

強連成マルチフィジクス解析ソフトウェア

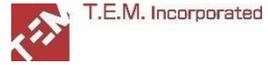
# OOFELIE::Multiphysics

Standard 3D CAE Multiphysics Solution  
provided by Open Engineering

開発元:ベルギー  
Open Engineering 社



日本代理店  
株式会社ティー・イー・エム



FEM / BEM モデルにて、構造・熱・音響・電場・磁場・流体などの物理現象を解析  
外部デバイスとの相互作用も考慮した上で、高い精度で製品の挙動を予測

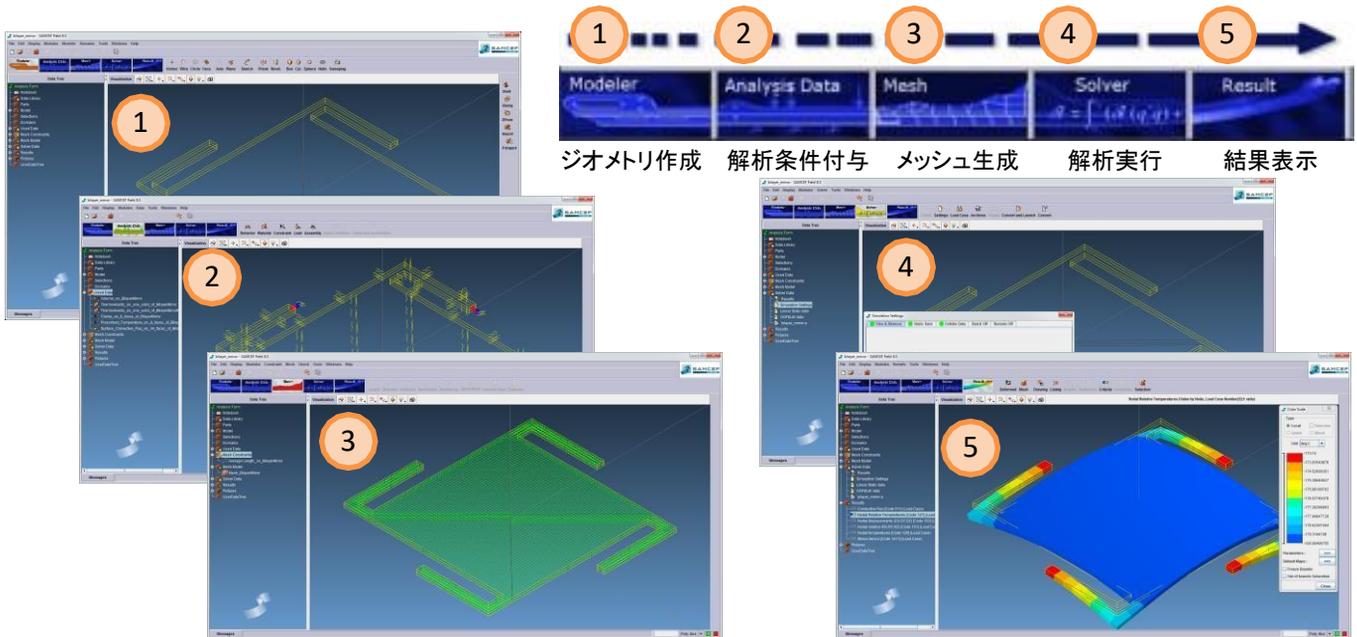
## 多様な連成解析に対応

- |       |         |
|-------|---------|
| 構造    | 圧電効果    |
| 熱     | 焦電・圧電効果 |
| 電場    | 静電駆動    |
| 音響    | 電場・熱・構造 |
| 流体    | 光学・熱・構造 |
| 電場・磁場 | 振動・音響   |
| 熱・構造  | 流体・構造   |

