

プログラミング教育低年齢化に関する諸課題について

松永 豊

情報教育講座

Issues in Programming Education for Lower Grades

Yutaka MATSUNAGA

Department of Information Sciences, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

1. はじめに

近年、コンピュータを取り巻く技術の進化はさまざまのものがあつた。従来、人間にしかできないと思われていた分野においてもAIが活躍し、様々なものが自動化されつつある。現在は、あらゆる分野におけるAI化が急速に進んでいるため、AI開発の人材は奪い合う状態である。そのため、多くの国では国家レベルで人材育成に力を注いでいる。

日本でも学習指導要領の改訂により2020年度から小学校でプログラミング教育が必修化されたことは周知の通りである。また、2021年度、2022年度からは中学校・高校でも順に改訂された学習指導要領の本格実施が始まっているが、中学校技術においてはプログラミング教育が大幅増量、高校情報においては情報Iでのプログラミングの必修化、情報IIでも増量など、概して、プログラミング教育は重要化、なおかつ、低年齢化していると言える。

新学習指導要領本格実施のスタートはすでに切ったわけだが、同じタイミングに新型コロナウイルスが蔓延し、社会が大混乱したため、残念ながらスムーズなスタートが切れたとは言い難い。新型コロナウイルス蔓延の影響は様々な分野に及んでいるが、教育分野においても大きな影響を与えた。ソーシャルディスタンスを保つために対面授業での制限が発生する中、遠隔授業の可能性を模索するためにGIGAスクールを前倒しするなど、結果論的に一人一台端末、高速通信環境、クラウドサービスの利用への移行が進んだ側面もあった。

AI開発を担うことができるプログラミングスキルの習得という観点からは、最終的には実用プログラミング言語の習得が目標になることは言うまでもないが、小学校、中学校、高校においては当然のことながら教育目標がそれぞれ異なる。小学校プログラミング教育などにおいてはプログラミング的思考の習得が謳われており、アンプラグド、すなわちコンピュータを使わないプログラミング教育も許されている。中学校

技術におけるプログラミングではWEBなどを想定した双方向通信やセンサー機器を想定した計測制御など、比較的ハードウェア寄りの内容も学習目標に含まれている。また、高校においては実用的なプログラミング習得だけではなく、共通テスト対策としての側面も無視できない。

プログラミング教育に限らず、ICTを活用した授業設計においてはタブレットやネットワークを使うなど、大抵の場合、専用のICT機器やインフラなどの道具の使用が前提となる。教育において道具が使われることはよくあるが、ICTを使用した教育で使われる道具は一般的な道具と比べて特殊な性質を抱えているため、授業構築が極めて独特になるケースも多く、また、指導者側にも意識改革、いわゆる学びの転換が求められることも多々ある。

このようにプログラミング教育の低年齢化が進んでいることは疑いようがないが、「比較的若いうちからプログラミング教育を始める」と一言で言っても、関係する技術は膨大で、問題解決のために着手しなければならない分野も広範囲である。筆者は過去様々なプロジェクトにおいてプログラミング教育の低年齢化に関する研究を行ってきており、現在も継続中であるが、直面した問題に関しては大小様々で、色々な提唱や実践研究等を行ってきた。また、今後解決しなければならない課題なども多数残されている。

そこで本研究では、プログラミング教育の低年齢化に関して必要となる技術や課題等を再確認し、現在までの取り組みの一部を紹介する。さらに内在する問題や今後取り組むべき方向などについての考察を目的とする。

2. プログラミング教育に必要なこと

まずは、過去、筆者が小学校などを中心に進めてきたプログラミング教育プロジェクトの外観を紹介しておく。2016年度には学内のプロジェクト経費（学長裁

量経費)、2017年度には科研費(JP17K00970)、2020年度には科研費(JP20K03207)が採択されたこともあり、共同研究者とともに様々な提言や研究等を行ってきた。主なものは以下の通りである。(現在研究中のひな形となる関連研究も含まれる。)

