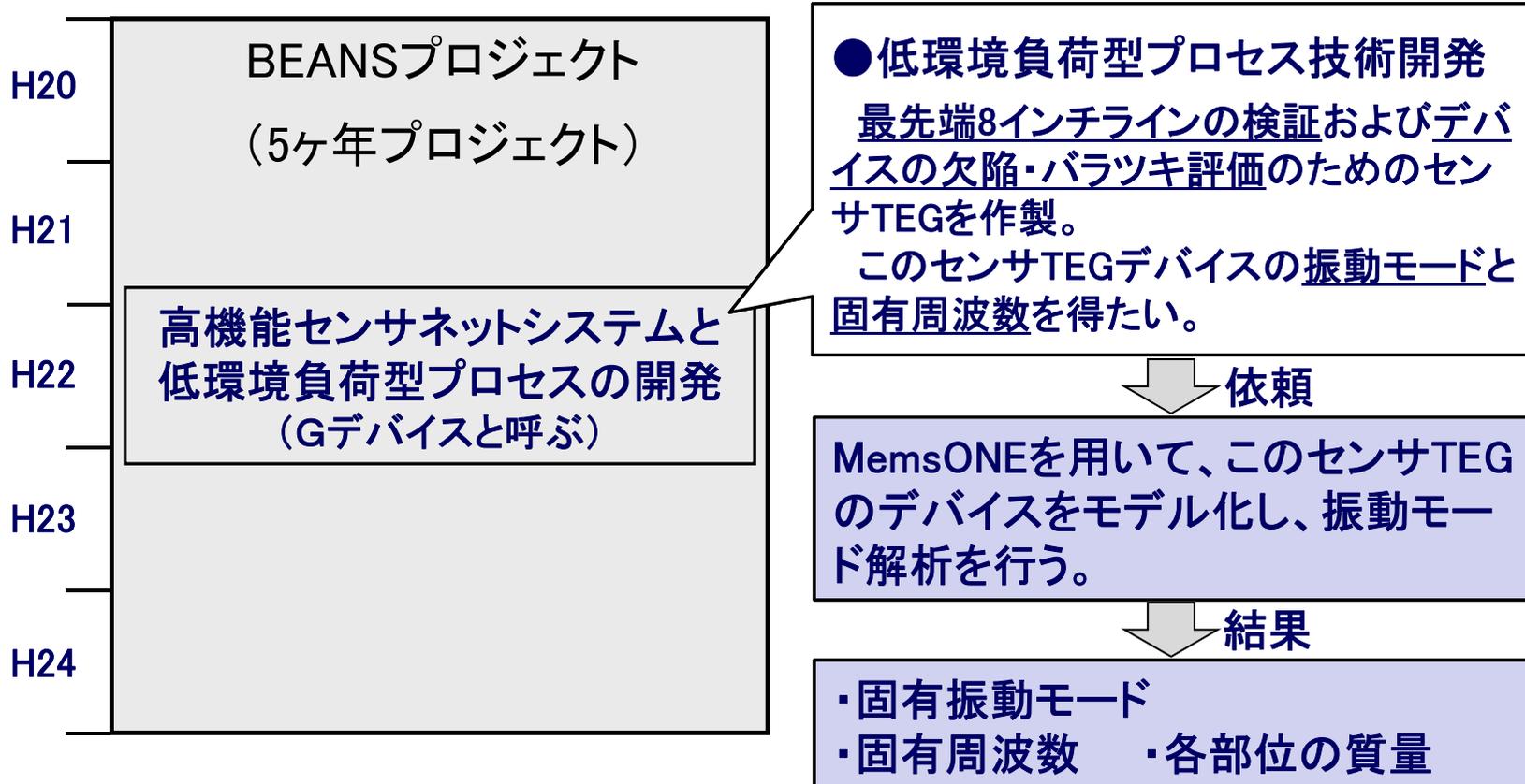


MemsONEのデバイスCADによる解析モデル作成テクニック

平成22年12月17日

財団法人マイクロマシンセンター
普及促進部 水津 美晴

- (1) MemsONE活用業務の概要
- (2) 解析モデルの種類と特徴
- (3) 解析モデルの作成手順
- (4) 解析モデル作成上の課題
- (5) 解析モデルの作成テクニック
- (6) 解析モデルの作成事例
- (7) おわりに



BEANSプロジェクト: 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト
BEANS (Bio Electro-mechanical Autonomous Nano Systems) : MEMS技術とナノ・バイオ技術が融合し、
自立的に機能する異分野融合型デバイスの総称

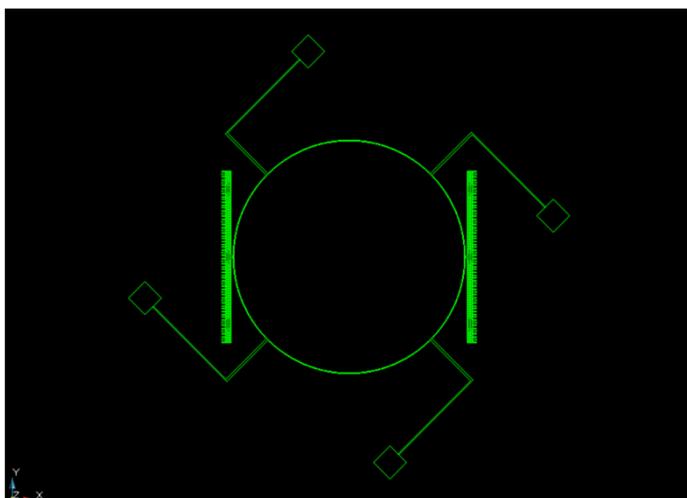
◆解析モデルの種類

デバイス名称	形式	モデル数
①ジャイロセンサ	リング型	7
②加速度センサ	櫛歯格子型 櫛歯ハニカム型	12 2
③平行平板	円盤型	1
④MEMS振動子	カンチレバー型	8

