

SIMULIA

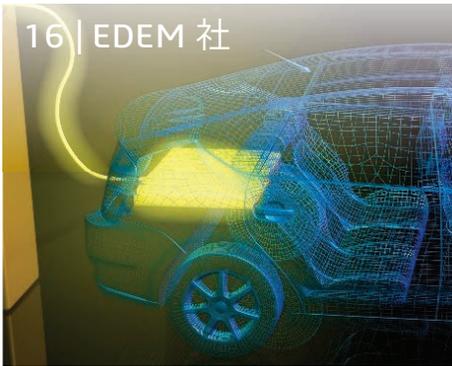
COMMUNITY NEWS

2018年10月号 #20

電気自動車、
コネクテッドカー、
自動運転車のデジタル未来を
拓く

カバーストーリー

ROMEO POWER 社



目次

2018年10月号

- 3 ごあいさつ
Olivier Sappin、自動車・輸送機械担当副社長
- 4 将来展望
電気自動車革命の推進
- 6 ニュース
ダッソー・システムズが OPERA SIMULATION SOFTWARE 社を買収
- 7 **カバーストーリー**
ROMEO POWER TECHNOLOGY 社：高効率な電池システムの開発
- 10 バッテリーは大丈夫ですか？
- 12 パートナーハイライト
Caelynx社、A Platinum Partner
- 13 カスタマーハイライト
Kreisel: 3DEXPERIENCE プラットフォームによる
エレクトロモビリティの推進
- 14 産業展望
Total Battery Consulting 社、創業者 Menahem Anderman 博士
- 15 BIOVIA: 電池の性能と安全性の向上に向けた
材料モデリング
- 16 **アライアンス**
EDEM: 未来の電池を設計する
- 18 アプリケーションハイライト
電気自動車の音響快適性に関するシミュレーション課題
- 20 **アカデミックケーススタディ**
アーヘン工科大学
- 23 技術ヒント
電池システムのシミュレーション: セルからパックレベルへの
連続ワークフロー
- 24 アプリケーションハイライト
電気自動車の空力設計
- 26 **アプリケーションハイライト**
未来の自動車のシミュレーション

寄稿者: Romeo Power 社、Kreisel Electric 社、EDEM 社、Caelynx 社、
アーヘン工科大学、Menahem Anderman 博士

表紙: Romeo Power 社、テクニカルスペシャリスト Saeid Emami 氏
(撮影: Narrative Studios)

Dassault Systems K.K. 東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower 20F Tel: 03-4321-3503, Fax: 03-4321-3501,
simulia.jp.marketing@3ds.com,
編集長: Tad Clarke、副編集長: Kristina Hines、グラフィックデザイナー: Todd Sabelli

3DEXPERIENCE®、Compass icon、3DS ロゴ、CATIA、SOLIDWORKS、ENOVIA、DELMIA、SIMULIA、GEOVIA、EXALEAD、3D
VIA、3DSWYM、BIOVIA、NETVIBES、および3DXCITE はアメリカ合衆国、またはその他の国における、ダッソー・システムズ
またはその子会社の商標または登録商標です。その他の会社名、製品名およびサービス名は、それぞれの所有者の商標ま
たはサービスマークです。Copyright Dassault Systèmes, 2018

 SIMULIA



自動車の未来

最近、ロンドンで開催されたファイナンシャル・タイムズ主催の「車の未来サミット」に招待されて、モビリティの未来について意見を述べてきました。私が話したのは、すでに進行中の急速な変化が、現在の自動車産業に劇的な影響を及ぼし、リスクとチャンスの両方をもたらすであろうということです。

車の未来はモビリティの未来です。我々は電車で大都市を旅したり、飛行機で憧れの地を訪れたりしますが、駅や空港と自宅との間の交通手段がいつも問題になります。自動車は、もし自動運転化と無公害化が実現したならば、未来の交通システムとして最善の選択肢の一つになるでしょう。

しかしそうは言っても、車というものが、将来もある場所から別の場所への移手段であることに変わりはないはずです。そうした未来の車を我々はどうのように設計したら良いのでしょうか。

自動車や輸送機械の分野にイノベーションが起こるにつれて、これまで成り立っていた産業の垣根が消えていきます。今日、巨大な創造の波が押し寄せており、本誌 SIMULIA Community News でもそれを垣間見ることができます。ダッソー・システムズは長年にわたり、お客様に理想のプラットフォーム、つまり、皆様が産業の垣根を打ち破り、自身が属する業界を変革できるようなプラットフォームを提供するよう努力しています。SIMULIA R&D 担当副社長の David Holman が「将来展望」(4 ページ) で述べているように、イノベーションを起こすには、企業はもはや従来のような形での組織的行動を取る必要はありません。そうしなくても、あらゆる種類の革新的な車や、ドローン、空飛ぶ車、そしてとても奇抜な輸送ポッドまで開発しています。

研究が加速し新技術開発が迅速に開発進むことで、2~5 年先、あるいは 10 年先とされていた未来がもっと身近なものになってきています。最近の論文によると、ガソリンエンジン車と同等の航続距離や充電時間が期待されている全固体電池は、2022 年までは実用化されないようですが、現状維持の 100 年と比べれば、それはたった 5 年に過ぎません。一方で、それより確立しているリチウムイオン技術に対しても、安全性と性能の向上に向けて膨大な研究が進められています。Romeo Power 社に関するカバーストーリー (7 ページ) では、こうした躍進にシミュレーション技術がどのように役立っているかを示しています。もう一つの事例は、電動機の独特な振動騒音問題に焦点を合わせたものです。アーヘン工科大学が SIMULIA のソリューションを用いて実施している高度な NVH 解析 (20 ページ) をご覧ください。

自動車開発のスピードは、今もイノベーションに対する大きな制約の一つとなっています。もちろん、自動車には非常に高度な技術が必要なため、ゼロから開発しようとするれば 5~7 年はかかります。そのため、自動車の設計・検証・製造方法が再発明されようとしています。自動運転車については、安全と認められるまでに数十億マイル相当のシミュレーションが必要です。衝突安全性、空力特性、振動特性、音響特性、電磁特性などはすべて、仮想プロトタイプングが世界を変えようとしている分野です。空力エンジニアリングから、電池セルの新素材の挙動予測まで、シミュレーションが製造サイクルと開発コストを劇的に削減しつつあり、概念設計段階から何百万もの代替案のテストを可能にしています。こうしたアプローチや積層造形法 (3D プリンティング) が、まもなく自動車のバリューチェーンを完全に破壊することでしょう。

これら全てがSF 小説のように聞こえますか? いいえ違います。自動車産業の未来は、電動化、コネクテッド化、そして自動運転化であり、それはもう始まっているのです。本誌 SIMULIA Community News をお楽しみください!

OLIVIER SAPPIN
自動車・輸送機械担当副社長



電気自動車革命の推進

本誌 SIMULIA Community News がまさに実証しているように、電気自動車（EV）はモビリティ社会でますます重要な役割を果たすべく進化を続けています。内燃エンジン（ICE）車がすぐにはなくなるとは思えませんが、それが環境に与える影響については、特に人口増加と都市の肥大化が進む中、世界的関心事となっています。

こうした状況に呼応して EV 市場が急成長しています。車両の電動化には、人の健康や安全、環境衛生にできる限り悪影響を与えず、ある場所から別の場所へ移動するための手段を劇的に変化させる可能性があるため、スタートアップと既存完成車メーカーの双方が積極的に研究を進めています。

もし皆様そして皆様の会社が、こうした EV トレンドの流れによってビジネス上の成功を収めたいとお思いなら、あるいはすでにそうしたことに携わっておられるなら、どうすれば最も優れた車両を最も効果的な方法で実現できるか知りたいと思うことでしょう。ダッソー・システムズは、まさにそうした課題の解決にすでに取り組んでおり、モビリティ関連産業のお客様に対して、皆様のニーズに最も合った情報管理とソフトウェア能力の強力な組み合わせを提供しています。

皆様もご承知の通り、この戦略の第一の柱は **3DEXPERIENCE** プラットフォームです。チーム同士を結び、情報を管理し、コラボレーションを促進する能力は、今日、どのような規模の会社にとっても基本の要件であり、この分野においてダッソー・システムズは、専門性やリーダーシップの点で広く認められています。

弊社の EV 戦略の第二の柱はモデルベースシステムズエンジニアリングであり、これは電気自動車の極度の複雑性に対処する上で欠かすことができません。そして今、弊社が最近買収した

NoMagic 社によって、強力な SysML 標準に基づくモデルベースシステムズエンジニアリングが利用可能になりました。SysML は主に航空宇宙・防衛産業で利用されてきましたが、最近では自動車産業でも採用が広がっています。これによって、システム間のリンクのモデリングや、フルビークルレベルでの要件の再定義が行えるようになります。

最後の第三の柱はダッソー・システムズの各ブランド製品の中核を成すもの、すなわち EV システムを設計・評価・最適化する上で鍵となるテクノロジーと能力です。これらはすべて、既存の構造力学ポートフォリオを戦略的に補強し、真のマルチフィジックスかつマルチスケールのソリューションを提供します。

こうしたプロダクトシミュレーションの深い知識が、全社的な情報共有ビジネスプラットフォームのもとで運用されると、組織は自身のビジネス構造全体、サプライチェーン、競合他社、等々のモデルまで作成できるようになります。ビジネスの状態を示す重要業績評価指標（KPI）を記録すれば、ボトルネックを特定し、最適化して、組織全体としての働きを改善できます。さらに、シミュレーションと KPI を結び付けると、マネージャーに全体像と信頼できる唯一の情報源がもたらされ、それがまた意思決定プロセスを強化します。

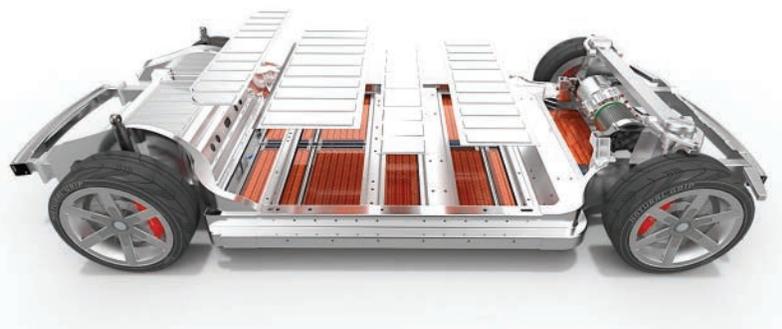
これまで述べた 3つの戦略と弊社ソリューションの真価を総合すると、製品開発の目標達成に向けてすべてが互いにシームレスにリンクした未来が開けます。皆様が我々に求める技術のすべてをサポートしつつ、異分野間の橋渡しをすることが、我々全員の共通のビジョンなのです。

電気自動車と自動運転車における現在の技術課題、ならびに **3DEXPERIENCE** プラットフォームが様々な分野をつなぐことで、

我々が提供するテクノロジーの連携を可能にするバックボーンとしての役割を果たしている例をいくつか紹介しましょう。

- Romeo Power 社の業務（7 ページのカバーストーリーを参照）が示しているように、EV 電池 は多数の物理現象が組み合わさって、様々な問題を引き起こしうる非常に複雑なシステムです。CATIA、BIOVIA、そして SIMULIA が互いに協力することで、機構とシステムの設計、物性と化学的性質のモデリング、電池のセル/モジュール/パックの性能評価をそれぞれに結び付けたソリューションが生み出されています。
- 電気駆動装置は、見た目よりもずっと複雑なシステムです。設計要件を満たすには、振動騒音（20 ページのアーヘン工科大学のケーススタディを参照）、高速回転と電磁損失によって生じる熱の管理、内蔵変速機の適切な潤滑、等々をすべて同時に考慮することで設計を最適化する環境が必要になります。ダッソー・システムズは、これらの課題のすべてに対処可能な重要技術に投資してきており、それらを **3DEXPERIENCE** プラットフォーム上で一つにまとめることにより、電気駆動装置の複合領域最適化が可能になりました。
- レーダーとセンサーは、すでに従来の車でも利用されていますが、ドライバーが制御しなくても自律走行するように設計される EV においては、一層重要さが増してきます。これらセンサーの清浄度（言い換えると、どの程度汚れるとその働きが阻害されるか）が極めて重要であり、弊社の PowerFLOW 技術を用いた汚染解析によって対処可能です。これを SIMULIA の電磁気学ソリューションによるセンサーの電磁性能解析と組み合わせると、適切な動作を確認できます。
- 電磁妨害と電磁両立性（EMI/EMC）は EV における重要な問題です。EV には ICE 車よりもはるかに高圧のケーブルがぎっしり詰まっているため、電磁妨害の可能性が高まります。SIMULIA の電磁気学ソリューションは、電気システムの電磁妨害と電磁両立性の評価に役立ちます。

さらに、特にスタートアップ企業が人材面などで非常に限られた環境にいるEV分野において、シミュレーション利用の普及が我々のビジョンに不可欠なものとなっています。我々は、産業プロセスの全工程に対処できるソリューションであると同時に、シミュレーションの専門家でなくてもチームに容易に配備できるソリューションを提供したいと思っています。また、これまで述べたテクノロジーが一体となって働くようにシームレスに統合され、使い易いユーザーインターフェースと組み合わせられることで、こうしたことが実現できるのだと確信しています。



SIMULIA がどれほど先のことまで考えているのか知っていただくため、SIMULIA R&D 担当副社長 David Holman は自ら考えを次のように述べています。

「情報は組織内でシームレスに伝達されるべきであり、機械学習はアルゴリズムや縮退 モデルの絞り込みを可能にするものでなければなりません。現在手動で行っているプロセスの自動化レベルをさらに高めると、ユーザーやチームは、価値の低い仕事をマシンやアルゴリズムにまかせて、もっと価値の高い意思決定に携われるようになります。また、こうしたことが、企業にとっては技術的 KPI の調査からビジネス KPI の調査への展開を可能にします。それは最終的に、我々のお客様のブランドを競合他社と差別化 することにつながるものであり、それは、差別化されたバリュープロポジション（価値提案）の強化を目指す多数の新興 EV スタートアップにとって極めて重要なことなのです。



言うまでもなく、クラウドが鍵となるでしょう。クラウドはこのビジョンの重要な要素です。ゼロからスタートした何百もの新規参入者がすでに存在していますが、彼らはレガシー環境に全く縛られることなく、今にも市場を破壊しかねない人々です。こうした会社は、伝統的な完成車メーカーのような組織的行動は取りません。エンジニアリングチームは、シミュレーション、設計等の個別の部門を持ちません。シミュレーション結果や性能測定基準などの重要情報は、互いにシームレスに関連付けられます。彼らには、急速な発展や成長と EV 分野の進化し続ける技術に適應する柔軟な環境が必要です。そこにこそ、未来が広がっているのです」

クラウドから利用可能な **3DEXPERIENCE** プラットフォームは、そうした環境を実現するものであり、すでに多くの市場破壊者によって採用されています。それは現在、そして将来も、我々が提供する産業ソリューションの真のバックボーンであり続けます。

EV 業界は今大いに盛り上がり、前例のない全く新しいタイプの輸送手段を求める声が高まっています。マルチフィジックス・マルチスケール技術のポートフォリオ一式を構築するという SIMULIA の長期戦略が、EV 分野のお客様に素晴らしい効果をもたらしつつあります。彼らはプラットフォーム上でこれらのポートフォリオを活用することで、自らに開かれた様々な可能性を探求できるようになるのです。想像力は、設計探索と最適化のソリューションによってさらに高められますが、それは、我々が心に描き始めたばかりである未来社会への期待に沿うよう一丸となって取り組む中で、我々全員が間違いなく共有できる重要な特質だと言えます。

