

SIMULIA

COMMUNITY NEWS

#07 2014 年 5 月号

調和を目指して
製品と自然と生命の
シミュレーション

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



6 | 住友ゴム工業



10 | FREUDENBERG



14 | FEOPS

目次

5 月 2014 日

3 ごあいさつ

ダッソー・システムズ SIMULIA ワールドワイド・オペレーション
担当副社長、Roger Keene

4 プロダクトアップデート

Tosca Structure 8.0 の新リリース

5, 13 ニュース

fe-safe の新しいランダム振動疲労評価法
実環境荷重の分析によるブッシュ設計の改善

6 ケーススタディ — 製品

それって車輪の再発明? いえ、正確にはタイヤです

8 ストラテジオーバービュー

製品、自然、そして生命の"リアリスティック"な検討

9 リビング・ハート

SIMULIA が「リビング・ハート・プロジェクト」を陣頭指揮

10 ケーススタディ — 自然

Freudenberg 社、ガスケットに承認の FEA シールを貼る

13 アライアンス

Baker Hughes 社

14 カバーストーリー — 生命

心臓弁置換術を奥深くまで調べる

16 ソーシャルメディア

SIMULIA がソーシャルに!

18 学術研究

ペットボトルの一挙一動を改善する

20 ケーススタディ

すべてはパイプライン次第: サワー原油を安全・確実に輸送する

23 Tips & Tricks

Abaqus から疲労解析用の fe-safe の拡張材料データベースを使用する方法

寄稿者: 内藤正登氏 (住友ゴム工業)、Frank Schoenberg (Freudenberg Group)、
Matthieu De Beule (FEops)、Sherif El-Gebaly (INTECSEA)、Gary Menary (Queen's
University Belfast)、Parker Group

表紙: ベルギー FEops 社の共同創立者 Matthieu De Beule 博士
Bart Lasuy Photography 社による撮影

製品と自然と生命の調和



我々は今、驚くべき技術革新の真ただ中にいます。それは、我々の生活や世の中のビジネス行動にも大きな影響を与えます。我々は日頃、設計に対するシミュレーションの有効性を論じたりしていますが、将来はシミュレーションが設計に不可欠な要素となります。さらに、製品のためだけでなく、自然と生命を理解するためにもシミュレーションを利用する時代がやって来ます。SIMULIA の技術ポートフォリオは、こうした発展を支えとともに、ダッソー・システムズの 3D エクスペリエンス® プラットフォームによって、企業がこの技術革新を最大限活用できるようにいたします (8 ページ)。

SIMULIA Community News の本号に特集されているケーススタディのいくつかは、この「製品と自然と生命」というテーマを強く印象付けるものになっています。

- ・製品：タイヤ製造における最新の進歩が紹介されています (「車輪の再発明? いいえ、正確にはタイヤです」6 ページ)
- ・自然：自然の力の解明が風力タービンコンポーネントの設計判定に役立っています (「Freudenberg 社、ガasketに承認の FEA シールを貼る」10 ページ)
- ・生命：救命技術のリアリスティックシミュレーションが実現されています (「心臓弁置換術を奥深くまで調べる」14 ページ)

SIMULIA の技術は、今日ある社会的課題の核心に迫ります。我々はこの数年間、「自然と生命」を弊社の戦略に含めてきました。我々の目標は、皆様の製品が実環境でどのように機能するか、すなわち、環境に対してどのように融合し、活用され、影響するかということ、皆様自身で確かめられるようにすることです。そのために我々は、製品と自然と生命が互いに調和して影響し合えることのさらなる理解やシミュレーションに、我々のソリューションが役立つよう尽力しています。

この生命に焦点を合わせた取り組みとして、我々が今年の SIMULIA Community Conference で発表した「リビング・ハート・プロジェクト」(9 ページ) ほど良い事例はありません。この構想を実行に移そうと検討していたとき、我々は果たして正しい出発点にいるのか、どこに心臓のリアリスティックシミュレーションに対するニーズがあるのか、確認したいと思いました。しかしニーズは高かったのです。世界保健機関によれば、心臓血管病は世界の死亡原因の第一位であり、米国心臓協会も、2030 年にはアメリカの人口のほぼ 41% が何らかの心臓血管病を患うだろうと予測しています。

我々は機器メーカーや研究機関、規制当局と協力して医療機器の設計改善に取り組んできましたが、このリビング・ハート・プロジェクトを通じて、機器中心のアプローチではなく、人間中心のアプローチから、プロセス全体を見直したいと感じました。我々が想像するのは、心臓の実測データに基づく患者別のモデルが、臨床医に不具合や潜在的な合併症の手掛かりを与えるようになることです。ますます高精度化する人体シミュレーションは、試験のリスクとコストを削減する大きな可能性を秘めており、その上患者の安全と健康にもメリットがあるのです。

今年の SCC に参加された方は、このリビング・ハート・プロジェクトがもたらす力をじかに体験し、医療の未来について学ばれたに違いありません。この分野の技術革新は間違いなく始まっています。

ソーシャルメディアで SIMULIA とつながりましょう

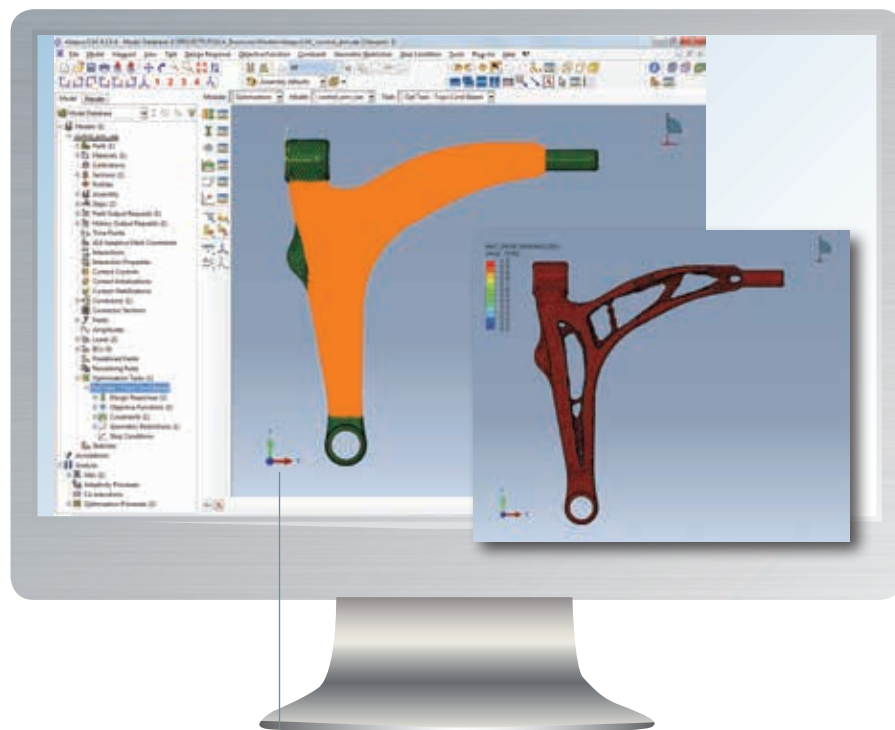
我々が最近立ち上げた Facebook ページからインスピレーションを得ることや、Twitter でニュースをチェックすること、あるいは我々の LinkedIn グループから答えを探したり仲間と交流したりすることが、クリック 1 つで可能です。また SIMULIA ラーニング・コミュニティに参加すれば、解決策や技術ヒントを見つけたり、さまざまなシミュレーショントピックに関する何百ものブログを閲覧したりできるのです。我々のソーシャルメディアサイトの最新情報 (16 ページ) を是非ご覧ください。

ROGER KEENE

SIMULIA ワールドワイド・オペレーション担当副社長

未来を形作る最適化の技術

Tosca の新機能がシミュレーションの結果とパフォーマンスのさらなる改善を可能に



Abaqus/CAEの最適化モジュール

SIMULIA は Abaqus 6.13-AP のリリースに伴い Abaqus/CAE 内に最適化モジュールを追加しました。このモジュールを使用することで、ユーザーは Tosca Structure 8.0 の新機能を最大限に活用し、リアリストックシミュレーションの結果とパフォーマンスをさらに改善できるようになります。

SIMULIA 製品の一部として、Tosca Structure は、軽量で剛性や耐久性のあるパーツとアセンブリを短期間で設計するための強力な最適化ソリューションを提供しています。Tosca Structure 8.0 では、新しいサイジング最適化モジュールにより、シートメタル設計における重量、剛性、および動特性の最適な関係を導くことが可能になります。これは材料の節減と快適性向上の可能性を突き止めるものです。ユーザーは大規模モデルや非常に多くの設計変数に対して、シェル要素の板厚を個々にまたはグループごとに最適化できます。

設計バリエーションの迅速なシミュレーション

Tosca Structure 8.0 の新機能はメッシュジオメトリの迅速かつ容易な変更を可能にしています。

設計のバリエーションに対して、シミュレーションの設定を繰り返すことなく即座に解析を実施できるようになります。このツールによって設計の意思決定が加速され、全体として短期化する開発プロセスのもとでも、さらなる改善や技術革新が可能となります。

Abaqus と Tosca Structure の統合を最も快適に体験できるのは、Abaqus/CAE に組み込まれた最新の最適化モジュールです。この新しいグラフィカルインターフェースは、ハイパフォーマンスコンピューティングのニーズとも合致しており、たとえば大規模問題の最適化ジョブも、外部のマルチプロセッサアーキテクチャで高速に実行できるようになります。

機能の概要

- 安定かつ高速な最適化アルゴリズム
- 既存モデルの直接利用
- 大規模モデルの効率的な取り扱い
- 無制限の荷重ケース数をサポート
- 応答の組み合わせに複数の FE 解析を考慮
- 非線形解析（非線形材料、接触、大変形）と組み合わせた最適化
- Tosca ANSA environment における最適化ジョブのプリ・ポスト処理
- Tosca Structure.view による結果の可視化
- ポスト処理データを組み合わせた vtfx 形式のレポートと office または html ドキュメントの出力
- Tosca Structure.smooth を使用した CAD 転送のための結果準備

グラフィカルインターフェースによる容易なセットアップ

Abaqus/CAE の新しい最適化モジュールは、以下のように、最適化タスクとワークフローのセットアップと実行も効率化しています。

- 最適化ジョブと FEA ジョブ用の一体化したグラフィックユーザーインターフェース
- Abaqus Standard の 3D モデルに対する対話形式による最適化タスクの定義
- 使い慣れた Abaqus/CAE 環境でモデル定義から解析実行、ポスト処理までが可能
- 自動化された整合性チェック機能

Tosca Structure 8.0 を使用すれば、最適な設計コンセプトを導くことで、最高の性能と品質そして環境効率をより短期間で実現できるようになります。Abaqus 6.13-AP のユーザーは、拡張トークンライセンスを通じて Tosca Structure 8.0 を利用できます。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/tosca

fe-safe の新しいランダム振動疲労評価法

ランダム性の強制振動によって引き起こされる疲労は、自動車業界の大きな懸念の 1 つとなっています。周波数領域のアプローチでは、ランダム過程を表現するものとして、パワースペクトル密度 (PSD) が最も分かりやすく簡潔な方法です。これまで PSD による疲労解析の商用的手法は加振台試験の応用に限定され、多チャンネルから得られた位相差のある荷重データに十分対処できていませんでした。PSD は特定の周波数レンジに含まれる信号のエネルギー分布を記述するための関数です。

たとえば加速度信号の平均二乗値は、この関数を周波数に関して積分することによって計算できます。疲労解析におけるランダム振動アプローチは、以下の理由からも重要です。

- ・系の動特性を簡潔に表現できる
- ・確率密度関数 (PDF) によって従来のレインフローカウンタ法を代替できる
- ・FEA では、モード重ね合わせ法による定常応答解析 (SSD) が、モード重ね合わせ法による過渡応答解析や直接法による過渡応答解析よりもはるかに高速である
- ・ランダム振動疲労のアルゴリズムは、対応する時間領域ベースのアルゴリズムよりも高速である

fe-safe 6.5 (Abaqus 6.14 リリースの一部) には、ランダム振動疲労に対する最新かつ独特の手法が最初のリリースとして含まれ

ています。主な特徴は以下の通りです。

- ・疲労解析における多点入力荷重の考慮 (図 1) : ユーザーは荷重データをマスターポイントに接続された単一入力チャンネルに縮約する必要がありません。
- ・従って、荷重チャンネル間の位相整合を検討することや、それらをさまざまな係数でスケール倍して組み合わせることが可能であり、これは非常に好都合です。
- ・クリティカルプレーン探索 : ミーゼス、垂直応力、せん断、垂直+せん断応力に加えて、クリティカルプレーン法の基準が利用可能です。
- ・解析スピード : スピードの違いを調査するため、時間領域と周波数領域の比較解析が実施されました。このゴーカートフレームの解析では、加速度の時刻歴データと加速度の PSD データが互に対応しています。これら入力荷重の"等価性"を評価するパラメータとしては、常にスペクトルモーメントを使用できます。
- ・また確率解析も fe-safe における新しいアプローチの大きな利点の 1 つです。時間領域で同じ結果を得ようとすれば、ユーザーは時刻歴応答結果のサンプルを多少なりと収集し、信頼区間分析を行って、値 (寿命) が正しいと考えられる範囲を決定する必要があります。こうした方法は、fe-safe の新手法に比べてはるかに煩雑です。

