

実践 2 - 2 科学的な思考力，表現力の育成を図る

ーグラフ指導を通してー

愛知県総合教育センター 岩月 迅美

1 はじめに

今回の高等学校学習指導要領改訂の基本的な考え方の1つである「科学的な思考力，表現力の育成を図ること」は、PISA2006 調査で問われた「科学リテラシー」の一部分に該当すると思われる。PISA2006 調査は、主な学力調査の分野を、「読解リテラシー」（読解力）「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」の3つに分け、特に「科学リテラシー」と中心に調査が行われた。国立教育政策研究所総括研究官の小倉康氏によれば、このとき定義された「科学的リテラシー」とは、

『個人のもつ、

- ①疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とそれを活用する能力
- ②科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解する能力
- ③科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形づくっているかを認識する能力
- ④思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んでかかわる能力（「Science Window 2008 March」より抜粋）』

である。

小倉氏は、科学的リテラシーをもつ人とは、『①科学と技術が関係するさまざまな「状況」で、②物理学や生物学といったいわゆる「科学の知識」や、実験計画や仮説の設定など、科学的な探究や説明に特徴的な「科学についての知識」を用いて、③科学的な疑問を認識したり、現象を科学的に説明したり、科学的な証拠に基づいて推論するといった「科学的能力」を発揮でき、④そのような行動に影響する良好な「態度」として、科学への興味を保ち、科学的な探究や問題の解決を支持し、環境や資源などに責任ある態度を示すことができる人（「Science Window 2008 March」より抜粋、下線は筆者）』としてPISAの問題が作成されたようだとしている。

「科学的な思考力，表現力の育成を図ること」はこの③の育成を図ることと考えられる。

物理の場合、実験のデータはグラフ化などした上で、現象の解釈を試みることが多い。また、考察を分かりやすくするためにはグラフの効果的な使用が不可欠である。よって、思考力，表現力の育成を図る際、グラフ作成は外せない。

2 研究の目的

新科目「物理基礎」の冒頭に「（1）ア（ア）物理量の測定と扱い方」が設けられた。ここで扱う学習内容は、『「物理基礎」の学習全体に通じる手法であり、各項目の中でそれぞれの内容に合わせて取り扱うことも考えられ、学習の進展に応じて理解を深めさせていくことが大切である』（新学習指導要領解説より、波線は筆者）としている。実験、観察に直接関わる内容であり、冒頭の配置に関係なく、各項目での探究活動に合わせて学習するような工夫を教員各自に求めていると考えてよい。

以下は前任校（愛知県立岡崎東高等学校）にて、「物理量の測定と扱い方」の中心にグラフ作成をおき、「物理基礎」の探究活動に関連させた指導を検討してみた結果である。

「物理基礎」で実施する生徒実験の例示は新学習指導要領解説に多くあり、ほとんどは現在の「物

理 I」と重なっている。その生徒実験のうち前任校で実施したもの（の一部）を以下に抜き出す。

- (1) 自由落下を用いた重力加速度の測定実験
- (2) 一定の力を加えたときの台車の加速度の実験
- (3) 振り子の力学的エネルギー保存の実験
- (4) 簡易熱量計を用いた熱量保存の実験
- (5) 振動子を用いた弦の定常波の実験
- (6) 気柱の共鳴実験

前任の高校では、(1)は定量的な実験をし、データ処理の際にグラフを作成するが、他の実験については定性的な実験にとどめることが多かった。物理の実験ではグラフを作成し考察するケースが少ない。ただ、「生徒アンケート」にあるように、グラフの読み取りや作成を苦手と感じている生徒が多いため、定性的な実験にとどめている高校も少なからずあると思う。

しかし、以前の研究（注1）で「グラフが書けるようになることで、グラフから読み取る内容が増えていく傾向」を示すことができた。また苦手意識も改善し、グラフ作成を繰り返すことで定着が図られる結果も出ている。そこで、「物理基礎」の年間指導の中で、グラフ指導を取り込んだ生徒実験として(1)、(3)、(4)、(5)の4つを設定する。その実験を通して、自らグラフを作成し科学的な思考の段階に持っていける生徒の育成を図る。さらに、ここで得たスキルが選択「物理」の探究活動や「理科課題研究」につながるように工夫する。ただ、今回の改訂では理科3科目の教育課程をもつ高校が増え、生徒全員が第1学年で「物理基礎」を学習する状況も想像される。その点も考慮してまとめていく。

3 研究の方法

グラフ作成の第1段階は、グラフの基本的な書き方と一次線形になるグラフ作成の指導をする。このグラフがあれば、比例関係にある物理量の考察ができる。逆に、物理量の比例関係を確認するために、グラフを作成する。まず「2(1) 自由落下を用いた重力加速度の測定実験」を行う。続けて「2(5) 簡易熱量計を用いた熱量保存の実験」で、スキルを定着させる。

