



2023年度 大樹航空宇宙実験場の 実験の計画について

2023年5月25日
宇宙航空研究開発機構



2023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
- 2023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」である大気の「先端部」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、数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が多く行われてきました。

2023年度は、2022年度に実施を見送った実験を含め、理学観測1実験、工学実証4実験（大型気球2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。

2023年度は、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技術関連の技術実験を実施する予定です。

2023年度の実験計画の概要

名称		2023年									2024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
2023年度気球実験													
航空関連	小型無人機の自動化レベル・性能向上技術の研究(固定翼)												
	小型無人機の自動化レベル・性能向上技術の研究(VTOL)												
	空中風力発電のための 風制御試験(その2)												

大気球による宇宙科学研究



2022年度気球実験の成果(1)

2022年5月16日～8月26日に、大樹航空宇宙実験場において、2022年度気球実験を実施しました。

2022年度気球実験では、新型コロナウイルス感染拡大防止策を施したうえで、大型気球2機、小型気球1機の計3つの気球飛行を計画しました。計3つのフライトのうち、大型気球1機および小型気球1機は、以下のとおり実施し、いずれも計画通りの飛行を実現できました。一方、残る1つは高層風などの気象条件が気球飛行運用に適合する機会を得られず、2022年度の実施を見送りました。

実験番号・実施日・実験名(代表者)	成果
【BS22-07】7月1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 (PI: 北海道大学)  (画像クレジット: JAXA)	深宇宙からのサンプルリターン実現のための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気球高度から降下させることで得られる空力データの取得を目的とした。 深宇宙からのサンプルリターン実現のための新型大気圏突入カプセルの飛行試験を目的として実施された。軽量・大型・低弾道係数の薄殻円錐型エアロシェルの飛行モデルを 通常のパラシュートと同程度の速度で 高度約25kmから降下させ、カプセルの空力データを取得した。 2022年度の実験で得られた成果を踏まえ、重心・慣性モーメントなどの特性を変更したカプセルを用いて新たに2回の飛行試験を2023年度に実施予定。

2022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
【B22-07】7月9日 (15, 000m³) 工学実証: 気球工学実験(新バラスト搭載法の飛翔試験) (PI: JAXA宇宙科学研究所)  (画像クレジット: JAXA)	気球運用に必須のバラストの新搭載法の機能試験を目的とした。気球実験の高度化に伴い搭載量が広範にわたってきているバラストの多寡が搭載機器の構造設計に与える影響を緩和するため、新方式ではバラスト重量と搭載機器吊り点との間の荷重伝達経路の最短化が図られた。本実験では、高度約28kmまでの気球飛翔全般にわたって、この新機構の気球飛翔中のダイナミクスを計測した。
【B22-07 には3つのピギーバック実験を搭載した(いずれも主実験と同様の公募・審査過程を経て選定された)】 (1) 極限環境ウイルスの地球規模での移動の可能性の解明を目的としたピギーバック実験: 強紫外線・低温・低圧な成層圏環境下でのウイルスの耐性を調べるため、異なる2種類の型のDNAサンプルを搭載し成層圏環境に曝露した。(PI: 京都大学) (2) 大型構造物の形状を高精度で維持するための基盤技術として開発中の高精度変位計測装置の機能実証を目的としたピギーバック実験: 外部入射光や低周波振動が親ゴンドラの飛翔中の変形に与える影響をマイクロメートルオーダーの精度で計測した。(PI: 早稲田大学) (3) 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・親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)	

- 地球温暖化の影響により高層風の「異常気象」が頻発し実験の実施機会が大幅に減っていることへの対策の一つとして、複数の実験の相乗りにより、科学成果を最大化しました。
- 気球実験の「現場」を通じた人材育成として、2022年度も、現場経験を積みたい若手職員、本務との技術的連携を目指す中堅職員、次代を担う大学院生など、約20名が参加しました。

2023年度気球実験(1)

