

# 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

## — 工学部大学生を対象にして —

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

— A Case of Students of Faculty of Engineering —

佐藤 博\* 白鳥 利恵†

SATO Hiroshi SHIRATORI Rie

**要約:** 中学校理科の教科書では、フレミングの左手の法則という言葉は出てこないが、電流と磁界と力の方向はあつまっている。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。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。その結果、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。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。

**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>[4] [5] [6] [7]</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

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考えている。そこで、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。

## 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、山梨大学工学部の学生（1～3年生：以下大学生と略す）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する前に、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99%であった。履修していないと答えたものも、聞き取り調査で「卒業後に自分で勉強した」ということがわかった。したがって、全員物理は学習したことになる。学習した内容については、物理Ⅰが86%、物理Ⅱが92%、総合理科が1%、その他（物理ⅠとⅡを自習）が1%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80%で、どちらか1つ履修したというものは少ないが、物理Ⅰだけが6%、物理Ⅱだけが12%で、物理Ⅱ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)

	1年	2年	3年	合計
男子	73	5	1	79
女子	4	0	0	4
合計	77	5	1	83

### 3 調査時期

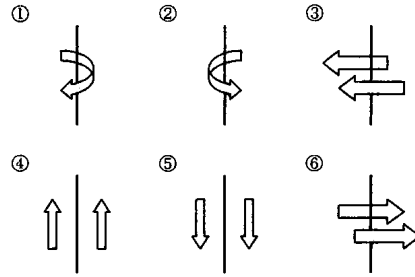
調査は、2005年4月中旬に実施した。

## 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）はどのようなになりますか。①～⑥の中から選んで○をつけて下さい。

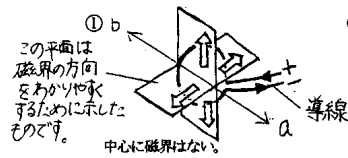


図1

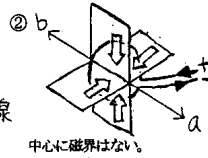


問2 図2のように、導線を円形にして電流を流すと、導線の近くや円の中心付近では、どのような磁界ができますか。①～⑥の中から選んで○をつけて下さい。白抜きの矢印は磁界の向きを示します。

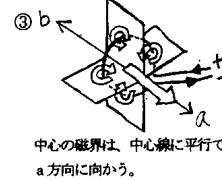
図2



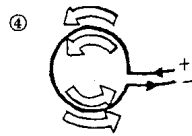
中心に磁界はない。



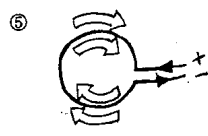
中心に磁界はない。



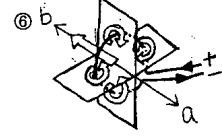
中心の磁界は、中心線に平行でa方向に向かう。



電流の向きと同じ方向に磁界ができる。



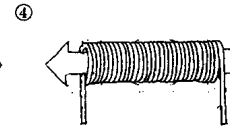
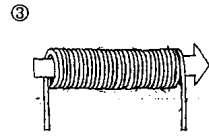
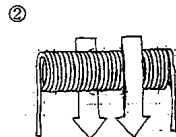
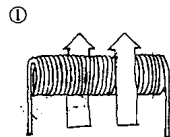
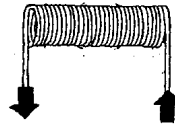
電流の向きと逆の方向に磁界ができる。



中心の磁界は、中心線に平行でb方向に向かう。

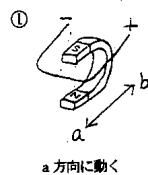
問3 図3のようなコイルに、黒い矢印の向きで電流を流すと、磁界の向き（白抜きの矢印）はどのようなになりますか。①～④の中から選んで○をつけて下さい。

図3

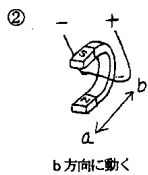


問4 図4のように、U字型磁石のNとSの間に太い銅線がくるようにセットして、電流を流したとき銅線はどのようなになりますか。①～⑩の中から当てはまるものをすべて選んで○をつけて下さい。+、-は電源のプラス、マイナスを示します。

