

# 直流電流による磁界と「フレミングの左手の法則」の理解の実態 (2)

— 小学校教員を対象にして —

On the Understanding of the Concept of the Magnetic Field  
of Conductor Carrying Electric Current and Fleming's Left Hand Rule(2)

— A Case of elementary school Teacher —

佐藤 博\* 白鳥 利恵†

SATO Hiroshi SHIRATORI Rie

**要約:** 前号において直流電流による磁界(右ねじの法則)と直流電流・磁界・力の方向の関係(フレミングの左手の法則)について教員養成大学大学生がどのような理解をしているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。本研究では、それと同様のアンケート調査を小学校教員について行い、教員養成大学大学生の結果と比較し、検討を行った。その結果、右ねじの法則は約5割のものしか理解していないが、電流・磁界・力の方向を理解しているものは、さらに少なく約2割のものしかいないことがわかった。これは、フレミングの左手の法則を正しく理解していないことはもとより、右ねじの法則すら理解していないもののがかなり多いために誤答したと考えられる。これは教員養成大学生の調査結果と同じであり、大学生までの理解がそのまま変わらず教員になっていると思われる。

**キーワード:** 電流, 磁界, 磁石, 電磁石, 右ねじの法則, フレミングの左手の法則

## I はじめに

小学校の理科では3学年で磁石を使い、磁石に付く物や磁石の性質についての考えをもつようにするとしている<sup>[1]</sup>。磁石を自由に動くようにしておくと、いつも南北の向きに止まる。北の方向を指している端をN極、南の方向を指している端をS極と名付けて教え、N極とS極は引き合い、N極とN極またはS極とS極は反発し合うことをとらえるようにしている<sup>[1]</sup>。小学校4学年で、乾電池の数やつなぎ方を変えてモーターの回り方の変化を調べ、電気の働きを教えている<sup>[1]</sup>。小学校6学年で磁石の導線に電流を流し、電磁石の強さの変化を調べ、電流の働きについての考えをもつようにしている。巻き線の電流の向きが変わると、電磁石の極が変わり、電流の強さや巻き数により電磁石の強さが変わることを教えている。

中学校の理科の第一分野では、磁界の中を流れる電流が磁界から力を受けることやコイルと磁石の相互運動で誘導電流が得られることを、観察、実験を通して見いだすことをねらい、電流が磁界から受ける力は電流の向きや磁界の向きとどのような関係にあるかを定性的な実験によって見いださせるとしている<sup>[2]</sup>。実験の内容は、磁界や電流の向きが逆になると力を受ける向きが逆になることを見いだすこととするが、フレミングの法則は扱わないとしている。そして具体的に、電気ブランコなどの実験を行い、これをモーターの原理と関連付けて考察させ、その際、例えば、簡単なモーターの製作を通して、電流と磁界について理解を深めることも考えられるとしている。しかし、中学校理科の教科書では、フレミングの法則ということばはでてこないが、電流と磁界と力の方向はあつまっている<sup>[3][4][5][6]</sup>。モーターの原理を考察させるためには、この3つの関係が必要となる。

\*技術教育講座, †技術教育専修, 現在甲州市立東雲小学校

筆者らは、電流と磁界との関係が正しく理解されていれば、フレミングの法則を覚えていなくてもまたは教わっていないでも、中学生レベルの知識でモーターの回転する原理を十分理解できると考えている。直流電流による磁界(右ねじの法則)と直流電流・磁界・力の方向の関係(フレミングの左手の法則)について工学部大学生がどのような理解をしているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した結果、右ねじの法則は約9割のものが理解しているが、電流・磁界・力の方向を理解しているものは、約4割しかいないことがわかった<sup>[7]</sup>。同様に教員養成大学大学生がどのような理解をしているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した結果、右ねじの法則は約5割のものしか理解していないが、電流・磁界・力の方向を理解しているものは、さらに少なく約2割のものしかいないことがわかった<sup>[8]</sup>。これは、フレミングの左手の法則を正しく理解していないことはもとより、右ねじの法則すら理解していないものがかなり多いために誤答したと考えられる。そこで、同様に小学校教員がどのような理解をしているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。

## II 調査方法

### 1 調査問題の形式

本研究においては、比較的短時間で多数の対象者から多くの事項について調査できること、また、それらの結果を数量化しやすいという理由から、質問紙法により調査を行った。具体的には、質問紙を用いて多肢選択と自由記述を併用するという方法で実施した。

### 2 調査対象

対象者は、山梨県内の小学校教員である。アンケート調査人数の内訳を表1に示す。アンケート調査問題をやる前に、高校での物理の履修状況を調査した。高校時代に物理を履修したものは73%であった。学習した内容については、物理Iが60%、物理IIが20%、総合理科が0%であった。この中で、物理IとIIを両方履修したというものは7%で、物理Iだけが53%、物理IIだけが13%で、物理Iだけというものの方が多かった。

表1 アンケート調査対象(単位:人)

