

# Case Study: McMaster University



## Actranを使用してEVモーターの最適設計を実現し、音響ノイズを制限するための電流制御技術を開発しました。

マクマスター大学のハイブリッドパワートレインプログラムの研究プログラムマネージャーであり、カナダエクセレンス研究委員（CERC）のチーフエンジニアであるパーカー・ビルギン博士へのインタビューに基づく

### チャレンジ

自動車業界は、さまざまな新技術の変化に直面しています。その中でも、従来の内燃機関を電動パワートレインに置き換えることにより、EV（電気自動車）は非常に静かな車両となりました。しかしながら、EVIに使用する電気モーターの設計では、騒音と振動の新たな課題を抱えています。パフォーマンスと音響の快適性の両方の点で期待に応える効率的な機構を開発するために、エンジニアは革新的な設計手法を必要としています。



電気モーターの主な目的は、所定の速度範囲で必要なトルクを提供することであるため、モーター設計は、一般にトルクから始まります。次に、モーターの寸法が明らかになり始め、効率分析、ラジアル荷重分析、構造解析、音響解析がループに入ります。

「音響解析は、設計プロセスの最終行程で適用されるべきではありません」と、マクマスター大学のハイブリッドパワートレインプログラム研究プログラムマネージャーおよびカナダエクセレンス研究委員のパーカー・ビルギン博士は説明します。音響解析を設計プロセスの最後に適用した場合、モーターの設計が完了した後、モーターからの音響ノイズを低減することが困難になります。電気モーターの騒音は、主にステータ構造を励起する電磁力（**図1**）の影響によるものです。

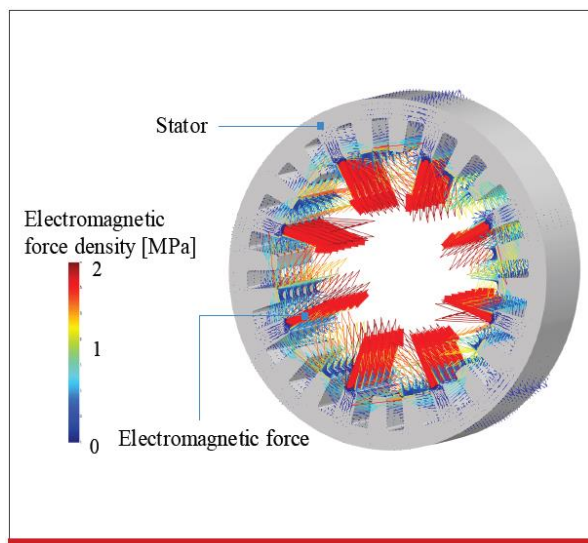


図1 24/16トラクションスイッチトリラックスモーターの電磁力



マクマスター大学 パーカー・ビルギン博士 (Dr. Berker Bilgin)

## シミュレーションを利用すると、必要な試作品の数が減るだけでなく、エンジニアは最終の実機試験を実施する前に、事前の広範な分析を行うことができます。

ステータのモード形状と周波数によっては、振動が音響ノイズの問題を引き起こす可能性があります。ただし、すべての音響ノイズが構造共鳴によって引き起こされるわけではありません。強力なラジアル荷重の高調波は、時として、音響ノイズを支配するのに十分な振動を引き起こす場合があります。さらに、ステータやローター構造、またはモーター制御の変更は、最終的な電磁力に影響を与えるため、電磁性能および音響性能に影響を与えます。その結果、「電磁力予測、構造解析、音響解析を組み合わせると効率的な電気モーターの開発プロセスを実施する必要があります。」とパーカー・ビルギン博士は主張します。

### MSCソリューション

これまで、自動車業界、モーターメーカー、および研究機関では、モーターの設計プロセス中に、複数の試作品を作成する必要があり、開発コストと市場投入までの時間を多く要しました。さらに、今日のモーターは非常に非線形的であり、特に複雑な形状の場合のシミュレーションでは、ラジアル荷重の予測で、エラーが頻発するため、音響ノイズ低減のための検討は、非常に困難とされています。Actranでは、そのような複雑な形状を考慮した解析が可能であるため、設計検討に非常に有用です。Actranの構造および音場モデルの例とシミュレーション結果を、それぞれ図2と図3に示します。

