

中学校数学科におけるサイエンスの取り組み

岩田 耕司・後藤 俊秀

本校では、平成15年度から3年間、文部科学省の研究開発学校に指定され、科学的思考力や独創性などの能力を培うための科学教育「サイエンスプログラム」を開発し、研究実践を行っている。サイエンスプログラムは、理数教科だけが行うのではなく、全ての教科と総合的な学習において、それぞれの多様なアプローチによって、科学的な思考力や科学への興味関心を育むためのプログラムを実践するもので、当校の教育課程に組み込まれている。

本稿は、サイエンスプログラムの開発に対し、本校数学科がどのような取り組みを行っているのかについて報告するものである。そのため、まず、サイエンスプログラムの全体像について概説し、その中で数学科の位置づけを述べる。そして、サイエンスプログラムの開発に向けた、数学科の取り組みの理論的背景について説明する。そして、中学校第3学年を対象としたサイエンスIIについて、開発したカリキュラムの具体を示す。

1. はじめに

本校では、平成15年度から3年間、文部科学省の研究開発学校に指定され、科学的思考力や独創性などの能力を培うための科学教育「サイエンスプログラム」を開発し、研究実践を行っている。サイエンスプログラムは、理数教科だけが行うのではなく、全ての教科と総合的な学習において、それぞれの多様なアプローチによって、科学的な思考力や科学への興味関心を育むためのプログラムを実践するもので、当校の教育課程に組み込まれている。本稿では主に、本校数学科が取り組んでいるサイエンスプログラムの一つ、中学校第3学年のサイエンスIIについて、報告するものである。

2. サイエンスプログラムの概要

(1) 研究開発課題と研究の概要

本校では、平成15年度から3年間、「中学校・高等学校を通して科学的思考力の育成を図る教育課程の研究開発」という課題のもとに、文部科学省の研究開発学校に指定されている。研究の概要は、以下の通りである。

すべての教科において実践する科学教育「サイエンスプログラム」のカリキュラム、指導方法、評価方法を開発し、研究実践を行う。「サイエンスプログラム」では科学的思考力や独創性などの科学・技術の基盤となる能力を高めるとともに、先進的な科学・技術に触

れ、発展的で総合的な科学教育の創造をめざす。また、中・高一貫教育において、6年間を見通した系統的な科学教育のあり方についても研究する。(広島大学附属福山中・高等学校, 2005, p. 1)

(2) サイエンスプログラムの構造

前述したように、当校で開発している科学教育「サイエンスプログラム」は、科学的思考力や独創性などの科学・技術の基盤となる能力を高めるとともに、先進的な科学・技術に触れ、発展的で総合的な科学教育の創造を目指すものである。このプログラムは、次の3つの枠組みから構成されている。

- ・サイエンスI：中学校第2学年と高等学校第1学年に設置された新教科
- ・サイエンスII：総合的な学習の時間で取り組むプログラム
- ・サイエンスIII：各教科の時間で取り組むプログラム

そして、各学年段階に応じて設定された育みたい能力や態度(図1を参照)を培うために、これら3つの枠組みから、理科や数学等にとどまらず、全ての教科を通して実践する科学教育であるという点が、サイエンスプログラムの大きな特徴である。図1は、このようなサイエンスプログラムの構造を示したものである。

