

# アブダクション習得としてのプログラミング教育の検討

## A Study on Programming Education as Mastering Abductive Reasoning in Japan

林向達  
Kotatsu Rin

徳島文理大学  
Tokushima Bunri University

〈あらまし〉 平成29年学習指導要領改訂から小学校段階に導入されたプログラミングをめぐり具体的な教育活動に落とし込むための研究が取り組まれている。

本発表では、プログラミング教育のねらいの一つ「プログラミング的思考」の育成を「コンピュータプログラミングに関わる論理的思考」の習得であると考え、論理的推論方法の「演繹」「帰納」「アブダクション」を段階的に習得するプロセスとしてプログラミング教育を捉えて設計する可能性を検討する。

〈キーワード〉 プログラミング教育 プログラミング的思考 論理的思考 仮説形成

### 1. はじめに

平成29年学習指導要領改訂で情報活用能力育成の一環として小学校段階にプログラミング体験が導入されたことにより、中学校・高等学校におけるプログラミング学習との接続がなされた。改訂作業の段階で「プログラミング的思考」<sup>1)</sup>なる語が用いられ、小学校学習指導要領本文に当該用語の記載はなかったものの、同解説には登場し、ねらいのひとつとしてコンピュータプログラミングに関わる論理的思考力の育成が位置づけられた。中学校の技術・家庭科では「情報の技術」領域としてプログラミングと情報セキュリティの内容が増した。高等学校は平成30年学習指導要領改訂で必修科目「情報Ⅰ」を新設し、生徒全員がプログラミング等を学ぶよう再編された。

改訂によって小中高校を通してプログラミング体験・学習が扱われるようになったものの、教育課程の編成に際して課題が残る。

小学校は、独立教科としてではなく、主に既存の教科等の学習でプログラミング体験を実施する形とされた。文部科学省は、「小学校プログラミング教育の手引」の中で「小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類」(表1)を示し、各校がカリキュラムマネジメントにもとづいてプログラミング体験を実施することをねらう。

しかし、「プログラミング的思考の育成」の内実をめぐっては様々な見解が交錯しており、教科学習におけるプログラミング体験を計画する際に参照すべき理論的枠組みや事例を模索している段階にある。

中学校は、「技術・家庭科」でプログラミング学習を扱うが、昭和33年改訂時の教科成立以降、実質的な授業時数は減少が続き、技術科教育の機会確保が困難な状況にある。

平成元年改訂では、領域「情報基礎」が新設された一方、技術及び家庭両分野の男女共学化に伴い学習内容に対する授業時間の割合は減少した。平成20年改訂では、「選択教科等にあてる授業時数」が授業時数表から削除されたことによって授業時数確保の予備的手段が絶たれた形となった。プログラミング学習等の内容増や資質・能力の育成に対応するために時間確保の必要性は増しており、条件等の見直しが強く望まれている。

表1 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
F	学校外でのプログラミングの学習機会

高等学校は、平成 11 年改訂で導入された共通教科「情報」が、改訂毎に科目再編を繰り返した。平成 30 年改訂では、小学校・中学校でのプログラミング体験・学習との接続性、および専門教科情報との関係を見据えた上で必修教科「情報 I」においてプログラミングが扱われることとなった。

情報技術の急激な進展と専門教育に繋がる情報の科学的な理解の要請に応える形で、共通教科情報の内容は徐々に専門性が高まってきた。このことは教員採用人事の難しさに起因する情報科担当教員の採用配置事情において、経験の乏しい実担当者が小中高校と専門教育を見通す体系的なプログラミング教育を理解する縁の必要性を高めている。

各学校段階に課題を残しつつも、学習指導要領におけるプログラミング体験・学習の連なりは、体系的な接続を意識したそれぞれの学習活動を計画するよう求めている。小学校段階のプログラミング体験がその後の学校段階の学びを見通したものであるならば、「プログラミング的思考」はその連なりを突き通す基軸に位置するものと考えられる。しかし、先に指摘した通り、「プログラミング的思考の育成」は、用語定義が与えられたにもかかわらず、体系的な見通しの中での捉え方は十分な検討が深められているとはいえない。

