

COMSOL Multiphysics Ver. 5.2 専門モジュールイントロダクション

光線光学モジュール

光学的に大規模なシステムの光線追跡シミュレーション用ソフトウェア

計測エンジニアリングシステム株式会社

東京都千代田区内神田 1-9-5 井門内神田ビル 5F

2015 11. 18

1. 光線工学モジュールの概要

出典：<https://www.comsol.jp/ray-optics-module>

光線軌道の有効で用途の広い計算

光線光学モジュールは、システム内の電磁波伝搬のモデル化に使用できます。波長は、モデル内で最も小さな幾何学的詳細情報よりもはるかに小さいサイズです。電磁波は、均一媒質または傾斜媒質で伝播できる光線として処理されます。波長は有限要素メッシュで解決する必要がないため、光線の軌道は、長い距離でも経済的な計算コストで計算できます。光線は、異なる媒質同士の境界では反射し、屈折します。

セットアップの簡単な光線光学モデル

光線光学モジュールには、鏡面反射と乱反射の組み合わせなど、さまざまな境界条件があります。光線は、領域内から、境界から、あるいは点の一樣格子で放出できます。特殊な放出機能も、太陽の放射や、被照面からの反射光線や屈折光線の放出に利用できます。専用の後処理ツールでは、光線軌跡を解析し、さまざまな光線で式を評価し、干渉縞を視覚化するさまざまな方法を利用できます。

光線光学における Multiphysics 用途

応力、温度変化、その他物理的パラメータは、領域のジオメトリの変形や、領域内の屈折率の変化として光線軌道に影響を与えることがめずらしくありません。同じく、強力な光線は、温度場に影響する大きな熱源となり、著しい熱応力を生じることがあります。光線光学モジュールでは、マルチフィジクス用途などのシミュレーションに全面的に対応できます。

領域と境界に関するアキュムレータ機能は、対応する領域や境界のメッシュ要素内の光線に関する情報を保存する依存変数の作成に使用できます。領域における光線減衰、あるいは境界における光線吸収によって蓄積された光線力を計算するこれらの機能の特殊バージョンも利用できます。これらのアキュムレータ機能を使用すると、光線の軌道と他のフィジクスインタフェースで作成した依存変数間の単方向性または双方向性の連成をセットアップできます。この機能では、たとえば熱レンズ効果の自己無撞着モデルを作成できます。

光線解析用の専用後処理機能

光線の軌道プロットでは光線を視覚化できます。結果にカラー式や変形を追加できます。たとえば、偏光を変形させて、瞬間的な電場振幅を視覚化させるなどの用途があります。光線プロットでは、すべての光線について光線特性を時間に対してプロットできます。あるいは 2 つの光線特性を特定の設定時間ステップでプロットできます。干渉縞プロットでは、切断面を交差する偏光の干渉を観察できます。その他の後処理ツールには、数値データ、光線軌道と平面の交差を観察するポアンカレマップ（スポット図）、すべての光線について位相空間内の点として 2 つの変数を互いにプロットする相図を生成するための光線評価機能があります。

光線の強度、偏光、その他を解析する組み込みツール


光線光学モジュールには、特定の用途別にさまざまな特殊なインタフェースのほか、フィジックスインタフェースとして知られる物理的記述が組み込まれています。幾何学的光学インタフェースには、ストークスパラメータで光線強度を計算して、偏光した部分コヒーレント放射や、または非偏光放射をモデル化するためのオプション変数が組み込まれています。偏光は、線形偏光子や波形リターダーなど、共通光学構成要素の境界条件を利用して境界で変更できます。強度計算では、光線は波面として処理され、主な曲率半径を計算するので、火面を簡単に視覚化できます。媒質間の境界では、反射係数と透過係数をフレネル方程式で計算します。誘電体薄膜の有無によって校正するオプションがあります。干渉計のように瞬時電界が重要な場合は、位相変数を有効にできます。他のフィジックスインタフェース設定は、光学経路長の計算時に有効にできます。これで、光線の周波数分布が得られ、吸収媒質における光線の軌道の精度が向上します。

専用のソルバ設定による便利なソルバセットアップ

光線の軌道は、時間領域で計算しますが、時間ステップのリストを必ずしも指定する必要はありません。光線追跡スタディのステップは、光学経路の目的の長さを直接指定して光線軌道の解決に使用できます。すべての光線で領域のモデル化が残っている場合や、残りの光線の強度が無視できるほど小さい場合、ソルバで不要な時間ステップを採取するのを避けるため、組み込みの終了事件で時間依存のソルバを終了すれば効率的にスタディを実行できます。

手順

モデルウィザード

1. デスクトップの COMSOL アイコンをダブルクリックします。ソフトウェアが起動すると画面にモデルウィザードを使う (COMSOL モデルを新規作成) ブランクモデルを使う (手動で COMSOL モデルを新規作成) かを選択する画面が表示されます。ここではモデルウィザードを選択します。COMSOL がすでに起動している場合にはファイルメニューで新規を選択後にモデルウィザードを選択します。
2. 空間次元を選択ウィンドウで 3D をクリックします。
3. フィジックスを選択ツリーで光学 > 光線光学の中の幾何光学をダブルクリックします。すると、追加フィジックス選択リストに表示されます。
4. スタディをクリックします。
5. プリセットスタディの下のスタディツリーで定常を選択します。
6. 完了をクリックします。

