

# 第24太陽活動期における太陽中性子の観測



名古屋大学太陽地球環境研究所  
松原豊

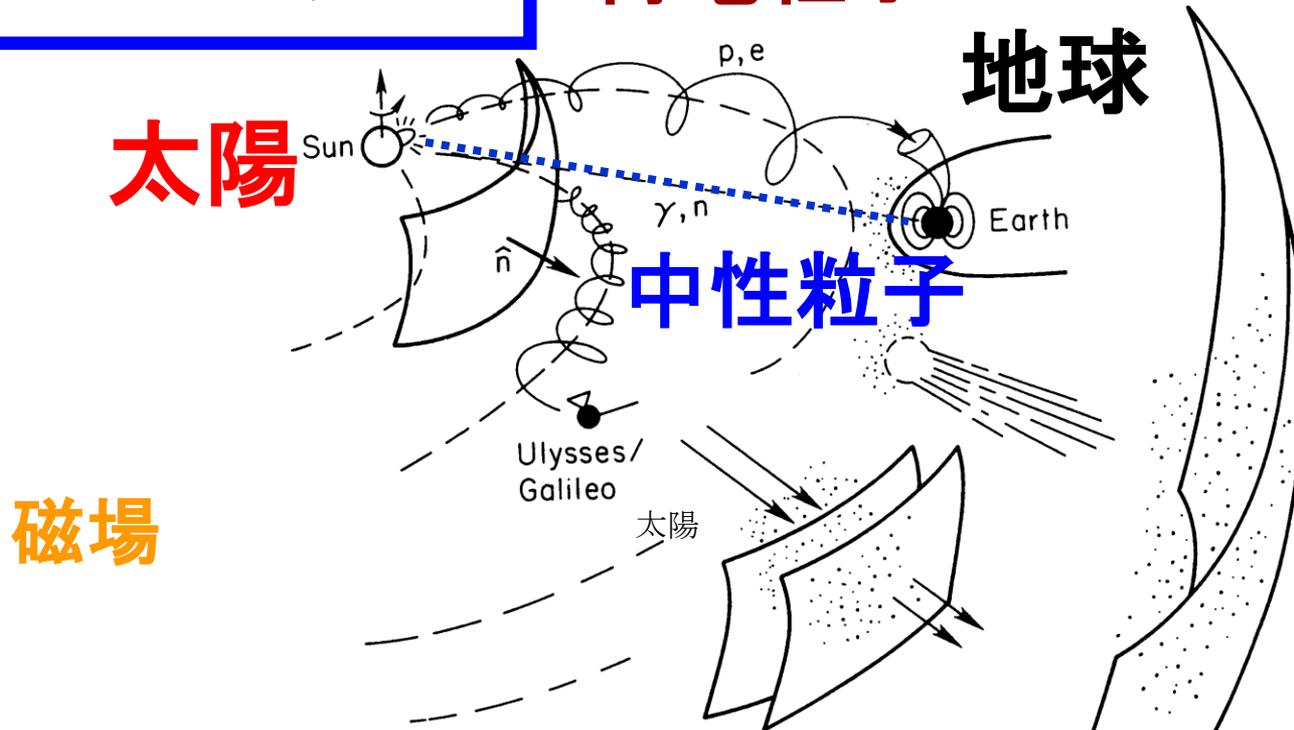
平成24年度共同利用研究成果発表研究会

平成24年12月8日

東京大学宇宙線研究所

# 太陽中性子観測

荷電粒子

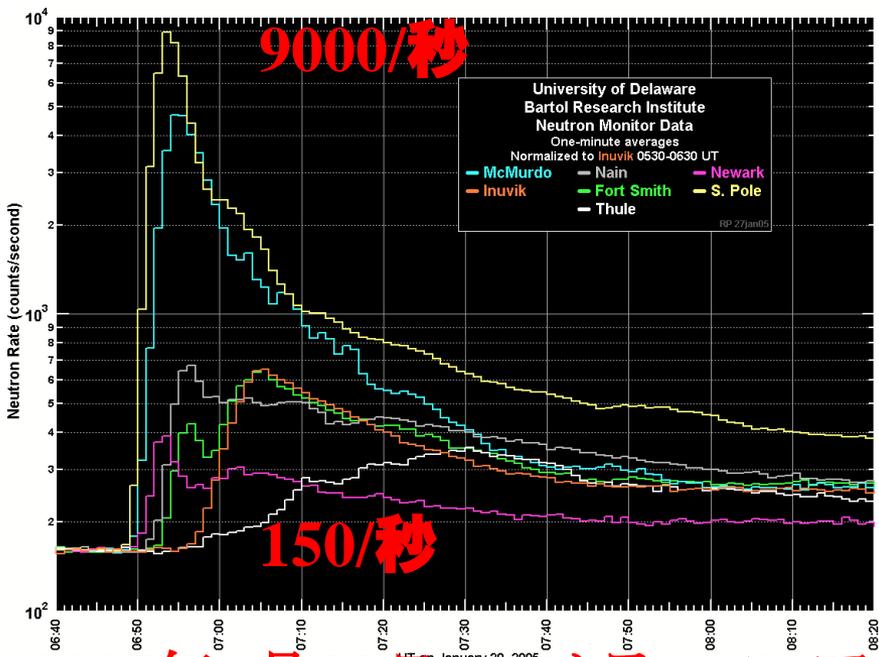


M. A. Lee 1991

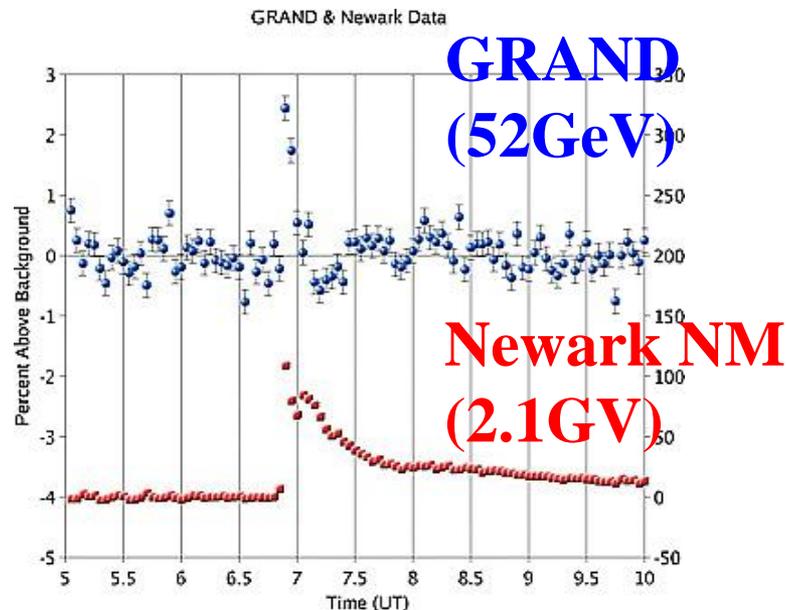
Heliospheric Particle Production

太陽から直進してくる中性子を用いて  
太陽表面での粒子加速を研究する

# 地上での宇宙線増加 (GLE): 年間1個くらい



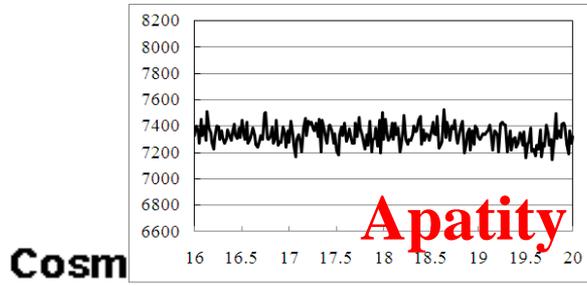
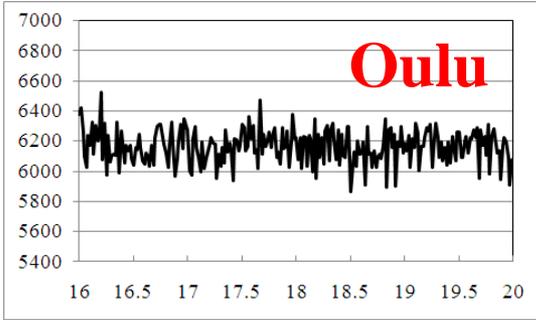
2005年1月20日のXクラスフレア



