

〈原著論文〉

小学校第3学年理科プログラミング教育における  
プログラミング的思考力の育成と指導方法についての研究  
～小学校3学年「豆電球の明かりをつけよう」の  
単元における実践を通して～

Study on the Instruction and Development of Programming Thinking in Programming Education of  
Science Classes in the Third Grades of Elementary School  
Through the Practice of the Grade 3 Unit "Let's Turn on the Light Bulb"

京都文教大学 大前 暁政<sup>\*1</sup>  
京都文教短期大学附属小学校 岡崎 隼人<sup>\*2</sup>

要約：2017年の小学校学習指導要領では、探究的な理科学習を行うことが重視されているとともに、プログラミング教育が必修化されている。プログラミング教育は6年生の電気単元に探究的・発展的な学習として位置付けられた実践報告及び研究が多い。一方で、3年生は理科を始める学年であることから、探究的な学習として3年生を対象としたプログラミングの実践報告及び研究は少ない。

そこで、本研究では、プログラミング経験の少ない理科の始まる小学校3年生を対象とし、「豆電球の明かりをつけよう」の探究活動にプログラミングを位置付けた授業実践を通して、プログラミング的思考がどの程度可能なかを検証した。その結果、小学校3年生の段階でも、探究の過程において、プログラミングの目的を理解し、新しい「動作」を発想できることがわかった。一方で、「動作」を「命令」に組み合わせるなど、抽象的な思考が必要になる作業に関しては、困難な児童がいることもわかった。ただし抽象的な思考が困難であっても、ワークシートに沿って抽象化が可能な児童や、具体的な物を使って試行錯誤することでできる児童、友達の様子を見ながらできる児童がいることが明らかとなった。

Key words：プログラミング的思考力、プログラミング教育、3年生、探究

## 1. 研究の背景と問題の所在

### 1.1 研究の背景

2017年の小学校学習指導要領では、プログラミング教育が必修化となり、小学校の理科学習においても、プログラミング教育を行うことが

必須となっている。総則の第1章第3の1の(3)のイには、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を、計画的に実施することとされている。具体的に理科においては、小学校学習指導要領(2017)の「指導計画の作成と内容の取扱い」に例示がされており、「(前略)例えば第2の各学年の内容の〔第6学年〕の

<sup>\*1</sup> Akimasa O'MAE  
Faculty of Education, Kyoto Bunkyo University

<sup>\*2</sup> Hayato OKAZAKI  
Kyoto Bunkyo Jr.College Elementary School

「A物質・エネルギー」の（４）における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など、与えた条件に応じて動作していることを考察し、更に条件を変えることにより、動作が変化することについて考える場面で取り扱うものとする。」とされている。

小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、「そこでは、意図した処理を行うよう指示することができる」といった体験を通して、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を重視している。理科において、これらの活動を行う場合には、児童への負担に配慮しながら、学習上の必要性や学習内容との関連付けを考えて、プログラミング教育を行う単元を位置付けることが大切である。（p.100）」とされている。文部科学省の「小学校プログラミング教育の手引（2018、第二版）でも、プログラミング教育の目標や大切な内容は、小学校学習指導要領と同様のことが示されている。

## 1.2 問題の所在

プログラミング教育の先行実践としては、小学校学習指導要領の例示にもあったように、第6学年の電気の利用の単元においてプログラミング教育を実践した研究が多く見られる。小学校学習指導要領には、主に高学年においてプログラミング教育の例示が見られることと、プログラミング的思考が、ある程度抽象的な思考力や判断力、表現力等が必要となることから、高学年での実践や研究が多いのだと考えられる。

小学校3年生の先行研究としては、例えば、小牧ら（2019）のプログラミング体験を組み込んだ理科授業の事例があり、第3学年「電気で明かりをつけよう」の単元において、教科書内容を6時間学習した後で、6時間の学習内容に関連させる形で、2時間分のプログラミング体験を行っている。棒を回転させることを利

用してスイッチを押したり引いたりし、電球の明かりを点灯させたり消したりするという回路をつくるプログラミングである。2時間分の具体的な内容は、第1時に、乾電池と豆電球を使った回路づくりを行うことで、基本操作を習得させ、第2時で、望みどおりに豆電球を点灯させるプログラムの作成と実行を行っている。第2時の実際のプログラミングの体験は、「○秒間明かりをつける」、「○秒間明かりをつけ、○秒間明かりを消し、また、○秒間明かりをつける」、「○秒間明かりがついて、○秒間明かりが消える。これを○回くり返す」などから選択させてプログラムを考えるようにしたことが報告されている。

また、林・三崎・村松（2018）は、小学校3学年の「日なたと日かげ」におけるものづくりの中で、児童がプログラミングした照度計センサーを制作させ、実験・観察場面において活用した実践を行っている。具体的には、micro:bitという、光を受けて発電し、発電量を数値化することで照度計センサーとして使うことのできるマイコンボードを使い、例えば「ボタンを押したときだけ光センサーの値が表示されたり、つねに表示されたりする児童独自のセンサーを試行錯誤して制作する。（林康成、三崎隆、村松浩幸（2018）、前掲書 p.285）」という活動を行っている。単元の展開としては、マイクロビットのプログラムを学ぶのに1時間の総合的な学習の時間を使い、6時間の「日なたと日かげ」の学習を終えた後で、3時間のものづくりを行う中で、「工夫した明るさセンサーをつくってみよう・つくった明るさセンサーで、日なたと日かげの明るさをはかってみよう・明るさセンサーのプログラムを改良してみよう（林康成、三崎隆、村松浩幸（2018）、前掲書 p.285）」の3つのプログラミングの活動を行っている。そして、友達と協働でプログラミングを考え、照度計センサーを制作することは、プログラミン