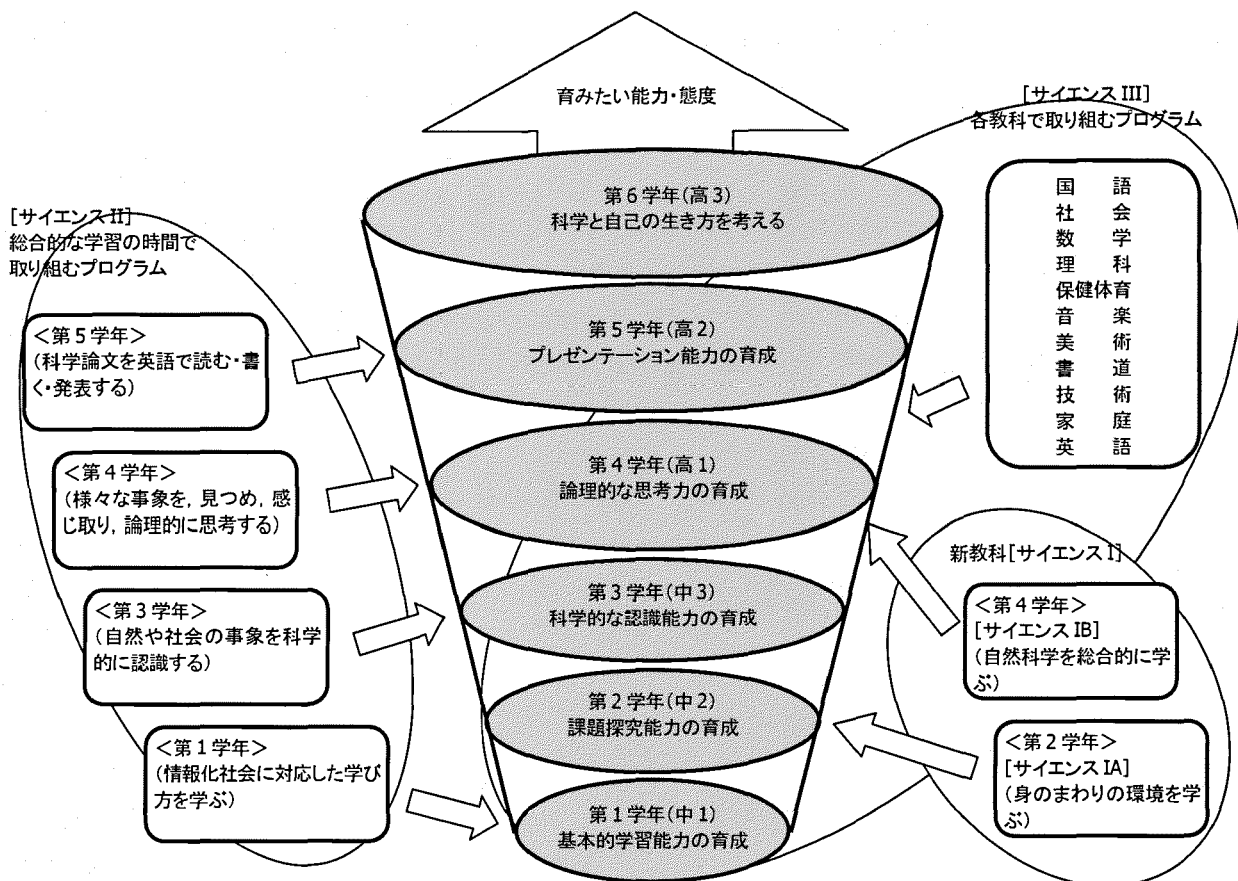


図1. 研究開発「サイエンスプログラム」の構造
(広島大学附属福山中・高等学校, 2005, p. 3)

(3) サイエンスプログラムにおける数学科の関わり

サイエンスプログラムの中で、本校数学科が取り組んでいるものは、次の3つであり、先に示した3つの枠組み(サイエンスI, II, III)それぞれに対応している。

第一の取り組みは、理科と数学との有機的な連携を図り、高等学校で全ての生徒が共通に履修するべき基礎的な科学的知識を題材とした、新教科「サイエンスIB」での取り組みである。これは第4学年(高等学校1学年)に新たに設置された新教科であり、ここでは、エネルギー概念や原子概念、生物の多様性と普遍性など、環境問題やわれわれの生活を科学的に考察する際の思考方法として、微分的考え方や積分的考え方、ベクトルの発想などの数学的手法を取り上げ、科学的な思考法や技能の習得を目指している。

第二の取り組みとしては、中学校・高等学校の総合的な学習の時間に設置された「サイエンスII」における取り組みである。本校数学科は、第3学年において、社会科と連携を取りながら、「科学的な認識能力の育成」をテーマに取り組んでいる。本稿の中心的な内容は、この

取り組みについてのことであり、内容の詳細については後述することにする。

第三の取り組みは、各教科において取り組む「サイエンスIII」での取り組みである。サイエンスIIIは、全ての教科が独自に取り組むプログラムであり、平素の授業において、「科学的な思考力の伸長」という視点から、自然科学とリンクする教材を開発し、学習指導要領にとられない多様で発展的な内容を取り入れた科学教育を実践するという目的で行われているものである。数学科としては、数学の様々な分野での活用方法やそのしくみ・意味を意識させることで、数学のみならず他分野への理解を深めさせるということを主なねらいとしている。

3. サイエンスプログラムへの取り組みの理論的背景

前述したように、当校で開発している科学教育「サイエンスプログラム」は、科学的思考力や独創性などの科学・技術の基盤となる能力を高めるとともに、先進的な科学・技術に触れ、発展的で総合的な科学教育の創造を目指すものである。当然のことながら、カリキュラムの

