

重ねた磁石はどこまで強くなるか？

高橋 善樹 福島県立会津高等学校, 965-0831 会津若松市表町 3-1

BXT02731@nifty.ne.jp, <http://homepage2.nifty.com/ysc/>

1 平形磁石の重ね合せ

平べったい磁石を複数重ねると、磁力が強まることはよく知られている（写真 1）。それではどんどん枚数を増やせばいくらでも強くなるのだろうか？

経験ではそうなのとは考えにくい。どこかで頭打ちになるのではないかと推測される。では、その限界はどこにあるのか？ そもそも重ねた磁石が強くなるのはなぜなのか？ 実験とモデルをつきあわせながら考えてみたい。



写真1 磁石を重ねると強くなる。1枚と5枚ではこんなにちがう。

2 重ね合せ磁石による磁場の測定

重ね合わせる枚数によって、磁束密度がどう変化するかをガウスメータで測定してみた（写真 2）。1cm の距離にセンサを固定して、1枚ずつ磁石を増やして測定値の変化を見ると、10枚をこえたあたりから頭打ちとなり、12枚以上20枚まで測定値は変わらなかった（図 1）。

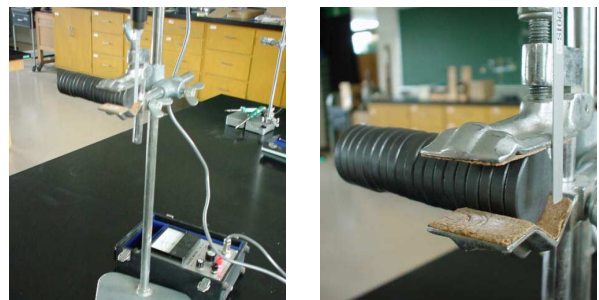


写真2 ガウスメータで重ねた磁石による磁束密度を測る

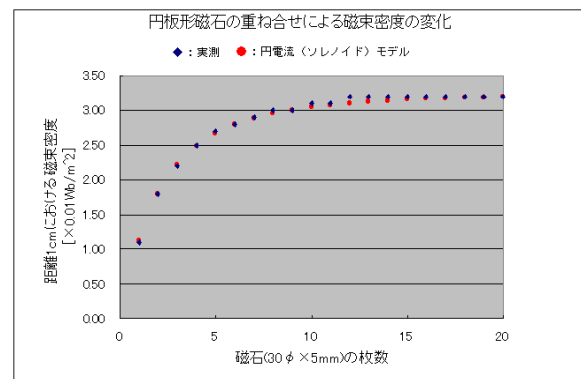


図 1

3 円電流モデルによる考察

ここで使用した磁石は円形の平形磁石なので、近似的にひとつの円電流に置き換えることができそうである。この簡単なモデルで磁石の重ね合せを理論的に評価してみよう。

磁石の半径を a 、厚さを d とする。半径 a の円電流 I が、その中心から中心軸上 x の距離につくる磁場の強さは

$$H = \frac{Ia^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

である。したがって、この円電流を間隔 d をとって軸方向に n 個ならべた重ね合せモデル (図 2) では、それぞれの円電流による磁場を合成して

$$H(n) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{Ia^2}{2\{a^2 + (x + id)^2\}^{3/2}}$$

となる。

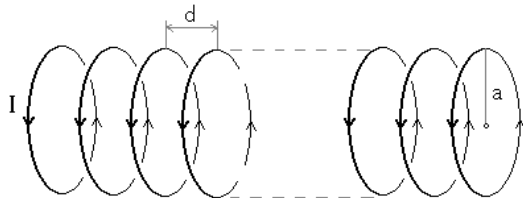


図 2 円電流による重ね合せモデル

以上の円電流モデルで計算した理論値を図 1 に●で示す。ただし、磁石の表面電流値は不明なので、 $n = 20$ での値が測定値と一致するように調整した。また、磁石の端面は近似した円電流から $d/2$ だけはみだしていることも考慮した。結果は円電流モデルがかなりよい近似となっていることを示している。

なお、参考として中心軸上の磁場の変化と重ね合せ枚数による違いを計算した結果を図 3 に示す。

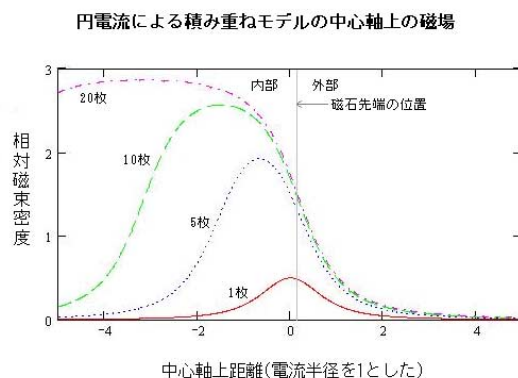


図 3

4 重ね合せはどこまで有効か？

円電流モデルで重ね合わせの「頭打ち」を説明するのは、そう難しいことではない。結局、ある程度以上離れた円電流の磁場への寄与は微々たるものに

なるということであろう。これは、十分長いソレノイドの内部磁場が、巻数および長さによらず両者の比のみによることと対応する。

実際、円電流モデルで 1 枚の前後に n 枚ずつならべたもの (図 4) の中央における磁場は、

$$H_s(n) = 2 \sum_{i=0}^n \frac{Ia^2}{2(a^2 + i^2 d^2)^{3/2}} - \frac{I}{2a}$$

となるが、 $n \rightarrow \infty$ の極限をとれば次のようになることが示される。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} H_s(n) = \frac{I}{d}$$

ここに $1/d$ はソレノイドにおける単位長あたりの巻数 n_0 に等しく、

$$H_s = n_0 I$$

というよく知られた結果に到達する。

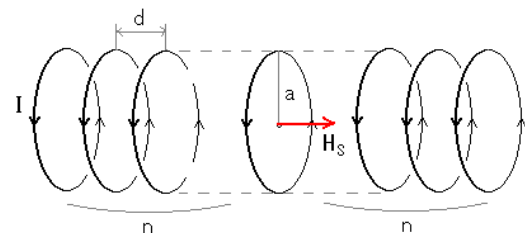


図 4 ソレノイドの円電流への置き換え

結論として、平形磁石の重ね合せにおける磁力の頭打ち現象は、十分長いソレノイドのつくる磁場が絶対巻数に依存しないことと同等であることがわかる。

またこの結論は、棒磁石の長さを磁力優先で効率よく選ぶ基準を与えてくれる。すなわち断面が円である場合、その直径の 2 倍をこえるような長さでは、さらに長く伸ばすことによる磁力への寄与は、磁化の程度が変わらない限りはほとんど望めないということになるのである。

(2001.09.06)