

# 数学の有用性と学習意欲に関する研究

—生徒が作業することに着目して—

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 土橋雅生

## 1. 現状と研究動機

「平成27年度高等学校学習指導要領実施状況調査」によると、「数学の学習が好きだ」という質問に対して、「そう思わない」と回答した生徒の割合が33.9%、「どちらかといえばそう思わない」と回答した生徒の割合が16.7%となっており、合わせて否定的な回答の割合は50.6%となっている。つまりこの調査に回答した高校生の中で数学を好きと感じている生徒は半数以下であり、数学に対する意欲に関して課題があるといえる。また中央教育審議会における算数・数学ワーキンググループにおける審議の取りまとめ(2016)の中で、高等学校では「数学の学習に対する意欲が高くないこと」や、「事象を数学的に表現したり論理的に説明したりすること」を課題として挙げている。この中でも数学への意欲について述べており、これらを踏まえると、生徒の数学に対する意欲を高めていくような授業を考えることが必要だと言えるだろう。

数学に対する否定的な考えについて栗津・竹内(2007)は「数学嫌いに影響する最大の要因は、数学への苦手意識である」と指摘している。加えて数学に対する意欲を高めることについては同研究の中で、「数学を学習できるという期待と、数学を学習する価値を高めることが有効」と述べている。またその価値を高めるためには、日常事象に適用しやすい事例や日常事象で実際に適用されている事例を用いることが有効であるとも指摘している。

また下田(2006)は、児童生徒は今行っている学習が自分にとって意味があるかどうかを潜在的に考えていると述べており、児童生徒の学習意欲の低下は、こうした児童生徒の内面での必要感の欠如に原因があると指摘し

ている。

このことから筆者は、高校の数学の授業の中で日常事象と関連づけて数学の苦手意識を除去できるような授業を開発することが求められると考えた。そしてそのような授業を実践することで、生徒の数学に対する意欲が高まるのではないかと、つまり数学の有用性と学習意欲の向上には有意な関係性があるのではないかという仮説を立てた。

## 2. 授業における生徒の活動

これからの高校数学の授業において数学的活動をどのように反映させるか、が求められている。ここで冒頭に紹介した実施状況調査の質問項目に「数学の授業で、観察や実験をすることがありますか」というものがあり、その回答によると「ない」が全体の77.1%、「どちらかといえばない」が12.2%となっており、合わせて89.3%の生徒が実験や観察の活動がないと感じている。そこで筆者は、数学の授業の中で実験・観察のような体を使う活動を取り入れることで、生徒の興味関心が高まるのではと考えた。

数学の授業におけるそのような活動は「作業」と呼ばれる。作業については松原(1987)によると、「身体的活動を伴うもの」としており、また「本質は精神活動(思考)にある」とも述べている。また山梨大学附属中学校が平成22年度に実施した作業に関する研究において、数学科で重視する作業とは、生徒自身が問題解決のために様々な関係を整理し、具体化させ、新しい場面でその関係を使っていく活動としている。これらから、数学の授業の中で習った知識を問題解決のために活用し、それを具体的な場面にあてはめ、実際に生徒

自身で体験させる（身体的活動）という流れを意識した授業を行うことで、数学への苦手意識を除去や数学の有用性を感じてもらうことにつながるのではないかと考えた。本研究ではそのような「作業」を意識した授業を実施し、生徒の反応や意識の変化についてアンケート調査等で調べ、苦手意識の除去や数学の有用性の感得への効果について分析を行う。

### 3. 研究について

#### 3.1 研究方法

- (1) 事前アンケート（生徒の実態調査）
- (2) 研究授業
- (3) 事後アンケート

#### 3.2 研究授業実施校について

実施校：山梨県内の公立高等学校

学校タイプ：進学校 普通科

研究授業実施期間：

令和4年10月26日(月)～10月29日(木)

全4時間

対象：1年3,4組 Cパート 14名

単元：数学I 図形と計量 「三角比」

#### 3.3 事前アンケート

本研究の事前アンケートは、西村・河村・櫻井（2011）によって作成された学習動機尺度をもとに行った。西村らは学習動機づけの概念を4つに細分化し、それぞれを①外発的調整、②取り入的調整、③同一化的調整、④内的調整と定めた。これらの4つについて説明すると、まず外的調整は報酬の獲得や罰の回避などの外的な要求に基づく動機づけであり、従来の外発的動機づけ相当する。取り入的調整は他者比較による自己価値の維持、恥の感覚の回避などに基づく動機づけであり、消極的ではあるがその活動の価値を部分的に内在化しているという特徴がある。同一化的調整は活動を行う価値を認め、自分のものとして受け入れている状態を表す動機づけである。内的調整は興味や楽しさに基づく従来の内発的動機づけに相当し、最も自律

