

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12096

研究課題名（和文）人間の問題解決のモデル構築を通じたコンピューショナルシンキング育成手法の考案

研究課題名（英文）Study on a Method to Facilitate Computational Thinking through Construction of Human Problem-Solving Models

研究代表者

小島 一晃 (Kojima, Kazuaki)

帝京大学・理工学部・准教授

研究者番号：30437082

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：近年、コンピュータ科学者のように思考するComputational Thinking (CT)に注目が集まっており、初等中等教育でCT育成の試みが進められている。本研究では高等教育を対象として、人間の問題解決をコンピュータに模倣させるモデルを構築する経験を通じて学習者のCTを育成する手法を考案し、その学習支援システムを開発した。そして、本システムを用いて一般大学生にコンピュータモデルを通じた学習をさせる授業実践を展開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Computational Thinking (CT)育成の取り組みは初等中等教育が中心であり、初学者向けのプログラミング環境を用いて、コンピュータに問題解決をさせることを通じて行われることが多い。高等教育においてもCTの育成は重要であるため、本研究では認知科学の分野においてコンピュータ科学者が用いてきた「人間の問題解決のコンピュータモデル構築」を、プログラミングの訓練を受けていない大学生が低負荷で経験することを支援する手法を実現した。

研究成果の概要（英文）：Computational Thinking (CT), to think like a computer scientist, has attracted increasing attention and many efforts have been made to facilitate CT in primary and secondary education. This study proposed a method for higher education to facilitate learner CT through experience to construct models that have a computer simulate human problem-solving and developed its learning support system. It then conducted classes where general undergraduates enhanced their skills with computational models by using the system.

研究分野：知的学習支援

キーワード：computational thinking 計算機モデル モデル構築学習 問題解決

1. 研究開始当初の背景

Janett Wing による提唱[1]以来、近年の教育研究では「計算機科学者のように思考する」ことを意味する Computational Thinking (CT)に注目が集まっている。現代の計算機科学は物理学や生命科学などの自然科学だけでなく、心理学や経済学などにも応用範囲が広がっており、計算機を用いた問題解決はあらゆる分野において必要不可欠となっている。そのため、情報分野の専門家に限らず、CT は問題解決一般において、誰にとっても重要である。

CT に唯一の明確な定義はないとされるが、「(人間と計算機を含む)情報処理エージェントが効率的に実行可能な形式で解法が表現されるように、問題と解法を定義する思考過程」[2,3]という説明で概ね了承されている。CT は誰にとっても重要であることから、海外においては、日本の初等中等教育に相当する K-12 の課程で CT を育成する教育の探求が、広く進められている[3-5]。この CT の育成は、初学者向けのビジュアルプログラミング環境を用いて行われることが多い[4]。日本の初等教育においても、CT の考え方を基礎とするプログラミング的思考の育成[6]のために、2020 年度よりプログラミング教育が実施されることになった。CT とプログラミング的思考の育成は、いずれもプログラミングを通じて行われることが多いが、それ自体は目的ではなく手段であり、プログラミングを通じて学習者に問題解決の思考スキルを発展させる点において、その狙いとアプローチは同じであると考えられる。

先述の通り、CT の育成は初等中等教育が対象の中心であるが、高等教育を対象とした CT の育成方法も必要であると考えられる。実際、Janett Wing は、大学の初年次教育において CT を教えるべきであると指摘している[1]。また、プログラミングを通じた教育では、計算機による問題解決をデザインしてプログラミング言語で実装し、実行・評価することが学習活動の中心となるが、学習者の思考スキルを育成する上では、計算機だけでなく人間の問題解決をメタな視点から捉えることも重要である。このことは若い児童には困難であるが、高等教育の学習者であれば実行可能である。また、認知科学の分野において計算機科学者が実践してきたアプローチであるため、計算機科学者の思考を経験する点においても意義がある。CT とプログラミング的思考の関係については議論があるが、自身の考えを計算機に実行させることを通じた学習という共通点から、同等のものともみなすことにする。

