

[論文]

情報教育における論理的思考力の育成

—初等教育における方向性—

高 橋 律

- 〈目 次〉
1. はじめに
 2. 初等教育におけるプログラミング教育
 3. 異年齢混交・習熟度別授業による指導
 4. おわりに

1. はじめに

平成29年3月、文部科学省から出された「学校教育法施行規則の一部を改正する省令の制定並びに幼稚園教育要領の全部を改正する告示、小学校学習指導要領の全部を改正する告示及び中学校学習指導要領の全部を改正する告示等の公示について（通知）」¹⁾において、以下のよう
な点を含む内容が示された。

すなわち、「小学校においては、各教科等の特質に応じて、コンピュータでの文字入力等の習得、プログラミング的思考の育成のための学習活動を実施することとしたこと」²⁾が各都道府県教育委員会教育長等に通知された³⁾。また、ここでは新学習指導要領等の円滑な実施に向けて幅広い関係者との連携・協働を図ることとし、関係省庁・企業等と連携して「未来の学びコンソーシアム³⁾」を設立し、幅広い地域住民等との連携・協働により学校を支える体制を構築することが期待されることが付記されている。

平成29年現在、直接、新学習指導要領の影響を受けるのは小学2年生以下の児童であるが、プログラミング教育が小学校にも導入されることとなり、社会の新たな潮流となりつつあるとも言われている。文部科学省によれば、プログラミング教育の教科化はせず、総合的な学習の時間や算数、理科などの既存の科目を活用する予定である。例えば、算数における多角形の作図、理科における電気の働きを利用した道具に関する学習などによって論理的な思考を育成することが目的となっている。これは、社会インフラがプログラミングによって開発された各種システムによって動いていることを体験的に学ばせることなどを想定している。

これらの端緒となるのは平成28年12月21日付で中央教育審議会から発表された「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」の答申である。この中で、「情報活

用能力とは、世の中の様々な事象を情報とその結び付きとして捉えて把握し、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力のことである。」と述べられている。また、「プログラミング的思考や、情報モラル、情報セキュリティ、統計等に関する資質・能力も含まれる。情報活用能力は、様々な事象を言葉で捉えて理解し、言葉で表現するために必要な言語能力と相まって育成されていくものであることから、国語教育や各教科等における言語活動を通じた言語能力の育成の中で、情報活用能力を育てていくことも重要である。また、各教科等において、様々な情報を得るために学校図書館や地域の図書館を活用できるようにすることも重要である。」とも記されている³⁾。

わが国における情報教育の必修化にとっては、平成10・11年告示の学習指導要領における高等学校共通教科「情報」の設置がその大きな契機であった。その際に高等学校学習指導要領においても、情報教育の目標の一つとして「論理的思考力の育成」が上げられている。しかしながら、共通教科「情報」の取り組みにおいては、プログラミング教育は特定のプログラミング言語の習得に重点を置くことなく、情報活用の実践力、情報の科学的理解、情報社会に参画する態度の3点を育成することに目標が置かれていた。

それに対して、先述した小学校での今後の取り組みについては、プログラミング的思考という表記から、プログラム言語教育への移行を示唆するかの印象を与えることにつながっている。高等教育における情報の学習目標が論理的思考力の育成であるにも関わらず、初等教育におけるそれが、プログラミング的思考の育成であるという点には、若干の違和感が付きまとわざるを得ない。そこで、本稿では小学校に先行して実践されてきた高等学校及び諸外国における情報教育の取り組みを参照した上で、今後の初等教育における情報教育のあり方及び諸課

1) 文部科学事務次官 戸谷一夫、「学校教育法施行規則の一部を改正する省令の制定並びに幼稚園教育要領の全部を改正する告示、小学校学習指導要領の全部を改正する告示及び中学校学習指導要領の全部を改正する告示等の公示について（通知）」http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2017/05/12/1384661_1_1.pdf より引用。〈平成29年5月31日検索〉

2) <https://miraino-manabi.jp/>

3) 中央教育審議会、「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）」http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afiedfile/2017/01/10/1380902_0.pdf より引用。〈平成29年5月31日検索〉

題としてあげられる、指導内容の検討及び指導者育成を含む指導環境の整備について考察することとする。

2. 初等教育におけるプログラミング教育

文部科学省が平成26年度に行った「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」によれば、「多くの国で、特に初等教育段階では、ロボット等の実体物を動かすなど、体験的に論理的な思考力や情報技術に関する理解を深める活動等が行われているが、プログラミング教育は単一の教科とはなっておらず、その体系化や指導者不足などが課題とされている。⁴⁾」との報告がなされている。