本発表の目標は、小学校段階の「プログラミング的思考の育成」について、問題解決に向けた論理的思考の習得を意図する側面から検討を加え、体系的なプログラミング教育に対する示唆と課題を得ることである。

## 2. 検討方法

検討対象である「プログラミング的思考」なる用語を概観したのち、問題解決の論理的思考で用いられる論理的推論方法を参照する。プログラミング教育の体系を論理的推論方法を手がかりとした段階によって見通すことが出来れば、プログラミングの授業を計画する際、論理的思考育成の側面から位置づけを把握できる。さらに学習者の学習行程選択やその履歴管理においても段階を全体的な構図との関係で捉えやすい。本発表では、そのための予備的な理論検討を行う。

## 3. プログラミング的思考の検討

### 3.1. プログラミング教育と問題解決能力

「プログラミング的思考」は平成 28 (2016) 年「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」で示された用語である。同文書は「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会」(以下、有識者会議)の議論をまとめたものである。有識者会議は 2016 年 4 月 19 日に内閣官房の産業競争力会議で示された「初等中等教育からプログラミング教育の必修化」を引き受ける形で、文部科学省初等中等教育局長決定のもと設置された。有識者会議は学習指導要領改訂作業が大詰めを迎えていたタイミングに計 3 回行なわれた(表 2)。

有識者会議における「プログラミング的思考」に関する発言を精査すると、第 1 回会議のヒヤリング対象者として招聘された松尾豊(東京大学大学院工学系研究科特任准教授)が、小学校時の取り組みに関する意見を求められた際に、「プログラミング的な考え方を身に付けるというのを、非常に簡単なやり方でやるのが重要なんじゃないかなというふうに思います」と応答したことに議論の端緒を見出すことが出来る。続く質疑応答において中川哲(日本マイクロソフト株式会社業務執行役員)委員が発言の中で「コンピューショナルシンキング」という用語を使用したことから、「プログラミング的な考え方」と「コンピューショナル・シンキング」という表現が混在しながら議論され始めた。

第 1 回会議<sup>2)</sup>で、磯津政明(株式会社ソニー・グローバルエデュケーション代表取締役社長)委員が、「コンピューショナル・シンキング」という語を用いながら「そういった問題解決の基本的なやり方みたいなものは小さいうちからしっかり学んでおくべきだというふうに考えております(後略)」と発言していることに代表されるように、有識者会議では、何かしらの問題解決能力の一つとしてプログラミング的な考え方やコンピューショナル・シンキングを捉え、プログラミングそのものよりも重要であると考えながら議論を進めていったことがわかる。

### 3.2. 「プログラミング的思考」

第2回会議は、プログラミングを直接の目標とせず、問題解決のための論理的な思考を身に付けるためプログラミングに触れるというスタンスが各委員にほぼ浸透した中で、磯津委員始め4名の委員の発表が行なわれた。磯津委員は、海外の「コンピューテーショナル・シンキング」という言葉を「プログラミング的思考」と置き換えて用い、これをプログラミングの本質として強化していくべきとの考えを提起した。これ以降ほぼ、有識者会議の議論はプログラミング的思考という表現で議論が交わされ、後日、文部科学省教育課程部会小学校部会への有識者会議の議論状況報告にて「プログラミング的思考」という語が確定的に使用された。

しかし、第3回会議で兼宗進（大阪電気通信大学工学部教授）委員が「プログラミング的思考」の定義が分からないこと、海外の「Computational Thinking」と関連した概念なのか別に出てきたものなのかを議論の確認として質問した。これに対し、大杉住子（教育課程企画室長）から「1回目、2回目の議論の中で、複数の先生方から、Computational Thinkingの重要性を御発言いただいたことを踏まえて、それをプログラミング的思考という形で、しかも、小学校教育ということ踏まえて、少し表現を工夫しながら、御相談しながら置かせていただいているもの」との説明がなされた。座長である堀田龍也（東北大学大学院情報科学研究科教授）委員は「専門的な用語を使った方が明確になる一方で、それに親しみのない人には分からなくなるので、どうしても何らかの形でちょっとかみ砕いた表現にする必要」があったと補足した。

