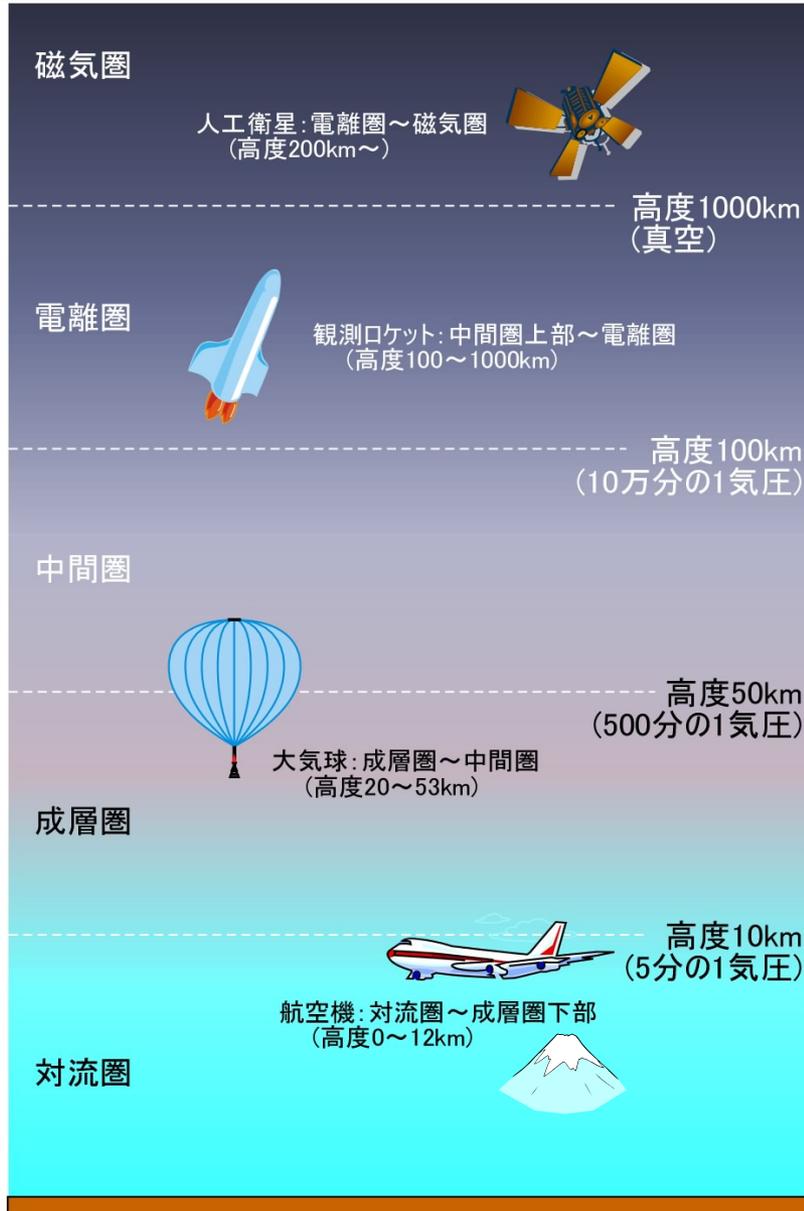


大気球～宇宙への入口



宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
大気球実験室 吉田 哲也

宇宙科学で用いる飛翔体



- 人工衛星
 - > 200km
 - 電離圏~磁気圏
- 観測ロケット
 - 100~1,000km
 - 中間圏上部~電離圏
- 大気球
 - 20~53km (→ 53.7km)
 - 成層圏~中間圏下部
- 航空機
 - 0~12km
 - 対流圏~成層圏下部

気球システム構成

- 気球

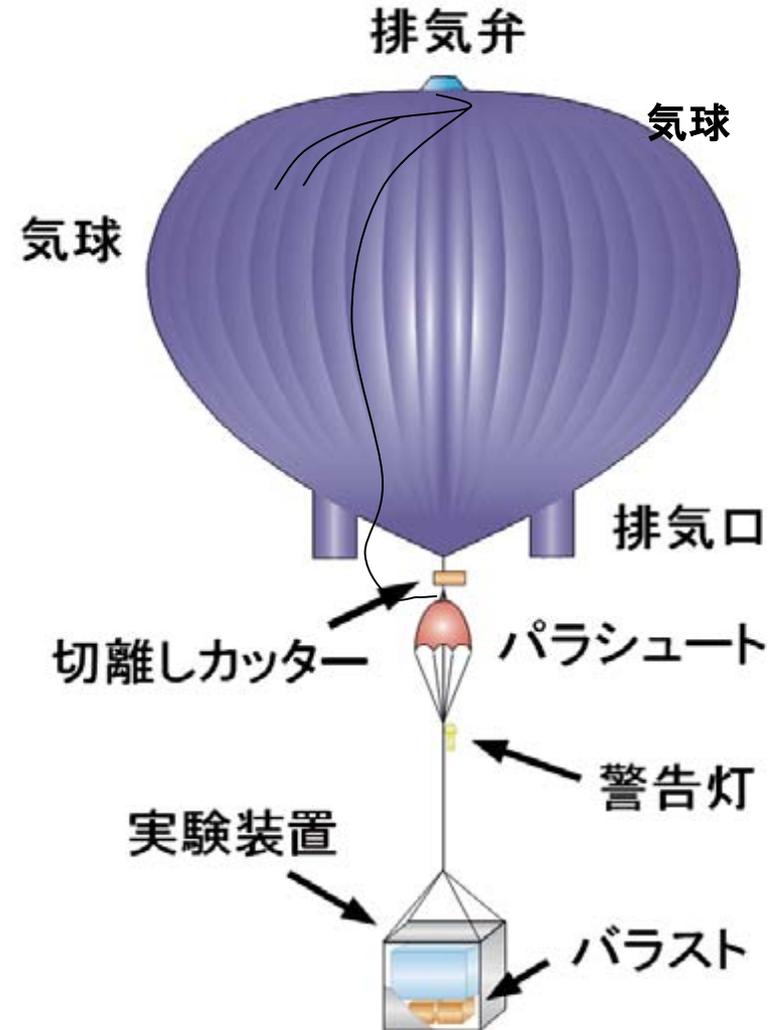
- 材料: 主にポリエチレンフィルム (膜厚 2.8 μm ~ 20 μm)
- 体積: 大きなものは直径100m超
- ガス: 主にヘリウムガス
- 頭部に排気弁, 尾部に排気口

- 荷姿

- 姿勢制御モーター
- パラシュート
- ロープ (ナイロン, ケブラー)

- 搭載機器

- 観測器
- 無線装置, 保安装置
- バラスト



大気球の特徴(他の飛翔体との比較)

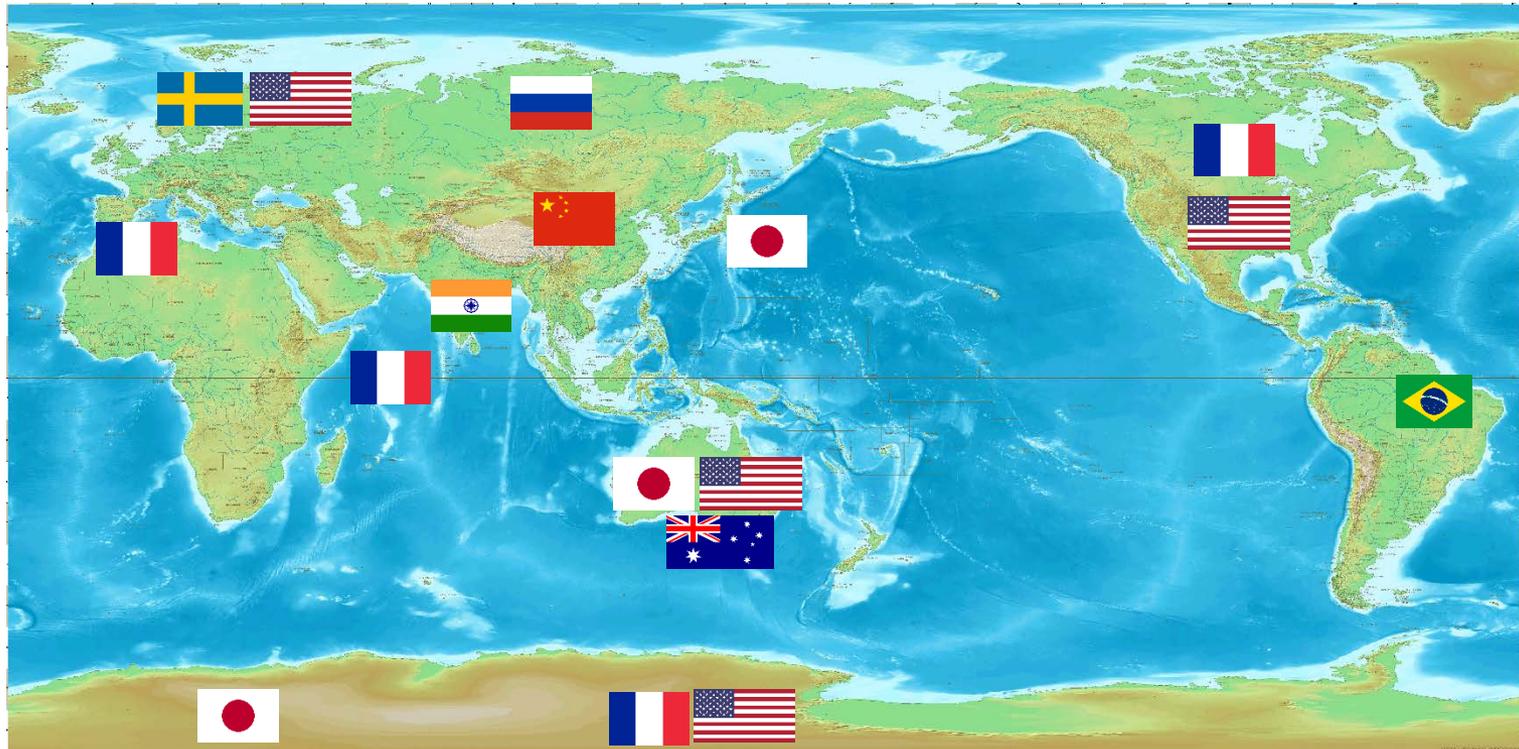
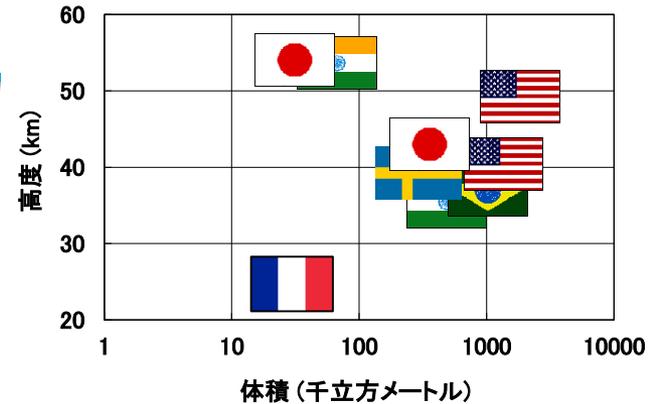


	大気球	ロケット	衛星
飛翔時間	時間～月	秒～分	年
飛翔高度	35～40km	100～1000km	数100km～数万km
搭載機器の制限			
形状	自由	フェアリング	フェアリング
重量	最大2トン	50～150kg	数トン
振動・衝撃	放球2G, 開傘10G		
環境温度	零下60～80度		
残留大気圧	1/100気圧		
提案から実現まで	1年	2～3年	数～10年
回収	可能	可能な場合あり	不可能
経費	数千万円	数億円	数百億円
Q & SA	緩	やや厳	厳

世界の科学気球



- 日本 (ISAS/JAXA), 米国 (NASA/CSBF), フランス (CNES), インド (TIFR), スウェーデン (SSC), ブラジル (INPE)
- 米国は大型気球に欧州は小型気球に特色。
- 薄膜型の高高度気球は日本が先鞭
- Committee on Space Research (COSPAR)
 - Panel on Technical Problems Related to Scientific Ballooning (PSB)



宇宙の始まり“インフレーション”の証拠



宇宙の急膨張裏付ける重力波、南極の望遠鏡で観測 | Reuters.com...
http://jp.reuters.com/articlePrint?articleId=JPTYEA2H02A20140318

REUTERS ロイター

記事を印刷する | ウィンドウを開じる

宇宙の急膨張裏付ける重力波、南極の望遠鏡で観測

2014年 03月 19日 07:10 JST

[ニューヨーク 17日 ロイター] 約138億年前の誕生直後に宇宙が急膨張したことを裏付ける「重力波」の証拠を確認したと、米ハーバード大学などの天文学者でつくる研究チームが17日発表した。

重力波は、物体が加速しながら動く際、シュタインによって約100年前に予言された宇宙の始まりと進化を解明する上で極めて重要な役割を果たす。研究者らは、南極にある「BICEP2」と呼ばれる宇宙に広がった「宇宙背景放射」と呼ばれる現象を観測し、重力波の存在を確認した。

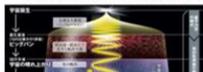
(科学の扉) 見えた宇宙の始まり 産声？期待渦巻く原始重力波 - Internet Explorer
http://digital.asahi.com/articles/DA3S11095557.html?_requesturl=articles%2FDA3S11095557.htmlamp

朝日新聞
DIGITAL

(科学の扉) 見えた宇宙の始まり 産声？期待渦巻く原始重力波

2014年4月21日 05時00分

見えた宇宙の始まり



「宇宙の始まりが見えた」というニュースが3月、世界を駆けめぐった。米国が南極に据えた望遠鏡で、宇宙が生まれたときの「信号」をとらえたと発表されたのだ。それは宇宙誕生直後にできて今も残る「原始重力波」。宇宙研究の新時代の幕開けと、世界の物理学者たちが色めき立っている。

宇宙に始まりはあったのか、それとも始まりもなく、ずっと存在してきたのか。人類は大昔から悩んできた。

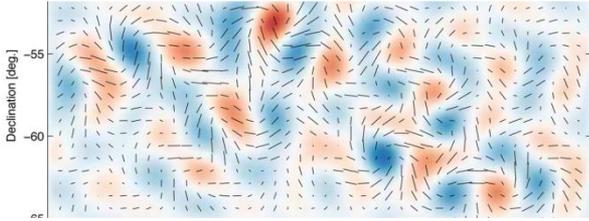
20世紀に入り、大きな望遠鏡を手にした天文学者たちは、遠くの星の観測で「宇宙は膨張中」というデータを得た。膨張中

First Direct Evidence of x
www.cfa.harvard.edu/news/2014-05

CfA HARVARD-SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS

First Direct Evidence of Cosmic Inflation

Release No.: 2014-05
For Release: Monday, March 17, 2014 - 10:45am



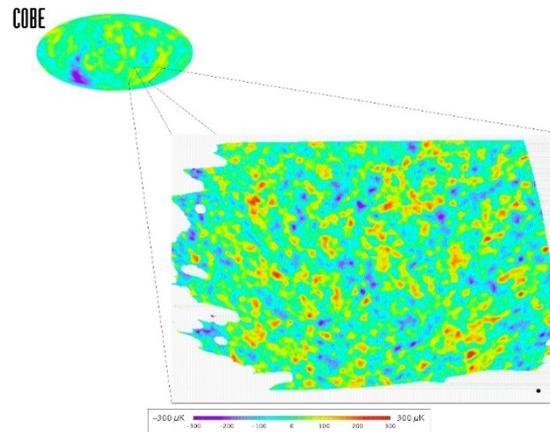
Cambridge, MA - Almost 14 billion years ago, the universe we inhabit burst into existence in an extraordinary event that initiated the Big Bang. In the first fleeting fraction of a second, the universe expanded exponentially, stretching far beyond the view of our best telescopes. All this, of course, was just theory.

Images
Low Resolution (jpg)
High Resolution (jpg)

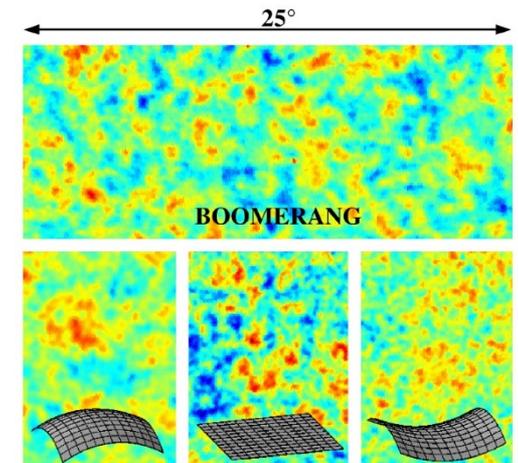
BOOMERanG気球実験



- 宇宙マイクロ波背景放射の非一様性の精密測定を目的としたアメリカの気球実験
 - 1998年, 2003年に南極マクマード基地からの長時間気球実験
 - 人工衛星のような全天観測ではなく, ほんの一部の空の観測
 - 宇宙が「平坦」であることの証拠



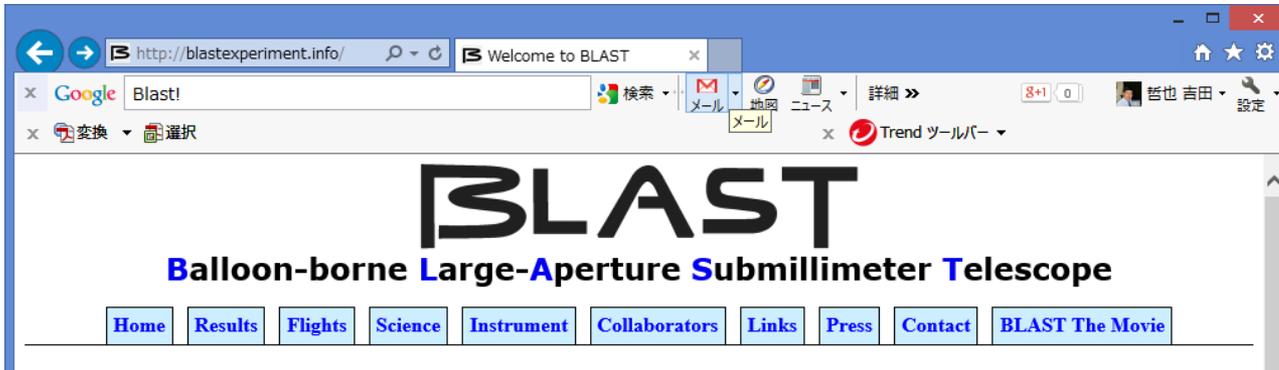
© Boomerang Collaboration



- 小粒でもピリリと辛い気球実験！

BLAST実験

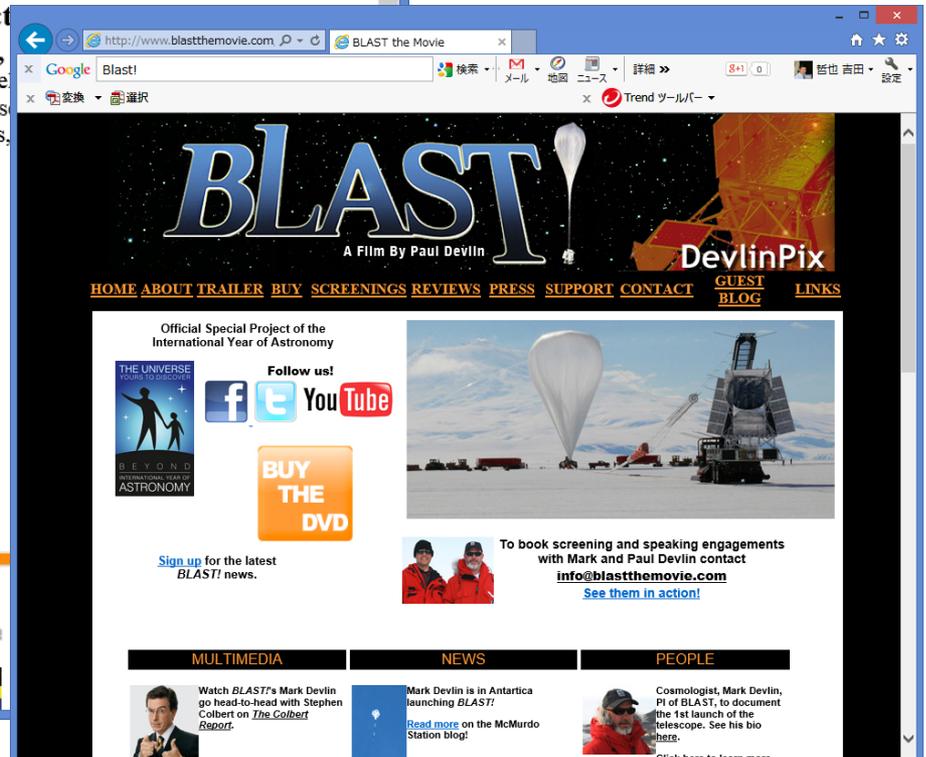
- 気球搭載型大型サブミリ波望遠鏡実験（スウェーデン→カナダ，南極）



UPDATE: [Photo blog](#) of BLAST-Pol Antarctica
 Additional photos on flickr by: [Matthew](#),
 For previous BLAST info, including photos and a press re
 For general information about the previous flights, s
 For the scientific papers including the published maps,



