

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 5月28日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700788

研究課題名（和文） 教育用プログラミング言語実行環境「ますめ」の試作と活用に関する研究

研究課題名（英文） A Trial Development and Practical Use of MASUME: Runtime Environment for Programming Teaching

研究代表者

荻野 哲男（OGINO Tetuso）

神戸大学・情報基盤センター・助教

研究者番号：70448166

研究成果の概要（和文）：初等・中等教育における情報活用の実践力を育成するカリキュラムの実現を目的として、新しい教育用プログラミング言語実行環境「ますめ」の試作を行った。「ますめ」は、Web ベースのプログラミングおよびその実行環境であり、表計算アプリケーションに似たインターフェースのため、変数の可視化など、シミュレーションのようなプログラミングに適している。「ますめ」の活用として、サンプル課題に対しプログラミングを行い、カリキュラムの実践が可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：We developed a new runtime environment for programming teaching: MASUME. This environment aims for practices of curriculums in information science and application of elementary and secondary school education. MASUME is a web based programming and runtime environment that looks like spread sheet applications. This interface makes easy a programming of simulation due to visualization of variables. We confirm that MASUME is use of realization of curriculums by solving sample projects.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：科学教育，教育工学・科学教育

キーワード：情報教育，プログラミング教育

1. 研究開始当初の背景

(1) 初等・中等教育においても情報教育の重要性が指摘され、高等学校では教科「情報」の設置や「総合的な学習の時間」など、情報教育を行うことが可能な時間が確保されるようになってきている。このような時間を利用して、さまざまな取り組みが行われているが、その取り組みの一つに、ISEC-SeT というカ

リキュラムを実施した授業がある。この授業は、生徒自身が問題（課題）を設定し、コンピュータを活用してこれを解くという課題研究であり、問題設定から、問題の分析・モデル化、解決のための手法の提案、シミュレーションによる検討、その結果を論文形式でまとめ、ポスター形式で発表、という一連の過程を経験させることが最大の目的となっている。来る知識社会を向かえるにあたり、

このような情報活用の実践力を育成する試みは、とても重要なものであると考えている。

(2) 一方、このような授業を実施するには、教師にも情報技術に関する豊富な知識と経験が要求される。また、主体的な活動として生徒自身に問題を設定させる為、授業の導入や最初の誘導が重要な要素となる上、生徒個々への対応が必要になるなど、教師への負担は少なくない。先にあげた ISEC-SeT の実践を行っている教師によると、計算機でのシミュレーション実施の部分では、表計算ソフトウェアである Microsoft Excel VBA と、Squeak eToy を併用しているため、授業実施の環境を用意するだけでもかなり大変である。このように複数の環境を利用する理由は、その環境がもともとプログラミング教育やシミュレーションを行うことを前提としたものでなかったり、教育用プログラミング言語であっても、その言語の目的が、生徒の設定した課題にそぐわなかったりすることがあるからである。そのため、既存のプログラミング言語や実行環境を流用する訳ではなく、情報活用の実践力を育成するカリキュラムのために開発された新しい教育用プログラミング言語実行環境が求められている。

2. 研究の目的

(1) 情報活用の実践力を育成するカリキュラムを実現するための新しい教育用プログラミング言語実行環境を開発するため、必要とされる機能や仕様を明らかにする。また、実行環境を試作し、その活用方法などについて検討を行う。

(2) 本研究で開発する実行環境を「ますめ」と呼び、ビジュアルベースのプログラミング言語とテキストベースのプログラミング言語の中間に位置するものを目的とする。これは、ユーザインターフェースがビジュアルベースの場合、プログラミングの基本的な概念が容易に習得できる一方、少し複雑なアルゴリズムを記述したり規模が大きくなったりすると実現が困難になるという問題がある。一方、C 言語や Java 言語などの大規模プログラミングが可能なテキストベースのプログラミング環境の場合、初学者にはその言語の習得自体に労力がかかり過ぎてしまうという問題がある。具体的には、コンパイルエラーで躓く、ポインタの理解ができず挫折する等が挙げられる。従って、ビジュアルベースの初学者用プログラミング環境と、テキストベースの実践的なプログラミング環境の間を埋める新しいプログラミング実行環境が必要であるからである。

3. 研究の方法

(1) 本研究においては、(A)教育用プログラミング言語実行環境「ますめ」の試作、(B)情報教育の中での利用実践とその分析、という2つのステージに分けて実施する。実行環境の試作は、ブラウザ上で動作する簡単な VM (Virtual Machine) と、VBA のソースを VM で実行可能な形式にコンパイルする字句解析と構文解析、および、JavaScript を用いた画面インターフェースの開発を経ることになる。また、実践としては、ISEC-SeT の取り組みを行っている高等学校の教師と協力して利用してもらい、生徒が取り組んだ課題への影響や、教師の負担削減に繋がったかなどを評価し、さらに問題点など改善すべき点などを明らかにする。

