

平成28年度 修士論文

技術事象を取り入れた数学的活動に関する研究

指導教員：魚住明生 教授

教育学研究科 教育科学専攻 理数・生活系教育領域  
左右田睦月

2017年2月13日(月)

## 目次

### 第1章 諸言

- 1.1 研究の背景
- 1.2 研究の目的
- 1.3 研究の方法

### 第2章 技術事象を取り入れた数学的活動の検討

- 2.1 目的と方法
  - 2.1.1 目的
  - 2.1.2 方法
- 2.2 数学的活動の検討
  - 2.2.1 数学的活動について
  - 2.2.2 既往の研究
- 2.3 技術事象を取り入れた数学的活動の考え方
- 2.4 まとめ

### 第3章 中学校数学科における数学的活動の現状と課題

- 3.1 目的と方法
  - 3.1.1 目的
  - 3.1.2 方法
- 3.2 中学校数学科の教科書分析
  - 3.2.1 第1学年における検討
  - 3.2.2 第2学年における検討
  - 3.2.3 第3学年における検討
  - 3.2.4 3学年全体での分析結果の考察
- 3.3 中学校数学科における数学的活動に関するアンケート調査
  - 3.3.1 調査方法
  - 3.3.2 アンケート調査での結果の考察
- 3.4 まとめ

## 第4章 技術事象を取り入れた数学的活動における教材開発

### 4.1 目的と方法

#### 4.1.1 目的

#### 4.1.2 方法

### 4.2 技術事象を取り入れた数学的活動における教材並びに学習過程の検討

#### 4.2.1 歯車での教材の検討と学習過程の構築

#### 4.2.2 強度実験での教材の検討と学習過程の構築

### 4.3 まとめ

## 第5章 中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の実践と評価

### 5.1 目的と方法

#### 5.1.1 目的

#### 5.1.2 方法

### 5.2 強度実験を取り入れた数学的活動の検討

#### 5.2.1 検証方法

#### 5.2.2 授業観察からの考察

#### 5.2.3 アンケート調査での結果の考察

### 5.3 まとめ

## 第6章 中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の提案

### 6.1 目的と方法

#### 6.1.1 目的

#### 6.1.2 方法

### 6.2 技術事象を取り入れた数学的活動の具体案

#### 6.2.1 学習指導計画の作成

#### 6.2.2 学習過程の構築

### 6.3 まとめ

## 第7章 結言

### 7.1 結言

### 7.2 今後の課題

謝辞

引用文献

参考文献

資料

## 第1章 諸言

### 1.1 研究の背景

2008年度に改訂された小学校算数科の学習指導要領解説<sup>1)</sup>では、基礎的・基本的な知識・技能を確実に身につけるとともに、数学的な思考力・表現力を高めることや学んで身につけた算数を生活や学習に活用することを重視した算数的活動が位置づけられている。算数的活動は、「児童が目的意識をもって主体的に取り組む算数にかかわりある様々な活動」と学習指導要領で定義されており、これは、算数を机上の思考活動のみでなく具体的な活動を取り入れた指導、つまり子どもたちが実感的に理解できるような体験活動として学校現場で行われている<sup>2)</sup>。この活動において、ものづくりは体験的に知識・技能を習得することができ、思考・判断・表現を繰り返すことで、子どもが主体的に学ぶ手立てであると考えられる。このことから、既報の研究<sup>3)</sup>では、小学校算数科における図形分野において、ものづくりを取り入れた算数的活動について検討した。具体的には、図形分野においてもものづくりを取り入れた算数的活動についての検討し、教材を開発して、ものづくり教室で実践を行い、その有効性を検討した。その結果、ものづくりを取り入れることで学習活動が活性化し、子どもの興味・関心を高めることなどがわかった。

中学校数学科においては、算数から数学への移行により生徒の学習意欲が低下することが示されている<sup>4)</sup>。この要因の1つとして、数学は算数に比べて学習場面で使われる数量や図形に対する表現がより抽象化され、生徒が学習した内容を日常生活で活用する場面を想定しにくいことが考えられる。同様に、PISA調査2003年の結果から、日本の生徒は、数学の学習に興味を持っていないことや、今行っている数学の学習が将来どのように役立つかわからずにいる。これらの結果にも関わらず、PISA調査では上位の成績を維持していることから、この現状こそが現在の学校教育の授業実践が抱える課題であり、学力向上よりも学習意欲の向上を図ることが最優先課題であるとされている<sup>5)</sup>。さらに、近年、アメリカを始めとする諸外国では、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育が推進されている。日本においても、理科と数学、技術の融合について学会等において検討されているが、学校現場において具体的な実践までには至っていない<sup>6)</sup>。数学を苦手とする生徒は、数学の学習において、公式を暗記してただ当てはめるだけのよう、作業的な解き方をしているように思える。公式の意味をしっかりと理解していれば、たとえ公式を忘れてしまったとしても、これまでの学習の知識から答えを導くこともできる。こ

のように、答えは1つであるが、そこに至るまでの過程は1つでなく、以前得た知識が別の場面で使えるという所は数学のよさであると考え。1つの問題に対して自ら考え、試行錯誤を繰り返しながら解決し、解けたときの喜び、達成感を味わうことで、次の学習への意欲も高まると考える。これらのことは、数学の教科内だけで行うだけでなく、生徒たちの理解や意欲の向上のために必要であれば、様々な教科と協同して行うことが大切であると考え。これらのことから、本研究では、中学校数学科において技術事象を取り入れた数学的活動について検討することとする。

## 1.2 研究の目的

本研究は、中学校数学科において技術事象を数学的活動に取り入れることで、数学が日常生活で役立てられていることをより良く理解し、学習した数学の内容を活用して身のまわりの物事を考え、判断する能力を育成することを目的としている。

## 1.3 研究の方法

本研究では、中学校数学科において、技術事象を取り入れた数学的活動を提案するために、次に示すことについて検討する。

- (1) 数学的活動について
- (2) 数学的活動の現状と課題
- (3) 技術事象を取り入れた数学的活動の有効性
- (4) 中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の提案

具体的には、まず中学校数学科における数学的活動について学習指導要領とそれに関わる既往の研究を基に検討し、本研究での技術事象を取り入れた数学的活動の考え方を示す。次に、学校現場で用いられている教科書を分析し、授業における数学的活動の位置づけを明らかにするとともに、学校現場での現状と課題を明確にするために、生徒を対象として質問紙によるアンケート調査を実施し、検討する。続いて、これらの取り組みを基にして、技術事象を取り入れた数学的活動における教材開発を行い、教材並びに学習過程を構築する。さらに、これらを用いて学校現場で実践を行い、授業者の観察と実践後の質問紙によるアンケート調査の結果から考察を行い、技術事象を取り入れた数学的活動の有効性について検証する。最後に、これまでの検討結果から、中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動を提案する。

## 第2章 技術事象を取り入れた数学的活動の検討

### 2.1 目的と方法

#### 2.1.1 目的

中学校数学科における数学的活動と既往の研究についての検討並びに、技術事象を取り入れた数学的活動の考え方を示し、数学科において求められる学習を明らかにすることを目的としている。

#### 2.1.2 方法

学習指導要領と既往の研究を基に、中学校数学科における数学的活動の検討を行う。

### 2.2 数学的活動の検討

#### 2.2.1 数学的活動について

中学校学習指導要領数学編<sup>7)</sup>では、数学的活動とは、「生徒が目的意識をもって主体的に取り組む数学にかかわりある様々な営み」と定義され、生徒が必要性感じ、主体的に取り組めるものでなければならないと示されている。この活動は、知識及び技能を活用して問題を解決し、思考・判断・表現力を育成するための基盤となるものである。学んだ数学を具体的な課題の解決に利用しようとしたり、試行錯誤、実験、操作、観察等をしたりする活動などが挙げられている。具体的には、「平行四辺形という言葉を使わずに相手に形を伝えるには」という観察や操作を通して図形の性質を考察する活動や、坂道でボールを転がすと同時に等速で歩き、加速度を実感する体験的な活動<sup>8)</sup>、平行線を引いた紙の上に硬貨を落とし、硬貨が線上に乗る確率を実験を通して求める活動<sup>9)</sup>などが行われている。活動の内容により、理科室や校庭など教室以外で行う活動も多く行われている。

学習指導要領で数学科の目標は、「数学的活動を通して、数量や図形などに関する基礎的な概念や原理・法則についての理解を深め、数学的な表現や処理の仕方を習得し、事象を数理的に考察し表現する能力を高めるとともに、数学的活動の楽しさや数学のよさを実感し、それらを活用して考えたり判断したりしようとする態度を育てる」と示されており、後半部分が改訂の要点であると記されている。特に、「数学的活動の楽しさや数学のよさを実感する」では、数学的な表現や原理、法則のよさの他に、数学が生活に役立つこと、数学が科学技術を支え、相互にかかわって発展していることにかかわる知識もよさに

含まれると示されている。ここから、数学科では基礎的な知識・技能の習得のみでなく、さらにそれらに関わりある身のまわりの事象と関連させた学習が求められているといえる。

### 2.2.2 既往の研究

佐々木<sup>10)</sup>は、算数・数学的活動で最もよく見られる誤解は「操作活動」との混同であり、算数・数学的活動は定義より明らかに操作活動よりも広いものであると述べている。このことから、操作活動を取り入れる場合には、ただ操作を行うのではなく、活動そのものが学習内容と密接に関連していることが重要であると考ええる。

小山<sup>11)</sup>は、操作的活動で重要なのは、具体物を対象にした身体的行動そのものよりも、むしろ、その行動を通して、あるねらいのもとで考えたり、あるいは、数学的な関係や性質を導き出すということであり、この点を見失うと「操作的活動」は単なる「無目的でおあそび的な」行動になってしまうと述べている。このことから、数学的活動で操作を取り入れる際は、操作を通して考え、試行錯誤し、学習内容を理解でき、目標を達成できるものでなければならないと考ええる。

伊達<sup>12)</sup>は、算数の世界では子どもたちは日常的事象を全て自分の経験を通して学び、自分の中に算数を作っていくと述べている。例えば、「 $(-) \times (-)$  がなぜ  $(+)$  か」のような非日常的事象は、自分の「経験」を通して確かめることができないため、「経験」に代わる非日常的事象と算数の世界を繋ぐものが必要であるとしている。数式や計算方法をただ覚えるのではなく、それを活用している具体的な課題を提示することで、生徒たちの理解に繋がると考える。

また、杉谷<sup>13)</sup>は、技術者の視点から、ものづくりの開発現場における数学は、製品開発や基礎的研究等に数学的知識を利用して解析を行い、論文のテーマになるほどの華美なものではないが、新たな発見や見方を生むことや、数学が製品等に直結するため実際に役立つことを実感できることなどが述べられている。このように、授業内でも数学が製品等の日常生活へ役立っていることが実感できる学習を行うことで、生徒たちの数学の必要性がより高まるのではないかと考える。

以上のことから、数学が利用されている日常的事象の1つとして技術事象を数学的活動に取り入れることで、操作活動を充実させ、学ぶ必要性を実感させることができるのではないかと考える。



### 2.3 技術事象を取り入れた数学的活動の考え方

小西<sup>14)</sup>は、「数学は実社会の中で役立つと思う」と答える人は多くいる反面、具体的にどのような形で役立っているかについては答えられない人もおり、これは、数学があらゆる分野で自然な形で浸透し、貢献していることからそれに気づかないのではないかと述べている。このように、数学が実社会に役立っている意識が希薄であることから、実際に数学が活用されることを意識できるような場面を具体的に提示することが有効であると考ええる。

長崎<sup>15)</sup>らは、「数学の利用での課題として抽象化を思考するため、学習者は実世界から離れてしまい、そのため、学習者が身につけた知識を実際の生活や今後の学習に活用することは困難である」と述べている。基礎的知識である数式や公式等は抽象的であるが、これらを日常生活に関連させ、具体的なものにしていくことで、学習者を実世界に引き戻すことができると考える。

これらのことから、生徒たちの学習の場では机上での数字や文字、数式の処理が主になっているため、自分が既習内容を活用している場面が想像できず、次第に学習内容が実社会に役立っているという感覚がなくなってしまうのではないかと考える。

社会生活に役立てられている数学は、数値解析や統計、計算数学等の結果を技術を介して製品や構造物等の実用的な形にかえて反映されている。反対に、技術によって創造されている製品や構造物等は、数学により強度や耐久性、安全性に関わる様々な解析や分析が行われ、社会生活で活用されている。このように、私たちが日ごろから手にし、使用するものには数学、技術が深く関わっていることがわかる。この技術事象を取り入れた数学的活動の考え方を図式化したものを図 2.1 に示す。

数値解析や計算数学等、実感することができない抽象的（理論的）な思考は、技術を介して具体物を製作する際に用いられ、私たちの生活を豊かにしている。このような抽象から具体への流れがあるにも関わらず、いきなり数学が社会生活へ役立てられていると理解することは難しいのではないかと考える。ここで、本研究が検討する数学的活動に技術事象を取り入れることで、数学における抽象的（理論的）な思考と、社会生活における具体的（実践的）な物事との間に橋渡しをすることができると考える。このことにより、数学における抽象的な学びを、実際に役立っていると実感できる具体的学びへと転換できると考える。すなわち、生徒が社会生活で役立てられている数学と同様の枠組みで学ぶことで、数学の必要性をより実感できる。

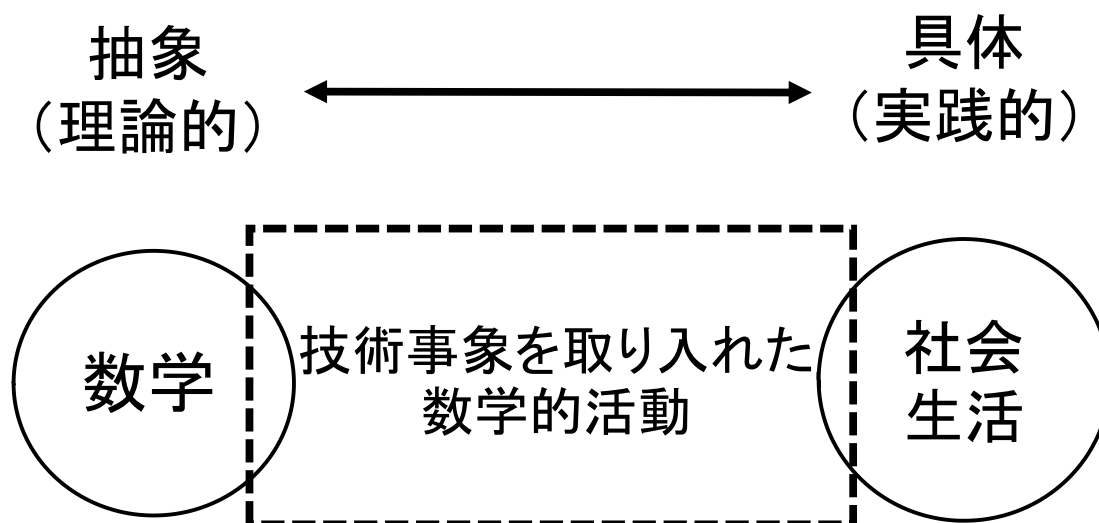


図 2.1 技術事象を取り入れた数学的活動の考え方

#### 2.4 まとめ

本章では、技術事象を取り入れた数学的活動の検討として、数学的活動と既往の研究の検討を行った。これらの検討結果から、数学的活動は単なる作業的な操作活動ではなく、活動そのものが学習内容に密接に関連していることが重要であり、活動を通して考え試行錯誤したり、課題や目標を達成できたりするものでなければならない。また、生徒たちの数学に対する学ぶ必要性をより高めるために、数学的活動に技術事象を取り入れることで、数学における抽象的（理論的）な思考と、社会生活における具体的（実践的）な物事との間に橋渡しをすることができると考える。次章では、中学校数学科における数学的活動の現状と課題について検討する。