グラフ作成の第2段階は、データの加工をしてグラフ化する方法について指導する。選択「物理」の探究活動や「理科課題研究」につながる工夫として、一方の物理量を2乗するグラフ作成を行う。まず「2(4) 振り子の力学的エネルギー保存の実験」で実験データの処理の仕方を学習させ、続けて「2(6) 振動子を用いた弦の定常波の実験」を行い、実験を通して物理量の関係を導き出せるようになるかを考察する。

4 研究の内容

(1) 自由落下を用いた重力加速度の測定実験

放電式記録タイマーを用い、従前の実験のように、打点から求めた各区間の平均速度を縦軸、経過時間を横軸にとり、比例関係を示すデータの傾きから加速度を出させる（図1）。加速度は生徒のほとんどが導いたものの、各区間の平均速度という概念を理解していないグラフも見受けられた。

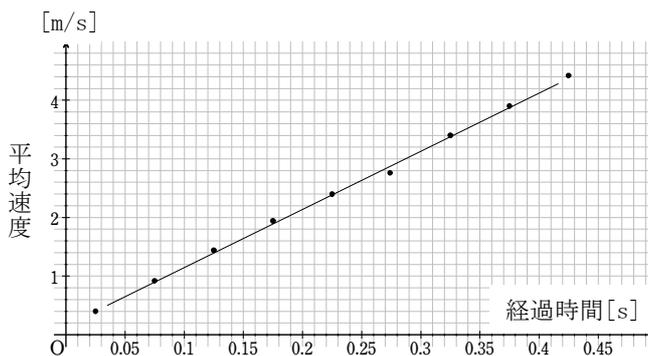


図1 平均速度と経過時間の例

(2) 簡易熱量計を用いた熱量保存の実験

図2のような実験装置を組み立てる。簡易熱量計（発泡ポリスチレン製容器）に水を入れ、ニクロム線と温度計のついた測定器セットでふたをし、電源装置で一定電流を流しながら、一定時間ごとに水温を測定する。縦軸に水の得た熱量（ Q_2 ）、横軸に電源の供給したジュール熱（ Q_1 ）をとり、比例関係を示すデータの傾きから熱効率を求める。図3のように必ずしも直線的でないデータも多かったが、担当教員からの指示が無くても、多くの生徒がグラフを作成し、近似するための直線を書いて熱効率を出していた。

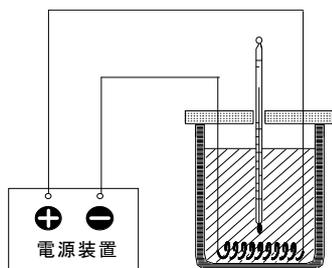


図2 簡易熱量計

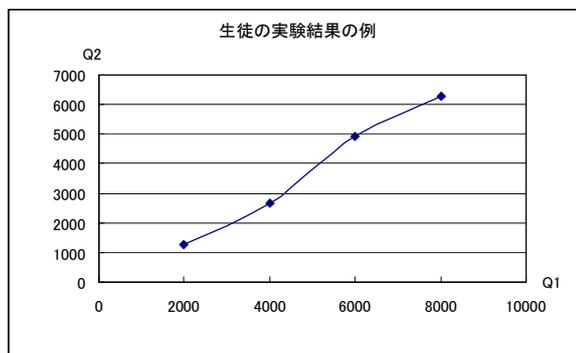


図3 電源によるジュール熱と水の得た熱量の例

(3) 振り子の力学的エネルギー保存の実験

スタンドで固定した糸の他端におもりをつける。最下点を基準の高さとしたおもりの中心の高さを測り、静かに手を離したのち最下点での速さをビースピ(簡易速度測定器)で測定する。

教科担当の指導の下、縦軸に速さの2乗、横軸に高さをとったグラフを書かせるとグラフは直線状になる(図4)。そこから、縦軸と横軸の比例関係から傾きが $2g$ となり $v^2 = 2gh$ となることを導く。

しかし、自分の実験データからグラフを書くことはできても、関係式の導出までできた生徒はいなかった。そこで、次の時間に物理量の関係まで導く考え方の説明を改めて行った。

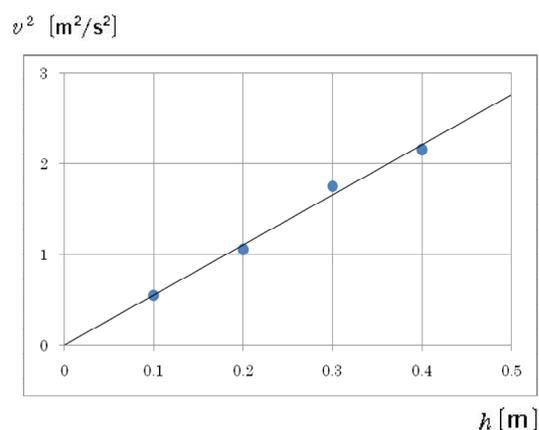


図4 速さの2乗と高さの例

(4) 振動子を用いた弦の定常波の実験

洗濯バサミと偏芯モーターを接着して振動子を作り、洗濯バサミで糸をはさむ。糸の他端を手で持ち振動子を振動させながら吊し、2倍振動ができたときの糸の長さ(=波長)を測る(図7)。振動子につるすおもりを変えて同じことをする。定常波の波長(λ)と糸にかかる張力(T :振動子全体の重さ)の関係を考察するために、波長の加工方法を生徒各自が工夫してグラフを書く(図5)。

