

英国・韓国・ニュージーランドと日本の初等中等教育における コンピュータサイエンス教育の導入経緯の比較調査

小田理代¹ 登本洋子² 堀田龍也¹

概要: 本研究では、英国、韓国、ニュージーランド（以下、NZ）と日本を比較し、初等中等教育におけるコンピュータサイエンス（以下、CS）教育のカリキュラムの背景にある要請や教育目的・目標の特徴の共通点や相違点を見出すことを目的に、CS教育の導入経緯における現カリキュラムの改訂過程と現カリキュラムにおいて、どのような要請が検討され、それが教育目的・目標にどのように関連しているのかを調査した。その結果、社会的要請に関しては4カ国共通して、情報技術の進展やその結果としての社会への影響などが見られた。学問的要請に関しては4カ国共通して、CSを学問として捉えていた。日本においては、他の3カ国よりもCSを広義に捉えていることが推測された。また、教育目的・目標に関しては、社会的要請と学問的要請が反映されていることが示唆された。

キーワード: コンピュータサイエンス教育、初等中等教育、英国、韓国、ニュージーランド、日本

Comparative Study on the Introduction of Computer Science Education in Primary and Secondary Education in the UK, South Korea, New Zealand, and Japan

MICHIYO ODA^{†1} YOKO NOBORIMOTO^{†2}
TATSUYA HORITA^{†1}

Abstract: The purpose of this study is to find similarities and differences of characteristics in the curriculum background and the educational objectives and goals of computer science (CS) education in primary and secondary education through comparing the UK, South Korea, New Zealand (NZ), and Japan. The results of this study showed that the social demand of curriculum was common in all four countries, such as the development of information technology and the resulting impact on society. In terms of the academic demand of curriculum, the UK, South Korea, and NZ have incorporated CS education as a central part of information education since they regard CS education as an academic discipline. It was also suggested that Japan has a broader approach to CS education, comparing to the other three countries. The educational objectives and goals were indicated to reflect social and academic demands of curriculum.

Keywords: computer science education, primary and secondary education, the UK, South Korea, New Zealand, Japan

1. はじめに

1.1 研究の背景

情報技術があらゆる分野で基盤となる現代社会において、急速な情報技術の革新により、人々に求められる資質・能力が変化している。例えば、情報処理推進機構[14]は、企業でデジタル・トランスフォーメーション（以下、DX）を推進する上での人材育成に関する調査を行い、企業におけるDXで成果を出すためには全従業員がデジタル時代のコア・リテラシーを身に付けることが重要な課題であることを指摘している。また、情報技術が基盤となる社会において学校教育段階から、児童生徒がコンピュータを使いこなすだけでなく、その仕組みや原理などを学ぶことが重要であることが指摘されている[29][38]、このような学習はCS教育であり、CSはアルゴリズム、データ構造、プログラミ

ング、問題解決などを包括する学問（discipline）であると定義される[48]。

社会の変化や求められる児童生徒の資質能力の変化を受け、初等中等教育における情報教育の内容を見直し、CSに重点を置いたカリキュラムへの改訂が進んでいる。例えば、英国では、2014年、オーストラリアでは2016年、フィンランドでは2016年、韓国では2017年より、初等中等教育における情報教育のカリキュラムが改訂され、CS教育の充実が図られた。

日本においても、2020年度から順次施行されている新学習指導要領において情報教育が強化され、CS教育の一部としてプログラミング教育の充実が図られている。小学校では各教科等横断的に導入され、中学校では技術・家庭科の技術分野「D 情報の技術」で現在の「計測・制御のプログラミング」に、「ネットワークを利用した双方向性のあるコ

¹ 東北大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

² 東京学芸大学大学院教育学研究科
Graduate School of Teacher Education, Tokyo Gakugei University

コンテンツのプログラミング」が追加された。高等学校の情報科では共通必修科目として「情報Ⅰ」が新設され、選択科目の「情報Ⅱ」ではプログラミングの応用が含まれる。

このように日本においても CS 教育の充実が図られたものの、学校段階により CS 教育が導入されている教科が異なる。教科が異なれば教育目標も異なるため、CS 教育としての体系化が課題となることが想定される。

1.2 CS 教育のカリキュラムに関する先行研究

初等中等教育の CS 教育のカリキュラムや教育内容に関する研究はこれまでも行われてきた。例えば、日本を対象とした先行研究では、日本学術会議の報告「情報教育課程の設計指針—初等教育から高等教育まで」がある。これは、初等中等教育から高等教育の各教育段階における、情報教育の設計指針を示したものである[13][33]。さらに、初等中等教育の教育内容と高等教育、社会人に求められる情報技術の基本的な知識・技能を CS の観点から整理した研究[34]、初等教育を対象とし、プログラミング教育により育成する資質能力を整理し導入可能な単元を学年ごとに示した研究[15]などが見られる。これらは日本の教育課程や高等教育における教育内容が対象である。

諸外国を対象とした先行研究では、初等中等教育における情報教育のカリキュラムに関する研究がある。久野ら[22]は、諸外国の初等中等教育の情報教育のカリキュラムを調査し、CS に重点を置いた日本の情報教育の体系的なカリキュラムの提案を行った。太田ら[37]は英国、オーストラリア、米国の情報教育カリキュラムの調査を行った。これらは情報教育かつ、独立教科のカリキュラムを対象とした研究である。CS 教育のカリキュラム体系を調査するためには、CS 教育のカリキュラムに焦点化して調査することが望ましい。また日本において CS 教育は、高等学校では情報教育の独立教科の中で実施されるが、中学校では技術・家庭科の中で実施され、小学校では各教科等横断的に実施される。そのため、日本の CS 教育の体系化とその指導への示唆を得ることを目的とした場合、CS 教育を独立教科以外の方法で実施しているカリキュラムの研究も対象とすることが必要になると考える。