ここで述べられているロボット等を扱った体験的学習として各国で注目されているのは、マサチューセッツ工科大学のミCHEL・レズニック教授らが開発した子供用ビジュアルプログラミング言語 Scratch(スクラッチ)を使った取り組みである⁵⁾。この言語については、その教材も書店で容易に入手可能であり関連のコミュニティも多く存在する。そのためツールとしての評価が高く、我が国における公教育以外のプログラミング教室における指導事例に関する総務省の報告においても、図1-1に示

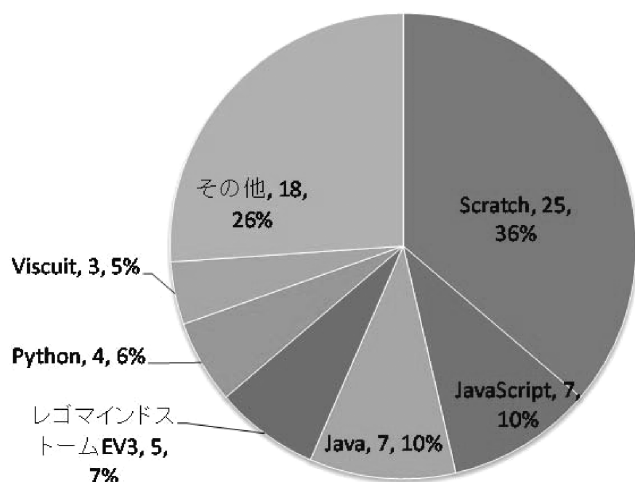


図1-1 学外教育での児童向けプログラミング言語選択率
(出所：総務省平成27年度「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究報告書」)

すとおり、この教材の使用率が高いことが報告されている⁶⁾。この教材の意図する教育目標について、実際のサイトにアクセスしてみると、以下のような内容であることが確認できる。

すなわち、視覚的にコンピュータに対する命令群をブロックとして組み立てていくことができることが、Scratchの利点である。具体的にはプログラミングをweb上からでも開始することができ、続いて処理を行わせていく。この処理は、例えばキャラクターの移動、データの入力・記憶・演算と命令群を組み合わせることである。また、データの内容を判断し、処理を分岐させたり、繰り返し処理を行わせたりすることもできるようになっている。その結果、処理手順(アルゴリズム)を初學者でも容易に創造していくことができ、プログラミングを「言語」ではなく処理の「流れ」(フロー)として頭に描き、それを視覚的に順序立てて行くことができるようになっているので、ビジュアル言語とも言われている。また、フローを保存し、実行していく過程で、自然とコンピュータに命令を与える学習を実現している。

一般的にプログラミング教育の中で学習者が理解に時間を要する事項は、次の3点に集約される。1点目は、 $A=A+1$ など変数が変化する代入式を受け入れられないという困難性である。なぜなら左辺と右辺が等しい値をとるという数学的な等式と、プログラミングのそれは一見矛盾しているように感じられるためである。言い換えれば、右辺の計算結果を左辺の変数が示すコンピュータの記憶場所に保存し、データを上書きするというイメージを、初學者においては描きにくい。第2点目は、条件分岐やループなどの概念を理解していても、実際にどのように使えばいいのかわからない、という困難性である。これは囲碁や将棋に例えれば「定石(定跡)や詰碁(詰将棋)」にあたるような、一般的アルゴリズムの基礎を身につけずにプログラミングを行おうとする際に生じる困難性である。第3点目は、配列(テーブル)を理解するのに時間がかかるという困難性である。これは変数の設定が次元、二次元、三次元と高度化することから、変数

4) 文部科学省、平成26年度「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_syogaikoku/programming_syogaikoku.html、〈平成29年6月28日検索〉より引用

5) スクラッチについては次のurlよりその内容が確認できる。<https://scratch.mit.edu/>、〈平成29年6月28日検索〉

6) 総務省、「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」、www.soumu.go.jp/main_content/000361430.pdf、〈平成29年7月1日検索〉より引用

の取りうる値が多次元に渡って変化し、その位置づけを正確に把握することが難しくなるからである。

しかしながら、並べ替え（ソート）などの処理をプログラミングする際には、この配列を用いる技法を習得する必要がある。なぜならば、配列を用いずに並べ替えの処理をプログラミングするほうがはるかに困難となり、ステップ数の長いプログラムとなってしまうからである。

同報告書における有識者の意見および学説によれば、論理的思考、抽象的思考が身に付く以前には、IF-THEN型の論理構成は難しいため、論理的な組み上げを必要とするプログラミングは難しく、具体的な視覚的な操作による育成が妥当と考えられることが指摘されている。その具体的な根拠は以下の通りである。すなわち、「IF-THEN型の論理構成は9歳や10歳まで理解できない。また、論理的思考は、11歳以降でなければ理解するのは難しい。論理的な考え方、抽象的な能力が限られているので、それが備わってからやるべきである。Scratchの主なターゲットは8歳以上である。11、12才以上から、抽象的一般的な形で論理形式的に考えることができるようになる形式的操作期としている。フローチャートの学習は小学校5年生以上になってからでないと難しい。よほど優秀な場合は小学校4年生でもできる場合もあるが、小学校3年生以下にはまず不可能である。」との見解が示されている。総務省の調査によれば、Scratchを指導する側の感想も決して芳しくない結果が表れている⁷⁾。