性別\年代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	合計
男性	1	1	2	2	6
女性	1	1	4	3	9
合計	2	2	6	5	15

### 3 調査時期

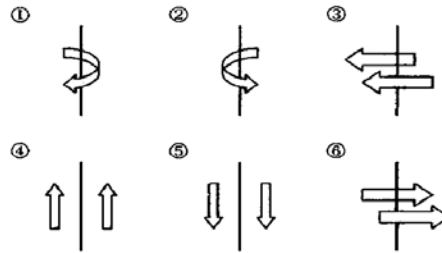
調査は、2005年4月から11月にかけて実施した。

4 調査問題

問1 図1のように、黒い矢印の向きで直線の導線に電流を流した場合、そのまわりにできる磁界の向き(白抜き矢印)はどのようになりますか。①~⑥の中から選んで○をつけて下さい。



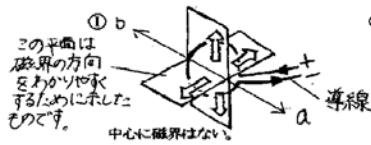
図1



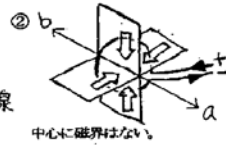
問2 図2のように、導線を円形にして電流を流すと、導線の近くや円の中心付近では、どのような磁界ができますか。①~⑥の中から選んで○をつけて下さい。白抜き矢印は磁界の向きを示します。



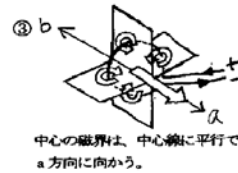
図2



中心に磁界はない。



中心に磁界はない。



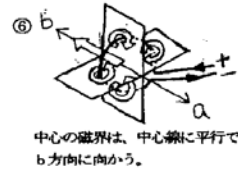
中心の磁界は、中心線に平行でa方向に向かう。



電流の向きと同じ方向に磁界ができる。



電流の向きと逆の方向に磁界ができる。



中心の磁界は、中心線に平行でb方向に向かう。

問3 図3のようなコイルに、黒い矢印の向きで電流を流すと、磁界の向き(白抜き矢印)はどのようになりますか。①~④の中から選んで○をつけて下さい。

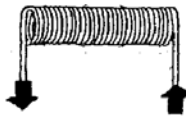
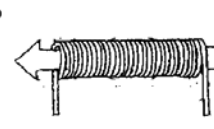
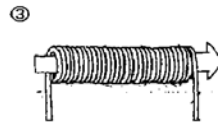
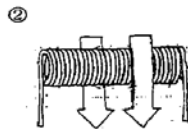
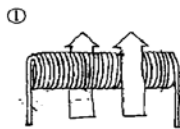


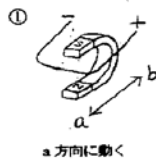
図3



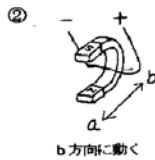
問4 図4のように、U字型磁石のNとSの間に太い銅線がくるようにセットして、電流を流したとき銅線はどのようになりますか。①~⑩の中から当てはまるものをすべて選んで○をつけて下さい。+、-は電源のプラス、マイナスを示します。



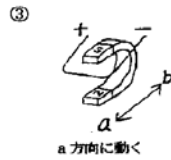
図4



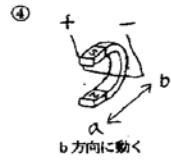
a方向に動く



b方向に動く



a方向に動く



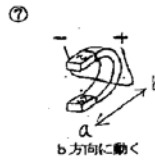
b方向に動く



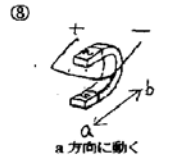
動かない



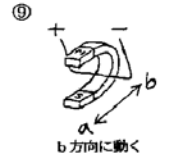
a方向に動く



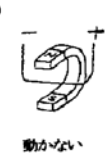
b方向に動く



a方向に動く



b方向に動く



動かない

直流電流による磁界と「フレミングの左手の法則」の理解の実態 (2)

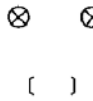
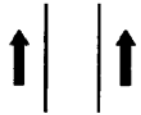
問5 図5のように、2本平行な位置に導線があります。図5-a、bのように、黒い矢印の向きで電流を流したとき、aの場合とbの場合で、それぞれ導線はどのようなになるか、①～⑦の中から選んで〔 〕に番号を書いてください。(2つの○は2本の導線を電流の流れに沿って真横から見た図で、電流が自分に向かっている場合は○、自分と反対に向かっている場合は⊗となっている。



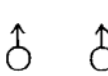
図5

図5-a

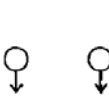
図5-b



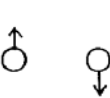
①



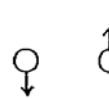
②



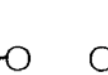
③



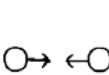
④



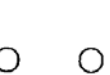
⑤



⑥



⑦



①～⑥は矢印の方向に動くことを示している。⑦は動かない。

問6 図6のように、磁石のN極とS極の間に、導線を輪にしたもの(コイル)を置いて電流を流したとき、導線はどのような力を受けますか。①～④の中から選んで○をつけて下さい。