グへの興味や意欲、有用性への意識を高め、コミュニケーション能力が向上し、仲良くなるきっかけになる効果が認められたことを報告している。

以上に見てきたように、小学校3年生の段階で取り入れられているプログラミングは、簡単な命令を習得させることに重点を置いた学習や、教師がプログラムの例を提示し、習得したプログラミングの知識を活用しながら実現していく形の学習がほとんどを占め、どちらかと言えば、プログラミングを体験してみようという活動と、プログラミングの基本的なやり方を習得しようという活動が主体となっていると考えることができる。

2020年に全面実施となる小学校学習指導要領では、探究的な理科授業が求められている。これはプログラミングでも同様であり、例えば、「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）」では、特に理科においてプログラミングの実施をする際の留意点として、「実施に当たっては、プログラミングを体験することが、理科における学びの本質である、自然事象について問題を見だし、より妥当な考えを導き出す学習過程として適切に位置付けられるようにすることとともに、子供一人一人に探究的な学びが実現し、一層充実するものとなるように十分配慮することが必要である。」と述べられている。

上記に示したように、理科が始まる3年生において、既習の単元と関連させる形で、習得・活用・探究という学習過程を踏まえた、どのようなプログラミングの学習が可能なのかについての研究や実践は、開発途上の段階にあると言えることができる。特に3年生の実態として、プログラミング的思考が深まる様子や、習得だけでなく、どの程度活用や探究ができるのかを実践し、調べた研究は少なく、研究の余地が残

されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、プログラミング経験の少ない理科の始まる小学校3年生を対象とし、「豆電球の明かりをつけよう」の探究活動にプログラミングを位置付けた授業実践を通して、プログラミング的思考がどの程度可能なのかを検証する。

特に今回の研究では、探究的な授業が重視されている背景から、児童が主体的に学び「習得」し、児童が「習得」した学習内容を「活用」するプログラミングを通して、自分なりにプログラミングを考えるという「探究」の活動に焦点をあてた。

具体的には、研究の視点として、探究の場面を取り上げ、探究場面において、習得した知識や技能を活用しながら、①問題を解決するための「動作」をどの程度発想できるのか、②そしてその動作を「命令」に変え、順序よく組み立てることができるか、③動作を実現するためにどのような試行錯誤ができたのか、の3点を中心に調べていく。

小学校3年生においては、プログラミングの経験が少なく、プログラミング教育の導入には、指導方略の工夫が必要になると考えられる。そこで、次の指導方略の工夫を取り入れることとした。

- ①習得→活用→探究の順に単元を展開し、無理のない活用・探究を促す。(単元展開の工夫)
- ②習得の場面では、「豆電球の明かりをつけよう」の単元で学習した豆電球やLEDを活用して、簡単なプログラムの組み方を教えることから始める。(学習する単元と関連させる工夫)
- ③思考が広がったり深まったりするのを助けるため、習得と活用の場面では、命令のカードを配布し、個人でプログラムを考えさせ

た後で、そのカードを見せながら、班での話し合いの場面を随所に取り入れる。(対話的に意見を交流させる工夫)

探究の授業の前に、上記の 3 つの指導方略を取り入れることで、プログラミングの経験の少ない小学校 3 年生の段階でも、ある程度プログラミング的思考を育てられると考えた。上記の指導方略を取り入れた上で、単元の最後に発展課題を提示し、プログラミングに取り組ませることで、小学校 3 年生の段階で、どの程度探究ができたのかを、先に示した 3 つの視点から検証していく。

なお、今回実施する単元は、先に示した通り、小学校学習指導要領において、学習上の必要性や学習内容との関連付けを考えながら、プログラミング教育を位置づけることが重要であることや、例示されている 6 学年の電気の利用におけるプログラミング教育への連結も考慮し、3 学年「電気の働き」の単元においてプログラミング教育を実施することとした。

### 3. 研究の実施方法と検証方法

#### 3.1 結果の検証方法

結果の検証を行うには、3 年生の段階で、どの程度探究できたのかを評価しなくてはならない。評価のためには、プログラミングで育成する資質・能力の評価規準が必要となる。特に今回の研究では、小学校 3 年生の段階で、どの程度探究できたのかを明らかにすることが目的のため、探究活動の中で、どの程度プログラミング的思考ができたのかを調べていく必要がある。プログラミング的思考がどの程度できたのかは、先に 3 つの視点で示したところであるが、さらに詳細に考え、客観的な評価規準にまで高める必要がある。

小学校学習指導要領やプログラミング教育の手引(第二版)で示されている通り、プログラミング教育のねらいや目標としては、一番はプ

ログラミング的思考を育むことであり、その他に、プログラミングの働きや便利さを理解した上で、プログラミングを活用しようとする態度を養うなどが挙げられる。

プログラミング的思考の定義については、「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)」(平成 28 年 6 月)」において、「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すれば、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」のように説明されている。つまり、「論理的に考えていく力」がプログラミング的思考の中心と考えられる。

