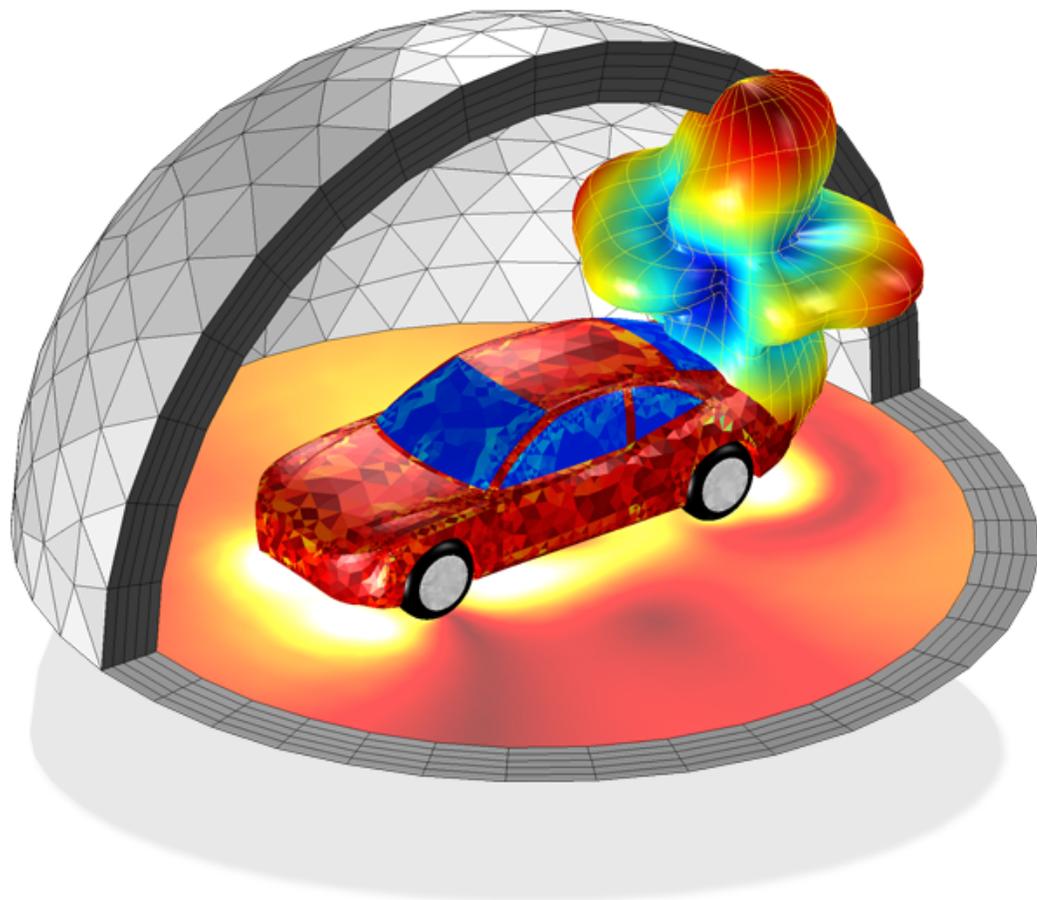


RFモジュール

マイクロ波とRF設計用のソフトウェア



車載アンテナとEMI/EMC：この例では車のフロントガラス上の印刷FMアンテナをシミュレートします。3次元の遠方場における輻射パターンを可視化します。上半分の無限空間をモデル化するためにPML層を用いています。ケーブルハーネス上の電場強度を解析します。

マイクロ波とRF設計を仮想的に予測

RF モジュールは、RF装置とマイクロ波装置の設計者が、アンテナ、導波管、フィルター、回路、キャビティ、メタマテリアルの設計に使用します。電磁波伝搬と共鳴挙動を短時間に正確にシミュレートするため、電磁場分布、透過、反射、インピーダンス、Qファクター、Sパラメーター、ワット損を計算できる機能が技術者向けに用意してあります。シミュレーションでは、実験では直接測定できない物理的効果を評価し予測する能力を低コストというメリットと結びつけました。

従来の電磁モデル化とは違って、モデルに温度上昇や構造変形、あるいは流量といった効果を組み込んでモデルを拡張できます。複数の物理的効果を連成できます。したがって、電磁デバイスのシミュレーションの間に、組み込んだすべての物理特性を反映させることができます。