[詳細はこちら](#)

go.3ds.com/trustthedriver

ダッソー・システムズが OPERA SIMULATION SOFTWARE 社を買収

SIMULIA の電磁シミュレーションポートフォリオの拡充

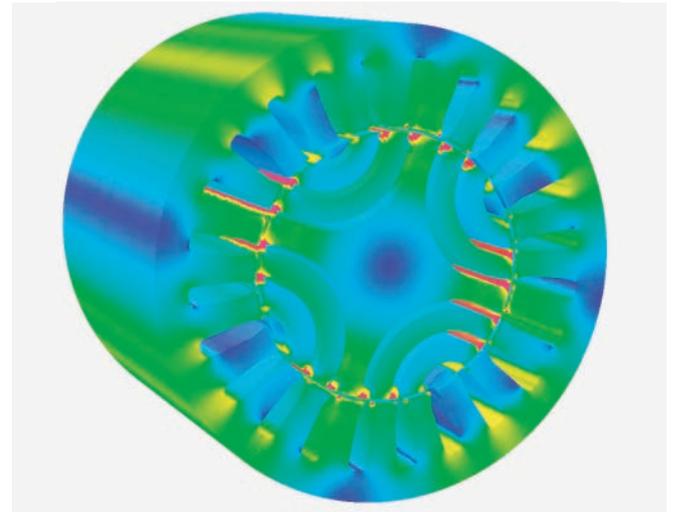
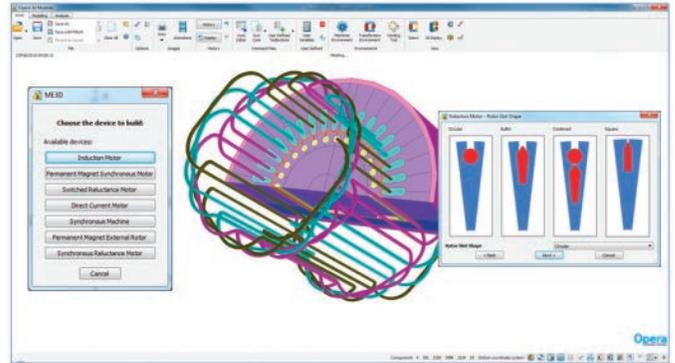
2016年の CST (Computer Simulation Technology) 社の買収により、ダッソー・システムズは電磁 (EM) シミュレーション分野へと進出しました。これは、産業界が抱える様々な課題の解決に向けて、お客様各社にマルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術を幅広く提供するという弊社の決意を明確に表しています。

非常に特殊なニーズにも対応し、プロダクト・イノベーションを支援する具体的なノウハウや知見も包含した、専用の電磁シミュレーションツールを必要とする業界は少なくありません。SIMULIA の拡大し続ける EM ポートフォリオのうち、CST STUDIO SUITE と関連の EM 製品は、自動車、航空宇宙、通信、防衛、エレクトロニクス、エネルギー、医療の各業界における高周波アプリケーションに高精度な結果をもたらします。

一方、SIMULIA の EM ポートフォリオに新しく加わった Opera Simulation Software は、特に低周波シミュレーション分野に強く、電磁石や電動機などの電気機械類の設計に極めて有用であり、その点において弊社の既存の電磁シミュレーション製品を補完します。

Opera 社の基盤は 1970 年代の後半に築かれました。当時、ラザフォード・アップルトン (粒子加速器) 研究所が、荷電粒子ビームの誘導と集束に必要な最新型の強磁場磁石を設計できるシミュレーション能力を必要としていました。そして 1980 年代の初めに、設計プロセスに必要な (そして Opera 社が実現できた) 解析精度を求めると、加速器の分野で高まると、ソフトウェアが商品化されました。粒子加速器と同様に、磁気共鳴イメージング (MRI) スキャナーも、高磁場と ppm オーダーの磁場均一度を必要とします。そのため Opera 社にとっては、この分野への進出は自然の成り行きでした。MRI に必要な高磁場 (地球の磁場の強さの約 1 万倍) は、通常、超電導磁石で発生させます。こうした問題に対処できるように、Opera 社は超電導クエンチ (超電導性の突然喪失) の分析と、必要な保護回路の設計を支援する専用のツールを提供しています。このような過渡的事象には渦電流の正確なモデリングが必要であり、Opera 社の渦電流問題に対する解決能力をもってすれば、電気機械設計の分野への進出も自然の成り行きでした。

電気回転機械 (モーターや発電機) の精密設計へのニーズが、Opera 社において独特な機能の開発につながりました。それは求解計算中に、回転子と固定子の間にある空隙をリメッシングする機能です。この画期的な機能によって、Opera 社は工業オートメーション分野や発電機分野のトップ企業に採用されるようになりました。今日、こうした電気機械類の設計能力は、自動車や輸送機械の分野にも応用されつつあります。電気自動車の開発、生産、そしてマーケットシェアがますます拡大し、多くの国が内燃エンジン車の販売を段階的に禁止する期限を発表しています。各メーカーは、駆動系に現在とは異なる特性を必要とするようになるでしょう。それは例えば、動作温度や騒音などのパラメータをある範囲に収めつつ、ピークトルクやピーク効率、出力密度を高めることですが、実際、それらを同時に向上させる必要が



あります。これは、電磁性能の評価を機械設計や電子設計と組み合わせることが必須であることを意味しており、まさにマルチスケール・マルチフィジックス問題となるのです。

Opera の機能および主な適用事例については、下記をご覧ください。

www.3ds.com/products-services/simulia/products/opera-simulation-software/

ROMEIO POWER TECHNOLOGY 社： 高効率な電池システムの開発

エネルギー貧困問題の解決に向けた取り組みに
シミュレーションが重要な役割を果たしています



この写真のような大型蓄電池システムは、計画停電時や全域停電時の電気の供給、太陽光発電所や風力発電所で発電した電力の貯蔵、ならびに、オフピーク時間帯の集電による電力網の有効利用を可能にします。

暗いときには照明をつけ、暑いときにはエアコンを使う。これは我々が当たり前のよう利用している文明の利器のほんの一例です。しかし国際エネルギー機関がまとめた2017年の報告書によれば、安全かつ安定した電力供給は、今も世界の多くの地域でとても貴重なものであり、我々人類のおよそ14%は電気が一切使えず、38%（約30億人）は炊事に薪や石炭などの環境汚染につながる燃料を使用しています。

Romeo Power Technology社は、こうした状況を打破することが自社の使命と考えます。カリフォルニアを本拠地とする同社は、事実上世界のどこにでも設置可能な、費用対効果の高い、持続可能エネルギーの貯蔵ソリューションを開発することによって、2023年までに世界のエネルギー貧困問題の終結を目指すと言っています。それは確かに野心的な目標ですが、彼らはSIMULIAからの若干の援助のもと、この目標の達成に向けて着実に前進を続けています。

挑戦を通じた進化

携帯電話やコードレス電動工具などに内蔵されている充電式電池については、定期的に充電しなければならないことを除いて、恐らくほとんど意識することはないでしょう。確かにこうした電池はどこにでもあって、一見何の変哲もないように見えますのですが、実は意外と複雑なデバイスであり、ほとんど性能が低下することなく数千回の充電サイクルを繰り返すことも可能です。さらに、自動車や郊外住宅、あるいはオフィスビル全体に電力を供給できるほど大型のものになると、設計および製造面の要求は格段に厳しくなります。この後者のタイプの電池は、多くの場合、リチウムイオン技術に基づいていますが、これこそ Romeo Power

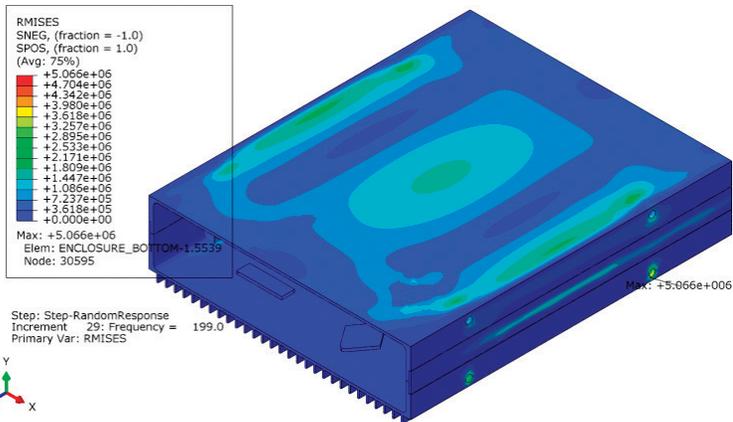
社の強みであり、彼らの成果物なのです。

「現在、電池産業は様々な課題を抱えており、私も構造エンジニアとして、それら全てに目を向ける必要があります」と、Romeo Power社のテクニカルスペシャリストである Saeid Emami氏は述べています。「その一つは、電池を可能な限り軽量化することであり、これは車載用に限らず、輸送コストを低く抑える上でも重要です。安全性もまた大きな問題です。電池は、激しい振動、衝撃、誤用などによってショートする危険があります。例えば、車の衝突事故が重大な障害を招き、乗員または付近の人に危害が及ぶ場合もあるのです。そしてもちろん、特に車載電池の場合は、誰もができる限り低価格であることを望んでいます。SIMULIAのAbaqusソフトウェアが、我々の電池設計においてシミュレーションと最適化の重要ツールとなったのは、こうした理由からでした。そして我々は、これらのニーズの一つ一つに効果的に対処できるようになったのです」

「SIMULIA製品、特にAbaqusは、こうした故障モードをモデル化することで、例えば、衝突時に貫通が生じた場合の挙動や、振動がパック内のセル位置に及ぼす影響を予測することに役立っています。それは我々の仕事の中でも非常に重要です」

— Romeo Power社、テクニカルスペシャリスト、Saeid Emami氏

カバーストーリー



電池モジュールに負荷されたランダム振動のシミュレーション。これは設計の有効性を確認するために Romeo Power 社が行っている様々な解析のほんの一例にすぎない。

電力網の有効利用

技術起業家の Mike Patterson 氏とハードウェア技術者の Porter Harris 氏が 2015 年に設立した Romeo Power 社は、現在 200 名以上の従業員を抱えており、その多くは Emami 氏のようなエンジニアや設計者です。カリフォルニア州バーノンの主要施設には 113,000 平方フィートもの製造スペースがあり、その大部分がオートメーション化されていて、Romeo Power 社には勤務 1 シフトあたり 4 GWh (ギガワット時) の蓄電容量を製造する能力があります。これは、数百万世帯の人々が家族で食事をしたり、お気に入りの番組を見たりできるだけの時間、明かりを灯し続けられる電力です (多分、1982 年式デロリアンを未来へタイムトラベルさせることも可能でしょう)。

“インテリジェント・バッテリー・マネージメントシステム”と宇宙船レベルの (Harris 氏は以前 SpaceX 社に勤務していました) 安全性能を備えた Romeo 社の EV 電池パックは、現在、オートバイや自動車から、フォークリフト、特定用途の四輪駆動車まで、あらゆる電動車に搭載されています。同様に、同社のポータブル充電器「Saber」は、ノート PC、携帯電話、カメラ、ドローンなどの充電が可能で、防水性と耐衝撃性を備えた、簡単に持ち運べる最大 90 ワットの予備電源です。また、用途は全く異なりますが、同社の定置型蓄電ソリューションは、(既存の電力システムよりはるかに大規模ですが) ポータブル充電器とほぼ同じ方式で 集電と蓄電が行えるように設計されており、停電時にビルや住宅に電力を供給することや、ピーク需要時に光熱費を節約することが可能です。

しかし、これら全てを成し遂げるのは、決して容易ではありませんでした。前にも述べたように、電池はその地味な外見から想像されるよりも、はるかに複雑な製品です。Emami 氏は「電池のセル、モジュール、パックは積み木のような構造で、それらの挙動を完全に把握するには、単体としても集合体としてもモデル化する必要がある」と説明しています。衝撃、振動、損傷、疲労、これらは彼と Romeo Power 社の設計チームが Abaqus のシミュレーションに頼っている数ある条件のほんの一部です。

Emami 氏は次のように話しています。「SIMULIA 製品、特に Abaqus は、こうした故障モードをモデル化することで、例えば、衝突時に貫通が生じた場合の挙動や、振動がパック内のセル位置

に及ぼす影響を予測することに役立っています。それは我々の仕事の中でも非常に重要です」

パックに詰める

リチウムイオン電池パックには、数百・数千ものセルで構成されるものもあります。各セルは家電用のリモコンの中に入っている普通の電池 1 個分ぐらいの大きさです。それらのパック内の位置によって電圧レベルが変化する場合があります、それが性能問題を引き起こします。温度や湿度などの内部条件も要因の一つです。また、大型のパックになればなるほど、荷重によって生じる応力が大きな問題となり、短絡や発火あるいは機械的破損の可能性が高まります。これら条件の一つ一つがモデル化され解析されて、その結果に基づいて個々のセルやパックの設計が修正されます。

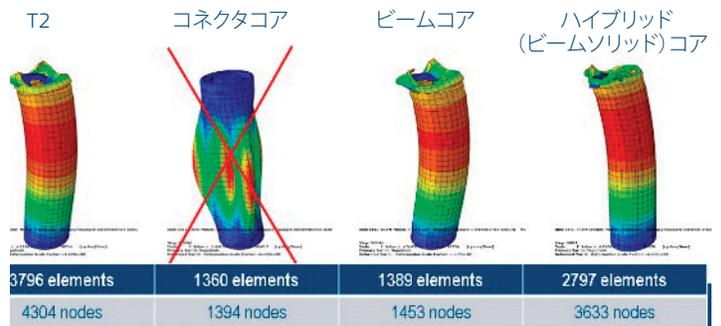
多くの優れた製品と同様に、設計を成功に導くには、重量とコストおよび性能の微妙なバランス取りが必要です。「大きな課題の一つは、電池モジュールの構造的完全性と総重量とのトレードオフです」と Emami 氏は話しています。「もちろん、安全性をないがしろにはできません。他のどんな検討事項よりも優先します。我々は、こうした問題の全てに取り組むため様々な戦略を開発しており、Abaqus を使って可能な限り結果の検証を行っています」

ゼリーロールケーキの謎を解く

一例として、内部短絡の予測という問題があります。Romeo Power 社のエンジニアリングチームは、単体のセルを表現した「ゼリーロールケーキ」モデルを作成し、これを用いて、過充電時や圧壊時、釘刺し試験時 (電池業界における標準試験法)、ならびに高温加熱時のセル挙動を調べています。

適切な材料モデルがない場合、チームはセルを弾性体容器におおわれた可壊性発泡材としてモデル化し、実際の状態を模擬しています。そしてそれらをシミュレーション要件に合うように、必要に応じてモジュールまたはパックのレベルに組み上げます。

Abaqus は、電池パックの落下などの陽解法向きの事象の影響や、定常的な電気条件などの陰解法向きの事象の影響を明らかにするために使用されます。さらに Emami 氏と彼の同僚は、現在、ダッソー・システムズのサポートエンジニアと協力して、こ



これらの Abaqus シミュレーションは、電池セル構造に異なるコア材料を使用した場合の有効性を明らかにするため実施された。このモーダル解析の結果は、異なるモデル化法での 1 次振動モードの違いを示している。例えば、×印の付いた「コネクタコア」モデルでは、ケースが適切に拘束されていないため、1 次モードは非現実的な振動となっている。すなわち、非常に低い周波数のモードが円筒形の電池セルケースに生じている。

一般的なリチウムイオン蓄電池システムの3つの基本コンポーネント：(左から右に)セル、モジュール、およびパック。それぞれをモデル化する必要があり、安全かつ確実な動作を保証するため、考えられるあらゆる故障のシミュレーションが行われる。



