

## SSH校におけるカリキュラム開発と授業実践

清水 真光（芝浦工業大学柏中学高等学校）

古宇田 大介（芝浦工業大学柏中学高等学校）

植村 悠太郎（芝浦工業大学柏中学高等学校）

### 1 はじめに

本校は、千葉県柏市にある私立の中高一貫校である。2024年度からSSH（スーパーサイエンスハイスクール）のⅢ期の指定を受け、課題研究を軸としながら、正課の授業に探究的な資質・能力を育むことができるようなカリキュラム開発を行っている（その資質・能力をSSコンピテンシーと呼ぶ）。本実践は特設科目（SS 数学）のカリキュラム開発の過程と授業実践である。

### 2 SSコンピテンシー

本校が4つの大きな資質・能力の柱を研究基礎力、問題発見力、問題解決力、自律的活動力として、さらにそれぞれの資質・能力を細分化した。

研究基礎力	教科の知識・技能、教科横断的な知識・技能、手続き的知識
問題発見力	仮説構築力、批判的思考力、メタ認知能力
問題解決力	協働する力、表現力、情報活用能力
自律的活動力	未知への好奇心、粘り強さ、社会に開かれた姿勢

### 3 本校の現状と新カリキュラム開発までの過程

2023年度からSS 数学のカリキュラム作成のために数学科として、構想の時間を要した。これまで本校の数学科の決定事項として、通常授業で各單元ごとに数学的活動を実施することが決まっていた。その一方で、單元に絞られてしまうという欠点を持っていた。そこで、SS 数学では、單元を意識するのではなく、狙いたい資質・能力に沿った授業設計を心がけた。内容によっては中学生が学ぶ内容や小学生で学ぶ内容も含めて、授業設計をした。一般に数学の授業において、問題を解くことに力点を置かれがちであるが、探究活動を進めていく上では、問題発見から解決までの一連の過程が重要である。SS 数学では、特に事象を数理的に捉え、問題を発見することに重きをおきつつ、問題を自立的、協働的に解決するための能力を育てることを目標とする。この目標のために必要な数学的なものの見方・考え方について、経験を通して学ぶことを授業の目的とした。

上記の考えのもと授業設計を作るにあたり、この授業内容をどのように通常授業に導入するか検討した。初めに単位数の問題があった。高校1年生は昨年度まで、数学I（3単位）と数学A（3単位）の6単位で授業を行っていた所を数学I（3単位）、数学A（2単位）SS数学（1単位）で行うようにした。（図1を参照）

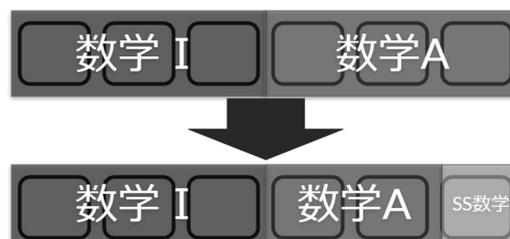


図1

次に、芝浦工業大学柏中学校から本校に進学した生徒（中入生と呼ぶ）とそれ以外の中学校から進学した生徒（高入生と呼ぶ）では学習進度に違いがあり、SS数学の内容に学習進度の違いがないようにコンテンツを作る際に配慮した。以下が実際に実施したコンテンツである。

#### 4 コンテンツについて

ここでは、各コンテンツの紹介をする。それぞれのコンテンツは3回から4回完結の授業設計をした。大雑把に言えば、1ヶ月に1つの授業を学んでいく想定である。それぞれのコンテンツについてSSコンピテンシー・授業展開の概略・反省と発見をまとめた。

