

低コスト回転翼評価手法と火星探査ドローン向けブレードの空力最適設計

報告書番号：R22JACA59

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20604/

● 責任者

金崎雅博, 東京都立大学

● 問い合わせ先

kana@tmu.ac.jp(kana@tmu.ac.jp)

● メンバ

秦 力也, 長谷川 奈南, 金崎 雅博, 菊地 大輔, 岸 祐希, 松野 隆, 南角 卓弥, 西村 大生

● 事業概要

火星探査ヘリコプタや, 地上での可搬型無人ドローンなどでは, マルチコプタ型であることや折り畳みや収納性の制約から, 友人のヘリコプタに対してロータブレードのアスペクト比が小さめとなる. 低コストなブレード評価法として, 翼素運動量理論に基づく手法があるが, 地上での高アスペクト比ブレードに対しては翼素の空力性能を75%スパン位置で代表させることで実用的な評価が可能とされてきた. その一方で, よりアスペクト比が小さいブレードに対しては, 高 Fidelity な数値流体力学と乖離した結果が観測されている. そこで, 本研究では代表断面の最適位置や, 翼素の空力係数を与えるための断面数を検証したうえで, 進化計算を用いた火星探査ドローン向けの最適設計を行った.

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では, 進化計算を用いた最適設計を実施する. 設計対象を断面翼型形状とするため, 翼素運動量理論に対し, 設計解ごとに2次元翼型評価が必要となる. 低コスト評価法であることによって, 進化計算の適用が可能となったものの, Navier-Stokes 方程式を支配方程式とする数値計算であることから, JSS3 の利用が必須である. 確認の計算のために, 重合格子法に基づく数値計算を実施する際にも, JSS3 の能力が必要となる.

● 今年度の成果

アスペクト比が4程度のブレードに対して, 図1に示す通り, 適切なスパン位置の検証を行った. 三角翼を適用した結果, 高推力係数(CT)時に, 65%スパン位置を代表とするときに高 Fidelity な CFD と良好な一致を見た. これを基準に, 構築手法を評価とした進化計算を実施して, これまでの最適形状を上回る形状(図2上図)が見出された. さらに, 設計形状の提案法での評価結果と高 Fidelity な数値流体力学との比較でも良好な一致を見たことから, 最適化のプロセスも清浄であったことが確認された.

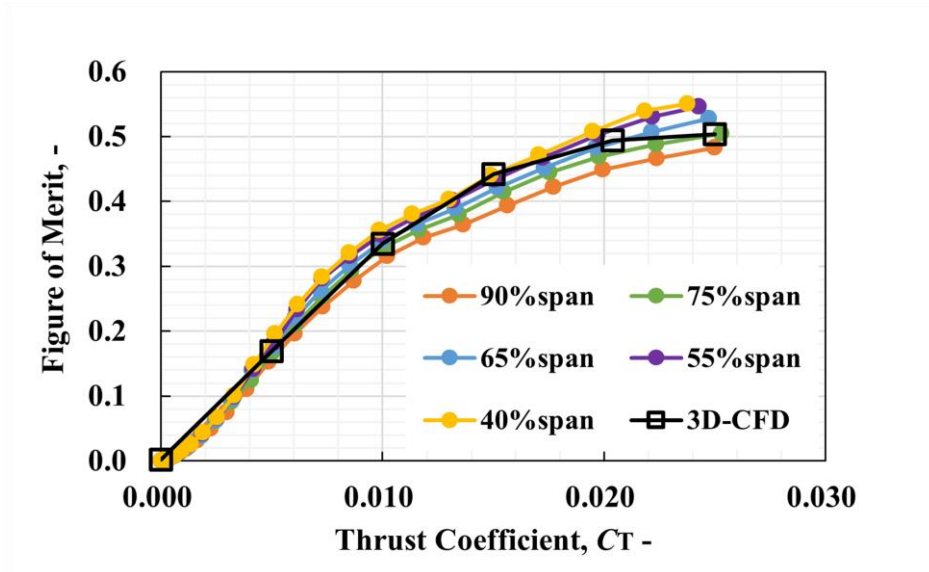


図 1: 代表翼素断面位置と推力係数 CT と Figure of Merit(FOM)との関係.

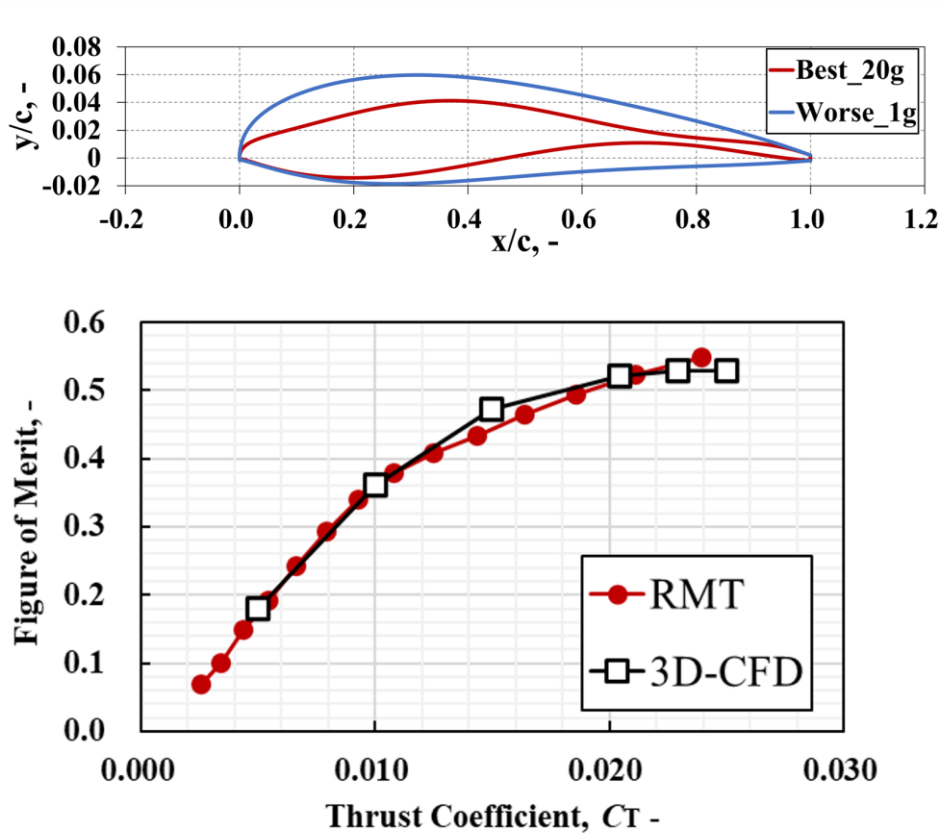


図 2: 最適解として得られたブレード断面翼型と高 Fidelity 計算との比較.

● **成果の公表**

-口頭発表

菊地大輔, 金崎雅博, 「RMT の改良と火星探査ドローンのブレード断面形状最適化」, 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, 熊本市, 2022 年 11 月.

● **JSS 利用状況**

● **計算情報**

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	32
1 ケースあたりの経過時間	2 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.02

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	287,624.51	0.01
TOKI-ST	89,345.16	0.09
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	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	296.67	0.27
/data 及び/data2	12,392.33	0.10
/ssd	353.33	0.05

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	2.02	0.01

※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

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	22.36	0.02

※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