

SIMULIA

COMMUNITY NEWS

#06 2013 年 11 月号



Cylinder-head
gaskets and cover
modules
thermal-acoustical
protective
shielding valve
stem seals, air
ducts, and fuel-jet
products



DANA 社、SIMULATION
LIFECYCLE MANAGEMENT
で製品設計を加速



| The 3DEXPERIENCE Company



MATRIX 社

10



DANA 社

12



GEORG FISCHER 社

16

目次

2013 年 11 月号

- 3 ごあいさつ
ダッソー・システムズ SIMULIA R&D 担当副社長
Colin Mercer
- 4 プロダクトアップデート
Abaqus 6.13 と Isight 5.8 の新リリース
- 5 ニュース
ダッソー・システムズが Safe Technology 社を買収
- 6 最適化特集
Voith 社、自動変速機用コンポーネントの効率を高める
- 8 ストラテジオーバービュー
最良を追い求める
- 10 ケーススタディ
Matrix Applied Computing 社、Springfree 社の家庭用
トランポリンの最適化を支援
- 12 カバーストーリー
DANA 社、Simulation Lifecycle Management で
製品設計を加速
- 15 アライアンス
GRM Consulting 社
Dynardo 社
- 16 最適化特集
Georg Fischer 社、Tosca Structure
を用いて燃費を改善
- 18 ケーススタディ
DNV 社、Abaqus を用いて暴噴シナリオを研究
- 20 学術研究
トロント大学ブルースカイチーム、ワールド・ソー
ラー・チャレンジのレース車に Abaqus FEA を活用
- 22 Tips & Tricks
Isight と Abaqus を用いた材料の較正
- 23 ユーザーコミュニティ
SIMULIA ラーニング・コミュニティの最新情報
寄稿者: Keith Alexander (Springfree), Guido Quesada (Matrix Applied Computing),
Shane Finneran (DNV), Bernd Wöhrle (Voith), Frank Popielas (Dana), Roman Brauner
(Georg Fischer), Paul Park and Aithavan Sureshkumar (University of Toronto), Parker Group
表紙: Frank Popielas 氏



新たなチームメンバーが我が社の 将来ビジョンを不動のものに

2013 年が終わりに近づき、我々としても 2014 年以降の計画に目を向ける時期となりましたが、私は今が SIMULIA の R&D 内で起きていることを皆様にお伝えする、ちょうど良いタイミングではないかと思います。我々 R&D チームは、当社製品の幅と奥行きを広げ、質を高めつつ、新リリースを皆様にお届けするために懸命に取り組んできました。今年我々は、FE-Design 社、Simpoe 社、Safe Technology 社の買収を通じて、我々の R&D チームと技術適用範囲を拡大させてきました。さらに、ダッソー・システムズの 3D エクスぺリエンス・プラットフォーム上で次世代リアリスティックシミュレーションのアプリケーションを実現することにも注力してきました。このように 2013 年は我々にとって非常に慌ただしくも実り多い年だったのです。

SIMULIA Community News (SCN) の本号には、プロセスの統合化、自動化、そして設計最適化のソリューション開発における我が社の進展ならびにリーダーシップがハイライトされています。こうした業界トップのソリューションを提供することへの取り組みは、Isight および Fiper 技術に対する Engineous Software 社の買収に伴って 2008 年から本格的に開始されました。これは Simulation Lifecycle Management 製品 (12 ページ) のリリース時期とも重なっています。そして今年は、FE-Design チームと彼らの Tosca 製品 (8 ページ) の補強を通じて最強の最適化ツールセットが実現され、我々はさらなる前進を遂げました。

本号の 6 ページには、自動変速機のスペシャリストである Voith 社が Tosca Structure ソフトウェアを使用して、より軽量でロバストな設計を生み出したことが紹介されています。Georg Fischer Automotive 社のケーススタディには、Tosca を使用して部品重量を 32% 削減しつつ、彼らの製品が所定の応力負荷にすべて適合するよう保証したことが示されています (16 ページ)。また、スプリングフリー・トランポリンの止め具部品の最適化に関する Matrix Applied Computing 社のケーススタディは、Abaqus とともに Tosca の技術を利用したもう 1 つの画期的な事例です (10 ページ)。

これらは、我が社の実績ある強力な最適化技術を活用することで、皆様の組織がビジネス価値を獲得できることを示した多くのサクセスストーリーのほんの一部にすぎません。このエキサイティングな技術については、我々のウェブサイトや SIMULIA ラーニング・コミュニティでも詳細情報の入手が可能ですので、是非ご覧いただければと思います。

我々のチーム、技術ポートフォリオ、そしてビジョンは、年ごとに大きく発展してきましたが、我々の目指すところは今もまったく変わっていません。それは我々のユーザーコミュニティに対して次の 3 つを提供することです。

- ・物理挙動を支配する基本原理に立脚した、革新的かつ最先端のリアリスティックシミュレーション技術
- ・上質な世界規模の技術サポート
- ・シミュレーションプロセスの統合と協調、設計探索と最適化の実行、そしてシミュレーションデータと知的財産の管理のためのオープンプラットフォーム

我々には、ダッソー・システムズの 3D エクスぺリエンス・プラットフォーム上で利用可能となる技術やユーザーエクスペリエンスを、皆様と協力して作り上げていく責任があります。目標は、最良実施例の共有、シミュレーションの協調、データおよび IP の管理を通じて、我々の強力なリアリスティックシミュレーションと最適化のアプリケーションを、どのようなレベルのユーザーに対しても身近でオープンなものにすることです。このような形で配備され業務プロセスに統合されたシミュレーションこそ、皆様および皆様の組織に大きなチャンスと価値をもたらすものと確信します。

我々ならびに当社製品に対する皆様の長期にわたるご協力とご信頼に心から感謝申し上げます。皆様からの忌憚のないご意見は、皆様が技術設計課題にますます専念できるような製品としていく上で殊のほか貴重です。皆様が当社製品をお使いいただくことで、社会はもちろんのこと、当社コミュニティの他のユーザーにも大きなメリットがもたらされます。来年 5 月にロードアイランド州プロビデンスで開催される SIMULIA Customer Conference においては、皆様の知識や経験を当社グローバルコミュニティに対し引き続き積極的にご披露なされますようお願い申し上げます。会場は当社プロビデンス R&D 本部の近くなので、カンファレンス中に皆様は我々チームメンバーの多くとお会いできるはずです。今後とも、リアリスティックシミュレーションの利便性と有益性の拡大に向けて、一緒に仕事ができることを楽しみにしています。

2014 年が皆様にとって良い年でありますように
Colin Mercer
ダッソー・システムズ SIMULIA R&D 担当副社長

Abaqus、Isight、および Simulation Execution Engine の新リリース

SIMULIA は、FEA のための Abaqus、パラメータ最適化のための Isight、そして SEE などの一連の拡張性ある統合解析製品を提供しています。これらは、ユーザーごとに専門分野や関心のある領域が異なっていますが、情報の忠実性を損なうことなく全員が協調してシームレスにシミュレーションデータや承認方式を共有できるようにするものです。

Abaqus、Isight、および SEE の最新リリースでは、生産性、効率性、そして実績ベースの意思決定を支援する、強力な新機能ならびに機能拡張の数々を実現しています。

Abaqus 6.13 は、線形、非線形、およびマルチフィジックス連成解析のための実証済みのソリューションを提供します。このリリースでは、計算性能、電磁場解析、伝熱解析などにおいて画期的な新機能と機能拡張が実現されています。

Abaqus 6.13 で新たな粒子法が導入され、ユーザーは離散要素法 (DEM) を用いた解析を実施できるようになりました。これは、製薬、化学、食品、セラミック、冶金、鉱業などの分野における粒子状物質の挙動モデリングを可能にするものであり、粒子混合問題などに最適です。一般に粒子状物質においては、粒子同士が互いに作用し合うだけでなく、モデルの他の部分とも相互作用が生じます。

また、定常流れ問題をそのまま解析できるようになり、長時間の非定常流れ状態のシミュレーションで定常状態を近似する必要がなくなりました。その結果、一般的な定常 CFD シミュレーションの計算性能は全体として大幅に向上します。

電磁場解析と伝熱または構造解析の直接連成解析が、協調シミュレーション機能によってサポートされました。この機能によって誘導加熱問題などのシミュレーションが可能になります。この場合、電磁場解析から出力されるジュール熱の結果が、伝熱解析に対する熱負荷となり、一方で伝熱解析から出力される温度結果が、温度依存の電磁特性を通じて電磁場に影響を及ぼします。

Isight 5.8 は、シミュレーションのプロセス自動化と設計探索の分野で業界トップを行くオープンデスクトップ型のソリューションを提供します。Isight の新機能および機能拡張は、特にモデル構築、コンポーネント、ランタイムゲートウェ

イ、可視化、およびライセンス利用に焦点を合わせています。

このリリースでは、新しいビジュアルな相関テーブルが選択した入力パラメータと出力パラメータの相関値をヒートマップ形式で表示します。この機能により、相関性の強い入出力ペアを即座に特定することが可能です。

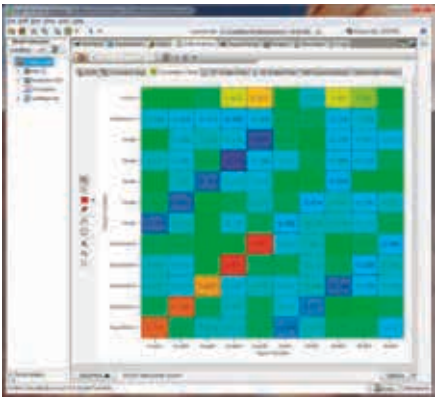
Isight の以前のリリースでは、複数の配列を用いて配列グラフを作成することができませんでした。Isight 5.8 では、2つの異なる配列のスライスを用いた配列グラフがサポートされています。たとえば「変位対時間」および「荷重対変位」のデータがあれば、ユーザーは「荷重対変位」のグラフを簡単に作成できるようになります。そのため Abaqus コンポーネントの履歴配列のポスト処理が大幅に簡単化されます。

SIMULIA Execution Engine (SEE) 5.8 は、シミュレーションの実行を分散・並列化することや、Isight のシミュレーションプロセスフローと結果の共有を可能にすることで、シミュレーションの威力をさらに高めます。SEE は Isight またはカスタマイズ可能なウェブインタフェースから直接利用することも、SIMULIA Simulation Lifecycle Management が配備された環境から利用することも可能です。

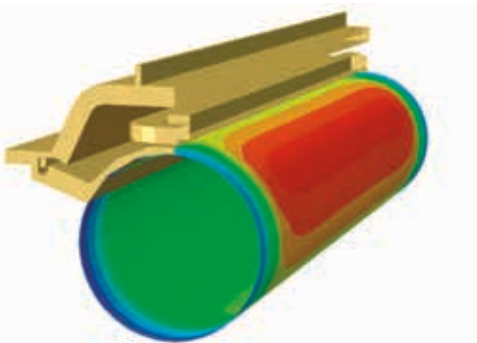
SEE には、ジョブ全体を終了するのではなく、簡単に 1 つの作業項目だけを終了できる機能があります。

またこのリリースでは、作業項目とプロセッサの関係付けが満たされず実行が中断してステーションがオンライン状態になるのを待っているような場合に備えて、ユーザーは起動時にジョブを継続させるか終了させるかを決定できるようになりました。

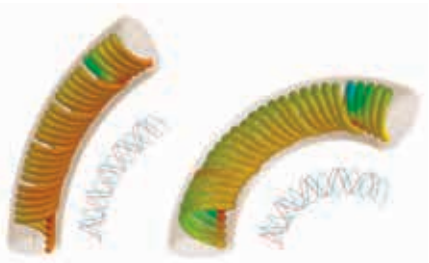
詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com/abaqus
www.3ds.com/isight



ビジュアルな相関テーブルが新たに Isight に追加され、ユーザーは相関性の強い入出力ペアを簡単に特定できるようになりました。



Abaqus 6.13 の新しい協調シミュレーション機能では、この例に示す誘導加熱定着ローラーのような、電磁場と温度場のマルチフィジックス連成解析が可能になります。定着ローラーの温度分布や温度上昇時間を把握することは、プリンターの省エネ設計に欠かせません。



Abaqus 6.13 では、より線素材でできた組物あるいは編物ワイヤー製品を簡単にモデル化できるようになりました。これによってモデリング時間は桁違いに短縮されます。

疲労耐久性解析分野のリーダー Safe Technology 社がダッソー・システムズの傘下に

疲労解析を設計プロセスの不可欠な部分とすることで 真のビジネス価値を実現する

ダッソー・システムズは 2013 年 9 月 4 日、製品の耐久性を予測し向上させる疲労解析分野の技術リーダーである Safe Technology 社を買収したと発表しました。今回の買収によって、ダッソー・システムズの 3D エクスペリエンス・プラットフォームと SIMULIA のリアリティックシミュレーション向けアプリケーションがさらに強化され、市場で最も充実した高精度な耐久性予測ソリューションが実現されます。Safe Technology 社の fe-safe ソフトウェアは、General Motors 社、Caterpillar 社、Cummins 社、Emerson Climate Technologies 社、Honda Jets 社、Harley Davidson 社、Hyundai Motors 社など、世界中に 500 社以上の顧客を抱えます。

ダッソー・システムズの社長兼 CEO である Bernard Charles は次のように述べています。「消費者が買いたいと思うのは適切に作られた製品であり、長持ちする製品です。耐久性は、消費者が抱くブランド愛着心に大きな影響を与えます。3D エクスペリエンス・プラットフォームは、まさに企業のビジネスとその製品のブランドロイヤリティを構築するためにあるのです。そういう意味で、Safe Technology 社はダッソー・システムズにぴったりの会社です。最新の疲労耐久性ソフトウェアソリューションは、製品設計プロセスの不可欠な要素となっています。Safe Technology 社の買収により、ダッソー・システムズの SIMULIA 構造シミュレーション製品はさらに強化され、より迅速かつ正確な製品寿命の予測と分析が可能になることでしょう」

fe-safe を日々の設計プロセスに組み込むという戦略的な決断を下したメーカー各社は、現在、疲労解析から最大限の価値を引き出しつつあります。その結果、これらの会社の設計・エンジニアリング部隊は、耐久性のある製品をより迅速かつ効率的に開発できるようになってきました。こうした会社の多くはすでに Abaqus と fe-safe を組み合わせて使用しています。すなわち、Abaqus で計算した繰り返し負荷履歴の複数荷重条件を fe-safe に受け渡すことにより、fe-safe でコンポーネントの寿命予測が可能になります。さらに、いくつかの会社では Isight や Tosca を fe-safe と組み合わせて使用することで、設計探索を加速させ、コスト、重量、形状などに関して製品設計を最適化しています。

