

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

川原田 康文*

The effects of robotics and programming education on Elementary School

Yasufumi KAWARADA*

【要旨】

近年、ロボット教材を使った学習や、プログラミング教育が注目を集めている。文部科学省は、2020年から小学校でのプログラミング学習の実施を決定した。小学部では、4月より、全学年でプログラミング学習の実施を開始した。約半年の実施であるが、その取り組みと課題について報告する。

キーワード：プログラミング教育、ロボット教育、小学校、評価

1. はじめに

本研究は、4月から本学小学部で始まったプログラミング学習の実践の現状、約半年の実施を終えたところでのその取り組みと課題、来年度からの方向性について報告する。

50年後、現在ある職業の半分はなくなっているという説もある。以前は自動車を作るラインに多くの人が関わっていたが、現在は、殆どの作業をロボットが行っているように、スーパーで購入した商品を瞬時に会計できるシステムのニュースをみても、ある程度納得できるのである。このような科学技術力の発展のスピードや、ロボットを使った国際大会に参加している子供たちの様子からも、これまでの日本の教育に関する習慣や考え方は大きく変える必要があると考える。

Dr. Chris Rogers (Tufts University) や Dr. Marcelo HANG Jr (National University of Singapore) らは、講演の中で、これからの教育では、知識・技能を習得

し、あるルーティンワークを的確にこなすことが重要ではなく、その場の状況に応じて臨機応変に対応することや、学び方や理解力を学ぶ力が重要であると述べている。

文部科学省は2020年からプログラミング教育の実施に踏み切った。新学習指導要領の改訂の経緯の中で、今の子供たちやこれから誕生する子供たちが、成人して社会で活躍する頃には、我が国は厳しい挑戦の時代を迎えていると予想される。生産年齢人口の減少、グローバル化の進展や絶え間ない技術革新等により、社会構造や雇用環境は大きく、また急速に変化しており、予測が困難な時代となっている。また、急激な少子高齢化が進む中で成熟社会を迎えた我が国にあっては、一人一人が持続可能な社会の担い手として、その多様性を原動力とし、質的な豊かさを伴った個人と社会の成長につながる新たな価値を生み出していくことが期待される。こうした変化の一つとして、人工知能(AI)の飛躍的な進化

* かわらだ やすふみ 相模女子大学小学部

を挙げることができる。人工知能が自ら知識を概念的に理解し、思考し始めているとも言われ、雇用の在り方や学校において獲得する知識の意味にも大きな変化をもたらすのではないかと予測も示されている。このことは同時に、人工知能がどれだけ進化した思考できるようになったとしても、その思考の目的を与えたり、目的のよさ・正しさ・美しさを判断したりできるのは人間の最も大きな強みであるということの再認識につながっている。このような時代にあって、学校教育には、子供たちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め知識の概念的な理解を実現し情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようにすることが求められている^{*1)}とある。

2. 研究目的

2.1 ロボット教育とプログラミング教育のねらい

ロボット教材を使った学習はすでに様々な実践において検証されているように多数の分野の学習が含まれている。その代表的な学習は、STEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）学習である。しかし、実践の多くは課題解決的な能力の育成や情報分野（プログラミング）から捉えられがちであり、算数・理科・国語などの学習を含んでいても、その分野の学習を意識して、連携させるあるいは発展させるということが行われていない。特に小学校教育ではまだ殆ど取り組まれていない現状があり、子どもたちの成長を考えると今後、学習カリキュラムとして構築していくことが必要と考える。また、アメリカ合衆国を中心として行われていたSTEM教育は、近年諸外国では、プロジェクト型学習とともに主流になってきている。これは、子供一人一人の考え方、ものの見方・捉え方が違っているにも関わらず、一斉授業を行っていたのではその子どもの能力を十分に伸ばさせたり、発揮させたりすることができないと考えられており、複合的に学習することで、総合的な力を身につけることで、社会で活用できる、協働で作り上げる、考えをまとめるなどの力が必要と考えられているためである。また、近年、世界では21世紀スキルとして、創造的・革新的・批判的思考やコミュニケーション・チームワーク、ICTリテラシー、グローバル社会の認識が注目されている。そして、ロボティクスの学習は、世界中で取り組ま

