

csimsoft と Cube-it のご紹介

アドバンスソフトの
プリ・ポストプロセッサご紹介セミナー
2015年4月16日

csimsoft™



M&T

徳山佳央

yoshiteru.tokuyama@jpmandt.com

csimsoft™



Csimsoftについて



csimsoft™

メンバー紹介

- Randy Morris
 - 創業者
 - マネージングディレクター
- Karl Merkley, Ph.D.
 - 創業者
 - R&Dディレクター
- Michael Stephenson Ph.D.
 - 創業者
- Ray Meyers, Ph.D.
 - 創業者
- Paul Ressler
 - 販売・マーケティングディレクター
- Ernie Perry, Ph.D (日本語OK)
- Mark Richardson
- Corey Ernst
- Michael Plooster (日本OK)
- James Perry
- Clint Stimpson
- Corey McBride
- Boyd Tidwell
- Aaron Welch (営業)
- Nathan Merkley
- Seth Link (品質保証)
- Michael Morris (品質保証)
- James Funk (品質保証)

csimsoft™



会社・製品沿革

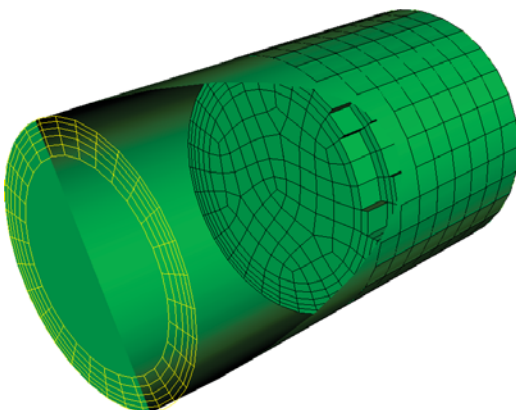
- 1991年－Michael Stephenson/Ted Blacker Cubit: Cube itの略語。ジオメトリからCubeをきりだそう！
 - ✓ Paving: 四辺形メッシュ生成への新しいアプローチの開発
- 1992年－Ray Meyers Goal目標: ロバストな自動ヘキサメッシングアルゴリズムの構築
 - ✓ サンディア国立研究所でのCubit プロジェクトを指揮
- 1998年－Csimsoft Fluent社、フォード・モーター、キャタピラー社が参加
→ Gambitが派生
 - ✓ Cubitのさらなる開発のためにcsimsoft を設立
- 2007年－商業販売 M&T、CFDエンジニア向け、CAD / メッシャー開発のため、
CubitのCFD機能の強化を開始
 - ✓ Cubitの商業販売の認可を受けたが、まだ製品の積極的な販売は行わず
- 2010年－日本国内への展開
 - ✓ Cubitのより積極的な販売、特に日本国内でのM&T社による本格的販売の開始
- 2011年 11月－販売・マーケティング部門を設立
- 2012年－Trelis 14 をリリース
- 2012年－2010年販売の10倍以上の売り上げを記録 Cube-it CFD 14.1 リリース
- 2014年－Trelis 15 をリリース
- 2015年－Cube-it 15.0をリリース

csimsoft™

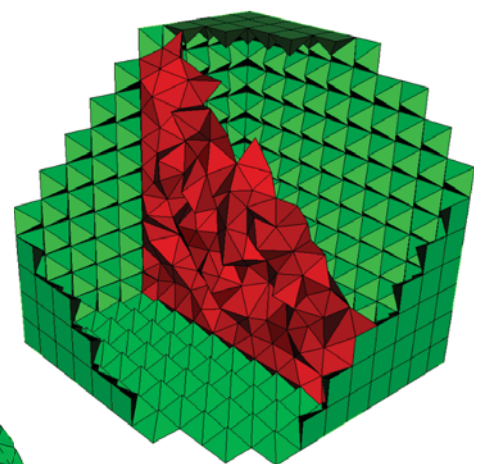
✓ さらに強化された境界層機能、ロバストなハイブリッドメッシュ



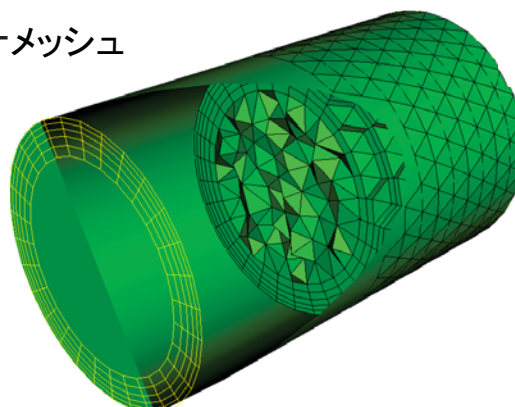
Cube-it で強化されたメッシュ機能



境界レイヤー + ヘキサメッシュ



ハイブリッドメッシュ



境界レイヤー + テトラメッシュ

csimsoft™



企業目標・目的

- 公正かつ誠実な対応
 - カスタマー／パートナー／従業員
- 最高のエンジニアリングツールの創造
 - ジオメトリ
 - メッシング
 - ポストプロセス
- 誇れる製品・会社を作ること

csimsoft™



パートナーについて

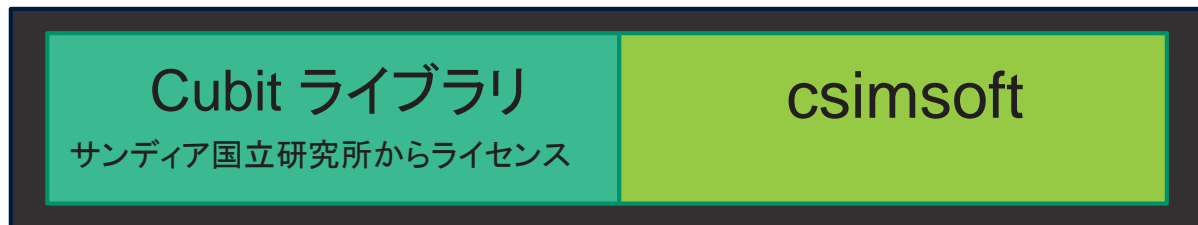
- パートナー
 - 我々のビジネス戦略において重要な存在
- パートナーへの我々の義務
 - 可能な限り最高品質の製品を作り出すこと
 - パートナーの技術的要求に対して責任を持つこと
 - 十分なサポートとトレーニングを提供し、パートナーの成功を確かなものにすること
 - csimsoft とパートナーの成功をサポートするビジネス環境を提供すること

csimsoft™



Core ライブラリの全体構成

- Cubitライブラリー
 - サンディア国立研究所が提供しているCubitライブラリーと同じものを利用しています。
- Csimsoftライブラリー
 - 境界レイヤーを含むCFD機能のサポート
 - 新しいサイジングファンクション
 - 新しい構文解析
 - ドロネー三角形メッシャー
 - メッシュエクスポートAPI
 - Cub ファイルの再実装
 - プラグインサポート
 - etc

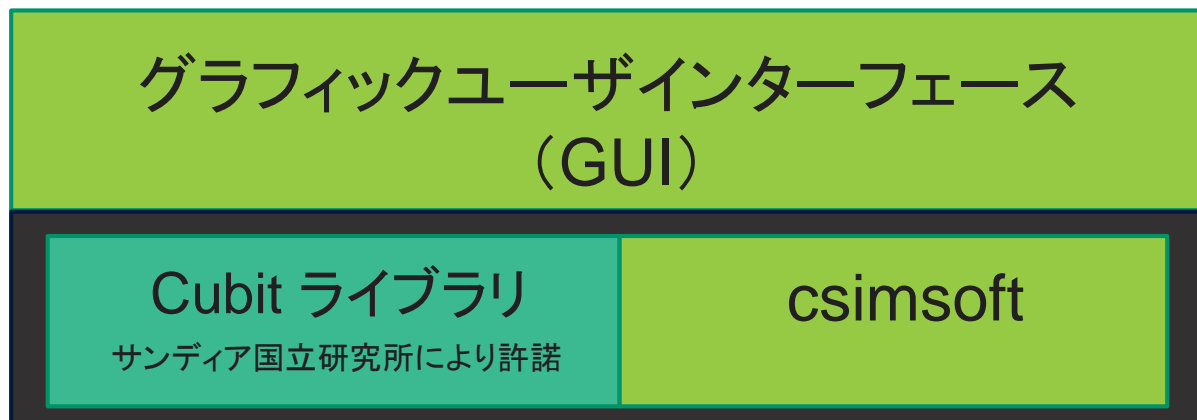


csimsoft™



最終製品の構成

- csimsoftが開発し、権利を所有
- サンディア国立研究所とは共有していません
- Cube-itやTrelisなどの名前でブランド提供



csimsoft™



形状を表現する方法と 形状を作成する5つの基本操作

メッシュ作成ツールキット
Cube-it Ver.15のご紹介

- 形状の表現方法
 - B-reps (boundary representation)
 - 張り子のイメージ、連続的に変化する有限な閉曲面（線）を張り合わせて形状を表現
- 形状の新規作成
 - 原型からの作成法、ボトムアップの作成法
- 形状の座標変換
 - 移動、回転、反転、スケーリング
- 形状の修正
 - CAD形状のヒーリング
 - 面の修正、曲線の修正、点の修正
 - 不連続に接続する曲面、曲線の合成
(バーチャルジオメトリ:メッシュ作成に不要なカーブや点を削除する機能)
- 形状の集合演算
 - 和、差、積
 - インプリント、マージ (連続メッシュのための便利な機能)
 - ウェブカット (ヘキサメッシングのための便利な機能)
- 形状の削除
 - 全体削除、下位のトポロジーを残して削除

csimsoft™



ユーザーの好みにあった メッシングスタイルが可能

メッシュ作成ツールキット
Cube-it Ver.15のご紹介

- よくある質問
 - Cube-itは全自動メッシュですか？
 - 回答1 全自動ヘキサメッシュアルゴリズムの開発を目指しています。効率よくヘキサメッシュ可能なボリューム分割を行い、その後、自動でメッシュを作成する方が現実的です。
 - 回答2 Cube-itには、強力なジャーナル機能、パラメーター機能、スクリプティング機能 (python)、構文解析機能、APIが備わっています。
Cube-itをメッシング用プログラム言語と考えると、メッシングの仕様が決まった範囲内で、全自動化は可能です。また、pythonからCube-itのライブラリー、Cube-itでPythonのライブラリーを利用でき、解析システムの全自動化も可能です。
 - 全自動、ヘキサメッシュへの個人的な考え
 - 現在のメッシャーは、物理現象を理解していないため、物理現象に最適なメッシュを全自動で作成することは困難です。
 - 良いヘキサメッシュを作成するには、解析の経験が重要です。
 - Cube-itは手切りができないのですか？
 - 当然できます。さらに、CAD機能を利用せず、メッシュのノード要素からエッジ要素、ヘキサ、テトラ要素を構築することもできます。
 - 個人的には、ここまでできなくてもいいのかな？と思います。

