



GAPSプロトタイプ気球実験「pGAPS」フライト報告

JAXA: 福家 英之, 坂東 信尚, 小川 博之, 岡崎 峻, 柴野 靖子, 莊司 泰弘, 吉田 哲也; **東海大:** 河内明子, 中村史彦; **理研:** 小池貴久; **福井工大:** 宮崎芳郎
Columbia Univ.: 荒牧嗣夫, F. Gahbauer, C. Hailey, J. Koglin, N. Madden, 森 嘉野, K. Perez, D. Stefanik, G. Tajiri; **UC Berkeley:** S. Boggs, P.v. Doetinchem, J. Hoberman;
Technical Univ. Denmark: F. Christensen; **LLNL:** W.W. Craig; **ORNL:** R. Fabris, K. Ziock; **UCLA:** S.A.I. Mognet, R.A. Ong, J. Zweerink

【概要】

- 計画名: GAPS (General Anti-Particle Spectrometer)
- 目的: 宇宙線中の反粒子の観測による「初期宇宙に関する未知の現象の探査」を主目的とする。
特に、未発見の反重陽子 (antideuteron) を sub-GeV エネルギー領域に探索することで、ダークマター等の反粒子起源を探索する。
併せて反陽子なども超高感度で観測し、原始ブラックホール等の反粒子起源も探る。
- 特色: エキゾチック原子核の崩壊過程を利用した新しい反粒子検出方法を導入している。
- 研究体制: 日米を中心とする国際共同計画。コロンビア大学の C.J. Hailey 教授が全体の PI を務める。
2010年1月に ISAS/JAXA の宇宙科学委員会にて「小規模ワーキンググループ」として承認された。
- 南極での超長時間気球による本格観測に先立ち 技術実証を目的とする気球実験「pGAPS」を2012年5月に北海道大樹町にて実施し、事前に掲げた3つのサクセスクライテリア全てを達成した。フライトの概要をここに報告する。

