

高エネルギー電子、ガンマ線観測計画 (CALET: CALorimetric Electron Telescope)

神奈川大学 鳥居祥二

[http:// calet.n.kanagawa-u.ac.jp](http://calet.n.kanagawa-u.ac.jp)

ポスター発表:

P6 高柳昌弘

P7 吉田健二

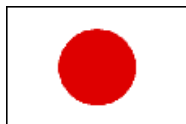
P8 田村忠久

ISS搭載ミッションとしてのCALETの適合性

CALETによる電子、ガンマ線、原子核成分観測

シャワー検出器のためのSciFi読み出しフロントエンド回路の開発

メンバーリスト (LOI参加者)



日本:

神奈川大工、JAXA/ISASA^A、横国大工^B、放医研^C、弘前大理工^D、芝工大シ工^E、埼玉大理^F、立教大理^G、青学大理工^H、神奈川保健福祉大^I、宇宙線研^J、東大理^K、クリアパルス^L、オービタルエンジニアリング^M

鳥居祥二、横野文命、立山暢人、田村忠久、柏木利介、吉田健二、奥野祥二、日比野欣也、西村純^A、山上隆正^A、斉藤芳隆^A、高柳昌弘^A、上野史郎^A、富田洋^A、柴田慎雄^B、片寄祐作^B、井上武^B、内堀幸夫^C、北村尚^C、倉又秀一^D、市村雅一^D、笠原克昌^E、水谷興平^F、村上浩之^G、小林正^H、古森良志子^I、湯田利典^J、寺沢敏夫^K、久保信^L、山口耕司^M



米国:

Washington University: W. R. Binns, M. H. Israel, H. S. Krawczynski, J. H. Buckley (**ACE**)

Louisiana State University: M. L. Cherry, T. G. Guzik, J. B. Isbert, J. P. Wefel (**ATIC**)

University of Denver : J. Ormes **USRA/NASA/GSFC:** A. Moissev (**GLAST**)

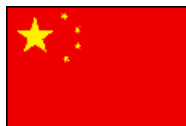
イタリア:



Universita' di Siena and INFN gruppo collegato: P.S.Marrocchesi , P.Maestro, M.G.Bagliesi, V.Millucci , M.Meucci , R.Cecchi , G.Bigongiari , R.Zei , S.Fiore (**CREAM**)

INFN, sezione di Pisa : F.Morsani **Scuola Normale Superiore di Pisa:** F.Ligabue

University of Florence: O.Adriani, L. Bonecci et al. (**PAMELA**)



中国:

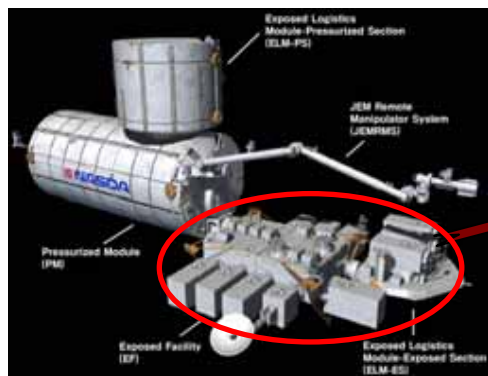
Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Science:

Jin Chang, Weiqun Gan, Tan Lu (**Lunar Mission**)

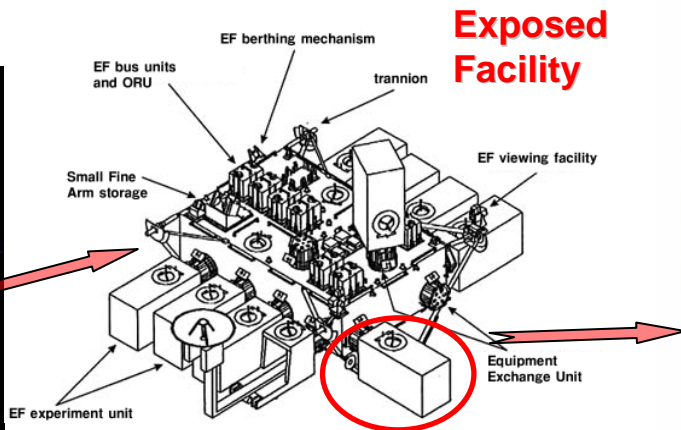
CALETミッション概要



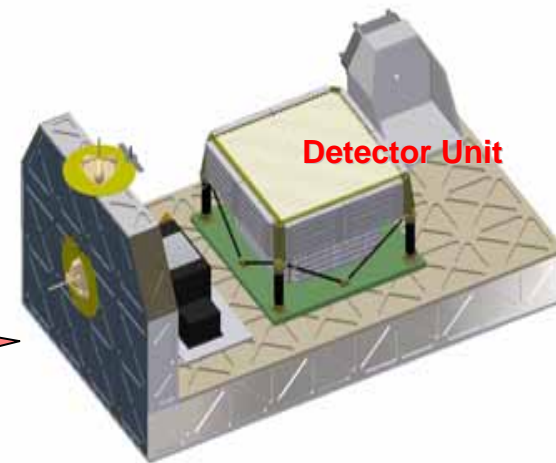
- 目的： 宇宙における高エネルギー過程の体系的解明
- 装置： 粒子選別機能を備えた高精度イメージング・カロリメータ
ペイロード質量：2500kg、消費電力：600W、テレメトリー：600kbps
- 観測： 電子 (1 GeV ~ 10 TeV)
電子加速源、加速機構、銀河伝播機構、太陽磁気圏、暗黒物質
ガンマ線 (20 MeV ~ 10 TeV)
天体におけるガンマ線生成、銀河内、外拡散成分、ガンマ線バースト、暗黒物質
陽子, 原子核 (1 TeV ~ 1000 TeV)
衝撃波加速、銀河内伝播モデル、KNEEの起源
- 打ち上げ： 国際宇宙ステーション JEM/EF (~3年間) (輸送機はHTVを利用)



JEM: Japanese Experiment Module



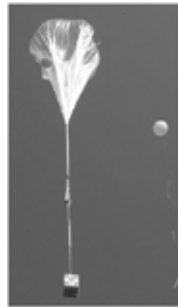
Exposed Facility



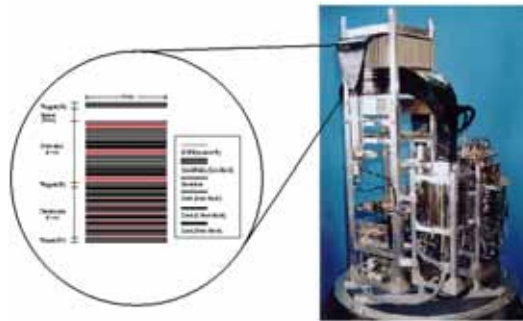
CALET System

1993-1998:

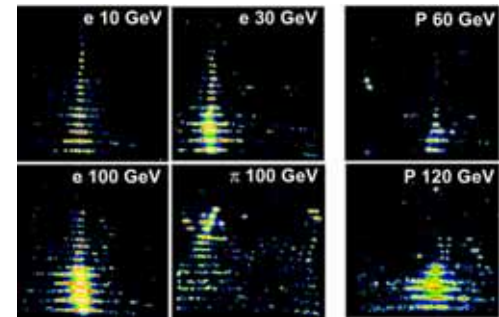
- Development of SciFi/Lead Calorimeter for Electron Observation (BETS) NIM 457, 499-508 (2001)
- Successful observation of electrons in 10-100 GeV ApJ 559, 973-984 (2001)
- Observation of atmospheric gamma-ray flux with improved BETS Phys Rev D.66 052004(1-9) (2002)



Balloon Flight



BET Instrument



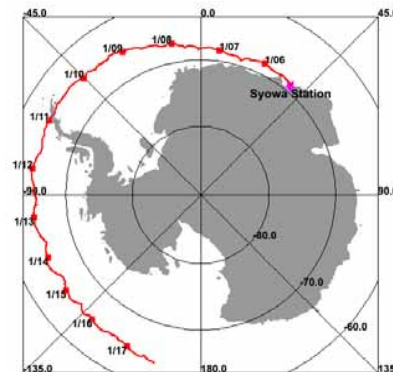
Shower Image at CERN

1999-2003:

- Development of new detector of Antarctic Flight (PPB-BETS) for observation in 100-1000 GeV
- Observation expected in 2003 at Syowa Station



Balloon Flight at Antarctica



Trajectory ~13days



PPB-BETS with solar panels

Scientific Objectives



Detection of Nearby Electron Sources

- Electron Propagation in Our Galaxy
- Supernova Explosion
- Solar Modulation
- Signature of Dark Matter

Exploration of Cosmic Gamma-Ray Sources

- Diffuse Components in Our Galaxy

Electron and Proton Origin

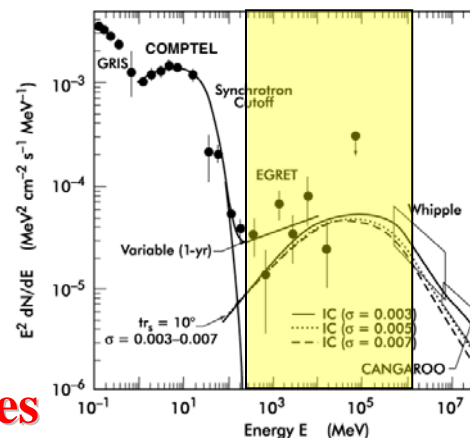
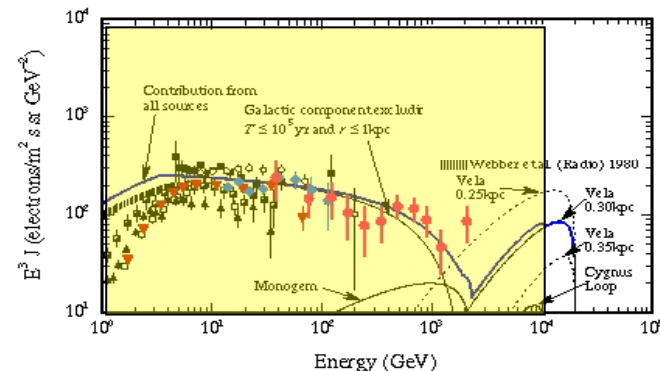
- Supernova Remnants and Pulsar
- Active Galactic Nuclei
- Isotropic Extragalactic Diffuse Components
- Gamma Ray Burst
- Dark Matter
- Solar Physics

Observation of Proton & Nucleus Sources (Optional)

- Supernova Shock Acceleration
- Propagation in Our Galaxy : Structure of the Galaxy
- Ion Sources: FIP source or Dust grain

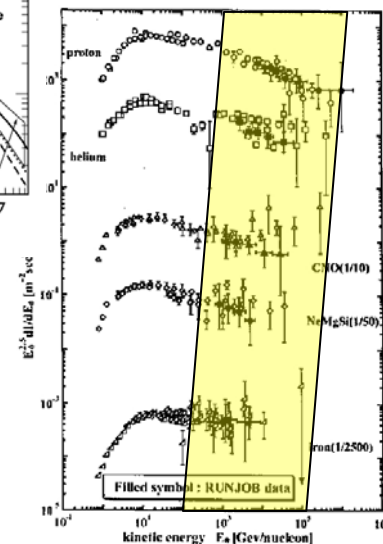
New Discovery

Electron : 1 GeV~10 TeV



Gamma-Ray:
20 MeV ~ TeV

p-Fe:
1 ~ 1000 TeV



Electron Energy Spectrum in 1 GeV ~ 10 TeV

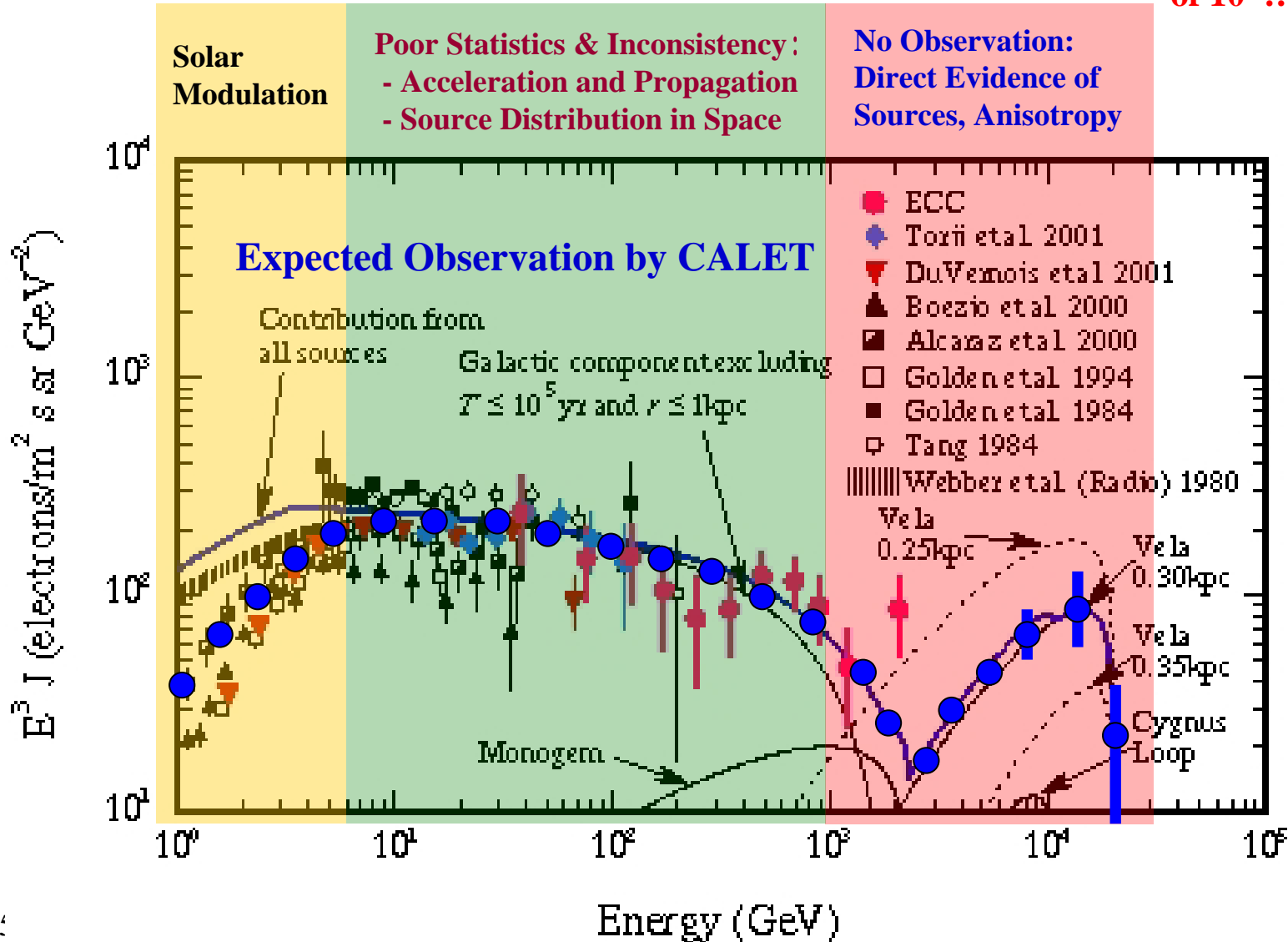


Background: p/e

100 ~ a few 10^3

$10^3 \sim 10^5$

→ Rejection Power of 10^6 !!!



異方性

$$\sim \frac{3R}{2cT}$$

Vela
 $R=0.3$ kpc
 $T=1.1 \times 10^4$ yr
 $\sim 13\%$

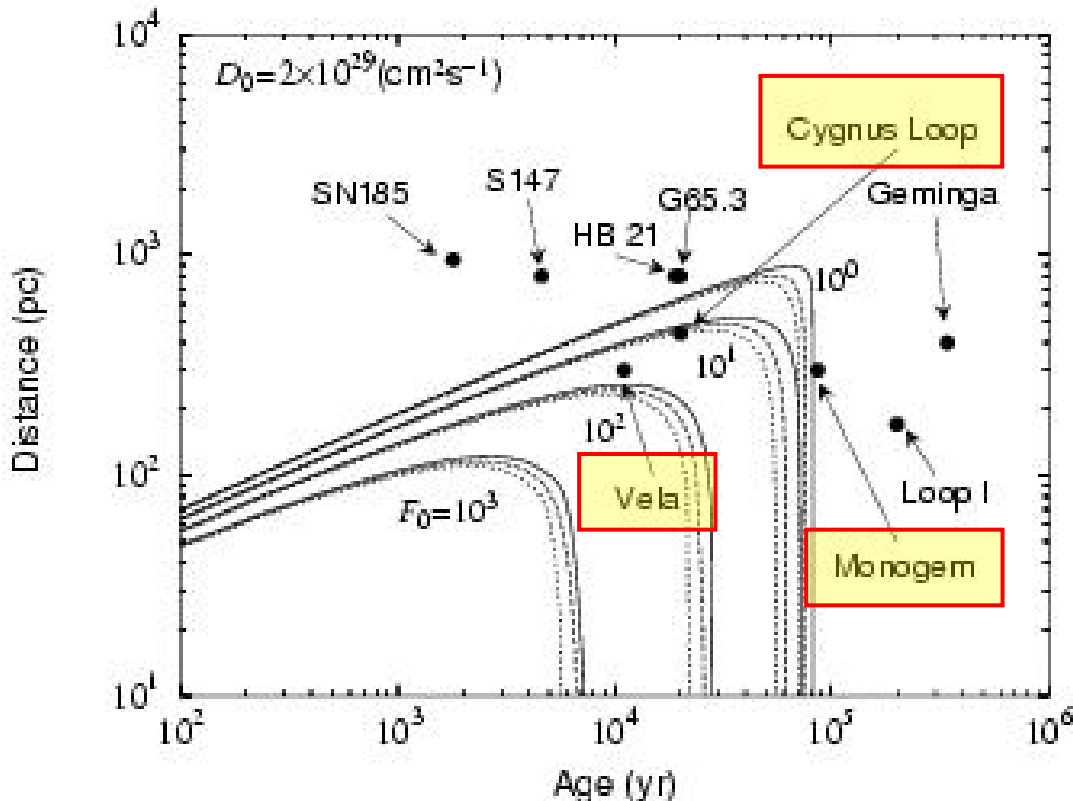
Nearby Source Candidates

Electron Energy Loss by

- Inverse Compton Scattering
- Synchrotron Radiation

Energy Loss Rate
 $dE/dt \propto 1/E^2$

Age $\propto 1/E$
Distance $\propto \text{Age}^{1/2}$



1 TeV Electron Source:

- Age $< 10^5$ years
- Distance < 1 kpc

Vela
 Cygnus Loop
 Monogem

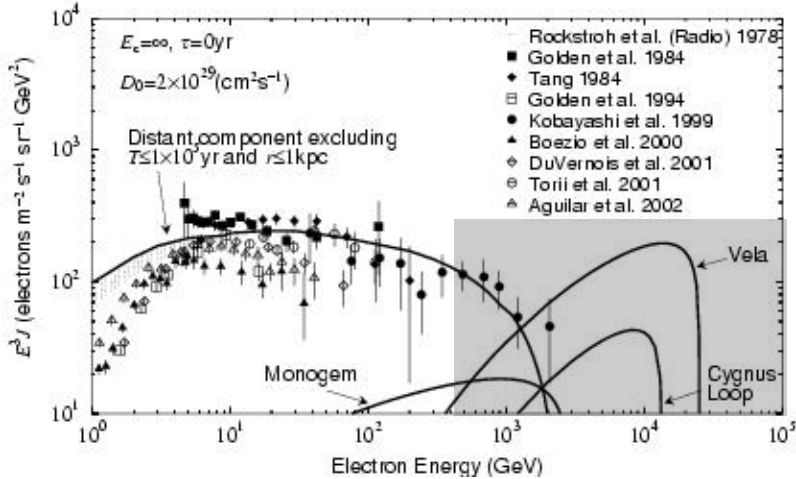
.....