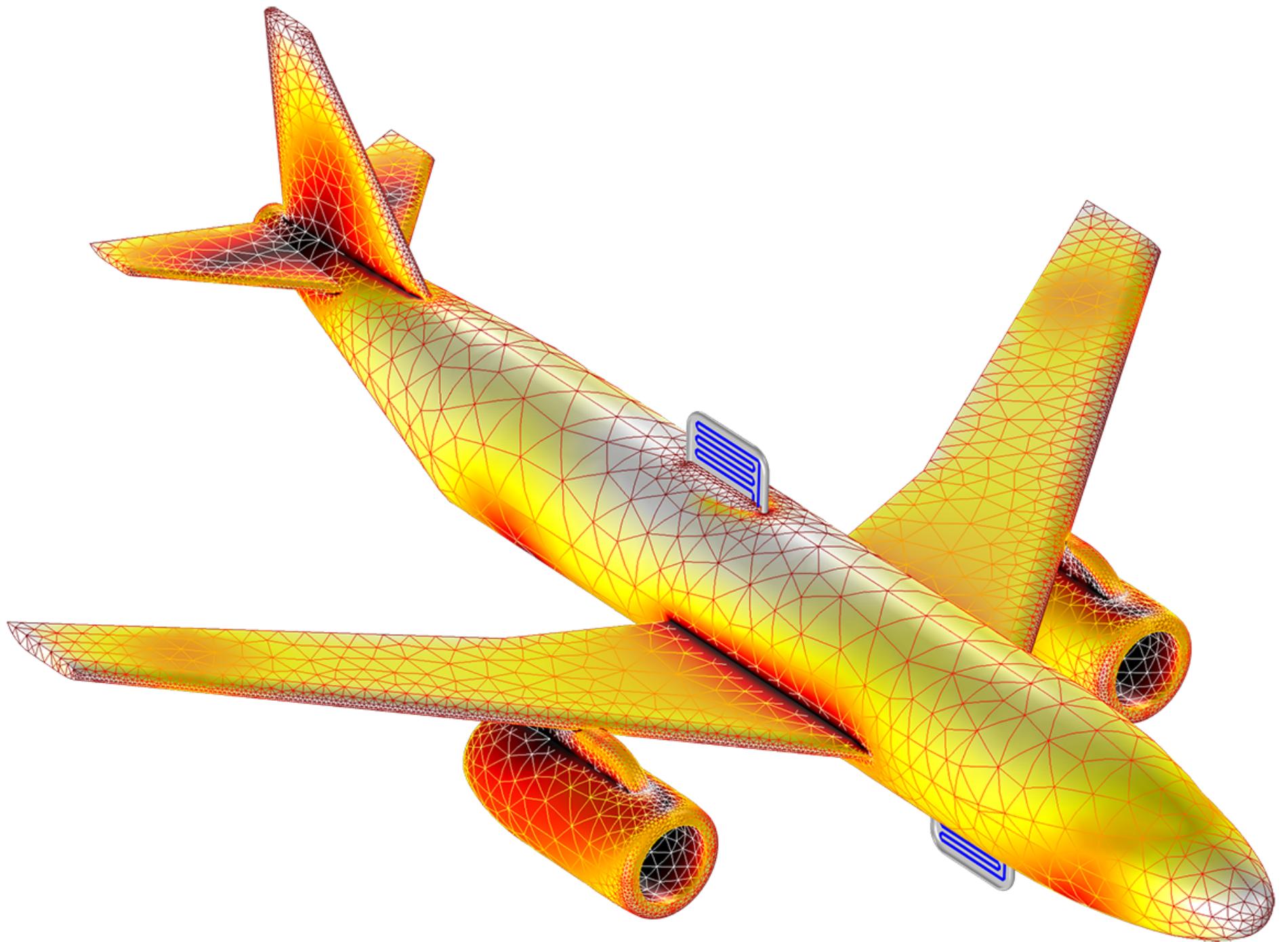
[スクリーンショットを見る»](#)

