

SIMULIA

COMMUNITY NEWS

#13 2016年5月号

3DEXPERIENCE プラットフォームへの 道のり

カバーストーリー

PRIME AEROSTRUCTURES 社

 DASSAULT
SYSTEMES | The 3DEXPERIENCE® Company

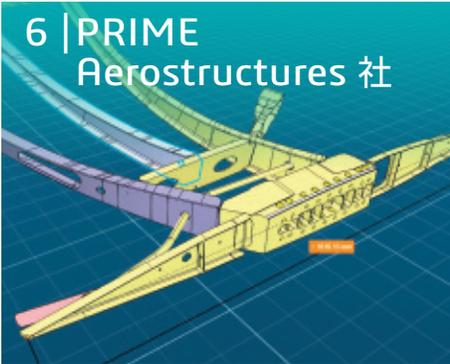
目次

2016年5月

4 | ストラテジー



6 | PRIME Aerostructures 社



10 | Trek Bicycles 社



22 | インペリアル・カレッジ・ロンドン



3 ごあいさつ

SIMULIA R&D 担当副社長 Colin Mercer

4 ストラテジー

SIMULIA R&D 副社長兼最高技術責任者 Bruce Engelmann
BIOVIA 最高戦略責任者 Reza Sadeghi 氏

6 PRIME Aerostructures 社

ケーススタディ: 王道を行く

9 ニュース — Stratasys 社

航空宇宙分野における 3D プリンティング:可能性の限界を押し広げる

10 Trek Bicycles 社

シミュレーションを極限で使用する

13 3DEXPERIENCE Lab

世界に変革をもたらすシミュレーション

14 将来展望

積層造形問題におけるトポロジー最適化の検討

16 技術ヒント

3DEXPERIENCE®プラットフォームで歯車設計のカスタムメソッドを開発する方法

18 アライアンス

CST 社、SGL 社、および Granta 社

20 会議のシーズンがまもなくやってきます

22 アカデミックケーススタディ

インペリアル・カレッジ・ロンドン

25 SIMULIA スポットライト

John Draper

26 トレーニングスポットライト

マルチボディシミュレーション

27 Customer Spotlight

Bob Johnson – REAL FEA

寄稿者: Roland Zeillinger 氏 (PRIME Aerostructures 社)、Jay Maas 氏 (Trek Bicycles 社)、Silvestre Pinho 氏 (インペリアル・カレッジ・ロンドン)、Bob Johnson 氏 (REAL FEA 社)、Parker グループ

表紙: PRIME Aerostructures 社、社長兼 CEO Roland Zeillinger 氏 (撮影: Johannes Tichy Photography)

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, 2016

 SIMULIA



イノベーションを推進するシミュレーションベースのサイエンス

お客様と話をしている、設計や製造の新たな方向性を示す最新のオンラインビデオを観ている、私がいつも驚かされるのは、あらゆる業界でさまざまな種類の画期的製品が開発されていることです。しかし一方で、私はそのことに誇りも感じています。その理由をご説明しましょう。

我々を革新へと駆り立てる基本的な力は、原始時代から大きく変わっていません。我々には、食べたい、家族を守りたい、家族の成長のために健全な環境を整えたいという、基本的な欲求や願望があります。何が変わってきたかと言うと、人口の増加とともに、世界の資源に対する制約の増大に直面するようになったことです。このような制約の下で、我々はどのように革新し続けたら良いのでしょうか。答えは簡単です。それはサイエンスの活用です。イノベーションには自然な好奇心と科学的理解を深めようとする決意が必要です。そして我々は、こうした知識を、設計者やエンジニア、研究者が使える形の改良された数学モデルに置き換えることができます。

私は SIMULIA R&D の責任者として、イノベーションを成功に導くためのツールは以下のようにあるべきだと考えます。

1. しっかりした科学的基盤があること
2. 現実に即した形の仮想試験を通じて、自動的かつ迅速に設計空間を探索できる能力をユーザーに提供していること
3. 当然予想できる範囲を超えた挙動まで把握できるようになっていること
4. 技術的にロバストであり、ユーザーが信頼を持って使うことができ、結果に自信が持てること

皆様が画期的製品を開発できるよう支援するためにクラス最高のツールを提供すること、これこそ我々が何十年にもわたって取り組んできたことです。しかし、すべてを 1 つにまとめるには、まったく新しいアプローチが必要です。ここ数年、我々ダッソー・システムズは、3DEXPERIENCE プラットフォームを通じてそのような環境を作り出すための抜本的措置を講じてきました。SIMULIA では、皆様がサイエンスとシミュレーションの合流点へと導く、最高のシミュレーションツールを開発することに継続して取り組んでいます。これらのツールには、皆様の使い慣れた信頼ある既存製品とシームレスに連携する新しいアプリケーションが組み込まれます。

もうすぐボストンで開催される「エクスペリエンス時代におけるサイエンス」会議では、お客様各社がサイエンスとシミュレーションがもたらすイノベーションについて発表する予定であり、我々も楽しみにしています。このフォーラムでは、皆様がダッソー・システムズのパートナー会社や特定分野の専門家だけでなく、他社のイノベーターに出会うチャンスも得られます。この SIMULIA と BIOVIA の合同イベントの詳細については、SIMULIA の最高技術責任者と BIOVIA の最高戦略責任者の話をまとめた本誌 4 ページの記事をご覧ください。

皆様が「エクスペリエンス時代におけるサイエンス」に参加されなくても、そこでお客様が発表する事例の一部が本誌でもご覧になれます。インペリアル・カレッジ・ロンドンの Silvestre Pinho 氏の研究(22 ページ)では、複合材やグラフェン系材料の設計において、彼のチームがマルチフィジックス分子動力学の有限要素法をどのように活用しているかが分かります。また 10 ページの記事では、Trek Bicycle 社がシミュレーションを使用して自転車のパフォーマンスを予測している様子をご覧になれます。

本誌のカバーストーリーも是非お読みになることをお勧めします。これは、PRIME Aerostructures 社が従来型の SLM 製品に始まって、3DEXPERIENCE プラットフォーム上でシミュレーションのプロセスとデータのすべてを管理するようになるまでの道のりを描いた 3 回シリーズの 2 回目です。

さて、なぜ私が誇りに感じているかと言うと、皆様がイノベーターとなることに貢献してきた（これからも貢献し続ける）ツールを、我々は開発しているからであり、私はそれを一人のエンジニアとして、ダッソー・システムズ R&D のリーダーとして誇りに思う次第です。そして、仮想世界をフルに活用し現実世界を改良し続ける皆様をサポートしていくことが、我々の願いであり喜びです。

COLIN MERCER
SIMULIA R&D 担当副社長

ナノスケールからマクロスケールに至るシミュレーション — あらゆる設計分野で予想される重大な変化

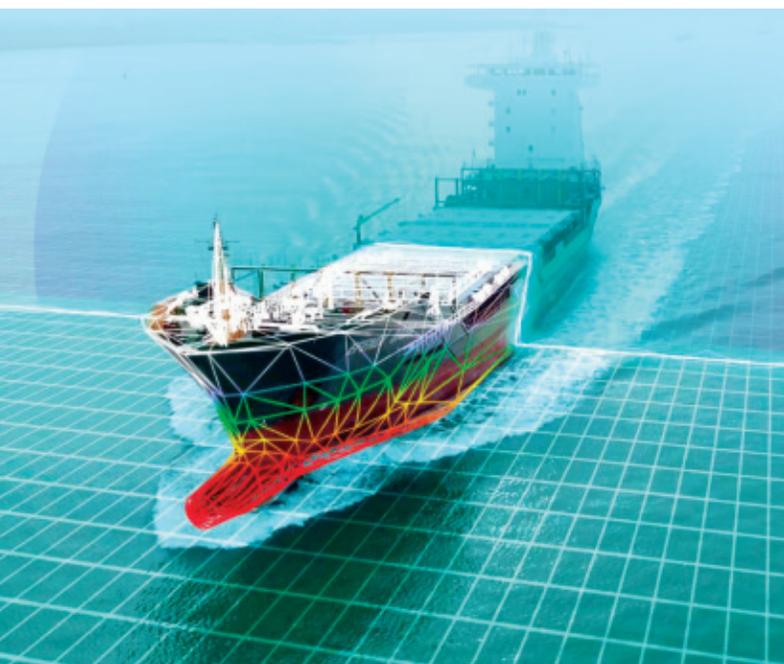
今年、ボストンで開催された「エクスペリエンス時代におけるサイエンス」と題するイベントでの SIMULIA と BIOVIA の融合は、ダッソー・システムズの計画的決断を反映したものであり、我々すべてがシミュレーションと設計および製造の関係を考える上で、到来しつつある重大な変化を浮き彫りにしています。

BIOVIA は、特にナノレベルや分子レベルでの生物学的、化学的、および材料的なモデリングに焦点を合わせています（そのために、協同的発見のためのツールに加えて、研究所と製造部門用のプロセス管理ツールを使用します）。一方、SIMULIA の強みは、製品の性能や品質、信頼性をメソスケールからマクロスケールまで予測できる、材料のモデリングとシミュレーションそして最適化の奥深い能力にあります。

オリジナルの素材を開発する能力、すなわち分子レベルで設計を行い、最終製品に具体的成果をもたらすことが、3DEXPERIENCE 傘下で BIOVIA と SIMULIA の両パワーを組み合わせたワークフローによって実現すると期待されます。

このような互いに連携する強力な補完技術の可能性が、現在、さらに深い意味を持つようになった理由とは何でしょうか。それは、ソフトウェア開発の領域外で起きている出来事が、その領域内で我々が考えることに重大な影響を与え始めているからです。

SIMULIA の最高技術責任者である Bruce Engelmann の言葉を借りれば、「我々は製造分野において重大な節目を迎えており、ソフトウェアの領域外で画期的な何かが起こっているのですが、それはシミュレーションと設計の進むべき道について我々すべての考え方に影響を与えています」



積層造形法があらゆる設計に発想の転換をもたらす

その“何か”とは、産業用の積層造形技術（アディティブ・マニュファクチャリング:AM)がもたらす成果です。この技術は(3D プリンティングとも呼ばれますが)、すでに以前から存在していました。しかし、現行の AM 技術はもはや単なる試作に限らず、完成品として認定された最終パーツの製造も可能にしています。

AM 技術が従来からあるすべての製造工程を代替するとは思われていませんが、サプライチェーンの効率を最適化するという点で、それらの一部を補完するものであることは間違いありません。さらに、驚くほどの設計自由度がもたらされるため、エンジニアは既成概念にとらわれることなく、極めて独創的に思考できるようになります。その結果、部品点数の大幅な削減、内部格子構造による軽量化、製品内部へのエレクトロニクス印刷、さまざまなカスタマイズ（患者固有の医療機器や、個人の用途に合わせた消費財など）、等々が可能になるのです。

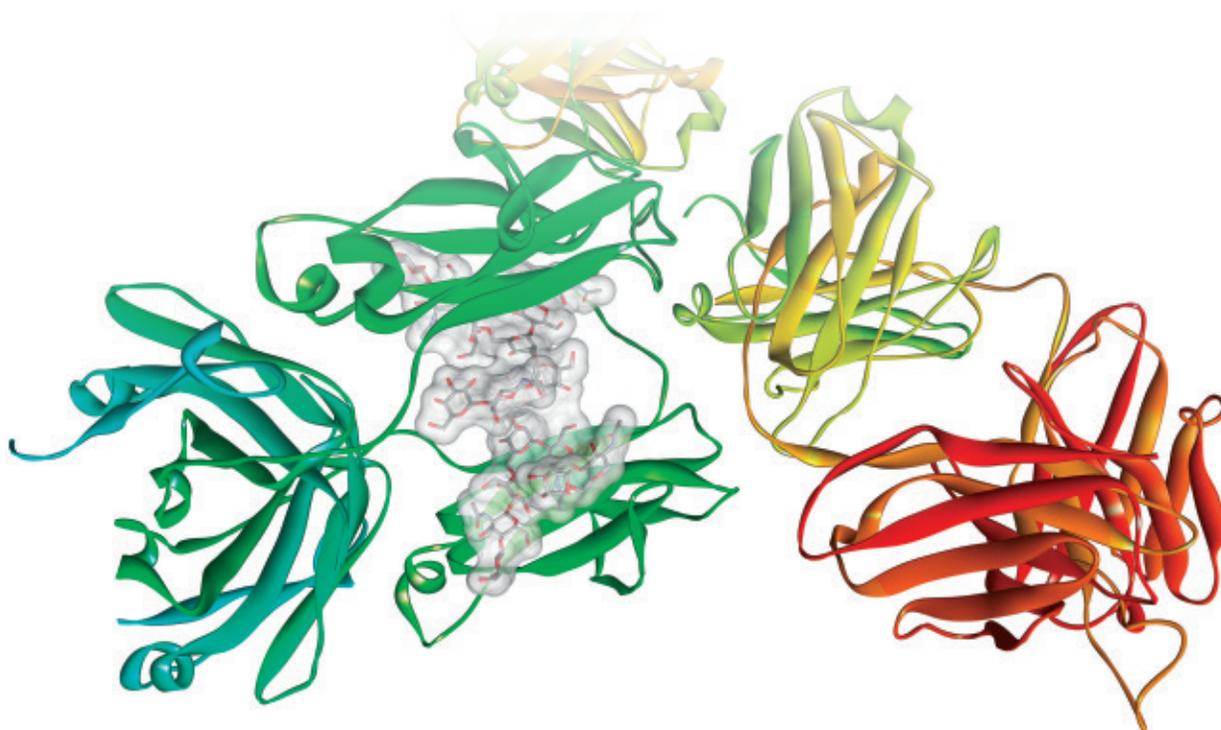
「積層造形法は、人々がものを設計する手段を根本から変えようとしています。AM 技術のための設計では、シミュレーションと設計を同時に行う必要があり、決してシーケンシャルにはなり得ません」と Engelmann は述べています。

弊社コミュニティの皆様ならよくご存じの通り、設計とシミュレーションを一体化することの利点は前々から明白であり、それは、最終的にどのような製造法が用いられようとも変わりません。Engelmann は次のように述べています。「我が社のお客様は、シミュレーションと設計を一体化すれば、製品開発のプロセス全体が改善されることを理解しています。最適化はその頂点にあって、ユーザーはパーツを設計しながら、まさに裏側でシミュレーションを実行しています。設計案に対して反復的にパラメータを変更するとき、ユーザーは裏側で生み出された最適化の結果に基づいてそれを行っているのです」

高度なシミュレーションツールが利用できるにもかかわらず、一部の人々においては、これまでそれらをシーケンシャルに適用しても“何とかやっていけた”と Engelmann は指摘しています。しかしながら、いわゆる“積層造形的思考法”の影響力は拡大しており、あらゆる設計現場で人々の考え方を変えていこうと彼は予想しています。「設計エンベロープは、もはや不変の概念とは言えません。もちろん、表面形状やボルト穴などの固定点には、依然として人間の入力が必要です。しかし今では、設計空間内にある他のすべてのものに対し、ソフトウェアツールが最適設計を提示してくれるようになりました」と彼は述べています。

CATIA の新機能がすぐに製造可能な最適化された設計案を実現

当然のことながら、すでにダッソー・システムズも、この新たな設計自由度の考え方の課題に取り組もうと立ち上がっています。我々の理解は、どんな製造技術が用いられようとも、完成した製品は最終顧客を十分満足させるように機能しなければいけないということです。



