

中学校理科第1分野 - 電気 - に関する理解度調査

沖花 彰¹⁾, 辻井智子²⁾

1) 京都教育大学 理学科 okihana@kyokyo-u.ac.jp

2) 神戸市立 筒井台中学校

キーワード: 中学校理科, 電気, 学力調査

(受付け : 2004 年 9 月 24 日)

抄録

中学校理科電気分野の内容に関し基本的な理解ができているか、またそれがどの程度定着しているかを高校生及び大学生を対象に調査したので報告する。特に豆電球や電圧計、電流計などを含む電気回路の接続に関しては高校生、大学生ともに理解度は非常に低かった。基本的なことからについての理解を深める学習が必要である。

はじめに

ここ数年筆者らは中学校理科の物理分野の様々な内容において基本的なことから理解がどの程度できているか、さらにそれが大学まで進んでどの程度定着しているかを調べている。これまで光の単元についての調査を行ってきたが(沖花, 2002, 2003)本稿では電気の単元での基本的なことからについて高校生および大学生の理解度調査を行ったのでここに報告する。

履修度アンケートの結果

本調査では、中学校理科第1分野電気における理解度・定着度を調査した。対象は、高校1年生2校7クラス計265名、大学生2校102名である。結果を考察するにあたって、次の3グループにまとめた。大学生は2校でアンケート結果の内容に顕著な差が見られなかったこと、調査を行ったクラスがいずれも教員免許に必要な物理基礎科目であったことから1つにまとめた。

(1) A 高校1年生4クラス160名

(2) B 高校1年生3クラス105名

(3) 大学生: 国立大学中学校教員免許必修物理受講者C大学55名 + D大学47名102名

調査は平成15年5月に実施された。対象とした高校生は、京都府下の国公立高校1年生でいずれも文系か理系かのどちらかを選択する前で、高校での物理はいっさい未履修である。また学力調査の前に、物理に対する好き嫌いを調査した。まだ物理未履修であるため、物理の内容には運動・力・電気・光・熱の分野が含まれるという補足をした。各グループごとの好き嫌いの割合を表1に示す。実際には、「かなり好き・好き・普通・嫌い・かなり嫌い」の5段階で調査したが、「かなり好き」と「好き」の和を「好き」として、「嫌

い」と「かなり嫌い」の和を「嫌い」としてまとめた。A 高校で 54%、B 高校で 61%、全体で 57%が物理を嫌いと答えており、半数以上の高校生が物理に対して好意的でないことが分かる。A 高校と B 高校では高校生の物理に対する意識に違いが見られ、また調査結果も異なる傾向であったので別のグループとして区別して集計した。

表 1 . 高校生の物理に対する好き嫌い度

	好き	普通	嫌い
A 高校	24%	21%	54%
B 高校	11%	28%	61%
全体	19%	24%	57%

大学生に関しては、授業の開講時期の関係で平成 15 年 5 月と 12 月に 2 大学で実施した。今回調査を行った大学生はいずれも中学校理科教員免許取得希望者を対象とした物理学の基礎科目受講者である。受講生は、主に 1 年生である。高校のとき、物理をどの程度履修したかを調査した。選択肢は、「物理を全く履修していない・物理 A または B まで履修した・物理 まで履修した」の 3 肢である。その結果を表 2 に示す。全体で約半数が高校で物理をまったく履修しておらず、中学以来物理に接していない。

表 2 . 大学生の高校での物理履修状況

	履修無	物理	物理
C 大学	45%	16%	38%
D 大学	51%	13%	36%
全体	48%	15%	37%

・学力調査の概要

図 1 に示された問題用紙を配布し解答させた。実施時間は 15～20 分で、内容は中学校理科第 1 分野(上)「電流とその利用」で学習する標準的な問題が 3 問である。解答をはじめる前に、以下のような簡単な説明と注意を行った。

