

日本のプログラミング教育の課題とデジタル人材に関する考察

Issues in Programming Education in Japan and Considerations for Digital Human Resources

五十嵐 智生[†]

Tomoo Igarashi

【要旨】

認定技術者 CITP は、情報処理技術者の社会的地位の向上を目的に、高度技能人材を情報処理学会で認定する認定技術者の制度である。プロボノの活動の一環として、私たちプログラミング教育 SIG では、初等中等教育のプログラミング教育支援を神奈川県中心に小中学校で進めてきた。しかし、今年度は昨年度末から世界的に猛威を振るう新型コロナウイルスにより支援先の小中学校が学校閉鎖をした関係もあり、SIG としての活動が出来なかった。そこで、本稿では過去の活動を振り返り、プログラミング教育と IT 企業が直面している DX 人材のギャップについて、状況や課題の意見を述べたい。
＜キーワード＞プログラミング教育、初等中等教育、高等教育、官民連携、認定技術者 CITP、DX 人材

1. はじめに

文部科学省は、平成 29 年 2 月 14 日「次期学習指導要領等の改訂案」¹を公表し、小学校段階における英語教育、プログラミング教育の義務化を発表した。山本・他（2015）の整理では、小学生のプログラミング教育義務化の動きは、平成 25 年 6 月 14 日「日本再興戦略 JAPAN is BACK」としてアベノミクス「3本の矢」のひとつとして世界最高水準の IT 社会の実現の目標を達成するために、2010 年代には一人一台の情報端末の推進を実現し、義務教育段階からのプログラミング教育の必要性が記載された。また、内閣に設置されている高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 総合戦略本部）では平成 26 年 6 月 24 日「世界最先端 IT 国家創造宣言」が改定され、プログラミング教育の必要性がうたわれたと施策を整理している。直近では、首相官邸で開催された平成 30 年 5 月 17 日未来投資会議（第 16 回）で文部科学大臣から、「Society 5.0 に向けた人材育成の推進」が提出され、初等中等教育におけるプログラミング教育の義務化、小中高を通じた学習指導要領改訂によるプロがミン教育・統計教育の充実などが提示された。²

CITP プログラミング教育 SIG では、初等中等教育におけるコンピュータサイエンス教育に CITP が何か寄与できないだろうかという有志が集まり、平成 30 年から令和元年まで小学校や中学校を訪問しプログラミング教育の支援を行ってきた。今年に関しては新型コロナウイルスの影響でプログラミング教育 SIG の活動はほとんど出来なかったことから、本稿では過去の活動を振り返り、初等中等教育から高等教育に至るまでのプログラミング教育と、IT 企業が直面している DX 人材の拡充とのギャップに関して、状況変化や課題について意見を述べたい。

2. 予想された課題と実際

新学習指導要領には、プログラミング教育に関して科目化が見送られており、教科としての実践は求められていない。指導に当たっては、コンピュータや情報通信ネットワークを積極的に活用して、情報の収集・整理や、実践結果の発表などを行うことができるように工夫することという表現にとどまっている。³ プログラミング教育に期待されている、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を育む教育の実施や、各小学校の実情に応じプログラミング教育を行う学年や教科を決め、指導内容を計画・実施してゆくプログラミング教育に対する現場の負担は重く、義務化の実現には工夫が必要である。事前の研究者の先行研究では、科目化される英語とは異なり、既存科目の中でプログラミング的思考とされる実践を行うのであれば、総合的

な学習の時間に取り扱うのが妥当という指摘が、山本・他（2015）よりされていた。第二に、プログラミング教育を行う指導人材の養成と確保が必要である。文部科学省の平成 28 年度の学校基本調査によれば、日本全国の小学校数は 20,313 校であり児童数は 6,483,515 人（男子 3,316,608 人、女子 3,166,907 人）であり⁴、プログラミング教育の整備をしようと準備した場合、全国津々浦々にある小学校をカバーできる要員の確保は課題である。ティーチングアシスト（TA）は既に小学校、中学校に複数配置されているが、教育補助的な位置づけで専門的に小中学校教諭を支援するという体制にはなっていない点も課題とされていた。

