

南極周回気球による宇宙線反物質探索

ふけ ひでゆき

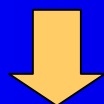
福家英之

(JAXA・宇宙科学研究本部・大気球観測センター)

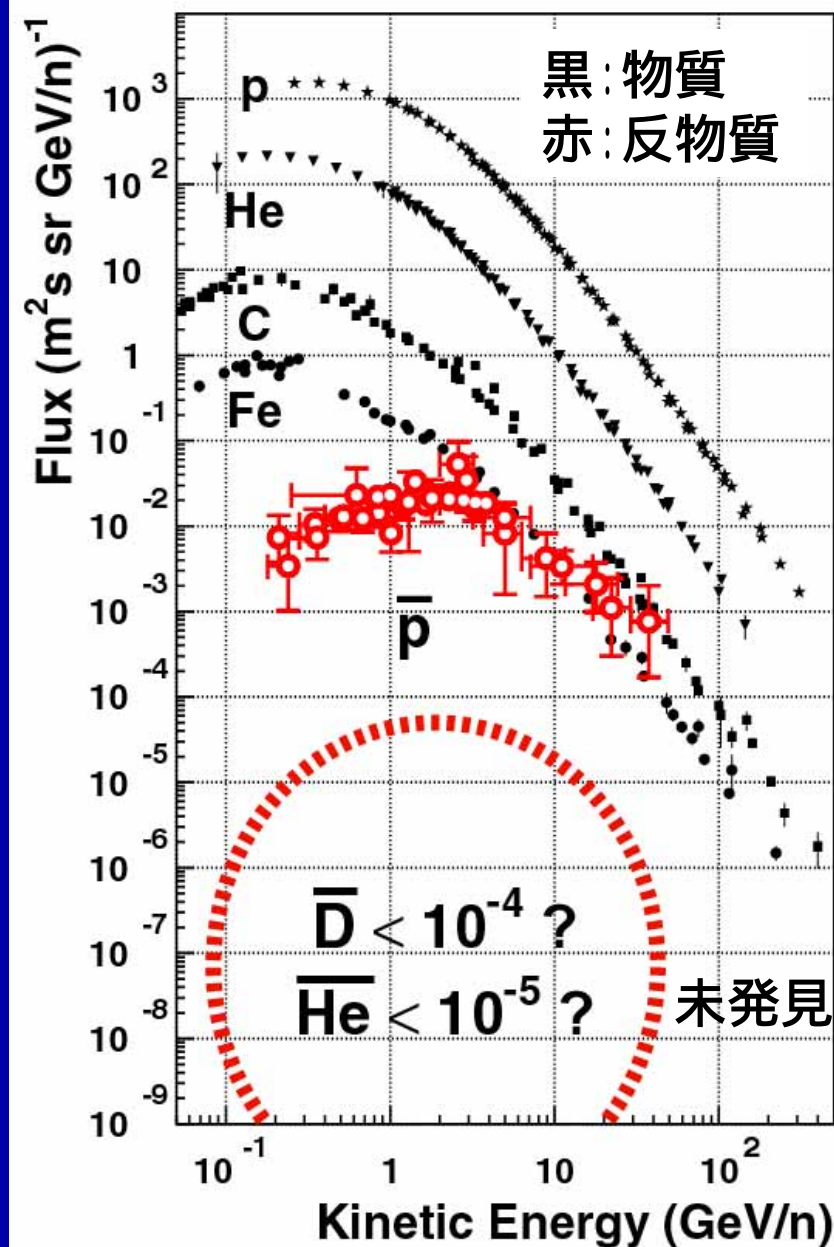
- I. 宇宙線反物質探索の目的
- II. 南極における BESS-Polar 実験
- III. 南極周回気球の意義、将来計画GAPS
- IV. まとめ

宇宙線反物質とは

- ◆ 物質 反物質
粒子 反粒子) 電荷のみ逆
- ◆ 宇宙誕生時は、
物質と反物質が同数存在？
- ◆ 現在の宇宙の大部分は
物質で占められている。
- ◆ 宇宙から飛来する僅かな
反物質を詳細に観測。