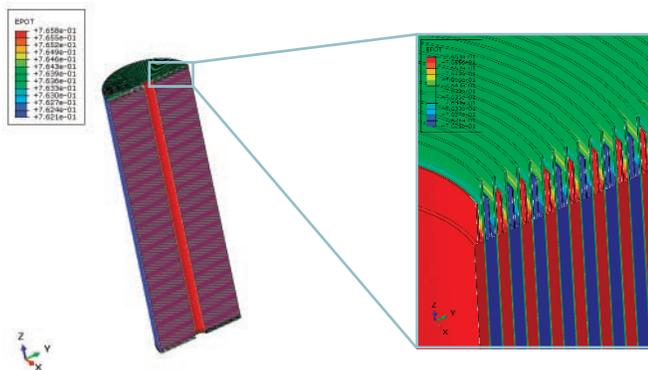
こうした陽解法と陰解法を組み合わせた、協調シミュレーション用の電気-構造モデルを開発しようとしています。

「電池モジュールとその構造には、軽量化や安全性向上、低価格化といった設計目標を達成するために、我々が取り組まなければならない問題は多数存在します。故障が発生してからでは遅いのです。そのため我々は、創業当時から Abaqus を使用して、構造的完全性に加え、様々な負荷条件下での電気部品と機械部品の挙動を解析してきました。Abaqus が何らかの不具合を予測すると、それは電池が故障する確かな兆候であることに我々は気付いたのです」と Emami 氏は話しています。

明るい未来

しかしこれのどこが、蓄電池等の電力さえ利用できない地域の人々を救うことと関係するのでしょうか。大変興味深いことに、これこそ Romeo Power Technology 社の創業者である Mike Patterson 氏と Porter Harris 氏が会社を興したきっかけでした。

両氏はともにハイチとインドで過ごした経験があり、こうしたエネルギー貧困国に住む人々の生活を改善しようと心に決めたのでした。しかし、彼らの最初の試みは失敗に終わりました。彼らは太陽電池式蓄電ユニットのプロトタイプを組み立てたのですが、それは比較的低コストの部品で作ることができたにもかかわらず、彼らの想定していた顧客ベースには高価過ぎることが分かったのです。



我々が見慣れた電池も実は複雑なアセンブリであり、短絡、早期の寿命切れ、熱暴走など、様々な故障の可能性がある。

この残念なスタートから間もなくして、彼らは EV 電池の代替電源を探していた複数の企業から引き合いを受けました。ビジネスに成功するには、独立電源システムの開発にもっと資金をつぎ込むことが恐らく最善の道であると気付いた Patterson 氏と Harris 氏は、その後 Romeo Power 社を立ち上げたのですが、エネルギー貧困問題を完全に終結させるという思いを決して忘れることはありませんでした。

Emami 氏はどうかと言うと、彼は Romeo Power チームに参加できたことをとても幸せに思っています。「我々はとても優秀で熱意あふれる人々の集団であり、互いに協力して、今日市場に流通するサイズの蓄電池としては最も高効率なものを開発してきました。このように早い段階で成功を収めたにもかかわらず、我々は今も電池効率を向上させる新たな方法を探し続けています。例えば、電池を軽量化するための複合材等の利用法や、セル密度を向上させる方法の研究です。しかし我々がどのような道を選ぶとも、そして我々が今後どのような設計課題に直面しても、Abaqus をはじめとする SIMULIA ソフトウェアがきっと解決してくれることでしょう」と彼は話しています。

詳細は以下をご覧ください

<https://romeopower.com>



モデルの相関検討

優れたエンジニアリング会社の例にもれず、Romeo Power 社は常に実物試験を通じてシミュレーション結果の検証を行っている。

バッテリーは大丈夫ですか？

e-モビリティ選手権を勝ち抜くための
迅速かつ柔軟な意思決定のガイド

バッテリーの大きな課題

15倍 50%

電気自動車の販売台数が
2030年には15倍に拡大
すると予想されています！^{1,2}

現在、バッテリーは電気
自動車の総コストのほぼ
50%を占めています。³



新しいタイプの車

シェアリングカー、コネクテッドカー、自動運転車、陸海空の特殊車両など、新しいタイプの車の導入レースが世界中で始まっています。



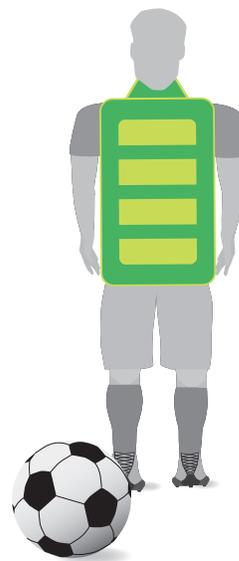
コストと性能

メーカーは、性能と安全を損なうことなく、バッテリーの高額な先行投資を削減したいと思っています。そのためには、進化し続けるリチウムイオン技術、全固体バッテリー、生産とサプライチェーンの規模拡大といった、技術革新の活用法を探る必要があります。



ノウハウ

組織においてノウハウが分散しているために、車両ごとの適切なバッテリーの開発とタイムリーな受け渡しという、アジャイル型エンジニアリングが阻まれています。



バッテリーを勝利に導くものとは？



安全性



寿命



価格



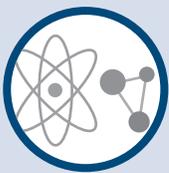
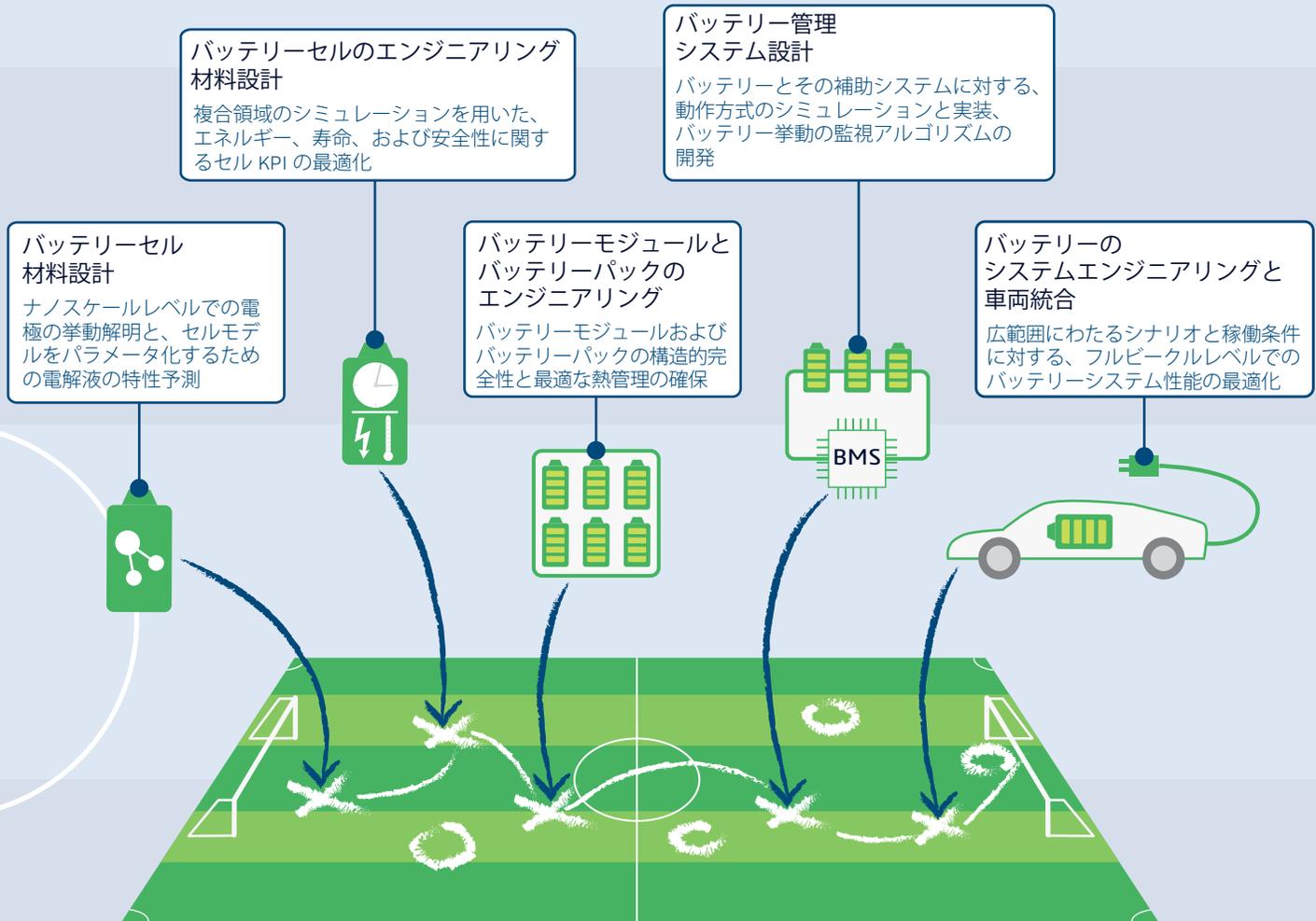
航続距離



充電速度

バッテリー開発の仮想フィールド

3DEXPERIENCE® プラットフォームは、デジタル的に一体化したクラス最高のソリューションのコラボレーション環境を提供します。



全物理分野・全スケール



データ駆動



オンプレミス・オンクラウド

チャレンジの準備はできていますか？ 是非我々にお手伝いさせてください！
詳細については go.3ds.com/TrustTheDrive をご覧ください。

参考文献

1. "Global EV Outlook 2018"、国際エネルギー機関
2. www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes
3. "In-depth: eMobility 2018"、Statista モビリティ市場見通し - トレンド報告書

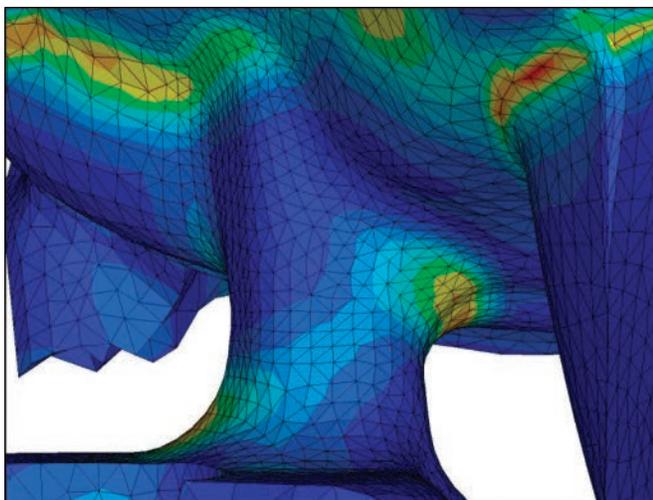
パートナーハイライト

Caelynx社

シガン州アナーバーを本拠地とする設計・シミュレーションコンサルティング会社である我々 Caelynx 社は、絶え間なく変化する交通・輸送産業の現状を間近で見ることができる、とても興味深い立場にいます。そうした情報は、特に電気自動車分野の技術革新に関連した特殊なニーズへの対応についてCaelynx 社に依頼してくる、完成車メーカーや一次部品メーカーからもたらされます。そしてそれらは、標準の解析法では不十分または適用不可と思われる、新技術に対する方法論の開発プロジェクトに結び付くことも少なくありません。

13 年前の Caelynx 社の創業時に、我々は大規模なコンサルティングプロジェクトを 2 件受注しました。それらの簡単な説明を読めば、有限要素解析のコンサルタントとはどういうものであるか、大体イメージしていただけたと思います。また、2 つのプロジェクトを比較すれば、今まさに変革が進行中であることや、設計のイノベーションがシミュレーション技術だけでなく、シミュレーションプロセスの取り組み方にも影響を与えていることが、はっきりご理解いただけたと思います。

最初のプロジェクトは、新型高出力内燃エンジンの設計に関するものでした。設計案には、効率、トルク、および出力を向上させる多数の微調整案が含まれていました。Caelynx 社の任務の一つは、シリンダヘッドと排気マニホールドの温度サイクルおよび圧力サイクルをシミュレーションすることでした。この設計案はかなりユニークなものでしたが、成功への切符は伝統的なシミュレーション手法（30 年にわたる進化と実績）の応用に過ぎませんでした。すなわちそれらは、CFD 結果の構造メッシュへのマッピング、熱膨張解析、アセンブリ構造への負荷、時間依存のクリープ解析、低サイクル疲労解析、トポロジー解析などです。もちろん、FEA の観点から見れば極めて複雑なプロジェクトだったのですが、産業の破壊的変化が進行中であると感じさせることは何もありませんでした。



Abaqus, Tosca, fe-safe による最適化

2 番目のプロジェクトは、ある大手完成車メーカーのトランスミッション部門からの直接の依頼であり、彼らの最初のハイブリッド車に関するものでした。彼らは、電気モーターのノイズ成分を把握するのに手助けを必要としていました。それは彼らがこれまで経験したことのないトランスミッション関連の懸念事項となっていたのです。我々 Caelynx 社もその自動車メーカーも、こうした現象をシミュレーションしたことがなく、実物試験もまだ準備中の段階でした。しかし我々は、それから 9 か月かけて、実物試験と相関性があり、新型量産車の標準のシミュレーションプロセスとしても十分使用可能な、ロバストなシミュレーション手法を開発したのです。



電気モーターの FE モデル

線形動解析のためのアセンブリ予荷重などの、一般的な FEA のテクニックが基礎となりますが、技術革新によって我々のシミュレーション能力を披露できる新たなチャレンジが実現しました。それらは、モーターの精巧な銅巻線とそれらのエポキシ被覆をモデル化する最善の方法とは何か、数百枚の薄板からなる固定子をどのように含めるか、そして何より興味深かったのは、マルチフィジクス解析によって実際どのようにシミュレーションをレベルアップできるか、というものでした。電磁場解析からは構造解析用の振動荷重が得られ、構造解析からは音響解析用の速度励振が得られる、といった具合です。このプロジェクトを通じて、我々は世の中を（良い方向へと）変えうる技術に取り組んでいるのだと実感しました。

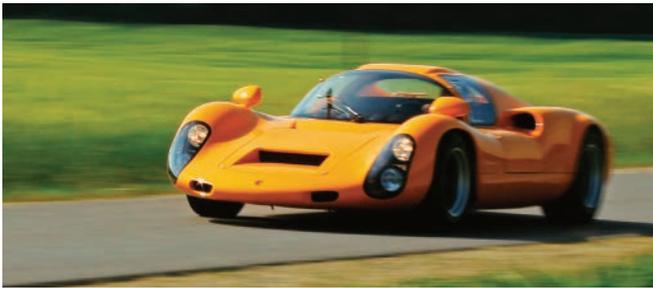
今日、Caelynx 社のプロジェクトは新技術に関するものが大半であり、多くの場合、シミュレーションを新たな設計プロセスに組み入れる方法まで模索する必要があります。Caelynx 社の典型的な一日は、電気自動車の多種多様なシミュレーションで占められています。モーターの開発と同様に、バッテリー開発においても、熱管理のための CFD 解析、インパクト試験や破壊試験、ランダム振動疲労などのシミュレーションが必要です。また、自動運転車の進歩に伴い、キャビン設計のニーズも増えており、そこではほんの数例あげるだけでも、キャビンシートの快適性、変動気流の設計、新たな衝突安全基準などが問題となっています。

今世界は大きな技術的変化を遂げようとしています。そして Caelynx 社は、こうした交通・輸送産業における電動化と自動化の革命の最前線に立つイノベーターの皆様を、シミュレーションの専門知識で応援しています。こうした取り組みの中で、我々はダッソー・システムズのパートナーとして SIMULIA および 3DEXPERIENCE プラットフォームの販売サポートに携われることを誇りに思います。

