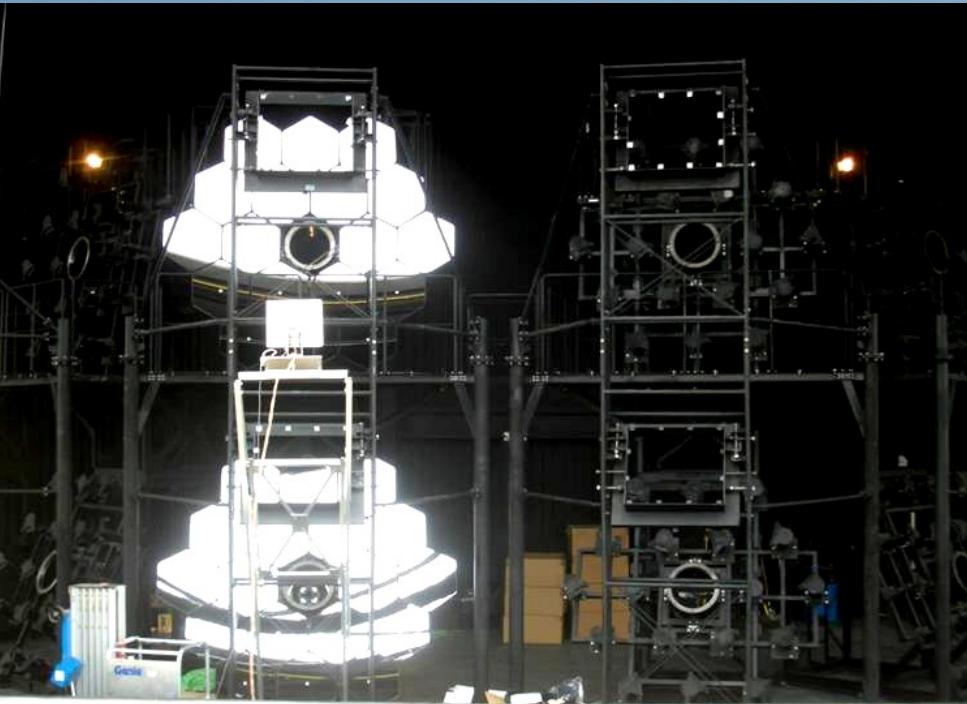
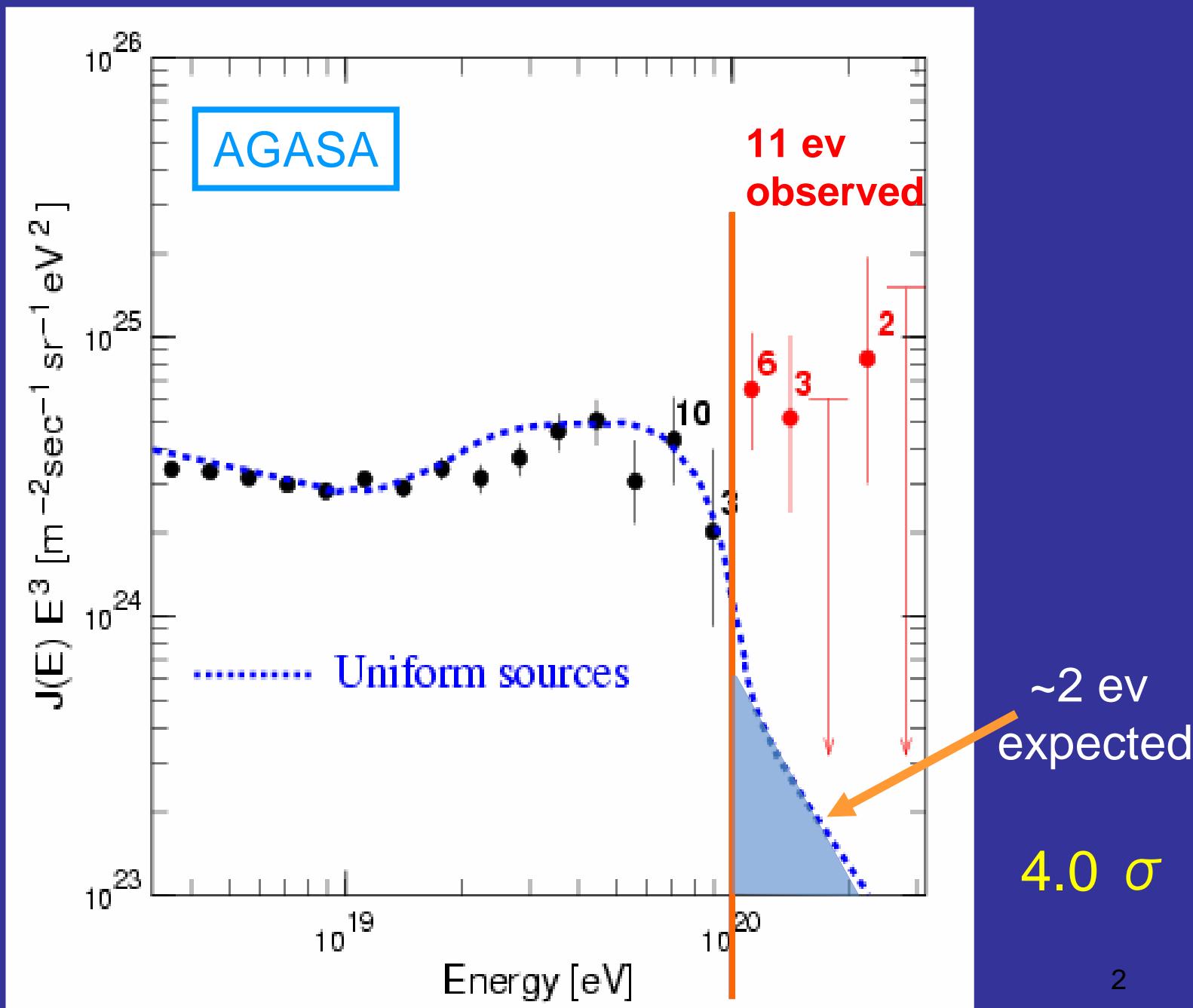




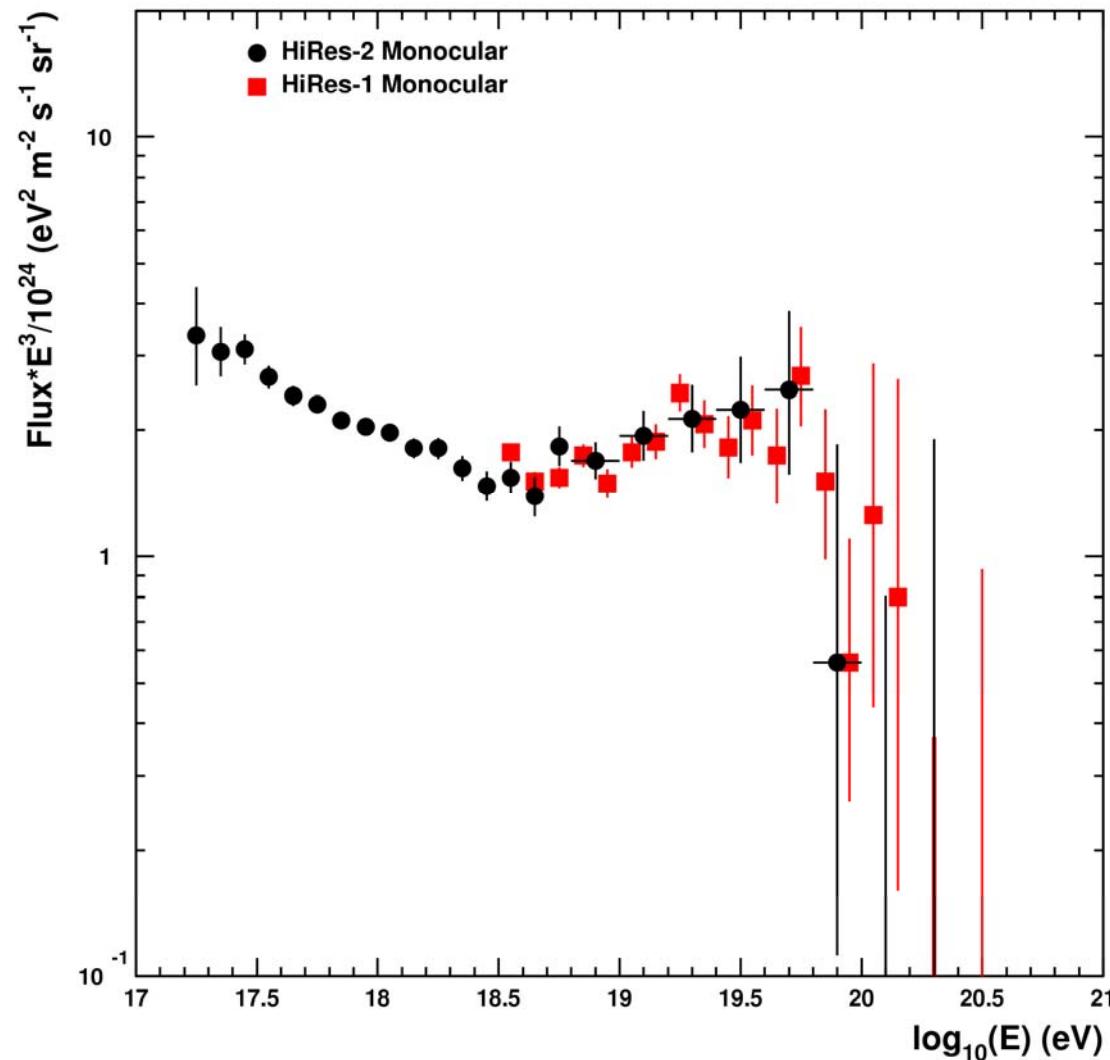
TAの現状



佐川 宏行 (ICRR)
@ICRR
20 April, 2006



HiRes (mono)

