

要 旨

本研究のねらいは、グラフの作成と活用を通して、生徒の科学的な思考力と論理的な表現力を育成する指導の在り方を探ることである。その手立てとして、グラフの目的・意義を把握させた上でグラフの作成を行わせ、現象の規則性を発見・活用させる場と説明活動を設定した。これらの授業改善を行うことで、生徒はグラフを活用して現象の規則性の発見・活用を行えるようになった。また、規則性の発見・活用を行うときの思考の過程を多くの生徒が説明できるようになった。

〈キーワード〉 ①グラフの目的・意義 ②現象の規則性 ③科学的な思考 ④論理的な表現

1 研究の目標

実験の結果から規則性や法則性を導き出す過程において、グラフを活用する指導を通して、科学的な思考力と論理的な表現力を育成する指導の在り方を探る。

2 目標設定の理由

中学校理科の授業を行う中で、観察・実験からデータを得ても、そのデータを処理する段階でグラフを作成できない生徒が多い。また、グラフを作成できたとしても、それが何を意味するかを読み取れず、考察までうまく導けない状態であった。これは、教師がグラフの目的・意義の指導を十分に行わないまま、生徒にグラフの作成や活用をさせようとしていたためではないかと考えられる。

平成16年度小・中学校佐賀県学習状況調査により、県内中学校1・2年生の実態の分析を行うと、他の観点の通過率に比べて、「科学的な思考」の観点の通過率が低くなっていた。また、グラフから数値や変化を読み取り、グラフを活用して考察することが苦手であることも分かった。このことは、観察・実験で得たデータからグラフを正しく作成したり、グラフから数値や変化を読み取ったりする指導とともに、観察・実験の結果から、グラフを使って考察させる学習活動の工夫が必要であることを示している。この傾向は、国立教育政策研究所が行った平成15年度小中学校教育課程実施状況調査の結果においても同様に指摘されている。

そこで、本研究では、グラフの目的・意義を把握させた上で実験から得られたデータを基にグラフ作成を行わせる。次に、作成したグラフから現象の規則性を発見し、活用させる。さらに、規則性を発見・活用したときの思考の過程を説明させることで、科学的な思考力と論理的な表現力を育成したいと考え、本目標を設定した。

3 研究の仮説

グラフの目的・意義を把握した上で実験データを処理させれば、作成したグラフから現象の規則性を発見し、その規則性を活用して未知の値を推測することができるであろう。また、現象の変化や自らの思考の過程を説明することができるであろう。

4 研究の内容と方法

- (1) 科学的な思考力と説明活動及びグラフ活用について、文献等による理論研究を行う。
- (2) 生徒のグラフの作成と活用に関する実態調査を行い、授業展開の検討を行う。
- (3) 所属校の1年生において授業実践を行い、仮説を検証する。
- (4) 研究の成果と課題をまとめる。

5 研究の実際

(1) 文献による理論研究

ア 科学的な思考力について

科学的な思考力は科学的思考を可能にする能力であると考えられる。井出耕一郎は、科学的思考について、「科学的思考は探究の技法 (Process skills) と密接な関係があり、児童・生徒が問題解決に探究の技法を駆使する場合の思考活動はこれに含まれる」⁽¹⁾としている。さらに、同氏は科学的思考を具体的な思考ごとに16通りに分類しており、「問題解決に当たって、どのような科学的思考を育成すべきかを考えて指導を行い、指導要録にかかげられているような趣旨に基づいて評価をすることが、要請されている」⁽¹⁾と指摘している。そこで、本研究では、問題解決の過程において、探究の技法として、グラフの作成とその活用を行わせることで、表1のように、特に8つの科学的思考を育成したいと考えた。

表1 本研究で育成したい科学的思考

論理的思考	矛盾がないように筋道を立てて考えること
単純化・理想化	複雑な自然現象において、互いの関係を知るためにできるだけ単純化すること
数量的思考	事物・現象を定性的にだけとらえないで、数や量を使って量的にとらえて考えること
拡散的思考	一つの事物・現象の原因や結果などについて、できるだけ多くのことを考えること
分析的思考	複雑な事物・現象をできるだけ単純なものに分けていくこと
分類的思考	多くの事物・現象から共通の特徴をもつ群にまとめてみること
帰納的思考	個々の具体的な事物・現象、データなどから共通性や規則性を見いだすこと
演繹的思考	帰納的思考と逆に、ある原理や法則を基にして、個々の事物・現象を説明すること

