



2024年度 大樹航空宇宙実験場の 実験の計画について

2024年5月10日
宇宙航空研究開発機構



2024年度の実験計画の概要

- JAXAは、1997年から大樹町の協力を得て各種の実験を行ってきました
- 2008年には、大樹町との間で連携協力協定を締結し、大樹町多目的航空公園に置かれた「大樹航空宇宙実験場」が重要な研究拠点として位置づけられることとなりました
- 2024年度においては、主に以下のような活動を計画しています

(1) 大気球による宇宙科学研究

大気球は、宇宙への「入口」である地球大気の境界領域に長く留まることができます。また、気球では、実験機器の大きさなどの条件がロケットや衛星に比べて厳しくないなど、多くの利点があります。こうした利点を活かして、宇宙の現象を捉えたり新しい技術を実証したりする最先端の宇宙科学実験を多く行ってきました。

2024年度は、2023年度に実施を見送った実験を含め、理学観測3実験、工学実証3実験（大型気球3機、ゴム気球3機）を実施する予定です。

(2) 航空機や宇宙技術に関する技術研究

JAXAは、ロケット、人工衛星といった宇宙分野の活動を行うと同時に、次世代の航空機に関する研究や宇宙分野の機器の実験を行っています。

大樹航空宇宙実験場では、無人航空機や航空機の安全で効率的な運航に関する飛行実験、ヘリコプタを運航した投下系実験を行ってきました。

2024年度は、ヘリコプタおよび無人機に関する技術の飛行試験を実施するとともに、実験場の環境を生かした航空宇宙関連の技術実験を実施する予定です。

2024年度の実験計画の概要

名称		2024年									2025年		
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2024年度気球実験													
航空宇宙 技術実験	LTE通信環境調査												
	CONCERTOプロジェクト 中間総合接続実証実験												
	災害・緊急時等の活用に向けた 小型固定翼無人機システム・連携 飛行技術の研究開発												
	災害・緊急時等の活用に向けた 多発タンデム・ティルト翼 小型無人機の研究開発												
	空中風力発電のための 風制御試験(その3)												
	係留気球を利用した宇宙輸送機の 小型モデル投下実験												

大気球による宇宙科学研究

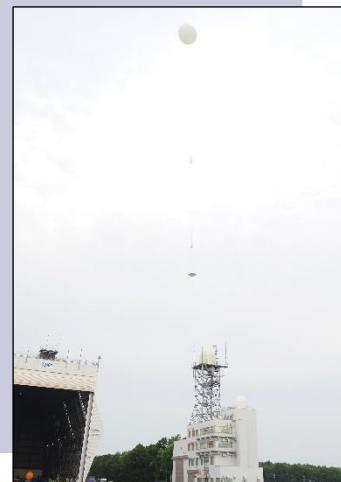


2023年度気球実験の成果(1)

2023年6月19日～8月21日に、大樹航空宇宙実験場にて、2023年度国内気球実験を実施しました。

- 2023年度気球実験では、大型気球2機、小型気球3機の飛翔を計画し、うち大型2機、小型2機を実施しました。実施した全4機は計画通り飛翔し、相乗りしたピギーバック実験3つを含む計7実験のデータ取得に成功しました。残る1つは実験機器のトラブルのために2023年度の実施を見送り、2024年度に持ち越しとなりました。
- 気球実験の「実践現場」を通じた人材育成として、2023年度は若手職員や大学院生など約30名が参加しました。いずれの実験チームでも、実験運用の最前線の中核にて若手が活躍していました。
- なお、2023年は、オーストラリアでも気球実験を実施しました(4月と5月に計2機の大型気球を実施し、成功しました)。「長時間飛翔」「陸上回収」「南半球の天体観測」など日本国内では実施困難な実験を実現するものとして、今後も数年に一度の頻度でオーストラリア気球実験を実施する予定です(次回は2026年以降)。

実験番号・実施日・実験名(代表者)	成果
【BS23-07】7月8日(ゴム気球) 工学実証: 新型大気圏突入カプセルの飛行試験(RERA-2) (PI: 北海道大学) 参考: https://www.isas.jaxa.jp/topics/003452.html	深宇宙からのサンプルリターン実現のために開発されている軽量・大型・低弾道係数・薄殻円錐型の新型大気圏突入エアロシェルモデルを、高度約25kmおよび約16kmから通常のパラシュートと同程度の速度で降下させ、カプセルの空力・姿勢データを取得した。 2024年度にも関連実施を実施予定。
【BS23-09】7月9日(ゴム気球) 工学実証: 新型大気圏突入カプセルの飛行試験(RERA-3) (PI: 北海道大学) 参考: https://www.isas.jaxa.jp/topics/003453.html	

