



宇宙科学用 大気球実験 の概要

ふけ ひでゆき
福家 英之

JAXA / ISAS / 大気球実験グループ

宇宙科学用の大気球とは？ (だいききゅう = Scientific Balloon)



いくつになっても、旅に出る理由がある――。

Disney · PIXAR
カールじいさんの
空飛ぶ家

12月全国ロードショー

一部劇場にて、Disney デジタル 3-D 同時公開!

(字幕スーパー版/日本語吹替版) 公式サイト: CARL-GSAN.jp

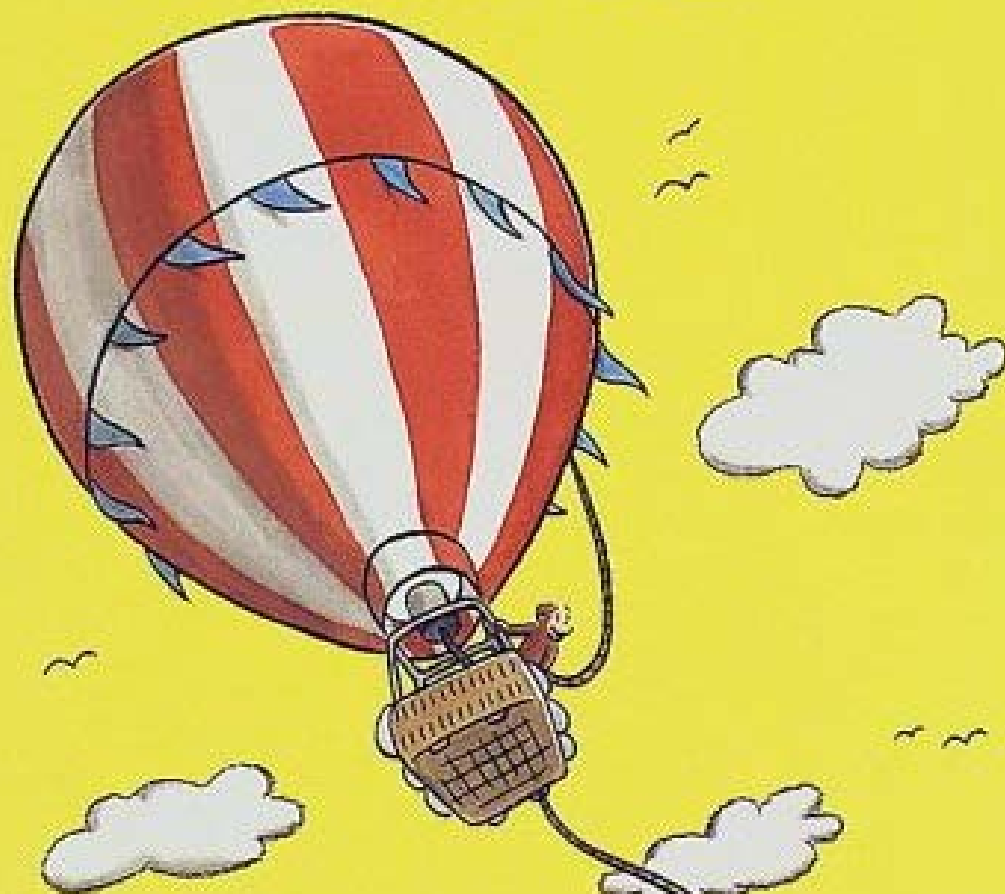
配給: Walt Disney Studios Motion Pictures Japan | オリジナルサウンドトラック: Walt Disney Records | ©Disney/Pixar

「モンスターズ・インク」の監督、待望の最新作!

人は乗りません
(無人氣球)

