

rFlow3Dを用いた卒業研究の事例紹介

金沢工業大学工学部航空システム工学科

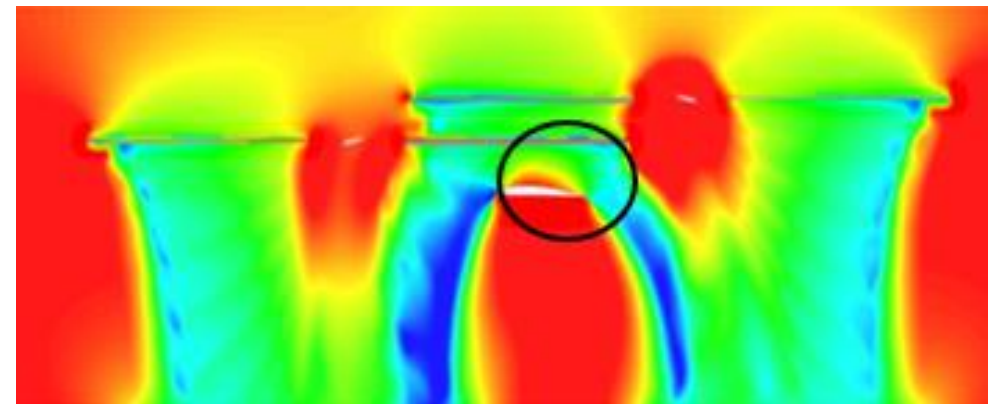
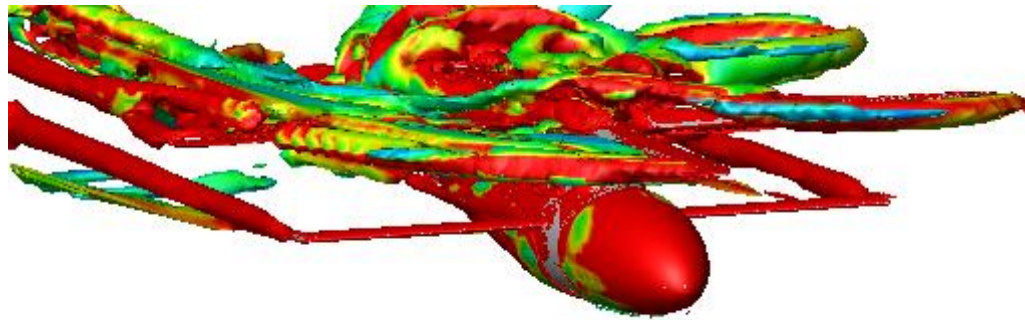
赤坂 剛史

目次

1. はじめに：金沢工業大学赤坂研究室のrFlow3D使用実績
2. 今年度の計算事例
3. 課題と要望
4. おわりに

1. はじめに

- 金沢工業大学ではrFlow3Dを2019年から使用している。
- これまで実施した学年：卒業研究、修士研究、博士研究
- 計算例：
 - シングルロータと主翼の空力干渉：ホバ、前進飛行
 - タンデムロータと主翼の空力干渉：ホバ



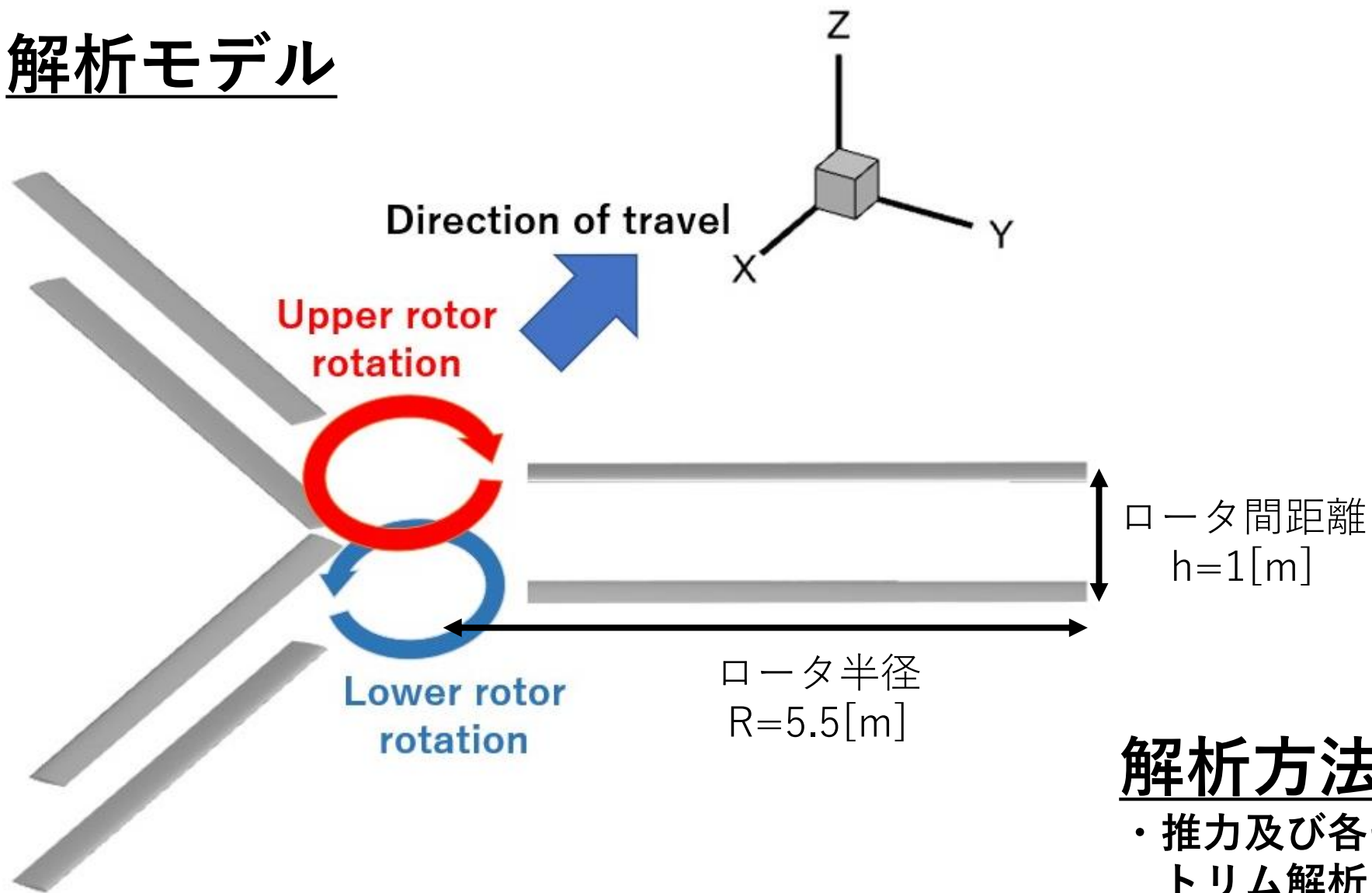
2. 今年度の計算事例

- 高速飛行時の**二重反転ロータ**の空力特性
- ホバ時のシングルロータの**翼端形状**に対する**騒音特性**
- **クワッド配置二重反転ロータ**の農薬散布時の飛散防止への検討

