

質問者	節	章	種類	質問	回答
電機・電子	3 節	3 章	技術	「3 章 3 節 軟磁性材料の応力下の磁気特性評価結果」にて、圧縮応力下で鉄損特性が悪化するとありましたが、圧縮応力の方向（周方向、径方向）と鉄損特性の悪化の関係性など知見がございましたら、教えて頂きたいです。よろしくお願ひ致します。	周方向と径方向の応力分離は行ってないため、どちらの影響で鉄損が悪化しているのかは切り分けできておりません。ご了承下さい。 (三菱電機・松本様)
精密機械	6 節	3 章	技術	摩擦モーメント係数は Re 数のみの関数の様ですが、一般的な形状のラジアルギャップ型モータであれば今回引用されている係数計算式で、実測値と計算値がよく合うと言う認識で良いでしょうか？	ご報告した風損算定式は、理想的な内管回転型の二重円筒管における風損を求めています。ギャップ面が平滑で円筒形状のロータ・ステータコアであれば理想に近い状態であるため、実測値と計算値がよく合うことを確認しています。 ただし、一般的なモータは表面の粗さやスロット開口部による凹凸などが存在するため、理想状態よりも大きな風損が発生します。 計算精度を向上させるためには、これらの理想と異なる要素を風損算定式の計算パラメータとして加えていくことが必要になります。 (明電舎・内山様)
機械器具製造業	6 節	3 章	技術	①モーター損失分離測定装置について 装置のトルクセンサは、駆動モータと供試モータの間を機械的に締結していますでしょうか。それとも、非接触で検出されておりますでしょうか？ ②モーター損失分離測定装置について 装置は、駆動モータやトルクセンサ部に冷却機構を備えているでしょうか？ ③どなたかからご質問のありました、機械損測定の本（4 - 3 ?）にて、軸受損と風損は計算値との事でした。軸受損はどのように計算されたかご教授頂けないでしょうか？ 風損は、今回のテキスト 3.6.3 項の算定式でしょうか？	①トルクセンサはシャフト型を使用しており、駆動モータ-トルクセンサ間、トルクセンサ-供試体シャフト間ともに機械的に締結しています。 ②駆動モータおよびトルクセンサ部は強制空冷を行っています。 ③軸受損計算式は、軸受メーカー様の技術レポートを参照しております。計算パラメータは、実測時の条件を適用しています。 (明電舎・内山様)
公的機関	1 節	4 章	技術	磁石単体の展望と限界（Scope & Limitation）に関して、浅野氏（ダイキン）に再度話がお伺ひしたい。	磁石単体のモーターへの貢献という意味であれば、比較モーターの設計や基準として磁石によって異なります。また、軟磁性材料の飽和領域を使っているような場合、本検討にあるようなトルクアップではなく、磁石使用量の削減で同一性能を目指すことができます。また、小型化(高速化)した際に、磁石を多く入れられない場合、磁気特性の向上がそのままモーター性能に影響する可能性があると思います。 (ダイキン工業・浅野様)

