

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

小田理代¹ 登本洋子² 堀田龍也¹

概要: 本研究では、日本における初等中等教育のコンピュータサイエンス (CS) 教育の体系的な指導の参考とするため Cohen et al. [23]の手順を参照し、英国、韓国、ニュージーランドの情報教育のカリキュラムに含まれる CS の概念を整理した。その結果、(1) 3 カ国に共通して全学校種で記述が見られた CS の概念、(2) 3 カ国に共通して学校種による段階的な記述が見られた CS の概念、(3) 3 カ国で記述の有無にばらつきがあったり、記述が見られなかったりした CS の概念の 3 種類が存在することが確認できた。さらに、(1) と (2) に該当した 8 つのサブ概念、「ハードウェアとソフトウェア」「アルゴリズム」「変数」「制御構造」「プログラム開発」「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」の記述内容から、学習の順序や難易度の変化など 3 カ国に共通する、各教育段階における体系の特徴を明らかにした。

キーワード: コンピュータサイエンス教育、カリキュラム、英国、韓国、ニュージーランド

Research on Coherence of Computer Science Concepts in Primary and Secondary School Curricula in the UK, Korea, and New Zealand

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

Abstract: In this study, we investigated the Computer Science (CS) concepts in the curricula of informatics education in the UK, Korea, and New Zealand in order to gain meaningful insights for teaching based on the coherence CS education curricula, through the content analysis procedure by Cohen et al. [23]. As a result, three types of CS concepts were found: (1) CS concepts that were common to all three countries and were described in all school types, (2) CS concepts that were common to all three countries and were described in stages according to school types, and (3) CS concepts that were described in different ways or were not described in all three countries. Furthermore, we illustrated characteristics of sequence structure of CS concepts at each educational stage, such as the order of learning and changes in the level of difficulty, from the descriptions of eight CS concepts: *hardware and software, algorithms, variables, control, program development, culture, social interactions, and safety, law, and ethics.*

Keywords: computer science education, Curriculum, England, Korea, New Zealand

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

2020 年度から順次施行されている新学習指導要領ではプログラミング教育の充実が図られることとなった。プログラミング教育は小学校では教科等横断的に導入され、算数、理科、総合的な学習の時間の中でプログラミングに関する学習が例示された。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ンテンツのプログラミング」が追加され、プログラミングに関する内容が増加した。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、全ての高校生がプログラミングを学ぶことになった。

プログラミング教育は、プログラミングやアルゴリズム、

ネットワークなど CS の概念を学ぶため、CS 教育の一部と捉えることができる[1]。

CS は数学や理科などと同じく、厳格な教科としての学問であるという主張は、これまでアメリカやヨーロッパを中心に行われてきた [1][2][3][4]。その根拠として、CS は独自の学問体系としての概念、理論、原理、方法が存在することが挙げられている [1][4]。The Royal Society [1]は、厳格な学問である CS は、コンピュータがあらゆる分野に広まりつつある現代社会において、新たな世の中の見方・考え方を与えるという認識の下に、初等教育段階から CS 教育を取り入れる必要性を主張している。これに関連して、Computing at School Working Group [5]は初等中等教育の体系的な CS カリキュラムの必要性を主張している。

諸外国の CS 教育の体系に関する研究では、英国、オーストラリア、米国の情報教育カリキュラムを調査し、初等

1 東北大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
2 桐蔭学園高等学校
Toin Gakuen High School

中等教育における学習内容の有無を整理した研究 [6], 英国と米国の情報教育カリキュラムを整理した研究 [7], 日本に先行して CS 教育を初等中等教育で導入している 11 カ国のカリキュラムを対象に CS の概念や実践の有無を調査した研究 [8]がある。日本の CS 教育の体系に関する研究では, 情報教育に関する各国の学習内容を示し日本の初等中等教育における情報教育の体系を提案した研究 [9], 初等教育においてプログラミング教育で育成する資質能力を整理し, 導入可能な単元を調査した研究 [10], 初等中等教育, 高等教育における情報教育の教育指針を示した報告[11], 初等中等教育の学習内容と大学・社会人に求められる情報技術の基本的な知識・技能等を, CS の観点から整理・分析した研究 [12]がある。

日本の初等中等教育の CS 教育の体系的な指導に向けては, 既に先行している諸外国の CS 教育のカリキュラムの体系に関する研究なども参考に, さらに研究が必要であると考えられる。そこで本研究では, 日本における初等中等教育の CS 教育の体系的な指導の参考とするために, 諸外国におけるカリキュラムの体系の特徴を明らかにすることを目的とする。具体的には, 初等中等教育で日本に先行して CS 教育を導入している英国, 韓国, ニュージーランド (以下, NZ) の情報教育のカリキュラムに含まれる CS の概念を整理する。

なお, 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, 便宜的に, カリキュラムの区切りを基準として, 表 1 の教育段階に分類する。

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 |
|------------|------------------|------------------|-----------------|
| 初等教育 前期 | 第 1・2 学年 | CS 教育なし | 第 1 学年から第 3 学年 |
| 初等教育 後期 | 第 3 学年から第 6 学年 | 第 5・6 学年 | 第 4 学年から第 6 学年 |
| 中等教育 前期 | 第 7 学年から第 9 学年 | 第 7 から第 9 学年 | 第 7・8 学年 |
| 中等教育 後期 | 第 10 学年から第 11 学年 | 第 10 学年から第 12 学年 | 第 9 学年から第 13 学年 |