- A) プログラミング的思考力とは何か、教えるべきプログラミングとは何か、など、授業内容に関する情報収集・および提言等 [1] [2] [3] [4]
- B) カリキュラム設計, および, 小学校への提案 [3] [5] [6] [7] [8] [9]
- C) 教育現場での実践と検証 [3] [6] [7] [18]
- D) 教育現場で実践する学生(メンター)の育成 [7]
- E) 現役教員に対する研修機会の提供(教員免許状更新講習) [10]
- F) 教員養成課程での授業設計, および, 授業実践 [2] [10]
- G) シームレスなプログラミング指導, および, 生涯教育を視野に入れた教材開発 [11] [12] [15] [19]
- H) 遠隔指導, および, プログラミング教育サポートシステムの開発 [13] [14] [17]
- I) Society5.0を踏まえたプログラミング教育 [16]

プロジェクトでは本学学生を小学校に派遣してプログラミング授業を行った。知立市, 刈谷市, 安城市, 豊田市, 高浜市, みよし市, 名古屋市など20を超える小学校の協力を得られて実践授業を行った(現在進行形のものもある)。その他, 学校や自治体でのプログラミング研修会(勉強会)なども複数実施した。

それらを踏まえたうえで, 小学校・中学校・高校などでプログラミング教育を行う上で困難となる事柄や概念について様々な角度から考察してみたいと思う。

3. 道具としての特性の確認

教育においては様々な道具が使われる。顕微鏡や跳び箱のように教科との関連性が高い道具もあれば, 文房具のように教科問わず広範囲で使用されたり日常的に使用されたりする道具もある。一般的に顕微鏡や跳び箱のような専門性が高い道具に関しては, 教科の中で正しい使い方の指導を受けた後に使うべきである。また, 安全性などを考慮して, 必要に応じて道具自体の仕組み等を知ることも教育の重要な役割となるし, 適切な年齢になるまでは敢えて使わせないなどの使用制限も重要となる。一方, 鉛筆や消しゴムのような一般性が高い道具に関しては教科横断的に学習機会があるとも言えるが, 基本的には比較的単純な道具(例えば顕微鏡に比べて)であることが多い。そのため, 一般的な道具ほど低学年で習得させる可能性が高い。

図で示すように一般的な道具に関しては道具自体や取り扱い等が複雑になるほど教科への依存度が高くなる

傾向がある。また, 教科依存度が高い取り扱いが複雑な道具は比較的高学年で学習することになる。それらを鑑みてみれば, 道具における教科依存度と道具自体(あるいは取り扱い)の複雑度の間では相関関係が見られるのが一般的である。(なお, 算数お道具箱の中の道具は算数で使う意味では教科依存度が高い道具だが, 図においてはおはじきやサイコロなどが元々すごろくやテーブルゲームなど教科とは関係がないゲーム等で使われる道具であることを想定している。)