例えば、「学校の教育は、先生の技量に応じて内容やレベルにムラが大きい。プログラミングを学習する際は生徒の自主性が大事だと考えている。学校教育では進捗管理をするために、勝手に進めることを嫌うため、技術は学べるが、面白みがなくなる可能性がある。市内の小学校のいくつかのクラスではScratchを扱っていた。ただし生徒の反応は芳しくなかった。学校の授業ではScratchの面白さを伝えるのが難しいかもしれない。成果発表の場が筆記試験になることが問題である。プログラミングは義務教育の教科としてではなく、数学や理科などの教科の要所でツールとして使ってほしい。公教育では一つの言語に絞らず、複数の言語を選択肢としてほしい。

プログラミング教育は時間がかかることが問題であり、適性がわかれやすい教育内容でもあり、公教育でやる場合の課題となるのではないか。公教育では短時間しか取れないため、教師主導の課題（問題）設定や教師の意向を踏んだ課題を取り上げることになり、子供自身が課題を設定する時間を取れないのではないか。」といった意見が出されている。

それにも関わらず、本稿のはじめに述べたように初等中等教育におけるプログラミング的思考力の育成が求められる理由としては、情報教育における次のような課題が指摘されていることが考えられる。

すなわち、情報活用能力の現状として次のような課題が、文部科学省の教育課程部会総則・評価特別部会から出された資料において示されており、「情報の科学的理解」が重要と結論付けている。

（小学生）

- ① 複数のウェブページから目的に応じて特定の情報を見つけ出し、関連付けることに課題
- ② 情報を整理解釈すること、受け手の状況に応じて情報発信することに課題

（中学生）

- ① 複数のウェブページから目的に応じて特定の方法を見つけ出し、関連付けることに課題
- ② 複数のウェブページの情報を整理・解釈することや、受け手の状況に応じて情報発信することに課題
- ③ SNSの特性についての理解に課題
- ④ 自動制御に関する情報処理の手順についての理解に課題

またその中で次のような点が強調されている。すなわち、平成25年度に文部科学省が実施した情報活用能力調査（小・中学校）では、「情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を身に付けることが重要」であり、「各種政府方針においても、プログラミングや情報セキュリティ等、情報の科学的な理解の重要性」を指摘している⁸⁾。

これらの指摘事項と、その対応策として重要視している点に齟齬が生じていることが、初等中等教育におけるプログラミング的思考の育成を主張する点につながって

7) 前掲、総務省、「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」、www.soumu.go.jp/main_content/000361430.pdf、〈平成29年7月1日検索〉より引用

8) 文部科学省中央教育審議会、初等中等教育分科会、教育課程部会、総則・評価特別部会、「情報に関わる資質・能力についての参考資料」平成28年1月18日より引用・編集

いる。上述した小中学生にとっての課題は、氾濫する大量の情報の中から適切な内容を取捨選択するために、論理的な思考方法を身に付けておくことが重要であることを示唆するものである。後にも述べるが、高等学校専門教科情報の「アルゴリズムとプログラム」という、プログラミング教育に軸を置いた科目でさえも、プログラミングの基礎を指導する際に「プログラム言語の規則の習得に偏ることのないように論理的な思考に関する学習を重視すること」に留意するよう求めている⁹⁾。

確かに同学習指導要領においては、「科学的、論理的」といったように論理的思考力と科学的理解力が密接に関連していることを示す表現が多用されている。コンピュータ上のプログラムが実行される際にも、ハードウェアとしてのコンピュータの構造上の理解の上で、ソフトウェアとしてのプログラムがいかに実行されるのかを理解することは重要である。しかしながら、前述の小中学生の課題として列挙されている点への対策として、コンピュータの構造を科学的に理解することから論理的思考力が育成され、情報モラルが醸成されるのかどうか、という点を直線的に結び付けることには疑問の余地が残る。

平成28年6月に文部科学省の「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」が示した「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）」では、上述した問題点について次に抜粋するような見解が示されている。

- ① 情報技術を効果的に活用しながら、複雑な文脈の中から読み解いた情報を基に論理的・創造的に考え、解決すべき課題や解決の方向性を自ら見だし、新たな価値を創造していくための力が求められる。
- ② 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が目標となる。
- ③ プログラミング教育の実施に当たっては、コーデ