グローバル定義 - パラメータおよび変数

ホームツールバーのパラメータボタンをクリック (モデルビルダー上であればグローバル定義を右クリックし、パラメータを選択) します。

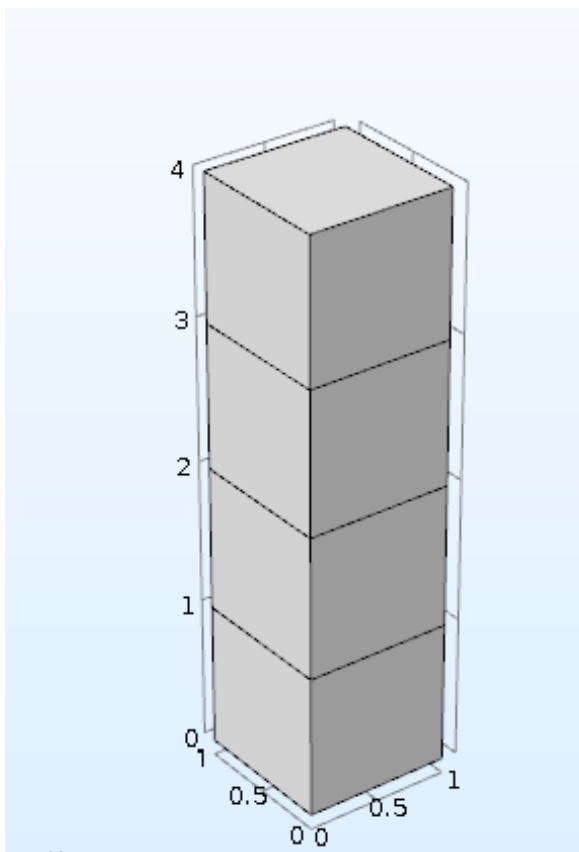
Linux および Mac : デスクトップのトップに近いところにあるコントロールを使います。

2. パラメータの下の設定ウィンドウで、以下を入力します。

パラメータ		
▼ パラメータ		
名前	式	値
delta	0	0

ジオメトリ

1. ホームツールバー上でウィンドウズをクリックし、アプリケーションライブラリを選択します。
2. アプリケーションライブラリフォルダ C:\Program Files\COMSOL\COMSOL52\Multiphysics\Applications\Ray_Optics_Module\Tutorials をブラウズし、light_pipe_parameters.mph をダブルクリックします。
- 3 インポートをクリックします。
4. ワイヤフレームレンダリングをクリックすると下記のような図を確認できます。



材料

1. ホームツールバー上で、「空白材料を追加」をクリックします。
2. 設定ウィンドウで下記の設定を行います。

▼ 材料コンテンツ					
»	特性	名前	値	単位	特性グループ
<input checked="" type="checkbox"/>	屈折率 (実部)	n	1	1	屈折率

フィジックス

- 1 幾何光学を選択して設定ウィンドウ中の2次粒子最大数を0と入力してください。また、強度計算は主曲率を使用に変更してください。
- 2 幾何光学を右クリックしてグリッドから出射を選択してください。グリッドタイプ、光線方向ベクトルを下記のように変更します。

グリッドタイプ:

全組み合わせ

$q_{x,0}$ 0.5

$q_{y,0}$ 0.5

$q_{z,0}$ 0

▼ 光線方向ベクトル

光線方向ベクトル:

式

光線方向ベクトル:

0

L_0 0

1

- 3 幾何光学>光学デバイスから直線偏光を選択し、6番を選択します。
- 4 同様に直行偏光を選択し、12番を選択します。ここでは、xとzを0、yは1と入力します。
- 5 光学光線>光学デバイスから直線偏光波長板を選択し、xとyは1、zは0と入力します。 δ はdeltaと入力します。

スタディ

パラメトリックスイープを用いて下記の設定を行い、計算をクリックします。

パラメトリックスイープ
= 計算

ラベル: パラメトリックスイープ

▼ スタディ設定

スイープタイプ: 指定の組み合わせ

パラメータ名	パラメータ値リスト	パラメータ単位
delta	0 pi/2 pi	rad

結果

- 1 結果 > 3Dプロットグループから光線軌跡を選択し、下記の設定を行います。

3Dプロットグループ
= プロット

ラベル: 3Dプロットグループ 2

▼ データ

データセット: 光線 1

パラメータ値 (delta (rad)): 0

時刻 (s): 1.3343E-8

光線軌跡
= プロット

▼ カラーリングおよびスタイル

ラインスタイル

タイプ: チューブ

チューブ半径表式: 1 m

半径スケールファクタ: 1

補間: なし

カラー: 赤

ポイントスタイル

タイプ: 楕円

副長軸の表現式:

主 x 成分: gop.pax 1

主 y 成分: gop.pay 1

主 z 成分: gop.paz 1

副短軸の表現式:

副 x 成分: gop.pbx 1

副 y 成分: gop.pby 1

副 z 成分: gop.pbz 1

楕円エンタリー法: 楕円数

最大楕円数: 25

- 2 光線軌跡 > カラー表式にて下記の設定を行うと、光線軌跡を見ることができます。

式:
gop.I
単位:
W/m^2

説明:
強度
タイトル
範囲
カラーリングおよびスタイル

カラーテーブル: Spectrum

