

スタンプ式磁界可視化教材の開発

牧原 義一¹⁾・西村 拓真²⁾

Development of a Teaching Material for Recording the Direction of Magnetic Field by Stamping the Arrow

Yoshikazu MAKIHARA and Takuma NISHIMURA

要 旨

上部に方位磁針を取り付けたスタンプを用いて、紙面上に磁界の向きを矢印として押印する「スタンプ式磁界可視化教材」を開発した。また、この教材を用いて、磁石や電流のまわりの磁界を矢印のパターンとして可視化する実験を行った。本稿では、教材の構造、使用方法、実験結果、および教材の有効性と課題について報告する。

1. はじめに

磁石や電流が作る磁界の様子を理解するために、細かい砂鉄や鉄粉を一樣にふりかけたり、複数の小さな方位磁針を置いたりして、砂鉄や磁針の配列のパターンを観察する方法が良く用いられる。あるいは、細かく切ったカラークリップを磁石にふりかけ、その配列のパターンを観察することにより立体的な磁界の様子を観察することもできる¹⁾。一方、これまで著者の一人は、これらの方法とは異なる磁界可視化法として、市販の方位磁針と鉛筆の芯を用いて磁石や電流のまわりの磁力線を紙面上に描画する教材（磁力線描画用方位磁針）を考案して報告した²⁾。この教材は、自らの手で磁力線を描くことによって位置による磁界の変化を直接体験することができるという特徴を有している。そのため、磁界の様子が記憶に残りやすく、また、磁力線の定義を正しく理解することができる。一方、弱い磁界中や複雑な磁界中では正しい磁力線からのずれが生じ、そのずれが描画中に拡大するという欠点を有することも明らかになった。

以上のように種々の磁界可視化法について検討する中で、今回、市販のスタンプと方位磁針を用いて、磁界の様子を矢印のパターンとして紙面上に記録する新たな教材（スタンプ式磁界可視化教材）を開発した。

2. スタンプ式磁界可視化教材の構造と操作方法

本教材は、磁界の向きを矢印として紙面上に押印する「スタンプ」と、計測する磁石と記録用紙をセットするための「実験台」から構成される。

図 1 (a) に示すように、スタンプの構造は、市販の印面回転型スタンプ (DAISO No.282、高さ 65 mm、インク内蔵) の上部に、両面テープを用いて方位磁針 (透明樹脂製、外径 ϕ 40 mm、高さ 10 mm、オイル注入式) を取り付けたものである。図 1 (b) に示すように、スタンプの押印面には磁界の向きを示す矢印の形をしたゴム板 (ネオプレン製、厚さ 1 mm) を取り付ける。図 2 にスタンプの押印の仕組みを示す。図のように、初めスタンプ内部の朱肉に接触している押印面が、その中心軸のまわりに回転しながら下方へ移動した後、初めの状態から 180° 回転した位置で紙面に接触して、矢印が紙面上に押印される。ここで、図 1 (b) に示す押印面上のゴム板の矢印の向きは、押印面の回転軸の向きと一致させてある。また、図 1 (a) に示すように、方位磁針の底部に押印面の矢印の向きと一致する矢印を貼り付け、スタンプ上部から押印面の矢印の向きを確認できるようになっている。以上の構造から、方位磁針の指す向きと方位磁針底部の矢印の向きを一致させた状態で押印すれば、方位磁針の位置の磁界の向き

1) 三重大学教育学部

2) 松阪市役所

が矢印として紙面上に記録されることになる。なお、オイル注入式の方位磁針を用いることにより、実験中の磁針の振動（揺れ）を短時間で減衰させ、正確かつ迅速に磁界の押印作業を進めることができた。