宇宙に関する知見の獲得。

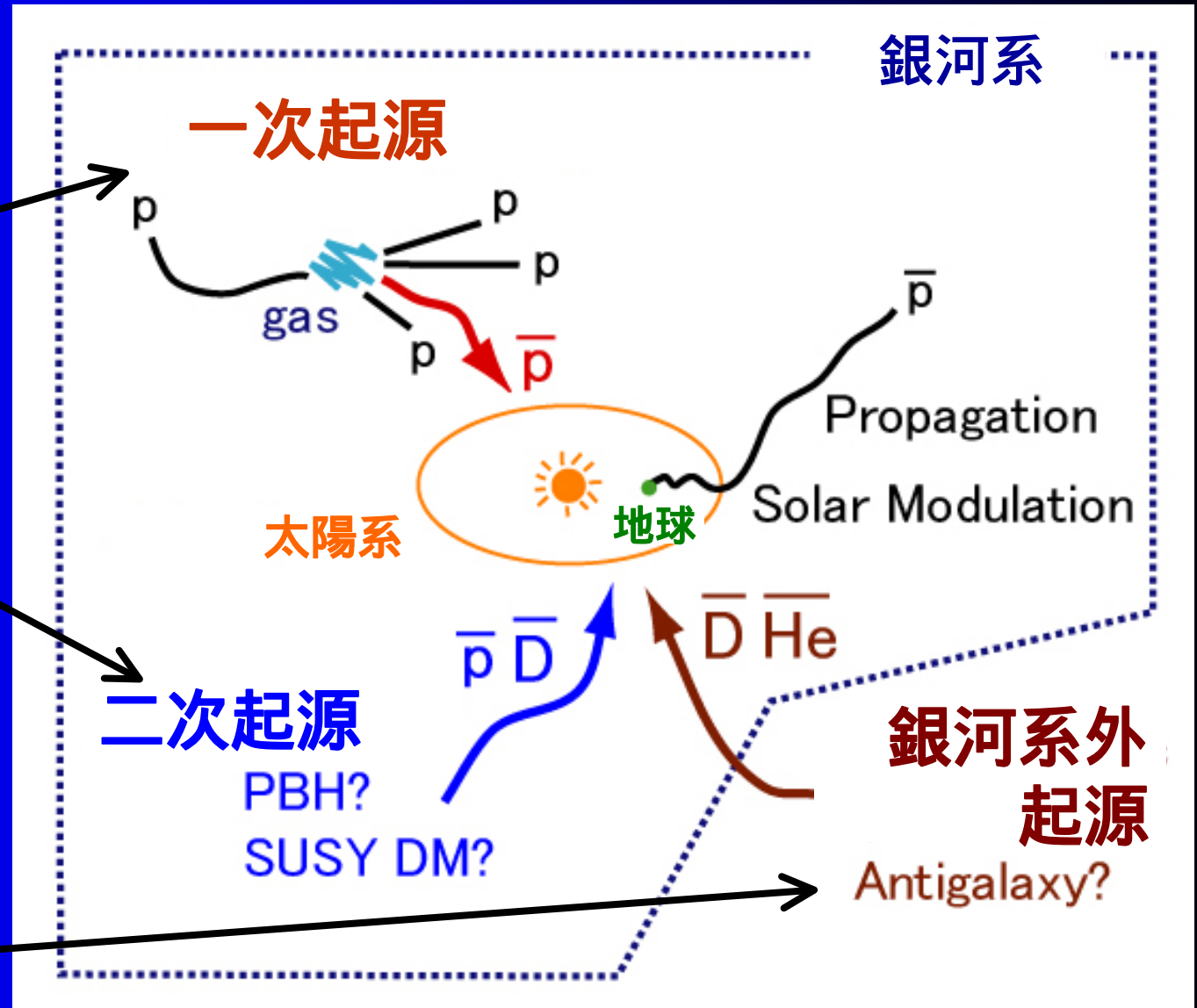


宇宙線反物質の起源は？

結局は物質が
起源のもの

未知の
生成過程
(原始ブラックホール?)
(ダークマター?)

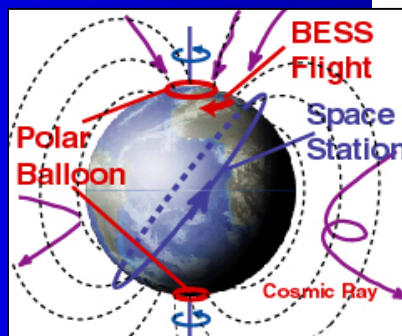
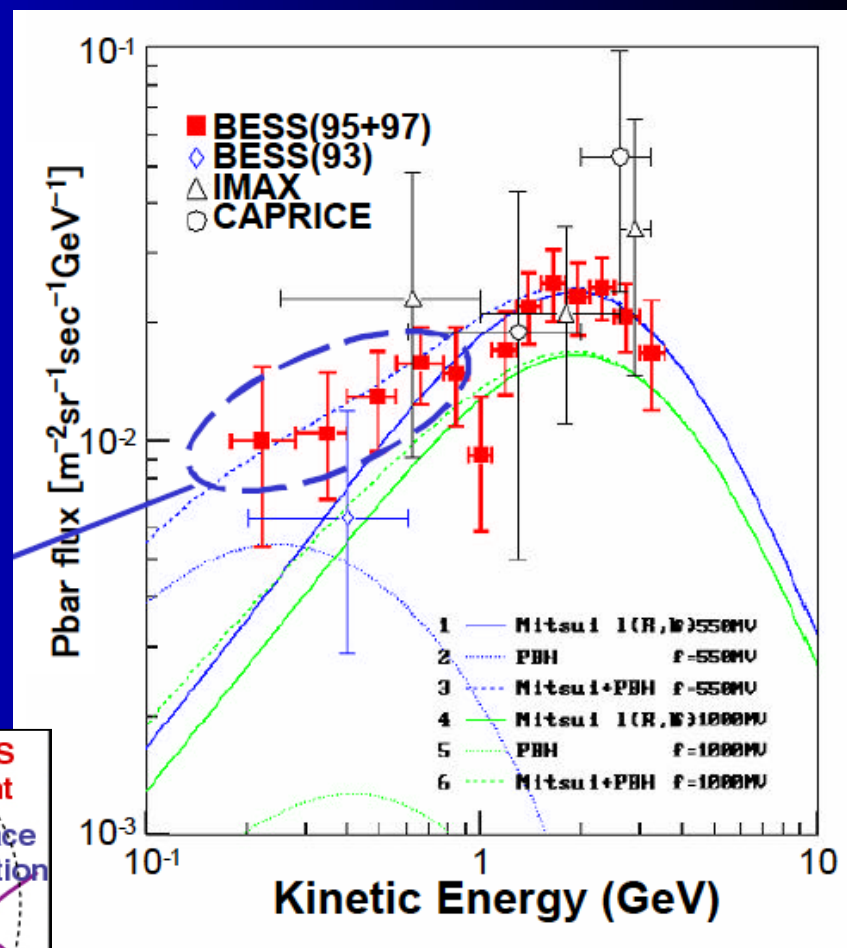
銀河系外
(反銀河?)



