

# 物理法則の有用性を実感させ、 興味・関心を高める高等学校「物理」の研究

—日常生活とのつながりを重視した教材の開発と活用を通して—

## 【研究の概要】

高等学校「物理」において生徒に物理法則の有用性を実感させ、「物理」に対する興味・関心を高めることを目的として、物理法則と日常生活とのつながりを生徒が実感しやすくなるよう、STEMの要素を盛り込んだ教材を開発した。その教材を、実験を中心とした課題解決型の授業に活用したところ、生徒が物理法則の有用性を実感し、「物理」に対する興味が高まることが示唆された。

キーワード：興味、有用性、物理法則、STEM、日常生活とのつながり

平成 30 年 3 月  
岩手県立総合教育センター  
長期研修生  
所属校 岩手県立大槌高等学校  
柿 木 康 児

## 《目 次》

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| I   | 研究主題                                  | 1  |
| II  | 主題設定の理由                               | 1  |
| III | 研究の目的                                 | 1  |
| IV  | 研究の目標                                 | 1  |
| V   | 研究の見通し                                | 2  |
| VI  | 研究構想                                  | 2  |
| 1   | 研究についての基本的な考え方                        | 2  |
| (1) | 理科（科学）に対する興味・関心の現状                    | 2  |
| (2) | 有用性の実感と興味・関心のつながりについて                 | 2  |
| (3) | STEM について                             | 2  |
| 2   | 物理法則の有用性を実感させ、「物理」に対する興味・関心を高める授業の手立て | 3  |
| (1) | 題材「コンデンサー」について                        | 4  |
| (2) | 題材「抵抗と測定」について                         | 4  |
| 3   | 検証計画                                  | 5  |
| (1) | 物理法則の有用性を実感できたかどうか                    | 5  |
| (2) | 「物理」に対する興味・関心が高まったかどうか                | 5  |
| ア   | 理科に対する興味尺度の利用                         | 6  |
| イ   | 学習意欲の測定ツールの利用                         | 6  |
| 4   | 研究構想図について                             | 8  |
| VII | 授業実践                                  | 9  |
| 1   | 実態調査                                  | 9  |
| (1) | 調査対象                                  | 9  |
| (2) | 広範な科学的トピックへの興味・関心について                 | 9  |
| (3) | 理科に関する意識について                          | 10 |
| (4) | 「物理」に関する意識について                        | 10 |
| (5) | 「物理」の学習内容の有用性に対する意識について               | 11 |
| (6) | 「物理」に対する興味について                        | 11 |
| 2   | 使用する教材                                | 12 |
| (1) | 「コンデンサー」で使用する教材                       | 12 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| (2) 「抵抗の測定」で使用する教材          | 14 |
| 3 授業実践の概要                   | 17 |
| (1) 実践対象                    | 17 |
| (2) 実践日程と内容                 | 17 |
| 4 授業実践の流れ                   | 17 |
| (1) 第1回「コンデンサー」             | 17 |
| ア 前半（1時間）                   | 17 |
| イ 後半（1時間）                   | 19 |
| (2) 第2回「抵抗の測定」              | 22 |
| ア 前半（1時間）                   | 22 |
| イ 後半（1時間）                   | 24 |
| 5 結果の分析および考察                | 26 |
| (1) 物理法則の有用性を実感することができたか    | 26 |
| (2) 「物理」に対する興味が高まったかどうか     | 26 |
| ア 「物理」に対する興味                | 26 |
| イ 科目の興味度調査                  | 32 |
| (3) 「物理」に関する意識の変化について       | 34 |
| (4) 教材を使用する際の注意点とその改善方法について | 34 |
| VIII 研究の成果と課題               | 35 |
| 1 研究の成果                     | 35 |
| 2 今後の課題                     | 36 |
| 【引用文献】                      | 36 |
| 【参考文献】                      | 36 |
| 【参考 Web ページ】                | 36 |

## I 研究主題

物理法則の有用性を実感させ、興味・関心を高める高等学校「物理」の研究  
－日常生活とのつながりを重視した教材の開発と活用を通して－

## II 主題設定の理由

経済協力開発機構は、3年に一度、高校1年生を対象にPISA調査を実施している。2006年の調査では、科学への興味・関心に肯定的な回答をした日本の生徒の割合が低いことが示され（国立教育政策研究所編，2007）、2015年の調査でも依然として低いことが示された（文部科学省・国立教育政策研究所，2016a）。さらに2015年調査では、「広範な科学的トピックへの興味・関心」について、物理分野が他に比べて低いことも示された。現行学習指導要領解説理科編（文部科学省，2009）の『「物理」の性格』では、「生徒が興味・関心をもって自然の事物・現象を物理学的に考察する能力と態度を身に付けさせるようにすることが大切」と述べられており、興味・関心をもって学習に取り組むことの重要性が示されているものの、上で述べたPISA調査の結果が示すように十分とはいえない。

「物理」に対する興味・関心を高めることについて、現行学習指導要領解説理科編の『「物理基礎」の性格』には、「物理学特有の考え方や物理学的に探究する方法を観察や実験を通して学ばせるとともに、日常生活や社会で活用されている具体的な事例を取り上げて物理学の果たす役割を理解させ、生徒の物理に対する興味・関心を高めるようにすることを重視している」と示されている。この中の「物理学の果たす役割を理解させる」ことは、生徒にとって学習した物理法則がいかにも有用であるか強く感じることに繋がると考えられる。理科の有用性に関連した先行研究として、岡山総合教育センター（2017）などでは、学習内容が日常生活の中で活用されていることに気づかせることが大切であると共通して述べている。また、PISA調査の科学的リテラシーで1位となったシンガポールの授業の特徴について、梅澤（2016）は「科学的な基礎概念を獲得させてから、協働学習によりコミュニケーションスキルも獲得させ、STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）の要素を含んだ身近な発展的課題について探求する」と述べている。

以上のことから、生徒の興味・関心を高めるためには、次の三点がポイントになると考える。一つ目は観察や実験を通して学ぶこと、二つ目は学習内容が日常生活や社会の中で活用されていることに気づくこと、三つ目はSTEMの要素を加えた教材を授業で活用することである。

そこで本研究では、STEMの要素を盛り込んだ教材を開発し、その教材を用いた観察・実験を行うことにより、物理法則が日常生活と結びつき有用であることを生徒自身が実感できたかどうか、「物理」に対する興味・関心が高まったかどうか、以上2点を明らかにしていく。

## III 研究の目的

高等学校「物理」において生徒に物理法則の有用性を実感させ、「物理」に対する興味・関心を高める。

## IV 研究の目標

本研究では、物理法則と日常生活とのつながりを生徒が実感しやすくなるよう、STEMの要素を盛り込んだ教材を開発し、その教材を観察・実験に活用することで、生徒が物理法則の有用性を実感できたかどうか、「物理」に対する興味・関心が高まったかどうかを明らかにする。

## V 研究の見通し

高等学校「物理」において、STEMの要素を盛り込んだ教材を開発し、その教材を観察・実験に活用することで、物理法則が日常生活と結びつき有用であることを生徒自身に実感させ、「物理」に対する興味・関心を高めることを目指したい。

## VI 研究構想

### 1 研究についての基本的な考え方

#### (1) 理科（科学）に対する興味・関心の現状

小学校や中学校の状況について、文部科学省の国立教育政策研究所が小学校6年生と中学校2年生を対象に毎年実施している全国学力・学習動向調査の結果を見ると、「理科の勉強は好きですか」という質問に対して、平成24年度小学校6年生の81.5%が肯定的な回答をしていたが、同学年が中学校2年生になった平成27年度の調査では61.9%に減少している（文部科学省・国立教育政策研究所，2015a）。このことから、高校へ進学するとさらにその割合は減少し、PISA調査のような結果につながると考えられる。

栗山・平山（2016）は、中学生が物理を嫌いな理由として「非有用性」、「知的な不満足」、「実験の困難性」があると報告している。これより、「物理」に対する興味・関心を高めるためには、学習内容が日常生活に役立つことを生徒自身が実感する場面を設定し、物理の有用性を知ってもらうことで物理嫌いの生徒を減らすことが大切だと考える。

#### (2) 有用性の実感と興味・関心のつながりについて

小学校5年生と中学校2年生を対象に、理科の有用性認知と学習動機の志向性について調べた藤田（2012）は、受験を除いて、児童・生徒は理科で学んだことが実社会・実生活にはあまり役立っていると思っていないことを指摘するとともに、理科が役に立つと思っている児童・生徒ほど、理科学習の動機づけが高いことを報告している。

動機づけにつながる興味の種類について、田中（2015）は、小学校5年生から高校1年生を対象に、理科のどんなところが面白いと思うか質問し、自由記述の回答から、理科に対する興味を「実験体験型興味」、「驚き発見型興味」、「達成感情型興味」、「知識獲得型興味」、「思考活性型興味」、「日常関連型興味」の6つに分類している。その中で、実験体験型興味、驚き発見型興味、達成感情型興味を、学習中に一時的にポジティブ感情が生じることで生起する「感情的興味」、また知識獲得型興味、思考活性型興味、日常関連型興味を、理科を学習することで得られる価値を評価する「価値的興味」と分類できるのではないかと予測している。また、思考活性型興味や日常関連型興味を高く有する児童・生徒は、意味理解方略を用い、積極的に学習を行う傾向があることが述べられているが、思考活性型興味と日常関連型興味の二つの興味は他の四つの興味と比べて、興味を持つ児童・生徒が少ないことも指摘している。

これらのことから、有用性を認知し学習の動機づけが高まる過程で、さまざまな興味が生じることになるが、その中でも思考活性型興味や日常関連型興味は、内発的動機づけに強く影響すると考えられる。

#### (3) STEMについて

STEMは、Science（科学）、Technology（技術）、Engineering（工学）、Mathematics（数学）の4つの科目を統合し、関連性を持たせて学ぶアメリカ発祥の新しい教育分野である。現在アメリカでは、次世代科学スタンダード（NGSS Lead States, 2013）に準拠した科学、技術・工

学，数学が統合された問題解決を含む調査活動を行わせることで，高校卒業時に STEM 領域の進学・就職のレディネスが確保されるような資質・能力の向上を図っている（梅澤，2016）。このような，科学，技術・工学，数学が統合された問題解決を含む調査活動（いわゆる STEM 教育）は，現在世界各地に広がっている。本研究では，学習内容と日常生活をつなげるためにこの STEM の視点を利用する。

## 2 物理法則の有用性を実感させ，「物理」に対する興味・関心を高める授業の手立て

主題設定の理由でも述べたように，本研究では，生徒の興味・関心を高めるポイントを，「観察や実験を通して学ぶこと」，「STEM の要素を加えた教材を授業で活用すること」，「学習内容が日常生活や社会の中で活用されていることに気づくこと」と考えている。

「物理」で学んだ内容は日常さまざまところで活用されている。しかし，生徒にとって学んだ内容が実社会や実生活にどのように役立っているか実感することはなかなか難しいと考えられる。なぜなら，生徒が普段当たり前に利用している物の中には，物理学的な知識を工学的に応用した物などが多数存在するものの，内部構造が見えない物が多く，その仕組みについて全く知らなくても使用可能な物が多くあるからである。そのため，生徒が学習内容の有用性について実感しやすくするためには，工学的な分野との関連について取り上げるなど，学習内容と日常製品とをつなぐ STEM の視点が重要になってくる。

本研究では，生徒の興味・関心を高めるポイントを踏まえて，生徒が物理法則の有用性を実感でき，「物理」に対する興味・関心が高まるような教材を次の三つの段階で開発する。

段階① 物理法則や関係式で表される関係を，生徒が実験して確認できるようにする。

段階② STEM の視点を用いて，物理法則や関係式を活用した部品の仕組みを，生徒自身が実験を通して理解できるようにする。

段階③ 実際にその部品が日常生活でどのように利用されているか演示する。

段階①は，これまでの授業で行われている観察・実験とほぼ同じものである。この実験を通して，生徒は学んだ物理法則や関係式が定量的に成り立つことを確認することになる。

段階②では，STEM 教材として物理法則や関係式を活用した部品を題材とする。ここで生徒は，学んだ物理法則や関係式をどう活用するのか理解するとともに，本当にその通りになるのかどうか自ら部品を作成し確認することで，物理法則や関係式の活用方法に気づき，物理法則の有用性を実感することになる。

段階③では，段階②で取り上げた部品が，実際にどのように使われているか実際の製品を用いた演示実験を行う。生徒は，学んだ内容と日常生活との関連について理解するとともに，実用化された製品の利用について理解することが期待される。

教材を開発するにあたり，「物理」のどの分野に着目するか検討した。「物理」には，様々な運動（力学分野），波（波動分野），電気と磁気（電磁気分野），原子（原子分野）の四つの分野がある。どの分野も実社会や実生活に大きく関わる内容となっているが，本研究では，学習内容が日常でどのように役立っているかという直感的な理解につながりにくい分野として，電磁気分野を選択した。実際に，電気の単元では，生徒は抵抗やコンデンサーなどの電子素子について詳しく学ぶ中で，物理法則や関係式について理解を深めることになるが，学んだ内容が日常利用している電化製品や情報通信機器にどのように活用されているか，製品そのものを見たり使用したりすることで理解することは難しいと思われる。そこで，生徒が学習した原理や物理法則が普段利用している電化製品や

情報通信機器の仕組みにどのように活用されているか理解することで、生徒は物理法則の有用性を感じ、「物理」に関する興味・関心が高まることにつながると考えられる。

開発する教材の題材は、「コンデンサー」と「抵抗の測定」とし、開発した教材は、観察、実験を通じた課題解決型の授業で活用して、その中で学習内容が日常生活や社会の中で活用されていることに生徒自身が気づくことができるよう、生徒が思考する場面を設けるようにする。

#### (1) 題材「コンデンサー」について

コンデンサーについて、生徒は小学校6年生理科の単元「電気の利用」で電気を蓄えるものとして初めて学ぶ。中学校では、技術科の単元「エネルギー変換に関する技術」で使用するものの、教科書によってコンデンサーの役割に関する取り扱いが異なることもあり、その役割について十分理解しているとは言いがたい。そのため、高校で学習する前のコンデンサーの理解は、電気を蓄えるもので、電子回路で利用するものという認識になっていると思われる。コンデンサーは、電子基盤を構成する電子素子として欠かせないものであるとともに、センサーなど電気容量の変化を利用した製品が広く普及していることから、私たちの生活に欠かせないものになっている。実際に、スマートフォンでは、電気容量の変化を利用した電子部品（加速度センサー、タッチパネル、マイクなど）が用いられており、コンデンサーは非常に身近な存在だといえる。

近年、幅広い範囲で電気容量を測定することができる装置（静電容量メーター）が安価で市販されていることから、自作した平行板コンデンサーの電気容量が測定できるようになっている（伊藤，2010）。この測定を段階①で示した生徒実験として活用することで、これまで理論的に学んでいた電気容量を表す関係式を、実験により確認することができるようになる。さらに、段階②として、電気容量の変化を利用した電子部品の仕組みとしてコンデンサーマイクを取り上げ、学んだ関係式をどう活用したらそのような仕組みになるか思考する。生徒自ら思考した仕組みを、生徒自身で再現する実験を行うことで、物理法則の活用についての理解が深まると考えられる。コンデンサーマイクを選んだ理由は、学校行事等で利用することが多く、また生徒にとって身近なカラオケなどでも用いられているものだからである。そして段階③として、市販されているコンデンサーマイクを用いた演示実験を行うことで、コンデンサーマイクが日常生活でどのように使用されているのか、また技術が進み小型化されていることなど、物理法則の実用面に関する理解につながることが期待される。

#### (2) 題材「抵抗の測定」について

「抵抗の測定」では、ホイートストンブリッジを取り上げる。これまでに生徒は、小学校3年生から電気や電流の働き等について学び、中学校2年生では直列回路や並列回路に流れる電流について学習した後、オームの法則について学ぶ。高校の「物理基礎」では、電流が流れる仕組みや抵抗率、また直列と並列を組み合わせた単純な回路について学習する。しかし、「物理」では電気回路がより複雑なものになるため、生徒は電流の流れをイメージしにくくなり、理解が困難になる。その一例がホイートストンブリッジ回路である。教科書では、ホイートストンブリッジは、未知の抵抗値や未知の起電力を正確に測定する方法で用いられることを記載している。しかし、生徒にとってそのような電気回路を目にすることはなく、日常でどのように役立っているかを理解することも難しいと考えられる。ホイートストンブリッジは、抵抗の一部にひずみゲージを用いることで、力センサーであるロードセルの仕組みとして利用されている。ロードセルは、電子重量計で用いられており、私たちの生活に欠かせないものになっている。

