

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24653271

研究課題名(和文) プログラミング教育を始める前の事前トレーニング法の提案と教材開発

研究課題名(英文) Proposal and development a training method and teaching materials before starting learning computer programming

研究代表者

太田 剛(Ohta, Tsuyoshi)

静岡大学・情報学研究科・教授

研究者番号：40213730

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 500,000円

研究成果の概要(和文)： 他人に何事かの手順を教える活動とプログラミングとは類似している。この点に着目し、他人に仕事の手順を伝える経験をトレーニングすれば、プログラミング学習を容易にするであろうとの仮説を立て、これに基づくトレーニング教材を開発した。このトレーニングは2人ペアで紙と鉛筆そして自然言語を用いて行い、コンピュータは必要としない。手順記述の特徴とプログラミング時の行動には関係が認められ、手順記述のどこに注目してトレーニングすべきかを明らかにした。

研究成果の概要(英文)： It is similar to teaching something procedural work to other person and computer programming. At this point, we assume that training about describing some procedural work could make learning computer programming easier. Based on this assumption, we developed teaching materials. A pair of learners on this training uses papers, pencils and natural language instead of computers. We found some features on procedural description of a learner relates his/her action on programming. As a result, we also found points to be focused during our training method.

研究分野：情報科学

キーワード：プログラミング教育 情報教育 教材開発

1. 研究開始当初の背景

コンピュータがどこにでもある世界を見据え、UNESCO の提言[1]においても、また国内では情報処理学会の提言[2]においても、自分ができるタスクを他人あるいは機械にもできるように、手順を精確かつ詳細に記述する能力を、学校教育の中で身に付けさせることが求められるようになってきている。これを実現するべく、全世界的に、小中高校の授業において「手順的な自動処理」の教育活動を行った実践報告が数多くされており、個々の活動において成果も上がりつつある。

一方、研究代表者が所属する大学という教育現場では、一般教養としての情報系科目において、プログラミング教育を行うことが全世界的にあたりまえのこととなりつつある。しかしその現実には、クラスの約半数の学生は入門的な授業でさえも合格できない状況にある[3]。

研究代表者は、「手順的な自動処理」の考え方とスキルは、読み書き計算と同様に、人間誰もが身に付けられるものであると信じている。それでも約半数が脱落してしまうということは、明らかに現在の方法論(新しい概念の説明、それを利用した例題の説明、課題プログラム作成実習、の繰り返し)に何等かの問題があることを示唆している。しかしながらその一方で、現在の方法論であっても、できる学生は「すんなり」と理解してどんどん伸びていくのもまた現実である。

とすれば、手順的な自動処理の考え方を学ぶ前提となるべきスキルが何か存在し、そのスキルを既に身に付けている学生は支障なく学ぶことができるものの、当該スキルを身に付けていない学生が途中脱落してしまう...と考えるのが、最も妥当な解釈であろう。そしてそのスキルは、学校教育の場では、その必要性がまだまだ認識されていないため、意識してトレーニングすることがなく、学校以外のどこかで身に付けた者とそうでない者

とが分かれるような「何か」であろう。

2. 研究の目的

研究代表者は、大学におけるプログラミング教育の経験を通して、このスキルにかかわる仮説をいくつか持つに至った。本研究は、その仮説に基づいて、該当するスキルをトレーニングする方法論を提案し、あわせてその教材を提供することを目的とする。その際、世界中のどの学校でも実施できることを前提として、コンピュータを使わない方法を採用する[4]。本研究が成功すれば、[1][2]の提言を満足する教育が、世界中どこでも行えるようになる。