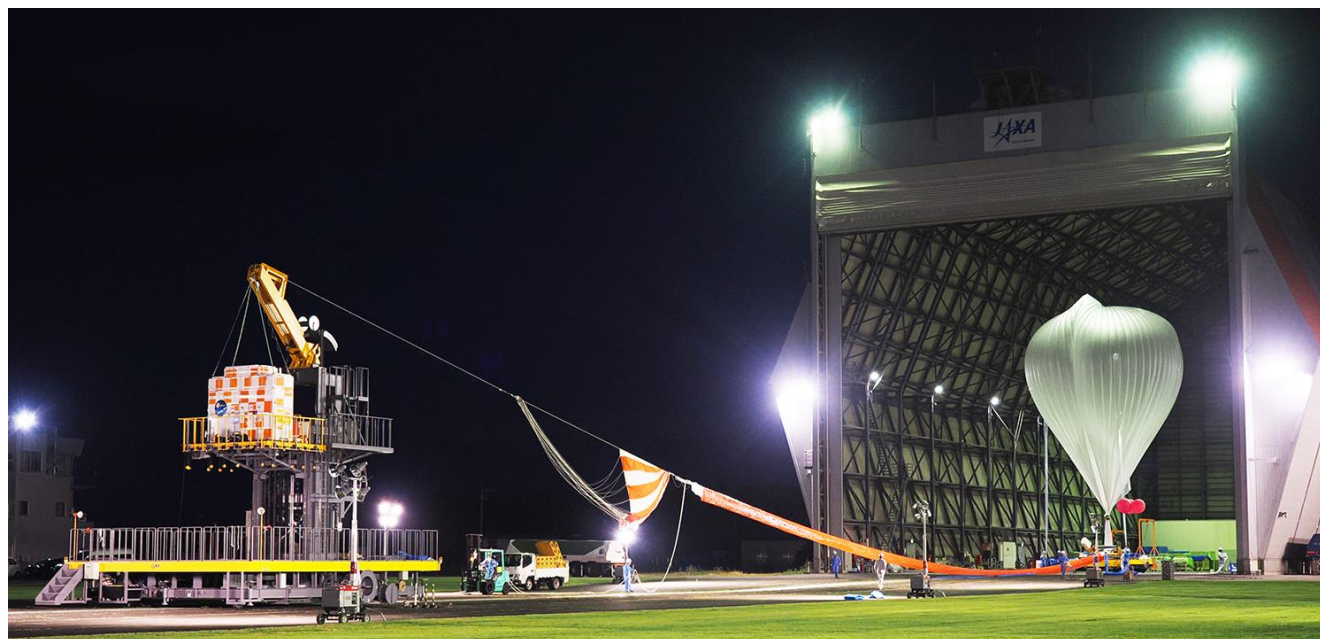


[補注] RERA: Rubber balloon Experiment for Reentry capsule with thin Aeroshell
 (ゴム気球を利用した新型大気圏突入カプセルの低速領域の自由飛行試験)

(画像クレジット: JAXA)

2023年度気球実験の成果(2)

実験番号・実施日・実験名(代表者)	成果
【B23-05】7月26日 (100, 000m³) 工学実証: 火星探査用飛行機の高高度飛行試験(MABE2) (PI: JAXA宇宙科学研究所) 参考: https://www.isas.jaxa.jp/topics/003468.html [補注] MABE: Mars Airplane Balloon Experiment (火星探査用飛行機の高高度飛行試験)	火星を高精度・広範囲で探査するために開発されている火星探査用飛行機のモデルを高度約36kmから降下させ、火星大気の低圧環境を模擬できる成層圏大気内での飛行試験を実施して、風洞試験やシミュレーションの検証に必要な機体の空力データを取得した。 2024年度にも関連実施を実施予定。
【B23-05 にはピギーバック実験を1つ搭載した (ピギーバック実験も主実験と同様の公募・審査過程を経て選定されている)】 (1) 飛翔中の気球荷姿の挙動測定を目的としたピギーバック実験: 9軸姿勢ロガーを気球・パラシュート・ゴンドラなど各所に分散配置し、各部のダイナミクスを測定した。(PI: 金沢大学)	



2023年度気球実験の成果(3)

実験番号・実施日・実験名(代表者)	成果
【B23-06】7月27日 (30,000m³) 理学観測: GRAMS液体アルゴン放射線検出器の気球搭載試験 (PI: 大阪大学) 参考: https://www.isas.jaxa.jp/topics/003470.html [補注] GRAMS: Gamma-Ray and AntiMatter Survey (MeVガンマ線観測・ダークマター探索実験)	宇宙MeVガンマ線や低エネルギー宇宙線反粒子の観測を目指す日米国際共同実験計画GRAMSの実現に向けた技術試験として、液体アルゴン・タイムプロジェクションチェンバ(liquid argon time projection chamber, LArTPC)を世界で初めて飛翔体に搭載して上空で稼働させ、その運用方法確立に向けた動作データを取得した。
【B23-06 にはピギーバック実験を2つ搭載した (ピギーバック実験も主実験と同様の公募・審査過程を経て選定されている)】 (1) 格子貼付1カメラ法を有する形状可変構造実証試験(MEDUSA): 大型反射鏡等の気球搭載構造体を高精度で形状制御するため、開発中の形状可変構造のプロトタイプの機能実証データを気球飛翔環境下で取得した。(PI: 防衛大学校) ([補注] MEDUSA: Morphing Experiment for DURable Smart Antenna(形状可変構造実証試験)) (2) レーザ周波数比較による一般相対論の高精度検証に向けた基礎実験(I): 一般相対性理論の高精度検証を最終目的とする基礎実験として、センチメートル級の高精度測位モジュールの精度データを気球飛翔環境下で取得した。2024年度にも関連実施を実施予定。(PI: JAXA宇宙科学研究所)	



2024年度気球実験計画(1)

2024年度気球実験では、大型気球3機、ゴム気球3機の飛翔による宇宙科学実験を実施予定です。(実験期間: 5月20日～8月31日)

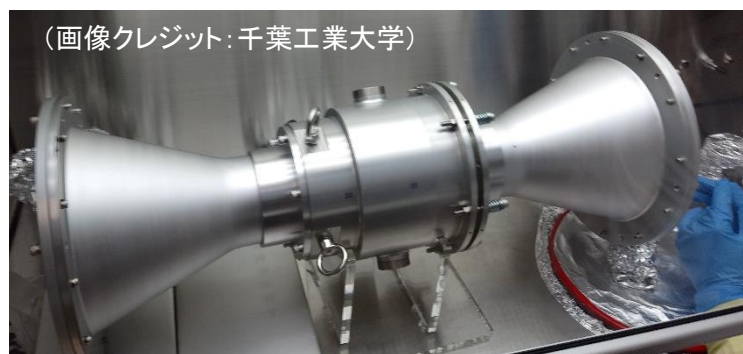
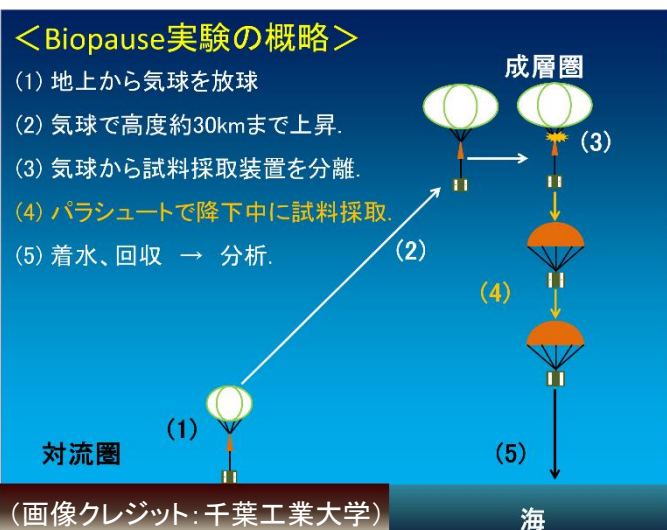
B24-01 理学観測: 成層圏における微生物捕獲実験(Biopause V)

