

〈実践論文〉

小学校理科プログラミングにおける探究を実現するための 知識・技能の習得を促す指導方略に関する研究 ～小学校第6学年「電気の利用」の単元における実践を通して～

Study on instruction for effective acquisition of knowledge and skills for inquiry-based learning in
programming education in science classes in elementary school
～ Through the Practice of the Grade 6 Unit, “Use of Electricity” ～

京都文教大学 大前 暁政^{*1}
大阪府茨木市立天王小学校 木村 竜哉^{*2}

要約：2017年の小学校学習指導要領では、探究的な理科学習の実施が重視されるとともに、プログラミング教育が必修化されている。プログラミングに慣れていない小学校段階では、習得の学習が中心となり、探究的な学習をどう実現していくかに関する研究は少ない。そこで本研究では、小学校第6学年の「電気の利用」において、習得の学習場面で自由試行を取り入れることが知識・技能の習得に効果があったかを、その後の探究的な学習の結果を基に検証した。習得の場面で自由試行を取り入れることで、プログラミングの内容をより習得させられることが示唆された。また、その後の探究的な学習でも自由な発想を促すことができ、班での話し合いでプログラミングの改善意見などのアイデアを追加するなど、より協働的に探究できることが示唆された。

習得の場面で自由に試行錯誤できる時間を確保することで、個別の学習段階や、興味・関心、アイデアの種類などの個性に合わせた個別最適な学びにすることができ、知識・技能の習得や、主体性の発揮、思考の深まりなどに効果があったと考えられる。そして、習得後の探究活動の充実につながったと考えられた。

Key words：プログラミング的思考力 個別最適な学び 主体性 探究 自由試行

1. 研究の背景と問題の所在

1.1 研究の背景

中央教育審議会（2016）の答申では、理科教育に関して「小・中・高等学校教育を通じて、知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、見通しを持って観察・実験を行い、その結果を整理し考察するなどの探究的な学習の充実を図

る。（p.20）」としている。

2017年の小学校学習指導要領では、プログラミングが必修となった。小学校理科においては、「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：著者）例えば第2の各学年の内容の〔第6学年〕の「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。（p.110）」

^{*1} Akimasa OMAE

Faculty of Education, Kyoto Bunkyo University

^{*2} Tatsuya KIMURA

Ibaraki City Tenno Elementary School

とされている。

プログラミング教育も、習得の学習だけでなく、習得した知識を活用しながら探究を進める学習を実施する必要がある。中央教育審議会（2021）の答申では、「個別最適な学び」が大切だとされ、教材や学習時間などの柔軟な設定を行うなどの「指導の個別化」と、子供自身で学習が最適となるよう調整する「学習の個性化」の2つが重要だとされている。そして、同答申では、「個別最適な学び」を重視した上で、「協働的な学び」を充実させることが必要だとしている。

1.2 問題の所在

小学校第6学年理科のプログラミングの先行研究を概観すると、例えば山中・中山（2020）は、第6学年理科「電気の利用」において、プログラミング学習に適した教材の検討を行い、実際に教材を使用してプログラミングの作品を製作させることで、身についた力を検証する研究を行っている。また、山本・堀田（2019）は、小学校第6学年理科において、映像教材を視聴させる授業と、IoT教材を活用したプログラミング体験を取り入れた授業とを実施し、児童の意識や感想の調査を行い、映像視聴とプログラミング体験の効果を検証している。

他の研究として、片山（2019）は、6学年理科「電気のしくみとはたらき」の単元で、震災による停電の際も自動点灯する街灯の仕組みを探索することで、実社会の防災と関連付けるプログラミング教育を行っている。久保田（2019）は、小学校理科のプログラミング教育を進めるためのカリキュラム・マネジメントの検討している。上崎・横山・久保・鯨島（2019）は、6学年理科「電気の利用」の単元で、人感センサーを用いたプログラミングの体験を取り入れた実践を報告している。

先行研究では、プログラミング教育で育成で

きる資質・能力の研究や、資質・能力を育成するために適した教材の研究、プログラミングの授業の進め方などの研究が多く見られる。しかし、探究的な学習を展開するための指導方略に関する研究は少なく、研究の蓄積が急務である。

プログラミング的思考の育成を意図した探究的な学習を重視した実践として、例えば、大前・岡崎（2021）の研究がある。この研究では、小学校第3学年理科「豆電球の明かりをつけよう」の単元において、教材の習得・活用・探究の順に学習を進めることで、小学校第3学年の段階でも、プログラミング的思考を促すことができ、単元最後の発展課題に関して、探究活動が可能だったことが報告されている。

