

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18500719
 研究課題名（和文） プログラミング演習を軸とした情報教育を支援するための
 演習環境の開発に関する研究
 研究課題名（英文） Support Environment for Computer Literacy Education
 based on Programming Courses
 研究代表者
 松浦 敏雄 (MATSUURA TOSHIO)
 大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授
 研究者番号：40127296

研究成果の概要： プログラミングを容易にかつ短時間に体験的に習得できるプログラミング環境 PEN の機能拡張として、図形描画機能、ファイル I/O 機能、関数呼出機能を設計・実装し、PEN を用いた実験授業を繰り返し実施し、その有効性を明らかにした。また、PEN の中国語版、台湾語版、韓国語版、英語版を実装した。さらに、授業中の個々の学生の課題進捗状況を教員が概観するためのモニタ機能を実装した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	900,000	270,000	1,170,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野： 総合領域
 科研費の分科・細目： 科学教育・教育工学
 キーワード： 授業学習支援システム、情報教育、プログラミング入門教育、
 プログラミング演習支援環境、DNCL

1. 研究開始当初の背景

一般情報教育において、すべての学生が利用者として、コンピュータを使いこなせるようになることは重要ではあるが、計算機の特長や仕組みの理解が伴わないと、計算機システムやアプリケーションプログラムの急速な変化に対応できない。また、情報を専門としない学生であっても、将来、発注者の立場として情報システムの構築（主に要求仕様の決定）に関わることもあり得る。このとき、プログラミングの経験に基づく計算機の特長や仕組みの理解がなければ、システム構築業者(SE)の提案の妥当性を適切に判断することも難しいであろう。我々は、プログラミ

ング演習を通して、計算機の特長や仕組みを体験的に理解しておくことが重要であると考えている。

しかし、実際には、理系の一部の学部・学科を除いて、プログラミング演習はあまり実施されていない。プログラミングが取り上げられない大きな理由としては、プログラミング言語は難しいものであり、その習得には多くの時間が必要と思われることが挙げられる。しかし、適切なサポートツールを用意することで、比較的短い時間で容易にこの目標を達成できるものと考えた。

2. 研究の目的

上記のプログラミング教育の目的を達成するためのサポートツールとして、入門教育用プログラミング環境 PEN を既に作成している。PEN は、プログラミングの初学者にやさしい環境を提供することを念頭におき、分かりやすいプログラミング言語を備え、構文エラーなども生じにくくするための入力支援機能を備えており、また、プログラムの実行の様子を把握しやすくするための機能も備えている。PEN の基本的な部分は完成しているが、まだプロトタイプ域を出るものではない。プログラミングの入門教育に限定したとしても、教育の現場で用いるには、図形の描画などの基本機能が不十分である。また、初学者のための支援機能も充実させる必要がある。

そこで、本研究では、第一に、入門教育用プログラミング環境 PEN の基本機能として、図形描画機能、ファイル入出力機能、関数定義機能を設計・実装することを目的とする。第二に、初学者が初期の段階でプログラミングの学習を放棄してしまわないように、初学者向けの支援機能として、キーワードの揺らぎへの対応（プログラム中のキーワードや区切り記号等を多少書き間違えても、警告してくれる機能等）、インデント矯正機能などの設計・実装を行う。第三として、PEN によるプログラミング演習によって、計算機の仕組みの理解を深めるために、コンパイル結果（アセンブリ言語による記述および機械語）を表示し、計算機がそれを逐次実行している様子を観察できる機能を実現する。これによって、プログラミングとその実行の仕組みが繋がって理解できるようになる。

3. 研究の方法

平成 18 年度は、入門教育に限定した上で、プログラミング実行環境 PEN の基本機能の充実をめざす。また、初学者が初期の段階でプログラミングの学習を放棄してしまわないように、初学者向けのさらなる工夫を行い、その機能を実装する。

