

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350214

研究課題名(和文) プログラミング初学者におけるプログラミング理解課程の研究

研究課題名(英文) Research on programming understanding process in novice programming students

研究代表者

兼宗 進 (Kanemune, Susumu)

大阪電気通信大学・工学部・教授

研究者番号：00377045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、初学者のプログラミングの理解過程を検討し、初学者に適したプログラミング言語、プログラミング環境、情報科学の教材開発をおこなった。研究成果であるプログラミング言語「ドリトル」、オンラインプログラミング環境「Bit Arrow」、データベース学習環境「sAccess」、情報科学学習教材「CSアンプラグドの日本語サイト」について、インターネットでの公開をおこなった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we analyzed the understanding process of beginners programming and developed teaching materials. We published research results on the Internet on programming language "Dolittle", online programming environment "Bit Arrow", database learning environment "sAccess", information science learning material "CS unplugged Japanese web site".

研究分野：情報科学教育

キーワード：教育用プログラミング言語 プログラミング教育 情報科学教育 ドリトル サクセス ビットアロー
CSアンプラグド

1. 研究開始当初の背景

指導要領の改訂により、初等中等教育におけるプログラミングを扱うことの重要性が高まっていたが、それらをわかりやすく教えるための言語環境と教育手法は確立されていないという問題が存在した。また、大学などの高等教育においては、C など汎用言語の教育が効果的に行っていないという問題が存在した。

2. 研究の目的

そこで本研究では、次の5点に着目することで、初学者のプログラミングの理解過程を解明し、初学者に適したプログラミング言語環境と独自の教材開発を行うことを目的とした。

- (1) 初学者のプログラミング理解過程の分析と理解モデルの構築。
- (2) 教育用プログラミング言語におけるプログラム理解に関する工夫点の分析。
- (3) 中学校・高等学校の新学習指導要領の内容との対応分析および授業での評価実験。
- (4) 得られた知見のC言語など汎用プログラミング言語教育への適用。
- (5) 多様な入出力デバイスを活用した現実感のあるプログラミング学習の提案。

3. 研究の方法

(1)の研究では、初学者のプログラミングの理解過程を分析し、その理解モデルを構築する。具体的には、プログラミングの学習過程の詳細な分析を行う。たとえば、C言語における繰り返しの学習としてのfor文を考えると、教授者にとっては「固定回数の繰り返し」だけを教えているつもりでも、学習者にとっては「変数宣言」「変数の初期化」「条件の比較」「変数値のインクリメント」「実行命令の繰り返し処理」「繰り返しごとの変数値の変化」など、さまざまな学習要素が一度に出現していることで難易度が高くなってしまっている可能性がある。そこで、汎用言語の学習要素を分析し、理解のための学習要素間の依存関係を明らかにする。

(2)の研究では、初等中等教育でプログラミング教育に実績のある教育用プログラミング言語を調査することで汎用言語との違いを明らかにし、どのような工夫が理解のしやすさにつながっているのかを解明する。調査の対象としては、2013年度から高校の教科書で採用されたドリトル言語、センター試験の問題記述に用いられているDNCL(センター試験手順記述標準言語)、ブロックを画面で組み合わせる形のビジュアル言語であるScratchなどを分析する。

(3)の研究では、初等中等教育で必要となるプログラミング学習の学習要素を学習指導要領と教科書から分析し、教育用プログラミング言語との対応を比較することで、言語に求められる機能を明らかにする。また、初等中等教育においては、詳しい説明を行うことは興味や学習意欲を削ぐことにつながる恐れが高いことから、体験的な学習を通して情報科学

を理解させる「コンピュータサイエンスアンプラグド学習法(以下、CSアンプラグド)」を取り入れる形で授業を設計する。分析した内容から構築したツールと授業案を実際の授業で利用することで、その効果を検証する。