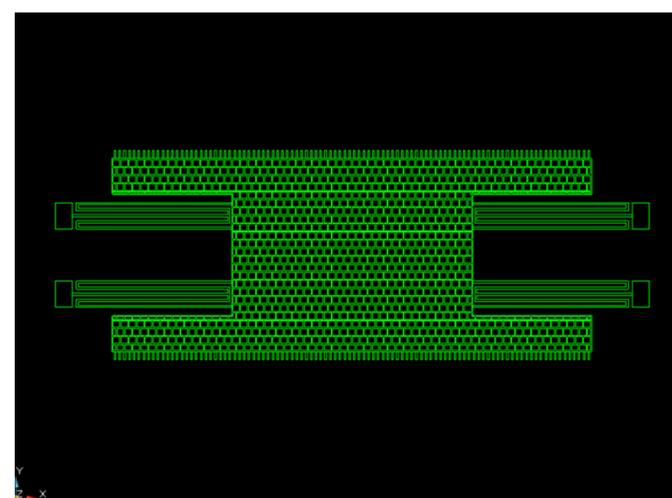
◆解析モデルの特徴

- ①材質が一種類
- ②厚さが一定
- ③櫛歯付き
- ④重り部等に無数の穴
(長方形、六角形)付き

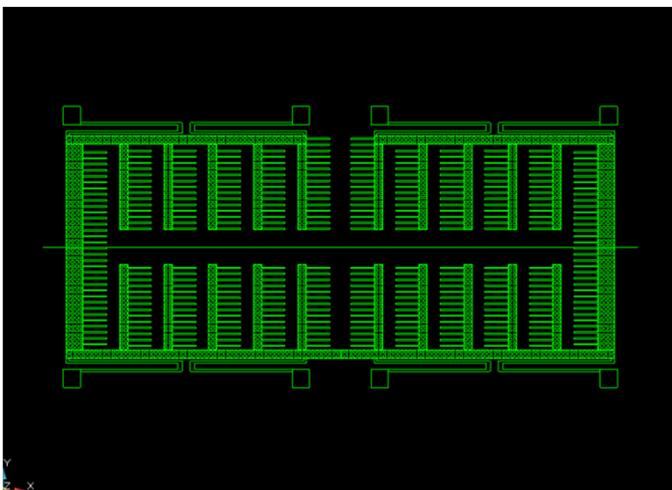
①ジャイロセンサ(リング型)形状



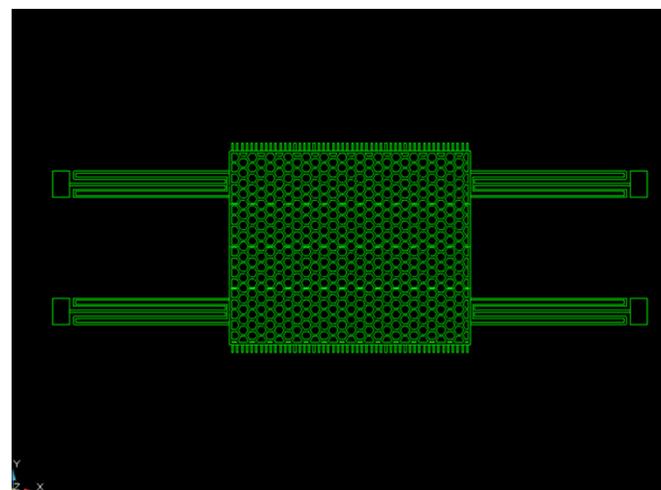
②加速度センサ(櫛歯格子型)形状



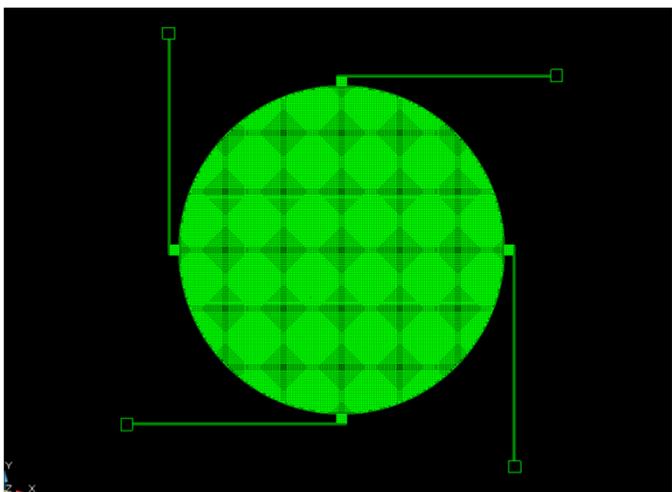
② 加速度センサ (櫛歯格子型) 形状



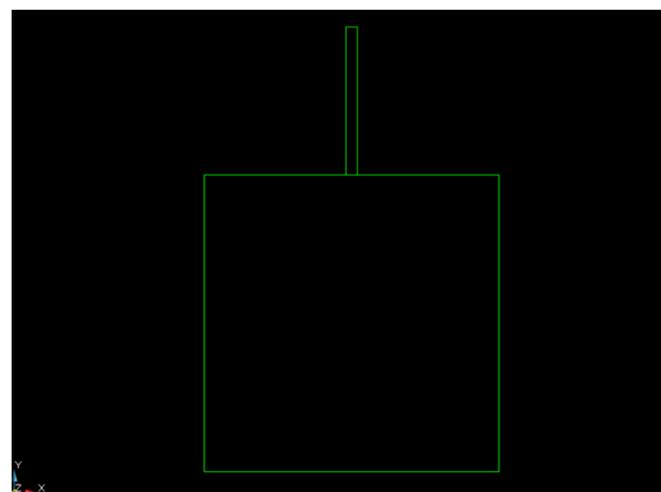
② 加速度センサ (櫛歯ハニカム型) 形状



③ 平行平板 (円盤型) 形状



④ MEMS振動子 (カンチレバー型) 形状



◆解析モデル作成に当たって

- ①実デバイス形状を忠実にモデル化(簡略化しない)
- ②計算精度の向上
→六・五面体の多用、アスペクト比に配慮、二次要素化
- ③少メモリPCでの対応 →モデル規模のコンパクト化

◆デバイスCADの機能要件

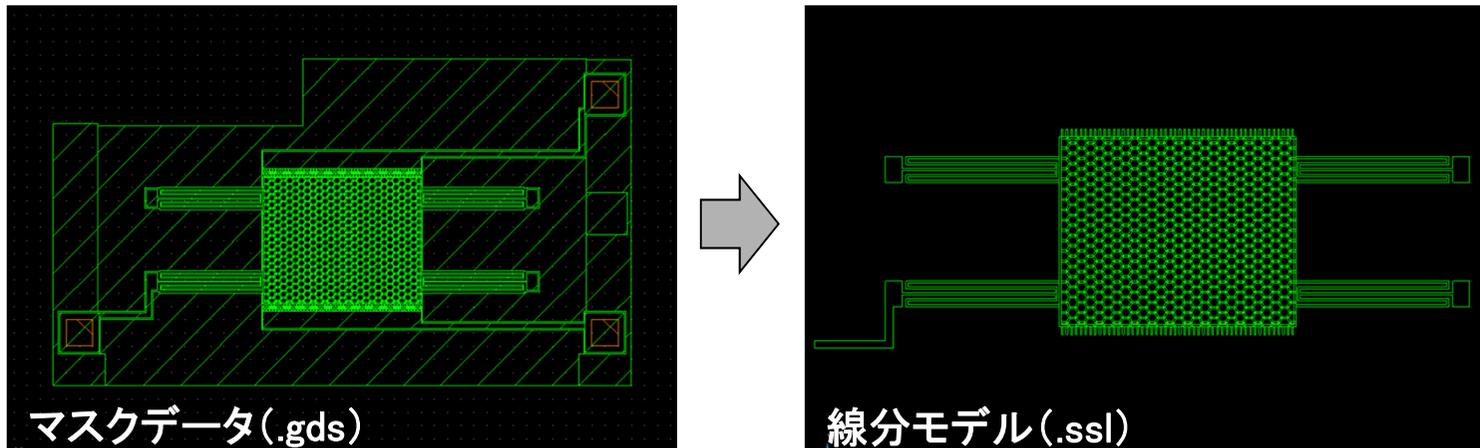
- ①厚さが一定のため、ソリッドとしてモデル作成するよりも、平面シェルの掃引体として作成する方が容易である
- ②立体化してからのメッシュ切りでは、六面体メッシュ分割できない場合がある
- ③「シェル要素の掃引」機能を用いると、六面体と五面体で立体生成できる

以上の条件やモデルの特徴から、次の手順で作成を試みた。

◆ 解析モデル作成手順

① 線分モデルの抽出 (マスクCAD)

- ・ センサTEG製作のためのマスクデータ(.gds)を取り込む
- ・ 可動部のみを抽出した線分モデル(.ssl)を作成する



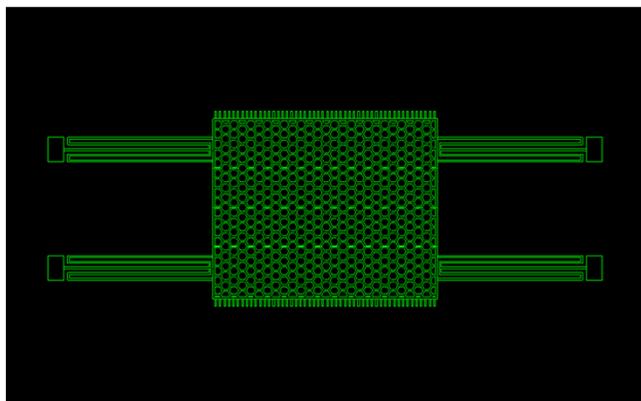
② 平面シェルの線分モデル作成 (デバイスCAD)

