

jh220053

プロペラ駆動小型無人機の設計検討技法の確立を目指した空力・推進・構造の実機丸ごと統合シミュレーション

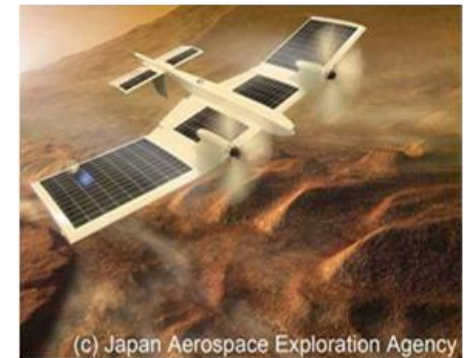
Integrated Simulation of Aerodynamics, Propulsion, and Structure to Establish Design Study Techniques for Propeller-Driven Small Aircraft

研究代表：金崎雅博（東京都立大）

研究副代表：永井大樹（東北大流体研）

# もくじ

1. はじめに
2. 異分野統合連成計算・設計要素技術の発展的研究
3. 要素技術の発展的研究
4. 風洞実験の概要
5. まとめと今後の展望



# 1. はじめに

## □ 軽量小型無人航空機 (Micro air vehicle: MAV)

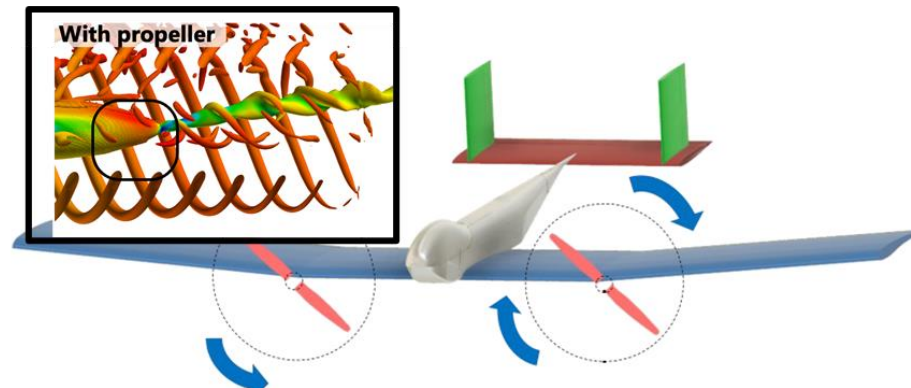
### ✓ 小型軽量

➤ 惑星・衛星探査航空機, 高高度プラットフォーム

### ✓ 電動でプロペラ駆動であることがほとんど

➤ プロペラ後流にさらされる翼洞への現象に関する知見が必要

➤ 実験によるパラメトリックな研究は高コスト



# 1. はじめに

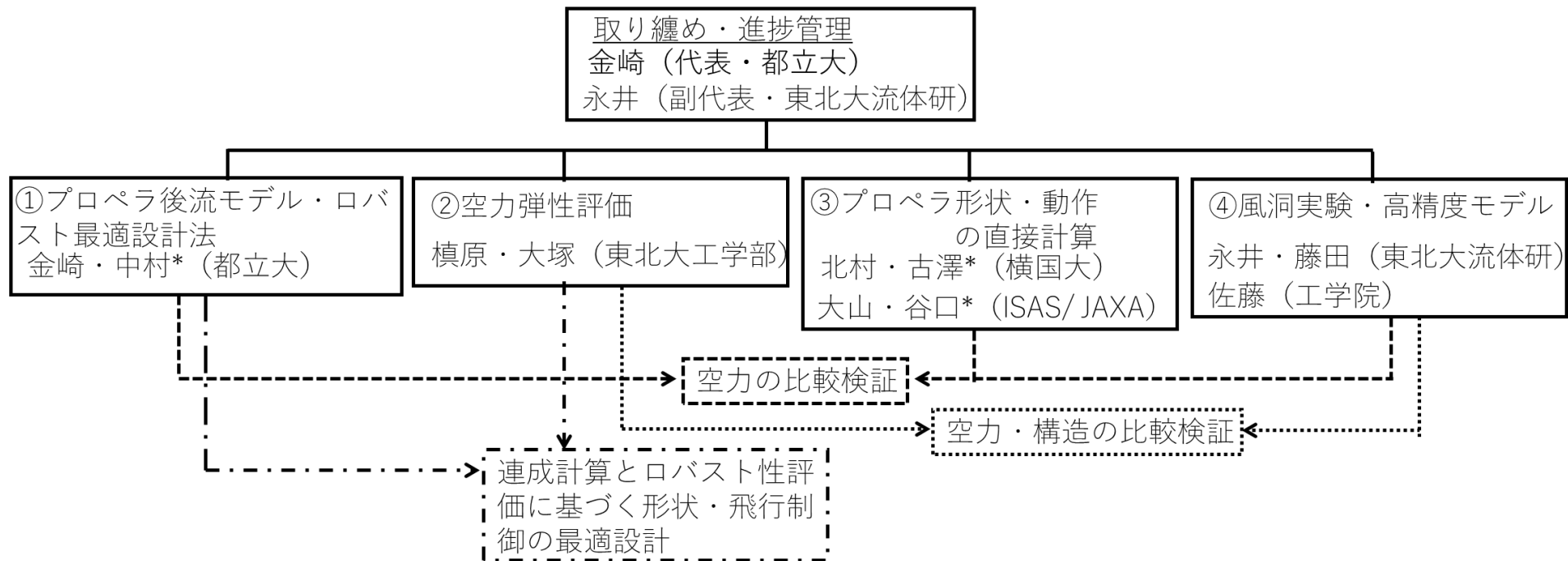
## □スーパーコンピュータを用いた研究で期待できること

- ✓ 空力・推進・構造を統合した機体丸ごとシミュレーション技術の開発・運用
  - プロペラ形状直接計算
  - プロペラ後流のモデリング
  - 空力・構造・飛行力学との連成計算
  - 最適化技術の適用

