

迅速な研究

ANSYS Workbench を利用して、複雑なタービンプレードの解析を迅速に行っているガスタービンサプライヤー

Page Strohl (米国オレンジバーク, Chromalloy Gas Turbine LLC, 上級構造エンジニア)

タービンプレードの解析に際しては、非常に複雑な形状を表現して正確なシミュレーションを行う必要があるため、困難を伴います。ANSYS Mechanical の ANSYS Parametric Design Language (APDL) は、豊富な機能、高い完成度、強力なスクリプティングツールのサポートを特徴とし、この業界の多くの企業がタービンプレード解析のデフォルト環境として利用しています。しかし、ANSYS Workbench 環境の完成度がここ数回のリリースで急速に高まっており、現在では、解析アプリケーション間のデータ転送機能の向上、シミュレーション専用の新しいモデリング機能、高度なメッシュ生成機能など様々なメリットを提供し、タービンプレードのモデリングに大きく貢献しています。

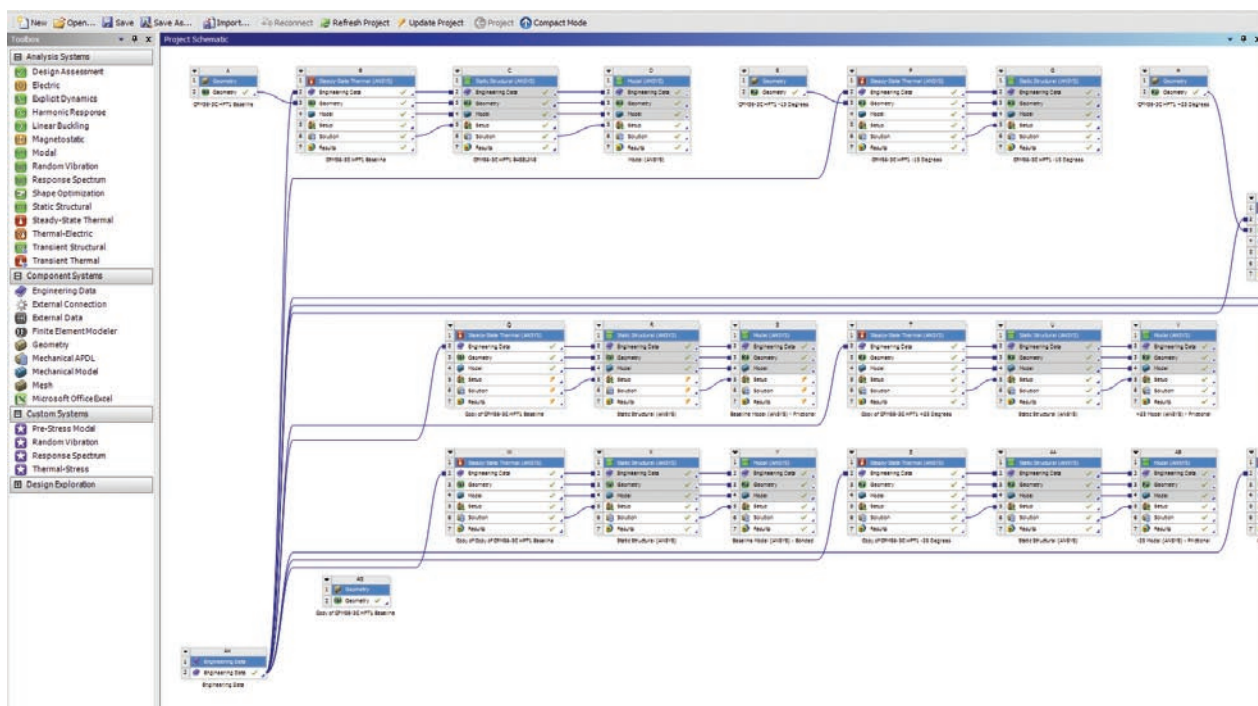
この ANSYS Workbench 環境に移行し、大きなメリットを享受しているのが Chromalloy 社です。民間航空会社・軍事・