- ・ 線分モデル(.ssl)を取り込む
- ・ 複数の穴や櫛歯は「形状配置」機能でレイアウトする
- ・ 平面シェル全体を線分モデル化する

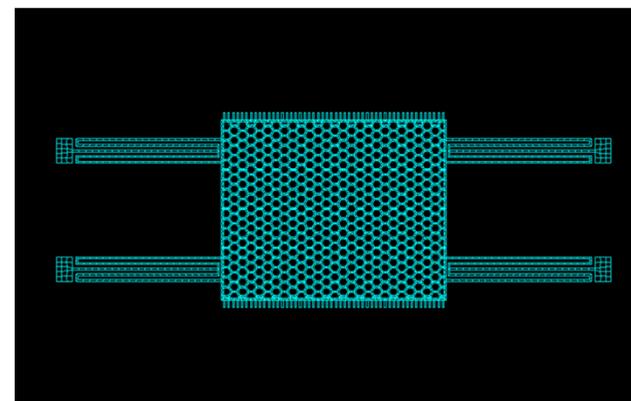
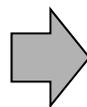
◆解析モデル作成手順

- ③平面シェルの作成(デバイスCAD)
 - ・線分モデルを平面定義(複合面化)する
- ④平面シェルのメッシュ生成(デバイスCAD)
 - ・平面シェルのメッシュ分割をする
- ⑤平面シェル要素を基に立体化(デバイスCAD)
 - ・「シェル要素の掃引」機能で立体化する(メッシュも同時に生成)
- ⑥立体への材質指定(デバイスCAD)
 - ・立体化した形状に材質を指定する
- ⑦平面シェルのメッシュおよび形状の削除(デバイスCAD)
 - ・掃引の基となった平面シェルのメッシュを削除する
 - ・掃引の基となった平面シェルを削除する
- ⑧解析モデル(.cpvt)の出力(デバイスCAD)

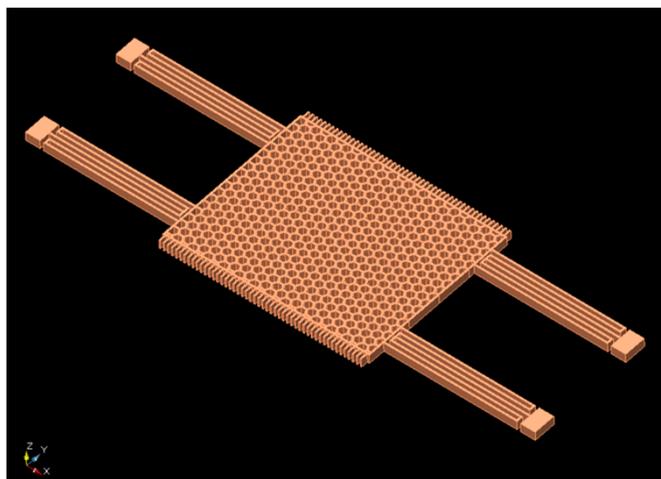
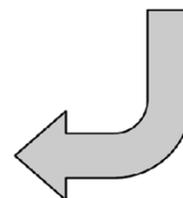
◆ 解析モデル作成手順(デバイスCAD処理の流れ)



③ 平面シェルの作成



④ 平面シェルのメッシュ生成



- ⑤ シェル要素の立体化
- ⑥ 立体への材質指定
- ⑦ 平面シェルの削除
- ⑧ 解析モデル出力

◆有限要素法とモデル作成上の制限

- 有限要素法では、解析モデルを構成する部分形状を連続体として扱うには、接合線上(または面上)の節点の共有化が必要である。
- MemsONEでは共有化の方法として、「複合面結合」があり、複合面結合すると、結合した各複合面の分割サイズを個別に指定しても、境界線上の節点を共有化してくれる。
- しかし、一般にソフトウェアには、アルゴリズムによる処理能力や保有メモリなどによる制限があるように、MemsONEにおいても同様に、次の機能制限がある。

①複合面(平面、シェル)の生成には、構成する境界線の数や穴の数に制限(各1000個まで、V4.0では2000個まで)がある。

②複合面を結合した場合も同様の制限が付く。

このため、複雑なモデルでは、複合面結合ができない。

この制限をどの様に回避して、節点共有を図るかが課題である。

◆デバイスCADの特徴を生かした課題解決

上記の課題を解決するには、次の

- モデル領域を複合面化可能なブロックに細分化する。
- 細分化した複合面境界の節点共有化は、自動分割機能のアルゴリズム “複合面を構成する境界線のメッシュ分割は、境界線単位に、分割サイズに従って N 等分される” をフル活用して、複合面結合なしに、節点共有化を図る。