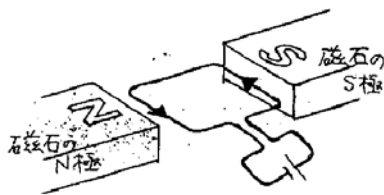
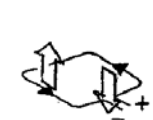


図6

①



②



③



④



問7 図6のままでは、導線は力を受けて動いても、回転はしません。そこで、導線(コイル)が回転するように、図7のX部分に入るしくみを図示してください。また、この回転するしくみを文章や図を用いて説明して下さい。

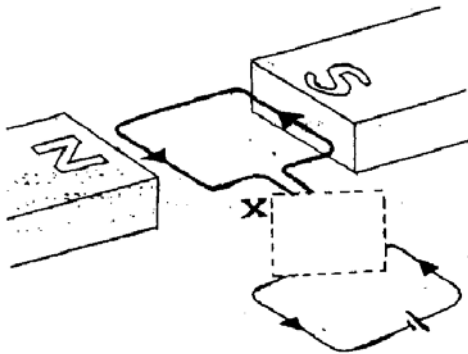


図7

図1 アンケート調査問題

調査問題を図1に示す。調査問題は、1～7の計7題から構成されている。問題1は「電流のまわりの磁界」について、問題2は「円形の導線に流れる電流と磁界」について、問題3は「コイルに流れる電流と磁界」について、問題4は「直流電流が磁界からうける力の向き」について、問題5は「2本の導線にはたらく力」について、問題6は「直流電流を流したコイルが磁界から受ける力の向き」について、問題7は「モーターの原理」について大学生がどのように認識しているかを調べる問題である。

問題1は、直線の導線に電流を流した場合、そのまわりにできる磁界の向きについて問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。

問題2は、導線を円形にして電流を流すと、導線のまわりや円の中心付近にはどのような磁界ができるかを問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。

問題3は、ソレノイドコイルに電流を流したときにできる磁界の向きについて問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。

問題4は、磁界の中に導線を置いて、電流を流したとき導線はどのようになるかを問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。ここでは磁界の向き、電流の向き、導線の動く向きを変えたものから、4つの正答を選択するようにした。

問題5は、2本平行な位置にある直線の導線にそれぞれ電流を流したとき、導線はどのようになるかを問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。

問題6は、磁石の磁界の中に、1巻きの長方形のコイルを置いて電流を流したとき、コイルはどのような力を受けるかを問う問題であり、回答方法としては多肢選択法をとった。

問題7は問題6の続きで、力を受けた1巻きの長方形のコイルが回転するためにはどのようなしくみが必要かを問う問題であり、回答方法としては自由記述法をとった。

### III 調査結果

#### 1 問題1の結果

問題1の結果を図2に示す。正答の①を選択したものは60%であった。正答の逆回り方向の②を選択したものが20%あった。⑤を選択したものが7%、④を選択したものが7%、無回答が6%あった。

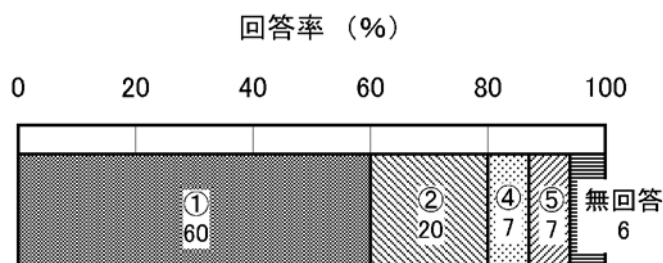


図2 問題1の回答結果

## 2 問題2の結果

問題2の結果を図3に示す。正答の③を選択したものは60%であった。そして、正答と逆回り方向の⑥を選択したものが7%、⑤を選択したものが13%、①を選択したものが7%、②、④を選択したものが0%であった。直線の導線に生じる磁界の方向と導線を円形にした場合に生じる磁界の方向をわかっているものが6割いることがわかった。