このプログラミング的思考がどこまでできたかを、どう評価するかについては、いくつかの評価基準や規準が、すでに発表されており、例えば文部科学省の「小学校プログラミング教育の手引(第二版)」(2018)では、p.6 にプログラミング教育のねらいとして、「【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】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。】」、「【学びに向かう力、人間性等】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。」の 3 つが示されている。

他にも、小林・宇都宮・宮澤・福島(2018)は、小学校プログラミング教育の評価規準の試案として、プログラミング的思考を評価する観点を 5 項目に分類して提案しており、「1. 順序や

手順を考えて取り組む力 2. より良い方法を考え、試行錯誤できる力 3. ものごとの組み立てを分解して理解する力 4. 方法を抽象化、一般化、最適化し、他の場合に適用できる力 5. 自分の考えや感性を適切に表現する手段としてプログラミングを用いる力 (p.258)」としている。

また、授業実践の内容によって、評価規準を設ける場合もあり、例えば、伊藤ら(2016)は、小学校6年生を対照に、プログラミングソフトのScratchを用いたプログラミングの授業を行い、太陽系についての学習を行った後で、課題1として「スクラッチで円を描くプログラム」の作成、課題2として「地球が太陽を回るプログラム」の作成、課題3として「月が地球を回るプログラム」の作成を取り入れ、その活動に合わせた評価規準を設定している。具体的には、プログラミングの理解ができたかどうかを、課題1から3に必要な「順序処理」、「繰り返し」、「条件判断」の3つの視点から評価を行っている。順序処理とは、何かの動作をした後で次の動作をつなげることであり、繰り返しとは、同じ動作を何回か繰り返すことを意味し、条件判断とは「〇〇をしたら、〇〇になる」というプログラムを意味している。

上記の全てをまとめると、理科において、次のようなプログラミング的思考の流れを考えることができる。

- (1) 【問題を設定する】プログラミングの目的を考え、プログラミングを利用した活動を理解する。
- (2) 【問題を解決するための方法を考える】プログラミングをどう利用すれば、便利になるのかを考える。
- (3) 【プログラミングを行うことで問題解決する】
  - ①必要な動きを細分化する。
  - ②動きを命令の形で細分化する。
  - ③命令を組み合わせる。
- (4) 【プログラミングを自己評価し、改善する】

これらの要素のうち、(1)から(4)の段階になるほど思考力の育成に時間がかかるのではないかと予想される。

今回、習得、活用、探究の展開の中で、どの程度の探究ができたのかを調べるのが目的となるため、評価規準は、探究という学習の特性を反映したものとなるようにする必要があると考え、プログラミング的思考の評価規準を設定することとした。

習得段階では、「目的・命令を細分化して理解する。」ことが重要になる。そして、「結果としてこのような動作を実現する」ときに、「どのような動きが必要なのか」に細分化し、その動きに対応した「どのような命令が必要なのか」を細分化することで、動きの要素を考えることがまず必要になる。

そのため、習得段階では、教師が示した「動作」を細分化して理解し、命令に置き換えて組み合わせ、出力できたかどうかで、習得がなされたかどうかで、プログラミング的思考ができたかどうかを判断できると考える。

習得の段階では、不十分な動きや命令だけでなく、無駄な動きや命令も出てくるだろう。そのため、活用の場面では、命令を少なくして効率化を図るための、命令の要素の精選化が重要になると考えられる。さらに、新しい動作を生み出すには、これまでに学習した動きや命令を、どのように「組み合わせたらよいのか」が重要になると考えられる。つまり、既習の内容の選択と組み合わせが重要になる。

そのため、活用の段階では、習得段階で学習した「命令」を選択し、組み合わせ、新しい「動作」を達成できたかどうかで、プログラミング的思考ができたかどうかを判断できると考えられる。

では、探究段階では、どのような観点で見れば、探究に即したプログラミング的思考ができたかどうかを判断できるだろうか。探究の場面では、そもそもどういう「目的を設定するか」

を考え、自分なりの意図した動作や命令を何らかの目的に沿って考えること自体が重要になる。つまり、教師が提示していた目的や命令、行動を学習者自身が考えることが必要になる。

そのため、探究の段階では、目的に合致した「動作」を自分で考え、「動作」に合わせて、命令を細分化し、「命令の組み合わせ」を考え、試行錯誤しながら、自分の意図する動作を達成できたかどうかで判断できると考えられる。また、習得や活用の場面と同じく、探究の場面でも、どのように試行錯誤をし、どのように修正や改善をしているのかの、試行錯誤の評価が必要になるだろう。

つまり、評価規準としては、表 1 のように、習得、活用、探究の各場面で、次のように分類することとする。

表 1 プログラミング的思考の評価規準

習得場面	「何らかの目的に沿ってプログラミングをすることの意図を理解することができる」
習得場面	「「目的となる動作」を細分化して、一つ一つの動きを考えることができる」
習得場面	「一つ一つの動きをどうつなげていけばよいのか、順序を考えることができる」
習得場面	「一つ一つの動きに合わせた命令（抽象化）を考えることができる」
習得場面	「命令の組み合わせを考えることができる」
活用場面	「これまでに学習した命令を選択し、新しい動作を実現することができる」
探究場面	「自分なりにプログラミングの目的を考えながら、自分の意図に合った「動作」を発想することができる」(評価規準①)
探究場面	「「目的となる動作」を細分化し、実現可能な「命令の組み合わせ」を考えることができる」(評価規準②)
全 場 面	「試行錯誤しながら命令を改善（修正、精選化、一般化など）することができる」(評価規準③)

