

rFlow3Dの用自動格子生成ツール “rGrid” の紹介

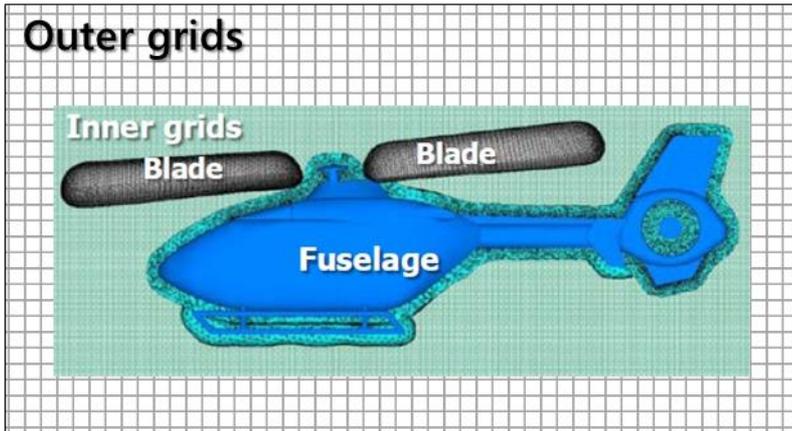
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
航空技術部門 航空環境適合イノベーションハブ
回転翼機高速化技術チーム
木村 桂大

目次

1. はじめに
2. rGridの概要・格子作成例
3. rGrid機能紹介
4. まとめ

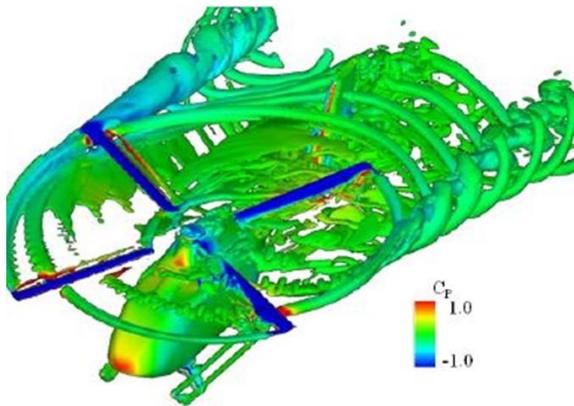
はじめに

rFlow3D : JAXA開発の回転翼機解析に特化したCFDソルバー

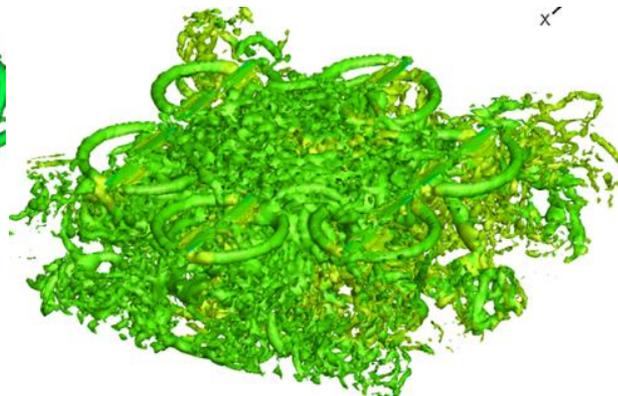


rFlow3Dの重合格子系

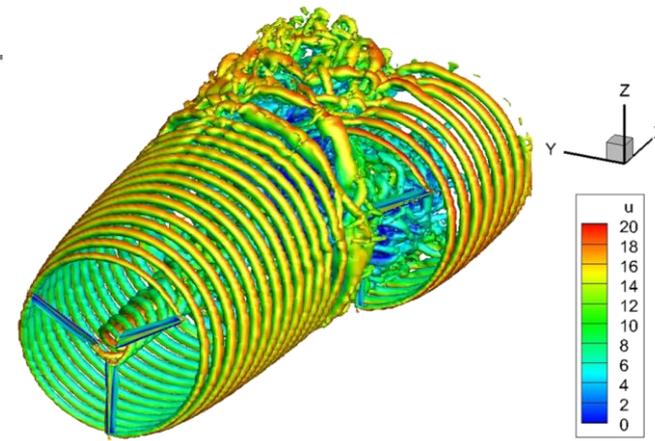
- 移動重合格子法により、回転翼の運動を直接的に表現可能
- 幅広いマッハ数範囲で低散逸な計算スキーム
- 高次精度の解法により渦を含めた流れ場を詳細に解像
- ヘリコプター、ドローン、風車など幅広い分野について解析事例があり、検証が進んでいる