平均52 GeVまで！

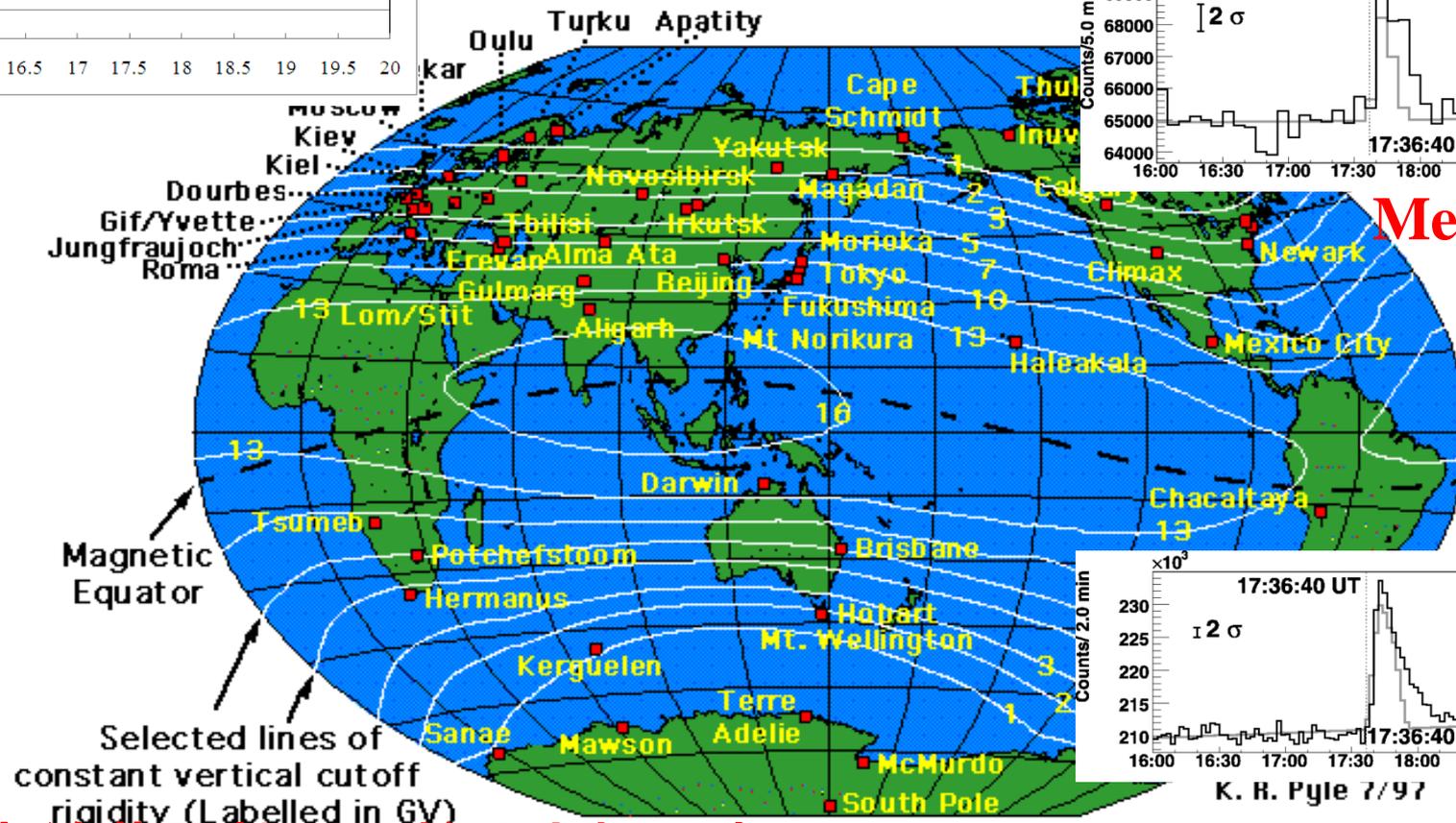
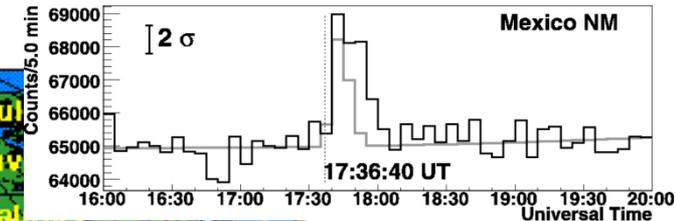