From Last to First: How the US won the Great Telescope Race [»](#)
 THE ESSENTIAL MAGAZINE OF ASTRONOMY



日本の大気球実験

- 宇宙工学実験《技術実証, “実験室”》
ex. 自由落下微小重力実験
大型膜構造体の展開試験
燃料電池やメモリ等の環境試験
再突入カプセルの開傘試験

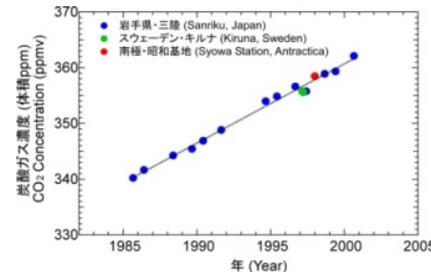
大型薄膜展開試験



- ソーラーセイル基礎実証
- 観測ロケット実験も実施
- IKAROS実験

- 高層大気の観測《地球物理学》
ex. オゾン層や温暖化ガスの継続観測
大気の構造と循環システムの研究
極限微生物の探査

20年に亘る CO₂ 濃度の経年変化 測定結果



- 大気の「その場」観測
- 回収して装置再利用

- 宇宙の観測《天文学, 宇宙物理学》
ex. X線・ガンマ線・赤外線による天体観測
太陽や惑星の観測
宇宙粒子線の観測
新しい測定器技術の検証

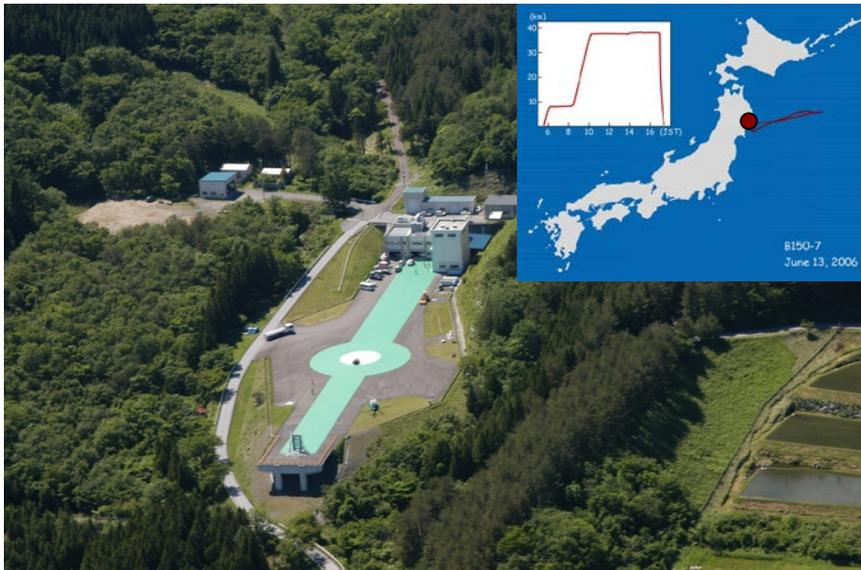
超伝導磁石を用いた宇宙線観測



ISSのASTROMAG計画
(1988年に中止)が発端
⇒気球で10回の飛翔
(宇宙での計画が
気球で開花した例)

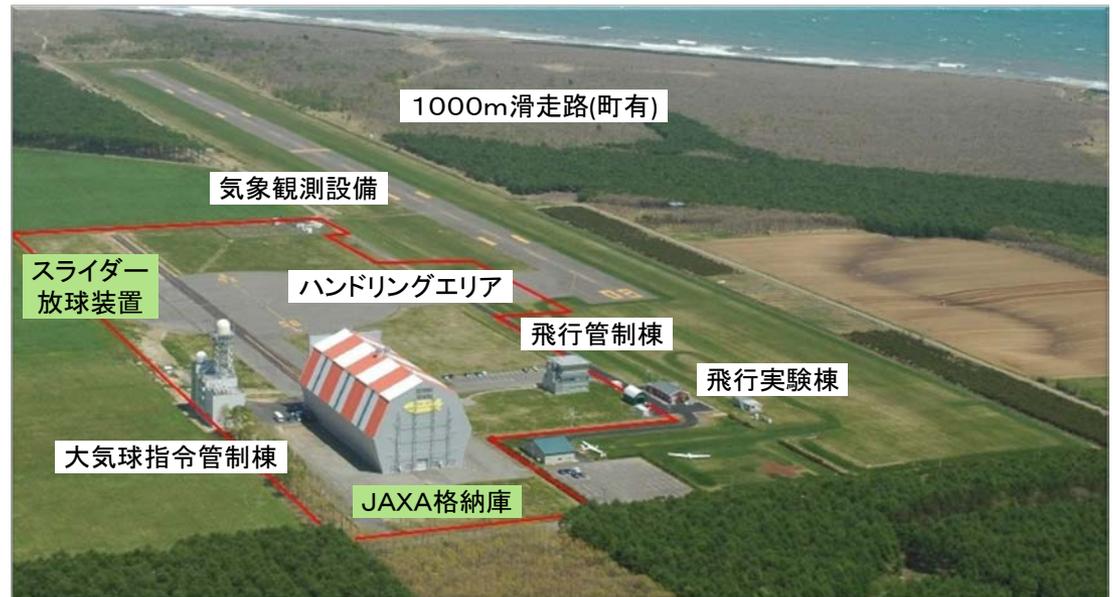
日本の大気球実験

- 昭和29年 日本で初めて大型ポリエチレン気球を放球
- 昭和40年 東京大学宇宙航空研究所に気球部門発足
- 昭和46年 茨城県大洋村, 福島県原町を経て, 岩手県大船渡市三陸町で実験を開始
- 平成19年 三陸大気球観測所を閉所
- 413機の大気球を打上げ

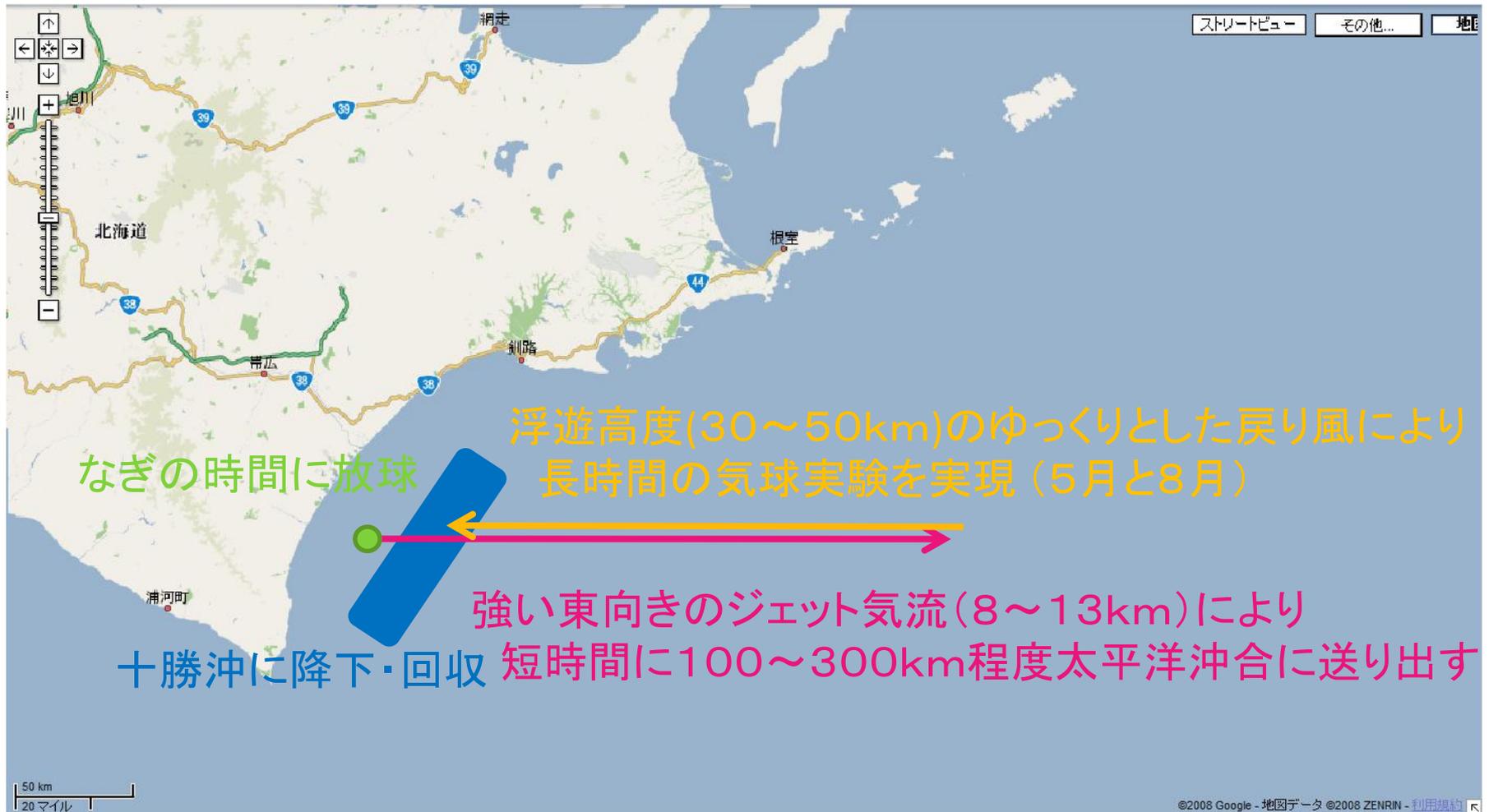


日本の大気球実験

- 平成9年度に科学技術庁航空宇宙技術研究所(当時)と大樹町の間で大樹町多目的航空公園の利用に関する協定が締結
- 平成20年度から, 大気球実験を大樹町で開始
- 平成20年5月26日に, 大樹町とJAXA 間で連携協力協定を新たに締結
 - 連携協力拠点大樹航空宇宙実験場 (TARF)
 - 年間最大5機程度の気球を放球



気球飛翔経路のイメージ

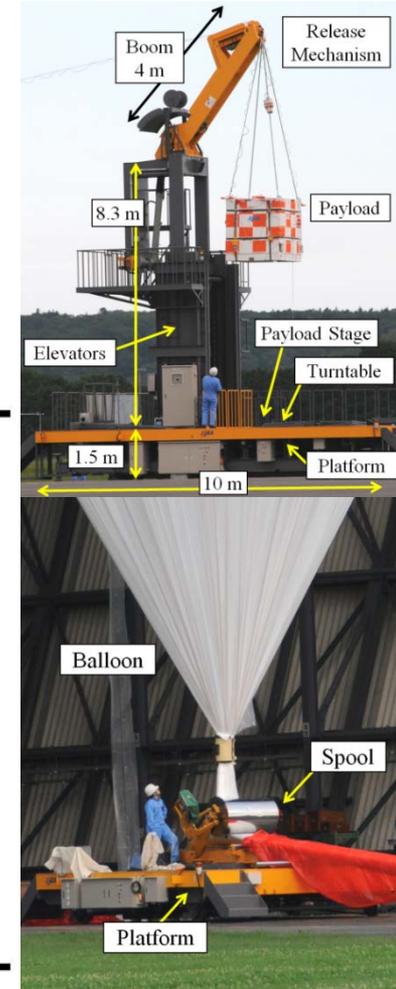
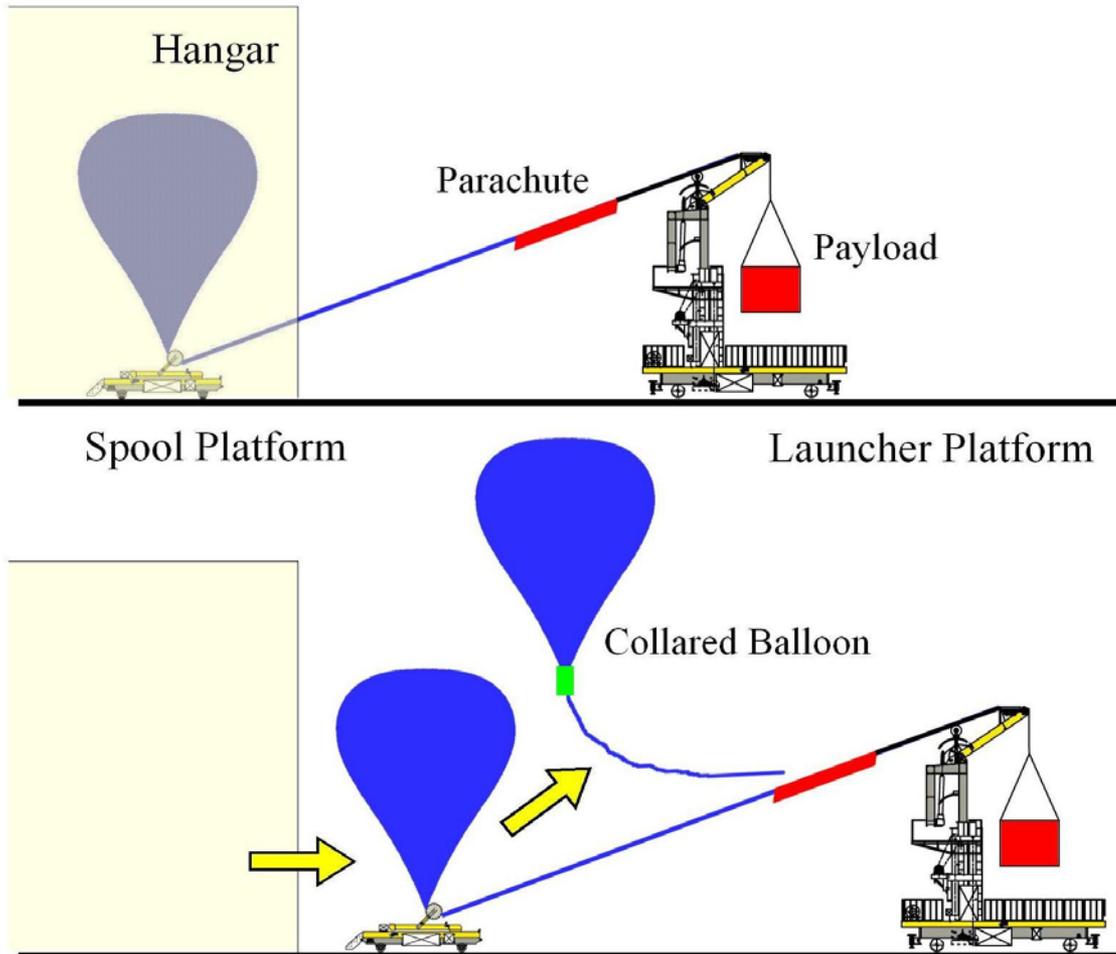


大樹航空宇宙実験場での大気球放球

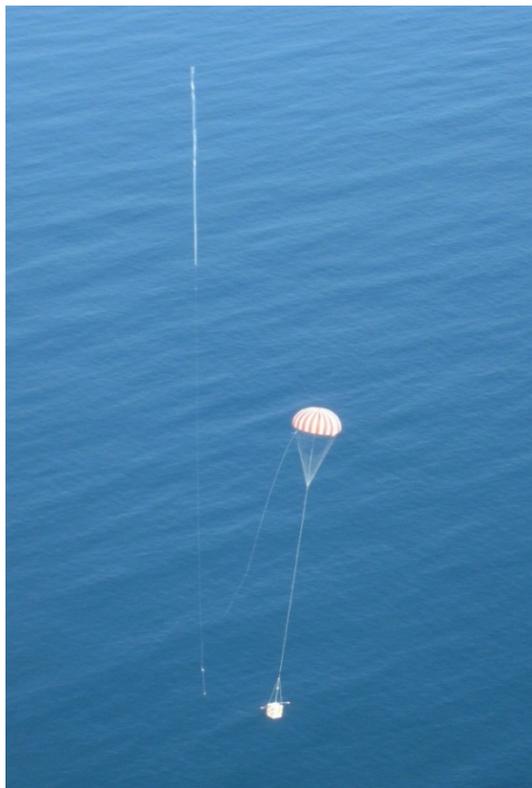
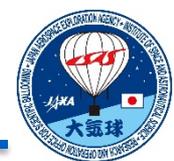