ヘリコプター全機解析



マルチロータ



風車後流風速分布

前処理・後処理のサポート

rFlow3Dは流体解析・構造解析・音響解析と多くの機能を持ち、幅広い解析が可能

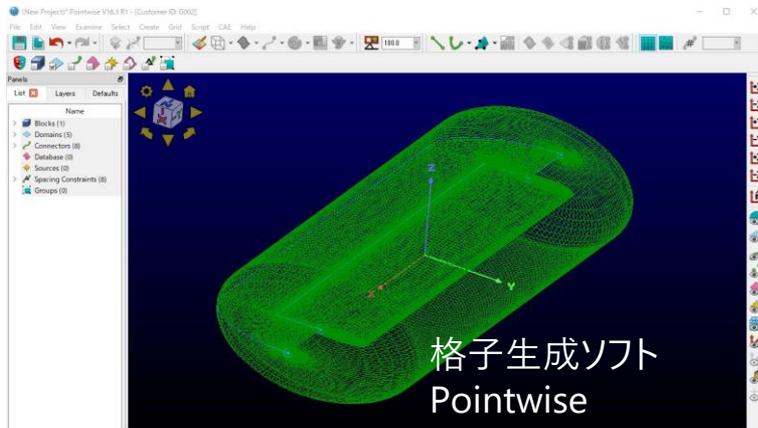
ただし・・・

CFD解析には、別途**格子生成・可視化ソフト**が必要（Pointwise, tecplotなど。高価！）

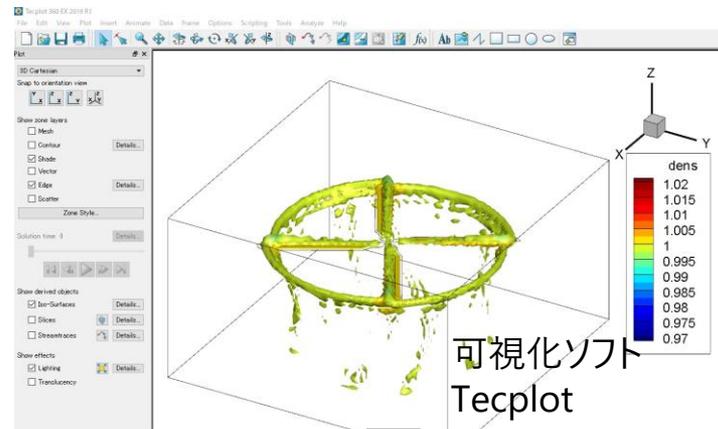
(1) **専用格子生成ツール（rGrid）**の開発

(2) フリーの可視化ソフトへの対応

により導入障壁を低く・使いやすく



**専用自動格子生成
ツール rGrid**

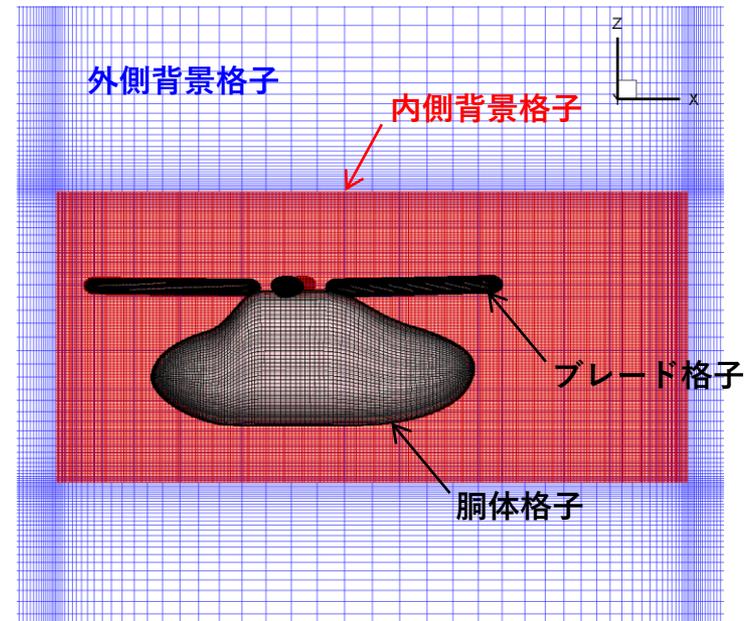
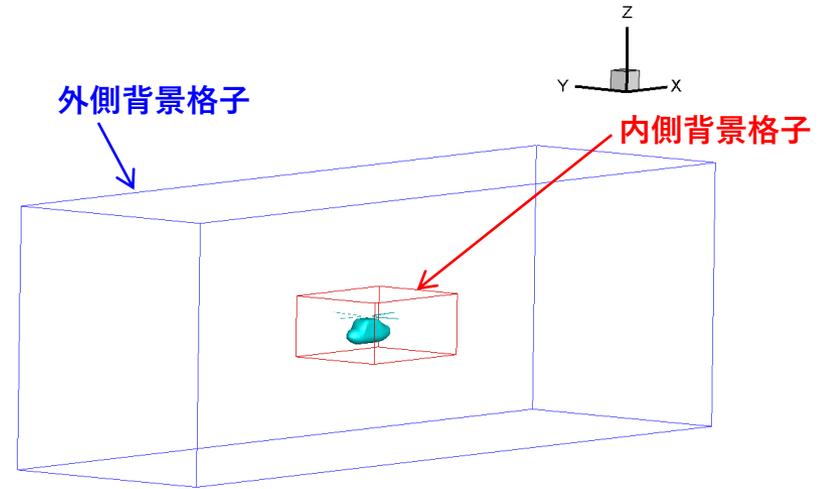


**フリー可視化ソフト
paraview**

rFlow3Dで用いる格子系

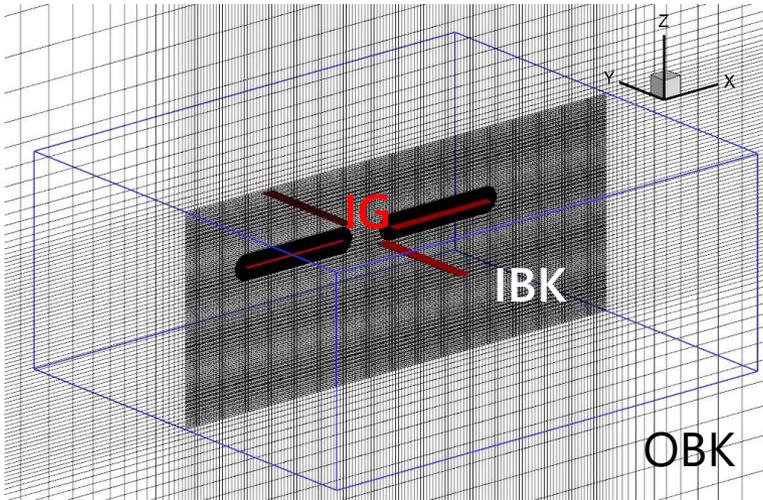
- 移動重合格子法による格子系
 - ✓ 外側背景格子 (直方体・円筒型)
 - ✓ 内側背景格子
 - ✓ ブレード格子 (+ダクト格子)
 - ✓ 胴体構造格子
 - ✓ 胴体非構造格子

