

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21772

研究課題名(和文) プログラミング的思考を習得・評価するための教材・評価問題データベースの開発

研究課題名(英文) Development of a database of teaching materials and evaluation questions for acquiring and evaluating programming thinking

研究代表者

谷田 親彦 (Yata, Chikahiko)

広島大学・人間社会科学研究科(教)・准教授

研究者番号：20374811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、プログラミング教育の系統的な実践を支援するデータベースを構築することを目的とした。まず、「プログラミング的思考」に関するコンピュータシヨナル・シンキング(CT)の特徴や要素について抽出・分析を行った。その結果、CTには「thinking」に関する要素と「doing」に関する要素の二種類が存在することや、発揮する段階が大きく分けて三段階に渡っていることなどを、一つのモデル図としてまとめて表すことができた。また、データベースとして「集まれ！プログラミング教材データベース」を公開した(<https://terep.hiroshima-u.ac.jp/>)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、プログラミング教育の系統的な実践を支援するデータベースを構築することを通して、プログラミング教育に関する学習課題を収集・作成し、公表することができた。このことを通じて、プログラミング教育の学習指導に用いる教材、および学習評価に使用する評価問題を広く概観することができ、プログラミング教育の系統的な実践に寄与することができたと考える。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research was to construct a database to support systematic practice of programming education. First, we extracted and analyzed the characteristics and elements of computational thinking (CT) related to "programming thinking". As a result, we were able to collectively show in a model diagram that there are two types of CT, one related to "thinking" and the other to "doing," and that there are three major stages in which CT is exercised. In addition, a database "Gather! Teaching Resources for Programing Education" is available at <https://terep.hiroshima-u.ac.jp/>.

研究分野：技術教育

キーワード：プログラミング教育

### 1. 研究開始当初の背景

平成 29 年度改訂の小学校学習指導要領では、従来から中学校技術・家庭科技術分野（以下技術科）で実施されているプログラミング教育が導入される。プログラミング教育で育む資質・能力には、「思考力・判断力・表現力等」に関して「プログラミング的思考」が定められ、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と定義された。しかし、このようなプログラミング教育の指針に対する問題点として「論理的に考えていく力」を標榜しながらも「試行錯誤しながら継続的に改善する」学習活動を「プログラミング的思考」を育てるための主な方法論として想定していることが指摘できる。質の良い「試行錯誤」を伴う学習活動を行うためには、「試行錯誤」の前提となる知識や概念が必要であり、適切な教材を用いて知識や概念を習得するための学習指導が求められる。また、適切な「試行錯誤」ができない児童生徒を見据えた学習指導の準備が必要であり、このような学習指導を検討するためにも、適切な教材が必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

学校教育での導入が進められるプログラミング教育は「どの内容でプログラミングを行うか」や「どの言語・ソフトや機器を使うか」などに注目が集まり、系統的に資質・能力を高めるための学習指導や学習評価の在り方が十分に検討されていない。本研究課題では、「プログラミング的思考」に関する学習課題を収集・作成し、学習指導に用いる教材、および学習評価に使用する評価問題として構成することを通して、プログラミング教育の系統的な実践を支援するデータベースを構築することを目的とする。そのために、3年間の計画に基づいてデータベースの構築・試用・改良・公開を行う。

### 3. 研究の方法

本研究は(1)(2)の方法に基づいて行った。

(1)「プログラミング的思考」の基となったコンピューティショナル・シンキング(CT)の特徴や要素について抽出・分析することを通して、プログラミング教育の実践や評価に資するための基礎資料の原案を提案する。

(2)中学校技術科、小学校算数科、小学校「総合的な学習の時間」、高等学校情報科などのプログラミング教育に関する事例を収集してデータベースを公開する。

### 4. 研究成果

(1)の研究成果は以下である。

プログラミング教育の実践や評価に資するための基礎資料の作成方法として、CTに関する～④の文献を選定し、特徴や要素を抽出・検討した。以下に各文献の概要を示す。

Wing (2008) Computational thinking and thinking about computing

この文献では、CTの本質を、「Abstraction」と「Automation」の2つに分割している。CTの根底には、正しく「Abstraction」を実行することが挙げられ、これは複数の層を持つとした。また、「Abstraction」を「Computing」における「思考方法」のツールとした場合、「Automation」は「Abstraction」を機械化するためのツールであると述べていた。

IEA (2018) International Computer and Information Literacy Study 2018 Assessment Framework: Chapter 3

ここでは、CTの活用を考える上で「解決策を開発する前に、アルゴリズム的思考がその開発過程を支援できるようにする」ために「Conceptualizing problems」を行うことを第一段階と考え、Strand 1として示している。その次に「現実の問題に対するコンピューターベースのシステム応答の作成、実装、評価に関連する過程で構成」される「Operationalizing solutions」の段階をStrand 2として考えていた。