### 第3章 中学校数学科における数学的活動の現状と課題

#### 3.1 目的と方法

##### 3.3.1 目的

本章では、中学校数学科の教科書分析と県内の中学生を対象にしたアンケート調査の検証から、学校現場における中学校数学科の数学的活動の現状と課題を明らかにすることを目的としている。

##### 3.3.2 方法

中学校数学科の教科書分析と中学生を対象としたアンケート調査の結果を基に検証する。

#### 3.2 中学校数学科の教科書分析

学校現場の授業での数学的活動の位置づけを明らかにすることを目的として、三重県で最も多く採用されている、中学校数学科の検定教科書1～3年<sup>16-18)</sup>を用いて数学的活動について分析を行う。

学習指導要領では、数学的活動を『①既習の数学を基にして、数や図形の性質などを見だし、発展させる活動』と『②日常生活や社会で数学を利用する活動』、『③数学的な表現を用いて、根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合う活動』の3つに分類されており、これを基に、教科書に位置づけられている数学的活動を分類し、そのページ割合を各学年それぞれ図3.1～3.3で示す。

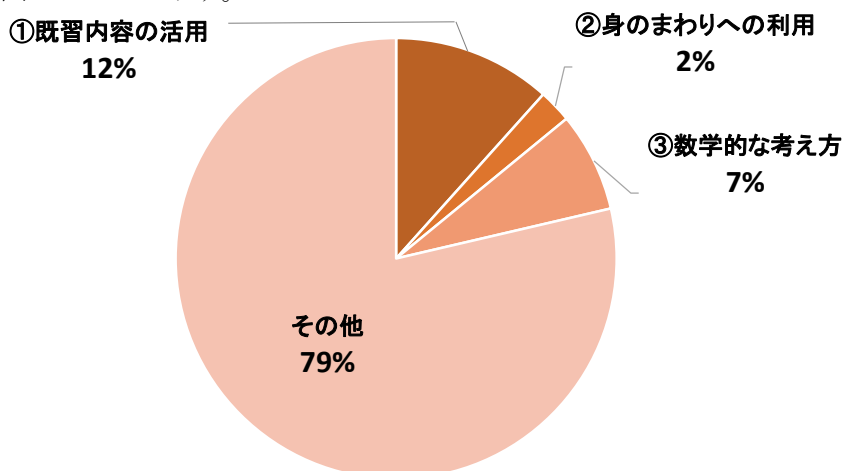


図 3.1 第1学年の教科書での数学的活動の分類とその全体の割合

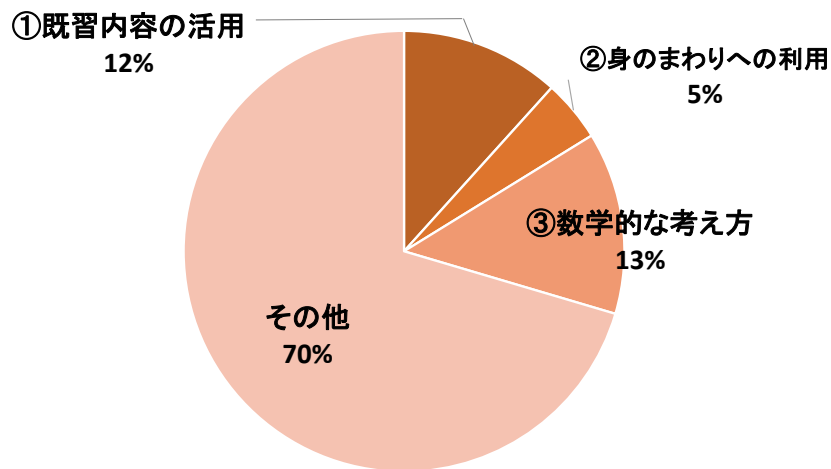


図 3.2 第 2 学年の教科書での数学的活動の分類とその全体の割合

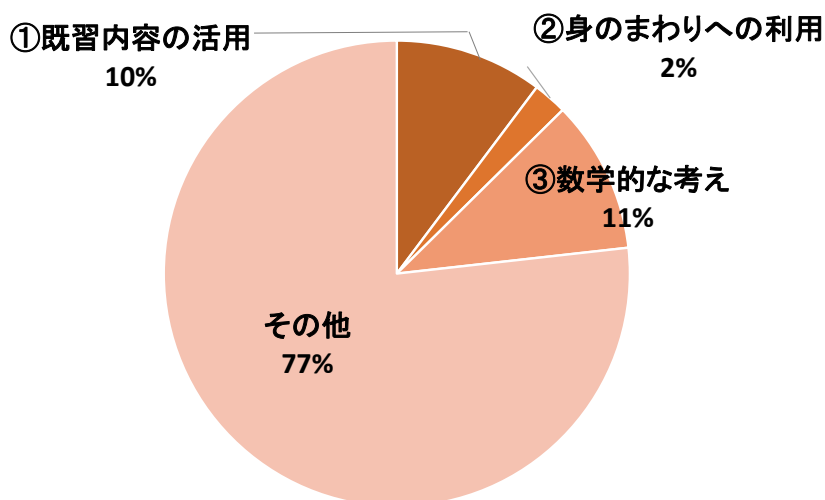


図 3.3 第 3 学年の教科書での数学的活動の分類とその全体の割合

各学年で数学的活動と位置づけられているのは全体の約 20~30%で、中でも『②日常生活や社会で数学を利用する活動』は非常に少ないことがわかった。さらにこの内容を検討するため、その内訳を各学年で検討していく。

### 3.2.1 第 1 学年における検討

第 1 学年での数学的活動の内訳のグラフを図 3.4 に示す。

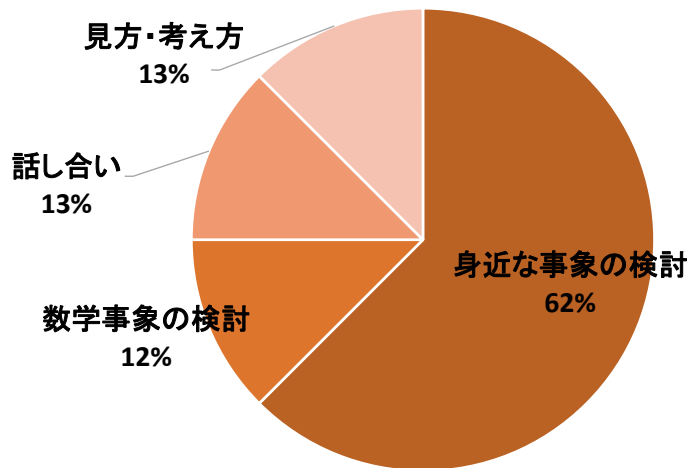


図 3.4 第 1 学年の教科書で位置づけられた数学的活動の内訳

ここでの内訳は、それぞれ「身近な事象の検討：学校生活や家庭等での具体的場面を想定した内容」と「数学事象の検討：性質や定理等を理論的に考える内容」、「話し合い：班で話し合っって課題解決する内容」、「見方・考え方：観察から特徴を見つけ考える内容」、「実験：性質や特徴を理解するために実演する内容」を示している。

教科書全 288 ページ中、数学的活動が位置づけられているのは全体の約 20%であった。その活動は、「身近な事象の検討」と「数学事象の検討」、「話し合い」、「見方・考え方」の 4 つに分類することができた。各項目の例を挙げると、「身近な事象の検討」ではアメの分け方や 2 種類の花を買った金額等の問題、「数学事象の検討」ではモビールのつり合い等の問題、「話し合い」では紙の重さだけで枚数を数えずに配る束を決めるには？等の問題、「見方・考え方」では箱に色紙を貼るためにどれだけの色紙が必要か？等の問題がある。これらのほとんどは「方程式の利用」の単元に当てはまり、文章問題であることがわかった。

### 3.2.2 第 2 学年における検討

第 2 学年での数学的活動の内訳のグラフを図 3.5 に示す。

教科書全 216 ページ中、数学的活動が位置づけられているのは全体の約 30%であった。その活動は、「身近な事象の検討」と「数学事象の検討」、「実験」の 3 つに分類することができた。

各項目の例を挙げると、「身近な事象の検討」では誕生日の当て方やバスケットのシュ

ートの打ち分け等の問題、「数学事象の検討」では自転車のレースの速度道のりや電話会社のプラン比較等の問題、「実験」では水を熱した時間と水温の関係を調べる等の問題があった。ここでは、「実験」が項目に挙がってはいるものの、実験結果が教科書にグラフと共に示されており、生徒が実際に実験をするような内容にはなっていない。その他については、第1学年と同様に「方程式の利用」の文章問題に当てはまることがわかった。

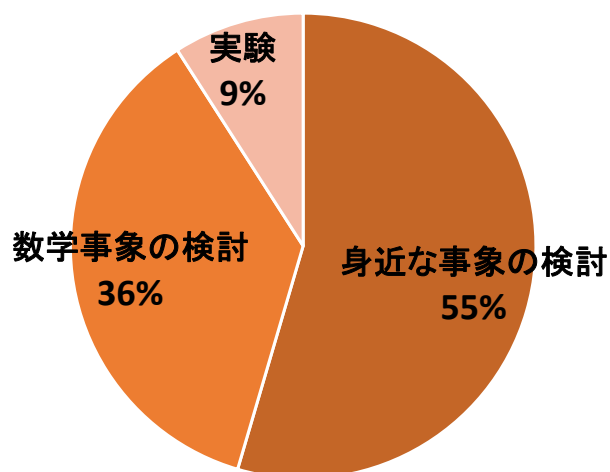


図 3.5 第2学年の教科書で位置づけられた数学的活動の内訳

### 3.2.3 第3学年における検討

第3学年での数学的活動の内訳を図 3.6 に示す。

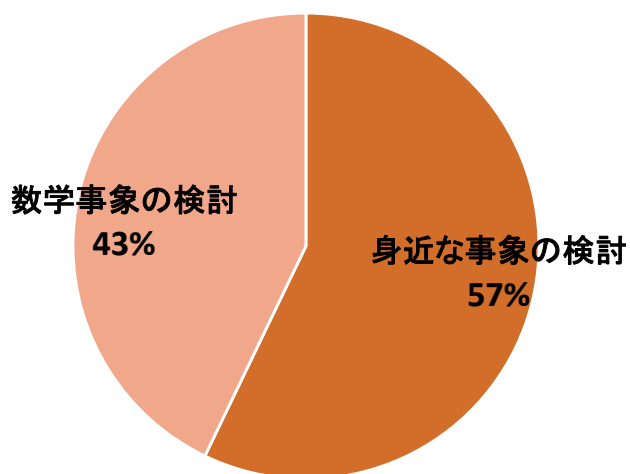


図 3.6 第3学年の教科書で位置づけられた数学的活動の内訳

教科書全 276 ページ中、数学的活動が位置づけられているのは全体の約 20%であった。その活動は、「身近な事象の検討」と「数学事象の検討」の 2 つに分類することができた。各項目の例を挙げると、「身近な事象の検討」ではコピー機の拡大縮小やノートの横幅を三等分するには？等の問題、「数学事象の検討」では富士山の頂上から見渡せる範囲や池を挟んだ木の距離等の問題があった。

第 3 学年では、「身近な事象の検討」について他学年と違いが見られた。ここでは、「方程式の利用」ではなく、「日常生活へ数学が活用」されている内容が含まれていることがわかった。

### 3.2.4 3 学年全体での分析結果の考察

数学科の教科書で示された数学的活動についてまとめた表を資料 1 に示す。

ここでの項目はそれぞれ「実験：対象について実際に測定を行い、変化を視覚的に確認する活動」と「操作：内容を理解しやすくするために学習過程で使う活動」、「観察：対象について、特徴等を見つける活動」、「ものづくり：学習の主となるものを作る、目的のある活動」、「作業：直接目的に関係しない単純な活動」、「その他」という活動を示している。

図 3.1～3.6 と資料 1 から、文章問題にアメを分ける、花を買う等の具体例を挙げていることや、例題の中で箱やモビールなど具体物を取り上げるなど、身のまわりの物を具体として扱ってはいるが、「実験・操作・観察」のように、生徒が自ら行う活動はみられなかった。

このように、ただ身のまわりの物を取り上げるだけでは、問題文の中で扱われているのみで実践的な具体例となっていないと考える。第 2 章の 2.3 で示したように、社会生活で役立てられている数学は、技術を介して実用的な形に反映されており、日ごろ手にする物には数学と技術が深く関わっている。これらのことから、中学校の学習教科であり、日常生活にも密接に関連している技術に注目することとした。数学と技術の関連性を活かして、身近な事象を技術事象として数学的活動に取り入れることは、学習活動を充実させ、実感的な学習に繋がると考える。

これらの結果から、学校現場ではどのように数学的活動が行われているのか、教科書で位置づけられたものと学校現場ではどのような違いがあるのかなど、実践に向けてさらに生徒の現状並びに学校現場における数学的活動の現状を検討する必要があると考え、アン

ケート調査を行うことにした。その概要及び結果を次に示す。

### 3.3 中学校数学科における数学的活動に関するアンケート調査

#### 3.3.1 調査方法

中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動について検討するために、三重県内の公立中学校全7校の第2・3学年（第2学年：531名、第3学年：598名）を対象として、数学的活動に関するアンケート調査を質問紙法で実施した。このアンケート調査の質問項目は全10項目で、問1では[数学の勉強は好きだ（数学への興味・関心）]、問2では[数学の問題を解くとき、言葉や図を使って解いている（数学での言語活動）]、問3では[数学は他教科と関連があると思う（数学と他教科との関連）]、問5では[数学は日常生活に関係が深いと思う（数学と他教科との関連の理解）]、問6では[数学は日常生活で役に立つと思う（数学の日常生活への活用の理解）]、問7では[数学の問題で解き方が分からないとき、諦めずにいろいろな方法を考える（数学での粘り強い思考）]、問8では[数学の問題が解けたときに喜びを感じる（達成感について）]の7項目に対して4件法[よく当てはまる・だいたい当てはまる・あまり当てはまらない・全く当てはまらない]で回答を求めた。ここでの4件法は[よく当てはまる]を4点、[だいたい当てはまる]を3点、[あまり当てはまらない]を2点、[全く当てはまらない]を1点とした。また、問4での[数学で学んだことを他教科で使っている（数学の他教科への活用）]については、数学を除く9教科の中から当てはまる教科を選択する複数回答を求めた。さらに、問9では[数学の授業での活動では、どんなことを行いましたか。（数学の授業での活動について）]に対して、数学の学習内容[正負の数・文字式方程式・比例反比例・因数分解・平面図形・立体図形・表グラフ・その他]と、活動内容[実験・操作・観察・ものづくり・作業・その他]を組み合わせる方法で複数回答を求めた。問10では[数学の授業での活動で、覚えているものをできるだけ多く具体的に書いてください]とし、自由記述で回答を求めた。