習得場面では、プログラミングの意図や目的を理解し、動作を細分化して考え、一つ一つの命令に置き換えて、順序立ててプログラムしていくことができるかどうかに関係する評価の重点が置かれることになる。活用場面では、既習の内容を組み合わせで新しいプログラムを考えることができるかどうかになる。そして、探究場面では評価規準の①から③に示したように、自分なりに新しい目的と動作を考え、試行錯誤しながら実現していくことが重要になる。

ここで注目したいのは、探究場面では、習得場面、活用場面も含めた、全場面の評価の視点が、適用可能であるという点である。すなわち、探究場面では、習得段階で学んだプログラミングの方法を活用する場面もあるため、上記に示した評価規準が全て評価可能となる。ただ、今回の探究場面では、発展的な課題を提示し、自分なりの意図をもったプログラミングを発想させる活動を重視することとしたため、探究場面に即した表 1 に示した 3 つの評価規準で、児童を評価することとした。

評価のための参考資料として、次のようなワークシートを準備し、ワークシートは相談なしで個別に記入させることとした。

表 2 評価のためのワークシート

- (1) こうなるといいな、というプログラミングを考えてみましょう。
- (2) 自分が考えたプログラミングを実現するために、必要な「動き」を、全て細かく書き出してみましょう。
- (3) ②であげた「動き」を生じさせる「命令」を全て書き出しましょう。
- (4) ③であげた「命令」を、どの順番で組み合わせたらよいか、順番を書きましょう。
- (5) もっとよい「命令」の「組み合わせ」があるなら、新しいプログラムを書きましょう。
- (6) さらに、新しいプログラムが思いついたら、ここに書きましょう。

#### 【アンケート】

自分なりに、新しい「動き」や「命令」を考  
えることができましたか。どんな新しい「動  
き」や「命令」を考えることができたか、具  
体的に書きましょう。

ワークシートの(2)～(5)の必要な動き  
を書かせる場面では、箇条書きにさせることで、  
自然と動きの順序も考えることができると想定  
した。

評価基準の①は、ワークシート(1)の記述  
から、「できている・できていない」の2つで  
評定を行うこととした。評価基準の②は、小学  
校3年生の段階では、「動作」と「命令」を厳  
格に区別することは困難であることが想定され  
るため、ワークシートの(2)から(4)の記  
入を全て合わせて総合的に見ていくことで、「十  
分に実現可能な命令の組み合わせを考えていく  
ことができたなら、A評定」、「実現には不十分  
な点はあるものの、何らかの命令の組み合わせ  
を考えることができていたら、B評定」、「命令  
の組み合わせを考えることができていなかった  
ら、C評定」とすることにした。評価基準の③は、  
命令を改善している記述が(5)や(6)に見  
られたら、「できている」、記述がなかったら「で  
きていない」の2つで評定を行うこととした。

探究場面では、新しい動作やそれに伴った命  
令、そして新しい命令の組み合わせまで発想す  
ることができる可能性がある。そこで、新しい  
「命令」や新しい命令の組み合わせを考えるこ  
とができたかどうかは、授業後にアンケートを  
とることで調査することとした。

なお、児童の評定については、著者2名で  
行い、児童の記述を2名で協議を行いながら  
評価を行うこととした。

### 3.2 授業実践の概要

探究活動の実践期間は、2020年1月、単元は、

小学校3年「電気の通り道」であり、単元の  
終わりに発展課題として「LED」に関する問題  
を2時間続きの授業で扱うこととした。「かし  
こいお知らせLEDを考えよう。ボタンを押し  
ている間だけサインを出し、押していないとき  
は点滅するLED作り」と投げかけ、『ボタンを  
押している間』に『何かしらのプログラム』で  
サインを出すように考えさせてから、プログラ  
ミング実践を行った。思考のポイントは「ボタ  
ンを押している間のサイン」を、自分でどのよ  
うに想像し、計画するかである。事前に学習し  
た、「LED」の光にするか、「ブザーの音」にす  
るのか、「豆電球」を選ぶか。2種類を選ぶ事  
もできる。

### 3.3 児童の実態と授業展開

本授業に至る  
までの、単元全体  
の指導過程を以下  
に示す。実施時期  
は2019年10月～  
2020年1月にか  
けてであり、プロ  
グラミングに関す



写真1 PGCon (ピジコン)

る教材は、アーテック社「PGCon」(ピジコン)  
10台、Studuino (ソフトのみ)、Makeblok 社  
「mBot」を使用した。

実践は、「豆電球」の学習に関連して行うため、  
9月中旬に豆電球の学習を済ませておいた。豆電  
球を光らせる事や消すことを回路のスイッチで  
確認した後、「プログラミング」によって、光  
らせたり消したりできる事を発展学習として行  
う。前年度、3年生児童に Makeblok 社「mBot」  
を使用してプログラミング教育を導入したとこ  
ろ、使用する機器に十分慣れる事が、プログラ  
ミング学習で思考するために必要と感じられた。  
よって、今年度はより簡単にプログラミング  
を体験できる「PGCon」(以下ピジコン)を使っ

