

# 新学習指導要領における数学ソフトウェア活用の可能性

千葉県立千葉中学校・千葉高等学校 大橋 真也 (Shinya Ohashi)  
Chiba prefectural Chiba junior and senior high-school

## 1 はじめに

小・中学校の新学習指導要領が2017年3月に告示され、2017年7月には、新学習指導要領解説が公開された。2020年から始まる新しいカリキュラムの内容が明らかになったのである。高等学校に関しては、1年遅れで進行中であるとのことで、予定では2018年3月に告示、2018年の夏には学習指導要領解説が公開され、2022年からその内容が実施されると聞く。小、中、高等学校でプログラミング教育が実施されるなど、新たな内容が多く含まれる中、数学ソフトウェアや関連するソフトウェアの活用についても検討が必要であると考えらる。

## 2 新学習指導要領

### 2.1 小・中学校の新しいカリキュラム

小・中学校の新学習指導要領が告示され、その解説についても公開され、その内容が明らかになった。昨年度お話しした「アクティブラーニング」については、「主体的・対話的で深い学び」という言葉で表され生徒主体の学習形態が明示されている。小学校におけるプログラミング教育に関してもその一例であり、単に与えられたプログラムを「写経」のようにタイプするのではなく、生徒自らの創意工夫を活かし「論理的思考力」を育むことを目標としている。中学校におけるプログラミング教育については、詳細は後述するが、技術科の情報分野でのプログラミング教育が明示されている。

#### 2.1.1 「主体的・対話的で深い学び」の扱い

小学校学習指導要領によると、「主体的・対話的で深い学び」の扱いは、第1章総則の第1「小学校教育の基本と教育課程の役割」の最初から重点的に書かれており、全編に渡る。総則に枯れている箇所は以下の通りである。

2 学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、第3の1に示す主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を通して、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、次の(1)から(3)までに掲げる事項の実現を図り、児童に生きる力を育むことを目指すものとする。

実現に向けた「授業改善」が必要であることや「創意工夫を活かした特色ある教育活動」が求められていることが明示されている。また具体的には、第3「教育課程の実施と学習評価」の中で具体的な授業改善に関して書かれており、全教科で取り組むことを以下のように書かれている。

特に、各教科等において身に付けた知識及び技能を活用したり、思考力、判断力、表現力等や学びに向かう力、人間性等を發揮させたりして、学習の対象となる物事を捉え思考することにより、各教科等の特質に応じた物事を捉える視点や考え方(以下「見方・考え方」という。)が鍛えられていくことに留意し、児童が各教科等の特質に応じた見方・考え方を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう過程を重視した学習の充実を図ること。

中学校の学習指導要領に関しても同様のことが明示されている。

### 2.1.2 小学校における「プログラミング教育」の扱い

何かと世間でも話題になっている小学校のプログラミング教育だが、学校における選考的な実践発表なども盛んに行われ、またNPOなどによる小学生のプログラミングワークショップなども各地で開催され、単にプログラミングを行うということではなく、どのような教科科目単元と関連して活用を行うのかにも注目が高まっている。プログラミング教育に関しても学習指導要領の総則の中に最初の記載があり、以下のように明示されている。

- ア 児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動
- イ 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

学習指導要領の後の方では、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と関連するとし、その仕組みを説明するとともに多くの教科での関連を深められるように考えられている。また、別な箇所には、算数、図画工作、音楽との関連性も書かれている。

## 2.2 高等学校の学習内容の変化

さて、高等学校の学習指導要領に関しては、まだ告示されていないので明確なことはわからないが、数学科における科目編成では、「数学C」が復活する点や「数学I」に由来からある「データの分析」で学ぶ多くの内容が、中学校2年に学ぶ内容に変更されるなどの修正は明らかになっている。また「理数探求」という科目の選択ができるようになっており、理数教育に関する変化も考えられる。情報科の共通科目に関しては、情報

WGの資料等で既に公開されている資料では、現在の必修科目としての「社会と情報」「情報の科学」の選択ではなく、必修科目として「情報I」が1本化され、さらにその後「情報II」を設置できるように設定されている。また今回、学習指導要領の作成以前に情報WGが設置され、中高の学習内容の連続性についても考慮されるようになった。この情報科の各科目で、注目されているのが、プログラミングとデータサイエンスである。