プログラミング的思考の育成を意図した探究的な学習を進めるには、基礎・基本となるプログラミングの知識・技能を、探究的な学習以前に、確実に習得させることが必要になる。でなければ、知識・技能の「活用」もできず、結果として「探究」ができなくなるからである。習得段階では通常、プログラミングの基礎知識・技能を教師が教え、繰り返し練習させる活動を行う。習得段階において、学習者の様子を観察すると、教師の提示したプログラミングを実行する最中に、教師の提示以外の子供なりのオリジナルのプログラミングを考え試行する挑戦の姿が見られることがあった。

令和の日本型教育の方向性を示した中央教育審議会答申（2021）では、「個別最適な学び」が1つのキーワードとなっている。答申に示された内容として、「指導の個別化」では、「子供一人一人の特性や学習進度、学習到達度等に応じ、指導方法・教材や学習時間等の柔軟な提供・設定を行う（p.17）」と解説されている。「学習の個性化」では、「教師が子供一人一人に応じた学習活動や学習課題に取り組む機会を提供することで、子供自身が学習が最適となるよう調整する（p.17）」と解説されている。

そこで、習得の場面において自由試行の時間を確保することで、「もう少し試行錯誤してみたい」、「別の命令も試してみたい」といった、個別のニーズに応えられると考えた。つまり、自由試行により活動の自由度を高くすることで、「個別最適な学び」の機会を確保でき、基礎的な知識・技能の習得に効果を発揮できると考えた。

基礎的な知識・技能の習得段階において、教師が提示したプログラミングを繰り返し実行した集団と、教師がプログラミングの例示をするものの、自由試行を取り入れて自由に試行錯誤するよう指示した集団では、その後の探究場面におけるプログラミングの発想が異なると考えられる。習得段階で指導した内容が、上記のような自由試行を取り入れた指導方略の有無によって、探究場面においてプログラミングの発想が異なるかを調べた研究はなく、研究の余地が残されている。なお、本研究では、知識・技能の習得場面と、その知識・技能を活用しながら自分なりに新しいプログラミングを探究していく場面を分けて実践を行うこととした。なお、活用場面と探究場面は完全に切り離すことができなかったため、合わせて「探究場面」と呼ぶこととする。

2. 研究の目的

探究活動を子供中心で進めるには、探究活動以前の「習得場面」において、知識・技能を効果的に教授しておく必要がある。そこで、習得場面において、自由試行の活動を導入することで、「個別最適な学び」ができ、知識・技能の効果的な習得につながるかを調べることとする。

具体的には、習得場面で自由試行の活動を取り入れることで、次のような「個別最適な学び」への効果があると考えた。

- ①個人の特性や学習到達度の差に応じた学習を促すことができる（指導の個別化）

- ②一人一人の興味・関心や問題意識に沿った学習活動や学習課題に取り組む機会を提供できる（学習の個性化）

- ③体験しながら考えたり、新しいプログラミングを考えてから試行したりと、一人一人に適した学び方を自分で調整できる機会を提供できる（学習の個性化）

「個別最適な学び」と「協働的な学び」の連動が大切になるため、習得場面では、「個別最適な学び」に重点を置き、探究場面では、「協働的な学び」に重点を置いて授業を展開する。自由試行による個別最適な学びを意図して、子供のアイデアや理解度、問題意識などを優先して学習に取り組ませることで、その後の探究場面でどのような違いが見られたのか効果を検証する。探究場面でどの程度知識・技能が活用できたかの発想を調べることで、習得場面で知識・技能を効果的に習得させられたかを判定できると考えた。

なお、小学校学習指導要領においては、学習上の必要性や学習内容との関連付けを吟味して、プログラミング教育を位置づけることが重要なため、第6学年の「電気の利用」の単元において、実践することとした。単元計画には、先行実践の大前（2020）の「電気の利用」を参考とした。

3. 研究の実施方法と検証方法

3.1 結果の検証方法

習得場面で自由試行を取り入れた学級（実験群）と、自由試行を取り入れず、教師が指示したプログラミングだけを繰り返し実行させた学級（統制群）では、その後の探究場面において、どの程度習得した知識・技能を活用して豊かな発想ができたのか、違いを検証する。

プログラミングの教材として、ソニー株式会社・新規事業部が開発したプログラム電子ブロックの MESH（SONY 製）と、電気回路を簡

単に作成できるプログラミングボード（島津理化製）を使用した。MESH は、センサーをもち命令入力可能な「ボタン」「人感」「動き」「明るさ」ブロックと、出力表現が可能な「GPIO（拡張）」「LED」ブロックを活用した。「GPIO」のスイッチ機能を使用すると、実際に物が動くよう命令できるため、実物模型として、「LED」、「扇風機」、「オルゴール」の3つを用意した。LED は実物模型があるため、MESH の LED ブロックは、「エアコン」、「ストーブ」、「お風呂スイッチ」、「テレビ」などの電化製品の代用と想定した。また、タブレットにメロディが鳴るプログラムが入っており、それも使用させた。