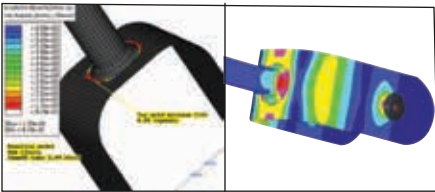
fe-safe には繰り返し負荷に対する広範な材料特性データベースが含まれていますが、ユーザーは疲労試験から得られた独自の特性データを追加することも可能です。fe-safe は主要なすべての FEA パッケージとのインタフェースを備えています。SIMULIA はこうした協力関係を維持していくことを確約しており、fe-safe はすべての FEA ユーザーに対して最先端の疲労技術は今後もオープンに提供していく予定です。

Safe Technology 社は 1990 年代初めから、業界リーダー各社と協力して fe-safe の機能拡張を重ねながら常に疲労解析ソフトウェアとしての基準を打ち立ててきました。

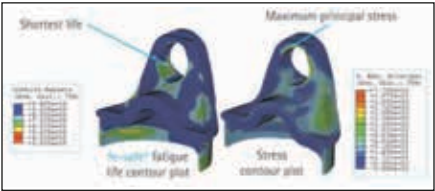
その技術的先駆けには以下のものがあります。

- ・多軸疲労解析法を標準機能として提供
- ・溶接継ぎ手の疲労評価に対する Battelle 社開発の「構造応力法」の組み込み
- ・高温疲労および熱-機械疲労の解析法
- ・クリープ疲労解析法
- ・複合材の疲労問題に対する物理学に基礎を置くアプローチ
- ・エラストマー疲労問題に対する方法論
- ・ユーザー独自の疲労アルゴリズムを使用可能にする「カスタムフレームワーク」モジュール
- ・処理速度のリニアな向上を実現した分散処理機能
- ・ひずみと相関の取れた FEA 荷重計算を可能にし、複雑なコンポーネントを多チャンネルロードセルへと変換するソリューション

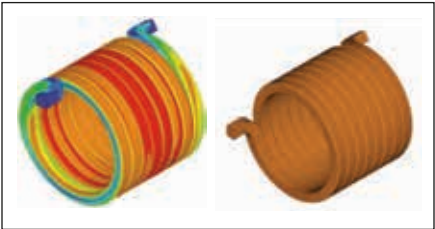
今後数か月のうちに fe-safe の情報を入手できる機会が多く設けられる予定です。現時点では Safe Technology 社のウェブサイトからウェビナーの視聴やテクニカルペーパーのダウンロードを通じて fe-safe の情報が入手可能です。また 2014 年にトレーニングクラスも開催されます。年間を通じていくつかの業界カンファレンスで fe-safe の専門家と会談もできます。さらに、ロードアイランド州プロビデンスにて開催予定の 2014 SIMULIA Community Conference でも fe-safe の詳細が発表される予定です。



溶接部の疲労は正確な予測が難しいことで知られています。これは後輪トレーリングアームリンクのプロトタイプに対する溶接疲労解析の結果です。実験ではブロックサイクル試験を 0.83 回繰り返した時点でき裂が発生しました。fe-safe の疲労寿命予測結果は 0.81 回の繰り返しでした (資料提供: Ford Motor 社)。



疲労損傷は必ずしも最大主応力点で生じるとは限りません。このサスペンション用チューブヨーク部品の疲労解析では、fe-safe により破損箇所を正確に予測できたことが実サンプル試験で確認されました (資料提供: DANA Automotive Systems Group 社)。



これは過給器のスプリングの解析例です。スプリング動作時に、コイルは非常に複雑な多軸応力状態になり、また成形過程に起因した高い残留応力も存在しています。これは疲労損傷が最大応力点で発生しないもう 1 つの事例です。実験では 60,000 サイクルでき裂が発生しました。fe-safe の疲労寿命予測結果は 67,500 サイクルでした (資料提供: 米国 Eaton 社車両グループ)。

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com.com/fe-safe

Voith 社、自動変速機用コンポーネントの効率を高める

自動変速機のスペシャリストが最適化ソフトウェア Tosca Structure の力を借りて彼らの DIWA 自動変速機を開発しています。その効率向上は新たな基準を打ち立てるものでした。

環境基準が厳しさを増し、消費者がより燃費の良い車を選ぶようになる中、自動車部品メーカーとしては、低排出ガスと低燃費化に貢献する軽量なコンポーネントを開発することで、彼らの顧客をバックアップする必要があるのです。Voith グループ3を専業とする Voith Turbo 社は、こうした課題に対処する 1 つの方法として同社の変速機の効率向上を目指すことにしました。

Voith 社は、効率向上の基本策として材料の削減による軽量化を目標に定めました。同社のエンジニアはすでに手作業で変速機設計を最適化していましたが、彼らはさらに節減できる場所があるはずだと感じていました。そこで Voith 社は、自動変速機部品の最適形状を見つけ出すため、FE-DESIGN 社の Tosca Structure ソフトウェアによるトポロジー最適化に目を向けました。同ソフトウェアは 2013 年 5 月より SIMULIA のアプリケーションのもとで、ダッソー・システムズ 3D エクスペリエンスの技術ポートフォリオの一部となっています。



写真: Daimler 社

「Tosca Structure の利用を通じて、自動変速機の製品開発プロセスで材料節減と効率向上を実現する最善の解決策が見つかりました。遊星キャリアのトポロジー最適化によって、より軽量でロバストな設計が生み出され、さらに生産効率も大幅に向上しました」

Voith 社、バス駆動システム技術計算部、Bernd Wöhrle 氏

遊星キャリアの最適化：新設計の創出による重量削減

Tosca Structure は、有限要素解析 (FEA) を通じてトポロジー、形状、ブリードなどのノンパラメトリック構造最適化を行う、柔軟性の高いモジュール型のソフトウェアシステムです。Voith Turbo 社は Tosca Structure を用いて、自社の DIWA 自動変速機製品に使用される遊星歯車装置の遊星キャリア部品を最適化しました。遊星歯車装置は、中央の太陽歯車の周りを回転する 1 つまたは複数の遊星歯車で構成されます。各遊星歯車は遊星キャリアに取り付けられますが、遊星キャリア自身も太陽歯車の周りを回転する可動アームとなっています。

最初にエンジニアは Tosca Structure を用いて、遊星キャリアの CAD データをもとに、機能領域と接続領域との結合空間を除いて設計空間を定義しました。そして、設計要件や製造要件が維持されるように最適化に制約が設けられました。今回は、軸受の耐久性と均等な歯面荷重を保証するために、遊星キャリアとしての機能的な剛性が維持されるよう指定されました。

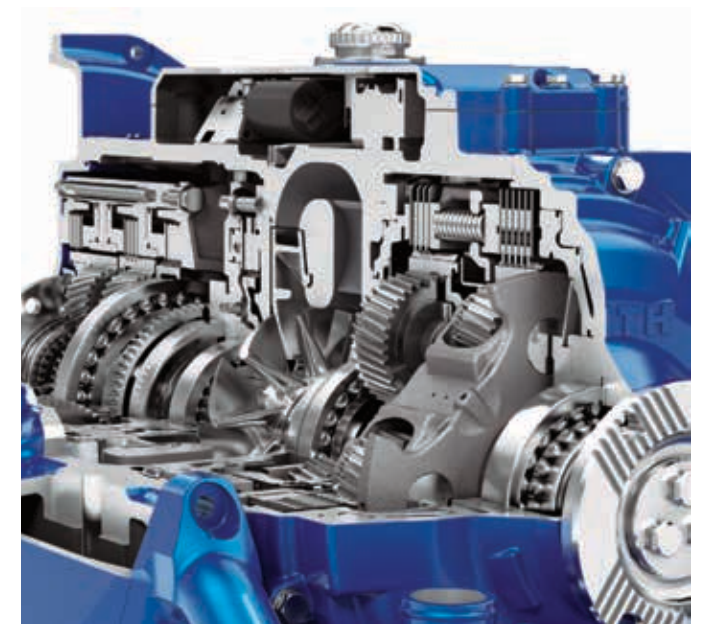
Tosca Structure は、荷重経路に寄与しない領域を自動的に特定し、これらの必ずしも必要でない領域の材料を取り除きます。製造工程に関する要件は最適化で直接考慮されていたので、この設計案はそのまま Voith Turbo 社の CAD システムに送られ、鋳造パラメータに適合するよう修正が加えられました。

「Tosca Structure の利用を通じて、自動変速機の製品開発プロセスで材料節減と効率向上を実現する最善の解決策が見つかりました」と、Voith Turbo 社の商用車技術計算部門に所属する Bernd Wöhrle 氏は述べています。

軽量化が製造面でも利益をもたらす

この遊星キャリアの新設計は材料を大幅に節減し、重量を 30% 以上も削減しました。遊星キャリアが小型化されると、鋳型枠に部品を追加配置できるので同じ数の鋳物品をより少ない鋳造工程で製造できるようになります。Voith 社における Tosca Structure の事例は、手作業で最適化済みの設計であっても、まだまだ最適化できる余地が残されていることを明示しています。この新しい遊星キャリアの設計は、所定の剛性と寿命を維持しつつ、材料および重量を大幅に削減し、そしてより経済的な生産を可能にしました。

「遊星キャリアのトポロジー最適化によって、より軽量でロバストな設計が生み出され、さらに生産効率も大幅に向上しました」と Wöhrle 氏は話しています。



Voith 社は SIMULIA の Tosca Structure トポロジー最適化ソフトウェアを使用して、同社の DIWA 自動変速機で使用される遊星キャリアなど、さまざまなコンポーネントの重量を削減しています。

詳細は以下をご覧ください

www.voith.com

www.3ds.com/tosca

最良を追い求める

最適化：できる限りの完全性、機能性、または有効性を備えた設計、システム、または意思決定を導くための行為、プロセス、あるいはその方法論...

メリアム・ウェブスター辞典

競合他社に先駆けて、性能、重量、コストなどの重要ファクタに対し最適設計を導くことは、ヒット商品を生み出す上で欠かせません。最良の設計オプションを見出すには、多数のトレードオフ検討を伴う複合領域のアプローチが必要です。試作実験にかかる時間とコストを削減するため、各企業は増大する複雑性をより分けて意思決定を加速させる設計探索と最適化の技術を組み合わせた仮想試験に目を向けるようになりました。

ダッソー・システムズは、製品の設計、製造、そしてサポートの手法さえ変革する 3D ソフトウェアアプリケーションの開発において世界をリードしています。また研究機関や製品開発企業に最強のリアリスティックシミュレーションと設計最適化技術を提供するための長期戦略を実行しています。拡大を続けるリアリスティックシミュレーションと最適化分野の技術ポートフォリオには、CATIA および SolidWorks 内蔵のシミュレーション機能に加えて、Abaqus、fe-safe、Isight、および Tosca による、高度なマルチフィジックス、耐久性、自動化、設計探索、最適化の各機能があります。これらのアプリケーションが一体となって、市場で最も充実したオープンでロバストな最適化ツールセットが実現されています。それらはまた、ダッソー・システムズの画期的な 3D エクスペリエンス・プラットフォームに組

み込まれる次世代のリアリスティックシミュレーションと最適化技術の基盤をなすものです。

プロダクト・イノベーションに向けたパラメトリックおよびノンパラメトリック最適化

SIMULIA の Isight は、さまざまな分野にまたがったモデルやアプリケーションを反復可能なシミュレーションプロセスフローとして一体化するために広く利用されています。ひとたびプロセスフローが定義されると、それらは分散した計算リソース上で実行可能となり、予想される設計空間を探索して、ユーザー定義のパラメータに基づき最適設計を迅速に突き止めます。

最近ダッソー・システムズが買収した Tosca は、構造と流れのノンパラメトリック最適化における最先端の技術を提供しています。Tosca Structure は、軽量でありながら剛性や耐久性のあるパーツやアセンブリを設計するための強力な最適化ソリューションです。一方 Tosca Fluid は、トポロジー最適化に基づいて流れシステムの設計コンセプトを導きます。これらの最適化プロセスを通じて、設計案が指定した性能目標に従い直接生成されます。結果として、設計プロセスの初期段階から革新的な設計案の最適化が可能になるのです。

今日のダイナミックな開発環境においては、ロバストな最適化機能に加えてオープン性や柔軟性も欠かせません。Isight と Tosca は、どちらも Abaqus、ANSA、Ansys Workbench、Fluent、Star-CCM+ など、主要な FEA ソルバーや CFD ソルバーまたはプリプロセッサとのオープンな連携が可能です。Tosca または Isight の最適化スタディから得られたジオメトリは、元の CAD プログラムへ簡単に転送して最終設計案を更新できます。

Tosca の技術は、Abaqus 6.13-AP リリースから拡張トークンライセンス方式で Abaqus ユーザーに提供される予定です。このライセンス管理オプションでは Isight へのアクセスも可能であり、SIMULIA のさまざまな技術を活用したいと望む小規模あるいは大規模チームにも、同様の簡便性や柔軟性そして費用対効果ももたらされます。

相互補完の最適化ワークフロー

パラメトリック・アプローチとノンパラメトリック・アプローチのどちらか一方に適した最適化タスクもあれば、Isight と Tosca Structure の組み合わせが全体として最良の結果をもたらすような最適化タスクも存在します。考えられるワークフローは以下のようなものです。

順次結合フロー：Isight が設計のパラメトリックな部分を最適化し、この最適化結果が同じ設計の異なる領域に対する Tosca のノンパラメトリック最適化で制約条件として用いられます。また Isight は、パラメトリック最適化とノンパラメトリック最適化を結び付ける自動化ツールとしての役割も果たします。