工業用タービンエンジンのタービン翼およびその他の重要なエンジン部品の修理、表面処理、FAA 認定交換部品を手掛ける世界最大の独立系サプライヤーである同社は先ごろ、ANSYS Workbench 環境を利用してタービンプレードの解析を行いました。その際には、ANSYS Workbench で作成したモデルを使用して解析時間を大幅に短縮できたこともあり、従来のインターフェースの半分の時間で解析作業を終わらせることができました。

ANSYS Workbench には、ANSYS 社の各解析ツール間でデータを共有できるという大きな利点があります。通常、Chromalloy 社のエンジニアチームは定常伝熱解析を行ってタービンプレードの熱状態を確認してから、その結果を利用して静的構造解析を実施し、さらにこの解析で求めた応力状態を初期応力としてモーダル解析を行っています。また、ANSYS

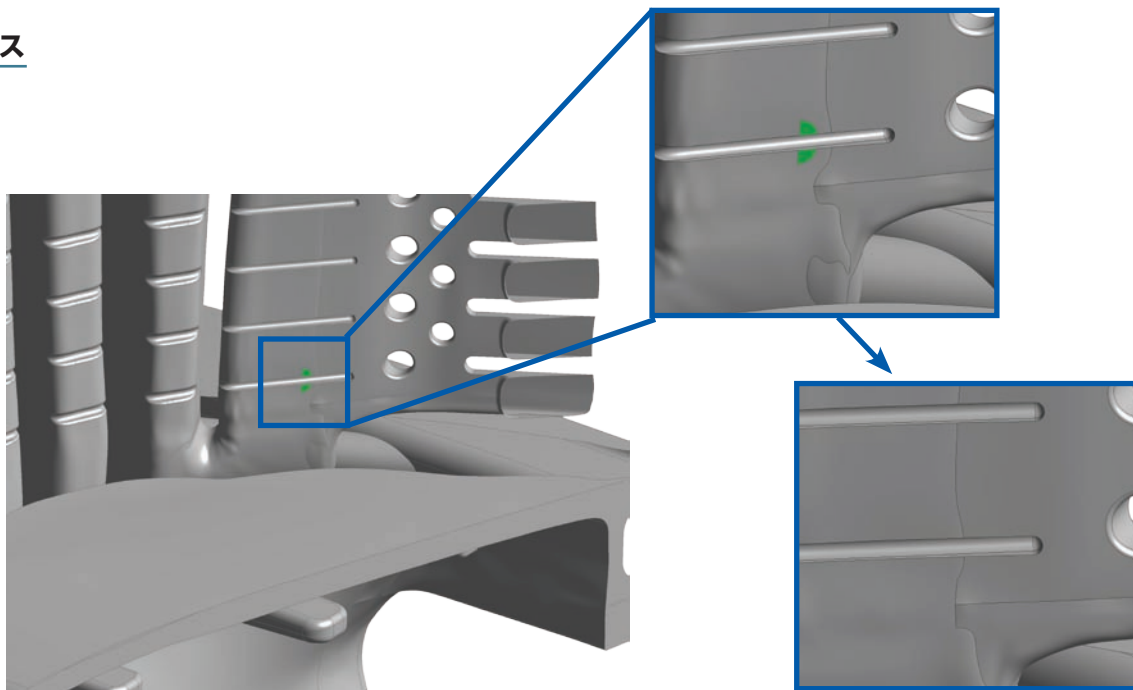
Workbench で作成したモデルは、ANSYS FLUENT を使用した数値流体解析 (CFD) にも利用しています。現在、このエンジニアチームは、インハウスツールを用いて温度境界条件を作成していますが、将来的には、精度を高めるために CFD に切り替えることにしています。

