

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

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

(平成30年2月19日受付；平成30年4月20日受理)

要 旨

本研究の目的は、2017年4月から、小学校及び中学校の全学年でいわゆるプログラミング学習を導入し、実践している相模女子大学小学部のレゴ® WeDo2.0を使ったプログラミングカリキュラムの学習到達目標の検討である。本研究知見の第1点として、同実践では、構造化プログラミングの「順次（逐次）構造」、「反復構造」、「条件分岐構造」を用いて、児童の心身の発達水準に応じて、6年間を通じてスパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第2点として、モータのオン・オフ、速さの調節だけではなく、モーションセンサやチルトセンサなどの種々のセンサのアイコンを組み合わせ、自分たちが意図した動作をロボットにさせるために、アルゴリズムを設計する際に必要な概念を視覚的・体験的かつ試行錯誤の連続と、児童の心身の発達水準に応じて、スパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第3点として、授業者は、題材の学習プロセスにおいて、一連の課題解決に必要な論理的思考力・判断力・表現力等といった汎用力と共に、情報技術を活用した技術的課題解決力の「創造の動機」-「設計・計画」-「製作」-「成果の評価（まとめ・表現）」を重視していた。

KEY WORDS

小学校プログラミング学習 (Programming Learning in Elementary School), 構造化プログラミング (Structured Programming), アルゴリズム (Algorithm), 技術的課題解決力 (Technological Task Solving Capability)

1 問題の所在と研究目的

本研究の目的は、2017年4月から、小学校及び中学校の全学年でいわゆるプログラミング学習を導入し実践している相模女子大学小学部及び中学部の題材カリキュラム^{(1),(2),(3)}の特に、小学校低学年、中学年、高学年の各教育階梯の学習到達目標の水準を、磯部・山崎(2013)の「幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準」⁽⁴⁾、大森ら(2017a)の「幼稚園から高等学校までを一貫した情報・システム・制御に関する技術の鍵概念と技術的課題解決プロセス」⁽⁵⁾、Benesse(2017)の小学校の低・中・高学年の教育階梯別の「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準(試行版)」⁽⁶⁾と比較・照合し、我が国の小学校の各教育階梯段階におけるプログラミング教育の学習到達水準の「参照基準(スタンダード)」作成に資する基礎データを収集することである。参照基準作成の意図は、本稿で後述するように、各学校が創意工夫して開発するプログラミング学習单元(題材)の質的水準を保証し、各学校により学習の質に温度差がでないように、参照基準を示していただきたいとの教育界の喫緊の要望を受けて、本研究に取り組むこととした。

近年の諸外国の初等中等教育段階におけるプログラミング教育を概観すると、イングランドのナショナル・カリキュラムでは、16歳までの初等・中等教育段階を一貫した教科「コンピューティング[鍵思考はComputational Thinking(CT, プログラミング的思考)]」を導入している⁽⁷⁾。米国は、法的拘束力のある基準性を有する国家レベルの教育課程の基準は存在しないが、2011年にアメリカのコンピュータ科学教師協会(Computer Science Teacher Association: CSTA)は、幼稚園から第12学年までの各教育階梯別におけるコンピュータ科学の学習到達目標と学習到達水準の参照基準を提案した(2011 CSTA K-12 Computer Science Standards)⁽⁸⁾。同参照基準は、2016年に「枠組み(framework)」の修正版が提案⁽⁹⁾された。2017年に、参照基準のタスクフォースチームが結成されて、現在、参照基準の改定作業が進行中である⁽¹⁰⁾。一方、イギリスやアメリカなどの諸外国に対し、我が国の小学校段階におけるプログラミング教育の導入は、残念ながら出遅れ感はある。我が国の小学校段階におけるプログラミング教育の導入の経緯に関しては、平井・福田(監修)(2017)⁽¹¹⁾が平易に詳しく解説している。2016年4月の産業競争力会議

における小学校プログラミング教育の必修化決定を受けて、文部科学省は、「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」を翌月には立ち上げて⁽¹²⁾、同年6月16日には「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」⁽¹³⁾を提言した。この提言により、国民各層の小学校プログラミング学習導入是非の議論が一気に盛り上がった。極めて短期間の審議で、実り多い論点整理と、先見性のある極めて示唆に富む提言をまとめた、文科省担当職及び有識者委員の関係各位に敬意を表したい。なお、本科研の研究協力者で、本稿における第4著者の上野は、同有識者会議委員として参画している。

有識者会議では、小・中・高校を一貫したプログラミング教育で育成する資質・能力として、表1を提案している。

表1 プログラミング教育で育成する資質・能力〔出典：文部科学省：小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」平成28年6月16日 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm〕

【知識・技能】

(小学校)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。
(中学校)社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにすること。
(高等学校)コンピュータの働きを科学的に理解するとともに、実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること。

【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」（自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力）*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。

*いわゆる「コンピューショナル・シンキング」の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義である。

表1に示したように、有識者会議が提案した資質・能力は、中央教育審議会が提案した資質・能力の三つの柱に基づいた提案である。この提案は、文部科学省（2017a）「小学校学習指導要領解説 総則編」の「第3節 教育課程の実施と学習評価」「1 主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善」「(3) コンピュータ等や教材・教具の活用、コンピュータの基本的な操作やプログラミングの体験（第1章第3の1の(3)）（pp.83-87）」⁽¹⁴⁾に受け継がれている。

2020年度からの小学校段階におけるプログラミング教育の必修化をめぐることは、平井・福田（監修）（2017：pp.11-12）⁽¹⁴⁾で述べられているように、有識者会議の提言直後は否定・批判が多かった。中央教育審議会（中教審）（2016）は、8月26日に「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ」⁽¹⁵⁾を公表し、同年10月6日（第21回）同年10月17日（第22回）、同年10月31日（第23回）、同年11月4日（第24回）にわたって50団体から意見を聴取した。小学校プログラミングに関する意見書は、「全国市町村教育委員会連合会（第21回）」、「新経済連盟（第22回）」、「全国都道府県教育長協議会（第23回）」、「日本教育大学協会（第23回）」、「全国都道府県教育長協議会（第23回）」、「全国教育管理職員団体協議会（第23回）」、「中核市教育長会（第24回）」と、計7団体が提出した。尾崎（2017）⁽¹⁶⁾と山崎ら（2018a）⁽¹⁷⁾は、前述の7団体の意見の論点整理をしている。

我が国の小学校段階におけるプログラミング教育では、イギリスやアメリカなどのプログラミング教育先進諸国に比べると、初等中等教育段階を一貫したプログラミング教育に関する教育課程基準に関する理論と実践を往還した先行研究が極めて少ない点が大きな課題である。また、「プログラミング的思考力」をはじめ、「思考力・判断力・表現力」等の育成すべき資質・能力を基盤とした教育課程基準では、「ドメイン準拠評価法」ではなく、「スタンダード準拠評価法」が採用されているのが世界の潮流である。しかし、我が国では、スタンダード準拠評価法が普及していないために、「プログラミング的思考力」や「思考力・判断力・表現力」等の「資質・能力」に関する学習評価概念と評価方法について、学校教育関係者の理解が進んでいる状況とは言えず、混乱が見られる。

