

くぎを使って磁界を見る教材の開発

沖花 彰・兼 泰子

Developments of teaching aids with nails for observing magnetic fields

Akira OKIHANA and Yasuko KANE

Accepted July 2, 2008

抄録: 中学校理科「電流とその利用」で、磁化させたくぎを使って直線電流やコイルの作る磁界を観察する教材を作成した。またその教材を用いて 2 つの中学校で授業実践を行った。授業後の生徒達のアンケートでは電流を流すとすぐにくぎが反応することから電流により磁界ができることがよく実感できるという感想が多かった。また自分の作ったくぎ磁石を使うことで理科学習により興味を持たせることができた。

索引語: 中学校理科教材, 磁界を見る, くぎの磁化

Abstract: In order to study the magnetic field made by an electric current, teaching aids with magnetized nails for observing magnetic fields were developed. By using these aids, trial lessons were done in junior high schools. For students, these aids were effective to understand that magnetic fields appear when an electric current occurs. Especially to make aids by themselves, students were interested this scientific study.

Key Words: Teaching aids in junior high school, Observing magnetic fields, Magnetization of nails

1. はじめに

本稿では生徒が理解に困難を示していると思われる中学校理科第 1 分野（上）「電流の利用」の学習において「磁界を見る教材」を作成し、授業実践したので報告する。磁界の様子は、直接目で見ることができず、また静電気のように感じることもできないため実感させにくい学習内容の 1 つである。そこで、磁界の様子をより実感させやすい教材を作成し、授業実践を行った。

表 1 単元「電流の利用」における生徒の理解度（平成 13 年度・15 年度小中学校教育課程実施状況調査より）

中学校第 1 分野電流の利用（電流のはたらき）磁界関係 出題趣旨	平成 13 年度		平成 15 年度	
	通過率	設定通過率	通過率	設定通過率
1) 磁石の磁界と磁界中での磁針の向きとの関連を理解している（関連づけられる）	◇ 47.7%	60%	◇ 51.7%	60%
2) 磁石のまわりの磁界と磁力線の向きを理解している	◇ 53.3%	70%	◇ 54.2%	70%
3) 直線の導線を流れる電流のまわりにできる磁界の向きを関係づけられる	◇ 37.1%	55%		
4) コイルに流れる電流や磁界の向きを比べて回転の向きを推測できる			◇ 47.5%	55%
5) コイルのまわりにできる磁界と方位磁針の向きを関係づけられる	◇ 29.5%	55%		
6) コイルの周囲にできる磁界に関心を持ち、観察している	83%	75%		
7) コイルの周囲の磁界の向きが答えられる	◇ 37.1%	55%		

Ⅱ. 中高大学生の理解度調査

国立教育政策研究所が平成 13 年度および 15 年度に行った小中学校教育課程実施状況調査¹⁾において、「電流の利用（電流のはたらき）」の磁界に関する問題 9 問のうち、8 問で通過率（正答もしくは準正答）が設定通過率（出題者が予想した正答率）を下回った。表 1 にその調査結果を抜粋する。下回った問題（表 1 ◇のついたもの）を見ると、全て磁界の向き・磁力線の向き・方位磁針の向きなど「向き」を問う趣旨の問題である。唯一通過率が設定通過率を上回っている問題は、「コイルのまわりにできる磁界に関心を持ち、観察している」かどうかを問う問題である。小学校段階では磁石の N・S であらわされる「極」という捉えかたをしていたものが、中学校では磁石のまわりの「磁界」という考え方に変わることによって、磁石や電流のまわりに広がる磁界の様子やその向きが理解しにくくなっていると考えられる。

さらに「磁界の様子」の理解が中学校での学習後どの程度定着しているかを高校 1 年生 159 名（京都教育大学附属高校物理未履修）、大学生 78 名（京都教育大学中学校理科免許取得希望者主として 1 回生）を対象に調査した。同時に今回授業実践を行った京都教育大学附属京都中学校および京都女子中学校の 2 年生 75 名についても事前アンケートとして行った。いずれも中学校の「電流とその利用」の単元は学習済みである。調査問題は①棒磁石の両極付近（左右）と棒磁石中央両側（上下）において方位磁針の向きを答えさせる、②棒磁石がつくる磁界の様子を磁力線の向きも含めて描かせるものであった。これらはすべて現行の中学校教科書²⁾に写真付きで掲載されている内容であるが、磁力線の形と向き、そこにおかれた方位磁針の向きを正しく答えた割合は 4 割から 6 割弱と非常に悪かった。