ィングを覚えることが目的ではないことを明確に共有していくことが不可欠である。

- ④ 地域の特性等に応じて、研究開発学校や調査研究校、民間企業や NPO による各種事業の実施校等におけるプログラミング教育を重点的に進めていく取組も、併せて推進し、その成果を広く普及していくことが求められる。
- ⑤ プログラミング教育を行う単元を教育課程に位置付けていくに当たっては、総合的な学習の時間においてプログラミングを体験しながら社会における役割を理解し、それを軸としながら、各教科等における多様なプログラミング教育につなげていくことが効果的であると考えられる¹⁰⁾。

しかしながら、これらの意見とは若干異質なものとして、次のような記述が残されている。すなわち、「小学校におけるプログラミング教育が目指すのは、子供たちがコンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験しながら、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、各教科等で育まれる思考力を基盤としながら基礎的な『プログラミング的思考』を身に付けること、コンピュータの働きを自分の生活に生かそうとする態度を身に付けることである。」と述べられている¹¹⁾。

この意見と、前述③の意見とのバランスが取れた解答の一つが、先に例示した Scratch のようなビジュアル言語による学習に帰結するとなると、依然として指導内容設定の課題に関するハードルは高いままであると言わざるをえない。なぜなら、ビジュアル言語を学ぶことで養われる知識・技能は、手続き型プログラミング言語、例えば FORTRAN や、BASIC といった初学者向けプログラミング言語学習の端緒としかかなりえないからである。無論、興味を抱くことから始まって、将来的に情報処理技術者としての学習に目が向くという事はあり得る。しかし、プログラミング技術が長い年月とともに飛躍的に

9) 文部科学省、「学習指導要領本文」、平成21年3月、http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2011/03/30/1304427_002.pdf、〈平成29年7月1日検索〉より引用・編集

10) 文部科学省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、「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）」、平成28年6月16日、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm、〈平成29年7月2日検索〉より引用・編集

11) 前掲資料より引用・編集

進化した結果獲得した、オブジェクト指向による差分プログラミングやカプセル化といった重要機能はブラックボックス化され、アルゴリズムの基礎的習得がビジュアル言語学習の主たる目的となっている。

それと論理的思考力の育成との間には、間接的な相関性は認められるものの、問題解決学習とコンピュータの処理手順（アルゴリズム）の学習との間には、指導内容に相当の飛躍があると言わざるを得ない。卑近な喩をあげれば、「詰将棋の名人が将棋の達人となりえたとしても、人生の達人になるとは言い切れない」と同様である。同時に、その指導者の育成についても困難が容易に予想される。これらの背景を考慮した上で、初等教育におけるプログラミング的思考力を高めるための取り組みについて、本稿では諸課題に対応した方策について考察し、次章で述べることとする。

3. 異年齢混交・習熟度別授業による指導

我が国の高等学校における取り組みの前段階として、平成14年より中学校の「技術」科目において情報教育の内容が一部必修化されている。その内容は、(1) インターネットの仕組み、(2) モラル、(3) マルチメディアの作品制作、すなわち文章・画像ファイル、動画ファイル、音楽ファイル等の制作、(4) プレゼンテーション資料、HP作成、(5) 簡単なプログラミング学習、例えばHTMLによるHP作成、VBA、Basic などである。

これらの内容については、そのすべてを網羅するのではなく、生徒の学習環境、理解や関心の度合いに応じて、学習項目を取捨選択する形となっている。したがって、地域や生徒の学習状況によって、その取り組みには学校間に相対的な差異が生まれたことは容易に想像できよう。例えば、全国の全公立学校を対象に、教材研究・指導の準備・評価などにICTを活用する能力について調査したところ、平均値83.2%との回答の中で最上位の佐賀県は94.7%、最下位の滋賀県は78.5%といった結果が出ており、その差は16.2ポイントであった¹²⁾。

従って、それらの差異が存在することを前提として、

高等学校学習指導要領（平成11年3月告示、14年5月、15年4月、15年12月一部改正）において、高等学校普通教科「情報」では「情報A」・「情報B」・「情報C」の3科目を設定している。高等学校では中学校での学習の程度を踏まえることが、この中に併せて記述されている。その後、平成23年の改訂を受けて、共通教科情報については「社会と情報」と「情報の科学」の2科目が設定されることとなった¹³⁾。

文部科学省発行「高等学校学習指導要領解説情報編」によれば、思考力・判断力・表現力等をはぐくむ学習活動の例として以下の6つの事例をあげている。

すなわち、① 体験から感じ取ったことを表現する、② 事実を正確に理解し伝達する、③ 概念・法則・意図などを解釈し、説明したり活用したりする、④ 情報を分析・評価し、論述する、⑤ 課題について、構想を立て実践し、評価・改善する、⑥ 互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる、といった取り組みである。

また、平成27年9月に文部科学省教育課程企画特別部会が作成した論点整理補足資料では、高校生の論理的に思考する力の状況を把握・分析するための調査項目として次の6項目をあげている。その活動の具体的な内容は以下の通りである。

