

物理分野の研修動画作成に関する一考察

河端 将史

令和2年度の当附属理科学研究センター研修講座のうち、新型コロナウイルス感染症対策のため、集合研修形式から紙上研修形式に変更し、Webページ上に研修用のテキスト及び動画を掲載する研修形態を設定するものがあった。そこで今回は、物理分野の研修テキスト及び動画の作成や受講者のアンケート結果を基に、紙上研修形式の成果と課題について報告する。

〔キーワード〕 研修講座 実験 テキスト 動画

はじめに

科学的に探究する力を育む「物理」「化学」「生物」「地学」研修【高等学校】では、探究的な学習指導の進め方について理解を深め、実践的指導力の向上を図るとともに、指導の改善・充実に向けた方策を考えることをねらいとしている。しかし、令和2年度9月の研修講座は、新型コロナウイルス感染症対策のため、当初の集合研修形式から紙上研修形式に変更し、Webページに研修用のテキスト及び動画を掲載する研修形態を設定するとともに、改善・充実のためのアンケート協力を募ることとなった。

物理の講座では、電気と磁気について、実験を通して探究し、電気と電流における規則性や関係性を見いだして表現できるような指導方法を検討するために、身近な材料を用いたコンデンサーの電気容量に関する実験及び探究の過程について取り扱った。

高等学校学習指導要領（平成30年告示）¹⁾では「コンデンサーの性質を理解するとともに、電気容量を電界や電位差と関連付けて理解すること」、内容の取り扱いでは「コンデンサーの接続にも触れること」と示されている。

そこで、かねてより研修講座で取り扱ってきたデジタルマルチメーターを用いた手づくりコンデンサーの電気容量の測定²⁾に、複数接続したコンデンサーの合成容量を測定する内容を加えた講座を行った成果と課題について報告する。

1 テキスト及び動画の作成方針について

研修講座のテキストを資料1に示す。デジタルマルチメーターを用いてアルミニウムはくと本で作った手作りコンデンサーの電気容量の測定を通して、電気容量と極板間距離、極板面積、極板間にはさんだ物質の比誘電率、合成容量について調べる実験である。テキストには、実験の目的、準備、方法の他に、生徒に指導するポイントや観察、実験を深める方法を記載した。また今回は、探究的な学習指導の進め方についての理解を深める観点から、「課題の把握（発見）、課題の探究（追究）、課題の解決」の3つの探究の過程の場面における、授業での取り扱いについて記載した。

研修講座の動画スライドを資料2に示す。動画では、テキストでは読み取りにくい実験の手順や操作がわかるように、ポイントを拡大してスライドを作成するとともに、視聴者が疑似体験できるような実験者目線で撮影した映像にするよう配慮した。また、説明は、読み上げ等を行わず、すべて画面下のテロップに記載し、音声はBGMのみとした。さらに、アップロード容量制限及び動画の読み込み速度に留意するため、実験操作の映像を除き、一時停止を前提とした編集を行った。探究の過程については、高等学校学習指導要領解説の資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージを例にテキストの内容を紹介した。

2 受講者のアンケート結果について

令和2年12月末までの、当該研修講座のテキストダウンロード数は75、動画視聴数は143、アンケート回答数は8であった。得られたアンケート結果数は少ないものの、受講者に自由に意見や感想を記述していただいたアンケート結果について、テキストに対するものを表1に、動画に対するものを表2に示す。

表1より、テキストは実験や指導の要点及び探究の過程や実験を深める方法がわかりやすいが、テキストの性質上、文章記述が多く図表が少ないため、教材のイメージが湧きにくい結果となった。一方、表2より、動画は実際の手順や操作、具体的な結果や考察の例及び探究的な活動の具体例などはわかりやすいが、実際に観察、実験を行う場合と比較し、臨場感が出ない結果となった。身近な材料できる実験を選定したため、積極的に試したいという意見もあった。

表1 研修講座のテキストに対するアンケート結果 (N=8)

主な記述	回答数
指導の要点がわかりやすい	3
探究の過程や実験を深める方法がわかりやすい	2
文章が多いため、図表を増やしてほしい	2
教材のイメージが湧きにくい	1

表2 研修講座の動画に対するアンケート結果 (N=8)

主な記述	回答数
テキストよりも結果や考察がわかりやすい	2
拡大された映像が多く、操作や手順がわかりやすい	2
身近な材料でできる実験のため、積極的に試したい	2
探究的な活動の具体例がわかりやすい	1
臨場感がない	1