プログラミング教育が科目として位置づけが曖昧でどこまで出来るのか危惧されていたが、実際はどのような状況であるのか、プログラミング教育 SIG では、川崎市立小杉小学校で情報・ICT 担当主任の佐藤謙教諭と横須賀市立浦賀小学校で情報・ICT 担当主任の府中教諭へ令和 3 年 1 月 9 日にヒアリングを実施した。その結果、以下のような意見が寄せられた。

3. 小学校のプログラミング教育の現状

川崎市立小杉小学校で情報・ICT 担当主任の佐藤謙教諭と横須賀市立浦賀小学校で情報・ICT 担当主任の府中教諭へ令和 3 年 1 月 9 日にヒアリングでは現場からの実践として以下のような意見を得られた。

第一に、新学習指導要領には、プログラミング教育に関して科目化が見送られており、教科としての実践は求められていない点に関しては、中堅以上の教諭は、ゆとり教育（平成 14 年～平成 23 年）時に手探りで文部科学省が決めた方針を現場で実効性のある教育カリキュラムに創りあげて行った経験があり、各市町村の視聴覚教育、プログラミング教育研究分科会が連携し助け合って進めたことで、各小学校の実情に応じプログラミング教育を行う学年や教科を決め、指導内容を計画・実施してゆくことに関しては、大きな混乱はなく準備が出来たこと。第二に、従前から学校に配置されていた ICT 教育支援員制度（以下、ICT 支援員）を活用することで、ICT が不慣れな教諭への支援や指導内容を計画・実施してゆくプログラミング教育に対する現場の負担を軽減するための仕組みが準備をされていたことである。第三に国津々浦々にある小学校をカバーできる要員の確保に関しても、非常勤の ICT 支援員が市町村をまたいで複数の学校を担当することで、相当な数の学校がプログラミング教育を実践するための支援を得られたとのことである。これらは都市部の人口が多い地域以外、地方でも ICT 支援員のサポートによって相当な数の小学校がプログラミング教育を実践できるようになった。

加えて、新型コロナウイルスの影響で小学校の教育現場には大きな影響が生じたが、新型コロナウイルス対策によってプログラミング教育にとってはプラスの面もあったと言う意見があった。昨年 2 月から本年夏休みにかけて、多くの学校では新型コロナウイルスの蔓延を防ぐために、子供たちを学校に通わせないロックダウンが行われ自主学習などが各校で実施された。平成 29 年 2 月 14 日「次期学習指導要領等の改訂案」では生徒ひとり一台の端末配布を実現するとしていたが、新型コロナウイルス対策のために令和 3 年 3 月 12 日「GIGA スクール構想の実現について」⁵として前倒しが行われ、各小学校に実際に Google 社の chrome book 端末や Windows10 端末の配布が実施された。併せて、新型コロナウイルスの影響を避けるために、オンラインによる授業が、情報・ICT 担当教諭を中心に行われ、Youtube などを利用したオンライン授業のコンテンツを、全国の教育委員会、教諭たちの有志による研究会で実践された結果、教育コンテンツについてもかなりの数のコンテンツが準備された。また、Google などの chrome book による教育端末事業の一環で、Chromebook と「Google Workspace for Education で最適な GIGA スクール構想を実現する」⁶として、学校教諭向け、ICT 支援員向けの教員支援を強力に推進しており、教育訓練体制も「Google for Education Teacher Center」⁷として準備されており、これらを利用することで、無償で全ての教育向けオンライン トレーニングを受講することが出来、教育訓練の認定制度も導入され教育の質の問題に関してもクリアされている。