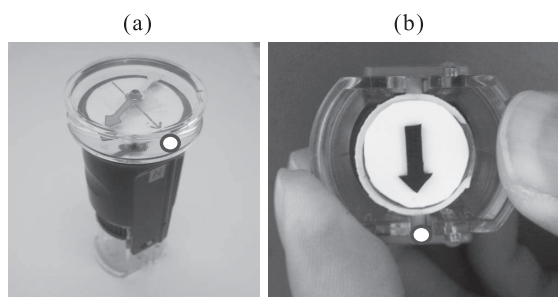


図1 磁界押印用スタンプ
(a) 全体写真 (b) 押印面

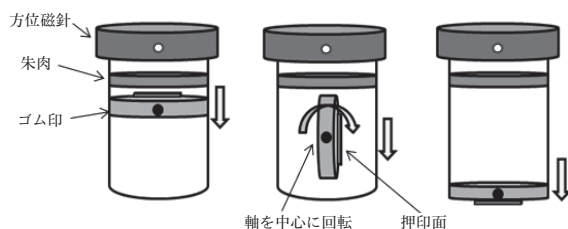


図2 スタンプ面の回転と押印の仕組み

図3および図4に、それぞれ実験台の全景および磁界押印の様子を示す。実験台は、320 mm×500 mm×3 mmの2枚の透明アクリル板を向い合わせて、その四隅をボルト・ナットで連結することにより、アクリル板の間隔を調整できるようにしたものである。測定する磁石が作る磁界に影響を及ぼさないように、アルミニウム製のボルト・ナットを用いた。図4に示すように、上部アクリル板の下面中央付近に測定用の磁石をセロハンテープで固定した後、スタンプ上部の方位磁針の高さと磁石の高さがほぼ一致するようにアクリル板の間隔を調節する。(図4には上部アクリル板の位置に棒磁石と方位磁針の反射像が映っている。)次に、下部アクリル板の上にセロハンテープで記録用紙

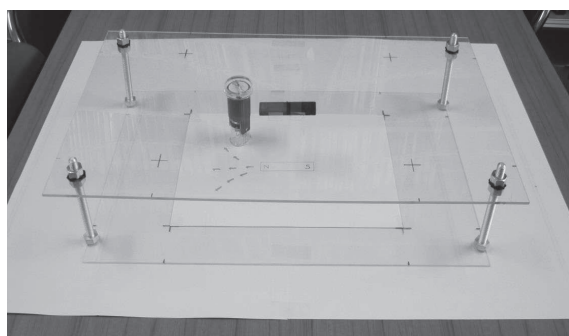


図3 実験台（棒磁石のまわりの磁界の記録）

を固定して、アクリル板の間にスタンプを置き、前述の方法で押印することにより磁石まわりの磁界の様子を矢印のパターンとして紙面上に記録した。アクリル板が透明であるため、スタンプの位置や押印した矢印の向きを確認しながら作業を進めることができる。

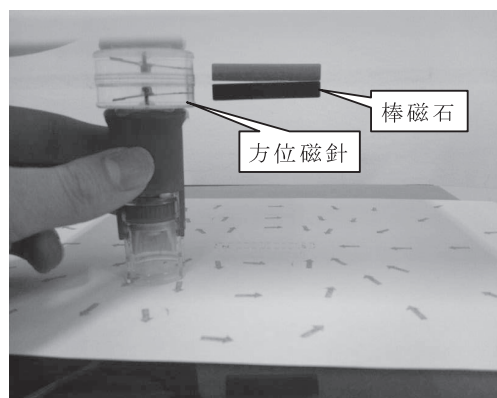


図4 押印の様子

3. 実験結果

図5は、今回開発したスタンプ教材を用いて1本の棒磁石のまわりの磁界の様子を記録した結果である。押印された矢印の配列から、磁石のN極からS極へ向かう磁界の様子を観察することができる。図6は、同じ棒磁石のまわりに鉄粉をふりかけたときの鉄粉の模様と、図5の磁界（矢印）の押印パターンを重ねて表示したものである。鉄粉の模様として表される磁力線の接線の向きと、押印された矢印の向きがほぼ一致していることを確認することができる。これは、今回開発した教材の信頼性を示す一つの結果である。なお、図5の計測時間は約7分で、1か所の押印につき約6秒を要した。

図7にU字型磁石の実験結果を示す。磁極付近のN極からS極へ向かう磁界の様子に加えて、磁極以外の磁石まわりの位置についても対称的な磁界のパターンが明瞭に記録されている。鉄粉を振りかける従来の