なお、第1学年については、アンケート調査を行った期間が新学期であり、数学を学習して間もなく、数学的活動を含めた学習を行っていないと判断したため、ここでは第2・3学年を対象とした。

本調査で用いたアンケート用紙を資料2に示す。



### 3.3.2 アンケート調査での結果の考察

アンケート調査の内、4件法で回答を求めた7項目について、その結果を図3.7に示す。

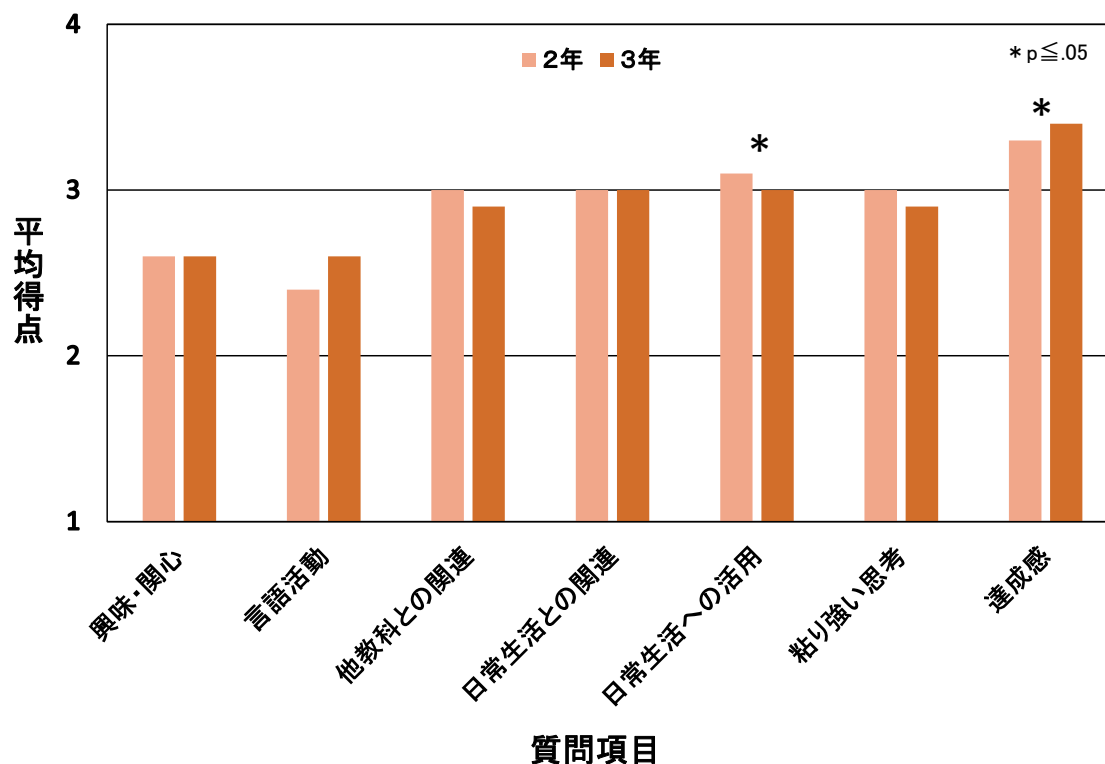


図 3.7 生徒に対するアンケート調査の結果

図3.7のグラフにおいて、2・3年共に同じ傾向の結果が得られた。問1，2では、他の項目に比べて[だいたい当てはまる・あまり当てはまらない]に多くの生徒が回答しており、その割合は77%であった。

このことから、数学に対しての意欲や興味・関心は、得意・不得意により個人差があることがわかった。また、問2では数学の学習での工夫や取り組む姿勢について問う項目であり、問1で[あまり当てはまらない・全く当てはまらない]と答えた数学を苦手とする生徒は、問2でも同様の回答をしていることがわかった。

問3，5，6から、数学は授業内の学習だけでなく、学校生活や社会生活等、様々な場面で役立てられているという、数学と他との関連意識があることがわかった。特に、問6の数学の日常生活への活用の理解では、全体の80%の生徒が[よく当てはまる・だいたい当てはまる]と回答しており、数学と日常生活との関連を強く意識していることがわかつ

た。

問8の達成感については、両学年共にどの項目よりも高い得点を示し、また問1で数学を好きでないと答えた生徒も達成感を感じると回答していることから、数学に取り組むことで多くの生徒が達成感を感じていることが窺える。問7の粘り強い思考についても、問1に比べて高い得点を示していることから、数学が苦手であっても諦めずに取り組むことで、できたときに大きな達成感を得られるという感覚に繋がるのではないかと考える。

さらに、各項についてt検定を行った結果、問6の日常生活への活用の平均得点の差は5%水準で有意であった(両側検定:  $t(1134)=2.4$ )。教科書分析や自由記述から、第2学年は第3学年に比べて、水やボール等を用いた実験を多く行っているため、数学の活用について高い得点を示したと考える。また、問8の達成感においても、平均得点の差は5%水準で有意であった(両側検定:  $t(1134)=2.2$ )。第3学年は、第2学年に比べて学習する単元数が多く、内容もより抽象化するため、難しいと感じる分できたときの達成感も大きくなると考える。

次に、[他教科の活用]での結果(複数回答)を図3.8に示す。

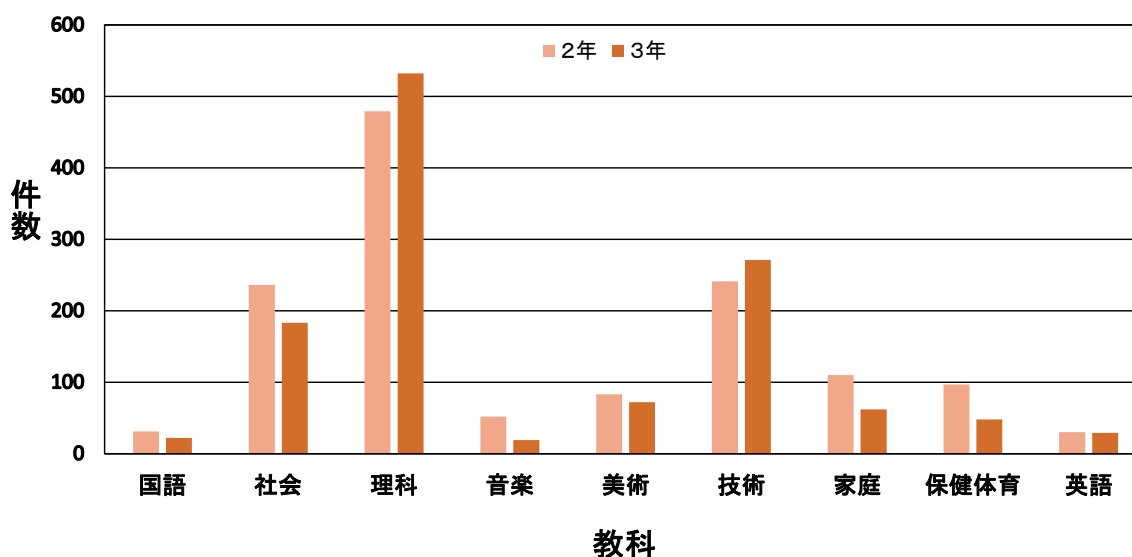


図 3.8 数学の他教科への活用

図3.8のグラフでも、2・3年共に同じ傾向の結果が得られた。数学と関連があると考えられる他教科の複数回答では、圧倒的に理科を選択する生徒が多かった。技術においても、理科とは差があるものの他教科に比べると回答数が多くあった。例えば、理科では実験で

実験器具を用いて水溶液を計る際に数字や単位を使ったり、実験結果を計算やグラフに表すなどや、技術では製図分野で図形を書いたり寸法を数字や単位を使って入れるなどのことから、このような結果が得られたのではないかと考える。また、社会科においては、各種統計資料に多くグラフが使われていることから回答が集まったことがわかった。

最後に、資料1と同様にアンケート調査の自由記述で示された数学的活動についてまとめた表を資料3に示す。資料1と資料3を基に、数学的活動について教科書で示されたものと学校現場でのものを比較検討する。

実験を行う活動では、観察も同時に行われていることがわかった。これは、実験での対象とする事柄について測定を行い、その変化や結果から、対象の特徴等を見出す活動と位置づけられているからであると考ええる。また、教科書と学校現場でのものづくりの位置づけに差があることもわかった。教科書では、ものづくりはほとんど位置づけられていないが、学校現場では子どもたちの理解を高めるために主に立体図形の分野で多く行われており、教科書の内容以外で担当教員がものづくりを取り入れた数学的活動を行っていることが窺える。

### 3.4 まとめ

本章では、教科書分析とアンケート調査の結果から考察を行い、数学的活動における現状と課題について検討した。この結果より、教科書では、実験や観察のように生徒が自ら行う活動は見られなかったが、学校現場では生徒の理解を高めるために教科書の内容以外でも活動が行われており、教科書と学校現場で数学的活動における差異があることがわかった。また、技術において数学が活用されていると考える生徒が多くいることから、技術事象を数学的活動に取り入れることは有効ではないかと考えられる。

## 第4章 技術事象を取り入れた数学的活動における教材開発

### 4.1 目的と方法

#### 4.1.1 目的

本章では、これまでの検討結果を基に、技術事象を取り入れた数学的活動における教材並びに学習過程を提案することを目的としている。

#### 4.1.2 方法

これまでの検討結果を基に、技術事象を取り入れた数学的活動における教材として、歯車と強度実験での教材を検討し、それぞれの教材を用いた学習過程を構築する。

### 4.2 技術事象を取り入れた数学的活動における教材並びに学習過程の検討

#### 4.2.1 歯車での教材の検討と学習過程の構築

##### (1) 歯車での教材の検討

本研究では歯車での教材として、東京学芸大学こども未来研究所が提供する TECH 未来シリーズ TECH001 を検討する。TECH 未来の歯車教材の外観を図 4.1 に示す。これは、中学校技術科で実際に使われている歯車教材で、歯車のみの使用・ギヤシステムの組み立て・電気自動車の製作等、歯車の学習だけでなく応用・発展が可能である。

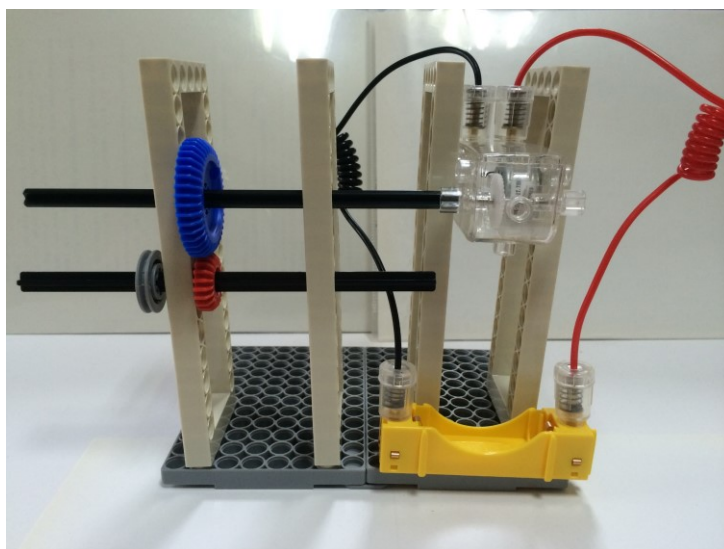


図 4.1 検討した歯車教材 (TECH 未来) の外観 (ギヤシステムの一例)

学校現場では反比例の単元で歯車を用いた実践が行われており、小学校第6学年は<sup>19)</sup>「6段の変速機付きの自転車があります。こぐ回数が同じとき、何段のときが一番距離が長いでしょうか。」という課題について自転車の動画や歯車の写真を用いられ、中学校第1学年では<sup>20)</sup>「歯車Aと歯車Bが噛み合っている。歯数14の歯車Aが30回転するとき、歯数6の歯車Bの回転数を調べ、歯車について考えよう。」という課題について歯車のおもちゃが用いられている。これらの実践では、反比例に歯車が取り入れられているが、課題に歯車を取り入れるだけでは、歯車と反比例の二つの関連が捉えにくく、実感的な理解を得ることが難しいと考える。これらから、本授業提案では、歯車の計算自体が課題ではなく、その計算方法で具体的な身のまわりに関する課題に挑戦する内容にすることで、歯車と反比例の関係を学習してその内容を活用し、さらにその結果を実演で検証できる学習過程とする。

## (2) 学習過程の構築

中学校第1学年を対象とした、単元「比例と反比例」の反比例の利用で全2時間の学習指導計画を表4.1に示す。

**表 4.1 学習指導計画（全2時間）**

時数	学習内容
1時間目	歯車を反比例の関係式に表そう
2時間目	関係式をグラフに表そう／課題に挑戦しよう

第1時では、歯車と反比例の関係についての学習を行う。初めに、最終課題を与え、これからこの課題を求めるための学習を行うという目標を明確に示す。次に、歯車とはどういったものであるかを、身のまわりに使われている例や教材を用いた観察から特徴等を見出す。最後に、歯車に関する課題に取り組み、これまでの結果を基に関係を式に表し、これらは反比例であることに気づかせる。この学習過程を表4.2に示す。

第2時では、関係式をグラフに表し、最終課題に挑戦する。初めに、前時の復習を行った後、歯車の関係を表にまとめ、それを基に入出力の関係をグラフに表す。次に、これまでの学習を基に、最終課題に取り組む。ここでは、自転車はチェーン車であるが、歯車の動きは教材と同じようになることを確認する。最後に、最終課題の結果を、実際の自転車

を用いて実演し検証する。この学習過程を表 4.3 に示す。

表 4.2 学習過程 (50 分)

学習活動	時間	指導者のはたらきかけ
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">           自転車のペダルが 1 回転すると、何m進むでしょうか。         </div>		
<p>1. 反比例が身近な物に関係していることを知る。</p> <p>2. 歯車がどういうものかを知る。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・歯車が見える自転車・時計の写真を用いて、身のまわりの歯車について、以下のこと等を生徒に気付かせる。</li> <li>○導入から生徒が気づく内容</li> <li>・身のまわりに使われている歯車について知る。</li> <li>・自転車には、歯車が使われていることを知る。</li> <li>・自転車のペダル、後輪部分に歯車があることを知る。</li> <li>・入力と出力についておさえる。</li> <li>・TECH 未来の歯車教材を用いて、歯車の観察を行い、以下の特徴等を生徒に気付かせる。</li> <li>・指導者が前で教材を動かしながら、歯車について紹介する。</li> <li>○歯車教材の観察から生徒が気づく内容</li> <li>・様々な大きさがある。</li> <li>・噛み合っている歯車は、1つ動くともう1つの歯車も動く。</li> </ul>