(4)の研究では、高等教育などで必要となる汎用言語の学習要素の依存関係と望ましい学習順序を大学の授業テキストなどから分析する。そのために、授業テキストなどの例題プログラムを入力することで、例題プログラム間で新たに出現した学習要素を抽出する分析ツールを開発する。分析した学習要素の妥当性は、市販の複数の入門テキストを分析し、学習者の理解度と学習要素の依存関係との関係を授業実験等で実証的に検証する。

(5)の研究では、入出力を扱うプログラミング学習について扱う。中学校「技術・家庭」では「計測・制御」の単元が必修であり、すべての中学生がコンピュータを用いた計測と制御を学習する。センサー等の外部入力を用いるプログラムは、コンピュータ内部だけで完結する形のプログラムとは違った側面が存在する。そこで、上記の研究成果を活用し、外部入出力を伴うプログラミングの学習要素を分析し、望ましいプログラミング学習を検討する。

4. 研究成果

(1)の研究では、初学者のプログラミングの理解過程を分析し、その理解モデルを構築した。汎用言語の学習要素を分析し、理解のための学習要素間の依存関係を検討した。

(2)の研究では、初等中等教育でプログラミング教育に実績のある教育用プログラミング言語を調査することで汎用言語との違いを明らかにした。調査の対象としては、高校の教科書で採用されているJavaScript言語とドリトル言語を対象とし、高等学校での授業により効果を分析した。

(3)の研究では、体験的な学習を通して情報科学を理解させる「コンピュータサイエンスアンプラグド学習法(以下、CSアンプラグド)」を取り入れる形の授業について、その効果を検証した。

(4)の研究では、高等教育などで必要となる汎用言語の学習要素の依存関係と望ましい学習順序を大学の授業テキストなどから分析するために、授業テキストなどの例題プログラムを入力することで、例題プログラム間で新たに出現した学習要素を抽出する分析ツールDe-gapperを開発した。

(5)の研究では、入出力とネットワークを扱うプログラミング学習について中学校と高等学校の実験授業を行い、分析を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計12件)

[1] Susumu KANEMUNE, Shizuka SHIRAI, Seiichi TANI. Informatics and Programming

Education at Primary and Secondary Schools in Japan. Olympiads in Informatics, Vol.11, 2017. (査読有、印刷中)

[2] 島袋舞子, 林康平, 兼宗進. 拡張現実感を用いたソートアルゴリズム学習教材の提案. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, 2017. (査読有、印刷中)

[3] 兼宗進, 白井詩沙香, 竹中一平, 長瀧寛之, 小林史弥, 島袋舞子, 田邊則彦. データベースと情報システムを学習する授業の提案と実践. 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」, 2017. (査読有、印刷中)

[4] 間辺広樹, 神藤健朗, 並木美太郎, 兼宗進. コンピュータ・アルゴリズムの「発見・記述・伝達」を導く授業の実践と評価. 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」, Vol.2, No.1, pp.10-24, 2016. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-TCE0201005.pdf>

[5] 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也. 小学生に対するアンプラグドコンピュータサイエンス指導プログラムの実践と評価. 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ」, Vol.1, No.2, pp.19-27, 2015. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-TCE0102004.pdf>

[6] 長慎也, 保福やよい, 西田知博, 兼宗進. De-gapper - プログラミング初心者の段階的な理解を支援するツール. 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp.1-12, 2014. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/cej201401dg.pdf>

[7] 長瀧寛之, 中野由章, 野部緑, 兼宗進. データベース操作の学習が可能なオンライン学習教材の提案. 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp.1-12, 2014. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/cej201401db.pdf>

[8] 紅林秀治, 小林健太, 高山大輝, 江口啓, 兼宗進. KINECT センサーを用いた簡易動作分析システムの開発. 日本産業技術教育学会誌, Vol.55, No.3, pp.213-220, 2013. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/kurezo2013kinect.pdf>