の方法を活用することで対策した。

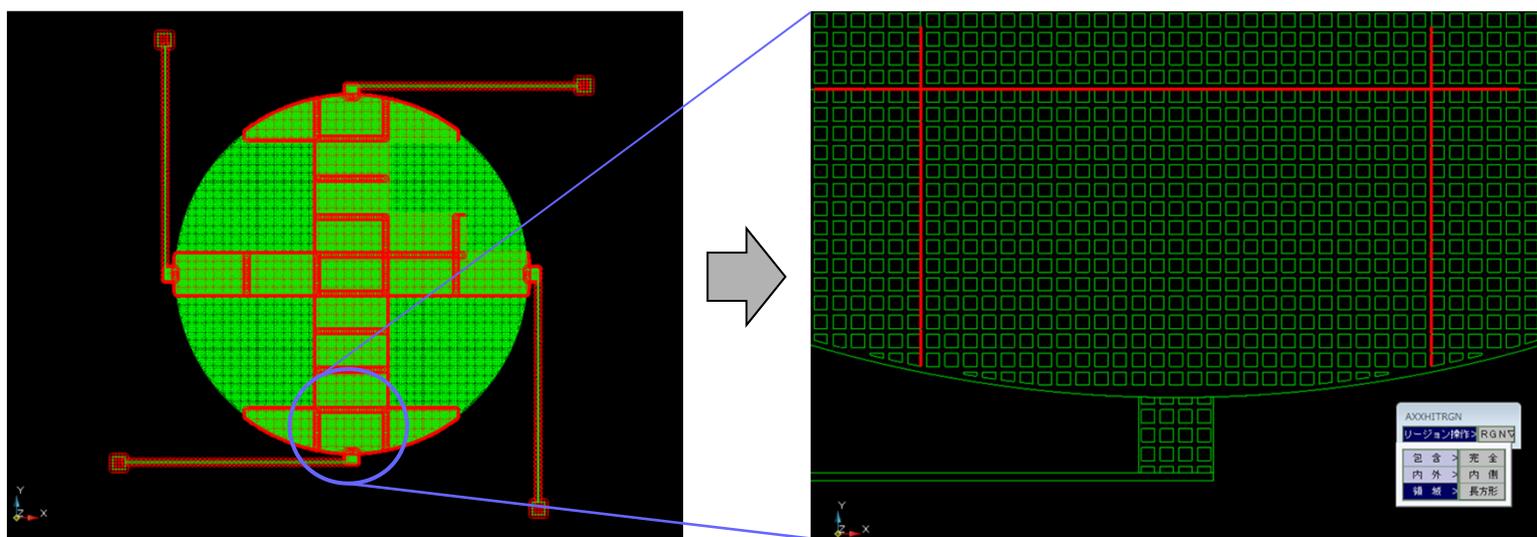
具体的には、次の方法で平面シェルを作成する。

- ①モデル領域を複合面の制限以内に細分化（必須）
- ②同一メッシュ分割サイズの使用
- ③境界線の共有化（必須）
- ④境界線の分割（必要に応じ）

詳細は以下の通り。

◆具体的なテクニック

- ①モデル領域を複合面化の制限以内に細分化
 モデル領域を複合面の線分数・穴数制限を満たす領域に分割する。
 この時、可能領域を確かめておく必要あり。



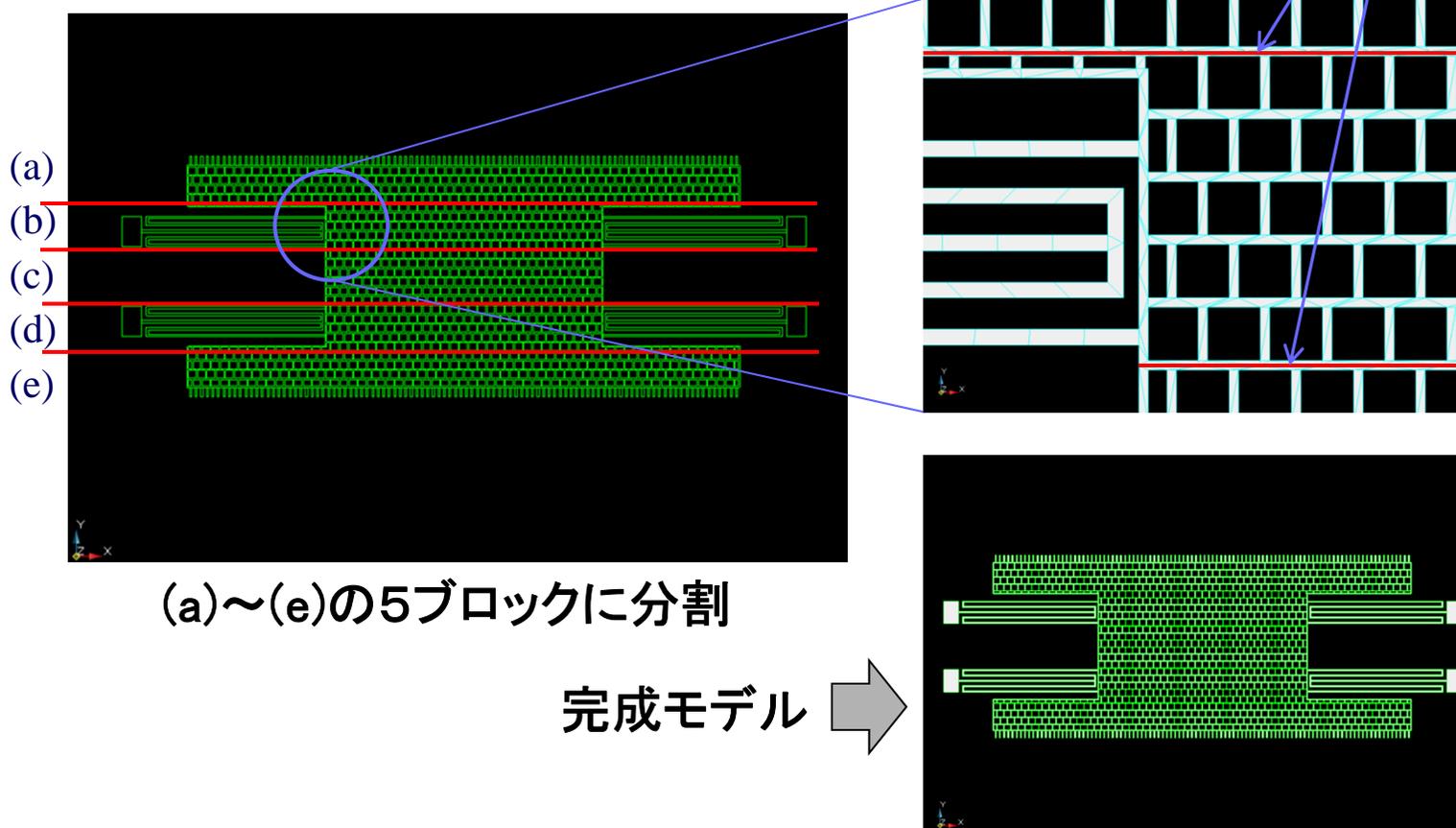
- ②同一メッシュ分割サイズの使用
 形状によっては、分割サイズが異なっても一致する場合があるが、
 同サイズを用いるのが無難である。

◆具体的なテクニック

③境界線の共有化

分割された領域の同一境界線を用いて複合面化する。

境界線
(分割線)



◆紹介する解析モデルの種類と規模

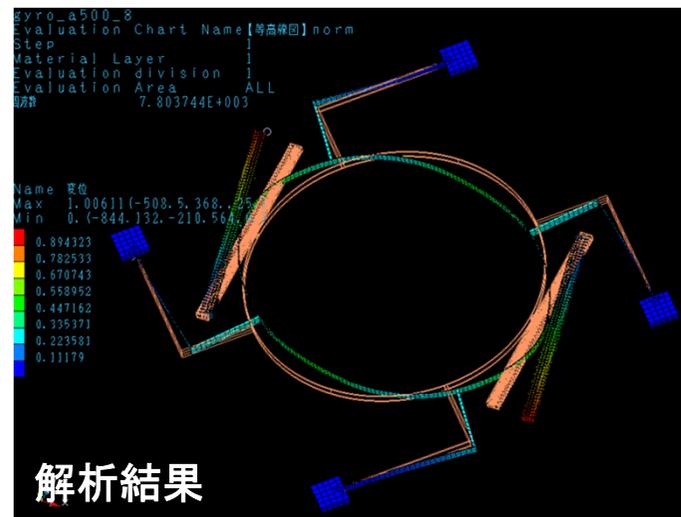
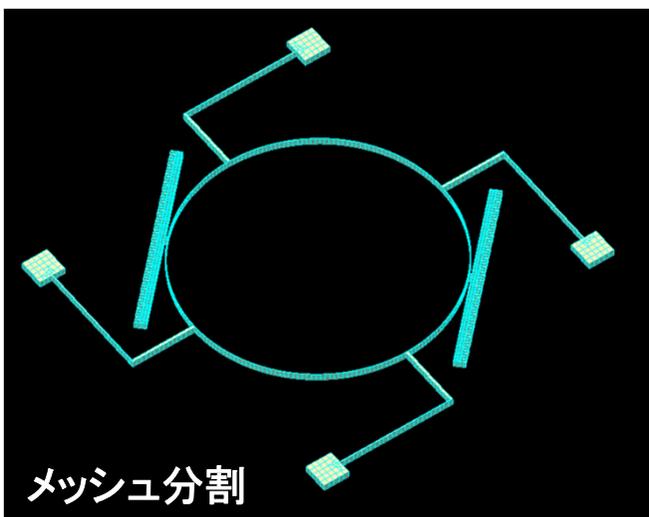
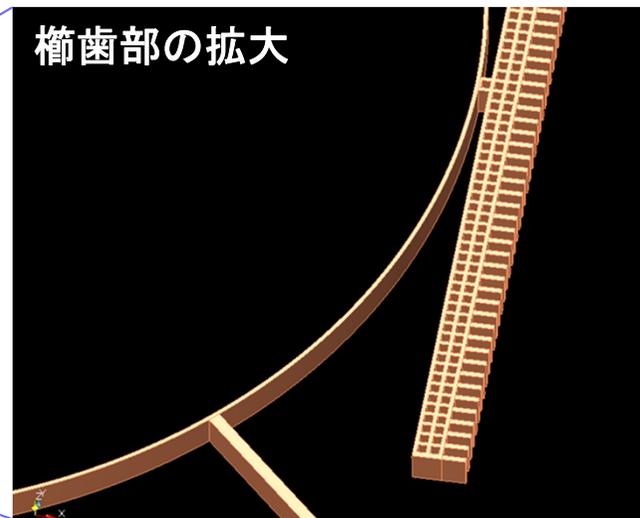
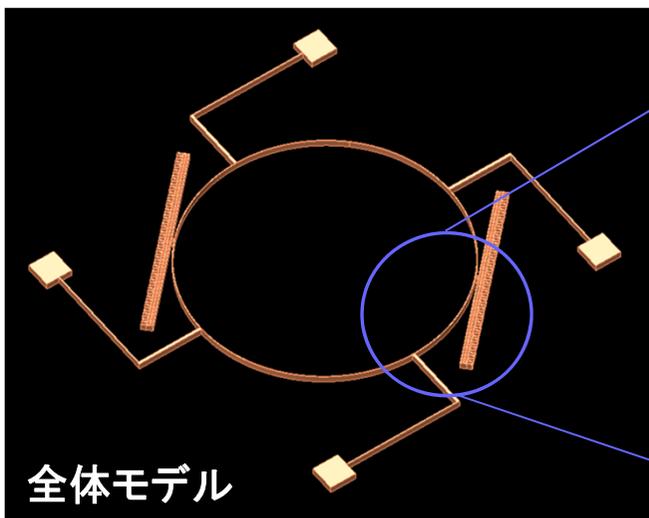
デバイス名称	形式	層数	節点数	要素数	固有周波数 (Hz)
①ジャイロセンサ	リング型	3	46,758	9,552	7.8037E+03
②加速度センサ	楕歯格子型-A	2	76,521	15,632	7.0671E+03
③加速度センサ	楕歯格子型-B	2	83,411	15,266	9.6114E+03
④加速度センサ	楕歯格子型-C	2	123,824	25,266	2.2868E+04
⑤加速度センサ	楕歯ハニカム型	2	53,388	10,144	7.5427E+03
⑥平行平板	円盤型	2	188,556	187,316	未解析
⑦MEMS振動子	カンチレバー型	4	9,607	1,832	1.0436E+06