- (ア) 規則、定義、条件等を理解し適用する。資料から読み取ることができる規則や定義等を理解し、それを具体的に適用する。
- (イ) 必要な情報を抽出し、分析する。多くの資料や条件から推論に必要な情報を抽出し、それに基づいて分析する。
- (ウ) 趣旨や主張を把握し、評価する。資料は、全体としてどのような内容を述べているのかを的確にとらえ、それについて評価する。
- (エ) 事象の関係性について洞察する。資料に提示されている事象が、論理的にどのような関係にあるのかを見極める。
- (オ) 仮説を立て、検証する。前提となる資料から仮説を立て、他の資料などを用いて仮説を検証する。
- (カ) 議論や論証の構造を判断する。議論や論争の論

12) 文部科学省、「平成27年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（概要）」、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1376689.htm〈平成29年6月7日検索〉参照

13) 文部科学省、「高等学校学習指導要領解説情報編」、平成22年1月、http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2012/01/26/1282000_11.pdf、〈平成29年6月7日検索〉参照

点・争点について、前提となる暗黙の了解や根拠、また、推論の構造などを明らかにするとともに、その適否を判断する¹⁴⁾。

上述した①～⑥の学習事例は、概ねこれら（ア）～（カ）の活動具体例を具現化したものとなっている。すなわち、論理的思考力の測定項目と学習事例の取り組みが合致している。従って、本調査の設計に当たっては PISA 調査¹⁵⁾の枠組みも参考とされていることから、高等学校共通教科「情報」の学習活動が、科学的理解と論理的思考力を育成する取り組みであることを、両者の項目の合致が示している。前章でも述べたとおり、本教科ではプログラム言語の規則の習得に偏ることのないように、論理的な思考に関する学習が重視されている。

中央教育審議会教育課程企画特別部会の配付資料によれば、平成27年度に当部会で検討された次期学習指導要領における新科目のイメージは以下のとおりである¹⁶⁾。すなわち、情報と情報技術を問題の発見と解決に活用するための科学的な考え方等を育成する科目を、新学習指導要領では構想中である。その内容は次に示す4項目である。

- ① コンピュータと情報通信ネットワーク
- ② 問題解決の考え方と方法
- ③ 問題解決とコンピュータの活用
- ④ 情報社会の発展と情報モラル

また、上記科目の履修を前提とした発展的な内容の科目についても検討を加えることが上記資料では示されている。なお、情報モラルなど、社会生活を営むに当たり必要な知識や果たすべき役割等については、新たな公民科目で扱うことを検討しており、より科学的理解及び論理的思考力の育成に、情報科目が注力するよう考慮されていることを読み取ることができる。

問題解決の考え方としては、問題解決の3つのプロセスとして「問題の認識」、「問題の分析」、「解決策の立案」からスタートし、PDCA サイクルを用いて検討することが一般的である。また、論理的思考や仮説思考を身につけることで、相乗的に問題解決能力が向上することは、周知のとおりである。

表1-1に示すように、高等学校と中学校においては情報活用能力の育成するために、主として「情報の科学的

表1-1 小・中・高等学校を通じた情報活用能力の育成

【高等学校】
<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報の分析（統計的な処理等）や表現・伝達の工夫 ・ 情報通信ネットワークの活用とコミュニケーション ・ 情報システムが社会生活に果たす役割と及ぼす影響 ・ 情報社会の安全と情報技術・情報技術を社会の発展に役立てようとする態度等
【中学校】
<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報手段の適切かつ主体的、積極的な活用 ・ 多様なメディアを複合しての表現や発信 ・ 著作権や発信した情報に対する責任、情報の安全な利用などの情報モラル等
【小学校】
<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段への慣れ親しみ ・ 文字入力などの基本操作 ・ 情報手段の適切な活用 ・ 情報モラル等

（出所：中央教育審議会教育課程企画特別部会配付資料、平成27年5月25日）

14) 文部科学省、「教育課程企画特別部会 論点整理補足資料（5）」、平成27年9月、http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/09/24/1361110_2_5.pdf、〈平成29年7月2日検索〉より引用・編集

15) OECD が進めている PISA（Programme for International Student Assessment）と呼ばれる国際的な学習到達度に関する調査に、我が国も参加しており国立教育政策研究所が調査の実施を担当している。PISA 調査では15歳児を対象に読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの三分野について、3年ごとに本調査を実施している。

16) 中央教育審議会・初等中等教育分科会・教育課程部会・教育課程企画特別部会・教育課程部会・教育課程企画特別部会（第8回）配付資料、平成27年5月25日、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryu/1358302.htm、〈平成28年7月5日検索〉より引用・編集

な理解」について指導内容に盛り込むことが検討されている。そして、小学校でのプログラミング教育は高校の取り組みの端緒をなす内容である必要があるため、同表に示すように基本操作や情報機器への慣れ親しみを主な内容としていることがわかる。