MESH の習得場面で、各ブロックの様々な機能を、実験群、統制群共に説明する。ただし、統制群は教員がプログラム例を示し、例示した内容に関して繰り返し習熟させるようにし、実験群は教師がプログラム例を示すものの自由に試行してもよいことにする。探究場面では、「便利で省エネな家を考える」というゴールを用意し、自由に発想させるようにした。豊かな発想ができたかを次の3つの視点で検証することとした。

- ①便利で省エネな家のアイデア数
- ②アイデアを具現化するプログラミング数
- ③プログラミングの種類数

これらの視点の設定は、プログラミング的思考の定義を参考にした。定義に関しては、「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」と説明されている。①は、プログラミングの目的を発想する活動になり、②は目的を具

現化するためのプログラミングの命令を発想する活動となる。③は、習得場面で教授したプログラミングの種類に加え、教授していないプログラミングの種類をどの程度、プログラミングに活用できたかを判定するために設定した。つまり、③の項目は、プログラミングの工夫を発想できた数ととらえることができ、柔軟にアイデアを発想できたかの「質」を判定できると考えた。

評価資料としてワークシートを用意し、探究場面で個別に記載させる。個別の記載から、豊かな発想の程度を検証する。児童の発想の評定（カウント）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することとした。

カウント方法は、①のアイデア数に関しては、「○○すると○○になる家」のように書かれていた場合、「○○すると○○になる」を1つのアイデアとしてカウントすることとした。②のアイデアを具現化するプログラミングの命令数は、①のカウントと同じく「○○すると○○となる」という命令を1つの命令としてカウントすることとした。つまり、①のアイデアを全て具現化すると、②の命令数と同じになるようにカウントしたわけである。

プログラミングでは、1つ以上の命令で1つ以上の出力ができるものも作成可能である。その場合は、「同時性」に着目し、同時に起きる場合は1つとカウントし、別の命令として記載されている場合は同時性がない独立したものとして、カウントを別とする。例えば、「人感→GPIO オン→タイマー→GPIO オフ」と書かれていると、同時性がなく別の時間に出力が起きるため、2つのプログラミングとしてカウントする。AND ボタンを使用し、「暗くなり AND 人が通ると→GPIO オン」では、「暗くなつて人が通る」ことが同時に起きると GPIO がオンになるという同時性があるので、1つのプログラミングとしてカウントする。また、「ボタ

ンを押す→GPIO オン→LED（実物模型）が点灯」の場合や「人感→LED が点灯→スピーカーの音が鳴る」の場合は、左から順番に実行されるため、厳密にはまったくの同時ではないが、ほぼ同時に実行がなされるため、1つのプログラミングとしてカウントする。

③のプログラミングの種類数も両群で比較する。具体的には、以降の章で説明する「習得段階で教授した5つの種類」をカウントすることとした。ただし、この5種類以外の例えば、「1つのブロックから枝分かれして複数の出力が起きる」などの新しい工夫を使っていた場合は、「その他」として別種類としてカウントする。

プログラミングの発想を比較する際、①から③の各変数は連続量データのため、実験群と統制群で対応のないt検定を用いて解析を行うこととした。また、①のアイデアを、②の具体的なプログラミングとして具現化できるかの割合（アイデア具現化割合）も同様の方法で解析することとした。

3.2 授業実践の概要

実践期間は2021年2月、単元は第6学年「電気の利用」である。単元計画を以下に示す。

第1次 電気を生み出す方法を調べる

第1時 磁石から電気をつくる

第2時 手回し発電機で、自由に様々な物に電気を通す

第3時 手回し発電機に関して疑問に思ったことを問題として設定し、発電の性質を調べる

第4時 光電池でも発電できることを調べる

第2次 電気を蓄える方法と節電を調べる

第1時 コンデンサーを使用することで蓄電と電気の利用ができることを調べる

第2時 豆電球とLEDでどちらが節電できるかを調べる

第3次 省エネルギーを考える

第1時 身の回りの電気の利用を考える

第2～4時 MESHを使用したプログラミングの基礎知識・技能を学ぶ（習得場面）

第5～7時 電気を便利に効率よく利用する住宅を考える（探究場面）

第3次第2時で、タブレット、アプリ、プログラミングボード、ベアリング、コンデンサー充電の準備を両群共通で行った。第3次第3～4時に、MESHのプログラミングの知識・技能の習得を図った。この習得場面において、教授したプログラミングの種類は、以下の5つである。