棒磁石のまわりにおいて方位磁針の向きについては棒磁石の極の近く（左右）において磁針の向きの正答率は 75 ～ 94% と高いが、棒磁石の中央両側（上下）においてものの向きまでいれると各グループ 10 ～ 20% 正答率が下がる。また磁力線の様子は形については 72 ～ 80% という正答率であるが、向きまで正しく答えたものは中学生 45%，高校生 64%，大学生 54% とかなり低くなる。特に磁力線の向きの理解が上下左右の方位磁針の理解と比べても悪いことがわかる。

表2 棒磁石の周りの磁界の様子に関する調査

グループ		中学生	高校生	大学生
人数		75 人	159 人	78 人
磁力線の形・向き・方位磁針上下左右全て正解		41%	57%	44%
方位磁針	①左右正解	75%	94%	90%
	②上下左右正解	55%	84%	77%
磁力線	③形正解	80%	77%	72%
	④形, 向き両方正解	45%	64%	54%

現行の教科書を見ると磁界を調べる実験は、その多くが棒磁石のまわりの磁界、電流の周りの磁界いずれも砂鉄を用いて磁界の様子を観察し同時に数個の方位磁針を回りに並べることによって磁界の様子や向きを学習するようになっている。しかしこの調査から、砂鉄の観察による学習だけでは磁力線の様子を理解するのは難しく、数個の方位磁針による向きの学習でも磁界全体の向きはつかみにくいと思われる。磁力線の形と向きとを関連付けた学習が必要である。

Ⅲ. 教材の作製

以上の調査を踏まえて、磁力線の様子や向きと方位磁針の向きとの関連付けをよりわかりやすくするために、くぎを磁化させて磁界の様子を見る教材を作製した。図1に作製したくぎセットの一例を示す。

磁界の様子を見る学習は、砂鉄を使って磁力線を見るものが数多く見られる。しかし、砂鉄ではなくくぎを磁化させて使うメリットは、①砂鉄では大きな磁力をかけなければ変化がなく磁界の方向はわからないが、くぎなら地磁気や乾電池による直線電流などの小さな磁界でも反応する、そのため教師の演示実験に限られていたものを班ごとの生徒実験に広げることができる、②直線電流のまわりの磁界の様子を見るときに、砂鉄では電流を流した後、台をたたかないと反応しないが、くぎなら電流を流した瞬間に変化が見られ「電流が流れるとそのまわりに磁界ができる」という瞬時に起こる反応を実感しやすい、③逆向きに電流を流すと、すぐに磁場が逆向きにできることが見てわかり、磁界には向きがあることが実感できることである。

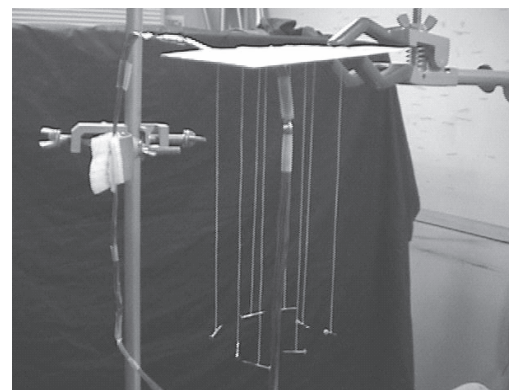


図1. くぎセット1枚をスタンドに固定

方位磁針をまわりに並べて磁界の様子を観察させる学習については、磁力線の一部というイメージがつみにくい、市販の方位磁針を使うことは「容器」があるので磁界全体の様子を見るために多くを並べて配置するのが難しい、図1のような空間的な様子を見るにも方位磁針は配置しにくいという問題点があげられる。何よりもこの教材の一番の特徴は自分で磁化させて作った「磁針」を用いるという点である。市販の器具に頼らず手作りの教材で学習させることは「ものづくり教育」にも通じる重

要な観点である。

1. 準備するもの

材料は身近にある簡単に準備できるものを使った。

くぎ 8 本 (13mm 太さ 0.9mm ϕ)，糸 8 本 (15cm)，厚紙 (15cm 四方)，瞬間接着剤，綿棒，エナメル線，単 1 乾電池 2 個，導線，豆電球