BESS実験

(Balloon-borne Experiment with a Superconducting Spectrometer)

- ◆ 国際共同実験 (JAXA、NASAなど、日米7機関・29人)。
- ◆ 大型・薄肉の超伝導磁石を用いた高精度観測。
 - 測定器重量 ~ 2トン。
 - 消費電力 ~ 1kW。
- ◆ 1993年以降、カナダなどでほぼ毎年計9回のフライト。
 - 低エネルギー反陽子などの観測で多様な成果。



BESS から BESS-Polar へ

- ◆ 観測時間を大幅に延ばすため、実験の場を南極に。
 - 2004年12月 BESS-Polar 第1回フライト。
 - 2007年12月 BESS-Polar 第2回フライト。
- ◆ 放球場: マクマード基地 郊外 Williams Field (ロス棚氷)
 - 高緯度 (低エネルギー宇宙線の観測に適している)。
 - 超大型気球 (100万 m^3 : B1000相当)
の放球が可能 (広い放球場、大量のヘリウムガスの調達)
 - 観測器の回収が可能 (特にデータの回収は必要不可欠)
 - ✧ NSF統括のもとに NASA / CSBF の放球部隊約10人。
観測者(研究者)は、BESSだけでも約10人(順次交代)。
 - ✧ 液体ヘリウム・液体窒素の調達などのサポートを享受。

BESS-Polar 実験準備の流れ



1.5年前・・・実験申請。

1.5年前・・・技術実証目的の気球フライト試験。

@NASA / CSBF (テキサス)、(2回目以降は免除)。

1年前・・・審査・採択。

半年前・・・米国内での最終噛合せ試験。

@NASA / CSBF (テキサス)。

1ヶ月前・・・マクマードに入り、最終準備開始。

南極現地にて、最終噛合せ試験。

放球、フライト、回収。

回収が完了するまでの3ヶ月間、現地に滞在。

技術実証目的の 気球フライト試験

南極フライトに準じた測定器構成



NASA / CSBF での噛合せ試験

機械的噛合せ試験
(測定器の吊り下げ)



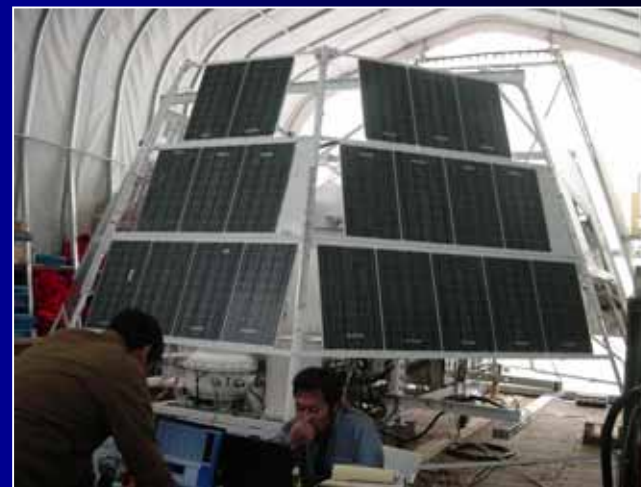
電波噛合せ試験
(TDRSS衛星通信)



