



H18 年度 共同利用研究成果発表会

TAの建設と試験観測

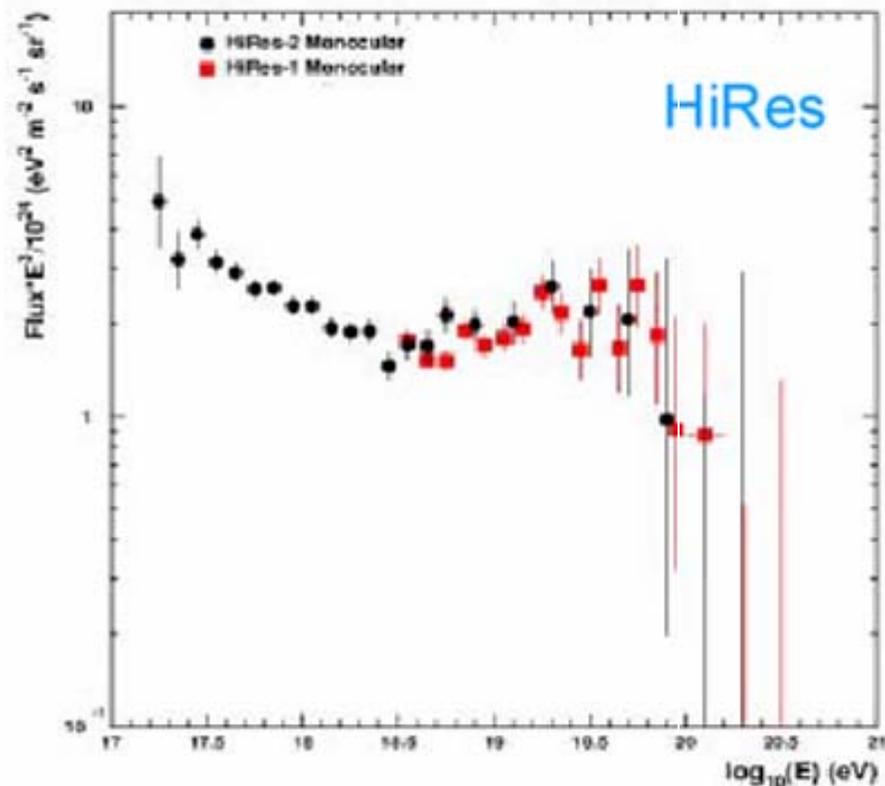
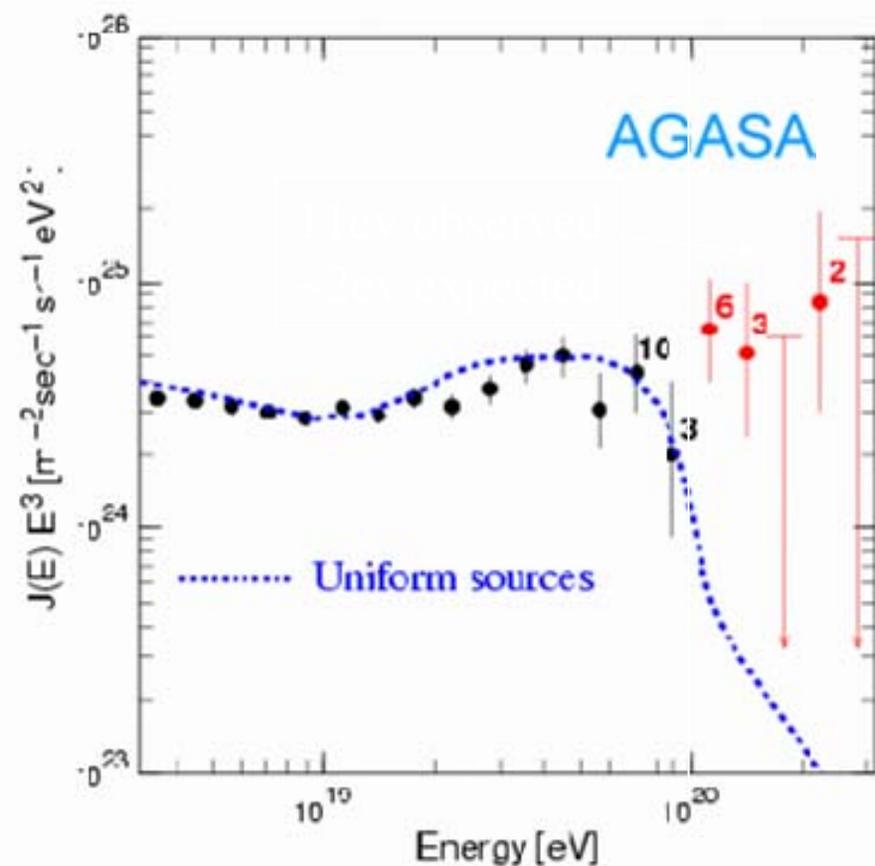
佐川 宏行

(東京大学 宇宙線研究所)

東京大学宇宙線研究所6階大セミナー室

2006年12月15日

超高エネルギー宇宙線のエネルギースペクトル



⇒ AGASAが観測した

GZK限界を超える宇宙線の存在を検証し、その起源を解明する

(クラスターの存在、粒子種の特定)

Telescope Array (TA) 共同研究者

日米グループ、今年の夏より韓国グループが参加

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, Foerhinger 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

TAの実験装置

Surface Detector (SD)
地表粒子検出器

576 シンチレーション検出器

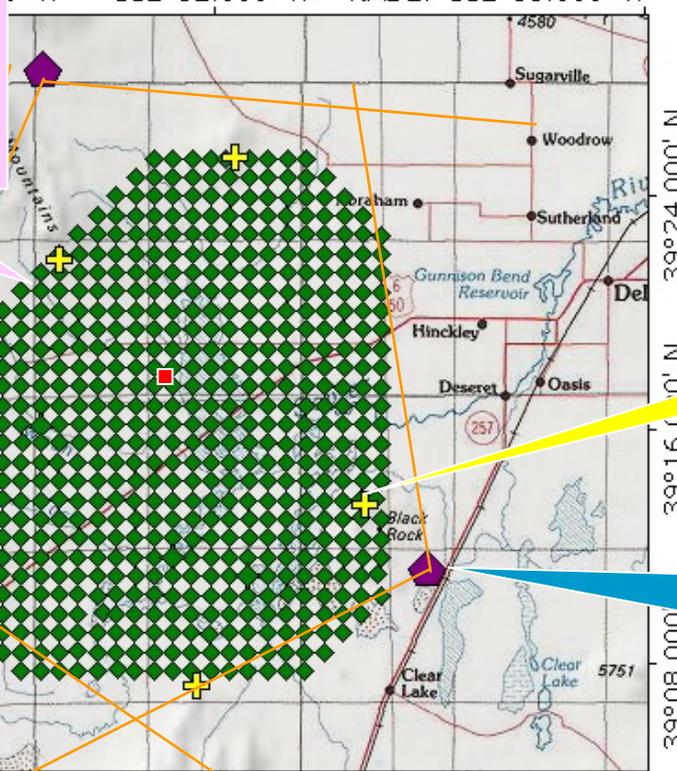
1.2 km 間隔

10^{19} eV以上でトリガー効率
100%

米国ユタ州ミラード郡
(39.1°N , 122.9°W)

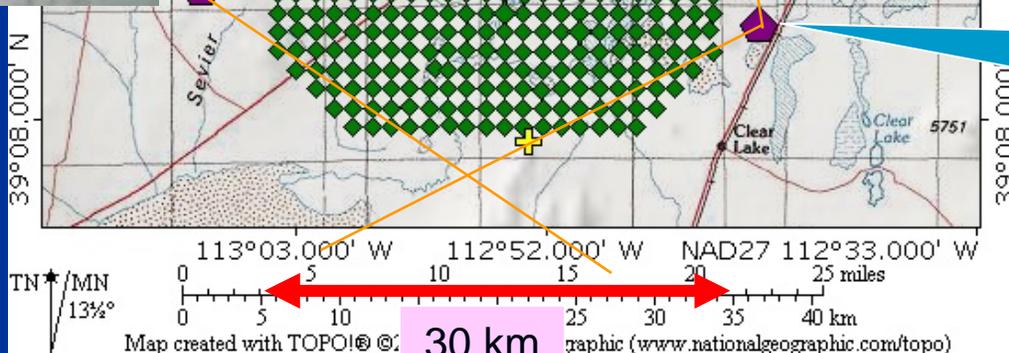
標高 1400 m

12/04 from "StakeJun04-01.tpo" and "Untitled.tpg"
112°52.000' W NAD27 112°33.000' W



