

SIMULIA

COMMUNITY NEWS

2017 年 5 月号 #16

イノベーションの促進



カバーストーリー

REVOLVE NTNU プロジェクト

目次

2017 年 5 月号

3 ごあいさつ

SIMULIA Growth 担当副社長 Sumanth Kumar

4 ストラテジー

拡大を続けるシミュレーションの可能性

7 カバーストーリー

ノルウェー科学技術大学の学生が“加速学習”の概念を根本から変える

10 カスタマースポットライト

オークリッジ国立研究所 Bernie Riemer 氏

12 将来展望

産業ソリューションの有用性 — ダッソー・システムズの産業別ソリューションのアプローチに込められた前向き思考

14 トレーニング

コンパニオン・ラーニング・スペース

16 アライアンス

Granta 社

17 Teachers at Dassault Systèmes

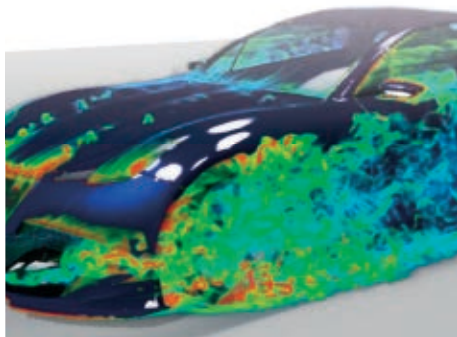
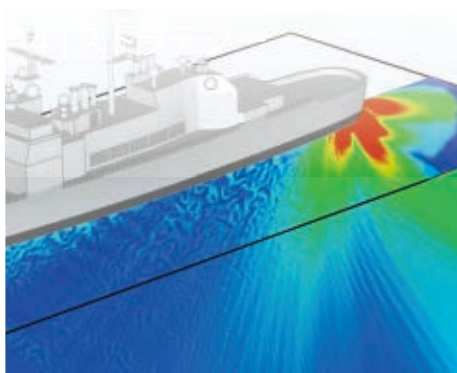
エキセントリック・エナジー

18 技術ヒント

積層造形のためのマルチスケール材料の設計

寄稿者: Parker グループ、Rebecca Sandstø 氏、Jacob Hayes Vigerust 氏、Christer Oldeide 氏、Jørgen Eliassen 氏 (Revolve NTNU)、Bernie Riemer 氏 (オークリッジ国立研究所)

表紙: Revolve NTNU チーム



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, 2017

 **SIMULIA**



テクノロジーの将来を思い描く

本誌は SIMULIA Community News の特別号であり、皆様がすでに昨年あるいは今年の「Science in the Age of Experience」会議に参加されていたとしても、改めて我々が新しい進路を定めようとしていることにお気付きになるでしょう。未来はどんどん近づいています。それどころか、もうそこまで来ているように思えることも多いため、準備を怠るわけにはいきません。本号では、こうしたことの多くの証拠が読み取れます。

SIMULIA、BIOVIA、および GEOVIA の潜在的相乗効果には（これら 3 チームがシカゴでのサイエンス会議に集合しました）、弊社の Bruce Engelmann が「拡大を続けるシミュレーションの可能性（4 ページ）」で論じているように、大きな期待を寄せています。我々は、原子から実物大に至るまでのさまざまな状況や、その間のあらゆる次元のリアルな挙動をシミュレーションできるようにしようと取り組んでいます。これが実現すると、どこで使用してもベストな状態で機能する製品を作り出せるようになるのです。

将来こうした強力なツール使うことになる工学系の学生たちは、早くもそれらを試しつつあり、その証拠にノルウェー科学技術大学では、学生チームが SIMULIA ポートフォリオの Abaqus、Tosca、fe-safe、Isight を使用して電動レースカーを設計しています（7 ページ）。また、オークリッジ国立研究所の Bernie Riemer 氏のような創造力に富んだ非常に経験豊かなエンジニアも、SIMULIA ポートフォリオを使用してパルス中性子ビームの発生問題を最適化し、さまざまな科学的調査をサポートしています（10 ページ）。

製造業の未来に目を向けると、極めて明白となったのは、これまで不可能であった形状を既成概念にとらわれることなく製作できる可能性が、すでにアディティブ・マニファクチャリング（AM または 3D プリンティング）によって実現されつつあるという事実です。我々は「Science in the Age of Experience」会議の初日から、この話題のために丸一日割いて「アディティブ・マニファクチャリングシンポジウム＆ハッカーソン」を開催しました。AM プロセスのシミュレーションは決して簡単ではありません。しかし技術ヒント「AM のためのマルチスケール材料の設計（18 ページ）」をご覧になれば分かるように、我々はすでに手法の開発とノウハウの提供に向けて全力で取り組んでいます。一方、サイエンス会議にも出展した弊社のパートナーである Granta 社が注目するのは、あらゆる製造業で用いられる材料です。そのため同社は一貫性とトレーサビリティを有するシミュレーション用材料データベースを提供しています（16 ページ）。

我々は常にお客様のリードのもと、弊社ソフトウェアの機能を拡充し強化することによって、皆様からのフィードバックにお応えしてきました。皆様が我々に求めているのは、皆様の仕事に必要な特定のツールを、できる限り効率的に使用できるようにすることです。弊社のインダストリー・ソリューション・エクスペリエンスの考え方を説明した David Barnes の記事（12 ページ）をお読みなれば、弊社製品をこのようにパッケージ化することが、いかに皆様と皆様のチームの利益につながるかで理解いただけたと思います。

テクノロジー利用の将来を見据えることに加えて、我々は次世代のエンジニアの育成にも取り組んでいます。そのために我々は、地域の学校でテクノロジーやサイエンスの科目を教える先生自身が確実に知識を高められるようにしています。詳しくは、今年の TADS（Teacher at Dassault Systèmes）プログラムについての記事（17 ページ）をご覧ください。

本号をお楽しみいただけたら幸いに思います。そして、皆様の多大な努力が実を結ばれますようお祈りいたします。未来は現在の積み重ねであり、我々はそれを創造しているのです。

SUMANTH KUMAR
Vice President, SIMULIA Growth 担当副社長



拡大を続けるシミュレーションの可能性

「Science in the Age of Experience」会議で、GEOVIA が SIMULIA と BIOVIA に合流

昨年ボストンで開催されたダッソー・システムズの第一回「Science in the Age of Experience」会議に参加された方々には、今後シミュレーションがさらに深く製品設計の領域に踏み込んでいく可能性を実感したかと思います。BIOVIA がダッソー・システムズのグループの一員となったこと、ならびにこのブランドが SIMULIA とともに同会議に参加したことが、シミュレーションの世界で現在進行している構造的転換を象徴していました。

そのときのメッセージは、ナノおよび分子レベル（BIOVIA）から、マクロレベルの製品性能（SIMULIA）まで、あらゆるレベルでシミュレーションと設計が活躍するようになるというものでした。例えば、最終製品に対する影響を事前に把握した上で特定の材料を選定（場合によっては、カスタム材料を開発）すれば、製品の形状や実環境の挙動にも好影響を与えることができるのです。そのような能力は、従来からある製造法に影響を及ぼすだけでなく、最新の産業用積層造形技術（AM）を劇的に変化させる具体的方法も提案するようになります。

そして今回、GEOVIA が今年の「Science in the Age of Experience」会議に加わりました。このブランドの製品は、主に鉱業と石油&ガス業界を対象としています。ここではもう少し客観的に、大局的な観点からその潜在力について考えてみたいと思います。

もし地球そのものや周囲の岩石と水の挙動を完全にモデル化できたなら、我々の開発する製品がその使用される環境でどのような挙動を示すかということをもっと良く理解できるようになるでしょう。あなたの風力タービンは、マグニチュード 8.2 の大地震に果たして耐えられるでしょうか。超高水圧下の深海でも長時間耐えられる潜水艦を建造するには、どんな金属が最も適しているでしょうか。最深層の天然ガス鉱床まで辿り着けるほど丈夫な

ドリルは、3D プリンターで製作できるでしょうか。こうした問題こそ、我々がダッソー・システムズの強力なツール群を結集することで解決しようとしているものであり、それらのツールは、我々が遭遇するあらゆるものの科学を解明し、前進させることに役立つのです。

以下では、今月我々の関心を集めた科学分野に関して、SIMULIA、BIOVIA、および GEOVIA（それぞれ単独あるいは組み合わせた場合）が知識向上に役立つと考えられる 4 つの重要領域を見ていきましょう。

科学を通じた生活改善

「今日の科学は、生命体の複雑さを解き明かすことで、新たな治療法、予防的診断法、統合医学の開発を支援しようとしています」と、BIOVIA の代表取締役である Reza Sadeghi は話しています。彼はまた、遺伝子検査が徐々に普及すると共に、デジタルプラットフォームがより高度なデータの共有、処理、そしてマイニングの技術を提供するようになることも指摘しています。「科学は、患者別のプレジジョン医療や新薬・新しい医療機器の上市期間短縮に、新たな時代の扉を開こうとしています」と彼は述べています。

また、SIMULIA の最高技術責任者である Bruce Engelmann は「リビングハートモデルが成功を続けていることでも分かるように、科学は医療や健康だけでなく、人生の楽しみ方にも好影響を与えています」と付け加えています。そして、アディティブ・マニュファクチャリング（3D プリンティング）がスポーツウェアの分野に与える影響について、次のように説明しています。「今ではスポーツ競技器具を 3D プリンターで製作できるようになり、あらゆるものがカスタマイズ可能となったので、ある意味、一般人でもアスリートになれるのです」

科学が人々にメリットをもたらすようになったもう一つの分野に

消費財があると、Engelmann は指摘しています。「幼児用おもちゃは、航空機や自動車に比べると、高機能な製品とは見なされていません。見方によってはその通りなのですが、おもちゃの設計と製造には非常に多くの科学が関わっており、大手おもちゃメーカーは一日に何億個ものおもちゃを生産しています」。さらに彼は、おもちゃの衛生と快適性を最適化するためや、こうした商品を高い価格で買う余裕のない人々にも提供できるようにするためには、多くテクノロジーが必要であると付け加えています。「そこでは、エンジニアリングに対して科学が素晴らしい役割を果たします。我々が高機能な製品と見なしていないものにも、科学にはまさに現状を打破する力があるのです」と彼は話しています。

科学的発見のためのマルチフィジックス

製品挙動の背後にあるマルチフィジックス問題の探求が SIMULIA の強みの一つとなっています。「それは試験と発見のための仮想ラボとしてのシミュレーションです。基本的に我々は、ある疑問が生じると、その回答をシミュレーションを通じて見つけ出そうとします。そして、小さな疑問から大きな疑問へと進んでいきます。マルチフィジックス問題をシミュレーションできるようになると、“なるほど、そうだったのか”というひらめきの瞬間が得られます。すなわち、発見のプロセスを作り出すことができるのです」と Engelmann は話しています。

Engelmann は、最近の SIMULIA による Wave6 振動音響ソフトウェアの買収を引き合いにして、マルチフィジックス解析の能力を次のように説明しています。「市場調査会社の J.D. Power 社が言うように、車の最も重要な品質特性の一つは車室内の静粛性であるため、さまざまな科学的知識が自動車のノイズ低減に投入されてきました。しかし車の静粛性が増すと、風切り音や換気装置の流体伝播音、変速機からの固体伝播音などがより目立つようになります」と彼は述べています。例えば、Simpack によるマルチボディ動的シミュレーションに加えて、Wave6 による振動音響解析を実施すれば、変速機シャフトの回転速度に応じた人間の耳位置での音圧と、結果としての周波数を調べることができるので、音響と構造の連成した動特性を計算して、ノイズ低減のため