csimsoft™



全自動派

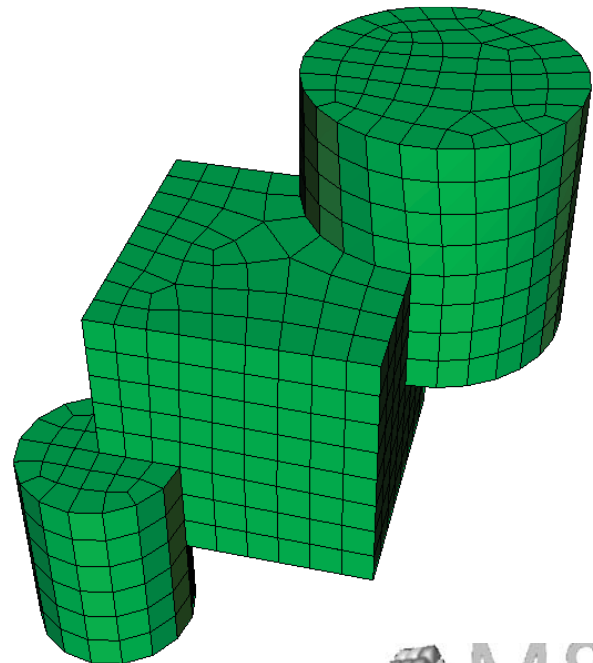
```
reset
#パラメーター化
#{delete('a')}
#{a=10}

#形状作成
brick x {a}
create Cylinder height 10 radius 5
create Cylinder height 8 radius 3

#形状座標変換 (移動)
move Volume 2 x 5 y 5 z 5
move Volume 3 x -5 y -5 z -5

#ブーリアン演算
unite all

#メッシュ作成
mesh vol all
```



csimsoft™



半自動派

```
reset

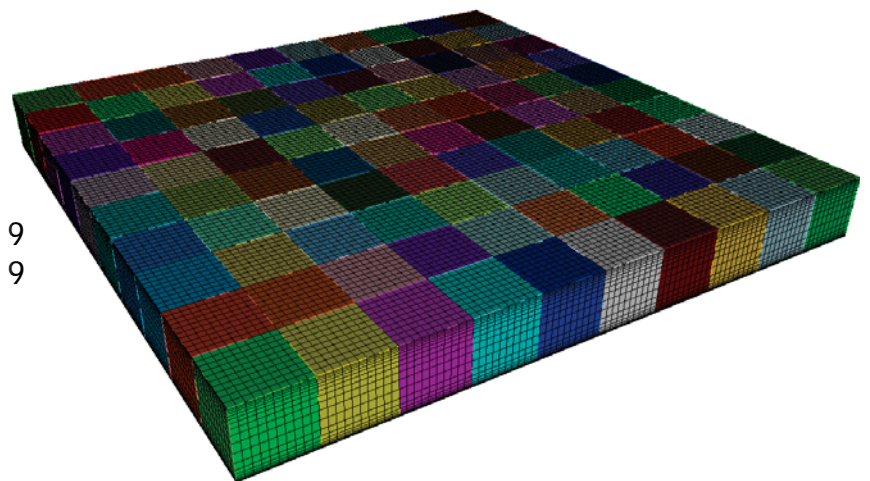
#形状の作成
brick x 10
Volume all copy move x 10 repeat 9
Volume all copy move y 10 repeat 9

#面の連結
merge all

#メッシュの詳細設定
curve 9 interval 20
curve 9 scheme dualbias factor 1.25 1.5

#設定を隣接するMap可能形状に伝達させる
propagate curve bias vol all

#メッシュ作成
mesh vol all
```



csimsoft™

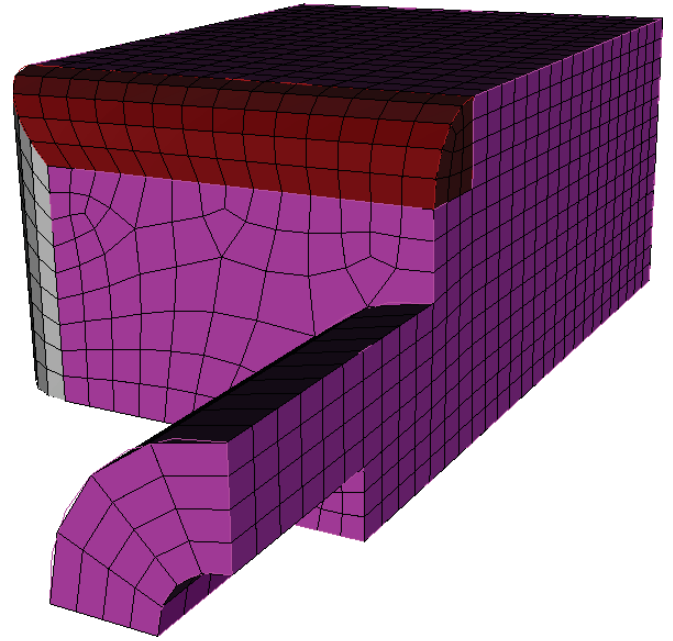


手動派 形状作成

reset

#形状作成

```
create Cylinder height 12 radius 4  
create Cylinder height 20 radius 10  
move volume 1 location z 4  
subtract volume 1 from volume 2  
brick x 20  
volume 3 move x 10 y 10  
intersect volume 2 3  
brick x 20 y 30 z 40  
move vertex 27 location vertex 13 nomerge  
unite volume 3 4  
modify curve 35 34 blend radius 5
```



csimsoft™



手動派 ボリューム分割 /インプリント・マージ

#ボリューム分割

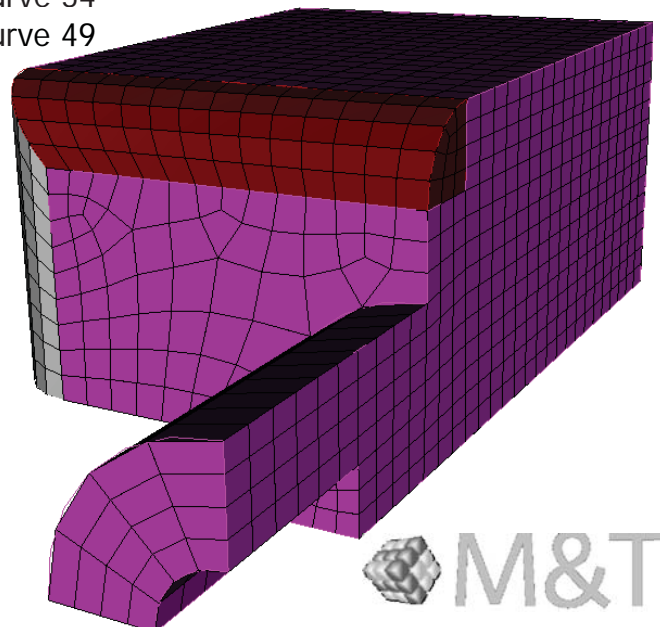
```
vertex 35 copy move Z -5  
create curve spline vertex 38 34  
create curve spline vertex 38 35  
create surface curve 55 56 50  
webcut volume 3 sweep surface 32 along curve 54  
webcut volume 3 sweep surface 32 along curve 49
```

#不要な形状を削除

```
delete volume 5  
delete surface all
```

#共有面のインプリントとマージ

```
imprint volume all  
merge volume all
```



csimsoft™



手動派 メッシング

#ボリュームメッシュサイズの指定
volume all size 2

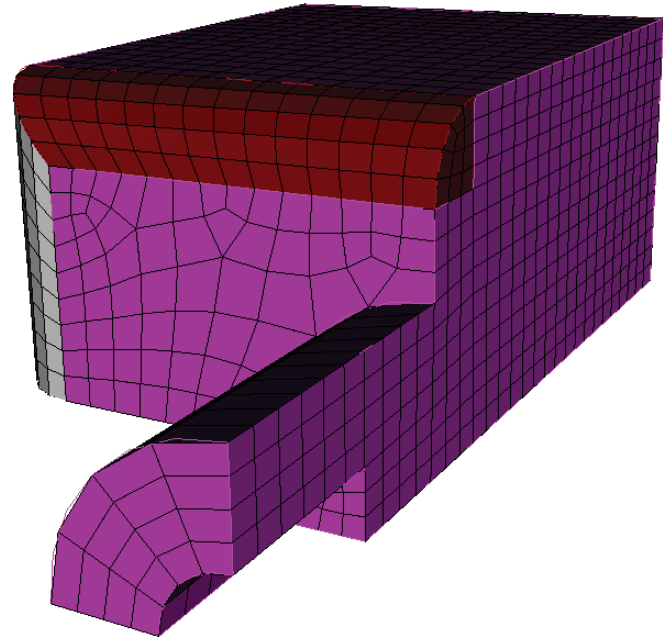
メッシュ作成
mesh volume 6
mesh volume 7

#サーフェスメッシュサイズの指定
surface 16 size 0.5

メッシュ作成
mesh surface 16
mesh surface 17

#サーフェスメッシュサイズの指定
surface 20 size 1

メッシュ作成
mesh surface 20
mesh volume 3



csimsoft™



Geometry and Mesh Generation Toolkit (ジオメトリとメッシュ生成ツールキット)

