

紹介 | Introduction

文系大学生を対象としたプログラミング教育における
プログラム作成能力を支えるコンピテンシー解明への取組み紹介

An Introduction on Competency to Support Programming Ability
in Programming Education for University Students

恩田 憲一

ONDA Norikazu

尚美学園大学
芸術情報学部

Shobi University

2019年3月

Mar.2019

文系大学生を対象としたプログラミング教育における プログラム作成能力を支えるコンピテンシー解明への取組み紹介

An Introduction on Competency to Support Programming Ability in Programming Education for University Students

恩田 憲一
ONDA Norikazu

[抄録]

プログラミング学習に対し国を挙げての政策的な取組みが欧米を中心として盛んになり始めている。我が国でも文部科学省が2020年から小学校プログラミング教育の必修化を掲げているが、プログラミング学習は単にコードが書ければ良いというものではなく、その背景にはコンピューショナル・シンキング、コンピュータサイエンス、プログラミング的思考、システム思考、ビジネスモデル発想・構想能力などの多様な能力が控えていると考えられる。本稿は小学校におけるプログラミング教育のコンピテンシーの研究の前段として大学生へのプログラミング教育におけるプログラム作成能力を支えるコンピテンシー案作成に関する研究過程の報告である。

[キーワード]

プログラミング教育、コンピュータサイエンス、コンピテンシー

[Abstract]

Policy-based efforts to raise national level for programming learning are starting to flourish mainly in Europe and the United States. Even in Japan, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, are setting up compulsory education for elementary school programming education since 2020. However, programming academic education is not merely to write code, but backgrounds include computational thinking, computer science, various abilities such as thought, system thinking, business model thinking, and conception ability are needed. This research aims to prepare a competency proposal to support the ability to prepare programs in programming education for university students as a precursor to the competency of programming education in primary school.

Keywords:

programming education, computer science, competency

1. はじめに

プログラミングとは人工言語を用いてコンピュータの動作を指示する技術の総称であ

り、機械語と呼ばれるコンピュータのCPUで実行可能な命令で記述された低水準言語から、Java言語やC++言語といった人間にとっても理解しやすい高水準言語まで様々な人工言語が用いられる。文系の学生にとってコンピュータで実行可能な命令を組み合わせる情報処理を行う行為は、アプリケーションの利用という通常のコンピュータの使用方法とはかなり異なったものとなり一般にその習得に苦勞する学生が一定数存在する。プログラミングは直接的にはスキルの一種であり、個々の学生の技能レベルは作成するプログラムコード上に顕著に表れるが、そのスキルの奥にあるリテラシーやコンピテンシーについて考察することで文系学生がプログラミングをより習得しやすくなることが期待される。

2. プログラミング教育に関する文部科学省の取組み

文部科学省は、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての「プログラミング的思考」を育む教育を目指しており、小学校において、2020年からプログラミング教育の必修化が決まった。文部科学省が平成30年11月に公表した「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」¹は以下のような記述から始まる。

はじめに ～なぜ小学校にプログラミング教育を導入するのか～

今日、コンピュータは人々の生活の様々な場面で活用されています。家電や自動車をはじめ身近なものも多くにもコンピュータが内蔵され、人々の生活を便利で豊かなものにしています。誰にとっても、職業生活をはじめ、学校での学習や生涯学習、家庭生活や余暇生活など、あらゆる活動において、コンピュータなどの情報機器やサービスとそれによってもたらされる情報とを適切に選択・活用して問題を解決していくことが不可欠な社会が到来しつつあります。

コンピュータをより適切、効果的に活用していくためには、その仕組みを知ることが重要です。コンピュータは人が命令を与えることによって動作します。端的に言えば、この命令が「プログラム」であり、命令を与えることが「プログラミング」です。プログラミングによって、コンピュータに自分が求める動作をさせることができるとともに、コンピュータの仕組みの一端をうかがい知ることができるので、コンピュータが「魔法の箱」ではなくなり、より主体的に活用することにつながります。