1.2 考察の観点

質の高いカリキュラムの特徴として, Ediger [13], Maker [14]はスコープ (範囲) とシークエンス (順序) の観点を取り入れて設計されていることを挙げている。スコープ (範囲) は, ある地点 (例えば学年) における学習内容の幅を指す。シークエンス (順序) は学習内容の順序であり, 児童生徒の発達段階や, 学習内容の難易度によって決まる [15]。質の高い CS に関する教育を行うためには, スコープ (範囲) とシークエンス (順序) を取り入れたカリキュラムの設計が必要であるといえる。よって, 本研究では, 分

析の観点としてスコープ (範囲) とシークエンス (順序) を用いることとした。

2. 研究方法

2.1 考察のための枠組み

カリキュラムを考察するための枠組みとして K-12 Computer Science Framework [16]を用いることとした。K-12 Computer Science Framework には CS の概念 (5 つのコア概念と 17 のサブ概念) と実践 (7 の実践と 23 の「高校卒業までに生徒ができるようになること」) が含まれる。これは初等中等教育段階の児童・生徒を対象とした CS の基本的なリテラシー (a baseline literacy for all students) として知っておくべき CS の学習領域を示したものである。児童・生徒が CS の知識を覚えるだけでなく, それを使いこなせるよう CS の概念と実践を組み合わせる学習ことが推奨されている。米国で作成された枠組みではあるものの, 英国 (イングランド), ドイツ, ポーランド, NZ など幅広い国のカリキュラムを参照して作成されていること, 過去の豊富な CS 教育の研究と実践に基づいたものであることから日本の状況にも適用できると考えた。

2.2 調査対象の選定

小田ら [8]は「初等中等教育において, 日本に先行して CS 教育を導入している」「全国レベルで実施している (地域や学校の裁量が大きい国を除く)」という 2 条件に該当する 11 カ国を調査した。その結果, オーストラリア, 英国, フランス, 香港, 韓国, NZ, ポーランド, ポルトガルについては, 初等中等教育段階で, K-12 Computer Science Framework で定義されている CS の概念と実践の記述が学校種により段階的に記述が見られること, 全てのコア概念でいずれかのサブ概念の記述が見られること, CS の実践の, 23 の「高校卒業までに生徒ができるようになること」に関する記述が少なすぎず見られることを報告している。本研究では, この 8 カ国の中から, 英国, 韓国, NZ を調査対象とした。英国は, 他の国に先駆けて CS 教育を初等教育段階から導入し, その実践は多くの論文や資料で参照されている。韓国は日本と似た教育制度を持っている。NZ は CS の概念だけでなく実践の記述が他の国よりも多かった。以上の理由から, 3 カ国のカリキュラムは, 今後, 日本の CS 教育を検討する上で参考になると考えた。

さらに英国, 韓国, NZ において, CS 教育を導入している教科を教育省やそれに準ずる機関による情報, 論文などから特定した。その結果, 英国は教科「Computing」 [17][18], 韓国は小学校では, 教科「実科 (家庭科・技術)」 (第 5・6 学年) [19], 中学校, 高等学校では教科「情報」 (高等学校では選択教科) [20][21], NZ では教科「技術」 (第 11 学年から 13 学年は選択教科) [22]のカリキュラムを調査対象とすることとした。

に示す。学年ごとに各サブ概念に調査対象が1件でもコーディングされた場合、「●」(必修教科)または「○」(選択教科)を記した。CS教育に先進的な国々で共通していたり、違いが出たりするCSの概念を見出すことが、日本のCS教育の学習内容を検討する上で役立つと考え、3カ国の共通点と違いに着目する。

(1) 3カ国に共通して全学校種で記述が見られたCSの概念

初等中等教育段階で、継続して記述が見られたのは、「ハードウェアとソフトウェア」「アルゴリズム」「プログラム開発」だった。これらのサブ概念は3カ国共通して、初等中等教育を通じた学習が行われていることがうかがわれた。

(2) 3カ国に共通して学校種による段階的な記述が見られたCSの概念

「変数」「制御構造」「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」は、3カ国とも学校種により段階的な記述が見られた。例えば、英国では「変数」は初等中等教育段階で、継続して記述が見られたが、「制御構造」は初等教育段階のみに見られた。一方NZは、「制御構造」が初等中等教育段階で、継続して記述が見られたが、「変数」は中等教育段階に見られた。また、英国では「安全、法律、倫理」は初等中等教育段階で、継続して記述が見られたが、「文化」「社会の影響」は初等教育段階のみに記述が見られた。一方NZは、「文化」「社会の影響」は初等中等教育段階で、継続して記述が見られたが、「安全、法律、倫理」は中等教育段階に記述が見られた。韓国はいずれのサブ概念も初等中等教育段階で記述されていた。

これらの結果から、これらのサブ概念は学校種により段階的に学習が開始されることがうかがえる。

(3) 3カ国で記述の有無にばらつきがあったり、記述が見られなかったりしたCSの概念

サブ概念の「デバイス」「トラブルシューティング」「サイバーセキュリティ」「モジュール」は英国で、中等教育段階のみに記述が見られた。「ネットワーク通信とその仕組み」「蓄積」については初等教育段階に記述が見られる場合もあった。「推論とモデル」については1カ国も記述が見られなかった。これらのサブ概念は、国により、指導が行われていなかったり、体系的に指導が行われていなかったりする可能性が考えられる。

3.2 シークエンス(順序)

3カ国における学年別の、CSの概念の記述内容を表3、4、5に示す。また、シークエンス(順序)を確認するために、初等中等教育段階で、継続して記述が見られた「ハードウェアとソフトウェア」「アルゴリズム」「プログラム開発」,および学校種により段階的に記述が見られた、「変数」「制御構造」「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」を対象として、以下に、記述内容を示す。