Unobserved ?

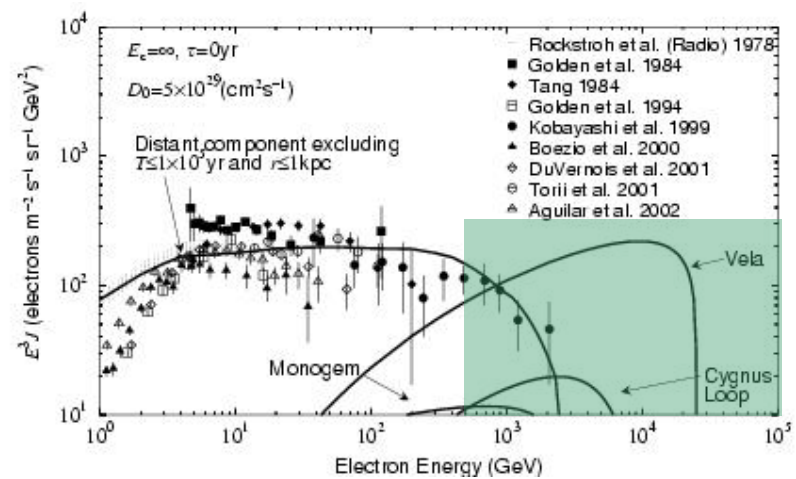
Model Dependence of Nearby Source Effect



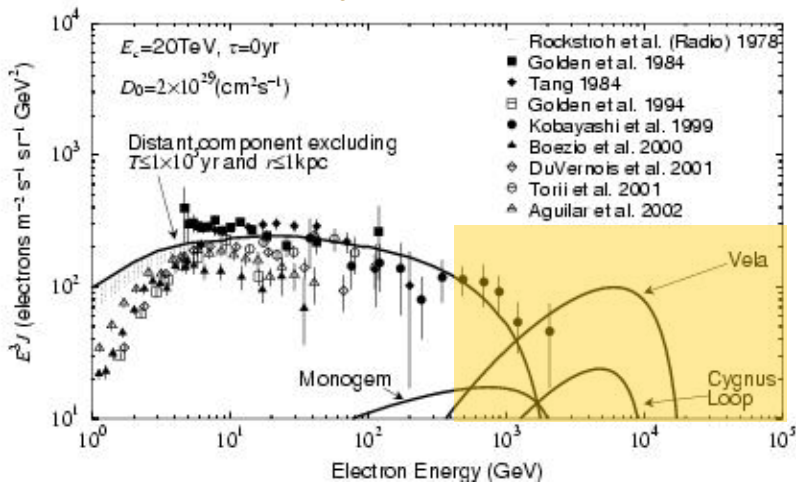
$E_c = \infty$, $T = 0$ yr, $D_0 = 2 \times 10^{29}$ cm²/s



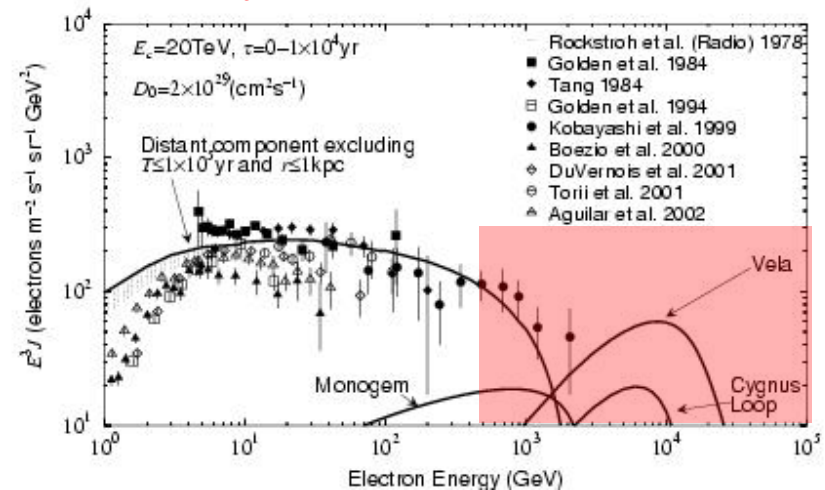
$D_0 = 5 \times 10^{29}$ cm²/s



$E_c = 20$ TeV

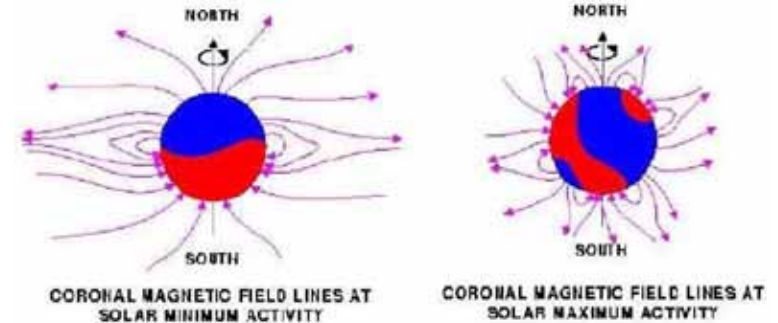


$E_c = 20$ TeV, $T = 1-10^4$ yr



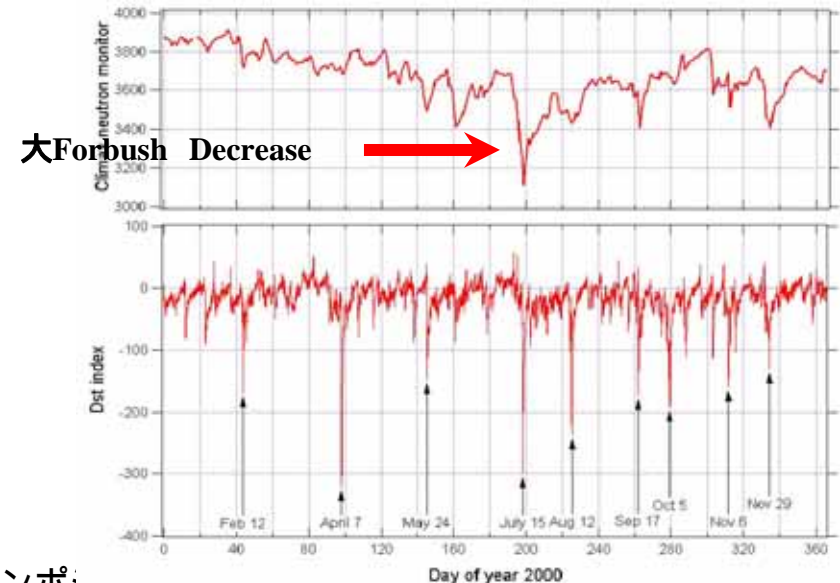
長期変動の観測 - 太陽磁気圏モデルの検証 -

- Force-Field 近似の妥当性
- Drift効果はあるのか？
- 宇宙線拡散係数の決定

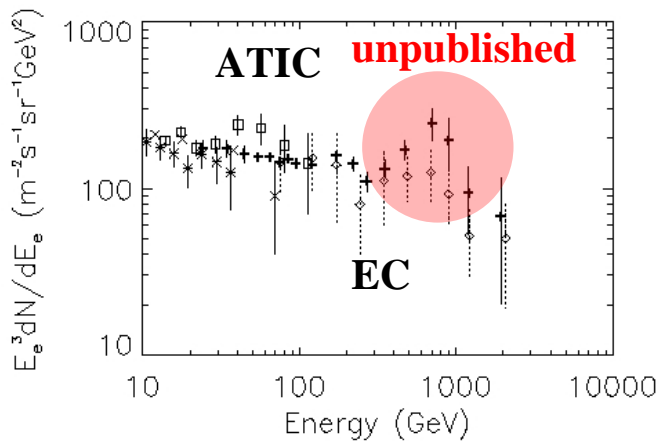


短期変動の観測 - フォーブッシュ減少の原因と電荷依存性 -

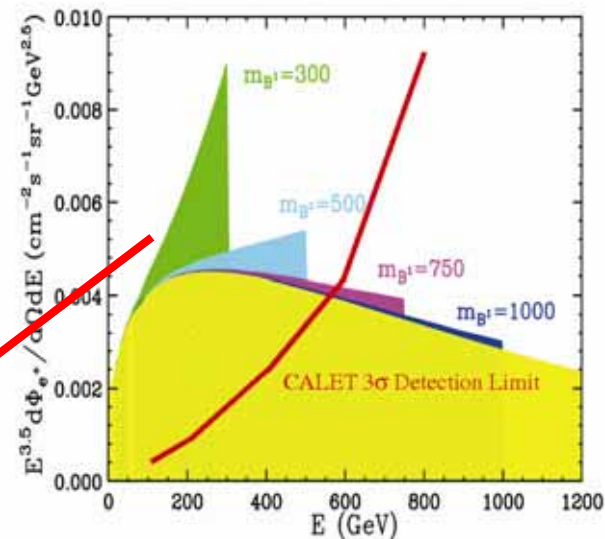
- フォーブッシュ減少の大きさは何で定まるのか？ 2000 Solar Activity (宇宙線強度と地磁気擾乱係数)
- 電荷依存性はあるのか？
- 長期変動と短期変動の関連



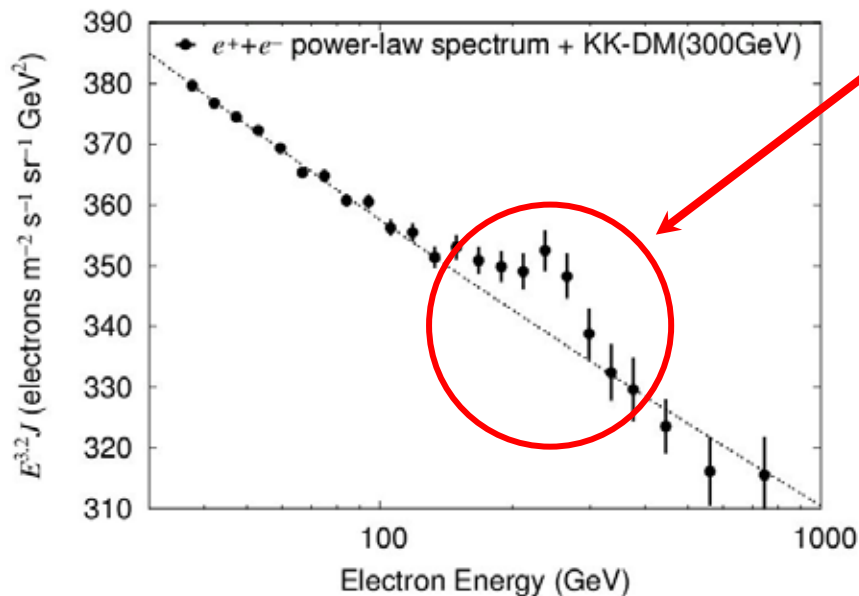
電子観測による暗黒物質の検出



陽電子スペクトル



電子 + 陽電子スペクトル



Kaluza-Klein Dark Matter
Cheng, Feng, Matchev, Phys.Rev.Lett (2002).

**CALET on the ISS orbit without attitude control of the instrument:
Wide FOV ($\sim 45^\circ$) and Large Effective Area ($\sim 0.5 \text{ m}^2$) in 20 MeV- 10 GeV**

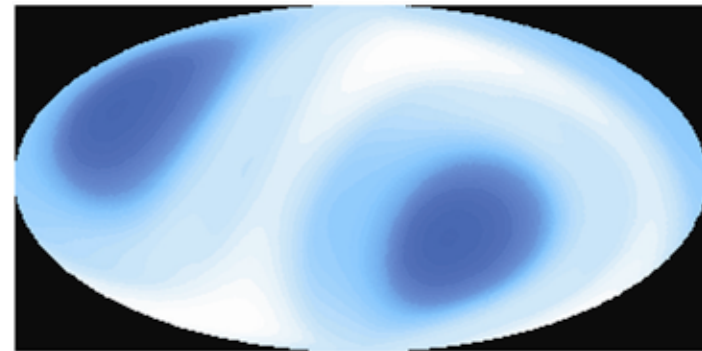
- Sky coverage of 70 % for one day
- All sky coverage in 20 days
- Typical exposure factor of ~ 50 days for point source

Good Energy Resolution ($< \text{a few } \%$) over 100 GeV

- Measurement of change of power-law spectral index
- Possible detection of line gamma-rays from Neutralino annihilation

**CALET all-sky exposure map ($>100 \text{ MeV}$)
in the Galactic coordinate for one year.**

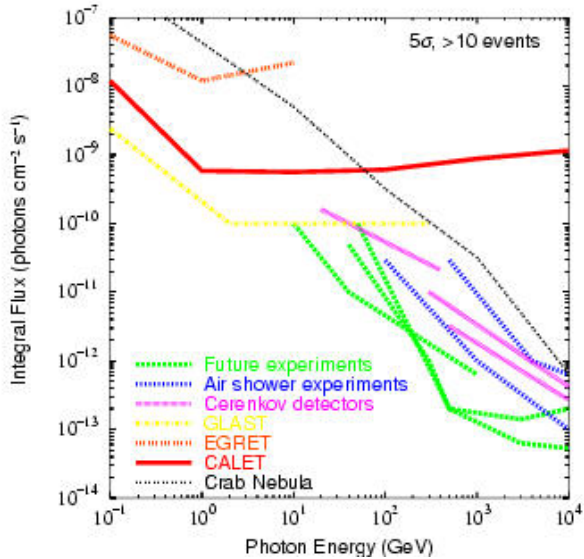
**Brightness indicate the amount of exposure
from 43 days, the shortest, to 52 days, the
longest.**



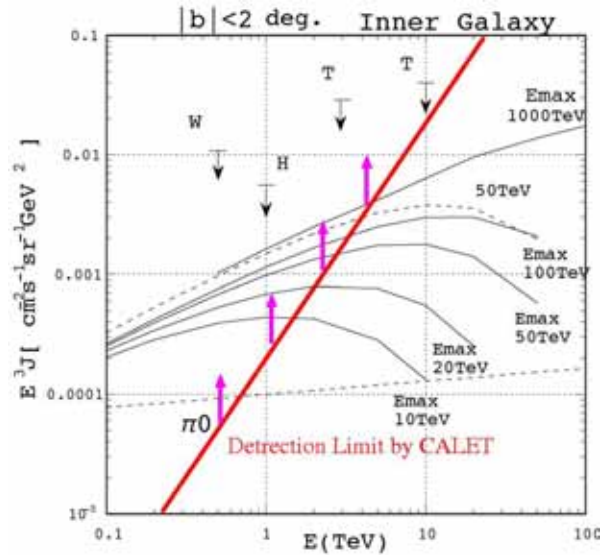
CALET Capability of Gamma-Ray Observations



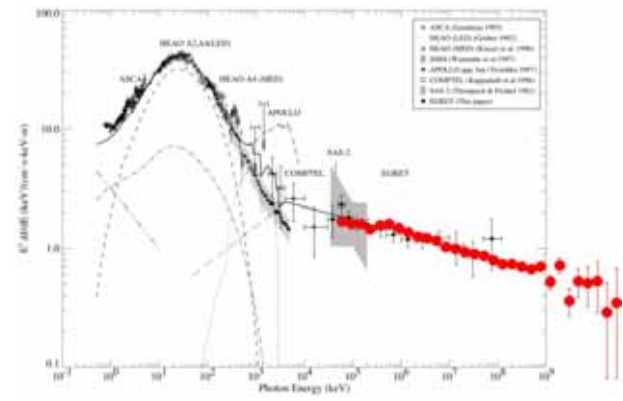
Point Source Sensitivity in One-Year Observation



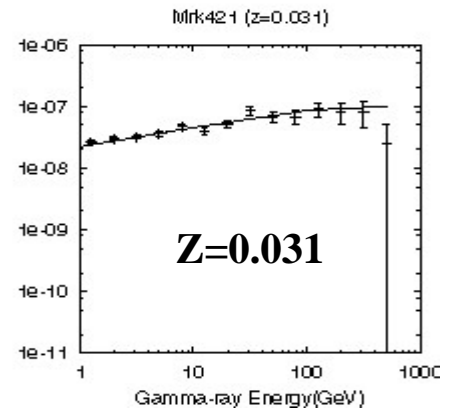
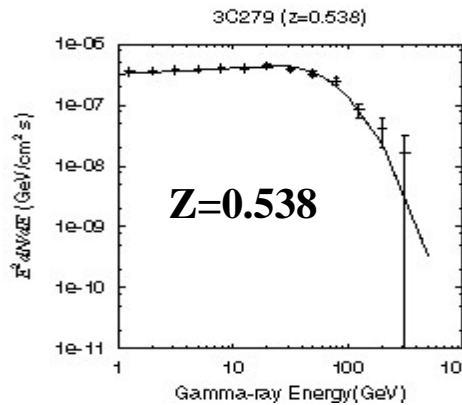
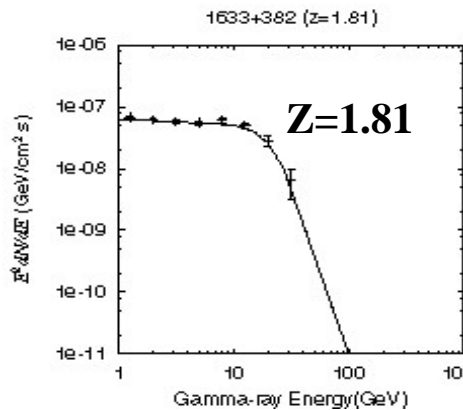
Galactic Diffuse Component



Extra-Galactic Diffuse Component



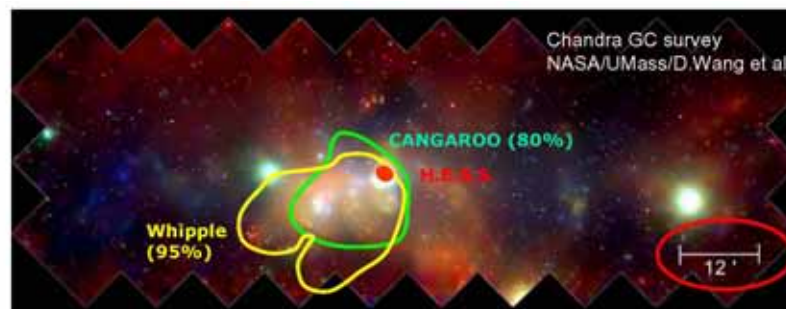
AGN Spectra Observed after Absorption by IR Backgrounds



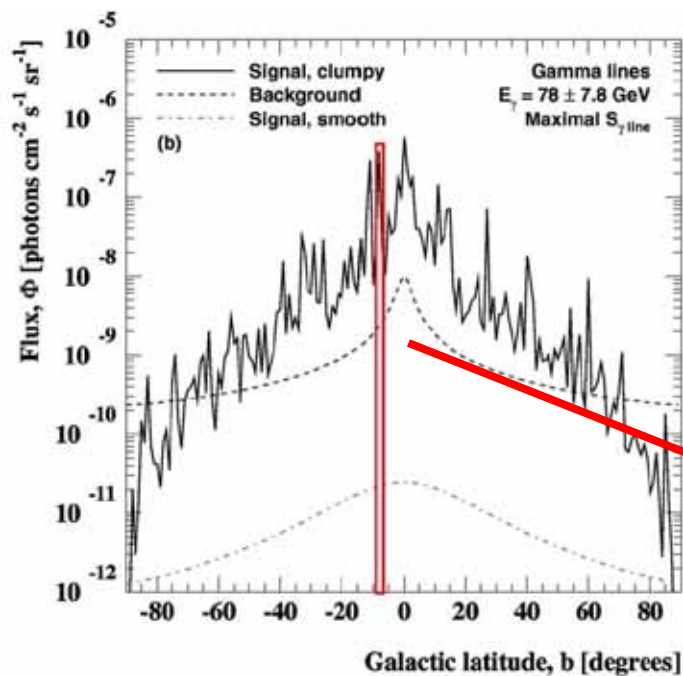
Line Gamma-Ray from SUSY Dark Matter



TeV Gamma-Ray from GC ?