地球生命圏の上端「Biopause」は、地球生命圏が宇宙に対して開いているのか閉じているのか、地球生命が地球に固有の存在なのか、という地球惑星科学や宇宙生命科学の根源的な問題を理解するための鍵となる。成層圏での微生物の存在は多くの先行研究で報告されているが、地上微生物の混入防止策が不十分なものも多いうえ、ほぼ培養法での分析しか行われておらず、成層圏微生物の動態や全体像の把握には至っていない。そこで、地上微生物の混入を避けるため、降下式インパクター型試料採集装置を開発し、2016年以降計4回、気球高度からの降下中に微生物の採取を行ってきた。しかし、これまで使用していた採取装置は着水時の採取部内外差圧が大きく、海水の浸水を誘発しやすいことが一因で、まだ生命圏界面を決定できていない。そこで、採取部内外差圧を小さく保つ採取装置を新たに開発した。この改良型採取装置を複数個搭載するフルスペック試験に先立つ性能試験として、本実験では改良型装置を1組搭載し、浸水対策の効果を確認する。

(気球満膨張体積: 15, 000m³、直径: 34m、搭載機器重量: 130kg、飛行高度: 29km程度、PI: 千葉工業大学)

<Biopause実験の概略>

- (1) 地上から気球を放球
- (2) 気球で高度約30kmまで上昇。
- (3) 気球から試料採取装置を分離。
- (4) パラシュートで降下中に試料採取。
- (5) 着水、回収 → 分析。



本実験で用いる改良型の
降下式インパクター型試料採集装置

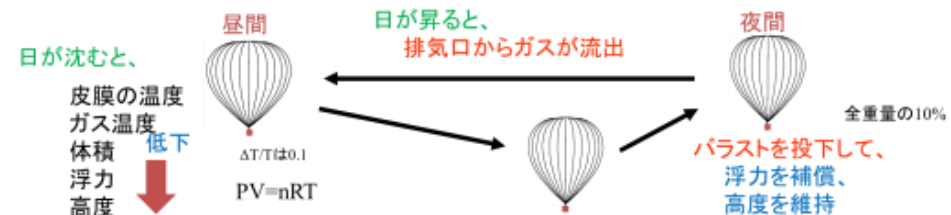
2024年度気球実験計画(2)

B24-02 工学実証：皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の飛翔性能評価

皮膜に網をかぶせる手法で製作されたスーパープレッシャー気球は、高耐圧性能を軽量で実現し、大重量の観測装置を吊り下げて長時間飛翔させることが可能な飛翔体である。2020年に実施したB20-03実験にて、従来の放球法では網が皮膜に損傷を与え得ることが判ったことを踏まえ、ウインチを用いた準静的な放球(打上げ)方法を新規に開発した。本実験では、この新しい放球法を用いて体積2,000m³のスーパープレッシャー気球を飛翔させ、放球法の有効性や放球から回収までの一連の運用性を確認するとともに、飛翔環境下での気球の展開の様子や耐圧性能を評価する。これにより、将来の科学観測への本格利用に向けた、より大型のスーパープレッシャー気球の開発の重要な足掛かりとする。

(気球満膨張体積:2,000m³、直径:18m、搭載機器重量:80kg、飛行高度:11km程度、PI:JAXA宇宙科学研究所)

ゼロプレッシャー気球が長時間飛翔できない理由 (普通の気球は、底に穴があいている)



長時間飛翔させるには、気球内ガスを大気圧よりも10%高い圧力に加圧しておき、体積が昼夜で変動しないスーパープレッシャー気球が必要

(画像クレジット:JAXA)

スーパープレッシャー気球は、従来型のゼロプレッシャー気球では実現できない長期間の昼夜をまたいだ飛翔を実現できる。

皮膜に網をかぶせる設計によって、高い耐圧性能と気球本体の軽量化を両立できる。



(画像クレジット:JAXA)

体積10m³の気球の地上試験
(2010年)



体積2,000m³の気球を用いた
放球法の地上試験(2022年)



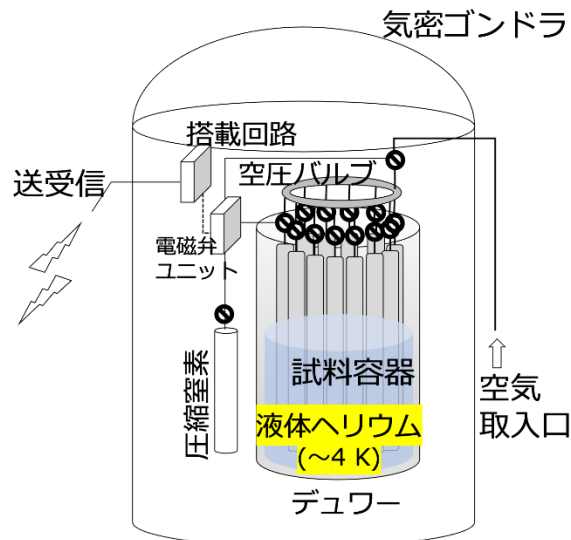
体積2,000m³の
気球の地上試験
(2017年)