て、十分にプログラミング学習を進めてから、プログラミング学習によって児童の「思考力」がどの位高められるか、実践を行うこととした。なお、習得の活動は理科の時間に行い、活用の活動以降は発展的になるため、総合的な学習の時間を使って行うこととした。

### 【習得の活動】

第 1 時 「豆電球点滅」, 「LED の色の変化」のプログラムを、ピジコンという教材を使い、実行する。

ピジコンを使って、豆電球の点滅プログラムを体験する。点滅させるために、「電流を流す」「電流を止める」の命令を交互に使う。R・G・B の 3 原色を操作することで、LED が様々な色になる事を体験する。

第 2 時 「LED 自動オン・オフ」のプログラムを、ピジコンを使って、考える、実行する。

ピジコンの「光センサー」が、どんな「値」なのか、「しきい値」を確認する。「LED 自動オン・オフ」プログラムはどのようなプログラムなのかを知る。暗くなると、自動的に LED が ON になるよう、プログラムを考え、実行する。

### 【活用の活動】

以上の理科発展学習をベースとして、総合的な学習の時間に「プログラミング」をテーマとし、さらに学習を進めた。総合学習は、以下の 3 つのテーマから、自分の興味があるテーマについてグループ学習を行った。

- ①フローチャートの紹介・実演
- ②音の創作学習：Studuino（ソフト使用）
- ③ロボットを使用した自動運転：Makeblok 社「mBot」

それぞれのテーマごとに、一斉授業を各 1 時間ずつ、合計 3 時間行った。

さらに、テーマ別に選択させた後で 1 時間のグループ活動を行わせた。プログラミング学

習で体験出来る様々な事を、グループごとにインターネット等で調べながら学習して知識を深めた。お互いに刺激し合って、プログラミングと私たちの生活についてのつながりを理解し、各グループで学習した内容を、学習発表会で披露することができた。

学習発表会后、再び一斉授業にてピジコンを用いて、学習したプログラミング技能がどの程度定着しているか確かめる授業を 2 時間行った。授業で提示した課題は、「(ア) 5 秒ごとに好きな色の LED を光らせる」, 「(イ) 暗くなったらブザーを鳴らし、明るいときは点滅」という 2 つを提示した。どちらも、あらかじめ使用する命令ブロックを提示し、児童は自分で命令ブロックを並び変えてプログラムを完成させる、という内容で行った。

ア) については点灯と消灯を間違えたりしたものの、試行錯誤することで、すぐに命令ブロックを並びかえて、完成させていた。

イ) については、もし〜、そうでなければ〜の分岐を、落ち着いて考えられた児童のみ、正解できた。

条件分岐になると、求める事に対応する命令、実行する事象とが、頭の中で整理できず、思いつくままの順番でプログラムを作る姿が散見された。

このあたりは 3 年生の成長段階で、思考する事より、失敗を恐れずやってみる事を好む様子が顕著に表れていると感じられた。しかし、何度もプログラミングを体験することが自信となり、作ったプログラムを自主的に作り替える姿が半数ほど見られるようになった。

### 4. 授業の実際

以下、探究の場面において、実際にどのような授業を行ったのかの概略を紹介する。教師の発言を『』, 児童の発言を「」で示した。授業時間は 2 単位時間である。



### 1 課題をつかませる

『かしこい「お知らせLED」をプログラミングで作ってみよう』と投げかけ、今まで学習したプログラミングの内容と、命令を振り返った。(LEDの色, 1秒待つ, 繰り返し, 本体ボタンの値, など)

### 2 プログラミングを考えさせる

ワークシートの記入に20分の時間を確保し、ワークシート, 1から4までを書かせた。相談なしで、個別に書かせることとした。

『どんな色で光らせたいかな? また, スイッチが入ること何がおこるか考えて記入しよう』

子どもたちは, 学習したことを思い出しながら, 「動作」を, プログラミングの「命令」に置き換えて記入していった。

### 3 プログラミングを行い, 確かめさせる

プログラミングの実践時間を30分とることとし, ここから, ペアで相談しながら行ってもよいことにした。主に自分が考えたワークシート1から4までを実際に実践させた。「チカチカ点滅させたいときは, どうするのだった?」

「オフにして, 1秒待てばいいんだよ。」

など, 児童の間で, 命令のコツを教え合う姿が見られた。

何名かが, ブザーを鳴らすプログラムを入れたのだが, みんな, 音を止めるプログラムを入れ忘れていて, あちこちからブザーの音が鳴り響く場面があった。

「あー! うるさいわー!」「止めて止めて!」

「ストップの命令, 忘れてた!」

すぐに気がついて, 「○秒まつ」と「電気を止める」の命令を自分たちで追加していた。

### 4 ワークシート5と6を記入させる

10分間, 個別に書かせる時間をとった。

まだ思い通りのプログラムが出来ていない児童もいたが, プログラムが出来た児童は, 工夫したことをワークシートに記入させた。

### 5 もう一度, プログラミングの実践を行う

自分が考えたワークシート5と6の内容を実際にプログラムにしてみる活動を行わせた。15分の時間を確保し, ペアで相談しながら行ってもよいこととした。子どもたちは, 再び相談しながら行っていた。主に