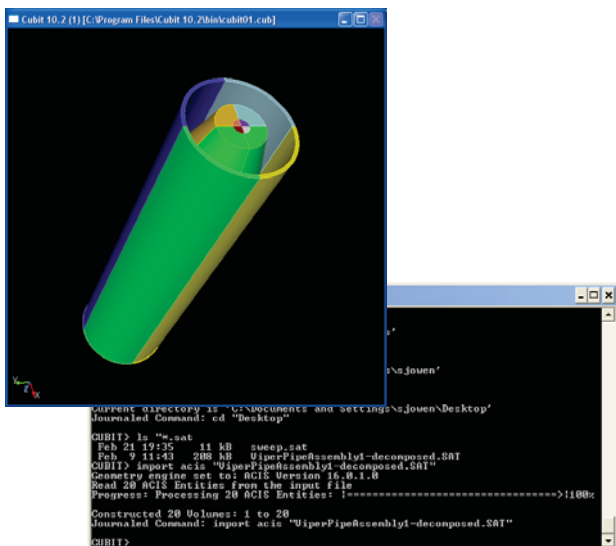
Cube-it の紹介

csimsoft™



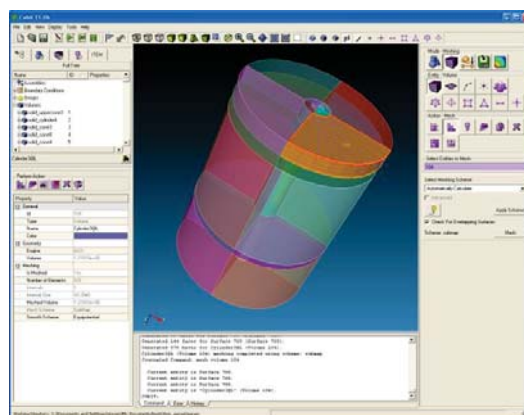
ユーザインタフェース

コマンドライン



- パフォーマンスの向上
- パワーユーザ向け
- 習得が難しい

GUI

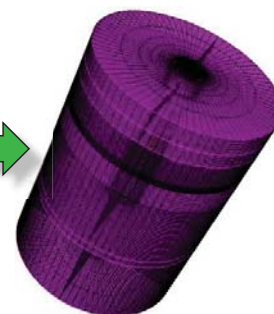
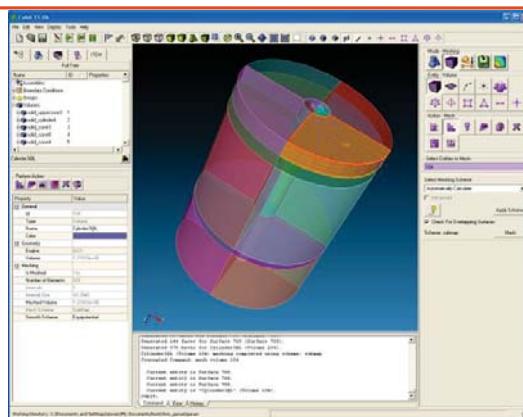
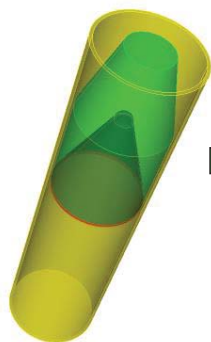


- 相互的、直観的な操作
- 様々なツールを利用できる
- 習得が容易

csimsoft™



Cube-itの役割



CAD モデル

- ACIS
- STEP
- IGES
- Facets
- STL
- Exodus II

Cube-it

- メッシュツール
- ジオメトリ作成
- ジオメトリ準備
- メッシュ最適化
- 境界条件
- スクリプト (Python)
- 自動化 (Journal)

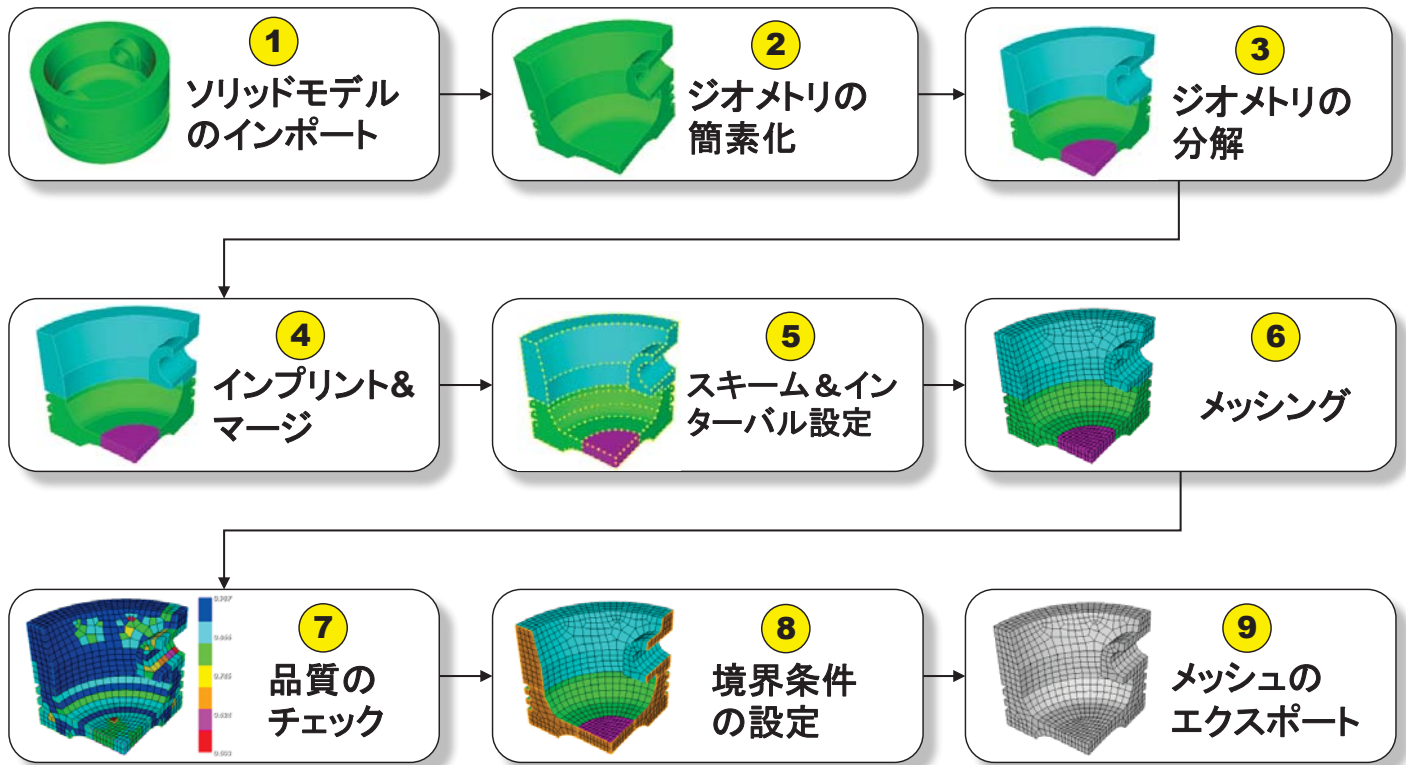
メッシュ

- Exodus II
- Abaqus
- IDEAS-Universal
- NASTRAN-BDF
- Patran
- LS-Dyna
- Fluent

csimsoft™



基本的なCube-itのメッシング工程



csimsoft™



Geometry and Mesh Generation Toolkit

(ジオメトリとメッシュ生成ツールキット)

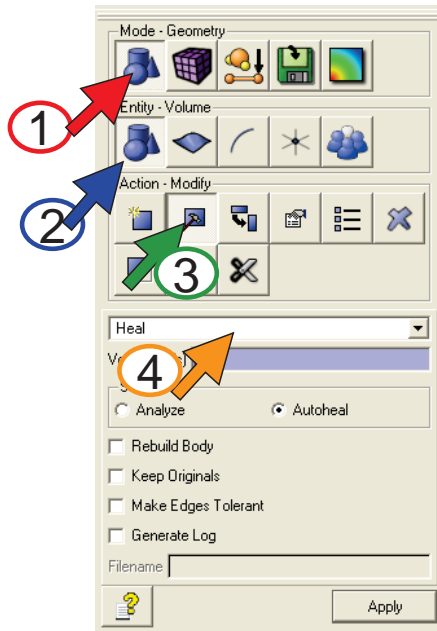
ジオメトリツールの紹介

csimsoft™



ヒーリング

- ジオメトリのACISフォーマットへの変換はしばしば問題を生じます。
 - デフォルトのトレランスでは、Pro/E は ACIS より精度が低いです。
 - 隙間、オーバーラップ、内部構造の矛盾はよく起こります。
- ACIS Healing Huskなら多くの問題を修正できるでしょう。

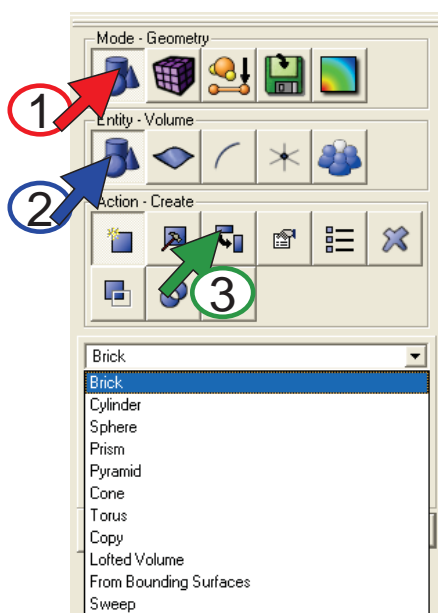


- ① Mode→Geometryをクリック
- ② Entity→Volumeをクリック
- ③ Action→Modifyをクリック
- ④ ドロップダウンメニューから Heal を選択

Analyze 選択したボリュームの問題点の一覧を表示

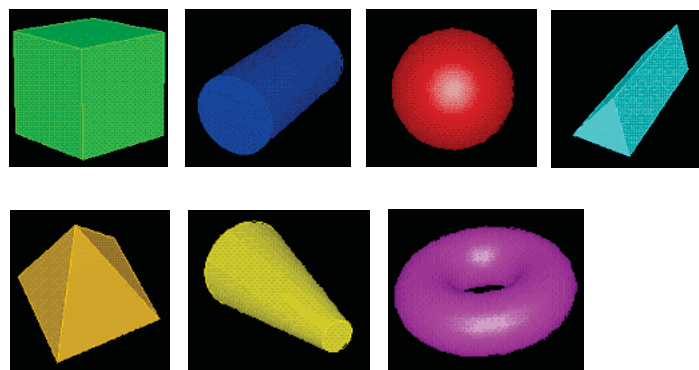
AutoHeal 問題を修正の試行

ジオメトリの作成



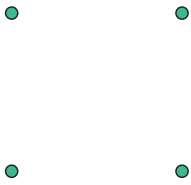
- ① Mode→Geometryをクリック
- ② Entity→Volumeをクリック
- ③ Action→Createをクリック

ジオメトリの原型

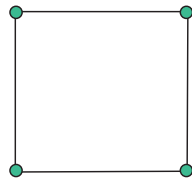
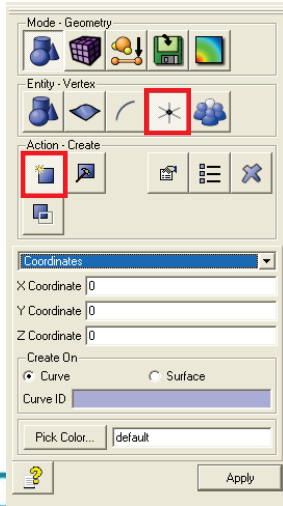