4. 研究成果

(1) 情報教育におけるモデル化とシミュレーションを実現する新しいプログラミング実行環境である「ますめ」を設計した。この環境の特徴は下記の通りである。

- プログラミング変数の視覚化
- グラフィックオブジェクトの利用
- 個々のセルにプログラミングが可能
- ブラウザベースのオープンで柔軟な実行環境

これらの特徴により、Squeak eToy などの環境でプログラミングの基本を学んだ生徒が、C 言語や Java 言語などの実践的なプログラミングとのギャップにつまづくことなく、モデル化とシミュレーションを用いて計算機を活用した問題解決を経験させることが容易になる。さらに、この環境では、生徒の操作履歴などを記録することが可能であるので、生徒のつまづき原因や生徒がどこまで理解しているのかを分析することも期待される。

(2) プログラミング変数の視覚化: Squeak eToy のようなプログラミング環境が初学者にむいている理由のひとつに、変数の視覚化が考えられる。プログラミングは、命令を逐次実行させるだけでなく、変数の値によって実行する命令を分岐したり反復させたりする。また、そのように制御させるために、変数へ値を代入する必要がある。初学者向けのプログラミング環境では、変数自身がタイルなどの視覚的なパーツとして表現されることが多く、そこに変数の値が表示され、そのタイルを選択することで値の参照や代入できるという特徴がある。

C 言語や Java 言語などの視覚化されていないテキストベースのプログラミングでは、プログラミングする人の頭の中で、変数名を用いてその変数をイメージし、変数の値を管理す

る必要がある。初学者には、この頭の中での変数のイメージが難しく、慣れた人でも、デバッグトレースを行って、実際の変数の値を出力させながら確認することも多い。そこで、「ますめ」を用いたプログラミングでは、表計算ソフトウェアでいうセルを変数とみなし、変数の視覚化を行う。変数は格子状に画面に配置され、変数の値が常に表示される。

(3) グラフィックオブジェクトの利用：ドリトルのようなプログラミング環境では、プログラムの実行結果が視覚的に得られるため、何が起こったのか理解しやすいという特徴がある。具体的には、「かめ太! 100 歩く」というプログラムを実行した場合、内部的には「かめ太」の座標を示す値が 100 加算される訳であるが、学習者には、「かめ太」の画面上での表示位置が変化するという動きで理解することとなる。

このように、プログラミング変数が扱う値を数字で表示するだけでなく、グラフィックオブジェクトの位置座標や大きさ・色などに関係付けて表示できる機能が必要である。

(4) 個々のセルにプログラミングが可能：セルが格子状に配置された表計算ソフトウェアである Microsoft Excel では、例えば、セルに $=A1+B1$ と入力すると、数式とみなして $A1$ セルの値と $B1$ セルの値を加算した結果にそのセルの値が変更される。また、その数式で参照されるセルの値が変更されると自動的に再計算が行われる。この機能はシミュレーションを行う際にとっても有効である。

(5) ブラウザベースのオープンで柔軟な実行環境：高等学校のような計算機環境において、教師が環境を整えるためには、計算機に対する豊富な知識と経験を必要とする。このことが情報教育の中で、モデル化とシミュレーションを生徒に体験させることを困難にしている一つの理由でもある。そのため、以下の点をふまえて「ますめ」の設計を行った。

- 使用する計算機の OS などに影響を受けないこと
- インストールなどの作業が不要であること
- 学校だけでなく、自宅などでも利用できること

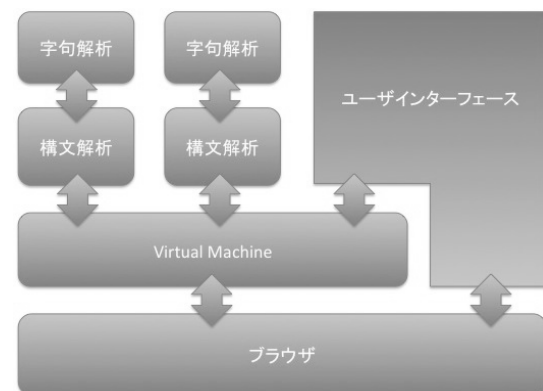
計算機の OS としては、Windows をはじめ Mac OS X や Linux などさまざまなものが存在している。多くは Windows であるが、Windows 7 や Windows XP などそのバージョンによって影響を受けることも少なくない。このよう

な環境の影響を最小限に抑えるため、HTML/CSS/JavaScript を用いたブラウザベースの実行環境を採用した。ブラウザは多くの計算機に導入されており、ブラウザの種類によって違いが生じることもあるものの、規格が統一されていく方向にあるため、最も適したプラットフォームであると判断した。