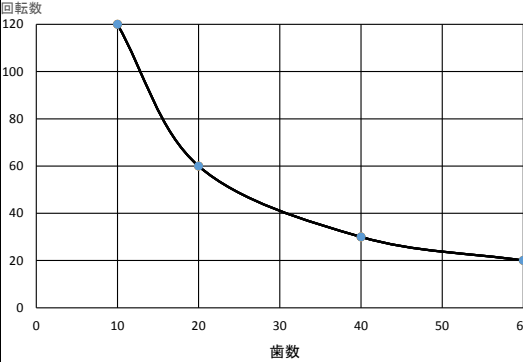

<p>3. 教材を手に取り、歯車の仕組みや回る様子を観察して課題を考える。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・種類によって歯数が違う。</li> <li>・生徒が自ら歯車教材に触れ、動かしたり組み換えたりしながら特徴の観察を行わせる。</li> </ul>
<p>青の歯車は歯数 40、赤の歯車は歯数 20 です。 青の歯車が 30 回転するとき、赤の歯車は何回転するでしょうか。</p>		
<p>4. 関係を式に表す。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>*回転の様子を観察しやすいように、事前に歯車の始点にペンで印をつけておく。</li> <li>○生徒が観察から気づく内容 <ul style="list-style-type: none"> <li>・印が元の位置に戻ってくる速さが違う。 (大きさによって、回る速さが違う)</li> <li>・赤の歯車は青より速く回る。 (歯数が少ないと速く回り、歯数が多いとゆっくり回る)</li> <li>・歯数に関係なく、動く数は同じ。 (歯車の噛み合う数は同じ)</li> </ul> </li> <li>・与えられた条件から、基本的な関係式を立てさせる。</li> <li>○生徒が基本条件から気づく内容 <ul style="list-style-type: none"> <li>・歯車と回転数の関係を見出す</li> <li>・動く数 = 入力側の歯数 × 回転数</li> <li>・関係式は反比例になる</li> <li>・関係式を基に、問題を解く。</li> </ul> </li> </ul>

<p>青：40                  赤：20</p> <p>1回転⇒40動く…40動く⇒2回転 2回転⇒80動く…80動く⇒4回転</p> <p>(歯数) × (回転数) = 動く数</p> <p>つまり、歯数 X、回転数 Y と置くと</p> <p><math>X \times Y = \text{動く数}</math>となり、</p> <p>回転数を求めるには、</p> $\text{回転数 } Y = \frac{\text{動く数}}{\text{歯数 } X} \dots \text{関係式}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 青の歯車が 30 回転すると、 青の動く数は、 (歯数 40) × (回転数 30) = 1200 より、青の歯車は 1200 動く。</li> <li>• 赤の歯車は、関係式より</li> </ul> $\text{回転数 } Y = \frac{1200}{20} = 60$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• 青の歯車が 30 回転するとき、赤の歯車は 60 回転する。</li> </ul>
5. まとめ	

表 4.3 学習過程 (50分)

学習内容	時間	指導者のはたらきかけ										
1. 前回の復習をする。		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>青の歯車は歯数 40、緑の歯車は歯数 10 です。</p> <p>青の歯車が 30 回転するとき、緑の歯車は何回転するでしょうか。</p> </div>										
2. 反比例のグラフに表す。		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 前回求めた関係式から、答えを求める。</li> </ul> $\text{回転数 } Y = \frac{1200}{10} = 120 \text{ (回転)}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• 歯数と回転数を表にまとめる。</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">歯数</td> <td style="padding: 5px;">10</td> <td style="padding: 5px;">20</td> <td style="padding: 5px;">40</td> <td style="padding: 5px;">60</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">回転数</td> <td style="padding: 5px;">120</td> <td style="padding: 5px;">60</td> <td style="padding: 5px;">30</td> <td style="padding: 5px;">20</td> </tr> </table>	歯数	10	20	40	60	回転数	120	60	30	20
歯数	10	20	40	60								
回転数	120	60	30	20								



<p>3. 課題に挑戦する。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>表を基にグラフに表す。</li> </ul>  <table border="1" data-bbox="837 324 1361 683"> <caption>Data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>歯数 (Gear Count)</th> <th>回転数 (Rotation Count)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>縦軸が回転数、横軸が歯数の入出力の関係グラフ</li> </ul>	歯数 (Gear Count)	回転数 (Rotation Count)	10	120	20	60	40	30	60	20
歯数 (Gear Count)	回転数 (Rotation Count)											
10	120											
20	60											
40	30											
60	20											
<p>自転車のペダルが1回転すると、何m進むでしょうか。</p>												
		<ul style="list-style-type: none"> <li>自転車の歯車と、教材の歯車の違いを知る。</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>形は違うが、教材（噛み合っている歯車）と同様に1つ動くともう1つも動くことをおさえる。</li> <li>一般的な自転車の条件で求める。 歯数（ペダル・後輪） = (42・16)、 車輪の直径（70cm）</li> <li>これまでの学習を活用する。</li> </ul>										

<p>4. 結果を実演で確かめる。</p>	<p>歯車 A(42)、歯車 B(16)とすると、</p> <p>① A が 1 回転、<math>42 \times 1 = 42</math> より、 42 動くので、関係式から</p> $\text{回転数 } Y = \frac{42}{16} = 2.625$ <p>歯車 A は、2.625 回転する。</p> <p>② 歯車 B は歯車 A と同じだけ動くので、歯車 B も、2.625 回転する。</p> <p>③ 車輪の直径が 70cm より (0.7m) 円周 = <math>0.7 \times \pi</math></p> <p>④ 円周 <math>0.7\pi</math> が 2.625 回転するので、 <math>0.7\pi \times 2.625\text{m}</math> よって、ペダルを 1 回転させると、 自転車は <math>0.7\pi \times 2.625\text{m}</math> 進む。</p> <p>・これまでの計算結果を、実際に自転車を 用いて実演し、検証する。</p>
-----------------------	--

この学習過程において、歯車と反比例の関連を生徒たち自らが気づくことができるよう、自由に組み換え観察することが可能な歯車教材を用いる。問題文に与えられた歯数と回転数の数字だけの情報から問題を解くのではなく、歯車の特徴や性質を 1 つずつ観察から見出し、その関係を式に表すことで反比例になることに自ら気づくことをねらいとしている。具体的には、大小 2 つの歯車を動かして観察し、歯数と回転数や噛み合いの関係について知り、他の歯車に組み替えても同じことがいえることに気づく。これらの結果から関係式を作り、グラフに表すことで反比例であることを視覚的にも確認することができる。また、最終課題では、これまでの学習を活用して問題を解き、結果を実演で検証することで単なる計算で終わるのではなく、自分で出した結果をすぐに確認できることが生徒たちにとって学ぶ意欲を高める手立てとなると考える。

## 4.2.2 強度実験での教材の検討と学習過程の構築

### (1) 強度実験での教材の検討

本研究での強度実験での教材として、A4印刷用紙で様々な形状に折り曲げた紙構造体を用いる。この教材におもりを乗せて紙の強度を調べる実験を行う。これは、「かみの力」をテーマに紙の強度を調べる、プレス式の強度実験を参考にした教材である<sup>21)</sup>。教材を用いた実験の様子を図4.2に示す。

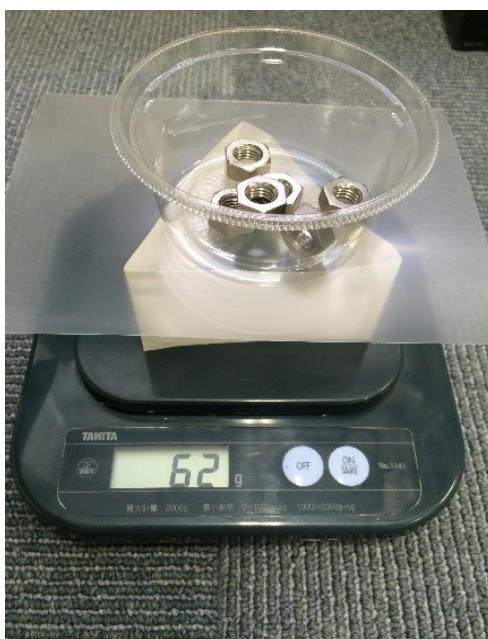


図 4.2 強度実験での教材を用いた実験の様子

具体的には、デジタル計りの上に、A4印刷用紙から298mm×53mm（端から10mmはのりしろとして使用）の短冊を切り出し、三角柱や四角柱、円柱等の紙構造体を作って乗せる。その上にクリアファイルを乗せ、さらにプラスチックカップを乗せて10gのおもり（ここではナットを用いる。）を1つずつ加重していき、用紙が変形した際の重量を記録し、結果をグラフに表す。ここで、予備実験について次に示す。

実験に使用した紙構造体を図4.3に示す。使用した形状は、三角柱・四角柱・五角柱・六角柱・円柱の5種類である。

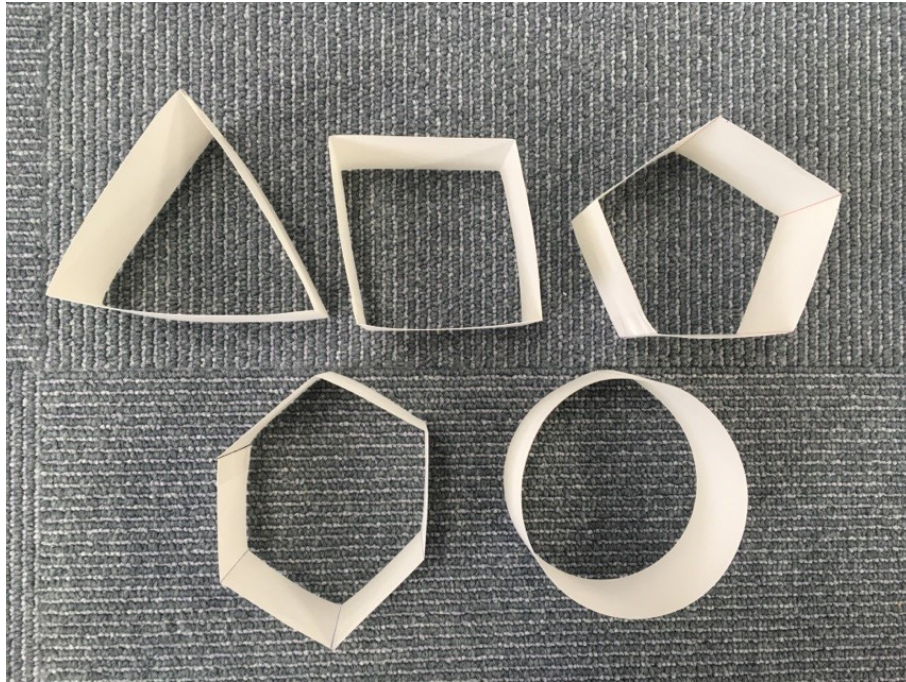


図 4.3 実験に使用した紙構造体の一例

実験は、各形状についてそれぞれ8回行った。実験結果を表 4.4 に示す。

表 4.4 各形状についての8回分の実験結果

実験回 \ 形状	三角柱	四角柱	五角柱	六角柱	円柱
1回目	94	206	228	250	496
2回目	82	228	238	352	516
3回目	72	176	218	260	516
4回目	94	176	228	228	444
5回目	102	146	198	228	516
6回目	94	166	196	280	506
7回目	92	166	228	280	516
8回目	124	124	228	238	516

(単位 : g)

表 4.4 の結果から平均の荷重を求め、さらに各形状の断面積を求めた。これを表 4.5 に

示す。

表 4.5 平均の荷重と断面積

形状 実験回	三角柱	四角柱	五角柱	六角柱	円柱
平均の荷重 [g]	94	173	220	264	503
断面積 [cm <sup>2</sup> ]	3965.7	5155.2	5668.6	5936.2	6557.9

表 4.5 を基に作成したグラフを図 4.4 に示す。

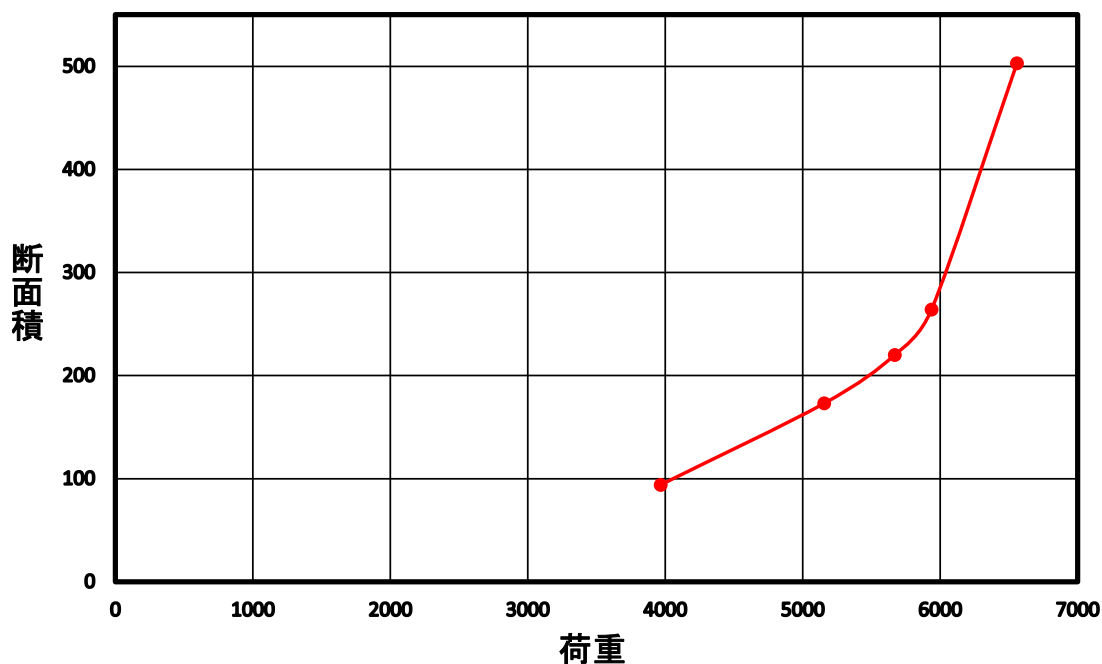


図 4.4 平均の荷重と断面積のグラフ

実験結果より、誤差が生じたものもあったが、平均の荷重と断面積のグラフから断面積が大きくなると荷重も大きくなることがわかる。

構造設計では、物体が想定される荷重を受けた際に発生する応力が、設計基準となる応力を超えないように設計が行われている<sup>22)</sup>。本教材では、実際に行われている構造設計に関する強度実験の疑似体験を行うことで、構造設計で役立てられている数学を生徒が実践的・体験的に学ぶことができると考える。

(2) 学習過程の作成

授業実践での「いろいろな形の強度を調べよう」の学習過程を表 4.6 に示す。

表 4.6 学習過程(50 分)