(1) 「ハードウェアとソフトウェア」

初等教育前期における記述には「システムの入出力を識別でき」(NZ・第1から第3学年)等が見られた。初等教育後期における記述には、「物理システムの制御」(英国・第3から第6学年)、「各種センサーを搭載したロボットを作る」(韓国・第5・6学年)、「単純な入力、処理、出力システムにおけるコンポーネントの役割と、それらがどう連携して動作するかを識別」(NZ・第5から第8学年)等が見られた。英国と韓国はプログラムと組み合わせた計測制御に関する活動が見られ、NZは制御構造そのものの理解を深める内容が見られた。

中等教育前期における記述には、「コンピュータシステム内で命令がどのように保存され、実行されるかを理解する」(英国・第7から第9学年)、「コンピューティングシステムにおけるハードウェアとソフトウェアの役割を理解し、有機的な相互関係を分析する」(韓国・第7から第9学年)、「デジタル機器が2進数(bits)で表される2つの状態だけを使いデータを保存していることを理解する」(NZ・第7・8学年)等が見られた。中等教育後期における記述には、「オペレーションシステム(OS)を使用して、コンピュータのリソースを効率的に管理する」(韓国・第10から第12学年)、「様々なメディアタイプの圧縮符号化の概念」(NZ・第11学年)等が見られた。

この結果から、「ハードウェアとソフトウェア」は、初等教育段階では、ハードウェアやソフトウェアの認識に関する学習から始まり、プログラミングなどと組み合わせて体験的な学習が行われていた。また、中等教育段階では、2進数、OS、ソフトウェアとハードウェアの相互関係などに学習内容が広がり、その理解に関する学習が中心であった。

(2) 「アルゴリズム」

初等教育前期における記述には、「正確で明確な指示に従いプログラムが実行されていることを理解する」(英国・第1・2学年)、「単純なタスクを、正確で明確なステップバイステップの指示に分解する」(NZ・第1から第3学年)等が見られた。初等教育後期における記述には、「アルゴリズムやプログラムのエラーを検出して修正したりする」(英国・第3から第6学年)、「問題解決の手順を手順思考で考え、応用する」(韓国・第5・6学年)、「簡単なアルゴリズムを与え、従い、デバッグする」(NZ・第4から第6学年)等が見られた。

中等教育前期における記述には、「計算的思考を反映したいくつかの主要なアルゴリズム(例えば、ソートや検索など)を理解する」(英国・第7から第9学年)、「問題解決のための様々な方法や手順を探り、明確にする」(韓国・第7から9学年)、「同じ問題に対して複数のアルゴリズムが存在し得ることを理解する」(NZ・第7・8学年)等が見られた。中等教育後期における記述には、「アルゴリズムの効率性を評価する」(NZ・第9・10学年)、「性能とストレージ要件のトレードオフと様々なアルゴリズムへの適合性の観

点から評価する」(NZ・第12学年)、「論理的かつ効率的なアルゴリズムを設計する」(韓国・第10から第12学年)等が見られた。

この結果から、「アルゴリズム」は、初等教育段階ではアルゴリズムの定義や命令を分解したりする学習から始まり、学年が上がるにつれてアルゴリズムを作成したり、プログラミングに結びつけるなど体験的な学習が行われていた。また、中等教育段階では、プログラミングと関連しつつ基礎的なアルゴリズムから高度なアルゴリズムまでの学習が行われていた。

(3) 「変数」「制御構造」「プログラム開発」

記述内容に複数のサブ概念が含まれているため、該当する記号も併せて示す。初等教育前期における記述には、「簡単なプログラムを作成してデバッグする【P】」(英国・第1・

2学年)等が見られた。初等教育後期における記述には、「プログラムで【P】順次、選択、繰り返しを使用する【C】、変数や様々な形式の入出力を扱う【V】」(英国・第3から第6学年)、「問題解決のためのプログラム作成において【P】、逐次、選択、反復の構造を理解している【C】」「データを入力し、必要な処理を行い、結果を出力する【V】シンプルなプログラムを設計する【P】」(韓国・第5・6学年)、「出力や順序(命令を次々に出す)を含む【C】簡単なプログラムを作成する【P】」(NZ・第4から第6学年)等が見られた。

中等教育前期における記述には、「2つ以上のプログラミング言語(少なくとも1つはテキスト言語)を使用して、さまざまな計算問題を解決する【P】、データ構造(リスト、テーブル、配列など)を適切に利用する【V】」(英国・第7から第9学年)、「変数の概念を理解し、変数と演算子を使

表3 CSの概念の記述内容(初等教育)