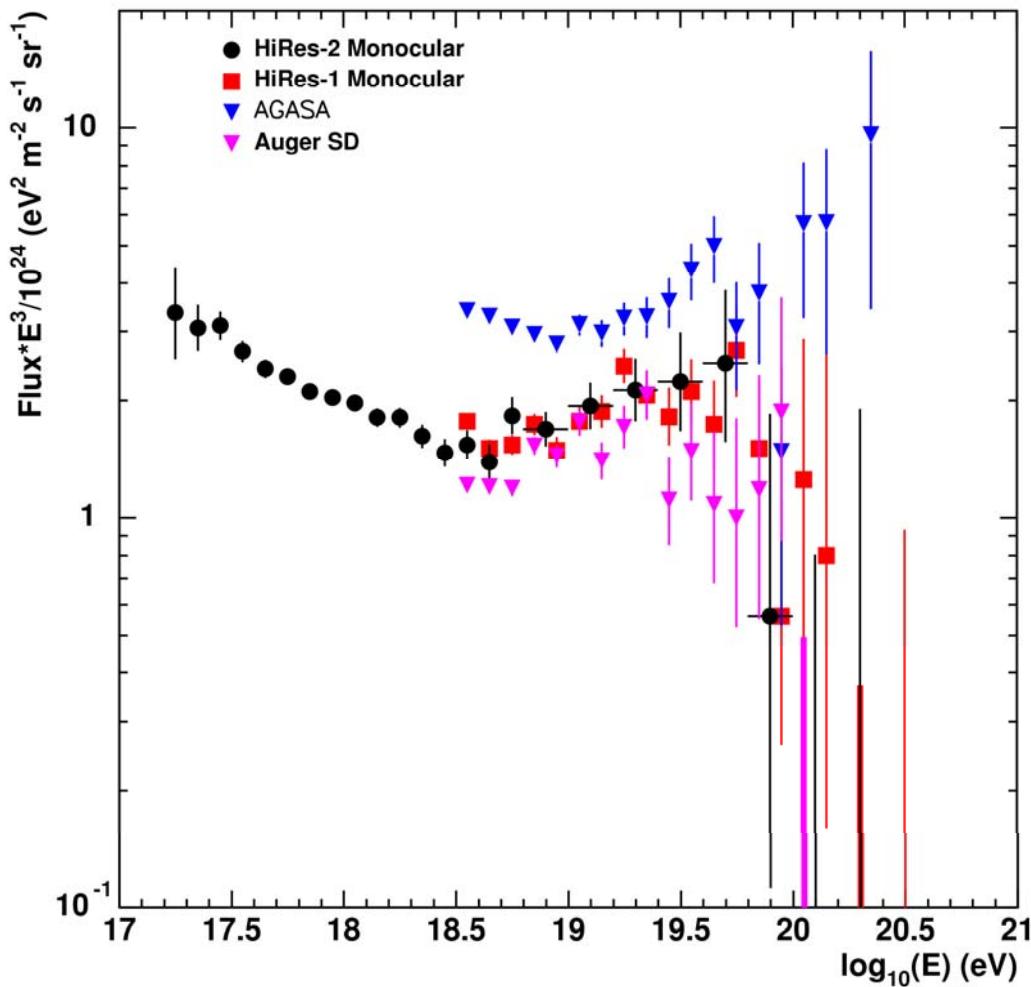


"GZK" Statistics

- Expect 42.8 events
- Observe 15 events
- $\sim 5 \sigma$

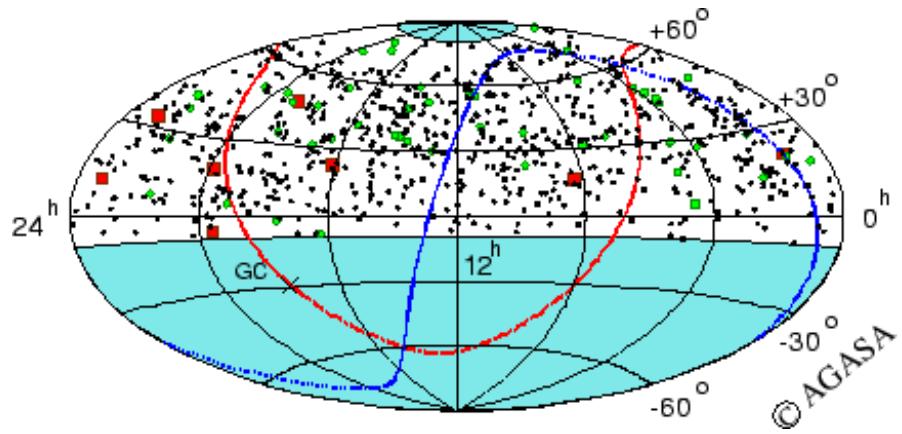
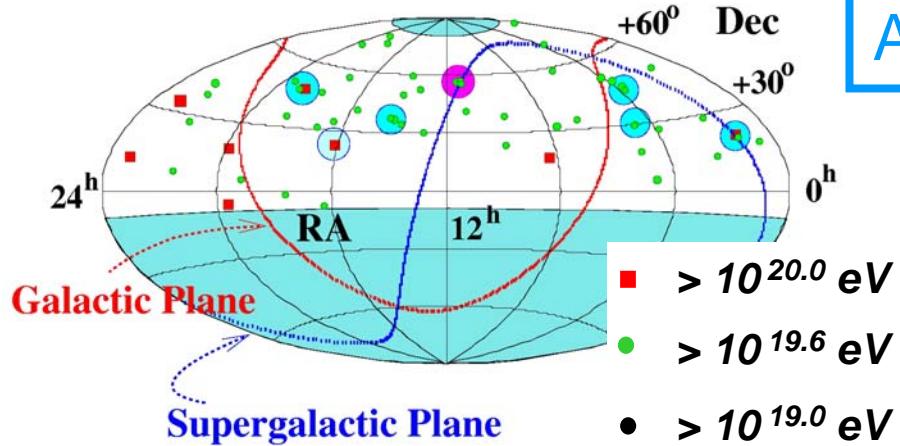
Bergman (this conference)

Auger SD spectrum



Energy scale uncer.
still large
~40 % in 100 EeV
improvement will come
soon

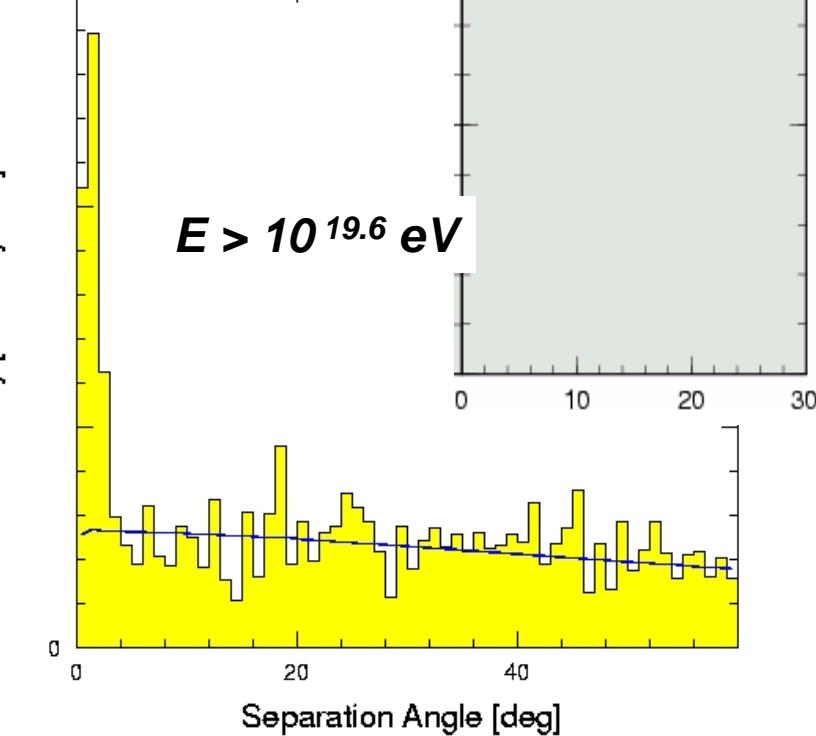
Equatorial Coordinates



AGASA

「点源」

$E > 10^{19}$ eV



到来方向分布と離角分布→クラスター



測定感度と角度分解能

実験	Aperture (km ² sr)	Rel.	Angular Resolution
AGASA	162	(=1)	1.6 ⁰
TA: 24 x 24 ground array	1371	(9)	~1.0 ⁰
TA: Fluorescence	670	(4)	0.6 ⁰
TA: Hybrid 同時計測	165	(1)	0.4 ⁰

AGASA x 12 in total aperture,
A factor of (2 – 4) better angular resolution and
Coincidence measurement (=AGASA).

- シンチレータ検出器と大気蛍光望遠鏡
 - AGASAの10倍規模の測定装置
 - 独立な測定器で観測
 - エネルギーの系統誤差 <10%を目指す
 - (ex. AGASA +-18%)
 - シンチ検出器
 - Electromagnetic component (90%)を測定
 - Model dependence: small
 - AUGERの水タンク
 - » μ を測定

The Telescope Array (TA) Collaboration

H.Kawai^a, S.Yoshida^a, H.Yoshii^b, K.Tanaka^c, F.Cohen^d, E.Kido^d, M.Fukushima^d, N.Hayashida^d, K.Hiyama^d, D.Ikeda^d, M.Ohnishi^d, H.Ohoka^d, S.Ozawa^d, H.Sagawa^d, N.Sakurai^d, T.Shibata^d, H.Shimodaira^d, M.Takeda^d, A.Taketa^d, M.Takita^d, H.Tokuno^d, R.Torii^d, S.Udo^d, H.Fujii^e, T.Matsuda^e, M.Tanaka^e, H.Yamaoka^e, K.Hibino^f, T.Benno^g, M.Chikawa^g, T.Nakamura^h, M.Teshimaⁱ, K.Kadota^j, Y.Uchihori^k, K.Hayashi^l, Y.Hayashi^l, S.Kawakami^l, K.Matsumoto^l, Y.Matsumoto^l, T.Matsuyama^l, M.Minamino^l, T.Nonaka^l, S.Ogio^l, A.Ohshima^l, T.Okuda^l, N.Shimizu^l, H.Tanaka^l, D.R.Bergman^m, G.Hughes^m, S.Stratton^m, G.B.Thomson^m, K.Endoⁿ, N.Inoueⁿ, S.Kawanaⁿ, Y.Wadaⁿ, K.Kasahara^o, M.Fukuda^p, T.Iguchi^p, F.Kakimoto^p, S.Machida^p, R.Minakawa^p, Y.Murano^p, Y.Tameda^p, Y.Tsunesada^p, J.W.Belz^{qs}, J.A.J.Matthews^r, T.Abu-Zayyad^s, R.Cady^s, Z.Cao^s, P.Huentemeyer^s, C.C.H.Jui^s, K.Martens^s, J.N.Matthews^s, J.D.Smith^s, P.Sokolsky^s, R.W.Springer^s, S.B.Thomas^s, L.R.Wiencke^s, T.Doyle^t, M.J.Taylor^t, V.B.Wickwar^t, T.D.Wilkerson^t, K.Hashimoto^u, K.Honda^u, T.Ishii^u, K.Ikuta^u, T.Kanbe^u

(a) Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8522 Japan

(b) Ehime University, 2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama, 790-8577 Japan

(c) Hiroshima City University, 3-4-1 Ozuka-Higashi, Asa-Minami-Ku, Hiroshima, 731-3194 Japan

(d) ICRR, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, 277-8582 Japan

(e) Institute of Particle and Nuclear Studies, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 Japan

(f) Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama, Kanagawa, 221-8686 Japan

(g) Kinki University, 3-4-1 Kowakae, Higashi-Osaka City, 577-8502 Japan

(h) Kochi University, 2-5-1 Akebonocho, Kochi, 780-8520 Japan

(i) Max-Planck-Institute for Physics, Foehringer Ring 6, 80805 Muenchen, Germany

(j) Musashi Institute of Technology, 1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo, 158-8557 Japan

(k) National Institute of Radiological Sciences, 4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba-shi, 263-8555 Japan

(l) Osaka City University, 3-3-138 Sugimotocho, Sumiyoshi-ku, Osaka, 558-8585 Japan

(m) Rutgers University, 136 Frelinghuysen Road, Piscataway, NJ 08854, USA

(n) Saitama University, 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

(o) Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku, Minuma-ku, Saitama, 337-8570 Japan

(p) Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550 Japan

(q) University of Montana , 32 Campus Drive, Missoula, MT 59812, USA

(r) University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131 USA

(s) University of Utah, 115 S 1400 E, Salt Lake City, UT 84112, USA

(t) Utah State University, Logan UT 84322, USA

(u) Yamanashi University, 4-4-37 Takeda, Kofu, Yamanashi, 400-8510 Japan

21 institutions

TA実験装置

地表粒子検出器 Surface Detector (SD)

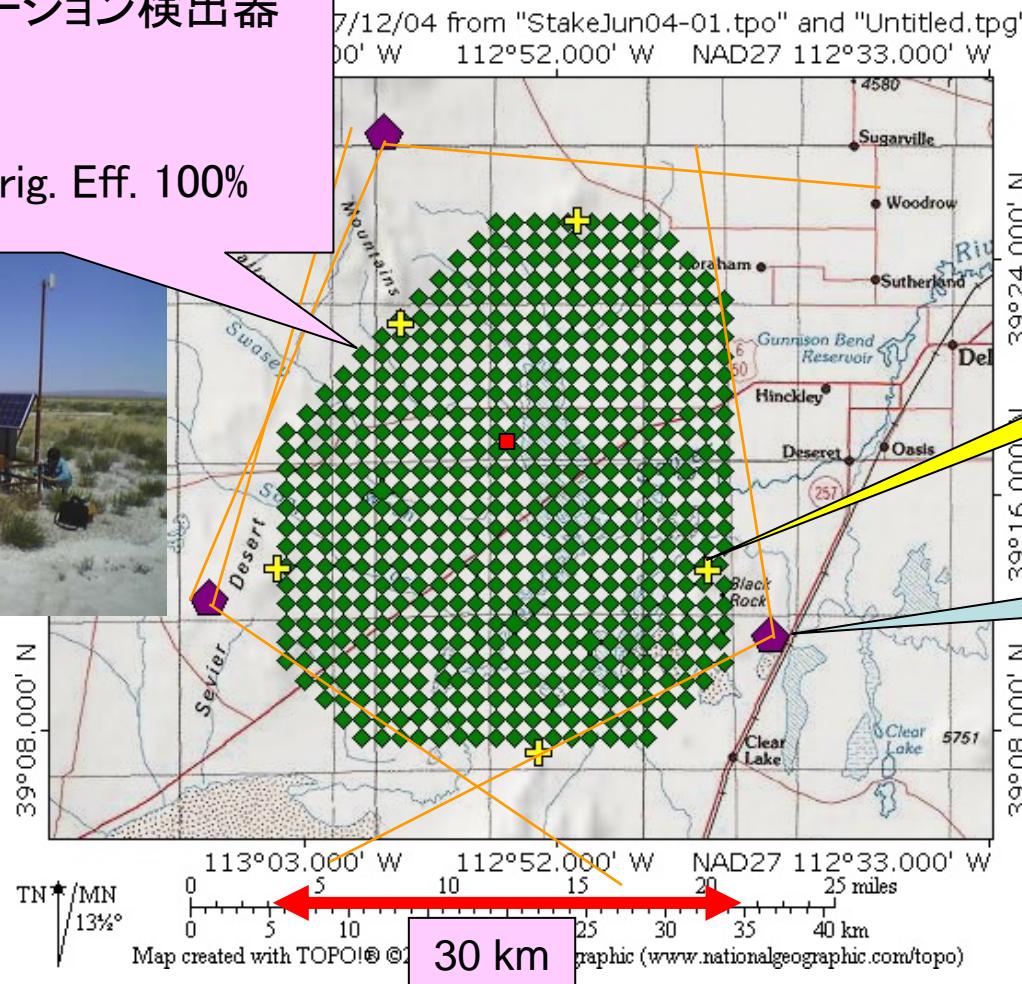
ユタ州ミラード郡 (39.1°N, 122.9°W)