ソルバーテクノロジー

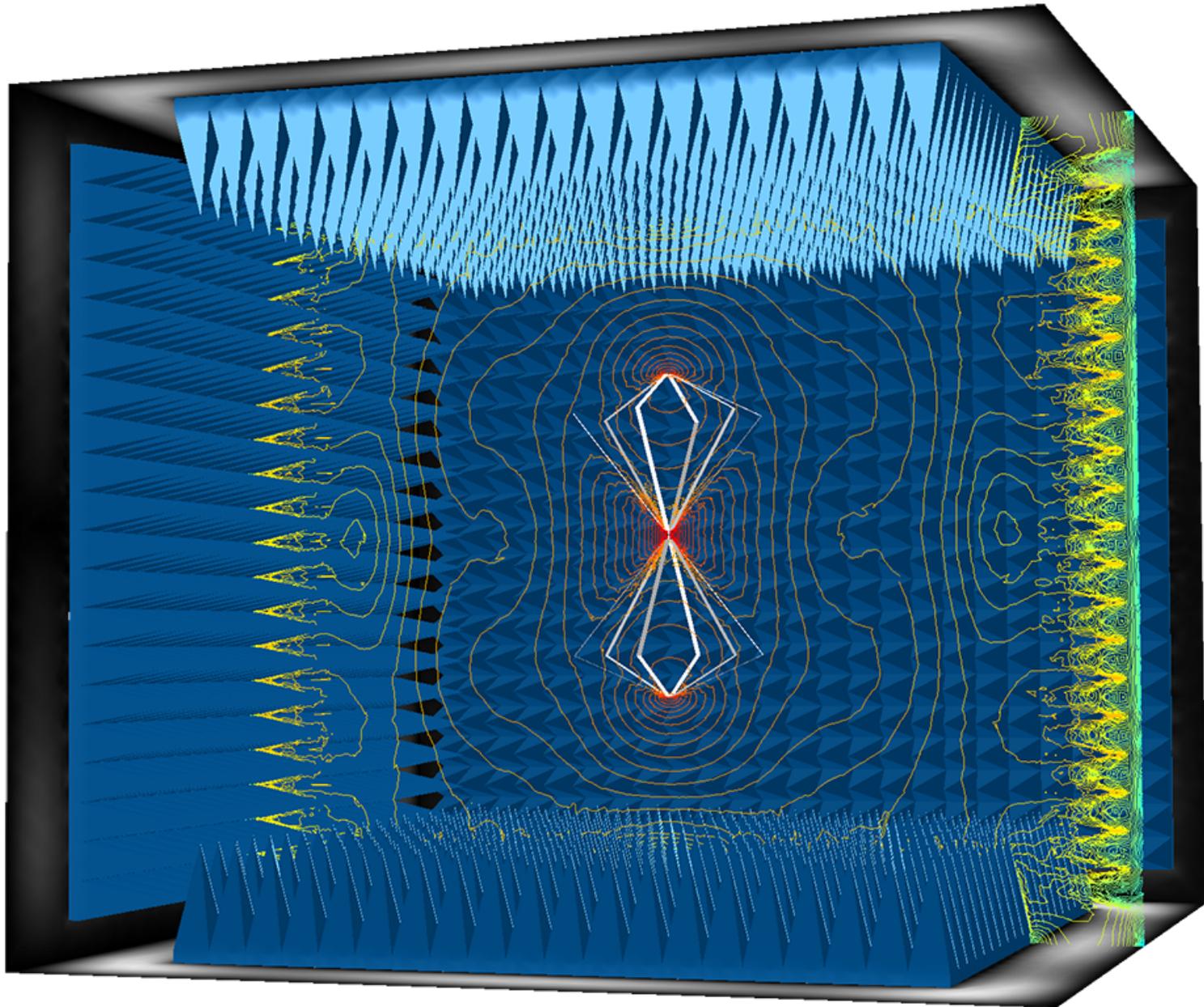
RF モジュールはそのソフトウェアの中で有限要素法をベースにしています。数値的に安定な、別名ベクトル要素とも呼ばれるエッジ要素と、スパースな方程式系の求解のための前処理と反復解法に最新のアルゴリズムとを組合わせてマックスウェル方程式を解きます。反復ソルバー、直接ソルバーは、いずれもマルチコアコンピューターで平行に走ります。周波数スイープを使ってクラスター計算が利用できます。ここでは周波数スイープはクラスター内の複数のコンピューター上で周波数ごとに分散されます。これにより、高速計算や、分散メモリ (MPI) を使った直接ソルバーによる大型モデルの求解が可能になります。

[スクリーンショットを見る»](#)