高速飛行時の二重反転ロータの空力特性

- 研究題目：**リフトオフセットを用いた二重反転ロータ機**の高速飛行時における**ねじり下げ角の影響**に関する数値流体解析
- 研究内容：**ブレードのねじり下げ角**がリフトオフセットを用いた二重反転ロータの空力性能に**どのような影響を及ぼすか**をrFlow3Dで調査する。
- 研究者：**学部4年生**（次年度へりの運航会社に就職予定）

解析モデル



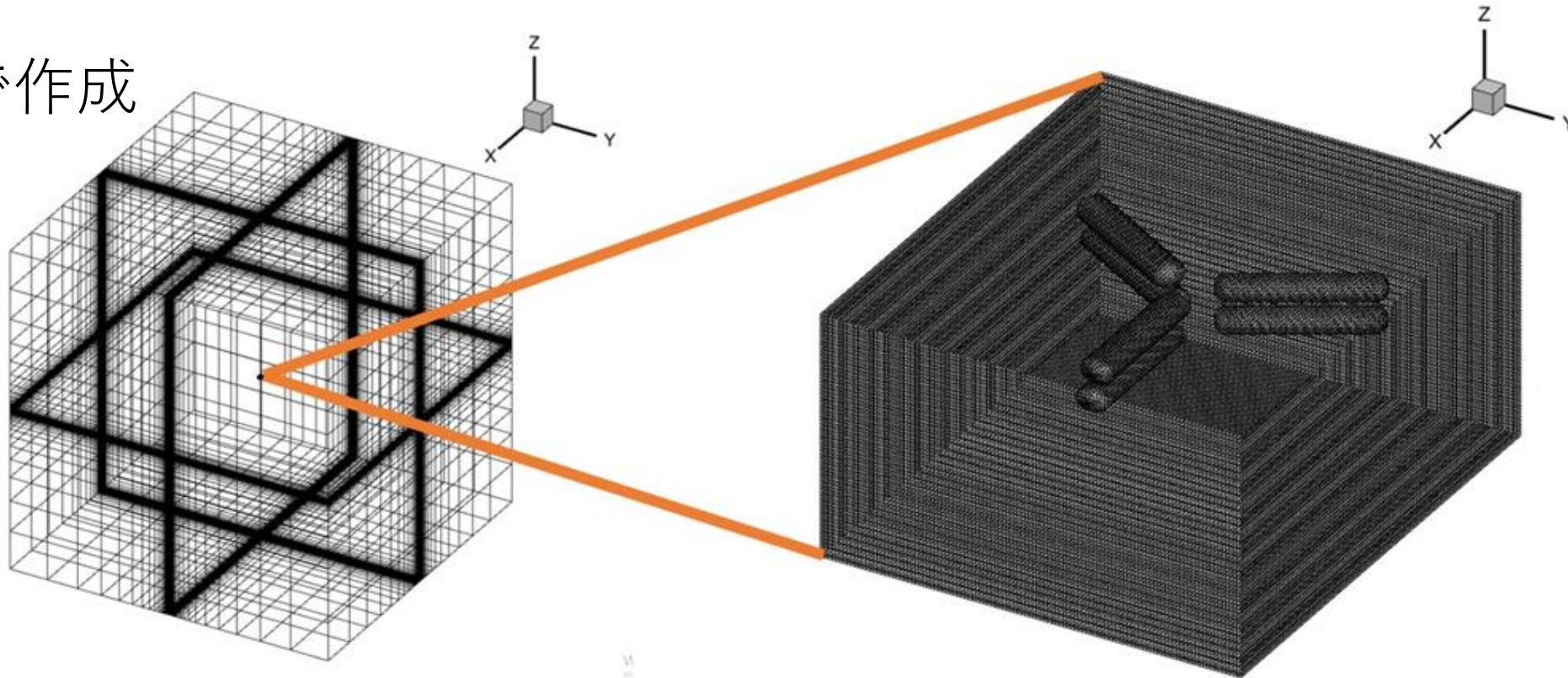
解析方法

- ・ 推力及び各モーメントを設定してトリム解析

引用：栗林駿：リフトオフセットを用いた二重反転ロータ機の高速飛行時におけるねじり下げ角の影響に関する数値流体解析、プロジェクトデザインIIIレポート、金沢工業大学、2024.

格子

rGridで作成



	Number of grid points	Total number of grids
Outer Background grid	$211 \times 193 \times 145$	5,904,835
Inner Background grid	$259 \times 223 \times 129$	7,450,653
Blade grid	$149 \times 123 \times 91$	1,667,757

