

# 小学校から高等学校までのプログラミングの授業のロードマップの提案

安本 太一

情報教育講座

## A Proposal of the Roadmap for Programming Classes from Elementary School to High School

Taichi YASUMOTO

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

### 1 はじめに

新しい学習指導要領が、小学校では2020年度から完全実施、中学校では2021年度から完全実施、高等学校では2022年度から学年進行で実施される[1, 2, 3]. 情報教育・ICT活用教育関係では、小学校や高等学校情報科（以下高等学校という）においてプログラミングが新たに必修になった。中学校技術・家庭科技術分野（以下中学校という）においては、従来からプログラミングはあったが、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を取り上げ情報セキュリティについても充実することになった。

小学校、中学校、高等学校ともに教える内容が増えたことになるが、授業時間が増えたわけではない。このような状況では、プログラミングの学習内容の定着を目指しつつ、少ない時間でプログラミングを行う方策が必要である。

本稿では、各学校種の学習指導要領に準拠したうえで、小学校から高等学校までのプログラミングの授業を一体のものとして考えたプログラミングの授業のロードマップを提案する。各学校種間のプログラミングの授業の接続性を良くして、プログラミングの授業に必要な授業時間を抑制することを目的としている。

### 2 発案に至った経緯

筆者の出身である高等専門学校（以下高専という）は、通常は中学校卒業から7年間で要する高校段階から大学工学部レベルの教育を5年間で完成する一貫教育を行うと標榜している教育機関である。これを可能としているのは、高等学校の教育と大学の教育が一体となっているので、高専には、授業科目間の接続や連

携の良さ（例えば、高等学校の数学と大学の数学の接続の良さ、数学と専門科目との連携の良さ）や、低学年（3年生まで）への専門科目の導入があるからである。

高専で行われていることを参考に、各学校種の特性に配慮しつつ、小学校から高等学校までのプログラミングを一体のものとしてとらえて各学校種のプログラミングにおいて何をすべきなのかを考えてみることにした。隣接する学校種間のプログラミングの教材に関連性を持たせることや、上の学校種でやることを（学習指導要領を逸脱しない範囲で）下の学校種でやることがあげられる。具体的には、隣接する学校種において、プログラミング言語は異なるがプログラミングの題材は同じにする、プログラミングの題材は異なるがプログラミング言語は同じにするといったことである。

### 3 小学校から高等学校までのプログラミングの授業のロードマップ

図1に、提案する小学校から高等学校までのプログラミングの授業のロードマップを示す。

#### 3.1 小学校

小学校では、教科と関連づけたプログラミングを行う。教科としては、算数と理科をあげているが、学習指導要領解説[4, 5]に例示されているとおり、これらの教科の単元にはプログラミングと親和性が高いものがあるからである。算数と理科のプログラミングの内容は、これらの例示に添いつ中学校のプログラミングと接続できるものを選定する。

算数においては、第5学年のB図形のB(1)平面図形

1. 小学校
  - (a) 5年生：算数と関連したプログラミング  
Scratch による，正多角形の描画，円周率の計算
  - (b) 6年生：理科（物質とエネルギー）と関連したプログラミング  
micro:bitを用いて，暗くなったら点灯するLED，設定温度より気温が高くなったら回る扇風機
2. 中学校
  - (a) 正多角形の描画と円周率の計算から始めるPython 入門
  - (b) micro:bitのPythonを使った計測・制御（暗くなったら点灯するLED，設定温度より気温が高くなったら回る扇風機）
  - (c) Pythonで記述するチャットプログラム（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）
  - (d) チャットの盗聴体験（情報セキュリティ）
3. 高等学校
  - (a) Pythonで記述したチャットプログラムに暗号化通信機能付加（情報セキュリティ）
  - (b) PythonによるWebアプリケーション（ネットワーク，プログラミング，データベース）

図1：提案するプログラミングの授業のロードマップ

の性質に対応させて，ビジュアルプログラミング言語であるScratchを用いて，「線を引く」「○度向きを変える」を「繰り返す」ことによって，正多角形を描くことはもちろんのこと，円周率を求めるところまで到達することを提案する。角の数がとても多い正多角形を描くと円に近くなることを利用して，円を正多角形で近似し，円周（線の全長，一回あたり線を引く長さ×繰り返しの回数）と直径（例：y座標の最大値-y座標の最小値）から円周率を求めることができる。正多角形の描画については，よく取り上げられるので，具体的なプログラムについては省略する。