性の高い動機づけである。本アンケートの調査対象は公立高等学校の1年次3,4組計73名である。調査時期は2022年9月で、研究授業実施日の前週である。

アンケート調査の項目は次の3つである。第1は「以下の項目はあなたが数学を学習する理由にどのくらい当てはまりますか」と問い、選択式で回答してもらった。第2は「あなたにとって数学を学習する目的は何ですか」と問い、記述式で回答してもらった。第3は「あなたは数学の授業に何を求めますか」と問い、第2と同じく自由記述で回答してもらった。第1設問における選択肢は、「まったく当てはまらない」「あまり当てはまらない」「少し当てはまる」「とても当てはまる」の4つとした。質問項目は表1のとおりである。(1)から(5)が内的調整、(6)から(10)は同一化的調整、(11)から(15)は取り入的調整、(16)から(20)は外的調整に関わる項目である

表1：第1問の質問項目（事前）

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 問題を解くことが面白いから</li> <li>(2) 難しいことに挑戦することが楽しいから</li> <li>(3) 勉強すること自体がおもしろいから</li> <li>(4) 新しい解き方や、やり方を見つけることが面白いから</li> <li>(5) 自分が勉強したいと思うから</li> <li>(6) 将来の成功につながるから</li> <li>(7) 自分の夢を実現したいから</li> <li>(8) 自分の希望する大学に進みたいから</li> <li>(9) 自分のためになるから</li> <li>(10) 勉強するということは大切なことだから</li> <li>(11) 勉強で友達に負けたくないから</li> <li>(12) 友達より良い成績を取りたいから</li> <li>(13) 周りの人にかしこいと思われたいから</li> <li>(14) 友達にバカにされたくないから</li> <li>(15) 勉強ができないとみじめな気持ちになるから</li> <li>(16) やらないと周りの人がうるさいから</li> <li>(17) 周りの人から、やりなさいと言われるから</li> <li>(18) 成績が下がると怒られるから</li> <li>(19) 勉強するということは規則のようなものだから</li> <li>(20) みんなが当たり前のように勉強しているから</li> </ol> |
|--|

図1は表1のアンケートの結果を上で述べた4つの観点別にまとめたものである。またグラフ内の数字は全体に対する割合を示しているが、小数第2位を四捨五入して表しているため、一部合計が100にならない項目がある。

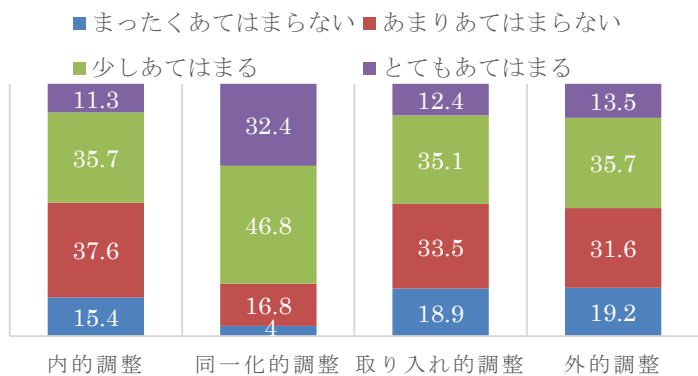


図1：事前アンケート結果

図1から同一化的調整を一番意識して数学に取り組んでいることが分かる。特に項目(8)の「希望する大学に進みたいから」においてはすべての項目の中で唯一「とてもそう思う」の回答が34(全体の45.9%)で一番多くなっている。また「少しそう思う」の回答も31と多く、合わせて65で全体の87.8%とほとんどの生徒が大学進学を目的として数学を学習していることが分かる。

次に第2の質問項目について考察する。生徒が回答した文章データをテキストマイニングし、頻出した用語について分析した。



図2：テキストマイニングした結果(第2質問)