①「〇〇すると〇〇になる」という1つの指示で1つの出力が生じる命令

②〇〇すると、GPIOの入力ができ、実物の模型が動く命令

③複数の入力で複数の出力が可能な命令

④ANDボタンで、〇〇と〇〇が同時に起きると、〇〇という出力が起きるというように、同時に2つ以上の出来事が起きると、何らかの出力がなされるという命令

⑤「〇秒待ってから〇〇が起きる」というタイマー機能の命令

実験群も統制群も、第3次第3時において、プログラミングの①から③を教授し、第3次第4時において、プログラミングの④と⑤を教授する。実験群と統制群の違いは、実験群は、教授した後に自由試行の活動を取り入れ、自由にプログラミングを試してもよいことにし、統制群は、教授したプログラミングの命令を繰り返し実行させたことである。つまり統制群は、教師の例示通りに個人や班で実行させる活動であり、実験群は、教師の例示通りに行わなくてもよいことを伝え、例示を参考にして、個人や班で自由に試行させる活動を取り入れた。習得場

面で例示したプログラミングの具体的な指示は、以下の通りである。

【第3次第3時】

- ①の「1つの入力で1つの出力となる」命令
 - ・ボタンを押すとLEDが光る（ボタンプロック→LEDブロック）
 - ・客が来ると、玄関のオルゴールが鳴る（人感ブロック→タブレットのアプリでメロディが鳴る）
- ②の「GPIOを使用する」命令
 - ・「明るさが変わると、実物のブザーが鳴る（明るさ感知ブロックを手で握ると→GPIO電源出力オン→実物のブザーが鳴る）
- ③の「複数の入力と複数の出力」の命令
 - ・「人の動きを感知したら、電源につないだ扇風機が動く」と、「向きが変わったら扇風機の電源がオフになる」（人感ブロック→GPIO電源出力オン、人感ブロック→GPIO電源出力オフ）

【第3次第4時】

- ④の「ANDボタン」の命令
 - ・人の動きを感じて、かつ、ボタンを押すと、電源につないだ実物のLEDが光る（動きブロックANDボタンプロックを押す→GPIO電源出力オン→実物LEDが光る）
- ⑤の「タイマーを利用した」命令
 - ・何かが振られたら、電源が入って物が作動し、5秒後に電源がオフとなり、物は静止する（動きブロック→GPIO電源出力オン→実物模型が動く→タイマー5秒待つ→GPIO電源出力オフ→実物模型が静止する）

習得場面の後、発展課題として、電気を便利に効率よく利用する住宅を考える探究場面を用意し、個別に住宅のアイデアとプログラミングをワークシートに記載させた。個人で記載させた後に、班でアイデアとプログラミングを考え

させ、実際にプログラミングを行わせた。なお、個人で思考させ、個人にワークシートを記載させる際には、思考だけを出力させたいため、プログラミング機器の使用や実行は行わせていない。

3.3 児童の実態

プログラミングの経験は、第5学年の算数科「正多角形と円」の単元において、「プログラ」を使用し、正多角形を描く活動と、特別活動の時間に「スクラッチ」を使用し、動物を指定の場所に動かす活動に取り組んだことがある。実験群31名、統制群31名全員が以上の経験をしている。

学力比較のため、本単元「電気の利用」までの市販テスト10回の結果（150点満点でないテストは150点満点に換算し、10回のテストの平均値を算出。授業に参加した児童で比較したが、テストの欠席者は除いた）を、実験群と統制群で、対応のない t 検定で比較したところ、実験群は 136.6 ± 13.8 、統制群は 133.6 ± 13.5 であり（ $t(60) = 0.869$, $p = 0.389$, $d = 0.22$ ）、実験群がやや高いものの、両群間に統計学的有意差を認めなかった。

4. 授業の実際

第3次第5時から、発展課題による探究場面となる。以下、第3次第5時に、実験群において実際にどのような授業を行ったのかの概略を示す。教師の発言を『』で示した。授業時間は1単位時間である。

1 課題をつかませる

『今日の授業では、未来の家について考えます。便利なのに省エネな未来の家です』と伝え、本時での学習課題をつかませた。

2 アイデアを考えさせる

『便利だけど省エネな家の工夫、アイデアを考えます。ここではプログラミングが可能かどうかは気にしないで構いません。自由にアイデアを書きましょう』
10分の時間を取り、「①便利で省エネな家のアイデア」を記載させた。隣を見たり相談したりせず、個別に書かせることとした。

