BlocklyPEN based on Blockly developed by Google, that can execute the algorithm description language DNCL for entrance examinations of the university entrance examination center. BlocklyPEN is a beginner-friendly block language programming environment that does not cause syntax errors. Furthermore, we have developed wPEN as a programming learning environment for junior high and high school students. Learners can program by drag-and-drop program parts each of which can accept input parameters. The usefulness of these was confirmed by an experimental class.

研究分野：情報工学

キーワード：初学者向けプログラミング学習環境 ブロックプログラミング DNCL Webアプリ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

小学生向けのプログラミング学習環境としては、Scratch や Blockly 等が知られており、これらはプログラムを構成する部品(ブロック) をマウスを用いて画面上で繋ぎ合わせることでプログラムを作成できる(ブロック型言語と呼ぶ)。ブロック型言語では、構文エラーが発生しないなど、初学者向けプログラミング環境として優れた特性を有している。しかし、これらの既存のプログラミング環境は、どれもプログラムを構成する部品の数が多すぎて初学者には易しくない。また、実社会で用いられている言語との違いが大きいので、ここでの経験だけでは実際に動いているプログラムをイメージすることは難しい。

高等学校の段階では、身の回りの機器やシステムを動かしているプログラムがどのように作成されているのかを体験的に理解できることが望まれる。そのためには、文字ベースのプログラミング(テキスト型言語) を体験しておくことが重要である。授業で用いる言語としては、短時間で基本制御構造や変数を理解し、自ら簡単なプログラムを作成できるような言語が望ましい。

2. 研究の目的

小・中学生向けのプログラミング学習環境として、プログラムを構成する部品の数を可能な限り減らすことで、学習しやすいシンプルなブロック型プログラミング環境(BlocklyPEN)を構築する。中・高校生向けのプログラミング学習環境として、構文エラーが起きにくく、図形描画機能を有する文字ベースのプログラミング環境(wPEN)を構築する。

さらに、BlocklyPEN と wPEN の学習の継続性のために、BlocklyPEN で作成したプログラムを wPEN でも実行できるようにする。これら 2 つのプログラミング環境はいずれも、Web アプリケーションとして実装することで、教育現場でのインストールの手間を省力化する。

3. 研究の方法

(1) 小・中学生向けのプログラミング学習環境として、Google が開発した Blockly を用いて、大学入試センターの入試用アルゴリズム記述言語 DNCL が実行可能となるような処理系(BlocklyPEN)を作成する。DNCL は一切の説明ないし大学入試で用いられている日本語で記述できる言語であり、習得が容易であるという特徴をもつ。BlocklyPEN の実装に際しては、OpenBlocks をベースとしたプログラミング学習環境 oPEN の作成で得られた知見をもとに、oPEN を Blockly 上で再構築する。

(2) 中・高校生向けのプログラミング学習環境 wPEN の構築に際しては、既に活用中のプログラミング学習環境 PEN^[2]の入力支援機能をさらに発展させて、プログラム部品をドラッグアンドドロップで並べることでプログラムを作成できるようにする。また、wPEN を Web 上で利用できるようにすることで、教育現場でのインストールの手間を軽減する。

4. 研究成果

(1) BlocklyPEN

大学入試センターの試験科目「情報関係基礎」では、アルゴリズム記述言語 DNCL^[1]が用いられている。DNCL の代表的な実行環境として PEN^[2]と、PEN から派生した WaPEN が知られており、ともに、画面上の入力支援機能のボタンをクリックし、必要に応じてキーボードから文字入力する。

本研究では、Google が開発したブロック型インタフェース Blockly を用いて、ブロックを組み合わせてプログラミングができる環境として BlocklyPEN を開発した。BlocklyPEN では、構文エラーが発生することがないので、小中学校段階でのプログラミング入門学習に適している。

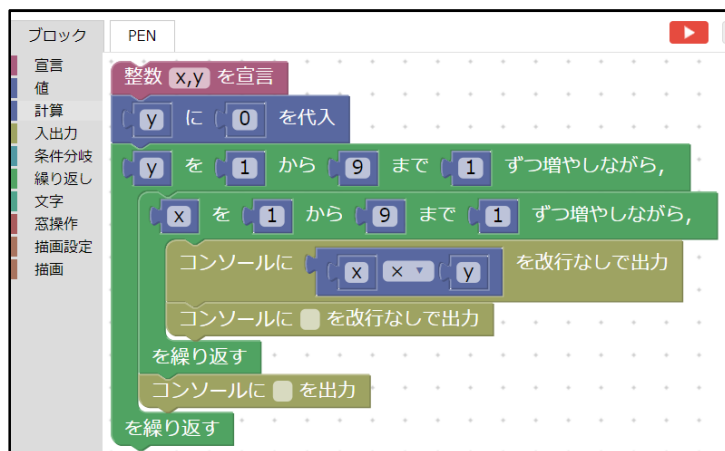


図 1 BlocklyPEN の画面表示例

また、BlocklyPEN で作成したプログラムを DNCL に変換して出力できる機能を有しており、文字ベースでのプログラミング環境へも容易に移行できるようにしている。