詳細は以下をご覧ください

<https://caelynx.com>

3DEXPERIENCE プラットフォームによる エレクトロモビリティの推進



オーストリアの Kreisel Electric 社は、電気自動車用として非常に先進的なバッテリー技術を開発しています。そしてその技術をバッテリー管理システム、トランスミッションおよび電動機と組み合わせ、完全な電気自動車—例えば世界初の電動化「ハマーH1」など—を作り出しています。

この会社は三人兄弟によって設立され、彼らの電動化推進に対する熱い思いが、車両や家庭用の高性能なバッテリーパックとエネルギー貯蔵システムの誕生につながりました。さらに、彼らのエレクトロモビリティとスポーツカーにかける情熱は、Kreisel Electric 社の 1971 年式 EVEX ポルシェ 910 電動化プロジェクトの原動力になりました（この車は Kreisel EVEX 910e と命名されました）。

このクラシックカーの内燃エンジンを、特許を取得し受賞歴もある同社の長距離バッテリーパックに置き換える作業には、綿密なプランニングと独創的なエンジニアリング、そしてダッソー・システムズの 3DEXPERIENCE プラットフォームが提供する 3D 技術が必要でした。

「モーターからの伝熱量のようなパラメータを組み込むことが可能です。温度の限界値も設定できます。基本的にあらゆるシミュレーションを行えます」

— Kreisel Electric 社、機械・電気エンジニアリング部リーダー、
Helmut Kastler 氏

電動パワートレイン

Kreisel Electric 社は、最新のモデリングおよびシミュレーションソフトウェアを使用して、モーター性能を最適化し、電動パワートレインの全コンポーネントを調整していると、Kreisel Electric 社で機械・電気エンジニアリング部のリーダーを務める Helmut Kastler 氏は説明しています。

課題の一つは、出力の向上した新型モーターに、トランスミッションが対応できるかどうか検証することです。電気モーターが輸送用途に応用され始めた頃、トランスミッションは毎分 5,000~6,000 回転 (rpm) に対応していれば十分でした。しかし、現在のモーターは 15,000~20,000 rpm を生み出す能力があります。トランスミッションの電気センサーから車両の電子制御ユニット (ECU) へ情報が送られると、ECU は中枢神経系のように働いて、摩擦や発熱を抑えるため必要に応じて潤滑油を注入します。

「ソフトウェアのおかげで、個々のパーツの特性を結合して、機械出力、熱出力、および電気出力の複合効果やそれぞれの出力の他の出力への影響を簡単に調べることができるようになり、結果として全体システムの構築が可能になりました。何かのパラメータを指定するだけでシステムのシミュレーションを開始でき、ドライビング特性のシミュレーションも可能です」と、Kreisel Electric 社の研究エンジニアである Johannes Pumsleitner 氏は話しています。

もう一つの重要な問題はノイズ管理です。モーター自体はほぼ無音で動作しますが、トランスミッションは多くの機械部品を含むので、モーターに正確に同期していないとノイズが発生します。「我々はノイズにも十分注意を払う必要があります。どのようなシミュレーションも可能ですが、どの属性を最適化すべきかわかっていなければなりません」と Kastler 氏は話しています。

3DEXPERIENCE によって Kreisel Electric 社のエンジニアは、リアルタイムコラボレーションを推進するための唯一信頼できる情報源、必要な全てのコンポーネントとシステムに対する試験および製造のためのエンジニア向け最先端の設計・シミュレーションソフトウェア、さらには、プロジェクトを確実に予算内にスケジュールどおり進めるためのプランニングツールを手に入れました。

課題

伝説の 1971 年式 EVEX ポルシェ 910 を電動スーパーカーに改造するため、Kreisel Electric 社は、利用可能なスペースに合うように、バッテリーパック、冷却システム、変速機、およびパワートレインを設計して組み立てる必要がありました。そのためには、各分野の関係者全員が協調して作業でき、その上、コストとスケジュールも管理できる、ロバスト性と柔軟性を備えたソリューションが必要でした。

解決策

Kreisel Electric 社は、3DEXPERIENCE プラットフォームとその「エレクトロモビリティ・アクセラレータ」に組み込まれているアプリケーション群に頼ることにしました。それらは、要件設定から、デジタルコンセプト、設計、シミュレーション、製造、そしてプロジェクト管理に至るまで、開発ライフサイクル全体をカバーしています。

成果

プロジェクトの関係者は、リアルタイムコラボレーション、ジオメトリデータ/社内ノウハウ/プロジェクト情報への安全かつ一元化されたアクセス、それらによる創造性とイノベーションの促進、さらにはコスト削減と開発期間全体の短縮など、数々のメリットを享受しています。また、衝突のシミュレーションによって試作実験コストが削減され、エンジニアリングと生産の統合によって設計パーツの早期製造が可能になりました。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/customer-stories/kreisel-electric

ポスト・リチウムイオン電池搭載の電気自動車は実現するか？

Total Battery Consulting 社、創業者 Menahem Anderman 博士

リチウム (Li) イオン電池は 20 年以上にわたり、理想的な化学電池として様々な応用されてきました。この化学電池の基本動作は、リチウムイオンが固体の正負両極間を有機液体の電解質とマクロ多孔体のポリオレフィン系セパレータを通して相互に移動するというものですが、それには多種多様な部品構成が考えられます。最新の小型円筒形電池セル「18650」の場合、そのエネルギー密度は、製品化された 1991 年当時は 250 Wh/liter に届きませんでした。現在では 750 Wh/liter まで向上しています。セル単価も、2006 年に \$1000/kWh を超えていたのが、2018 年には \$120~140/kWh まで劇的に下がっています。

リチウムイオン電池は、バッテリー式電気自動車 (BEV) における理想の選択肢となっています。高エネルギー密度、長サイクル寿命、優れた出力密度、好ましい動作温度範囲の全てを兼ね備えていることが魅力であり、今日の科学技術のもとでは、航続距離が 300 マイルを超える車も可能になっています。BEV 技術者が今注目しているのは、以下の 3 つの変数に取り組むことによる、電池に対するバリュープロポジションの強化です。それらは (1) 低価格化、(2) 体積エネルギー密度の向上、そして (3) 充電受入率の改善です。寿命や製造可能性、そして何よりも安全性を犠牲にすることなく、これら全てを達成することが求められています。

エネルギー密度に加え安全性の向上も期待できる方法の一つは、有機電解液と高分子セパレータを不燃性の固体電解質に置き換えるというものです。しかし現在のリチウムイオン技術のままこれを行うと、エネルギー密度が低下し、コストも増大します。長期的な試みとして、金属リチウムを負極とする電池を固体電解質と組み合わせることが行われており、こうした電池は、リチウムイオン電池に比べて理論エネルギー密度が 40~70 パーセント向上すると言われています。

金属リチウム電池は、リチウムイオン電池に先行して、約 40 年も前から開発が続けられてきたのですが、充電中にリチウムの樹状結晶が形成されて メッキとなることで、安全上の懸念を伴う致命的な短絡が生じることから、これまでの実用化に向けた試みは全て失敗に終わりました。そこで新たに考え出されたのが、有機電解液を固体電解質に置き換えることにより、樹状結晶の形成を抑えようというものでした。以下のようなアプローチが現在開発中です。それらは、(1) 多結晶金属酸化物、(2) 多結晶金属硫化物、(3) ガラス系の金属酸化物または金属硫化物、(4) ポリマー電解質、(5) ゲル電解質、および (6) これらオプションの 2 つ以上の組み合わせです。離散的な材料モデリングやシミュレーションが、新たな材料オプションの発見と、試作実験の時間およびコスト削減に役立つことでしょう。

こうした電解質には、充電時の樹状結晶化の防止に加えて、所要動作温度での十分なイオン伝導性、使用環境における化学的安定性、そして電池の製造および利用時の経済性も要求されます。

しかしながら、いくつかの硫化物系電解質においては、室温での

十分なイオン伝導性の実現に多大な開発努力が必要とされています。この技術については、サイクル寿命、製造性、コスト、および充電速度に関して、未だ開発段階というよりは研究段階にあります。市場投入までに 10 年以上かかると見込まれており、これを短縮するには、室温を超える温度での電池挙動を含め、あらゆるオプションを評価する必要があります。セ氏 60~90 度になると、利用可能なイオン伝導材料の種類が増え、リチウム堆積物の柔らかさが樹状結晶による短絡を発生させにくくします。ポスト・リチウムイオン電池技術を推進し、その非常に困難な課題を克服するために、最も有望と思われる方法を評価するには、電池システムと車両のシミュレーションこそが賢明な手段だと言えます。



電池モジュールを調べる Anderman 博士



Menahem Anderman 博士は Total Battery Consulting 社の創業者です。彼はカリフォルニア大学で物理化学の博士号を取得しました。彼のこれまでの業務経験は、材料研究、セル設計、バッテリーエンジニアリングから、市場および事業開発、そして全般管理まで多岐にわたります。

彼はまた、急成長を遂げている自動車向けエネルギー貯蔵分野の情報提供を行うために、Advanced Automotive Batteries (AAB) を立ち上げました。



詳細は以下をご覧ください

<https://totalbatteryconsulting.com>

BIOVIA:電池の性能と安全性の向上に向けた材料モデリング

ダッソー・システムズの BIOVIA ブランドは、ラボオートメーションから材料モデリングまで、様々なツールを提供しています。その中の BIOVIA Materials Studio は、ナノスケールからサブマイクロスケールまでの材料特性と材料挙動を解明するための統合ツール群です。これには、量子力学シミュレーションや古典力学シミュレーションなど、一連の理論ベースのソルバーが含まれています。

電池は複雑な材料システムです。例えばリチウムイオン電池の場合、電極には高分子接着剤と結合した黒鉛または混合金属酸化物などの活物質が用いられ、電解質には有機物質や有機金属物質の複雑な組成が用いられます。電池が充放電をしているとき、様々な化学反応が進行して、電池内部の化学的性質を変化させます。その結果、固体-電解液相間被膜 (solid-electrolyte interphase : SEI) が形成されて、それは負極を保護するのですが、同時に容量低下の一因となり、電池故障を引き起こす場合もあります。

電池材料の挙動

BIOVIA Materials Studio の様々なソルバーを用いることで、電池材料の挙動解明と、電池材料エンジニアにとって意味のある特性の計算が可能になります。

例えば、電解液の特性を変化させて SEI 被膜の形成を抑えるために、特殊な添加剤が加えられるのですが、この添加剤は電解液中のリチウムイオンの流れを阻害してはいけません。古典力学シミュレーションでは、分子動力学を適用して、様々な組成でリチウムイオンの拡散をモデル化できます。これを電解液の導電率に直接リンクさせることも可能です。そのような特性は、新たな添加剤を選定するためや、CATIA が提供する Newman モデルのような大規模モデルにつなげるためにも利用できます。

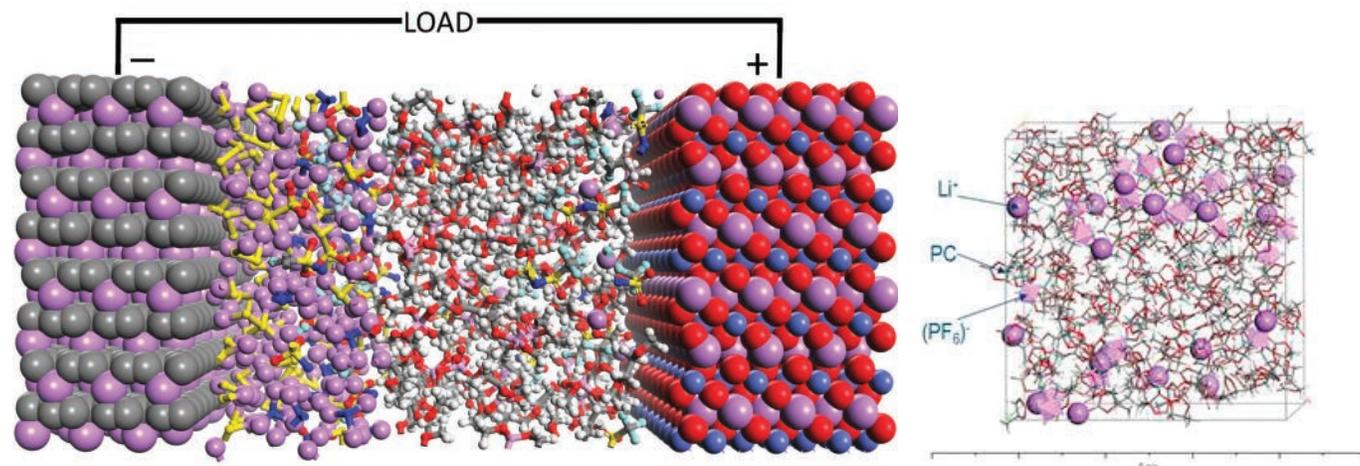
電解液のシミュレーションでは、材料の選別が可能になるだけでなく、組成が異なると導電率が変化する理由も解明できるようになります。リチウムイオンの正確な動きを調べると、局所環境の拡散性に与える影響が明らかになり、次世代添加剤の開発に向けた新たな設計ルール作りが促進されます。

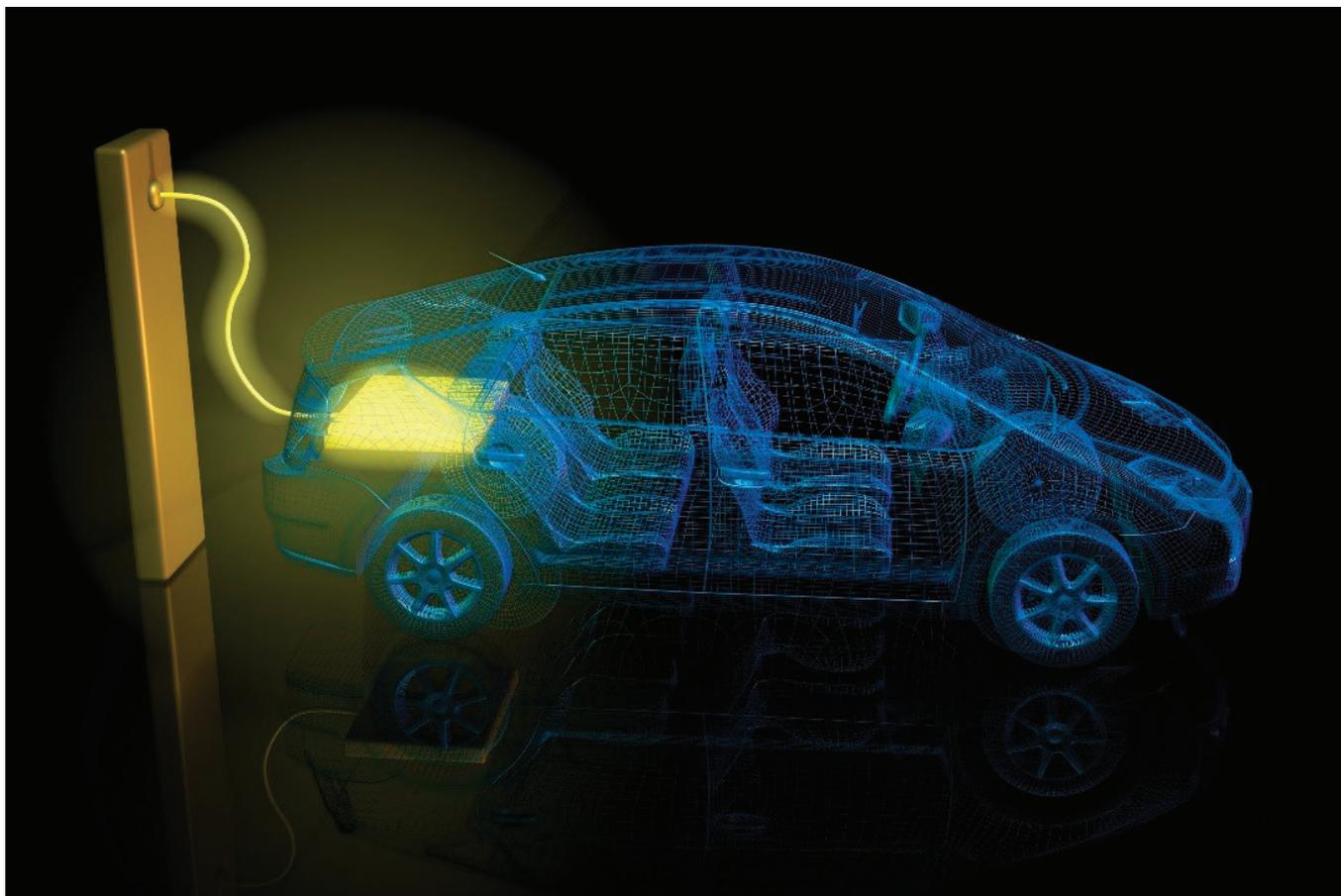
電極材料の開発と組込における大きな課題は、充放電時に生じるリチウム誘起の膨張と圧縮です。体積変化が過大であると、電極に剥離や電氣的切断が生じ、最終的に故障する場合があります。BIOVIA Materials Studio の電子モデルに基づくソルバーを使用すれば、リチウムイオンの侵入が電極体積に及ぼす影響を正確にシミュレーションできます。さらに、この情報を Abaqus への入力パラメータとすれば、膨張する電極が電池セルの性能にマクロ構造的にどう関係するかを理解することも可能です。シミュレーションでは、リチウムイオンの侵入によって生じる体積変化や格子膨張の計算に加え、層間結合の変化に関する情報も得られます。これによって、電極の剥離や破損を引き起こす層内への侵入レベルを推定することが可能です。