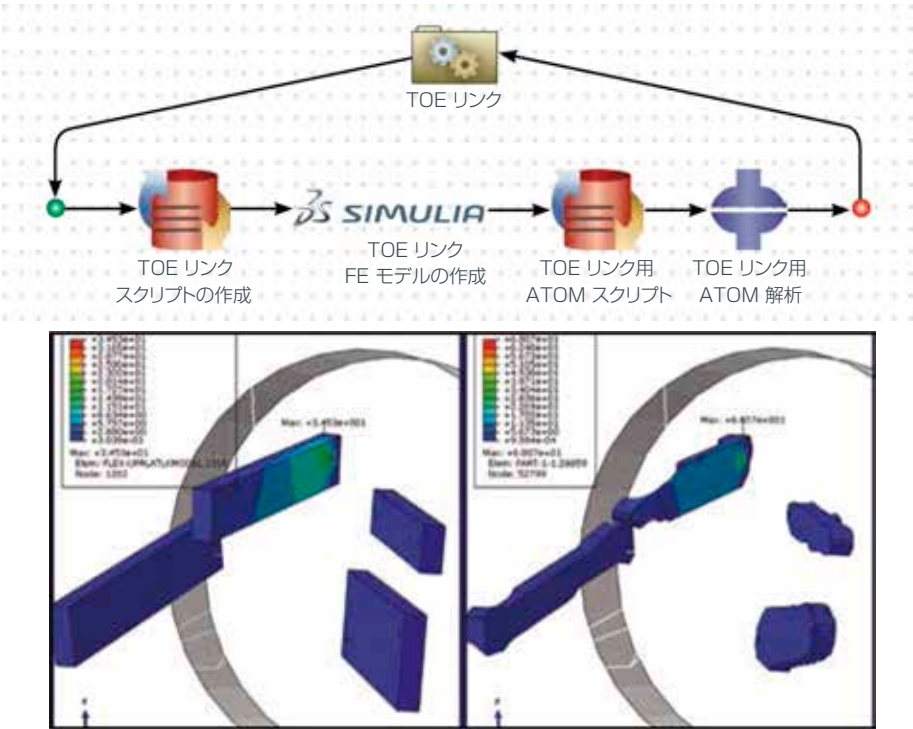


図 1. Isight によって自動化された Tosca の最適化

「設計最適化とは、ビジネス、顧客、そして社会のために“適切な設計を見出すこと”を専門的に言い表した言葉です。3D エクスペリエンス・プラットフォームは、まさに企業のビジネスとその製品を最適化するためにあるのです。それはお客様が求めるものだろうか？ 我々はそれを迅速かつ効果的に作る事ができるだろうか？ それは持続可能な未来にふさわしいだろうか？ これらは皆、製品と自然と生命の調和を図る上で産業界が問うべき質問です。そして 3D エクスペリエンス・プラットフォームこそ、これらの質問に解答を与えます」

ダッソー・システムズ、社長兼 CEO、Bernard Charlès

「閉じた」結合フロー：Isight がグローバルな最適化基準に基づいて個々のローカルな最適化タスクを作成します。そしてローカルな最適化タスクごとに Tosca が最適解を導きます。その後、Isight がグローバルな最適化基準に従って最良の解を選定します。

順次結合フローの例

自動車用サスペンションの典型的な設計解析は、順次ワークフローに従います。最初に、サスペンションジョイント位置が剛体マルチボディソフトウェアによる「運動およびコンプライアンス (K&C)」解析によって決定されます。次に、市

販の有限要素ソフトウェアによる応力解析をもとにサスペンションコンポーネントのトポロジー設計が行われます。

Abaqus、Isight、および Tosca では、この順次ワークフローを組み合わせ、サスペンションジョイント位置とコンポーネントの構造トポロジーを同時に最適化することが可能です (図 1 参照)。すなわち、サスペンションジョイント位置に対して Isight、サスペンションコンポーネントのトポロジー最適化に対して Tosca を用いることで、両方の解析が統合アプローチとして一体化されます。その背後では、K&C 解析と応力

解析の両方に Abaqus が用いられ、たとえばタイヤからの正確な荷重データも考慮できるようになります。

後輪マルチリンクサスペンションのサスペンションジョイント位置を最適化するとき、トーとキャンバーは目的関数、サスペンションリンクセットのジョイント点座標は設計変数と見なせます。トーとキャンバーの挙動が K&C 解析に完全に従うように、リンクのジョイント点が最適化されます。最適なサスペンションジョイント点が決定されると、長方形断面の単純なビーム形状をもとにトポロジー最適化解析が自動的に実行されます。

このような統合自動化アプローチによって、サスペンションジョイント位置とサスペンションコンポーネントのトポロジーを同時に最適化する体系的な解析が容易に実行できるようになります。

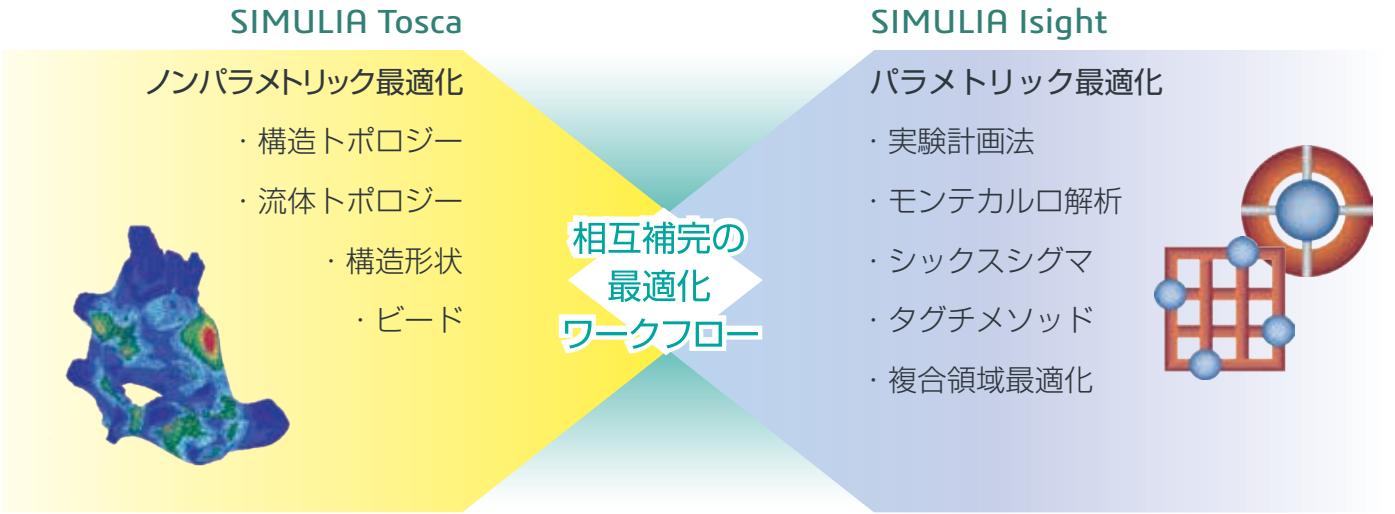
設計最適化を加速することのビジネス価値

こうした他に類を見ないレベルの統合技術によって、シミュレーションがもたらすビジネス効果を最適化が変革する可能性はかつてないほど高まります。すでに大手製品開発会社によって Isight と Tosca の技術が活用され、かなりの時間とコストが削減された事例は多数存在しています。

これらのアプリケーションがやがて他の SIMULIA プロセスアプリケーションと完全に統合されると、ビジネス価値はさらに増大することでしょう。今後、これらの強力な自動化および最適化機能は 3D エクスペリエンス・プラットフォームの一部として、CATIA、SolidWorks、SIMULIA の全ユーザーが簡単に利用可能になる予定です。さらに他の CAD、FEA、および CFD 技術とも引き続きオープンに連携していきます。このようにメーカー各社は手持ちのソフトウェアやエンジニアリング投資そしてノウハウを今後も活かせます。

SIMULIA のプロセス統合、自動化、探索、および最適化の技術を製品開発サイクル全体の不可欠な要素として適用すれば、効率を最大限に高め、ビジネス目標を達成し、そして最適で革新的で信頼ある持続可能な製品を迅速かつ低コストで市場に投入することにきっと役立ちます。

詳細は以下をご覧ください
www.3ds.com/tosca
www.3ds.com/isight



安全なジャンプを設計する

Matrix Applied Computing 社、Springfree 社の
家庭用トランポリンの最適化を支援



図 1. 熱烈なファンに試される
スプリングフリートランポリン

子供たちにトランポリンが好きかと訊ねると、彼らはうれしそうに目を輝かせます。しかし親たち子供たちにトランポリンが好きかと訊ねると、彼らはうれしそうに目を輝かせます。しかし親たちに訊ねると、まったく違った答が来るかもしれません。厳しい製造規格、防護カバーの付いたスプリングとフレーム、さらには転落防止用の囲いネットがあるのにもかかわらず、従来型トランポリン製品に絡む子供の負傷事故は米国だけで毎年約 9 万件にも上ります。それでもこの遊具の人気は世界中で高まるばかりです。

ニュージーランド・カンタベリー大学の工学准教授 Keith Alexander 博士は、もっと安全にトランポリンで遊ぶ方法があるはずだと感じていました。「私が常々思っていたのは、エンジニアとして人の役に立つ事をしなければいけないということでした」と彼は述べています。彼が娘のケイティに従来型のトランポリンを買ってやろうとしたとき、彼の妻が安全面から反対したことをきっかけに、彼はもっと良いものを自分自身で作ろうと決心しました。最初は自宅のガレージで作業していたのですが、その後大学で研究を始めると、学生の協力に加えて政府や民間の助成金も得ることができ、研究は順調に進みました。

さまざまなデータを分析した結果、Alexander 博士は従来型のトランポリン設計（それは

1930 年代まで遡る）には利用者が激突しないように配慮すべき 3 つの主な衝撃ゾーンがあることを確認しました。それらは、跳躍マットとフレームを繋ぐスプリング、金属フレーム本体、そして最後はもちろん地面です。

Alexander 博士は (1989 年以来)多数の試作を重ね、ついに画期的なソリューションに辿り着きました。それは、フレームを跳躍面の下に移動させ、マットのエッジを柔らかい素材とし、そしてすべてを紫外線保護効果のある張力ネットで囲むことで、人がジャンプに失敗して外に飛び出そうとしても中央に跳ね返されるようになっていました。彼の研究成果はスプリングフリー™ トランポリン (図 1 参照) という名前で 2003 年に商品化され、現在では全世界で毎年約 4 万セットも売れ続けています。

もしトランポリンに関心があるなら、スプリングフリーはあなたの裏庭の安全で健康的で人目を引く存在となるに違いありません。しかし、その最も独創的な部分は外からは見えません。それはモデルによって異なりますが、トランポリン 1 台あたり 60 個以上ある、マットのエッジの下に隠れた最先端の止め具 (クリーク) 部品です。このガラス繊維強化ポリプロピレンでできた幅広 T 字形の止め具には円形の中心ソケットが付いており、そこにグラスファイバー製支持ロッドの

丸い頭部が差し込まれます (図 2 参照)。そしてロッドの下端はトランポリンの金属台に取り付けられます。

「このプラスチック製のエッジ接続具は、私が考案した 8〜9 個のバージョンのすべてで最も苦労した部分です」と Alexander 博士は話しています。この止め具部品はマットの補強ポケット部に装着されますが、ジャンプ時の下向き張力を利用することで、上下に動いてもロッド頭部のボールがソケットに確実に押し込まれた状態を保ちます。

スプリングフリーが商品化されると、その優れた利点が評判になり始めました。保護者協会や安全協会からも表彰を受け、セールスは跳ね上がり、生産はフル回転状態となりました。そして同社の外注先であるニュージーランドの射出成形部品メーカー Action Plastics 社は、年間約 250 万ユニットのペースで止め具を生産する必要に迫られたのです。

止め具の製造に用いられていた成形金型は、2013 年にその耐用期限を迎えようとしていました。「それは我々にとって新しいタイプの金型を製作する大きな動機付けとなりました。同時にそれは、止め具部品の最適化と改善を図る絶好のチャンスだったのです。しかし、止め具が受ける負荷や機械的特性は非常に複雑だったので、我々には技術コンサルタントの援助が必須だと確信しました。我々はニュージーランド科学イノベーション省が主導する専門研究プログラムを通じて Matrix Applied Computing 社と出会い、そして高度な能力を持った同社をパートナーに選定しました」と、Springfree New Zealand 社のエンジニアリングマネージャである Hamish McIntyre 氏は話しています。

特に McIntyre 氏の関心を引いたのは、Matrix 社がダッソー・システムズの 3D エクスペリエンス・アプリケーションである SIMULIA の Abaqus 有限要素解析 (FEA) ソフトウェアを用いたリアリスティックシミュレーションに精通していたことです。



図 2. スプリングフリートランポリンの画期的な支持構造の拡大写真: 白色のロッドが止め具を介して上部跳躍面の柔らかいエッジに結合され、ロッド下端は地面に設置される頑丈な金属フレームに取り付けられる (防護ネットは除かれている)。

「同じ設計案に ATOM を適用してみたら、最適形状の自動探索によってプロセスは大幅に迅速化し効率化したのです。ATOM が我々の思いもしなかった形状配置を導くのを見て、私はとても驚かされました」

Matrix Applied Computing 社、
CAE 設計エンジニア、Guido Quesada 氏

「私は英国で Airbus 社の FEA チームと一緒に働いた経験があり、Abaqus が非常に強力なツールだということを知っていました。このソフトウェアが高度な航空機設計の現場で活躍する様子を見ていたので、Matrix 社が Abaqus を使用していたという事実が、彼らに引かれた理由の 1 つとなりました」と彼は話しています。

Matrix 社の CAE 設計エンジニア Guido Quesada 氏は、当時を振り返って次のように話しています。「我々はすでにスプリングフリー・トランポリンについて知っており、非常に技術的な製品であることを理解していました。時々、真剣に対応しがたいような奇妙なおもちゃや突拍子もないアイデアを持ち込む方もいらっしゃいます。しかしスプリングフリーの場合はまったく異なっていました。最初からこの止め具設計プロジェクトは我々にとって大きなチャレンジだと感じました」