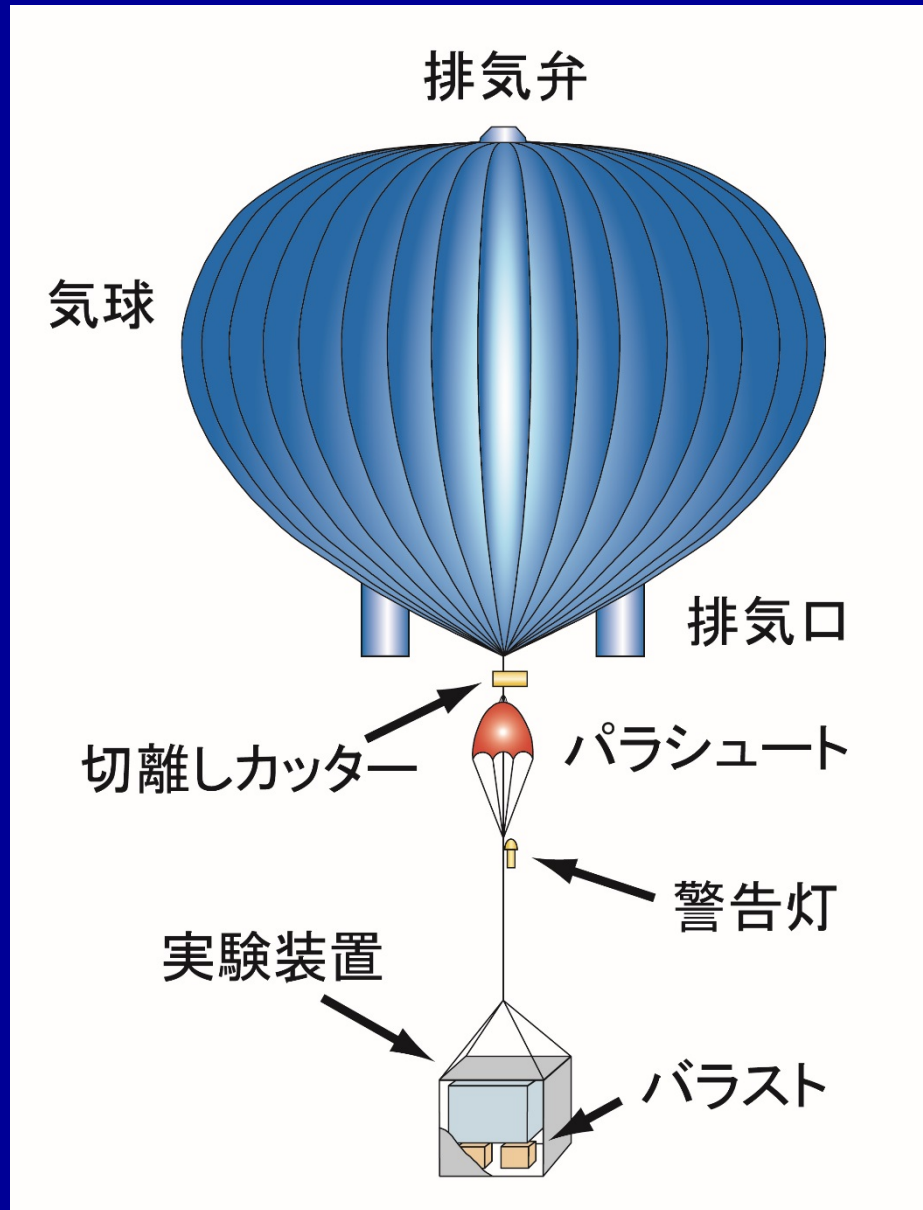
おさるのジョージ ききゅうにのる

M.&H.A.レイ原作 渡辺茂男訳

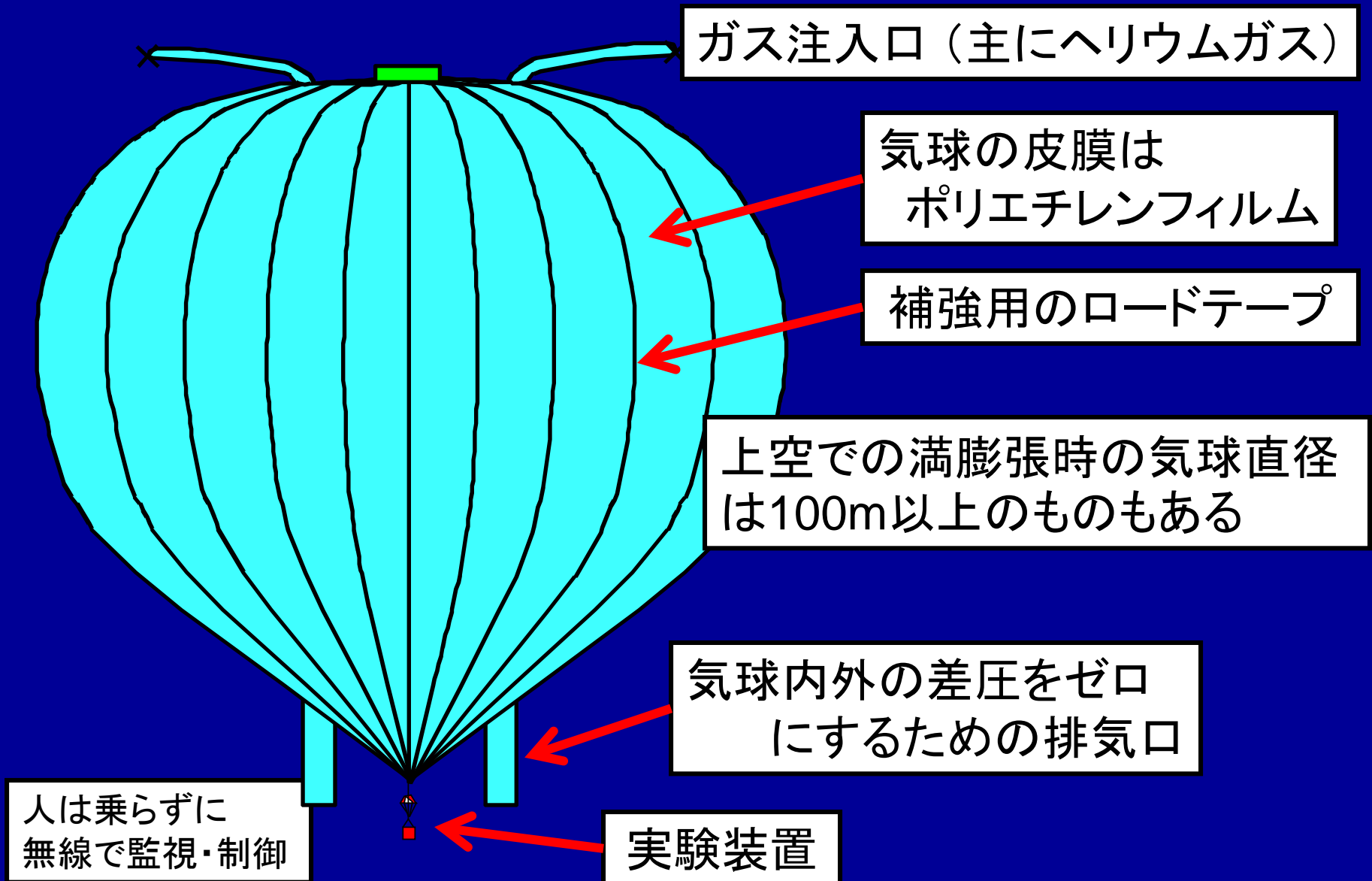


サルも
乗りません

気球の飛翔システム「荷姿」の構成



気球の飛行システム「荷姿」の構成



気球の飛翔システム「荷姿」の構成

実験装置

実験実施者(ユーザー)が準備

- 観測装置そのもの
- 電源
- 姿勢制御
- 通信機器は通常 気球側が準備
- 柔軟な対応アリ

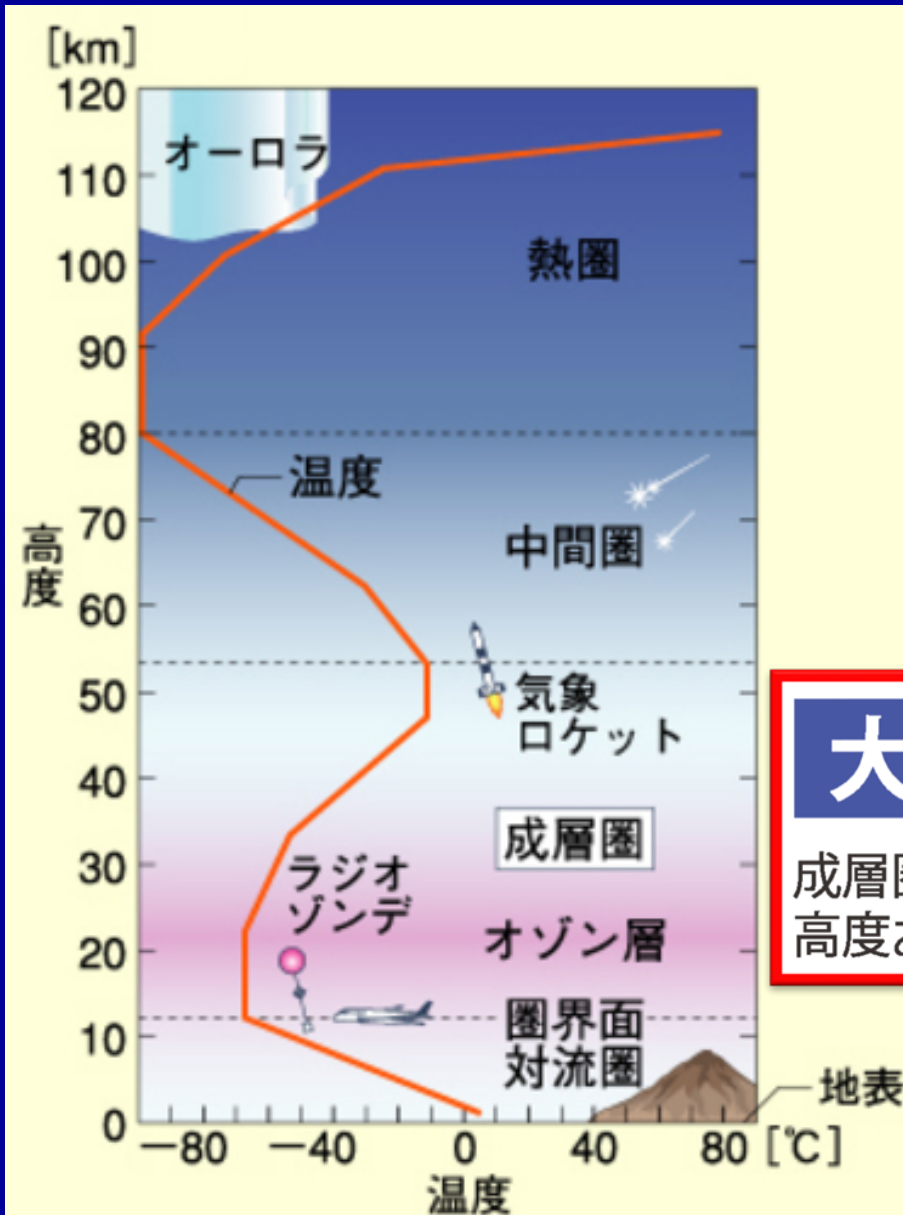
飛翔運用のための機器

- 無線通信機(コマンド, テレメトリ)
- 高度調整(排気, バラスト)
- HK(各種モニタ, GPS, ...)
- 切離機構(気球-パラシュート)