質問者	節	章	種類	質問	回答
電機・電子	1 節	4 章	技術	「電気学会 D モデルは改善代が大きいモータのように思われますが、高度な最適化手法を用いて最適設計されたモータが出発点だったとしても、MagHEM の開発磁石を適用することで同じ比率の改善効果が得られそうでしょうか？」（鉄損の影響、リラクタンストルクの考慮など、同様の質問もあったかと思いますが…。）	D モデルは、25 年以上前に使われていた形状ですので、その後最適設計が進んでいると思います。最適設計されたモーター（鉄損と銅損のバランスが良く、飽和領域まで使用している場合）が出発点の場合、「磁石性能向上のみによる効率向上」を得るのは困難となりますが、磁石使用量を減らして同一特性、等といったことは可能です。この場合、ネオジム使用量が減ることになり、大変価値のあることです。また、真田先生が報告されたようなリラクタンストルク向上や磁束の正弦波化による効率向上を目指した磁石の使い方を目指すべきと考えます。 (ダイキン工業・浅野様)
精密機械	1 節	4 章	技術	どのような磁石を選定すべきかの事前検証に使用できると感じました。磁石厚 - 必要保磁力曲線について、今回は解析結果を用いていますが、実用的には、可能であれば実測の減磁率 - 減磁電流から算出、また、減磁率ラインも必要減磁耐量より決定するのが良いのでしょうか（しかし、その場合は事前の磁石選定ではなくなってしまい、事後検証となってしまいますが…）。今回は相対比較の為に解析結果を用いて傾向を掴んでいると言う事でしょうか。	本検討は、磁石性能の目標の妥当性検証のために行ったものであり、実際の磁石ができていない状態でした。磁石がある場合は、実測にて評価するほうが精度も良く正しい評価ができます。 おっしゃる通り、「相対比較の為に解析結果を用いて傾向を掴んでいる」位置づけです。 (ダイキン工業・浅野様)
鉄鋼	1 節	4 章	技術	モーター特性を検討した磁石 MagHEM 目標値高 $Br \times$ 低 H_c , MagHEM 目標値低 $Br \times$ 高 H_c の磁気特性について（資料 86 頁：表 4.1.2, 図 4.1.3）、どのように目標設定されたのかお教えくださるようお願いいたします。 ① Br の温度係数が両者とも約 $-0.04\%/^{\circ}\text{C}$ と、従来磁石の $-0.10\%/^{\circ}\text{C}$ に比べて格段に良く設定されています。材料のキュリー温度を相当高くしなければ不可能と思いますが。 ② MagHEM 目標値低 $Br \times$ 高 H_c の保磁力 (bH_c) の RT、 100°C の値が不自然なように思われます。 RT : 1600 kA/m ($=2.01 \text{ T}$) で $Br=1.43 \text{ T}$ より大きい 100°C : 1200 kA/m ($=1.51 \text{ T}$) で $Br=1.38 \text{ T}$ より大きい ※ bH_c は Br より大きくなることはありません。 ③ MagHEM 目標値は 180°C において最大エネルギー積 50MGOe とのことですが、そこまでの特性は出ていないように思われ	ご指摘ありがとうございます。 ① MagHEM 目標磁石は 1-12 系磁石を想定しており、Co も使用することを想定し、従来の NdFeB 磁石よりも Tc が増加するため Br の温度係数は向上すると試算しました。 ② iH_c の間違いでした。申し訳ございません。正誤表を発行しますので、修正をお願いします。 ③ ご指摘の通り、 50MGOe には若干不足しています。実際には文献の飽和磁化の理論値に一定に係数を掛けて $(BH)_{\text{max}}$ を 50MGe 近くに設定したということになります。 (ダイキン工業・浅野様)