諸外国を対象とした先行研究において、CS 教育のカリキュラムに焦点化し、CS 教育を独立教科やそれ以外の方法で実施しているカリキュラムを対象にした研究もある。Oda et al.[36]は、1. 初等中等教育において CS 教育が導入されている、2. カリキュラムが全国レベルで導入されている(地域や学校レベルによるカリキュラムの裁量の大きな国は除く)という 2 条件をもとに選定した 10 カ国のカリキュラムを対象に、CS の概念と実践を調査した。小田ら[35]は、Oda et al.[36]の研究対象とした 10 カ国の中で、CS の概念と実践の両方の記述が見られたこと、CS 教育の導入教科(情報教育の独立教科や情報教育以外の教科の中での導入など)が偏らないことを考慮して選定した英国、韓国、NZ

を対象に CS 教育のカリキュラムを調査した。これらの研究から、諸外国では、初等中等教育の CS 教育のカリキュラムに関して、どのような概念が記述されているか、その概念がどの学校段階に現れるかといった傾向は明らかになりつつある。一方、日本の CS 教育の体系化やその指導に向けた示唆を得るためには、諸外国と日本の CS 教育の体系の比較も考慮する必要がある。

1.3 カリキュラムに関する先行研究

カリキュラムづくりにおいては、4 本の柱が欠かせないものとして考慮されてきた[2]。4 本の柱とは、「現在ないし近未来の社会が求める資質・能力」である社会的要請の柱、「教える価値のある学問・芸術等の研究の成果と方法」である学問的要請の柱、「子どもの興味・関心、個性、性格、発達」などの心理的要請の柱、そして「人格性・人間性、地球・生命全体に対する人間の責任性」の人的要請の柱である。また、これらの要請は教育目的・目標に依存するとされる。異なる教育制度や文化的背景を持つ複数の国のカリキュラムを日本と比較する場合、カリキュラムだけを研究対象とするのではなく、カリキュラムの背景にある要請についても確認する必要があるが、このような研究は見られない。

1.4 本研究の目的

以上の先行研究より、本研究では、CS 教育に先進的な国と日本を比較し、初等中等教育における CS 教育のカリキュラムの背景にある要請や教育目的・目標の特徴の共通点や相違点を見出すことを目的とする。

安彦[1]は、目指す理念や目的・目標を実現するためにカリキュラムが編成されると指摘している。教育目的・目標やそれに深く関連するカリキュラムの背景にある要請について調査した本研究の成果は、CS 教育を先進的に導入している国のカリキュラムから、日本の CS 教育の体系的な指導に向けた示唆を得ることに資することが期待できる。

2. 研究方法

2.1 調査対象国の特定

小田ら[35]は、Oda et al.[36]が対象とした 10 カ国のうち、CS の概念と実践の両方の記述が見られたこと、CS 教育の導入教科が偏らないことなどを考慮して、英国、韓国、NZ を調査対象国として選定した。本研究では、小田ら[35]が調査対象とした英国、韓国、NZ に加え、日本を調査対象とした。

2.2 学問的要請、社会的要請の調査方法

本研究の調査範囲は、各国における CS 教育に関する現カリキュラムへの改訂過程と現カリキュラムとした。調査対象は改訂過程における各国の教育省や教育省の関連機関、学術団体による報告書、計画書、ガイドライン等の資料、それらの資料に引用されている報告書や査読論文、現カリキュラムとした。調査対象を確認する観点として、安彦[2]

によるカリキュラムづくりで必要な4本の柱のうち、本研究の調査対象に記述が見られた、「社会的要請」と「学問的要請」を用いた。

社会的要請に関しては、特に義務教育などは、「公権力」の求める政治的、社会的、経済的要請をもとに「人材育成」のために運営されているので、社会的要請を強く受けたものとなるとされる[1]。本研究では、初等中等教育へのCS教育導入時にカリキュラム改訂の背景となった出来事に着目することとした。

学問的要請の多くは、学問のどこからどこまでをどのように教えるかといった「教科・科目」の形をとっている[2]。学問的要請を受けて教えらるる「学問知」はこれまでは絶対性・普遍性を標榜してきたが、実際には時代や社会により変化する[1]。変化の激しい時代には学問の最新の研究成果を教育内容として取り入れないと、実際に教えらるる頃には古くて使えないといった「時間的なズレ」を生んでしまう[1]。このような定義を踏まえ、本研究では、各国の初等中等教育におけるCS教育の学問的要請に着目することとした。

現カリキュラムの改訂過程と現カリキュラムにおいて、どのような学問的要請や社会的要請が検討されたのかを確認するため、学問的要請や社会的要請の定義と照らし合わせ、4カ国の調査対象の中で当てはまる箇所を確認し、比較を行った。

2.3 教育目的・目標の調査方法

教育目的・目標に関しては、CS教育の導入教科(表2)に基づき各国のカリキュラムを対象に調査を行った。

日本は2017年改訂の小学校学習指導要領(平成29年告示)、中学校学習指導要領(平成29年告示)、高等学校学習指導要領(平成30年告示)を調査対象とした。英国は2013年度改訂のコンピューティングの学習プログラムキーステージ1と2[7]、コンピューティングの学習プログラムキーステージ3と4[8]を調査対象とした。韓国は2015年改訂の小学校カリキュラム[18]、中学校カリキュラム[17]、高等学校カリキュラム[16]を対象とした。NZは2017年改訂の技術のNZカリキュラム[25]を対象とした。

