

[論文]

日米英の情報教育政策等から考察する将来を見据えた
IT 人材育成について

— 初等中等教育における ICT 教育を中心に —

浅 井 宗 海
佐 藤 修
譚 奕 飛

- 〈目 次〉
1. はじめに
 2. 日本の IT 人材育成の方向性
 3. アメリカでの情報教育の政策と現状
 4. イギリスでの情報教育の政策と現状
 5. おわりに

1. はじめに

文部科学省は、「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議」（以下、有識者会議）を開催し、平成28年（2016年）6月にこの会議での議論をとりまとめ¹⁾、公表した。その結果を受け、中央教育審議会は、平成28年（2016年）12月の答申「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」²⁾で、小学校でのプログラミング教育必修化を打ち出した。そして、その答申を受け、文部科学省は平成29年（2017年）3月に公示した小学校学習指導要領³⁾の総則の中に、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を実施するという内容を盛り込んだ。以上が、小学校でのプログラミング教育が必須化に至る経緯である。

小学校にプログラミングに関する学習活動を導入した意図について、有識者会議のとりまとめに基づき、中央教育審議会は、上記の答申の中で「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「プログラミング的思考」などを育むプログラミング教育を通じて、身近なものにコンピュータが内蔵され、プログラミングの働きにより生活の便利さや豊かさがもたらされていることについて理解し、そうしたプログラミングを、自分の意図した活動に活用していけるようにすることもますます重要になっている」と述べている。この記述から分かるように、このプログラミング教育は、プログラミング言語の習得という従前から行われていたプログラミング教育ではなく、ICT（Information and Communication Technology）を自分の活動に役立てるために必要な普遍的に求められるプログラミング的思考などの基礎能力（以下、普遍的なプログラミング基礎力）の育成と捉えるべきであろう。

ところで、小学校でのプログラミング教育必修化は決

定したが、これまでの発表では、そのプログラミング教育を、小学校において、どのような内容で、どのような知識・能力を、どのような体制と設備で育成していくかといった課題について、明確にしていなかった。そこで、文部科学省は、これらの課題を払拭すべく、平成30年（2018年）3月に「小学校プログラミング教育の手引き（第一版）」を発表し、平成30年（2018年）11月に、若干の充実を図った「小学校プログラミング教育の手引き（第二版）」⁴⁾を発表した。この手引きでは、プログラミング教育での指導例を示してはいるものの、育成すべき資質・能力についての記載は、有識者会議が示した内容の解説に止まっており、資質・能力を詳細化したものは示していない。また、その資質・能力をどのように評価するかという記載については、「プログラミングを実施したからといって、それだけを取り立てて評価したり、評定をしたりする（成績をつける）ものではありません」と書いており、残念ながら、プログラミング独自の能力評価については求めないという記載になっている。

プログラミング教育が教科として取り入れられたわけではないため、そのような記載になったのではと思うが、普遍的なプログラミング基礎力の育成という目的で始まったプログラミング教育について、その学習評価を他科目の評価基準だけに委ねることで良いのだろうか。科目横断的な能力であれば、個々の科目の中に、その能力を評価する尺度を組み込むことも検討できるのではないだろうか。このままでは、せっかく導入したプログラミング教育の効果を確認することもできず、プログラミング教育を導入した意義が失われかねないと、危惧する。

なぜなら、小学校のプログラミング教育は、中学校の技術・家庭科、高等学校の情報科へと引き継がれていくことになる。このとき、小学校でのプログラミング教育の効果が曖昧なままであれば、中学校で行うプログラミング教育において、小学校での学習を前提として考えることができない。ということは、中学校からプログラミング教育を始めることとの差違が確認できないことにな

1) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm <2018年10月23日検索>

2) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo_0/toushin/_icsFiles/afiedfile/2017/01/10/1380902_0.pdf <2018年10月23日検索>

3) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2018/09/05/1384661_4_3_2.pdf <2018年10月23日検索>

4) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf <2018年11月26日検索>

る。であれば、あえて現場の混乱を招いてまで、小学校からプログラミングを開始する意義があるのだろうかといった議論にもなりかねない。

また、今回の中央教育審議会の答申では、「教える」から「学ぶ」への教授学習パラダイム転換という、大きな教育方針の転換がなされた。そして、この転換により、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けて、アクティブ・ラーニングという子供たちが主体的に学ぶ学習方法の導入が強調されている。そして、この学びの転換によって重要となるのが、従前の到達度評価一辺倒の評価から、子供たちの学習経過を捉えるための形成的評価へのシフトである。特に、アクティブ・ラーニングでは、形成的評価の一つであるパフォーマンス評価⁵⁾が有効とされている。当然、小学生のプログラミング教育も、プログラミングを経験的に学ばせるというアクティブ・ラーニングによる学習活動が想定される。ということは、その学習活動での子供たちの学習状況を評価するために、パフォーマンス評価を導入すべきではないだろうか。そうすれば、プログラミング教育を取り入れた他科目の評価基準だけに委ねるのではなく、プログラミング学習に即した学習評価を実施することができると思う。

この問題意識から、「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」と題した研究を開始し、パフォーマンス評価に欠かせない、プログラミング教育で育成すべきコンピテンシーの構築を目指すことにした。そして、その手始めとして、普遍的なプログラミング基礎力とは何かを探るため、国内外で既に実施されている IT (Information Technology) 人材に関する調査や情報教育の動向を調べることにした。

2. 日本の IT 人材育成の方向性

先の中央教育審議会答申「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」は、日本の初等中等教育についての今後を示す指針である。そして、この答申では、教育方針の中核に資質・能力の三つの柱を据えた。これは、1) 何を知っているか、何ができるか（個別の知識・技