の設計変更に役立てることができそうです。

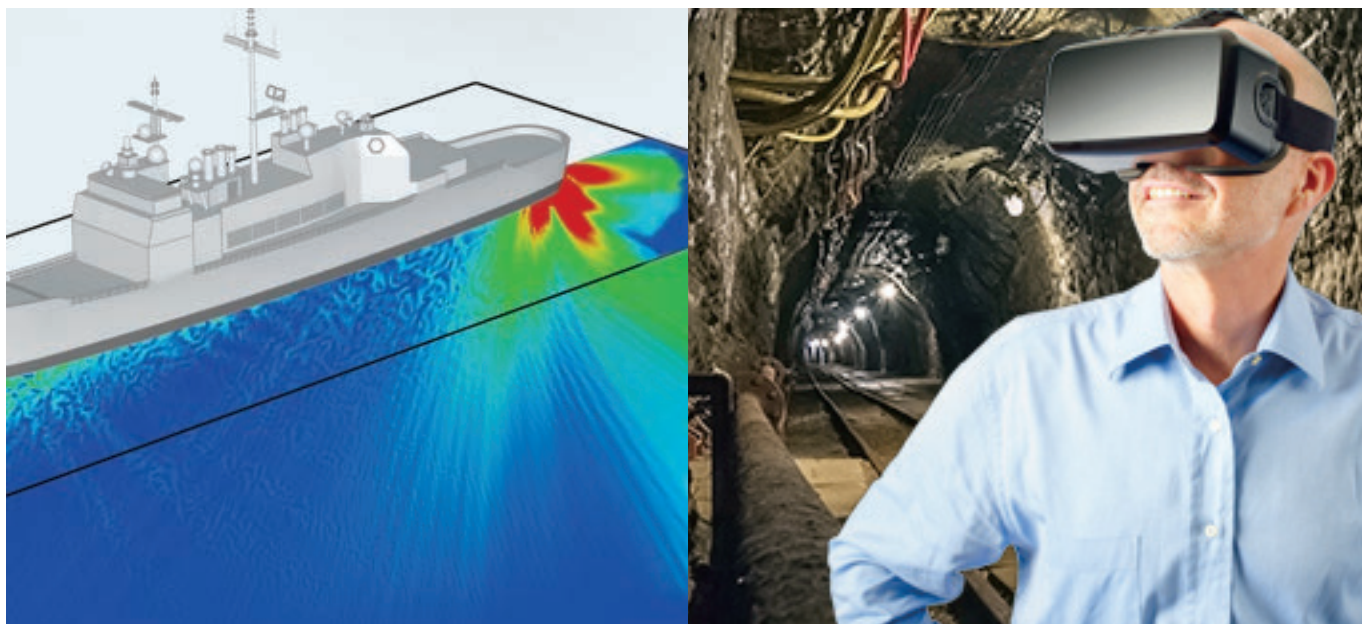
一方、GEOVIA と SIMULIA は現在、オーストラリアの鉱山会社と協力しながら、地下の採掘坑が拡大するにつれて、採掘シーケンスと岩石の地質工学的挙動が変化していく様子をシミュレーションするために、GEOVIA の PCBC 製品（ブロックケーシング試掘法のプランニングとスケジューリング用のソフトウェア）と Abaqus および Isight を連携させています。GEOVIA の最高技術責任者である Gustavo Pilger 次のように述べています。「これによって鉱山会社は、戦略的かつ戦術的プランニングまで、幅広く経済的利益が得られるようになると共に、採掘場の保安基準も改善できるようになります。これらのマルチフィジックスツールを組み合わせることで、プランニングの改善、収益性の最大化、そしてリスクとコストの低減が可能になります」

BIOVIA の Sadeghi も、マルチフィジックス解析が探査のための基本ツールとなることを認めています。「マルチスケールフィジックスは天然素材の神秘を解き明かします。それによって、我々は独自のエキサイティングな新素材を開発できるようになるのです」と彼は述べています。彼はそうした能力に大きな可能性を見い出しています。「ダッソー・システムズが提供するような物理学に基礎を置くバーチャル・ユニバース環境によって、かつてないほど多くの人々が探査と発見に関わるようになりました」

科学による材料の進歩

3つのブランドの中で、GEOVIA は間違いなく最も大きなスケールで材料を見ており、例えば鉱物資源の特定の属性に関係した“不確実性空間”を評価の対象にしています。一例を挙げるなら、金の採掘においては、ある地下区域の金鉱石のグレードが、採掘の採算性が取れるほど高いものであると予測できるかどうかを判断する必要があります。「我々の地球統計学的シミュレーションは、意思決定プロセスに対して、掘削するか否かについての情報を提供するためのリスク分析をサポートするものです」と Pilger は話しています。

一方、ナノ・マイクロレベルとマクロレベルについては、この一



ストラテジー

年間、SIMULIA と BIOVIA が協力してそうしたスケール間の相乗効果を生み出してきました。昨年の「Science in the Age of Experience」会議では、彼らはポリマーについて議論しましたが、今年は、金属（特にアディティブ・マニファクチャリングに設計されたもの）により多くの力を注いでいます。

現在 BIOVIA は、金属の粒子形態、すなわち AM プロセス中に作り出されるミクロ組織の予測に取り組んでいます。これは、金属結晶粒の粒子配置と、結晶粒界の位置とサイズをモデル化しようとするものですが、こうした特性は、例えば航空機メーカーなど、AM 金属部品のハイエンドユーザーにとって特に興味のあるものです。

「面白いことに、異なる材料を使って設計してみると、トポロジーを最適化したとき、形状が変わってくることに気付くのです。設計はもはや形状だけが目的ではありません。これからは、材料が設計を支配するようになります。それが趨勢です」と Engelmann は述べています。

持続可能な地球

Bruce Engelmann は SIMULIA が科学に対してなし得る貢献の大切さを理解しています。「我々が最も大切にしているのは、お客様がより良い環境を作り出せるように支援することです。軽量化は、どんな場合も、我々がブランドとして貢献できる最も重要なことの一つであり、それは、消費財を軽く無駄のないものすることから、車両や航空機のエネルギー効率を高めること、そして代替燃料や代替技術の開発をサポートすることまで多岐にわたります。シミュレーションは、間違いなく、より持続可能な地球への道筋を推し進めることに役立ちます」と彼は述べています。

これには Sadeghi も同意しています。「科学は、生命体が再生可能エネルギーや材料資源をいかに活用できるかという理解に役立っています。これによって我々は、再生不可能なエネルギーや資源を保全し、大気中の炭素レベルを引き下げて、次世代のために価値を創造できるようになるのです。我々は地球上での我々の資源消費量を根本的に変えることに役立つツールを開発しようとしています」と彼は話しています。

人間活動の影響をモニタリングできる GEOVIA の重要な能力としては、環境エンジニアリングに対して大規模に応用可能な予測型シミュレーションが挙げられます。「地球統計学的シミュレーションを使用すれば、汚染化学物質がある現場の規制限度を超えてしまうリスクも評価できるようになります。これはまさに持続可能な地球への目標をサポートするものです」と Pilger は話しています。

プラットフォームの価値

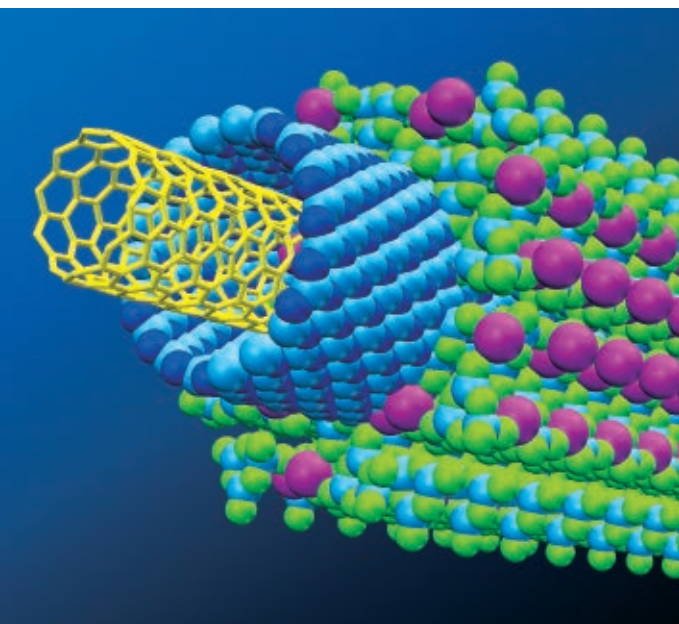
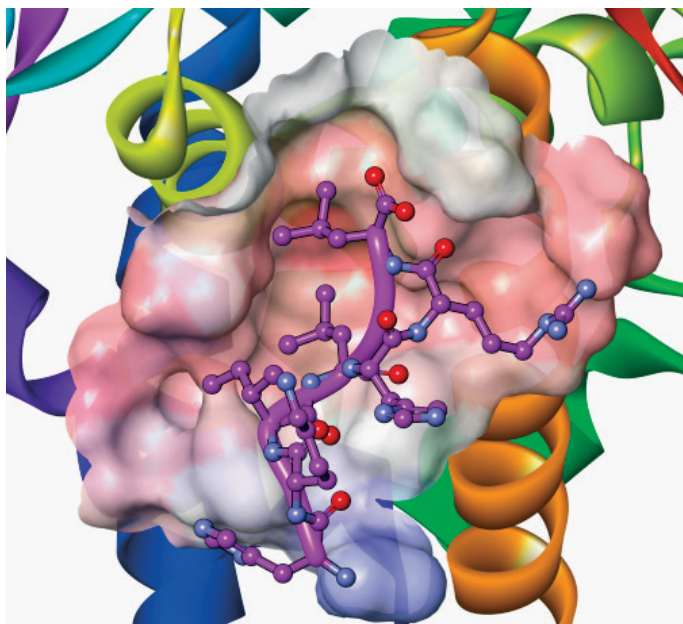
最近、ユーザーの多くが気付いているように、3DEXPERIENCE プラットフォーム上で使用・共有できる設計ツールやシミュレーションツールがますます拡大しています。「プラットフォームは発見の“方法論”であると言えます。それは、人々がマルチフィジックスシミュレーションを総合的に実行することや、異なる物理分野のシミュレーションから得られた結果を解釈すること、そして彼らの到達した結論を他の人と共有することを可能にします」と Engelmann は説明しています。

しかし彼は、今ではこのプラットフォームの威力がさらに向上していると感じています。「プラットフォームでは一箇所からあらゆるものにアクセスできる確かなメリットがあるため、異なる物理分野の相互作用に関する興味深い疑問の多くにも回答を与えることができます。しかし、根本的に重要となるのは、その能力を設計と結び付けることです」と彼は述べています。

「車のモデルを作成しようとするとき、その最終目標は単一の設計案に辿り着くことです。しかしその一つの設計案の底にあるのは、極めて複雑な複合領域の最適化問題です。このプラットフォームの実際の価値は、そうしたシミュレーションのすべてを最終設計案と結び付けることができる点にあります。特にマルチフィジックス問題になると、それは必須事項です。今日の設計課題がより複雑化する中、このプラットフォームの真価が次第に明らかとなってきています」と Engelmann は付け加えています。