座標の中心に作成されます。
移動機能で位置を変更します。

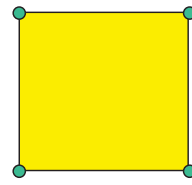
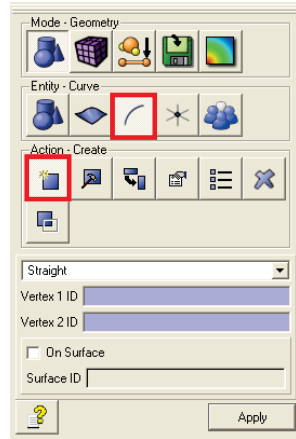
ボトムアップでのジオメトリ作成



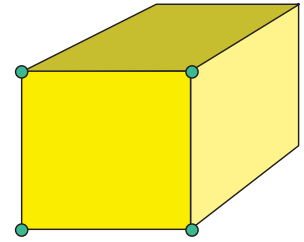
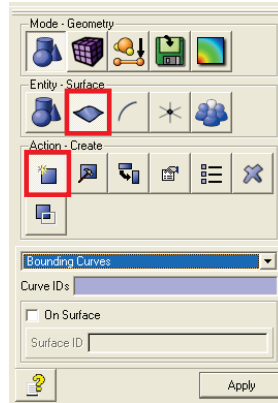
① まず、頂点の設定を行います。



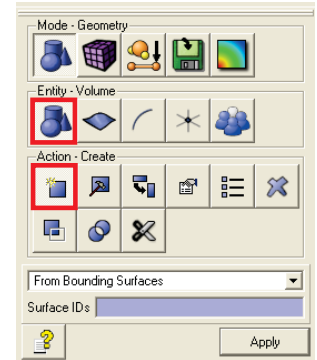
② 頂点をカーブでつなぎます。



③ カーブのループからサーフェスを作成します

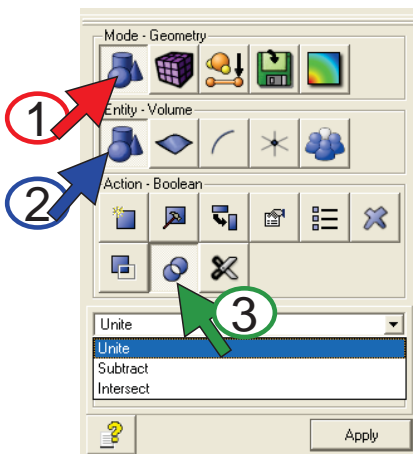


④ 閉じたサーフェスのからボリュームを作成します。

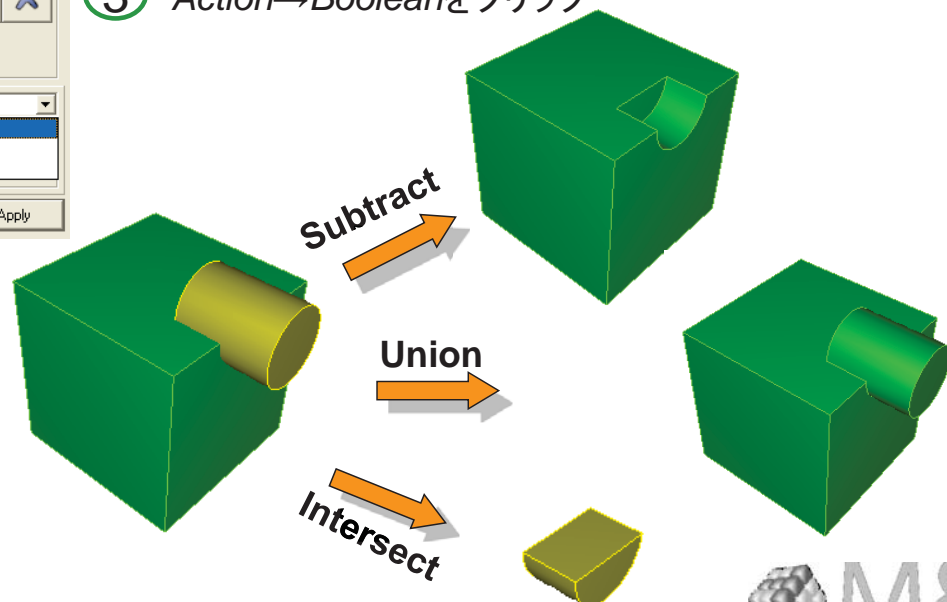


ジオメトリ ブーリアン

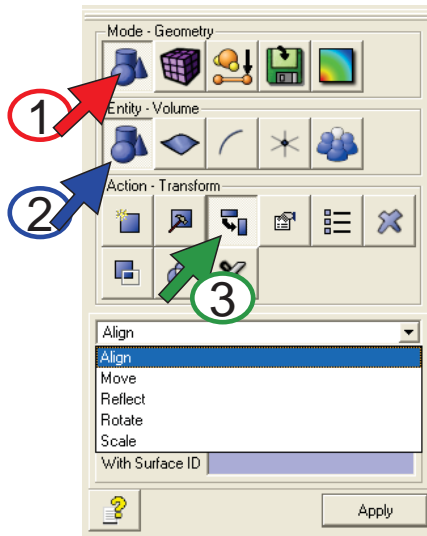
ボリューム間でブーリアン操作を実行します。



- ① Mode→Geometryをクリック
- ② Entity→Volumeをクリック
- ③ Action→Booleanをクリック



ジオメトリの座標変換



- ① Mode→Geometryをクリック
- ② Entity→Volumeをクリック
- ③ Action→Transformをクリック

Align	ポリュームを移動し、他のエンティティに整列させます。
Move	方向・距離を指定し、ポリュームを移動させます。
Reflect	指定した平面に対して対称にポリュームを鏡面移動させます。
Rotate	指定した軸を中心にポリュームを回転させます。
Scale	ポリュームを縮小・拡大します。x、y、z軸のファクターで非等方なスケールリングにも対応。

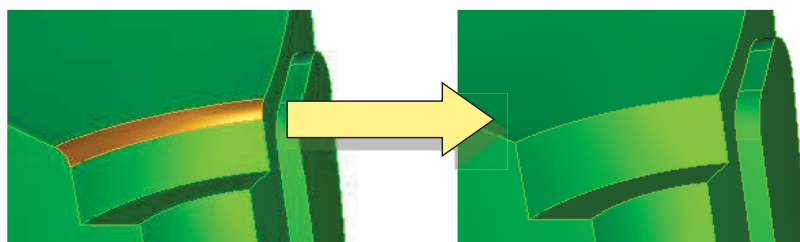
Cube-it は無単位です。
ヒント:
Scale を使って単位を変更します。

csimsoft™



ジオメトリの調整

- サーフェスの移動・交換ができます。
- 隣接したジオメトリは必要に応じて修正されます。
- こんな場合に便利
 - 隙間などの問題の修正
 - フィーチャーの除去
 - スイープ可能にする
- “リアルな” 操作
 - CADモデルの設定を変更します



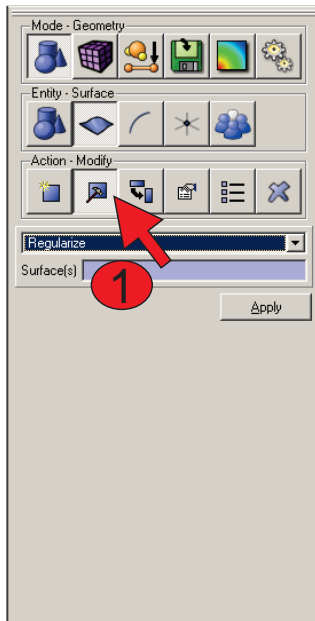
フィレットの除去

csimsoft™

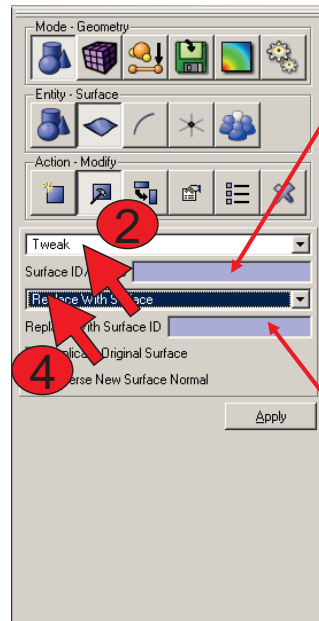


サーフェスの交換

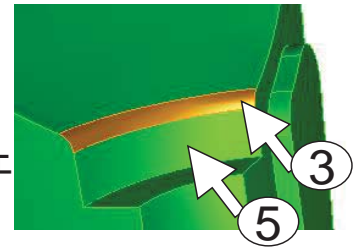
① Geometry→Surface→Modify



② Tweakを選択



③ 除去するサーフェスを選択



④ Replace With Surfaceを選択



⑤ 隣接するサーフェスを選択

⑥ Applyをクリック

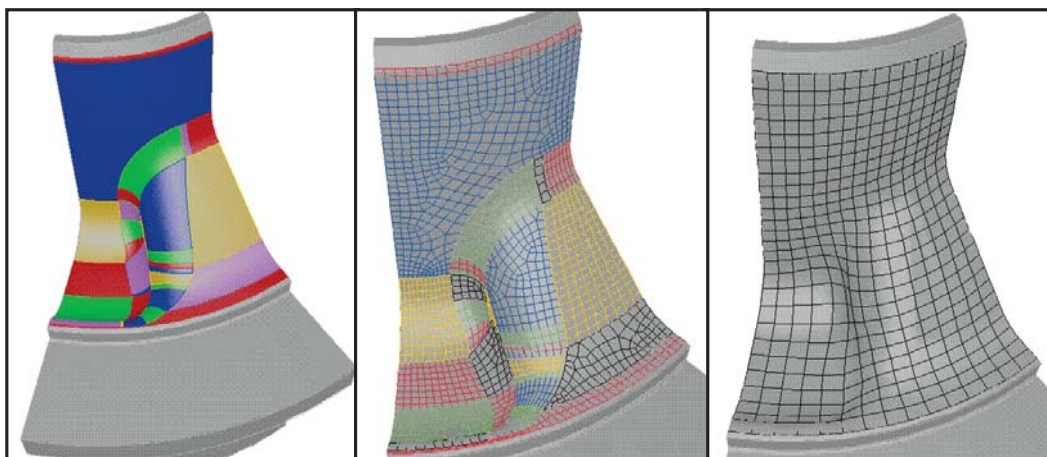
csimsoft™



バーチャルジオメトリ

合成操作:

サーフェス同士を組み合わせます。
メッシュは中間のカーブに拘束されません。
メッシュ品質の改善のために使用します。
CADモデルには変更を加えません。

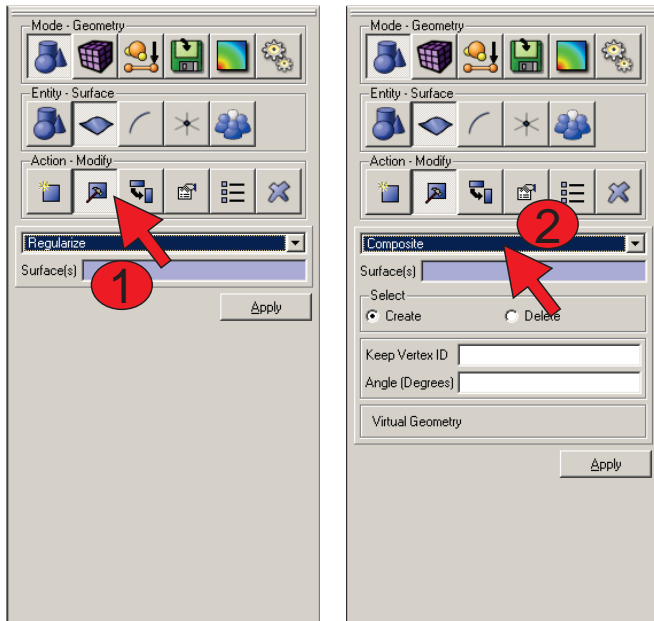


csimsoft™



合成サーフェスの作成

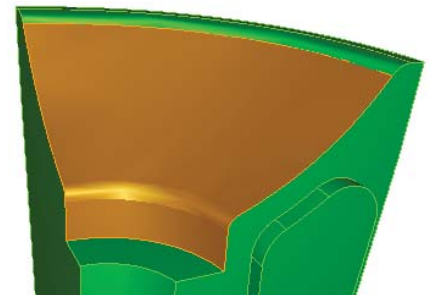
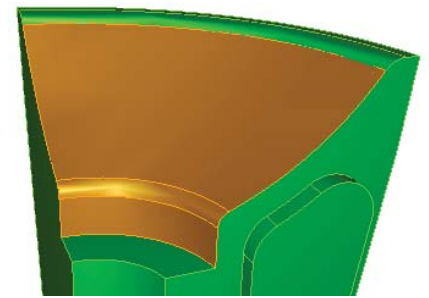
① Geometry→Surface→Modify



② Compositeを選択

③ サーフェスを選択

④ Applyをクリック



csimsoft™



Geometry and Mesh Generation Toolkit (ジオメトリとメッシュ生成ツールキット)

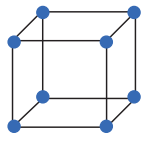
メッシングツールの紹介

csimsoft™

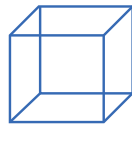


CUBITのエンティティタイプ

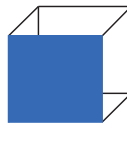
CUBITのジオメトリエンティティ



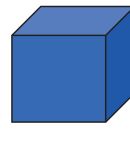
Vertex



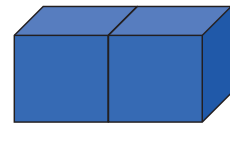
Curve



Surface



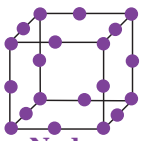
Volume



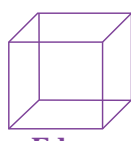
Body

メッシュのエンティティ

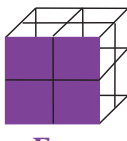
(同次元のジオメトリエンティティに近似)



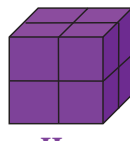
Node



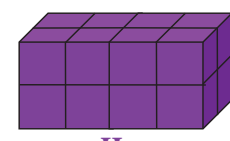
Edge



Face



Hex



Hex



Tri



Tet



Wedge



Pyramid

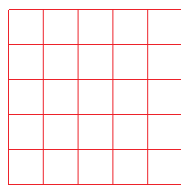
Cube-it はまず **Vertex** にメッシングを行い、次に **Curve**、**Surfaces**、**Volumes**の順にメッシングを行います。
(Advancing Front 法的な考え方)

csimsoft™

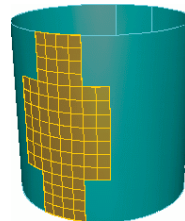
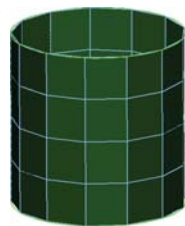


よく使うメッシュの種類

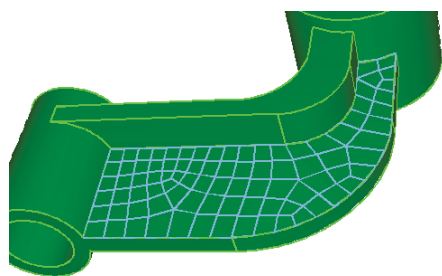
サーフェスマッシュ



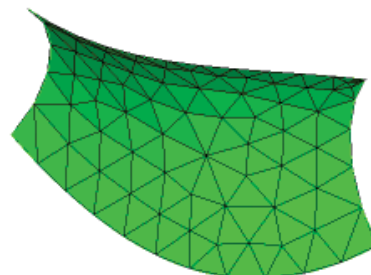
Mapped



Sub-map



Pave



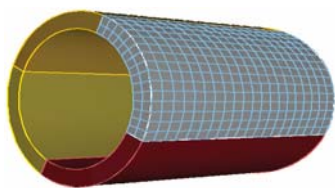
Trimesh

csimsoft™

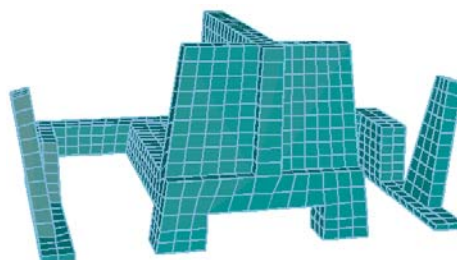
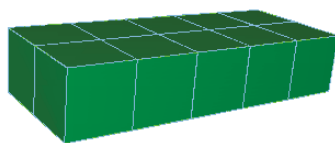


よく使うメッシュの種類

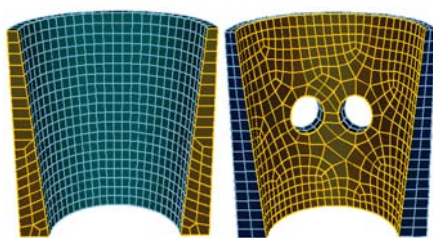
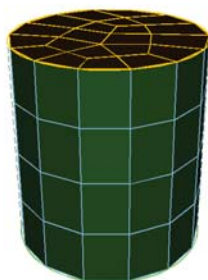
ボリウムメッシュ



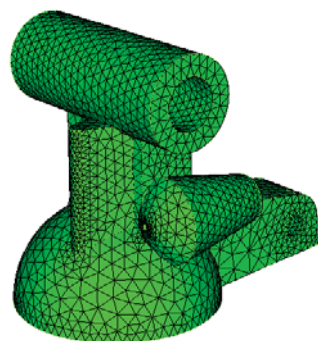
Mapped



Sub-map



Sweep



Tetmesh

csimsoft™

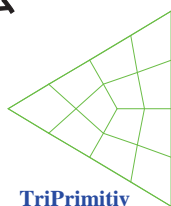


サーフェスメッシュスキーム

CUBITでは数多くのサーフェスメッシュスキームが利用可能です。サーフェスの形や構成するカーブの数に応じて、最適なメッシュスキームを選択しましょう。また作成したいボリウムメッシュのタイプにより、サーフェスメッシュのタイプを決定する必要があります。

• サーフェスメッシュスキーム

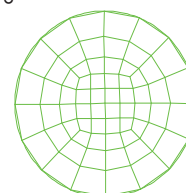
- Map
- SubMap
- Pave
- TriMesh
- TriPrimitive
- Circle
- Hole
- Mirror
- Polyhedron
- TriDelaunay