2024年度気球実験計画(3)

B24-03 理学観測：改良型クライオサンプラー性能実証試験

成層圏大気のカリオサンプリング実験は、成層圏大気を大量に直接採取し、大気中の様々な化学成分を分析することで、成層圏大気の化学過程や力学過程の研究を幅広く強力に推進している。1985年以降、25回の国内実験に加え、北極・南極・赤道域でも観測が重ねられてきた。大気成分の長期モニタリングが重要となる研究の性格上、長期にわたって観測装置の高い信頼性を維持するとともに、技術革新によって人的・費用的に低コスト化を進める必要がある。特に、国内で使用してきた液体ヘリウムを用いる大型クライオ装置は、その高い信頼性のゆえに現在まで長期にわたって用いられてきたが、搭載回路やモーター駆動バルブなど主要部品の老朽化に伴い、改修が必須となった。本実験では、主要部品を新規開発品に換装した改良型クライオサンプラーの性能を実際の成層圏大気採取によって確認する。

(気球満膨張体積: 100, 000m³、直径: 63m、搭載機器重量: 335kg、飛行高度: 35km程度、PI: 宮城教育大学)



改良型大型クライオサンプラーの概略図

(画像クレジット: 宮城教育大学・東北大学)

(画像クレジット: 宮城教育大学・東北大学・産総研)



装置外観



マイナス269℃で上空の大気を固化する試料容器

(過去の実験実施時に撮影された写真)

2024年度気球実験計画(4)

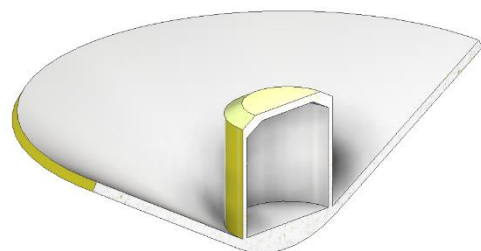
BS24-02 工学実証：薄殻エアロシェル大気突入カプセルの自由飛行実験(RERA-4)

薄殻エアロシェルは将来の深宇宙からのサンプルリターンを実現するための有力な大気突入技術である。これは軽量・大面積のエアロシェルにより低弾道係数飛行を実現し、高高度での効率的な空力減速や、それによる空力加熱低減、パラシュートを必要とせず地上まで降下できるなどの利点を持つ。この新型カプセルの実現には、低速領域でのカプセルの動的な空力姿勢安定性の理解が必要であり、風洞実験や数値解析と相補的な手段として自由飛行による実証研究が重要である。2022～2023年の計3回のRERA実験実施において、小型軽量のカプセルをゴム気球で飛揚し通常のパラシュートと同程度の速度で降下させてカプセルの空力・姿勢データを取得した。その成果を踏まえ、本実験では、形状や質量特性などを更に変更したカプセルを用いて飛行試験を1回実施し、これら設計パラメータがカプセルの動的姿勢安定性に与える影響を評価する。

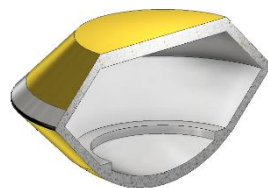
(ゴム気球(2型)、満膨張時直径:11m、搭載機器重量:2.0+1.9kg(2 Gondola構成)、飛行高度:32km程度、PI:北海道大学)

[補注] RERA: Rubber balloon Experiment for Reentry capsule with thin Aeroshell (ゴム気球を用いた薄殻エアロシェル大気突入カプセルの自由飛行実験)

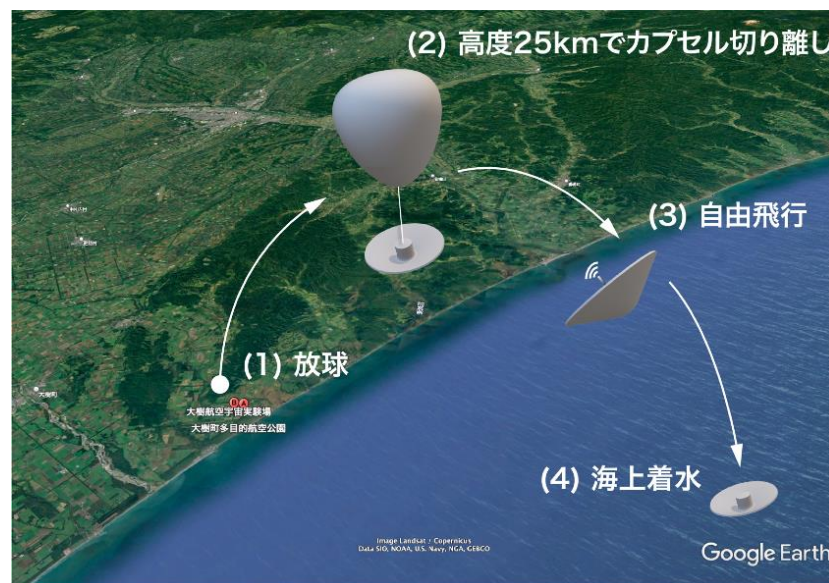
(画像クレジット: 北海道大学・JAXA)



