

ハルバッハ配列磁石の磁束密度向上へ向けたヨーク構造の最適化

磯上 慎二¹, 松本 拓樹²
(福島高専¹一般教科, ²電気工学科)

Optimum yoke structure for enhancement of magnetic flux density in Halbach-type permanent magnets

Shinji Isogami, Hiroki Matsumoto

(Fukushima National College of Technology, ¹General Education, ²Electric Engineering)

1. はじめに

現行アクチュエーターデバイスの磁気浮上駆動機構の性能は、そこに搭載される永久磁石がつくる磁束密度分布や強度などによって決められている。今後デバイスサイズの縮小に伴い永久磁石の小型化が進むと、従来の駆動性能が得られない可能性がある。これは永久磁石から発生する磁束密度が低下するためである。永久磁石体積の縮小による磁束密度の低下を抑制するため、我々はこれまで、磁石を Halbach 配列化することで漏れ磁束を集中し磁束密度の向上を目指してきた。しかし、更なる向上のためにはバックヨーク構造の最適化が必須である。Halbach 配列磁石は Plain 型磁石とは異なる複雑な磁束パターンを有するため、バックヨークには特異的な構造が求められると推測される。よって本研究では、Halbach 配列磁石に対して最適なバックヨーク構造の設計を目的とした。

2. 検証方法

磁束密度の検証には、磁場解析ソフト (JMAG) を用いて算出を行った。Halbach 配列磁石材料には、Wellmax-18ME ネオジウムボンド磁石 (住友金属鉱山製) を仮定した。Halbach 配列磁石は図 1 に示すように、同極を向かい合わせた両側 2 枚の永久磁石 ($4 \times 14 \times 4 \text{ cm}^3$) で中央の永久磁石 ($6 \times 14 \times 4 \text{ cm}^3$) を挟み込む構造とした。この Halbach 配列磁石を空隙 $d = 6 \text{ mm}$ だけ離し、上下に重ねて配置した。代表的なバックヨーク構造はコの字型を基準とし、①フロントヨーク設置、②断片型バックヨークの 2 種類の場合について、JMAG 解析を行い、空隙中央の磁束密度の Z 成分を比較した。ここで空隙中央とは、磁石表面から 3 mm の高さで定義している。

3. 検証結果

図 2 は種々の永久磁石と種々のバックヨーク構造による中央磁束密度 (B_z) の増加率を示す。両側 Plain 磁石に比べて、両側 Halbach 磁石の場合は、40%の増加となった。これは Halbach 配列により、漏れ磁束が空隙中央に集中した効果であることが JMAG による解析で別途明らかとなった。次にフロントヨークを設置したところ、さらに 7.3%の増加が得られた。これは両側 Halbach 磁石から外部への漏れ磁束が、対をなす磁石へ効率よく戻った結果であることが判った。更なる増加を目的としてバックヨークを断片化したところ、2.2%の増加を見出した。これは Halbach 磁石内部の特異的な磁束構造に起因すると考えられる。本講演会ではこの主要な原理を具体的に議論し、磁束密度向上へ向けた種々の磁石に対する汎用的なバックヨークの設計指針を示す予定である。

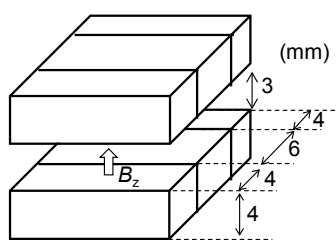


図 1 解析に用いた Halbach 配列磁石モデル

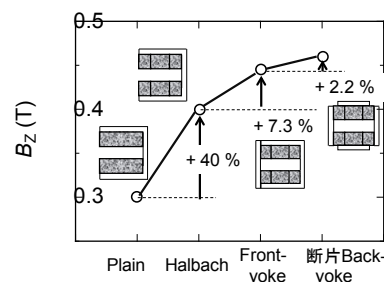


図 2 種々の永久磁石とバックヨーク構造の最適化による中央磁束密度の Z 成分 (B_z) の増加率

参考文献

- 1) K. Halbach, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 246, 77 (1986).
- 2) Z. O. Zhu, and D. Howe, *Electric Power Applications*, 148, 299 (2001).