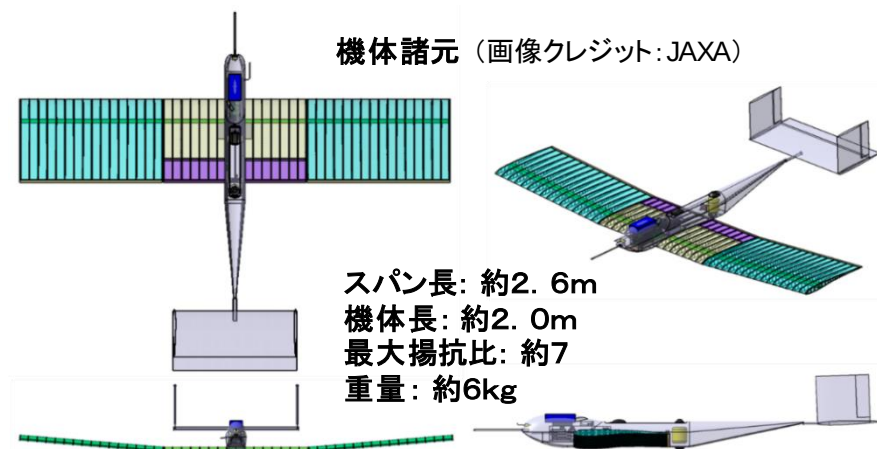
2023年度気球実験では、大型気球2機、ゴム気球3機の飛翔による宇宙科学実験を実施予定です。(実験期間: 6月19日～9月2日)

B23-05 工学実証: 火星探査用飛行機の高高度飛行試験(MABE2)

高精度、広範囲な磁場観測や地質調査、崖の露頭の地層観測などにより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)の研究開発を進めている。機体の空力設計が火星飛行機の重要な開発要素の1つであるが、火星の飛行環境を模擬するためには風速または気圧を大きく下げる必要があり、風洞試験で精度良く空力データを取得することが難しい。また、層流/乱流の遷移レイノルズ数付近で飛行するため数値流体力学シミュレーションも難しい。よって、火星の飛行環境を模擬できる高度35km程度の地球大気内での飛行試験で機体の空力データを取得し、風洞試験やシミュレーションの検証データとして利用することが必要である。2016年に実施した火星飛行機の飛行試験では引起しフェーズ中の機体姿勢が安定していない状態での空力データしか取得できず、また機体が弾性変形していた可能性も指摘されている。本実験では定常滑空状態での機体の空力データを取得することを目的とし、より自在な飛行探査を可能にする縦のフィードバック制御機構も低動圧、低レイノルズ数環境下で検証する。

(気球満膨張体積: 100, 000m³、直径: 63m、搭載機器重量: 210kg、飛行高度: 36km程度、PI: JAXA宇宙科学研究所)

MABE: Mars Airplane Balloon Experiment (火星探査用飛行機の高高度飛行試験)



2023年度気球実験(2)

B23-06 理学観測：GRAMS液体アルゴン放射線検出器の気球搭載試験

GRAMS実験は、大型の液体アルゴン放射線検出器を気球などの飛翔体に搭載し、ブラックホールや中性子星からのメガ電子ボルト(MeV)ガンマ線放射の観測および低エネルギー反粒子の検出による暗黒物質探索を同時に開拓することを目指す日米国際共同実験計画である。液体アルゴン・タイムプロジェクションチェンバー(liquid argon time projection chamber, LArTPC)は、素粒子物理学実験の分野で実用化が始まっている先進的な実験装置であり、大有効面積を実現できる放射線検出器である。これを気球等に搭載し、遠方天体からの微弱なガンマ線や暗黒物質由来の非常に希少な低エネルギー反重陽子・反ヘリウムを検出することがGRAMSの基本コンセプトである。LArTPCを飛翔体に搭載し上空で稼働させたことは世界でも例が無く、その実現がGRAMS計画の現時点での最大の技術課題となっている。本実験では、GRAMS計画の第一段階として、気球搭載用に設計された小型のLArTPCを世界に先駆けて気球に搭載し、上空で安定的に動作させる運用方法を技術的に確立する。

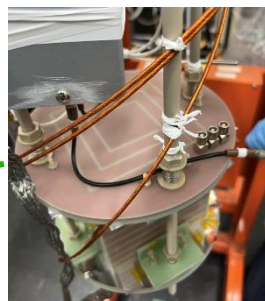
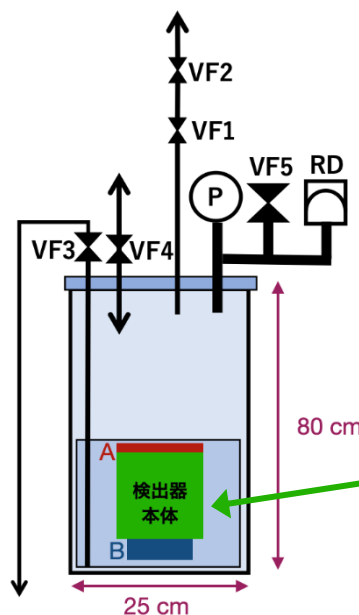
(気球満膨張体積:30,000m³、直径:42m、搭載機器重量:240kg、飛行高度:29km程度、PI:大阪大学大学院理学研究科)