3 MESHでのプログラミングを考えさせる

『家のアイデアで、実現できそうなものをMESHでプログラミングするなら、どんなプログラミングなるのかを書きます』

『エアコン、テレビなどのMESHにはない電化製品は、LEDブロックのランプをそれらの電源だと見立てます。ランプがつけば電源ON、消えればOFFというようにです』

『ブロックの設定まで書ける人は書きましょう』

10分の時間を取り、「②アイデアを具現化するプログラミング」を記載させた。隣を見たり相談したりせず、個別に書かせることとした。

4 個人の記述をクラスで共有させる

書画カメラを用いて、2～3名の児童に自分が考えたアイデアとプログラミングを発表させ、友達アイデアをクラスで共有した。

5 班でプログラミングを考えさせる

15分の時間を取り活動させた。

『考えを班で出し合い、MESHでプログラミングするならどんなプログラミングになるのかを考え、ワークシートの「班で考えた欄」に書きましょう。話し合いの中で新しいアイデアが出てきたら書き加えてください』

班で協力しながらアイデアをまとめていく様子が見られた。

数」に関しては、実験群は31名中31名が、統制群は31名中30名が記載することができていた。「便利で省エネな家のアイデア数」の合計は、実験群が126、統制群が91であった。

評価の視点②「アイデアを具現化するプログラミング数」に関しては、実験群は31名中30名、統制群は31名中24名が記載することができていた。「アイデアを具現化するプログラミング数」の合計は、実験群が80、統制群が55であった。

プログラミングの種類数を見ると、習得段階で教授した5つの種類（それぞれ教えた順に①～⑤の番号とする）以外に、「複数の命令ブロックを直列につなぐ」(⑥番とする)、「1つのブロックから枝分かれして複数の出力が起きる」(⑦番とする)、「1つの命令だけでなく、他の命令でも同じ出力が生じるプログラム」(⑧番とする)という、新しい工夫を発想した場合が見られた。教授した5種類のプログラミングと、その他3種類のプログラミングの最大8種類のプログラミングのうち、どの種類を活用していたかを調査した。なお、新しいプログラムのうち、「複数の命令ブロックを直列につなぐ」ものに関しては、ボタンブロック、動きブロック、明るさブロック、人感ブロックの4つをつなぐことは厳密にはできないが、直列につなぐアイデアをしていた場合、直列につながった命令が両方起きたらという「ANDボタン」の同義の解釈をすることとしつつも、教授していない知識のため、新しいアイデアとしてカウントすることとした。

評価の視点③「プログラミングの種類数」の合計は、実験群は60、統制群は42であった。

以降、習得場面の知識・技能を、探究場面でのどの程度活用できたかや、発想できたアイデア等を、実験群と統制群で比較していく。

実験群は、省エネのアイデア数も多かった上で、今回使用したMESHや実物模型、タブレットに入っているアプリなどを想定した実現可能

5. 授業の結果

評価の視点①「便利で省エネな家のアイデア

なプログラミングのアイデアの発想が多く見られた。例えば、「人を感知したらライトがついて、1分以上感知しなければ消えるライト」、「地震などがあったとき、自動的にガスが止まる」、「人が来たら光がついて、インターホンが鳴る非接触のインターホン」、「家の前を人が通ると明かりがつき、人が通っていないと明かりが消える」、「指定した時間になったら、防犯カメラがつく」、「床についていないときには吸い込まない掃除機」、「人が電気を消し忘れていたら勝手に消える電気」などである。これらのアイデアは全て異なる児童のアイデアであり、実際にアイデアを具現化するプログラミングを各自で考えることが全員できていた。

一方、統制群では、今回使用とした教材では、プログラミングとして実現困難なアイデアの発想が見られた。

例えば、「充電100%になったら充電が自動で止まる充電器」、「太陽光パネルにする」、「夜からはできるだけゲームにしかしないようにする」、「電話がかかってきたらテレビの音が小さくなる」、「水道水が出しっぱなしだったら止める」、「一家に一台エアコンを使ったら省エネになる」、「水素エネルギーにしたら省エネになる」、「キッチンでは全て声で反応する」、「日光を当てたら電気になる」などである。これらのアイデアは全て異なる児童のアイデアであり、実際にアイデアを具現化するプログラミングを各自で考えることは、全員ができていなかった。

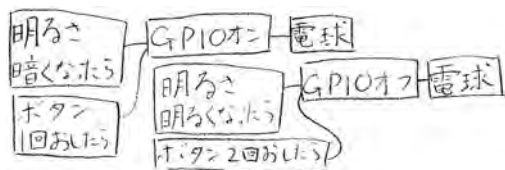


図1 実験群33番のプログラミング

プログラミングの内容を見ると、実験群では詳細なプログラミングを個人で考えることがで

きている子が多かった。例えば、実験群33番は、「明るいときは電気がつかず、暗くなると電気がつく部屋で、手動でオン/オフ可能にする」という家のアイデアと、それを具現化するプログラムを発想した(図1)。これは、「1つの命令だけでなく、他の命令でも同じ出力が生じるプログラム」という新しいプログラムである。このプログラムでは、最初の命令ブロックが並列に配置されており、命令ブロックを並列に置くと、どちらの命令でも出力が可能となっている。省エネの家のアイデアにも「手動でオン/オフ可能」とあることから、独立した命令を発想することができている。このように命令が並列に置かれているというアイデアは、ほぼ見られなかった特異なアイデアだった。