McIntyre 氏によると、取り組むべき課題は 2 つの点に集約されます。「我々は止め具の強度、すなわち最大負荷能力を向上させたいと思いました。一方で、部品コストも増大させたくなかったのです。我が社の年間購入量は売上げの増大とともに拡大を続けています。止め具 1 個あたりの材料費がわずかに数セント減るだけでも大き

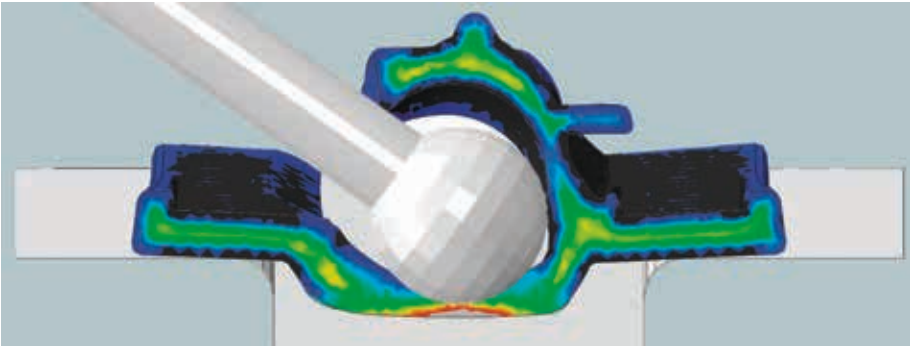


図 3. 止め具のソケット内のロッドボールの動きに関する Abaqus FEA 解析結果

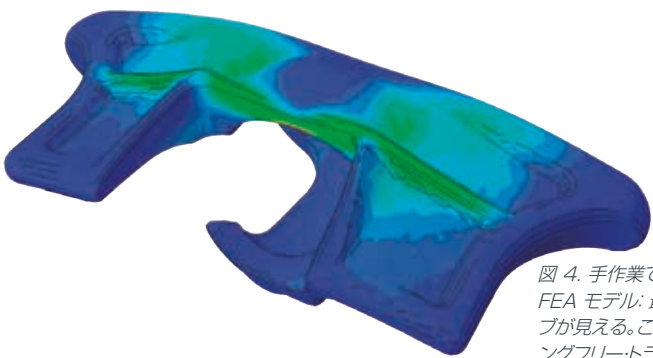


図 4. 手作業で最適化された止め具の Abaqus FEA モデル: 最も効果的と見なされた 2 本のリブが見える。このバージョンは現在、新型のスプリングフリートランポリン用に生産されている。

なコスト削減になります。そして今こそ、この部品を微調整しそこから最大限のメリットを引き出すチャンスだと思いました」

こうして、まず昔ながらのフィールドリサーチから微調整が開始されました。Matrix 社の主任エンジニアリングアナリスト Don Campbell 氏と Quesada 氏は、二人で近隣をそれとなく歩いて回り、人々がスプリングフリー・トランポリンでジャンプしているのを眺めながら、マットが上下するにつれてロッドが撓むとき止め具に何が生じているか想像してみました。

次は実験室の出番です。ロッドから止め具中心に負荷を与える装置が組み立てられ、ソケットが動作するときのように両側が支持されました。この試験装置に据えられたロッドと止め具両部品の SolidWorks CAD モデルが作成され、Abaqus FEA でメッシュ分割されました。そして、実験で収集されたデータをコンピュータシミュレーションの入力として用いることで、止め具の形状を変更すると強度や耐久性にどのような影響があるか予測されました (図 3 参照)。

「我々は最初から金型技術者 (Action Plastics 社の Sean Dryer 氏) と密接に協力しながら、我々が考え出したものの製造可能性を確認してきました」と McIntyre 氏は説明しています。Matrix 社は Moldflow ソフトウェアの結果を

Abaqus モデルに取り込んで、止め具内のガラス繊維配向角と製造工程で生じる残留応力の影響を組み込みました。

最終的にチームが到達した止め具設計 (図 4 参照) は、全体として材料がわずかに削減され、片側に 2 本のリブが追加されています。その結果、必要となる支持力が増大し、応力がより均等に分布するようになりました。この設計は現在、新型のスプリングフリー・トランポリンとして世界中で使用されています。

再設計プロジェクトが完了した後、Quesada 氏は SIMULIA の Abaqus Topology Optimization Modeling (ATOM) 製品を用いて、最終止め具形状のさらなる調査を開始しました。このソフトウェアは、強度や耐久性の目標が維持されるように FEA で性能を確認しながら、コンポーネントの最適な構成 (重量および形状) を自動的に見つけ出します。

「以前のワークフローは、詳細 CAD モデリング、成形シミュレーション、非線形シミュレーション、そして簡単なモーダル解析を必要としましたが、最終的には大成功を収めました。しかし同じ設計案に ATOM を適用してみたら、最適形状の自動探索によってプロセスは大幅に迅速化し効率化したのです。ATOM が、第 3 のリブなど、我々の思いもしなかった形状配置を導くのを見て、私はとても驚かされました。さらに、ATOM ではすべての最適化実行で同じ参照形状を使用するため、CAD モデリングの手間も大幅に節減されました」と彼は説明しています。

現在は、工学的判断や設計判断を加えることによって自動最適化の質を高めた、新しい 4 本リブの設計が次世代のトランポリン用として検討されています。

詳細は以下をご覧ください
www.matrix.co.nz
www.springfreetrampoline.com
www.3ds.com/atom



1904年に米国のオハイオ州で設立されたデーナ社は、現在世界 26 カ国に 24,000 名の従業員を擁しています。グローバルに展開しているブランドには、Spicer ドライブトレイン製品、Victor Reinz シーリング製品、Long 熱機器製品などがあります。

Dana社エンジニアチームがSimulation Lifecycle Managementで製品設計を加速

CAEプロジェクトの25%の時間短縮を図ることに成功

米国の自動車業界が最近復活したことは、いろいろな意味においてサクセスストーリーといえます。政府によるつなぎ融資が、一部自動車メーカーの再生を可能にしました。燃費や排ガスの基準が厳しくなったことも、新たな研究開発に拍車をかけました。景気の回復が新車に対する繰延需要を後押しし、デトロイトは今年こそ、低燃費の魅力的なモデルを取り揃えて客足を取り戻す体制を整えたのです。フォード、GM、クライスラーのビッグスリーは回復軌道に乗りました。

自動車メーカーの業績が上向くにつれて、サプライヤー企業の業績も回復しました。米国に本社を置き、車軸やドライブシャフト、シーリング・熱管理製品、オフロード(オフハイウェイ)車用トランスミッション、各種補修部品を世界規模で提供する主要自動車機器メーカーであるデーナ社(Dana Holding Corporation)の業績も、売上高と収益が大きく好転しました。こうした業績向上

の背景には、もちろん同社の取引先の業績が回復したことがあります。デーナ社の業績が好転した理由はそれだけではなく、景気がよくない時にも仕事を順調にこなせた意識改革にもあります。

デーナ・パワー・テクノロジー・グループのアドバンスト・エンジニアリング部門でシニア マネージャーを務め、デーナ社の CAE(コンピュータ援用エンジニアリング)部門責任者でもある Frank Popielas 氏は次のように語ります。「当社では、コストや製造を重視する企業からエンジニアリング主導型企業へと変わる意識改革を進めました。いかにコストを抑えて効率的に製造するのかという考え方からイノベーションへと軸足を移したのです。こうしたことはすべて、総合的に考えなければならないのは明らかです。コストだけを重視すれば製品の品質が落ちることになります。エンジニアリング主導型企業とし

て、私たちは品質や機能という切り口から製品を改善する方法に着目します。

イノベーションを適切なエンジニアリング ツールでサポートしていたため、私たちは競争力を高めることができたのです」

景気が低迷する中で、自動車業界の多くのサプライヤー企業が苦戦し、失業率も上昇しました。しかし、デーナ社はすでに高性能コンピューティング(HPC)リソースと社内CAE環境を整備しており、さらに設計エンジニアリング チームを維持することに注力しました。Popielas 氏は次のように語ります。「景気が低迷していた時も、CAE は常に重視していました。それは、長い目で見れば投資する価値があることがわかっていたからです」

CAEによるエンジニアリングの投資収益率

確かに、CAE が同社にとって極めて重要であることは明らかです。デーナ社の製品はガスケット(シリンダ ヘッド、エグゾースト、インテーク マニホールドなど)やカムカバー、熱交換器、機械部品や電気部品、駆動系の部品やアセンブリ(車軸、ドライブシャフト、ギヤボックス)など、多岐にわたります。材料は金属やゴム、プラスチック、繊維系素材などさまざまで、生産工程には casting や射出成形、熱処理、成形、磁気パルス溶接などが使われています。

Popielas氏は次のように説明します。「私どもは自動車のパワートレインやドライブトレインに関連するありとあらゆる部品を作っており、そのポートフォリオは極めて複雑です。製品の設計段階で品質を確保するには、影響を与える可能性のあるすべての要素を注視する必要があります。たとえば応力や歪み、疲労、型、ガス、オイル、冷却流、空気とオイルの分離、熱分布などがあり、こうした要素の複雑な相互作用も重要です。CAEは、エンジニアリングにおいて私どもの製品開発をサポートするツールキットです。シミュレーションによって製品の機能のはばすべてを検証し、妥当性を確認することができます」

物理テストが製品機能の最終的な裏付けになりますが、CAE を広範に活用することによって、デーナ社では近年、物理的なテストを行う必要性が減少しています。「シミュレーションによって製品開発プロセスを速め、製品を最適化するためのデータを取り込み、技術者の自由なイノベーションを可能にするのです」(Popielas氏)

そしてPopielas 氏は次のように続けます。「私どもにとってイノベーションは重要ですが、コスト効率性も重要です。過去には、たとえば図面やプロトタイプ制作、設計を繰り返すたびに実施する広範な物理テストなど、時間のかかるタスクが数多くありました。しかし CAE リソースを導入したことによって、そうしたタスクを最小限に抑え、場合によっては取り除くことができます。CAE によって、私どもはコストを包括的に削減しています」

デーナ社が導入している CAE 製品は広範に及びます(図 1 参照)。たとえばダッソー・システムズ SIMULIA の Abaqus は、デーナ社が長年リアルスティック・シミュレーションに利用してきた有限要素解析(FEA)ソルバーです。また、プリ処理にはアルテア社の Hypermesh、Abaqus/CAE、Simlab を使用しています。数値流体力学(CFD)には CD-adapco 社の StarCCM+ や Capvidia 社の FlowVision、成形シミュレーションには MoldFlow、疲労には fe-safe™ などのツールを利用しています。また、SIMULIA の Isight を、DOE(実験計画法)などの最適化タスクに利用しています。

個々のコンポーネントの解析を継続する一方で、デーナ社は各種サブシステムやシステム全体、グローバル モデルのシミュレーションにも着手しました。Popielas 氏は「仮想世界でのシ

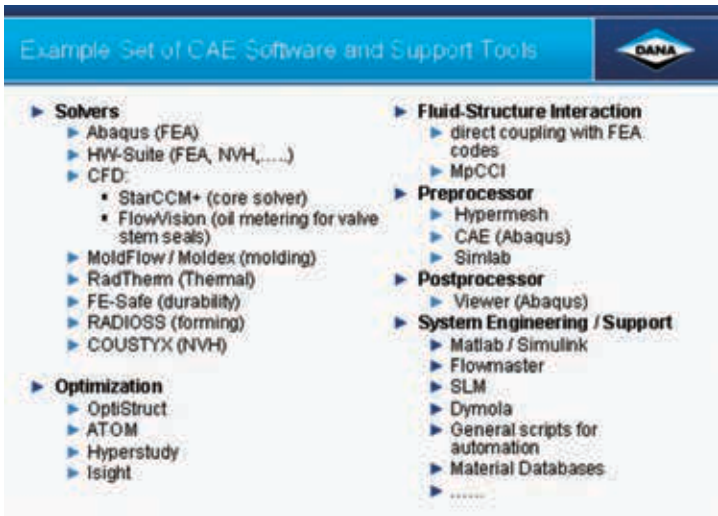


図 1: デーナ社が製品の設計・開発業務で使用している、シミュレーション用のさまざまな CAE ソフトウェア プログラムの一例です。SIMULIA SLM を導入している同社は、複数のテクノロジーをサポートするオープンな環境を提供しています。これにより、ニーズを的確にサポートするアプリケーションを使用できるだけでなく、社内のチームや顧客、自社の仕入業者とのコラボレーションを実現しています。

「手元にあるデータを評価し、それがどこからのデータなのかを把握し、後で追跡できることが必要です。SLMを導入したことで、そのすべてが可能になりました。」

デーナ・パワー・テクノロジー・グループ、アドバンスト・エンジニアリング部門シニア マネージャー兼デーナ社 CAE 部門責任者、Frank Popielas 氏

ステム全体を対象にしたエンジニアリングに移行する中で、将来的にはさらにソフトウェアを追加しようと考えています」と語ります。

CAE ツールとシミュレーション・ライフサイクル・マネージメントとの連携を加速

デーナ社のシミュレーションプロセスが充実する中で、エンジニアリンググループが抱える課題は、製品の実際のパフォーマンスを正確に予測する方法から以下の喫緊の問題へとシフトしました。シミュレーションを他の業務系プロセス、意思決定プロセスとより効果的に連携させるにはどうすればよいのか。顧客とだけでなく、自社内のエンジニアリング リソースの中でもグローバルにコラボレーションを高めるにはどうすればよいのか。さらには、シミュレーション プロセスで生成される膨大な量のデータや、CAE アナリストが作成する各種の手法や知的財産を適切に管理するにはどうすればよいのか。

こうしたニーズに対応するために、デーナ社はダッソー・システムズと SIMULIA のシミュレーション・ライフサイクル・マネージメント(SLM)ソリューションを採用しました。デーナ社は自社の

具体的な要件に照らして SLM 製品が提供する機能を検討し、2012 年の夏に SIMULIA SLM 製品の導入作業を開始しました。この SLM 製品はダッソー・システムズの 3DEXPERIENCE Platform テクノロジーをベースにしており、シミュレーションの実行方法やモデル、手順(シナリオ)を定義できます。Popielas 氏は「仮想エンジニアリングを使用する場合、投資を無駄にしないように、データやプロセス、開発作業を管理するためのツールを導入する