(注) くぎの太さや長さは必ずしもこの通りである必要はないが，違うものを使うとセットするくぎの配置がかわり厚紙の大きさも変わってくる。

2. 作製方法

- (1) くぎの頭から先に向かって棒磁石の S 極でこすり，くぎの先を N 極に磁化させる。正しく磁化できたか方位磁針に近づけて確かめ，N 極に目印をつける。
- (2) 磁化させたくぎに瞬間接着剤で糸を付け，くぎが水平に糸にぶら下がるようにする。くぎが糸に水平にぶら下がるようにするために，重心を糸の接着ポイントにする。少量の瞬間接着剤を接着ポイントにつけ，10 秒ほどおき乾きかけたところで糸を付け，余分な瞬間接着剤は綿棒で吸い取るときれいに付く。
- (3) 作製したくぎ 8 本をスタンドに固定した厚紙に 5cm 間隔で下げ，厚紙上部をセロハンテープで固定するとくぎセットが出来上がる。
- (4) エナメル線でコイルを作製する。エナメル線を段ボール箱に 30 回ほど巻きつけてコイル (25cm $\times$ 18cm の長方形) を作る。段ボール箱からコイルをはずすときコイルがバラバラにならないようテープでとめる。

3. 実験方法

直線電流の作る磁界からコイルのまわりの磁界まで順に観察することによって磁界の様子の一連の変化がわかるようにする。学習時期は「電流のはたらき」の単元のまとめとして設定するのが適当である。

- (1) 直線電流のまわりの磁界の様子を観察する。

コイルの 1 辺がくぎセットの中心を縦に通るようにスタンドに固定し (図 1 参照)，乾電池，豆電球をつなぎ電流を流す。また電流の向きを変えて観察する。磁界がどのようにできるのか電流を流す瞬間のくぎの向きの変化をよく観察させる。豆電球をつなぐのは電流を流した瞬間がわかるようにするためである。

- (2) 円電流のまわりの磁界の様子を観察する。

くぎセット 2 枚とコイル 1 つを使用する。くぎセットを 2 つのスタンドに並べて設置し，コイルの 2 辺がそれぞれ，くぎセットの中心を縦に通るようにスタンドに固定する。(1) と同様に電流を流して磁界の様子を観察する。

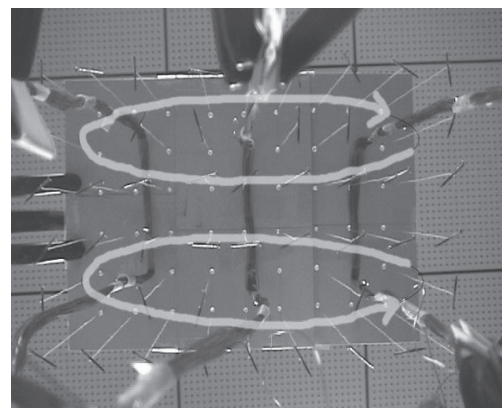


図 2. くぎセット 6 枚を使って下から見た様子

(3) コイルのまわりの磁界の様子を観察する。

できるだけ多くのくぎセットとコイルを使用する。全てのくぎセットを並べてスタンドにし(1)(2)と同じ要領でコイルを固定する。電流を流して磁界の様子を観察する。図2にくぎセット6枚とコイル3つを使った様子を示す。図中の矢印のように磁界ができていることが観察できる。

IV. 授業実践

この教材を使って、前述の2つの中学校の2年生37人及び36人を対象に実践授業を行った。授業時間はどちらも選択理科50分×2校時である。4～5名程度の班ごとに分け実験させた。授業の流れと所要時間はおよそ以下のようである。

- (1) 授業前調査を行う。(10分)
- (2) くぎを磁化させる方法を考えさせる。どのようにこすれば磁化されるのか予想を立てた後で、実際に棒磁石でこすり方位磁針に近づけ、どちらの極に磁化しているのかを確かめる。(15分)
- (3) くぎの中の様子をアニメーションを見せながら説明する。(5分)
- (4) 磁化させたくぎを使って各班に1つずつくぎセットを作製させる。(30分)
- (5) くぎセットで直線電流のまわりにできる磁界の様子を観察する。(10分)
- (6) まとめ(円電流・コイルのまわりにできる磁界の様子をビデオで見せる)(20分)
- (7) 授業後調査を行う。(10分)