また実験群26番は、「人が電気を消すのを忘れていたら勝手に消える電気のある家」という



図2 実験群26番のプログラミング

アイデアで、それを具現化するプログラムを発想した(図2)。MESHでは、プログラミングのブロックを直列につないでいくと、左から順番に実行されるという特徴をもっている。タイマー機能をつかって、このような詳しくプログラミングをしている工夫が見られた。なお、プログラミングの命令としては、詳しく書かれていたものの、1つの命令系統となっているため、1つとしてカウントした。似たような命令で、実験群の29番は、「暗くなったら→人を感知すると→スピーカーが鳴る」というプログラミングを考えており、「複数の命令ブロックを直列につなぐ」という新しいアイデアを発想することができていた。

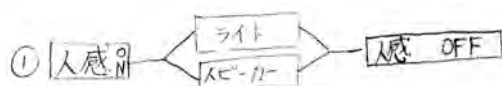


図3 実験群1番のプログラミング

実験群の1番は、「人が来たら光がついて、インターホンが鳴る非接触のインターホン」という家のアイデアを考え、それを具現化するプログラミングを考えた(図3)。人感ブロックがオンになることによって複数の出力が起き、さらに、そのまま続けて人感ブロックがオフになるよう直列に配置するなど、詳しい命令を考えている。

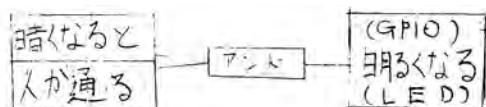


図4 実験群28番のプログラミング

実験群の28番は、「暗い夜に人が通ると明るくなる玄関の照明」というアイデアを考え、具現化するプログラミングを考えている(図4)。アンドボタンを利用するなど、詳しい命令を考えることができています。

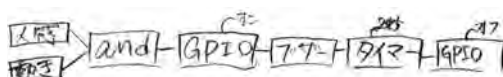


図5 統制群3番のプログラミング

一方、統制群では、「〇〇すると〇〇になる」という一つの命令でのプログラミングが多く見られた。最も詳しくプログラミングができていたものとして、統制群の3番のものが、「外から人が帰ってきたら音がなる」というアイデアを考え、アンドボタンと、タイマー機能を直列につなぐという詳しいプログラミングを考えている(図5)。

ワークシートを個人で記載させた後で、全体の中で「家の中でどんな省エネが実現できるか」

のアイデアとプログラミングの具体例を発表させた。ここでは、数人に発表させるに留め、残った時間は、省エネの家を実現するためのアイデアとプログラミングを班で話し合わせた。班での話し合いの時には、プログラミングの教材を実際に試しながら話し合ってもよいこととした。

実験群では、個人でアイデアもプログラミングも考えられているため、個人のアイデアを取り入れたり、統合したり、発展させたりしながら、複雑なプログラミングを考えることができていた。

例えば実験群の3班では、図6のようなプログラミングを考えている。3班は、「暗くなったら電気がついて、明るくなったら電気が消える。家に勝手に入った人がいたらつ

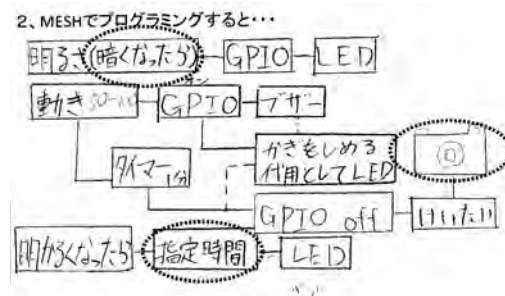


図6 実験群3班のプログラミング

かまえてくれる。朝になったらベッドが起き上がる」という家のアイデアを考え、それらをプログラミングで具現化している。図で、点線丸印で示した箇所は、個人で考えたプログラミングにはなかった命令である。つまり、個人の省エネのアイデアとプログラミングのアイデアを発表し合って話し合いを行った際に、新しく追加したり、改善したりした部分ととらえることができる。