プログラミング教育は子供たちの可能性を広げることにもつながります。プログラミングの能力を開花させ、創造力を発揮して、起業する若者や特許を取得する子供も現れています。子供が秘めている可能性を発掘し、将来の社会で活躍できるきっかけとなることも期待できるのです。

このように、コンピュータを理解し上手に活用していく力を身に付けることは、あらゆる活動においてコンピュータ等を活用することが求められるこれからの社会を生きていく子供たちにとって、将来どのような職業に就くとしても、極めて重要なこととなっています。諸外国においても、初等教育の段階からプログラミング教育を導入する動きが見られます。

こうしたことから、このたびの学習指導要領改訂において、小・中・高等学校を通じてプログラミング教育を充実することとし、2020年度から小学校においてもプログラミング教育を導入することとなりました*1。

*1「プログラミング教育」は、小・中・高等学校を通じて実施されますが、本手引では、「小学校段階におけるプログラミング教育」の意味であることが文脈上明白であれば、単に「プログラミング教育」と表記している場合があります。

文部科学省がここで述べている「プログラミング教育」とは、単なるコーディング技術のことではなく、「コンピューショナル・シンキング」の考え方を踏まえたものであり、海外では「コンピュータサイエンス」と記述されている例が多い。しかしながら、この教育が目指すコンピテンシー、およびその達成度を評価する具体的なルーブリックは未だ示されていない。

3. 将来を見据えた小学校プログラミング教育のコンピテンシー構築に向けて

著者らのグループは平成 28 年度から小学校プログラミング教育に関する研究会を立ち上げこの問題に取り組んできたが、平成 30 年度より JSPS 科研費 JP18K02868 の助成を受け、「将来を見据えた小学校プログラミング教育のコンピテンシー構築に向けて」（学術研究助成基金助成金 基盤研究 C 課題番号 18K02868）をテーマとして 3 年計画での研究を行っている。ここではデジタルトランスフォーメーションの到来に向けて、「コンピューショナル・シンキング」の考え方を踏まえた小学校プログラミング教育に必要となるコンピテンシーとルーブリックの開発を行う。研究の遂行にあたっては、研究会を中心にプロジェクトのメンバーが専門を活かして協力し合い、国内外の文献・現地調査、アンケート調査、プロトタイプ教材を使った実証実験を行い、得られた成果を教育現場のツールとして提供する予定である。将来的には、成果として得られたコンピテンシーとルーブリックに基づく教材と学習モデルを提供できる研究も視野に入れている。

4. 海外の動向

海外では「コンピュータサイエンス」の考え方に基づく教育が既に開始されており、英国では 2014 年に 5 歳児に読み書き算数に次ぐ扱いでコンピュータサイエンスの義務教育化が始まり、米国は「Computer Science For All」というスローガンを掲げて情報教育に積極的に取り組んでいる。The K-12 Computer Science Framework や Code.org、CSTA(The Computer Science Teachers Association)、といった様々な取り組みにより教える側の教員に対する様々な支援も同時に進められている。

5. OECD における「キー・コンピテンシー」について

OECD（経済協力開発機構）は国際的に生徒の学習到達度調査（PISA）を行っており、その内容について文部科学省も以下のように参照している。²

【経緯】

- 教育の成果と影響に関する情報への関心が高まり、「キー・コンピテンシー（主要能力）」の特定と分析に伴うコンセプトを各国共通にする必要性が強調。
- こうしたなか、OECD はプログラム「コンピテンシーの定義と選択」（DeSeCo）を 1997 年末にスタート。（2003 年に最終報告。PISA 調査の概念枠組みの基本となっている。）

【コンピテンシーの概念】

• 「コンピテンシー（能力）」とは、単なる知識や技能だけではなく、技能や態度を含む様々な心理的・社会的なリソースを活用して、特定の文脈の中で複雑な要求（課題）に対応することができる力。