3 紙上研修形式の成果と課題について

テキスト及び動画の作成方針、受講者のアンケート結果から次のような知見が得られた。

実験、指導の概要や要点を捉えるにはテキストが、実験の手順や操作、具体的な結果や考察は動画が有効であるため、それぞれの特質を十

分に理解した上で活用する必要がある。テキストダウンロード数と比較し、動画視聴数が約2倍であったことから、受講者が観察、実験を研修する際に求める要素は、より実験の手順や操作がわかりやすい動画であることと推察できる。また、アンケート結果の通り、題材を身近な材料で再現可能な実験とすることで、受講者自身が動画を観ながら学校現場で再現したくなるような題材を扱うことが有効と考えられる。受講者に実験キットを配付する方式でない限り、受講者が手軽に実験可能な題材とすることが求められるだろう。

従来より物理分野のテキストは文章中心で図表が少ないものであったが、集合研修形式で観察、実験を体験しながら理解を深められたことから、あまり指摘されることはなかった。しかし、今後はこのような紙上研修形式に変更することも十分に想定されることから、テキストの改善を検討する必要がある。また、動画については、実際に観察、実験を行う場合に比べ、臨場感がないとの回答があった。受講者が動画を視聴しながら、実際に観察、実験を体験してもらえるよう、動画の流し方や教材の配付等の対応も検討する必要がある。特に、流し方については、指導者の出演や口頭説明も考えられる。さらに、データを主とした実習や思考実験のような題材を取扱い、授業や家庭学習で活用できるコンテンツも検討することが必要である。

おわりに

今回の調査研究にあたり、講座へのアンケートにご協力いただいた北海道内の先生方には大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 「高等学校学習指導要領」(平成30年3月) 文部科学省
- 2) 「デジタルマルチメーターを用いた手づくりコンデンサーの電気容量の測定」(第22号(2010)) 伊藤新一郎

(かわばた まさし 物理研究班)

資料 1 研修講座のテキスト

電氣と磁氣

電氣や磁氣について、觀察、實驗などを通して探究し、電氣と電流、電流と磁界における規則性や明瞭性を見いだして表現することで、これらを身に付けることができるような指導方法を検討する。

実験1 コンデンサーの電気容量

目的

準備 アルミニウムはく、厚めの本、カッター、クリップ付導線、デジタルマルチメーター、マイクローメーター、ゼムクリップ、銅線

クリップ付導線の 接続方法

3 図のように、デジタルマルチメータのコンデンサ測定コネクタにゼムクリップを差し込み、クリップ付導線を接続する。

- 4 方法3のクリップ付導線の他端を、方法2の本にはさんだアルミニウムはくの端に接続する。
- 5 デジタルマルチメーターでアルミニウムはくはくの間電気容量を測定する。このとき、本を上から押さえて、アルミニウムはくはくの間距離（極板間距離）を変え、電気容量がどのように変化するか調べる。また、2枚のアルミニウムはくはくの間傾きを変化させて、電気容量がどのように変化するか調べる。

6 アルミニウムはくの間に紙の枚数を変えて、極板間距離と電気容量の関係を調べる。
このとき、アルミニウムはくや間に紙が密着するように、水の上に乗るなどして互
分の正圧をかけるようにする。また、間には紙の厚さをマイクロメーターで測り、紙の
誘電率を求める。

7 方法1、2でつくった2つのコンデンサーを銅線で直列及び並列に接続したときの合成容量を測り、コンデンサーの接続方法と合成容量の関係を調べる。

生徒に指導するポイント

- 1 コンデンサの電気容量と極板間距離、極板面積、間にはさまる物質の比誘電率との関係を、平行板コンデンサの電気容量の式と関係付けて考えさせる。
- 2 測定誤差が生じる理由を考えさせる。

電氣と磁氣

- 3 方法6, 7で求めた比誘電率及び合成容量を文献等の値と比較, 検討させる。
- 観察 実験を深める方法**
- より電気容量の大きなコンデンサを一, よりコンパクトに作るにはどのような工夫が必要か考えさせる。

探究の過程

- 1 課題の把握（発見）の場面で取り扱う場合は、本実験結果を基に、コンデンサーを用いた新たな電気回路の測定を行うなど、自然事象から課題を設定する授業展開などが考えられる。その際、生徒は家庭で課題の設定を立案しておくことで、授業で意見交換の学びに重点化することができる。
- 2 課題の探究（追究）の場面で取り扱う場合は、教科書で学んだ事項を基に、本実験内容について仮説を設定し、検証計画の立案から実験するとともに、結果を処理する授業展開などが考えられる。その際、生徒は家庭で仮説の設定や検証計画の立案をしておくことで、授業で調査の学びに重点化することができる。
- 3 課題の解決の場面で取り扱う場合は、本実験で処理した結果を基に、考察・推論したことを表現・伝達する授業展開などが考えられる。その際、生徒は家庭で結果を考察・推論しておくことで、授業で研究発表や相互評価の学びに重点化することができる。

