

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：33906

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501069

研究課題名(和文) 情報端末に依存しない低水準入出力の実行可能なプログラミング学習環境の開発

研究課題名(英文) Development of a web-based learning environment for an executable programming with special reference to low-level I/O.

研究代表者

鳥居 隆司(Torii, Takashi)

椋山女学園大学・文化情報学部・教授

研究者番号：90207663

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：WebベースのC言語のプログラミング学習環境を構築した。クラウドコンピューティングを用いて構築された環境は、インターネット接続によりプラットフォームに依存せず利用できる。ユーザはどこからでもプログラムコードを実行でき、Webベースの環境でコンパイルやデバッグすることが可能である。我々のシステムは、標準入力やハードウェアに非常に近い低水準入出力を学ぶために利用可能である。その環境は、直接または間接的にC言語で書かれたコードを実行することで生じるリスクに対し安全のための仕組みを備えている。ユーザのマシンでは、C言語の開発環境を必要とせず、運用の負担を減らすことで、様々な問題を防ぐことができる。

研究成果の概要(英文)：We built a learning environment for web-based C programming language practice. The environment constructed by using cloud computing can be used without relying on a fixed platform connected to the Internet. Users can easily execute C language source code from anywhere, compile and debug it in the web-based environment. Our system makes it possible to learn input from stdin and low-level I/O, which are considered very close to hardware. The environment provides security system to protect against risk resulting from executing source directly or indirectly written in C languages. User's machine does not require an environment for exploiting C language and can prevent various problems by reducing the operating burden.

研究分野：科学教育 教科教育学 教育工学 情報学基礎

キーワード：プログラミング 低水準 標準入力 C言語 Webベース

1. 研究開始当初の背景

プログラミング言語の学習を初めて行う場合には、コンピュータに学習しようとするプログラミング言語が、コンパイルできる環境や、実行できる環境を整える必要がある。初心者の場合には、困難を伴う作業であり、また、多くの時間が費やされる作業でもある。最近のコンピュータは、GUI に優れ、ユーザにコンピュータのファイルシステムやオペレーティングシステムの存在を知ることなく、利用することが可能であることもその原因の一つである。このため、文科系を中心とする大学生や、情報・工業などを専門としない高校生などでは、かなりのヘビーユーザであっても、コンピュータの中身を意識して使用していないことも多く、プログラミング環境をコンピュータに構築し、自らが記述したプログラミング言語のデバッグ、コンパイル、実行を容易に行うような設定がうまくできない場面によく遭遇する。そして、プログラミングの学習を行う意欲があったとしても、それ以前に挫折してしまい、肝心のプログラミングを実際に自分で行うこともできないことになる。一般的に、プログラミングの学習は、習得に時間がかかり、効果が見えにくい、そして、普段の生活では、活用機会が少ないなど、不利な点が非常に多い。学校教育においても、そのカリキュラムが本来の目的ではないアプリケーションの操作習得に偏る傾向にあり、学習者の側においても、アプリケーションの操作習得を行ったことで、コンピュータの知識を得たと考えてしまうのも問題である。これらの問題を解決できる方法として、これまで、各言語のエミュレータなどが開発され学習に役立っているし、最近では、フローチャートの部品をブロックとしてグラフィカルに表示し、それらを組み合わせることでプログラムが記述できるツールや、オブジェクトにプロパティを与えるなどの方法で実現するものなどいくつか考えられ、教育現場でも、実際に利用されている。現実にブロックを組み合わせる形式のプログラミングやセンサによる制御などの取り組みは、様々な場面でよく行われている。このような体験によって興味をもったユーザが、次のステップとしてプログラムコードを記述する段階に進むのであるが、結局、その段階で、該当するプログラム言語の開発環境などの設定ができない、具体的なプログラムコードの記述について理解できないなどのケースで、あきらめてしまうことも多く、コードの記述によるプログラミング教育は必要である。また、Web ベースのいくつかのプログラム言語のコンパイル・実行環境が利用できるものもある。しかし、不特定多数からの攻撃に対するセキュリティ対策の煩雑さや知的所有権の問題などから、ファイル入出力ができない、対話的な標準入力ができないな

ど、様々な制限があるものがほとんどである。

2. 研究の目的

本研究では、どこでも、だれでも、いつでもすぐにプログラム言語そのものの学習が始められる環境の開発を行った。また、最近では、プログラミング教育についての議論が活発になっており、世界最先端 IT 国家創造宣言では、発達段階に応じた情報教育や学習環境の充実が必要となるため、初等・中等教育段階におけるプログラミングに関する教育の充実と言及しており、さらに、IT の利活用をけん引する高度な IT 人材の創出の必要性を訴え、高等教育における産業界と教育現場との連携の強化や世界最先端の技術や知識の習得を積極的に支援する学習環境を整備する方向性などが示されている。このような状況において、学習に適したプログラミング言語やその開発環境、あるいは学習ツールは数多く存在し、様々な言語に対応したオンラインコンパイラもいくつか提供されている。しかし、前述のようにオンラインコンパイラなどでは、一般的に、対話型の処理やコマンドライン引数の受け渡し、低水準の入出力を容易に扱うことができない場合が多い。これは、特にコンピュータのメモリなどのハードウェア資源に対して、容易に操作できるコードが記述できる C 言語などのコンパイラ型の言語では、Web ベースの環境でインターネットを通して開発環境を不特定多数のユーザに公開して提供することは、セキュリティ上非常に困難であることを意味している。本研究では、これらの問題を解消することで、学習者がプログラムの開発環境のインストールやその初期設定などの作業を行うことなく、プログラミング言語の学習に専念でき、コマンドライン引数の受け渡しの他、低水準のファイル入出力や対話的標準入力が可能な環境の構築を行った。