プログラミング的思考がComputational Thinkingを踏まえて関係を整理したものとする「議論の取りまとめ」補足の文言は、有識者会議の議事録から明確には確認できていない。Wing (2006) が提案したComputational Thinkingは、中島 (2015) によって「計算論的思考」として紹介されたものの、こうした先行知見について参照した形跡もないまま「プログラミング的思考」という用語が育成対象として導入されることとなった。

表2 小学校プログラミング教育に至る主な事象

2006	3	Jeannette. M. Wing “Computational Thinking”, Communication of the ACM
2010	8	19 「プログラミン」公開（文部科学省）
2011	8	3 「情報通信技術人材に関するロードマップ」（初等中等教育段階の人材）
2013	4	17 第6回 産業競争力会議（三木谷氏〔新経済連盟〕提言）
	6	14 日本再興戦略—JAPAN is BACK—
	7	1 情報教育課 新設（生涯学習政策局）
2014	11	20 初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について（諮問）
2015	4	14 「プログラミング教育実践ガイド」（文部科学省）
	5	15 Jeannette M. Wing 「計算論的思考」（翻訳：中島秀之）『情報処理』Vol.56 No.6
	6	5 「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究」報告書（総務省）
	6	10 「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」（文部科学省）
	8	26 教育課程企画特別部会における論点整理について（報告）
2016	12	18 「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」（文部科学省）訂正版
2016	1	22 第5期科学技術基本計画（Society 5.0）
	4	19 第26回 産業競争力会議（初等中等教育からプログラミング教育を必修化）
	5	13 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議（第1回）
	5	19 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議（第2回）
	5	27 教育課程部会 小学校部会（第6回）
	6	3 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議（第3回）
	6	16 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）
	12	21 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）
2017	3	9 未来の学びコンソーシアム 設立
	3	31 小学校・中学校学習指導要領改訂
	6	9 未来投資戦略2017—Society 5.0の実現に向けた改革—
	6	21 小学校・中学校学習指導要領解説
2018	3	30 高等学校学習指導要領改訂「プログラミング教育の手引（第一版）」
	6	15 未来投資戦略2018—「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革—
	6	22 「教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状況等について」（平成29年度）2018年2月時点
	7	6 「小学校プログラミング教育必修化に向けて」（未来の学びコンソーシアム）
	7	12 第3期教育振興基本計画を踏まえた、新学習指導要領実施に向けての学校のICT環境整備の推進について（通知）
	10	16 情報教育・外国語教育課 設置（初中局）
	11	6 「プログラミング教育の手引（第二版）」



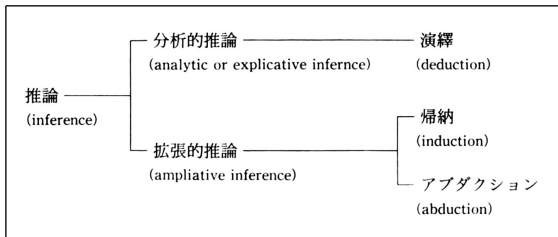


図2 推論

パースは、論理推論を「演繹」「帰納」「アブダクション」の3つの方法に分け、形式論理学における推論は分析的推論とした。(図2)

パースによれば、演繹は「前提の含意内容を分析し説明するために用いられる分析的推論」。帰納は「経験から一般化を行なう拡張的推論」。アブダクションは「科学的仮説や理論を発案し発見を行なう拡張的推論」と整理される(米盛 2007)。

国語辞書定義で、演繹は「一般的な原理から、論理の手続きを踏んで個々の事実や命題を推論すること」を意味し、帰納は「個々の特殊な事柄から一般的原理や法則を導き出すこと」とされ、2つは対義語に位置している(『新明解国語辞典第七版』三省堂 2011)。

一方、アブダクションは「仮説」または「仮説形成」と呼ばれ、拡張的論理推論として科学的探究の重要な方法と考えられている。

つまり、問題解決に向うための論理的思考の育成には、これら3つの方法を峻別し適切に使い分けていくことが求められる。

## 5.2. アブダクションとは

パースは、3つの推論方法を三段論法と対照することで、アブダクションによる発想が、演繹と帰納とどのように違うのかを整理した。(表3)

