

3次元大規模数値解析による、火星マルチコプタロータ間の空力干渉効果の解明

- JAXA所有のスーパーコンピュータJSS3を用いた大規模数値解析を実施した。
- 火星マルチコプタのロータ間に生じる空力干渉効果が、ロータ性能にどのように影響するか調査した。

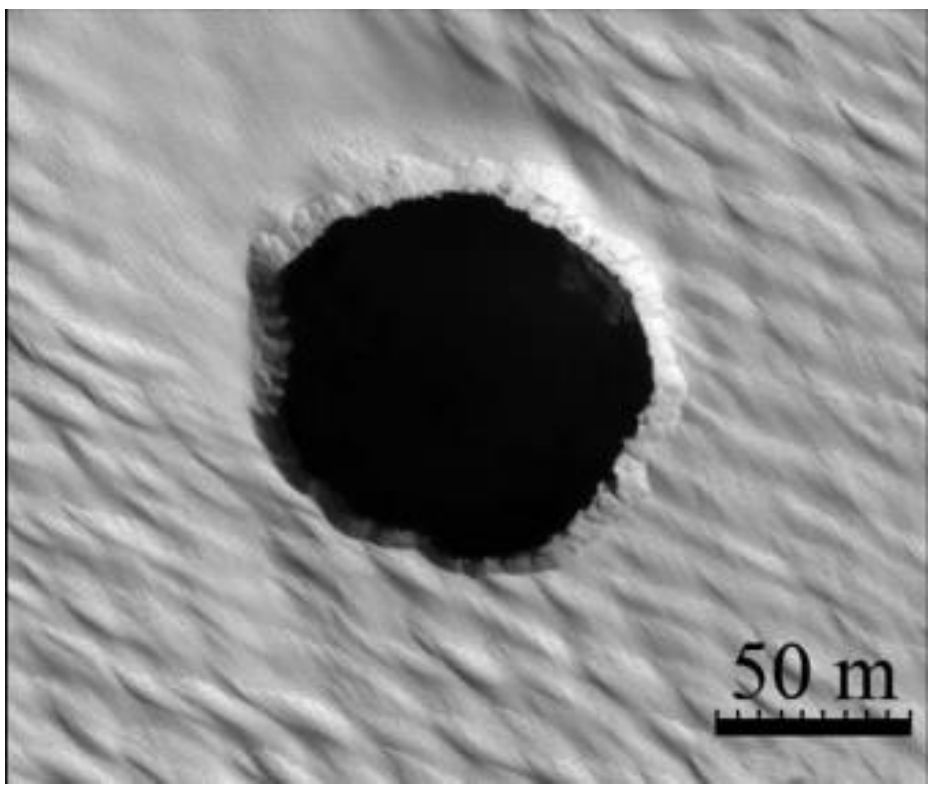


- 基本的にロータ間距離は離れた方が良いロータ性能が得られるが、条件次第ではロータ間距離を近づけても性能が維持される場合があることが示された。
- ロータの回転方向は、ロータ性能にあまり影響しないと考えられていたが、火星環境では回転方向がロータ性能に大きく影響することが示された。

研究背景

火星の縦孔探査のため、高性能な火星マルチコプタの実現が必要とされている。

- 火星に存在する縦孔には、水や生命が存在する可能性が高いと考えられている。
- 従来型の探査機では探査が困難であり、マルチコプタ型探査機の利用が検討されている。
- 火星は大気密度が低く、航空機が揚力を得にくいため、ロータの配置や回転方向を工夫した、より高性能なマルチコプタの実現が必要である。



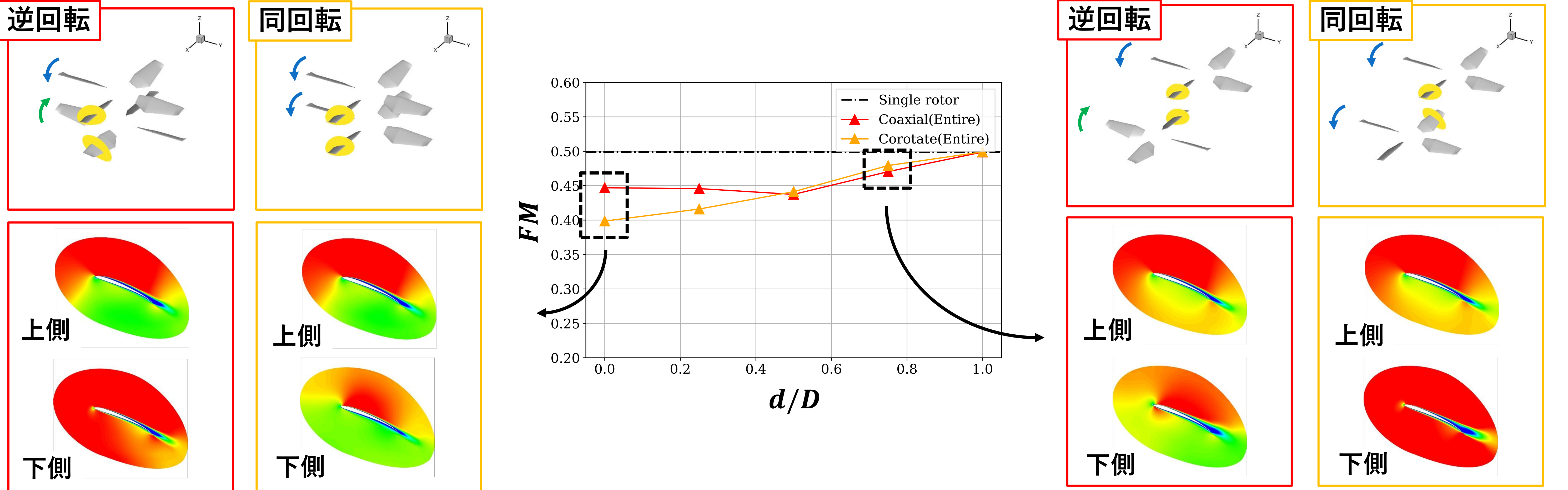
Cusing, G.E., et al, Journal of Geophysical Research: Planets, 2015.