2. 研究の目的

本研究では、高等教育を対象として、人間の問題解決を再現する計算機モデルを構築することを通じた学習者の CT 促進のフレームワークと、学習支援手法の考案を行う。既に述べたように、CT 育成の対象は初等中等教育が中心であり、主にプログラミングを用いて行われる。本研究では問題解決の思考スキルを育成する目的において、プログラミングによる計算機の問題解決ではなく、人間の問題解決の知識や過程そのものを対象とした学習活動を考案する。

3. 研究の方法

図 1 は CT 促進のための本研究の方法を、プログラミングによる一般的な CT 促進の方法との違いにおいて表現した概念図である。図の(a)のようにプログラミングを用いる場合、計算機に問題解決を実行させた結果を評価し、修正することが重要な学習活動となる。それに加えて、プログラミングのスキルも不可欠であるため、ここにも焦点を置かざるをえない。一方本研究では、人間の問題解決をシミュレートするモデルを構築させる方法を採用することから、計算機は人間の問題解決を模したものを実行する。このようなモデルの構築には、問題解決の暗黙的な仮定に対する気づきや、省察・メタモニタリングの活性化といった効果を持つという指摘がある[7,8]。そのため、自身の問題解決をメタな視点から客観的に捉え、問題解決の表現に関するスキル、すなわち CT を促進することに貢献すると予想される。

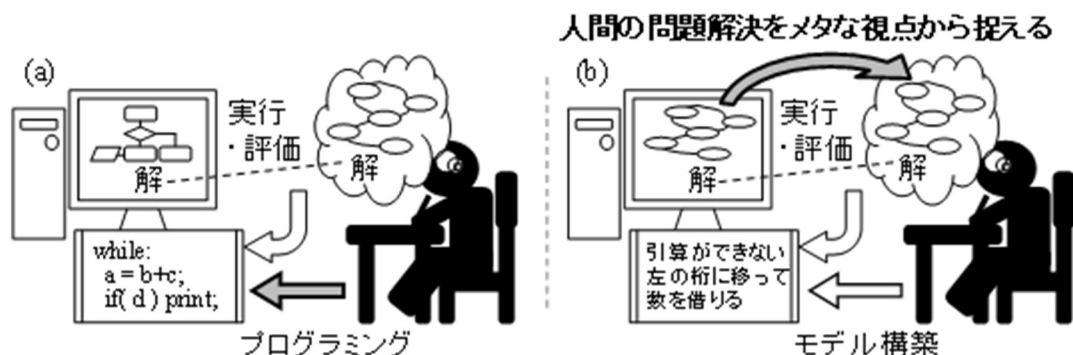


図 1 (a)プログラミングによる一般的な方法と(b)本研究の方法

4. 研究成果

本研究ではまず、人間の問題解決のモデルを構築することを通じて、学習者のCTを促進する学習フレームワークを考案した。学習者がモデルを構築する環境には、プロダクションシステムを採用した。プロダクションシステムは、知識をif-thenの形式で記述したルールを用いて問題解決を行うアーキテクチャであり、人間の知を探求する認知科学の分野で用いられてきた。

図2に、プロダクションシステムの計算機モデル構築に基づくフレームワークに基づいて開発された学習支援システムの画面を示す。学習者は、画面右の教科書の指示に従い、画面左でワーキングメモリに問題表現、ルールにif-thenルールを入力することでモデルを構築する。学習者がモデルを実行して結果を評価する際は、視覚化ツールにより支援する。本システムの教科書はHTMLファイルで構成されており、HTMLファイル内に本システムの機能呼び出しのアクションを埋め込むことが可能となっているため、教授者が自由に材料や教示を決めて利用することができる。

