

## 火星ヘリコプターのローター空力特性に関する数値的研究

報告書番号：R19JACA41

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11418/

### ● 責任者

佐藤 允, 工学院大学

### ● 問い合わせ先

佐藤 允, 工学院大学(msato@cc.kogakuin.ac.jp)

### ● メンバ

佐藤 允, 小笠原 大地

### ● 事業概要

火星の洞窟、縦穴探査を目的とした火星ヘリコプターの研究開発プロジェクトが JAXA 宇宙研・東北大等が中心となって進められている。火星の大気環境は地球と比べると密度が約 1/100、音速は約 3/4 であるため、低レイノルズ数かつ高マッハ数でも高性能なヘリローターの開発が必要不可欠である。現在、JAXA 宇宙研大山研究室では、火星大気を模擬した低圧環境におけるローター推力を実験的に測定する研究を進めている。しかし、本実験は真空チャンバー内で行われるため、ローター周り流れについて調べることは極めて困難である。そこで本研究では実験と同様の条件でローター周り流れに関する数値解析を行うことにより、流れ場の特性を明らかにすることを目的としている。

### ● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

JAXA で開発された回転翼に関する流体解析ソルバー「rFlow3D」を用いた、3次元回転翼周り流れに関する大規模数値シミュレーションを行うため。

### ● 今年度の成果

今年度は前年度に引き続き低レイノルズ数における回転平板翼周り流れの数値解析を行った。本解析は東北大学で行われた実験[1]を模擬している。パラメータとして翼端レイノルズ数(7380-73800)とピッチ角(0-30)および平板のアスペクト比(2 および 4)を変化させた。ここでは主にアスペクト比 4 のケースの結果について示す。数値解析ソルバーには JAXA で開発された rFlow3D を用いている。

図 1 は  $C_t$ (推力係数)- $C_q$ (トルク係数)曲線を示している。比較的低ピッチ角では、 $C_t$ - $C_q$  曲線のトレンドはレイノルズ数によらず一致している。これに対して、流れの大規模な剥離を伴う高ピッチ角では、レイノルズ数 7380 の条件で  $C_t$ - $C_q$  曲線のトレンドが他のレイノルズ数の条件と異なっている。

図 2 はレイノルズ数 7380 および 73800、ピッチ角 20 度のケースにおける渦構造を示している。レイ

ノルズ数 73800 のケースでは、前縁剥離渦の連続的な放出とコード方向への移流が確認できる。これに対して、レイノルズ数 7380 のケースでは、比較的スケールの大きな前縁剥離渦が放出されている。

図 3 は図 2 と同条件のケースにおける渦構造の断面分布と圧力係数分布を示している。  $r/R=0.75$  の位置における圧力係数を両レイノルズ数で比較すると、レイノルズ数が 7380 の場合、大規模な前縁剥離渦の影響で前縁から  $0.5x/c$  程度まで逆流領域が形成され、圧力係数はこの領域で一定となっている。これに対して、レイノルズ数が 73800 の場合、圧力係数が一定となる領域はレイノルズ数が 7380 の場合に比べて小さい。

上記に示した回転平板翼に加えて、翼断面形状が三角形である回転三角厚翼周り流れの数値解析を行っている。

図 4 は三角厚翼周りの流れを示している。レイノルズ数は 30000、ピッチ角は 20 度である。詳細な解析は今後行うが、平板翼とは異なる剥離渦の様子が観察されている。

[1]大河内雅喜, "低レイノルズ数環境下におけるロータ空力特性の実験的研究", 東北大学修士論文, (2013).