能)、2) 知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等)、3) どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか（学びに向かう力、人間性等) というように、育成すべき資質・能力の要素を三つに分類したものである。そして、この考え方は、ATC21S (Assessment and Teaching of Twenty-First Century Skills Project) の21世紀型スキル、CCR (Center for Curriculum Redesign) の枠組み、OECD の新たな展開である2030年の教育など、21世紀型能力といわれる世界的な潮流と一致している。

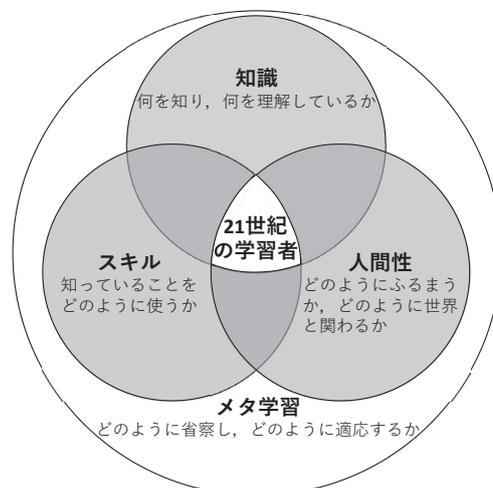


図1 CCRの枠組み⁶⁾

図1は、CCRの枠組みを図示したものである。この図からも、資質・能力の三つの柱の1)は図中の「知識」、2)は「スキル」、3)は「人間性」に対応することが分かる。そして、本研究が対象とする普遍的なプログラミング基礎力、すなわち、ICTを自分の活動に役立てるために必要な普遍的に求められるプログラミング的思考などの基礎能力では、知識だけではなく、特に、知識をどのように使うかというスキルが重要になる。そこで、目的とするコンピテンシーを構築する際には、ICTに関する知識をどのように使うかというスキルの観点を明確にしておくことが必要である。したがって、本稿で取り扱う内外の調査では、この観点を、特に中心に探ることにする。

(1) 日本の IT 人材に関する調査及び動向

日本の IT 人材については、独立行政法人情報処理推

5) 松下佳代 (2012) 「パフォーマンス評価による学習の質の評価」 京都大学高等教育研究第18号、pp.75-114

6) C. ファデル他著、岸学他訳 (2016) 「21世紀の学習者と教育の4つの次元」 北大路書房

進機構（以下、IPA）が毎年の調査を白書として公表している。その2018年版が『IT 人材白書2018』⁷⁾である。この調査の中に、IT 人材が属する IT 企業の業種に関する調査があり、約70%の人材が受託開発ソフトウェア業に就いているという結果が報告されている。すなわち、日本の IT 人材の大部分は、顧客の要求に対してソフトウェアを開発するという、顧客の問題解決のための設計、プログラミング及び実装の仕事に従事しているということになる。

ただ、今日、IoT（Internet of Things）や AI（Artificial Intelligence）といった ICT の急激な進展により、現実社会の出来事が、実空間と仮想空間の隔たりのない空間での事象として拡張している現状を捉え、第四次産業革命や Society5.0といった言葉が叫ばれている。そして、これらの ICT による革新を図っていくためには、ICT 人材には問題解決力だけでなく、イノベティブな力が求められる。

事実、産業構造審議会情報経済分科会人材育成 WG は、図 2 に示す能力を有した人材像を、次世代高度 IT 人材像と定義し、平成24年（2012年）9月14日に報告書⁸⁾を公表した。この図から分かるように、次世代高度 IT 人材像では、従来からの ICT を問題解決に活用するための知識と能力（IT 関連能力）に加え、新たな事業・サービスを生み出すことのできる事業創造能力を追加した。そして、この事業創造能力の中で、共通に求められる能力（共通能力）として、(1) 既存の価値観にとらわれない自由な思考力・発想力、(2) 多様性や異なる価値観に対する受容性・理解力、(3) 社会的課題や業務課題に対する問題意識、(4) 現状変革・貢献指向、(5) 協業・連携指向、(6) 未来ビジョン構想力を挙げている。

先の IPA の調査でも、IT 企業の事業を、これまでの課題解決型に加え、価値創造型という事業を定義し、今後、どちらの事業が拡大するかというアンケートを採っている。その結果は、課題解決型と比べると価値創造型が若干拡大傾向にあるとなった。特に、その傾向は従業員が1,000名以上の IT 企業で顕著であった。また、それぞれの事業における IT 人材不足についても、アンケートを採っている。その結果は、どちらの事業も人材が不