詳細は以下をご覧ください

<https://age-of-experience.3ds.com/science-age-of-experience>





SIMULIA ポートフォリオでパワーアップ

ノルウェー科学技術大学の学生が“加速学習”の概念を根本から変える

機械工学の原理・原則を学ぶのであれば、実際に何か役立つものを設計し組み立ててみるのが一番です。それは、次世代の義手でしょうか、最新の太陽電池パネルでしょうか、あるいはレースカーかもしれません。F1 スタイルの四輪駆動の電動レースカーはいかがでしょうか。それを、カーボンファイバーと 3D プリントしたパーツで作り、わずか 2.1 秒で時速 60 マイル (100 km) に達する発進加速性能をもたせるのです。

しかし、学生たちが手作りの車両に乗ってトラックを疾走するのを見て、彼らの両親にとっては、それが学業成績だととはとても思えないかもしれません。それでも、ノルウェー科学技術大学の「Revolve NTNU」プロジェクトのメンバーにとっては、一生に一度の素晴らしい経験でした。そして、その一部はダッソー・システムズ SIMULIA のソフトウェアによって可能となりました。

成功へのビジョン

2010 年の春学期のある日、ノルウェー科学技術大学 (NTNU) の 4 人の工学部生が集まって、実践的な知識を身に付けるにはどうしたら良いだろうかと話し合いました。彼らはすぐに「学生フォーミュラ」を見つけました。これは英国の機械技術者協会 (IMechE) が主催している年に一度の国際レース競技会です。この大会は、世界中の大学生の知識向上と協調精神の育成を目的としており、参加者は英国のノーサンプトンにあるシルバーストーン・サーキットでの 3 日間の開幕イベントに出席した後、夏の終わりにドイツとスペインで開催されるレースに臨みます。

学生フォーミュラはスピードだけが目的ではありません。参加者は、耐久性、燃費性能、車両のプレゼンテーション、コスト効率など、合計 6 つのカテゴリーで審査されます。そのため彼らは、実社会の製品と同様に、丈夫で軽く、製造が容易で、コストの低いコンポーネントを必要とします。4 人の学生は、彼らや他の学生にとっ

て、この大会が卒業後のキャリア向上に必要な貴重なスキルを身に付けることのできる理想的手段になるだろうと確信しました。

そして学生チームは、教職員とプロジェクト管理体制について検討し、大学からの支援を取り付け、いくつかの大学施設を確保して、さまざまな企業からスポンサーを集めた後、学生フォーミュラに応募して参加許可証を手に入れました。こうして「Revolve NTNU」プロジェクトが誕生しました。彼らの最初の車両は 2 年後に出来上がりました。それは「KA ボレアレス」と命名された、スチール製フレームとカーボンファイバー製ボディのガソリンエンジン車です。そしてボレアレスは、100 を超える参加車両中 17 位となり、初出場としては素晴らしい成績を残しました。それ以来、チームはレースカーの設計改良を重ね、ついに昨年、190 馬力の完全電動車「グニスト」を完成させて、2016 年の大会において加速性能で 6 位、操縦性能で 5 位を獲得したのです。さらに、このレースカーは Jaguar Land Rover 社から最も革新的な推進システムとして、また Mercedes-Benz 社からはクラス最高の高電圧パワートレインとしての評価も受けました。

協力の依頼

Revolve チームのスポンサーリストには、フォーチュン 150 に載るような、技術系会社、自動車メーカー、製品開発・エンジニアリング会社、そしてスチール材、エレクトロニクス、工具等のサプライヤーなど、北欧を拠点とする多数の企業が名を連ねます。しかしチームの第一の目標は、最も軽く丈夫で、可能な限りコスト効率の良い車両を組み立てることだったので、Revolve NTNU チームは

「SIMULIA ツールのおかげで、既成概念にとらわれずに考えることができました」

—NTNU 大学、Jørgen Eliassen 氏

カバーストーリー

ダッソー・システムズが提供した設計エンジニアリングツールをフルに活用することになりました。

現在、チームは最終車両を仕上げる作業に追われています。この名前未定のグニスト後継車は、2017 年の学生フォーミュラ大会に参戦することが決まっています。それは、モノコック複合材シャーシーで出来たバッテリー駆動の一人乗り電気自動車であり、積層造形法で作られたパーツが組み込まれる予定です。また、トルクベクタリング技術を採用しており、その最終性能は Revolve NTNU チームが独自開発したソフトウェアで調整されることになっています。そして、4 輪のハブに取り付けられた AMK 社製電気モーターの推進力でトラックを疾走し、チタン製のアップライトで走行安定性を保ちます。

こうした先進技術に加えて、総勢 60 名の学生と教員から成る Revolve チームには、今年の大会に向けてさらにいくつかの秘策がありました。

チームのキャプテンである Rebecca Sandstø 氏は、こうした自動車好きの一人です。彼女は、機械工学 (ME) 学位課程の 2 年生ですが、この一年間レースカー作りを楽しんできました。Revolve NTNU 委員会のさまざまな活動の世話をすることに加え、彼女の大事な仕事の一つは、スポンサーと交渉して、資金や製造サービス、エンジニアリング的アドバイス、ソフトウェアツールなどの援助を取り付けることです。それは彼女にとって大変な仕事ですが、明るい希望もあります。「今年で 2 年目になりますが、我々のやっていることの履修単位で学期の 1/4 を修得したことになるのです。もちろん、我々はそれよりもずっと多くの時間を費やしていますが、そうした時間はすごく楽しく、絶対やる価値があります」と彼女は話しています。

興味深いことに、今回の SIMULIA とのつながりはソーシャルメディアを通じて生まれました。チームメンバーの Jørgen Eliassen 氏が Revolve プロジェクト用のソフトウェアを増強したいと LinkedIn 経由で援助を求めたのがきっかけでした。「NTNU 大学の工学部は昔からいくつかのライセンスを所有していたのですが、我々が実際にチームのスポンサーとなって、SIMULIA ポートフォリオのすべてを提供したのは今年が初めてです」と、英国 SIMULIA の Clint Davies Taylor は話しています。

今では、Revolve チームのソフトウェアパッケージには、衝突・衝撃解析、車両荷重、材料挙動の可視化など、動的事象のシミュレーションのための Abaqus Unified FEA、構造トポロジー最適化用の Tosca、自動化ツールの Isight、そして疲労耐久性評価のための fe-safe がすべて揃っています。それらはどれも、チームがさまざまな設計課題に対処する上で大いに役立ちましたが、中でも特に、レースカーの性能にとって極めて重要な 3 つのコンポーネントの開発に利用されました。

設計をシフトアップする (遊星変速機)

チームメンバーの Jacob Hayes Vigerust 氏は、複合遊星歯車式変速機の設計を担当する機械工学科の 3 年生です。「各車輪にそれぞれモーターを搭載することによって、さらに効率的な車両コントロールが可能になります。しかしそうするには、モーターの動力を伝達するための変速機も車輪ごとに必要です。我々の設計では、効率を高め、重量を減らし、スペースを節約するために、それらをアップライト (ホイールハブを支えると共に、車両のアッパおよびロアコントロールアームを結合するためのコンポーネント) の内側

に取り付けることにしました。ということはつまり、変速機をかなり小型化する必要があります」と彼は話しています。

こうした小さな容積であるからこそ、要求も非常に厳しくなります。変速機内には多大な力が作用するため、チームはこのアセンブリが十分な強度であることに加え、多数の内部コンポーネント間に一切ミスアラインメントがないことも確かめる必要がありました。また、組立中やタイヤが路面から衝撃を受けたときにもトルクが作用することを考えると、歯車が変形する危険性も懸念されました。そこで Vigerust 氏は Abaqus に頼ることにしたのです。

「望ましい結果を得るために、できる限り仮定を入れないようにしたいと思いました。そのためには、Abaqus で変速機全体を仮想的に組み立てる必要があり、合計 18 のパーツと 72 の接触ペア (接触サーフェス) のモデル化が必要でした。我々は非線形軸受を使用したので、シミュレーションはさらに複雑なものとなりました。個々のボールベアリングの挙動を模擬するため、それらを仮想バネでモデル化して、それに軸受メーカーから提供された非線形バネ係数を適用しました。それが完了すると、Abaqus でボルト、軸受、およびホイールナットにプリテンションを与え、数種類の多次元トルクと車輪荷重のシナリオで解析を開始しました。Abaqusのおかげで、変形に基づいた最適な歯車形状の計算も、ミスアラインメントがないことの検証も、変速機アセンブリが我々の動力要件に合致していることの確認も、すべてが順調に進みました」と彼は話しています。



変速機アセンブリの応力分布 (左図)。軸受モデル、予荷重、その他の荷重の影響が示されている。アップライトの内部に組み込まれた変速機 (右図)

計算をどんどん回す (ホイール設計)

特別研究員チームのメンバーである Christer Oldeide 氏は、シミュレーションや荷重解析の重要性を認めつつも、Tosca によるトポロジー最適化も同様に、彼のホイール設計には不可欠であったと話しています。Revolve プロジェクトに携わって 3 年目を迎える機械工学院生の Oldeide 氏は、今年の車両に使用されるホイールが CFRP (炭素繊維強化プラスチック) 製のシェルと内側のアルミニウム製センターで構成されていると説明しています。この一見壊れやすそうな、超軽量のホイールアセンブリを見た人の中には、「いいえ遠慮しておきます。私は歩いて行きます」と言い出す人もいるかもしれません。外側シェルの重量はわずか 1.5 ポンド (700 グラム) しかなく、クモの巣状の内部パーツもそれをやや上回る程度です。しかし、タイヤと組み合わせると、その結合体は激しい加速度や横荷重、多方向の力にも耐える能力があります。

「ホイール設計の大部分に SIMULIA のツールが関与しました。おかげで、我々は既存概念にとらわれずに考えることができました。すなわち私は、ホイールの外見についての常識を捨て去ることから開始したのです。その代わりに、私は Abaqus に対して必要な境界



ホイールシェルの最適化解析(左図)。Abaqus で4千回以上の反復と2日間の計算時間を要したが、その大部分はIsightで自動化できた。CRFP製シェルとアルミニウム製センターが取り付けられて完成したリム(右図)

条件(ホイールの各寸法と目標の重量、MATLABで計算した材料特性)を入力した後、進化型最適化手法を用いて解析を実行しました」とOldeide氏は話しています。

リムのシェルだけで、1040通り以上もある“レイアップ”(繊維配向)にOldeide氏は直面していました。しかし彼はIsightを用いることで解析プロセスを自動化し、数日間で4千回の反復計算を実施することができたのです。「最初の数千回の反復が終わる頃には、計算の方向性がかなり明確になってきました。現時点で私が自信を持って言えるのは、所定の境界条件に対して間違いなく最適な設計が得られたということです」と彼は話しています。

Oldeide氏は、リムセンターの設計においても、同様の素晴らしい結果を得ています。Toscaのトポロジー最適化とIsightの自動化機能を組み合わせることによって、彼はこの重要コンポーネントの理想形状を短時間で見つけ出すことができました。最初、それは機械加工にあまり向いていませんでした。しかし、いくつかの機械加工条件をToscaに入力することで、Oldeide氏はこのソフトウェアの計算を正しい方向へ導くことに成功しました。「それは反復的なプロセスですが、Toscaを用いれば、最終設計案が適切であると確信できます。我々はついに、頑丈で軽く、耐久性のあるホイールを手に入れました」と彼は話しています。

