

プログラミング的思考を育成する授業に関する考察

算数・数学における授業づくりを中心として

中田 充

Research on Lessons Fostering Computational Thinking:
Focusing on Mathematics in Elementary and Junior High School

NAKATA Mitsuru

(Received May 31, 2022)

キーワード：プログラミング的思考、プログラミング教育

はじめに

IoT (Internet of Things) や人工知能などの先進技術の活用に基づいた人間中心の社会 Society5.0 の担い手となる子ども達には、将来どの職業に就くにしてもコンピュータを適切に効果的に活用していく能力が求められる。このような新しい社会を担う子ども達にとって極めて重要になる「プログラミング的思考」を育成する目的で、新学習指導要領（小学校及び中学校は平成 29 年に公示、高等学校は平成 30 年に公示）において、令和 2 年（2020 年）度から小学校におけるプログラミング教育の必修化、令和 3 年（2021 年）度から中学校教科「技術・家庭（技術分野）」におけるプログラミングに関する内容の充実、令和 4 年（2022 年）度から高等学校教科「情報」におけるプログラミング教育の必修化が進められている。小学校においては算数や理科、総合的な学習の時間などの複数の教科で横断的に実施され、学級担任制のもと多くの教員が当事者意識を持ちつつ実施されているものの、中学校・高等学校においては「技術・家庭（技術分野）」や「情報」という特定の教科だけで実施されるという認識が一般的であり、それ以外の教科を担当する教員の当事者意識はほぼないのが現状である。さらに、近年推進されている GIGA スクール構想における一人一台端末の活用、およびそれに伴う教員の ICT 活用指導力の育成に注目が集まる一方で、いわゆる「通常教科」におけるプログラミング的思考を育成する授業づくりについてはあまり意識されていない。本論文では、算数・数学の授業づくりを通して、プログラミング的思考を育む授業について授業構成や取り上げるべき学習内容、及び、教員に求められる資質能力について検討する。以降、1 章では現在実施されているプログラミング教育について校種別の概要とプログラミング的思考について説明する。その後 2 章ではプログラミング的思考の育成を意図した授業づくりについて述べる。第 3 章ではプログラミング教育に従事する教員に求められる資質能力について考察する。

1. プログラミング教育について

1-1 プログラミング教育のねらい

平成 29 年から告示されている現行の学習指導要領において、情報活用能力は言語能力や問題発見・解決能力と並ぶ学習の基盤となる資質・能力として捉えられており、小中高の各学校において教科横断的に育成するような教育課程の編成が求められている。情報活用能力とは、学習活動において必要に応じてコンピュータ等の情報手段を適切に用いて、情報を得たり、整理・比較したり、発信・伝達したり、保存・共有したりといったことができる力であり、さらに、このような学習活動に必要な情報手段の基本的な操作技能や、プログラミング的思考、情報モラル、情報セキュリティ等に関する資質・能力も含むものとされている^{1) 2)}。この中でプログラミング的思考は、IoT や人工知能などの先進技術の活用に基づいた人間中心の社会である

Society5.0の担い手となる子ども達にとって、将来どの職業に就くにしても普遍的に求められる力とされている。さらに Society 5.0 で実現する社会では、IoT で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことを目指すが、このことは、社会の構成員全員に「コンピュータを活用した課題解決能力が求められる社会」とも言える。そのために学校教育において、「コンピュータを活用することに適した考え方（プログラミング的思考）」を身につける事に加えて、「コンピュータに命令する手段（プログラミング技能）」を習得しておくことが求められる。

表1は小中高等学校でのプログラミング教育のねらいを、育成する資質・能力の三つの柱に沿って発達段階に応じて整理した表である。この表から小中高等学校におけるプログラミング教育のねらいを「発達段階に応じて、プログラミング的思考力とプログラミング技能を身につけること」と捉えることができる。近年、特に注目されている小学校段階におけるプログラミング教育においては、プログラミングの技能を修得することが目的ではなく、プログラミング的思考を身につけることが重要であると言われているが、中学校・高等学校の段階においては、プログラムの作成や問題解決におけるコンピュータ活用といったプログラミング技能に関わる資質能力もプログラミング教育のねらいに含まれる。

表1 小中高のプログラミング教育で育成する資質・能力

知識・技能	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>
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」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

