

Society5.0に必要な資質・能力を育成する小学校段階における STEAM/STREAM教科の教育課程の参照基準

川原田 康 文*・松 田 孝**・磯 部 征 尊***・上 野 朝 大****
・大 森 康 正*****・山 崎 貞 登*****

(令和元年8月19日受付；令和元年 月 日受理)

要 旨

小論の目的は、Society5.0の実現に向けて喫緊の課題であるAIリテラシー育成の教育推進と、主として小・中学校におけるSTEAM/STREAM教育の参照基準作成に向けた基礎知見を得るための検討であった。主たる研究対象は、久野（文責）による「情報教育の参照基準（2019.2.23）」とした。小論の主たる結果を3点に集約する。(1)久野（文責）の「情報教育の参照基準（2019.2.23）」の「D.データとその扱い」、「E.計算モデル的思考」、「J.システムの思考」は、中学校技術分野（科）では取り扱われていなかった。しかし、2017年告示中学校学習指導要領で導入された学習項目であり、中高接続の観点からも扱った方が望ましいといえる。(2)AI教育には、小・中学校において、児童生徒の発達水準に応じた技術ガバナンス力（技術を評価、選択、管理・運用する力）と、技術イノベーション力（新たな発想に基づく、技術のイノベーションによる新しい価値の創造）の育成を図る必要がある。(3)小学校段階において、STEAM/STREAM教育を導入するために、特に、生活科、図画工作科、家庭科、「総合的な学習の時間」の目標・内容・方法と授業時数の見直しや、小・中・高校の技術・情報教育の教科化と一貫化を含め、デジタル革命とコンピューティングによる新しい学習環境の創造を牽引するために、教科等構成と学習の在り方の再検討が必要である。

KEY WORDS

AIリテラシー（AI Literacy）、情報教育の参照基準（Standards for Computing Education）、STEAM教育（STEAM Education）、STREAM教育（STREAM Education）、小学校（Elementary School）

1 目的

小論の目的は、Society5.0の実現に向けて喫緊の課題であるAIリテラシー教育の推進と、主として小・中学校におけるSTEAM（Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics）/STREAM（STEAM + Robotics）教育の参照基準作成に向けた基礎知見を得るための検討である。Society5.0の実現に向けて、学校－地域－キャリア発達と社会を架橋させる「インフォーマル学習（仕事、家庭生活、余暇に関連した日常の活動の結果としての学習）（OECD, 2011）⁽¹⁾社会」の到来を受けて、生涯学習能力としての共通素養を育成するために、小学校段階におけるSTEAM/STREAM教科の教育課程の基準（以下、参照基準）を喫緊に検討する必要がある。

本稿でいうSTEAM教育とは、各教科等の相互の関係性やSDGs⁽²⁾に必要な通教科的・汎用的能力、「ティンカリング」といった五感を駆使する「デザイン思考」などの発想・創造、論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学（サイエンス）」の探究と「術（アーツ）」の探究との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学びの場の空間軸と、生涯にわたる学びとキャリア発達の時間軸を基軸としながら、学び続ける教育をいう。アーツとは、技術やリベラルアーツと共に、美術、音楽芸術、身体芸術、ランゲージアーツ等を含む。ティンカリングとは、「現象、道具、素材をいろいろ直接いじくりまわして遊ぶこと [Wilkinson and Petrich（著）、金井（訳）（2015：p.13）]⁽³⁾である。人は、ティンカリングにより、デザインセンスを磨き、問題解決の力を高めることができる（p.10）⁽³⁾。人が自然や人工の環境に手を加えて、より快適に過ごしたり、問題解決をしたりする行為の全ては、デザイン活動である [柘植（編著）、芝浦工業大学デザイン工学部（編）、2011：p.10]⁽⁴⁾。デザインの意義には、実用性、操作性、審美性、経済性、安全性などがあり、人間の「デザイン思考」が込められたデザイン世界（モノ、空間、情報）は、人々に幸せを与え、社会や生活を豊かにする。

山崎ら（2020）⁽⁵⁾は、AI、ビッグデータ、IoT、ロボティクス等の先端技術が社会に実装され、今までにない新たな

*相模女子大学小学部 **合同会社MAZDA Incredible Lab ***愛知教育大学 ****(株)CA Tech Kids *****自然・生活教育学系

な価値を生み出し、多様な人々がそれぞれに多様な幸せを尊重し合い、実現できて、SDGsを推進する人間力に満ち溢れたSociety5.0を、イノベティブに牽引する素養（リテラシー）と、ガバナンス素養を持つ主権者を育成する重要性を指摘した。Society5.0の実現に向けて、初等中等教育を一貫したプログラミング教育を包含する「コンピューティング教育」の充実と、STEAM教育にロボティクス教育を包含させたSTREAM（STEAM+Robotics）教育の推進を目指し、今後の小学校段階の各教科等の構成の在り方と、学習指導目標・内容・方法に関する検討を行った。諸外国の多くでは、プログラミング教育そのものを単発的に実践するのではなく、コンピューティング教育として実施している。本稿におけるコンピューティング概念は、グレートブリテン及び北アイルランド連合王国（イギリス）The Royal Academy of Engineering（2012）⁽⁶⁾の勧告書で提案された概念を援用し、コンピュータサイエンス（CS）、情報技術（IT）、デジタルリテラシー（DL）を含む概念とする。本稿では、技術（テクノロジー）、科学（サイエンス）、技能（スキル）、技巧・技法（テクニク）を使い分けている。

小論では、本研究目的を達成するために、以下の三つの論点を設定する。

第1の論点は、Society5.0の実現に向けて、AI等の技術の急速な進展に対応すべく、プログラミング教育を含む情報教育やSTEAM教育の推進は、現在、政府全体の再重要課題の一つである点である。

第2の論点は、日本学術会議情報学委員会情報学教育分科会が、情報処理学会情報処理教育委員会の協力でまとめた「情報学の参照基準」⁽⁷⁾に基づき作成された「情報教育の参照基準（2019.2.23）」⁽⁸⁾を、小・中・高・大の連携と系統性の観点から、特に小学校の参照基準について検討する点である。今日、小学校卒業時点の児童の「情報活用能力」の学習到達水準の実態と、既に移行期間中の中学校技術分野（科）の学習の前提となる知識・技能、能力との中1ギャップが大きな問題になっている。同じように、中学校卒業時点の生徒の「情報活用能力」の学習到達水準の実態と、高校の情報1の学習の前提となる知識・技能、能力との高1ギャップが問題になっている。高大接続と共に、小学校から高校に至る発達段階ごとの学習到達目標の明確化と、各校種間の理解の共有化が喫緊に求められている。

第3の論点は、第1と第2の論点の検討を踏まえて、（独）情報処理推進機構社会基盤センター人材プラットフォーム部による2018年9月18日第1回ITリテラシーWGにて、「ITLS（IT Literacy Standard）案の策定について（資料1）」のp.7「第4次産業革命下で求められる人材像・能力」⁽⁹⁾を基に、アメリカComputer Science Teachers Association（CSTA）の幼稚園から第12学年のためのComputer Science Standards（CSS）（2017）⁽¹⁰⁾、イングランドの5歳～16歳までの2014年版ナショナルカリキュラムの教科「コンピューティング」の「Draft-Scheme of Work（単元学習課題の草稿）for Computing -Key Stage 1 and 2（5歳～11歳）（2014）」⁽¹¹⁾、アメリカInternational Technology Education Association（ITEA）の幼稚園から第12学年のためのStandards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology（3rd Edition）⁽¹²⁾、山崎ら（2011）⁽¹³⁾の技術科教科内容学体系の構成原理を再構成版したものを比較し、STEAM/STREAM教育を推進するために、参照基準に盛り込まれるべき事項を探索する。

小論を展開するにあたり、Society5.0の社会で鍵となるAI、ビッグデータ、IoT、ロボティクス等の先端技術に対応するための、磯部・山崎（2013）⁽¹⁴⁾、山崎ら（2017a）⁽¹⁵⁾、川原田ら（2018）⁽¹⁶⁾、山崎ら（2019）⁽¹⁷⁾が提案してきた技術（情報技術を含む）教育課程基準表の先行研究を踏まえる。関連する主たる先行実践研究として、2006年に開校した立命館小学校の「ロボティクス科」⁽¹⁸⁾、2013～2016年度文部科学省研究開発学校に指定された埼玉県久喜市立久喜小学校の新設教科「夢創造科」^{(19)・(20)}、2017年から相模女子大学小学部で導入されたプログラミング学習^{(21)・(22)・(23)}、2016年から導入された東京都小金井市立前原小学校のコンピューティング学習の実践成果^{(24)・(25)・(26)}を参考にした。「機械システム」、「電気システム」、「情報システム（コンテンツ系と計測制御系プログラミングを含む）」を鍵とする学習対象概念、「ティンカリング」によるハンズ・オンとマインズ・オンを通して、サイエンス（学）とアーツ（術）の統合学習により、「デザイン思考」を働かせて課題解決するプロセスを鍵とする学習方法概念、イノベーションとガバナンス能力を鍵とする資質・能力概念とした。