##### 4-1 ハノイの塔

SSコンピテンシー：仮説構築力・協働する力・粘り強さ

授業展開の概略：1時間目ではハノイの塔の紹介を行い、ルール（3本の杭と、中央に穴の開いた大きさの異なる複数の円盤から構成される。①最初はすべての円盤が左端の杭に小さいものが上になるように順に積み重ねられている。②円盤を一回に一枚ずつどれかの杭に移動させることができるが、小さな円盤の上に大きな円盤を乗せることはできない。）の確認をする。4人のグループを作り、ルールを理解させる時間を取りながら最小の手数を調べさせる。2時間目では、類推した結果を発表する。ただし、この結果が正しいことは生徒が証明できないため、教師から答えを伝える。多くのグループでは数字から類推した結果を用いるが、操作と数式が一致するように生徒と対話しながら、漸化式の思考が自然にできるように心がけた。3時間目では、オリジナルのハノイの塔のパッケージにある伝説について考え、Wolfram | Alpha を用いながら解決を図った。また、ハノイの塔の拡張として4本ハノイ（杭が4本でルールは3本の時と一緒）を実験させた。

反省と発見：①数列を未習のため、一般化する際に苦労する場面があった。しかし、ほとんどのグループで解決することができた。②生徒は数学における実験や失敗を経験できる機会は少なく、解き方や公式の使い方に重きをおかれてきた。逆に答えを長い時間検討して、再考することが生徒にとっては新鮮さがあったように感じた。

## 4-2 立方体の展開図

SS コンピテンシー：仮説構築力・批判的思考力・粘り強さ・教科横断的な知識・技能

授業展開の概略：1 時間目に展開図の説明を行う。授業では、「展開図とは、立体図形を辺にそって切り開いて平面の上に広げた図」と定義した。4 人グループを作り、立方体の展開図は何通り存在するかという問いを投げかける。各グループで結論とその根拠を考えさせ、他のグループに説明を行う（実際は各グループで結論が異なり、議論になった）。2 時間目では、立方体の展開図が 11 種類であることをいくつかのグループに発表してもらい、次に、展開図の定義を変更し「立体図形を切り開いて平面の上に広げた図（辺にそわなくて良い）」として、どのような展開図が考えられるか立方体を切りながら創作活動を行った。最後に気づいた事や作品の発表を行った（図 2 を参照）。3 時間目では、立方体を実際に切るのではなく、展開図から立方体になるように創作活動を行った。

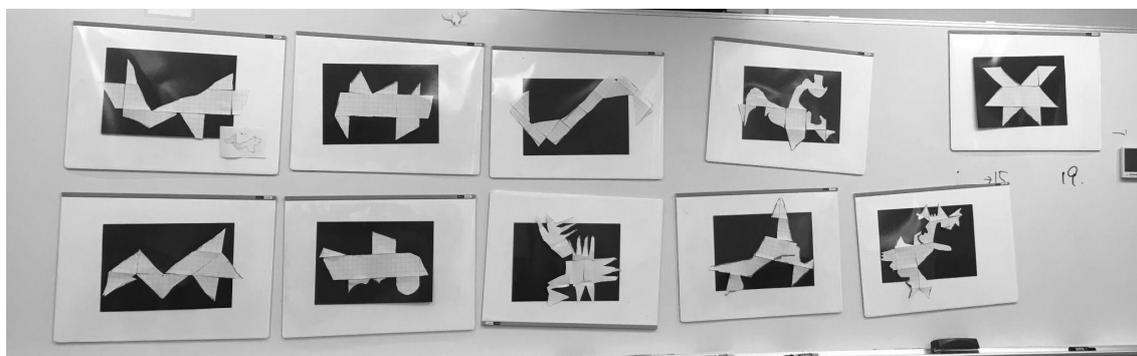


図 2

反省と発見：①本授業では、実際に紙、セロハンテープとハサミを渡し、生徒に立方体を作らせた。その際に作り方などに手間取ってしまい、時間のかかる生徒が多く見られた。②創作活動が多いコンテンツであったため、問題を解くなど数学らしい授業ではなかった。そのため何を作れば良いか何をしたら良いか戸惑う生徒が見られた。その一方で、創作活動の好きな生徒は意欲的に取り組んでもらえた。