学習内容	時間	指導者の働きかけと留意点
<p>[導入]</p> <p>1. 自己紹介</p> <p>2. 身のまわりの構造物における設計ミスによる危険な事例を見る。</p>	7分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・授業者の自己紹介をする。</li> </ul> <p>「今日は、数学と技術の関わりについて学習していきたいと思います。」</p> <p>○構造設計ミスの橋の映像を見せる。</p> <p>「いきなりですが、ある映像の DVD を持ってきたので、まずは見てもらいます。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1分30秒まで見せる。</li> </ul> <p>「車もバイクも通れる頑丈であるはずの橋が、風が吹いただけであれほど揺れて最後には崩壊してしまいました。普段安全だと思っている橋があつた状態は考えられないですね？」</p> <p>○博多駅前の陥没道路、横浜マンションが傾いた問題の写真を見せる。</p> <p>「他にも、最近でいうと、横浜の大きなマンションが欠陥工事で傾いた問題や、つい数週間前に起こつた博多駅前の道路が陥没した事件などがあります。」</p>
<p>発問：これらのことは、なぜ起こつてしまったのでしょうか。</p>		

<p>[展開]</p>		<p>*予想される生徒の反応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計ミス</li> <li>・作り方に問題があった。</li> </ul> <p>「では、何をミスしたのでしょうか。」</p> <p>*予想される生徒の反応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計</li> <li>・建て方</li> </ul> <p>「今言ってもらったように、構造物の強度に問題があったことがいえます。」</p> <p>○学習椅子に注目させる。</p> <p>「では、もっと身近な物で、今みなさんが座っている椅子で考えてみましょう。全員が普通に座れていますね。底が抜けたなんて体験したことがある人はいないよね？」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・学習椅子の製品説明の画像を見せる。</li> </ul> <p>「例えば、この学習椅子を見てください。実際にネットで販売されている物ですが、製品について詳しく書かれている欄があります。</p> <p>この椅子について材質やサイズ等が表示されていますが、赤枠で囲んだ部分（耐荷重）と書かれています。これは、だいたい 50kg は耐えられますって目安です。」</p>
<p>本時のめあて：いろいろな形の強度を調べよう</p>		
<p>2. 実験の内容を知る。</p>	<p>3分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本時の内容を伝える。</li> </ul>

<p>3. 三角形の実験を行う。</p>	<p>5分</p>	<p>『今日は、身近な構造物がどのように強度を確かめているのかを実験を通して学んでいきましょう。』</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・班の形になる。</li> <li>・実験に使用する材料、実験方法について説明する。</li> </ul> <p>「今から行う実験は、この細長いA4用紙で三角形などの形を作って、このナットをどれだけ乗せられるか、を実験していきます。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作る形を伝える。</li> </ul> <p>「作る形は、三角形・四角形・五角形・六角形・円の5種類です。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験セットを配る。</li> </ul> <p>○三角形の実験を全体で行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験の条件を伝える。</li> </ul> <p>「計り～ナットの順に置いていきます。 (実験の条件の内容を伝える)」</p> <p>[実験の条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計り→各形状のA4用紙→クリアファイル→カップ→ナット の順に下から置く。</li> <li>・ナットを入れる際は、カップにそっと置く。</li> <li>・上や横など各自が様々な角度から見て、用紙がぐにゃっと曲がり始めたらそこ</li> </ul>
----------------------	-----------	---



<p>4. その他の形を班で実験する。</p> <p>5. 表面積を計算で求め、グラフを作成する。</p>	<p>15分</p>	<p>で手を止め、グラムを記録する。」</p> <p>○三角形の実験の手順 (できるだけ正確に作るよう促す)</p> <p>① のりしろを除いて A4 用紙を 2 回折る。 ② 用紙を広げてのりしろにのりを塗って三角形を作る。 ③ 計りに三角形を乗せる。 ④ ③の上にクリアファイルに乗せる。 ⑤ ④の上にカップに乗せる。 ⑥ 計りを ON にし、0であることを確認する。 ⑦ ナットを1つずつ乗せていく。 ⑧ A4 用紙が変形したところで手を止め、グラムを学習プリントに記録する。</p> <p>・ポイント 「ナットを乗せる時は、班のみんなで色々な方向から見て、崩れてきたらストップ!と声をかけあってください。」</p> <p>・その他の形についても同様の手順で実験を行わせる。 「四角形から順番に同じような手順で各班で実験を進めてください。」</p> <p>・実験が終わった班から計算プリントに移らせる。</p>
---	------------	--

<p>6. グラフ用紙を黒板に貼り、各班のグラフを比較する。</p>	<p>5分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同時にグラフ用紙を記入させる。</li> </ul> <p>「おわった班から、計算プリントに移ってください。計算は電卓を使ってください。</p> <p>班で協力して、計算を行う人・記入をする人・グラフを書く人など、手分けをして行ってください。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・完成したグラフ用紙を黒板に貼りに来させる。</li> </ul> <p>「グラフの記入が終わった班から、黒板に貼りに来てください。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各班のグラフ用紙を見比べる。</li> </ul> <p>『グラフから、どのようなことがわかりますか』</p> <p>*予想される生徒の反応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフが右肩上がりになっている。</li> <li>・面積が大きくなると強度があがる。</li> </ul> <p>「班ごとで誤差はありますが、だいたい右肩上がりの同じ傾向がでたことがわかりますね。」</p> <p>『この結果から、他の形についても全て実験をしなくても、どれくらいの強度があるかを予測することができます。』</p>
<p>[まとめ]</p> <p>7. 構造設計について知る。</p>	<p>10分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験結果と関連させながら実際の構造設計について伝える。</li> </ul>

<p>8. 社会に役立てられている数学について知る。</p>	<p>「最初に見た橋の DVD のその後を見てみましょう。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ DVD の後半（橋の改善のための設計の実験の様子）を見せる。</li> </ul> <p>「このように、橋を改善するために計算や設計をし直し、シュミレーションによる実験が行われて、新たな安全な橋が完成しました。」</p> <p>「DVD にもあったように、構造物を設計する際は、様々な計測機器を用いてデータを収集し、コンピュータや機械などを用いて複雑な理論計算を行っています。」</p> <p>「みんなが実験をしたグラフを見てみると、手作業・目視で行ったため、結果に誤差が生じました。しかし、実際の構造物を作る際には、このような誤差は決して許されません。」</p> <p>「専門的な言葉を使うと、『応力』というものがあって、構造設計では、この応力を基準としてより正確でより精密な設計やシュミレーション等が行われています。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ シュミレーションプログラムや、学習椅子の耐久実験の画像を見せる。</li> </ul> <p>「これは、大学の研究室で行われているシュミレーションプログラムです。みなさ</p>
--------------------------------	---

9. アンケート	5分	<p>んも、ブリッジコンテストの時に、シュミレーションプログラムを少し見たと思います。」</p> <p>「他にも、最初に出てきた学習椅子の試験では、このように、様々な精密な計測機器を使って安全性・耐久性の試験が何度も繰り返されています。」</p> <p>「このように、今、みんなが習っている基礎的な数学や技術のもっともっと応用・発展した数学が、構造設計に使われています。これらの難しい数学や技術は、普段目にすることはないけれど、私たちの安全を守るために、そして生活を豊かにするために、色々な所で隠れて役立っています。」</p> <p>・アンケートを行う。</p>
----------	----	---

この学習過程において、実際に行われている強度実験の疑似体験が中学生でも容易に行えるように身近な材料で簡単な手順で行える本教材を用いる。本教材の他に、計算用のワークシートと荷重と面積を記録する記録用紙を用いる。これらを図 4.5～4.7 に示す。実験の条件としては、1 時限でどの生徒も容易に行えること、操作や手順が複雑でないこと、実験結果が視覚的に明らかであることが挙げられる。身のまわりの構造物はどのように強度を確かめられているのか実験を通して知り、社会生活と数学と技術の関わりについて考えることを目的としている。具体的には、身近な構造設計ミスによる事故から構造物の強度について注目し、様々な紙構造物の強度実験を行う。実験結果をグラフによって視覚化して、それを班ごとに比較させる。このことにより、グラフに同じ傾向がみられることから、計算によって実験結果を予測することができることに気づかせ、数学の推論の論理について関心を持たせる。この推論の論理に関心を持たせることで、数学は直接的ではない

が、隠れて社会に役立てられていることを生徒たちが理解できると考える。

面積を求めよう

2年 組 班

[ 三角形 ] 一辺の長さ = 96 mm

(公式)  $\{ 1.7 \times (\text{一辺})^2 \} \div 4$

(式)

\_\_\_\_\_ A. 面積 \_\_\_\_\_ [ mm<sup>2</sup> ]

[ 四角形 ] 一辺の長さ = 72 mm

(公式)  $(\text{一辺}) \times (\text{一辺})$

(式)

\_\_\_\_\_ A. 面積 \_\_\_\_\_ [ mm<sup>2</sup> ]

[ 六角形 ] 一辺の長さ = 48 mm

(公式)  $\{ (1.7 \times (\text{一辺})^2) \div 4 \} \times 6$

(式)

\_\_\_\_\_ A. 面積 \_\_\_\_\_ [ mm<sup>2</sup> ]

裏面へ

図 4.5 計算用のワークシート (表面)

[円] 直径 = 92 mm , 半径 = 46 mm ,  $\pi = 3.14$

(公式) (半径)  $\times$  (半径)  $\times \pi$

(式)

\_\_\_\_\_ A. 面積 \_\_\_\_\_ [mm<sup>2</sup>]

図 4.6 計算用のワークシート (裏面)

記録用紙

2年 組 班 \_\_\_\_\_

	三角形	四角形	六角形	円
荷重 (g)				
面積 (mm <sup>2</sup> )				

図 4.7 荷重と面積の記録用紙

### 4.3 まとめ

本章では、第2章と第3章での検討を基に、中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の教材開発を目的として、第1学年を対象とした歯車教材と第2学年を対象とした強度実験の学習計画と学習過程を提案した。

## 第5章 中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の実践と評価

### 5.1 目的と方法

#### 5.1.1 目的

本章では、第4章で提案した強度実験教材の有効性について授業実践を基に検証することを目的としている。

#### 5.1.2 方法

授業者による観察並びに授業実践後に行ったアンケート調査の結果を基に検証する。

### 5.2 強度実験を取り入れた数学的活動の検討

#### 5.2.1 検証方法

強度実験を取り入れた数学的活動の有効性を検討するために、三重県内の公立 H 中学校第2学年5クラス(152名)を対象に授業実践を行った。この活動の有効性については、授業者による観察、並びに授業実践後に行ったアンケート調査結果から検討する。

ここでのアンケート調査の質問項目は全8項目で、問1では[今日の授業で数学が以前より好きになった]、問2では[今日の活動は楽しかった]、問3では[今日のような、数学を用いた活動をやってみたい]、問4では[数学は身のまわりの物事に活用されていると思った]、問5では[数学がどのように身のまわりに役立てられているかわかった]、問6では[数学が日常生活に役立っていることを実感した]、問7では[今日の課題に主体的に取り組めた]の7項目に対して4件法[よく当てはまる・だいたい当てはまる・あまり当てはまらない・全く当てはまらない]で回答を求めた。ここでの4件法は、[よく当てはまる]を4点、[だいたい当てはまる]を3点、[あまり当てはまらない]を2点、[全く当てはまらない]を1点とした。また、問8では[今日の活動で難しかった所、気づいたことを具体的に書いてください]とし、自由記述で回答を求めた。

本調査で用いたアンケート用紙を資料4に示す。

#### 5.2.2 授業観察からの考察

導入では、数学と技術の関わりについて、身のまわりの構造設計ミス等による危険な事例の動画や画像を用いた。実践授業での導入の様子を図5.1に示す。





図 5.1 実践授業での動画を用いた導入の様子

動画はタコマナローズ橋が風の共振により崩落する内容のものを用いた。生徒たちは映像を真剣に見ており、橋が大きく揺れる場面や崩落する場面では驚きの声を口ぐちに上げていた。次に高層マンション等の建造物の画像を用いた。動画は年代も国も大きく違ったため、画像では、日本でごく最近ニュースで報道された内容のものを用いて、生徒たちがより身近に感じられるようにした。ここで用いた画像を図 5.2 と図 5.3 に示す。これらの事例はなぜ起こったのかと問いかけ、生徒たちからは「建て方に問題があった」や「設計ミス」、「地震の影響」などの回答があり、建造物の強度に問題があったことに注目をさせることができた。

展開では、「いろいろな形の強度を調べよう」という題材の基、本教材を用いて強度実験を班活動で行った。実験に使用する材料、実験方法について説明した後、全体で三角柱の実験を同時に行った。強度実験の様子を図 5.4 と図 5.5 に示す。実験準備（紙構造体を作りおもりを乗せる前まで）では手順は複雑でないため、遅れる班もなくスムーズに進めることができた。おもりを乗せる作業からは、軽快におもりを乗せる班や反対に1つずつ慎重に乗せる班、失敗してもう一度やり直す班など、班によって進度に少し差が出たが、三角柱は乗せられるおもりの個数が少ないため、進度に大きな差が出ることなく終わることができた。



図 5.2 授業で用いた画像：高層マンションの傾きの事例



図 5.3 授業で用いた画像：博多駅前の道路陥没の事例



図 5.4 強度実験の様子（紙構造体の作成）



図 5.5 強度実験の様子（おもりの加重）

三角柱の実験後は、各班で残りの四角柱と六角柱、円柱についての実験を行った。三角柱と同様、実験手順については問題なく進められていたが、六角柱を折る、円柱の形を綺麗に整える作業に時間がかかる班がいくつか見られた。おもりを加重する作業では、三角柱よりもさらに班ごとの進度に差が大きくなった。記録用紙の通りに四角柱から順番に実

験を行う班の他に、時間短縮のため、できた紙構造体から順番にどんどん進める班など、それぞれ工夫して進める姿が見られた。実験全体の様子からは、活動過程は簡単な作業であったため全ての生徒が取り組めており、実験準備では役割分担をすることで、一人ひとりにやるべき作業が与えられ、実験中は班全員で観察し（図 5.6）、情報共有ができていた。



図 5.6 班で実験を観察する様子

グラフの作成では、実験結果とワークシートの計算結果を記録用紙にまとめ、グラフ用紙に記入した。グラフ作成の様子を図 5.7 に示す。グラフの目盛の数値が大きいため、点を取りづらいという意見が多くあったが、縦軸（荷重）と横軸（面積）の数値を記録用紙にまとめたため、用紙と補助目盛を見ながらグラフを描いていた。ここで、生徒が作成したグラフの一例を図 5.8 に示す。実験は手作業・目視で行っているため、班ごとに誤差は生じたが、全クラスで全ての班が同じ傾向のグラフであることが確認できた。実験結果をグラフに表して視覚化することで、各班での実験結果をクラス全体で比較することができ、ここから気づくことを問うことで、生徒たちが実験結果について考える姿が見られた。この後、計算によってその他の結果を予測できることに気づかせ、数学の推論の論理について関心を持たせた。