この目標を達成するためには、どんなに独創的で有機的なパーツ形状デザインであっても（多分、それは SIMULIA の Tosca や fe-safe のツールから生み出されますが）、CAD ファイルの形状データに変換する必要があります。なぜなら、上流のシミュレーション（落下解析や衝突解析など）から製造に至るまで、今ではすべてが CAD データをベースとしているからです。それは、プラスチック射出成形機を用いようと、金属 AM 機を用いようと変わりません。

我が社のお客様は、CAD データの再構築機能においてもダットソー・システムズがリーダーシップを発揮するよう期待しています。そのため CATIA と SIMULIA のベストチームが一年をかけて、この機能を設計者向け CAD アプリケーションに適切に組み込みました。また現在は、複数の産業アプリケーションで利用可能にする作業が進行しています。

設計エンベロープの拡大

このように設計エンベロープが大幅に拡大する中、それが両方向に広がっていることに注目する必要があります。すなわち、マクロな完成品へと向かう外方向と、その製品が作られる素材のミクロな分子レベルへと向かう内方向です。最終結果に対する管理が強化されると同時に、設計前の材料選定時の検討に対しても新境地が開けてきました。積層造形法は、まったく新しい方法で（多くの場合、非常に高温で）材料を熔融し結合させますが、このようなプロセスが生産に関与するにつれて、材料挙動の予測がますます重要となっています。

BIOVIA は、まさにそうした状況を改善するためにあるのです。

BIOVIA と SIMULIA の融合

「我々は、たいいていマクロ世界のレンズを通して日々の体験を語ります。しかし、こうした生活体験を支えているのは目には見えないミクロな世界です。今日の科学的発展は、このマクロ世界とミクロ世界の同時制御を可能にしています」と、BIOVIA の最高戦略責任者である Reza Sadeghi 氏は話しています。

かつては、新素材の発見から実用化までに数十年もかかっていまし

た。また、そうした素材は主に自然界で発見されたものでした。「ところが、技術革新の加速と製品の性能向上に対する要求レベルが、今ある素材の性能エンベロープを超えてしまったのです。科学は人工素材を開発することでこれに対処しました。それは、量子構造やその特性が多機能性の目標にマクロスケールで合致するよう合成された材料です」と Sadeghi 氏は話しています。

BIOVIA は、ユーザーが特定の分子、生物製剤、材料などを設計し選択して、モデリングやシミュレーションによる予測解析を通じてそれらの有効性を絞り込み、高機能コーティング材、軽量かつ高強度な複合材、環境に優しいポリマー材などを作り出すことができるよう支援することで、そうした材料エンジニアリングを可能にします。「我々は、材料を制約条件ではなく、設計変数として使用する段階に急速に近づきつつあります」と Sadeghi 氏は話しています。

彼の指摘によれば、製品設計やエンジニアリングには、多数の専門家のスキルや才能、知力を必要としますが、全員が同じ情報をもとに同じゴールに向かって作業していることを保証するため、彼らには効果的にコミュニケーションを取ることが求められます。「3DEXPERIENCE プラットフォームは、関係者全員がただ 1 つの真理に基づいて作業していることを保証してくれます。そこには、コンセプトに始まって、科学的発見、そして製造に至るまで、製品の進化過程のすべてがトレーサビリティとして残されます」と彼は話しています。

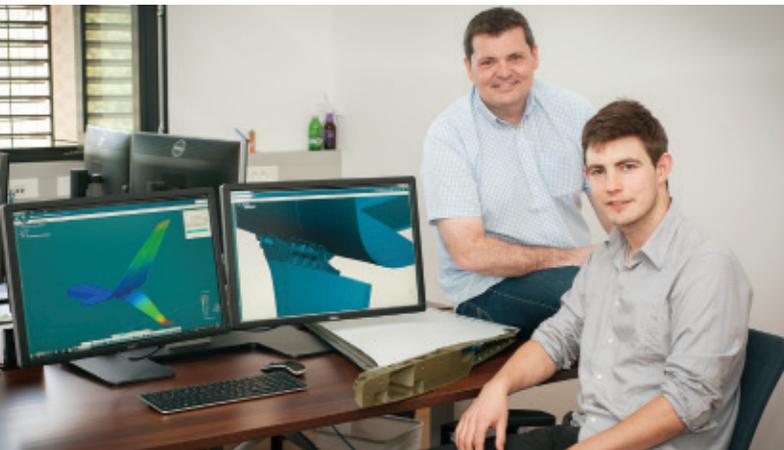
「3DEXPERIENCE プラットフォームを触媒とした BIOVIA と SIMULIA ブランドの融合は、データ、プロトコル、手法、モデル、および知識に関して、科学主導の材料技術とバーチャルエンジニアリングや性能シミュレーションの技術をシームレスに結合するものです。今回の両ブランドの融合によって、やがてはマクロ世界とミクロ世界の間の溝が埋まり、原子サイズで組み立てられる製品の設計や最適化も可能になることでしょう」

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com

ケーススタディ

王道を行く

PRIME Aerostructures 社、3DEXPERIENCE プラットフォームのクラウドバージョンを活用してオンプレミス導入に備える platform



Roland Zeillinger 氏 (左) と Andres Belles Meseguer 氏 (右)、デスク上にあるのは側部ストレーク

我々が初めて PRIME Aerostructures 社の社長兼 CEO である Roland Zeillinger 氏にお目にかかったのは、同社が ENOVIA ベースのシミュレーション・ライフサイクル・マネージメントへ移行して、そのメリットを享受していたときでした (SCN の前号をご覧ください)。12 名のエンジニアからなる彼のチームは、航空宇宙分野や自動車分野の設計業務に、データトレーサビリティ、テンプレート、タスク自動化などの新機能を取り入れていました。これらすべてが同社の顧客に対するサービス向上につながるものです。

しかし Zeillinger 氏にはまだ探している物がありました。それは、彼の必要とするすべてのアプリが単一のフロントエンドウェブページからアクセスできるという理想的な環境でした。彼の説明によれば、それは「ワンストップショップ」であり、そこへ行けばすべての用が足る場所です。そこで彼は、完全な 3DEXPERIENCE プラットフォームへのアップグレードを検討し始めました。ここに紹介するのは、三ヶ月後の同社の進捗レポートです。

もちろん、デジタル領域に携わる人なら誰でも知っているように、たとえ最高の環境であっても、データの移行には課題がつきまとうものです。PRIME Aerostructures 社はバージョン R2013x を使用していたのですが、R2015x に乗り換えたいと考えました。彼らが一連の作業を開始したとき、Zeillinger 氏と同社担当の CATIA/ENOVIA 付加価値再販業者 (VAR) である EBM 社の Guenther Mueller 氏は、ある問題の存在に気がきました。バージョン間のデータ読み込みと可視化について検討する必要があったのです。

しかし、EBM 社がそれらの IT 課題に取り組んでいる間も、Zeillinger 氏はさらに先のことを考えることにしました。そして、3DEXPERIENCE プラットフォームの最新バージョン R2016x に関するウェビナーのいくつかに参加しました。「私は R2016x の新機能をすべて調べたのですが、そこでは最新かつ最高のシミュレーションツールがすべて使える状態であることを知りました。我が社はシミュレーションが主業務であるため、最新バージョンへ直ちに移行

しない手はないと思うようになったのです」と彼は話しています。そして彼はその目標を推し進めました。

ここで Zeillinger 氏はもう 1 つの決断をしたのですが、それはすぐに彼のチームに良い結果をもたらしました。すなわち、EBM 社がオンプレミス移行の作業に取り組んでいる間、PRIME Aerostructures 社は最新バージョンの 3DEXPERIENCE on the Cloud の調査を開始したのです。「作業にできるだけ時間をかけたくなかったので、我々は On-Cloud バージョンの 2016X で検討を進めることにしました。この決断は、我々の仕事の進め方にもパラダイムシフトをもたらしました。結果として、オンプレミス導入の完了を待ちながら、先行してすべてのロールを試してみることや、このプラットフォームで今何ができるのかを把握できたのです」と彼は話しています。

プラットフォーム上でさまざまなロールを試す

Zeillinger 氏が言う「ロール」とは、3DEXPERIENCE で利用可能な関連アプリケーションのグループのことです。それらは、ユーザーのワークフローのニーズに最も適した特定アプリケーションにのみアクセスできるようになっています。各ロールは、設計、エンジニアリング、シミュレーション部門から、製造、販売、マーケティング、経理、調達、そして経営管理まで、考えられるすべての企業部門に合わせて調整されています。たとえば、Stress Engineer ロールは、すべての設計者に向けて、シミュレーションベースのガイダンスに基づく製品設計のための力学解析、伝熱解析、および耐久性シミュレーションの各機能を提供しています。また、Structural Analysis Engineer ロールは、パーツやアセンブリ構造の静的解析、伝熱解析、および動的応答シミュレーションのための広範な実行環境を提供し、Mechanical Analyst ロールは、高度なシミュレーションの実行に必要な専門家向けツールを提供しています。そして Composite Simulation Engineer ロールでは、複合材パーツの高度なシミュレーションに、CATIA Composite Design (CEG) ツールで定義された積層構成が利用可能です。

同社の設計者やエンジニアが前もってすべてのロールに慣れておけば、オンプレミス導入のシステムが稼働したとき、Zeillinger 氏はすぐに業務を立ち上げることができるのです。

「我々は最初、エンジニアと解析者の 2 つの主要グループに着目しました。そして、利用可能な解析ツールとエンジニアリングロールの機能を比較しました。たとえば、我々は一方で Stress Engineer あるいは Structural Analysis Engineer ロールを検討し、他方で、専門家向けの Mechanical Analyst ロールも検討しました」と Zeillinger 氏は話しています。

**「価格についても考えなければいけません
が、On-Cloud バージョンはコストがはつきりしており、完全に従量制となっています」**

—PRIME Aerostructures 社、社長兼 CEO、Roland Zeillinger 氏



インターネットブラウザ経由で実行中の3DEXPERIENCEプラットフォーム上の3DSpaceアプリのスクリーンショット（画像はFACC Operations社提供）

「ダッソー・システムズの顧客として、我々は1つのロールでどこまでやれるのか、また実際に別のロール使用すべき状況とはどういうときか、ということをしちんと把握しておく必要があります。こうした知識は我々のためだけではありません。なぜなら、我々自身もVARであり、我が社の顧客に3DEXPERIENCEを紹介する場合がありますからです」と彼は話しています。

「我が社はとても小さな会社ですが、エンジニア全員が Mechanical Analyst ロールを必要とするわけではなく、Fluid Dynamics Engineer ロールで十分かもしれません。このようなことをすべて調査する必要があるのです」。同社のCATIAスタッフにとって、役に立つと思われるシミュレーションロールもあれば、そうでないものと Zeillinger氏は指摘しています。「Assembly Modeling Specialist ロールや Simulation Geometry Modeler ロールは、解析者だけでなく設計者の興味も引くことでしょう。我が社の設計者は、これらのモデリング機能が、すべてをパラメータ化することなくジオメトリを作成できる簡単に迅速な方法であると感じています。また、Composites Simulation Engineer ロールについて言えば、これには多くのSIMULIA ツールが含まれていますが、その大部分は、実際はサーフェスやブライを設計するためのCATIA側の機能です」と彼は話しています。

PRIME Aerostructures社はVARとしての一面もあるため、3DEXPERIENCEのすべてのロールの機能を全部把握するようにしています。そうすれば、彼らの顧客の個々のニーズに合わせてワークフローを最善の状態に調整することができます。「我々自身の3DEXPERIENCEプラットフォームに対する経験は、我々が専任の営業技術チームと協力してダッソー・システムズの各ユーザーをサポートすることにも役立ち、結果として、彼らの3DEXPERIENCEプラットフォームへの移行を的確かつ効率的なものにできるのです」と、Zeillinger氏は話しています。

使いながら直感的に学ぶ

On Cloudバージョンで自らロールを試してみたPRIME Aerostructures社のスタッフからは、好意的な反応が返ってきました。「3DEXPERIENCEプラットフォームに対する私の印象は、それ

が非常に直感的であったことです。必要なロールが決まれば、探しているツールはとても簡単に見つけ出せます。どこにツールがあるか分かったならば、さまざまな事を素早く実行できます。グラフィックスはとても洗練されていてデザインも優れています」と、共同経営者のAndres Meseguer氏は話しています。

Zeillinger氏は次のように付け加えています。「3DEXPERIENCEの操作は非常に簡単で、大掛かりなトレーニングは不要です。たとえば、何かをデフィーチャーしたり、サーフェスをマージしたりする場合、特定のロールの機能を用いて何をすべきかが非常に明確になっています」

こうした移行の容易さが3DEXPERIENCEの重要な利点であり、ユーザーが自信を持ってシミュレーションを行えるようにするための仕組みが、使用するロールに合わせてカスタマイズされています。

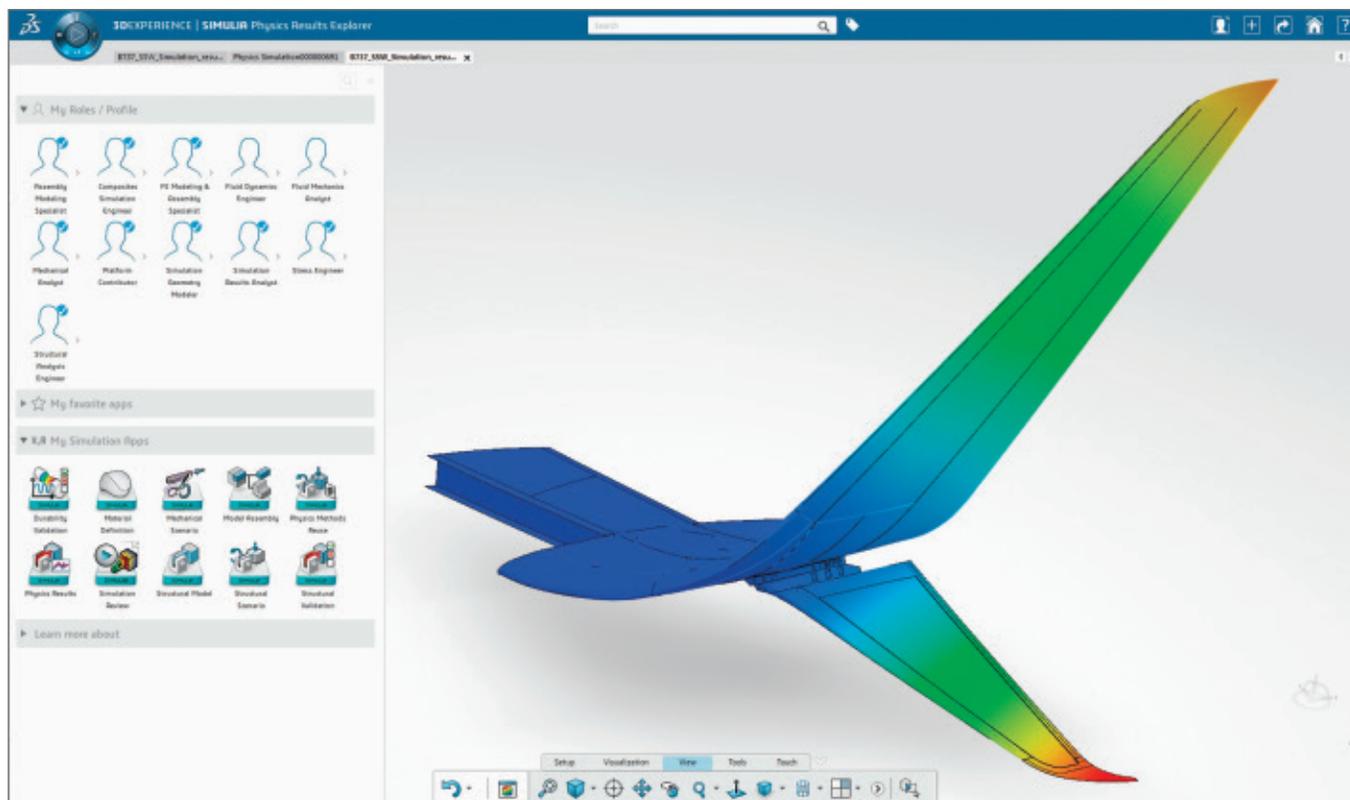
「たとえば、Stress Engineerロールには、ユーザーが次に何をすべきかを教えてくれるウィザードがあります。モデル作成にコマンドを使用する必要はなく、モデルは自動的に作成されます。また、有限要素の専門家である必要もありません。ユーザーは接触定義やパーツなどから洗練されたモデルを構築でき、それらをもとに計算を実行できます」とMeseguer氏は話しています。