## 外部ソフトと連携

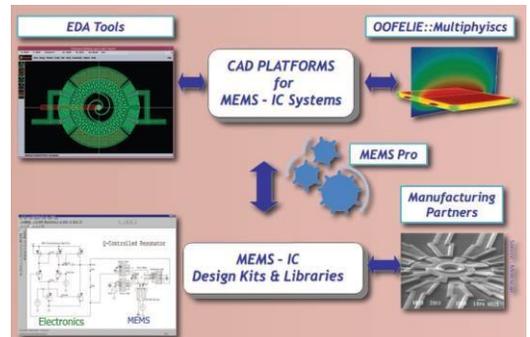


## 構造解析で標準的なモデリング・解析実行・ポスト処理プロセス

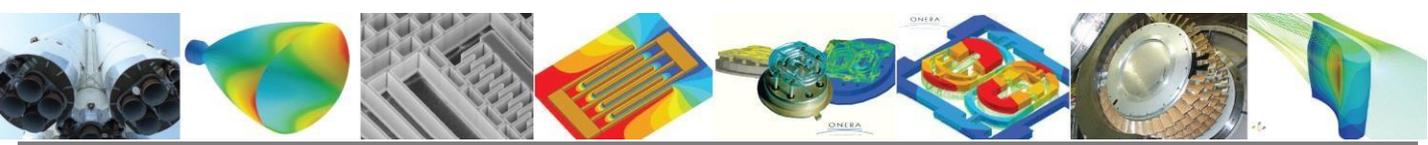


## 特徴

- 単一ソルバの強連成解析で高速・高精度
- FEM / BEM のカップリングに対応
- EDA と連携、モデル縮約機能を搭載
- パラメトリックモデリングによる最適設計
- 設計プロセスのカスタマイズに対応
- 流体は内部 FEM ソルバ又は外部ソルバで対応
- 必要機能毎のライセンス構成で経済的



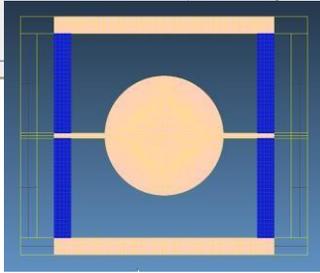
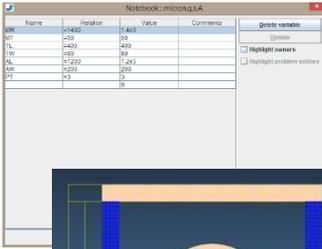
MEMS Pro と OOFELIE の連携



## 設計実務に使い易い機能を搭載

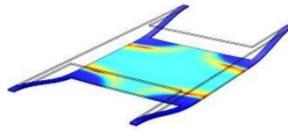
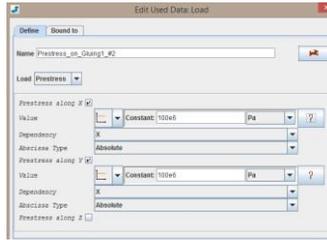
### パラメトリック検討

- ✓ 諸元の変更で自動的に形状やメッシュを更新
- ✓ バッチ処理に対応



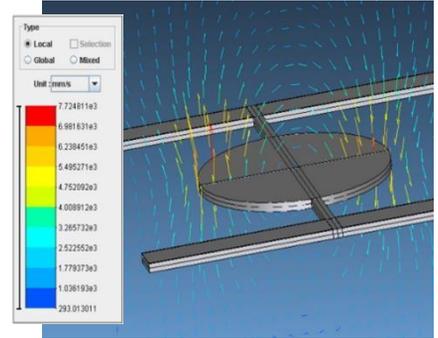
### 残留応力の付与

- ✓ MEMSにおいて残留応力はモデルや動的挙動に影響
- ✓ 各部位に容易に定義可能



### BEMによる流体減衰

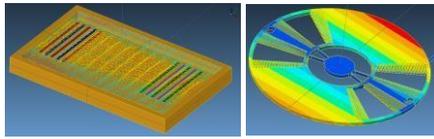
- ✓ 動的な挙動を周波数応答解析にて解析可能
- ✓ 光学性能解析のため Zemax へ光学面の変更データ出力に対応