質問者	節	章	種類	質問	回答
				<p>ます。</p> <p>減磁曲線を推定してみますと、以下のようになりました。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高 Br×低 Hc の場合：46.7 MGOe ・低 Br×高 Hc の場合：42.7 MGOe <p>※(BH)max=Br²/(4*a) a：減磁曲線の傾き（1.05 として推定）</p>	
精密機械	1 節	4 章	技術	<p>焼結磁石のサイズ（肉厚）をいくつか変数をふって減磁レベルやモータ特性評価を行っていた箇所についての質問です。</p> <p>あまり大きくない小型モータの設計において、Nd 焼結磁石を使う際、加工劣化が気になります。特に 1mm 以下の肉厚を使う際、劣化層が顕著にあらわれます。今回の発表内容では Min 1.0 mm 肉厚の検討をされていましたが、加工劣化層の見積もりについてなど、もしすでにご検討されていらっしゃいましたら、減磁の仕方、扱い方についてご教示いただければと思います。</p>	<p>磁石厚みは加工劣化、他にも、強度面などからも限界があると思います。減磁評価については、テキストの 3.2 に記載があります。また、表面の減磁の扱いについては未発表ですが検討はしています。いずれ公表する機会があると思います。</p> <p style="text-align: right;">(ダイキン工業・浅野様)</p>
その他輸送用機器	2 節	4 章	技術	<p>ロータ径を変更した場合に、出力特性が高速域側にシフトされ最大出力が上がる原因はなぜでしょうか？聞き逃していたら申し訳ありません。</p>	<p>小径化モデルでは、スロット面積の縮小により電機子巻線数が減少しているため、永久磁石による電機子鎖交磁束 Ψ_a だけでなくインダクタンス (L_d や L_q) も減少し、モータの出力特性を決定する最小 d 軸鎖交磁束 $\Psi_{dmin} = \Psi_a - L_d I_{am}$ が変化しています。今回のモータの電源条件ではこの Ψ_{dmin} がいずれのモデルにおいてもマイナスになっていますが、小径にするほど Ψ_{dmin} が（絶対値が小さくなり）ゼロに近づきます。Ψ_{dmin} がマイナスになっているほど最大出力が低下しますので、Ψ_{dmin} がゼロに近い小径化したモデルほど出力が高くなります。</p> <p>詳細は下記の文献等を参照して下さい。</p> <p>武田洋次・松井信行・森本茂雄・本田幸夫：「埋込磁石同期モータの設計と制御」, オーム社 (2001)</p> <p>森本茂雄・真田雅之：「省エネモータの原理と設計法 ～永久磁石モータの基礎から設計・制御まで～」, 科学情報出版 (2013)</p> <p style="text-align: right;">(大阪公立大学・真田先生)</p>
鉄鋼	2、3、4 節	4 章	技術	<p>モータに使用される軟磁性材料として、(a)鉄損はそこそこだが、高磁束密度材料、(b)鉄損が優れているが、磁束密度が低い材料があったとして、それぞれの先生が検討されたモータにおいて、どちらの材料が高効率になるとお考えになっていますか？</p>	<p>報告会でお示した 2D-80-BN-M 構造のままである場合、現状の材料特性に最も適合するように設計しているため、材料特性の変化具合にもよりますが (a),(b)いずれの材料でも効率は低下すると考えられます。(a)と(b)の比較では (b)の材料のほうが総合的な効率は高くなる（低速大トルクの運転点などでは逆ですが）と思います。小型高速化しているため鉄損の影響が大きいこと、高磁束</p>

質問者	節	章	種類	質問	回答
					<p>密度化した場合には誘起電圧を抑えるための弱め磁束電流成分により高速運転時の銅損が増えるからです。2D-80-BN-M 構造をそれぞれの材料に合わせて再設計したとしてもこの傾向は変わらないと思います。</p> <p style="text-align: right;">(大阪公立大学・真田先生)</p> <p>自動車駆動用モータの場合、特に高効率が求められるのは常用される低トルク領域であります。この領域では、損失において鉄損の占める割合が高いため、「(b)鉄損が優れているが、磁束密度が低い材料」の方が、「(a)鉄損はそこそこだが、高磁束密度材料」より、高効率になる可能性が高いと思います。</p> <p style="text-align: right;">(岡山大学・竹本先生)</p> <p>4 章 3 節の HEFSM の場合、(a)になります。以下、理由です。</p> <p>4 章 3 節の HEFSM に限らず一般に(b)を選択すると設計目標とする目標最大トルクが得られなくなります。その上で、ステータ側に磁石、界磁巻線など界磁起磁力源と三相電機子巻線（トルク電流相当）を全て有する 4 章 3 節の HEFSM の場合、鉄心の磁束密度を低く抑えるために鉄心磁路を拡張すると、界磁巻線スロットや電機子巻線スロットの面積が狭まることになります。</p> <p>トルクを維持するためには、界磁巻線スロット内、電機子巻線スロット内のアンペアターンを維持しなければならないのですが、この結果、あるトルクを出力するのに必要な界磁巻線および電機子巻線の電流密度が増加して、銅損が増加します。</p> <p>この時、鉄損が減る可能性はあるのですが、鉄心磁路を拡張しているため鉄心体積が増加しますから、鉄損係数が下がったことによる鉄損の低減効果はそのまま期待できません。また、そもそも銅損が支配的である低速側動作点（市街地走行動作点）では、銅損の増加がそのまま効率低下に繋がります。</p> <p style="text-align: right;">(名古屋工業大学・小坂先生)</p>
金属	3, 4 節	4 章	技術	アキシアルギャップモータの場合、ラジアルギャップモータで使われている積層鋼板による渦電流低減が難しくなると考えますがその代替策はあるのでしょうか？（圧粉コアでしょうか？）。また、インホイールモ	<p>ご指摘の通り、アキシアルギャップモータの場合、ラジアルギャップモータと異なり、不用意に積層鋼板を使用すると、大きな渦電流損が発生してしまいます。しかし、アキシアルギャップモータに適した形で積層鋼板を使用することで、積層鋼板の積層方向から流入する磁束は抑制することが可能です。この結果、アキシアルギャップモータでも、ラジアルギャップモータと同様に、渦電流を抑制しながら積層鋼板を活用することは可能です。そして、実際に、欧米企業で開発されているア</p>