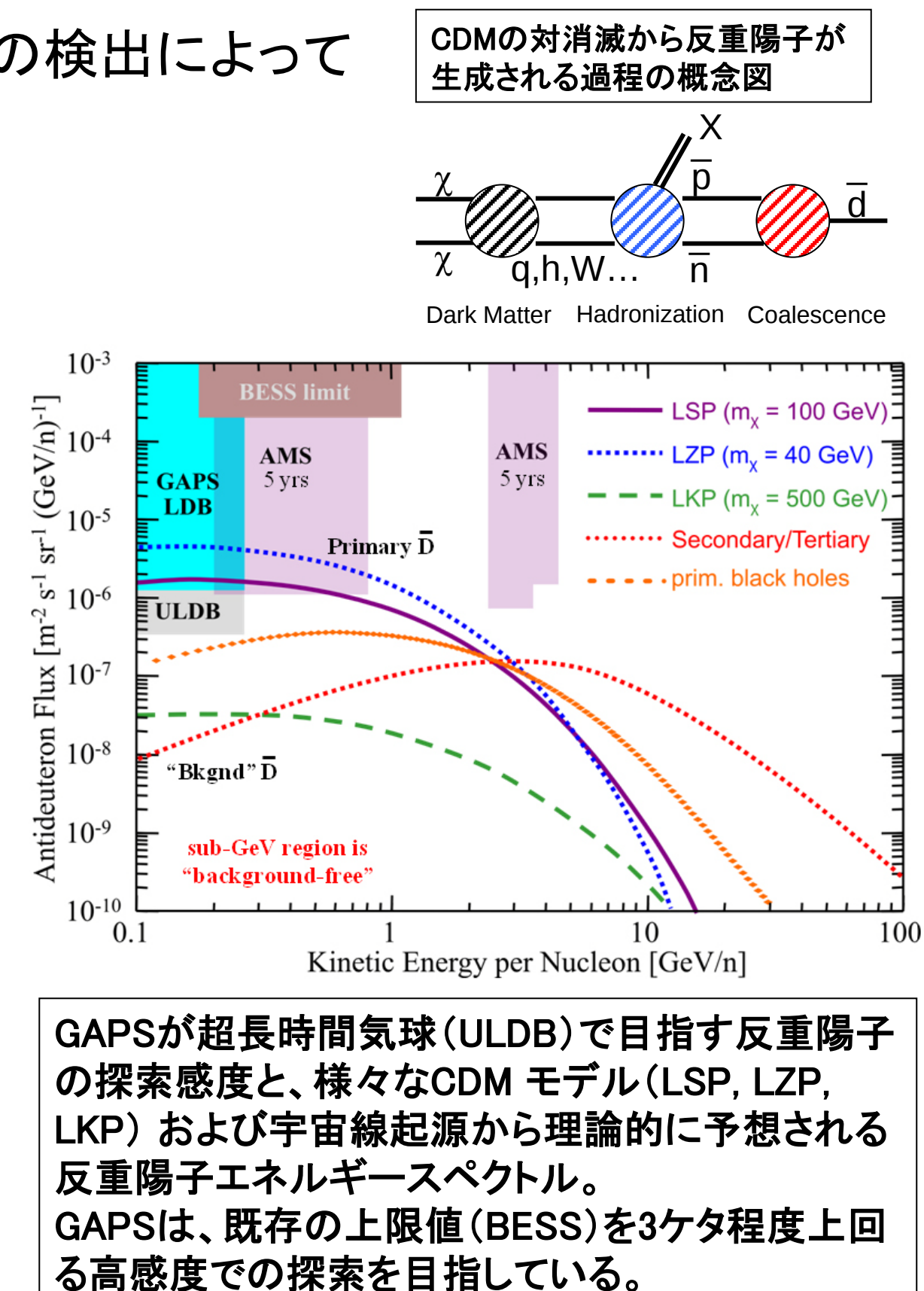
目的: 宇宙線中の反物質(反粒子)の観測によるダークマター等の間接探索

- ダークマターの解明は、宇宙物理学・素粒子物理学の重要な課題である。
- GAPSは、宇宙線中の低エネルギー $\bar{d}$ (反重陽子) の検出によってダークマター(CDM)の間接探索を目指す。

- 宇宙線反重陽子はまだ1例も観測例が無いが、理論的には微量に存在している可能性がある。
反重陽子の特徴的な魅力は、1 GeV/n 以下の低エネルギー領域にてダークマター起源の反重陽子が最大割合となり物理的にバックグラウンドフリーとなり得る点である。

- GAPSは、既存の実験とは全く異なる新しい反重陽子検出方法として、エキゾチック原子の崩壊過程を利用した手法を導入する。
検出原理の妥当性・有用性は2004〜2005年にKEKのビームテストによって実証された。

