

アクティブラーニング，プログラミング学習で使える 数学ソフトウェア

千葉県立船橋啓明高等学校 大橋 真也 (Shinya Ohashi)
Chiba prefectural Funabashi Keimei highschool

1 はじめに

小，中，高等学校における次期学習指導要領では、「アクティブ・ラーニング」並びに「プログラミング教育」という言葉が学校現場でも大きな話題になっている。「アクティブ・ラーニング」に関しては，多くの学校でさまざまな実践が行われおり，「プログラミング教育」に関しても徐々にではあるが実践や試行に関する研究が行われている。

本稿では，アクティブラーニング型授業における数学ソフトウェアの活用とその効果についてとプログラミング教育に活用されると期待される数学ソフトウェアとその活用分野について説明していく。

2 アクティブラーニング

2.1 アクティブラーニングの現状

「アクティブ・ラーニング」という言葉が初等中等教育でも話題に上るようになってきた。次期学習指導要領では，小・中・高等学校でも「アクティブ・ラーニング」を取り入れた授業を行うように定められる予定である。そのため，初等中等教育の学校現場では，各教科で教科内容にどのような場面で「アクティブ・ラーニング」を取り入れることができるのか，さまざまな研修等を行っている。

しかしながら，今でも学校現場における誤解も多く，「アクティブ」を単なる「活動的」であればよいと考えていたり，「グループワーク」や「協働学習」を「アクティブ・ラーニング」と同じであると考えていたりする発言も根強く残っている。

2.2 アクティブラーニングの定義

文部科学省では，「アクティブ・ラーニング¹」を「主体的・対話的で深い学び」という言葉で位置づけている。2012年10月に出された「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて 生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ（答申）」の用語集の中では，

¹文部科学省の定義するこの用語では，「・」が入っていることに注意

教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である。

としており、2015年8月20日の教育課程企画特別部会の論点整理では、「アクティブ・ラーニング」に関して定義ではないが次のような目的を果たすためのものとしている。

次期改訂の視点は、子供たちが「何を知っているか」だけではなく、「知っていることを使ってどのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか」ということであり、知識・技能、思考力・判断力・表現力等、学びに向かう力や人間性など情意・態度等に関わるものの全てを、いかに総合的に育てていくか、ということである。

さらに別な資料の中では、

教師の努力に反して子どもたちには観察・実験に「やらされ感」があるとの指摘もあります。(中略)「本校では理科で観察・実験をやっているから、アクティブ・ラーニングをやっている」という話でなく、その観察・実験が子どもたちの主体的な思考を引き出すものになっているかどうか的大事です。

この論点整理では、補足資料の中で「アクティブ・ラーニングに関する議論」として、さまざまな定義やプロセスについて説明している。

一方で京都大学高等教育研究開発推進センターの溝上慎一教授の著した「アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換」の中で、「アクティブラーニング」を以下のよう

に定義している。

一方的な知識伝達型講義を聴くという(受動的)学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。

また、溝上氏は以下の様にも言っている。

アクティブラーニングは、厳密に言えば、学生の学習(Learning)の一形態を表す概念であって、教員の教授(teaching)や授業・コースデザイン(instructional / course design)まで包括的に表す教授学習(teaching and learning)の概念ではない。

また溝上氏は、従来の受動的学習にアクティブラーニングを取り入れた授業を「アクティブラーニング型授業」として、これを推奨している。

2.3 アクティブラーニングの実践

2.3.1 実践の方法と環境

現在校の3年次生の選択科目「数学III」で数学ソフトウェアを用いたアクティブラーニングの実践を行った。

- 学級：3年E組（選択者17名）
- 単元：「数学III」（東京書籍）、「積分とその応用」
- 授業内容：さまざまな不定積分・定積分の演習，面積，体積の計算
- 授業の形態：ジグソー法