# 1. はじめに

## □ 研究体制

- ✓ 都立大, 東北大流体研・工学部, JAXA宇宙研, 工学院大, 横国大, 北大, JAXA航空本部より参加



# 1. はじめに

## □ 研究の目的・計画

✓ 空力・構造・推進の連成計算による機体まるごとシミュレーションと火星探査航空機設計への応用

### ➤ 異分野統合連成計算・設計

- プロペラ後流に曝される翼の最適設計
- 飛行・空力制御のロバスト設計
- 空力-構造解析法

### ➤ 要素技術の発展的研究

- プロペラ高回転時の数値計算
- プロペラ設置高さの空力特性への影響
- Large-Eddy Simulation(LES)による計算
- 風洞実験との連携

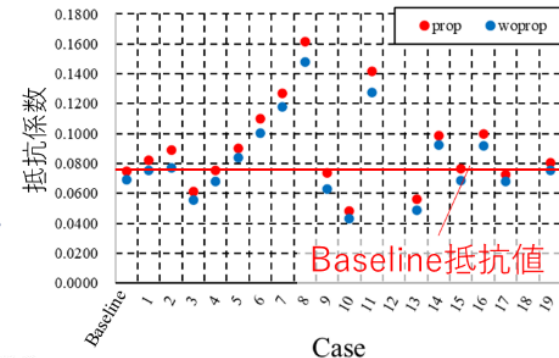