我が国のスタンダード準拠評価法に関する研究の第一人者である鈴木（2006：pp.88-89）⁽¹⁸⁾によると、「スタンダード準拠評価」とは、正解・誤りといった2分法的なものではなく、例えば初等中等教育段階のように長期間にわたって、初歩的なものから高度に洗練されたものまでのスペクトルのような形で存在し、このスペクトラムの区分〔教育階梯（段階）の区分〕をスタンダードの判断基準として、パフォーマンスの洗練の程度として評価する方法を

いう。スタンダード準拠評価法に基づく「思考力・判断力・表現力」の評価は、学習者のパフォーマンスを示す評価語と、[評価事例(作品例, ポートフォリオ例, 学習シート記述事例等で, 英語では「アンカー」と通常呼称)]とを組み合わせて、数段階からなる判別基準表(ルーブリック)を用いて評価される(鈴木, 2013: p.19)⁽¹⁹⁾。

これに対し、「ドメイン(領域)準拠評価」とは、「漢字が書けた・書けない」、「かけ算の九九ができた・できない」、「都道府県名が書けた・書けない」のように、一定学年に担当された知識や簡単な技能を評価する方法である⁽¹⁸⁾。スタンダード準拠評価法は、1987年にオーストラリアのサドラーによって、ドメイン準拠評価法の問題点を克服するための新しい目標準拠評価法として提案された。イングランドでは、サドラーが提案したスタンダード準拠評価法を、1990年のナショナル・カリキュラム新設時からいち早く導入し、2013年度までの5歳~16歳までのナショナル・カリキュラムの各学習到達目標は、計9段階の学習水準に基づくスタンダード準拠評価法による学習評価であった。主に、オーストラリア、ニュージーランド、イギリス、アメリカ、カナダ、シンガポールなどに普及し、前述の国・州の教育課程の基準や、教科内容の参照基準と一体化して採用されている学習評価法である。

特に、留意したいのは、育成すべき資質・能力重視の教育課程の基準では、教育目標、教育内容、学習評価の一体化と、PDCAによる不断のContinuing Professional Development (CPD, 教員の継続的な専門職能発達)によるカリキュラム・マネジメントと授業改善による実践的指導力の向上が鍵語になることである。スタンダード準拠評価法の本質と海外での実践事例については、鈴木が、図書文化の月刊誌「指導と評価」で、20年以上にわたり、ほぼ毎号にわたって詳細かつ具体的に紹介しているのだから、ここで論じるのは割愛したい。ポートフォリオ評価法やパフォーマンス評価法も、基本的にはスタンダード準拠評価法である。一方、我が国において、ポートフォリオ評価法やパフォーマンス評価法がなかなか普及しない要因の一つは、「スタンダード準拠評価法」の考え方が普及していないためである。我が国の学習評価研究の第一人者である石田(2017)⁽²⁰⁾の鋭敏な指摘のように、我が国の学習評価に係わる従前の教職の教育課程、教員養成と教員研修体制に大きな問題があったといえる。一方、文部科学省は、2017年11月17日に「教職課程コアカリキュラム」⁽²¹⁾を公表し、「各教科の指導法(情報機器及び教材の活用を含む。)」の到達目標「(1) - 3) 当該教科の学習評価の考え方を理解している。」等を示した。教職の再課程認定審査を通過するには、前述の参照基準に適合しているかどうか問われることになるために、育成すべき資質・能力育成と学習評価によるカリキュラム・マネジメントに不可欠な「スタンダード準拠評価」の理解と導入増進につながると筆者らは考えている。

我が国の2008年告示小学校学習指導要領までは、プログラミング教育は教育課程の基準としての目標及び内容として、未導入であった。一方、私立小学校では、立命館小学校が、「ロボティクス科」という新教科を導入し、「サイエンス」と「ものづくり」を融合させ、理科・生活科・図画工作科・道徳のクロス・カリキュラムとして位置付けて実践している(荒木, 2008: pp.13-15)⁽²²⁾。同校ロボティクス科は、「力・構造(生活科・理科, 中学校技術分野)」、「電気回路(理科, 中学校技術分野)」、「プログラミング・制御(理科, 中学校技術分野)」、「デザイン(図画工作科, 中学校技術分野)」、「社会倫理(道徳), 技術倫理(中学校技術分野)」の5領域からアプローチをして、2008年告示学習指導要領との関連付けを図っている(荒木, 2008: pp.14-15)⁽²²⁾。2007年度のロボティクス科授業時数は、小学校第1学年から第4学年で、年間30時間を実施した(pp.162-163)⁽²²⁾。

また、本稿の先行研究として、大森ら(2017a)⁽⁵⁾は、「カリキュラム・マネジメント」の視座から、先導的で優れたプログラミング教育を展開している東京都品川区立京陽小学校の同校サイトで公開中の8事例中6事例⁽²³⁾を、大森ら(2017b)⁽²⁴⁾の「小学校段階のプログラミング学習において修得すべき知識・技能、能力」と、山崎ら(2017)⁽²⁵⁾の「幼稚園から高等学校までを一貫した『情報・システム・制御に関する技術』の鍵概念と『技術的課題解決プロセス』の教育段階別学習到達水準表」で示した鍵概念とプロセスの対応関係について調査し、プログラミング学習において育成すべき資質能力、目標・内容・方法・形態、学習評価を一体化させた「参照基準」について検討した。大森ら(2017a)⁽⁵⁾では、一般社団法人情報処理学会の2016年12月号『情報処理』の小特集「学校まるごとわくわくプログラミング-品川区立京陽小学校の事例-」⁽²⁶⁾を研究対象とし、研究知見を以下の3点に集約した。第1点として、京陽小学校のプログラミング学習では、構造化プログラミングの「順次(逐次)構造」、「反復構造」、「条件分岐構造」を用いて、カリキュラム・マネジメントに基づく「社会に開かれた教育課程」を編成し、児童の心身の発達水準に応じて、6年間を通じてスパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第2点として、アルゴリズムを設計する際に必要な概念のうち、特に「抽象化」を主として活用し、「パターン認識」、「分解」、「一般化」、「評価」活動を、児童の心身の発達水準に応じて、スパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第3点として、授業者は、単元の学習プロセスにおいて、一連の課題解決に必要な論理的思考力・判断力・表現力等といった汎用力と共に、情報技術を活用した技術的課題解決力の「創造の動機」-「設計・計画」-「制作」-「成果の評価(まとめ・表現)」を重視していた。