本研究では、ホイートストンブリッジに関する実験として、メートルブリッジを用いた未知抵抗

の測定実験を段階①の生徒実験として使用する。その中で検流計の針の振れ具合やブリッジ間の電位差等を測定するとともに、キルヒホッフの法則を用いてメートルブリッジの起電力と電位降下（または電圧降下）の関係やブリッジ間の電位差を求める。その上で、未知の抵抗値を計算し、実際の測定値と比較する。これによって、生徒は理論に関する内容を、実験することで理解しやすくなると考えられる。次に段階②として、ホイートストンブリッジのブリッジ間の電位差変化を利用した電子部品の仕組みとしてロードセルを取り上げ、ホイートストンブリッジをどのように活用したらロードセルの仕組みになるか思考する。そして、段階①と同じ教材を利用して、ロードセルの仕組みを生徒自らが実験して確認する。これによって、生徒は未知の抵抗値を求めた時とは異なる視点でホイートストンブリッジを利用することができることを知り、ホイートストンブリッジの活用に関して理解が深まることにつながると期待される。最後に、段階③として電子重量計を用いた演示実験を行うことで、ロードセルが日常生活でどのように使用されているのか理解することにつながると期待される。

### 3 検証計画

研究の目標で述べたように、本研究で明らかにしたいことは、開発した教材を授業で活用することで、「生徒が物理法則の有用性を実感できたかどうか」と『物理』に対する興味・関心が高まったかどうかの二点である。本研究では、実践対象生徒数が5人と少ないことから、統計的な内容を基に検証することは難しい。そのため、質的な評価を中心に行う。

#### (1) 物理法則の有用性を実感できたかどうかについて

物理法則の有用性を実感することを、「物理法則が日常さまざまな場面で役立つことを実物に接して感じるか、実際に接しているかのように感じる」と定義すると、「何の法則（または関係式）が」、「何にどのように活用されているか」、「具体的に何に使われているか」の三点について理解したときに「物理法則の有用性を実感する」ことにつながると考えられる。そこで、「物理法則の有用性を実感できたかどうか」明らかにするために、物理法則をどのように実感したか穴埋め形式で回答する質問を設けて、有用性の理解を確認した後、「物理法則の有用性を実感できたかどうか」質問して、実感できたかどうかを検証する【表1】。

【表1】「物理法則の有用性を実感できたかどうか」評価する質問内容の例

| 質問項目                                      | 解答欄   |
|---|---|
| ・物理法則は、実社会・実生活でどのように役立っているか、具体的に説明してください。 | (以下の内容に合うように記述してください)<br>_____の法則、または_____で表される関係式は、<br>実社会・実生活では、具体的に<br>_____の場面、または_____（物や製品など）に、<br>_____として活用されている。 |
| ・あなた自身は、物理法則の有用性を実感できましたか。                | (下の選択肢から、一つ選んで丸で囲む)<br>実感できた      ・      実感できなかった   |

#### (2) 「物理」に対する興味・関心が高まったかどうかについて

興味・関心は人の情動に関するもので、客観的に評価することは難しく、さらに興味と関心を分けて評価することはなおさら難しい。本研究では、興味と関心を同じものとみなし、「物理」に対する興味が高まったかどうかについて研究を進めることにした。また『物理』に対する興味が高まったかどうかを、理科に対する興味尺度と学習意欲の測定ツールを利用し、検証する。



## ア 理科に対する興味尺度の利用

研究の基本的な考え方で示したように、田中（2015）では、理科に対する興味を6種類に分類している。本研究では、「これまでも含めて、『物理』のどんなところがおもしろいと思いますか？」と質問し、生徒に自由記述で回答してもらい、その内容を田中（2015）で示された興味尺度を用いて分類する【表2】。また、授業の事前と事後に生徒に質問し、その変容を調べることで、授業を通してどのような興味を獲得したかが分かるとともに、適合した項目の数が増えたり、田中（2015）で予測されている感情的興味に加えて価値的興味が生じたりすることで、「物理」に対する興味の高まりを検証することができると思う。

【表2】理科の興味尺度（田中（2015）のTable 1を筆者修正）

|                       | 分類  | 項目                          |
|-----------------------|-----|-----------------------------|
| 実験<br>体<br>験<br>型     | 実験1 | 色んな器具を使うことができるから            |
|                       | 実験2 | 自分で実験を実際にできるから              |
|                       | 実験3 | 実際に色々な物に触れることができるから         |
|                       | 実験4 | 色々な実験を見ることができるから            |
|                       | 実験5 | 実物を見たり触れたりすることができるから        |
| 驚<br>き<br>発<br>見<br>型 | 驚き1 | 実験の結果に驚くことがあるから             |
|                       | 驚き2 | 実験がびっくりするような結果になる時があるから     |
|                       | 驚き3 | 知って驚くことがあるから                |
|                       | 驚き4 | 「あっ」と驚く発見があるから              |
|                       | 驚き5 | 知って意外だと思うことがあるから            |
| 達<br>成<br>感<br>情<br>型 | 達成1 | わかるようになった時うれしいから            |
|                       | 達成2 | 問題が解けた時うれしいから               |
|                       | 達成3 | きちんと理解できた時うれしいから            |
|                       | 達成4 | 自分で答えを見つけ出した時うれしいから         |
|                       | 達成5 | 自分の予想が当たっていた時うれしいから         |
| 知<br>識<br>獲<br>得<br>型 | 知識1 | 色々なことについて知ることができるから         |
|                       | 知識2 | 新しいことを学べるから                 |
|                       | 知識3 | 自分の知らないことを知ることができるから        |
|                       | 知識4 | 自分の知っているが増えるから              |
| 思<br>考<br>活<br>性<br>型 | 自考1 | 自分で予測を立てられるから               |
|                       | 自考2 | 先生の説明を聞くだけでなく、自分で考えることがあるから |
|                       | 自考3 | 自分でじっくり考えられるから              |
| 理<br>解<br>型           | 理解1 | 規則や法則の意味を理解できるから            |
|                       | 理解2 | 習ったこと同士がつながっていくから           |
|                       | 理解3 | 色々な知識がつながっていることが分かるから       |
| 日<br>常<br>関<br>連<br>型 | 日常1 | 自分の生活とつながっているから             |
|                       | 日常2 | 自分がふだん経験していることと関係があるから      |
|                       | 日常3 | 生活の中で当てはまることがあるから           |
|                       | 日常4 | 身近で起こっていることと関係があるから         |
|                       | 日常5 | 自分と関係があることだから               |
|                       | 日常6 | 身の回りのことが説明できるようになるから        |

## イ 学習意欲の測定ツールの利用

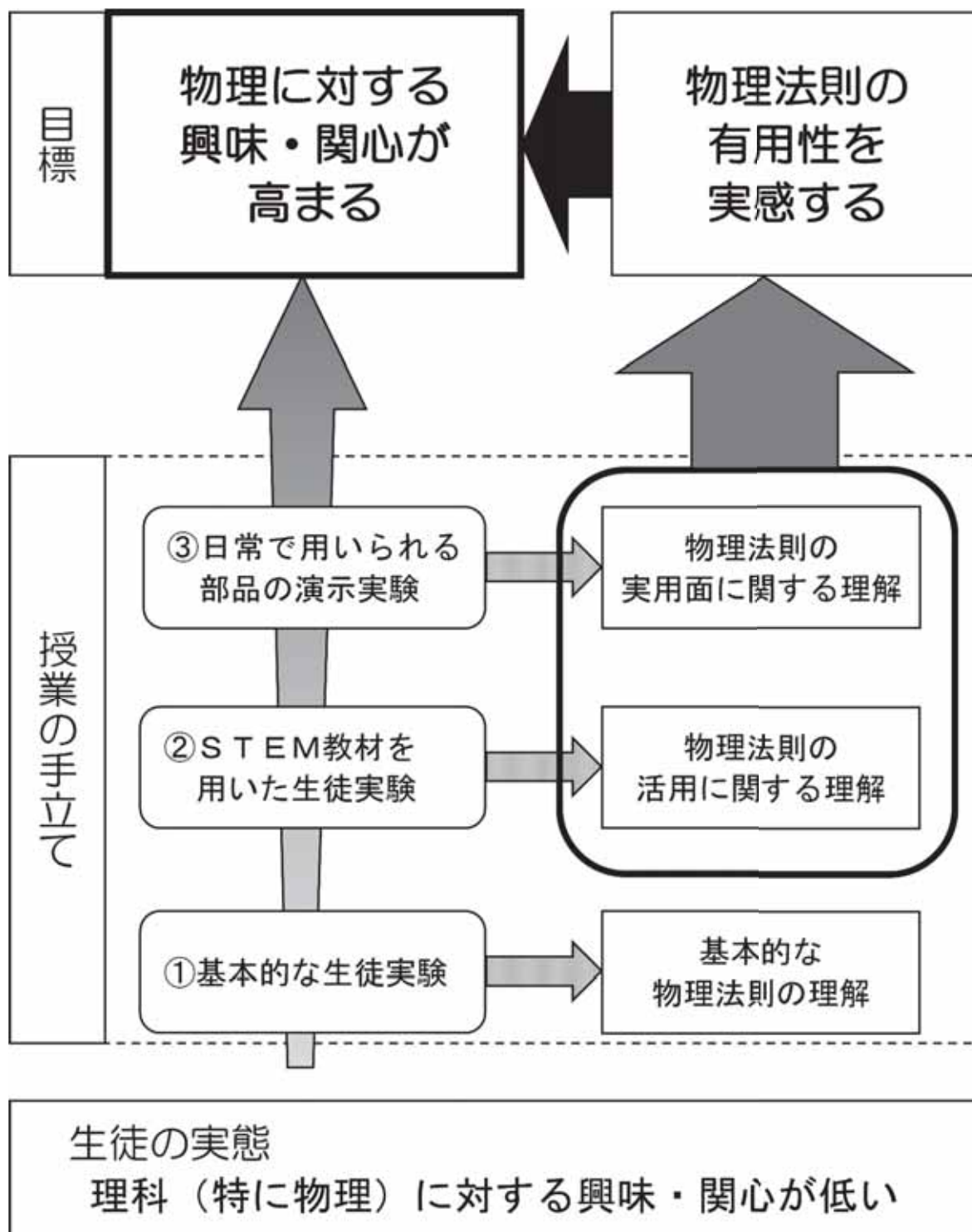
「物理」に対する興味の高まりをより確実に検証するために、学習意欲の測定ツールである科目の興味度調査（Course Interest Survey : CIS）を用いる（Keller, 2010, 鈴木克明監訳）。この調査の目的は、授業を通して生徒はどのように動機づけられたかを測定することである。その日本語版を【表3】に示す。この科目の興味度調査を授業後に実施し、「まったく当てはまらない」を1点、「わずかに当てはまる」を2点、「半分くらい当てはまる」を3点、「かなり当てはまる」を4点、「とても当てはまる」を5点とし得点化する。得られた結果は、興味の高まりを検証する補助的な材料とする。

【表3】科目の興味度調査（CIS）日本語版（川上・向後（2013）の表1を筆者修正）

| No. | 質問項目   |
|-----|--|
| 1   | 先生は、この授業で私たちを熱中させるような方法を知っていた。                   |
| 2   | この授業で学習している内容は、私にとって役に立つだろう。                     |
| 3   | 私はこの授業を上手くやる自信があった。                              |
| 4   | この授業には注意をひきつけられることはほとんどなかった。（*）                  |
| 5   | 先生はこの授業の内容が重要だと感じさせていた。                          |
| 6   | この授業でよい成績をとるには運が必要だった。（*）                        |
| 7   | 私がすでに知っていることと、この授業の内容にどのような関係があるのかわからなかった。（*）    |
| 8   | この授業でよい成績がとれるかどうかは私自身にかかっている。                    |
| 9   | 先生は重要なポイントに向けて話を盛り上げていった。                        |
| 10  | この授業の内容は、私にとってあまりにも難しかった。（*）                     |
| 11  | 私はこの授業にとっても満足している。                               |
| 12  | この授業で、私は高い基準（目標）を立てて、それを達成しようとしていた。              |
| 13  | 私の成績やその他の評価は、他の生徒と同様に公平だったと思う。                   |
| 14  | 生徒たちは、内容に興味を持っているようだった。                          |
| 15  | 私はこの授業を楽しんだ。                                     |
| 16  | 私が思っていた課題の評価と比べ、先生の評価には満足している。                   |
| 17  | 私はこの授業から学んだことに満足している。                            |
| 18  | この授業の内容は、私の期待や目的に沿っていた。                          |
| 19  | 先生は、普段と違うことや驚くようなことをして授業をおもしろくした。                |
| 20  | 生徒たちはこの授業に積極的に参加した。                              |
| 21  | 自分の大きな目標を達成するには、この授業でよい成績をとることが重要だ。              |
| 22  | 先生は、いろいろなおもしろい教え方を使っていた。                         |
| 23  | 私はこの授業から何か得るものがあるとは思わなかった。（*）                    |
| 24  | この授業の間、私はぼーっとすることが多かった。（*）                       |
| 25  | この授業を受けていて、一生懸命やればよい成績がとれると信じていた。                |
| 26  | この授業から個人的に得られるものは、はっきりしていた。                      |
| 27  | この授業の質問や課題は私の好奇心を刺激することが多かった。                    |
| 28  | この授業の難易度はやさしすぎも難しすぎもせず適切であった。                    |
| 29  | この授業にはかなりがっかりしている。（*）                            |
| 30  | 成績やコメント、その他のフィードバックによって、この授業への取り組みが十分評価されていると思う。 |
| 31  | この授業で私がしなければならない課題の量は適切であった。                     |
| 32  | 自分がどれくらいうまくやっているかを知るために、十分なフィードバックをもらった。         |

（\*）逆転項目

4 研究構想図について



【図1】研究構想図

## VII 授業実践

### 1 実態調査

#### (1) 調査対象

岩手県立大槌高等学校 普通科 3学年 男 37名 女 35名 計 72名

(内訳) 教養コース 男 32名 女 22名 計 54名

文理コース 男 5名 女 13名 計 18名

(文理コースの内訳) 物理選択者 男 3名 女 2名 計 5名

生物選択者 男 2名 女 11名 計 13名

教養コースには、就職や専門学校への進学を希望する生徒が在籍しており、文理コースには、主に大学進学を目指す生徒が在籍している。調査は9月上旬から中旬にかけて実施した。回収率は全体で 91.7%，教養コースでは 90.7%，文理コースでは 94.4%であった。対象生徒の理科学科目の履修状況を【表4】に示す。

【表4】理科科目の履修状況

| コース   | 系統・科目選択  | 1学年時    | 2学年時                 | 3学年(現在)  |
|-------|----------|---------|----------------------|----------|
| 教養コース |          | 科学と人間生活 | 化学基礎                 | 生物基礎     |
| 文理コース | 文系       | 科学と人間生活 | 生物基礎, 生物             | 生物       |
|       | 理系・物理選択者 | 科学と人間生活 | 物理基礎, 物理<br>化学基礎, 化学 | 物理<br>化学 |
|       | 理系・生物選択者 | 科学と人間生活 | 生物基礎, 生物<br>化学基礎, 化学 | 生物<br>化学 |

#### (2) 広範な科学的トピックへの興味・関心について

本調査では、2015年に実施されたPISA調査で行われた「広範な科学的トピックへの興味・関心」の項目と同様の質問を行った(文部科学省・国立教育政策研究所, 2016b)。教養コース、文理コースともに「宇宙とその歴史」に対して「非常に興味がある」または「興味がある」と肯定的に回答した割合が非常に高く同程度であったのに対し、他のトピックでは、文理コースが教養コースよりも約15~30%肯定的に回答した割合が高く、大学等への進学を考えている生徒がいるコースの方が科学的トピックに対する興味・関心が高いことが分かった【表5】。しかし、教養コース、文理コースともに「運動と力」や「エネルギーとその変換」の二つの物理分野に関連するトピックでは興味・関心が他に比べて低く、2015年のPISA調査で示された結果と同様の傾向が見られた。