イ 説明活動について

森田和良は、説明活動を次のように定義付けている。⁽²⁾

説明活動とは、「学んだこと」を、学習者自身が自分の知識状態や行為について、相手に分かりやすく説明することである。さらに、説明するために必要な情報を得る活動、例えば実験や観察、説明に必要なモデルや模型の製作にかかわる活動、仲間との議論などの活動も含む。説明活動は、明確にわかったところと曖昧なところを切り分けることができる振り返り活動である。

このことから、本研究におけるグラフの作成やグラフから規則性を見付ける活動は、説明するために必要な情報を得る活動であると考えられる。この説明活動において、相手に分かりやすく説明することを意識させることで、筋道や根拠が明確になり、論理性や実証性の高い表現が可能になると考えられる。また、他者との意見の交流を行わせることで、自分の考えを振り返ることができるようになり、自分の考えが修正・補強されると考えられる。そこで、本研究では、他者へ説明することを意識させながらワークシートなどに文章で記述させ、班やクラス内で発表を行わせることで、論理的な表現力を高めたいと考えた。

ウ 中学校理科におけるグラフの指導の特徴について

小学校理科においても、グラフを作成し、活用する場面は数多く見られるが、現象の定性的な考察に用いることが多い。グラフを定量的に考察し、現象の規則性の発見や未知の値の推測などのグラフの活用方法は、主に中学校理科で扱われている。また、観察・実験によって得られたデータに含まれる誤差を考慮して処理するというのも特徴的である。科学の分野以外の経済や社会の変化などの統計的な調査活動におけるグラフでも、中学校理科で扱う活用方法が多く使われており、中学校理科におけるグラフ指導が非常に重要であると言える。本研究では、中学校理科におけるグラフ作成の目的は、観察・実験によって得られた数値データの視覚化であり、グラフ活用の意義は現象の規則性の発見と活用であると考えた。

(2) 研究の全体構想

本研究では、グラフの作成と活用の流れを右の図1のように、5つの段階に分けた。

まず、実験（データ収集）、データの処理、データの解釈という、3つの段階でグラフの作成を行わせる。このとき、学習のポイント（図2）を示しながら、グラフの作成を段階的に行わせることで、生徒はグラフの目的・意義を明確に把握するとともに、グラフ作成のスキルを主体的に獲得できると考えた。

次に、規則性の発見と活用の場面において、グラフから変化の様子や現象の規則性などを読み取り、読み取った規則性を活用して未知の値の推測などのグラフ活用を行わせる。グラフの目的・意義の明確な把握とグラフ作成スキルの主体的な獲得ができていれば、データの解釈とグラフ活用の過程において、思考を様々な形で深めながら、全体として科学的な思考力を育成できると考えた。また、データの解釈と規則性の発見、規則性の活用の3つの段階で説明活動を行わせることによって、論理的な表現力を育成できると考えた。そして、思考力の育成は表現力を、表現力の育成は思考力を更に高めると考えた。

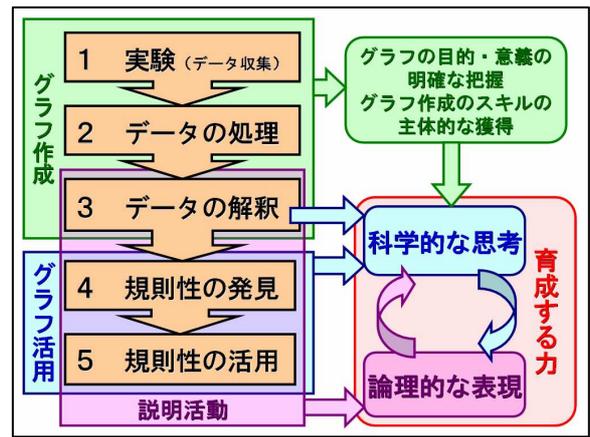


図1 研究の全体構想

(3) 授業の実際

本研究では、実践1として、第1学年の単元『力と圧力』において「ばねの伸びとおもりの質量の関係性を調べる実験」、実践2として、単元『物質の性質』において「物質の体積と質量の関係から密度について調べる実験」を設定し、仮説の検証を行った。

ア 生徒の実態

検証授業の前に行った実態調査において、誤差を含んだ測定値を使ってグラフを作成させたところ、グラフを作成できた生徒全員が測定点を折れ線で結んでいた。これは、生徒の中に測定値に含まれる誤差について概念の形成がされておらず、無条件に実験で得た測定値を信用しているためと考えられる。そのため、線は形式的に測定点と測定点を結んでいるだけであり、測定点の分布から現象の変化の傾向を読み取ることができずにいた。このことから、グラフの目的・意義をしっかりと把握させることが重要であるということが分かった。