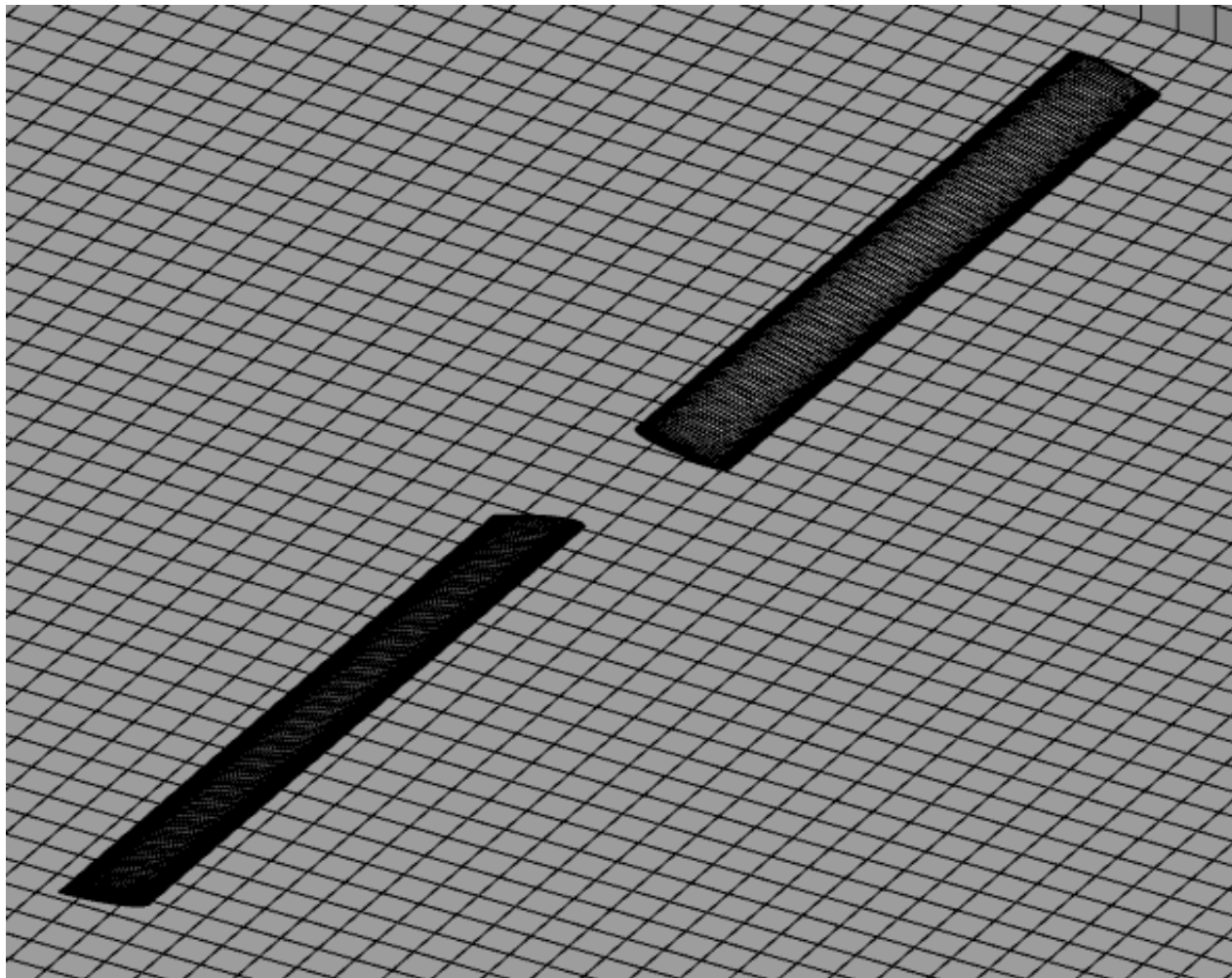
総格子数：約2,300万点

ホバ時のシングルロータの 翼端形状に対する騒音特性

- 研究題目：ドローンのプロペラの**静音化**
- 研究内容：ドローンの騒音低減を目的に**ブレード翼端の上下反角**に対する**シングルロータの騒音特性**をrFlow3DとrNoiseで調査する。
- 研究者：**学部4年生**（次年度本学大学院進学予定）

解析モデル

rGridで上下反角を作成



主な諸元

機体質量：24.8kg

ロータ半径：0.42m

ねじり下げ：0°

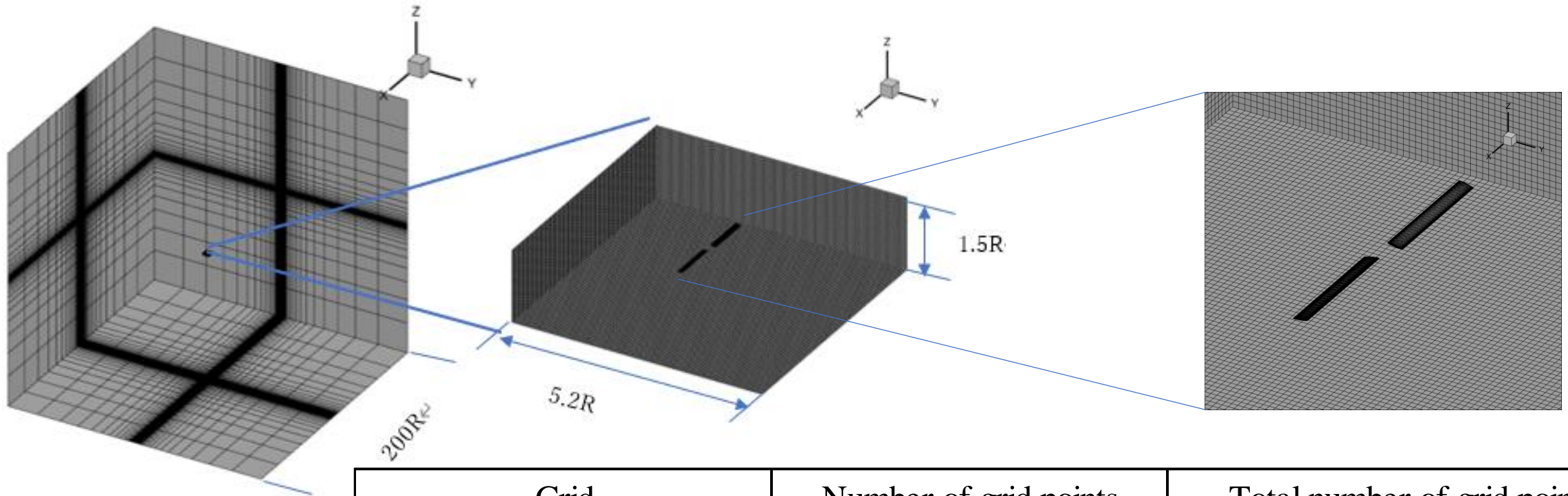
解析パラメタ

上下反角：0, ±6, ±12, ±18, ±24, ±30°

ブレード翼幅0.9Rから上下反角の変形を開始
(変形によるロータ半径の変化はない)

解析方法

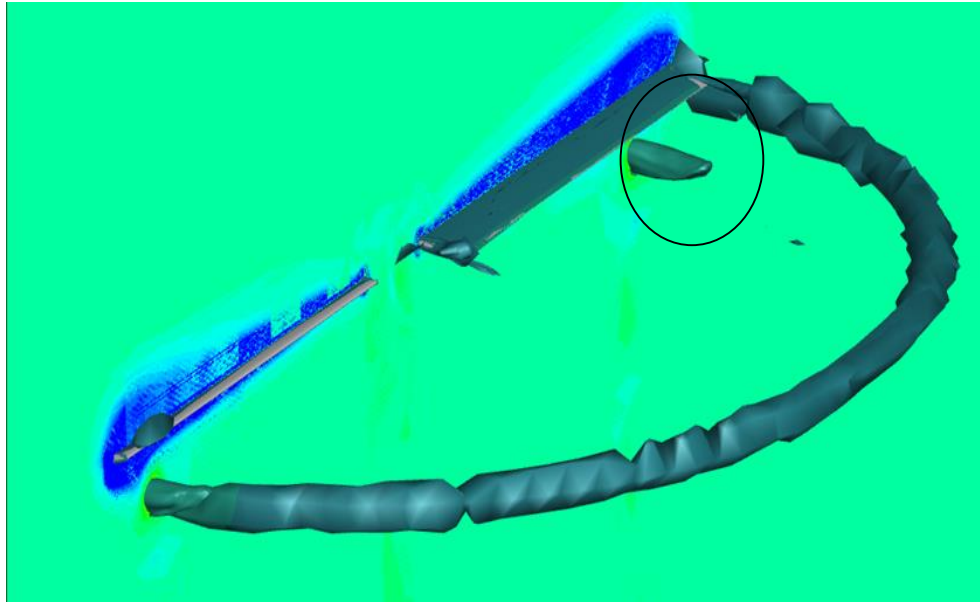
- ・トリム解析なし
- ・推力を設定してトリム解析



Grid	Number of grid points	Total number of grid points
Outer Background Grid	201×201×117	4,726,917
Inner Background Grid	235×235×69	3,810,525
Blade Grid	121×121×61	893,101
		総格子数：約940万点