空気により減衰されるマイクロミラー  
空気の速度ベクトル図

## ピエゾ効果を活用したMEMS や光学系の設計にて多数活用

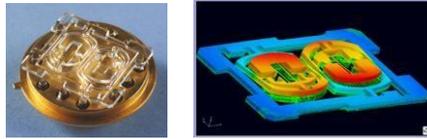
### ジャイロ (SAW)



SAW / BAW  
ピエゾ効果で音波励起  
窒化アルミニウム  
ジャイロ効果

固有振動解析  
周波数応答解析  
IDT設計  
温度の影響検討

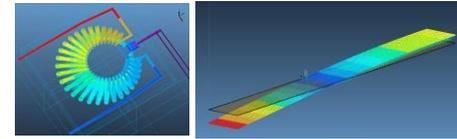
### 加速度計 (圧電効果)



慣性加振型 (VIA, DIVA)  
ピエゾ効果  
熱構造ダンピング  
固有振動・周波数応答  
Quality Factor 最大化

IC回路と連携した解析  
パッケージ効果  
空気ダンピング効果  
熱応力  
枠の最適設計

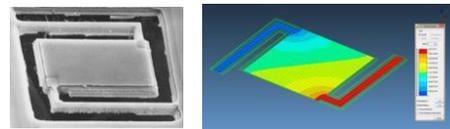
### 電磁力駆動 MEMS



磁気駆動  
EM カとインダクタンス  
モデルオーダー縮約  
外部ソフトとの連携  
Verilog-A, VHDL-AMS

マグネトローメータ  
ローレンツ力  
静電熱構造連成  
積層構造  
ブラケット最適化

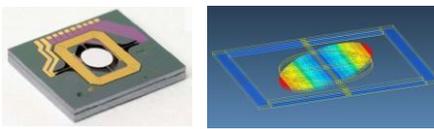
### 赤外線センサ (マイクロ・ポロメータ)



赤外線吸収で抵抗変化  
モデリング  
変形、温度分布  
電氣的応答

パラメトリック検討  
形状、材料、  
境界条件  
電位差 vs 赤外線吸収

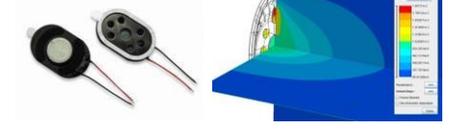
### マイクロ・ミラー



振動駆動ミラー  
ピエゾ効果  
静電駆動  
静解析、固有振動解析  
周波数応答、動的応答

製造時の応力  
空気のダンピング効果  
パラメトリック検討  
剛体挙動、弾性変形  
Zemax との連携

### 小形ソリッドステートレーザ



電磁力/ピエゾ効果駆動  
振動・音響連成  
FEM / BEMカップリング  
FMM  
放射・回折

固有振動解析  
調和応答解析  
ポスト処理  
平均圧力、放射強度  
DbA, DbB, DbC, DbSpl

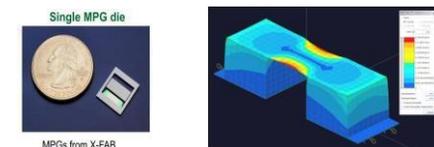
### 圧力センサ (ピエゾ抵抗効果)