| | 英国 | 韓国 | ニュージーランド |
|---|---|---|---|
| 1 | <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●アルゴリズムとは何か【A】、それがデジタルデバイスのプログラムとしてどう実装されているか【A】、正確で明確な指示に従いプログラムが実行されていることを理解する【A】 ●簡単なプログラムを作成してデバッグする【P】 ●論理的推論を用いて単純なプログラムの動作を予測する【P】 | | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●いくつかのアプリケーションの使い方を知っており【H】、システムの入出力を識別でき【H】、デジタルデバイスには後で検索できるコンテンツが保存されていることを理解する【H】(第1から4学年) <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎いくつかのアプリケーションの使い方を知っており、システムの入出力を識別でき、<u>デジタルデバイスには後で検索できるコンテンツが保存されていることを理解する【S】</u> |
| 2 | <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●学校以外での情報技術の一般的な使用を認識する【Cu】【So】 ●技術を安全かつ尊重して利用し【Sa】、個人情報非公開にする【Sa】、インターネットやその他のオンライン技術の内容や連絡先について懸念がある場合、どこに助けやサポートがあるのかを確認する【Sa】 | | <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、分解スキルを使い、コンピュータを使わない単純なタスクを、正確で明確なステップバイステップの指示に分解する(アルゴリズム思考)【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタルデバイスとその目的を特定し、それを人間が作っていることを理解する【Cu】(第1から4学年) |
| 3 | <p>【ネットワークとインターネット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●コンピュータネットワークがインターネットを含むこと【N】、WWWのような複数のサービスをどのように提供できるか【N】、コミュニケーションや協働の機会を提供することを理解する <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●様々なデジタルデバイス上の様々なソフトウェア(インターネットサービスを含む)を選択し、使用し、組み合わせて、<u>データや情報の収集【Co】</u>、<u>分析、評価、提示を含む【Vi】</u>、与えられた目標を達成するための様々なプログラム、システム、コンテンツを設計し、作成する | | |
| 4 | <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●物理システムの制御【H】やシミュレーションなど、特定の目標を達成するためのプログラムの設計、記述、デバッグを行う【P】、問題をさらに小さく分割して解決する ●プログラムで順次、選択、繰り返しを使用する【C】、変数や様々な形式の入出力を扱う【V】 | | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●単純な入力、処理、出力システムにおけるコンピュータの役割と、それらがどう連携して動作するかを識別し、システムにおいて人間が持っている「制御の役割」を認識する【H】(第5から8学年) <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、コンピュータ有・無の環境で、簡単なアルゴリズムを与え、従い、デバッグする【A】 ●このアルゴリズムを使い、年齢相応のプログラミング環境で、出力や順序(命令を次々に出す)を含む【C】簡単なプログラムを作成する【P】 |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> ●論理的推論を使用して、簡単なアルゴリズムの仕組みを説明したり【A】、アルゴリズムやプログラムのエラーを検出して修正したりする【A】 ◎様々なデジタルデバイス上の様々なソフトウェア(インターネットサービスを含む)を選択し、使用し、組み合わせて、<u>データや情報の収集、分析、評価、提示を含む、与えられた目標を達成するための様々なプログラム【P】</u>、システム、コンテンツを設計し、作成する <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●技術を安全に、敬意を持って、責任を持って使用する【Sa】、受け入れられる行動とそうでない行動を見極める【Sa】、内容や連絡先に関する懸念事項を報告するための様々な方法を特定する【Sa】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●各種センサーを搭載したロボットを作る【H】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●問題解決の手順を手順思考で考え、応用する【A】 ●プログラミングツールを使用した基本的なプログラミング経験する【P】 ●データを入力し、必要な処理を行い、結果を出力する【V】シンプルなプログラムを設計する【P】 ●問題解決のためのプログラム作成において【P】、逐次、選択、反復の構造を理解している【C】 <p>◎各種センサーを搭載したロボットを作る【V】</p> <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ソフトウェアがどのように適用されているかを知り、生活への影響を理解する【Cu】 ●生活に応用されている発明や問題解決の事例を通して、発明の意味と重要性を理解する【Cu】 ●サイバー中毒予防、プライバシー保護、知的財産保護の意味を知り、生活の中で実践する【Sa】 ●生活においてロボットの活用を通し動作原理や応用分野を理解する【Cu】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタルデバイスが人間や社会に影響を与え、デバイスとその影響の両方が時間の経過とともに変化することを理解する【Cu】【So】(第5から8学年) <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●単純な入力、処理、出力システムにおけるコンピュータの役割と、それらがどう連携して動作するかを識別し、システムにおいて人間が持っている「制御の役割」を認識する【Cu】(第5から8学年) |
| 6 | <p>◎コンピュータネットワークがインターネットを含むこと、WWWのような複数のサービスをどのように提供できるか、<u>コミュニケーションや協働の機会を提供することを理解する【So】</u></p> | | |

●：必修教科(◎再掲) 下線は文書の一部がコーディングの記号を表す場合に記した。

った【V】プログラムを書く【P】」「順次、選択、繰り返しの概念と原理を理解し、3つの構造を使った【C】プログラムを書く【P】」(韓国・第7から9学年)、「入力、出力【V】、順次、反復(アルゴリズムの一部をループで繰り返す)【C】を使用する単純なプログラムを開発し、デバッグする【P】」(NZ・第7・8学年)等が見られた。中等教育後期における記述には、「配列の概念を理解し【V】、それを利用したプログラムを書く【P】」「関数の概念を理解し【C】、それを利用したプログラムを書く【P】」(韓国・第10から第12学年)、「入力、出力【V】、順次、比較演算子を用いた基本的な選択、反復【C】を用いたプログラムを作成することで、

アルゴリズムを実行する【P】」(NZ・第9・10学年)等が見られた。

これらの結果から、「変数」「制御構造」「プログラム開発」は、初等教育段階ではまず、プログラミングの体験から始まり、学年が上がるにつれて、順次、選択、繰り返しや変数とプログラミングを組み合わせた学習が行われていた。また、中等教育段階では、学習内容が、データ構造、配列、関数などの組み合わせへと変化することで、プログラミングの学習が高度になっていた。