参考

方法1でアルミニウムはくを切るときは、定規を当て、カッターの刃を浅めの角度にして静かに切るようにし、刃は数回切ると切れ味が落ちるので、2回ほど切ったら刃を折って常に新しい刃で切るようにする。

Memo

資料2 研修動画のスライド（一部抜粋）

準備 用意するもの

・アルミニウムはく
・厚めの本
・カッター
・クリップ付導線
・デジタルマルチメーター
・マイクロメーター
・ゼムクリップ
・銅線
・定規
・カッター板
・カッター

準備するものはこちらです。
マイクロメーターがなければ定規等で代用しましょう。

方法1 本実験のアルミの大きさ

10cm×15cm 10cm×10cm 10cm×5cm 5cm×5cm

今回は、アルミを、これら4種類の大きさ、それぞれ2枚ずつに切り分けました。

方法2 コンデンサーのつくり方

厚めの本

アルミ
紙
アルミ

このように、本の間に2枚のアルミをはさまれた平行板コンデンサーをつくります。

方法3 デジタルマルチメーターへの接続

コンデンサーの設定にし、

デジタルマルチメーターのコンデンサー測定コネクタにゼムクリップを差し込み、クリップ付導線を接続します。

方法4 コンデンサーへの接続

アルミの上に銅線を重ねる

銅線にクリップ付導線を接続する

※この部分はテキストと異なります

方法3のクリップ付導線の他端を、方法2の本にはさんだアルミニウムはくの上に銅線を重ねて接続します。

方法5 密着具合による電気容量の違い

アルミと紙の密着するほど、コンデンサーの電気容量は大きくなりますね。

方法5 極板面積に対する電気容量を調べる

コンデンサーの極板距離が1mmのときの、極板面積による電気容量について調べます。

ここからは、アルミ間の距離（極板距離）を一定にしたときの、極板面積に対する電気容量の関係を調べましょう。

方法5 極板面積に対する電気容量を調べる

次に、4つの極板面積に対する電気容量を測定すると、このような結果が得られました。

極板面積 [m ²]	電気容量 [nF]
0.0025	0.12
0.0050	0.23
0.010	0.38
0.015	0.54

電気容量は3回ずつ測定した平均の値

C-Sグラフ（極板面積に対する電気容量）

$y = 37x$
 $R^2 = 0.96$

表は、極板面積毎に、3回ずつ測定した電気容量の平均値をまとめたものです。

方法6 極板距離に対する電気容量を調べる

コンデンサーの極板面積が10cm×5cmのときの、極板距離による電気容量について調べます。

次に、アルミの大きさ（極板面積）を5×10cmにしたときの極板距離に対する電気容量の関係を調べましょう。

方法6 極板距離に対する電気容量を調べる

先ほどと併せて、5つの極板距離に対する電気容量を測定すると、このような結果が得られました。

極板距離 [mm]	電気容量 [nF]
0.5	0.55
1.0	0.23
2.0	0.14
3.0	0.10
4.0	0.08

電気容量は3回ずつ測定した平均の値

C-dグラフ（極板距離に対する電気容量）

$y = 0.27x^{-0.91}$
 $R^2 = 0.99$

表は、極板距離毎に、3回ずつ測定した電気容量の平均値をまとめたものです。

方法6 紙の誘電率・比誘電率を求める

極板距離 [mm]	極板面積 [m ²]	電気容量 [nF]	誘電率 [pF/m]	比誘電率
1.0	0.0025	0.12	49	5.5
1.0	0.0050	0.23	46	5.2
1.0	0.010	0.38	38	4.3
1.0	0.015	0.54	36	4.0
0.50	0.0050	0.55	55	6.2
1.0	0.0050	0.23	46	5.2
2.0	0.0050	0.14	56	6.4
3.0	0.0050	0.10	59	6.7
4.0	0.0050	0.08	64	7.2
平均			50	5.6

比誘電率は真空の誘電率を、 8.85×10^{-12} [F/m]として計算したもの

一般の紙の比誘電率2.0-2.5よりも2倍以上高い結果

これまでに得られた2つの表を1つにまとめ、それぞれ誘電率と比誘電率を求めました。

方法7 コンデンサーの並列接続

さらに、方法1, 2でつくった2つのコンデンサーを銅線で並列に接続してみます。

方法7 コンデンサーの直列接続

合成容量は、0.90nF程度となりました。おおよそ、合成容量の逆比は、それぞれの逆比の和と言えますね。