必要があります」と語ります。

今までは、デーナ社の CAE は個々の専門家の判断に委ねられ、設計データの準備からシミュレーションの実行、結果の解析に至るまでのすべての作業に使うツールを複数のソフトウェアから彼らが選択し、入力データもソリューションも、そのほとんどはローカルのハードディスクに保存されていました。こうした状況がコラボレーションを困難にし、大規模プロジェクトにおける連携が大きな課題となっていました。設計変更に関するコミュニケーションにも問題があり、専門家たちはしばしば、古いデータファイルを使ってシミュレーションを実行していました。このような状況をさらに複雑にしていたのは、デーナ社の成長戦略でした。世界中至るところに点在する顧客との緊密な連携を確保するために、担当チームを世界中に分散配置していたのです。

Popielas 氏は次のように説明します。「個々の製品の検証作業に関する情報は、時間がたてば数千ギガバイトに達することもあります。特に、複雑なシミュレーションを実行して現在のような量のデータを生成する場合は、手元にあるデータを評価し、それがどこからのデータなのかを把握し、後で追跡できることが必要です。SLM を導入したことで、そのすべてが可能になりました」

SLM の導入を開始した時、デーナ社はプロセスの論理的な進展が容易になる「ボトムアップ」のアプローチを採用しました。Popielas 氏は「これはトップダウンによる、いわゆる企業規模の展開ではありません」と語ります。「SLM を介して連携させたかったさまざまなプロセスのすべてを慎重に検討し、納得できるスタート地点を見極めました」

「データを簡単に保存でき、検索も容易になり、文字どおり何週間にもおよぶ検索作業時間を節約することができます。」

デーナ・パワー・テクノロジー・グループ、アドバンスト・エンジニアリング部門シニア マネージャー兼デーナ社 CAE 部門責任者、**Frank Popielas 氏**

実装プロセスで重要なポイントとなったのは、SLM 内でガイド付きテンプレートを作成することでした。これを用いて、中核製品のシミュレーションで使用するベスト プラクティスや標準的な手法を取り込むのです。デーナ社が次に作業するのは、完全に自動化されたテンプレートの作成です。Popielas 氏は次のように説明します。「こうした標準化されたテンプレートはフロントエンドで使います。データの読み込みは CAE エンジニア以外の担当者が行い、シミュレーションはバックグラウンドで実行します。私どものユーザーは、彼らが使用している CAE ソフトウェアの詳細を知る必要はありません。自分たちが目標を達成できるような、確実かつ迅速に使えるメニューを利用できればよいのです。製品の検証作業中に追加情報が必要になった場合は、SLM を利用して専用の実験施設から入力情報を迅速に見つけることができます。こうした自動化はすべての領域で実装されており、将来的にはエンジニアリングの完全な仮想化を実現できます」

全社的な導入が進めば、「私どもは SLM を使用してすべてをより効率的に管理できるようになるでしょう。データを簡単に保存でき、検索も容易になり、文字どおり何週間にもおよぶ検索作業時間を節約することができます。従来は、情報を探し求めて多くの時間を無駄にしていました。SLM は単に情報を保存しておくだけではなく、必要なすべての情報に随時アクセスして仕事をするための環境なのです」(Popielas 氏)

コラボレーションの鍵を握るオープン性と現場の可視化

将来的には、SLM のオープンなプラットフォームによって、デーナ社のチームは関連するデータを自社内で、さらには自動車業界のお客様と、そして仕入業者とも共有・交換できるようになります。Popielas 氏は次のように語ります。「私どものユーザーは多様性に富んでいます。したがって、世の中のあらゆるソフトウェアツールを使用して作業できるようにする必要があります。SLM 環境ではコネクタの生成が容易で、他のソフトウェア パッケージと簡単に連携させることができます。CAE ツールでも、あるいは PDF や内部処理用にかかれたスクリプト、実行可能ファイルを使用した処理でも使えます」

SLM のプロセス管理機能を利用すると、一貫性と再現性を提供することによって、このようなチームワークがより円滑になります。「以前に比べ 20%-25% の時間を節約できています。コ



図 2 シリンダヘッド ガasket(CHG)プロジェクトの Live Simulation Review 画面。これは、SLMで使うターンテーブル フォーマットです。ユーザーはここから、製品開発プロジェクトのあらゆる側面にアクセスし、リモートチームとリアルタイムでコラボレーションすることができます。

ストと性能、採算性のバランスが最もとれた”スイートスポット”を見分ける事ができるようになりました」(Popielas氏)

すべての複雑な処理は、バックグラウンドで自動実行されるため、デーナ社のチームが最も評価しているのは、SLMを利用するすべてのユーザーが操作するビジュアル インターフェースである Live Simulation Review です。これはダッソー・システムズの 3DLive プラットフォームをベースにした製品です(図 2 参照)。ユーザーは画面に表示されたターンテーブルで作業し、特定の部品やアセンブリで仕掛り中のさまざまなジョブが 3D で表示されます。特定のイメージをクリックすると、作業者は問わず、製品開発業務の個々の作業に関与している人たちが作業中のシミュレーションすべてを確認することができます。必要なタスクをユーザーが実行すると変更内容や変更履歴がすべて自動更新され、そうした情報はプロジェクトへのアクセスが許可されている全員が見ることができます。リモートチームはすべて、Live Simulation Review を利用して(ユーザーはセキュリティ保護されています)リアルタイムのコラボレーション環境でモデルを開発できます。

Popielas 氏は「SLM が市場をリードするテクノロジーだと考えている理由は、まさにこの点にあります」と語ります。「そのやり方は密接に関係し合うため、私はこれを”iCAE™”と呼んでいます。シミュレーションの活用が業界全体により広範に浸透するのに伴って、連携した CAE 作業の重要性がますます深く理解されつつあります。互いに異なる多くの専門分野を対象にしてエンジニアリングを実現したいのであれば、視覚的に直感性の

ある仮想環境を提供する必要があります。このようなコラボレーションを実現できることが、私どもが SLM に取り組む大きな理由なのです」

iCAE™の将来的な可能性

デーナ社における SLM の実装作業は近い将来に完了する予定です。導入するソフトウェアは、iCAE™ が持つ可能性を自分たちがどのように切り拓くことができるようにしてくれるのかを、同社のエンジニアたちは楽しみにしています。

今後の機能拡張に関しては、製造などのエンジニアリング分野へのテンプレートの導入を予定しています。Popielas 氏は「製造手順もシミュレーションに統合したいと考えています」と語ります。「生産プロセスの物理的な特性を把握すれば、製造工程のレイアウトを最適化することになりますので、さらなる製品品質の向上につながるでしょう」。そしてPopielas 氏は、クラウド コンピューティングによって可能になるリモート ビジュアライゼーションが登場しつつあるが、iCAE™ がもたらす多くのメリットがすでに利用できる状態になっていると指摘します。「こうしたテクノロジーを活用し始めれば、多くのメリットがあるでしょう。私どもは常に、二桁の伸びを考えています。適切なやり方をすれば、極めてコスト効率性が高いのです」

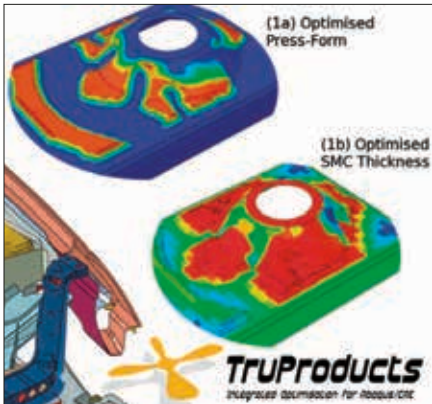
詳細は以下をご覧ください
www.dana.com
www.3ds.com/SLM

複合材による車体設計でパーツの削減を実現する TruProducts 最適化製品

剛性、強度、耐久性などの要件を満たそうとすれば、しばしば追加の補強が必要となり、質量とコストが増大する原因にもなりかねません。自動車のホワイトボディ (BIW) 設計は、こうした問題が生じる典型例です。

GRM 社は、2009 年以來 SIMULIA アライアンス・パートナーとして TruProducts 製品群を通じて Abaqus ユーザーにトポロジー最適化ツールを提供してきました。これらのツールは、剛性、応力、塑性ひずみなどに関して構造を最適化するための効率的で費用効果の高いソリューションです。TruProducts は以下のモジュールで構成されています。

- TruForm – トポロジーの最適化
- TruPly – 複合積層板の最適化
- TruSize – シェルの標準厚とトポメトリーの最適化
- TruShape – トポグラフィーと自由形状の最適化



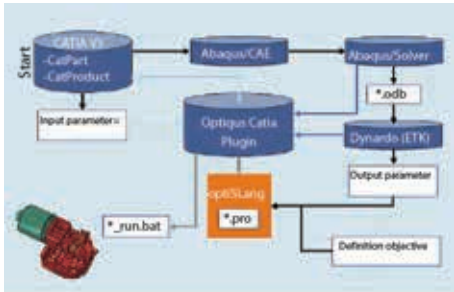
ケーススタディ

ある自動車メーカーで、新型軽量車のタレット設計にねじり剛性と強度の要件にかかわる問題が生じていました。これらの要件を満たすには必要な部分を補強すれば良いのですが、そうすると質量とコストが増して軽量車体設計の目標が損なわれます。このタレット設計に

CAD ベースのパラメトリック形状を用いたロバスト設計最適化

製品の性能要件やコストおよび開発期間の課題に対処する上で、コンピュータ支援エンジニアリング (CAE) によるパラメータベースの最適化手法を用いた「ロバスト設計最適化 (Robust Design Optimization: RDO)」がますます重要となっています。CAE によるパラメータベースの RDO を活用する上で課題の 1 つとなるのは、形状のパラメータ表現です。メッシュモーフイングや形状関数を用いた CAE ベースの形状変更に加えて、CAD ベースの形状変更を活用することにより、設計最適化のさらなる加速が期待されます。

CAD ベースの形状変更について調査するには、パラメトリック形状の更新とそれに続く CAE シミュレーションと結果抽出のすべてを自動化するようなプロセスフローが必要になります。このプロセス事例が、「第 7 回 Weimar Optimization and Stochastics」カンファレンスで Robert Bosch 社のエンジニアから発表されました。この事例では、パラメトリック CAD モ



力の単位の感度解析のワークフロー

デルは CATIA で作成され、FEA モデリングは Abaqus で行われました。そして RDO は Dynardo 社の optiSLang ソフトウェアを用いて実施されました。optiSLang は、感度解析の実行と設計最適化ならびにロバスト性検討の機能を提供しています。

このプロセスをサポートするため、BOSCH 社はドイツの SIMULIA サービスチームにプラグイン開発を提案しました。この Optiquis という名前

TruProducts が 2 段階で適用されました。最初にタレット上部のプレス加工形状が最適化され、次にシート成形コンパウンド (SMC) 複合材オプションによって板厚が最小化されました。

TruShape によるプレス加工形状の最適化 現行のスチール材のもとで、最悪負荷時のピーク応力を最小化し剛性を最大化するため、タレットの上部形状が最適化されました。深さ 5mm 以下の補強形状を既存の設計に追加することで、最大応力は以前より 50% 低下し、剛性は 280% 増大しました。

TruPly による SMC 複合材の最適化 スチール部品の開発に引き続き、軽量な SMC 複合材を新たに採用することで、さらなる重量の削減が可能になりました。TruPly を用いて、強度と剛性の要件に合致した SMC 材料の厚み分布が自動決定されました。

詳細は以下をご覧ください
www.grm-consulting.co.uk

のプラグインは、CAD/CAE パラメータの更新を自動化するためと、optiSLang とのインタフェースを取るために必要なすべての中間ファイルを生成します。Bosch 社は、感度スタディ、最適化、およびロバスト性評価による製品の最適化と公差検討のためのパラメトリック CAD ベースモデリングと Abaqus シミュレーションを用いたアプリケーション成功例をいくつか公表しています。これら CAE ベースのパラメトリックモデリングとプロセス自動化によって、RDO 技術を製品性能とロバスト性の最適化に向けた標準の仮想プロトタイピングプロセスとして組み込むことが可能になります。

詳細は以下をご覧ください
www.dynardo.de/fileadmin/Material_Dynardo/dokumente/Presentation_Power_Unit.pdf
(German language)



未来に向けた軽量設計

Georg Fischer Automotive 社は、Tosca Structure 最適化ソフトウェアを用いて、燃費改善を目指し軽量部品を設計しています。

世界の自動車産業が燃費改善と厳しさを増す CO₂ 排出基準の達成に向けて懸命に取り組む中、車体重量を削減するためのありとあらゆる方策が、自動車エンジニアたちの構想に上っています。この産業に向けて高性能な鋳造部品を開発・製造するスイスの Georg Fischer Automotive 社も例外ではありません。年間 60 万トン以上の鉄とアルミとマグネシウムから 1 億個の部品を鋳造する大手サプライヤーとして、同社は設計と素材そしてプロセスの改善を通じて軽量化に取り組んでいます。

そうした軽量化戦略の恩恵は明白であり、同社が掲げる“持続可能なモビリティ社会”の目標にも合致しています。米国エネルギー省のレポートによれば、車重を 10 パーセント軽減すると燃費性能は 6～8 パーセント向上します。

無駄な重量の排除

GF Automotive 社にとって、シャーシー部品の開発に不可欠なのは最新のシミュレーション

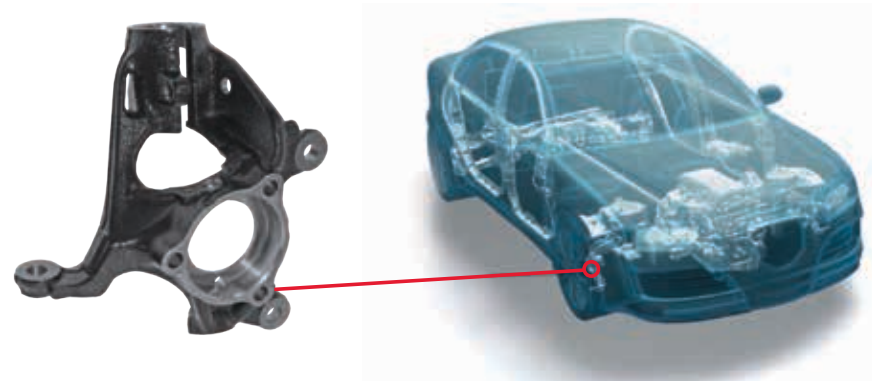


図 1. GF Automotive 社の最適化されたステアリングナックル(左)と、ホイールサスペンション装置内の位置(右)