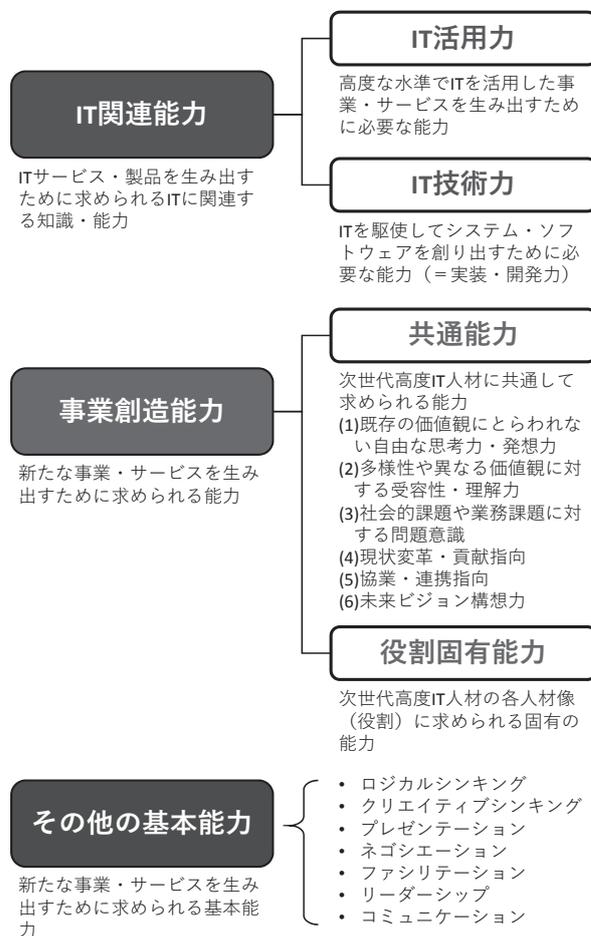


図2 次世代高度 IT 人材に求められる能力
(出所:産業構造審議会情報経済分科会人材育成 WG 報告書 p.14)

足しているが、特に、価値創造型に関わる人材の不足が深刻であった。

そして、この調査では、課題解決型と価値創造型に関わる人材に求められる能力として、現状の IT 技術者の質として不足している能力についてもアンケートを採っている。その結果は、図 3 に示すように、価値創造型に関わる人材では、特に、「問題を発見する力（探索能力）・デザイン力」、「新しい技術への好奇心や適用力」、「独創性・創造性」が求められているが、不足しているとなった。これらの求められているが不足している能力については、先の事業創造能力での共通能力として示された要

7) <https://www.ipa.go.jp/jinzai/jigyuu/about.html> <2018年9月10日検索>

8) http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/jouhoukeizai/jinzai/pdf/report_001_00.pdf <2018年9月10日検索>

素との類似性が高いことが分かる。これらのことから、将来を見据えた IT 人材育成を考えると、これらの能力開発も念頭に置いて検討する必要がある。

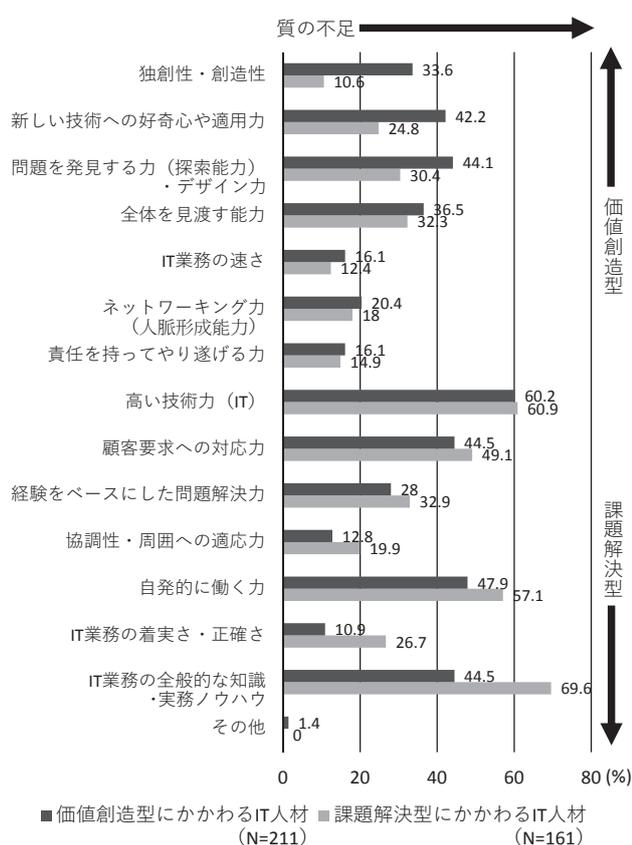


図3 IT企業の実務者層に不足している質
(出所：IPA「IT人材白書2018」p.47)

(2) 新学習指導要領における情報教育の考え方

将来を見据えた IT 人材像に関する指針や調査結果から、問題解決能力に加え、新たな価値を創造できる能力が求められていることが分かった。それでは、初等中等教育において育成すべき情報に関する資質・能力は、どのように扱われているのであろうか。先の中央教育審議会答申は、その力を“情報活用能力”として定義しており、三つの柱での思考力・判断力・表現力等、すなわち、スキルについて、「様々な事象を情報とその結び付きの視

点から捉え、複数の情報を結び付けて新たな意味を見いだす力や、問題の発見・解決に向けて情報技術を適切かつ効果的に活用する力」と定めている。このことから、初等中等教育でも、問題解決力に加え、新たな意味を見いだす力が重視されていることが分かる。なお、小学校でのプログラミング教育は、この情報活用能力の育成の中に含まれている。

それでは、この情報活用能力の育成方針に従って、小学校、中学校、高等学校での情報教育で養うスキルはどのような内容になっているかについて、平成29年3月と平成30年3月に公示された各学習指導要領での記載を見てみることにする。小学校では、前述の通り、情報に関する教科は設けられていないが、従来の教科の中でプログラミング教育を導入することになり、その中で育成すべきスキルとして論理的思考力が挙げられている。中学校では、これまで通り技術・家庭科⁹⁾の中で情報教育が行われるが、現行の学習指導要領にスキルに関する記述が複数追加された。例えば、「問題を見いだして課題を設定し、使用するメディアを複合する方法とその効果的な利用方法等を構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること」といった記述のように、育成すべきスキルとして問題解決力が示された。