* 赤字の項目についてrGridでカバー

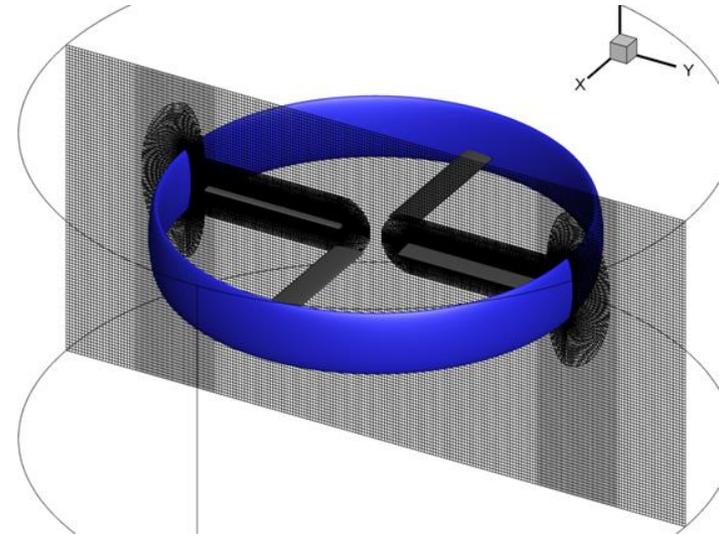


rGridによる格子作成例

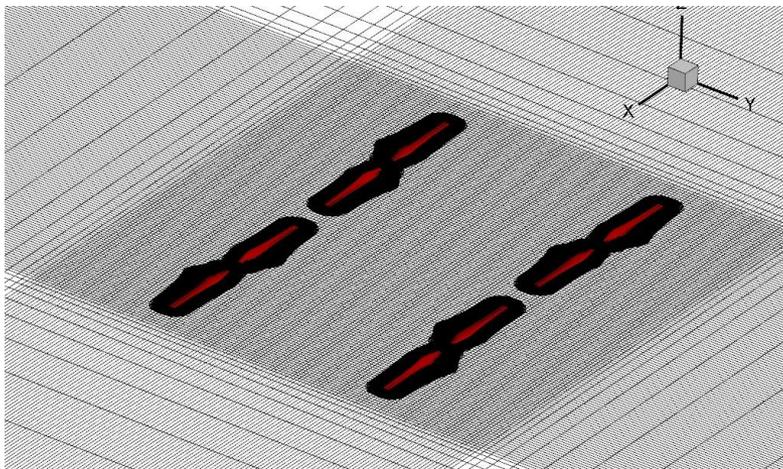
✓ ヘリコプター



✓ ダクトドロータ

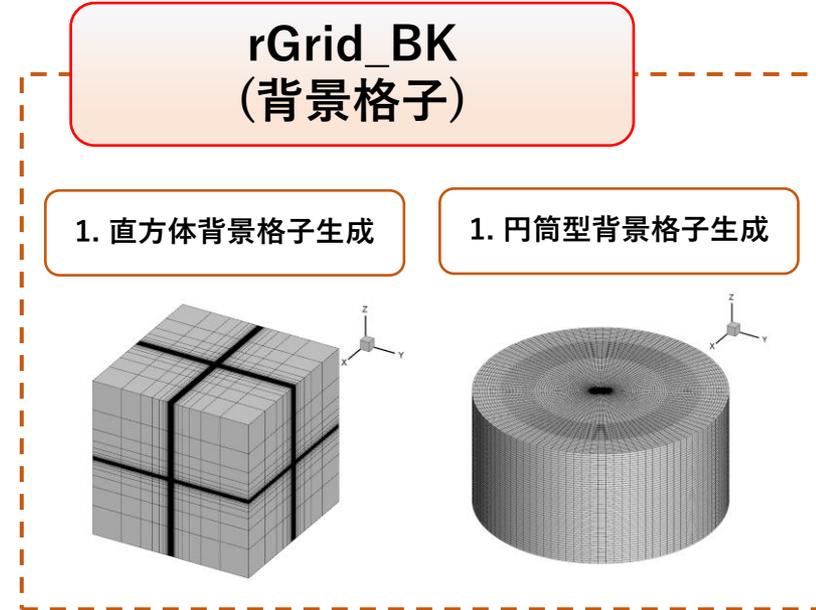
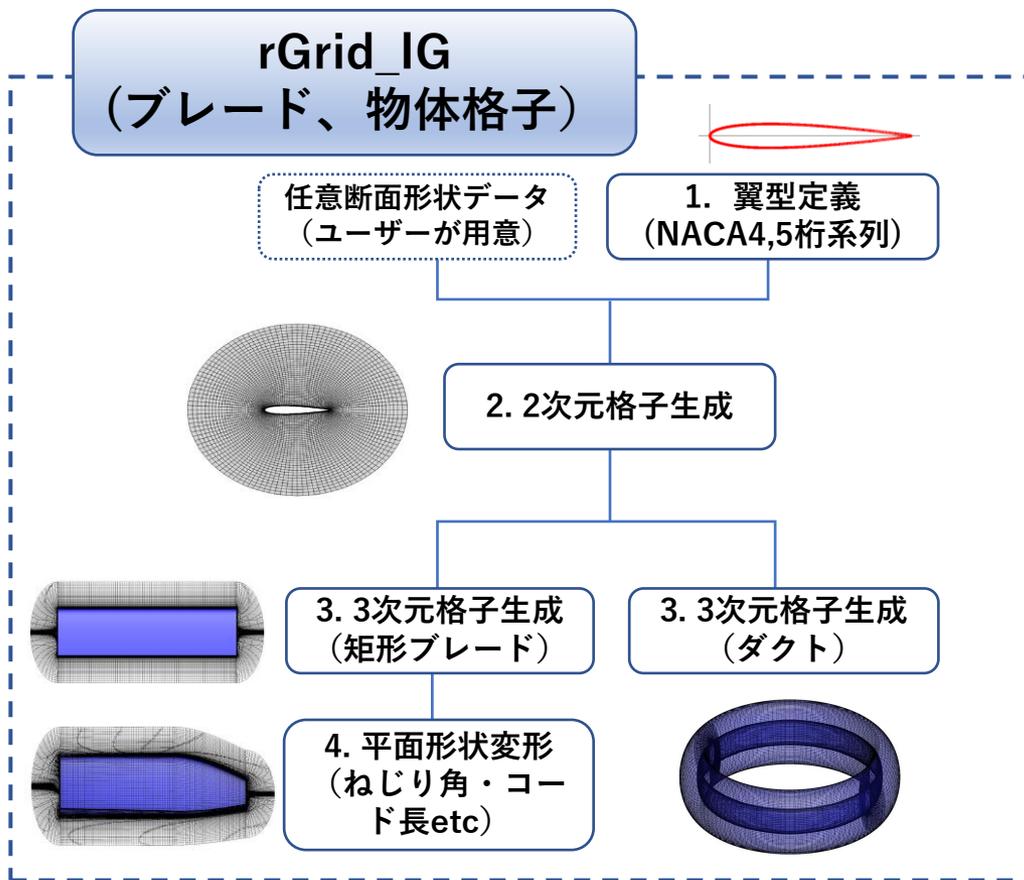


