

立方体永久磁石による強磁場配列

西村 一寛

(国立高専機構鈴鹿高専)

Strong magnetic field array by using cubic permanent magnets

K. Nishimura

(Nat. Inst. Tech., Suzuka Coll.)

はじめに

永久磁石を用いた磁場源は、電磁石や超電導電磁石のように使用時にエネルギーを消費せず、ハルバッハによって提案された磁石の配列¹⁾を用いれば強力な磁場を発生させることができる。しかしながら、それは、特殊な形状で、かつ、着磁方向も異なった磁石が必要になるなど製作が困難であり、磁石の動作点を考慮しなければならない、ネオジム磁石を用いたものでも2 T以上は工夫が必要となる。

本研究では、製作の困難さを改善するために、立方体の永久磁石を用いて、 $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$ 軸に着磁した6方向のものと、さらに xy ($-x-y$, $x-y$, $-xy$), yz , zx 軸に着磁した12方向を合わせた18方向のものを用いて、立方体の大きさを基準にした空隙を挟み込むように、それら立方体を x , y , z 軸に、それぞれ3個ずつ配置した Fig.1(a)のような貫通型と(b)のような行き止まり型について、個々の立方体での中心部(空隙)の B_x , B_y , B_z を求め、その B_z が最も大きくなるそれらの配列での B_z の総和を算出した。さらに、3軸にそれぞれ5, 7, 9個ずつ拡張したもの(空隙も x 軸のみ拡張)についても、 B_z が最も大きくなる配列とその総和を求めた。

解析方法

立方体磁石の解析は、児島氏²⁾の四角型磁極面に作られる磁界において、N極、S極面に分布している面磁束密度として、クーロンの法則から面積分する方法を参考にした。そこでは、積分公式を用いることで面積分を解析解として導出している。また、 xy 平面にN極のみ着磁した場合について記載されているが、厚みを考慮してS極を配置させたものを足し合わせることで、 z 軸上に着磁した磁石についての解析ができる。軸変換や面分布の平面を変えることで、 x , y 軸、面分布を4面にすることで xy , yz , zx 軸に着磁したものも解析することができる。

本研究では、ネオジム磁石の残留磁束密度 $B_r = 1.25$ T に設定し、解析ソフトには Excel VBA を用いた。

解析結果と今後の展望

Fig.1(c)に解析結果を示す。18方向のものでは 5^3 構造で、6方向では 7^3 構造で2 Tを超えることがわかった。なお、これらの結果は、立方体の1辺の長さによらず同じとなる。したがって、空隙を大きくしたければ、立方体を大きくすればよい。また、5 mm 角の 3^3 と 15 mm 角の 3^3 を組み合わせたものでは、 3^3 の2倍とすることができる。

配列を組む上で、 B_z が最も大きくなる方向が2つ以上あるときは、漏れ磁場や反発力が小さく、 B_x , B_y の総和が小さくなるような方向を選べばよい。

そして、実験による解析解の検証を行うことが必要である。紙面の都合上記載できなかった、解析解、立方体の配列(ハルバッハ配列との違いも含めて)などは講演時に、紹介する予定である。

参考文献

- 1) K. Halbach: *Nucl. Instr. and Meth.*, **169**, 1 (1980).
- 2) <https://kojimag.sakura.ne.jp/htdocs/index.html>
Part 2. §3 四角型磁極面により作られる磁界
(閲覧日 2019年6月12日)

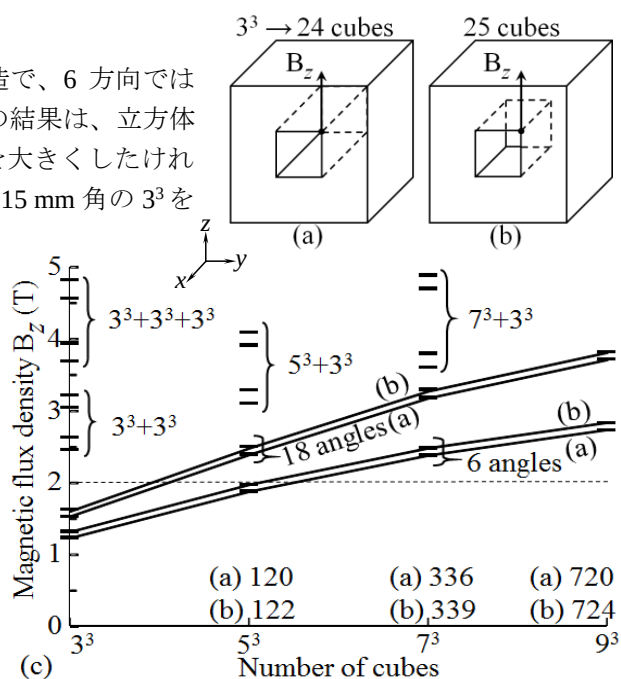


Fig.1 Two types of structure, (a) through-hole and (b) dead end. (c) Number of cubes and their magnetic flux density.