回路を接続する時は、問題用紙中に記載されている器具一つ一つにも注意を払うこと。

計算問題で割り切れない数は、小数点第一位まで、または分数で表すこと。

本調査は現時点での理解度・定着度を調査するもので、周りの人と相談をしないこと。

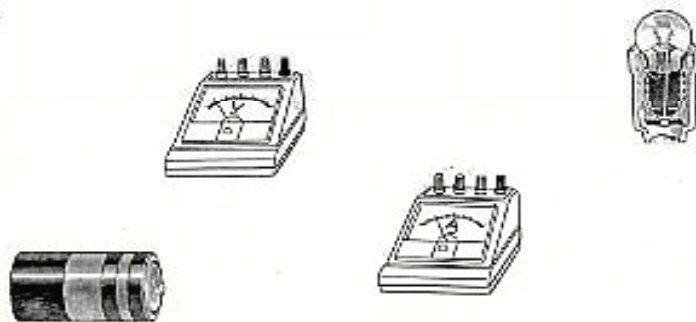
次に各問題の内容と出題の意図を示す。

(1) 乾電池、豆電球、電流計、電圧計を導線でつなぐ問題。

電流計、電圧計を含めた回路を正しく接続・作成できるかをみる。実際の授業等で行われる実験では豆電球はソケットを使用して接続するが、豆電球のどこどこに接続すればよいかまで正しく理解されているかをみるため、断面図で示した。豆電球の断面図については、小学校・中学校の教科書に掲載されているものを使った。(端子の極性は色で区別できる。)

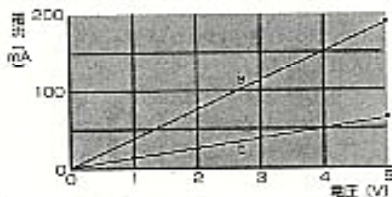
電気分野

(1)下の図の豆電球、電源装置、電流計、電圧計を線(導線)でつないで、回路を完成させなさい。



(2)右のグラフは、電熱線 a、b のそれぞれに加える電圧を変えて、電熱線を流れる電流の大きさをはかったものである。

① 電熱線 a、b の抵抗の値はそれぞれいくらか。



② 電熱線 a、b を直列にして 3V の電池につなぐと何 A の電流が流れるか。

(3)トースターと電気ストーブを 100V のコンセント(二股)につなぐと、トースターには 6.5A、電気ストーブには 10A の電流が流れた。それぞれの器具の消費電力は何 W か。

図 1 問題用紙

(2) 電流と電圧のグラフを読み取る問題。

グラフより2つの電熱線の抵抗値を求め、さらに2つの電熱線を直列に接続したときに回路全体を流れる電流値を求めさせる。オームの法則や合成抵抗が理解でき、使えるかを見る。またグラフを正しく読み取ることができるかを見る。本問は、教科書にあるものをそのまま使った(平成14年度用「中学校理科第1分野上」)。

(3) 電気器具の消費電力を求める問題。

日常における利用を想定して電気器具に供給する電圧はコンセントから得るようにしている。電気器具にかかる消費電力を求めることができるか、コンセントに複数接続するとき、それらが並列接続になっていることが理解できているかを見る。本問も、教科書にあるものをそのまま使った(平成10年度用「中学校理科第1分野下」)。

・学力調査の結果

調査結果は、各問に関し、グループごとに集計された。それぞれの結果を、表3~5に示す。表には、正解の後に主な誤答例を記し、それぞれグループごと及び履修別ごとの人数に対する割合を示している。高校生については物理に対する好き嫌い度ごとに、大学生については高校での物理の履修別ごとにまとめた。誤答は1人で複数該当する場合もあるし、これ以外の誤答もあるので合計して100%にはならない。以下に各問についての調査結果を詳しく分析する。