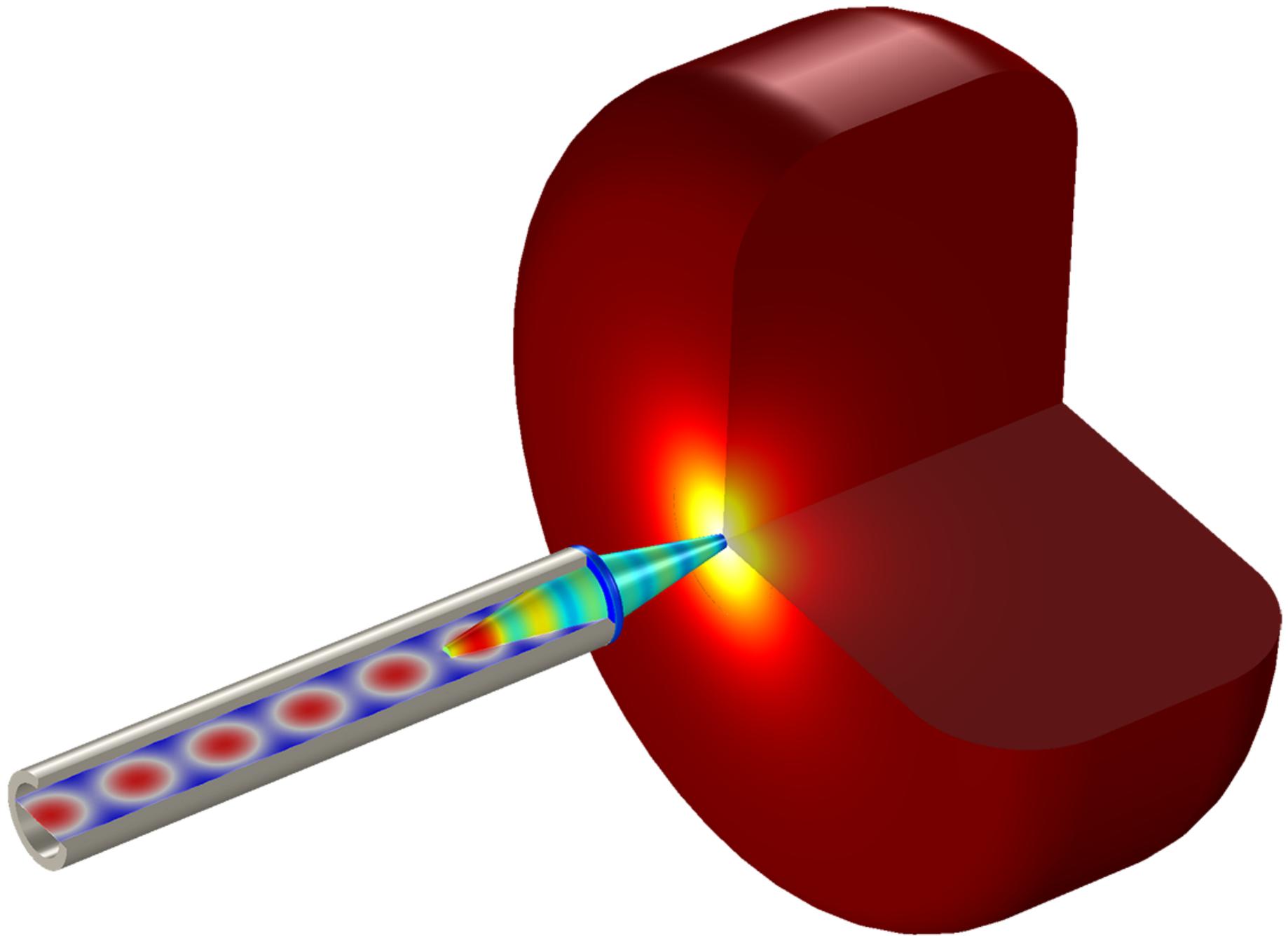
事例紹介



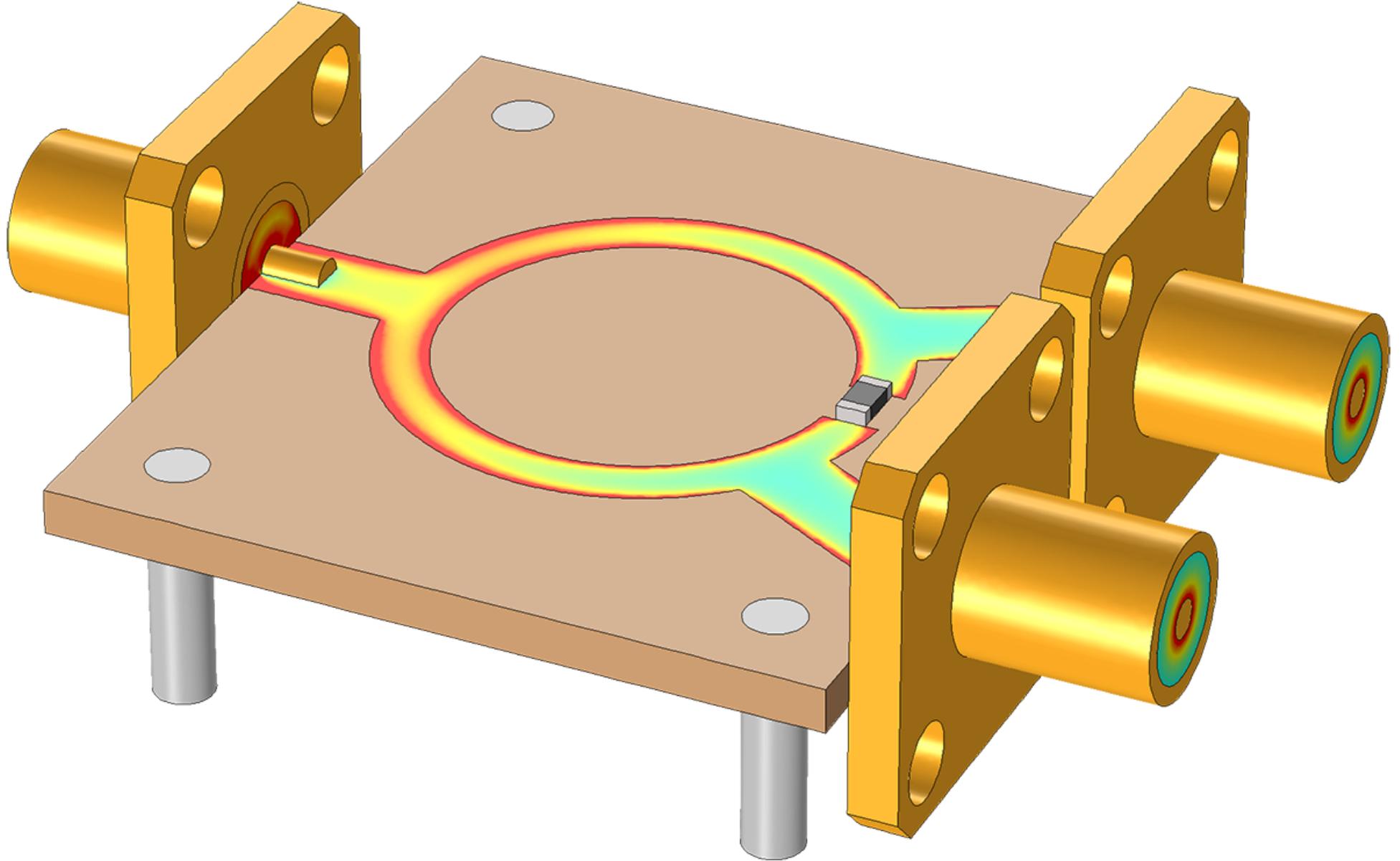
COSITE INTERFERENCE: Antenna crosstalk, or cosite interference, on a single large platform can be analyzed by S-parameter analysis of different configurations of a receiving antenna installed on an airplane fuselage. This model simulates interference between two identical antennas at a very high frequency (VHF).