図2から数学を学習する目的として「将来」という記述が多いということが分かる。また将来と言っても、大学進学と結びつけて記述している生徒が多くみられた。このことから第2の質問の回答からも、同一化的調整を意識している生徒が多いことが読み取れる。

次に第3の質問について考察する。第3についても同様にテキストマイニングを行った。

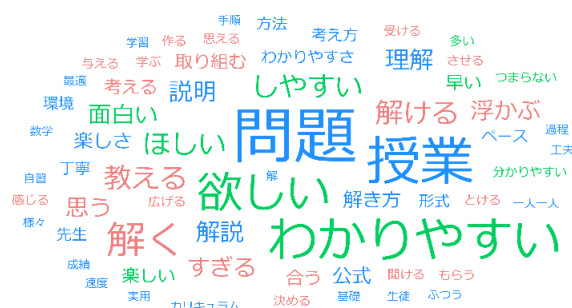


図3：テキストマイニングをした結果(第3質問)

この図から「問題」「授業」「わかりやすい」というワードが大きく表示されていることが分かる。回答の詳細を確認したところ、「問題を解く時間を増やしてほしい」や「わかりやすい授業をしてほしい」という回答が多くみられた。これらの回答から、生徒自身も自分たちが活動する時間を求めていることが分かり、またその中で生徒が分かりやすいと感じられるような授業を構成する必要があるといえる。後述する研究授業においてはこれらを意識した上で、作業の活動を取り入れた。

### 3.4 研究授業

研究授業の対象クラスは前述したとおりである。また研究授業実施日において1人の生徒が欠席していたため、生徒13名での実施となった。

#### 【1時間目】

1時間目は勾配を表す道路標識を題材に三角比の定義を行った。三角比はその特性上、最初に定義を行ってから話が進んでいくが、

その定義は三角形の辺の比と角の関係について述べたものであり、生徒からしてみると新しい概念になる。そこで、三角比の概念を生徒の力で広げるという意味で日常事象と関連づけて進めた。

授業の中身について述べていく。導入として傾斜を表す道路標識を生徒に提示した。最初は10%という表示を隠し、これが傾斜を表していることを生徒に示した。その後10%の表示を見せ、この数値が何を表しているのかについてペア活動を行った。この授業において、ペアの数は6つであった。

