

《研究ノート》

# チャレンジスクールにおける高等学校数学科の カリキュラムの検討

今 井 陽 一      北 島 茂 樹

---

## ■ 要 約

2004年に開校したチャレンジスクールである東京都立大江戸高等学校の数学科のカリキュラムについて、2004年度・2007年度・2013年度・2019年度の数学科のカリキュラムを比較し、生徒たちの自立支援に向けた学びの機会について検討することで、平成30年度改訂の高等学校学習指導要領への移行に向けて、解決すべき3つの課題が明らかになった。

## ■ キーワード

定時制、数学科、カリキュラム、BYOD、ピアアセスメント

## 1. はじめに

定時制高校における数学科のカリキュラムの研究には、加藤（1998）の商業高校、中村（2007）の工業高校についてのものがあり、定時制に通う生徒の多様化や、小・中学校における算数・数学の積み残しを数学Ⅰの中で補う実態が述べられる一方で、商業科の科目を意識した計算や、工業科の授業や資格取得に必要な内容を数学の中で扱ったりするなど、生徒が学ぶ専門科目に適した内容を扱う時期も考慮した上でカリキュラムを開発することが、効果的な指導につながることを示唆している。

また、池田（1990）は数学的モデリングの過程を授業の中で扱うことが、定時制高校の生徒の数学への有用性の実感や多様性に応えることなどに言及する一方で、福井（2013）は基礎的な計算技能の不足が数学的モデリングを行う際の足かせになることを指摘している。

### （1）研究の背景

2016年12月に公布された「義務教育の段階における普通教育に相当する教育の機会の確保等に関する法律」により、不登校児童・生徒に学校外での多様で適切な学習活動の場を提供することが求められているが、不登校生徒の81.4%が「就職せずに高等学校等に進学」し（文部科学省、2014）、定時制高校や通信制高校、サポート校などの学校・教育施設が「セーフティネットの役割

を担って」いる実態がある（伊藤，2013）。そこで、東京都における三部制・単位制・総合学科の定時制の公立高校であるチャレンジスクールでは、義務教育段階の内容を学び直すだけでなく、「将来の職業生活で必要となりうる知識や技能を習得させ」たり、就職や進学についても「中卒時点より幅広い進路へとつなげる」役割を担っており（伊藤，2009）、それらを実現するためのカリキュラム編成が求められる。

そのため、定時制高校に通う生徒の実態を踏まえるなら、生徒たちの自立支援に向けて、学び直しの中に、生徒が自身の「学びを改善」することについて学ぶ機会が含まれるべきではないだろうか。

## （2）研究の目的と方法

本研究は、2004年に開校したチャレンジスクールである東京都立大江戸高等学校（以下、「大江戸高校」）のシラバスや学校要覧などの資料をもとに、チャレンジスクールにおける数学科のカリキュラムの課題を明らかにすることを目的とする。

そこで、2004年度・2007年度・2013年度・2019年度の数学科のカリキュラムを比較し、まずその変遷の過程を、背景を交え概観する。次に、今年度のいくつかの授業について、生徒の実態にあわせてどのような指導上の工夫やアセスメントを行っているのか、その実態を探る。そして、それらの妥当性についての検討を通して、生徒たちの自立支援に向けた学び直しにおける、カリキュラムの課題について明らかにする。

## 2. 大江戸高校における数学科のカリキュラム

### （1）チャレンジスクールとは

チャレンジスクールとは、昼夜間定時制（午前部、午後部、夜間部の三部制）の都立高校であり、2019年4月の時点で5校（チャレンジ枠を含めると6校）ある。また、不登校経験者等の受け入れを目的のひとつにしており、実際に8割ほどの不登校経験者が在籍する（柊澤，2015）。

### （2）チャレンジスクールに通う生徒の多様性

チャレンジスクールでは、入学時の選抜に学力検査を課さず、調査書の提出も不要であり、また募集定員に一定の中途退学者枠がある。そのため、小学校から不登校を経験している生徒や、中高一貫校で高1の内容まで学んでいる生徒、海外の学校を卒業し日本語の読み書きが不十分な生徒や高校中退後に就職し働いた経験を持つ成人の生徒など、既習や経験、年齢も多様な生徒が入学してくる。また、特別な支援や配慮を必要とする生徒もいる。

このように、大江戸高校には多様な生徒が在籍しているが、例えば不登校の理由についても、対人関係や家庭環境、疾病による長期入院など多様であり、入学後も精神疾患等で継続的な通院が必要な者もいるなど、必ずしも安定して授業に出席できる生徒だけを想定してカリキュラムを編成す

るわけにはいかない事情がある。

また、中高一貫校から進学してきた生徒や進学校にかつて在籍していた生徒など、大学への進学を希望する生徒向けに、カリキュラム外にも「かもめ塾」という土曜講習も実施している。このように、小学校の算数を含めた学び直しから大学受験対策、入学後の継続的な学びの支援などに対応したカリキュラム設計と生徒のニーズに沿ったカリキュラム内外の対応、都度の見直しなど大江戸高校のカリキュラムは動的に変化する途上にあるといえる。

### (3) 今年度の大江戸高校数学科の科目

#### ①数学Ⅰ（数学Ⅰ，必修，2単位）

数学Ⅰでは、中学校の復習、整式・乗法公式・因数分解、根号を含む式の計算から始め、1次不等式、三角比を主に学ぶ。なお、2次関数・集合と論証・データの分析は授業では扱わず、別途、夏期講習で対応する。

#### ②数学ⅠR（数学Ⅰ，再履修，2単位）

数学Ⅰは履修科目であるため、再履修科目として設置しており、受講対象者は「数学Ⅰ」を未履修となった生徒である。そのため対象者は2～4年次の生徒が合同で、同じクラスで受講する。

