

小学校教員養成における電気回路の基本概念に 対する理解度調査

宮花昂平・磯田 誠

香川大学教育学部, 760-8522 香川県高松市幸町 1 - 1

Survey on the Comprehension of Elementary Concepts on the Electric Circuit in Elementary School Teacher Training

Kouhei MIYAHANA and Makoto ISODA

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1, Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522, Kagawa, Japan

Abstract

On the direct-current electric circuit for the education in the teacher training of elementary school, we report the results on one of two types of questionnaire researches performed for the students of the faculty of education. The relevant questionnaire includes question items about various ideas on elementary electric circuit. It is clarified that the idea of “voltage” is not comprehended by most teacher aspirant students, which idea is more elementary than that of “non-linear resistance of the miniature bulb” motivated to perform the present research. Then we propose a tentative plan of the experimental teaching material for comprehending the “voltage”.

I. はじめに

電気分野の基礎的概念が中学生ばかりか教員養成系の大学生においても理解が不十分であることが、これまでも多くの調査などにより報告されてきている。^{1~4)} そのような状況の下で小学校教員養成において、理科の

物理分野における電気についてどの程度の理解が必要であると考えた教育内容を提供すべきかということは、多くの意見のある非常に難解な問題と思われる。本稿では、その一側面として、小学校4年生の学習内容である直流電気回路について、問題点を指摘し、それ

を契機として香川大学教員養成課程の学生に対して行ったアンケート調査の結果について報告する。

まず、アンケート調査をする契機となったのは、小学校のある研究授業における以下のような話を伝え聞いたことである。乾電池と豆電球からなる直流回路において、乾電池を直列に増やすと検流計の振れは1個のときより増加するが2倍にならない。研究授業の担当教員は、その理由を「電池2個を直列に接続するために配線の導線が長くなったためである」と答えたそうである。この話に驚いて、理科を専門としている現職の小学校教員2人にこの問いを投げかけたところ、その返答は2人共に「乾電池の内部抵抗のため」とのことであった。小学校4年生の教科書において、1社の教科書⁵⁾では実験結果の例が表にして示されており、その一つの欄の「はりのふれた目もりの数(電流の強さ)」として、乾電池1個のときは“2”、2個直列にすると“3”と記載されている。⁶⁾指導書⁷⁾を見ると、「乾電池2個を直列につないでも、数値は2倍にはならないことを助言する。」「乾電池1個のときと比べて、回路に流れる電流が強くなることがとらえられればよい。」と書かれている。しかし、なぜ2倍にならないのかの説明はされていない。

この問題に対する一つの提案として、我々は、小学校で使用する器具である乾電池、豆電球に加えてセメント抵抗を用いて、乾電池の内部抵抗や豆電球の非直線抵抗を実感できる簡便な実験を提示した。そして、その実験により、乾電池を2つ直列に接続することによる導線が1m長くなったと仮定しての抵抗の増加、乾電池の内部抵抗による回路の抵抗増加、豆電球の非直線抵抗による抵抗の増加の3つの効果による抵抗増加の内、最も大き

い寄与をするのは豆電球の非直線抵抗であることを示した。⁸⁾

小学校で4年生の理科を教える教員全員が、高校物理での学習内容である乾電池の内部抵抗や豆電球の非直線抵抗を知識として持っていることを要求することは、現在の高校や大学における理科の教育課程においては望めないであろう。しかし、これらの機器を用いる小学校の教員にとって、少なくとも、乾電池や豆電球の特性として、それぞれ、抵抗を持っている、電流と電圧の関係が直線にならないといった現象的な把握は必要ではないだろうか。

この問題に関して、2つの簡単なアンケート調査を行った。このアンケートの目的は、詳細な統計データを得ることを目的とするものでなく、教員を目指す教育学部の学生が小学校4年生で扱う直流電気回路についてどの程度の理解度を持っているかを大まかに把握し、教員養成教育の教材開発に資することを目的として行ったものである。アンケートの1つは、上記の問題についてのただ1つの問いからなるもので、はりの振れが2倍にならない原因を問うものであった。このアンケート(以下、アンケート1と呼ぶ)は、香川大学教育学部教員養成課程の理科教育講座に所属する2年生から大学院生の内の17名および卒業生の現職小学校教員1名を含む18名に対して行ったもので、このアンケート結果についてはすでに文献8において報告した。他方のアンケート(以下、アンケート2と呼ぶ)は、香川大学教育学部教員養成課程の学生および院生90名に対して行ったもので、非直線抵抗の問いのみならず、電気の基礎的概念についての問いも含むものである。