調査対象に教育目標であることが明記されている箇所を特定し、表3にまとめた。カリキュラムの中で教育目標を見いだすことが難しかった日本の初等教育では、「プログラミング教育の手引き」[29]を対象に、資質・能力の「三つの柱」で整理されたプログラミング教育で育む資質・能力を対象とした。韓国の初等教育では、「ソフトウェア教育実施ガイドライン」[20]に記載されているCS教育の初等教育における教育目標を対象とした。NZに関しては教育目標という記述は見られないものの、義務教育終了時のY10と、Y13における達成目標を対象とした。

2.4 本研究における用語の定義

本研究では教育制度の異なる複数の国のカリキュラムに

ついて述べるために、カリキュラムの区切りを基準とした表1の教育段階を本文中で用いることとする。

また、CS教育は国により様々な用語が使われている。いずれも少しずつ定義が異なるが、1.1に示すCSの定義と同様の概念を表す場合、一般的な議論ではCS教育を用い、国個別の状況を議論する際にはその国の用語(例えば、英国はコンピューティング(Computing)、NZはデジタル・テクノロジー(Digital Technologies)など)を用いることとする。

表1 教育段階とカリキュラムの区切り

教育段階	英国	韓国	NZ	日本
初等教育	1~6年	1~6年	1~6年	1~6年
前期中等教育	7~9年	7~9年	7・8年	7~9年
後期中等教育	10・11年	10~12年	9~13年	10~12年

3. 結果

3.1 CS教育の社会的要請・学問的要請

表2に各国の教育制度とCS教育の名称・導入教科を示す。

3.1.1 英国

2014年度より施行されている教科「ICT」が教科「コンピューティング(Computing)」に改訂された背景から、社会的要請・学問的要請に関する確認を行った。

(1) 社会的要請

知識集約産業であるハイテク産業がイギリスの産業を支える基盤であるにも関わらず、その革新性と競争力を失いつつあることが報告されてきた[9][23]。さらに複数の論文で、大学のCS専攻者数の減少が報告され、このことによる英国経済への懸念も報告されてきた[5][10]。この要因として、当時の教科「ICT」の教育内容が退屈で、ICTの活用を中心とした基本的な内容にとどまり、ハイテク産業が必要とするCSが不十分であることが指摘され、カリキュラムにCSを導入することが主張された[4][9][23]。これらの報告を受けて、当時の教育大臣 Michael Gove は、2012年1月のBETT showにおいて、当時の教科「ICT」の改訂を発表した[9]。

英国では、CS教育の社会的要請として、情報技術が社会の基盤となり、経済成長の源泉となっていること、そのような社会を支える人材の育成に向けては、当時の教科「ICT」の教育内容では不十分という認識や、CSに関する資質・能力が求められていることなどが確認できた。

(2) 学問的要請

Michael Goveによる発表とほぼ同時期に、学術界、産業界、学校、教師などからの教科「ICT」についての懸念を受けて実施されたRoyal Societyによる調査の報告書[38]が発表された。この報告書では、教科「ICT」の課題と、CSに関する定義、そして、教科「ICT」をCSに重心を置いた内容に改訂する提案が行われた。この提案の基盤となる考え

方として、CS が厳格な学問であるという観点が示された。Computing at School Working Group[6], The Royal Society[38] は、学問には、広く適用可能な概念や理論的枠組みを含む知識体系であること、問題解決や知識を深めるための厳密な技術や方策であること、また他の学問とは区別されるものの見方を持つといった特徴があり、CS はこれに当てはまると主張している。また学校においては、教科「ICT」という名称により、カリキュラムには CS に関する内容が記載されているにも関わらず、指導が Microsoft Office の使い方に偏っていることが指摘され、CS が厳格な学問であることの認識を高める必要があることも提言された。

英国では、CS 教育の学問的要請として、産業界や学術会から示された、CS を学問とする定義の存在を確認することができた。

3.1.2 韓国

2017 年度から順次施行されている新カリキュラムにおいて、CS 教育としてソフトウェア教育が導入された背景から、社会的要請・学問的要請に関する確認を行った。

(1) 社会的要請

文部省と科学・ICT・未来計画省は 2016 年に、「ソフトウェア教育活性化基本計画」を審議、承認した。この基本計画が審議・承認された背景として、AI などを含むソフトウェア関連分野が近年重要視され、将来必要なコアコンピテンシーとなることが着目されていることが挙げられている[19]。この計画書では、ソフトウェア指向社会（ソフトウェアがイノベーション、成長、価値創造の中心となる社会）において国際競争力を確保するためにも、ソフトウェア教育の強化が必要であることが指摘され、文部省と科学・ICT・未来計画省が共同で、学校中心のソフトウェア教育の実施を推進していくことが述べられ、教員研修、ICT の整備、教材の拡充等の計画が示された[19]。

韓国でも、CS 教育の社会的要請としてソフトウェアがイノベーションや成長の中心となるという認識の存在が確認できた。

(2) 学問的要請

初等中等教育におけるソフトウェア教育の目的は、プロ

グラムやコーディングの技能を高めることではなく、情報倫理意識を土台としたソフトウェアの基本原則の理解を通して計算論的思考や論理を学び、これに基づき、創造的な問題解決能力を高めることとされている[19][20]。これに関連して、中等教育（中学校と高等学校）の教科「情報」のカリキュラムにおいては、「CS の基本的な概念と原理と技術をもとにして、実生活や様々な学問分野の問題を創造的に解決するための学問」であることや「CS の知識や技術を探求するとともに、実生活の問題を解決するために新たな知識や技術を創造し、統合的に適用する能力と態度を養う」[16][17]ことが示されている。このような考え方に基づき、Korean Ministry of Education(Curriculum Policy Division) [20] は、ソフトウェア教育の学校種別教育目標、教育内容、学校種別達成基準の系統図を示し、体系立てられた教育内容であることを示している。