本実験の新型カプセル
幅80cm、高さ24cm



「はやぶさ」型カプセル
幅40cm、高さ20cm



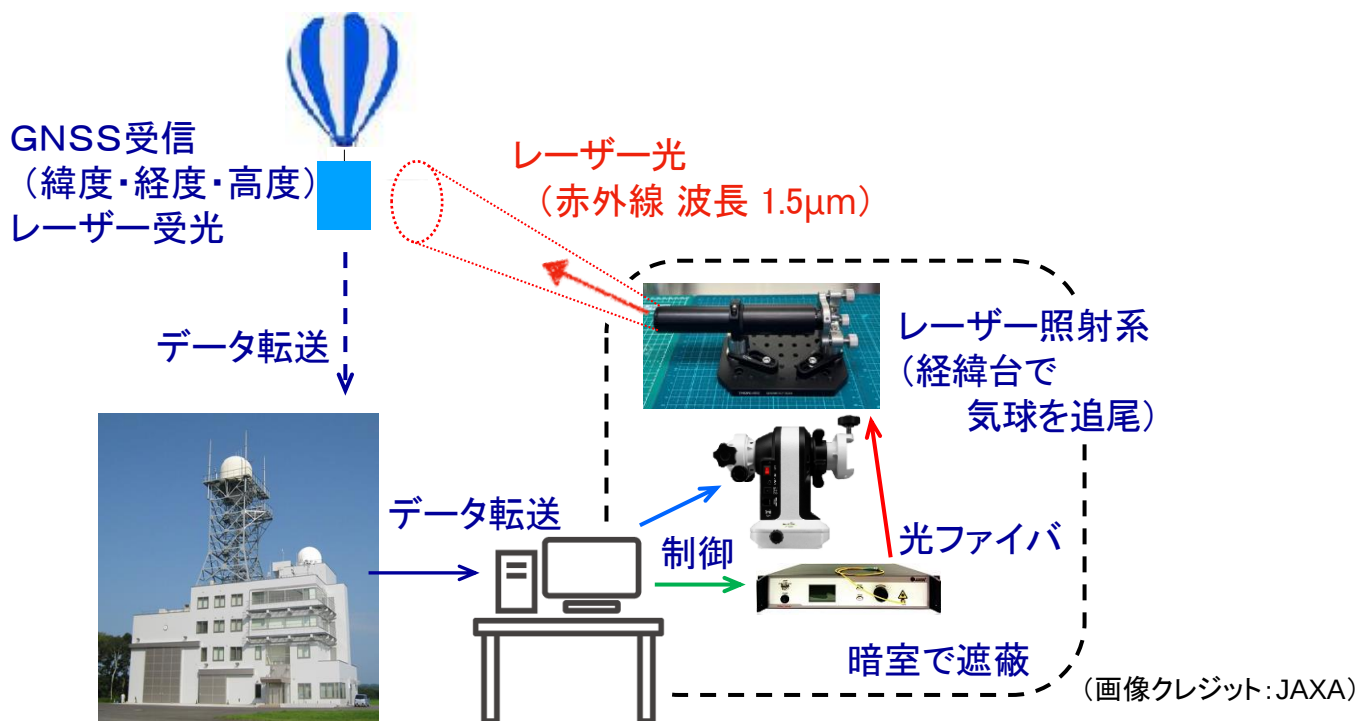
(画像クレジット: イラスト: 北海道大学・JAXA、地図: Google Earth)

2024年度気球実験計画(5)

BS24-03 理学観測：レーザー周波数比較による一般相対論の高精度検証に向けた基礎実験(II)

極めて高精度に周波数安定化されたレーザーを大気球に搭載し、地上のレーザーと光周波数を比較することで、将来的に一般相対性理論を高精度で検証することを目指している。近年急速に発展している高安定・高精度の周波数比較技術を活用することで、測位衛星軌道での検証をも上回る精度での一般相対論の検証が可能となる。2023年度に実施したピギーバック実験では、地上と気球との間の光リンクの実現に必要な気球の位置の高精度でのリアルタイム決定が可能だと確認された。それを踏まえ、基礎実験の第2段階となる本実験では、ゴム気球に高精度測位モジュールと受光部を搭載し、リアルタイムの測位結果を元に地上から赤外線レーザー光を照射して飛行中の気球における受光量を測定することで、地上局の気球追跡性能を評価する。

(ゴム気球(2型)、満膨張時直径:11m、搭載機器重量:2.0+1.9kg(2 Gondola構成)、飛行高度:32km程度、PI:JAXA宇宙科学研究所)



(画像クレジット: JAXA)

2024年度気球実験計画(6)

BS24-04 工学実証：火星飛行機用プロペラ推進器の高高度試験(HIGHPER)

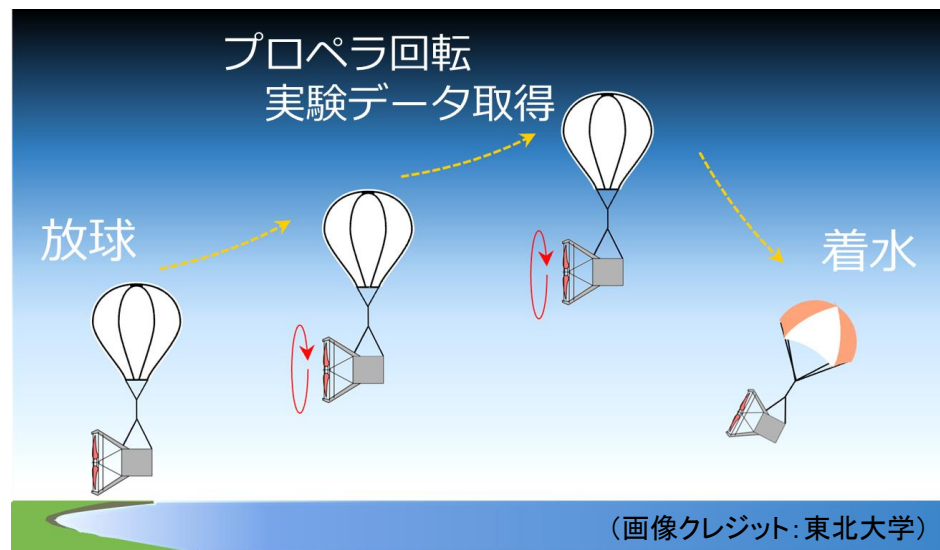
高精度、広範囲な磁場観測や地質調査などによって火星の惑星科学を前進させるため、火星探査用飛行機(火星飛行機)の研究開発が進められている。火星飛行機の実現には、機体の空力設計に加えて、推進器であるプロペラの設計も重要となる。火星飛行機本体の基本的な空力特性を調べるためにプロペラ無しのグライダー機の高高度飛行試験(B23-05実験)が2023年度に実施された。その次段階として、実際に火星を飛行させる形態であるプロペラ付の機体の飛行試験が計画されている。本実験では、プロペラ付の機体の飛行試験を実現するまでの開発計画の1ステップとして、小型のプロペラのみ(翼無し)を高高度で動作させ、その空力特性を計測する。気球から吊り下げられたゴンドラにプロペラを搭載し、飛翔中に小型モーターで駆動させて推力やトルクを計測することで空力特性を評価する。