前章で考察した「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」の議論では、知識・技能の観点からは、小学生が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を目指す、とされている。従って、同表での該当項目は「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段への慣れ親しみ」を育成する取り組みを指していることが理解できる。この育成目標の拠りどころとなっているのは、「コンピューショナルシンキング」と言われる考え方である。太田はこの点について次のように述べている。すなわち、「コンピューショナルシンキングはプログラミングが主目的でなく、問題をコンピュータに実行させるまでの、分析、解決方法の考案、その実施と評価等の、プログラマ等が用いる思考方法を学習することが主目的である」と指摘している¹⁷⁾。

表1-2に示すように、米国における小学生に対するコンピューショナルシンキング育成学習として次の内容があげられている。すなわち、「一般化」と「コンピュータの適応範囲」がそれである。その具体的内容は表の通

りであり、「解法の類似性と差異を特定し、問題解決に利用」し、「コンピュータと人間の得意な作業を認識する」ことである。このことを次のように、「コンピューショナルシンキングでは、問題解決能力に関してプロセスに加えて思考方法を重視し、それを抽象化、デコンポジションやモデル化等の、プログラマがコンピュータのシステム開発で実際に使用してきた具体的な能力で定義した」と述べている。この定義と、文部科学省が意図しているコンピュータ的思考と表現されている教育目標がほぼ一致していることから、コンピュータ的思考がコンピューショナルシンキングの一部を指すことは明らかである。

同時に前章で示した文部科学省の資料にあった、「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¹⁸⁾」がなぜ必要なのかという議論の意味がより明確化してくる。

また同資料では、「イングランドのように新たに教科を設置する対応だけではなく、フィンランドのように教科横断的に実施する国、韓国のように既存の教科の中で対応する国なども見られる」として、教科横断型の取り組みについて一考を要することが述べられている。このことから、将来的には英国の情報教育カリキュラムとは一線を画するものにしていきたいとの意図をくみ取ること

表1-2 コンピューショナルシンキング学習の英 (UK)・豪 (AU)・米 (US) 比較

分類項目	UK		AU		US		学習内容(一部抜粋)
	初	中	初	中	初	中	
(1) コンピューショナルシンキング							
抽象化	○			○		○	抽象化を使用し、問題を下位問題に分解する。
デコンポジション	○			○		○	問題を分解し、個々の部分の解決方法を作る。
一般化	○	○	○		○	○	解法の類似性と差異を特定し、問題解決に利用する。
モデルとシミュレーション						○	自然現象の表現と理解のためにモデルを使用する。
ユーザエクスペリエンス			○	○			デジタル機器のユーザインタフェースを設計する。
コンピュータの適応範囲	○	○			○	○	コンピュータと人間が得意な作業を認識する。

(出所：太田 剛他、「諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査」、日本教育工学会論文誌 40(3)、197-208、2016年)より抜粋

17) 太田 剛、他、「諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査」、日本教育工学会論文誌 40(3)、197-208、2016年、より引用。

18) 文部科学省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、前掲資料より引用・編集

ができよう。

その背景にあるのは、ビジュアル言語によるコンピュータ的思考力の育成プログラムの妥当性及び指導教員の配置に関する課題が残されている点であろう。例えば、問題解決学習としては、次のような過程を経ることが一般的である。すなわち、(1) 主題に関する情報収集、(2) 主題に関する問題提起、(3) 仮説の立案(提案)、(4) 仮説の立証(結論)といったプロセスを経たのち、PDCA サイクルを用いながらグループワークを反復していくことで、いわゆる「生きる力」が育成される。

しかしながら、ビジュアル言語学習においては、様々な命令(処理ブロック)を組み立てながら一連の命令(プログラム)をコンピュータに与えていく過程で、フィードバックされるのは処理が論理的に妥当でない場合に発生する論理エラー(処理結果の誤り)のみである。それをデバッグしていく際に得られる知見、換言するならばトライ&エラーの結果、所定の処理を完結させるアルゴリズムを見出す作業履歴が、プログラミング的思考が追及する「一般化」に結びつくのか否かは検討の余地を残すところであろう。

ビジュアル言語には表面的に登場しないまでも、背後で実行される命令群とその組み合わせは極めて多岐にわたる。従って、それらの組み合わせも無尽蔵に存在し、あるプログラムが行わせようとする処理に対して、複数のアルゴリズムが存在し得る。このことについて先の文部科学省資料では、次のように述べている。「子供たちが、情報技術を効果的に活用しながら、論理的・創造的に思考し課題を発見・解決していくためには、コンピュータの働きを理解しながら、それが自らの問題解決にどのように活用できるかをイメージし、意図する処理がどのようにすればコンピュータに伝えられるか、さらに、コンピュータを介してどのように現実世界に働きかけることができるのかを考えることが重要になる¹⁹⁾。」