## 4-3 コインの問題

SS コンピテンシー：協働する力・批判的思考力・粘り強さ

授業展開の概略：1 時間目に以下の問いをなげかける（図 3 を参照）。コインを使いながら実際に支払い可能な金額を  $c$  とし、 $c$  の取り得る値について調べる。(1)の問いは  $a, b$  が互いに素である場合を具体例として与えたものである。2 時間目では、 $a, b$  を変化させた場合の  $c$  の値の変化を調べる。手作業で  $c$  の値を調べるのが大変なため、Geogebra を用いて生徒に調べさ

せた。3時間目に a, b に対する c の対応表を作りながら c に規則がないか類推する。最後にグループごとに結果を発表する。このテーマは、フロベニウスの硬貨交換問題をもとに授業内容を構成しており、最初の問いにおいて、a, b が互いに素であるとき「その金額以上はすべて支払い可能となる」金額の最小値が存在し、その値が  $(a-1)(b-1)$  であることが知られている。生徒たちには数値実験を通して、このような数学的事実を導出してもらうことを一つの到達地点としている。

### 活動1 シバカッシー王国のコインを考える

あなたはシバカッシー王国の国王です。

この国は「シーバ」という通貨単位で、金・銀2種類の硬貨のみが使われています。金と銀の硬貨1枚の価値が、それぞれ aシーバ、bシーバであるときに、これらの硬貨を使って過不足なく支払える金額を考えます。

(ただし、使わない種類の硬貨があってもよく、使用枚数に制限はないものとします。また、a, b は異なる正の整数とします。)

(1)  $a=7, b=5$  のとき、ぴったり支払える金額を調べよう。

図3

金額の最小値が存在し、その値が  $(a-1)(b-1)$  であることが知られている。生徒たちには数値実験を通して、このような数学的事実を導出してもらうことを一つの到達地点としている。

反省と発見：①ICT を活用した授業を取り入れたが、Geogebra の操作に戸惑う生徒や狙いたい変数をどのように視覚化するか、具体的にはスライダーや残像のプロントといった手法に時間を要した。②硬貨が2種類しかない仮想世界の考察結果をもとに、現実の事象に同じ内容を当てはめて問題を設定し、考察する生徒たちが生まれた。生徒の主体的な取り組みとして、モデル化された世界の考察を現実の事象の考察に結びつけることができた。一方、そもそも数学で事象を考察する経験に乏しく、活動に難しさを感じていた生徒も多い。

## 5 課題

約半年間の授業実践の中で授業を運営するにあたっての課題をまとめる。

### 5-1 評価について

夏休みなどの長期休暇の際、レポート課題を設定した。この課題に関して、①これまで学んだことから、自分で新しい問いを立てて取り組む課題（いわゆる自由研究）②コンテンツごとに課題の例を示し、3つの中から自分で選び取り組む課題の2つを検討した。前者は自由度が高く数学に興味がある生徒向けになる一方で、数学を苦手とする生徒には敷居が高く、課題として困難であると考えられた。また、数学の自由研究をさせることは、手間と時間がかかると感じたからである。つまり、課題発見、周辺知識の整理、最終的にレポートとしてまとめる時間は生徒の負担感が大きく、他教科の課題などを考えるとバランスが悪くなるのではないかと懸念した。以上の理由から②の課題を出した。しかし、②の場合であっても自由闊達なレポートが失われ、既存の課題の例をただ解いたレポートになるのではないかと不安を感じた。実際には、生徒のレポート課題は興味深いものが多く、特に課題の例をより抽象化させるなど生徒の工夫が見られた。

次に、課題の評価が問題になった。②の課題を出したため、生徒は自分が取り組みたい課題を設定できた。各コンテンツの評価基準を作成し、評価を行った。本来、この評価基準の作り方も今後検討すべきであった。各コンテンツの難易度や性質が異なるものを同じ尺度で測ることは難しく、今後、課題の評価については再考していきたい。