Meseguer氏が引き合いに出した「ウィザード」は、専門家ではないユーザー用のインターフェースを簡素化し、専門家と同様の作業をこなせるように彼らを導きます。もちろん専門家に対しては、FEAのフレームワーク一式が利用可能であり、彼らのタスクに必要なものを正確に選別することが可能です。こうしたシミュレーション能力の「民主化」は極めて強力です。どんなレベルのユーザーであってもそれぞれのタスクを自ら実行でき、しかもそれは同僚が明確に理解できるものであり、全員の結果が同じロバスタなソルバーに基づいているため、さまざまな視点から協力し合うことができます。

実環境で試してみる

PRIME Aerostructures社のチームは、クラウド経由でR2016xの習熟度を高めながら、実際のプロジェクトでも3DEXPERIENCEの

ケーススタディ



3DEXPERIENCE プラットフォーム上の Physics Results Explorer アプリのスクリーンショット。
B737 機のスプリット・シメタル・ウィングレットの解析結果が示されている (画像は FACC Operations 社提供)

新機能を試してみました。「我々はすでに、かなりのことをクラウド上でやってきました。迅速な評価のための簡易モデルもありましたが、社内の既存プロジェクトを利用して、それらを On Cloud バージョンで再実行してみました。我々が以前から抱えていたプリ・ポストの問題を評価することで、新しいプラットフォームではどんな結果になるか確認できました。我々は決して骨組みモデルでごまかしたりしませんでした。本物の例題を使用しました」と Zeillinger 氏は話しています。

PRIME Aerostructures 社の目標はあくまでもオンプレミス導入です。しかし、本誌が印刷される頃には、彼らは新しいオペレーティングシステムと新しいサーバーの導入も決定していました。「我々のデータベースサーバーにはメモリーと処理能力の増強が必要だと確信しました。そして、旧型機をアップグレードするよりは、新型機を購入した方が経済的だったのです」と Zeillinger 氏は話しています。

これは、ゼロからのクリーンインストールになるかもしれないことを意味しています。それは、同社が最初に ENOVIA へ移行したときに行ったことです (前号を参照)。「現在、我々は 2 つのオプションを検討しています。1 つはデータを直接移行する方法です。もう 1 つは、前回行ったように、すべてを旧バージョンからエクスポートした後、新バージョンにインポートし直す方法です」と Zeillinger 氏は話しています。

このように PRIME Aerostructures 社の探求はまだ続くのですが、その間も Zeillinger 氏は次のように指摘しています。「我々は、エンジニアが 3DEXPERIENCE On Cloud を習得した上で、一連の作業をすべて片付けられるだけの十分な時間を取りました。そのため、オンプレミス導入が完了した頃には、我々のロール、方針、そ

してワークフローも定まっているでしょうし、我々が購入すべきものも明確になっていると思います」

Zeillinger 氏は自身の会社については R2016x のオンプレミス導入にこだわっていますが、別の会社にとっては、Cloud バージョンだけを使用して、オンプレミス導入を回避するという選択肢もあるかもしれないと指摘しています。「VAR としての立場で言えば、特にシミュレーションのニーズがそれほど多くなく、社内に IT またはデータベースの人員を抱えていないのであれば、On Cloud バージョンはとてとても取り扱いが容易であると言えます。価格についても考えなければいけません、On-Cloud バージョンはコストがはっきりしており、完全に従量制となっています」と彼は話しています。

「ただし、ある会社がオンプレミスバージョンを選んだとしても、前もって On-Cloud バージョンでツールを理解しておくことはとても良いことです。IT 担当者にオンプレミスバージョンの詳細を理解してもらっている間に、エンジニアがクラウドバージョンを使用して問題点やプロセスの変更点を洗い出しておいて、オンプレミス導入が完了した時点で完全に機能できるようにする。それが良いと思います」と彼は力説しています。

はたして、PRIME Aerostructure 社の R2016x へのオンプレミス移行はどのように成し遂げられたのでしょうか？ また、エンジニアたちの On-Cloud 経験は、そのとき、新しいプラットフォーム上で十分役立ったのでしょうか？ SIMULIA Community News の次号に掲載予定のこのシリーズの最終回をお楽しみに…

詳細は以下をご覧ください
www.primeaero.at

航空宇宙分野における 3D プリンティング： 可能性の限界を押し広げる

アディティブ・マニュファクチャリング（以降、AM）技術、すなわち 3D プリンティングと言えば、しばしばラピッドプロトタイプングへの応用を連想させますが、単なるラピッドプロトタイプングでは、成形品に対して機能性あるいは耐荷重性の要件は課せられません。しかし、状況は急速に変化しつつあります。ここ数年、AM 技術は著しく発展しました。今では多くの AM プロセスで工業グレードの材料が用いられるようになり、航空宇宙、自動車、その他の多くの産業で生産用の部品が作成されています。

SIMULIA は、25 年以上にわたって 3D プリンターメーカーをリードしてきた Stratasys 社と協力して AM 技術の主要課題に取り組みながら、成形品が本番環境で要求通り確実に機能するように、上流の材料設計から下流の製造工程に至るまで、すべてを包含するエンド・ツー・エンドの新たなシミュレーションプロセスや最適化プロセスを開発しています。

航空宇宙分野における 3D プリンティング： 可能性の限界を押し広げる

航空宇宙分野では技術革新が加速しており、製造部門での部品および製品レベルにおいて、サプライチェーンの各段階、そして一部ではモデルレベルでも新分野の研究が進んでいます。3D プリンティングなしではほとんどの場合製造不可能な、複雑な配置や形状の部品が今では作成できるようになりました。航空宇宙産業の特徴である少量生産は、3D プリンティングが魅力的でより低コストの代替手段となり、小型部品を組み立て完成品に対する CNC 加工などの従来型工作プロセスさえ置き換えようとしています。航空宇宙分野のイノベーターたちは、プロトタイプングの域を超えて 3D プリンティングを活用しつつあり、この技術の新たな応用分野を積極的に追求しています。

コストと重量を落としつつより安全に

革新的な航空宇宙メーカーは、航空機の経済性や意匠性を高め、厳しい FAA の規制および承認基準を順守しつつ、コストと重量を抑えたいと思っています。3D プリンティング技術は、耐久性のある安定した実製品の製造が可能であり、その場合、伝統的な生産ラインは完全に不要となります。Stratasys® の Production シリーズは、Stratasys® 3D プロダクションシステムの中でも最上級の大型 3D プリンターであり、高性能熱可塑性プラスチックをはじめとした広範囲な種類の材料を用いて、機械的、化学的、熱的特性の試験が可能部品を作成します。

たとえば Boeing 社は、多数の航空会社に向けて航空機を製造しながら 3D プリンティング技術を活用しています。航空機自体は原則として受注ごとに変わることはありませんが、内装は異なります。例えば、特定のエアダクトは上方向ではなく、右方向に曲がるかもしれません。そのため、これらのたった 25 個のパーツを作成するために 4 万ドルもする特注の海外製生産設備を発注することは、お金の浪費であり時間の無駄です。Boeing 社は、特注の製造部品を 3D プリンターで作成し、航空機にそのまま取り付けることで、こうした問題を克服しています。



試験飛行へと向かう無人機。このすべてが FDM 法で製造された機体からなる SelectTech Geospatial 社の無人飛行システムは、完全に自力で離着陸する世界初の無人機です。



NASA は 3D プリンターで作成された 70 個のパーツを火星探査車に取り付けました。

他にも多くの大手航空宇宙メーカーが 3D プリンティング技術を使用して、治具や固定具、生産工具、実製品などを製造しています。現在では、計装機器のための製造部品（Kelly Manufacturing 社）、エアダクト（Taylor Deal 社）、翼（Aurora 社）などが、民間機、軍用機、そして無人飛行機に組み込まれて大空を飛行しています。

皆様も 3D プリンティング技術を取り入れて、技術革新の加速に役立てておられるでしょうか？ 模範となる採用例や導入の成果は明白です。3D プリンティング技術が航空宇宙産業の製造工程に変革をもたらしている昨今、大企業から中小企業まで、あらゆる企業はこの技術を採用し、その活用法を学ぶべきではないでしょうか。

Stratasys 社と航空宇宙その他の産業における 3D プリンティング技術については、www.stratasys.com をご覧ください。

詳細は以下をご覧ください
www.stratasys.com



TREK BICYCLES 社、シミュレーションを 極限で使用する

SIMULIA Abaqus と True-Load の強力コンビを用いて、Trek 社が最も過酷な走行シナリオをモデル化し、パフォーマンスのレベルアップを図る

マウンテンバイクやロードバイクの熱的な愛好者であれば、その目標は、さらに距離を伸ばし、さらに高く登り、完璧なジャンプで着地し、そして素早くペダルをこぐことであり、それらはすべて、パフォーマンスを確実にレベルアップさせたいと願う彼らの気持ちの表れです。

Trek Bicycles 社のエンジニアリングチームもまったく同じ気持ちを抱えています。しかしそれは自転車に乗っているときだけではありません。シミュレーションを活用して研究開発を行っているときも同様です。特殊な複合材構造を解析する目的で、軽い気持ちでシミュレーションの世界へ踏み出したことが、今ではすべての自転車プログラムを通じた厳しい任務へと進化しました。Trek 社のエンジニアたちは、シミュレーションが設計最適化をより高いレベルまで引き上げることに気づいたからです。

パフォーマンスの飽くなき追求を社風とする Trek 社としては、設計エンジニアが自転車に対する情熱を、シミュレーションによる 3D エクスペリエンスにまで広げたことは、決して不思議ではありませんでした。

「軽量化、高剛性化、高速化、そしてより優れた乗り心地が共通の目標です」と解析エンジニアの Jay Maas 氏は話しています。彼は、

シミュレーション領域を拡張するための専任スペシャリストとして 2010 年に Trek 社に入社したのですが、ほぼ毎日のように自転車に乗っています。「解析のレベルアップに取り組んでいなければ、我々は競争相手にリードを許していたかもしれません」

シミュレーションを試験に利用する

全世界に 1,600 名の従業員を抱え、毎年 160 万台の自転車を販売し、北米最大のカーボン自転車メーカーとしての地位を誇る Trek 社の業績は、競合他社を一周抜き去るほどの勢いであると言えます。

同社が初めてシミュレーションを試してみたのは 2009 年のことでした。当時から使用していたダッソー・システムズの CATIA 3D 設計

「シミュレーションを用いて事前にその重量と剛性を予測することにより、必要とするレベルに到達するためには欠かせない試作実験サイクルの実施回数が削減されています」

—Trek 社、解析エンジニア Jay Maas 氏

エンジニアリング用アプリケーションを SIMULIA の Abaqus 有限要素解析 (FEA) アプリケーションで補完しようとしていました。しかし Trek 社の初期のツールの利用法は、主として、スプリント時、登坂時、コーナリング時などの自転車の剛性挙動を予測するために行われる実験室試験をシミュレーションすることに限定されていました。

彼らは、シミュレーションで剛性値を予測することによって、性能目標を達成するために実自転車で行う性能試験の必要性をバランス良く決定できるようになりました。

「以前は、自転車の重量と剛性を満足のいくレベルに到達させるため、多数の設計反復を行って、かなりの量のリソースを費やしていました。シミュレーションを用いて事前に重量と剛性を予測することにより、必要とするレベルに到達するためには欠かせない試作実験サイクルの実施回数が削減されています」と Maas 氏は振り返っています。

このように早い段階で成功を収めると、直ちにシミュレーションの推進要員として Maas 氏ともう一人のスペシャリストが採用され、さまざまな自転車プログラムに携わっていた Trek 社のエンジニアたちが、新たな解析タイプへと手を広げる態勢が整いました。Maas 氏は、航空宇宙産業において同様の業務に 12 年の経験があり、このシミュレーション推進運動を盛り上げる上で最適な人選でした。



この Trek 製フルサスペンション式マウンテンバイクの Abaqus モデルは、突き合わせ溶接されたアルミニウム製フレームと、マグネシウム製ロッカーリンクが、拘束とコネクタで連結されたソリッド要素とシェル要素で表現されている。

さらに良いことに、Maas 氏のシミュレーションに対する知識は、自転車のすべてにかける彼の情熱とぴったり噛み合っていました。「私はエンジニアリングの仕事と自転車が大好きなので、Abaqus を使って私の大好きな製品を設計できるなんて最高でした」と彼は話しています。

Abaqus の使い易いユーザーインターフェースに加えて、1 つのツールセットに陰解法と陽解法の両機能が統合されていることが、Maas 氏にとっては、多くのエンジニアリングチームに対してクロスカントリー車やダウンヒル車などの他の主力製品にも FEA を適用するよう働き掛けることに役立ちました。Trek 社はさまざまな種類のマウンテンバイク用プラットフォームを保持しており、各プラットフォームには複数のフレームサイズがあって、結果として多数の構成が存在することになります。「我々には多数の荷重ケースを持つ数十種類の自転車があり、ある年には解析グループが不足するほどです。それは明らかに膨大な作業量と言えます」と Maas 氏は話しています。

チームが FEA を使い始めると、エンジニアたちはすぐに、実験室での標準テストケースを超えた問題にもツールを適用してみたいと

思うようになりました。関心事の 1 つは、フィールドでの走行時に自転車に起きていることについての理解を深めることでした。特に Trek 社のプロのレーサーがライダーの場合です。彼らは 72 フィートの峡谷を飛び越えて前方宙返りしたり、時速 60 マイル以上の猛スピードで山腹を突っ走ったり、重力をものともしない離れ業を得意としています。こうした極端な事象では、プロのレーサーの自転車にいくつかの極限荷重条件が働きます。

「このような競技者は、平均的消費者をはるかに超えるレベルの負荷を自転車に与えますが、彼らは剛性のバラツキに非常に敏感です。そしてその剛性は自転車自身の問題であるのです。また彼らは、レースで好成績を上げて勝利するために、高速化、軽量化、そして優れた乗り心地を強く求めます。そのため我々は、強度や耐久性、乗り心地を犠牲にすることなく、より速くより軽い自転車を設計しなければいけないのです」と Maas 氏は説明しています。

シミュレーションを極限で使用する

Trek 社のチームが SIMULIA のパートナーである Wolf Star Technologies 社と出会ったのはちょうどこの頃でした。同社は True-Load という補完ソリューションを提供しており、それを使うと Trek 社の既存 FEA モデルを利用して、自転車にひずみゲージを取り付けるときの最適位置を特定することや、その値から荷重を逆算することが可能です。この技術は、Wolf Star 社の社長である Tim Hunter 氏が大手オートバイ会社での数十年に及ぶ研究を通じて開発し改良したものです。ひずみが収集されたならば、そのデータを True-Load に読み込んで荷重の時刻歴が計算されます。そこから計算されたひずみ値は、すべての時間点において実測ひずみと 2% 以内で一致することが保証されています。これによって Trek 社のチームは、現場で発生する荷重を正確に数値化し、その荷重値を現行の実験室試験と照合できるようになります。