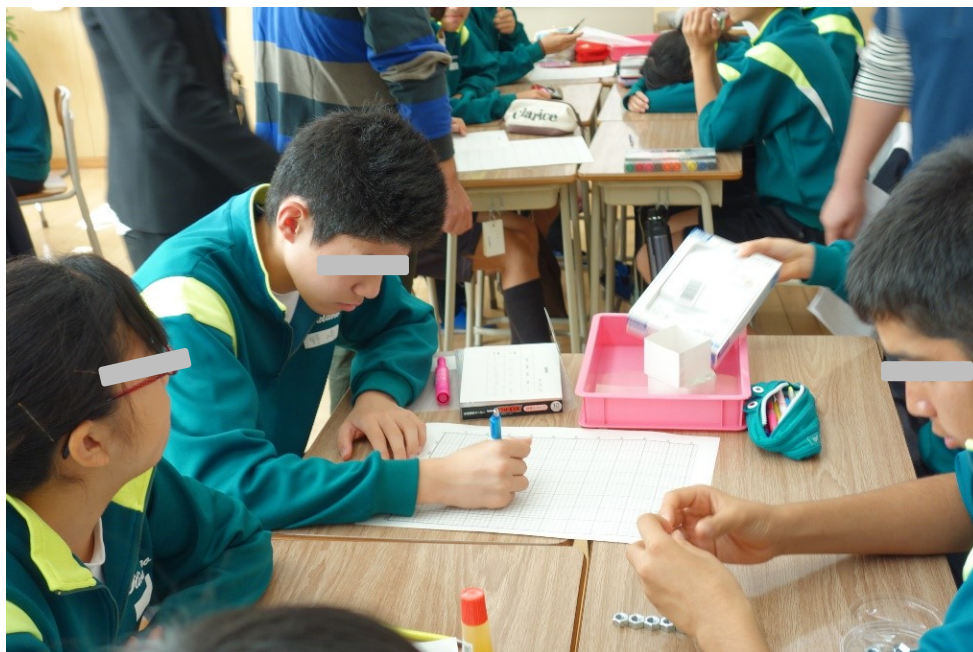


図 5.7 グラフを作成している様子

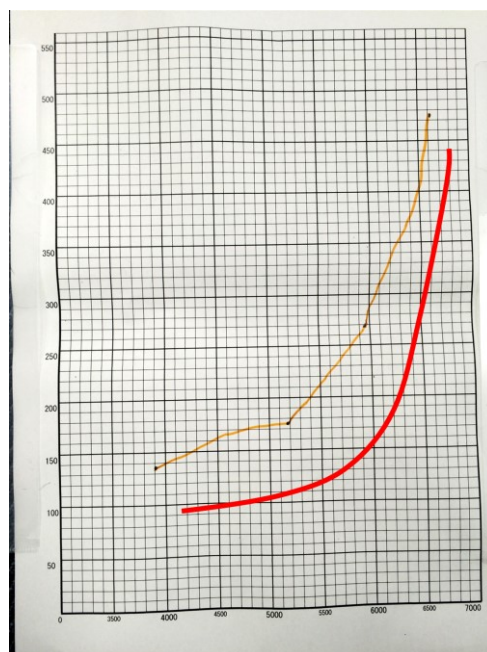
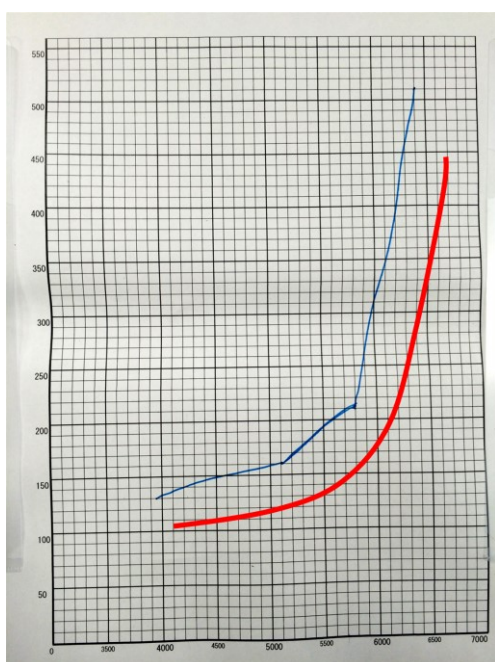


図 5.8 実験結果を基に生徒が作成したグラフの一例

まとめでは、導入の橋の崩落の続きで、橋の再設計に関する動画を用いた。動画は、橋の再設計のために様々な計測機器を使ってデータを収集し、コンピュータや機械を用いて

複雑な計算をして、模型によるシュミレーション実験を行い、10年の歳月をかけて橋が再建設される一連の流れが扱われているものである。導入での橋の崩落、自分たちが行った強度実験を経て、この再設計の動画を見ることで実際に行われている構造設計がどれほど精密で正確に行われているか、日常生活の安心安全のために様々な場面で数学や技術が役立てられていることについて、生徒たちが理解できたと考える。

### 5.2.3 アンケート調査での結果の考察

アンケート調査の結果の内、4件法での7項目について図5.9に示す。

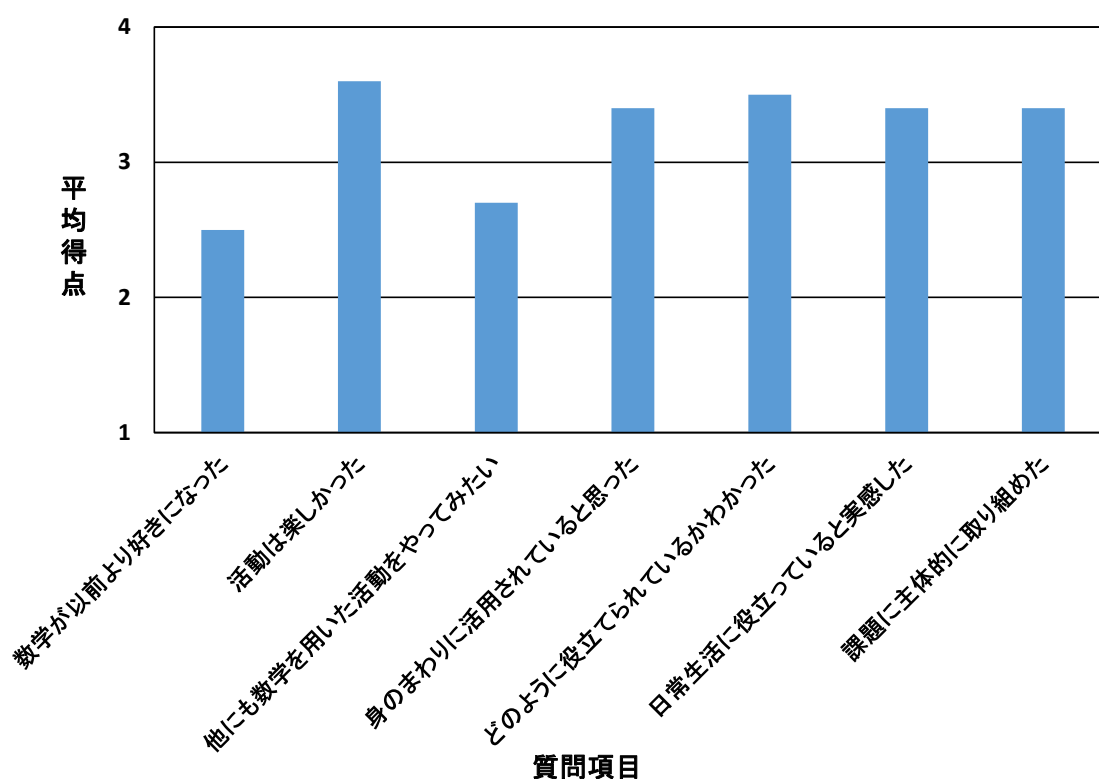


図 5.9 授業実践後の生徒に対するアンケート調査の結果

問4, 5, 6の数学と身のまわりや日常生活への活用に関する項目では、89%の生徒が[よく当てはまる・だいたい当てはまる]と回答しており、平均得点が約3.5と高い数値を示した。このことから、数学と日常生活との関連について、授業実践を通して数学が身のまわりに役立てられていると多くの生徒が実感できたことが窺える。

問1, 3の数学の学習に関する項目では、他の項目に比べて平均得点が3を下回ったことから、数学が好きでない、苦手であるなど、数学に抵抗がある生徒もおり、今回の授業

実践は1時間であったため、短い時間で意識を変化させることは難しいと思われる。一方、問2，7から、活動を楽しめた・課題に主体的に取り組めたと答える生徒が多くいることから、活動を通して、数学が苦手である生徒に対しても、関心・意欲を高めるきっかけになったことが窺える。

問8の自由記述から、思ったこと気づいたことについては「橋の動画を見て数学の知識がいるのだと思った。」や「数学が色々なところで使われているのがよくわかった。」「グラフを書くことで目に見えるものになって面白かった。」などの記述があり、生徒たちは、様々な場面で数学が活用されていることを知り、活動を通してそれを視覚化することで、身のまわりの数学について考えることができたと考える。また、「計算は得意じゃないけど、実験をしたりするのが楽しかった。」や「数学は苦手だけど、シュミレーションなど楽しく学べた授業だった。」などの意見もあることから、数学的活動に技術事象を取り入れることは、関心・意欲を高め、よりよい活動となる可能性があることが示せた。

難しかったところでは、「動画の中で風と橋の実験の話が専門的でやや難しかった。」や「説明の言葉が難しく感じた。」などから、構造設計の中で扱う専門的な内容について、さらに丁寧な支援が必要であったと考える。他にも、「計算やグラフを書くことが難しかった。」や「グラフに点を打つ所とかが難しかった。」などの意見が先に授業実践を行ったクラスから出たことから、その後のクラスにおいては計算プリントとグラフ用紙の改善を行い、対応した。

#### 5.4 まとめ

本章では、アンケート調査の結果並びに授業者による行動観察から考察を行い、第4章で提案した強度実験教材の有効性を検証した。この結果より、数学的活動に技術事象を取り入れることは、生徒の数学への関心・意欲を高め、よりよい活動となる可能性があることが示せた。

## 第6章 中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の提案

### 6.1 目的と方法

#### 6.1.1 目的

本章では、第2学年の数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の学習過程の提案を目的としている。

#### 6.1.2 方法

第4章と第5章での検討結果を基に、第2学年の数学科における学習指導計画と学習過程を提案する。

### 6.2 技術事象を取り入れた数学的活動の具体案

#### 6.2.1 学習指導計画の作成

第4章での授業実践での学習過程は、特設授業のため1時間で行ったものである。本章での技術事象を取り入れた数学的活動の提案は、中学校数学科の教科書に沿って学習指導計画を作成した。第2学年を対象とした、一次関数の単元『一次関数の利用』全5時間の学習指導計画を表6.1に示す。これは、教科書で与えられた一次関数の利用の問題を学習した後、さらに身のまわりで役立てられている数学について活動を通して実感するものである。強度実験を含む学習過程（3，4時間目 [本時]）では、2時間に分けて学習を行う。

表 6.1 学習指導計画（全5時間）

時数	学習内容
1,2時間目	一次関数を利用して考えよう
3,4時間目 [本時]	身のまわりの問題について考えよう／グラフを利用して実験結果を予想しよう
5時間目	章末まとめ

第1時では、一次関数の利用の導入として、教科書で与えられた水を熱する実験の結果から、熱した時間と水温の関係を調べる。熱した時間を  $X$  分、水温を  $Y^{\circ}\text{C}$  とするときの  $X$  と  $Y$  の関係を表のまとめ、これを基にグラフに表す。実験で得られた数値の関係を一次関



数とみることができることを示し、前時までの単元「方程式とグラフ」で扱った計算問題以外にも、身のまわりの問題にも一次関数の考えを利用できることに気づかせる。同様の考え方で、電話会社の料金プランについての類題「Aプランは月額使用料 3500 円と 1 分ごとの通話料が 30 円、Bプランは月額使用料 2000 円と 1 分ごとの通話料が 40 円です。1 か月に何分通話すると A プランの方が B プランより使用料が安くなりますか。」をグラフを用いて解かせる。各プランの関係式を 1 つのグラフに表すことで、何分かが一目でわかることに気づかせ、グラフの役割について理解させる。

第 2 時では、与えられた一次関数のグラフから必要な情報を読み取り、解答を求める。出発してからの時間と目的地までの道のりについての問題「西町の自分の家を出て、途中の店で買い物をしてから、東町のおじさんの家まで行きました。出発してから  $X$  分後にいる遅延からおじさんの家までの道のりを  $Y$  km としたグラフから、各問について考える。グラフで  $Y$  の値が一定の部分は進んでいない、つまり店にいることを表していること、店の前後での分速はグラフの傾きからどちらが速いかを読み取れること、グラフから関係式を導くことで  $\bigcirc$  分後の道のりを求められることなど、各問に応じた考え方で求める必要があることを理解させる。

第 3 時、第 4 時の詳細については、表 6.2 と表 6.3 に示す。

第 5 時では、単元の学習のまとめを行う。前時の振り返りと関連させて、身のまわりに役立てられる数学として、教科書のコラムの「列車のダイヤグラム」を取り上げる。列車のダイヤグラムは、横軸に時刻、縦軸に道のりをとることで、発駅からの列車の進んだ道のりは時刻の一次関数とみることができる。これは、日本で鉄道が開通した当初から使われている。多くの生徒たちは携帯の乗り換えアプリを使用していると予想されるが、現在も車掌がこのダイヤグラムを用いて乗換案内等を行っていることを知らせ、自分たちが気づかないだけで、様々な場面で数学が役立てられていることに気づかせる。最後に、一次関数の基礎的な知識「式、表、グラフ」についてまとめを行う。第 1 時で取り組んだ電話会社の料金プランを例に挙げ、「式：どんな値でも代入することですぐに知りたい数値が導ける」、「表：各プランの基本情報を整理することができる」、「グラフ：式、表についての情報を視覚化でき、一目で比較が可能である」という要点を示し、一次関数のまとめとする。

## 6.2.2 学習過程の構築

第3時「身のまわりの問題について考えよう」の学習過程を表6.2に、第4時「グラフを利用して実験結果を予想しよう」の学習過程を表6.5に示す。

表6.2 第3時「身のまわりの問題について考えよう」学習過程（50分）

学習内容	指導者のはたらきかけと留意点
<p>[導入]</p> <p>1. 前時の学習からグラフについて考える。</p> <p>2. 身のまわりの物に隠れて役立てられている数学を見つける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラフを書くことの便利さ、必要性について考えさせる。</li> <li>○ グラフについて生徒が気づく内容             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 求めた式の間係を視覚化できる。</li> <li>・ パッと見て結果がすぐにわかる。</li> <li>・ グラフから他の値についても予測できる。</li> </ul> </li> <li>・ 前時までの問題は、電話会社の料金プラン（1か月3500円）や道のり（5km地点へ到着は何分後か）等、数字が与えられた問題である。</li> <li>・ ここでは、一見数字と関係のないように思える学習イスを用いて、ここに隠れて役立てられている数学について考える。</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>学習イスに役立てられている隠れた数学を見つけよう。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前時までは、料金や距離など数字に関する問題に取り組んだが、本時は数字がない所にも数学が役立てられていることに</li> </ul>