開発に際しては、このような目的を達成できるような題材を開発・設定し、実践を通して検討・修正を繰り返していくことになる。その際に、本研究では、幾つかの理論的な枠組みを設定し、その枠組みを開発・修正の視点としながら、研究開発に取り組んでいる。以下では、その枠組みについて概説する。

(1) 科学的思考力

当校では、科学教育「サイエンスプログラム」で育もうとしている科学的な思考力を、次の4つの要素からなると仮定している（広島大学附属福山中・高等学校，2005, pp. 11-12）。

- ア) 科学プロセススキル：科学的に知を獲得したり、問題を解決する能力を身につけている
- イ) 科学概念の応用：日常の現象や事象を、科学的に説明することができる
- ウ) メタ認知能力：生徒自身が学習全体を見直し方向性を修正する力、学びの意味を考える力を身につけている
- エ) 表現力：論理的に表現することができる

それゆえ、このような技能・能力が発揮され、培われるようなカリキュラムを考えていく必要があり、この4つの要素（観点）は、本研究における、科学的思考力の育成を目指したカリキュラムの開発にあたって、重要な視点となっている。

(2) 数学的活動

当校で開発しているサイエンスプログラムは、生徒の科学的思考力の育成を主に目指したものである。サイエンスプログラムと関わって数学科がねらいとすべき科学的思考力、もしくは、数学において最も育成されるであろう科学的思考力は、まさしく数学的思考力と言ってもよいであろう。すなわち、数学を創り出す際に働く思考力や、数学を用いて思考する力であり、そのような数学的思考力は、より質の高い数学的活動を通して培われる（片桐，1996；島田，1995）。それゆえ、科学的思考力の育成を目指したカリキュラムの開発に際し、数学的活動からの知見を援用することは有益である。

数学教育学研究において、数学的活動に関して書かれた論考は決して少なくなく、数学的活動それ自身の捉え方も多様である。最近の研究では、数学的活動を個人的

な活動だけでなく、社会的な活動を含めて論じることも少なくない（例えば、大谷，2002；Ernest，1991）。しかしながら、本研究の目的は数学的活動について詳細に論じることではないので、現時点においては、数学的活動の規定として、数学的活動の特徴をよく捉えていると思われる島田（1995, p.14）の規定に従うことにする。すなわち、

《既成の数学の理論を理解しようとして考えたり、数学の問題を解こうとして考えたり、あるいは新しい理論をまとめようとして考えたり、数学を何かに応用して、数学外の問題を解決しようとしたりする、数学に関係した思考活動》

を一括して数学的活動と呼ぶ。

また、このような数学的活動の様相を示した図として、島田（1995）による数学的活動の模式図（図2）や、三輪（1983）による数学的モデル化過程（図3）、高等学校学習指導要領解説（文部省，1999）における数学的活動の図（図4）などがよく用いられる。

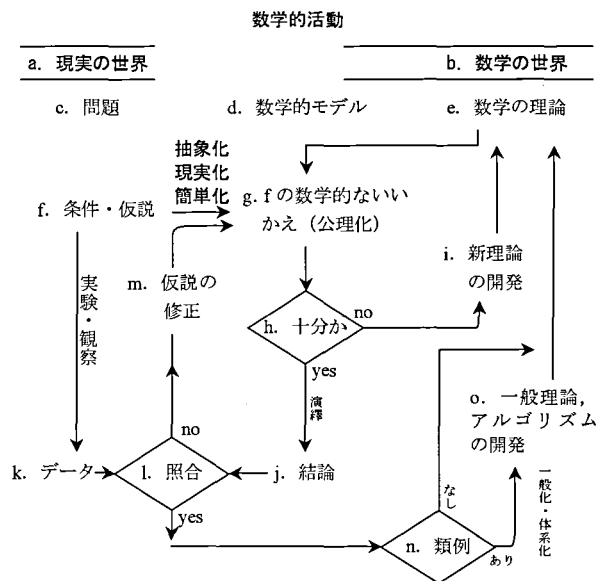


図2. 数学的活動の模式図
(島田，1995, p. 15)

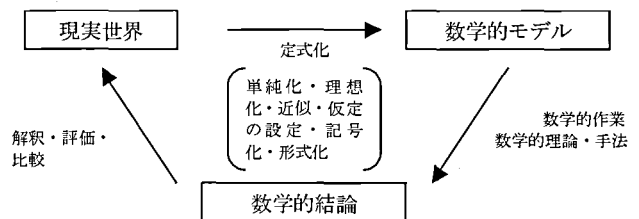


図3. 数学的モデル化過程
(三輪，1983, p. 120)