ANSYS Workbench では、シミュレーションプロジェクトの全体像を把握して所要時間を短縮できるプロジェクト概念図を使用することができます。ユーザーは、任意の解析システムをツールボックスからドラッグして、このプロジェクト概念図にドロップするだけで、必要なすべてのコンポーネントを解析システムに組み込むと同時に、このシステムをトップダウンで処理することができます。また、所要のデータ転送接続が自動的に確立されるプロジェクト概念図では、ドラッグアンドドロップを使用してリンクを形成し、各物理場間のデータ転



ANSYS Workbench でタービンプレードを解析したときに使用したプロジェクト概念図

資料提供: ©iStockphoto.com/michael1959



フェース削除機能を使用して、タービンブレードのモデルから不要なサーフェスを削除しているところ

送を行ったり、下流のシミュレーションに荷重をインポートしたりすることができます。

シミュレーションに際しては、CADシステムに搭載されていないことや、シミュレーション時に適切な方法で実行されていないことがあるモデリング機能が必要になることがよくあります。ANSYS Workbench環境では、パラメトリックジオメトリを最初から作成したり、既存のCADジオメトリを解析に適した形に変更したりすることができるフィーチャーベースのソリッドモデラー「ANSYS DesignModeler」を利用することができます。このモデラーは、パラメトリックジオメトリの作成、CADジオメトリの修正、自動クリーンアップおよび修正、流体解析や構造解析などの解析に特化したカスタムツールなど、シミュレーション専用の様々なモデリング機能を搭載しています。

なお、設計の意図を正確に表現するために作成されることが多いCADモデルに、シミュレーションに必要なフィーチャーを追加できないことがよくありますが、ANSYS DesignModelerを使用すれば、こうしたフィーチャーを簡単に定義することができます。たとえば、投影フィーチャーでは、特定のラインを特定のサーフェスに投影して局所領域を定義してから、この領域を使用して荷重を適用したり、精巧なメッシュ制御を追加したりすることができます。

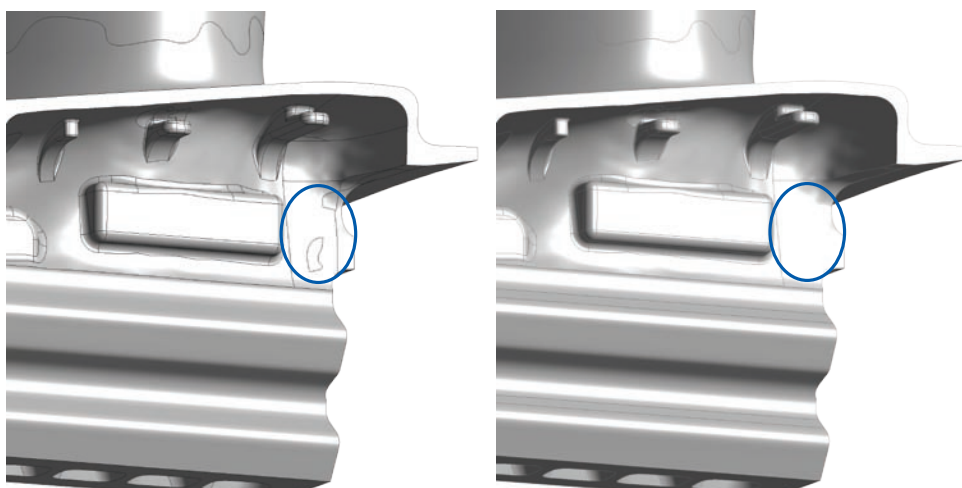
また、CADモデルには、シミュレーショ

ンに不要な細かい形状を組み込むことがよくあり、これが原因で解析に時間がかかってしまうことがあります。ANSYS DesignModelerは、CADフィーチャーを削除する機能のほか、複数のボディを1つにマージする機能、複数のボディをグループ化して1つのパーツにまとめる機能など、形状を簡略化できる様々な機能を備えています。たとえば、フェースとエッジのマージオペレーションを使用すれば、不要なフィーチャーや境界を除去してモデルを容易に簡略化し、解析時間の短縮を図ることができます。ギャップとオーバーラップを持つモデルの連結性も、SewおよびConnectオペレーションで確保できます。さらにANSYS DesignModelerでは、不要なサーフェスを削除してメッシュを効率的に生成できるフェース削除機能のほか、サーフェスの孤立した部分を周囲のサーフェス

