

いっそうの小形化に有効な 高トルク密度モータ

小さくても、ギアがなくても、 大きなトルクを発生

東芝は、通常の埋込磁石型モータと比べて、同じ体格、同じ入力で2倍以上のトルクを発生できる高トルク密度モータの開発を進めています。磁石量や電流を増やして高トルク化するのは、磁性材料と発熱の観点から既に限界に近く、2倍以上にトルクを増やすためには減速ギアを必要とします。またコストなどの面で、ネオジム系磁石の使用量を削減することも重要です。

そこで当社は、通常のモータより磁極の数を増やすことのできる横方向磁束型モータを基に、従来より大きなトルクを1/2の磁石量で実現する、新たな回転子構造のモータを開発し、その原理を検証しました。

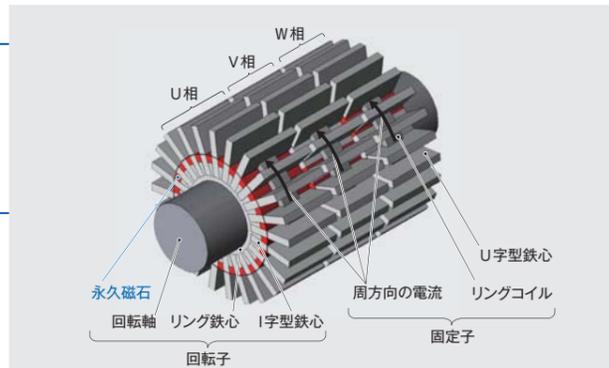


図1. 開発した高トルク密度モータの構成 — U字型鉄心を薄くして、多数配置することで高トルク化できます。回転子と固定子は軸方向に3組あります。

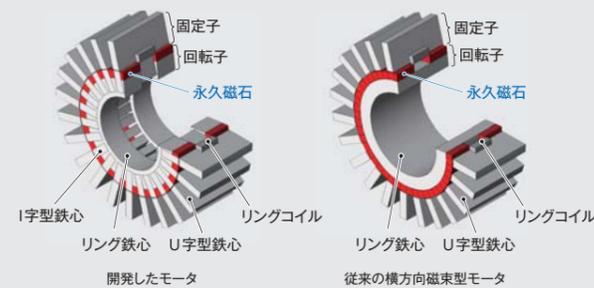


図2. 開発したモータと従来の横方向磁束型モータそれぞれの回転子と固定子1組の構造 — 開発したモータの磁石使用量は従来型モータの1/2に削減できました。

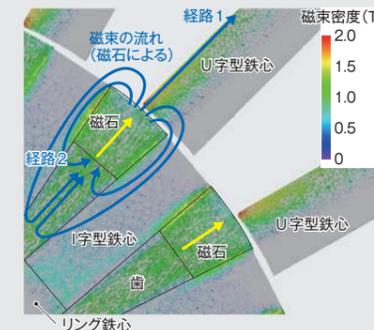


図3. 磁石による磁束の流れ — 磁石磁束の一部はU字型鉄心に流れ(経路1)、それ以外は磁石の磁化とは逆向きにI字型鉄心を通ります(経路2)。

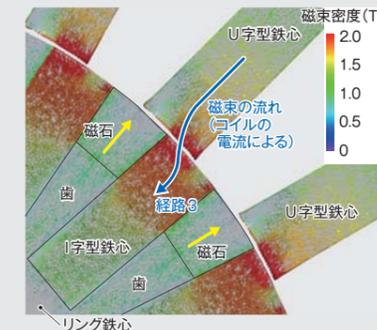


図4. コイルの電流による磁束の流れ — 電流による磁束はU字型鉄心から磁気抵抗の低いI字型鉄心に流れます(経路3)。磁石を通らないため、減磁しにくくなっています。

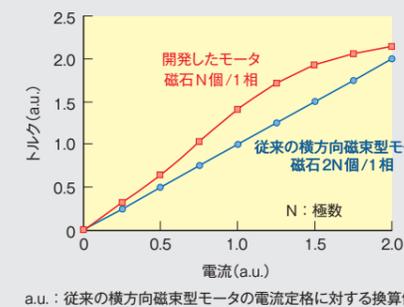


図5. 開発したモータと従来の横方向磁束型モータのトルク特性 — 開発したモータは1/2の磁石量で、従来型モータより大きなトルクを発生しています。

の結果、1/2の磁石量でも大きなトルクを発生できました。

トルクの発生の仕組み

開発したモータの磁石による磁束密度(磁束量/断面積)分布を図3に、コイルに電流を流したときの磁束密度分布を図4に示します。ともに回転軸に垂直な断面を示しています。