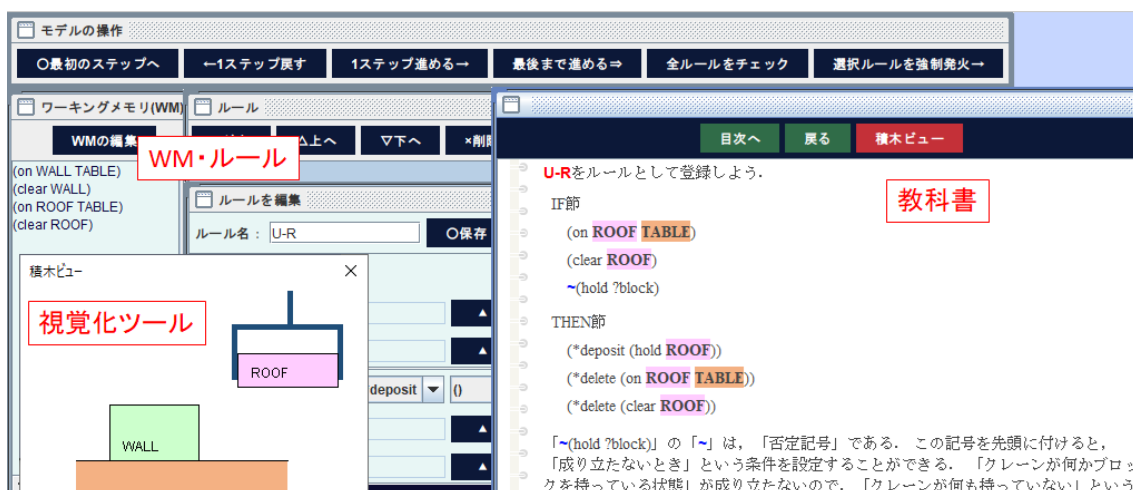


図2 提案フレームワークに基づいて開発された学習支援システム

本研究では、上記のシステムを用いて2つの授業実践を展開した。まず、一般大学生を対象とする情報リテラシーの授業において、システムの教科書と視覚化ツールにより、問題解決の計算機モデルの構築を低負荷で経験する学習を展開した。これにより、問題解決を分析する意味とそのためのスキルの重要性に気付かせることを目指した。さらに、認知科学の授業において、人間を対象とする心理実験と計算機モデルによるシミュレーション実験を併用する学習を展開した。系列位置効果を題材に、人間の行動の背景にあるメカニズムを探求させる取り組みを行った。両実践の結果については報告の時点で分析の最中であり、学習効果の検証には至っていないが、分析終了後に公表する予定である。

[1] Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

[2] Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835.

[3] Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 5.

[4] Grover, S., Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.

[5] Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Developing computational thinking: approaches and orientations in K-12 education. *Proceedings of EdMedia 2016* (pp. 13-18).

[6] 文部科学省. (2018). 小学校プログラミング教育の手引(第二版). http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm (2019年10月1日アクセス)

[7] Fum, D., Del Missier, F., & Stocco, A. (2007). The cognitive modeling of human behavior: why a model is (sometimes) better than 10,000 words. *Cognitive Systems Research*, 8(3), 135-142.

[8] Miwa, K., Morita, J., Nakaike, R., & Terai, H. (2014). Learning through intermediate problems in creating cognitive models. *Interactive Learning Environments*, 22(3), 326-350.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山川真由, 小島一晃, 横山真衣, 三輪 和久
2. 発表標題 情報処理プロセスの可視化による説明活動の向上
3. 学会等名 日本認知科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhisa Miwa, Mayu Yamakawa, Kazuaki Kojima
2. 発表標題 Introduction of Computer-Based Simulated Experiments in University Psychology Class: a Class Practice of Learning Dual Storage Model of Human Memory
3. 学会等名 19th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川真由, 小島一晃, 横山真衣, 三輪 和久
2. 発表標題 心理学の授業における実験とシミュレーションを併用した実践 系列位置効果実験を題材として
3. 学会等名 日本認知科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三輪 和久 (Miwa Kazuhisa) (90219832)	名古屋大学・情報学研究科・教授 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------