理科においては，第6学年のA物質・エネルギーの(4)電気の利用に関連して，目的に合わせてセンサを使い，発光ダイオードの点灯やモータの動きを制御するプログラミングをmicro:bitを使って行う。

発光ダイオードの点灯の制御は，micro:bit内蔵のLEDで行うのが簡便であるが，micro:bitの入出力ポートに，光センサとしての外付けLED，発光体としての外付けLEDを使用する方が，電気の利用のイメージがわかりやすい（図2参照）。micro:bitのビジュアルプログラミング言語は，図2に示すようにScratchと似ており，Scratchの利用経験があるならばすぐ使う

micro:bit(ボードコンピュータ)

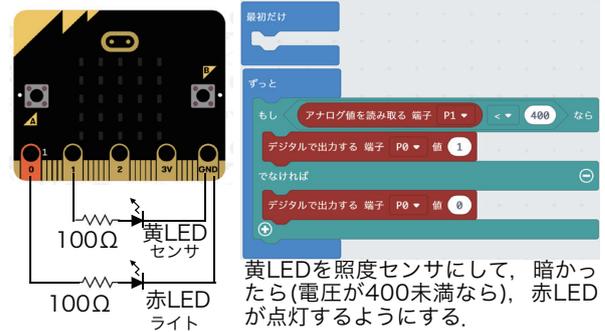


図2：暗くなったら点灯するLEDの回路とビジュアルプログラミング言語版プログラム

ことができる。実際のところ，本学の平成30年度卒業生が卒業研究の一環として，刈谷市内のある小学校で5年生時にScratchをやったことがある6年生を対象にmicro:bitを用いた理科と関連したプログラミング授業実践を行なったが難なく行うことができた。

モータの動きの制御は，LM61BIZといった温度を電圧で出力する温度センサと，FET 2SK4017等を中心に構成されるモータドライブ回路を介して接続されるモータを，micro:bitの入出力ポートに接続すれば良い（図3参照）。プログラムは，図4のようになり，センサとADコンバータを使った時にみられる数値の変換の計算をしていたり，しきい値と測定値の比較によりモータを制御していることから，中学校の計測・制御のプログラミングそのものと捉えることもでき

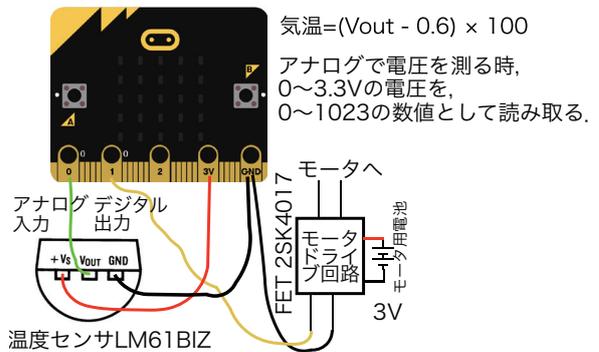


図3：設定温度より気温が高くなったら回る扇風機の回路



図4：設定温度より気温が高くなったら回る扇風機ビジュアルプログラミング言語版プログラム

る。また、数値の変換の計算は第6学年の算数のC変化と関係のC(1)比例、設定温度や気温という変数の使用は第6学年の算数のA数と計算のA(2)の文字を用いた式の実践になっている。

小学校はプログラミングを始める学校種であるので、前の学校種との繋がりとはいはないが、算数や理科と関連するプログラミングとし、既存の教科の授業との重なりを意識した、プログラミングをやることによって、平面図形の性質、比例、文字を用いた式、電気の利用の内容が、従来より、児童に定着する効果を期待している。Scratchやmicro:bitそのものについては教科の時間ではなく総合的な学習の時間に行うことによって、教科の時間を節約することも考えられる。

### 3.2 中学校

中学校技術では、ビジュアルプログラミング言語から、テキストプログラミング言語への移行をはかる。プログラムが長くなったり、高度なことを行おうとすると、ビジュアルプログラミング言語によるプログラミングでは行き詰まってしまうからである。ビジュアルプログラミング言語で無理をするよりも、高等学校でもやるからということで、テキストプログラミング言語への移行を中学校からPythonで行う。Pythonを採用したのは、変数宣言が不要など初心者扱いやすく設計されており、多くのプログラムを他のプログラミング言語より短い行数でかけるといった特徴があり、世間的にも普及してきているからである。

小学校で、Scratchで作成したプログラムを、Pythonで書き換えることから始める。算数に関連づけて行った正多角形の描画をPythonのturtleモジュールを使って行い、その延長線上で円周率の計算を行う。小学校のときの復習は少し必要であろうが、ゼロから始めるよりは所要時間が短くなることを期待できる。