【表5】広範な科学的トピックへの興味・関心

| トピック                    | 肯定的に回答した生徒の割合 (%) |                |
|-------------------------|-------------------|----------------|
|                         | 教養コース<br>(49名)    | 文理コース<br>(17名) |
| 生物圏 (例:生態系, 持続可能性)      | 57.1              | 88.2           |
| 運動と力 (例:速度, 摩擦, 磁力, 重力) | 24.5              | 52.9           |
| エネルギーとその変換 (例:保存, 化学反応) | 24.5              | 41.2           |
| 宇宙とその歴史                 | 85.7              | 82.4           |
| 科学による病気の予防              | 55.1              | 76.5           |

### (3) 理科に関する意識について

理科の学習に対する関心・意欲・態度について調べるため、平成27年度全国学力・学習状況調査の質問紙調査（文部科学省・国立教育政策研究所，2015b）を参考に，7項目について調査を行った。「当てはまる」，「どちらかといえば，当てはまる」と肯定的に回答した割合を【表6】に示す。両コースともに，「理科の勉強が大切だ」と考えている割合が8割を超えており，また7割以上が「理科の授業で学習したことは，将来，社会に出たときに役立つ」と回答した。一方，教養コースでは，「理科の勉強は好きだ」，「理科の授業で学習したことを，普段の生活の中で活用できないか考える」という二つの項目で，6割に満たない結果となった。教養コースにおいて，「理科の勉強が好きだ」という項目に否定的な回答をした生徒の理由には，計算や用語を覚えることが苦手であるという記述が多くみられ，数学的な知識を活用することや用語を記憶することに課題があることが分かった。また，「理科の授業で学習したことは，将来，社会に出たときに役に立つ」という項目では，文理コースの肯定的な回答の割合が教養コースよりも2割弱大きくなっていった。その要因として進路選択の影響が推測される。本調査は9月に3年生に対して実施したため，大半の生徒が進路の方向性をほぼ定めており，理科の学習内容が進路に役立つかどうかで回答されたものと考えられる。これらのことから，生徒は将来に対する理科学習の必要性について認識しており，理科の専門性が必要となる生徒が所属する文理コースの方が理科に関する意識が高いと考えられる。

【表6】理科の学習に対する関心・意欲・態度

| 項目                               | 肯定的に回答した生徒の割合 (%) |                |
|----------------------------------|-------------------|----------------|
|                                  | 教養コース<br>(49名)    | 文理コース<br>(17名) |
| 理科の勉強は好きだ                        | 57.1              | 76.5           |
| 理科の勉強は大切だ                        | 87.8              | 82.4           |
| 理科の勉強の内容はよくわかる                   | 75.5              | 76.5           |
| 理科の授業で学習したことを，普段の生活の中で活用できないか考える | 49.0              | 70.6           |
| 理科の授業で学習したことは，将来，社会に出たときに役に立つ    | 75.5              | 94.1           |
| 将来，理科や科学技術に関する職業に就きたい            | 14.3              | 29.4           |
| 理科に関する観察や実験を行うことは好きだ             | 83.7              | 94.1           |

### (4) 「物理」に関する意識について

「物理」の学習に対する関心・意欲・態度について調べるため，物理選択者5名に対して，【表6】の各質問の「理科」を「物理」に置き換えて調査を行った。結果を【表7】に示す。「物理の勉強が大切だ」，また「理科の授業で学習したことは，将来，社会に出たときに役立つ」という項目で肯定的に回答した生徒は5名中4名と【表6】の文理コースの傾向と似た結果となった。しかし，「物理の勉強の内容はよくわかる」という項目に対しては4名が否定的な回答をしており，【表6】の文理コースの結果とは大きく異なっていた。またそのうち3名が「物理の授業で学習したことを，普段の生活の中で活用できないか考える」という項目でも否定的な回答をしていた。これらのことから，生徒は「物理」の学習について必要性を認識しているものの，学習内容の理解や活用について課題を抱えていることが分かる。

【表7】「物理」の学習に対する関心・意欲・態度

| 項目                               | 選択肢 (人数) |                   |                     |         |
|----------------------------------|----------|-------------------|---------------------|---------|
|                                  | 当てはまる    | どちらかといえば<br>当てはまる | どちらかといえば<br>当てはまらない | 当てはまらない |
| 物理の勉強は好きだ                        |          | 3 (4)             | 2 (1)               |         |
| 物理の勉強は大切だ                        | 1 (1)    | 3 (3)             | 1 (1)               |         |
| 物理の勉強の内容はよくわかる                   |          | 1 (2)             | 4 (2)               | (1)     |
| 物理の授業で学習したことを、普段の生活の中で活用できないか考える |          | 2 (3)             | 2 (2)               | 1       |
| 物理の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つ    | 2 (2)    | 2 (3)             | 1                   |         |
| 将来、物理や科学技術に関する職業に就きたい            | 1 (1)    | 1 (2)             | 3 (2)               |         |
| 物理に関する観察や実験を行うことは好きだ             | 1 (2)    | 3 (3)             | 1                   |         |

注 括弧内は、物理選択者が理科に関する意識調査で回答した内容した状況を示す。

(5) 「物理」の学習内容の有用性に対する意識について

物理選択者の生徒に対して、「物理」で学んだ内容が日常でどのように役立っていると思うか、具体的に書くように質問をして、自由記述の内容から、「物理」の学習内容の有用性に対する意識について調べた【表8】。これより、生徒は「物理」で学習したことや学んだ分野や特定の製品などに活かされていると意識していることが読み取れるが、どのように役立っているか具体的に記述した回答はほとんどみられなかった。

【表8】「物理」の学習内容の有用性に対する意識

| 生徒 | 記述内容 (原文のまま)   |
|----|--|
| A  | ・私たちが普段の生活で使っている車や電気などは、物理で学んでいることがたくさん含まれていると思う。<br>・物理で学んだことを覚えていると、将来就職をした際に、力やエネルギーの分野を活かすことができそう。 |
| B  | ・運動や力について学んだので、その部分が役立っていると思う。   |
| C  | ・りんごなどの物が重力によって落ちる。<br>・雷などの光や音の差で距離を測る。   |
| D  | ・日常で役立つイメージがあまりない。   |
| E  | ・太陽光発電や波力発電など、何かを電気エネルギーに変えるとき。  |

(6) 「物理」に対する興味について

生徒に対して「物理」のどんなところが面白いと思うか質問し、自由記述の回答から、「物理」に対する興味を調べた。生徒が記述しやすいように、質問紙には以下の語群を参考として掲載した。また、語群にない言葉を用いてもかまわないことも記した。

|      |     |     |      |
|------|-----|-----|------|
| 実験   | 観察  | 器具  | 道具   |
| 実物   | 本物  | 見る  | 触れる  |
| 理解   | 知る  | わかる | 驚く   |
| 物理法則 | 関係式 | 意味  | 仕組み  |
| 予測   | 予想  | 考える | 話し合い |
| 問題   | 計算  | 解く  | 役立つ  |
| 生活   | 経験  | 関係  | つながり |

得られた記述内容を【表9】に示す。興味の分類については、記述内容に【表2】に示した興味尺度で用いられている言葉や類似した言葉がある場合に、どの型の興味に該当するか判断した(【表9】の下線部は分類に使用した言葉を示す)。これより、生徒によって持っている興味の種類が異なり、個人差があることが分かる。

【表9】「物理」に対する興味

| 生徒 | 記述内容（原文のまま）  | 興味尺度   |    |                  |    |    |    |     |
|----|--|--------|----|------------------|----|----|----|-----|
|    |  | 実験     | 驚き | 達成               | 知識 | 思考 | 日常 | 未分類 |
| A  | <ul style="list-style-type: none"> <li>公式を使って複雑そうな問題を解けるとき。</li> <li>生活の中で起こることを知ることができる。</li> <li>多くの分野があって面白い。</li> <li>生活の中で使えそうなことを学ぶことができる。</li> </ul>  |        |    | ○                | ○  |    | ○  | ○   |
| B  | <ul style="list-style-type: none"> <li>実験を行い、より深く知ることができるところ。</li> <li>物事を計算で表すことができるところ。</li> <li>学んだ内容を日常生活で表すことができるところ。</li> </ul>  | ○      |    |                  | ○  |    | ○  | ○   |
| C  | <ul style="list-style-type: none"> <li>いろいろな実験や観察。</li> <li>見る、触れることによって新たにわかる。</li> <li>問題の予想を考えるため、話し合い理解を深める。</li> <li>物理と生活のつながりに驚く。</li> </ul>  | ○<br>○ | ○  |                  |    | ○  | ○  |     |
| D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>実験をすると、目に見えるので分かりやすい。</li> <li>計算ミスなしで問題を解けたとき。</li> <li>見たことのない問題をなんとなくやってみたら合っていたとき。</li> <li>テストで結果が良かったとき。</li> </ul>   | ○      |    | ○<br>○<br>○      |    |    |    |     |
| E  | <ul style="list-style-type: none"> <li>公式を使って、自力で問題を解けたとき。</li> <li>ならったことが、実際に日常の中で見れたとき。</li> <li>前にならったことが、次に応用できたとき。</li> <li>今までならってきかたが、すべて繋がっていると分かったとき。</li> <li>先生の話をしっかり理解できたとき。</li> <li>友達と話し合いをする中で、内容が理解できたとき。</li> <li>物理で学んだことが何かに役立っているのを見たとき。</li> </ul> |        |    | ○<br>○<br>○<br>○ |    | ○  | ○  |     |

注 興味尺度は、実験体験型興味を「実験」というように略して記載した。

注 下線部は、分類に使用した部分を示す。

## 2 使用する教材

研究構想で示した、「生徒が物理法則の有用性を実感でき、『物理』に対する興味・関心が高まるような教材を開発する三つの段階」を基に、「コンデンサー」と「抵抗の測定」で使用する教材の一部を開発した。具体的な活用方法については、授業実践の流れの中でその詳細を記す。

### (1) 「コンデンサー」で使用する教材

教材で使用する材料の一覧を【表10】に示す。

一つ目の教材は、授業の手立て①「基本的な生徒実験」で用いる「平行板コンデンサーの電気容量を測定する教材」である【図2】。面積の異なる5種類のアルミ箔をそれぞれ2枚ずつ準備し、それを本の中に挟んで、静電容量メーターを用いて電気容量を測定する。挟む紙の枚数を変えることで極板間距離が変わり、測定結果から極板間距離と電気容量の関係を表す表やグラフを作成できる。また、挟む紙の枚数を1枚とし、面積の異なるアルミ箔を順次使用することで、測定結果から極板の面積と電気容量の関係を表す表やグラフを作成できる。この教材を活用することで、生徒は平行板コンデンサーの電気容量の関係式を見出すことができる。

二つ目の教材として、授業の手立て②「STEM教材を用いた生徒実験」で用いる「コンデンサーマイクを作成するための教材」を開発した【図3】【図4】。まず、アルミ箔を刺繍枠に取り付け、振動板を作成する。次に、机上にアルミ箔を敷いて、その上に摩擦によって帯電させた塩化ビニル板を置き、スペーサー、振動板（下側がアルミ箔になる）の順に乗せる。そして、マイクアンプのプラス側の入力端子と振動板をつなぎ、敷いたアルミ箔にマイナス（GND）側の入力端子を接続する。マイクアンプの信号の出力端子に電解コンデンサーをつなげた後、コンデンサーのマイナス（GND）側をオシロスコープのプロープのフックと接続し、グラウンド・リードを電池のマイ

ナス極と接続すると、オシロスコープで電気信号を見ることができる。また、ステレオミニジャックを介してアンプ機能のついた PC 用スピーカーに接続すれば、音として聞くこともできる。このように、生徒が平行板コンデンサーの電気容量の関係式を活用した部品であるコンデンサーマイクを作成し、実際に音が電気信号になっていることを確認することで、部品の仕組みを理解できるようになる。

三つ目の教材は、授業の手立て③「日常でみられる部品の演示実験」で用いる「市販されているコンデンサーマイク」である【図 5】。作成したコンデンサーマイクに換えて、2 線式のエレクトレットコンデンサーマイクロフォンを用いて実演し、生徒に PC 用スピーカーから音（または声）を聞かせる。また、超小型シリコンマイクモジュールを用いて同様の実演を行う。これらの教材を用いることで、平行板コンデンサーの電気容量の関係式が活用されているコンデンサーマイクが、実生活では、例えば体育館などで使用されるワイヤレスのピンマイクになっていたり、スマートフォンやタブレット端末で使用されているマイクになっていたりすること示すことができる。

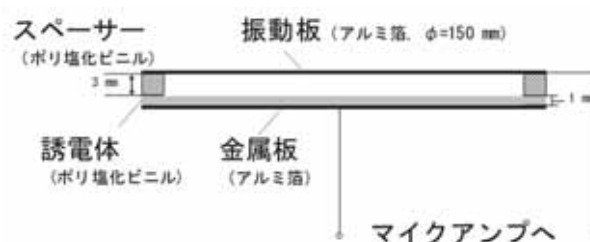
【表 10】「コンデンサー」で使用する材料の一覧

| 教材名                    | 品名（製造元、型番、他）                                     | 個数    | 参考価格      |
|------------------------|--|-------|-----------|
| ①平行板コンデンサーの電気容量を測定する材料 | ・アルミ箔  | 1 本   |           |
|                        | ・厚い本（A 5 判）                                      | 1 冊   |           |
|                        | ・静電容量メーター（uvcell 製，UA6013L）                      | 1 個   | 1,925 円   |
| ②コンデンサーマイクを作成するための材料   | ・アルミ箔  | 1 本   |           |
|                        | ・導電シート（保温用のアルミ蒸着シート）*                            | 1 枚   | 108 円     |
|                        | ・刺繍枠（直径 10 cm）                                   | 1 個   | 108～615 円 |
|                        | ・刺繍枠（直径 15 cm）                                   | 1 個   | 615 円     |
|                        | ・スペーサー（直径 3 mm，5 mm）                             | 各 4 個 |           |
|                        | ・紙（A 4 判）  | 1 枚   |           |
|                        | ・硬質塩化ビニル板*                                       | 1 枚   | 108 円     |
|                        | ・オシロスコープ   | 1 台   |           |
|                        | ・リード線  |       |           |
|                        | ・マイクアンプ一式  |       |           |
|                        | 高感度マイクアンプキット（秋月電子製，AE-MICAMP）                    | 1 個   | 500 円     |
|                        | ブレッドボード  | 1 個   | 200 円     |
|                        | 電解コンデンサー（1 $\mu$ F）                              | 1 個   |           |
|                        | 単 3 形電池  | 3 本   |           |
| 電池ボックス（単 3 形電池 3 本用）   | 1 個  |       |           |
| ③市販されているコンデンサーマイク      | ・ステレオミニジャック                                      | 1 個   |           |
|                        | ・音さ（360 Hz）                                      | 1 個   |           |
|                        | ・PC 用スピーカー（サンワサプライ社製，MM-SPL2N2）                  | 1 台   | 1,415 円   |
|                        | ・2 線式エレクトレットコンデンサーマイクロフォン（高感度マイクアンプキットに付属しているもの） | 1 個   |           |
|                        | ・超小型シリコンマイクモジュール（秋月電子製）                          | 1 個   | 220 円     |