### 3 プログラミングとデータサイエンス

ここでは、中学校や高等学校におけるプログラミング教育とデータサイエンスについて説明する。

#### 3.1 プログラミングと数学ソフトウェア

プログラミングは、中学校学習指導要領においては技術科の「D 情報の技術」の分野において「(2) 生活や社会における問題を、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って解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。」「(3) 生活や社会における問題を、計測・制御のプログラミングによって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。」と書かれている。これらに関しては、仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの政策、動作の確認およびデバッグができるようにすることとされている。また問題解決の手段として、活用できるように考えることも明示されている。これらの実践の行うにあたり、ネットワーク環境、サーバ環境の構築、計測・制御機器の準備などが考えられる。私立中高などでは、LEGO等の設備を準備しているところもあるが、もっと簡易なものやRaspberryPiなどの環境を活用できるのではないだろうか。またその制御に関しては、数式処理ソフトウェア等の活用は考えられないだろうか。現在進められている話では、小学校同様のScratchなどのビジュアルプログラミング(ブロックプログラミング)の活用が進められているが、使用言語の指定はないことから様々な実践が想定できるだろう。

高等学校学習指導要領は、現在まだ告示されていないが、WGの資料等によると、問題解決をプログラミングを活用して行い、共通選択科目の「情報II」においては、情報システムと関連づけたプログラミングが予定されているようである。現行の「情報の科学」では、プログラミングではなく、アルゴリズムについての学習が含まれており、机上の学習で済ませている学校もある一方、何らかのプログラミング言語を用いての実践が行われている学校も多く見られる。中学校で想定されているビジュアルプログラミング言語もあるが、Python, Processing, Java, Javascript等の活用を行っている学校も見られる。新学習指導要領で行われる問題解決の内容により、言語選択も変わると考えられるが、中学校同様のネットワーク環境を想定したプログラミングを行うことから、あまり低レベルの言語の活用は難しく、ライブラリなどの豊富に活用できるような言語が望まれるだろう。また後述するデータサイエンスとの関連を考えた場合、共通な言語で学ぶか、複数言語を学ばせるかの選択にも悩むことだろう。さらに「モデル化とシミュ

レーション」の内容もプログラミングの項目に含まれるとの記述もあることから、数理モデリングを行うのに向いた言語として、数式処理ソフトウェアやシミュレーションソフトウェアなども選択肢として考えることができるかもしれない。

### 3.2 データサイエンスと数学ソフトウェア

もう一つの注目される内容が、「データサイエンス」である。現学習指導要領から、中学校では「データ」の整理として、標本調査などの内容が含まれ、高等学校では、「データの分析」が「数学I」の単元として必修修の内容となった。新学習指導要領では、「データの分析」に含まれていた相対度数は小学校へ、累積度数が中学校1年へ、箱ひげ図や四分位数、四分位範囲などは中学校2年生の履修内容になることが公になっている。最新の Microsoft Excel では、ようやくヒストグラムや箱ひげ図が描けるようになったようであるが、四分位数の解釈の違いなどから、統計ソフトウェアなどの活用を行う学校も出てくることだろう。さらに高等学校の「数学I」には散布図や分散、標準偏差、相関係数などは残るが、空いた部分は何が入るのだろうか。仮説検定か、線形回帰が入るのではないだろうか。この内容の導入当初、高等学校数学科の現場では、この分野を軽視する傾向も見られたが、センター試験の問題での重視や一部の大学での入試問題への力の入れ方の影響を受けて、熱心に指導している学校も増えてきている。

