

【研究費区分】：ミニ研究環

【研究代表者所属】：システムデザイン研究科航空宇宙システム工学域

【研究代表者氏名】：金崎 雅博

【研究代表者氏名フリガナ】：カナザキ マサヒロ

【研究代表者職】：准教授

【研究分担者（所属,氏名,職）】

- ・システムデザイン研究科航空宇宙システム工学域 教授 佐原 宏典
- ・九州工業大学大学院 工学研究院 助教 藤川貴弘
- ・室蘭工業大学大学院 工学研究科 准教授 渡邊真也
- ・電気通信大学大学院情報 理工学研究科 准教授 千葉一永

【研究環組織名】：将来型宇宙往還機技術に関する研究会

【研究環 HP（\*本研究環組織の HP を作成している場合は、その URL を記入してください。）】

.

【研究環の活動概要と、ここで形成された研究グループ・研究拠点の今後の研究活動について】（600～800 字程度で記入。図（組織図含）、グラフ等の使用も可。）

本申請では、新たな往還機系の実用化技術を構築しつつ、各要素技術の高度化にもつなげることができる、工学における計算技術の実用的利用のための研究拠点形成を目指し活動を行った。低コスト有翼式宇宙往還機概念（図1）の実用化に必要な研究開発を題材に、本学を含め4大学から研究者を募り分野横断的な研究グループを組織した。特に、多分野を統合したシステム設計法を実用的に運用・高度化することを目的に、TSTOが超音速域で分離を行う際の飛行や、エンジン排気を考慮するなど、既存研究には無い多くの要素を盛り込んだシミュレーションを中心に実施し、最新の最適化アルゴリズムの適用性についても詳細な検討を行った。本申請研究では、研究グループ全体の研究会「将来型宇宙往還機技術に関する研究会」を2018年度内に3回実施した。

研究グループにおいては、首都大、九工大、室工大、電通大の研究内容を融合し、大規模シミュレーションに基づく往還機設計に実用的に適用可能なレベルでの有翼ロケットのエアフレームと推進系、飛行の評価、多分野融合最適設計を実施するための研究・開発拠点形成を行った。研究会は代表者が統括し、実機システム検討においては九工大の米本教授、スーパーコンピューターなど大規模計算資源の運用において、北海道大学情報基盤センターセンター長である棟朝教授らに研究協力者としてご参加いただくことができた。

具体的な研究成果としては、まずは排気流と機体周り空力との干渉現象の計算実施と、分離時飛行計

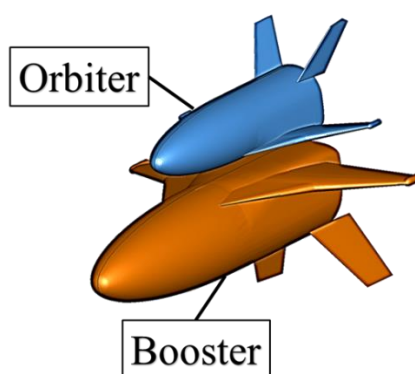


図1 概念機に対する数値計算用のCADモデル

算の試行が挙げられる。図2に TSTO における排気流計算結果の一例を示す。排気により、衝撃波構造や後流の様相に影響があることが分かった。図3には、得られた空力から簡易的に計算した TSTO 分離の様子をしめす。分離時に、機体のどちらかに適切な回転制御を行わないと、衝突に至る可能性があることが分かった。これを受け、今後は最適な制御シーケンスに関する研究につなげる予定であるが、その空力評価の効率化を図るために、図4にしめす重合格子法の試行も実施した。さらに、最適化法の適用においては、多数の設計点における目的関数を設定し、パレート主義に基づく進化計算法、スカラー化法に基づく進化計算法など複数の手法を試行した結果、図5に示すスカラー化法に基づく進化計算法がより大域的な解を得ることが分かった。

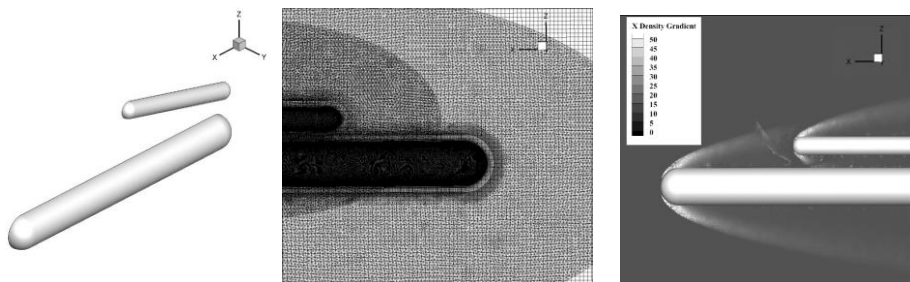


図4 重合格子法の適用。(右：計算対象とした2対問題，中：重合格子法による計算格子，右：重合格子法によって得られた密度勾配)