[9] 井戸坂幸男, 中野由章, 紅林秀治, 兼宗進. 教材の共同利用を可能にする中学校向け制御学習システムの提案. 電子情報通信学会論文誌(D), Vol. J96-D, No.11, pp.2728-2736, 2013. (査読有)

http://kanemune.eplang.jp/data/j96-d_11_2728.pdf

[10] 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也. アンプラグドコンピュータサイエンスの学習活動と小学校教科書との対応. 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.24-32, 2013. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-JNL5401004.pdf>

[11] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎. CS アンプラグドのアルゴリズム学習における教具による理解度の影響. 情報処理学会論文誌,

Vol.54, No.1, pp.14-23, 2013. (査読有)

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-JNL5401003.pdf>

[12] Hiroyuki Aoki, JaMee Kim, Yukio Idosaka, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune, WonGyu Lee. Development of State-Based Squeak and an Examination of Its Effect on Robot Programming Education. KSII Transactions on internet and information systems, Vol.6, No.11, pp.2880-2900, 2012. (査読有)

http://kanemune.eplang.jp/data/TIIS_Vol6No11P8Nov2012.pdf

〔学会発表〕(計 87 件)

[1] 長島和平, 本多佑希, 長慎也, 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎. オンラインで複数言語を扱うことができるプログラミング授業支援環境. 情報教育シンポジウム(SSS2016), pp.137-140, 2016年8月23日, グリーンピア大沼(北海道・茅部郡森町).

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-SSS2016020.pdf>

[2] 間辺広樹, 大村基将, 林康平, 兼宗進. 情報科教育におけるIoT学習環境の利用方法の検討. 情報教育シンポジウム(SSS2016), pp.98-105, 2016年8月23日, グリーンピア大沼(北海道・茅部郡森町).

<http://kanemune.eplang.jp/data/IPSJ-SSS2016015.pdf>

[3] Maiko Shimabuku, Kazuto Tsuchida, Seiichi Tani, Tomohiro Nishida, Yoshiaki Nakano, Susumu Kanemune: An AR Tool for Understanding Quicksort Algorithm. IFIP2015 TC3, 1 July 2015, Vilnius (Lithania).

[4] 兼宗進, 高原恭祐, 島袋舞子, 中野由章. 「コンピュータサイエンスフィールドガイド」CS アンプラグドを活用した情報科学学習サイト. 情報教育シンポジウム(SSS2014), 2014年8月24日, オリビアン小豆島(香川県・小豆郡土庄町).

[5] Hiroyuki Nagataki, Yoshiaki Nakano, Midori Nobe, Tatsuya Tohyama and Susumu Kanemune: A Visual Learning Tool for Database Operation. WiPSCE2013, 11 Nov. 2013, Aarhus (Denmark).

[6] Yayoi Hofuku, Shinya Cho, Tomohiro Nishida, and Susumu Kanemune: Why is programming difficult? Proposal for learning programming in "small steps" and a prototype tool for detecting "gaps". ISSEP2013, 28 Feb. 2013, Oldenburg (Germany).

http://kanemune.eplang.jp/data/issep2013hofuku_langedu.pdf

〔図書〕(計 2 件)

[1] 小林祐紀, 兼宗進 編著・監修. コンピュータを使わない小学校プログラミング教育.

翔泳社, 2017. (86 ページ)

[2] 兼宗進ほか監修, 佐々木寛ほか著. IT・Literacy Scratch・ドリトル編. 日本文教出版, 2016. (32 ページ)

〔その他〕

ホームページ等

[1] プログラミング言語「ドリトル」

<http://dolittle.eplang.jp/>

[2] オンラインプログラミング環境 ビットアロー (Bit Arrow)

<http://bitarrow.eplang.jp/>

[3] sAccess

<http://saccess.eplang.jp/>

[4] コンピュータサイエンスアンプラグド

<http://csunplugged.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

兼宗 進 (KANEMUNE, Susumu)

大阪電気通信大学・工学部・教授

研究者番号: 00377045