さて、数学科の各科目とは関連するものとして情報科の科目がある。こちらでも新学習指導要領では「データサイエンス」を扱うことになっているが、数学科の「データの分析」とは何が異なるのだろうか。現在公開されている内容では、「情報I」でデータの活用について学び、「情報II」でデータサイエンスについての内容が学ばれることになっている。ビッグデータ、IoT(Internet of Things)、人工知能(AI)などがキーワードとなる時代であり、情報化が進むことによって必要とされる科目であることから、数学とは異なり、理論だけではなく、実際にデータを活用できる技術をICTやネットワーク、プログラミングなどを活用して学ぶと想像される。「数学I」の「データの活用」では、手計算を想定しているため高々30件ほどのデータしかでていないが、実際の統計データ、オープンデータ、Webデータなどを活用して、数千件以上のデータを扱う技術について学ぶのではないだろうか。また機械学習やディープラーニングなどの仕組みについてもある程度学ぶことなども想像できる。そうなると Microsoft Excel だけでデータ分析をするのでは物足りないことになる。またプログラミングとの連携も考えられることから、データサイエンスをプログラミングで実習することなども想定できる。そうなるとプログラミング言語の選択も重要である。Pythonなどのデータサイエンスのライブラリが充実した言語を選択するのもよいだろうし、Rのような統計ソフトウェアや数式処理ソフトウェアならば、プログラミングとデータサイエンスの両方の要望に応えられそうである。

### 3.3 データサイエンスを教える実践

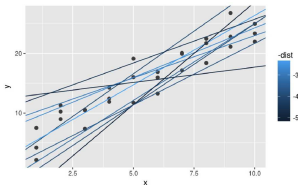
生徒への実践ではないが、文部科学省の委託事業としてこの夏「産業・情報等技術者指導者養成研修」のデータサイエンスのプログラミングについての講師の依頼を受けた。対象は各県の高等学校情報科の教員である。この研修の内容を検討するにあたって、新学習指導要領を意識し、数学の理論に終始しない情報科としてのデータサイエンスの入り口について考慮し、研修を行った。その一例について紹介する。

#### 3.3.1 線形回帰についてのアプローチ

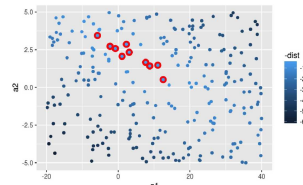
線形回帰(単回帰)については、数学的な理論をあてはめるとどうしても偏微分などの説明が必要になる。その数学の部分をしてできるだけブラックボックスにして、教えられないかを考えた。もちろん最小二乗法について教えることは必要ではあるが、数式の代わりに可視化を利用できないかと考えた。回帰直線は散布図で表されるデータポイントのモデル化としてとらえ、ランダムな直線の中で、残差平方和(またはデータポイントと予測値との相関の平方)が最小になる箇所を可視化と分析した数値をもとに特定することを考えた。使用言語は統計ソフトウェアRを使い、簡単なプログラミングを行うことによってアプローチを行った。教材は、Hadley Wickham, Garrett Grolmundの「R for Data Science(邦訳: Rではじめるデータサイエンス)」を使用した(一部内容を削っている)。

1. ランダムな直線から散布図のデータポイントにマッチしているものを10本選ぶ。選ぶ指標は残差平方和。指標を色によって区別する。(左下図)
2. ランダムな直線と近い直線の $y$ 切片と傾きをグラフの点として、おおよその値の範囲を決め、その範囲を狭めていく。(右下図)

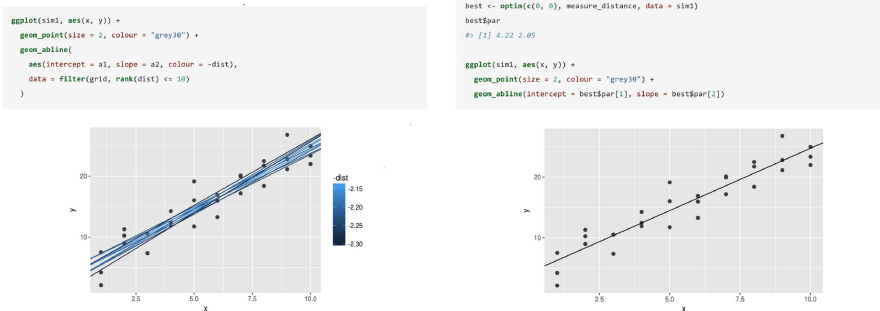
```
ggplot(sml, aes(x, y)) +
  geom_point(size = 2, colour = "grey30") +
  geom_abline(
    aes(intercept = a1, slope = a2, colour = -dist),
    data = filter(models, rank(dist) <= 10)
  )
```



```
ggplot(models, aes(a1, a2)) +
  geom_point(data = filter(models, rank(dist) <= 10), size = 4, colour = "red") +
  geom_point(aes(colour = -dist))
```