高等学校の情報教育についても、これまで通り情報科¹⁰⁾が設定されているが、「情報Ⅰ」と「情報Ⅱ」という二階層の科目構成に変更となり、一階層であった従来の科目構成よりも内容が強化された。そして、「情報Ⅰ」で育成すべきスキルについては、「様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的に活用する力を養う」と記述されている。「情報Ⅱ」で育成すべきスキルについては、「様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的、創造的に活用する力を養う」と記述されている。これらの記述から、「情報Ⅰ」と「情報Ⅱ」では、ともに育成すべきスキルとして問題解決力があり、「情報Ⅱ」では、それに加えて創造力の育成が求められていること

9) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1384661_5_4.pdf
<2018年9月10日検索>

10) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/11/1384661_6_1_2.pdf
<2018年9月10日検索>

が分かる。

以上のことをまとめると、初等中等教育における情報教育で養うべきスキルとしては、小学校での論理的思考力から始まり、問題解決力に進み、さらに、創造力へと段階的に育成していく設計になっていることが分かる。そして、この学習指導要領が示す、問題解決力から創造力へと展開していくスキルの育成は、次世代高度 IT 人材像に求められるスキルとも一致していることが分かる。したがって、普遍的なプログラミング基礎力を検討する場合には、これらの展開を視野に入れて設計する必要があるだろう。

3. アメリカでの情報教育の政策と現状

(1) 推進組織

① 情報技術者の不足

日本と同様に米国でも、IT 技術者の不足が予測されている¹¹⁾。米国では IT 技術者の不足が50万人に達する。この数字は2016年の米国大学 CS (Computer Science) 学部卒業生総数の10倍にもなる¹²⁾。因みに日本での IT 技術者の不足は2016年には17万人であった¹³⁾。このため米国政府も産業界も日本と同様に、現在および将来の IT 技術者不足を解消するために、IT 技術者のより積極的な育成を目指して、初等教育からプログラミング教育を導入しようとしている。

② CS 教育推進活動

米国でプログラミング教育の普及を目的とするこのような団体の一つとして Code.org¹⁴⁾がある。Code.org は初等中等教育における CS カリキュラムガイド (CS Discoveries Curriculum Guide)¹⁵⁾を策定して発表した。

CS 分野の代表的な学会である ACM (Association for Computing Machinery) は上記の危機感から、Code.org を含む関連5団体と合同で、初等教育からの CS 教育の全体的枠組み (K-12 Computer Science Framework) を2003年に開発した¹⁶⁾。上記の枠組みは恒常的に改訂されており、初等中等教育で表1に示す5つの中核概念及び7つの中核実践を教育することを提案している。

CS 教育の全体的枠組みでは、以下の4期のそれぞれについて教えるべき内容を表1の項目毎に示している。

- ・ 幼稚園上級 (5歳) から2年生 (7歳)
- ・ 3年生 (8歳) から5年生 (10歳)
- ・ 6年生 (11歳) から8年生 (13歳)
- ・ 9年生 (14歳) から12年生 (17歳)

初等教育を担当する教員の側でも、CS 教育を普及させようとする団体 CSTA (Computer Science Teachers Association)¹⁷⁾を ACM が2004年に設立して、CS 教育を初等中等教育現場へ普及しようとしている。CSTA は今日では145か国に2万5千人の会員を持つ世界的な組織になっている。

表1 CS 教育の中核概念と中核実践

中核概念	1. コンピュータシステム 2. ネットワークとインターネット 3. データと分析 4. アルゴリズムとプログラミング 5. コンピュータの影響
中核実践	1. 包括的なコンピュータ文化の育成 2. コンピュータによる協働 3. コンピュータでの問題の認識と定義 4. 抽象化概念の開発と利用 5. コンピュータ人工物の創造 6. コンピュータ人工物のテストと精緻化 7. 計算についてのコミュニケーション

11) Adams, J.C. (2016) "US-BLS: Computing Employment Outlook Remains Bright", April 30, Blog@CACM, <https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/201784-us-bls-computing-employment-outlook-remains-bright/fulltext> <2018年12月1日検索>
 12) Prachi Patel (2017) "More Teachers, Fewer 3D Printers: How to Improve K-12 Computer Science Education" IEEE Spectrum, October 2, <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/at-work/education/what-500-million-could-mean-for-k12-computer-science-education>. <2018年12月1日検索>
 13) 経済産業省 (2016) 「IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」, <http://www.meti.go.jp/press/2016/06/20160610002/20160610002.html> <2018年12月1日検索>
 14) <https://code.org/> <2018年12月1日検索>
 15) https://docs.google.com/document/d/1hzG2yKUrVXKGq_ee0E1fAyxbzRL_8-bbldgyLG7m_X4/preview# <2018年12月1日検索>
 16) K-12 Computer Science Framework (2016) Retrieved from <http://www.k12cs.org/> <2018年12月1日検索>
 17) <https://www.csteachers.org/> <2018年12月1日検索>

CS 教育は数理 (STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育との関係も深いので、STEM 教育を推進する団体である MNSI (National Math and Science Initiative)¹⁸⁾との連携によって、STEM 科目との連携・応用により教育現場への浸透を目指している。

CSTA は上記の全体的枠組みを発展させて、プログラムを充実・詳細化したカリキュラム標準 (CSTA K-12 Computer Science Standards) を 2011 年に制定し、更に 2017 年には改訂版を発表して、幼稚園児 (5 歳) から高等学校最終学年 (18 歳) までの教育プログラムを提案している¹⁹⁾。

(2) 現状

① 米国の政府と産業界の積極的投資

米国の政府と産業界は、CS 教育を普及させるために、積極的な投資をしている。産業界は 5 年間で総額 3 億ドルを提供すると公表した。米国教育省 (Department of Education: DoE) は、CS 及び STEM 教育に毎年 2 億ドルを支出することを目指す²⁰⁾。

以上で総額 13 億ドル (およそ 1,430 億円) になる。しかし米国全体では高等学校はおよそ 31,700 校、小学校がおよそ 67,000 校ある。各校で一人の教員を夏の CS 教員育成コースに参加させるとそれだけで 6 億 5 千万ドルかかる。13 億ドルの丁度半分になるので、13 億ドルで 5 年間の間に 2 回実施できる勘定になる。5 年で 13 億ドルなので毎年均等に支出すると考えると、一人の教員を育成する夏の研修費を毎年 4 割の学校に提供できる²¹⁾。

② 教員の不足

米国の初等中等教育全体では教員は不足していない。しかし特殊教育 (特別支援学級担当教員) の他、数学・CS・科学等の STEM 科目では、教員不足が恒常的に続いている²²⁾。

上記のように米国政府及び産業界は、CS 教育ができる教員を育成しようとしているが、そもそも全米で CS 教員育成コースが不足している。米国内で CS 教員養成コースは 10 未満しかなく、教員研修各コースに 20 名定員とすると年間 200 名しか現状では CS 教員を輩出できない (Mark Guzdial, 2017b)²³⁾。

Mark Guzdial (2017b) は、13 億ドルでは CS 教育を普及させるための「頭金」にしかならず、定着させるには長期的な視点に基づく根本的な制度改革、例えば大学の教育学部での CS 教員育成制度の充実 (CS 教員を育成する講座の増設) 等が必要であると主張している。

③ 地方政府の対応の遅れ

特に地方政府 (州) では、CS 教育プログラム採用が遅れている²⁴⁾。2016 年時点で CS 教育標準 (前記) を採用したのは 6 州²⁵⁾、2017 年 10 月時点で 50 州のうち CS 教育標準 (前記) を採用したのは 10 州、検討中が 10 州である。高校で CS 教育を選択科目に採用したのは 33 州、必修にしたのは 1 州 (検討中が 2 州) だけである。

MassCAN et al., (2017) は上記の状況に鑑み、州の実施すべき 10 の優先政策を示して、その州別実施状況を集計・報告し、導入成功のポイント、導入時の課題等を紹介している。

18) <http://www.nms.org/> <2018年12月1日検索>

19) CSTA (2017) 2017 CSTA K-12 Computer Science Standards, <https://www.csteachers.org/page/standards> <2018年12月1日検索>

20) Cecilia Kang (2017) "Tech Firms Add \$300 Million to Trump Administration's Computer Science Push" September 26, <https://www.nytimes.com/2017/09/26/technology/computer-science-stem-education.html> <2018年12月1日検索>

21) Mark Guzdial (2017) "How Much CS Ed Will \$1.3B Buy You? Not Enough to Reach Every U.S. School, Nor Every Child", *Communications of the ACM*, September 27, <https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/221427-how-much-cs-ed-will-1-3b-buy-you-not-enough-to-reach-every-u-s-school-nor-every-child/fulltext> <2018年12月1日検索>

22) Debra Viadero (2018) "Teacher Recruitment and Retention: It's Complicated" Education Week, December 1, <https://www.edweek.org/ew/articles/2018/01/24/teaching-shortages-many-answers-for-a-complex.html> <2018年12月1日検索>

23) Mark Guzdial (2017b) "Unpacking models of what the \$USD1.3B might achieve in Computing Education: We need long-term vision and will" October 4, <https://computinged.wordpress.com/2017/10/04/unpacking-models-of-what-the-usd1-3b-will-achieve-in-computing-education/> <2018年12月1日検索>

24) Prachi Patel, 2017 前掲

25) MassCAN et al., (2017) State of the States Landscape Report: State-level policies supporting equitable K-12 computer science education, https://code.org/files/State_of_the_states.pdf <2018年12月1日検索>

予算や合意形成等、多様な実施障害の中でも、前記のように CS を教育できる教員の不足が最大の問題である。しかしこれは、下記の理由により今後さらに悪化が懸念されている。

- ・現在の CS 教員の定年退職
- ・若い CS 技術者は教育には行かない（技術者として企業でもっと稼げる）

Code.org の Yongpradit は CS 教育を担当できる教員の育成に資金を使うべきであると主張している (Prachi Patel, 2017 前掲)。

(3) 米国での実地調査結果

筆者の一人は2018年11月に、初等・中等教育への CS 教育普及を目標とする米国某団体支部の紹介で、米国大都市の郊外にある某小学校におけるプログラミング教育を見学し、プログラミング教育の担当教員及びその団体職員にインタビューを実施した。以下はその結果の要旨である。

その小学校では4年次（10-11歳）から Scratch プログラミングを教育している。上記の教員や団体職員は、前記の Code.org や CSTA のシラバスが幼稚園からの教育カリキュラムを提案していることは知っていた。しかし多くの小学校にはプログラミングを教育できる教員が一人もいない。そもそも STEM 科目を教える教員が不足しているので、これらの教員に CS 教育も分担させることはできない。

上記団体はインタビューした同小学校に対して非常勤講師（同団体職員）を派遣し、上記の教育を行っている。同団体は夏休みにプログラミング教育指導者コースを開設し、プログラミング教育ができる小・中・高等学校教員の育成を推進している。しかし、担当地域の学校数が多いために、各校に一人のプログラミング教育担当教員を育成するという目標に、実際が追い付かない状況である。

同団体職員は STEM 教育と CS 教育との連携も考えている。しかしこれは将来の目標で、現在の目標はプログラミング（又は CS）教育を目的とする授業の開講と、

これに必要な教員の育成である。上記小学校の場合には、Scratch を実習で教え、生徒の理解度をクイズ（小テスト）への回答から採点して、生徒の成績評価としている。

地域には多数の小・中・高等学校があり、学校間の格差が大きい。優れた学校ではプログラミング教育担当教員が配置されて上記のようなプログラミング教育を実施している。しかし多くの学校には CS 教育ができる教員がおらず、上記団体は各校に一人の CS 専門教員を配置することを目標に、既に5年間の活動をしている。

4. イギリスでの情報教育の政策と現状

イギリス (UK: United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) では、イングランド・ウェールズ・北アイルランドの3つの地域（非独立国）における教育制度は大差がないが、スコットランド地域の教育制度は他の3つの地域とは大きく異なっている。ここでは、主にイギリスの人口の80%以上を占めるイングランドにおける情報教育の状況を説明する。イギリスは、2013年9月にナショナルカリキュラムを公表し、2014年9月より、義務教育（5～14歳）の公式カリキュラムにプログラミング教育を含む「Computing programmes of study」（コンピューティングプログラムの学習。以降、教科 Computing と呼ぶ）という新教科を導入しており、G20の経済的上位国の中で、先駆けてプログラミングをイングランド全域の公立学校でのカリキュラムの中核に位置づけた。

(1) 教科 Computing の構成、教育目的と理念の形成

教科 Computing は、CS (Computer Science)、IT (Information Technology)、DL (Digital Literacy) の3つの柱で構成されており、プログラミングは主に CS を学習し、理解するための1つのプラクティカルワークとして扱われている²⁶⁾。

2013年9月に公表したナショナルカリキュラムの教科 Computing の章²⁷⁾において、情報教育の目的を、次のように説明している。

26) 文部科学省 (2015) 「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究報告書」文部科学省平成 26 年度・情報教育指導力向上支援事業、http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming_syogaikoku_houkokusyo.pdf <2018年12月12日検索>

27) Department for Education UK (2013) "National curriculum in England: computing programmes of study", <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study> <2018年12月12日検索>

・質の高いコンピューティング教育は、生徒にコンピューテーショナルシンキング (Computational Thinking) や、世界を理解し、変えていくための創造性を育成する。教科 Computing の中核は、コンピュータサイエンスである。コンピュータサイエンスでは、情報と計算の原理、デジタルシステムの仕組みに関する知識と、プログラミングを通してそれらの知識の活用方法を学ぶ。そして、この知識と理解に基づき、生徒は ICT を駆使して、プログラムとシステムや、さまざまなコンテンツを創造できるようになる。また、教科 Computing では、生徒が将来の職場で能力を発揮できるように、デジタル世界の積極的な参加者として、ICT を活用して自己表現するなどのデジタルリテラシーを身につける。

つまり、イングランドで情報教育の主要な目的の1つは、コンピューテーショナルシンキングを生徒たちに習得させることである。コンピューテーショナルシンキングは、コンピュータサイエンスの知識だけでなく、情報モラル、IT を使って問題を解決するための独特な考え方や解決方法などを指す。

イングランドでは、1990年代からコンピュータの操作方法等の ICT リテラシーを中心に学ぶ教科として「ICT」を義務教育に組み込んでいたが、授業内容が単調で、生徒の勉強意欲を引き起こすことが難しく、教科の在り方について見直す必要があった。また、教科 ICT は設置されているものの、他の教科と比べて存在感が低かった。社会の情報化が一層加速していくなか、産業界から情報分野に関わる人材の育成を求める声があがっていたことも後押しとなり、教科 ICT の教訓を踏まえたうえで、教科 Computing が新設置された。これまでの教科 ICT は、主に Office などのソフトウェアの使い方に重点を置いたが、IT を問題解決するための道具として能動的に応用する力、いわゆるコンピューテーショナルシンキングをあまり重要視していなかった。教科 Computing を教える際に、他の教科の物理や生物学を教えると同様に、生徒に深く考察させたり、論理的に学ばせたりする必要がある。すなわち、生徒たちは、原理と概念を学習すれば物理的な世界や生物学的な世界を理解できるように、コンピューテーショナルシンキングを学習すれば、デジタル世界をより深いところまで理解することができるよ

うになる。

教科 Computing のカリキュラムにおける情報教育とは、単に一部のアプリケーションの操作や使用方法の習得に留まるものではなく、抽象概念、論理、アルゴリズムやデータ表現を含む、コンピュータサイエンスの原理と概念の基礎を理解し、応用できることや、コンピュータのプログラムを書くような実用的な経験を繰り返したり、プログラミング言語を使って論理的に考えたりすることが明文化されている点に留意すべきである。なにより、生徒が学習の中で、コンピュータサイエンスや創造的な活動の面白さに触れながら、思考や創作のツールとして ICT を活用する方法を学んでいくというコンセプトがカリキュラムのなかで強調されている。このように、教科 Computing は、独自の知識体系を有し、生徒たちを独立した学習者・評価者ならびに潜在的新技術の設計者として育て上げる教科である。