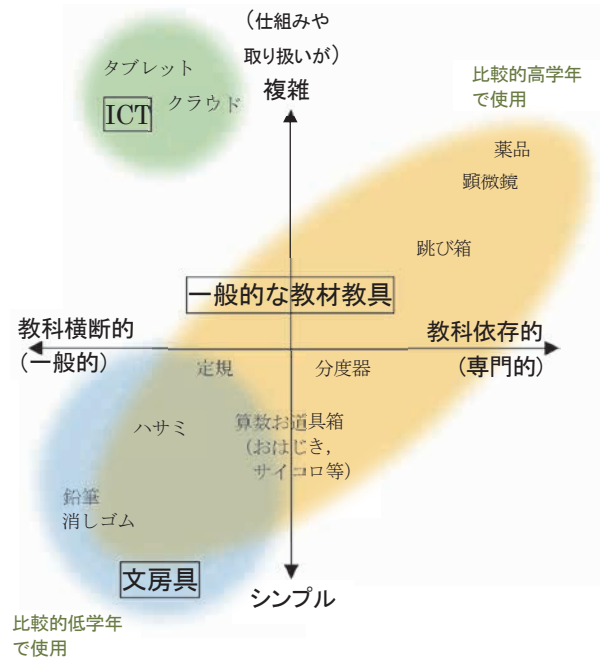


図 1. 授業等で使用される道具

さて, プログラミングに限らずICTを活用した授業設計においてはタブレットやネットワークなど専用の道具を使うことになるが, これが極めて特殊である。電子計算機が登場してからまだ一世紀経っていないが, この間, コンピュータは劇的に進化を遂げ, 現代社会においては使用される分野は限定されずありとあらゆる分野で利用されている。また, 小型化も進みスマホなど生活の一部として常備する機器となった。すなわち, 位置付け的には文房具と同じレベルの身近な道具となった。一方で技術的には極めて高レベルの複雑さを有する道具である。つまり, 一般的な教材教具から明らかに逸脱した特性を持っていることがわかる。

この結果, 教育分野においては極めて複雑怪奇な現象が起こる。すなわち, 本来低学年で教えるべき要素と本来高学年で教えるべき要素の両方を満たす道具となっている。つまり, トラブル対処が劇的に難しい道具をなるべく低学年のうちから使わせていることになる。当然のことながら, 一度トラブルが起こってしまえば, そのしわ寄せは教師サイドが被る構造になっている。

それを踏まえ, ICTを活用した授業においては, 教

師自身の意識改革，すなわち「学びの転換」が必要不可欠である。これまでの教師が教える教育から，児童生徒が自ら学ぶ学習への変換を授業設計の段階で行わなくてはならない。さらに言えば，すべて完璧に準備してから授業に臨むのではなく，教師も児童生徒と混ざって一緒に学んでいく方法を採用する必要がある。特に自由度が高い課題の場合，まれにずば抜けて能力が高い作品が提出されることがある。将来が頼もしいという意味では教師としては嬉しい反面，教える側・教わる側の立場が簡単に逆転することになる。つまり，それを認める前提の授業設計を行わないと，教師サイドがプレッシャーで押しつぶされることになる。すなわち，学びの転換に関する研究を一層進めなくてはならない。

4. 小，中，高，大との接続について

次に，小学校，中学校，高校，大学との接続について確認してみよう。それぞれの校種によって求められるものが異なるため，一切工夫しないままだと接続がうまくできず断絶してしまう。それぞれの校種における目的をハッキリさせてから検討・議論することが望ましい。

まず，小学校におけるプログラミング教育について再確認しておこう。海外ではICT専用の科目を持つ国も少なくはないが，日本の小学校の場合，ICT専用の教科は存在せず，既存の教科の中でプログラミング教育を行う，いわゆる教科横断的な指導が基本となっている。また，小学校においてはプログラミング言語の習得が目的ではなく，プログラミング的思考力習得が教育目標になっている。また，コンピュータを使わないプログラミング教育，いわゆるアンプラグド・プログラミング教育が認められており，特に低学年におけるプログラミング教育として注目されている。

次に，中学校技術におけるプログラミング教育について考えてみる。中学校技術では「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」および「計測・制御のプログラミングによる問題の解決」という極めて具体的な内容が教育目標として定められている。ネットワーク双方向性コンテンツに関してはWEBプログラミングなどが視野に入っているものと考えられる。その場合，例えばHTMLを演習内容として多かれ少なかれ扱う可能性が高い。理由は他のプログラミング言語，例えばPythonやJavaScriptを用いた場合でも出力としてHTMLコードを吐き出すプログラムを作成することが多いからである。例えば，Pythonのライブラリを使えばサーバ不要なWEB通信プログラムを作成することができるが（図2参照），このプログラムの動作環境はブラウザ上になるため，HTMLコードをその