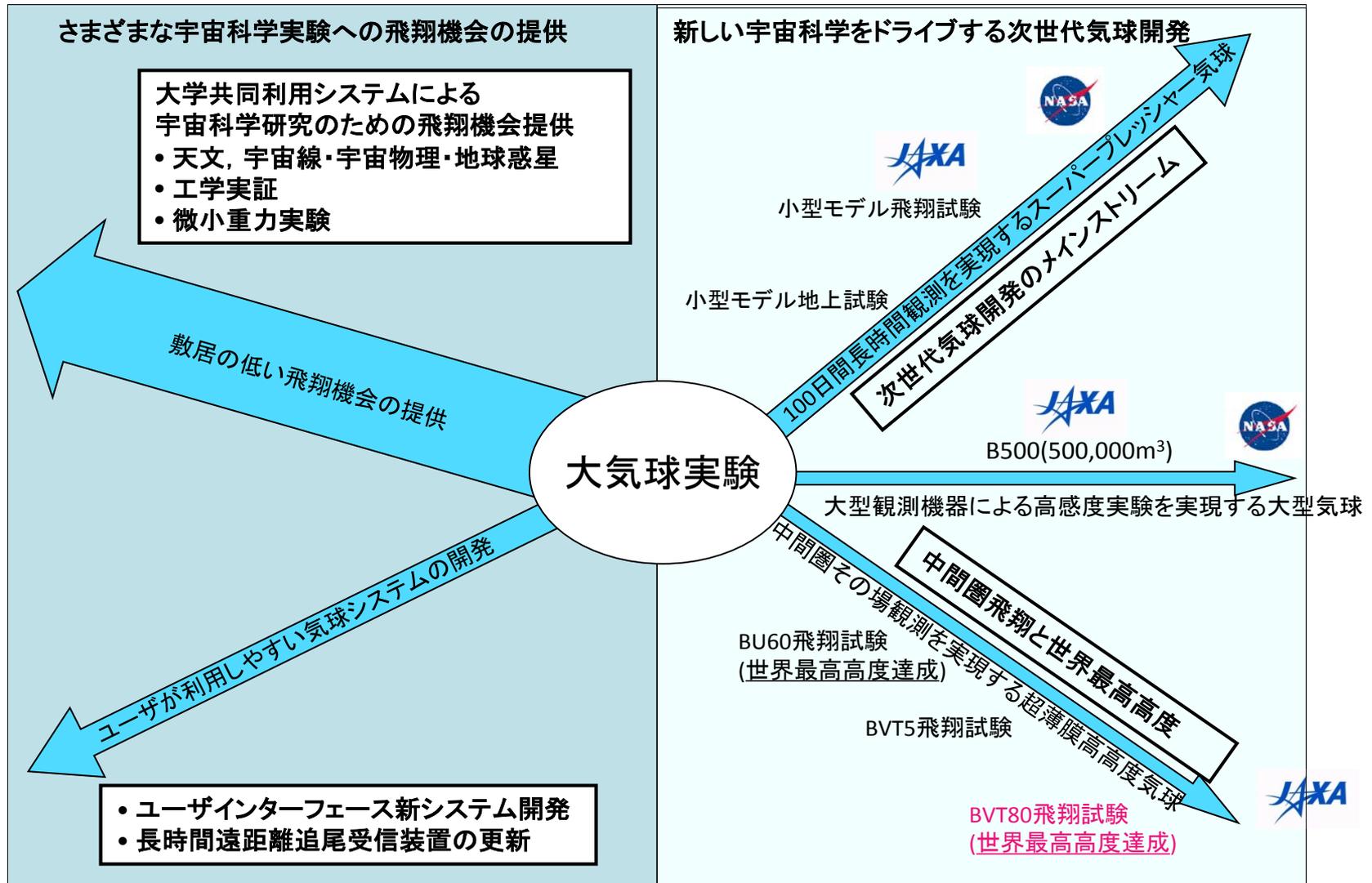
スライダー放球装置

- ヘリウムガス注入中の突風による気球へのダメージ回避

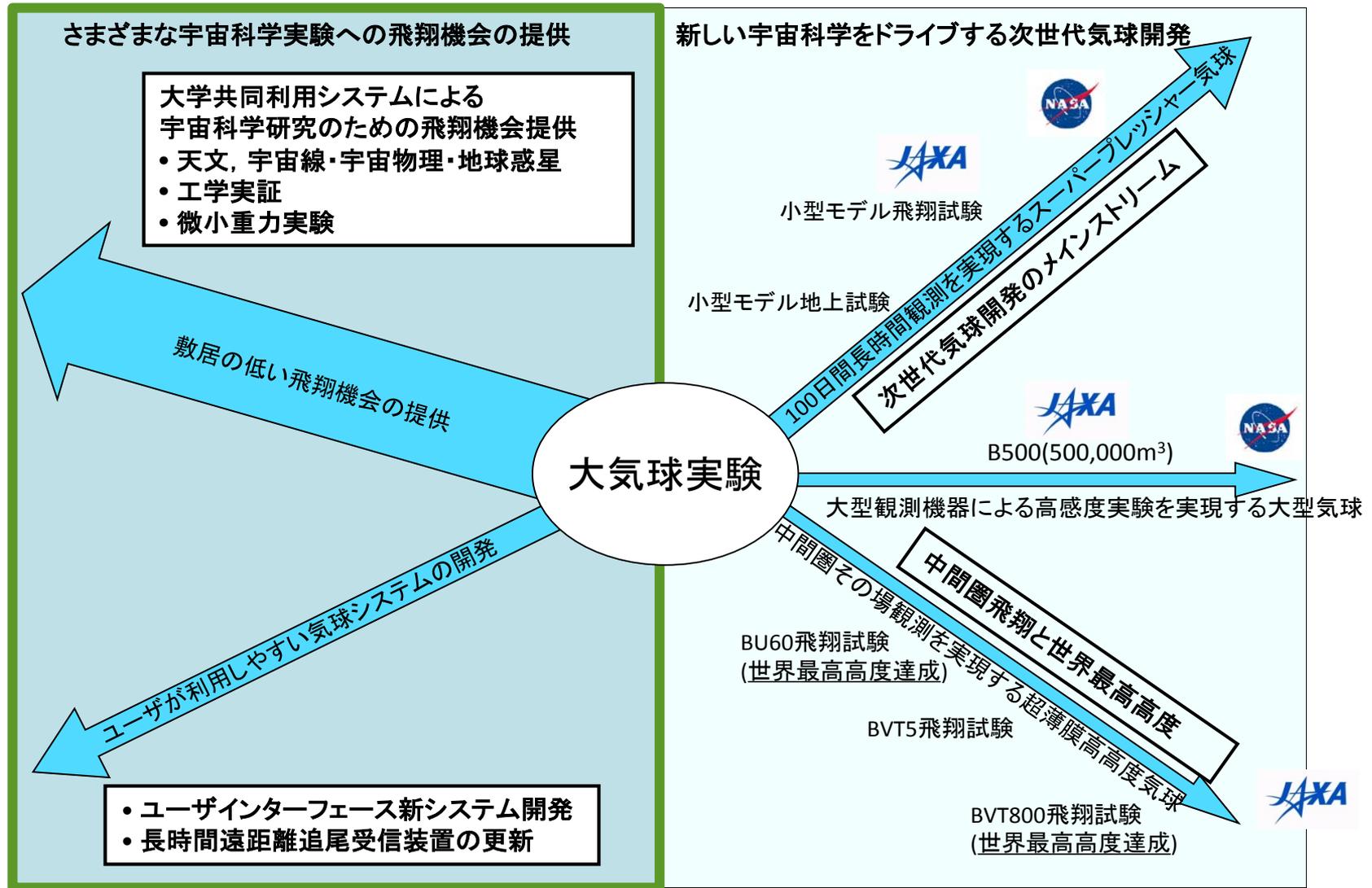


搭載機器・気球回収の様子





さまざまな宇宙科学実験への飛翔機会の提供



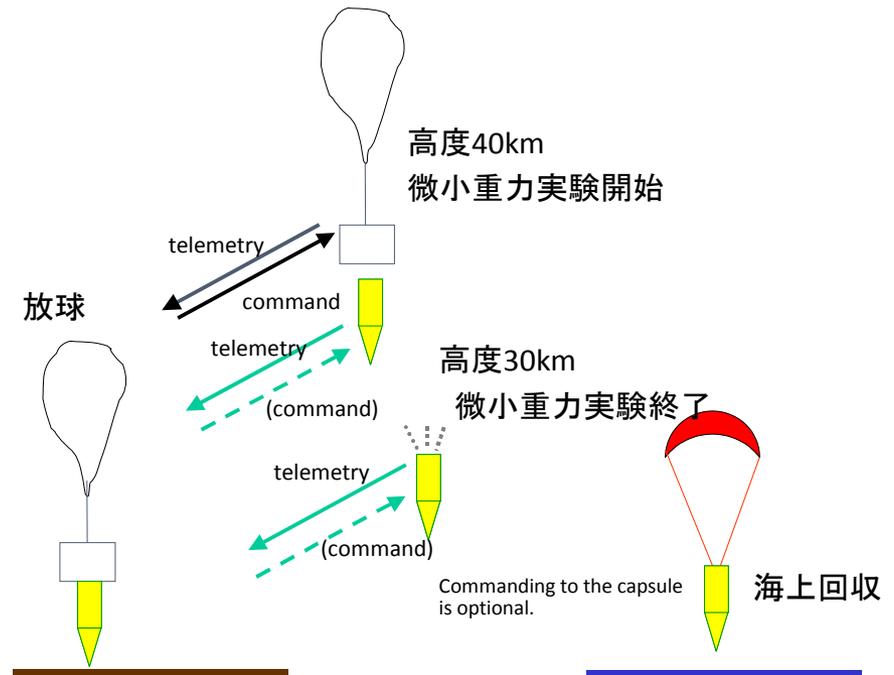


TARFでの大気球放球実績

気球号機	放球日時	実験名称	分野
B08-01	2008.08.23	大気球実験システム実証試験①	
B08-02	2008.09.05	大気球実験システム実証試験②	
B09-01	2009.05.27	無重力実験システムの動作試験(4号機)	工学実証
B09-03	2009.06.06	気球搭載望遠鏡による金星大気観測	地球惑星科学
B09-02	2009.06.18	硬X線領域でのカニ星雲の偏光観測	天文学
B09-04	2009.08.25	小型柔構造インフレーターブル飛行体の展開および飛行試験	工学実証
B09-08	2009.08.27	bCALET-2による高エネルギー電子・ガンマ線観測	宇宙線・宇宙物理
B09-07	2009.09.11	圧力气球飛行性能試験	次世代気球開発
B10-02	2010.08.22	成層圏大気のクライオサンプリング	地球惑星科学
B10-03	2010.08.27	俵型気球の飛行試験	次世代気球開発
B10-01	2010.09.01	気球を利用した超音速飛行体の飛行実験(その1)	工学実証
BS10-06	2010.09.08	高高度薄膜気球飛行性能試験 / 成層圏オゾン・大気重力波の観測	飛行性能試験 / 地球惑星科学
BS11-02	2011.06.01	超小型タンデム気球システムの飛行性能試験	工学実証
B11-02	2011.06.08	エマルジョンハイブリッド望遠鏡による宇宙ガンマ線観測	天文学
B11-04	2011.08.30	小型実験用再突入システム大気球落下実験	工学実証
BS11-06	2011.09.14	超薄膜高高度気球飛行性能試験	次世代気球開発
B12-01	2012.06.03	宇宙線反粒子検出器GAPSのプロトタイプ性能評価	宇宙線・宇宙物理
B12-02	2012.06.09	小型タンデム気球システムの飛行性能評価	工学実証
BS13-02/03	2013.05.15	成層圏オゾン・大気重力波の観測	地球惑星科学
BS13-04	2013.05.25	皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の飛行性能評価	工学実証
BS13-08	2013.09.20	超薄膜高高度気球飛行性能試験	次世代気球開発
B14-01	2014.08.22	大気球を利用した微小重力実験(燃焼実験)	微小重力科学

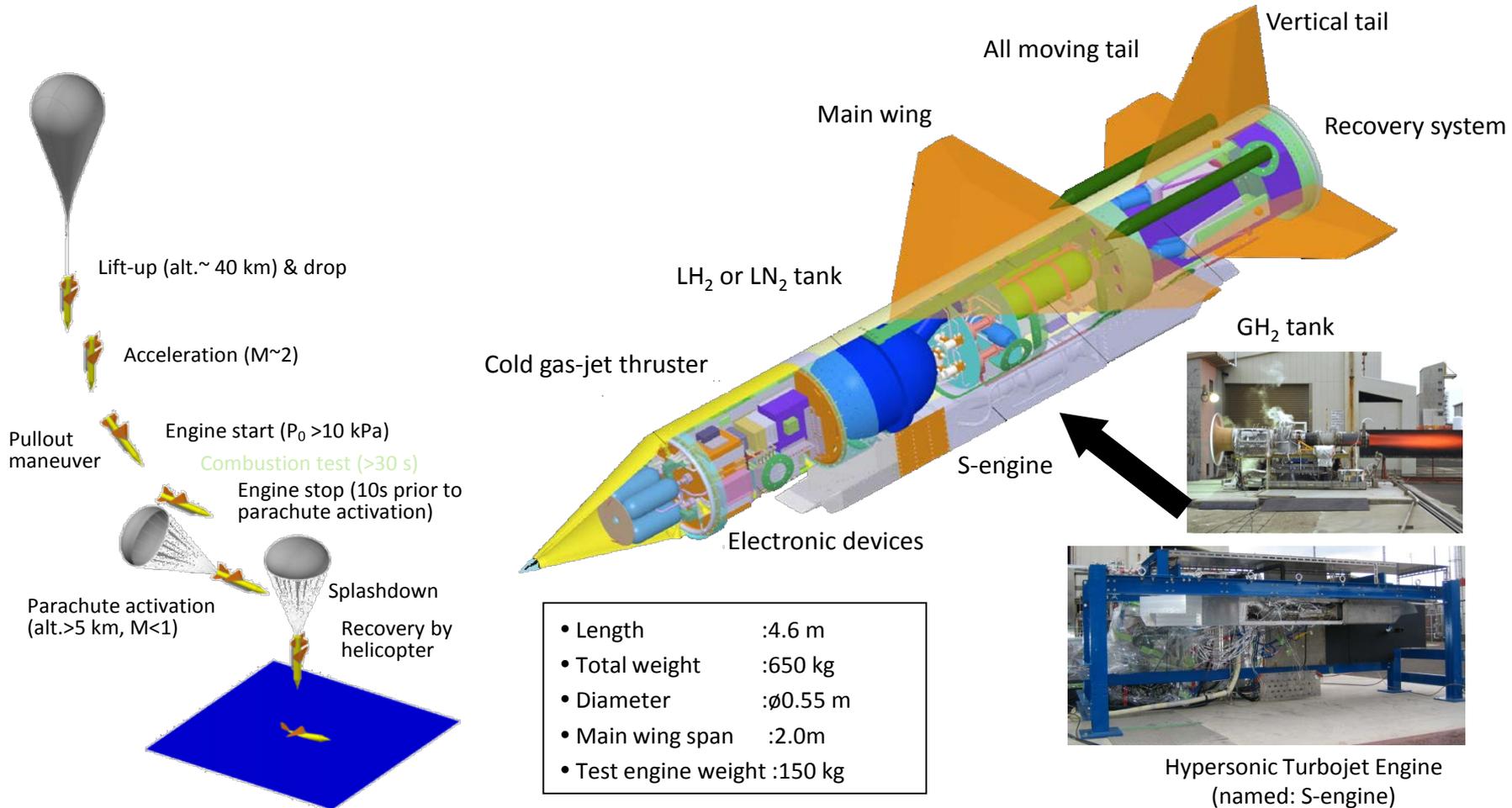
微小重力実験システムの開発

- 落下塔, ロケット実験, 国際宇宙ステーションのギャップをつなぐ新しい微小重力環境の実現
 - 中程度の継続時間(~40秒)
 - 良質の微小重力状態(1万分の1)
 - 大学の研究費で賄えるコスト(~千万円)
- 大気球を用いた自由落下型微小重力実験システムの開発
- 平成18年, 19年(三陸大気球観測所), 21年(大樹航空宇宙実験場)に実証試験を実施
- 文部科学省科学研究費補助金(学術創成研究)でのシステム開発



超音速飛翔体の飛行実験

- 気球からの自由落下により, 超音速状態での予冷ターボジェットエンジンの性能試験を実施
 - 将来のスペースプレーン構想



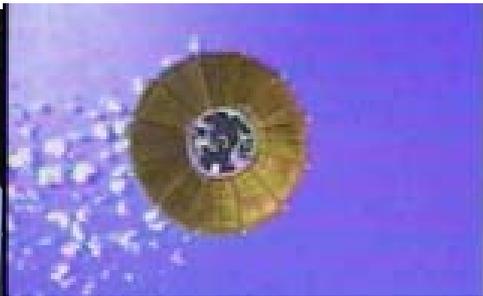
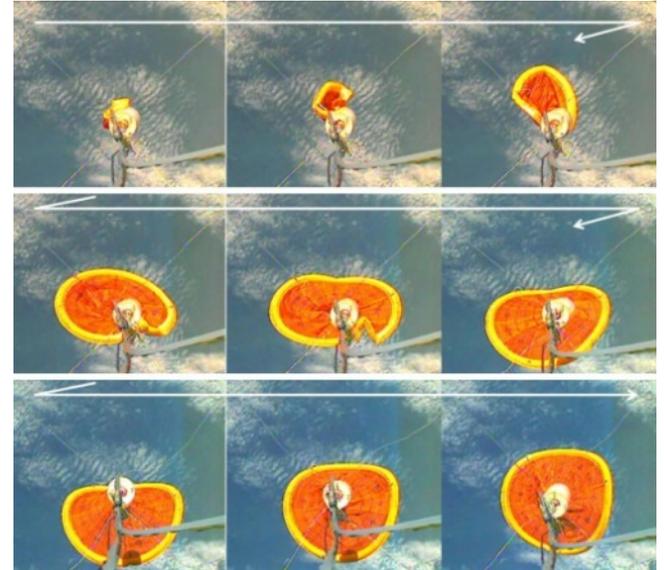
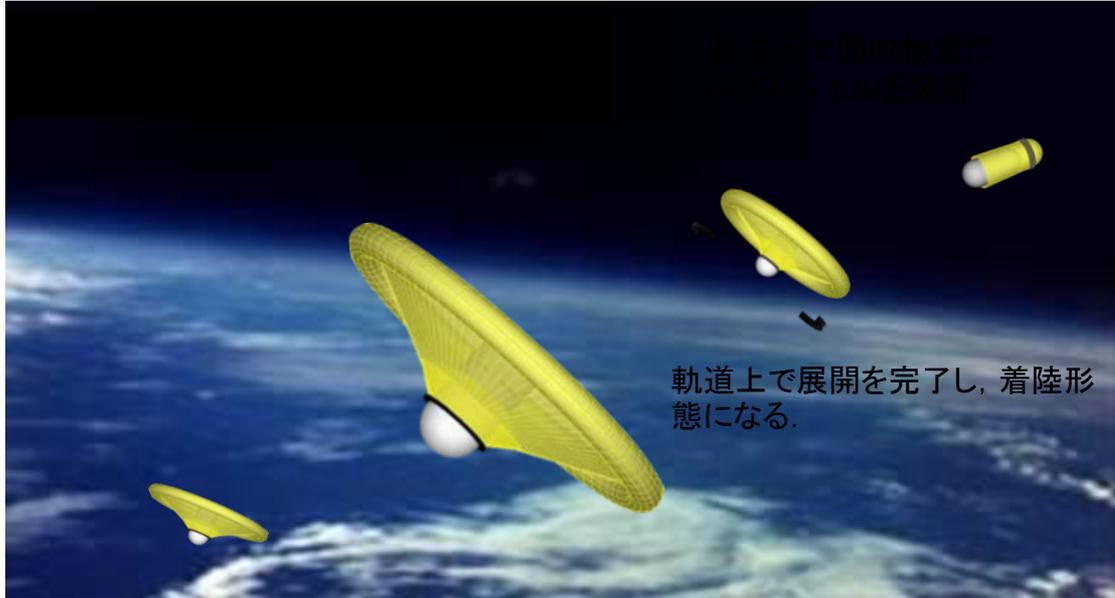
超音速飛翔体の飛行実験

- 気球サイズ: 300, 000 m³
- 総浮力: 1, 846 kg

ターボジェットエンジン



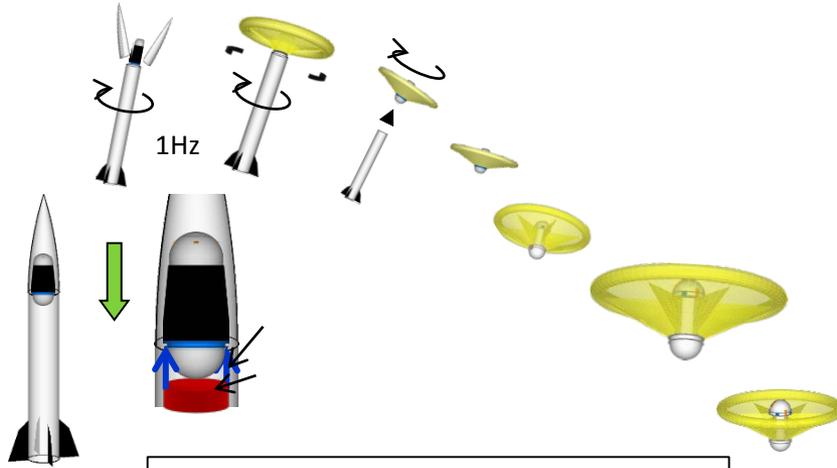
小型柔構造インフレータブル飛翔体



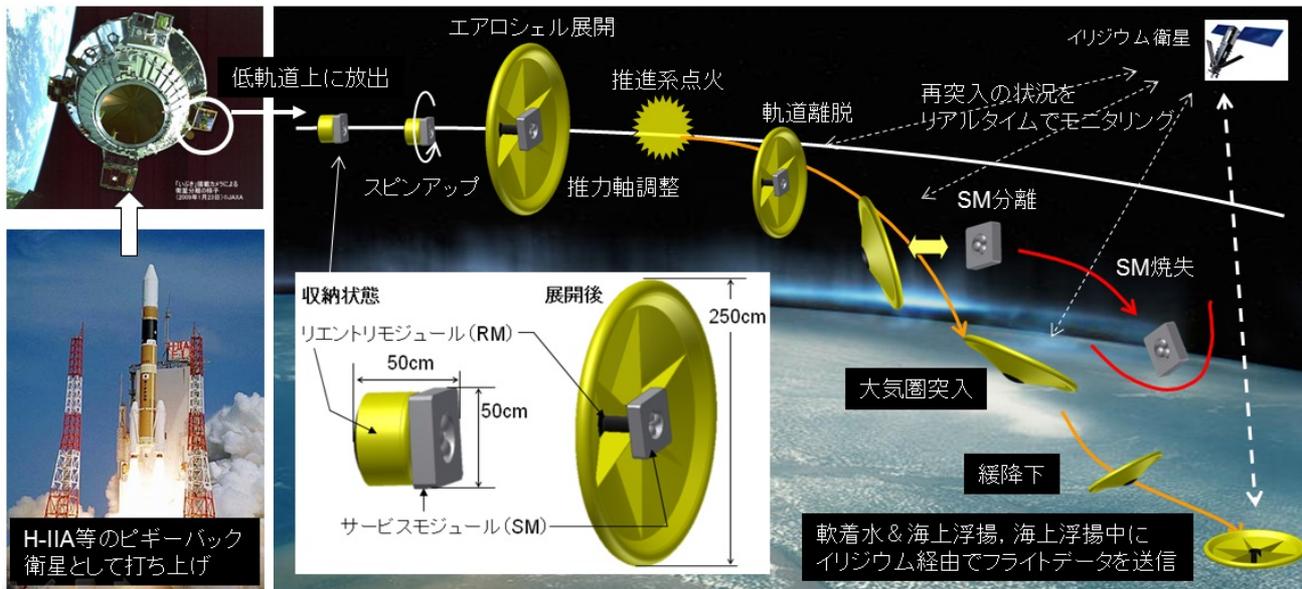
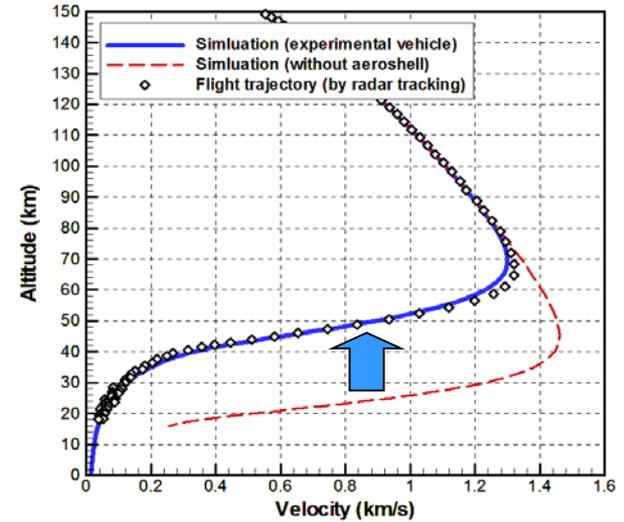
2004年 大気球実験