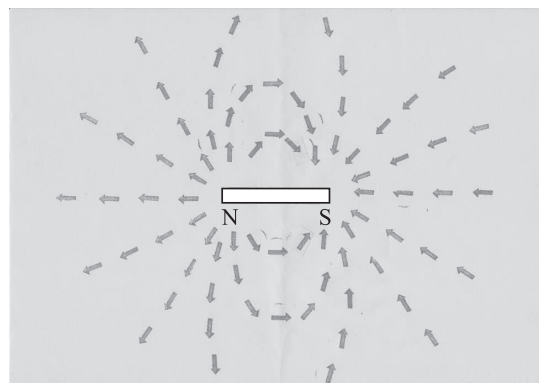


図5 棒磁石のまわりの磁界を表す実験結果

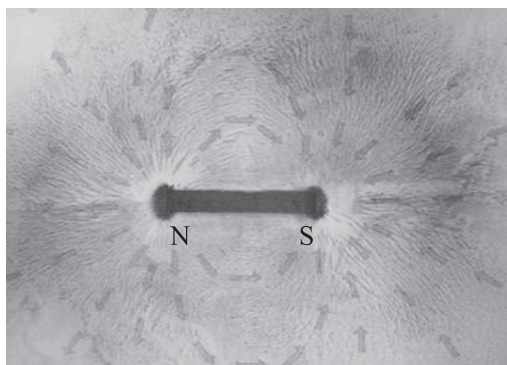


図6 棒磁石のまわりの磁界（鉄粉と押印のパターン）

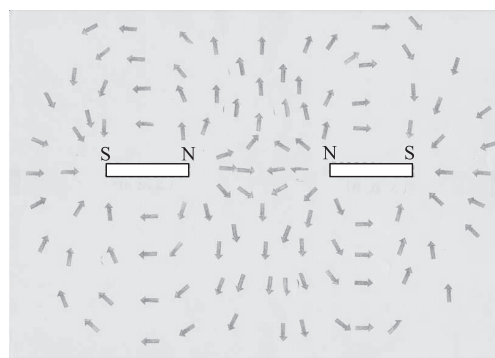


図8 2個の棒磁石のまわりの磁界
（スタンプ式磁界可視化教材）

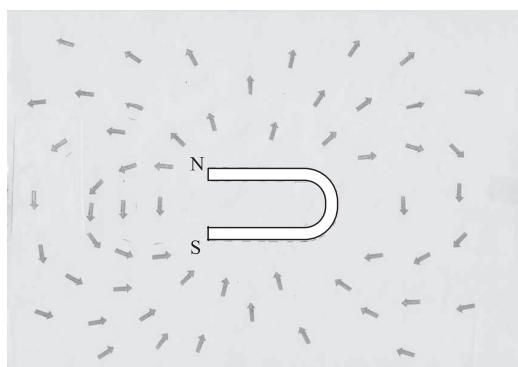


図7 U字型磁石のまわりの磁界

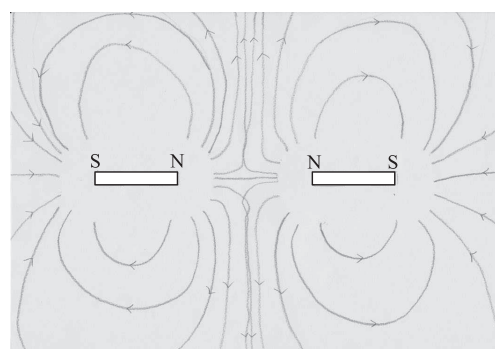


図9 2個の棒磁石のまわりの磁界
（磁力線描画用方位磁針）

方法では、このような弱い磁界の様子を可視化することは難しい。すなわち、図7の結果は本教材の感度の良さを表すものと言える。

図8は、N極を向い合わせた2本の棒磁石を一直線上に並べたときの磁界の押印結果である。向かい合ったN極から出発した磁界（磁力線）が両磁極間で互いに反発する様子が明瞭に見て取れる。図9は、図8と同一の磁石配置に対する、磁力線描画用方位磁針を用いて記録した磁力線の測定結果である。両者の磁界の様子はよく対応していることが分かる。また、スタンプ式教材で記録された図8の結果では、図9の磁力線描画用方位磁針で記録されている不正確な結果（N極間を結ぶ直線状の磁力線の存在や、2本の磁力線が交差するという結果）が、見かけ上回避されていることが特徴である。

次に、直線電流のまわりの磁界の記録を行った。図10に示すように、直線電流として大電流電線（Sケーブル）³⁾を利用した。図中のケーブルの周りには、40Aの直流電流が作り出す強い磁界が生じている。図に示すように、この直線電流に垂直な平面上に記録紙を設置し、記録紙の上でスタンプを移動させながら各位置で磁界の向きを紙面上に記録した。図11に示すように、記録された矢印のパターンから、直線電流の周りには電流の向きに対して右回りの同心円状の磁界が生じていることを理解できる。しかし、パター

ンを良く観察すると、図中の破線円内の部分では矢印が同心円上から外れているように見える箇所が存在する。これは、押印する位置が適切でなかったことに起因する結果である。

この例のように、教科書等に示されているような典型的な磁界のパターンを描画するためには、押印位置に関する事前の検討が必要である。すなわち、ランダムな位置で押印するのではなく、磁石や電流のまわりの磁界の様子を事前に検討したうえで、それを表現するための適切な位置を予想して押印することが必要である。