(4) 「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」

記述内容に複数のサブ概念が含まれているため、該当す

表4 CSの概念の記述内容(中等教育前期, NZのみ便宜的に第9・10学年を併記)

| | 英国 | 韓国 | ニュージーランド |
|----|--|--|--|
| 7 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●数字が2進数で表現される方法を理解し、2進数に対する簡単な操作ができる(例えば、2進数の加算、2進数と10進数の変換など)【H】 ●コンピュータシステムを構成するハードウェアとソフトウェアの構成要素を理解し、それらが互いに、また他のシステムとどのように通信するかを理解する【H】 ●コンピュータシステム内で命令がどのように保存され、実行されるかを理解する【H】、様々な種類のデータ(テキスト、音声、画像を含む)が2進数の形でどのようにデジタルで表現され操作されるかを理解する【H】 <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●データの収集【Co】・分析【Vi】や既知の利用者のニーズを満たすなど、困難な目標の達成のため、複数のアプリケーションを選択、使用、組み合わせ、様々なデバイスにまたがる創造的なプロジェクトに取り組む <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●計算的思考を反映したいくつかの主要なアルゴリズム(例えば、ソートや検索など)を理解する【A】、論理的推論を用いて、同じ問題に対する代替アルゴリズムの有用性を比較する【A】 ●2つ以上のプログラミング言語(少なくとも1つはテキスト言語)を使用して、さまざまな計算問題を解決する【P】、データ構造(リスト、テーブル、配列など)を適切に利用する【V】、プロシージャや関数を使用するモジュール式プログラムを設計・開発する【M】 ●簡単なブール論理(AND, OR, NOTなど)と、回路やプログラミングでの使用法の一部を理解する【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●オンライン上でのIDと個人情報の保護【Sa】を含め、技術を安全に、敬意を持ち、責任を持って、安全に使用するための様々な方法を理解する【Sa】、不適切なコンテンツ、連絡先、行為を認識する【Sa】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル情報の特性や特徴を理解し、現実世界で様々な形で表現されているデータや情報をデジタルで表現する【H】 ●コンピューティングシステムにおけるハードウェアとソフトウェアの役割を理解し、有機的な相互関係を分析する【H】 <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●インターネットやアプリケーションソフトを使い問題解決を目的にデータを収集し、管理する【Co】 ●実生活の情報は構造化され、表や図など様々な形で表現される【Vi】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●論理的な問題解決の手順であるアルゴリズムの意味と意義を理解し、現実の問題に対する解決策を策定する【A】 ●問題解決のための様々な方法や手順を探り、明確にする【A】 ●使用するプログラミング言語の開発環境や特徴を理解する【P】 ●各種データを受信、処理、出力する【V】プログラムを書く【P】 <p>【変数の概念を理解し、変数と演算子を使った【V】プログラムを書く【P】】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●順次、選択、繰り返しの概念と原理を理解し、3つの構造を使った【C】プログラムを書く【P】 ●真正な問題を共同でソフトウェアの設計、開発【P】、比較、分析を行い解決する ●センサを用いたデータ処理やモーションコントロールプログラムを実装する【V】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●情報技術開発やソフトウェアが個人の生活や社会に与える影響や価値を分析し【Cu】、仕事の特徴を理解することで、自分の適性に合ったキャリアを検討する【So】 ●情報社会の一員として、個人情報保護と著作権保護の重要性を認識し、プライバシー保護と著作権保護を実践する【Sa】 ●情報社会において個人が守るべきサイバー倫理の必要性を理解し、サイバー暴力の防止やゲーム、インターネット、スマートフォン依存症の予防を実践する【Sa】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル機器が2進数(bits)で表される2つの状態だけを使いデータを保存していることを理解する【H】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、問題をステップごとの指示に分解してコンピュータプログラムのアルゴリズムを作成する【A】 ●論理的思考を用いてプログラムの挙動を予測し、同じ問題に対して複数のアルゴリズムが存在し得ることを理解する【A】 ●入力、出力【V】、順次、反復(アルゴリズムの一部をループで繰り返す)【C】を使用する単純なプログラムを開発し、デバッグする【P】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタルデバイスが人間や社会に影響を与え、デバイスと影響の両方が時間の経過とともに変化することを理解する【Cu】【So】(第5から8学年) ●システムにおいて人間が持っている「制御の役割」を認識する【Cu】(第5から8学年) |
| 8 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル機器が2進数でデータを表現し【H】データの保存と伝送におけるエラーを検出する方法を理解する【T】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識し【H】アルゴリズムの効率性を評価する ●効率性や使いやすさに関連してユーザーインターフェースを評価する【D】 ●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管理のためのOSの役割を理解し【H】、様々なストレージデバイスを使用してファイル管理のルールを適用できる <p>【ネットワークとインターネット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●データを保存することには、セキュリティ【Cy】とプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●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管理のためのOS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のルールを適用できる【S】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存【S】、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、問題を分解して、プログラミングの3つの構成要素である順次、選択、反復を使った【C】単純なアルゴリズムを作成する【A】 ●入力、出力【V】、順次、比較演算子を用いた基本的な選択、反復【C】を用いたプログラムを作成することで、アルゴリズムを実行する【P】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識しアルゴリズムの効率性を評価する【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら【Sa】、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する ●データを保存することには、セキュリティとプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する【Sa】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル機器が2進数でデータを表現し【H】データの保存と伝送におけるエラーを検出する方法を理解する【T】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識し【H】アルゴリズムの効率性を評価する ●効率性や使いやすさに関連してユーザーインターフェースを評価する【D】 ●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管理のためのOSの役割を理解し【H】、様々なストレージデバイスを使用してファイル管理のルールを適用できる <p>【ネットワークとインターネット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●データを保存することには、セキュリティ【Cy】とプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●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管理のためのOS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のルールを適用できる【S】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存【S】、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、問題を分解して、プログラミングの3つの構成要素である順次、選択、反復を使った【C】単純なアルゴリズムを作成する【A】 ●入力、出力【V】、順次、比較演算子を用いた基本的な選択、反復【C】を用いたプログラムを作成することで、アルゴリズムを実行する【P】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識しアルゴリズムの効率性を評価する【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら【Sa】、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する ●データを保存することには、セキュリティとプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する【Sa】 | |
| 9 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル機器が2進数でデータを表現し【H】データの保存と伝送におけるエラーを検出する方法を理解する【T】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識し【H】アルゴリズムの効率性を評価する ●効率性や使いやすさに関連してユーザーインターフェースを評価する【D】 ●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管理のためのOSの役割を理解し【H】、様々なストレージデバイスを使用してファイル管理のルールを適用できる <p>【ネットワークとインターネット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●データを保存することには、セキュリティ【Cy】とプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●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管理のためのOS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のルールを適用できる【S】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存【S】、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、問題を分解して、プログラミングの3つの構成要素である順次、選択、反復を使った【C】単純なアルゴリズムを作成する【A】 ●入力、出力【V】、順次、比較演算子を用いた基本的な選択、反復【C】を用いたプログラムを作成することで、アルゴリズムを実行する【P】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識しアルゴリズムの効率性を評価する【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら【Sa】、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する ●データを保存することには、セキュリティとプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する【Sa】 | <p>【コンピューティングシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタル機器が2進数でデータを表現し【H】データの保存と伝送におけるエラーを検出する方法を理解する【T】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識し【H】アルゴリズムの効率性を評価する ●効率性や使いやすさに関連してユーザーインターフェースを評価する【D】 ●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管理のためのOSの役割を理解し【H】、様々なストレージデバイスを使用してファイル管理のルールを適用できる <p>【ネットワークとインターネット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●データを保存することには、セキュリティ【Cy】とプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する <p>【データと分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●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管理のためのOS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のルールを適用できる【S】 <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存【S】、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する <p>【アルゴリズムとプログラミング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、利用者を考慮しながら、問題を分解して、プログラミングの3つの構成要素である順次、選択、反復を使った【C】単純なアルゴリズムを作成する【A】 ●入力、出力【V】、順次、比較演算子を用いた基本的な選択、反復【C】を用いたプログラムを作成することで、アルゴリズムを実行する【P】 ●コンピュータが大量データを検索し並べ替える必要性を認識しアルゴリズムの効率性を評価する【A】 <p>【コンピューティングの影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら【Sa】、定義された過程に従い、デジタルコンテンツの設計、開発、保存、テスト、評価を行い、与えられた状況に対処するデジタルコンテンツを評価する ●データを保存することには、セキュリティとプライバシーを確保する責任が伴うことを理解する【Sa】 | |
| 10 | | | |

