

大型ミュオンテレスコープによる 銀河宇宙線強度の観測

共同研究者リスト:

大阪市立大学理学研究科

伊藤信夫 大嶋晃敏 荻尾彰一 奥田剛司 川上三郎 田中秀樹

林嘉夫 藤井俊博 松山利夫 宮内仁 南野真容子

Tata 基礎研究所(インド)

K.C.Ravindran A.Jain S.C.Tonwar S.K.Gupta P.K.Mohanty

名古屋女子大 東大宇宙線研

小島浩司 林田直明 野中敏幸

信州大学理学部

宗像一起 加藤千尋 安江新一 伏下 哲

研究目的:

低エネルギー銀河宇宙線強度の、太陽活動に起因する様々な変動をインド・ウーティーと明野の2カ所のデータを使って高分解能、高精度で可視化する。



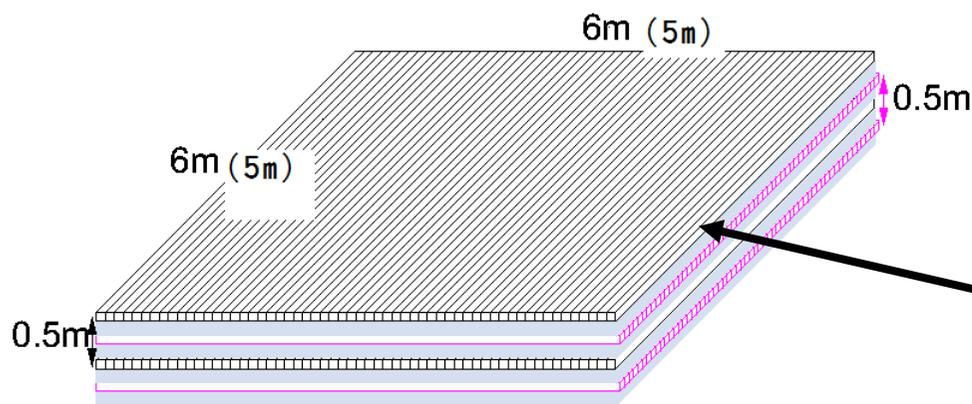
- ① CMEなどによる惑星間空間衝撃波の到来予想
- ② 被加速粒子等による二次宇宙線増加の2次元把握
- ③ 未知の宇宙線強度変動の探索

人工衛星による点観測では把握できない、より広範囲の惑星間空間の状態を探る手がかりを提供したい。

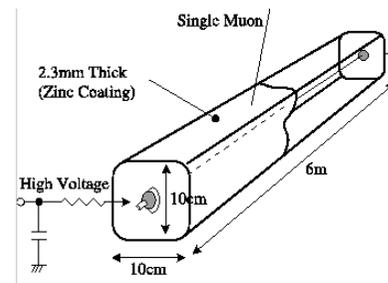
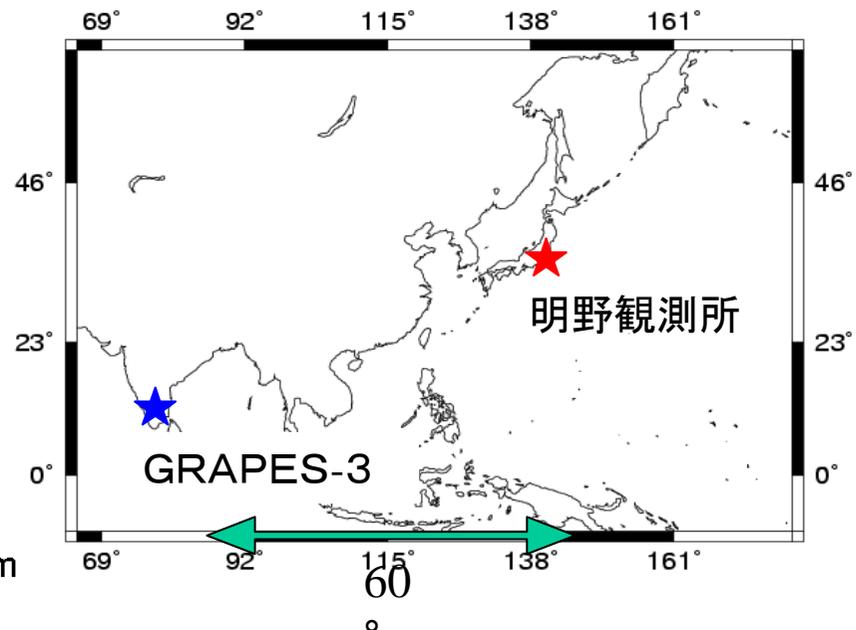
実験

GRAPES-3空気シャワー実験
(N12 E77)と
明野観測所(N35E138)で
多方向ミュオン望遠鏡を用い宇宙
線強度をモニターする。

ミュオン望遠鏡



4層構造の比例計数管モジュール
(1層58本 @GRAPES)
(1層49本 @明野)



P10 Gas
(Ar90%CH410%)

Applied Voltage:2930V

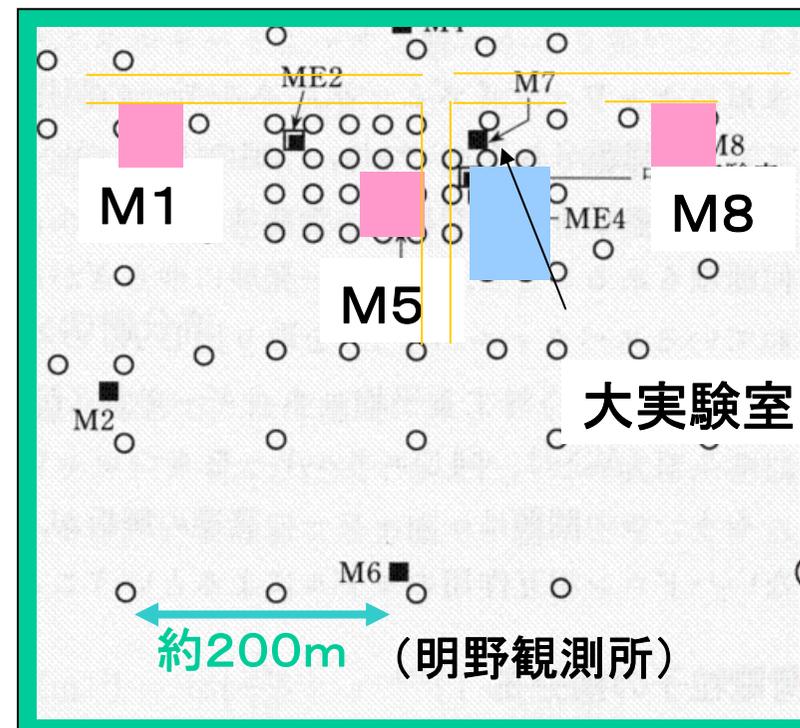
Disc Level 0.2particle

明野での観測:

明野観測所にある空気シャワー実験等に利用されている比例計数管(+アンプ・ディスクリ)約600本をMUステーション内に再配置して観測。

データ収集システムは大部分GRAPES-3で開発した物を使用。

(M1、M5、M8 で観測)



明野(E138.5° N35.8°)