2 AI等の技術の急速な進展に対応した情報教育やSTEAM教育の推進

2019年1月28日、安倍内閣総理大臣は、第百九十八回施政方針演説にて、2020年度から全ての小学校でプログラミングを必修とし、中学校と高校では、順次、情報処理の授業を充実し、必修化することで、子どもたちの誰もが、AIなどのイノベーションを使いこなすリテラシーを身に付けられるようにすると演説した⁽²⁷⁾。2019年3月29日、統合イノベーション戦略推進会議は、「人間中心のAI社会原則」を決定した⁽²⁸⁾。同文書では、『高度で複雑な情報システムには、広範に何らかのAI技術または、本原則に照らし合わせて同等の特徴課題が含まれる技術が組み込まれるという前提に立ち、本原則は、このような技術を包含した「高度に複雑な情報システム一般」に適用されると考えられる（pp.1-2）』ことが示された。「第2章 基本理念」では、人間の尊厳が尊重される社会（Dignity）、多様な背景

を持つ人々が多様な幸せを追求できる社会（Diversity & Inclusion）、持続性ある社会（Sustainability）が掲げられた。『第3章 Society5.0実現に必要な社会変革「AI-Readyな社会」』では、人、社会システム、産業構造と共に、「イノベーションシステム（イノベーションを支援する環境）」と「ガバナンス」が鍵語として提案された。さらに、「第4章 人間中心のAI社会原則」の「4.1 AI社会原則」では、(2)教育・リテラシーの原則が示され、AIに関わる政策決定者や経営者は、AIの複雑性や、意図的な悪用もありえることを勘案して、AIの正確な理解と、社会的に正しい利用ができる知識と倫理を持っていなければならないことが明記された。AIの利用者側は、AIが従来のツールよりもはるかに複雑な動きをするため、その概要を理解し、正しく利用できる素養を身に付けていることが望まれるとされた。さらに、社会に役立つAIの開発の観点から、AIが社会においてどのように使われるかに関するビジネスモデル及び規範意識を含む社会科学や倫理等、人文科学に関する素養の習得の重要性が謳われた。統合イノベーション戦略推進会議の下位組織の「AI戦略実行会議」では、小中高校におけるSTEAM教育のモデルプラン提示と全国展開、AIの基礎となる実習授業等のAIリテラシー教育の推進が提案された。

2019年6月21日、「統合イノベーション戦略2019」が閣議決定された⁽²⁹⁾。初等中等教育では、AIリテラシー教育の推進と、教育現場におけるICTの活用が示された。

2019年4月17日、柴山文部科学大臣は、新しい時代の初等中等教育の在り方について、中央教育審議会に諮問した⁽³⁰⁾。

諮問の第1は、新時代に対応した義務教育の在り方である。義務教育、とりわけ小学校における基礎的読解力や情報活用能力などの学習の基盤となる資質・能力の確実な定着に向けた方策である。また、義務教育9年間を見通した児童生徒の発達の段階に応じた学級担任制と教科担任制の在り方や、習熟度別指導の在り方など今後の指導体制の在り方等である。

第2は、新時代に対応した高等学校教育の在り方である。生徒の学習意欲を喚起し能力を最大限伸ばすための普通科改革など学科の在り方である。いわゆる文系・理系の類型にかかわらず学習指導要領に定められた様々な科目をバランスよく学ぶことや、STEAM教育の推進等である。

第3は、増加する外国人児童生徒等への教育の在り方である。

第4は、これからの時代において児童生徒等に求められる資質・能力を育成することができる教師の在り方である。諮問項目は多岐に亘っているが、特に本小論のテーマに直接関連する項目を、以下に列記する。

- (1) 新学習指導要領に示された児童生徒の発達の段階に応じた学習内容や指導の在り方を踏まえ、義務教育9年間で学級担任制を重視する段階と、教科担任制を重視する段階に捉え直すことのできる教職員配置や教員免許制度の在り方
- (2) 質の高い教師を確保し、資質向上を図るための養成・免許・採用・研修・勤務環境・人事計画等の在り方。
- (3) 児童生徒の減少による学校の小規模化を踏まえた自治体間の連携や小学校と中学校の連携等を含めた学校運営の在り方
- (4) これらを踏まえたチーム学校の実現等に向けた教職員や専門的人材の配置、教師を支援し教育の質を高めるICT環境や先端技術の活用を含む条件整備の在り方

山崎ら（2020）⁽⁶⁾において述べたが、山崎ら（2017b）⁽³¹⁾は、小学校段階における「プログラミング教育」の充実と、初等学校と中等学校間の連携・一貫教育の一層の推進のために、小学校高学年において「技術・情報教育」を専門とする教員による授業及び、カリキュラム・コーディネートの導入と共に、小学校のプログラミング教育担当教員養成のための教員養成系学部の演習科目と、中・高校の技術・情報教員養成の専門職能開発システム改革の提案をした。また、初等中等教育段階におけるプログラミング教育では、音楽、図画工作・美術、家庭、技術、高校情報教科が今後一層重要な役割を果たすが、これらの教科を担当する専任教員数の減少で、教科研修力の低下と研修組織の弱体化が急激に進行している。このことが、プログラミング教育の初等中等教育各校種段階の連携する上での阻害要因になっていることと、各教科の総合的学習を推進すると共に、各教科等間が調和の取れた時数にする等の改善方策が今後必要であることを述べた。さらに、小学校3～6学年における各教科と「総合的な学習の時間」では、プログラミング教育専任教員が担当したり、カリキュラム・コーディネータ役とし補佐したりして、チーム学校としてのカリキュラム・マネジメントを強化することを提案した。さらに、山崎ら（2017a）⁽¹⁵⁾は、小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表を提案した。

3 初等中等教育で育成するAIリテラシーの国内外の実践研究の現状と、国内におけるAIロボットを動作させるためのプログラミング教材

国内では論文として公表された初等中等教育で育成するAIリテラシーの実践研究は、きわめて少ない現況である。佐藤⁽³²⁾は、AIリテラシーとして、次の表1に示す①から⑩の10項目の要素を提案し、「AIに関する知識・理解」「AIを適切に活用するための思考力・判断力」の大きく二つに分類した。

表1 AIリテラシーについてのまとめ [出典 佐藤頌太：AIリテラシーを養う授業実践の開発—中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じて—, pp.11-20におけるpp.13-14の表1, 藤川大祐(編著)：「人工知能社会における教育に関する実践的研究」, 人文公共学府研究プロジェクト報告書第346集, 千葉大学大学院人文公共学府(2019) <https://ace-npo.org/fujikawa-lab/other.html>]

※AIに関する知識・理解

- ①AIはなんでもできるものではないことを知ること
- ②AIは様々な技術の総称であることを知ること
- ③AIを活用するためには学習データが必要であることを知ること。また、学習データは必要量以上あり、それらが全体として質の高いデータセットである必要があることを知ること
- ④やってみたものの失敗する可能性もあることを知ること

※AIを適切に活用するための思考力・判断力

- ⑤AIを活用すべき状況なのかを判断すること
- ⑥課題を細分化して考えること
- ⑦AIのどの技術を活用すべきかを考えること
- ⑧どのような学習データを活用すれば良いかを考えること
- ⑨学習データを収集できるかを判断すること
- ⑩学習結果が正しいかどうかを判断すること

一方、国外の初等中等教育段階の「デザインと技術・エンジニアリング」教育では、グレートブリテン及び北アイルランド連合王国(イギリス)のDATA(Design and Technology Association)(イギリス初等中等教育の教科「デザインと技術」学協会)のWebpage指導資料メニューにて、第7学年(日本の小学校5学年に相当)が紹介されていた⁽³³⁾。ワークシートには、AIとは何かの学習項目があり、「視覚、口述認識、意思決定、言語翻訳のような人間の知性が通常要求されるような課題を遂行することが可能なコンピュータ・システムの理論と発展」と定義されていた。さらに、学習課題として、今日利用されるAIは、以下の3点の用途を見いだすことができるとしている。第1点は「AIはどのように使用されるのか。産業で使用されるAIはどのようなタイプなのか。」、第2点は「なぜ、AIが導入されるようになったかについて、あなたはどのように考えるのか。」、第3点は「AIが将来の仕事にどのような影響を与えるか。」であった。DATAが刊行している国際学術雑誌(電子版)のDesign and Technology Education: an International Journalの掲載論文を調査したが、AIに関する論文は、管見の限りではないようであった⁽³⁴⁾。