すべてをまとめて上げる(アップライト)

言うまでもなく、最強のホイールと最も効率的な変速機を手に入れたとしても、それらを支え格納するアップライトが同様に堅牢でなければ、何の役にも立ちません。これはJørgen Eliassen氏の担当です。彼は現在、NTNUの機械工学科で修士号を目指していますが、同大学に入学する前は、自動車業界で4年間働いた経験が



Toscaによるフロントアップライトのトポロジー最適化解析(左図)。3Dプリンティングの事前準備として実施された。3Dプリンターで造形された左リアのアップライト(右図)。サポートの除去前、事後熱処理前の状態。機械加工による最終仕上げも行われていない。最終製品では、重量がわずか1ポンドあまり(545グラム)となった。

あります。「私にとって Revolve プロジェクトは運命の出会いでした」と彼は話しています。

Eliassen氏のアップライトには、レース中の複雑な荷重にも十分対応できる頑丈さはもちろん、レースに勝利できるだけの軽量さも必要でした。さらに、ブレーキ装置、サスペンション、ホイール、変速機、そして電気モーターの各接続部とも調和していなければなりません。これらすべてを踏まえた上で、彼は比較的新しい製造法へと進路を定めることにしました。それはアディティブ・マニファクチャリング技術(AM:別名3Dプリンティング)の直接金属レーザー焼結法です。

「アップライトの初期設計案を開発した後、その妥当性を確認するために、私はAbaqusで有限要素解析を実施しました。その過程で、数回の反復手作業が必要でした。例えば、上部サスペンションの取り付け穴付近とキャリパー接触点位置での形状の調整や、ボルト張力の再調整が必要でした。そしてAbaqusでこの設計案を再評価しました。予想通り、モデルの全体的剛性が確実に向上していました。しかし私はこのパーツを3Dプリンターで製作するつもりだったので、AbaqusとToscaを用いてトポロジーを最適化した後、そのモデルを3Dプリンティングのセットアップ用に再びSolidWorks CADに読み込みましたが、製造上の制約に対する心配はほとんどありませんでした」と彼は話しています。

その後Eliassen氏は3Dプリンターのオペレータと密接に連絡を取りながら、今度は積層造形プロセスで必要となるサポート構造をAbaqusで最適化しました。結果として、造形時間が44時間から17時間にまで短縮され、無駄な材料が30パーセント削減されました。そして何と言っても、Ti-6Al-4Vチタン製のアップライトの重量が、わずか1ポンドあまり(フロントで679グラム、リアで545グラム)となったのです。Eliassen氏は次のように話しています。「3Dプリンティングの世界でSIMULIAが示す可能性は、今後多大な利益をもたらすでしょう」

これからのレース

チームメンバーの誰もが、Revolve NTNU プロジェクトに参加できたのは素晴らしい学習体験であったと感じており、卒業後もSIMULIAその他のダッソー・システムズ製品を使用できるようになればと期待しています。しかしながら、それは大変な仕事でした。「我々の多くが、最初はその全体像をあまり良く把握していませんでした。優先順位を見直すことは絶対に必要です。しかし、それは自分の実力を悟ることでもあると思います。つまり、Revolve プロジェクトに参加するのは、とてもクールなことなんです。これからの人生にもきっと役立ちます」と、チームキャプテンのSandstø氏は話しています。

Oldeide氏はこの体験をとてもうまく総括しています。「私はRevolve NTNUに加わって3年目になりますが、毎年、これで最後にするつもりだと言ってきました。いつも深夜になってしまうので、スポンサーのコーヒー会社が援助を中止するのではないかと思います。我々は何杯もコーヒーを飲みました。しかし、大会に参加し、チームメイトと一丸になって取り組み、そして誰もなし得なかったことをやり遂げたと感じたとき、最高の気分になれるのです。そんなとき、自分は来年もまた、きっと同じことをやっているのだろうなと思ってしまいます」と彼は笑いながら話しています。

詳細は以下をご覧ください

www.revolve.no



写真提供: 米国エネルギー省、
オークリッジ国立研究所

SIMULIA ポートフォリオを最大限に活用する

オークリッジ国立研究所 (ORNL) の上級研究技師、Bernie Riemer 氏への カスタマーインタビュー

今年シカゴで開催の「Science in the Age of Experience」会議で基調講演をされる Bernie Riemer 氏は、30 年以上に及ぶ ORNL での勤務を通じて、核融合エネルギーや中性子源などのさまざまなプロジェクトに携わってこられました。そしてその過程で、Abaqus ソフトウェアを使用して、数々の難解なエンジニアリング課題を克服されてきました。現在は、液体の水銀ターゲットから発生するパルス中性子ビームの問題（ならびに、それに伴う熱、応力、動特性の問題）に重点的に取り組んでおられます。またそのために、彼のチームは SIMULIA ポートフォリオ（Abaqus、Isight、fe-safe、Tosca）の機能を最大限に活用しようとしています。我々は、「Science in the Age of Experience」会議での基調講演に先立って彼に面会し、エンジニアになられた経緯や、こうした珍しい特殊な仕事で彼が一番気に入っている点などをお伺いしました。

SCN：あなたの幼少期について少しお聞かせください。

Riemer：私は、60 年代の宇宙時代に、ニューヨーク州ロング・アイランドの郊外で育ちました。ですから、少年であった私にとって月探査計画はとてもエキサイティングな出来事でした。父は月着陸船を組み立てる会社に勤めていたので、宇宙飛行士と出会う機会があり、彼らからサインをもらうこともできました。私は今もアラン・シェパードのサインを大切にしています。そうしたことのすべてが、多分、私のエンジニアリングへの興味に影響したのだと思います。

ORNL に入る前は何をされていたのですか？

最初に就いた仕事はシコルスキー社のヘリコプターでした。それからグラマン社で固定翼機に取り組みました。「トップ・ガン」で有名な F14 トムキャットなどです。グラマンには先進エネルギーシステムの部門があって、そこの人たちはちょっと風変わりな仕事をしていました。航空機とは何の関係もない、核融合エネルギーなどの仕事です。彼らがテネシー州の ORNL で

行っていた請負業務に短期の欠員ができ、その補充について私に話をもちかけてきたのです。それが結果的に、私の人生を変える出来事となりました。核融合はさまざまな点で実にエキサイティングです。興味深い技術課題もあり、国際活動も盛んです。

国際活動があなたにどんな影響を与えましたか？

こうしたプログラムには多くの国際協力が必要であり、実際、私は 87 年から 88 年にかけて、日本との二国間交流の一環として日本に派遣されました。それは私の人生で最高の時となりました。妻と私は日本で素晴らしい時間を過ごしたのです。日本から戻った後も、数年間、核融合の仕事が続きました。フランスで今も進行中の ITER プロジェクトが始まって間もない頃の話です。私が取り組んだ問題の一つは、トカマク炉（ITER 核融合炉）における真空容器の動的応答であり、そのために Abaqus/Explicit を使用しました。それは、この種の大規模で複雑な問題に対処する上で、非常に有効な手段でした。他にも、さまざまなプロジェクトやプログラムにおいて、ORNL の総合エンジニアリンググループと協力しながら、応力、動特性、座屈、地震、伝熱、熱応力などの問題に取り組みました。

そうすると、あなたは Abaqus FEA ソフトウェアの早くからのユーザーですね。

そうです。現代ほどコンピュータの性能が高くない時代でしたから、ITER 問題へのモーダル法の適用は実用的ではありませんでした。陽解法はそうした問題を解くのにうってつけの方法であり、後に、水銀ターゲットに取り組む際にも役立ちました。その問題を試しにやってみるよう依頼されたとき、私は ITER プロジェクトでの経験を思い出して、これには陽解法動解析のアプローチが適していると感じました。そして我々は今も、このツールを解析に使っています

溶接シミュレーションにも取り組みました。そのときは、抵抗スポット溶接の 3 つ分野（電気、伝熱、力学）にまたがった連成

シミュレーションを行いました。我々は溶接部全体にわたって鋼材のミクロ組織を予測することができたのですが、これにも Abaqus ソフトウェアが重要な役割を果たしました。

あなたが行っている水銀ターゲットプロジェクトの破碎中性子源 (SNS) とは一体何ですか？

我々の SNS は次世代の破碎中性子源であり、現在、科学研究用のパルス中性子ビーム発生装置としては世界最強です。これは加速器を利用した装置ですが、そこから生まれる高エネルギー陽子パルスを、重量 1 トンの 316 鋼製ターゲット容器内を流れる毎分 20 トンの水銀に入射させて、中性子ビームを発生させます。原子炉からの中性子流は連続的であるのに対して、SNS では適切な温度でパルス状の中性子ビームを発生させるため、原子・分子レベルでの物質構造の調査にとっても適しています。こうした特別な能力が、テネシー州の我々のサイトに世界中のユーザーを引き寄せています。

そうした装置には、どのような設計、運転、メンテナンス上の課題があるのですか？

この加速器は毎秒 60 パルスの陽子ビームを送り出すため、ターゲットの耐用期間における疲労が大きな問題となります。パルスごとに 20 キロジュール以上のエネルギーが停止を繰り返します。その結果、水銀中に大きな圧力波が生じて、それがターゲット容器に動的応力を加えます。水銀は再利用できますが、容器本体はわずか 4~6 ヶ月で交換する必要があります。その原因の一部は放射線による脆化ですが、実際には、いくつかの別の現象の方がより厳しく寿命を制限していました。その一つが疲労、特に溶接部の疲労です。他にも、水銀に圧力波が作用することによる、キャビテーション損傷があります。これによって、容器の応力シミュレーションが大きく異なってきます。そのために我々は、Abaqus/Explicit の状態式モデルと引張破壊機能を組み合わせることで、キャビテーションが形成されたときの水銀の巨視的な振る舞いを近似しています。疲労も、キャビテーションや侵食も、ターゲットの漏れを引き起こし、ユーザーへの供用を中断させるため、そうしたことを極力減らすように我々は懸命に取り組んでいます。

施設の運用は 2006 年にスタートし、現在は 16 番目の水銀ターゲットが稼働中です。それらの多くは 1 メガワット超の加速器ビーム出力で稼働しました。これはかなり良い数字です。しかし我々は安定的かつ確実に 1.4 メガワットで運用したいと思っているのですが、まだそこまで至っていません。そこで我々は、SIMULIA のツールを使用して、溶接部などの耐久性を向上させる設計変更を重ねており、モデルを継続して改良するとともに、解析結果を用いて、どの設計案が他よりも優れているかや、それらがどの程度優れているかを把握するようにしています。

Abaqus 以外の SIMULIA 製品はどのように使用していますか？

一年くらい前から Isight を使い始めて、来年はさらにその利用を拡大させる予定です。それはパラメトリックスタディの効率アップに役立ちます。我々は現在、エネルギー省から性能を 2 メガワットまで増大させるように要求されているので、さらに疲労応力も高くなり、キャビテーションの激しさも増しそうです。そのため、このパルス問題の設計探索スタディに Isight を使用して、半自動的な方法で疲労寿命を改善し、どんな形状が疲労寿命の延