#### ③標準数学Ⅰ（数学Ⅰ，自由選択，2単位）

標準数学Ⅰでは、2次関数・2次方程式・2次不等式・三角比の応用・データの分析を主に扱う。数学Ⅰを履修済であることが履修条件であり、2～4年次の生徒が合同で、同じクラスで受講する。

#### ④数学Ⅱ（数学Ⅱ，自由選択，4単位）

数学Ⅱは、いろいろな式について考察したり、様々な関数について、グラフ等を用いて分析したりできることや、微分・積分の概念を理解し、あらゆる事象に応用する内容を扱う。なお、数学Ⅰを履修済であることが履修条件である。

#### ⑤数学Ⅲ（数学Ⅲ，自由選択，4単位）

数学Ⅲは、極限の考え方を理解したり、既習をさらに発展し、微分・積分を通して様々な事象を考察したりする内容を扱う。なお、数学Ⅱを履修済であることが履修条件である。この講座では、3～4年次が合同で、同じクラスで受講する。

#### ⑥数学A（数学A，自由選択，2単位）

数学Aでは、場合の数と確率を学び、整数の性質、図形の性質の一方を扱い、2～4年次の生徒が合同で、同じクラスで受講する。

#### ⑦数学B（数学B，自由選択，2単位）

数学Bでは、数列・平面ベクトル・空間ベクトルを扱う。この科目では、2～4年次の生徒が合

同で、同じクラスで受講する。

⑧わかる数学（学校設定科目，自由選択，2単位）

わかる数学では、小学校の算数の内容、特に基本的な四則演算、小数・分数、比・割合、図形一般、簡単な文字式等を扱う。主に、義務教育段階で既習となる算数・数学を、様々な理由で、ほとんど理解できていない生徒が対象となっている。

⑨基礎数学（学校設定科目，自由選択，2単位）

基礎数学では、数・文字式の計算、式の展開、因数分解、平方根、1次方程式、連立方程式、2次方程式、1次関数、2次関数、図形・確率など、中学校の数学で扱われている内容を学び、単位の換算や、平面図形や空間図形の面積や体積を求めるなどの内容も扱う。この講座では、2～4年次の生徒が合同で、同じクラスで受講する。なお、数学Ⅰを履修済であることが履修条件である。

⑩教養数学（学校設定科目，自由選択，2単位）

教養数学では、基本的な計算、就職試験問題に関する数学の内容（SPI）の数的処理の問題、数的推理・判断推理等の問題扱う。この講座では、3～4年次の生徒が合同で、同じクラスで受講する。なお、数学Ⅰを履修済であることが履修条件である。

なお、2019年度の「教養数学」は、シラバスには掲載されていたものの、この講座を選択する生徒が定員に達しなかったため開講はされなかった。

(4) 大江戸高校数学科のカリキュラムの比較

大江戸高校の数学科のカリキュラムを2004年度の開設時と2007年の完成年度（1年次から4年次までの生徒が初めて全てそろった年度）、2013年度、2019年度について比較する。なお、2004年度と2007年度は平成11年改訂の高等学校学習指導要領、2013年度と2019年度は平成21年改訂の高等学校学習指導要領によるものである。

開設時は、開校時の基本計画に則ったカリキュラムであり、完成年度は、基本計画を踏まえつつも実際に入学してきた生徒の実態を反映したものになっている。

表1 2004年度の数学科のカリキュラム

講座名	科目	単位	区分	年次
数学Ⅰ	数学Ⅰ	2	必履	1
数学Ⅰ・A 演習	数学Ⅰ	2	選択	1
数学 A	数学 A	2	選択	1

2004年度は、1年次生だけであるため、「数学Ⅰ」と「数学 A」が設置され、「数学Ⅰ・A 演習」では、「数学Ⅰ」や「数学 A」で扱いきれなかった内容が扱われた。特に「数学 A」は、旧学習指導要領であったため、現在と学習する内容が異なる。2004年度の「数学 A」では主に、平面図形、集合と論理、場合の数と確率の内容を取り扱っていた。

表2 2007年度の数学科のカリキュラム

講座名	科目	単位	区分	年次
わかる数学	数学I	2	必履	1
標準数学I	数学I	2	選択	1・4
受験数学I	数学I	2	選択	2・4
数学I R	数学I	2	再必	2・4
教養数学I	数学I	1	選択	4
数学II	数学II	4	選択	2・4
数学II S	数学II	2	選択	2・4
数学III	数学III	2	選択	3・4
数学 A	数学 A	2	選択	1・4
数学 B	数学 B	2	選択	2・4

2007年度は平成11年改訂の高等学校学習指導要領にもとづくものである。開校時の2004年度と比べると、必履修科目の数学Iが「わかる数学」となり、基本的な知識や技能を扱われ、選択科目の「標準数学I」でそれ以外の数学Iの内容が扱われるようになった。

その一方で、理系を含む国立大学の受験を目指す生徒もいたことから、「受験数学I」や「数学II S」などで問題演習が行われた。また、「数学C」はカリキュラムに設置されず、履修希望者は、他の通信制課程を持つ都立高校に設置された授業を受講する形で対処した。なお、「教養数学I（1単位）」は4年次に何も選択する科目がなくなった生徒が選択できるよう設置された。

表3 2013年度の数学科のカリキュラム

講座名	科目	単位	区分	年次
数学I	数学I	2	必履	1
標準数学I	数学I	2	選択	2・4
数学I R	数学I	2	再必	2・4
数学II	数学II	4	選択	2・4
数学III	数学III	2	選択	3・4
数学 A	数学 A	2	選択	1・4
数学 B	数学 B	2	選択	2・4
わかる数学	学校設定	2	選択	1・4
基礎数学	学校設定	2	選択	2・4
教養数学	学校設定	2	選択	2・4