本授業では時間の関係上、直線電流のまわりにできる磁界の様子を観察することまでしかできなかったが、時間があれば2班合同になって円電流のまわりの磁界を、全ての班が作製したくぎセットをもちよってコイルのまわりにできる磁界の様子を調べる実験を行うと大きなものを一緒に作り上げていく連帯感も養うことができると思われる。今回はあらかじめ撮影しておいたビデオを使って説明した。

V. 授業実践結果

1. くぎの磁化

鉄でできたものを強い磁石の極でこすって磁石にする活動は小学校3年生の教科書に記載されているが³⁾、実際にやったことのある生徒は少数だった。授業では、くぎと棒磁石を生徒に渡す前にくぎの先端をN極に頭をS極に磁化させる方法を予想させた。その結果、「棒磁石のS極でくぎの頭から先端に向かってこする(あるいはN極で先端から頭に向かってこする)」と正確に答えることのできたものは1割に満たなかった。またこの他に「N極で頭をこする」「S極で先端をこする」という回答が27%

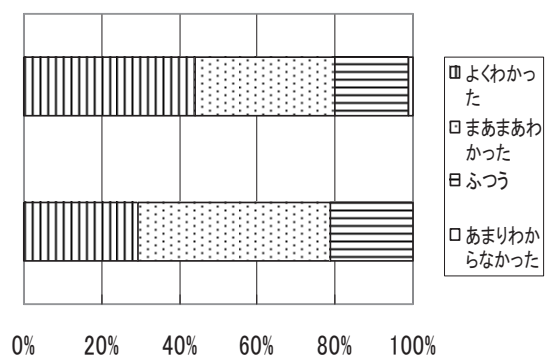


図3 授業後の理解度(上:棒磁石のまわりの磁力線の形, 下:磁力線の向き)

あり、これはN極とS極が引きつけられるという知識のみからの理解であると考えられる。これら全てを正答とみなしても、全体としての正答率は35%と非常に低かった。そのため棒磁石でくぎを一定の方向にこするとくぎの中の小さな磁石がきれいに並ぶことによって磁化するというイメージをアニメーションを使って説明した。

2. 授業後調査

この授業内容の理解度を調べるために、授業後に各項目別に理解度アンケートを行った。理解度を「5 よくわかった, 4 まあまあわかった, 3 ふつう, 2 あまりわからなかった, 1 わからなかった」の5段階で評価してもらった。2つの中学校の結果に大きな差異はなかったので足し合わせた結果を報告する。

1) 棒磁石のまわりにできる磁界の様子

棒磁石のまわりにできる磁力線の形と向きに関する授業後の理解度を図3に示す。わかった(5及び4)と答えた割合は磁力線の形が80%で、向きが79%であった。授業前に高校生と大学生と同じように棒磁石がつくる磁界の様子と向きを描かせたが、磁力線の形を正しく描くことができたものが80%, 向きが45%であったことから磁力線の向きに関して特に成果があった。

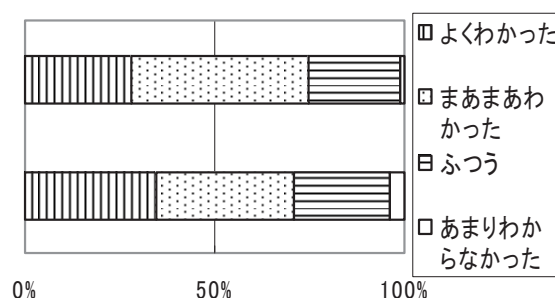


図4 授業後の理解度(上:直線電流のまわりの磁力線の形, 下:磁力線の向き)

2) 直線電流のまわりにできる磁界の様子

直線電流のまわりにできる磁力線の形と向きに関する授業後の理解度を図4に示す。わかった(5及び4)と答えた割合は磁力線の形が75%, 向きが71%であった。磁力線の形と同様に、磁界の向きが良く分かったと答えた人が多いことから、くぎセットを使うことによって直線電流のまわりの磁界の様子と同様に、磁力線の方角の理解に効果があったと考えられる。