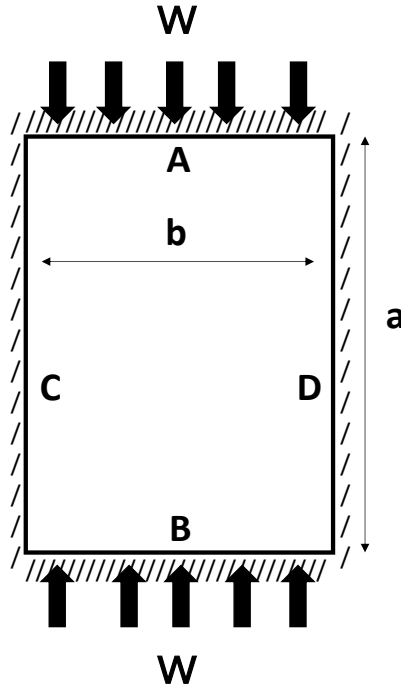
	<p>ついて考える、と生徒に伝える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生徒が座っている学習イスに注目させる。</li> <li>・学習イスのどこに数学が使われていると思うか考えさせる。</li> </ul> <p>○予想される生徒の考え</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・イスの値段</li> <li>・高さや座る部分の面積</li> <li>・重さ</li> <li>・寸法</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ネットの学習イスの販売ページの商品についての表示の画像を見せる。</li> <li>・生徒から出た回答は全て記載されていることを確認する。</li> <li>・その他に、「耐荷重 50kg」の表示に注目させる。</li> <li>・50kg という規定は、どのように決められているか（どうして 50kg に耐えられると予測できるのか）考えさせる。</li> </ul> <p>○予想される生徒の考え</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重さのテストをした</li> <li>・機械で試験をした</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・この学習イスのように、身のまわりの物はどのように強度を確かめているのか、実験を行うことを伝える。</li> </ul>
--	--

[展開]	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">             いろいろな形の強度を調べよう           </div>	
<p>3. 強度実験を行う</p>	<p>*ここでの実験に使用する材料、実験方法、手順については、第4章表4.6の学習過程と同様に行う。</p> <p>*変更点は、紙構造体の断面積を求めていたが、ここでは一辺の長さを与える。</p>
<p>[まとめ]</p> <p>4. まとめ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験がはやく終わった班は、記録用紙から何か気づくことはないか考えさせる。</li> <li>・次回、続きを行うことを伝える。</li> </ul>

この学習過程において、導入ではまず、グラフを用いることの利点、必要性について確認を行う。「方程式の利用」の単元であることから、数学の学習を利用することでどのような良いことがあるかを生徒たちに理解させることをねらいとしている。また、教科書では「身のまわりの問題を考えよう」と記載されていることから、水の実験等よりももっと身近な物事で考えるために、生徒が毎日使用する学習イスを例に出した。身のまわりの物には数字で表されていないものがほとんどであるが、表には数値としては出ていないが隠れたところで数学に関する内容が活用されていることを示し、強度実験の内容へと展開する。

強度実験では、実験方法は実践授業と同様の手順で行うが、改善点としてグラフを作成する際に横軸を断面積ではなく断面の一辺の長さを用いる。授業実践での強度実験については、紙構造体の耐荷重を圧縮荷重として考えていたが、本教材の実験では座屈が発生することが明らかとなったため、座屈荷重として考えることが適切であると判断した。ここで、薄板長方形板の座屈について次に示す。なお、理論、式については参考文献<sup>23)</sup>から引用する。

『下図のように、幅  $b$ 、長さ  $a$ 、厚さ  $t$  の長方形平板の二辺  $A, B$  が回転端で、辺  $C, D$  が自由である場合、辺  $A, B$  に沿って平板が圧縮されるとき板は柱と同じように座屈する。



いま、単位幅あたりの座屈荷重を  $W$  とすれば、オイラーの式の曲げこわさ  $EI$  の代わりに板の曲げこわさ

$$D = \frac{EI}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} = \frac{E}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} \cdot \frac{t^3}{12}$$

を用いて次のように表すことができる。

$$W = \frac{\pi^2 D}{a^2}$$

次に、二辺  $C, D$  も回転端であるとすると板の曲がりの状態は複雑になる。

いま、圧縮方向の半波形の数を  $n$  とした場合、 $n$  半波形のもとでは横方向の半波形がただ一つの場合が最もおこりやすい。すなわち、板が座屈すれば横方向に一つの半波形を生じ、圧縮方向に  $n$  個の半波形が生ずることになる。

次に、圧縮方向に  $n$  個の半波形が生ずるに必要な圧縮荷重は単位幅あたりの大きさとして  $W$  で表せば、つぎのようになる。

$$W = \frac{\pi^2 D}{a^2} \left( n + \frac{1}{n} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right)^2 \quad \text{—————} (*)$$

以上から、 $a=1, n=1$ , とすると (\*) は、

$$W = \left(1 + \frac{1}{b^2}\right)^2$$

となる。ここで、 $\pi^2 D$  は、定数であるので省略する。 $b=0.5 \sim 1.0$  のときのグラフを図 6.1 に示す。

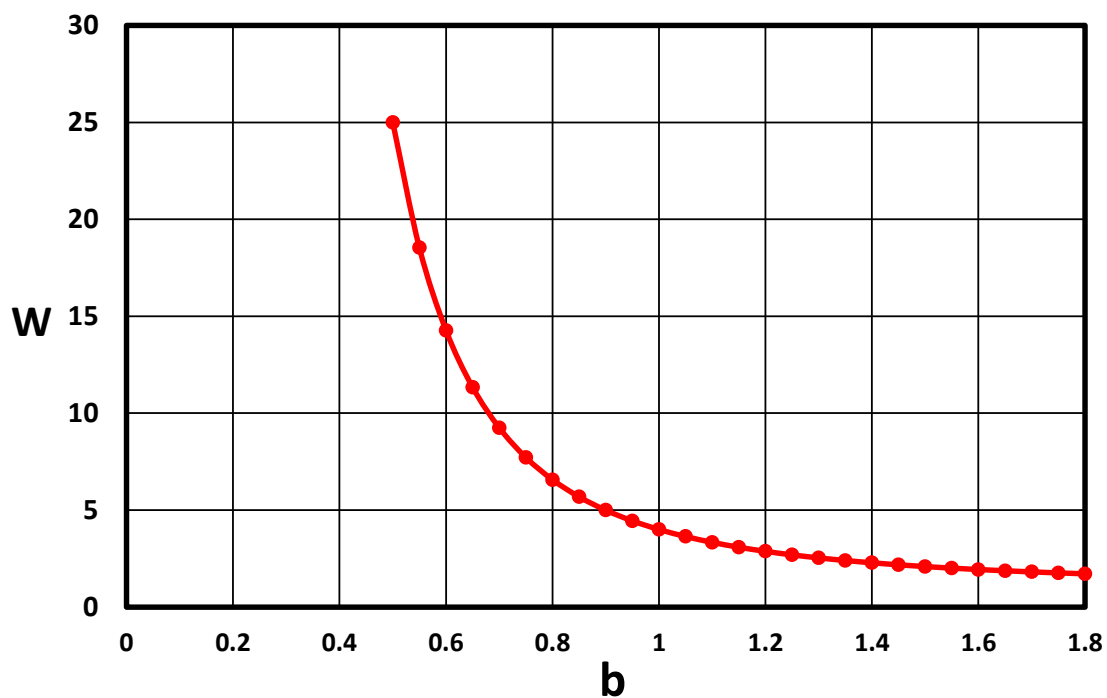


図 6.1  $b=0.5 \sim 1.0$  の時のグラフ

ここで、実験で用いる紙構造体のそれぞれの一辺の長さや平均の荷重について表 6.3 に示す。

表 6.3 紙構造体の一辺の長さや平均の荷重

	三角柱	四角柱	六角柱	円柱
一辺の長さ [mm]	96	72	48	0
平均の荷重 [g]	94	173	264	503

表 6.3 を基に作成したグラフを図 6.2 に示す。

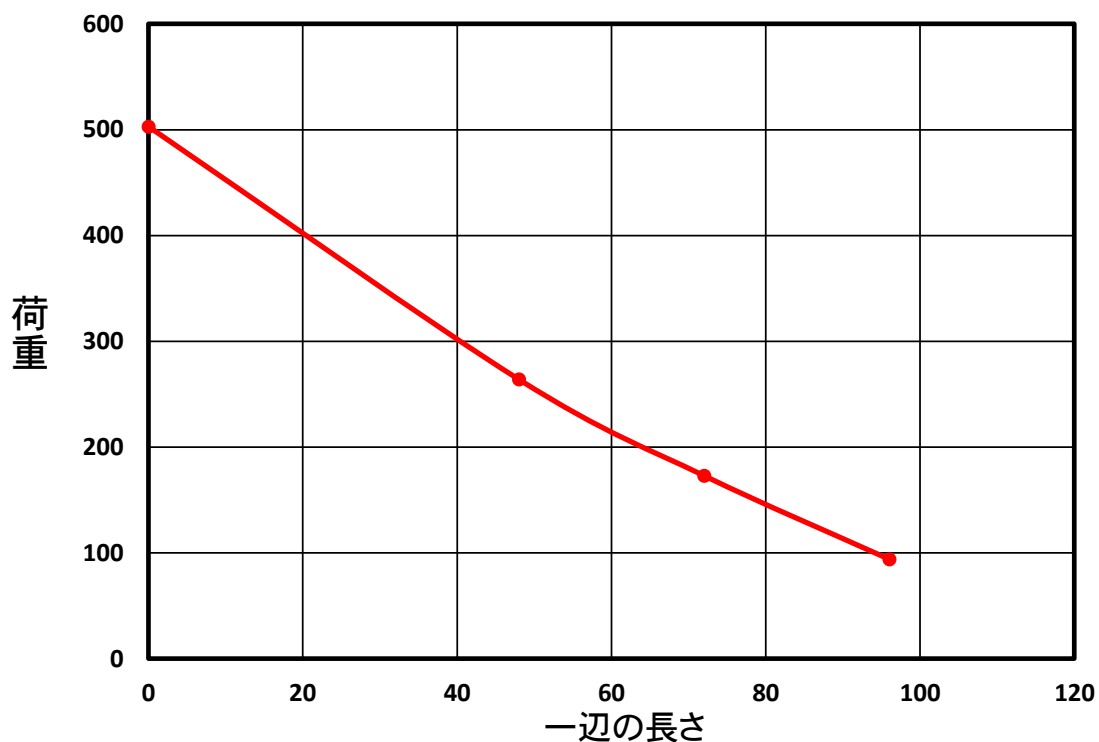


図 6.2 一辺の長さとお平均の荷重のグラフ

図 6.1 から、横軸は、長方形板の長さ  $a=1$  (一定) に対する、幅  $b$  の変化について表している。表 6.3 から、紙構造体の高さ (53mm 一定) に対するそれぞれの形状の一辺の長さ (幅) を表 6.4 に示す。なお、これは一辺の長さ (幅)  $\div$  紙構造体の高さ (53mm 一定) で求めたものである。ここで、円柱は 0 であるため、省略する。

表 6.4 紙構造体の高さに対する各形状の一辺の長さ

三角柱	四角柱	六角柱
1.8	1.36	0.9

以上より、図 6.1 と図 6.2、表 6.4 から、図 6.2 の六角柱 (48mm) ~三角柱 (96mm) のグラフは、図 6.1 の横軸 0.9~1.8 に対応している。

表 6.5 第 4 時「グラフを利用して実験結果を予想しよう」学習過程 (50 分)

学習内容	指導者のはたらきかけと留意点
<p>[導入]</p> <p>1. 前時の振り返りをする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前時の実験結果(記録用紙)から、気づいたことを発表させる。</li> <li>○予想される生徒の考え</li> <li>・円柱が一番強かった。</li> <li>・一辺の長さが短いほど、重さに耐えられる。</li> <li>・これらのことを分かりやすく表すにはどうすればよいか質問し、前時の導入で確認したグラフに表すと視覚的に明らかにできることについて気づかせる。</li> </ul>
<p>[展開]</p> <p>2. 実験結果をグラフに表す。</p> <p>3. グラフ用紙を黒板に貼り、各班のグラフを比較する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録用紙を基に、グラフ用紙にグラフを書かせる。</li> <li>・どの班のグラフも同じ傾向であることを確認する。</li> <li>・導入での気づいたこと(一辺の長さが短いほど重さに耐えられる)が、グラフによって一目でわかるようになったことを確認する。</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>グラフから五角柱の荷重を予想しよう</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他の値について予測できるというグラフ</li> </ul>



<p>4. 予想を実験で確かめる。</p> <p>[まとめ]</p> <p>5. 身のまわりの物事の構造設計、社会に役立てられている数学について知る。</p>	<p>の利点を使い、五角柱で実験を行った場合の荷重を予想させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・四角柱、六角柱は実験済みのため、その間の値であると生徒が予想であろう。</li> <li>・予想した五角柱の荷重を実際に実験を行い確かめる。</li> <li>・ここでの実験は、指導者が前で全体に向けて行う。</li> <li>・役割は、指導者がおもりを加重し、生徒が観察をする。</li> <li>・実験後、五角柱の荷重と一辺の長さを基に、グラフ用紙（指導者が前時と同様の方法で予備実験をし、その結果を基に作成したもの）に点を打ち、予想と結果がほぼ一致することを全体で確認する。</li> <li>・以上から、他の形状についても、全て実験を行わなくても、強度がどれくらいであるかを予測することができると確認する。</li> </ul> <p>*ここでのまとめでは、第4章表 4.6 のまとめと同様に行う。</p>
---	--

この学習過程において、導入では実験結果から気づいたことをわかりやすく表すにはどうすればよいか考えさせ、前時の導入で扱ったグラフの必要性について再確認する。実験

結果をグラフに表し全体で確認することで、実験結果から気づいたことがグラフによって一目で明らかになることを実感させる。さらに、実験結果から気づいたこととそのグラフから他の数値について予想させ、その予想が正しいか再度実験で確かめ、その実験結果から予想した数値が正しいことが確かめられるといった、演繹を用いる。まとめでは、2時間を通して数学に関する内容が身のまわりの物事に役立てられていること、一次関数以外にも様々な数学に関する内容が利用されていることについて理解させる。

### 6.3 まとめ

本章では、第4章と第5章での検討を基に、中学校数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の提案を目的として、第2学年の一次関数の利用における学習指導計画と学習過程を提案した。

## 第7章 結言

### 7.1 結言

本研究は、中学校数学科において、数学が日常生活で役立てられていることをより良く理解し、学習した数学の内容を活用して身のまわりの物事を考え、判断する能力を育成することを目的として行った。まず、中学校数学科における数学的活動について学習指導要領とそれに関わる既往の研究を基に検討し、本研究での技術事象を取り入れた数学的活動の考え方を示した。次に、学校現場で用いられている教科書を分析し、授業における数学的活動の位置づけを明らかにするとともに、学校現場での現状と課題を明確にするために、生徒を対象として質問紙によるアンケート調査を実施し、検討した。続いて、技術事象を取り入れた数学的活動における教材開発として、教材を検討し学習過程を構築した。さらに、これらを基に学校現場で授業実践を行い、授業者の観察と実践後のアンケート調査の結果から考察を行い、技術事象を取り入れた数学的活動の有効性を検証した。最後に、これまでの検討結果から、第2学年の数学科における技術事象を取り入れた数学的活動の学習指導計画と学習過程を提案した。以上から、以下のことが明らかとなった。