実施第1回は，3時間の授業で組み立て，第2，3回は2時間の授業で実施した。ここでは第1回の3時間の構成について説明する。

第1回は，不定積分のランダム問題演習として，約30題の問題を与えた。17人を4，5人の4つのグループ（A,B,C,Dで表す）に分け，各グループごとに7，8題の問題を割り当てた。各グループでは，問題を1人に2題ずつ程度分担し，1時間目までに完全解答を作成することを課題とした。

- 第1時間目：それぞれのグループ内で分担した問題の担当者が問題の解き方に関して説明し，グループの全員が割り当てられた7，8題について，核問題のエキスパートとなることを目指した。
- 第2，3時間目：それぞれのグループから約1名ずつで構成された新たな4人グループを再構成し，それぞれのグループで解説された問題に関して，他のグループから入ったメンバーに解説し，完全解答を作成する。



実施の際に留意したことは，単なるノートの書き写しでなく，口頭で相手が理解できるまで説明することを重視した。

この授業での数学ソフトウェアの役割は，最初に各人に与えられた問題に関して，解法を探すこと，解法の手がかりになる事柄を探すために使用させた。また各グループで自分の担当の問題を解説する際にも使用させた。数学ソフトウェアの活用に関する具体的な内容に関しては，後述する。

2.3.2 実践の評価

今回の実践においてはきちんとした効果測定は行っていないが、日常から対話式の授業を行っている中で、この実践を取り入れた後から、発言が増え、積極的に問題に取り込む姿勢が見られるようになったことである。その様子は非常に顕著であり、他の数学の科目を担当している教員からもその変化についての報告を受けた。その教員によると、今までの授業では静かに聴いているだけだったのが、自分たちで考え、意見を言うようになったとのことである。

自分で問題を解き、説明することにより、自分自身の問題であることを認識し、「やらされ感」のない学習ができたこと、内容の理解が深まったことによる自信がついたための変化であったと考えている。

生徒自身の声からも「よい学習の時間の使い方ができた。」、「今までにない奇抜な授業であった。」との意見を得た。

数学ソフトウェアの活用に関しては、夏休み前からその使い方に関しての解説やデモンストレーションなどを行ってきたが、それまでは自分のスマートフォンにインストールすることもしなかった生徒が、すべての生徒が自分のスマートフォンにインストールをし、他の授業内の演習時にも活用している様子が見られた。またスマートフォンの画面を持ってきて、その内容に関して質問する生徒も見られた。スマートフォンの中の数学ソフトウェアが彼らの学習ツールとしてようやく機能してきたということと考える。

2.3.3 数学ソフトウェアの活用

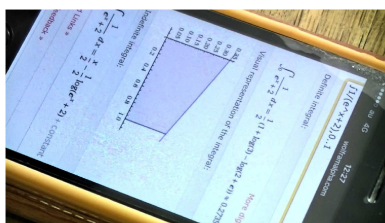
数学ソフトウェアに関しては、その使い方も含め夏休み前に紹介し、ことあるごとに授業のデモンストレーションで使用することもあった。使用したソフトウェアは、次の2つである。

- Wolfram Alpha(Web 版)
- Mathpix

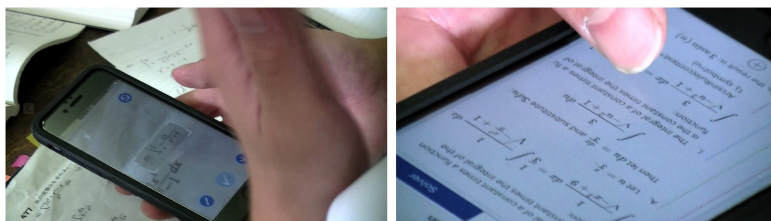
いずれも Android,iOS のスマートフォン上で動作する数学ソフトウェアである。スマートフォンは、生徒にとって最も身近なデジタルデバイスである。しかし学習用のツールとしてはまだまだ認知されておらず、調べ学習や電子辞書的な使い方もあまりされていないものでもある。学校現場では、学校または授業でのスマートフォンの使用を禁止している例が多いが、ここでは試行的に使用している。これによって生徒の自宅での学習や大学進学後の学習でスマートフォンを学習ツールとして活用することを期待している。