また、ブラウザベースであっても、Flash や Silverlight のようなフレームワークを導入することで、よりリッチな GUI を提供することが可能になるが、逆にフレームワークの導入や管理などの追加の作業が必要になるため、このようなフレームワークを採用しなかった。

ブラウザベースの実行環境とし、その作業をサーバ側に保存できるようにすることで、授業で作成したプログラムを自宅の計算機で開いて続きの作業が行えるようになる。また、サーバ・クライアント方式にすることで、このような自宅での作業に対する操作履歴も記録できるので、分析の対象を広げることができる。

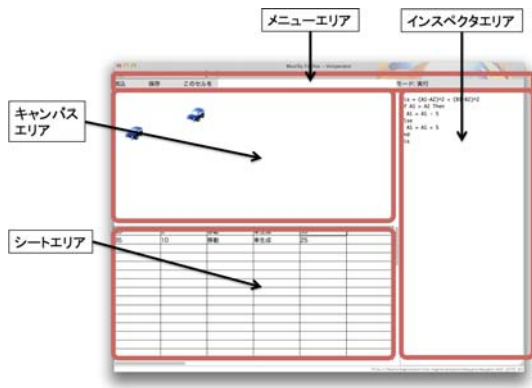
(6) 試作したプログラミング実行環境「ますめ」のシステム構成は、図のとおりである。



本システムは、すべてブラウザ上で実装され、主に仮想マシンとユーザインターフェース部分から構成される。ユーザインターフェースでは、プログラミングの実現と結果の表示やグラフィックオブジェクトの表示を行い、仮想マシンでは、入力されたプログラムをコンパイルし、実行を制御する。

(7) ユーザインターフェース

「ますめ」の実行画面を、図にあげる。この画面は ① シートエリア ② インスペクタエリア ③ キャンバスエリア ④ メニューエリアに分けられる。



① シートエリア：表計算ソフトウェアと同じように、セルが格子状に配置され、セルが保持する値を表示している。すべてのセルは、値とプログラムの2つを保持しており、セルをクリックによって選択することで、そのセルのプログラムをインスペクタに表示させることができる。

② インスペクタエリア：選択されたセルのプログラムを編集するエリアである。編集中は、キーボードのキーが押される度に、現在のプログラムを仮想マシンでコンパイルし、コンパイルエラーが発生する場合は、セルを赤く表示するなどのフィードバックを行っている。これにより、単純なシンタックスエラーなどは早い段階で気が付き、初心者への支援が可能になる。

記述可能なプログラム言語は、下記で説明する仮想マシンのコンパイラでコンパイルできるものであれば、特に制限はない。本システムを実践する状況に応じてコンパイラを使い分け、使用する言語を変更することも想定している。

③ キャンバスエリア：プログラムの中で生成されたグラフィックオブジェクトを表示するエリアである。HTML5のCanvasタグで実装されており、点や円・直線などの基本的図形を描画するコードをJavaScriptのオブジェクトでカプセル化したものが、グラフィックオブジェクトである。すべてのグラフィックオブジェクトは、表示座標のような基本属性を保持しており、その値をプログラムから変更することで、キャンバスエリア内でその位置に表示される。

④ メニューエリア：プログラミング作業を中断するための保存や、再開するための読込などのシステムへの操作や、セルを選択した際にそのセルのプログラムを実行するためのメニューボタンなどが配置される。このようなボタンは、選択されたものや状況に応じて自動的に表示される。

(8) 仮想マシン：ブラウザで動作する仮想マシンは、JavaScriptで記述されており、下記の機能を持っている。

- セルが保持しているプログラムをコンパイルする
- セルの参照関係を保持し、プログラムの連鎖実行を制御する
- メモリおよびセルやヒープなどのオブジェクトを管理する

(9) コンパイル：仮想マシンには、コンパイラが含まれており、構文をBASIC言語に似せた文法を定義し、yaccを用いて生成した。定義した文法は、以下の通りであり、逐次実行・条件分岐・反復実行などの基本的な制御構文と変数の値参照と代入、式演算、関数呼び出しなどを実装している。

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)

[学会発表] (計3件)

- ① 荻野哲男, 藤岡健史, 柳瀬大輔：プログラミング実行環境「ますめ」の設計・実装と教育現場のPBLへの適用, 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 荻野哲男, 藤岡健史, 柳瀬大輔：教育現場での実践に向けたプログラミング実行環境「ますめ」の試作, 情報処理学会コンピュータと教育研究会111回研究発表会, 2011年10月14日, 帝京大学
- ③ 荻野哲男：プログラミング実行環境「ますめ」の設計, 日本ソフトウェア科学会第27回大会, 2010年11月, 津田塾大学

[その他]

ホームページ等

<http://pomelo.istc.kobe-u.ac.jp/masume/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荻野 哲男 (OGINO Tetuso)

神戸大学・情報基盤センター・助教

研究者番号：70448166