解析されたゴーカートフレームの最も損傷

fe-safe 6.5 の新機能

- ・ランダム振動疲労に対する新手法
- ・クリティカルディスタンス法に対する新手法
- ・拡張分散処理

した節点における応力の時刻歴と出力された PSD 結果は、最終的に fe-safe の疲労評価アルゴリズムに取り込まれ、時間領域と周波数領域の両方で寿命、損傷、そして安全係数が計算されます。

時間領域のアルゴリズムとしては Findley の多軸応力評価法が用いられ、周波数領域のアルゴリズムとしてはミーゼスが用いられました。Findley の方法はクリティカルプレーン法を採用しており、fe-safe の新しい PSD 法に比べるとかなりの時間がかかります。一方で、寿命および損傷度の差は 15% 未満に収まっていた。図 2 には、ゴーカートフレーム全体の寿命分布 (寿命の log10) が示されています。

この新しい PSD 疲労評価法は、fe-safe 6.5 において追加コストなしで利用できます。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/fe-safe

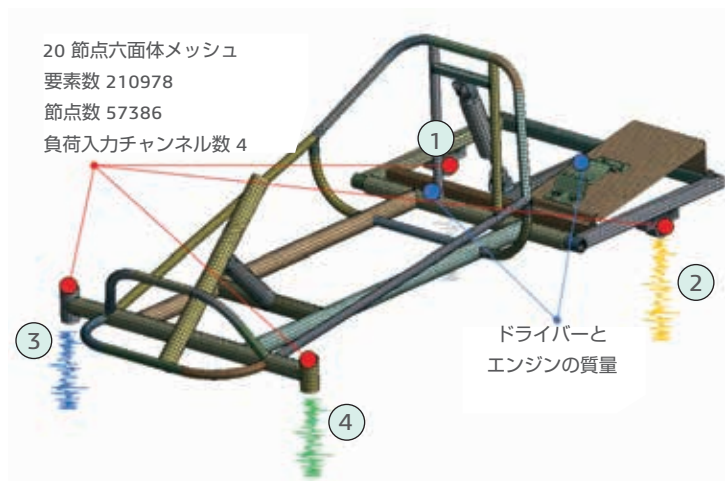


図 1. シャシーを加振する4つの負荷チャンネル

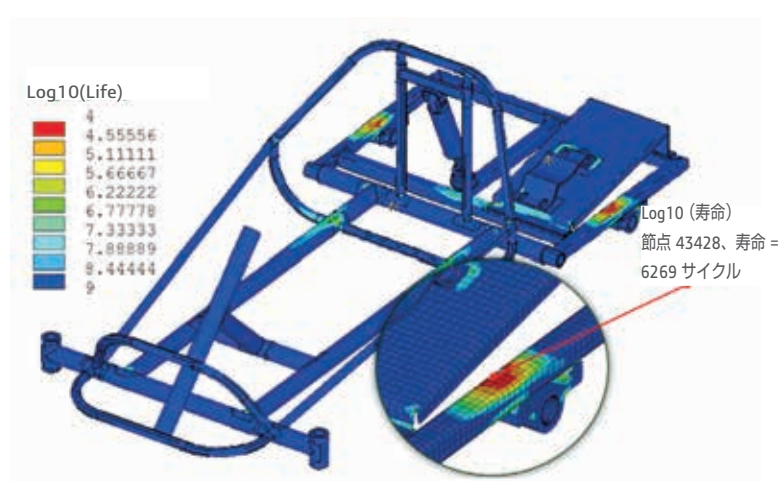


図 2. ゴーカートフレーム後部の第2支持点の真上に位置する最も損傷を受ける節点 (43428)

それって車輪の再発明？ いえ、正確にはタイヤです

住友ゴムのエンジニアが、
材料シミュレーションに Abaqus FEA を
使用して転がり抵抗と車の燃費を改善



アメリカの自動車産業は、最近制定された CAFE（企業平均燃費）基準の高い目標値に騒然としています。それは 2016 年までに 1 ガロンあたり 34.1 マイルというものであり、2025 年には 54.5 マイルにまで引き上げられます。EU や日本そして中国の規制値も（それらは米国より厳しく）、2020 年までに大幅に引き上げられることが決まっています。

この新たな数値目標のため、世界中の自動車メーカーやサプライヤーの設計エンジニアリングチームでは、燃費改善が喫緊の課題となっています。そのための実施策として、たとえば最新の噴射装置や燃焼・排気装置、軽量素材、空力性能の向上などが注目されていますが、タイヤもその 1 つです。

米国で消費される石油のおよそ 2/3 は、この国の 2 億 5 千万台に上る車を走らせるために使われています。そしてその内の約 20 パーセントは、タイヤが路面を転がるときの摩擦力を絶ち切るためだけに消費されます。転がり抵抗 (RR) と呼ばれるこの特性は、主に 2 つの要因で決まります。1 つはもちろんタイヤ設計（サイズ、構造、材料構成など）ですが、もう 1 つは運転条件であり、これにはタイヤの空気圧、車両荷重、環境温度、回転速度、そしてアライメントなどが含まれます。

すでにタイヤメーカーは、この 20 年間で転がり抵抗を 25～30 パーセント低減してきました。それでもなお、新たな燃費規制を満たすにはさらなる改善が必要とされています。しかし多くのエンジニアの意見は、RR の低減によって燃料消費量をさらに 3 パーセントは削減できるということではほぼ一致しています。またタイヤの改良は、他の自動車システムに比べ、燃費向上の比較的低コストな手段であるとも見なされています。

シミュレーションによる転がり抵抗の分析

神戸に本拠地を置く住友ゴム工業のエンジニアたちは、長年にわたり RR の低減に向けた調査に取り組んできました。そして同社のシミュレーションチームが主導した活動は、タイヤの構造と材料構成を両面から改善してきました。しかし彼らの再設計業務は、将来の燃費基準だけでなく、2010 年にタイヤメーカー間で合意したタイヤ性能の等級表示制度によっても一層緊急度を増してきたのです。

ゴムタイヤから高性能を引き出すことが、単に摩擦を最小限に抑えることであるなら、技術課題はもっと簡単に解決できるでしょう。しかし性能とは安全機能のことでもあり、それは特に濡れた状態において、タイヤが路面をしっかりとグリップすることで達成されます。設計の見地からいうと、この "ウェットグリップ" と呼ばれる性能は、機能上 RR と正反対の関係にあります。したがって、その設計はトレードオフ、すなわち、RR の低減に向けて摩擦力を最小化するか、ドライバーの安全を守るためにグリップ力を最大化するかという問題になるのです。このように背反する 2 つの物理原理の両立を図る鍵は、実はゴム自身にありました。

「タイヤの性能は、さまざまなコンパウンドの特性と、ミクロおよびナノレベルの組織間の複雑な関係とで決まります」と、住友ゴム工業の材料開発本部でアシスタントマネージャを務める内藤正登氏は話しています。

ゴムタイヤは、ポリマー、フィラー、および架橋剤が複雑に混ざり合っていてできています。ポリマーはその柔らかさや弾力性で知られるように、タイヤ用ゴムの主要な母材であり、何十万に上る分子サイズのビーズが鎖状に連なった構造をしています。シリカやカーボンブラックなどのフィラーは、補強材としての役割を果たし、強度と耐摩耗性を向上させるために添加されます。母材全体に分散したフィラーは（ポリマー分子の仲介役となるカップリング剤、すなわち官能基を介して）ポリマーと化学結合します。これが、材料に補

「我々が Abaqus を選択した理由は、大規模シミュレーションにも対処できること、そしてゴムなどの非線形材料の大変形問題を解く能力があることでした。しかも、このソフトウェアは非常に高精度です」

住友ゴム工業・材料開発本部アシスタントマネージャ、
内藤正登氏

強効果をもたらします。そして、ポリマー母材中のシリカの間隔と、これら 2 つの素材間の結合形成位置が、タイヤの転がり抵抗の原因となる無駄な変形と発熱を抑えます。「我々には長年にわたってタイヤのシミュレーションを行ってきた歴史があります。しかし最近まで、材料設計の改善に向けて、こうした関係をより詳細に調査することは容易ではありませんでした」と内藤氏は話しています。

15 年以上にわたり、住友ゴムのエンジニアはタイヤのシミュレーションに Abaqus の有限要素解析 (FEA) を使用してきました (図 1)。SIMULIA ブランドのもとで提供されている Abaqus は、ダッソー・システムズの 3D エクスペリエンス技術ポートフォリオの重要な一員です。「我々が Abaqus を選択した理由は、大規模シミュレーションにも対処できること、そしてゴムなどの非線形材料の大変形問題を解く能力があることでした。このソフトウェアは非常に高精度で、較正が容易な汎用の材料モデルが豊富に備えられています」と内藤氏は話しています。

新たなシミュレーション法がゴムのより詳細な調査を可能に
初期の材料シミュレーションも、住友ゴムのエンジニアが性能を改善することに貢献していました。しかし市場の圧力が高まるにつれて、ゴムが路面に接するときの複雑な材料挙動を理解するには、新たな技術が求められていたのです。

そのためチームはマルチスケールのシミュレーション手法を開発しました。この「4D NANO DESIGN」と名付けられた新技術は、倍率を段階的に上げながら材料を調査していくものです。最初のレベルでは、FEA によって、ミクロンスケール (1/1,000 mm) のゴムの変形や材料内の正確なエネルギー損失位置が予測されます。次の分子動力学 (MD) シミュレーションでは、シリカ粒子の立体的配置やポリマーとシリカの結合相互作用がナノメートルスケール (1/1,000,000 mm) で解析されます。さらにサブナノメートルレベル (1/10,000,000 mm) の分子軌道 (MO) シミュレーションでは、材料の反応度 (電子状態やエネルギー状態) が調査されます。「ゴムタイヤの材料挙動をこの精度でシミュレーションすることは、以前はとても不可能でした」と内藤氏は話しています。

ミクロンスケールの FEA では、チームはゴムの 3D 構造を (ポリマー母材全体にわたるフィラーの分布や配置まで) 正確に再現した有限要素モデル (FEM) を作成する必要がありました。これは最先端の試験データを収集することで実現されました。たとえば動的

試験からはポリマー挙動の詳細が得られ、透過電子顕微鏡法 (TEM) と X 線散乱法による測定では ミクロンスケールからナノスケールまでの 2D 構造の詳細が明らかになり、そして TEM 断層撮影法が 3D 構造のマッピングに役立ちました。

計算には多大な負荷がかかるため、Abaqus Standard に新たに導入された反復法ソルバーがハイパフォーマンスコンピューティング環境に採用され、ミクロ組織の応答がシミュレーションされました。その FEA 結果は、フィラー粒子が互いに接触する位置で、最大の発熱 (転がり抵抗の原因) が生じていることを示していました (図 2)。

この FEA 結果に基づいて、分子動力学シミュレーションでは (名古屋大学の OCTA システムの軟質材料専用ソフトウェア COGNAC を使用して) フィラーの分散技術が評価され、フィラーが均一に分布する (RR の改善に役立つ) ポリマー配合法が計算されました。次にエンジニアリングチームは、開発マネージャと協力して、提案された材料が容認される製造手続きやコストに収まることを確認しました。このプロセスは、手間のかかる試行錯誤的なポリマーの合成と試験のサイクルを回避することに役立ちました。そして分子軌道シミュレーションによって、選定された材料の反応度が検査され、ゴム組織のさらなる最適化がなされました。

マルチスケールシミュレーションのメリット

住友ゴムが開発した「4D NANO DESIGN」技術によって、まったく新しい手法によるタイヤ性能の調査が可能となりました。「我々は、ミクロおよびナノレベルでタイヤ性能を予測できるようになったのです。これは実験でなし得るものではありません。シミュレーションは我々の製品開発サイクルを短縮し、プロセスの効率を向上させています」と内藤氏は話しています。

これらの新技術を用いて設計されたタイヤは、すでに実用化され、そしてさらなる改善がなされようとしています。「我々はこの新しいプロセスが、将来のタイヤ開発の効率向上に大きく貢献することを楽しみにしています」と、内藤氏は付け加えています。

詳細は以下をご覧ください

www.srigroup.co.jp

www.3ds.com/SCN-May2014



図 1. 初期の研究では、住友ゴムのエンジニアは Abaqus を使用して、転がり抵抗 (左上のタイヤ断面コンター図)、ハイドロプレーニング現象、モード解析 (下 4 図) などのタイヤシミュレーションを実施していました。