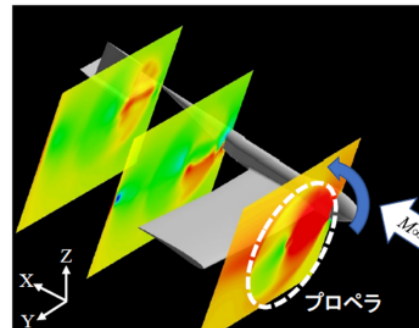
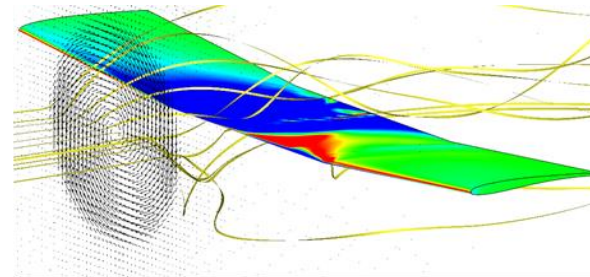
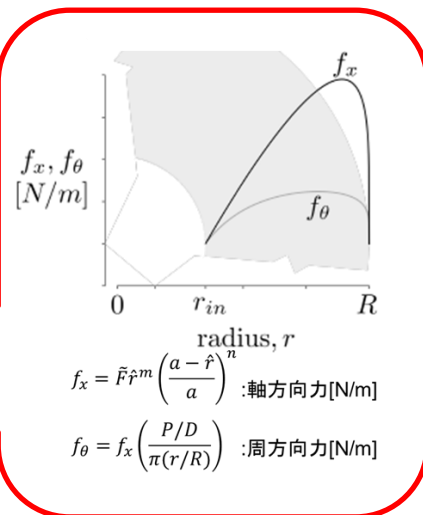
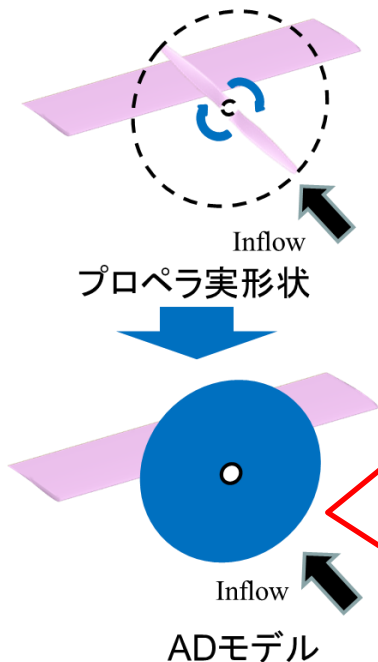
## 2.異分野統合連成計算・設計

### プロペラ後流に曝される翼の最適設計

都立大を中心に実施予定  
北大スパコンを利用

✓ Actuator Disk modelによりプロペラ後流を低コストに模擬，空力・推進連成による翼設計変数の影響性を一部調査済

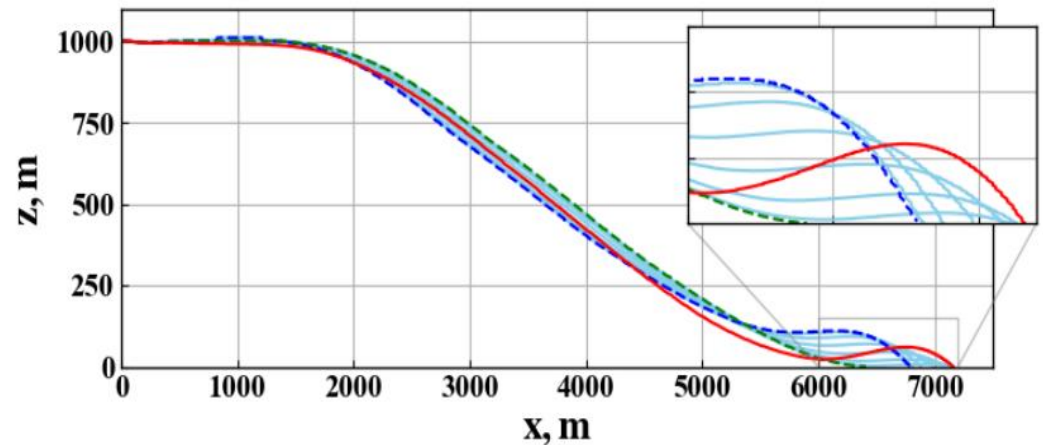
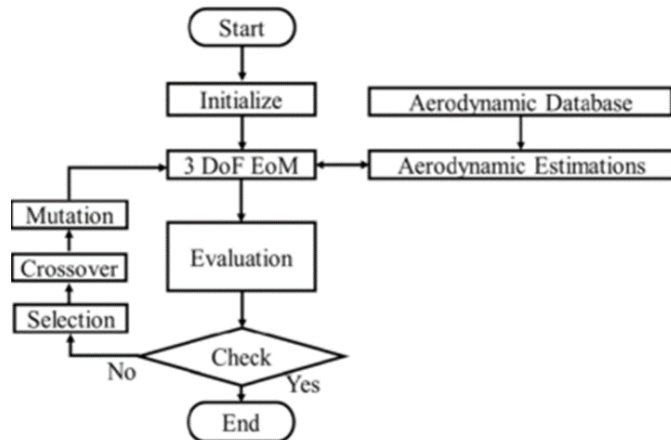
◆ 2022年度：設計変数を確定し，最適設計を実施