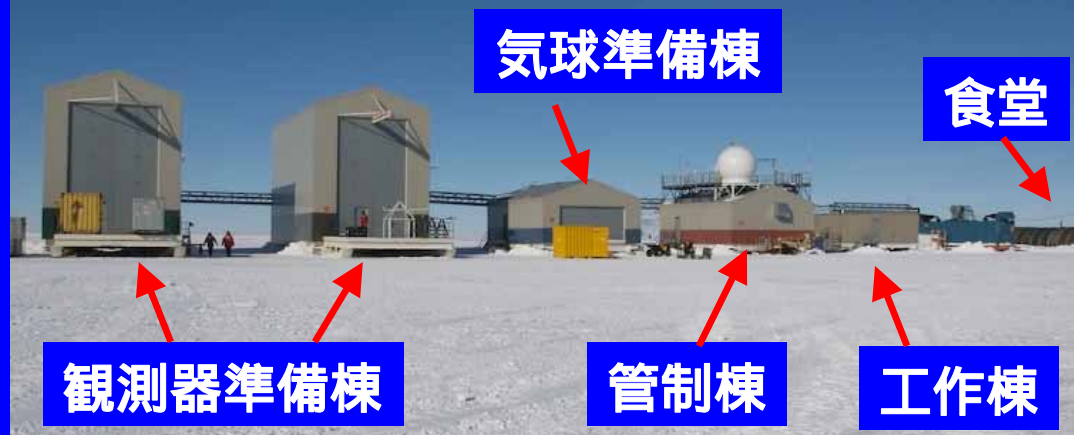
南極での準備作業

ウィリアムズフィールド (マクマード基地から約15km、ロス棚氷上)

2004年時点の観測器準備棟



2006年に一新された気球実験用施設



南極での最終啗合せ試験



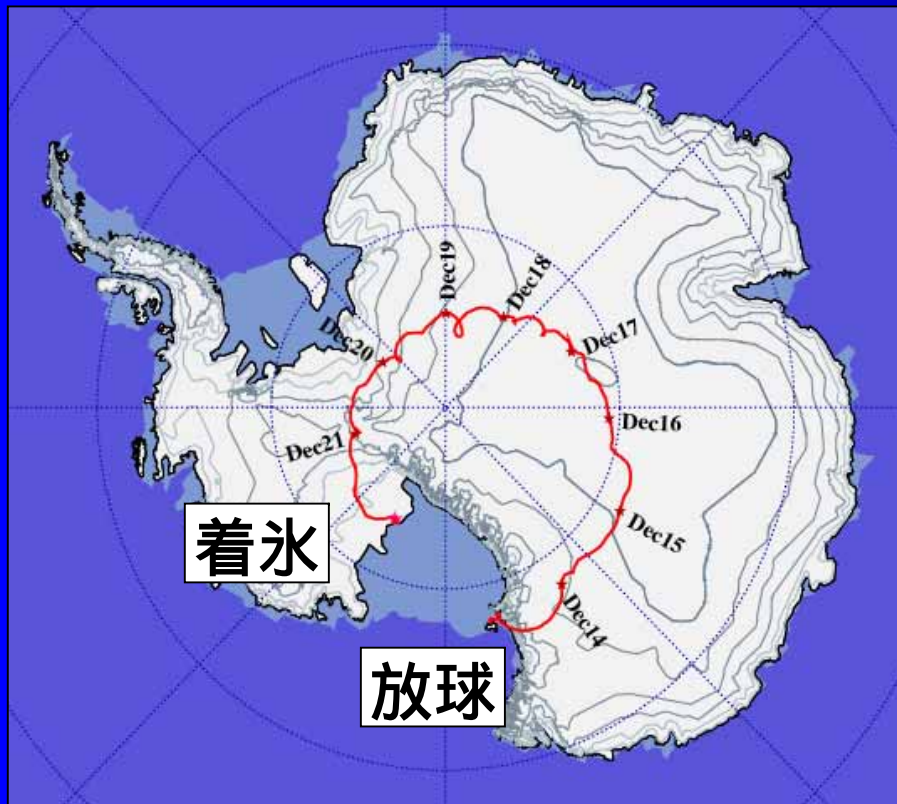
BESS-Polar 放球 (2007年12月23日)



- 観測器重量: 2.4 トン
(NASAの気球基本搭載機器を含む)
- 気球: 37H (3cap)
(約 B1000 相当、気球自重 約2.4 トン)
- 総重量: 5.5 トン、総浮力: 約6トン