\* は百元ショップで購入したものを示す。

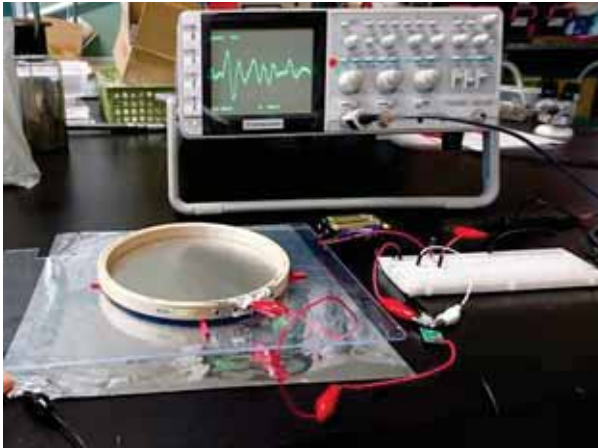


【図 2】 平行板コンデンサーの電気容量を測定する教材

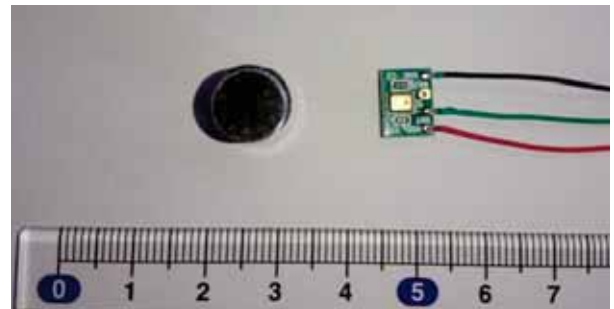


【図 3】 コンデンサーマイクの断面図





【図4】 コンデンサーマイクを作成するための教材



【図5】 市販されているコンデンサーマイク

(2) 「抵抗の測定」で使用する教材

教材で使用する材料の一覧を【表 11】に示す。

一つ目の教材は、授業の手立て①「基本的な生徒実験」で用いる「メートルブリッジを用いた未知の抵抗値を測定する教材」である。市販のメートルブリッジは高価なため、各学校には生徒実験で使用する十分な数は揃っていないと思われる。そこで、ニクロム線と配線カバー、金属製のメジャーを用いて簡易メートルブリッジを開発し【図6】、それを単3形電池や、抵抗箱(10Ωを使用)、すべり抵抗器、検流計と接続してブリッジ回路を組んだ【図7】。検流計に流れる電流を抑えるため、検流計の正の端子(赤)に抵抗を接続した。配線カバー(下側)はU字型になっており、抵抗をニクロム線の下に入れて、さらに配線カバー(下側)の上に橋渡しするように置くと、接点を固定することができ、かつ目盛りも読みやすくなる【図8】。安全性を確認するため、簡易メートルブリッジを単3形電池1本に接続して1時間以上使用したが、ニクロム線に触れても熱さを感じることはほとんどなく使用することができた。

未知の抵抗値の測定を行う場合には、キルヒホッフの法則を用いて起電力と電位降下の関係式を導出し、ニクロム線の長さや抵抗箱の抵抗値から未知の抵抗値を求める。そして得られた計算値と実測値を比較することで、キルヒホッフの法則が成り立つことを確認することができる。その際に、生徒が回路を見ながら、キルヒホッフの法則が何を表しているのか理解しやすくなるように、ブロックを用いて起電力と電位降下を表す立体模型を作成した【図9】。ブロックは、同じ色が等電位を表し、ピンの傾きは電位降下、ピンの先端が電流の流れる方向を表している。これを用いることで、生徒はブリッジ間の電位差と電流の流れる方向(すなわち、検流計の針の振れ方)について理解しやすくなると考えられる。

これらの教材を活用することで、キルヒホッフの法則を用いると、ホイートストンブリッジではブリッジ間の電位差や未知の抵抗値を求めたりすることができるということを、生徒が実験を通して理解できるようになる。

二つ目の教材は、授業の手立て②「STEM教材を用いた生徒実験」で用いる「ロードセルの仕組みを理解するための教材」である。ロードセル【図10】は、直方体のアルミにホイートストンブリッジが貼り付けられたもので、抵抗の一部にひずみゲージ【図11】が用いられている。ひずみゲージは、力が加わり変形すると抵抗値が変化する特性を持ったセンサーである。ロードセルに

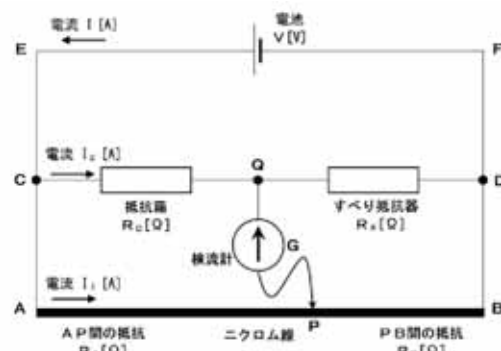
【表 11】「抵抗の測定」で使用する材料の一覧

| 教材名                        | 品名（製造元，型番，他）                          | 個数   | 参考価格   |
|----------------------------|---------------------------------------|------|--------|
| ①メートルブリッジを用いた未知の抵抗値を測定する教材 | 【簡易メートルブリッジ】                          |      |        |
|                            | ・ニクロム線（ナリカ，P70-2270-06，直径0.6mm，10m）   | 1本   | 1,620円 |
|                            | ・配線カバー*                               | 1本   | 108円   |
|                            | ・金属製のメジャー（幅6mm）*                      | 1個   | 108円   |
|                            | ・単3形電池                                | 1本   |        |
|                            | ・電池ボックス（単3形電池1本用）                     | 1個   | 30円    |
|                            | ・抵抗箱                                  | 1個   |        |
|                            | ・すべり抵抗器                               | 1個   |        |
|                            | ・検流計                                  | 1個   |        |
|                            | ・抵抗（5kΩ）                              | 1本   |        |
|                            | ・デジタルテスター                             | 1台   |        |
|                            | 【起電力と電位降下の立体模型】                       |      |        |
|                            | ・ブロック*                                | 4個   | 432円   |
| ・弁当用のピック*                  | 1袋                                    | 108円 |        |
| ②ロードセルの仕組みを理解するための教材       | ・高精度抵抗圧力抵抗スチールひずみゲージ（SODIAL（R）製，350Ω） | 1個   | 121円   |
|                            | ・デジタルテスター                             | 1台   |        |
|                            | ・電子天秤ロードセルセンサー（SODIAL（R）製，0-1kg）      | 1個   | 94円    |
| ③電子重量計                     | ・電子天秤ロードセルセンサー（SODIAL（R）製，0-1kg）      | 1個   | 94円    |
|                            | ・オシロスコープ                              | 1台   |        |
|                            | ・リード線                                 |      |        |
|                            | ・ブレッドボード                              | 1個   | 200円   |
|                            | ・電解コンデンサー（1μF）                        | 1個   |        |
|                            | ・9V形電池                                | 1個   |        |
|                            | ・電池スナップ（9V形用）                         | 1個   | 20円    |
|                            | ・デジタルクッキングスケール（タニタ製，1kg，KD-187-WH）    | 1個   | 1,052円 |

\* は百元ショップで購入したものを示す。



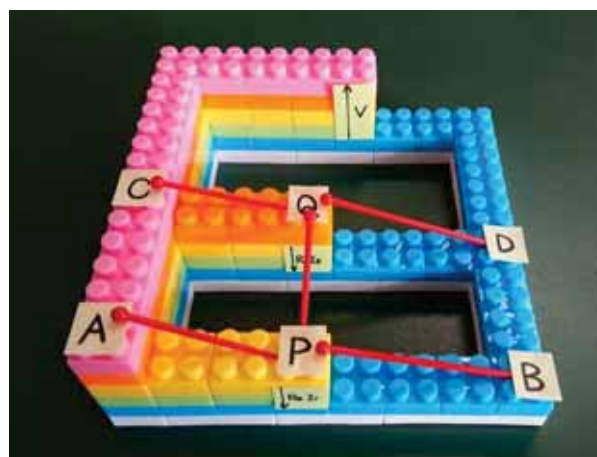
【図 6】 作成した簡易メートルブリッジ



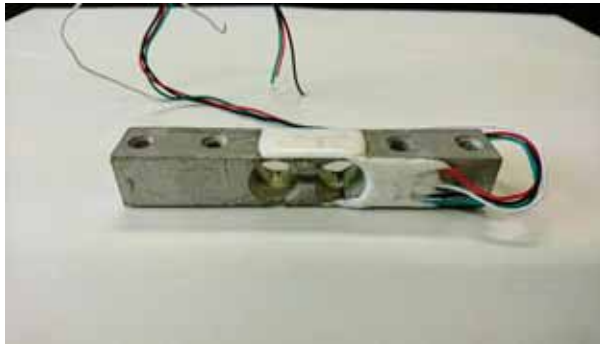
【図 7】 簡易メートルブリッジを用いた回路図



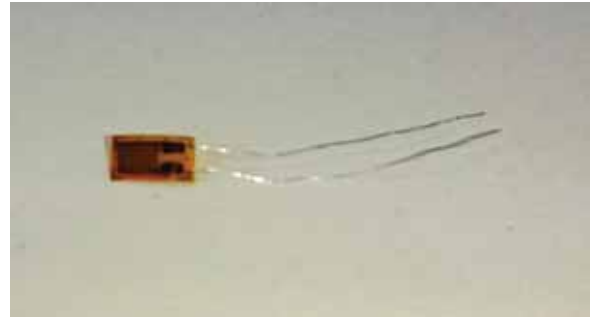
【図 8】 簡易メートルブリッジの接点部分



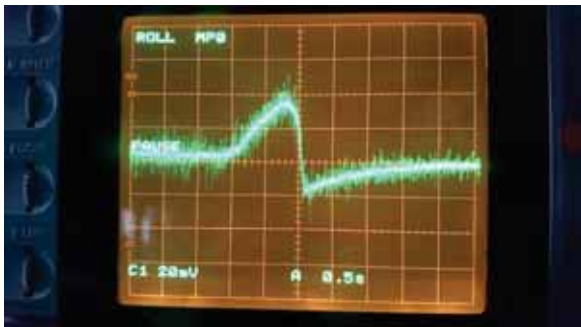
【図 9】 起電力と電位降下の立体模型



【図 10】ロードセル



【図 11】ひずみゲージ



【図 12】力を加えた場合のロードセルの出力



【図 13】電子重量計

は4本の導線が接続しており、印加電圧が赤（+）と黒（-）、センサー出力が緑（+）と白（-）になっている。アルミの端の矢印は力を加える方向（正の向き）が記されており、電源を接続した状態で正の方向に力を加えると、センサーが正の電位差を出力する【図 12】。逆に負の方向に力を加えると、電位差はマイナスになる。その仕組みは、力が加わるとひずみゲージの抵抗値が変わり、ブリッジ間の電位差が変化するというものである。力を加えない場合には、ブリッジ間の電位差は0のままである。授業の手立て①「基本的な生徒実験」では、ブリッジ間の電位差が0になることを利用して未知の抵抗値を求めた。この状態からロードセルの仕組みを確認するためには、簡易メートルブリッジの回路のすべり抵抗器がひずみゲージと同じ役割になることと、ロードセルの出力する電位差がブリッジ間の電位差であることを生徒に伝える必要がある。そしてひずみゲージに力が加わることで生じる抵抗値の変化は、すべり抵抗器の摺動部を動かすことで生じるすべり抵抗器の抵抗値の変化になることを話した後に、生徒にすべり抵抗器の摺動部を動かす、ブリッジ間の電位差がどのように変化するか確認してもらおう。このように、生徒がホイートストンブリッジを活用した部品であるロードセルの仕組みを、簡易メートルブリッジを用いて確認することで、その仕組みを理解できるようになる。

三つ目の教材は、授業の手立て③「日常でみられる部品の演示実験」で用いる「電子重量計」である。まず、ロードセルに力を加えて出力されるブリッジ間の電位差をオシロスコープで演示する。このとき、センサー出力にはノイズがのりやすいので、素手で触らないなどの対策が必要である。その後、電子重量計を用いて演示を行う。キッチンスケールのふたを外すと、中にロードセルがあり【図 13】、ふたを外して表示値を0に再設定した後、ロードセルを上から押すと表示値がプラスの値を示し、逆に手前に引くとマイナスを示す。これは、ロードセルに力を加えた場合のセンサー出力と同じ

になる。そして電子重量計が、魚介類や野菜、果物の選別の機械で使用されていることや、食品製造会社では袋や缶に入った食品の品質管理（重量チェック）で使用されていることに気づかせることで、ホイートストンブリッジが私たちの生活に欠かせない技術の一つであると分かるようになる。

さらに、ロードセルは力の測定を行う場面で用いられることから、プレス加工の機械にも使用されている。プレス加工とは、金属の薄板やプラスチックを成型加工することで、それによって、せん断加工（金属板の切断、分離）、曲げ、絞り（底つきの容器状に加工すること）が行われる。身の回りにはさまざまな製品は、プレス加工された部品を組み合わせて作られている場合が非常に多いため、間接的ではあるが、ホイートストンブリッジが製造業で大きな役割を担っていることにも気づかせることができる。

これらの教材を活用することで、キルヒホッフの法則を用いると、ホイートストンブリッジではブリッジ間の電位差や未知の抵抗値を求めたりすることができるということを、生徒が実験を通して理解できるようになる。

### 3 授業実践の概要

#### (1) 実践対象

岩手県立大槌高等学校 普通科 3学年 物理選択者 男 3名 女 2名 計 5名

#### (2) 実践日程と内容

第1回 平成29年 9月26日（火）5, 6校時 「コンデンサー」


第2回 平成29年10月24日（火）5, 6校時 「抵抗の測定」

### 4 授業実践の流れ

#### (1) 第1回「コンデンサー」

対象は、一名欠席のため4名となった（男3名、女1名）。

#### ア 前半（1時間）

| 学習内容・学習活動                                    | 時間        | 指導上の留意点と支援と方法  | 資料、教材・教具  |
|--|-----------|--|---|
| 1 電解コンデンサーの電気容量を測定し、ワークシートに測定値を記入する。         | 導入<br>10分 | 発問「電子部品としてのコンデンサーを見たことがありますか。」<br>○各班に電解コンデンサーと電解コンデンサーを分解したものを配付し、コンデンサーの中には金属板とその間に紙が挟まっていることを説明する。<br><br>指示「実際に、電気容量を測定しよう。」<br>(デジタルテスターの使い方を実演して見せる) | 静電容量メーター、電解コンデンサー (10 $\mu$ F, 470 $\mu$ F, 1000 $\mu$ F), 電解コンデンサーを分解したもの、ワークシート |
| 2 電解コンデンサーの観察と測定値から気づいたことを書き出す。              |           | 発問「電気容量を測っていて、気づいたことはありますか。」<br><br>発問「どうしてこのような違いがあるのだろうか。」   |   |
| <b>学習課題：平行板コンデンサーの電気容量は、どんな条件で変わるのだろうか。</b>  |           |  |   |
| 授業の手立て①「基本的な生徒実験」<br>生徒は、物理法則についての基本的な理解をする。 |           |    | 平行板コンデンサーの電気容量の測定   |

3 アルミ箔と紙で作成した平行板コンデンサーの電気容量を測定する。

展開  
3  
5  
分

○アルミ箔と紙を重ねて平行板コンデンサーを作り、アルミ箔の大きさや挟む紙の枚数を変えながら、デジタルマルチメーターを用いて電気容量を測定させる。



アルミ箔(面積の異なるもの5種類)、厚い本、静電容量メーター、ワークシート

○測定結果をワークシートの表に記録させ、グラフを描かせる。

<測定結果>

①はさむ紙の枚数を変えた場合

表1 極板間距離と電気容量の関係

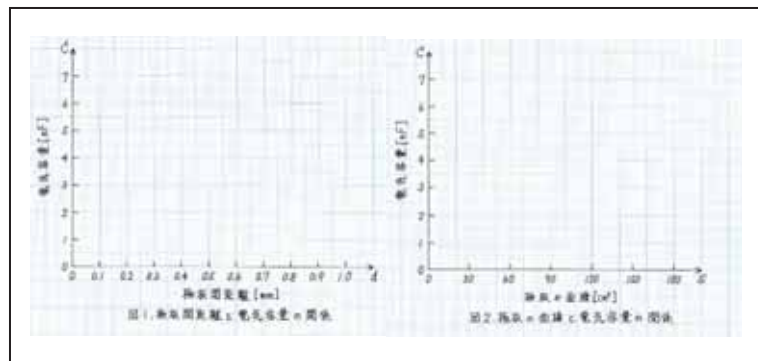
| 紙の枚数                        | 1枚  | 2枚 | 3枚 | 4枚 | 6枚 | 8枚 | 10枚 |
|-----------------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|
| 紙の厚さ<br>(極板間距離)<br>$d$ [mm] | 0.1 |    |    |    |    |    |     |
| 測定値<br>(電気容量)<br>$C$ [nF]   |     |    |    |    |    |    |     |

\*アルミ箔の大きさは、縦10 [cm] × 横18 [cm]。  
\*紙1枚の厚さは、0.1 [mm]。

②紙の面積(大きさ)を変えた場合

表2 極板の面積と電気容量の関係

| アルミ箔の<br>大きさ                 | 縦10 cm<br>×<br>横18 cm | 縦10 cm<br>×<br>横15 cm | 縦10 cm<br>×<br>横12 cm | 縦10 cm<br>×<br>横9 cm | 縦10 cm<br>×<br>横6 cm |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 面積<br>$S$ [cm <sup>2</sup> ] |                       |                       |                       |                      |                      |
| 測定値<br>(電気容量)<br>$C$ [nF]    |                       |                       |                       |                      |                      |



○極板全体に十分な力を加えると、極板間距離が小さくなり、電気容量が大きくなり正しい値に近づくことを知らせる。

○測定結果から、極板の面積や極板間距離とコンデンサーの電気容量の間どのような関係があるか、自分の考えをワークシートに書かせる。

○その後、班内やクラス内で意見を発表し合うことで考えを共有し、関係式  $C = \epsilon S/d$  が成り立つことを確認させる ( $\epsilon$  は比例定数)。

Q2 表とグラフから、紙の厚さ(極板間距離)と電気容量にはどのような関係があると考えられるか?