鉄心の磁気抵抗は空気や磁石と比べて小さいため、多くの磁束は鉄心を経由します。図3では、磁石による磁束の一部はU字型鉄心に(経路1)、それ以外は磁石の磁化とは逆向きにI字型鉄心を通ります(経路2)。また図4では、電流による磁束はU字型鉄心からI字型鉄心に流れます(経路3)。経路1若しくは経路2を通る磁石による磁束と、経路3を通る電流による磁束が相

互作用して、トルクが発生します。

従来の横方向磁束型モータでは、電流による磁束は、U字型鉄心からリング鉄心へ流れます。その際に磁気抵抗の高い磁石を経由するため、同じ電流で発生する磁束量は、開発したモータのほうが多くなります。

多くの磁石型モータで、電流による磁界で磁石が磁化を低下(減磁)しないように、磁石を厚くしています。しかし開発したモータでは、磁石に電流による磁界が働きにくいいため、磁石を厚くしなくても減磁が抑制されます。

開発したモータのトルク特性

開発したモータと従来の横方向磁束型モータのトルク-電流特性を磁界解析でシミュレーションした結果を図5に示します。両方のモータは、同じ固定

子と同じ磁石を用いています。その結果より、開発したモータは1/2の磁石量で、従来の横方向磁束型モータより大きいトルクを発生しています。同じ体格の埋込磁石型モータと比べれば、極数が2倍以上多く、それに相当した大きいトルクが発生しています。

今後の展望

通常の埋込磁石型モータと比べて、同じ体格で2倍以上のトルクを発生できるモータを開発し、磁界解析により原理を検証できました。このモータでは、既に高トルク化への限界に近い磁石量や電流を増やす設計を行わず、横方向磁束型モータを基に多極化、更に磁気抵抗を低減する新たな回転子構造を開発しました。その結果、従来型モータの1/2の磁石量で高トルク化、すなわちコストなどの面から重要な磁石量を削減できる高トルク密度モータとしての基礎検証ができました。今後、このモータの特性を確認するために、実機検証を行う必要があります。

このモータは、例えば一般産業や交通などの用途で、減速ギアを用いずに直接駆動できるモータとしての適用が考えられます。減速ギアはこれらの用途でモータと同じ程度の大きさになる場合もあり、このモータでの直接駆動はスペースの活用、また省メンテナンスに有効です。その他に、同じトルクのモータをより小形化するのにも有効です。

今後当社は、それらの実現のために、更なる高トルク密度化の技術開発を行っていきます。

上田 靖人

研究開発センター
機械・システムラボラトリー

省スペース化の実現に向けて

モータは家電や、一般産業、交通など幅広い事業領域で使われています。多くの場合、モータには配置スペースの観点から小形化が求められます。一方、所要トルクを発生させるために、モータの大形化や減速ギアの付加が必要となることもあります。そこで東芝は、この問題を解決するために、高トルク密度(トルク/モータ質量)のモータの開発を進めています。

磁石量や電流を増やす設計では、磁性材料の磁気飽和やコイルでの発熱が高トルク化の課題となります。一方、磁極の数を増やすこと(多極化)も高トルク化に有効ですが、通常のモータで多極化すれば、周方向に隣り合う磁極間の距離が狭まり、コイルに必要な巻数

を確保できなくなります。

今回、磁極間にコイルを巻く必要がなく、巻数を確保しながら多極化できる横方向磁束型モータに着目しました。しかし従来の構造では、ネオジム系磁石の使用量が多く、コストなどの面で課題があります。そこで当社は、この磁石使用量を半減しても、より大きなトルクを発生できる新たな回転子構造のモータ(図1)を開発し、その原理検証を行いました。

開発したモータの構成

開発したモータの固定子は、従来の横方向磁束型モータと同様に、リングコイルとそれを囲むU字型鉄心で構成します。回転子には、溝付きのリング鉄心があり、その溝にはI字型鉄心を、その歯(隣り合う溝の間)には磁石を配置

します。固定子と回転子は軸方向に3組あり、3組の固定子は周方向に同じ位相で、3組の回転子は異なる位相で配置します。そして、コイルに3相交流を流すことでモータを駆動できます。

このモータの極数は、U字型鉄心を薄くして多数配置すれば、通常のモータと比べて2倍以上に多極化、すなわち高トルク化できます。

次に、開発したモータと従来の横方向磁束型モータそれぞれの固定子と回転子1組の構造を図2に示します。開発したモータは従来型モータと比べて、ネオジム系磁石の使用量は1/2となり、コストなどが大きく改善されました。この構造では、回転子表面に磁気抵抗(起磁力/磁束量)の低いI字型鉄心を配置しているため、同じ電流による起磁力でも発生する磁束量が増えます。そ