標高1400 m

576 シンチレーション検出器

1.2 km 間隔

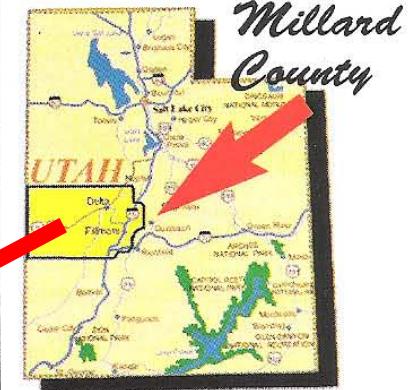
E > 10¹⁹ eVでTrig. Eff. 100%



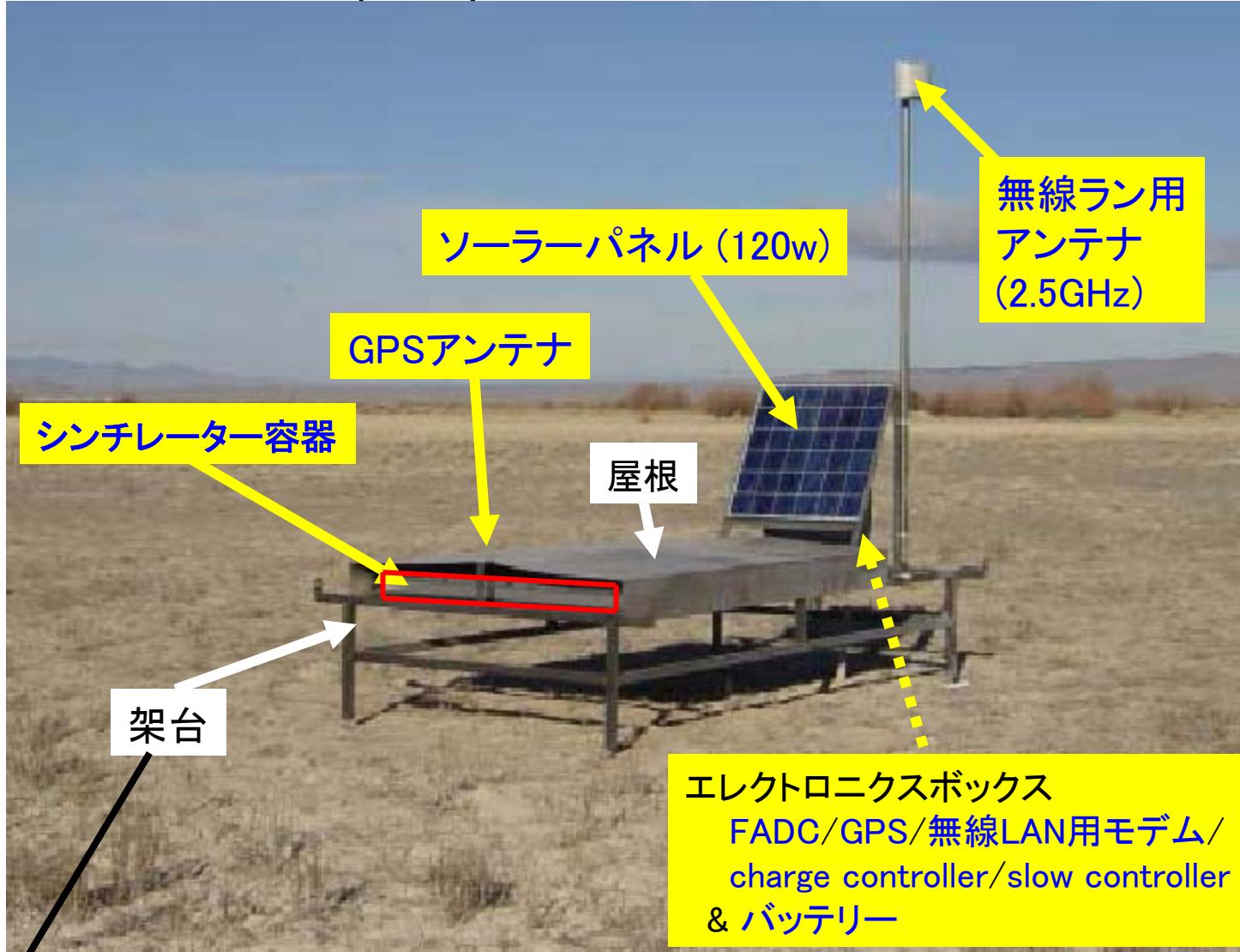
5通信塔

3 FD stations

Salt Lake City



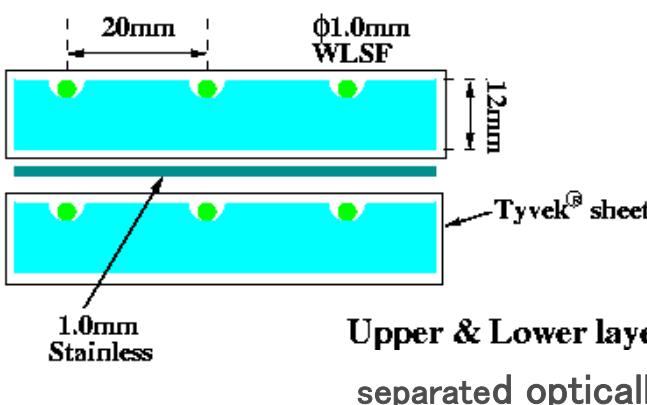
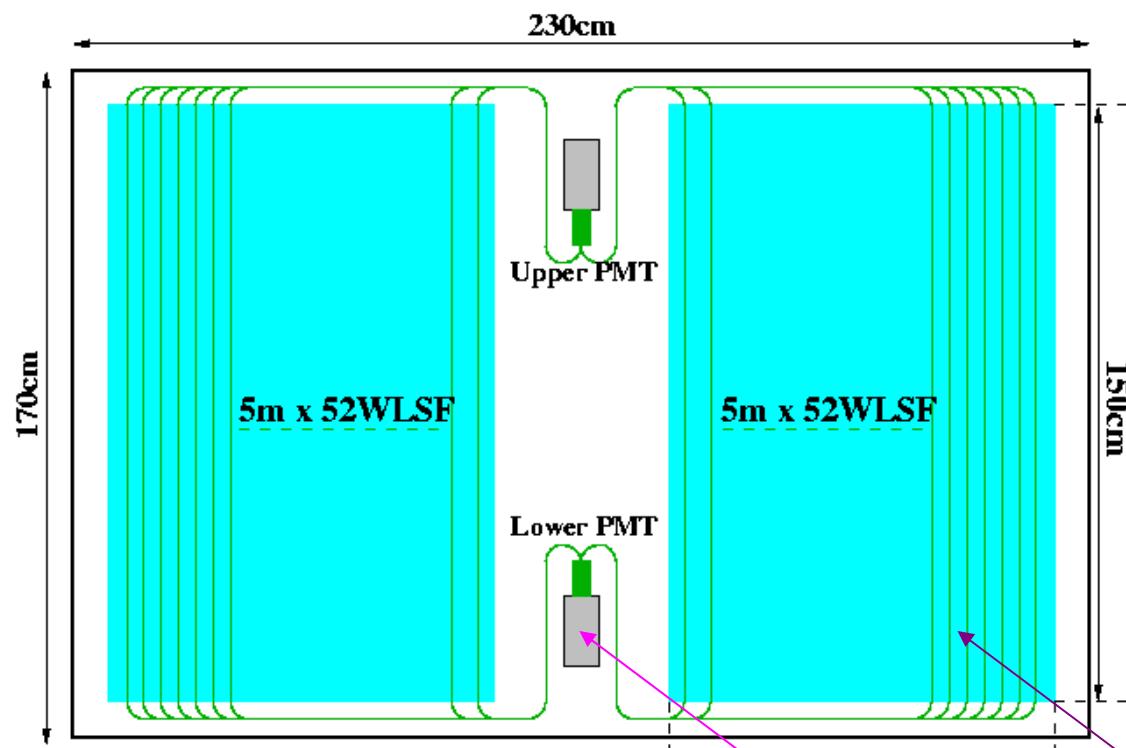
地表粒子検出器 (SD)



架台、パネル支持台、屋根、アンテナポール
はユタの会社で製作

2004年12月に設置テストを
した18台のうちの1つ

シンチレーター検出器



Upper & Lower layer are
separated optically



シンチレーター

3m²面積 1.2cm厚 上下2層

WLSF

1.0mm φ 2cm間隔

Output

2 PMTs (Electrontubes 9124SA)

(上層1PMT + 下層1PMT)

検出器用ボックス

ステンレススチール

230x170x10(cm³)

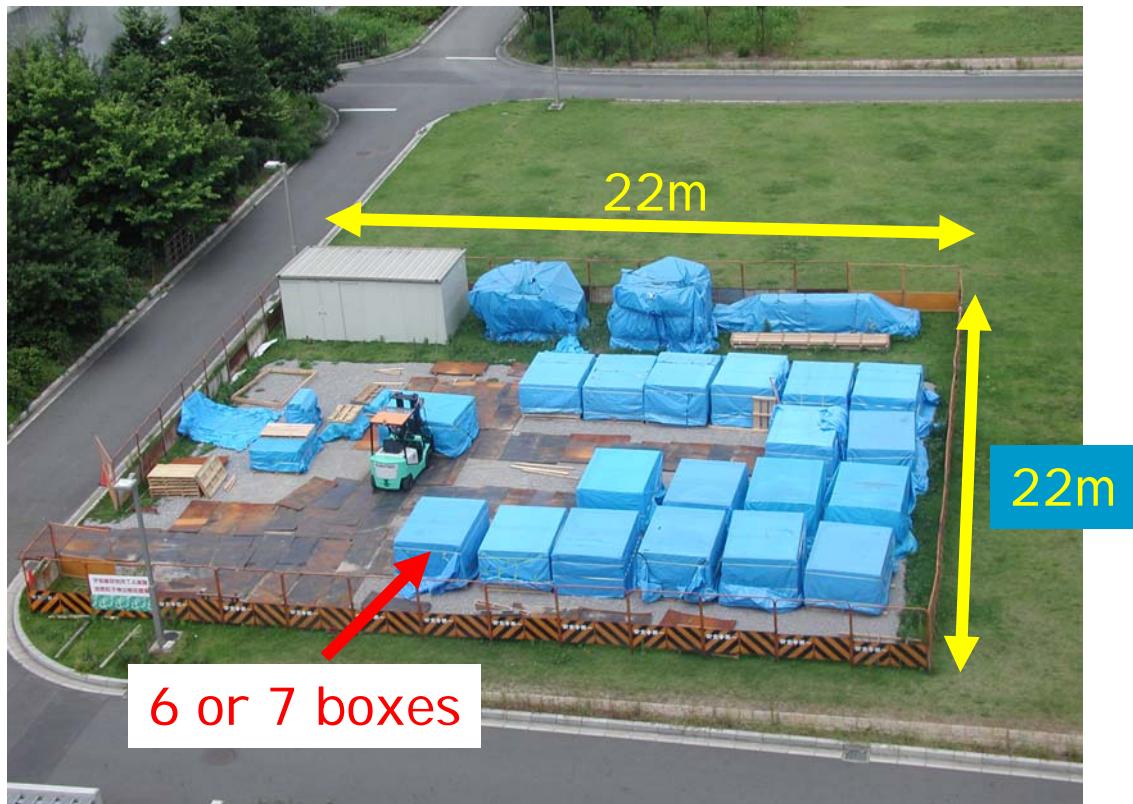
(1.2mm、1.5 mm厚)

総重量 ~200kg



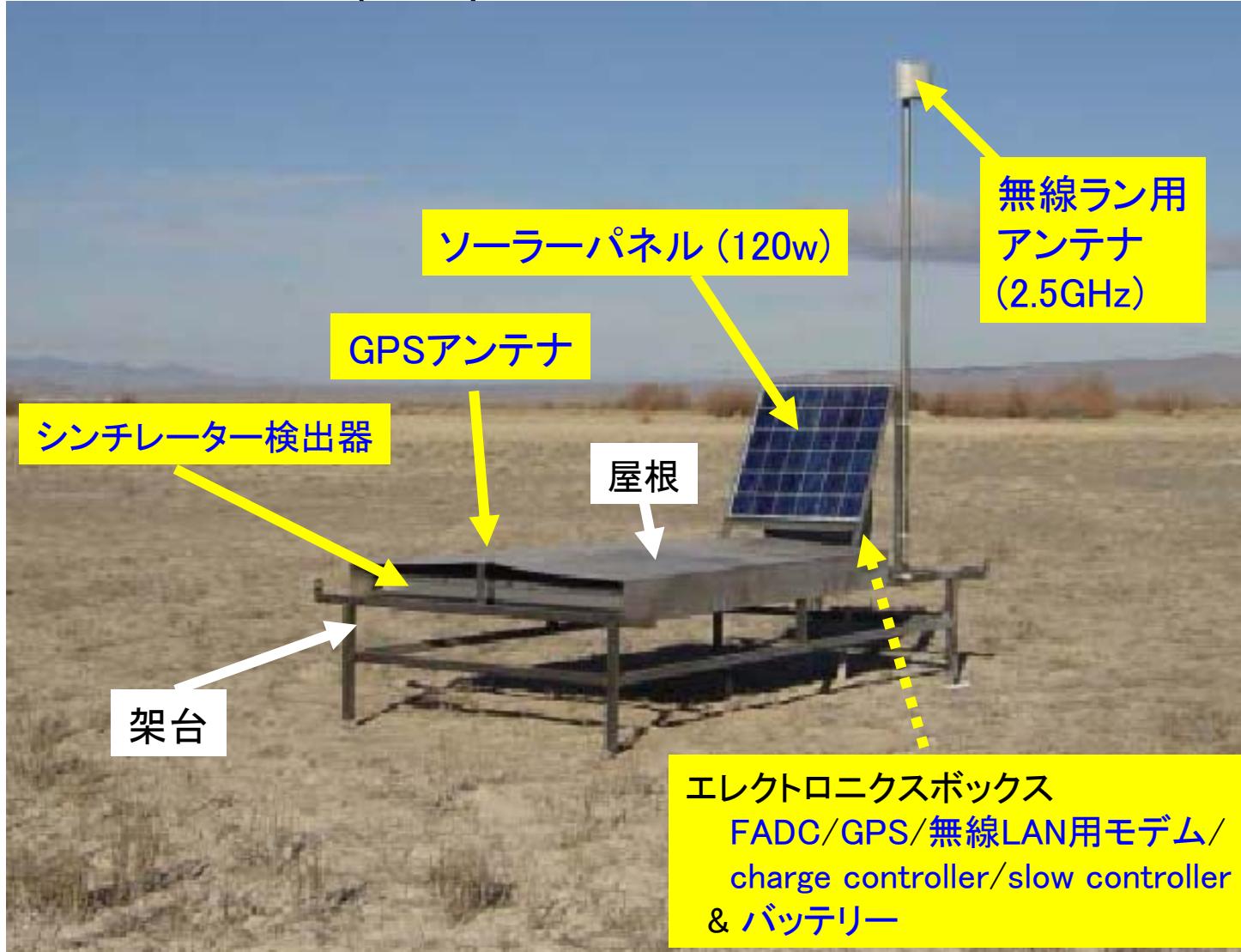
シンチ検出器の組立(柏の宇宙線研究所)