他方、久野ら(2016:p.1216)⁽²⁶⁾も、尾崎(2017)⁽¹⁶⁾と山崎ら(2018a)⁽¹⁷⁾が集約した、中教審に対する教育等関係団体からの意見書と同様に、小学校プログラミング学習の教育課程基準、学習到達目標、学習到達水準の基準性の必要性を言及している。以上の問題の所在から、本研究目的は、2017年4月から、小学校及び中学校の全学年でいわゆるプログラミング学習を導入し実践している相模女子大学小学部及び中学部の題材カリキュラム^{(1)・(2)・(3)}の特に、小学校低学年、中学年、高学年の各教育階梯の学習到達目標の水準を、磯部・山崎(2013)の「幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準」⁽⁴⁾、大森ら(2017a)の「幼稚園から高等学校までを一貫した情報・システム・制御に関する技術の鍵概念と技術的課題解決プロセス」⁽⁵⁾、Benesse(2017)の小学校の低・中・高学年の教育階梯別の「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準(試行版)」⁽⁶⁾と比較・照合し、検討することとした。

2 研究対象

本研究対象は、2017年度の相模女子大学小学部である。川原田(2018)^{(1)・(2)・(3)}で述べたように、研究対象校は、2017年度からプログラミング学習を初めて導入した。相模女子大学小学部の2017年度のレゴ® WeDo2.0を使ったプログラミングカリキュラムを、表2に示す。2017年4月より実施している小学部でのプログラミング学習は、特設の教科として設定してはいない。2017年度は、英語を除く各教科からそれぞれ2時間確保し、全学年、年間16時間を目標に実施した。使用教材は、レゴ® WeDo2.0を使用して、ロボットづくりとプログラミングを組み合わせた学習として、オリジナルテキストとともに展開した。

プログラミングの授業のカリキュラムは、系統的に構成した。標準的な指導予定時間を、表2に示す。低学年になるに従って、進度は遅く、第1学年では、2017年12月末の時点でモーションセンサに入るところであった。授業の進め方は、教師主導で教えるのではなく、ロボットやプログラムをつくり、動かし、時間をかけて自分たちで発見させて、発表や教えあいを通して、共有するようにした。

3 磯部・山崎(2013)の「幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準」

本稿の1章で紹介したように、立命館小学校ロボティクス科⁽²²⁾では、「力・構造(生活科・理科、中学校技術分野)」、「電気回路(理科、中学校技術分野)」、「プログラミング・制御(理科、中学校技術分野)」、「デザイン(図画工作科、中学校技術分野)」、「社会倫理(道徳)・技術倫理(中学校技術分野)」の5領域からアプローチをしている。本研究対象の相模女子大学小学部のレゴ® WeDo2.0を使ったプログラミングカリキュラムにおいても、エネルギー変換技術の学習と密接に関連する。日本産業技術教育学会⁽²⁷⁾等で報告されているように、諸外国の多くが、小・中・高校を一貫した技術科教育課程の基準を、国(州等)として導入している。一方、我が国では、小学校段階において、技術教科は設置されていない上、技術教育は小学校学習指導要領の目標や内容に含まれていない。そのため、我が国の普通教育としての技術教育は、中学校3年間のみであり、世界的にも異例な実施形態である⁽²⁷⁾。そこで、日本産業技術教育学会は、文部科学省、日本教育大学協会、全日本中学校技術・家庭科研究会等と連携し、1970年代から、小・中・高校を一貫した技術教育の実施を実現するために、文部科学省研究開発学校制度や教育特区制度を活用した、小・中学校を一貫した技術科教育の先導的実践研究や、啓発・普及活動を展開している⁽²⁸⁾。磯部・山崎(2013)⁽⁴⁾は、2004年度から2012年度までの文部科学省研究開発学校制度を利用した小・中学校を一貫した技術科教育課程開発の実践研究成果を基に、研究開発学校・地域特区指定学校関係者各位、同所管教育委員会等、日本産業技術教育学会、同小学校委員会各位の協力を得て、幼・小・中・高校を一貫した技術科教育課程基準を提案した。本稿では、幼稚園と小学校段階における教育目標1「エネルギー変換技術」教育課程基準表を、表3として示す。表2の大部分の学習項目は、表3のエネルギー変換技術の学習項目と関連していることが明らかになった。

表2 相模女子大学小学部の2017年度のレゴ® WeDo2.0を使ったプログラミングカリキュラム

学習項目	主な指導内容	予定授業時間
○パーツの理解	各パーツの特徴を知る	2
磯部・山崎 (2013) : エネルギー変換技術, 小・低学年「ア (変換方法, 仕組み) おもちゃが動く仕組みについて, 興味や関心を持つこと」		
○マイロの制作 プログラムの作成	ロボットとプログラムの作成方法を知る	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・低学年「ア」「イ (変換効率, 性質) 動きのあるおもちゃを, 効率よくまたは, 能率よく動く工夫をすること」「ウ (変換機器のものづくり) 動きのあるおもちゃをつくること」, 小・中学年「ア 身近な機器を教材にして, 自然エネルギーや電気エネルギーの変換技術について知ること」, 「ウ 自然エネルギーや電気エネルギーを活用し, エネルギー変換機器のものづくりをすること」		
大森ら (2017) : 小・低学年のプログラミングの鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・低学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○プログラムの仕組みの理解	プログラムのコマンドの意味の理解	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・低学年「ア」「イ」「ウ」, 小・中学年「ア」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・低学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・低学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○モーションセンサの使い方と活用	モーションセンサのはたらきとプログラムの理解, 身の回りでの活用	2
大森ら (2017) : 小・低学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・低学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」, 小・高学年「知識・技能」の「2. 様々なセンサの役割を知り, センサなどを使ったプログラミングができること」		
○チルトセンサの使い方と活用 LEDの色	チルトセンサのはたらきとプログラムの理解, LEDの色, ディスプレイ タブ, 身の回りでの活用	2
大森ら (2017) : 小・低学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・低学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」, 小・高学年の「知識・技能」の「2. 様々なセンサの役割を知り, センサなどを使ったプログラミングができること」		
<基礎プロジェクト>		
○プルロボット・引く力 (摩擦力)	タイヤを使わないロボットの製作, 摩擦力とものの移動	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・低学年「ア」「イ」「ウ」, 小・中学年「ア」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・中学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・中学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」, 小・高学年の「知識・技能」の「2. 様々なセンサの役割を知り, センサなどを使ったプログラミングができること」		
○車・斜面	電気的な動力を使わないロボットの製作, 摩擦力と重心	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・中学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・中学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・中学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」, 小・高学年の「知識・技能」の「2. 様々なセンサの役割を知り, センサなどを使ったプログラミングができること」		
○スピード	モーションセンサを使った比例の学習	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・中学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・中学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・中学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」, 小・高学年の「知識・技能」の「2. 様々なセンサの役割を知り, センサなどを使ったプログラミングができること」		
○カエルの成長	カエルの成長とモデルロボットの作成を通じた学習	8
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・高学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・高学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・高学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○水門ロボット	ロボット作成から, 水害についての学習	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・高学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・高学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・高学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○地震ロボット	ロボット作成と実験から, 揺れに強い建物の形についての学習	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・高学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・高学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・高学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○ヘリコプター	ロボット作成から災害と救助についての学習	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・高学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・高学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・高学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		
○リサイクル	ロボット作成から学ぶりサイクル, 自然環境についての学習	2
磯部・山崎 (2013) : 【エネルギー変換技術】 小・高学年「ア」「イ」「ウ」		
大森ら (2017) : 小・高学年のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセス		
Benesse (2017) : 小・高学年の「知識・技能」, 「思考力等」, 「学びに向かう力等」		