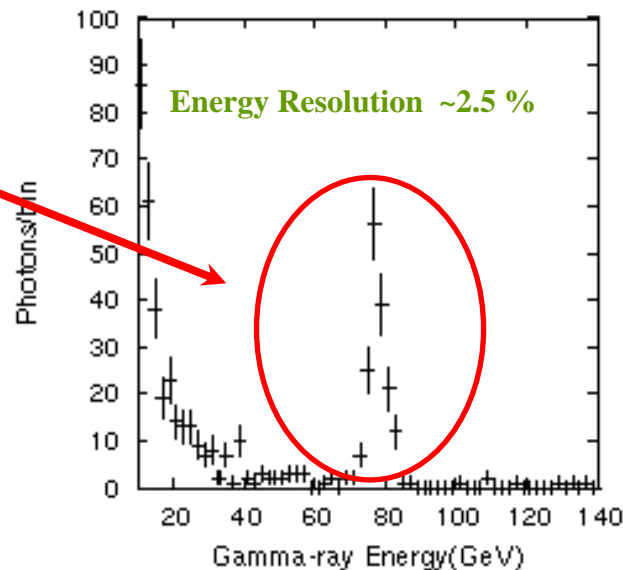


Contours from Hooper et al. 2004



Line Gamma-Ray from SUSY DM

Neutralino annihilation gamma-ray



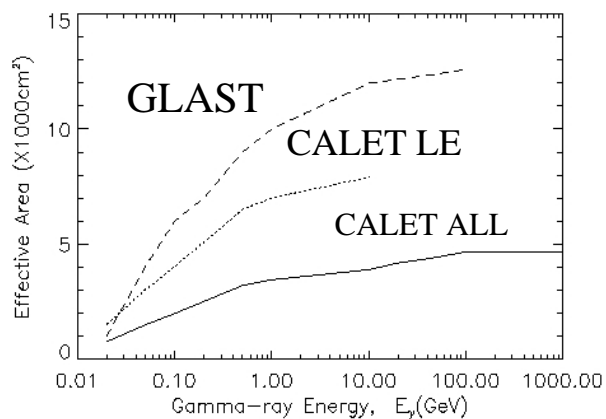
SUSY (Neutralino) Dark Matter
Bergstrom et al. Phys. Rev. D (2001)

Simulation of Gamma-ray Performance

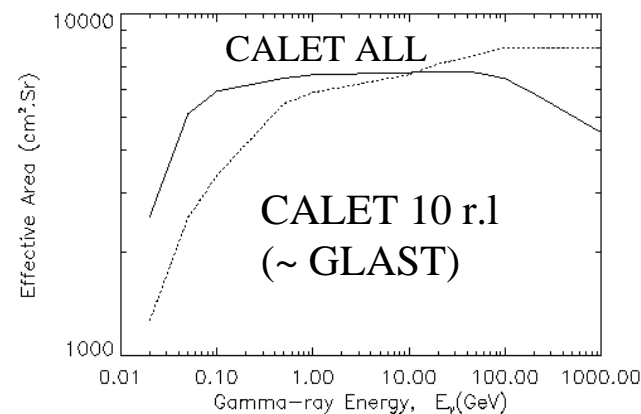


(Preliminary)

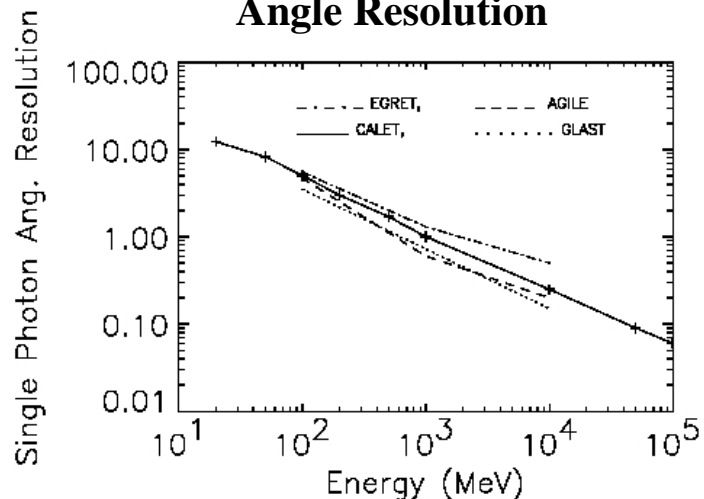
Effective Area



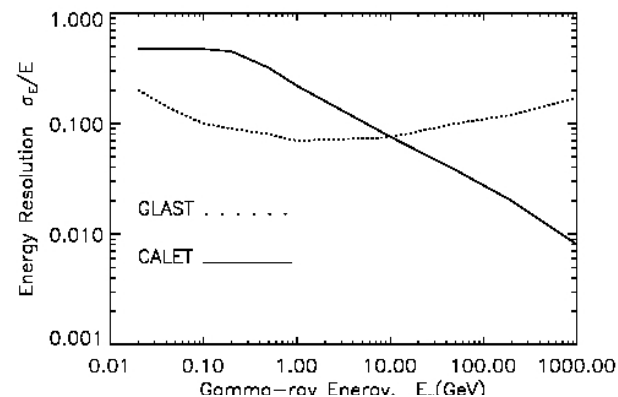
Geometrical Factor



Angle Resolution



Energy Resolution



Observation of Proton and Heavy Ions (Optional)

Present Data

Measurements of proton and heavy ion flux in the energy region exceeding 1 TeV, in which magnet spectrometer is not capable.

For proton measurement:

$$S_{\text{eff}} \sim 0.5 \text{ m}^2 \times 1/3 \text{ (for p)}$$

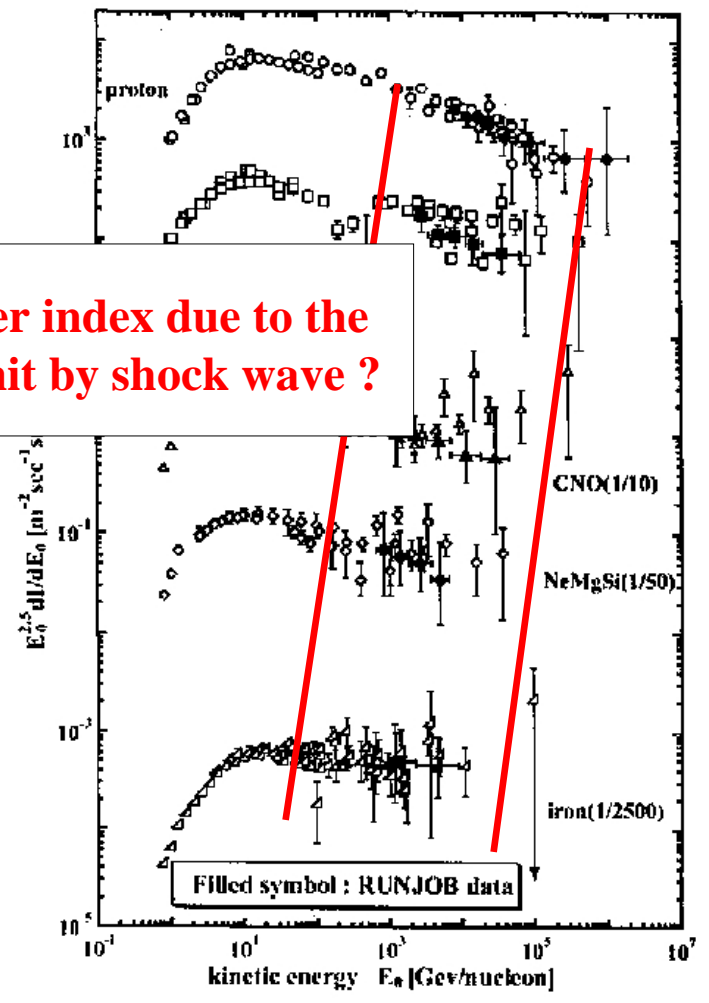
Exposure factor for 1000 days:

$$170 \text{ m}^2 \text{ sr day} \sim 1.5 \times 10^7 \text{ m}^2 \text{ s sr}$$

Expected numbers of protons:

Energy (TeV)	Number
1	$\sim 10^6$
10	1.8×10^4
100	3.2×10^2
1000	6

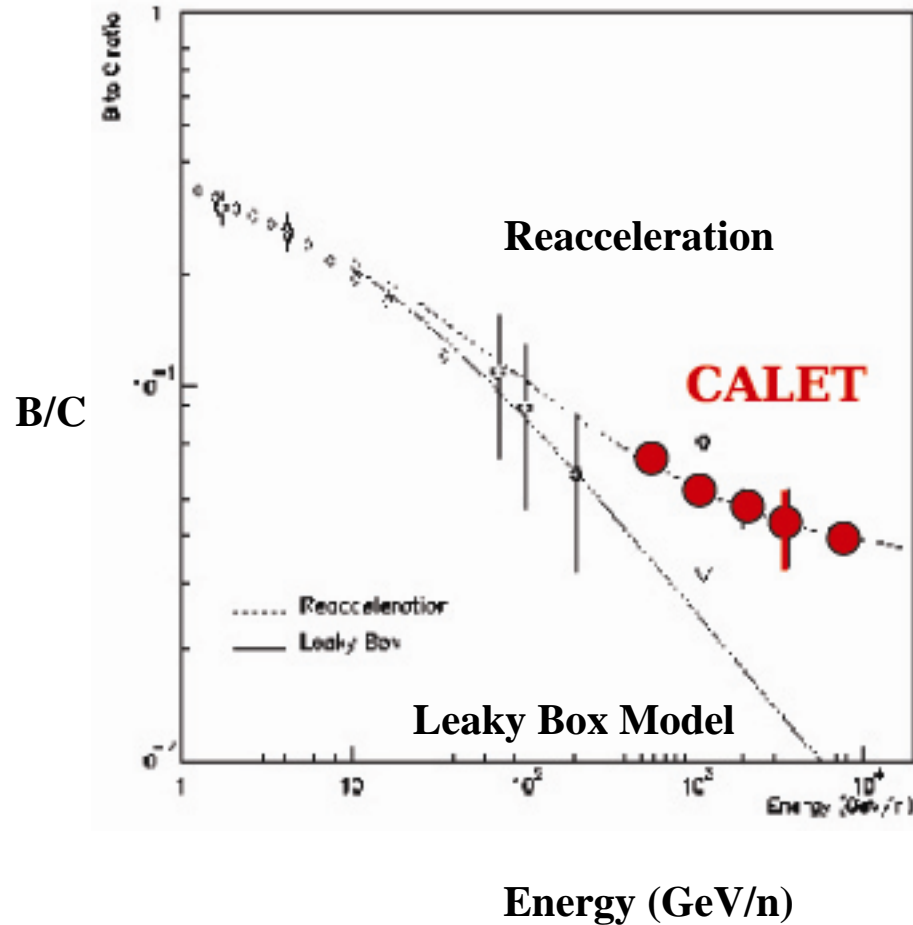
Change of power index due to the acceleration limit by shock wave ?



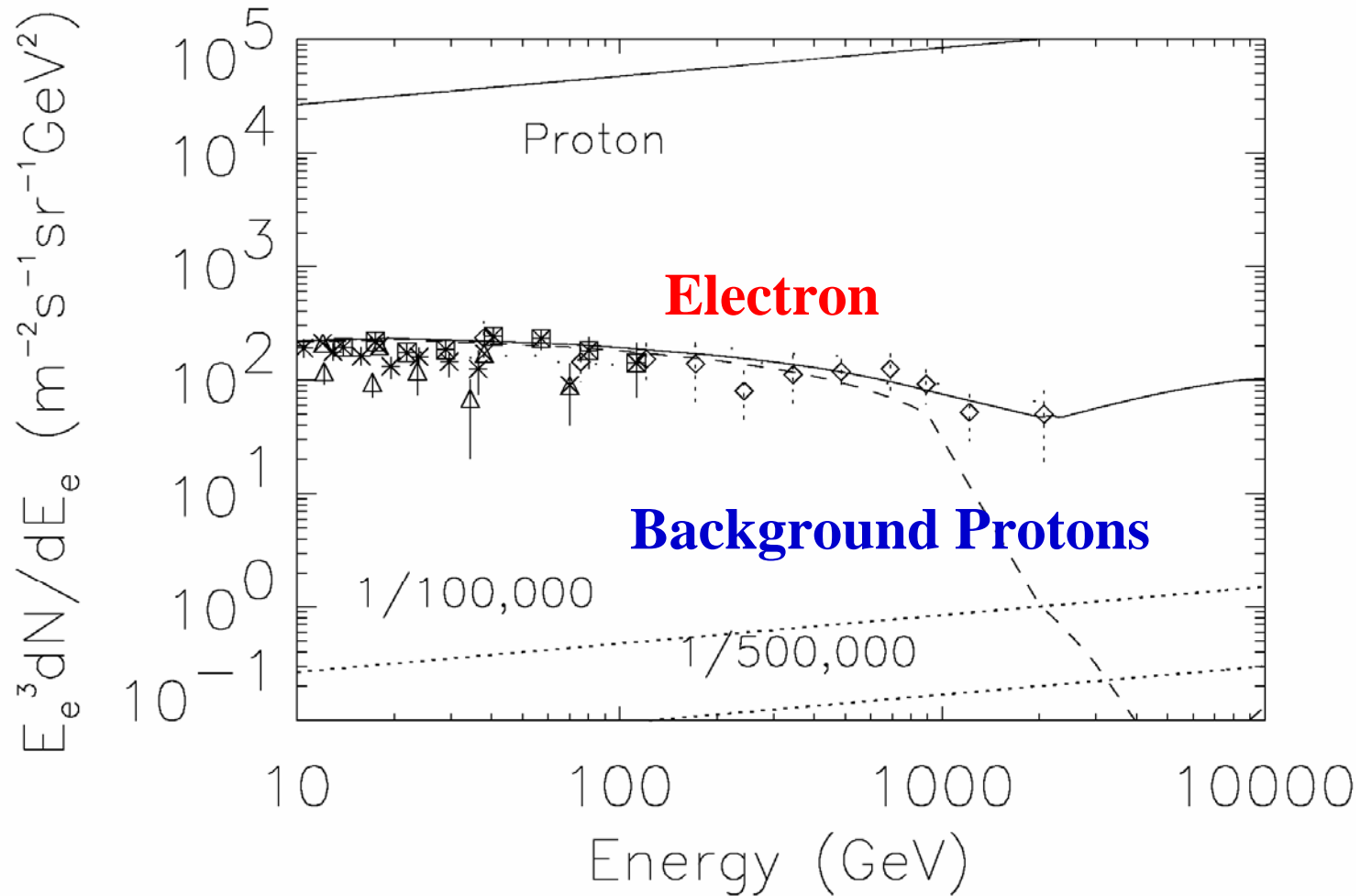
Propagation Model by B/C Ratio



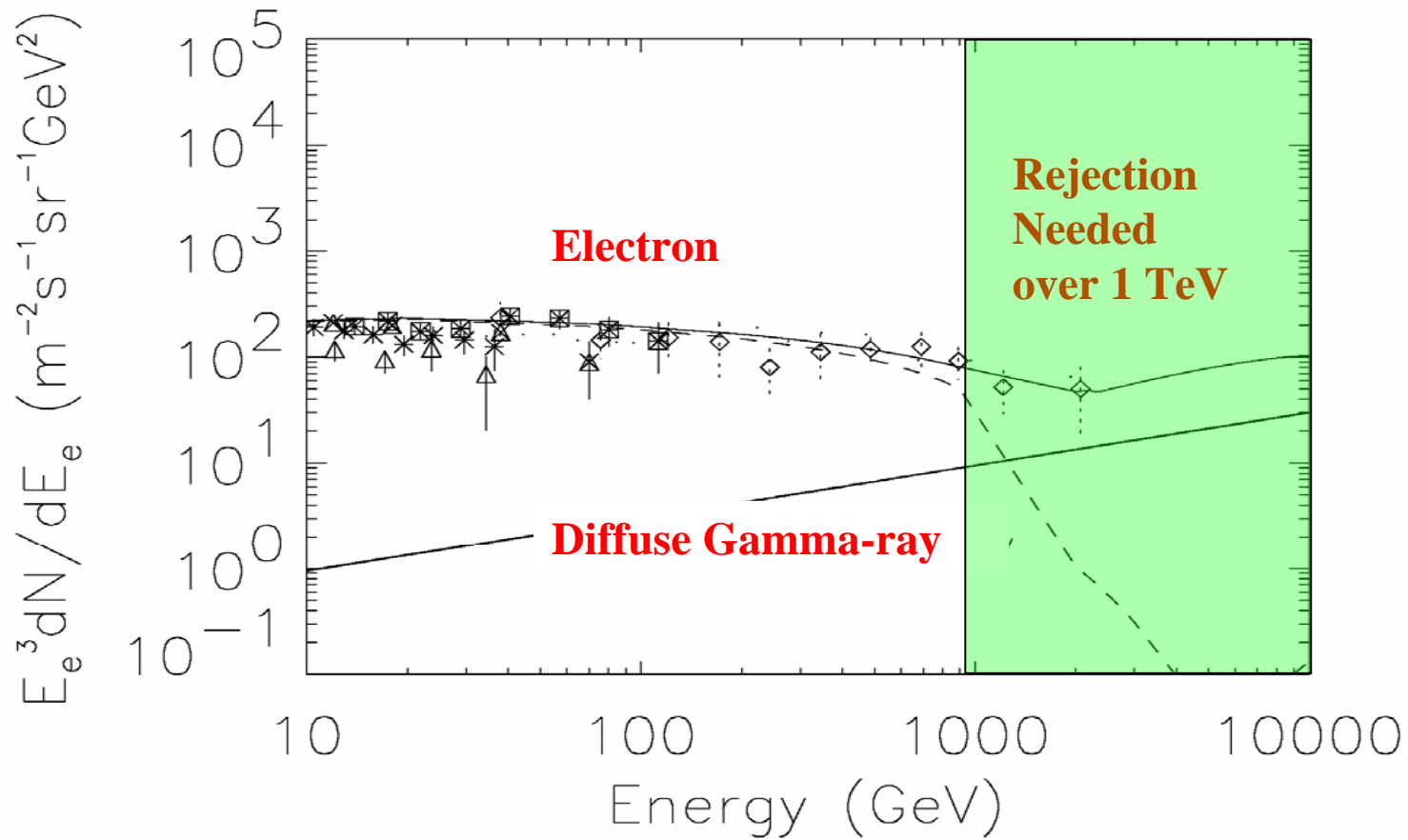
S.Swordy1998 (Corrected for CALET)



Electron Detection and Proton Background



Electron and Gamma-ray Flux



装置要求性能:

- 有効面積: 1 m² sr
- イメージング性能: < 1mm
- 陽子除去性能: ~10⁶
- エネルギー領域:
20 MeV~10 TeV for e,
1 ~ 1000 TeV for hadrons
(Optional)

イメージングカロリメータ (IMC):