2013年度のカリキュラムは、現行の高等学校学習指導要領（平成21年告示）にもとづくものであり、科目は「数学活用」を除く、「数学I」・「数学II」・「数学III」・「数学A」・「数学B」が講座として設置された。また、2013年度では、数学Iの必須科目が「数学I」に戻り、「わかる数学」が学校設定科目となった。同じく、学校設定科目として「基礎数学」と「教養数学」が設置される一方で、「受験数学I」や「数学II S」は姿を消した。

表4 2019年度の数学科のカリキュラム

講座名	科目	単位	区分	年次
数学I	数学I	2	必履	1
標準数学I	数学I	2	選択	1-4
数学I R	数学I	2	再必	2-4
数学II	数学II	4	選択	2-4
数学III	数学III	4	選択	3-4
数学 A	数学 A	2	選択	1-4
数学 B	数学 B	2	選択	2-4
わかる数学	学校設定	2	選択	1
基礎数学	学校設定	2	選択	2-4
教養数学	学校設定	2	選択	2-4

2019年度のカリキュラムは、2013年度のものとして設置されている講座数とその講座名に変化はないが、「数学Ⅲ」が2013年度の2単位から2019年度は4単位と増加しており、標準単位数の「5単位」に近づいた。また、2019年度では、「標準数学Ⅰ」が1年次から受講できるようになり、「わかる数学」は1年次のみを選択科目となった。

#### (5) 大江戸高校数学科のカリキュラムについての考察

大江戸高校は昼夜間定時制であるため、生徒の状況に即して授業の時数などの取り扱いを弾力的に運用することが高等学校学習指導要領でも認められている。そのため、大江戸高校の数学科のカリキュラムは、表3や表4に見られるように、同じ高等学校学習指導要領が実施されている期間内であっても、その年ごとにカリキュラムが見直され、変更されている。また、数学科の必履修科目である数学Ⅰは標準単位数の3ではなく2単位にして内容を精選することができ、単位制の総合学科であることから、数学Ⅰ以外はすべて選択科目として開講することで、年次や単位数を弾力的に運用することができるようになっている。さらに、学校設定科目については、内容の見直しも可能である。

こうしたカリキュラムの見直しや変更は、生徒の実態に即したものであると考えることができるが、例えば、必履修科目は全員が履修する科目であるため、入学する生徒の実態に即して2007年度の段階ではそれを「わかる数学」として基本的な知識や技能を学べるようにした。その上で、「標準数学Ⅰ」を選択科目として準備し、多様な生徒に対応しようと考えていたことが伺える。その「わかる数学」が2013年度では学校設定科目となり、主に小学校の算数の学習内容の習熟が十分でない生徒のための科目として設置されるようになった。また、中学校の数学の学習内容の習熟が十分でない生徒のために「基礎数学」を設定し、1年次で「わかる数学」、2年次に「基礎数学」を履修することで、小学校から中学校の内容を順次学び直してできるよう配慮していることが伺える。

このように、生徒の実態に合わせ、学び直しの機会を想定した科目がより細かく開講される一方で、必要に応じ、数学科の教員がカリキュラム外の土曜日や夏休み中に講習を行う形でカバーしつつ、大学受験対策の講習を行っている。また、2007年度のカリキュラムの4年次に1単位だけ設置

されていた「教養数学Ⅰ」が、2019年度では「教養数学」という学校設定科目として、SPI など就職試験に出題される数的処理の問題、数的推理・判断推理等の問題の対策講座として開講されている。

数学Ⅱ、数学Ⅲ、数学A、数学Bについては、2007年度と2019年度で大きな違いが無いように見えるが、2007年度に2単位であった「数学Ⅲ」が2019年度には4単位となっている。そのため、2019年度のカリキュラムは、生徒に対して学び直しの機会を段階的に設ける一方で、数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・A・Bを一通り設置し、大学受験や就職の対策にあたる講座も設置することで、卒業後を見据えたカリキュラムとなっているといえる。

次に、カリキュラムの見直しや変更を、入試倍率の側面からも考察してみたい。表5のように、大江戸高校の開講4年目(2007年度)の1学年相当の入試倍率は分割前期で2.45、分割後期で4.4となっている。一方で、表6のように、2019年度の都立高校全日制等志望予定(第1志望)調査結果では、都立石神井高校(入試倍率2.16)や都立小岩高校(入試倍率2.05)も大江戸高校2007年度の分割前期入試倍率に及ばない。

このことから、大江戸高校の2007年度の入試倍率は都立高校の中では高いといえる。しかしながら、大江戸高校の2019年度入試倍率は1.20であり、1学年のクラス数が2007年度の5(午前部が2、午後部が2、夜間部が1)に対し2019年度が6(午前部・午後部・夜間部それぞれに2)と1クラス分増えた影響も否めないが、表5からも入試倍率が減少傾向にあることが分かる。また、全日制の総合学科である晴海総合高校の倍率が表6で0.96であることから、総合学科を希望する生徒が少なくなっていることが推察される。そのため、例えば、表3のように、2013年度のカリキュラムでは、「わかる数学」は1年次から4年次までが履修可能となっており、入学してくる生徒に学び直しの機会を与えている一方で、数学のカリキュラムは普通科のカリキュラムに似たものとなっており、学校説明会などでも、普通科の学校に近いという印象を中学生や保護者に与えることもできたであろうことが伺える。