長に最も有望かを調べるつもりです。そしてそれを fe-safe と組み合わせることで疲労寿命予測を行い、我々に「この角度を変えた方がよい」とか「ここをもっと厚くした方がよい」とか教えてくれる解空間を見つけ出す予定です。また、この探求をさらに推し進めるため、Abaqus、fe-safe、および Tosca を組み合わせた Isight ワークフローを開発して、疲労寿命の改善に関わる形状変化を調べるつもりです。そうすれば、改善内容を具体的な設計案へと誘導できるでしょう。

パルス中性子の研究を今後どのように活用することが、あなたの施設にもっと多くのユーザーを引き寄せることにつながりますか？

中性子の分野は、生物学や分子化学へと広がっています。新薬、タイヤ用の新しいポリマー、新しい高温超電導体などを開発したい場合、原子・分子レベルでそれを理解したいなら、中性子はそのための優れた可能性を提供します。私も 5 月に Science in the Age of Experience 会議に出席した折には、原子レベルの挙動をモデル化できる BIOVIA の機能をもっと詳しく知りたいと思っています。我々はまた、航空機用電子機器の宇宙線に対する耐性を試験するプロジェクトについて議論しているところですが、それも SNS で模擬することが可能です。中性子はコンポーネントの奥深くに生じる応力を調べるために利用されてきました。我々の SNS と付属の研究用原子炉には、そのための素晴らしい能力があります。アディティブ・マニファクチャリングの発展に伴って、新たに中性子で AM パーツの残留応力を調べたいと思うユーザーも増えてきました。

中性子パルスを発生させていないときは、何をするのが楽しみですか？

私の趣味はマウンテンバイクとロードバイクです。今晚も、帰宅した後にサイクリングに出掛ける予定です。妻も私も自転車で旅するのが大好きで、東テネシーではよく慈善ツアーに参加しています。昨年は数日間かけてスペインへ自転車旅行にも行ってきました。3 人の子どもたちは皆、STEM 関連の職業に就いています。長男は電気機器産業の機械エンジニアであり、長女は航空宇宙産業で、物理や数学を使って私には説明できないような仕事をしています。そして次女は獣医です。彼らは皆うまくやっており、大変有り難いことに自立できているので、妻も私もそれが我々の人生で最大の功績ではないかと思っています。

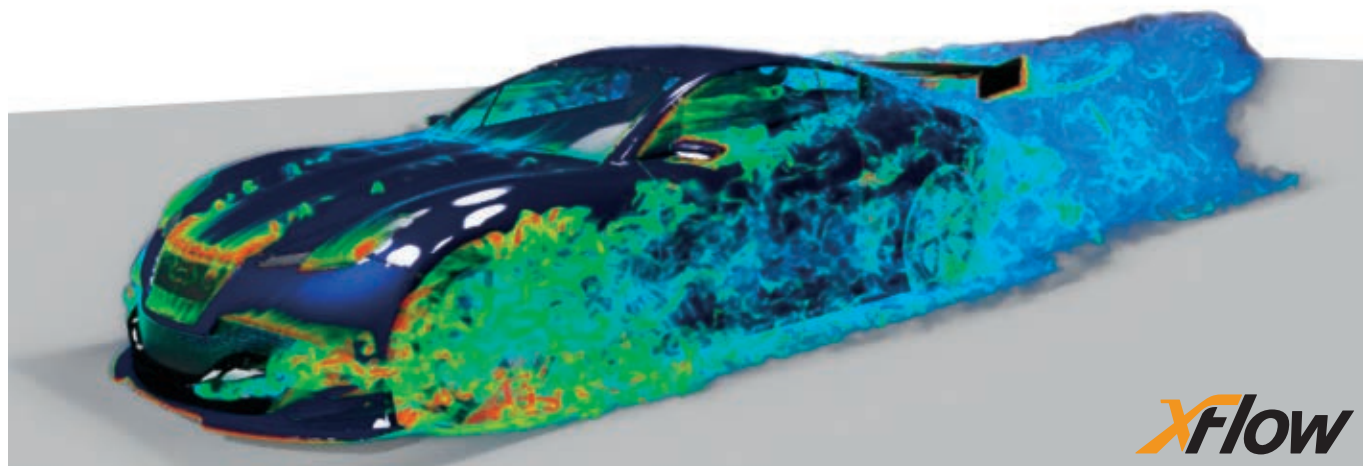
もしエンジニアにならなかったら、何をしていたと思いますか？

今考えると、もう少し真面目に野球をやっていたら良かったかなと思います。私の肩はなかなかのものだったのですよ。もう少し練習を重ね、もう少しピッチングに情熱を注いでいたら、プロレベルに達することができたか試してみても面白かったかもしれません。今でも、私は野球の試合を見に行くのが大好きです。

つまり、職業として野球のボールを投げることはなかったけど、今では中性子を投げることになったのですね。

その通りです！

詳細は以下をご覧ください
<https://neutrons.ornl.gov/sns>



産業ソリューションの有用性 ダッソー・システムズの積極的な 産業別ソリューションのアプローチ

SIMULIA グロース・イニシアティブ・シニアディレクター、David Barnes

私は SIMULIA のグロース・イニシアティブ部門のシニアディレクターという立場にあるため、ダッソー・システムズがソフトウェアを「インダストリー・エクスペリエンス」というパッケージで販売する理由についてよく質問を受けます。なぜ、航空宇宙・防衛、医療機器・医薬品、自動車・輸送機器・モビリティ等々、個別の業種に的を絞る必要があるのでしょうか。

その答えは、一言で言えば、ユーザーの皆様にとって弊社製品をもっと利用しやすいものにするためです。

さまざまな面で、情報のデジタル化は物事を簡単化してきました。しかし別の面では、それは複雑化につながったとも言えます。SIMULIA は数十年前に、基本的に単一の汎用製品でスタートしました。そして、エンジニアによって採用された Abaqus ソフトウェアは、さまざまな産業の課題を解決することができました。このアプローチがかなりの成功を収めた結果、弊社のお客様は、シミュレーションをコアとなるビジネスプロセスの一部とするために、さらに多くのシミュレーション製品を要望するようになりました。

その後、SIMULIA とダッソー・システムズのソフトウェアが拡充し、ユーザーの皆様が多くの新しい業務を遂行できるようになるにつれて、お客様には自分に最も当てはまる一部の機能を特に重視する傾向があるように我々は感じたのです。また、ソフトウェアの双方向性が向上するに従い、ユーザーが手中にできる能力（そして想像力）は、素晴らしいものとなりましたが、同時に多少の困難さも生じてきました。皆様は、自分のなすべき仕事に最適なツールを、どのようにして選定しているのでしょうか？

業界には、実際上、それぞれの分野の企業間にまたがる多くの慣行や共通のニーズがあります。我々は特定の業界で活動しているどんな会社にも間違いなく当てはまる、「ベストプラクティス」となるものを収集し、特定し、共有できたので、お客様の要件を産業別にまとめることにしました。

ベストプラクティスが、有効性、効率性、生産性の鍵となります。弊社製品の完成度からすると、どんな問題に対しても 5〜6 通りの解決法が考えられます。そのため我々は、どの方法が最も効率的なものになるかお客様が判断するための支援を試みていますが、

そうしたことはいつも明らかになるとは限りません。しかし、人々が試行錯誤的アプローチを回避して、多くの手間を省けるように支援することはできます。

我々は一連の産業別デモンストレーションパッケージを用意しています。それらは、一般的な問題を最も効率良く解くことのできる、機能や手法の最良の組み合わせを示しています。我々には自信があります。我々には長年にわたって蓄積し専門性を深めてきた知識があり、それらを皆様と喜んで共有したいと思っています。

探している結果をより早く手に入れる

一例として、我々は多数の医療機器メーカーと一緒に仕事をしていますが、いくつかのステントメーカーで彼らの製品要件への取り組み方を見ながら、こうした超難解な問題の解決法に関して我々が長年養ってきた手法を、どうしたら彼らと共有できるだろうかと考えてきました。そこには複雑な材料、複雑な負荷が絡んでいます（同様のシミュレーション課題に遭遇している人も多数いるでしょう）。各社のステント設計を特徴付けているのは、その独自の形状です。我々は最優先である IP を尊重しつつ、ステントが軟組織の正確な表現と整合するようにモデル化する方法を、彼らに理解してもらおうとサポートしているのですが、そうしたことが非常に困難なケースもあります。そのため、我々は方法論を説明するための一般的な例題をゼロから作成しています。ただし、それには機密情報は一切含まれていません。

成功のためのレシピ

我々は、お客様が学習曲線を登り詰めなくても直接結果に辿り着けるようにするため、基本的に事前にパッケージ化したレシピを提供するようにしています。例えば、自動車メーカーは、非常に大規模なモデルやアセンブリーを高性能なソルバーを用いて、高速ターンアラウンドでシミュレーションする能力を必要としています。それに対して、医療分野で最も必要とされるのは、複数の物理現象が絡む非常に複雑な材料、流体と構造の相互作用の問題、FDA の要件を満たすデータ管理などへの取り組みです。明らかに自動車メーカーには、医療機器メーカーとは異なるレシピが有効です。

それでは、必要な産業別ソリューションを見つけるには、何から始めたら良いのでしょうか。まず我々にご連絡ください。我々が喜んで皆様の分野にピッタリのインダストリー・ソリューション・エクスペリエンス (ISE) をご紹介します。これによって、弊社の全製品ラインの中から皆様のビジネスに適した、ハイレベルなパッケージサブセットが提供されます。ISE は、シミュレーションの投資価値を最大化するためや、新規事業の競争入札を勝ち取るため、あるいはどんなに厳しい難題にも立ち向かえるようにするために、皆様が必要とするあらゆるものを編成することに役立ちます。

画期的な使いやすさ

もちろん皆様は、今後も Abaqus、Tosca、fe-safe、Isight その他の SIMULIA ツールをクラス最高の解析ユーザー用スタンドアロン製品としてお使いいただけます。しかし、**3DEXPERIENCE** プラットフォームへ完全移行することのメリットには、確かな説得力があると我々は確信しています。その中の一つに、**3DEXPERIENCE** プラットフォームの画期的な使いやすさがあります。それらは、デスクトップを好みに合わせて簡単にカスタマイズできるグラフィックユーザーインターフェースや、単一の統合化された基礎データ、そしてそのプロセス管理構造によって実現されています。さらには、プロセス・アプリを通じて、ダッソー・システムズ的全ブランドを対象に、さまざまなツールの利用をシームレスに結合し自動化することも可能です。

例えば、SIMULIA のツールで作業しているとき、CATIA の機能や BIOVIA の材料シミュレーションを合わせて使いたいと思った場合でも、単一のユーザーインターフェースを用いて、どんなツールにも、いつでもアクセスが可能です。昔から一つのブランドの製品だけを愛用してきたとしても、いつでも方向転換して、異なるブランドの技術を使ってみることができます。なぜなら、それは慣れ親しんだユーザーインターフェース上のたった一つのアイコンで利用で

きるのです。これは、最近になって可能となった、素晴らしい機能です。

製品と自然と生命をサポートする産業ソリューション

皆様もすでにご存じと思いますが、我々は、製品と自然と生命のシミュレーションこそが持続可能なイノベーションの推進力になると考えています。「持続可能」という言葉には、もちろんビジネスの成功という意味も含まれています。ダッソー・システムズは、製品開発のみならず、皆様の会社とそのエンドユーザーとのつながりを生み出すことに関しても、こうした推進力を提供することで、新たなビジネスチャンスを確保できるように支援しています。