5 通信塔

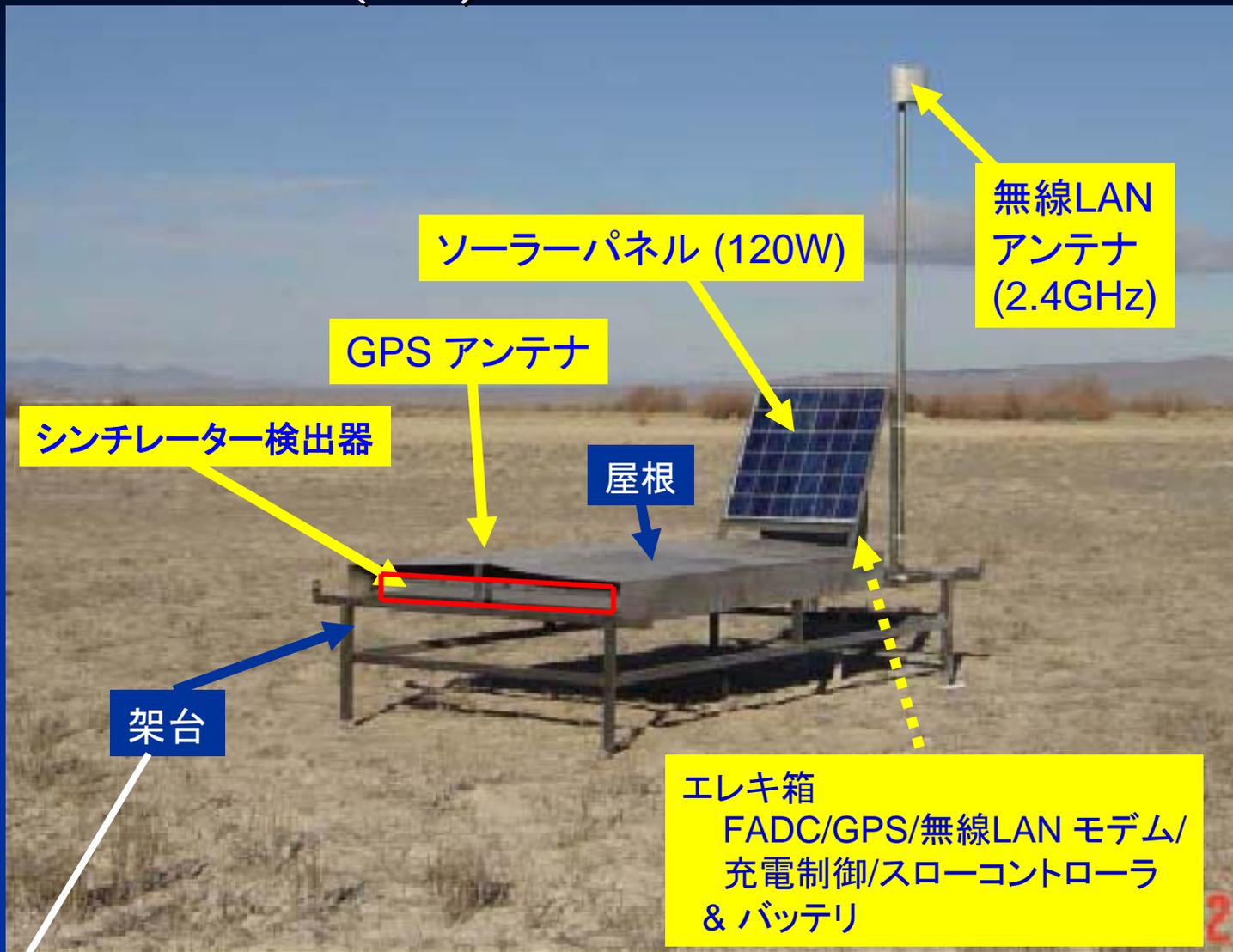
3 FD stations
(大気蛍光望遠鏡)



地表粒子検出器

Surface Detector (SD)

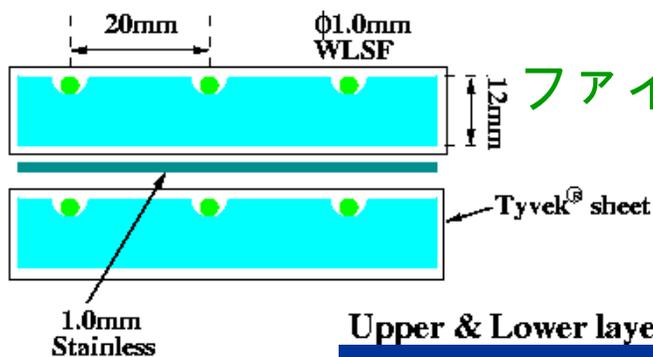
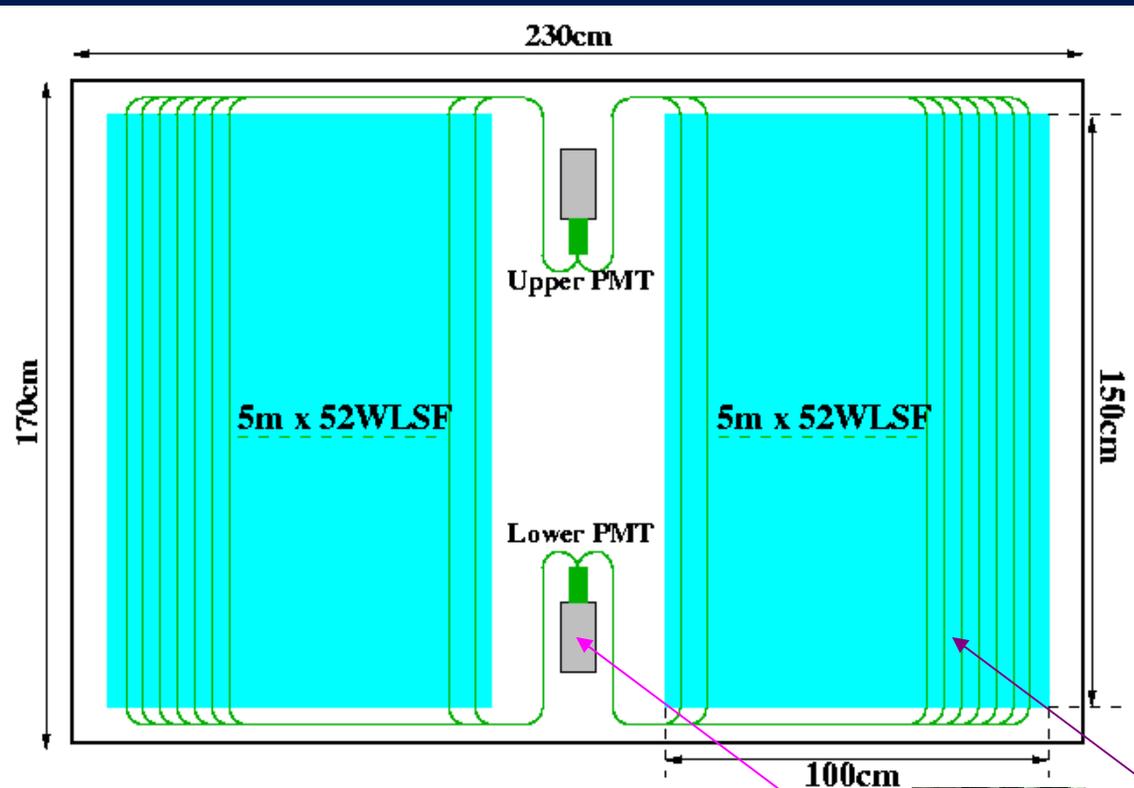
地表粒子検出器 (SD)



架台、パネル支持、屋根、アンテナポール
はユタの会社で製作

2004年の12月に設置した
テスト的に18台のSDのうちの1つ

シンチレーション検出器



Upper & Lower layer are
separated optically



シンチレーター

3m² area 1.2cmt 2 layers
波長シフト用ファイバー (WLSF)

1.0mm 直径 2 cm 間隔
光電子増倍管からの出力

2 PMTs (Electrontubes 9124SA)
(上の PMT + 下の PMT)

シンチレータボックス

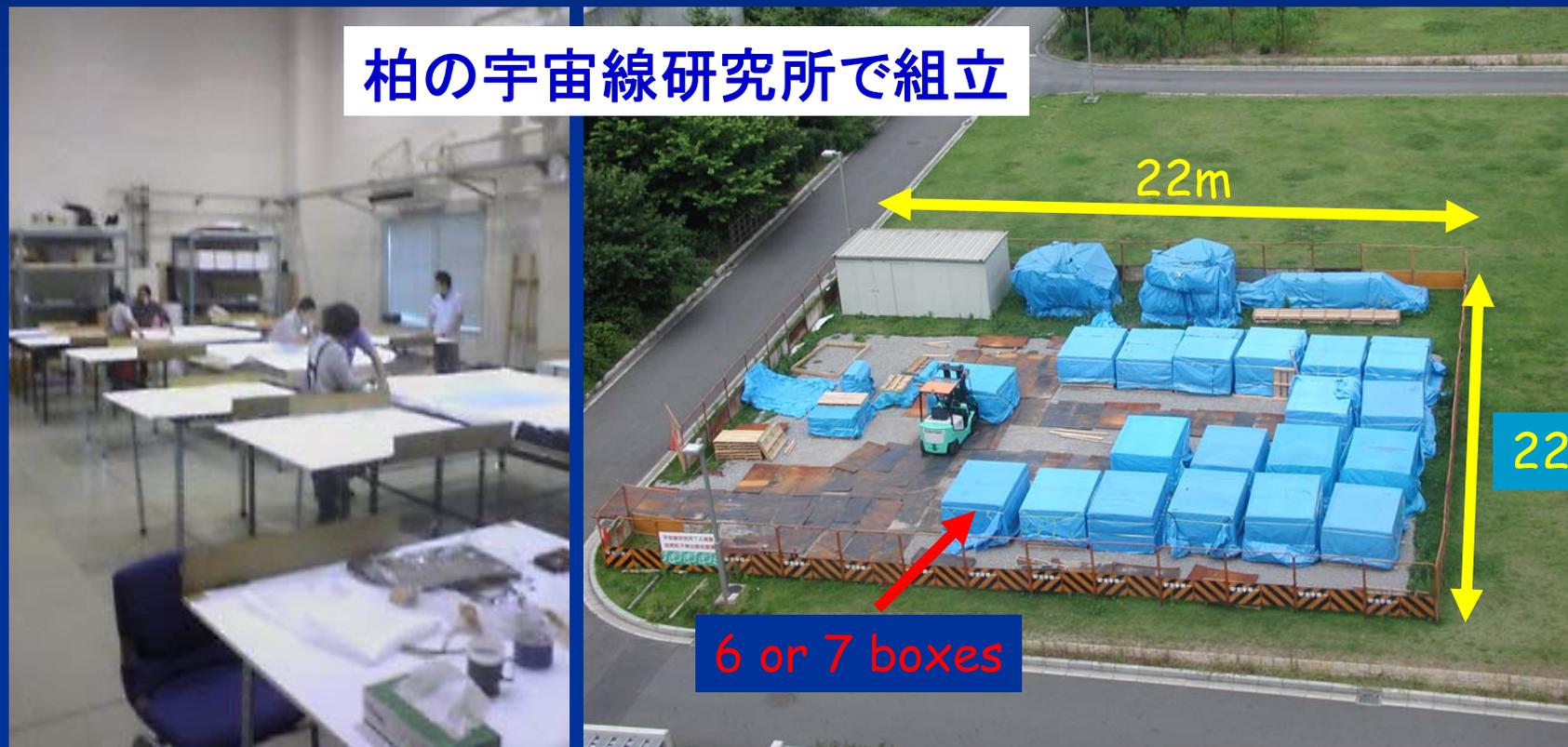
ステンレススチール
230 x 170 x 10(cm³)
(1.2mm, 1.5 mm 厚)