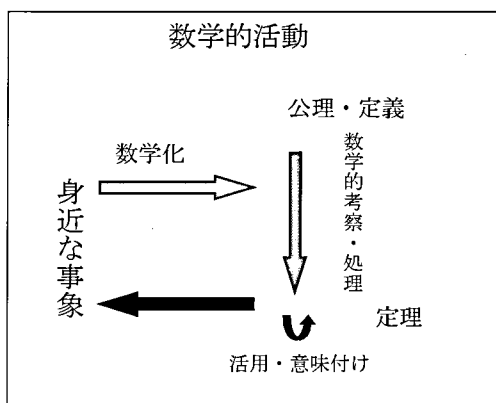


図4. 数学的活動 (文部省, 1999, p. 10)

これらの図に共通していることは、「現実の世界」と「数学の世界」を設定し、2つの世界に渡った活動を数学的活動と捉えている点である。さらに言えば、どの図においても、数学的活動における次の3つの様相が描かれ、強調されている。

- ①数学化：現実世界の事象を数学化し、数学的な課題を設定する
- ②数学的考察・処理：数学世界において、数学的に考察・処理し、数学的結論を導く
- ③数学の活用：数学的結論や理論、定理等を現実世界の事象に活用する

以上のことから、本研究においては、よりよい数学的思考はより質の高い数学的活動を通して育成されうるという考えのもと、①数学化、②数学的考察・処理、③数学の活用という数学的活動における3つの様相を視点として、科学的思考力の育成を目指したカリキュラムの開発にあたる。

(3) 全体論的立場

全体論は、1926年にJ. Smutsにより提唱され、その概念は、教育の分野だけでなく、医療や看護、心理療法、経営、あるいは環境保護等の市民運動といった、人間に関わるさまざまな実践領域・職種で使われ始め、現実との切り結びの中で今もなお練り上げられつつあるものである。近年、そのような概念に基づく教育、すなわち全体論的教育が注目を集めている。全体論的教育における中心的テーマは、「全体性」、「相互依存性」、「多様性」であり、このパラダイムに基づく数学教育では、子どもたちが数学の全体構造の中で学習することで、個々の領域の関連、またその領域の中での関連の理解が促進され、

数学の構造的理解の手立てになると考えられている。また、絶えず全体を意識することで、今自分のやっていることが、何のためなのか、何とかかわりがあるのかということを見出しやすくなり、物事の本質を理解することが促進されると考えられている(服部, 2004)。

本研究において、特にこの全体論的立場を取る理由は、先に挙げた数学的活動の重視と関連する。すなわち、真の数学的活動は子どもの主体性のもとに行われるものであり、その主体性は、全体性の意識なくしては生じえないと考えるからである。例えば平林(1987, p.185)は、デューイの算術教育における図式を図5のように一般化し、次のように述べる。

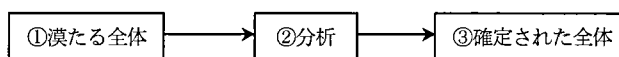


図5. 平林(1987, p. 185)によって一般化されたデューイの算術教育の図式

《いわゆる「講義式」の授業は大抵②の段階から出発する。ところが、この場合は、この分析活動はしばしば教師において行われ、子どもは教師の分析の結果を鵜呑みにすることが多い。①の段階を与えられないでは、子どもが主体的に②の分析を行うことは不可能である。①こそ、子どもに分析の対象と目標を与えるものであり、それを欠いては、子どもは何をどう分析するのか分からないであろう。①によって、子どもははじめて分析の対象をもち、その後の学習活動に意味を見出しうる》

また、平林(1987, p.246)は、全体性の意識と、分析の合理性、有効性に関わって次のようにも述べている。

《大人の数学的認識過程を反省すれば明らかのように、分析はつねに目的的であり、方向づけられており、もしそうでなければ分析の各段階は有効でない。また、論理的な説明も何らかの全体的文脈においてはじめて理解しうる。…(中略)…少なくとも子どもの場合は、当初から一貫した全体性が意識されない限り、行動は合理的になりえない。