続けて、小学校理科でmicro:bitのビジュアルプログラミング言語で行っていたことを、micro:bitのPython (MicroPython) によるテキストプログラミング言語で行う。micro:bitとそれに付随する電気回路はそのまま、プログラミング言語を変えるだけなので、算数と同様にゼロから始めるよりは教員による説明は短く済むことが期待される。

暗くなったら点灯するLEDのプログラムのテキストプログラミング言語版は図5のようになる。上の方は図2にそのまま対応させたもの、下の方は図4にならって変数を使ってわかりやすくしたものである。

図2と図5を対比しながら教員が説明したあと、設定温度より気温が高くなったら回る扇風機のプログラムのビジュアルプログラミング言語版(図4)を、Pythonで書き換えることを生徒にやらせよう。書き換えたものは図6のようになるが、LEDと類似点が

```
from microbit import *
while True:
    if pin1.read_analog() < 400 :
        pin0.write_digital(1)
    else:
        pin0.write_digital(0)
```

micro:bit固有の関数や変数を使うためにmicrobitモジュールをインポート(pin0, pin1などを使うために必要)

```
from microbit import *
shikiichi = 400
while True:
    akarusa = pin1.read_analog()
    if akarusa < shikiichi :
        pin0.write_digital(1)
    else:
        pin0.write_digital(0)
```

上記を変数を使って、わかりやすくなるよう、書き換え

図5: 暗くなったら点灯するLED テキストプログラミング言語版プログラム

```
from microbit import *
settei = 28
while True:
    kion = (pin0.read_analog() * 0.003 - 0.6) * 100
    if kion > settei :
        pin1.write_digital(1)
    else:
        pin1.write_digital(0)
```

図6: 設定温度より気温が高くなったら回る扇風機テキストプログラミング言語版

多いことや、温度センサの値を気温に変換する式はビジュアルプログラミング言語版の方をみれば良いことから、難易度は高くないと思われる。生徒には、テキストプログラミング言語の利点に気が付き始めてもらいたい。例えば、ビジュアルプログラミング言語において温度センサの値を気温に変換する式のようにブロックが入れ子になる場合はブロックの境目がわかりにくくなることもあり、そのような場合はテキストプログラミング言語の方がプログラミングをしやすかったことである。

最後に、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として、Pythonを使ったチャットプログラムを扱う。詳細は、参考文献[6]に譲るが、ここで示すPythonのチャットのプログラムは、C言語におけるチャットプログラムとして頻出する典型的なパターンをPythonで書き直したものであり、基本的な制御の流れは同じであるが、Pythonで記述したためC言語で記述した場合よりプログラムが少し短くなっている。教材用に作られたビジュアルプログラミング言語に固有なネットワークAPIで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を行うことも可能であろうが、後に高等学校でテキストプログラミング言語に移行した時に、世間一般的に行われている典型的な方法を学び直さなければならないのは時間の無駄であるというのが筆者の立場である。高等学校でもう一度復習することを前提に、生徒には難しいかもしれないが、中学校において

世間と同じことを行うのである。

Pythonで記述したチャットのプログラムの長さは、コメントだけの行を含めて、サーバ側が37行、クライアント側が29行であった。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のために、始めてこれらのPythonのプログラムをみるのでは生徒が困惑するだろうが、これまでにいくつものPythonのプログラムに接しているので、抵抗は少ないことが期待される。参考文献[6]で提示している(典型的な制御の流れの)チャットプログラムは半二重なのでパケットが流れるタイミングがつかみやすく、ポートミラーリング機能付スイッチングハブとネットワークアナライザソフトウェア(Wiresharkなど)を用いたパケットの観察が行いやすい。平文版のチャットプログラムは、パケットをネットワークアナライザソフトウェアで観察するとチャットの内容がみえてしまうことを生徒に体験させる情報セキュリティの授業に使うことができる。

### 3.3 高等学校

高等学校では、TCP/IPのプロトコルを学んだ上で、もう一度、平文版のチャットプログラムのパケットをネットワークアナライザソフトウェアで観察する。中学校では、適当にネットワークアナライザソフトウェアを操作してチャットのパケットを観察していたのとは異なり、プロトコル階層、ヘッダ、ペイロードを意識しながらネットワークアナライザソフトウェアを操作してパケットを観察して、平文版ではチャットの内容が見えてしまうことを改めて確認する。