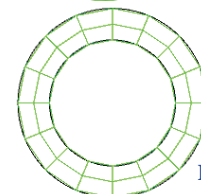
TriPrimitive



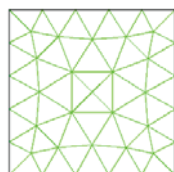
Mirror/Copy



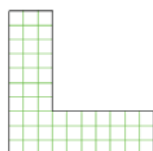
Circle



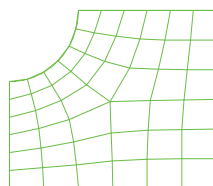
Hole



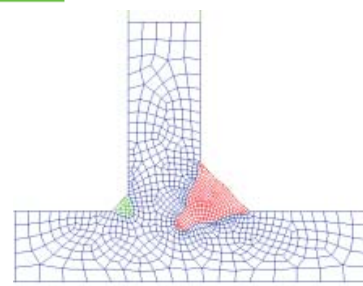
TriMesh



SubMap



Polyhedron

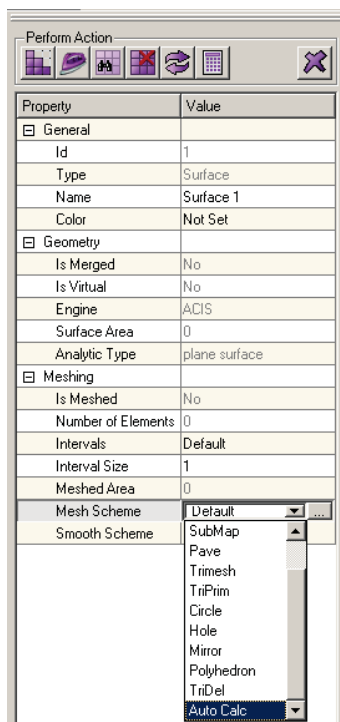


Pave
Steve Owen

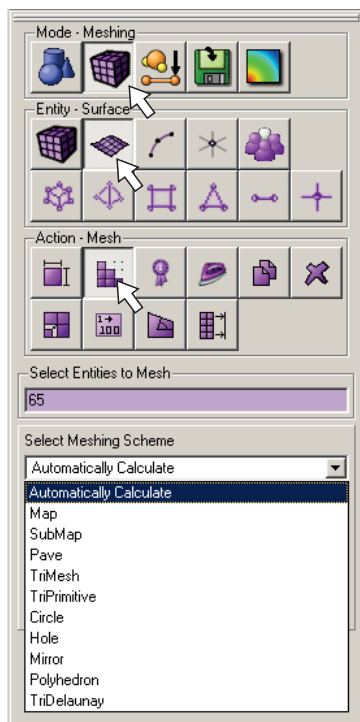
csimsoft™



サーフェス自動メッシュスキーム



CUBIT プロパティページ



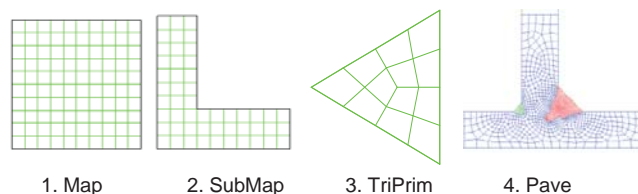
CUBIT サーフェスマッシュ
コマンドパネル

デフォルトでは、全てのボリュームとサーフェスはAutoスキームに設定されています。

スキームはプロパティページやCUBITサーフェスマッシュコマンドパネルから、手動で設定できます。

Automatically Calculate を選択する事で、Cubitはそのサーフェスに最も適したスキームを選択します。

スキームはジオメトリの特徴に基づいてセットされます。

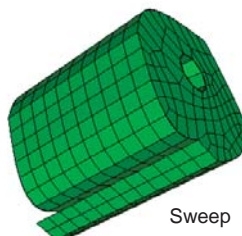
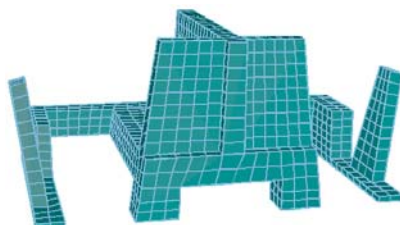
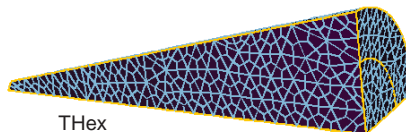
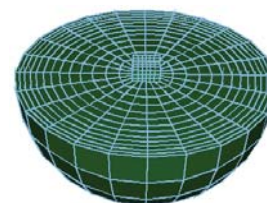
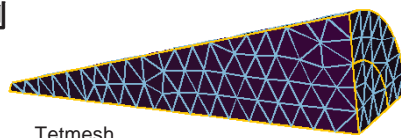
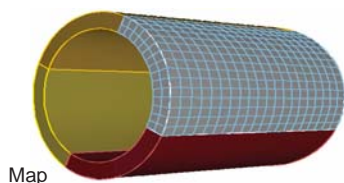


autoスキームでのサーフェスマッシュの優先順位

ボリュームメッシュスキーム

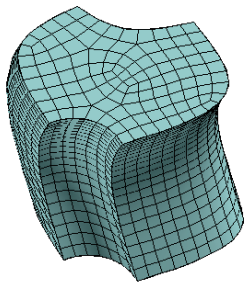
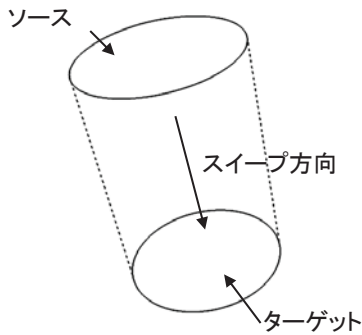
CUBITでは数多くのボリュームメッシュスキームを利用できます。サーフェスキームの選択と同様、ボリュームメッシュスキーム選択は、ジオメトリの形状に基づいています。

ボリュームメッシュスキームの例



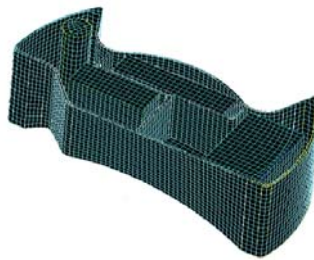
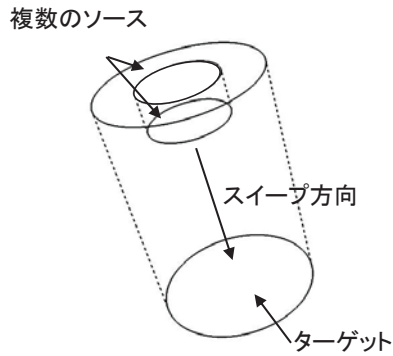
スイープスキーム

One-to-one

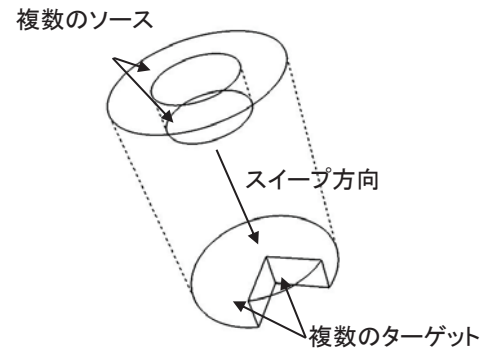


csimsoft™

Many-to-one



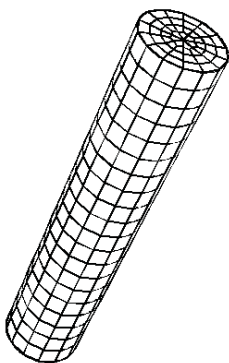
Many-to-many



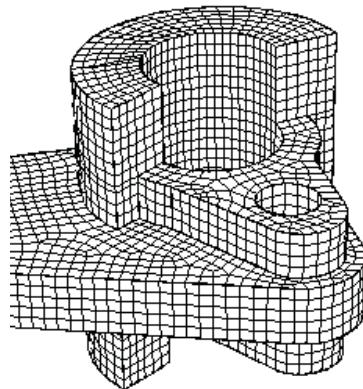
M&T

スイープスキーム

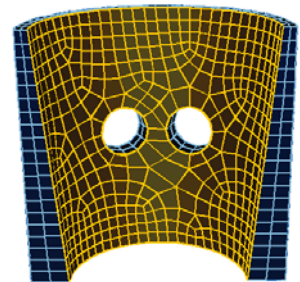
それぞれのメッシュにはどんなタイプのスイープスキームが使われているでしょうか？



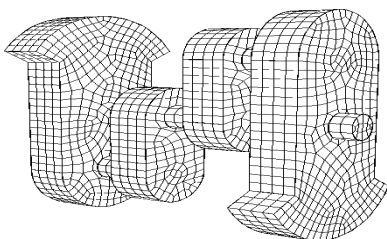
One-to-one



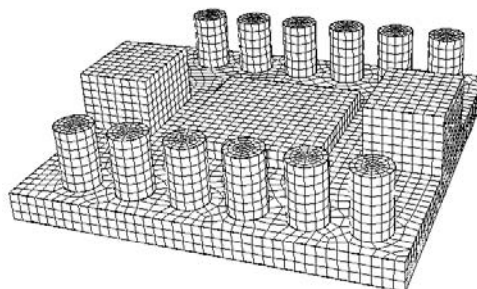
Many-to-many



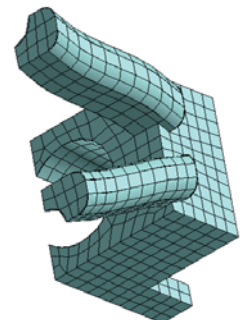
One-to-one



Many-to-many



Many-to-one



Many-to-many

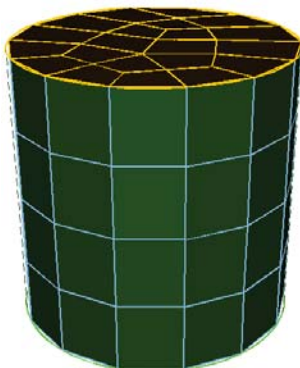
csimsoft™

Steve Owen M&T

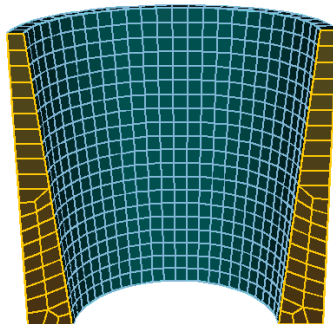
スイープスキーム

典型的なone-to-one スイープ

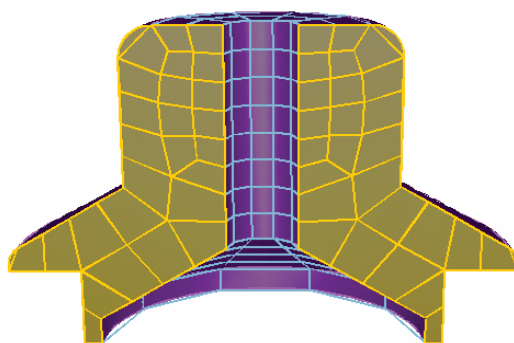
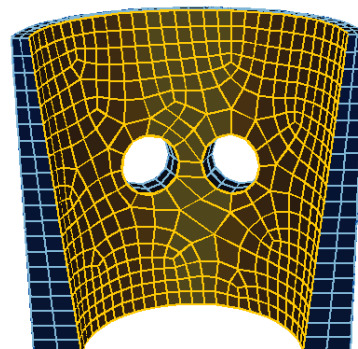
移動



