

汎用ジオメトリ／メッシュ作成ツールキット Cube-it

加藤 国男*

Kunio Kato*

Cube-it は、有限要素／有限体積メッシュ生成のため、形状の読み込みからメッシュ出力までのフル機能ツールキットである。

Key word: サンディア国立研究所、csimsoft,M&T、ジオメトリの作成、メッシュ生成とスムージング、CFD および FEM のサポート

1. はじめに

Cubit はさまざまな物理現象の数値解析用に高品質かつ大規模なメッシュを作成するためのプリプロセッサとして、1989年頃アメリカのサンディア国立研究所に開発のためのプロジェクトが発足し、現在では全世界の何千もの大学や企業の発展に重要な役割を果たすまでに成長した。世界中のユーザーに Cubit を提供するために、1998年 csimsoft が設立され、ジオメトリの作成、メッシュ生成およびスムージング等、さまざまな CFD および FEM に必要な機能を強化し続けている。2010年、M&T社による日本国内への販売を開始し、2014年に Cubit をベースとした Cube-it をリリースした。

2. 機能

Cube-it の主な目的は、ソリッドモデラで作成された形状に対し、大規模メッシュ作成にかかる作業時間を減らすことにある。有限要素／有限体積解析のための、ボリュームおよびサーフェスマッシングの機能を持っている。

2.1. 形状作成

ゼロから設計者が Cube-it の CAD カーネルを利用して3次元のソリッドモデルデータを作成する方法と、他の CAD システムで作成した CAD データをインポートする方法がある。

形状情報を座標変換したり、修正したり、和・

*アドバンスソフト株式会社 第1事業部

1st Computational Science and Engineering Group,
AdvanceSoft Corporation

差・積等のブーリアン演算を行って解析用のモデル形状として完成させる。

2.1.1. ソリッドモデラによる新規作成

プリミティブな点・カーブ・面・体積の基本形状の作成法またはボトムアップの作成法が可能である。

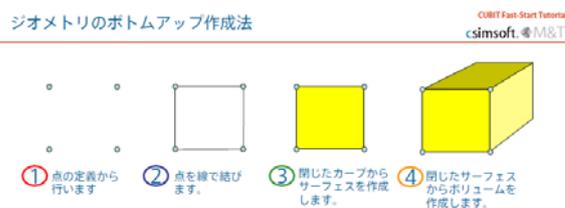


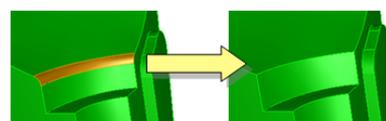
図1 ソリッドモデラによる新規作成

2.1.2. 形状修正

- ・CAD形状のヒーリング
- ・面、曲線、点の修正
- ・不連続に接続する面と面の交線作成と、形状の一致する面の自動接合

*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

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。

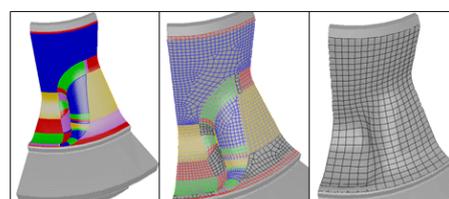


図2 形状修正

2.1.3. 座標変換

- ・移動、回転、反転、スケーリング

メッシュ作成ツールキット
Cube-it Ver.15.0の紹介

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リングにも対応。

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

csimsoft. M&T

図 3 座標変換

2.1.4. 形状の集合演算

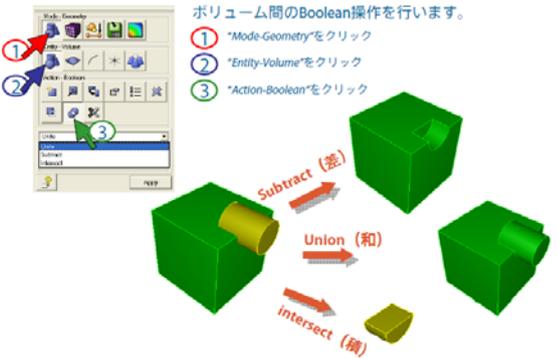
- ・和、差、積：複数のソリッドの集合演算
- ・インプリント：面と面の交差するカーブを定義マージと連動して連続メッシュに対応
- ・マージ：インプリントした交差面の接合
- ・ウェブカット：ソリッドを定義した面で切断する。ヘキサメッシングのための分割に非常に便利な機能