アンケート2の結果は、これまで様々な文献や研究報告にある通り、基礎的概念理解が

小学校教員養成における電気回路の基本概念に対する理解度調査

不十分であり、いわゆる電気分野に対する苦手意識を示すものであった。アンケートの内容やデータ処理については、不十分な点を多く含むが、このアンケート調査により教育学部学生の電気の基礎的概念の理解度が非常に低いことが明らかになったため、今後の小学校教員養成における理科教育のための参考になることを期待して報告することが本稿の目的である。また、小学校では扱わないが、電気の最も基本的概念である電圧の理解が不十分であることが明らかになったため、電圧概念をイメージしやすくするための教材を検討したので、それについても報告する。

II. アンケート調査の結果

まず最初に、既に文献8で報告したアンケート1の結果について簡単に記述する。現職小学校教員1名以外の理科専攻の学生17名は、2年生9名、3年生3名、4年生5名である。このアンケートの質問内容は、問1において、前節で述べた小学校4年生用理科における直流回路で、乾電池を2個直列にするとき、1個のときに比べ電流が2倍にならない理由を複数個回答可能な形で問い、問2では、問1で回答した複数個の理由のうちで最も主たる原因を問う内容である。アンケートの回答結果は、

- ・豆電球の非直線抵抗を理由の一つとして挙げているもの・・・2名（3年生1名、4年生1名）で、問2でこれを最も大きい効果をもたらすものとしたのは、3年生の1名
- ・乾電池の内部抵抗を理由の一つとして挙げているもの・・・7名（3年生3名、4年生4名）
- ・導線の抵抗を理由の一つとして挙げているもの・・・3名（2年生1名、3年生1名、4年生1名）であった。

ちなみに、18名中の1名として含まれている

小学校現職教員の挙げた理由は一つだけで、電池の内部抵抗であった。

次に、アンケート2について見てみる。調査対象90名の学年分布は、1年25名、2年8名、3年45名、4年11名、大学院修士課程1

※オームの法則
電流… I 電圧… V 抵抗… R のとき
 $I = \frac{V}{R}$ $V = RI$ $R = \frac{V}{I}$

◎高校で物理1を履修しましたか？ (はい・いいえ)

◎小・中学校の授業で、「電気」の分野は好きでしたか？また得意でしたか？ (好き・嫌い) (得意・苦手)

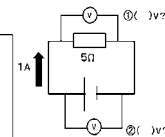
◎電流と電圧の違いは何でしょうか？分かる範囲で簡単に書いてください。
電流…
電圧…

◎電流計は直列、電圧計は並列につながりますが、その理由は何でしょうか？
分からない人は、「分からない」と書いてください。

◎電圧計①、②は何Vになるでしょうか？また、その理由を教えてください。
分からない人は、「分からない」と書いてください。

① () V
② () V

理由



アンケートは表に続きます。

◎小学生のMくんは乾電池と豆電球、検流計(電流値測定するための機器)を用いて、同一の乾電池を1個から2個に増やしたときの「豆電球の明るさ」「電流の値」の関係について調べた。

乾電池の数(個)	豆電球の明るさ	電流の値(A)
1	少し明るい	0.09
2	とても明るい	0.13

この結果を見て、Mくんは不思議に思った。つまり「乾電池の数を1個から2個に増やしたのだから、電流の値は2倍になるものだと予想していたからである。

実際に実験してみると、このような結果が得られるのだが、その理由はなぜでしょう。ただし、導線がきちんとつながっていないなどといった、実験の不備はない。
分からない人は、「分からない」と書いてください。

◎家庭内の配線は、電流が交流となった『並列回路』になっています。『並列回路』になっているメリット、デメリットを教えてください。分からない人は、「分からない」と書いてください。

メリット	デメリット

アンケートは以上です。ありがとうございました。

図1 アンケート調査用紙

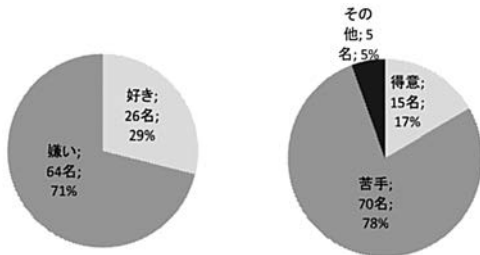


図2 電気分野について学生が持っている印象

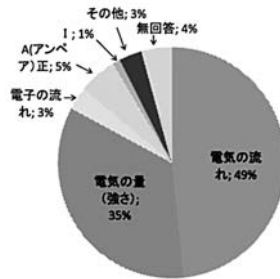


図3 “電流” についての解答

名である。アンケートを図1に示す。高校物理Iの履修者は27名、非履修者61名、半年間履修者1名、無回答1名であった。このアンケートでは、オームの法則の記憶の有無により調査に影響が出ることを避けるため、オームの法則をアンケート紙面に示した。