1-2 プログラミング的思考

小学校学習指導要領解説総則編において、プログラミング的思考とは「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」であるとしている³⁾。これは非常に抽象的な定義であり、小学校教員にとって具体的に何ができればプログラミング的思考ができたといえるのか、プログラミング的思考を身につけさせるためにどのような指導をすれば良いのかが分かりにくい。そのため筆者が参加する研究グループでは、やまぐち総合教育支援センターとの協働の下で、プログラミング的思考を表2に示すような「分解」「順序立て」「一般化」「抽象化」「デバッグ」「評価」の6つの要素概念に分けて捉えることを提案している。つまり、プログラミング教育のねらいのプログラミング的思考に関わる部分を「通常の教科等を含む授業を通して、6つの要素概念を働かせる力を子ども達に身につけさせること」と捉える。なお、プログラミング的思考の要素概念の詳細については引用文献⁴⁾を参照されたい。

表2 プログラミング的思考の要素概念

分解	物事を個々の要素に分けること
順序立て	推論によってやるべきことを整理して筋道を立てること
一般化	パターンや手順を分かりやすく表現して適用範囲を広げること
抽象化	注目すべきことを重点的に捉えて物事の本質をつかみ共通点を見付けること
デバッグ	誤りを見つけて手直しをすること
評価	より良い要素や手順がないかを検討すること

1-3 プログラミング教育の現状と課題

1-1で述べたプログラミング教育のねらいを達成するためには、小中高等学校のそれぞれの段階において、教科横断的にプログラミング教育を実施する必要がある。小学校段階では小学校プログラミング教育の手引¹⁾や小学校を中心としたプログラミング教育ポータル⁵⁾などの教材等の提供・定期的な改訂が行われている。また、都道府県や市町の教育委員会等による研修教材開発⁶⁾やそれらを活用した教員研修が数多く実施されており⁷⁾、教員免許状更新講習においても多くの講習が開講されている。これらの取り組みにより、プログラミング教育の必修化から2年以上が経過した現在では、教員間のプログラミング教育に関する資質能力の違いが大きいといった課題は未だにあるものの、全国の小学校で様々なプログラミング教育が実践されている。表3は引用文献¹⁾における小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類である。例えば、タブレット端末等を活用したプログラミング体験を伴う授業としては、学習指導要領に例示された算数や理科の単元におけるビジュアルプログラミング環境を活用した授業（A分類）以外にも、国語における物語作り⁸⁾や総合的な学習の時間における学校や地域の課題解決でのロボット教材を活用した実践^{9) 10)}などが実践されている（B・C分類）。また、コンピュータを活用しない、いわゆるアンプラグドなプログラミング授業としては、国語や社会、家庭科におけるプログラミング的思考を育成する取り組み¹¹⁾が多数なされている（B・C分類）。小学校では多くの教員が当事者意識を持っており、プログラミングを扱う特定の教科がないにもかかわらず、学級担任制の下で上述のような授業が教科横断的に展開されている。

表3 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

A. 学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B. 学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C. 教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D. クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E. 学校を会場とするが、教育課程以外のもの
F. 学校外でのプログラミングの学習機会

中学校及び高等学校段階においては、「技術・家庭（技術分野）」及び「情報」といった教科（以降、本論文では「情報系教科」と表記）でプログラミングを扱うことが必修化されている。それ故に、プログラミング教育のねらいの達成は容易であると捉えられがちであるが、実際には、授業時間数が少なくプログラミングを扱うための時間を十分に確保できない（中学校）、課題解決にコンピュータを活用できるレベルのプログラミングを教えられる教員が少ない（高等学校）といった問題があり、子ども達がプログラミング技能を十分に修得できる体制を提供できていないとは限らない。また、プログラミング的思考については、小学校と同様に教科横断的に学習する場面を設定することが求められてはいるが、情報系教科を担当する教員以外の当事者意識が欠如しており、情報系教科以外の教科（以降、「通常教科」と表記）においてプログラミング的思考が扱われることは非常にまれである。さらに、コロナ禍の下で「GIGAスクール構想」が飛躍的に進んだ影響で、タブレット端末に代表されるICT機器やサービスを各教科の授業の中で活用すること（いわゆる、授業におけるICT活用）ばかりが目され、プログラミング的思考の育成にまで教員の意識が回っていない現実がある。しかしながら、本来、プログラミング的思考とはコンピュータを活用することに適した考え方である。従って通常教科でのICT活用を考える場合、通常教科でプログラミング的思考を意識した授業を展開することこそが、教科におけるICT活用を推進することに繋がる。それが、子ども達のプログラミング的思考の育成に、延いては、子ども達の情報活用能力の育成に寄与することとなる。そこで本論文では、小学校の算数科と中学校数学を中心に、プログラミング的思考とプログラミング技能の両方を育成するような授業づくりについて検討していく。