特に同じ拡張的推論である帰納とアブダクションでは拡張に違いがある。帰納は、確証された命題(袋から豆が取り出され、それらの豆が白い)から一般命題「すべて」へと拡張的に進むものの、新しいアイデアの提起はない。一方、アブダクションは、示された2つの事実(袋からとり出される豆はすべて白／目前にある豆は白い)の関係について、演繹的に説明できる仮説を新たに提起する形で拡張的であることが異なる(伊東 1981)。

平成 29 年学習指導要領改訂の背景として「子供たちに、情報化やグローバル化など急激な社会的変化の中でも未来の創り手となるために必要な資質・能力を確実に備えることのできる学校教育を実現する」ことが示され、新しい時代に必要となる資質・能力の育成の一つに「未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力等の育成」を掲げていることから、論理的思考力の育成、とりわけ「アブダクション」の重要性は高い。

論理推論の3つの方法を学習指導要領で示された方向性から検討した場合、学習指導要領が最も強く求めているものは、従来知見を適用する演繹的態度ではなく、限定的な事実や事例だけをもとに一般化する帰納的態度に留まるでもなく、未知なる課題を解決するにふさわしい仮説を発見することによって未来を創る論理的探究(アブダクティブな探究)と実践であろう。

問題解決に向うための論理的思考の一つである「プログラミング的思考」が平成 29 年学習指導要領改訂の方向性を反映したものと捉えると、プログラミング活動における探究は「アブダクティブな探究」とも関係し得ると考えられる。

## 6. 科学的探究とプログラミング教育

### 6.1. 科学的探究の段階

「プログラミング的思考」の育成を、構成要素を明らかにして育成するアプローチ①のみならず、論理的推論方法との関係で育成するアプローチ②で検討することは、実践すべき要素を明らかにするだけでなく、それらをどのように配置するのか全体を見通す作業も必要であることを意味する。この検討の際、論理的推論方法が形成する科学的探究過程の段階が参考となる。

表3 論理推論と三段論法との対照

演繹	この袋の豆はすべて白い。 これらの豆はこの袋の豆である。 ゆえに、これらの豆は白い。
帰納	これらの豆はこの袋の豆である。 これらの豆は白い。 ゆえに、この袋の豆はすべて白い。
仮説	この袋の豆はすべて白い。 これらの豆は白い。 ゆえに、これらの豆はこの袋の豆である。

パースは、科学的探究過程における論理的推論の段階を「第一段階はアブダクションであり、第二段階は演繹であり、第三段階は帰納」だと示唆している（米盛 2007）。

しかし、パースの示した探究過程は、実際の科学探究の文脈に則したものであり、この探究過程の順序そのものをプログラミング教育の過程に適用することは難しい。よって、3つの論理的推論方法それぞれの特徴を教育的文脈との対比のもとで理解し適宜配置し直すことが必要と考えられる。

## 6.2. 教育的文脈における論理的推論

「小学校プログラミング教育の手引」では、プログラミング教育で育む資質・能力を「三つの柱」に沿って整理している（表4）。

### 6.2.1. 知識・理解

小学校段階では、コンピュータプログラミングの専門的な知識や技能ではなく、コンピュータが活用されていることや問題解決に利用できるという事実的な知識に触れることが求められている。

コンピュータ活用の個々の事例をもとに、コンピュータが問題解決に役立つのだと理解する過程は、個々の事柄から一般的な原則を導き出す「帰納」の推論過程と相似する。

科学的探究過程においては「仮説が最初に観察された変則的な現象を正しく説明しているかどうかを経験的事実に照らして実験的にテストするのが帰納の役割」（米盛 2007）とされる。このことから、個々の事例を観察し、観察から得た仮説を試していくことをコンピュータプログラミングの体験や学習に置き換えれば、プログラミング的思考あるいはCTの構成要素に関わる個々の記号や機能、その組み合わせを観察することで、それに対する仮説を見出し、実際に自らプログラミングすることで試す活動として捉えられる。