故に、ヒアリングからは初等中等教育のプログラミング教育に関しては、新型コロナウイルスという大きな影響要素があり、多くの学校で対応に迫られたものの結果として、遅れていた端末の配布やネットワークの整備が新型コロナウイルス対策として予算化され前倒しで行われた結果、コロナ渦を奇貨として結果として、プログラミング教育は 10 年ぐらい前倒しで進んでいるという感覚を持っているという意見が寄せられた。文部科学省のプログラミング教育の教育政策自体は大きな変更はないが、コロナ渦で学校がロックダウンされたために各現場で乗り切るために様々な打った活動が、小学校のプログラミング教育を推進する大きな力となったというのが、ヒアリングをした結果であった。お二人に当初、CITP で想定していた IT 企業メンバーによるプログラミング教育支援に関して意見を聞いたところ、小学校のプログラミング教育と IT 企業の人材とは必ずしもイコールではないので、現在の IT 支援員によるサポートで十分ではないかという意見が寄せられた。特に義務教育として提供されることから、Google や Microsoft の教育部門が提供している教員向けの教育訓練の認定取得などがされていないと、CITP メンバーによる支援の採用は難しいという意見を得た。

4. 日本のプログラミング教育の展望

新学習指導要領で示された、小中学校の初等中等教育から高大学までの高等教育までの一貫した流れで見ると、日本のプログラミング教育は教科化という意味で課題がある。(図 1、2 参照 作成は筆者)

日本では、小学校では低学年ではプログラミング教育の適用はなく、高学年からは「教科化」は適用されず次期学習指導要領等の改訂案で提示された、プログラミング的思考に基づく各教科におけるプログラミングの適用が行われる。中学校では「技術」の科目でプログラミング教育が行われている。高校では、選択科目として「情報⁸」が提供されている。大学では各校で一般教養科目、専門科目として情報に関わる講義が提供されているが、カリキュラムは各大学に任されている。

英国では、80 年代からプログラミング教育が初等中等教育から提供されていたが、2013 年から「Computing」として科目化⁹された。これは従来行われてきたプログラミング教育を、The Royal Society が時代の変化などを考慮し抜本的に改訂¹⁰をしたものである。

Computing は、プログラミング教育を「コンピュータサイエンス」、「デジタルリテラシー」、「情報技術」の三つの柱で定義し、初等中等教育であるプライマリースクール、セカンダリースクールから高等教育のシックスフォームカレッジ、大学までを一貫して教育を行っている。

図 1 プログラミング教育の担当科目（日本）

日本の情報教育体系（2020年）

プログラミング教育が義務教育化されていない日本は、初等中等教育から高等教育まで、バラバラの教科でプログラミング教育を行う体系で、一貫した教育制度になっていない

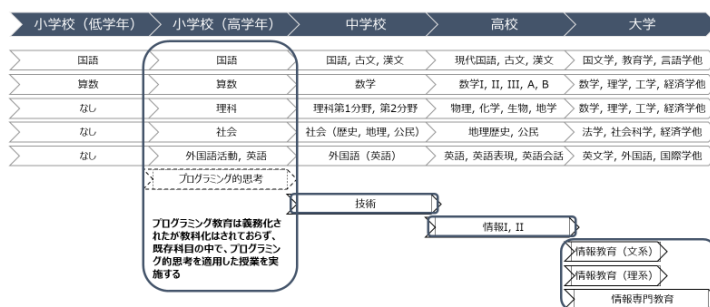
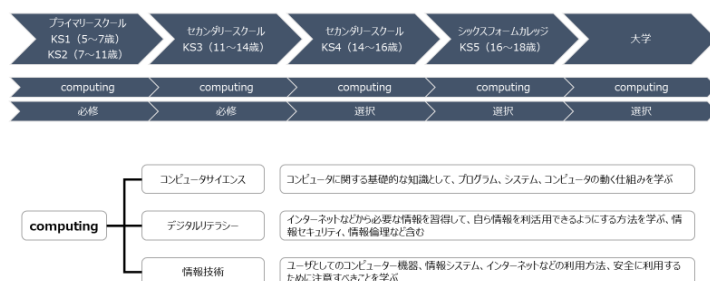