ジオメトリのBoolean演算

CUBIT Fast Start Tutorial
csimsoft. M&T

ポリューム間のBoolean操作を行います。

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



/インプリント・マージ

```
#ポリューム分割
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
```

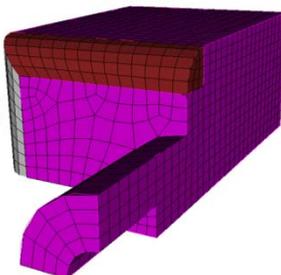


図 4 形状の集合演算

2.1.5. 形状の削除

全体削除、下位のトポロジーを残して削除が可能である。

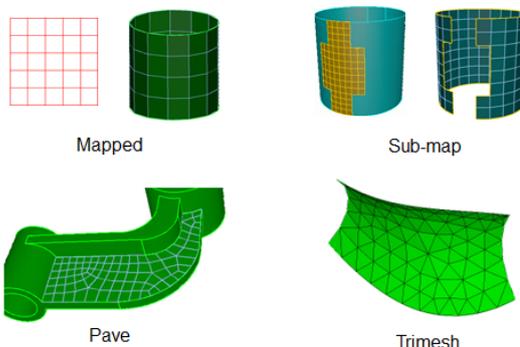
2.2. CAD データおよびメッシュデータのインポート

ACIS,STEP,IGES,Facets,STL,Exodus II ,Cube-it 等の CAD データおよびポリゴンおよびメッシュ、さらに cub ファイルをインポートが可能である。ジオメトリツールを利用して、インポートした CAD モデルのクリーンアップ・分解が簡単に可能である。

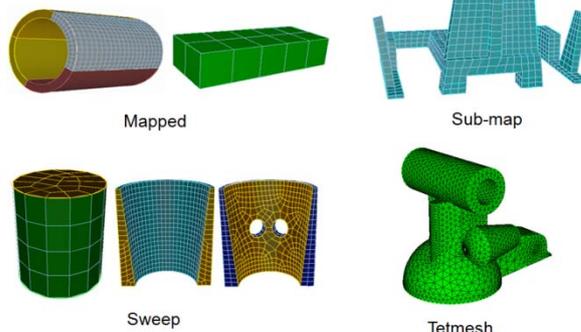
2.3. メッシュ生成

ジオメトリ作成、ジオメトリ修正/分割、メッシュ (ヘキサ・テトラ・ピラミッド・ウエッジ・四角・三角) 生成、メッシュ最適化、境界条件設定、スクリプト作成、自動化 (PythonAPI) が可能である。