□ 10cm × 10cm × 500cmの比例計数管を使用。

□ 検出器面積 約 25m²/station

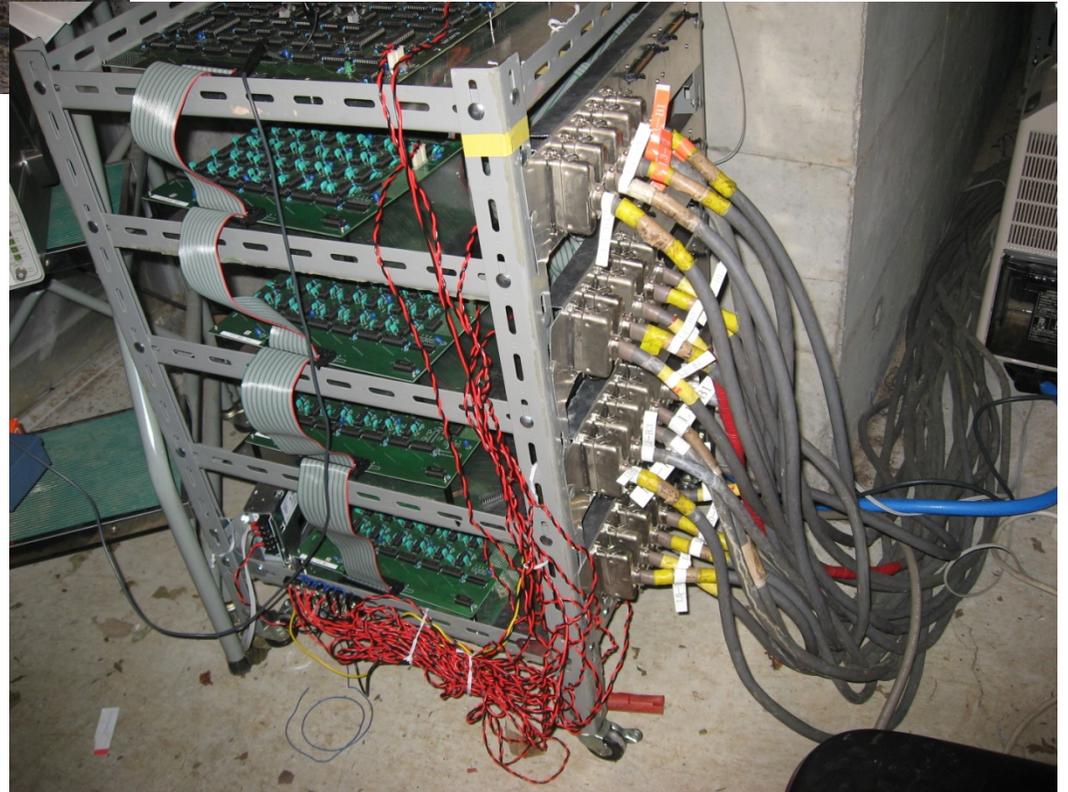
Muonの閾値エネルギー 1GeV



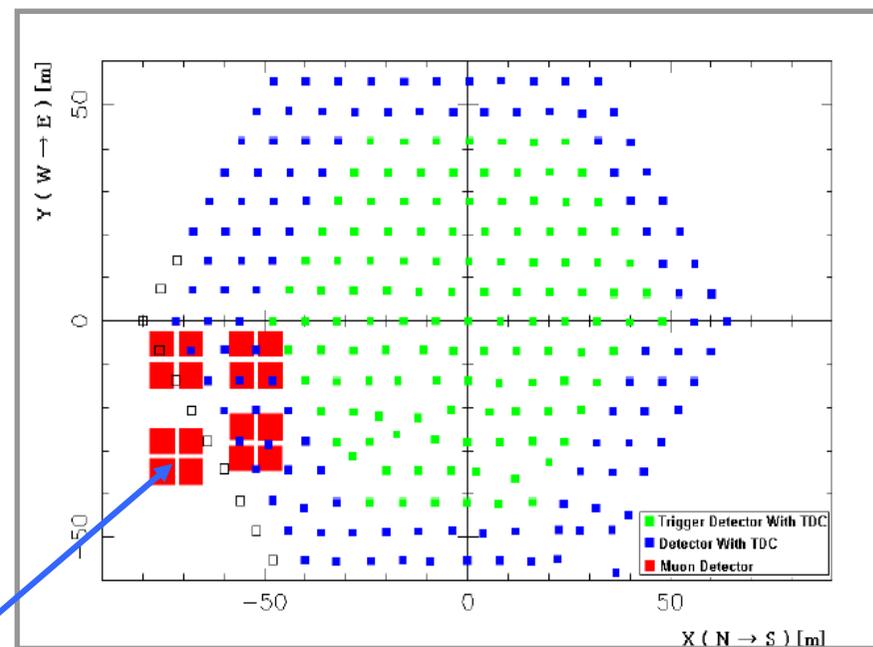
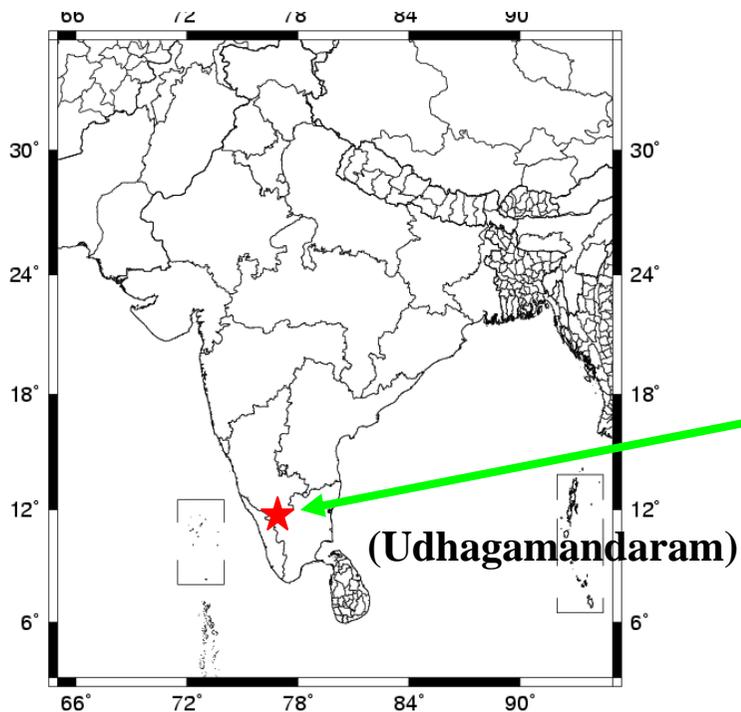
M1, M8 : 自動収集ADSL で大阪にデータ転送 (M5は宇宙線研のネットワークを使用)

M1

データ収集回路



GRAPES-3実験:



GRAPES-3空気シャワーアレイ

(インド・タミルナド州E76.7° N11.4° 2200m asl)