イ グラフ作成におけるグラフの目的・意義の把握

実験（データ収集）を行う段階では、実験で得たデータを使って表の作成を行わせた。ここで、グラフの目的・意義を明確にするために、実験を行う前に、疑問をもたせたり、課題を明確にしたり、予想を立てさせたりした（図2、学習のポイント①）。この過程で「何のためにグラフを作成するのか?」「グラフから何を読み取るのか?」というグラフの目的・意義を明確に把握させることができたことによって、生徒はグラフ作成に主体的に取り組んだ。

データの処理を行う段階では、実験結果から作成した表を基に、グラフ用紙へ軸や目盛りなどを書き込み、測定値を点としてプロットさせる。ここで、生徒に「現象の変化を見やすくするには?」という



図2 グラフ作成と学習のポイント

発問を投げ掛けることによって（図2，学習のポイント②），軸の項目の決め方や目盛りの書き方などのグラフ作成のスキルを自ら見付けさせた。軸の項目を決めるときには，縦軸と横軸を入れ替えた2種類のグラフを用意し，より変化が分かりやすいのはどちらかを考えさせた。通常，実験者が条件を変化させる量（独立変数）を横軸にとり，独立変数を変化させることによって変化する量（従属変数）を縦軸にとる。生徒は横軸に独立変数，縦軸に従属変数をとった方が，左から右に変化させた条件を目で追いながら，上下の動きで現象の変化を見ることができると，視覚的に変化が分かりやすいことに気付くことができた。また，目盛りや点の書き方についても「目盛りの最大値は？」「原点の値（最小値）は？」「目盛りの間隔は？」「点の大きさは？」など，作業の手順ごとに，1つずつ現象の変化を見やすくする方法を考えさせることで，これらのスキルを主体的に獲得させることができた。

データの解釈を行う段階では，グラフに並んだ測定点を基に線を引く活動を行わせた。実践1において，生徒に自由に線を入れさせたところ，すべての測定点を折れ線で結ぶ生徒が多かった。他にも，最初の2点を直線で結ぶ生徒や，原点と最後の1点を直線で結ぶ生徒も見られた。そこで，生徒に「なぜ折れ線グラフではダメなのか？」という発問を投げ掛けることによって（図2，学習のポイント③），生徒は，測定値の正確さについて検討することで，実験から得られた測定値は，必ずしも正確な値ではなく，様々な原因により，誤差を含んでいることに気付くことができた。さらに，グラフに引く線は，必ずしも測定点の真上を通らなくてもよいことが分かった。その結果，ほとんどの生徒が，すべての測定点のできるだけ近くを通る直線を引くことができるようになった。

ウ データの解釈における科学的な思考力の育成

本研究のデータの解釈を行う段階では，グラフ作成におけるグラフの目的・意義の把握だけでなく，表1に挙げた8つの科学的思考を可能にする能力の育成もねらいとしている。

実践1で行った誤差の原因について考える活動は拡散的思考を育成する場である（図3）。生徒は，誤差の原因となりそうなものを数多く思い付くことができた。また，グラフに線を引く活動は，帰納的思考を育成する場である。生徒は誤差の範囲を考慮して測定点の分布に共通性を見いだすことにより，原点を通る直線を引くことができるようになった。そして，引いた直線を基に，測定値を単純化・理想化することができるようになった。