保安機器, 回収用機器

- 航空保安(レーダー反射, 点滅灯, ATCトランスポンダ)
- 海上保安(警報機, 点滅灯, 標識布, GPSイリジウムブイ)

大気球は成層圏を滞空飛翔



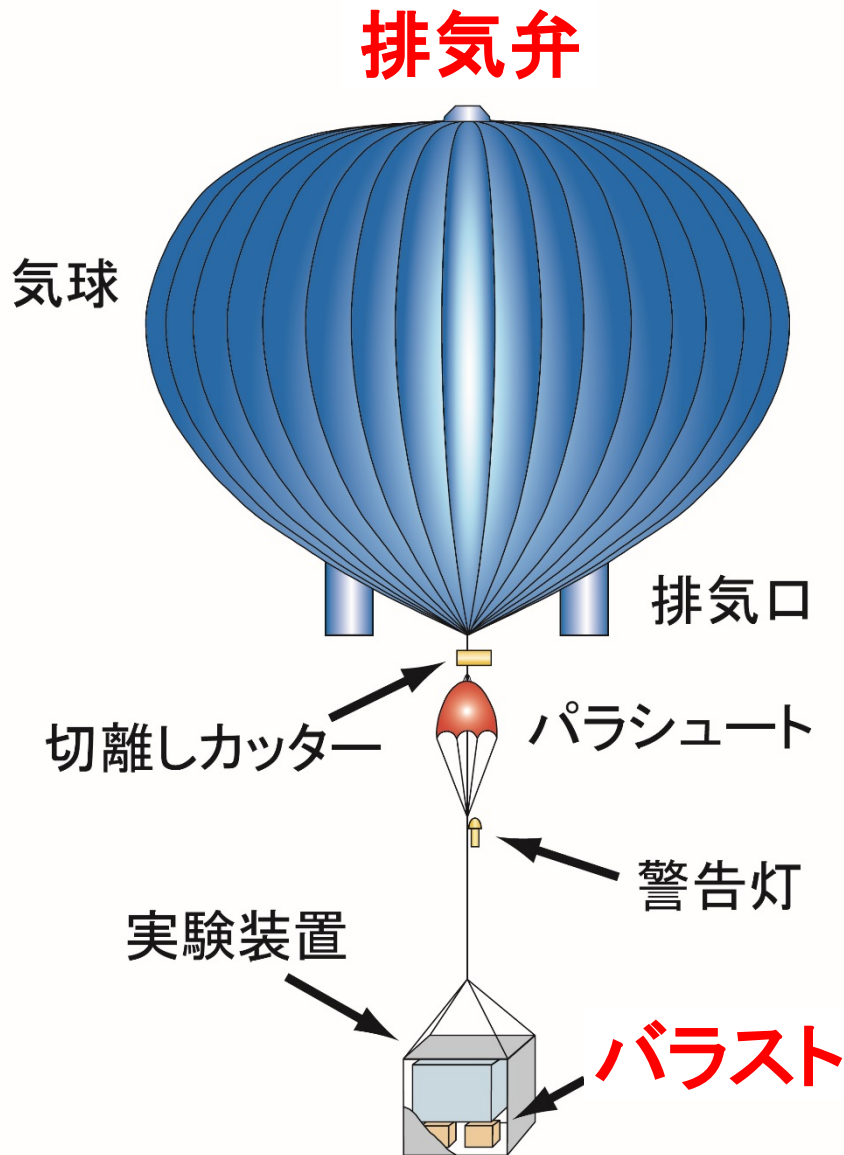
大気球

成層圏～中間圏下部
高度およそ 20km～50km

気圧およそ $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{1000}$ 気圧

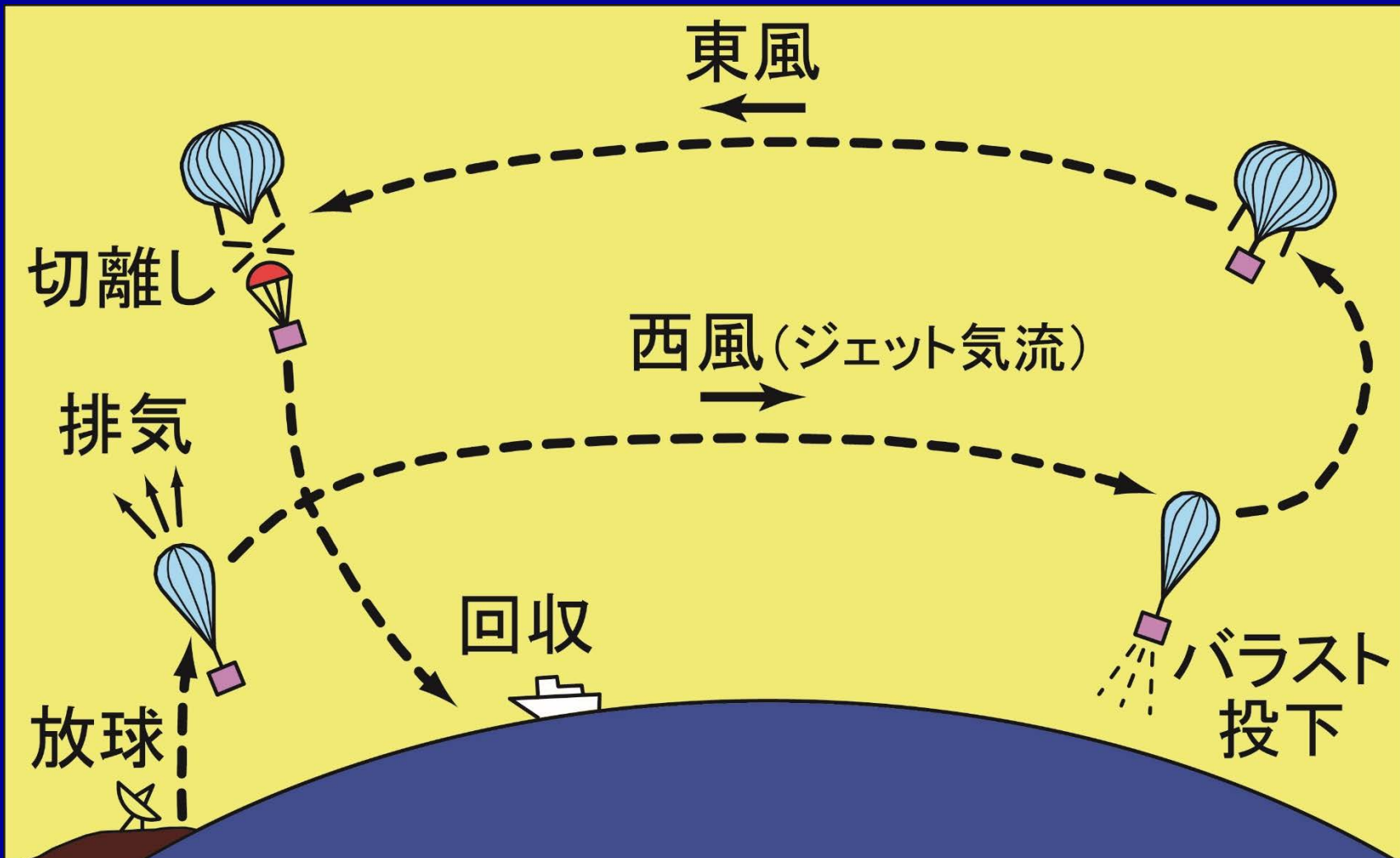
(典型的な天体観測: 37km～ $\frac{1}{200}$ 気圧)

気球の飛翔システム「荷姿」の構成



高度の調節は ある程度可能
(浮力=重力で釣合).
水平方向は基本的に風に乗って移動.