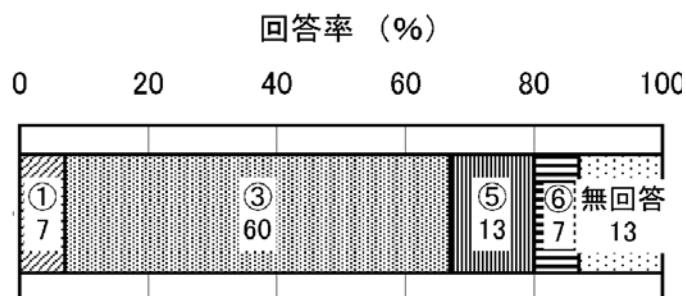


図3 問題2の回答結果

## 3 問題3の結果

問題3の結果を図4に示す。正答の④を選択したものは73%であった。正答と逆回り方向の③を選択したものは20%であった。

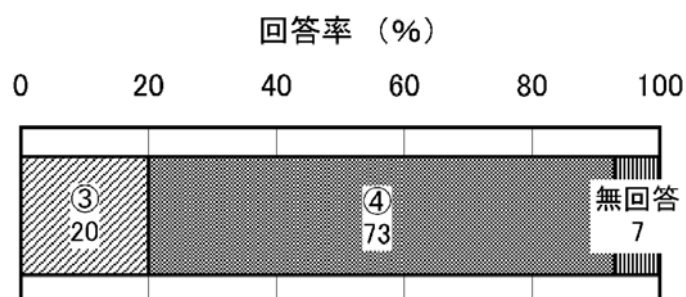


図4 問題3の回答結果

## 4 問題4の結果

問題4の結果を図5に示す。正答は②③⑥⑨となっている。選択した割合は、①20%、②47%、③27%、④33%、⑤13%、⑥40%、⑦13%、⑧27%、⑨33%、⑩13%となっていて、正答の②③⑥⑨を選択したものがそれぞれ約4割くらい、誤答の①④⑦⑧を選択したものが約2割くらいであった。「動かない」の⑤を選択したものが13%、⑩を選択したものが13%あった。無記入のものも13%あった。正答の4つすべてを選択したものは27%、4つすべて正答の逆向き方向を選択したものは13%あった。他には、4つ選択して3つ正答のものが7%、2つ正答のものが7%、2つ選択して正答なしのものが20%、1つ選択して正答のものが7%、誤答のものが7%あった。

「なぜ正しく選択できなかったのか」というその後の聞き取り調査によると、「フレミングの法則の考え方が間違っていたからだと思う」「電流の向きと磁界の向きの関係について詳しく知らなかった」「レンツの法則、左手の法則も右ねじの法則もしっかり覚えていたはずだが、自分もわからない」「右手定則と左手定則がよくわかりませんでした」などがあり、電流・磁界・力の方向すなわちフレミングの左手の法則を間違えて覚えていたことが原因であることがわかる。

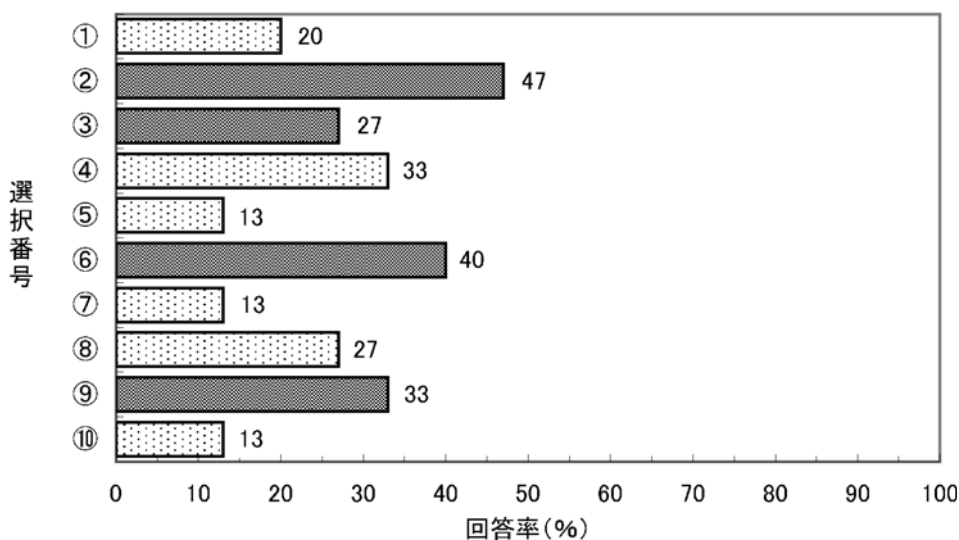


図 5 問題 4 の回答結果

## 5 問題 5 の結果

問題 5 の結果を図 6 と図 7 に示す。図 6 の問題 5 - a については、正答の⑥を選択したものは 13 %であった。これと逆向き方向に動く⑤を選択したものは 7 %と、⑥を選択したものより二分の一と少なかった。①②を選択したものは、正答の⑥を選択したものと同くらいあった。⑦を選択したものは 20 %，③④を選択したものは 0 %，無記入のものはそれぞれ 23 %あった。