# 太陽中性子観測



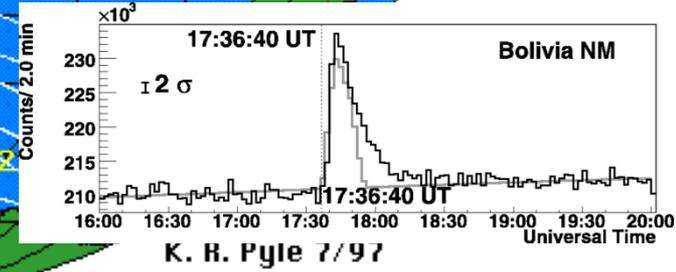
# 2005年9月7日の Xクラスフレア

Cosm  
16 16.5 17 17.5 18 18.5 19 19.5 20 hrs, 1997



**Mexico city**

**Bolivia**



宇宙線荷電粒子の検出されやすい場所と、太陽中性子の検出されやすい場所は相補的！

このイベントでは硬X線より中性子が長時間観測された。

# 太陽中性子を用いて知りたいこと

陽子の加速と電子の加速は異なるのか？  
たとえば加速の継続時間は？

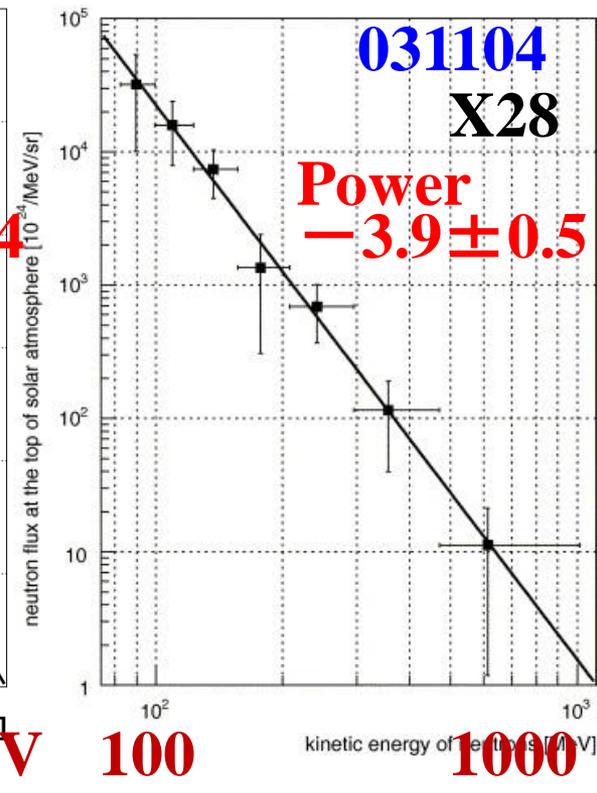
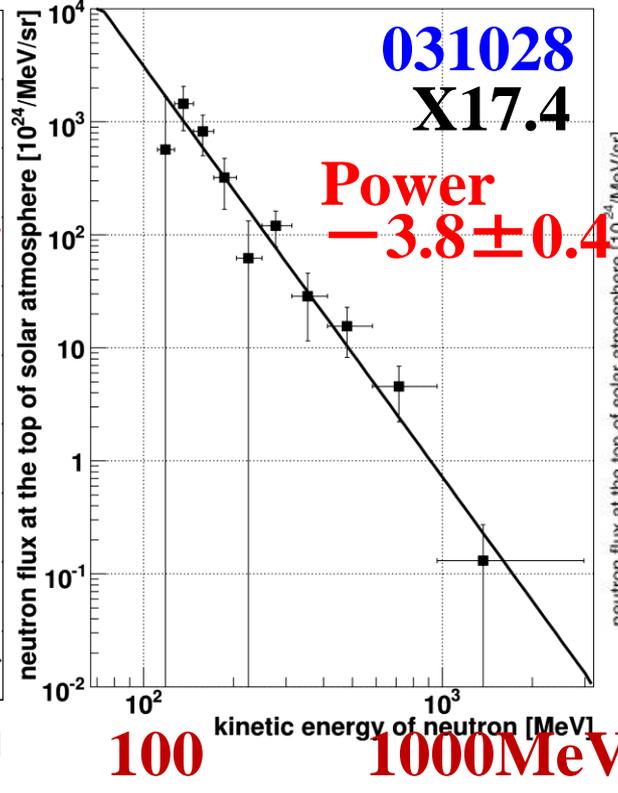
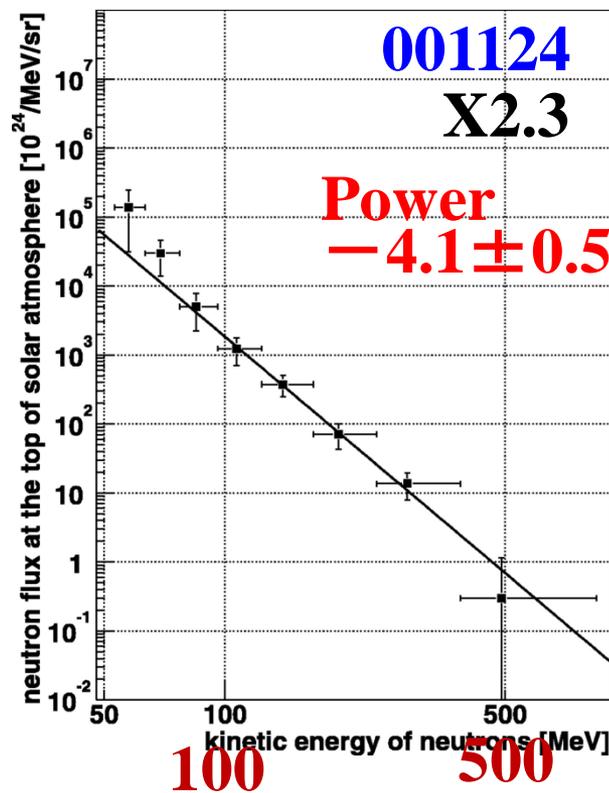
太陽表面での粒子の加速機構は？  
加速の効率は？  
どのエネルギーまで加速されるのか？

太陽中性子が生成される場所と太陽磁場の  
相関はあるのか？

# Example of the energy spectrum of solar neutrons

$10^{24}/\text{MeV}/\text{sr}$

Neutrons at the Sun



Data from neutron monitor

Assumption: Neutrons are produced at the same time as  
gamma rays

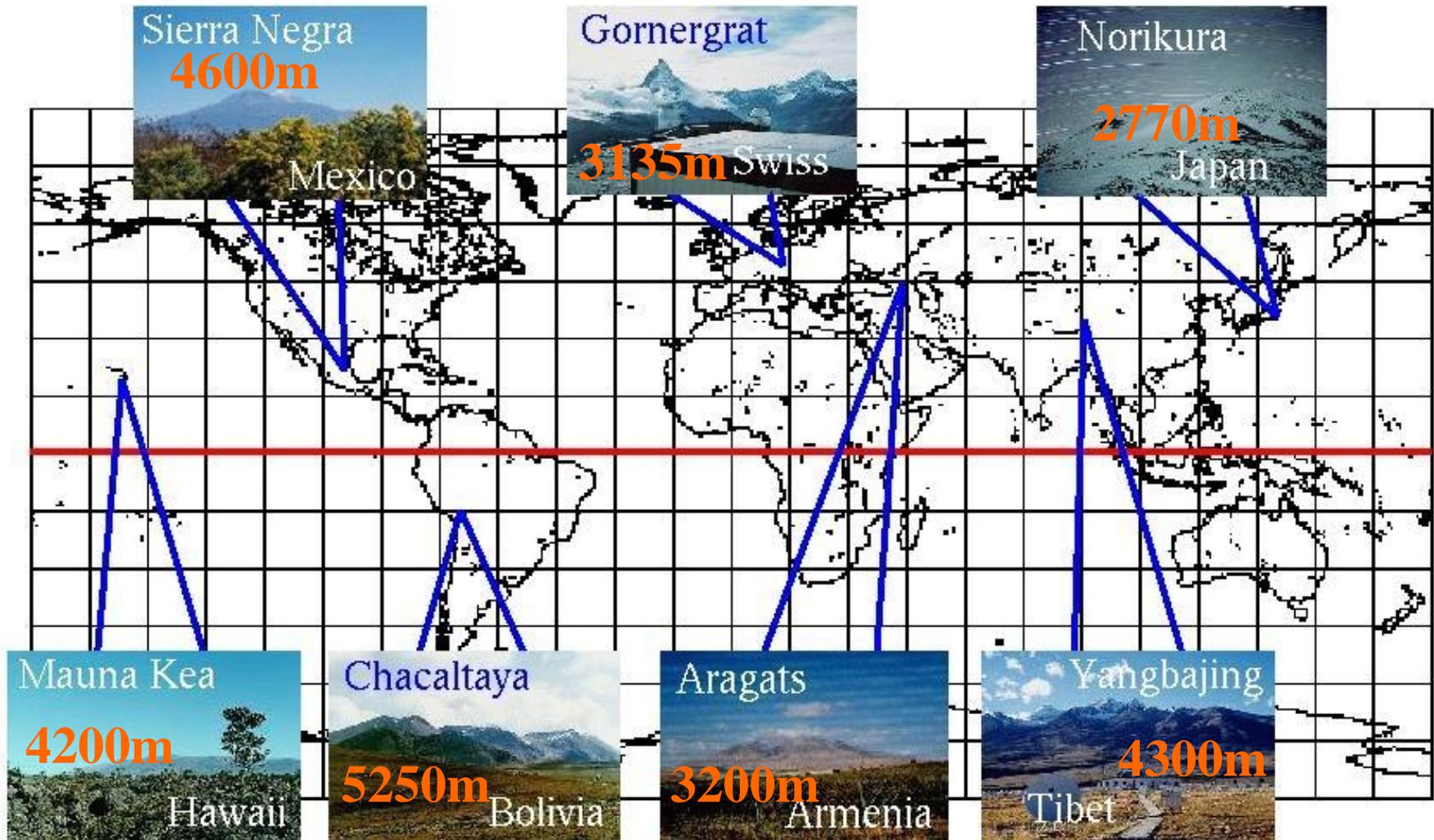
figures from Watanabe et al.