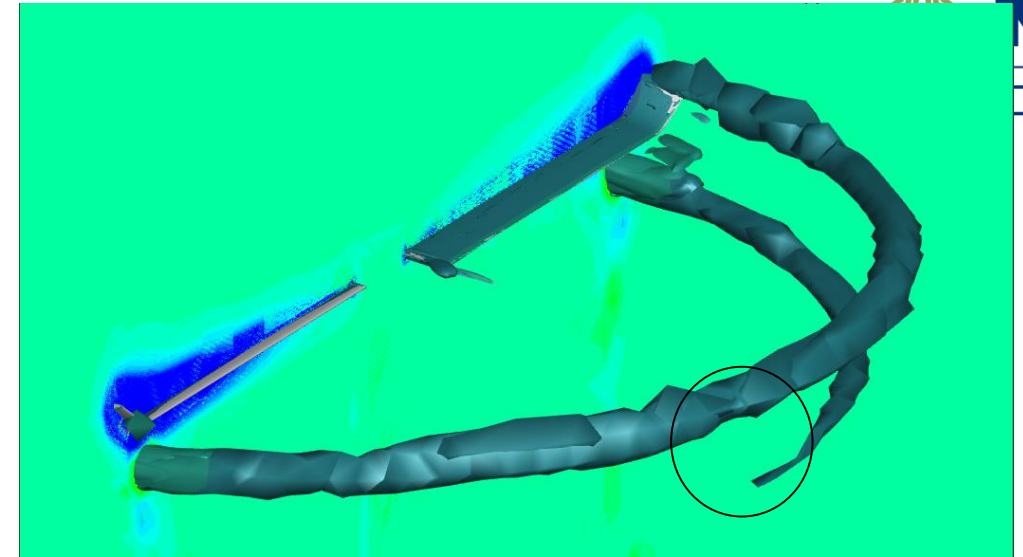
解析結果例

翼端渦の可視化

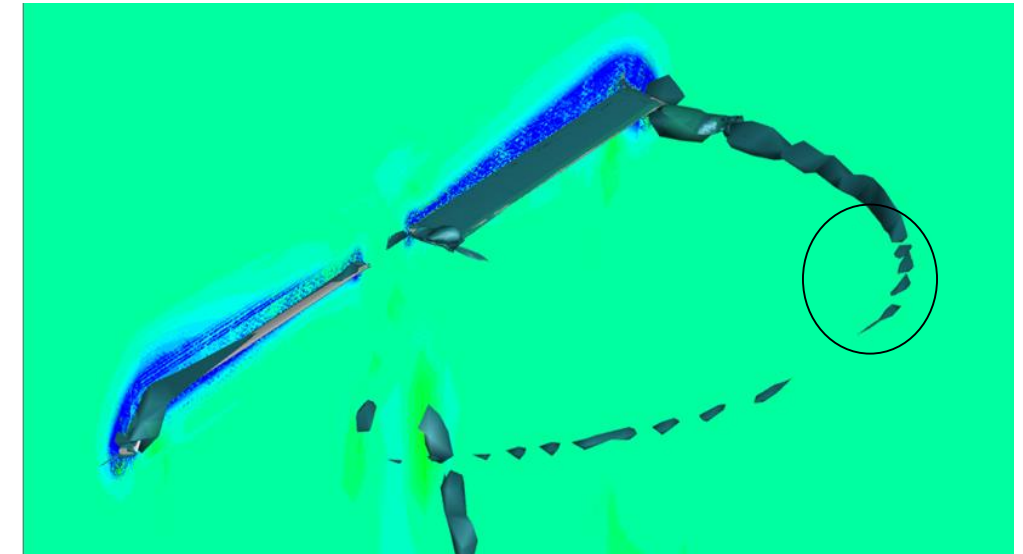


0[deg]

上下反角によりブレードから放出される翼端渦の位置や大きさ、拡散が異なる



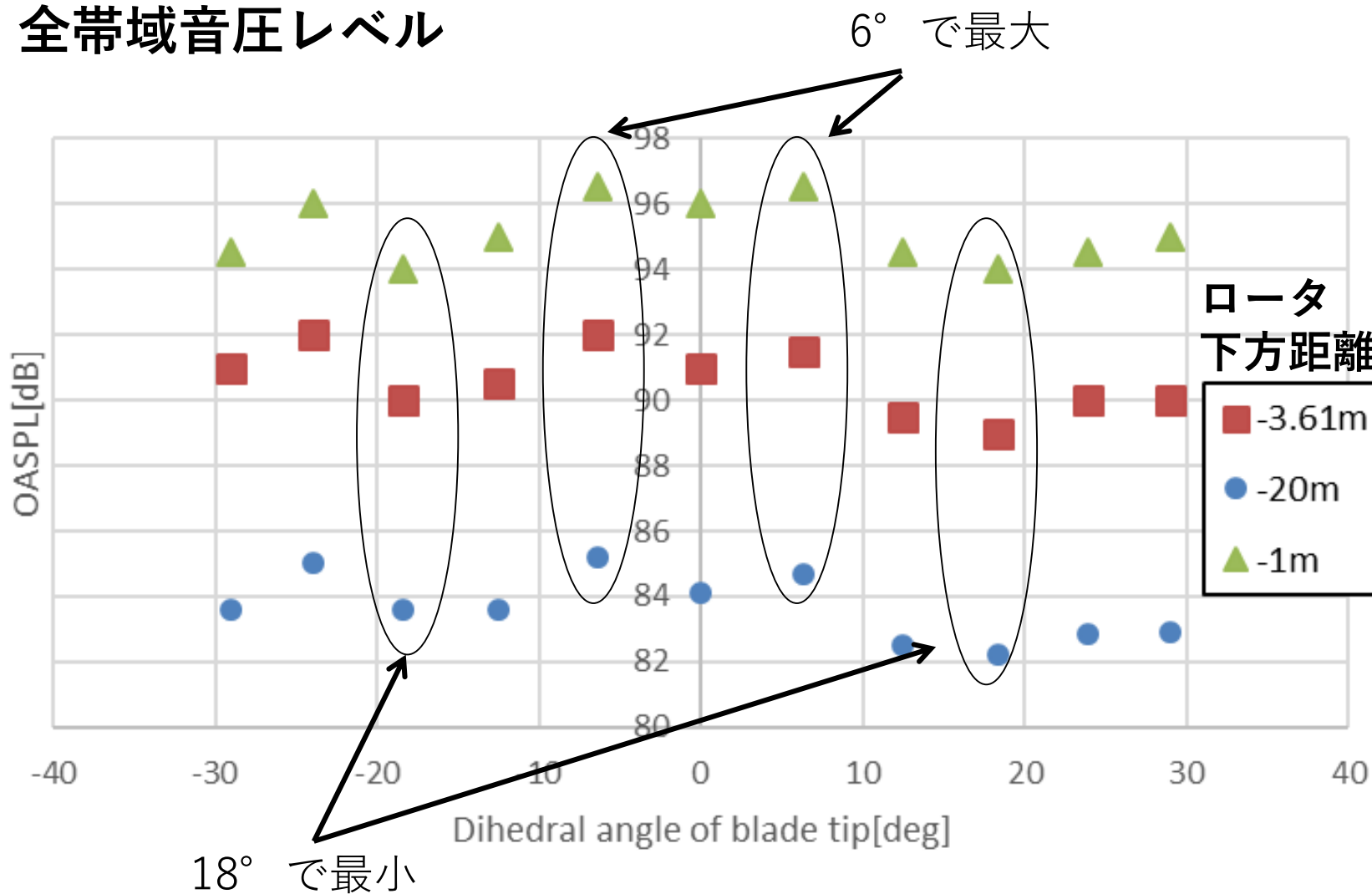
上反角 30[deg]