2. プログラミング的思考の育成を意図した授業

本章では、小学校の算数科と中学校数学を中心にプログラミング的思考とプログラミング技能の両方を育成するような授業づくりについて検討する。そのために、まず算数・数学の各単元とプログラミング的思考との関係について分析する。次にプログラミング的思考を扱う授業形態について述べてから、算数と数学の授業づくりについて指導案やプログラムなどを示しつつ説明する。

2-1 算数・数学の各単元とプログラミング的思考との関係

算数・数学の各単元とプログラミング的思考との関係について分析するために、小学校算数科（5、6 学年）・中学校数学科（1～3 学年）の単元とプログラミング的思考の6つの要素概念の対応関係を、それぞれの教科の教科書を用いて調べた。表4は小学校5年の体積の単元における授業内容とプログラミング的思考の要素概念との対応を表している。例えば、「1. 直方体・立方体の体積」の節では、「直方体や立方体の体積を求めるとき、1辺が1cmの立方体に分ける」という考え方を扱うことで、プログラミング的思考の分解を扱えることを意味している。なお、デバッグの列が空白であるが、これは算数という教科の特性上、検算や考えの確認などが全ての単元で関わるためあえて記載していないためである。表5は同様に中学校2年の連立方程式の単元における授業内容とプログラミング的思考の要素概念の対応関係を示している。これらの対応関係の表は小学校5年～中学校3年までの全ての単元において作成しており、以降では「要素概念単元対応表」と呼ぶ。なお、紙面の都合により要素概念単元対応表の全体を提示することは控える。

表4 算数・数学の各単元におけるプログラミング的思考との関係（小学校5年 体積の単元）

節	分解	順序立て	一般化	抽象化	デバッグ	評価
1. 直方体・立方体の体積	直方体や立方体の体積を求めるとき、1辺が1cmの立方体に分ける。 (p. 17(1), ②)	直方体や立方体の体積の求め方を説明する。 (p. 17(1), ②) 計算を使って直方体や立方体の体積の求め方を説明する。 (p. 18(1), p. 19②, ③)	直方体や立方体の体積を求め方について、 ・直方体の体積＝(たて)×(横)×(高さ) ・立方体の体積＝(1辺)×(1辺)×(1辺) で求めることができることに気づかせ適用範囲を広げる。 (p. 19)			直方体や立方体の体積の求め方について、 ・1辺が1cmの立方体が何個分あるかで表す ・公式を使って求める どちらの解き方がよりよいか考える。
2. 容積		容積の求め方を説明する。 (p. 20(1))		容積の求め方について、体積の求め方と関連付け統合的に捉える。 (p. 20)		
3. 大きな体積		・大きな体積の求め方 ・ m^3 から cm^3 への変換の仕方を説明する。 (p. 21(1), ②, ③)	1m ³ を使うことで、大きな体積も小さな数で表せることに気づかせ適用範囲を広げる。 (p. 21)	大きな体積の単位について、大きな面積の単位と関連付け統合的に捉える。 (p. 21)		
4. 体積の求め方のくふう	複雑な立体の体積を求めるとき、 ・縦や横に線を入れ複数の直方体に分ける ・それぞれの体積を求める ・複数の立体の体積を合わせてもとの立体の体積を求めるなど、手順を分解する。 (p. 24(1), ②)	複雑な形をした立体の体積の求め方を説明する。 (p. 24(1), ②)	複雑な立体もいくつかの立体に分けて考えることで簡単に体積を求められることに気づかせ適用範囲を広げる。 (p. 24)	複雑な立体の体積の求め方について、複雑な図形の面積の求め方と関連付けて統合的に捉える。 (p. 24)		複雑な立体の体積を求めるとき、 ・2つや3つの直方体に分ける解き方 ・つぎたす解き方のどちらがよりよい解き方か考える。 (p. 24)
5. 体積と比例	ある高さのときの立体の体積を求めるとき、 ・高さと体積が比例するか確かめる ・比例の関係から体積を求めるなど、手順を分解する。 (p. 25(1), ②)	・体積と高さの関係 ・ある体積になるときの高さの求め方を説明する。 (p. 25(1), ②)	直方体の高さが2倍、3倍、4倍・・・になると、体積も2倍、3倍、4倍になることに気づかせ適用範囲を広げる。 (p. 25)			