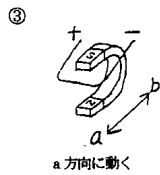
図4



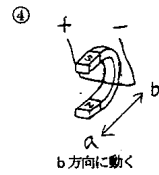
a方向に動く



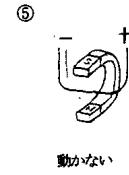
b方向に動く



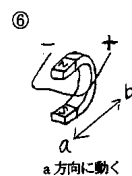
a方向に動く



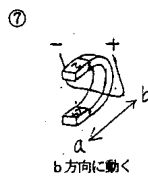
b方向に動く



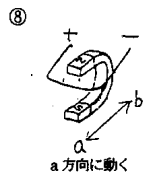
動かない



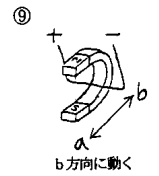
a方向に動く



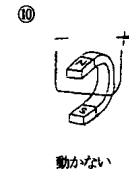
b方向に動く



a方向に動く



b方向に動く



動かない

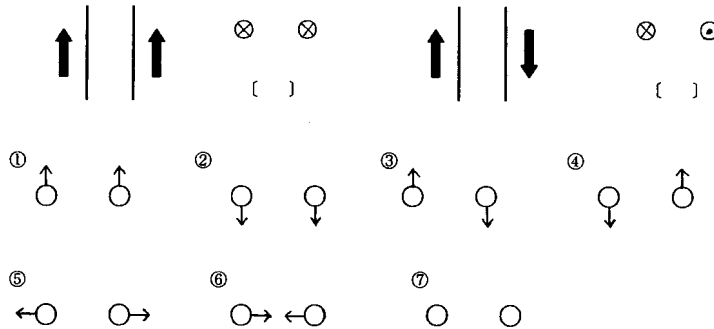
問5 図5のように、2本平行な位置に導線があります。図5-a、bのように、黒い矢印の向きで電流を流したとき、aの場合とbの場合で、それぞれ導線はどのようなようになるか、①～⑦の中から選んで〔 〕に番号を書いてください。（2つの○は2本の導線を電流の流れに沿って真横から見た図で、電流が自分に向かっている場合は⊗、自分と反対に向かっている場合は⊙となっている。）



図5

図5-a

図5-b



①～⑥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。

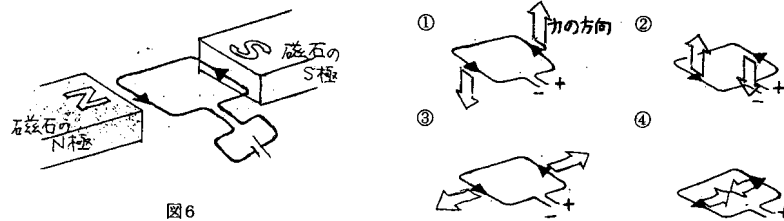


図6

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の部分に入るしきみを図示してください。また、この回転するしきみを文章や図を用いて説明して下さい。

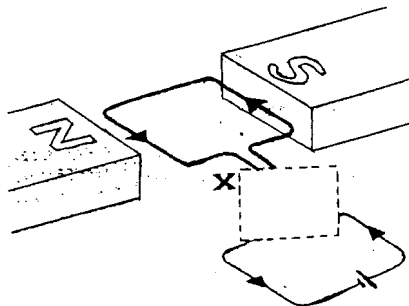


図7

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な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、導線はどのような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 98 %であった。正答の逆回り方向の②を選択したものが 2 %あった。

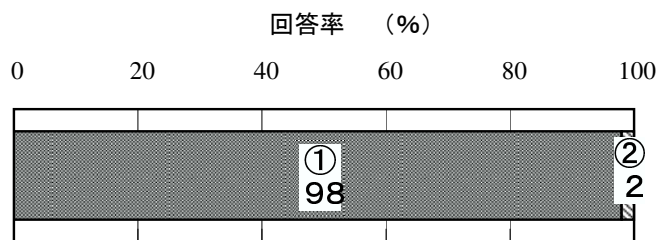


図 2 問題 1 の回答結果

#### 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 88 %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 9 %、①、②、⑤を選択したものがそれぞれ 1 %ずつであった。④の「電流の向きと同じ方向に磁界ができる」を選択したものはいなかった。直線の導線に生じる磁界の方向はわかっているが、導線を円形にした場合に生じる磁界の方向をわからないものが約 1 割いることがわかった。