下反角 -30[deg]

解析結果例

全帯域音圧レベル



騒音の指向性や騒音低減のメカニズムは明らかにならなかったとは言えない



空力現象を把握する

クワッド配置二重反転ロータの 農薬散布時の飛散防止への検討

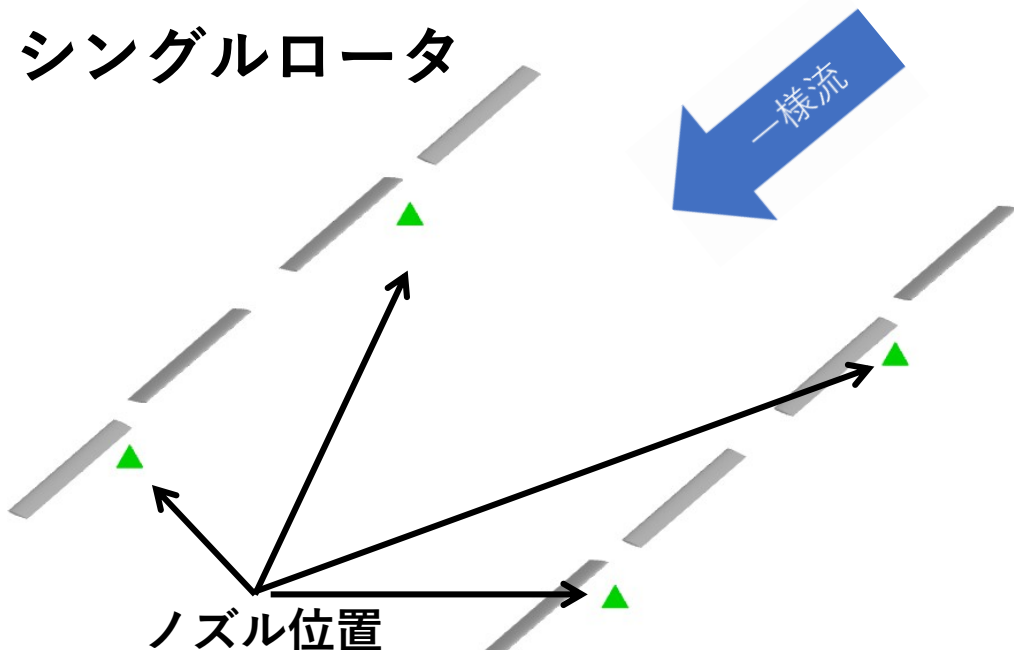
- 研究題目：農業用ドローンの**スプレ・ドリフトを軽減**する二重反転ロータ
- 研究内容：前進飛行時に農薬散布時の**スプレ・ドリフトが二重反転ロータによって軽減するか**を目的にシングルロータと二重反転ロータを**rFlow3Dの粒子可視化機能で調査**する。
- 研究者：**学部4年生**（次年度航空機メーカーに就職予定）

解析モデル

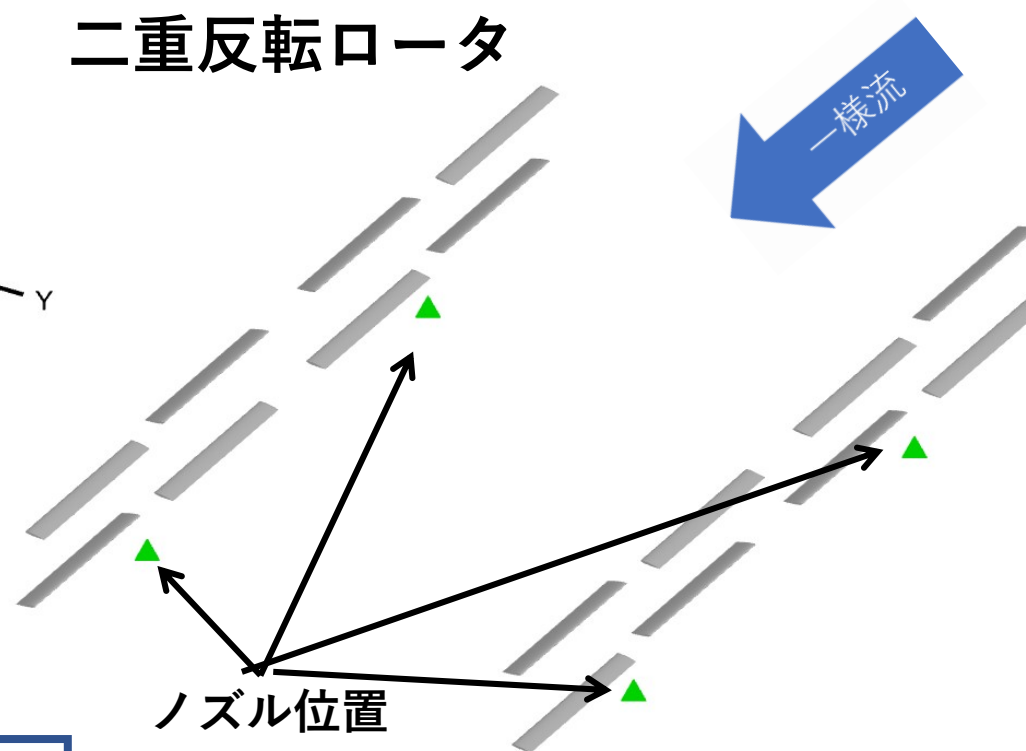
機体質量：24.8kg
ロータ半径：0.42m
ねじり下げ：0°

引用：山崎雅斗：農業用ドローンのスプレ・ドリフトを軽減する二重反転ロータ、プロジェクトデザインIIIレポート、金沢工業大学、2024.