表3 教育目標1「エネルギー変換技術」教育課程基準表〔出典：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.331-344（2013）の表5から，幼稚園と小学校段階を抜粋〕

		幼稚園	小学校1，2年	小学校3，4年	小学校5，6年
エ ネ ル ギ ー 変 換 技 術	目 標	風やゴムなどの力で動く簡単なおもちゃをつくり，つくったおもちゃなどを使って遊ぶことができる。	自分の思いを製作品にして表現することを目的にしながら，設計と製作過程を通して，風やゴムの力などを動力に利用したもののづくりを楽しむことができる。	仲間や集団とともに目的をもちながら，設計と製作過程を通して，自然，電気エネルギーの発生や伝達の過程を学び，その変換技術や利用について家庭生活に生かすことができる。	製作の目的を社会生活に広げ，動力源やエネルギー変換技術の種類について理解し，その仕組みを取り入れた製作品の設計と製作をおこない，製作品を家庭や地域などの生活に利用できる。
	内 容	ア（変換方法，仕組み） ・おもちゃを動かすための仕組みがあることや，自然の不思議さに気付くこと。	ア（変換方法，仕組み） ・おもちゃが動く仕組みについて，興味や関心を持つこと。	ア（変換方法，仕組み） ・身近な機器を教材にして，自然エネルギー（風力や水力など）や電気エネルギーの変換技術について知ること。	ア（変換方法，仕組み） ・身近なエネルギーの変換技術について興味をもち，それぞれのエネルギーの変換技術の仕組みを知り，循環型社会に向けた改善策を選択すること。
		イ（変換効率，性質） ・動きのあるおもちゃを，より早く動かす方法に気がつくこと。	イ（変換効率，性質） ・動きのあるおもちゃを，効率よくまたは，能率よく動く工夫をすること。	イ（変換効率，性質） ・自然エネルギー（風力や水力など）と電気エネルギーを比較し，変換効率や利用方法の違いに気づくこと。	イ（変換効率，性質） ・エネルギーの変換効率や変換システム，負荷の変化について考え，その性質や特徴について理解すること。
		ウ（変換機器のものづくり） ・風やゴムなどの力で動く簡単なおもちゃ（風車など）をつくること。	ウ（変換機器のものづくり） ・動きのあるおもちゃ（ゴム自動車，ゴムロケット，風で動く車など）をつくること。	ウ（変換機器のものづくり） ・自然エネルギー（風力や水力など）や電気エネルギーを活用し，エネルギー変換機器のものづくり（ソーラークッカー，電気自動車の模型，水てっぽうなど）をすること。	ウ（変換機器のものづくり） ・身近なエネルギーの変換技術の性質を活用し，エネルギー変換機器のものづくり（簡易モーターや手回し発電機，簡易風力発電の模型など）をすること。

4 大森ら（2017）の「幼稚園から高等学校までを一貫した情報・システム・制御に関する技術の鍵概念と技術的課題解決プロセス」

大森ら（2017）⁶⁾が提案した，幼稚園から高等学校までを一貫した「情報・システム・制御に関する技術の鍵概念と教材例」及び「技術的課題解決過程」の教育段階別学習到達水準表のうち，幼稚園と小学校のみを抜粋したものを，表4に示す。

表4 幼稚園から高等学校までを一貫した「情報・システム・制御に関する技術の鍵概念と教材例」及び「技術的課題解決過程」の教育段階別学習到達水準表〔出典：大森康正・磯部征尊・上野朝大・尾崎裕介・山崎貞登：小学校プログラミング教育の発達段階に沿った学習到達目標とカリキュラム・マネジメント，上越教育大学研究紀要，第37巻，第1号，pp.205-215（2017）のp.209表5の幼稚園と小学校段階を抜粋〕

鍵概念と教材例		技術的課題解決過程			
コンピュータシステムとネットワーク利用	プログラミング	創造の動機	設計・計画	制作	成果の評価
<ul style="list-style-type: none"> ・遊具としての情報技術の活用への親しみ，ごく簡単なプログラミング的体験と親しみ ・コンピュータやProgrammable Toyの起動・終了 ・先生と一緒に，コンピュータやインターネットを使った遊び 	<ul style="list-style-type: none"> ・遊具用・教材用のコンテンツやロボット（ブロックおもちゃなど）を使って，先生と一緒に組み立てたり，動かしたりしたりして遊ぶこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・Programmable Toy等との遊びで，自分が実現したい動作に対しての，思いや願いを持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報技術の活用による遊びで，自分の思いや願いをふくらませるための手順についての，イメージと見通しの萌芽 	<ul style="list-style-type: none"> ・決められた時間や決まりを守って，コンピュータやネットワークを遊具とした遊び ・先生や友達と一緒に，遊びを豊かにするための，動作内容の試行・工夫 ・先生や友達と一緒に，遊びを豊かにするために，活動の簡単な手順の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・遊具としての情報技術機器の活用への親しみ ・情報技術を活用して，事前に思い浮かべた動きと，実際の動きを比べ，その違いへの気づき