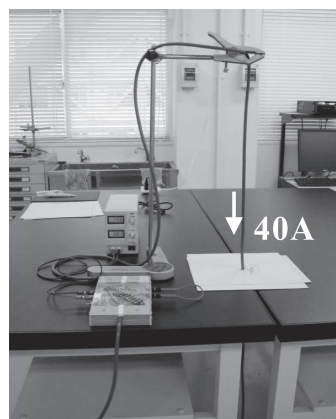


図10 Sケーブルを用いた電流のまわりの磁界測定装置

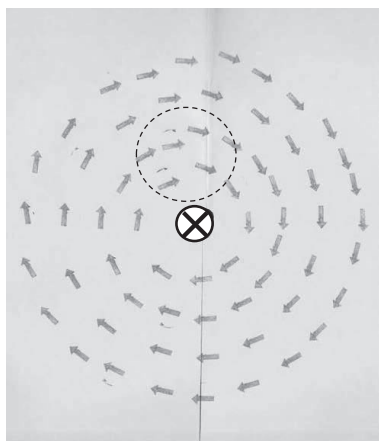


図 11 直線電流のまわりの磁界

押印位置を予想することなく実験を進める方法として、記録紙上に周期的な点を記入したワークシートを利用する方法が有効である。図 12 は、ワークシート上に印刷された一定間隔の点の位置で押印することによって、棒磁石のまわり磁界の様子を記録した結果である。図 5 の結果とは少し異なる印象を受けるが、指定された位置で機械的に押印することによって磁界の様子を理解することができる。

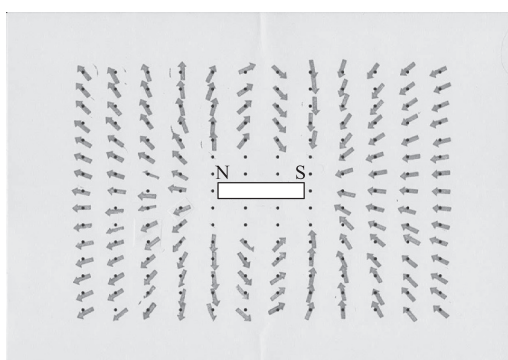


図 12 ワークシートを利用した実験結果（棒磁石）

以上の実験を行うなかで、本教材の利点と改善点について検討した。これまでの教材と比較して優れた点として、小学生でも楽しく実験できること、自分で押印するので磁界の様子が記憶に残りやすいこと、磁界の弱い場所でも正しい磁界のパターンを記録できること、鉄粉を使う方法に比べて後片付けが簡単であること、磁界の向きが分かること、いつでも結果を見直すことができること、などがあげられる。一方、改善すべき点として、①実験台の亚克力板の幅が狭くスタンプを操作しづらいこと、②棒磁石に近い位置の磁界を記録できないこと、③磁界の強さが分からないこと、などがあげられる。上記①の操作性の問題については、2枚の亚克力板の代わりに、上部に磁石をセットできる亚克力製の小さな台を作製すれば解決できる。

②については、スタンプを小型化することによって改善することが可能である。③については、磁力線描画用方位磁針の場合と同一の課題であるが、現時点でその解決法は見つかっていない。

4. まとめ

本研究では、安価な市販のスタンプと方位磁針を用いて、任意の位置における正確な磁界の向きを記録し、磁界の様子を可視化することができるスタンプ式磁界可視化教材を開発した。また、本教材を用いて永久磁石や電流のまわりの磁界を可視化することにより、教材の有効性や操作性の検討を行った。

本教材は、従来の観察形式とは異なった描画形式の磁界可視化教材である。「自分の手で一つ一つ磁界の向きを調べてスタンプで押印する」という手順を通して、児童・生徒が楽しく、そして実感を伴って磁界について理解することができるのではないかと考えている。本教材では、例えば2つの磁石間の磁界のような複雑で微妙な磁界を正しく描画する点においては、以前報告した「磁力線描画用方位磁針」における描画の欠点が改善されている。一方、スタンプの大きさ、実験台の形状、操作性等の課題も明らかになった。今後、これらの課題について改善を行うとともに、本教材を用いた授業を学校現場で実践することによって、その教育効果や新たな改善点を明らかにしてゆきたい。

謝辞

本研究におけるスタンプを用いた磁界の記録方法については、株式会社ヤガミの中村誠二氏から有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 正多面体クラブ：磁力線を見てみよう。
<http://www.h7.dion.ne.jp/~kagaku/LinesOfMagneticForce/LinesOfMagneticForce.html>
- 2) 牧原義一：「方位磁針を利用した磁力線描画教材の開発」, 物理教育 62-1 (2014), 19-22.
- 3) 杉原和男：「午後の理科室」,
<http://www.eonet.ne.jp/~sugicon/>