(1) の調査結果について

回路の接続に関する問題の調査結果を表3に表す。極端に低い正答率となった。A高校で8%、B高校で0%、大学生で7%と、いずれも正答率は1割を切っている。ある国立大学の教育学部小学校教員養成課程の学生に、乾電池と裸の豆電球だけを正しくつなぐというテストをしたところ、正答率は4割であったという報告もなされており(湯本,2003)、回路を正しく接続できないというのは本調査だけでなく全般的傾向と思われる。また、物理に対する好き嫌いや高校での物理の履修状況にかかわらず正答率が低かった。この問題に関しては、電気についての知識も必要だが、それよりも実際に実験をどれほどしたか、回路を組み立てることを経験しているかということが、大きく関係しているように思われる。次に誤答例を順に見ていく。

豆電球の誤った接続については、ソケット本体に接続され、豆電球にまでつながっていないもの、豆電球の突起部1点で接続されているもの、の2通りあった。(図2)。豆電球の接続に関する誤答は、全体の中で最も多い誤答で、合わせてどのグループも8割近くが正しく豆電球を接続できていない。導線をソケット本体に接続しているという誤答は、A高校で50%、B高校で65%、大学生で52%と、どのグループでも5割以上に達している。問題用紙の豆電球の図は鮮明ではっきり断面図と判断することができ、また解答上の注意として、一つ一つの器具に注意を払うようにと説明をしたので解答の必要なしという誤解とは考えられず、豆電球の中を電流がどのように流れるのか、豆電球の中の電流の道すがら意識されていないと考えられる。高校生・大学生がこれまでに経験した実験では、ほとんどがソケットを使用していると思われる。中学校の教科書ではすべての

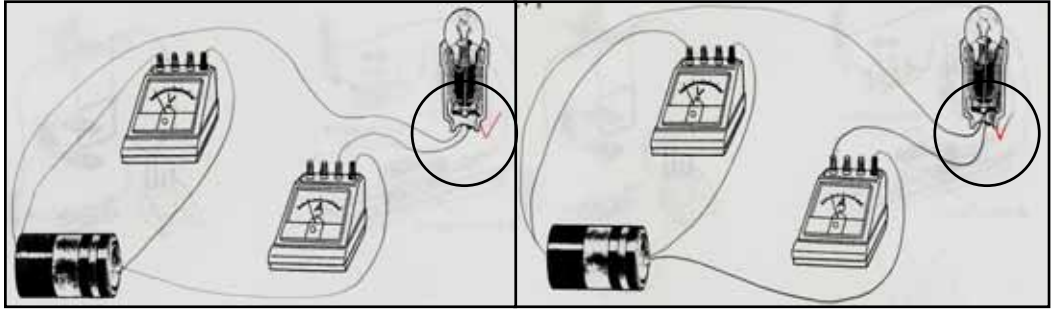


図2 豆電球の接続に関する誤答例 (左) 豆電球まで導線が接続されていない
(右) 豆電球の突起部1点で接続されている

実験でソケットが使われている。豆電球を接続するときソケットを用いないと非常に不便である。その一方で豆電球のフィラメントに電流が流れることによってはじめて電球が光るということを理解させる必要がある。そのために中学校の教科書でも豆電球の仕組みが記載されており、その仕組みとともにソケットに入った豆電球をゆるめると回路が切れてしまうことも説明されている。豆電球の中のフィラメントに電流が流れてはじめて点灯することを正しい接続と合わせて理解させる必要がある。

電圧計については、予想しなかった誤答が見られた。それは、A 高校で特に顕著であったが、電圧計が豆電球でもなく乾電池でもなく、導線に対して並列に接続されているというもの(図3左)である。電圧計を回路中に並列に接続するということは知識として理解されているようだが、このような誤答が目立つということは、電圧を測定するということが回路中の何を測定することなのか十分理解されていないと考えられる。電圧はポンプのような起電力としての理解が先にあって、電位差という理解が不十分であると思われる。B 高校及び大学生においては、すべて直列になっているもの(図3右)が多く、電圧計は並列に接続するということが理解されていないことが分かる。単に電圧計は並列という機械的な暗記だけでは定着しないことを示唆しており、電圧が何であって、何を測定するのかという学習が不足している。