✓ ドローン



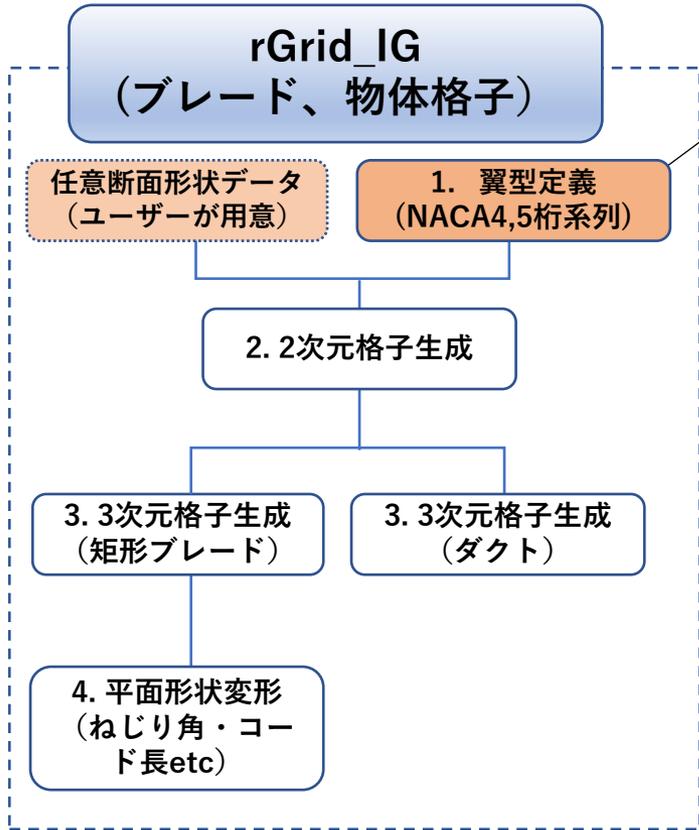
- ✓ rFlow3Dでは重合格子系のセットを扱う
- ✓ rGridでは
 - 外側背景格子 (OBK)
 - 内側背景格子 (IBK)
 - ブレード格子/ダクト格子 (IG)
 が作成可能

rGrid機能一覧



✓ 物体周りの格子を作成するIGファミリーと背景格子を作るBKファミリー

rGrid_IG : 翼型定義

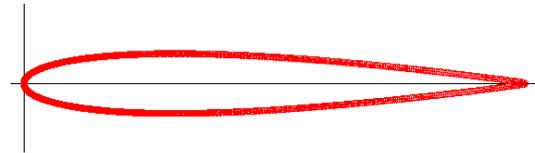


NACA4digits.exe, NACA5digits.exe

```

    NACA4digits
    File Edit View State Window Help
    Graphic1
    INPUT NUMBER OF POINTS ON WING SURFACE (<= 1001) :
    1001
    INPUT NACA 4-DIGITS SERIES WING PARAMETERS
    INPUT (MAXIMUM THICKNESS)/CHORD T (0.12?) :
    0.12
    INPUT (MAXIMUM ORDINATE OF MEAN LINE)/CHORD M (4412=>0.04) :
    0
    INPUT CHORDWISE POSITION OF MAXIMUM ORDINATE P (0.4?) :
    0
    input x-dist. factor m(=2.0?) :
    1.8
  