- ・①～⑤および⑦は二次要素、⑥は一次要素
- ・固有値は3次まで解析
- ・表の「固有周波数」は1次のもの

以下に解析モデルと解析結果を示す

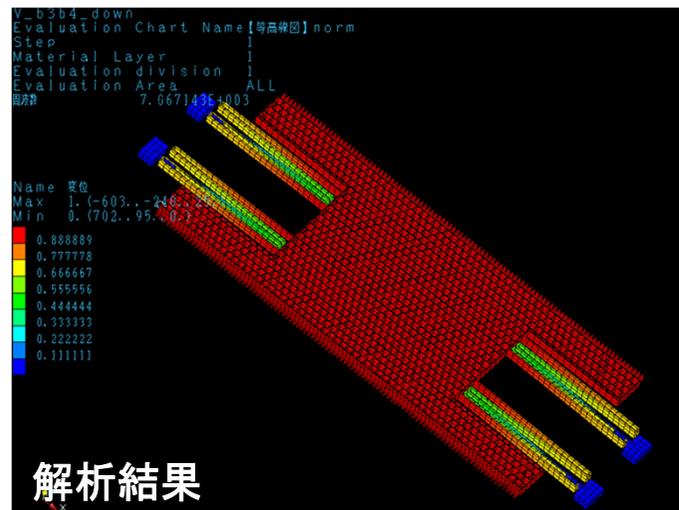
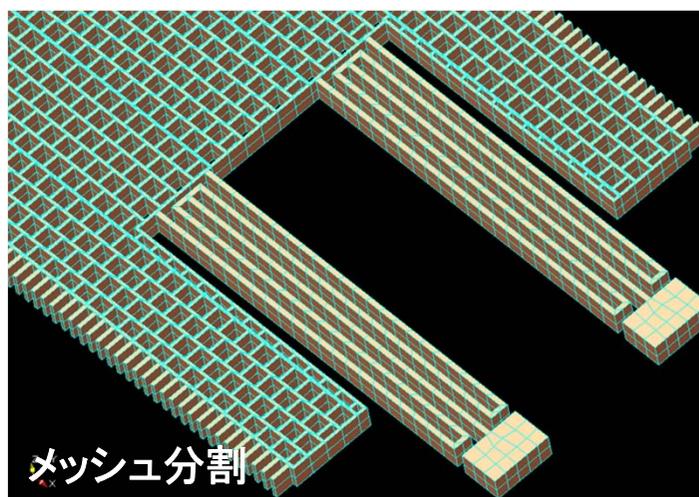
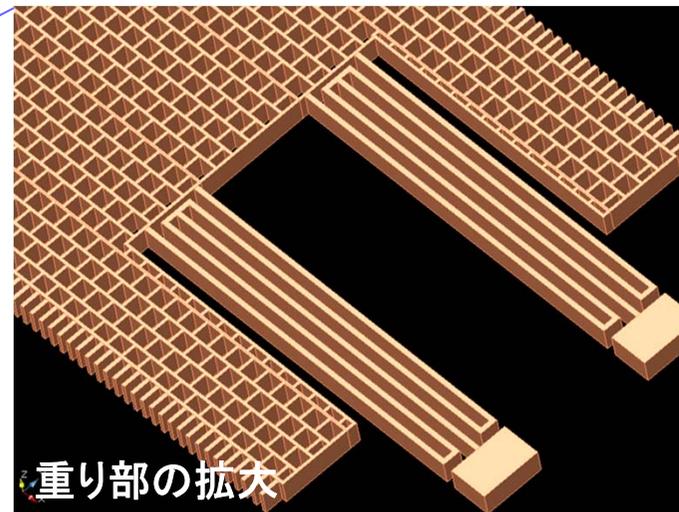
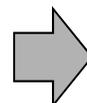
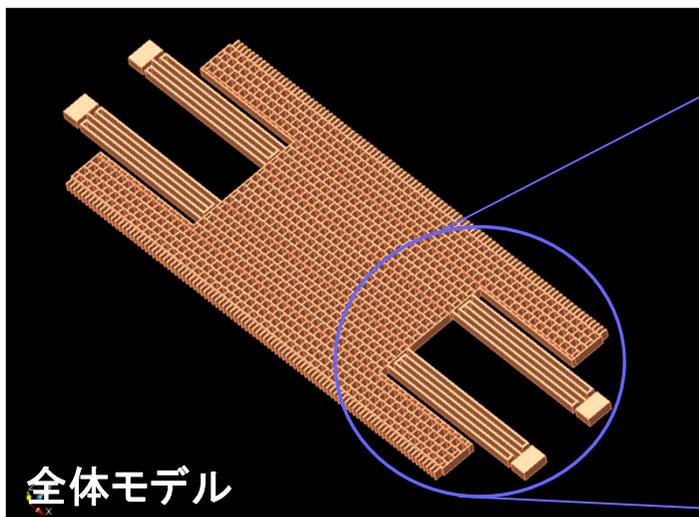
① ジャイロセンサ(リング型)の解析モデル