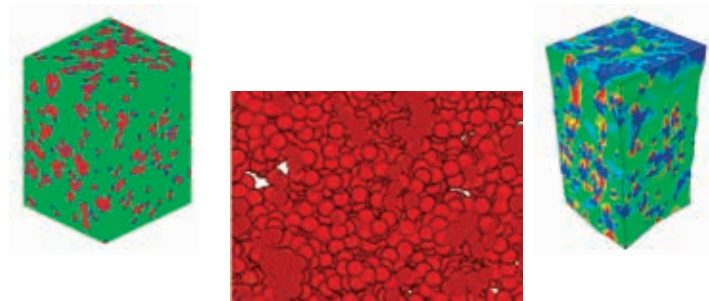


図 2. Abaqus FEA を用いて、459×712×489 ナノメートルのゴムのブロック (左) が 1000 万個の六面体要素でモデル化されました。ポリマー (緑色) とフィラー (赤色) は別々にモデル化され、引張変形のシミュレーションでは非線形粘弾性と弾性の両方の特性が考慮されました。フィラー部分だけが拡大図 (中央) に示されています。ひずみ分布図 (右) には、ゴムが変形した結果、不均一に分散したフィラーの間に挟まれたポリマー部分に大ひずみ (赤色) の兆候が示され、転がり抵抗を増大させる発熱の存在を示唆していました。

製品と自然と生命の " リアルスティック " な検討



SIMULIA ポートフォリオ管理・シニアディレクター、Steven Levine

ダッソー・システムズの 3D エクスぺリエンス・プラットフォームを通じた「製品と自然と生命の調和」は、単なる素晴らしい理念にとどまりません。我々は、そうしたハイレベルな目標を掲げることが、現在そして未来の地球とその住人の幸福を確保する上で欠かせないものと確信しています。

しかしこの理念は、実際 SIMULIA のコミュニティにとってどんな意味を持つのでしょうか？ また、こうした新しい技術や製品体験は、皆様の組織ひいては皆様の顧客に価値をもたらす能力にどんな影響を与えるのでしょうか？ さらには、皆様の会社の収益にも好影響があるのでしょうか？ そして具体的に、製品と自然と生命を調和させるにはどのようにしたら良いのでしょうか？

世界が連帯を深めるにつれて、すべてのメーカーは高い品質基準を満たすだけでなく、社会に積極的に貢献するような製品も開発すべきだという意識が高まっています。それは環境問題への対応から、個人的な製品体験の提供に至るまで多岐に及んでいます。これらは"マクロ傾向"にすぎないと思われるかもしれませんが、それらはすでに、今日実際に作られている製品にも影響を与えています。

製品エンジニアリングの見直し

この影響を具体的に説明するものとして、航空機製造における改革ほど良い例はあり

ません。今日運航している飛行機は安全であり、比較的成本効率良く生産されています。しかし、省エネルギーと乗客の快適性についてはそうとも限りません。そのため、燃料効率が高く圧力や湿度が高くても快適を保てる軽量の複合材を用いて再設計することが求められています。これら新型機の安全性確保に貢献するため、SIMULIA とメーカーおよびパートナー各社は緊密に協力して、そうした高機能素材の性能を正確に予測するための先進技術を開発しています。

同様のプレッシャーは自動車産業にも及んでいます。電気自動車、相互接続デバイス、車室内環境、さらにはタイヤ設計に至るまで、今やすべてのものが環境意識と個別製品体験の両方あるいはいずれかに強く影響されています。エンジニアとしては、もちろんこの現実を業務に反映させなければいけません。弊社の任務は、何十年と行われてきた実験室試験をわずか数年でシミュレーション駆動型の理解に置き換えることの支援であり、それを共有するためのツールを提供することです。

グローバルに考え、パーソナルに行動する

グローバル化の波は、消費者人口を中産階級に拡大させた経済成長とともに、世界的な消費率、石油や水など貴重資源の利用、製品の生産と消費に伴う二酸化炭素排出量などに対してさまざまな懸念をもたらしています。我々には、効率性が高く廃棄物が少なくなるよう適切に設計された、自然と調和した環境で機能する製品が必要です。

こうした環境に優しい製品はまた、パーソナライゼーションの流れにも対応していかなければいけません。そのためメーカー各社は設計の構想から実現に至るまでの方法を再検討する必要に迫られています。消費者はますます個々のニーズに合わせて作られた商品やサービスを期待するようになり、やがてはバーチャルショッピングで自分自身のデジタル表現を使用できる時代がやって来るかもしれません。

また、パーソナライゼーションは消費財だけでなく、医療などの驚くべき分野にも広がっています。たとえば、関節置換術用の特注インプラント、精密な脊椎骨置換術、さらには個別にサイズ調整された心血管装置などが実現されています。こうした状況に対して SIMULIA は、人体の物理現象の理解を深めるための投資を続けており、そこから「Abaqus Knee Simulator」などの製品や、ごく最近では「リビング・ハート・プロジェクト」（9 ページ）が生まれています。こうした基盤を 3D プリンターなどの画期的技術とともに用いることで、メーカーは生活の質向上に直結する製品をますます提供できるようになるのです。

トレンドを活かしてブランド資産価値を築く

これまで以上に消費者は結び付きを強め、製品ならびに関連企業に対する意見をためらいもなく言い合うようになりました。今や有名ブランドの認知度は過去最高に達しており、賢明なメーカーは責任ある行動を取りながら製品の性能と品質に等しく目を配ることで、自社の評判の維持・強化に努めています。

SIMULIA の戦略は、お客様各々がこうしたマクロ傾向のすべての影響に対処できるよう支援することであり、そのために、業績を維持しつつも機敏で責任ある行動を取れるようにするための技術を提供することです。我々はこれからも、自然や生命と調和した製品をコスト効率良く開発するためのさまざまなツールを皆様にお届けしていく所存です。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/SCN-May2014

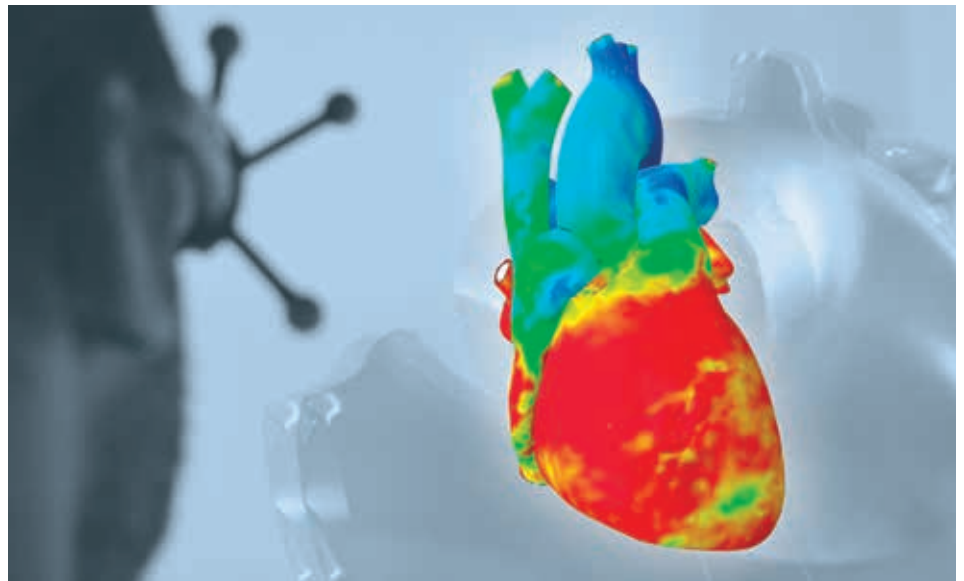
SIMULIA が「リビング・ハート・プロジェクト」を陣頭指揮 患者ケアの向上を目指して医学界が団結

今年の SIMULIA Community Conference (SCC) でのダッソー・システムズの「リビング・ハート・プロジェクト」の発表は実に適切でした。それは 2013 年の SCC 後に開始され、何か月もかけて実施された共同研究と計画立案そしてソフトウェア開発の集大成だったからです。

SIMULIA ポートフォリオ管理・シニアディレクターの Steven Levine は、昨年ウィーンで開催された SCC の医療分科会でのプレゼンテーションを見直ししながら、シミュレーション技術は生体の物理現象を模擬することに関して転換点に差し掛かっていると感じていました。心臓血管病の重大性(それは現在、世界の死亡原因の第一位となっている)を認識していた彼と彼のチームは、そのときすでに人の心臓をシミュレーションすることの可能性を探る予備研究を実施していたのです。しかし概念実証から臨床研究へと移行するには、どうしても SIMULIA が単独でできる範囲を超えた取り組みが必要でした。

その計画はシンプルでありながら明確なビジョンを持っていました。それは SIMULIA の技術と 3D エクスペリエンス・プラットフォームを用いて、拍動する心臓のリアルな 3D シミュレーションモデルを開発するよう科学界に働き掛けるものでした。しかし、それをベースとして患者の実測データから個人ごとのモデルを構築できれば、起こり得る心臓血管病とその治療法についての貴重な知見が得られるはずでした。Levine はこのアイデアをダッソー・システムズの CEO である Bernard Charlès に持ちかけ、そしてこのリビング・ハート・プロジェクトが生まれました。

シミュレーションはさまざまな産業で広く受け入れられてきたとは言え、医療分野はまだ最後の辺境地です。医療機器の開発については間違いなく進歩しているのですが、人体の極端な複雑さゆえに、実物そっくりの精度を求めることは困難であり続けました。さらにそうした仮想モデルがなければ、多くの場合、規制機関は新型医療機器の検証法として実験室試験の結果を受け入れる以外選択肢はなく、また残念ながらいたびたび、破損事故やリコール問題がマスコミを賑わす結果となっています。明らかにシミュレーションは試験のリスクとコストを削減する大きな可能性を秘めており、その上患者の安全と健康にとってもメリットがあります。



このプロジェクトを立ち上げるに当たって、SIMULIA は医療研究者、機器の開発者、そして心臓病の医師たちに、この取り組みの正当性(そして可能性)を力説して回りました。その結果、うまくいけば医療革新のための貴重なプラットフォームが手に入るのだと、彼らはすぐに認識してくれたのです。

「世の中には、こうした技術を本当に必要としている患者が何百万人もいます。私の娘もその一人なのです。参加への気運は我々の予想以上に高まってきました。リリースに先立って、最初のモデルが各分野のコミュニティによってテストされる予定です。実際 FDA も、レギュラトリーサイエンス構想の一環として、このプロジェクトに興味深く見守っています。彼らの狙いは、コミュニティのリーダーシップを鼓舞することであり、実際 SIMULIA と協力者たちは、このリビング・ハート・プロジェクトを通じてステップアップしてきました」と Levine は話しています。

このプロジェクトには高い志があります。実際そのままに拍動する心臓全体をシミュレーションすることは、複雑な材料エンジニアリング問題のそのまた上をいく、非常に高度なマルチスケール問題でありマルチフィジックス連成問題です。最初は、ペースメーカーのリード線、ステント、人工弁などの機器設計に役立てるため、電気機械問題に焦点を合わせることにしていますが、早くもプロジェクトの協力者たちは、心臓

病治療や患者別心室補助装置などの研究に対する適用可能性を探り始めています。将来のバージョンには血流と血栓関連のアプリケーションも含められ、ますます詳細な電気経路モデルが追加されて、最終的には細胞レベルまで達する予定です。このプロジェクトで蓄積された知識は、いずれ 3D プリント技術をフルに活用した生体-人工混成心臓への道を切り開くことになるかもしれません。

「このプロジェクトは最初、心臓の物理現象をリアルにシミュレーションするという目標のもとに開始されました。しかしプロジェクトが進展するにつれて、すぐに我々が気付いたのは、いったい何ができるのか、どうすれば科学を意味のある医療行為に転換するためのプラットフォームとなれるのか、と人々が考えるようになったことです。我々は、それが医師に直接手渡されるデータの新たなパラダイムをもたらすだろうと想像しています。すなわち、単なる患者の 2D スキャンデータではなく、異常反応をはっきり特定したり治療の選択肢を評価したりできる、完全に解析済みの 3D モデルです。そして 3D エクスペリエンス・プラットフォームは、すべての医師がこうした最先端の診断法にアクセスできるように、プロバイダー同士のエコシステムを結び付けることでしょう」と Levine は話しています。

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com/heart

Freudenberg 社、ガスケットに FEA で承認済の印を貼る

SIMULIA の Abaqus と Isight が、風力タービンコンポーネントのロバスト設計の確立に貢献



古来、風は絶えざる変化、移り気、気まぐれなどの隠喩として用いられてきました。風力タービンのエンジニアは、多数の設計因子に加えて、日々そうした気まぐれとも戦っています。彼らの製品は、砂漠の砂嵐の中でも腐食しやすい海水の中でも、動作し続けなければいけません。タービン敷地の気温は、猛暑となることも極寒となることもあります。そしてガスケットと旋回軸受が受ける負荷も、風向の変化とともに、またナセルとブレードの旋回とともに変動します。

こうしたあらゆる条件のもとでも、ガスケットは軸受を保護するよう密封状態を保持していなければいけません。すべての風力タービンには少なくとも 4 個の旋回軸受があります。ローターブレードごとに 1 個、そして 4 番目はヨー軸受です（この上にナセルが乗って回転します）。そして各軸受には 2 個のガスケットが取り付けられます。「3 メガワット級のタービンには、この種のガスケット密封装置が約 75 メートルも使用されており、そのミリメートル単位の形状のすべてが性能上極めて重要になります」と、Freudenberg グループの Frank Schoenberg 氏は話しています。同社は（数ある中でも特に）さまざまなシール材（図 1）