研究目的

火星環境下において、ロータ間の空力干渉について明らかにし、火星マルチコプタのロータ配置に有用な知見を得る。

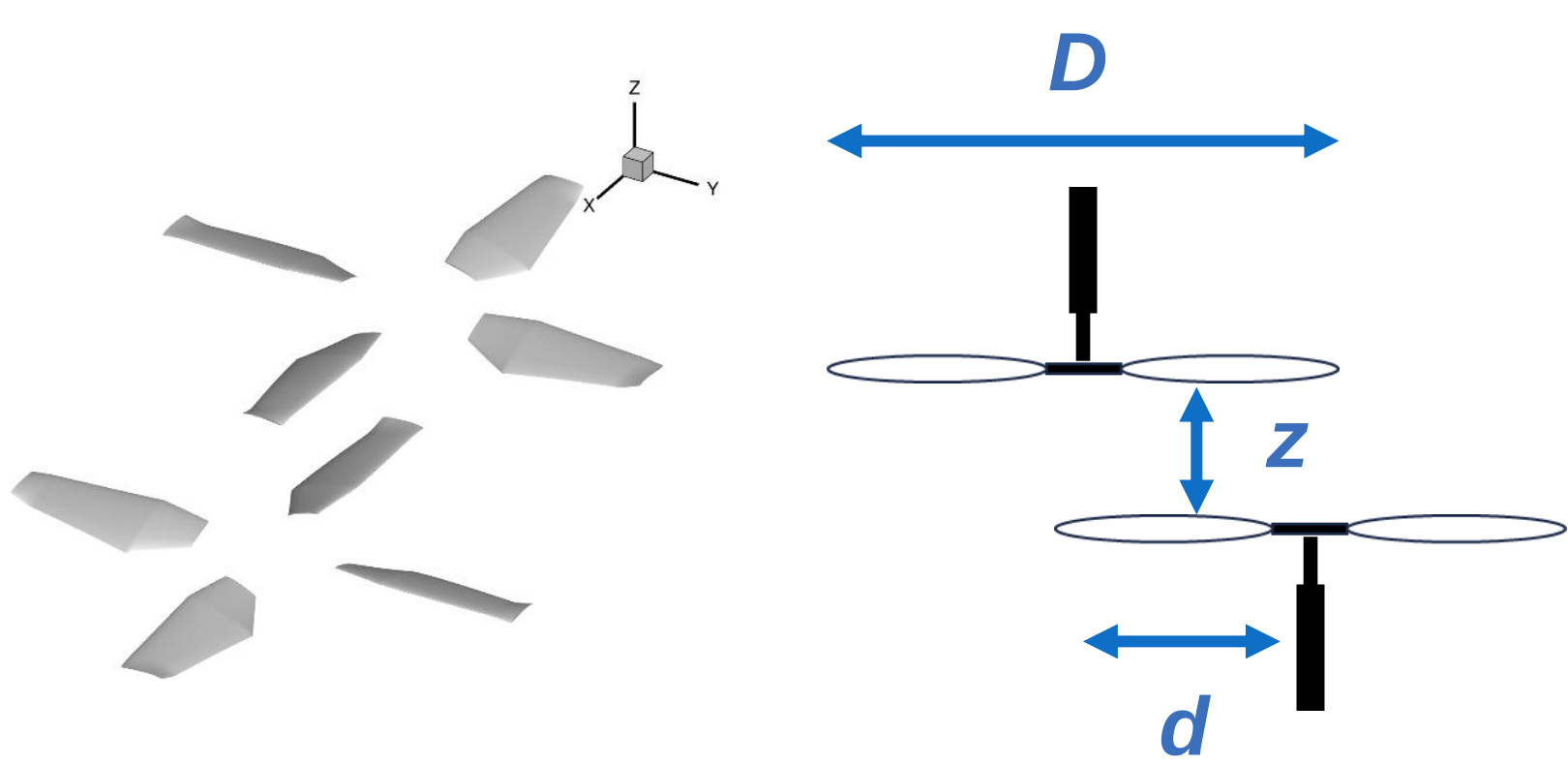
- ロータ軸間距離
 - ロータ回転方向
- がロータ性能に及ぼす影響は？

結果と考察



- 逆回転かつ $d/D < 0.5$ の時は、ロータ軸間距離によらずFMがほとんど一定となる。
- $d/D < 0.5$ の時は、逆回転の方がロータ性能が高く、 $d/D > 0.5$ の時は、同回転の方がロータ性能が高い。
- ロータ回転方向の違いにより、ブレードの流れに対する相対速度が変化することがロータ性能に影響する。

解析条件と手法



解析条件

レイノルズ数	10,000
翼端マッハ数	0.77
ロータ軸間距離 (d/D)	0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0
ロータ回転面間距離 (z/D)	0.25
ロータ回転方向	逆回転, 同回転
トリム条件	$\frac{C_{Tupper} + C_{Tlower}}{2} = 0.04$ $C_{Qupper} + C_{Qlower} = 0$

解析手法

支配方程式	三次元圧縮性ナビエ・ストークス方程式
ソルバー	rFlow3D
空間高次精度化	4 th Order Compact MUSCL TVD
数値流束関数	m-SLAU
時間積分法	LU-SGS (ブレード), 4 th Runge-Kutta (背景格子)
乱流モデル	なし

圧縮性流れにおける火星マルチコプタロータ間の空力干渉