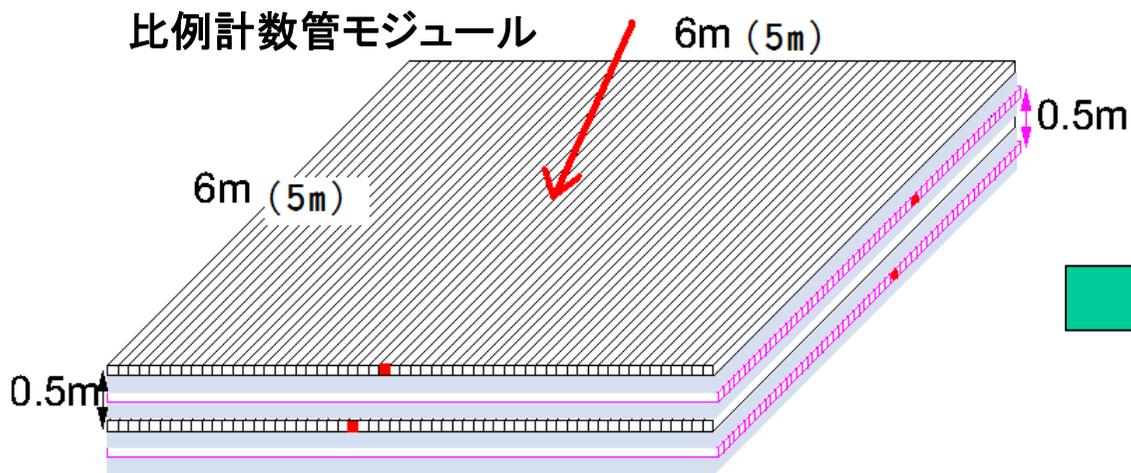
電磁成分 : 1m² SC 350台

Muon (>1GeV) : 35m² 16台 合計560m²

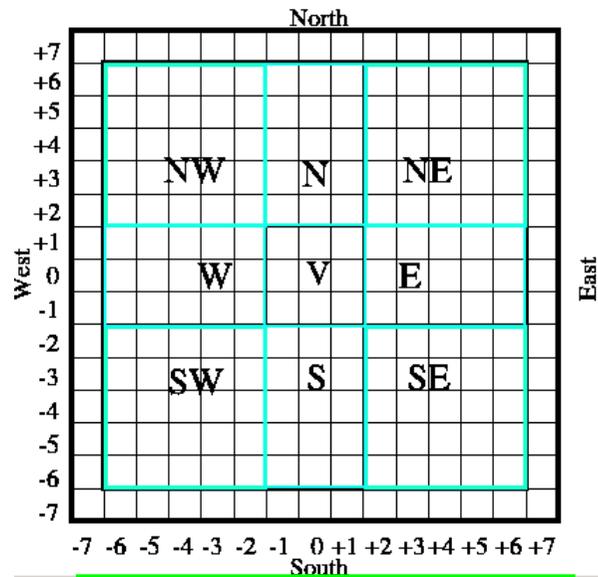
○超高エネルギーガンマ線

○宇宙線化学組成 (@knee)

○銀河宇宙線の時間変動



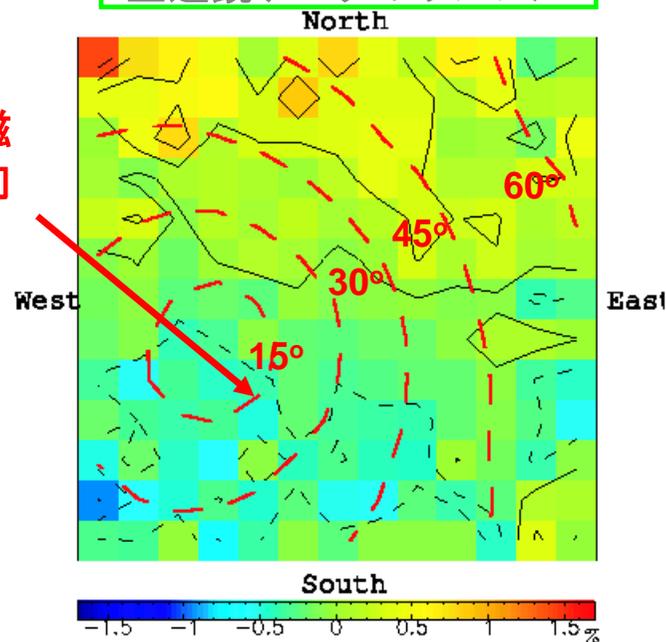
15x15 のセルで構成される視野



ミューオンの到来方向を 10° 以下の精度で決定
強度変動をモニター。

望遠鏡データのサンプル

惑星間磁場の方向



統計精度 (1時間値)

GRAPES-3

視野中央: 0.05 %/Hr·16modules

視野の端: 0.3 % /Hr·16modules

明野

視野中央: 0.14 %/Hr·3modules

視野の端: 0.9 % /Hr·3modules

望遠鏡のレスポンス (GRAPES-3):

- 到来方向を射影角毎に (15 × 15通り) に分けて観測。

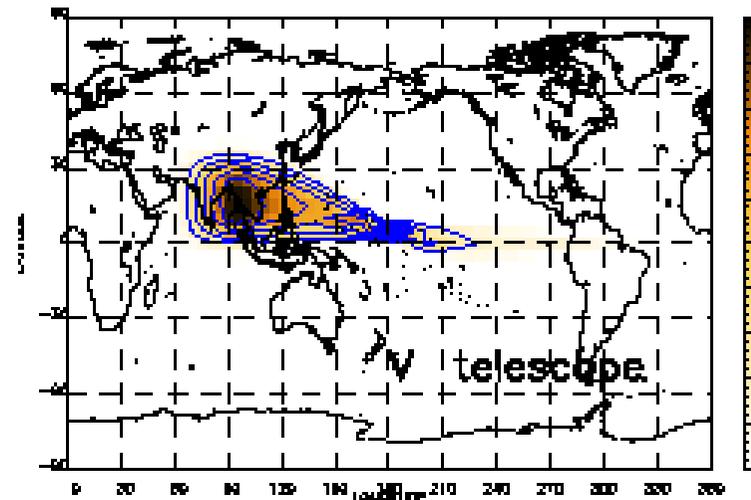
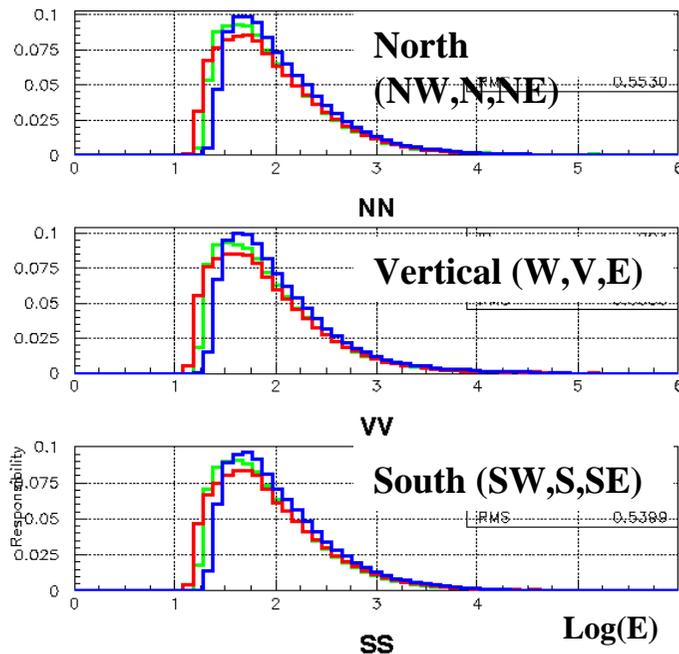
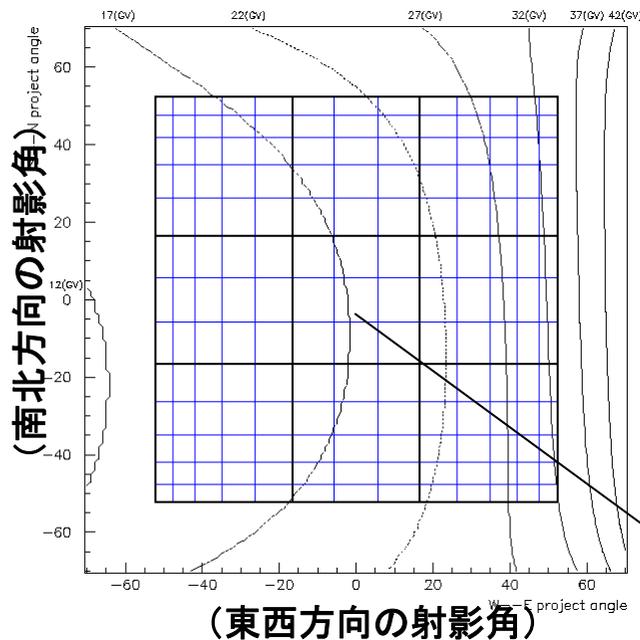
切断剛度: 12GV– 40GV