フライト航跡

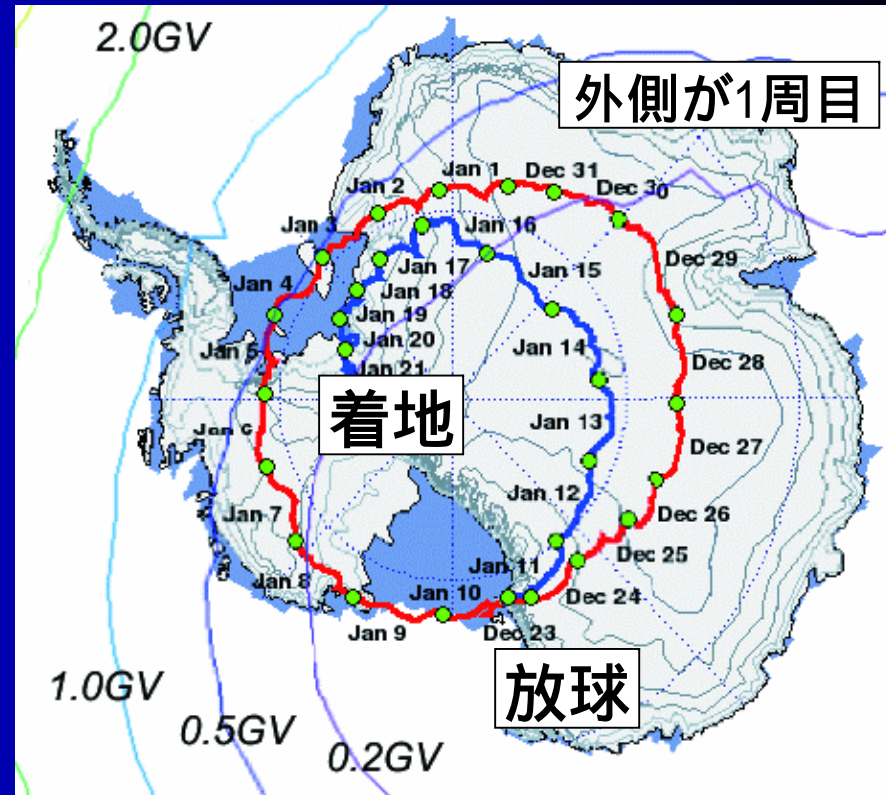


BESS-Polar

約8.5日間(計画では10日間)

高度約38km

HDD記録データ 2.1TB



BESS-Polar

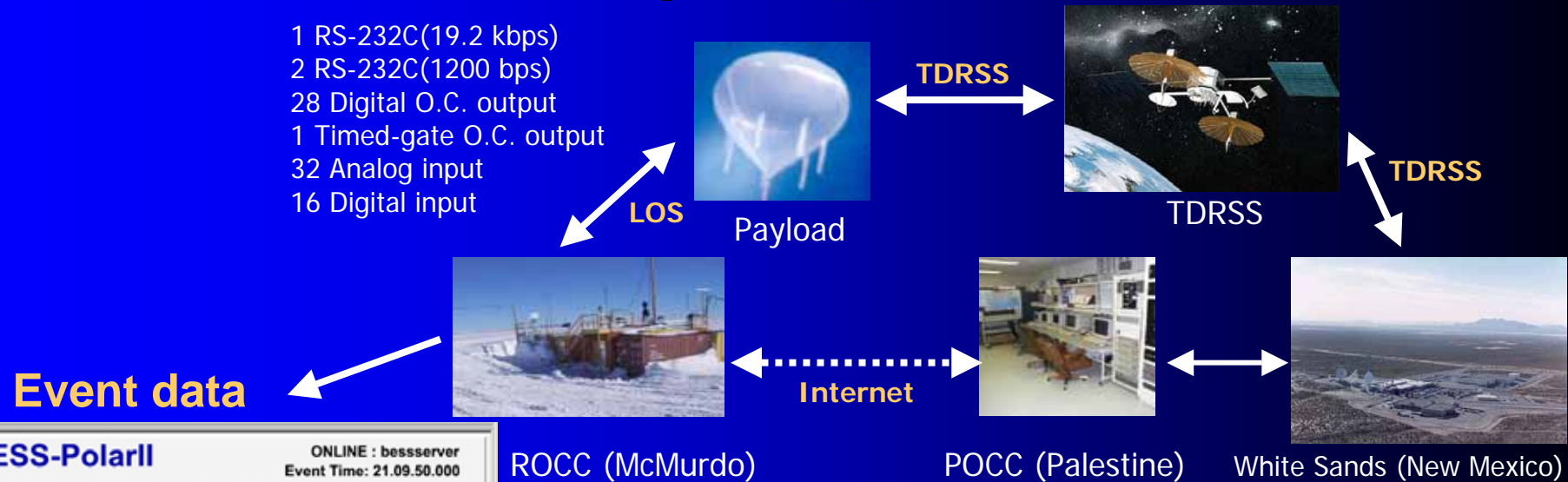
約29.5日間(観測は24.5日間で終了、計画では20日間)