- 2005年5月より開始



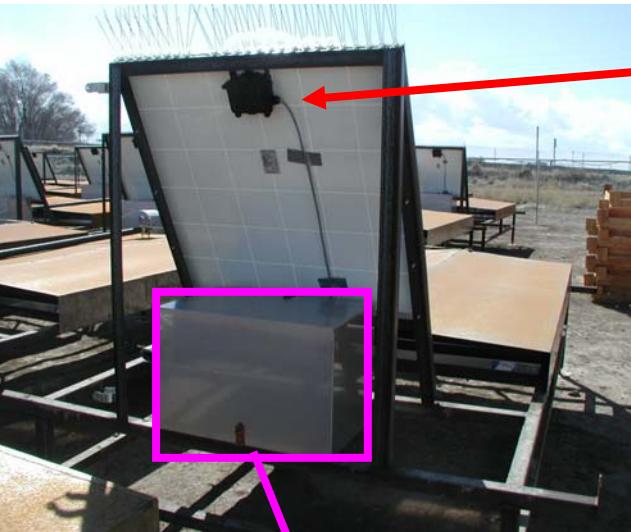
- 12月までに**350台**のシンチ検出器を組立済
- 246台**のシンチ検出器をユタに輸送
- H18年度に150台製作予定

地表粒子検出器 (SD)



2004年12月に設置テストを
した18台のうちの1つ

Power Generation



Solar Panel : KC120J by Kyocera

I_{pmax}=7A

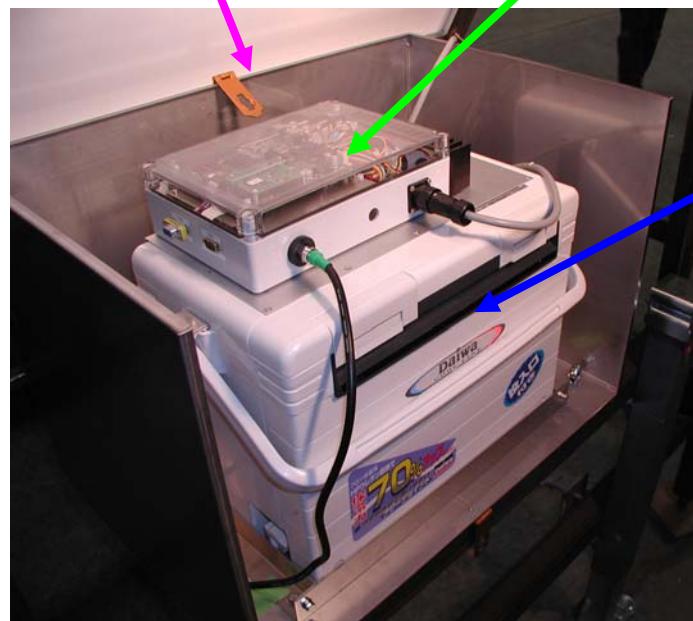
V_{pmax}=17V

size=96cmx97cm

SUS

エレキボックス(市販)

バッテリボックス(市販)



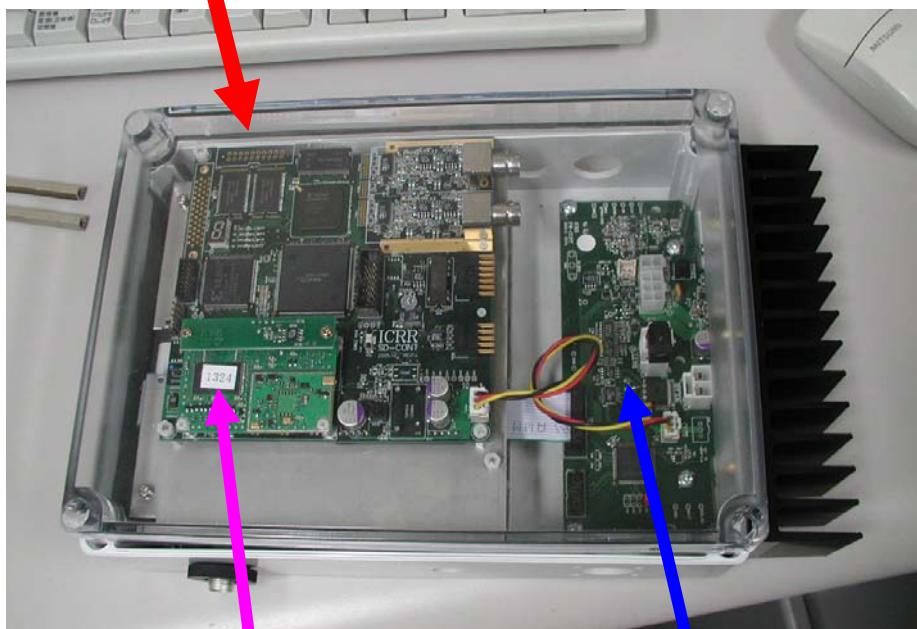
Battery
DCS-100L
100Ah

SDエレキ

- 現在量産中

FADCボード

12bit 50MSPS

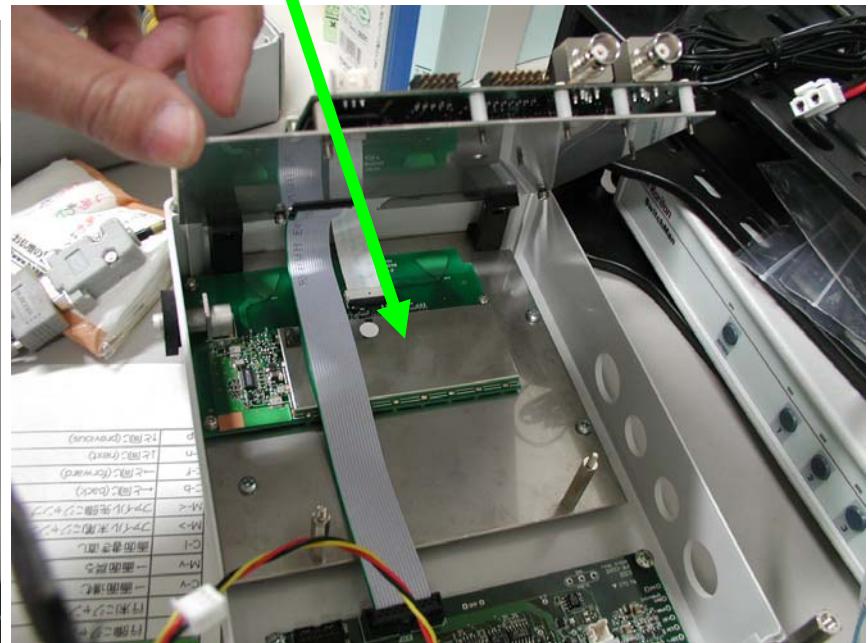


GPS

~10ns

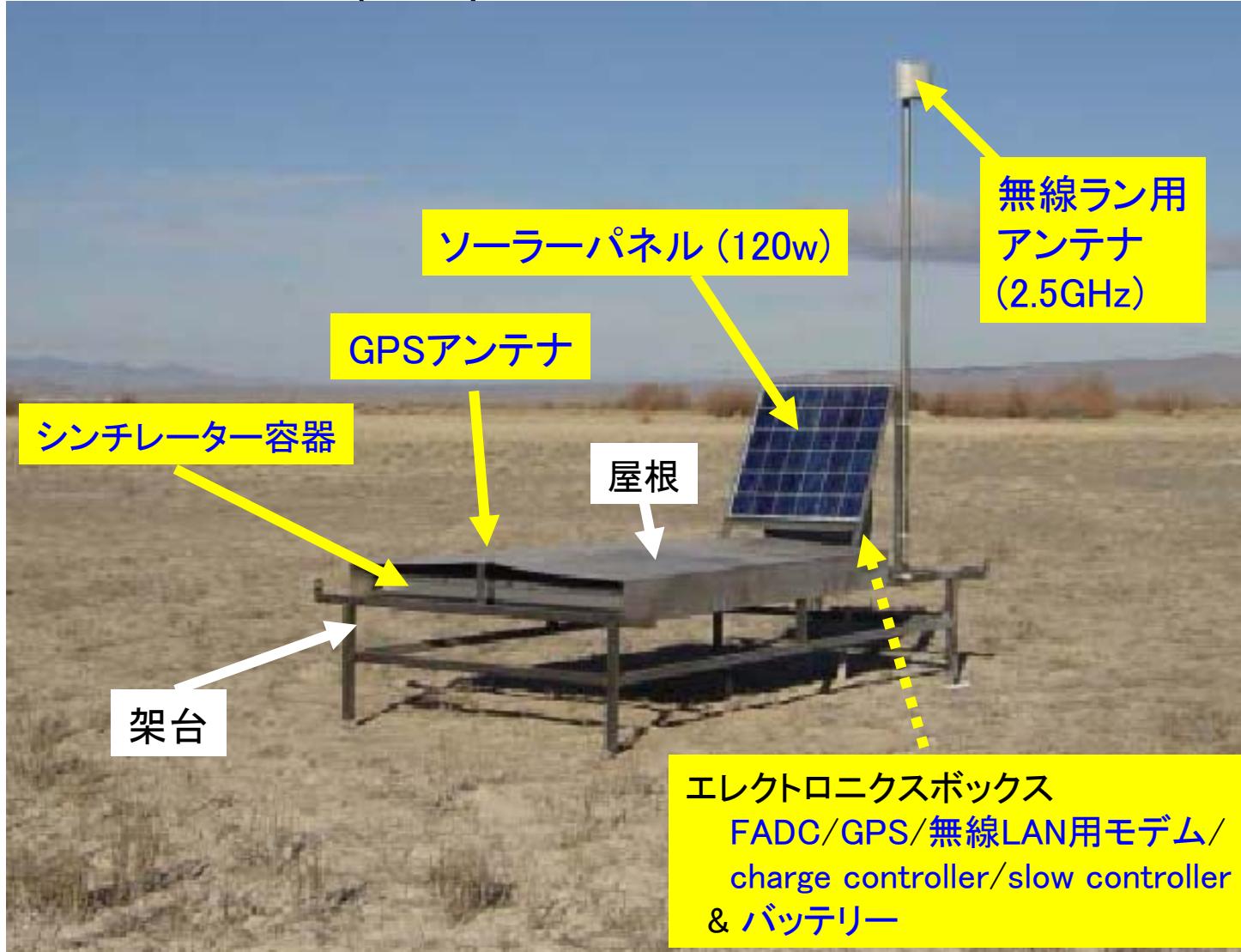
無線LAN用モデム

2.4GHz, 1Mbps~11Mbps



Battery充電用Charge Controller

地表粒子検出器 (SD)