- 地磁気の影響を避けて低エネルギーの荷電粒子を直接観測するため、GAPSは南極域の周回気球による高感度探索を計画している。

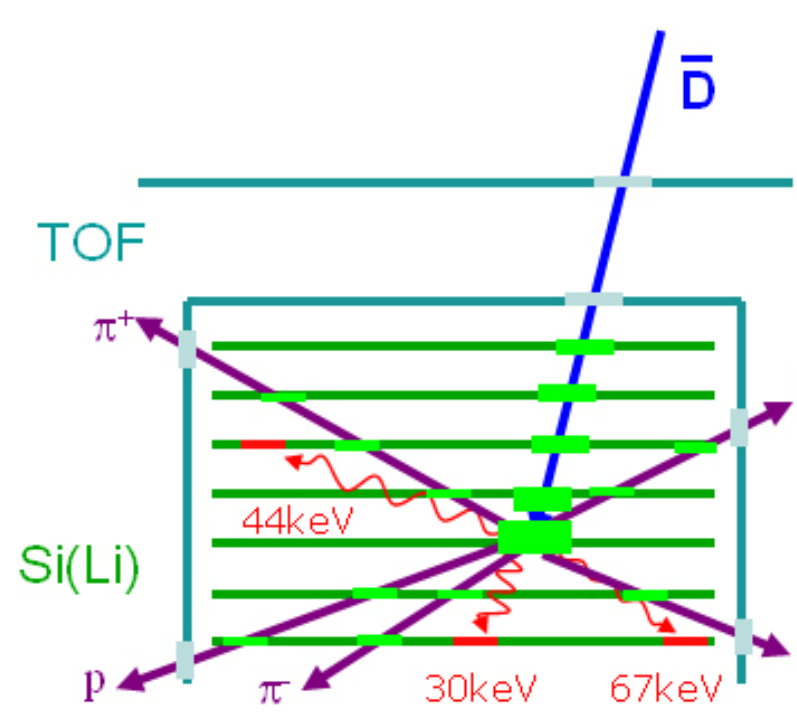


GAPS測定器の主要構成

- GAPS測定器は主にSi(Li)検出器とTOFシンチレーションカウンタから構成される。

- セグメント化された手のひらサイズのSi(Li)型半導体検出器を2m×2mの平面×13層に敷き詰め、宇宙線反粒子に対するdegrader、ターゲット、特性X線のエネルギー測定、 π 中間子のトラッキング、の役割とする。
- Si(Li)の周囲とその上方にストリップ状のプラスチックシンチレーションカウンタを配置し、トリガー発生、Time-of-Flight測定、Veto発生、の役割とする。
- 「特性X線 1〜2本以上 + π /p 5〜6個以上」の検出により $\bar{p}$ を始めとする各種バックグラウンド宇宙線種の排除が可能。

GAPS測定器の主要構成と反重陽子同定の概念図



プロトタイプによる気球実験「pGAPS」

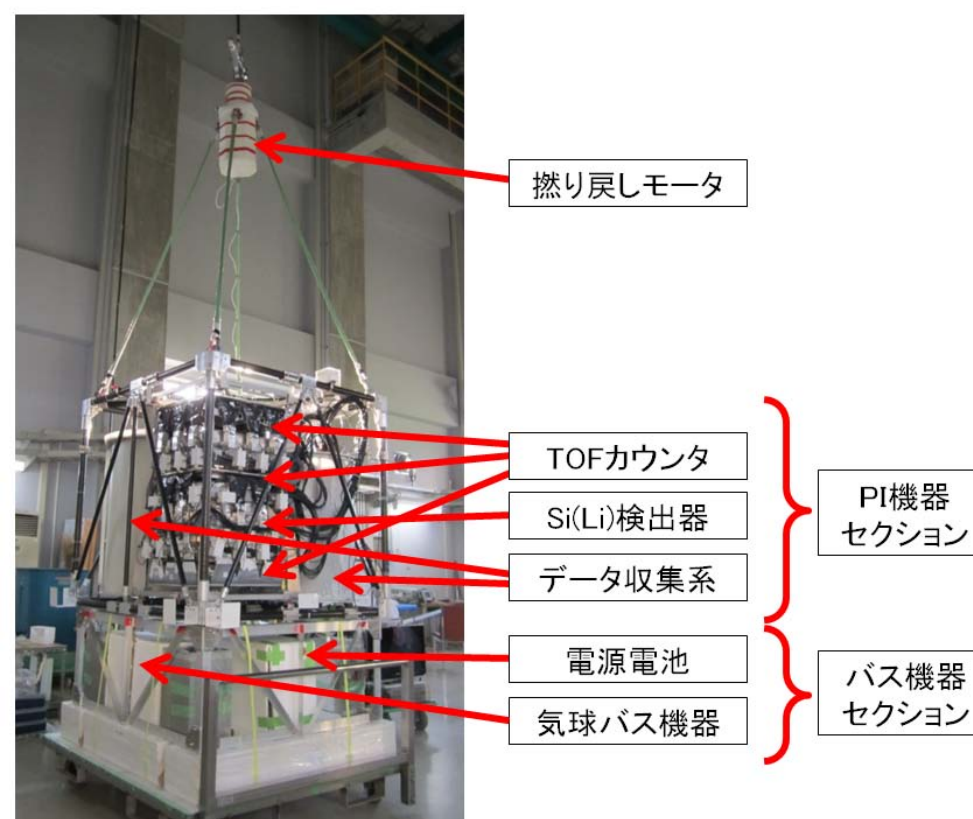
- 2012年5〜6月のJAXA第1次気球実験@北海道大樹町にて実施した。
- 南極実験に先立ち 測定器各要素の基本動作をプロトタイプ (BBM) によって気球フライトの実環境下で技術実証することを 目的とする。