Computing At School(2015) Computational thinking -A guide for teachers-

ここでは、CTとは思考スキルが発達したものであり、学習や理解をサポートし、人間と機械が協力して(人間の思考スキルと機械の持つ強みを組み合わせて)、解決策を実行していくために不可欠なものであると述べていた。CTの構成概念には、「Abstraction」等の5つを挙げた。また、CTを実証および評価するために採用された多くの手法を、「Computational doing」とし、それらを構成する「技術」として「Reflecting」等の5つを示した。

CSTA&ISTE(2011) COMPUTATIONAL THINKING: leadership toolkit first edition

ここでCTは、「問題の定式化」など5つの特性を含む問題解決プロセスと捉えられており、こ

れらを具体化した CT 用語(Data Collection 等)を示した。加えて, CT の重要な側面として 5 つの気質や態度的な側面を指摘している。

上記の文献から CT に関する特徴や要素を抽出・検討し, 図 1 を作成した。

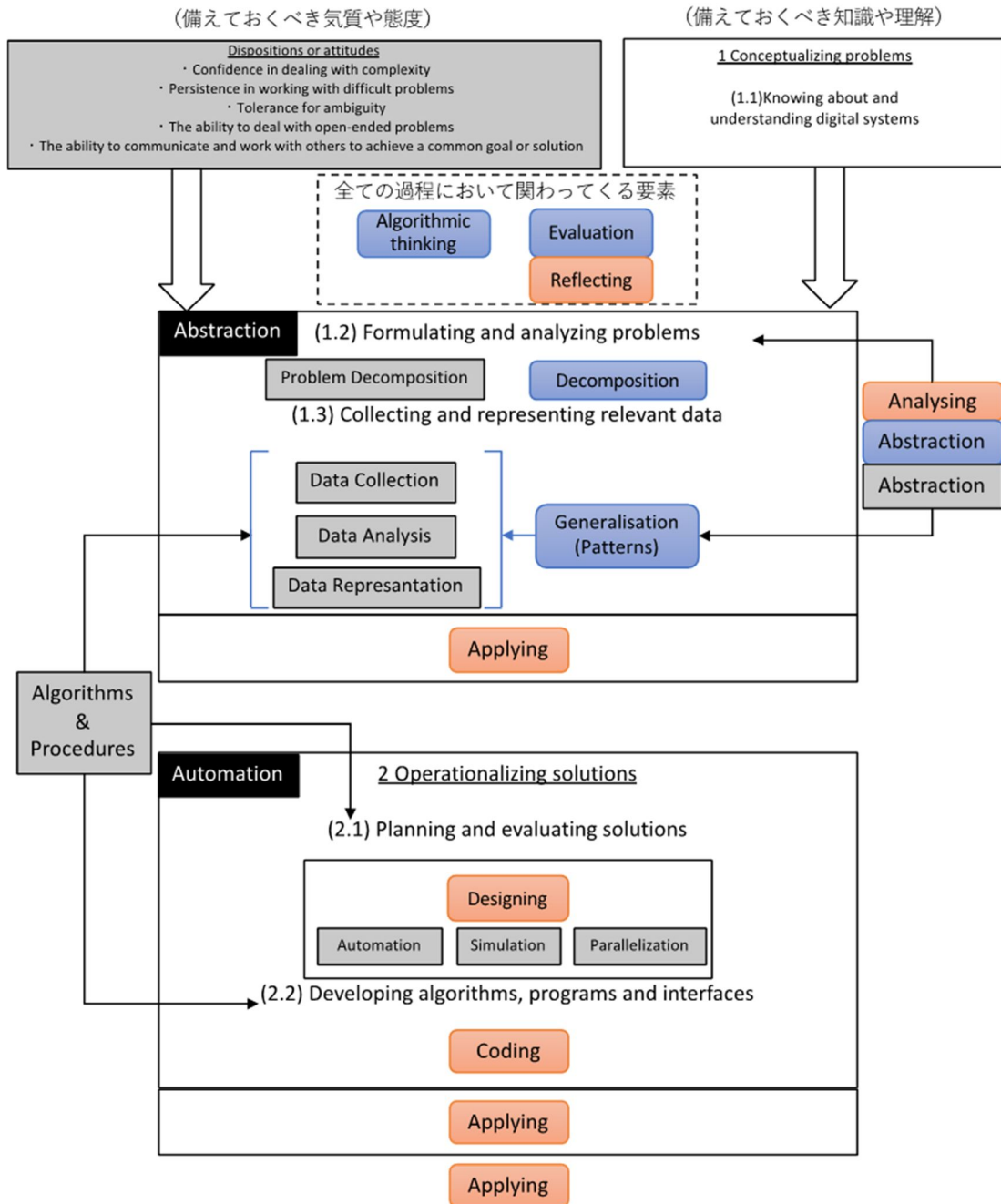


図 1 CT を構成する特徴・要素の関連性

この図は上から下へと状態が進んでいく。図を作成するに当たり, まず今日の CT の考え方の第一人者とも言える, Wing(2008)の主張から, 一番大きな構成概念として「Abstraction」と「Automation」を取り出し, その順序で実行されるものとして白抜き文字で黒の 2 つの枠組みを作った。なお, この「Abstraction」と「Automation」は他の複数の文献でも, ほぼ必ず CT に含まれるとされている大きな要素である。