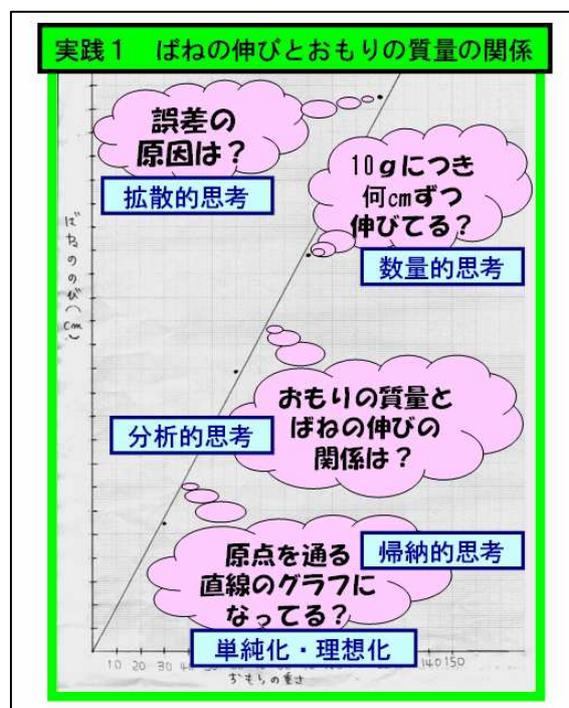


図3 実践1で生徒が科学的な思考を行いながら作成したグラフ

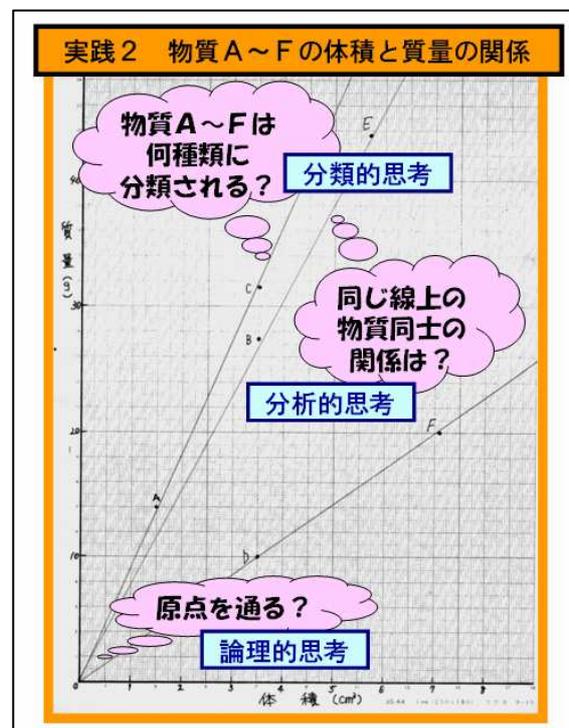


図4 実践2で生徒が科学的な思考を行いながら作成したグラフ

実践2では、グラフを使って、物質の種類を調べる活動を行った。種類の分からない6個の物質の体積と質量を測定し、グラフを作成させた。測定点がすべて一直線上に並んでいるわけではないためどのように線を引くのか、多くの生徒が悩んでいた。そこで、線が必ず通る点はないかを考えさせたところ、原点を通るのではないかと気付くことができた。線が原点を通るかを考える活動は、論理的思考を育成する場である。生徒は、質量が0gのとき体積はどうなるかを考えることで、線が原点を通ることに気付き、数本の直線を引くことができるようになった。

エ 規則性の発見における科学的な思考力の育成

実践1では、グラフに引いた線から規則性を発見させる段階において、10gにつき何cmずつばねが伸びているかを読み取らせた(図3, 数量的思考)。生徒はばねの伸びが一定であることに気付き、ばねの伸びとおもりの質量の関係は、比例関係であることを見付けることができた(分析的思考)。

実践2では、原点を通る数本の直線のグラフを基に、同じ直線の上にある物質同士の関係について考えさせた(図4, 分析的思考)。生徒は、同一直線上の物質同士は、質量と体積の比が一定であることを規則性として見付けることができた。

オ 規則性の活用における科学的な思考力の育成

実践1では、グラフから見付けた比例関係という規則性を基に、軸の最大値より大きい値の推測を行わせた(演繹的思考)。その結果、図5のように、34人中22人の生徒が、比例関係を活用して値を推測することができた。

実践2では、物質A~Fが何種類に分類されるかを考えさせた(分類的思考)。その結果、図5のように、34人中30人の生徒が、グラフを基に推測することができた。さらに、種類の分からない物質Xが物質A~Fのどれと同じ種類の物質かを調べる課題では、34人中33人の生徒が、物質B, Eと同じ種類であることを推測することができた。

カ 説明活動における論理的な表現力の高まり

実践1では、グラフから発見した比例関係を活用して軸の最大値より大きい値の推測を行う場面で、どのようにして推測したかを記述させ、班内で他の生徒に説明する活動を行わせた。推測ができた30人の内、推測の方法を説明することができたのは20人であったが、図6のように、思考の筋道が十分に明確でない説明も多かった。また、推測の方法は非常に単純であったにもかかわらず、残りの10人は文章で記述することができなかった。その後、推測の方法を班内で説明し合う活動の中で、他の生徒の意見を参考にすることで、推測できなかった4人を含むすべての生徒が、推測の方法を文章で記述できるようになった。しかし、文章で表現をすることが苦手な生徒に対して説明活動を設定するだけでは、論理的な表現力を高めることは難しいと感じた。