「我々の設計アプローチは、製品の改善にとどまらず、計算時間を減らしてコストも大幅に削減しました」

Freudenberg グループ、Frank Schoenberg 氏

を開発・製造しているドイツ企業です。

ガスケットのシール材は、温度や物理的な負荷だけでなく、製造プロセスが原因となって正常に機能しない場合もあります。「製造過程で生じるわずかな不具合は避けられません」と Schoenberg 氏は話しています。

製造公差のバラツキやその他の負荷条件も軸受に変形をもたらす可能性があり、軸受の内輪と外輪の間隔を変化させます。もう 1 つの変形・許容値問題は、内輪や外輪に軸偏心がある（中心が完全に一致していない）場合に生じます。ガスケットの摩擦係数によっては、これも密封性能に悪影響を及ぼします。

それでは、どのようにして長期性能を確保するようガスケットは設計されているのでしょうか？ 目標は、最適なパーツ（極めて

限定された規準の条件下で優れた性能を示すもの）を作ることから、より幅広い（ただし事前に指定された範囲の）状況下でも機能を発揮するロバストなパーツを作ることへとシフトしています。

「ロバスト設計とは、私に言わせれば“満足できる設計”です。それはさまざまな稼働要件を満たし、品質についても十分なものです」と Schoenberg 氏は話しています。

ロバストなガスケット設計を目指して Freudenberg 社が行った調査では、Schoenberg 氏らは SIMULIA の Abaqus 有限要素解析（FEA）ソフトウェアと Isight 設計探索および最適化ソフトウェアを使用しました。これらはいずれも 3D エクスペリエンス企業であるダッソー・システムズの製品です。これらのツールを使用することで、解析者たちは何百ものバリエーションをシミュレーションして、どれが最もロバストであるかを決定できました。

ロバスト設計への道のり

ロバスト設計を実現するには一連のトレードオフ検討が必要です。ガスケットが負荷のもとで形状を維持するには、どの程度の剛性が必要でしょうか？ また、潤滑グリースと安定した接触を保つには、どの程度の

弾力性が必要でしょうか？

維持管理と日々の効率性もトレードオフの1つです。ガスケットは簡単に装着できなければいけません、稼働中は正しい位置にしっかりと固定されている必要があります。最後にはもちろん、コストの抑制と機能の最大化との間に避けられない対立が生まれます。「すべての意思決定はギャブルのようなもの、というのが基本の考えです。メリットが見込めるならリスクを負うべきであり、両者の規模と可能性を測る必要があります」と Schoenberg 氏は話しています。

エンジニアには検討すべき変数が山ほどありました。問題のガスケットは、独自開発のエラストマーでできた連続押出製法による接触型シールです。その基本機能は、外部環境から旋回軸受を保護すること、そして内部の潤滑グリースが漏れないように密封することです。直径は1メートルから5メートルにもなりますが、断面はたった25mm x 25mm (1平方インチ弱)程度しかありません。

耐久性の要件は厳しく、過酷な環境においても20年間は機能することが求められます。その設計は、顧客仕様の変更や風力タービンの新たな設置場所に応じて頻繁に変更されます。通常の稼働時でも、パーツは正圧と軸受内からの負圧の両方のもとで正常に機能しなければいけません。

さらに現場の要件を満たすには、エンジニアは常に製造コストの目標を達成しつつ、潤滑グリースによる圧力、摩擦トルク、取り外し時の力などを検討する必要があります。そして設計案は、実物試験とシミュレーションによって評価されます。

Schoenberg 氏は「時間と開発コストに配慮して、ほとんどの実物試験やシミュレーションは、規準条件下での性能を対象としたものになっている」と話しています。しかし製造品質や現場環境に変動は付きものであり、本当にロバストな設計であるためには、

図1. 風力タービンのナセルの切断図。軸受けは青色で、シール（ガスケット）は赤色で示されている



こうした規準条件からの変動に対してもガスケットは正常に機能しなければいけません。明らかに、変化する負荷や条件を考慮した多角的な解析もまた必要とされていました。

実環境問題のシミュレーションとロバスト解の導出

最初の仕事は Abaqus で実行するメッシュモデルの作成でした。その特性の設定は比較的容易です。軸受は金属製であるため、非線形特性を持つエラストマー製のガスケットに比べれば、剛体と見なせます。また、ガスケットは均質材料でできており軸対称形状であるため、その2D断面だけをモデル化してメッシュ分割することが可能です。その結果、正確な結果を維持したまま、計算時間を大幅に削減できます (図2Aと2B、3Aと3B)。

「あらゆるモデル、従ってあらゆるシミュ

レーションは、複雑な実環境問題の単純化です。根底をなす仮定が妥当である限り、かなりの簡略化が可能です」と Schoenberg 氏は話しています。

FEA モデルが完成すると、ガスケット性能に最も影響する変数を絞り込んで Isight による最適化のガイドラインを定める準備が整います。エンジニアはフィールド試験データを検討し、熟練設計者や材料開発者と協議するとともに、製造可能性を確保するため過去の風力タービン設計の幾何形状を調査しました。そして最終的に、解析者は最適化に含めるパラメータ (幾何パラメータや硬度などの材料パラメータ) として14個を選択しました。

Isight のワークフローでは、実験計画法 (DOE) が FEA モデルの反復計算に適用され、パラメータの中で最も性能に影響す

12 ページに続く

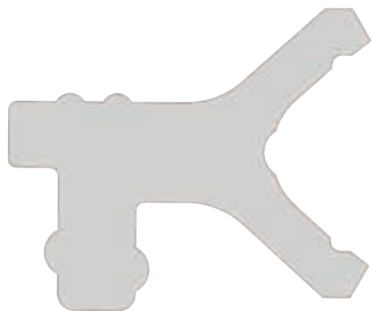


図2A. ガスケットの断面図

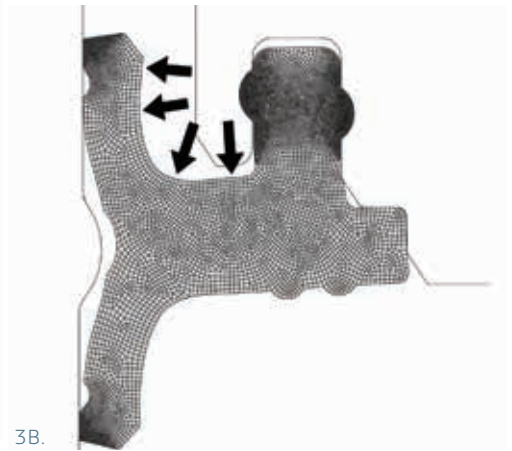
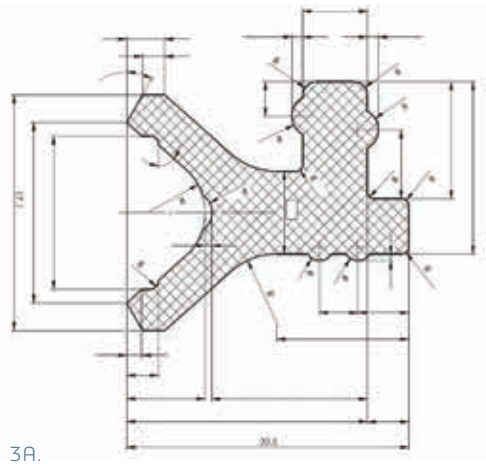


図2B. この切断部から分かるようにガスケットには対称性がある

ケーススタディ — 自然

図 3A. より詳細な断面図。大まかな寸法がミリメートル単位で記入されている

図 3B. ガasketは均質かつ軸対称形状であるため、断面メッシュのみの小規模な FEA モデルで解析が可能である(一様圧力による変形結果)



るものが特定されました。この最初のふるい分けによって、検討対象のパラメータは極めて重要な 6 個にまで減らされました。

解析の次の段階では、Isight の最適ラテン超方格法を用いて、幾何寸法と材料特性 (6 個のパラメータ) を組み合わせた合計 200 回の実験が実行されました。「各因子の主効果を調べることで、重要でない因子を除外できます。その結果、我々は結果に最も影響を及ぼす部分に集中できるのです」と Schoenberg 氏は話しています (図 4)。

結果として得られるロバスト設計は、決して万能な解ではありません。Schoenberg 氏は「今回のケーススタディでは、さまざまな優先度シナリオからなる特定の顧客要求を仮定した」と話しています。たとえば、あるシナリオには圧力抵抗に高い優先度、コストには低い優先度、そして摩擦と取り付け力には中間の優先度が定義されました。顧客要求が異なれば、大幅な変更が必要になるかもしれません。たとえば、ガasketは 1 種類のエラストマーでできていますが、これにはさまざまなショア硬さがあり、約 20 種類のサブ材料に分類されます。

「今回のケースに限れば、我々は結局ショア硬さの高い材料を選択することにしました。また幾何変数に対しては、内側シールリップの剛性を高めることに役立つものを選択しました」と Schoenberg 氏は話しています。

はるかに少ない時間で "満足できる" 結果を得る

ロバストな設計コンセプトの探求に向けた Freudenberg 社の系統的な取り組みは、結果として大きな成果を生み出しました。「我々は、標準的な手法から得られるものよりも優れた特性を持つガasketを完成させることができました。それは加工時や製造時の不具合にも、風力タービンの実稼働条件にも影響されにくいガasketです」と Schoenberg 氏は話しています。この新しいパーツは、当然ながら規準条件下で優れた機能を発揮します (これは実物試験で検証済みです)。しかしそれだけでなく、現場での旋回軸受の動作に必ず影響する、公差などの不確実性の "ノイズ" のもとでも見事にその役目を果たします。

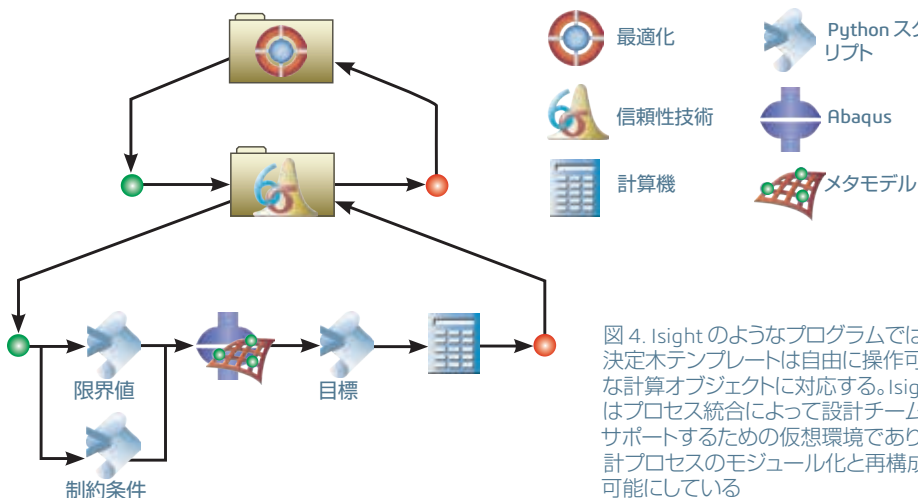
「我々の設計アプローチは、製品の改善にとどまらず、計算時間を減らしてコストも大

幅に削減しました」と Schoenberg 氏は話しています。解析のセットアップには時間がかかりましたが、それらを Isight で実行することで、最適化に要する時間は大幅に短縮されました。Freudenberg 社の以前の手法に比べて、反復計算ごとの実行時間は 30 分からたった 0.1 秒にまで短縮されています。また総計算時間は、およそ 16,300 時間 (約 678 日間) から 100 時間 (4 日間強) に激減しています。

「我々は素晴らしい成果を上げ、情報に基づいてより適切な判断を下し、そして効率を向上させました。また、新たな要求や優先度を提示する顧客が現れても、コスト効率の高い特注生産の出発点となり得るメタモデルを確立することができました」と Schoenberg 氏は話しています。

Freudenberg 社が今後の研究で集中的に取り組む予定にしているのは、数ある中でも、さまざまな材料スケールとシステムレベルに関係した変数をより多く含めていくことです。これによってエンジニアの設計自由度が広がります。また後続の解析では、シーリングコンポーネントを軸受および風力タービンモデルと一体化することで、システムレベルのトレードオフのより適切な検討も可能になります。

「Abaqus は Freudenberg 社の標準 FEA ソルバーとなっています。SIMULIA の FEA ツールと最適化ツールは、お互いがうまく協調しています」と Schoenberg 氏は話しています。



詳細は以下をご覧ください

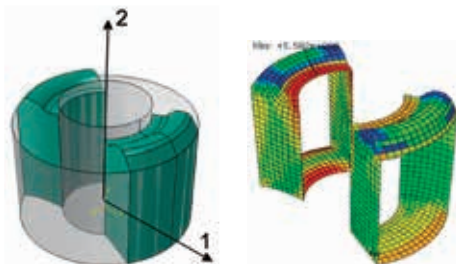
www.freudenberg.com/
www.3ds.com/SCN-May2014

実環境荷重の分析によるブッシュ設計の改善

Endurica 社 (www.endurica.com) は、エラストマーの疲労寿命を予測する世界初の商用ソフトウェア fe-safe/Rubber の開発会社です。2008 年創業の Endurica 社は、エラストマーと耐久性に 100% ターゲットを絞って、関連のソフトウェア、材料の特性評価、トレーニング、コンサルティングサービスなどのソリューションを提供しています。