Wolfram Alpha に関しては、スマートフォンアプリも存在するが、有償であるので、今回は Web 版を使用した。Wolfram Alpha は、Knowledge Engine であり、自然言語（現在英語のみ）にも対応している。数式を入力すると、それに関連した因数分解、微分・積分、グラフ等を表示してくれる。問題となる数式の挙動を理解する、または計算結果を知るのに有効である。また状況によっては計算の途中過程を表示してくれるので、便利なツールでもある。最近では、数学的帰納法にも対応し、その証明過程を表示することも可能となっている。



Mathpix に関しては、手書き入力、手書き数式認識により、数式を処理するソフトウェアである。以前は多機能でなかったが、実践時点では積分の途中経過等なども解説が表示されるようになったので、今回新たに使用した。使用方法も容易であり、手書きまたは、プリントをカメラ機能で撮影することによって、自動的に認識してくれる。その手軽さから、生徒の人気は高かった。



単に答えを表示する数学ソフトウェアであれば、思考力や判断力を育成することに問題があると言われるかもしれない。今回はいずれのソフトウェアにおいても計算過程が英語で表示されるため、生徒は数式から表示内容の意図していることを類推したり、学んでいない関数（逆三角関数、双曲線関数、ガンマ関数など）で表示された場合、入力を考えなければならない点で、さまざまな思考力や判断力が要求された。

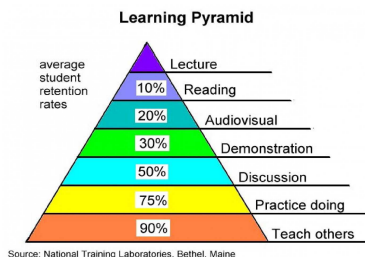
またグラフの形状を見ることから、定積分の値が正しいのかの判断などにも利用していた生徒もいた。

2.3.4 実践のまとめ

評価にも書いたが、この実践で生徒のスマートフォンは、数学の学習ツールとなった。Wolfram Alpha の数式の入力に手間取るかと思っていたが、事前に配布したプリントを参考に自分たちで工夫して使いこなし、活用していた。

アクティブラーニングは生徒の学習へのモチベーションを高める役割を持つが、生徒がその学習に対して課題に対して自信を持ち、前向きに思考する態度が必要である。それを補う役割を果たしていたのが、今回の数学ソフトウェアではないかと考える。実践の中で生徒からの直接の質問は数件のみであったが、それは生徒自身が自発的・能動的に学習に取り組んでいるためであると考えている。数学ソフトウェアは、自発的学習のための思考ツールとってよいだろう。

相手に対して教えることが、「Learning Pyramid」などの考え方で学習の最上位に位置する。そのため、自分の習熟した内容を増やし、友達に説明することでさらに自信を高め、自己の学習のモチベーションは高まったと言えるだろう。



3 プログラミング教育

3.1 新学習指導要領の中のプログラミング

「アクティブ・ラーニング」と同様に現在教育現場を騒がしているのは、「プログラミング教育」の必修化である。新学習指導要領による授業は、2018年より幼稚園、東京オリンピックが開催される予定の2020年には小学校で、2021年には中学校、2022年には高等学校で順次導入される。実際には、2018年には小、中学校で試行的に開始される予定になっている。

小学校でも「プログラミング教育」が必修化され、Scratchの様なビジュアルプログラミング言語が採用される予定である。関連教科も多岐にわたり、理科、算数、音楽、図画工作、総合的な学習の時間、特別活動が想定されており、「音、画像など1種類の入力情報に対し、片方向の定められた動きを繰り返すプログラミング」を考慮するとしている。

また中学校においては、技術科目の中で以下のような案が出てきている。

(中学校)技術分野に置いて育成すべきプログラミング教育における資質・能力の整理(案)[一部抜粋]

- 社会におけるコンピュータの役割や影響の理解と、簡単なプログラムの作成をできる技能
 - － プログラムの役割、順次、分岐、反復と言ったプログラムの構造を支える要素の理解