れつつある。それは、子供たちにとってのロボットの魅力がとても大きいということにもある。さらには、その魅力の中での学習は、子供たちにとってやられているという意識を殆ど持たない。それは、まさに公園で遊ぶときの意識に近いものであるということが言える。このような場面の学習では、自分で選択し、自分で決定し、自分で行動するという活動となる。ロボットを使った学習で育つ力として図1に示すように、思考力、創造力、手と目と思考を使った学習、表現力、試行錯誤、協力、順序だてて考える力もあるが、算数、理科、国語などの教科の学習をつなげる学習としてとても効果的であると考ええる。これらの力は、現在、教育界で重要とされている力なのである。

2.2 ロボット教育で身に付ける力とは

ロボット教材は、子供たちにとってどのような存在なのか、おそらく大人がロボットを認識している感覚とは違ったものであるように感じている。また、子供たちの発想の豊かさ、ひらめきを形に変えた時の自信に満ちた表情には、まさしく「遊びの天才」であると感じさせるものがある。

現行の学習指導要領では、「生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。」としている。自発的に向上し続けようとする力がある限り、その人間は成長し続けるものである。相互にコミュニケーションを取りながら成長できるものであると考える。このような力を育成するにあたり、ロボット教材を使った学習の教育的

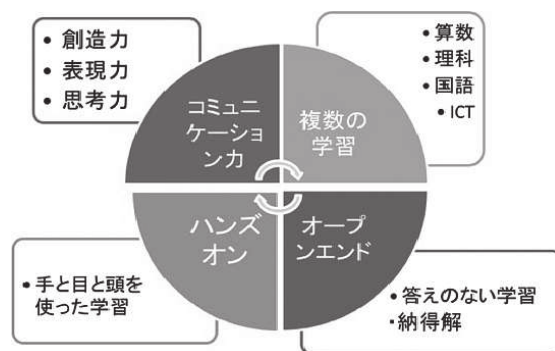


図1 学習で育つ力

表1 プログラミング学習項目と内容一覧

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
○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
○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
○モーションセンサーの使い方と活用	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
○チルトセンサーの使い方と活用 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
〈基礎プロジェクト〉		
○ブルロボット・引く力（摩擦力）	タイヤを使わない回転、摩擦力とものの移動	2
○車・斜面	電氣的な動力を使わないロボットの制作、摩擦力と重心	2
○スピード	モーションセンサを使った比例の学習	2
○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
○水門ロボット	ロボット作成から、水害についての学習	2
○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
○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
○リサイクル	ロボット作成から学ぶリサイクル、自然環境についての学習	2

効果は、とても高いと考える。小中学校の学習指導要領で重視されている観点は、思考力や表現力、コミュニケーション力に総称される「生きる力」であるが、この学習では、教科を超えた学習を通して完成させていく。ロボット教材を使った学習の特徴は、実際の動きが体験できること、センサ（入力）及びアクチュエータ（出力）との関連をプログラムで制御する（論理的思考）ことが実践できるところにある。つまり、ロボット教材を使った学習では、算数や理科、社会や産業の事象などを関連付けて学習することが可能である。また、グループ学習を取り入れることで、他人とのコミュニケーション力の育成が可能となる。そして、自ら問題を発見し、筋道を立てて理解していく力を養うことが、子供たちの生涯にわたる力を伸ばすためと考えている。これらの考え方は、新学習指導要領で重視している「学びに向かう力」や、「主体的な学び」、「対話的な学び」、「深い学び」そのものであると考える。

2.3 全体のカリキュラム構成

子供の成長は、遊びの中から始まるといえる。遊び感覚があり、体験的な学習では、子供は自発的に創造し、思考し、工夫する。そして成果を表現するのである。そのときの子供の顔は、真剣であり、自

信のある満面の笑顔である。このように遊びから、多くの知識や技能も身につけていくのである。ロボット教材は、課題に向けて、製作を通して、夢と思考の広がりの可能性が無限に出てくると考える。