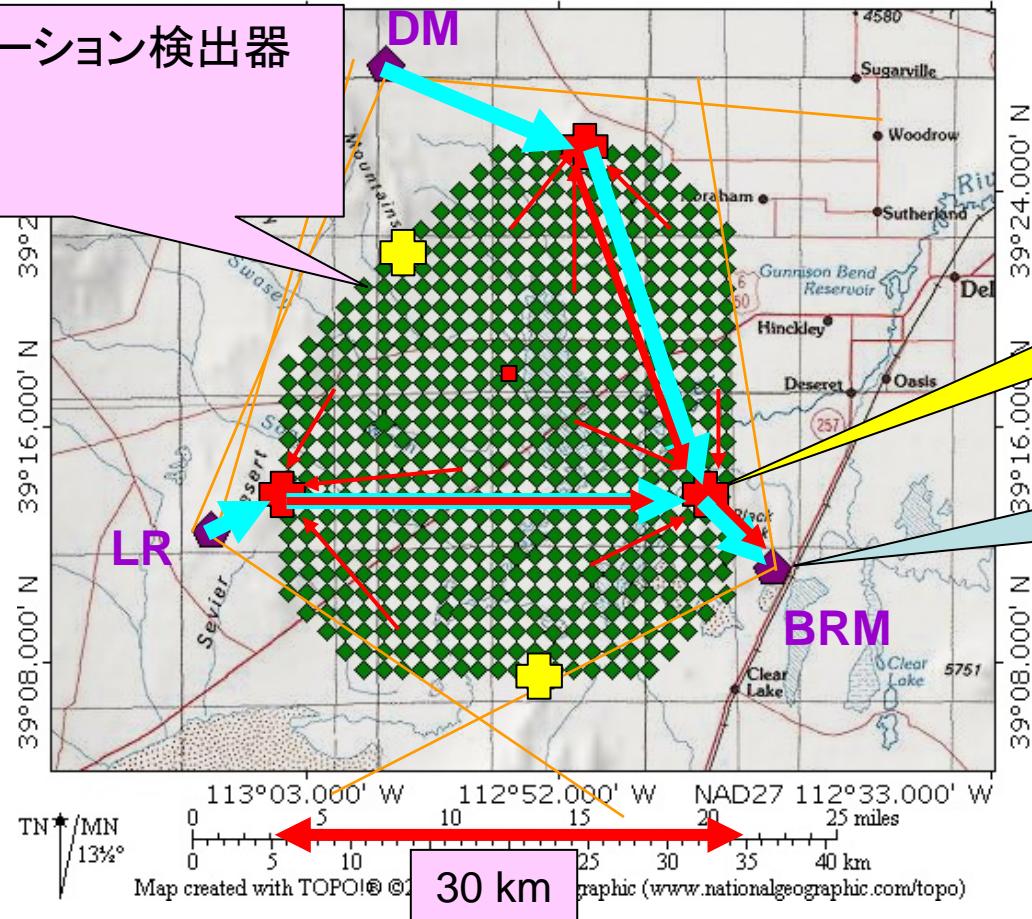


2004年12月に設置テストを
した18台のうちの1つ

通信塔

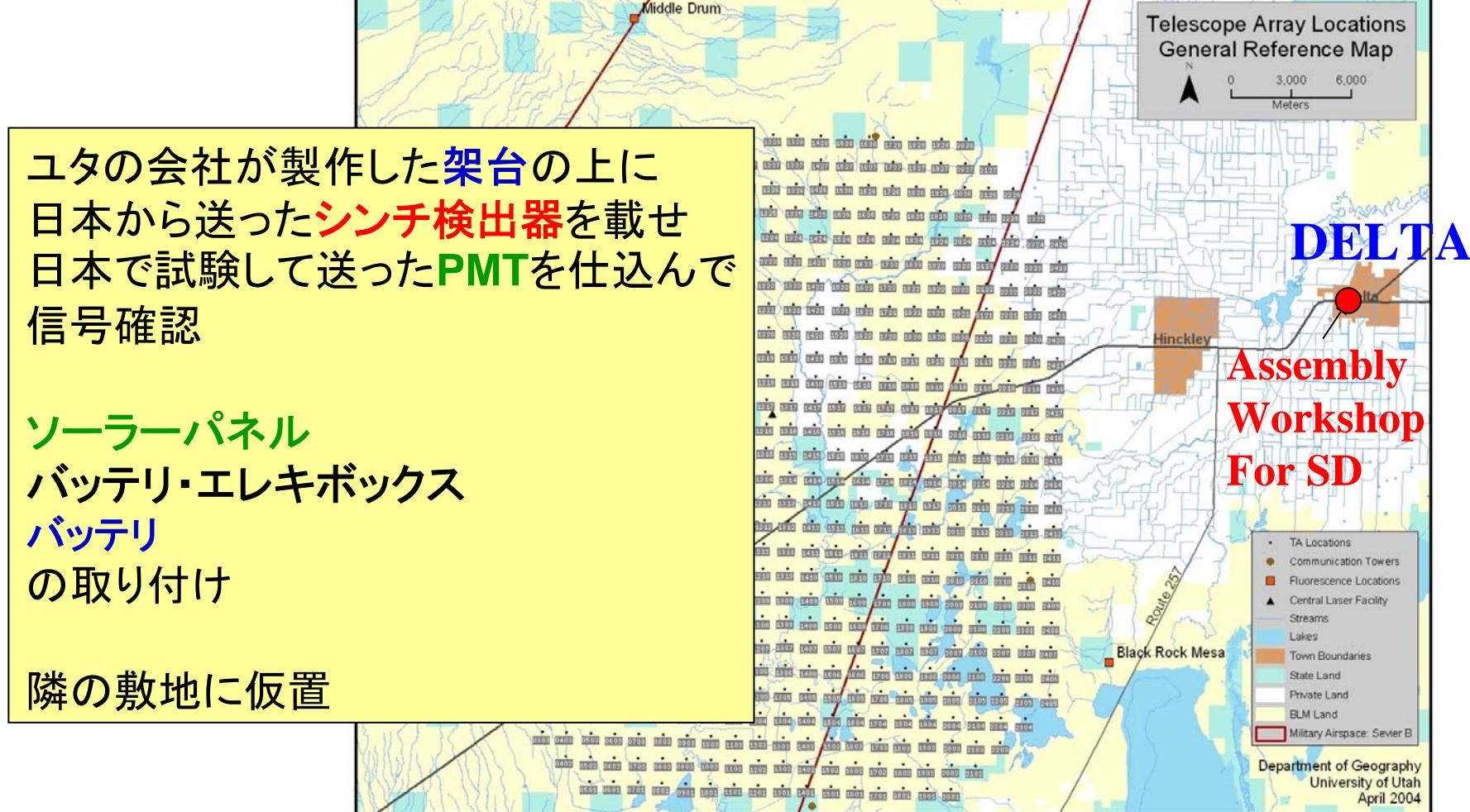
TOPO! map printed on 07/12/04 from "StakeJun04-01.tpo" and "Untitled.tpg"
113°03.000' W 112°52.000' W NAD27 112°33.000' W

576 シンチレーション検出器
1.2 km 間隔



SDの組立

組立場所: ユタ州デルタ市 Cosmic Ray Center



今回は1月24日～3月20日
日本から5～7人+地元で雇用した作業員3人

作業をしたCosmic Ray Center



2006年3月18日撮影 246台



6月初めから150台に対してSDエレキを組み込んで試験する
(TA側としては6月末までにdeploy readyになる予定)

地表粒子検出器設置の予定

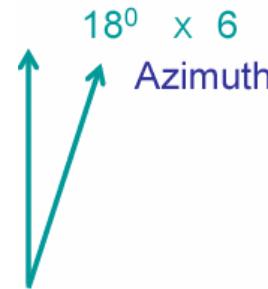
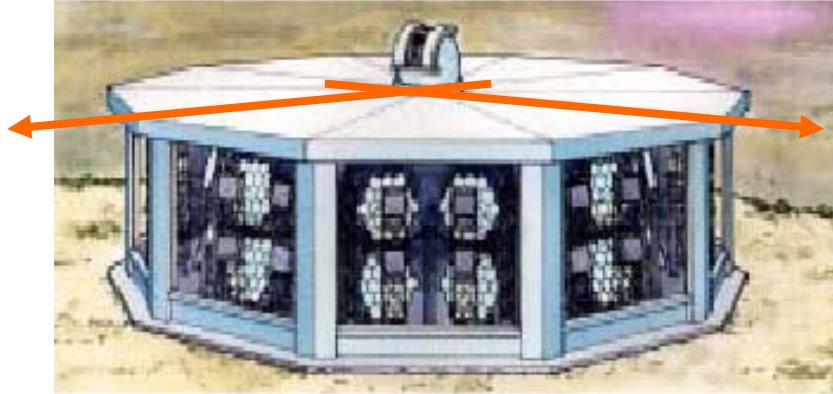
- BLM、空軍、ユタ大の間でのTA実験に関する覚書
 - 2006年3月に3者間で署名済
- BLM(土地管理局)からのTA全体に対する建設の許可が出るかどうかの最終段階に来ている
 - Public Commentsに対する対応
 - 一部のMemorial Places近辺にあるSDの移動の要求が出ている→検討、交渉中
 - Extra surveys(2, 3の動物に対して)
 - これまで全体的な植物、動物、文化遺産調査は終えているが…

予定(contd.)

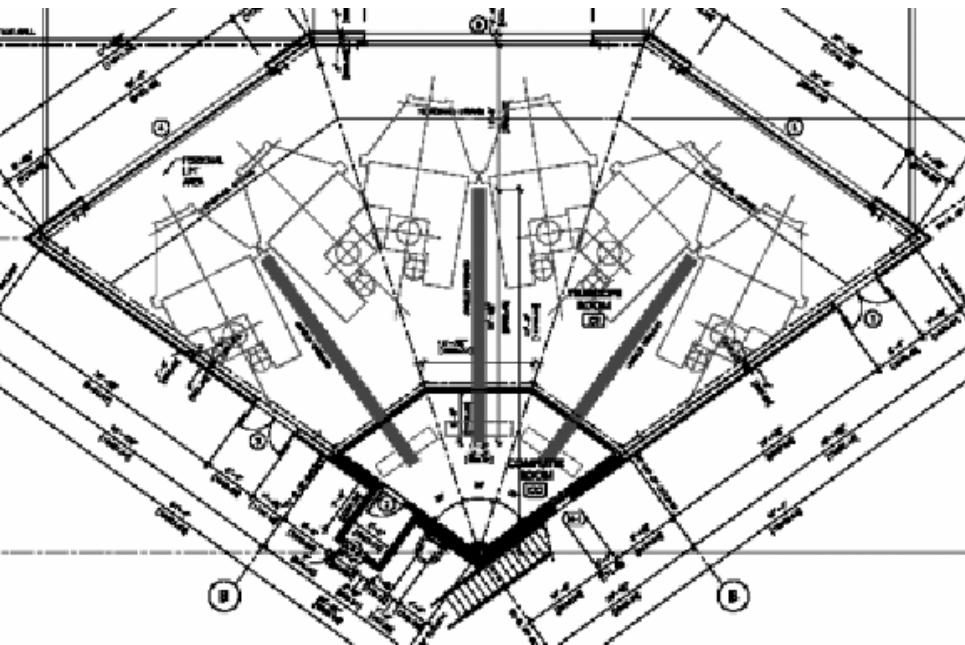
- 設置の許可が出れば
- ユタ大が初めの150台のSD設置を7月か8月をターゲットとしてBLMと交渉中
 - 通信塔の建設
 - 5塔計画に対して3塔建設(2週間程度)
 - SDの設置
 - 576台をめざして2007年3月までに520台のSD Arrayを完成させる(2004年末にテスト設置した約20台を含む)
 - 2007年度から設置したSDのFull Operation

大気蛍光望遠鏡

1ステーション: $2 \times 6 = 12$ 台の望遠鏡
(108度azimuth)



架台12台(フル)
鏡2台分



$1^{\circ} \times 1^{\circ}$
pixel resolution

Elevation

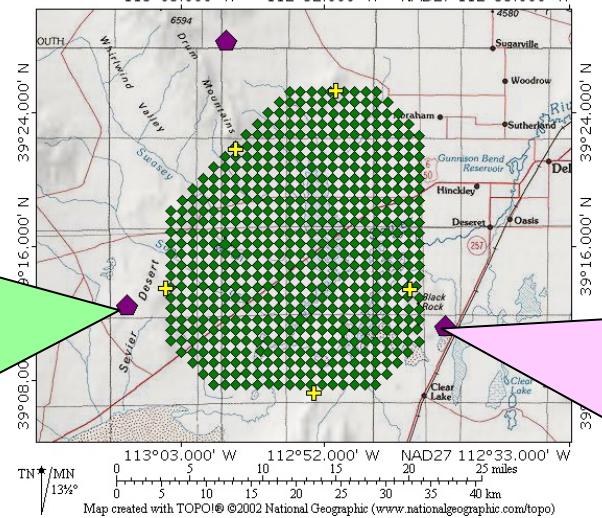


FD 建設現状

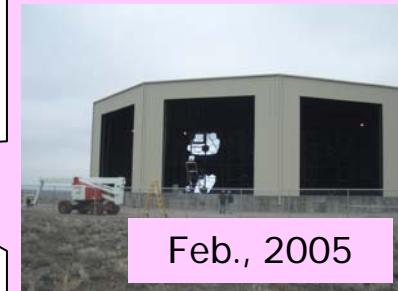
Long Ridge



TOPO! map printed on 07/12/04 from "StakeJun04-01.tpo" and "Untitled.tpg"
113°03.000' W 112°52.000' W NAD27 112°33.000' W