このように考えれば、こうした全体性の意識の形成にあずかるものを子どもに与えておくことは、それがやがて大人の論理的分析を支える基盤となることは十分に理解される》

以上で述べてきたように、数学的活動を重視する本研究において、全体論的立場を取ることは必要不可欠なことであり、カリキュラムの開発にあたって極めて重要な視点となる。

(4) カリキュラム開発の視点のまとめ

本節では、以上で述べてきたことを総合し、本研究におけるカリキュラム開発の視点をまとめてみたい。

まず、サイエンスプログラムの目標である「科学的思考力の育成」という点に関し、科学的思考力を、科学プロセススキル、科学概念の応用、メタ認知能力、表現力という4つの要素から捉える。これは、カリキュラムの目標に関する視点となる。

また、サイエンスプログラムと関わって数学科がねらいとすべき科学的思考力は数学的思考力であるという立場をとり、そのような数学的思考力はより質の高い数学的活動を通して培われる(片桐,1996;島田,1995)という考えから、カリキュラム開発にあたっては、数学的活動(特に、数学化、数学的考察・処理、数学の活用)という視点を重視する。これは、カリキュラムの方法に関する視点である。

さらに、真の数学的活動は全体性の意識なくしては行われえないという平林(1987)の指摘から、本研究においては全体論的立場をとり、学習の内容や活動の全体性を内包した教材の開発を目指す。これは、カリキュラムの内容に関する視点である。

以上のことをまとめ、本研究におけるカリキュラム開発の視点およびその構造を図示すれば、図6のようになる。

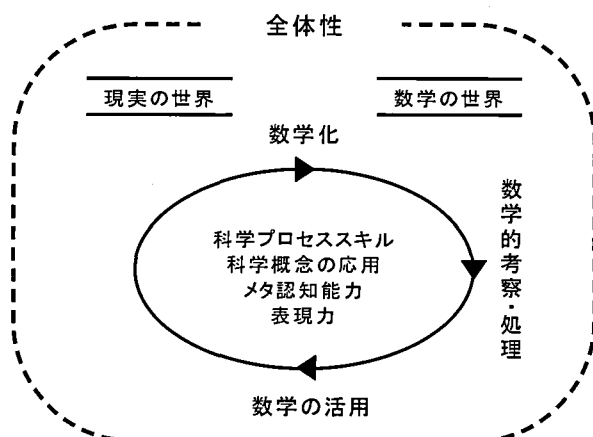


図6. 本研究におけるカリキュラム開発の視点の構造

図6の意味するところは、本研究においては、活動や内容の全体性を有した教材を用い、数学化や数学的考察・

処理、数学の活用などの数学的活動を通して、科学的思考力の育成を目指すということである。

4. サイエンスIIに対する数学科からのアプローチ

(1) 扱う数学的内容の設定

本校で開発しているサイエンスプログラムは、科学的思考力の育成を全体的な目標とし、各学年段階に応じて育みたい能力や態度を設定している(図1を参照)。その中で、本稿で取り上げる中学校第3学年を対象としたサイエンスIIは、「科学的な認識能力の育成」を目標に掲げているものである。

そこで、サイエンスIIに対する数学科からのアプローチとしては、「科学的な認識能力」を、「事象を数理的(科学的)に捉え、考察する能力」と捉え直し、扱う題材としては特に「確率・統計分野」の内容に焦点をあてることにした。数学教育においては、事象を数理的に捉え、考察するというテーマにした研究は数多くなされておき、現在の教育課程で扱っている内容ほとんど全ての内容で、そのようなテーマに沿った授業を展開することは、難易の差はあるにせよ、可能であろう。つまり、扱う数学的内容を固定せずに、サイエンスIIのカリキュラム内容を考えることもできるわけである。しかしながら、そのようにしなかった(つまり、扱う内容を1つに絞った)理由は、次に挙げる2点である。

- 1) いろいろな数学的内容領域において、事象を数理的に捉え、考察するというテーマに授業を行うことは、サイエンスIIIでも実施可能なことであり(むしろ、サイエンスIIIでの主な取り組みである)、サイエンスIIの特色が薄れる。
- 2) サイエンスIIのカリキュラム開発に対する本研究の基本的立場は、全体論的立場に立つということであり、数学的内容としての全体性を持たせる必要がある。

また、周知の通り、これまでの中学校学習指導要領(数学科)でも、確率・統計に関する内容は取り扱われている。しかしながら、今回特にサイエンスIIにおいて、確率・統計分野に焦点を当てた理由は、次に挙げる4点である。