高度約36km

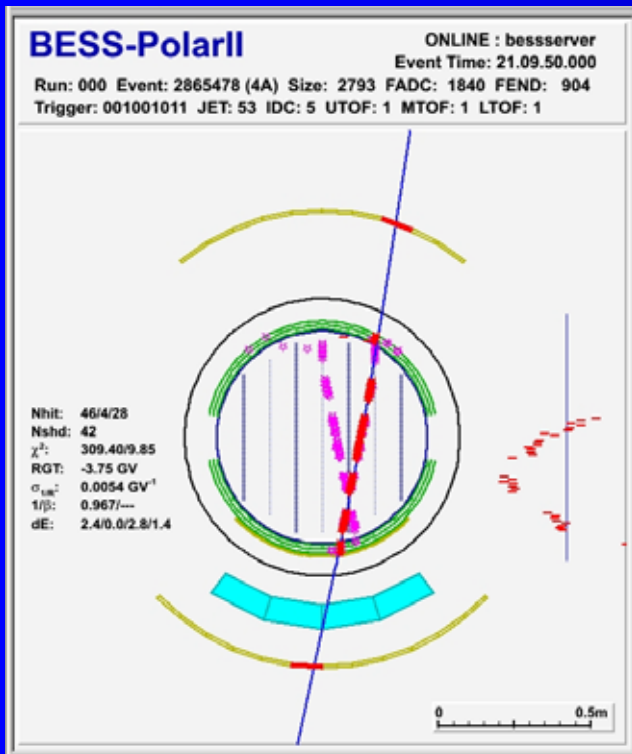
HDD記録データ 13.5TB

フライト中の衛星通信

- 1 RS-232C(19.2 kbps)
- 2 RS-232C(1200 bps)
- 28 Digital O.C. output
- 1 Timed-gate O.C. output
- 32 Analog input
- 16 Digital input



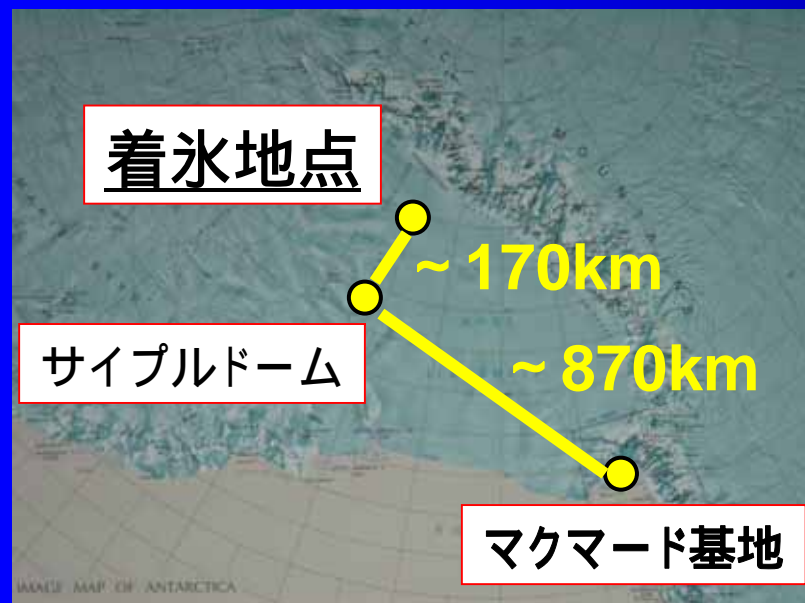
Event data



	TDRSS	Iridium	LOS
Uplink	Scheduled	Backup	
Downlink	6 kbps	255 bytes / 15 min.	83.33 kbps

HKモニターデータのみ地上に電送。
全データを電送するには25Mbps以上必要。
(データを記録したHDDの回収が不可欠)

回収作業 (BESS-Polar)



12月22日11:56 (現地時間)
ロス棚氷上に降下
(S83-06, W155-35)



LC130



ツインオッター

まずデータを回収



全測定器要素を解体



ツインオッターでピストン輸送



回収作業 (BESS-Polar)

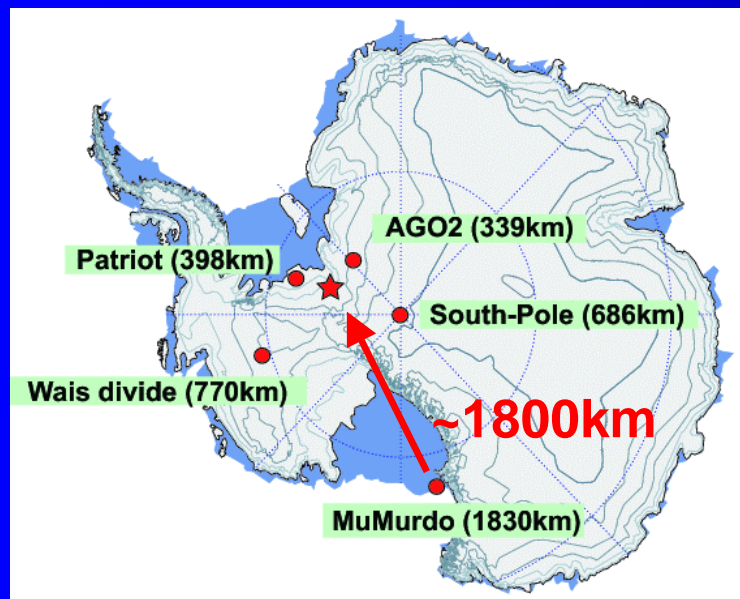
一週間かけて全要素の回収に成功



夜はテントで野宿



回収作業 (BESS-Polar)



1月21日09:02 (UTC) (S83-51, W073-05)