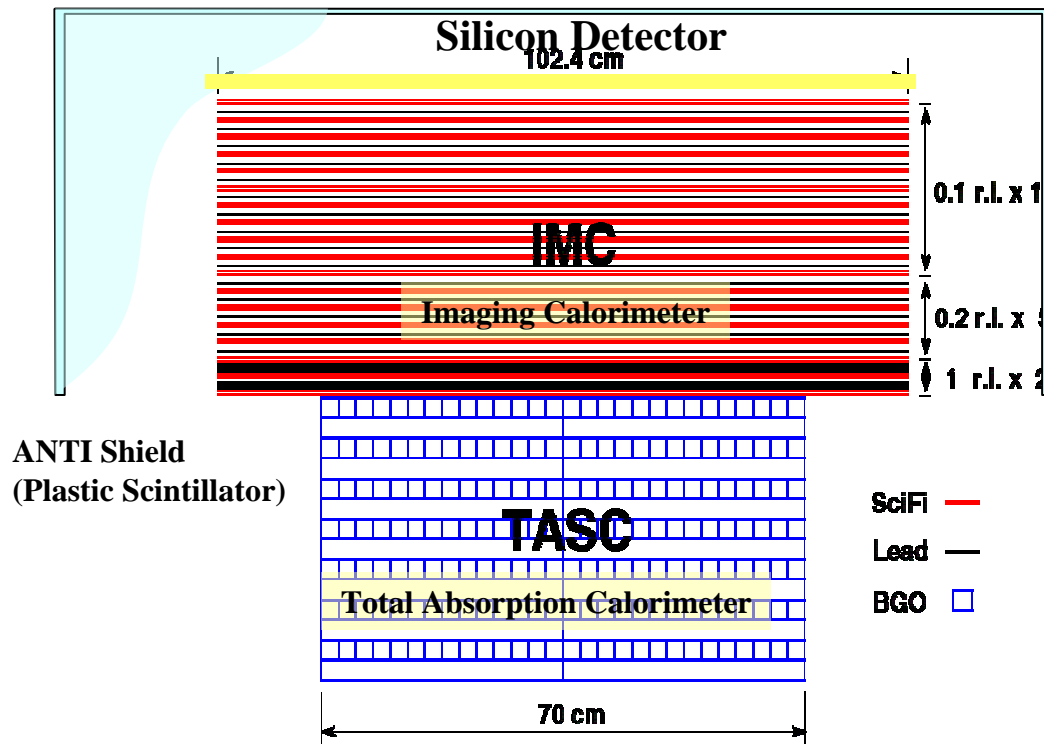
- 面積: ~1 m²
- シンチファイバー:
1mm square x ~1 m length
18 layers(x &y)
- 鉛の厚さ: 4 r.l , 0.13 m.f.p

全吸収型カロリメータ (TASC):

- 面積: ~0.5 m²
- BGO: 25 x 25 x 350 mm
7 layers (x &y)
- BGOの厚さ: 32 r.l , 1.6 m.f.p

CALETの側面断面図

検出器質量: 1760 kg
全吸収層の厚さ: 36 r.l ~1.7m.f.p



Examples of Shower Profile by Simulation

Gamma-ray 20 MeV



Gamma-ray 100MeV



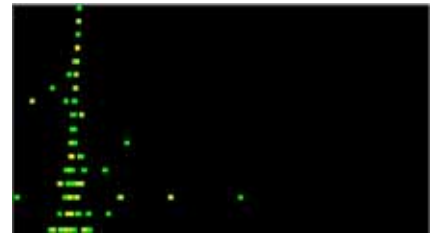
Gamma-ray 1GeV



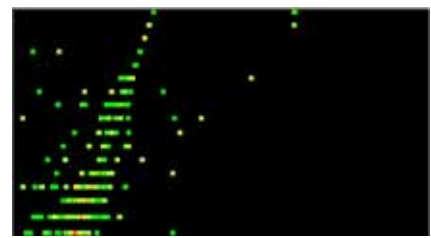
Gamma-ray 10GeV



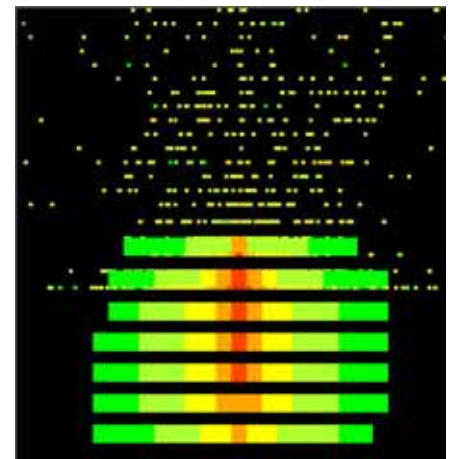
Electron 10 GeV



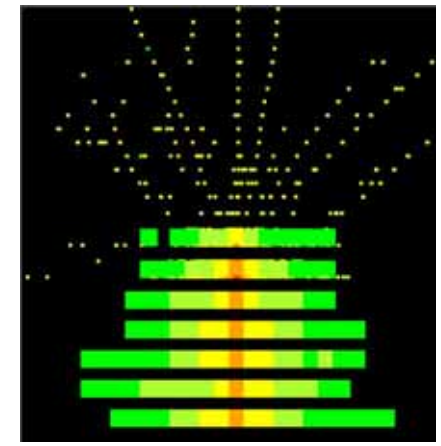
Electron 100 GeV



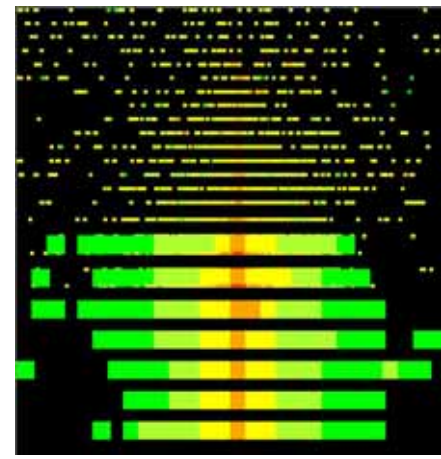
Electron 10 TeV



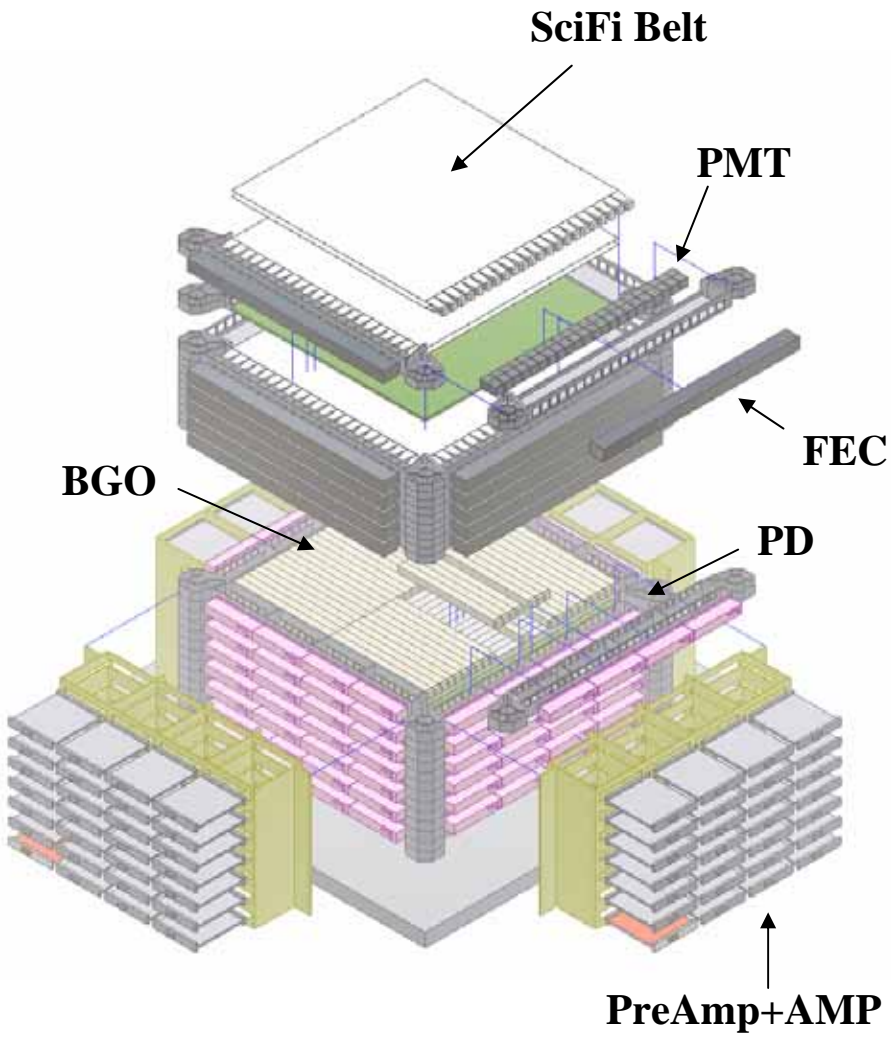
Proton 3 TeV



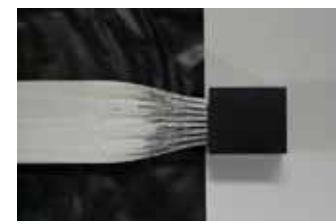
Proton 3 TeV



Detector Components



SciFi Belt (32 x 2 layers)



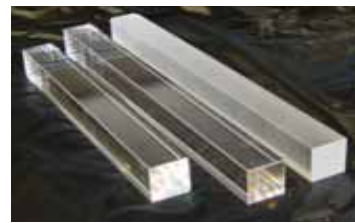
64-anode PMT



FEC (VA32, TA, 16bits ADC, FPGA)



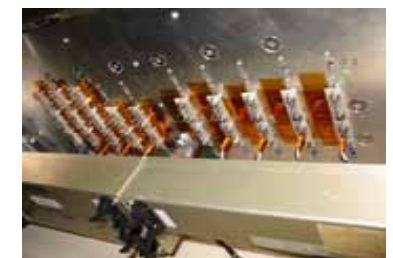
BGO+PbWO₄



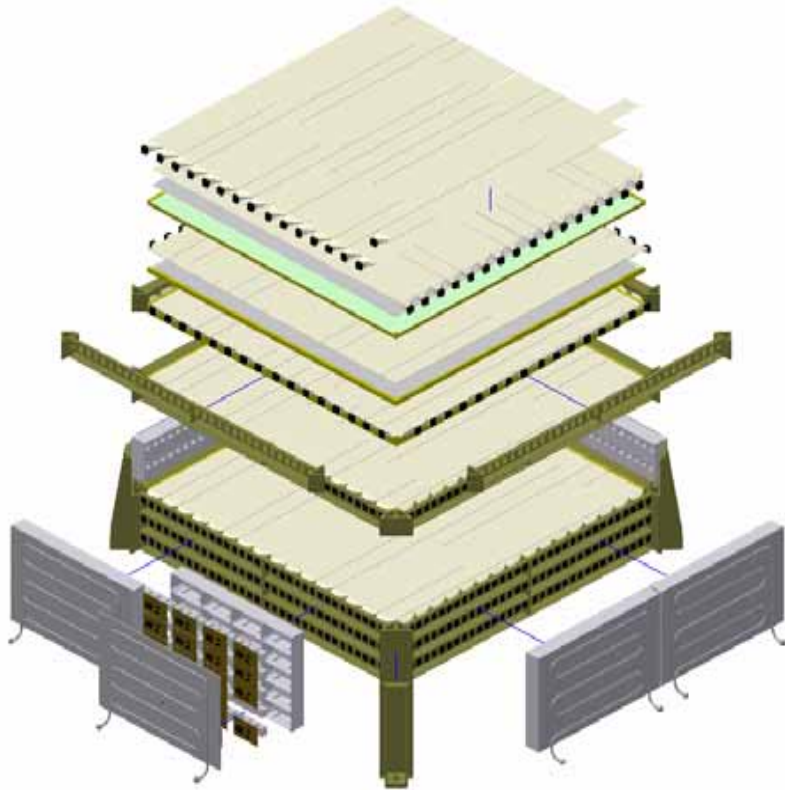
BGO+PD



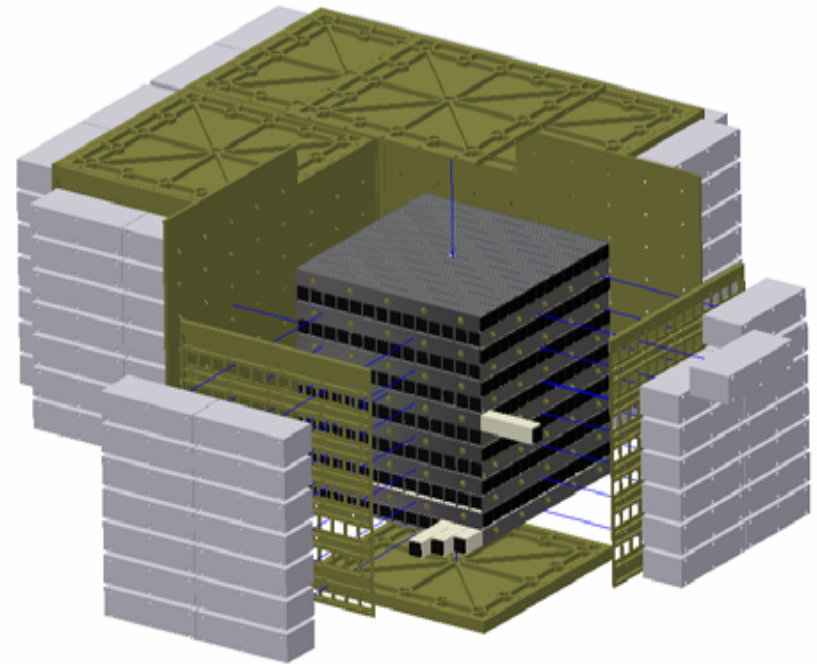
Connectors to Pre-Amplifier



Imaging Calorimeter



Total Absorption Calorimeter

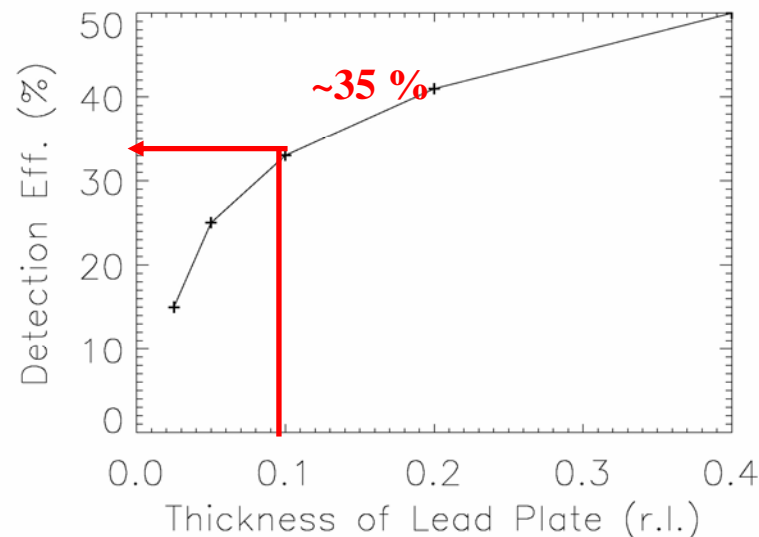
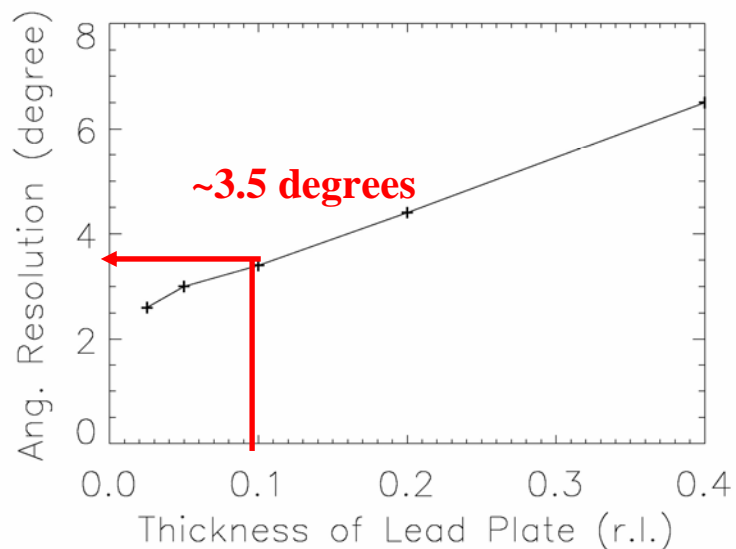


Gamma-Ray Detection vs. Lead Thickness



For gamma-ray observation, the angle resolution and detection efficiency depends on the thickness of lead plate