ることを保証しながら部品重量を削減することに取り組んでいます。

部品重量の削減には、エンジニアリングノウハウとコンピュータベースの手法を組み合わせた製品開発の全体論的アプローチが必要です。FE-DESIGN 社 (2013 年 5 月よりダッソー・システムズの SIMULIA の一員) の Tosca Structure は、ノンパラメトリック最適化のための柔軟なモジュール型ソフトウェアシステムです。その最適化手法には、業界標準の有限要素解析ソルバーと連携したトポロジー最適化、形状最適化、およびビード最適化があります。GF Automotive 社は、重量削減に向けたさまざまな車両設計プロジェクトでこのソフトウェアを活用しています。

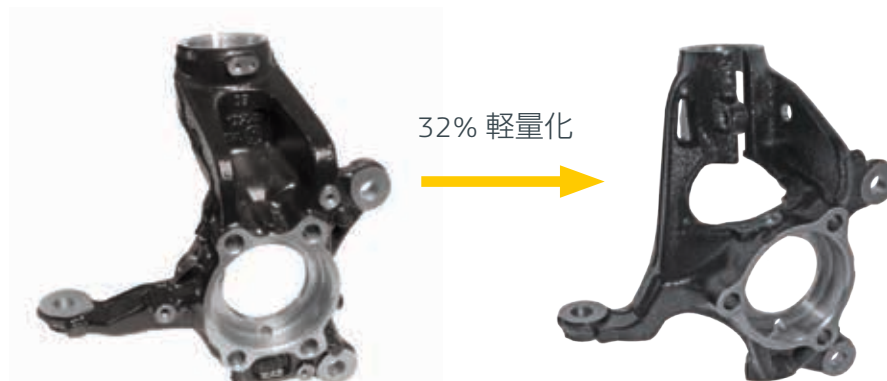


図 2. Tosca™ によるステアリングナックルの最適化: 最適設計では 32% の軽量化が実現された

ステアリングナックルの最適化: 可能な限り軽く、しかも安全

自動車のサスペンション装置において、ステアリングナックルは車輪を他のサスペンション部品と結合する役割を担います (図 1)。GF Automotive 社のエンジニアは、この部品の強度と安全性を維持しながら重量を削減しようと、Tosca Structure ソフトウェアによる最適化解析を実施しました。

「Tosca の使用を通じて、鉄と軽金属の鋳造による軽量で切欠き応力のない部品としては、荷重に最も良く適応した設計が得られています」と、GF Automotive 社の元製品開発プロジェクトエンジニアである Roman Brauner 氏は話しています。

大量 (または連続) 生産に適した設計案を導くには、開始時点で適切な設計空間を定義することが重要です。ステアリングナックルでは、このために車軸、車輪、およびサスペンションアセンブリの運動特性を考慮する必要がありました。そしてこの部品の製品仕様が、解析のために力学的要件に置き換えられました。

軽量化に向けた最適化は、Tosca Structure のトポロジーモジュールで開始されました。この解析によって、関連するすべての常時荷重ケースと最悪荷重ケースを同時に考慮した (これはステアリングナックルのように、動的な応力負荷を受ける部品にとって特に重要)、軽量で剛性と強度もある設計案が導かれました。次にこのソフトウェアの形状最適化モジュールを用いてパーツの表面形状を修正することにより、さらに 100 グラムの重量が削減されました。

大量生産に向けた製造可能性と材料選定に関する検討

GF Automotive 社のような鋳造品をメインとする部品メーカーでは、トポロジー最適化や形状最適化は彼らの製造法にうってつけです。その

「Tosca Structure によって効率的な製品開発が可能になりましたが、これは一貫した軽量設計への要求にも応えるものです」

GF Automotive 社、元製品開発プロジェクトエンジニア Roman Brauner 氏

設計プロセスにはもともと大きな自由度があるのです。

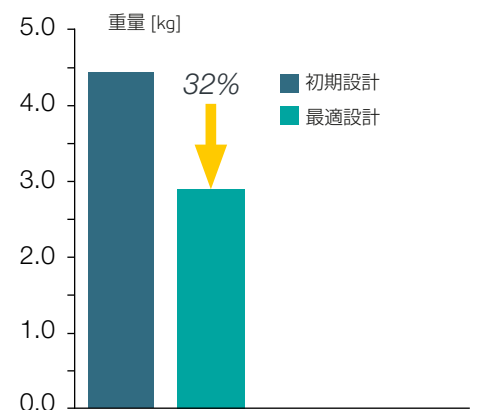
こうした鋳造の融通性により、洗練され最適化された軽量設計は高品質でコスト効率の良い大量生産が可能になります。

この最適化プロセスには多数のメリットがあります。一例としては、ほとんど余分な修正の手間もなく、新設計案は Tosca Structure から CAD モデルへと簡単に転送できます。

また Tosca Structure の完全自動の最適化プロセスは迅速に結果をもたらします。ステアリングナックルの場合、最適化のセットアップ時に、離型方向や機械表面仕上げ用のクランプ位置など重要な生産工程や製造手順を考慮に入れるだけで、エンジニアは容易に製造可能な設計に辿り着くことができました。

改善された設計案を適切な材料や見直された製造工程と選択的に組み合わせることで、さらなる価値が生まれます。GF Automotive 社は、自社開発の新タイプの鋳鉄材料 SiboDur を試してみました。この鋳鉄材料は、破断・引張強度* と疲労強度** に優れた特性を示します。こうした特性を考えると、軽量化された最適設計の形状はこの部品のすべての安全要件を満たします。

「アルミニウム以外にも、革新的な鋳鉄材料がトレンドになっています。目標は、すべてのケースで、部品の安全機能に必要な最低限の材料のみ



を使用することです」と Brauner 氏は説明しています。

32% 軽量化された部品が CO₂ を削減し受賞に輝く

最適化の結果 (図 2) を受けて、最初 4.39 kg (9.7 lbs) あったステアリングナックルは 2.98 kg (6.6 lbs) となりました。これは 32 パーセントの削減率です。シャーシーごとに 2 つの部品が用いられるため、車両あたりで合計 2.82 kg (6.2 lbs) の減少となります。160 万台の車両に搭載される見通しであることから、この部品による軽量化だけでもその耐用期間を通じておよそ 11,600 トンの CO₂ 排出量が削減されることになります。

この新しいステアリングナックルは、2012 年から大量・連続生産に移され、フォルクスワーゲンの MQB プラットフォーム (ゴルフ VII やアウディ A3 など) に搭載されています。またこの設計は、名誉あるエコグロブ「原料、材料、プロセス最適化」部門賞も受賞しています。この賞は持続可能なモビリティ社会に環境面で貢献する先駆的な革新技术に対して贈られるものです。

「Tosca Structure によって効率的な製品開発が可能になりましたが、これは顧客企業が常に望んでいる一貫した軽量設計への要求にも応えるものです」と Brauner 氏は話しています。

* 引張強度: 材料を破断させようとする力に対する抵抗力で、材料が破断するまでに耐えうる最大引張応力
**疲労強度: 材料に所定の繰り返し回数だけ応力を加えても破壊しないときの最大応力

詳細は以下をご覧ください

www.georgfischer.com
www.3ds.com/tosca

FEA がディープウォーター・ホライズン事故の科学捜査に貢献

DNV 社、Abaqus 有限要素解析によって暴噴シナリオを研究

2010 年 4 月 20 日夜、石油掘削施設「ディープウォーター・ホライズン」がルイジアナ州南東部沖合 40 マイルのメキシコ湾・マコンド鉦区で作業中に暴噴事故を起こしました。石油プラットフォームは爆発炎上し、2 日後には完全に水没しました。さまざまな油井封止策が試みられましたが、7 月 15 日に仮のキャップが設置されるまで石油はメキシコ湾に流出し続けました。その後、リリーフ井戸から坑口の下部にコンクリートが注入され、ようやく 9 月中旬になって油井の恒久的な封鎖が確認されました。

暴噴の原因調査

事故発生からディープウォーター・ホライズンの沈没後数週間にわたって、暴噴防止装置 (blowout preventer: BOP) のスタックを作動させようと数々の試みがなされました。それらは、破損したリグからの緊急切断シーケンスの起動、BOP スタックの自動デッドマン回路、さらには水深 1 マイルでスタックの「オートシアー」機能を直接作動させるための遠隔操作機などです。しかしいずれも石油の流出を止めることはできませんでした。

石油業界がまだ油井封鎖と流出防止に取り組んでいる中、米国内務省と国土安全保障省は調査の開始命令に署名しました。そして 9 月 1 日、DET NORSKE VERITAS (U.S.A.) 社のオハイオ州コロンバスのオフィスは、BOP スタックの性能と考えられる故障モードを究明する業務契約を受注しました。DNV 社は、こうした多領域

にまたがる調査に必要なあらゆる問題に対処するため、オハイオ州コロンバス、テキサス州ヒューストン、ノルウェー・ホーヴィクの各オフィスから、法科学、材料工学、BOP 装置、システム制御、コンピュータモデリングなどに詳しい 40 名を選定して専門家チームを結成しました。

科学捜査ツールとしての有限要素解析

オハイオ州ダブリンにある DNV 社の「材料および腐食技術センター」でコンピュータ支援エンジニアリング (CAE) グループのチームリーダーを務めるプロジェクトエンジニアの Shane Finneran 氏は、今回の調査のキープレイヤーの一人でした。Finneran 氏のグループは、スタックの機械部品に対して多数のコンピュータモデルを迅速に作成しテストしなければいけないという問題に直面しました。そして彼らは、10 年来 DNV 社の調査ツールキットの一部を占めてきた SIMULIA の Abaqus FEA ソフトウェアに頼ったのです。

FEA は、提案されたシナリオの可能性をシミュレーションし評価するための迅速かつ正確な手段を DNV 社に与えました。それらシナリオの多くは実物試験による評価が非常に困難だったのです。

「暴噴シナリオを再現するため、海面下 2 マイルと同じ条件で実物試験を実施することは極めて困難であり、やるとしても膨大なコストがかかります。FEA によって、単純な変形から座屈およ

び座屈後の変形・せん断挙動まで、さまざまなタイプの損傷を圧力や荷重の実測データを用いて広範にシミュレーションする手段が得られます」と Finneran 氏は話しています。

DNV 社が発表した 200 ページからなる報告書 (<http://www.bsee.gov/uploadedFiles/DNVReportVolI.pdf> から入手可能) には、使用された復元プロセスやテスト法ならびに彼らの調査結果が詳しく述べられています。

1. 問題の BOP スタックが、いくつかの掘削パイプの破片とともに油井サイトから引き上げられ、NASA ミシューの保有施設に運ばれました。
2. チームは、スタックの内部構造を調べるために必要な部分を分解して汚れを落とし、写真を撮って目録を作成しました。
3. 油圧油と金属のサンプルが分析用に採取され、スタックの制御機構とそのバッテリー、アクチュエータ、およびソレノイドが試験され、さらにケーシングとブラインドシアーラム、可変ボアラム、および上部と下部アニュラー BOP のすべてが目視検査され 3D レーザースキャナーにかけられました。
4. 次に DNV 社は、損傷した装置、特に掘削パイプを切断して坑井孔を密閉するよう設計された BOP の唯一のラムであるブラインドシアーラム (blind shear ram: BSR) 部分に対し、レーザースキャナーを用いて忠実な 3D CAD モデルを作成しました。
5. ダッソー・システムズの SolidWorks ソフトウェアによってラム部品のオリジナル CAD ファイルが Abaqus FEA の使用に適した単純サーフェスに変換され、何が起きたのかについて彼らの説をシミュレーションし仮想試験を実施する準備が整いました。

何がうまくいかなかったのか

通常の作業時に、この巨大な BOP スタックは坑口真上の海底に設置されます。その 2 つの部分の合わせると 6 階建てビルほどの高さになり、重量は 400 トン以上になります。LMRP (Lower Marine Riser Package) と呼ばれる上半分は、2 つの電子制御ボッドと上下ベアからなるアニュラー BOP と呼ばれるドーナツ形の密封装置で構成されています。これらのアニュラー BOP は掘削パイプの周囲を密閉して、流体の上方への流れを調整します。

また BOP スタックの下半分は、一連のシアーラムとボアラム、そしてそれらを作動させるためのバルブと油圧装置で構成されています。

これらのラムは状況に応じて坑井孔を塞ぐか、または必要なら完全に閉鎖する役割を果たします。BOP スタックは複雑な装置であり、その役割は非常に重要です。坑内の圧力を調整し、掘削パイプの中心を維持し、そして制御不可能な暴噴事故が発生した場合にパイプを切断して密封します。ディープウォーター・ホライズンの BOP スタックでは、これら 3 つがすべて不成功に終わりました。

事故が発生した夜、上部アニュラー BOP に対する定期「リークオフ」テストの直後に、掘削プラットフォーム上で吸気圧が 5 倍に跳ね上がりました。その結果、油やガスがプラットフォームのデッキ上にあふれ出して、リグが炎上しました。ディープウォーター・ホライズンの作業員は坑井を封鎖しようと緊急切断シーケンス (EDS) を起動したのですが、うまくいきませんでした。そしてリグは 30 分後に放棄されたのです。

いかにして起きたのか

DNV 社の FEA データに裏付けられた分析結果が示したのは、問題の根本原因は BSR すなわちブラインドシアーラムが掘削パイプを切断して坑井孔を密封できなかったことでした。BSR は対向刃の付いた大きなはさみのようなもので、坑井を完全に閉鎖する最後の手段として、非常時に掘削パイプを切断しその端部を密封するよう設計されています。FEA の結果は、シアーラムがその役割を果たすことができたはずであることを明確に示していました。必要な力は、中心に位置する公称パイプモデルに対して計算されたデータ範囲と試験の中間の値であり、掘削パイプ自体の強度にもまったく異常はありませんでした。BSR は、ある事さえなければ恐らく正常に機能したと考えられます。すなわち、パイプは支持されるべき位置になかったのです。