アメリカ合衆国(アメリカ)の初等中等教育段階の技術・エンジニアリング・デザイン教育を主たる研究対象とするITEEA(International Technology and Engineering Educators Association)の原則毎月発刊の学協会誌Technology and Engineering Teacherの2014~2019年度(2019年8月まで)に発刊された掲載論文等で、AI教育を取り扱った論文は、エンジニアを退職し技術教育・STEM教育コンサルタントのRoman(2018)が執筆した短報の1報のみであった⁽³⁵⁾。同短報は、文献⁽³³⁾と同様に、AIとは何かの概説が中心であった。

本研究では、イギリスの初等中等教育段階のコンピューティング教育を主たる研究対象としているThe Association for Information Technology in Teacher Education(ITTE)、アメリカの初等中等教育段階のコンピュータ・サイエンス教育を主たる研究対象としているComputer Science Teachers Association(CSTA)、アメリカの初等中等教育段階の教育工学を主たる研究対象としているInternational Society for Technology in Education(ISTE)、Association for Educational Communications and Technology(AECT)等におけるAI教育やAIリテラシーに関する論文の詳細な検索と検討は行っていないため、今後の課題である。

相模女子大学小学部ロボティクス学習では、小学部の第6学年と中学部第3学年でソフトバンクの「感情エンジン」と「クラウドAI」を搭載した感情認識パーソナルロボット「Pepper」を教材とした学習が展開されている。中学部では、2019年度から全学年で週1時間プログラミングの授業を実施している。同学では、第1著者が中心となり、小学生を対象とした「Pepperプログラミング教室」を開催し、相模原市や町田市など近隣の小学生とその保護者が多数参加した。2018年末には、教員向けプログラミング研修会を開催した。

2019年4月、株式会社アフレは、プログラミング言語Pythonとロボットキット教育版レゴ®EV3®を用いて、ロボット・プログラミングを体験しながらAI学習に必要な基礎知識を身に付けられる新テキストを発売している⁽³⁶⁾。

アメリカのAIカンパニーのANKI（国内ではタカラトミーが代理店）は、AIロボット「COZMO」を販売している。COZMOアプリには、プログラミングでCOZMOを動かすことのできる「コードラボ」がある。低年齢から使えるシンプルな「サンドボックスモード」と、より活き活きとCOZMOを動かすことのできるビジュアルプログラミング環境「コンストラクションモード」の二つが用意されている⁽³⁷⁾。

4 初等中等から高等教育の共通教育を一貫した情報教育の参照基準

日本学術会議（2016）⁽⁷⁾は、大学教育の分野別保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野（以下、参照基準）を公表した。個別の参照基準の作成は、分野別委員会の下に設置された分科会が作業を担当しており、2019年8月12日時点で、情報学をはじめ計32分野の参照基準が作成・公表されている。情報学分野だけではなく、学士課程共通の全分野の学習成果に関する参考指針として、「Ⅰ知識・理解」、「Ⅱジェネリックスキル」、「Ⅲ態度・志向性」、「Ⅳ総合的な学習経験と創造的思考力」の4分類を示している。情報学参照基準に示された、情報学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解を、表2に示す。

表2 情報学の参照基準の基本的な知識・理解

Sア	情報一般の原理
Sイ	コンピュータで処理される情報の原理
Sウ	情報を扱う機会および機構を設計し構築するための技術
Sエ	情報を扱う人間社会に関する理解
Sオ	社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織

久野（文責）（2019）⁽⁸⁾は、表2の情報学の参照基準に基づき、初等中等教育段階、及び高等教育における一般教育並びに専門基礎教育までの各段階について、情報学のうちから何を学ぶことが望まれるかを検討し整理し、「情報教育の参照基準（2019.2.23版）」を提案した。この情報教育の参照基準は、2017年より、バージョンアップを重ねてきた。久野（文責）によると、情報教育の参照基準では、「学士力」、「情報学の参照基準」の内容に基づき、初等中等教育、大学一般教育・専門基礎教育で扱うべき学習内容・学習水準を整理している。学習内容については、情報学固有の知識・理解とジェネリックスキルを区別せずに、近いものをグループ化してカテゴリとして整理する方針をとっている（p.3）⁽⁸⁾。学習水準については、それぞれのカテゴリについて、より具体的な内容を、おおむね「初歩的・初等中等の早い発達段階で捉えるもの」から「高校・高等教育で捉えるもの」の順に並べてL1, L2, …の記号が付されている（pp.3-4）⁽⁸⁾。ただし並列性や分岐がある場合でも連番を振っているため、必ずしも直線的な順序関係ではなく、またカテゴリ間での数字の大小は意味を持たない（p.4）⁽⁸⁾。さらに、水準としてのL1, L2, …はループリックではないという。L1がある学校段階（たとえば小学校）で扱えたとして、その学習内容を十分身に付けた学習者がL2に到達できる、ということは一般にはいえない（カリキュラムとして質的に内容が異なる）（p.4）⁽⁸⁾と説明している。

久野（文責）の「情報教育の参照基準（2019.2.23）」⁽⁸⁾の学習内容・水準・方法の一部を、表3に示す。表3の考察を進めるにあたり、以下の3点を先ず確認したい。

第1点は、表2の情報教育の参照基準に基づいて、2017年告示の小学校学習指導要領⁽³⁸⁾、2017年告示の中学校学習指導要領⁽³⁹⁾、2018年告示の高等学校学習指導要領⁽⁴⁰⁾が作成されているわけではない点である。なお、文部科学省中学校技術分野（科）担当の上野耕史教科調査官は、中学校学習指導要領の告示時点では、高等学校学習指導要領は公表されていなかったが、小中高の接続を踏まえた内容の検討が行われていたことを公式に明言している（文部科学省編、2019b：p.66）⁽⁴¹⁾。

第2点は、2019年6月6～8日に東京で開催されたNew Education Expo2019⁽⁴²⁾の特別講演で、2017年告示の小・中学校及び2018年告示の高等学校学習指導要領の情報教育の作成において、中心的な役割を果たしてきたメンバーの一人である堀田が、2018年11月6日に文部科学省が公表した「小学校プログラミング教育の手引（第二版）」⁽⁴³⁾の学習活動の分類「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」を最初に行うのは無理であると断言し、ぜひCから学習することを明言した点である⁽⁴⁴⁾。筆者らは、以前から「C-②各教科等におけるプログラミングに関する学習活動の実施に先だって、プログラミング言語やプログラミングの技能の基礎についての学習を実施する例」の

表3 久野（文責）「情報教育の参照基準（2019.2.23）」の学習内容・水準・方法（一部掲載）[出典：久野 靖（文責）：情報教育の参照基準（2019.2.23版）<https://www.edu.cc.uec.ac.jp/~ka002689/9282981/ieduref-0223.pdf>]

註1：例えば、A1のL3の（高必修）→（中技術）は、久野は高校必修情報1で扱うことを提案したが、筆者等は中学校技術分野（科）で扱うことを意味する

註2：小・中学校の水準のみを掲載し、高校・大学の水準の学習内容・方法は、紙幅の制約により本表では割愛した。下線付き語句は、筆者による追記等の変更箇所を意味する

u003Cp>

A. 情報およびコンピュータの原理

A1. 情報技術の基本概念の理解を目的とし、情報技術の活用による課題の解決の文脈において、情報が持つ特性やその表現方法に関する知識・理解

L1: 情報（知らせ）とは何かということ（小情）

L2: 情報を外部化（書き記すなど）により記録・表現できるということ（小情）

L3: デジタル／アナログ～多様な情報の表現方法（高必）→（中技）

A2. コンピュータや情報技術の基本原則とできることに関する知識・理解

L1: コンピュータが「自動的に情報を処理する装置」であること（小情）

L2: コンピュータとプログラムを含むデジタル情報の関係（高必）→（中技）

A3. 情報技術の基本概念の理解を目的とし、情報技術の活用による課題の解決の文脈において、コンピュータネットワークやその上の情報の流れとコミュニケーションの特性に関する知識・理解

L1: コンピュータネットワークの存在やその働き（小情）

L2: コンピュータネットワークを通じたコミュニケーションの存在や特性（小情）

L3: コンピュータネットワークの構造・パケット・プロトコルの基本原理（高必）→（中技）

A4. コンピュータやネットワークにまつわるセキュリティの概念やそのための技術に関する知識・理解

L1: コンピュータネットワークにまつわる「安全」の意識と基本知識（小情）

L2: コンピュータネットワークに関する安全教育に相当する知識・理解（小情）

L3: 情報セキュリティの考え方・原理と暗号などのセキュリティ技術の理解（高必）→（中技）

L4: 情報社会での情報技術関連のリスク要因・リスク評価の知識・理解（大学）→（中技）

A5. コンピュータやそこで動くプログラムの記述を通じて情報を取り扱ったり機器を制御する技能

L1: 情報端末を通じて情報を取得したりリモコンで機器を制御できること（小情）

L2: センサによる環境情報の自動計測や調音・調光等の自動制御の原理（中技）

L3: センサ・アクチュエータとフィードバック制御プログラムの作成（大学理工）→（中技）

L4: 自動運転等でAI技術により人間の補助や代行を可能とする原理の基礎的知識・理解（大学理工）→（中技）

B. 情報の整理と創造

B1. 情報技術の基本概念理解を目的とし、情報技術の活用による課題の解決の文脈において、情報の記録や整理の方法が人間の情報に対する理解度、処理効率、アウトプットの品質に影響することに関する知識・理解