- (地磁気rigidityカットオフが高く 観測時間も短いので、反粒子そのものの観測は行わない)。
- ① 気球飛翔環境下で Si(Li)検出器やTOFカウンタが機能することを確認すること。
- ② 気球飛翔環境下で Si(Li)の冷却系の動作を確認し熱設計に関するデータを得ること。
- ③ 気球飛翔環境下で インコヒーレントバックグラウンドなどの基礎データを得ること。

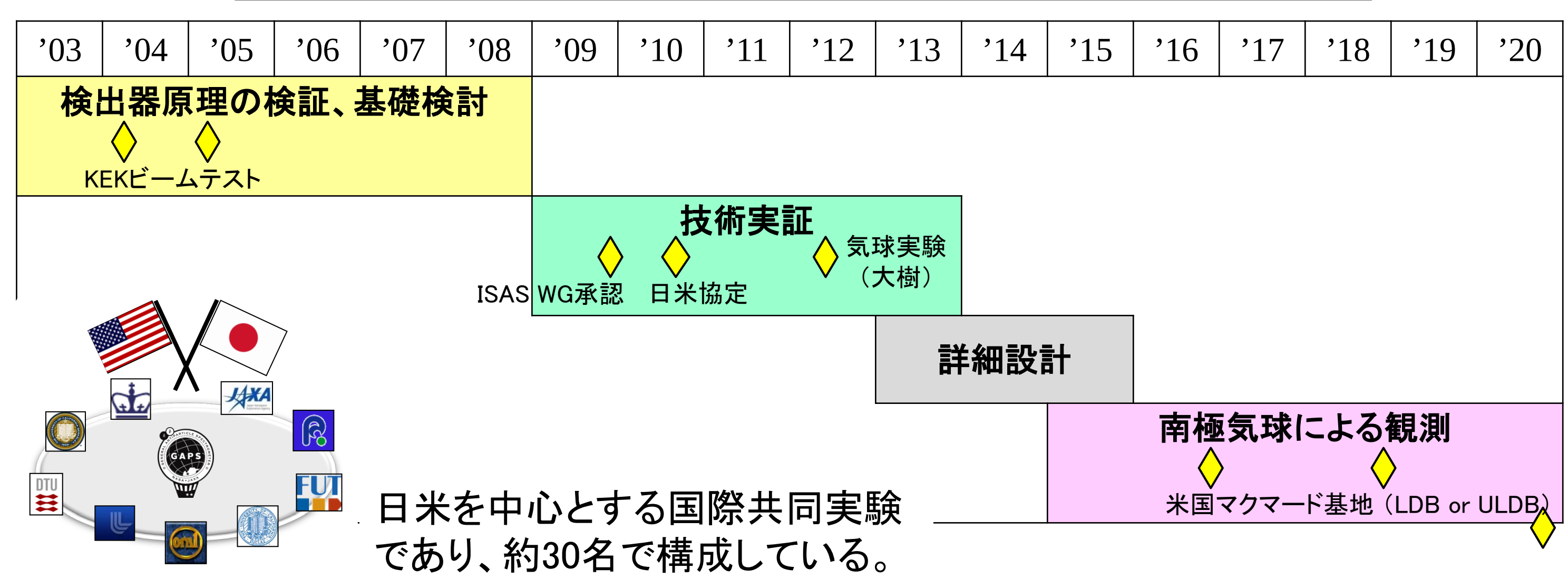
- pGAPSペイロードの構成を以下に示す。

Hailey et al. Adv. Spa. Res. (in press) doi:10.1016, Fuke et al. Adv. Spa. Res. (submitted).

- 上下2段から成るゴンドラ。上段にSi(Li)、TOF、各種エレクトロニクスなどのPI機器を配し、米国UCBにて組み上げた。下段にはバス機器やPI用電池が置かれ、ISASで組み上げた。
- Si(Li)検出器: 6個のウエハを搭載。較正用にX線管も搭載。
- Si(Li)の冷却機構: 単層流体ループ方式とOHP方式の主副2案のプロトタイプを搭載。(ポスター発表P4-024)
- TOFカウンタ: 両読み出しのX-Yパドル×3層の構造。
- ペイロードの方向制御系: ペイロード上部に位置する振り戻しモータを用いた1軸制御。(ポスター発表P4-025)
- Si(Li)やTOFの読み出し機器、HKモニター系、データ収集・記録・通信系、などは圧力容器内や水密容器内に格納。