(自分の考え)

● 極板間距離  $d$  と電気容量  $C$  には、「\_\_\_\_\_」の関係がある。

(そう考える理由)

\_\_\_\_\_

(他の人の考え)

● 極板間距離  $d$  と電気容量  $C$  には、「\_\_\_\_\_」の関係がある。

(理由)

\_\_\_\_\_

式で表すとどうなる?  
 $C =$  \_\_\_\_\_

|            |      |  |        |
|------------|------|--|--------|
|            |      | ○最後に、極板間に挟む誘電体ごとに比例定数 $\epsilon$ が異なることに触れ、誘電体の働きとして、誘電体を極板間に挟むことでより多くの電気を貯めることができるようになることを説明する。   |        |
| 4 振り返りを行う。 | 終末5分 | <p>○この実験を通して、学習課題に対して、何が分かったのかワークシートに書かせる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>この授業の「振り返り」</b></p> <p>【本時の学習課題】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>平行板コンデンサーの電気容量は、どんな条件で変わるのだろうか。</p> </div> <p>【授業を通して分かったこと】</p> <p>平行板コンデンサーの電気容量は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● _____</li> <li>● _____</li> <li>● _____</li> </ul> <p>の三つの条件で変わり、その関係式は</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 40px; margin: 5px 0;"></div> <p>で表される。</p> </div> | ワークシート |

イ 後半（1時間）

| 学習内容・学習活動  | 時間     | 指導上の留意点と支援と方法  | 資料、教材・教具   |
|--|--------|--|--|
| 1 市販のコンデンサーマイクを用いた演示実験を見る。   | 導入5分   | <p>○前時の測定結果から、コンデンサーの性質として、関係式 <math>C = \epsilon S/d</math> が成り立つことを口頭で確認する。</p> <p>○市販のコンデンサーマイクを見せるとともに、それをオシロスコープにつないで、音が電気信号（電圧の変化）になっていることを見せて確認させる。</p> <p>○これがコンデンサーになっていて、関係式 <math>C = \epsilon S/d</math> を活用したものであることを伝える。</p> <p>発問「このコンデンサーマイクは、どんな仕組みで、音が電気信号になっているのでしょうか。」</p>   | コンデンサーマイク、オシロスコープ、マイクアンプ、電池  |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p><b>学習課題：コンデンサーマイクは、どんな仕組みで、音が電気信号になっているのか。～コンデンサーマイクの正体を確かめよう～</b></p> </div> |        |  |  |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> <p><b>授業の手立て②「STEM教材を用いた生徒実験」</b><br/>生徒は、物理法則の活用に関して理解をする。</p> </div>           |        |  | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> <p><b>手作りコンデンサーマイクの作成</b></p> </div> |
| 2 二つの関係式を用いて、コンデンサーの電気容量が一定の場合に、電圧が変化する場合について考える。  | 展開①32分 | <p>○関係式 <math>Q = CV</math> を提示して、コンデンサーに電圧をかけると、極板に一定の電気量 <math>Q</math> が溜まることを復習させる。</p> <p>発問「極板に一定の電気量 <math>Q</math> が溜まっているとき、電気容量 <math>C</math> が2倍になると、電圧 <math>V</math> は何倍になりますか。」</p> <p>○生徒に口頭で聞いた後、<math>V = Q/C</math> と式変形をして、<math>C</math> が2倍になったときは <math>V</math> が <math>1/2</math> 倍になり、ともに反比例の関係になることを確認する。</p> <p>○音が電気信号に変換されるためには、電気容量が変化することが必要であることを伝える。</p> | ワークシート   |


発問「音によって電気容量  $C$  が変化するためには、何が変わればよいのでしょうか。前回実験で確認した関係式  $C = \epsilon S/d$  を参考にして、自分の意見とそう考える理由をワークシートに書いてください。」

○その後、班内、クラス内で意見を発表し合い、共有するとともに、最終的に音が極板間距離  $d$  の変化となり、それによって電気容量が変化することを理解させる。

**Q2 「音によって電気容量  $C$  が変化するためには、3つのうちの何が変わればよいのだろうか？」**

前回の実験で確認した関係式  $C = \epsilon \frac{S}{d}$  を参考にして、自分の意見とそう考える理由を書き出そう。

<考える視点> -音(音波)はどんな現象か? → 音波は \_\_\_\_\_ 波で、空気の \_\_\_\_\_ が変化する。  
 ・音は どうして音を聞くことができるのだろうか?



(自分の考え)

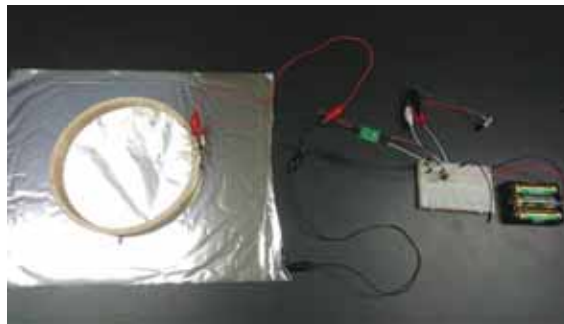
● 音で電気容量  $C$  が変わるためには、 \_\_\_\_\_ が変わればよい)

(そう考える理由)

3 コンデンサーマイクを作成し、音が電気信号になっていることを確認する。

○上記の内容を踏まえて、振動板、刺繍枠等を用いて、コンデンサーマイクを作成し、音が電気信号になるかどうか確認させる。


振動板、刺繍枠、導電シート、紙、塩化ビニル板、オシロスコープ、PC用スピーカー、電池



○音が電気信号になることを確認できた班に、PC用のスピーカーを通して再び音に変わることを実感させる。

○面積が異なる振動板や、材質の異なる振動板、また振動板と誘電体の間に置くスペーサーを各2種類準備しておき、生徒が自由に考え材料を組み合わせ実験できるようにする。

**<生徒の主体的な活動>**  
 生徒が自由に思考して、条件を制御したときにどのような結果になるか生徒自身で確認することができる。

|  |                        |   |  |
|--|------------------------|---|--|
|  |                        | <p><b>Q3 上の素材を組み合わせてコンデンサーマイクを作成した場合、電気信号が大きくなるのは、次の三つのどのときだろうか？（一緒にそのときの現象について説明してみよう）</b></p> <p><b>① 誘電体を使わない場合</b><br/> 金属板（アルミ箔）と振動板（刺繍枠のアルミ箔）の間に何も挟まない。<br/> 【説明】このときのコンデンサーマイクの電気容量は、誘電体が空気になっているため、真空のときとほぼ同じになる。</p> <p><b>② 誘電体を使う場合</b><br/> 金属板（アルミ箔）と振動板（刺繍枠のアルミ箔）の間にプラスチックの板を挟む。<br/> 【説明】誘電体を使うと、コンデンサーマイクの電気容量は（ 減る・変わらない・増える ）。<br/> <math>Q = CV</math> の関係式から、誘電体を使わない場合と比べて、<br/> 電気信号の振幅は（ 小さくなる・変わらない・大きくなる ）。</p> <p><b>③ 帯電させた誘電体を使う場合</b><br/> 金属板（アルミ箔）と振動板（刺繍枠のアルミ箔）の間に帯電したプラスチックの板を挟む。<br/> 【説明】誘電体を帯電させる前と後で、コンデンサーマイクの電気容量は（ 減る・変わらない・増える ）が、帯電した誘電体とアルミ箔の間に（ 引力・斥力 ）がはたらくため、誘電体とアルミ箔の間の接触面積が（ 減って・増えて ）、電気信号の振幅は（ 大きく - 小さく ）なる。</p> |  |
| <p><b>授業の手立て③「日常で見られる部品の演示実験」</b><br/> 生徒は、物理法則の実用的な理解をする。</p> |                        |   | <p><b>市販のコンデンサーマイクの演示実験</b></p>                    |
| <p>4 再度コンデンサーマイクを用いた演示実験を見るとともに、それがどのように利用されているか考える。</p>       | <p>展開<br/>②<br/>8分</p> | <p>○体育館で使用されるマイクに使用されているものと同サイズのコンデンサーマイクを使用して演示実験を行い、音が電気信号になり、再び音に変換されることを確認させる。<br/> ○さらに、導入時に演示実験で示した小型のコンデンサーマイクでも同様の確認を行う。<br/> ○これらが実社会でどのように用いられているか、考えさせて、ワークシートに書き出させる。</p>   | <p>コンデンサーマイク、オシロスコープ、マイクアンプ、PC用スピーカー、電池、ワークシート</p> |
| <p>5 振り返りを行う。</p>  | <p>終末<br/>5分</p>       | <p>○この授業を通して、学習課題に対して何が分かったのかワークシートに書かせる。<br/> ○その際に、コンデンサーの関係式がどのように活用されているか理解できているか確認する。</p> <div data-bbox="480 1361 1241 1888" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>この授業の「振り返り」</b><br/> <small>【本時の学習課題】</small></p> <p style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">コンデンサーマイクは、どんな仕組みで音が電気信号になっているのだろうか。</p> <p><b>【授業を通して分かったこと】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● コンデンサーマイクは、<br/> _____の関係式（ _____ = _____ ）を活用したものである。</li> <li>● その仕組みは、音によって空気の _____ が変化して、<br/> _____ が変わり、電気信号が生じることである。</li> <li>● 技術が発展し、現在コンデンサーマイクは、 _____ が進んでおり、<br/> _____ や、 _____ などに用いられている。</li> </ul> </div>       | <p>ワークシート</p>                                      |



(2) 第2回「抵抗の測定」

ア 前半（1時間）

| 学習内容・学習活動   | 時間                | 指導上の留意点と支援と方法   | 資料、教材・教具   |
|---|-------------------|---|--|
| <p>1 オームの法則について簡単に確認する。</p> <p>2 未知の抵抗を接続したメートルブリッジで、接点を動かして変化した場合に、検流計の針の振れが変化することをみる。</p> | <p>導入<br/>15分</p> | <p>○物理基礎までは電圧という言葉を使用していたが、物理では電位差を用いることに触れる。</p> <p>○電位差が電位（電氣的位置エネルギー）の差になっていることを説明し、電位の高い方から低い方に電流が流れることを確認する。</p> <p>○電池とニクロム線、電流計をつなぎ、電流の流れる向きを確認する。電流の流れを示した矢印を描いた付箋を貼る。</p> <p>○電池とニクロム線の間から分岐するようリード線をつなぎ、それに抵抗箱とすべり抵抗器を接続して並列回路を作り、電流の流れる向きを確認する。電流の流れを示した矢印を描いた付箋を貼る。</p> <p>○電流計を全て外し、抵抗箱とすべり抵抗器の間から分岐するようにリード線をつなぎ、それに検流計の負の端子に接続する。検流計の正の端子にリード線をつなぎ、その先にカーボン抵抗をつけ、カーボン抵抗の端子をニクロム線に触れさせる。</p> <p>○検流計の針の振れ方（正負）と電流の流れる向きについて説明する。</p> <p>○接点を動かすと、検流計の針の振れ方に変化が生じ、電流の流れる向きが逆転したり、電流が全く流れなくなったりすることを示す。</p> <div data-bbox="576 813 1209 1167" data-label="Image"> </div> <p>発問「どうして検流計に流れる電流の向きが変わるのでしょうか？」</p> <p>○検流計に流れる電流の向きは接点の位置変化によって生じていることから、ニクロム線上の接点の位置によって何がかわるのか抵抗値を測定して見せる。</p> <p>○結果から、ニクロム線の長さによって抵抗が異なることを確認させ、抵抗の大きさが変わることによって検流計に流れる電流の向きが変わることを伝える。</p> <p>発問「では、メートルブリッジにおいて、検流計に電流が流れない条件は何でしょうか。未知の抵抗の値も求めよう。」</p> | <p>ワークシート</p> <p>ニクロム線（1m）、検流計、抵抗箱、すべり抵抗器、カーボン抵抗5kΩ、リード線、電流計</p> |

**学習課題：メートルブリッジにおいて検流計の針が振れない条件は何だろうか。**

**授業の手立て④「基本的な生徒実験」**  
生徒は、物理法則についての基本的な理解をする。

**未知の抵抗値の測定**

|                                      |                   |  |   |
|--------------------------------------|-------------------|--|---|
| <p>3 メートルブリッジを用いた未知の抵抗値の測定実験を行う。</p> | <p>展開<br/>30分</p> | <div data-bbox="576 1720 1093 2078" data-label="Diagram"> </div> | <p>ニクロム線（1m）、検流計、抵抗箱、すべり抵抗器、カーボン抵抗5kΩ、リード線、デジタルテスター</p> |
|--------------------------------------|-------------------|--|---|

4 キルヒホッフの法則を用いて、ホイートストンブリッジの関係式を導出し、未知の抵抗の値を求める。

5 振り返りを行う。

○生徒に、ニクロム線上で検流計との接点 P を自由に動かして、検流計の針の振れ方を確認するよう伝える。

○検流計の針が正に振れる点、針が振れない点、針が負に振れる点を 3 点決めさせる。

○接点 P の点 A からの距離は 30 cm から 70 cm の間とする（検流計の針が振り切れない範囲とする）。

○それらの点での線分 AB と線分 PB の距離を測定するとともに、デジタルテスターを用いて、点 P と点 Q の間（ブリッジ間）の電位差  $V_{PQ}$  を測定させ、記録させる。

○同様に AP 間と PB 間、CQ 間、QD 間の電位差を測定し、記録させる。

○また、抵抗箱（ $10\Omega$ ）の抵抗値を測定して記録させる。

<測定結果>

| 検流計の針の振れ方     | 線分 AP の長さ $l_A$ | 線分 PB の長さ $l_B$ | PQ 間(ブリッジ間)の電位差 $V_{PQ}$ | PB 間の電位差 $V_{PB}$ | QD 間の電位差 $V_{QD}$ |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| 正に振れる         | [cm]            | [cm]            | [V]                      | [V]               | [V]               |
| 全く振れない (0になる) | [cm]            | [cm]            | [V]                      | [V]               | [V]               |
| 負に振れる         | [cm]            | [cm]            | [V]                      | [V]               | [V]               |

※ 電位差は、小数点以下第2位まで書くこと。

○キルヒホッフの第2法則から、閉回路 EABF と閉回路 ECFD についてそれぞれ式を立てさせ、電流  $I_1$  と電流  $I_2$  を求めさせる。

○立てた式から起電力と電位降下の模式図を描かせ、それを基に、点 P と点 Q のそれぞれの電位  $V_P$  と  $V_Q$  を求め、電位差  $V_{PQ}$  を計算させる。

○このとき、測定メモから PB 間の電位差  $V_{PB}$  と QD 間の電位差  $V_{QD}$  の差が PQ 間の電位差  $V_{PQ}$  になっていることを確認させる。