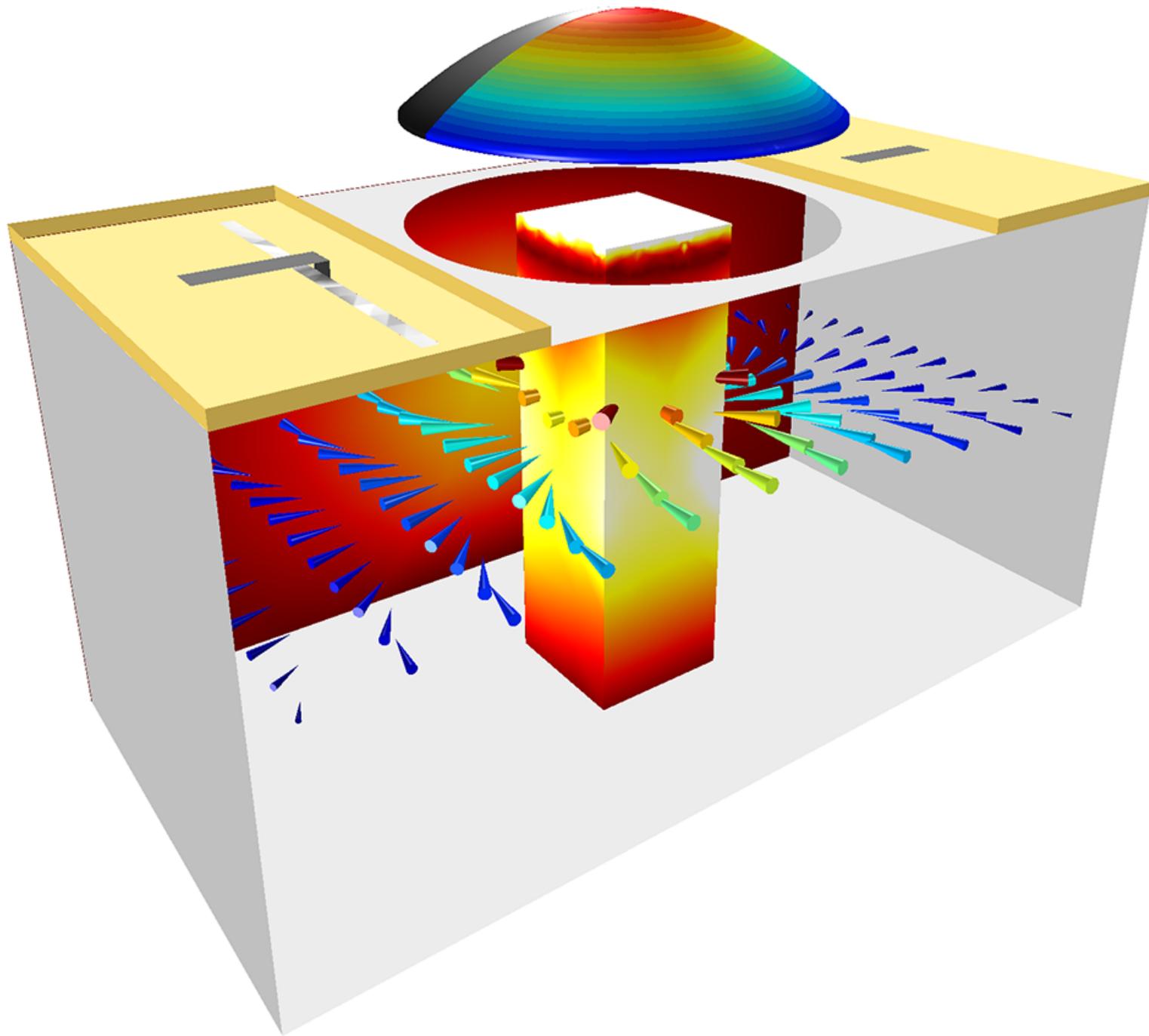
ANTENNA MEASUREMENT: Pyramidal absorbers with radiation-absorbent material (RAM) are commonly used in anechoic chambers for electromagnetic wave measurements. Here, microwave absorption is modeled using a lossy material to imitate the electromagnetic properties of conductive, carbon-loaded foam.