実験群の6班の話し合いのワークシートを図7に示す。6班は、「物が動かされたらブザーが鳴り、赤いランプがつき、ボタンを押したら消

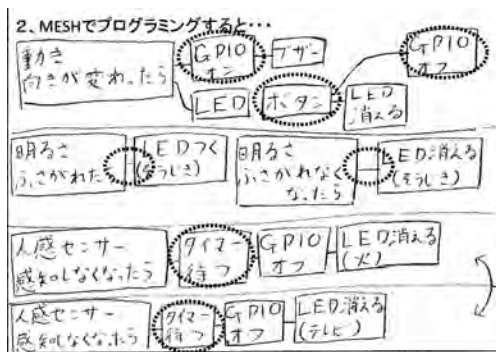


図7 実験群6班のプログラミング

える。床に吸い込み口が付いていないときは、吸い込まない掃除機。人がいなくなってしばらく経つと消える火、IH 調理器。人がいなくなると消えるテレビ」という家のアイデアを考え、プログラミングで具現化している。

実験群の6班でも、個人で考えた際にはなかった追加や改善が見られる。プログラミングの間の「線」の部分に丸印がついているのは、間のプログラミングを削除したことを意味している。6班では、二段目の左側は「GPIO オン」を削除しており、右側は「GPIO オフ」を削除して、プログラミングの命令を減らしても省エネのアイデアが実現できるように、よりシンプルにしていることがうかがわれる。

統制群では、例えば2班、6班のように、個人が考えた意見を列挙しただけであったり、5班のように、班でのプログラミングのアイデアを書けていなかったりすることもあった。また、統制群1班のように、個人のアイデアの段階では、「ボタンを押したら鳴るインターホン」や「ボ

タンを押したら電源のつくテレビ」などのアイデアは出ていなかったが、班のアイデアではそれだけが記載されていた。つまり、個人のアイデアとは別の異なるアイデアを急遽書いていることがうかがわれた。統制群では、個人のアイデアを活かして別のアイデアを発想することが弱かったことが示唆された。

表1に示す通り、プログラミングの種類数も実験群の方が有意に多く、実験群では、習得段階では直接的に教授していない、「複数の命令ブロックを直列につなぐ」、「1つのブロックから枝分かれして複数の出力が起きる」、「1つの命令だけでなく、他の命令でも同じ出力が生じるプログラム」の3種類のプログラムを発想できた児童が統制群より多かった（実験群8名、統制群3名）。

6. 考察

全体的に、実験群も統制群も、便利で省エネの家のアイデアを発想することはできていた。また、習得段階で教授した5種類のプログラムを、探究活動段階で活用することはできていた。ただし自由試行の時間を確保した実験群の方が、評価項目③の質がより向上することが示唆された。また、評価項目②の数も、有意差までではないものの、統制群の方が少ない結果となった。

統制群では、住宅のアイデアを考えられなかったり、プログラミングで実現不可能なアイデアを考えたりしていた。これは、習得場面で、

表1 実験群と統制群のプログラミングの比較（※ $p<.05$ を有意と示す）

	実験群		統制群		P-value
	n	data	n	data	
アイデア数 (①)	31	4.1 ± 2.4	31	2.9 ± 2.1	0.056
プログラミング数 (②)	31	2.6 ± 1.8	31	1.8 ± 1.6	0.069
アイデア具現化割合 (%)	31	67.3 ± 30.5	31	63.2 ± 48.8	0.691
プログラミング種類数 (③)	31	1.9 ± 1.1	31	1.4 ± 1.1	0.037

データ表示：mean ± sd. P-value：unpaired t test.

自由試行によって、様々なプログラミングの可能性を考えてみる、発想してみるという経験値の差が出たものと考えられる。また、統制群では、実験群よりもむしろ丁寧にMESHの機能の説明や、MESHを使いこなすための知識・技能の教授を試みたにもかかわらず、機能の理解が浅い結果や、柔軟な発想ができない結果が現れた。

便利で省エネな家という抽象的な課題に対して、アイデアを発想する際には、柔軟な思考が求められると言える。実験群にも統制群にも、抽象的な思考が得意な児童と不得意な児童がいた。抽象的な思考が得意な児童は、習得場面で学んだ知識・技能を基にして、柔軟に発想できると考えられるが、抽象的な思考が苦手な児童に関しては、習得場面において、自分の知識・技能の理解度や、問題意識に合わせて、試行活動を用意することが理解の深化とアイデアの発想に効果を発揮したのだと考えられる。それは、統制群においては、一人一人の知識・技能の活用程度に大きな開きがあったためである。実験群は知識・技能の活用に、統制群ほどの大きな開きはなかった。統制群のプログラミングの質も量も低かったのは、自由試行のような様々な経験を通して理解していくプロセスがなかったためだと考えられる。習得した知識を活用したり、新しいプログラムを探究したりする際には、習得場面において、短時間であっても自由試行活動を確保し、自分なりの問題意識の中で、試行錯誤したり、考え直したりといったような試行と思考の両方の活動が必要だと示唆される。