(1) PEN の基本機能の充実

① 描画機能の充実

プログラム演習を行う際に、コンソールへの出力だけでは、例題の種類が限られ面白さにかける。絵や図を簡単に描けると、学生の興味は倍増する。描画関数としては、任意の大きさのキャンバスを開く関数と、長方形、楕円、多角形、折れ線などを用意する。また、描画の演習を行うためのプログラム例、および、練習問題等の教材を開発する。

② ファイル入出力機能

プログラミングにおいて、ファイルの扱いは重要である。初学者向けであるので、バッファリングは意識せずに行単位で入出力を行える高レベルファイル I/O だけを提供すべきと考えている。

ファイル入出力機能に関連して、部分文字列を取り出す関数や、特定の記号によって、文字列を分割する関数など、文字列処理の関数群を追加する必要がある。

③ 関数呼出し機能

PEN は、四捨五入や三角関数などの簡単な組み込み関数を用意しているが、自分で関数を定義する機能を有していない。そこで、まず、言語仕様に関数/手続きの定義機能を追加する。また、アルゴリズムの入門教育での使用を考慮して、関数の再帰呼出しを実現する。

(2) 初学者へのさらなる工夫

① 日本語表現の揺らぎへの対応

日本語に基づいた文法を採用した場合、日本語の言い回しが何通りもあるために、間違いが生じやすい。例えば、「そうでなければ、」と書くべきところを「さもなければ、」と書いてしまうことは、しばしば起こる。これは、文法ミスであり、当然コンパイラはエラーメッセージを吐く。このような軽微な書き間違いに対して、文法エラーとして処理するのではなく、これらを許容することで初学者の躓きを軽減する。

② インデントチェック機能等

プログラムを記述する際に、正しいインデントを付けることは重要である。初学者は、プログラムを書くことに集中しており、なかなかインデントまで注意が及ばない。しかし、そのためプログラムの構造的な間違いが発見し難くなる。そこで、コンパイル前のプリプロセスで、インデントのチェックを行う。自動的にインデントの矯正も可能であるが、ここでも教育的見地から、警告を発するに留める。

平成 19 年度は、改良したプログラミング入門用学習環境 PEN を用いて、その有効性を確かめる実験授業を行う。また、これと平行して、プログラムがどのように実行されるのかを分かりやすく示すための機能の設計・実装を行う。

(3) 実験授業の実施と PEN の有用性の評価

大阪市立大学および大阪学院大学で、実際に改良した PEN を使って授業を行う。また、近隣の高校にも協力を求めて、高校でも実験

授業を実施し、学習者に対してアンケート調査を行う。

(4) エラーログ収集機能

PEN が個々の学習者のプログラミングの理解度を上げたことを明確に立証することは困難であるが、初学者が引き起こすコンパイルエラーや、タイプミスなどの情報を自動的に収集し、学習者の挙動を分析することで、教育効果の一部を推定することは可能である。

(5) プログラムがどのように実行されるかを示すための工夫

プログラムは、ある種の抽象化された計算機の命令の並びと考えることができる。コンパイラは、この抽象的な計算機の命令集合を、実際の計算機 (CPU) の命令集合に変換するものである。学習者が書いたプログラムのコンパイル結果をアセンブリ言語表現、および、機械語表現で表示し、それらが、どのように実行されるのかを分かりやすく見せることで、プログラミングとその実行の仕組みがシームレスに理解できるようになると思われる。この機能を PEN の上で実装する。

平成 20 年度は、前年度に引き続き、実験授業の実施と「プログラムがどのように実行されるかを示す機能」を含めた PEN の有用性の評価を行い、研究全体のまとめとして論文の執筆を行う。

(6) 実験授業の実施と PEN の有用性の評価

前年度に引き続き、大阪市立大学、京都ノートルダム大学、大阪大学、および、大阪学院大学で、実際に PEN を用いた授業を実施する。さらに、大阪府立泉北高校においても実験授業を実施する。受講者に対して、PEN の有効性を検証するためのアンケート調査を実施する。また、理解度を確認するための試験も実施する。

