長時間気球観測による。高エネルギー宇宙線加速天体の研究

早稲田大学 理工学研究所 鳥居祥二

参加研究者及び研究補助者

早稲田大学小澤俊介、笠原克昌、村上浩之、赤池陽水、 中村亮太,宮本浩輝、相場俊英、中井幹夫、植山良貴 神奈川大学 田村忠久、日比野欣也、有働慈冶、湯田利典 JAXA/宇宙科学研究本部,山上隆正、斉藤芳隆、福家英之 横浜国立大学 柴田槙雄、片寄祐作 宇宙線研究所 瀧田正人、清水雄輝 芝浦工業大学 吉田健二

平成21年度共同利用研究成果発表研究会

1.180

共同利用研究概要

研究内容 高エネルギー電子、ガンマ線の気球観測 1-100GeV領域での電子、ガンマ線の観測 CALETプロトタイプ(bCALET-2)の性能実証

- 発表概要
- > 電子観測の概要
- > bCALET-2による観測
- > 今後の予定

■ 予算 研究費: 400千円 旅費:100千円、支出内容:TASC用PD

■ 共同利用

シミュレーション計算、チベットグループ施設

電子·陽電子観測

高エネルギー宇宙線電子・陽電子の観測により、宇宙物理学における 最大の謎である暗黒物質及び宇宙線加速源の解明



2009年12月19日

Observed Spectra by ATIC

If we assume the power law spectrum (with γ =-3.3) calculated by GALPROP, an excess of electrons might be seen in 300-800 GeV. The excess is considered as a contribution from exotic sources: Nearby pulsars or WIMPs.



ATIC/PPB-BETSの解釈

電子・陽電子観測の結果は、素粒子物理的起源(WIMP)や宇宙物理的起源(Pulsarなど)の発見 につながるため、データの解釈をめぐって多くの理論的論文が出版されている。特にWIMPについ ては、これまでのWMAPの観測や加速器実験、直接観測とも矛盾しない質量が与えられている。



Then, excellent observations in statistics are carried out by FERMI-LAT and HESS, and a new era of electron observation is opened probably by indicating a flattening of energy spectrum and a sharp cut-off over 1 TeV, respectively.



I really appreciate their efforts to aerive the electron spectrum in unexploded region.

A "Mild" Solution:

The 10 % shift of energy can bring a consistent flux between FERMI-LAT and PPB-BETS due to poor statistics of PPB-BETS.

Moreover, when the spectrum is flatter than expected, as a power law of -3.05 corresponding to the source spectrum of -2.2, the excess is not so prominent as to be excluded.



 10^{1}

 $E^{3}J$ (electrons m⁻² s⁻¹ sr⁻¹ GeV²)

 10^{3}

 10^{2}

 10^{1}

 10^{0}

As a conclusion,

we will wait for much more study by ATIC, PAMELA, Fermi-LAT, HESS and a new experiment in space, AMS-02.

Moreover,

we need accurate measurements up to 10 TeV for detection of nearby sources and ,naturally ,very-high-statistics observation for Dark Matter search in sub-TeV region with a detector which has performance:

- The systematic errors including GF is less than a few %.
- The absolute energy resolution is less than 5 % (~ATIC).
- The exposure factor is as large as several 100 m²srday (~ FERMI-LAT).
- Possibly, the performance does not depend on energies.

It should be a dedicated detector for electron observation in space.

Calorimetric Electron Telescope (CALET) is proposed.

CALET System Design

The CALET mission instrument can satisfy the requirements as a standard payload in size, weight, power, telemetry etc. for launching by HTV and observation at JEM/EF.





Field of View (45 degrees from the zenith)



JEM/EF取り付け位置

Electron Observation (5 years) -Nearby Sources and KK Dark Matter-



	e nom vela	i filinary e	Lifergy (GeV)
	154	1168	500-600
	239	1235	600-800
	168	501	800-1000
	270	546	1000-1500
Pr cu	134	146	1500-2000
JC	134	99	2000-3000
v	51	23	3000-4000
et	23	7	4000-5000
	22	5	5000-7000
	7	1	7000-9000
	3	0	>9000

Conditions applied:

Electron efficiency = 70%Proton rejection factor = 10^5 Geometrical factor = $0.12 \text{ m}^2 \text{sr}$ Exposure time = 5 years

rimary electron spectrum from Fermi data with Hess itoff:

$$T(E) = 185^* (E/1 \text{ GeV})^{-3.045} e^{-E/3.4 \text{ TeV}} \text{ GeV}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-2}$$

ela spectrum from Astro-ph/0308470v1, Kobayashi al., Figure 4 Top

2009年12月19日

CALETプロトタイプによる気球観測計画

- bCALET; Balloon borne CALET prototype -

- bCALET-1による三陸でのテストフライト 2006年(三陸大気球実験所)
 1~10GeV領域での電子観測、フロントエンド回路・検出器の動作確認
- bCALET-2による1-100GeV領域電子観測 2009年(大樹航空宇宙実験所)
 1~100GeV領域での電子、ガンマ線観測、長時間飛翔実験のための技術実証
- bCALET-3による長期間気球実験の予備観測 2010年ブラジル(採択) 数100GeV領域での電子過剰の検証、CALET性能実証 (~ATIC)



bCALET-2観測概要

- □ 放球日時: 2009年8月27日(木) 6:21
- □ 放球場所: JAXA大樹航空宇宙実験場
- □ 飛翔高度: ~35km
- ・ 予約時間:約4.5時間

 (35kmレベルフライト約2.5時間)
 10:50 観測終了一切り離し
 11:45 十勝港沖約25kmにてゴンドラ回収
- ロ 取得データ数

 レベルフライト(~35km 約2.5時間) 約13,000例
 上昇時(約2時間) 約12,000例

トリガーモード別

- 電子 + ガンマ線

約19,000例

- 電子











回収



bCALET-2観測装置概観

上面図(一部フレーム、シンチレータは省略) 断面図 検出器は圧力容器に収められ, 断熱材で全体を覆っており、 コマンドデコーダ 常温・常圧での観測が可能 トリガー用 エレクトロニクス 1000mm ~720mm DAQ 高圧回路 ѫ CALET-2 フランジ (各種コネクタ) 992mm(ベッセル内径) 電源回路 アルミフレーム (検出器下) 1060mm(ベッセル外径) エレクトロニクス 装置重量: 303kg (圧力容器含む) 消費電力: ~130W(効率を考慮すると162W) バッテリー: ~2160Whr(120 x 18NiH) 検出器物質量: 16.7 r.l. SΩ: ~320cm²sr

bCALET-2 装置構造





SIA

IMC



TASC



2009年12月19日

共同利用研究発表会

Example of Observed Event



まとめ

- CALETプロトタイプ検出器(bCALET-2)を製作、JAXA大樹航空宇宙実 験所にて2009年に気球実験を行った。CALETのために開発している 新技術を用いたIMC、TASCは正常に動作、技術実証に成功している。
- 装置の拡充により2010年にbCALET-3による長時間気球観測のための予備観測をブラジルで行う。この観測によりCALETの性能実証を行い、sub-TeV領域の電子、ガンマ線観測を実現する。
- bCALETによる技術実証と先駆観測の成果をもとに、現在は計画決定 フェーズにある国際宇宙ステーション「きぼう」でのCALET計画の2010 年度からの装置開発フェーズ(Phase B)への移行、2013年度の打上 げを実現する。