## 2.異分野統合連成計算・設計

### □空力-飛行連成と空力制御のロバスト設計 都立大を中心に実施予定 北大スパコンを利用

- ✓ 空力-飛行の連成計算, 突風擾乱などによる空力-飛行の微小な変化をモデリング手法を構築済み
- ◆ 2022年度: 空力データベースの構築・想定される飛行シナリオ・対象とする擾乱を確定し, 火星探査航空機の飛行に対して最適設計を実施する予定



Kanazaki, M., Setoguchi, N., and Yamada, Y., "Evolutionary Algorithm Applied to Time-Series Landing Flight Path and Control Optimization of Supersonic Transport," *Neural Computing and Applications*, Springer, July 2021.

Takubo, Y., and Kanazaki, M., "Robust Constrained Multi-objective Evolutionary Algorithm based on Polynomial Chaos Expansion for Trajectory Optimization," *IEEE CEC, IEEE WCCI 2022, Padova, Italy, 2022.*

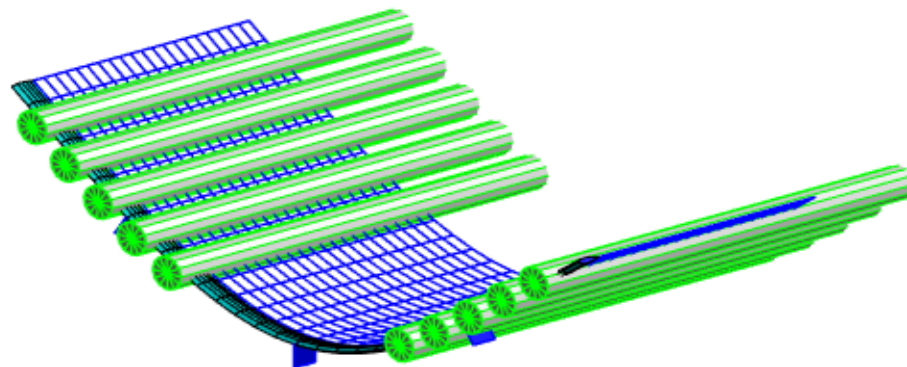


## 2.異分野統合連成計算・設計

### □空力ー構造解析法

東北大・工を中心に実施予定  
東北大スパコンを利用

- ✓空力干渉計算を高速に行うことができる, 弾性解析法を構築空力ー飛行の連成計算を構築済み, 動的振動の様子まで再現
- ◆2022年度: 全方向の変形評価のための非線形板要素を用いた空力ー構造解析法に発展させる予定



