



航空プログラムグループ公募型研究報告会

将来宇宙輸送系関連の活動紹介

2010年11月26日
宇宙航空研究開発機構(JAXA)
宇宙輸送ミッション本部
宇宙輸送系システム技術研究開発センター
石本真二



宇宙輸送ミッション本部の研究開発組織

- 3つのセンターを中心に、これからの宇宙輸送系のための研究開発を実施
 - ▶ システム技術研究開発センター(筑波・調布)
 - ▶ 要素技術研究開発センター(筑波)
 - ▶ 推進技術研究開発センター(筑波・角田)

- これからの宇宙輸送系
 - ▶ 基幹ロケット発展型
 - H-IIA/Bの次を担う使い切りロケット
 - 有人化も視野
 - ▶ 将来輸送系
 - 再使用を念頭に置いたシステム



将来輸送系の目標

- 宇宙輸送コストを大幅に下げ、宇宙利用にブレークスルーをもたらすためには、繰り返し使用でき、安心して人が乗れるような宇宙輸送システムの実現が必要不可欠



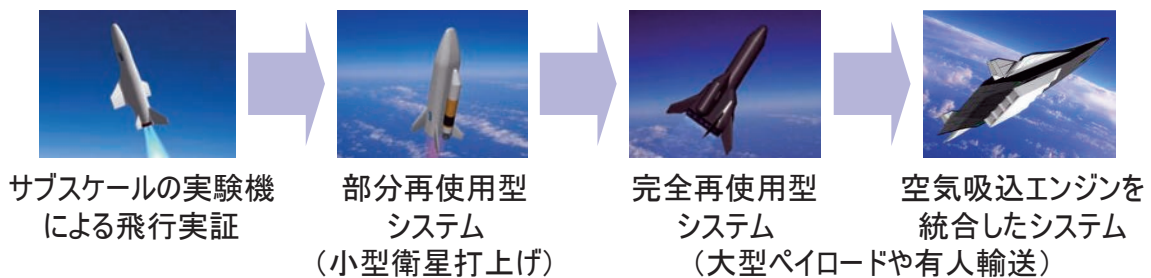
- このビジョンに基づき「ロケットプレーン」と呼ばれるシステムを目標として「仮」設定し、それに必要な技術の研究開発を実施
 - ▶ ロケットプレーン = ロケット推進により乗員やペイロードを地球周回軌道に輸送した後、航空機のように地上に帰還し、点検・整備した後に再び飛行できる宇宙輸送システムの総称

2



ロードマップ

現在想定しているロードマップ



見直し

オールJAXA、オールジャパンで共有できる目標システムおよびそれに至る技術ロードマップを検討中

3



将来輸送系を実現するに当たっての課題

- 必要な技術は革新的かつ広範囲にわたるため、閉じた体制による改良型の研究開発では獲得が困難



- 外部の技術力、アイデアを取り込んで効果的に研究開発を進めることが必要（オープン・イノベーション戦略）
- 我が国の技術力を広く集め、将来輸送系研究開発の活性化を図ることを目的として、平成16年度から、大学等との連携研究を進めてきた。

4



大学等連携研究(1/2)

22年度の研究テーマ(後から述べる公募型以外のテーマ)

- 構造分野

研究代表者 大学	研究課題名	研究概要
末益博志 上智大学	複合材タンクの口元部の構造様式検討	複合材料タンクの口元部の熱応力による口開きを抑えるため、解析・実験の両面から構造様式を検討する。
長嶋利夫 上智大学	複合材構造の確率論的解析手法に関する研究	複合材料構造を有限要素法(FEM)解析モデルで表現し、設計パラメータにばらつきがある場合の構造の応答を確率論的に評価する方法を開発する。

5



大学等連携研究(2/2)

22年度の研究テーマ(つづき)

- 空力分野

研究代表者 大学	研究課題名	研究概要
大津広敬 龍谷大学	バルート制御による再突入体の空力特性制御技術に関する研究	バルートを再突入体の空力特性制御デバイスとして利用することを目指し、風洞試験および数値流体解析により空気力学特性を調べる。
中村佳朗 名古屋大学	極超音速流れにおける深溝での熱流束計測と狭隘部の内部流れに関する研究	極超音速飛行時の空力加熱から機体を保護する熱防護システムの隙間を模擬した深いキャビティ周りの実験データを取得する。

6



新たなステップ

- これまでの連携は要素研究的な活動に限られており、有望な技術の成熟度を向上させる次のステップが必要



- 技術分野に応じて、要素研究の**次のステップ**を設け、有望な技術の効果的な育成を図る。

例

- ▶ 構造分野 ➡ 複合材料タンクの設計試作
 - ▶ 誘導制御分野 ➡ 小規模な実験機を用いた飛行実験
- **公募・委員会方式**により、研究テーマや連携先の選定における公平性・透明性を確保するとともに、将来輸送系の研究コミュニティの拡大を図る。

7

JAXA **公募型研究**

- 今年度から、これまでの連携研究に加えて、要素研究の次のステップを実行する公募型研究を開始
- 第一歩として、誘導制御分野から取り組みを開始したが、検討の進捗や機運の盛り上がりに応じて、順次、構造等の技術分野に広げていく予定
- 経緯
 - ▶ 本年6月に公募
 - 宇宙輸送ミッション本部公開系ホームページや日本航空宇宙学会飛行力学部門委員会を通じた周知
 - 事務局で把握している当該分野の研究者に募集メールを送付
 - ▶ 7月、本部内に設置された将来宇宙輸送系大学等連携推進委員会公募型研究分科会において審査を行い、4件の研究テーマを選定
 - ▶ 8～10月、契約手続きを行い、研究を開始
 - ▶ 成果報告会を年度末に予定