- 1) 内容的に、生徒による実験を数多く取り入れることが可能であり、数学的活動を重視するという本研究の立場とよりよく適合する。

- 2) 確率・統計分野の内容は、どの教科書においても章立ての最後に置かれており、「数学」の授業では、授業時間不足等の理由できちんと扱われることがあまり多いとは言えなかった。
- 3) また、指導においては、統計に関する用語の説明や資料の平均を求める方法の習得に重点が置かれ、生徒の発展的な思考活動を伸ばす題材になりにくかった。
- 4) 本来は、生徒自身がデータを収集するところから始めたいが、それには時間数や方法上の問題があり、結果的に、教科書に掲載されている資料や教師側が与えた資料での授業になることが多く、生徒の興味や関心を喚起しにくかった。

以上のことが、「科学的な認識能力の育成」を目標に掲げた、中学校第3学年のサイエンスⅡにおいて、「確率・統計分野」の内容に焦点をあてた理由である。

(2) 単元の事例1「実験的確率と数学的確率」

◇ 単元の概要

3つのサイコロをふったときの目の和や、1つのサイコロを3回ふったときの目の最小値に関する確率の実験を通して、1)身のまわりにある事象や現象を、数値データとして捉えること(数学化)、2)数値データから、何らかの仮説を立てること(数学的考察)、3)その仮説を検証するツールとして数学を用いること(数学の活用)、という科学的探究のプロセスを体験させる。

◇ 単元のねらい

- ・実験を通して情報を収集し、それらを目的に応じて表やグラフに整理する方法に習熟する。(科学プロセススキル)
- ・整理された情報を分析し、その中から一般的な法則を推測したり、課題や疑問を見出したりする。(科学プロセススキル、メタ認知能力)
- ・推測した法則の真偽や見出した課題、疑問に数学を用いて取り組む。(科学プロセススキル、科学概念の応用)
- ・得られた成果を整理し、発表する。(表現力)
- ・以上のような活動を通して、科学的探究における実験の有用性を感得する。

◇ 単元に内包された全体性

この単元においては、実験、推測、証明という、科学的探究のプロセスに対する一つの全体像が示されており[活動の全体性]、このプロセスは以後の学習活動において重要な役割を担っている。また、実験や実験結果には、豊富な数学的内容(例えば、表やグラフによるデータ処理、大数の法則、実験的確率と数学的確率)が内包されており[内容の全体性]、生徒が以後の学習活動において、それぞれの活動の意味を見出しやすいであろう。それゆえ、本研究のねらいとする真の数学的活動が行われることが期待できる。

◇ 単元計画(10時間)

表1を参照のこと。

表1. 「実験的確率と数学的確率」の単元計画

学習過程《学習内容》	指導上の留意点
<p>1. 3個のサイコロをふる実験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・問「3個のサイコロをふり、出た目の和を計算するとき、どの値(和)が出やすいのだろうか」 ・実際にサイコロをふり、度数分布表を作成させ、それぞれの値についての相対度数を求めさせる。 《データ収集・集計の方法》 ・一つの値(例えば、和が7になった割合)に注目させ、試行回数が増えるに従い、その値がどのように変化するか調べさせる。 《大数の法則・実験的確率》 	<ul style="list-style-type: none"> ・4人程度の班に分けておく。 ・班で協力して作業を行わせる。 ・一人あたり約100回程度振らせる。 ・この時点では、自分の結果と、班全体での結果を集計させる。 ・各班の結果を、一枚の紙に集約し、配布しておく。 ・各班の結果を累計していくことで、試行回数を増やすことの代わりとする。