表5 算数・数学の各単元におけるプログラミング的思考との関係（中学校2年 連立方程式）

節/単元	項目/次	分解	順序立て	一般化	抽象化	デバッグ	評価
1 連立方程式とその解き方	1.連立方程式とその解						
	2.連立方程式の解き方	連立方程式の解き方を考えるとき、 ・1つの文字を消去し、1次方程式をつくる ・1つの文字の値を求める ・残りの文字を求めるなど、手順を分解する。 (p.36Q考えてみよう)					
		連立方程式の解き方を考えるとき、 ・1つの文字を加減法の考えから消去し、1次方程式をつくる ・1つの文字の値を求める ・残りの文字を求めるなど、手順を分解する。 (p.37)	加減法の考えを使って、連立方程式を解く手順を説明する。 (p.38問1)		加減法の考えを使って、文字を1つだけ含む方程式をつくることで、1次方程式と関連付け統合的に捉える。 (p.37-39)		
		連立方程式の解き方を考えるとき、 ・1つの文字を代入法の考えから消去し、1次方程式をつくる ・1つの文字の値を求める ・残りの文字を求めるなど、手順を分解する。 (p.37)	代入法の考えを使って、連立方程式を解く手順を説明する。 (p.41たしかめ④,問4,問5)		代入法の考えを使って、文字を1つだけ含む方程式をつくることで、1次方程式と関連付け統合的に捉える。 (p.40-41)		
	3.いろいろな連立方程式	いろいろな連立方程式の解き方を考えるとき、 ・分配法則を利用して、かっこをはずす ・1つの文字を削除し、1次方程式をつくる ・残りの文字を求めるなど、手順を分解する。 (p.42例(1),例(2),p.43例(3),例(4))	係数に分数や小数を含む連立方程式、 $A=B=C$ という形の連立方程式を解く手順を説明する。 (p.43問3)	$A=B=C$ という形の連立方程式を解くことで適用範囲を広げる。 (p.43例3,問3)	連立方程式の解と係数の問題において、等式の性質と関連付け統合的に捉える。 (p.43例4,問4)	連立方程式を解くとき、2つの2元1次方程式の形から 1. 加減法 2. 代入法 どちらの解き方がよりよいか考える。	
2 連立方程式の利用	1.連立方程式の利用	連立方程式を利用して、いろいろな問題を考えるとき、 ・どの量を文字を使って表すか決める ・数量の関係をみつけ、2つの方程式をつくる ・連立方程式をつくり解を求める ・解が問題に適しているか確かめるなど、手順を分解する。 (p.46)	連立方程式を利用して、問題を解決する手順を説明する。 (p.46問1,p.47問2,p.48問3,問4,p.49問5)	n個の未知数を文字を使って表すとき、n個の方程式をつくり、その連立方程式の解を求めればよいことに気づかせ適用範囲を広げる。 (p.46-49)	数量の間の関係を見つけ、方程式をつくることで、1次方程式の利用や連立方程式を解くことと関連付け統合的に捉える。 (p.46-49)	問題に適していない解などを訂正する。	

2-2 プログラミング的思考を扱う授業の形態

2020年度の必修化より全国で様々な取り組みがなされてきている小学校プログラミング教育であるが、その授業形態は、①ビジュアルプログラミング言語を用いた授業、②プログラミング教育用ロボットやマイコン等の教材を活用した授業、③コンピュータを使わない「アンブラグドな授業」の3つに大別されてきた。①は5年生算数正多角形の単元などで多く実施され、②は理科や総合的な学習の時間において実施されてきている。③のアンブラグドな授業は国語や家庭科などの通常教科でも実施されてきている。例えば、国語の授業の中で場面・文節毎に分解して理解・表現することは従来から行われてきているが、これはプログラミング的思考の要素概念の「分解」を働かせていることになる。また、段落や文章が（で）言いたいことを捉えることは、その段落や文章の本質を捉えることであり、要素概念の「抽象化」に相当する。このように、通常教科におけるプログラミング的思考の育成には「アンブラグドな授業」が最も適しているといえる。ところが、GIGAスクール構想の推進により一人一台のタブレット端末が整備され、プログラミングを扱わない授業においてもタブレット端末を活用することが日常的になりつつある。この様な状況では「プログラミングはしないけれどコンピュータは使う」という授業が一般的になるため、「コンピュータを使わないアンブラグドな授業」と「使うブラグドな授業」という分類は意味をなさなくなる。