ブーメラン飛行

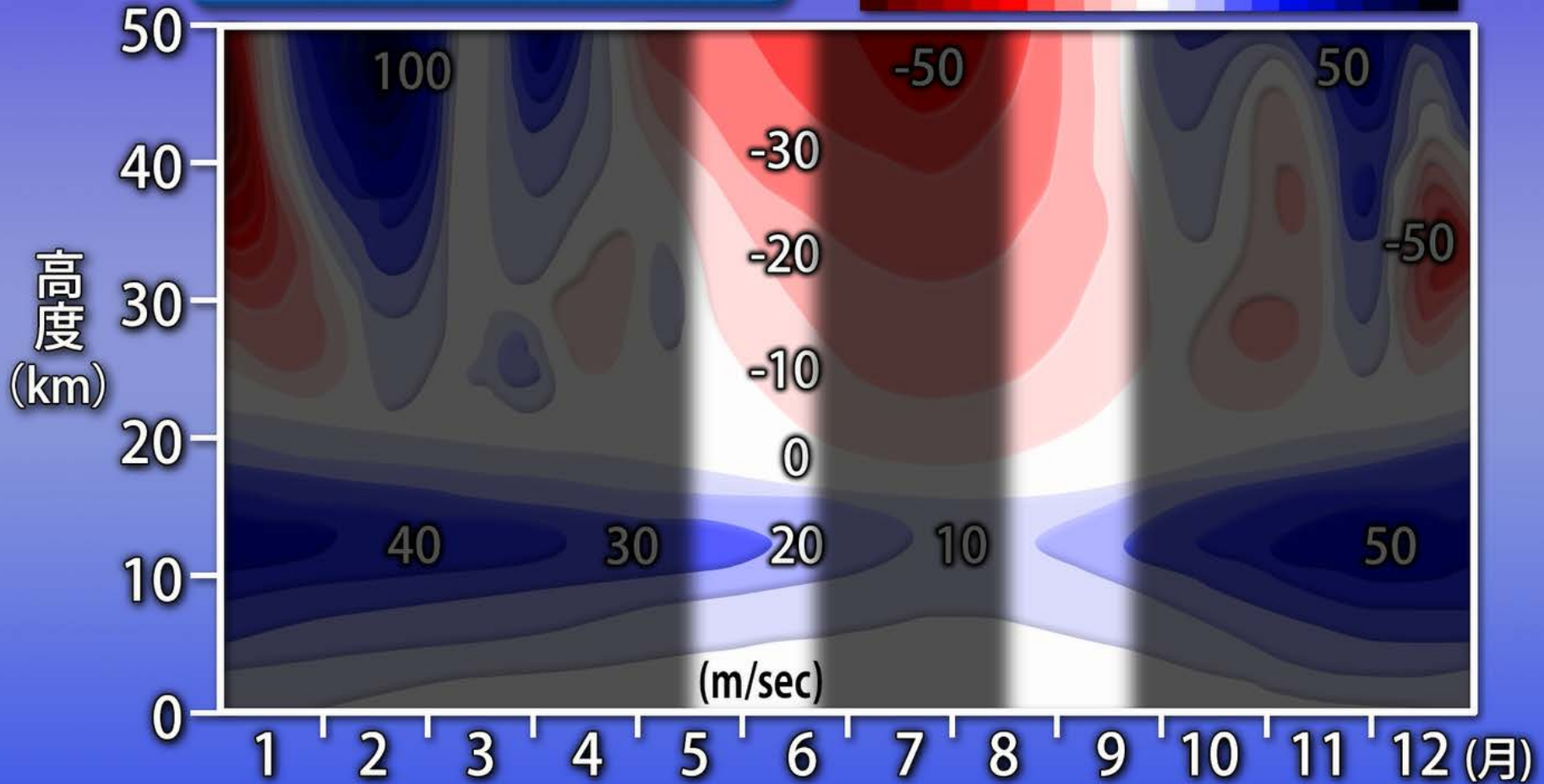


国土の狭い日本で長時間の飛行と安全な回収を確保

上層風の季節変化(日本上空)

上層風の東西成分

東風 ← 0 → 西風



初夏と晩夏が実験に最適

飛翔体としての 大気球実験の特色

(宇宙科学用の観測ロケットや人工衛星との比較)

	大気球	観測ロケット	人工衛星
飛翔高度	滞空(成層圏)	滞空は出来ない	宇宙
実験装置	大きさ・重さの制限が緩い、 打上の振動・衝撃が小さい	比較的 搭載条件が厳しい	
経費	比較的 安価	高コスト	
機動性	比較的 短い準備期間 比較的 多い実験頻度	比較的 準備期間や利用機会が厳しい	
回収	比較的 容易	回収は難しい	
観測時間	時間～週間	短い(弾道飛行)	年単位

