

### 火星ヘリコプタ「HAMILTON」 に関する数値解析および計測実験

#### **吉川 昂汰\*, 佐藤 允\*, 大山 聖**<sup>†</sup> \*エ学院大学, <sup>†</sup>ISAS/JAXA

2022年度将来回転翼機研究会/回転翼解析技術交流会 2023.03.24

### 火星縱孔·地下空洞探査



Cushing et al., (2015)

- ・
   か射線が届きにくい
- 気候が比較的安定
   液体存在の可能性



・生命発見や痕跡の可能性
・断層から火山活動の調査
・有人火星探査の拠点

<u>ヘリコプタ型探査機を用いた探査が有望</u>

一方で、火星は地球に比較して、大気密度は約1/100、
 音速は約3/4となり飛行に制約
 ⇒ 空力性能に関する知見の獲得が必要

#### 火星ヘリコプタ「HAMILTON」 HexAcopter for Martian pIt crater expLoraTiON



Sugiura *et al.*, (2022)

・可変ピッチ機構 ・マルチコプタ型(ヘキサロータ) ・最適化に基づくブレード平面・断面形状

火星大気環境(低レイノルズ数・高マッハ数)における ロータの空力特性の検証が進行

## 「HAMILTON」に関する既往研究<sup>4</sup>



数値解析による形状最適化および空力特性評価は進行 低Re数かつ高Ma数環境下での実験は少ない

## 研究目的・本日の内容



#### <u>本日の内容</u>

- 1. 数値解析と計測実験の比較
- 2. 圧縮性の効果が空力特性に及ぼす影響を検証

### 解析対象のロータ、解析条件



## 計算手法

- ソルバー
- 支配方程式
- 数值流束関数
- 乱流モデル
- 計算機
- 所要時間
- 計算格子:

- : rFlow3D
- :3次元圧縮性Navier-Stokes方程式
- : mSLAU(Modified SLAU)
- 空間高次精度化:FCMT(Fourth order Compact MUSCL TVD)
  - :なし
  - **JSS3(Node:1 / Core:48)**
  - :約120時間(1ケースあたり)





# ● 減圧タンク(JAXA宇宙科学研究所) ● ロータ空力性能計測装置





#### 減圧タンクの外観

減圧タンク内

内径:1.3m

計測装置

<u>レイノルズ数の設定</u> タンク内の気圧を減圧して大気密度を変化させる



## 実験とCFDの比較(閉空間について)

#### <u>比較するにあたり減圧タンク内を模擬した数値解析を進行</u>



### 数値解析と計測実験の比較

### CFDと計測実験の比較



実験結果と数値解析結果のトレンドは一致 ⇒低推力領域および高推力領域で差異

### 流れ場および速度分布のムービー



Pitch Angle =  $10^{\circ}$  Pitch Angle =  $18^{\circ}$  Pitch Angle =  $26^{\circ}$ 

ピッチ角が大きくなるにつれて,サイドの壁面に +z 方向の流れが顕著に確認できる

# 計測実験とCFD(閉空間)の差異



M<sub>tip</sub>=0.21の条件では,低推力領域で一致 ⇒ 高回転によるブレード変形の可能性

#### 圧縮性の効果が空力特性に 及ぼす影響を検証



条件	
回転数 [rpm]	3000, 6000, 9000, 11000
翼端マッハ数	0.21, 0.42, 0.63, 0.77
レイノルズ数 (翼端 0.038m)	10260

#### レイノルズ数を固定し,翼端マッハ数のみを変化させた

#### <sup>16</sup> 翼端マッハ数の変化による空力特性



翼端マッハ数の変化による空力特性

17



## 固定翼における圧縮性の効果



18



## 断面速度分布(r/R = 0.75)



19



#### <u>低レイノルズ数かつ高マッハ数環境における回転翼の</u> 空力特性を数値解析および計測実験により調べた。

- 数値解析と計測実験の比較について、低C<sub>T</sub>領域および 高C<sub>T</sub>領域おいて差異が生じた.
  - ▶ 低C<sub>T</sub>領域は、M<sub>tip</sub>増加に伴うブレードの変形が要因の1つとして考えられる。
  - ➢ 高C<sub>T</sub>領域では、ピッチ角の増加に伴い閉空間の影響が顕著になるためである。
- 圧縮性の効果が空力特性に及ぼす影響について、C<sub>T</sub>の増加に伴い圧縮性の効果が大きくなる。
  - ▷ 既往研究(固定翼)と同じ傾向を示しており、今後さらなる考察が必要。

数値解析と計測実験の比較に関して,

- M<sub>tip</sub> = 0.21で閉空間の数値解析を行い,計測機由来の問題との切り分けを進める.
- 圧縮性の効果に関して,
- 数値解析の結果を用いて、流れの遷移および圧力分布
   を中心に考察を進める。
- 新たなテーマとして、
- ロータを2つを対象にロータ間干渉に関する研究を行う.