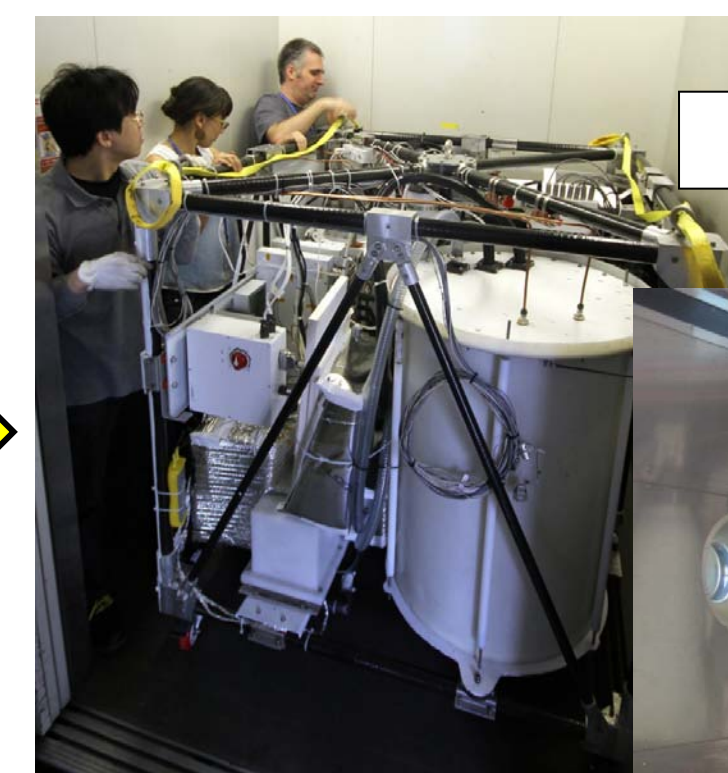


研究体制、計画スケジュール



気球実験「pGAPS」の実施

2012年5月: 米国UCBで組み立てた上ゴンドラをISAS相模原に輸送。



相模原にて総合試験を実施

上ゴンドラはISAS相模原のエレベータや真空恒温槽にフィットするように設計してあった。



大樹町での電波囀合せ確認