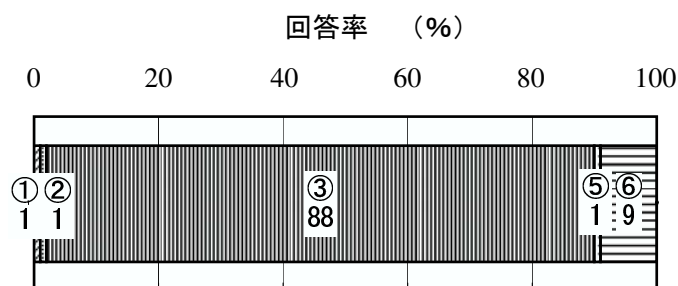


図 3 問題 2 の回答結果

### 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 95 %であった。残りの 5 %は正答と逆回り方向の③を選択している。この 5 %のうち 1 %は問題 1 ～ 7 をすべて誤答し、4 %は問題 2 で正答している。問題 2 で誤答だった 12 %は、問題 3 では正答している。なぜこのような回答になったのかは検討中である。

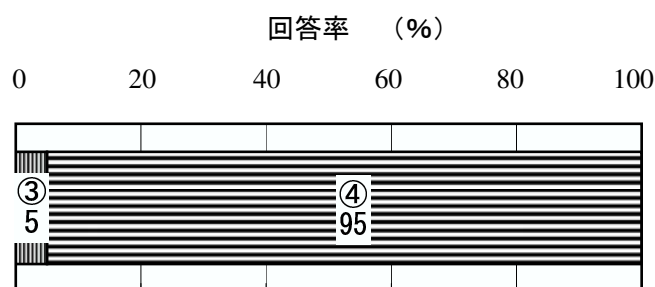


図 4 問題 3 の回答結果

### 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、①28 %、②60 %、③63 %、④27 %、⑤0 %、⑥59 %、⑦29 %、⑧28 %、⑨59 %、⑩0 %となっていて、正答の②③⑥⑨を選択したものがそれぞれ 6 割位、誤答の①④⑦⑧を選択したものが 3 割位であった。⑤⑩の「動かない」を選択したものはいなかった。正答の 4 つすべてを選択したものは 48 %、4 つすべて正答の逆向き方向を選択したものは 18 %あった。他には、5 つ選択して 4 つ正答のものが 1 %、4 つ選択して 3 つ正答のものが 4 %、2 つ正答のものが 4 %、1 つ正答のものが 4 %、3 つ選択して 2 つ正答のものが 2 %、2 つ選択して 2 つ正答のものが 6 %、正答なしのものが 5 %、1 つ選択して正答のものが 5 %、誤答のものが 4 %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。その他に、正しく選択できなかった要因として挙げられたのは、「学んだことを忘れていた、勘違い」「中学のとき以来なので忘れてしまった」「知識が足りないから」「勉強不足でした」「1つ選べだと思い、はじめに出た正解のみを書いた」「中学・高校の理科の勉強において電気の範囲はあまり詳しくやらなかったため、しっかり理解できなかったため」「磁石や磁界の性質を忘れたから」「電気の流れと磁界の向きの関係がよくわからなかった」「物理が苦手」「うっかりした（磁石のN極が磁力の向きだと思った）」などであった。