Black Rock Mesa

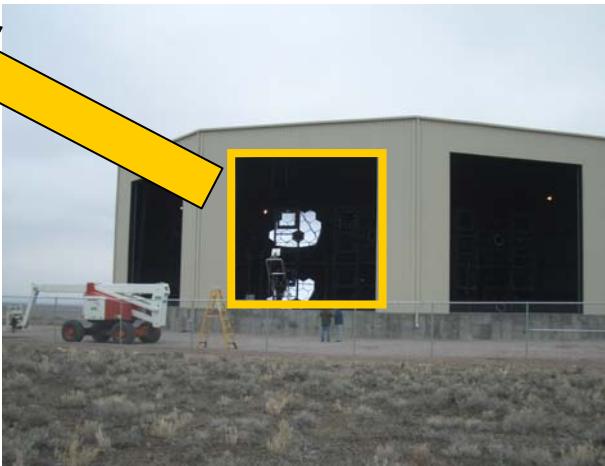
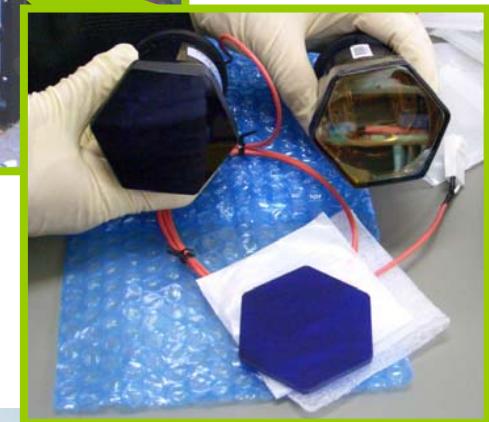
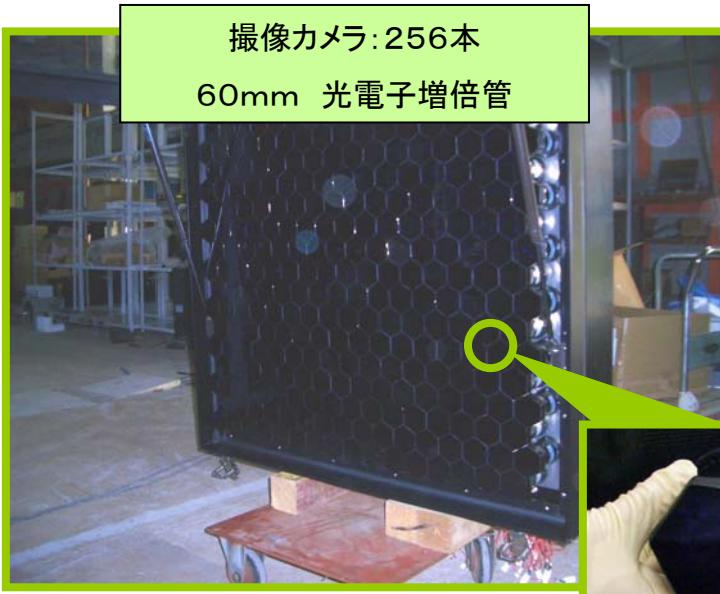
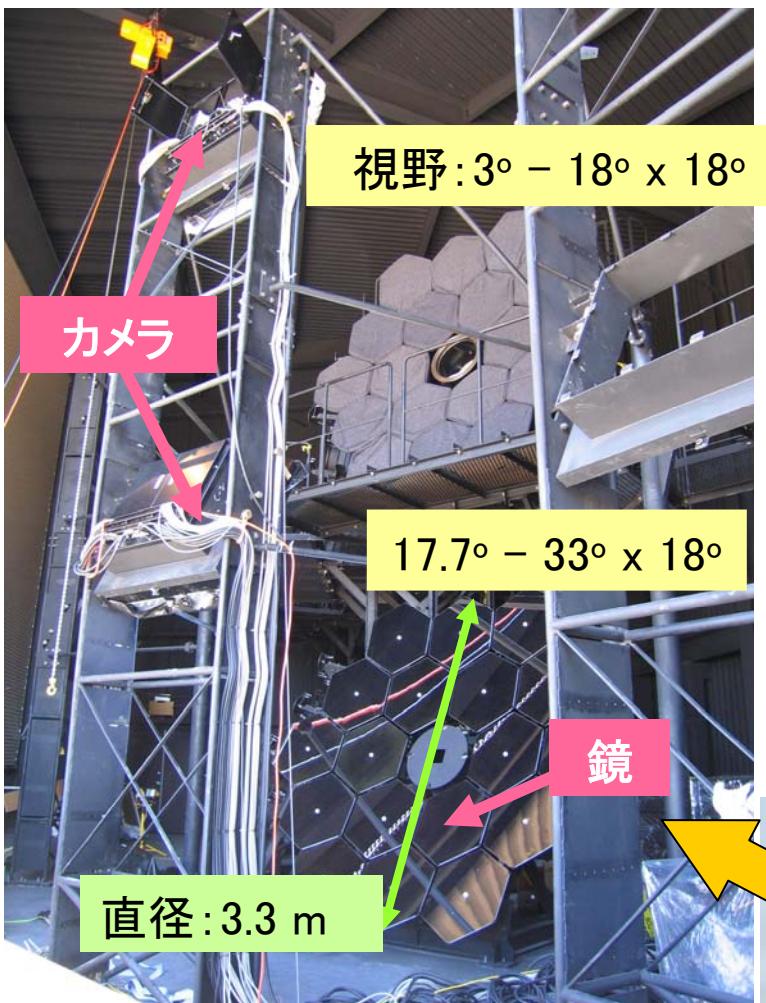


Feb., 2005

March, 2006

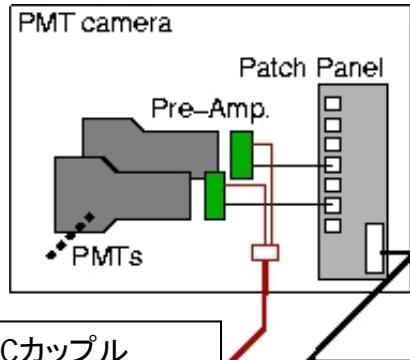


大気蛍光望遠鏡(FD): 望遠鏡

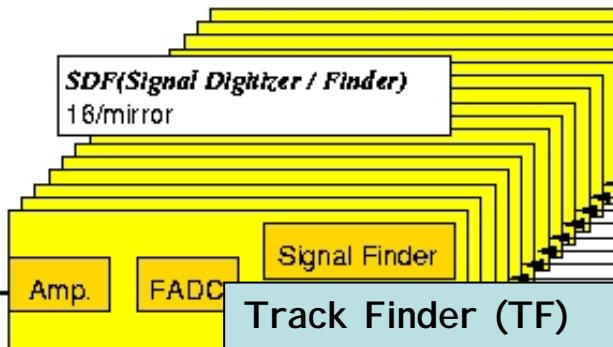


Electronics

A. Taketa/Y.Tameda



PMTはDCカップル
トータルゲイン: 4×10^6

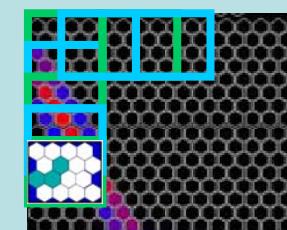
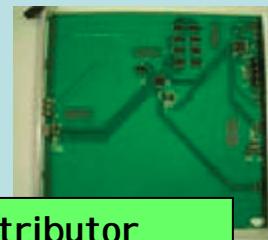


Track Finder (TF)

2nd level trigger (track-find process)

Partial track on border

5.4 μ s for track-finding process



CTD(Central Trigger Distributor)
1/station

Central Trigger Distributor (CTD)

Inter-mirror trigger, External trigger

Distribute Final Trigger to all the telescopes

Total triggering process time: 9.8 μ s



GPS
System clock
Reset/Interrupt

LAN

Electricity
High V
Weather
Shutter
etc

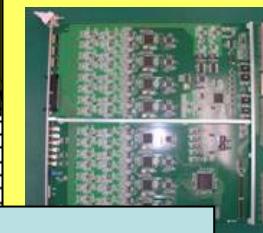


Signal Digitizer / Finder (SDF)

16 input channel

Recorded waveform: 51.2 μ s

(Resolution: 14 bit, 100 ns)



1st level trigger

(signal-finding process)

Dynamic Range:

14bit = 8k p.e./100 ns

Run control PC
GUI

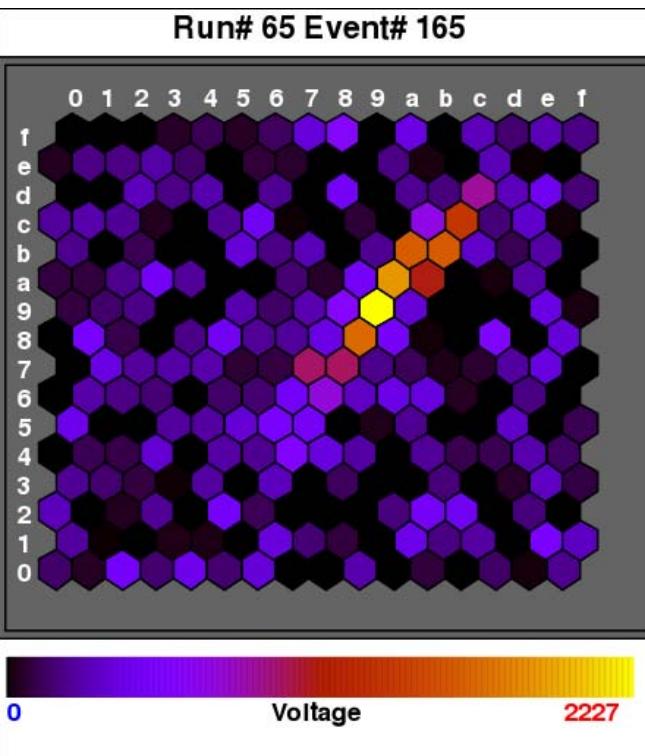
Storage PC
HDD

Electronics for
one camera

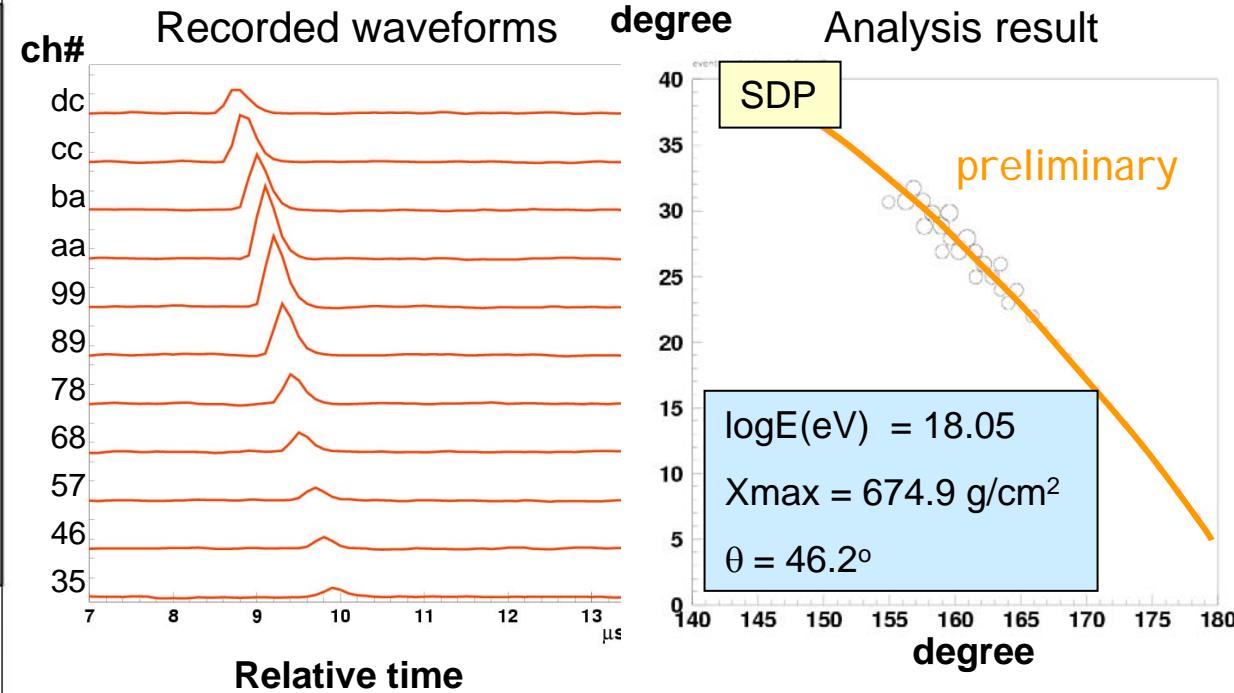
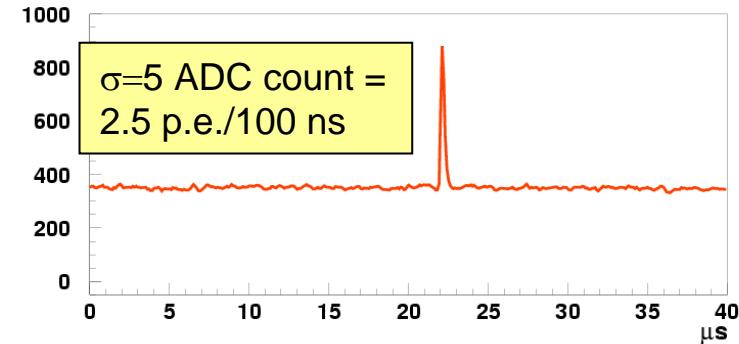
テスト観測@ Millard county, Utah

- ◆ 3–13 July, 2005 @ Black Rock Mesa site
- ◆ Single telescope with 256ch PMTs camera
- ◆ Total observation time: 31.5 hours
- ◆ 1st level trigger threshold: 6 – 6.5 sigma
- ◆ Trigger rate: 0.6 – 1.5 Hz

An observed shower-like track (11 July, 2005)



Typical waveform with fluorescence light
(RUN65,TRIG165, CH89)



カメラの 較正

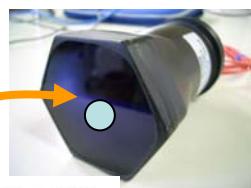
CRAYS

□ 絶対較正(CRAYS+YAP)

3本／256

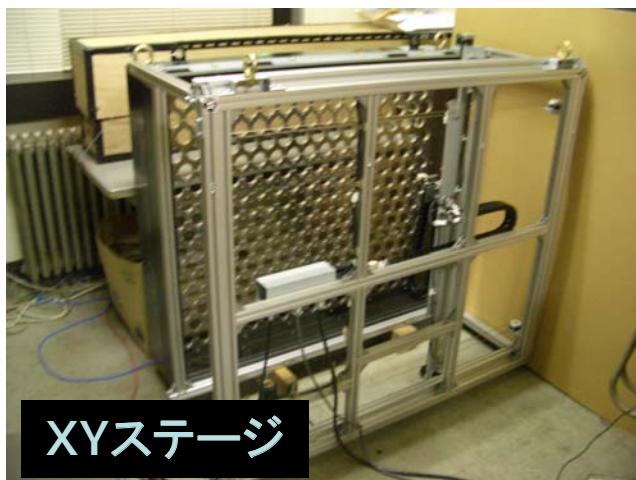
CRAYS:レイリー散乱絶対光量光源

YAP: 安定パルス光源



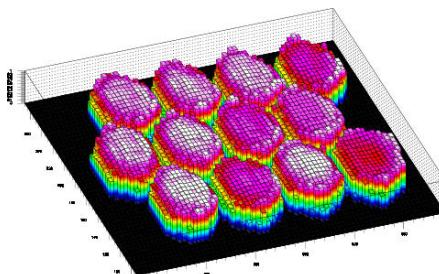
□ Xeフラッシャーによるカメラ全体の一様化

□ XYスキャナーによるカメラ全体での2次元分布の測定



XYステージ

Y. Murano

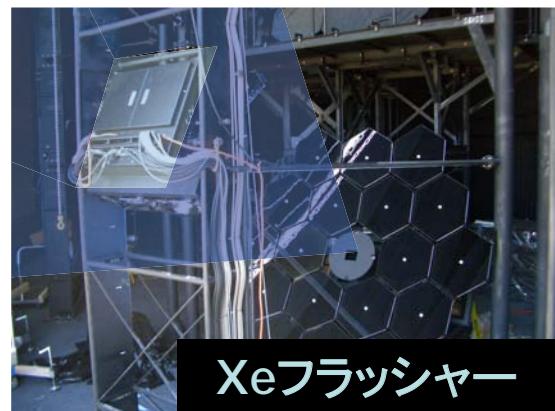


XYステージ

位置精度(取付 $\pm 1.0\text{mm}$, 移動 $\pm 0.5\text{mm}$)