<ul style="list-style-type: none"> ・全ての値について、自分の結果と班の結果、クラス全体の結果を、相対度数で表し、1つのグラフ用紙上に3つの度数折れ線グラフで描かせ、比較させる。 《大数の法則・実験的確率》 ・なぜ、そのような実験結果が出たのかを考えさせ、3個のサイコロを同時に振ったときの目の和を確率変数とする確率分布表を作成させる。 《数学的確率》 ・実験的確率と数学的確率それぞれを1つのグラフ用紙上に度数折れ線グラフで描かせ、比較させる。 《科学的探究における実験の有用性》 	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の結果、班の結果、クラス全体の結果のグラフは、それぞれ色を分けて描かせるようにする。 ・「度数分布」、「相対度数」の用語の説明はするが、「確率分布」という用語は用いない。 ・2つのグラフを色を分けて描かせるようにする。
<p>2. 1個のサイコロを3回振る実験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・問「1個のサイコロを3回振り、出た目の最小値を考えると、それぞれの値の出る確率はどのようになるか」 ・実際にサイコロを振り、出る目の最小値の度数分布表を作成させ、それぞれの値についての相対度数を求めさせる。 《データ収集・集計の方法》 ・それぞれの値について、班の結果、クラス全体の結果を、1つのグラフ用紙上に2つの度数折れ線グラフで描かせ、比較させる。 《大数の法則・実験的確率》 ・なぜ、そのような実験結果が出たのかを考えさせ、1個のサイコロを3回振ったときの目の最小値を確率変数とする確率分布表を作成させる。 《数学的確率》 ・実験的確率と数学的確率それぞれを1つのグラフ用紙上に度数折れ線グラフで描かせ、比較させる。 《科学的探究における実験の有用性》 	<ul style="list-style-type: none"> ・4人程度の班に分けておく。 ・班で協力して作業を行わせる。 ・一人あたり約100回程度振らせる。 ・この時点では、自分の結果と、班全体での結果を集計させる。 ・各班の結果を、一枚の紙に集約し、配布しておく。 ・班の結果とクラスの結果のグラフはそれぞれ色を分けて描かせるようにする。 ・数学的確率を求めることに困難を感じているようであれば、ヒントを与える。 (216通り全てを載せたプリントを配布したり簡単な場合から考えさせたりする) ・2つのグラフを色を分けて描かせるようにする。
<p>3. レポートの作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・この学習を通して気づいたことや工夫したこと、疑問に思ったことをレポートとして書かせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・素朴な疑問から、今後調べてみたいことまで、できる限り多く書かせる。

(3) 単元の事例2 「乱数とモンテカルロ法」

◇ 単元の概要

モンテカルロ法を用いて円周率の近似値を求めるために、乱数もしくは乱数らしきものを幾つかの方法で生成させる。その活動においては、1) 身のまわりにある事象や現象を数値データとして表すという活動(数学化)が行われる。そして、2) その数値データを幾つかの視点から分析し、データの特徴を把握するという活動(数学的考察)を通して、ランダム性についての理解を深めさせる。最後に、3) 生成した擬似・物理乱数を用い、円周率の近似解を求めるという活動(数学の活用)を通して、シミュレーションという科学的方法を体験させる。

◇ 単元のねらい

- ・実験を通して情報を収集し、それらを目的に応じて表やグラフに整理する方法に習熟する。(科学プロセススキル)
- ・整理された情報を分析する視点を多様に考え、情報を分析する能力を育む。(科学プロセススキル, メタ認知能力)
- ・情報を分析することによって、現実として起こった事象の特徴を説明する。(科学プロセススキル, 科学概念の応用, 表現力)

- ・乱数を用いたシミュレーションを何回も行うことで、近似解を求めることができることを理解する。(科学概念の応用)

- ・以上のような活動を通して、科学的探究における実験の有用性を感得する。

◇ 単元に内包された全体性

この単元は、確率概念を用いて円周率の近似解を求めるという全体像[活動の全体性]のもと、幾つかの方法で乱数のようなものを多数生成し、それぞれの数列のもつ特徴を調べるという活動を行わせるものである。生成された乱数もしくは乱数らしきものは、数値データとしての特徴をそれぞれ持っているものであり、そのデータの中には、相対度数や平均、最頻値などの数学的概念(データの特徴を調べる数学的ツール)が内包されている[内容の全体性]。このような活動や内容の全体性を有した状況の中で、生徒がデータのもつ特徴を分析・考察するという科学的探究のプロセスに従事することは十分に期待できることである。

◇ 単元計画(10時間)

表2を参照のこと。

表2. 「乱数とモンテカルロ法」の単元計画

学習過程《学習内容》	指導上の留意点
<p>1. 乱数の意味</p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入：確率実験をすることで、面積や円周率などの近似解を求める方法があることを紹介し、また、その方法を用いる際には、バラバラな数が必要であることを伝える。 ・問「人間が0から9までの10個の数字を使ってバラバラな数の列を作ろうとしたとき、無心になったつもりで1つの数字を挙げていけば、そのようなバラバラな数の列は作れるのだろうか。言い換えれば人間はどれほど無心になれるのだろうか。」 ・0から9までの数字を無作為に挙げるという方法で、自力で乱数のような数列を作らせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モンテカルロ法の紹介にとどめておく。 ・乱数を作ることの動機付けをさせる。 ・乱数の定義は曖昧にしておく。 ・4人程度の班に分けておく。 ・2人1組となって協力して記録させる。