生徒にはあらかじめ白い画用紙と黒のペンを渡し、ペアワークで出た考えをその画用紙に記入してもらった。その中で出た生徒の記述を一部紹介する。

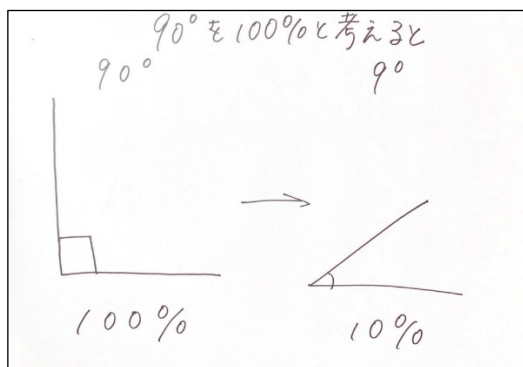


図4：生徒の考え①

①のペアは角度に着目して90度を100%としたときの割合で考えている。そのように考えると、10%の傾斜は、9度の傾斜になるということが読み取れる。

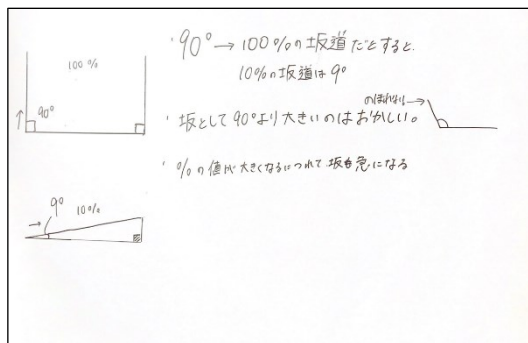


図5：生徒の考え②

②のペアも角度に着目して考えているが、ここでは標識があくまでも坂道の角度を表し

ているため、坂が90度よりも大きいと登れなくておかしいというように記述しており、そのことから90度を100%にしている。

全6ペアの中で5つのペアはこのような角度に着目した考えを記述していた。その中で残りの1つのペアは次のように考えていた。

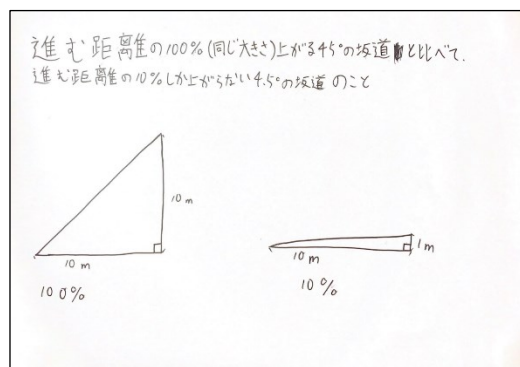


図6：生徒の考え③

③のペアは進む距離と上がる距離について述べている。10%という割合は進む距離に対してどのくらい垂直方向に上がるかという割合だと考えており、例えば10m進んで垂直方向に10m上がれば、それは100%の坂道だとしている。そのように考えると、10%の坂道は、10m進んだ時に垂直方向に1m上がる坂道になるとしている。また100%の坂道のとき、角度が45度になるため、10%の坂道は4.5度になるとしている。この角度が4.5度になるという考えは誤りであるが、これについては2時間目で扱うことにした。

生徒に発表してもらった後は教師が答え合わせをし、最後に紹介したペアの考え方が正解だと伝えた。

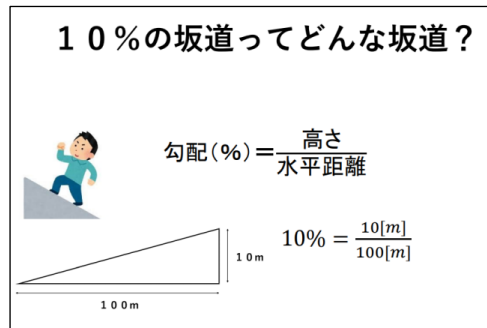


図7：勾配(%)の表し方

【2時間目】

本時では有名角の三角比と、三角比の表に

ついて扱った。30度、60度、90度の三角形と45度、45度、90度の三角形は、辺の比がそれぞれ  $1:2:\sqrt{3}$ 、 $1:1:\sqrt{2}$  と簡単な比で表すことができる。そのためこれらの角は有名角と呼ばれており、その辺の比から各三角比の値も導出することができる。

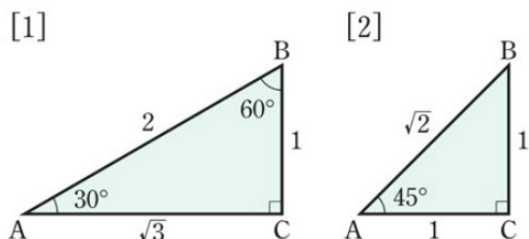


図8：有名角の三角形

また三角比の表は有名角以外の三角比の値がまとめられているものである。そこで図6の中に記述されていた角度について考察を行った。10%の計算方法からこの値は  $\tan \theta$  を表しているため、三角比の表から  $\tan \theta = 0.1$  となるような角度を見つける。調べると、 $\tan \theta = 0.1051$  となる6度が一番近いことがわかる。

$\theta$	$\sin \theta$	$\cos \theta$	$\tan \theta$
0°	0.0000	1.0000	0.0000
1°	0.0175	0.9998	0.0175
2°	0.0349	0.9994	0.0349
3°	0.0523	0.9986	0.0524
4°	0.0698	0.9976	0.0699
5°	0.0872	0.9962	0.0875
6°	0.1045	0.9945	0.1051
7°	0.1219	0.9925	0.1228
8°	0.1392	0.9903	0.1405
9°	0.1564	0.9877	0.1584
10°	0.1736	0.9848	0.1763
11°	0.1908	0.9816	0.1944
12°	0.2079	0.9781	0.2126
13°	0.2250	0.9744	0.2309

図9：三角比の表

【3,4時間目】

実習校のカリキュラム上2時間連続で数学の授業となる曜日がある。この連続した時間を活かし、三角比を用いて教室の高さを求める授業を行った。実際に建物の高さや山の高さを測るときには三角比を応用して計算している。本時ではそのような活動を実際に生徒に体験してもらい、三角比の有用性を感じてもらおうことをねらいに行った。また高さを求める方法の中で特に三角比を応用するものは教科書に問題として掲載されている(図10)。