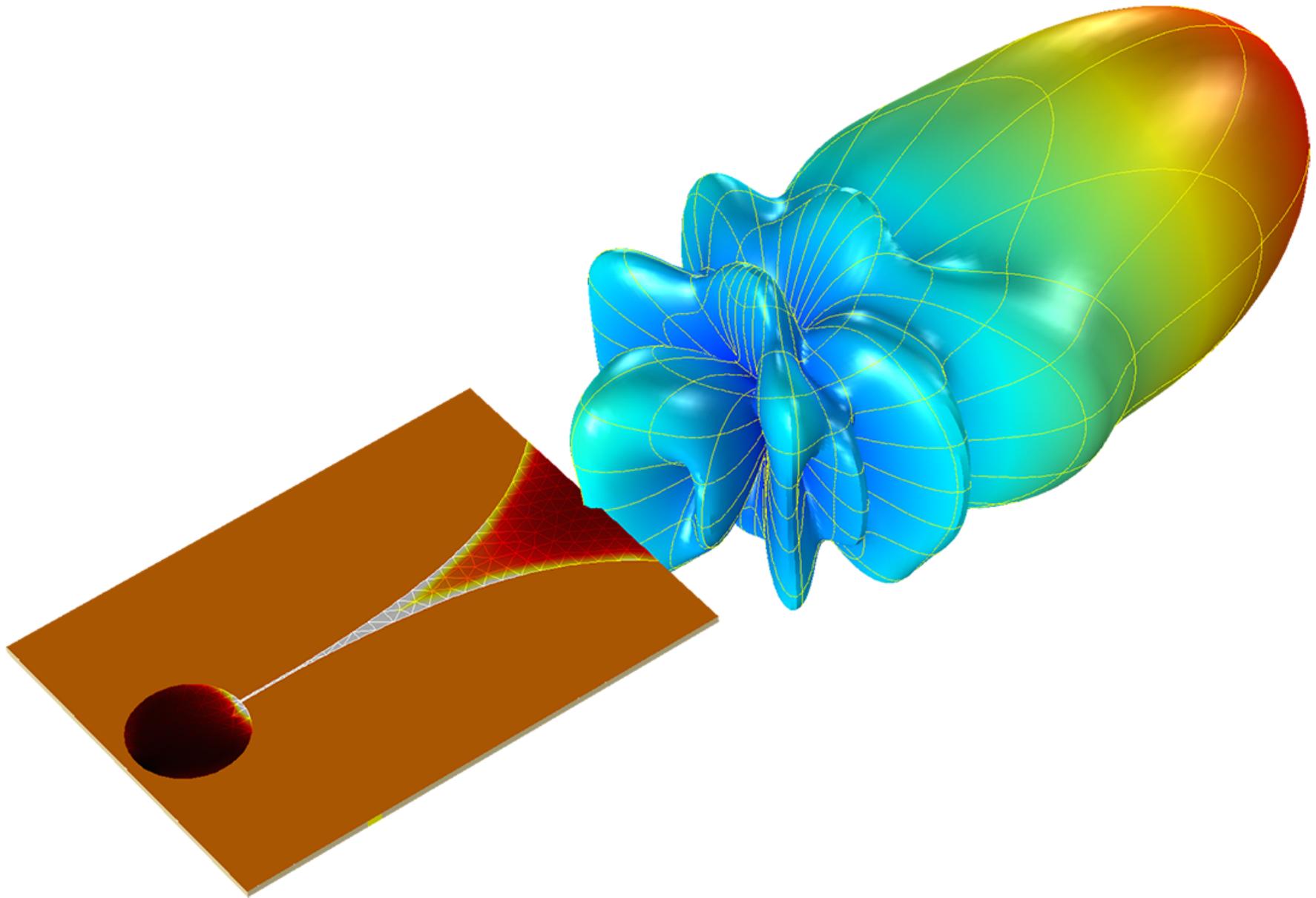
BIOMEDICAL ENGINEERING: This model uses a low-power, 35-GHz Ka-band millimeter wave and its reflectivity to moisture for noninvasive cancer diagnosis. It detects abnormalities in terms of S -parameters at the tumor locations. An analysis of the fraction of necrotic tissue is also performed.



POWER DIVIDER / COUPLER: A Wilkinson power divider is a three-port lossless device that outperforms T-junction and resistive dividers. This simulation includes a 100- Ω resistor modeled via a lumped element feature and computes S-parameters, which show good input matching and a -3 dB evenly split output.



TUNABLE DEVICE: In this tunable device simulation, resonant frequency is controlled by the capacitance inside of the evanescent mode cavity filter. The capacitance is tunable by a piezoelectric actuator.



WIDEBAND ANTENNA: A tapered slot antenna, also known as a Vivaldi antenna, is useful for wide-band applications. The taper profile can be easily configured by an exponential function. This model shows the radiation pattern from the antenna visualized with a fast 3D far-field plot.