表5 大江戸高校の高校入試の倍率

年度	入試倍率(男女合算)
2007	前期2.45 後期4.4
2014	2.19
2015	2.05
2016	1.99
2017	2.12
2018	1.54

表6 2019年度 都立高校全日制等志望予定(第1志望)調査結果

学校名	入試倍率(男女合算)
石神井	2.16
小岩	2.09
戸山	1.99
三田	1.96
日比谷	1.66
西	1.52
広尾	1.22
大江戸	1.20
晴海総合	0.96



さらに、倍率が減少傾向になるにつれて、講座で扱う内容にも変化が見られるようになる。例えば、表7のように、2013年度の「基礎数学」の学習内容では、就職試験で問われる一般常識の問題の内容を扱っていることに對し、2019年度では、中学校の数学科で扱われる内容の復習へと変化している。つまり、「基礎数学」の学習内容は、同じ講座名を冠していても、中学校で扱う「基礎」的な学習内容を学び直す機会を与えるために設定されているのである。これは、学び直しを必要とする生徒が増加したことで、1年次の選択科目である「わかる数学」で小学校算数科の学習内容を扱うとともに、2-4年次の選択科目である「基礎数学」で中学校数学科の学習内容を扱うなど、よりきめ細かに学び直しの機会が与えられるよう、学習内容を変化させたためである。

また、2013年度は、「基礎数学」で一般常識を扱い「教養数学」で就職試験の問題を扱うなど、「基礎数学」が就職につながる基礎的内容を担っていると考えられることができる。しかしながら、2019年度の「教養数学」は、2013年度の「基礎数学」の内容を含め学習内容が増え、就職試験を含む教養を身につけるための講座になっており、選択科目としての性格が強くなっていることがわかる。その分、「わかる数学」と「基礎数学」の学習内容を精選し、生徒たちが学び直しをすることができるような配慮がなされているのである。

表7 大江戸高校の学校設定科目の学習内容の変化

年度 講座	2013	2019
わかる数学	基本的な四則演算、小数・分数、比・割合、図形一般、簡単な文字式、身近な数学の考察、数学パズル	基本的な四則演算、小数・分数、比・割合、図形一般
基礎数学	数のしくみ（四捨五入等）、約数・倍数、割合・百分率、速さ・時間・距離の関係、文章題、単位の換算、図形、その他一般常識問題	数・文字式の計算、式の展開・因数分解、平方根の計算、1次方程式・2次方程式、1次関数・2次関数、図形・三平方の定理・確率等
教養数学	数学の基本的な計算、就職試験問題に関する数学の内容、数的処理の問題、数的推理・判断推理等の問題、身近な数学の話題	四則計算、方程式、割合・比、速さ・時間・距離、旅人算・流水算・植木算・鶴亀算・濃度算・年齢算・仕事算・水槽算、順列・組合せ、平均の計算、表の読み取り、図形、集合、推論（順序・正誤）

### 3. 大江戸高校における数学科の授業の実践例

#### (1) わかる数学

この「わかる数学」の授業では、英語と数学との教科横断型と、BYOD(Bring Your Own Device)としてモバイル端末を活用して学習を行うモバイル・ラーニングを取り入れた授業実践を行った。BYODについては、「『パソコン（タブレット等を含む）1人1台』（BYODを含む）をはじめ、あるべき教育基盤をできる限り早期に実現する」(文部科学省, 2019) ことから推奨されており、古宇田(2015)も、生徒の所持率も高く使い慣れたモバイル端末であるスマートフォンは、高等学校数学科の授業で利用しやすいことを指摘している。

「わかる数学」の受講生は、数学を苦手としているが克服したいという思いがある生徒が多く、小学校の内容を中心に授業を進めてきたが、次第に中学校で扱う連立方程式なども取り組めるよう



になってきた。そこで、加減法や代入法の基本的な解法の確認や、英文で書かれた数学の連立方程式の問題を解き、生徒が自ら学び方を改善する取り組みも取り入れてみることにしたのである。

英語と数学の教科横断型については、問題文が英語になることで、問題文をより丁寧に読み込み、問題文を正確に理解する力を伸ばすことねらいとして行うことにした。そこで、授業では、英語版の数学検定4級（中学校2年程度）の過去問を用いることにした。その際、もし生徒が分からない英単語等があった場合は、スマートフォンを利用して調べさせた。

ある生徒（生徒 a）は、はじめのうちは英語単語の上に日本語を書くだけだったが、正確に意味を読みとるよう指導していった結果、英訳を書くところまで修正した上で問題に取り組むなど、成長する姿が見られるようになった。



図1 生徒の学習の様子

7 解決後の 以下 システム の方程式 ①- 言尺 次の方程式を解きなさい  
Solve the following systems of equations.

(23)  $\begin{cases} 2x+5y=2 \cdots \textcircled{1} \\ 4x-y=-18 \cdots \textcircled{2} \end{cases}$  (24)  $\begin{cases} 3x+2y=-4 \cdots \textcircled{1} \\ y=-3x+1 \cdots \textcircled{2} \end{cases}$

① $\times 2 -$  ②  $7 \cdot 2$  ②に代入  
 $4x+10y=4$   $4x-2=-18$   
 $21x-17y=22$   $4x=-18+2$   
 $y=2$   $4x=-16$   
 $x=-4$   $x=-4$   $y=2$

①に②を代入  $x=2$ を①に代入  
 $3x+2(-3x+1)=-4$   $y=-3 \times 2+1$   
 $3x-6x+2=-4$   $y=-6+1$   
 $-3x=-6$   $y=-5$   $x=2$   $y=-5$

図2 生徒 a のワークシート

4 2点+1点を  
Find the values of the following expressions when  $x=3$  and  $y=-5$ . (4点)

(16)  $6x+2y$   
 $6 \times 3 + 2 \times (-5)$   
 $= 18 - 10$   
 $= 8$

(17)  $x^2+xy$   
 $3^2 + 3 \times (-5)$   
 $= 9 - 15$   
 $= -6$

5 2点+1点を  
Solve for  $x$  in the following equations.