「実環境どおりのリアリスティックシミュレーションを実施するには、自転車フレームの真の荷重値を取り込む必要があることを Maas 氏は理解していました。True-Load は、そうしたニーズを満たすための明快かつ完全な解決策を提供できるツールです」と Hunter 氏は話しています。

Trek 社のチームは幸いにも専用のトレイル場を使用できました。それは屋外研究所にもなる 236 エーカーの自然のままの単線コースであり、極端な走行条件の試験には最適な場所です。チームは、彼らのトレイル場から最も厳しいコースを 2 つ選んで、自転車の荷重ケースごとに Abaqus と True-Load の連携シミュレーションを試しました。1 つは Deer Hunter コース (図 1 参照) で、リアサスペンションが完全に圧縮されるほど大きく落下します。もう 1 つは Mojo コースで、やはりリアサスペンションが完全に圧縮されるほどジャンプしますが、ライダーは自転車を回転させることができます。

チームは小型の車載データ収集システム (DAS) を使用しました。このシステムはライダーの邪魔にならないほど小さく、Session 29er 型自転車に対して 12 個のひずみゲージ、3 個の三軸加速度計、1 個のリニアポテンシオメータ、1 個のホール効果センサー、特注のワイヤハーネスと搬送システム、そして車載バッテリーとともに装着することが可能でした。彼らは、事象を記録するために高速度カメラと GoPro ビデオも使用しました。

チームは True-Load と Abaqus を使用して線形静的モデルを準備しました。その境界条件と単位荷重ケースは、現場で自転車フレーム

ケーススタディ



図 1 (左) Abaqus と True-Load のシミュレーションでは、自転車の荷重ケースを試験するために最も厳しい 2 つのコースが用いられた。Deer Hunter コース (上図: 自転車とライダーが高台から地面に飛び降りようとしている) では、リアサスペンションが完全に圧縮され、Mojo コースでは、同様にジャンプするがライダーは自転車を回転させることができる。図 2 (右) 自転車フレームに取り付けられたひずみゲージ

から収集されたデータを忠実に反映したものです(図 3 参照)。また、材料モデルとメッシュも、ひずみゲージの位置と方向を正確に反映しており、これらの極めて重要な微調整は、Abaqus と True-Load がなければ到底不可能であっただろうと Maas 氏は話しています。

自転車が準定常状態にあって、サスペンションが完全に圧縮されたときのイベントファイルから、ひずみデータが抽出されます。これは事象発生時のピーク荷重に相当します。このひずみデータが True-Load/Post-Test で使用され、FEA ひずみと実測ひずみの誤差が最小となるように、単位荷重がすべての時間にわたってスケール倍されます。結果として得られた荷重から計算されたひずみは、実測ひずみとほぼ完全に一致していました。



図 3 Abaqus/True Load モデル

True-Load/Post Test 処理の一環として、誤差の記録、荷重増幅曲線、およびひずみ履歴プロットが HTML レポートとして出力されます。また、Wolf Star 社の True-Load QSE ツールは、外力(反力)と内力(フリーボディダイアグラムからの荷重)を得るための特別なポストプロセッシングにも役立ちました。

解析によって、プロのライダーがもたらす荷重は、通常の使用で生じる荷重を超えることが確認されました。さらに Trek 社のエンジニアは、自転車後端部の荷重分担率が自転車の車種ごとに異なることも学びました。

今では、将来の他の自転車の実環境荷重を決定するためのプロセスも確立されようとしています。自転車後端部の荷重分布と、プロのライダーが各種の応力を生じさせる仕組みを理解することによって、エンジニアリングチームは、あらゆるタイプのライダーが求めるパフォーマンスのニーズにも適切に対処できる具体的な設計変更が可能になります。

Trek 社の拡大するシミュレーション能力から恩恵を受けるのは、同社のプロのライダーだけではありません。Maas 氏によれば、この最初の True-Load プロジェクトが再び Trek 社のエンジニア全員の興味をかき立てており、彼らの多くが、異なる自転車プラットフォームでも自分自身でシミュレーションしてみたいと思うようになりました。

Maas 氏は次のように話しています。「我々は競い合って自転車を改良しています。それが我が社の開発の推進力であり、我々はそのことすべてをエンジニアリング部門に伝え続けていくつもりです。そうすれば、ツールや手法の相互交流が可能になり、誰もがそれらを活用できるようになります。我々は、それがすべてのライダーの自転車をよりよいものにするにつなげると確信しています」

詳細は以下をご覧ください
www.trekbikes.com

3DEXPERIENCE LAB のご紹介 世界に変革をもたらすシミュレーション

これは 1879 年の暗い夜の事です。ほとんどの人がろうそくの薄明かりのもとでくつろいでいた頃、献身的発明家のトーマス・エジソンは喜びで飛び跳ねばかりでした。千回以上の失敗と試行錯誤の末、彼はついに破裂もせず、数分以内に燃え尽きもしない電球を完成させたのです。エジソンは、彼のひたむきな努力を通じて、社会に素晴らしい変化をもたらしました。すなわち、夜間の生産性が向上し、家庭や職場環境の安全性が増大し、将来の発明、たとえばラジオ、テレビ、そしてスマートフォンへと続く道が切り開かれました。

そして今、ダッソー・システムズは、同じく世の中を変革したい、あるいは単に暮らしを向上させたいと願うイノベーターたちを支援するため、3DEXPERIENCE Lab を立ち上げました。我々はソーシャル・エンタープライズに取り組んでいますが、仮想世界における長年のエンジニアリング経験を生かして、新たなイノベーションの視点からそうした活動を推進しています。3DEXPERIENCE Lab は情報公開の新しい枠組みを提供するものであり、集団的知性と横断協調型アプローチを一体化することで、起業家精神を育成し、暮らしに新たな体験をもたらし、さらには未来のものづくりを強化してまいります。

ダッソー・システムズは、持続困難なエネルギー消費、自然災害、医療費負担など、世の中には数多くの課題が山積していることを認識しています。世界中の起業家、生産者、そしてイノベーターは誰でも、「都市」「生命」「ライフスタイル」「モノのインターネット」「アイディアーション」そして「ファブラボ」の 6 つをテーマとした 3DEXPERIENCE Lab の支援事業に応募することができます。我々の目標は、既成概念を打ち破るような革新的プロジェクトを通じて、社会に好影響を与えたいと心から願う、知的で独創的で情熱的な人々のコミュニティを構築することです。

3DEXPERIENCE Lab の不可欠な要素である SIMULIA のリアリスティックシミュレーション技術が、すでに各所でイノベーションを推進しています。その一例は「Organ Twins」というプロジェクトです。医療事故による年間死亡者数は全世界で数十万人とも推定されていますが、医療分野の新興企業である Biomodex 社は、リアリスティックシミュレーション技術を活用して、医療従事者が知識と経験を身に付けるための手段を近代化しようとしています。Biomodex 社は 3D プリンティング技術を用いて本物そっくりの人間の臓器を製作しており、それはまるで生きた臓器のように反応します。それによって、医学生や医師は事前に外科手術の手順を学び練習できるのですが、このプロジェクトは、世界中の何十億人もの暮らしを改善する可能性を秘めています。

“現実と闘っても物事は変えられない。何かを変えたければ、既存のモデルを時代遅れにするような新しいモデルを作ることだ”

– バックミンスター・フラワー(20 世紀を代表する発明家・思想家)



もう 1 つの先進的な 3DEXPERIENCE Lab プロジェクトは「リビング・ハート・プロジェクト」です。この技術移転イニシアティブでは、心臓血管系の研究、教育、産業、規制機関、および現職の心臓専門医の各リーダーが共通の使命のもとに団結し、3DEXPERIENCE シミュレーション技術を使用して、非常に精密な患者別のデジタル心臓モデルを開発しています。このリビング・ハート・プロジェクトは、米国食品医薬品局 (FDA) との 5 年にわたる共同研究契約の締結と、2015 年 5 月の世界初となる商用心臓モデルの発表を経て、理論から現実へと動き出しました。

3DEXPERIENCE Lab の詳細と、皆様の革新的プロジェクトに対する弊社のサポート体制については、<http://3dexperiencelab.3ds.com> をご覧ください。

積層造形問題におけるトポロジー最適化の検討

SIMULIA 積層造形部門、シニア技術コンサルタント、Sakya Tripathy

積層造形法（AM 法）は、3D プリンティングという呼び名の方がより一般的ですが、この手法によってこれまでとてい不可可能であった理想的で革新的な設計案を実現できるほどの設計自由度を設計者に与えています。航空宇宙、自動車、ライフサイエンス業界の大手企業が、このモノづくりにおけるパラダイムシフトを積極的に受け入れており、他の企業もそれに追随しようとしています。今では複雑なダクトの付いたジェットエンジンノズル、航空機の軽量化されたブラケット、歯科用骨結合型インプラントの表面形状の多孔質化、レースカーの格子状パーツなど、さまざまなものが作られ、機能試作品の域を超えて、実稼働時にも使用されています。こうした採用の動きを少なからず後押ししているのは、マルチフィジックス最適化や予測分析のためのシミュレーション技術の急速な発展です。部品設計者は、もはや製造上の制約に束縛されることなく設計できるため、関連するさまざまな問題を解決できるようになります。部品の機能目標とは何でしょうか？ 同じ機能的特性を持ちながら、より少ない材料で部品を設計することは可能でしょうか？ 最適に造形された部品からコスト節減が得られるのでしょうか？ 部品はこれら性能要件を満たす過程で複雑かつ有機的、軽量なものに変化していきます。

AM 技術を用いた設計工数を短縮することが可能なキーテクノロジーとしてトポロジー最適化があります。これはノンパラメトリック最適化技術で、構造内部の荷重伝達において剛性に寄与しない部位を認識して削除します。この手法により、設計空間に与えられた既存の制約条件、たとえば、境界条件、固定部、プリテンション部、荷重などを考慮しながら、定められた設計領域内の最適な材料分布を決定します。製造上の制約条件が軽減されると、穴や開口部を含むより有機的な構造が、非線形トポロジー最適化のためのロバストな汎用ツール、Tosca Structure で実現されます。

図 1 に示すように、Tosca Structure を用いることによって、少ない材料でありながら、すべての機能要件と制約条件を満たす、有機的な設計案を得ることができます。最初は大きな設計空間（灰色の領域）で開始します。そして Abaqus による非線形有限要素解析の反復に基づいて、材料を必要とする設計空間の配置が右図のように計算されます。また Tosca は、他社製の FEA ソルバーと併用することも可能です。

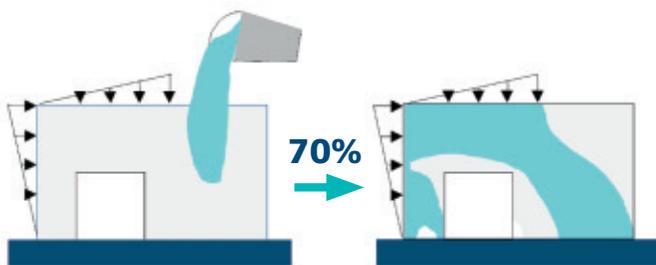


図 1. トポロジー最適化の共通目標は、所定の設計空間における材料の配分です。基本的な最適化タスクでは、目標体積に対して制約が与えられます。すなわち、利用可能な材料の量（目標体積または目標重量）で、剛性が最大とされる材料配置を達成する必要があります。

現在、すでに Tosca では、鋳造や射出成形などの伝統的な製法で用いられる制約条件が考慮されています。それでは、AM 法に対して Tosca を使用する場合、事前に注意すべき点はあるのでしょうか。これについて、宇宙船や人工衛星に用いられる電装盤の筐体（図 2 参照）を例に検討してみたいと思います。典型的な打ち上げロケットにはこうしたボックスが数十個搭載されますが、宇宙に送る重量が 1 ポンド増えるだけで 1 万ドル近くのコストが加算されると見込まれています。そのため、これらの容器の軽量化を設計目標とすることは重要です。我々は Stratasys 社と協力して、新しいコンセプトを熱溶融積層法（FDM 法）で製造することを目的に、トポロジー最適化の設計検討を実施しました。

AM 法で作成された部品が、従来製法で作られた部品と一緒にアセンブリに組み込まれる可能性は十分にあります。Tosca ではそのような界面（初期応力を持つ領域など）をフリーズして、設計空間から除外できるようになっています。次に、プリント解像度を考慮して、最適化のための最小部材サイズを設定することが重要です。たとえば、FDM 法では、最適化されたサーフェスを実際にプリントできるようにするには、部材サイズが FDM 法で製造可能な最小サイズよりも大きくなくてはなりません。金属プリンティング法では、最小部材サイズをもっと小さくすることができます。ただし、できるだけ安全側の値を選んだ方が、製造欠陥（空隙や割れ）を防止することに役立ちます。これらを考慮した上で、我々はオリジナルの設計案に複数の体積削減に関する制約条件を適用して、設計検討を実施しました。その結果、時間、品質、そして材料費の観点からプリントに最適であることを保証しつつ、削減率 30% という最適化結果に到達することができました。もう 1 つの重要な留意点は、ほとんどの AM プロセスには、積層を支えるためやパーツを固定するため、あるいはプリント中の熱伝導経路を確保するために支持材が必要となることです。こうした支持材は、材料費や造形のための間接費を押し上げます。決して簡単な仕事ではありませんが、オーバーハング角度の低減や、造形方向の最適化、パラメトリックまたはノンパラメトリック型のシミュレーションを利用したサポート位置の最適化など、支持構造の使用を最小限に抑えるためにさまざまな手段を取ることで、トポロジー最適化のメリットを得られるようにします。

最適形状が得られ、この新しい設計案の機械構造的な妥当性検証するための確認解析が実施されれば、次は部品のプリントです。しかし最適結果には、多くの場合、鋭いエッジ、バラバラに孤立した材料配置、非常に不揃いなファセット（断面）などが含まれています。スムージング処理が有効ですが、3D プリンターが適切にパーツを処理し製作できるようにするには、得られた STL 出力に対して微調整が必要となるでしょう。その上、データ上ではオリジナルの設計案との関連性も失っています。これらの問題は CAD の再構築によって対処できますが、それは非常に時間のかかる手作業を伴い、しばしば、最適化技術を広く採用する上でのボトルネックとなります。Tosca の最新リリースでは、この問題の対処に向けて重要な一歩を踏み出しました。それは、元々アニメーションの分野で開発されたのですが、サブディビジョンサーフェス（細分化曲面）法を用いる

