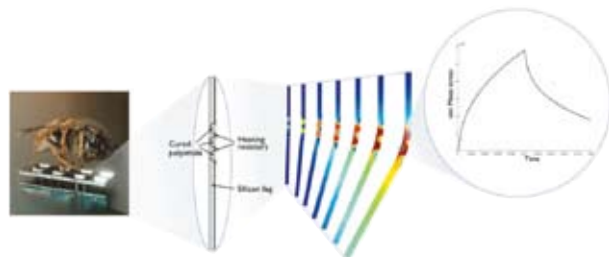




## MEMSアプリケーション用 マルチフィジックスモデリング



### はじめに

MEMS(マイクロマシン)分野において、COMSOL Multiphysicsの真の汎用性が発揮されます。COMSOL Multiphysicsの基本機能となる無制限な組み合わせのマルチフィジックスは、MEMSアプリケーションをモデル化する際に大変重要となります。COMSOL Multiphysicsモデリングの出発点となるモデルナビゲータは、マルチフィジックス連成アプリケーションをモデル化する能力を完全にサポートしています(右図参照)。ダイアログボックス左側のリストから必要な物理的現象や方程式を選び、それらを右側のモデル化するリストに加えるだけです。あらゆるケースで、COMSOL Multiphysicsはモデル内の変数間の連成を考慮することが可能です。

マイクロロボット人口肢のモデル(上)。このモデルではCOMSOL Multiphysicsモデルナビゲータ内のマルチフィジックスメニュー(下)にある伝熱と構造力学を同時に扱います。



### COMSOL Multiphysics環境

ユーザーは統合 GUI 環境内でモデル形状、物理的現象、方程式、境界条件を直接定義します。COMSOL Multiphysicsの方程式ベースモデリングと物理アプリケーション用の汎用モデリング環境に加えて、構造力学モジュール、AC/DCモジュール、化学工学モジュールが次の問題に対する専用のアプリケーションインターフェース、ソルバ、モデルを提供します。

- 構造/固体力学
- 電磁波、静/準定常電磁場
- 流体力学、伝熱、物質移動、電気化学

柔軟な後処理ツールによりモデル内のあらゆる物理量に対する表面、等高線、断面、流线プロットを行うことができます。

### マルチフィジックスとMEMSアプリケーション

COMSOL MultiphysicsはMEMSアプリケーション用のマルチフィジックスモデリング構成要素を提供し、ここでは電磁場と構造特性、流体/構造の相互作用、熱膨張等の多くの物理現象の連成がシステム設計に不可欠となります。柔軟な方程式ベースモデリングにより、熱/変位/速度等の関数として連成場の動作または材料特性を記述する式や方程式を入力することができます。以下に異なるタイプのMEMSモデルをいくつか紹介します。

### マイクロロボットのモデリングと設計

上図の例はマイクロロボットの人口肢モデルで、抵抗加熱による熱膨張で膝が曲がります。このマイクロロボットの時間依存マルチフィジックスモデルでは、熱-構造の連成と熱感知可塑性V溝(ロボットが動くためには必須)の材料特性を扱っています。

COMSOL Multiphysicsのパラメータ分析または“what-if”分析を使って、それぞれの設計効果を簡単に調べることができます。

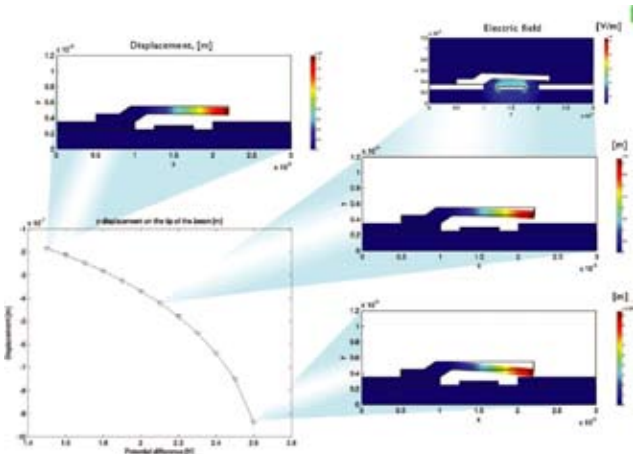
#### 主な特長

- 静電気学、静磁気学、構造力学、流体力学、伝熱等の様々な問題に対応した定義済みアプリケーションインターフェース
- 多領域であらゆる連成を考慮できるマルチフィジックス機能
- 定常/時間依存/固有値問題を解くための強力な線形/非線形/直接/反復ソルバ
- 即実行可能でドキュメントの付属した広範なモデルライブラリ
- 柔軟に物理量プロットを行う対話的後処理機能
- MATLAB・Simulinkと互換