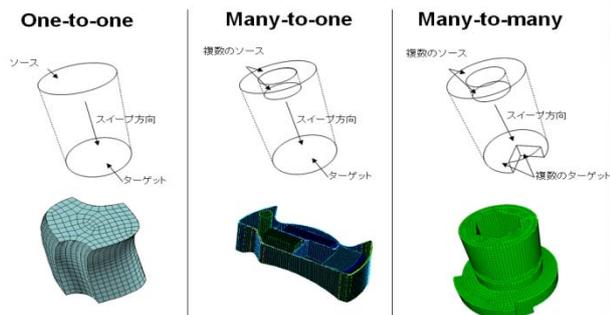
サーフェスマッシュ



ポリュームメッシュ

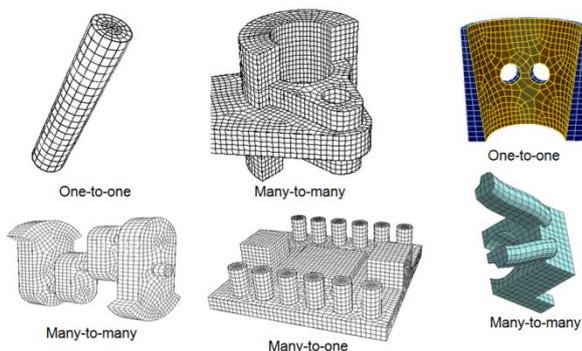


スweepスキーム



スweepスキーム

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



スweepスキーム

典型的なone-to-one スweep

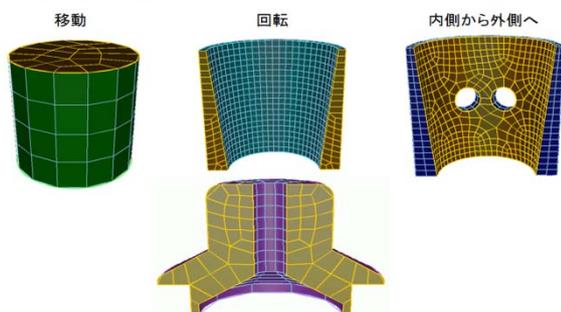


図 5 メッシュ生成

2.4. メッシュのエクスポート

Abaqus, IDEAS-Universal, NASTRAN-BDF, Patran, LS-Dyna, Fluent, OpenFoam, Exodus II, Cube-it 等へのエクスポートが可能である。

Advance/FrontSTR で使用するには Abaqus 形式で、Advance/FrontFlow/red で使用するには Fluent 形式でエクスポートする。

2.5. ジャーナル/スクリプト

以上の形状作成からメッシュ出力までの作業

のコマンドをジャーナル機能で記録する。このジャーナルを再実行や、編集することによりパラメータスタディが可能である。また、Cube-it では、PythonAPI が利用可能であり、Cube-it コマンドと Python を利用することにより、より自由度の高いメッシュ作成のプログラミングが可能である。

3. 稼働環境

- ・ Microsoft Windows 7/8/10 (64bit)
- ・ Red Hat Linux 64bit

4. ラインナップ

- ・ 流体解析用：Cube-it CFD
- ・ 構造解析用：Cube-it FEA
- ・ 流体・構造解析用：Cube-it Pro

5. 弊社の実績の一例

船舶のプロペラ単独性能解析に、まず図 6 プロペラの形状を CAD データとしてインポートする。図 7 疑似水槽を円筒で作成する。図 8 メッシュ生成する。図 9 プロペラ単独性能曲線を作成する。Cube-it と Advance/FrontFlow/red を造船所に納入し、水槽試験のシミュレーションに活躍している。

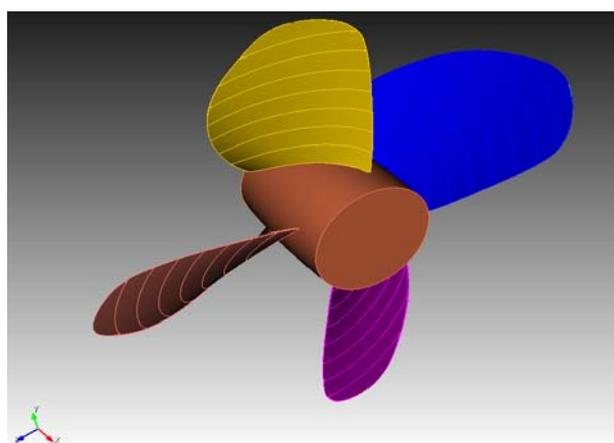


図 6 プロペラ (Wageningen B-Screw)