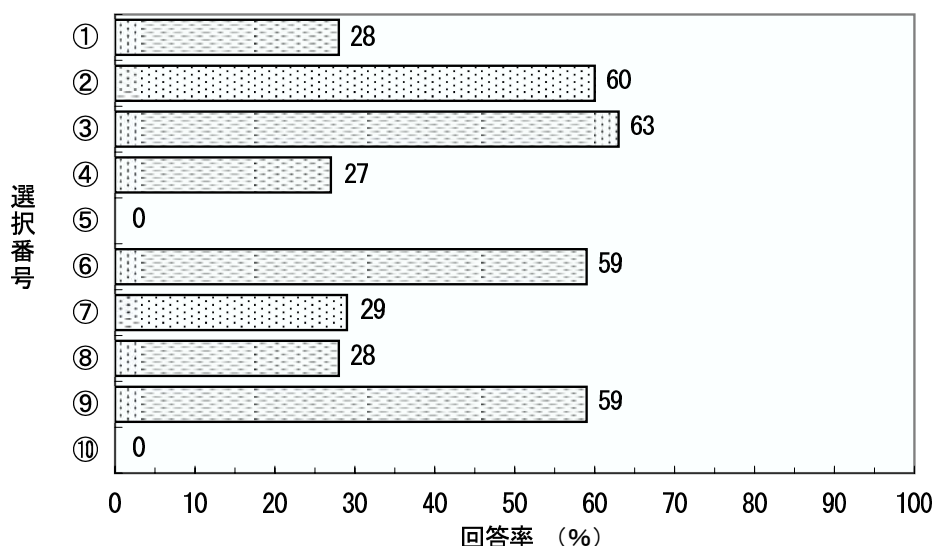


図 5 問題 4 の回答結果

## 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 37 %であった。これと逆向き方向に動く⑤を選択したものは 35 %と、⑥を選択したものとほぼ同じくらいであった。①②③④を選択したものは、それぞれ少数であった。⑦の動かないを選択したものが 11 %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 43 %で、問題 5 - a で正答の⑥を選択したものよりも少し多かった。これと逆向き方向に動く⑥を選択したものは 27 %で、問題 5 - a で逆向き方向に動く⑤を選択したものより少なかった。こちらも①②③④を選択したものは、それぞれ少数であった。⑦の動かないを選択したものが 11 %あった。

問題 5 - a と b の両方の正答を選択したものは 35 %、a だけ正答したものが 2 %、b だけ正答したものが 8 %あった。a と b でそれぞれの正答の向きと逆向き方向に動く、すなわち a で⑤、b で⑥を選択したものが 27 %あり、電流・磁界・力の方向の関係を正しく理解していなかった。両方とも誤答を選択したものが 28 %であった。a で⑦を選択したものは 11 %、b で⑦を選択したものは 11 %あったが、a と b で両方とも⑦を選択したものは 4 %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もいることがわかった。

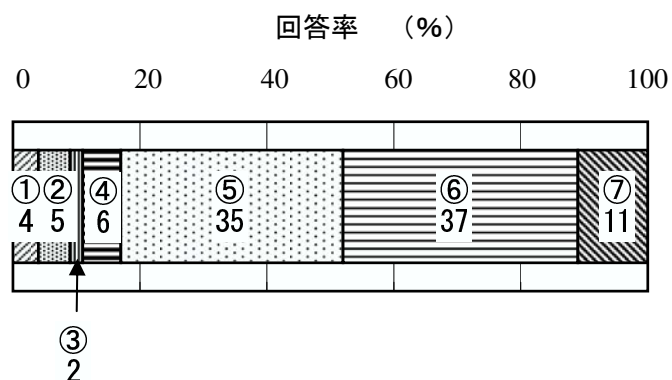


図 6 問題 5－a の回答結果

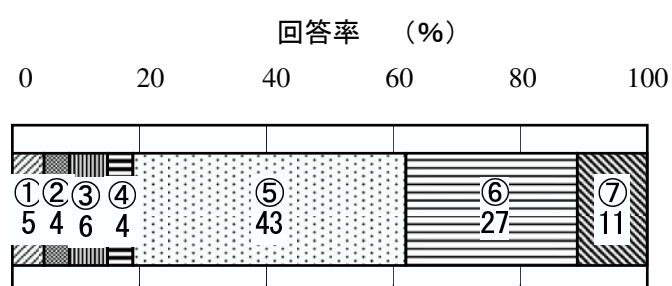


図 7 問題 5－b の回答結果

## 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 69 %で、②と逆向き方向の①を選択したものは 28 %であった。①を選択したものの 28 %のうち 12 %が、問題 4 において 4 つすべて逆向き方向を選択しており、電流・磁界・力の方向の関係を正しく理解していなかった。