この方法の場合見上げた角度を測る必要がある。そこで生徒が所有しているスマートフォンを使い、その中のアプリを用いて角度を測ることにした。今回のクラスの生徒は、ほとんどがiPhoneを所有していたため、それに内蔵している「計測」というアプリを用いることにした。

右の図において

$$BC = AC \tan 21^\circ$$

$$= 10 \times 0.3839$$

$$= 3.839 \div 3.8$$

よって、木の高さBDは

$$BD = 3.8 + 1.6 = 5.4$$

答 5.4 m

図10：木の高さを求める問題

授業の準備として、前日に実際の教室の高さを計測した。この時はメジャーを使って計測し、その高さはちょうど3mであった。また本時ではワークシートを作成し、その中には以下のような図を提示した(図4)。生徒にはこの図を用いて教室の高さを測る方法について記述してもらった。また、壁から3m離れた位置に人が立っている図にすることで、生徒が実際に測れるような方法を記述できるようにした。

・教室の高さを求めてみよう

3 m

図11：ワークシート(一部)

授業は、個人検討からペア検討という流れにし、ペア検討においては互いの方法を見比べて、どのやり方が実際にできそうかについて考えてもらった。またこの段階では三角比を使うことにこだわらず、過去に習った内容でどのように考えられるか、というように指示を出した。検討した後は実際にその測り方を生徒自身がやってみて、問題なく高さが測れているかどうかを確認した。



ペアでの検討を経たあと、数人に発表してもらった。以下には発表してもらった測り方を紹介する。

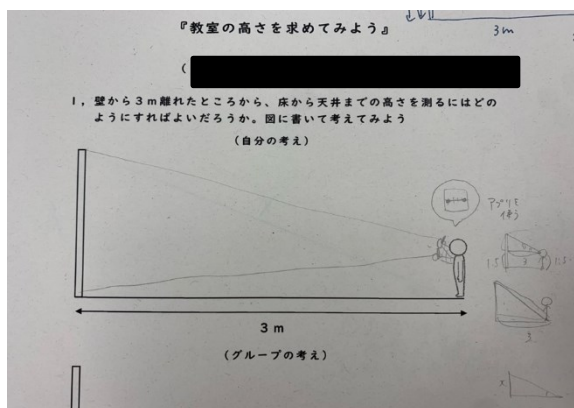


図 12：生徒の考え④

④の生徒はスマートフォンを用いて計測できると記入している。実際、iPhoneの「計測」アプリを使うことで2地点の距離を測ることができる。この生徒に話を聞いたところ「文明の利器の力を使う」と述べており、この後の実践においてもこの方法で計測している。

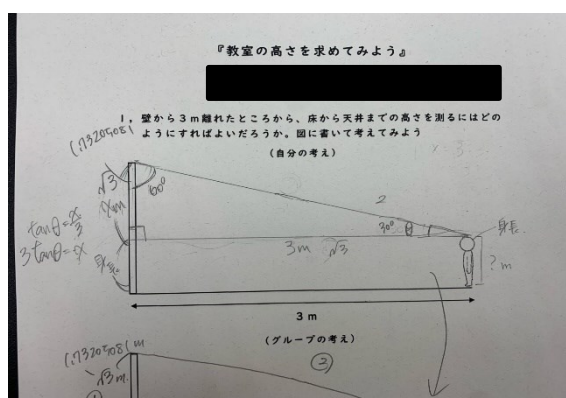


図 13：生徒の考え⑤

⑤の生徒は天井を見上げた角度から教室の高さを求める方法を記述している。この方法は三角比を用いて計算する方法であり、前述した教科書の問題と同じ方法である。

次に示す⑥の生徒は三角形の相似を用いる方法を記述している。発表時には、三角定規を用いて図のように相似な三角形を作ると話していた。また相似な三角形の作り方については、三角定規の角から天井の隅を見た時に重なる場所にマークをすることで図のような直角三角形を作ると話していた。