## Summary of the energy spectrum of solar neutrons

<b>Date</b>	<b>820603</b>	<b>900524</b>	<b>910322</b>	<b>910604</b>	<b>001124</b>
<b>X-ray class</b>	<b>X8.0</b>	<b>X9.3</b>	<b>X9.4</b>	<b>X12.0</b>	<b>X2.3</b>
<b>Flux at 100MeV (<math>\times 10^{28}/\text{MeV}/\text{sr}</math>)</b>	<b><math>2.6 \pm 0.7</math></b>	<b><math>4.3 \pm 0.4</math></b>	<b><math>0.06 \pm 0.01</math></b>	<b><math>1.8 \pm 0.2</math></b>	<b><math>0.04 \pm 0.01</math></b>
<b>Power index</b>	<b><math>-4.0 \pm 0.2</math></b>	<b><math>-2.9 \pm 0.1</math></b>	<b><math>-2.7 \pm 0.1</math></b>	<b><math>-7.3 \pm 0.2</math></b>	<b><math>-4.1 \pm 0.5</math></b>
<b>Date</b>	<b>010825</b>	<b>031028</b>	<b>031102</b>	<b>031104</b>	<b>050907</b>
<b>X-ray class</b>	<b>X5.3</b>	<b>X17.4</b>	<b>X8.3</b>	<b>X28</b>	<b>X17.0</b>
<b>Flux at 100MeV (<math>\times 10^{28}/\text{MeV}/\text{sr}</math>)</b>	<b><math>0.02 \pm 0.01</math></b>	<b><math>0.37 \pm 0.14</math></b>	<b><math>0.03 \pm 0.01</math></b>	<b><math>1.5 \pm 0.6</math></b>	<b>0.6</b>
<b>Power index</b>	<b><math>-3.1 \pm 0.4</math></b>	<b><math>-3.8 \pm 0.4</math></b>	<b><math>-7.0 \pm 1.3</math></b>	<b><math>-3.9 \pm 0.5</math></b>	<b><math>-3.8</math></b>

from Watanabe , K., 2005

# World-wide network of solar neutron telescopes



**24 hour observing**

**operated since November 2003**

# 共同研究グループ

名古屋大学太陽地球環境研究所

日大生産工学部

中部大学工学部

東京大学宇宙線研究所

日本原子力研究開発機構

横浜国立大学工学部

東京工業大学理学部

国立天文台

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部

**Physikalisches Institut, University of Bern, Switzerland**

**Yerevan Physics Institute, Armenia**

**Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Science**

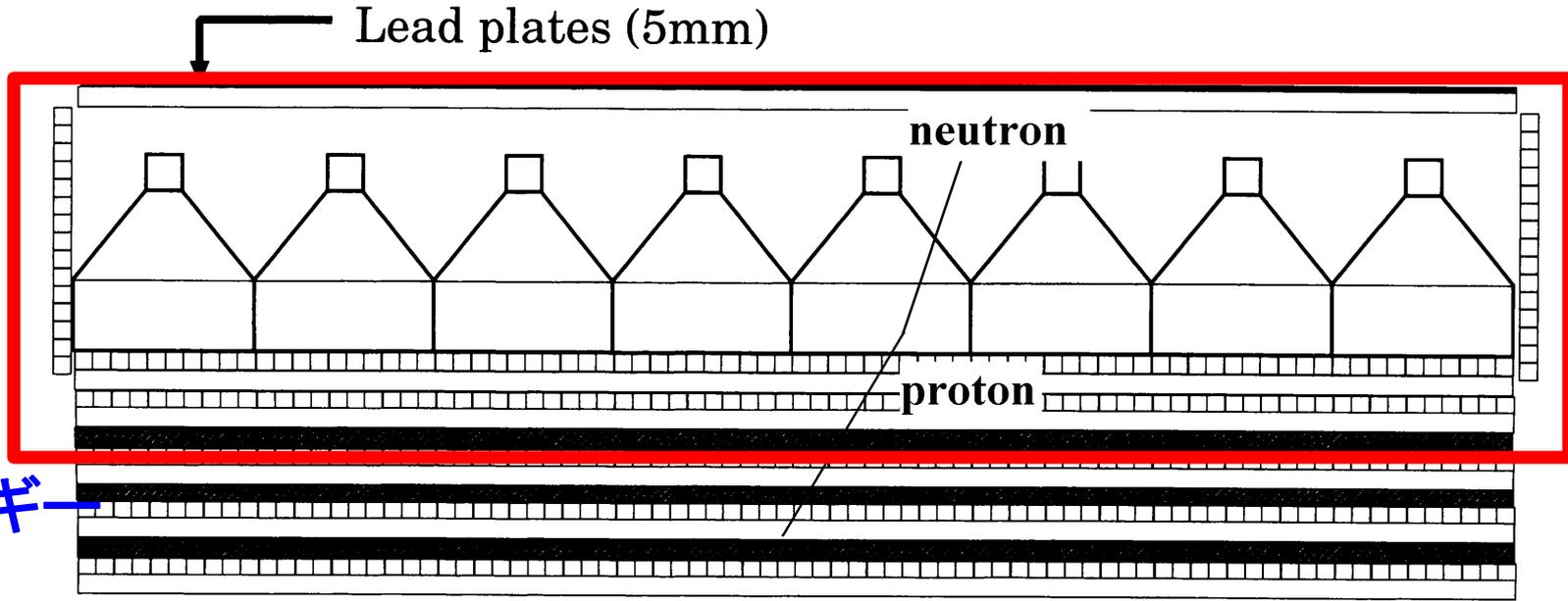
**Instituto de Investigaciones Físicas, UMSA, Bolivia**

**Instituto de Geofísica, UNAM, Mexico**

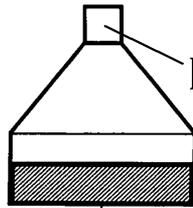
# 乗鞍太陽中性子望遠鏡

検出  
方向

高エネルギー



Scintillator box



photomultiplier

Scintillator (20cm)



Wood (10cm)



Proportional counter  
(front and side)

