

火星ヘリコプタの形態および空力的に最適なブレード形状の研究

報告書番号：R20JCMP13

利用分野：競争的資金

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2020/14517/

● 責任者

牧野好和, 航空技術部門航空システム研究ユニット

● 問い合わせ先

木村 桂大(kimura.keita@jaxa.jp)

● メンバ

田辺 安忠, 木村 桂大, 菅原 瑛明, 竹川 国之, 杉浦 正彦

● 事業概要

2030 年頃を目標に火星表面に存在するピットクレーター内の調査が我が国独自のミッションとして検討されており, 100m 程度の垂直移動が要求されることからホバリングが可能なヘリコプタの活躍が期待されている。火星での飛行は地球上と大気条件が大きく異なる(低レイノルズ数・高マッハ数)ことから, 従来のヘリコプタの翼型・ブレード形状では効率の良い運用が困難とされている。本研究では火星大気での飛行に適したヘリコプタの形態・翼型形状を検討・提案する。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

回転翼の最適平面形状の探索においては, 使用する翼型の幅広いマッハ数・迎え角範囲での空力性能を把握しておく必要がある。必要な空力特性の取得のため合計数 100 ケースの計算を実施する必要がある, スパコンの利用が適当であった。

● 今年度の成果

火星ヘリ用のブレード平面形状(ねじり角・コード長)の最適化に際して使用する翼型の空力性能を把握する必要があり, JSS を使用した数値解析でこれを行った。対象となる翼型は火星大気での性能劣化が小さいと考えられる薄翼の clf5605 翼型であり, 地球環境とは大きく異なる火星大気条件下での CFD 解析を実施した。使用した CFD ソルバーは JAXA 開発の FaSTAR である。

図 1 に数値解析で得られた空力性能の例(迎角-揚力係数)を示す。マッハ数 0~1.0, 迎角-15~20° の範囲でスイープしており, 条件ごとの空力性能をテーブルとして整理した。迎角 5° 近辺で揚力傾斜が変化しており, Mach 数コンター(図 2, Mach#=0.8, 迎角 5° のケース)からも失速による低マッハ数領域が確認できる。得られた空力性能の妥当性を検証するため, 作成した空力テーブルを用いた翼素運動量理論によるヘリコプターの性能予測結果を NASA の解析事例と比較した(図 3)。横軸で示す推