全重量 ~200 kg



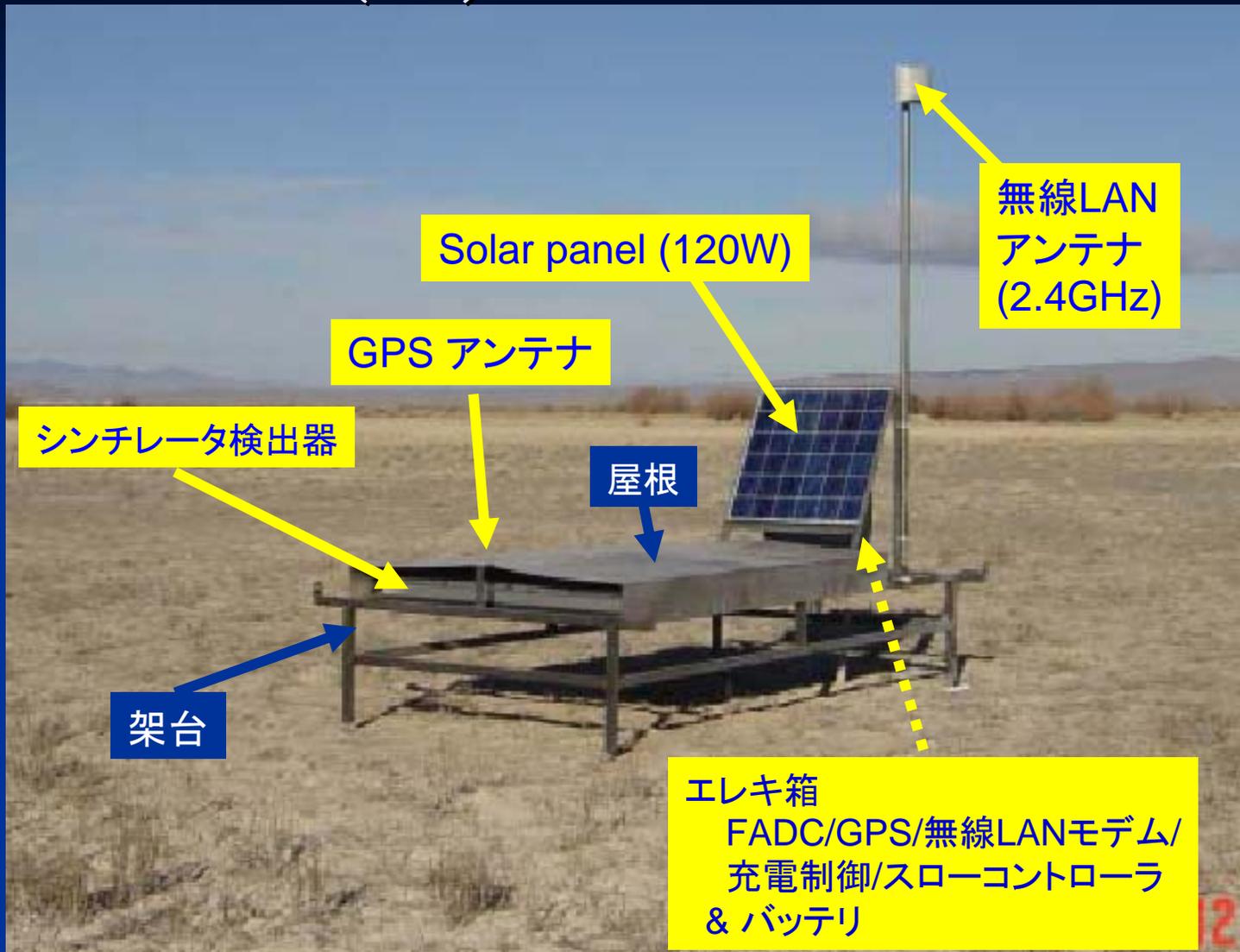
シンチレーション検出器の組立

- 2004年Test Array用として20台製作
- 2005年5月に量産開始 ... 348台(2005年)



- 2006年10月組立終了 ... 150台(2006年)
- 合計**518**台製作

地表粒子検出器 (SD)

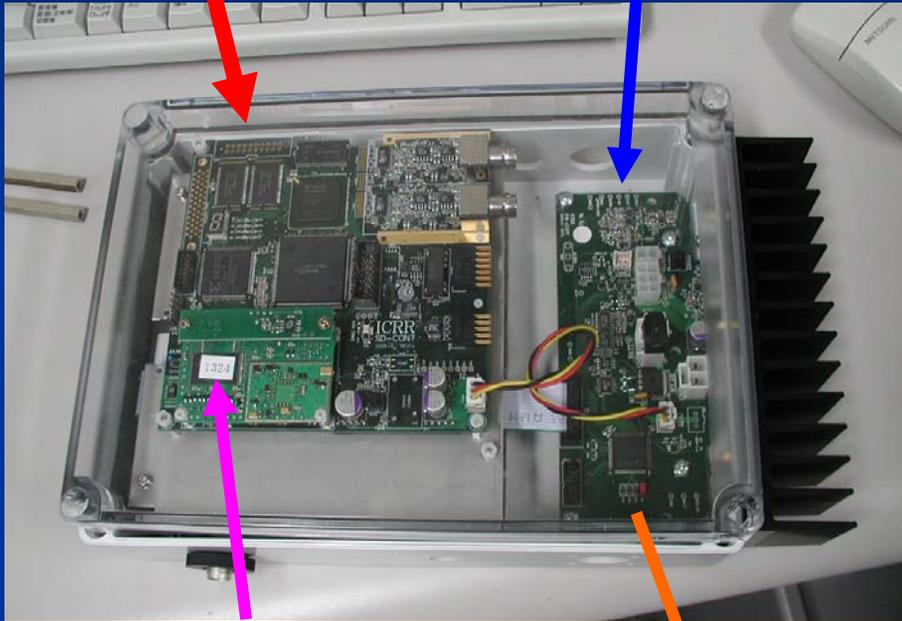


SDエレキ

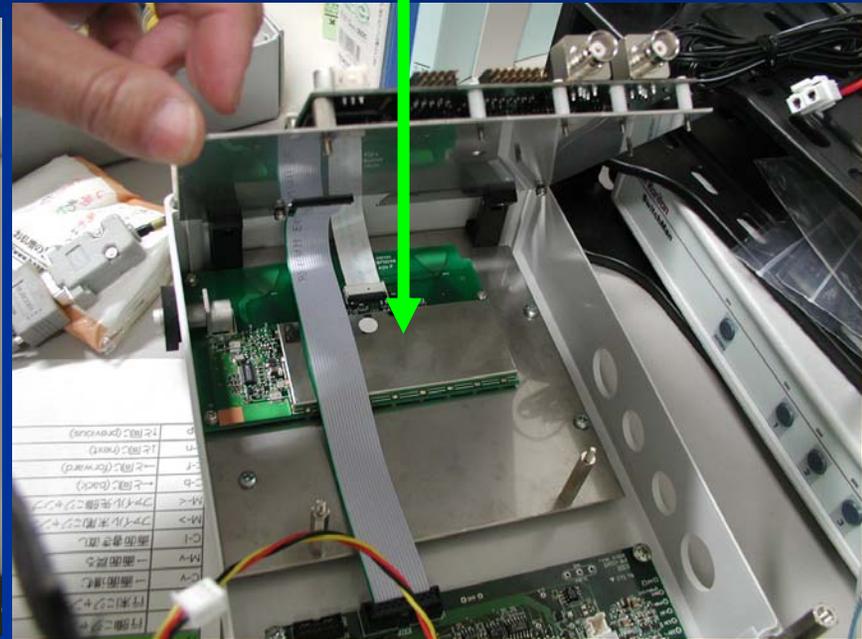
FADCボード

Charge Controller

無線LAN用モデム



GPS



DYNASTY
DCS-100L (12V 100Ah)