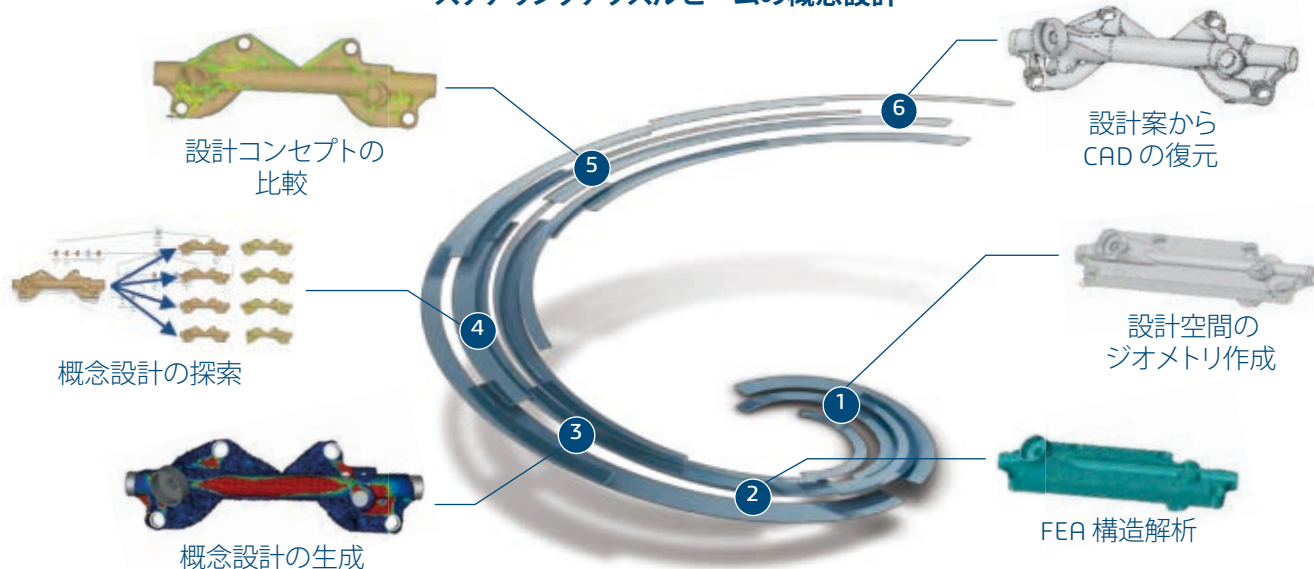
そこでは、信頼できる唯一の情報源、ユーザーや関係者間の協調、工程管理などが、要件仕様に始まって、概念設計、設計検証、製造、マーケティング、そして最終消費者の使用法に至るまで、あらゆるものにリンクされている限り、弊社のエンド・ツー・エンドの産業別ワークフローが皆様のために最高のパフォーマンスを発揮します。

このような効能は、コラボレーションを最大化して企業規模での製品開発を加速できるように、シミュレーションの専門家だけでなく、全員のためのプラットフォームを構築し、そこに弊社のマルチフィジックス・マルチスケール技術を搭載することによって初めて可能になります。皆様の会社にピッタリの産業ソリューションの元で作業すれば、シミュレーションをビジネスの中核に置くことのメリットをすべて享受できるようになり、そして競合他社の先に行くことも可能になるのです。

詳細は以下をご覧ください

<https://www.3ds.com/products-services/simulia>

ステアリングアクスルビームの概念設計



トレーニング: Companion Learning Space

Companion Learning Space (CLS)は、ダッソー・システムズが開発した学習ポータルサイトです。ダッソー・システムズの製品やソリューションの学習者のために、さまざまなコース用ライブラリが収録されています。

広範なオンライン情報源を 24 時間年中無休で利用できるようにしたことは、この業界では画期的な出来事と言えます。いつになる日に皆様は新しいシミュレーション課題に直面するか分かりません。そうすると、急いでアプリケーションの知識を身に付ける必要があります。しかし、トレーニング予定日が重要な会議とぶつかってしまいました。2 年前にトレーニングクラスで多くを学んだけれど、その製品に新しい機能が追加されたので、改めて最新のスキルを身に付けたいと思う場合もあります。しかし、あいにくとあなたの会社は出張を制限しています。このような事態は、今日最も革新的な会社のビジネスの現場でもよく見受けられる光景です。

特定のアプリケーションやプロジェクトに急いで取り掛からなければいけないとき、すぐ入手できる情報源にはどんなものがあるのでしょうか。

Companion Learning Spaceは、企業ユーザー、学生ユーザー、パートナー、および DS 従業員に対して、こうしたすべての事態に対処できる学習教材を提供しています。

*現在、ご提供しているコンテンツ全ては英語のみとなっております。

いつでも、どこでも、シミュレーションのスキル向上が可能です。
(英語のみでの提供)

コンテンツは下記の専用ラーニング・ポータルからお届けしています。

<http://companion.3ds.com>

Companion Learning Spaceは、大企業から中小企業まで、いくつかの業界のお客様およびパートナー企業で使用されています。

Companionの構成要素

Public Cloud Companion for SIMULIAには、以下のSIMULIA 製品専用のコンテンツが含まれています。

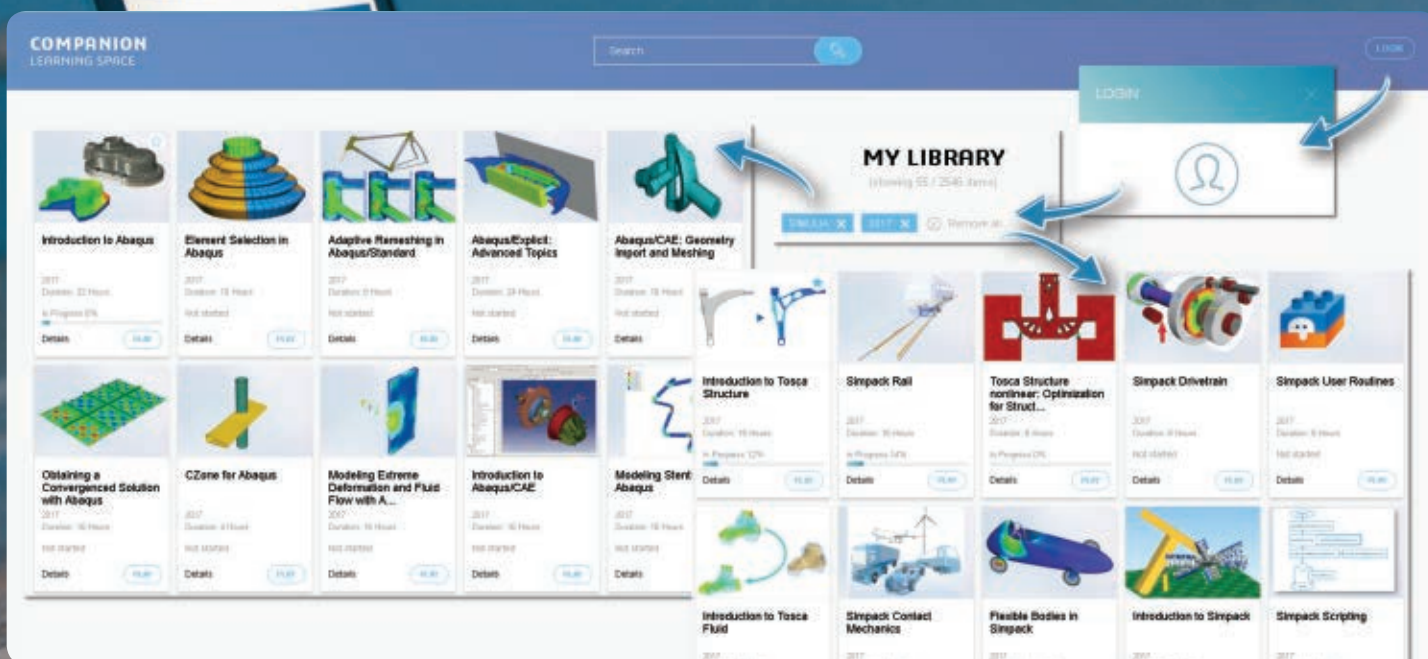
- ・トレーニング教材
- ・ビデオ
- ・ハンズオン形式の演習
- ・ケーススタディ
- ・自己評価テスト

Companionの特徴

- ・都合のよい場所で SIMULIA アプリケーションを学習
- ・さまざまな産業事例に関する豊富な演習データベースへのアクセス
- ・新リリースごとに改訂されるコース内容

Companionのメリット

- ・すべての製品およびリリースの最新情報入手
- ・シミュレーションスキルの上達
- ・移動時間と経費の節約
- ・いつでもどこでもアクセスが可能

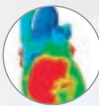
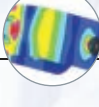


Companionによってサポートされている 3DEXPERIENCE SIMULIA のロール

- Companion for Simulation Foundation
- Companion for Simulation Process and Optimization
- Companion for Stress Engineer
- Companion for Fluid Dynamics Engineer
- Companion for Structural Analysis Engineer
- Companion for Fluid Mechanics Analyst
- Companion for Mechanical Analyst
- Companion for Finite Element Modeling and Assembly Specialist
- Companion for Simulation Geometry Modeler
- Companion for Structural Vibration Analyst
- Companion for Assembly Modeling Specialist
- Companion for Simulation Results Analyst
- Companion for Noise & Vibration Analyst
- Companion for Results Data Analyst



Companionによってサポートされている SIMULIA 製品

Abaqus	- 一般のおよび高度なシミュレーション - 線形・非線形、静的・動的 - 流体、伝熱、音響		リアリスティックな人体シミュレーション 高速度の衝突・衝撃 騒音・振動
Isight	- プロセス統合 - パラメトリック最適化 - シックスシグマおよび実験計画法 - ノンパラメトリック最適化		材料の同定 ワークフローの自動化 設計探索
Tosca	- 構造および流体流れの最適化 - トポロジー、寸法、形状、ビードの最適化		概念設計および詳細設計 重量、剛性、応力 圧力損失の低減
fe-safe	- 耐久性シミュレーション - 低サイクルおよび高サイクル疲労 - 溶接部、高温時、非金属		安全係数 クリープと疲労の相互作用 溶接部の疲労
Simpack	3D マルチボディの動的シミュレーション - 機構系またはメカトロニクス系 - 詳細な時刻歴シミュレーション（オフラインおよびリアルタイム）		全体システム解析 （疑似）静的、動的、NVH、弾性体の考慮、 高度な接触

Companion上の SIMULIA 製品とロール

Companion製品またはCompanion ロールとは、それぞれのSIMULIA 製品や 3DEXPERIENCE ロール、およびオンラインで利用可能なアプリケーションシナリオに対応した、コース、演習問題、および試験の組み合わせです。

Companion Learning Space は、以下のように、シミュレーション関係の全ロールと製品に対応しています。

- 標準製品のバージョン 2017 用 55 コース
- 3DEXPERIENCE 2017x の SIMULIA ロール用 25 コース
- 全体を通じた 2900 以上のオンラインコース

Companion の詳細については、お近くの DS エデュケーション・パートナーにお問い合わせいただくか、または Learning.Companion@3ds.com をご覧ください。