【キー・コンピテンシーの定義】

• 「キー・コンピテンシー」とは、日常生活のあらゆる場面で必要なコンピテンシーをすべて列挙するのではなく、コンピテンシーの中で、特に、1. 人生の成功や社会の発展にとって有益、2. さまざまな文脈の中でも重要な要求（課題）に対応するために必要、3. 特定の専門家ではなくすべての個人にとって重要、といった性質を持つとして選択されたもの。

• 個人の能力開発に十分な投資を行うことが社会経済の持続可能な発展と世界的な生活水準の向上にとって唯一の戦略。

【キー・コンピテンシーの3つのカテゴリー】

• キー・コンピテンシーは、

1. 社会・文化的、技術的ツールを相互作用的に活用する能力（個人と社会との相互関係）
2. 多様な社会グループにおける人間関係形成能力（自己と他者との相互関係）
3. 自律的に行動する能力（個人の自律性と主体性）

• この3つのキー・コンピテンシーの枠組みの中心にあるのは、個人が深く考え、行動することの必要性。

深く考えることには、目前の状況に対して特定の定式や方法を反復継続的に当てはまることができる力だけではなく、変化に対応する力、経験から学ぶ力、批判的な立場で考え、行動する力が含まれる。

• その背景には、「変化」、「複雑性」、「相互依存」に特徴付けられる世界への対応の必要性。

具体的には、

1. テクノロジーが急速かつ継続的に変化しており、これを使いこなすためには、一回習得すれば終わりというのではなく、変化への適応力が必要に。
2. 社会は個人間の相互依存を深めつつ、より複雑化・個別化していることから、自らとは異なる文化等をもった他者との接触が増大。
3. グローバリズムは新しい形の相互依存を創出。人間の行動は、個人の属する地域や国をはるかに超える、例えば経済競争や環境問題に左右される。

文部科学省 教育課程部会 教育課程企画特別部会（第12回） 配付資料より

6. プログラミング学習の基礎となるスキルおよびリテラシー

OECDのコンピテンシーおよび文部科学省のキー・コンピテンスに鑑み、著者らは研究会においてプログラミングを学習する側の基礎となるスキルおよびリテラシーの基礎となる要素を以下のように考えている。

- コンピュータサイエンス
- コンピュータサイエンス
- プログラミング的思考

- システム思考
- ビジネスモデル発想・構想能力

これらの要素を念頭に置き、コンピュータサイエンスのリテラシーを整理するとき、次のような OECD/PISA の数学的リテラシーが参考となる。

【数学的リテラシーの定義】(OECD/PISA,2012)

数学的リテラシーは、様々な文脈の中で数学的に定式化し、数学を活用し、解釈する個人の能力。それには、数学的に推論することや、数学的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し、説明し、予測することを含む。この能力は、個人が現実世界において数学が果たす役割を認識したり、建設的で積極的、思慮深い市民に求められる、十分な根拠に基づく判断や意思決定をしたりする助けとなるものである。(主体的・対話的に深く学ぶ算数・数学教育 小寺隆幸編著)³

この数学的リテラシーの数学という言葉コンピュータサイエンスに置き換えて考えてみると、以下のようなリテラシーの構成要素を想定することができる。

【コンピュータサイエンスにおけるリテラシーを構成する知識と技術】

- ・世の中の様々なシーンに於いて、コンピュータによる数値や文字列処理、データベース、ネットワーク、パターン認識および機械学習など、コンピュータの処理能力を積極的に活用する知識と技術
- ・アルゴリズム的に推論することや、計算処理的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し、説明し、予測する知識と技術
- ・現実世界でのコンピュータの役割に関連する認識する知識と技術
- ・根拠に基づく判断や意思決定をしたりする助けとなる知識と技術

このようリテラシーを支える諸能力をコンピテンシー(資質・能力)の候補として、幼少時に見られる以下のようなコンピテンシーの元となる能力が、小学生にとってのプログラミング学習に資するのではないかと考えられる。

【子供達の日常の遊びや行動に見られる「巧さ」とコンピテンシー候補】

- ドミノ倒しの巧さ(時系列予測能力)
- なぞなぞの巧さ(推論能力)
- しりとりの巧さ(検索能力)
- 本来の使い方を逸脱した遊びの巧さ(発想力)
- 人の役にたつ行動の巧さ(開発意欲)
- 発明や工作の巧さ(具体化する能力)