2009年 大気球実験

小型柔構造インフレータブル飛翔体

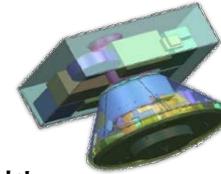


2012年 観測ロケット実験



将来の惑星探査技術

- 小型実験用再突入システム落下実験
 - μ -LRS: Micro-Laboratory Reentry System
 - 超小型衛星による, 軌道上微小重力実験(試料回収)
 - 亜音速, 遷音速領域でのアポロ型カプセルの空力安定性
 - 高度37kmからカプセルを投下 (マッハ0.8~1.09: 46秒間)
- 火星探査用飛行機の高高度飛行試験
 - 高度35km付近の地球大気 \approx 火星大気



B12-02ピギーバッグ

- NHK特集番組「宇宙の渚」
- 福岡工大 山澤 教授 / NEC 森岡 氏
 - 全方位ビデオ撮影
- 成層圏気球からのパノラマHDビデオ
 - 10台のカメラ(Go Pro)をペイロードの角々に搭載

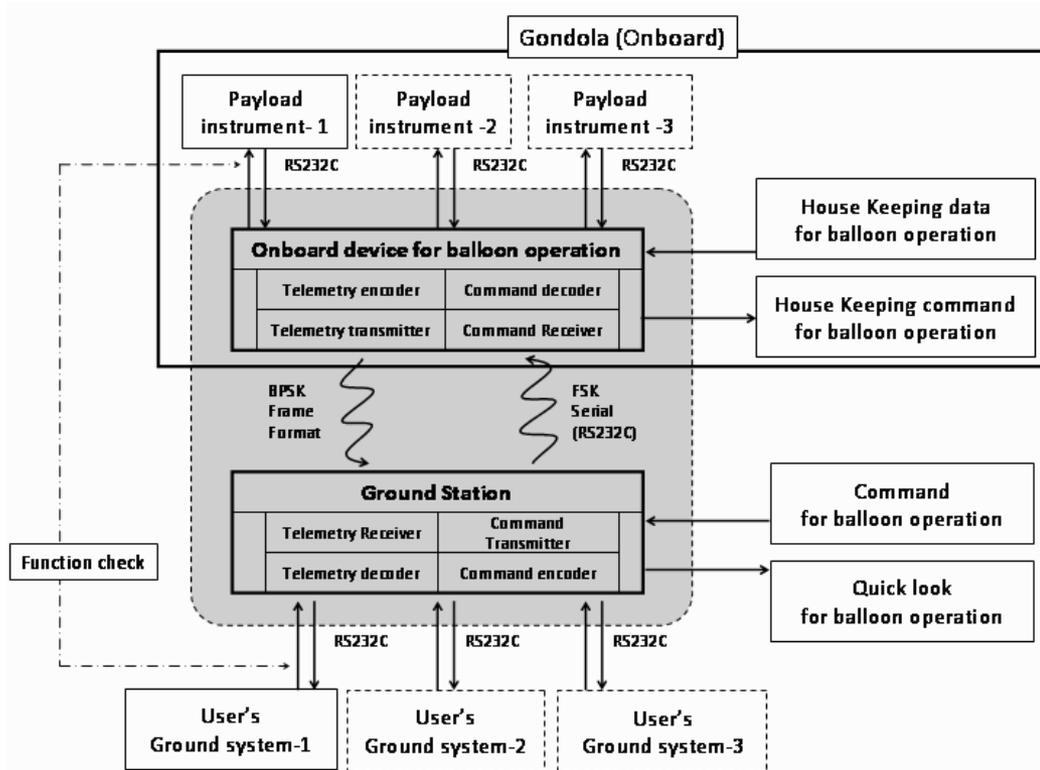


パノラマHDビデオ



テレメトリ・コマンドシステムの更新

- 3実験を同時サポート
- RS-232C 56 kbps downlink / 300 bps uplink
- 搭載実験機器とは電氣的に絶縁



効率的な回収作業の実現

- 全回収船舶にGPS/Iridium位置通報装置を装備
 - 5分毎に、位置、進行方位、速度を
イリジウムショートバーストデータで報告
 - 回収目標(気球皮膜、搭載機器)の予測着水位置および時間を
イリジウム携帯メールで通知
 - 不安定で不明瞭な音声通話による混乱を回避
 - 着水後、ほぼ1時間以内に海上回収を完了
- 気球ペイロードに搭載できるGPS/Iridium位置通報装置の開発
 - 回収困難な気象条件(海霧、荒天など)
 - 海上航行安全確保のための橙色閃光灯も装備

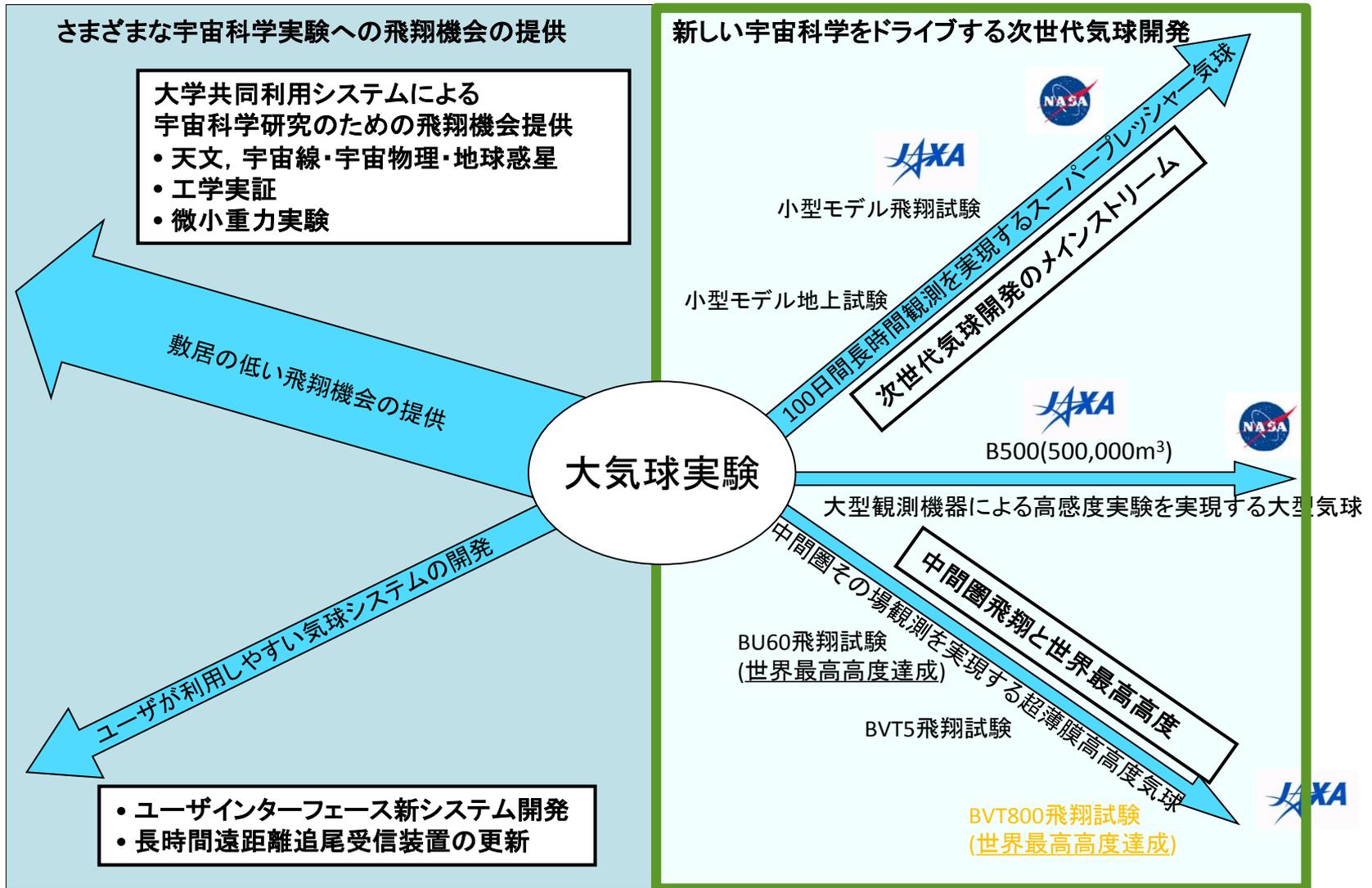


効率的な回収作業の実現

- GPSとイリジウム衛星電話(メール)を利用した情報伝達

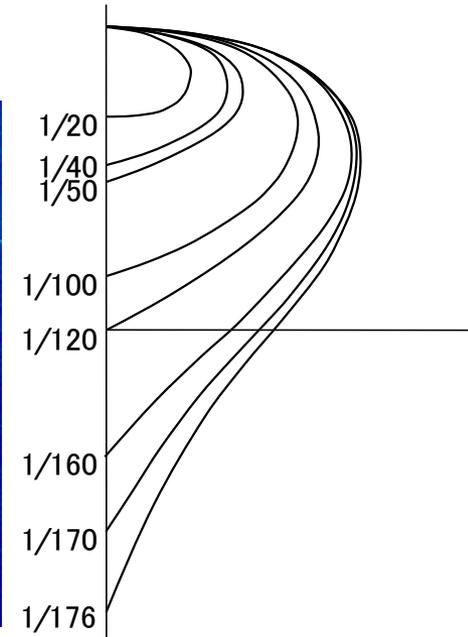


次世代気球開発～より重いものをより高く, 長時間



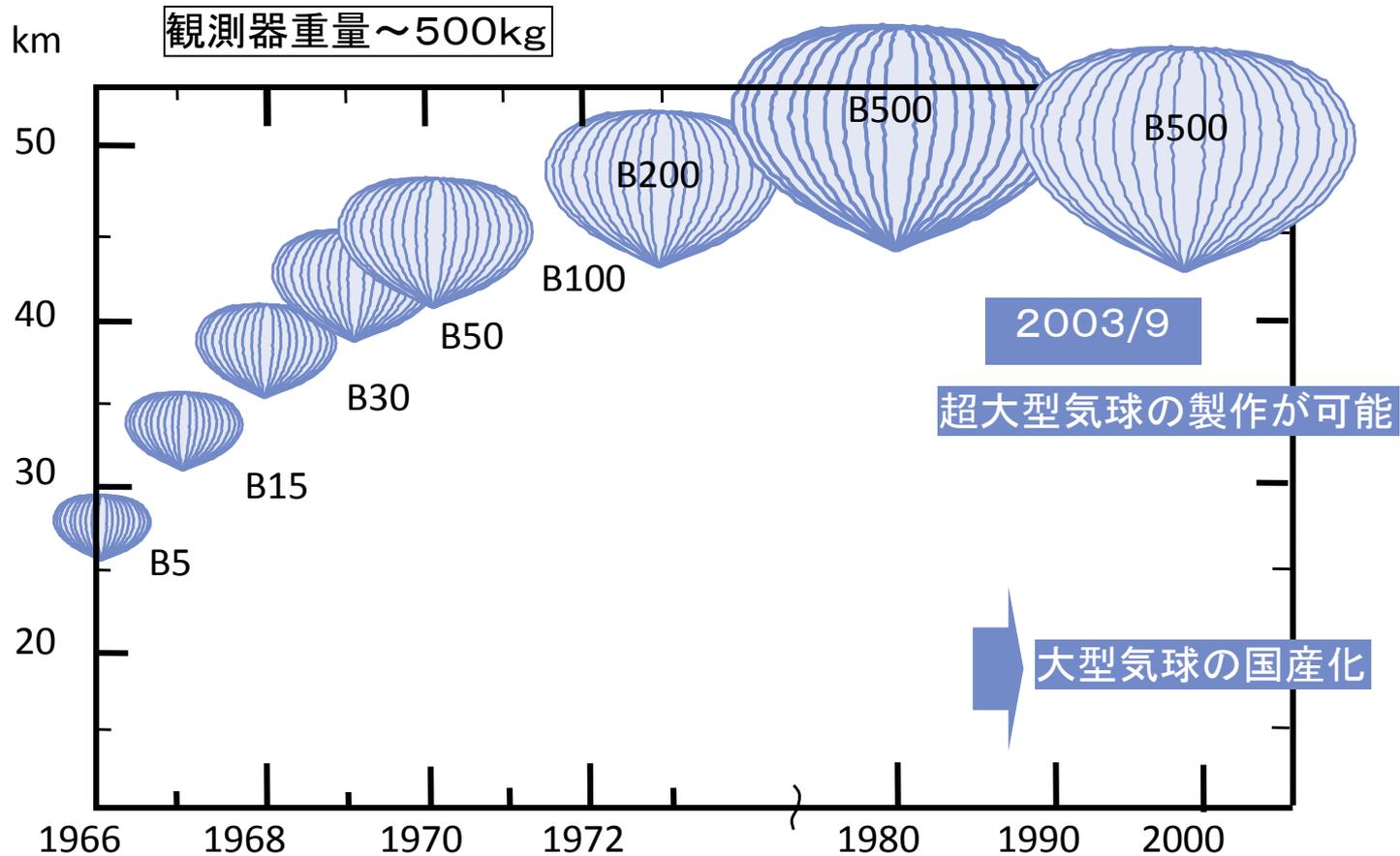
より重いペイロードを！

- ゼロプレッシャー気球
 - 通常使われている成層圏気球はゼロプレッシャー気球
 - ダクトを通して気球の内外が繋がっている
 - 気球内外で圧力差がない
 - 自然型気球
 - 体積・全長一定
 - 浮力最大
 - 周方向はたるんでいる
 - 子午線方向にのみ応力

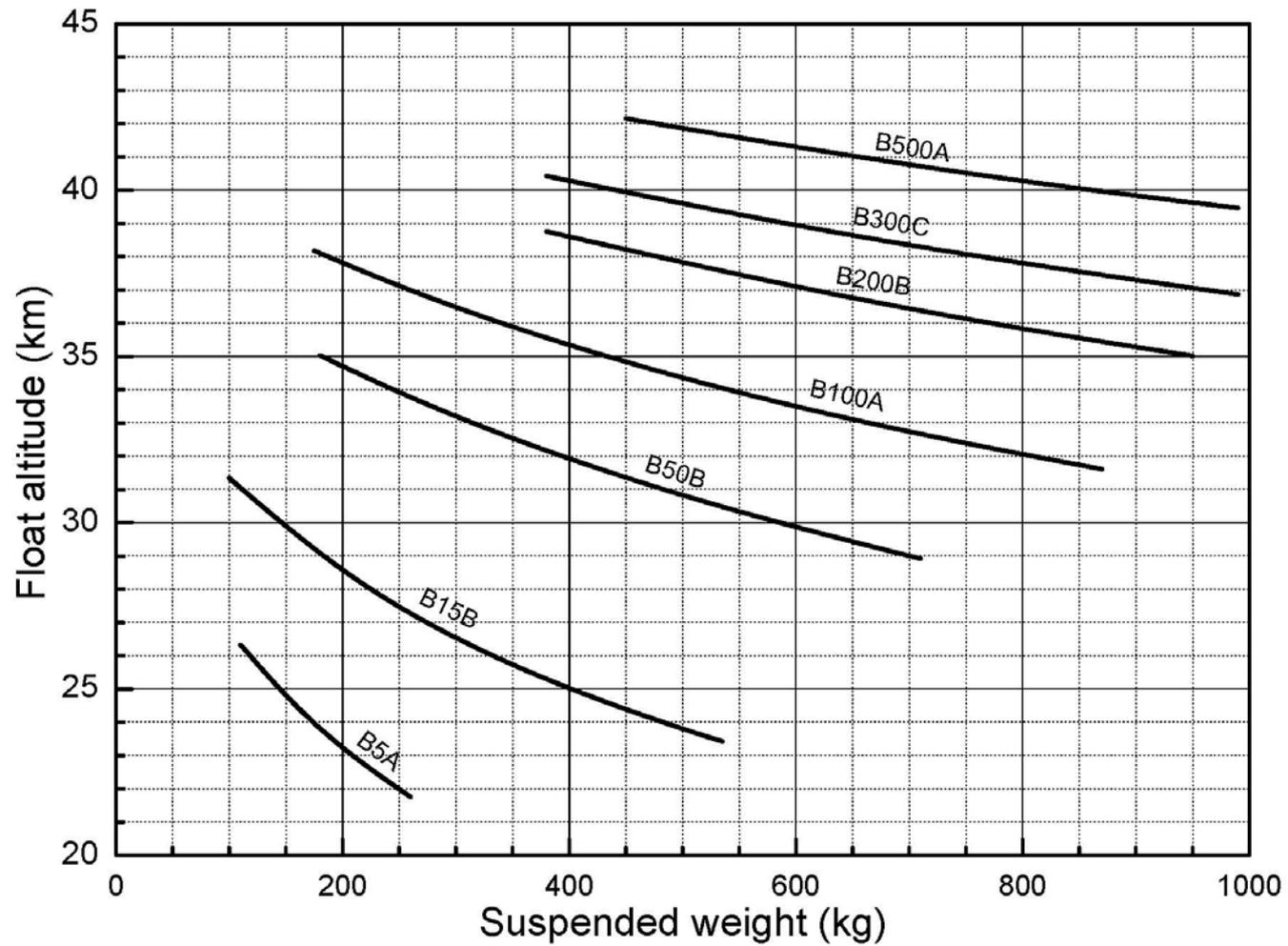


- 到達高度
 - $P \text{ (hPa)} = 850 W \text{ (kg)} / V \text{ (m}^3\text{)}$ (高度35km以上)
 - W: 気球システムの全重量
 - V: 気球満膨張時体積
- 重いペイロード(数百kg~2ト強)を高高度(35km~40km)に上げるには大きな気球が必要
- 大きな気球(満膨張時直径100~150m, 20 μm厚フィルム)を作ると, 気球重量が重くなる
- 気球本体は軽く, 体積は大きく(地上での最大応力を緩和するためのキャップ)