8

JAXA **今年度実施した公募の概要(1/2)**

- 研究課題
 - ▶ 独創的なアプローチ・手法によって、技術目標の少ない複数の達成に寄与する研究課題を募集

将来輸送系が備えるべき基本的な特性	技術目標
○ペイロードや投入軌道などの異なるミッションに対して柔軟に対応できること ○地上から軌道までの広範囲な飛行領域や急激な特性変化に対応できること ○空力特性、アクチュエータ特性等のモデルに対する不確かさや、風等の外乱が存在しても必要な性能を発揮できること ○機体の故障によりミッション達成が困難な場合でも、安全に地上に帰還できること	オンボード飛行計画技術の獲得
	設計に多大の労力を要するゲインスケジュールによらず、広い飛行領域で安定性・制御性を確保する技術の獲得
	故障を許容し安全に飛行を継続する技術の獲得
	オンボードで不確かさを補償する技術の獲得 不確かさを陽に考慮した設計技術の獲得

9



今年度実施した公募の概要(2/2)

- カテゴリ

- ▶ カテゴリ1

- 解析的に成立性・有効性が確認された誘導制御アルゴリズム等を小規模飛行実験により検証することを目標とする研究
- 資金規模:500万円/年を上限
- 研究期間:2年程度(最大3年)
- 契約形態:共同研究

- ▶ カテゴリ2

- 新規性・独創性のある誘導制御アルゴリズム等について解析的に成立性・有効性を確認することを目標とする研究
- 資金規模:100万円/年を上限
- 研究期間:2年程度(最大3年)
- 契約形態:委託研究

10



選定された研究テーマ(1/2)

研究代表者 大学	研究課題名	研究概要	カテゴリ
得竹浩 金沢大学	小型有翼実験機および高信頼性飛行制御システムに開発	モデル化誤差や風等の環境の変化を外乱として推定し、その影響を低減するフィードバック制御システムを開発し、小型滑空機を係留気球から落下させることにより実証する。	1
米本浩一 九州工業大学	小型有翼ロケット実験機による飛行環境適合型最適誘導制御システムの飛行実証実験	FPGA実装した遺伝的アルゴリズムによるオンボード飛行計画・誘導システム、ゲインスケジュールに頼らない適応制御システムを、ロケットを内蔵した有翼実験機により飛行実証する(飛行実験は来年度に予定)。	1

11



選定された研究テーマ(2/2)

研究代表者 大学	研究課題名	研究概要	カテゴリ
上野誠也 横浜国立大学	ホモトピー法を用いた オンボード最適軌道 生成アルゴリズムの 飛行検証	曲率の変化が小さい最適な帰還軌道をホモトピー法によりオンボードで生成する誘導システムを飛行実験によって実証する。(飛行実験は、金沢大の実験機を使用し、来年度に予定)	1
安部明雄 日本大学	将来宇宙輸送系の バックステップ法を 用いた誘導制御系 の構築	ゲインスケジューリングを必要とない逆ダイナミクス法を拡張し、無視していたサブシステム間の干渉項を抑制し、系全体の安定性を理論的に保証することを試みる。	2

12



実験機と飛行方法

金沢大学

- 飛行方法
 - ▶ 係留気球から分離・投下し、無推力で滑空
- 実験場
 - ▶ 大樹町多目的航空公園の近傍を予定



実験機
全長1m未満
重量1kg未満



係留気球
(直径1~3m)

九州工業大学

- 飛行方法
 - ▶ 内臓CAMUI型ロケットにより、高度1000m程度まで上昇し、滑空して射点付近に帰還
 - ▶ パラシュート・エアバッグにより機体を回収
- 実験場
 - ▶ 北九州市平尾台を検討中



実験機
全長1.5m、重量50kg



エンジン

13



JAXAの小規模実験機

- JAXA内でも、研究開発本部飛行技術研究センターと共同で、先進的な誘導制御アルゴリズムの研究を進めている。
- 小規模実験機による飛行実験を行い技術コンセプトの検証を行う計画



開発中の小規模実験機

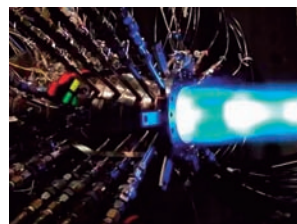
新規性の高い誘導制御アルゴリズムの機能を確認するため、安定性の高い機体から開始し、段階的に、難易度の高い機体に進むこと検討中

14



まとめ

- 将来宇宙輸送系関連の活動について、大学等との連携を中心に紹介
- ロードマップの見直しと新たな技術課題の体系化に合わせて、手薄となっている熱防護システム等の技術分野についても連携を強化
- 要所技術(例)
 - ▶ シャープエッジを持つ高性能空力形状(ウエーブライダー等)
 - ▶ 先進的な熱防護システム(アクティブクーリング等)
 - ▶ 高密度・常温液体炭化水素系燃料(エタノール等)のエンジン



15