小 低学年	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステムやネットワークの活用に対する関心の萌芽 自分の思いや願いの実現や、調べるために、先生と一緒に、インターネットサイトの閲覧 自分のやりたい目的に見合うソフトウェアの選択と使用 	<ul style="list-style-type: none"> 自分の思いや願いを込めた動作の実現を学習課題として、アニメーションなどの動的コンテンツのプログラムの作成し、自分の目指す動作を実現すること 自分の思いや願いを込めた動作の実現を学習課題として、教材用ロボットを組み立てて、モータの回転の時間や速さなどを変える易しいプログラムの作成で、ロボットの動きを変えられること 	<ul style="list-style-type: none"> Programmable Toy等を用い、自分の意図する一連の動作を実現させたいという思いや願いを持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> 目的に応じた、ソフトウェアの選択と活用 必要に応じてブラウザ等のソフトを起動し、学習に用いるインターネットサイトなどへの閲覧 動かしたい対象や意図する一連の動きについての口頭発表と説明 	<ul style="list-style-type: none"> 自分が意図する動作を実現するための活動手順を知り、一連の手順を意識した制作活動 班やグループによる、協力した制作活動 コンピュータシステム、ネットワークの活用、情報コンテンツ制作への関心の萌芽 	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステム、ネットワークの活用、ごく簡単なプログラミングに対する親しみと好奇心の萌芽 事前に思い浮かべた動きと、実際の動きを比べ、その違いへの気づきと修正、言語活動充実（主語と述語、比較の観点、判断と理由、時系列等）のための発表と意見交換 ルールやマナーを守った、情報技術機器、教材用ロボットの適切な使用、学習の振り返り、改善
小 中学年	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステムやネットワークの活用に対する親しみの深まり データの適切な保存または、格納、再生 検索エンジンなどを用いた、必要な情報収集 収集した情報の適切性に関する易しい評価 	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータを活用し、課題解決するために、処理手順を考える必要性に気付くこと 教材用ロボットを組み立てて、目的とする動作を実現する課題を達成するために、タイル型のプログラムを作成するために、順次・条件分岐・反復の情報処理の手順を活用すること 	<ul style="list-style-type: none"> 自分が作りたコンテンツや作品について、その内容や制作目的、ねらいについて、他者への伝達と表現 	<ul style="list-style-type: none"> 目的に応じたソフトウェアの選択と、適切な使用 制作に必要な情報を、インターネットによる収集 制作したいコンテンツに関する見通しを持つための構想 自分が意図する活動を実現するための、発想やアイデアに対する関心の萌芽 動かしたい対象や動きについての、図示による説明 	<ul style="list-style-type: none"> 制作に対して、自分の力で粘り強く最後まで成し遂げる努力と試行錯誤 必要に応じて、他者に助言を求め、協同的な学び合い コンテンツや教材用ロボットを完成させるために、活動の手順、見通し、実行、評価・改善を重視した活動 実現したいコンテンツやロボット動作、構想・計画、実行、改善を繰り返すによる試行錯誤 	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステム・ネットワークの活用や、簡単なプログラミングに対する親しみと好奇心の深まり アイデア創造・工夫の達成感についての発表と意見交換、言語活動充実（判断と根拠、条件、簡単な科学・技術用語や概念等の使用）のための発表と意見交換 自分の情報と他者の情報を大切に、情報を許可なく流出しないようにすること 他者の作品を尊重し、その良さを見付ける評価 構想・計画・制作工程について、当初の見通しと、実際の成果の照合、改善点の検討 制作過程で、意図しない動きをしたプログラムについて、その原因を探究し、次回の制作に活かすこと
小 高学年	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステムやネットワークを活用した問題発見・解決に対する興味・伸長の伸長 データの適切な保存と格納・再生 収集した情報の適切さについての検討と判断 ネットワーク上のルールやエチケット・特性を理解し、電子メールやWebページによる情報発信・収集 	<ul style="list-style-type: none"> 教材用ロボットを使って、課題の目的を児童が主体的に設定し、4、5人の班を構成して、仲間と協力し簡単なロボットの構想・設計・製作と、制御プログラムの作成・工夫で、課題を解決すること プログラムを効率良く記述し、誤りを最小限にとどめる設計方法論として、構造化プログラミングがあり、処理手順は、順次・条件分岐・反復の組み合わせの記述を知ること。 処理手順を視覚的に明確化するために、簡単なフローチャートを作成できること 	<ul style="list-style-type: none"> 問題解決のために、自分が意図する思いや願いと共に、園児や低学年児童等の他者（ユーザー）視点で、作りたいコンテンツや作品を構想し、企画書としてまとめること 	<ul style="list-style-type: none"> 問題解決のために、他者（ユーザー）視点で、自分が制作するコンテンツや作品について、作品の内容（動きや見た目等）や制作目的、制作・処理手順・工程について資料にまとめ、説明すること 目的に応じたソフトウェアの選択と適切な使用 制作に際し、必要な情報に関するネットワークを通じた複数の収集 決められた時間的制限の中で、成果が出るよう、手順（工程と段取り）計画を立てること 	<ul style="list-style-type: none"> 問題解決に必要な情報、不足している情報を収集することができること 必要に応じて他者に積極的に助言を与えることができること 制作経験を基に、立案した手順・工程に基づいて、活動し、評価・改善をしていくこと 制作品について他者に説明し、工夫点についての意見を聞き、互いの情報を共有し、より良い制作に活かすことができること 	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータシステム・ネットワークの活用や、簡単なプログラミングによるアイデア形成、工夫・創造への親しみと好奇心の深まり アイデア創造・工夫の達成感についての発表と意見交換、言語活動充実（演繹法や帰納法などの論理的表現、規則性や決まりなどを用いた表現、科学・技術用語や概念等の使用）のための発表と意見交換 完成した作品を必要に応じてネットワークに公開（アップロード）すること 作品の公開に際し、公開する情報の適切性について慎重に検討することと、自分の情報と他者の情報を大切に、情報を許可なく流出させないようにすること 他者（第三者を含む）の作品を尊重した相互評価と学び合い 活動記録をとりつつ、発表を通じた自己評価と相互評価

表2の全学習項目は、表4の項目に対応した。「プロジェクト基礎」導入以前の、「マイロの制作 プログラムの作成」、「プログラムの仕組みの理解」、「モーションセンサの使い方と活用」、「チルトセンサの使い方と活用 LEDの色」は、表4の小学校低学年用のプログラミング鍵概念と技術的課題解決プロセスの学習項目であった。

5 Benesse (2017) の小学校の低・中・高学年の教育階梯別の「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版)」

Benesse (2017)⁽⁶⁾の小学校の低・中・高学年の教育階梯別の「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版)」を、表5に示す。

表2の「マイロの制作 プログラムの作成」から、「チルトセンサの使い方と活用 LEDの色」までは、主として、小学校低学年の評価基準であったが、小学校高学年で扱う「センサの役割を知り、センサなどを使ったプログラミングができること」が入っていた。山崎ら⁽¹⁷⁾は、「表1.5 ベネッセコーポレーションの『プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版) (2017/5/27)』」の「プログラミング的思考」の各目標は、イギリスCAS (Computing At School) の「Computational Thinking (CT), プログラミング的思考」概念⁽²⁹⁾と、日経kids+ (2017)の『プログラミング的思考⁽³⁰⁾』の能力との対応関係について論じている。ベネッセのプログラミング的思考の下位構成概念「動きに分ける」、「記号にする」、「一連の活動にする」、「組み合わせる」、「振り返る」、「論理的に考えを進める」は、評価基準数が多いので、教員や学習者に過負担になると懸念される。