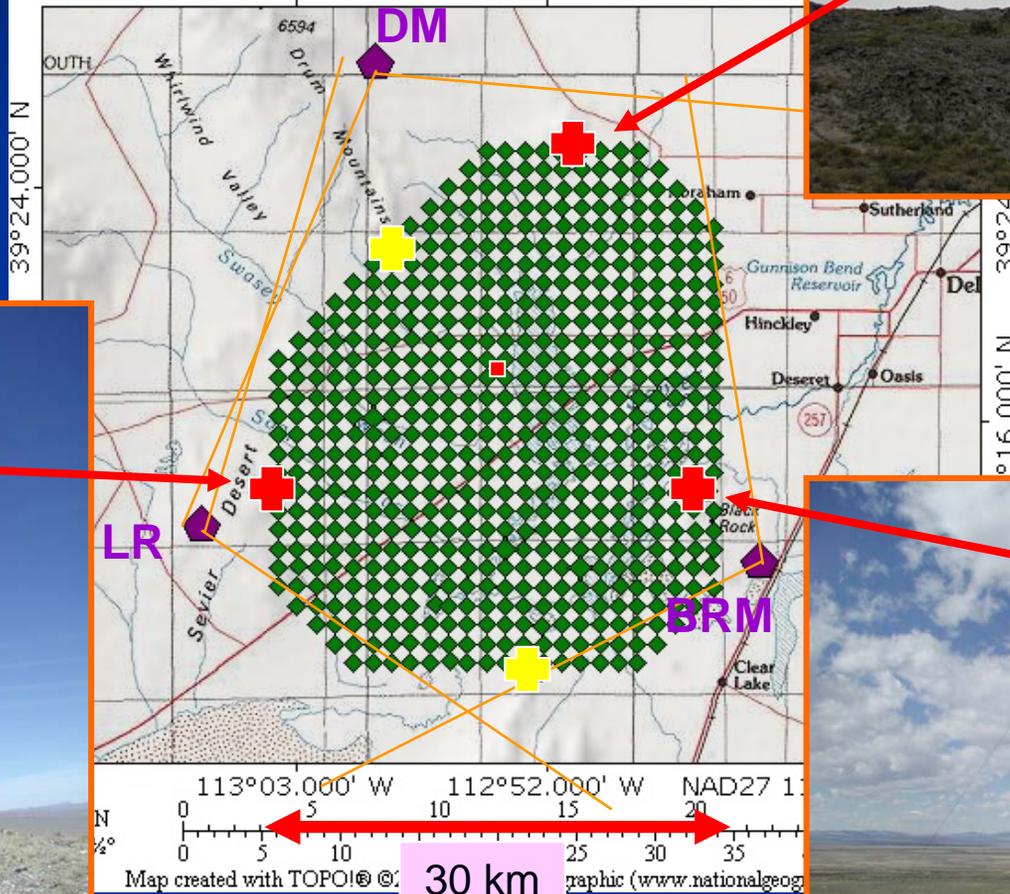
約6Wの消費予定

通信中継塔

FD,SD用

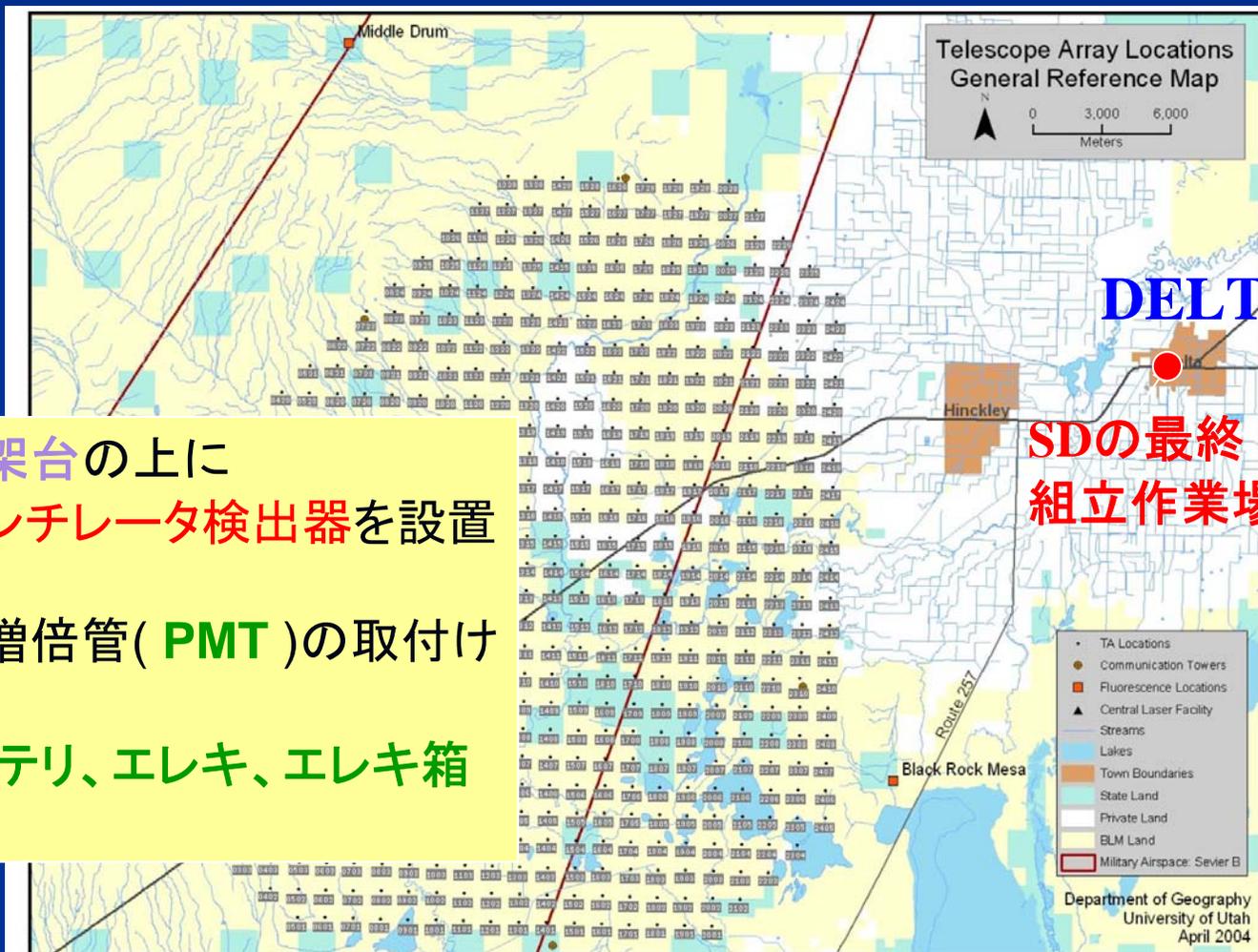
2006年9月に3箇所建設

TOPO! map printed on 07/12/04 from "StakeJun04-01.tpo" at
113°03.000' W 112°52.000' W NAD27 11



地表粒子検出器 (SD) の最終組立

場所: ユタ州デルタ市 宇宙線センター



ユタ州で製作された 架台の上に
日本で組み立てたシンチレータ検出器を設置

日本で試験した光電増倍管 (PMT) の取付け

ソーラーパネル、バッテリー、エレキ、エレキ箱
の取付け

約250台の 地表粒子検出器(SD)



宇宙線センター



SD設置のスケジュール

- 米国土地管理局からの要請による動物、植物、遺跡調査が終了
- 9月中旬に主な3つの通信塔の建設終了



■ SDの設置

- 10月に50台のSDを設置
- 12月11日～12日に更に50台のSDを設置



- 全部で約 **520台の** SDを2007年2月末までに設置予定

SD設置風景

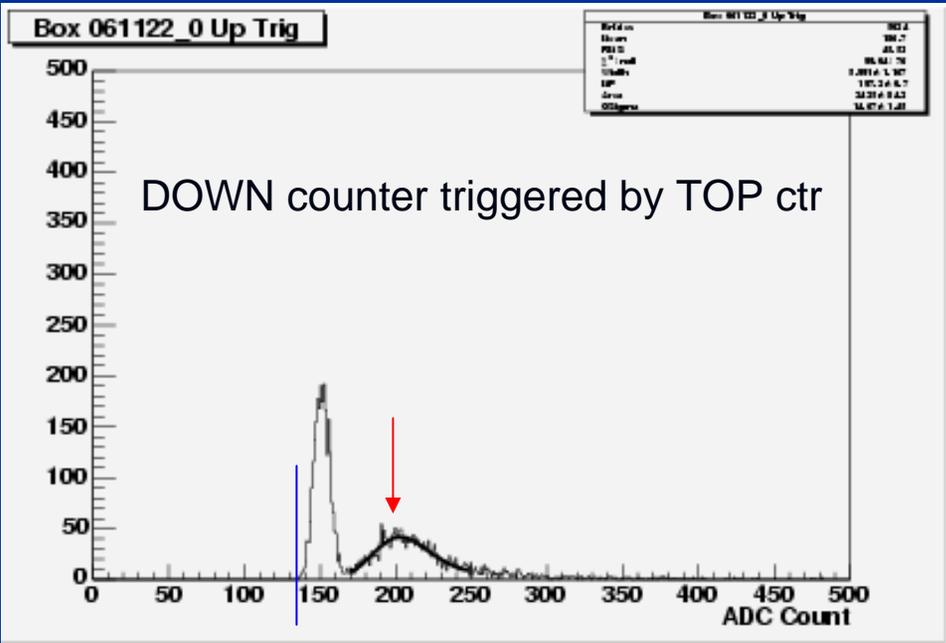
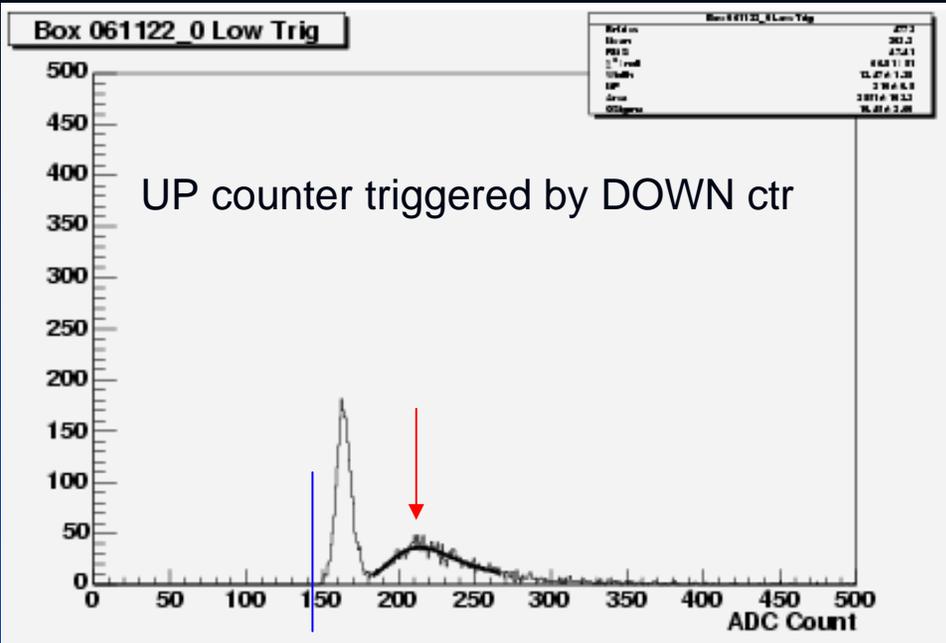
(伊藤英男氏撮影、佐川編集)