とマージできるサーフェスマージ機能、複数のサーフェスを1つにマージして不要なフィーチャーを削除し、シミュレーション効率を向上させることができるプール演算も使用することができます。

Chromalloy社のエンジニアチームは、モデルの一部を切り取って他の領域に移動する際に、ANSYS DesignModelerのボディオペレーション機能を使用しています。また、外部のフェースを非表示にし、内部のサーフェスを簡単に処理できるフェース非表示機能も利用しています。

複雑な形状のメッシュ分割に要する時間を短縮できるいくつかの高度なメッシュ生成機能を備えているANSYS Workbenchでは、非常に複雑な形状でも、形のよいロバストな2次四面体要素でメッシュ分割でき



マージ機能を利用して、タービンブレードのモデルを簡略化しているところ

だけでなく、モデルの種類に応じて様々なメッシュ生成手法を利用して、高精度な六面体メッシュやヘキサドミナントメッシュを生成することも可能です。

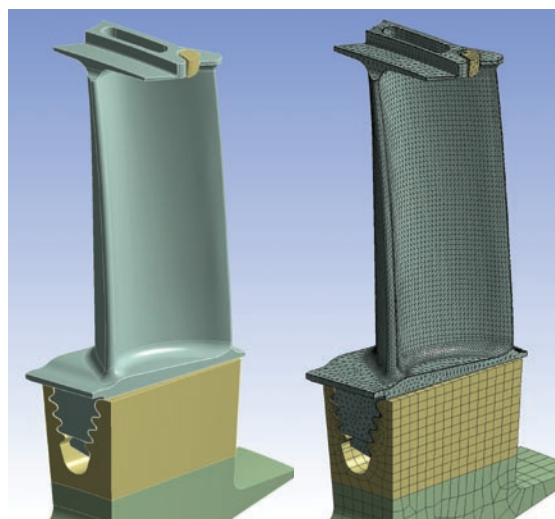
ANSYS Workbenchでは、こうした四面体/六面体メッシュ生成機能の他にも、六面体と四面体の領域およびボディが混在するハイブリッドメッシュを生成できる包括的なツールを利用することができます。また、共通の界面で連続または不連続メッシュを使用してモデルを分割できるほか、フェース/エッジサイズ設定ツールを用いてメッシュのサイズを簡単に変更したり、マッチコントロールツールを利用して、特定のサーフェス上のメッシュと、もう1つの同様のサーフェス上のメッシュを一致させたりすることもできます。ANSYS Workbenchは、構造メッシュを作成する際に威力を発揮するマップドメッシュコントロールツールもサポートしています。

ANSYS Workbenchを利用して解析を行う方法は2つあります。その1つは、ANSYS Mechanical APDLとANSYS Workbench Mechanicalの両方を使用して、熱・構造・モーダルシミュレーションを実行することです。最初に、ANSYS Mechanical APDLで熱解

析を実施します（これにより、インハウスコードで得た温度情報もこの解析に組み込むことが可能になります）。次に、ANSYS Mechanical APDLで求めた温度をインポートするための解析をANSYS Workbench Mechanicalで実行します。その時、熱伝導を計算して温度荷重を補間して熱モデルを作成します。その結果を用いて静解析およびモーダル解析を実施します。なお、Chromalloy社のエンジニアチームは、この手順で解析を行っています。

もう1つの方法では、ANSYS Mechanicalにコマンドオブジェクトを挿入して熱解析を行います。具体的には、ANSYS Workbench環境で使用できるように修正されたマクロであるコマンドオブジェクトを用いて、インハウスコードによって得られた温度情報を用いた熱解析を実施します。構造解析とモーダル解析も、1つ目の方法と同様に行います。

