

再使用型宇宙輸送システムの複合領域設計最適化への高精度空力解析の適用

報告書番号：R22JACA48

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20596/>

● 責任者

藤川貴弘, 東京理科大学

● 問い合わせ先

東京理科大学 理工学部 藤川貴弘(fujikawa.takahiro@rs.tus.ac.jp)

● メンバ

藤川 貴弘, 米本 浩一, 手鹿 慎太郎, 大槻 剛, 山崎 彩花, 新子 日菜, 渡辺 智敬, 中山 雄登

● 事業概要

再使用型宇宙輸送機のシステム設計では、機体設計と飛行軌道設計が相互に影響しあうため、これらを統合して最適化することのできる複合領域設計最適化の適用が研究されている。しかし、我々の先行研究では空力解析としてパネル法等の低精度モデルが用いられてきたため、設計の精度に問題があった。

そこで本研究では、サブオービタルスペースプレーンのシステム最適化解析に、高精度空力解析手法として JAXA の高速流体ソルバ FaSTAR を適用することを目指し、最適化ツールへの実装について理論・実用の両面から検討する。また、得られた設計解の詳細な空力特性評価も FaSTAR によって実施する。

参考 URL: <https://space-systems.me.noda.tus.ac.jp/research-content/optimisation/>

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

宇宙輸送機のシステム最適化では、様々な機体形状候補に対して幅広いマッハ数および迎角での空力特性評価を行う必要があるため、スーパーコンピュータ等の HPC 環境が無くてはならない。JAXA FaSTAR およびその周辺ソフトは、高速性と自動化との親和性から本研究に適しており、さらに JAXA スーパーコンピュータでの実行において高速性をさらに発揮するように調整されていることが利点である。

● 今年度の成果

2022 年度は 2021 年度に引き続き、インハウスのパネルコードによる低精度空力解析と JAXA FaSTAR による高精度空力解析を組み合わせることで適度な計算コストで高精度な解析を実現することを目指し、Multi-Fidelity サロゲートモデルである Co-Kriging を構築し、有人サブオービタルスペー

スプレーンの複合領域設計最適化に適用した. Co-Kriging 構築における高精度学習データを増やすとともに, 最適化を進めながら学習データを追加して Co-Kriging を更新する Efficient Global Optimization を実装した. また, スプライン曲面による機体形状表現法の研究や, 先行研究で得られた超音速翼型の3次元翼胴形状適用時の特性評価を行った.

さらに, サブオービタルスペースプレーンに使い捨て上段ロケットを結合した小型衛星打ち上げ機体のシステム解析の一環として, 分離飛行時の空力特性評価を2021年度に引き続き行った.

● 成果の公表

-査読付き論文

1) Shintaro TEJIKI, Takahiro FUJIKAWA, and Koichi YONEMOTO, Multidisciplinary Design Optimization of Suborbital Spaceplane with Multi-Fidelity Aerodynamic Analysis, Proceedings of 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, 2022.

2) Ayaka YAMAZAKI, Takahiro FUJIKAWA, Koichi YONEMOTO, and Tomotaka WATANABE, Aerodynamic Shape Representation and Optimization of Suborbital Spaceplane Using Spline Surfaces, Proceedings of 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, 2022.

-査読なし論文

1) 中山雄登, 藤川貴弘, 米本浩一, 手鹿慎太郎, 多目的進化計算と代理モデルを用いたサブオービタルスペースプレーンの効率的複合領域最適化, 日本機械学会 関東学生会第62回学生員卒業研究発表講演会, 2023.

2) Tsuyoshi OTSUKI, Koichi YONEMOTO, and Takahiro FUJIKAWA, Aerodynamic Interference and Separation Analyses of a Two-Stage Spaceplane for Small Satellite Launch, Proceedings of 73rd International Astronautical Congress, 2022.

● 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	自動並列
プロセス並列数	120 - 160
1 ケースあたりの経過時間	1 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.10

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	2,506,971.45	0.11
TOKI-ST	1,494.74	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	5,118.58	3.20
TOKI-LM	523.71	0.04
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	65.00	0.06
/data 及び/data2	550.00	0.00
/ssd	650.00	0.09

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

● 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)	0.95	0.00

※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