BIOVIA Materials Studio の離散化モデリングツールを使うことで、電池材料エンジニアは、新たな材料候補の選別、広範な材料技術の探索、そして材料挙動の理解が可能になります。離散化モデリングツールの利用は、将来の電気自動車を支える次世代電池材料の開発が加速するのです。

詳細は以下をご覧ください

<http://3dsbiovia.com/products/collaborative-science/biovia-materials-studio/>





未来の電池を設計する

EDEM と SIMULIA が EV 用電池の設計と性能に関するシミュレーションの利用促進に協力して取り組んでいます

電気自動車 (EV) の市場が急拡大しており (2017 年の世界の販売台数は前年比 45% 増¹⁾、多くの自動車メーカーが EV やハイブリッド車に特化した製品ラインへの移行計画を発表しています。こうした中、EV メーカーは、ますます航続距離が長く、充電時間が短く、その上、より小型で軽量の電池を必要とするようになり、電池メーカーへの要求は強まるばかりの状況です。2025 年にはリチウムイオン電池の90%がEV業界で使用されると予想されているため²⁾、電池メーカー各社は、今後数年間でこうした未来の電池を設計し製品化する必要に迫られているのです。

電池の製造

電池は一般に 3 つの部品、すなわち電極 (負極と正極)、セパレータ、および電解質で構成されます。電極の製造工程は、黒鉛などの粉末、接着剤、および活物質 (酸化リチウムなど) を材料

とした、多段階にわたる複雑なプロセスです。これらの材料が、混練、塗布、カレンダー処理、切断、折り畳みといった一連の工程を経ることによって、非常に薄い正極部品や負極部品となり、それらが積層されて電池に組み込まれます。

電極製造の各段階でなされる判断は、その後の工程に影響を与え、最終的には全体的な電池性能にも影響します。最適な電池設計とするために、エンジニアは各段階で用いるべきパラメータの組み合わせを慎重に選択する必要があります。しかし、大量のプロセスパラメータが存在しうることに加え、それらの相互依存性が電池メーカーにとって大きな課題となっているのです。

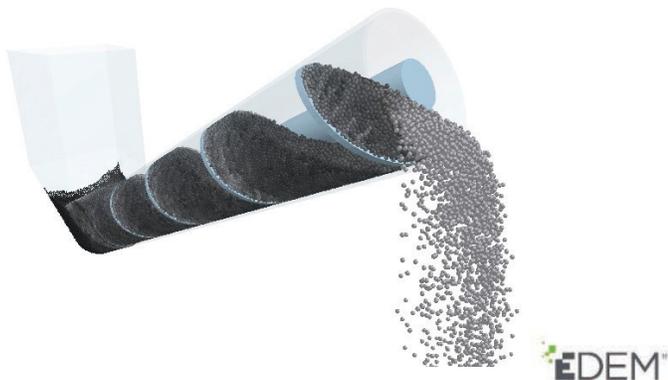
電池の設計と性能のシミュレーション

シミュレーションは、電池の製造パラメータを選択して電池の性能分析を予測するための環境を、電池メーカーに提供します。Materials Studio や Abaqus などのダッソー・システムズのソフトウェアツールによって、エンジニアは原子レベルでの電極材料の設計探索や、セル全体としてのマクロスケールでの性能評価が可能になります。

SIMULIA のアライアンス・パートナーである EDEM 社は、バル

1 <https://innovateuk.blog.gov.uk/2017/12/11/the-challenge-of-creating-a-uk-vehicle-battery-industry/>

2 <https://www.weforum.org/agenda/2017/11/battery-batteries-electric-cars-carbon-sustainable-power-energy/>



ク材料のシミュレーションで業界をリードしています。EDEM ソフトウェアは、泥、土、粉体などのバルク材料や粒状材料の処理および加工時の複雑な動的挙動を正確に再現できるため、建設業、製薬業、鉱業、農業など、様々な業種で使用されています。

電池製造の分野では、EDEMは電極の製造工程や電池の性能分析に応用されています。それによってエンジニアは、電極の製造および動作時の粉体やマイクロ組織の挙動まで理解できるようになります。

未来の電池のシミュレーション

2016年、EDEM社はEDEM-Abaqus連成ツールを発表しました。この革新的なツールは、バルク材料の相互作用によって機器や製品に生じる荷重や圧力などの詳細なデータを転送するもので、多くの業界のニーズに対応しています。エンジニアはEDEMで計算されたバルク材料のリアルな荷重データをAbaqus FEシミュレーションにエクスポートすることで、設計精度を向上させることや、試作実験コストを削減することが可能になりました。

この機能は重機械などの分野では頻繁に使用されているのですが、「エクスペリエンスの時代におけるサイエンス」カンファレンス (the Science in the Age of Experience Conference) 後にEDEMとSIMULIAのチームが話し合ったのは、EDEMの知見を電池シミュレーションに応用すればSIMULIAのソリューションを補完できるだろうということでした。すでに両チームは共同R&Dに着手

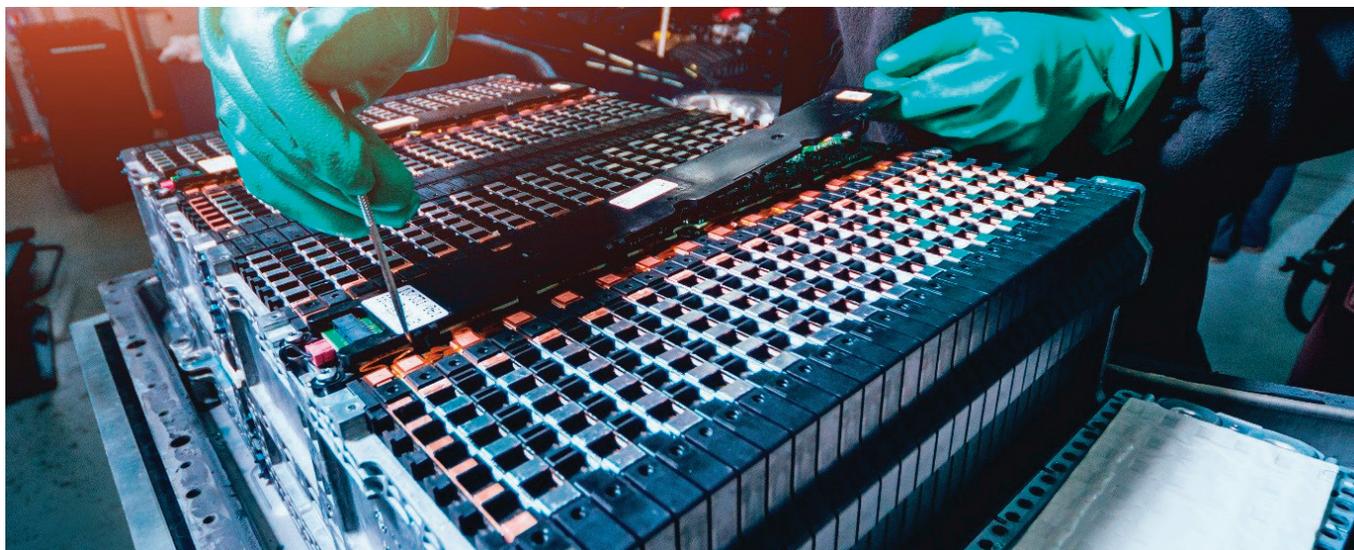
し、どのようにEDEM-Abaqus連成機能を強化すれば、電池性能の予測を向上させることができるか調査しています。

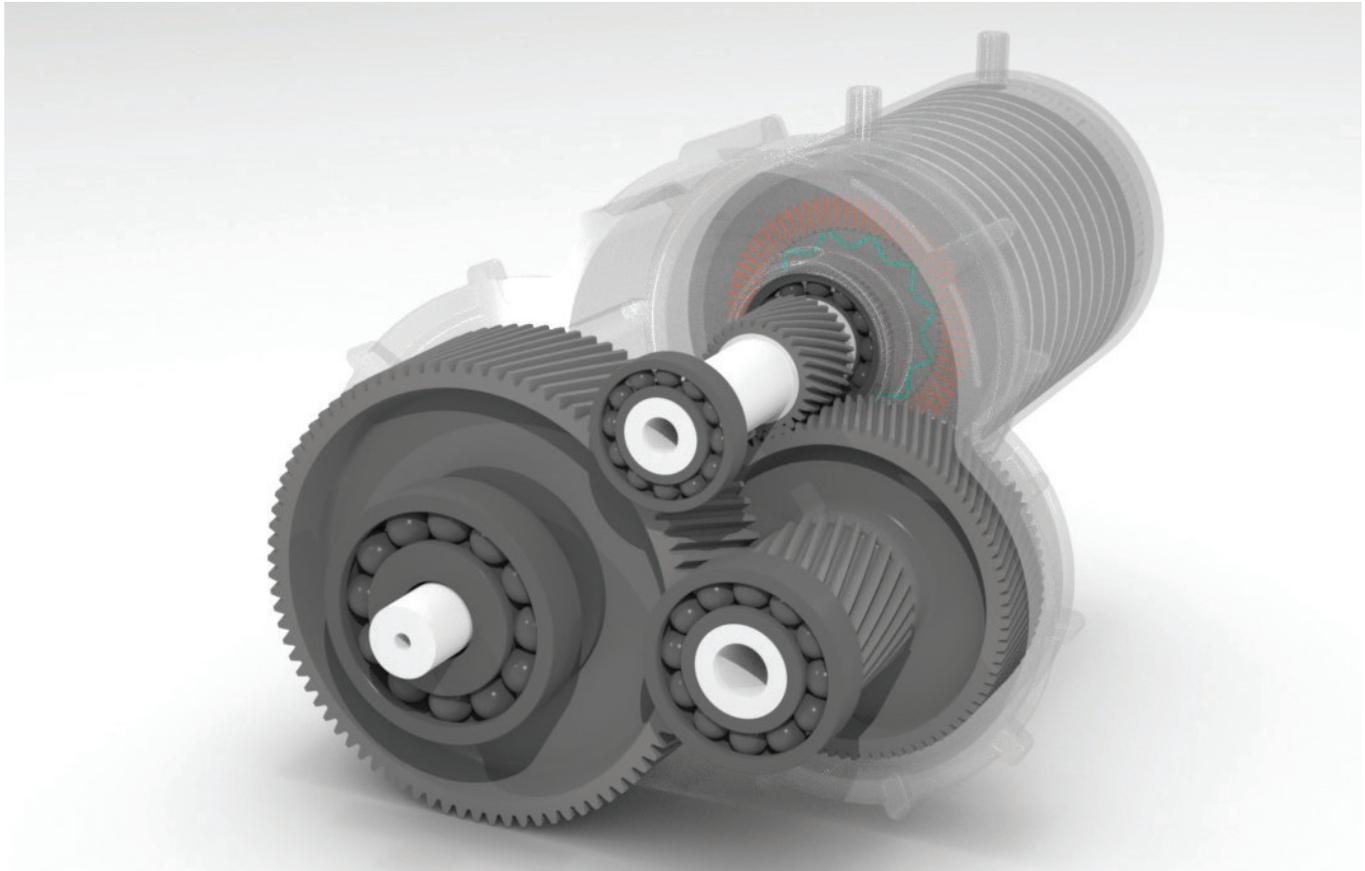
現在、目標とするEDEM-Abaqusソリューションの開発が共同で進められており、これによって、電池の製造プロセスパラメータ、材料の選定、および最終性能の関連性が強化される予定です。電池メーカーとしては、さらに広い範囲の調査が仮想環境で可能となるため、試作実験への依存度が下がることになり、それは最終的に、未来の電池技術の実現へとつながるのです。

電池分野におけるEDEMのシミュレーションや、このR&Dイニシアチブについてご質問があれば、david.curry@edemsimulation.comまでご連絡ください。

詳細は以下をご覧ください

www.edemsimulation.com





電気自動車の音響快適性に関するシミュレーション課題

自 動車産業は今、モビリティの電動化、自動運転化、コネクテッド化といった破壊的な変化に直面しています。 완성車メーカーとサプライヤーは、パワートレイン開発の新たな局面に突入しており、内燃エンジン車の設計と生産を減らしながら、電気自動車の設計と生産を推し進めようとしています。しかし、電動機と変速機から成る電気駆動装置は複雑であり、様々な領域でそれらの性能を評価し、設計を改善して、最適化を図る必要があります。

こうした問題が車両または車両開発に与える影響とは

電気駆動装置の技術課題の一つは、乗員に対する音響快適性の確保です。電動機と変速機は不快な音色のノイズを発生させます。従来の車の内燃エンジンには、こうしたノイズの一部を覆い隠す効果がありました。電気自動車の騒音レベルは一般に（特に低中速域で）低いいため、これらのコンポーネントの振動騒音特性に特別な注意を払う必要が出てきました。

SIMULIA のソリューション

電気駆動装置の振動騒音特性を解析するには、多分野にまたがるアプローチが必要です。電動機において発生し構造振動の原因となる励振力を計算するには、電磁シミュレーションが必須です。