回転



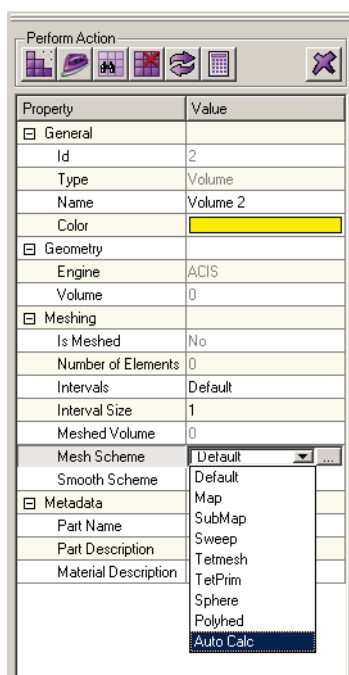
内側から外側へ



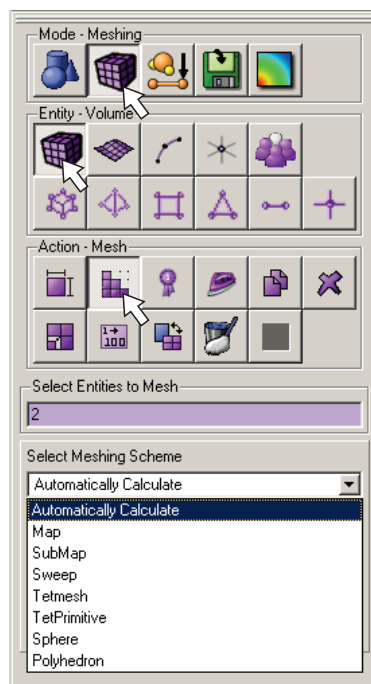
csimsoft™

Steve Owen M&T

自動ボリウムスキーム選択



CUBIT プロパティページ

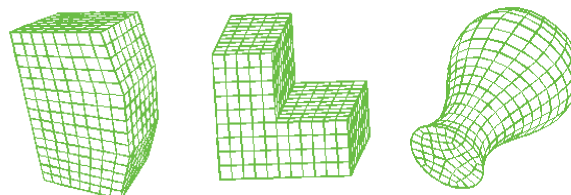


CUBIT ボリウムメッシュ
コマンドパネル

ボリウムスキームはプロパティページや
CUBITサーフェスマッシュコマンドパネルから手
動で設定できます。

“Automatically Calculate”を選択することで、
Cubitはそのサーフェスに最適なメッシュスキ
ームを選択します。

スキームはジオメトリの特徴に基づいて自動的
に設定されます。



1. Map

2. SubMap

3. Sweep

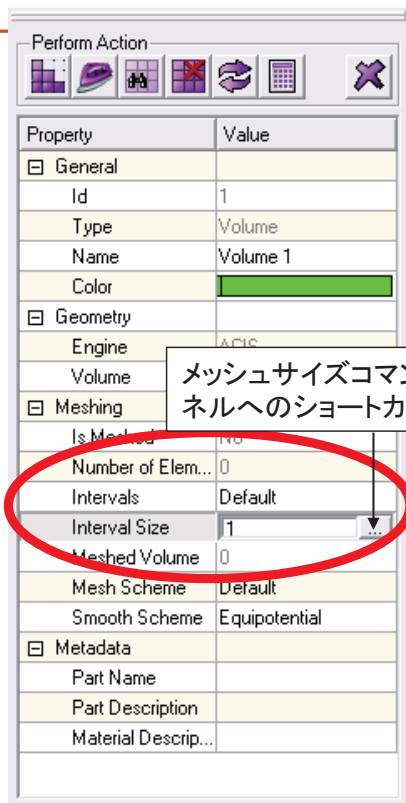
“auto”でメッシュスキームを選択する場合の優先順位

Autoスキームで作成しても、ソース・ターゲット
の手動選択が必要になることがあります。

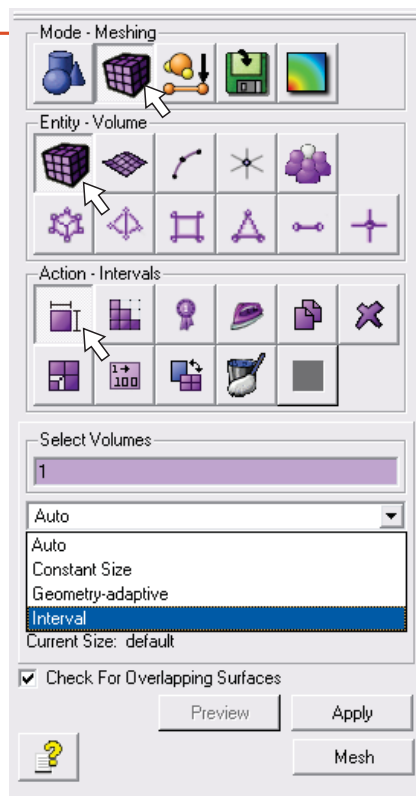
csimsoft™

Steve Owen M&T

メッシュサイズ



メッシュサイズはプロパティパネルからジオメトリエンティティに設定できます。



メッシュサイズコマンドパネル

メッシュサイズはジオメトリの属性です。エンティティを選択して、属性を設定します。

Auto: 相対値

1 = 精細メッシュ
10 = 粗いメッシュ
プレビュー機能でメッシュサイズの確認ができます。

Constant: メッシュアルゴリズムはエッジの長さを一定に保つようにメッシュ生成します。

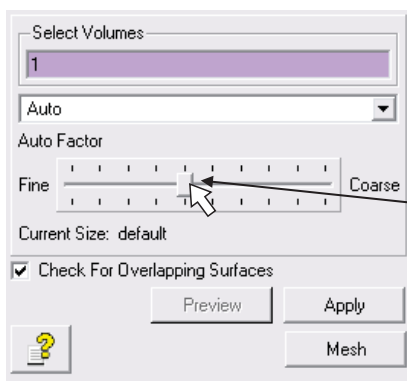
Interval: カーブ上のインターバル数を規定します。

Geometry Adaptive: ジオメトリの特徴にあわせてサイズを決めます。

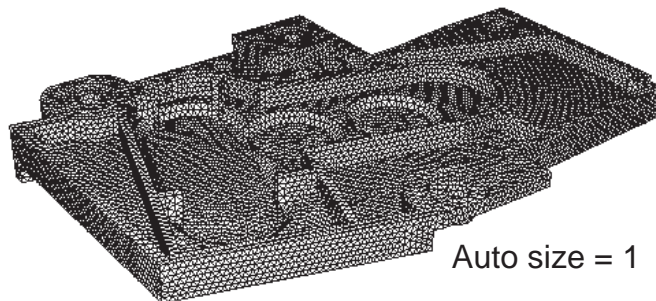
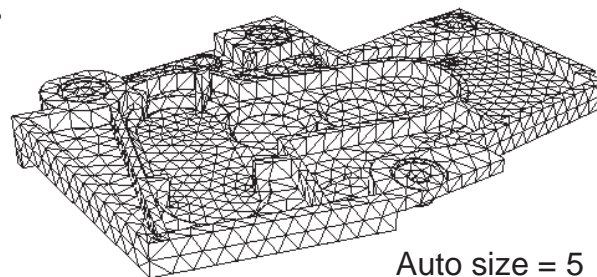
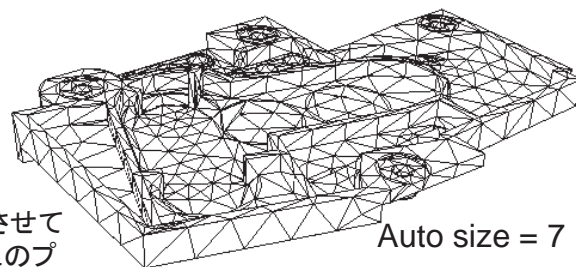
csimsoft™

M&T

自動メッシュサイズ



スライダーを移動させてカーブ上のメッシュのプレビューを見ます。



要素の正確なサイズを知る必要はありません。

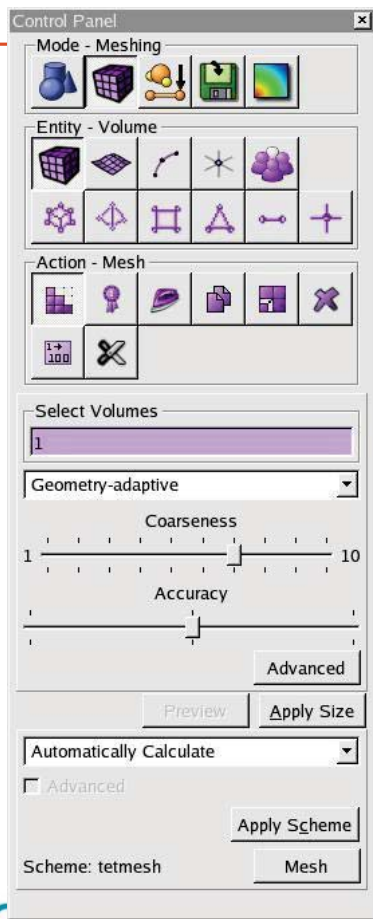
試行錯誤を行って要素のサイズを求めます。

サイズを設定しない場合、CUBITが自動的に"Auto mesh size=5"と設定します。

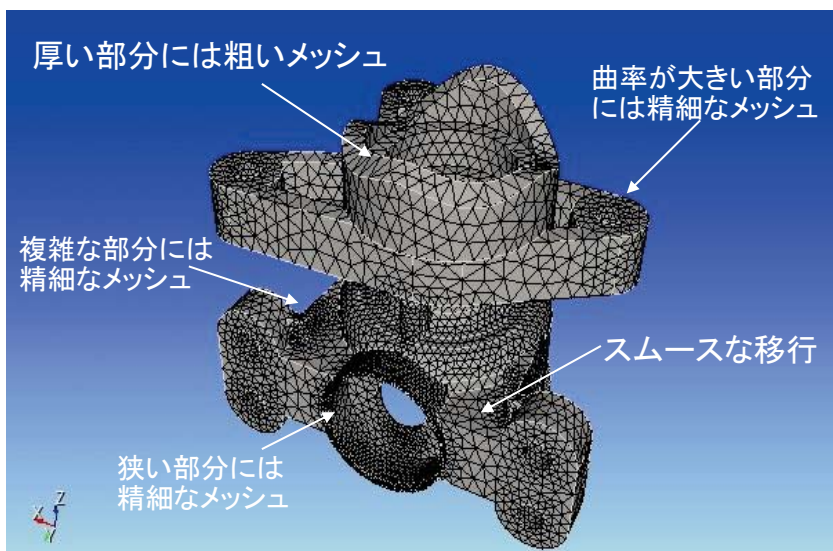
csimsoft™

M&T

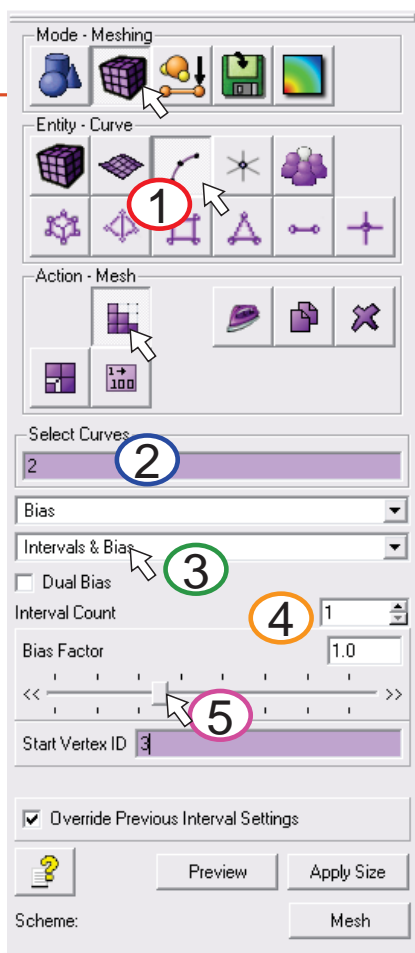
ジオメトリアダプティブサイズ



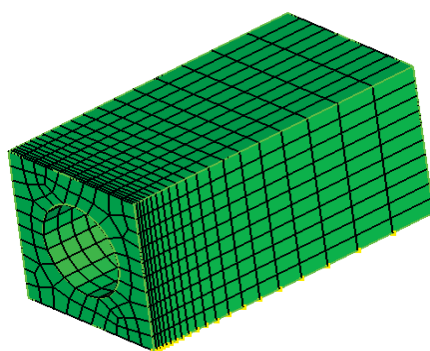
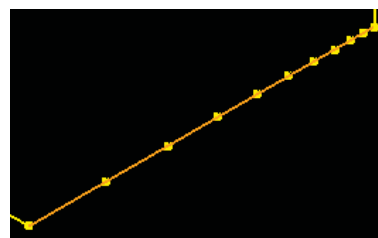
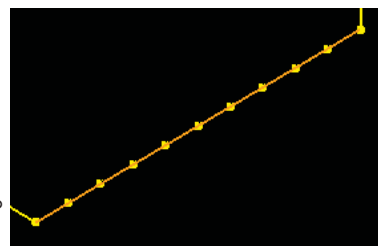
- 非構造のメッシュスキームにのみ使用します。
 - Tetmesh, trimesh, pave
- メッシュの粗さは1~10の間で変更できます。
 - 1 = 精細メッシュ、10 = 粗いメッシュ
- 精度は1~3までの間に変更できます。
 - 1 = 速い、正確さは劣る、3 = 遅い、最も正確
- 他のアーギュメント
 - 成長率、スパン角度、要素の厚さ