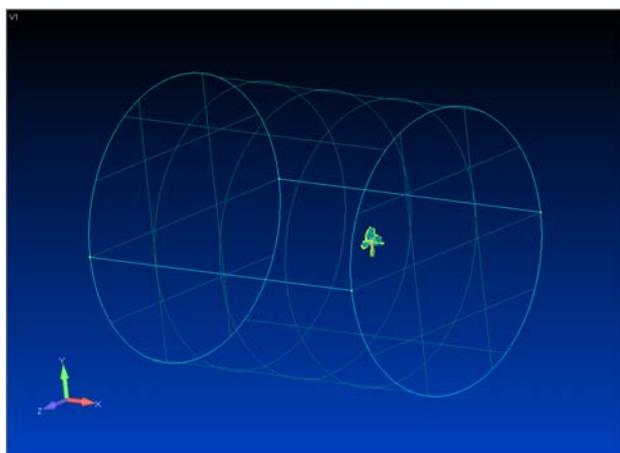


図 7 疑似水槽

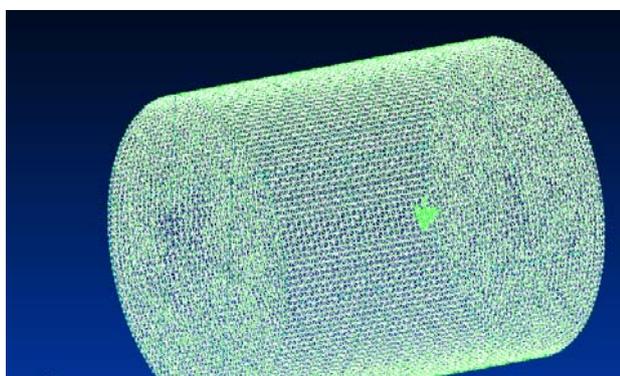


図 8 メッシュ生成

プロペラ表面のメッシュサイズ=12.5mm

周囲円筒のメッシュサイズ=400mm

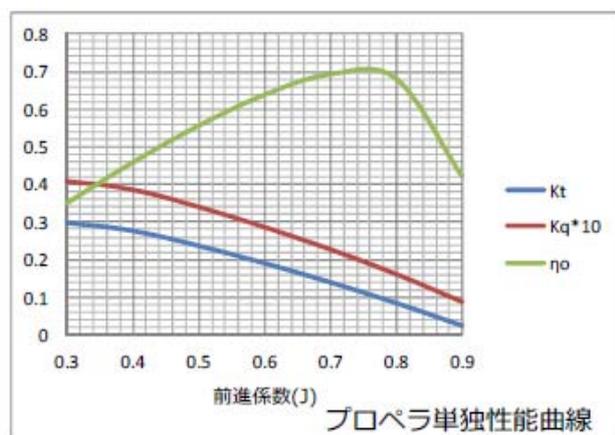


図 9 プロペラ単独性能曲線

6. 最新の Ver. 16.0

- ・メッシュスケール機能

Mesh Scaling を使って、図 10 のようにオールヘキサメッシュでの要素数を調整することができる。

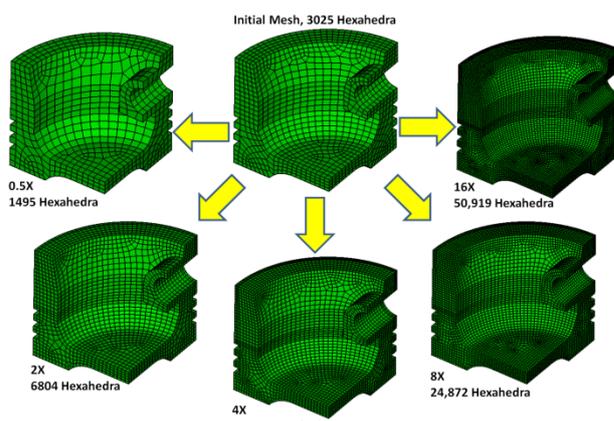


図 10 Mesh Scaling

Mesh Scaling は、ソリューションの検証に使用できる非常に有用なツールである。収束をみるために、同じモデルのメッシュを細かくしていきながら解析を繰り返し行う場合、従来のリファインメントでは、メッシュを細かくするたびに要素数が 8 倍で増え、解析における計算資源を急速に消費していた。Mesh Scaling を使用すれば、メッシュの要素数増加をより穏やかにし、より少ない計算資源を使いながら、より多くの収束研究データを得ることができる。

7. まとめ

“Cube it” はジオメトリから Cube (ヘキサエレメント) を意味する。Cube-it は全自動ヘキサメッシュ生成を目標に日々進化し続けている。適用分野も造船・自動車等の製造業、土木・建築、金属・鉄鋼、半導体等多くの業務で構造解析・流体解析のメッシュ生成シミュレーションツールとして活用されている。

※ 技術情報誌アドバンスシミュレーションは、アドバンスソフト株式会社 ホームページのシミュレーション図書館から、PDF ファイルがダウンロードできます。(ダウンロードしていただくには、アドバンス/シミュレーションフォーラム会員登録が必要です。)