### 6.2.2. 思考力・判断力・表現力等

プログラミング的思考を、意図する活動を実現する動きの組み合わせや、動きに対応した命令・記号の組み合わせとその改善であると還元的に理解した場合、一般原理の理解から推論を行なう「演繹」、そして仮説の検証を行なう「帰納」の往来過程に相似する。

表4 プログラミング教育で育む資質・能力

【知識及び技能】身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。

【思考力、判断力、表現力等】発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。

【学びに向かう力、人間性等】発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。

加えて、「小学校プログラミング教育の手引」では、プログラミング的思考の育成について、短時間の授業に身に付けたり、急激に伸ばすものではなく、またプログラミングの取組のみで育まれるものではないと断っている。こうした長期的かつ漸次的に領域を超えたところを視野に構えた拡張的な態度は、未知なるものへの探究にみられる「アブダクティブ」な態度に相似する。

CSTA K-12 Computer Science Standards Revised 2017 がCT実践を通じた個々人のCT概念の育成を目指したことに代表される動向も、概念の構成要素を明らかにして個々の要素を身に付けさせるといったアプローチではなく、もっと未知なる課題そのものへ分け入っていくための論理的思考の育成を目指すものだといえる。

### 6.2.3. 学びに向かう力、人間性等

よりよい人生や社会づくりにコンピュータの働きを生かす態度の涵養は、論理的推論方法の内部に対比を見ることは難しい。それは科学的探究を社会にふさわしく遂行するための外部動機にかかわると考えられる。

情報活用能力、情報セキュリティ意識や情報モラルの育成が明示されているが、先鋭技術が与える影響を見通しながら倫理的・哲学的な思考に接する機会も必要であろう。

## 6.3. プログラミング教育の過程として

科学的探究における「アブダクション」「演繹」「帰納」の各段階を教育的文脈で捉えた結果を踏まえ、グラフィカルなプログラミング環境のプログラミング言語を利用するような活動を描くと次のようになるだろう。

個々の命令がどのような動作や機能を発揮するか、試しながら経験的に確認していく様子は「帰納」的推論の活動といえる。

さらに、アルゴリズム構成要素である「順次」「分岐」「反復」といった原則を分析し、意図した動作との適合性を判断し命令の組み合わせとともに使い分けていく。こうした前提される動作や機能の域を出ることなく、あくまでも組み合わせによって、意図する動きの域から出ることのない結果を導き出そうとする活動は「演繹」的推論と「帰納」的推論の往還活動といえる。

しかし、ある驚くべき動きが意図され、これを実現するための方法を発想する必要性が出てきた場合はどうであろうか。このような状況は学校教育では起こり得ないと考えるべきだろうか。しかし、一般社会では十分起こり得る状況であろう。創造的な結果を求められる場面は、容易に想定可能である。

ある驚くべき動きが意図されることは、試行錯誤等の過程で生じた意図せざる動きによって置き換えられることで、後付け的に生じる可能性がある。また、既有知識では容易に対応できない高度な目標を掲げた場合も同じような状況が生ずる。

こうした未知なる課題に対して、論理推論を働かせるためには、仮説形成的なアプローチが必要になる。

プログラミング教育を発展させると、社会の「多様な」意図の存在について触れる機会が増える。たとえば、グラフィカルなプログラミング環境の一つには、作品を介して交流するコミュニティ活動が中心に据えられているものがある。こうしたコミュニティを通して多様な意図（あるいは文化）に触れながら、コンピュータプログラムのもつクリエイティブな可能性を体験できる機会が与えられる。

世界における多様な意図と望む動きに対して、プログラミングという手段が有効である場合もあれば、そうでない場合もあると発想するなどして、その実現を論理的に考えることは、「仮説」的推論によって可能なことであるといえるだろう。

「帰納」「演繹と帰納」「アブダクション」の順でプログラミング教育の大きな遷移が現れたのを見た。実際の単元設定と計画の際には、より小さな範囲で論理的推論方法の組み合わせを考慮することになるだろう。