最新の装置を用いた野心的な実験や、
回収後に改良を加えての繰返し実験なども可能。

世界中で実施されている大気球実験

世界の主な気球観測基地



日本の宇宙科学用 大気球

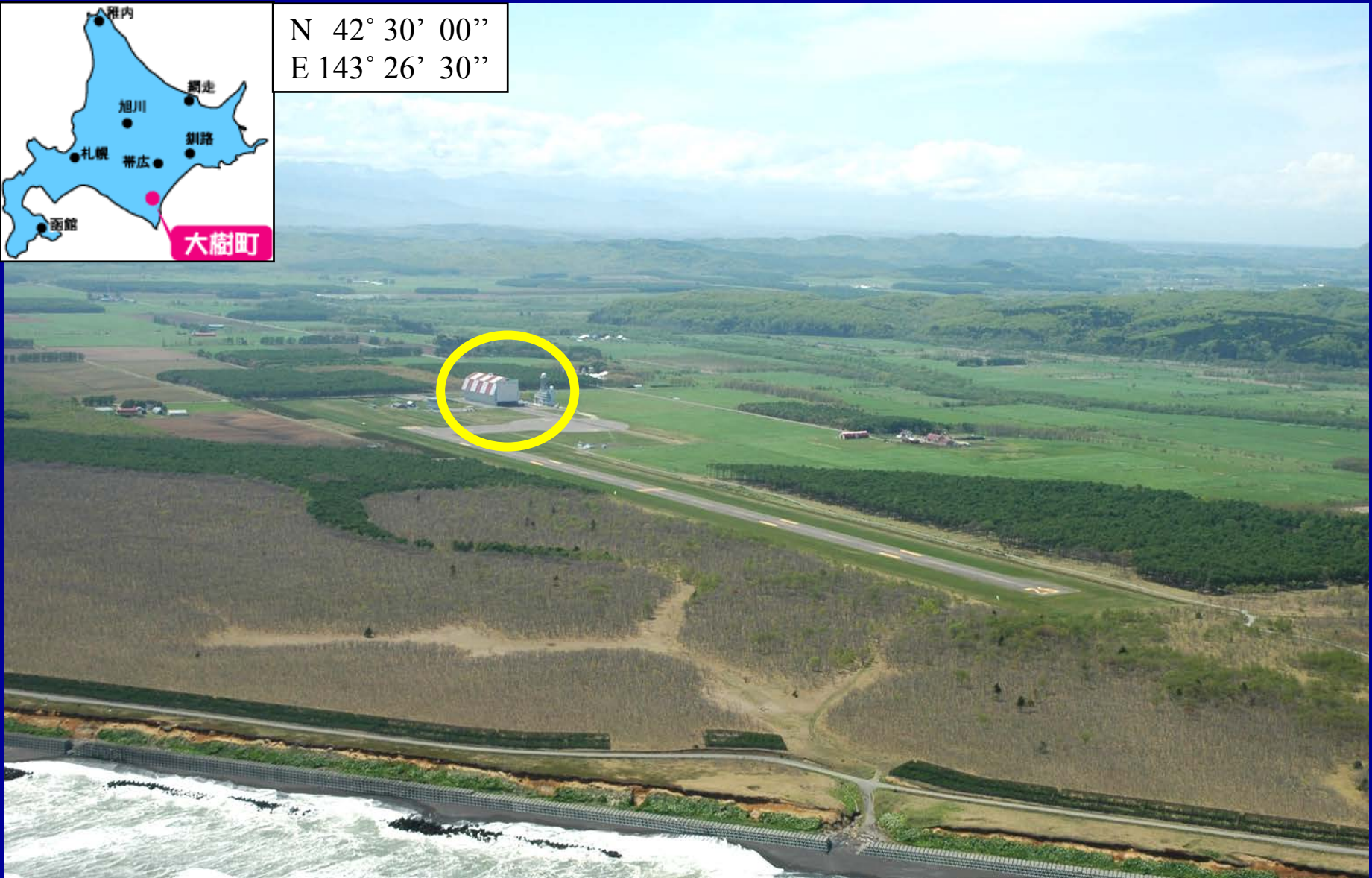
- ◆ 1966年： 東京大学・宇宙航空研究所に 気球工学部門が発足.
- ◆ 1971～2007年： 三陸大気球観測所(当時)にて のべ約400機を放球.
- ◆ 2008年～： 大樹航空宇宙実験場(北海道)にて実施.
- ◆ 毎年，公募にて実施する実験を選定(大学共同利用). 最近は年間5機程度



大樹航空宇宙実験場 TARF : Taiki Aerospace Research Field

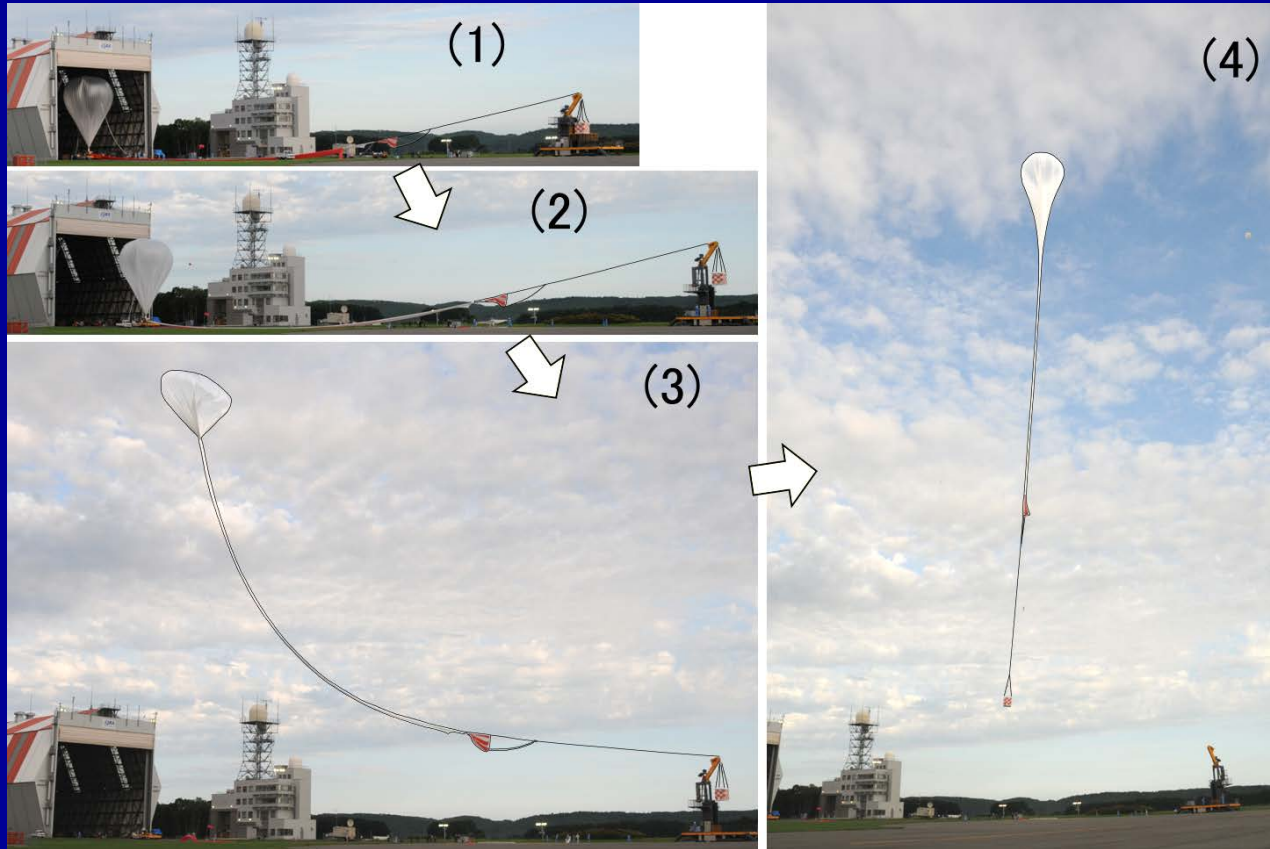


N 42° 30' 00''
E 143° 26' 30''



日本独自の放球方法

スライダー放球装置を用いたセミダイナミック放球法



実験場の概要や放球法に関しては, 例えば以下の文献を参照.

- H. Fuke et al., *Advances in Space Research* **45** (2010) 409 - 497.
- 福家英之 他, *日本物理学会誌* **65** (2010年6月号) 401 - 408.