韓国では、CS 教育の学問的要請として、ソフトウェア教育を通して実施する CS 教育を学問とし、体系立てられた教育内容を示し、初等中等教育における CS 教育の体系的な実施を図っていることがうかがわれた。

3.1.3 NZ

2018 年度より施行されている教科「技術」に CS 教育としてデジタル・テクノロジー (Digital Technologies) が導入された背景から、社会的要請・学問的要請に関する確認を行った。

(1) 社会的要請

NZ では 1995 年に教科「技術」が学校教育に導入された時から情報通信技術 (Information and Communication Technologies, ICT) は 7 つの技術領域の 1 つであった。2011 年の後期中等教育のカリキュラム改訂の際に、ICT はデジタル・テクノロジーに名称を改め、CS 教育に関する内容に大幅に改訂された。

この背景として、2008 年に IT 業界 (New Zealand Computer Society. NZCS は情報技術者の主要な公的団体) より、適切な訓練と教育を受けた情報技術者の不足や大学の CS 専攻者数の減少を背景として、教科「技術」の実施状況を懸念し、後期中等教育における教科「技術」の評価や教育内

表 2 各国の教育制度と CS 教育の名称・導入教科

	英国	韓国	NZ	日本
教育制度	5歳から16歳まで (Y1からY11) が義務教育。Y1からY6が初等教育、Y7からY11が中等教育。16歳で義務教育を修了後、義務教育修了試験を受験。	6年間の初等教育、3年間の前期中等教育、3年間の後期中等教育からなる。義務教育は初等教育と前期中等教育。	6歳から16歳まで (Y1からY10) が義務教育。Y1からY8までが初等教育、Y9からY13までが中等教育。Y11から年に一度、全国統一学力試験を受験。	6年間の初等教育、3年間の前期中等教育、3年間の後期中等教育からなる。義務教育は初等教育と前期中等教育。
CS教育の名称・導入教科	CS教育の名称：コンピューティング (Computing) 導入教科：初等中等教育：教科「ICT」が教科「コンピューティング (Computing)」に改訂され、CSに重点が置かれた。教科「コンピューティング (Computing)」にはCS、情報技術 (Information Technology)、デジタル・リテラシー (Digital Literacy) の3側面が含まれる。Y1からY11が対象。	CS教育の名称：ソフトウェア教育 導入教科：初等教育：教科「実科」に年間指導時間17時間のCS教育が含まれる (第5、6学年が対象。改訂前は年間12時間のコンピュータに関する内容)。前期中等教育：教科「情報」は必修教科 (改訂前は選択教科)。後期中等教育：教科「情報」は引き続き選択教科。	CS教育の名称：デジタル・テクノロジー (Digital Technologies) 導入教科：初等中等教育：教科「技術」において、CS教育として「情報技術のための計算論的思考 (computational thinking for digital technologies)」領域と「デジタルアウトカムの設計と開発 (designing and developing digital outcomes)」領域の2領域を新たに設定。Y1からY10までは必修教科、Y11からY13までは選択教科。	CS教育の名称：プログラミング教育 導入教科：初等教育：各教科等横断的に実施。算数、理科、総合的な学習の時間において学習活動の例示。前期中等教育：教科「技術・家庭」の技術分野「D 情報の技術」に「計測・制御のプログラミング」に加え「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」が追加。後期中等教育：教科「情報」において現行の2科目選択必修から「情報II」が共通必修「情報II」が選択履修。

容を CS 中心の内容とし、CS を独立したカリキュラムとして指導するべきとした報告書が発表されたことが挙げられる[3][12]。また、2008 年にも同様の主張が 3 名の教師から行われたことも改訂を推進する要因となった[3]。

初等教育においては、2014 年には、NZ 政府から科学技術教育の現状をレビューし推進するための基本計画として、「社会における科学国家戦略計画」[31]が発表された。この報告書では、3 つの実行計画の 1 つに教育の役割の拡大が示され、その中で未来志向の科学技術教育制度の実現のために、教科「技術」において、デジタル・テクノロジーの位置付けと教育内容の見直しを図ることが推奨された。

2015 年に教育大臣が教科「技術」の改訂に向けて、デジタル・テクノロジーを独立教科にするのか教科「技術」の中に位置づけるのかを決めるため学术界と産業界の両方が望ましい結論を出せるよう諮問を行った[11]。最終的には、デジタル・テクノロジーは教科「技術」の中に引き続き継続すること、しかしながらデジタル・テクノロジーの存在感を大きく強める方向で 2015 年の 12 月に答申が行われた。

このように NZ でも、他の 2 カ国と同じく、CS 教育の社会的要請として、情報技術が社会の基盤となる、情報化社会を支えるための人材の量と質の不足が指摘されていたことが確認できた。

(2) 学問的要請

教科「技術」に CS 教育としてデジタル・テクノロジーを導入した 2 回の改訂において共通しているのは、デジタル・テクノロジーは学問であるという考え方である。

後期中等教育のカリキュラム改訂の際に当時のカリキュラムの課題を調査した報告書では、「学問としての ICT」と「ツールとしての ICT」という 2 つの区別が明記されている[32]。New Zealand Ministry of Education[32]によると、「学問としての ICT」は、プログラミングや、CS、データベース、ソフトウェアエンジニアリングの概念や実践などを含む、学生が高等教育や職業として継続する可能性のある ICT の分野を指す。そして、NZ が革新的な国になるためには欠かせないと指摘する。一方、「ツールとしての ICT」とは、他の教科や職業において、学生が ICT をツールとして活用することを支援する ICT の分野を指す。この「学問としての ICT」(ICT は後にデジタル・テクノロジーに名称変更された。)が重要であるという認識のもと、報告書では知識体系 (body of knowledge) が示され、カリキュラムに反映された。