エラストマー製のブッシュは、滑らかな動的性能を実現するためや、過大な過渡的変位を吸収したり振動を抑制したりするために、さまざまな振動絶縁分野で用いられています。それらの多くは、長期にわたる可変振幅スケジュールのもとで動作し、多様な同時発生荷重を支えています。こうした条件下では、材料のマイクロ組織に生じたき裂の前兆がさらに成長し、剛性を徐々に低下させて、最終的にはパーツにき裂を発生させる恐れがあります。

ブッシュの開発者は、十分な性能を確保するため、ブッシュの能力をその使用要件に合わせて慎重に調整しなければいけません。Abaqus 非線形 FEA は、特定のベンチマーク荷重ケースのもとでブッシュ剛性を解析



エラストマー製ブッシュの有限要素モデルとその荷重方向(左)、および、ブッシュの自由表面に描かれた疲労寿命の対数カラーコンター図(右)

するための強力なツールを提供しています。さらに Abaqus では、ブッシュの実荷重履歴の代表サンプルを得る目的で、モデルの各要素に対してひずみ履歴も計算できます。最後に開発者は fe-safe/Rubber を用いて計算されたひずみ履歴を分析し、疲労性能を決定できます。

たとえば、図に示されているブッシュの応力 - ひずみ挙動は、Arruda-Boyce の超弾性構成則を用いてモデル化されました。計算に使用される疲労挙動は、疲労き裂進展速度に関する Lake-Lindley の法則に従って指定され、初期欠陥サイズには 250 ミクロン、

ひずみ - 結晶化度の関係については公開されている天然ゴムの結果をもとに定義されました。計算は Endurica 社開発の疲労ソルバー技術に基づいています。それは多軸荷重の影響を解析するためにクリティカルプレーン法を使用し、可変振幅荷重の影響を累積させるために局所き裂面の荷重履歴に対してレインフローカウンタ法を使用しています。2 チャンネル荷重履歴の 10 秒間のサンプルが分析され、寿命とき裂発生位置を示すコンター図が作成されました。

これらのツールを用いることで、エラストマー部品の開発者は、実環境の荷重履歴が部品に及ぼす損傷効果を、かつてないほど容易にそして現実的に説明できるようになります。

詳細は以下をご覧ください
www.endurica.com

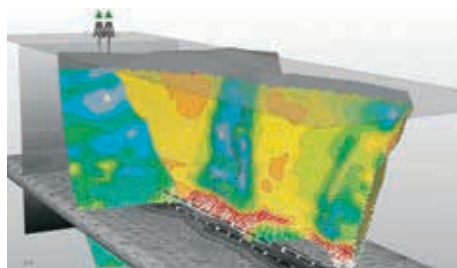
アライアンス

断層すべりの安定性に関する地質工学連成解析

地下流体の生成や圧入が原因となって、不安定化した断層により引き起こされる誘発地震は、起こるべくして起こる人為起源* の災害です。地表構造の損傷に加えて、地盤構造の整合性や結果として生じる有害流体の漏出が、より長期的な危険性として問題になります。

地下流体の生成中は地層圧が減少しますが、圧入時には逆に増大します。どちらのシナリオも、地震動に結びつく断層の不安定性に影響を与える可能性があり、場合によっては大きな地震を引き起こします。こうしたリスクを評価し軽減するには、根底をなす地質工学的な過程の理解を深めることが重要です。

このような問題に対処するため、多分野にまたがるアプローチが適用されています。最初に、地盤の地質学的な 3D 構造モデルから 3D 有限要素モデルが作成されます。この 3D 有限要素モデルには、油ガス田の坑井に対する 1D 地質モデルなどから得られた地質特性と圧力が移植されます。そし



2本の横井戸と交差した地下の断層は、炭化水素の生産に伴い圧力と温度勾配にさらされます。断層すべりの可能性が断層表面にコンター図で表示されています。水平断面はその深さの有限要素メッシュを示しています。

て、モデル化された圧力と温度変化をもとに、Abaqus の有限要素シミュレーションによって応力が計算されます。断層の安定性は、この計算された応力を用いて評価されます。また、予測の信頼性を定量化するため、断層すべりの安定計算にモンテカルロ法が適用されます。モデルの妥当性は、

最終的に、シミュレーション結果を過去に観測された地震の記録データと比較することで確認されます。

こうした高度なワークフローを促進するため、Baker Hughes 社 (油田関連サービスの大手プロバイダーであり Abaqus インテグレーションパートナー) は、Abaqus を同社の地盤および地質モデリングソフトウェアである JewelSuite と統合しています。このユニークな組み合わせによって、地質工学連成解析を簡素化し加速させる、地質モデリングと構造シミュレーションのための単一環境が実現されています。

*人為起源: 人類が自然に対してもたらした影響に起因すること

詳細は以下をご覧ください
www.bakerhughes.com

心臓弁置換術を奥深くまで調べる

FEops 社が SIMULIA のソリューションを使用して、経カテーテル心臓弁治療の処置計画と機器設計のためのリアリスティックシミュレーションを実現



心臓はしばしばポンプに例えられますが、心房と心室の間で血流を生み出します。そのとき心臓弁は、心拍ごとに開いたり閉じたりして、体全体を巡る血液の圧力と方向を調整しています。米国心臓協会によると、不幸にも毎年 500 万人以上のアメリカ人が心臓弁膜症と診断されています。4 つの弁のどれか 1 つ、またはすべてで発病する場合がありますが、大動脈弁膜症と僧帽弁膜症が最も一般的です。

メリーランド大学メディカルセンターによると、米国で大動脈弁膜症を患っている人は 150 万人にも上ります。大動脈弁は、左心室から大動脈（全身につながる最大の動脈）へ送り出される、酸素を豊富に含んだ血液の流れをコントロールしています。大動脈弁置換術（AVR）を受けなければ、患者の 50 パーセントは、症状が出てから平均して約 2 年で死に至ると言われており、米国では、毎年およそ 85,000 件の外科的 AVR 手術が行われています。

従来の心臓切開による AVR 手術を受けるには年齢的または症状的にリスクが高いと見なされる患者に対し、経カテーテル大動脈弁植え込み術（TAVI）が代替法として用いられるようになりました。これには人工心臓が不要であるため、大掛かりな外科手術に比べて体への負担がはるかに少なく、時間もかからず、麻酔もわずかで済むという特徴があります。TAVI 治療では、通常は足の付け根の大腿動脈からカテーテルを差し込んで、心臓まで通した後、患者自身の（元々の）弁の内側に置換弁を挿入します。この置換弁は、専用の血管内補綴具すなわちステントに装着されています。

TAVI は体への負担が少ないとは言え、依然として合併症を起こす危険性は残ります。デバイスを配置するとき、カルシウムの粒子が大動脈壁からはがれ落ち、それが脳に達して脳梗塞を引き起こすことがあるのです。元々の弁に沈着していたカルシウムが、冠動脈の根元まで移動して、心筋への血流を妨げる場合もあります。もう 1 つの危険性の高い合併症は血液の逆流です。これは埋め込まれたデバイスが大動脈壁と完全に密着していない場合に生じます。そのため大動脈弁が閉じたはずなのに、デバイスの側面に沿って血液が漏れ出します。さらには、電気伝導問題が生じる場合もあります。ペースメーカーで心臓に刺激を与え、心筋を収縮させるための電流を管理する必要があります。

ベルギーを本拠地とする FEops 社の共同創業者である Matthieu De Beule 博士は次のように話しています。「TAVI の機器設計や処置計画をさらに改善すれば、こうした合併症は必ずや軽減できるはずですが、このような理由から、FEops 社は TAVIguideTM という独自技術（特許出願中）を開発したのですが、これは TAVI 製品と治療法の設計、計画、安全性、有効性の改善を目指しています」

FEops 社はヘント大学の IBiTech-bioMMeda グループがスピノフしてできた会社です。同社の生物医学博士チームには、世界中の学術研究者や臨床医と協力して行った、高度な心臓および血管内「デバイス - 治療」

「シミュレーションでは、徹底的に簡略化されたベンチテストを用いるより、はるかに正確な情報が得られます。Abaqus は複雑な TAVI の処置や製品も正確にシミュレーションできるので、我々はその結果に大いに自信が持てます」

ベルギー FEops 社の共同創業者
Matthieu De Beule 博士

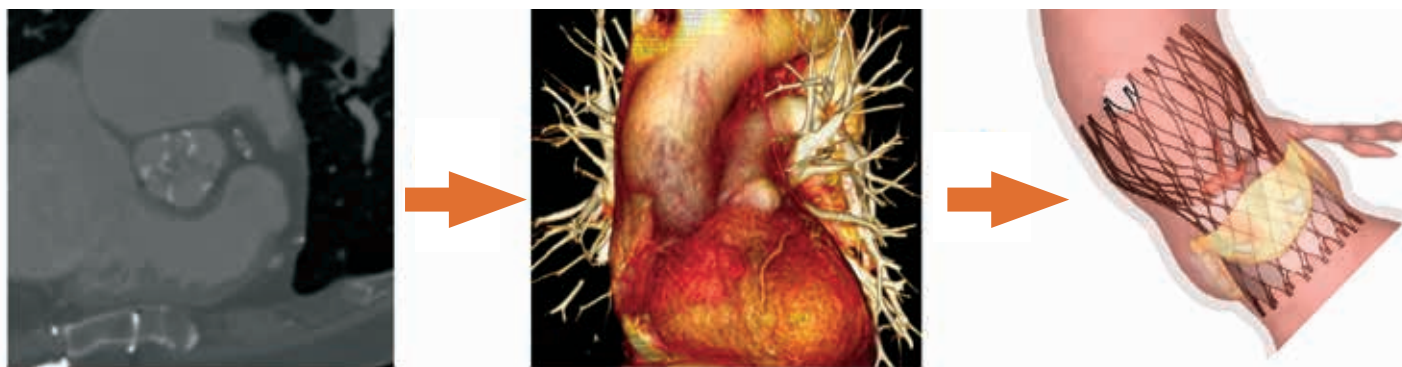


図 1. これらの画像は TAVIguide プロセスの進行状況を表している。左は患者の術前 CT 画像で、3D 復元モデル（中央）の作成に用いられる。右は、この特定患者の解剖学的構造における TAVI のシミュレーション結果である

モデリングの豊富な経験があります。

TAVIguide は、患者本人の CT スキャンデータから集めた術前画像をもとに、3D エクスペリエンス企業であるダッソー・システムズの SIMULIA Abaqus 有限要素解析 (FEA) ソフトウェアと独自開発ソフトウェアを組み合わせることによって、その患者の大動脈基部に対する解剖学的に正確な 3D 有限要素モデル (図 1) を作成します。「この技術によって、さまざまな治療の選択肢をバーチャルに検討できるようになり、最適な情報を得てから実際の治療を行うことが可能になります」と De Beule 博士は話しています。

オランダ・ロッテルダムにあるエラスムス・メディカルセンターの Peter de Jaegere 教授と協力して行った「後ろ向き (遡及) 予備研究」を通じて、FEops 社は TAVIguide のシミュレーション結果と TAVI 治療を受けた患者の術後 CT スキャンデータを比較してきました。その結果、シミュレーション結果と術後データは非常に良く一致したのです。

「この技術は臨床上重要な意義を持つと私は確信しました。特定の患者に対して、弁の種類とサイズの両方を選定できるようになるのです。こうしたオーダーメイド医療には、現行の TAVI 処置計画を著しく改善し、合併症のリスクを大幅に軽減する可能性があります」と De Jaegere 博士は話しています。

「シミュレーションでは、徹底的に簡略化されたベンチテストを用いるより、はるかに正確な情報が得られます。これらのデバイスが患者本人の体内に配置されたとき、どんな応力やひずみを受けるのか、よりの確に判断できるようになるのです (図 2)。さらにシミュレーションでは、カテーテルの送達中や植え込み中でも、患者の体内で新しい弁が機能し始めた後でも、置換弁の挙動を予測することが可能です」と De Beule 博士は話しています。

Abaqus FEA には、TAVI 治療の複雑な状況や道筋を再現する優れた能力のあることが証明されました。「我々には、特に低侵襲性の心臓血管および血管内デバイスに対して、何十年にも及ぶ Abaqus の使用経験が

あります。Abaqus は複雑な TAVI の処置や製品も正確にシミュレーションできるので、我々はその結果に大いに自信が持っています」(図 3) と De Beule 博士は話しています。

TAVIguide が CE (ヨーロッパの FDA に相当する機関) の承認を受けて臨床診療に使用できるようになるまでの間、早くも De Beule 博士は、この技術が幅広い分野に応用できると感じていました。

「こうした技術や患者別アプローチは、他の心臓用デバイスに応用できるだけでなく、このシミュレーションの枠組みは、医療機器の設計者がさまざまな新型の心臓血管製品を開発することにも役立ちます。すなわち、前臨床過程の早い段階から患者のリアルで確認済みの解剖学的構造を用いて検討できるのです。我々は、そうしたことが仮想臨床試験への道を切り開くものと確信しています」

詳細は以下をご覧ください

www.feops.com

www.3ds.com/SCN-May2014

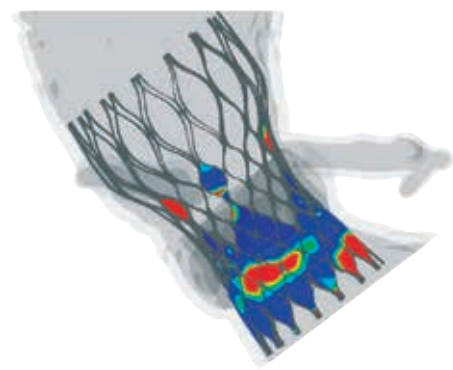


図 2. この Abaqus FEA 結果図では、青色部分は適切な並置状態、赤色部分は不完全な並置状態を表している。TAVIguide のシミュレーションでは、外科医は彼らの患者の解剖学的構造のもとで、各ステント支持人工弁の挙動を比較できる

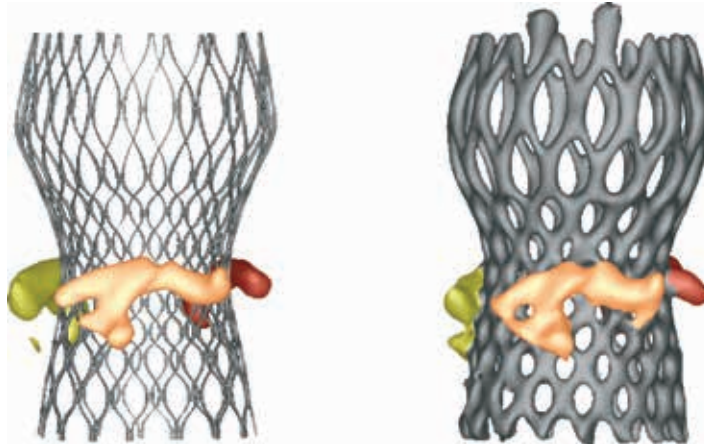


図 3. カルシウムの動きに関する予測結果 (左) と観測結果 (右) の比較によって、このモデルの予測能力が実証された

SIMULIA がソーシャルに!