3. 研究の方法

本研究のポイントは、「プログラミングは、仕事の進め方をコンピュータに教える活動である」と定義することにある。

学習者から見たとき、学校は知識や課題の解き方を先生から教えてもらう場であって、自らが教える場ではない。友達に勉強を教えたり、長となってグループをまとめたりする機会をもつ児童・生徒は、一部にすぎない。このような機会は主に学校の外にある。具体的には、兄弟姉妹、地域やボランティアの活動の中で、自分と同年代あるいはより年下の子の宿題やめんどろを見る活動の中に存在しているのである。こういった機会を日常的に数多く持つ児童・生徒は、少子化の流れもあって、おそらく全体の半数以下であろう。これは、プログラミングをすんなり理解できる大学生が約半数であることと符合している。

他人に何かを教える活動は、プログラミングと極めてよく似ている(図1)。教える活動では、意思を持った「人」を相手にし、曖昧さを持つ自然言語を用いているため、学習者モデル構築と評価が難しい。この点プログラミングは、モデルが完全に定義された「機械」を相手とするから、その点では楽と言え

る。その一方、初学者にとっては、自然言語を使えない難しさがある。

教える活動	プログラミング
初期学習者モデル	初期プログラム
対話による評価	プログラム実行 と結果観察
欠如知識や誤解を 推測して修正	デバッグ(虫取り)

図1 教える活動とプログラミング

以上をふまえて、プログラミング教育を始める前に、自然言語を用いて他人に仕事の手順を教えるようなトレーニング教材を作成する。その際、次の考え方および方法を基本とする。これは、文献[4][5]の良い点を取り入れ、本研究の目的にあわせて若干改良したものである。

- ・ 2人の学習者をペアにして、相互に教えあう体制のトレーニングとする。
- ・ 教えあう内容(教材)について難易度を調整して、学習者のレベルに合わせる。
- ・ 自然言語を用いる(コンピュータとプログラミング言語は用いない)。
- ・ 学習者は、お互い相手の意図を推測せず、伝えられた通りにする。上級レベルでは、推測したうえで、伝えられた内容を逸脱しない範囲で、敢えて相手の意図の逆をつくのも面白い。

これにより、自分の意図通りのことを相手にしてもらうために、用語を定義して相互理解することの必要性、文型を限定して誤解の恐れを極力抑える必要性、言葉を発する順番や係り受け関係、どの程度まで細かく指示しなければならぬか等、これまでは意識されていなかった、プログラミングを始める前に体得しておくべき様々なことについて実践的に学ぶことができる。また、小学生用の教材から高校生らしい教材まで、様々なレベル

や難易度のものを揃えることで、徐々に高いスキルを身に付けていくことができると考えている。なお、この方法論は、現在様々な学校で行われている「手順的な自動処理」教育との間で相互干渉して不具合を生じるものではない。むしろ、事前に実施しておくことで、よりよい効果が期待できる。

4. 研究成果

本研究の成果は、4点である。

(1)プログラミングを比較的容易に身に着けた学生とそうでない学生との間での、何事かを他人に教える際の記述に関する違いを明らかにした。

プログラミングを学び始めた学生達に、漢字「本」の字の書き方を5歳の子供に教えることを想定した筆記課題を実施した。その記述結果を分析し、プログラミング学習活動におけるコンパイル回数との相関について調査した[6]。比較対象にコンパイル回数を選択したのは、プログラミング時に作りこんでしまった誤りを発見し修正するために要する試行錯誤の量を表すと考えられるためである。コンピュータから出力された結果と自分が想定していた結果との違いをみて、自分の記述のどこに問題があるのかを分析的に扱える学習者は、コンパイル数が少なく済むであろう。逆に理解が浅く深く考えずに手当たり次第に直してみる学習者はこの回数が増えるであろう。

結果として、自然言語による手順記述では、今から書こうとする字画が、他の字画とどのような関係(位置、長さ等)にあるのかを意識して明確に書けるかどうか重要なポイントであることがわかった。これをある程度以上明確にかつ他人が誤解しないように言葉を選んで書ける学生は、そうでなかった学生に対して、コンパイル回数において有意な差が生じることを発見した。