3. 狭めた範囲内で、均一な点を取り、その中で指標の最適な10個の直線を選び確認する。(左下図)
4. 最適化関数 `opt` を使い、回帰直線を求める。(右下図)



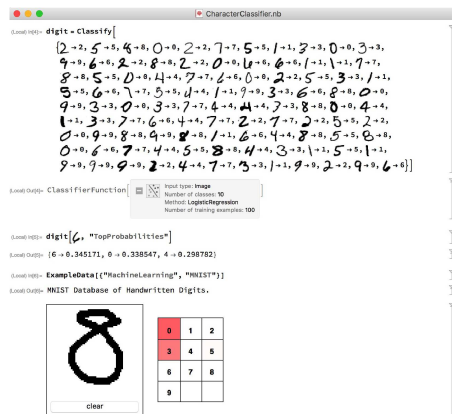
一部のプログラムと図を省略してあるが、できるだけ可視化を使い、回帰直線を求めている。最後の最適化関数に関しては、ブラックボックスであるが、Newton法を使って最適値を求める関数である。

受講者の反応はよく、このような探索的なアプローチと可視化で理論的な内容を進めることに好意的であった。

### 3.3.2 分類 (文字認識) についての教材

分類に関しては、手法については学ぶ必要はあるが、できるだけ手軽な方法でその実例を試せる教材を探した。使用言語は数式処理ソフトウェア Mathematica を利用し、MNIST という手書き数字のデータセットを基に機械学習の体験ができる教材を提供した。

下の画面には自分で手書きで数を描き、どの程度で認識できるかを試することができる。



多くの部分がブラックボックスであるが、ある程度の説明はこの教材を使った後に必要になるだろう。なお、インターネット上では、MNIST を使用し、ディープラーニングで計算したモデルがリポジトリとして提供されている。

## 4 課題とまとめ

新学習指導要領が2018年の3月で一通り公開され、新しい初等中等教育における学習内容が発表される。ただしそれを実施するに当たり様々な課題が見えてくる。

- プログラミングを教える教員の不足。  
(千葉県高等学校教育研究会情報教育部会の調査では、情報科の教員の約7割がプログラミングを教えられないと報告されている。)
- プログラミングやデータサイエンスに関する教育で活用できる資料、書籍、教材、ソフトウェアの不足。

しかしこれらの課題に対して、数学ソフトウェアを活用することによって、ある程度解決ができると考えている。ただしこれによって新たな課題が生まれる。

- 教員のプログラミング教育や数学ソフトウェアに関する研修が必要である。
- プログラミングや問題解決の事例やデータサイエンスのデータソース、教材などを作成しなければならない。

新しい分野や新しい教育のためには、数学ソフトウェアなしに新学習指導要領の内容を教えることは難しいと考える。特に「主体的・対話的で深い学び」で生徒の主体性を重視するならば、生徒が主体的に活用できるソフトウェアも充実させる必要があると考える。

## 参考文献

- [1] 文部科学省 教育課程特別部会 論点整理：  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/sonota/1361117.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/sonota/1361117.htm), 2015.
- [2] 文部科学省 小学校学習指導要領解説総則編：  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_\\_icsFiles/afieldfile/2017/07/12/1387017\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/___icsFiles/afieldfile/2017/07/12/1387017_1_1.pdf), 2016.
- [3] 文部科学省 中学校学習指導要領解説総則編：  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_\\_icsFiles/afieldfile/2017/07/04/1387018\\_1\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/___icsFiles/afieldfile/2017/07/04/1387018_1_2.pdf), 2016.
- [4] Hadley Wickham, Garrett Grolemund 「R for Data Science」：  
<http://r4ds.had.co.nz/>, 2016.
- [5] Hadley Wickham, Garrett Grolemund 「Rではじめるデータサイエンス」, オンラインジャパン, 2017.