4月より実施した、プログラミングの授業は、特設の教科として設定はしていない。しかし、学習内容から教科の学習の中にも含めるのではなく、特別な授業として実施している。今年度は、プログラミングの授業に対して、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ている。使用教材は、レゴ® WeDo2.0を使用し、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ている。

プログラミングの学習項目と内容は、WeDo2.0のアプリ内にあるアクティビティに沿って、系統的に構成している。（表1）標準的な指導予定時間は、表1の通りであるが、低学年は、この時間ではできないため、学年によって進度は違っており、第1学年では、7時間目からモーションセンサに入るところである。授業の進め方も、教えるのではなく、作らせて、発見させて、発表や教えあいを通して、学習内容を全員で共有するようにしている。

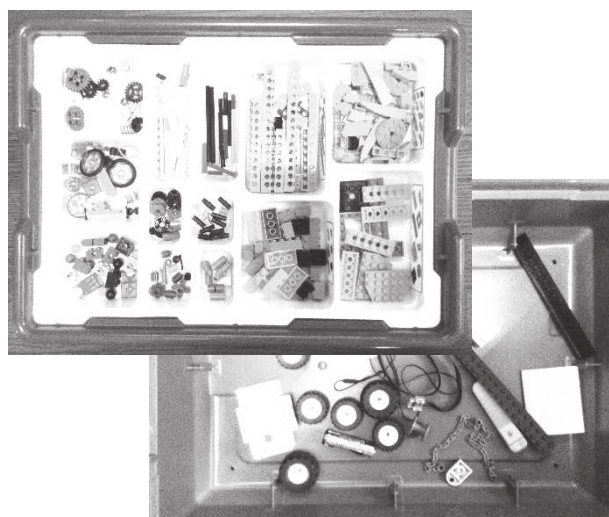


図2 レゴ® WeDo2.0

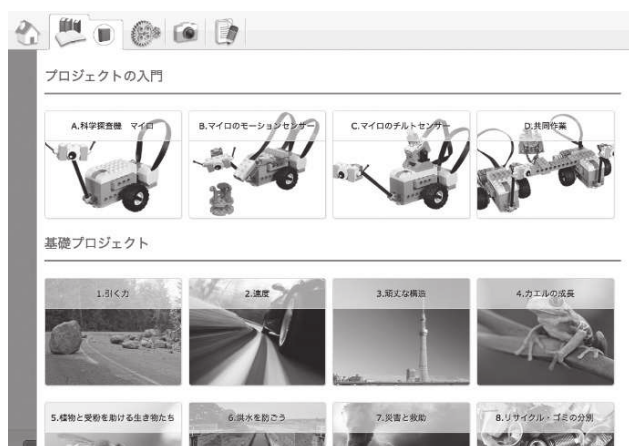


図3 ソフトウェア

2.4 教材

LEGO のそれぞれのパーツは、2000 分の 1mm の精度で作られており、色もカラフルであり、児童も小さい頃より、おもちゃとして親しみがある。また、LEGO は、修正しようと思った時にいつでもどのようにでもすぐに修正できる教材であると考ええる。

教材は、レゴ® WeDo2.0 を使用している。^{*5)} この教材は、2016 年 4 月に発売されたキットである。

(図 2) レゴ® WeDo2.0 のケースの中には、カラフルな色の各パーツ、モータ 1 つ、2 種類のセンサが入っている。そして動かすのは、直感的に理解できるプログラムである(図 3)。ソフトウェアの中には、様々なアクティビティが用意されており、楽しみながら学習を進めることができる。これまでのものとは少し違って、理科や生活との学習の関連が強調されたものであり、欧米で取り込まれつつあるプロジェクト型の学習が展開できるものである。

入門プロジェクトで、基本的な使い方を学び、基礎プロジェクト、発展プロジェクトで科学的な現象や得ている利益、身の回りで起こっている諸課題について考える。プロトタイプやモデルのロボットをつくり、動かし、データを集めて、それらのデータから考える学習を行うこともできる。