まず、小・中学校の授業での電気について「好き」か「嫌い」か、また、「得意」か「苦手」かについての問いの結果を見ると、図2のようになり、大多数の学生が「嫌い」で「苦手」であることを示している。このアンケートでは、その理由は質問していないが、「目に見えない」ためであろうことは多くの文献等^{3, 4)}で述べられているのと同様な傾向を示している。

次に、電気の最も基本的な概念である“電流”と“電圧”についての問いをしてみる。「電流と電圧の違いは何か」という記述式の問いである。図3に結果を示す。電流については、「電気の流れ」「電子の流れ」を正解とすると、正答率は52%である。「A(アンペア)」「I」も正解とみなすと、正答率は58%である。「電気の量(強さ)」は、電流とは異なる概念である電気量に相当するとも考えられるが、このアンケートの主旨である小学校教員養成という観点から、物理学的な厳密さを無視してこれも正解とみなすと正答率は93%にのぼる。ちなみに、図3中の「その他」3%は、

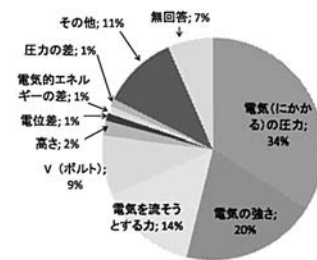


図4 “電圧” についての解答

「電気の流れやすさ」「流れる道すじ」「電気量」それぞれ1名である。

一方、電圧については、結果を図4に示す。その言葉によるイメージからか、「電気(にかか)る)の圧力」や「電気の強さ」「電気を流そうとする力」のような、“圧力”、“力”といった力学概念と結び付けて理解していることがわかる。この3つの答えを合わせると、68%にのぼる。文献4において、「『電圧は、電流を押し流す働きである』と、子供ばかりか多くの大人がそう思っている」と述べられているが、このアンケート結果もこのことを裏付ける結果となっている。電圧の概念は小学校では扱われず、中学校の教科書⁵⁾では「電流を流そうとするはたらき」と説明されている。“はたらき”という言葉から、“仕事”といった力学概念に結び付き、“圧力”や“力”の概念に結び付きやすいと考えられる。

小学校教員養成における電気回路の基本概念に対する理解度調査

しかし、同じ教科書には水が高いところから低いところに流れ落ちる図が示され、その高度差に高さが一致するように乾電池が描かれており、高校物理で扱われる“電位”、“電位差”に対応する重力ポテンシャル概念を想起させるが、この水の落下の図だけで“圧力”や“力”の概念との結び付きやすさが払拭されることはないであろう。その結果、高校で物理を履修していない多くの学生に誤った理解を定着させていることがアンケート結果から読み取れる。

ちなみに、アンケート結果の「その他」11%としてまとめた内容は、「負荷の量」4名、「電気の数」2名、「抵抗」1名、「量」1名、「抵抗を無視した電気の力」1名、「電気をうけとめる力」1名であり、これらの言葉が学生のどのような理解やイメージから出てきたものか理解が困難なものが多数ある。このことも、電圧概念の理解が難しいことを表していると思われる。

電流計は回路に直列に、電圧計は回路に並列につなぐ理由を問う質問を見ると、このことの正しい理解のためには高校物理の内容理解が必要であることがわかる。電流計や電圧計を初めて扱う中学校の教科書では、それらの扱い方が取扱説明書のように書かれているだけであり、“なぜ”に答えるための物理学的に立ち入った内容は高校物理の範囲となっている。そのためと思われるが、アンケートの回答も「わからない」と「無回答」を合わせて約半数に上っている。正解に含めてよいと思われる回答は、電流計については「流れる量を測るので」14名であり、電圧計については「圧力なので間接的に」5名や「圧力の差をはかるため」5名が僅かながら電位差の概念に通じるイメージを持っているのかと思われるが、正解とできるものは1名もいなかった。