図 7 の問題 5 - b については、正答の⑤を選択したものは 27 %で、問題 5 - a で正答の⑥を選択したものよりも約 2 倍と多かった。これと逆向き方向に動く⑥を選択したものは 0 %で、問題 5 - a で逆向き方向に動く⑤を選択したもより少なかった。①②を選択したものが 0 %，③を選択したものが 7 %，④を選択したものが 13 %あった。問題 5 - a と同じく、⑦の動かないを選択したものは 20 %，無記入のものは 23 %あった。問題 5 - a と b の両方の正答を選択したものは 13 %，a だけ正答したものが 0 %，b だけ正答したものが 7 %あった。両方とも誤答を選択したものが 40 %であった。a で⑦を選択したものは 20 %，b で⑦を選択したものは 20 %あったが、a と b で両方とも⑦を選択したものは 13 %であった。このことから導線に電流を流すと磁界ができ、力が働くという考えをしっかりと理解できていないものが多いことがわかった。

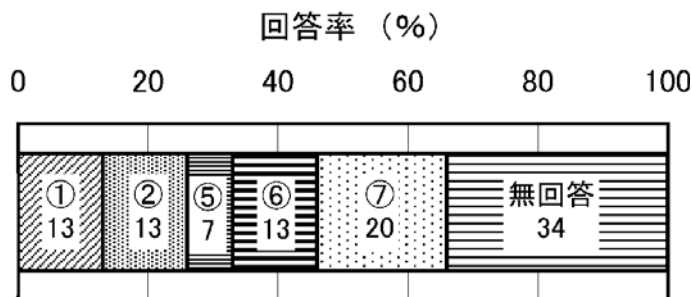


図 6 問題 5 - a の回答結果

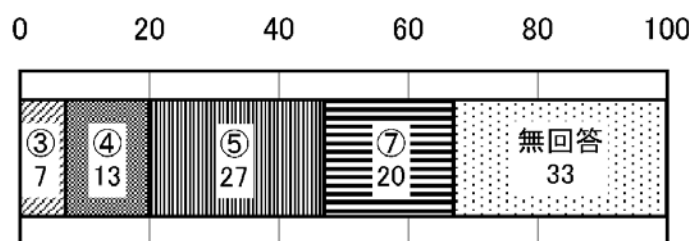


図 7 問題 5 - b の回答結果

## 6 問題 6 の結果

問題 6 の結果を図 8 に示す。正答の②を選択したものは 40 % で、②と逆向き方向の①を選択したものは 27 % であった。③を選択したものが 13 %、④を選択したものが 0 % であった。③を選択したものは、コイルが受ける方向は、回転方向であることを理解していないことがわかった。

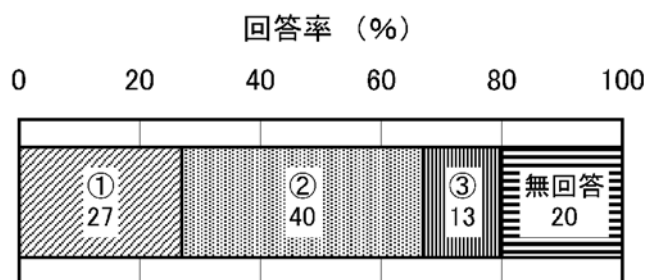


図 8 問題 6 の回答結果

## 7 問題 7 の結果

問題 7 の結果を図 9 に示す。回答結果を type I ~ V に分類した。図も描け説明も書けていた (type I) ものは 0 % であった。図は描けているが説明が不十分 (type II) のものが 13 %、図は描けているが説明が書けていない (type III) ものが 0 %、図は描けていなくて説明が不十分 (type IV) のものが 27 %、図も描けず説明も書けていない (type V) ものが 60 % であった。したがってすべてのものが誤答であった。「説明が不十分」というものは、コイルに流れる電流の向きが半回転ごと逆になれ



ばいいということには触れていても、それに伴う磁界の関係について書かれていなかった回答で、正答とはしなかった。

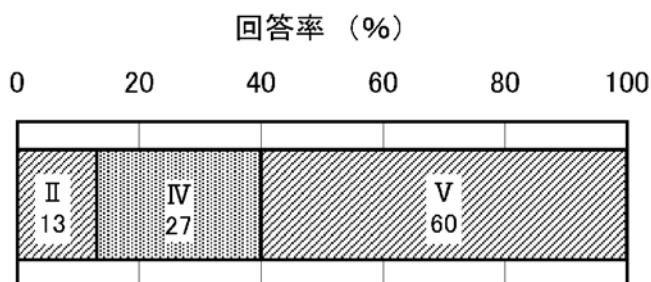


図 9 問題 7 の回答結果 : typeI 図も描け説明も書けている, typeII 図は描けているが説明は不十分, typeIII 図は描けているが説明が書けていない, typeIV 図は描けていなくて説明が不十分, typeV 図も描けず説明も書けていない

## IV 考察

図 10 に、問題 1 から問題 7 までの正答したものの回答を示す。参考に図 11 に、教員養成大学大学生の問題 1 から問題 7 までの正答したものの回答を示す<sup>[8]</sup>。この図で、問題 7 を正答したものは全問題 (問題 1 ~ 7) を正答していることになる。前問題の正答者が何を選擇したのかわかるようにしてある。問題 1, 問題 2 は共に導線に電流を流したときに、そのまわりにできる磁界について問うたものである。しかし、問題 1 では 60 % の正答率であったものが、問題 2 では 7 % 減少し 53 % になった。この 7 % は⑥を選擇し、導線が直線の場合は正答したのも、導線が円形になってしまうと、電流の向きと逆の向きに磁界ができるになってしまった。