100 MeV gamma-ray for 0.1 r.l. thickness of lead



Angle Resolution vs. Lead Thickness

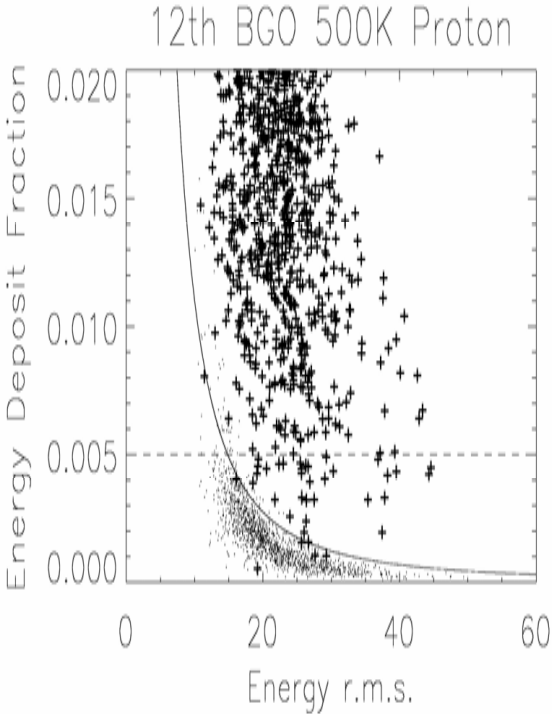
Detection Efficiency vs. Lead Thickness

Rejection Capability for Protons vs. BGO Thickness

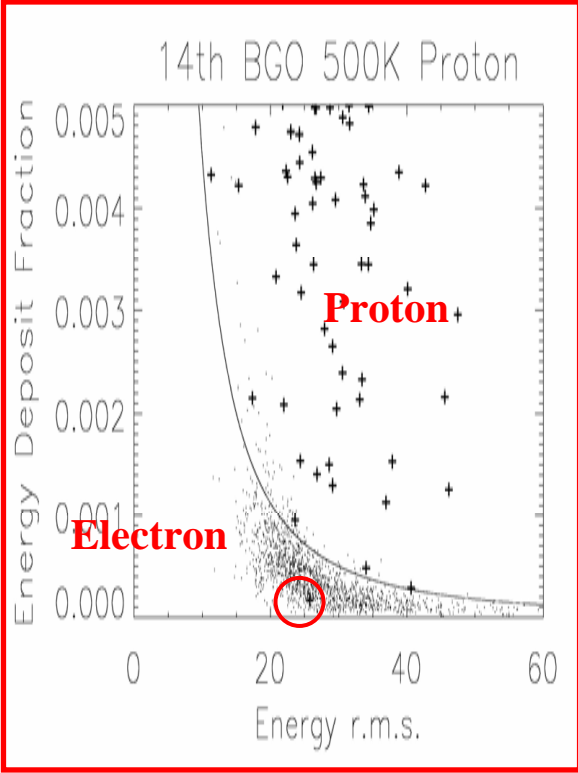
Simulation of Shower Development in BGO

Proton Events: 500,000 >1 TeV

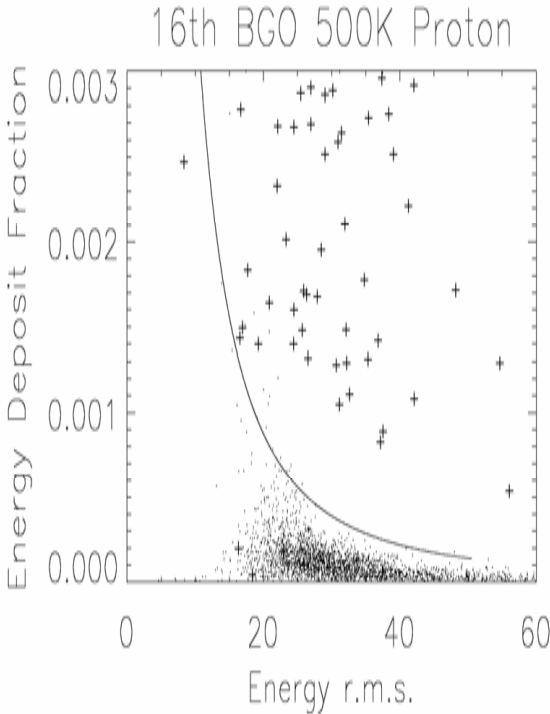
Electron Events: 1000 >1TeV



BGO12 31 r.l



BGO14 35.25 r.l



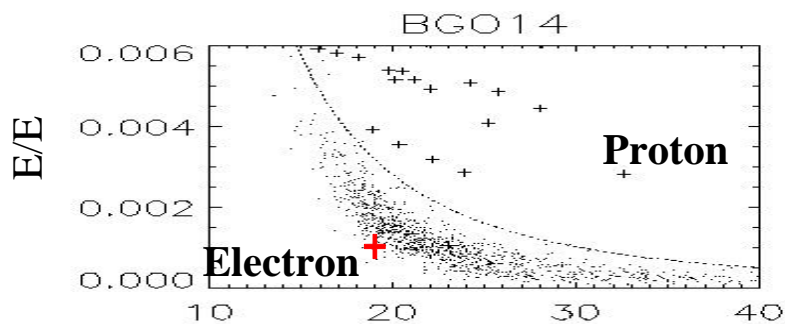
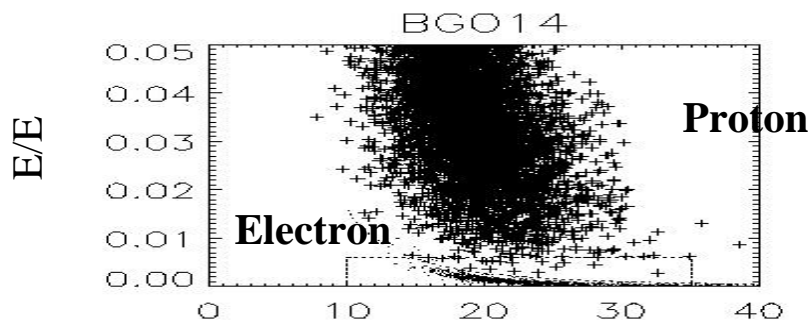
BGO16 39.7 r.l.

Simulation Study on Hadron Rejection Power

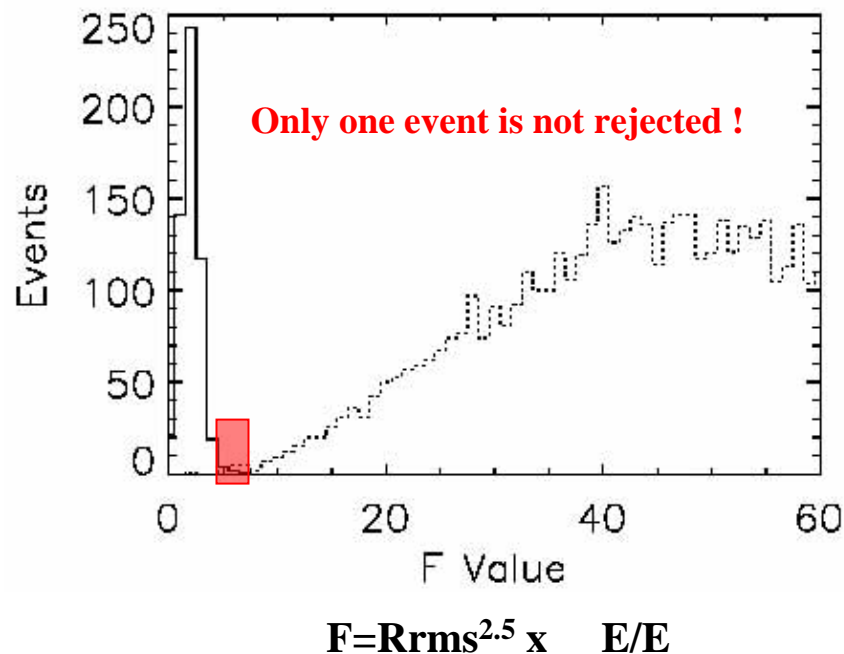


Simulation Events: Isotropic Incident and Uniform Distribution on the Top
Proton Events $\sim 10^6$ at 10 TeV (Spectrum) : Electron Events 1000 at 4 TeV

E/E: Fraction of Energy Deposit at the Bottom Layer (BGO14)
Rrms: Root Mean Square Lateral Spread of Shower (Energy Weighted)



Rrms(x 0.25cm)



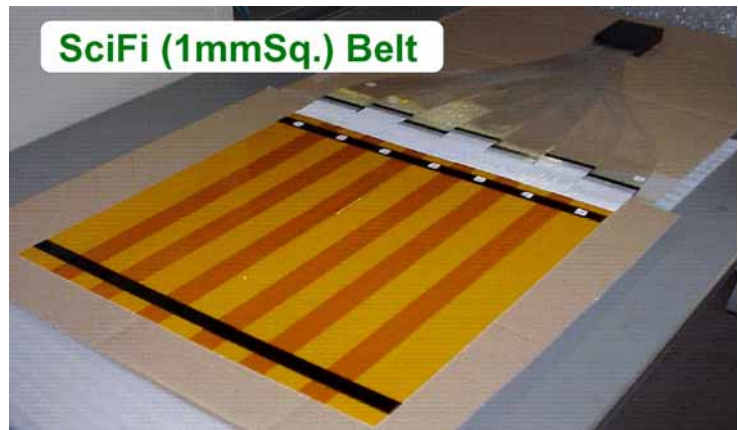
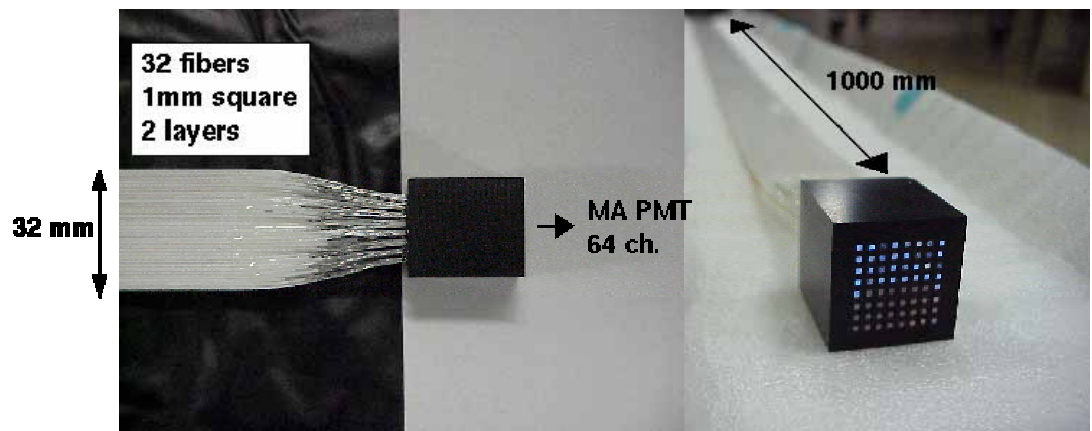
電子観測におけるCALETの性能(シミュレーション)



Attachment Payload (Max. Total Weight)	JEM/EF Heavy (2500 kg)
Energy Range of Electrons	1 ~ 10,000 GeV
Geometrical Factor	0.5~1.0 m²sr
Proton Rejection Power	~ 10⁶ #)
Energy Resolution	9.2 / sqrt(E(10 GeV)) %
Angular Resolution [deg.]	0.03 ~0.1 deg.
Instrumental Weight	2,200 kg

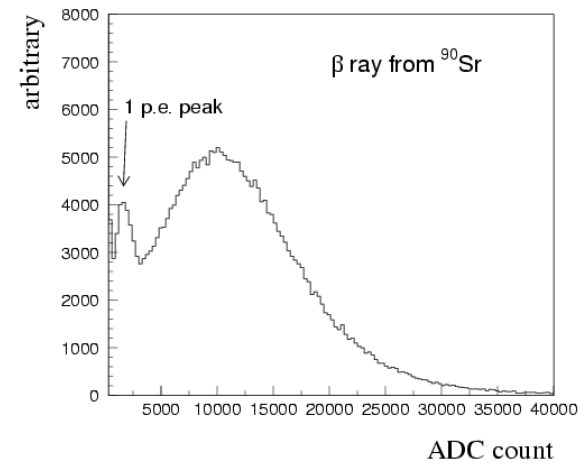
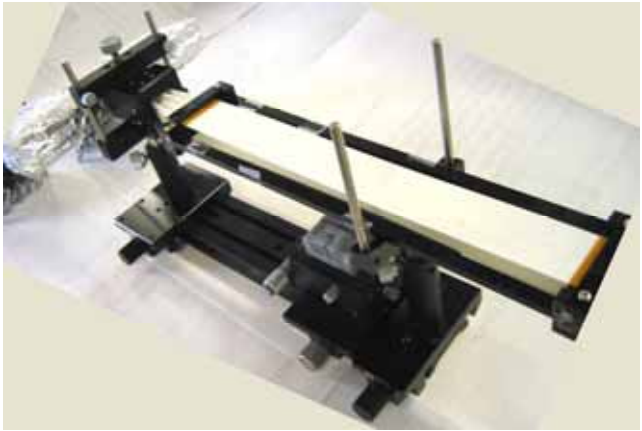
#) Total Rejection Power by Scifi Cal. and BGO Cal. for the protons at same energy with electrons

Scintillating Fiber (SciFi)



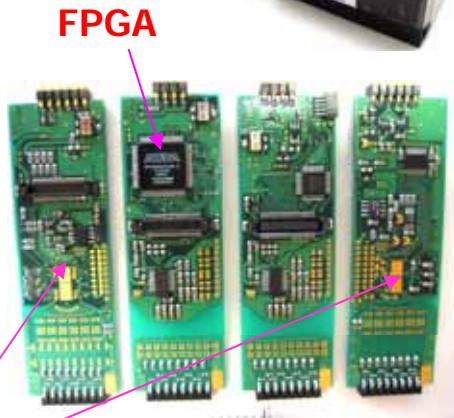
Measurement of 1MIP Peak of SciFi

Peak – 6.5 p.e for the γ - ray source
5.7 p.e for 1 MIP





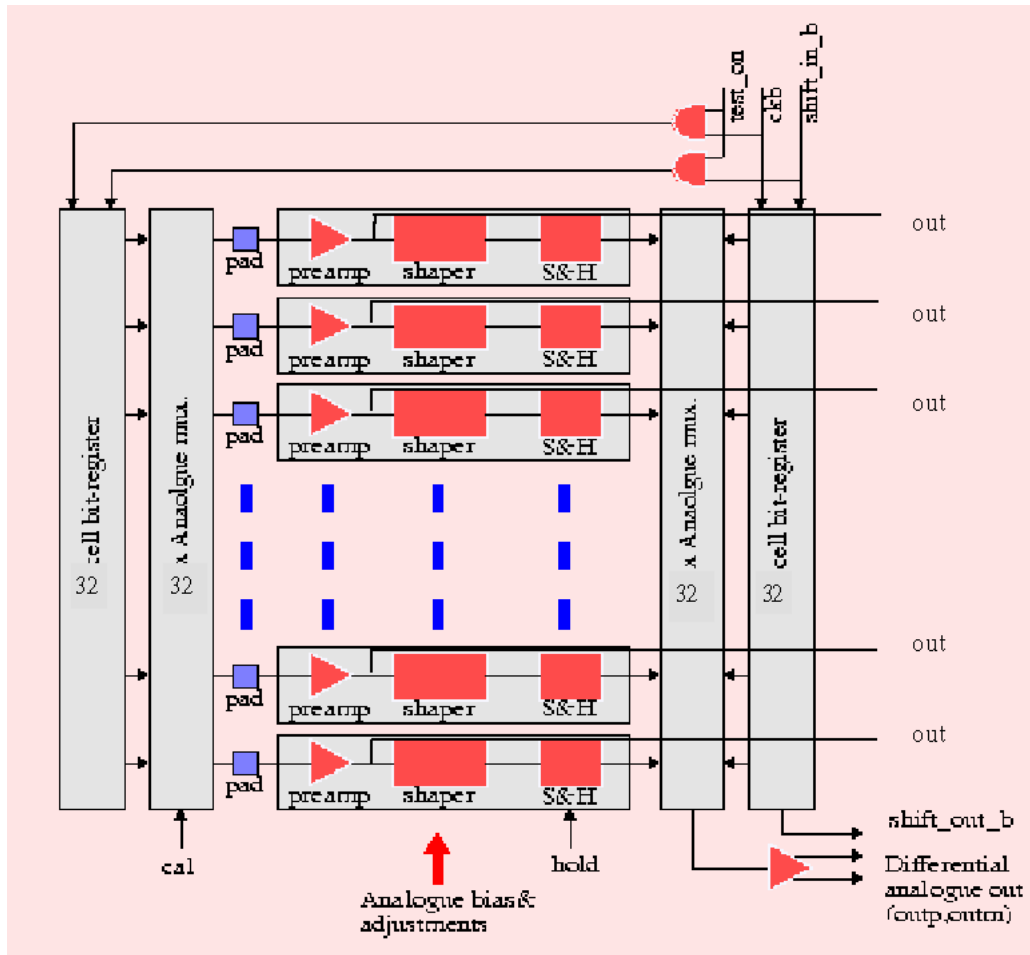
Bonding of Viking Chip



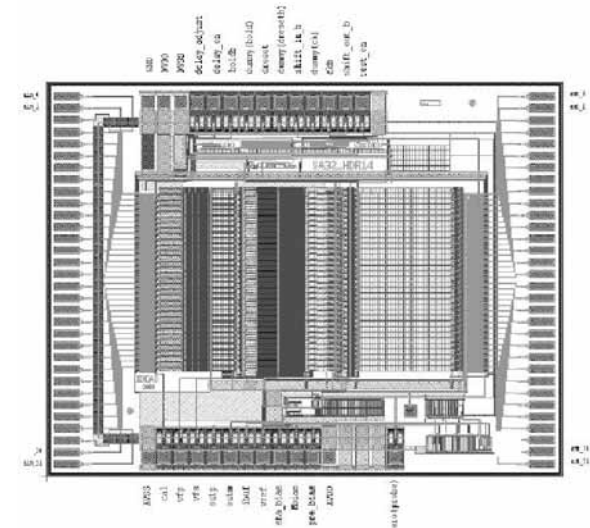
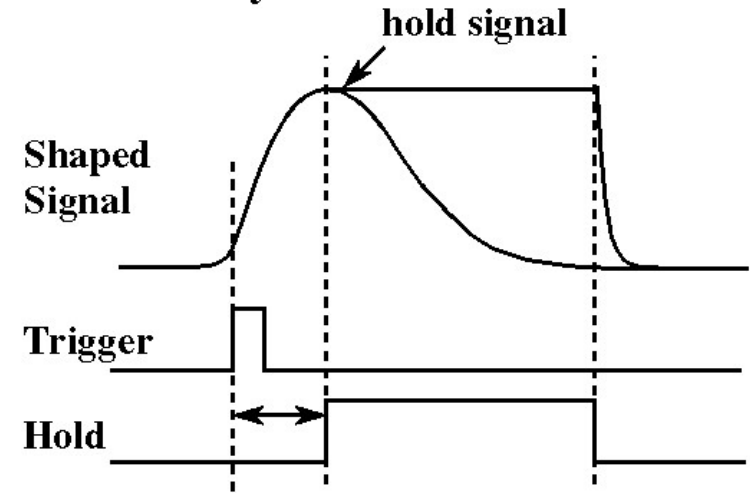
VA, TA

- Carefully select parts(ADC, Op Amp etc)
<- small size, low power consumption
- Signal between back plane and FEC is separated with photo-coupler
<- Noise reduction

- Power consumption for 1 set up FEC
(for 1 MA-PMT, 64 channel)
→ 300 mW (measured)
- Specification of VA power consumption
 $109 \text{ mA} * 2 + 30 \text{ mA}(\text{other})$
→ total(40000 channel)
~ 190 W(with only VA)
- Readout speed of more than 1 kHz