電流計については、電流計を直列に接続するということは比較的理解されていたが、接続する端子の極性が逆の誤答(図4)が目立った。A 高校で28%、B 高校で38%、大学生で

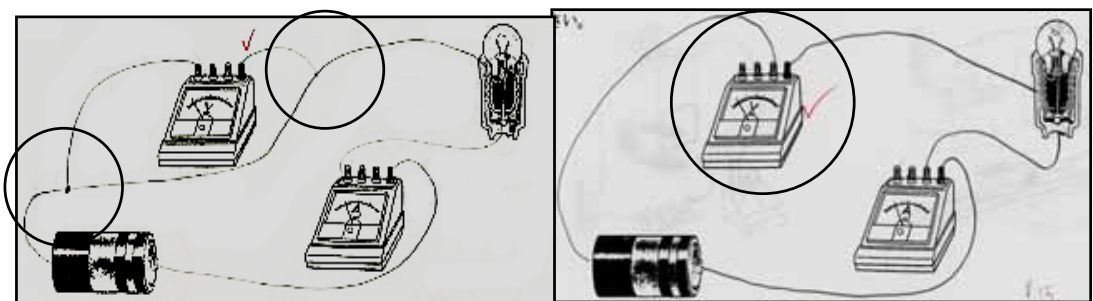


図3 電圧計の接続に関する誤答例 (左) 導線そのものに対して並列に接続されている
(右) 直列に接続されている

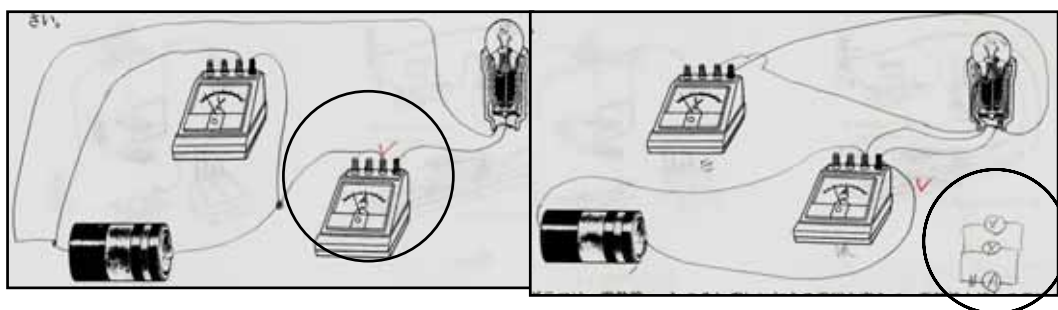


図4 誤答例 電流計の+端子と-端子が逆に接続されている

図5 問題用紙に書かれた回路図

36%を占めていた。問題用紙を見ると乾電池の+極が電流計の-端子に近くそのまま間違えてつなぎやすい。しかし、言い換えるとどの端子に接続するかということが十分に意識されておらず、豆電球同様、電流計や電圧計の中をどのように電流が流れるか、十分に理解されていないと考えられる。

全体としては、電圧計の誤答例の割合に多少違いがあったが、どのグループにおいても同じような傾向が見られた。また、この問題の解答を見ていると、問題用紙の隅に電気用図記号を使った回路図が書かれているもの(図5)をいくつか目にした。その中には、回路図は正しく書かれているにも関わらず、実体接続は間違えているというものもあった。本来、回路を組み立てるといのは、最も実践的なことであり、また基本的な実験でもある。しかし、実態や経験の伴う理解よりも、回路図などによる模式的・機械的な暗記による理解が強いと考えられる。

(2) の調査結果について

オームの法則に関する問題の調査結果を表4-1, 4-2に表す。この問題については、グループによって正答率に差が出た。高校生については、物理の好き嫌いに正答率はあまり関係していないように思われるが、大学生については高校で物理まで履修しているものは、履修していないものに比べ極端に正答率が高かった。オームの法則が学習知として理解されていることがわかる。ただ、オームの法則が何を表しているかという理解よりも、公式による記憶のほうが強い可能性がある。小問ごとに詳しく見ていく。この問題に関しては、誤答の様子もグループごとで違った。