(鉛直 17.2GV)

IGRF(2000)にて計算

median rigidity: ~65GV(垂直)

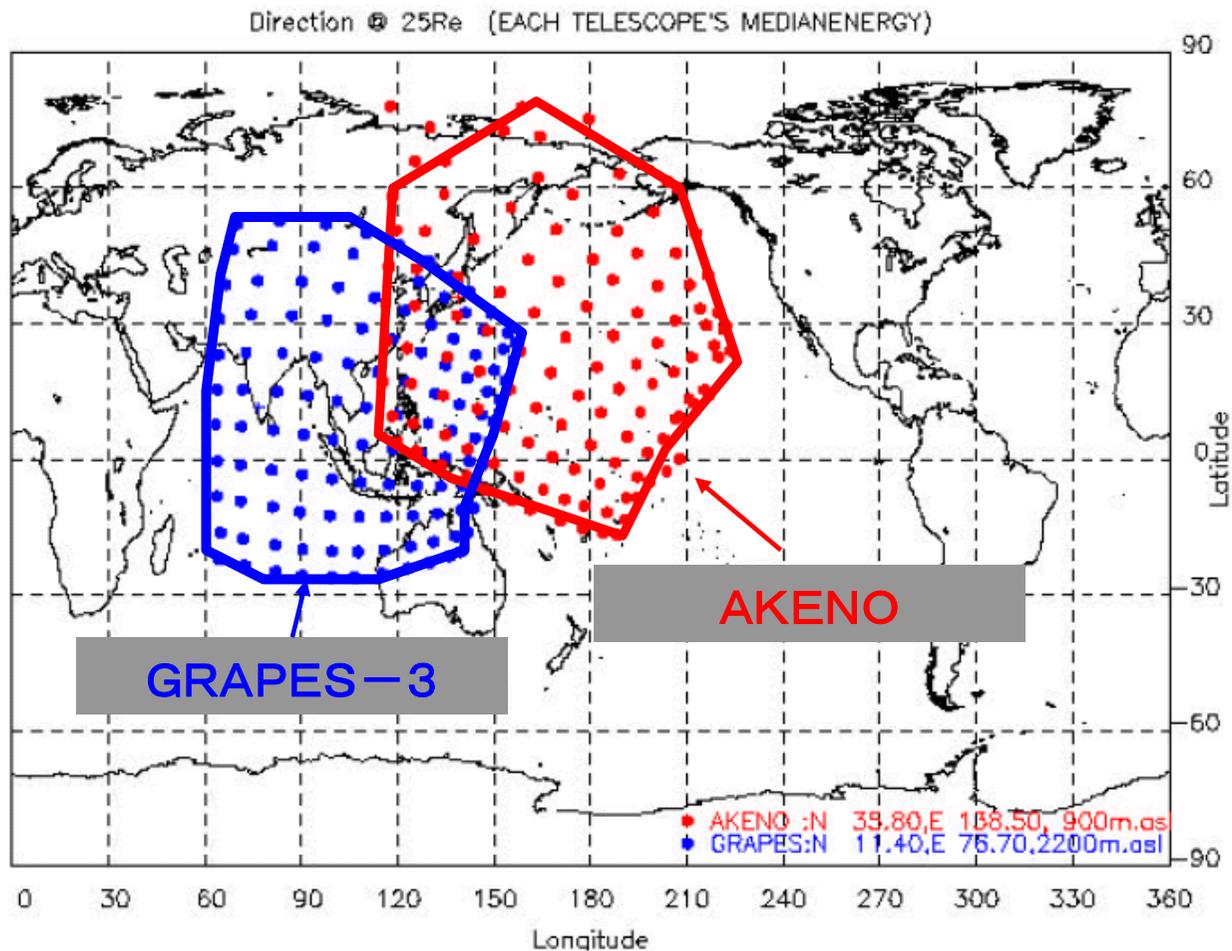
mode : ~30GV



一次宇宙線の25地球半径での到来方向分布

同時観測によって得られる観測視野

(地磁気による偏向を補正後)



視野の約1/4程が重複

2007年の太陽活動

太陽黒点数: 極小期

太陽X線フレア: 6月4日に最大強度 M8.9

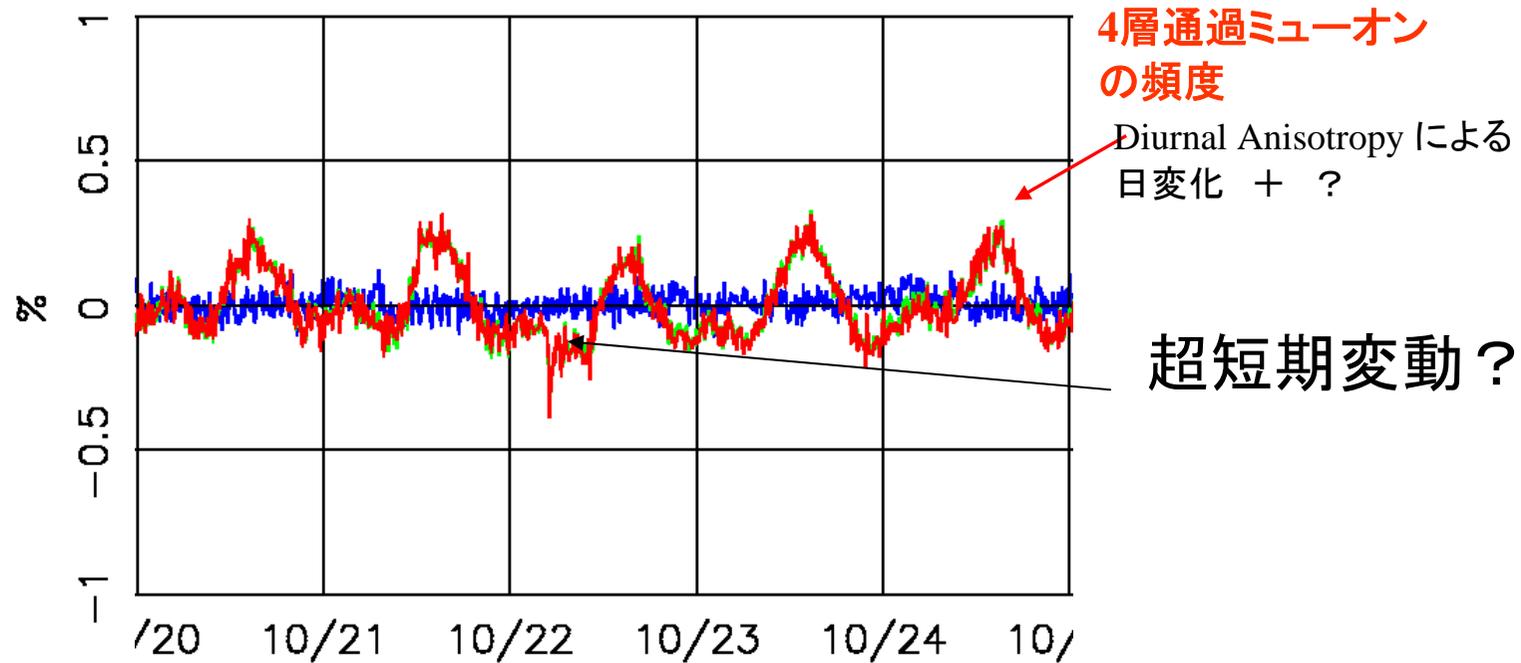
(6月に一連のフレア)