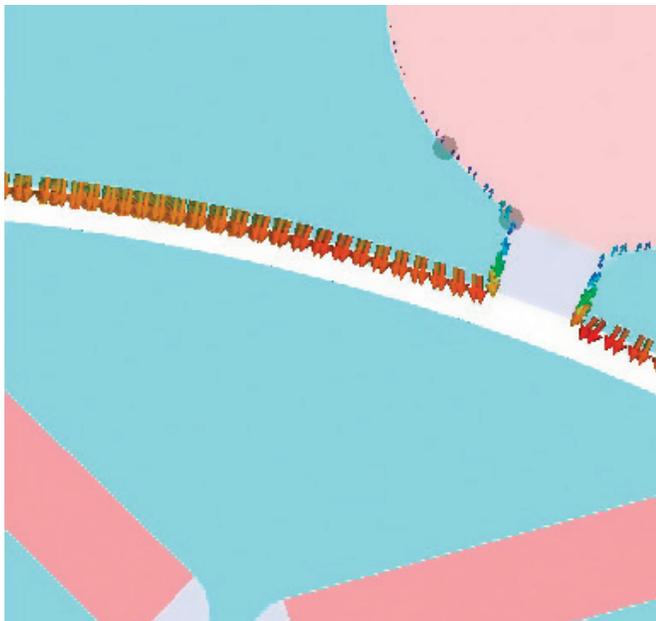
これらの動的荷重を弾性マルチボディモデルに取り込むことによって、電動機と変速機の連成したシステム応答を計算できるようになります。

シミュレーションの流れ

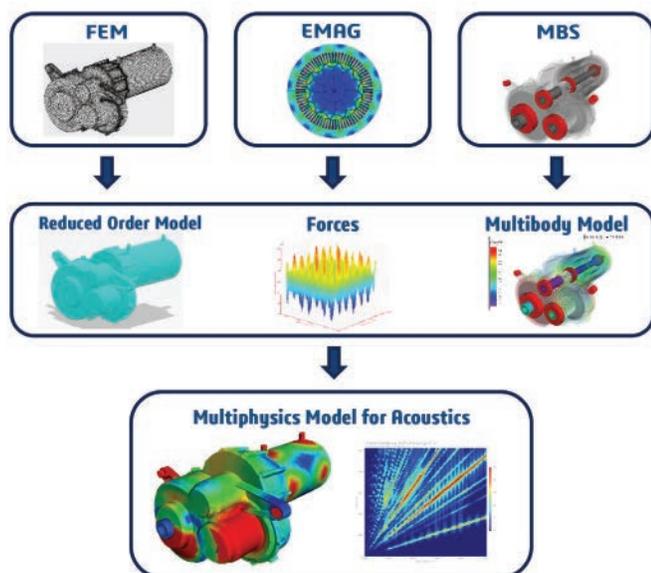
振動騒音解析のベースとなるのは電気駆動装置の弾性構造モデルです。構造体の動的特性評価には、埋込磁石型同期電動機 (IPMSM) の固定子と変速機ハウジングの有限要素モデルが用いられます。そして、動的部分構造法を用いて縮退モデルが導かれます。こうしたモデル表現は、比較的少ない自由度で構造体の動的挙動を記述するために重要であり、これによって、振動騒音解析に必要な精度をほとんど落とすことなく、計算を高速化することが可能になります。

電動機の固定子と回転子に働く動的な電磁力が構造の振動を引き起こす原因です。そのため、電磁シミュレーションを実施して、電動機の所定の回転速度域における力とトルクを決定しなければいけません。

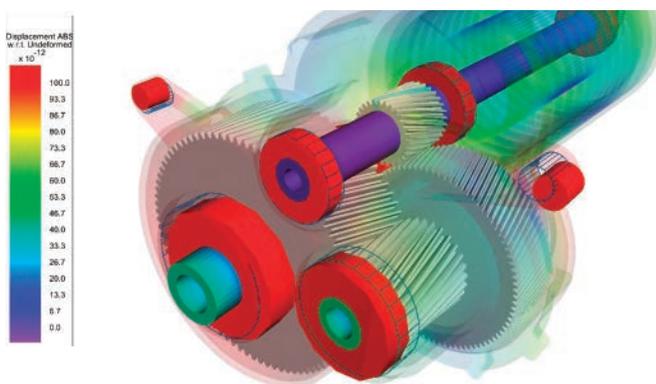
マルチボディシミュレーションは、モデルをより抽象化できることから、複雑な駆動装置の振動騒音現象を調査する上で理想のツールとなります。フルスケールの有限要素モデルでは、汎用の3D 接触機能を用いる必要があるのに対して、SIMULIA Simpack



CST Studio Suite で計算された固定子歯の力密度



マルチフィジックスモデルのフローチャート



Simpack で作成された実稼働変形形状 (ODS)

のマルチボディシミュレーションでは、特定アプリケーション向けの特別な要素を使用できます。それらのほとんどは解析的な定式化に基づいて作られているため、アプリケーションに要求される最高レベルの精度は維持しつつ、不要な複雑さやシミュレーションの負荷を軽減して、モデルの各部をちょうど必要なレベルの詳細さでモデリングできるようになります。

前述の電磁シミュレーションで計算される電磁励振力に加えて、接触剛性の変動に起因した歯車の動的反力も、電気駆動装置の主たる励振源の一つとなっています。Simpack のマルチボディシミュレーションには、歯車接触のための高度な解析的非線形モデルも用意されています。また、シャフトを弾性体としてモデル化することが重要であり、これにはビームモデルを用いる方法と、ハウジングと同様に動的部分構造を用いる方法があります。ハウジングとシャフト間の転がり軸受も解析的な方法でモデル化されますが、この場合、軸受は全 6 自由度の非線形連成バネ関数によって表現されます。この軸受モデルにはバックラッシも組み込まれており、マルチボディモデルを用いた異音解析も可能です。

このように、マルチボディシミュレーションでは、弾性体コンポーネントの力学的特性を典型的な非線形励振機構と組み合わせることで、電気駆動装置における振動騒音現象の効率的な調査を可能にしています。

エンジニアがシミュレーション結果を検討するとき、通常、プロットや実稼働変形形状 (operating deflection shape : ODS) のアニメーションを用いて、モデル各部の反力や速度、加速度を調べます。さらに、続けてWave6 などのソフトウェアで振動-音響解析を行い、ハウジング構造の表面振動による空気伝播音を計算することもできます。

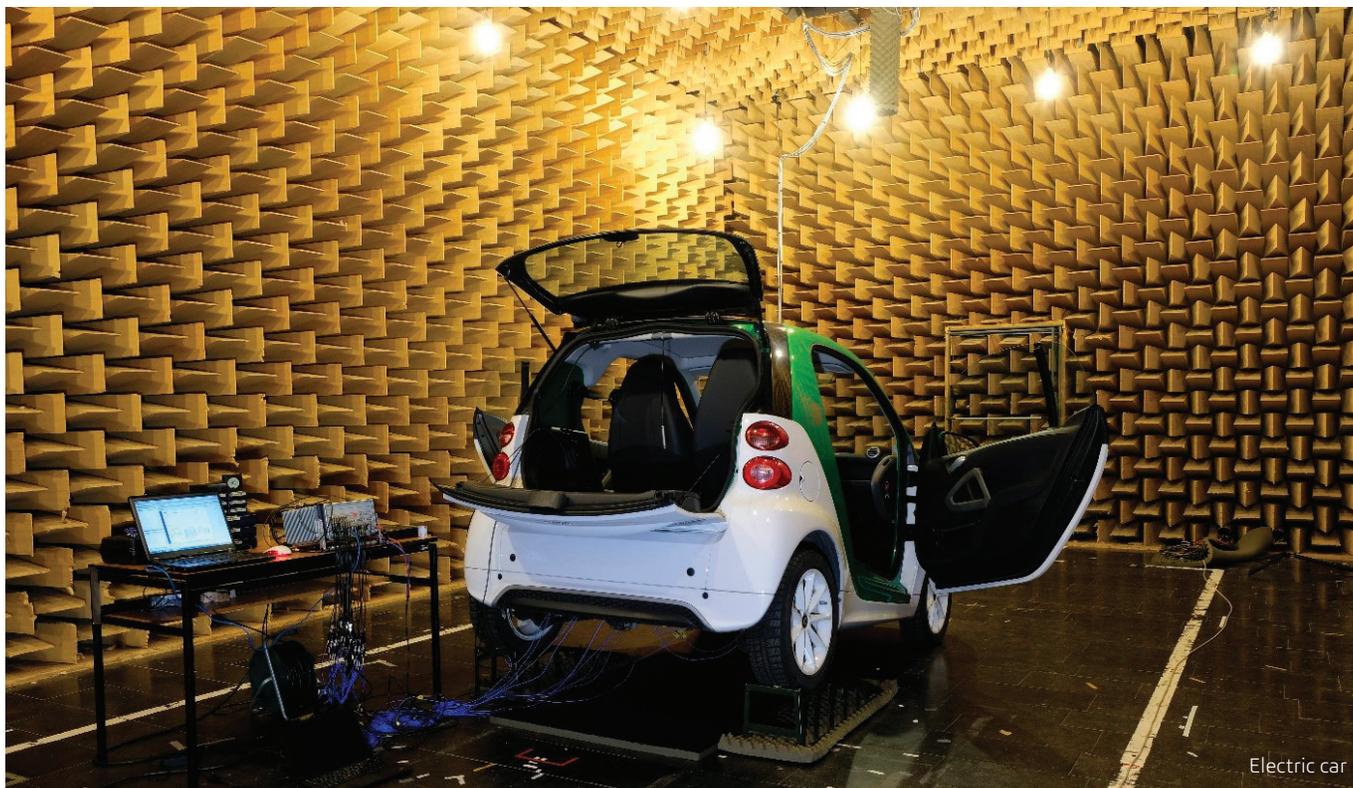
シミュレーションの成果

ダッソー・システムズは、電気駆動装置の設計およびエンジニアリングプロセスのあらゆる側面に適用可能な、エンド・ツー・エンドの一連のマルチフィジックス・ソリューションを提供しています。振動騒音解析に適用することにより、エンジニアは簡単かつシームレスに、様々な設計案を検討し最適化することが可能となり、それは音響快適性の向上とエンジニアリング工程全体の短縮につながります。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/products-services/simulia/products/simpack

アカデミックケーススタディ



電気自動車はあなたが思うほど静かとは限りません!

アーヘン工科大学のチームが SIMULIA のソリューションを使用して、振動騒音評価のためのドライブトレイン のシミュレーション手法を開発しています

外を歩いているとき、電気自動車が後ろから近づいてきて、びっくりした経験はないでしょうか。聞こえてくるのは、かすかなハム音だけです（タイヤと路面の軽い接触音もするかもしれません）。内燃エンジン車に比べると、車外騒音は格段に低くなっています。

しかし何とも皮肉なことに、電気自動車（EV）の機構の静粛性によって、車内のドライバーや乗客は違った種類の音を多く耳にするようになりました。カタカタ音やきしみ音、振動音など、内燃エンジン（ICE）車ではエンジン音によってかき消されていたものが、電気自動車ではより目立つようになったのです。その上、EV 独特のハム音は、特定の速度に達すると車全体で増幅され、明らかに不快なレベルになります。

これらの課題に対し、自動車エンジニアはどのように対処したら良いのでしょうか？ ドイツ・アーヘン工科大学の研究者グループが出した答えは、シミュレーションとシステムズエンジニアリング を活用し、隠れた EV 騒音源を見つけ出して、それらの低騒音化を模索することでした。

EV の騒音源を突き止める

今年ドイツのハンブルクで開催された Simpack の第 4 回 Wind & Drivetrain Conference において、アーヘン工科大学の博士候補生である Pascal Drichel 氏は、彼の率いるエンジニアリングチーム（Mark Mueller-Giebelier 氏、Markus Jager 氏、Joerg Berroth 氏、

Matthias Wegerhoff 氏、Johannes Klein 氏、Sebastian Rick 氏、Georg Jacobs 氏、Kay Hamayer 氏、および Michael Vorlander 氏）の最新の研究成果を発表しました。このグループが目標としているのは、車両の振動騒音（NVH）挙動に対する解析と最適化および評価のための手法とモデルの開発です。彼らが FEA とマルチボディシミュレーションを実施する上で、SIMULIA のソリューションが重要ツールとなっています。さらに彼らは、コンポーネント、アセンブリ、およびシステムレベルのモデルの検証のためのみならず、パラメータ化のためにも、現場計測も実施しています。

Drichel 氏は、同大学の機械工学部に属する機械要素・システムズエンジニアリング（MSE）研究所において、駆動技術部 NVH グループのチームリーダーを務めています。6 年ほど前、この研

「研究の観点から言うと、我々が気に入っているのは、最先端の非線形ソルバー、常に改良され拡大している実績のある機械要素ライブラリ、およびユーザーサブルーチン機能の 3 つの組み合わせです...」

— アーヘン工科大学、博士候補生 Pascal Drichel 氏

研究所に赴任したとき、彼にはすでに十分なシミュレーション知識がありました。「私が Abaqus と Simpack を使い始めたのは10年以上前のことです。2007年に研究を始めたとき、この研究所の学生アルバイトとして、これらのソフトウェアを使って動的シミュレーションを行いました。また、ドイツの大手自動車メーカーのインターンだったときは、電気駆動装置について車両全体のシミュレーションも行いました」と語ります。

アーヘン工科大学では、やる気のある学生のためにこうしたインターン制度が設けられています。この大学は様々な基幹産業との密接な協力関係を方針として掲げており、MSE 研究所の場合は、自動車メーカーだけでなく風力タービンメーカー（当然、ドライブトレインの技術が関係する）とも提携しています。Drichel 氏のチームが現在行っている研究では、ドイツ駆動技術研究協会 (FVA) に所属する大手ドライブトレイン関連企業とのパートナーシップによって、彼らのモデルと比較するための実環境データが提供されました。

「この取り組みは、まだ進行中です」と Drichel 氏は言います。「e.Go やフォルクスワーゲンの e-ゴルフ、テスラのモデル 3 など、あらゆるクラスの車両で電動化が進むと、NVH 挙動に関する新たな課題が次々と浮き彫りになります」と彼は話しています。「それらに対処する上で、バーチャルな製品開発の手法が非常に役立ちます。我々は異なるバリエーションのドライブトレインに対しても、評価や最適化が行えるようにツールをさらに洗練させていきます」

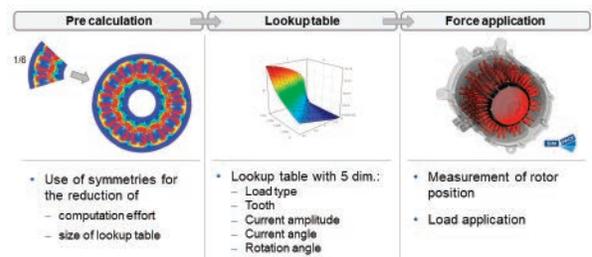
ドライブトレインが騒音源だった

ドライブトレインとは、駆動輪に動力を伝える一連のコンポーネントのことですが、なぜそれがアーヘン工科大学チームのメインの研究テーマとなったのでしょうか？ それは騒音の抑制に不可欠だからです。電動機自体がいかにか静かであっても、そこから発生するトーン励振が、トランスミッション、差動装置、シャフト、車軸などを通じて車内に伝わり、結果として、軽減すべき EV の振動や騒音の発生源となります。

「ドライブトレイン関連の NVH 現象は、難易度の高いエンジニアリング課題の一つです。ほとんどの場合、様々なマルチフィジックス問題が絡む非常に複雑なシステムを取り扱うことになります」と Drichel 氏は話しています。ドライブトレインに潜む騒音源の全貌を把握するため、Drichel 氏のグループは多領域にまた

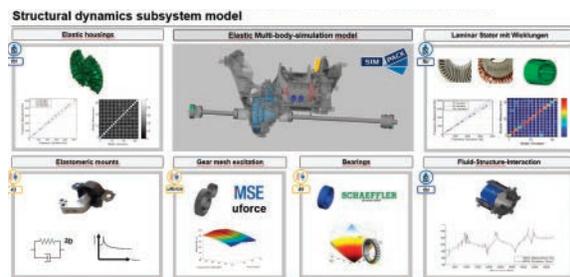
がるハイブリッドアプローチを採用しています。そこでは、電磁気学、構造力学、および音響学のそれぞれの観点からコンポーネントのシミュレーションと測定を行います。その中核をなすのはドライブトレインのマルチボディダイナミクスモデルです。