gyro_a500_8.cprt



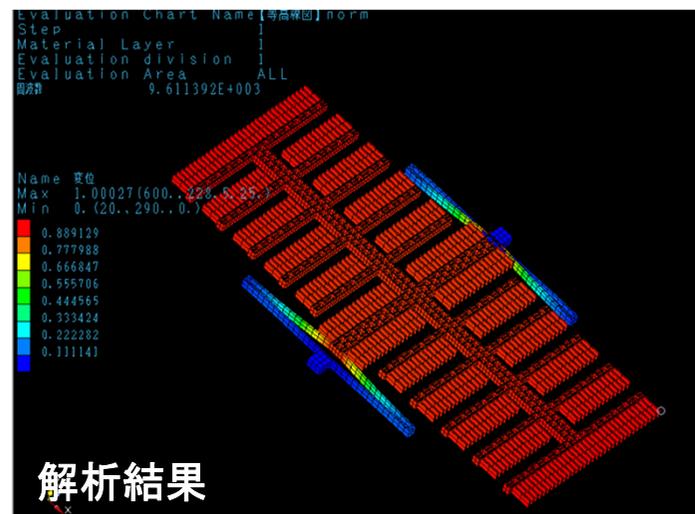
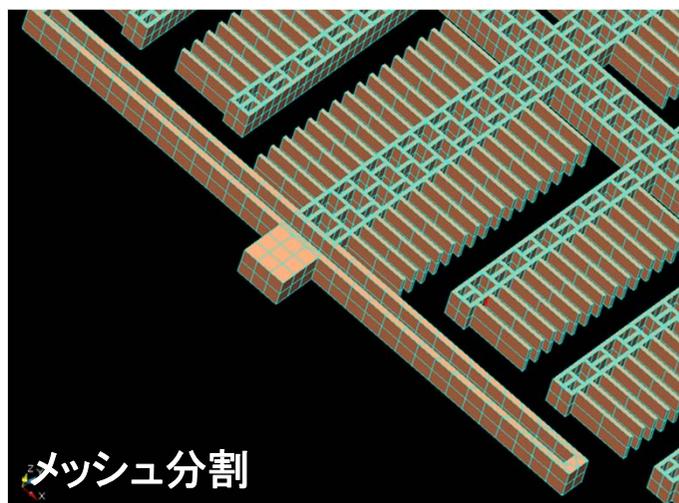
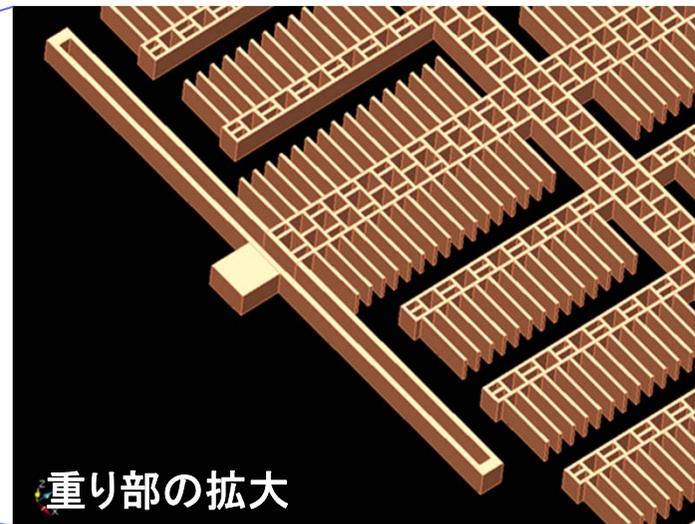
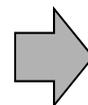
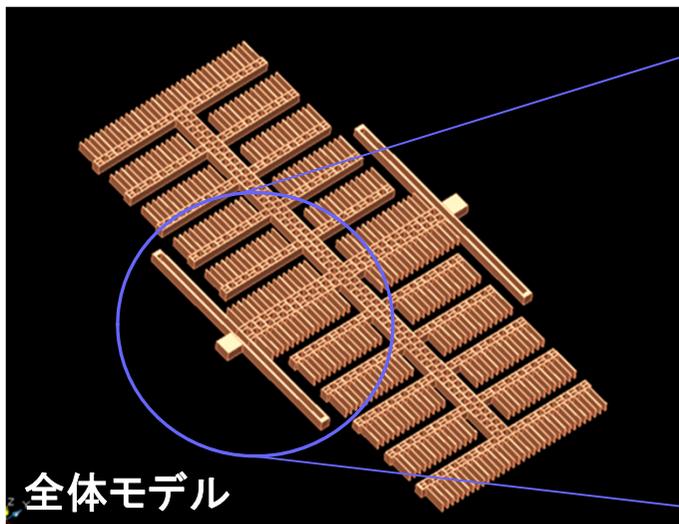
② 加速度センサ (楕歯格子型-A) の解析モデル

V_b3b4_down.cprt



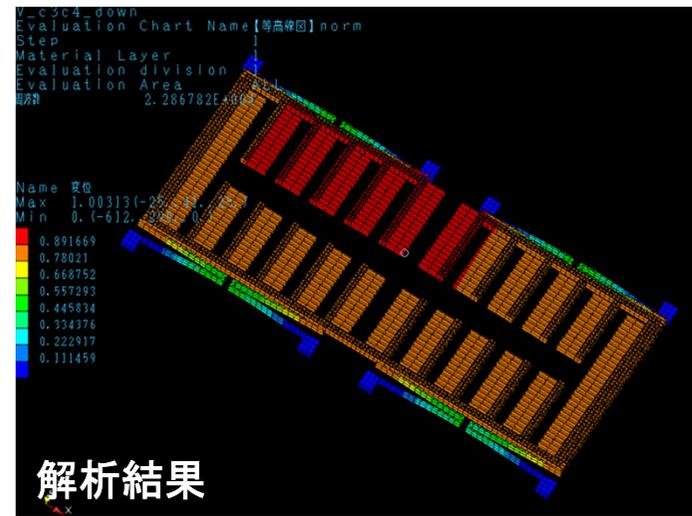
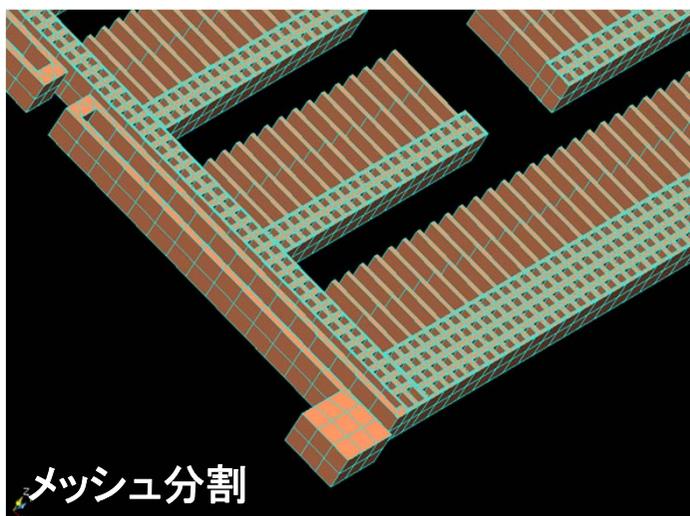
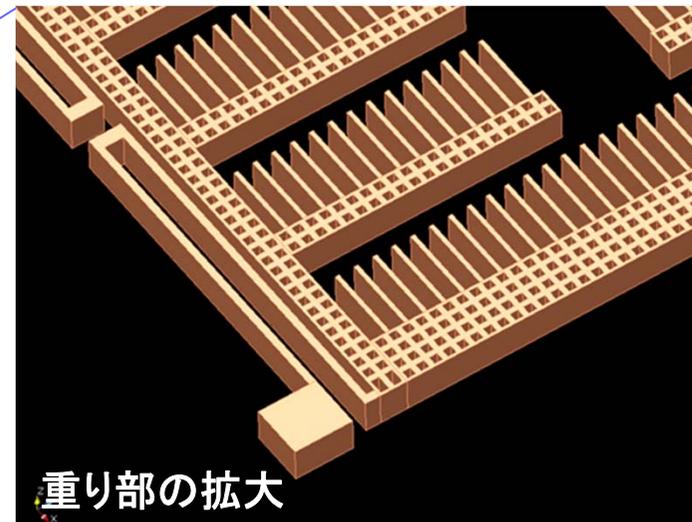
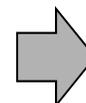
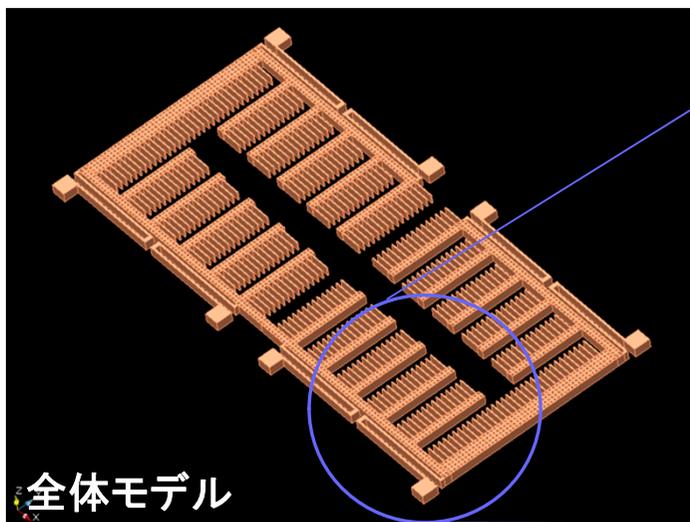
④ 加速度センサ (楕歯格子型-B) の解析モデル