大森ら (2017a)⁽⁶⁾は、一連の技術的課題解決の「創造の動機」、「設計・計画」、「制作」、「制作の評価」の各過程に対応した評価基準を提案した。本稿第5著者は、2004年から2006年に中学校技術分野の全国的・総合的な学力・学習状況調査と教育課程実施状況調査の主査として活動したが、全国の指定校から、評価基準数の厳選・焦点化について強く要望された。当時は、1授業時間に1評価項目以上の評価基準数があったが、2授業時間に1個程度の評価基準数が妥当であると考えている。また、各学校が題材・単元が創意・工夫するために、題材・単元は各学校で異なることは当然であるが、評価基準項目は統一しないと、参照基準性が損なれ、国が示す評価基準の設定例と各学校が定める評価基準のダブル・スタンダードになるために、国として評価基準を統一化して欲しい旨の要望を強く受けたことも、本稿で強調しておきたい。

さらに、表5では、「学びに向かう態度、人間性等」で、「挑戦する」、「やり抜く」、「協働する」、「創造する」、「改善する」の5つの評価基準を設定している。しかし、何れもプログラミング学習場面だけではなく、教科横断的・汎用的な評価基準と筆者は考えている。そこで、小学校学習指導要領の総則編に示し、全教科等に共通する汎用的な資質・能力の評価基準として扱うことも考えられる。プログラミング学習の評価基準とする場合は、「学びに向かう態度、人間性等」の評価基準の厳選化が必要であると筆者は考える。

表5 プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版) (一部抜粋) [出典：(株)ベネッセコーポレーション (URL) (2018年1月17日にアクセス)「プログラミング教育で育成する資質・能力の評価規準 (株)ベネッセコーポレーション) <https://beneprog.com/2017/05/26/standard01/>]

資質・能力 (文部科学省)	目 標	小 学 校		
		低学年 (1・2年生)	中学年 (3・4年生)	高学年 (5・6年生)
(小)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。	(小)身近な生活でプログラミングが使われていることやコンピュータが世の中の役に立っていることに気付くこと。 ・プログラムは順次、繰り返し、条件分岐という処理の組合せで構成されていることを知る。 ・簡単なプログラムができたり、プログラムからコンピュータの動きを想像できること。	1. 自動販売機や自動改札機など、身近な生活でプログラミングが活用されていることに気付くこと。 2. コンピュータの動作にはプログラムが必要であることに気付くこと。 3. 順次処理について知り、これを使った簡単なプログラミングができること。	1. プログラムとは手順を自動化したものであること、明確な指示が必要なものであることを知る。 2. コンピュータが世の中の役に立っていることに気付くこと。 3. 繰り返し処理、条件分岐処理とは何かを知り、繰り返し処理、条件分岐処理を使ったプログラミングができること。	1. コンピュータが自分の生活に生かされていることを見て、どういうところにプログラミングが使われているかを理解すること。 2. 様々なセンサの役割を知り、センサなどを使ったプログラミングができること。
	動きに分ける 自分が意図する一連の活動を実現するために、大きな動き(事象)を解決可能な小さな動き(事象)に分割すること。いわゆる分割。	1. 既に経験済みの日常生活や教科で既習の内容について、与えられた手順を見て、既知の事象が分解できることに気付くこと。	1. 日常生活で経験したことや教科で学習した内容は、いくつかのまとまりに分解できることに気付き、自分なりの判断で分解し、分解した内容を書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 事象の階層構造に気付き、階層に分解した事象を書き出したり、他者に伝えたりすること。

<p>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。</p>	記号にする	分解した動き（事象）の適切な側面・性質だけを取り出して他の部分を捨てること。いわゆる抽象化。	1. 目的に合わせて、必要な要素を選択肢から選ぶことができること。	1. 目的に合わせて、必要な要素を自ら見出すことができること。	1. 目的に合わせて、最適な要素だけを見出すことができること。
	一連の活動にする	記号（動き）の類似の部分特定して、別の場合でも利用できる内容にすること。いわゆる一般化。	1. 既に経験済みの事象の中に、類似性や関係性がある事象があることに気付くこと。	1. 目の前の問題を解決済みの問題と比較し、類似性や関係性を適用して問題解決に利用すること。	1. 過去の解決済みの問題から、解決策の類似性や関係性を見出し、共通する規則や原則を一般化して、他の問題に当てはめて解決に利用すること。
	組み合わせる	同様の事象に共通して利用できる明確な手順を創造すること。	1. 様々な手続きに手順があることに気付き、与えられた手順の最適な順番を考え、並び替えたり、他者に伝えたりすること。	1. 意図した活動を実行するため、複数の手順を、順次処理、繰り返し処理、条件分岐処理などを利用して組み合わせ、書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 意図した活動を実現するため、複数の手順の最適な組合せを考え、再現性のある手順を創作し、書き出したり、他者に伝えたりすること。
	振り返る	目的に応じて、必要十分な評価の観点を考え、実行したことが、意図した活動に近づいているかどうか評価すること。	1. 手続きを見て、与えられた観点と手順を照らし合わせて確認し、過不足がないかを評価し、手順に問題がある場合はその理由を書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. 記述した手順が目的に沿ったものかを判断でき、手順に問題がある場合は、その原因と理由を伝え、改善方法を書き出したり、他者に伝えること。	1. 目的に沿って適切な評価の観点を考えつき、手順に問題がある場合はその原因を考え、分析・判断を行い、改善策を分かりやすく表現して他者に伝えること。
	論理的に考えを進める	論理的推論と分析を行うこと。	1. 手続きを見て、与えられた観点に従って、ものごとが比較できることと関連付けできるように気付くこと。	1. ものごとの原因と結果の関係を考え、その関係性に気付き、それを筋道立てて書き出したり、他者に伝えたりすること。	1. ものごとを分析・解釈し、帰納的にルールや原則を考え、そのルールや原則を理解し、筋道立てて書き出したり、他者に伝えたりすること。また、他の事象に当てはめること。
	<p>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。</p>	挑戦する	新たなことでも、ひるまず試して触ってみる態度を養う。	1. 情報機器を失敗を恐れずさわってみようとする態度を養う。	1. 情報機器を失敗を恐れずにさわって、目的を達成するために試行錯誤する態度を養う。
やり抜く		目標に向かって、粘り強く、寛容な心と強い意志をもってやり抜く態度を養う。	1. 目標を意識して、最後までやり遂げようとする態度を養う。	1. 課題を達成するために、試行錯誤を通してやり遂げようとする態度を養う。	1. 課題を達成するために、計画的にやり遂げようとする態度を養う。
協働する		他者を尊重し、他者と一緒に創造しようとする態度を養う。	1. 自分や他者の意見やアイデアを尊重し、助け合おうとする態度を養う。	1. 自分や他者の意見やアイデアを尊重し、協働して作業に取り組もうとする態度を養う。	1. 自分や他者の意見やアイデアを尊重し、教え合い学び合いながら協働作業に取り組もうとする態度を養う。
創造する		新しいものや価値を創り出そうとする態度を養う。	1. プログラミングの働きに関心を持とうとする態度を養う。 2. 自分が楽しめる新しいプログラムを創ろうとする態度を養う。	1. 目的や使う人を意識したプログラムをデザインして創り出そうとする態度を養う。	1. 課題を自ら設定し、その目的や使う人を意識したプログラムをデザインして創り出そうとする態度を養う。 2. 他者のアイデアや意見から、新しいプログラムを創り出そうとする態度を養う。
改善する		目標と合うかどうかを吟味・評価しながら必要な改良を行う態度を養う。	1. 試行結果がうまくいかなかった場合、その原因を考えようとする態度を養う。	1. 試行結果が目標と合うかどうかを吟味・評価し、必要であれば原因を考え、解決のための仮説を立てようとする態度を養う。	1. 課題を自ら設定し、その目的や使う人を意識したプログラムをデザインして創り出そうとする態度を養う。 2. 他者のアイデアや意見から、新しいプログラムを創り出そうとする態度を養う。
<p>【参考となる資料】「教育の情報化に関する手引」について、第4章 情報教育の体系的な推進、(文部科学省, 2010年) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2010/12/13/1259416_9.pdf</p>					
<p>【参考となる資料】情報モラル指導モデルカリキュラム、(文部科学省, 2007) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2010/09/07/1296869.pdf</p>					