図 2 プログラミング教育の担当科目（英国）^{11, 12}

英国の情報教育体系（2013年～）

プログラミング教育が義務教育化されている英国はcomputingとして初等中等教育から高等教育まで、一貫した教育制度を持つ



プログラミング教育は、コンピュータサイエンスとして理学として教えるべきか、プログラミング言語として工学として教えるべきか、情報セキュリティなど倫理として教えるべきか、学際的な要素があるために、どのように教科として提供するのかが課題は残るが、結果として chrome OS などのオンラインでグループワークを中心としたアプリケーションに触れる機会が増えたことで、教員を中心にプログラミング教育やオンライン授業に親しむ教育関係者が増え、英国のようなコンピュータサイエンスを中心とした方向に日本のプログラミング教育も修正されてゆくのではないかと考えている。また、Windows のようなリッチクライアントを使うユーザーから chrome book などのオンラインを前提としたユーザーが増えることで、グループワークやオープンシステムに親しむ生徒や学生が増え、コンピュータサイエンスが遅れている日本でも、DX 技術に親しむ人材が増えてくるのではないかと期待している。

5. プログラミング教育 SIG として考える課題

一方で企業の IT 人材の視点で、日本のプログラミング教育、特にプログラミング的思考について取り上げると、優秀な情報処理技術者と定義されている CITP の現在の状況に関して課題はなからうか。

「情報処理学会 CITP 認定技術者 資格制度の概要」¹³を見ると、「ITP 制度は、日本企業の間に広く普及している IT スキル標準を参照モデルとした制度です。IT スキル標準では情報技術者のレベルを 7 段階に分けて定義していますが、本制度はレベル 4 以上の上級技術者を対象としています。IT スキル標準で定められたスキル評価方法に基づき、所定のレベルに相当する能力を有すると判定された技術者を CITP として認証し、情報処理学会が認定証を発行します。」とされている。認定の取得には難易度が高いとされている高度情報処理技術者試験に合格していることが必要であり、レベル 4 以上の上級技術者に限定して採用する仕組みになっている。加えて、「情報技術の分野は発展のスピードが特に速いため、情報技術者はつねに新しい知識やスキルを習得する努力を求められています。最近の国際標準でも CPD（継続研鑽、Continuing Professional Development）を前提とした資格更新制度が必須とされるようになってきています。本資格は有効期間を 3 年としており、更新に際しては所定の CPD 実績が条件となります。」としており、自己研鑽による能力の向上、維持が必要になってくる。

しかし、一方でオープンシステム技術を前提とした「情報処理技術者試験」の技術者が、DX を中心としたデジタル人材を供給できているのかを考えると、ギャップがあるように思われる。（図 3-6 参照 作成は筆者）

図 3 DX における開発者とユーザーの関係

DX における開発者とユーザーの関係

□ DX における DevOps を想定した開発者とユーザーの関係図

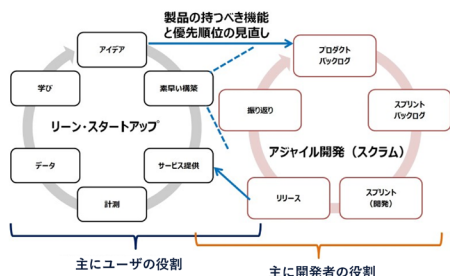


図 4 DX における必要とされるテクノロジー機能

DX における必要とされるテクノロジー機能

- テクノロジーに求める機能
 - ・ Digital ビジネスで求められる、ビジネス分析など統計的に処理することを可能とするアナリティクスなどの拡張された技術領域への対応
 - ・ Cloud サービス上で提供されるサービスを利用した デジタルネイティブな人材 による 仮想的なシステム構築
 - ・ スクラムマスターによる Agile 開発など逐次開発が可能な体制
 - ・ ユーザーと開発者が共同で開発を続ける DevOps が普及し始めており、単なる SI や Agile 開発体制だけではないサービス提供まで含めた継続的な開発体制
- デジタルネイティブ人材の定義
 - ・ 技術者の資格や技術能力の外形的に能力を担保することが必須（開発体制が組織から個人数に移行しているため）
 - ・ 技術能力は、単純な研修受講という水準ではなく、IPA などの高度情報処理技術者資格や Cloud サービス事業者が提供する Certified 技術者の上級水準の試験に合格していること、若しくは合格できる基礎教育（理系大学院や高等専門学校などの教育を修了等）を受けていること
 - ・ 従来の開発経験の長さや頻度よりも、技術を継続的にキャッチアップし新しい技術を常に身に付ける姿勢を重視（Digital 技術のサービスや技術領域の変化が激しいため）
 - ・ 開発支援ツールへの熟練（開発環境は仮想的に準備され、開発ツールでグループワークとして開発が行われる）