GRAMS: Gamma-Ray and AntiMatter Survey (MeVガンマ線観測・ダークマター探索実験)

実験装置概略図

真空断熱容器(魔法瓶)の中に
液体アルゴン(マイナス186℃)
が格納されている。

(画像クレジット:大阪大学・早稲田大学・東京大学)



ブラックホールの想像図

出典: NASA/JPL-Caltech

気球搭載LArTPC(検出器)

検出器本体は実験容器の中で、液体アルゴンに浸かっている。液体アルゴンと放射線が反応すると、そのエネルギーが光や電子に変換される。これらは、上面Aの低雑音信号増幅器や下面Bの超高感度光検出器(光電子増倍管)から電気信号として読み出され、気球に載っているコンピュータに送られる。

(画像クレジット:大阪大学・早稲田大学・東京大学)

2023年度気球実験(3)

BS23-07 & -09 工学実証：新型大気圏突入カプセルの飛行試験(RERA-2 & -3)

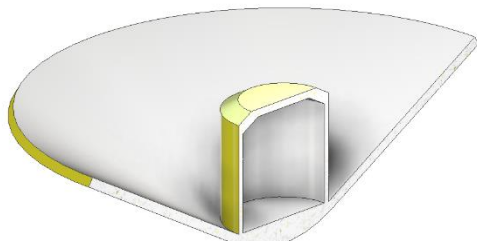
将来の宇宙開発において、高頻度な宇宙輸送システムや深宇宙探査を実現し自在性を増すためには、大気圏突入技術の発展が必須である。その一つとして、深宇宙からのサンプルリターンを実現するための新型サンプルリターンカプセルが提案されている。これは軽量・大型・低弾道係数の薄殻円錐型エアロシェルであり、パラシュートを必要とせず地上まで降下できることが大きな特徴の一つである。この新しいコンセプトのカプセルの実現に必要な技術要素の一つとして、カプセルの動的な空力安定性の理解を、とりわけ、カプセルとしては低速な亜音速領域にて深めることが挙げられる。2022年には、小型軽量なカプセルを小型気球で飛揚し通常のパラシュートと同程度の速度で降下させる実験を行うことで、カプセルの空力データの取得および飛行試験プラットフォームの構築に成功した。その成果を踏まえ、本実験では、重心・慣性モーメントなどの特性を変更したカプセルを用いて新たに2回の飛行試験を行い、設計パラメータがカプセルの空力データに与える影響を評価するとともに、小型気球を用いた高頻度実験のスキームを実証する。

(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)、

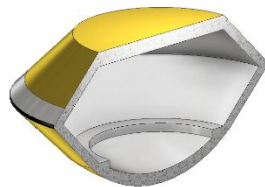
飛行高度:32km程度、2回飛翔実施予定、PI:北海道大学)

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)

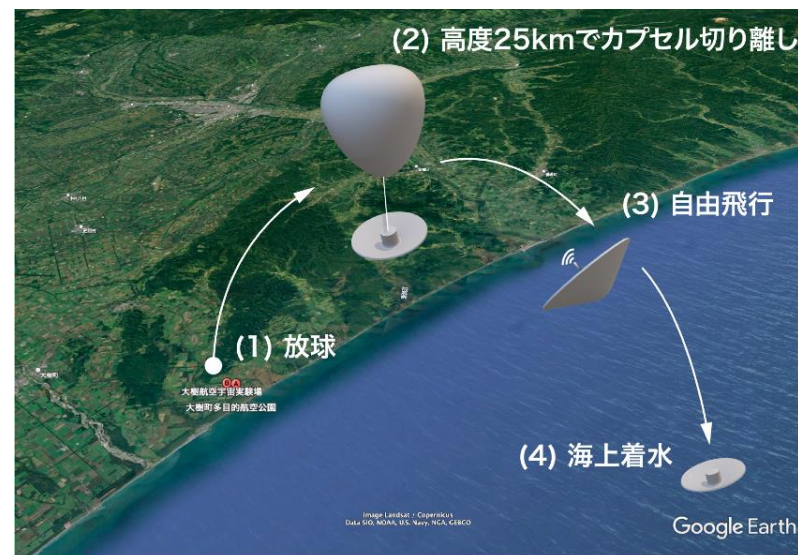
(画像クレジット:北海道大学・JAXA)