た。

次の問いは、乾電池と 5Ω の抵抗からなる直流回路において、電圧計を抵抗の両端に並列に入れると電圧計は何Vを示し、電圧計を乾電池の両端に入れると何Vを示すかを尋ねている。回路を流れる電流は 1A と与えられているので、アンケート用紙に与えられているオームの法則を用いて、抵抗の両端の電圧は 5V と解答できるか①、また、それは乾電池の両端の電圧に等しいことを理解できているか②を問うている。電圧の値の解答は合っているが、理由が正しくないものは不正解とした。①の問いの正解率は67.8%、②の問いの正解率は42.2%で、②の正解率は①より大きく減少した。②の不正解の理由の例としては、「並列回路だから分かれる $\dots 2.5\text{V}$ 」「②は①に比べて抵抗が少ないから $\dots 1\text{V}$ 」「そもそも、そんなつなぎ方ができるのか? \dots 無回答」などがあつた。通常電圧を測定するのは、抵抗器や電球の両端の電圧を測定することが多いため、視覚的に記憶されている回路図では電圧計はアンケート内の図の①の位置にあるものとして記憶されていると思われる。このような視覚的記憶に頼って解答し、科学的概念としての理解は低い傾向にあると、平島らの調査においても指摘されている。²⁾しかし、中学校の教科書⁹⁾には乾電池の両端に電圧計が接続された図が記載されているのであるが。

3つ目の問いが、これらのアンケート調査を行う契機となつた非直線抵抗に関する問いである。正答者は理科の学生1名であつた。誤解答のうち注目すべきものとしては、「電池 or 導線 or 検流計の内部抵抗」といった回答7名、「電気が通り(摩擦)熱でエネルギーとして逃げていく」といった回答5名であつた。この問題に関しては、現職の小学校教員

2名への口頭の質問による聞き取りでも、2名共に「電池の内部抵抗のため」との回答であった。⁸⁾

最後の質問は、家庭内配線が並列回路になっていることへの理解度を知らず、並列接続になっていることのメリット、デメリットを問う形での質問形式になっている。この内容は、抵抗の直列・並列を扱う中学校2年生になって家庭内の配線として扱われている。例えば、東京書籍の教科書では、「科学のとびら 科学と生活」の欄で扱われ、「家庭の電気器具すべてが並列に接続されており、どの器具にも100Vの電圧が加わる」こと、従って家庭に流れ込む電流はその和になっているのでたいへん大きな電流が流れてしまいます」と書かれている。このように、中学で扱われる内容であるにもかかわらずアンケート内容に加えたのは、家庭内のことという身近な内容であることから、小学校教員の理科的素養として必要と考えたためである。さらに、メリット、デメリットを問うという形式にすることで、電流や電圧といった概念の理解度が回答に表出することを期待してのことである。この質問では、理由が合っていないか、誤った理解であると思われるものを不正解とみなしたところ、正答率はメリットが75%であったのに対し、デメリットの方は11%と大きく減少した。メリットの方で正答とみなした理由を人数の多い順にみると、「一定の電圧をかけられる」24名、「ショートしたとき他の配線に影響しない」20名、「たこ足配線ができる」11名、「長い間流せる」10名、「安全」8名、「個別でスイッチがON、OFFできる」6名であった。一方、デメリットの正解理由には、「たこ足配線の火災発生リスク」6名、「ショートするときブレーカーが落ちる」5名がある。この「ショー

トのときブレーカーが落ちる」は、安全面からメリットとして扱われるべきと思われ、デメリットの正答理由として数えることには問題が残る。この質問では、正答とみなすか否かにあいまいさが大きくあるため、正答率の数字を厳密に受け止めるのではなく、身近な家庭配線についてどの程度の理解度かを大まかに把握する指標として受け止められるべきである。

Ⅲ. 電圧概念の理解のための実験

上記アンケートから、小学校の教科書に記載されている実験事実の理解のために必要な豆電球の非直線抵抗の理解度について議論をする以前に、電気のもっとも基本的な概念である「電圧」概念の理解が不十分な学生が大多数であることが明らかになった。「電流」概念は小学校で扱われるが、「電圧」が小学校で扱われない「難しい」概念であるとされる⁴⁾ことを裏付けている。そこで、小学校教員養成のための「電圧」教材としてどのようなものが適切か、文献4記載のアイデアに工夫を加えて実際に作成したものを提案する。