問題の、グラフより電熱線の抵抗値を求める問題については正答率を見ると、A高校で64%、B高校で10%、大学生で46%と、問1の回路の問題よりははるかに良いが、決して高い正答率とは言えない。読みとった電流の値をmA単位からA単位に直す必要があるが、直す際に、桁を間違えたという誤答が多かった。グラフ中の電流がmAで表されていることに気付かず、そのままの値で計算してしまう誤答のほうが多いかと予想していたが、単位変換しなければならないということは意識されていたようだ。大学生に関しては単位を変換しなければならないことに気づかないものも同じ程度あった。練習する訓練の

違いだろうか。単位の違いに気づかなかつたり，単位換算の時点で間違えてしまうということは，電流の大きさそのものにも実感がないとも考えられる。計算によって出てくる電熱線の抵抗値を求めるのだが，抵抗値の大きさにも実感がないために桁を間違えても間違いに気が付かない。読みとった電流の大きさにも実感がないので間違えても気づかない。電気は，目に見えない上に，質量や重さのように直接体感することはできない。そのために，電流や電圧などの大きさにも実感がなく，本調査のような単位に関する間違いが多いと考えられる。大学生においては，抵抗 = 電圧 ÷ 電流が，抵抗 = 電流 ÷ 電圧で計算されているものをはじめオームの法則の記憶違いが 20% 以上もあった。高校生ではほとんど見られないことから，オームの法則が公式だけで理解されており，その記憶があいまいであると思われる。

問題 2 の 2 つの電熱線を直列に接続したときの電流値を求める問題については，で間違っただけで，連動して間違えたもののがかなりあった。これらは で単位が間違っていたために の桁が間違っていたというものなので，これらを含めると抵抗を直列に接続したときの電流値を求める方法は，大学生で 5 割，A 高校で 7 割が理解していたと思われる。大学生においては，抵抗を並列で接続したと考えられる誤答が多かったがそのうちの 3/4 以上は計算のあとが見られず，明らかにそれぞれの電流値を足しただけの計算式が書かれているものであった。その一方でそれぞれの抵抗値から並列にした合成抵抗をもとめているものが全体の 1/4 程度見られた。また回答なしが多いことから，複雑になった途端，分からなくなってしまったという回答者もいたのではないだろうか。B 高校では，回答なし

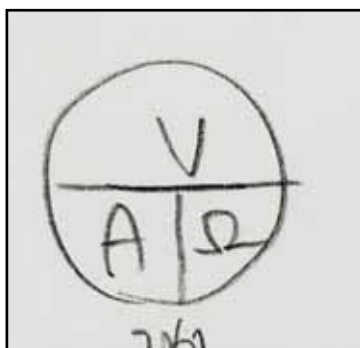


図 6 オームの法則を表す記号

が で 62% で 76% も占めていた。やはり，電気分野は難しいという表れなのだろうか。

を通して大学生が A 高校より 2 割程度低いこと，履修度による違いが極端なことからオームの法則に対する定着度は高くはないと思われる。この問題について解答を見ていると，問題用紙の隅に図 6 のような記号が見られた。これは，オームの法則を模式的に表したものである。距離と時間から速さを求める際にもよく使われるものである。このことから，オームの法則が機械的暗記によって理解されている傾向があると思われる。

(3) の調査結果について

消費電力に関する問題の調査結果を表 5 に表す。この問題については，比較的高い正答率を得られた。A 高校で 69%，B 高校で 27%，大学生で 60% の正答率である。コンセントに 2 つの電気器具を接続するとそれぞれにかかる電圧を 50V として計算する誤答が多いかと予想していたが，それぞれに 100V がかかるという並列の理解が比較的好くできており，目立った誤答例はなかった。ただ，回答のないものが A 高校で 24%，B 高校で 59%，大学生で 25% を占めていた。これは，理科として消費電力の計算に馴染みがないと考えられる。電気器具の消費電力は中学校ではむしろ技術家庭科で学習し，理科では W(ワツ