ピエゾ抵抗効果  
応力による抵抗変化  
パラメトリック検討  
ゲージ形状  
機構要素の形状

材料はパラメータ同定  
薄膜挙動: 幕要素  
プリストレス  
温度、製造プロセス

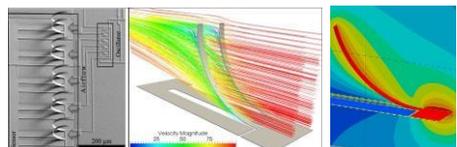
### 自律型スマート・システム



圧電効果による発電  
振動でエネルギー発生  
固有振動解析  
周波数応答解析  
ランダム加振

温度差による発電  
シーベック・トムソン効果  
定常熱伝導解析  
動的応答解析

### 流量計



プリストレス負荷  
流体構造連成  
CFD & 熱構造  
定常・非定常状態  
大変形解析

検知方法  
ピエゾ抵抗  
静電容量効果 (FMM)  
モデルのオーダー縮約  
連成解析

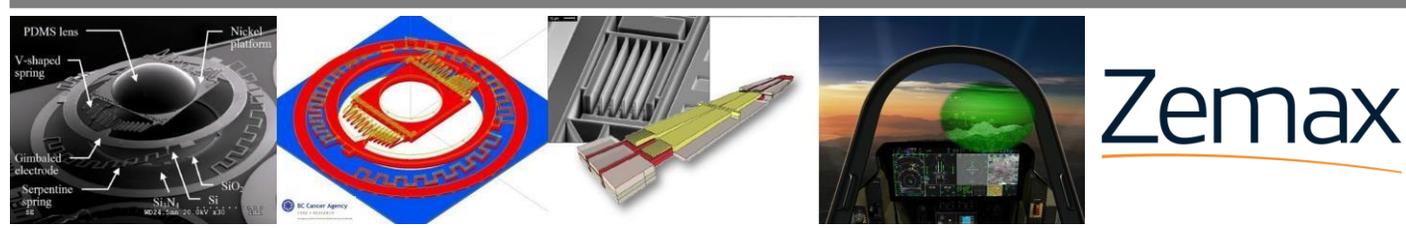
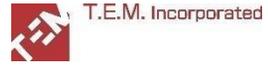
# OOFELIE::Multiphysics

Advanced Optics Design  
for advanced Zemax users

開発元:ベルギー  
Open Engineering 社



日本代理店  
株式会社ティー・イー・エム



## Zemax ユーザーのための光学・熱・構造連成解析ソリューション

### 【OOFELIE::Multiphysics と Zemax の連携のメリット】

### 主な特長

- ✓ 熱・電子・機械の挙動を考慮したより高い精度の光学設計が可能
- ✓ プロジェクター、望遠鏡、LED、マイクロミラー、MOEMS に適用
- ✓ 圧電効果・静電力・電磁力により駆動されるシステムの熱・構造解析が可能

【光学・機械系設計】  
外部荷重、加速度、熱伝達による熱・構造変形が考慮可能

【Zemaxとの統合設計フロー】  
OOFELIE・Zemax 間で、データ交換が全自動的

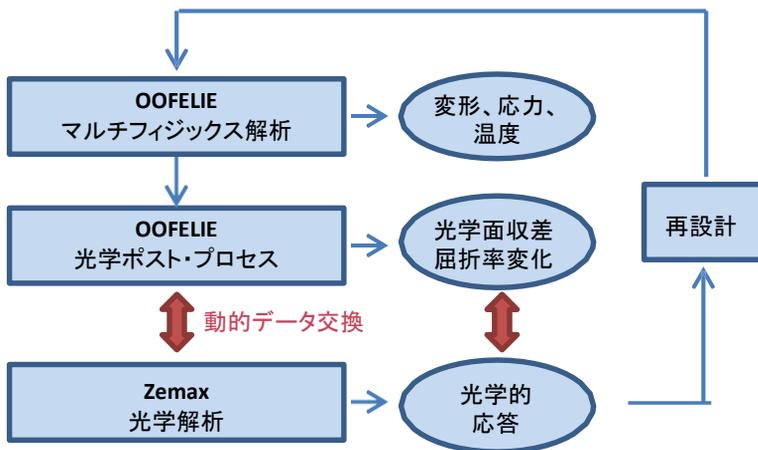
【表面の変形の記述】  
Zernike の標準・フリンジ多項式、節点、円・楕円・矩形の絞り