(7) PEN を用いた授業に対する授業支援機能の実装と評価

初学者にとってプログラミングの理解を妨げる様々な要因が存在するが、それは人によって異なっており、また、特に授業中は多くの受講者を相手にしていることもあり、個々の学生の理解の様子を把握することは極めて難しいと言わざるを得ない。本研究では、PEN を利用している学生の操作状況から抽出できる情報を教員側で収集することで、学生の理解の様子を把握できるような仕組みを導入する。

4. 研究成果

(1) PEN の基本機能の充実

PEN の基本機能として、描画機能、ファイル入出力機能、および、関数呼出し機能を実装した。直ちに授業で試用したが、使い勝手も良く、初学者向けの授業でも十分に使えるものと判断した。この項目については、後述の学会発表欄の (6), (8), (9) で発表した。

(2) 初学者へのさらなる工夫

日本語表現の揺らぎに対しては、考え得るいくつかの表現を文法規則に加えて、それらも受理するようにした。これによって、初学者の躓きを軽減できるようになった。しかしながら、事前に登録された表現を受理するだけであるので、想定外の表現には対応できない。学会発表欄の (8) で発表した。

インデントチェック機能については、実装できなかった。入力支援ボタンを利用した場合は、自動的にインデントされる機能を有しているため、この機能の必要性は高くないと判断した。

(3) 実験授業の実施と PEN の有用性の評価

大阪市立大学、京都ノートルダム女子大学、大阪学院大学、および、大阪大学において PEN を用いて授業を行った。また、大阪学院大学の附属高校および大阪府立泉北高等学校においても実験授業を行った。受講者に対して、PEN の有効性を検証するためのアンケートおよび試験を実施した。結果については、後述の雑誌論文欄の (4), (5) で発表したとおり、PEN の有効性が明らかになった。

(4) エラーログ収集機能

初学者が引き起こすコンパイルエラーやタイプミスなどの情報を自動的に収集する機能を設計し実装した。実際の授業でこの機能を稼働させてエラーログ情報を収集した。しかし、エラーログ情報が膨大であったため、学習者の挙動を分析して教育効果を確認することまでには至らなかった。

(5) プログラムがどのように実行されるかを示すための工夫

この機能については、実装には至らなかった。その代わりとして、PEN の国際化、すなわち、PEN の中国語対応、韓国語対応、英語対応を実現した。これについては、雑誌発表の (2) および (3) で報告した。

(6) 実験授業の実施と PEN の有用性の評価

前年度に引き続き、大阪市立大学、京都ノートルダム大学、大阪大学、および、大阪学院大学で、実際に PEN を用いた授業を実施した。さらに、大阪府立泉北高校においても

実験授業を実施した。受講者に対して、PENの有効性を検証するためのアンケート調査を実施し、理解度を確認するための試験も実施した。これらの結果については、雑誌論文(2)、および、学会発表(1)、(2)で発表した。

(7) PENを用いた授業に対する授業支援機能の実装と評価

多くの授業経験から、授業中の各学生の課題に対する進捗状況の把握が容易でないことが明らかになった。そこで、授業中の個々の学生の課題進捗状況を容易に把握できるシステムを設計し実装した。個々の学生が作成中のプログラム中の変数の数、制御構造の数、行数などを自動収集することで進捗状況を推定する。この機能については、雑誌論文(1)で報告した。

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5件)

(1) 張 珏華, 西田 知博, 安倍 広多, 石橋 勇人, 松浦 敏雄: プログラミング授業を支援する学習環境 PEN+, 大阪市立大学大学院創造都市研究科都市情報学専攻電子紀要「情報学」, Vol. 5, No. 1 (2008-05). (掲載予定) 査読有.

(2) Tomohiro Nishida, Akira Harada, Tomoko Yoshida, Ryota Nakamura, Michio Nakanishi, Hirotohi Toyoda, Kota Abe, Hayato Ishibashi, Toshio Matsuura: PEN: A Programming Environment for Novices --- Overview and Practical Lessons ---, ED-Media 2008, pp. 4755-4760, Jul. 2008. 査読有.