これ以外にM-class, X-class のフレアはなかった

FD: 1月～10月に 0.5% 以上のFDはなかった。

2008年から増加に向かうことが予想される

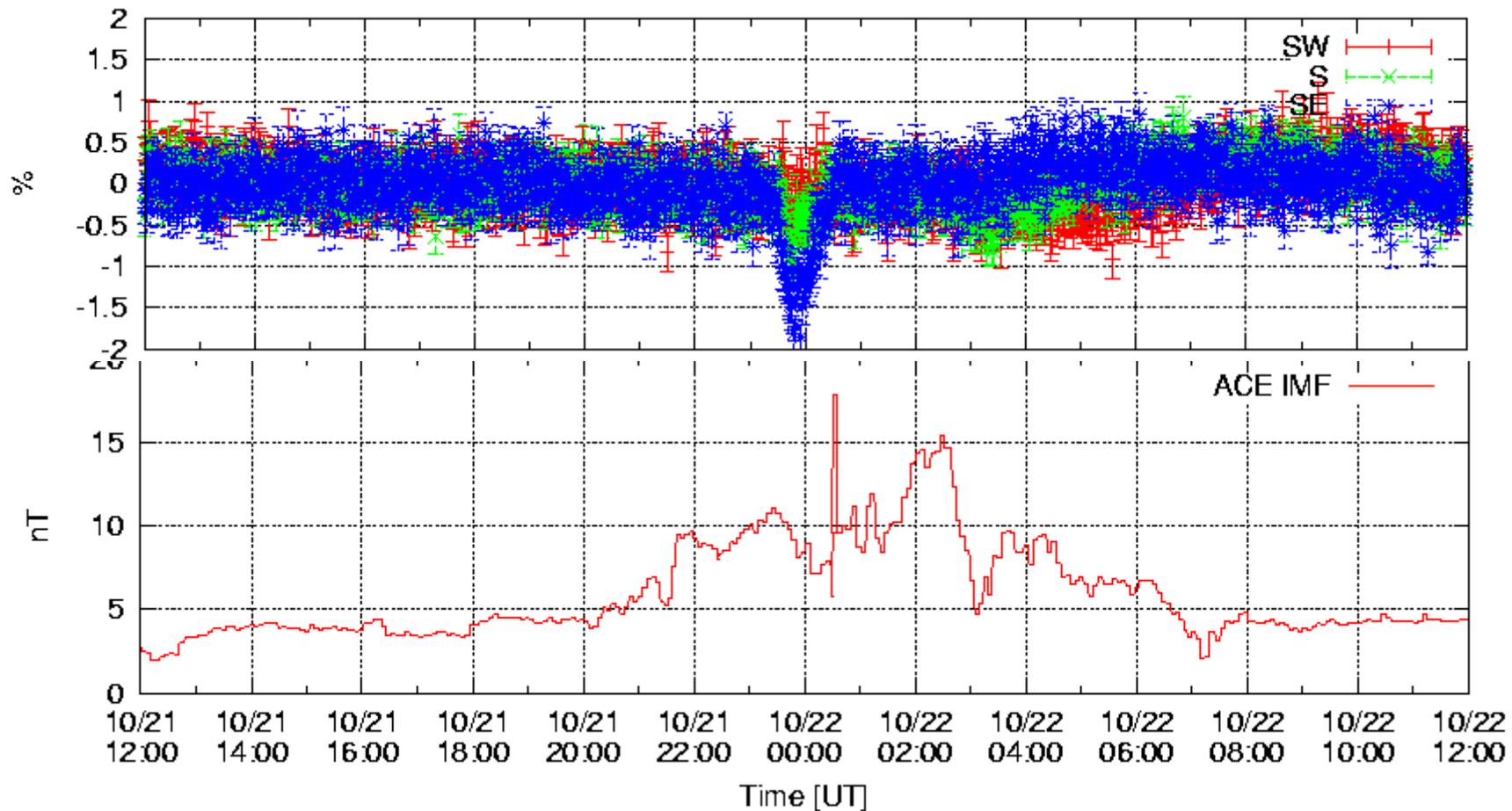
1時間以下の強度変動の解析



全モジュールで観測 → 装置の不具合ではない。

(各種モニター においても正常)

望遠鏡データ (GRAPES-3時系列)



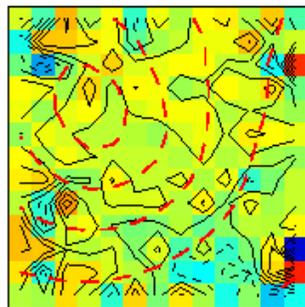
望遠鏡視野の西側以外で、同時に強度変動が観測される。

継続時間は～1時間以下。

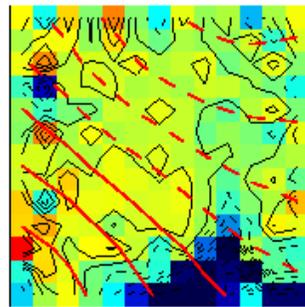
ForbushDecrease → ～3日程継続

Loss-Cone 異方性 → 数時間継続 + 自転により、東から西へ現象が移動

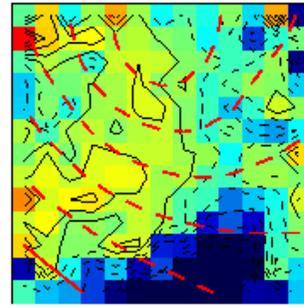
望遠鏡データ(10分値マップ)



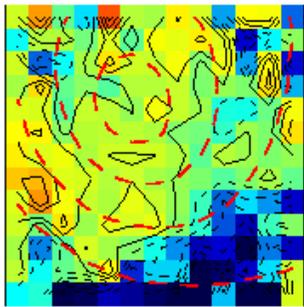
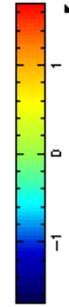
10/21 23:25(UT)



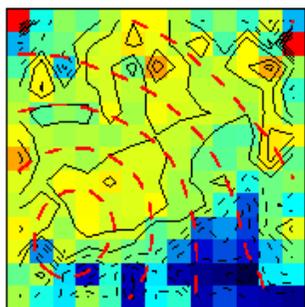
10/21 23:35(UT)



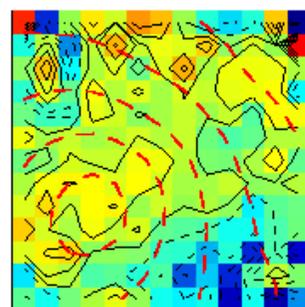
10/21 23:45(UT)