(ゴム気球(2型)、満膨張時直径:11m、搭載機器重量:2.0+1.9kg(2ゴンドラ構成)、飛行高度:32km程度、PI:東北大学)

[補注] HIGHPER: High-altitude Propeller Evaluation Research (火星飛行機用プロペラ推進器の高高度試験)



試験用プロペラ
直径30cm



太平洋上の所定の高度でプロペラの性能を計測

航空機や宇宙技術に関する 技術研究



(画像クレジット: JAXA)

(1) 背景・目的

- 有人機及び無人機の通信媒体のひとつとしてLTE通信(携帯電話回線)の上空利用が有望とされているが、LTE通信地上局の配置状況や、有人機及び無人機の飛行高度等によって通信性能に差があると考えられている。しかし上空におけるLTE通信の環境調査は実施には至っていない。
- 通信事業者・通信機器開発企業等との連携により、上空におけるLTEの通信環境最適化を行うことが可能になったため、今年度より、大樹航空宇宙実験場周辺でのLTE通信環境の調査を開始する。

(2) 研究課題

- 高度差によるLTE通信性能の変化の確認
- LTE通信地上局の配置と機体の位置によるLTE通信性能の変化の確認
- LTEの上空エリアの通信環境最適化による通信性能変化の確認(2025年度予定)

(3) 2024年度の研究開発/飛行試験予定

- JAXAの実験用ヘリコプタを使用し、上空におけるLTE通信環境の確認(高度・エリアによる差異の確認等、大樹町航空宇宙実験場周辺のLTE通信環境を確認)

(4) 試験担当

航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ
DOER※1 プリプロジェクトチーム

※1 DOER: Delivering Technologies for Cooperative Aerial Emergency Response
災害・緊急時等に活用可能な運航安全管理システム及び
小型固定翼無人機システムの研究開発



(画像クレジット: JAXA)

LTE通信地上局

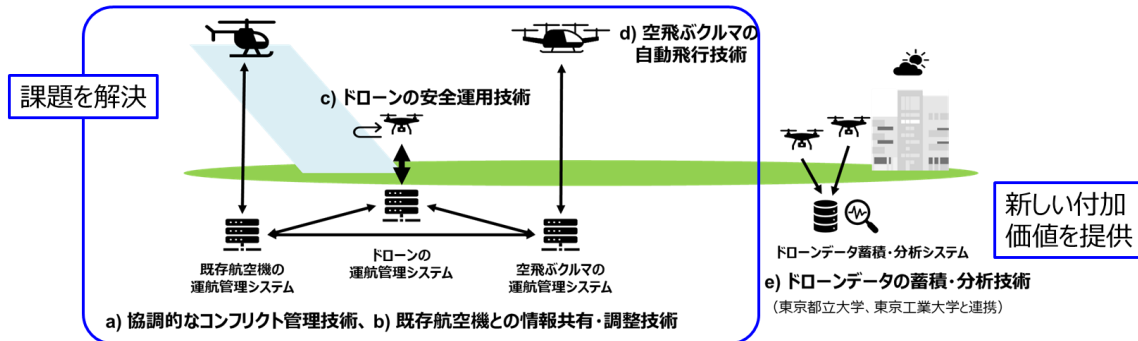
次世代空モビリティの協調的運航管理技術の研究開発 (CONCERTOプロジェクト中間総合接続実証実験)

(1) 背景・目的

- ・ドローンは有人地帯での補助者なし目視外飛行(レベル4飛行)が始まり、空飛ぶクルマは2025年の大阪・関西万博での飛行実現を目指した機体開発、制度整備が進んでいる。
- ・これら次世代空モビリティ(ドローン・空飛ぶクルマ)と既存航空機(ヘリコプタ等)が協調し、より安全で効率的な航行を行うため、統合的な運航管理システムのイネーブラ技術を開発・実証する。
- ・本研究開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト(ReAMoプロジェクト)」におけるNEDOからの受託業務を主体とし、企業や大学と連携して進めている。

(2) 研究開発課題

- ・ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機の統合的な運航管理のための課題を解決するイネーブラ技術を開発する(右図a~d)。
- ・ドローンが収集したデータを飛行安全や気象予測に活用し新たな付加価値を生み出す技術を開発する(右図e)。



(3) 実験概要

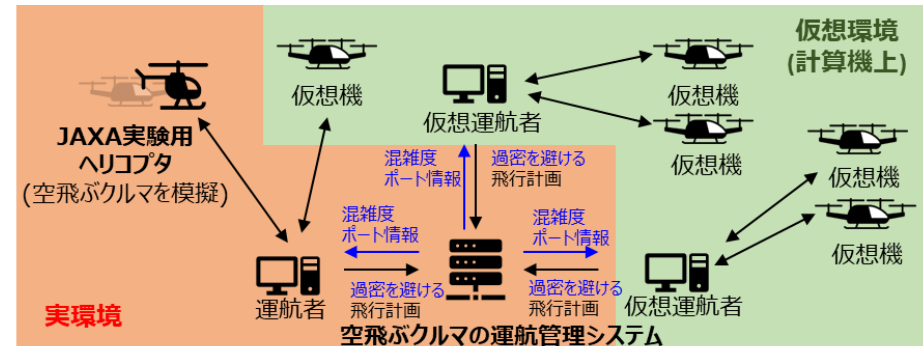
- ・空飛ぶクルマを模擬したJAXA実験用ヘリコプタを実際に飛行させる。計算機上で、多数の空飛ぶクルマやヘリコプタを仮想的に飛行させる。
- ・開発したコンフリクト管理技術等により、多数機間でコンフリクト(異常接近等)が発生しないことを確認する。
- ・2025・26年度も飛行実験を行い、開発技術を順次検証。