ト)という記述はされているが、十分には学習されていないと思われる。電気の中では一番耳にすることが多いはずである W(ワット)と電流や電圧の概念との関連が十分ではないと思われる。また、B 高校では、解答なしが 59%、問 2 のオームの法則でも回答のないものが 62%あった。これは、電気は難しい・ややこしいという先入観、さらに電気に対して拒否感があるためではないかと考える。その結果、オームの法則や消費電力について、理解を伴う暗記より機械的な暗記になってしまい、覚えているかいないかに頼ってしまうため、回答のないものが増えるように思う。

・まとめ

今回の調査から、電気の単元における学習の現状について、次のような問題点・改善点が挙げられる。

まず、回路を組み立てるということが機械的になっており、一つ一つの器具の仕組みや役割まで十分に意識されていないことが分かった。豆電球の接続があいまいであったり、電流計や電圧計の端子の接続が間違っていたりするのは、回路全体に電流が流れるイメージと、器具一つ一つの中を電流が流れるイメージが一致していないからだと考えられる。また、解答用紙に回路図が書かれていたことから、試験対策として回路図を書くことに重点がおかれており、実験などの体験に基づいた理解ではないことも考えられる。実験は、より理解を深める体験としてあるべきだが、現状として実験の時間が十分に確保されていないことが伺われる。

また、電圧計に関する誤答が多かったことから、電圧の理解が十分でないことが分かる。電流に比べて電圧は理解しにくいものである。回路中で電圧とはどのようなはたらきのことであるのか、新学習指導要領による流れも踏まえて、分かりやすい教授法を考えていかなければならない。

さらに、電流・電圧・抵抗の大きさに実感がないことが考えられる。これは、オームの法則の問題で、mA を A に直していない・正確に直せていないことから分かる。生徒たちの感覚として、100kg と 100g の違いは明らかだろう。しかし、100A と 100mA の違いにどれほど実感があるだろうか。おそらく、教科書の中での実感・感覚がほとんどだろう。授業で習う電気が子どもたちにとって身近であるという意識が薄いのではないだろうか。教科書に記載されている実験から得られる数値だけでなく、より身近な、日常的な現象に見受けられる値を授業に導入していく必要がある。

オームの法則や消費電力など計算による問題において、公式による機械的な暗記が強いことが分かった。高校や大学受験が控えているという現状が招いてしまう実態だろう。実際、大学生においては、物理 までの履修者のほうが、正答率が高い。しかし、これでは一時的な暗記にとどまってしまう恐れがある。最終的には公式を用いて教える内容であっても、実態や理解を伴う学習が必要である。

全体を通して、電気分野に対して苦手意識があることが分かる。他の分野の調査と比較すると、回答なしが目立ったことから分かる。また、今回の調査結果をそのまま現在の高校生・大学生の学力の実態と考えるのは早計だが、本分野における学力の現状は深刻であることが伺える。見に見えない、手にとってふれてみるができない、しかし日常生活において欠かせない、そういう電気分野にできるだけ身近でかつ役に立つ確かな理解を