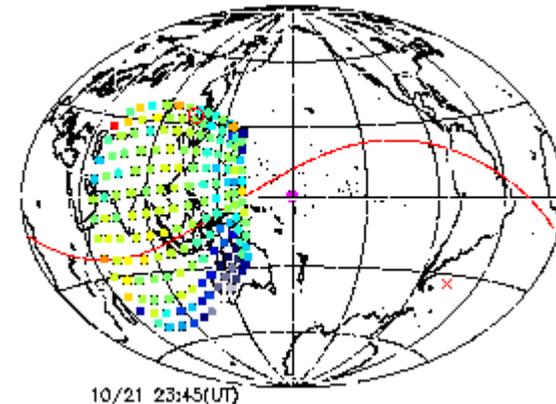
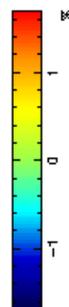
10/21 23:55(UT)



10/22 00:05(UT)



10/22 00:10(UT)

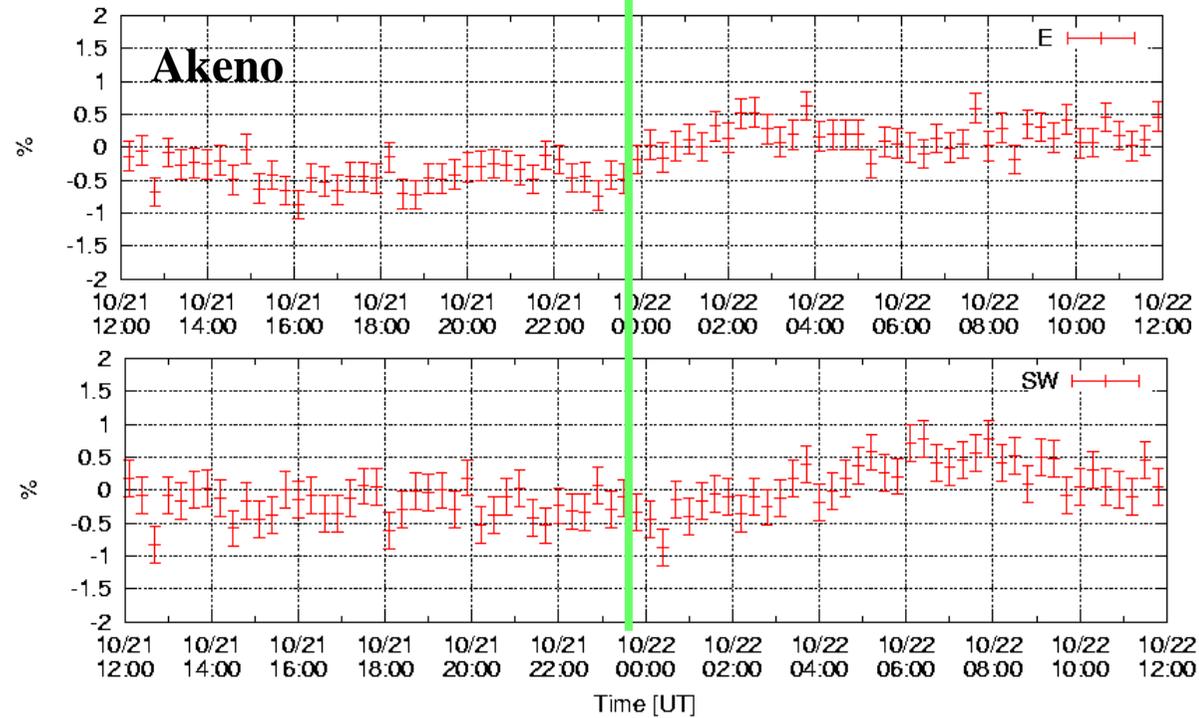


10/21 23:45(UT)

太陽から見た望遠鏡の観測方向
(赤色は赤道)

最大2%に及ぶ変動 ← 大きなForbush Decreaseと同程度

明野望遠鏡での観測で検証 (18分値)



異方性起源なら

GRAPESの東と観測方向の一致する南西で1%弱の変動が期待される。

CutOff Rigidityの変動が起源なら

“East”でより変動が期待できそう。

このイベントの解釈:

- ① 「小さなForbushDecrease」 → (振幅に対して減衰が早すぎる)
(西側の望遠鏡の方が大きく減少するはず)

“矛盾“

- ② 「切断運動量の増加？」

→ “明野望遠鏡”でも GRAPES同様 東側でミュオン強度に変動が期待された。

(通常 磁気嵐の主相部分ではCutOff値は低くなり、宇宙線強度増加)

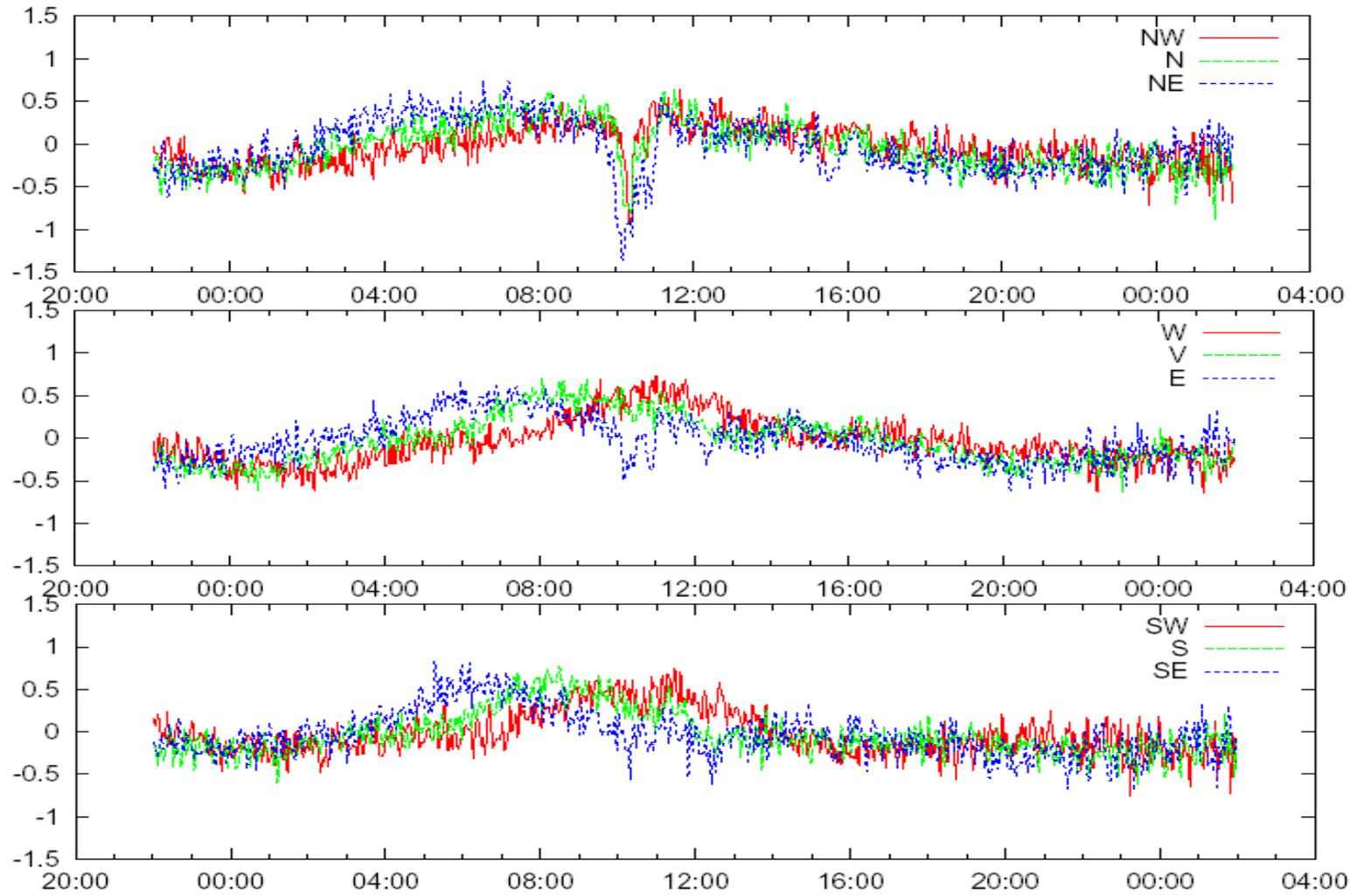
観測例 : H. Miyasaka et.al 28th ICRC (2003) Tibet NM