## 片持ち梁MEMSスイッチ内の電気機械効果

電気機械工学では、電磁場と力や運動量バランスの連成を柔軟に行うことがあらゆる状況を考慮するために必要です。電磁場は、材料特性に依存する固体と流体両方に体積力を誘導します。これらの相互作用は多くの場合、高非線形でシステム特有です。

COMSOL Multiphysicsには、電磁場による力やトルクを計算するための即使用可能なツールがあり、これらの相互作用を表す式を独自に定義することもできます。



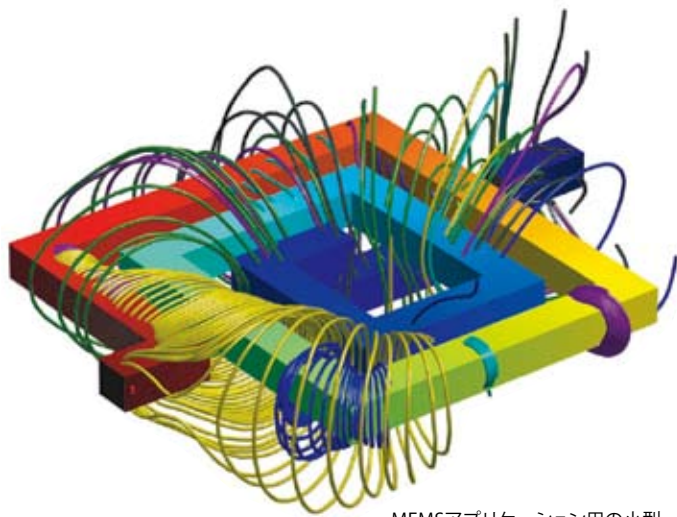
片持ち梁MEMSスイッチのモデル。非線形スイッチの動作を捕らえるためにモデルは構造力学と電磁気学を連成します。

上のモデルは片持ち梁MEMSスイッチ内の電磁場と機械的応力の連成を示します。x-yプロットは、印加電位とスイッチ先端変位間の変化を示します。

梁が曲がるほど電場がスイッチ先端に集中することが、この非線形な関係の原因です。COMSOL Multiphysicsでは、電磁場と機械的変位間の相互作用を簡単に定義することができます。

## 小型誘導子内の電磁場

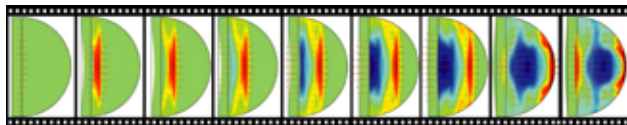
右上図は小型誘導子のモデルです。COMSOL Multiphysicsの固体モデリングツールを使えば、このMEMS装置の3Dモデルを数分程度で作成することができます。可視化ツールと定義済み物理量を使うと、磁束線と電位分布の3Dプロットを簡単に作ることが可能です。



MEMSアプリケーション用の小型誘導子内の磁力線と電位分布。

## 小型部品内の流体/構造の相互作用

小型部品の解析では、流体と構造の相互作用を考慮する必要があります。これらの連成は構造の変位を流体の加速度に結び付けます。COMSOL Multiphysicsのマルチフィジックスモデルで、構造力学と流体力学の構成要素を含む連成システムを解くことができます。下図のモデルでは、固体板は $t=0$ で加速され、その結果変位はチャンネル内に密閉された流体に転移します。またモデルは、振動板に与える流体の減衰効果を示しています。



空洞内の弾力板と流体の変位、圧縮、速度ベクトル。板は加速され、板の変位は運動量を空洞内の流体に転移します。可視化により流体の圧縮を通過する圧力波の経路が示されます。

## MEMS装置モデリングのための

### COMSOL Multiphysics

COMSOL Multiphysicsは完全な統合マルチフィジックスモデリング環境を提供します。電磁気学、構造力学、流体力学輸送現象、音響学、伝熱用の即使用可能なモデルとアプリケーションがCOMSOL MultiphysicsをMEMS装置のモデリングとシミュレーション用の理想的なツールとしています。