質問者	節	章	種類	質問	回答
				ターとした場合のバネ下荷重低減の方策にはどのようなモータ構造が適するでしょうか？	<p>キシタルギャップモータの多くでは、積層鋼板が使用されております。ただ、一般的に、アキシタルギャップモータに積層鋼板を使用すると、加工費が高くなるため、高コストになる点に注意が必要です。</p> <p>一方、低鉄損な圧粉コアも開発されておりますので、圧粉コアの活用も充分にあり得ると思います。モータに要求される性能とコストに応じて、使用する材料を適宜使い分けることが重要だと考えております。</p> <p>個人的な意見ではありますが、インホイールモータとした場合のバネ下荷重低減の方策としては、同軸上に減速機を配置できるような形状にモータ構造を工夫し、減速機とモータ全体の寸法および重量を最小化するように設計することが一番だと思います。</p> <p style="text-align: right;">(岡山大学・竹本先生)</p> <p>ご推察の様に圧粉コアが良く知られた代替策です。</p> <p>また、アモルファス薄帯をバームクーヘン状に巻いた巻コアを分割したティースコアも日立製作所が市販されているアキシタルモータで採用されています。</p> <p>ラジアル形、アキシタルモータ形など異なるギャップ面構造、それらに対して、SPMモータ、IPMモータ、誘導モータ、SRモータなど形式が異なるモータがありますが、構造や形式でインホイールモータとしてのバネ下荷重低減の方策に適した固有な利点を持つものは無いと思います。</p> <p>自明な解ですが、強いて言えば、ホイール空間形状制限内でトルク密度や出力密度の高いモータが適した構造になるかと思えます。</p> <p style="text-align: right;">(名古屋工業大学・小坂先生)</p>
鉄鋼	3, 4節	4章	技術	日産がアリアに磁石レスの界磁モーターを搭載していますが、今後主機モーターは磁石レスになっていくのでしょうか（誘導モータ含め）。それとも現在同様磁石式のモーターが主力であり続けるのでしょうか。個人的な見解で結構ですので、ご教示いただければ幸甚です。	<p>ハイブリッド自動車の駆動用モータでは、これまでどおり永久磁石同期モータが主流であると思いますが、電気自動車の駆動用モータでは、誘導機を含めた磁石レスモータも有力な選択肢の一つであると考えております。基本的には、搭載する自動車のクラスに応じて、モータを使い分ける形になると思います。</p> <p style="text-align: right;">(岡山大学・竹本先生)</p> <p>完全に個人的な見解です。</p> <p>良いか悪いかは別にして、世界的にEVが爆発的な普及期を迎えると思いますので、ネオジム系磁石の価格と調達入手性に強い影響を受けることになると思います。</p> <p>この結果、この先10年後で言えば、どちらか一方に集約することはないと考えて</p>