ともなう学習方法を開発していかなければならない。

文献

沖花彰 2002. ものがみえることへの理解度調査. フォーラム理科教育. **No.4** :7-12

沖花彰 2003. 大学生の『光の反射・屈折に関する理解度』調査. フォーラム理科教育.
No.5: 1-8

平成 14 年度用「中学校理科第 1 分野上」 115 学校図書（東京）

平成 10 年度用「中学校理科第 1 分野下」 24 啓林館（東京）

湯本博文 2003. 今の子どもたちに必要な教材とは. 理科の教育 **152**: 38-39

表3 問1の調査結果

グループ	大学生				A高校生				B高校生			
	全体	履修無	物理	物理	全体	嫌い	普通	好き	全体	嫌い	普通	好き
人数	102人	49人	15人	38人	160人	87人	34人	39人	105人	64人	29人	12人
正解	7%	2%	7%	13%	8%	6%	6%	13%	0%	0%	0%	0%
ソケットにつなぐ	52%	51%	53%	53%	50%	57%	44%	38%	65%	61%	69%	75%
豆電球の1点に接続	23%	33%	13%	13%	23%	23%	29%	15%	19%	20%	21%	8%
電圧計が導線に並列	15%	18%	20%	8%	39%	43%	32%	36%	14%	8%	31%	8%
電圧計の+端子が逆	9%	8%	0%	13%	2%	3%	0%	0%	5%	3%	7%	8%
電流計が並列	15%	16%	13%	13%	9%	9%	9%	10%	10%	13%	10%	0%
電流計の+端子が逆	36%	35%	53%	32%	28%	28%	35%	23%	38%	34%	45%	42%
すべて直列	31%	45%	47%	8%	3%	3%	0%	3%	46%	48%	45%	33%
回答なし	1%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	3%	12%	14%	7%	17%

表4 - 1 問2 の調査結果

グループ	大学生				A高校生				B高校生			
	全体	履修無	物理	物理	全体	嫌い	普通	好き	全体	嫌い	普通	好き
人数	102人	49人	15人	38人	160人	87人	34人	39人	105人	64人	29人	12人
正解	46%	27%	27%	79%	64%	62%	59%	72%	10%	8%	10%	17%
単位ミス(直し間違い)	12%	14%	7%	11%	21%	20%	29%	15%	11%	8%	21%	8%
単位ミス(直していない)	10%	10%	13%	8%	3%	3%	3%	0%	8%	8%	7%	8%
グラフ読み間違い	2%	2%	0%	3%	4%	3%	3%	5%	0%	0%	0%	0%
オームの法則間違い	23%	31%	47%	3%	5%	7%	3%	3%	2%	2%	3%	0%
計算ミス	2%	4%	0%	0%	4%	5%	3%	3%	1%	0%	0%	8%
回答なし	5%	6%	13%	0%	2%	3%	0%	0%	62%	69%	52%	50%

表4 - 2 問2 の調査結果

グループ	大学生				A高校生				B高校生			
	全体	履修無	物理	物理	全体	嫌い	普通	好き	全体	嫌い	普通	好き
人数	102人	49人	15人	38人	160人	87人	34人	39人	105人	64人	29人	12人
正解	28%	10%	7%	61%	49%	52%	38%	51%	1%	0%	3%	0%
並列で考えた	20%	24%	27%	11%	6%	3%	9%	10%	6%	8%	3%	0%
で間違えたため	22%	27%	27%	13%	19%	16%	26%	18%	3%	0%	10%	0%
計算ミス	7%	8%	0%	8%	4%	1%	9%	8%	1%	2%	0%	0%
合成していない	2%	2%	0%	3%	5%	5%	9%	3%	2%	0%	0%	17%
回答なし	15%	22%	20%	3%	14%	21%	9%	3%	76%	81%	69%	67%

表5 問3の調査結果

グループ	大学生				A高校生				B高校生			
	全体	履修無	物理	物理	全体	嫌い	普通	好き	全体	嫌い	普通	好き
人数	102人	49人	15人	38人	160人	87人	34人	39人	105人	64人	29人	12人
正解	60%	49%	60%	74%	69%	61%	79%	77%	27%	22%	31%	42%
直列で考えた	3%	2%	0%	5%	4%	6%	3%	3%	0%	0%	0%	0%
計算ミス	3%	2%	7%	3%	1%	2%	0%	0%	6%	6%	7%	0%
回答なし	25%	37%	33%	8%	24%	29%	18%	18%	59%	61%	59%	50%