V_c1c2_down.cprt



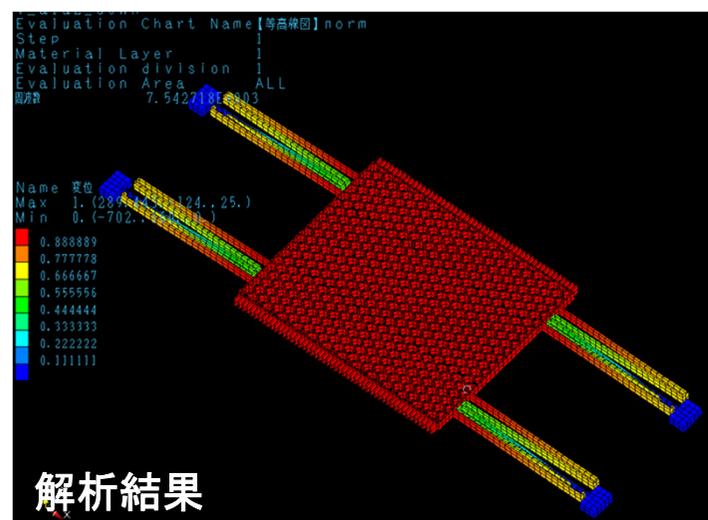
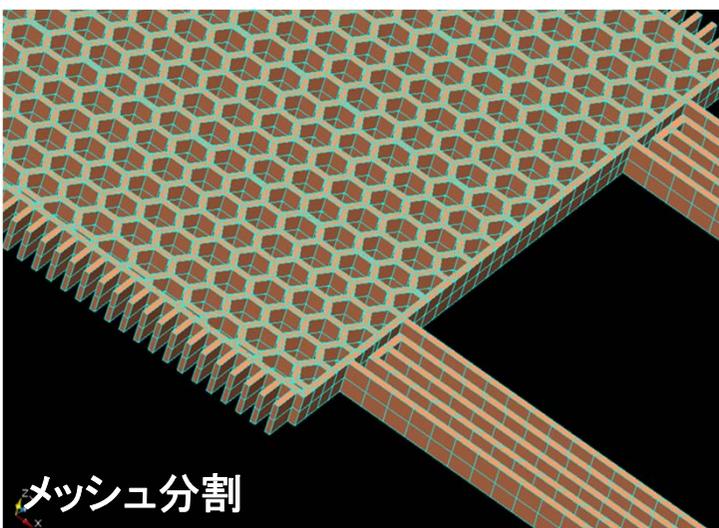
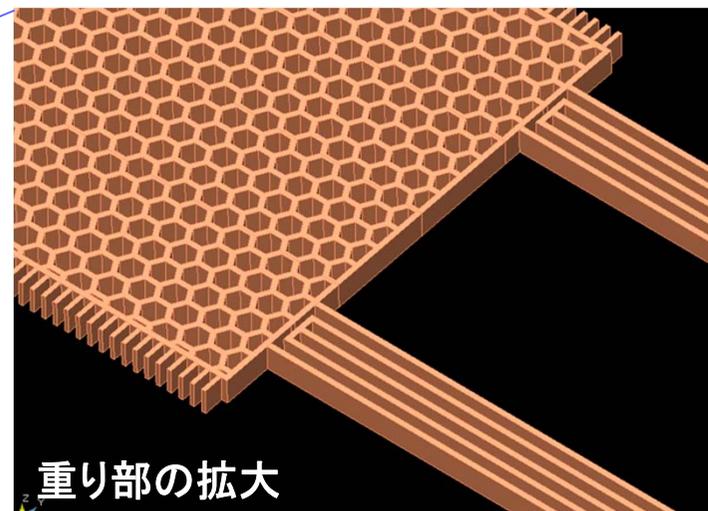
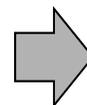
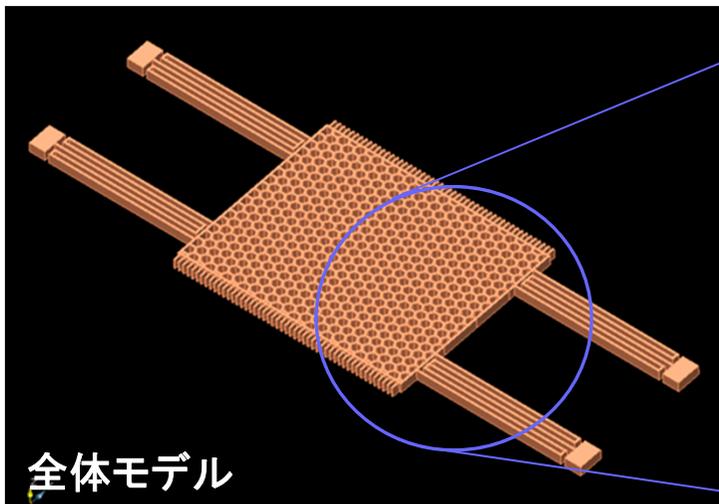
③ 加速度センサ(楕歯格子型-C)の解析モデル