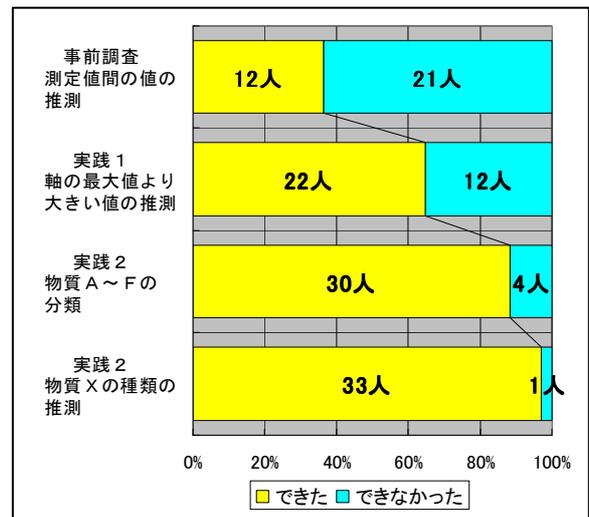


図5 グラフから発見した規則性を使って課題を解決できた生徒数の変化

実践1の説明活動のワークシートより

- ・比較的、筋道が明確な説明

180gの半分は90gで、90gでのひた長さを2倍したら37.2cmだから

180gがグラフじゃわからないので90を2倍したら33.8になったから。
- ・筋道が不明確な説明

90gの16.9cmを2倍にした。

30gの長さ6倍はしてみたら。

図6 推測した方法の説明

そこで、実践2では、物質A～Fを分類した方法を説明する活動を行わせるとき、思考の筋道と根拠を明確にさせるため、図7のようなワークシートを使用した。このワークシートでは、思考の筋道に沿いながら、グラフを見たり、考察をしたりするための細かい視点を与え、穴埋め形式で記述させるようにした。まず、このワークシートを使わずに分類した方法を説明させたところ、図8のように、説明が十分にできていないものや省略しすぎて説明の意図が伝わらないものが多かった。

次に、このワークシートを使わせたところ、図8のように、論理性・実証性の高い説明をできる生徒が増えた。

今後、他の単元においても、今回のような手立てを繰り返すことにより、徐々に論理的な表現力が高まり、このような手立てを行わなくても、筋道と根拠を明確に表現した考察や説明ができるようになると思われる。

☆ 物質A～Fを分類した理由をはっきりと説明できない場合は、下のワークシートの記入を行い、頭の中を整理してみよう！

① グラフに引いた線の特徴（本数は？ 原点を通る？ 形は直線？曲線？ など）

同じ線の上に が乗っている。
（記入例： AとBとC、 DとE、 Fのみ など）

↓

同じ線に乗っている物質の体積と質量の比は

② 同じ種類の物質であれば、密度の値は等しい。
 ↓
 密度の値が等しいならば、体積と質量の比は

①、②より
 同じ線に乗っている物質は であり
 グラフに線は 本引けたので
 物質A～Fは 種類に分類される。

図7 思考の筋道と根拠を明確にするために使用した生徒のワークシート

・ワークシートを使う前の説明

↓

・ワークシートを使った後の説明

図8 ワークシートの使用による生徒の説明の変化

6 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

ア グラフの目的・意義を把握した上でグラフの作成を行うことにより、グラフ作成と読み取りのスキルを主体的に獲得し、グラフを活用して考察することができるようになった。

イ データの解釈とグラフから規則性を発見・活用する場面において、様々な形で思考が深まったことで、科学的な思考力の育成に有効であることが分かった。

ウ 説明活動を設定し、思考の筋道と根拠が明確になるよう工夫したワークシートを使うことで、論理性・実証性の高い説明をできる生徒が増え、論理的な表現力の育成に有効であった。

(2) 今後の課題

ア 一次関数グラフ以外（曲線のグラフなど）のグラフの指導

イ 説明活動において、更に論理性を高めるための手立ての工夫

ウ 中学校3年間を見通した、段階的で系統的な指導計画の作成

《引用文献》

(1) 井出 耕一郎・他編 『新訂 理科教育指導用語辞典』 1993年 教育出版 pp.10-11

(2) 森田 和良 『「わかったつもり」に自ら気づく科学的な説明活動』 2004年 学事出版 pp.36-37

《参考文献》

・ 井出 耕一郎編著 『実験記録をどう取らせるか』 昭和62年 東洋館出版