(18)  $14x-3=9x-13$   
 $(14x-9x)=-(-13+3)$   
 $5x=-10$   
 $x=-2$

(19)  $0.7x+0.4=x-0.5$   
 $0.7x+0.4-(0.4-0.5)=-5$   
 $0.7x-0.4=-5-4$   
 $0.7x=-9$   
 $x=-12.857$

(20)  $\frac{3}{4}x-\frac{1}{2}=\frac{1}{2}x-\frac{1}{3}$   
 $\frac{3}{4}x-\frac{1}{2}x=-\frac{1}{3}+\frac{1}{2}$

図3 生徒 b のワークシート

また、生徒bはスマートフォンの翻訳のアプリ機能を使い英文を訳しながら、問題に取り組んでいた。英文を訳す過程で数学の問題をより丁寧に、正確に読むことを意図していたため、自分なりの読み方でよいから問題文を読み取り、スマートフォンのアプリは確認のために利用するよう指導したところ、スマートフォンの翻訳アプリを使わずに、自分なりに考えながら問題文を読み取りながら取り組むようになった。

授業の最後に質問紙による調査を2クラス合計28名に実施した。「英文で出題された数学の問題を解くことでどのような成長ができると思いますか?」という質問に対し、回答内容は表8のように分類された。特に、「数学と英語の両方に学習効果がある」と回答したのは16人で全体の57.1%であった。つまり、約6割の生徒が、数学と英語の学習が向上すると回答している結果となった。

表8 質問紙の結果

回答内容	回答数(人)
数学と英語の学習の向上につながる	16
英語の学習の向上につながる	7
わからない	4
成長できない	1
合 計	28

この自由記述式の質問に対し、生徒cは図4のように回答した。生徒cは、英文を日本語に訳することで、問題文の理解が深まったことが伺える。

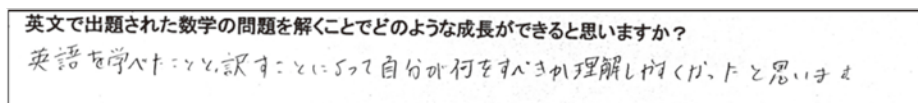


図4 生徒cの自由記述

他にも、生徒bは図3のように、[5]の英文で書かれた問題文の上に「次の方程式を $x$ で解く」と書いている。実は、この[5]の日本語版の問題文は「次の方程式を解きなさい」となっており、 $x$ は省略されている。このことから、英語版の問題に取り組んだことで、「 $x$ についての方程式を解く」ことが明確になるなど、生徒はその問題において何をすべきなのか理解できるようになったことで、より主体的に問題に取り組むことができたのである。

このように、前提は何で、何について解くのかを、問題文で丁寧に示していくことは、学び直しを必要とする生徒に対しては必要な配慮であることがわかる。

## (2) 数学I

「数学I」の授業では、ピアアセスメントを取り入れた実践を行った。ピアアセスメントを行うツールとして、ヤング&ウィルソン(2013)のICEモデルを参考に、ループリックを利用したポートフォリオを作成し、生徒同士でピアアセスメントを行い、それを授業後に提出させた。

ICEモデルは、「学びの過程をより深く理解し、重視することで、私たち教師は[生徒たちの]学

びをもっと促進する」(ヤング&ウィルソン, 2013) ことが期待される。また、授業で用いられるルーブリックは質的な表現を使うことで、学びが成長するそれぞれの過程の特徴を述べられるようにすることが重要であり、計量的ではなく質的なルーブリックを採用している。そこで、授業では、ICE モデルを参考に、表7のようなルーブリックを作成し、使用することにした。

また、ICE とは「教師と生徒に算数・数学を覚えなければならない単なる事実(考え, I) をまとめたものでなく、自らの生活の一部として考えるように促す(つながり C と応用 E)」(ヤング&ウィルソン, 2013) ものであり、授業では、ポートフォリオを作成させる際には、生徒につながりと応用を意識させて取り組ませた。

短時間(15分程度)で作成させるポートフォリオでは、ルーブリックの項目を限定させて作成させることもある。大江戸高校は定時制であるため1コマの授業45分である。その中でポートフォリオを実施する場合は、短時間(15分)でまとめさせ、「考え, I」について3つの項目を選び、ポートフォリオを作成し、ピアアセスメントを行っている。なお、ポートフォリオの作成にあたっては、スマートフォンの使用を認めている。

表9 ICE モデルを参考にしたルーブリック

要素	考 え (Ideas)	つながり (Connections)	応 用 (Extensions)
核となる内容と コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 学習した基礎的な内容をまとめ、完成させる。</li> <li>■ 学習した新しい概念を定義、説明して例をあげる。</li> <li>■ すでに知っている考えに学習した考えを適用する。</li> <li>■ 学習した内容と関係のある情報を選ぶ。</li> <li>■ 表、モデル、型などを使って学習した内容を整理する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 学習した内容の手順や構造的な概念を合わせて、ステップが2以上ある問題の解決方法をまとめる。</li> <li>■ 学習内容を数学のほかの単元や分野に渡って適用する。</li> <li>■ 学習した内容を入手可能なデータに基づいて一般化や推考をする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 学習した内容の概念をほかの教科の特徴を述べたり、例をあげたりするのに使う。</li> <li>■ 学習した内容の解決法に基づいた観察や一般化をする。</li> <li>■ 学習した内容の解決法または具体例をほかの分野と関連付けたり、応用したりする。</li> </ul>