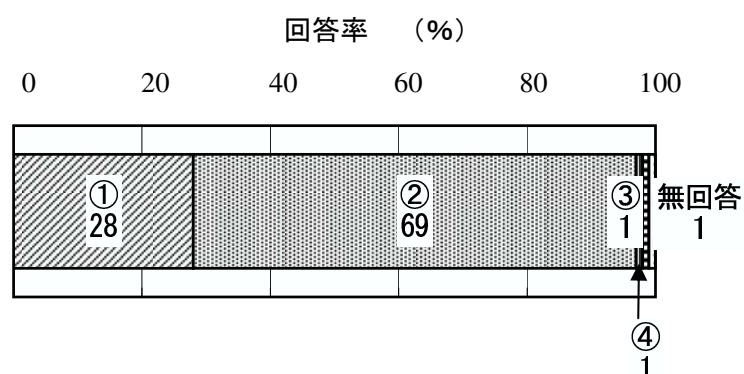


図 8 問題 6 の回答結果



## 7 問題7の結果

問題7の結果を図9に示す。回答結果をtypeI～Vに分類した。図も描け説明も書けていた（type I）ものは2％であった。図は描けているが説明が不十分（type II）のものが16％、図は描けているが説明が書けていない（type III）のものが2％、図は描けていなくて説明が不十分（type IV）のものが8％、図も描けず説明も書けていない（type V）のものが72％であった。つまりほとんどのものが誤答であり、中には「あらかじめ回転する方向と逆へねじっておいて、回転させる。」という回答や、コイルと導線をつなげただけの図を描くものがあった。「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。

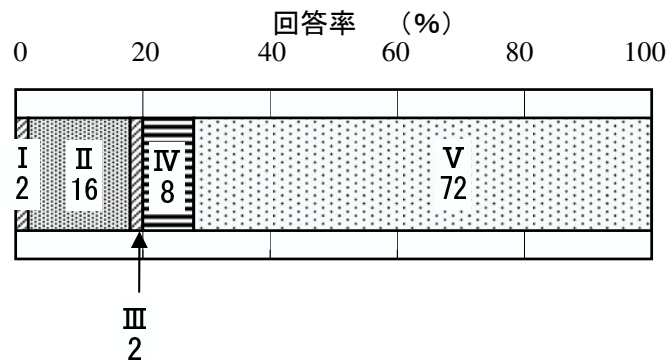


図9 問題7の回答結果：

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。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択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98％の正答率であったものが、問題2では10％減少し88％になった。この10％のうち⑥を選択したものが8％で、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、磁界の向きが逆になったものがあった。問題3の正答率は、図4に示したように95％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84％であった。問題1～2を正答しているのにもかかわらず、問題3で逆向きの磁界である③を選択しているものもあった。なぜ選択したのかは不明である。問題1～3を通して電流と磁界の関係は、約9割のものが理解していた。

図10の問題4の回答は、「全問正答(43％)」は正答4つをすべて選択したものを示し、「1つ正答(6％)」は1つだけ正答したものを示し、4つ選択して1つ正答したものも、1つ選択して1つ正答したものも「1つ正答」とした。同様に「2つ正答(8％)」は2つ正答したもの、「3つ正答(4％)」