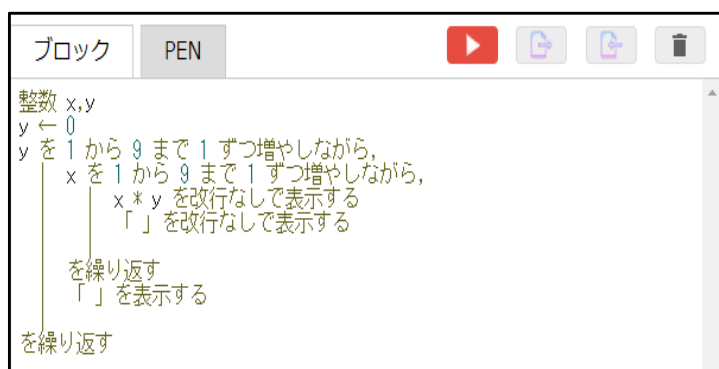


図 2 BlocklyPEN の DNCL 出力例

(2) wPEN

2020 年以降の新指導要領では、小学校から高校までのすべての児童・生徒に対して、プログラミングが必修として導入されることになっている。我々は、主として中高校生以上を対象とした、Web 上で動作する初学者向けプログラミング wPEN を開発した。

・wPEN の特徴

wPEN は、Scratch^[3]や BlocklyPEN のようなブロック型言語ではなく、テキストベースのプログラミング言語 DNCL を実行することができる。DNCL の処理系として先行研究で開発した PEN は、Java で記述したアプリケーションプログラムである。これに対して wPEN は JavaScript で記述しており Web ブラウザ上で動作するので、個々のパソコンへのインストールが不要という利点がある。

wPEN では、画面上でプログラムの断片(短冊と呼ぶ)をドラッグアンドドロップすることでプログラムを作成する。条件分岐や繰り返しなどの制御構造は自動的に色分けされるので、プログラムの構造を把握しやすい。また、1 行実行機能やスロー実行機能、ブレークポイント機能、変数の値の常時表示機能等を有しているので、プログラムの実行の様子が理解しやすいなどの特徴を有している。

・基本操作

wPEN の画面は、「設定欄」、「編集欄」、「選択肢欄」から構成されている。選択肢欄には、プログラムの部品のブロック(短冊)の集合が配置されている。各短冊は、代入文、if 文、while 文などのプログラム構成要素である。学生は編集欄の適切な場所に適切な短冊をドラッグアンドドロップしてプログラムを作成する。オレンジ色の短冊は条件文や繰り返し文を表し、編集欄にドロップすると 2 つまたは 3 つの短冊になる。「random()」のような数学関数は、代入文や条件式の中に存在する空欄にしかドロップできない。この制約は、オレンジ色の丸い小さなアイコンで表現している。

練習8-4: 0以上300以下の2つの乱数を発生させ(a, bとする)、300×300の描画ウィンドウ内に、中心(a, b)、半径20の円を30個描くプログラムを書け。円の色は乱数で与えること。また、円の半径も30以下の乱数で与えよ。ただし、各円の半径は、10以上30以下の範囲とすること。また、全体の色調をパステルカラー(淡い色)となるようにすること。



図 3 wPEN の画面表示例



図 4 wPEN の実行画面

・プログラムの実行

編集欄の「実行画面を開く」ボタンを押すと、「実行画面」がポップアップする。実行画面内の「開始」ボタンを押すと、プログラムが実行を開始する。「ステップ実行」ボタンを押すことで、プログラムを1行ずつ実行することができる。

実行画面には、プログラムの出力が表示される。プログラム内で "input()" コマンドを実行すると、入力が完了するまで待機状態になる。入力文字と出力文字を区別するために、入力された文字は青色で表示される。変数表示領域には、プログラムで使用されている各変数の名前と現在の値が表示される。