3. 研究の方法

システムの基本構造を設計するにあたり、実行環境が、ユーザが記述したプログラムの実行の影響を受けないような方針とし、ユーザが学習できるプログラム言語として、ポインタや低水準入出力を持つ C 言語を選択した。Web ブラウザからのアクセスにより、Web サーバから CGI プログラムを起動され、システムに常駐している制御プログラムに要求が伝達される。制御プログラムは要求内容に応じて、利用者認証、セッション管理、コンパイル、実行監視の各プログラムに処理要求を振り分ける。制御プログラムは、それぞれの各プログラムからの応答を待ち、結果を要求元に送信する。内容により、CGI からの要求が複数の処理要求に展開されることもあるが、各プログラムの実行にそれぞれ時間制限を設定し、システムの負荷によらず、プロセス

間通信機能により、一定時間で要求元に応答を返すことができるような仕様とする。また、ユーザが記述したプログラムを実行するときには、システムを保護する必要があるが、バッファオーバーランに対しては、コンパイラの生成するオブジェクトに検出プログラムを埋め込む方法で対応した。また、実行環境のシステムを破壊する可能性のあるライブラリについては、基本的には、本研究の独自のライブラリに書き換えることで対処した。さらに、実行環境をクラウド環境に構築することを考慮したため、システムリソースの効率的な配分が必要不可欠であると考え、ユーザの記述したプログラムの実行は、実行監視プロセスによって、様々なシステムリソースを節約するものとした。

4. 研究成果

本研究では、インターネットに接続できれば、いつでも、どこでもC言語のプログラミングが学習できる環境を構築した。学習者の持つプラットフォームに依存せずWebブラウザ上で編集、コンパイル、デバッグ、実行ができるプログラミングのための学習環境は、クラウドサービスを活用して構築されている。最近では、オンラインコンパイラを公開しているWebサイトがいくつか存在するが、対話的な標準入力や、高水準のファイルの入出力、ユーザの作成するインクルードファイルなどを扱うことができないことが多い。本学習環境では、ポインタはもちろん、キーボード入力による対話処理、コマンドライン引数の受け渡しが可能である。また、低水準入出力関数の実行可能な機能も実装し、この機能により、1バイトずつ出力した結果をクラウド上のファイルに書き込み、その内容を読み込むことや、バイト単位でファイルをコピーするなどの演習も可能となった。本環境では、学習環境にログインした後、プログラムの記述を行うためのテキスト領域とコンパイル・実行ボタンによって、デバッグを行い、文法ミスなどを修正して実行させることができる。さらに、記述したソースプログラムをクラウド上に保存することができる。テキスト領域に記述されたプログラムコードは、「コンパイル」ボタンをクリックすることでデバッグされ、エラー等がなければ、コンパイルされた実行オブジェクトを実行できる「実行」ボタンが表示され、実行することができる。このようにログイン後、すぐにプログラム言語の学習を行うことができ、言語仕様の制限がほとんどなく、一般的な市販の教科書やWeb上に多数に存在するテキストの例題などを学習教材として活用することも可能となった。また、サーバとやりとりされるデータもテキスト程度のものであるので、スマートフォンのような携帯情報端末や一部のeインクタイプの電子書籍リーダーであっても、基地局とも通信速度が低速の環境下でも

十分使用可能であった。また、eラーニングでの利用や教育機関などでの利用の実態を視野に、本システムでは、利用者の記述したプログラムコードの改変は一切行わずにプリプロセッサを通し、コンパイル処理を行う仕組みであり、実行中のプログラムとの対話を可能にする機能も備えている。具体的には、実行されたプログラムが入力待ち状態であることを把握し、プログラム実行時に出力を使用者に渡し応答を促すとともにプログラムの実行を一時停止させる。そして、使用者の応答の結果、停止状態のプログラムに与えて実行を再開させるなどである。これらの機能を評価するためにインターネットに公開されているコンテンツを活用して、教育機関の授業時での使用を行った結果、授業時の演習や授業時間外の学習についても特に問題なく活用することができ、ローカルなコンピュータにインストールされたC言語の開発環境を用いての授業と同様に使用していることを確認している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

田村謙次, 島居隆司,
色彩調和の美度による淘汰を用いた対話型GEデザインシステム,
電気学会論文誌C, 査読有,
Vol.135, No.5, pp.559-560, 2015.
DOI:10.1541/ieejieiss.135.559

Akinobu Ando, Hidetoshi Takeno, Shota Itagaki, Takashi Torii and Darold Davis, Development a Multiple Skill Practice Management and Result Feedback System for "smart Vocational Learning" by Using Smartphones, Consumer Electronics (GCCE), 2014 IEEE 3rd Global Conference on, 査読有, pp. 323-326, 2014
DOI:10.1109/gcce.2014.7031316

Kenji Tamura, Takashi Torii,
Development of Ghost Controller for Ms Pac-Man Versus Ghost Team with Grammatical Evolution, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, Vol.17, No.6, pp.904-912, 2013.