NZ では、CS 教育の学問的要請として、CS を学問と捉えていることを根拠に教科「技術」におけるデジタル・テクノロジーの位置付けを大きくした。このように CS の捉え方が、CS 教育導入教科における CS 教育の位置付けへも影響を及ぼしていることが確認できた。

3.1.4 日本

2020 年度から順次施行されている新学習指導要領の改

訂において CS 教育としてプログラミング教育の充実が図られた背景から、社会的要請・学問的要請に関する確認を行った。

(1) 社会的要請

日本では 2013 年 6 月 14 日に閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」にて、国際的にも通用・リードする実践的な IT 人材の育成のために、初等中等教育段階からのプログラミング教育の推進について言及された[30]。この宣言は、我が国の低い経済成長率や国際的地位の後退といった課題に対して、経済基調を確実にするための成長戦略の柱として情報通信技術に着目した戦略である。また、2016 年 5 月 20 日に閣議決定された改定版では「我が国が第 4 次産業革命を勝ち抜くために、初等中等教育において様々な課題解決に必要な論理的思考力や創造性、情報活用能力などの汎用的な力を育成しつつ、高等教育から研究者レベルにおいて、特に喫緊の課題である IoT、ビッグデータ、AI、セキュリティ及びその基盤となるデータサイエンティスト等の人材育成・確保に資する施策を「第 4 次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ」として、包括的に実施」[21]と修正された。このことにより、中央教育審議会の答申を待たずに、プログラミング教育の推進のために学習指導要領を改訂することが決定された[24]。

2018 年に発表された、中央教育審議会答申(中教審第 197 号)では、高等学校の教科「情報」においては、情報技術の急激な進展による子供たちを取り巻く環境の変化や、高度情報化社会を支える IT 人材の裾野を広げることの重要性が社会的要請として記述された。

このように日本では、持続的な経済成長のために情報通信技術が重要であることが認識され、さらに、児童生徒を取り巻く情報化の進展や社会のあり方の変化が CS 教育の社会的要請の要因となっていることがわかる。

(2) 学問的要請

中央教育審議会答申(中教審第 197 号)では、情報化社会を支える人材の育成に向けて、当時の情報科の学習指導要領では、「情報の科学的な理解に関する指導が必ずしも十分ではないのではないか」といった課題が指摘され、「情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を育むことが一層重要となってきている」ことが示された[27]。情報の科学的な理解とは、「体系的な情報教育の実施に向けて」[26]において報告された、情報教育の目標の 3 観点のうちの 1 観点である。この報告書では、情報の科学的な理解の説明として、「情報に関わる学問 (情報学) の成果を適切に教育内容や教育方法に取り入れ、情報活用の経験と情報学の基礎的理論と手法とを結びつけさせることで、「情報活用の実践力」の深化、定着を図ることであり、さらに、様々な情報手段に共通の原理や仕組みを理解させることで、その能力の一般化と一層の向上を図ることである。なお、ここでいう情報学は、従来のコンピュータや情報通信などの分野を

中心とした情報科学に、人間科学や人文社会学等への学際的な広がりを持った学問である。」と記載されている。日本では学問的要請として情報学が示され、情報学はCSを広義に捉えた概念であることが確認できた。

中央教育審議会答申[27]では、情報の科学的な見方・考え方として、「事象を、情報とその結び付きとして捉え、情報技術の適切かつ効果的な活用(プログラミングやモデル化・シミュレーションを行ったり情報デザインを適用したりすること等)により、新たな情報に再構成する」ことが示され、学習指導要領等の改訂に反映された。

このように、日本では、学習指導要領の改訂に伴い、情報の科学的な理解の重要性についての方針が示され、学習指導要領に反映されていた。情報の科学的な理解に関する学問的要請は、CSを広義に捉えた概念である情報学であることが確認できた。

3.2 CS教育の教育目的・目標

表3に4カ国のCS教育の教育目的・目標を示す。まず、国による共通点と相違点に着目する。4カ国の共通点は、

情報化社会の特性を理解し情報化社会に積極的に参画する態度に関する内容、情報技術を活用して問題解決を行うといった内容が目標として示されていることである。

日本と他の3カ国との相違点は、2点挙げられる。1点目は、他の3カ国では、初等中等教育を通してCS教育に関する目標が設定されているが、日本では、初等中等教育の各学校段階における一貫性が見出しにくいことである。これは、CS教育が導入されている教科が各学校段階で異なるためであり、他の3カ国と比べて、各学校段階での接続に課題があることが示唆される。

2点目は、記述内容に関しては、日本以外の3カ国では、CSの概念や原理の理解やその応用に関する記述が見られるが、日本では、他の3カ国と比較してCSという言葉は使われておらず、情報や情報技術など、包括的な概念に関する記述が用いられていることである。このことから、日本は、他の3カ国と比べて、CSを広義に捉えていると推測される。