力が大きい領域についてはテーブル参照による簡易解析と3次元解析との差分が現れているものの、設計推力近辺においては妥当な性能予測が可能であることを示した。

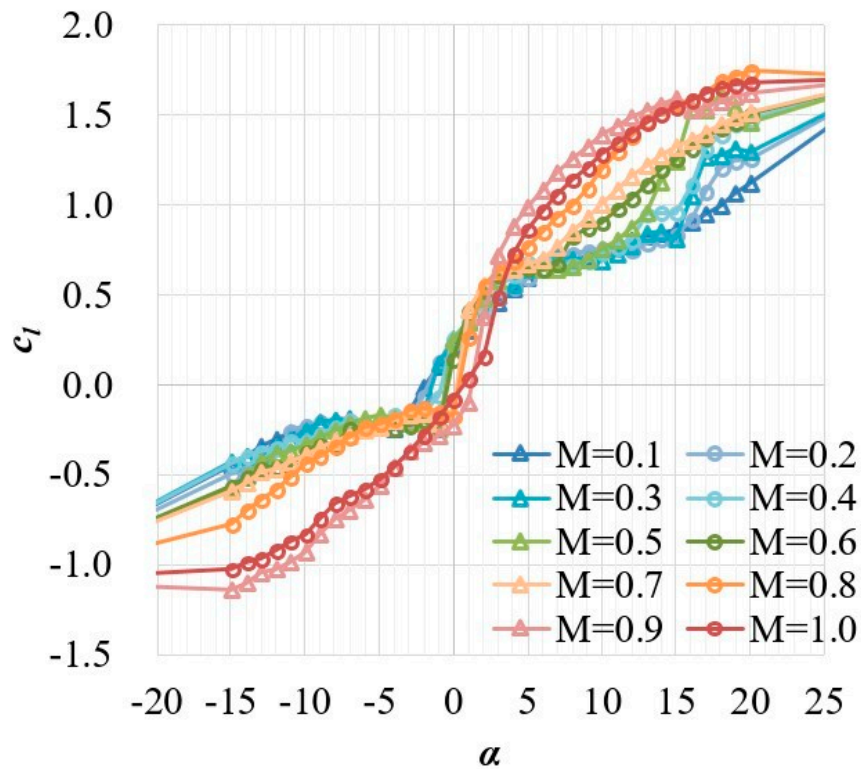


図1: 迎角-揚力係数

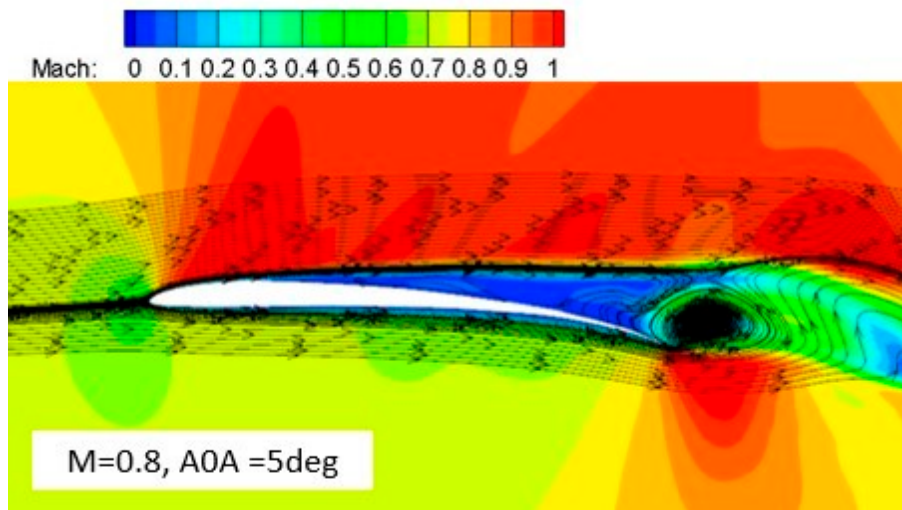


図2: マッハ数分布と流線の可視化(M=0.8, AoA = 5deg)

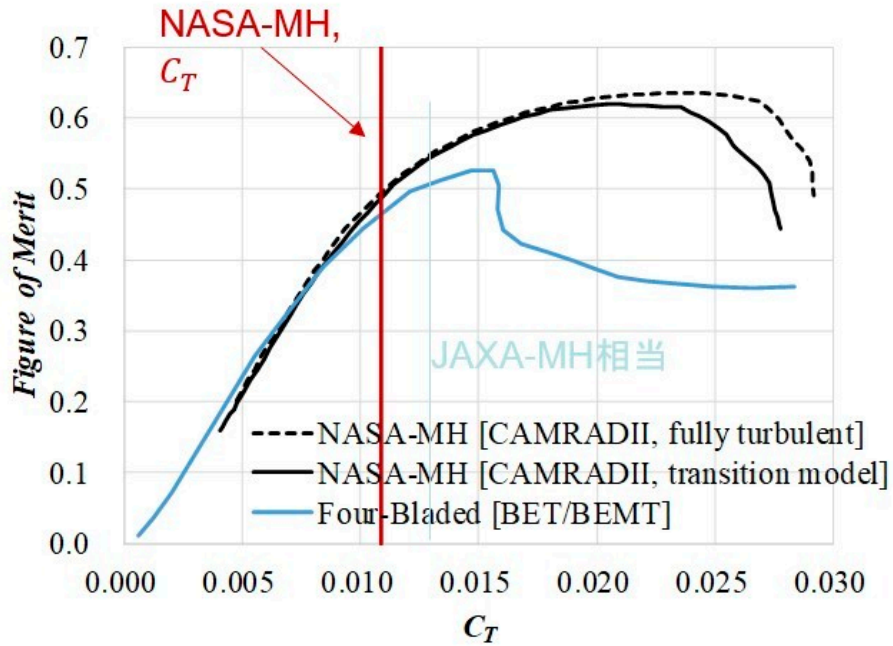


図3: 推力係数-フィギュアオブメリット(ホバリング効率)

● 成果の公表

-査読なし論文

杉浦正彦, et al. 火星ヘリコプタ用ロータブレード平面形状の空力的最適設計. 宇宙航空研究開発機構特別資料: 流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2020 オンライン論文集, 2021, 157-164.

-口頭発表

杉浦正彦, et al. 火星ヘリコプタ用ロータブレード平面形状の空力的最適設計. 流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2020 オンライン, 講演番号 2B02

● JSS 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	30 時間

● JSS2 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.13

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※2 (%)
SORA-MA	73,562.20	0.01
SORA-PP	169,418.50	1.33
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	13,689.19	1.29

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	3,603.33	3.30
/data	6,886.43	0.13
/tmp	955.59	0.08

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	6.24	0.21

※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

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合^{※1} (%) : 0.32

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 ^{※2} (%)
TOKI-SORA	182,901.91	0.04
TOKI-RURI	438,585.35	2.51
TOKI-TRURI	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	4,602.21	3.15
/data	12,181.43	0.20
/ssd	1,082.17	0.57

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	6.24	0.21

※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