7. 基礎演習での取り組み

尚美学園大学情報表現学科のプレゼミナールである基礎演習に於いて少人数教育の利点を活かしC言語を教えてきたが、その後の総合演習から卒業研究に至る学生の学修の過程を観察するとコーディング以前のアルゴリズム、更にはそのアルゴリズムの更に前段ともいべき、問題のモデル化や抽象化の訓練の必要性に思い至った。そこで一昨年度から基礎演習ではコインのパズル⁴を題材として、解法を求めることに加えて複数の同じ系列の問題に対して抽象化したモデルの発見を授業内で行えるよう指導を行い良好な結果を得

ている。コインの真贋を重量の違いを手掛かりとして上皿天秤のみ（分銅は使用しない）を用いて判別する課題は有名であるが、一回の計量でわかることは左右の皿の重量が異なる2ケース（左右どちらかが重い）と釣り合う1ケースの合計3ケースの結果のみであるから、基本的に「1枚の偽物を3のべき乗のコインの中からできるだけ少ない回数の計量で探し出す」というモデルと考えられる。1枚の偽コイン（軽量）を3枚の中から見つける問題の次には9枚の中から見つけさせ、更には27枚の中から見つけさせることで、このルールに気づかせ、次にはコインを10枚にして連続した2枚の偽コインという問題に進む。枚数は10枚となり3のべき乗ではなくなるが、連続した2枚という条件からケースの数は9ケースに帰着し、同じ考え方が適用可能である。更にはコイン製造機の故障というテーマで出題し、10枚のコイン製造においても故障するタイミングは9か所であることに気づかせることで、これらすべての問題に共通するメカニズムを探し出させる訓練は、単にプログラムコードを示しアルゴリズムを解説する授業に比べて、より本質的な思考力の訓練となっている。

8. 本研究のテーマとなるコンピテンシーに繋がる個人の経験について

コンピテンシーはスキルとは異なり顕在化していない個人の能力であるため、客観的に測ることが難しい面があり、主観的なデータとして、学生自身がプログラミングの学修を進めて行った中で、今までのどのような経験が自身のプログラミング学習にプラスに働いているかを知ることの一つのアプローチであると考えている。

【課題の成績上位の学生が挙げた経験と関連する能力（抜粋）】

- パズル（推理を組み立てる能力の涵養に役立った）
- 知恵の輪（長時間考え続ける練習になった）
- 詰将棋（試行錯誤や複数手順のイメージ化するトレーニングになった）
- 読書（難解な事柄をかみ砕き理解する力が養われた）
- 理科実験（手順の順守の大切さを学んだ）
- 国語（文法の大げさを知った）
- 幾何（現実に存在するものの抽象化を学んだ）
- 重い宿題（根気が付いた）

9. まとめ

プログラミングの成績の良い学生のアンケートへの回答には幅広いバリエーションが見られるが、前述したプログラミング学習の基礎となる幼少期のスキルおよびリテラシーと幾つかの共通点も見いだすことができる。詳細な分析は追って報告するが、プログラミング学習を進めるにあたってのコンピテンシーを確立しループリックへと繋げていくための基礎的な検討を進めており、海外の具体例も視野に入れて平成31年度中には現場へのアンケートも実施して、プログラム作成能力を支えるコンピテンシーの解明を進めて行く予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP18K02868 の助成を受けたものです。

引用・参考文献

1. 小学校プログラミング教育の手引（第二版） 文部科学省 平成 30 年 1 頁
2. 文部科学省 教育課程部会 教育課程企画特別部会（第 12 回） 配付資料
3. 小寺隆幸編著 「主体的・対話的に深く学ぶ算数・数学教育」 ミネルヴァ書房 2018 年 59 頁
4. 小谷 善行著 数学パズルチャレンジ超問 120—わくわく挑戦！解けて快感！ニュートンムック Newton 別冊 2014 年