図 5 DX 開発で必要とされる開発人材領域（筆者調べ）

DX 開発で必要とされる開発人材領域（筆者調べ）

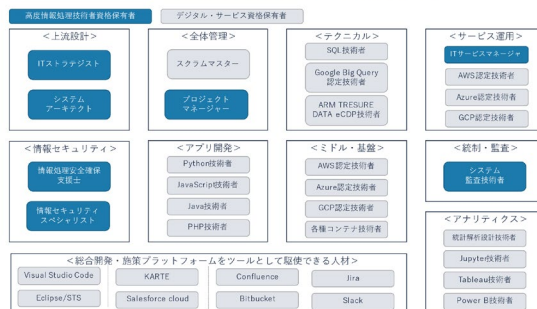
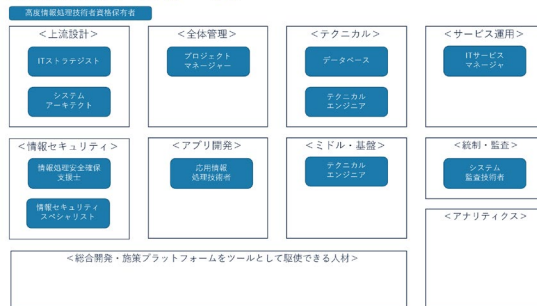


図 6 CITP 開発人材領域（IPA ベース）

CITP 開発人材領域（IPA ベース）



プログラミング的思考などで想定される開発者は、現在、日本の IT 企業で人材不足が指摘されている DX 人材である。デジタル技術を用いて推進される DX における開発は、高度情報処理技術者として想定されているプロジェクトマネージャを中心とするプロジェクト型のシステム開発ではなく、スクラムを中心としたアジャイル開発型が主流で、開発手法も求められる人材の能力も全く異なっている。どちらに優劣があるかという議論ではないが、現在の CITP で定義されている人材は、オープンソースのオープンシステムを前提としているため、DX で求められているオープンソース、ローコードコーディング、グループワークの機能が欠けているために、人材領域をマッピングすると「総合開発・施策プラットフォームツール」に関してあまり考慮されていないように見える。また「全体管理」などを含めたこれまでの機能も、パブリッククラウドサービスの普及に伴う開発環境の変化に伴い、必要とされる技術要素が異なっていることが分かる。加えて、デジタルを利用したシステムではデータを用いた、アナリティクスやコグニティブを用いた機能が実装されることが多いが、この点についても現在の仕組みでは十分なフォローアップが出来ていないように見える。

筆者は、初等中等教育におけるプログラミング教育の教育内容の研究や実際の現場の教諭との意見交換、CITP メンバーとの大学におけるプログラミング教育支援などに参画したが、現在の CITP の仕組みが DX などに応えられる体制になっているのか課題を感じている。特に、大学院などでアナリティクスやコグニティブを用いるために結果的に DX 人材教育を自己研鑽として行ってきた人材や、プログラミング的思考を実践するために、自ら Google や Microsoft などのデジタルネイティブな環境で教育プログラムを実践している教育関係者、そして、今年から始まったプログラミング教育を受けた生徒、学生たちに、私たちは十分に答えることが出来るのか。制度と現実のギャップを受け入れ、デジタル開発環境にも対応した高度人材を実現出来ないと CITP の当初掲げた、システム開発技術者の社会的地位向上と情報処理