カンファレンス、トレーニング行事、セミナー、ユーザーグループ会議など、SIMULIA が皆様と情報交換できる機会は年に数回あるのですが、我々はもっと頻繁に皆様からお話を伺いたいと思っております。是非、ソーシャルメディアを利用して、我々に「いいね」や「フォロー」や「連携」をしていただき、皆様楽しいと感じたこと、役立つと思うこと、もっと知りたいことなど、お聞かせください。皆様からのご意見を楽しみにお待ちしております!



SIMULIA ラーニング・コミュニティで「知識は力なり」

我々は "SLC" と呼んでいるのですが、これは SIMULIA のすべてに関するオンライン百科事典のようなものです。多数のシミュレーショントピックに関連した記事、チュートリアル、技術ヒント、事例、Q&A などすべて一箇所で探せます。何百ものブログ、iQuestion、さまざまなメディアなどを閲覧でき、最新のソフトウェアの進展やテクニックについて学べます。また何か共有したいことがあれば、オーナーになってブログポストを開設しましょう。クリックするだけで、膨大な SIMULIA の知識にアクセスできます。

アクセスはこちら：www.3ds.com/SLC



3DEXPERIENCE



FACEBOOK で「いいね！」

会話に参加してシミュレーションをもっと楽しいものにしましょう。仲間の解析者との交流を通じてインスピレーションをもらいましょう。Facebook の「いいね！」ボタンを押すだけで、可能性は無限に広がります。気分転換したいときも、最新の SIMULIA ニュースを見たいときも、気の利いたコンテンツを探したいときも、そこには必ずあなたが毎日訪れたいページがあります。また、我々は年間を通じてコンテストを開催し賞品を差し上げています。是非チャンスをお見逃しなく！

アクセスはこちら：www.facebook.com/3DSSIMULIA



LINKEDIN で仲間と交流

同業の人達とつながりを持ちたいとき、質問したいとき、議論を始めたいとき、新しい就職先を見つけたいとき、どんなときも、我々 LinkedIn グループは皆様に何かを提供します。今すぐ SIMULIA 製品ユーザーの 16,000 名を超える仲間に加わって、ネットワーク作りを始めましょう！きっと良いことがあるはずです。

アクセスはこちら：LinkedIn で Abaqus グループや SIMULIA グループを検索してください



YOUTUBE でまず確認

「百聞は一見にしかず」と言うのなら、ビデオに勝るものではありません。情報はビデオに限るという方は、是非我々の YouTube チャンネルに登録して、チュートリアル、インタビュー、プレゼンテーションなどの動画をご覧ください！

アクセスはこちら：www.youtube.com/3DSSIMULIA

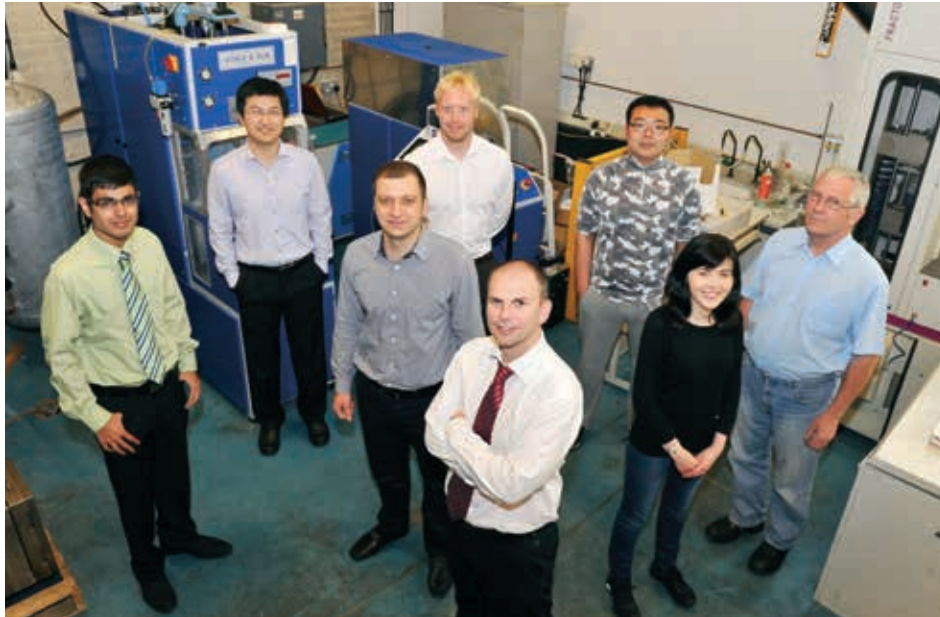


TWITTER のコメントに注目

シミュレーションの最新ニュースを検索している暇がなくても、大丈夫です。我々の Twitter フィードから 140 文字足らずの SIMULIA 活動記録をご覧ください。我々と何かをシェアしたい場合も、@3DS_SIMULIA または #SIMULIA を引用するだけで結構です。我々は皆様の想像力や斬新なアイデアにとっても期待しています。それらを是非教えてください！

アクセスはこちら：www.twitter.com/3DS_SIMULIA

ペットボトルの一挙一動を改善する クィーンズ大学ベルファストの研究者が、リアリステック シミュレーションでボトルのブロー成形法を微調整



クィーンズ大学ベルファストの実験室に集まった Gary Menary 博士（最前列）と
先端材料・加工技術チーム

血管形成術用バルーン、自動車用エアバック、そしてペットボトルの間には、どんな共通点があるでしょう？ 実は考えられる以上に多いのです。これらはすべてポリマー材でできており、コンパクトな形状を一定の大きさに膨らませる必要があります。手術中は手作業で、車の衝突時にはガスの瞬時的噴射で、そしてペットボトルのブロー成形では、温度と空気圧の絶妙なバランスによって膨らませます。

この最後の手法のハイレベルなノウハウは、北アイルランド・ベルファストのクィーンズ大学機械・航空宇宙工学部に所属する先端材料・加工技術グループが所持しています。ペットボトル設計には、材料の削減、より丈夫な容器の製造、顧客要求や消費者の好みに応じたデザイン変更が常に求められており、そこには大きな経済的利害がつきまといます。そのため、この大学の一連の技術は、今では世界の大手多国籍企業からも引き合いがあるのです。

同学部で上級講師を務める Gary Menary 博士は次のように話しています。「我々の産業界のパートナーが直面している課題は、できる限り少ない材料でボトルを作ることですが、それは適切なエンドサービス性能も満たしていなければいけません。この分野も非常に競争が激しいのです。典型的な大型コンバーター

は年間約 20 億本のボトルを製造しますが、ボトルを 1 グラム軽くすれば、年に 200 万キログラムの材料を削減でき、3 百万ドルもの節約になります」

「問題は、そのプロセスがある程度の試行錯誤に頼り続けていることです。今でも、エンジニアが新型ボトルのアイデアを思いつくと、それを工場に持ち込んで、適切な設計・製造条件をあれこれ推理しながら、さまざまな形状を試作しているということです。それはまるで、ちょっとした魔術のようです」と彼は話しています。

シミュレーションで "魔術" を科学的アプローチに変える

クィーンズ大学の工学部の教授たちは、射出延伸ブロー成形 (ISBM) プロセスからすべての試行錯誤を排除する目的で、1991 年から英国研究審議会の資金援助を受けてきました。「最初は 3 年間のプロジェクトとしてスタートしたのですが、20 年後の今も、我々は非常に洗練されたツールセットのもとで、この研究を続けています」と Menary 博士は話しています。

当初から研究チームは、アイルランドの地元企業から米国のコカコーラ本社まで、さまざまなメーカーと共同研究を開始し、ヨーロッパの産業界と学界から半数ずつ

合計 16 のパートナーが参加したペットボトル開発プロジェクトにも関わってきました。

「産業界の共同研究者たちは、我々が正しい方向へ進むよう援助してくれました。彼らは、何が必要となるか、なぜそれをすべきか、何がうまくいって、何がうまくいかないかを我々に教えてくれます。こうした関係がずっと発展してきたので、我々が成し遂げようとするものの実環境のフィードバックが得られました」と Menary 博士は話しています。

モデルのカスタマイズ機能と非線形機能で選ばれた Abaqus

クィーンズ大学の基本のシミュレーションツールは、最初から SIMULIA の Abaqus FEA ソフトウェアでした。チームが作業を開始するに当たって必須だったのは、ペットボトルのもとになる材料の特性評価です。「どんな製品であっても、そのポリマー材料がどのように膨張するかシミュレーションしようすると、その挙動モデリングが最も大変になります。Abaqus によって、独自の材料モデルをコーディングすることや、解析をカスタマイズすることが可能になりました。我々の Abaqus シミュレーションでは、設計案の作成や評価に不可欠となる、材料特性に配慮した科学的なアプローチが実現されています」と Menary 博士は話しています。

彼らが自分たちの Abaqus モデルの改良に取り組んでいるとき、現行の試験技術では、シミュレーションに必要な入力データのすべてが得られないことに気がきました。そのため彼らは、必要な試験装置のいくつかを独自に開発したのです。

「我々の Abaqus シミュレーションでは、設計案の作成や評価に不可欠となる、材料特性に配慮した科学的なアプローチが実現されています」

クィーンズ大学機械・航空宇宙工学部、
上級講師 Gary Menary 博士

「ISBM プロセスのモデリングで、以前の研究者が直面した大きな難問の 1 つは、PET ポリマーの変形挙動を完全に表現できなかったことです。以前の研究も、間違いなく知識ベースの向上に役立ったのですが、我々の実験では、自信を持って Abaqus FEA モデルのライブラリを構築できる有効な元データが得られました」と Menary 博士は話しています。彼らはさまざまな問題を調査する必要がありました。なぜならブロー成形されるボトルの性能は、プリフォームの寸法、プリフォームの温度分布、延伸ロッドの移動量、ブロー時の圧力プロフィール、膨張後のボトルに対する冷却速度など、多数の変数に依存するからです。

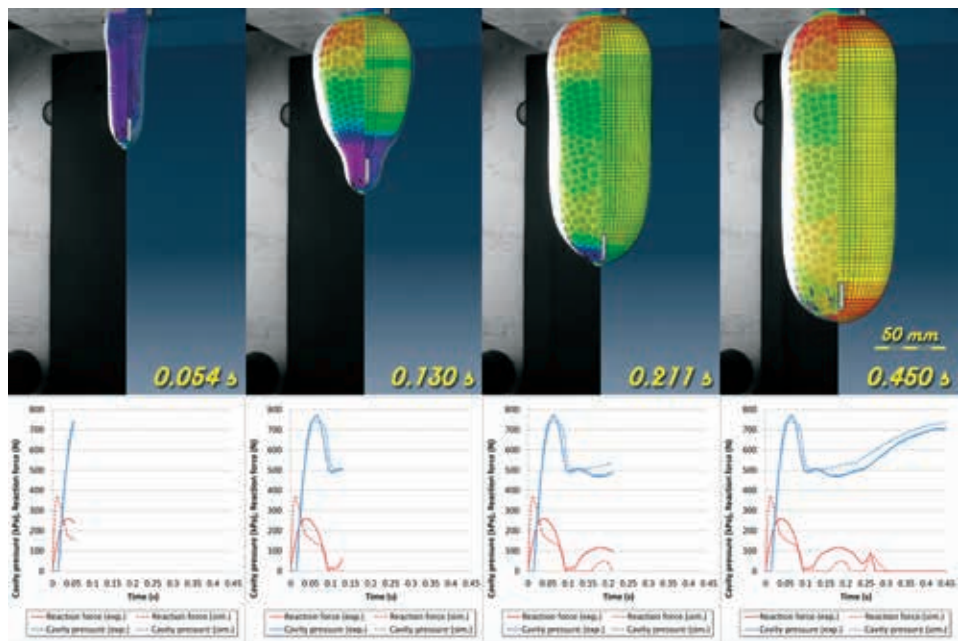
問題を適切に置き換える

ここでは「膨張」がキーワードです。クイーンズ大学のチームが評価した初期のモデルでは、すべてが重要な仮定に基づいていました。それは、プリフォームが膨らむとき、その内部には一様な圧力が働いているというものです。Menary 博士は次のように話しています。「しかし PET 材料が膨らむときの膜内の圧力は一様ではないのです。それは、装置に流れ込む空気の色度と、そのときの膜の膨張速度によって変化します」