L1: 情報の多様な整理方法（ランダム・線形・階層等）とその得失の理解（小情）

L2: 自分や他人の判断がそれまでの得た情報に基づくことの理解（中技）

B2. 文書などの情報の読み取り論理構造や論理の欠陥を把握する技能

L1: 文章に書かれていること・書かれていないことを判別できる（小全教科等）

L2: 文章の内容に対して理由の記載有無や（有なら）その箇所を指摘できる（中般）→（小全教科等）

L3: 文章の内容に相反する部分がある場合にその箇所を指摘できる（高般）→（小全教科等）

L4: 文章に書かれた論述の道筋に欠陥があればその内容を指摘できる（高般）→（小全教科等）

B3. 明確で論理的な構造・記述を持つ文書を作成する技能

L1: 見聞したり提示された事実についてその要点を含む文章を作成できる（小全教科等）

L2: 文章の文どうし、節どうしの間に適切な順接・逆接の語を挿入できる（中般）→（小全教科等）

L3: 理由説明の必要な事実について、事実とともに理由を適切に記述できる（高般）→（小全教科等）

L4: 三段論法など複数の段階を要する論述を過不足なく記述できる（大般）→（中全教科等）

B4. 受け手にとりわかりやすく魅力的な表現を構築する技能

L1: 伝えたい事柄が伝わるプレゼンテーションを準備し実施できる（中情）→（小全教科等）

L2: 事柄を的確に伝えられる配置・配色のグラフ・図・ポスターを創出できる（高必）→（小全教科等）

L3: 事柄を的確に伝えられる構造・メディア選択のコンテンツを創出できる（高選）→（中全教科等）

C. モデル化とシミュレーション

C1. モデルとはなにかということや、汎用性のある代表的なモデルおよびモデル化手法に対する知識・理解

L1: プラモデル・地図・路線図などがモデルであることを理解している（中情）→（小全教科等）

C2. 状態遷移やデータの流れなどの情報学と関連の深いモデル化手法と活用する技能

L1: 状態遷移図やデータフロー図などのモデル図を読むことができる（高選）→（中技）

L2: 与えられた／見聞した事象に対するモデル図を描くことができる（高選）→（中技と中全教科等）

L3: モデル図を参照して（そのモデル図に適した）問題解決が行える（大他）→（中技と中全教科等）

C3. モデルに基づくシミュレーションを用いて問題解決を行う技能

L1: 間取り図や地図などのモデル上でコマ等を動かして問題を解くことができる（中技と中全教科等）

C4. モデルに評価関数を組み合わせて最適化問題としての定式化や求解が行える技能

L1: モデルの上で目的（評価）関数を意識でき試行錯誤による最適化が行える（中技）

D. データとその扱い

D1. データの保管や基本的な取扱いに関する知識・理解

L1: USBメモリなどの媒体にデータが保管できることが分かる (小)

L2: テキスト・画像・音の表現、ファイルやデータベースの基本的な概念が分かる (高必) → (中全教科等)

D2. データの構造や構造に基づく取扱いに関する知識・理解

L1: 組や並びなどの基本的なデータ構造とその使用方法がわかる (高必) → (中技)

D3. データの統計的・人工知能技術による扱いの知識・理解

L1: 平均・分散・中央値・四分位数などの基本的な統計量が分かる (高必) → (中数学)

L2: ヒストグラムや散布図 (高必) → (散布図は高数学, ヒストグラムは中数学)

L3: データマイニングの基礎的な考え方や基本的な手順が分かる (高選) → (中技) (中数学)

L4: 機械学習など人工知能技術により何が可能になるかが分かる (大情) → (中技)

E. 計算モデル的思考

E3. アルゴリズム的な考え方を取扱い、問題に対するアルゴリズムを構築する技能

L1: 具体的な動作例からその動作を一般化したアルゴリズムを記述できる (高必) → (中技)

L2: 読解したプログラムコードからそのアルゴリズムを抽出・記述できる (高必) → (中技)

L3: 未知の問題に対してそれを解く易しいアルゴリズムを検討・考案できる (高必) → (中技)

L4: 計算量を考慮しつつ必要なアルゴリズムを考案/改良できる (大情) → (中技)

F. プログラムの活用と構築

F1. プログラムとは何かを理解した上で、プログラムを自分や社会の問題解決に役立てられる技能

L1: 対象物がプログラムで動いていることが認識できそのことを説明できる (小全教科等)

L2: プログラムで動く対象物を認識しソフトを入れ換えたり動作を調節できる (中技)

F2. プログラム言語が持つ機構を適切に活用し、意図する動作を実現できるプログラムを設計・構築できる技能

L1: タートルなどの直接的な動作を連ねる形でのプログラムが構築できる (小全教科等)

L2: 変数など動作を汎用的に扱える要素を持つプログラムが構築できる (中技)

F3. プログラムの設計・作成において計画性を持ち適切な管理を伴いながら作業を進められる技能

L1: プログラムのステップを模擬実行して確認しつつ作成・修正する技能 (中技)

F4. 作成したソフトウェアのふるまいを検証し、必要なら手直しや改良を行える技能

L1: プログラムの動作と想定動作を照合し違いを認識した上で修正する技能 (中技)

G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業

G1. コミュニケーションやコミュニケーションに必要とされるものに関する知識・理解

L1: 自分と他者、他者相互の情報のやりとりがコミュニケーションであるとの理解 (小全教科等)

L2: どのようなコミュニケーションが望ましい/望ましくないかが分かる (小全教科等)

L3: メディアを含むコミュニケーションの要因とそれらがもたらす影響の理解 (高必) → (小全教科等)

G2. 多様なメディアの特性に対する理解とそれらのメディアを使いこなす技能

L1: 文字で表す/絵で表すなどの形でメディアを使い分けられる (小全教科等)

L2: マルティメディアやハイパーテキストのコンテンツを計画し作成できる (高) → (小全教科等)

L3: 文字・ゲーム・サウンド・動画など多様な情報伝達メディアを活用できる (大情) → (小全教科等)

L4: マスメディア等多様な情報伝達メディアの社会的役割や影響の理解 (大) → (小全教科等)

G3. 協調作業やそのためのコミュニケーション/プレゼンテーションの技能

L1: 「一緒に～する」「分担して～する」をコミュニケーションできる (小全教科等)

L2: 共同作業のためのコミュニケーションに際して合意・確認が取れる (中) → (小全教科等)

L3: 共同作業の目的や進め方を集団の前でプレゼンテーションできる (高必) → (小全教科等)

L4: 目的のために誰とコミュニケーションするか計画し実践できる (大般) → (小全教科等)

G4. コミュニケーションにおいて相手の立場に立ち相手を尊重できる態度

L1: 「自分の望み」と「相手の望み」が一般には一致しないことを認識できる (小全教科等)

L2: 自分の伝えた内容が相手の立場からどう思えるのか想像できる (中) → (小全教科等)

L3: 相手の発表内容が自分の望みと違う時にも相手の立場を理解できる (高) → (小全教科等)

L4: 相手を尊重しつつ合意点を探り、合意しないことも選択できる (大般) → (小全教科等)

G5. グループ作業において協調したりリーダーシップを取ったりできる態度

L1: グループ活動と個人活動の違いを知り他のメンバーと協力できる (小全教科等)

L2: リーダーシップの必要性を理解しリーダーになれる/リーダーを支えられる (中) → (小全教科等)

L3: グループの目的に向けて自己の活動を判断したり他者と調整できる (高) → (小全教科等)

L4: グループ活動の効果的な形を知り実現に向かって活動できる (大般) → (小全教科等)

H. 情報社会・メディアと倫理・法・制度

H1. 情報技術が持つ特性とそれに法・制度がどのように対応しているかの理解

L1: 情報技術が人間の身体性と隔たっていることを前提とした行動の必要性理解 (中技) → (小情)

L2: 情報技術が及ぼす便益とリスクの視点からの、著作権・個人情報保護・プライバシー等情報に関わる制度とサイバー犯罪の理解 (高必) → (中技)

L3: 情報技術による人間社会の可能性やリスクと法・制度のあり方の理解 (大情) → (中技)

H2. メディア情報や他人の言説中の意図を汲み取り、それを踏まえて情報を活用する技能

L1: 伝えられたことと伝達者の真意に不一致があり得ることを知っている (中) → (小)

L2: メディア情報は編集する人の意図で選別・編集されることを知っている (高) → (中全教科等)

L3: 情報操作・印象操作等を認識できそれを考慮して情報を受け取れる (高) → (中全教科等)