すなわち、子供たちの独創性を生かす取り組みが求められているが、それと同時に次のようにも指摘している。「楽しく学んでコンピュータに触れることが好きになることが重要であるが、一方で、楽しいだけで終わっては学校教育としての学習成果に結びついたとは言えず、子供

たちの感性や学習意欲に働きかけるためにも不十分である。学習を通じて、子供たちが何に気づき、何を理解し、何を身に付けるようにするのかといった、指導上のねらいを明確にする必要がある²⁰⁾。」

このような指導を可能とするためには、細かな観点別学習評価基準が周到に準備される必要がある。また、その指導目標を的確に理解し得る指導者の育成が同時に必要となることは言うまでもない。従って、多くの関連資料中にそれらが最も重要な課題として頻繁にあげられているのは至極当然である。仮に指導目標や指導内容が明確化したとしても、それに伴う指導環境の整備及び指導者の育成は今後の課題として残されざるをえない。とりわけ、児童の個別的理解や教科間の学習環境、指導教員の育成、学校間の取り組み等々の状況に関して大きな差異が生じることは容易に予想される。

これらの諸問題を回避するためには、その受講体制においては異年齢混交学習環境を整え、クラス編成としては習熟度別編成をとることをここでは提言する。その理由としては、初等教育における情報教育そのものが特定教科に限定されていないことから、教科横断型の取り組みを想定している点があげられる。児童の理解レベルに差異が生じる一方、他方では、指導教員にも指導レベルの格差が想定される。本稿のはじめに述べたように、文部科学省では総合的学習の時間等を、情報教育の場に活用する構想を持っている。その際に、教員の指導力と児童の理解力をマッチングさせるには、学年や学習進度の束縛をなるべく受けない環境を整備することが望ましい。

諸外国の取り組みで多くの場合着目されるのは、PISA調査の各項目で常に上位にいるフィンランドである。しかしながら、フィンランドと我が国の教育を比較する上で、最も状況がかい離しているのが教員研修の状況であろう。総務省によれば「フィンランド、トゥルク市の教育 ICT 支援メニュー教員研修・教員支援体制においては、教員にも 1 人 1 人に個性があり、それぞれに合った ICT 活用のあり方は異なるという考えの下、トゥルク市では、個々の教員に合った ICT 活用方法を見つけるための支援に力を入れている。具体的には、PC 操作等のごく基本的なレベルのメニューから発展的なメニューまで

19) 文部科学省前掲資料より引用・編集

20) 同上資料より引用・編集

の幅広い研修を提供し、教員が様々な ICT 活用方法に触れる中で自分に合った方法を見出せるよう支援している²¹⁾。」との報告がなされている。それに対して我が国の場合、平成26年度中に ICT 活用指導力の各項目に関する研修を受講した教員の割合はわずか34.7%に過ぎない。

また、文部科学省、「学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果」では、コンピュータを使って教科指導が出来る教員の割合は小学校85.6%、中学校71.3%、高校67.3%とすべての教員が ICT を利用して指導できるという目標には到達していない²²⁾。それに対して、フィンランドでは、レベル1と呼ばれる研修をほぼすべての教員が受講し、2004年に出された国家情報化戦略においては、2007年までに75%以上がレベル2を達成することが新たに定められている²³⁾。

従って、教員研修の実態に相当の開きがあり、単純に我が国とフィンランドの初等教育における情報教育の体制比較を行うことは困難である。次にフィンランドに次いで、高い評価を受けているオランダの情報教育に目を向けてみる。すると、オランダの教員研修の実態は我が国に比較的似ている。一例としては、教育用コンピュータ整備率であるが、フィンランドは3.5人/台であり、我が国は6.5人/台とかなりの開きがあるのに対して、オランダは5.0人/台である。それにも関わらず、学校外でコンピュータを用いて宿題に取り組むとした生徒の割合はOECD 平均で66.5%、最も高いオランダでは79.6%で、ICT を活用して学校・家庭間を結ぶ学びが一般化しつつある。一方で日本の割合はわずか8.1%であった²⁴⁾。

このように高い評価が得られているオランダの情報教育において、特筆すべき取組みの一つがステイブ・ジョブズ・スクールのそれである。ステイブ・ジョブズ・スクールはオランダの非営利団体 O4NT (education for a new era) が設立・運営する初等教育学校(4~12歳対象)で、2013年8月に最初の7校が開校し、2014年