```

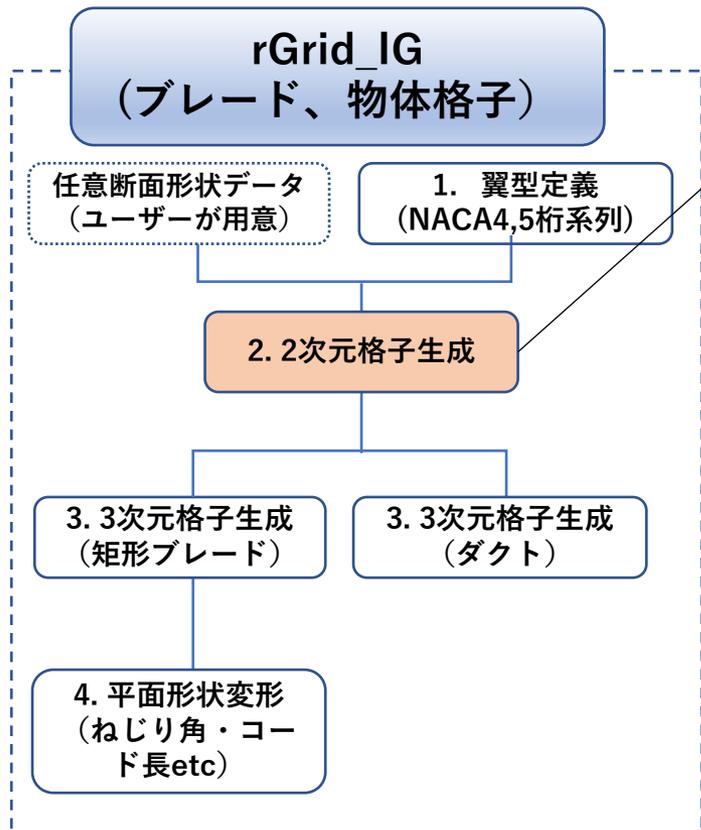
操作画面



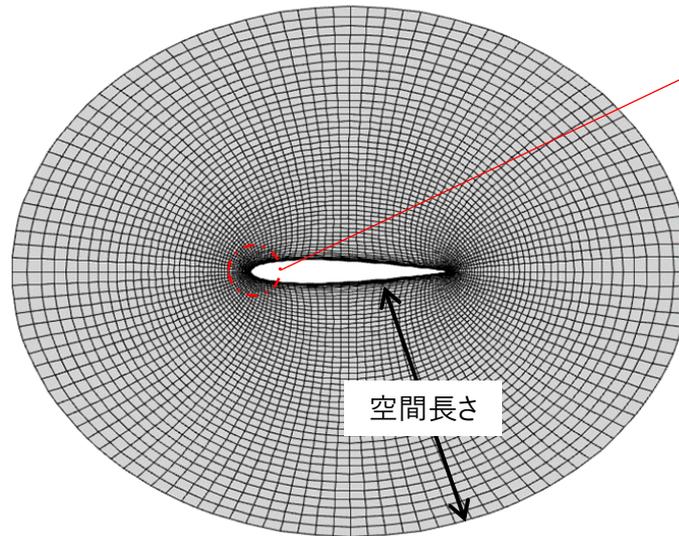
出力例
(NACA0012)

- ✓ NACA0012、NACA23012などの4桁、5桁の番号の情報から翼型の点群データを出力するモジュール
- ✓ NACA系列以外の翼型形状についても点群データを準備すれば以降の格子生成ツールの利用が可能

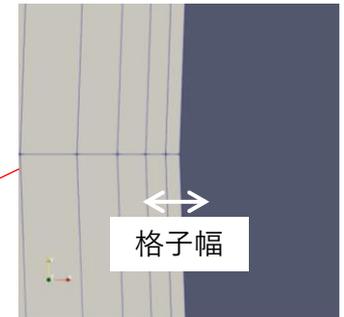
rGrid_IG : 2次元格子生成



OH2D_Gridgen.exe

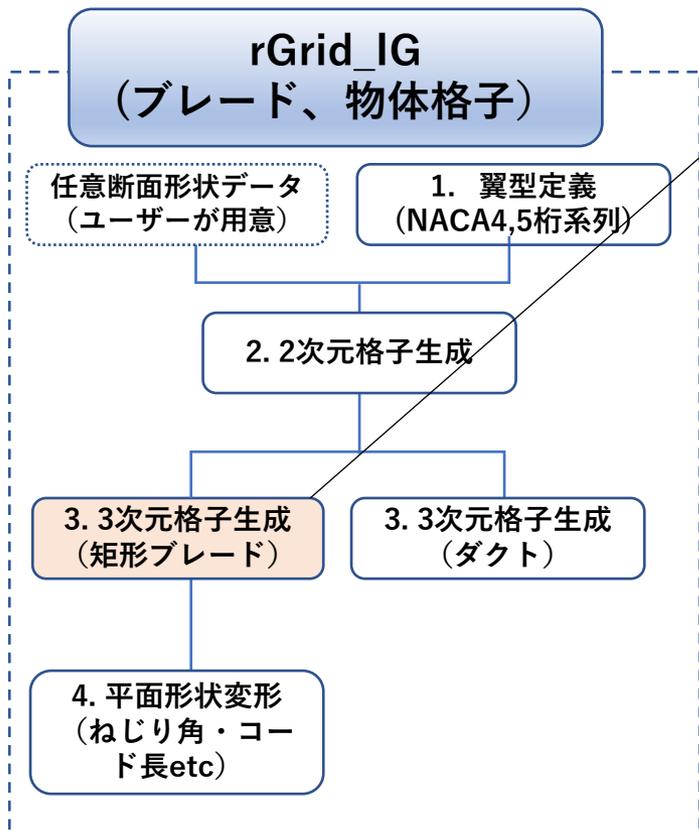


2次元格子外観

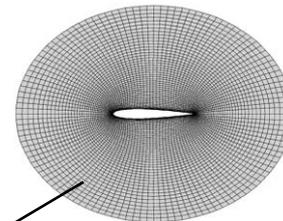
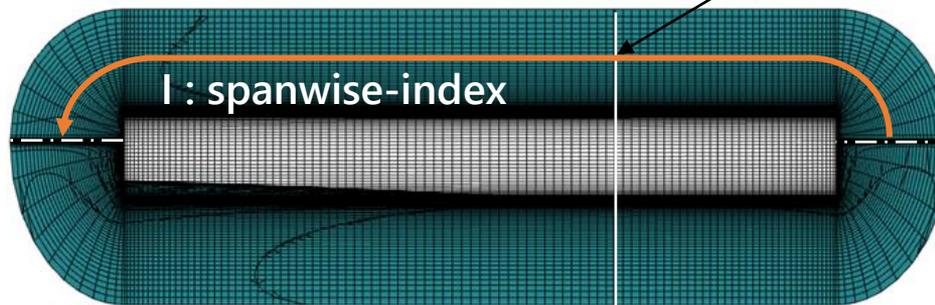


- ✓ 用意した翼型形状・断面形状データから2次元格子を作成
- ✓ 物体周りの空間長さや格子幅について設定可能 (これらのパラメータの設定についてもカリキュレーターの用意あり)

rGrid_IG : 3次元格子生成 (ブレード)