- 1) 数値解析や計算数学等、実感することができない抽象的な思考は、技術を介して具体物を製作する際に用いられている。このことから、技術事象を取り入れることで、数学における抽象的な学びを実際に役立っていると実感できる学びへ転換できる。
- 2) 各学年で数学的活動と位置づけられているのは全体の約20~30%で、中でも『日常生活や社会で数学を利用する活動』が非常に少ないことがわかった。また、文章問題では鉛や花など具体物を扱ってはいるが、「実験・操作・観察」のように、生徒が自ら行う活動はみられなかった。
- 3) t検定の結果、「数学の日常生活への活用の理解」、「数学の達成感について」は5%水準で有意な差がみられた。このことから、各学年の数学的活動の有無や学習内容によって差が生じることがわかった。
- 4) 教科書ではものづくりがほとんど位置づけられておらず学校現場では、生徒の理解を高めるために、ものづくり活動が多く行われている。教科書と学校現場でのものづくりの位置づけに差があることがわかった。
- 5) 数学的活動に技術事象を取り入れることは、数学を苦手とする生徒に対しても関心・意欲を高める手立てとなり、よりよい数学的活動となる可能性がある。

## 7.2 今後の課題

課題として、次のことが挙げられる。

- ・歯車での教材を用いた学習過程を学校現場で実践し、その有効性を検証する。
- ・第6章で提案した授業案を学校現場で実践し、その有効性を検証する。
- ・本研究で提案した教材及び学習過程以外にも、技術事象を取り入れた数学的活動の検討を行う。

## 謝辞

本論文の遂行、並びに本論文の作成にあたり、丁寧なご指導とご助言を賜りました三重大学教授、魚住明生先生に心より感謝申し上げます。アンケート調査にあたり、ご協力くださいました三重県内中学校の先生方に心より感謝申し上げます。教材実践にあたり、実践の場を与えてくださいました平田野中学校、渥美勇輝先生に深く感謝し、お礼申し上げます。

三重大学技術・ものづくり教育講座の先生方、技術科教育研究室の学生並びに卒業生の皆様におきましても、多大なるご指導、ご助言を頂きましたことを深く感謝申し上げます。

最後になりましたが、大学生活を支えてくださいました家族や教材実践に快くご協力いただきました技術・ものづくり教育コースの学生の皆様に心より感謝申し上げます。

2017年2月13日

左右田 睦月

## 引用文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 算数編(2008)
- 2) 杉山幸子：個に応じた確かな学びを創り出す少人数指導方法の研究、平成 16 年度広島市学校教育研究グループ活動研究成果報告書(2004) (参照 2015-1-17)
- 3) 左右田睦月・魚住明生：ものづくりを取り入れた算数的活動に関する研究—図形分野における教材開発を通して—、三重大学教育学部紀要第 67 巻、pp.425-438(2016)
- 4) 岡哲大・宮崎史和：中学校数学科における小中学校間の滑らかな接続をふまえた授業づくりの研究、高知県教育公務員長期研修生研究報告、pp.1-13(2010)
- 5) 下田好行：学習意欲向上のための総合的戦略に関する研究 - 「活用型・探求型の教育」の教材開発を通して - 、科学研究費用補助金基盤研究 (C) 研究成果最終報告書 (2006)
- 6) 長崎栄三：科学技術リテラシーの発展に向けた数学教育・理科教育・技術教育の協働、日本化学教育学会年会論文集、Vol37、pp.73-74(2013)
- 7) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 数学編(2008)
- 8) 鹿児島県総合教育センター編：数学的活動を取り入れた学習指導の工夫、鹿児島県総合教育センター指導資料、第 104 号、pp.1-4(2002)  
<http://www.edu.pref.kagoshima.jp/research/result/siryoku/shido/h14/h1407/S01375.pdf>  
(参照 2016-10-12)
- 9) 川崎豊：観察・操作・実験などの数学的活動を取り入れた確率の授業～ビュッホンの針の実験を通して～、  
<http://shinkokeirin.co.jp/keirinkan/jkadaimath/0310/index.htm>(参照 2016-10-12)
- 10) 佐々木徹郎：操作活動から算数・数学的活動へ、イプシロン、Vol.51、pp.1-4(2009)
- 11) 小山正孝：数学教育における操作活動と思考実験、  
[http://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/files/public/2/29585/20141016172211746673/AnnEducRes\\_34-2\\_255.pdf](http://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/files/public/2/29585/20141016172211746673/AnnEducRes_34-2_255.pdf) (参照 2016-10-12)
- 12) 伊達文治：ゼミから生まれた数学的活動図、上越数学教育研究、第 26 号、上越教育大学数学教室、pp.13-20(2011)
- 13) 杉谷茂樹：ものづくりにおける数学、キャノン (株) 解析技術開発センター、

<http://mathsoc.jp/publication/tushin/1803/1803matsutani.pdf> (参照 2015-10-27)

14) 小西貞則：数学が社会を変える！—諸科学・産業界との連携を深める科学としての数学—、

<http://www.yomiuri.co.jp/adv/chuo/research/20120412.html> (参照 2016-10-12)

15) 前掲 3

16) 岡本和夫・小関熙純ほか：未来へひろがる数学 1、啓林館(2011)

17) 岡本和夫・小関熙純ほか：未来へひろがる数学 2、啓林館(2011)

18) 岡本和夫・小関熙純ほか：未来へひろがる数学 3、啓林館(2011)

19) 山田耕世：“第 6 学年 2 組 算数科学習指導案”、

<http://kenkyu.fuzoku-niigata.jp/topimag/pdf/619.pdf> (参照 2016-10-15)

20) “歯車の歯の噛み合わせの関係を式に表してみよう”、

<http://www.oklab.ed.jp/sugaku/aidea/idea27/2738.pdf> (参照 2016-10-15)

21) かみの力、<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/092077.pdf>

(参照 2016-9-14)

22) 石田良平・秋田剛：ビジュアルアプローチ材料力学、森北出版、pp.18-21 (2011)

23) 駒井武夫：初級技術者のための材料力学演習、培風館、pp.118-119(1981)

#### 参考文献

- ・堀田のぞみ：科学技術政策と理科教育 - 初等中等段階から科学技術人材育成に関する欧米の取り組み - 、国立国会図書調査及び立法考査局、科学技術政策の国際的な動向[本編]、科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書、pp.121-134(2011)
- ・丸山恭司：STEM 教育の展開可能性に関する研究、広島大学大学院教育学研究科共同研究プロジェクト報告書、pp.23-30(2015)
- ・加藤基：中等教育における米国 STEM と日本の理科の比較 - 「電気と磁気」領域を例として - 、秋大学教育文化学部、日本科学教育学会研究報告、Vol.29、No.2、pp.31-34(2014)
- ・内ノ倉真吾ほか：アメリカにおける STEM 教育推進の活動事例報告 - アイオワ州での取り組みに着目して - 、日本科学教育学会研究報告書、Vol29、No.1(2014)
- ・長崎栄三：現代社会における数学・理科・技術教育の連携 - 数学教育の立場から - 、日

- 本科学教育学会年会論文集、Vol35、pp.135-136(2011)
- ・長崎栄三・阿部好貴：日本における数学的リテラシーとその研究の動向 - 科学技術リテラシー像策定の展望の中で、全国数学教育学会第 24 回研究発表会発表資料、pp.1-19(2006)
  - ・Michael A.de Miranda・Paul Hernandez・Karen Rambo-Hernandez・Hidetoshi Miyakawa：How Interdisciplinary Engineering and Technology Design and Making Projects Impact Students and Classrooms for Sustainable STEM Education、
  - ・Hernandez,P.,Bodine,R.,Elliott,J.,Ibrahim,B.,Rambo-Hernandez,K.,Chen,T.W.,and de Miranda,M.A.(2014).Connecting the STEM dots:Measurig the effect of an integrated engineering design intervention. *International Journal of Design and Technology Education*,24,107-120.DOI 10.1007/s10798-013-9241-0
  - ・渡邊伸樹：小中連携を意識した科学技術史をベースとする数学的活動の教材開発に関する研究（その1）、京都教育大学教育実践研究紀要、第13号、pp.43-52(2013)
  - ・小林辰至：技術的問題解決プロセスに理数を位置付ける、日本科学教育学会年会論文集 Vol31、pp.159-160(2007)
  - ・小林一光：中学数学通信 coMpass - 推論する力を養う学習指導 - 、教育出版(2013)
  - ・加古里子：よわいかみつよいかたち、童心社(1988)



# 資料

## 目次

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| ・ 中学校数学科の教科書で示された数学的活動についての表   | 1 |
| ・ 中学校数学科における数学的活動に関するアンケート調査用紙 | 2 |
| ・ 生徒へのアンケート調査で示された数学的活動についての表  | 3 |
| ・ 強度実験をより入れた数学的活動に関するアンケート調査用紙 | 4 |

資料1 数学科の教科書で示された数学的活動について

従来から行われている数的活動	実験	操作	観察	ものづくり	作業	その他
水槽の高さの変化	◎		◎			
水を熱する実験	◎		◎			
ボールが斜面を転がる	◎		◎			
ボールの落下	◎		◎			
ふりこの長さとの周期	◎		◎			
校舎の高さはどのくらい？(相似)	◎		◎			
名札立てをつくろう			○	◎		
リボンの角度		○	○			
どんな四角形かな？			◎			
面積を比べよう		◎	○			
図形の性質の証明		○				○
正方形をつくろう			○		○	
同じ形の図形をかこう(相似)			○		○	
どのようにみえるかな？(平行と合同)		○	◎			
角と平行線		○	○			
多角形の内角と外角		○	○		○	
多角形の内角の和		○	○		○	
たこをつくろう			○		○	
星型の求め方		○	○			
容積の問題(箱をつくる)			○		○	
直角三角形の相似証明		○	○			
単語帳をつくろう		○				
しきつめられるかな？(相似図形の計量)		○	○			
コピー機の拡大縮小	○		○			
円周角と中心角			○		○	
宝の位置探し		○				
ピタゴラスの発見(三平方の定理)		○	◎			
コイントス	○	◎			○	
サイコロゲーム	○	◎			○	
くじびき	○	◎				
世界一周道路をつくろう			○			
どんな数になるかな？(計算の手順)		○				
誕生日当てゲーム						○
ボックスの中の数当て(連立方程式)		◎				
えんぴつとノートのコスト		◎				
表式グラフの関係について			○		○	
どのように並んでいるかな？(一次関数)			○		○	
きまりを見つけよう			○			
エラストテネスのふりい(素数探し)			○			
根号を含む式の計算						○
到着するのはいつ？(二次方程式)		○	○			○
グラフの見分け方			○			
直方体の水槽、水の増え方	○		○			
スロープの発見(三平方の定理)			○		○	
身近な建物を調べよう			◎			

資料2 中学校数学科における数学的活動に関するアンケート調査用紙

2・3年生用

数学に関するアンケート

年 組 番 名前: \_\_\_\_\_ 性別: 男・女

このアンケートは、数学での学習に関するものです。数学の授業を振り返って答えてください。  
回答の方法は、次に示す判断基準で自分にもっとも当てはまる記号を付けてください。

よく当てはまる:◎ だいたい当てはまる:○ あまり当てはまらない:△ 全く当てはまらない:×

なお、このアンケートは成績には全く関係ありませんので、率直に回答してください。

- Q1 数学の勉強は好きだ。( )
- Q2 数学の問題を解くとき、言葉や図を使って解いている。( )
- Q3 数学は他教科と関連があると思う。( )
- Q4 数学で学んだことを他教科で使っている。(当てはまるものすべてに○を付けてください)  
[ 国語・社会・理科・音楽・美術・技術・家庭・保健体育・英語 ]
- Q5 数学は日常生活に関係が深いと思う。( )
- Q6 数学は日常生活で役に立つと思う。( )
- Q7 数学の問題で解き方が分からないとき、あきらめずにいろいろな方法を考える。( )
- Q8 数学の問題が解けたときに喜びを感じる。( )
- Q9 数学の授業での活動では、どんなことを行いましたか。当てはまるものすべて線で結んでください。  
同じ所を複数結んでもかまいません。

数学の学習内容

- 正負の数 ●
- 文字式方程式 ●
- 比例反比例 ●
- 因数分解 ●
- 平面図形 ●
- 立体図形 ●
- 表・グラフ ●
- その他 ●

活 動

- 実験 ●
- 操作 ●
- 観察 ●
- ものづくり ●
- 作業 ●
- その他 ●

Q10 数学の授業での活動で、覚えているものをできるだけ多く具体的に書いてください。

-----

※記入漏れがないか今一度確認してください。

ご協力ありがとうございました。

資料3 生徒へのアンケート調査で示された数学的活動

アンケートから示された活動	実験	操作	観察	ものづくり	作業	その他
立体の体積を水も用いて実験	◎		◎			
線香を使った実験(比例)	◎		◎			
ふりこの実験	◎		◎			
紙テープの落ちる時間の実験	◎		◎			
図形をかく			○		○	
立体図形を作る				◎	○	
立体物の見比べ			◎			
多面体を作る				◎	○	
展開図			◎	○	○	
回転体を作って回す		○	◎	◎		
立体をライトで照らして影を見る	○		◎			
図形の映像を見る			○			
身近な建物で説明						○
ボールの切断(球が円の4倍)	◎		◎	○		
コイントス	○	◎			○	
トランプ(確率)	○				○	
サイコロ	○	◎			○	
トランプ(正負の数)					○	
パズル		○				○
おはじき		◎				
ゲーム		◎	○			
セクションペーパーにグラフ			○		○	
リングなどの絵を使う		◎				

資料4 強度実験を取り入れた数学的活動に関するアンケート調査用紙

### 今日の特設授業についてのアンケート

2年 組 番 名前: \_\_\_\_\_ 性別: 男・女

このアンケートは、今日の特設授業に関するものです。授業を振り返って教えてください。  
回答の方法は、次に示す判断基準で自分にもっとも当てはまる記号を( )の中に付けてください。

よく当てはまる:◎ だいたい当てはまる:○ あまり当てはまらない:△ 全く当てはまらない:×

なお、このアンケートは成績には全く関係ありませんので、率直に回答してください。

1. 今日の授業で数学が以前より好きになった。( )
2. 今日の活動は楽しかった。( )
3. 今日の活動以外にも、数学を用いた活動をやりたい。( )
4. 数学は身のまわりの物事に活用されていると思った。( )
5. 数学がどのように身のまわりに役立てられているかわかった。( )
6. 数学が日常生活に役に立っていることを実感した。( )
7. 今日の課題に主体的に取り組めた。( )
8. 今日の活動で難しかった所や楽しかった所、思ったことを具体的にわかりやすく書いてください。

-----  
-----  
-----

※記入漏れがないか今一度確認してください。          ご協力ありがとうございました。