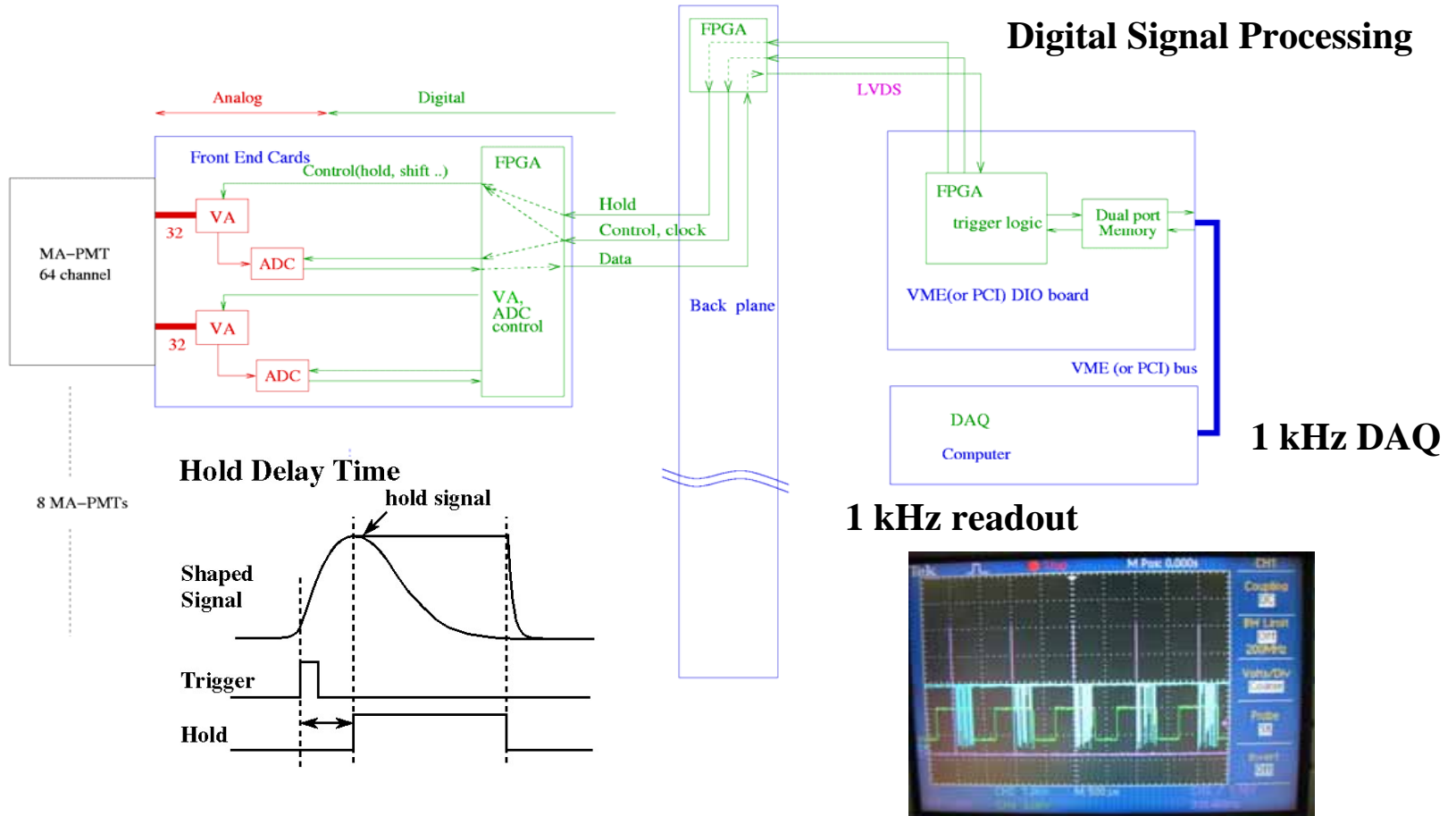
Hold Delay Time



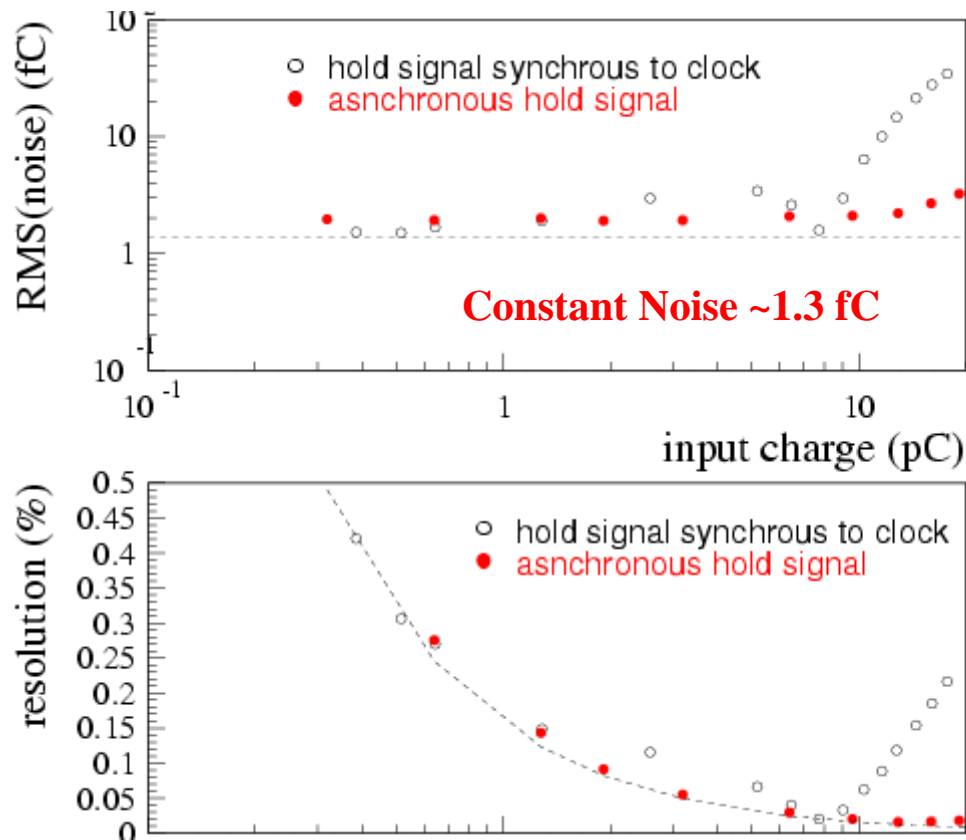


	VA32HDR2	VA32HDR14 (design spec.)
Noise (RMS)	0.2 fC (1.2×10^3 e)	0.75 fC (4.7×10^3 e)
1MIP	3.6 fC (2.2×10^4 e)	3.75 fC (2.3×10^4 e)
1MIP/Noise	18	5
Maximum Input	± 0.8 pC (5.2×10^6 e)	± 15 pC (9.4×10^7 e)
Linearity		1.15 % @ -8 pC 2.9 % @ -12 pC 7.45 % @ -15 pC
Gain	370 μ A/pC	73 μ A/pC
Dynamic Range	230	4000
Peaking Time	1 ~ 3 μ s	~ 1.85 μ s
Supply Voltage	± 2 V	± 2.5 V
Power	1.5 mW/ch	3.4 mW/ch
Size [mm ²]	3.642 x 3.355	4.375 x 3.330

FEC Development -Readout Speed-

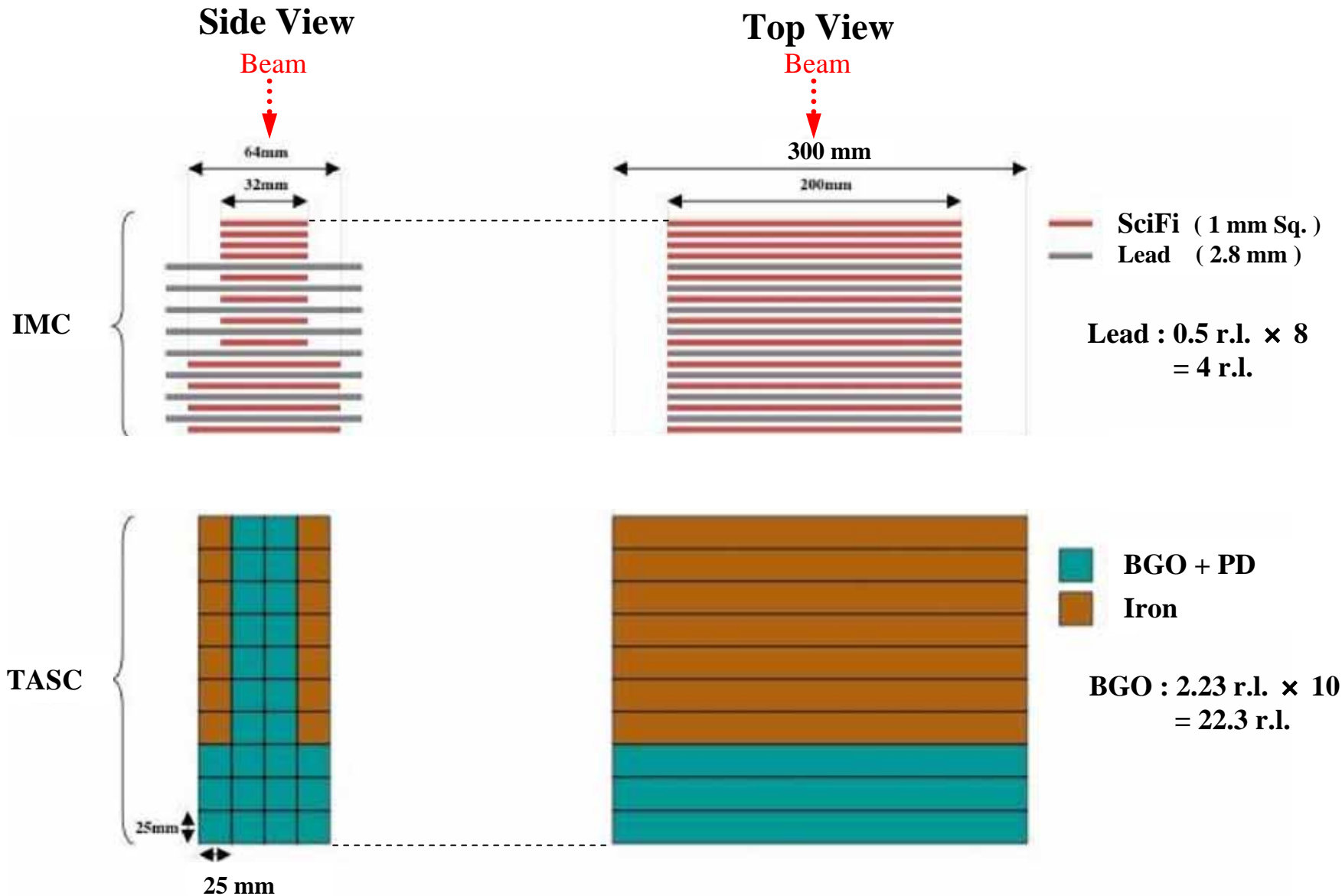


1 ADC for 1 VA chip(A/D conversion is performed in FEC)
 16 bit ADC(max 250 kHz) operated with 10 μ sec / channel (100 kHz)
 → **320 μ sec / event (3 kHz)** ← enough for CALET application

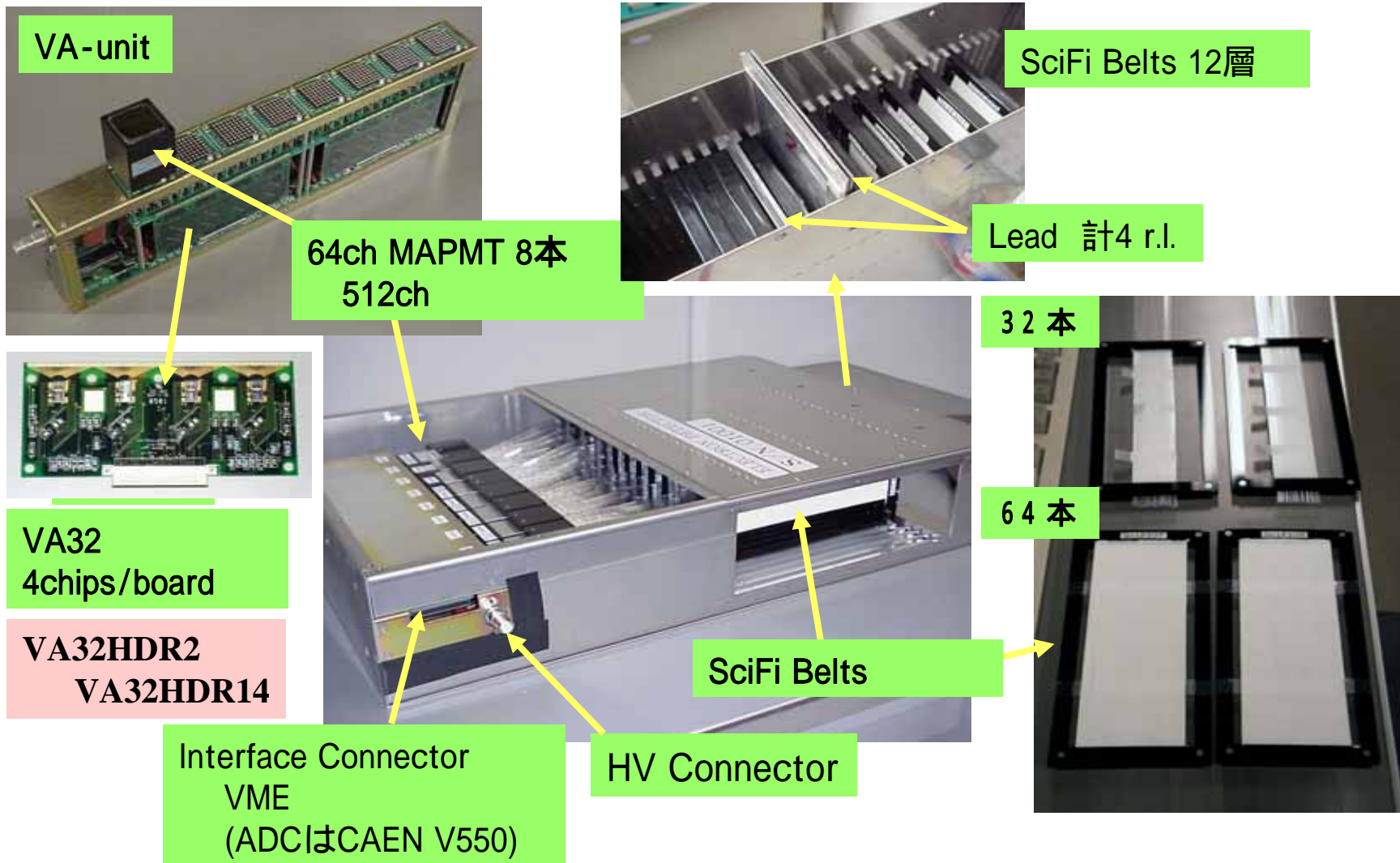


- Noise at large input charge ($> 10\text{pC}$) in case of the synchronous hold signal comes from the time jitter
- Flatter (better) noise performance in case of the asynchronous (trigger) hold signal → use asynchronous hold signal

ビーム実験用プロトタイプ検出器



ビーム実験用プロトタイプIMC検出器 (SciFi) の組み上げ



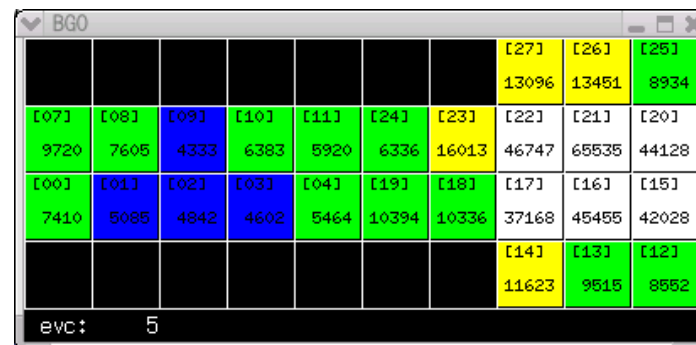
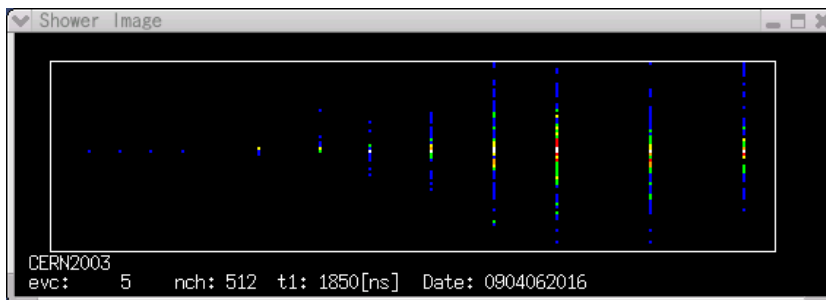
Test by CERN SPS Beam in 203



Imaging Calorimeter

Total Absorption Calorimeter

e 100 GeV/c

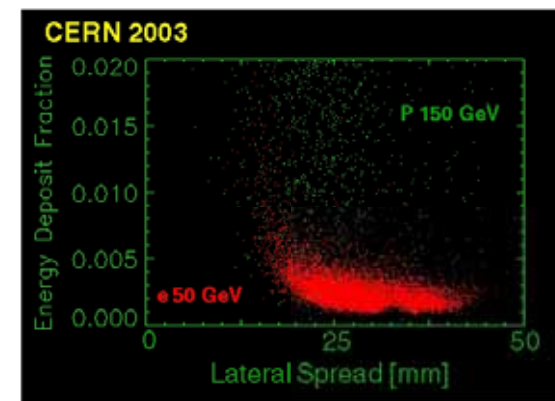
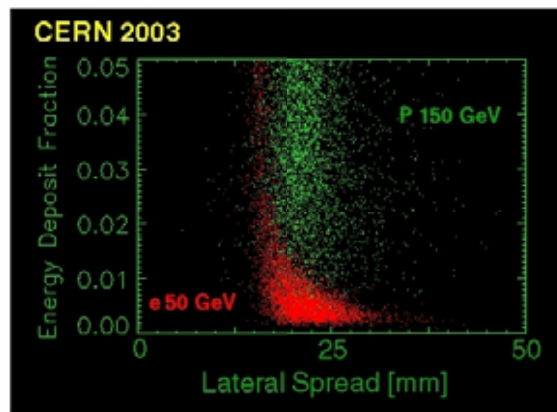
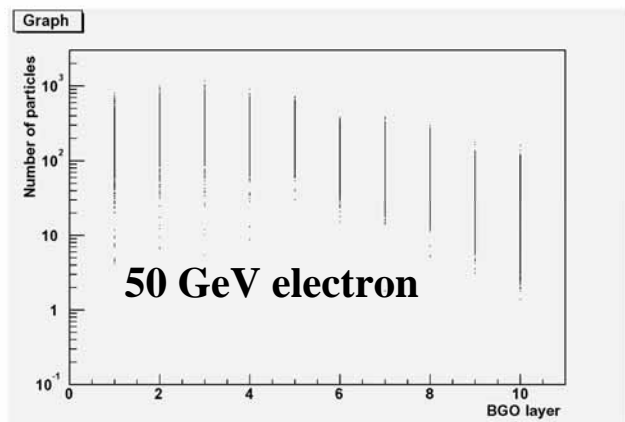


SciFi Belts : 14 layers, Lead : 4r.l

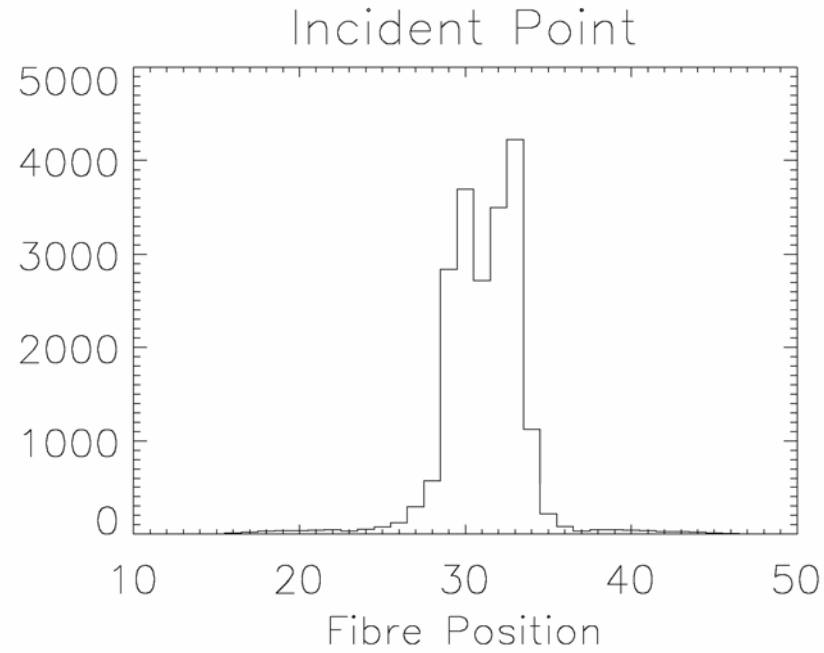
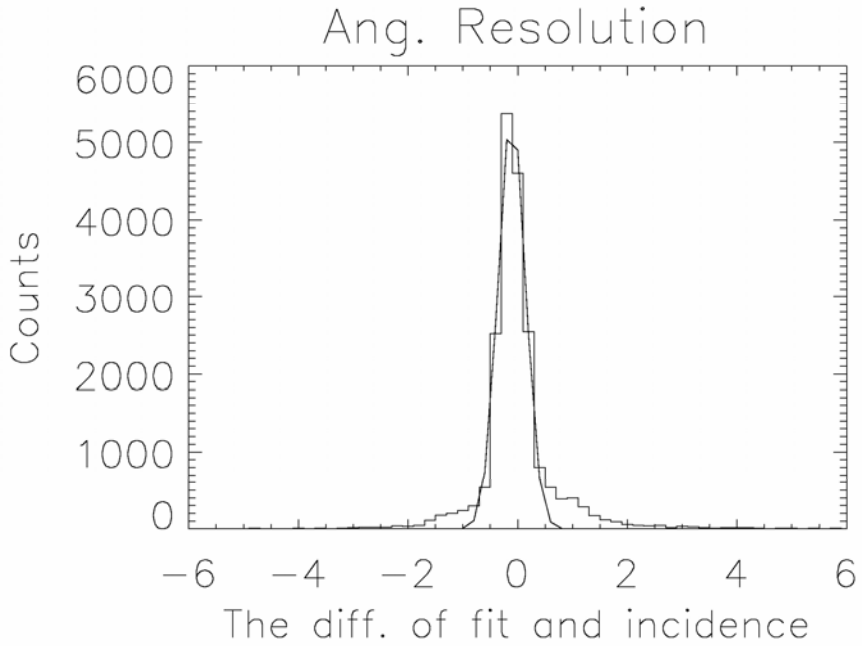
BGO: 10 layers (CALET 14 layers)