電磁気学：グループは、インバーター駆動の電動機に生じる励振力を記述するためのモデルを開発中です。これには、励振力の計算効率を高めるために、モデリングアプローチとして解析的な方法と数値的な方法の両方が用いられます。解析的なモデリング法は、励振テーブルのデータと等角写像法に基づいており、一方、数値的な方法は有限要素法を使用します。力加振スペクトルが分析されて、どの効果が最も支配的であり、さらなる効率化のために注力すべきかという判断がなされます。

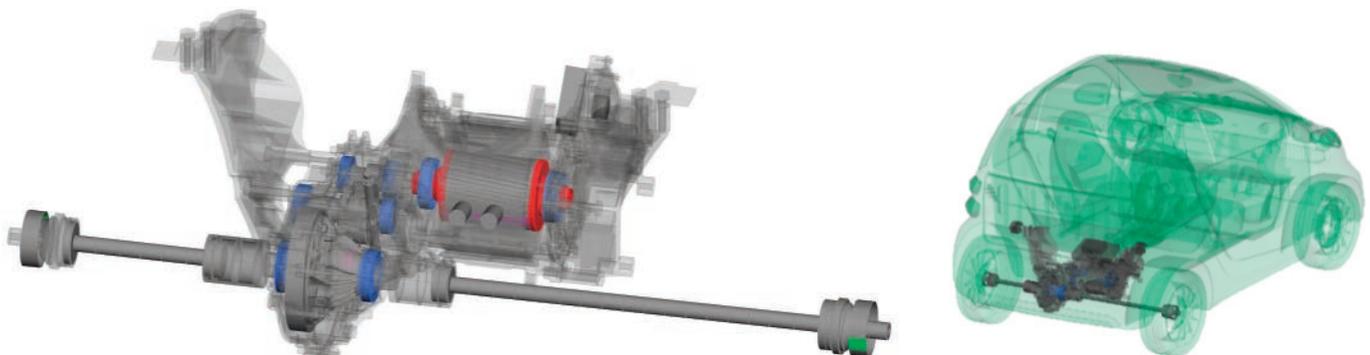


電磁場解析

構造力学：チームは、前もって決定された電磁励振力をドライブトレインに適用するため、独自のユーザーサブルーチンを作成しています。彼らのドライブトレイン・サブアセンブリ用の Abaqus FEA モデルには、変形体としてのハウジングとシャフト全体が含まれています。これらのサブモデルを Simpack のマルチボディシミュレーションに組み込むことで、自由度数の大幅な削減が可能になります。結果として、非常に効率的なモデルが完成し、様々な荷重ケースを迅速に実行できるようになります。



構造力学解析



電気自動車の電動機と駆動伝達系は、独特な音響問題の発生源になる

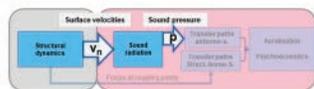
ケーススタディ

研究対象としては、固定子の横等方性挙動、固定子ハウジングと電動機冷却剤の流体-構造相互作用、非線形軸受剛性などがあります。

音響学：EVの音響挙動の全体像を把握するには、空気伝播音と固体伝播音の両方を調べる必要があります。ドライブトレインのシミュレーションのセットアップが完了すると、内製の音響ツールを使用して、パワートレイン全体から放射される空気伝播音の計算が可能になります。そして、このデータから伝達経路のシンセシスによって車室騒音の可聴化が行われます。システム内の共振効果の調査は、電動機の回転数を様々に変えながら、また、振動や過度なノイズの原因となっている機構に様々な調整を加えながら行われます。結果として得られた“耳位置信号”に対して、客観的および主観的評価を実施することで、駆動伝達系の形状にどのような変更を加えると、特定のEV設計において全帯域騒音レベルに影響が及ぶのか評価できるようになります。

Interface between structural dynamics and acoustic simulation

- Solution of structural dynamics:
Discrete surface velocities v_n
of drivetrain housing
- Solution of wave equation:
Radiated sound pressure p



Efficient calculation of sound radiation

- Abstraction of complex drivetrain geometry
 - Cylinders: Electric machine, gearbox
 - Plate: Sides und bearing plate
- Approximation allows fast analytical computation



音響解析

SIMULIA のソリューションが探索の鍵

「こうした作業の多くで、Abaqus と Simpack が我々共通のツールとなっています。研究の観点から言うと、我々が気に入っているのは、最先端の非線形ソルバー、常に改良され拡大している実績のある機械要素ライブラリ、およびユーザーサブルーチン機能の3つの組み合わせです。特にユーザーサブルーチンは、我々独自の部分解析のアイデアをソフトウェアに組み込むことができる強力な機能です」と Drichel 氏は話しています。

ごく最近、チームはプロセス自動化と最適化のために Isight も使い始めました。「この3年プロジェクトの第1フェーズでは、Isight を使用しなかったため、全てを手作業で一つにまとめるのに大変苦労しました。そのため、第2フェーズでは Isight を使用してもっと自動化しようと思ったのです。今では、異なるソフトウェアのワークフローを一つにまとめることができるようになりました。我々は多分野の解析を行う必要があるため、この機能は特に重要です」と Drichel 氏は話しています。

「マルチボディ・マルチスケールのシミュレーションとプロセス自動化によって、製品開発者はシステム的设计を進めながら、より多くの知見を迅速に得ることが可能になります。最新の手法がEVパワートレイン設計におけるシステムシミュレーションの全体論的アプローチを可能にし、それがさらに、コンポーネントやサブシステムの相互作用を特徴とする特定のエンジニアリング問題の解決策を同定し、理解し、開発することを可能にしています」と Drichel 氏は話しています。

「音響エンジニアがEVドライブトレインノイズのDNA形成に携われるようにするツールやモデルを開発することは、とてもやりがいのある興味深い仕事です。このような能力は自動車業界に

って非常に重要であり、彼らはこれまでのようにワークフローのやりくりに追われることなく、車の開発により多くの時間を割くことができるようになります」と彼は話しています。

自動車の進歩に貢献



心理音響試験

研究所チームの次なる目標は二つあります。一つは、全ての領域でモデルの忠実度を高め、測定値と予測値の相関性をさらに向上させることです。もう一つは、結果品質と計算時間のバランスを取り、人の音の知覚に同調した“心理音響評価値”を用いて様々なモデル忠実度の解析を行うことです。音の主観的評価は手間の掛かる難しい仕事です。なぜならそれは、ラウドネス、シャープネス、および音調に影響されるだけでなく、それら全てが車内内の音の発生場所によって変化するからです。

Drichel 氏はそうしたプロジェクトの複雑さを明らかに楽しんでいますが、彼自身は電気自動車を持っているのでしょうか？「EVは欲しいのですが、今のところ私にはちょっと高すぎます」と彼は話しています。自称“熱烈ドライバー”の彼は、当分、年代物のBMW M3シリーズE46で通勤することになりそうです。「とても良い車ですよ」と彼は誇らしげに話しています。そういう彼の言葉は、アーヘン工科大学で行われている Drichel 氏と彼の同僚たちの研究が、未来のEVの静粛性を高めることや、誰にでも購入しやすくすることに役立つのだと言っているようにも聞こえました。



左から右へ：Mark Müller-Giebler 氏 (TA 研究所)、Pascal Drichel 氏 (MSE 研究所)、Markus Jaeger 氏 (EM 研究所)

詳細は以下をご覧ください

www.rwth-aachen.de

電池システムのシミュレーション:セルからパックレベルへの連続ワークフロー

CATIA の Battery ライブラリ

Batteryライブラリは、自動車、航空宇宙、産業機器、プロセス産業など、様々な分野におけるセルおよび電池パックをモデル化するための Modelica ベースのライブラリです。以下の特徴があります。

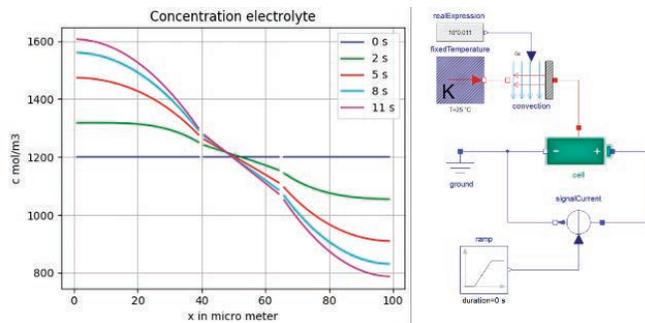
- ・ 熱、電気、劣化の各領域用に構造化されたセルモデル
- ・ 様々な詳細度（スケール/離散化）を有する電池パックモデル
- ・ カスタマイズや拡張を容易にするインターフェースとテンプレート
- ・ Modelica コードについての情報一式を提供

本記事では、セルの電気化学モデル（P2DM）から等価回路モデル（ECM）への連続ワークフローについて紹介します。これによって、電池システムに対する多段階の調査が可能になります。

電気化学モデルを用いたセル挙動の調査

セルの電気化学モデルは、多孔性電極理論と濃厚溶液理論に基づく疑似 2D モデルです。このモデルを用いることで、電池の基本量であるリチウムイオン濃度、電極電位、固体電極活物質などの空間的分布挙動を予測することができます。これらの値を知ることが、エネルギー供給能力を調べることに加えて、電池の状態を調べることに役立ちます。

Modelica 標準ライブラリ（MSL）や他の市販ライブラリと併用することで、ユーザーは各種の複雑系に対するテストベンチを構築して、様々なシナリオでセルの調査を行い、その能力と制限に関する知識を得ることができます。



電気化学モデルから回路モデルへ

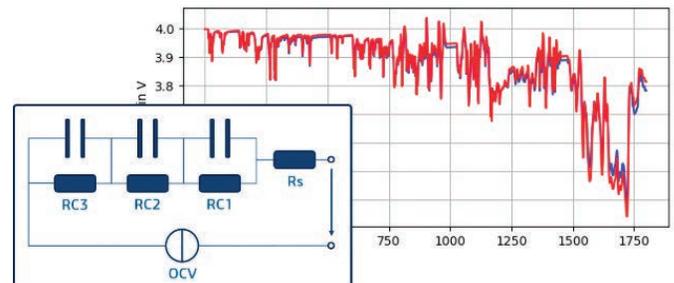
電気化学モデルは一般に計算負荷が高いため、電池パックのシミュレーションにも、パワートレインや車両全体のような複合システムへの組み込みにも適しません。そのため、セルの計算を高速化するモデルが必要になります。このための実績あるソリューションは、等価電気回路モデル（ECM）です。

Battery ライブラリには、P2DM から ECM を導くためのルックアップテーブルを生成する Python ベースのワークフローが用意されています。これらのルックアップテーブルは、P2DM 用の電流パルスで最適化されるため、ECM はセルの電氣的挙動を適切

に近似するものになります。

電池パックの調査

電池パックモデルによって、複数セルモデルの熱的および電氣的相互作用のシミュレーションが可能になります。セルモデルに



は、生成されたテーブルを使用する ECM のほかに、熱モデルと劣化モデルがあります。熱モデルは、熱導体と熱キャパシタの回路網であり、セル内温度および周囲との熱交換を計算します。劣化モデルは、一般に、カレンダーと繰り返し時効効果の重ね合わせによる経験的なモデルです。

この電池パックモデルでは、下記のような、あらゆる種類の調査が可能です。

- ・ セルの特性（容量、充電状態など）の違いが性能に与える影響
- ・ 異なる冷却方式での挙動
- ・ パック性能をシステムに組み込む方法

スケール間の架け橋

3DEXPERIENCE 上で Multiscale Systems Specialist ロールを用いると、Modelica ベースのビヘイビアモデル（または任意の FMI 準拠モデル）を 3D 有限要素モデルにリンクさせる協調シミュレーションを実施できるようになり、例えば、電池モジュールに対する伝熱解析などが可能になります。このとき、電池セルからの発熱は 0D スケールでモデル化され、一方、電池モジュールの冷却は計算流体力学（CFD）によって 3D 領域でモデル化されます。損失計算に用いられる特性値は温度依存であるため、このような協調シミュレーションによって、現在のセル温度を Modelica ベースのビヘイビアモデルに戻して損失計算を繰り返し行うことができます。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/products-services/catia/disciplines/systems-engineering/

電気自動車と自動運転車の課題解決

エンジニアにとっての課題



空気抵抗の低減

時速 130 キロ走行で80%の電力を消費
空気抵抗を改善することで、最もバッテリー寿命と航続距離を延ばすことができます。



バッテリー寿命と航続距離の向上

空気抵抗を 5% 改善すると航続距離が 4% 延びる
バッテリーの消費を抑え、航続距離を延ばすことで、顧客体験を改善します。



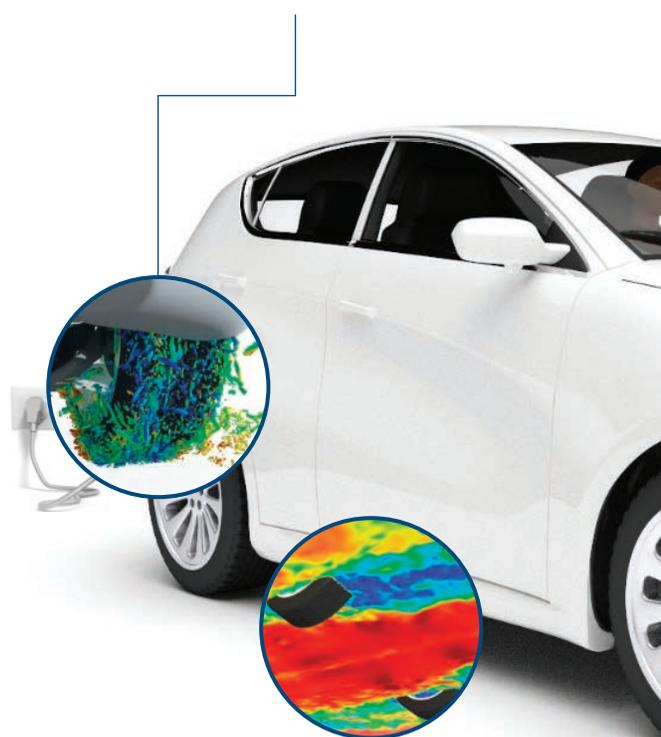
自動運転システムのサポート

空気抵抗を低減すると、車体表面の汚れが増加し、結果、自動運転システムに不可欠なカメラやセンサーの能力を低下させることとなります。

空気抵抗の原因の比較： 電気自動車

タイヤと ホイールアーチ

35% / 30%



床下とサスペンション

10% / 20%

電気自動車と自動運転車の関係

電気自動車に搭載される電子機器が増加すると、従来以上のAV技術に対応可能です。このAV機器のスマート化は、人間よりも効率的なエネルギーマネジメントが可能のため、バッテリーの長寿命化や航続距離の延長が可能になります。

VS.
ガソリン車

車体形状

50% / 40%



吸気口

5% / 10%

シミュレーションの メリット

設計課題の解決

車体形状の変更、フロントおよび床下のデザイン、吸気口、タイヤ、ホイール周りの空気抵抗係数をトータルで最大 0.060 以上改善するような新しい空力設計をPowerFLOW で評価します。

新たな解決策の発見

空気抵抗の低減は、バッテリー寿命や航続距離を維持する方法の一つに過ぎません。バッテリーの熱管理とキャビンの快適性に対するPowerFLOW のソリューションは、高効率なバッテリー設計や、キャビンの快適性と航続距離の両立を支援します。