積層造形法の最適化戦略

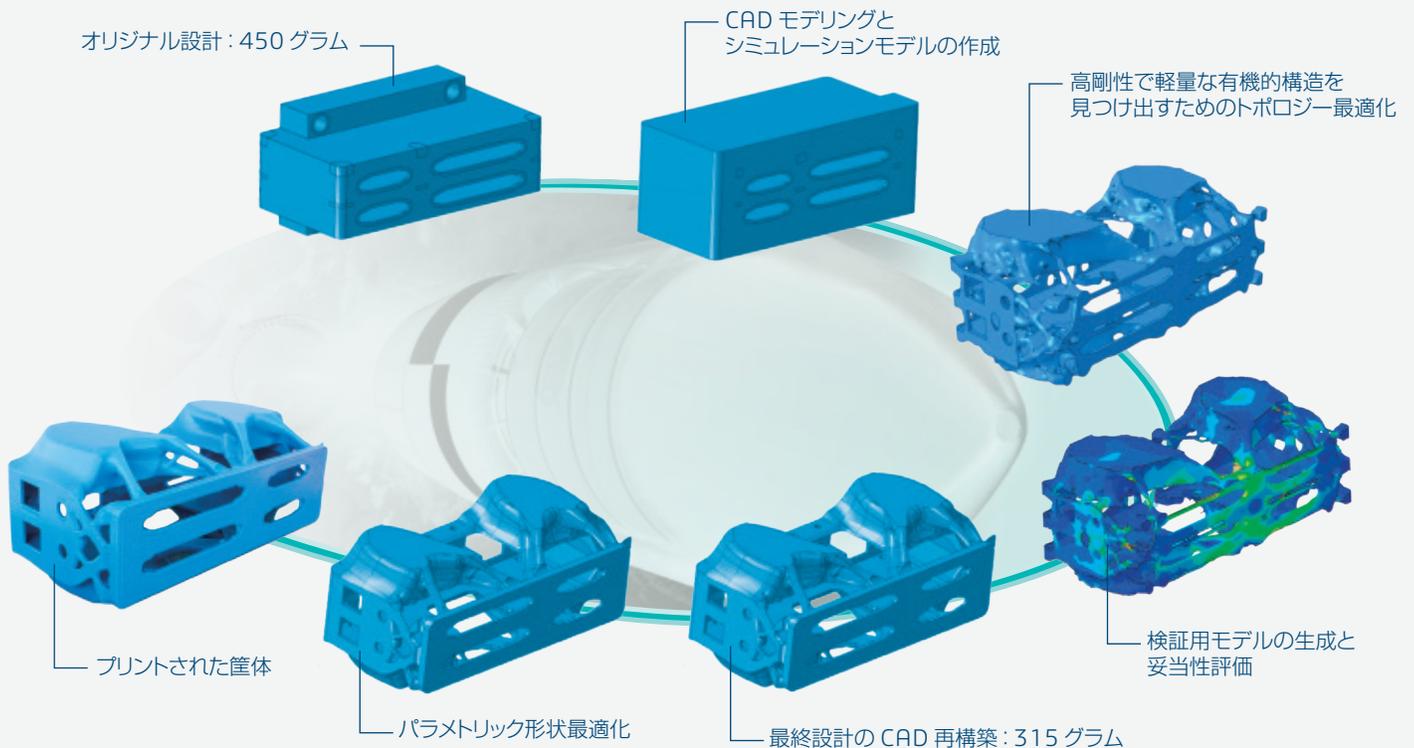


図 2. 3D プリンターで作成される電装盤筐体のトポロジー最適化（ロケットの画像：出典 NASA）

と、Tosca の出力結果が CATIA などの CAD 環境にポイントおよび面入力データとして転送され、STL ファイルを使う必要がなくなります。この手順によって再構築作業は大幅に簡素化され、CAD 環境で高度なサーフェス修正ツール（図 3 参照）を使用することにより、さらなるパラメトリック形状最適化スタディにも適した、非常に単純化されたファセット情報（ファイルサイズの縮小）と、適切な幾何フィーチャーやパラメータを有する有機的な形状の作成が可能になり、最適化結果形状の活用性が著しく向上します。以上で、プリントの準備が完了しました。

積層造形法は、設計者が設計上の制約を受けない、設計空間の自由度を活かせるようにしたトポロジー最適化技術によって、次世代のモノづくり革命を推進しようとしています。Tosca による非線形ノ

ンパラメトリックトポロジー最適化のための弊社の強力なツール群は、こうした変化によく適合していますが、我々は皆様の改善要求に答えるため、引き続きこれらの製品を改良してまいります。積層造形法のもう 1 つの重要な応用領域は、格子構造の利用ですが、この領域に関しては、いつか本誌でもご紹介する予定です。また、筆者の LinkedIn ブログのフォローもぜひお願いいたします。

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com/simulia

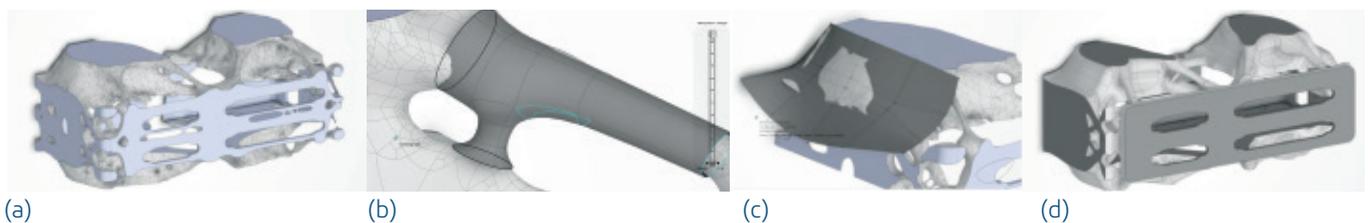


図 3. (a) CATIA Imagine and Shape における Tosca 出力（スムーズ処理形状）、(b) チューブ描画機能を用いた未加工ソリッド上でのセクションスケッチ（T 字接合部で結合するサーフェスの作成）、(c) 未加工ソリッド上でのメッシュグリッドの描画（サブディビジョンサーフェスの迅速な作成が可能）、(d) 最終的な電装盤筐体の CAD モデル

3DEXPERIENCE プラットフォームで歯車設計の カスタムメソッドを開発する方法

3DEXPERIENCE プラットフォームは、設計エンジニアとシミュレーション専任者の両者に対し、迅速かつ持続可能なイノベーションに必要なツール一式を提供しています。設計エンジニアでも専任者でも、プラットフォーム上で利用可能な物理現象のシミュレーションは、同じ Abaqus ソルバーで実行します。このプラットフォームでは、CAD と CAE の緊密なる統合、そしてベストプラクティスの再現に役立つ解析テンプレートを通じて、専門家がシミュレーションを普及させ、ユーザー層の拡大を図ることが可能です。本記事では、このようなシミュレーションを民主化するための方法の 1 つを、歯車設計との関連において紹介します。それはカスタムメソッドとして知られている方法です。

カスタムメソッドを利用すると、シミュレーションの専任者は特定の解析を実行するためのアクション支援パネルを作成できます。このカスタムパネルを用いることで、設計エンジニア（非専任者）は、有限要素解析手法の根本に深入りすることなく、迅速な設計評価が可能になります。

ステップ 1：ワークフローの記録

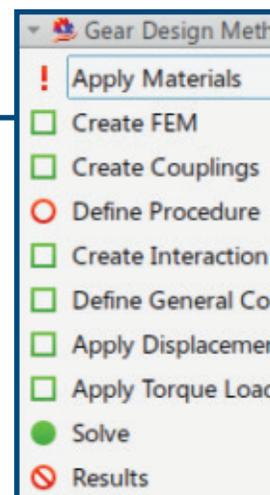
通常、シミュレーション用のカスタムメソッドの開発者は、特定の解析ワークフローに必要なアクションを決定します。この例では、2 つの歯車間の静的応力解析を実施するための必須アクションとして、材料の適用、メッシュ（FEM）の作成、カップリングの作成、解析プロシージャの定義、相互作用プロパティの作成、一般接触の定義、変位境界条件の適用、トルク荷重の適用、解析の実行、および結果の検証があります。右図に示すように、シミュレーションステータスパネルには、これらすべてのアクションを含める必要があります。

ステップ 2：カスタムメソッドの定義

このステップでは、開発者は XML フォーマットのメソッドファイルを作成します。この XML ファイルには、今回のワークフローに必要なアクション（上記）に対応したコマンドがすべて含まれていなければいけません。例として、2 つのアクション「材料の適用」と「プロシージャの定義」の作成に必要なコマンドが下記に示されています。「カップリングの作成」アクションは Structural Scenario Creation アプリでは利用できないため、このアクションにアクセスするとき、ユーザーはカスタムメソッド以外の Modeling アプリに切り替える必要があることに注意してください。

カスタムメソッドでは、アクション、コマンド、そしてシミュレーションステータスパネルに表示されるアシスタントコンテンツを設定します。シミュレーションステータスパネルから各アクションの選択が可能です。あるアクションを選択すると、パネルのアシスタントコンテンツが更新されて、関連するヘルプテキスト（存在する場合）とコマンドが表示されます。このように、カスタムメソッドでは、シミュレーションステータスパネルが不可欠なものとなっています。なお、カスタムメソッドは、Structural Scenario Creation アプリで利用可能なオプションにのみ適用できることに注意してください。ユーザーは、Physics Methods Reuse アプリ経由でカスタムメソッドにアクセスします。

カスタムメソッドの開発には、3 つの簡単なステップがあるだけです。以下では、歯車設計を例にして、これらのステップについて説明します。



材料の適用

```
</Action>
<Action name="Apply Materials" type="ManageMaterials" id="ID_MyMaterials_1">
  <Assistant>
    <Elem>
      <Text>Apply a Material.</Text>
    </Elem>
  </Assistant>
</Action>
```

```
</Action>
<Action name="Create Procedure" id="ID_MyProcedure">
  <Commands>
    <CommandHeader headerId="SMAExsStaticStressHdr">
    </CommandHeader>
  </Commands>
  <Assistant>
    <Elem>
      <Text>Create a static stress analysis step.</Text>
    </Elem>
  </Assistant>
</Action>
```