図 11 の教員養成大学大学生の結果において、問題 1 では 67 % の正答率であったものが、問題 2 では 12 % 減少し 55 % になり、ほぼ同じ結果となった。

問題 3 の正答率は、図 4 に示したように 73 % であったが、問題 1 から問題 3 まで正答したものの割合は 53 % であった。問題 1 ~ 2 を正答したすべてのものが、問題 3 も正答した。問題 1 ~ 3 を通して電流と磁界の関係は、約 5 割のものしか理解していいなかった。

図 11 の教員養成大学大学生の結果において、問題 1 から問題 3 まで正答したものの割合は 49 % であり、ほぼ同じ結果となった。

図 10 の問題 4 の回答は、「全問正答 (20 %)」は正答 4 つをすべて選擇したものを示し、「1 つ正答 (7 %)」は 1 つだけ正答したものを示し、「4 つ逆向き (13 %)」は、電流と磁界の向きに対して、力の向きがすべて逆方向を選擇したものを示す。

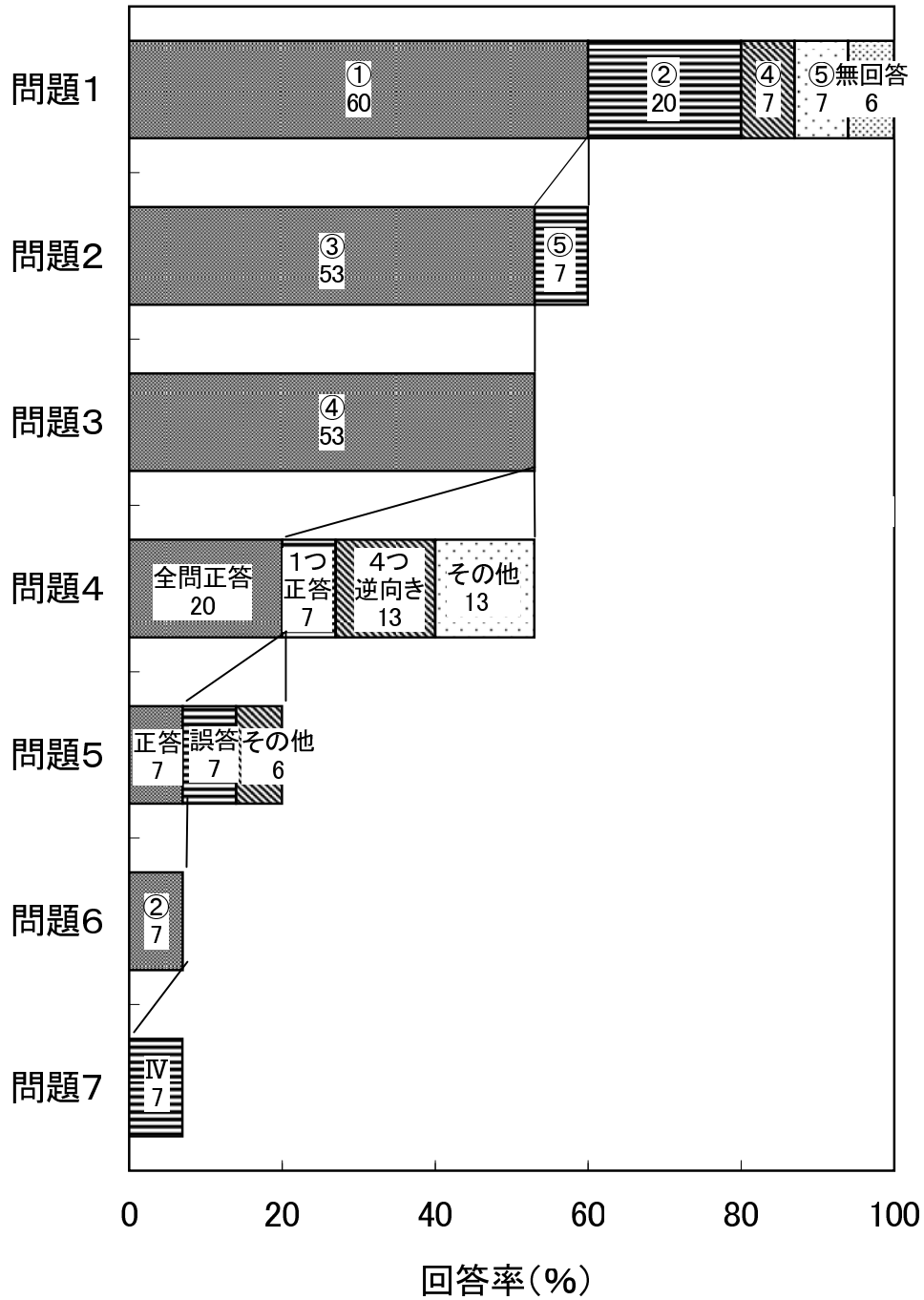


図 10 問題 1 から問題 7 までの正答者の回答結果

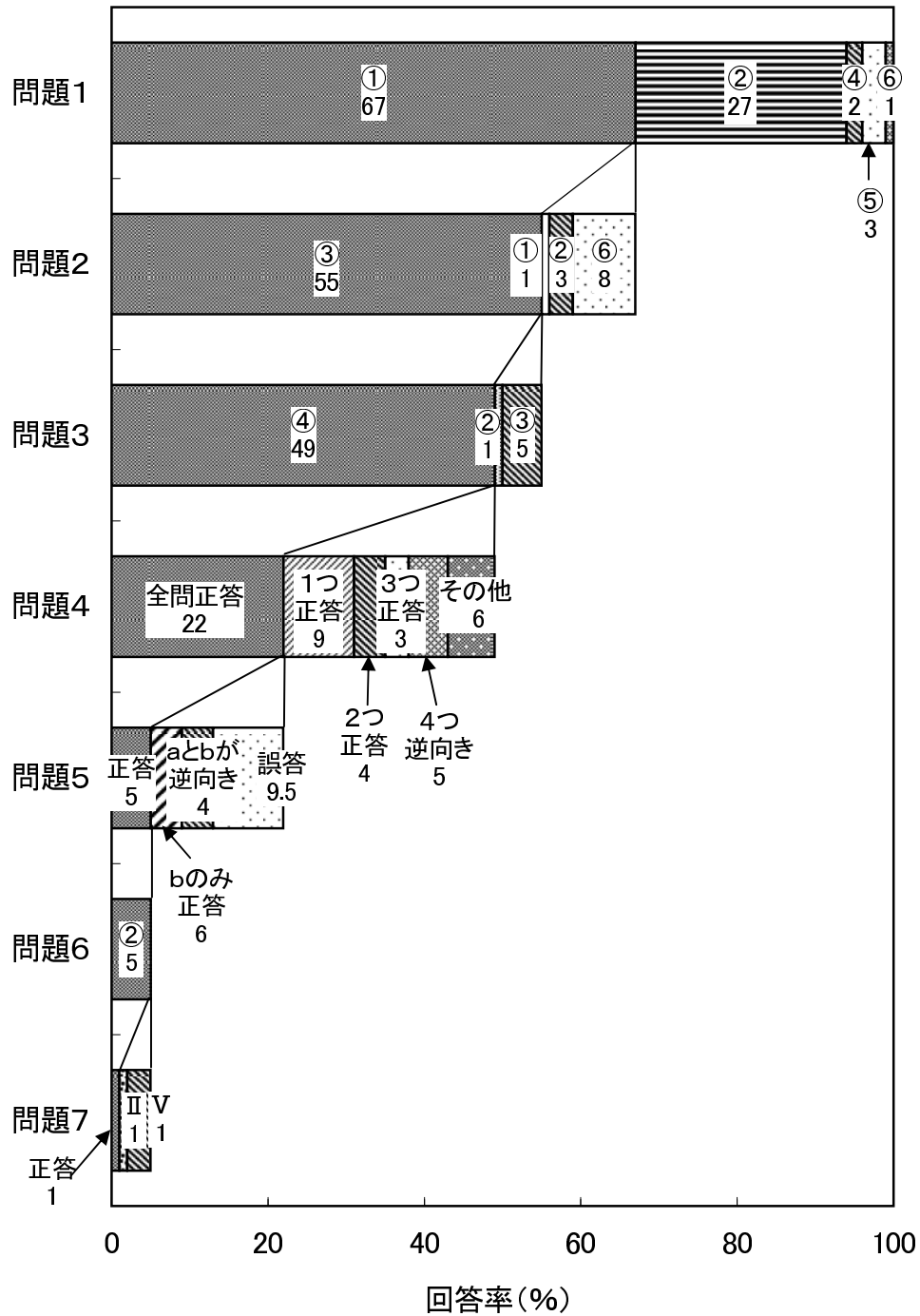


図 11 教員養成大学大学生の問題 1 から問題 7 までの正答者の回答結果