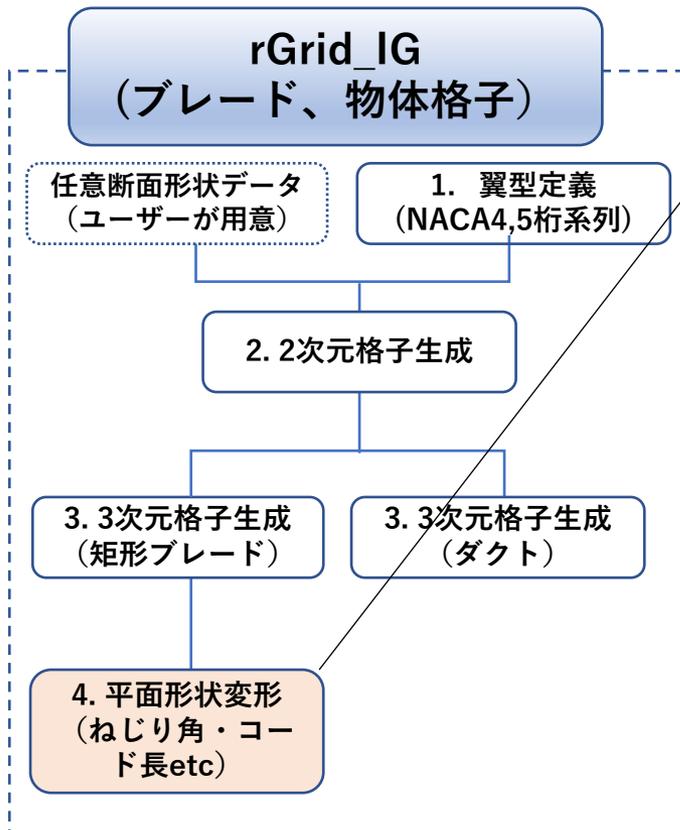
SOH3D_Gridgen.exe



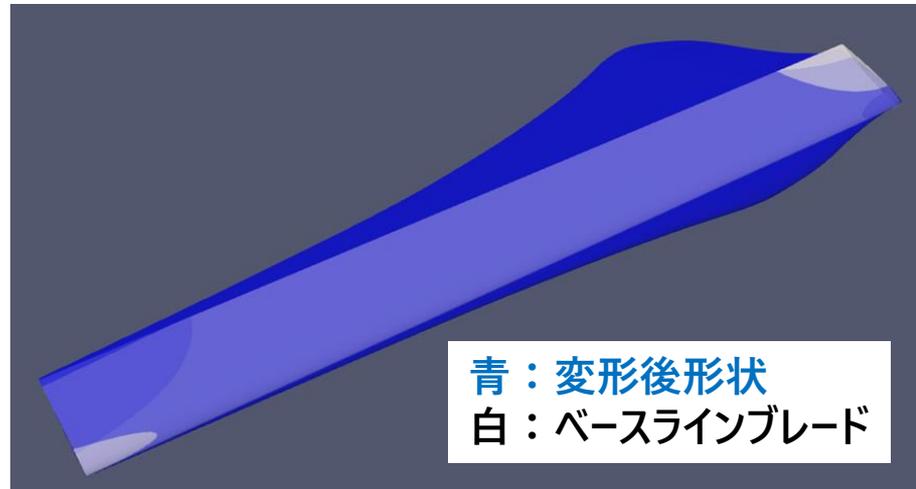
3次元格子 (ブレード) 外観

- ✓ 2次元格子をスパン方向に並べていくことで3次元格子を作成
- ✓ 翼端・翼根は特異点 (線) に集まるように成長
- ✓ 格子点数や翼端・翼根周りの格子解像度を調整可能

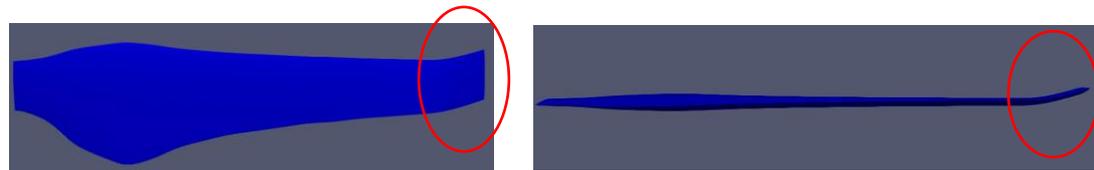
rGrid_IG : 平面形状変形



Blade_Modification.exe



変形ツール使用例

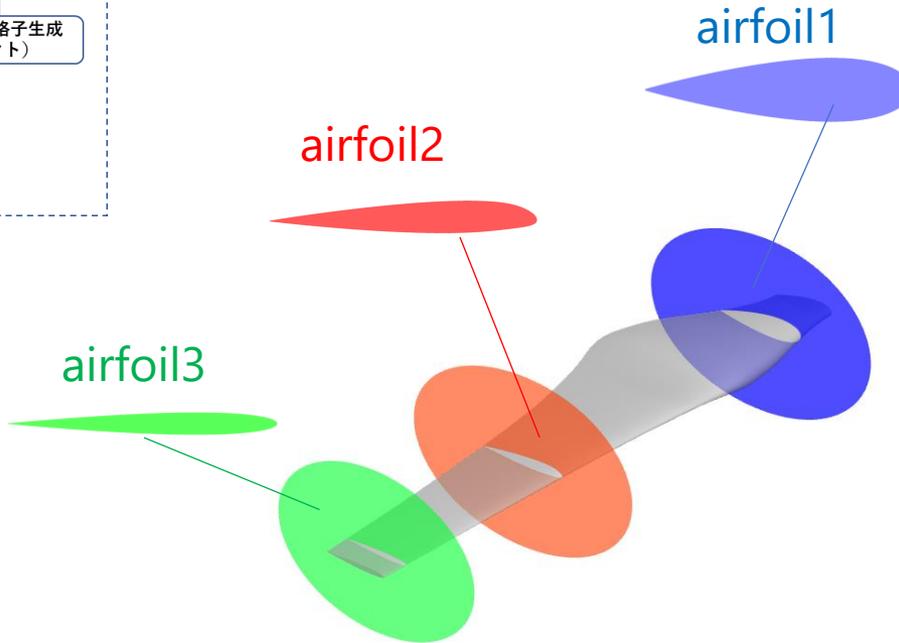
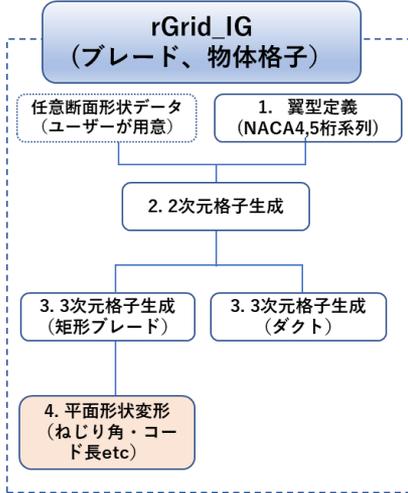