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:北海道大学・JAXA)

2023年度気球実験(4)

BS23-08 工学実証: 火星飛行機用プロペラ推進器の高高度試験(HIGHER)

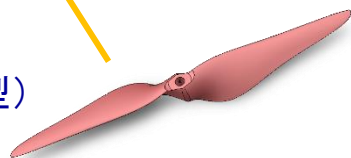
B23-05実験としても推進している火星探査用飛行機(火星飛行機)を実現するには、機体の空力設計に加えて、推進器(プロペラ)の設計も重要となる。B23-05実験の次段階としては、実際に火星を飛行させる形態であるプロペラ付の機体の高高度飛行試験が計画されている。本実験では、プロペラ付の機体の飛行試験を実現するまでの段階的な開発計画の第一段階として、小型のプロペラのみ(翼無し)を高高度で動作させ、その空力特性を計測する。気球から吊り下げられたゴンドラにプロペラを搭載し、飛翔中に小型モータで駆動させて推力やトルクを計測することで空力特性を評価する。

(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)
HIGHER: High-altitude Propeller Evaluation Research

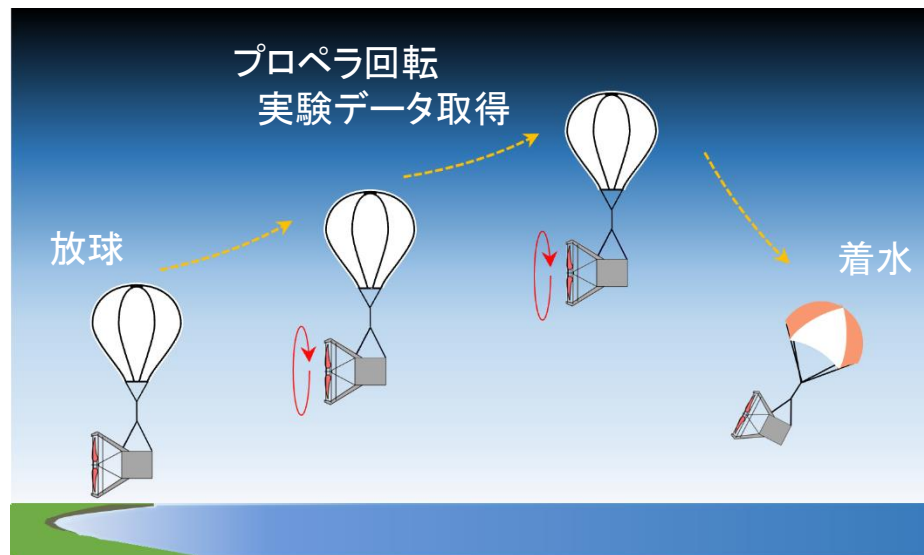


試験用プロペラ

直径30cm (3Dプリンタで造型)
ブレード 2枚
設計推力 0.9N (高度25km)



(画像クレジット: 東北大学)



各高度でプロペラを回転させ推力を測定
地上および降下時はプロペラ停止状態

(画像クレジット: 東北大学)

航空機等に関する技術研究



(画像クレジット: JAXA)

小型無人機の自動化レベル・性能向上技術の研究

(1) 背景・目的

- 「固定翼」や「VTOL」無人機は、マルチコプタに比べ高速かつ長距離/長時間の飛行が可能であり、広域災害時の情報収集、遠隔地への輸送等が期待される。しかし、操縦や運用の難易度が高く、未だ本格利用に至っていない。
- 2022年度まで実施した研究事業により、小型無人機の利用促進・拡大に必要な長距離/長時間飛行用の自動化技術およびミッション飛行性能向上技術を開発・実証してきた。
- 今年度は自動化技術の開発を継続しつつ、機体の性能・機能向上を図り、実運用を目指した機体技術の開発に着手する。

(2) 研究課題

- 自動化レベルの向上
 - 判断自動化/飛行計画自動生成
 - 自動離着陸技術の向上
- 機体性能・機能向上
 - 航続性能向上等
 - 複数機協調運用技術の向上

(3) 2022年度の進捗(大樹航空宇宙実験場試験)