次に、導入教科による共通点と相違点に着目する。独立

表3 CS教育の教育目的・目標

	初等教育	前期中等教育	後期中等教育
英国	教科：コンピューティング (Computing) (必修) 授業日時数：第1・2学年30時間推奨，第3から6学年33時間推奨，第7から9学年36時間推奨 教育目標： ・ CSの抽象化、論理、アルゴリズム、データ表現など、CSの基本原則と概念を理解し、応用できる。 ・ 問題をコンピュータの観点で分析し、問題を解決するためにコンピュータプログラムを書く実践的な経験を繰り返すことができる。 ・ 問題を解決するために、新しい技術や未知の技術を含む情報技術を分析的に評価し、適用することができる。 ・ 情報通信技術の責任を持ち、有能な、自信に満ちた、創造的な利用者である。		
韓国	教科：実科 (第5・6学年、必修) 授業日時数：17時間 (ソフトウェア教育) 教育目標： ・ 生活とソフトウェア：ソフトウェアがもたらす生活の変化を知り、情報化社会に必要な健全な意識と態度を持つことができる。 ・ アルゴリズムとプログラミング：アルゴリズムやプログラミングを体験し、実生活における様々な問題を計算論的思考で理解する。	教科：情報 (必修) 授業日時数：34時間 教育目標： (1) 情報社会の特性を正しく理解し、情報倫理を実践できる態度を養う。 (2) 情報技術を用いて、問題解決に必要なデータや情報を効率的に構成・収集する能力と態度を養う。 (3) CSの基本的な概念や原理に基づいて現実の問題を抽象化して解決策を設計し、プログラミングによってソフトウェアとして実装することで自動化する能力を養う。 (4) 計算機システムの構成と動作原理を理解し、各種入力装置やプログラミングにより、問題解決に適した物理的な計算機システムを構築する能力を養う。	教科：情報 (選択) 授業日時数：情報なし 教育目標： (1) 情報化社会における情報科学の価値と影響力を認識し情報倫理、情報保護、セキュリティを実践する態度を養う。 (2) 情報の利用目的に応じた効果的なデジタル表現方法を理解し、情報技術を用いてデータや情報を収集・分析・管理する能力と態度を養う。 (3) CSの基本的な概念や原理に基づいて、さまざまな分野の問題を抽象化して解決策を設計し、プログラミングによってソフトウェアとして実装することで自動化する能力を身につける。 (4) 計算機システムの効率的な資源管理方法を理解し、様々な学問分野の複雑な問題を解決するために、物理的な計算機システムを創造的に実装する能力を身につける。
NZ	教科：技術の「情報技術のための計算論的思考 (computational thinking for digital technologies)」領域と「デジタルアウトカムの設計と開発 (designing and developing digital outcomes)」領域 (必修) 授業日時数：情報なし 教育目標：第10学年の終わりまでに ・ デジタル技術に関する知識とスキルを身につけることで、与えられた課題を解決するためにデジタルコンテンツを設計、開発、保存、テスト、評価するための所定のプロセスを踏むことができるようになる。このプロセスの中で、生徒は直近の社会やエンドユーザーを配慮する。 ・ 個々に計算的な問題をアルゴリズムに分解し、入力、出力、順序、選択、反復を組み込んだプログラムを作成することができる。 ・ デジタルデバイス、セキュリティ、アプリケーションソフトウェアを管理するシステムの役割を理解し、様々なストレージデバイスを使用してファイル管理規則を適用することができる。		教科：技術の「情報技術のための計算論的思考」領域、「デジタルアウトカムの設計と開発」領域 (選択) 授業日時数：情報なし 教育目標：第13学年の終わりまでに ・ 様々なデジタルアプリケーションやシステムに関する知識を活用し、社会的、倫理的、エンドユーザーへの配慮を総合的に考慮した上で、目的に合ったデジタル成果物を設計・開発する。 ・ ネットワーク通信プロトコルや人工知能などのCSの分野が、アルゴリズム、データ表現、プログラミングによってどのように支えられているかを理解し、これらが現実世界のアプリケーションでどう合成されているかを分析する。 ・ 複雑なプログラムを設計、開発、文書化、テストするために、一般的なソフトウェアエンジニアリングの方法論を使用する。
日本	教科：各教科等横断 (必修) 授業日時数：情報なし 教育目標： ・ 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。	教科：技術・家庭の技術分野「D情報の技術」(必修) 授業日時数：第1・2学年70単位時間の一部、第3学年35単位時間の一部 (1単位時間は50分) 教育目標： (1) 生活や社会で利用されている材料、加工、生物育成、エネルギー変換及び情報の技術についての基礎的な理解を図るとともに、それらに係る技能を身に付け、技術と生活や社会、環境との関わりについて理解を深める。 (2) 生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。 (3) よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う。	教科：情報の「情報I」(必修)、「情報II」(選択) 授業日時数：「情報I」「情報II」それぞれ2単位 (1単位は35単位時間、1単位時間は50分) 教育目標： (1) 情報と情報技術及びこれらを活用して問題を発見・解決する方法について理解を深め技能を習得するとともに、情報社会と人との関わりについての理解を深めるようにする。 (2) 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。 (3) 情報と情報技術を適切に活用するとともに、情報社会に主体的に参画する態度を養う。

教科としてCS教育を導入している英国や韓国(中等教育)では、プログラミングやシステム開発に関する能力に関する内容などの実践的内容が目的・目標として見られたことが共通していた。一方、教科「技術」でCS教育を導入しているNZや日本(前期中等教育)では、より問題解決の過程や、制作物の社会や利用者に対する考慮に関する内容が見られたことが共通していた。