遠隔操作機 (ROV) の介入時にブラインドシアーラムが作動したとき、アニュラー BOP はスタック最上部で掘削パイプの周囲をすでに密封していました。パイプは坑井孔の中心に位置しているはずでした。ブラインドシアーラムもそこにあることを期待していたのです。しかし、回収された掘削パイプの一部に残されていた物理的痕跡から、パイプは坑内孔の端に位置していたことが分かったのです。

DNV 社のエンジニアは原因を次のように仮定しました。パイプのツールジョイントの 1 つは、掘削パイプ上で閉じた状態にある上部アニュラー

BOP の真下に位置していました。上方への圧力が暴噴で生じた力によって十分に高まったとき、パイプは行き場を失い、上向きの力 (掘削パイプに対する圧縮力) が掘削パイプを座屈させました。そのためパイプは坑井孔の端に追いやられたのです。ブラインドシアーラムは、このずれたパイプを切断しようとしたのですが失敗しました。こうして、ラムのブロック面間の掘削パイプ部分がひっかかり、ラムは十分に閉じることができず、坑井孔は密封されませんでした。

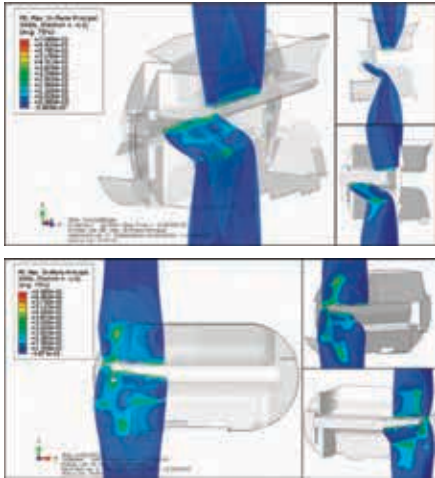


図 1. 掘削パイプとブラインドシアーラム (BSR) の相互作用を示す Abaqus FEA モデル。上図は、パイプが正しく中心にあるとき完全に切断される様子を示している。下図は、パイプが坑井孔の中心にないため、刃が完全にパイプと噛み合わなかったときの様子を示している。BSR 下方の座屈による横荷重がパイプの中心をずらし、閉じたラムはパイプを切断することなく変形させるだけの結果となった。

FEA が原因説を裏付ける

提案された一連の出来事に対する DNV 社の調査が進展する間、FEA は常にチームの説を裏付けてきました。彼らは最初に座屈解析を行って、パイプがケーシングの端に届くまでにどれだけの力が必要だったかを確かめました。FEA モデルは、それをずらすのに十分な圧力が働いていたことを示していました。

さらにもう 2 点調べる必要がありました。それらは、正しい位置にあったならパイプは切断されたか、そしてずれたパイプを切断するのにどのくらいの力が必要だったかです。再び FEA モデルが必要な知見をもたらしました (図 1 参照)。「最初に、材料の弾性と強度の既知なる値とともにせん断損傷パラメータの組み合わせを用いることで、我々の FEA データが中心荷重条件下でパイプの切断に必要な圧力推定値を確認しました」と Finneran 氏は話しています。

次にエンジニアは、ディープウォーター上で実際に生じた状況をシミュレーションしました。「我々のせん断解析で、パイプが中心に位置し

ていないとラムは十分閉じられないことが示されました。これがブラインドシアーラムを乗り越える流れを生じさせ、ブラインドシアーラム部品と坑井孔に重大な侵食作用をもたらしました」と Finneran 氏は話しています。

「この油井の暴噴条件のもとで、掘削パイプが UA (上部アニュラー BOP) と U-VBR (上部可変ボアラム) の間で座屈することは可能だったと我々は断定しました」と Finneran 氏は話しています。DNV 社の仮説は、彼らの中心からずれた BSR せん断 FEA モデルによって裏付けられました。このモデルは、損傷したパイプの破片や、ラムと坑井孔そして回収された掘削パイプの間に見られた侵食損傷と一致した結果を示したのです。

今後の取り組み

FEA がディープウォーター・ホライズン事故の原因特定に非常に役立つことが示されたので、Finneran 氏はこうした事故の再発防止のためにも FEA を利用できないか確かめたいと考えました。「有限要素解析は新設計と既存装置のどちらの能力も検証できる価値あるツールだと思います。それによって、不可能ではないにしても実物試験による分析が困難な、多数のシナリオや条件を組み込むことが可能になります」と彼は話しています。

Finneran 氏は克服すべき 1 つの課題について指摘しています。それは材料データが不十分なことです。ディープウォーターの BOP スタックに使用された材料の損傷パラメータのいくつかは入手不能であったため、彼と彼のチームは解析において値の分かっている同等の材料で代用しなければいけませんでした。

「業界全体にとって FEA のさらなる微調整に役立つ材料関連データを開発していくことはとても有益です。それによって、既存のそして将来の BSR が高圧の暴噴条件下でも掘削パイプを切断できることを検証するモデル開発が可能になるでしょう。適切な材料データがあれば、この種の数値モデリングは間違いなく、暴噴事故に見られるような非常に厳しい圧力や条件を評価するだけの能力を持っています」と彼は話しています。

「今回の試験の成果にかかわらず、規制は変わっていくはずですが。業界では、二次バックアップとしての冗長 BSR の搭載や、あらゆる状況下でも切断・密封が可能なロバスト性の高い設計の追求など、現在いくつかの代替策が検討されています」と Finneran 氏は話しています。

詳細は以下をご覧ください

www.dnv.com
www.3ds.com/abaqus



太陽光とシミュレーションでソーラーカー性能をパワーアップ トロント大学ブルースカイチームが Abaqus FEA を用いて 「ワールド・ソーラー・チャレンジ」のレース車にロバスト設計を盛り込む



流線型でとてもスマートですが窮屈な車でオーストラリアの奥地を 1 週間も太陽エネルギーだけで走る： やってみたいと思いますか？

トロント大学のブルースカイチームはやる気満々でした。そして彼らは今年の「ブリヂストン・ワールド・ソーラー・チャレンジ (WSC)」で 8 位の成績を取めたのです。このユニークなソーラーカーレースは 1987 年以来の歴史を持ち、現在は隔年開催されています。10 月 6 日から 13 日にかけて開催された今回の大会には、22 개국から 40 チームが参加しました。これまで通り、レースはオーストラリア北海岸のダーウィンでスタートして、大陸のほぼ中央を縦断するように 3,021 キロメートル (1,877 マイル) を走行し、ゴール地点の南海岸の都市アデレードへと向かいました。

レースに参戦した学生自作のソーラーカーは非常にユニークな形で、空力性に優れ、そして時代の最先端を行くものでした。大会のウェブサイトによれば、それは地球上で「恐らく最も効率の良い電気自動車」だったのです。完走した車の平均時速は 60~90 キロ (37~56 mph) で、所要時間は 33~48 時間でした。ただし運転できるのは日中だけ (午前 8 時から午後 5 時まで) に限られています。

この注目すべき大会で成功を取るには、抗力とパワーの関係が最も重要です。その最適比を求めて、各チームは、空気力学的形状、軽量の複合材、太陽電池の能力、ピークダイナミクスなどの勝利につながる組み合わせを見つけるため努力を重ねました。

ブルースカイチームとその車

2011 年夏、ブルースカイチームの 50 名の学

生は、同校として 7 代目のソーラーカーとなる 2013 WSC のエントリーカー B-7 の設計に着手しました。彼らは、ほぼすべての工学科から集まった 1 年生から大学院生までの混成チームであり、経験も能力もさまざまです。

「我々は、参加希望の学生を選別したりしません。我々は、やるべきことに進んで自分の時間をあてて人を求めています」と、チームのチーフエンジニアを務める Ahtthavan Sureshkumar 氏は話しています。

チームの運営責任者 Paul Park 氏もこう話しています。「誰でも参加当初は劣っている部分があります。しかし最後には、誰も実にしっかりと専門知識を身に付けるようになります」

今年最も人気だった「チャレンジャー」クラスの仕様は多岐にわたります。初めて 4 輪が義務化されました。また高いシート位置と関連したドライバーの視界に関する厳しい規定もありました。

「これらの新しいレギュレーションは、主に空力面とドライバーのパッケージング面で、我々に困難な設計課題を突きつけました。近年のワールド・ソーラー・チャレンジは、より実用的な設計へとシフトしていますが、それはとてもエキサイティングなことです」と、ブルースカイの推進責任者である Tiffany Hu 氏は話しています。

Abaqus が性能アップへの道を開く

カナダにおけるダッソー・システムズ 3D エクスプレス製品の大手プロバイダーであり、近くのオンタリオ州マーカムに本社を置く Aventec 社がブルースカイチームに対し、リアリスティックシ

ミュレーションに SIMULIA Abaqus 有限要素解析 (FEA)、そして CAD ベースの製品設計と協調作業に CATIA を使用するよう勧めました。

「これはダッソー・システムズのプラットフォームを使用した最初の車でした。それは我々の協調作業とワークフローの改善にとっても役立ったばかりか、我々が迅速に車を設計し完成させる上で欠かせませんでした」と Sureshkumar 氏は話しています。

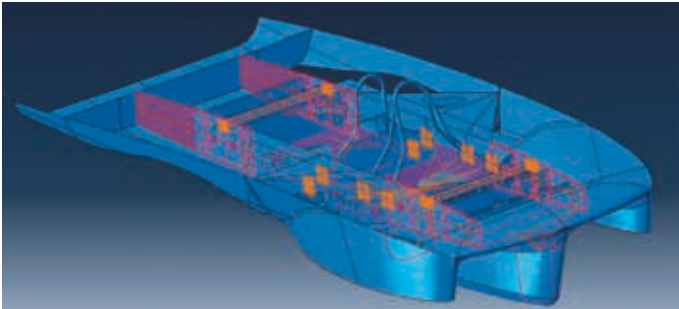
Park 氏は次のように話しています。「CATIA によって車両システムの完全統合が可能になり、ワールドクラスのエアロボディを設計できる柔軟性が得られました。また SIMULIA の Abaqus によって設計プロセスの初期に潜在的な問題が洗い出され、過剰設計の回避にも役立ちました」

Abaqus FEA は、設計反復による特定のコンポーネントやシステムの進展が実環境条件下でどのような効果を示すか予測するために使用されました。チームは、これまでリアリスティックシミュレーションの経験はなかったのですが、重量と強度に関して複合材製のエアロボディとシャーシー構造を最適化するための解析に焦点を合わせました。

以前の車では、学生たちは単純なビーム計算 (ねじり剛性や曲げ剛性) だけに頼って、彼らの複合材モノコックボディの挙動を確認していました。そしてそこから、複合材のレイヤー数や、構造が所定の負荷に耐えうるか否かを概算していました。

こうした不明確な方法では、たとえばロールケージやエアロボディ自体による剛性の寄与分など、特定の要因が無視されていました。結果は過剰設計の重い車となり、目標重量が 200 kg (約 440 lbs) だったのに対して、カーボンファイバーのレイヤーごとに 10 kg という著しい重量増加を招いたのです。「FEA なしでは、シャーシーが実際どのような挙動を示すか確認することは困難でした。そのため、我々は安全第一でやっていたのです」と Park 氏は話しています。

解析を始めるにあたり、CATIA モデルが Abaqus へインポートされました。シャーシーを含む下側エアロボディと、内部構造を取り囲む上側エアロボディの両方に対するサーフェスモデルが準備されました。エアロボディのコンポーネントは衝突時に分解するよう設計されるので、自動車



設計ではしばしば個別に解析されます。また、ロールケージ (前後のロールバーを含む) とサスペンション補強バー (左右両サスペンションに結合) の両方に対するソリッドモデルも準備されました。

そしてすべてのモデルが Abaqus でメッシュ分割されました。エアロボディに対しては、それらサーフェスの重要部分である複雑な曲線や穴に沿って Abaqus がこのプロセスを自動化しました。ソリッドモデルに対しては、このソフトウェアの Python スクリプトを用いてメッシュ要素が定義され、設計の進展に伴う更新が簡単になりました。次に、下側エアロボディモデルに対して、モデルの一部であるサンドイッチパネル製のシャーシー面とメッシュの間で結合拘束が定義されました (図 1 参照)。

Abaqus の Python スクリプト機能では、これまで手作業でモデルに荷重を適用していたような手間のかかる反復作業が自動化されます。各荷重ケースは、5 箇所のサスペンション・クレビス (結合点) における反力を計算し、追加定義し、そして再適用するものです。パラメータの変更や節点集合の最定義、荷重の最適化などは瞬く間に完了できるようになりました。こうした方法によって、接触領域の判定精度も以前よりずっと向上します (図 2 参照)。

Abaqus のその他の機能も、精度と効率性のさらなる向上に役立ちました。このソフトウェアの定評あるレイアップ定義機能は、シャーシーに対してさまざまなブライスケジュールを試すことや、上下エアロボディの積層構成とサンドイッチ板構造に対する剛性と強度を微調整することにとっても役立ちました。FEA の助けを借りて、チームは B-7 の重量を最小限に抑えることに成功し、前回の車よりもカーボンファイバーの量を約半分に減らすことができたのです。「Abaqus によって、我々の軽量設計がどの程度の応力に耐えうるか判断できるようになりました。設計プロセスの初期段階から潜在的な問題が洗い出されるのです」と Park 氏は話しています。