Akinobu Ando, Toshihiro Takaku, Shota Itagaki, Takashi Torii, Hidetoshi Takeno and Darold Davis, Development of a Skill Learning System using Sensors in a Smart Phone for Vocational Education CSEDU 2013 Proceedings Computer Supported Education. 査読有, Vol.5, pp.683-687, 2013.

〔学会発表〕(計 13 件)

鳥居隆司, 田村謙次, 安藤明伸, 大岩幸太郎, 杵淵信, 川崎直哉, 中野健秀, 森夏節, 藤尾聡子, 古金谷博, 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, 2015PCカンファレンス論文集, 富山大学, 2015.8.21.

田村謙次, 鳥居隆司, 形状美度の淘汰を用いた GE デザインシステム, 平成 27 年電気学会全国大会論文集, No.3-076, 東京都市大学, 2015.3.25.

杵淵信, 川崎直哉, 鳥居隆司, 計測・制御分野教材における I²C インター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, p.190, 熊本大学, 2014.8.24.

安藤明伸, 鳥居隆司, 竹野英敏, 大谷忠, 板垣翔大, 伊藤亮太, 基本動作習得のためにゲーミフィケーション要素を取り入れた体感型独学教材の開発, 日本産業技術教育学会第 57 回全国大会, p.125, 熊本大学, 2014.8.23.

Shota Itagaki, Akinobu Ando, Toshihiro Takaku, Hidetoshi Takeno, Takashi Torii, Development of a Skill Practice Management System (PMS) for Learning Japanese Traditional Craft Tools by Using Smartphones, World Conference on Educational Media and Technology, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), Vol.2014, No.1, pp.1001-1009, Finland, Jun 23, 2014.

田村謙次, 鳥居隆司, 中野健秀, 杵淵信, 安藤明伸, 川崎直哉, 大岩幸太郎, 藤尾聡子, 古金谷博, 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, 2014PC カンファレンス論文集, pp.21-23, 札幌学院大学, 2014.8.8.

田村謙次, 鳥居隆司, 色彩調和論を導入した対話型 GE による CG デザインシステム, 平成 26 年電気学会全国大会論文集, No.3-057, pp.80-81, 愛媛大学, 2014.3.19.

鳥居隆司, 杵淵信, 安藤明伸, 田村謙次, 川崎直哉, 大岩幸太郎, 中野健秀, 藤尾聡子, 古金谷博, Web ブラウザベースのプログラミング実行環境, 2013PCカンファレンス論文集, pp.59-62, 東京大学, 2013.8.4.

田村謙次, 鳥居隆司, Grammatical Evolution による Ghost Team 生成と訓練データの検討, 平成 25 年電気学会全国大会論文集, No.3-030, p.38, 名古屋大学, 2013.3.22.

板垣翔大, 安藤明伸, 高久敏宏, 鳥居隆司, 竹野英俊, 平鮑削りの身体コーディネイトのずれをスマートフォンで取得する試み, モバイル学会モバイル'13 研究論文集, pp.73-76, 青山学院大学, 2013.3.7.

安藤明伸, 高久敏宏, 板垣翔大, 鳥居隆司, 竹野英俊, スマートフォンによるセンサーアシストトレーニング法の開発, モバイル学会モバイル'13 研究論文集, pp.71-72, 青山学院大学, 2013.3.7.

安藤明伸, 竹野英敏, 鳥居隆司, 板垣翔大, 高久敏宏, 技能の家庭学習を実現するための ICT 活用の枠組み, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会講演要旨集, p.50, 山口大学, 2013.8.24.

杵淵信, 川崎直哉, 鳥居隆司, 紺谷正樹, 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 回全国大会講演要旨集, p.179, 山口大学, 2013.8.25.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥居 隆司 (TORII, Takashi)
椋山女学園大学・文化情報学部・教授
研究者番号: 90207663

(2) 研究分担者

中野 健秀 (NAKANO, Takehide)
愛知学院大学・商学部・准教授
研究者番号: 20441115

(3) 研究分担者

杵淵 信 (KINEFUCHI, Makoto)
北海道教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 30261366

(4) 研究分担者

田村 謙次 (TAMURA, Kenji)
中央学院大学・商学部・准教授
研究者番号: 30367635

(5) 研究分担者

川崎 直哉 (KAWASAHII, 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

(6)研究分担者

安藤 明伸 (ANDO, Akinobu)
宮城教育大学・教育学部・准教授
研究者番号：60344743

(7)研究分担者

大岩 幸太郎 (OIWA, Kotaro)
大分大学・教育福祉科学部・非常勤講師
研究者番号：90223726