Cosmic Ray Center
SDをトレーラーに載せる

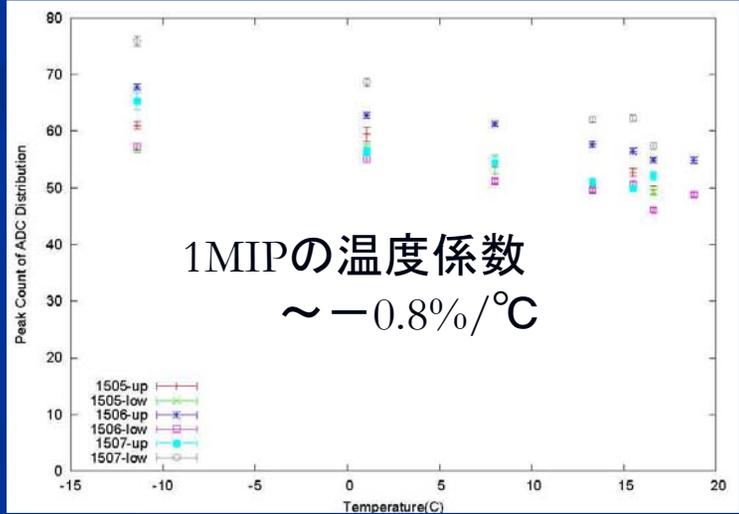
運搬: 約25台/1日 設置: 約50台/1日 調整: 約50台/1日
(6台/1トレーラ) × 2トレーラ × 2往復 (1台約8分)

Health of Deployed Counter

- wireless control and DAQ
- HV set at ~50 cnt (integ.) for 1 MIP
- Trigger at 20cnt & see other counter
- good muon spectrum obtained
- stability over one week +- 5%
- 1500+-150 Hz for 1/3 MIP
30 +- 10 Hz for 3 MIP



ADC分布のピーク値(カウント)



温度(°C)

大氣螢光望遠鏡

Fluorescence telescope (FD)

FD: 建物の建設

BRM



HiRes 移設

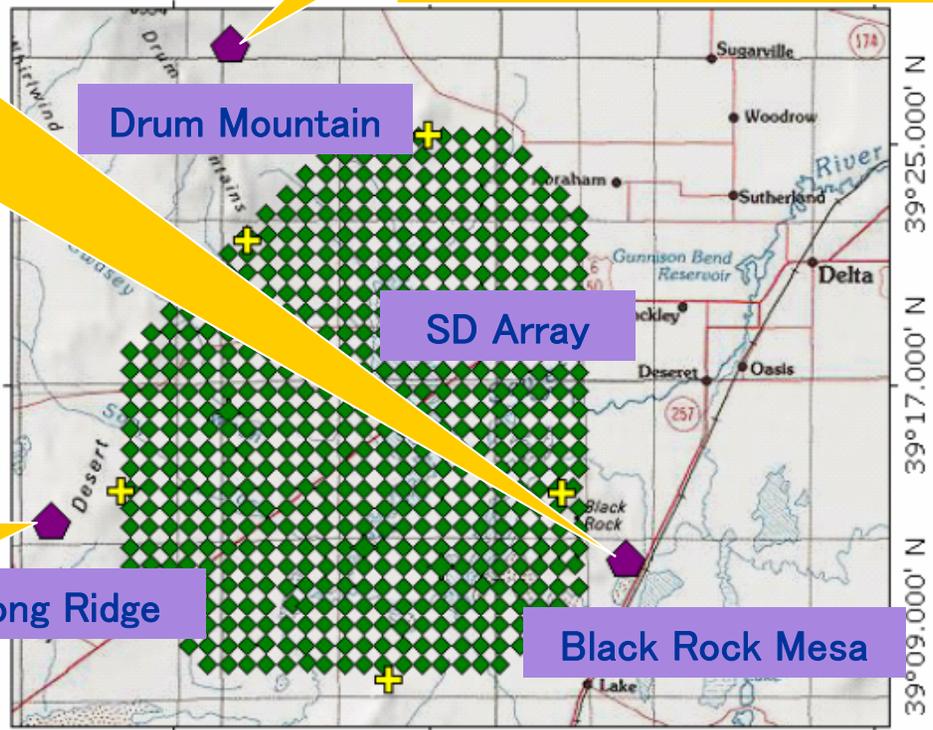


Drum Mountain

SD Array

Long Ridge

Black Rock Mesa



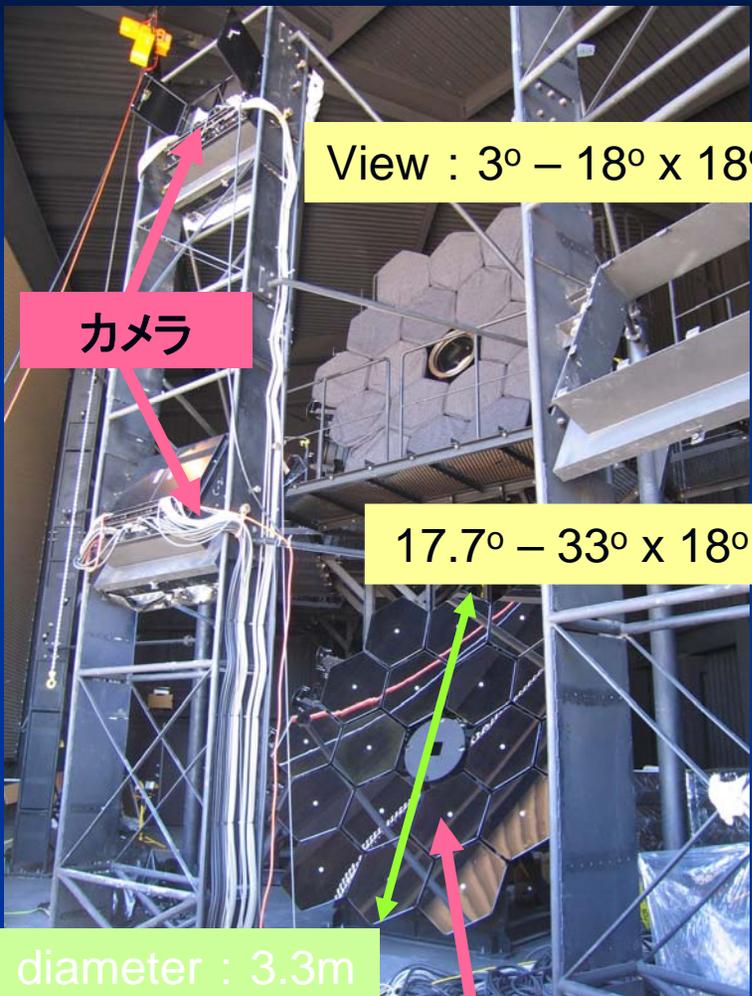
LR



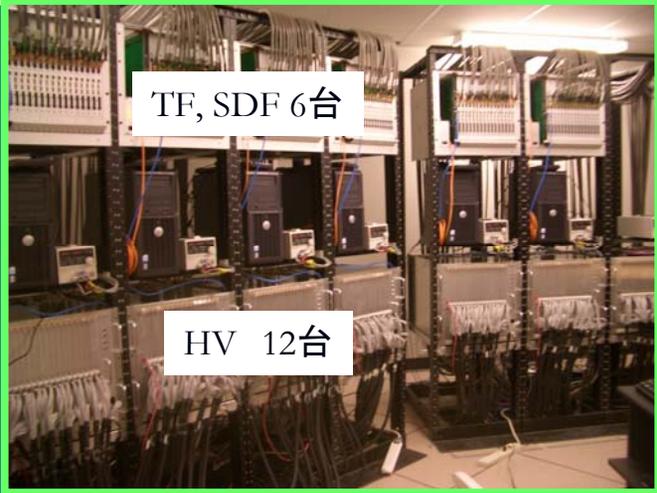
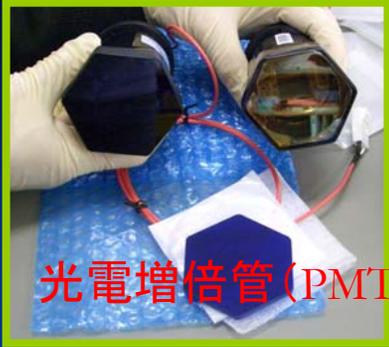
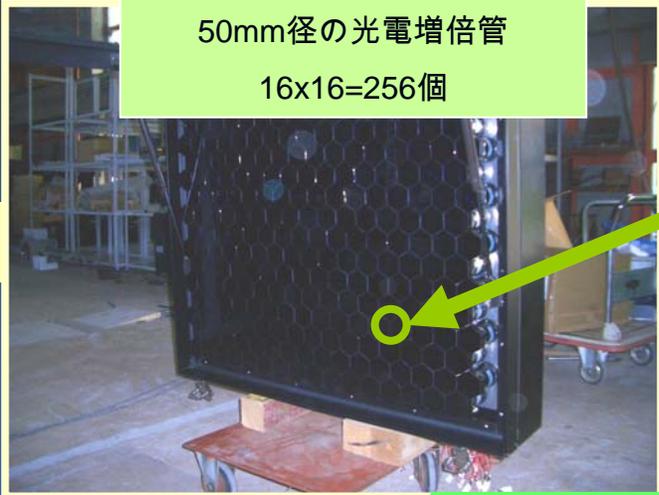
TN MN
13 1/2°