●：必修教科(◎再掲) 下線は文書の一部がコーディングの記号を表す場合に記した。

る記号も併せて示す。初等教育前期における記述には、「学校以外での情報技術の一般的な使用を認識する【Cu】【So】」「個人情報为非公開にする【Sa】」（英国・第1・2学年）、「デジタルデバイスとその目的を特定し、それを人間が作っていることを理解する【Cu】」（NZ・第1から第4学年）、初等教育後期における記述には、「受け入れられる行動とそ

うでない行動を見極める【Sa】」（英国・第3から第6学年）、「サイバー中毒予防、プライバシー保護、知的財産保護の意味を知り、生活の中で実践する【Sa】」「生活においてロボットの活用を通し動作原理や応用分野を理解する【Cu】」（韓国・第5・6学年）、「デジタルデバイスが人間や社会に影響を与え、デバイスとその影響の両方が時間の経過とと

表 5 CS の概念の記述内容（中等教育後期，NZ のみ便宜的に第 11 から 13 学年のみ記載）

| | 英国 | 韓国 | ニュージーランド |
|----|--|--|--|
| 10 | ●オンラインでのプライバシーやIDを保護するための新たな方法【Sa】を含め、テクノロジーの変化が安全性にどのように影響するか【Sa】、様々な懸念事項を特定して報告する方法を理解する【Sa】（第10・11学年） | <p>【コンピューティングシステム】 ○OSの概念と機能を理解し、OSを使用して、コンピュータのリソースを効率的に管理する【H】 ○トラブルシューティングに適したハードウェアを選択し【T】、コンピューティングデバイスを構成する【H】 ○同じ情報でもデジタル化して表現する方法は様々であることを理解し、情報の活用目的に応じてより効率的な方法を選択する【H】</p> <p>【ネットワークとインターネット】 ○情報セキュリティの必要性を理解し【Cy】パスワード設定やアクセス権限管理などの情報セキュリティを実践する【Cy】 ○有線・無線ネットワークの特性を理解し【N】、コンピューティングシステムのネットワーク環境を設定できる【N】</p> <p>【データと分析】 ○インターネットやアプリケーションソフトなどのコンピューティングツールを用いて、問題解決のためのデータを収集【Co】・分析する【V】</p> <p>【アルゴリズムとプログラミング】 ○逐次、選択、繰り返しなどの制御構造を用いて【C】、論理的かつ効率的なアルゴリズムを設計する【A】 ○テキストベースのプログラミング言語の開発環境や特徴を理解する【P】 ○データ型に適した変数を定義し【V】、それを使ったプログラムを書く【P】 ○様々な演算子を使ったプログラムを書く【P】 ○標準入出力とファイルI/Oを使った【V】プログラムを書く【P】 ○順次、選択、繰り返し構造を利用した【C】プログラムを書く【P】 ○入れ子になった制御構造を利用した【C】プログラムを作成する【P】 ○配列の概念を理解し【V】、それを利用したプログラムを書く【P】 ○関数の概念を理解し【C】、それを利用したプログラムを書く【P】 ○様々な分野の問題解決のためのアルゴリズムを協働して設計する【A】 ○様々な学術的な問題を解決するために設計されたアルゴリズムを実装し、その効率性を比較・分析する【A】 ○物理演算装置の動作制御のためのプログラムを書く【P】</p> <p>【コンピューティングの影響】 ○情報化社会における知識やスキルの領域を調査し、その影響力を評価する【Cu】 ○情報科学のキャリアやキャリアを探る【So】 ○情報保護の仕組みや方法に沿った適切な情報共有の仕方を実践する【Sa】 ○コンピューティング環境で生成される膨大な種類のデータを収集、分析、利用するためのコンピューティング技術の役割と重要性を理解する【Cu】 ○ソフトウェアの著作権保護システムや方法を正しく知って使用する【Sa】 ○サイバースペースでの社会問題を未然に防ぐ仕組みを理解し、サイバー倫理を実践する【Sa】</p> | |
| 11 | | | <p>【コンピューティングシステム】 ○様々なメディアタイプの圧縮符号化の概念、その典型的な用途、そしてそれがどのように広く使われている技術を機能させるかを理解する【H】 ○設計原理とユーザビリティ・ヒューリスティックを自分の設計に適用し、その観点からユーザー・インターフェースを評価する【D】</p> <p>【データと分析】 ○サポートを受けながら、デジタル成果物の設計、開発、保存【S】、テストを段階的に行い、関連する社会的、倫理的、利用者の配慮を特定し、評価する</p> <p>【アルゴリズムとプログラミング】 ○真正な文脈で、利用者を考慮しながら、同じ問題サイズの2つの反復アルゴリズムの「コスト」（計算の複雑さ）を決定し、比較する【A】 ○基本的なコンピュータプログラムの設計、開発【P】、文書化、テストを段階的に行う</p> <p>【コンピューティングの影響】 ○サポートを受けながら、デジタル成果物の設計、開発、保存、テストを段階的に行い、関連する社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者の配慮を特定し【Sa】、評価する</p> |