その上で、中学校で扱った平文版のチャットプログラムを変更して、SSLによって実現した暗号化版のチャットプログラム[6]を教員が生徒に説明した上で生徒に動かしてもらい、パケットを観察してもチャットの内容が見えないことを確認してもらおう。暗号化版は、平文版プログラムと大まかな流れは同じだが、プログラム中で暗号化通信用の包装紙みたいなものをソケットに被せていることと、それによって観察しているパケットがどのように変わったかを、生徒に意識してもらおうと良い。中学校で扱った平文版のチャットプログラムをベースにして行うため、生徒は同じプログラムを二度みることになるので、中学校で初出の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の内容が定着することが期待される。

新学習指導要領では、プログラミング、ネットワーク、データベースの基礎が必修になった。これらをバラバラではなく関連づけて学ぶ方が、生徒に関心を持ってもらえ定着するものと思われる。関連づけて学ぶためには、図7に示すようなWebベースのアンケートシステムを扱うのが良いと思われる。

Pythonは、データベースSQLite3と簡易Webサー

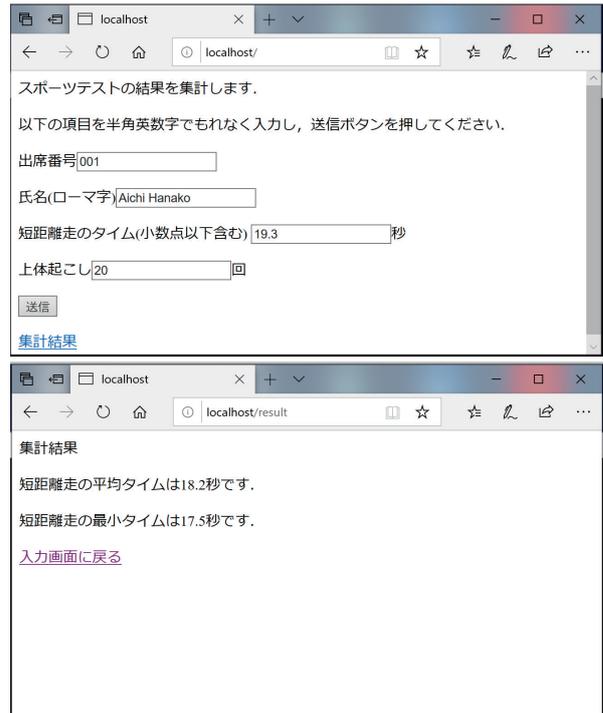


図 7: Web ベースのアンケートシステムの例

バの機能を標準で備えている。教員の準備の負担が少ないことから、Webベースのアンケートシステムを授業に扱うのに、Pythonが適している。生徒が授業の内容を引き続き自宅のパソコンで行うのも容易である。Webベースのアンケートシステムを構築するには、Bottleというフレームワーク(モジュール)[7]を使うのが良い。Bottleを使うと、ホームページのアドレスと関数を対応づけたプログラムを作成するのが容易になるからである。図に示すスポーツテストの集計の結果を集計するWebアプリケーションのPythonプログラムは、注釈やプログラムを読みやすくするための空行を含めて、80行弱の1つのファイルで記述できる。SQLを学ぶ時に使用するSQLite3のコマンドラインツールは、SQLite3純正のものではなく、LiteCLI[8]を使う方が良い。SQLの命令の結果表示が、LiteCLIの方が整然としていて初心者にとってもわかりやすいからである(PostgreSQLのpsqlと同様な結果表示が得られる)。BottleとLiteCLIは、pipコマンドでインストールできる。MinicondaやAnacondaでPythonの環境を構築した場合は、パスを通さなくてもAnaconda Promptからpipコマンドを利用できる。MinicodaのWindows版は、約72.6MBであり、ダウンロードとインストールはごく短時間で終わるので、教室にあるような再起動する度に初期化されてしまうパーソナルコンピュータにおいて授業毎にインストールしても授業進行に差し支えない。

図7の集計結果の表示は、生徒に始めに示す例題プログラムの実行結果であるので、短距離走しかない。生徒には、上体起こしの集計結果を表示させるところ

から実習を始めてもらうことを想定している。この例題プログラムをさらに生徒に改造してもらい、入力できる項目を増やしたり変更したり、入力方法にラジオボタンを導入したりして、生徒それぞれのWebベースのアンケートシステムを作成してもらうことが考えられる。