L4: 自身の情報伝達において意図を明確に示し行き違いを避けられる (大) → (中全教科等)

H3. 情報倫理を理解しネット上でよき市民として行動する態度

L1: SDGsの視点から、黄金律・正直・約束・平等・人命尊重などの原則を守ることができる (小全教科等)

L2: 情報社会の法・規則・秩序を理解した上で、情報技術を活用した課題解決場面において、倫理的判断が行える (中技)

L3: ジレンマや社会における問題を認識した上で、情報技術を活用した課題解決場面において、社会からの要求、安全性、経済性などから複数の解決案を比較・検討して、最適な解を選び出すための意思決定ができる (高必) → (中技)

I. 論理性と客観性

I1. 論理的推論に基づいて結論を導いたり、実際の結果を説明できるような仮説を検討し構築する技能

L1: 共通性の発見や類推的などを用いて筋道を立てて判断や推論が行える (小全教科等)

L2: 帰納的、類推的、演繹的な推論について理解し、これらを実践できる (中全教科等)

L3: 一般的な事項の推論において前提や帰結を整理し論理の筋道を構築できる (高) → (中全教科等)

L4: 事項を最もよく説明する仮説を選択する推論 (アブダクション) が実践できる (高) → (中全教科等)

I2. 人間が受け取る情報やその身体的活動が、思考過程やそれが導き出す判断に影響を及ぼすことに関する知識・理解

L1: 人や自分の判断が必ずしも一貫していないことを認識している (中全教科等)

I3. 主観的な情報と客観的な情報を区分し、自分自身の考えを客観視できる態度

L1: 主観的と客観的の違いを知り、両者を区別して受け取れる (小全教科等)

L2: 主観的な意見や希望に対し、理由を聞くなど明確化して受け取れる (中全教科等)

I4. ものごとを論理的に筋道立てて考え、客観的情報に基づき判断する態度

L1: ものごとの説明を裏付けや論理の飛躍の有無も考えて読み取れる (高) → (小全教科等)

L2: 重要な判断は好みではなく客観的な理由を意識して行える (大) → (中全教科等)

L3: 自分の判断の理由を筋道立てて説明できるかどうか確認できる (大) → (中全教科等)

L4: 判断に際して不足する情報を収集した上で論理的に判断できる (大) → (中全教科等)

J. システム的思考

J1. 情報技術を活用したシステムの具体例や社会における役割を考え、システムの構造を調べたり必要なシステムを構想したりする技能

L1: 代表的なシステムの例やその役割を調べたり確認できる (高) → (中技)

L2: システムの要素やそれが組合わさり動く仕組みを理解し説明できる (高) → (中技)

L3: システム内のものや情報の流れを正常以外の場合も含め追跡できる (高) → (中技)

L4: 特定の問題に対し必要な要素を組み合わせたシステムを構想できる (大) → (中技)

J2. 情報技術を活用したシステムと人間のインタフェースのあり方やその評価手法、ユーザにとってのシステムの価値に関する知識・理解

L1: システムとユーザの接点を指摘でき、その善し悪しを検討できる (中技)

J3. 情報技術を活用したシステムを設計・構築・評価・運用するための標準的な手法や起こりうる問題と対処方法に関する知識・理解

K. 問題解決 (小・中の全教科等)

K1. 問題を発見／記述・文責したり、問題解決に向けた作業を行う技能

K2. 問題解決プロセスを段階を踏んで実行でき、必要に応じてブラッシュアップ・反復実行・改良が行える技能

K3. 自分や他人が持つ問題を客観的に捉えたり、その解決に向けて主体的に調べ・学ぶ態度

重要性を度々指摘してきた。プログラミング学習の楽しさや、ティンカリングに没頭し、夢中になるワクワク感をたいせつにして、小学校低学年では特に生活科や図画工作科で、小学校中・高学年では「総合的な学習の時間」を中心にC-②の学習活動を活発に展開し、プログラミングに慣れ親しむことが強く望まれる。堀田は、同講演など^{(44), (45)}で、文部科学省が実施した2014年⁽⁴⁶⁾と2016年⁽⁴⁷⁾の「情報活用能力調査」で、小学生のキーボードによる文字入力数が1分間に平均5.7文字、高校生が平均25文字であることに強い危機感を表明した。筆者らは、小学校第3学年の国語でローマ字を学習する時期に合わせて、国語教科に学習場面に限定するのではなく、全ての教育課程の活動と社会に開かれた、公教育と私教育が一体化したインフォーマル学習において、ローマ字入力によるキーボードタイピングの学習を早期に行う必要性を再三訴えてきた⁽⁴⁸⁾。

第3点は、2019年5月18日に東京大学山上会館で、日本学会議情報学委員会情報学教育分科会が、情報処理学会情報処理教育委員会の協力を得て、「情報教育の参照基準」の公開シンポジウムを開催し⁽⁴⁹⁾、久野が同参照基準についてパネラーとして登壇し、説明した⁽⁵⁰⁾。さらに、紅林が、2017年告示中学校学習指導要領解説技術・家庭編⁽⁵¹⁾に基づき、中学校の技術・家庭科の視点から、同「情報教育参照基準」について詳細な批評をして、発表資料も同webに

アップ中である⁽⁵²⁾。そこで、本小論では、紅林⁽⁵²⁾の発表を本研究の先行研究と位置付けて考察している。

表2の「A.情報およびコンピュータの原理」のA1からA5のうち、「(小情)」は、情報の本質や情報技術の基本概念であり、情報科学や情報技術の文脈依存性が高いために、情報や情報技術の教科で学習するのが望ましいと考えられる。A1のL3、A2のL2、A3のL3、A4のL3とL4、A5のL3とL4は、『2017年告示中学校学習指導要領解説技術・家庭編』⁽⁵¹⁾の学習内容に含まれていると考える。

「B.情報の整理と創造」については、B2、B3、B4は各教科等の基盤となる「言語能力」である。文部科学省(2011)の『言語活動の充実に関する指導事例集【小学校編】』⁽⁵³⁾の「第3章 言語活動を充実させる指導と事例」「(1)児童の発達の段階に応じた指導の充実」の【低学年】【中学年】【高学年】の発達に段階に応じた指導事項に対応させる必要がある。紅林もほぼ同様の指摘を行っていた⁽⁵²⁾。新井(2018)⁽⁵⁴⁾が指摘しているように、「読解力(言語能力)」と「コミュニケーション能力」は、AI社会において、各教科等の基盤となる重要な資質・能力である。

「C.モデル化とシミュレーション」は、紅林の指摘⁽⁵²⁾と、小論における筆者らの指摘は、ほぼ一致する。中学校技術分野でもっと踏み込むことが望まれる学習内容である。モデル化という、一つの処理の形態をパターン化しながら、プログラミング学習と繋げることが望ましい。また、状態遷移図やアクティビティ図などで、モデル化するときの図案化の学習を明確にした方がよいと考えている。

「D.データとその取扱い」の考察については、AIやデータサイエンスに必要な資質・能力を育成するための、算数数学の学習指導要領の統計教育の充実と、大きく関連する。小学校学習指導要領(平成29年告示版)算数では、「データ活用領域」と領域名称の変更がなされ、小6では中央値や最頻値などがデータの考察で追加された⁽³⁸⁾。中学校学習指導要領(平成29年告示版)数学では、中1のデータの分布の傾向で累積度数の追加、中2のデータの分布の比較では四分位範囲と箱ひげ図の追加、中3では標本調査が学習内容とされた⁽³⁹⁾。高等学校学習指導要領(平成30年告示)⁽⁴⁰⁾では、数学1で、分散、標準偏差、散布図及び相関係数、仮説検定の考え方が学習内容とされた。数学Aでは、確率の意味、事象の確率、期待値、独立な試行の確率、条件付き確率が学習内容になった。数学Bでは、確率変数と確率分布、二項分布と正規分布、区間推定、仮説検定が学習内容として示された。特にD3のL4の人工知能技術により何が可能になるかが分かるについては、紅林の指摘⁽⁵²⁾の通り、中学校技術分野(科)で学ばせたい学習内容である。

「E.計算モデル思考」は、久野の「情報教育参照基準(2019.2.23版)」⁽⁸⁾において中学校技術分野(科)の学習内容ではないと位置付けられたが、高等学校共通情報科の「情報1」とのギャップが大きく、円滑な接続を考慮すると、中学校技術分野(科)の学習内容とした方が望ましい。紅林もほぼ同様の指摘⁽⁵²⁾をしている。

「F.プログラムの活用と構築」は、久野の「情報教育参照基準(2019.2.23版)」⁽⁸⁾の提案と筆者らの見解は同じである。

「G.コミュニケーションとメディア及び協調作業」と「I.論理性と客観性」は、各教科等の基盤となる「言語能力」を中心とした通教科的・汎用的な資質・能力である。紅林⁽⁵²⁾とほぼ同様の見解である。