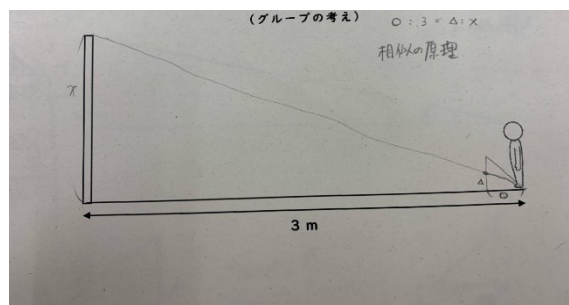


図 14：生徒の考え⑥

発表後は実際にその方法で高さを測り、その結果をまとめた。実際には、④の方法は1ペア、⑤の方法は4ペア、⑥の方法は1ペアが行った。④の方法をした生徒は、スマートフォンを操作するだけだったため、短時間で計測が終わっていた。⑤の方法をした生徒は、見上げた角度や、床から目までの高さを計測するのに時間を要していたようだった。⑥の方法をした生徒は三角定規にマークをするのが難しかったと話していた。

結果をまとめたところ、④が2.75m、⑤が3.1m、3.2m、3.4m、3.9m、⑥が2.88mという結果になり、平均すると3.2mとなる。これらを見ると、多少の誤差はあるものの、授業としては精度の良い数値が出たと感じている。

### 3.5 事後アンケート

事後アンケートは授業を行ったクラス13名を対象に実施した。また本アンケートは回答形式として自由記述式を多く設けた。理由としては生徒の意見や考えをこちらで決めた言葉で回答してもらうより、生徒のありのままの意見が引き出せると考えたからである。また質問内容は、作業の時間を踏まえたうえでの数学に対する意識の違いや数学の有用性、数学に対する意欲に関するものとなっている。質問項目は表2のとおりである。

(4) (5) (6) に関しては「まったくそう思わない」「あまりそう思わない」「少しそう思う」「とてもそう思う」の4つから選択する設問となっている。

表2：質問項目（事後）

<p>(1) あなたにとって数学を学習する目的は何ですか (記述)</p> <p>(2) 今回の三角比の授業では、標識を考えたり、教室の高さを測ったりなどの、皆さんが作業する時間（以下「作業の時間」）を設けました。そのような授業によって、あなたの数学の授業に対する考えがどのように変化しましたか。(記述)</p> <p>(3) 今回の授業における「作業の時間」によって、「数学の必要性」を感じる事ができましたか。感じた場合、どのような活動において感じる事ができたか書いてください。(記述)</p> <p>(4) 今回の授業では、皆さんが数学の授業を少しでも楽しいと思えるように作業する時間を取り入れました。今後の授業においても作業するような時間があれば数学を学びたいと思いますか。 (選択)</p> <p>(5) 今回のような授業は楽しいと感じましたか。 (選択)</p> <p>(6) 今回の授業を踏まえて、数学の授業を意欲的に取り組もうと思いますか。(選択)</p>
---

(1) では事前アンケートの時とあまり変化はなく、ほとんどの生徒が大学進学を目的としている旨を記入していた。

(2) の回答のいくつかを次にまとめる

①楽しくて興味がわくもの。役に立っているビジョンが見えるもの。

②いすに座ってただ授業を受けるより、自分で実際にやってみると意欲が出てくるし、結果を知りたいと思えるから数学へのイメージが少し軽くなってよかった。

③紙で考えるだけだとあまり面白味がなく、数学が嫌いな私にとって苦痛な時間だったと思うけど、自分の体で実際に体験してみると興味もてたし、時間が過ぎるのがとても早く感じて、こういう授業が増えればいいと思った。

中身を見ると「楽しくて興味がわくもの」や

「数学へのイメージ軽くなった」「時間が過ぎるのが速かった」などと数学に対してよい印象となっていることが見て取れます。特に③の回答の中で、最初数学が嫌いだったのが、このような授業が増えればいいと感じており、数学に対する苦手意識を除去できていると考えられる。

(3) の回答のいくつかを次にまとめる

④感じた。何かそれが必要となったとき、数学を答えを導く方法として使えば、問題を解決することもできそう。と教室の高さを測る授業で感じた。

⑤坂の傾斜を考えた時に、自分の感覚だけではなく、しっかりと数字で理解したほうが良いと思いました。

⑥正しい値を出したいときに数学の力が必要だと感じた。でもそんなに正しくなくていいときは、あまり必要ないと感じた

これらの記述を見ると、教室の高さを求める活動や傾斜を求める活動、また正しい値を出すという場面においては数学が必要だと感じていることが読み取れる。その中で⑥の記述には、「そんなに正しくなくていいときはあまり必要ないと感じた」とあり、その場面によって必要性が変わってくるということが分かる。