- 各種機体の自動離着陸、運用領域拡大等の技術を蓄積
- 特性の異なる固定翼機とVTOL機の同時協調運用技術を飛行実証

(4) 2023年度の研究開発/飛行試験予定

- 機体性能・機能向上のための改修の飛行実証
- 運用領域のさらなる拡大等

(5) 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

災害時の中・広範囲情報収集ミッションのイメージ



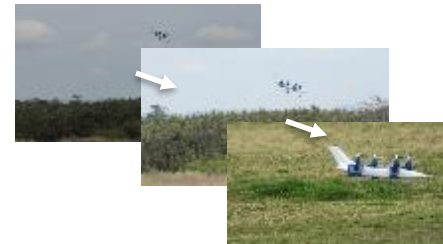
(画像クレジット: JAXA)

自動着陸技術用データ取得
(FY2022 大樹航空宇宙実験場)

垂直自動着陸・遷移技術の評価
(FY2021 浜松市 & 大樹町、2022大樹)



(画像クレジット: JAXA)



(画像クレジット: JAXA)

空中風力発電のための風制御試験

(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

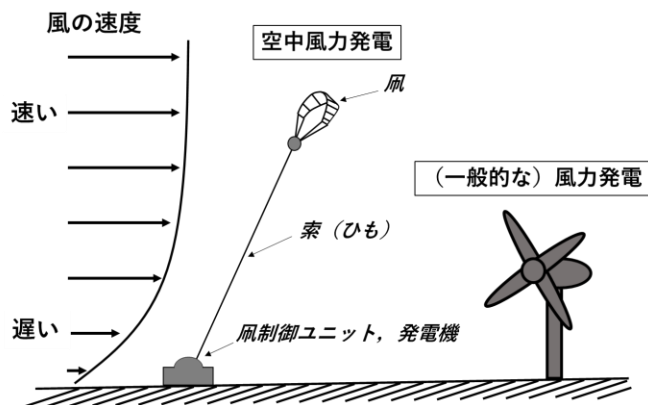
本研究では、日本国内の「社会受容性」、「気象」、「地形」を考慮した。空を利用した発電(空中風力発電)の技術開発を行うことを目的とする。本試験では、FY2022に続き、空中風力発電の鍵技術である風の自動制御手法の獲得を目的とする。

(3) 実験概要

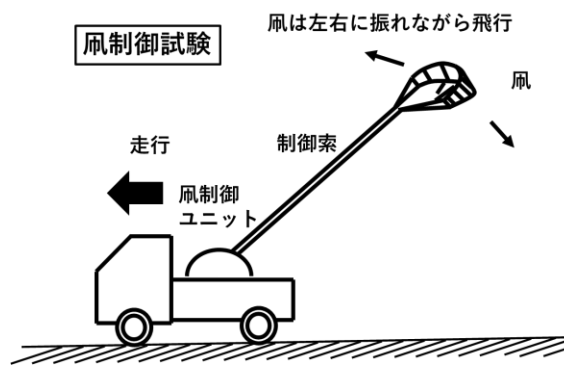
計算処理能力を向上した風制御ユニットによる風の飛行試験を行う予定である。ハンドリングエリア及び滑走路を、トラックの荷台に風制御ユニットを載せ、風を牽引しながら走行する。この過程で、風の自動制御試験を実施する。本試験の風は柔軟体、高度は100mを上限とし、重量物は上空に上げない予定である。

(4) 実験担当

航空技術部門 基盤技術研究ユニット

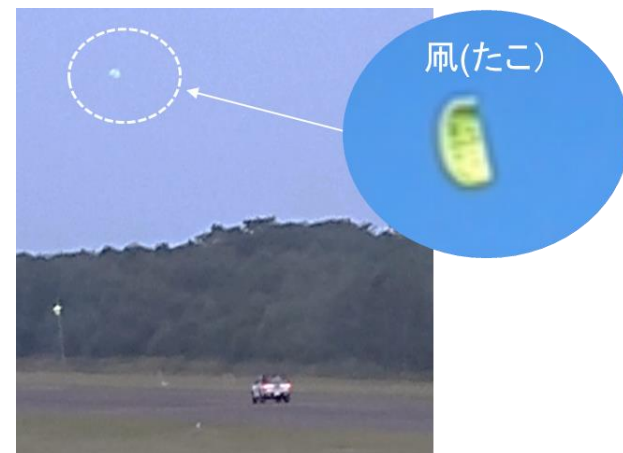


(画像クレジット: JAXA)



(画像クレジット: JAXA)

FY2022 試験風景



(画像クレジット: JAXA)