- ◆ Wind Chillの中、ツインオッターでアクセス。データを無事に回収。
- ◆ 冬期に向けたNSFの各種準備計画を優先するため、測定器本体に関しては 今季中の回収を断念。
(近傍キャンプ地の閉鎖、ツインオッターの確保が困難)
- ◆ 測定器本体の回収は 今年11月に実施すべく 計画中。バスマーターボ機の投入に期待。

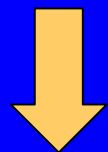
南極周回気球の魅力

	メリット	課題点
フライト時間	・長い!! (10 ¹ ~10 ² 日)	
地理的要素	<ul style="list-style-type: none"> ・磁極に近い! (低エネルギーの観測が可能) ・高緯度を連続飛行 (衛星やISSでは不可能) ・南半球 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地への輸送 ・現地でのインフラ ・フライト後の回収
気象的要素	<ul style="list-style-type: none"> ・白夜 (安定した熱環境) 太陽電池による電力の安定確保が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・氷での照り返しも含め入熱が大きい
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・衛星通信 (通信速度に制限)

長時間気球に共通の課題 (南極特有の事ではない)

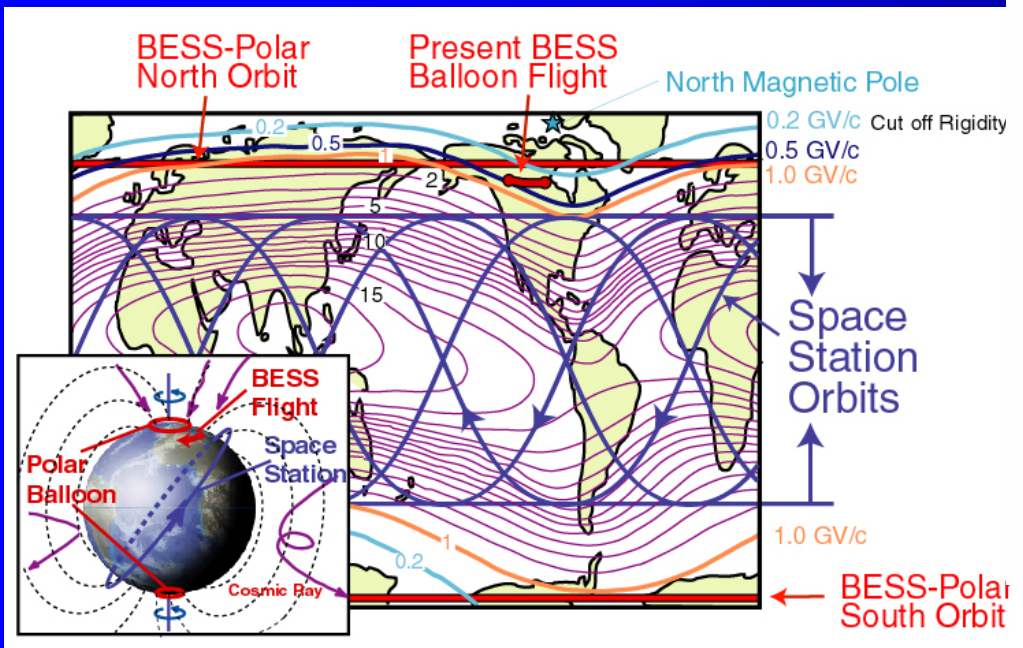
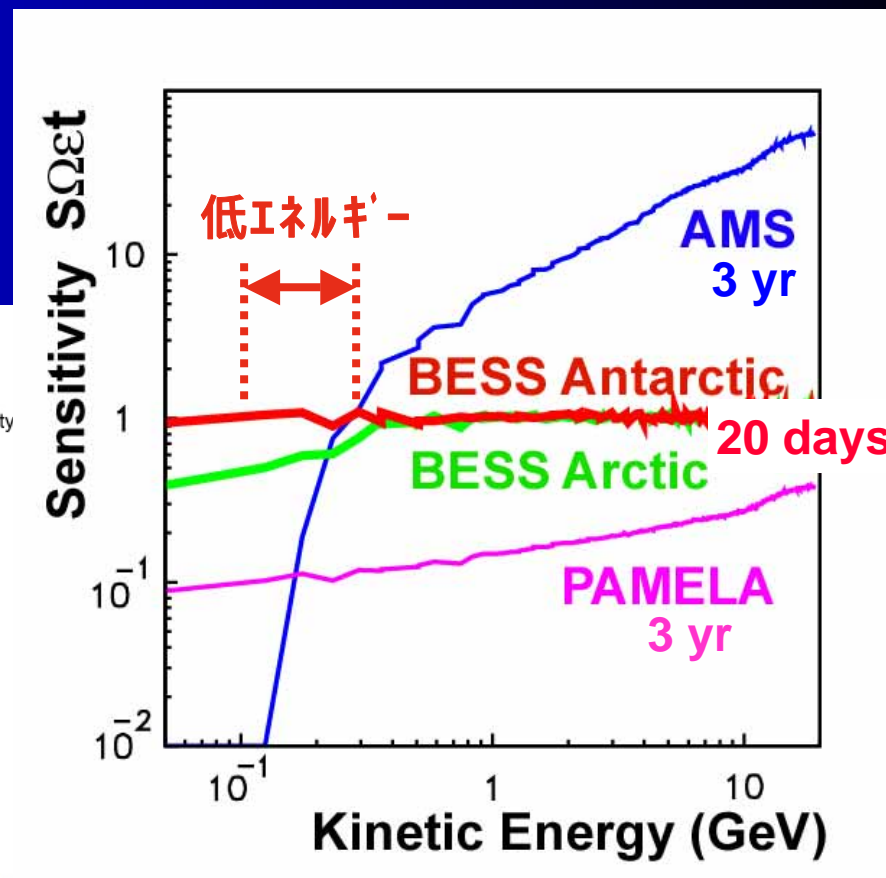
南極気球は低エネルギー観測に最適