新たな知見

新しい車両デザインでは車体汚れが増加することも減少することもあります。PowerFLOWでは、自動運転システムが期待通り動作するようなセンサー位置の決定を支援するための、土や水汚れの付着のシミュレーションが可能です。

詳細はこちら

www.3ds.com/products-services/simulia/products/powerFLOW

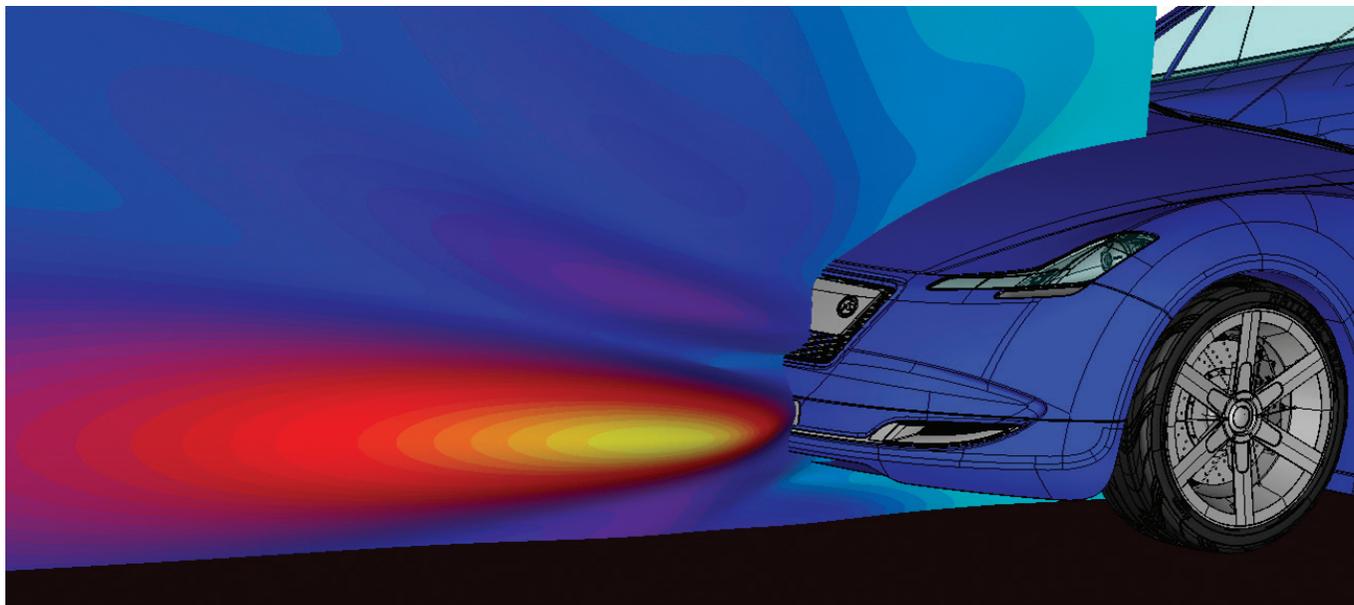


図 1. 車前部のレーダーセンサーによる電場

自動運転車とコネクテッドカーのシミュレーション

自動車産業の成功は、常に技術革新によってもたらされてきました。車両設計のあらゆる側面が繰り返し最適化され、自動車の可能性に革命をもたらす新技術が次々と出現しています。

そして今、車両設計のトレンドの多くは、知的電子システムへと収れんしつつあります。それらは、統合化が進む車載コンピュータ、先進運転支援システム (ADAS)、周囲の監視や情報交換のための車車間 (V2V) および車車間・路車間 (V2X) 通信システム、自動運転システム、電気駆動装置などです。

こうした技術が車両に組み込まれると、設計のあらゆる領域に影響が及ぶため、マルチフィジックス・シミュレーションが必須となります。通常はフロントに取り付けられるエンジンが、車体下部に置かれる電池およびモーターに置き換わると、車両の重心が変化して、シャーシーとサスペンションの性能に影響を与えます。また、ラジエータのフロントグリルがなくなると、空力特性が変化して、キャビンの暖房・換気・空調 (HVAC) に影響を与えます。

電気自動車を完全にモデル化するには、マルチボディ力学、機械力学、振動・音響学、流体力学、電磁気学 (EM) の各シミュレーションツールが必要です。そして 3DEXPERIENCE プラットフォームではこれら全てが利用可能です。本記事では、最後の EM に焦点を合わせます。すなわち、CST STUDIO SUITE による EM シミュレーションが、現代の車両設計において、設計期間の短縮、性能の最適化、さらには安全衛生や電磁妨害 規格に関する問題の特定と解決を可能にしている、いくつかの例を紹介します。

コネクテッドカーの設計と ADAS

仮免許ドライバーが教わる最も重要な事柄の一つは、常に周囲の状況に気を配るということです。通信システム、ナビゲーションシステム、ADAS システムなどは、人の視覚能力を補うように、

現在地、前方の道路状況、周囲の車の動きなどの情報を絶えずドライバーに提供します。そして、これらシステムの目となり耳となるのがアンテナであり、ここから無線通信、携帯電話通信、GPS、レーダーなどの信号を送受信しています。

アンテナの性能は、それが車両のどこに設置されるかによって変わります。しかし、金属の車体がどのように信号を反射し、妨害し、伝達するのか予測することは、シミュレーションに頼らなければ困難です。例えば、レーダーの盲点を回避することは安全上非常に重要です (図 1)。複数のアンテナシステムが互いに近接している場所には、コサイト干渉の危険性もあります。こうしたリスクをモデル化できるように、CST STUDIO SUITE には、干渉リスクの計算に様々な送信機システムの特性を考慮に入れた Co-Site Interference ワークフローが用意されています。

電子装置の設計

自動車エレクトロニクスには、チップ本体、パッケージ、プリント基板 (PCB)、および信号を伝送するコネクタが含まれています。そこでは、電子装置間の電磁両立性 (EMC) と、装置内の信号および電源品質 (SI/PI) の全てが重要になります。EMC とは、機器が発する放射ノイズや伝導ノイズに関して、いかに互いを妨害することなく共存できるかということです。SI とは、電子チャンネルが信号を劣化させることなく、いかに安定して伝送できるかということであり、PI とは、電子部品の電源に対して、性能に影響しかねない電圧ノイズや電圧降下を生じさせないようにすることです。

機器が発する妨害電磁波については、法的な規格が存在することに加え、完成車メーカーは車全体としての信頼性と整合性を確保するために、部品メーカーに対して厳しい規制値を設定しています。すなわち、EMC および SI/PI の順守は、自動車サプライチェーンのどの段階においても不可欠なのです。CST STUDIO SUITE には、設計の最初の段階から潜在的な EMC および SI/PI 問題を突き止めることができる一連の専用ツールが備えられています。

自動車エレクトロニクス（特に、電気自動車の大電流パーツ）における、もう一つの重要な問題は熱管理です。使用中の機器がどのくらい熱くなるかは、気流に大きく関係しているため、マルチフィジクス・シミュレーション（EM、伝熱工学、および流体力学の組み合わせ）が、冷却システムを正確にモデル化するための唯一の方法となります。

3D ワイヤハーネスのエンジニアリング

車にとって特に重要な、エレクトロニクス関連のもう一つの問題は配線です。車には、その全部品を接続する複雑なケーブルシステムが必要であり、それらはスペースを節約するためにハーネスに束ねられます。ケーブルハーネス内の近接した電線は電磁妨害を引き起こす原因となりえますが、全てのケーブルにシールドを追加すると車に対する重量と容積が増大します。ハイブリッド・シミュレーションによって、非常に複雑なケーブルハーネスでも現実的なシミュレーションが可能となり、性能を分析して、重量とシールドの適切なバランスを見つけて出すことができます。

電動ドライブトレイン のエンジニアリング

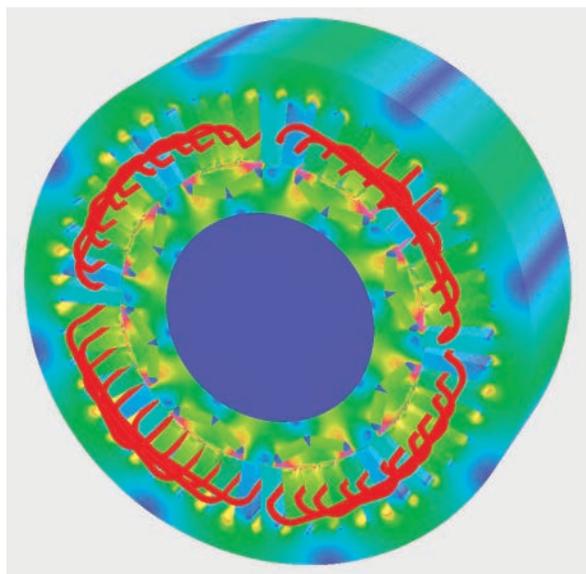


図2 モーターの断面図。電場内を示す。

モビリティの電動化は、自動車エンジニアに対して、いくつもの新たな質問を突きつけています。電池とモーターに必要なスペースは？ 高電圧・大電流のシステムは安全か？ モーター設計の効率は十分か？ これらの質問には、シミュレーションで答えることができます。

シミュレーションによってモーターの形状を自動的に最適化することが可能であり（図 2）、これによって性能および電力消費量を素早く改善できます。同じく重要なのは、回転速度によってモーターの効率がどのくらい変化するかということです。CST STUDIO SUITE は自動的に効率マップ（全トルクと回転速度に対する効率のプロット）を計算するため、これを用いて最適な構成を見つけて出すことが可能です。

他にも、ワイヤレス給電システムの問題があります。携帯電話の

ワイヤレス充電マットと同じ原理ですが、もっと大規模な電気自動車用のワイヤレス給電システムは、駐車場、バス停、倉庫などでも再充電が可能となるため、電気自動車の利便性の向上が期待されています。この技術は 2 コイル間の伝送電力に基づいています。1 次コイルが路面に埋め込まれ、2 次コイルは車両に設置されるのですが、両者はできる限り中心が揃うように配置する必要があります。エンジニアが知りたいのは、コイルには何本のワイヤが必要か、どんな材料を使用すべきか、理想的な電力伝送のための最良設計やコイル構成とは何か、そして、重量を抑えながら安全規格を満たすには、どのくらいシールドが必要か、ということです。

電磁両立性（EMC）

上記の全てのシステムに共通するのは、電磁妨害の危険性です。EMC は法的要件であり、個々のシステムが車両に組み込まれる場合に必須となります。モーターを制御するようなパワーエレクトロニクスから乗客の携帯電話まで、あらゆる機器に電磁妨害を引き起こす可能性があり、ケーブル、通風口、継ぎ目などから電波が漏れて、車両の思いがけない部分と電磁結合する危険があります。プロトタイプ構築に取り組む前に車両の EMC 性能を分析するには、複数の 3D 回路シミュレーション技術を用いた完全なシステムシミュレーションが不可欠であり、3D で電磁場を可視化する機能により、設計者は電磁妨害の原因を簡単に突き止めて対処できるようになります。

また、高電力の（特に、ワイヤレス給電システムから生じるような）電場は、安全衛生規格によって制限されています。機器が発する電磁波エネルギーの人体への曝露量は、比吸収率（SAR）の形で測定されますが、CST STUDIO SUITE にはリアルな人体モデルが含まれており、SAR だけでなく、電磁場暴露に起因する発熱量も計算できます。

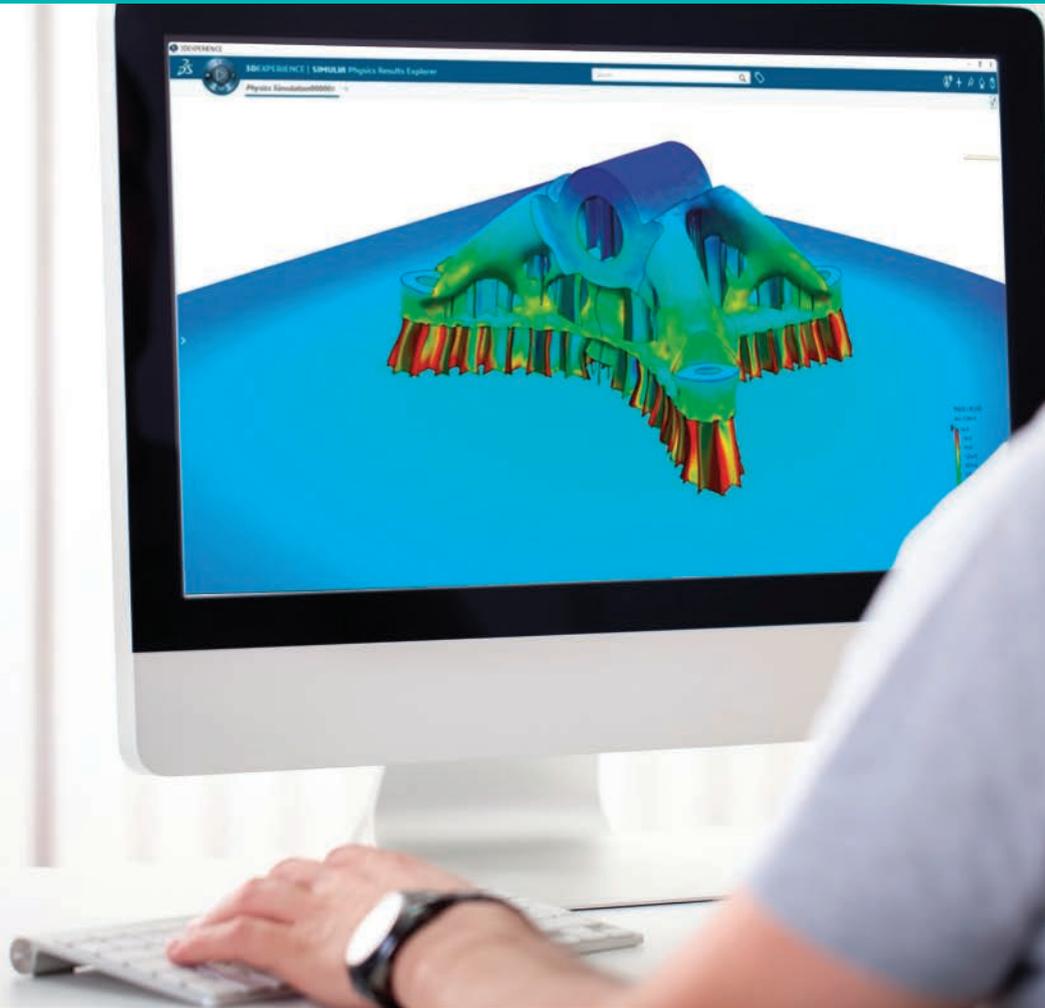
まとめ

エレクトロニクスが自動車産業を変革しようとしています。そして、電子装置の複雑さと多さ故に、開発プロセス全体を通じて電磁シミュレーションを実施することが極めて重要です。製品の全バリエーションに対して仮想プロトタイプとシミュレーションを行うことが、ますます短期化する開発プロセスにおいては不可欠であり、それが自動車産業における次の大きな一歩となります。車両設計で成功を収めるには、いくつもの物理分野を習得する必要があるため、3DEXPERIENCE プラットフォームで利用可能なシミュレーションツール群に EM が加わって、SIMULIA の自動車シミュレーション用ポートフォリオはさらに包括的なものとなっています。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite

SIMULIA の専門家による トレーニングをお役立てください!



SIMULIA のローカルオフィスでは、定期的にトレーニングコースを開催しています。
詳細については、お近くの SIMULIA ローカルオフィスにお問い合わせください。

詳細は以下をご覧ください
visit www.3ds.com/simulia-training

 **DASSAULT SYSTEMES** | The **3DEXPERIENCE**® Company