上手くいかなかった所を聞き合いながら, 何とか思い通りに動かせるようにしていた。「新しいプログラム」というより, 「失敗を直す」事に集中していた。

### 6 振り返らせる

活動をストップし, ワークシートの5と6を振り返らせる時間を10分間確保した。

ワークシートは, 相談なしで個別に書かせた。時間に間に合わなかったけれど, 「こんな風にしたい」という思いも記入させた。

はじめは思い浮かなかった児童も, 活動している時にひらめいた事柄を記入していた。

### 7 事後アンケートの記入(5分)

## 5. 授業の結果

評価規準①の「目的に合致した「動作」を考えることができたか。」については, 16名全員が考えることができていた。例えば, 「人が来ると教えてくれるサイレン」や, 「何らかの動きがあると光で知らせる」といったものである。中にはワークシート(1)の段階でかなり詳しく書けている児童もあり, 例えば, 「車がくるとサイレンが光って, 車が去るとサイレンが光らなくなる。」「知らない人が来るとライトが赤く光り, サイレンが鳴る。知らない人が帰るとサイレンが止まって, ライトが緑になる」といった記述も見られた。

評価規準②「「目的となる動作」を細分化し, 実現可能な命令の組み合わせを考えることができたか。」では, A評価が8名(50%), B評価が6名(37.5%), C評価が2名(12.5%)という結果になった。

想定していた通り, 必要となる「動き」を, 「命令」という形で抽象化することが3年生には困難であることがうかがわれる。十分にできている児童の例としては, K児のように「ご飯ができたなら光とブザーで知らせる。スイッチを押したら光とブザーが止まる」という目的となる動作を実現するために, ワークシート(2)に,

「ブザー」、「赤いライト」、「青いライト」、「スイッチ」のように必要な動きを細分化した後で、ワークシート（３）に命令として「１秒待つ」、「OUTから電気を流す」、「電気を止める」、「〇回繰り返す」、「光をつける」、「光を消す」といった形で抽象化しながら、命令を考えることができています。そして、ワークシート（４）に、「３回繰り返す」、「OUTから電気を流す」、「１秒待つ」、「電気を止める」、「１秒待つ」、「光をつける」、「１秒待つ」、「光を消す」、「１秒待つ」といった具合に、命令の組み合わせを考えることができています。

しかし、抽象化が難しい児童の中には、U児

のように、必要な動きを細分化した記述（ワークシート（２））として「人が入ってきたら、ブザーが鳴って、赤く点滅して、人が入ってきたことをブザーが知らせる。人がいなくなったら黄色になる」と書いており、その後の命令を書き出す記述（ワークシート（３））では、「人が入ってきたら、ブザーが鳴って、赤くなって、知らせてくれる。人がいなくなると、黄色になる」と、ほぼ同じ動作を書いているのである。３年生にとって抽象化は難しいということがうかがわれる。