| 12 | | | <p>【データと分析】 ○段階的な過程を各自で適用して、自らの解決策を可能にするデジタル成果物の設計、開発、保存【S】、テストを行い、関連する社会的、倫理的、利用者への配慮を特定し、評価し、優先順位をつけて対応する</p> <p>【アルゴリズムとプログラミング】 ○データ構造の選択の目的について議論し【V】、性能とストレージ要件のトレードオフと様々なアルゴリズムへの適合性の観点から評価する【A】 ○高度なコンピュータプログラムの設計、開発【P】、文書化、テストを段階的に行う</p> <p>【コンピューティングの影響】 ○真正な文脈で、利用者を考慮しながら、デジタル技術の概念（情報システム、暗号化、エラー制御、複雑性と扱いやすさ、自律制御など）を、それらを支える関連する仕組み、実社会のアプリケーションでどのように使用されているか、関連する主要な問題を説明することにより、分析する【Cu】 ○段階的な過程を各自で適用して、自らの解決策を可能にするデジタル成果物の設計、開発、保存、テストを行い、関連する社会的【Cu】【So】、倫理的【Sa】、利用者への配慮を特定し、評価し、優先順位をつけて対応する</p> |
| 13 | | | <p>【コンピューティングシステム】 【ネットワークとインターネット】 【アルゴリズムとプログラミング】 ○一般的に受け入れられているソフトウェアエンジニアリングの方法論とUXの設計過程を理解し【D】、複雑なコンピュータプログラムの設計、開発【P】、文書化、テストにそれらの重要概念を適用する ○成果物に、様々な分野から成るデジタルアプリケーションやシステムの専門的な知識（ネットワークアーキテクチャ【N】、複雑な電子機器環境と組み込みシステム、相互に関連するコンピューティングデバイス、ハードウェアとアプリケーション）を統合する 【コンピューティングの影響】 ○各自でまたは機能横断型の共同作業チームで、段階的な開発過程を適用して、デジタルコンテンツを開発する際に、関連する社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を総合的に考慮しながら【Sa】、解決策を可能にする質の高い、目的に合ったデジタル成果物を、計画、設計、開発、テスト、作成する ○真正な文脈で、利用者を考慮しながら、デジタル技術の概念（形式言語、ネットワーク通信プロトコル、人工知能、グラフィックスとビジュアルコンピューティング、ビッグデータ、ソーシャルアルゴリズムなど）を、それらを支える主要な仕組みと、実社会のアプリケーションを開発する際の様々なシナリオにどう適用されるかに関連して評価する【Cu】</p> |

●：必修教科 ○：選択教科（◎再掲） 下線は文書の一部がコーディングの記号を表す場合に記した。

もに変化することを理解する【Cu】【So】(NZ・第4から第6学年)等が見られた。

中等教育前期における記述には、「オンライン上でのIDと個人情報の保護【Sa】(英国・第7から9学年)、「情報技術開発やソフトウェアが個人の生活や社会に与える影響や価値を分析し【Cu】、仕事の特徴を理解することで、自分の適性に合ったキャリアを検討する【So】」「プライバシー保護と著作権保護を实践する【Sa】(韓国・第7から第9学年)、「デジタルデバイスが人間や社会に影響を与え、デバイスと影響の両方が時間の経過とともに変化することを理解する【Cu】【So】(NZ・第5から第8学年)等が見られた。中等教育後期における記述には、「オンラインでのプライバシーやIDを保護するための新たな方法【Sa】(英国・第11・12学年)、「コンピューティング技術の役割と重要性を理解する【Cu】」「ソフトウェアの著作権保護システムや方法を正しく知って使用する【Sa】(韓国・第10から第12学年)、「真正な文脈で、定義されたプロセスに従って、直接的な社会的【Cu】【So】、倫理的、利用者への配慮を考慮しながら【Sa】(NZ・第9・10学年)等が見られた。