を通じて豊かな社会を実現する理想が、遠くなってしまうのではないかと危惧している。来年度以降、プログラミング教育 SIG ではデジタル開発に対応した技術者、人材定義に関しても取り組むことで CITP の発展に寄与してゆきたいと考えている。

6. まとめ

本報告では、初等中等教育におけるプログラミング教育に対して CITP としてどのように社会貢献が出来るのかを考えることからスタートしたこの数年の取り組みを振り返り、CITP のこれまでの活動とこれからの活動を有意義なものにするためにどのような取り組みをするべきだろうかという点に重点をあて整理を行った。CITP では現在、世界に通用する高度人材を目指して活動を進めているが、日本企業のデジタル対応の遅れは目に余るものがある。今後アフターコロナを見据えて、プログラミング教育を CITP の高度人材としてどのように支援できるのかを検討すると共に、私たち CITP 自身もデジタルネイティブな技術者として更に貢献できるようになるためには、どのような活動が必要なのか足下を見つめ直したい。

謝辞

本報告に関しては、川崎市立小杉小学校・ICT 担当主任の佐藤譲教諭、横須賀市立浦賀小学校・ICT 担当主任の府中教諭によるインタビュー、ヒアリングのご協力、そして、彼らが中心となって推進するプログラミング教育支援の勉強会である「かながわのコード」のメンバーの日々の活動から教育現場関係者の有益なご意見を頂きました。本当にありがとうございました。

参考文献

(1) 今泉 俊, 橋浦 弘, 松浦 佐, 古宮 誠. ブロック構造の可視化環境によるプログラミング学習支援(オープンソースやデバイス技術を活用した学習環境/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2009 09/05;109(193):45-50.

(2) 大西 淳, 高山 直. 学生の学習意欲を維持・発展させるプログラミング実験への取り組みとその結果. 日本高専学会誌 : journal of the Japan Association for College of Technology 2014 10/31;19(4):57-64.

(3) 大谷 み. 小学校外国語活動の「いま」と「これから」の課題 : 島根県教員へのアンケート調査結果をもとに. 島根大学教育学部紀要.教育科学・人文・社会科学・自然科学 2014 12/25;48:1-10.

(4) 大谷 み, 築道 和. 小学校外国語活動における ALT の活用の在り方に関する基礎的研究 : ALT に対する予備的調査を通して. 島根大学教育学部紀要.教育科学・人文・社会科学・自然科学 2009 12/25;43:21-29.

(5) 守山 正, 松原 伸. 対話からの地域保健活動 : 健康教育情報学の試み / 守山正樹, 松原伸一著. 東京: 篠原出版; 1991.

(6) 小出 由, 米山 秋. 低学年における新たなプログラミング教育の取り組み. サレジオ工業高等専門学校研究紀要 2009;35:141-144.

(7) 小山 万. 2AB2 ビスケットを使ったプログラミング指導 : 児童はプログラミングの授業のどんなところを楽しんでいるのか(情報教育の新しい流れ,課題研究,教育情報と人材育成～未来を育む子供たちのために～). 年会論文集 2015 08/29(31):166-169.

(8) 山本 利, 本郷 健, 本村 猛, 齋藤 実, 永井 克, 石田 祐. 2AB3 初等中等教育におけるプログラミング教育の必要性 : プログラミング教育の教育的意義(情報教育の新しい流れ,課題研究,教育情報と人材育成～未来を育む子供たちのために～). 年会論文集 2015 08/29(31):170-173.

(9) 新開 純, 早勢 欣, 宮地 功. 協調的作問環境を活用したプログラミング教育の試み(ブレンディッドラーニングにおけるメディアの役割/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2012 09/22;112(224):23-26.

(10) 松原 伸. 学校におけるプログラミング教育 : 新教育課程準拠 : 支援システムとその利用 / 松原伸一著. 東京: オーム社; 1990.

(11) 松原 伸. ソーシャルメディア社会の教育 : マルチコミュニティにおける情報教育の新科学化 / 松原伸一著. 東京: 東京: 開隆堂出版; 開隆館出版販売 (発売); 2014.