ソフトウェアは、Ver.1 と同様、直感的に作ることができる。また、Ver.2 は、学習の目的や操作の内容がビデオ等で説明されるので、自分で学ぶことができる。

学習は、テキストに沿って、子供たちの様子を見ながら、繰り返し問いかけたり、調査や実験をさせ、発見と共有を図ったりしている。ある時間の、授業の記録を表 2 に示す。このように、教師は、「どうなったかな」「何がわかったか」などファシリテートが重要である。つまり、決して、こう考えなさい、こ

表 2 授業の概要 (チルトセンサを使った学習)

	活動内容
00	「前はモーションセンサを使った勉強をしましたね」 「どんなことがわかったのかな」 センサは、前にもものがあると反応して止まった色が変わると、止まった 機の端を見つけたら、落ちないように止まった 「そうだったね」
05	「その時の、プログラムを言葉で説明できるかな」 (児童が発表)
11	「今日は、チルトセンサを使ったロボットをつくってみよう」 (全チーム完成)
25	「みんなで、同時にプログラムを実行してみよう」 「動かないよ」「どうのこと？」 「動かない」「モータの命令入れてないよ」 「動いた」「あ、そういうことか」 「モータあるのに」
30	「真ん中に集まって、○○くんのを見てみよう、わかったら自分のところに帰ってやってみよう」 (児童は、それぞれ試みる)
35	「何をしたら、どうなったの」 「上のレバーを動かしたら、LED が赤くなったり黒くなった」 「プログラムと同じようにして、動かしたら動いた」 「色番号を変えると、その色になる」 「このレバーのところに、チルトセンサがある」
40	「説明できるかな」 (数人の児童が発表)
45	「チルトセンサのはたらきが理解できたね」 「分解して、片付け」

うしなさいということは、言わないように心がけている。

2.5 自作テキスト

授業内容に合わせて、授業用のテキストを自作し、使用している。テキストの特徴としては、次の通りである。

- 1). 本時の学習目標を示すと共に、学習内容の記録やまとめを書き込めるようにした。
- 2). 写真を中心とした資料を用いてカラー印刷し、わかりやすくする配慮をした。

授業を効果的に行うためには、子供たちの学習の中での自己効力感が大切であると考えている。つまり、「やろう」「できる」というポジティブな意識をもてることが大切なのである。

テキストは、アクティビティに合わせて、作成している。学習の最初に、本時の学習目標を確認でき、到達点がわかるようになっている。独自開発のSTEP学習により、プログラムの学習が繋がるように構成している。学習に対して、継続して取り組むためには、図4に示すように、課題ごとの繋がりがとても重要である。課題と課題の差が大きいと、問題解決が進まず、挫折してしまう可能性が高くなる。また、課題と課題の差が小さくても学習に興味・関心が持てず、学習は持続しない。課題と課題の関連性を重視し、系統的な学習になるように組み立てた。またアルゴリズムを考えることができるように、言葉で記入するようにしている。センサを扱ったプログラムの作成や各課題では、様々な実験を行うようにしている。そしてプログラムとロボットの動きの関係が理解できるようにしている。