図 1 1 の教員養成大学大学生の結果において、「全問正答」は 22 % あった。問題 1 から問題 3 までの正答が 53 % あったが、問題 1 から問題 4 まで正答したものが 20 % と減少した。また、電流と磁界の向きに対して、力の向きがすべて逆向きを選択したものが 13 % あったが、これはフレミングの左手の法則を正しく理解していたものが少なく、またその関係を正しく理解していないために誤答したと考えられる。しかし、図 1 2 に示すように右ねじの法則がわかっているならば、電流と電流の回りに生じる磁界とを考えると、正しい力の方向がわかる。図 1 2 は、導線の磁界の方向と磁石による磁界を考え、磁界に密と疎ができ、疎の方向に力がかかることがわかることを示している。このように電流と磁界との関係が正しく理解されていれば、フレミングの左手の法則を覚えていなくても、または教わっていなくても、中学生レベルの知識でモーターの回転する原理を十分理解できると思われる。著者らは、フレミングの左手の法則で電流・磁界・力の方向の関係を覚えると、テストの時には、早く正確に電流・磁界・力の方向を記述することができるが、時間が経つとその関係を正確に思い出すことができなくなるのではないかと考えている。その一方で、右ねじの法則は一度覚えると忘れない。今後、このことについて検討していきたい。