まま文字列として扱ったり出力したりしていることが見て取れると思う。

```
from flask import *

app = Flask(__name__)

# トップページ
@app.route('/')
def index():
    html = '''
    <form action="/ans" method="post">
    好きな季節は？<br>
    <input type="radio" name="radio1" value="春">春</input>
    <input type="radio" name="radio1" value="夏">夏</input>
    <input type="radio" name="radio1" value="秋">秋</input>
    <input type="radio" name="radio1" value="冬">冬</input>
    <br><br>
    好きな色は？<br>
    <input type="radio" name="radio2" value="赤">赤</input>
    <input type="radio" name="radio2" value="青">青</input>
    <input type="radio" name="radio2" value="黄">黄</input>
    <input type="radio" name="radio2" value="ピンク">ピンク</input>
    <br><br>
    <input type="submit" value="OK">
    </form>
    '''
    return html

# データ入力があった時の処理
@app.route('/ans', methods=['POST'])
def ans():
    r1 = request.form['radio1']
    r2 = request.form['radio2']
    html = 'ans({}, {})' .format(r1, r2)
    with open('data.txt', 'a', encoding='utf-8') as f:
        print(' {}, {}'.format(request.remote_addr, r1, r2), file=f)
    return html

if __name__ == '__main__':
    app.run(host='0.0.0.0', port=80, threaded=True)
```

図2. ライブラリを使ったシステムの例

また，もう一方の計測制御プログラムについてだが，これはセンサーなどを搭載した実機（ロボット等）が実質的に必要となることを意味する。教育用ロボットとして古くから研究されているものとしてレゴマインドストームがある。レゴの良いところは，ソフトウェアとしてのプログラミングだけではなく，レゴブロックの物理的な組み換え，すなわち，ハードウェアレベルでの再構成が可能な点である。しかしながらワンセットが比較的高価であるため，生徒一人一人に行きわたらせることは困難であり，グループ学習が前提となることも多い。

このように中学校のプログラミング教育に関しては，ハードウェア寄りの内容となっている。すなわち，PCやタブレットだけではなく何らかのハードウェアを別途用意することが前提となる。そこで，筆者らが主に手掛けた環境としてはmicro:bitを用いたプログラミング教育である。micro:bitは比較的安価なので一クラス分（40台程度）であれば一人一台を用意することも可能なレベルである。また，開発環境としてビジュアルプログラミング（ブロックプログラミング）環境であるMakeCodeとPythonやJavaScriptといった実用的なテキストプログラミング言語の両方が利用可能であるため，小学校ではMakeCodeを用いて演

習，中学校ではPythonを用いて演習など，小学校－中学校の接続に関しても期待できる点が嬉しい。さらに言えば，Rover系のオプションも豊富なため，レゴのような柔軟性はないものの，ロボットカー演習などを視野に入れることも比較的優しい。

次に高校情報であるが，情報Iでプログラミング教育が必修化された。また情報IIまで選択する場合，かなり高難易度なプログラミング実習を行うことになる。いずれにせよ，小学校，中学校でプログラミング教育を受けた生徒が進学してくるため，それなりの難易度の演習が求められることになる。

また，他教科等の学習に役立つかという観点も重要である。教科を持たない小学校においてプログラミング教育が教科横断的学習になることは当然ではあるが，高校においても他教科等の学習に役立つよう履修学年や課題の選定，指導計画の作成等を工夫するよう謳っている。

これらを踏まえるとある程度実用性のあるプログラムを作る演習課題が重要となるかもしれない。例えば，ローカルネットワークで接続されているPCやタブレットを使ってクラス間でアンケート集計をし，データ解析をしたりグラフ化したりする演習などが考えられる。その場合，先ほどの図2を元に，データ入力があった際の処理の部分でデータベースに接続するように改造したり，集計後のデータを加工したりグラフ化したりすれば複数の単元が一気に学習できる演習となる。

以上のことをまとめると表1のようになる。

表1. 小，中，高におけるプログラミング教育

項目\校種	小学校	中学校	高校
教科・科目	教科横断的	技術 D情報の技術	情報 情報I(必修) 情報II(選択)
主な教育目標	プログラミング的思考	ネットワーク双方向性コンテンツ，計測制御プログラミング	実用的プログラミング，教科横断的スキル
独自の特徴等	アンプラグド可，ビジュアル(ブロック)プログラミング	ハードウェア寄りの内容	テキストプログラミング データベースとの連携など
接続についての工夫	ロボットプログラミング	テキストプログラミング	共通テスト対策
主なプログラミング言語(開発環境)	Scratch, VISCUIT, micro:bit (MakeCode)	HTML/CSS, JavaScript, Python, LEGO Mindstorms, micro:bit(Python)	Python, VBA, JavaScript,