この場合、ピアアセスメントについては、作成者が「考え, I」の5項目から3項目を選択し、作成されたポートフォリオが、各項目に即しているといえるかどうかでアセスするようにした。例えば、3項目に該当していれば A であり、2項目に該当していれば B、1項目であれば C をつけるようにした。そして、作成されたポートフォリオは提出し、教師もアセスするようにした。

例えば、図5のように、生徒 d のポートフォリオに対し、ICE を使ったルーブリックのうち「学習した基礎的な内容をまとめ、完成させる」と「学習した内容と関係のある情報を選ぶ」、「表、モデル、型などを使って学習した内容を整理する」の3項目が該当するため A がつけられ、「すごい見やすい、大事なところに印がつけてあったり図も線がごちゃごちゃしてなくてシンプルでよい」とコメントが添えられている。

ピアアセスメントを取り入れる前は、ポートフォリオの作成に意欲的でなかった生徒も、ピアアセスメントを行うことを伝えると、学びに向かう態度が変化していき、意欲的に取り組むようになった。このことから、教師がアセスするだけでなく、生徒同士でアセスし合うことに有効性があると考えてもいいだろう。

数学 ポートフォリオ  
ICEを使ったルーブリック

図5 生徒dのポートフォリオ

図5は、生徒dのポートフォリオを示す。上部には「数学 ポートフォリオ ICEを使ったルーブリック」というタイトルがあり、その下に4つの評価項目が列挙されている。1. 核となる内容とコンセプト、2. 考え (Ideas)、3. つながり (Connections)、4. 応用 (Extensional)。各項目には具体的な評価基準が記載されている。図5の下部には、生徒dのポートフォリオの一例が示されている。これは、三角関数の学習内容に関するものである。図5の下部には、生徒dのポートフォリオの一例が示されている。これは、三角関数の学習内容に関するものである。図5の下部には、生徒dのポートフォリオの一例が示されている。これは、三角関数の学習内容に関するものである。

図5 生徒dのポートフォリオ

#### 4. 大江戸高校における数学科のカリキュラムの課題

##### (1) 平成30年改訂の高等学校学習指導要領への移行に向けたカリキュラムの開発

平成30年改訂の高等学校学習指導要領は、2022年度から年次進行で実施され、2019年度は移行期間にある。多様な生徒の実態にあわせ、必要と思われる科目を講座として準備することは、ハード面でセーフティネットの役割としては一定の意味を持つだろう。そして、多様な生徒を想定しカリキュラムを策定し、生徒の実態にあわせて弾力的にカリキュラムを運用しつつ、生徒の質的变化に対応してカリキュラムを改善しており、また社会との連携・協働という意味でも、カリキュラム・マネジメントが部分的には実現されていると考えることができる。

新しい時代に必要となる資質・能力の育成についても、生徒にとって「何ができるようになるか」という前提が、特にチャレンジスクールには多様であることから、今後も学校設定科目を含む選択科目の充実で対応していくことが現実的だろう。また、不登校などにより、小学校や中学校の学習内容を初めて学ぶ生徒を含め、算数・数学の基礎的な内容を身につけたい、あるいは算数・数学への苦手意識を克服したいという生徒のニーズに応えることも必要なことだろう。しかしながら、倍率の減少傾向に伴う講座で扱う内容の変化に見られるように、目先のニーズだけに応えることは、ともすれば迎合することにもなりかねない。

また、「何を学ぶか」については、新しい時代に必要となる資質・能力を踏まえた内容の見直し

が必要となるのであるが、例えば、ビッグデータの活用など、高校卒業後にデータサイエンスを学ぶため素地の育成を視野に入れることも、「自立支援」につながる学びの機会の提供であるといえる。特に、今回の改訂では、「仮説検定の考え方」が数学Ⅰに含まれ、従前では数学Ⅱで扱われていた「期待値」が数学Ⅰに含まれるようになった。

また、「数列」は引き続き数学Ⅱで扱われるものの、再帰的な考え方はプログラミングを学ぶ際に必要となる概念でもあり、文系・理系以前に、大学進学を希望する生徒だけに学びの機会を限定してよいのかどうかも検討の余地がある。そのため、データの分析や応用、あるいは理科や情報科、工芸科、美術科と連携した STEAM に関する学校設定科目を設けることも一つの選択肢であろう。

このように、平成 30 年改訂の高等学校学習指導要領への移行に向けて、新しい時代に必要となる資質・能力を踏まえた学習内容の検討と精選、その学びの機会を実現するための学校設定科目を含めた科目の設置など、これまでのニーズとこれからのニーズに応えるカリキュラムを開発していくことが第 1 の課題となる。

## (2) BYOD を前提にした育成を目指す資質・能力の見直し

2019 年度の「わかる数学」では、英語の翻訳機能を生徒が用いていたが、数学においても様々なアプリが存在する。例えば、古宇田 (2015) が実践で用いた GeoGebra にも CAS (Computer algebra system、数式処理システム) の機能が含まれるが、他にも図 6 のような「WolframAlpha」や「Photomath」などが知られており、いずれも iPhone や iPad だけでなく、Android OS で動作するモバイル端末向けにも提供されている。

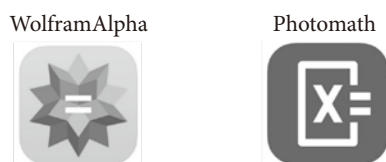


図6 CAS 機能を有するアプリ

特に、Photomath は GeoGebra と同じく無料で使用することができるアプリであり、図 7 のように、印字された数式だけでなく手書きの数式も、カメラで写して認識させることで、数式を処理して「方程式を解く」や「方程式をかき直す」などの複数の解法を示してくれる。また、それぞれの解法について、「解法ステップを表示」をタップすることで図 8 のように解法の手順を表示することもでき、さらに、「手順を説明する」をタップすることで、必要に応じて解法のプロセスの詳細を表示させることができる。