光源: UV LED(365nm, コリメート: $\phi 4\text{mm}$)

全力カメラ ~2時間 (4mmステップ)



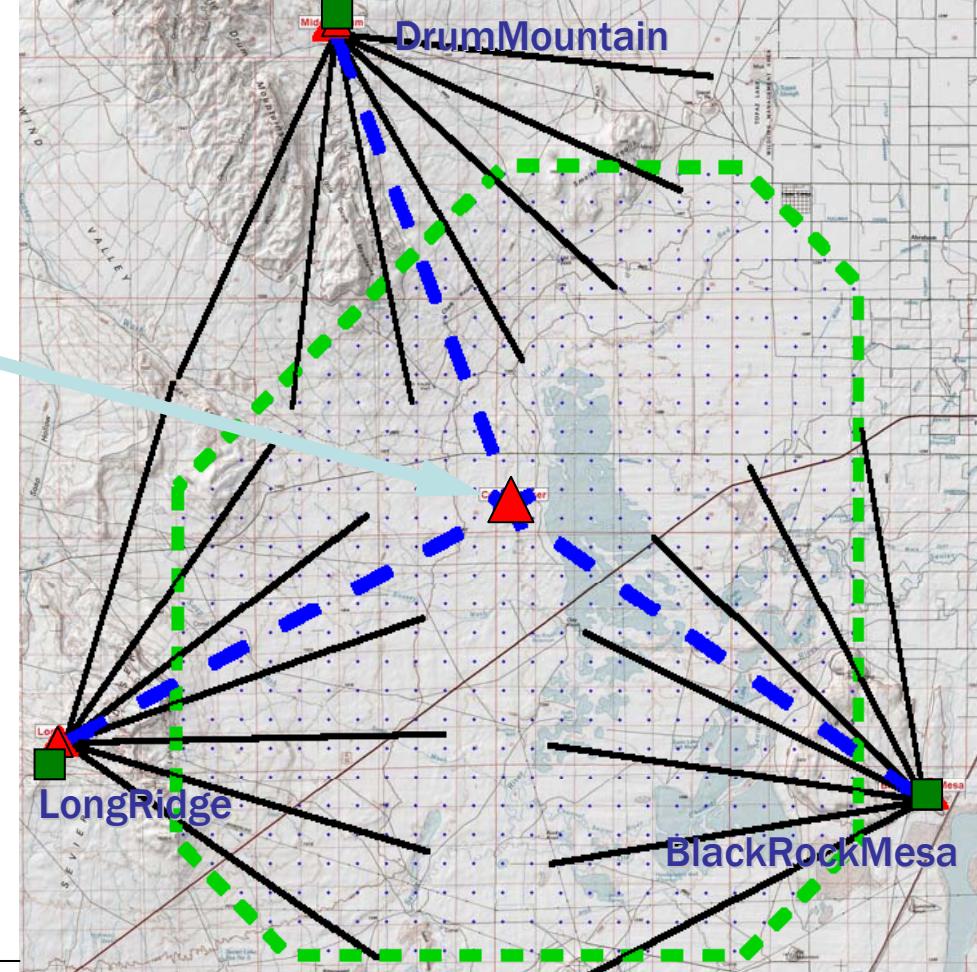
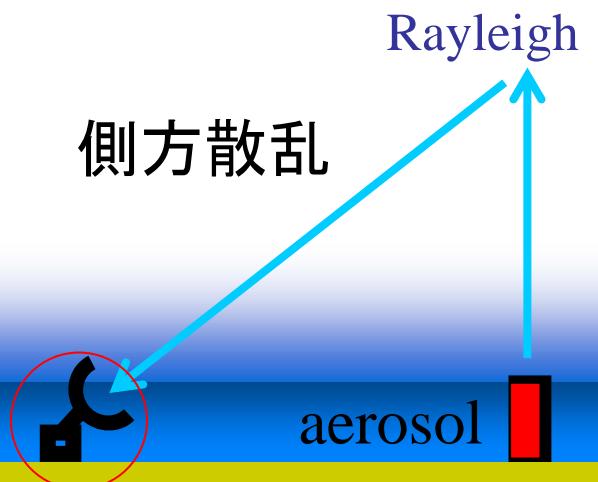
Xeフラッシャー

大気モニターによる 大気透明度の測定

Central Laser Facility

Nd:YAG Laser 355nm を垂直射出
FD 望遠鏡で観測

3つの 望遠鏡ステーション
から等距離 : ~20.85Km



各 station に LIDAR を設置

(LIght Detection And Ranging)

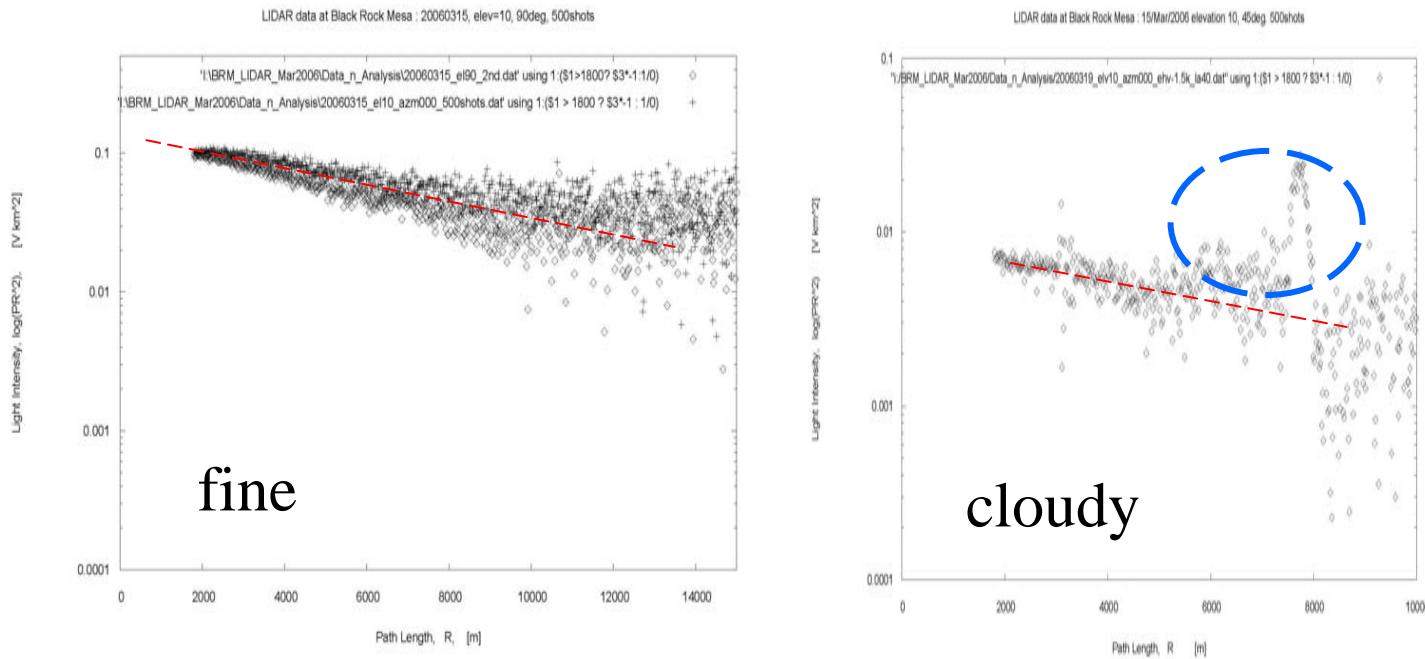


LIDAR system at Black Rock Mesa



March 2006 at BRM

Unstable weather !
Another Trolls at BRM before spring !



IR Camera

Cloud monitoring

Sensitivity : $8 - 14 \mu\text{m}$ FOV: $25.8^\circ (\text{H}) \times 19.5^\circ (\text{V})$

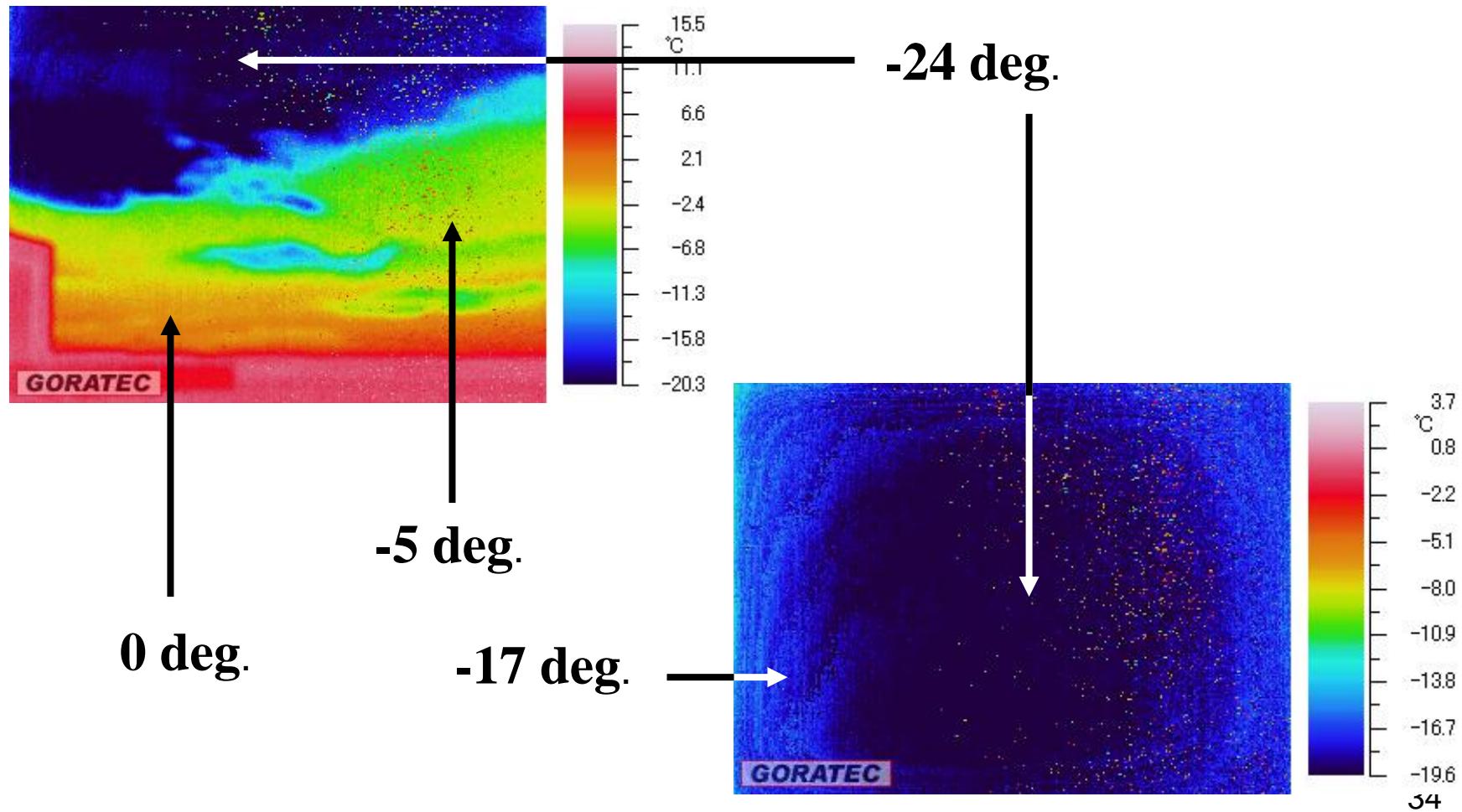
$-20 \sim 300^\circ\text{C}$

320×236 pixel

digital value \leftrightarrow temperapure



Temperature of the cloud @BRM



TA-LINAC

FDの100m先のLINACから

Energy総量(電子のエネルギー40MeV × 個数 10^9)