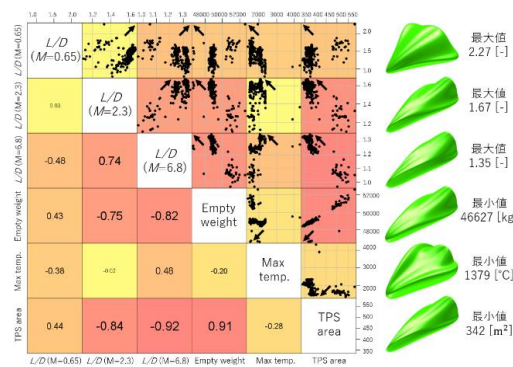


図5 複数の設計点において滑空比を最大化するブースタ形状最適化の結果。散布図行列による設計問題の可視化と、代表形状。

### (3) ・国際会議発表

1. Kanazaki, M. and Saisho, R., "Genetic Algorithm Applied to the Time-Series Landing Flight Path and Control Optimization of a Supersonic Transport," 2019 3rd International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence (ISMSI 2019), Male Maldives, March 2019.
2. Iwafuji, H., Kanazaki, M., and Fujikawa, T., "Plume Effect of Flowfield Around Winged Two-Stage-To-Orbit and Its Flight Characteristics," AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2019, San Diego, U.S.A, January 2019.
3. Sumimoto, T., Chiba, K., Kanazaki, M., Fujikawa, T., Yonemoto, K., and Hamada, N., Evolutionary Multidisciplinary Design Optimization of Blended-Wing-Body-Type Flyback Booster. AIAA Paper, 57th AIAA Aerospace Sciences Meeting, San Diego, USA, 7-11, January, 2019.
4. Sumimoto, T., Chiba, K., Kanazaki, M., Fujikawa, T., Yonemoto, K., and Obayashi, S., Fully Automatic Design Optimization System for Flyback Booster Considered From Subsonic to Hypersonic Range. 15th International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 11/7-9, 2018.
5. Sumimoto, T., Chiba, K., and Kanazaki, M., Hypervolume-Based Evolutionary Many-Disciplinary Design Optimization of Blended-Wing-Body-Type Flyback Booster. IEEE SSCI 2018, Bangaluru, India, 11/18-21, 2018.

### (4) 国内会議発表

1. 千葉 一永, 住元 剛志, 澤原 雅隆, "CFD 解析を伴う大規模多数目的最適化に対する進化計算法の選択指針 - システム完全自動化と有翼フライバックブースタ設計への応用". 平成 30 年度航空宇宙空力シンポジウム, 山口, 1/25-26, 2019.
2. 高橋瞳子, 藤川貴弘, 米本浩一, "3 次元空力形状最適化に向けた形状定義と空力解析手法の検討," 日本機械学会九州支部 第 72 期 総会・講演会, C21, 2019.
3. 中田涼介, 渡邊真也, "部分問題化に基づく部分近似を利用した多目的 EGO アルゴリズムの提案", 第 15 回進化計算学会研究会, pp.147-153, 20190307-08, 神奈川
4. 藤川貴弘, 米本浩一, "多目的宇宙輸送システムとしての有翼サブオービタル機の概念設計," 第 62 回宇宙科学技術連合講演会, 2F06, 2018.
5. 住元剛志, 千葉一永, 金崎雅博, 藤川貴弘, 米本浩一, "最適飛行経路を持つ翼胴一体型フライバックブースタ形状の空力/空力加熱/構造重量最適設計," 第 50 回流体力学講演会/第 36 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 宮崎, 7/4-6, 2018.
6. 住元剛志, 千葉一永, 金崎雅博, 藤川貴弘, 米本浩一, "翼胴一体フライバックブースタ形状の空力/空力加熱/空虚重量最適設計," 日本機械学会第 28 回設計工学・システム部門講演会, 沖縄, 11/4-6, 2018.
7. 渡邊 真也, 古木 暁太郎, 榊原 一紀, "Dial-A-Ride-Problem に対する動的な顧客要求変化を考慮した分枝価格法の提案", 平成 30 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会.
8. 開発 拓也, 渡邊 真也, "厳しい評価回数制限下における多変数問題に対するアプローチの提案 ", 情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究報告, Vol.2018-MPS-120, No.9, page.1-6 ,2018-09-18.

【論文発表又は著書発行（発表題目，著者，発表誌又は出版社，年月を記入）】

1. 開発拓也，渡邊真也，"厳しい計算回数制限下における多変数最適化問題への効果的アプローチの提案：複数車種の同時最適化ベンチマーク問題"，進化計算学会論文誌，Vol.9 No.3 pp.93-102, 2018
2. 藤川貴弘，照井勇輔，渡邊真也，米本浩一，"リニアエアロスパイクエンジンの多目的設計最適化"，進化計算学会論文誌 Vol.9 No.2 pp.61-74, 2018.

【学会会議開催実績報告】

・

【科学研究費補助金への応募状況，採択状況】

・

【国等の提案公募型研究費，企業からの受託研究費・共同研究費の獲得状況】

・

【受賞等】

1. 受賞：ベストプレゼンテーション賞，情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究会 MPS120 ベストプレゼンテーション賞，（開発 拓也・渡邊 真也）
2. 受賞: Best Presentation Award (Chiba, K.), International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence.

【その他社会貢献】

[公的審議会・委員会等の公的貢献，生涯学習支援・普及啓発，国際貢献・国際交流等]

・

【研究成果による特許等の工業所有権の出願・取得状況】

(工業所有権の名称,発明者,権利者,工業所有権の種類・番号,出願年月日,取得年月日)

・

【研究分担額】

(研究代表者・分担者名,所属,金額 (円))

- ・ 金崎雅博，首都大学東京大学院システムデザイン研究科航空宇宙システム工学域， 541,343円
- ・ 藤川貴弘，九州工業大学大学院工学研究科， 113,942円
- ・ 渡邊真也，室蘭工業大学大学院工学研究科， 79,214円