シングルロータ

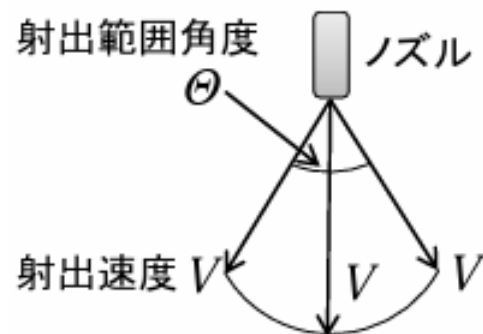


二重反転ロータ



粒子

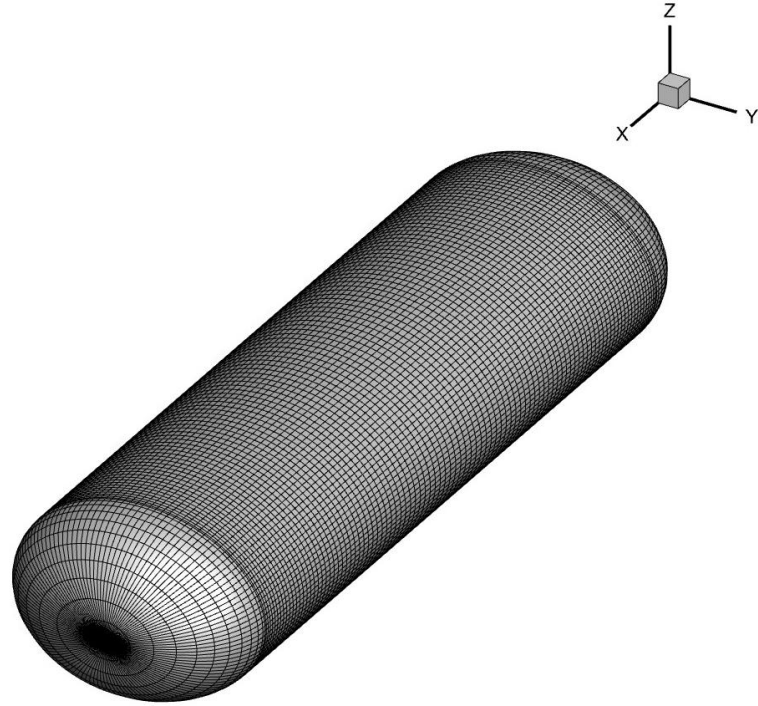
- 直径：0.115mm
- 密度：1000kg/m³
- 射出速度：15m/s
- 射出範囲角度：80°