○さらに、ブロックで作成した起電力と電位降下の立体模型を用いて説明する。

○針が振れない点では  $V_{PQ} = 0$  になることから、抵抗値どうしの関係（ホイートストンブリッジの関係式）を求め、未知の抵抗の値を求めさせる。

○最後に、すべり抵抗器の抵抗値を測定させ、計算値と比較させる。

○この実験を通して、学習課題に対して、何が分かったのかワークシートに書かせる。

**この授業の「振り返り」**

【本時の学習課題】

メートルブリッジにおいて、検流計の針が振れない条件は何だろうか。

【授業を通して分かったこと】

・ \_\_\_\_\_ の法則から、

ブリッジ間 (PQ 間) の \_\_\_\_\_ を求めることができる。

これより、メートルブリッジにおいて、  
 検流計の針が振れない条件は、  
 抵抗値のみを用いて

=


\_\_\_\_\_

と表すことができる。

ワークシート，計算機

ワークシート

イ 後半（1時間）

| 学習内容・学習活動   | 時間             | 指導上の留意点と支援と方法  | 資料、教材・教具  |
|---|----------------|--|---|
| 1 ロードセルを用いた演示実験を見る。   | 導入<br>5分       | <p>○前時のメートルブリッジを用いた測定結果とキルヒホッフの第2法則で得られた式から、検流計の針が振れない場合にはホイートストンブリッジの関係式が成立することを復習させる。</p> <p>○ロードセルを見せるとともに、それをオシロスコープにつないで、力を加えることで電位差が変化していることを見せて確認させる。</p> <p>○ロードセルが、ホイートストンブリッジを活用したものであることを伝える。</p> <p>発問「このロードセルは、どんな仕組みで力が電気信号に変化しているのでしょうか。」</p>   | ロードセル, 電池 [9V], ブレッドボード, 電解コンデンサー [1 μF], ジャンパー線, オシロスコープ |
| <p><b>学習課題：ロードセルは、どんな仕組みで、力が電気信号になっているのか。</b><br/>～ロードセルの正体確かめよう～</p> |                |  |   |
| <p><b>授業の手立て②「STEM教材を用いた生徒実験」</b><br/>生徒は、物理法則の活用に関して理解する。</p>        |                |   | <p><b>ロードセルの仕組みを確認する実験</b></p>                            |
| 2 歪みゲージが変形した場合の抵抗値を測定する。  | 展開<br>①<br>30分 | <p>○歪みゲージは、変形すると抵抗値が変わる電子部品であることを伝える。</p> <p>○歪みの定義にも触れる。</p> <p>○変形しない場合、表側に曲げた場合、裏側に曲げた場合の抵抗値を測定させる。</p> <div data-bbox="480 931 1243 1193" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>(実験) 力を加えたときにひずみゲージの抵抗値がどのくらい変化するか測定しよう。</b></p> <p><b>【注意】</b> ひずみゲージは非常に小さいものです。取り扱いには十分注意しましょう。</p> <p>・力を加える前の抵抗値： _____ [Ω]</p> <p>・導線が出ている部分を固定し、反対側を上下に曲げると、抵抗値はどうなりますか？</p> <p>抵抗値は、曲げる方向によって _____, _____ する。</p> </div>  | 歪みゲージ, デジタルテスター   |
| 3 前時に求めた未知の抵抗値の値から、値が大きくなったり、値が小さくなったりする場合に、検流計の電流はどのように流れるか考える。      |                | <p>○前時の測定実験では、未知の抵抗としてすべり抵抗器を用いていたが、本時ではすべり抵抗器の値を変えた場合に検流計の針がどのように振れるか考えさせる。</p> <p>発問「メートルブリッジにおいて、検流計の針が振れない状態から、すべり抵抗器の抵抗値を変化させた場合、ブリッジ間の電位差 <math>V_{PQ}</math> はどうなるのでしょうか。前回の実験で確認した関係式を参考にして、自分の意見とそう考える理由をワークシートに書いてください。」</p> <p>○その後、班内、クラス内で意見を発表し合い、共有させる。</p> <div data-bbox="480 1559 1243 1921" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Q1 「ひずみゲージに力が加わり、抵抗値が増加したら、ブリッジ間の電位差はどうなるだろうか？」</b></p> <p>前時の内容を参考にして、自分の意見とそう考える理由を書き出そう。</p> <p>&lt;考える視点&gt;・ブリッジ間の電位差は、<math>V_{PQ} = V \times \frac{R_B R_C - R_A R_X}{(R_A + R_B)(R_C + R_X)}</math></p> <p>(自分の考え)</p> <p>● ひずみゲージの抵抗値 <math>R_X</math> が増加したら、ブリッジ間の電位差 <math>V_{PQ}</math> は0より [大きく・小さく] なる。</p> <p>(そう考える理由)</p> <p><math>R_X</math> が増加すると、 _____ 間の電位差 ( ) が [大きく・小さく] なり、</p> <p>_____ 間の電位差 ( ) に比べて [大きく・小さく] なるから。</p> </div> | ワークシート  |
| 4 メートルブリッジを用いて、すべり抵抗器の抵抗値が  |                | <p>○前時の測定結果を見て、すべり抵抗器の摺動（しょうどう）部を動かさないときのブリッジ間の電位差 <math>V_{PQ}</math>、PB間とQD間の電位差、すべり抵抗器の抵抗値を確認させ、測定メモに記入させる。</p>   | ニクロム線 [1 m], 検流計, 抵抗箱, すべり抵抗器, リード線, デジタルテスター             |

| 変わった場合の検流計の針の振れについて確認する。 |                  | <p>○生徒に、検流計が0を示す状態からすべり抵抗器の抵抗値が増加するように、摺動部を自由に動かすことを伝える。</p> <p>○その後、すべり抵抗器の抵抗値を増加させた場合の検流計の針の振れ方や、ブリッジ間の電位差、PB間とQD間の電位差、すべり抵抗器の抵抗値を測定させ、メモに記入させる。</p> <p>○同じ測定を、抵抗値が減少した場合でも行わせる。</p>   |                  |                  |                  |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
|--------------------------|------------------|--|------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------|-----|------|-----|-----|-----|---------|-----|---|-----|-----|-----|--------------------|--|--|--|--|--|--|------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|---------|-----|---|-----|
|                          |                  | <p>&lt;測定結果&gt;</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>すべり抵抗器の抵抗値 <math>R_x</math></th> <th>検流計の針の振れ方</th> <th>PQ間の電位差 <math>V_{PQ}</math></th> <th>PB間の電位差 <math>V_{PB}</math></th> <th>QD間の電位差 <math>V_{QD}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>もとの値</td> <td>[Ω]</td> <td>振れない</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> </tr> <tr> <td>増加させた場合</td> <td>[Ω]</td> <td>←</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> </tr> <tr> <td>差 (もとの値－増加させた場合の値)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table><br><table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>すべり抵抗器の抵抗値 <math>R_x</math></th> <th>検流計の針の振れ方</th> <th>PQ間の電位差 <math>V_{PQ}</math></th> <th>PB間の電位差 <math>V_{PB}</math></th> <th>QD間の電位差 <math>V_{QD}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>減少させた場合</td> <td>[Ω]</td> <td>→</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> <td>[V]</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ブロックで作成した起電力と電位降下の立体模型を用いて説明する。</p> |                  |                  | すべり抵抗器の抵抗値 $R_x$ | 検流計の針の振れ方 | PQ間の電位差 $V_{PQ}$ | PB間の電位差 $V_{PB}$ | QD間の電位差 $V_{QD}$ | もとの値 | [Ω] | 振れない | [V] | [V] | [V] | 増加させた場合 | [Ω] | ← | [V] | [V] | [V] | 差 (もとの値－増加させた場合の値) |  |  |  |  |  |  | すべり抵抗器の抵抗値 $R_x$ | 検流計の針の振れ方 | PQ間の電位差 $V_{PQ}$ | PB間の電位差 $V_{PB}$ | QD間の電位差 $V_{QD}$ | 減少させた場合 | [Ω] | → | [V] |
|                          | すべり抵抗器の抵抗値 $R_x$ | 検流計の針の振れ方  | PQ間の電位差 $V_{PQ}$ | PB間の電位差 $V_{PB}$ | QD間の電位差 $V_{QD}$ |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
| もとの値                     | [Ω]              | 振れない   | [V]              | [V]              | [V]              |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
| 増加させた場合                  | [Ω]              | ←  | [V]              | [V]              | [V]              |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
| 差 (もとの値－増加させた場合の値)       |                  |  |                  |                  |                  |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
|                          | すべり抵抗器の抵抗値 $R_x$ | 検流計の針の振れ方  | PQ間の電位差 $V_{PQ}$ | PB間の電位差 $V_{PB}$ | QD間の電位差 $V_{QD}$ |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |
| 減少させた場合                  | [Ω]              | →  | [V]              | [V]              | [V]              |           |                  |                  |                  |      |     |      |     |     |     |         |     |   |     |     |     |                    |  |  |  |  |  |  |                  |           |                  |                  |                  |         |     |   |     |

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <b>授業の手立て③「日常で見られる部品の演示実験」</b><br>生徒は、物理法則の実用的な理解をする。 |  | <b>市販のキッチンスケールの演示実験</b> |
|---|--|-------------------------|

|   |  |     |     |  |   |
|---|--|-----|-----|--|---|
| 5 | ロードセルに力を加え変形させた場合の電気信号を演示実験で確認し、その使用例について話を聞く。 | 展開② | 10分 | <p>○再度、オシロスコープ上でロードセルに力を加えて電位差が変化することを見せる。</p> <p>○生徒にも体験させる。</p> <p>発問「ロードセルはどのようなことに使われているのでしょうか。ワークシートに書いてください。」</p> <p>○ワークシートに意見を書かせる。</p> <p>○キッチンスケールを分解したものを見せて、ロードセルが使われていることを示すとともに、キッチンスケールのロードセルを押し引きして表示値がどう変化するか見せる。</p> <p>○今日学んだことが日常生活のさまざまな場面で使われていることを話す。(力の測定を行っているところ。重量計→果物等の選別に利用、力の測定→プレス加工(どの程度の力を加えるか))。</p> | ロードセル, 電池 [9V], ブレッドボード, 電解コンデンサー [1 μF], ジャンパー線, オシロスコープ, キッチンスケール, ワークシート |
|---|--|-----|-----|--|---|

|   |          |    |    |   |        |
|---|----------|----|----|---|--------|
| 6 | 振り返りを行う。 | 終末 | 5分 | <p>○この実験を通して、学習課題に対して何が分かったのかワークシートに書かせる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p><b>この授業の「振り返り」</b></p> <p><small>【本時の学習課題】</small></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0; text-align: center;">           ロードセルは、どんな仕組みで、力が電気信号になっているのだろうか。         </div> <p><b>【授業を通して分かったこと】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ロードセルは、<br/>_____ブリッジを活用したものである。</li> <li>● その仕組みは、ひずみゲージに力が加わることで、<br/>ひずみゲージの_____が変わり、<br/>それによって、ブリッジ間の_____が変わることである。</li> <li>● ロードセルは、具体的に_____などに使われている。</li> </ul> </div> | ワークシート |
|---|----------|----|----|---|--------|

## 5 結果の分析および考察

### (1) 物理法則の有用性を実感することができたか

物理法則の有用性を実感することができたかどうかを調べるため、授業実践後に【表 12】に示した質問を行った。1 回目の実践後では、授業に参加した 4 人全員が、問 1 において電気容量の関係式、コンデンサーマイクの仕組み、スマートフォンのマイクなどと答えていたことから、物理法則の有用性に対する理解をうかがうことができた。さらに問 2 でも全員が物理法則の有用性を実感できたと回答した。2 回目の実践後には、5 人全員が問 1 で「ロードセル」という言葉を記述することができなかつたものの、具体的に重量計やプレス加工の機械に使われていると答えていたことから、物理法則の有用性に対して理解している様子がうかがえた。また問 2 では、全員が物理法則の有用性を実感できたと回答した。これらのことから、教材を活用した授業を通して、生徒は物理法則の有用性を実感したことが示唆される。

【表 12】「物理法則の有用性を実感できたかどうか」評価する質問内容

|     |   |
|-----|---|
| 問 1 | <p>物理法則（または関係式）は、実社会・実生活でどのように役立っているか、以下の下線部に言葉や数式を書き加えて、具体的に説明してください。</p> <p>(第 1 回授業後の回答欄)<br/>           コンデンサーの_____の関係式 ( _____ = _____ ) は、<br/>           実社会・実生活では、<br/>           例えば_____の仕組みとして活用されており、<br/>           それは具体的に、<br/>           _____や_____に使われている。</p> <p>(第 2 回授業後の回答欄)<br/>           _____の法則を用いると、<br/>           ホイートストンブリッジでは、<br/>           未知の_____を正確に求めたり、<br/>           ブリッジ間の_____を求めたりすることができる。<br/>           ホイートストンブリッジは、実社会・実生活では、<br/>           _____の仕組みとして活用されており、<br/>           それは具体的に、<br/>           _____に使われている。</p> |
| 問 2 | <p>今日の授業から、あなたは物理法則（または関係式）の有用性を実感できましたか。当てはまるものを一つ選び、丸で囲んでください。</p> <p>(回答欄)<br/>           実感できた ・ 実感できなかった</p>   |

### (2) 「物理」に対する興味が高まったかどうか

#### ア 「物理」に対する興味

授業実践後に実態調査と同じ内容で、物理に対する興味について質問した。対象者ごとの実践前後の記述内容と、それを田中 (2015) の興味尺度を参考に分類した興味尺度を【表 13】に示す。一文中にいくつかの興味に該当する言葉がそれぞれ含まれている場合は、同時に複数の興味が示されていると判断した。分類できないものは未分類とした。また、生徒 A の 1 回目の実践後の記述「身近にあることを計算して出せる」と、生徒 B の実践前の記述「物事を計算で表すことができる」と、1 回目の実践後の記述「仕組みを式で表せる」との三つについては、思考活性型の興味にある「規則や法則の意味を理解できること」と日常関連型の興味をともに持っているからこそ記述できる内容と考え、思考活性型の興味と日常関連型の興味の両方に分類した。記述内容を分析するに当たり、実践前の記述内容に比べて実践後に増えた部分に注目した。実践前に書かれていた記述が、実践後に書かれていない場合もあるが、その場合は実践後に興味が失ったというより、実践前の興味をそのまま維持していると考え、分析を進めた。

【表 13】授業実践前後の「物理」に対する興味

| 生徒 | 記述内容   | 興味尺度 |    |    |    |    |    |     |
|----|--|------|----|----|----|----|----|-----|
|    |  | 実験   | 驚き | 達成 | 知識 | 思考 | 日常 | 未分類 |
| A  | (実践前)<br>・公式を使って複雑そうな問題を解けるとき。<br>・生活の中で起こることを知ることができる。<br>・多くの分野があって面白い。<br>・生活の中で使えそうなことを学ぶことができる。   |      |    | ○  | ○  |    | ○  | ○   |
|    | (第1回実践後)<br>・生活の中の使うもののしくみがわかるところ。<br>・様々な器具を使って実験できるところ。<br>・公式にあてはめて計算できるところ。<br>・実際に実験をして確認することができるところ。<br>・ものの仕組みを授業で理解できるところ。<br>・身近にあることを計算して出せること。<br>・実験で色々な方法を試すことができること。 | ○    |    | ○  |    |    | ○  |     |
|    | (第2回実践後)<br>・実験して理解できる。<br>・実験の結果を予想と比べるところ。<br>・使っているものの仕組みがわかるところ。<br>・計算して答えを出すことができるところ。<br>・一つの問題で計算がいくつかあるところ。<br>・公式にあてはめて考えることができるところ。<br>・社会に出て役立ちそうなことがたくさん学べるところ。       | ○    |    | ○  |    | ○  | ○  | ○   |
| B  | (実践前)<br>・実験を行い、より深く知ることができるところ。<br>・物事を計算で表すことができるところ。<br>・学んだ内容を日常生活で表すことができるところ。  | ○    |    |    | ○  | ○  | ○  |     |
|    | (第1回実践後)<br>・仕組みを式で表せるところ。<br>・生活の中につながりがあることを感じられるところ。<br>・世の中の細かい仕組みを知ることができるところ。<br>・実験をして、身近に感じられるところ。   | ○    |    |    | ○  | ○  | ○  |     |
|    | (第2回実践後)<br>・生活に役立たせるところ。<br>・実験を行うこと。<br>・分からなかったことを実験で分かるようにするところ。<br>・話し合いで他人の意見を聞くことができること。<br>・物理法則の理解をより深く知られること。<br>・社会とのつながりがあることを知ること。                                    | ○    |    | ○  |    | ○  | ○  |     |
| C  | (実践前)<br>・いろいろな実験や観察。<br>・見る、触れることによって新たにわかる。<br>・問題の予想を考えるため、話し合い理解を深める。<br>・物理と生活のつながりに驚く。   | ○    |    | ○  |    | ○  | ○  |     |
|    | (第1回実践後)<br>・実験をすること。<br>・それ(実験)で生活との関係を知ることができる。<br>・知る以外に、考えたり、見たり触れたりして理解が深まる。<br>・話し合うところ。<br>・計算を解くところ。<br>・いろいろな仕組みについて学ぶことができる。   | ○    |    | ○  | ○  | ○  | ○  |     |
|    | (第2回実践後)<br>・実験をすること。<br>・物理法則や関係式などを用いて問題を解くところ。<br>・生活との関係、仕組みなどを知れるところ。<br>・話し合って予想をし考えるところ。<br>・計算すること。  | ○    |    | ○  | ○  | ○  | ○  |     |