プロシージャの定義

ステップ 3 : カスタムメソッドの配備

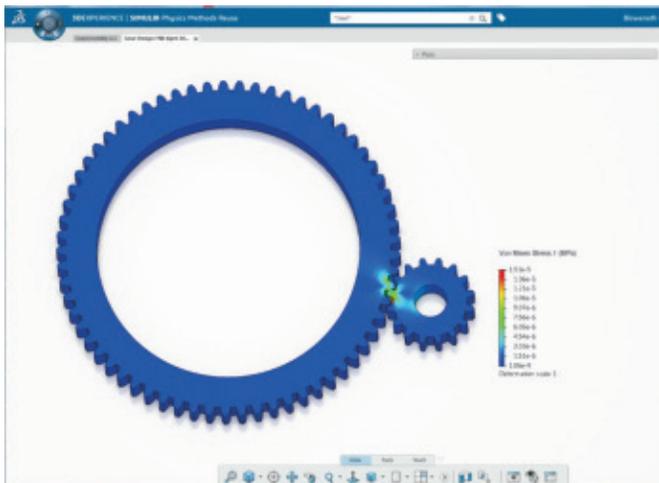
ユーザーは 2 つの方法でカスタムメソッドを配備できます。

1. ダイレクトアプローチによるカスタムメソッドの配備
最初に、下記のコマンド行からなるインデックスファイルを作成します。このインデックスファイルは、事前に定義された、**D:\users\fni\CustomsMethod** フォルダに格納されたカスタムメソッドファイル (Geardesign.xml) にアクセスしています。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<Index>
  <Method name="Structural"
    description="Gear Design Method"
    file="D:\users\fni\CustomsMethod\
    Geardesign.xml">
  </Method>
</Index>
```

このインデックスファイルを SMAMpaMethodIndex.xml という名前で [install directory]\win_b64\reffiles\SimulationProducts\ に保存してください。

2. データセットアプローチによるカスタムメソッドの配備
最初に、カスタムメソッドファイルを VPM ドキュメントとしてアップロードすることにより、VPM ドキュメントを作成します。そして Dataset アプリとリソーステーブルオプションを用いて、この VPM ドキュメントにアクセスします。



この 3 番目のステップが完了すると、Physics Method Reuse アプリを使用して、歯車設計のカスタムメソッドを配備する準備が整います。最初に CAD モデルをオープンし、次に Physics Method Reuse アプリを立ち上げます。アプリが起動すると、図に示すように、スクリーンの右側にアクションパネルが現れます。これによってユーザーは、この構造解析問題をわずか数クリックで解くことができるようになります。

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com/simulia

3DEXPERIENCE のトレーニングがさらに必要ですか？

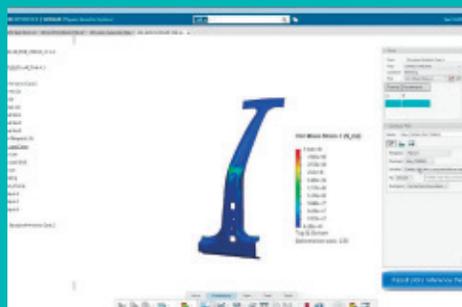
全てが新しくなった SIMULIA ラーニング・コミュニティにアクセスして、3DEXPERIENCE プラットフォームのパワーを探索してみましょう。SIMULIA ラーニング・コミュニティには、皆様が製品の性能、信頼性、安全性を向上させることに役立つ、さまざまなトレーニング資料や入門資料があります。

3DEXPERIENCE プラットフォームを特集した最新のオンラインセミナー「Design and Optimization of Composite Structures on the 3DEXPERIENCE platform」では、プラットフォーム上の SIMULIA アプリを使用して、初期のサイジングから製造工程まで、複合材設計のあらゆる側面を最適化できることがお分かりになると思います。

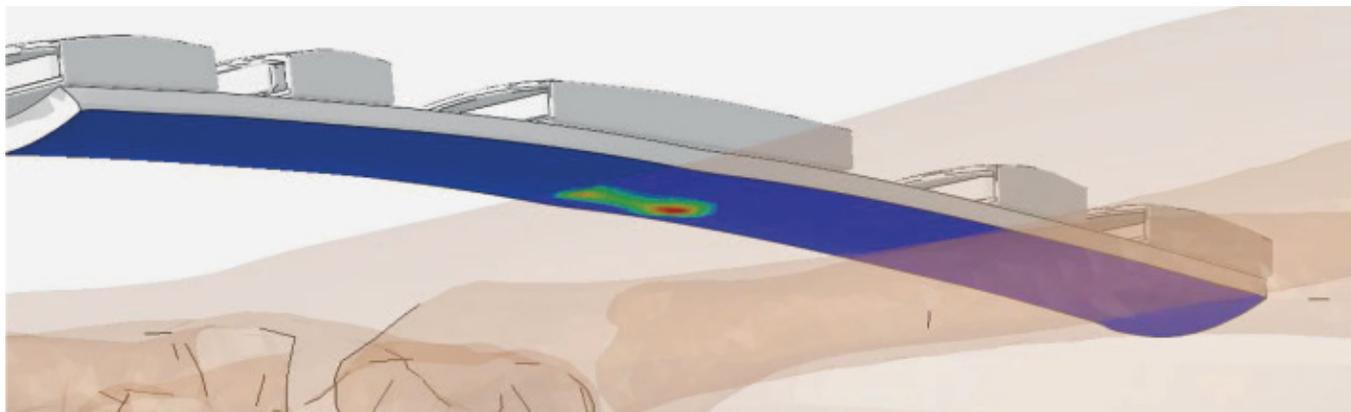
自動車の B ピラーを例にしたこのオンラインセミナーの目的は、3DEXPERIENCE プラットフォームが、複合材コンポーネントの設計と製造に携わるすべての関係者の協調の基盤となることを示すことであり、それによって彼らは、最終設計案がすべての重要要件を満たすように協力して取り組むことができるようになります。また、3D 設計を核とした一貫性のある共通データモデルは、すべての重要要件を同一環境で管理するために必要な統合化を実現することで、設計最適化スタディやトレードオフ検討において極めて重要となる意志決定を支援しています。

SIMULIA ラーニング・コミュニティは、構造の物理特性やプロセスのアプリその他についての秘訣やヒントも特集しています。詳細については、www.3ds.com/slc をご覧ください。

3DEXPERIENCE プラットフォームに関する次回のオンラインセミナーについては、<http://www.3ds.com/events/allseminars/?brand/simulia/k/3DEXPERIENCE+Simulation+2+Democratization> をご覧ください。



CST 社の協調型電磁設計がもたらす 包括的ソリューション



電磁気学が現代社会の発展の原動力となっています。プラグをコンセントに差し込むだけで、あるいはスイッチを押すだけで、さまざまな奇跡が起きます。もちろん、それは魔法でも何でもなく、まさしくエンジニアリング科学の為せる業なのです。基礎となるのは、ジェームズ・クラーク・マクスウェルが 150 年前に発表した方程式であり、それは電磁現象のすべてを記述しています。この方程式は非常にコンパクトな形式にまとめることができるのですが、それらを応用すると、ほとんどの場合、とても厄介です。そして、それを解決したのが数値シミュレーションです。

我々 CST (Computer Simulation Technology 社) は、今日、業界で最も包括的な電磁界シミュレーション製品の提供者であることを誇りにしています。CST STUDIO SUITE® ソフトウェアの一連のソルバーには、静電磁界から光学領域に至るまで、各種のシミュレーション手法が組み込まれており、統一された使い易いインターフェースを通じて、さまざまな電磁界問題を解くことが可能です。電気通信、防衛、自動車、エレクトロニクス、ヘルスケアといった、多様な産業のリーダー企業が名を連ねる顧客ベースからも分かるように、CST STUDIO SUITE は、規格や納期を予定通り効率的に達成する上で、多くの R&D 部門の必須ツールとなっています。皆様自身も、おそらく CST のソフトウェアで設計された機器やツールを使用したり、その恩恵を受けたりしていることでしょう。

アンテナやフィルターなどの伝統的なマイクロ波問題や高周波問題だけでなく、現在では、電磁システム全体をシミュレーションし最適化する能力がますます重要になっています。このようにシステムの観点から検討すべき問題としては、実稼働環境に置かれたアンテナの性能や、高磁場 MRI コイル内での、血流による伝熱効果も考慮した患者の放射線安全管理などが挙げられます。一般に、仮想プロトタイプ段階で最終製品の EMC/EMI コンプライアンスを予測することは、電磁シミュレーションソフトウェアにとって難易度の高い問題であり、我々も、お客様がそうした難問を克服できるようにサポートしています。

電磁現象は単独で生じるものではありません。実環境においては、電磁界は多かれ少なかれ他の物理領域、特に構造力学や熱力学的現

象と強く連成しています。我々は、やりとりすべき情報あるいは物理量に基づいて、さまざまな協調設計の方法論を以下のように定義しています。

- 単なる共同設計では、構造チームと EM チームがほぼ独立して作業します。出来上がった製品は、それぞれの要件に適合していなければいけません。
- コンカレント設計では、より緊密なコミュニケーションとデータ交換のフローが必要です。ある物理分野での変化が、他の分野では機器の性能に直接影響を与えるかもしれません。
- 複合領域最適化では、採用したすべてのシミュレーション手法に連続してアクセスする必要があり、それはシミュレーション管理プラットフォームで計画することができます。
- 最後に、完全なマルチフィジックス連成シミュレーションがあります。たとえば誘導加熱問題では、温度変化が直ちに材料の電気伝導率に影響を与え、構造変位も引き起こすでしょう。そのため、関係するソルバーは、構造、メッシュ、および場のデータに対して直接かつ相互にアクセスできなければいけません。

2015 年 5 月、我々はダッソー・システムズと提携を結び、CST® の 3D 電磁シミュレーション技術をダッソー・システムズの 3DEXPERIENCE プラットフォームに組み込むことで合意しました。これによってユーザーは、機器の機能性を幅広い周波数レンジで模擬できる電磁挙動モデルを作成し解析できるようになります。こうした能力は、ハイブリッド車の駆動伝達系やウェアラブル電子機器など、それぞれの分野のマルチフィジックス課題の解決に向けて、3DEXPERIENCE プラットフォームのシミュレーションアプリケーションを強化するものとなります。

それ以来、我々は協調設計や連成シミュレーションのワークフローに対するデモを行ってきました。我々は今後も、最も多機能なソリューションを市場に提供するため、こうした協調設計手法のあらゆる側面を強化していく予定です。

詳細は以下をご覧ください
www.cst.com

SGI 社の HPC システムによる 製品設計の促進

メーカー各社は、製品設計サイクルの全体を通じてコスト削減と品質向上の強い圧力にさらされています。しかし、ダッソー・システムズの SIMULIA ブランドが提供する Abaqus® のような仮想プロトタイピングソフトウェアと、SGI® が提供するハイパフォーマンス・コンピューティングシステムを使用することで、高価な試作品の製作に取り組む前に、設計案の構造的完全性を検証できるようになります。

SGI は、メーカー各社がエンジニアリングの生産性を最大限に高め、製品化までの期間を短縮できるよう支援するため、さまざまな分野の CAE ワークロードにベストマッチする HPC サーバー、ソフトウェア、ストレージ、そしてサービスからなる柔軟性の高いフレームワークを提供しています。さらに SGI は、この分野での実績に加えて、主要な CAE アプリケーションにおいても長年にわたって専門知識を蓄積してきました。こうした能力のすべてが、SIMULIA との強固な技術協力関係に支えられています。

そのため、SGI は SIMULIA と協力して「Abaqus® ユーザーのための SGI® Technology Guide」を発行しています。この SGI 技術ガイドの目的は、Abaqus ソフトウェアの実行に最適な HPC ハードウェアを選定する際に、お客様が十分な知識を持って選択できるように手助けすることです。



このガイドでは、3 種類の SGI プラットフォーム、すなわち SGI® Rackable® クラスタ、SGI® ICE™ XA クラスタ、および SGI® UV™ 3000 Shared Memory Parallel (SMP) プラットフォームで Abaqus を実行したときのパフォーマンスを検証しています。これら 3 つのスーパーコンピュータ上でのパフォーマンス結果を提示するとともに、マルチコア Intel® プロセッサを使用することの利点、異なるネットワークポロジリーのトレードオフ、NVIDIA® の計算用 GPU デバイスの性能、そして SGI® MPI PerfBoost の利用についても説明しています。また、HPC プラットフォームで Abaqus を実行するときのサイジングの指針と推奨事項も含まれています。

このガイドで用いられている Abaqus モデルは、Abaqus の各リリースに同梱されているものです。共通のデータセットを使用したのは、さまざまなプラットフォーム上でのシステムパフォーマンスの評価方法を明らかにして、一般性のあるパフォーマンス比較を可能にするためです。

詳細は以下をご覧ください

To download the free SGI Tech Guide, please visit www.sgi.com/abacus

GRANTA 社が支援する CAE 材料データの準備、管理、 および活用

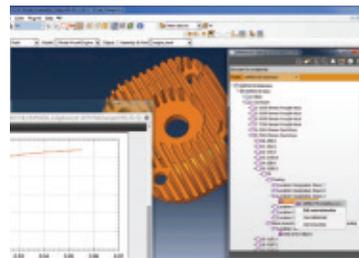
材料の情報管理はシミュレーション・ライフサイクル全体にわたって極めて重要であり、コンピュータ支援エンジニアリング (CAE) の成功と、迅速化、高精度化に決定的な役割を果たします。Granta Design 社は CAE 材料データの収集と管理ならびに利用を促進するためのソフトウェアツールを開発することで、皆様がシミュレーション投資から最大の利益を引き出せるよう支援しています。

GRANTA MI™ は、エンジニアリング企業の材料情報管理に役立つ優れたシステムとして、材料およびプロセスに関するデータの収集、検査、分析、そしてエンジニアやシミュレーション解析者間の安全なデータ共有を可能にします。また、GRANTA MI:Materials Gateway™ は、GRANTA MI に格納された自社の専有データに対する直接アクセスを可能にしていますが、それは包括的な材料参考情報ライブラリへのアクセスによって補完されます。

SIMULIA と協力して開発された Abaqus/ CAE® 内の MI:Materials Gateway ウィンドウでは、利用可能な材料の検索と閲覧、データシートの表示、および材料モデルの選択と CAE 環境への直接インポートが可能であり、トレーサビリティ情報は完全に維持され、データ転送に起因したエラーの恐れもありません。

Granta 社はお客様と協力して MI: Materials Gateway を継続的に改善しています。バージョン 4 では、パフォーマンスとユーザーエクスペリエンスが改良され、材料の検索と CAE データのインポートが高速化され簡素化されました。また、追加のワークフローオプション

ンを使用すると、CAE データのインポートがさらに柔軟かつ強力なものになります。たとえば、パラメータ化された関数データの取り扱いが改善され、ユーザーは必要とするデータのパラメータ値 (温度など) を指定できるようになります。プレビューモードでは、インポート前に材料モデルを確認することができ、特性値の編集、欠落したデータの補充、コメントの追加も可能です。インポートした後、GRANTA MI データベースの材料レコードに変更が加えられると、ユーザーは電子メールで通知を受けることができ、シミュレーションを更新すべきか検討できます。



GRANTA MI:Materials Gateway™ for Abaqus/ CAE® のスクリーンショット。MI:Materials Gateway ウィンドウを通じて、材料データシートの検索と閲覧、材料特性値の検査、適用すべき材料モデルの選択、そして CAE モデルへの直接適用が可能です。