これらの結果から、「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」は、初等教育段階では自身の個人情報の保護の実践やコンピュータと人や生活との関係性などの学習から始まっていた。また、中等教育段階では個人情報の保護に加えて、著作権やインターネット依存症などの内容についても学習し、学習した内容を、制作物に対して応用するなど、対象に広がりが見られた。

4. おわりに

本研究では、日本における初等中等教育のCS教育の体系的な指導の参考とするためCohen et al. [23]の手順を参照し、英国、韓国、NZの情報教育のカリキュラムに含まれるCSの概念を整理した。

その結果、スコープ(範囲)の観点では、(1)3カ国に共通して全学校種で記述が見られた概念、(2)3カ国に共通して学校種による段階的な記述が見られた概念、(3)3カ国で記述の有無にばらつきがあったり、記述が見られなかったりした概念の3種類が存在することが明らかになった。またシーケンス(順序)の観点では、スコープ(範囲)で(1)と(2)に該当した、8つのサブ概念「ハードウェアとソフトウェア」「アルゴリズム」「変数」「制御構造」「プログラム開発」「文化」「社会の影響」「安全、法律、倫理」の記述内容から、学習の順序や、難易度の変化など3カ国に共通する、各教育段階における体系の特徴が明らかになった。

今後は、3カ国の教育政策やその中での情報教育の位置付け、実践についても調査を行い、日本の初等中等教育におけるCS教育の体系的な指導に役立てるための示唆を得たい。

参考文献

- [1]The Royal Society. Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. 2012, <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-in-schools/report/> (参照 2018-08-09).
- [2]Caspersen, M. E., Gal-Ezer, J., McGettrick, A., & Nardelli, E. Informatics as a fundamental discipline for the 21st century. *Communications of the ACM*, 2019, vol.62, no.4, 58.
- [3]Comer, D. E., Gries, D., Mulder, M. C., Tucker, A., Turner, A. J., & Young, P. R. Computing As a Discipline. *Communications of the ACM*. 1989, vol.32, no. 1, p. 9-23.
- [4]informatics for all. *Educating People for the Digital Age*. 2020.
- [5]Computing at School Working Group. *Computing at School: The state of the nation*. 2009.
- [6]太田剛, 森本容介, 加藤浩. 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*, 2016, vol. 40, no. 3, p. 197-208.
- [7]大森康正, 磯部征尊, 山崎貞登. STEM教育と Computational Thinking 重視の小・中・高等学校を一貫した情報技術教育の基準に関する日イギリス米比較研究. *上越教育大学研究紀要*, 2016, vol. 35, p. 269-283.
- [8]小田理代, 登本洋子, 堀田龍也. 諸外国のコンピュータサイエンス教育に関するカリキュラム比較. *日本教育工学会研究報告集*, vol. 20, no. 1, 2020. pp.175-182.
- [9]久野靖, 和田勉, 中山泰一. 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)*, 2015, vol. 1, no. 3, p. 48-61.
- [10]小島寛義, 高井久美子, 渡辺博芳. 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)*, 2018, vol. 2018-CE-144(26), no. 26, p. 1-12.
- [11]日本学術会議. 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」. 2020, 46.
- [12]小田理代, 登本洋子, 堀田龍也. 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. 2021, *教育情報研究*, vol. 36, no. 2, (印刷中)
- [13]Ediger, M. Sequence and scope in the curriculum. *Education*, 1995, vol. 116, no. 1, 159.
- [14]Maker, C. J. *Developing Scope and Sequence in Curriculum*. 1986, vol. 8
- [15]Goodland, J. I., Su, Z. *Organization of the Curriculum*. In P. W. Jackson (Ed.), *Handbook of Research on Curriculum: A Project of the American Educational Research Association*. 1992, pp.327-344.
- [16]Association for Computing Machinery, Code.org, Computer Science Teachers Association, Cyber Innovation Center, Math and Science Initiative. *K-12 Computer Science Framework*. 2016, <http://www.k12cs.org>(参照 2019-12-28).
- [17]Department for Education. *Computing programmes of study: Key stages 1 and 2. National curriculum in England*. 2013
- [18]Department for Education. *Computing programmes of study: Key stages 3 and 4 National curriculum in England*. 2013.
- [19]Korean Ministry of Education. 초등학교 교육과정 교육부 고시 제 2015-74 호 [별책 2] (Elementary School Curriculum and Education Notice No. 2015-74). 2015.
- [20]Korean Ministry of Education. 중학교 교육과정 교육부 고시 제 2015-74 호 [별책 3] (Middle School Curriculum and Education Notice No. 2015-74). 2015.
- [21]Korean Ministry of Education. 초등학교 교육과정 교육부 고시 제 2015-74 호 [별책 2] (Elementary School Curriculum and Education Notice No. 2015-74). 2015.
- [22]Ministry of Education. *Technology in the New Zealand Curriculum*. 2017.
- [23]Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. *Research Methods in Education*, 6th Ed (Vol. 1-6th Edition). Routledge. 2007.