ブームラン飛翔 + 海上回収

実験装置の洋上回収

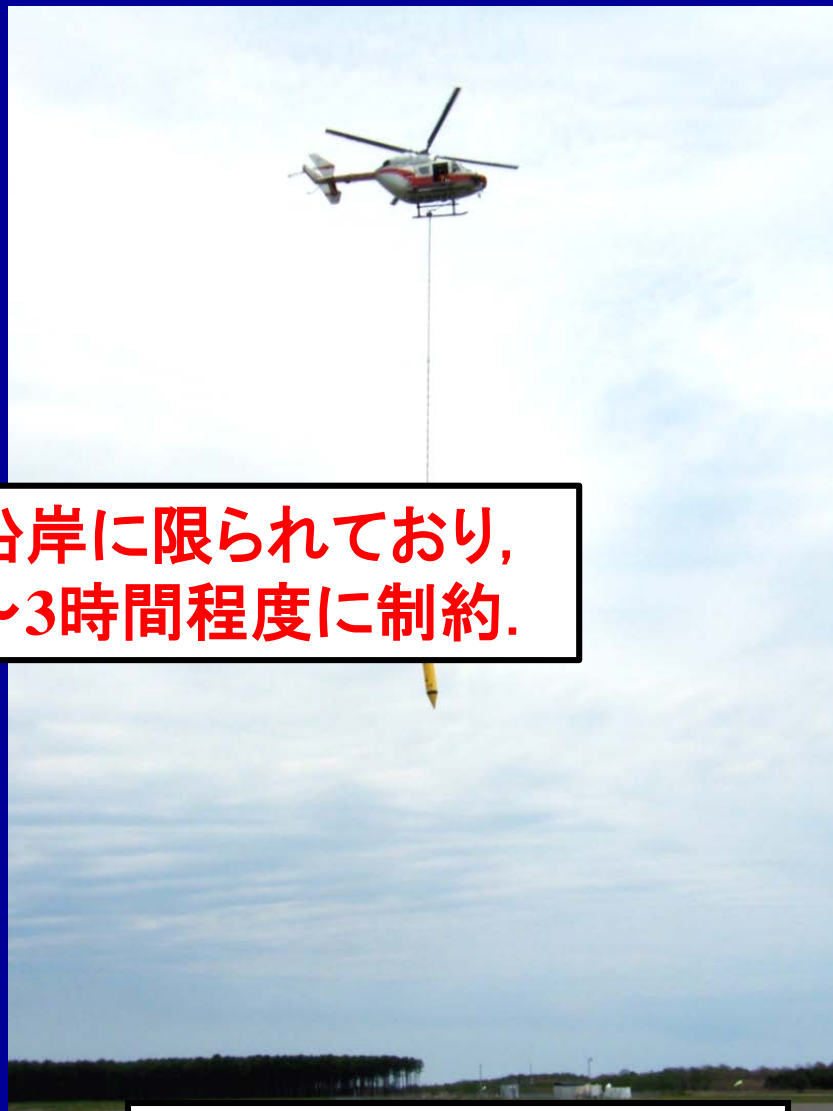


現状では、飛翔エリアは十勝沿岸に限られており、水平浮遊時間は最大でも1.5～3時間程度に制約.

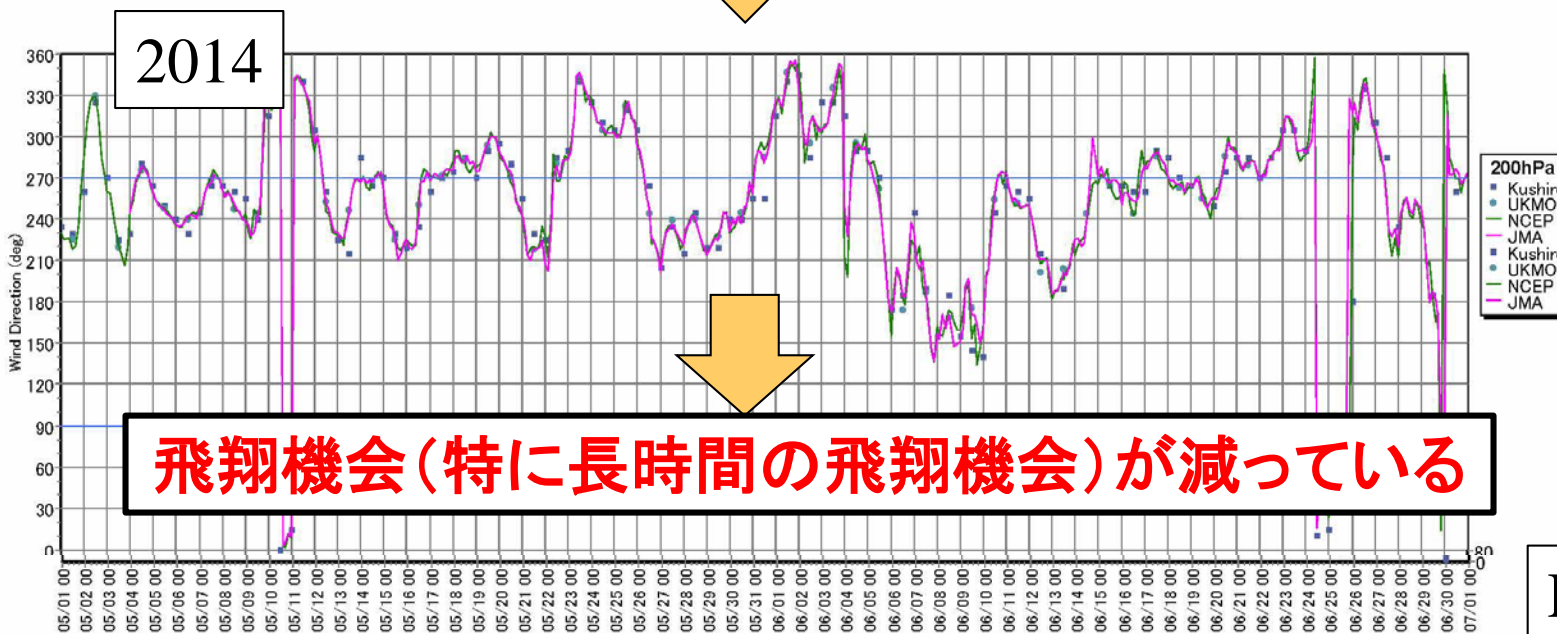
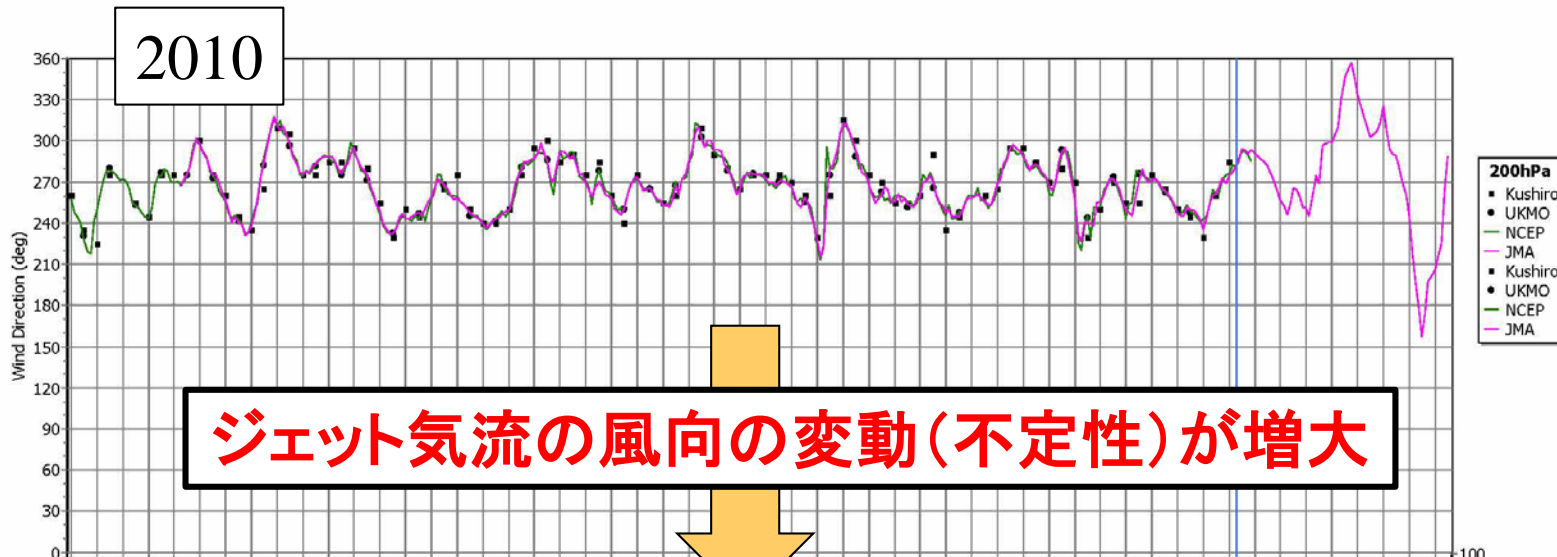
気球の洋上回収