【剛体運動の分離】  
OOFELIE にて、解析結果から、剛体運動を検知・分離して、Zemax へ出力することが可能

【熱・光学効果】  
屈折率変化の温度依存性が考慮可能。レンズ内部の屈折率勾配 (GRIN) を Zemax へ出力

【Zemax 放射照度マップ】  
表面熱流束計算に用いることが可能

【駆動系の連成解析】  
光学系の駆動機構について、圧電効果、静電力、電磁力等の効果を考慮したマルチフィジクスモデリング、及びアダプティブ光学設計が可能

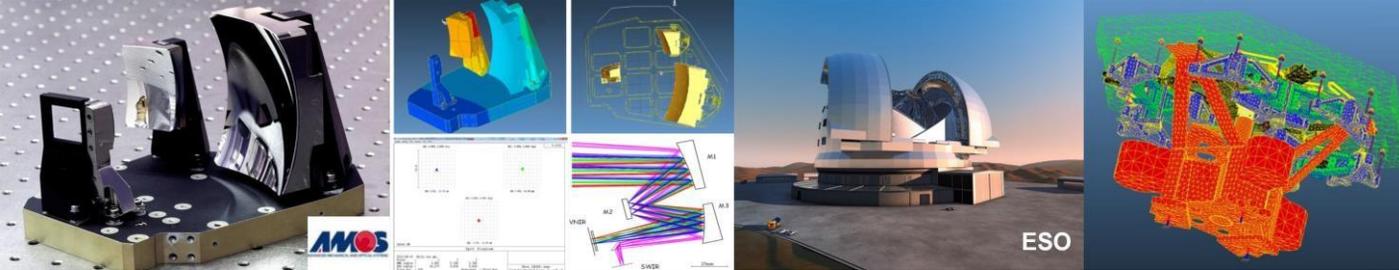


OOFELIE は、自動的に Zemax とリンクするため、ヒューマンエラーやデータの取り間違えのリスクを減らし、設計の効率向上が可能です。

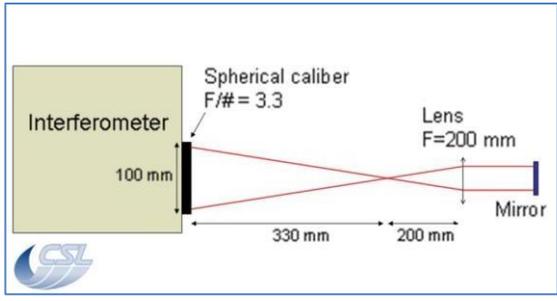
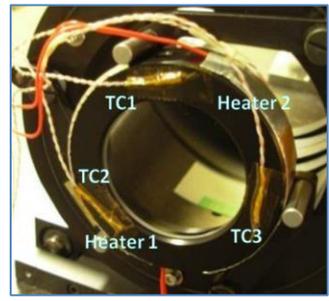
光学システムの光学部品の形状を標準的な CAD フォーマットにて、Zemax から OOFELIE へ出力します。機械系の部品は光学部品の周辺にモデリングされ、熱・機構荷重が付与されます。

熱・構造連成解析の後、光学問題が更新されます。それぞれの光学面の初期サグは、自動的に Zemax から取得され、OOFELIE にて光学軸に沿った表面のズレを計算するために用いられる。

Zemax により、グリッドサグ値や Zernike 多項式係数に基づいて、光学面が更新されます。光学面の更新時において、変形が剛体モードを含んでいる場合でも、それらは検出され、更新時に考慮されます。



【解析と実験の比較事例】



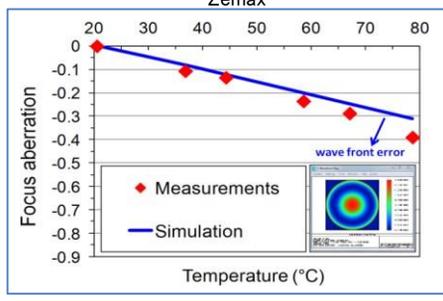
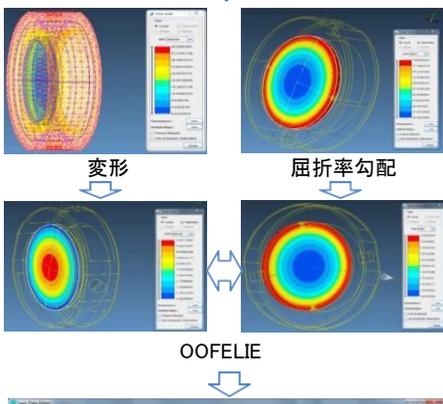
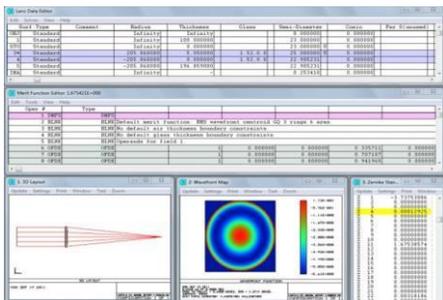
【条件】  
 レンズ: 球状凸レンズ N-BK7  
 直径 50 mm 焦点距離 200 mm  
 マウント・リテーナリング: 黒色アルマイト