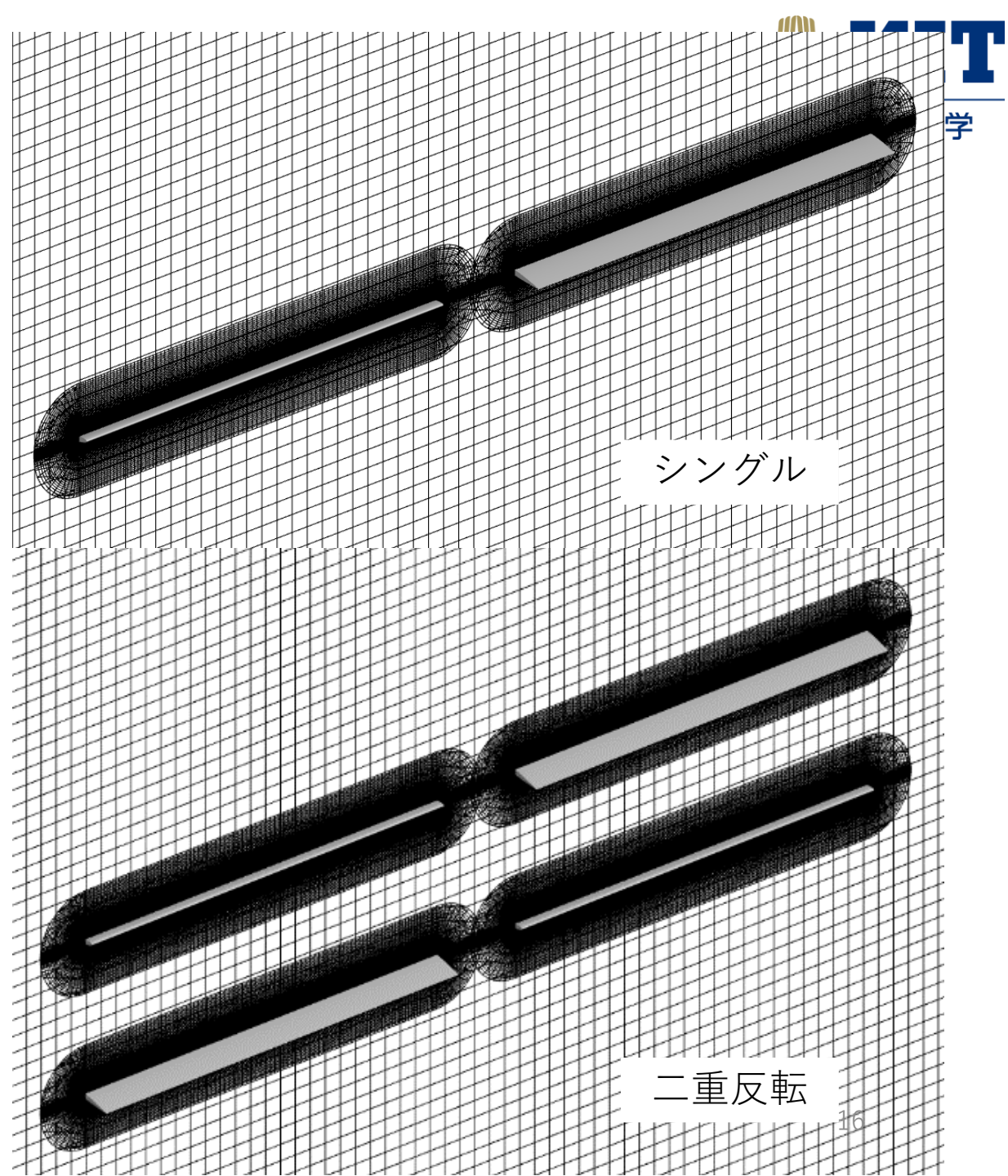
解析方法

- 推力を設定してトリム解析
- 風速：10m/s
- 流れの角度：10度

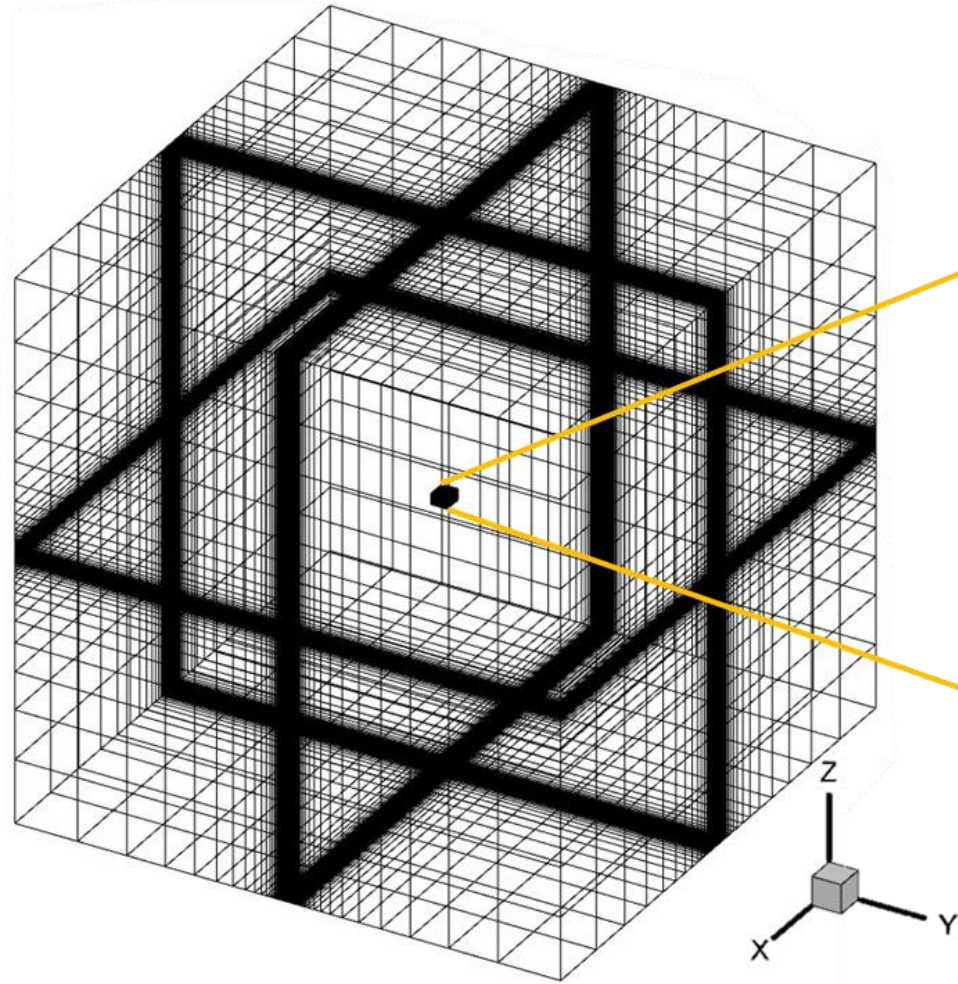
格子：ブレード格子



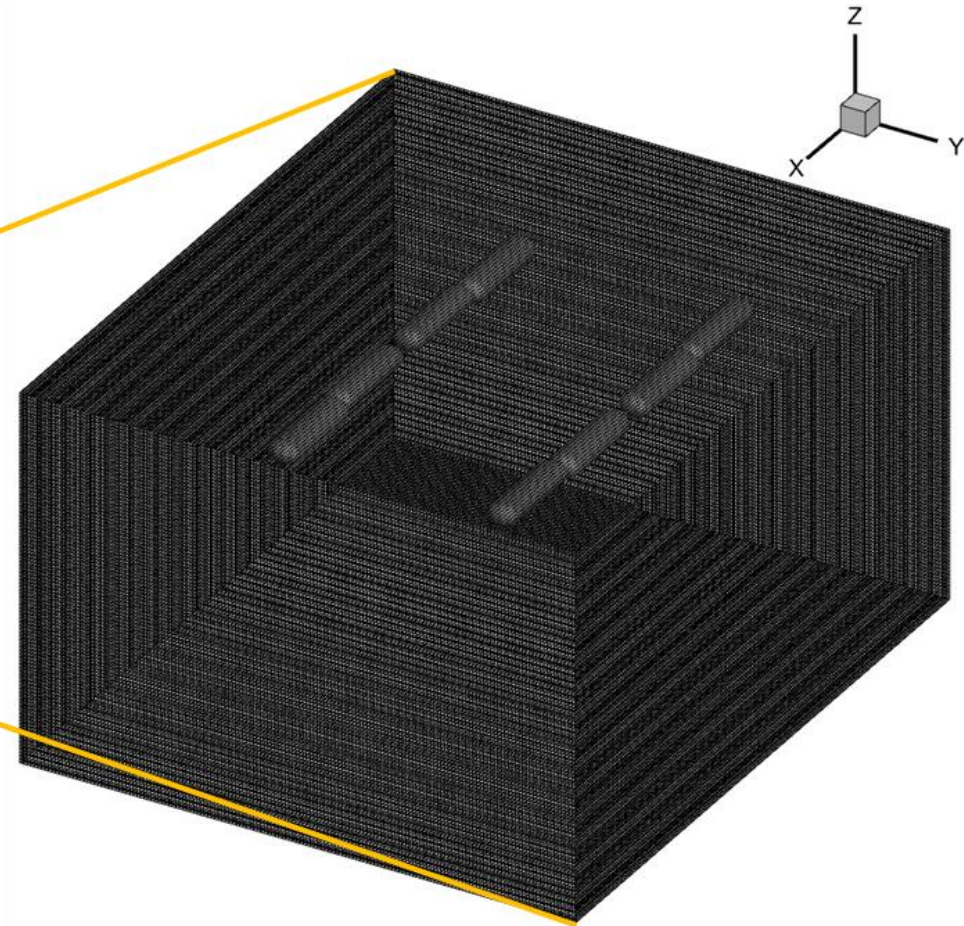
	合計格子数
Single	約3,500万点
Coaxial	約4,500万点



格子：背景格子



外側背景格子： $100R \times 100R \times 100R$



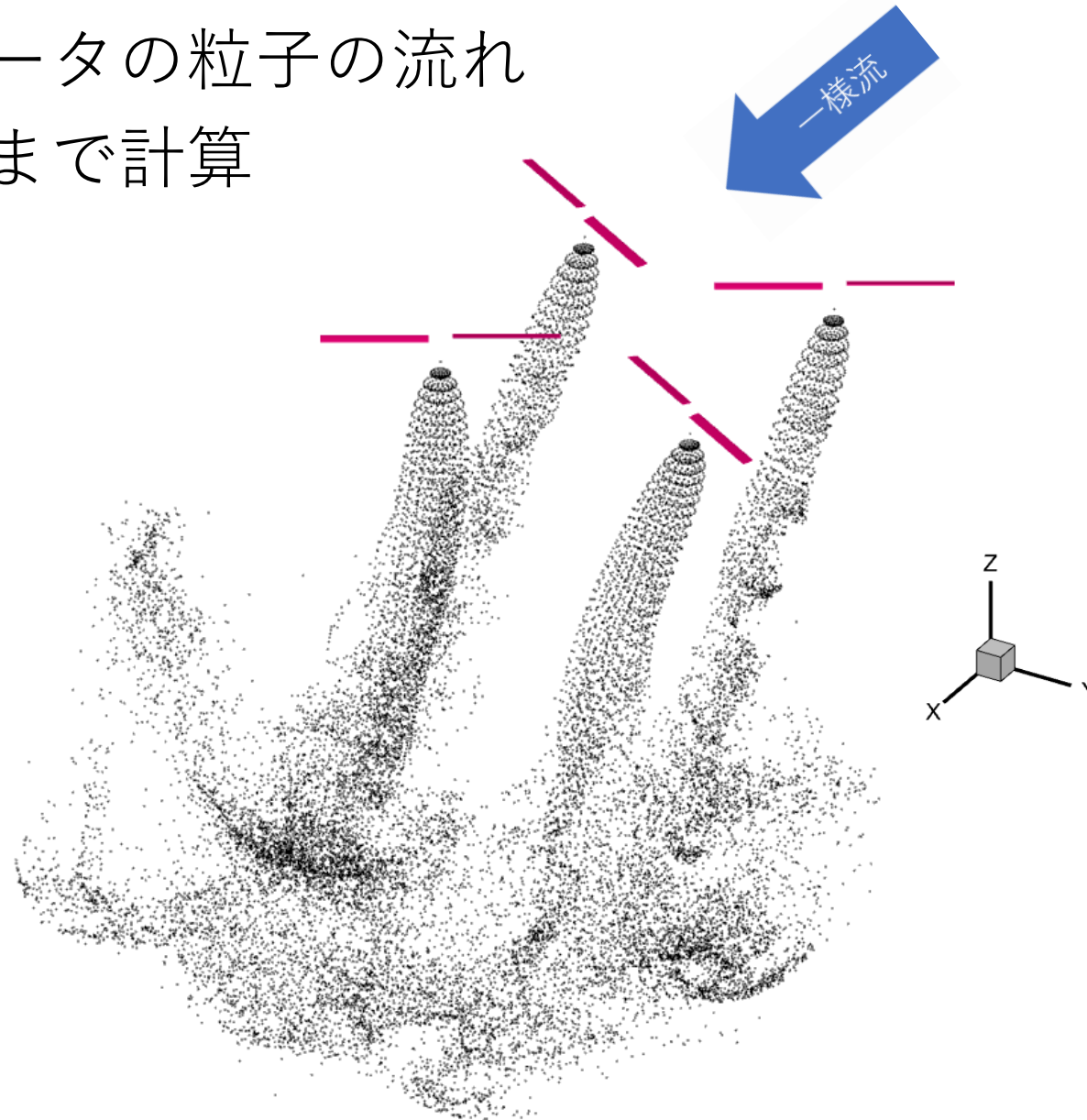
内側背景格子：

	x	y	z
+	3R	3R	1.5R
-	4R	3R	3R

解析結果例

シングルクワッドロータの粒子の流れ

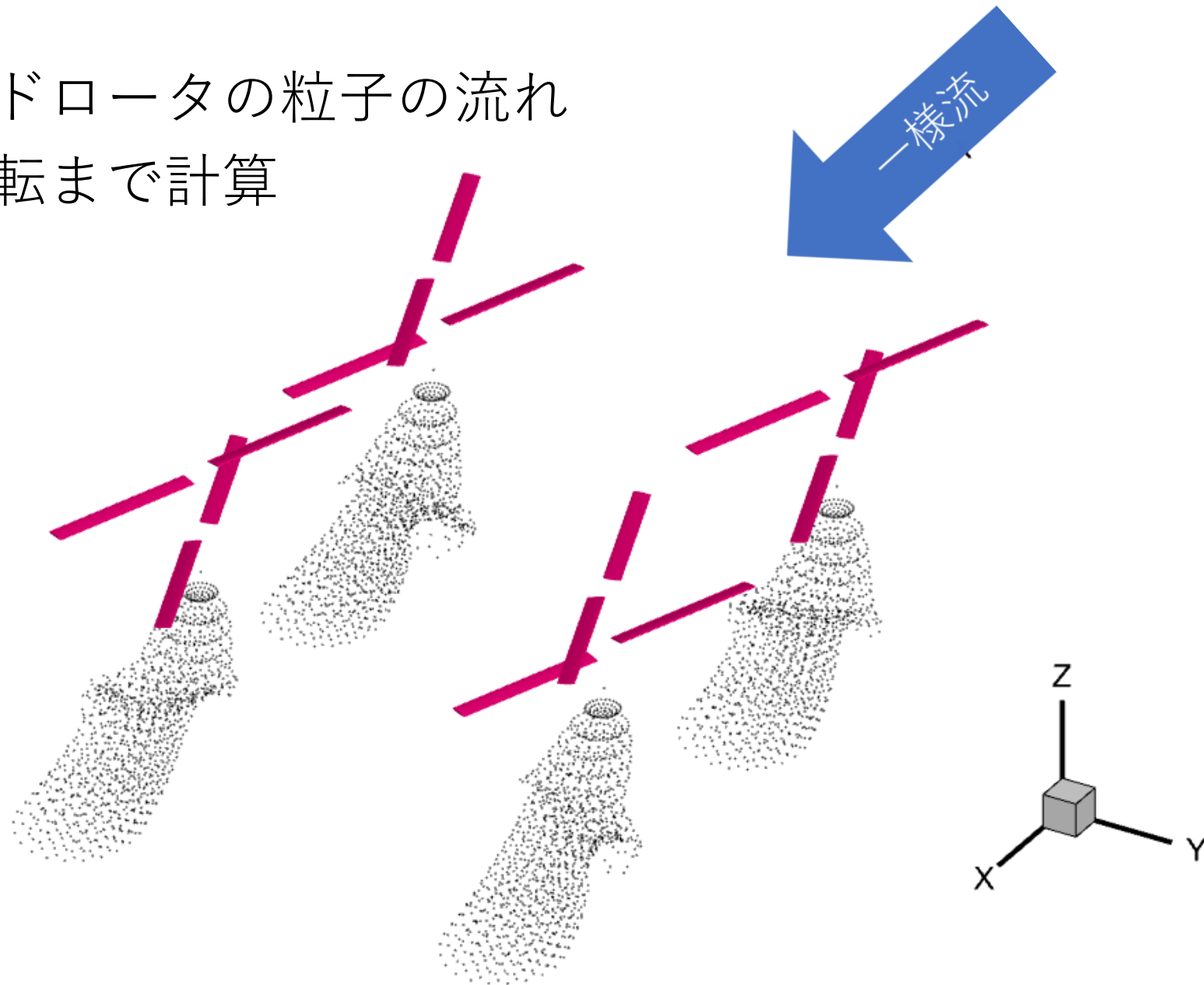
- ・ロータは24回転まで計算



解析結果例

二重反転クワッドロータの粒子の流れ

- ・ロータは6回転まで計算



解析結果

- ケース数とStep数、解析時間

サーバ名	使用スレッド数	ケース名	step数	回転数	s/step	Days
Linux1	12	Single	87000	24.17	33	33.23
Linux2	12	Coaxial	20000	5.56	48	11.11

1step = 0.1deg

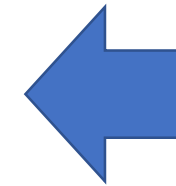