Map created with TOPO!® ©2002 National Geographic (www.nationalgeographic.com/topo)

FD : 望遠鏡



カメラ：
50mm径の光電増倍管
16x16=256個



Black Rock Mesa

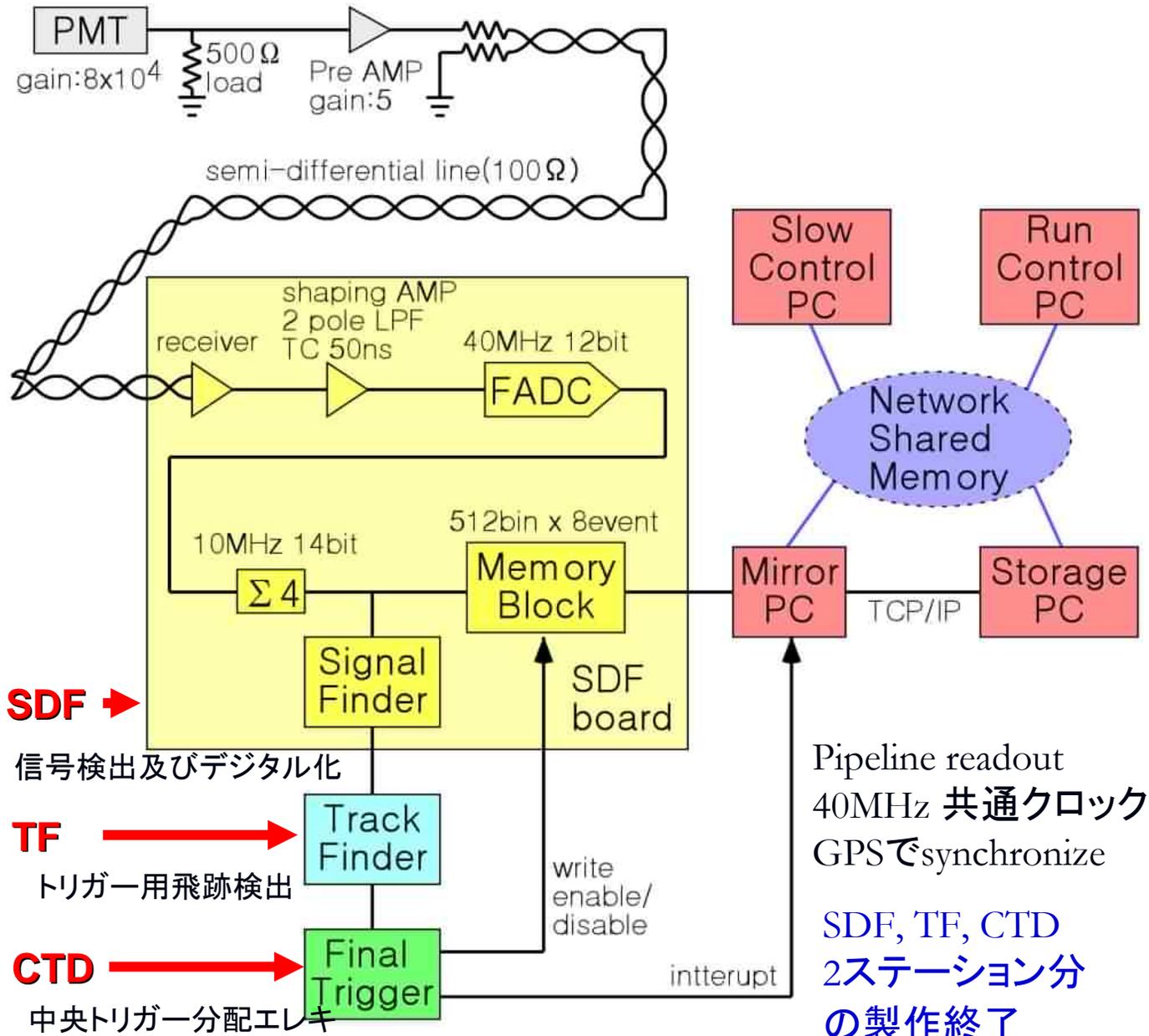
- ミラー取付 全12台分
- カメラ取付 8台分(12台中)
- エレキ取付 6台分(12台中)

Long Ridge

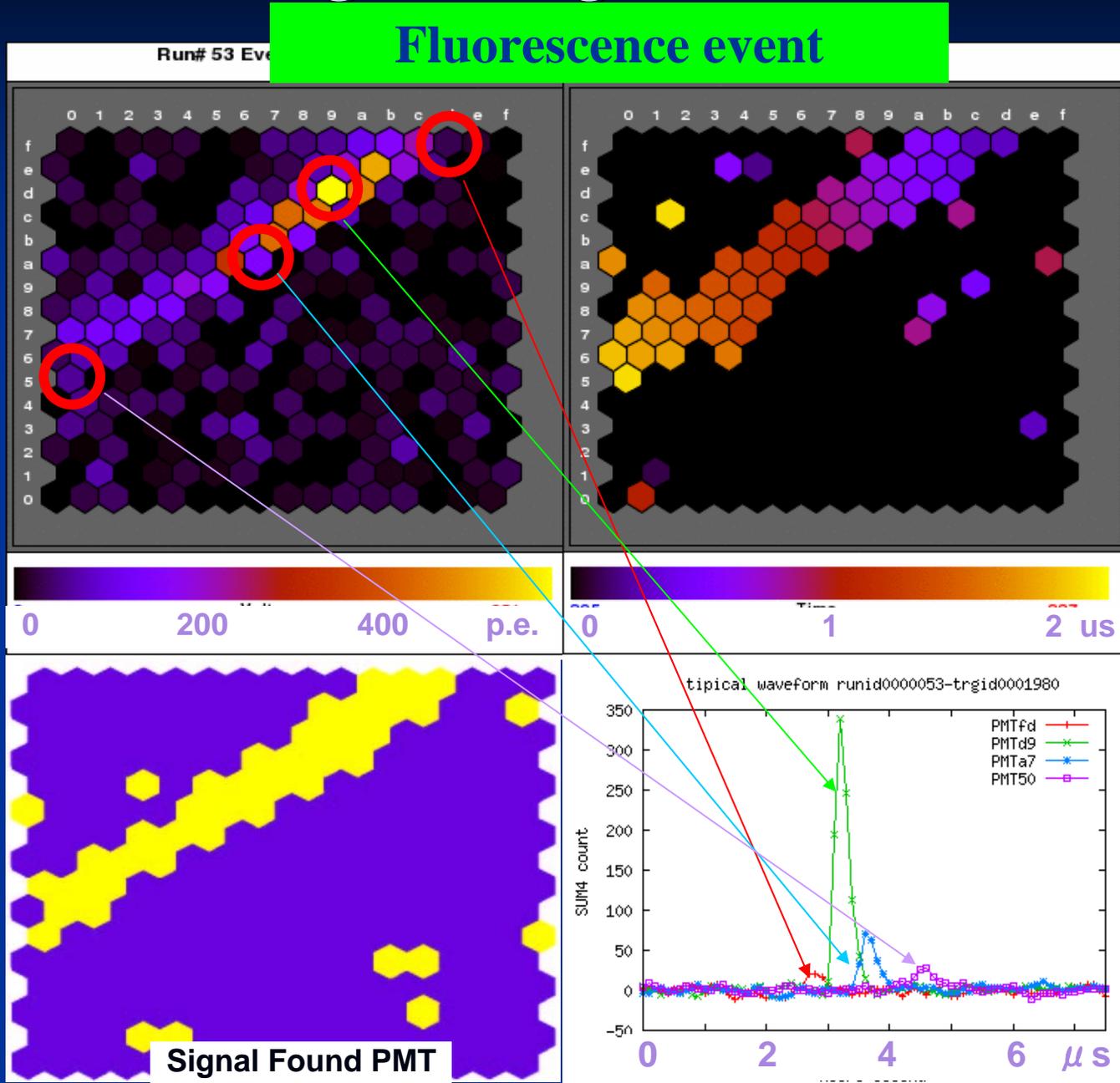
- 架台組立 6基ほぼ(6基中)

六角形に分割された18個の
球面鏡からなる複合鏡

FD Trigger and DAQ diagram



Fluorescence signal recognition (Test obs. @ Utah, July 2005)