評価規準の③「試行錯誤しながら命令を改善することができたか。」は、１６名中 ７ 名の児童

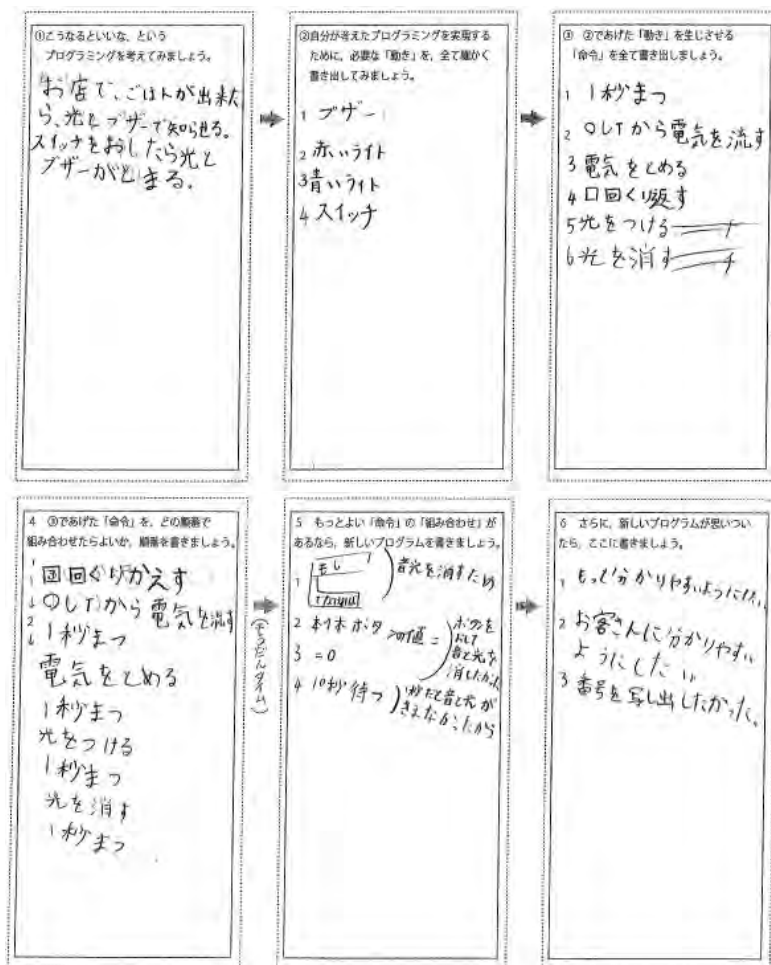


図１ ワークシートの記述（K児，評価規準①・③共にできている，②A評定）

が行うことができていた。ただ、その中には、2種類の実態が見られた。一つは、ワークシート(2)～(4)の段階では、そこまで詳しくは動作や命令の組み合わせを考えられていなかった児童が、具体的に機械を操作することで、自分の目的となる動作を実現するためのより詳しい動作を考えることができるようになったというケースである。もう一つは、ワークシート(2)～(4)ですでに詳しく動作や命令の組み合わせを考えることができていた児童が、さらによりよいプログラムにするために発展化させているケースである。発展化させているケースでは、例えば、先に挙げたK児は、ワークシート(5)、(6)において、「もし、～でなければ(音、光を消すため)」、「本体ボタンの値=0(ボタンを押して音と光を消したかった)」、「10秒待つ(1秒だと音と光が消えなかったから)」という命令を足すプログラムを考えており、「もっと分かりやすいようにしたい」、「お客さんに分かりやすいようにしたい」、「番号を映し出したかった」という記述もしていた。

アンケートで、これまで学習したことのない新しい「動き」や「命令」を考えることができた児童は、16名中7名であり、例えば、「もしも～でなければ」という命令を考えることができた、「待つ時間や鳴らす時間を変えた」などがあったが、記述している児童は少なく、また記述していても、「時間を前とは変えた」程度の工夫のため、学習していないまったく新しい動きや命令を創造するのは困難であることがうかがわれた。

## 6. 考察

全体的に、「こうなるといいな」、「こんな便利なLEDがあればいいな」というプログラミングの創造はできている。「目覚ましアラームをつくりたい」、「地震がきたら知らせてくれる物をつくりたい」などである。ただし、その後、

動作や命令をワークシートにすぐには書けない児童もいれば、抽象的に思考しながら、実際に行う前から、かなり詳しく書けている児童もいる。つまり、最初から抽象的な思考ができる児童と、ワークシートを(2)から(4)へと考えているうちに、だんだんと必要な動作が見えてきて、動作や命令に徐々に置き換えることができる児童もいる。徐々にできてくる児童の例としては、U児のように、「目覚ましアラーム」を実現するために、ワークシート(2)で「光を照らす」、「音も出す」という動きを書き、ワークシート(3)で、「点滅させる」、「ブザー」という命令に置き換え、ワークシートの(4)で、「ブザーを鳴らす」、「点滅させる」、「10回繰り返す」、「人が起きなかったら」、「5秒後にブザーを点滅させる」、「10回繰り返す」といった具合で、命令の組み合わせを考えることができていた。このように、ワークシートに沿って、少しずつ動作を実現するために必要な命令の組み合わせを考えることができてくるのである。

一方で、M児のように、「人が入ってきたら知らせてくれるプログラム」を実現するために、ワークシート(2)の段階で、「ONボタン(緑の光)」、「赤色に光るスイッチ(ボタンを押す)」、「OUTから10%電気を流す」、「1秒待つ」、「OFFスイッチ」、「1秒待つ(ボタンを押す)」のように、動きも命令も組み合わせも考えることができていた児童もいる。

また、結果で示したように、具体的な動きを細分化するところまではできても、それを命令に形に抽象化するのが難しい児童も一部いた。このような児童の中には、実際に機械を操作してみて、試行錯誤することで、ようやく命令の組み合わせを書ける子もいる。例えば、F児のように、「車がくるとサイレンが光って、車が去るとサイレンが光らなくなる」という目的を実現するために、ワークシートの(2)では、「スイッチを押す」、「音が鳴る」、「赤に光る」、

「もう一度押すと全てが止まる」, ワークシートの(3)では, 「もしスイッチを押したら」, 「音が鳴る」, 「赤に光る」, 「もう一度押すと全てが止まる」と, ほとんど同一の動作(一部命令)を書いていて, ワークシート(4)では, 「音が鳴る」, 「赤色に光る」といった具合に詳しくは書いていなかったが, 実際に機械を操作した後では, ワークシートの(5)に, 「ボタンの値 0 なら」, 「OUT から電気を流す」, 「1 秒待つ」, 「本体の LED を赤にする」, 「10 秒待つ」, 「OUT からの電気を止める」, 「本体の LED を消す」のようにかなり詳細に命令の組み合わせを考えることができるようになっている。

さらに, 近くの児童の試行錯誤の様子を見て, 自分も実際に真似をして, 学ぶ姿が多数見られた。つまり, 注意したいのは, 3 年生の段階では, 抽象化がすぐに可能な児童と, 徐々にできってくる児童, 実際に機械を操作しながらまずはやってみて, その後だんだんと, 自分が創造したプログラミングの命令の組み合わせが想起できるという児童の 3 つの実態があるということが考えられる。探究的な学習をさせる上では, このことは極めて重要なことであり, ワークシートを用いて児童にプログラミング的な思考を促すことは大切となる一方で, 実際に機械を操作させながらワークシートに記述させるなどの, 具体的操作の活動を随所に取り入れることが必要になることが示唆される。