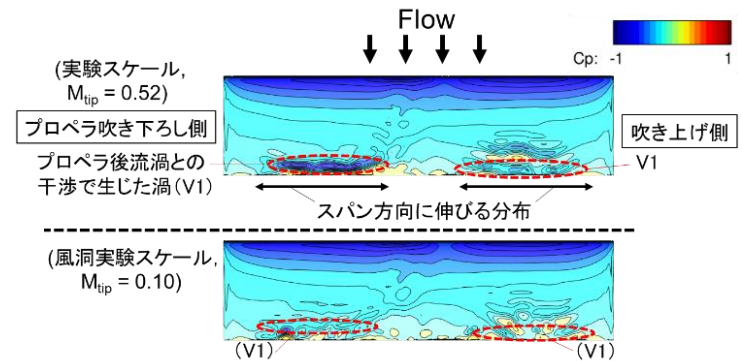
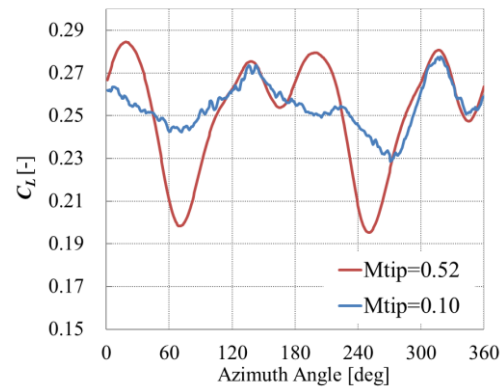
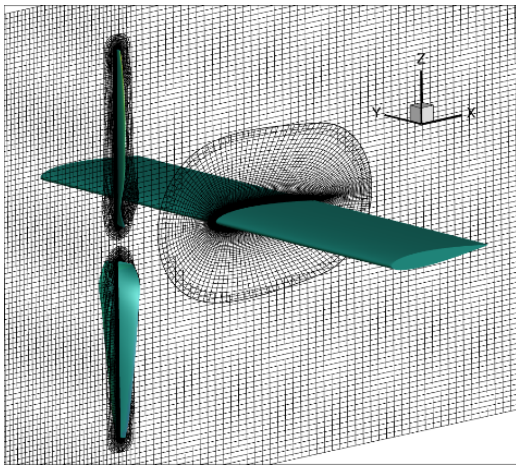
Otsuka, K., Wang, Y., Palacios, R., and Makihara, K., "Strain-Based Geometrically Nonlinear Beam Formulation for Rigid-Flexible Multibody Dynamic Analysis," AIAA Journal, (accepted).

# 3.要素技術の発展的研究

横国大を中心に実施予定  
東北大スパコンを利用

## □プロペラ形状・動作の直接計算

- ✓ 移動重合格子法によるCFDを実施. プロペラ1周分の時間における固定翼の揚力変動を取得
- ◆ 2022年度: 圧縮性の影響が見込まれる実機スケールを想定した, プロペラ高回転時の数値計算を実施予定