図5に示すように、板状の発泡スチロールに長さ1m程度のニクロム線（ここでは、直

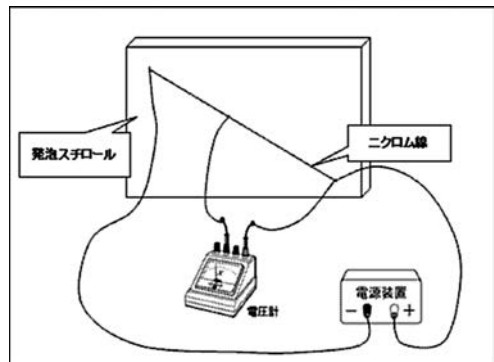


図5 電圧概念理解のための電圧計を用いた実験教材

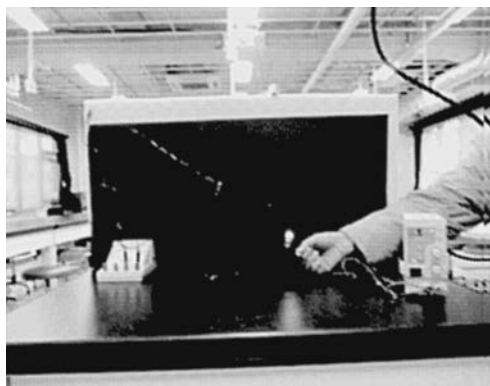


写真1 電圧概念理解のための豆電球を用いた実験教材

径0.2mmのものを用いた)を、両端をまげて発泡スチロールにさして斜めに固定する(もちろん鉛直にしても構わない)。また、ニクロム線の下端近くと電源正極とを導線でつなぎ、ニクロム線の上端近くと電源負極とを導線でつなぎ。さらに、電圧計の正極からもニクロム線の下端へ導線でつなぎ、電圧計の負極からの導線はニクロム線上の任意の点に接続し、自由に移動できるようにする。この電圧計の負極側のニクロム線上の接続点の高さを上げていくにつれて、電圧計の振れが増加し、水の重力ポテンシャルとのアナロジーで“高さ”⁴⁾をイメージしつつ、“電位差”の概念をイメージできるようにした。また、写真1のように電圧計の代わりに豆電球を用いた実験をすることで、ニクロム線との接続点が上がっていく(下端の接続点から離れる)につれて豆電球の明るさが増加することで視覚的にも捉えやすくなる。ここでの実験では、ニクロム線を通る電流はおよそ0.6Aで行った。

IV. まとめ

小学校教員養成のための直流電気回路につ

いて、その理解度調査を目的とするアンケート調査の結果を報告するとともに、この調査により理解が不十分であることが明らかとなった電圧概念を理解するための教材の試案を作成した。

アンケートのデータ数が少ないことやアンケートの質問内容の検討を要する点など、アンケート結果の詳細な検討のためには改良が必要な点があるが、教育内容の改良は、毎年少しずつでもなされることが望ましいと考えられるため、本稿では調査研究としての価値よりも実際の教育の改善に資することに重点を置いて本稿で報告することを目的とした。

このアンケート調査を行う契機となった豆電球の非直線抵抗や乾電池の内部抵抗の小学校教員養成教育のための実験は文献8において提案した。これら2つの物理概念は、高等学校の物理において学習する内容であることから、小学校教員志望学生全員に理解を求めることは出来ない。しかし、小学校の教科書に記載されていることは、これらの概念と直接結びついているのである。

本稿では、アンケート結果から見えたさらに基礎的概念である“電圧”に注目した報告を行った。電圧のアンケートのところでべたように、小学校や中学校で教員が個々の児童・生徒の理解度を把握した上で児童・生徒に理解を促すためには、芋づる式に最低限高校、出来れば大学初年度程度までの物理学の理解が要求されることが理解されると思われる。そのことを認めたうえで、小学校教員養成としてどのような内容をどのような教材で行うかは非常に難解な課題と思われ、常に検証・改善が必要と考えられる。

引用文献

1) 沖花 彰, 辻井智子: フォーラム理科教

- 育 No.6 (2004) 19.
- 2) 平島由美子, 市川祐介: 大学の物理教育
vol.19 No.1 19-23, 2013.
 - 3) 高鷹美恵子: 理科教室 No.8 (2012) 36.
 - 4) 吉埜和雄: 理科教室 No.8 (2012) 37.
 - 5) 「新しい理科4」東京書籍 平成23年
p.32.
 - 6) 他4社(啓林館, 学校図書, 教育出版,
大日本図書)の教科書では, 検流計の値の
数値の記載はなく, 乾電池1個のときより
電流が強くなるといった定性的な記述にと
どめている.
 - 7) 「新しい理科4」教師用指導書 指導編
東京書籍 平成23年 p.39.
 - 8) 磯田誠, 宮花昂平: 未発表.
 - 9) 「新しい科学2年」東京書籍 平成25年
度用 p.148, 「新しい科学1分野上」東京
書籍 平成23年度用 p.115.