また、最後に学習のまとめや社会との関わりや科学技術の利益などを考え、記載することで後の学習での資料となるように構成している。

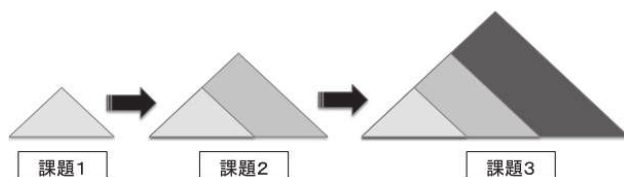


図4 ステップ学習

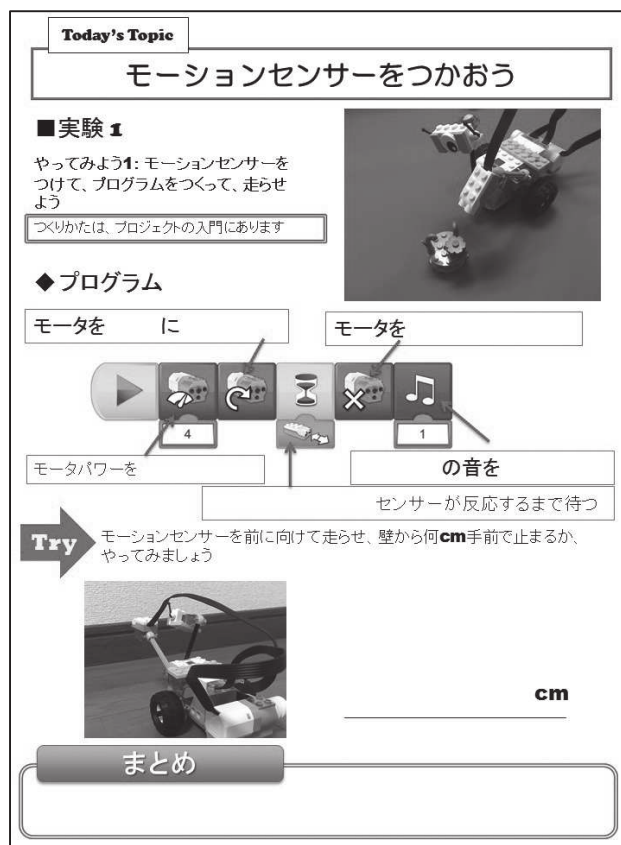


図5 児童用テキスト

3. 調査方法

実践は、4学年2組の22名（男子7名女子15名）を対象に、モーションセンサの学習が終了した時点で、2017年4月から9月に実施した。

- 1) 知識理解面では、9月上旬から10月下旬に4問の確認テストを行った。
- 2) 情意面では、4項目4件法での質問紙調査で知識理解のテストの実施と同時に行った。

3.1 知識・理解

学習内容に対する知識・理解については、ペーパーテストにより行った。質問項目は、学習で理解しておいて欲しい内容として、プログラムの考え方・センサの名称とはたらき・回転の速さ及び走る距離である。そこで、基本的な学習や代表的な名称等を選択した。

プログラムでは、考え方の理解について質問することとし、モータやセンサを使ったプログラムの動きを順番に並べる質問とした。

センサの名称とはたらきについては、学習したばかりであり、機能がはっきりしているモーションセンサについて質問することにした。いずれの質問に

プログラミング 確認テストとアンケート (201709)

4年 2組 番 名前

1. つぎのプログラムは、センサーを使ってマイロを動かすプログラムです。下の①～⑥をプログラムの順番の通りにこなさなさい。



① かいし（スタート）ブロックを、おす。
② センサーが、はんのうするまでまつ。
③ 「1」の音を、出す。
④ モーターを、右に回す。
⑤ モーターのパワーを、「4」にする。
⑥ モーターを、止める。

① → ○ → ④ → ○ → ○ → ○

2. このセンサーのはたらきは、次のどちらですか、番号を○（まる）でかきなさい。

 ① センサーがかたむいたり、ゆれたりすると、はんのうする。
② センサーの前に、ものがきたりなくなったりするとはんのうする。
③ センサーの近くで、音がなったらはんのうする。
④ センサーにタッチしたら、はんのうする。

3. このセンサーは何といいますか。 () センサー

4. 同じプログラムで、マイロを走らせると、長く走るのどちらですか？番号を○（まる）でかきなさい。

 ①  ②

図 6 知識理解の調査紙

プログラミング 確認テストとアンケート (201709)

4月から始まった、プログラミングの勉強にかんするアンケート

☆ 番号を○（まる）でかきましょう

1. 1学期にレゴで「マイロ」をつくった勉強は、楽しかったですか？

① とてもたのしかった ② すこしたのしかった ③ あまりたのしくなかった ④ ぜんぜんたのしくなかった

2. マイロにセンサーをつけてつくった勉強は、楽しかったですか？

① とてもたのしかった ② すこしたのしかった ③ あまりたのしくなかった ④ ぜんぜんたのしくなかった

3. 「WeDo2.0」のプログラムはわかりやすかったですか？

① とてもわかりやすい ② すこしわかりやすい ③ あまりわかりやすくない ④ ぜんぜんわかりやすくない

4. 今後もプログラミングの授業は楽しみですか？

① とてもたのしみ ② すこしたのしみ ③ あまりたのしみでない ④ ぜんぜんたのしみでない

5. 今後のプログラミングの授業にどんなことを期待（きたい）しますか



図 7 情意面の調査紙

対しても、言葉による質問の分かりにくさをできるだけ省き、回答しやすくした。また、質問シートに書き込む形で答えられるようにした。

プログラミング学習に関する教員アンケート

2020 年から全ての小学生がプログラミング学習を受けることになりました。本校では、4 月より小 1 から中 1 までの学習を実施しております。今後の学習を推進していく参考にさせていただきます。ご協力をお願いします。次の質問にお答えください。