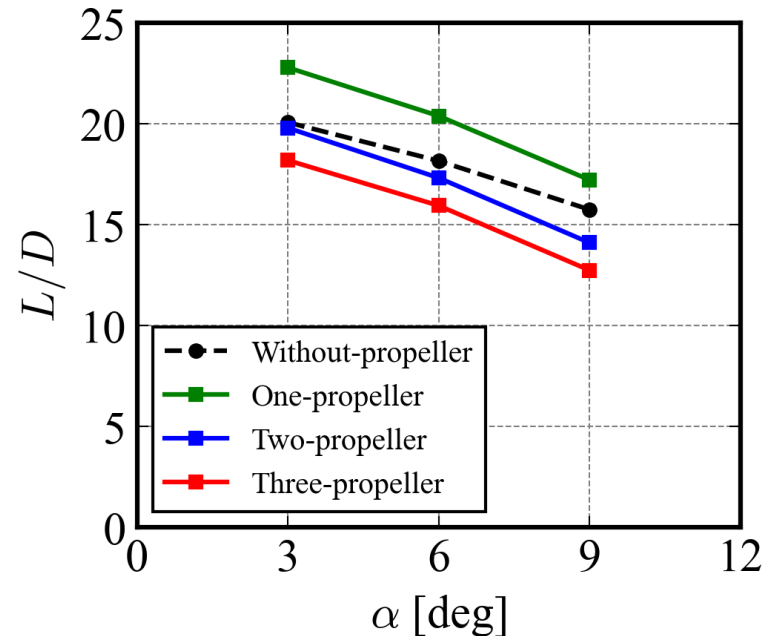
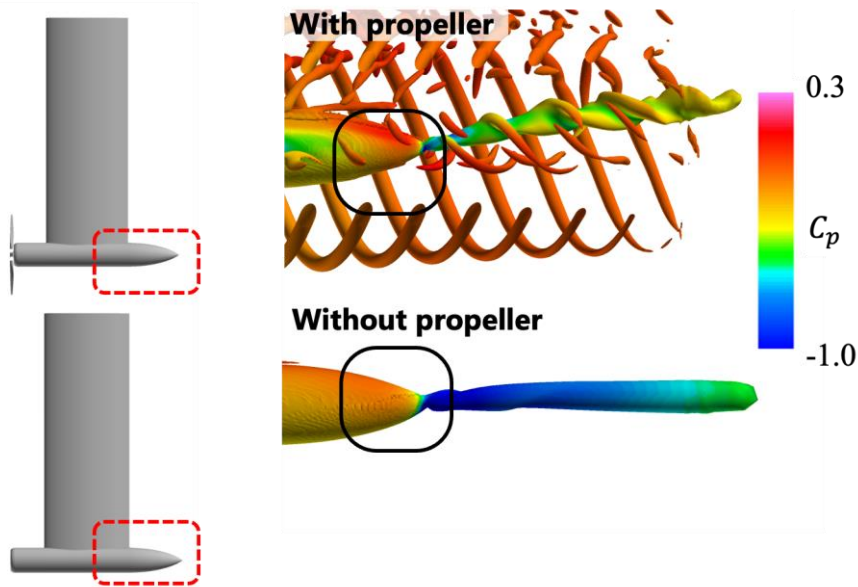
### 3.要素技術の発展的研究

#### □プロペラ設置高さの空力特性への影響

宇宙研で実施予定  
北大スパコンを利用

✓プロペラの翼幅方向取付位置の影響性を検討済

◆2022年度:プロペラの設置高さの影響性を数値計算により明らかにする予定

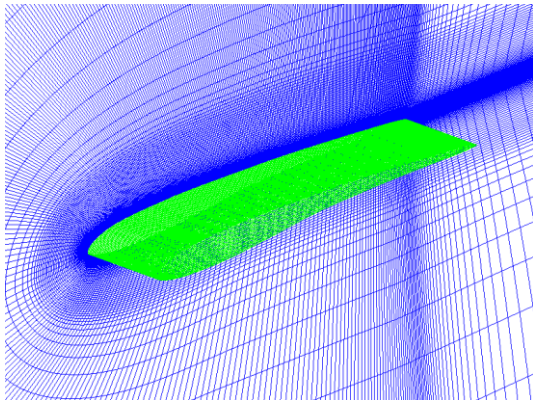


# 3.要素技術の発展的研究

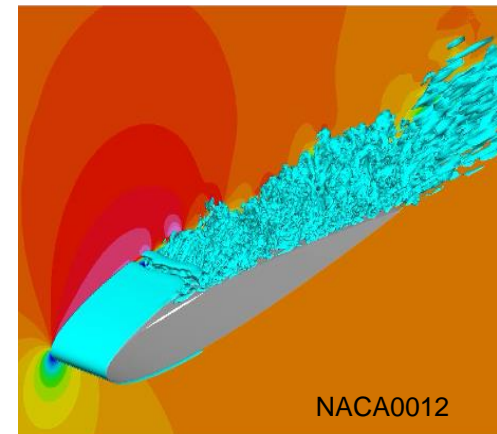
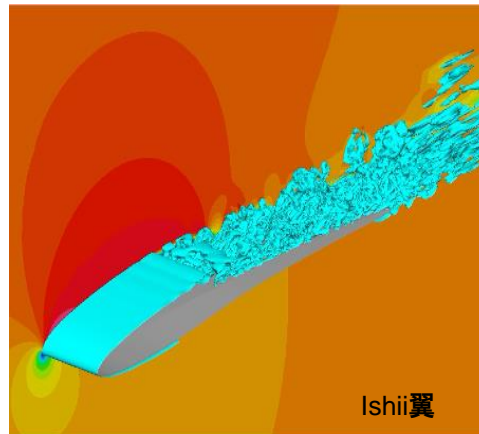
工学院大を中心に実施予定  
北大スパコンを利用