(3) 陳 山, 張 珏華, 安倍 広多, 石橋 勇人, 松浦 敏雄, 中村 亮太, 西田 知博: 初学者用プログラミング環境 PEN—国際化の実現—, 大阪市立大学大学院創造都市研究科都市情報学専攻電子紀要「情報学」, Vol. 4, No. 2 (2007). 査読有.

(4) 西田 知博, 原田 章, 中村 亮太, 宮本 友介, 松浦 敏雄: 初学者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 第48巻 第8号, pp. 2736-2747 (2007-08). 査読有.

(5) 西田 知博, 松浦 敏雄: 初学者のためのプログラミング学習環境 PEN, 大阪大学サイバーメディアセンター サイバーメディアフォーラム No.7, pp. 11-16 (2006-09). 査読無.

[学会発表] (計9件)

(1) 安留 誠吾, 中西 通雄, 景村 幸弘, 原田 章, 西田 知博, 外川 直子, 清川 清,

宮本 友介, 松浦 敏雄: 図形描画によるプログラミング入門—大阪大学人間科学部・文学部でのPENを用いた実践—, 平成20年度情報教育研究集会 (2008-12-13).

(2) 吉田 智子: 文系学部の情報教育へのプログラミングの導入—PENを用いた実践例—, 情処研報, Vol. 2008, No. 64, pp. 71-78 (2008-07-12).

(3) 中村 亮太, 西田 知博, 松浦 敏雄: 高等学校での「プログラミング」教育の導入—PENを用いて—, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-94-7, vol. ~2008, No. ~42, pp. 41-47 (2008-05-17).

(4) 松浦 敏雄, 豊田 博俊, 菅澤 拓生, 原田 章, 西田 知博, 外川 直子, 清川 清, 宮本 友介, 安留 誠吾, 中西 通雄: リテラシーとしてのプログラミング入門—大阪大学文学部・人間科学部でのPENを用いた実践—, 平成19年度情報教育研究集会 (2007-11-10).

(5) 西田 知博, 中村 亮太, 松浦 敏雄: プログラミング学習環境 PEN—授業実践とカスタマイズ機能—, 2007PCカンファレンス論文集 CD-ROM (2007-08-02).

(6) 宮本 友介, 原田 章, 安留 誠吾, 中西 通雄, 西田 知博: 文系学部を対象としたリテラシー科目におけるプログラミング教育—PENを用いた実践例—, 平成18年度情報教育研究集会, pp. 201-203 (2006-11-25).

(7) 松浦 敏雄, 豊田 博俊, 原田 章, 外川 直子, 小川 剛史, 清川 清, 西田 知博: 文系学部を対象としたリテラシー科目におけるプログラミング教育—JavaScriptを用いた実践例—, 平成18年度情報教育研究集会, pp. 197-200 (2006-11-25).

(8) 西田 知博, 山本 武生, 中村 亮太, 松浦 敏雄: 情報学部における基礎教育科目としてのプログラミング—初学者用プログラミング環境PENを用いて—, 平成18年度情報教育研究集会, pp. 193-196 (2006-11-25).

(9) 西田 知博, 中村 亮太, 山本 武生, 松浦 敏雄: プログラミング環境 PEN—描画とファイル I/O 機能の実装—, SSS2006 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2006, No. 8, pp. 69-74 (2006-08-27).

[その他]

ホームページ等

<http://www.media.osaka-cu.ac.jp/PEN/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松浦 敏雄 (MATSUURA Toshio)

大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授
研究者番号: 40127296

(2) 研究分担者

なし

(3)連携研究者

西田 知博 (NISHIDA Tomohiro)

大阪学院大学・情報学部・講師

研究者番号：00283820

石橋 勇人 (ISHIBASHI Hayato)

大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授

研究者番号：70212925

安倍 広多 (Abe Kota)

大阪市立大学・大学院創造都市研究科

・准教授

研究者番号：40291603

吉田 智子 (YOSHIODA Tomoko)

京都ノートルダム女子大学・人間文化学部

・准教授

研究者番号：60329977