- 簡単なプログラム言語を入力・編集できる技術
- 生活や社会の中から技術に関わる問題を見出して課題を設定し、「プログラミング的思考」を用いて問題を解決する力
- より良い生活や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に、プログラミングを含めた情報の技術を工夫し創造しようとする実践的な態度

これをもとにして、

- 入力情報により異なる表示・動作をするといった「動的双方向性」をもたせ、複数種類の情報を組み合わせて処理するプログラミング
- 動的コンテンツのプログラム or ネットワークやデータを活用するプログラム

のような具体的な内容についても言及されてきている。

高等学校においては、情報科では「情報 I」、「情報 II」の数学的モデリング、シミュレーション、データサイエンス(統計、データマイニング、テキストマイニング、機械学習、ディープラーニングなど)に関するプログラミングが考えられており、これを具体化する案が検討されている。また数学に置いてもデータの分析の重要性が指摘されている。また「総合的な学習の時間」が「総合的な探求の時間」に変わり、学校によっては「理数探究」と言う科目の設置が考えられている。

新学習指導要領の内容は、2017年にはその内容はある程度明らかになるが、詳細に関しては教科書を待つことになるだろう。これらの「プログラミング教育」、「プログラミング思考」への流れは、イギリスを初めとする新カリキュラムへの移行を後追いしたものであり、日本でも諸外国に追いつく技術力を維持するために検討されてきている。一方で何のために小学生に「プログラミング教育」も行うのか、との議論もあるが、様々な教科での具体的な活用の内容が出てから議論しても遅くはないと考えている。数年後には、教員対象の「プログラミング教育」の研修も始まると思われる。

3.2 プログラミング思考

さて、プログラミング教育の目指す「プログラミング思考」とは何だろう。Jeannette M. Wingの著した「Computational Thinking」という有名な短いエッセイにそのヒントが書かれている。このエッセイでは、コンピュータ科学者でなくとも子どもであっても「読み・書き・そろばん」に加えて「Computational Thinking」が必要であり、問題解決、システムデザイン、人間の行動分析などさまざまな分野で使われる考え方であるとしている。

現代のさまざまな技術についての理解は当然であるが、それを作り出していく考え方として、「プログラミング思考」というものが必要であると考えているのでしょう。そのため、「プログラミング」の時間はお手本通り単にプログラムをタイプする時間にするのではなく、先に挙げたさまざまな題材や問題を解決するために思考しながら、それらの能力を身に付けていくことが望まれている。

そのため従来通りの選択やソートなどのアルゴリズムを学習するのではなく、「どうしたらもっと選択が速くなるのか」、「ハッシュはどのような事象に活用すると有効であるのか」、などを考えさせる機会などが必要になるのかもしれない。

3.3 プログラミング教育に使える数学ソフトウェア

さて思考ツールとなるようなプログラミング言語で、前述した題材を扱えるものとなると、R, Wolfram Language, Maple, Scilab, Python などの得意分野だろう。それらの言語を活用することで、問題を解決する思考を妨げることなく、コーディングできると考えている。教科書や教材として数学ソフトウェアを活用する可能性は、新学習指導要領ではさまざまな場面で開かれている。

必要なのは、題材とそれを使うスキルを育成することかもしれない。

4 おわりに

数学に置いて、数学ソフトウェアを活用したアクティブラーニングは、生徒の学習のモチベーションや自発的、自主的な学習をするのにも有効であると考ええる。

また今後実施されるであろうプログラミング教育では、「プログラミング思考」を育成し、さまざまなデータ処理等の技術を学習するために数学ソフトウェアを活用することが有効であると考ええる。

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, 2015.
- [2] 大学発教育支援コンソーシアム推進機構「知識構成型ジグソー法」：
<http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/5515>, 2016.
- [3] Jeannette M. Wing : "Computational Thinking"
<https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>, 2006.
- [4] 溝上慎一：『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』，東信堂，2014.