プログラムの実行状態(「開始待ち」、「実行中」、「入力待ち」、「一時停止中」、「終了」)は、右上の「状態表示」に表示される。プログラムの実行が開始されると、プログラムの各ブロックの行番号の位置に緑色の三角アイコンが表示される。

実行画面には、上記の他に、「描画領域」と「エラー表示領域」がある。前者は、描画領域を開く命令が実行されたときに表示される。後者は、プログラムにエラーが発生した場合にエラーメッセージが表示される。

・自動インデント

プログラムの構造を分かりやすくするために、ブロックは自動的にインデントされる。さらに、if 構造の下のブロックは赤、ループ構造の下のブロックは青で表示される。同種の制御構造が入れ子になっている場合は、インデントの色の濃さを変えて識別できるようにしている。

< 引用文献 >

- (1) 大学入試センター: "センター試験手順記述標準言語 (DNCL)の説明", 大学入試センター, <https://www.dnc.ac.jp/albums/abm.php?f=abm00037936.pdf&n=%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC%E8%A9%A6%E9%A8%93%E7%94%A8%E6%89%8B%E9%A0%86%E8%A8%98%E8%BF%B0%E6%A8%99%E6%BA%96%E8%A8%80%E8%AA%9E%EF%BC%88DNCL%29%E3%81%AE%E8%AA%AC%E6%98%8E.pdf> (2021/05/05 確認)
- (2) 西田知博, 原田章, 中村亮太, 宮本友介, 松浦敏雄: "初学者向用プログラミング学習環境 PEN の実装と評価", 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp. 2736 - 2747 (2007).
- (3) "Scratch", MIT Media Lab., <https://scratch.mit.edu/> (2021/5/05 確認).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松浦敏雄、大宮大地、安留誠吾、吉田智子、西田知博、中西通雄	4. 巻 -
2. 論文標題 プログラミング学習環境wPENを用いた入門用教材	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 PC Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松浦敏雄、安留誠吾、西田知博、吉田智子、中西通雄	4. 巻 -
2. 論文標題 簡便に利用可能なクラウド型CBT システムの提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 PC Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Michio Nakanishi, Toshio Matsuura, Tomohiro Nishida, Daichi Omiya
2. 発表標題 Programming environment for novices with learning and examination functions
3. 学会等名 EdMedia: World Conference on Educational Media & Technology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松浦敏雄、松本嵩大、中西通雄、西田知博
2. 発表標題 カスタマイズ可能なWeb 上で動作する初学者向けプログラミング学習環境
3. 学会等名 PCカンファレンス論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大宮大地, 松本嵩大, 松浦敏雄, 中西通雄
2. 発表標題 試験問題作成機能と学習及び受験用機能を持つDNCLプログラミング環境
3. 学会等名 情報処理学会研究報告, 2019-CE-148, pp.1-9
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本勇紀・中西通雄
2. 発表標題 ブラウザ上で動作するDNCL学習環境WaPENとBlocklyPENの改良
3. 学会等名 教育システム情報学会2018年度学生研究発表会、pp.135-136
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎みのり, 中西通雄
2. 発表標題 ビジュアルブロック化したDNCLのWebブラウザ上での実行環境
3. 学会等名 教育システム情報学会 2017年度学生研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村和貴, 中西通雄
2. 発表標題 ブロックを用いて棒人間を操作する小学生向けプログラミング学習アプリケーション
3. 学会等名 教育システム情報学会 2017年度学生研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鴻池泰元, 中西通雄
2. 発表標題 IchigoJam用ビジュアルブロックプログラミング環境の開発とプログラミング体験教室の実践
3. 学会等名 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 研究報告
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中西通雄, 宮本友介, 安留誠吾, 西田知博, 松浦敏雄
2. 発表標題 短冊形のコードによるプログラミング入門教育
3. 学会等名 JSiSE全国大会, B1-3
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下村亮太, 中西通雄, 松浦敏雄, 西田知博, 安留誠吾, 宮本友介
2. 発表標題 初学者用ブロックプログラミング環境wPENの改良
3. 学会等名 情報処理学会 研究報告 CE202003
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	西田 知博 (NISHIDA TOMOHIRO) (00283820)	大阪学院大学・情報学部・教授 (34403)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	原田 章 (HARADA AKIRA) (10263336)	追手門学院大学・経営学部・教授 (34415)	
研究分担者	中西 通雄 (NAKANISHI MICHIO) (30227847)	追手門学院大学・経営学部・教授 (34415)	
研究分担者	吉田 智子 (YOSHIDA TOMOKO) (60329977)	京都ノートルダム女子大学・国際言語文化学部・教授 (34312)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関