CONCERTOの研究開発課題

(画像クレジット: JAXA)

(4) 試験担当

航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ
CONCERTOプロジェクトチーム



実験イメージ

(画像クレジット: JAXA)

災害・緊急時等の活用に向けた小型無人機の研究開発

(1) 背景・目的

- 経済安全保障重要技術育成プログラム(Kプロ)において「災害・緊急時等の活用可能な小型無人機を含めた運航安全管理技術」に関する研究開発構想が策定され、JAXAはこの公募枠に応募し採択された。
- また、府省庁は異なるタイプの小型無人機とD-NET*を活用することにより緊急事態対処活動の高度化を要望しており、これまでにJAXAが研究開発してきた「固定翼」や「VTOL」無人機技術をベースに、長距離・長時間の飛行が可能となる小型無人機技術(固定翼、VTOL)を開発する。
- 今年度は機体の製作と開発評価試験を実施する。

(2) 研究課題

- 固定翼
 - 遠隔地での情報収集に利用可能な小型固定翼無人機システムの開発
 - 有人機連携運用MUMT(Manned-UnManned Teaming)の開発
 - 第一種機体認証安全基準に適合するための固定翼設計・証明法(MOC案: Means Of Compliance)の構築・検証
- VTOL
 - 公募アウトプット目標を満たす、多発タンデムティルト翼VTOLの開発
 - 第一種機体認証安全基準に適合するためのVTOL設計・証明法(MOC案: Means Of Compliance)の構築・検証

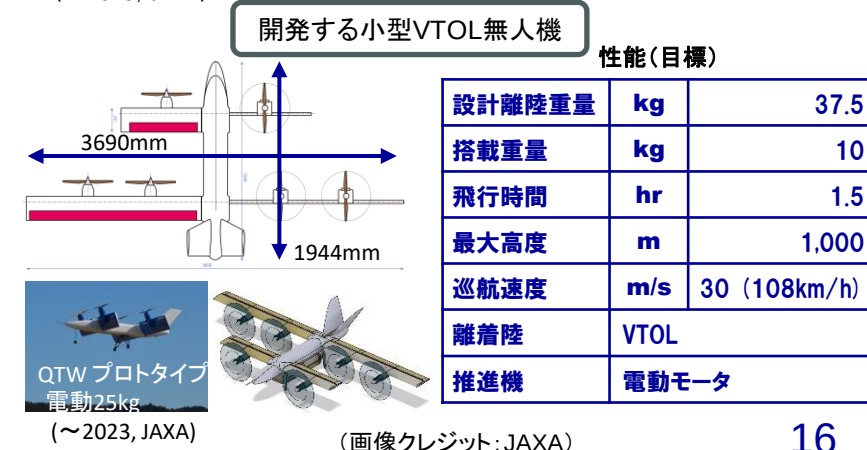
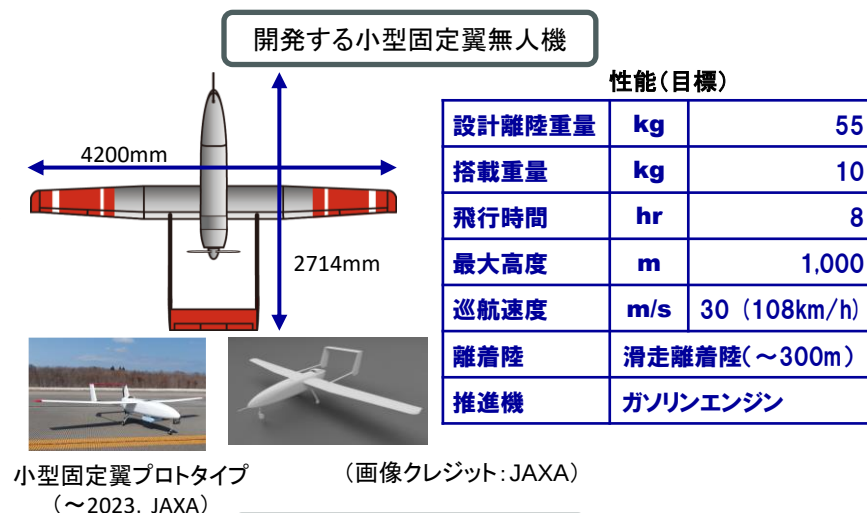
(3) 2024年度の研究開発/飛行試験予定

- 機体製作を行い、搭載する機能の開発評価試験を行う
- 既存の無人機を用いて飛行試験を実施する

(4) 試験担当

航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ
多種機体・多様運航統合技術チーム

*D-NET: Disaster Relief Aircraft Management System Network
災害救援航空機情報共有ネットワーク



空中風力発電のための風制御試験(その3)

(1) 背景

地球温暖化や不安定な国際情勢から、エネルギーの自給自足は、日本国内の最重要課題の一つである。空の良好な風を我々の利用可能なエネルギーに変換できれば、その課題を解決する手段の一つとなり得る。

(2) 目的

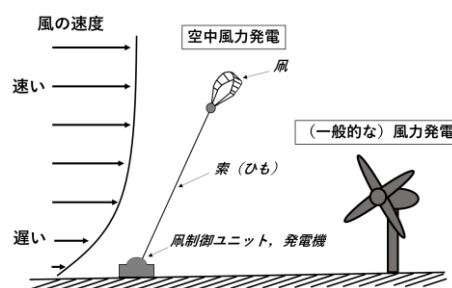
本研究では、日本国内の「社会受容性」、「気象」、「地形」を考慮した空を利用する発電(空中風力発電)の技術開発を行うことを目的とする。本試験では、FY2022とFY2023に続き、空中風力発電の鍵技術である風の自動制御手法の獲得や運動する風の発生する空気力の詳細を明らかにすることを目的とする。