小学校ではプログラミング的思考力の育成が目的でプログラミング言語習得が教育目標になっていない

が，中学校技術および高校情報に関しては，ハードウェア制御や，応用的プログラミングなど，一定範囲内でのプログラミング言語習得が前提になっている。しかしながら，プログラミング言語は限定されていないため，どのプログラミング言語を用いるか学校側で選択しなくてはならない。これは，どの教科書を用いるか，どのようなハードウェアを用意するかなどによってやや必然的に決まるかもしれないが，いずれにせよ，何かをチョイスしなくてはならない。この際，大きな要因となるのが小中高の接続である。どれも一長一短なので特定することは難しいが，ライブラリが充実しているPython辺りを使用することが広範囲に対応できるため無難かもしれない [15]。また，共通テストで用いられることが予想されている疑似プログラミング言語 DNCL2(仮称)が比較的Pythonの文法に近づいていることも決め手になるかもしれない。

5. 関連技術について

プログラミング教育が必修化されたり大幅拡充されたりした背景には第四次産業革命やSociety5.0と呼ばれるような大幅な社会環境の変化が原因ではあるが，これを踏まえ，学校教育におけるSTEAM教育の重要性が叫ばれている。また，先にも述べたように他教科や他の単元との重なりは校種問わず重要である。

そこで，現在はAI技術を利用したロボットプログラミングやデータサイエンスにおけるプログラミングの活用などの研究を積極的に行っている [16]。

また，GIGAスクールが前倒しになったことで一人一台端末環境が整いつつあるが，そもそもの原因である新型コロナウイルス蔓延防止対策のような教育そのものが停止してしまう危機に際して，今後は遠隔指導も視野に入れたハイブリッド授業やハイフレックス授業に関する研究も重要となると考えている [17]。

6. 考察

プログラミングは言語一つとっても「どのプログラミング言語が最も優れているか」的な議論をすれば，大激論が巻き起こることが歴史上よく知られている。無論，扱いたいテーマや目的によって向き不向きがあるのでその都度異なることではあるが，どちらでも対処可能な2つの言語があった場合，最終的には個人の好き嫌いレベルになることも多い。これは，必ずしも論理的な裏付けとは関係なく，それこそ好きな野球チームの応援のごとく，理屈ではないバトルが展開されることも多い。特に教育の世界の場合，仮に優劣がはっきりわかるとしても，一つの言語を深く学ばせるのか複数の言語を広く学ばせるのかどちらが良いか賛否わかれる場合も多い。一つの言語で済ませられるほ

うが指導者側の負荷が一見減ると思われるかもしれないが、扱うテーマや規模によってこれは必ずしも正しいとは言えない。

例えば、低学年でも比較的扱いやすいScratchを考えてみる。恐らく初学者は他のテキストプログラミング言語よりスムーズに習得できるだろう。しかしながら、プログラムの規模が大きくなるとかえって面倒になることもある。無理やり目的のものが作れなくは無いかもしれないが、他のプログラミング言語で作成したほうが圧倒的に楽な場合もあり得る。(筆者はこれをスクラッチ縛りと呼んでいる。)