CAS に限らず、数学のツールを授業に導入することは、かつて電卓が「教室では物議を醸すツール」(Webel & Otten, 2016) であったように、数学でどのような資質・能力を育成するののかに関わる議論につながる問題提起となっていた。現在では、教科書に電卓マークが表示された問題が載るなど、計算技能の習熟を目的とした設問でない場合、数値計算に電卓を用いることは特別なことではない。

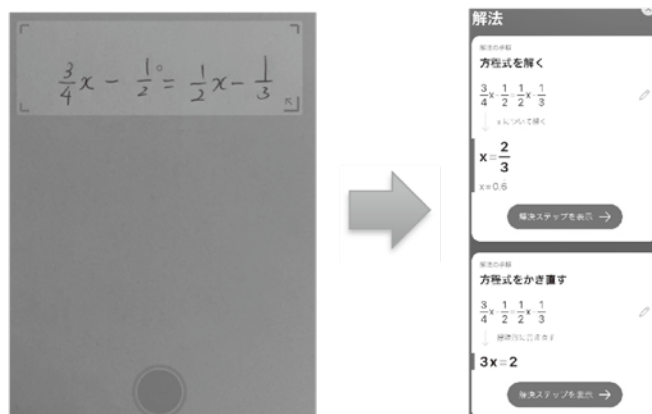


図7 Photomath で方程式を解く



図8 解法ステップの表示

しかしながら、数値計算だけでなく、数式処理を行ってくれる CAS は、PC 教室でしか扱えなかった頃は、電卓のように手軽に教室に持ち込めるツールではなかったが、2014年に Photomath がリリースされたことで、「スマホで一瞬にして解けるような計算練習ばかりを何故行わなければならないのですか？」という生徒の問いに、数学教師が言葉に詰まる事態を引き起こしている。その問いはまた、数式を手計算で処理する技能こそが、数学科で求められる資質・能力であるかのような、数学科の授業の問題点を浮き彫りにしている。

Photomath は、Webel & Otten (2016) によれば、米国でもその扱いやメリット、その使用の制限についても検討されてきたが、それをいつどのように使うのかの決定に生徒を関与させることも含め、方程式やその解の意味を理解するような実践も提案されている。

例えば、図7のような方程式を Photomath に入力したとき、図8以外にも図9のような方程式のグラフによる解法を表示することもできる。こうした複数の表現をもとに方程式とその解の意味に



ついて深く学ぶこともできるだろう。また、図9のようにその過程を必要に応じて確認することで、それが導出される手続きや根拠について振り返ることもできる。

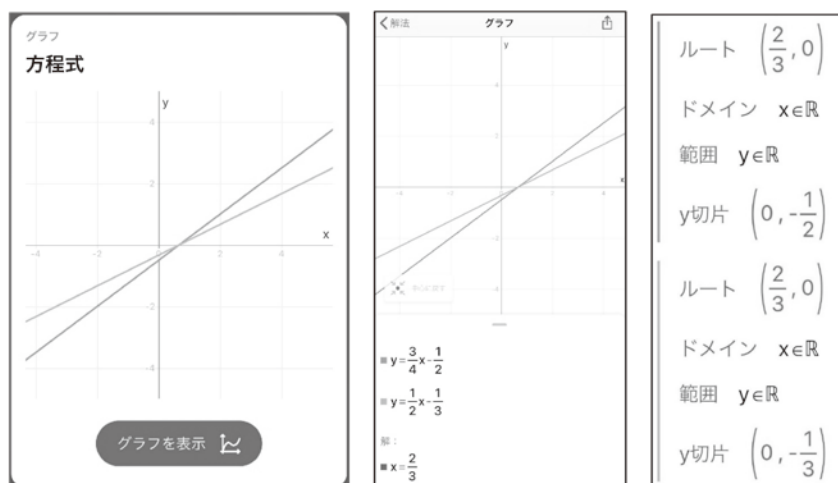


図9 グラフの表示

このように、BYODを前提にすることで、数学科で求められてきた資質・能力は、Photomathでできることだけではなかったのか、という見直しのための視点が与えられる。また、大江戸高校の生徒の多様であり、何らかの学びにくさを抱え、数学の学びにアクセスできない者がいることを考えると、「鉛筆と紙だけでは困難で不可能な数学的探求を可能」(Friesen, 2016) にするようなツールの使用を前提に育成しうる資質・能力があることも認めていくべきだろう。あるいは、BYODを前提にすると、福井(2013)が指摘する、基礎的な計算技能の不足という「足かせ」は外れ、池田(1990)が主張する数学への有用性の実感や多様性に応える数学の学びの実現も可能になる。そのため、これまでは基礎的な知識や技能を獲得した上でしか扱われなかった、数学におけるつながりやその応用に関しても、目指すべき資質・能力を育成すべく、カリキュラムに位置付けていくことが第2の課題となる。

### (3) ピアアセスメントと学びの改善

2019年度の「数学Ⅰ」では、ICEモデルを参考に、ルーブリックを利用したポートフォリオを作成し、生徒同士でピアアセスメントを行った。このICEモデルは、教授(Teaching)から学び(Learning)への評価(Assessment)のパラダイム転換の文脈で注目されてきたことを考えると、学びのためのアセスメント(Assessment for Learning, AfL)のひとつであると考えることができる。