Actranを使用したシミュレーションを活用することで、必要な試作品の数が減るだけでなく、研究者は最終の実機試験を実施する前に、事前の広範な分析を行うことができます。

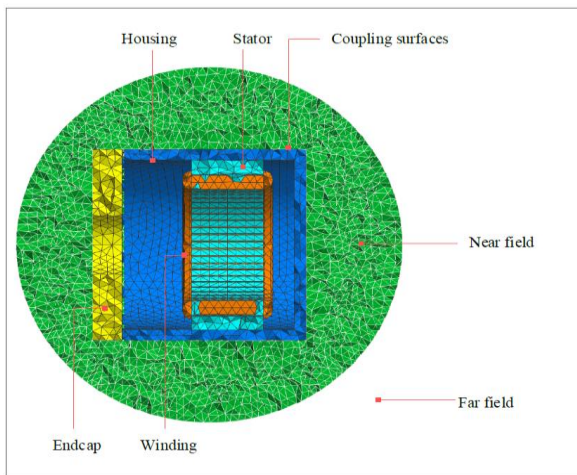


図2 トラクションモーターのActran振動音響モデル

### Key Highlights:

製品: Actran

業種: 自動車

チャレンジ: 電気モーターの設計改善

ソリューション: Actranによるシミュレーションは、研究者が音響ノイズを制限するための電流制御技術の開発を支援しました

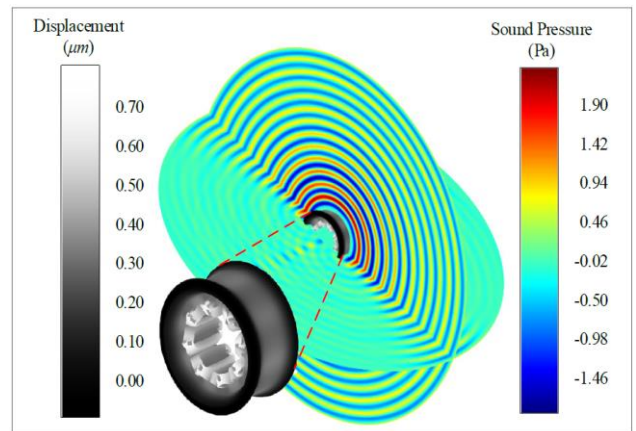


図3 Actranを使用した振動と音場のシミュレーション

### 全周波数範囲にわたる振動および音響ノイズの予測

マクマスターのエンジニアは、Actranを使用して、さまざまな周波数とモーター速度における電気モーター振動および、音響ノイズを分析しました。マクマスターのエンジニアは、あらゆる周波数範囲をカバーするためにActranに依存しています。2000rpm から10000 rpmまでのあらゆる回転速度とそれぞれの用途において、実験結果に対するActran解析の結果精度の高さが評価され、ビルギン博士のチームでは、構造モード形状と音響応答の両方を予測するためにActranが使用されています。

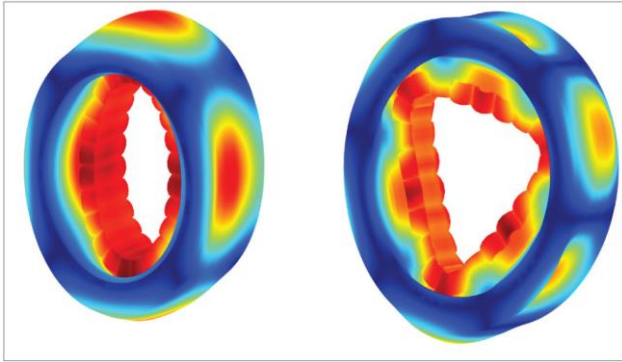


図4 24/16スイッチリラクタン্সモーターのモード形状

## 複雑な3D形状を考慮した音響解析

設計プロセスにおけるActranの重要な付加価値の1つは、音響ノイズに最も寄与するラジアル荷重高調波を特定し、トルクに影響を与えずにノイズを低減できるかどうかを検討できる点です。さらに、特に軸方向モード形状の解析では、モード形状の計算が困難な、より複雑な3D形状に対処することができます。(図4)