検出部・方向部に70Wの電力を自然エネルギーで供給

# 本共同研究課題の内容

乗鞍の太陽中性子望遠鏡の保守と風力発電の安定化

認められた経費

研究費 26.9万円

旅費 43.1万円

経費の使用内訳

研究費

風力発電機

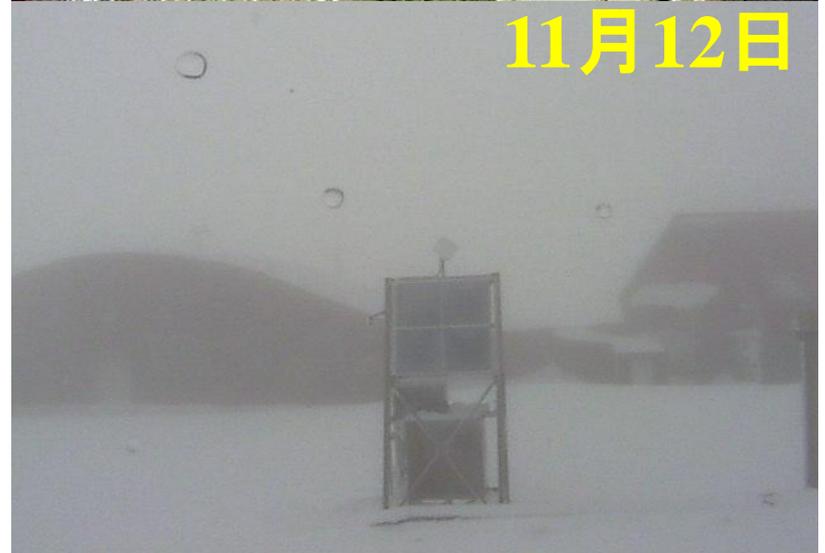
旅費

風力発電設置、電源切り替え、検出器チェック  
こわれたPCの交換(メーカーの保守部品切)