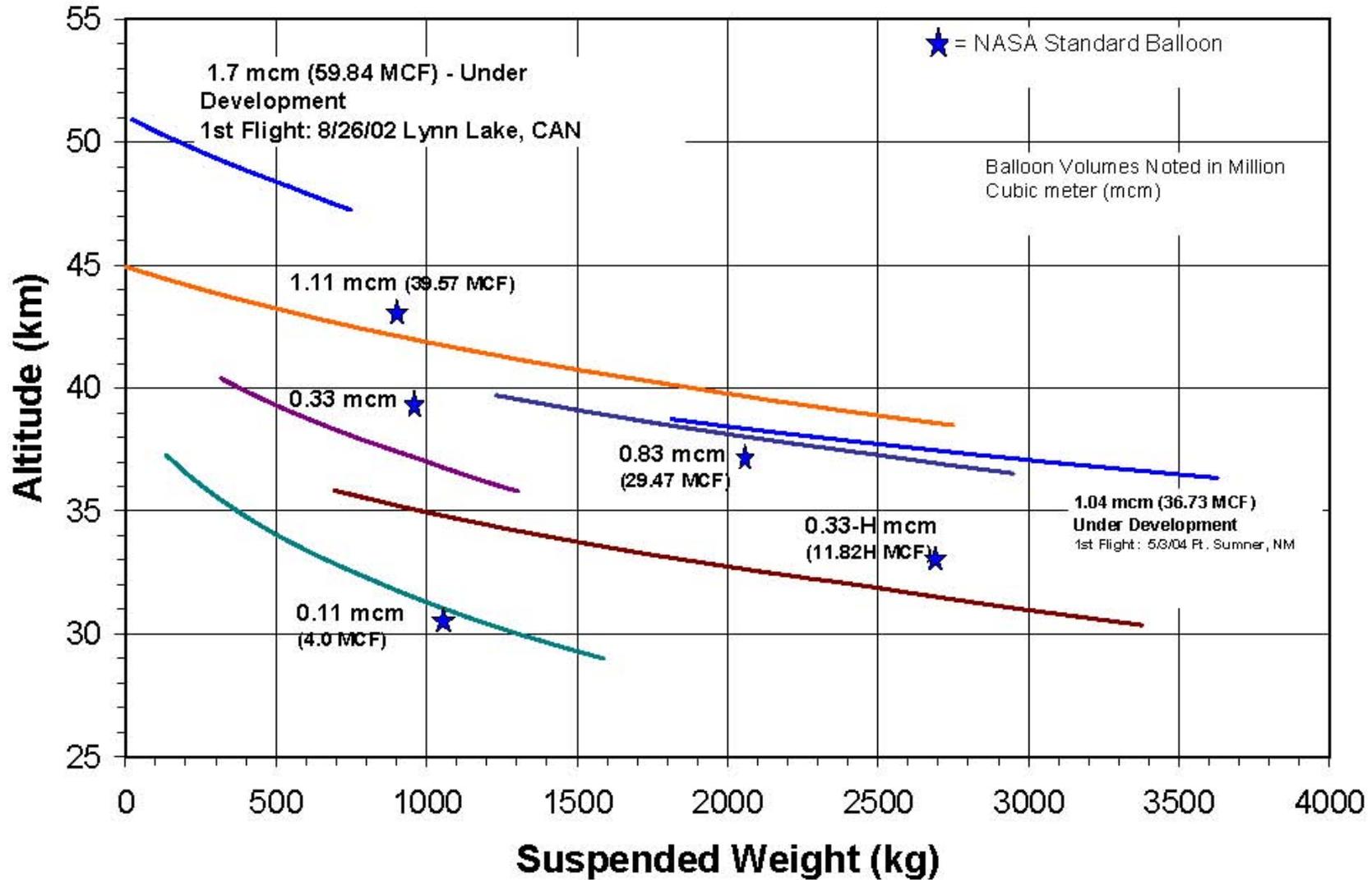
日本における大型気球の開発経過



- 数年前までは、実験毎にオーダーメイド
 - 安全・信頼性保証が重視されるように
 - 気球の標準化



Raven製大型気球



より高く！



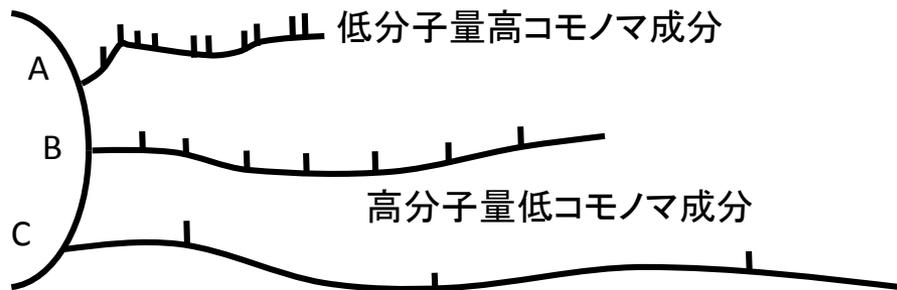
- 下部中間圏の大気観測
 - 気象庁気象ロケット観測所(三陸町綾里)からのMT-135Pによる観測
 - 1970年7月15日から2001年3月21日まで, 1, 119機
 - 中間圏までの大気観測重量3kgのペイロードを高度55kmで飛翔させる
 - 下部中間圏でのその場観測の実現(オゾン層観測, 夜光雲現象の解明)
- 厚いフィルムで気球を大型化していけば, 気球重量が増加
 - 軽量の観測機器に対してバランスが悪い
 - フィルムを極限まで薄くして, 気球本体を軽量化
 - 十分な強度を有し, 低温特性に優れ, 均一な薄膜ポリエチレンフィルム
 - 6 μ mから開発開始(1990年代前半), 2.8 μ m厚の開発まで完了
 - 薄膜ポリエチレンフィルムを用いた気球製作
 - フィルムを傷つけない放球法

薄膜ポリエチレンフィルム

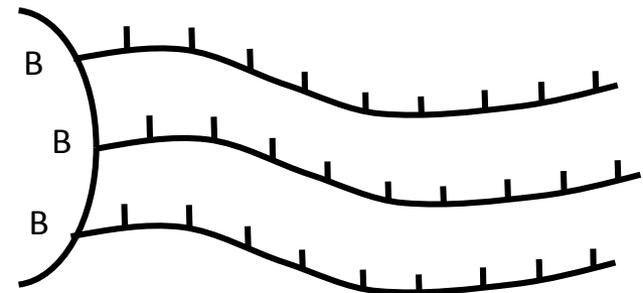
- 大きな気球を作れば, 気球重量が重くなる
- 軽量のペイロードを打ち上げる場合には効率的でない
- 気球フィルムを薄くして, 気球重量を軽減する
 - 均一な強度を持つ薄膜フィルムをどのように作るか

- 薄膜ポリエチレンフィルム製法
 - エチレンの重合
 - 高密度ポリエチレン
 - 規則正しい構造をしていて引っ張りに強く, 不透明
 - 常圧で製造するため, 触媒が必要
 - 分子量分布が揃っている触媒のほうが, 薄膜フィルムを作り易い
 - メタロセン触媒の実用化 (1996年)
 - 5.6, 3.4, 3.0, 2.8 μm フィルムが製作できる

チーグラ触媒PE



メタロセン触媒PE

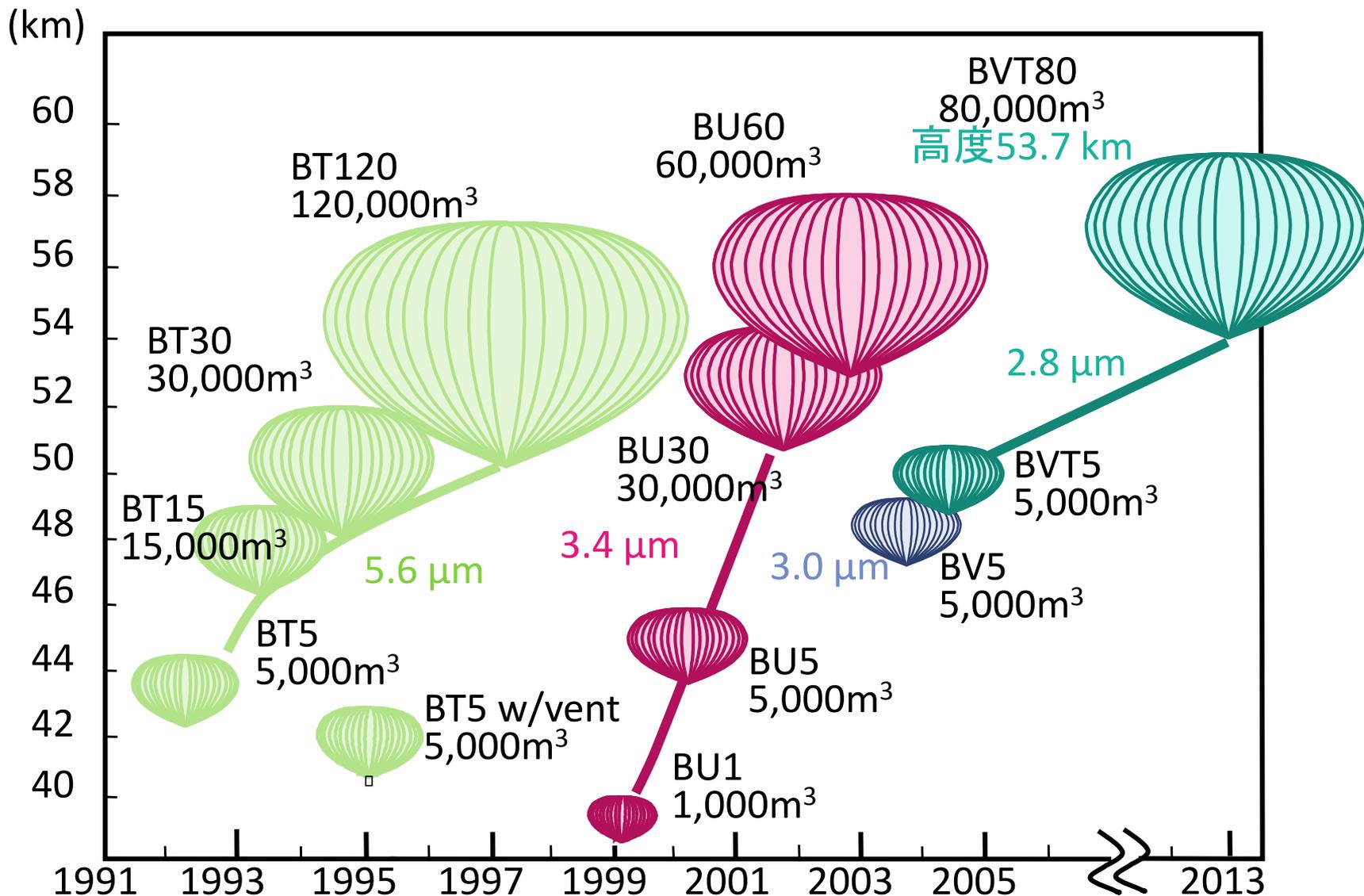


薄膜高高度気球開発

- 2002年5月: 3.4 μm 厚ポリエチレンフィルムを用いた満膨張堆積60,000 m³の気球
 - 高度53.0 kmに到達し, 無人気球到達高度世界記録を更新
 - 米国1,500,000 m³の気球による高度51.8 km (1972)
- その後, 2.8 μm 厚ポリエチレンフィルムを用いた気球の開発を継続
 - 上昇途中での気球破壊
 - フィルムの機械的特性の検討
 - 気球頭部の損傷防止
 - 頭部フィルムの二重化
 - 放球方法の改善



薄膜高高度気球開発の歴史



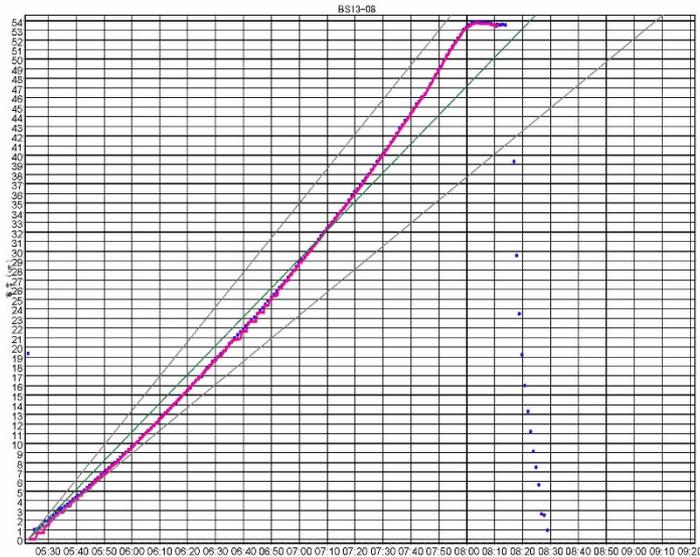
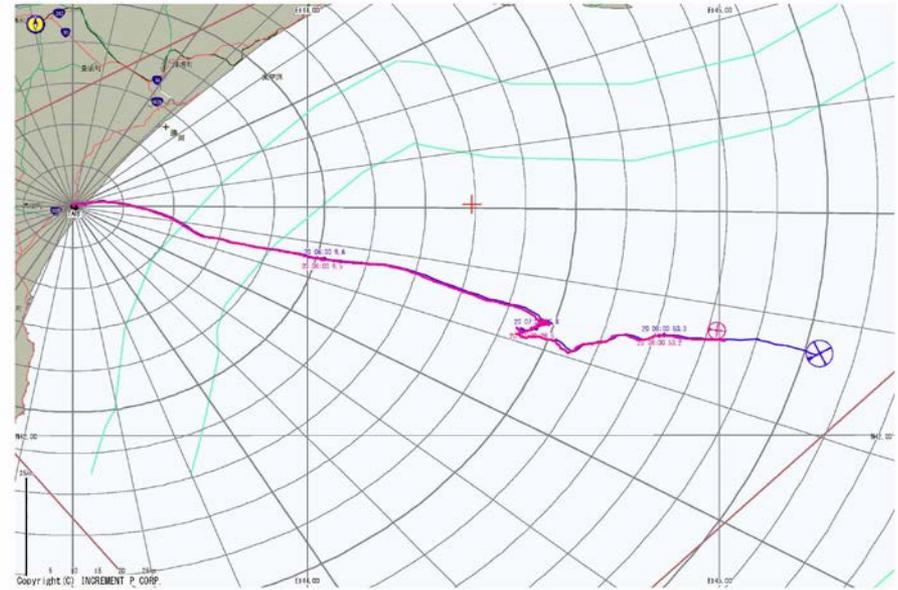
超薄膜高高度気球飛翔性能試験



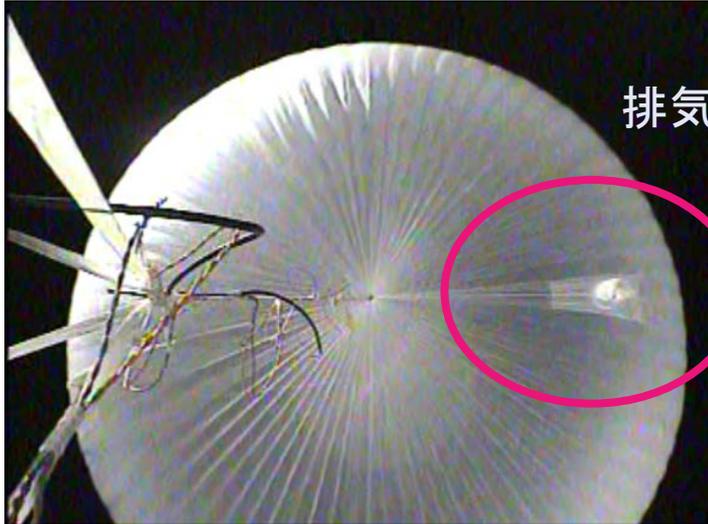
超薄膜高高度気球飛翔性能試験



- 2013年9月20日
午前5時22分放球
- 2時間42分後に高度53.7km
- 15分間水平浮遊
- 指令電波で破壊・終了

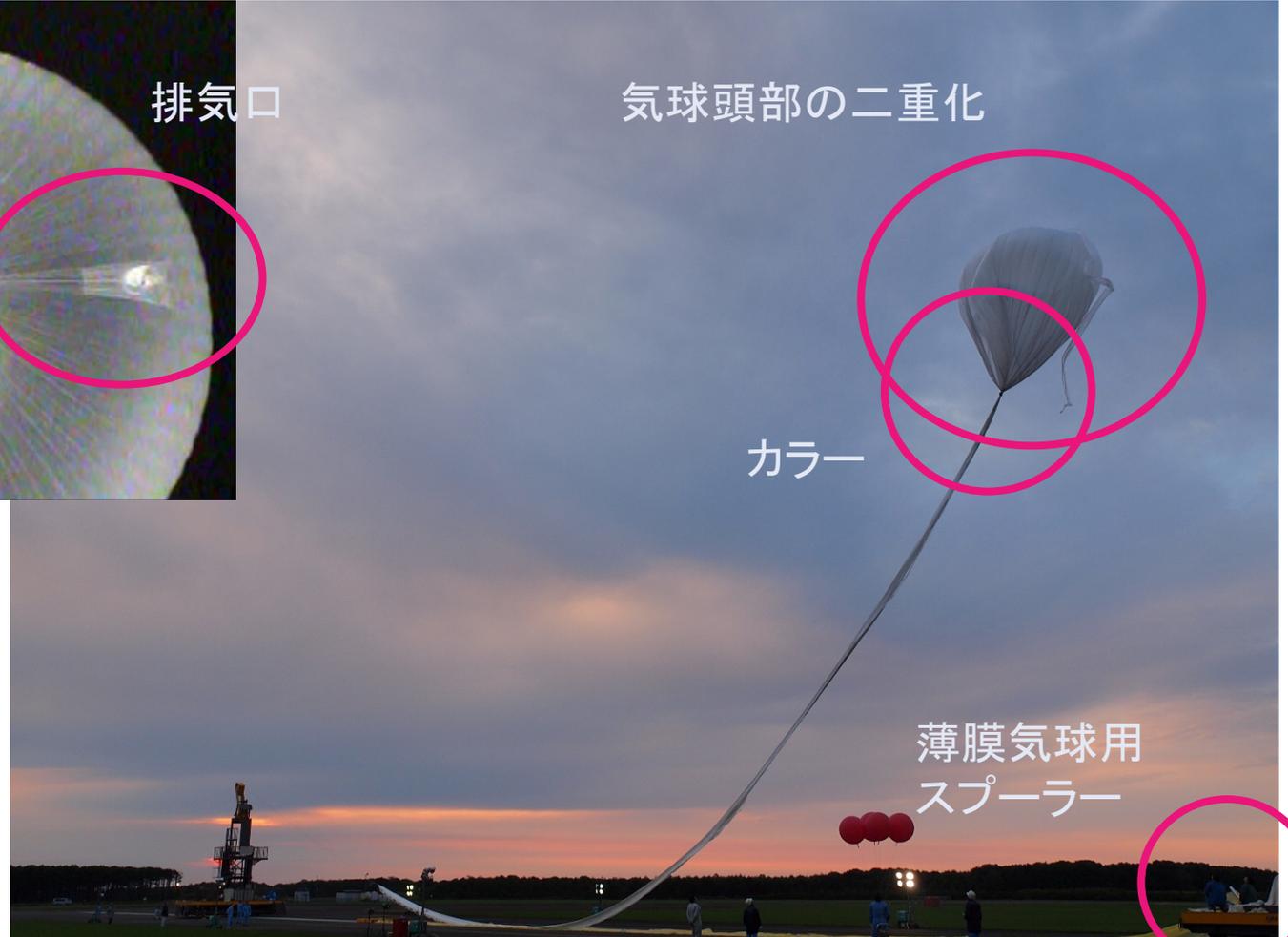


超薄膜高高度気球飛翔性能試験



排気口

引裂き機構



気球頭部の二重化

カラー

薄膜気球用
スプーラー

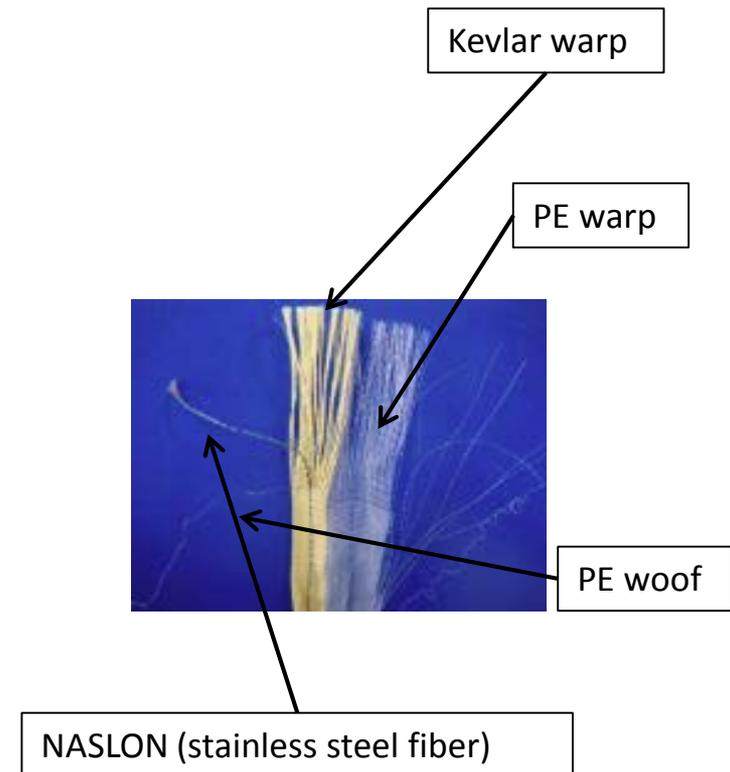
薄膜高高度気球による科学観測

- 大気重力波および成層圏オゾンの観測
 - 2005年9月28日打上げ
 - BU60-2 (3.4 μm フィルム)
 - 科学観測器: 3.4 kg
 - 高度51.8 kmで気球破壊を指令