GRANTA MI:Data Analysis Apps™ はシミュレーションに入力する材料データの準備に役立ちます。ユーザーは自社の GRANTA MI システム内にあるデータを分析して、たとえば、実験結果からシミュレーションデータを導出することやモデルフィッティングが可能です。MI:Scripting Toolkit を用いることで、Granta 社あるいは自社の MATLAB® または Python™ プログラマーと協力してアプリを書くことも可能です。このように、ユーザーは自社のデータを最大限に活用しながら、正確で矛盾がなく、再現可能な計算を保証することができます。

詳細は以下をご覧ください

www.grantadesign.com

地域別ユーザーグループ会議

会議のシーズンがまもなくやってきます

SIMULIA 地域別ユーザーグループ会議は、SIMULIA を成功に導く人々、すなわちユーザーの皆様を支援するための催しです。SIMULIA は毎年秋に、産業界と学界の皆様が集合して、プロダクト・イノベーションを加速し改善する最新のシミュレーション技術や手法について学ぶことのできる場を提供しています。昨年は、3,500 名以上の方々が世界各地で開催されたこれらの会議に出席されました。2016 年度の日程、開催地、アジェンダがまもなく発表されます。これらは地域別会議であるため、我々は各地域の動向やマーケティング状況に合わせて内容を調整すること、また地域の言語で情報を提供することが可能です。是非このチャンスを生かして、皆様の体験を披露し、シミュレーションコミュニティの注目を集めてはいかがでしょうか。詳細については、www.3ds.com/rums をご覧ください。





分子構造のモデリング

インペリアル・カレッジの研究者は、強くて軽い材料に応用されるグラフェンその他の炭素系構造体の挙動のシミュレーションに Abaqus を使用しています

2010年、アンドレ・ガイムとコンスタンチン・ノボセロフの両名が、グラフェンの分離および解釈に関する研究でノーベル物理学賞を受賞しました。グラフェンとは、炭素が二次元的に結合したハチの巣状の構造体であり、炭素原子1個分の厚さしかありません。この物質が最初に理論化されたのは1世紀近くも前なのですが、近年発見されたカーボンナノチューブの構造、さらにはバックミンスターフラーレン（別名、バッキーボール）の構造を説明するために、1987年になってようやく、グラフェンという名称が与えられました。しかし、ガイムとノボセロフが、今では“スコッチテープ”法として知られるようになったマイクロメカニカル劈開法を利用して、初めてグラフェンの単結晶を分離することに成功したのは2004年になってからのことでした。

グラフェンは素晴らしい物質です。鉛筆の芯から人間のDNAまで、あらゆるところに存在し、スチールよりも重量比で100倍強く、しかもはるかに高い弾性率を有します。ガイムとノボセロフによれば、仮にグラフェンで1平方メートルのハンモックを作ったなら、それは飼ひ猫が乗って昼寝できるほどの強度があるにもかかわらず、猫のひげ1本より軽く、ほとんど肉眼で見えることはできません。また、グラフェンの電気伝導率は銅よりも高く、10倍速く放熱し、事実上の気密性を有します。そのため、半導体、燃料電池やバッテリー、ガス検知器、太陽電池パネル、そして特に複合材料など、応用の可能性はあらゆる分野に広がっています。

そして、この複合材についての可能性が、Silvestre Pinho氏の仕事の活力になっています。

シミュレーションによる研究

Silvestre Pinho教授は、ロンドンにあるインペリアル・カレッジの工学部航空宇宙工学科に所属しています。彼と彼が指導する博士研究員と博士課程の学生からなるチームは、SIMULIAのAbaqus有限要素解析（FEA）ツールを使用して、グラフェン、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）、その他同種材料の構造設計とシミュレーションについて研究しています。彼らのゴールは、微細加工されたマイクロ構造体を利用して、複合材料の強度、破壊応答、および損傷許容性を改善することです。彼らの研究内容を分かりやすく説明すると、個々のレンガの内部構造を操作してより頑丈な家を建てること、あるいは、分子レベルからシャシーや車体パーツを設計してより安全な車を作ることです。

実際、チームの研究成果となりそうなものは、この2番目の応用分野です。こうした新素材の利用が期待されているものとしては、たとえば、航空機の胴体、レースカーの車体、風力タービンやヘリコプターのブレードなどが挙げられます。そして、このようなマイクロ構造で補強された複合材の製造プロセスが実用化され、製造コストも下げることができたなら、いつかはいろいろな日常製品にも使用される日が来るだろうとPinho氏は想像しています。

「現在すでに、電気自動車などで炭素繊維が使われていますが、1つの限界は破壊靱性です」と彼は話しています。「大型の構造コンポーネントがあるところには、必ず幾何学的な不連続性が存在します。たとえば、航空機胴体とエンジンカバーの交差部や、乗用車の窓枠部であり、それらは衝突時や過負荷時に破損しやすい領域です」

早くからの Abaqus ユーザー

Pinho氏はポルトガルのポルト大学で学び、機械工学の修士号を取得しました。彼が研究のためにAbaqus有限要素解析（FEA）を使うようになったのは、そのときが最初でした。2年後、彼はロンドンのインペリアル・カレッジに進学し、複合材料の力学応答のシミュレーションで博士号を目指しました。しかし、博士号を取得する直前に、教員として大学に留まるよう依頼され、それ以来現職を続けています。「複合材の衝突時の破壊挙動に関する研究で博士号を取得しようとしていたとき、別のFEAソフトウェアを使ったのですが、最初の受託研究プロジェクトをきっかけにAbaqusに戻りました。そしてこの5年間はAbaqusだけを使っています」と彼は話しています。

Pinho氏がエンジニアになったのは、数学と物理が得意だったことと、それが理論科学と実現象をバランス良く経験できる道だと感じたからだそうです。しかし、ガイムとノボセロフの発見のニュースが広まったとき、彼はこの新しいグラフェン素材の使い道について考えるようになりました。「私は、今後数十年のうちに、これで何か面白いものが作れるようになるはずだと思いました。そうすると、その特性をシミュレーションして特性を分析する必要性がすぐに生じます。そのとき私のAbaqusに対する知識がきつと役立つでしょう。そのことに気付いた私は、その後数年間かけて、Abaqus有限要素の枠組みのもと、グラフェンなどの炭素系構造体のシミュレーションに必要な分子動力学コードを開発したのです」と彼は話しています。

適切なレベルのシミュレーションにプラグイン

彼のプロジェクトは、決して数個の炭素原子だけをシミュレーションするものではありません。Pinho氏は「大型のサンドイッチ構造が、局所破壊を生じさせるような局所的荷重を受ける場合」の力学応答について研究しています。それは、たとえば炭素繊維でできた航空機翼に対するバードストライクや、太陽電池パネルの電による損傷などの事象を意味します。彼は、このような三次元構造を表現する場合、マクロレベルでは粗いモデルにして、マイクロサイズの詳細モデルは内部の損傷が生じる場所に限定する必要があると話しています。

「こうしたタイプの問題に役立つ、さまざまな定式化があり、そのいくつかはAbaqusにもデフォルトで組み込まれています。より有効な方法の1つは、解析に異なる長さや時間のスケールを取り込めるようにすることです。たとえば、Abaqus/Explicitでは破壊ゾーンの実質的なズームアップが可能であり、それは非常に高いレベルの

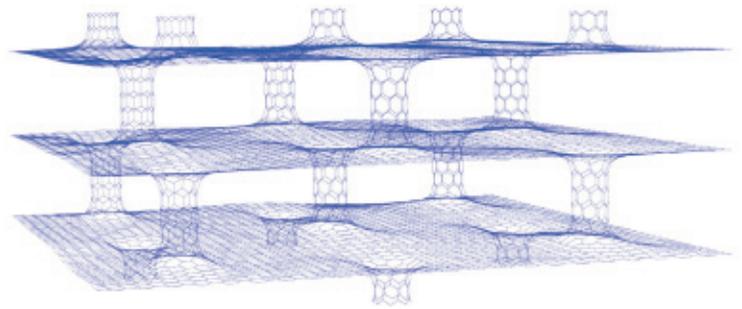
識別能力を持っています。そして、そこから遠く離れたところでは Abaqus/Standard を用いることで、かなり大きな三次元物体でも、低い解像度でモデル化できます」と Pinho 氏は説明しています。

Abaqus のユーザーインターフェースは“プラグイン”が容易であるため、Pinho 氏と彼のチームは、このソフトウェアのオリジナル機能を補完し拡張する独自のサブルーチンを開発することができました。「ユーザーサブルーチンに対応した Abaqus のインターフェースは、細部まで良く仕上がっており、さまざまな自由が与えられています。それは非常に強力であり、我々にとって鍵となる重要な機能です」と彼は話しています。

メッシュ間の“握手”

もう 1 つの課題は、マイクロ構造のシミュレーションに用いられる異なるメッシュ間の“ハンドシェイク領域”を正確に表現することです。この領域で、微小スケールのモデルと大スケールのモデルが事実上連結されます。そのため Pinho 氏と彼の学生は Abaqus で各種のメッシュ重ね合わせ法を試してみました。その結果、高精度を保ちながらも、そうした複雑な解析の計算時間を大幅に削減できる方法を開発することができました。

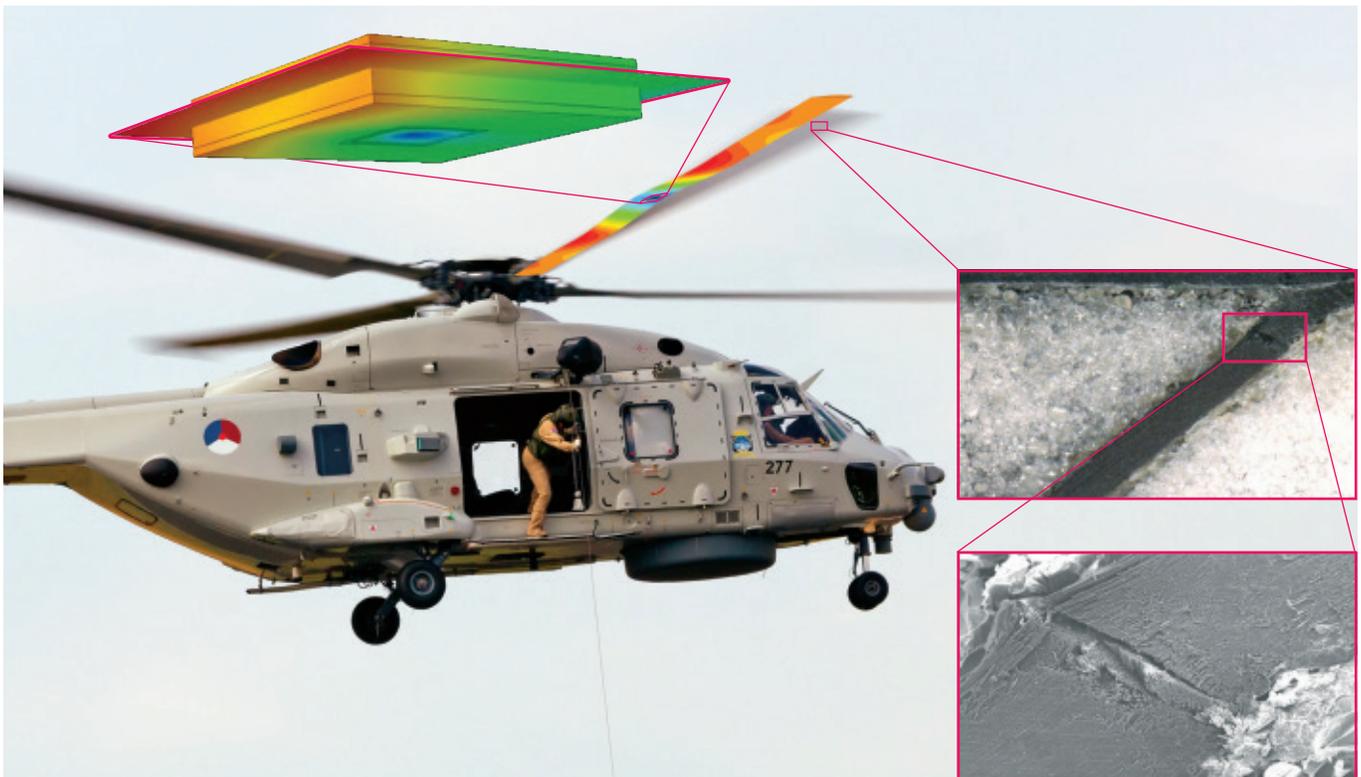
「メッシュ間のハンドシェイク領域を作成する能力は、我々の研究にとって非常に重要です。それがなければ、大型構造とその元となる材料のマイクロ構造を同時にシミュレーションすることは極めて困難になるでしょう」と Pinho 氏は話しています。



グラフェンの脆性を改善する理論モデルの例。このモデルでは、複数のグラフェン層がカーボンナノチューブで結合され、頑丈な三次元構造を形成している。

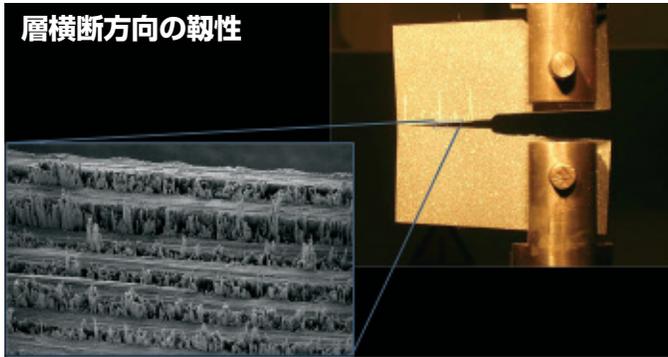
Abaqus の新機能開発に貢献

Pinho 氏はこの複雑な研究の全体を通じて SIMULIA と協力してきたのですが、それは Abaqus ソフトウェアの開発方向にもある程度の影響を与えました。「たとえば、SIMULIA が新しいファントムノード法をリリースしたとき、私は他の研究者たちと一緒に、この新たな手法に我々の破壊発生基準を組み込んで欲しいと思ったことがありました。SIMULIA は私にインターフェース案を提出するよう勧め、後にその案が認められ、ほどなくベータバージョンとして私に引き渡されました。これによって、これまで可能だったレベルをはるかに超える迅速さで、さまざまな破損の可能性を調査できるようになりました」と彼は話しています。

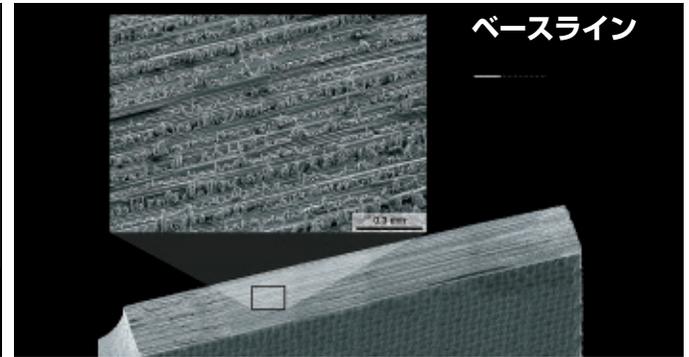


大型のヘリコプターブレードへの低速衝撃。ブレード断面はピン補強された複合材サンドイッチ構造でできている。この実環境における炭素繊維の使用例は、大型複合材構造の破損が、微視的レベルで開始されることを示している。

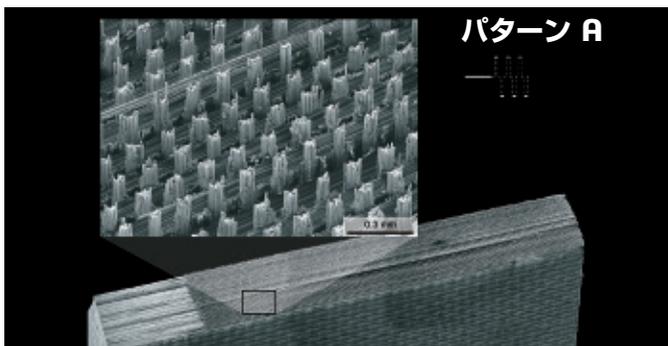
Academic ケーススタディ



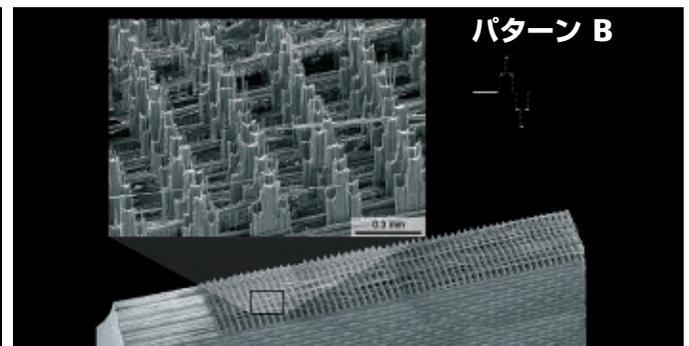
層横断方向の破壊靱性の測定には、試験片（中央）を引き裂くための装置（右）が必要である。これによって炭素繊維（左）の管理された破壊が可能になる。



Pinho 氏のマイクロ構造試験でベースラインとして用いられた標準的炭素繊維材の電子顕微鏡による断面写真。個々の繊維のランダムな破壊パターンに注目のこと。



パターン A は、設計された炭素繊維マイクロ構造の層横断方向破壊に与える影響を良く説明している。すなわち、規則的で予測可能な繊維引き抜きによって、材料の靱性が大きく向上している。



高層ビル状のパターン B は、数段階にわたって破壊が進展するため、材料の層横断方向の靱性と切り欠き強度がさらに向上する。製造技術がさらに洗練されると、より複雑な構造の開発が可能になり、超高強度で靱性の高い軽量な材料が実現する。

Pinho 氏が現在行っている Abaqus を用いた研究の大部分は、炭素繊維強化複合材のマイクロ構造の変更をテーマとしていますが、同時に、この研究はグラフェンを用いたナノ構造設計にも役立つ、いくつかの貴重な教訓をもたらしています。グラフェンの分子レベルでの物理や力学的相互作用は、炭素繊維でできた航空機コンポーネントとは明らかに大きく異なります。しかし Pinho 氏は、それぞれの根本を理解することが炭素系物質の破壊靱性を向上させる上で不可欠であると話しています。

「我々は Abaqus の数値計算法について学び、有限要素コードの各機能がどのように体系化されているか調べました。その結果、個々の原子の相互作用から導かれる方程式を、どのように表せば Abaqus が解く方程式と形式上同等となるか理解することができました。これらのすべてが Abaqus 自体の有限要素の枠内で行えると分かったことが、我々の研究にとって極めて重要な点でした。それは実に強力なツールです」と彼は話しています。

マイクロ構造を強靱性化する

スチールより 10 倍も高強度な物質であれば、衝撃対策は不要のように思われますが、グラフェンにも、それほどではないにしても炭素繊維にも弱点があります。それは脆性です。二次元構造のグラフェンでは、グラフェン結晶間のファンデルワールス結合が、書類の束に指を突っ込むのと同じくらい実に簡単に壊れます。また、炭素繊

維複合材は、層間剥離や衝撃ひび割れ現象が生じやすいことで知られています。

どちらのケースも、Pinho 氏はマイクロレベルさらにはナノレベルで、これらの材料構造を抜おうとしています。彼は、2 枚のグラフェンシートを一連のカーボンナノチューブで結合すれば、その亀裂抵抗が大幅に向上するという、ある理論的可能性を指摘しています。より現実的な例としては、Pinho 氏と彼の同僚が炭素繊維複合材料に高分子マイクロ構造を構築して、そのエネルギー散逸能力を向上させたことが挙げられます。

「基本的に、我々は材料が硬化する前に個々のプライのマイクロ構造を変更しています。その最終結果は、ベースラインの炭素繊維材よりも破壊靱性が 560% も高い材料です。我々はそれが可能であることを実証してきましたが、次のステップは工業規模でそれを行うことです。うまくいけば、今後数十年のうちに、ナノスケール構造を設計し、それらを調整して、必要とされるどのような機械的性質も作り出せるようになるかもしれません」

詳細は以下をご覧ください

<http://wwwf.imperial.ac.uk/aeronautics/research/pinholab/>

SIMULIA スポットライト:John Draper

John Draper は SIMULIA の fe-safe の創始者であり担当ディレクターです。fe-safe は 2013 年にダッソー・システムズ製品の一部となりました。彼は疲労設計や寿命評価の分野の第一人者であり、世界中のソフトウェアカンファレンスで常連のプレゼンターでした。彼は引退を前にして、5月にボストンで開催された「Science in the Age of Experience (エクスペリエンス時代におけるサイエンス)」カンファレンスに登壇し、彼がこれまで培ってきた英知を出席者の皆様に披露しました。以下は、最近 SIMULIA Community News (以下 SCN) が行った彼へのインタビューの内容です。