コンパニオン・ラーニング・スペース: <http://companion.3ds.com>

トレーニングクラス: www.3ds.com/training

カタログおよび学習課程:
www.3ds.com/training/learning-paths-course-catalogs

DS エデュケーション・パートナーのリスト:
www.3ds.com/partners/find-a-partner

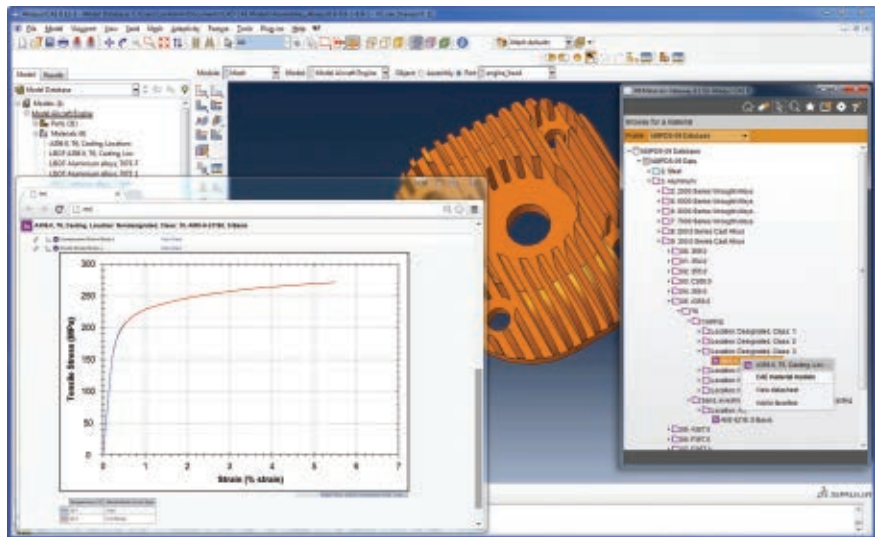
GRANTA 社が、一貫性とトレーサビリティを有するシミュレーション用材料データへの迅速なアクセスを保証

Abaqus/CAE® ユーザーにとって、なぜ材料データが重要なのでしょうか、また彼らはそれに対して何ができるのでしょうか。ここでは 2 つの例を挙げてみます。ある自動車メーカーは、自社の解析者が可能な限り最高のツールで衝突シミュレーションや NVH（騒音、振動、ハーシュネス）シミュレーションを行えるように、Abaqus/CAE などの仮想エンジニアリングツールに多額の投資をしています。しかし、入力した材料データの品質が十分でなければ、そうした取り組みの意義も薄れてしまいます。一方、ある大手航空宇宙会社は、アディティブ・マニュファクチャリング（AM）のプロジェクトを開始しようとしています。そこからは大量のデータが生成される予定です。そうしたデータをどのように管理すれば、新たな AM プロセスの最適化に役立てることができるのでしょうか。

まず、自動車メーカーの例について考えてみましょう。CAE エンジニアが必要としているのは、承認された CAE 材料モデルへの迅速かつ確実なアクセスです。こうした情報の入手は、特に複雑な高ひずみ速度の非線形解析の場合、多くの手間と時間がかかります。また企業としては、一貫性とトレーサビリティも確保しなければなりません。材料データを扱うエンジニア全員が、同一の基本的材料表現で作業できるようにして、ミスを防止するにはどうしたら良いのでしょうか。材料に関するすべての意思決定や分析に対して必ず監査を行い、必要であれば、再生または修正できるようにするには、どうしたら良いのでしょうか。

この自動車メーカーは、多くの大手エンジニアリング企業と同様に、GRANTA MI™ を使用して企業規模で彼らの材料情報を管理しています。これには実験データとその分析結果が含まれており、それらは、例えばシミュレーションモデルの作成に利用されます。このようにして、シミュレーションに即応するデータの完全なライフサイクルと、関連の全データセットが捕捉されるようになっています。また、材料の参考データからなる総合ライブラリを追加することもできます。

Granta 社は SIMULIA と密接に協力し、そうした材料データを組み込みアプリの GRANTA MI:Materials Gateway™ を介して Abaqus/CAE 内から直接アクセスできるようにしています。解析者は、一貫性とトレーサビリティが保証された適切な材料デー



GRANTA MI:Materials Gateway™ for Abaqus/CAE® のスクリーンショット。MI:Materials Gateway の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、そしてそれらの CAE モデルへのダイレクトな適用が可能です。

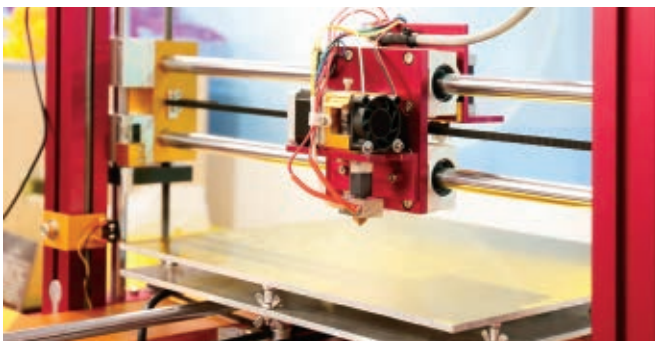
タを、ミスすることなく迅速に入手できます。ユーザーはこの企業データベースに対する閲覧や検索、適切な材料モデルの選定、そして Abaqus/CAE への直接インポートが可能です。MI:Materials Gateway のバージョン 5 では、新たなインフラを備えることで、分かりやすく直感的なユーザーエクスペリエンスを提供しています。また最近 Granta 社は顧客企業数社と協力して、CAD と CAE 相互間のより効率的なワークフローも実現しています。

AM について言えば、製造業に変革をもたらす技術として期待されていますが、プロセスパラメータとそれらが材料に与える影響を把握できて初めて、パーツの安定した性能や品質をコントロールできるようになるのです。最初の例でお話した航空宇宙会社は、これには AM プロジェクトから生成される膨大な量のデータ（その大部分は、材料データとプロセスデータ）を捕捉し活用できるようにすることが必須であると認めています。しかしここで多くの疑問が浮上してきます。どんなデータを保持し、それをどのように利用したら良いのでしょうか。そのためのベストプラクティスとは何でしょうか。プロセスの監査はどのように行うべきでしょうか。そして、どんな関連性が重要になるのでしょうか。

Granta 社は、GRANTA MI を使用して、粉体素材、造形法、造形機パラメータ、パーツなどの全 AM プロセス情報を捕捉、管理、分析することが、こうした疑問への回答につながると考えています。材料科学者、造形機メーカー、シミュレーション専門家が互いにデータを照合し共有できるようにすることが、AM にとって不可欠なのです。完全なる監査可能性と、実験とシミュレーション（例えば Abaqus）間のデータ比較が、パーツ品質に影響するパラメータの徹底した調査をサポートします。

「Science in the Age of Experience」会議で、是非、我々にお声をかけてください。www.grantadesign.com からお問い合わせいただくこともできます。

詳細は以下をご覧ください
www.grantadesign.com



エキセントリック・エナジー

TADS (Teachers at Dassault Systèmes) プログラムは、ダッソー・システムズの社会貢献活動の一環として、サイエンス、テクノロジー、エンジニアリング、および数学 (STEM) 分野における教育の推進を目指し 2013 年に創設されました。このプログラムの主な目的は、STEM キャリアについて現場の生の知識を身に付けてもらうことによる「教師の育成」、教室で使う学習モジュールを教師自身が作成することによる「生徒の教育」、および、地域の公立学校のコミュニティに対しダッソー・システムズの認知度を高めることによる「コミュニティの啓蒙」の 3 点です。SIMULIA での 6 週間の研修期間中に、TADS 教師は自分の教室で使用するはもちろん、他の教師とも共有できるカリキュラム・モジュールを作成します。

SIMULIA R&D QA マネージャーの David Duke が、2016 年度の TADS プログラムの責任者として、ロードアイランド州ジョンストンのジョンストン高校で技術教育を担当している Thomas Milligan 先生をサポートしました。

簡単に自己紹介をお願いします。

私には妻と 2 人の子どもがいて、一人は高校の 2 年生、もう一人は大学の 2 年生です。私はロードアイランド大学の経営管理の理学士号、ロードアイランド・カレッジの技術教育の理学士号と工学修士号を持っています。趣味は木工細工と旧車の復元です (天気の良い日には復元した 1974 年式 VW シングでドライブに出掛けます。またスチームパンク風の机を愛用しています)。

どうして TADS 教師になろうと思ったのですか？

学校の校長から TADS を紹介されたのがきっかけでした。彼がダッソー・システムズの人に面会し、私と私の生徒にとって絶好のチャンスになるだろうと確信したのです。私にはジョンストン高校に技術教育を復活させた功績があるとされていますが、そうしたことが、テクノロジー・設計・エンジニアリング分野の専門家と一緒に仕事して実地体験できる、このプログラムの支えになるだろうと感じました。

あなたのプロジェクトとそれを選択した経緯を説明してください。

テーマの選択については、かなり自由でした。私のアクティビティは最終的に「エキセントリック・エナジー」というタイトルになりました。私は、コミュニティ・カレッジ・オブ・ロードアイランドと連携したエンジニアリング・テクノロジーのクラスを受け持っていますが (生徒はこのクラスで大学の 3 単位を取得できます)、彼らは風力発電機のアクティビティ「ピコタービン」を実施するように求めてきました。しかし私は、それがちょっと退屈で簡単すぎるように感じていました。そこでループ・ゴールドバーグのファンである私は、彼のユーモア主義に倣って発電の



題材をアクティビティベースの問題にまとめたのです。

このプロジェクトから生徒に何を学んで欲しいと思いますか？

問題解決の考え方を学んで欲しいと思います。我々はこのコースを通じていくつかの設計プロセスを学んでいます。このアクティビティはそうした知識の多くを頂点まで高めてくれるでしょう。

あなたはこのプロジェクトから何を学びましたか？

生徒たちの反応が非常に良いことが分かりました。彼らは SolidWorks、3D プリンティング、CNC 切削加工などの新しい技術をスムーズに受け入れていました。もう一つは、想像力や問題解決力が作業モデルへと展開していくの見るのは、とても楽しいことだと分かりました。彼らは「教えられる」よりも、作ったり試験したりすることで多くを学んだようです。

シミュレーションにはどのような価値があるとお考えですか？

シミュレーションは非常に重要です。生徒たちはパーツ類を SolidWorks で設計し、実物を組み立てたり 3D プリンターで製作したりする前にその影響をシミュレーションすることができました。そのため、即座に変更を加えて改良できるだけでなく、貴重な時間も節約できることを学びました。

私の TADS での体験はとても充実していました。私は何人かの素晴らしい人々に会いましたが、彼らは我々の教育課程の強化と、結果としての優秀な生徒の育成に貢献してくれました。

アディティブ・マニファクチャリングのためのマルチスケール材料の設計

模型、試作品、工具などを製作するため、また実部品をプラスチック、金属、セラミック、複合材料で製造するために、アディティブ・マニファクチャリング（AM）が利用されています。その利点は、さらなる設計自由度が得られることにあり、それによって、斬新かつ複雑な形状であっても少ない追加製造コストで実現できることや、製品重量を削減することが可能になります。アディティブ・マニファクチャリングで製造される典型的な部品の大きさは、数百ミリメートル程度だと考えられます。しかし、マイクロメートルスケールでラティス構造が設計される場合や、ナノメートルのスケールで着目される物理的転移が発生する場合もあります。こうしたスケール差の問題に取り組む場合、材料挙動を正確に捕捉するためにマルチスケールのアプローチが欠かせません。