Proton Rejection Capability

Transition Curve of Electron Shower



IMC Performance - Angle and Position Resolution -



Incident Beam 1cm x 1cm

Without gain correction :

Angle Resolution ~0.25 degree

Position Resolution ~ 0.5mm



**Expected
after correction**

0.1 degree

0.2 mm

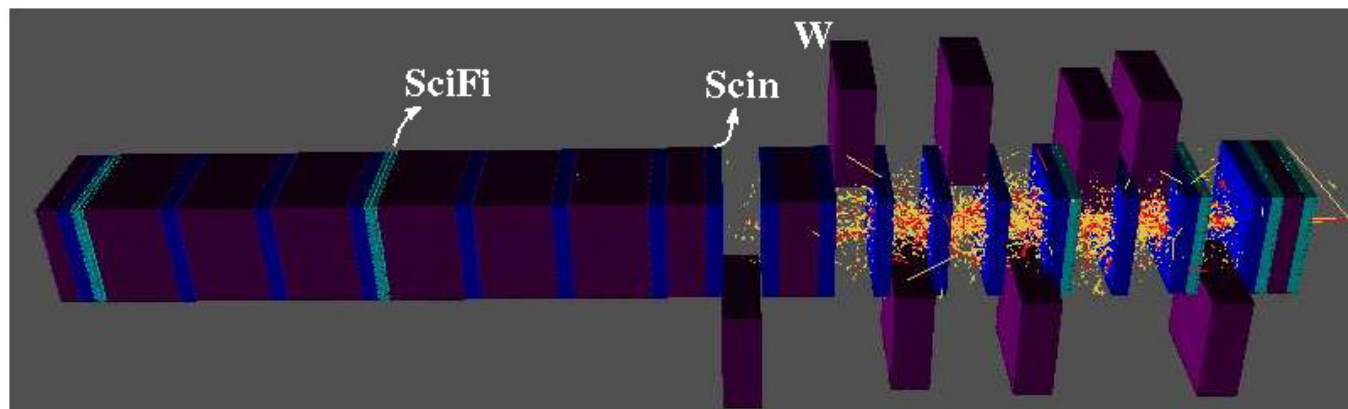
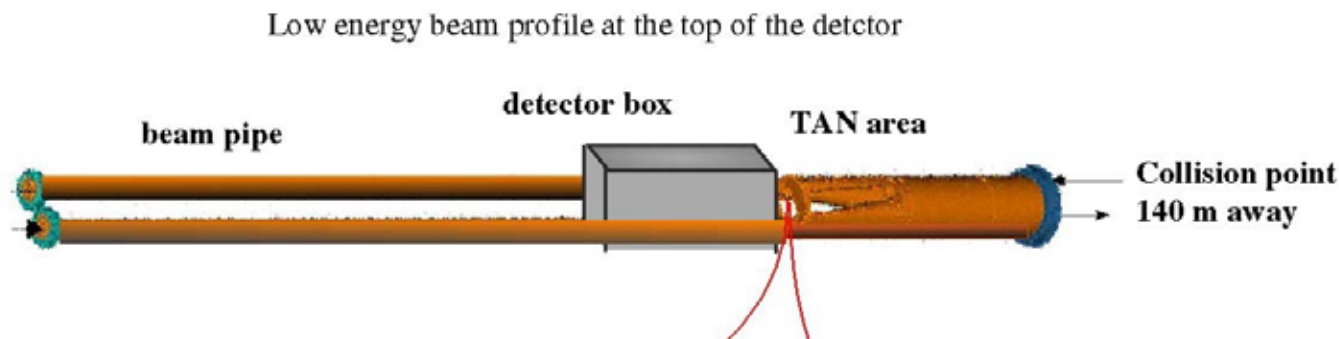
TAプロジェクトのためのLHC実験

(名大STE研、芝工大、神奈川大、フローレンス大、エコールポリテクニク、LBNL)



7 TeV x 7 TeVの衝突型加速器 (CERN-LHC)による前方散乱粒子の測定により、 10^{17} eVにおける2次粒子の最前方領域でのエネルギー分布を測定することにより、シミュレーション計算で必要なハドロン相互作用モデルを決定する。

TeV領域でのCALETのキャリブレーション



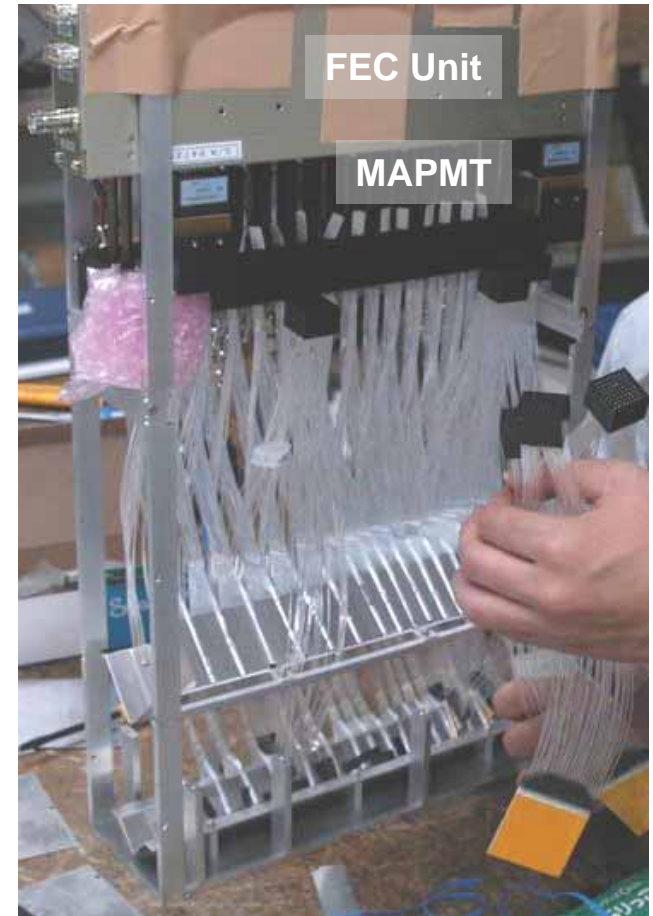
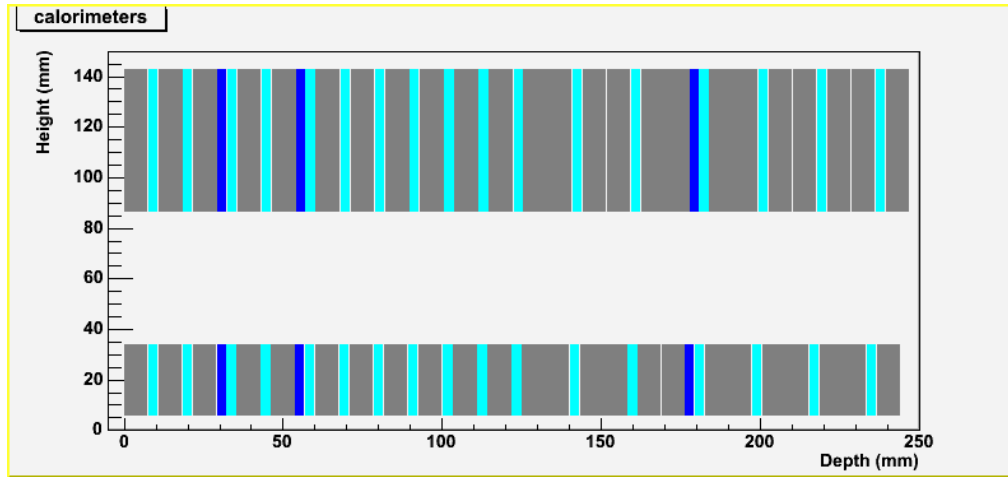
測定器の概念図

Assembling of SciFi Detector for LHCf Prototype in 2004



SciFi Belt at 6 r.l 10r.l

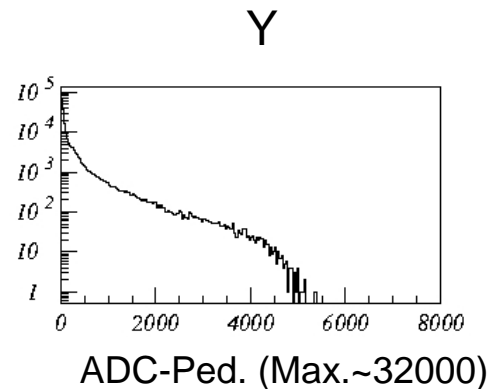
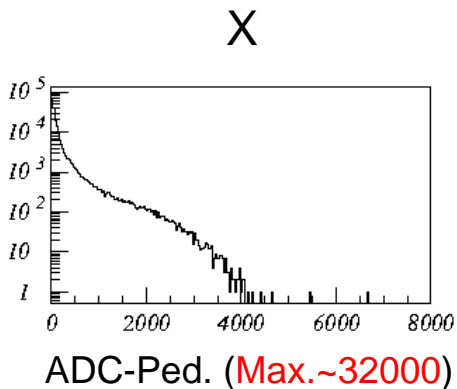
34 r.l



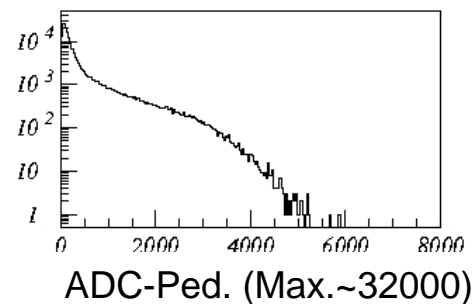
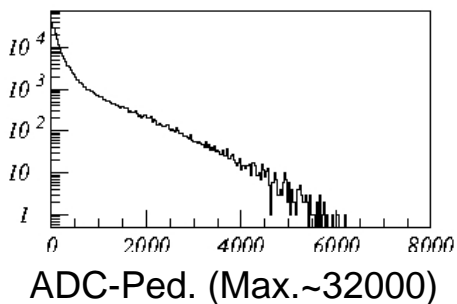
SciFi Signal Intensity for Electron 200 GeV (HV -600 V)



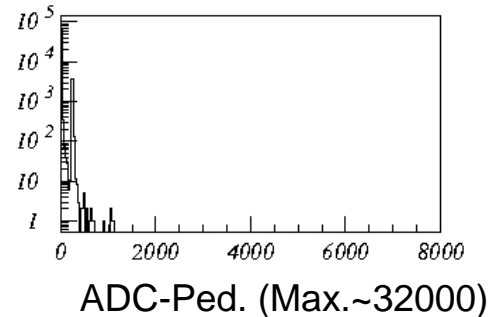
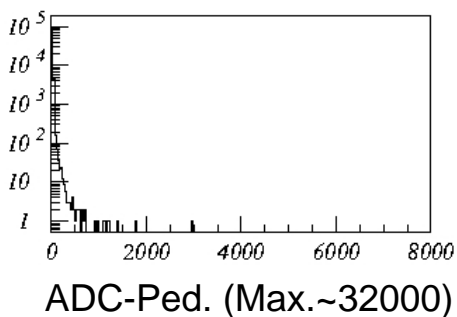
SciFi Lay1
@ 6 r.l.



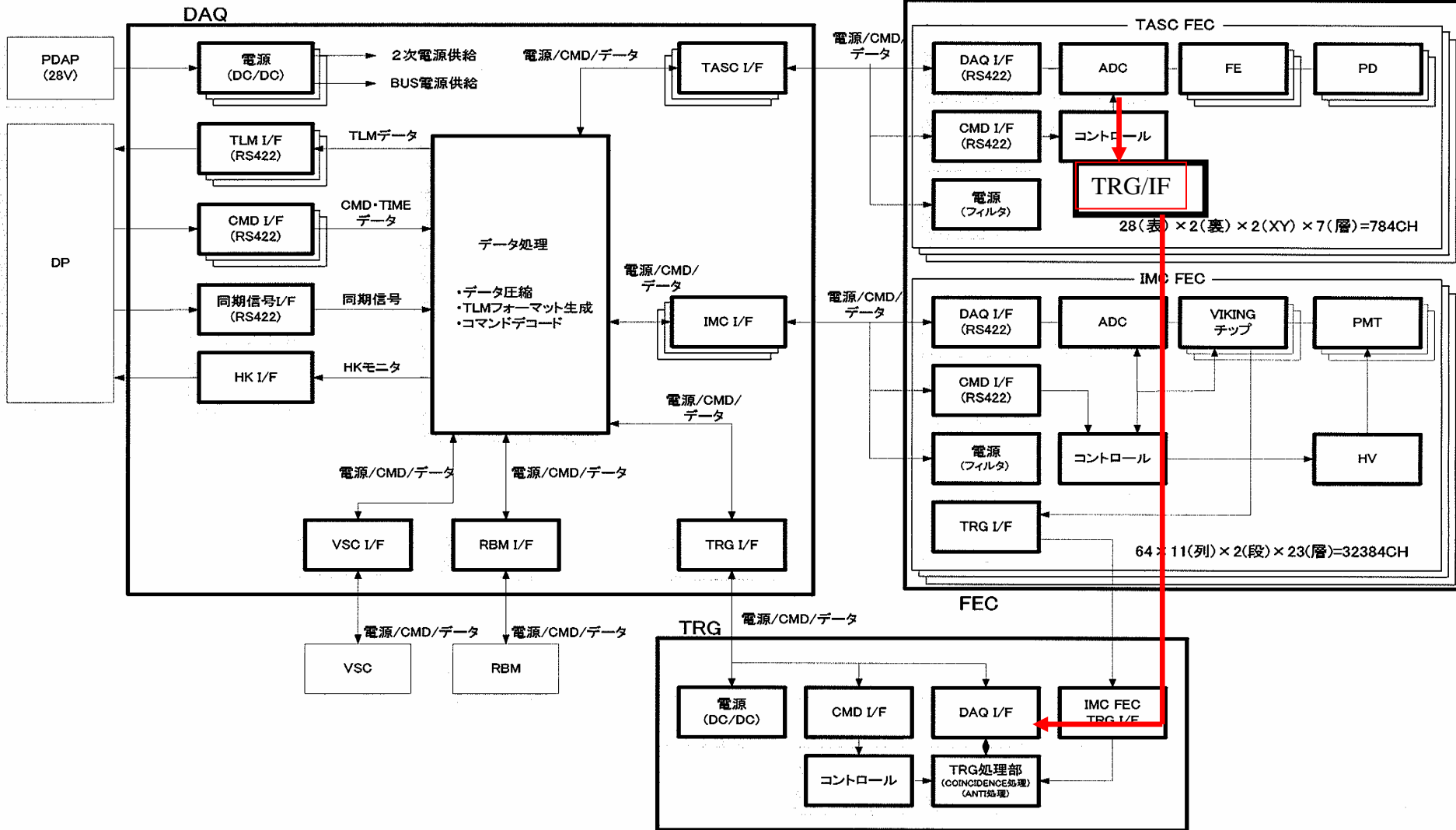
SciFi Lay2
@ 10 r.l.



SciFi Lay3
@ 34 r.l.



CALET Data Processing Flow Chart



Gamma-Rays at Lower Energies: 20 MeV ~ 10 GeV

- **Anti-Coincidence** (< 0.5 MIPs) & **On-board Tracking in IMC** (> 3 layers)
Trigger Rate of Gamma Rays: **~ 14 Hz** (mostly from the Galactic Plane)
Background: Albedo. **~ 37 Hz** (> 10 MeV); Hadron, negligibly small
- **Identification of gamma-ray by image analysis in IMC**

Electrons and Gamma Rays* at Higher Energies: 10 GeV~ 10 TeV

***) The anti-coincidence is not valid due to backscattered particles**

- **On-Board Shower Trigger in IMC** to reduce the backgrounds less than 1 %
Trigger Rate: **~ 40 Hz**
- **Analysis of the Shower Development in TASC and the Shower Image in BGO**
Proton backgrounds to electrons and gamma-rays: $< \text{less than } 10^{-5}$
Electron background to gamma-rays : $< 2 \times 10^{-3}$

Proton and Heavy Ions: 1 TeV ~ 1000 TeV

- **On-Board Shower Trigger in TASC**
Trigger Rate: **~ 0.1 Hz**
- **Charge Identification by Incident Track in IMC**

質量分配表

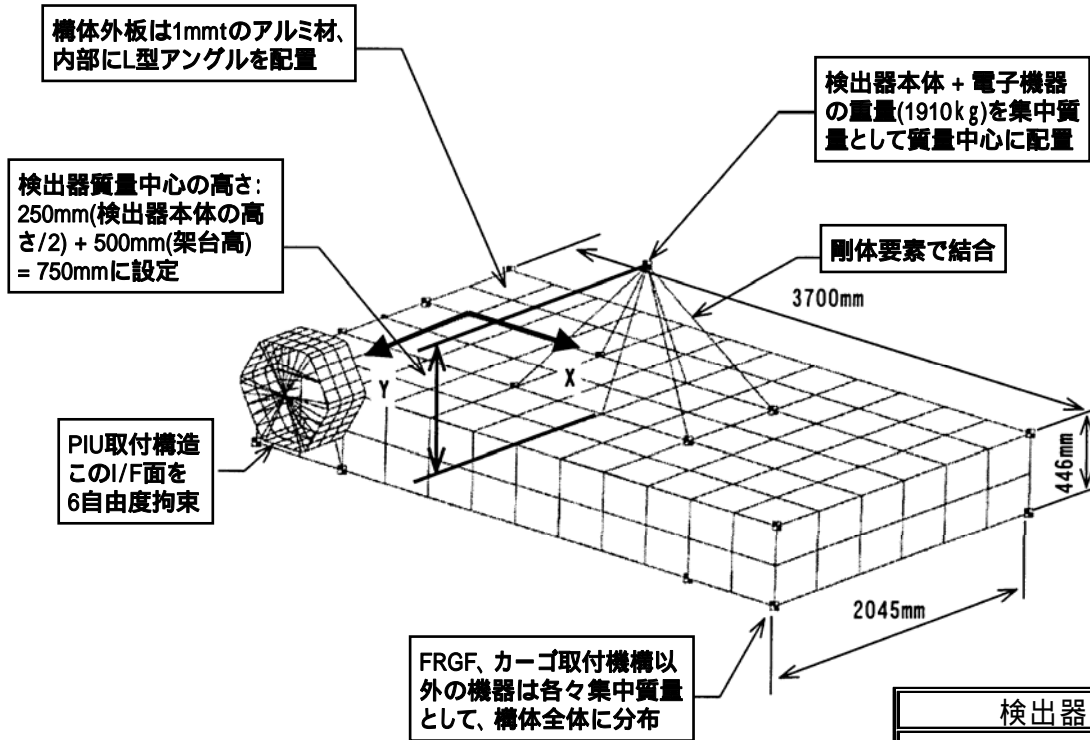


項目	数量	質量(kg)
カロリメータ本体	1式	1,760
ミッション部電子回路系*	1式	150
PIU	1式	36
FRGF	2個	26
通信制御装置・電源部	1式	53
主構体	1式	300
カーゴ取付機構**	1式	50
MLI	1式	10
外部艀装	1式	115
合計		2,500