() 年) の担任 教員経験 年 且 男 女

1 プログラミング学習は、子どもたちの成長によいと思いますか？
① よい学習である ② どちらともいえない ③ 悪い学習である

2 プログラミング学習を行うことで、どんな力が身につくと思いますか？
(いくつでも○をつけてください)
① 考える力 ② 工夫する力 ③ つくり出す力 ④ 順序だてて実行する力 ⑤ 協力する力
⑥ 忍耐力 ⑦ 思いやる力 ⑧ 感動する力 ⑨ 負けたくないと思う気持ち
⑩ その他

3 プログラミングの授業を、担任の先生方が 2 学期から行っていますが、どのような困難がありますか？
(いくつでも○をつけてください)
① 授業の進め方 ② 発問のしかた ③ 児童の自由な発想の受けとめ方
④ 間の取り方 ⑤ 答えを言わず待つということ ⑥ 助言（ヒント）の出し方
⑦ その他 ()

4 実際にやってみて、やる前とやった後での気持ちの違いは何でしたか？
① 同じように簡単だ ② 不安はあるが、やる前より簡単だ ③ 同じように難しい

5 授業を行うにあたり、何が必要ですか？ (いくつでも○をつけてください)
① 指導案 ② 生徒用テキスト ③ 教師用指導書 ④ 授業時使用 ppt
⑤ その他 ()

6 教育の改革が進みつつあります。教えるから学ばせるに変化しつつありますが、この授業をやった意識は変わりましたか？
① 意識は大いに変わった ② 意識は変わった
③ 意識はあまり変わっていない ④ 意識は全く変わっていない

7 その他、ご意見ご感想をお願いします。
()

図 8 教員向けのアンケート

3.2 情意面

情意面の調査については、知識理解の調査時にペーパーによるアンケートとして実施した。4 項目 4 件法での質問紙調査を実施した。合わせて、自由記述の項目も付けた。

3.3 教員へのアンケート

10 月末に学級担任の教員へのアンケートを実施した。アンケート用紙を、図 8 に示す。4 月から授業を通して、どのようなことを感じ取っているのか、これまでの教員の経験と指導観をみて、共通する部分と違う部分がある教育であるという理解をしているのかということも調査した。

4. 調査結果と考察

4.1 知識・理解

実践後の知識・理解の調査結果では、プログラムの理解・センサの働きの理解は、59%、86% の正答率であり、概ね達成できた（表 3）。センサの名称の理解・歯車を使った機構の理解については、約 7

表3 授業後の理解度調査

項 目	正解数 (人)	正答率 (%)
F1 プログラムの理解	13	59%
F2 センサの働きの理解	19	86%
F3 センサの名称の理解	17	77%
F4 しくみの理解	17	77%
N=22		

割の正答を得た。

プログラムの理解の正答率が低い。このキットは、直感的に作ることができるため、あまり理解できていなくても作成することができるがわかる。

センサの働きや名称の理解については、8割の児童が正答であったことより、学習直後の知識としての理解は十分であると考えられる。歯車を使った機構の理解についても十分な理解と考える。

4.2 情意

情意面の調査結果については、全員から肯定的な回答を得た。(表4) この結果は、キットへの関心の高さによるものと考えられる。

表4 情意面の調査結果

項 目	肯定数 (人)	否定数 (人)
マイロの授業はとても楽しい	22	0
センサを使った授業は楽しい	22	0
プログラムはわかりやすい	21	1
今後の授業は楽しみ	22	0
N=22		

4.3 教員へのアンケート結果

プログラミングの学習は、子供たちにとって良い学習であるかという質問に対して、80%の教員が良い学習であると感じている。(図9)