ヘリコプターによる回収

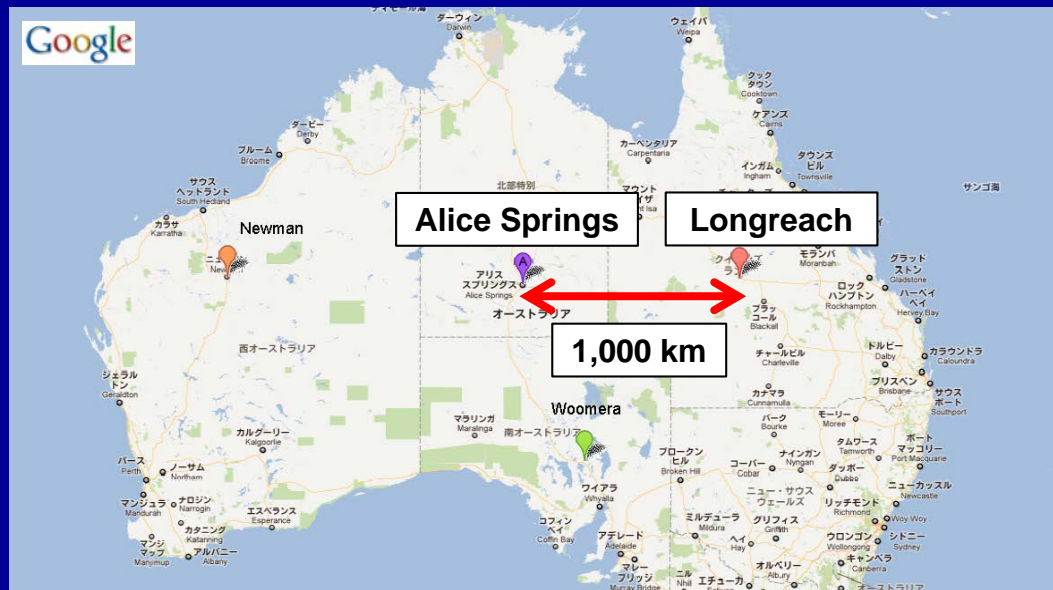


昨今の異常気象に伴うジェット気流の変動



JAXAによる豪州気球実験

- ◆ 放球場所：アリススプリングス(豪州大陸の中央部)
 - 低人口密度で広大な土地
 - NASAをはじめとする実施実績アリ(既存インフラの活用)
- ◆ 大樹での国内実験と相補的な役割
 - 長時間フライトが可能(半日～数日間) ⇔ 大樹：≦ 水平浮遊1.5時間
 - より大きい・重い観測器に対応可能 ⇔ 大樹：≦ 500kg (自主制限)
 - 地上回収(実験装置の防水対策等が不要) ⇔ 大樹：海上回収
 - 南半球(銀河中心などの観測に適) ⇔ 大樹：北半球



JAXAによる豪州気球実験

- ◆ 第1回： 2015年4～5月
 - 今後のシリーズ化に向けたプリカーサとして位置づけ
 - GRAINE実験(エマルジョンによるGeVガンマ線観測)を実施・成功
- ◆ 第2回 は 2018年3～5月に実施予定
 - FITE(遠赤外線), SMILE(MeVガンマ線), GRAINE(GeVガンマ線)
- ◆ 今後も約3年に1回の頻度(毎回 数機のフライト)で実施したい。

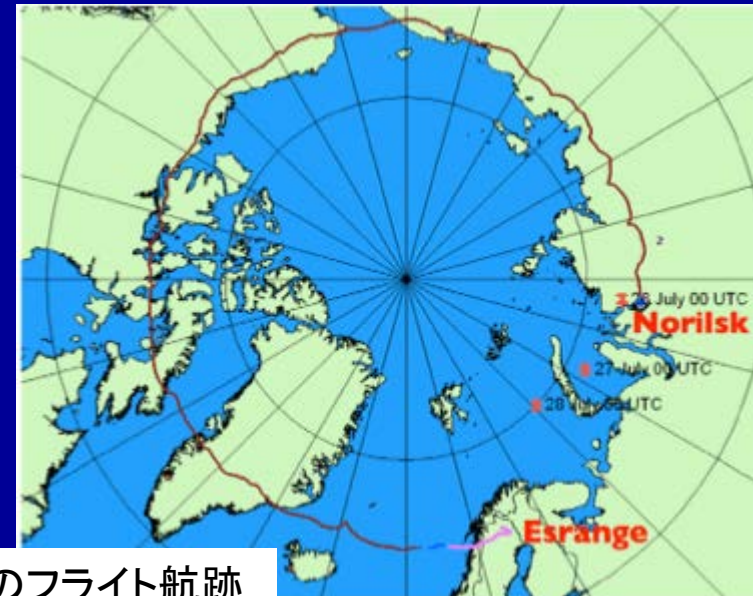


世界中で実施されている大気球実験



スウェーデン Esrange Space Center

- ◆ スウェーデン・キルナ近郊，北極圏 68° N, 21° E
- ◆ SSC (Swedish Space Corporation) による実験運用，観測ロケットも実施.
米NASAや仏CNESも実験実施
- ◆ 国内フライトは 数時間～半日程度.
北極周回気球(白夜，極域風)なら カナダまで4～5日間，
一周すれば約2週間？(ロシアとの協力関係に留意？)
- ◆ SSCは様々な有償オプションに対応(電源系，姿勢制御系...)