SCN: どうして疲労の仕事をするようになったのですか?

John Draper: 私は昔から飛行機に興味があったのですが、航空機会社で研修生をしていたときに、疲労設計チームに所属しました。そのテーマが非常に面白そうだったので。なぜなら、疲労問題というのは自分が取り組んでいるパーツだけでなく、飛行機全体で起きていることについても詳しく知る必要があるのです。私は改良法の開発を担当し、1970年代の初めに簡単な疲労寿命のコンピュータプログラムを書きました。私が受けた教育で最も有益だったのは、クランフィールド航空大学での先端エンジニアリングに関する2年間の大学院課程でした。それは理論と実際の設計プロジェクトを組み合わせれていたからです。

SCN: あなたは疲労分野の第一人者です。エンジニアが自分の所属する分野のエキスパートとなるには、どんな資質を身に付けるべきでしょうか?

DRAPER: 誰も真のエキスパートにはなれないのではないのでしょうか。人は学べば学ぶほど、さらに学ぶべきことがあると気付くものです。私は航空機と鉄道の金属疲労の分野一筋で来ましたが、この30年間は、主にソフトウェア開発とさまざまな業界向けのトレーニングコースに注力してきました。この間の幅広い経験が非常に力になっています。そのおかげで、現状はどうなっているのか、新しい方法論に向けてどんな可能性があるのか、ということを進んで疑問に思うようになりました。

SCN: ダッソー・システムズに買収されるまで、あなたの Safe Technology 社は何年ほど SIMULIA SCC に参加したのですか? また、ダッソー・システムズの一員となったことが、シミュレーションソフトウェアがもたらす力やユーザー体験をどのように高めていますか?

DRAPER: 我々は HKS 時代の 1998 年に Abaqus カンファレンスに参加して、1999 年の Abaqus カンファレンスではプレゼンテーションも行いました。ダッソー・システムズに買収される 15 年前のことになります。そのとき HKS はすぐに fe-safe を製品として販売する決断を下しました。このことは、我々が fe-safe を広める上でとても重要でしたし、我々の信用も確実に向上しました。

近年、シミュレーションソフトウェア市場が拡大し、専門技術者だ

けでなく設計エンジニアも取り込んできています。ユーザーは一連のプログラムを自ら起動することなく解析したいと思っています。彼らはそのためのユーザーインターフェースを必要としており、それをシームレスに使いたいです。また、設計者はいろいろなコンポーネントに対して、応力、温度、振動モードなどを計算していますが、究極の目標は疲労強度の評価です。fe-safe はこの機能をダッソー・システムズのシミュレーション製品に追加しています。

SCN: あなたは疲労寿命の予測精度が 1950 年代以来、格段に向上してきたと述べていますが、なぜ、どのようにしてそうなったのですか?

DRAPER: 1 世紀以上もの間、疲労評価は、公称応力を用いた単純計算でしかなく、経験的な係数を用いることで何とかして妥当な寿命推定値を得ようとしてきました。これらの係数は、多くの場合、推定が非常に困難で、しばしば過去の設計の経験から導かれていました。つまり、それらが妥当な適用範囲を超えていても、誰も分からなかったのです。現代の疲労解析は、実際は 1950 年代に開発が始まったのですが、主要なアイデアのいくつかは 1900 年代前半まで遡ることができます。目標は、経験的な補正係数を、もっと科学的なもので置き換えようとするのでした。fe-safe では、どのような補正係数も必要ありません。

SCN: 引退後のプランをお聞かせください。

DRAPER: たくさんあり過ぎて困っています。私は昔から山歩きが大好きで、ほんの少し登山もします。サイクリングもしています。2 回ほど、スコットランドの北岸を小さなボートで巡るセーリングの手伝いをしたことがあり、今年 9 月にはもう一度セーリングに行く予定です。私の愛車は小さな MG スポーツカーですが、現在、1930 年代製ジャガー・ツーシーターのレプリカをのんびりと組み立てています。コンサート、美術館、演劇も楽しんでいます。私には 3 人の子供と 3 人の孫がいます。まだ聴いていない CD や読んでいない本もたまっています。

SCN: 若手エンジニアに対し、彼らの職業の未来、あるいは個人としてどのようにキャリアパスを築いていくべきかということについて、何かアドバイスはありますか?

DRAPER: エンジニアリングは、最もエキサイティングでやりがいのある職業の 1 つだと思います。この業界は、コンピュータパワーのおかげもあって、急速に変化しています。イノベーションに満ち溢れており、これらのイノベーションに貢献する機会も多数あります。アドバイスするのは苦手なのですが、本当に興味を持てるエンジニアリング領域を見つけることから始めるのが良いと思います。そして、そのテーマに関する本をできる限り多く読み、情熱を注ぎ、新しいアイデアを積極的に受け入れ、常に探究心を持ち続けるようにしてください。



トレーニングスポットライト

トレーニングスポットライト:マルチボディシミュレーション

初期の概念設計から製造そして再設計まで、マルチボディシミュレーション (MBS) の利用は、エンジニアがシステムを完全に理解して最適化し、試作実験の必要性を大幅に削減し、製品開発期間を短縮し、そして製品の品質と寿命を向上させることに役立ちます。すなわち、マルチボディシミュレーションによって、質の高い製品を時間的にも物質的にも効率良く開発できるようになり、結果として、設計、製造、メンテナンスの全コストが削減されるため、メーカーとしての競争力が向上します。

SIMPACK

SIMPACK は、あらゆる機械系またはメカトロニクス系の動的解析に利用できる汎用のマルチボディシミュレーションソフトウェアです。これによってエンジニアは、非線形 3D モデルを作成し解析することで、運動、結合力、応力などの予測と可視化が可能になります。Simpack は多種多様なハイエンドのモデリング要素を提供しています。それらは、自動車、エンジン、HiL/SiL、動力伝達装置、鉄道車両、風力エネルギーの各分野のニーズに合わせて調整されていますが、どのような機械エンジニアリング分野にも適用可能です。Simpack シミュレーションソフトウェアは、特に高周波領域の過渡解析に優れており、音響域のレベルまでカバーしています。

SIMPACK トレーニング

SIMULIA は、マルチボディモデルを効果的にセットアップし解析する方法や、Simpack のハイエンド機能の活用法を習得するための、各種の Simpack トレーニングコースを準備しています。

Simpack 基本 (2日間クラス)

このコースは、初めて Simpack に取り組もうとするユーザーを対象としています。マルチボディシミュレーションの経験者でなくても問題ありません。トレーニング内容はすべて基礎的なものです。すでに Simpack の経験がある方でも、復習のため、あるいは新機能の習得のために参加してみる価値はあります。

Simpack 弾性体 (1日間クラス)

弾性体トレーニングクラスでは、有限要素モデルを Simpack にインポートする方法、計算時間の効率化、応力計算を含む結果のポストプロセッシング、そして SIMULIA fe-safe のような疲労ソフトウェアへのエクスポート方法を説明します。これによって、構造体の弾性を考慮できるようになります。このコースでは SIMBEAM についても説明します。これは Simpack に内蔵されている、線形および非線形 3D ビーム構造専用の有限要素ツールです。

Simpack Automotive (1 日間クラス)

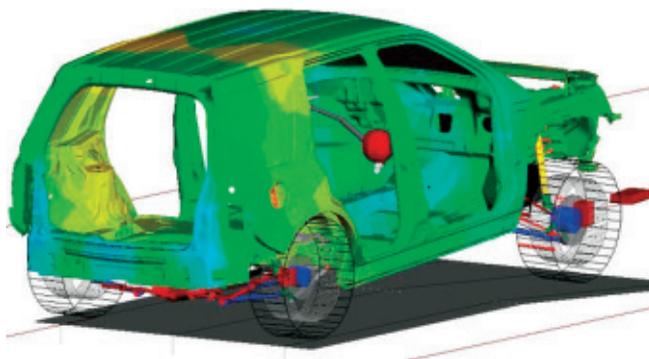
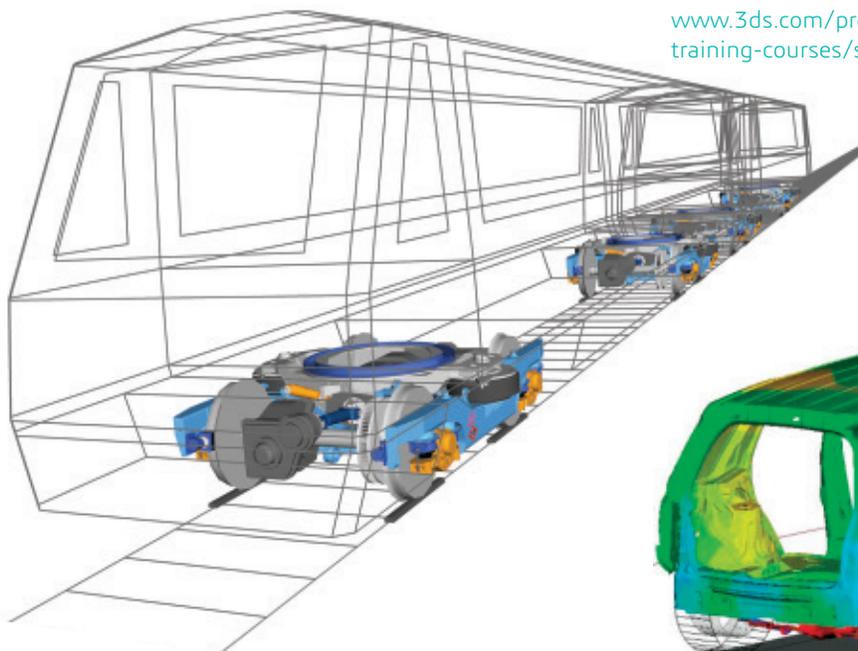
Simpack Automotive トレーニングコースでは、Simpack の自動車データベースを使用した車両モデルのセットアップ方法と、このデータベースに対するユーザーモデルの追加方法を説明します。また、Simpack の自動車向け要素 (タイヤ、路面、操舵制御装置など) についても紹介します。

Simpack Rail (2 日間クラス)

このクラスでは、レールと車輪の接触モデリング方法、全体鉄道車両モデルのセットアップ方法、そして脱線、安定性、乗り心地などの重要解析タイプについて説明します。また、鉄道車両に特有な要素 (軌道、軌道不整、車輪とレールの断面) や、サスペンション要素についても紹介します。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/products-services/simulia/services/training-courses/schedule-registration/



Bob Johnson 氏:とてもユニークな ABAQUS ユーザー

長年の Abaqus ユーザーである Bob Johnson 氏は、機械エンジニア、NAFEMS インストラクタ、そして Benchmark 誌の編集者を務めた後、自身のコンサルタント会社 REAL FEA を立ち上げました。彼は、英国のエンジニアリング解析コミュニティにおける著名人の一人として知られています。しかし Johnson 氏は、レクリエーションの場においても、とてもユニークな方法で彼の独創的な才能を発揮しています。

SIMULIA Community News: 機械エンジニアになりたいと思うようになったのはいつ頃ですか?

JOHNSON: 私は発明家になりたいと思っていました。しかしそれが機械エンジニアになること、さらに言えば、どんな種類のエンジニアにでもなることと同じだとは気付きませんでした。私は発明がしたかっただけなのです。歯車が回り、カムが動き、バルブが開いたりするのを見ることや、そうした物を作ることに熱中していました。

SCN: 最初にシミュレーションについて教わったのはいつですか?

JOHNSON: 3 つ目の学位を取得するために勉強していたときです。弾性論を履修したのですが、大好きになりました。私は 80 年代初期の応力法による有限要素プログラムのほかに、自分でも FEA システムを書いてみました。メッシュはすべて手で作っていました。まだ物が無い段階で、何が起きるかを予測できるということが、私を魅了したのです。それはまるで将来を見通す能力のようでした。

SCN: Abaqus FEA ソフトウェアで仕事をするということについてどう思いますか?

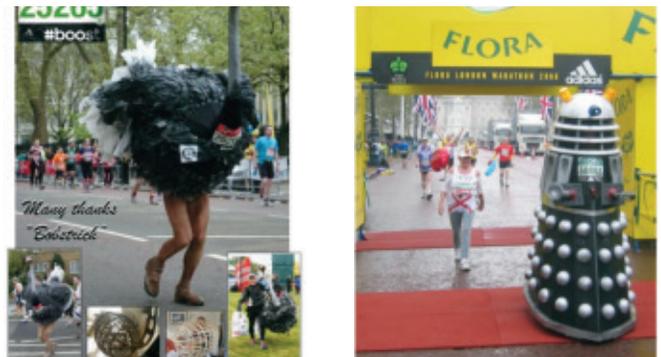
JOHNSON: 私は顧客が所有するソフトウェアは何でも使いますが、Abaqus システムの大ファンです。それはとても頼りになり、ロバストで、信頼できる素晴らしいソフトウェアだからです。正直に言って、このようなコードがなければ、私は起業しなかったでしょう。私は 1993 年頃から Abaqus を使ってきましたが、私にとって何が重要かと言うと、その正確さ、しっかりとした基盤、そしてやはり信頼性です。

SCN: 結果の見方が時代とともに変わってきたことについては、どのようにお考えですか?

JOHNSON: 私は徹底的な結果分析の信奉者です。Abaqus というのは実に大きな可能性を秘めています。最近では、このコードでできることが格段に増えて、ユーザーは非常に複雑なモデルを作るようになりました。しかし、常識が少し失われてきたように思います。私は単純なものに取り組むという、いわば“時代遅れな方法”の効用を信じています。すなわち、最初は 2D モデル、次が 2 種類の対称性を考慮した 3D モデル、そして次が恐らく本番モデル、さらに可能であれば 1/2 モデルという具合です。それは段階的アプローチと言えます。

SCN: 趣味のランニングについてお聞かせください。どのように発明家としての情熱を融合させていますか?

JOHNSON: 私は小さい頃から約 50 年間走り続けてきました。最近では、仮装してマラソン大会に参加しています。ロンドンマラソンでは、



(左) Bob Johnson 氏が 2015 年のロンドンマラソンで着た 21 ポンドの手製のダチョウ衣装。(右) Johnson 氏が以前のマラソンで着た連続テレビドラマ「ドクター・フー」に登場する「ダーレク」の 31 ポンドの衣装。

連続テレビドラマ「ドクター・フー」に登場する「ダーレク」に扮して走りました。この衣装は作るのに 6 か月ほどかかり、重さが 30 ポンド以上あって、車輪は付いていません。私はそれを着て 26 マイルも走らなければいけなかったのですが、絶対にあきらめませんでした。ほかにも、約 21 ポンドある自作のダチョウの衣装を着てマラソンに出場しました。この衣装もかなり重くて走るのが大変でした。私はダチョウのアイデアを 5 年間も温め続けてきたので、実現したときには、兄はもう私と一緒に走れなくなっていました。

SCN: あなたの独創的作品は、何か賞を受けたことがありますか?

JOHNSON: ギネスブックが私のダチョウの衣装に気付いて、私をギネス記録に登録したいと言い出しました。本来なら、ギネスブックに登録されるには 9~10 か月前に申請書を提出する必要があります。それなのに、彼らが私の衣装を見たとき、それが 20 ポンド以上もあることに驚いて、私のために新しい部門まで作ってくれたのです。彼らはそれを「立体的鳥衣装による最速マラソン」と名付けました。



(左) Johnson 氏が組み立てた大型の多孔構造。Benchmark 誌で特集され、SIMULIA の展示品となっている。(右) その小型模型。

SIMULIA ラーニング・コミュニティに アクセスして技能を高めましょう



シミュレーションの技能を高めて、組織のイノベーションを後押しすることが、一新された SIMULIA ラーニング・コミュニティによって簡単になりました。インターフェースが使い易くなり、より早くシミュレーションのゴールへ到達することに役立ちます。よりシンプルになった新デザインは、以下の通りです。

- 3DEXPERIENCE、材料モデル、カスタマイズ、アライアンスに焦点を合わせた新カテゴリー
- Abaqus、Tosca、Isight、fe-safe 等に関する最新オンラインセミナーの再生機能
- 特に学生ユーザー向けに設計されたチュートリアルとワークショップの拡充
- SIMULIA ソーシャルメディアへの我々の投稿内容が一か所で確認できる新しいソーシャルフィード機能
- 日本語とドイツ語に翻訳されたドキュメント（その他の言語も予定中）

今すぐ始めましょう!www.3ds.com/slc をご覧ください。