そこで本論文では、プログラムを実装するコーディングの作業の有無によりプログラミングを扱う授業を分類する。一般的にコンピュータプログラムは、(1) 解決すべき課題を分析し、(2) コンピュータでの処理手順を考え、(3) コンピュータに入力（コーディング）し、(4) 間違いが無いかな検証する、という段階を経て作成される。(3)の作業の有無は、頭の中で論理的に処理手順を考えるだけで済ませるのか、実際に自分が考えた手順をコンピュータに実行させるのかの違いとなる。なお、本論文においてはプログラムの入力に加えて、各種アプリケーションへの入力も含めてコーディングと呼ぶこととする。授業にコーディングを取

り入れることは、児童生徒にプログラミング的思考を強く促すことに繋がるが、その一方で、授業の本質から離れたことに意識を向けることにもなる。そのため、前述の要素概念単元対応表に基づいて、コーディングを伴う授業と伴わない授業の両方をその教科や単元の特性に応じて設計していくことが求められる。

2-3 授業づくりについて

2-3-1 コーディングを伴わない授業の例

図1は小学校5年生の体積の求め方に関する授業の指導案(本時案)である。この授業の題材は、体積の求め方の工夫であり、さまざまな立体の体積を工夫して求めることを目標としている。日常的に行われているこの授業においても、指導案の最右の列に示したとおりプログラミング的思考を育成できる場面が複数存在する。しかも、プログラミング的思考を導入することで授業の本質が変遷したりぼやけたりすることもなく、却ってこれらの要素を子ども達に意識させることで本時の学びを深めることに繋がる。


第5学年 数学科学習指導案			
		指導者 中津 瑠稀	
1. 単元名 体積 2. 本時の学習内容 <ul style="list-style-type: none"> 本時の題材: 体積の求め方のくふう 本時の目標p: いろいろな図形の体積をくふうして考えてみよう 3. 学習過程			
学習活動	予想される生徒の反応	指導上の留意点	プログラミング的思考
導入 1. 前時までを振り返り、本時の課題を確認する。 右のような図形の体積は何cm ³ ですか。 	<ul style="list-style-type: none"> (直方体の体積) = (たて) × (横) × (高さ) (立方体の体積) = (1辺) × (1辺) × (1辺) いくつかの長方形に分けて考えた。 体積を求めるので、体積を求める公式を使えるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> 直方体や立方体の体積を求める公式を振り返らせる。 複雑な図形の面積はどのように求めたか問う。 問題を解決する手順を説明させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○抽象化 複雑な図形の面積の求め方と関連付け統合的に捉える。 ○分解① ・2つの直方体に分ける ・直方体の体積をそれぞれ求める ・2つの直方体の体積を足し合わせる
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> いろいろな立体の体積をくふうして求めよう。 </div>			
展開 2. 課題に取り組む。 ・複雑な形をした立体の体積を求める。 3. 課題について別の考え方で解かせる。 4. 適用題に取り組む。 上の建物の体積をくふうして求めてみましょう。 ・日常的な事象を題材とした問題について考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦に線を入れて2つの直方体に分けて考える。 横に線を入れて2つの直方体に分けて考える。 つぎたして大きい直方体から小さい直方体を引く。 この考え方を使えば別の形の図形の体積も求めることができる。 3つの直方体に分けて考える。 つぎたして大きい直方体の体積から小さい直方体の体積を引く。 つぎたして解くときは、2つの直方体の体積を求めればよい。 他の立体の体積も求めることができるかと考える。 	<ul style="list-style-type: none"> どのように分ければいいのか問う。 机間巡視する。 別の解き方はないか問う。 式と図形を関連づけて指し示しながら説明させる。 いくつかの直方体に分けて解く場合と、つぎたして解く場合の両方について考える。 机間巡視する。 3つの直方体に分ける解き方、つぎたす解き方のどちらがよりよい解き方か考えさせる。 身の周りにあるものの体積も同じような考えで解けるか問う。 	<ul style="list-style-type: none"> ○順序立て① 複雑な形をした立体の体積の求め方を説明する。 ○分解② ・直方体をつぎたす ・直方体の体積をそれぞれ求める ・大きい体積から小さい体積を引く ○順序立て② 順序立て①に同じ。 ○一般化① 課題を踏まえ、類題に取り組むことで適用範囲を広げる。 ○分解③ 分解①、②と同じ ○順序立て③ 順序立て①に同じ。 ○評価 ・いくつかの直方体に分ける解き方 ・つぎたす解き方 どちらがよりよい解き方が考える。
終末 4. 本時の振り返り。	<ul style="list-style-type: none"> 複雑な形をした立体や日常にある事象も分けたり、つぎたしたりすることで、体積を求めることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習からわかったことなどを記述させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般化② 複雑な立体もいくつかの立体に分けて考えることで、簡単に体積を求めることできることに気づかせ適用範囲を広げる。
<ul style="list-style-type: none"> 教科書: 啓林館「わくわく算数5」 			