の分かっている電子ビーム

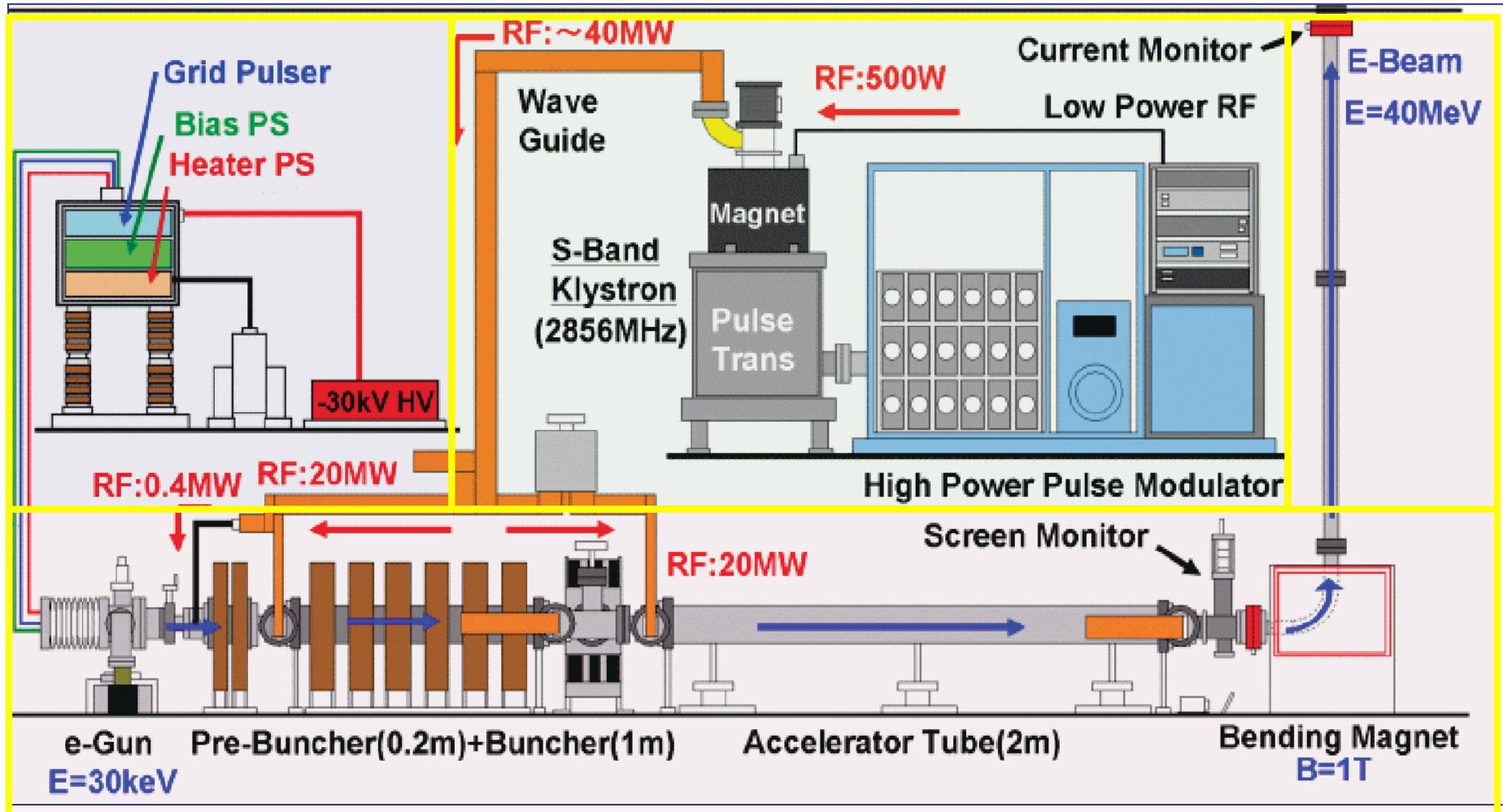
による空気シャワー(10km先の～ 10^{20} eVに相当)からの大気蛍光を
TAの大気蛍光望遠鏡(FD)で観測

⇒既知の ΔE でFDを較正する

平成17年度よりICRR共同利用 + KEK大学支援事業を基に
KEKの加速器の専門家の支援 + 電子軌道シミュレーション
KEKにある使用可能な部品
宇宙線研のTAからの人員

平成18年度に日本でLINACの組立・運転をして
平成19年度にユタに輸送・稼働の予定

TA-LINACの基本デザイン

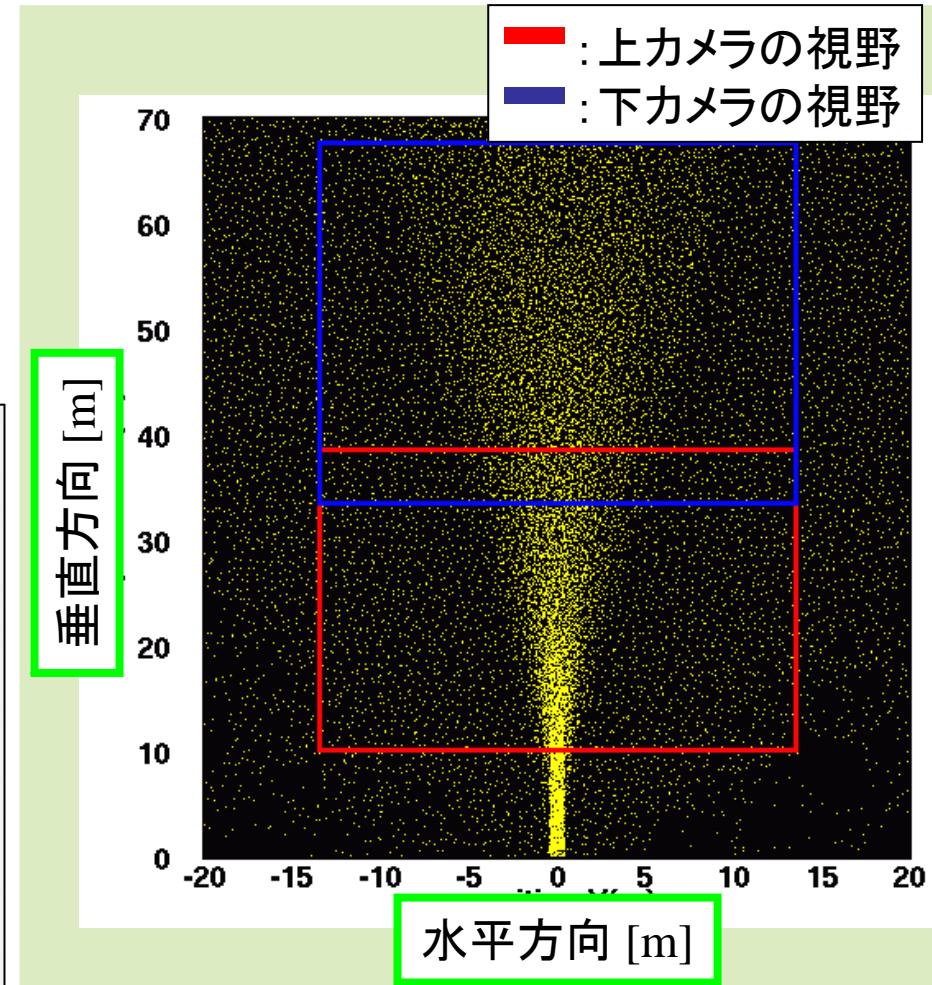
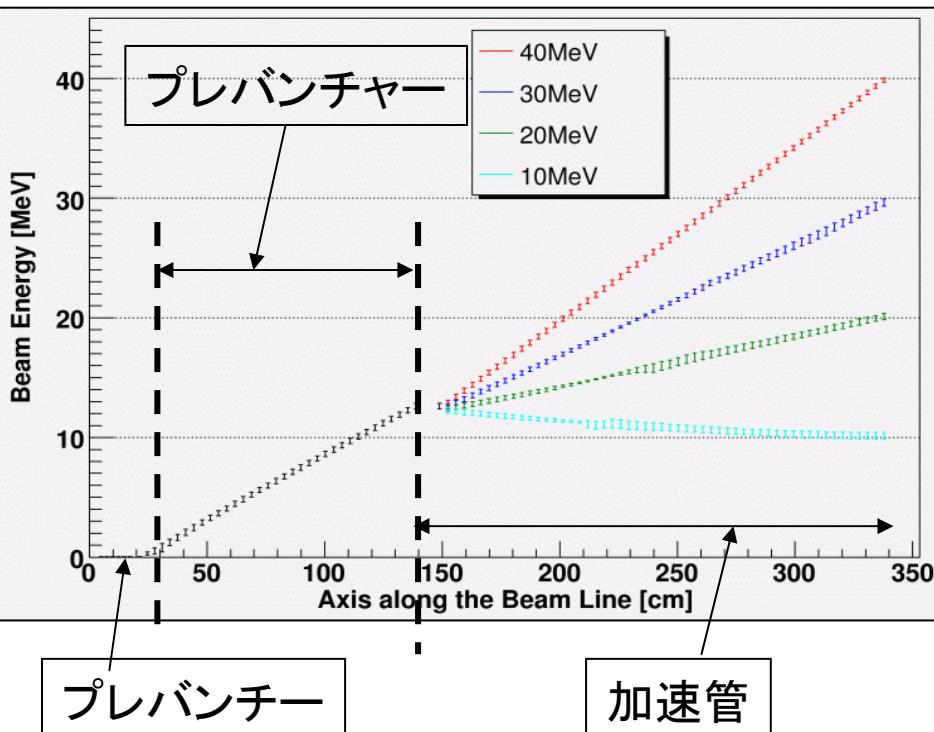


ビームライン: 電子銃→プレバンチャ→バンチャ→加速管→偏向電磁石→射出口

小型線形加速器 のスペック

- ビーム粒子: e-
- エネルギー: 40MeV max
- パルス幅: 1 μ sec
- 電流値: 0.16mA (10⁹e-/pulse)
- 頻度: 1Hz

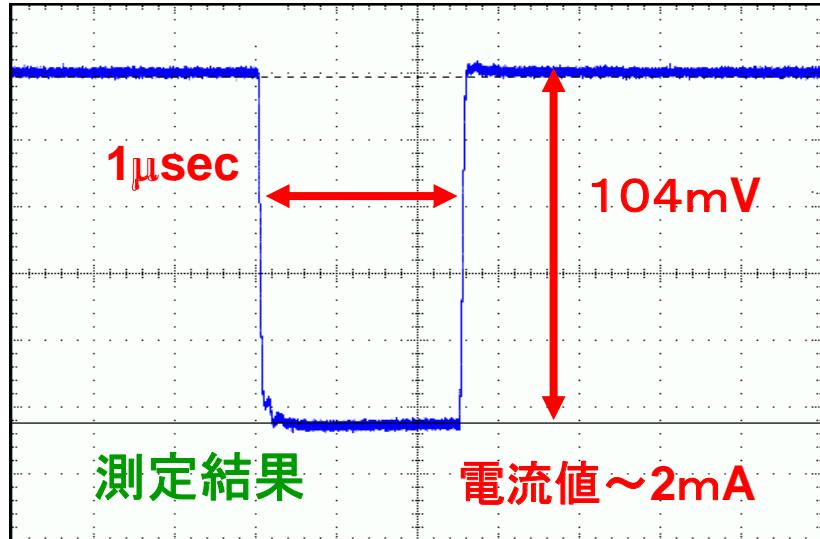
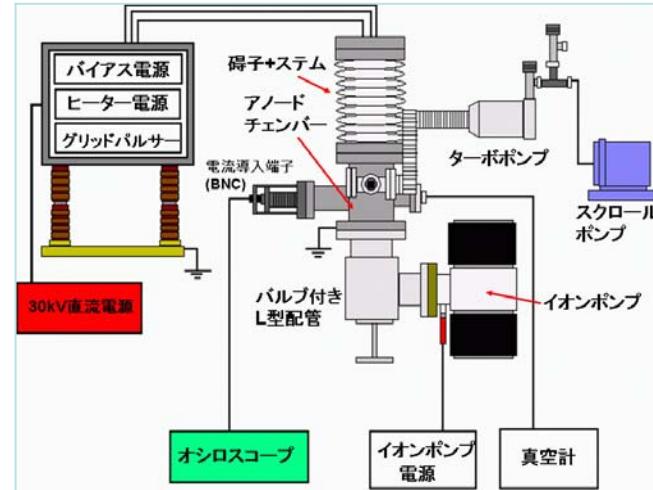
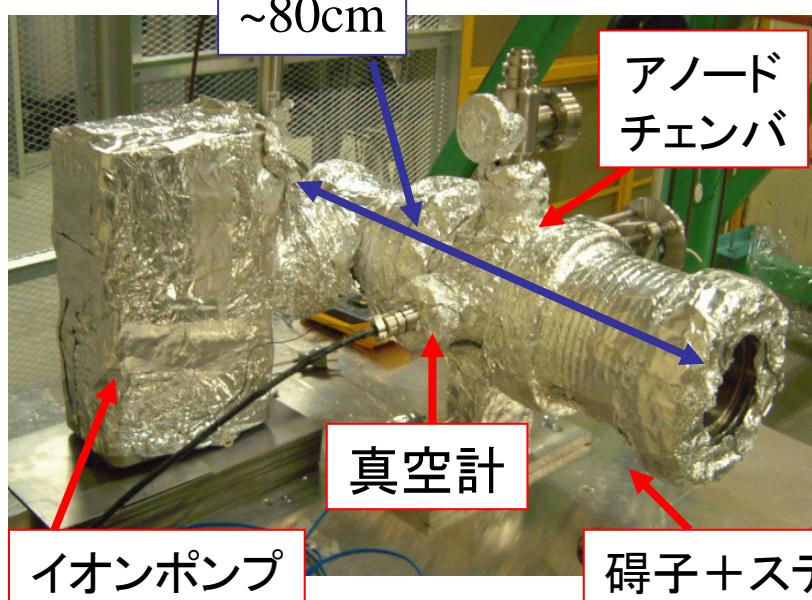
電子軌道シミュレーション



40MeV電子ビームによるシャワーからの
大気蛍光による光子の発生点(Geant4)
37

電子銃試験セットアップ

2006年3月
電子銃試験@KEK
•30kV電子銃システムで
•必要電流値(100mA~)の取り出し



アノードから1cmの距離にある
ビームキャップチャで電流値を測定する。

TA/TALE

- NSFに申請していたTA/TALEのproposalに対して予算の内示が出た
 - Proposal for the U.S. Part of the **Telescope Array** (TA) Experiment, Including the **TA Low Energy Extension** (TALE)
- HiResをShutdownして望遠鏡をTAの第3ステーションに移設する。