<ul style="list-style-type: none"> ・自分で作った乱数のような数列について、その数列がバラバラであるかどうかを吟味させる（バラバラであることの定義の曖昧さを吟味する視点を考えさせる）。 《相対度数、平均、最頻値、ランダム性》 ・乱数の定義を考えさせ、そのような数を作り出すにはどうしたらよいか班で話し合わせる。 《同様に確からしい》 ・乱数さいやトランプなどを用いて物理乱数を作らせる。 ・乱数生成法として、平均採中法を紹介し、それを用いて擬似乱数を作らせる。 	<ul style="list-style-type: none"> →各数字の相対度数を調べる。同じ数字が2回または3回連続して出る頻度を調べる。ある数字が出る間隔を調べる。2つずつ区切って座標とみなし、平面上でのちらばり具合を調べるなど。 ・0から9までの数字が、無秩序で等確率で出現するような試行とはどんな試行かを考えさせる。 ・物理乱数についても、ランダム性の検証を行わせる。 ・擬似乱数についても、ランダム性の検証を行わせる。
<p>2. モンテカルロ法による実験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モンテカルロ法を用いて、円周率の近似解を求めさせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験的確率であり、正確な値は計算できないことを確認しておく（πは無理数である）。
<p>3. レポートの作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・この学習を通して気づいたことや工夫したこと、疑問に思ったことをレポートとして書かせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・素朴な疑問から、今後調べてみたいことまで、できる限り多く書かせる。

(4) 指導上の工夫

これらの単元では、自分たちでサイコロをふったり、乱数もしくは乱数らしきものを作成してデータを収集したりするので、なるべくそのサンプル数が多い方がよい。したがって、4人1組のグループの中をさらに2人ずつの小グループに分けて、作業や収集を4人でおこなうのではなく、小グループ単位でさせるようにする。こうすることによって、同じ作業で2倍のサンプルが得られたり、また、小グループで作業を分担したり、やり方を変えて作業してグループ内で比較検討するなど、より多様な活動ができるようになる。

また、このようなタイプの学習では、活動中に生徒から様々な疑問やアイデアや課題が提出されることが望ましく、それを大切にするためには、なるべく採り上げて全体のものとしながら学習を進めることと、優れた提案があった場合には、学習の方向を修正することも、指導

者としてつねに考えておかねばならない。

例えば、数学科の授業で取り扱う題材の多くは、理想化された状態のものであり、結論もきちんとした形で求められるものが多いが、現実に身のまわりに存在する事象を題材にした場合には、複雑な条件が絡み合っており、明確な結論が求められるものはほとんどないと言ってよい。特に確率や統計の分野では、ゆるやかな結論が出るに過ぎない。そこで、指導のポイントとして、生徒に、現実の世界で起きている現象は完全に解明することが困難なものばかりだが、そのことをしっかり認識した上で、起きている現象を客観的にきちんと捉えて、その現象の本質にどれだけ迫れるかが大切であることと、本質に迫るための手段である基礎的な考え方や計算方法などは確固としたもので、いろいろな分野に応用できることなどを、この学習を通して伝えていきたい。

5. おわりに

本稿では、当校で開発に取り組んでいる科学教育「サイエンスプログラム」の全体像を示し、そのプログラムに対する数学科からのアプローチを主に紹介した。これまでに述べてきたように、カリキュラムの開発にあたっては、幾つかの理論的な枠組みからの視点を設け、開発・実践にあたっているが、現時点では十分な検証を行えていないのが実状である。今後数多くの実践を通して、実証性について検討し、他の学校に還元できるものにしていかなければならない。

引用・参考文献

- 大谷実 (2002). 『学校数学の一斉授業における数学的活動の社会的構成』. 風間書房.
- 片桐重男 (1996). 『数学的な考え方を育てる「問題解決・文章題」の指導』. 算数教育の新しい体系と課題 第9巻, 明治図書.
- 島田茂 (編著, 1995). 『[新訂] 算数・数学科のオープンエンドアプローチ—授業改善への新しい提案—』. 東洋館出版社.
- 服部裕一郎 (2004). 『全体論に基づく数学教育に関する研究』. 広島大学修士論文.
- 平林一榮 (1987). 『数学教育の活動主義的展開』. 東洋館出版社.
- 広島大学附属福山中・高等学校 (2005). 『中学校・高等学校を通して科学的思考力の育成を図る教育課程の研究開発』 (平成16年度 研究開発実施報告書・第二年次).
- 文部省 (1999). 『高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編』. 実教出版.
- Ernest, P. (1991). *The Philosophy of Mathematics Education*. London, UK: RoutledgeFalmer.