カーブバイアス



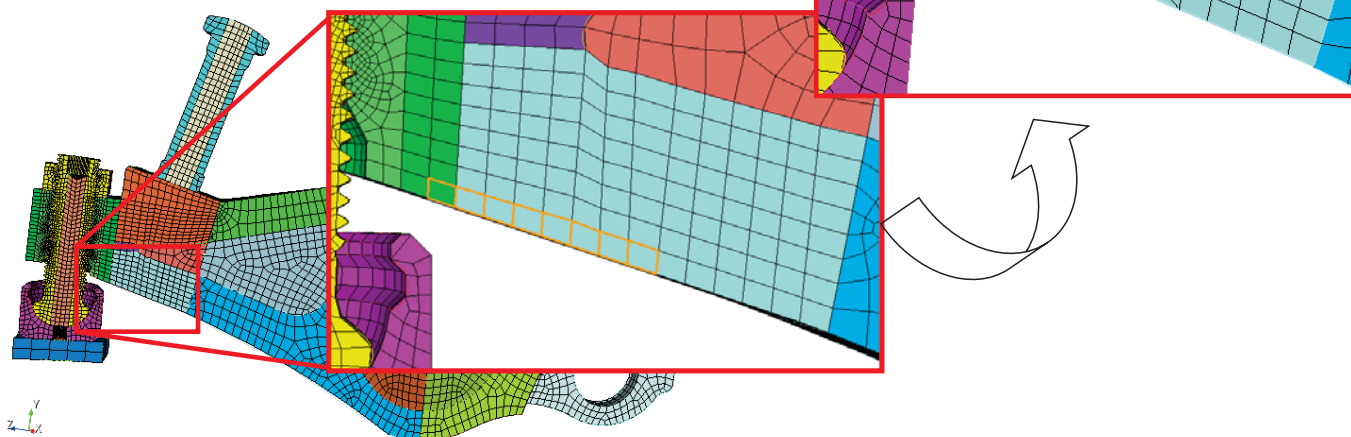
- ① カーブバイアスパネルを開きます。
- ② カーブを選択します。
- ③ Bias スキームを選択します。
- ④ インターバルの数や開始点などを設定します。
- ⑤ スライダーを動かして、バイアスメッシュのプレビューを見ます。



“Propagate Curve Bias”
GUI パネルでBiasスキームから選択します。 ③

メッシュのリファイン

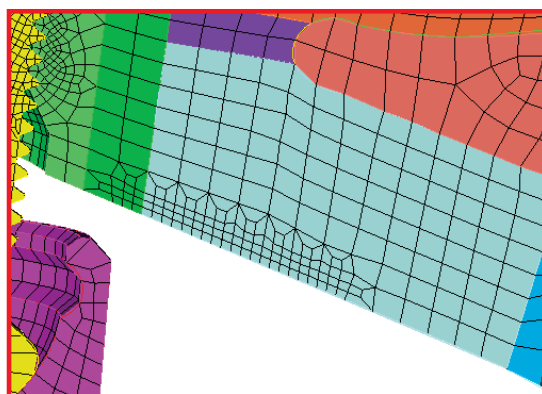
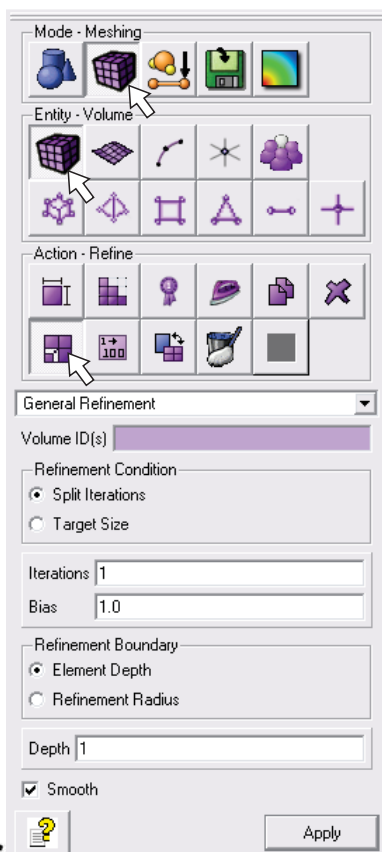
- ヘキサ・テトラ・クワッド(face)のメッシュリファイン
 - メッシュやジオメトリのエンティティとサイズを指定します。
 - ボリユームの境界をリファインします。



csimsoft™



メッシュのリファイン



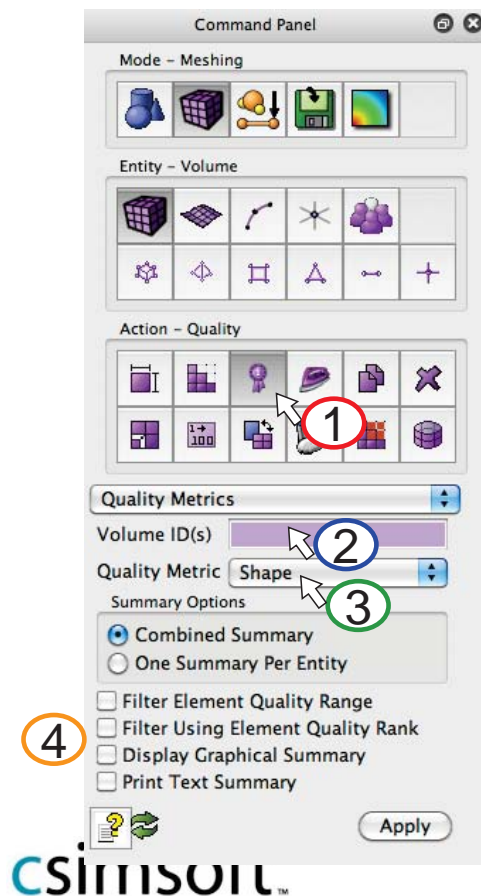
```
Refine {Node|Edge|Tri|Face|Tet|Hex}
<range> [NumSplit <int = 1>|Size
<double> [Bias <double>]] [Depth
<int>|Radius <double>] [Sizing_Function]
[no_smooth]
```

```
Refine {Vertex|Curve|Surface|Volume}
<range> [NumSplit <int = 1>|Size
<double> [Bias <double>]] [Depth
<int>|Radius <double>] [Sizing_Function]
[no_smooth]
```

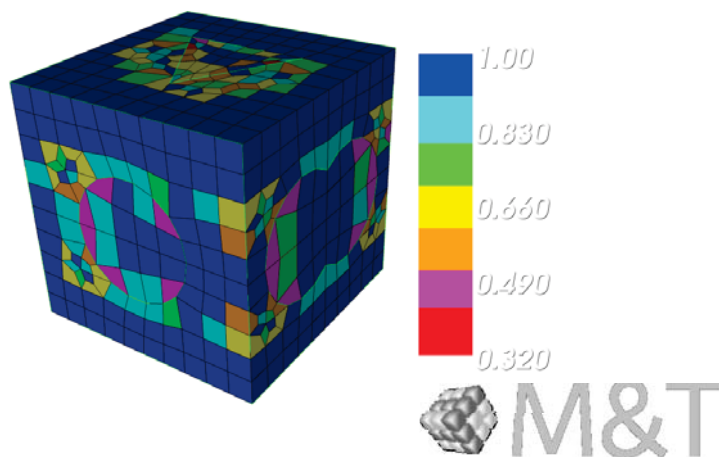
CSIMSOFT™



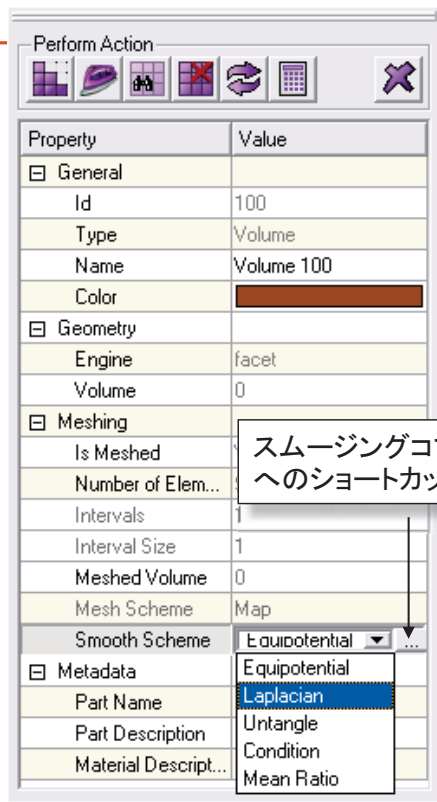
メッシュ品質 コマンドパネル



- ① メッシュ品質パネルを開きます。
- ② 検査対象のメッシングしたボリュームを選択します。
- ③ 品質メトリクスを選びます。
- ④ メトリクスの表示オプションを選びます。



スムージング



スムージングは、要素間の接続を変えずに、ノードの位置を調整します。

数多くの特徴的なスムージングスキームがあります。

通常、反復アルゴリズムによってメッシュの品質を向上させます。

スムージングスキームは面やボリュームにも適用します。

スムージングスキームは、1つの属性として使われます(メッシュスキームに類似)。

サーフェスとボリュームのスキームは独立しています
(free boundary optionを選択している場合は除く)。

スムージングスキームはプロパティパネルから設定します。

スムージングスキームは、コマンドパネルからも設定可能です。

インタラクティブなノードの編集

- 形成変更するノードのノードを選択します。
 - 移動させるノード（複数選択可）の、アウトラインを表示します。
 - 移動するノードの品質を表示しながら確認することができます。