質問者	節	章	種類	質問	回答
					<p>います。不確定要因としては、LCAとネオジム系磁石の3R技術動向、そして例えばFe-Ni磁石などレアアースレス磁石の開発動向の影響を受けるとは思いますが、10年後であれば、新車販売ベースでざっくり、磁石レス式モーター（界磁モーター+誘導モーター）、現行の磁石式のモーターが1:1ぐらいになっているのではと予想します。</p> <p style="text-align: right;">（名古屋工業大学・小坂先生）</p>
大学	全般	—	一般	<p>ご指導された10年プロジェクトは、「中途半端での解散」との印象を強く受けました。プロジェクトでは、新磁石開発から3種のモーター開発までがなされました。モーターは、モーターのみでは回りません。ましてや、効率駆動はできません。モーターが内包する潜在能力を十分に発揮するには、モータードライブ技術が必須です。IPMモーターに関しては、既存ドライブ技術が実質無修正で利用できます。しかし、新規のハイブリッド界磁モーターに関しては、「専用のドライブ技術が必要」との印象を受けました。</p> <p>なぜ、ドライブ技術開発前にすなわち真のゴール前で、プロジェクトを解散されたのでしょうか。「勝利目前で撤退」との印象であり、残念かつ情けなく感じています。</p>	<p>・各モーターのポテンシャルについて試作機を用いて実証することができたことが本事業の大きな成果です。</p> <p>・社会実装（「専用のドライブ技術が必要」も含む）については、今後進めていく予定です。</p> <p>・本年度以降、共同研究等も含め、社会実装へ向けた活動が始まっています。</p> <p>・参考研究例：「グリーンイノベーション基金事業／次世代蓄電池・次世代モーターの開発」【研究開発項目2】モビリティ向けモーターシステムの高効率化・高出力密度化技術開発</p> <p>< https://www.nedo.go.jp/koubo/CD3_100286.html ></p> <p style="text-align: right;">（NEDO）</p>
金属	挨拶	—	一般	<p>特定国への（レアアース）依存度が6割まで低下とのことですが、これは鉱石だけでなく精製の後工程も含めてのことでしょうか？</p>	<p>ご回答としては、「精錬後の金属としての輸入量を元にしています」。</p> <p>参照資料（サイト）を2点ご案内いたします。</p> <p>【参考資料①】</p> <p>JOGMECの調査によると、「①全世界の国別鉱石生産量(p1 右上図；中国63%)、②日本の希土類金属・希土類化合物(精錬、精製後に相当)輸入相手国(p2 左下図；中国62%)、①②いずれも特定国への依存度が6割まで低下している」と言えます。</p> <p>*公開資料：「鉱物資源マテリアルフロー2020 レアアース」</p> <p>独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）の金属資源情報サイトより</p> <p>https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2021/06/material_flow2020_REE.pdf</p> <p>【参考資料②】</p> <p>経済産業省中小企業庁のサイトで引用されている各種統計によると、2018年のレアアースの輸入割合として、中国が58%となっています。この元データが、財務省の貿易統計ですので、調べて計算してみますと、レアアース全体で、59.5%、レ</p>

質問者	節	章	種類	質問	回答
					<p>アース金属（精錬後）で 51%でした。微妙にずれます。</p> <p>ただ、最新の 2021 統計を元に計算すると、レアース全体で 68.7%、レアース金属で 59%となり、どちらも依存度が増加傾向です。</p> <p>磁石用としては、レアース金属として輸入されるのがほとんどですので、精錬されて金属になった材料として良いと思います。数字的にも、6 割以下になっています。</p> <p>*公開資料：「日本の新たな国際資源戦略 ③レアメタルを戦略的に確保するために」 経済産業省 資源エネルギー庁のサイトより</p> <p>https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/kokusa/isigensenryaku_03.html</p> <p>(METI、産総研、JRCM の回答を集約)</p>

なお上記回答は発表者ら個人の見解に基づくものです。

以上