「H.情報社会・メディアと倫理・法・制度」は、各教科等の基盤となる資質・能力である。情報技術の本質的な概念理解を目的として、情報技術を活用した課題解決場面の文脈・状況依存性が強い学習場面では、技術分野(科)が望ましく、他教科や特別の教科道徳の文脈場面では、当該教科等で学習する方が望ましい。紅林⁽⁵²⁾とほぼ同様の見解である。

「I.論理性と客観性」は、紅林⁽⁵²⁾が指摘するように、各教科の基盤をなす汎用的な資質・能力である。

「J.システムの思考」は、久野の「情報教育参照基準(2019.2.23版)」⁽⁸⁾において中学校技術分野(科)の学習内容ではないと位置付けられたが、紅林の指摘⁽⁵²⁾のように、システム思考は、技術とキャリア発達の観点から、生涯にわたり技術とは何かを永続的に理解するために不可欠な、本質的で最上位の概念である。2014年版の5歳から16歳までのイングランドのナショナル・カリキュラム「デザインと技術」⁽⁵⁵⁾、同「コンピューティング」⁽⁵⁶⁾及び、アメリカのInternational Technology Education Association (ITEA): Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technologyの2000年版⁽⁵⁷⁾、2002年版⁽⁵⁸⁾、2007年版⁽¹²⁾共に、「システム思考」は、技術の本質概念の最上位概念に位置付けられている。

「K.問題解決」は、紅林の指摘⁽⁵²⁾のように、「言語能力」、「情報活用能力(情報モラルを含む)」と共に、学習の基盤となるメタ認知を伴う資質・能力であり、各教科等の特質を生かし、教科等横断的視点から教育課程の編成を図る(文部科学省、2018ep.48)⁽⁵⁹⁾。

5 総合考察

久野（文責）⁽⁸⁾「情報教育の参照基準（2019.2.23）」、アメリカComputer Science Teachers Association（CSTA）の幼稚園から第12学年のためのComputer Science Standards（CSS）（2017）⁽¹⁰⁾、イングランドの5歳～16歳までの2014年版ナショナルカリキュラムの教科「コンピューティング」の「Draft-Scheme of Work（単元学習課題の草稿）for Computing -Key Stage 1 and 2（5歳～11歳）（2014）⁽¹¹⁾」、アメリカInternational Technology Education Association（ITEA）の幼稚園から第12学年のためのStandards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology（3rd Edition）⁽¹²⁾、山崎ら（2011）⁽¹³⁾の技術科教科内容学体系の構成原理を再構成したものとの比較表を、表4に示す。

表4 久野（2019.2.23）⁽⁸⁾、CSTAのCSS（2017）⁽¹⁰⁾、Computing（2014）⁽¹¹⁾、ITEEA（2007）⁽¹²⁾、山崎ら（2011）⁽¹³⁾の技術科教科内容学体系の構成原理を再構成したものとの比較表

久野 （2019.2.23） ⁽⁸⁾	CSTAのCSS （2017） ⁽¹⁰⁾	Computing （2014） ⁽¹¹⁾	ITEEA （2007） ⁽¹²⁾	山崎ら（2011） ⁽¹³⁾ の技術科教科内容学体系 の構成原理を再構成
A. 情報および コンピュータの原理	(1) 情報処理システム	(1) アルゴリズム	(1) 技術の性格と範囲	(1) 技術の本質と、科学・技術・エンジニアリング・社会・芸術（リベラル・ランゲージ・美・音楽等を含む）の相互関係の理解力
B. 情報の整理 と創造	1) 装置, 2) ハードウェアとソフトウェア, 3) トラブルシューティング	(2) プログラミング開発	(2) 技術の中核的概念	1) 技術の意義と必要性の理解力
C. モデルとシミュレーション	(2) ネットワークとインターネット	(3) データ・データ構造	(3) 技術相互間の関連性と、技術と他教科の関係	2) ものづくり、情報技術、IoT、AI、システムとシステム思考、資源、必要・制約条件、最適化とトレードオフ、プロセスの各中核概念の理解力
D. データとその 取扱い	(1) ネットワーク通信と構成、サイバセキリティ	(4) ハードウェア処理	(4) 技術の文化的、社会的、経済的、政治的な影響	3) 技術を評価し、選択、管理・運用する力（技術ガバナンス力）、技術倫理、安全・リスク予知・評価・管理・対応力を含む
E. 計算モデル 的思考	(3) データと解析	(5) コミュニケーション・ネットワーク	(5) 環境に対する技術の影響	4) 「材料と加工システム」、「エネルギー変換と電気・機械システム」、「計測・制御と情報システム」、「生物育成システム」の技術と相互関係と、技術とSTEAM/STREAM教科との相互関係の理解力
F. プログラム の活用と構築	1) ストレージ, 2) 収集、視覚化、変換, 3) インターフェイスとモデル化	(6) 情報技術	(6) 技術の開発と利用における社会の役割	(2) 技術とエンジニアリングのデザイン・プロセス力
G. コミュニケーション とメディア および協調 作業	(4) アルゴリズムとプログラミング		(7) 歴史に対する技術の影響力	1) ティンカリング等により技術に慣れ親しみ、技術の必要性の理解力、生活や社会における事象から技術課題を発見・発想する力
H. 情報社会 ・メディア と倫理・ 法・制度	1) 変数, 2) 制御, 3) モジュール化, 4) プログラム開発		(8) デザインの特徴	2) 構想計画と設計力（プロトタイプによる試行錯誤と追求と没頭による粘り強さ、モデリング力を含む）
I. 倫理性と客 観性	(5) コンピューティングの影響		(9) エンジニアリング・デザイン	3) 製作・制作・育成と工夫・改良力
J. システム的 思考	1) 文化, 2) 社会相互作用, 3) 安全性, 法令遵守, 倫理性		(10) 問題解決における課題の発見、製品・システム等の開発と発明改良、および試験の役割	4) ポートフォリオやスタディログの作成と他者とのコミュニケーション、自己内省と相互評価による振り返り
K. 問題解決			(11) デザインプロセスの活用	(3) Society5.0の実現へ、新たな発想に基づく技術イノベーション力、知的財産の創造と活用、権利尊重の理解力
			(12) 技術製品・システム等の使用と維持管理	
			(13) 技術製品・システム等の影響評価	
			(14) 医療技術,	
			(15) 農業技術・バイオテクノロジー	
			(16) エネルギーと動力技術	
			(17) 情報通信技術技術	
			(18) 運輸交通技術	
			(19) 製造技術	
			(20) 建設技術	

(8) 久野 靖：情報教育の参照基準（2019.2.23版）<https://www.edu.cc.uec.ac.jp/~ka002689/9282981/ieduref-0223.pdf>

(10) CSTA（Computer Science Teachers Association）Standards Task Force: CSTA K-12 Computer Science Standards, Revised 2017（2017）<https://www.csteachers.org/page/standards>

(11) Assembled, collated and in a large part written by James Feanley. Amended by Steve Gatehouse: Draft-Scheme of Work for Computing -Key Stage 1 and 2 -Draft, pp.7-11（2014）<https://community.computingatschool.org.uk/resources/2119/single>

- (12) ITEA (International Technology Education Association) : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (3rd Edition), Author (2007) <https://www.iteea.org/39197.aspx>
- (13) 山崎貞登・東原貴志・菊地 章・森山 潤：先導的大学改革推進委託事業「教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域の構成案」「技術科内容学」構成案，pp.256-290，三大学研究協議会（国立大学法人上越教育大学・国立大学法人鳴門教育大学・国立大学法人兵庫教育大学：『平成22-23年度 文部科学省先導的大学改革推進委託事業研究成果報告書 教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域に関する調査研究（所収）』，国立大学法人上越教育大学（2011）http://www.juen.ac.jp/050about/050approach/030relation/sendou/files/sendou_seikahoukoku.pdf

さらに，（独）情報処理推進機構社会基盤センター 人材プラットフォーム部による2018年9月18日第1回ITリテラシーWGにて，「ITLS（IT Literasy Standard）案の策定について（資料1）」のp.7「第4次産業革命下で求められる人材像・能力」⁽⁹⁾を基に，同表のビジネスシーンを中心とした文脈から，あらゆる職業や社会的な活動等に必要な生涯学習の基盤的な資質・能力の文脈に対応させるために，筆者が一部修正し再構成した表を，表5に示す。

表5 第4次産業革命下で求められる人材像・能力〔出典（独）情報処理推進機構社会基盤センター 人材プラットフォーム部：2018年9月18日第1回ITリテラシーWG ITLS（IT Literasy Standard）案の策定について 資料1のp.7を基に，筆者が一部修正し再構成 <https://www.ipa.go.jp/files/000070620.pdf>（2019.8.13最終閲覧）〕