#### 4 提案するロードマップが意識していること

提案するロードマップが意識していることを、以下に述べる。

1. 小学校におけるプログラミングは、教科との関わりを基本とする。  
学習指導要領によると、小学校におけるプログラミングは教科または総合的な学習の時間の中で行うとされているので、何をやっても良いわけであるが、プログラミングを単独でやってもプログラミングが何の役にたつのか児童にはわかりにくいかもしれないとの危惧がある。  
プログラミングではないが、高専出身の筆者の経験によれば、重積分を初めて学んだのは電磁気学の授業の中であり、今振り返ると数学で初めて重積分を学ぶよりは重積分の必要性がわかって学べて良かったとの想いがある。
2. 高等学校で、可能な限り、テキストプログラミング言語によるプログラミングを定着させる。  
そのために、中学校の段階からテキストプログラミング言語を導入する。高等学校で初めてテキストプログラミング言語を導入しても、生徒がテキストプログラミング言語に接する時間が十分でなく、定着しない恐れがあるからである。中学校の段階でテキストプログラミング言語を完全に理解できない生徒もでてくるだろうが、高等学校でもう一度やるからフォローできるという前提である。
3. 学校種の間で、なんらかの重なりを持たせる。  
中学校では、テキストプログラミング言語によるプログラミングに移行するが、小学校で扱ったのと全く同じ題材、すなわち、正多角形の描画、円周率の計算、暗くなったら点灯するLED、設定温度より気温が高くなったら回る扇風機をそのまま扱う。  
高等学校では、中学校の平文版チャットプログラムに手を加えて暗号化対応にするところから始める。  
このように重なりがあれば、続く学校種（中学校や高等学校）では、前の学校種の復習から始めることになるだろうから、前の学校種の内容が不確かだった生徒のフォローになる。題材そのものの

説明に必要な時間は、短くてすむ。

4. 高等学校のプログラミングの目標を、実用的なアプリケーションの一つであるWebベースのアンケートシステムにもっていき、それを可能にするプログラミング言語を選定した。そして、高等学校から逆算して、中学校、小学校のプログラミングの授業内容を考えた。  
今日、高等学校が、実質、義務教育となっていることを考えると、生徒によっては高等学校がプログラミングを学ぶ最後の機会である可能性がある。教育用ではなく世間で使われているプログラミング言語で、コンピュータ、ネットワーク、データベースの良さが実感できる一定レベルのプログラムを作成できることを目指した。高等学校へ進学しない生徒の事も考慮し、中学校から世間で使われてれているテキストプログラミング言語によるプログラミングを導入した。

#### 5 まとめ

筆者は、2019年度、勤務先の愛知教育大学において、3つの教員向け公開講座、プログラミング入門～算数との関わりと中心に～、プログラミング入門～小学校理科との関わりを中心に～、中学校高等学校教員のためのPythonにおけるプログラミング入門を行った。そのようなこともあって、小学校、中学校、高等学校のプログラミングの授業を一通り考えてみた。その中で、小学校ではこのようにやっている、中学校ではこのようにやっているということが具体的に明確になっている方が、次の学校種におけるプログラミングの授業の接続がうまくいき進めやすいことや、プログラミングの授業に必要な時間が短かくてすむことがわかってきた。

小学校、中学校、高等学校の教員の創意工夫の機会を奪うつもりはないが、各学校種でのプログラミングの授業の内容を具体的に決めることは、多くの現職教員にとって未知ともいえるプログラミングの授業のレベルを揃えられるという利点がある。隣接する学校種のプログラミングの授業で、なんらかの重なりを持つことは、児童・生徒のプログラミングの理解の促進や、プログラミングのために必要な授業時間の抑制のために有用である。

プログラミングの授業のロードマップの話は、公開講座の受講者の方に、関心をもってもらえた。受講者の大半は、勤務する学校種のプログラミングのことだけを考えておられていたと推測される。各学校種のプログラミングの授業を適切な良いものにするためにも、小学校から高等学校までのロードマップについて議論することは必要である。

## 参考文献

- [1] 文部科学省:小学校学習指導要領(平成29年告示), (2017).
- [2] 文部科学省:中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説技術・家庭編, (2017).
- [3] 文部科学省:高等学校学習指導要領(平成30年告示) 解説情報編, (2018).
- [4] 文部科学省:小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説算数編, (2017).
- [5] 文部科学省:小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説理科編, (2017).
- [6] 安本太一:高等学校情報からの中学校技術分野のプログラミング言語の提案, 愛知教育大学研究報告, 第六十八輯, 自然科学編, pp. 15-22(2019)
- [7] Hellkampm, M : Bottle:Python Web Framework, <https://bottlepy.org/docs/dev/>.
- [8] dbcli : LiteCLI, <https://liteclie.com/>.

(2019年9月24日受理)