レンズは、マウントに接着された2個のヒーターにより加熱されます。熱電対が、温度をモニターするために、貼り付けられています。  
 干渉分光法により、それぞれの温度にて光源ビームの波面収差誤差を測定し、雰囲気温度の初期の波面収差誤差と比較します。

【解析プロセス】

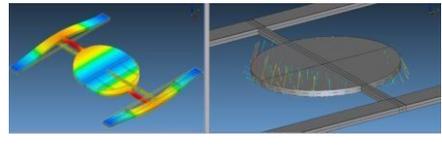
- 1) Zemax で初期光学レンズモデルを定義
- 2) レンズの CAD モデルを Zemax から OOFELIE へ出力
- 3) OOFELIE にて、レンズとマウントの CAD モデルを合わせてメッシュ生成
- 4) 解析データの定義
  - ・光学・熱・機械特性
  - ・レンズ、マウント間の機械・熱接触
  - ・表面熱流束と参照温度
  - ・レンズの光学的挙動
- 5) FEM 解析: 変形と温度の分布を計算
- 6) レンズ表面の変形を計算する。
- 7) 屈折率勾配を、温度場から与える。
- 8) 両方の効果が、カスタマイズされた表面タイプを用いて、Zemax へ同時に自動的に出力される。
- 9) Zemax にて、波面収差と焦点収差 (Z2.0 Zernike 標準係数) を計算

【結論】  
 解析結果は、実測と良く一致。レンズの変形と屈折率分布を合わせて解析することが重要です。



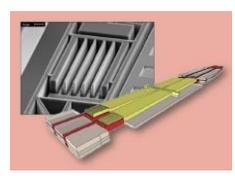
【主要事例】

・マイクロミラー式 プロジェクター  
 ピエゾ弾性駆動、空気による減衰、工学的変形を考慮

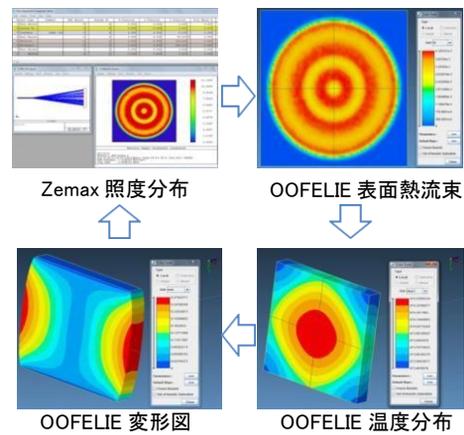


・ヘッドアップディスプレイ  
 自重、温度差、振動を考慮

・データ通信用 MOEMS  
 光学応答解析と静電アクチュエータを考慮

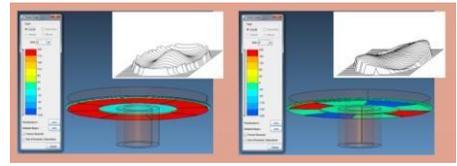


・高輝度光源による加熱  
 Zemax の照度マップは、OOFELIE の熱・構造解析に用いられる。



・光学部品中の屈折率勾配 (GRIN)  
 熱による勾配も考慮可能

・光学設計の最適化  
 圧電駆動により変形する鏡の設計



・駆動機構  
 圧電効果、静電効果、電磁効果の考慮