注 興味尺度は、実験体験型興味を「実験」というように略して記載した。

注 下線部は、分類に使用した部分を示す。

【表 13】 のつづき

| 生徒 | 記述内容   | 興味尺度       |    |                            |    |        |    |     |
|----|--|------------|----|----------------------------|----|--------|----|-----|
|    |  | 実験         | 驚き | 達成                         | 知識 | 思考     | 日常 | 未分類 |
| D  | (実践前)<br>・ <u>実験を</u> すると、目に見えるので分かりやすい。<br>・計算ミスなしで問題を解けたとき。<br>・見たことのない問題をなんとなくやってみたら合っていたとき。<br>・テストで結果が良かったとき。   | ○          |    | ○<br>○<br>○                |    |        |    |     |
|    | (第2回実践後)<br>・ <u>物理法則や計算などが社会で役立っていることを知る</u> ことができる。<br>・ <u>観察や実験を</u> することで、自分で実感しながら勉強することができる。<br>・グループで話し合ったり予想しあったりするところ。<br>・計算ができたときの達成感。<br>・めずらしい器具や機械を使うところ。<br>・計算(数学)の知識にプラスして物理の考えが混ざっているところ。 | ○<br><br>○ |    | ○                          | ○  |        | ○  |     |
| E  | (実践前)<br>・公式を使って、自力で問題を解けたとき。<br>・ならったことが、実際に日常の中で見れたとき。<br>・前にならったことが、次に応用できたとき。<br>・今までならってきたことが、すべて繋がっていると分かったとき。<br>・先生の話をしっかり理解できたとき。<br>・友達と話し合いをする中で、内容が理解できたとき。<br>・物理で学んだことが何かに役立っているのをみたとき。        |            |    | ○<br>○<br>○<br>○<br>○<br>○ |    | ○<br>○ | ○  |     |
|    | (第1回実践後)<br>・実験で公式の仕組みが分かった時。<br>・話し合いの中で学んだことが活かされた時。<br>・自分の考えと実験結果が一致した時。<br>・少しでも条件を変えることで結果が大きく変わるところ。<br>・物理で習ったことが <u>実生活に活かされているところを知った</u> とき。<br>・少しのずれとかでかわってしまうところ。<br>・実験の中で関係式とのつながりを知れるところ。   | ○<br><br>○ |    | ○<br>○<br>○                | ○  | ○<br>○ | ○  |     |
|    | (第2回実践後)<br>・公式を使って問題を解けたとき。<br>・公式の仕組みが理解できたとき。<br>・実験結果がうまくいったとき。<br>・ <u>実生活で使われていることを知れた</u> とき。<br>・観察や実験を通して、公式や仕組みが理解できたとき。   | ○<br><br>○ |    | ○<br>○                     | ○  | ○      | ○  |     |

注 興味尺度は、実験体験型興味を「実験」というように略して記載した。

注 下線部は、分類に使用した部分を示す。

#### (ア) 実験体験型の興味

まず、全員に「実験をして～を感じる」とか「実験で～ができる(分かる)」という記述がみられたことから、全員に実験体験型の興味が生じていた。特に、生徒AとEは新たに実験体験型の興味が生じていた。これは、教材を開発する段階①と②を生徒実験に取り入れたことで、生徒自らが直接的な体験をし、それに伴う興味が生じたものと考えられる。

生徒Dは、実践前に「実験をすると目に見えるので分かりやすい」と記述し、すでに実験体験型の興味を持っていた生徒であるが、2回目の実践後には「観察や実験をすることで、自分で実感しながら勉強することができる」と記述内容が変化していた。この時の感想から、実験を通して目に見えるものだけでなく、目に見えないものも実感していたことが分かる【図 14】。

紙に書かれてある説明や、回路図を「何かが起きているか全く分からないが、実際に回路をつなげて自分で数値をはかると、何となく「電流」というものが存在している」という実感はできました。計算はとても苦手なので、大変でした。

【図 14】生徒Dの感想

(イ) 思考活性型の興味

次に、全員の記述内容に「考える」、「予想する」、「理解する」、また「話し合い」などの言葉が含まれていたことから、全員に思考活性型の興味が生じていると判断した。特に、生徒AとDには新たに思考活性型の興味が生じていた。思考活性型の興味が生じた理由には、二通りあると考えられる。

一つ目は、STEM 教材を用いた生徒実験を行う際に、生徒が STEM 教材の仕組みについて考えたことである。1 回目の実践における思考前後の流れを以下に示す。

1. 平行板コンデンサーの電気容量の測定実験から、電気容量に関する関係式を見出す。
2. コンデンサーマイクの仕組みが電気容量に関する関係式を活用したものを知る。
3. 電気容量に関する関係式を用いると、なぜ音が電気信号になるのか考える（仕組み）。
4. コンデンサーマイクを作成して、考えた仕組みについて確認する。

この中で、生徒が平行板コンデンサーの実験を通して見出した電気容量の関係式を用いて、コンデンサーマイクの仕組みについて考えたところが大切な部分である。生徒は事前の平行板コンデンサーの実験から電気容量が極板の面積、極板間の距離、誘電体によって変わることを体験的に理解していたため、コンデンサーマイクの仕組みについて考えるときには、音によって極板の面積、極板間の距離、または誘電体のどれが変化すればよいかのみ考えればよかった。もし測定実験を行わず、電気容量の関係式を講義形式で伝えていたとしたら、一部の生徒は電気容量の関係式についての理解が不十分なままになり、コンデンサーマイクの仕組みについて考えることが難しくなったと思われる。また、生徒が自分の考えと理由をワークシートに書き出した後に、班やクラス内で話し合うようにしたことで、根拠のある説明をすることが求められ、なぜそうなるのかより深く思考することになったと考えられる。

二つ目は、生徒実験の一部に、授業の手立てで示した「生徒自ら思考した仕組みを生徒自身で再現する実験」を設けたことである。生徒AやEの実践後の「実験で色々な方法を試すことができること」や、「少しでも条件を変えることで結果が大きく変わるところ」という記述から、生徒が思考しながら実験を行っていたことが読み取れる。1 回目の実践では、コンデンサーマイクの電気信号が大きくなる場合について、大きさや高さの異なる振動板やスパーサーに加えて、誘電体の有無も生徒自身で組み合わせるようにしたことから、実験体験型の興味に加えて、さらに思考活性型の興味が生じたと考えられる。

さらに多くの興味が生じた生徒Cの場合は、実践前の「見る、触れることによって新たにわかる」という記述から、1 回目の実践後には「知る以外に、考えたり、見たり触れたりして理解が

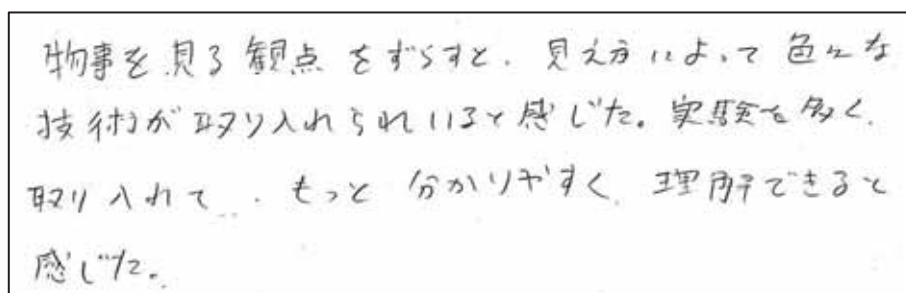


深まる」と記述内容に変化がみられた。これより、実験体験型と達成獲得型に加えて、知識獲得型と思考活性型の興味が加わっていることが読み取れる。この生徒は、実験を通して思考することで「わかる」に加えて、さらに「理解が深まる」と興味の内容が変化したと考えることができる。

(ウ) 日常関連型の興味

さらに、「生活の中で使うものの仕組みがわかる（生徒A）」や、「生活の中につながりがあることを感じられる（同B）」、「生活との関係を知ることができる（同C）」、「物理法則や計算などが社会で役立っていることを知ることができる（同D）」、「実験の中で関係式と日常のつながりを知ることができる（同E）」と、全員の記述に学習内容と日常のつながりを示す内容が書かれていたことから、全員に日常関連型の興味が生じていたことが分かった。これは、日常とのつながりを重視した教材を使用したことによるものと考えられる。特に、コンデンサーマイクは、生徒にとってその機能をイメージしやすいことや、生徒が身近に使用しているものの中で活用されていることから、生徒にとって分かりやすい素材であり、学習内容と日常生活とのつながりについて理解しやすかったものと考えられる。

また、生徒Bは2回目の実践後の感想で、日常関連型の興味を持つことに加えて、学習内容を活用する際のものの見方について述べている【図15】。今後、このような視点を持って学び続けることができれば、学習内容と日常生活とのつながりをより感じやすくなるとともに、身の回りの機器に使われている技術のことまで考えることができるようになると期待される。



【図15】生徒Bの感想

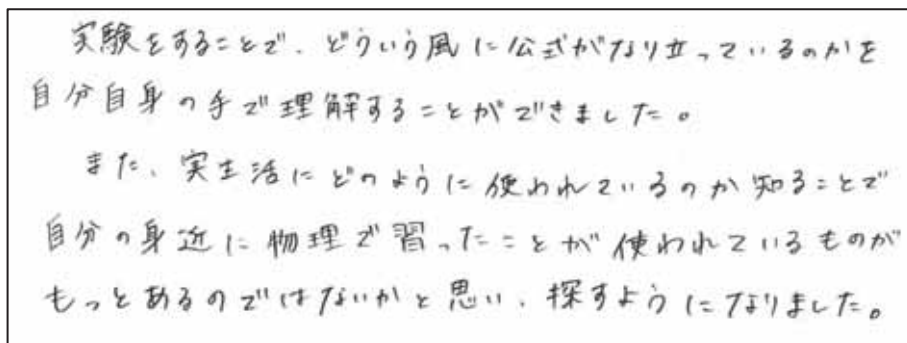
(エ) 知識獲得型の興味

また、全員に知識獲得型の興味も生じていた。特に、生徒C、D、Eには新たに知識獲得型の興味が生じており、「生活との関係を知る（生徒C）」や、「物理法則や計算などが社会で役立っていることを知ることができる（同D）」、「物理で習ったことが実生活で活かされていることを知った（同E）」という記述から、生徒が日常生活とのつながりを知ることそのものにも興味を示したと考えることができる。

(オ) 達成獲得型の興味

生徒Eは、実践前に「公式を使って、自力で問題を解けたとき」、「先生の話をしつかりと理解できたとき」と記述しており、すでに達成獲得型の興味を持っていたことが読み取れる。そして1回目の実践後には「物理で習ったことが実生活に活かされているところを知ったとき」という記述が、2回目の実践後には「実験結果がうまくいったとき」という記述が増えた。これらの記述から、問題を解くことや講義内容を理解できたことに加えて、今回の実践授業の内容からも、

達成獲得型の興味を持ったことがわかる。この生徒は、【表 7】に示した質問項目「物理の授業で学習したことを、普段の生活の中で活用できないか考える」において、当てはまらないと回答した生徒であったが、2回目の実践後の感想から、学習内容を日常生活の中で活かして考えるように変化したことが読み取れる【図 16】。



実験をやることで、どいう風に公式が作り出されているのかを  
自分自身の手で理解することができました。  
また、実生活にどのように使われているのか知ることで  
自分の身近に物理が習ったことが使われているものが  
もっとあるのではないかと思い、探すようにしてみました。

【図 16】生徒Eの感想

(カ) 驚き発見型の興味

驚き発見型の興味については、生徒Cのみが実践前に記述していたが、他の生徒には実践の前後を通してそれ以外の記述は見られなかった。本研究では、基本的な生徒実験の内容を基に、コンデンサーマイクやロードセルの仕組みについて生徒が思考し、それを確認する実験を行っていることから、生徒が全く予想しないような結果が出たり、見た目が大きく変化したりするような結果にはならないため、驚きにはつながらなかったのかもしれない。

(キ) 「仕組み」について

共通して記述された言葉に注目すると、1回目の実践後の記述には全員に「仕組み」という言葉が用いられていた。生徒Aの「生活の中の使うもののしくみがわかるところ」は、電気容量の関係式が、コンデンサーマイクの仕組み（構造）として活用されていることを指したものと考えられる。一方、生徒Eの「実験で公式の仕組みがわかったとき」は、平行板コンデンサーの電気容量の測定実験から平行板コンデンサーの電気容量の関係式を見出したときに生じたものと考えられる。講義形式で数式としての関係式の意味を理解するよりも、実際に平行板コンデンサーの間に挟む紙の枚数を変えたことと電気容量が比例することを見出してから数式にした方が、関係式の持つ意味合いを理解しやすくなっていることを表していると考えられる。こうした「仕組み」を用いた記述は、実験体験型、達成感情型、知識獲得型、思考活性型、日常関連型の各興味とつながりがあるように見える。

(ク) 感情的興味と価値的興味

最後に、実験体験型、驚き発見型、達成感情型の各興味で表される「感情的興味」と、知識獲得型、思考活性型、日常関連型の各興味で表される「価値的興味」がどの程度記述されているか、個々の生徒の記述した項目の数を求めその変化を調べた。その際、初めて実践授業を受けてどのように興味が変わったかを確認するため、実践前と1回目の実践後(生徒Dのみ2回目の実践後)の項目の数を比較した【表 14】。生徒A, C, D, Eは実践前に比べて実践後の「価値的興味」が3～5項目増えていたことから、これらの生徒が実践授業で学習した内容の価値を認めたことで、それに伴う興味が生じていたと考えることができる。一方、「感情的興味」については、生徒Aの

みが実践前に比べて1回目の実践後に5項目増加していたが、それ以外はほぼ変わっていなかった。実践の前後で、「感情的興味」よりも「価値的興味」の項目数が大きく増えた生徒が5人中4人と多かったことから、実践を通して「物理」に対する興味の高まりとともにその質も変化したことが示唆される。

【表 14】初めて実践授業を受けた際の感情的興味と価値的興味に該当する項目数の変化

| 生徒    | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 感情的興味 | 1 → 6 | 1 → 1 | 4 → 5 | 4 → 3 | 6 → 5 |
| 価値的興味 | 3 → 6 | 4 → 5 | 2 → 6 | 0 → 5 | 4 → 7 |

以上をまとめると、実践授業を通して、生徒には実験体験型の興味、思考活性型の興味、日常関連型の興味、知識獲得型の興味、達成獲得型の興味が共通して生じていた。また、一部の生徒に実験体験型の興味と思考活性型の興味が同時に存在する記述が見られたように、実験体験型の興味と他の興味が同時に生じている記述も見られた。同じ興味でも実践前にはない記述が増えていることや、記述内容に具体性や深まりが見られることから、結果は生徒の「物理」に対する興味が高まったことを示唆している。

#### イ 科目の興味度調査

授業に対して生徒がどのように感じたか調べるために、1回目および2回目の実践後に科目の興味度調査を行い、授業により生徒がどのように動機づけられたか測定した【表 15】。