図1 小学校5年生「いろいろな立体の体積をくふうして求めてみよう」の学習指導案

2-3-2 コーディングを伴う授業の例

図2はScratch(<https://scratch.mit.edu/>)を用いて作成された一次関数のグラフを描画するプログラムである。中学校1年の一次関数のグラフの授業では、図のようなx-y平面に一次関数に対応した点を打つプログラムを作成することで、一次関数のグラフが直線で構成されていることを視覚的にわかりやすく伝えるとともに、グラフを描画する手順を考えることを通してプログラミング的思考の育成を図ることができる。

図の左側の赤枠で括られたブロック中の数値を変えることで描画するグラフの細かさを調整できる。例えば、「xを10にする」「yを10にする」「nを18にする」としてプログラムを実行することで、図右側のような青色の点から構成されるグラフが描画される(図中①)。次に「xを5にする」「yを5にする」「nを36にする」として実行すると少し点の間隔が狭まったグラフが描画され(図中②)、さらに「xを2にする」「yを2にする」「nを90にする」とすると直線のグラフが描画される(図中③)。徐々に直線になることでグラフが点の集合であるという感覚が視覚的にわかりやすくなる。また、このプログラムを理解することで、一次関数の点を打つという動作が「ペンを下ろす」、「ペンを上げる」、「ペンをx軸方向に○移動する」、「ペンをy軸方向に○移動する」という複数の動作に分けて考えられていることへの理解に繋がる(分解)。さらにグラフの描画の手順を順序立てて考え、考えた手順を他の一次関数や二次関数などのグラフの描画に応用できることを理解することに繋がる(一般化)。ここで取り上げた様な一次関数のグラフは、ExcelやGeoGebra(<https://www.geogebra.org/?lang=ja>)などを利用することでより簡単に描画できる。しかし、Scratchのようなプログラミング言語を利用することで、プログラミング的思考及びプログラミング技能の育成に寄与する授業に繋がる。

本章ではプログラミング的思考の育成を意図した授業について、プログラミング的思考の要素概念と単元との対応関係を表す要素概念単元対応表について説明し、それに基づいた授業例を二つあげた。これらの授業に関する指導案や板書計画、ワークシート等はGoogle Workspace for Educationを用いてMulti-Media Text Setsの形で作成している。なお現状では全ての単元の授業案を提案できているわけではなく、その充実が今後の課題となっている。

3. プログラミング教育に携わる教員に求められる資質能力について

この章では、前章で述べたプログラミング的思考やプログラミング技能を育成する授業を担当する教員に求められる資質能力について考察する。プログラミング的思考は校種を問わず教科横断的な学習場面にて修得させることが求められることから、校種や教科を問わずこれからの教員には以下の様なプログラミング教育に関わる資質能力が求められる。