続いて, IEA(2018)が示した 2 つの「Strand」という新たな特徴に着目し, 並列な関係ではなく「Strand 1」から「Strand 2」へと進むものであると考え, 「Abstraction」と「Automation」の枠組みにそれぞれ対応させて図に入れた。なお, Strand 1 では, 「問題の概念化」として挙げられた 3 つの Aspect のうち, 「問題の定式化と分析」及び「関連データの収集と表現」が「Abstraction」に当たると考え, 「デジタルシステムについての知識と理解」に関しては, CT を働かせる前段階で必要な要素として捉え, 最上段へ位置するものとした。

次に, CAS(2015)が述べた, CT そのものを構成する 5 つの概念と, CT を発揮するための技術である「Computational doing」を構成する 5 つの概念を, Wing(2008)の主張する 2 つの大きな構

成概念及び IEA(2018)の Strand と照らし合わせ，図に挿入した。ここでは，「Abstraction」に青枠で示す「Computational Thinking」を構成する概念が多く当てはまり，「Automation」には，赤枠で示す「computational doing」が多く当てはまる結果となった。

最後に，CSTA&ISTE の述べた 9 つの CT に関する用語を灰色で表し，図に入れた。用語(要素)の中には，並列な関係にあるものや複数の用語をセットとして捉えられるものがあつたため，そうした関係性が分かりやすいように工夫した。また，CT スキルを強化する「態度や気質」についても書かれており，これは Wing(2008)の 2 つの大きな枠組みには入らない，CT を発揮する前の第一段階で備えておかなければならない要素として捉え，IEA(2018)の示した，「デジタルシステムについての知識と理解」の段階と同様，図の最上段に設置することにした。

それぞれ，四角で表された要素を図に配置する際，枠組みの名前やその中の階層構造，枠の中にすでに位置している要素についても再考することで，詳細な位置を決定した。また，Strand 1 のその他，複数の要素あるいは図全体に関わる「視点」的な要素は矢印等を使って表したり，四角による区切りを用いることで，位置関係が明白になるように作成した。そうすることにより，何度か出てきている要素(例えば Applying)には，大小関係があつたり，関わってくるタイミングも複数あることが分かるようにしている。

(2) の研究成果は以下である。

プログラミング教材データベースとして「集まれ!プログラミング教材データベース」(<https://terep.hiroshima-u.ac.jp/>)を構築し，公表した。



図2 「集まれ!プログラミング教材データベース」(<https://terep.hiroshima-u.ac.jp/>)

このデータベースでは，小学校，中学校で実施されるプログラミング教育の実践を支援することを目的として，各学校・教科の事例，授業計画，ワークシートなどを紹介している。2022年3月現在において，中学校技術科では「情報通信ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツの試作検討」，「Micro:bit による計測と制御に関するプログラミングによる問題の解決」などの7事例，小学校算数科では「プログラミングで敷き詰め模様を作ろう」，「プログラミングで正多角形を書こう」の5事例，高等学校情報科では「多要素認証を疑似体験しよう」，「“日常”×“アプリ”で，日々の生活を少し便利に。～日常生活に役立つアプリ開発をとおして，持続可能な社会について考えよう～」の2事例，小学校「総合的な学習の時間」では「オーロラクロックを用いたプログラミング学習」などの2事例を掲載することができた。各事例では授業の概要や学習環境，教材・評価材を掲載することで，プログラミング教育の実践を支援するデータベースとしての設計を意図している。事例については投稿フォームから随時更新できるようにしており，プログラミング教育関係者に広報することで広く事例を収集することが可能となっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 谷田 親彦, 向田 識弘	4. 巻 2
2. 論文標題 高等学校情報科の教育内容の変遷に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 広島大学大学院人間社会科学研究科紀要. 教育学研究	6. 最初と最後の頁 43-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15027/51603	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuji Amakawa, Kento Tsutsumi, Chikahiko Yata
2. 発表標題 Programming Lesson Practice for Creating a New Sport Using Digital Contents with Networks
3. 学会等名 International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神庭直輝・谷田親彦
2. 発表標題 コンピュータショナル・シンキングの特徴・要素に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本教育工学会2020年春季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天川勇二・谷田親彦
2. 発表標題 中学校技術科における「デジタル玩具の制作による幼児の遊びに関する問題解決」
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堤 健人, 天川 勇二, 谷田 親彦
2. 発表標題 Teachable Machine を用いた AI 技術の見方・考え方に気付く授業実践
3. 学会等名 日本教科教育学会第47回全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>集まれ!プログラミング教材データベース  <a href="https://terep.hiroshima-u.ac.jp/">https://terep.hiroshima-u.ac.jp/</a></p>
---

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	堤 健人  (Tsutsumi Kento)  (30880140)	山口大学・教育学部・講師    (15501)	

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
---------	---------