IT活用スキル／リテラシー

- ・AI等を取り入れた新しいツールやシステムを使いこなす力
- ・AI等の活かし方を考えるための創造性やデザイン力
- ・データ，セキュリティ，プログラミング等の基礎的な知識や仕組み・考え方の理解
- ・AI，IoT等の活用力
- ・AIシステムの基礎的理解力

データ活用スキル／リテラシー

- ・一定のデータ分析や統計学の知識。データサイエンティストらが出した結果を読解し，評価する力
- ・母国語＋世界語・問題解決力＋データリテラシー。データリテラシーとは，分析的，データドリブン（データに基づいて判断・活動すること）な思考力と基礎的な素養・分析力・統計的素養・情報学の基本・データエンジニアリングの基本

汎用的なヒューマンスキル

- ・IoTの理解力と活用力
- ・公正な判断力と思考力
- ・課題設定力
- ・文理芸能分野を超えた知識，スキルの習得・活用力。サイエンスの探究，アーツの探求とサイエンスとの融合力
- ・AI等に代替えされにくい能力・スキル
- ・代替が難しいともいわれている，文章の読解力や対話力
- ・情報収集能力や課題解決能力，論理的思考力等の課題遂行能力，チャレンジ精神や主体性，行動力，洞察力等の人間的資質，コミュニケーション力やネゴシエーション力等の対人関係能力，変化への柔軟性，企画発想力や創造性

表5の各スキル／リテラシーが，表4の各参照基準等に含まれているかどうかについて，検討を行った。「ティンカリング」や「デザイン思考」については，久野⁽⁷⁾では「C.モデルとシミュレーション」と「F.プログラムの活用と構築」，CSTA⁽¹⁰⁾では「(4)アルゴリズムとプログラミング」，Computing (2014)⁽¹¹⁾では「(2)プログラミング開発」，ITEEA (2007)⁽¹²⁾では「(8)デザインの特徴」，「(9)エンジニアリングデザイン」，「(10)デザインプロセスの活用」，山崎ら (2011)⁽¹³⁾では「(2)技術とエンジニアリングのデザイン・プロセス力」に含まれていた。表4の「データ活用スキル／リテラシー」については，久野⁽⁸⁾では主に「D.データとその取扱い」に含まれている。

表5の「汎用的なヒューマンスキル」の，「文理芸能分野を超えた知識，スキルの習得・活用力。サイエンスの探究，アーツの探求とサイエンスとの融合力」は，単教科の参照基準等では盛り込まれないことが多いために，各教科（ディシプリン）と共に，STEAM/STREAM教育の学習の基盤となる教科横断的資質・能力の参照基準を今後検討する必要がある。小学校段階において，STEAM/STREAM教育を導入するために，特に，生活科，図画工作科，家庭科，「総合的な学習の時間」の目標・内容・方法と授業時数の抜本的な見直しや，小学校段階における技術・情報教育の教科化を含め，教科等の構成の在り方の見直しと，旧態依然の形態と内容を保持した「各教科の指導法」を，「未来の教室ビジョン」第2次提言⁽⁶⁰⁾の「学びのSTEAM化」，「学びの自立化・個別最適化」，「新しい学習基盤づくり」や，前原小学校のデジタル革命とコンピューティングによる新しい学習環境の創造⁽⁶¹⁾を牽引するような学術体系に変革するための，抜本的な改善が早急に必要である^{(15)・(31)}。

6 小括

小論の目的は、Society5.0の実現に向けて喫緊の課題であるAIリテラシー育成の教育推進と、主として小・中学校におけるSTEAM/STREAM教育の参照基準作成に向けた基礎知見を得るための検討であった。主たる研究対象は、久野（文責）による「情報教育の参照基準（2019.2.23）」⁽⁸⁾で、アメリカComputer Science Teachers Association（CSTA）の幼稚園から第12学年のためのComputer Science Standards（CSS）（2017）⁽¹⁰⁾、イングランドの5歳～16歳までの2014年版ナショナルカリキュラムの教科「コンピューティング」の「Draft-Scheme of Work（単元学習課題の草稿）for Computing -Key Stage 1 and 2（5歳～11歳）（2014）」⁽¹¹⁾、アメリカInternational Technology Education Association（ITEA）の幼稚園から第12学年のためのStandards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology（3rd Edition）⁽¹²⁾、山崎ら（2011）⁽¹³⁾の技術科教科内容学体系の構成原理を再構成したものと比較し、検討を行った。

小論の主たる結果を3点に集約する。

- (1)久野（文責）の「情報教育の参照基準（2019.2.23）」の「D.データとその扱い」、「E.計算モデル的思考」、「J.システムの思考」は、中学校技術分野（科）では取り扱われていなかった。しかし、『2017年告示中学校学習指導要領解説技術・家庭編』⁽⁵¹⁾に盛り込まれている項目があり、2018年高等学校学習指導要領と小・中学校の円滑な接続を図る観点から、中学校技術分野（科）で扱った方が望ましいといえる。
- (2)AI教育には、小・中学校において、児童生徒の発達水準に応じた技術ガバナンス力（技術を評価、選択、管理・運用する力）と、技術イノベーション力（新たな発想に基づく、技術のイノベーションによる新しい価値の創造）の育成を図る必要がある。
- (3)小学校段階において、STEAM/STREAM教育を導入するために、特に、生活科、図画工作科、家庭科、情報・技術教育の充実と小・中・高・大の円滑な接続を図るべく、「総合的な学習の時間」の目標・内容・方法と授業時数の見直しや、小学校段階における技術・情報教育の教科化を含め、教科等の構成の在り方の再検討が必要である。旧態依然の形態と内容を保持した「教科の指導法」について、Society5.0の実現を果たすべく、社会の変化や技術の進展を踏まえ、「学びのSTEAM化」、「学びの自立化・個別最適化」、「新しい学習基盤づくり」という視点からの抜本的な見直しが早急に求められる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS科研費（基盤研究C代表：山崎貞登、課題番号17K01023）の助成を受けた。

引用文献

- (1)OECD：『学習成果の認証と評価：働くための知識・スキル・能力の可視化』，明石書店（2011）
- (2)<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>
- (3)Wilkinson, K. and Petrich（著），金井哲夫（訳）：『ティンカリングをはじめよう アート，サイエンス，テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』，オライリー・ジャパン（2015）
- (4)柘植綾夫（編著），芝浦工業大学デザイン工学部（編）：『デザイン工学の世界』，三樹書房（2011）
- (5)山崎貞登・松田 孝・二宮裕之・久保田善彦・磯部征尊・川原田康文・大森康正・上野朝大：Society5.0を支えるSTEAM/STREAM教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態，上越教育大学研究紀要，第39巻第2号，pp.539-553（2020）
- (6)The Royal Academy of Engineering: Shut down or restart? The way forward for Computing in UK schools, The Royal Society（2012）<https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- (7)日本学術会議：大学教育の分野別保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野，（2016）
<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/daigakuhosyo/daigakuhosyo.html>
- (8)久野 靖（文責）：情報教育の参照基準（2019.2.23版）
<https://www.edu.cc.uec.ac.jp/~ka002689/9282981/ieduref-0223.pdf>
- (9)（独）情報処理推進機構社会基盤センター 人材プラットフォーム部：2018年9月18日第1回ITリテラシーWG ITLS（IT Literacy Standard）案の策定について
<https://www.ipa.go.jp/files/000070620.pdf>
- (10)CSTA（Computer Science Teachers Association）Standards Task Force: CSTA K-12 Computer Science Standards, Revised 2017（2017）<https://www.csteachers.org/page/standards>