V_c3c4_down.cprt



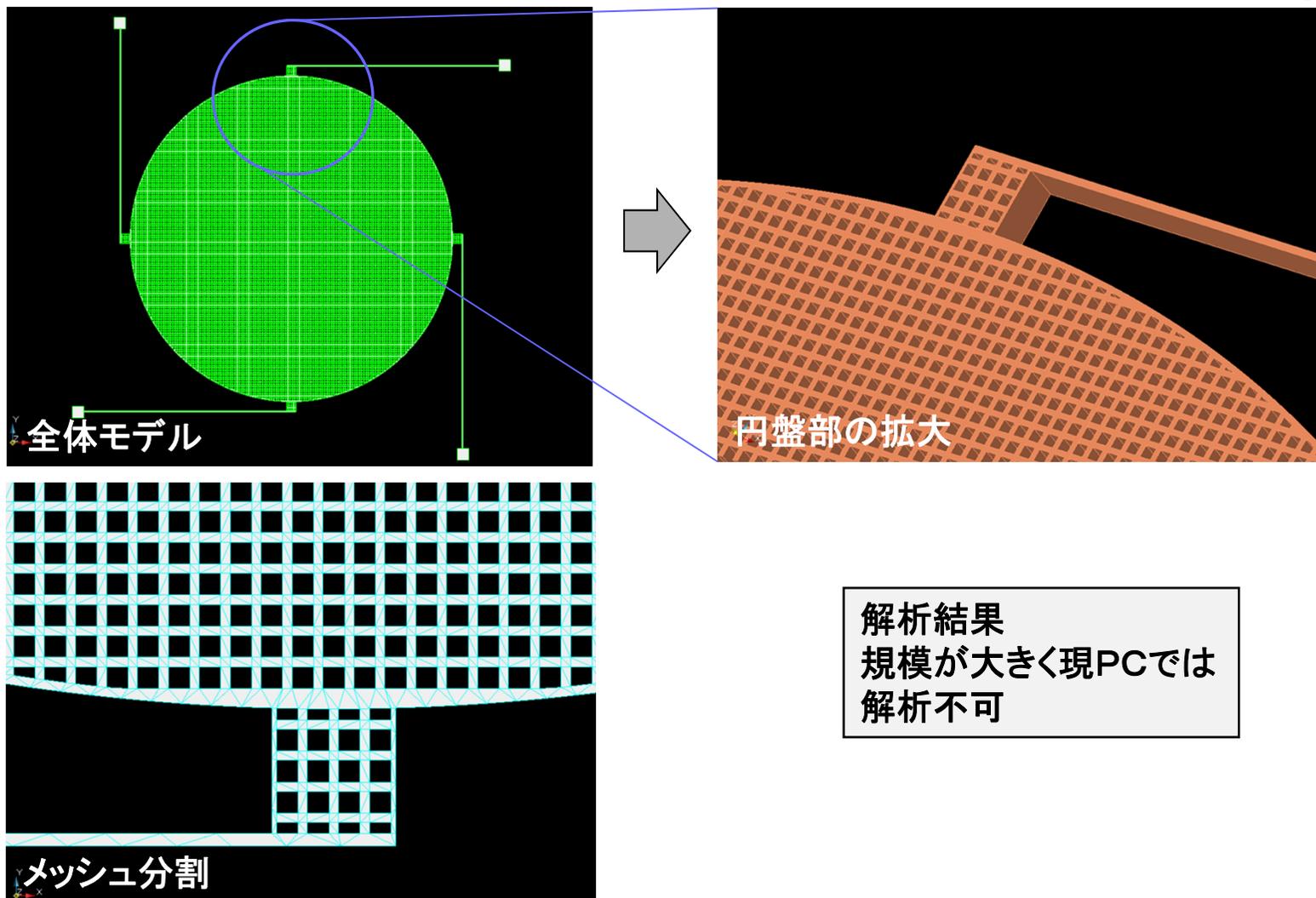
⑤ 加速度センサ (楕歯ハニカム型) の解析モデル

V_a1a2_down.cprt



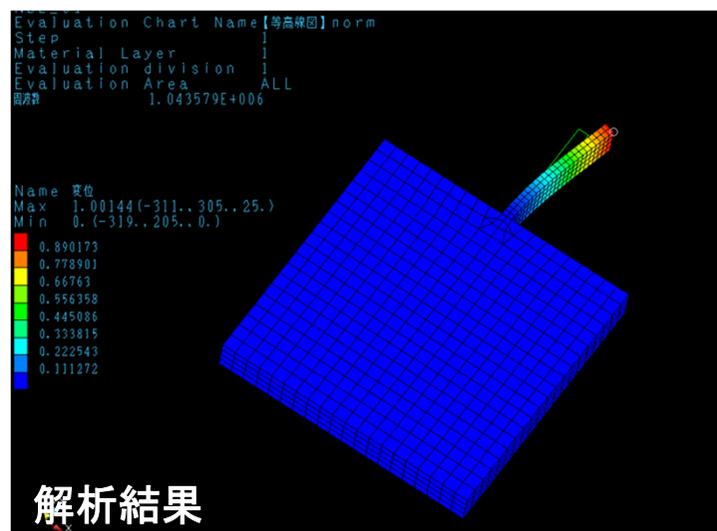
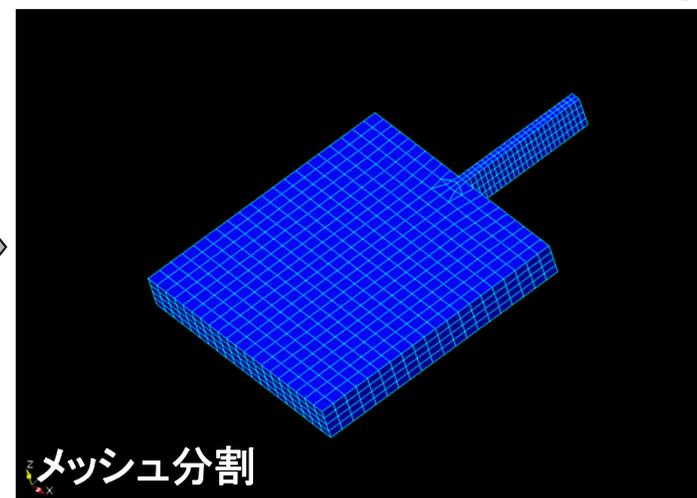
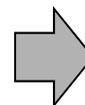
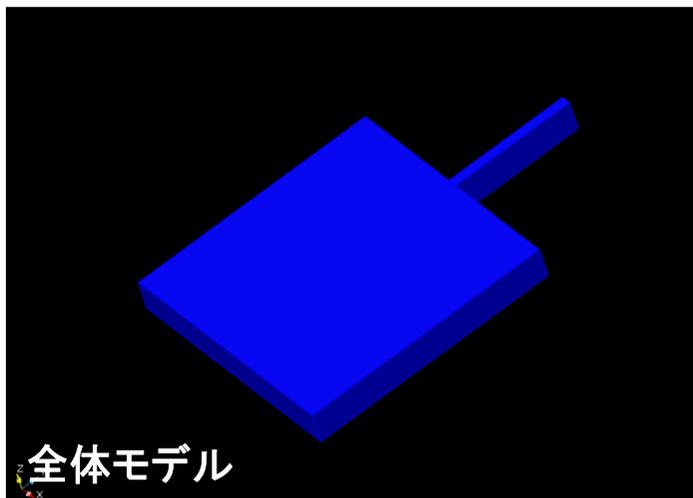
⑥ 平行平板 (円盤型) の解析モデル

memb_r700_4.cprt



⑦MEMS振動子(カンチレバー型)の解析モデル

NEB_01.cprt



まとめ、

- 厚さ一定(複合面毎に厚さが異なっても良い)の立体生成には「シェル要素の掃引」機能が有用
- シェルのメッシュ分割アルゴリズムを上手く利用することで、節点の共有化が可能

これらの方法の活用により、複雑なモデル生成ができる。

この業務による成果は、

- 予想以上に複雑なモデルの生成が可能になった
- 使い勝手の向上に繋がる改善がVer4.0に反映できた

この事例がユーザ様の業務に役立つと幸いです。

ご清聴ありがとうございました。