意識の差も両群で異なり、実験群ではアイデアの数が多く柔軟に考えられていることは、自由試行の際に主体性をもって学習に取り組むという姿勢が現れたのではないかと考えられる。自由試行の時間に、自分なりに様々なプログラミングを考えてもよいという意識にさせられたことが効果を発揮したと示唆される。アイデア

を多く発想できるには、知識・技能の習得が必要だが、それだけでは不十分で、自分で問題を解決する姿勢が必要になる。自由試行の時間を確保して、自分の問題意識でプログラミングを試してみることで、主体性を向上させられたのではないかと考えられる。少しの時間であっても、自由試行による個別最適な学びを促す環境を用意することで、知識・技能の習得や、主体性、そして思考の深まりなどに効果があったのだと考えられる。

7. 結論と今後の課題

習得場面において、自由試行という個別最適な学びの場を用意することは、児童の知識・技能の習得に効果的であり、その後の探究活動も行いやすくなることが示唆された。今後、他の単元でも検証する必要がある。また、探究的な学習を実現していくことは小学校段階では様々な困難があるため、他の指導方略を考え、授業実践を通して検証を行う必要がある。

付記・謝辞

実践にご協力いただいた茨木市立天王小学校の校長先生をはじめとする先生方、児童たちに感謝申し上げます。本研究の一部は、JSPS 科研費 JP 20K03261 の助成を受けて行った。

【引用・参考文献】

- 1) 上崎博輝, 横山健一, 久保博之, 鯨島圭介 (2019) 「プログラミング学習を取り入れた理科学習指導：第6学年「電気の利用」の実践」, 『鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要』, 28, pp.249-254
- 2) 片山敏郎 (2019) 「実社会の問題と関係付けたプログラミング教育単元開発のあり方－6年理科「電気のしくみとはたらき」と防災教育－」, 日本デジタル教科書学会発表予稿集, 8 (0), pp.67-68
- 3) 久保田善彦 (2019) 「小学校理科におけるプログラミング教育とカリキュラム・マネジメント：つ

- くば市の事例から」, 日本科学教育学会年会論文集, 43 (0), pp.81-84
- 4) 文部科学省 (2017)「小学校学習指導要領」
- 5) 大前暁政 (2020)「なぜクラス中がどんどん理科を得意になるのか—改訂・全部見せます小6理科授業」, 教育出版
- 6) 大前暁政, 岡崎隼人 (2021)「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」, 『日本教育実践方法学会教育実践方法学研究』, 6 (1), pp.31-44
- 7) 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)」, 2020, Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm
- 8) 中央教育審議会 (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)【概要】」
- 9) 中央教育審議会 (2021)「「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現～」
- 10) 山本朋弘, 堀田龍也 (2019)「小学校理科でのIoT教材のセンサーを活用したプログラミング体験に関する考察」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 43 (0), pp.441-444
- 11) 山中真悟, 中山貴司 (2020)「小学校理科におけるプログラミング学習と思考力についての基礎的研究—児童の自己認識と創作提案の評価を通して—」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 34 (9), pp.35-38

(令和5 (2023) 年7月10日受理)

Abstract

Study on instruction for effective acquisition of knowledge and skills for inquiry-based learning in programming education in science classes in elementary school ～ Through the Practice of the Grade 6 Unit, “Use of Electricity” ～

Faculty of Education, Kyoto Bunkyo University Akimasa OMAE

Ibaraki City Tenno Elementary School Tatsuya KIMURA

According to the Elementary School Course of Study for Science, adopting inquiry-based learning during science classes is beneficial for elementary school students. Programming education has been compulsory in elementary school science education. At the elementary school level, where students are unaccustomed to programming in science classes, instruction focuses on learning acquisition. Few studies investigate how to implement inquiry-based learning in programming education. This study examined the effect of incorporating “messing about” in the 6th-grade elementary school unit, “Use of Electricity,” which teaches programming knowledge and skills, on subsequent inquiry-based learning. The findings suggest that incorporating messing about could help students acquire more programming knowledge and skills. Moreover, the program could encourage free thinking in subsequent exploratory learning, leading to collaborative exploration of class content through group discussions.

Providing time for messing about allows students to engage in trial and error, optimizing learning according to each student's learning stage, interests, ideas, and other characteristics. Thus, incorporating messing about into class instruction facilitates the acquisition of knowledge and skills, the demonstration of independence, and the deepening of thought. The results of this study suggest that creating an individually optimal learning environment during the mastery stage led to the enrichment of inquiry learning after mastery.

Key words : Programming Thinking, Individually Optimal Learning, Self-Direction, inquiry learning, Messing About