## 7. まとめ

本発表では、学習指導要領改訂作業で示された「プログラミング的思考」について、その育成を論理的思考の習得の側面から検討することで、体系的なプログラミング教育について示唆を得ることが目的であった。

論理的思考における推論方法には「演繹」「帰納」だけではなく、科学的探究にとって重要な「アブダクション」（仮説）が存在する。平成 29 年学習指導要領改訂は、これまでの学習指導要領の在り方を大きく転換するものだが、その新たな方向性は、文書等に記述された「論理的思考」がアブダクション的推論に近いものであることを強く想起させる。このような認識からプログラミング教育および「プログラミング的思考」の検討を試みたものが本発表である。

アブダクション的推論の習得につなげるためには、コンピュータおよびプログラミング的思考の構成要素をどう配置していくかだけでなく、「帰納」「演繹と帰納」「アブダクション」という深まりの段階過程を合わせて考慮することが重要となる。

なお今回、「プログラミング的思考」にアブダクション的推論の議論を重ねるにあたり、当該用語の由来を曖昧にしたまま作業することには問題を感じた。そのため前半は「プログラミング的思考」の経緯を公開情報の範囲で明らかにし、その上で学習指導要領の方向性を汲み取る形の検討を行なうことにした。

本発表は「プログラミング的思考」なる用語の解釈と提案ではあるが、当該用語の生成過程や語用状況を無批判に肯定するものではないことを明記しておく。

## 註

- 1) 定義「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」

注釈「いわゆる『コンピューショナル・シンキング』の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義である。」

(文部科学省(2016)「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」より)

- 2) 第1回会議では伊佐山元(株式会社 WiL 共同創業者 CEO) 委員によって「何となく日本だとコーディングをやらないと駄目なんじゃないかとか、世界に遅れるんじゃないかというような雰囲気は僕は感じているんですけども、そこまでコーディング、絶対じゃないなというのが私のポイントです」という発言がなされ、コーディング学習を目的としないという基調が有識者会議で共有化された。
- 3) ①「プログラミング的思考」を育むこと  
②プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと  
③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする

## 参考文献

- Csizmadia, A. & Curzon, P. & Dorling, M. & Humphreys, S. & Thomas Ng, T. & Selby, C. & Woollard, J. (2015) Computational thinking - A Guide for teachers. Computing At School (CAS 2015), UK.  
<https://community.computingatschool.org.uk/resources/2324/>  
(accessed 2019.01.10)
- 堀田龍也 (2016) プログラミング教育とは何か、なぜ必要か、月刊教職研修, 2016年9月号: 88-91.
- 堀田龍也 (2017) 新学習指導要領における情報教育の動向, 情報処理, 59(1): 72-79.
- 伊東俊太郎 (1981) 科学と現実, 中央公論社.
- 文部科学省 (2016) 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ). 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議, 2016年6月16日.  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm)  
(参照日: 2019.1.10)
- 文部科学省 (2018) 小学校プログラミング教育の手引(第一版:平成30年3月30日公表;第二版:平成30年11月6日公表)  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm)  
(参照日: 2019.1.10)
- 文部科学省 (2016) 情報ワーキンググループにおける審議の取りまとめ, 教育課程部会 情報ワーキンググループ, 2016年8月26日.  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/sonota/\\_icsFiles/afeldfile/2016/09/12/1377017\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/sonota/_icsFiles/afeldfile/2016/09/12/1377017_1.pdf)  
(参照日: 2019.1.25)
- 林向達 (2018) Computational Thinking に関する言説の動向, 日本教育工学会研究報告集, 18(2): 165-172.
- 鈴木寿雄 (2009) 技術科教育史, 開隆堂.
- 米盛裕二 (2007) アブダクション, 勁草書房.
- Wing, J. M. (2006) Computational Thinking. Commun. ACM, 49(3): 33-35.  
(邦訳 中島秀之 (2015) 計算論的思考. 情報処理, 56(6): 584-587.)
- Wing, J. M. (2014) Computational thinking benefits society. 40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing.  
<http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/>  
(accessed 2019.01.10)
- Yaşar, O. (2018) A New Perspective on Computational Thinking. Commun. ACM, 61(7):33-39.