- ① PCやタブレットの基本操作ができる。
- ② インターフェースやネットワークを含めてICTに関する基礎知識を持っている。
- ③ 小中高等学校に跨がったプログラミング教育のねらいや系統性について理解している。
- ④ プログラミング的思考について理解しており、自らがプログラミング的思考を活用できる。
- ⑤ 小中高等学校の授業で一般的に活用されているプログラミングツールやアプリを知っている。
- ⑥ 自分が担当する教科のどの単元でどのようなプログラミングツールやアプリを導入すれば効果的か考えることができる。
- ⑦ ビジュアルプログラミング言語、マイコンやロボット教材に関する知識を持っている。
- ⑧ 他人が作成したプログラムを理解して、自分の授業に取り入れるために改良することができる。
- ⑨ 各教科等の授業でプログラミング的思考を育むことができる。
- ⑩ プログラミングを学習活動に取り入れることで、各教科等の学びを充実させることができる。

①②についてはプログラミング教育に限らずGIGAスクール構想における一人一台端末の環境では教員にとって必須の資質能力となっている。③④⑤は小学校・中学校・高等学校を通して継続的なプログラミング教育の実践のために必要とされる。⑥⑦⑧はプログラミング的思考や技能を扱う授業を円滑に進めるために必要とされる。総合的な学習の時間や総合的な探究の時間の実施を考えた場合、中高の情報系教科以外の教

員も⑦のマイコンやロボット教材に関する知識は最低限持つておくことが望まれる。コーディングを伴う授業を実施する場合に、担当教員が一からプログラミング教材を作成することは非現実的であるため、誰かが作成したプログラミング教材をそのまま、あるいは一部改良しながら活用することになる。そのために⑧の能力が求められる。⑨⑩についてはプログラミング教育のねらいそのものである。このような資質能力が教員に求められていることは、近年、複数の都道府県等の教員採用試験において、IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）が実施する IT パスポート試験や基本情報技術者試験の合格者に対して加点がなされていることから明らかである。