*) 外部トリガシステム、フロントエンド処理部、データ処理部およびサポートセンサ

**) HTV非与圧パレットに用いられている構造インタフェース

項目	数量	質量(kg)
カロリメータ本体	1式	1,760
ミッション部電子回路系*	1式	150
PIU	1式	36
FRGF	2個	26
通信制御装置・電源部	1式	53
主構体	1式	168
カーゴ取付機構**	1式	50
MLI	1式	10
外部艀装	1式	115
合計		2,368
システムマージン		132
総計		2,500



剛性に最も影響の大きい、検出器位置を3通り(構体中心/本図、PIU側、反PIU側)で解析

・剛性要求 (> 2 Hz)を満たす条件で、検出器位置と構体重量の関係を検討

・検出器をPIUから遠い側に配置すると、合計重量が2.5tonを超える

結論: 検出器本体をPIU寄りに配置することにより、I/F要求(剛性)に適合

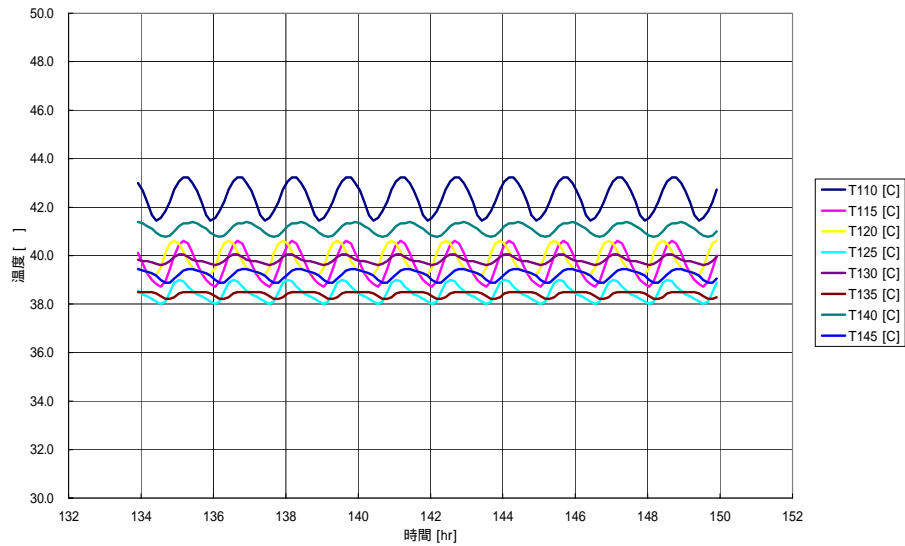
解析結果

検出器搭載位置		PIU側	中央	反PIU側
質量	検出器	1910.0kg	1910.0kg	1910.0kg
	その他機器類	263.0kg	263.0kg	263.0kg
	構体	167.7kg	222.6kg	508.0kg
	合計	2340.7kg	2395.6kg	2681.0kg
重量中心位置 (X軸原点はPIU中心)	X	368.8mm	1375.8mm	2257. mm
	Y	1.9mm	1.8mm	1.6mm
	Z	-557.1mm	-539.2mm	-458. mm
固有振動数	1次モード	3.007 Hz	2.998 Hz	2.983 Hz
	2次モード	3.859 Hz	3.413 Hz	3.295 Hz

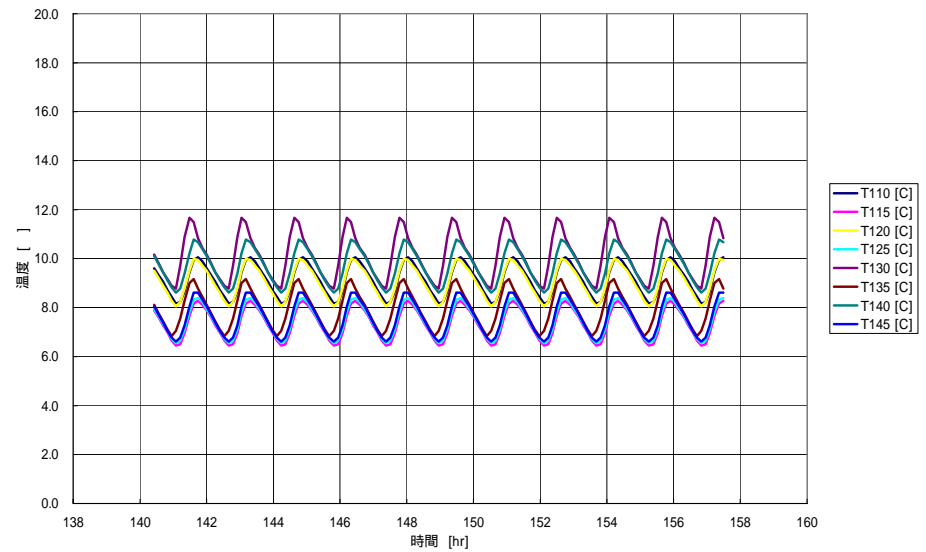
熱解析(温度制御なし)

カロリメータ部分の温度予測結果 FEP / DPC間を高热結合

高温ケース: 38 ~ 43

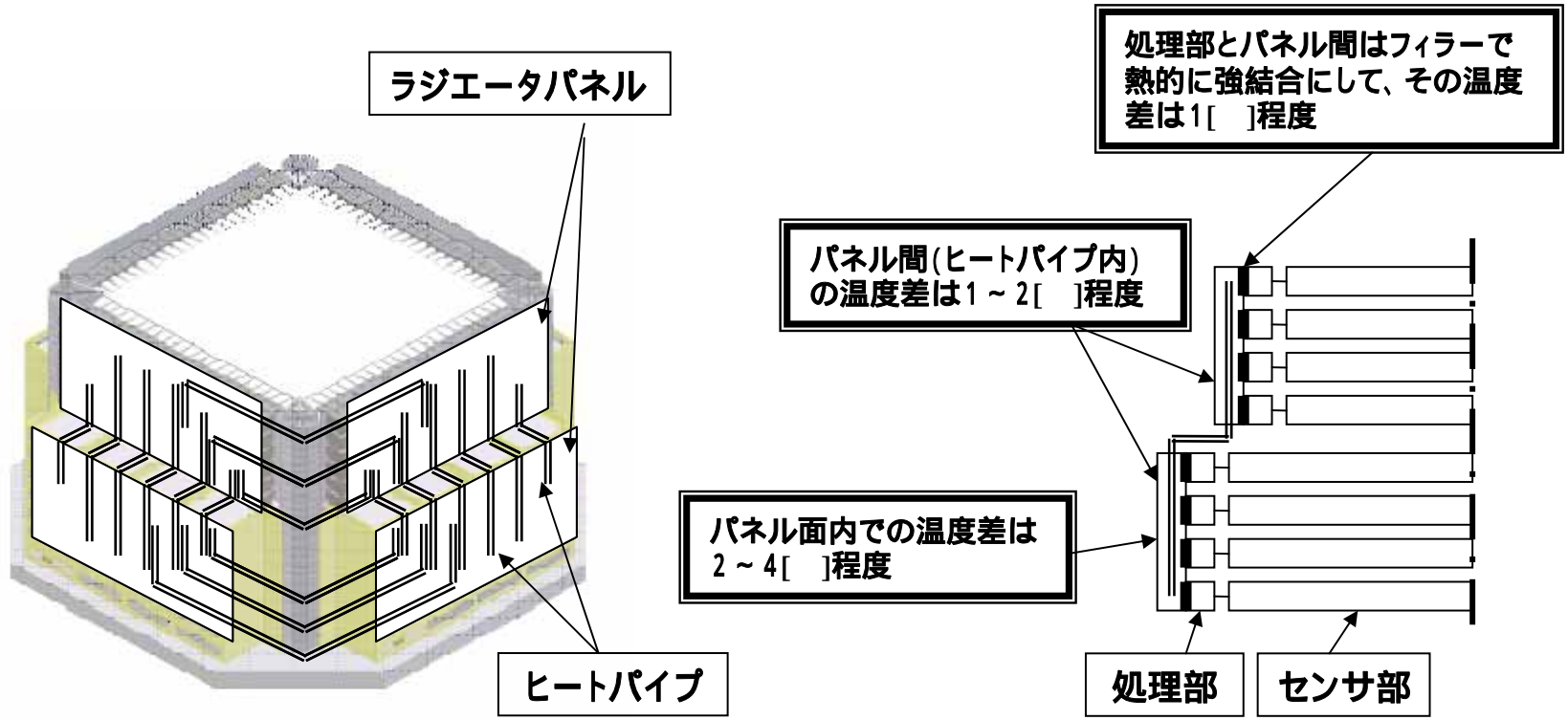


低温ケース: 6 ~ 12

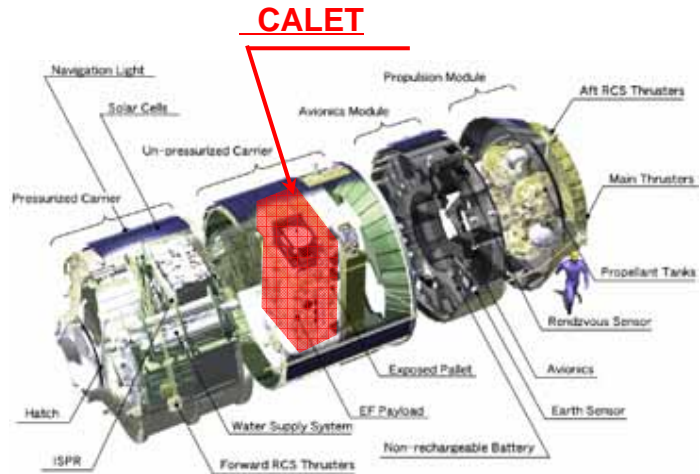


CALETの温度制御

JEMに標準的に装備されている流体による温度制御の検討



Launching Procedure of CALET

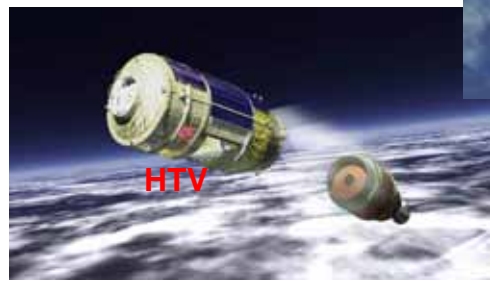


H-IIA Transfer Vehicle (HTV)

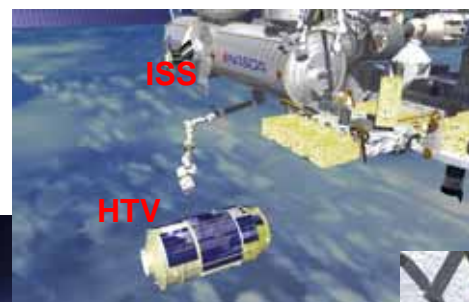


Launching of H-II Rocket

CALET launched by HTV

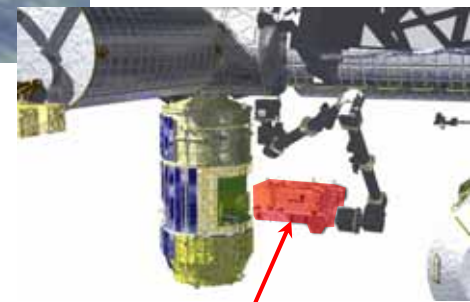


Separation from H-II



Approach to ISS

Pickup of CALET



CALET

- 財団法人日本宇宙フォーラム「宇宙環境利用に関する地上研究公募 宇宙科学 フェーズIA」によって、2期6年間にわたって概念設計、フェーズA相当の開発研究を実施し、JEM曝露部へのCALET搭載に関する基本的な技術的課題を克服している。

採択テーマ名:

- 1) 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置(CALET)の概念設計 (平成13-15年度)
 - 2) シンチファイバー測定器を用いた高エネルギー宇宙電子、ガンマ線の観測 (平成10-12年度)
- 宇宙科学研究所理学委員会による「宇宙科学に関する小型計画の構想募集について」の「国際宇宙ステーション(ISS)曝露部の科学観測・実験計画」への提案書を、国際研究チームを組織して準備している。フェーズBへの移行。
 - 気球実験による装置実証化、先駆的観測を経て、2010年頃の打ち上げをめざす。このため、ミッション公募の早期発出を強く期待している。

気球実験予定:

2005年 三陸 実証化テスト

2006年 三陸 観測テスト

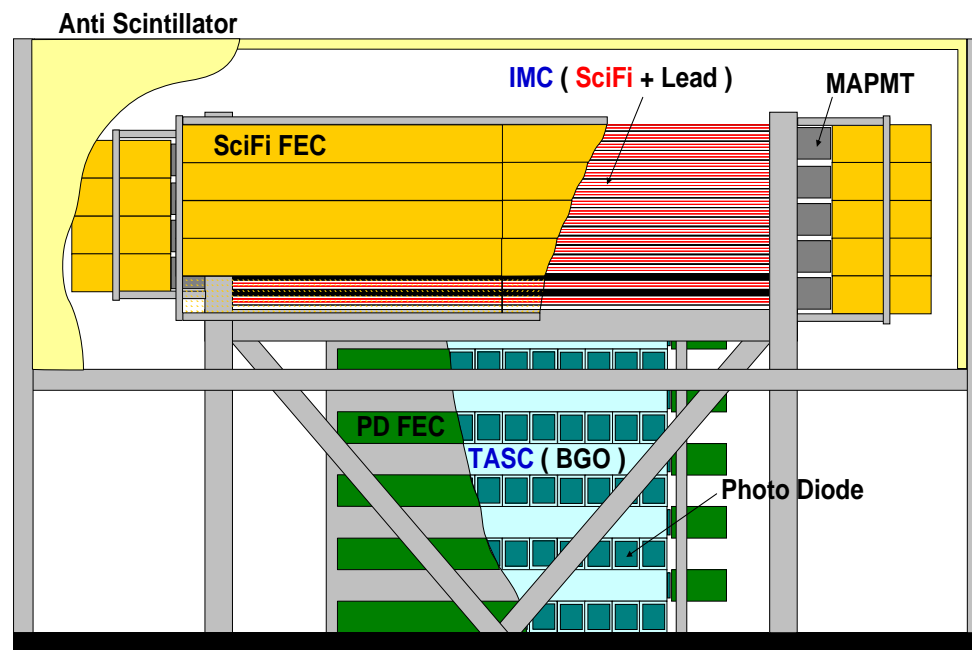
2007-2008年

南米-オーストラリア

先駆的観測 20~100日間

CALETの搭載装置としての予備的な開発(フェーズA,B)を全て終了し、プロトタイプによる先駆的な気球観測を実施する。そして、観測結果により装置へのフィードバックをかけ、観測性能の実証と向上を行い、次期ミッション公募の発動を待って、搭載装置の製作、観測を実施する。

気球実験用のCALETの1/4スケールモデルの側面図。
サイズ IMC : 512 x 512 mm² TASC : 300x 300 mm²

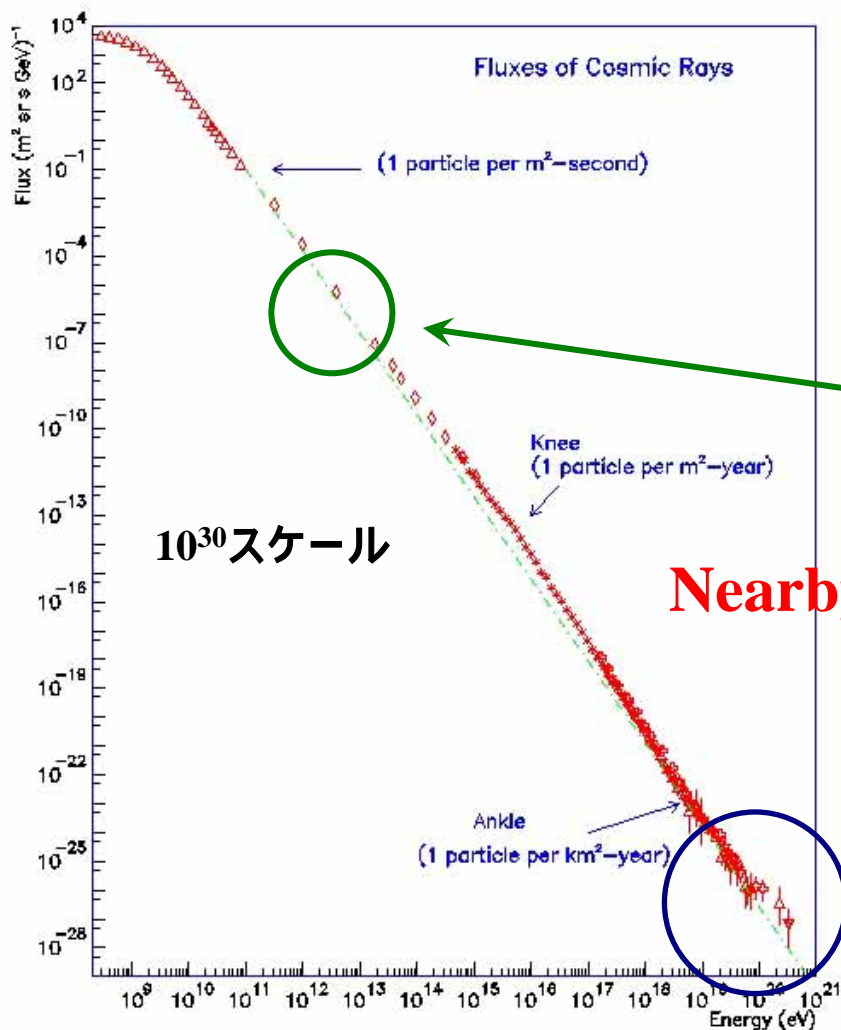


- 財団法人日本宇宙フォーラム「宇宙環境利用に関する地上研究公募 宇宙科学 フェーズIA」によって、2期6年間にわたって概念設計、フェーズA相当の開発研究を実施し、JEM曝露部へのCALET搭載に関する基本的な技術的課題を克服している。

採択テーマ名:

- 1) 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置(CALET)の概念設計 (平成13-15年度)
 - 2) シンチファイバー測定器を用いた高エネルギー宇宙電子、ガンマ線の観測 (平成10-12年度)
- 宇宙科学研究所理学委員会による「宇宙科学に関する小型計画の構想募集について」の「国際宇宙ステーション(ISS)曝露部の科学観測・実験計画」への提案書を、国際研究チームを組織して準備している。フェーズBへの移行。
 - 気球実験による装置実証化、先駆的観測を経て、2010年頃の打ち上げをめざす。このため、ミッション公募の早期発出を強く期待している。
 - **天文コミュニティー(国立天文台)が太陽観測ミッションを宇宙研との共同で行うように、宇宙線コミュニティー(宇宙線研)も宇宙観測ミッションの検討を!!!**

Backup Charts



宇宙線全体のエネルギー密度 $\sim 1 \text{ eV/cc}$

~ 光のエネルギー密度
~ 磁場のエネルギー密度

電子
IC, Synchrotron Cut-off

Nearby or Unknown Sources !!!

ハドロン
GZK Cut-off

Conceptual System Design of CALET

- ◆ System structure definition
- ◆ Basic structural concept: Pallet structure
- ◆ Estimation of weights and powers of components
- ◆ Structural analysis
 - 1st mode eigen value: ~3Hz on JEM-EF
(Stiffness Requirement: >2Hz)
 - Generated load on orbit: No harmful loads to JEM-EF
- ◆ Thermal analysis
 - From launching to orbital visiting phase, in hot and cold cases with various - angles
 - No critical temperature ranges to components
- ◆ Launch and installation Operation by HTV and RMS

▶ The compatibility of CALET was confirmed as a payload on the JEM Exposed Facility of ISS