この圧力の変動現象は、当然ながら、ボトルが密封された金型内で膨らむとき観測することは困難です。そこでチームは、この膨張過程を完全に明らかにするため、金型に邪魔されないよう「フリーブロー」によって、プリフォームの膨張を調査することにしました。



加熱されて柔らかくなった PET 樹脂製プリフォームのブロー金型内に送られる手前の状態（内部に細長い延伸ロッドが見える）。金型内で空気を注入し膨らませることでペットボトルが出来上がる。



計器が設置され、マーキングされた試作ペットボトルのフリーブロー試験では、ブロープロセスの延伸段階と膨張段階における力、変位、および圧力の測定データ同士を完全に同期させることが可能です。上図は、高サンプリングレートのビデオカメラを用いた画像キャプチャの結果と、対応する Abaqus FEA シミュレーションの予測結果を示しています。コンター図は軸ひずみを表しています。

デジタル画像関連システムを使用すれば、エンジニアは、あるパターンを施したプリフォームを膨らませた後、プリフォーム上にマーキングされた離散点から膨張する材料の時間変化を追跡できるようになります。

これらのフリーブロー実験から得られたデータを用いて、変動する圧力変化に対応したボトルの膨張をより現実的にシミュレーションするために Abaqus FEA モデルが調整されました。「我々の ISBM シミュレーションにおける圧力入力の変動には、Abaqus の質量流量法が最も正確な方法でした」と Menary 博士は話しています。

シミュレーションで金型内に入り込む

妥当性が確認されたフリーブローモデルによって圧力の役割がはっきりと理解できたので、次にエンジニアは ISBM 成形中の金型内部のプロセスを、極めて重要なプリフォーム内の延伸ロッドの役割も含めて、シミュレーションすることにしました。「延伸ロッドの一連の動きと圧力の開始が、成形中の適切な材料分布をコントロールする上で鍵となります」と Menary 博士は話しています。

Menary 博士の狙いは、ボトルとプリフォームの形状から、プロセス条件、そして厚み分布や機械的な特性に至るまで、すべてをシミュレーションで組み合わせることです。「製造プロセスシミュレーションから得られ

たデータを仮想パッケージング試験に渡すことによって、プリフォームの設計が、ボトルの落下や上積みに対する性能、さらにはボトルの保存可能期間などに、どのような影響を与えるかを予測できます。これらすべてを Isight（これも SIMULIA の製品）のような最適化ソフトウェアと連携させれば、最適なプロセス条件を突き止めることや、材料を最小限に抑えることなど、さまざまなことが可能になります」と彼は話しています。

Menary 博士は、将来は新素材が彼のグループにとって大きな課題になると予想しています。「我々は現時点で、ペットボトルの挙動をかなりうまく扱えています。次に我々が取り組みたいと思っているのは、最新の植物性プラスチックのモデリングです。我々の Abaqus FEA ツールは、これからもさまざまな問題解決に役立っていくことでしょう。それはボトリング業界の発展にも貢献することになるのです」と彼は話しています。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/SCN-May2014

www.qub.ac.uk/schools/SchoolofMechanicalandAerospaceEngineering/

すべてはパイプライン次第： サワー原油を安全・確実に輸送する

INTECSEA 社が Abaqus FEA を使用して、
深海石油生産パイプラインの耐久性向上を実現



人類は決して石油不足に陥ってしまったわけではありません。問題は、まだある資源に、どうやって（消費者が受け入れられるコストで）辿り着くかです。国際エネルギー機関（IEA）が発表した 2013 年 9 月の石油市場報告書によれば、石油および液体燃料の世界需要は 2014 年には 2 パーセント以上増大して 1 日あたり 9,300 万バレルに達します。"イージーオイル"時代の終焉を多くの専門家が認める中、こうした状況が続いています。そして石油会社は、かつてないほど深く遠い地域での掘削を余儀なくされています。

深海生産の場合、パイプラインの内側と外側の両方に、予測不能な非常に高い圧力と厳しい温度勾配が同時に作用することになります。さらに悪いことに、こうした深海から来る原油は、ますます"サワー化"しています。すなわち、硫化水素、CO₂、揮発性有機化合物などを多く含んでいて、魔女の毒薬のように通常の炭素鋼管をたちまち腐食させてしまうのです。そのため、石油業界はより高性能なパイプライン材料を探し求めてきました。

「石油生産は Abaqus のようなシミュレーションツールなしでは成り立たなくなっています。それはまさに成功の鍵と言えるでしょう」

INTECSEA 社グローバル・テクノロジー
担当ディレクター、Philip Cooper 氏

高ひずみ環境では、何十年もクラッド管が広く用いられています。C-Mn 構造用鋼管の内側に 316L や Alloy 625 などの耐食合金（CRA）の薄層を金属組織レベルで圧着すると、強度と耐腐食性を兼ね備えた堅牢なパイプが出来上がります。

しかしクラッド管には、リードタイムが長く高コストであるという欠点があります。INTECSEA 社（WorleyParsons グループ傘下のグローバル企業で、海底生産システムの大手メーカー）において、主任パイプ

ラインエンジニアを務める Sherif El-Gebaly 氏によれば、クラッド管は通常の C-Mn 鋼管より 10 倍も高コストです。彼は次のように話しています。「代替手段の 1 つは、機械的に CRA ライナーを取り付けたライニング管の端部を肉盛り溶接して使用することです。これなら製造が容易でリードタイムも短くて済むため、クラッド管に比べて 30 パーセントのコスト削減になります」

しかし、ライナー接合部の肉盛り溶接に対する懸念があり、その技術成熟度（TRL）は石油会社の要件を満たすまでに至らなかったことから、CRA ライニング管の普及は阻まれてきました。そのため INTECSEA 社は、過酷な環境で使用される CRA ライニング管の TRL 信頼問題を解決し改善するよう取り組んできました。

パイプよりも溶接部を強くする

1 本のパイプは約 12 メートルの長さで作られており、パイプジョイントと呼ばれています。これらのジョイントの端部同士が互いに"ガス溶接"されてパイプラインとなります。機械的に製造される CRA ラ

ライニング管では、CRA ジョイントを炭素鋼ジョイントの内部に引き込んだ後、半径方向に拡大するよう塑性変形させることで、炭素鋼とライナーを密着させます。挿入された CRA ジョイントは両端が約 50～150 mm 短くなっています。この隙間を CRA 材の肉盛り溶接でふさぐことによって CRA 層が炭素鋼管に接合され、ジョイント同士のガス溶接が行われます。

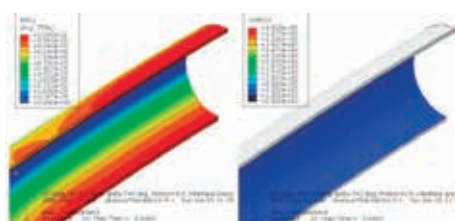
INTECSEA 社のグローバル・テクノロジー担当ディレクターである Philip Cooper 氏は次のように話しています。「ガス溶接が非常に重要です。パイプラインの敷設船には 1 日あたり 100 万ドルものコストがかかるものもあります。溶接部はパイプを海底に降ろす前に検査されますが、この時点で手直しが必要になると、生産割当量に重大な影響が及びます」

1 日にどれだけのパイプを敷設できるにかかわらず、ひとたびパイプラインが海底に降ろされてしまえば、環境と安全への配慮から破損は一切許されません。深海の坑井から海上の貯蔵・処理施設 (FPSO) まで石油とガスと砂のドロドロの混合物を運ぶ、フローラインと呼ばれるパイプラインには、非常に大きな応力が作用します。この流体はパイプラインの加熱と冷却を交互に繰り返すので、伸び変形や曲げ変形を生じさせるだけでなく、座屈の危険性もあります。さらに、パイプ内の液体と気体の高速な「スラグ流」が振動を引き起こして、疲労の原因にもなります。パイプ本体の重量でさえ、海底の起伏のある地形を横切るとき、懸念材料の 1 つとなるのです。

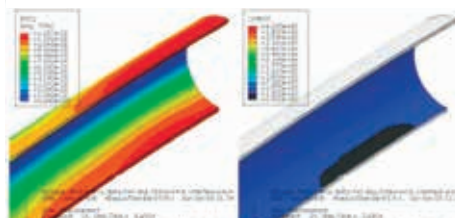
「生産状態にあるパイプラインの動きは、水道栓をひねって水を出したときの庭のホースと似ています。圧力によって小刻みに揺れたり横に移動したりするに違いありません。そのため、こうした環境では疲労性能とひずみ性能がとても重要なのです」と Cooper 氏は話しています。

石油業界は、深海石油生産に用いられるすべてのコンポーネントに対して徹底した試験を要求しており、CRA ライニング管も例外ではありません。それは 2 層構造であるため、一部の専門家は、ライナー材が曲げ応力を受けたときに、早期破損の危険を示す「リップル」を形成しかねないと心配していました (図 1)。同様に重要だったのは、肉盛り方式のパイプに用いられるガス溶接の健全性確保です。

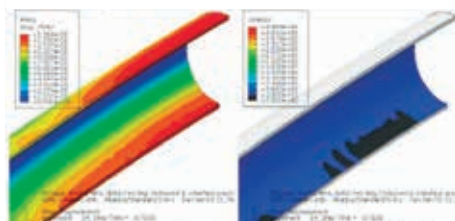
しかし、海底 1 マイルの深さにある 12 インチ径のパイプに首を突っ込んで調べるわけにもいかないため、INTECSEA 社の設計エンジニアは、3D エクスペリエンス企業



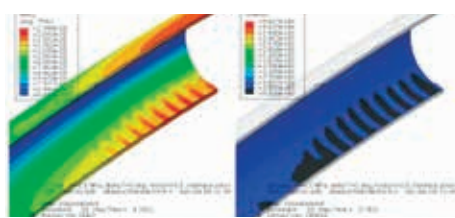
初期状態



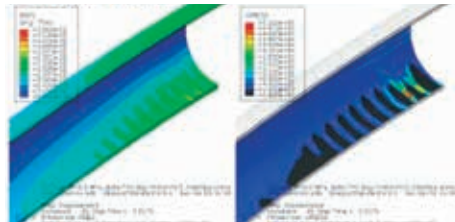
接触圧ゼロ



リップル変形の開始



リップル変形の成長



最終座屈形状の発生

図 1. パイプの FEA 応力解析結果。最上図は落ち着いた状態のパイプを示している。徐々に曲げ荷重を与えていくと、CRA ライナーにリップル変形が発生する。最下図ではパイプが座屈し始めている。

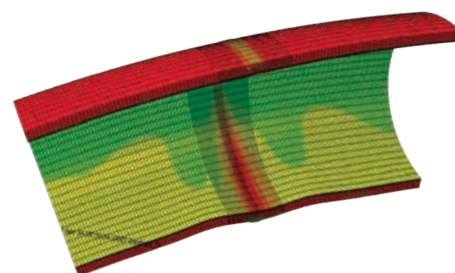


図 2. パイプのガス溶接に対する Abaqus FEA モデル

であるダッソー・システムズの SIMULIA Abaqus 有限要素解析 (FEA) ソフトウェアによるリアリスティックシミュレーションに頼ってきたのです。

深海の状態を Abaqus で可視化する

FEA では、海面下数千フィートでの生産から効率まで、あらゆる状態を模擬しながら、彼らのパイプ設計のコンピュータモデルで形状や挙動を検討することが可能です。「我々は過去 10 年ほど Abaqus を使用してきました。そしてこの数年で、我々のパイプライン設計の優先ツールとなりました。我々の顧客の多くも Abaqus を好んで使用しています。それは事実上、この業界の標準ツールとなっています」と Cooper 氏は話しています。

El-Gebaly 氏のチームは、ライニング管と溶接の挙動を予測するための Abaqus FEA モデルを準備するにあたって、多数の項目を検討する必要がありました。「取り組むべき課題の 1 つは、潜在的なアンダーマッチング問題です。長さ 12 メートルの 2 本のパイプを互いに溶接する場合を想像してみてください (図 2)。溶接部は基本的にリングと考えられます。両側のパイプよりも強度の高いリングです。全体としてたわんでも、通常、この細いリングを気にする必要はなく、関心は主にパイプの材料に向けられます。しかし、そのリングの降伏強さが両側のパイプよりも低くなると (たとえば、特定の高温稼働条件下や、選択した溶接用の消耗電極が特定の温度で母材よりも低い降伏強さを示す場合は)、接合部の方がパイプよりも弱くなり、そこに応力が集中します。FEA はこのような問題の調査に役立ちました」と彼は話しています。