実験後に行った、弦にできる定常波の条件の理解についての自己評価は「まあまあ進んだ」と答えた

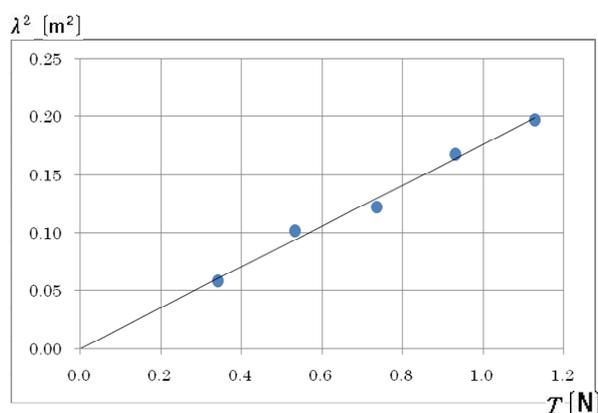
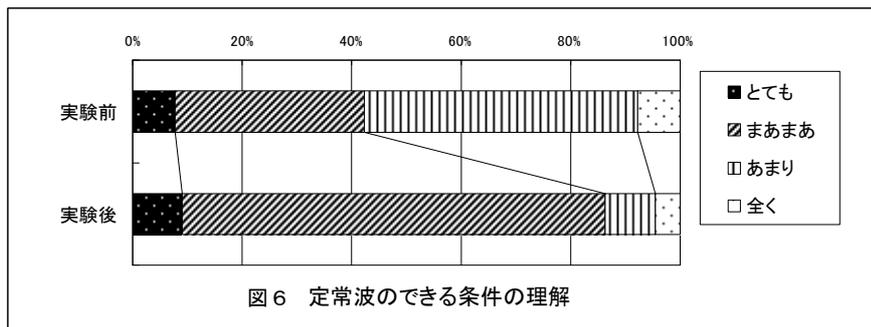


図5 波長の2乗と張力の例

生徒が大きく増加した（図6）。ただし、直線状になるグラフを作成し、定常波の波長と張力の関係まで考察できた生徒は1割以下であり、理解は定性的なものにとどまったと考えてよい。



右：図7 2倍振動



4 研究結果のまとめと今後の課題

グラフ指導によってグラフ作成のスキルは上達する。1回でもグラフ作成の実験を行えば、グラフに対する抵抗感を減らすことは以前の研究で分かっている。「3(1)」と「3(2)」から、比例関係（または一次近似できる関係）の式が得られる物理量の実験においては、2回の実験にてグラフを用いた考察がほぼできるようになった。

「3(4)振動子を用いた弦の定常波の実験」の実験をすると、固有振動の定性的な理解においては効果的だ。基本振動に比べ2倍振動や3倍振動についてはイメージし難いようだが、「3(4)」の実験をすると生徒の理解は進む。

今回は、この「3(4)」の実験を測定値の分析の方法として、物理量を加工した（一方の物理量を2乗する）グラフから関係式を求める指導まで実践した。しかし、生徒をそこまで至らせることはできなかった。「3(3)」で同様な処理を学習させたのだが、なかなか難しかったようである。

これらの実験を行ったのは、理系の物理選択者である。今回の改訂では理科3科目の教育課程をもつ高校が増え、生徒全員が第1学年か第2学年で「物理基礎」を学習する状況が想像される。前任校の場合、2単位という「物理基礎」の中で「測定値の分析の方法」としてのグラフ指導は、比例関係（または一次近似できる関係）までにとどめておいた方がよい、というのが結論である。

ただ、物理量を加工した（2乗や3乗する）グラフを作成し、直線状になったグラフから物理量の比例関係を導く考え方は、物理を少し上のレベルで学習する場合には必要になる。もし可能なら、物理量を加工してグラフを作る分析方法までの指導ができるとよいのではないかと。また、そこまで求めるのが難しい高校でも、選択の「物理」や「理科課題研究」の中で是非指導し、生徒のスキルの幅を広げ、思考力、表現力向上の一助としてもらいたいと思う。

※参考文献

小倉康『Science Window 2008 March』「科学的リテラシーって何？」（2008年、独立行政法人科学技術振興機構）

『高等学校理科における読解力の育成に関する研究』（2007年、第47回愛知県総合教育センター研究発表会第3部会）

文部科学省編『高等学校学習指導要領解説理科編』（2009年、実教出版）

注1）愛知県総合教育センター研究紀要第97集「高等学校理科における読解力の育成に関する研究」平成20年3月