## 5-2 教員間の共有

SS 数学の授業は、4名の教員で授業を行っている。通常の授業では教科書や問題集などを、どこまで進むかなど進度を揃えながら進む。つまり、授業の教え方などまでは、各教員に委ねられている。しかし、SS 数学は授業の内容や生徒への伝え方のニュアンスまで揃えなければならず、基本的には毎週、授業の展開や内容の確認を行う。また、この打合せも教員の時間割の中にはなく、放課後に4名の教員で集まり行っている。その点で、授業準備の在り方やコンテンツを是正しなければいけない。

## 5-3 コンテンツの順序

2024年度のコンテンツは生徒と教員で手探りで進めながら、コンテンツの輪郭を定めることができた。しかし、よりSSコンピテンシーとリンクできるように見通しの良いカリキュラム設計を今後していかなければならない。

## 6 アンケート調査

SS 数学Aの授業開始前（4月）と、前期カリキュラム終了後の後期初回（10月）に次のようなアンケートを実施している。なお、質問1～8と11,12は4段階のリッカート法、質問13は10段階のSD法による評価である。

1. 数学は得意ですか。	8. 数学の授業の中で、自分のため役に立つ（自分のためになる）と思うものはありましたか。
2. 数学を学ぶことに関して興味がありますか。	9. 一番好きな教科は何ですか。
3. 数学を学ぶことに関して意欲がありますか。	10. 一番嫌いな教科は何ですか。
4. 数学を学ぶことは必要だと思いますか。	11. 今現在、SS 数学の授業に意欲的に取り組んでいますか。
5. これまでに学んできた算数・数学の中で、得意（興味が持てる、理解が簡単）と思った内容はありますか。	12. 今現在、SS 数学の授業がわかりますか。
6. これまでに学んできた算数・数学の中で、苦手（ついていけない、理解が困難）と思った内容はありますか。	13. 数学を学ぶことと、教科書に載っている公式を暗記することは同じだと思いますか。
7. 数学の授業の中で感動したり、驚いたりした経験はありますか。	14. これまでのSS 数学の感想（10月のみ実施）

特に、質問7に関しては4月の調査と比べて10月では肯定的な結果が見られた。(図4参照)

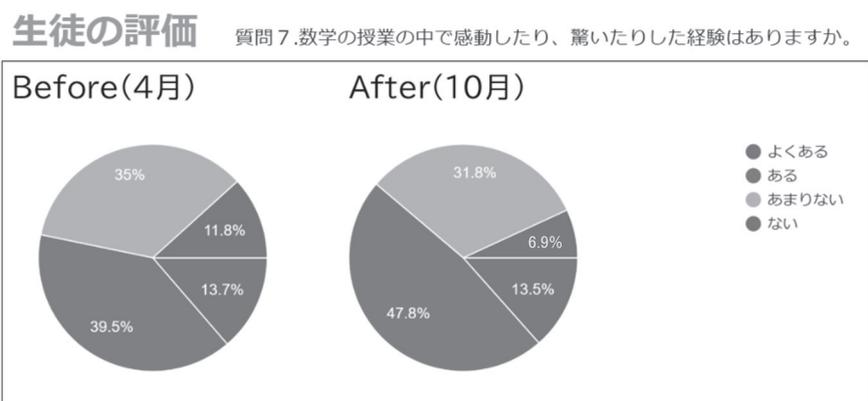


図4



## 7 おわりに

昨年度からSSH校における特設授業の開発と実践を行い、このような授業は「生徒は本当に授業を受けてくれるのか。」「数学を一緒に学んでくれるのか。」といった不安があった。しかし、生徒は積極的に参加し、アンケートの感想では肯定的な評価が多かった。「次は何やるんですか？」など楽しみにしてくれる生徒の声が心の支えである。

また、授業を作る過程で教員自身が多くのことを学ぶ機会となった。4名の教員が一つ一つ授業内容を確認し合う経験は、時間的に限られていたものの、非常に貴重であった。1年目に見つかった多くの課題を次年度に向けて是正し、より質の高い授業へと磨きをかけていきたい。