3. 課題と要望

• 計算時間

- 研究室のPC (Windows, Linuxが計4台) : 3人で使用
 - Linux(12スレッド) : ロータ1回転で2日(スプレードリフト計算例)
- ケース数を増やすために**粗い格子**を使用

• 計算スケジュール

- ① rFlow3Dの学習・練習 : **1~2ヶ月 (4~5月)**
 - チュートリアルやマニュアルを利用
 - rGridなどの格子生成、データ解析のTecplotソフトウェア学習含む
- ② 格子生成 : **0.5~1ヶ月 (5~6月)**
- ③ 本計算開始まで : **1~2ヶ月 (6~7月)**
 - 予備計算 (設定条件の修正・Input fileの入力ミス含む)
- ④ 本計算 (論文締切まで) : **6ヶ月 (7~1月)**
- ⑤ データ整理・考察 : **2ヶ月 (12~翌年1月)**



スタートを
早くしたい

**経験者 (先輩) がいると問題点が早期に発見できる
JAXA田辺様と菅原様からの回答が早くて感謝!**

要望

- ドローンの全機トリムへの対応
- トリム解析時のRPM制御
- 粒子可視化機能（パーティクル）のチュートリアル
（Tecplotでの可視化）

4. おわりに

- rFlow3Dは大学研究で使用するツールとして大変貴重である
- 卒業研究ではケース数が少なくなり、もっと計算をしたいところで卒業になる
- 学生は毎年入れ替わるのでrFlow3Dの技術を継承していきたい

ご清聴ありがとうございました