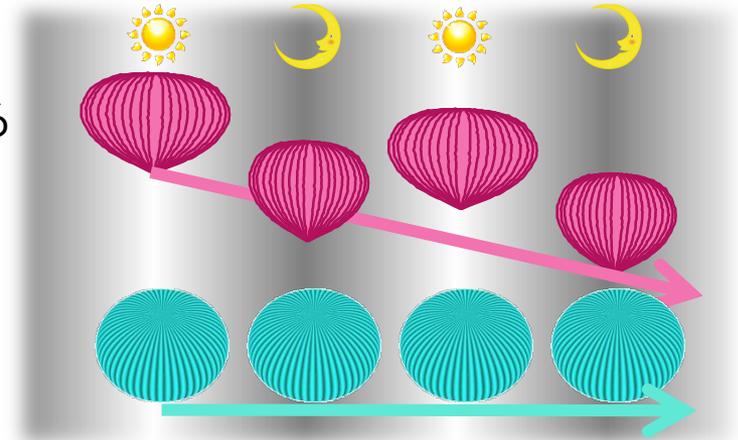
高高度気球開発の今後の方向性

- より高高度への挑戦?
 - より薄膜のポリエチレンフィルム: 2.5 μm
 - より満膨張体積が大きな気球: 300,000 m^3 で 高度60 km
- 中間圏底部での大気観測等の促進
 - 高度50 kmにおける長時間その場観測
 - ペイロード重量10 kg程度を目標
- 技術的課題
 - 重気球として運用可能な基本搭載機器の開発
 - 冗長な飛翔終了手段の確保
 - 航空保安ATCTランスポンダの装備
 - 気球強度の強化
 - 軽量ロードテープ



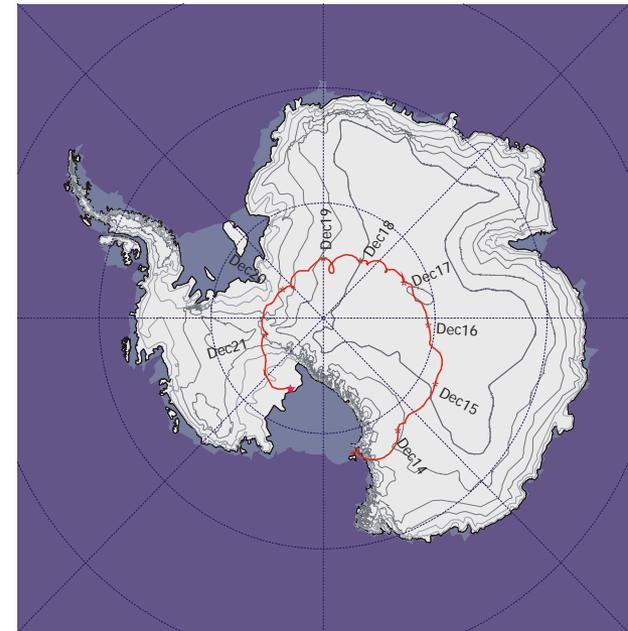
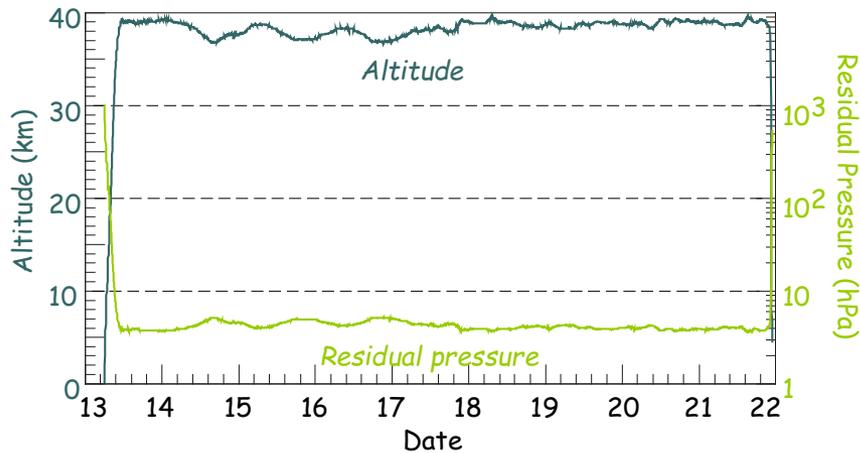
より長時間！

- 高統計, 高感度観測のためには, 長時間飛翔が不可欠
 - ゼロプレッシャー気球の飛翔時間の限界
 - 日没補償の必要
- 日没補償
 - 日中は太陽からの熱で気球ガスが温められている
 - 日没後は太陽の照射がなくなる
 - ガス温度が低下する
 - 体積が減少して浮力を失い, 降下する
 - 大気圧の増加で体積が減少する
 - 降下を続ける → Positive feedback
 - 日没後直ちに総重量の7~10%のバラストを投下してペイロード重量を減少させ, 高度を維持する
 - 日の出とともにガス温度は上昇し, ガスを排気する
 - 長時間飛翔しようとするほとんどバラストを飛ばすことになる



バラストによる日没補償からの脱却

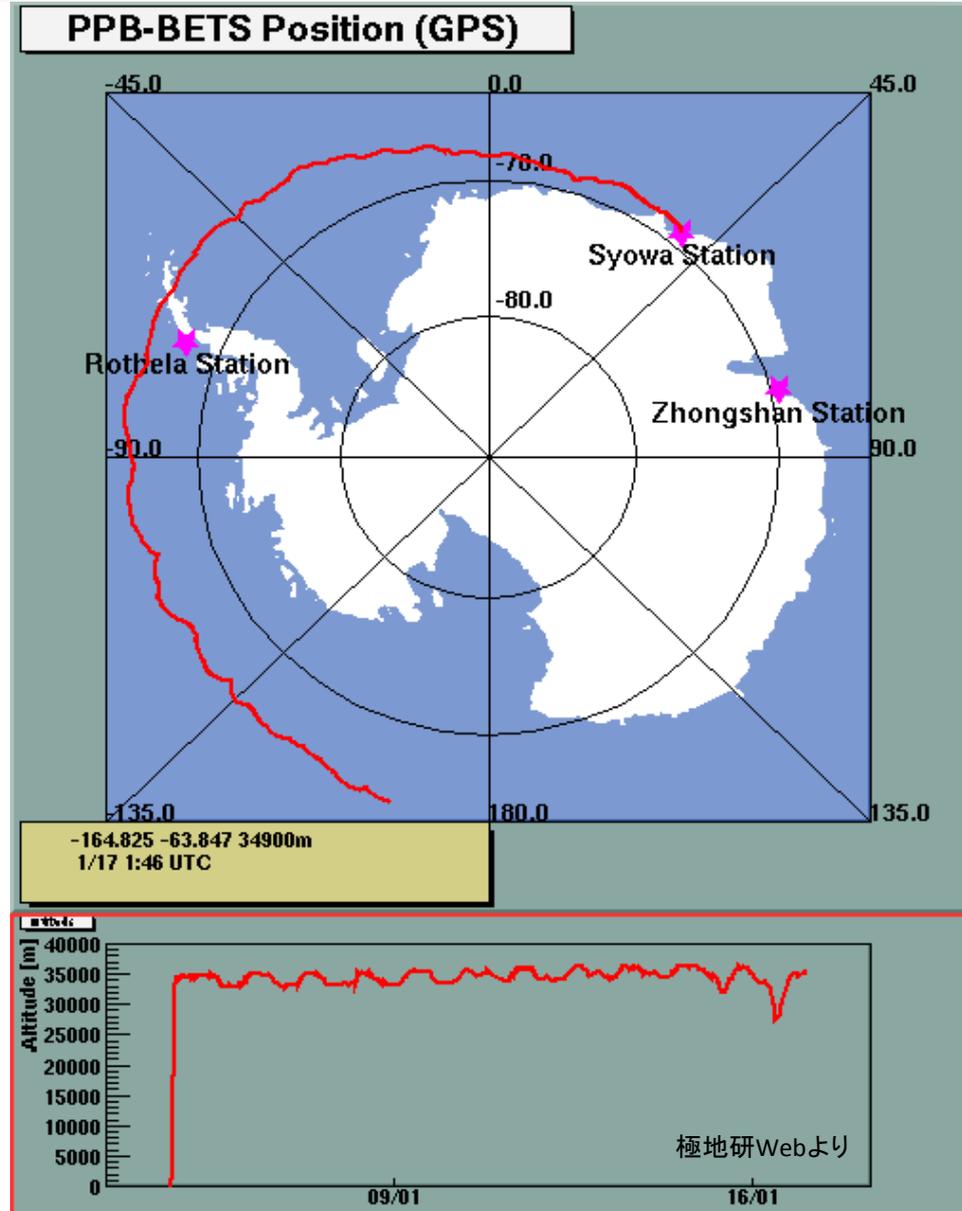
- 日没と日の出が繰り返さない
 - 極地域の白夜環境での飛行
 - 南極周回気球
 - 緯度によっては太陽高度の変動で気球が降下する



- ガスを排気しない
 - スーパープレッシャー気球

南極周回気球 (PPB)

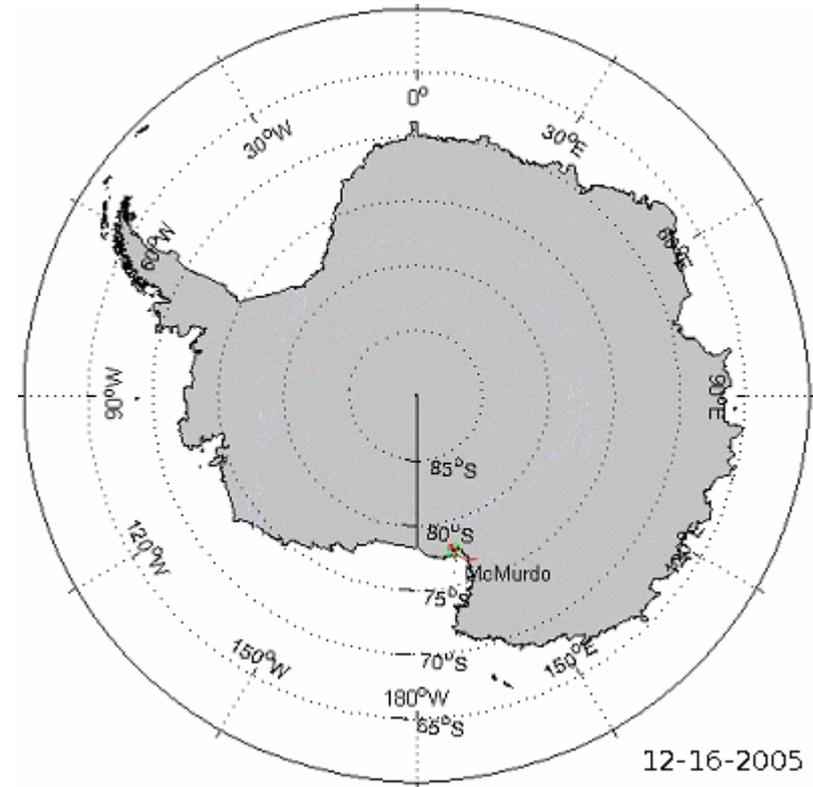
- 日本・昭和基地 (回収なし)
 - PPB-BETS
 - B100
 - ペイロード: 200kg
 - バラスト: 280kg
 - 14日間



南極周回気球 (Antarctic LDB)

- 米国・マクマード基地
 - BESS-Polar, ATIC
CREAM, Tiger, Tracer
ANITA
 - ペイロード: 1,950kg
 - バラスト: 150kg
 - 39 mcf, 2-caps

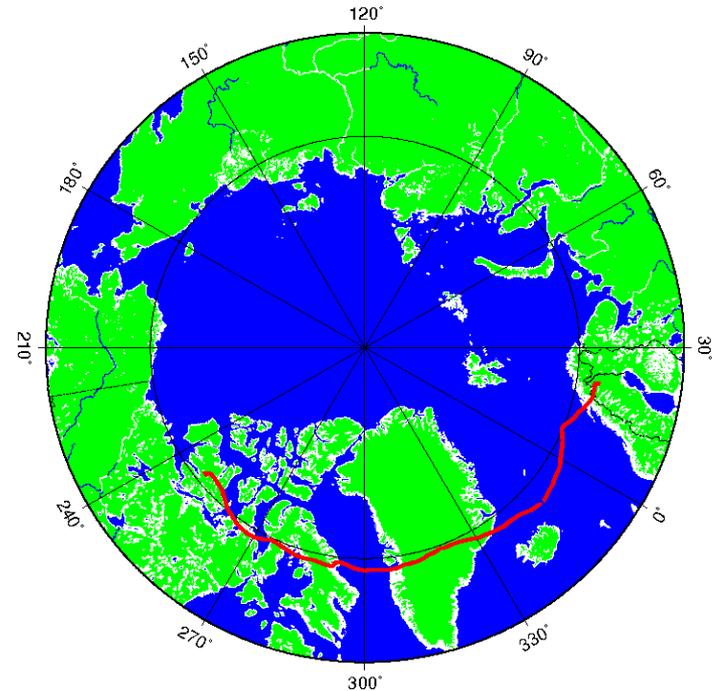
 - 最長42日間
 - 回収可能



CREAMグループ Webより

北半球長時間飛翔気球

- スウェーデンからカナダへ
 - NASAが2004年から開始
 - 5~7日間
 - 日没あり
 - アクセスが南極に比べ容易
- スウェーデンから地球一周
 - SSCが2013年に実現
 - PoGO Lite
 - 2~3週間



NSBF Webより



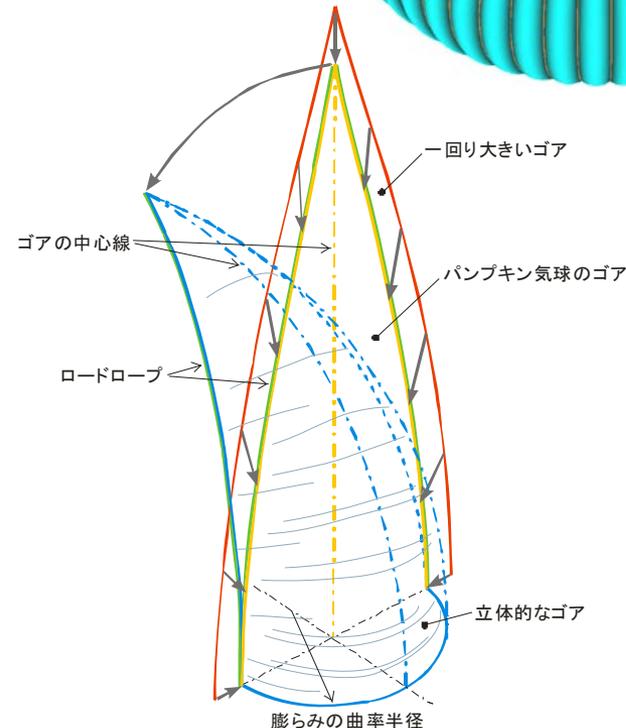
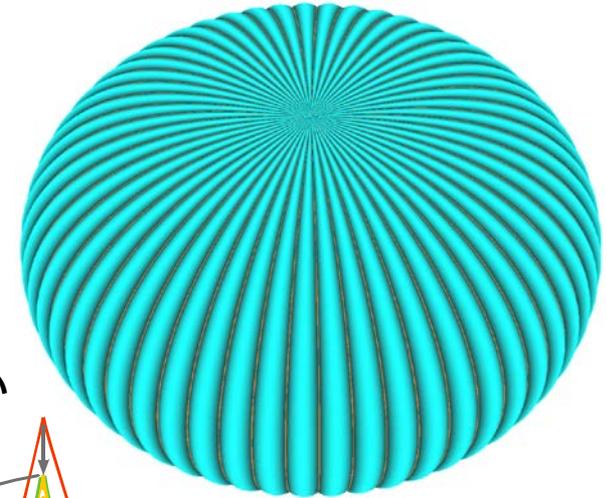
スーパープレッシャー気球

- 昼夜で気球の体積変化がほとんどない (形状を維持)
- 夜間にガス温度が最も低下した場合でも底部で正の圧力差
- 昼間にガス温度が最も高くなった時の圧力差に耐えられる

- 高度35 km (日本付近)
 - 昼夜のガス温度差は最大30°C程度
 - 昼夜の気球内外の圧力差は最大100 Pa程度
 - 設計最大圧力差: 周囲の大気圧の20%
 - 圧力差としては極めて小さい
 - 実際, 打ち上げ時の気球の上部には,
地上で100 Pa程度の圧力差が作用している

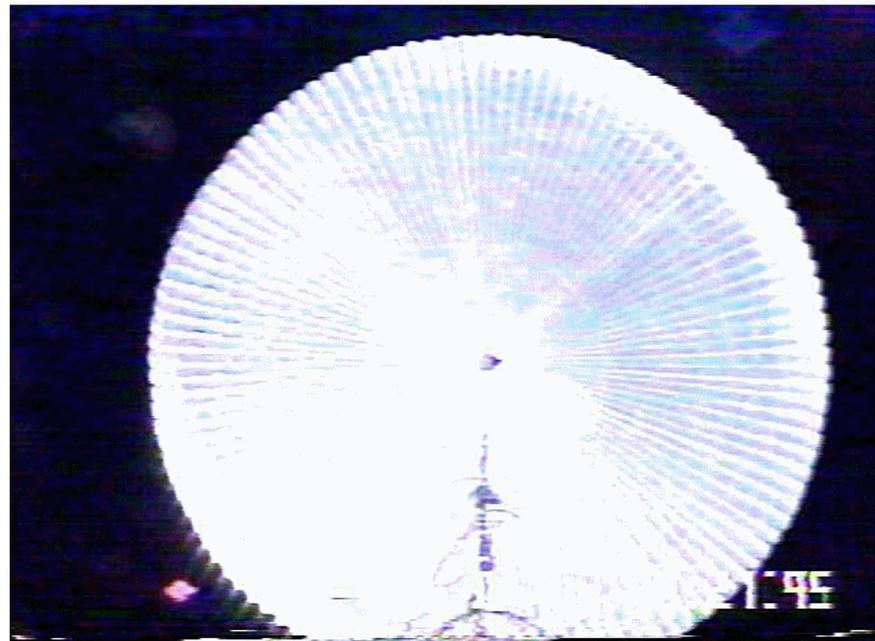
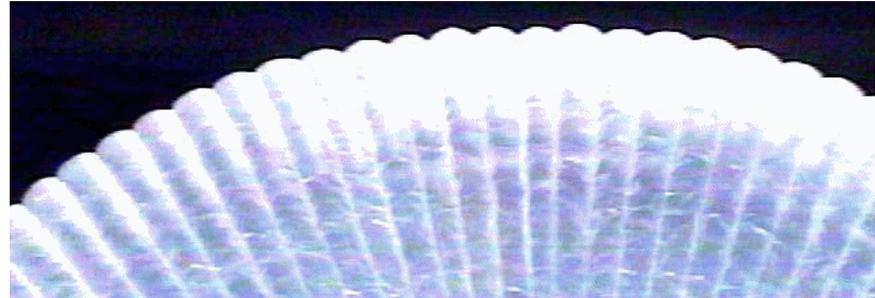
スーパープレッシャー気球の形状

- 半径の大きな球形にしてしまうと非常に比強度の高いフィルムが必要
 - 比強度: 単位密度辺りの強度(長さの単位)
- Lobed Pumpkin型気球
 - 気球の大きさと無関係に局所曲率半径を小さく
 - 「3次元ゴア形状によるカボチャ型圧力気球デザイン」
- どのように一枚のゴアから膨らみのある立体形状を作り出すか
 - 1枚のゴアから膨らみ(バルジ)のある立体形状を作る
 - 周方向局所曲率半径(バルジの半径)が制限値を超えない
 - ゴアの膨らみ(張り出し)に必要な余分のフィルムをゴアに付加
 - ゴアの縁を縮めて(しわ寄せ)伸びないロードテープに固定する
 - 立体形状はフィルムの伸びによらずに(フィルムに負荷をかけずに)形成する