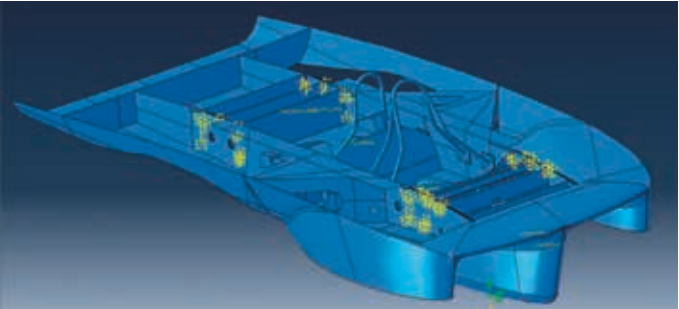


図 2. この Abaqus モデル図が示すように、荷重は下側エアロボディモデルのサスペンション装着箇所 (黄色の点) に適用された。

さまざまなブライスケジュールのシミュレーションが重量の最小化に役立った一方で、チームが車両の重心調整に使用した Abaqus の質量評価機能也非常に有益でした。さらにチームは、理論と実験そして計算を通じて、抵抗力を減らし車速を上げるには、重量、エアロボディ形状、タイヤ、そして車輪の軸受が最も重要な要因であることを突き止めました。

FEA はまた、過去何年も見過ごされてきた新たな知見ももたらしました。たとえば負荷に関して、学生たちは .75G のブレイキング状態が 6G のバンパ衝撃に相当する応力を車に生じさせることを知りました (図 3 参照)。同様にチームを驚かせたのは、前後のロールバーがシャーシーのねじり剛性にほとんど貢献しておらず、エアロボディ自体の剛性 (特にドライバー用のフェアリング) が主要な役割を果たしていたことでした。

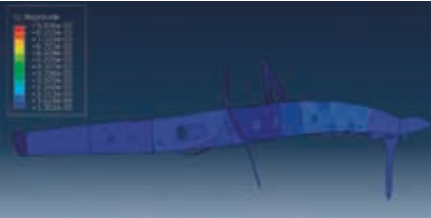
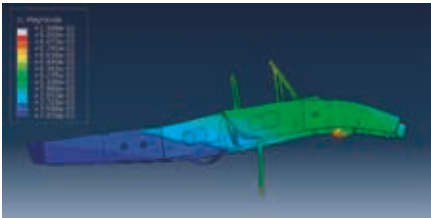


図 3. これら (下側エアロボディのシャーシー側面図) は、エアロボディの外板がない場合 (上) とある場合 (下) に、サンドイッチパネル製のシャーシーが 6G の前面バンパを受けたとき生じる変形量を示している (両方で変形コンターの上限値は統一されている)。この図が示すように、エアロボディとサンドイッチパネルが一体となることで剛性が増し、変形量は 1/10 程度減少する。

「Abaqus なしでは、こうしたさまざまな構造をまとめて考慮することは絶対不可能でした。このソフトウェアによって、高度に統合された解析と極めて正確な外荷重のモデル化が可能になりました。Abaqus のおかげで、我々が下した複雑な設計上の意思決定やトレードオフに自信が持てるようになったのです」と Sureshkumar 氏は話しています。

太陽光とシミュレーション：勝利をもたらす組み合わせ

ダーウィンでレース初日の朝を迎えるころ、ようやくすべての設計決定が終わり、複合材のレイアップが完了し、転写シールが貼られ、そしてテストドライバーが試乗を終えました。数え切れないほどの徹夜作業を経て、春の陽光を受けキラキラ輝く B-7 はスタートを告げる銃声を待って静かに態勢を整えました。それは、学生ボランティアグループ (そのうち 19 名は車のサポート要員として選ばれオーストラリアまで遠征したメンバー) にとっては偉業とも言えるものでした。

レースの成否は晴れた空だけで決まるわけではありません。「驚くほど多くの戦略があるのです。それには天候だけでなく、道路状況、速度を妨げる他のチーム、そして突然前を横切るカンガルーさえも関係しています。我々はある限り速く走りますが、2 年間かけた作品が砂漠の真ん中で壊れてしまわないようにあらゆることに注意を払います」と Park 氏は話しています。

競争の激しいチャレンジャークラスの参加車両のうち半数以上がレース中に破損する中、B-7 は無事完走して北米の参加車中 2 位となり、ブルースカイチームのトップ 10 入りを果たすという目標は達成されたのです。B-7 は 3,021 km のコースを平均時速 65.7 km で 45 時間 38 分かけて完走しました。

Sureshkumar 氏は最後にこう述べています。「このレースは 2 年間の素晴らしいエンジニアリング旅行のクライマックスでした」

詳細は以下をご覧ください
www.blueskysolar.utoronto.ca
www.3ds.com/abaqus

簡単な材料校正ワークフローにおける Isight と Abaqus の 使用法

材料の校正とは、材料試験データから弾性や塑性などの材料特性を導き出すことです。材料特性は、材料定数や元となる数学方程式として与えられます。ここに示す簡単なワークフロー（図 1 参照）を用いた材料校正では、実験データの曲線に適合するような定数 A、m、および n の値を見つけ出します。

Isight は、シミュレーションの駆動、データの比較、最適化ワークフローのシームレスなカプセル化などの機能を備え、材料の校正にぴったりのツールとなっています（図 2 参照）。

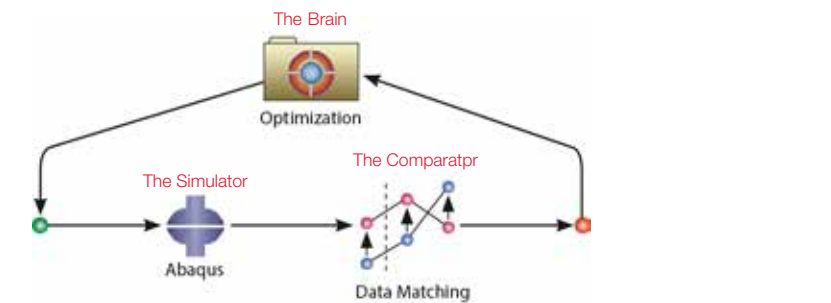


図 2

操作方法：

1. Isight Design Gateway においてデフォルトのモデルで開始する。
2. Abaqus コンポーネントをワークフローにドラッグ&ドロップする。
3. 材料試験を表現する入力ファイルの構文を解析するよう Abaqus コンポーネントを設定し、変更される材料パラメータを選択する。
4. 同様に、対応する odb ファイルの構文を解析するよう Abaqus コンポーネントを設定し、材料試験データ（応力やひずみなど）と比較する関連の出力パラメータを選択する。
5. Data Matching コンポーネントをドラッグ&ドロップする。
6. Target データセットとして材料試験データを読み込むよう Data Matching コンポーネントを設定する。
7. Abaqus コンポーネントからの出力を Data Matching コンポーネントに対応づけて、それらを Simulation データセットとして読み込む。
8. パラメータとして、いくつかの適切なデータ比較基準（Absolute Area Between Target and Simulation Data など）を選択する。
9. プロセスコンポーネントを Optimization コンポーネントに置き換える。
10. Optimization コンポーネントで適切な最適化手法を選択し、材料パラメータを設計変数、データ比較結果を目的関数として設定する。
11. ワークフローを実行する。

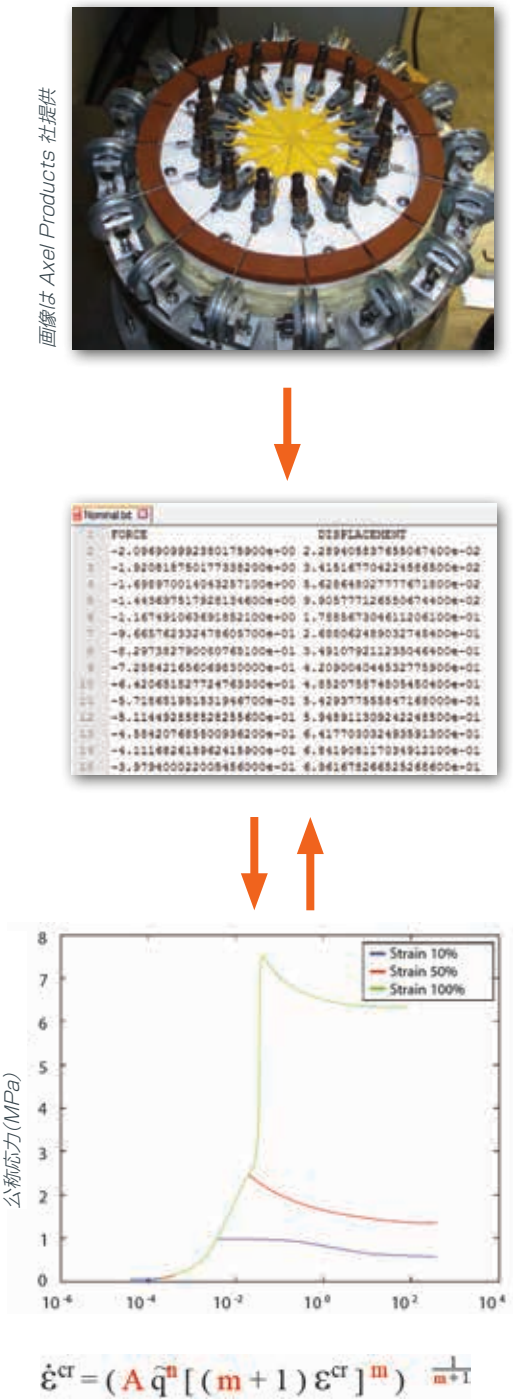


図 1

詳細は以下をご覧ください
SIMULIA ラーニング・コミュニティに
ログインしてビデオをご覧ください：
<https://swym.3ds.com/#post:19810>

サポート？ ウェブサイト？ オンライントレーニング？ SIMULIA ラーニング・コミュニティ (SLC) とは一体何なのでしょう？

コミュニティとは、さまざまなタイプの個人からなる集団の中で、互いに交流し合い同じ利害を共有する人々の集まりと定義されます。一般には、特定の地域に居住する人々の物理的なグループを指しますが、SIMULIA ラーニング・コミュニティの場合は、シミュレーションに興味を持つすべての人々のための仮想オンラインコミュニティです。

どんな仕組みになっているのか？ この質問は、このコミュニティのオーナーである Mark Monaghan (SIMULIA User Advocacy online 部門シニアマネージャ) に尋ねた方が良さそうです。

SCN：マーク、あなたなら SLC をどう説明しますか？

MM：このオンラインコミュニティは、ユーザーとのつながりを持つために我々が取ってきた伝統的な手段と、彼らが現在、情報にアクセスするとき用いる新しい手段とのギャップを埋めるためのものです。サポートに取って代わるものではありませんが、シミュレーションに関連したさまざまな記事、チュートリアル、事例、Q&A などがすべて一箇所で探せます。

SCN：我々のユーザーは参加したいと思うでしょうか？

「ラーニング・コミュニティは 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」

MM：参加したくない理由などないと思いますよ！ それは無料ですし、ものすごく役立つのですから。すでに世界中の 1 万人以上のユーザーが、このコミュニティに価値を見出しています。それは SIMULIA のすべてに関する仮想オンライン百科事典のようなものです。ブログ部分は定期的に追加更新されています。技術ヒント、チュートリアル、最近のイベントのプレゼン資料、ウェビナービデオなどが多数掲載されています。また、SIMULIA ソフトウェアの特定タスクの使用法を説明した E ラーニング形式のチュートリアルもあります。

SCN：良く分かりました！ どうやって申し込んだら良いのですか？

MM：誰でも 3ds.com/slc にアクセスして登録できます。あるいは DSx.ClientCare の認証情報でログインしてください。ログインにはほんの数秒しかかかりません。それに無料だというのはもう話しましたね？

SCN：とても簡単そうですね。Abaqus Student Edition が無料でダウンロードできるって本当ですか？

MM：その通り間違いありません。現在は Abaqus Student Edition 6.13 をダウンロードできます。誰でも試せる最新機能の

すべてが含まれています。この Student Edition には 1000 節点の制限がありますが、それは(このコミュニティにあるチュートリアルのような)小規模モデルを作って最新機能を試すのにはちょうど良いサイズです。学生ユーザーでも商用ユーザーでも無料でダウンロードできます。

SCN：読者の中には地域別ユーザー会議 (RUM) について知らない人もいます。RUM に参加できなかった人は SLC で何か入手できますか？

MM：ブログ部分には、各地の RUM で発表されたプレゼン資料が掲載されています。また、会議のハイライトを収めたレポートなどもあります。さらに我々は、SIMULIA Community Conference など他のイベントについても、ユーザー論文やプレゼンテーションの PDF、そして一部のプレゼンテーションのビデオを掲載しています。

SCN：すごい！ SLC は本当に盛り沢山ですね！

MM：その通り！ 私がここで取り上げたのはほんの一部であり、それは毎日のように成長しています！ また iPads や Space Navigators や iPod など、素敵な賞品がもらえる楽しい企画もあります。今やっている“Look What I Did”チャレンジでは、

当社の製品をどのように使ったか説明するコメントを投稿するか @3DS_SIMULIA につぶやいていただくだけで、SIMULIA Community News の次号で特集されるコンテンツに参加できます。SLC のホームページで画像をクリックして、勝ち抜き法を説明したブログポストにアクセスしてみてください。

SCN：ありがとう、マーク、とても参考になりました。他に何か伝えたいことはありますか？

MM：情報はどんどん更新されるので、是非とも頻繁に SIMULIA ラーニング・コミュニティにアクセスしてみてください。また、他のユーザーの興味を引くような知識や経験、役立つヒントなどをブログに投稿して仲間と共有することもお勧めします。参加した際に、オーサーになるリクエストを出せば共有を開始できます。この活気に満ちたオンラインコミュニティに皆様が積極的に参加されることを期待しています。

3ds.com/slc
@3ds_SIMULIA

2014 SIMULIA Community Conference

米国ロードアイランド州プロビデンス、ローアイランド・コンベンションセンター

カンファレンス：5月 20～22 日

アドバンストセミナー：5 月 19 日



 SIMULIA

2014 SCC の新企画

- ・ 最適化フォーラム
- ・ アカデミック・ポスターセッション
- ・ 早期登録に対する特別割引
- ・ SIMULIA 開発チームと直接コミュニケーションを図る機会
- ・ 基調講演者の増加
- ・ 5 つのアドバンストセミナー
- ・ Abaqus、fe-safe、Isight、Tosca、および SLM の利用に関する 80 以上のユーザープレゼンテーション

詳細については以下をご覧ください。

www.3ds.com/scc2014

 DASSAULT
SYSTEMES

| The 3DEXPERIENCE Company