6 総合考察と結論

本稿の研究対象である相模女子大学小学部の2017年度のレゴ® WeDo2.0を使ったプログラミングカリキュラムは、立命館小学校のロボティクス科⁽²²⁾と同様に、計測・制御に関するプログラミングによる問題解決であり、「プログラミング技術」そのものと共に、「力・構造」、「電気回路」、「技術・エンジニアリングデザイン」、「技術倫理、技術イノベーションとガバナンス」といった技術科固有の文脈と状況に根ざした学習になり、教科としての成立条件を満たしていると筆者らは考えている。レゴ® WeDo2.0のレゴパーツには4ポッチや8ポッチなどのブロックの他、24枚、8枚の平歯車やクラウンギア（24枚）、ウォームギアとギアハウジング、ラックギアなどいろいろなギアが含まれ、付属のモータを使った機構・機械要素の学習が可能である。

国際技術・エンジニア教育者学会（International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA）では、小学校第5学年からのInquiry（探究）－Invention（発明）－Innovation（イノベーション）のI³（アイキューブ）学習を推奨している⁽³¹⁾。イングランドのナショナル・カリキュラムでは、教科「デザインと技術」と「コンピューティング」で5歳から16歳までの学習適時的・系統的なロボティクス教育が展開されている⁽³²⁾。我が国の小学校段階で、「技術・情報科」としてロボティクス学習の必要性については、山崎ら（2018b）⁽³³⁾で論じている。相模女子大学小学部では、「力・構造」の学習と共に、レゴ® WeDo2.0を使った「電気回路」、「技術・エンジニアリングデザイン」、「技術倫理、技術イノベーションとガバナンス」といった技術科固有の文脈と状況に根ざした学習が今後の課題である。

また、中教審教育課程部会情報教育ワーキンググループ（2016）の審議のまとめで述べられたように、情報の学習において行われる問題の発見・解決は、「世界の諸事象のうちある特定の分野の事象を対象とするものではなく、各教科における学びの対象でもある社会、産業、生活、自然等のあらゆる事象を対象とし、それらを情報科に特有の視点で捉えるとともに、問題の発見・解決に当たって情報技術を活用していくことに特徴がある（p.2）⁽³⁴⁾」。すなわち、生活や社会の中から見出した問題を課題化し、情報手段を用いてコンテンツのプログラミングによって課題解決する学習は、品川区立京陽小学校のプログラミング学習の実践^{(23)・(26)}のように、ある特定教科等に限定させない、教育課程全体を通じて行われる学習である。そのため、教育課程全体を通じて、情報活用能力を発達の段階に応じて育成することができるよう、各教科等の特性に応じた指導の内容の充実を図るとともに、アクティブ・ラーニングの視点に立った活動において、ICTを効果的に活用した学習が行われることが重要である（p.83）⁽³⁴⁾。

本稿の結論として、以下の3点に集約する。第1点として、相模女子大学小学部の2017年度プログラミング学習では、構造化プログラミングの「順次（逐次）構造」、「反復構造」、「条件分岐構造」を用いて、児童の心身の発達水準に応じて、6年間を通じてスパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第2点として、モータのオン・オフ、速さの調節だけではなく、モーションセンサやチルトセンサなどの種々のセンサのアイコンを、自分たちが意図した動作をロボットにさせるために、アルゴリズムを設計する際に必要な概念を視覚的・体験的かつ試行錯誤の連続と、児童の心身の発達水準に応じて、スパイラルアップ的に繰り返し体験させていた。第3点として、授業者は、題材の学習プロセスにおいて、一連の課題解決に必要な論理的思考力・判断力・表現力等といった汎用力と共に、情報技術を活用した技術的課題解決力の「創造の動機」－「設計・計画」－「製作」－「成果の評価（まとめ・表現）」を重視していた。なお、川原田（2018a）⁽¹⁾は、授業後の理解度調査と情意面の調査結果を公表しているので、参照されたい。

最後に、本研究の限界と今後の課題である。前述したスタンダード評価準拠法に代表されるように、欧米では、「思考力・判断力・表現力」といった高次の学力を評価する方法が重視されている。パフォーマンス評価の信頼性を高める工夫や、ルーブリックによる評価の判別基準の研究も盛んである⁽³⁵⁾。本研究における、スタンダード準拠評価法による「思考力・判断力・表現力」をはじめとした評価の分析と検討については、ルーブリックの作成を含め、今後の課題としたい。

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。また、本研究では、2004年度から2012年度までの文部科学省研究開発学校制度及び地域特区制度（長野県諏訪市）を利用した小・中学校を一貫した技術科教育課程開発の実践研究成果を基に、論考を行った。上野耕史文部科学省初等中等教育局教育課程課教科調査官（技術）・情報教育課教科調査官、文科省の関係先生各位、当該研究開発学校・地域特区指定学校関係者各位、同所管教育委員会等、日本産業技術教育学会、同小学校委員会関係各位の皆様に、深厚なる感謝を申し上げます。