日本でのスーパープレッシャー気球開発

- 1998年頃からナイロン・ウレタンフィルムでのR&D
 - フィルムが重く, 製作工程が複雑
- 2001年からHEPTAX BH25を用いたR&D
 - 2004年6月PB15-1飛翔試験
 - 高度28.9 km
最大差圧36 Paで破壊
 - 大型圧力气球への第1歩を踏み出すことができた
 - しかし地上試験の1/20程度の圧力で破壊
 - 地上試験を繰り返す



スーパープレッシャー気球地上耐圧試験

- 60,000 m³の体積を持つスーパープレッシャー気球の1/3モデル
- 地上試験
 - 800 Paまで加圧
 - 必要耐圧の4倍
 - ガスを抜いて畳む
- 2006年に飛翔試験
 - B15-87, B15-88
 - 725 Pa 破壊
 - 1,230 Pa 破壊
- モデル気球での開発を完了
 - 実証機の開発



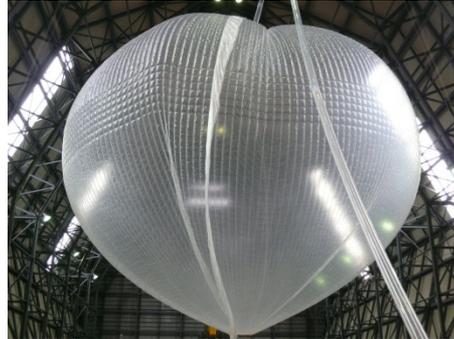
スーパープレッシャー気球飛翔性能試験

- 2007年 300,000 m³圧力气球飛翔性能試験 (ブラジル)
 - 上昇中14.7 kmで気球破壊
 - 放球時にカラーまたはスプーラーでフィルムにダメージ
- 気球頭部をポリエチレンフィルムで保護
 - 2009年に地上試験を実施し, 本体フィルムへのダメージ回避を確認
- 2009年 60,000 m³圧力气球飛翔性能試験 (大樹町)
 - 放球に成功し, 高度33 kmまで上昇
 - しかし, 完全展開せず
 - 数値計算でも形状不安定性が再現 (東海大学 中條先生との共同研究)

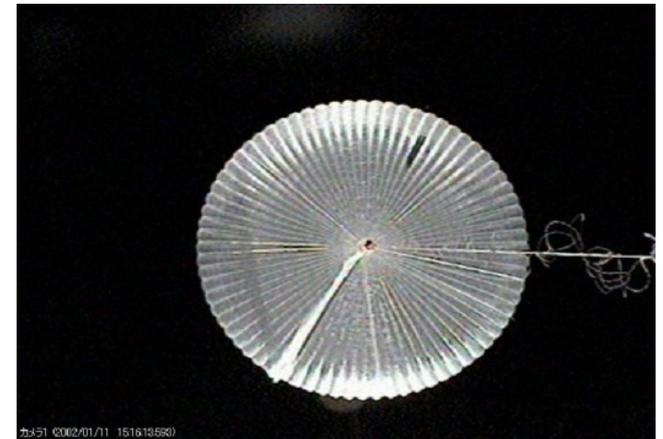


俵型スーパープレッシャー気球開発

- S-cleft問題を回避する一つのアプローチ
 - 無現長円柱にはS-cleftは発生し得ない
 - 数値計算でも俵型の特徴を確認



- 5,000 m³俵型圧力気球の飛行性能試験 (2010)
 - 加圧過程で気球尾部に破壊が発生
 - 気球頭部のほうが圧力差が大きいはず
 - 水平方向のロープがフィルムを手繰り上げた?



俵型スーパープレッシャー気球開発



- 気球尾部に余長を増やして地上試験



- 85,000 m³俵型圧力気球の飛翔性能試験を計画中
 - 2009年に実施した60,000 m³のカボチャ型圧力気球と同ゴア数, 同ゴア幅
 - 日本で試験をしやすい圧力気球
 - 海上回収可能な「ポリエチレンフィルム製」

米国でのスーパープレッシャー気球開発

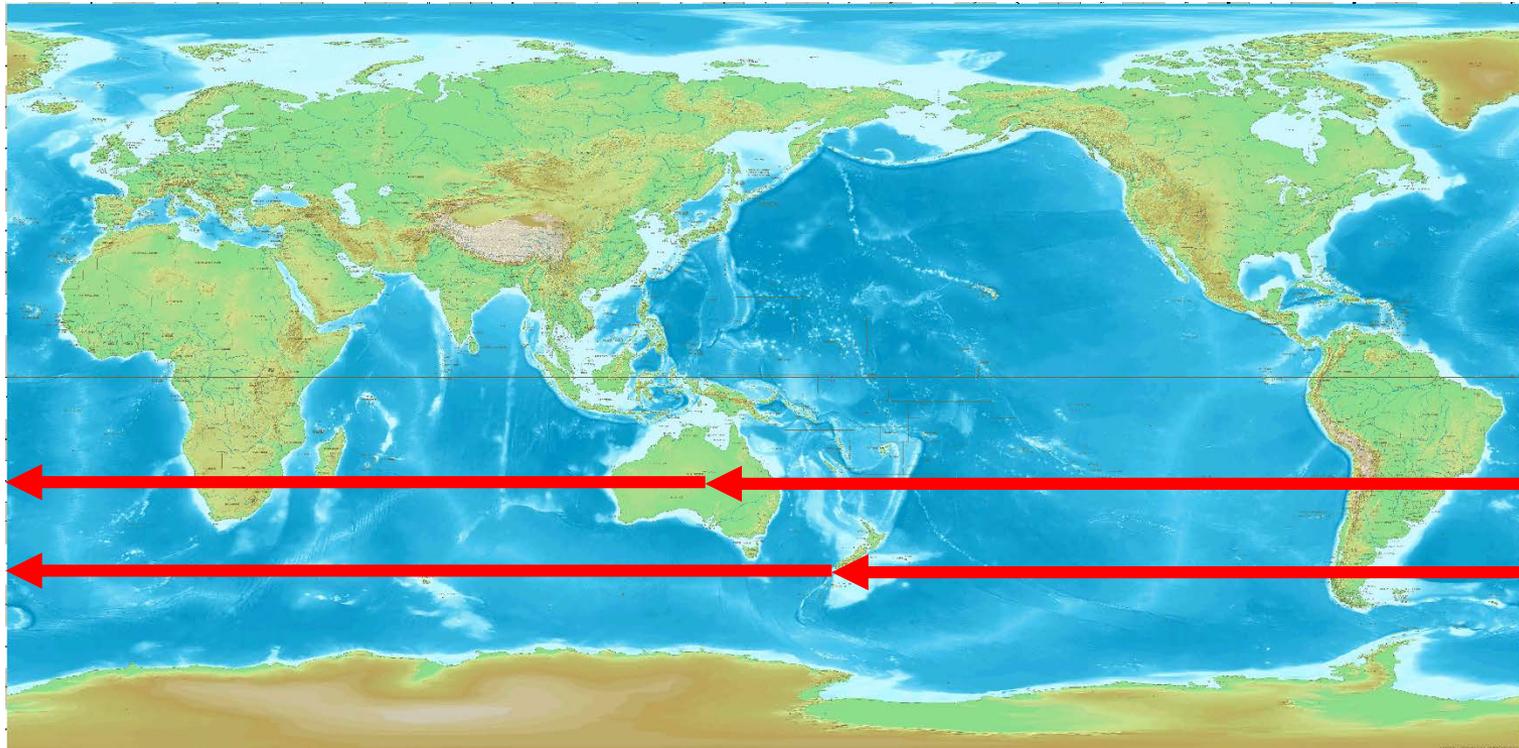


- NASA/Wallops Flight Facility (WFF)
 - Balloon Program Office (BPO)
 - Ultra Long Duration Balloon (ULDB) Project
 - オーストラリアで打ち上げで, 最長100日間
- 2005年9月 0.17 Mm³のテスト
 - 1,360 kg, 30 km
- その後
 - 0.34 Mm³
 - 30 → 33.5 km
 - 0.51 Mm³
 - 1,360 → 2,720 kg



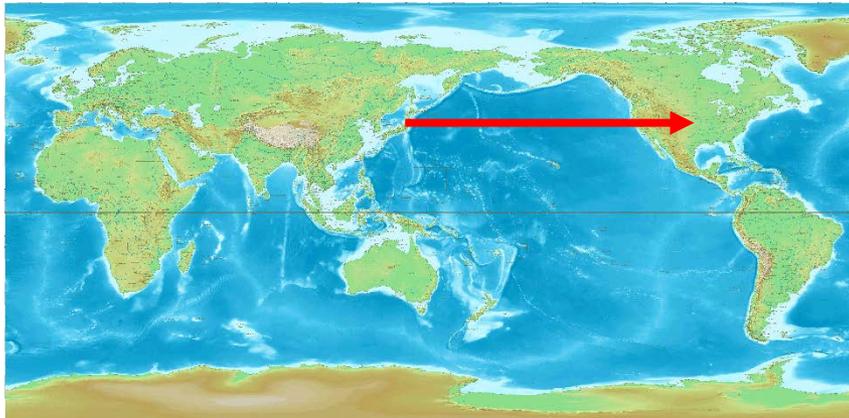
スーパープレッシャーによる科学観測

- COSPAR科学大会PSBでの国NASAのスーパープレッシャー気球に関する報告
 - NASA/WFF/BPOを中心としたSP気球開発
 - 搭載重量5,500ポンドで高度33.5 kmを飛翔する18.8 MCFのSP気球の運用を開始
 - 今年12月から来年2月の期間に, 南極マクマード基地からCOSI実験をSP気球で実施
 - 飛翔経路を高層風に任せて気球が南極大陸上空から出て低緯度方向にドリフトするのを許容して超長時間飛翔を目指す
 - 2015年にはニュージーランド南島から放球し, 南半球での超長時間飛翔を計画



スーパープレッシャー気球による科学観測

- これまでNASAはSP気球による超長時間飛翔について、オーストラリア、アフリカ、南米などでの回収を前提とした計画を提示
- 今回の発表では、回収を必須としない飛翔計画
 - SP気球を人口密集地域の上空を飛翔させないという安全対策
 - 長時間観測のデータをオンボードの記録媒体に保存し、記録媒体を回収してデータを取得するスキームを前提にできない
 - TDRSSまたはイリジウムOpenPortといった衛星通信によってデータを取得
 - 大型で多チャンネル測定器による最先端観測において、十分なデータ帯域を確保できるか？
 - 将来SP気球による実験を想定する場合にはオンボードでのインテリジェントなデータ処理が不可欠
- 圧倒的な高度(=残留大気)安定性
 - 宇宙の低系統誤差・高精度観測





国外気球実験

- 日本国内では実施困難な気球実験のキーワード
- 長時間
 - ブーメラン飛翔 / リレー気球による見通し圏外の飛翔運用
 - 長時間飛翔後の広い海域で回収体制を構築することが困難
 - 強い東向きのジェット気流を前提とするブーメラン飛翔を実現し難い
 - 現状日本国内での大気球実験では2～3時間の浮遊時間
- 陸上回収
 - 最先端の科学成果の創出には
大型で複雑な観測機器を繰り返し飛翔
 - 海上回収では多くの制約と余計な労力
- 南天
 - NASAやSSCなどの海外宇宙機関の気球飛翔機会を利用
 - 日印, 日豪, 日中, 日伯などの国際協力の枠組みで国外気球実験を実施



日伯共同気球実験

- ブラジルINPEとの協力
 - サンパウロ州カショエイラパウリスタから放球するブラジルでの気球実験
 - INPE気球グループによる現地での気球運用への強い協力
 - ウルグアイ国境まで飛翔, 20時間以上の長時間飛翔を実現
 - 乾燥した平地での回収を期待
 - 物価が安く実施コストが比較的抑制
 - 天文観測において多くの興味深い観測対象がある南天をカバー
 - ブラジルの急速な経済発展に伴い,
サンパウロ上空への飛翔制限など気球飛翔にさまざまな制約
 - 地上を含む気象状況が気球実験に適した状況ではなくなっている
 - 平成20年度, 22年度の日伯共同気球実験
 - 天候不順のために観測機器の調整が順調に進まない
 - 激しい雷雨で搭載機器や地上設備にさまざまな不具合が発生
 - 結果として気球飛翔を見送り

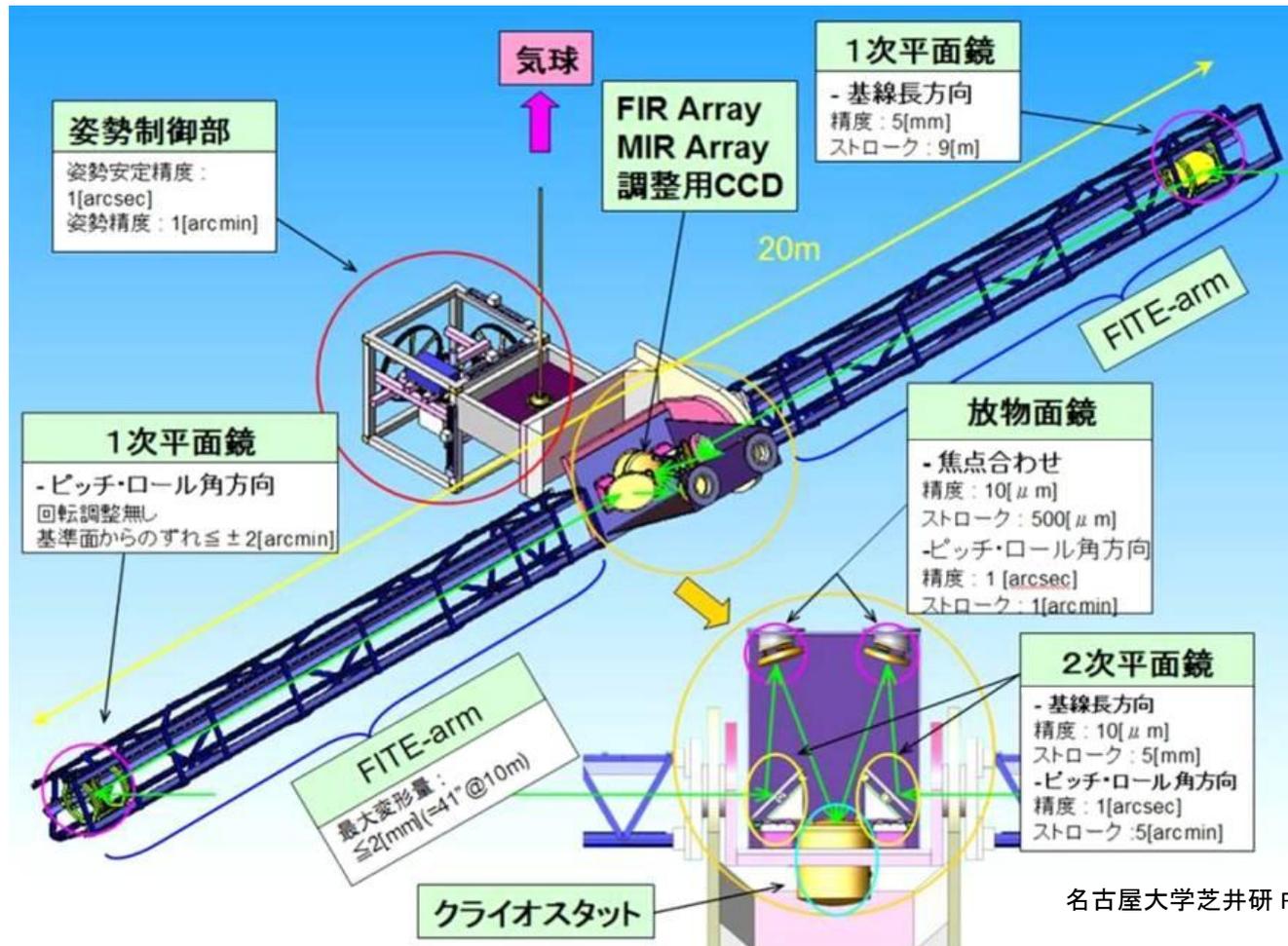
日伯共同気球実験

- 2005年から6年計画
- ブラジルINPEの気球部門との国際共同実験
- 硬X線撮像望遠鏡 (SUMIT)
 - ペイロード重量 1,270 kg
 - 2006年11月19日放球
 - 鏡筒長 8 m
 - B500により高度38 km



日伯共同気球実験

- 遠赤外線干渉計 (FITE) ペイロード重量 1,500 kg
 - B300により高度34 km



名古屋大学芝井研 FITE Webより

オーストラリア気球実験

- 今後の国外気球実験実施場所候補をオーストラリアとして
平成23年度から実施可能性の検討および実施に向けた準備
- ニューサウスウェールズ大学(UNSW)が管理する気球放球基地(BLS)
@アリススプリングス空港
- BLSの設備
 - UNSWが設置したハンガー
 - NASAが設置したハンガー
 - クレーン設備なども含めて作業環境は整備
 - ネットワーク環境は悪い



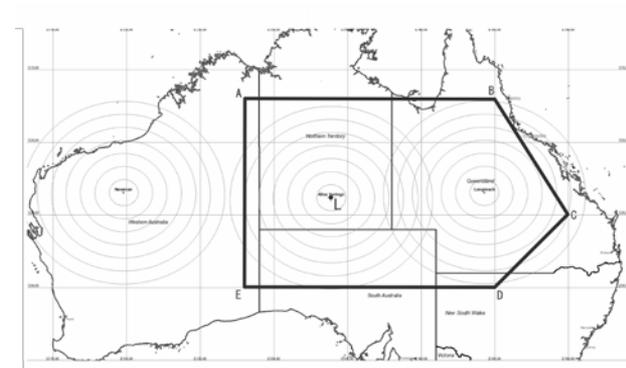
気球飛翔運用

- BLS @ アリススプリングスから気球を放球(未明または日没後)
- 東に1,200 km, 西に1,500 km, 南北にそれぞれ700 kmの広大な飛翔範囲
 - 飛翔高度によるが, 5月前後, 11月前後には20時間以上の長時間飛翔
 - 高層風が非常に弱くなるターナラウンドの時期では, 3日以上の飛翔を実現
- 広大な飛翔範囲で通信を確保するためにダウンレンジ局の設置
 - ロングリーチ(1000 km東)
 - ニューマン(1,300 km西)
- 見通し圏外となるエリアを飛翔する場合に備えて衛星通信による気球追尾, 飛翔制御も装備
 - Iridium/GPSシステム
 - 気球測位, 気球制御のみ
 - ユーザーインターフェースなし



FY27オーストラリア気球実験計画

- 事前調査
 - 平成25年, 26年, 現地視察
 - 放球点での気象連続観測を実施
- 国際調整
 - オーストラリアで気球実験を実施するために必要な実施取決め(MOU)
 - BLSに設置されているNASAの施設の利用するための書簡取決め(LOA)
- 今後オーストラリア実験を継続して実施するためのプリカーサ
 - エマルジョン望遠鏡による宇宙ガンマ線撮像観測GRAINE
- オーストラリア5月期の高層風
 - GRAINE高度(37 km)では西風
 - ニューマン方向への飛翔を想定しない
 - ニューマンのダウンレンジ局は設置しない
- GRAINEの観測対象(ガンマ線天体)
 - 現地時間午後2時から午後8時に観測
 - 未明に放球し, 午後8時以降ロングリーチ周辺に降下
 - 夜間降下も許容