電磁シミュレーション用の解析オプション

支配方程式

RF モジュールは 3 次元、2 次元、2 次元軸対象の電磁場のほか、1 次元の伝送回線方程式、および SPICE ネットリストによる回路 (無次元) モデル化をシミュレートします。3 次元定式化は、ベクトルエッジ要素を利用してマクスウェル方程式の全場形式に基づいています。また、誘電体媒体、金属媒体、分散媒体、損失性媒体、異方性媒体、ジャイロトロピック媒体、混合媒体をモデル化する材料特性関係を組み込みました。2 次元定式化では、面内偏波と面外偏波を同時に、または別々に求解でき、さらに面外伝搬も求解できます。2 次元軸対象の定式化では、方位角場と面内場を同時にまたは別々に求解でき、既知の方位角モード数を求めることもできます。

場の定式化

全波定式化と背景波定式化のいずれも利用できます。全波定式化では、モデルにすべてのソースを組み込んで全場を求解します。一方、背景波定式化では、外部ソースの既知の背景場を求解します。これがレーダー断面モデルと電磁散乱モデルの共通の手法です。

境界条件

境界条件は、完全導体表面、有限導電性の表面、モデル内で薄い損失性境界を表す面のモデル化に利用できます。対称境界条件と周期境界条件を使うとモデル全体ではなく、その一部をモデル化するだけで済みます。散乱境界条件と完全整合層 (PML) は、自由空間に対する境界をモデル化するときに使用します。ポートをモデリングするために各種励起境界条件があり、長方形、円形、周期、同軸、近似集中、ユーザー定義および正確に数値計算されたポート励起を利用できます。集中容量性要素、誘導要素、抵抗要素として、ケーブルの終端処理を表す境界条件を組み込むことができます。線電流と点双極子も、クイックプロトタイプ作成に利用できます。

解法タイプ

シミュレーションは、固有値問題、周波数領域問題、または完全過渡解析としてセットアップできます。固有問題では、構造の共振と Q ファクターのほか、導波管の伝播定数と損失を計算することができます。周波数領域問題では、単一周波数、または周波数範囲の電磁場を計算できます。パデ近似法を使用した高速周波数スイープでは、周波数範囲で挙動を計算するときに大幅に解法時間を短縮できます。過渡シミュレーションは、二次全波ベクトル定式化のほか、メモリ効率の良い、一次不連続ガラーキン定式化のいずれにも使用できます。過渡シミュレーションは、非線形材料、信号伝搬、回帰時間のモデル化のほか、非常にブロードバンドのモデル化に使用します。

マルチフィジックス連成

COMSOL Multiphysics で開発したすべてのモデルの方程式は、他の物理特性に対して電磁場で影響を与え、影響を与えられるように完全に連成できます。特に、マイクロ波加熱の専用ユーザーインターフェースでは、従来の電力堆積解析をはるかに超えて、SAR 計算や正確な温度上昇予測などの機能でシミュレーション機能を拡張しました。周波数領域のマクスウェル方程式と、定常または時間領域の熱伝達方程式を解くことで、長時間の温度上昇を計算できるようになり、温度で変化する材料特性の影響を計算できるようになりました。

[スクリーンショットを見る»](#)

マイクロ波と RF シミュレーションから拡張できる結果

計算結果は、電界と磁場、Sパラメーター、電力潮流、電力損失の定義済みのプロットで表示されます。高速なポスト処理ツールでは、遠方場放射パターンの迅速な生成が可能です。さらに、結果は、ユーザーが自由に定義した物理的数量を表す式のプロットとして、あるいは、シミュレーションから得られた導出値の表形式で表示できます。Sパラメーターマトリックスは Touchstone 形式にエクスポートして、すべてのデータをテーブル、テキストファイル、生データ、画像としてエクスポートできます。

[スクリーンショットを見る »](#)

ワークフローは、わかりやすく、以下のステップで記述できます。すなわち、COMSOL ネイティブツールで作成するか、CAD モデルをインポートしてジオメトリを作成し、材料を選択し、適切なユーザーインターフェースと解析タイプを選択し、ポートと境界条件を定義し、有限要素メッシュを自動的に作成し、オプションのメッシュ適合で求解し、可視化し、結果をポスト処理します。すべてのステップは COMSOL Desktop® から実行します。ソルバ選択ステップでは、自動的にデフォルト設定を使用します。この設定は固有の RF インターフェースごとに調整されますが、ユーザーが構成することもできます。

RF とマイクロ波設計のさまざまな例

RF モジュールモデルライブラリでは、インターフェースとそれぞれ固有の機能を、チュートリアルとベンチマークを例に解説しています。ライブラリには、アンテナ、フェライト装置、マイクロ波加熱現象、パッシブ装置、散乱とレーダー断面 (RCS) 解析、伝送回線、導波管、RF とマイクロ波工学、教育用のチュートリアルモデル、RF インターフェースの検証と妥当性検査のためのベンチマークモデルがあります。

[スクリーンショットを見る »](#)