4. 考察

社会的要請に関しては、4カ国ともに、情報技術が社会のあらゆる産業の基盤となり、イノベーションの源泉となっている状況や、情報技術者の数や質の不足が示されていた。また、情報技術が基盤となる社会においては、学校教育においてICTの活用を中心とした情報教育だけでは不十分という認識が強まったことや、CSが誰もが必要な資質・能力となっているという認識が共通していることが確認できた。社会的要請は、英国やNZでは、既存教科に対する産業界、学術界などからの強い批判がきっかけであった。一方、日本と韓国は政府主導で進んでいた。いずれのきっかけであっても、4カ国ともにカリキュラム改訂の検討が行われ、その結果として、CS教育の充実が図られていたことは共通していた。このことは、CS教育の教育目的・目標において、情報化社会の特性を理解し情報化社会に積極的に参画する態度に関する内容、情報技術を活用して問題解決を行うといった内容が共通していたことと関係すると考えられる。

学問的要請に関しては、各国で少しずつ違いが見られた。例えば、英国とNZはCS教育を初等中等教育で導入する理由として、CSは学問であるという考え方が産業界や学術界から提唱されていることが共通していた。そのためにNZでは既存教科であった教科「技術」を改訂してCS教育であるデジタル・テクノロジーの存在を大幅に拡大した。

学問とは、理論に基づいて体系化された知識や手段を指す。CSが学問であることの理由として、The Royal Society [38]は、知識体系 (body of knowledge) や独自の見方・考え方を持つこと、普遍的かつ広く受け入れられている概念や理論的枠組みが含まれることなどを挙げている。CSが学問であることという認識のもと、英国、NZ、韓国は初等中等教育におけるCS教育の知識体系 (body of knowledge) がカリキュラムの先行研究や補助資料として示されている[6][20][32]。このようにCSを学問と捉え、その体系を定めまたは検討し、体系立てた学習を実施するために、CS教育を初等中等教育で実施していることが3カ国に共通した特徴である。

一方、日本においては、情報科の学習指導要領の改訂において、情報の科学的な理解に関する強化が行われた。情報の科学的な理解の定義は、「情報に関わるあらゆる学問の中から、情報や情報手段を適切に活用するために必要とな

る基礎的な理論を理解し、方法を習得するとともに、それらを実践すること」[28]と定義されており、他の3カ国よりもCSを広義に捉えていると考えられる。同様のことが、CS教育の教育目的・目標からも推測される。

さらに、CS教育の教育目標に関しては、日本は他の3カ国と比べて、初等中等教育において各学校段階における一貫性が見出しにくかった。目指す理念や目的・目標を実現するためにカリキュラムが編成されるため、日本のように初等中等教育の各学校段階で教育目標に一貫性が見出しにくい場合、各学校段階での接続に課題があることが示唆される。「情報教育課程の設計指針—初等教育から高等教育まで」[33]において示されるように、情報教育の体系化とその指導のためには、初等教育からの一貫した教育内容の設計が必要である。

5. おわりに

本研究では、英国、韓国、NZと日本を比較し、初等中等教育におけるCS教育のカリキュラムの背景にある要請や教育目的・目標の特徴の共通点や相違点を見出すことを目的として、CS教育の導入経緯における現カリキュラムの改訂過程と現カリキュラムを対象に調査を行なった。

その結果、CS教育の社会的要請に関しては、いずれの国も共通して、情報技術の進展とその社会への影響や情報技術人材の不足などの観点が挙げられていた。学問的要請に関しては、いずれの国もCSを学問として捉え、その体系を定めたり検討したりして、情報教育の中心として組み込んでいることが共通していた。しかしながらCSの範囲に違いが見られ、日本においては、他の3カ国よりもCSを広義に捉えており、それが教育目的・目標からも推測された。また、他の3カ国と比較して、初等教育からの各学校段階での接続に課題があることが示唆された。

以上のように、本研究では、日本に先行して初等中等教育でCS教育を導入している3カ国と日本を比較し、CS教育のカリキュラムの背景にある要請や教育目的・目標に関して、その特徴の共通点や相違点を見いだすことができた。一方、これらの要請や教育目的・目標が実際にどのようにカリキュラムやその体系に反映されているのかについては、さらにカリキュラムを対象とした調査が必要である。

今後は、本研究の結果を受けて、初等中等教育でCS教育を先進的に導入している英国、韓国、NZの3カ国と、日本のCS教育のカリキュラムの比較を行い、CS教育を先進的に導入している諸外国のカリキュラムから日本におけるCS教育の体系化とその指導に向けた示唆を得ることに役立てたい。

参考文献

- [1]安彦忠彦.(2006). 教育課程編成論—学校は何を学ぶところか (改訂版). 放送大学教育振興会.
- [2]安彦忠彦.(2019). 第1章カリキュラムとは何か. 日本カリキュ