(2) 教科 Computing の4つの教育段階

イングランドの情報教育は、4つの段階 (Key Stage 1~4) に分けられ、それぞれのキーステージにおける主な学習内容を次のように規定している。

- ・ Key Stage 1 (5~6歳 (小学1年~2年)) : アルゴリズムの理解、簡単なプログラムの作成とデバッグ、デジタルコンテンツの作成・整理・格納、操作・検索。
- ・ Key Stage 2 (7~11歳 (小学3~6年生)) : 順次実行・繰り返し・条件分岐などの基本構造を使って、特定の目標を達成するためのプログラムの設計、作成とデバッグ。
- ・ Key Stage 3 (12~14歳 (中学1~3年生)) : 現実問題や物理現象の状態と振る舞いのモデル化。同じ問題に対する代替アルゴリズムとの可用性の比較。2つ以上のプログラミング言語を使用して、さまざまな計算問題の解決。
- ・ Key Stage 4 (15~16歳 (高校1年~2年)) : コンピュータサイエンスやデジタルメディア、情報技術に関する活用能力、創造性と知識の開発。問題の分析・解決、設計、計算思考スキルの開発と適用。技術の成長が安全性とプライバシーに与える影響に対する理解。

イングランドにおいて、教科 Computing は独立教科として、小学校から中学校の間 (Key Stage 1~3) で

は週に1時間、高校（Key Stage 4）では少なくとも週に2時間の授業が行われることが一般的である。また、イングランドの小学校などの初等教育では日本と同じように、学級担任制である²⁸⁾ことから、教科 Computing を含むほぼ全教科は基本的に担任の教員が教えることになる。このため、教員はコンピュータサイエンスの知識を学ぶ必要がある。

前述したように、イングランドでは、教科 Computing を必修化する前から、教科 ICT がすでに義務教育のカリキュラムに組み込まれていた。この教科 ICT を担当していた教員が教科 Computing を引き継いで教えている²⁹⁾。ただ、イギリスにおいても、日米と同様に、教科 Computing を担任できる教員が不足している。

(3) 教科 Computing の現状・推進体制と課題

教科 Computing が義務教育化されてから3年間を経過した2017年11月に、イギリスでの学士院に当たるロイヤル・ソサエティは、過去の3年間でイングランドでの情報教育に対する取り組みや事例を調査し、341名の小学校教員と604名の中学校教員からアンケート回答を回収し、分析の結果を報告書として発表した³⁰⁾。この報告書によると、2012年～2017年で、イギリス政府は教科 Computing の担当教員の採用を増やす方針を掲げていたが、目標値の68%しか達成できなかった。また、2012年よりイギリス政府は教科 Computing の担当教員の養成訓練事業のために約150億円を投入してきたが、アンケートに回答した中学校の教員の中の26%は、過去1年間においてコンピューティング関連の専門的な研修活動を一度も受けていないと回答した。

また、報告書では、イングランドでは70%以上の生徒が GCSE³¹⁾のコンピュータサイエンスの教科を提供する学校に通っているが、GCSE でコンピュータサイエン

スを選択した生徒は、全生徒の中でわずか11%に過ぎなかったことを問題視している。特に、教員のコンピューティングに対する知識の豊富さや指導のレベルが、生徒のコンピュータサイエンスに対する興味と感心の度合いに直接的に関係すると指摘されているので、より本物かつ均一な情報教育を生徒に提供するためには、全学校の教員に階層的でかつ継続的なコンピューティング教育を支援する体制を強化する必要があると提言している。そして、教科 Computing の担当教員に、数学や物理などの教科と同等レベルの教育支援を機能的に提供するためには、政府および業界からは今の投資額の10倍以上の資金を調達する必要があると指摘している。

現在、イングランドにおいて教科 Computing の担当教員への支援は、産学官の連携体制を整えており、いくつかの外部団体がその中で大きな役割を果たしている。例えば、CAS（Computing At School）は既存の大学を拠点とし、BCS（British Computer Society, 英国コンピュータ協会）などのコンピュータサイエンス関連の学会の支援をうけて成立したコミュニティである³²⁾。このCASは、コンピュータサイエンスを中心としたコンピューティング教育を、全ての小中学校で、生徒に質の高いコンピューティング教育が提供できるように、教員を支援することを目的としている。CASは、熱心なボランティア活動を基盤とするモデルであり、最小限のリソースで大学研究者と小中学校教員との間で、相互支援的なプラクティカルなコミュニティの構築に成功している。CASをもとに成立した「Network of Excellence」というサブグループは、小中学校の教員を指導するマスターティーチャーを派遣し、草の根的な研修ネットワークを支援している。また、「Barefoot Computing」というグループは、小学校向けの教材と演習素材を提供して

28) 文部科学省（2010）「諸外国の義務教育制度の概要」http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/045/siryo/_icsFiles/afldfile/2012/03/19/1318730_5.pdf <2018年12月12日検索>

29) 神谷加代（2018）「コンピューティング必修化から3年経った英国、報告書に記された5つの課題とは？」https://www.watch.impress.co.jp/kodomo_it/news/1103315.html <2018年12月12日検索>

30) The Royal Society（2017）“After the reboot: computing education in UK schools,” available via, <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/computing-education/computing-education-report.pdf> <2018年12月12日検索>

31) General Certificate of Secondary Educationの略で、16歳で受ける全国統一試験のことである。コースは14歳（Year10）から2年間である。最後に試験を受けて義務教育終了となる。成績評価はA～Uのグレードで評価され、大学進学希望者は、一般的に8～10科目を受験する。教科は選択性である。

32) <https://www.computingatschool.org.uk/>、CASの公式HPには、子供たちにコンピューティングの良質な教育を提供することに情熱を持っている個人のコミュニティであり、専門的かつ実践的コミュニティであると説明されている。2018年12月16日現在、CASには、31,427名のユーザー、4,734本の教材、102,411件の投稿議論と278個のCASローカルコミュニティが登録されている。