大気モニター

中央レーザー装置

Emit Nd:YAG Laser 355nm
vertically

Observe by FD

Equal distance from three
FD stations : ~20.85Km

側方散乱
Rayleigh

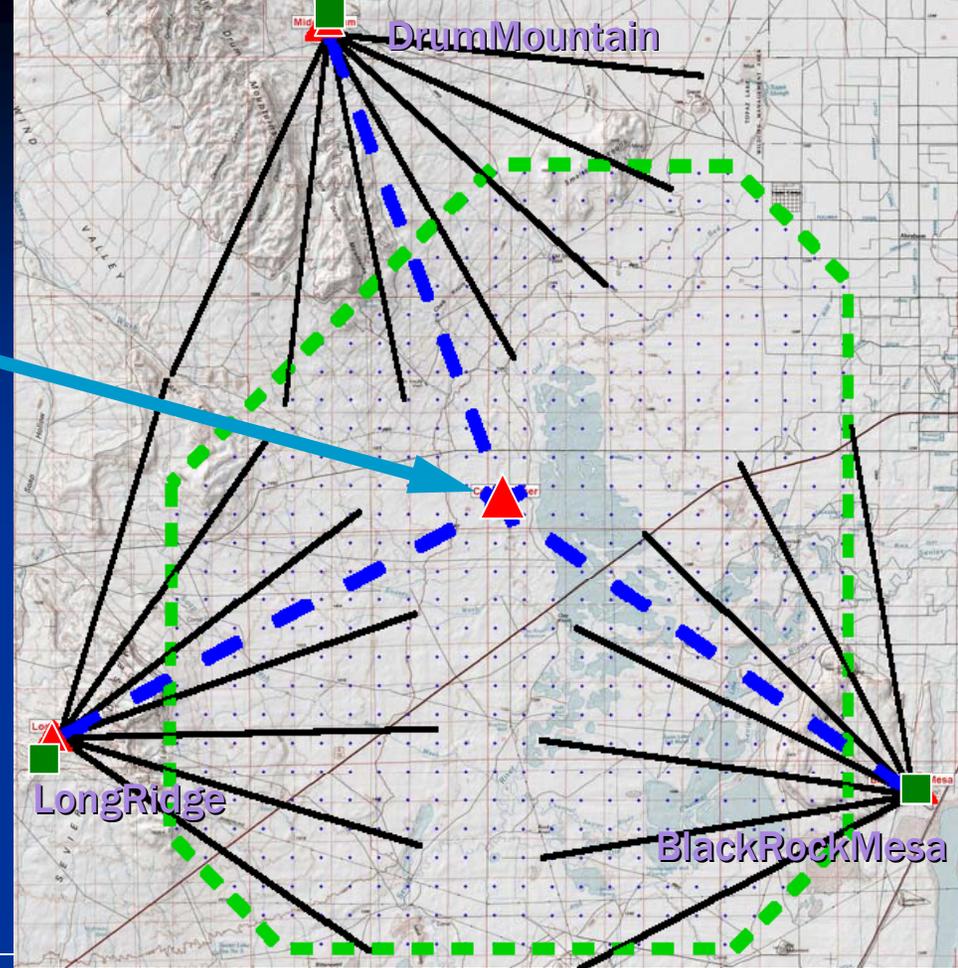
aerosol



各FDステーションに **LIDAR** を設置
(**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging)

後方散乱

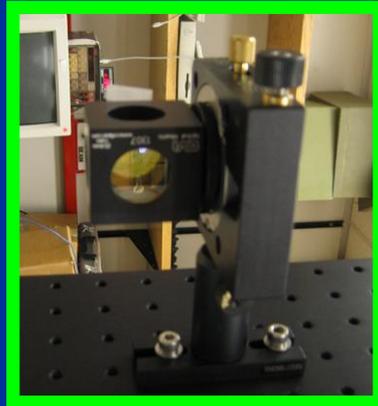
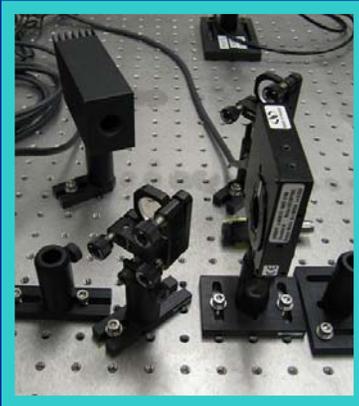
Rayleigh



Central Laser Facility (CLF)



Nd:YAG; 355ns
Up to 16mJ @ 5ns pulse



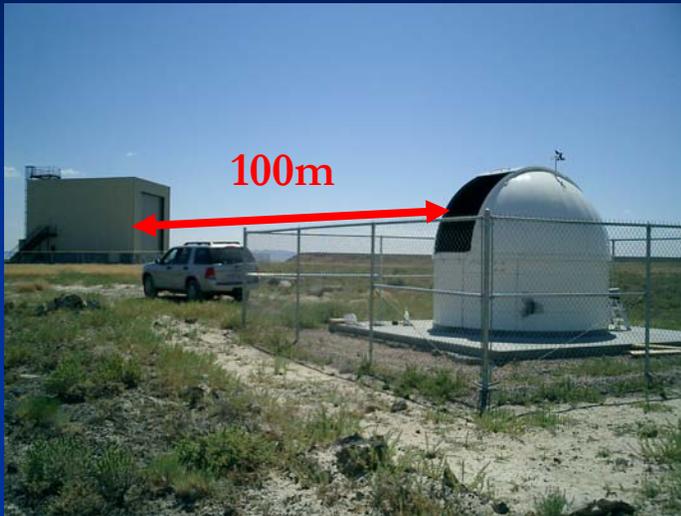
Acryl box
with ridig legs



Container

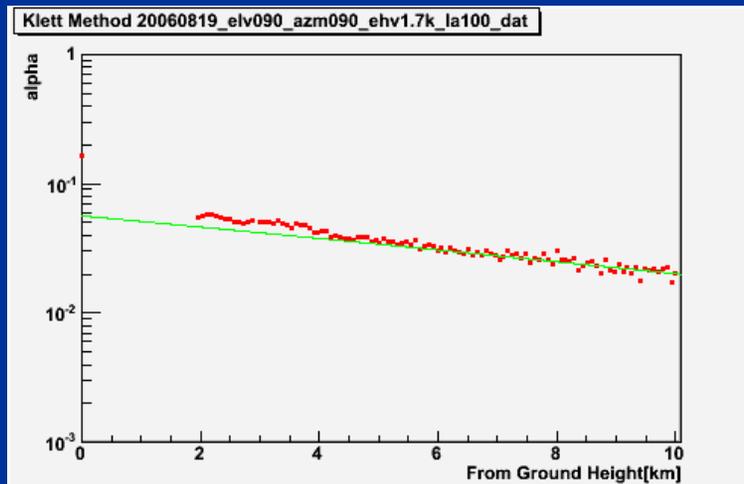
Waiting for the site construction
access road, fence, concrete pad etc.

LIDAR (Black Rock Mesa)

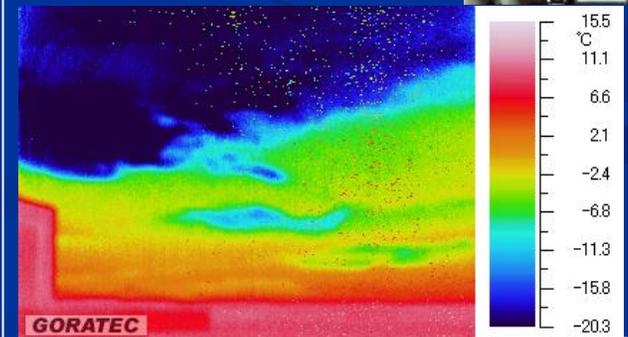


Nd;YAG laser
355nm, 5mJ
5ns pulse laser
Mirror
30cm in diameter
PMT
3/4" Gain~10⁶
ADC
FADC 11 bit