他の反物質探査実験と比較すると



〔 PAMELA: 人工衛星 (3年間)、進行中。
AMS: 国際宇宙ステーション (3年間)、実施時期未定。 〕

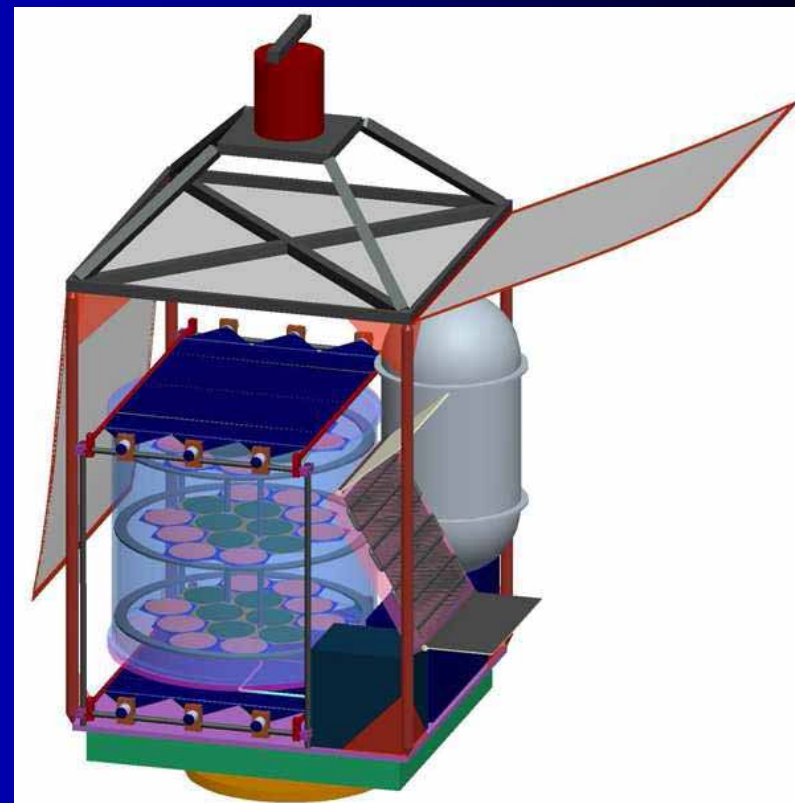
低エネルギー領域では、BESSが
20日間の南極気球フライトで
得られる感度の方が高い。



次世代の反物質探索計画「GAPS」

- ◆ 低エネルギー反粒子に特化した測定器。
(全く新しい測定技術の採用)
- ◆ 日米などの国際共同。(コロンビア大、LLNL、JAXAなど)
- ◆ BESS-Polarよりも3桁高い感度を狙う。
- ◆ 2013年以降に南極での長時間気球フライト(複数回)を計画。
- ◆ 回収が必要

テストフライト測定器の概念図



極地研への期待

- ◆ 南極周回気球への期待(長時間飛翔の機会増加)は、宇宙線反物質探索に限らず、非常に高まっている。
- ◆ 昭和基地からの定常的な放球(数機/年)が可能か。
- ◆ 低エネルギー観測のためには、より高緯度が望ましく、その観点からは、マクマードや南極点などからの放球が良い。
NSFとの国際協力での参画が実現可能か。
- ◆ 観測器の回収が必須の実験が多い。(環境問題の観点からも)外国の観測器の回収への協力も国際貢献となる。
- ◆ 南極周回中の通信拠点(ダウンレンジ)の整備が必要。
外国の気球に対しても昭和基地が拠点となれば、それも国際貢献となる。
- ◆ 今後の南極気球実験の発展には国際協力が不可欠。
国際ネットワーク構築のイニシアティブの確保。

まとめに代えて

- ◆ 南極は地球観測の最前線であると共に
宇宙科学へのフロンティア！
- ◆ 南極特有のメリットを生かした長時間気球は
宇宙線観測にとって非常に魅力的！
- ◆ 気球技術の革新により、
スーパープレッシャー気球も実用化が近い！
- ◆ ぜひとも、南極での気球実験を
次期南極観測計画の目玉に !!!