また, まったく新しいプログラムを考える子が半数もいなかったことから, 習得や活用をさせていないプログラムを小学校 3 年生の段階で創造するというのは困難であり, 探究的な学習をさせる上では, 確実にプログラミングに必要な動作や命令, そしてその組み合わせの仕方を見習得させた上で, 行わなくてはならないことが考えられる。

## 7. 結論と今後の課題

「習得→活用→探究」の順に単元を展開する「単元展開の工夫」と, 習得の場面において, 「学習済みの単元と関連させる工夫」, 習得と活用の場面において班での話し合いの場面を随所に取り入れる「対話的に意見を交流させる工夫」を取り入れることで, 小学校 3 年生の段階でも, 探究活動が可能であったことから, 指導方法は有効であったと考えられる。探究の授業の前に, 上記の 3 つの指導方略を取り入れることで, プログラミング経験の少ない小学校 3 年生の段階でも, ある程度プログラミング的思考を育てられ, 探究の過程においても, プログラミングの目的を理解し, 新しい「動作」を発想できることが明らかとなった。一方で, 「動作」を「命令」に組み合わせるとなると, 抽象的な思考が必要になる作業に関しては, 困難な児童がいることもわかった。ただし抽象的な思考が困難であっても, ワークシートに沿って抽象化が可能な児童や, 具体的な物を使って試行錯誤することのできる児童, 友達の様子を見ながらできる児童がいることが明らかとなった。まったく新しいプログラムを自力で発想することは困難であり, 習得と活用の場面で, ある程度まで機械やプログラムに習熟する必要があることが示唆される。

今後の課題として, 他どの単元と関連させてプログラミング教育は可能なのか, 習得, 活用だけでなく, 探究の過程を踏まえたプログラミング教育がどの程度可能なのかを実践し検証していくことが必要になると考えられる。

## 付記・謝辞

授業実践にご協力いただいた京都文教短期大学付属小学校の藤本哲也校長先生をはじめとする先生方, ならびに児童たちに感謝申し上げます。なお本研究の一部は, JSPS 科研費 JP 17K12936 の助成を受けて行った。

## 【引用文献】

- 1) 林康成, 三崎隆, 村松浩幸 (2018) 「小学校理科のものづくりにおいて児童が試行錯誤してプログラミングした照度計を観察, 実験で活用する効果」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 42 (0), pp.283-286
- 2) 伊藤満里奈, 森田裕介, 齊藤貴浩, 森秀樹, 栗山直子, 西原明法 (2016) 「小学校のプログラミング学習における批判的思考の影響に関する検討」, 『日本教育工学会研究報告集』, 16 (3), pp.77-82
- 3) 小林未歩, 宇都宮晃, 宮澤豪臣, 福島健介 (2018) 「授業実践に基づく小学校プログラミング教育「評価規準」の提案－授業における評価規準の必要性を踏まえて－」, 『2018PCCConference 論文集』, pp.257-260,  
<http://gakkai.univcoop.or.jp/pcc/2018/papers/>
- 4) 小牧啓介, 中山迅, 野添生, 安影亜紀, 徳永 悟, 新地辰朗 (2019) 「プログラミング体験を組み込んだ小学校理科授業の事例的研究: 第4学年「電気のはたらき」および第3学年「電気で明かりをつけよう」単元の実践を通して」, 『日本教育工学会研究報告集』, 19 (1), pp.549-556
- 5) 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領」
- 6) 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説 理科編」
- 7) 文部科学省 (2018) 「小学校プログラミング教育の手引 (第二版)」
- 8) 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 (2016) 「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)」, [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm)

(令和 2 (2020) 年 12 月 1 日受理)

## Abstract

### Study on the Instruction and Development of Programming Thinking in Programming Education of Science Classes in the Third Grades of Elementary School Through the Practice of the Grade 3 Unit "Let's Turn on the Light Bulb"

Faculty of Education, Kyoto Bunkyo University Akimasa O'MAE

Kyoto Bunkyo Jr.College Elementary School Hayato OKAZAKI

According to government course guidelines, it is important to offer inquiry learning and Programming Education during science classes to elementary school students. Ample studies have demonstrated that inquiry learning Incorporating Programming Education on the Grade 6 Unit " Utilization of Electricity" However, third grade elementary school students do not have the knowledge and the skills needed for programming. Therefore, only two activities, i.e. the learning the basis of programming and how that basic knowledge is utilized, is performed at the elementary school level. Little has been reported on inquiry learning Incorporating Programming Education for third grade elementary school students.

The Grade 3 Unit "Let's Turn on The Light Bulb" is practiced during science classes in elementary schools. Teachers reveal the development problem, and investigate whether a schoolchild could understand Programming Education in the science classes of elementary school. Schoolchildren could understand the purpose of programming and could consider a new program. However, it is not easy for a student to understand a program that requires abstract thought. When it was first specifically put into action, the student who did not like abstract thought could now understand abstract thought. The student could now understand an abstract program by consulting a worksheet and a friend's program.

Keywords : Programming Thinking, Programming Education,  
Third Grades of Elementary School, inquiry learning