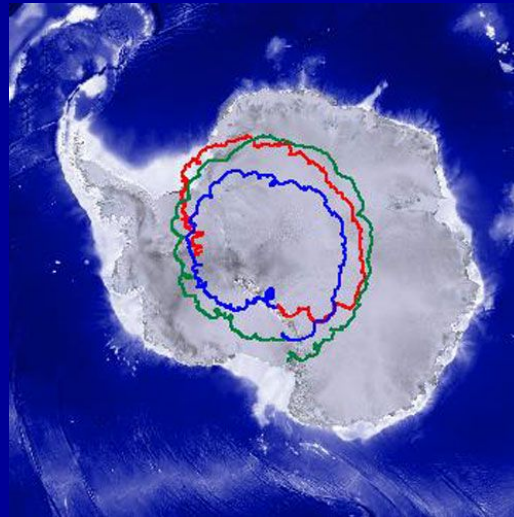
PoGoLite (2013年) 13.5日間のフライト航跡

南極マクマード基地

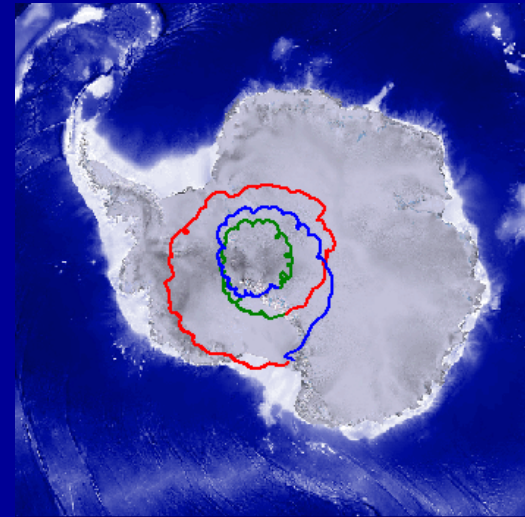
- ◆ 米国McMurdo基地(の近郊の棚氷上Williams Field), $77^{\circ}52' S$ $167^{\circ}03' E$
- ◆ NASAが毎年 数機のフライトを実施
- ◆ 南極周回(白夜, 極域風)により 0.5~1.5ヶ月間の長時間飛翔.
氷上回収(大陸上を飛翔, 圧倒的なインフラ)
- ◆ 米国の実験として実施すれば恩恵最大化



BESS-Polar参加時 (2004年)



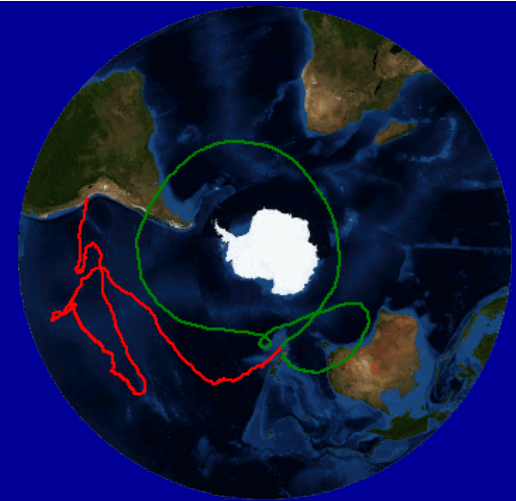
Super-Tiger (2008年)
55日間で3周弱



Baccus (2016年)
30日間で3周

超長時間気球 (ULDB)

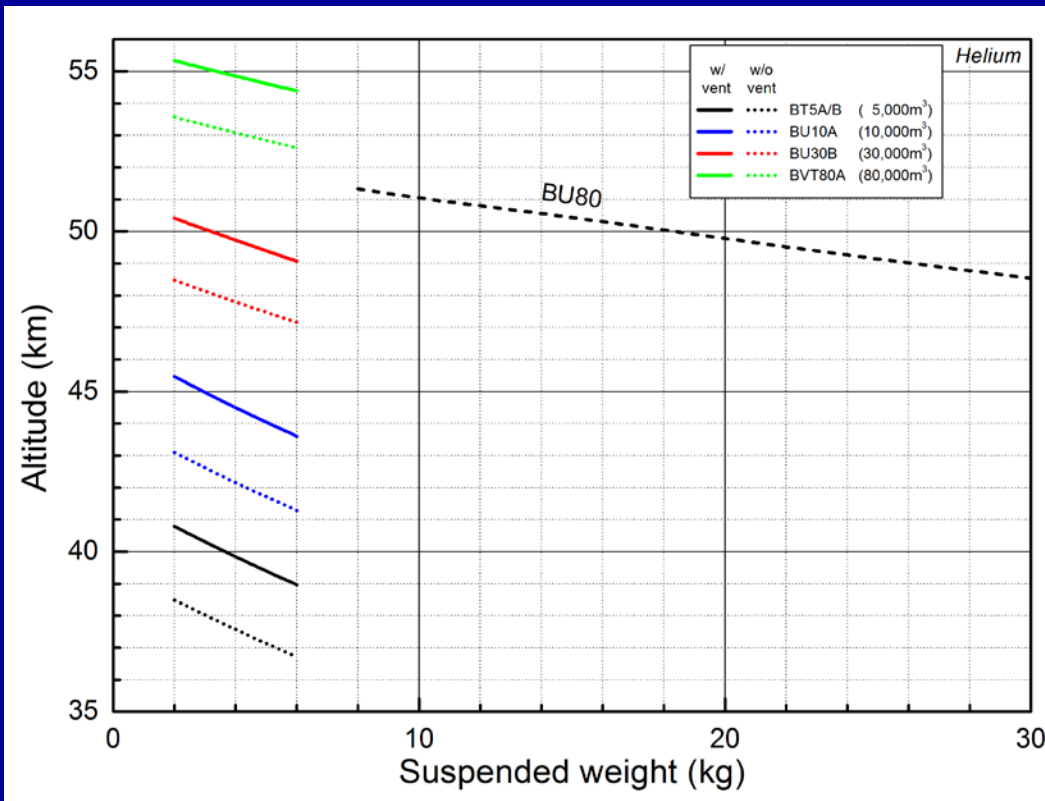
- ◆ ULDB = Ultra-Long Duration Balloon
次世代型「スーパープレッシャー気球」(閉じた気球, 圧力气球)を使用。
白夜でなくとも高度が落ちない。
原理的には, 地球を何周もしながら 100日間オーダーの飛翔が可能。
JAXAは「俵型」を開発したが, 実運用には技術面以外のハードルが高い。
- ◆ NASAがニュージーランドを拠点に運用開始(2015年～)
回収が保証されていない。
テレメトリの通信速度は限定的(データ確保に難)。
現時点では吊り下げ重量が大きくなり, 浮遊高度も高くない。



COSI (IBNCT)(2016年)
46日間, 南米で回収

JAXA 超薄膜 高高度気球

- ◆ 「より高く」を目指し、気球本体を極限まで軽量化（世界でもユニークな気球）.
- ◆ 気球高度の世界記録をJAXA自ら更新（2013年, 高度53.7km $\sim \frac{1}{2000}$ 気圧）
- ◆ 吊り下げ重量を現状の 数kg から 約10kg に拡張する強化型を開発予定.
- ◆ 大樹での運用だと浮遊時間をほとんど取れず, 回収も保証されない.
- ◆ 新型センサの動作実証などに有用では?と期待（新規ユーザー募集中）



横軸(吊り下げ重量)は
バラスト, パラシュート,
通信機器等を含む

まとめ に代えて

ユーザーからのニーズが大気球の技術や運用の発展を促しますので、ご要望をお寄せください。

リーフレットのURL

<http://www.isas.jaxa.jp/missions/balloons/>

http://www.isas.jaxa.jp/missions/balloons/files/small_launch_vehicle.pdf

参考になる学会

日本： JAXA/ISAS 大気球シンポジウム(毎年11月頃)

http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/index_balloon.shtml

米国： Scientific Ballooning Technologies Workshop(5月に第2回)

<http://2016balloontech.umn.edu/>