(4) の質問の回答結果は図 15 に示す。回答結果を見ると、「とてもそう思う」が 62%、「少しそう思う」が 38%であり、全員が肯定的意見となっている。しかし、「少しそう思う」という消極的な意見も少なからずいるため、作業の時間の使い方にまだ課題があると考えられる。

また (5) の質問ではほとんどの生徒が肯定的な回答であった。数学の楽しさを感じられたことは、作業の時間によって生徒の内的調整に影響を与えた、ということが考えられる。

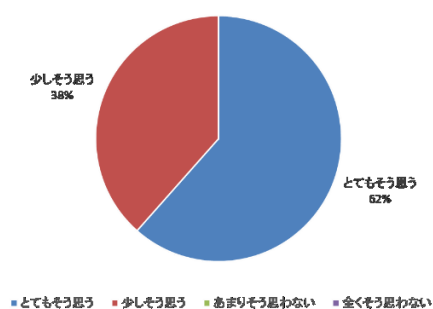


図 15：質問 (4) のアンケート結果

最後に (6) の質問の回答についても図 16 に示す。この結果から、数学を意欲的に学びたいという生徒がほとんどであることが読み取れる。しかし、「とてもそう思う」が 15%、「少しそう思う」が 85%と消極的な回答のほうが多くなっていることから、完全には意欲的になっていない状態だと言える。そこには授業の内容や進め方、難易度などの様々な要因があると思われるため、生徒の実態を考えて改善する必要がある。

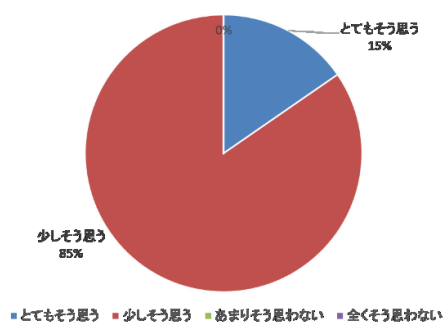


図 16：質問 (6) のアンケート結果

#### 4. まとめ

本研究の成果としては、作業の時間を通して数学に対する印象が良くなったことや、数学を楽しく学びながらその有用性を感じ取ってくれたことが挙げられる。また事後アンケートの中で、数学に苦手意識があったけど楽しく学べて理解できたという意見や、作業する時間があれば数学を学びたいという意見があり、多少なりとも苦手意識の除去、意欲向上が見られたのではと感じた。しかし数学の有用性と学習意欲の因果関係については明らかにはなっていないと感じている。今回行っ

た作業の授業では数学の有用性を感じてもらうために有効ではあったものの、直接学習意欲に結びついているとは言い切れないため、授業の進め方や研究の方法を修正していく必要がある。

また今回のような授業では教科書の進むスピードが遅くなることや、問題演習の時間を確保できないため、試験を意識した授業ができないことが課題として挙げられる。しかし作業することで数学を学びたいという気持ちにさせることも大切であるため、それらのバランスを考えることでより良い実践となると考えられる。

#### 引用・参考文献

- ・栗津俊二、竹内光悦 (2007) 「社会科学系女子学生における数学嫌い・数学 学習意欲の分析」実践女子大学人間社会学部紀要, 3,167-176
- ・中央教育審議会 (2016) 「算数・数学ワーキンググループにおける審議の取りまとめ」
- ・松原元一編著 (1987) 『考えさせる授業』 東京書籍
- ・高等学校学習指導要領 (平成 30 年度告示) 解説数学編理数編 第 1 章「総 説」, 6-9, 23-30
- ・下田好行 (2006) 「学習意欲向上のための総合的戦略に関する研究—「知を 活用する力」に着目した題材, 教材・単元開発の枠組みとその実際—」 国立教 育政策研究所
- ・西村多久磨・河村茂雄・櫻井茂男 (2011) . 「自律的な学習動機づけとメタ認 知的方略が学業成績を予測するプロセス—内発的な学習動機づけは学業 成績を予測することができるのか?—」 教育心理学研究, 59,1,77-87
- ・加藤諒 (2020) 「中学生の数学を学ぶ目的に着目した授業改善—主体的な学びを目指して—」 山梨大学教職大学院令和元年度教育実践研究報告書
- ・戸瀬信之 (2022) 「高等学校 数学 I」(数研出版)