このように教育においては何が正解か必ずしも言えないことがプログラミング学習を取り巻く環境を複雑にさせているのかもしれない。

7. まとめ

以上、本研究では小学校・中学校・高校でのプログラミング教育や、現在までに行われている取り組みについていくつか紹介し、今後の取り組みに向けての考察を行った。

小学校・中学校・高校でのプログラミング教育において、アンプラグド、ビジュアルプログラミング、テキストプログラミング、PC・タブレットのみ使用、専用ハードウェア使用、教科との連携、Society5.0との絡みなど、様々な点に注意しなければならない。今後も様々な角度からの実践研究が望まれる。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(JP20K03207, 代表:松永豊)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 低学年向け教育を意識した情報科学教材に関する一考察, 松永豊, 愛教大研究報告. 教育科学編, 68輯, 103-108, 2019
- [2] ICT活用指導力アップ, 梅田恭子, 齋藤ひとみ, 高橋岳之, 松永豊, 野崎浩成, 福井真二, 書籍, 実教出版, 2019
- [3] プログラミング教育における教育課程基準の検討と実践, 磯部征尊, 日本教育公務員弘済会研究成果報告書, 2018
- [4] 小学校プログラミングの指導法に関する一考察, 松永豊, 愛教大研究報告. 教育科学編, 66輯, 157-161, 2017
- [5] 演劇的手法を用いたアンプラグド・プログラミング教育:ものづくりフェスタでの実践, 齋藤ひとみ, 野々垣真帆, 愛教大研究報告. 教育科学編, 68輯, 95-101, 2019
- [6] 児童のプログラミング的思考の育成を目指した設計シートの開発, 梅田恭子, 米澤和志, 齋藤ひとみ, 松永豊, 磯部征尊, 日本情報科教育学会, 2019
- [7] 小学校プログラミング教育におけるメンター育成および実践授業について, 松永豊, 磯部征尊, 梅田恭子, 齋藤ひとみ, 愛教大教職キャリアセンター紀要3, 75-80, 2018
- [8] プログラミング学習における児童の自己評価と他者評価, 齋藤ひとみ, 梅田恭子, 松永豊, 磯部征尊, 日本教育工学会研究報告集, 71-75, 2018
- [9] 新聞制作の体験を通して情報活用の実践力に関する指導案作成の基礎的な力の育成を目指す授業実践, 花田祐治, 梅田恭子, 江島徹郎, ほか4名, 日本NIE学会誌(11), 55-65, 2016
- [10] 教員を目指す学生に対するプログラミング教育の指導法について, 松永豊, 梅田恭子, 齋藤ひとみ, 磯部征尊, 愛教大教職キャリアセンター紀要4, 91-96, 2019
- [11] ネットワークを用いた双方向性のあるプログラミングの教材開発, 本多満正, 愛教大研究報告. 創作編, 67(2)輯, 15-19, 2018
- [12] 教科情報における日本語プログラミング言語を用いた授業実践, 高橋岳之, 近藤泉, 山田果林, 愛教大研究報告. 自然科学編, 67(1)輯, 11-14, 2018
- [13] マイクロソフトワードの利用に関する課題, 中西宏文, 愛教大研究報告. 教育科学編, 67(1)輯, 185-189, 2018
- [14] プログラミング授業支援システムとトラブル軽減について, 松永豊, 愛教大研究報告. 自然科学編, 65輯, 19-23, 2016
- [15] 小学校・中学校・高等学校間の接続を考慮したプログラミングの授業の提案, 安本太一, 磯部征尊, 梅田恭子, 鎌田敏之, 齋藤ひとみ, 松永豊, 情報教育シンポジウム, 8月, 36-43, 2021
- [16] テクノロジーとエンジニアリングの教室 第1巻, 日比野浩規, 景井美帆, 松永豊, 山崎貞登, 磯部征尊, 日本産業技術教育学会 実践事例集, 2021
- [17] 遠隔講義を視野に入れたICT実践授業について, 松永豊, 愛教大研究報告. 教育科学編, 70輯, 135-138, 2021
- [18] 教材の違いによるプログラミング教育の学習効果の比較, 齋藤ひとみ, 大場光樹, 松永豊, 愛知教育大学研究報告, 教育科学編, 71, p.116-124, 2022
- [19] 画像認識AIの判別処理の仕掛けを学ぶ中学生向け教材と指導法の開発, 秋山政樹, 本多満正, 愛知教育大学教職キャリアセンター紀要7, 151-157, 3, 2022

(2022年9月26日受理)