いる。それらの教材と演習素材は、CAS のサイトを通じて、無料で提供している。その他に、イギリス教育省に認定された「CAS Research」というグループがあり、教員研究において中心的な役割を果たし、産業界からも支援を受けている。また、この支援により、教科 Computing の授業にゲストスピーカーを呼んだり、生徒たちが IT 企業を訪問したりするような活動を、年 1 回程度の割合で実施する学校が多くある³³⁾。

ロイヤル・ソサエティは、先述の調査報告書において、コンピューティング教育を推進するためには、教育研究の資金提供者、研究者、教員ならびに政策決定者に対して、次の問題解決を図るための戦略計画をまず策定すべきであると提言している。

- ・学校におけるコンピューティング教育のための長期的な研究アジェンダの確立
- ・多くのステークホルダによるコンピューティング教育推進プログラムへのコミットメント
- ・コンピューティング教育研究を推進するための学際的チームの設立と全国的取組。
- ・研究者、教員、そして教員間での知識の効果的な共有

以上のように、イングランドでは新教科 Computing が義務教育へ導入されてから 4 年間あまり経過したが、いまだに様々な問題に直面しながら、改善策を模索している途中にある。教員不足に加え、既存教員へのサポート不足、教員の指導スキルの低さ、生徒の教科 Computing に対する学習意欲の低さ、習熟度や評価に関する指標の不明確さ、等々の課題があがっている。これらの課題に対する取組は、産学官で連携体制をとりながら、CAS などの教育関係団体を中心に進められている。イングランドが抱えるこれらの課題も日本の情報教育が、これから直面する課題でもあると予見できるだろう。

5. おわりに

ここまで、日本、アメリカとイギリスの三国での情報教育の政策と現状について述べてきた。アメリカとイギ

リスでは、既にプログラミングを含めた情報教育が、初等教育から開始されており、内容については、次の点で、日本の情報教育と異なっていた。特に、1)、2) については、小学校でのプログラミング教育との違いが顕著であった。

- 1) 情報教育の中心は、コンピュータサイエンスの教育であり、プログラミング教育は、その一部として取り上げられている。
- 2) 情報教育を独立した授業科目として実施している。
- 3) 情報教育を 5～16、17 歳の間での、継続的で段階的な学習として、カリキュラムを構築している。

日本の小学校で導入されるプログラミング教育は、先述の通り、従来からのプログラミング教育ではなく、ICT を自分の活動に役立てるために必要な普遍的に求められるプログラミング的思考などの基礎能力である。プログラミング的思考は、イギリスのカリキュラムでも取り上げられているコンピューショナルシンキングと同義であり³⁴⁾、アメリカとイギリス両国の情報教育の目的と共通する点も多い。しかし、日本が掲げる情報教育の内容は、両国のコンピュータサイエンスという学問分野として定義されている内容と比べると、学習内容の取扱に冗長さが生じる可能性がある。特に、小学校では、プログラミング教育を他科目の中で取り扱うことになっており、この点においても、両国と比べて、各小学校でのプログラミング教育の取り扱われ方に差異が発生する恐れがある。

加えて、両国の情報教育に関するカリキュラムでは、5～16、17 歳の間での学習内容が継続的に示されている。しかし、日本の学習指導要領では、小学校のプログラミング教育、中学校の技術・家庭科、高等学校の情報科について、それぞれの間での接続に関する記述、すなわち学習の範囲や深さの境界に関する記述が明確であるとは言いがたい。また、小学校でのプログラミング教育、中学校の技術・家庭科、高等学校の情報科は、各学校のすべての学年において実施されるものではないため、情報教育が実施されない学年（ブランクの年）が発生し、学習の継続的な実施といった点についての問題も含んでい

33) 神谷加代、2018 前掲

34) 有識者会議とりまとめ、2016 年 前掲

る。

情報教育を担当する教員不足については、三国とも共通した問題である。そのための対策として、教員教育、専門教員の採用、産学官の連携、教材の充実などの手段が、三国とも検討され、実施も進められている。ただ、この問題解決は、容易なことではない。現に、日本においても、高等学校の情報科は2003年度から始まっているが、2016年度の調査では、全国の情報科担当教員の内、情報の教員免許をもつ専任教員の割合は2割程であり、多くが、免許外教科担任や臨時免許状の交付を受けた教員が担当しているという報告がなされている³⁵⁾。このように、既に開始から十数年経った高等学校の情報科においても、現場の担当教員の資質に大きなばらつきが予想される状況にある。このことは、これから始まる小学校の教育現場でも起こり得るであろう。このような場合、考えなければならないのが、教育の質保証である。

以上の三国の比較から、日本の情報教育においては、小学校での学習内容の冗長性の問題や、小学校から高等

学校までの学習の継続性に関する問題、教員の資質のばらつきによる質保証の問題などが内在していると考えられる。したがって、本稿では、それらの対策の一つとして、情報教育における評価基準、特に、パフォーマンス評価の必要性を提言する。この評価は、小学校から高等学校までにおいて、継続的に評価できるものであることが望ましい。すなわち、論理的思考から問題解決力、創造力へとつながる評価基準を構築する必要がある。よって、本研究では、日本の情報教育における評価基準として利用できるコンピテンシーの策定に向けて、研究を継続していく予定である。

謝辞

本研究は科研費 MEXT/JSPS (18K02868) 「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」の助成を受けて実施したものである。ここに、感謝の意を表する。

35) 毎日新聞、平成28年10月6日、東京版夕刊