- ラム学会 (編). 現代カリキュラム研究の動向と展望. 教育出版. p.2-9.
- [3]Bell, T., Andreae, P., and Robins, A. (2014). A case study of the Introduction of Computer Science in NZ schools. *ACM Transactions on Computing Education*, vol.14, no. 2 (June 1, 2014), p. 1-31. <https://doi.org/10.1145/2602485>.
- [4]Boulton, H., and Csizmadia, A. (2018). Implementing the computing curriculum at national and regional level: Lessons learnt. In *INTED2018 Proceedings: 18th Annual International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spain, 5-7 March 2018*. IATED Academy.
- [5]Bradshaw, P., Hall, W., Mk, M. K., and Woollard, J. (2012). Computing at school: An emergent community of practice for a re-emergent subject. In: *International Conference on ICT in Education, 5-7 Jul 2012, Rhodes, Greece*.
- [6]Computing at School Working Group. (2012). *Computer Science: Curriculum for schools*. <https://www.computingschool.org.uk/data/uploads/ComputingCurric.pdf>, (参照 2021-06-26).
- [7]Department for Education. (2013a). *Computing programmes of study: Key stages 1 and 2 National curriculum in England*.
- [8]Department for Education. (2013b). *Computing programmes of study: Key stages 3 and 4 National curriculum in England*.
- [9]Department for Education, and Gove, M. (2012). Michael Gove speech at the BETT Show 2012. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/speeches/michael-gove-speech-at-the-bett-show-2012>, (参照 2021-06-26).
- [10]Fowler, S., and YAMADA-F, N. (2009). A BRIEF SURVEY ON THE COMPUTER SCIENCE PROGRAMS IN THE UK HIGHER EDUCATION SYSTEMS. *Journal of Scientific and Practical Computing*, vol.3, p.11-17.
- [11]Fox-Turnbull, W. (2018). Implementing digital technology in the New Zealand Curriculum. *Australasian Journal of Technology Education*, vol.5, p.1-18. <https://doi.org/10.15663/ajte.v5i0.65>
- [12]Grimsey, G. (2008). Evaluation of Technology Achievement Standards for use in New Zealand Secondary School Computing Education A critical report. *The New Zealand Computer Society (NZCS)*.
- [13]萩谷昌己. (2021). 「情報教育課程の設計指針」解説. *情報処理*, vol.62, no.4, p.e61-e68.
- [14]情報処理推進機構. (2021). デジタル時代のスキル変革等に関する調査 報告書. <https://www.ipa.go.jp/files/000090458.pdf>, (参照 2021-06-26).
- [15]小島寛義, 高井久美子, 渡辺博芳. (2018). 小学校におけるプログラミング教育で育てる資質能力を考慮した指導内容の検討. *研究報告コンピュータと教育 (CE)*, vol.2018-CE-144, no.26, p.1-12.
- [16]Korean Ministry of Education. (2015a). *고등학교 교육과정 (I,II,III) [高等学校カリキュラム (I, II, III)]*.
- [17]Korean Ministry of Education. (2015b). *중학교 교육과정 교육부 고시 제 2015-74 호 [별책 3] [中学校カリキュラム]*.
- [18]Korean Ministry of Education. (2015c). *초등학교 교육과정 교육부 고시 제 2015-74 호 [별책 2] [小学校カリキュラム]*.
- [19]Korean Ministry of Education. (2016). 「소프트웨어 교육 활성화 기본계획」 발표 [ソフトウェア教育活性化基本計画].
- [20]Korean Ministry of Education (Curriculum Policy Division). (2015). *소프트웨어 교육 운영 지침 [ソフトウェア教育実施ガイドライン]*.
- [21]高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部. (2016). 世界最先端 IT 国家創造宣言 (平成 28 年 5 月 20 日改定) .
- [22]久野靖, 和田勉, 中山泰一. (2015). 初等中等段階を通じた情報教育の必要性とカリキュラム体系の提案. *情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE)*, vol.1, no.3, p.48-61.
- [23]Livingstone, I., and Hope, A. (2011). Next Gen: Transforming the UK into the world's leading talent hub for the video games and visual effects industries. *National Endowment for Science, Technology and the Arts (NESTA)*.
- [24]松村毅, 伊東晃, 伊藤雅子, 根木地淳, 山本一美, 宮川洋一, 山崎浩二. (2018). 小学校におけるプログラミング教育の授業に関する事例的研究. *教育実践研究論文集*, vol.5, p.77-82.
- [25]Ministry of Education. (2017). *Technology in the New Zealand Curriculum*.
- [26]文部科学省. (1997). 体系的な情報教育の実施に向けて (平成 9 年 1 0 月 3 日) (情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議「第 1 次報告」) .
- [27]文部科学省. (2016). 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) .
- [28]文部科学省. (2018). 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説情報編.
- [29]文部科学省. (2020). *小学校プログラミング教育の手引(第三版)*.
- [30]内閣府. (2013). 世界最先端 IT 国家創造宣言.
- [31]New Zealand, Ministry of Business, I. & E., New Zealand, Ministry of Education, New Zealand, and Office of the Prime Minister's Science Advisory Committee. (2014). *A nation of curious minds: He whenua hihiri i te mahara: a national strategic plan for science in society*. <https://www.curiousminds.nz/assets/Uploads/science-in-society-plan-PDF.pdf>, (参照 2021-06-26).
- [32]New Zealand Ministry of Education. (2009). *Technology specialist knowledge and skills*. <https://technology.tki.org.nz/Teacher-education/Archived-papers/Technology-specialist-knowledge-and-skills>, (参照 2021-06-26).
- [33]日本学術会議. (2020). 報告「情報教育課程の設計指針 — 初等教育から高等教育まで」.
- [34]小田理代, 登本洋子, 堀田龍也. (2020). 小学校から大学・社会人までのコンピュータサイエンスの体系的な指導に向けての考察. *教育情報研究*, vol.36, no.2, p.15-28. https://doi.org/10.20694/jjsei.36.2_15
- [35]小田理代, 登本洋子, 堀田龍也. (2021). 英国・韓国・ニュージーランドの初等中等教育におけるコンピュータサイエンス教育のカリキュラムの体系に関する整理. *研究報告コンピュータと教育 (CE)*, vol.2021-CE-158, no.11, p.1-8.
- [36]Oda, M., Noborimoto, Y., and Horita, T. (2021). *International Trends in K-12 Computer Science Curricula Through Comparative Analysis: Implications for the Primary Curricula*. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, vol.4, no.4, p.24-58. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v4i4.102>
- [37]太田剛, 森本容介, 加藤浩. (2016). 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*, vol.40, no.3, p.197-208. <https://doi.org/10.15077/jjet.40028>
- [38]The Royal Society. (2012). Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools.