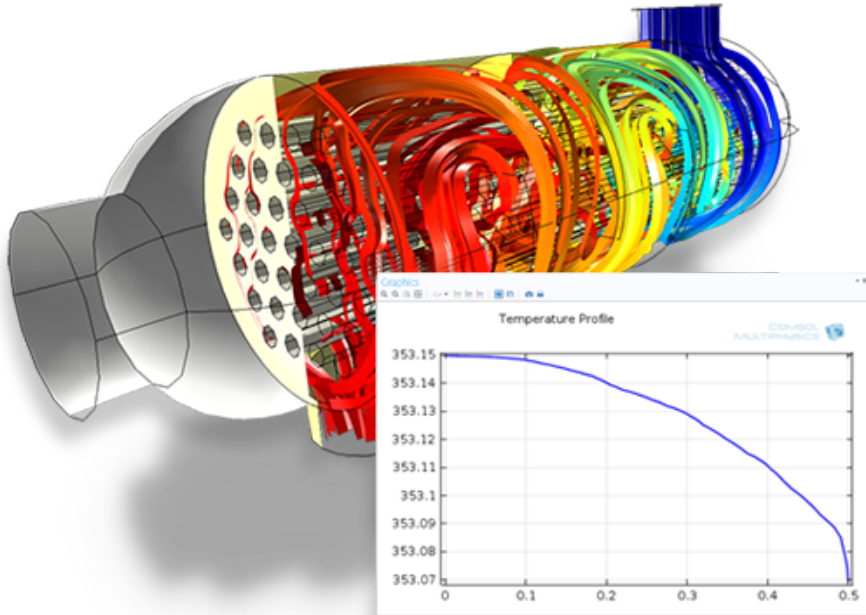


伝熱モジュール

固体と流体における伝熱モデルの一般的な目的のために



熱交換機内のシェル（胴体）側およびのチューブ側の温度プロファイル

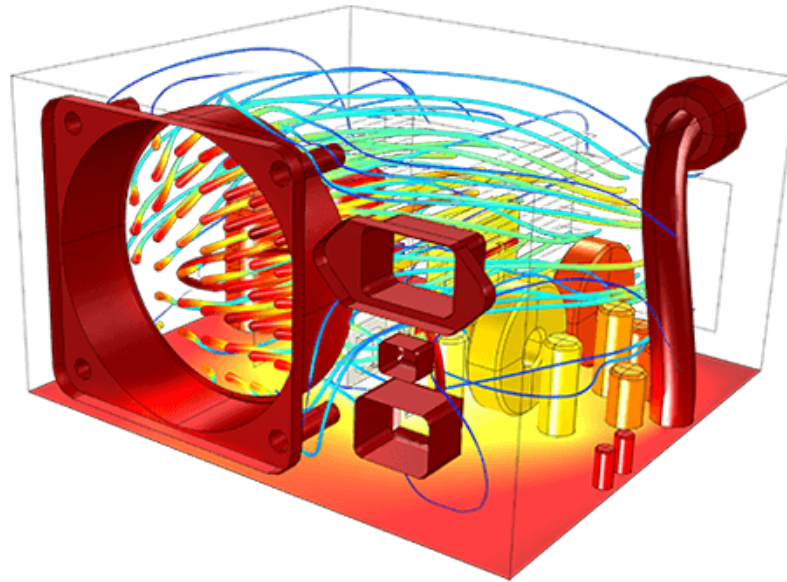
熱の生成、消費、伝導

伝熱モジュールは装置や部品あるいはプロセスにおける加熱や冷熱の効果を調べることに役立ちます。このモジュールは、構造力学、流体力学、電磁気学、化学反応などのような物理特性と連動する伝熱のメカニズム（伝導、対流、放射）を研究するために、シミュレーションツールを提供しています。ここで伝熱モジュールは、熱やエネルギーの生産、消費、伝導が研究プロセスで焦点となり、あるいは重大な影響を及ぼす場所でのあらゆる産業と応用分野のためにプラットフォームとしての機能を果たします。

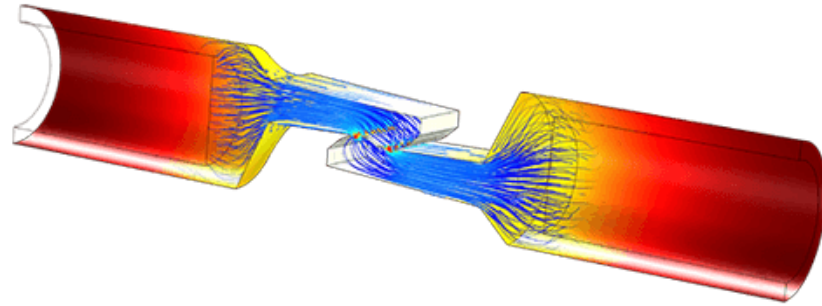
材料および熱力学データ

伝熱モジュールには、正確な分析に必要な熱力学データなど多くの共通の流体とガスの物質特性を含む物質データベースが内部に蓄積されています。ここには、伝熱率、熱容量、密度が含まれています。また [材料ライブラリ](#) は、2,500を超える固体材料のデータや代数関係の両方を持つ材料特性の源泉であり、そこでは、ヤング率や電気伝導率などの多くの特性に温度依存性があります。伝熱モジュールは、Excel® and MATLAB®から熱力学などその他の材料データのインポートを支援し、またCAPE-OPENインターフェース接続標準を通じて、外部の熱力学データベースとの接続を支援しています。

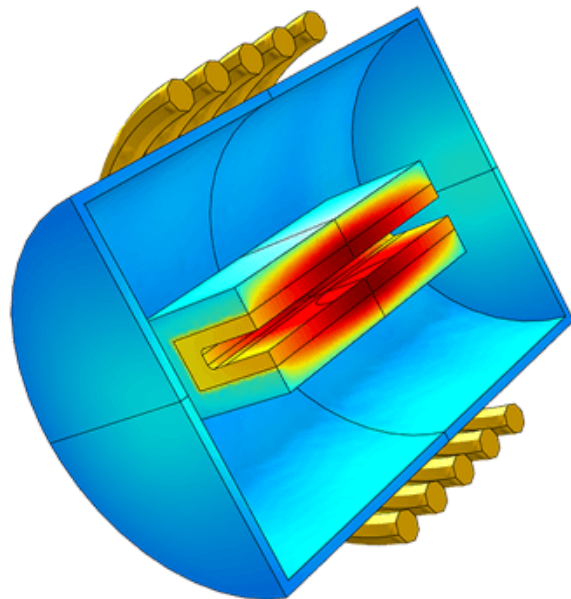
事例紹介



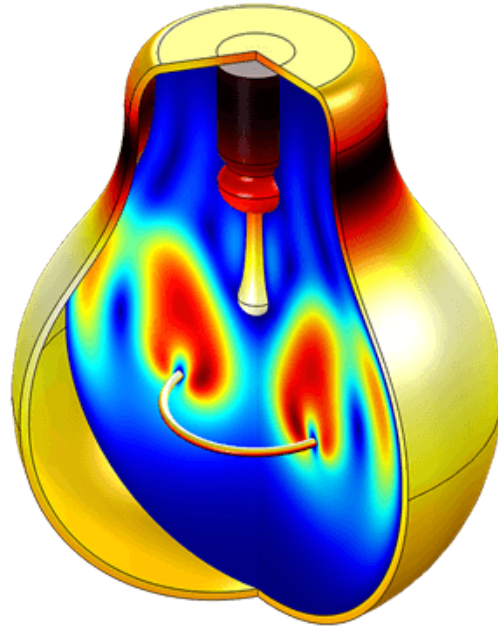
共役伝熱：ファンおよび穴あき格子は、内部加熱を弱めるために、コンピューターの電源の筐体内に空気の流れを生み出します。



熱接触：電流は接点スイッチでジュール熱が発生します。接触点での熱および電気抵抗は、接触面で機械的な接触圧と連成します。

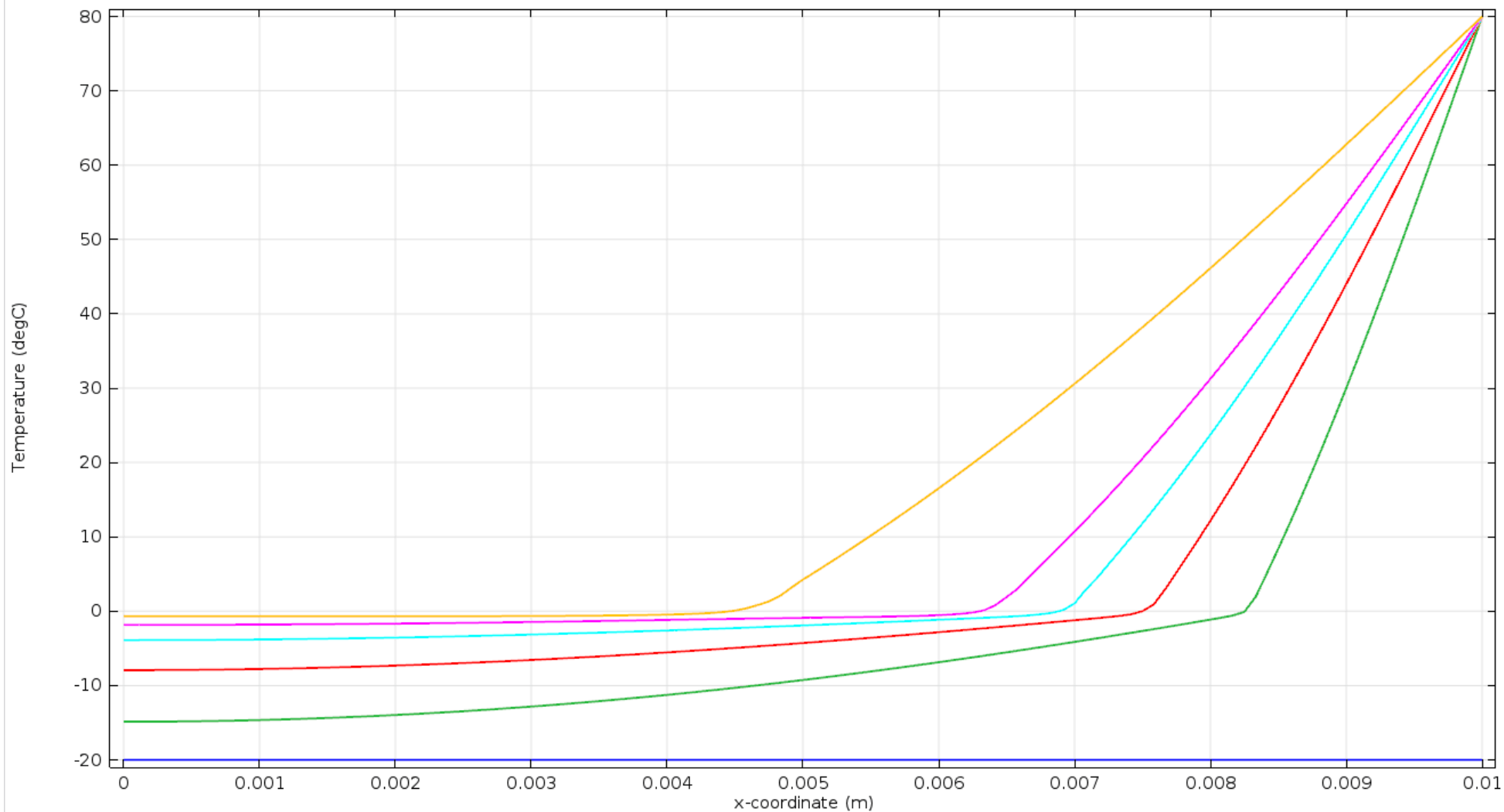


誘導加熱：半導体を製造する高温壁加熱炉の高温状態は誘導加熱によって達成されます。伝導や対流だけでなく、加熱炉壁と水壁の間の表面から表面への放射も考慮されます。

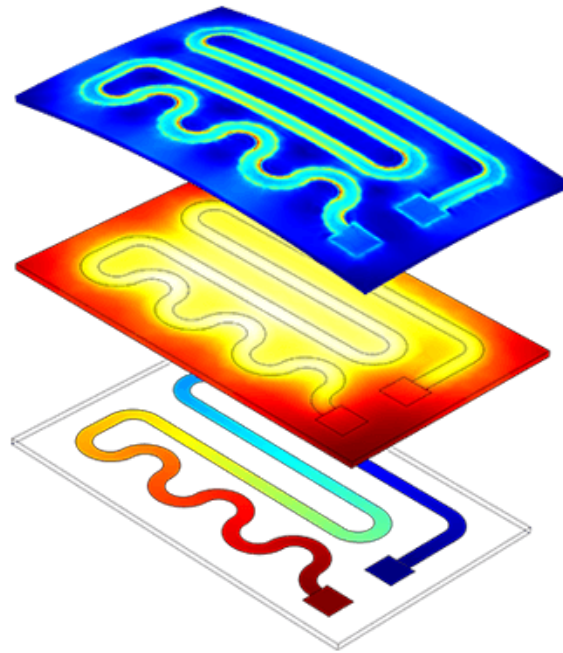


放熱: アルゴンガスの自由対流は、温度差によって生じる密度変化によって起こります。これらは、伝導や対流を通じた伝熱に熱放射が密接に結合することによって引き起こされます。

Line Graph: Temperature (degC)



相変化: 氷の棒が片端で氷点になっており、もう一方の端では80°Cになっています。このグラフは、伝導率や熱容量のような、潜熱および固体や材料の特性の違いを考慮して、ある一定時間における温度プロファイルを示しています。



薄層：固体ガラス板上の薄い抵抗層における直流誘導ジュール加熱や伝熱および構造力学分析などの加熱回路のシミュレーション

統合ワークフロー

伝熱モジュールは、製造工程および製品設計における熱効果をシミュレーションするための専用のツールとして、モデリングの世界では独特なものです。COMSOLは、伝熱のためのシミュレーションやその応用分野に含まれるその他の全ての物理的現象のモデル設定と作用の両方に対する統合アプローチを採用しています。従って、これは、他の現象を探し求めているエンジニアや技術部門と連携をとるための標準的で強力なツールです。関係者が特別な応用分野で研究している物理特性にかかわらず、そのワークフローは、統一され、簡単で、以下の通りとなります。

- 検討中のデバイスやシステムのジオメトリをインポートまたは作成
- 一定もしくは温度依存性特性を利用する同じファイルからの材料データもしくはその関連データを選択
- システムの熱伝導の最適な記述を、他のフィジックスとの連成の有無を含めて、専用のインターフェースの中から選択
- 熱伝導の効果と連成する物理的效果を考慮
- システムの境界における条件および制限条件を定義
- システムをメッシュ化し、異なるシミュレーション間で同じメッシュもしくは派生したメッシュを利用
- 解析のための適切なソルバーとその設定を使い求解プロセスを実行
- 結果の後処理と可視化、および異なるシミュレーションからの結果でも同じグラフまたは図上に表示

製造工程および製品設計での熱効果をシミュレーションするための統合プラットフォーム

COMSOL Multiphysicsおよび豊富な拡張機能モジュールとともに、COMSOLは、その研究のどんな物理現象に関わらず、そのプロセスや設計の全ての面で統合ツールを提供します。ある日のシステム装置のジュール加熱、そして、翌日のシステムを通過する空気による冷却、さらに翌々日、この装置が被る熱応力をモデル化することができます。

伝熱の大部分は他の物理的効果が考慮される重要な物理的効果です。温度場は熱応力を生み出し、電磁場は抵抗、伝導、マイクロ波、高周波加熱を作り出します。さまざまな構成要素や部品を流れる流体は、これらの冷却に必要な不可欠のものですが、温度変化は、鋳造や溶接など熱処理の段階で、材料特性や材料の物理的動きに大きな影響を及ぼします。伝熱モジュールには、伝熱をその他の現象と組み合わせて簡単にモデル化するための多くのユーザーインターフェースが含まれており、COMSOL®製品群のほかのどんなモジュールとも組み合わせることができます。

熱伝導のメカニズム

伝熱モジュールの重要な基盤は、熱もしくはエネルギー収支の保存に関係した計算を行う機能で、ここでは、機械損失、潜熱、ジュール加熱、あるいは反応熱のようなさまざまな現象が利用できます。伝熱モジュールは、物理特性インターフェースとして知られている既成のインターフェースを提供しています。この物理特性インターフェースは、グラフィカルユーザーインターフェース (GUI) を経由してモデル入力を受け取り、エネルギー収支を定式化するためにこれらの入力を利用するように設定されています。COMSOL製品群の中の全ての物理特性インターフェースと同様に、熱伝達機構を修正し、詳細な熱源を定義し、あるいは他の物理特性と結びつけることができるような柔軟性を持たせるために、基本的な方程式を扱うことができます。

伝導

伝熱モジュールには、固体および流体、あるいは、両方の組合せにおける伝導による伝熱が含まれており、通常、温度の関数として変数依存性を定義するために熱伝導率を無制限に利用できます。任意形状における曲線座標の自動計算は、異方性材料特性を定義する機能と組み合わせ、複合材料のような異方性構造での熱効果の高品質な表現法を提供します。

放熱

放熱モデル支援ツールが、伝熱モジュールの数多くのシナリオのために提供されており、ここには、この現象をモデル化し、対流や伝導と連結するために特化した解法などが含まれています。伝熱モジュールは、透明体、不透明体、関与媒体における表面から周辺への放熱、周辺から表面への放熱、表面から表面への放熱をモデル化するツールを提供しています。

このモジュールは表面から表面への対流をモデル化するためにラジオシティ法を採用しており、同じモデルで5スペクトルバンドまで同時に考慮できる波長によって決まる表面特性を説明します。これは太陽放射のモデル化に適しており、ここでは、短波長（太陽光スペクトルバンド）の表面の吸光係数が、より長い波長（周囲のスペクトルバンド）の表面放射率と異なっている場合があります。さらに、透明性の特性は、それぞれのスペクトルバンドのために定義することができます。伝熱モジュールは、関与媒体における放射熱伝達をモデル化することもでき、こうした媒体における熱放射の吸収、放射、分散を考察します。

対流

システムの中に流体が存在することで、圧力と粘性効果を介して、伝熱のアプリケーションやエネルギー寄与に対して、常に対流が生じます。伝熱モジュールは、これらのプロセスを支援し、強制的な対流と自由もしくは自然対流の原因を説明します。伝達モジュールには、共役伝熱のための特有な物理特性インターフェースがあります。ここでは固体および流体材料が全く同一のシステムでモデル化が実現されます。伝熱モジュールには、流体を説明するため

に、高レイノルズ数および低レイノルズ数 $k-\epsilon$ 乱流モデルを使って、層流や乱流をモデル化する物理特性インターフェースがあります。あらゆる流れの場合において、温度差で生じる自然浮力効果は、非等温流を仮定することによって評価されます。伝熱モデルを[CFDモジュール](#)と結合することにより、交互に起きる乱流モデル、多孔質媒体の流れ、二層流などの流体の流れに関する詳細なシミュレーションが可能になります。

加えて、伝熱モジュールは、対流モデルを単純化するための機能を備えております。対流の起きる場所では、流体力学の完全なモデルが提供されておらず、計算的に高コストになる場合があります。この機能は伝熱係数の内蔵ライブラリーによって利用でき、強制対流もしくは自然対流を通して、システム周辺と境界の間の熱の移動をシミュレーションするために利用できます。また、このモジュールには、割れ目あるいは平面（水平、傾斜、垂直）や異なる外部流体（空気、水、油）のような、さまざまなタイプの幾何学的図形のための関係性も含まれています。

多孔質媒体における伝熱

自由媒体での層流および乱流の流体における伝熱の概念はよく知られていますが、伝熱モジュールは、多孔質媒体における伝熱をモデル化するための強力なインターフェースを備えており、多孔質母材を固形化した空隙のある細孔相における伝導と対流の双方を説明します。それぞれの固体および流体物質から自動的に計算される効果的な伝熱特性を定義するために、さまざまな平均的モデルを選択することができます。また、空隙を通過する流れで生じる蛇行性経路によって引き起こされる多孔質媒体における熱拡散のために予め定義された特性にアクセスすることもできます。

生体熱

伝熱モジュールは生体熱方程式のための物理特性インターフェースを提供しています。生体熱方程式インターフェースは、マイクロ波加熱、抵抗加熱、化学反応による加熱、放射加熱であるかどうかに関わらず、人間の細胞やその他の生物系における熱効果をシミュレーションするための完全なツールです。COMSOL環境では常に、温度変化が簡単に強固に連結したマルチフィジックスシミュレーションのための電気材料特性のような他の物理的材料特性に還流されます。生体熱は、細胞の壊死など、さまざまな相変化現象と組み合わせることが可能です。

相変化

相変化は伝熱解析における破壊的な特性です。それは、相間の過渡的な形状界面の遷移、あるいは、材料の固体、液体、気体相の間の桁違いに異なる伝導性や熱容量または流動作用のような材料特性における突然の変化など、予測の困難な遷移をもたらします。相変化はまた多くの熱収支に影響を及ぼす潜熱を引き起こします。多くのさまざまな特性やユーザーインターフェースを通じて、COMSOL Multiphysicsと伝熱モジュールは、移動メッシュを用いて体積変化をモデル化する機能などで、こうした破壊について説明する機能を備えています。また、材料特性の突然の変化を説明するために熱力学特性の自動定義機能もサポートしており、相変化の間隔をコントロールすることによって、連続性を維持することができるようになっています。

接触熱抵抗

2つの固体がお互いに接触しているとき、伝熱に対する抵抗は通常、これらがどれほど固く押しつけられているかどうかの関数、および、それぞれの表面粗度の関数です。この粗度は伝熱を妨げる表面の間に小さな隙間を生み出し、固体間の結びつきは、この隙間の大きさを縮小します。物理特性インターフェースは、この負荷応力、すなわち隙間の比伝導率に依存する接触伝熱係数をシミュレーションするため、そしてまた、小さな隙間によって分断された表面の間の表面から表面への放熱効果を評価することにより、伝熱モジュールで提供されています。伝熱モデルを[構造力学モジュール](#)と統合することで、熱膨張など、この接点における熱と力学的特徴の間で、直接的にカップリングする機能を提供しています。

薄層と電子殻（シェル）