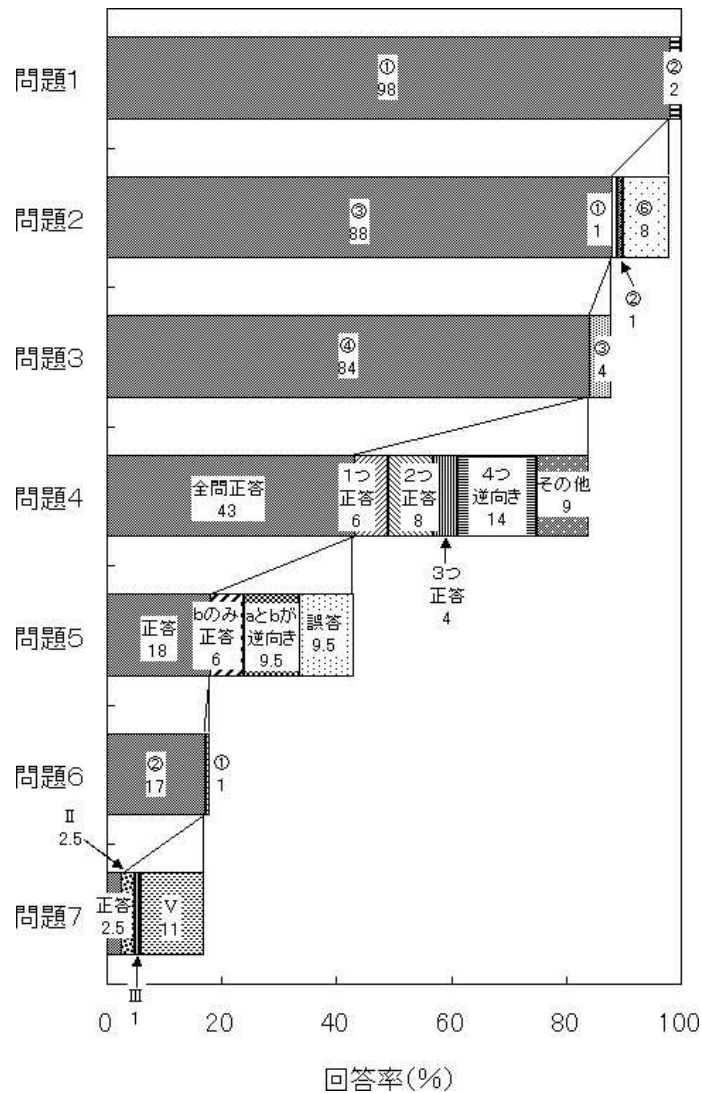


図 10 問題 1 から問題 7 までの正答者の回答結果

は 3 つ正答したものをそれぞれ示す。「4 つ逆向き (14 %)」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択したものを示す。問題 1 から問題 3 までの正答が 84 % あったが、問題 1 から問題 4 まで正答したものが 43 % 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 14 % 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 1 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ことにより、正しい力の方向がわかる。図 1 1 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、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たと忘れない。今後、このことについて検討していきたい。

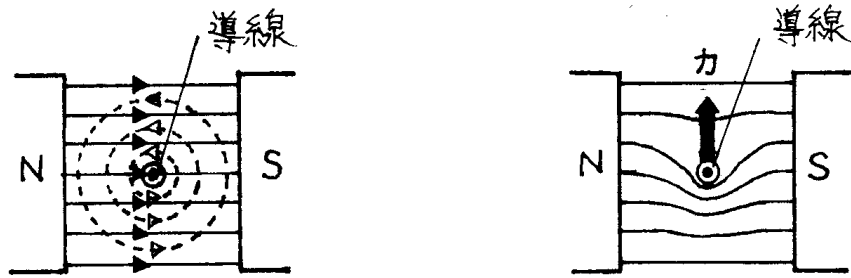


図 11 磁石の磁界と導線の磁界により生じる電磁力の方向：

- (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 10 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 43 % になり、問題 1 から問題 5 まで正答したものは 18 % 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、②、④、⑤、⑦があった。導線が 1 本のときの、電流の向きと磁界の方向の関係がわかり、電流・磁界・力の関係もわかっていたのに、導線の磁界が他方の導線に及ぼすことに気がつかなかったものもいたと考えられる。

問題 1 から問題 5 まで正答したものは 18 % で、問題 1 から問題 6 まで正答したものは 17 % となった。誤答した 1 % は正答と逆方向を選択した。問題 1 から問題 5 を正答したものは、問題 6 もほとんどすべて正答したことがわかった。

問題 1 から問題 6 まで正答したものは 17 % であったが、問題 1 から問題 7 まで正答したものは 2.5 % とかなり減少した。他のものは、図 9 で分類した type II が 2.5 %、type III が 1 %、type IV が 0 %、type V が 11 % であった。正答した 2.5 % のものは、整流子とブラシとを正しく描き、文章でも説明してあった。しかし他のものは、コイルが受ける力の方向はわかっている、連続して回る仕組みがわかっていなかった。

## 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。その結果、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。電流・磁界・力の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] 高等学校学習指導要領解説－理科、理数編－, pp.61–89, 大日本図書, 1999
- [4] 新しい科学 1 分野上, pp.114–120, 東京書籍, 2002
- [5] 新しい科学 1 分野下, pp.46–75, 東京書籍, 1991
- [6] 中学校理科 1 分野下, pp.30–39, 大日本図書, 1997
- [7] 中学校理科 1 分野下, pp.30–38, 学校図書, 1996
- [8] 物理, pp.144–161, 東京書籍, 1990
- [9] たのしい理科 6 年下, pp.30–37, 大日本図書, 2004
- [10] みんなと遊ぶ小学校理科 6 年上, pp.42–52, 学校図書, 1999
- [11] 新しい理科 6 下, pp.32–43, 東京書籍, 2002