実験実施に向けた準備状況

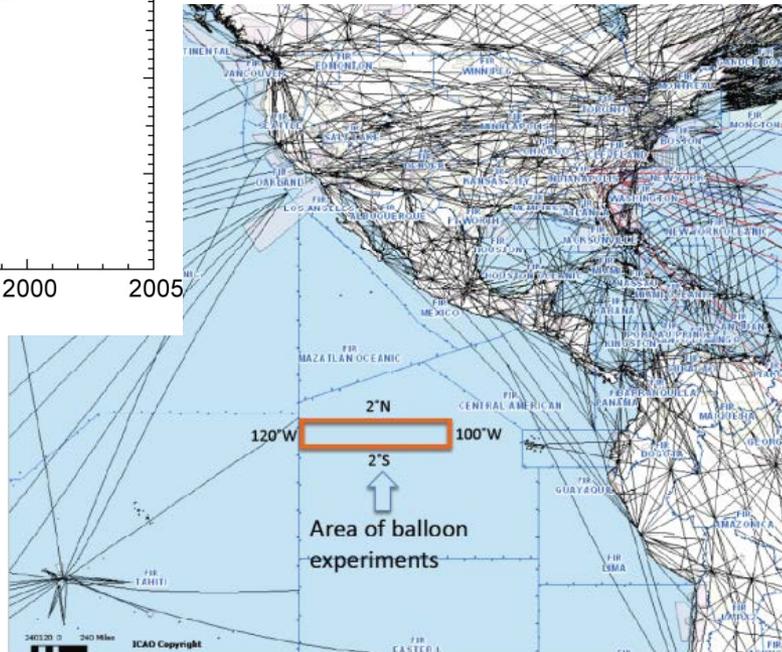
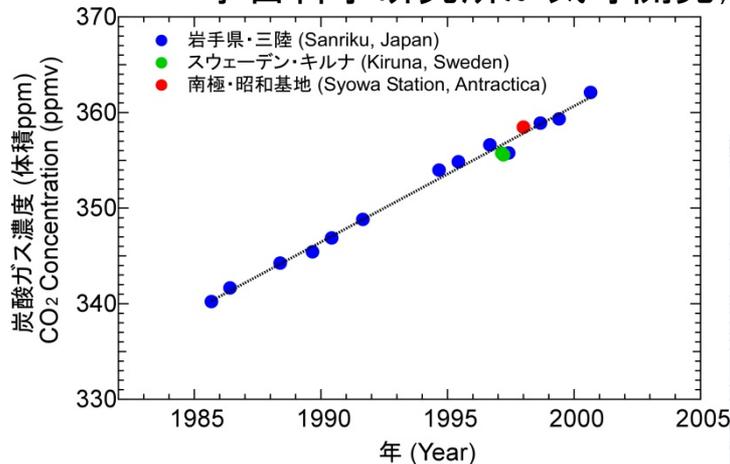
- 使用するすべての機材を日本から持ち込み
 - 放球装置： 開発完了
 - ヘリウムガス供給装置： 開発完了，平成26年度国内実験で実証運用
 - 移動地上局3式： 完成
 - 6月にネットワークで接続して豪州仕様のゴム気球の追尾受信試験



- 実験実施体制
 - 現地気球運用
 - これまで大気球実験に携わってきたメンバーを中心に現地実験参加
 - 宇宙科学研究所から13～14名の実験班員を派遣
 - 気球，ガスの技術者を加え，国内実験と同等の陣容
- 未知な事項が多い回収作業
 - NASAの豪州実験，カナダ実験などで回収作業にも従事してきた経験者のサポート
- 来年4月の現地準備開始に向けて，準備進行中

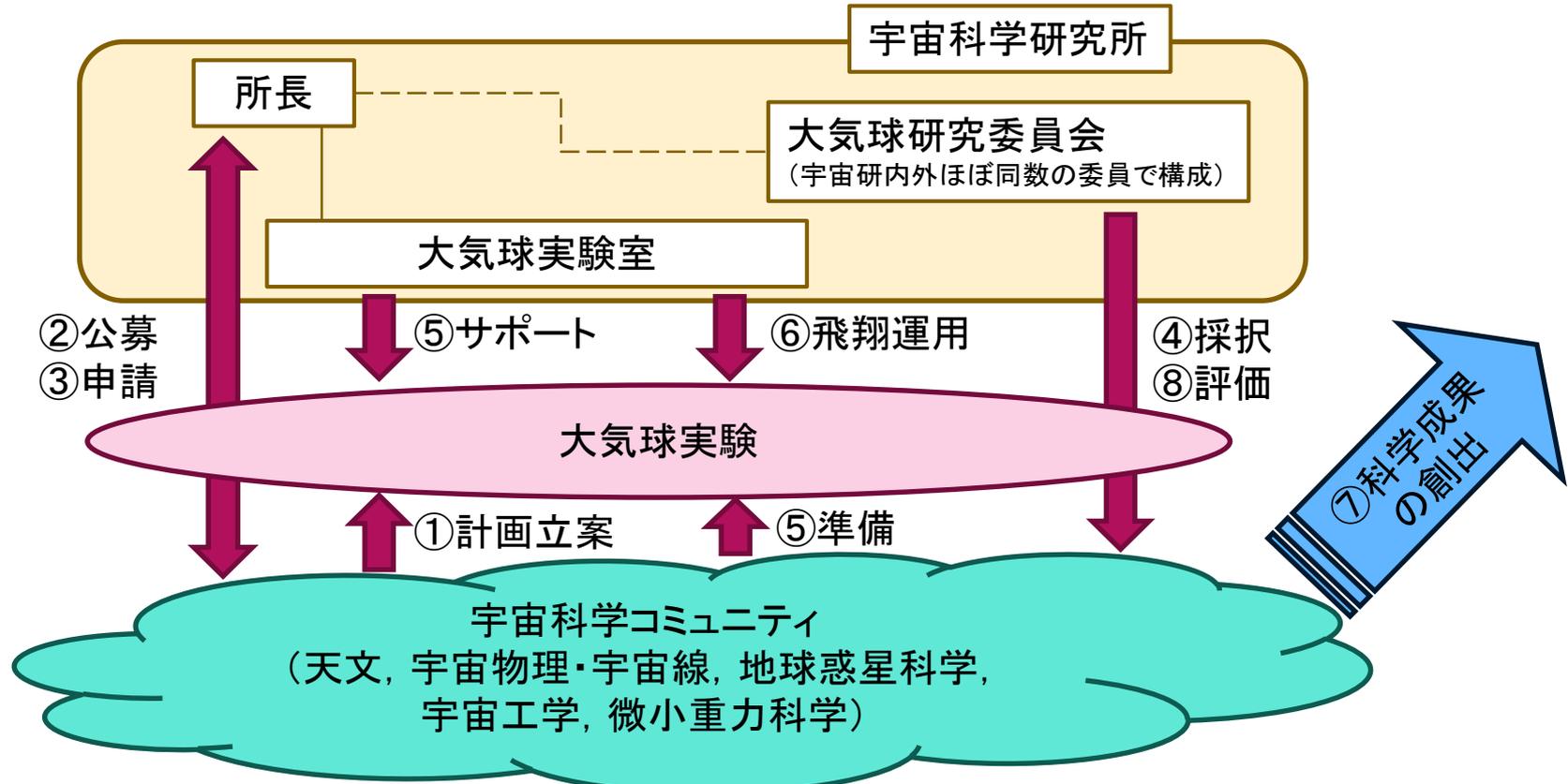
赤道域成層圏大気直接採取による温室効果気体観測実験

- クライオサンプリング法(大気を冷媒により固化して持ち帰る方法)による成層圏大気観測
 - 三陸大気球観測所 / 大樹航空宇宙実験場 / 昭和基地 / スウェーデン・キルナ
- 対流圏から成層圏への温室効果ガスの輸送プロセスの解明
 - 赤道付近での大気採取実験が不可欠
- 平成24年に海洋研究開発機構が運航する学術研究船「白鳳丸」から東北大学の実験グループが気球実験を実施
 - 宇宙科学研究所が気球開発, 放球方法の開発, 放球訓練を実施



大気球実験を実施するには

- 大学共同利用システムに基づく飛翔機会の提供
 - 宇宙科学研究所が公募，宇宙研内外ほぼ同数の委員会で審査，採択
- 大学等の研究者が実験計画を立案，企画，準備，実施
 - 大気球実験室が適切なサポート
 - 実験インフラ開発，飛翔体運用
- オリジナリティ，成果は大学等の研究者に帰属，成果を大気球研究委員会で評価

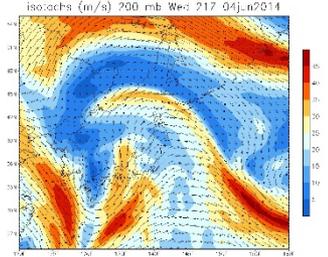
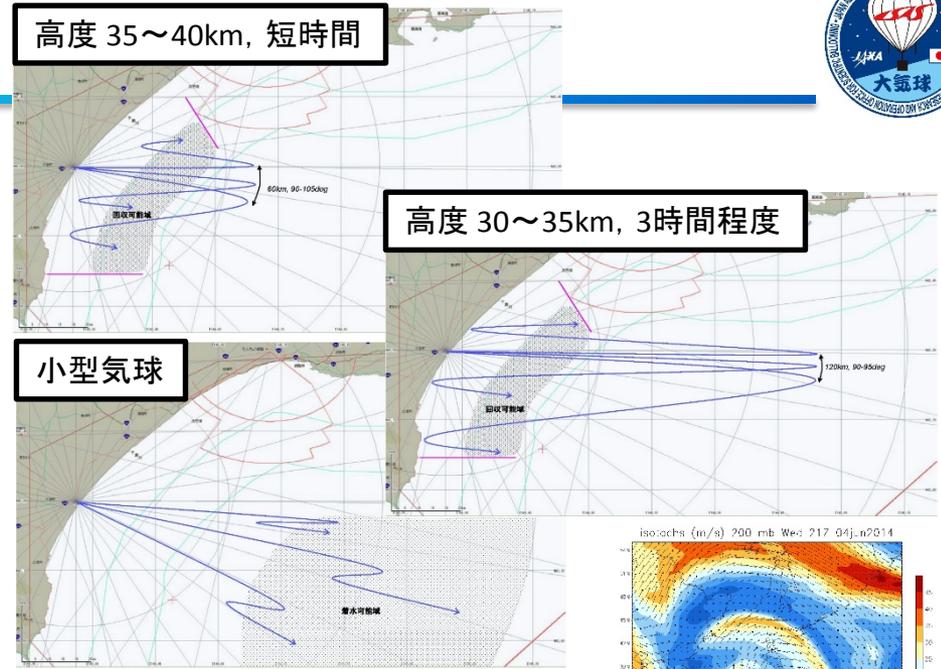




超小型の気球実験計画

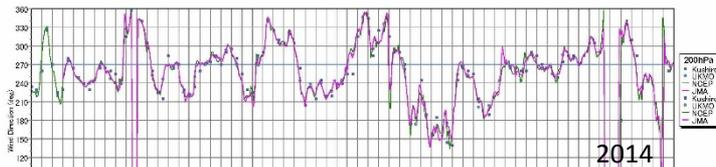
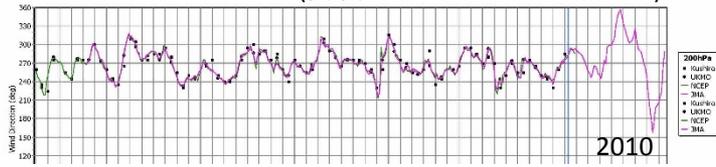
- 以前、京都大学でセミナーでお話したころ
 - 日本でも大型の気球を飛翔させられるようになってきた。
 - スーパープレッシャー気球もめどが立ちそう
 - 「大型の観測機器による長時間観測」という、バラ色の夢
- しかし、
- 日本周辺でのジェット気流が極めて不安定
 - グローバルな気候変動の影響か？
 - 北海道大樹町での飛翔機会の確保が困難
- 実験装置が大型化し、大型の気球による飛翔を要求する実験が増加
 - 不安定なジェット気流という状況下で大型気球皮膜の回収が可能な飛翔経路を実現しなければならない
 - ますます飛翔機会が減少
- 気象条件が俄かに改善するとは思えない状況下で、
大気球実験のあり方を再考する余地はないだろうか？
 - B5: 吊下げ重量100 kgで高度27 km
 - B15: 吊下げ重量100 kgで高度31 km
 - 小型気球の短時間飛翔であれば海上回収も用意
 - これまで見送らざるを得なかった飛翔機会が復活
 - 回収コストも大幅に削減し、飛翔機会も増やせる

大気球実験実施機会の減少 = 回収可能な気象頻度の減少

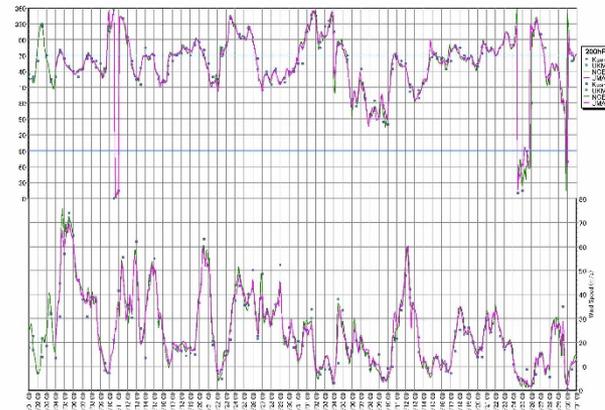


ジェット気流の不安定化

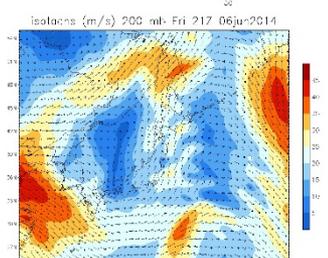
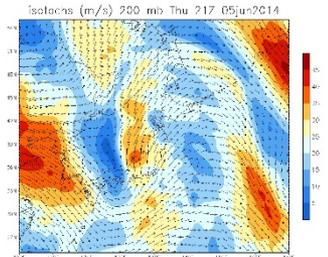
(高度12km付近のジェット気流)



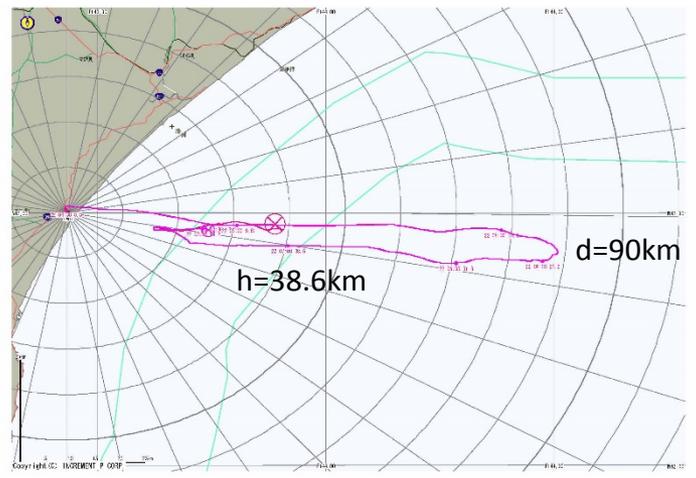
ジェット気球が蛇行し、南北方向への偏差が拡大



ジェット気球が東向きの際には風速が弱い



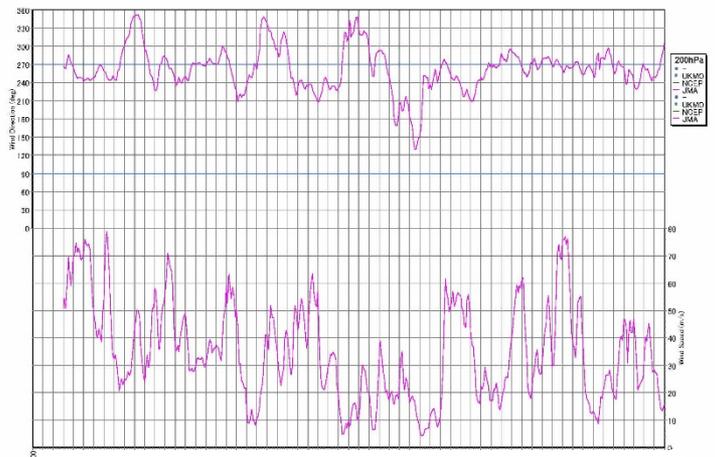
8月22日実施のB14-01実験



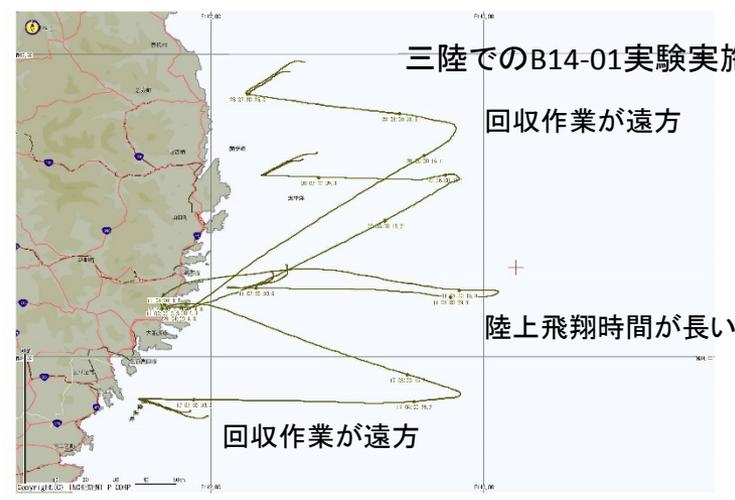
大樹町だから実験機会が少ないのか？

- ジェット気流の不安定さはローカルな問題ではない。
- 十勝東岸は回収可能な海域が小さい。
- しかし、例えば三陸であっても広大な回収海域を実現できなければ実験機会は見いだせない。

数少ないチャンスを捕まえることができた



平成26年5~6月の三陸上空12km付近の風向風速



大規模な大気球実験に取り組む枠組み

- 宇宙科学研究所小規模プロジェクト
 - カテゴリ3Cで「熱帯対流圏界層における力学・化学過程の解明」を実施
 - インドネシアにおいてクライオサンプリング気球実験
 - 海外飛翔機会を利用した大気球実験も想定

ID	ロードマップの考え方	別称等	資金規模・			想定プラットフォーム	PMプロセス		開発期間	立上形態(公募選定者)公募頻度
							プリプロ前審査	PM実施規模		
1	戦略的に実施する中型計画	・フラッグシップ ・大型衛星・探査機	300億程度			H2Ax (1 or 1/2)	MDR, SRR 分離	カテゴリ1 (JAXAレベル)	5-10年程度	・公募<理+工> >*協*所 ・10年に3回
2	公募型小型計画	イプシロン搭載宇宙科学ミッション	100-150億程度			・イプシロン ・イプシロン×小型科学衛星バス	(MDR&SRR 合体)=>分離へ	カテゴリ1	4-5年程度	・公募<理+工> >*協*所 ・2年毎
3A	多様な小規模プロジェクト群	小規模プロジェクト	カテゴリA	10-100億	実施経費~10億/年	・海外衛星 ・JEM曝露部 ・ピギー衛星 (観測ロケット) ・(大気球)	(MDR&SRR 合体)=>分離しない	カテゴリ2(JAXAレベル)or 3	1-10年程度	・公募 ・<理+工+環> >*協*所 ・1-2年毎
3B			カテゴリB	1-10億			(MDR&SRR 合体)	カテゴリ3(所内レベル)		
3C			カテゴリC	1億以下			(MDR&SRR &PRR合体)	カテゴリ3		
4	研究の枠組み内		・~0.2億(科研費基盤研究Aクラス) ・未定義			・観測ロケット ・大気球 ・ISSと圧部実験		カテゴリ3		・<研究委員会, 環> ・毎年

大高長



多様な実現手段

小安早

理：宇宙理学委員会， 工：宇宙工学委員会， 環：宇宙環境利用科学委員会， 協：宇宙科学運用協議会， 所：宇宙科学研究所長

- 小型飛翔体実験の存在意義
 - 機動性, 柔軟性を活かした最先端科学観測や工学実証実験
(知見の拡大, 頂点の引き上げ)
 - 飛翔体による研究の入口として周辺分野の取込みや若手育成
(分野の拡大, 底辺の拡充)
 - 次世代飛翔システム開発による新しい宇宙実験機会の創出
(機会の拡大, 多様性の確保)
- 宇宙科学・宇宙利用の高度化に伴う小型飛翔体需要の増加
 - 高度技術を人工衛星などに搭載する前の実証試験の必要性
 - まず低コストで機動力のある小型飛翔体で足元を固める
 - 多額のコストを必要とする大型宇宙計画の増加による飛翔機会の減少
 - 最先端の宇宙科学・宇宙利用を創意工夫で小型飛翔体実験で実現
 - プロジェクトの大型化による人材育成機会の減少
 - 短期間で全体を見渡せる規模のプロジェクトを利用した
将来の宇宙科学・宇宙開発を担う人材(若手職員, 大学院生)育成