(12) 松原 伸. デジタル環境論 : デジタル環境が及ぼす人間生活への影響 / 松原伸一著. 京都: ナカニシヤ出版; 2004.

(13) 森 秀. Scratch を用いた文系大学生向けプログラミング教育. 日本教育工学会論文誌 2010 12/20;34:141-144.

(14) 水谷 好, 岩本 正. 教育用ロボットキット梵天丸を用いた小・中学生のためのプログラミング教育(ロボットを用いたプログラミング教育/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2006 07/08;106(166):43-48.

(15) 満尾 貞. 英語活動における小学校担任と ALT の役割(授業力-大学全入時代の大学英語教師). JACET 全国大会要綱 2006 09/02;45:55-56.

(16) 王 文, 李 峰, 板谷 雄. プログラミング教育における魅力のある e-Learning 教材の開発と評価(e-Learning における学習評価/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2006 11/11;106(364):31-36.

(17) 田代 久, 岩本 正, 水谷 好. ロボットを用いた小学校におけるプログラミング教育の研究 : 教育用ロボット「梵天丸」「いろは姫」の仙台市における活用事例から(ロボットを用いたプログラミング教育/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2006 07/08;106(166):49-52.

(18) 竹野 茂. 小学校英語担当教員のための英語発音講座. 宮崎公立大学人文学部紀要 2013 03/08;20(1):241-249.

(19) 菊田 怜, 牟田 博. 公立小学校の英会話活動において指導行動が及ぼす効果. 日本教育工学雑誌 2001 12/20;25(3):177-185.

(20) 野口 孝. コンピュータの仕組みを直感的に理解できるプログラミング教材の開発(プログラミング教育・学習/一般). 電子情報通信学会技術研究報告.ET, 教育工学 2014 10/11;114(260):7-10. .

† 東京大学大学院学際情報学府博士課程, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo, Ridgelinez 株式会社, Innovation & Business Creation, Director

¹ 文部科学省 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）（中教審第 197 号）平成 28 年 12 月 21 日 中央教育審議会
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm

² 首相官邸日本経済再生本部 未来投資会議（第 16 回）平成 30 年 5 月 17 日 文部科学大臣提出資料
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/dai16/siryoku6.pdf>

³ 文部科学省 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）【概要】：第 2 部 第 1 章 2. 小学校（情報技術を手段として活用する力やプログラミング的思考の育成）

⁴ 文部科学省 学校基本調査平成 28 年度 II 調査の概要
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/___icsFiles/afieldfile/2016/12/22/1375035_2.pdf

⁵ 文部科学省 GIGA スクール構想における高等学校の学習者用コンピュータ等の ICT 環境整備の促進について（通知）令和 3 年 3 月 12 日
https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm

⁶ Google Workspace for Education で最適な GIGA スクール構想を実現する（令和 3 年 3 月 21 日閲覧）https://edu.google.com/intl/ja_ALL/

⁷ Google for Education Teacher Center（令和 3 年 3 月 21 日閲覧）https://edu.google.com/intl/ja_ALL/teacher-center/training/?modal_active=none/

⁸ 文部科学省 専門教科「情報」の科目・内容
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/attach/1398663.htm

⁹ The Royal Society: Computing in Schools, Shut down or restart?
<https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-in-schools/report/>
<https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>

¹⁰ The Royal Society : Computing education, After the reboot: computing education in UK schools
<https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-education/>
<https://royalsociety.org/~media/policy/projects/computing-education/computing-education-report.pdf>

¹¹ The Royal Society: Computing in Schools, Shut down or restart?
<https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-in-schools/report/>
<https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>

¹² The Royal Society : Computing education, After the reboot: computing education in UK schools
<https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-education/>
<https://royalsociety.org/~media/policy/projects/computing-education/computing-education-report.pdf>

¹³ 情報処理学会 CITP 認定技術者 資格制度の概要（令和 3 年 3 月 21 日閲覧）<https://www.ipsj.or.jp/citp.html#anc4>