3) 授業後の感想

また、授業後に、この授業に興味をもてたかどうかを「くぎの磁化」「くぎセットで磁界の様子を見る」という2つの項目に分けて回答してもらった。評価は「5非常に面白かった, 4まあまあ面白かった, 3ふつう, 2あまり面白くなかった, 1まったく面白くなかった」の5段階である。図5にそれぞれの項目について結果を示す。

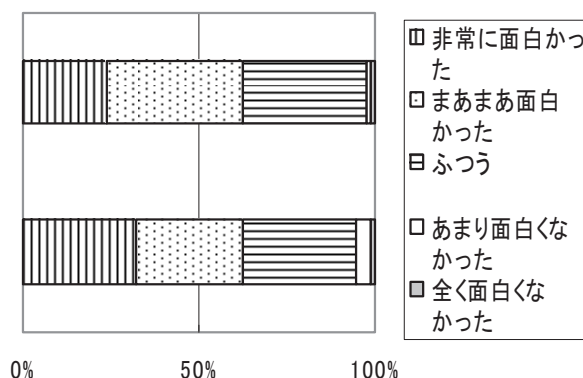


図5 授業後の感想(上:くぎの磁化, 下:くぎセットで磁界を見る)

くぎの磁化の実験について面白かった(5及び4)と答えた人は63%であった。生徒の具体的な感想として「自分で磁石を作るのが楽しかった」、「くぎが磁石みたいになって面白かった」、「磁石でこすったときのくぎの内部の様子を知ったこと」などがあり、小学校で学習する内容である「くぎをこすると磁石になる」ということさえも中学

生にとっては新鮮に捉えられていた。またくぎセットで磁界の様子を見るについて面白かったと答えた人は 62% であった。生徒の具体的な感想として「電流を流したとたんに、くぎが動くのが面白かった」、「一瞬ばらばらかなあと思ったけど、よく見るとちゃんと磁力線ができていてびっくり!」、「電流の向きによって磁界の向きが変わること」などがあり、電流を流した瞬間に磁界ができ、くぎが振れることが実際に目で見て理解できた感動や、よく見ると右ねじの法則通りになっているという学習の確認にもなった。特に教科書やこれまでの学習では磁界の様子を静的にしか捉えられなかったものが、電流が流れて磁界が発生するという動的な変化として捉えることが実感できたと思われる。

VI. まとめ

中学生の学力調査や高校生及び大学生を対象とした理解度調査を踏まえて、生徒の実態に即した、磁界の様子と向きの関連がよくわかる教材を作製した。この教材を用いることで、直線電流のまわりの磁界の様子や方向の理解が高まった。さらに自分でくぎを磁化させて使うということからより身近な学習として受け入れられた。くぎセットを積み上げることで円電流からコイルのまわり、棒磁石のまわりの磁界の様子や向きへと連続した学習をすることもできる。くぎセットによって目で見ることもしることもできない磁界のイメージを具体的な実感として捉えることができたと思われる。

なお本研究は千葉県公立中学校での実践授業にも活用され報告されている。杉山氏の報告「意欲も理解度もあがる簡単自作教材」⁴⁾では本研究を参考にくぎセットを使った実践学習を行い、「自作『マイ方位磁針』によって生徒は意欲的に課題に取り組み、磁界のイメージ化という点でも効果を上げたと思う。」とまとめている。このようにこの研究は十分実際の中学校授業の中で効果をあげることができるものといえる。

最後にこの研究内容は動画を含めたホームページ上⁵⁾で公開している。

【引用文献】

- 1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター，平成 13 年度（15 年度）小中学校教育課程実施状況調査，2003（2005）
http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm
http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h13/top.htm
- 2) 例えば
中学校理科 1 分野上「3 章電流とその利用 3 節電流と磁界」，大日本図書，平成 19 年度版
- 3) 例えば
たのしい理科 3 年「7 じしゃくのふしぎをしらべよう」，大日本図書，平成 19 年度版
- 4) 杉山哲，意欲も理解度もあがる簡単自作教材～マイ方位磁針で磁界を「見る」～，教育フォーラム（大日本図書）（2008）30
- 5) 京都教育大学沖花研究室 WEB 技術を使った理科（物理）の教科書
<http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~okihana/inada/top.html>

おきはな あきら / 京都教育大学教育学部

かね やすこ / 同志社高等学校