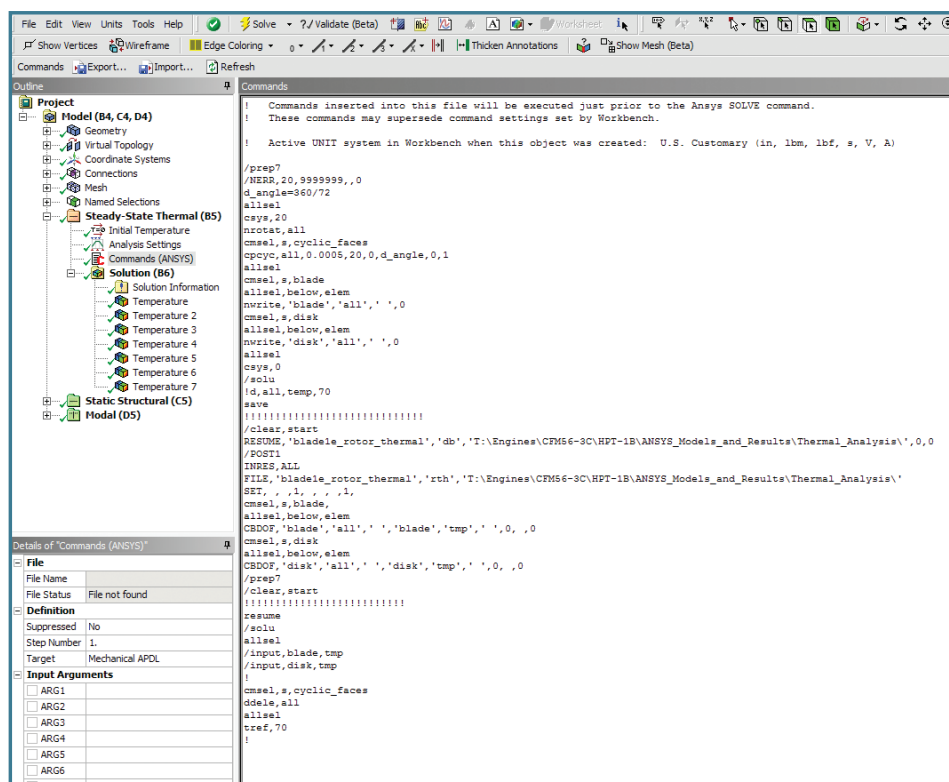
構造シミュレーションは、このシミュレーションとコマンドオブジェクトの各境界条件を組み合わせて行うことができ、温度境界条件は熱シミュレーションの結果から直



マッチコントロールツールを使用してメッシュを生成しているところ

接抽出することができます。通常、モーダル解析でブレードとディスクの接触を表現する場合には、接触要素をディスクに取り付けます。なお、応力を求める場合には、摩擦接触要素を使用して別の構造解析を行う必要があります。

では、ガスタービンの解析を行っているユーザーにとって、このANSYS Workbench環境にはどのようなメリットがあるのでしょうか？ Chromalloy社のエンジニアチームがANSYS Mechanical APDLを使用してタービンブレードのモデルを作成したところ、500万ノードのメッシュモデルを作成するのに1週間半を要しましたが、ANSYS Workbench環境では、同じブレードのモデルを作成するのに4日しかかかりませんでした。しかも、同レベルの精度を150万個のノードだけで確保することができました。また、従来のモデルでは、熱・構造解析の境界条件を設定するのに3時間も要しましたが、このANSYS Workbenchモデルでは、30分程度で終わらせることができました。さらに、接触要素を使用せずに線形構造解析を行ったところ、従来のモデルでは1日半かかりましたが、ANSYS Workbenchモデルでは2時間程度で完了しました。一方、接触要素を使用した場合には、従来のモデルで4日を要しましたが、ANSYS Workbenchモデルでは1日程度で終わることができました。このように、タービンブレードを解析する際にANSYS Workbenchを使用すれば、大きなメリットを享受することができます。 ■



ANSYS Mechanical APDLを使用して解析した結果を補間し、ANSYS Workbenchで熱シミュレーションを行っているところ