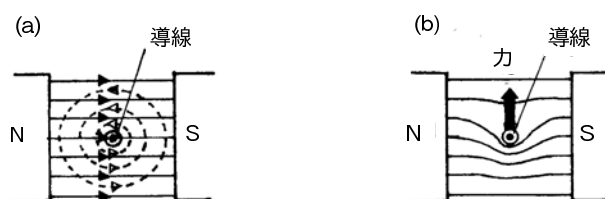


図 12 磁石の磁界と導線の磁界により生じる電磁力の方向：(a) 実線は磁石により生じる磁力線、破線は導線により生じる磁力線、(b) 合力の磁力線と電磁力の方向

図 1 0 の問題 5 の回答において、「正答」は a と b の両方正答したことを示す。「b のみ正答」は 2 本の導線に流れる電流の向きが、a で誤答、b で正答したことを示す。「a と b が逆向き」は 2 本の導線に流れる電流の向きが、a で正答の逆向き、b でも正答の逆向きの方向を選択したことを示す。問題 1 から問題 4 まですべて正答したものが 20 % になり、問題 1 から問題 5 まで正答したものは 7 % とさらに少なくなった。「b のみ正答」を選択したものの、a の回答として選択したのは、①であった。

図 1 1 の教員養成大学大学生の結果において、問題 1 から問題 4 まですべて正答したものが 22 % になり、問題 1 から問題 5 まで正答したものは 5 % とさらに少なくなり、ほぼ同様な結果になった。

問題 1 から問題 5 まで正答したものは 7 % で、問題 1 から問題 6 まで正答したものは 7 % と変わらなかった。問題 1 から問題 5 を正答したものは、問題 6 もすべて正答したことがわかった。

図 1 1 の教員養成大学大学生の結果において、問題 1 から問題 5 まで正答したものは 5 % で、問題 1 から問題 6 まで正答したものは 5 % と変わらなかった。問題 1 から問題 5 を正答したものは、問題 6 もすべて正答したことがわかり、ほぼ同様な結果となった。

問題 1 から問題 6 まで正答したものは 7 % であったが、問題 1 から問題 7 まで正答したものはなく、図 9 で分類した IV を回答した。

図 1 1 の教員養成大学大学生の結果において、問題 1 から問題 6 まで正答したものは 5 % であったが、問題 1 から問題 7 まで正答したものは 1 % と減少した。

以上の考察において、小学校教員の回答数が教員養成大学生の回答数よりかなり少ないが、教員養

成大学生の調査結果<sup>[8]</sup>と同じであり、大学生までの理解がそのまま変わらず教員になっていると思われる。

## V おわりに

直流電流による磁界 (右ねじの法則) と直流電流・磁界・力の方向の関係 (フレミングの左手の法則) について小学校教員がどのような理解をしているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。その結果、右ねじの法則は約5割のものしか理解していないが、電流・磁界・力の方向を理解しているものは、さらに少なく約2割のものしかいないことがわかった。これは、フレミングの左手の法則を正しく理解していないことはもとより、右ねじの法則すら理解していないものがかかり多いため誤答したと考えられる。これは教員養成大学生の調査結果<sup>[8]</sup>と同じであり、大学生までの理解がそのまま変わらず教員になっていると思われる。高校物理を履修していなくても中学校理科で右ねじの法則をしっかり学び、電流・磁界・力関係をフレミングの左手の法則で覚えるのではなく、右ねじの法則から電流・磁界・力の方向を正しく導くようにすれば、中学生レベルの知識でモーターの回転する原理を十分理解できると考えられるので、そのような理解をさせるようにすることが重要である。

## 参考文献

- [1] 小学校学習指導要領解説- 理科編- , pp.18-28, pp.57-70, 東洋館出版社, 1999
- [2] 中学校学習指導要領解説- 理科編- , pp.30-36, 大日本図書, 1999
- [3] 新しい科学 1 分野上, pp.114-120, 東京書籍, 2002
- [4] 新しい科学 1 分野下, pp.46-75, 東京書籍, 1991
- [5] 中学校理科 1 分野下, pp.30-39, 大日本図書, 1997
- [6] 中学校理科 1 分野下, pp.30-38, 学校図書, 1996
- [7] 教育実践学研究, pp.39-59, 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター, 2006
- [8] 教育実践学研究, pp.106-127, 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター, 2008