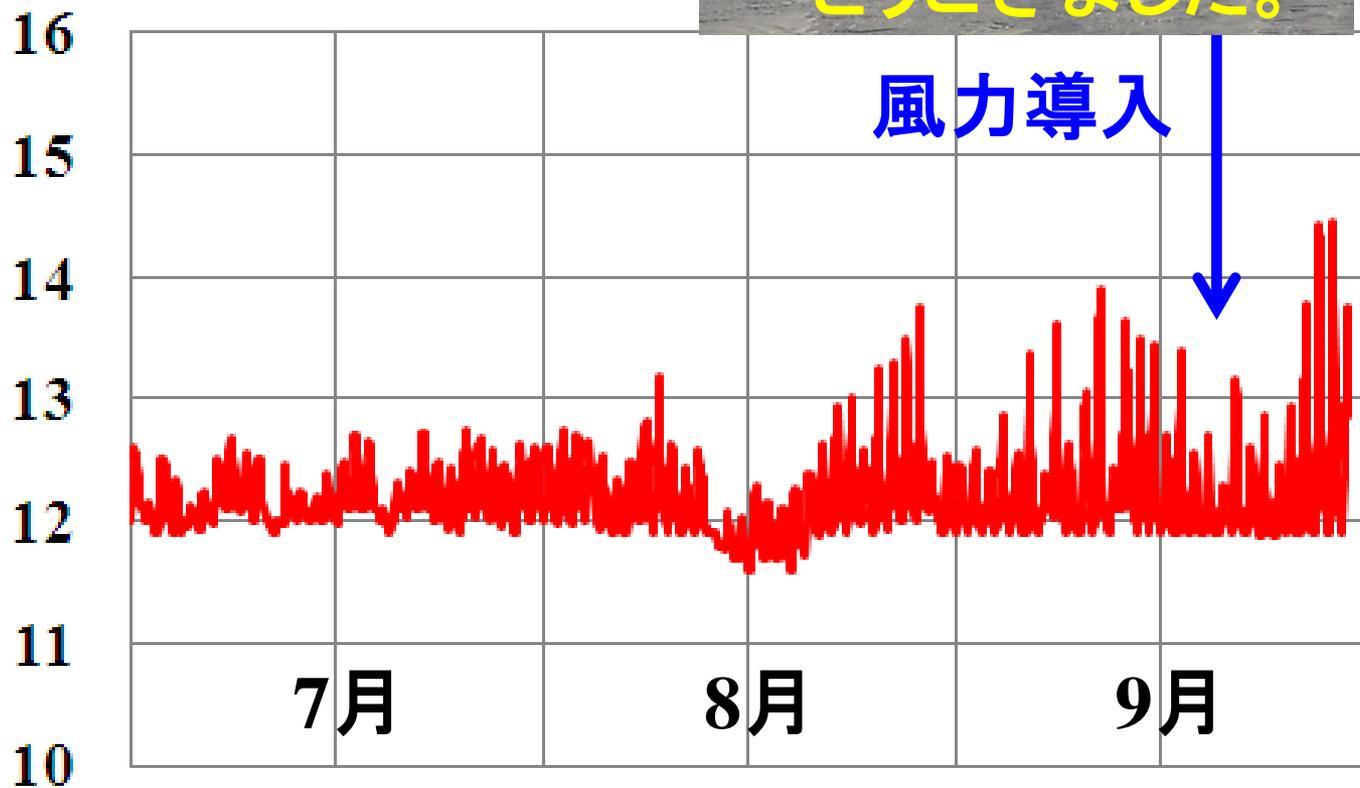
乗鞍観測所は、7月－9月に開所

どうもありがとうございました！

# 乗鞍自然エネルギー



# バッテリー電圧 (V/h)の変動



# 太陽活動の極大は2013年？

ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression

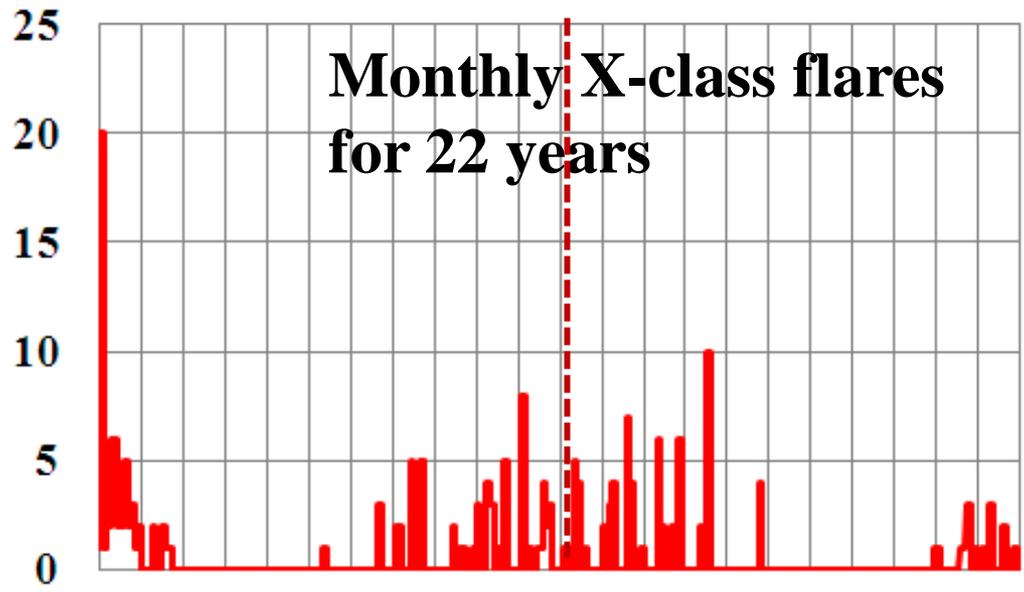
Monthly Sunspot Number



← 黒点数が増加していかない

Jan2011

Xクラスフレアは  
ぼちぼち発生  
している。 →



# まとめ

本研究は、第24太陽活動期における太陽中性子観測拠点である乗鞍太陽中性子望遠鏡を維持するものである。

平成24年度は、70万円査定していただき、風力発電機の設置と検出器の維持ができた。

太陽活動は、2013年に極大を迎える(と思う)。

本研究は、次年度以降も継続する予定です。

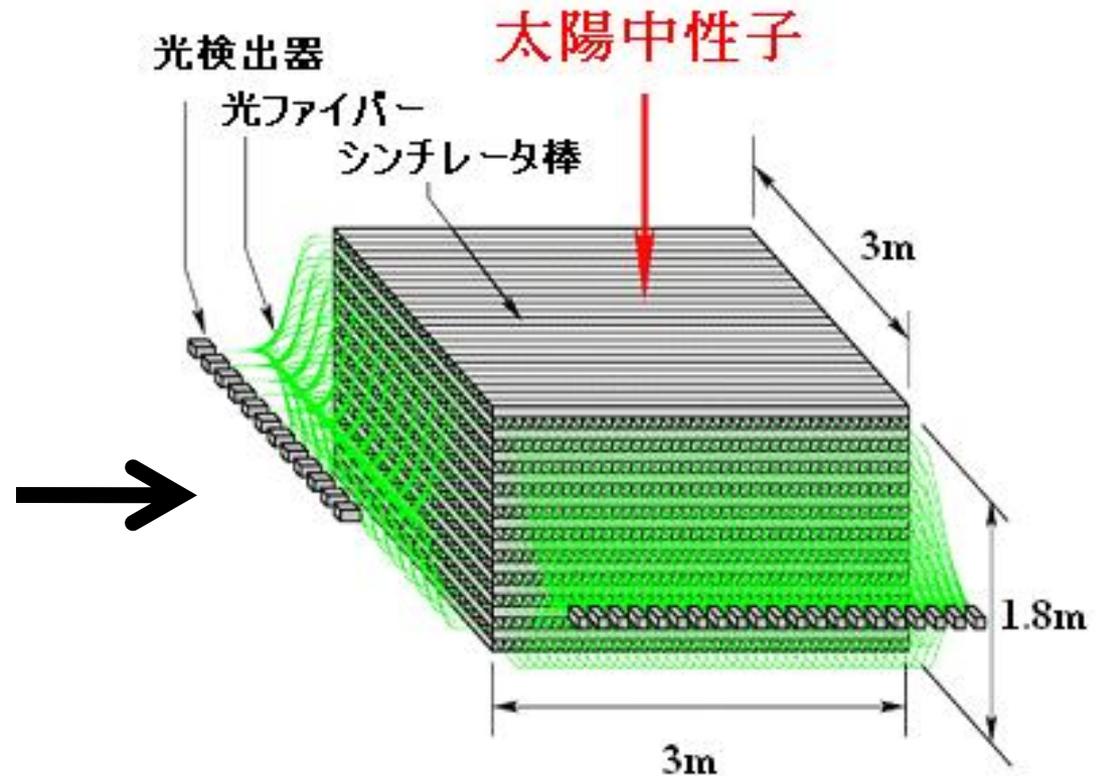
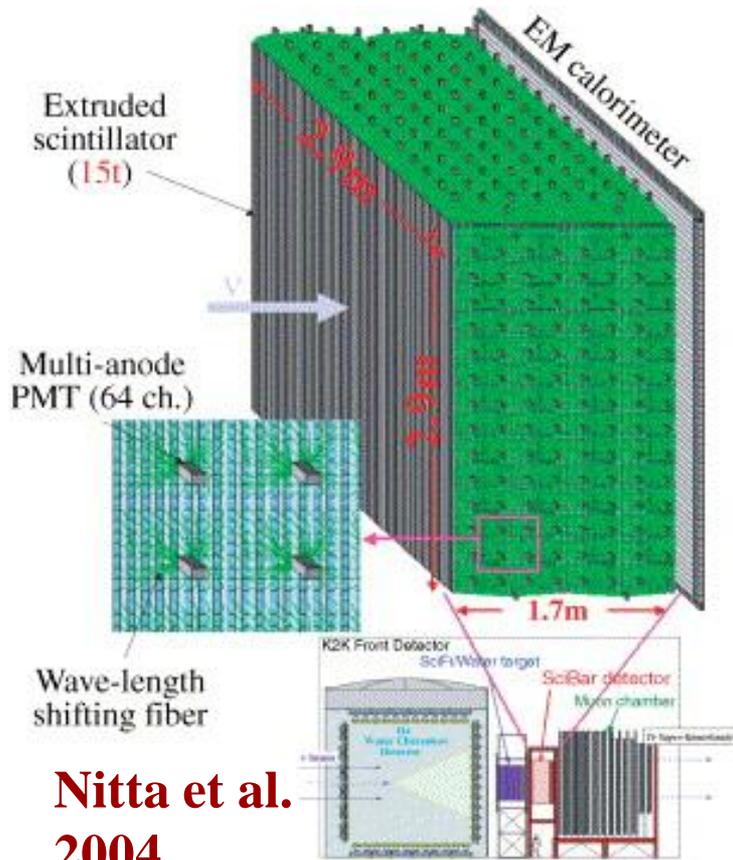
よろしく申し上げます！