- ③ 「何らかの原因で生じた 短時間だけ視野内に入る宇宙線異方性」

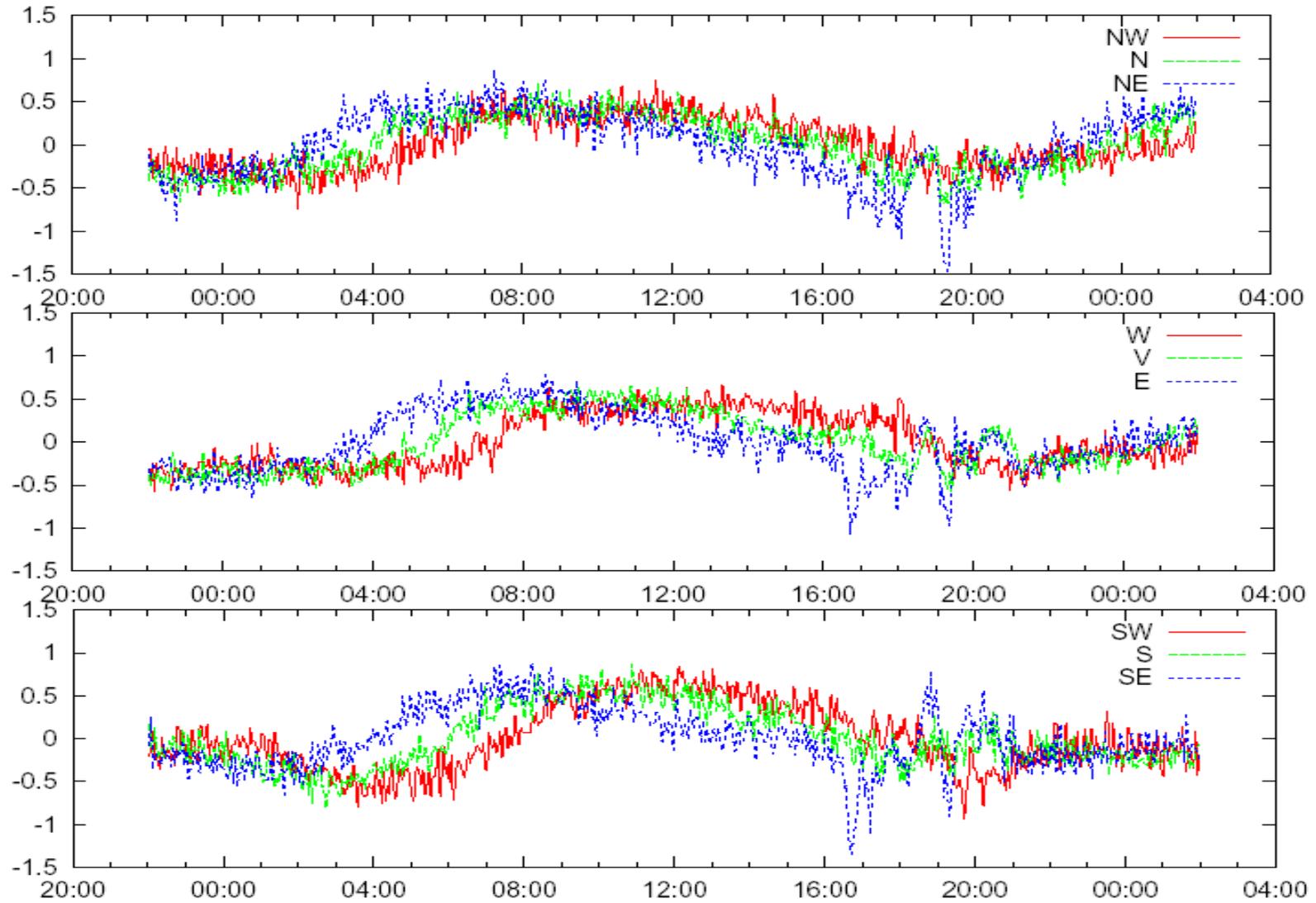
→ “明野望遠鏡”では視野の南西側に0.6% ~1.0%程度の異方性を捉える筈だった。
(GRAPES-3のNEの変動と同程度の変動)

どれも満足しない————>ローカルな原因

短時間変動(減少)



短時間変動(減少・増加)