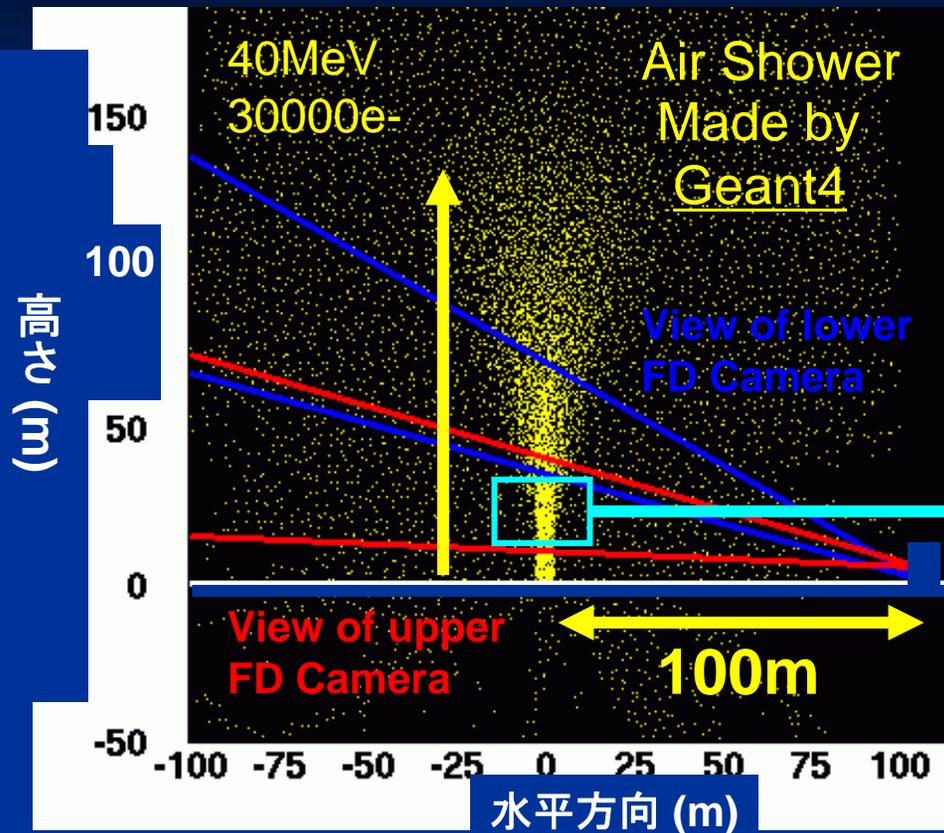
2006年8月19日 elv90°、azm90°



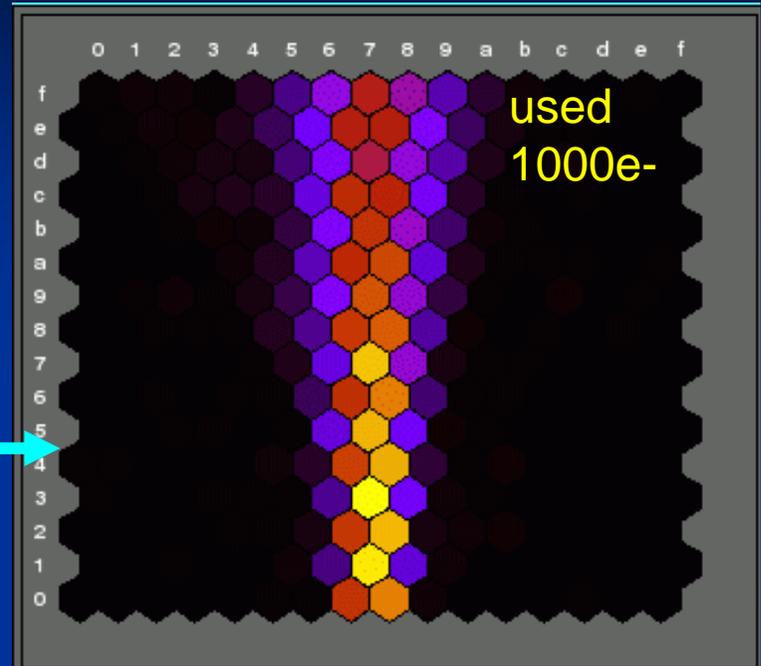
雲モニター: IRカメラ



LINACを用いたエネルギー較正



Geant4で生成したシャワーイベント



LINACビームのスペック

エネルギー: **40MeV ($\pm 1\%$)**

可変 (10,20,30MeV)

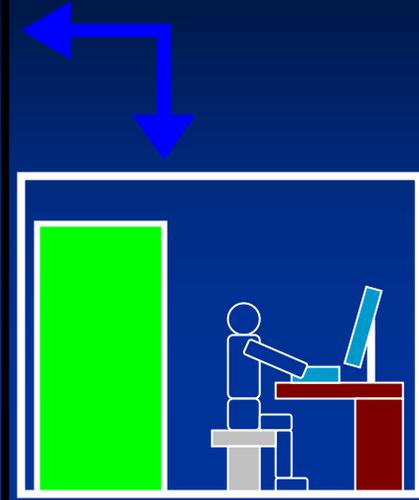
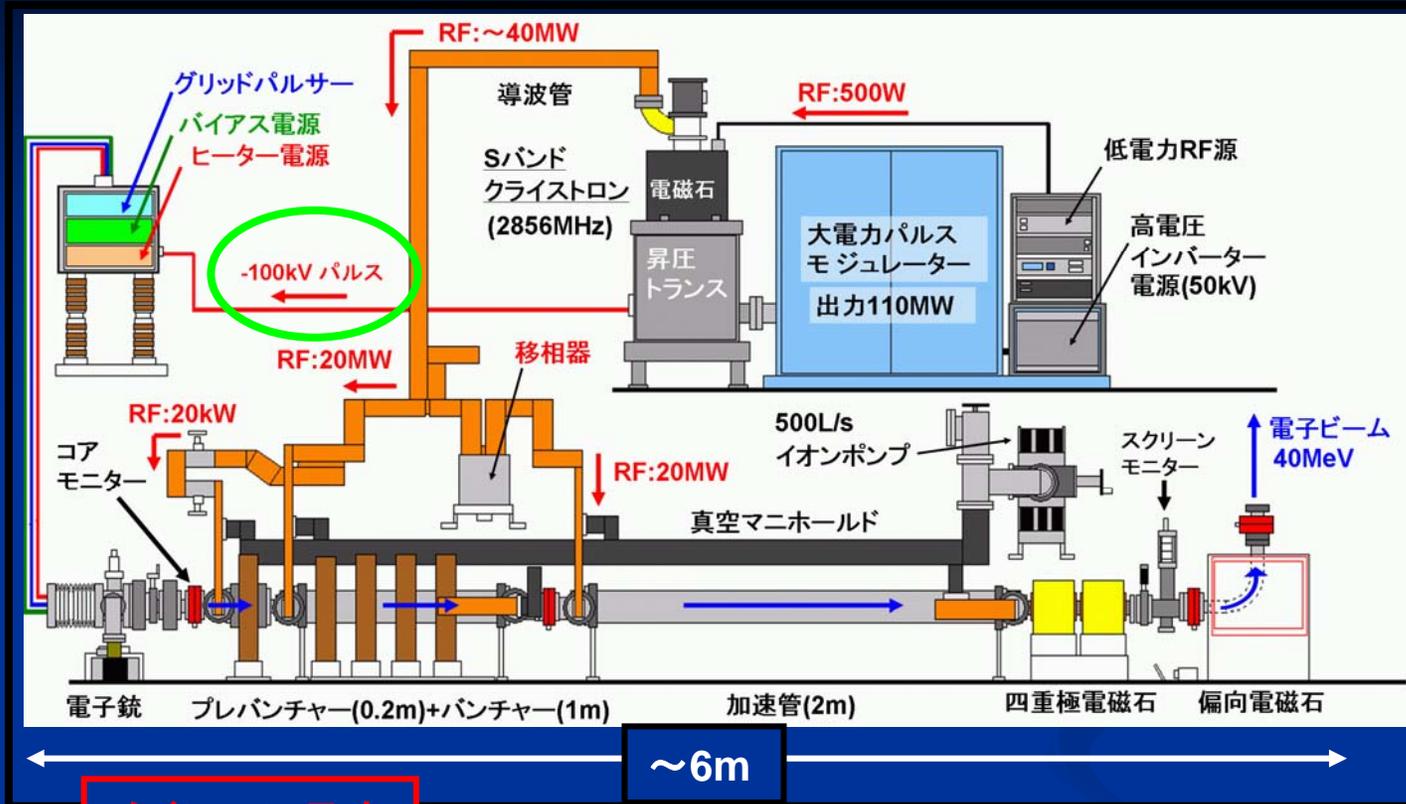
ビーム頻度: **1Hz (Max)**

電流値: **$10^9 e^-/pulse$ (0.16mA)**

ビーム電力: **6.4mJ/pulse**

Energy総量の分かっている空気シャワーからの大気蛍光をTAの大気蛍光望遠鏡 (FD) で観測
既知の ΔE でFDを較正する。

TA-LINACのデザイン



サブコンテナ
 制御系
 発電機
 冷却システム

メインコンテナ

エネルギー値
 加速管への入力RFの位相
エネルギーの決定精度
 偏向電磁石後のスリット

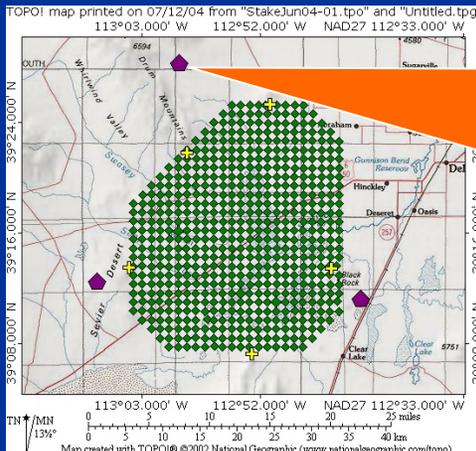
カレント値
 コアモニター
ファラデーカップ

KEKより機器、場所の提供
 製作のサポート

2007年度
 初め:組立、FULL試験
 年度中にユタに輸送、稼働予定

TA/TALE

- TA/TALE のプロポーザルが米国の予算で認められた
 - Proposal for the U.S. Part of the **T**elescope **A**rray (TA) Experiment, Including the **TA** **L**ow **E**nergy Extension (TALE)
- HiRes-I をTAの第3ステーションとして移動する。HiRes は既にシャットダウン済み(2006年4月)
- TAでHiResの望遠鏡を較正(確認)できる
- 14 測定器
 - 7台(3-17°)、7台(17-31°)
- 現在建物がほぼ完成
- 2007年5月末に稼働予定



まとめ

- 地表粒子検出器
 - 現状:2006年10月、12月で100台設置
 - 予定:2007年2月末までに約520台設置、稼働
- 大気蛍光望遠鏡
 - 現状:
 - 第一ステーション(BRM):ミラー12/12、カメラ8/12、エレキ6/12
 - 第二ステーション(LR):架台12/12
 - 第三ステーション(MD):建物ほぼ完成
 - 予定
 - BRM:2007年2月稼働
 - LR:2007年3月末稼働
 - MD:HiResを移設して2007年5月末稼働
- 2007年4月～ハイブリッド観測(SD、FD)、FDステレオ観測