組み立てられたパイプライン自体にもチェックすべきシナリオがありました。Cooper 氏が説明した「庭のホース」現象に加えて、El-Gebaly 氏が心配していたのは、パイプのドラム巻き付け中やその後の敷設中にライナー層に生じるリップル変形の進展です。「曲げモーメントを受けるときのライナーの挙動やしわ変形の発生条件だけでなく、敷設時と設計寿命中のガス溶接の疲労性能も把握しておく必要があります」と彼は話しています。

ライニング管の試験とシミュレーション

FEA モデルでこうした挙動を正確に捉えるために必要なデータの多くは、大掛かりな陸上試験から得られます。CRA ライニング管の一部に対して多数の物理試験が行われ、ひずみゲージを用いて軸力と半径方向力が測定され、そして圧電ゲージとブルドン管真空計を用いて圧力がモニターされました。

22 ページに続く

Case Study

次に、海底の厳しい条件を模擬するため、水撃ポンプや加熱コイルなどの装置がパイプに取り付けられました(図3と4)。

INTECSEA 社は、これらの試験データと 316L CRA で内張りされた X65 パイプに対する業界標準の材料特性を用いて、彼らのパイプの Abaqus FEA モデルを作成し、並列 "仮想試験" を実施しました。そして、生産条件を模擬した加圧パイプモデルと、運搬および敷設時に予想される条件を再現した非加圧パイプモデルの両方を用いて、さまざまなシミュレーションが実行されました。

開発コストと長期的リスクの両方を改善

これまでの結果は非常に期待できるものでした。超音波試験では、FEA と実現象の非常に良い相関が示され、INTECSEA 社のパイプおよび溶接設計はうまく機能することが実証されました。さらに良いことに、CRA ライナー内のリップル変形は、大きな座屈荷重と 130 度の温度にさらされても、特定の設計条件では最小限に抑えられることが示されました(図5)。

El-Gebaly 氏によると、モデルの妥当性が十分に検証されれば、INTECSEA 社にとって Abaqus の利用は実機試験のコスト削減に確実に役立ちます。しかし、前工程の削減効果だけではありません。FEA は設計リスクと破損の可能性を評価することにも役

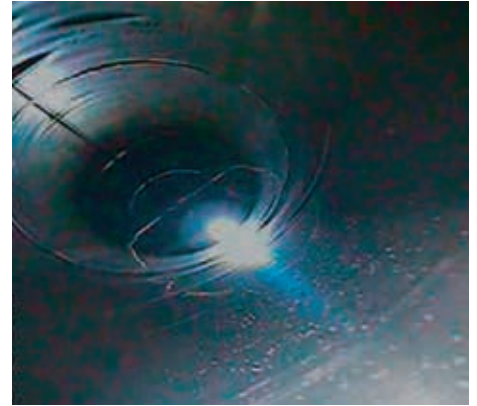


図5. 0.58%のひずみで正逆負荷がかけられた後に加熱されたパイプ内部の概観図。写真の左上隅に、何本かのリップルが見える。

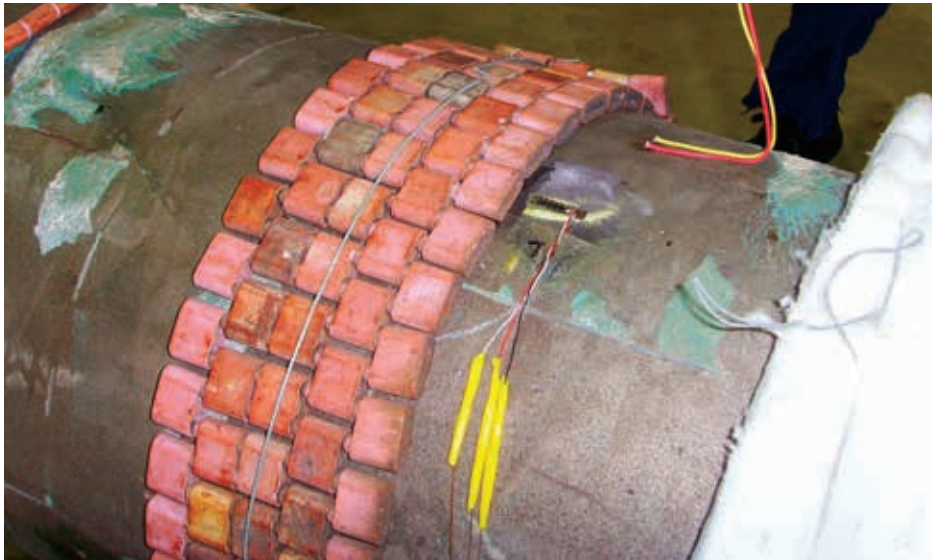


図3. 温度はパイプ性能の重要な要素であり、そうした性能を再現するシミュレーションモデルには、正確なデータ収集が必要である。ここに示すパイプには、高温坑井流体の影響を再現するため、130度まで上昇するよう加熱ブランケットが巻かれている。



図4. 断熱材が巻かれたCRAライニング管。この試験では、1.5%のひずみ負荷のもとでパイプが加圧され加熱される。

立ちます。「パイプラインの場合、1つのジョイントが破損するだけで内容物の流出事故が発生します。そのため、あらゆる破損メカニズムを評価することが重要です」と彼は話しています。

Cooper 氏も同意見です。「今日の石油生産は、20年前とは比べものにならないくらい困難になっています。当時は、我々が現在取り組んでいるようなサワー原油や過酷な環境に遭遇することはなかったのです。また、今我々が行っているようなプロジェクトを実施するにしても、その多くはとうてい不可能だったでしょう。しかし現在では、このような難題にも十分対処が可能です。それらはもちろん、この業界の知識拡大や全体的な技術向上によるのですが、Abaqusのようなシミュレーションツールなしでは成り立たなくなっています。それはまさに成功の鍵と言えるでしょう」

詳細は以下をご覧ください
www.intecsea.com

Abaqus から疲労解析用の fe-safe の拡張材料データベースを使用する方法

初めて fe-safe を立ち上げたとき、数種類の材料データベースが Materials Database ウィンドウに読み込まれます。これらのデータベースには、いくつかの一般的な材料のほかに、例題用の材料と fe-safe のアドオンモジュールの一部で使用する材料のデータが含まれています。さらに多くの材料データが fe-safe の拡張材料データベースから利用可能です。これは fe-safe のインストールファイルとして提供されています。この拡張データベースを検索するには、最初に Materials Server を起動する必要があります。

操作方法：

1. Windows のスタートメニューから fe-safe フォルダを開いて "Start Materials Server" を選択します。
2. コマンドウィンドウが開いて Materials Server が自動的に起動します。
3. さらに Materials Search Client を起動するため、Windows のスタートメニューから fe-safe フォルダを開いて、"Start materials search client" を選択します。
4. Property タブを選択すると、そのカテゴリに属するプロパティのフィールドを表示できます。
5. 上下矢印ボタンを使用して、カテゴリ内の全プロパティをスクロールできます。
6. 検索条件を指定したい場合、"AND" を選択してすべての条件に合致する材料を検索することや、"OR" を選択して少なくとも 1 つの条件に合致する材料を検索することが可能です。
7. "Go" ボタンを押すと、検索が開始されます。
8. 必要に応じて "Clear" ボタンを押すことで、すべての検索条件を消去できます。

検索が完了すると、条件に合致した材料のリストがウィンドウの右上部分に表示されます。このリストから材料を 1 つ選択すると、その材料の詳細情報がウィンドウの右下部分に表示されます。

選択した 1 つまたは複数の材料を fe-safe で利用するためエクスポートするには、以下のように操作します。

1. File>>Export を選択して、ファイル名を指定します。
2. その材料データが fe-safe の .dbase ファイルに保存されます。
3. このファイルを fe-safe で開くには、Material メニューから "Open Materials Database" を選択するか、または Material Databases ウィンドウで右クリックすると現れるメニューから "Open Database" を選択します。

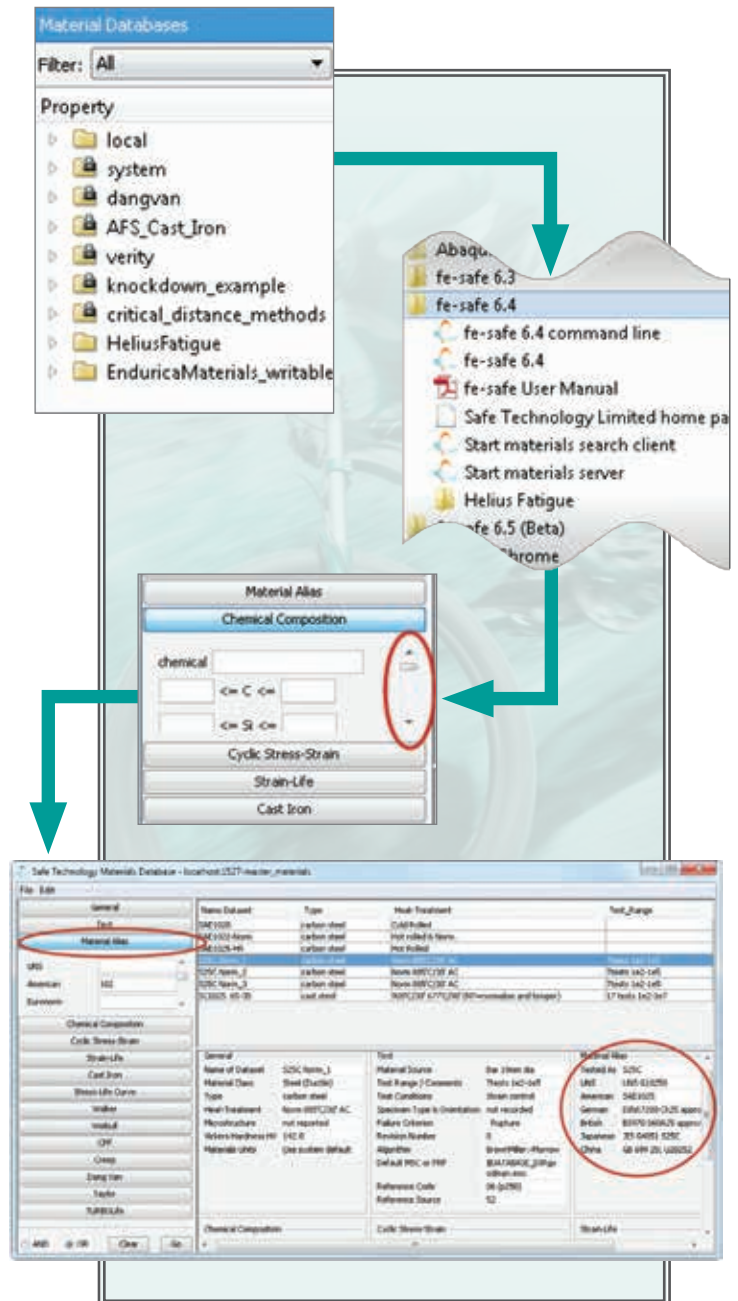
Material Alias タブの使用法

非常に便利な検索カテゴリの 1 つは Material Alias タブです。これを用いると、材料がテストされたときとは異なる名前を用いて検索できるようになります。UNS、米国、Euronorm、ドイツ、英国、日本、中国などの各規格に沿った名前で材料を検索できます。

拡張材料データベースの使用法に関する詳細については、『Materials Database User Guide』をご覧ください。これは fe-safe のインストールフォルダ内のドキュメントフォルダにあります。

詳細は以下をご覧ください

www.3ds.com/fe-safe



SIMULIA

2014 地域別ユーザー会議

2014 年 9 月 ~ 2014 年 12 月

SIMULIA 地域別ユーザー会議は、SIMULIA ユーザーコミュニティの長年にわたる伝統です。この各地で開催される会議は、産業界と学界の皆様が一緒になって、製品開発を加速・改善する最新のシミュレーション技術や手法を学ぶための貴重な場を提供しています。参加者の皆様は、Abaqus の新機能や SIMULIA の将来戦略を聴き出すこと、ソフトウェアの今後の機能拡張について意見を述べること、そして他のユーザーとの交流を通じて経験やアイデアを共有することが可能です。詳細については、www.3ds.com/rums をご覧ください。



3DEXPERIENCE

北アメリカ

9 月 23~24	中部
10 月 20~21	南部
10 月 22~23	五大湖地域
10 月 29~30	西部

ラテンアメリカ

10 月 21	サンパウロ
10 月 23	リオデジャネイロ

ヨーロッパ/中東/南アフリカ

9 月 22~23	北欧
9 月 25~26	ドイツ
10 月 15~16	フランス
11 月 4~5	英国
11 月 6~7	ベネルクス
11 月 6~7	トルコ
11 月 10~11	オーストリア
11 月 18	イスラエル
12 月 11	スペイン

アジア太平洋

9 月 16~17	日本 (横浜)
24	日本 (大阪)
9 月 18~19	韓国
10 月 16~17	インド
10 月 20	シンガポール
10 月 23	中国