10月には22校まで広がっている。1人1台の iPad を活用し、個に応じた学習・指導を実践するオルタナティブスクールとして世界の注目を集めている。

ここで富士通総研による当スクールに関する報告を以下に引用する。すると、「ステイブ・ジョブズ・スクールでは学年の概念がない。異なる学年の子供たちが集まったホームルームがあるが、決まった教室や座席は無く、各自が学習目標とスケジュールを立てて自主的に学習を進めるのが基本となっている。iPad を使った個別学習が中心であるが、グループ学習や校外学習など子供同士の協働や身体を使った学びも取り入れて学習が進められる。目標・スケジュールは6週間に1度の児童・教員・保護者の話し合いを通じて、個々の特性や進捗に応じて設定される。iPad を用いて時間と場所の制約なく学習が可能であるため、登校時間や登校日も各家庭の事情に合わせて柔軟に設定可能となっている。また iPad 上での学習の記録は全てクラウド上に保存され、進捗状況をシステム上で随時確認できるため、教員や保護者がそのデータを基に子供のサポートに当たっている²⁵⁾。」との報告がなされている。

さらに、山田はこのスクールを次のように総括している。すなわち、ステイブ・ジョブズ・スクールの最大の特徴は、異年齢混交・習熟度別のワークショップが授業の基本になっていることである²⁶⁾。それによって、時間割を児童が自分で作り、学習内容にあった教室が準備されている。また、異年齢の集団でクラスを作ると同時に、実社会を教材に、探究する学びを展開してきたことも、オランダの教育実践の特徴である。我が国の情報教育が直面する教科横断型カリキュラムの編成については、総合的学習の時間を当てることの用途については、内容面での検討についてはこのスクールの取り組みは示唆に富んだものであると言えよう。

また、指導者育成の観点では上述したような異年齢混

21) 総務省情報流通行政局情報通信利用促進課、「平成26年度 教育分野における先進的な教育分野における先進的な教育分野における先進的な ICT 利活用方策に関する調査研究報告書」、平成27年3月より引用・編集

22) http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/18/07/06072407.htm、〈平成29年7月9日検索〉より引用・編集

23) 松下慶太、「フィンランドにおける教師の ICT 活用スキル研修」、コンピュータ&エデュケーション、Vol. 22 (2007) p. 64-69、より引用・編集

24) 株式会社富士通総研「教育分野における先進的な ICT 利活用方策に関する調査研究報告書」、平成27年3月、引用・編集

25) 株式会社富士通総研、前掲報告書より引用。

26) 山田聰、「未来教育会議オランダ・スタディツアー・レポート Vol.1」、未来教育会議、2015年、<http://miraikk.jp/cat-01/712>、〈平成29年7月9日検索〉参照

交・習熟度別の編成により指導者および児童の到達状況を加味したワークショップが実現できることが示されている。無論、BYOD (Bring your own device) についての教育環境には、諸外国と我が国を比較した場合、大きな開きがあることは否めない。従って、クラス編成以外の点に関して検討すべき課題は多く残されている。

4. おわりに

本論文では、はじめに平成32年より小学校においてもプログラミング教育が必修化される旨の発表について述べた。文部科学省によれば、プログラミングの教科化は行われず、プログラミング的思考の育成を目指すことが示された。しかし、一般には小学校にもプログラミング教育が導入されるかの風潮を高めることとなっており、プログラミング的思考についての考察の必要性を指摘した。

次に本稿の「2. 初等教育におけるプログラミング教育」においては、民間で取り組まれている児童向けプログラミング教育の実態について考察した。すると、その動向としてはビジュアル言語による教育が主流を占めていることが明らかとなった。また、そのような教育の長所、短所について触れ、論理的思考力の育成とアルゴリズム学習との間の相関性について疑問を呈した。その上で、文部科学省が重視しているプログラミング的思考の育成について、より考察を深める必要性を指摘した。

本稿「3. 異年齢混交・習熟度別授業による指導」では、高等学校共通教科「情報」のこれまでの取り組みを

概観し、文部科学省においては情報の科学的理解と問題解決のための論理的思考力を育成目標としていることを確認した。その点に関連して、欧米で注目されている「コンピューショナルシンキング」が、我が国で言うプログラミング的思考とほぼ同義である点を明確化した。詳しく定義するならば、コンピューショナルシンキングはプログラミング的思考より幅広い考え方とも言われているが、プログラマの思考法を非プログラマが学び問題解決に役立てる、という考え方は両者は一致していることを指摘した。

次に、そのような教育を小学校段階で行う上での隘路となる、指導内容の検討及び指導教員の育成の問題について述べた。そこで、本稿では異年齢混交学習と習熟度別クラス編成の必要性を、主要な提言として唱えるに至った。初等教育におけるプログラミング的思考の育成にとって、これらの手法が第一義的に取り組まれるべきである。その理由として、初等教育において先行的にプログラミング教育に取り組んでいるオランダでの実践例をあげた。すなわち、スティーブ・ジョブズ・スクールの取り組みに着目し、先述した我が国で予想される諸問題をいち早く回避している点について述べた。

それによって、個々の児童の習熟度の差異の包含や、指導内容の可変の設定が可能となることを本稿では明らかにした。しかしながら、情報教育の環境整備の面、指導者育成の具体的研修体制、教科横断の情報教育の指導教材の作成等についての検討は、今後の課題として残されている。