- ✓ 4種類の変形モード
 1. ねじり角 (スプライン・線形)
 2. コード長 (スプライン・線形)
 3. 前進角・後退角
 4. 上反角・下反角

rGrid_IG : 平面形状変形

Blade_Modification.exe 翼型の入れ替え機能

- 複数の翼型を用いてスパン位置ごとに翼型を変えることが可能

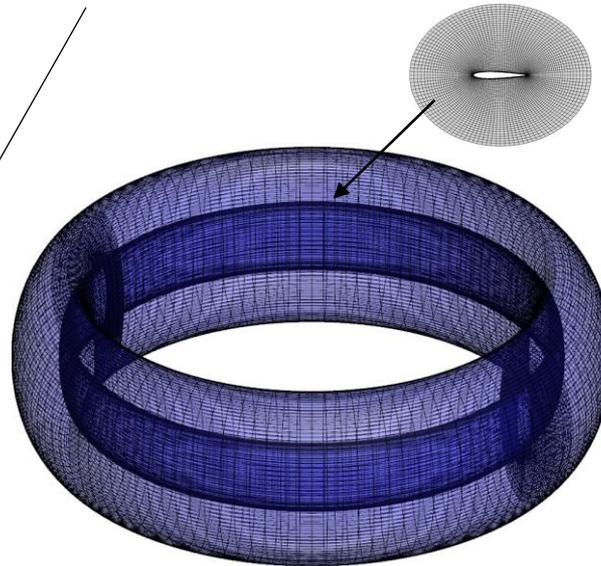
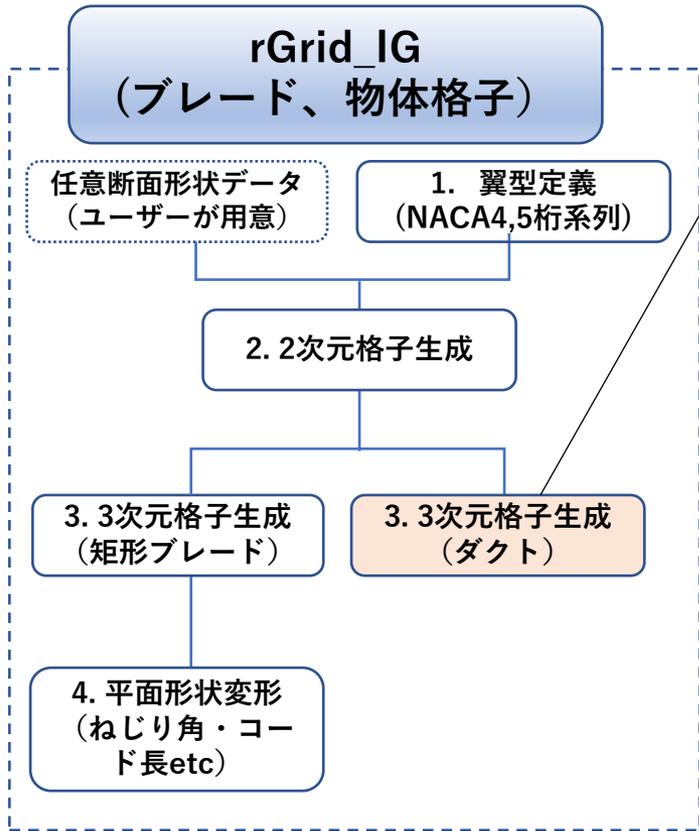


合成後のブレード (例)

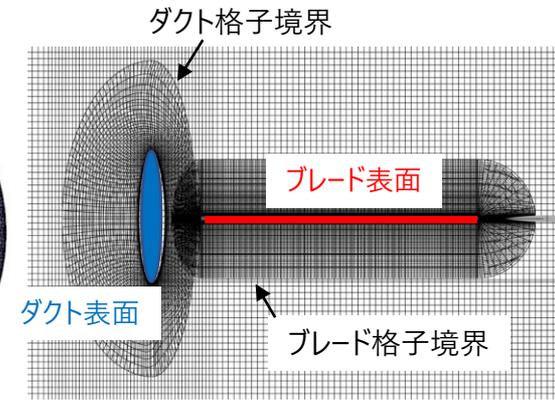
- $r/R = 0.1 \sim 0.3$ (airfoil1)
- $r/R = 0.3 \sim 0.4$ (遷移領域)
- $r/R = 0.4 \sim 0.8$ (airfoil2)
- $r/R = 0.8 \sim 0.9$ (遷移領域)
- $r/R = 0.9 \sim 1.0$ (airfoil3)

rGrid_IG : ダクト格子生成

SOH3D_Gridgen_ducted.exe



ダクト格子外観



重合領域の調節

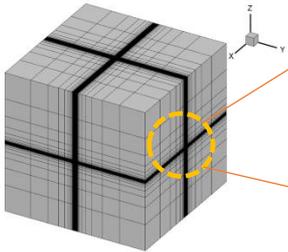
- ✓ 3次元格子作成の派生形。2次元格子を円周方向にスイープすることで任意断面形状をもつダクト格子を作成
- ✓ 重合領域の調整可 (CFD解析手法からくる要求)