(3) 実験概要

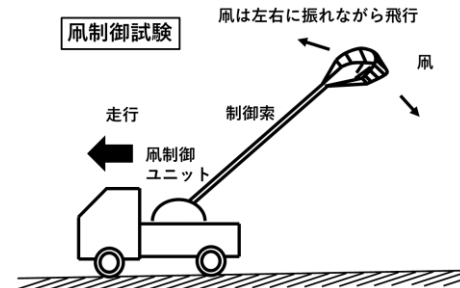
JAXAにて開発した風制御ユニットによる風の飛行試験を行う。FY2024は、滑走路を利用した試験を中心に行なう。車両荷台に風制御ユニットを載せ、風を牽引しながら走行する。この過程で、風の8の字飛行を含む自動制御試験や風の空力試験を実施する。本試験の風は柔軟体であり、高度は65mを上限とし、重量物は上空に上げない。

(4) 実験担当

航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ



(画像クレジット: JAXA)



(画像クレジット: JAXA)

FY2023 試験風景

牽引試験



(画像クレジット: JAXA)

係留試験



(画像クレジット: JAXA)

係留気球を利用した宇宙輸送機の小型モデル投下実験

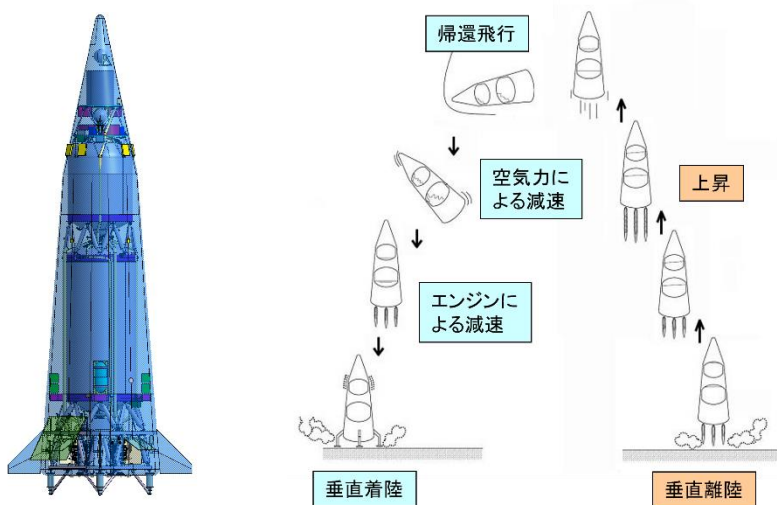
(1) 背景・目的

再使用ロケットなどの繰り返し使用することが可能な宇宙輸送機においては、効率的な運用性などの観点で垂直離着陸型が主流となっている。輸送機が宇宙空間から帰還する際に、エンジンで使う燃料の消費を抑えることができるかが重要な技術である。そのためには、機体が空気から受ける力(抗力)を最大限に利用して、エンジンによる減速を最小限にする必要がある。それを実現するため、帰還飛行中に機体が空気から受ける力の特性と、それを利用した機体の姿勢の制御の方法を明らかにしなければならない。

(2) 実験概要

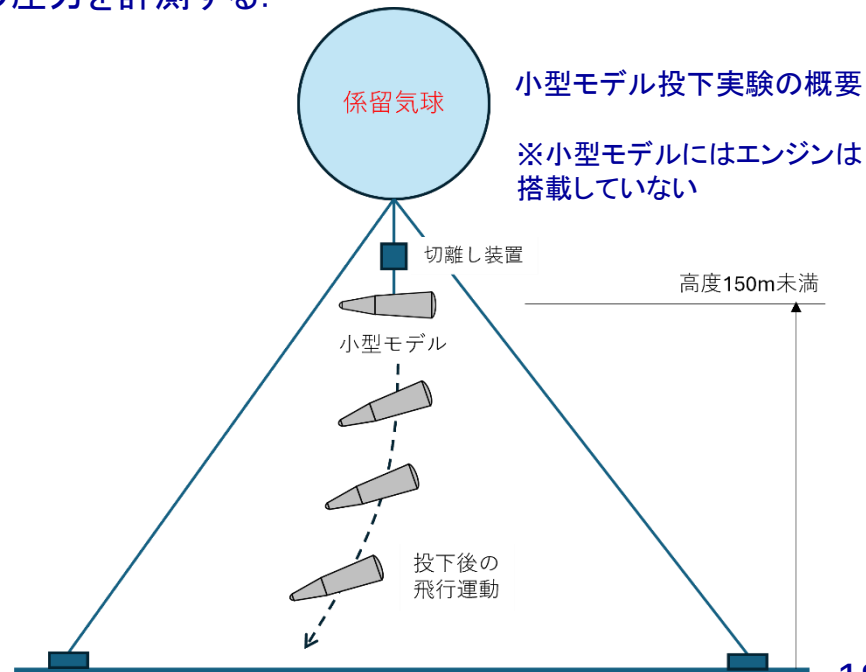
再使用型の宇宙輸送機の形状を想定した小型モデルを係留気球により150m未満の高度から投下し、その後の滑空飛行中の運動を観測する。小型モデルは主に樹脂および発泡スチロール製で、直径約0.2m, 全長約1mの細長形状を有し、マイクロコンピュータ、姿勢センサ、圧力センサ、サーボモータ、電池等を搭載する。小型モデルは係留気球から切離し装置により投下され、降下中の姿勢やモデル表面の圧力を計測する。

(3) 実験担当 宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系



再使用型の宇宙輸送機とその飛行の例（再使用ロケットの例）

(画像クレジット: JAXA)



(画像クレジット: JAXA)