強度減少現象 ...144例

振幅が大きく幅が短いものが多い。EVENTの大半を占め多重構造をもつものも多い。

強度増加現象 ...10例

減少現象より少なく10例のみ。振幅に減少現象のような大きさはない。

バイポーラ型現象 ...14例

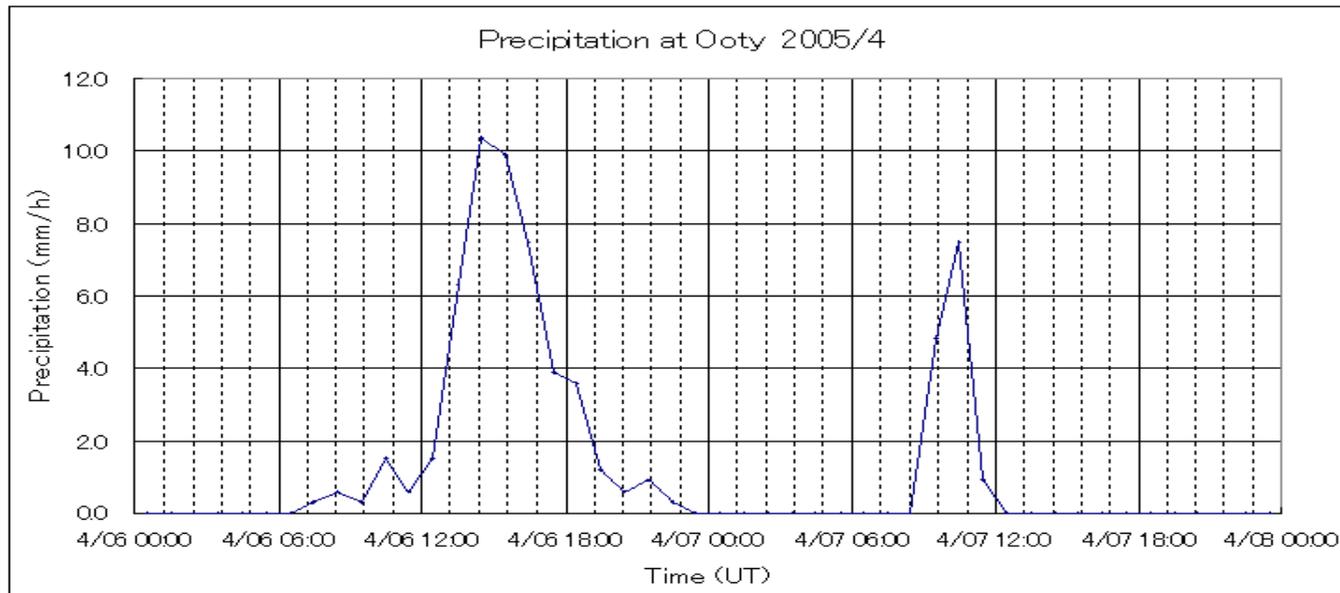
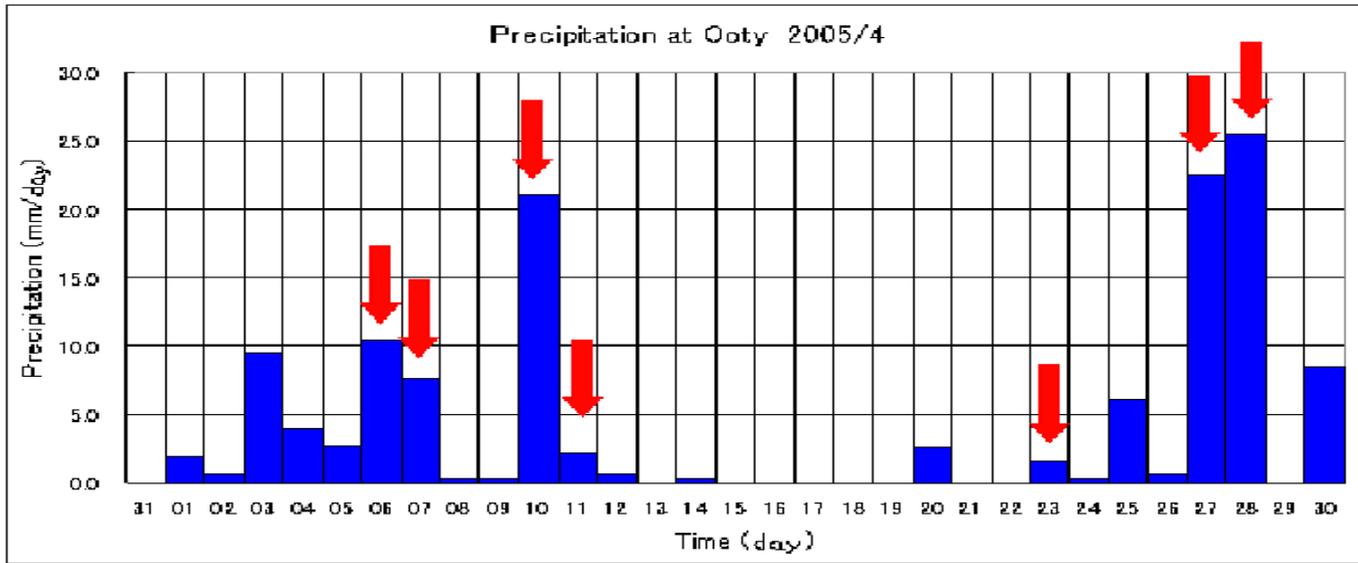
減少(増加)したの後、増加(減少する)。

短期的な構造をもつフォーブッシュの前兆現象 ...7例

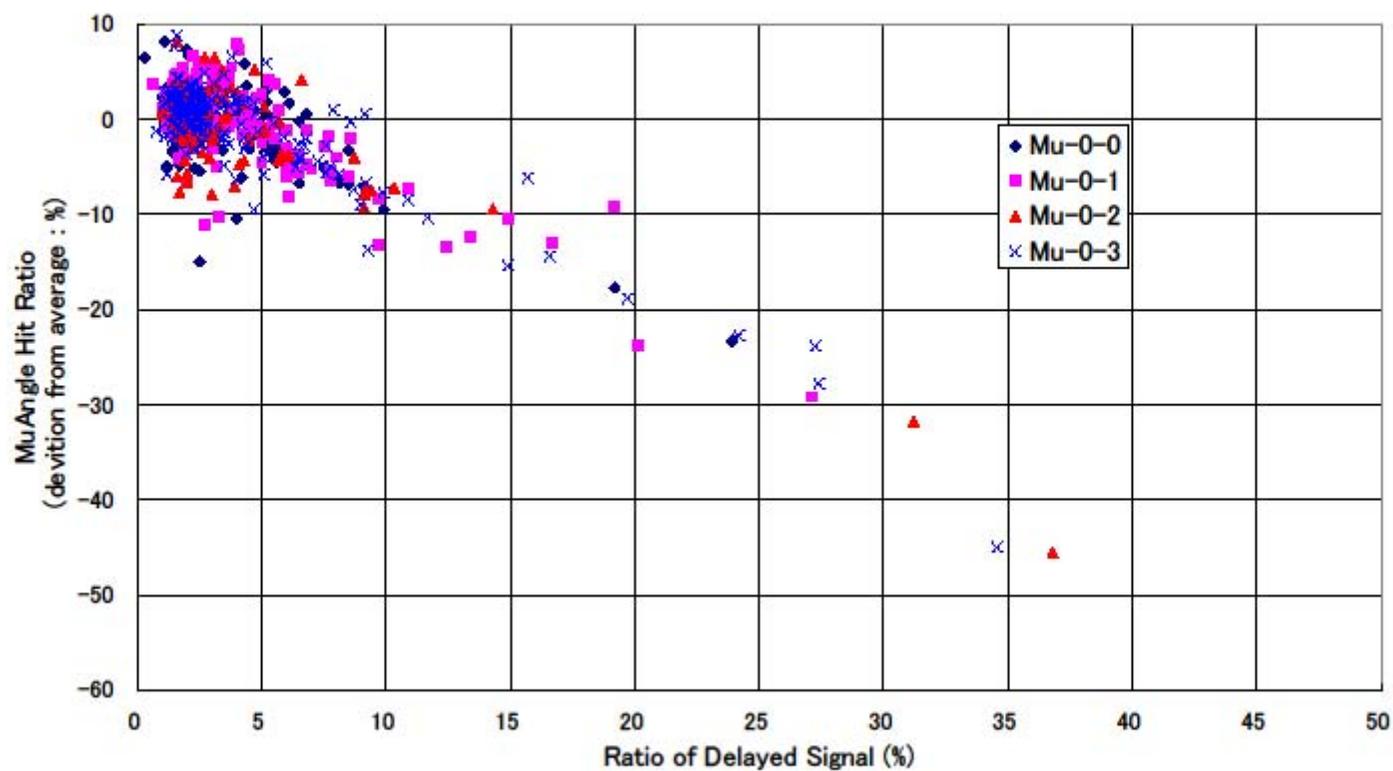
後にフォーブッシュ現象がある。

NW	N	NE
21	15	70
W	V	E
6	0	44
SW	S	SE
42	20	79

気象の影響？



Relation between Delayed Signal and Missing Ratio in MuAngle



比例計数管の保守

PWA data を使用して比例計数管の状態を診断

—————> 不十分

波形が長時間にわたる時間変化によって劣化する場合がある。

—————> 要ガス詰め替え

まとめ:

- M1.M5.M8の3つの μ ステーションで観測を継続中。

落雷の影響等で一部のデータに不具合

- 太陽活動が静穏時にあたっているために宇宙起源の短期変動は観測されなかった

- 比例計数管の保守

今年度中にガス詰め替えを行う予定

- GRAPES-3 で観測された短期変動(1時間ないしそれ以下)

明野では同時刻では有意な変動は観測されなかった

(明野単独では精度的に困難)

気象に由来する現象と解釈される

来年以降の太陽活動に備える。