## □ 高物理忠実なシミュレーション

- ✓ 矩形翼に対して, Large-Eddy Simulation (LES) を実施  
・ プロペラ後流のモデル化手法を検討
- ◆ 2022年度: 数値計算と近いモデルや条件での風洞実験  
に適用し, 計算と実験を直接的に比較



計算格子例 (約2200万点)



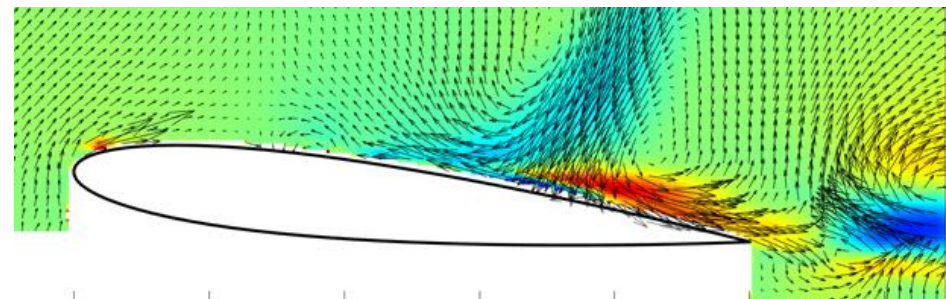
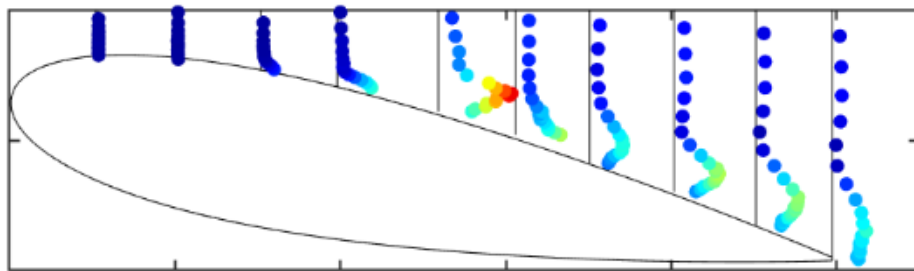
流れの瞬間場.  $0.0$    $1.5$   
 $u/U_\infty$

### 3.要素技術の発展的研究

東北大流体研を中心に実施予定

#### □ 風洞試験

- ✓ 時間分解能が高い熱線流速計, 高い時間・空間分解能を有する粒子画像流速測定法による非定常計測
- ◆ 2022年度: 数値計算と近いモデルや条件での風洞実験に適用し, 計算と実験を直接的に比較



# まとめと今後の展望

## □ 採択課題について，研究分担と連携・目標を設定

- ✓ 昨年度までの成果概要，予備実験を紹介
- ✓ 研究グループとして，火星探査航空機モデルを統一モデルと設定
  - 異分野統合連成計算・設計
  - プロペラ後流に曝される翼の最適設計
  - 飛行・空力制御のロバスト設計
  - 空力－構造解析法
  - 要素技術の発展的研究
  - プロペラ高回転時の数値計算
  - プロペラ設置高さの空力特性への影響
  - Large-Eddy Simulation(LES)による計算
  - 風洞実験との連携
- ✓ 国際会議発表，査読付き論文投稿を目指す