この学習で、どのような力が身につくと思うかという質問に対して重複して回答を得た。(表5)

回答が多かった力から、「考える力」、「工夫する力」、「順序立てて考える力」が多かった。保護者にも同じ質問をしてみたが、「考える力」、「工夫する

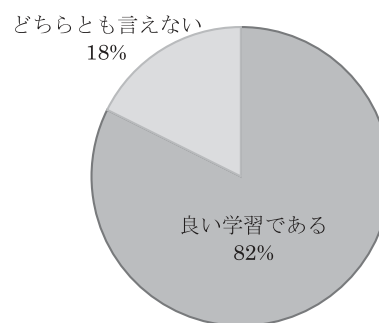


図9 プログラミング学習はよい学習か

表5 身につく力

身につく力	人数 (人)
考える力	16
工夫する力	12
つくり出す力	7
順序立てて実行する力	10
協力する力	4
忍耐力	3
感動する力	1
その他	3
N=17	

表6 授業前後の意識の変化

項 目	回答 (人)
同じように簡単	0
やる前より簡単	8
同じように難しい	9
N=17	

力」、「作り出す力」、「協力する力」の順で多かった。

実際にやってみての不安は、やる前に思っていたより簡単であったという回答と同じように難しいという回答もあった。(表6)

授業を行うにあたり、どのようなものが必要かという問いについては、指導書、指導案、PPTの順に多い回答を得た。(図10)

プログラミングの授業を通して、自分の意識は変わったかという質問に対しては、次のようになった。(表7)

大いに変わった、変わったという回答がほとんどであった。

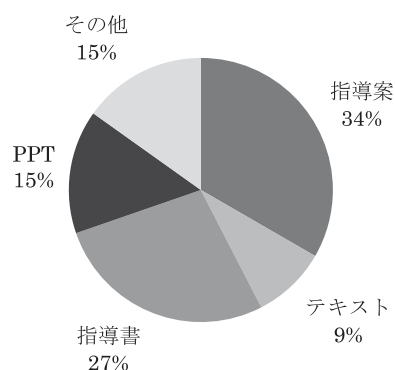


図 10 授業に必要なもの

表 7 意識の変化

項 目	回答 (人)
大いに変わった	1
変わった	14
あまり変わっていない	1
全く変わっていない	1
N=17	

5. まとめ

実践により、設定した各課題は、どの学年でも達成可能であることが確認できた。また、授業後の知識理解および情意面の調査の結果、設計した授業は、児童らの興味を引きつけると共に、知識理解でも一定の定着が確認できた。学年末にもう一度同様の調査を行い、数値の比較を行う予定である。

約半年での実践から、1 学年の児童には、最初から iPad を使ってプログラミングをするという学習するのではなく、つくるという作業を中心に考える

授業にした方が良いと考える。特にセンサを使ったロボットやプログラムの学習については、秋以降または、2 学年から始めるのでもよいのかもしれない。そこで、別のキットを使用することを検討している。また、中学部の実践が、2 学年での行うことを考えている。現在は、小学部と中学部それぞれの中で系統性を考えて構成しているが、まだ系統性があるとは言えない。今後の検討が必要である。

プログラミング教育は、世界的に、もはや情報リテラシーの一つになっており、日本でもより多くの学校での実践が望まれる。基礎学力の一つとして考えられてきている。国際基準を視野に入つつも、系統性のあるカリキュラムを作成する必要があると考える。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 平成 29 年 6 月
- 2) 川原田康文・村松浩幸：「ロボティクス科」1 学年における機構およびプログラミング学習の成果と課題，日本産業技術学会第 58 回全国大会講演要旨集，p. 183 (2015)
- 3) 山本利一・川原田康文・村松浩幸・他 10 名：立命館小学校におけるロボットを活用したシンポジウム報告，日本産業技術教育学会誌，第 55 巻，第 1 号，pp. 75-78 (2013)
- 4) 川原田康文：ロボットを使った論理的思考力を育むカリキュラムの開発，横浜国立大学教育人間科学部紀要 自然科学 第 11 集，2009.2