【表 15】授業後に実施した科目の興味度調査の得点

| No | 質問項目  | 生徒A |     | 生徒B |     | 生徒C |     | 生徒D |     | 生徒E |     | 平均  |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    |   | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 |     |
| 1  | 先生は、この授業で私たちを熱中させるような方法を知っていた。                | 4   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | —   | 4   | 5   | 5   | 4.4 |
| 2  | この授業で学習している内容は、私にとって役に立つだろう。                  | 5   | 5   | 4   | 5   | 3   | 3   | —   | 5   | 3   | 5   | 4.2 |
| 3  | 私はこの授業を上手くやる自信があった。                           | 3   | 3   | 3   | 3   | 4   | 3   | —   | 1   | 2   | 2   | 2.7 |
| 4  | この授業には注意をひきつけられることはほとんどなかった。（*）               | 5   | 5   | 5   | 5   | 3   | 5   | —   | 5   | 5   | 5   | 4.8 |
| 5  | 先生はこの授業の内容が重要だと感じさせていた。                       | 4   | 5   | 4   | 5   | 3   | 4   | —   | 5   | 5   | 5   | 4.4 |
| 6  | この授業でよい成績をとるには運が必要だった。（*）                     | 2   | 4   | 5   | 4   | 3   | 3   | —   | 5   | 5   | 5   | 4.0 |
| 7  | 私がすでに知っていることと、この授業の内容にどのような関係があるのかわからなかった。（*） | 5   | 3   | 4   | 5   | 3   | 4   | —   | 4   | 5   | 5   | 4.2 |
| 8  | この授業でよい成績がとれるかどうかは私自身にかかっている。                 | 3   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | —   | 5   | 5   | 5   | 4.3 |
| 9  | 先生は重要なポイントに向けて話を盛り上げていった。                     | 4   | 5   | 5   | 5   | 4   | 4   | —   | 4   | 5   | 5   | 4.6 |
| 10 | この授業の内容は、私にとってあまりにも難しかった。（*）                  | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | —   | 2   | 4   | 3   | 3.3 |
| 11 | 私はこの授業にとっても満足している。                            | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 4   | —   | 5   | 5   | 5   | 4.8 |
| 12 | この授業で、私は高い基準（目標）を立てて、それを達成しようとしていた。           | 1   | 2   | 5   | 4   | 4   | 3   | —   | 2   | 4   | 4   | 3.2 |
| 13 | 私の成績やその他の評価は、他の生徒と同様に公平だったと思う。                | 5   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | —   | 4   | 5   | 5   | 4.6 |
| 14 | 生徒たちは、内容に興味を持っているようだった。                       | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | —   | 4   | 5   | 5   | 4.2 |
| 15 | 私はこの授業を楽しんだ。                                  | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 5   | —   | 3   | 5   | 5   | 4.7 |

注 （\*）は逆転項目を示す。

【表 15】 のつづき

| No | 質問項目   | 生徒A         |             | 生徒B         |             | 生徒C         |             | 生徒D         |             | 生徒E         |             | 平均  |
|----|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
|    |  | 1<br>回<br>目 | 2<br>回<br>目 | 1<br>回<br>目 | 2<br>回<br>目 | 1<br>回<br>目 | 2<br>回<br>目 | 1<br>回<br>目 | 2<br>回<br>目 | 1<br>回<br>目 | 2<br>回<br>目 |     |
| 16 | 私が思っていた課題の評価と比べ、先生の評価には満足している。                   | 4           | 5           | 4           | 5           | 4           | 3           | —           | 4           | 5           | 4           | 4.2 |
| 17 | 私はこの授業から学んだことに満足している。                            | 4           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.8 |
| 18 | この授業の内容は、私の期待や目的に沿っていた。                          | 4           | 4           | 5           | 5           | 3           | 4           | —           | 4           | 4           | 4           | 4.1 |
| 19 | 先生は、普段と違うことや驚くようなことをして授業をおもしろくした。                | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 4           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.8 |
| 20 | 生徒たちはこの授業に積極的に参加した。                              | 4           | 4           | 5           | 5           | 5           | 4           | —           | 5           | 4           | 4           | 4.4 |
| 21 | 自分の大きな目標を達成するには、この授業でよい成績をとることが重要だ。              | 5           | 5           | 4           | 4           | 4           | 4           | —           | 4           | 4           | 5           | 4.3 |
| 22 | 先生は、いろいろなおもしろい教え方を使っていた。                         | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.9 |
| 23 | 私はこの授業から何か得るものがあるとは思わなかった。（*）                    | 5           | 5           | 5           | 5           | 3           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.8 |
| 24 | この授業の間、私はぼーっとすることが多かった。（*）                       | 4           | 4           | 5           | 5           | 3           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.6 |
| 25 | この授業を受けていて、一生懸命やればよい成績がとれると信じていた。                | 4           | 5           | 3           | 4           | 4           | 4           | —           | 3           | 5           | 5           | 4.1 |
| 26 | この授業から個人的に得られるものは、はっきりしていた。                      | 3           | 3           | 5           | 4           | 4           | 4           | —           | 2           | 3           | 2           | 3.3 |
| 27 | この授業の質問や課題は私の好奇心を刺激することが多かった。                    | 3           | 3           | 5           | 4           | 4           | 4           | —           | 3           | 5           | 4           | 3.9 |
| 28 | この授業の難易度はやさしすぎも難しすぎもせず適切であった。                    | 5           | 5           | 5           | 3           | 5           | 5           | —           | 2           | 5           | 3           | 4.2 |
| 29 | この授業にはかなりがっかりしている。（*）                            | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 5.0 |
| 30 | 成績やコメント、その他のフィードバックによって、この授業への取り組みが十分評価されていると思う。 | 5           | 5           | 4           | 4           | 4           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.7 |
| 31 | この授業で私がしなければならぬ課題の量は適切であった。                      | 5           | 5           | 4           | 4           | 4           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.7 |
| 32 | 自分がどれくらいうまくやっているかを知るために、十分なフィードバックをもらった。         | 5           | 5           | 4           | 5           | 4           | 5           | —           | 5           | 5           | 5           | 4.8 |

注 （\*）は逆転項目を示す。

質問項目 4 番「この授業には注意をひきつけられることはほとんどなかった。（\*）」の平均値が 4.8 と非常に高いことから、生徒が授業にひきつけられていたことが読み取れる。質問項目 19 番「先生は、普段と違うことや驚くようなことをして授業をおもしろくした」と 22 番「先生はいろいろな面白い教え方を使っていた」の平均値がそれぞれ 4.8, 4.9 と非常に高いことから、生徒は教材の活用を含め、授業に対して面白さを感じていたことが読み取れる。質問項目 24 番「この授業の間、私はぼーっとすることが多かった。（\*）」では、平均値が 4.6 と高く、生徒が授業に集中していたことがうかがえる。質問項目 14 番「生徒たちは内容に興味を持っているようだった。」の平均値が 4.2 と高く、また質問項目 20 番「生徒たちはこの授業に積極的に参加した。」の平均値が 4.4 と高いことから、生徒の目から見ても他の生徒が授業の内容に興味を持っているように見え、さらに授業に積極的に参加しているように見えていたことが読み取れる。その結果として、生徒は授業を楽しむとともに（質問項目 15 番の平均値は 4.7）、授業から学んだことにも、ともに満足していたことが読み取れる（質問項目 11 番と 17 番の平均値はともに 4.8）。これは質問項目 29 番「この授業にはかなりがっかりしている。（\*）」の平均値が 5.0 であったことから裏付けられる。以上の結果は、生徒が「物理」に対する興味が高まった場合に生じると予想される反応と矛盾しないものと考えられる。

(3) 「物理」に関する意識の変化について

実践後に「物理」の学習に対する関心・意欲・態度がどのように変化したか調べるため、2回目の実践授業が終了してから約3週間後の11月下旬に再度物理選択者5名に対して【表7】と同じ質問を行った。結果を【表16】に示す。「物理の勉強が大切だ」、「理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役立つ」、「物理に関する観察や実験を行うことは好きだ」の3項目は、事前調査でそれぞれ1名が否定的な回答をしていたが、今回の調査では全員が肯定的な回答をした。この結果は、全員が実験体験型の興味を示したことと矛盾しない。また「物理の授業で学習したことを、普段の生活の中で活用できないか考える」という項目でも肯定的な回答をした生徒が2名から3名に増えていた。これらのことから、実践を通して否定的な回答をしていた生徒の意識が肯定的なものに変化したことが読み取れる。一方で、「物理の勉強が好きだ」、また「物理の勉強の内容はよくわかる」という項目で否定的な回答が増加していた。その理由として、調査の実施時期が後期中間考査終了後になった影響が大きいと考えられる。

【表16】「物理」の学習に対する関心・意欲・態度の変化

| 項目                               | 選択肢（人数） |                   |                     |         |
|----------------------------------|---------|-------------------|---------------------|---------|
|                                  | 当てはまる   | どちらかといえば<br>当てはまる | どちらかといえば<br>当てはまらない | 当てはまらない |
| 物理の勉強は好きだ                        |         | 3 → 1             | 2 → 4               |         |
| 物理の勉強は大切だ                        | 1 → 2   | 3 → 3             | 1 → 0               |         |
| 物理の勉強の内容はよくわかる                   |         | 1 → 1             | 4 → 3               | 0 → 1   |
| 物理の授業で学習したことを、普段の生活の中で活用できないか考える | 0 → 1   | 2 → 2             | 2 → 2               | 1 → 0   |
| 物理の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つ    | 2 → 2   | 2 → 3             | 1 → 0               |         |
| 将来、物理や科学技術に関する職業に就きたい            | 1 → 1   | 1 → 1             | 3 → 3               |         |
| 物理に関する観察や実験を行うことは好きだ             | 1 → 2   | 3 → 3             | 1 → 0               |         |

(4) 教材を使用する際の注意点とその改善方法について

ア 刺繍枠の材質について

作成したコンデンサーマイクの電気信号を、音さとオシロスコープを用いて確認した際、刺繍枠の素材によって電気信号の振幅が異なる現象が生じた。プラスチック製のものよりも木製のものの方が、電気信号が大きかった。直径15 cmの刺繍枠の重さを比較すると、プラスチック製のものは36 g、木製のものは21 gと木製のものの方が軽かった。音さから出た音が振動板に届くと、振動板のアルミ箔が振動し、その振動が刺繍枠に伝わって振動板全体が振動する。その際、刺繍枠が重いと振動に伴うエネルギーが失われ、電気信号は減衰しやすくなると考えられる。そのため、実験で使用する刺繍枠は木製のものを使用する方が良い。

イ リード線について

次に、簡易メートルブリッジを用いて未知の抵抗値を測定した際、理論通りの結果が得られなかった。内部抵抗が大きな古いリード線を使用したため、リード線で電圧降下が生じていたことが原因と考えられる。新しいリード線に交換したら理論通りの結果が得られた。古いものを使用する影響は、抵抗箱やすべり抵抗器の端子にも存在し、ほこりの付着や端子の金属部分の錆びによって正しい値を表示しない場合もあったが、サンドペーパー等で汚れを取ることで解決することができた。

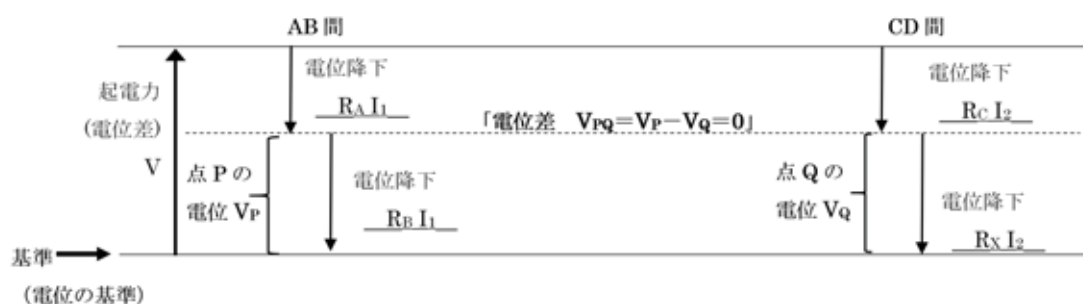
ウ 安定した測定を行うために

デジタルテスターを用いて測定した際に、測定値が安定しないことがあり、接触面積を増やすことで改善することができた。接触面積が測定に与える影響は、ひずみゲージの抵抗値を測定する場合にも生じた。その理由は、ひずみゲージの導線が非常に細いために、テスターの端子との接触面積が小さくなったことによる。そこで、ひずみゲージの導線を太さ 0.4 mm の導線とはんだ付けした後、導線部分にホットボンドをつけ、それをアクリル板で挟んで接着させた。これにより、非常に細い導線部分やはんだ付けした部分を保護し、安定して測定することができるようになった。

エ 起電力と電位降下の模式図について

すべり抵抗器の抵抗値を変化させた場合にブリッジ間の電位差がどのように変化するか思考した際、生徒は直前に行った未知の抵抗値の測定実験で使用したワークシート内の起電力と電位降下の模式図（本論文の 23 ページを参照）を用いていた。しかし、その模式図がブリッジ間に電位差がある状態を表したものであったため、一部の生徒はそれからブリッジ間の電位差が 0 の模式図を想像することができず、理解に困っていたようであった。そこで、思考する場面のワークシートに新たにブリッジ間の電位差が 0 のときの模式図を追加し、理解しやすくなるようにした【図 17】。

検流計の針が振れていないときの起電力と電位降下の模式図



【図 17】ワークシートに追加した起電力と電位降下の模式図

## VIII 研究の成果と課題

### 1 研究の成果

本研究では、物理法則と日常生活とのつながりを生徒が実感しやすくなるよう、STEMの要素を盛り込んだ教材を開発し、その教材を観察・実験に活用することで、生徒が物理法則の有用性を実感できたかどうか、「物理」に対する興味・関心が高まったかどうかを明らかにしようとしたものである。本研究で明らかになった成果は以下のとおりである。

- (1) STEMの要素を盛り込み、三つの段階で開発した教材を、実験を中心とした課題解決型の授業に活用したところ、生徒が物理法則の有用性を実感することが示唆された。
- (2) STEMの要素を盛り込み、三つの段階で開発した教材を、実験を中心とした課題解決型の授業に活用したところ、生徒の「物理」に対する興味が高まることが示唆された。

## 2 今後の課題

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- (1) 研究対象の人数が増加した場合でも同様の成果が得られるのか検証する必要がある。
- (2) 電磁気分野以外でも STEM の要素を盛り込んだ教材を開発し、観察・実験に活用する。

<おわりに>

長期研修の機会を与えてくださいました関係諸機関の各位並びに所属校の先生方と生徒のみなさんに心から感謝を申し上げ、結びのことばといたします。

### 【引用文献】

梅澤敦 (2016), 『諸外国の教育課程と学習活動 : 理科編(資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 3) (平成 27 年度プロジェクト研究調査研究報告書)』, 国立教育政策研究所, p. 71

川上祐子・向後千春 (2013), 『ARCS 動機づけモデルに基づく Course Interest Survey 日本語版尺度の検討』, 日本教育工学会研究報告集, JSET13-1, pp. 289-294

田中瑛津子 (2015), 『理科に対する興味の分類－意味理解方略と学習行動との関連に着目して－』, 教育心理学研究, 63, pp. 23-36

文部科学省 (2009), 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』, 実教出版株式会社

### 【参考文献】

Keller, J. M., 鈴木克明監訳 (2010), 『学習意欲をデザインする－ARCS モデルによるインストラクショナルデザイナー』, 北大路書房

NGSS Lead States (2013), 『Next Generation Science Standards: For States, By States (insert specific section title(s) being used if not referring to entirety of the NGSS)』

伊藤新一郎 (2010), 『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』, 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要, 22, pp. 30-31

岡山総合教育センター (2017), 『学ぶ意義や有用性を実感する理科の授業づくり－科学と人間生活の関わりを意識した実践事例－』

栗山和広・平山典子 (2016), 『中学生の理科に対する好き嫌いの構成要因』, 愛知教育大学研究報告 人文・社会科学編, 65, pp. 1-7

国立教育政策研究所編 (2007), 『生きるための知識と技能③ OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006 年調査国際結果報告書』, ぎょうせい, pp. 137-140

藤田剛志 (2012), 『理科の有用性認知と学習動機の志向性に関する実証的研究』, 千葉大学教育学部研究紀要, 60, pp. 373-378

### 【参考 Web ページ】

文部科学省・国立教育政策研究所 (2015a), 『平成 27 年度全国学力・学習状況調査の結果について (概要)』, p. 5, <http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/summary.pdf> (平成 30 年 2 月 23 日閲覧)

文部科学省・国立教育政策研究所 (2015b), 『平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書 (質問紙調査)』, pp. 22-28, <http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/qn.pdf> (平成 30 年 2 月 23 日閲覧)

文部科学省・国立教育政策研究所（2016a），『OECD 生徒の学習到達度調査～2015 年調査結果補足資料～』， p. 8， [http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/06\\_supple.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/06_supple.pdf)（平成 30 年 2 月 23 日閲覧）

文部科学省・国立教育政策研究所（2016b），『[資料 2] PISA2015 年調査：生徒質問調査』， p. 16， [http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2015\\_questionnaire\\_stu.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2015_questionnaire_stu.pdf)（平成 30 年 2 月 23 日閲覧）