引用文献

- (1) 川原田康文：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（所収），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（課題番号 17K01023），122p.（2018a）
- (2) 川原田康文：小学部におけるロボット及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（2018b）
- (3) 川原田康文：考える癖を育むロボット・プログラミング教育，東京書籍 教室の窓，pp.12-15（2018c）
- (4) 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.331-344（2013）
- (5) 大森康正・磯部征尊・上野朝大・尾崎裕介・山崎貞登：小学校プログラミング教育の発達段階に沿った学習到達目標とカリキュラム・マネジメント，上越教育大学研究紀要，第37巻，第1号，pp.205-215（2017a）
- (6) ㈱ベネッセコーポレーション（URL）（2018年1月17日にアクセス）「プログラミング教育で育成する資質・能力の評価基準（㈱ベネッセコーポレーション）<https://beneprog.com/2017/05/26/standard01/>
- (7) <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>
- (8) http://c.ymcdn.com/sites/www.csteachers.org/resource/resmgr/Docs/Standards/CSTA_K-12_CSS.pdf
- (9) <https://k12cs.org/wp-content/uploads/2016/09/K%E2%80%93Computer-Science-Framework.pdf>
- (10) <https://www.csteachers.org/page/StandardsTaskForce>
- (11) 平井聡一郎・福田晴一（監修），松田 孝・吉田潤子・原田康徳・久保田寛直・明石先生・利根川裕太・國 領二郎・サムエル・デビッドソン（著）：『小学校の「プログラミング授業」実況中継〔教科別〕2020年から必修のプログラミング教育はこうなる』，技術評論社（2017）ISBN978-4-7741-9103-4 C3055
- (12) 文部科学省：「小学校段階における論理的思考力や創造性，問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議（第1回：2016年4月19日）配付資料」（2016a）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/_icsFiles/afiedfile/2016/05/06/1370404_1.pdf
- (13) 文部科学省：小学校段階における論理的思考力や創造性，問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」平成28年6月16日（2016b）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm
- (14) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 総則編（平成29年6月）（2017a）
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2017/07/12/1387017_1_1.pdf
- (15) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm
- (16) 尾崎裕介：「プログラミング的思考力」を育成する技術・情報教育課程の日英米比較研究，2016年度上越教育大学学校教育研究科修士論文，129p.（2017）（未刊行）
- (17) 山崎貞登・尾崎裕介・大森康正・川原田康文・上野朝大・磯部征尊：小・中・高校を一貫して「プログラミング的思考力」を育成する技術・情報教育課程基準と各教育段階の学習到達目標・学習到達水準の提案，pp.5-29，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（所収），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（課題番号 17K01023）（2018a）
<http://hdl.handle.net/10513/00007428>
- (18) 鈴木秀幸：「ドメイン準拠評価とスタンダード準拠評価」，pp.88-89，辰野千壽・石田恒好・北尾倫彦：『教育評価事典（所収）』，図書文化（2006）ISBN-8100-6471-9 C3537
- (19) 鈴木秀幸：『スタンダード準拠評価 「思考力・判断力」の発達に基づく評価基準』，図書文化（2013）ISBN978-4-8100-3634-3 C3037
- (20) 石田恒好：教育評価と教育カウンセリングを教員養成課程の必修に，指導と評価，第63巻，1月号，pp.4-5（2017）
- (21) 文部科学省：教職課程コアカリキュラム（2017年11月17日）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/126/houkoku/1398442.htm
- (22) 荒木貴之：『ロボットが教室にやってくる 知的好奇心をこうして伸ばせ』，教育出版（2008）ISBN978-4-316-80250-3 C0037
- (23) 東京都品川区立京陽小学校：こんなこともできたよ プログラミング京陽編～プログラミング学習実践事例集～（2016）
<http://school.cts.ne.jp/912keiyo/kounaikenkyu/kenkyu.html>
- (24) 大森康正・萱津理佳・吉田研一・伊藤寿晃・山脇智志：小型ロボットを用いた小学生向けプログラミング教育教材の開発とその活用方法，日本産業技術教育学会第32回情報分科会（上越）研究発表会講演論文集，pp.29-32（2017b）
- (25) 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，第2号，pp.581-593（2017）
- (26) 久野 靖・阿部和広・日下部和哉・池田菓乃・山崎 翔・上野美智恵・西下義之・守田由紀子（分担執筆者順）：小特集

- 学校まるごとわくわくプログラミング -品川区立京陽小学校の事例-, 情報処理, Vol.57, No.12, pp.1216-1238 (2016)
- (27) 日本産業技術教育学会：今，世界の技術教育は？ <http://www.jste.jp/main/data/sheet4.pdf>
- (28) 日本産業技術教育学会：技術教育の普及・啓発活動 <http://www.jste.jp/main/announce.html>
- (29) CAS：Computational thinking A guide for teachers, Nov. 2015.
- (30) 日経Kids+：『子どもと一緒に楽しむ！ プログラミング』，日経BP社（2017）ISBN978-4-8222-3881-0 C9437
- (31) 山崎貞登・市村尚史・磯部征尊：「I³教材」，pp.132-145，森山 潤・菊地 章・山崎貞登（編著），兵庫教育大学大学院連合学校教育研究科共同研究プロジェクト（P）研究グループ（著）：『イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望（所収）』，ジアース教育新社（2016）ISBN978-4-86371-356-7 C3037
- (32) 山崎貞登・磯部征尊：「第3章 イギリスにおける技術・情報教育の動向」，pp.79-114，前掲書（31）所収
- (33) 山崎貞登・尾崎裕介・大森康正・川原田康文・上野朝大・磯部征尊：小学校技術・情報科におけるプログラミング学習の実施と専科担任制度の導入の提案，上越教育大学研究紀要，第38巻，第1号，（pp.121-134（2018））
- (34) 中央教育審議会教育課程部会情報ワーキンググループ：情報ワーキンググループにおける審議の取りまとめ（2016年8月26日），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/sonota/1377017.htm
- (35) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 総則編（2018）
- (36) 鈴木秀幸：教育評価の現状と課題，指導と評価，第62巻，6月号，pp.6-8（2016）
- ※インターネット情報の最終アクセス日は，2018年2月12日

The Relationship Between Practices of Robotics and Programming Learning Through Elementary and Lower Secondary School Coherently and Learning Attainment Target Levels of Each Educational Phase

Yasufumi KAWARADA*, Yasumasa OOMORI**, Masataka ISOBE***, Tomohiro UENO****
and Sadato YAMAZAKI**

ABSTRACT

The purpose of this research was to introduce so-called programming learning to all grades of elementary and lower secondary schools from April 2017 and consider the learning attainment targets of the programming curriculum using Lego® WeDo2.0 in the elementary school division affiliated to Sagami Women's University, where it is being practiced. The curriculum made them experience it repeatedly in a spiraling manner for 6 years according to the developmental standard of the pupil's mind and body using "the structure in sequence (chikuji)," "repetitive structure (hanpuku)" and "conditional branch structure (jyoken-bunki)" of structured programming by programming learning. Second, it was made them practice of switching the motor on/off and the concept that is needed when designing an algorithm to turn off a robot's movement by which one intends to toggle between on/off an icon representing various sensors, such as a motion sensor and a tilt sensor, as well as a speed control repeatedly in a spiraling way according to the developmental standard of the continuation of trial and error and the pupil's mind and body. Third, the class in-charge emphasized the "motive of creation," which is the technological problem-solving power for which information technology as well as the series of logical thinking ability necessary to find a solution to a problem solution and general-purpose abilities, such as those of judgement and the expression were utilized in the learning process of a subject, which includes "design and planning," "production" and "the value of the outcome (summary and expression)."

* Elementary School Part Attached to Sagami Women's University ** Natural and Living Science *** Aichi University of Education
**** CA Tech Kids Co.