場所を大樹町に移して、最終準備作業。



ペイロードを放球装置にセット



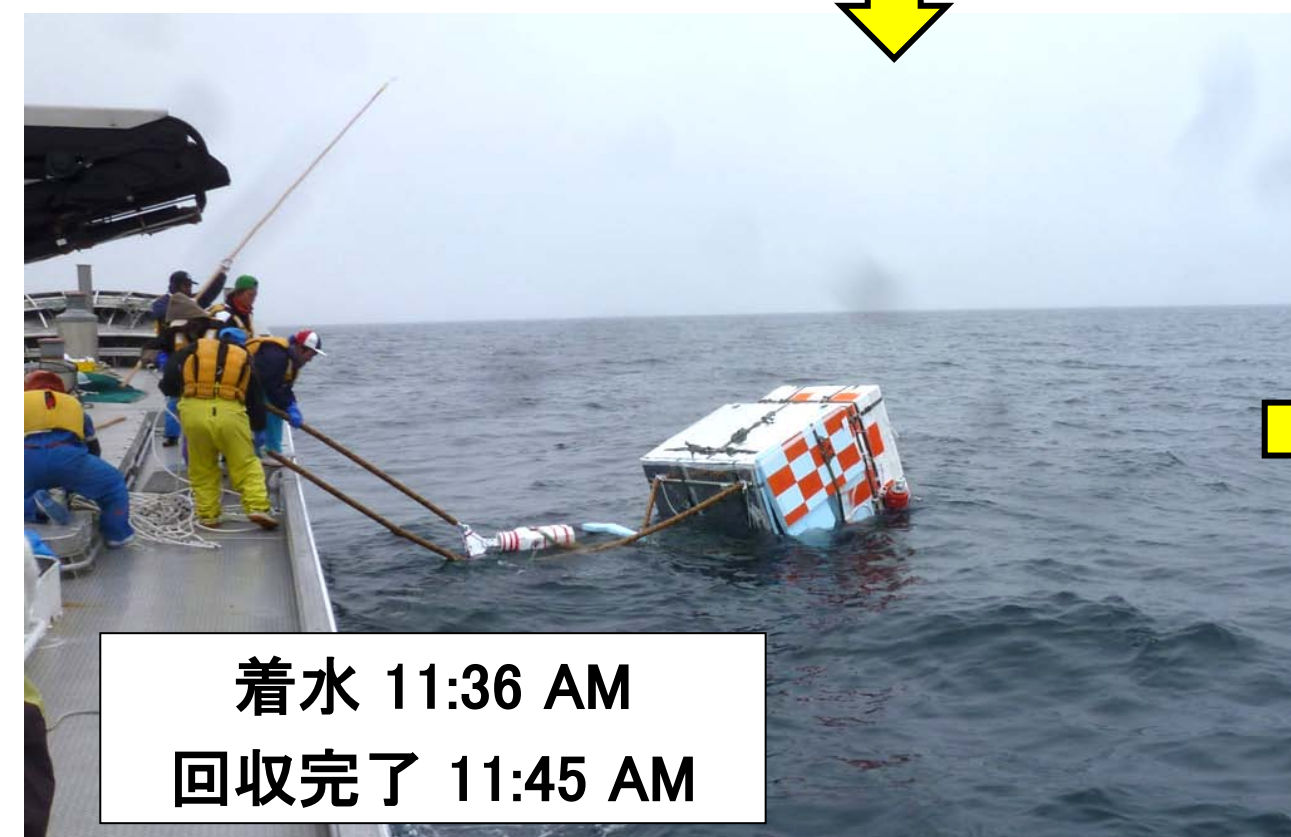
2012年6月3日
放球に臨む



飛翔中の
フライトオペ



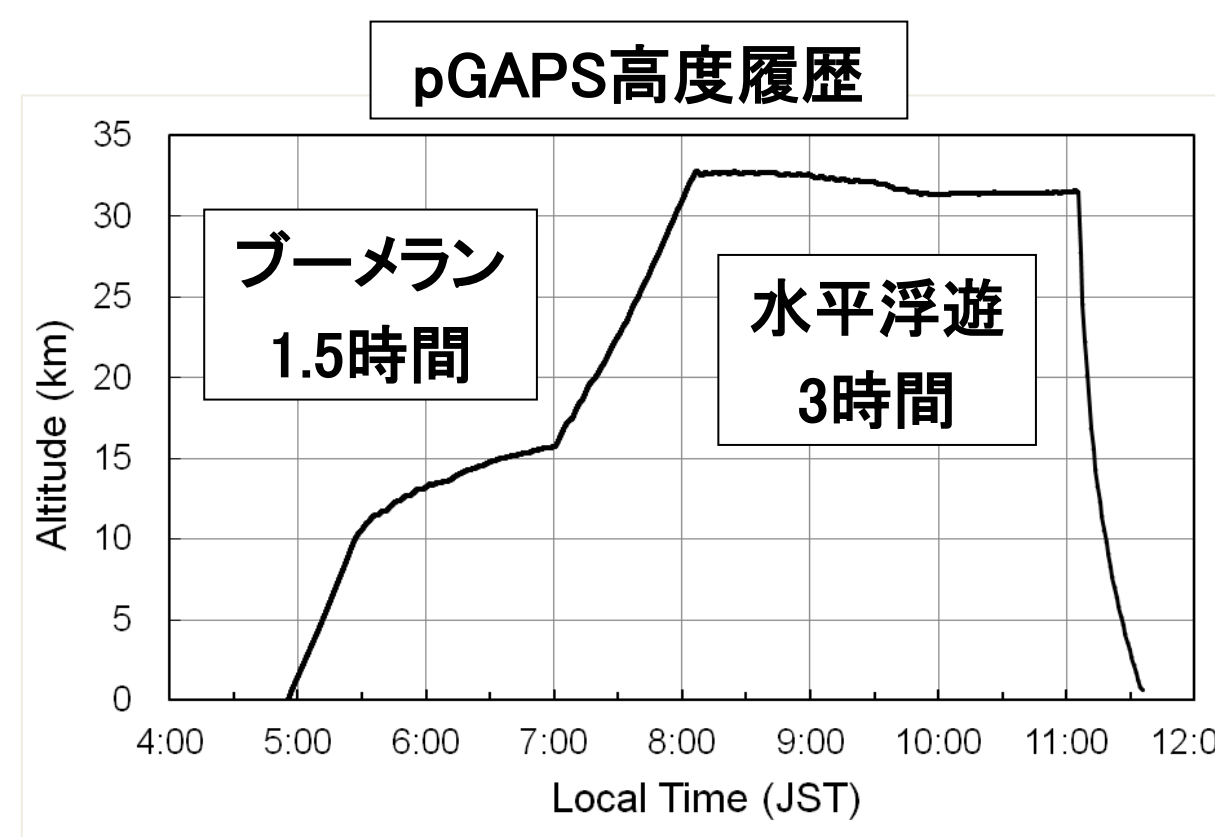
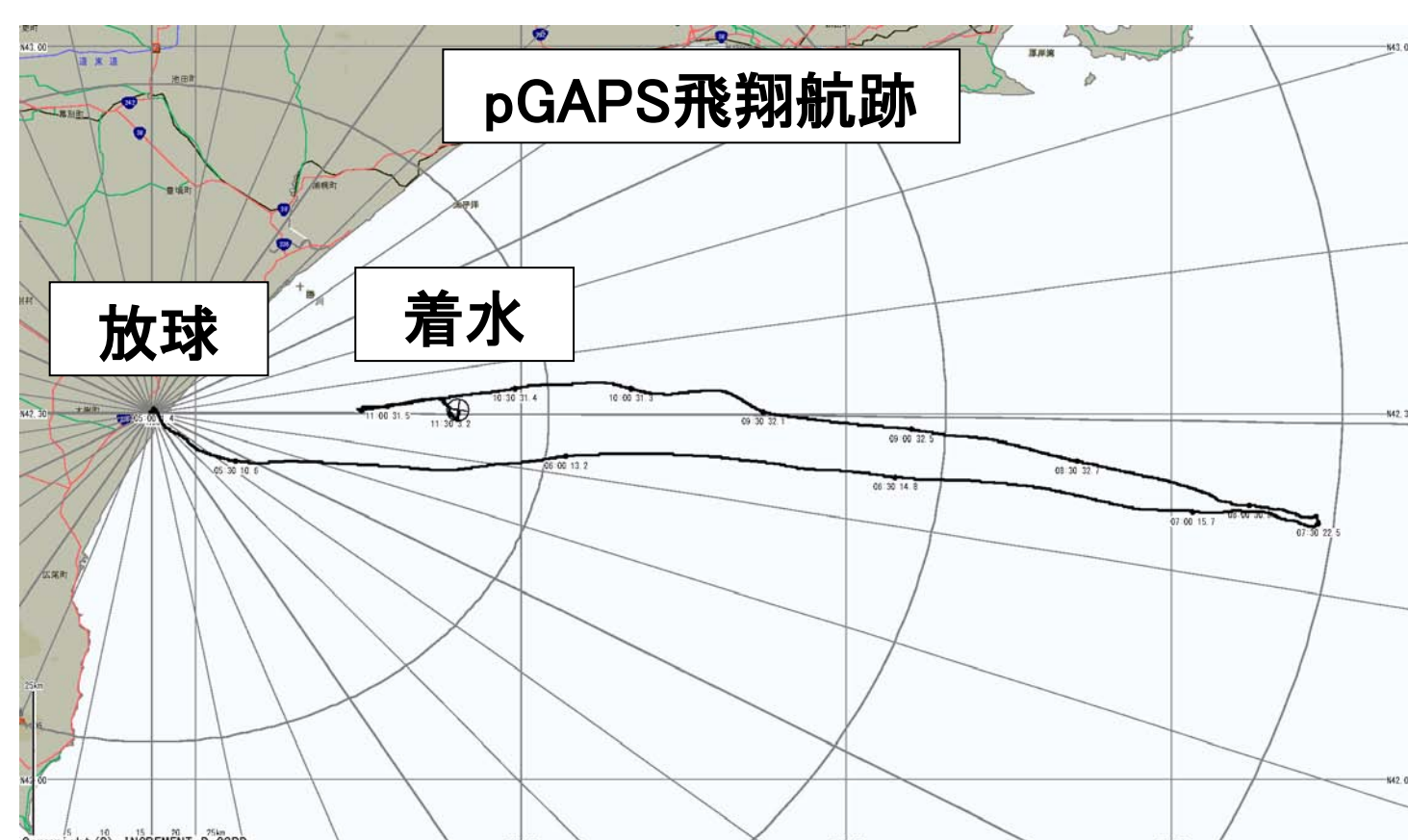
4:55 AM
放球



着水 11:36 AM
回収完了 11:45 AM



帰港 13:07 AM



- 2012年6月3日にpGAPS気球実験を大樹町にて実施した。
- 水平浮遊到達後にオペレーションミスによって振り戻しモータを損傷させてしまうというトラブルはあったが、その他のシステム概ね問題無く動作した。
- 3時間の水平浮遊を含む6時間のフライト全般に亘って測定器を動作させ、のべ100万事象を超えるデータを取得した。
- 左欄に掲げた3つの主目的はいずれも達成した。
 - Si(Li)やTOFの各種測定器は 低ノイズで安定的に動作した。
 - 冷却系の動作を確認し、熱データを取得した。
 - 飛翔環境下でのインコヒーレントバックグラウンドデータを取得した。
- 詳細なデータ解析は現在進行中である。
解析を深め、bGAPSの詳細設計に反映させる所存である。