- (11) Assembled, collated and in a large part written by James Feanley. Amended by Steve Gatehouse: Draft-Scheme of Work for Computing -Key Stage 1 and 2 -Draft, pp.7-11 (2014)
<https://community.computingsatschool.org.uk/resources/2119/single>
- (12) ITEA : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (3rd Edition) , Author (2007)
<https://www.iteea.org/39197.aspx>
- (13) 山崎貞登・東原貴志・菊地 章・森山 潤：先導的大学改革推進委託事業「教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域の構成案」「技術科内容学」構成案，pp.256-290，三大学研究協議会（国立大学法人上越教育大学・国立大学法人鳴門教育大学・国立大学法人兵庫教育大学：『平成22-23年度 文部科学省先導的大学改革推進委託事業研究成果報告書 教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域に関する調査研究（所収）』，国立大学法人上越教育大学（2011）
http://www.juen.ac.jp/050about/050approach/030relation/sendou/files/sendou_seikahoukoku.pdf
- (14) 磯部征尊・山崎貞登：幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準，上越教育大学研究紀要，第32巻，pp.331-342（2013）
- (15) 山崎貞登・山本利一・田口浩継・安藤明伸・大谷 忠・大森康正・磯部征尊・上野朝大：小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表の提案，上越教育大学研究紀要，第36巻2号，pp.581-593（2017a）
- (16) 川原田康文・大森康正・磯部征尊・上野朝大・山崎貞登：小・中学校一貫したロボット及びプログラミング学習実践と教育階梯別の学習到達水準表との対応，上越教育大学研究紀要，第38巻，第1号，pp.135-147（2018）
- (17) 山崎貞登・岡島佑介・東原貴志・大森康正・黎 子椰・磯部征尊・山崎恭平：STEM/STEAM教育からの小・中・高等学校を一貫した技術ガバナンス力と技術イノベーション力の学習到達水準系統表の改善，上越教育大学研究紀要，第39巻1号，pp.193-203（2019）
- (18) 荒木貴之：『ロボットが教室にやってくる 知的好奇心はこうして伸ばせ』，教育出版（2008）ISBN978-4-316-80250-3 C0037
- (19) 久喜市立久喜小学校：文部科学省研究開発学校平成28年度研究開発研究紀要（第3年次），平成25～28年度 文部科学省研究開発学校指定，平成27・28年度久喜市教育委員会研究委嘱：研究主題『科学の心で夢を創る児童の育成』～新設教科「夢創造科」の開発を通して～（2016）
- (20) 久喜市立久喜小学校：文部科学省研究開発学校平成28年度研究開発実施報告書（第4年次）＜研究開発課題＞『科学の心で夢を創る児童の育成』～新設教科「夢創造科」の開発を通して～（2017）
- (21) 川原田康文：小学部におけるロボットおよびプログラミング学習の取り組みと課題，相模女子大学子ども教育研究，第10号，pp.49-56（2017）
- (22) 川原田康文：第3章 相模女子大学小学部及び中学部におけるプログラミング教育の実践，pp.51-118，山崎貞登（研究代表者）：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準（課題番号17K01023）平成29年度～31年度科学研究費補助金（基盤研究（C））第1年次研究成果報告書（所収）（2018）<http://hdl.handle.net/10513/00007428>
- (23) 川原田康文：第2部 我が国の小学校段階におけるプログラミング教育の実践事例 2.1 相模女子大学小学部「ロボティクス」学習指導案（WeDo2.0学習指導案付き），pp.17-33，山崎貞登（研究代表者）：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準（課題番号17K01023）平成29年度～31年度科学研究費補助金（基盤研究（C））第2年次研究成果報告書（所収）（2019）<http://hdl.handle.net/10513/00007929>
- (24) 山崎貞登：第2部 我が国の小学校段階におけるプログラミング教育の実践事例 2.2 東京都小金井市立前原小学校のプログラミング教育，pp.34-50，前掲書(23)に所収
- (25) 磯部征尊・大森康正・岡島佑介・川原田康文・上野朝大・山崎恭平・山崎貞登：初等中等教育段階のコンピューティング／プログラミング教育の目標と学習到達水準に関する日米イギリスの比較研究，上越教育大学研究紀要，第39巻1号，pp.177-190（2019）
- (26) 東京都小金井市立前原小学校 未来の「学び」プロジェクト(2016, 2017, 2018)
<https://peatix.com/user/1717076?lang=ja>
- (27) https://www.kantei.go.jp/jp/98_abe/statement2/20190128siseihousin.html
- (28) <https://www8.cao.go.jp/cstp/aigensoku.pdf>
- (29) <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/>
- (30) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/1415607.htm
- (31) 山崎貞登・大森康正・磯部征尊・上野朝大：プログラミング教育の小・中・高各校種間連携・一貫教育推進のための技術・情報教育課程と専門職発達体系の改革，上越教育大学研究紀要，第37巻1号，pp.217-227（2017b）
- (32) 佐藤頌太：AIリテラシーを養う授業実践の開発－中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じて－，藤川大祐（編著）：「人工知能社会における教育に関する実践的研究」，pp.11-20，人文公共学府研究プロジェクト報告書第346集，千葉大学大学院人文公共学府（2019）<https://ace-npo.org/fujikawa-lab/other.html>
- (33) DATA (Design and Technology Association) : Early KS3 Systems and Control -Robots and the Development of A.I.-（2018）
- (34) <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/>

- (35) Roman, T. Harry: the artificial intelligence challenge, Technology and Engineering Teacher, Volume 78, Issue 1, pp.37-38 (2018)
- (36) <https://afrel.co.jp/product>
- (37) <https://www.takaratomy.co.jp/products/cozmo/>
- (38) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）』，東洋館出版社（2018a）
- (39) 文部科学省：『中学校学習指導要領（平成29年告示）』，東山書房（2018b）
- (40) 文部科学省：『高等学校学習指導要領（平成30年告示）』，東山書房（2019a）
- (41) 上野耕史：技術分野改訂の趣旨と要点(10)，中等教育資料，平成31年1月号，pp.66-67（2019b）
- (42) <https://www.wakuwaku-catch.net/kouen190602/>
- (43) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第二版）（平成30年11月）（2018c）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm
- (44) <https://www.wakuwaku-catch.net/kouen190708/>
- (45) 堀田龍也：「なぜ今，子どもたちへのキーボード入力指導が重要なのか」－教育情報サイトキューブランドWeb（2016）
http://www.cubeland.net/jirei_hm/500101/
- (46) 文部科学省：情報活用能力調査の結果について（2013年～2014年実施の小・中学生対象調査）（2014）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1356188.htm
- (47) 文部科学省：情報活用能力調査の結果について（2015年～2016年実施の高校生対象調査）（2016）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1381046.htm
- (48) 磯部征尊・大森康正・岡島佑介・川原田康文・上野朝大・山崎恭平・山崎貞登：初等中等教育段階のコンピューティング／プログラミング教育の目標と学習到達水準に関する日米イギリスの比較研究，上越教育大学研究紀要，第39巻1号，pp.177-190（2019）
- (49) <https://www.wakuwaku-catch.net/kouen190606/>
- (50) <https://www.wakuwaku-catch.net/kouen190602/>
- (51) 文部科学省：『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説技術・家庭編 平成29年7月』，開隆堂出版（2018d）
- (52) <https://www.wakuwaku-catch.net/kouen190603/>
- (53) 文部科学省：『言語活動の充実に関する指導事例集【小学校編】』，教育出版（2011）
- (54) 新井紀子：『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』，東洋経済新聞社（2018）
- (55) <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>
- (56) <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>
- (57) International Technology Education Association (ITEA): Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology, Authors (2000) ISBN: 1-887101-02-0 国際技術教育学会著・宮川秀俊・桜井 宏・都築千絵編訳(2002)『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略 技術教育からの改革』，教育開発研究所，302p.
- (58) ITEA: Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (2nd Edition), Author (2002)
- (59) 文部科学省：『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総則編』，東洋館出版社（2018e）
- (60) 経済産業省：「未来の教室」ビジョン 経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会第2次提言（2019）
<https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190625002/20190625002.html>
- (61) 河村茂雄：QUを活用したPDCAサイクルで教育実践の向上をめざして⑥ ICTの徹底した活用で教育実践の向上を目指した学校の取組(2)，指導と評価，65(9)，pp.36-38（2019）

※インターネット情報の最終アクセス日は，2019年8月19日

Curriculum Standards for STEAM/STREAM Subjects at Elementary School to Develop Student Competencies for Living in Society 5.0

Yasufumi KAWARADA^{*}, Takashi MATSUDA^{**}, Masataka ISOBE^{***},
Tomohiro UENO^{****}, Yasumasa OOMORI^{*****}
and Sadato YAMAZAKI^{*****}

ABSTRACT

The study sought to acquire fundamental knowledge of educational political strategies as some emergency educational tasks to assist pupils to develop AI literacy. The paper focuses on the creation of curriculum standards for STEAM/STREAM education at elementary and lower secondary schools. The main research objective was to determine the standards for computing education (2019.2.23 version) made by KUNO (a responsible editor). Results are as follows: (1) There is little treatment of “Strand D: Data and their treatments,” “Strand E: Computational modeling thinking,” “Strand J: System thinking,” This paper recommends the introduction of educational content related to this in the lower secondary school. (2) In order to improve AI literacy education in elementary and lower secondary schools, technological governance competency is required to assess, select, use, manage and maintain artifacts, and technological innovation competency is required to use new design ideas to create new worth. (3) In order to introduce STEAM/STREAM education at elementary school level, the rational, aims, content, and teaching/learning design process, of each subject area must be reviewed, together with the number of school hours per year devoted to “life living Study,” “Art and Craft,” “Home Economics,” and “Periods for Integrated Study.” This study also proposes the introduction of technology and computing subjects at elementary school, a reconsideration of subject composition and reconstruction from unchanged to changeable and flexible methods relating to technological development based on the integration of science and arts’ subjects, through the transformation of teaching methodology at elementary and secondary school level.

^{*} Elementary School Part Attached to Sagami Women’s University ^{**} LLC MAZDA Incredible Lab
^{***} Aichi University of Education ^{****} CA Tech Kids Co. ^{*****} Natural and Living Science