物理の結果がなくて  
ごめんなさい。





# スーパー太陽中性子望遠鏡 (SSNT)

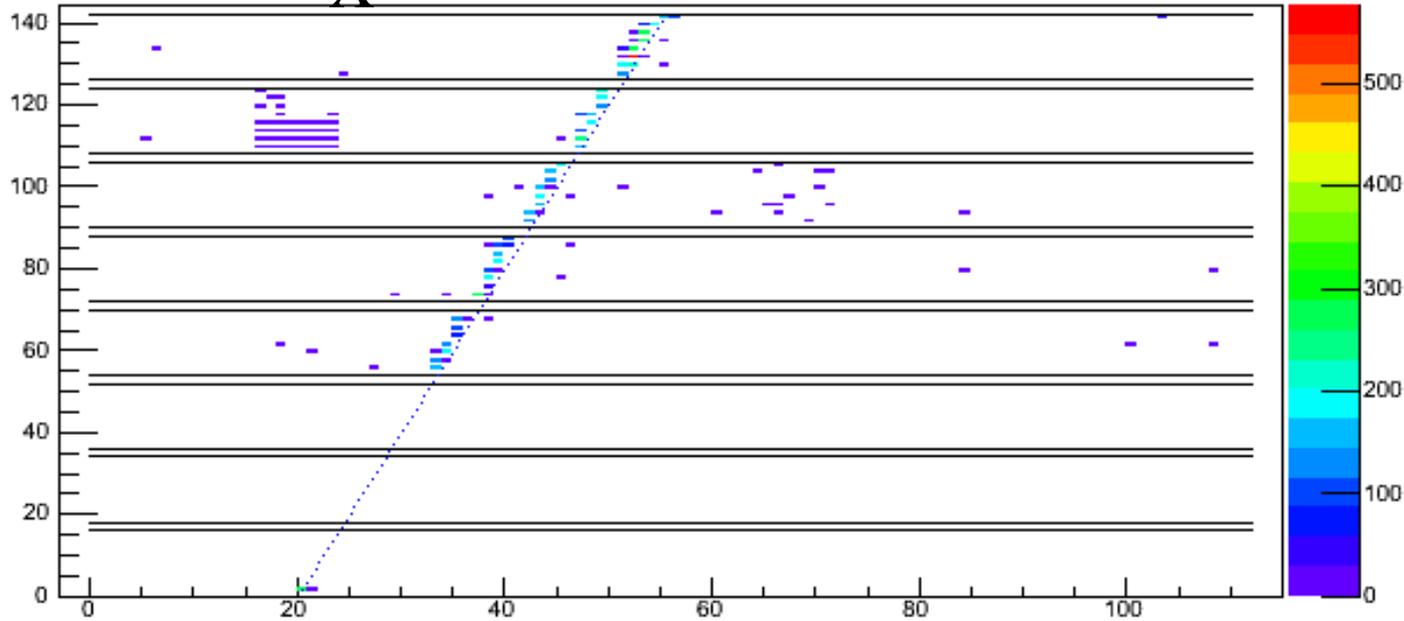


加速器実験で用いていた **SciBar** 検出器を使用する。  
チャンネル数は **14,848**。メキシコ**4,600m**高山で。

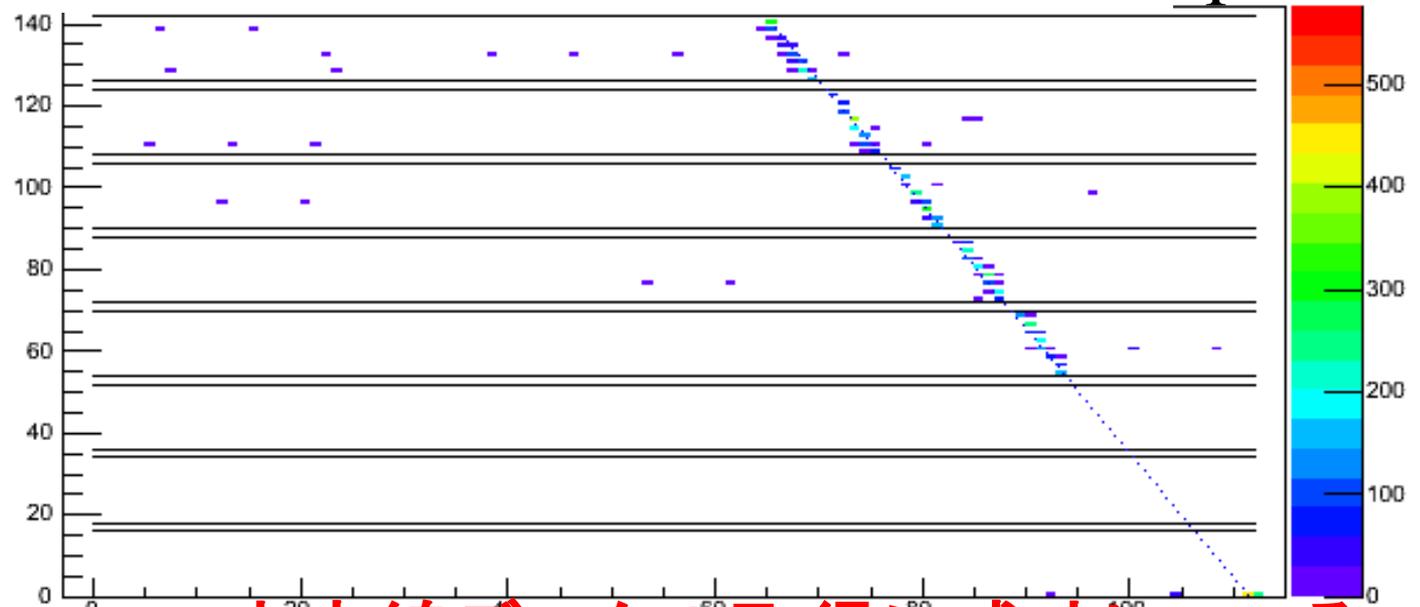
**超高精度宇宙線実験！ ミューオン検出器としても使用**

1119

X



Y

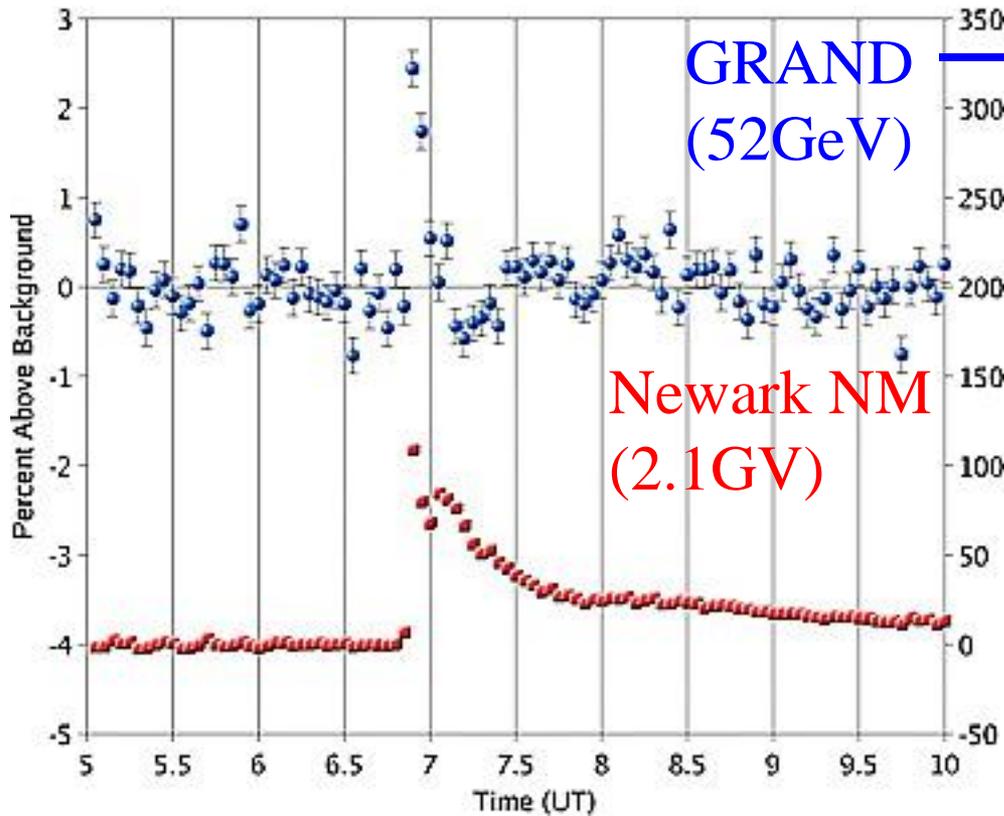


メキシコの2,150m で宇宙線データの取得に成功している。



# Muon enhancement

GRAND & Newark Data

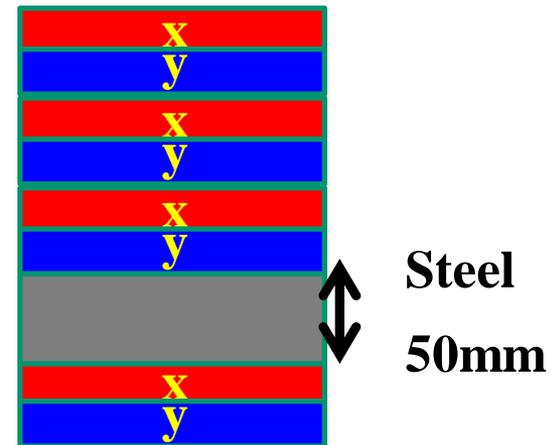