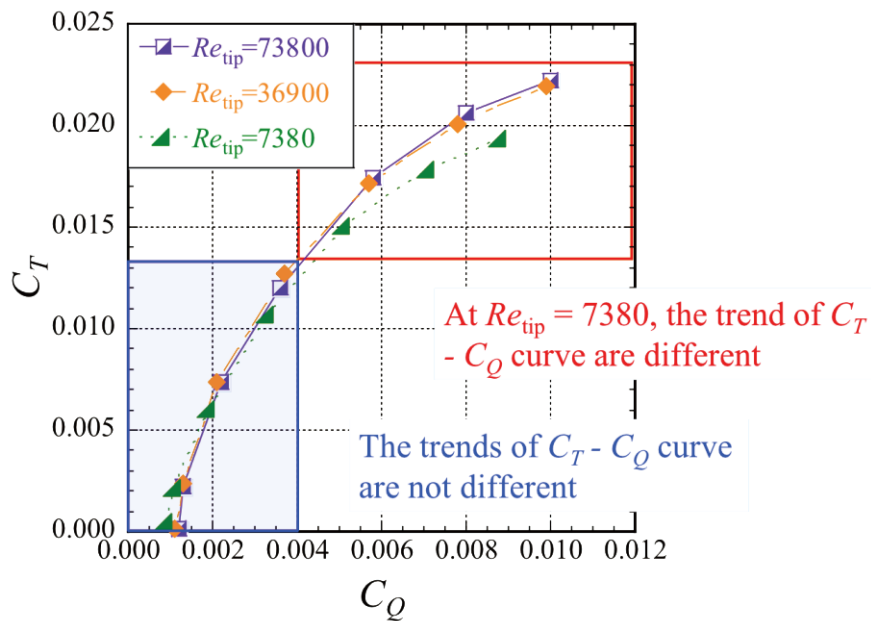


図 1:  $C_t$ - $C_q$  曲線におけるレイノルズ数効果

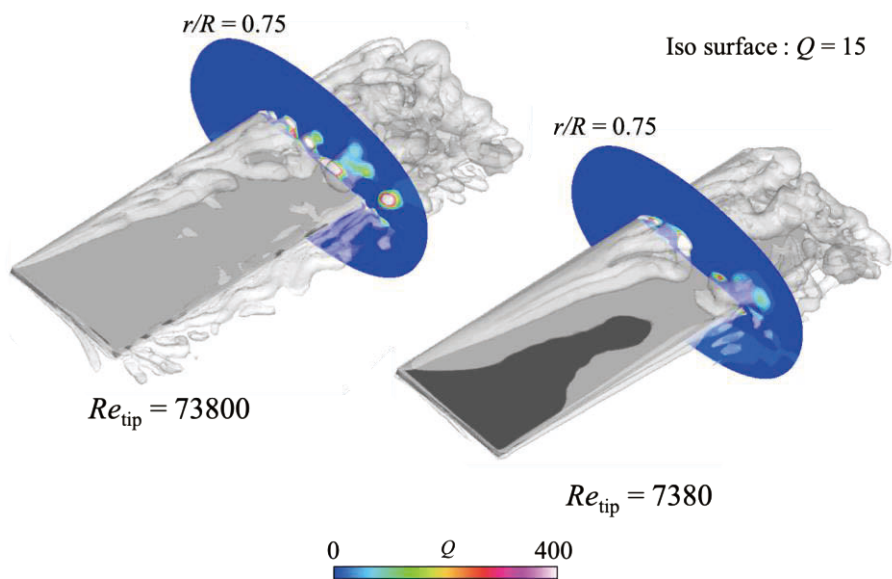


図 2: 回転平板翼周りの渦構造

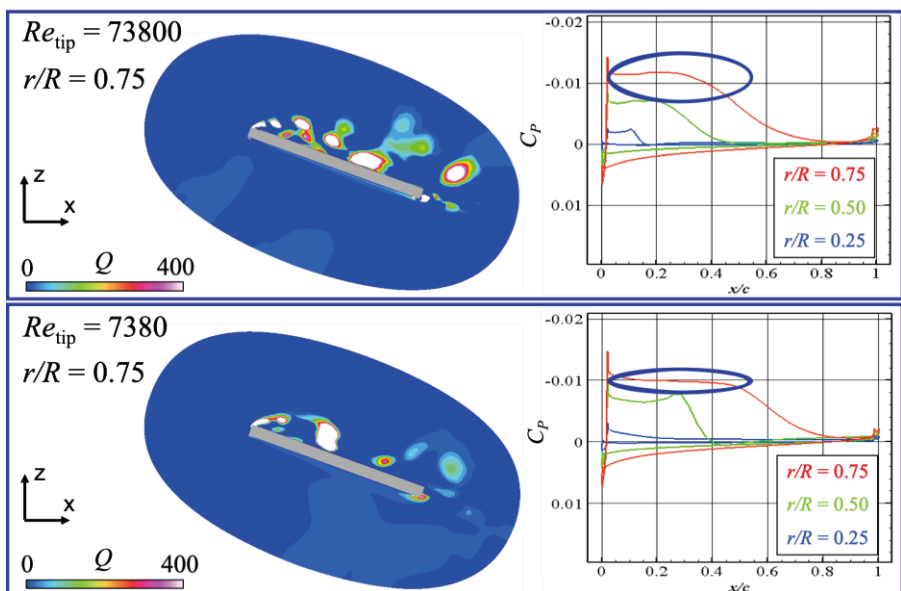


図 3: 断面の渦構造および圧力係数

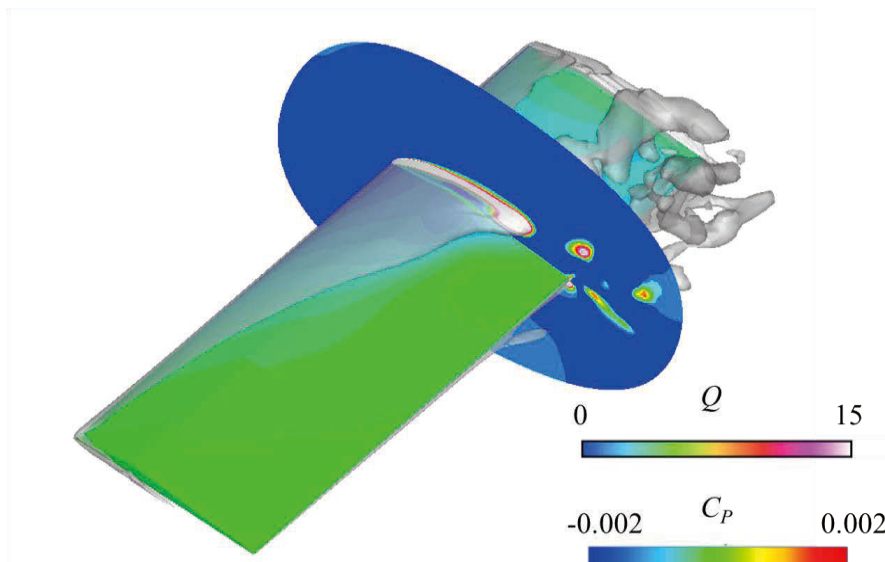


図 4: 回転三角厚翼周りの渦構造

## ● 成果の公表

-口頭発表

小笠原, 佐藤, 菅原, 田辺 "rFlow3D を用いた低レイノルズ数環境下における回転平板翼に関する数値的研究", 第 51 回流体力学講演会/第 37 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム

## ● JSS2 利用状況

### ● 計算情報

プロセス並列手法	非該当
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	1
1 ケースあたりの経過時間	400 時間

### ● 利用量

総資源に占める利用割合<sup>※1</sup> (%) : 0.18

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 <sup>※2</sup> (%)
SORA-MA	0.00	0.00
SORA-PP	469,490.28	3.04
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	19.07	0.02
/data	19,531.26	0.33
/ltmp	3,906.25	0.33

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合