学びのためのアセスメントでは、生徒が自らの学びをアセスできるようになることで、生徒が自身の「学びを改善」する主体であり、高次の技能の育成することが期待される。つまり、アセスメントにおける生徒の役割が重要となるのである。そのため、教師と生徒、そして生徒間でICEモデルの三つの共通の枠組み(Ideas, Connections, Extensions)を共有していくことが必要である。

しかしながら、ループリックを与えてピアアセスメントを行えば、たちどころに生徒が自らの学びをアセスできるようになるわけではない。例えば、図5のポートフォリオに対し「A」をつけた生徒のコメントを見る限り、ポートフォリオが「見やすい」ことに価値が置かれ、「 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ 」の導出する際、中学校の既習である三平方の定理に、単位円上で表された  $\sin\theta$  や  $\cos\theta$  を適用して考えるなど、「すでに知っている考えに学習した考えを適用する」ことは見過ごされている。

だからこそ、教師の指導のもとに生徒が自身や他者の学びをアセスする経験を重ねていく過程が大切なのである。また、三つの共通の枠組みを共有していくためにも、ループリックの作成過程に生徒を関わらせることも必要だろう。そうした過程を通して、例えば、表9の「I」も「表、モデル、型などを使って学習した内容を整理する」箇所がポートフォリオの中に見られるからではなく、数学の学びにおいて「表を使って学習した内容を整理する」ことの意味や価値、さらにはモデルや型を用いるという考え (Idea) がどのように機能するのか、などを自分なりに咀嚼できるようになることが期待されるのである。

さらに、表9の「C」や「E」についても、BYOD を前提にした学びを取り入れていくことは有効である。例えば、統計分野で、統計ツール使用して、データ収集や分析手法の妥当性、その結果の解釈などを行うことで、「C」の「学習した内容を入手可能なデータに基づいて一般化や推考する」ことがどういうことなのかを実感していくことだろう。

このように、生徒が自身の「学びを改善」することについて学べるよう、特定の授業だけでなく、数学科のカリキュラムに位置付けられた講座それぞれについても、ピアアセスメントを行えるようにすることが求められる。そのため、各講座の担当者間でも ICE モデルの枠組みを共有するとともに、ループリックの作成過程に生徒を関わらせることも含め、教師と生徒、生徒間で三つの共通の枠組みを共有していくことが第3の課題となる。

## 5. おわりに

チャレンジスクールである大江戸高校の数学科のカリキュラムを検討することで、次の3つの課題があることが明らかになった。

- 生徒の学びの機会を実現するため、学び直し等のこれまでのニーズと、統計や STEAM 等のこれからのニーズに応えるカリキュラムを開発していくこと
- BYOD を前提に、数学におけるつながりや応用に関わる資質・能力の育成も、カリキュラムに位置付けていくこと
- 生徒が数学の学びを改善できるよう、ループリック作成過程に生徒を関与させることも含め、教師と生徒、生徒間で ICE モデルの三つの共通の枠組みを共有していくこと

これら3つの課題は、互いに関係し合うものであり、平成30年改訂の高等学校学習指導要領への移行に向けて、実践の中で解決の道を探っていきたい。

また、今後もこれらの課題の解決を通して、実施中のピアアセスメントやポートフォリオなどの取り組みの効果についても、引き続き検証していきたい。

## 引用・参考文献

- Friesen,S. (2016). Assessment for Learning in a Math Classroom. *Leadership of Assessment, Inclusion, and Learning*. Springer. pp.141-170.
- 福井順也 (2013). 定時制高校における数学化を踏まえた授業実践の考察. 日本科学教育学会年会論文集, 37, 222-223.
- 柊澤利也 (2015). チャレンジスクールの事例研究. 日本教育社会学会大会発表要旨集録, 67, 178-179.
- 池田敏和 (1990). 数学的モデリングとその課題提示に関する事例的研究. 数学教育論文発表会論文集, 23, 393-398.
- 伊藤秀樹 (2009). 不登校経験者への登校支援とその課題. 教育社会学研究, 84, 207-226.
- 伊藤秀樹 (2013). 後期中等教育のセーフティネットにおける不平等. 東京大学大学院教育学研究科紀要, 52, 117-126.
- 加藤竜吾 (1998). 定時制商業科における数学教育の現状と課題. 東京理科大学理学専攻科雑誌, 40 (2), 37-40.
- 古宇田大介 (2015). Geogebra 5を活用した授業研究：教材の有効利用とBYODでのICT活用. 日本数学教育学会誌, 臨時増刊, 総会特集号, 97, 517.
- 文部科学省 (2014). 不登校に関する実態調査.  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/seitoshidou/1349949.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/seitoshidou/1349949.htm) (2019年6月26日最終確認)
- 文部科学省 (2019). 「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策 (最終まとめ)」について. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/1411332.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/1411332.htm) (2019年12月4日最終確認)
- 中村明 (2007). 他教科の学習内容に即応した数学科カリキュラム. 数学教育論文発表会論文集, 40, 19-24.
- 東京都教育委員会 (2019). 平成31年度 都立高校全日制等志望予定 (第1志望) 調査の結果について.  
[http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/admission/high\\_school/archives/application/files/release20190108\\_01/03.pdf](http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/admission/high_school/archives/application/files/release20190108_01/03.pdf) (2019年12月4日最終確認)
- Webel,C., Otten,S. (2016). Teaching in a World with PhotoMath. *The Mathematics Teacher*, 109(5), pp. 368-373.
- ヤング, スー.E., ウィルソン, ロバート.J., 土持ゲーリー法一・小野恵子 (訳) (2013). 「主体的学び」につなげる評価と学習方法. 東信堂.