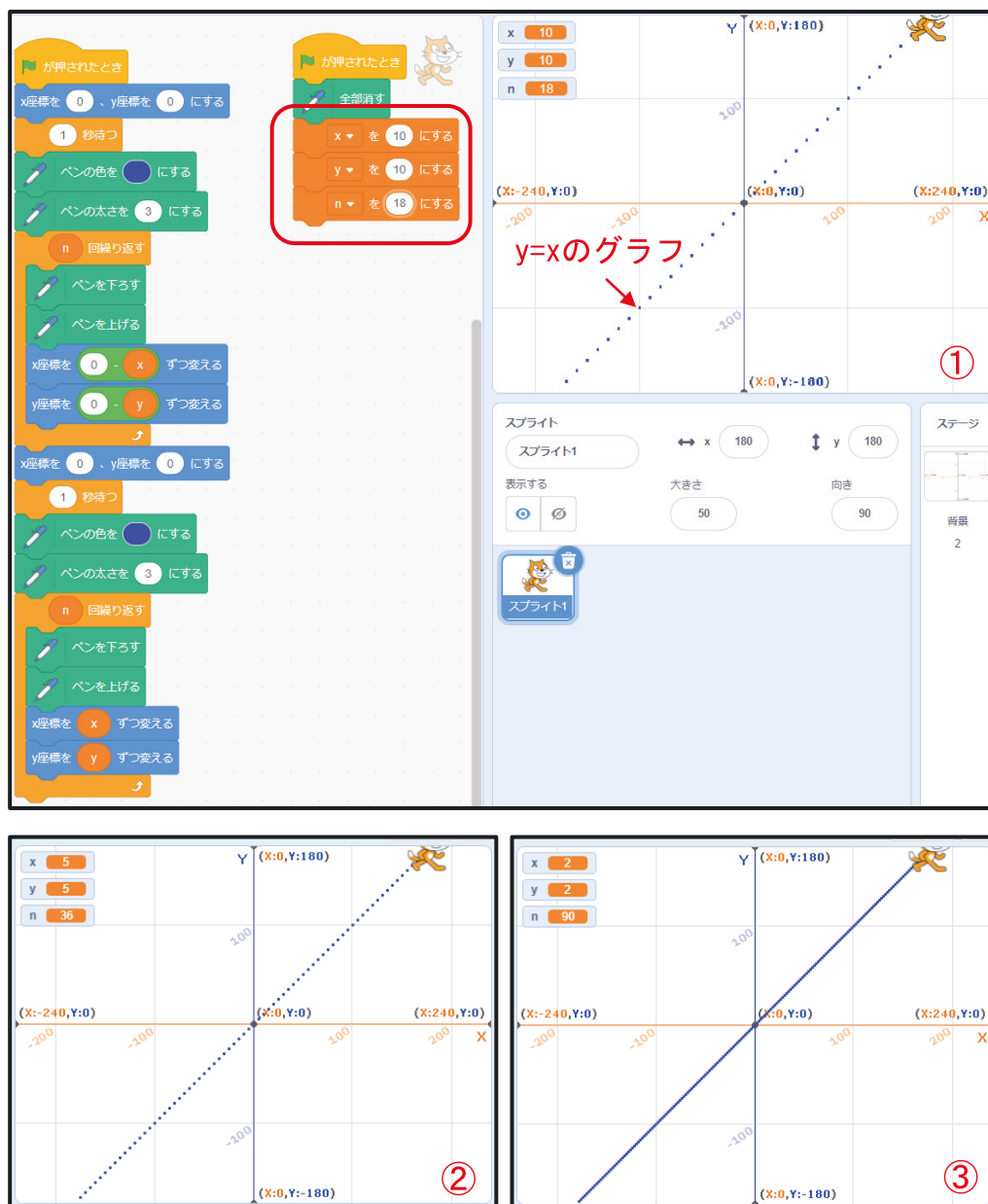


図2 一次関数のグラフを描画するプログラム

おわりに

本論文では、算数・数学の授業づくりを通して、プログラミング的思考を育む授業について授業構成や取り上げるべき学習内容、及び、教員に求められる資質能力について検討してきた。プログラミング教育について校種別の概要とプログラミング的思考について述べ、その後、プログラミング的思考の育成を意図した授業づくりについて、小学校算数および中学校数学の授業を例に取り上げて説明した。最後にプログラミング教育に従事する教員に求められる資質能力について考察した。今後の課題として、作成している算数・数

学の授業の指導案の充実、それら以外の教科についてのプログラミング的思考を育成する授業作りを検討することが挙げられる。さらに、教員として求められる資質能力を育成するための教員養成及び教員研修のカリキュラムと教材作りも必要とされている。効率のよい協働作業や手間の掛からない成果物の配布を考えると、今後は学校を跨ぐ形で、Google Workspace for Education のようなクラウドサービスを活用した授業づくりが標準的になっていくことが望まれる。

本研究の推進に関して、本学部情報教育コース令和二年度卒業生中津瑠稀氏、同令和三年度卒業生木村海斗氏、高川翼氏より多大なる助力を得た。ここに感謝の意を表す。また研究の一部は、JSPS 科研費 19K03082 の助成を受けたものである。

引用文献

- 1) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第三版），2020，https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf（2022年5月アクセス）。
- 2) 文部科学省：教育の情報化に関する手引－追補版－（令和2年6月），2020，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00117.html（2022年5月アクセス）。
- 3) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編，2017。
- 4) 中田充・森寛文・藤本満士・鷹岡亮・葛崎偉：プログラミング教育に求められる教員の資質能力と教員研修に関する考察，信学技報，vol.119，no.236，ET2019-38，p33-38，2019。
- 5) 文部科学省，総務省，経済産業省：小学校を中心としたプログラミング教育ポータル，<https://miraino-manabi.mext.go.jp/>（2022年5月アクセス）。
- 6) やまぐち総合教育支援センター：教科等の見方・考え方を働かせる授業づくり研修モジューループログラミング的思考の要素を生かしてー，https://shien.ysn21.jp/teacher/shien/programing_tekisikou.html（2022年5月アクセス）。
- 7) 中田充・鷹岡亮・葛崎偉：持続的なプログラミング教育のための教員支援に関する考察，教育システム情報学会研究報告，34(6)，15-22，2020。
- 8) 田中良研・伊達寛幸・中田充：小学校2学年におけるプログラミング教育の実践：スクラッチ Jr を活用したアニメーション物語の作成，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.46，p157-166，2018。
- 9) 田中良研・中田充：Ozobot 2.0 Bit を用いたプログラミング教育の実践，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.48，p151-160，2019。
- 10) 山口県教育庁：山口県小学校プログラミング教育ポータルサイト，<https://shien.ysn21.jp/joho/cgi-bin/wp2/wp/>（2022年5月アクセス）。
- 11) 田中良研・中田充：小学校におけるアンプラグド形式のプログラミング教育実践，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.49，p11-20，2020。