「どのラジアル荷重高調波が最も音響ノイズを引き起こしているかを予測し、電磁設計に戻ってそのラジアル荷重高調波の低減に取り組むことができます。」と、ビルギン博士は述べています。

## 実験結果との相関

設計プロセスにActranを含めることにより、マクマスターの研究者は、音響ノイズを制限する電流制御技術を開発しました。「モーターを変更することなく、電流を最適化するだけで実際に音響ノイズを低減できます。最終的に、スイッチリラクタン্সモーターの大幅なノイズ低減を、実験的に確認しました。」と、ビルギン博士は述べています。シミュレーションツールの使用により、試作品作成のコストが大幅に削減され、製品のより高度な分析が可能になります。Actranシミュレーションのもう1つの付加価値は、3D音響モデリング機能のおかげで細部の形状設計が可能である点です。さらに、Actranの視覚化機能により、研究および設計をより深く掘り下げて検討することができます。将来的には、ハイブリッドパワートレインプログラムのCERCは、モーターのトルク性能に影響を与えずに構造モードを変更する方法や、現状のモーター制御に焦点を当てた検証、モーターの減衰比を正確にモデル化した電気モーターの音響ノイズ低減を計画しています。



図5 ハイブリッドパワートレインプログラムのカナダエクセレンス研究委員 (CERC) の研究者によって設計されたトラクションハイブリッド電気自動車 (HEV) アプリケーション用の24/16スイッチリラクタン্সモーター

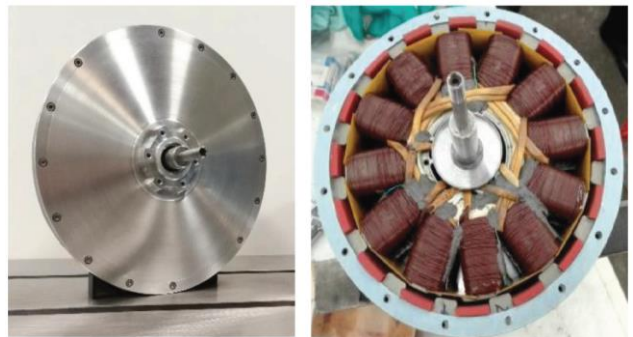


図6 ハイブリッドパワートレインプログラムのカナダエクセレンス研究委員 (CERC) の研究者によって設計された、Eバイクアプリケーション用の12/16スイッチリラクタン্সモーター

## カナダエクセレンス研究委員 (CERC) について

ハイブリッドパワートレインプログラムのカナダエクセレンス研究委員 (CERC) は、マクマスター大学の研究グループであり、約80人が学際的なプロジェクトに取り組んでいます。パーカービルギン博士は、高性能スイッチリラクタン্সモータードライブの開発に関する研究プログラムも管理しています。

Actranについての製品情報やほかの事例については当社HPよりご参照ください。

<https://www.mscsoftware.com/ja/product/actran>

## エムエスシーソフトウェア株式会社

東京本社	〒160-0023 東京都新宿区西新宿1丁目23番7号 新宿ファーストウェスト8 F	TEL. 03-6911-1200	FAX. 03-6911-1201
大阪営業所	〒532-0003 大阪市淀川区宮原3丁目5番36号 新大阪トラストタワー16 F	TEL. 06-6393-0701	FAX. 06-6393-0702
名古屋営業所	〒450-0001 名古屋市中村区那古野1丁目47番1号 名古屋国際センタービル12 F	TEL. 052-589-8505	FAX. 052-561-0339