rGrid_BK : 直方体背景格子

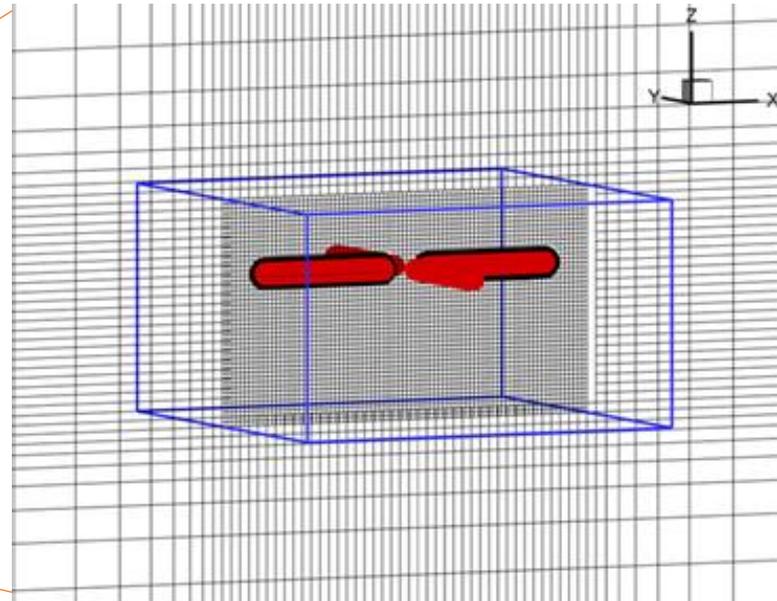
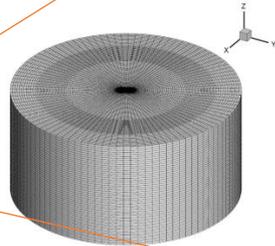
BK_cubic_Gridgen.exe

rGrid_BK
(背景格子)

1. 直方体背景格子生成



1. 円筒型背景格子生成



格子セット例 (OBK + IBK + ブレード)

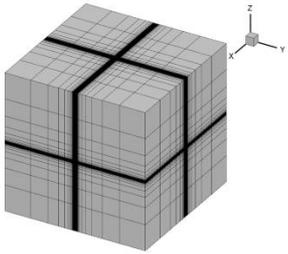
- ✓ 解析上の要求から、広範囲の領域を持ち、なおかつ局所的に解像度の高い領域を持つ背景格子が必要
- ✓ ブレード存在領域周辺に格子を寄せる幅寄せ機能付
- ✓ xyz方向それぞれの長さや点数、幅寄せ具合をパラメータとして自動生成

rGrid_BK : 円筒型背景格子

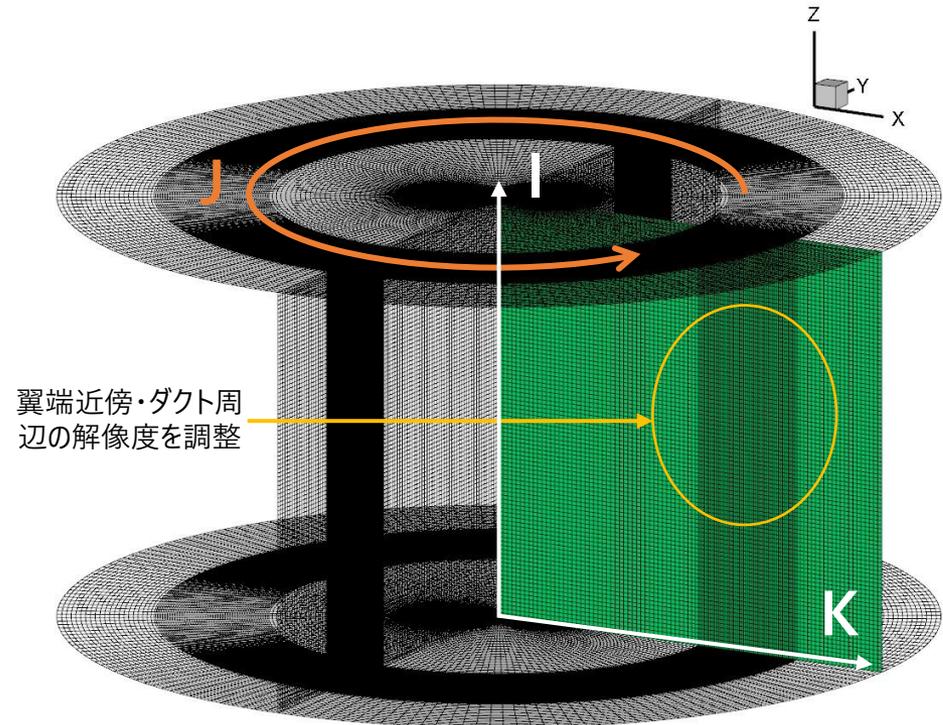
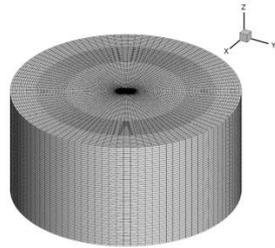
BK_cylinder_Gridgen.exe

rGrid_BK
(背景格子)

1. 直方体背景格子生成



1. 円筒型背景格子生成



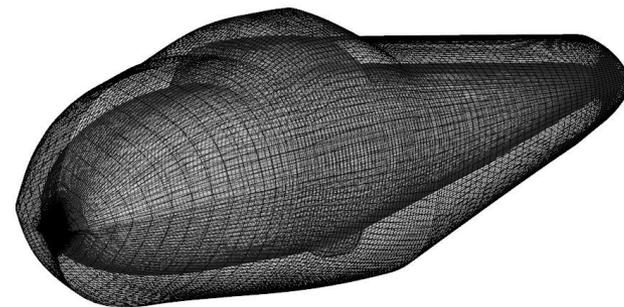
- ✓ ホバリング解析など円周方向に周期性のある条件に適する
- ✓ 半径方向の幅寄せ機能により、例えばダクト周辺の解像度だけを高めるなどの調整が可能
- ✓ 格子点数を決めるためのカリキュレータあり

まとめ

- ✓ rFlow3D用自動格子生成ツール“rGrid”の開発状況を共有した
- ✓ rFlow3Dを利用する場合はもれなく付属（マニュアルもあり）
- ✓ ダクトドロータを含む幅広い条件の回転翼解析が自動生成で可能
- ✓ トライ＆エラーを繰り返す（≒ 格子を作り直す）CFD解析において、多くの手間を削減可能（再現性・利便性UP）

今後の課題

- ✓ 胴体格子の自動生成（トポロジー上はブレード格子と同様に作成可能）



ご清聴ありがとうございました