従来の製造法（鍛造、鋳造、プレス加工など）の制約から解放された、まったく新しい設計の可能性を秘めた世界では、CAD モデリングと最適化が製品設計者にとって重要なツールとなります。トポロジー最適化は、与えられた空間内で材料レイアウトを最適化するための数学的アプローチとして確立されており、AM 部品の設計にもよく適合します。トポロジー最適化から得られた最適結果は、アディティブ・マニファクチャリングのプロセスに直ちに利用可能です。そのため CATIA のジオメトリ作成・再構築機能と、Abaqus の有限要素ソルバーを組み合わせた Generative Design Explorer アプリが開発されており、トポロジー最適化技術を積層造形法に効果的に適応させることができるようになっています。

中空構造体の製作

アディティブ・マニファクチャリングのユニークな特徴の一つは、インフィルパターンまたはラティスパターンとして知られる、小さなセルを用いて中空構造体を製造できる点です。一般に用いられるインフィルパターンには、グリッド、ハニカム、直線構成、三角形押出しの各パターンに加え、3D ラティスパターンがあります。Tosca のラティスに対する寸法最適化機能は、トポロジーを最適化した同じ重量の構造よりも、はるかに剛性の高い最適ラティス構造を生成します。ラティス構造の初期モデルは、ソリッドメッシュからはり要素の羅亭 x 酢構造モデルを生成できる Abaqus プラグインを用いて作成できます。別の方法として、nTopology 社の Element などのラティスソフトウェアで作成し、Python スクリプトを介して Abaqus フォーマットに変換することもできます。Tosca の寸法最適化機能は、はり要素断面の半径を最適化しますが、その最適結果を nTopology 社の Element に再度読み込んで、製造可能なジオメトリを再構築することができます。はり構造では表現できない多様なラティスミクロ構造をさらに詳細に設計し調査するため、また、ラティスのサイズと角度に関する寸法決定上の制約に対処するために、マルチスケールのアプローチにおいて中間密度領域の設計が可能となるよう、Tosca のトポロジー最適化機能が強化されています。ここでは、中間密度領域に対してトポロジー最適化を実現するための

手順を説明します。最初のステップは、ラティスの等価な材料特性を巨視的に把握することです。材料の均質化のために Abaqus マイクロメカニクス・プラグインが開発されています（図 1）。このプラグインは、線形・非線形の熱機械的材料特性のアップスケーリングとダウンスケーリング、周期的および非周期的境界条件、ポスト処理、シェル状構造の ABD マトリックスの作成など、各種の機能を提供しています。このマイクロメカニクス・プラグインを用いてインフィルを均質化することにより、インフィルパターンと空隙率の調査、ヒートマップの作成、さらには、結果として得られた構造に対してマルチスケールの観点から見た供用実稼働条件下での性能分析が可能になります。また、マイクロメカニクス・プラグインで均質化された、さまざまなインフィル／ラティス密度の材料特性に基づいて、ラティスの挙動を内挿できるようにするため、トポロジー最適化によって中間密度領域における材料レイアウトの最適化も可能になります。

この考え方を靴底の設計問題を例に説明しましょう。スポーツシューズ業界は、近年、劇的な発展を遂げています。例えば、ランニングシューズは全身に影響を与えるため、ランナーにとって最も価値ある道具と見なされています。こうした問題への取り組みは、各シューズの設計において考慮すべき重要な要素、例えば、衝撃吸収性、柔軟性、フィット感、摩擦力、靴底の摩耗、通気性、重量、等々によってさらに困難なものとなります。そのため最近では、ほとんどの大手スポーツシューズメーカーが、アディティブ・マニファクチャリングで製造されたラティス構造の靴底に関心を寄せるようになりました。

Abaqus/CAE を用いれば、どのようなラティス設計に対応する単位セル RVE モデルが作成できます。図 2 には、はり要素では表

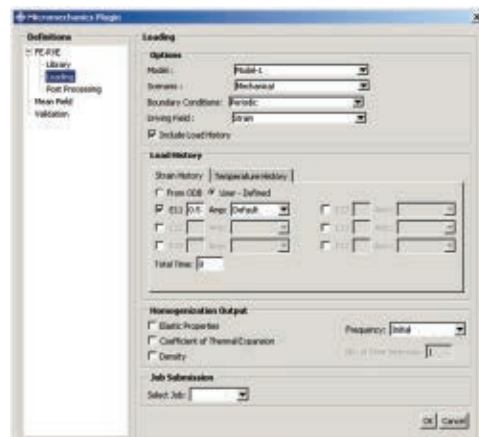


図 1. Abaqus マイクロメカニクス・プラグイン

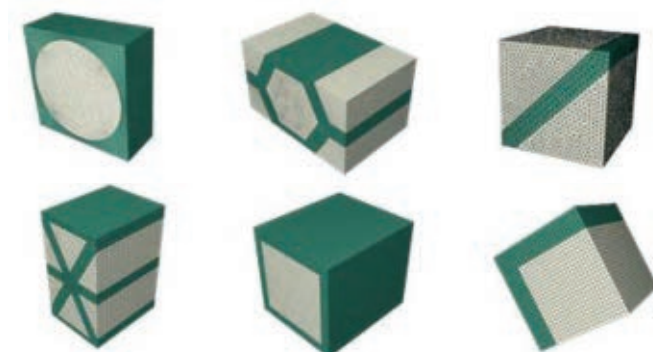


図 2. 一般的な押し出しタイプのインフィル／格子パターンを有する RVE モデル

現できない押し出しラティスパターンの CAE モデルがいくつか示されています。これらの単位セル RVE モデルは Abaqus マイクロメカニクス・プラグインにインポートが可能です。このプラグインは、反対側の面上における整合および非整合メッシュに対して自動的に周期境界条件として取扱います。そして、均質な材料特性と剛性マトリックスを計算します。

さまざまなインフィル密度に対して均質化を実行できます。また、ラティスコアで囲まれた四角いボックスなどの単純形状で妥当性確認を行えます。実形状モデルを、均質な材料特性が適用された非実形状モデルと比較することもできます。我々は、グリッド押し出しインフィルパターンの均質化された構造応答を、実形状モデルと比較して検証しました（図 3）。実形状モデルには形状の不連続が原因で応力分布に少し粗さが見られますが、両者の応力の大きさは良く一致しています。

さまざまなインフィル／ラティス密度に対して均質化された材料特性を用いて、最大 4 次の多項式関数を組み立てることができ、Tosca のトポロジー最適化機能は、材料の内挿における多項式をサポートするように改良されています。これによって、中間のラティス密度分布を用いた最適な材料レイアウトの設計が可能となります。

単一または複数の荷重の適用

トポロジー最適化では一つ以上の荷重を適用できます。靴底の例で言えば、マッピングした圧力荷重を用いて平均的な人の体重の静的負荷を表現し、曲げ荷重を用いて蹴り出しに対する抵抗力を表現できます。Tosca では、設計条件のグループ化もサポートされており、一グループの要素に対して同じ密度が生成されるようにすることもできます。これは必須の制約条件ではありませんが、ある種の設計には必要となるかもしれません。今回の例では、垂直方向（インフィル押し出し方向）の要素をグループ化しました。Tosca のトポロジー最適化では、重量削減を目的として最大の剛性を持つ構造を見つけるために反復計算をします。このとき、反復ごとに中間の相対密度分布が生成されます。最適設計においては、必ずしも最大の密度領域が最大の荷重位置に対応するとは限らないことが分かっています。トポロジー最適化は、最も効果的な材料の使用法を決定することに役立ちます。すなわち、相対密度分布（材料の剛性分布）を用いて、それに適合するラティスパターンを有する最適形状を再構築することができます。

また、Tosca のトポロジー最適化機能を用いると、ラティスのマイクロ構造（単位セル）の設計にも役立ちます。我々はまず、完全に中身の詰まった単位セルモデルに、マイクロメカニクス・プラグインで周期境界条件を適用し、遠方ひずみを規定することによって典型的な供用荷重を負荷しました。また、均一応力場とならないように、全体的に不均一な密度マップを作成しました（図 4 のサイクル 0）。

複数の荷重ケースを考慮する場合は、重み係数を使用するか、エネルギー剛性測度またはひずみエネルギーの最小値をを最大化します。そして、最小部材サイズや最小体積などの設計制約条件を適用します。このプロセスの全体が図 4 に示されています。この例では、96 サイクル後に収束に達しました。その後、この手続きを前述の最適化と組み合わせることで、最適な密度分布が得られます。

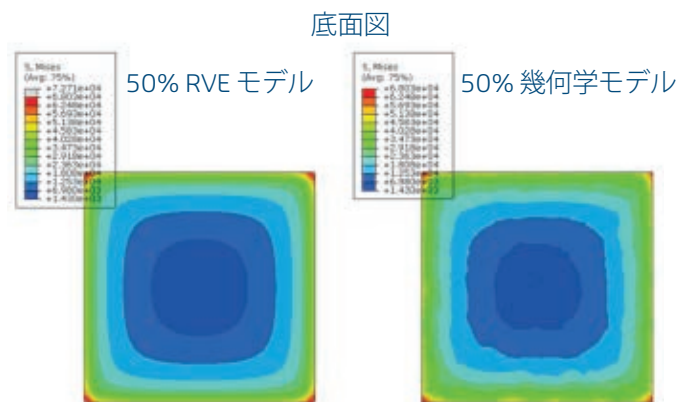


図 3. グリッド押し出しパターンの均質化された構造応答の妥当性確認

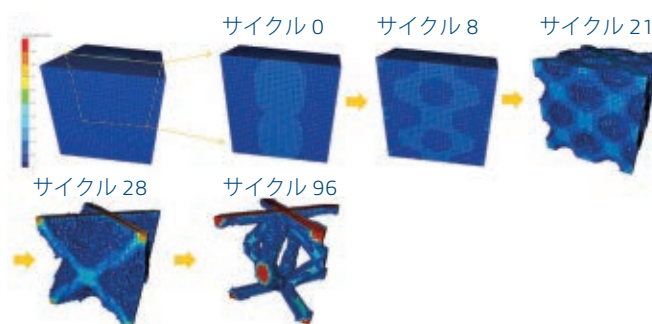


図 4：格子マイクロ構造のマルチスケールのトポロジー最適化

一方、Abaqus/Standard では、マルチスケール材料モデリングのための平均場均質化法の開発が進んでいます。平均場均質化法は半ば解析的な方法であるため、有限要素モデルに基づく RVE のアプローチに比べて計算効率に優れています。この手法は、以前はユーザーサブルーチンの形で用いられてきました。しかし Abaqus ソフトウェアに直接組み込まれたことによって、ユーザーは自分自身で構成物質ごとに基本材料モデルを組み込むことなく、この手法を利用できるようになります。そのため、モデルをハイパフォーマンス並列コンピューティングに対応させることも可能となり、結果として、大規模モデルの並列マルチスケール解析が実現します。平均場均質化法を用いれば、フィラメント材料の押し出し工程における繊維の配向分布を考慮しながら、短繊維強化ポリマーをモデリングすることも可能です。

詳細は以下をご覧ください

<https://www.3ds.com/products-services/simulia/services>