(2)(1)の結果をふまえた、90分×3回から成るトレーニング教材を作成し、学習者の記述に関するチェックポイントをまとめた。

つまり、学習者が書いた手順記述のどこに注目して採点および改善（添削）を図ると、プログラミング学習によい影響を与える可能性があるのかを明らかにした。

(3) 学習者のプログラミング時の行動を可視化するツールを開発した。

手順記述の誤りや不十分さに気付いた、あるいは他人によって気づかされた後に学習者が行う記述修正行動と、プログラミング学習活動との間にある関係をさぐった。その際、(2)の教材による2人ペアのトレーニングを実施し、お互いの記述不備についてのフィードバックおよびその後の修正履歴を集めた。

これを分析した結果、学生自身で気づきやすい記述不備と、学生自身の力だけでは気づきにくい（他人に指摘されてやっと気づく）記述不備との間のパターン、そして、それらのパターンとプログラミング学習活動との間に何らかの関係がありそうな感触を得た。

ただし、この点について、現状では統計的なはっきりした成果は得られていない。単純な分析だけではなく、ある種の文脈にもとづく分析が必要らしいとわかったため、当初の予定にはなかったが、学習者のプログラミング時のプログラム作成の行動を可視化するツールを開発した[7]。このツールによって学習者の行動意図がある程度わかるようになった。その意図に基づいて行動データの分析をすすめてつづける。

(4)(1)(2)の結果にもとづいて、トレーニング教材の e-learning 化（システム化）に向けた知見を得た。

現状のトレーニング教材は紙によるものであり、さらに最低2人の学習者を必要としている。また、この2人の能力差が大きい場

合には、トレーニングがうまく進まないこともわかっている。そのため、人数や能力に関するこのような制約のない e-learning 教材を開発することが望ましいと考える。

これを実現するためには、学習者の書いた文章を理解して字を描いてみせる自然言語処理システムが必要となる。この処理システムでは、文章の理解モデルの他に、描いている途中の「字」に関するモデルも必要となる。ここでは、理解モデルが字モデルを包含するようなメタな関係が存在し、記述文章は両モデルに亘るものとなっている点が興味深い。このような点をふまえて、自然言語処理を専門とする研究者との間で共同研究を始めることで合意した。

<引用文献>

- [1]UNESCO, ICT Curriculum for school/program of teacher development, 2002.
- [2]情報処理学会情報処理教育委員会,日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005 (2006.11 改訂/追補版), 2006.11.24.
- [3]S.Dehnadi 他, Meta-analysis of the effect of consistency on success in early learning of programming, 21st Annual Psychology of Programming Interest Group Conference, 2009.
- [4]T.Bell 他(兼宗訳), コンピュータを使わない情報教育 アンブラグドコンピュータサイエンス,イーテキスト研究所(2007).
- [5]荒木他, プログラミング教育への導入のための情報システム概念にもとづくアンブラグドワークショップ, 情報教育シンポジウム 2008, pp. 163-170 (2008).
- [6]太田剛, 言語技術がプログラミング初心者の学習に与える影響, 教育システム情報学会誌, 30 巻, 3 号, pp.212-225 (2013).
- [7]川口順平, 太田剛, 初心者のプログラム編集履歴に基づいた理解不十分箇所推測支援ツール, 第 12 回情報学ワークショップ, pp.61-64 (2014).

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計1件)

太田剛：言語技術がプログラミング初心者の学習に与える影響、教育システム情報学会誌、査読有、30 巻、3 号、212-225、2013.
http://www.jsise.org/journal/journal_jp/pdf/vold_030/3003212.pdf

[学会発表](計1件)

川口順平、太田剛、初心者のプログラム編集履歴に基づいた理解不十分箇所推測支援ツール、第12回情報学ワークショップ、2014.11.29、静岡大学情報学部(静岡県・浜松市)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

太田 剛 (Ohta, Tsuyoshi)
静岡大学・情報学研究科・教授
研究者番号：40213730