D'Andrea and Poirier, GRL, 32,  
L14102, 2005

64 stations over 100m × 100m



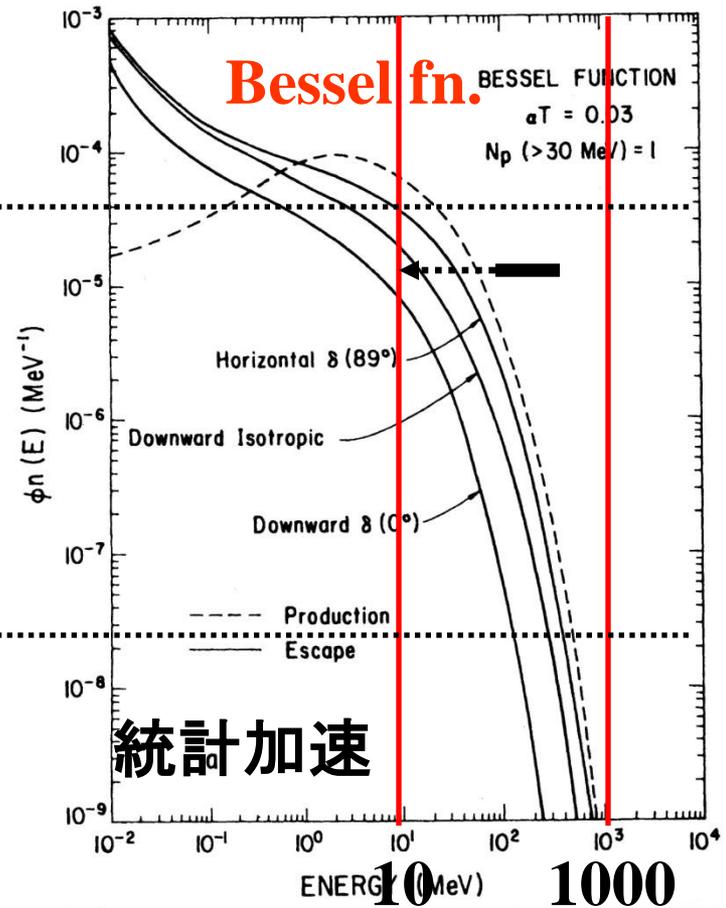
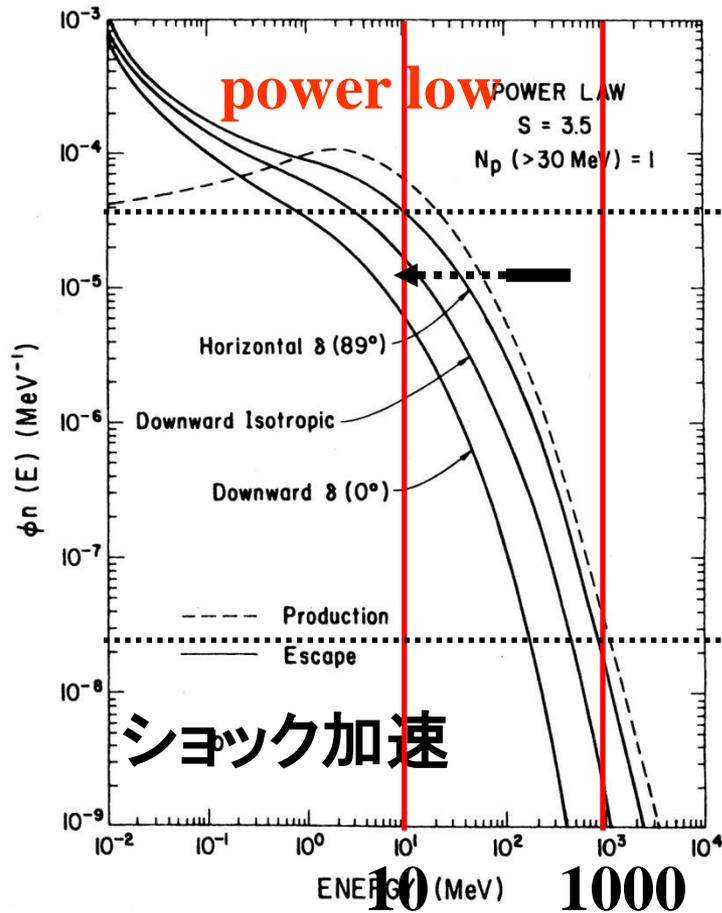
imaged from Poirier et al.,  
ICRC2003, vol2, 933, 2003



Each layer:  $1.29\text{m}^2$

80ch proportional wire chamber

# 加速とエネルギースペクトル

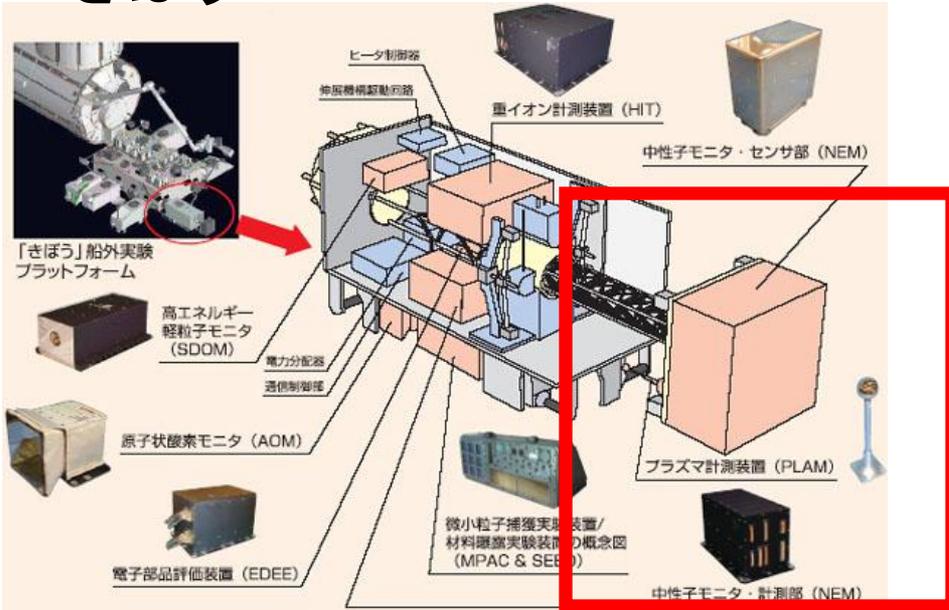


The energy of neutron (MeV) Ramaty & Murphy, 1987

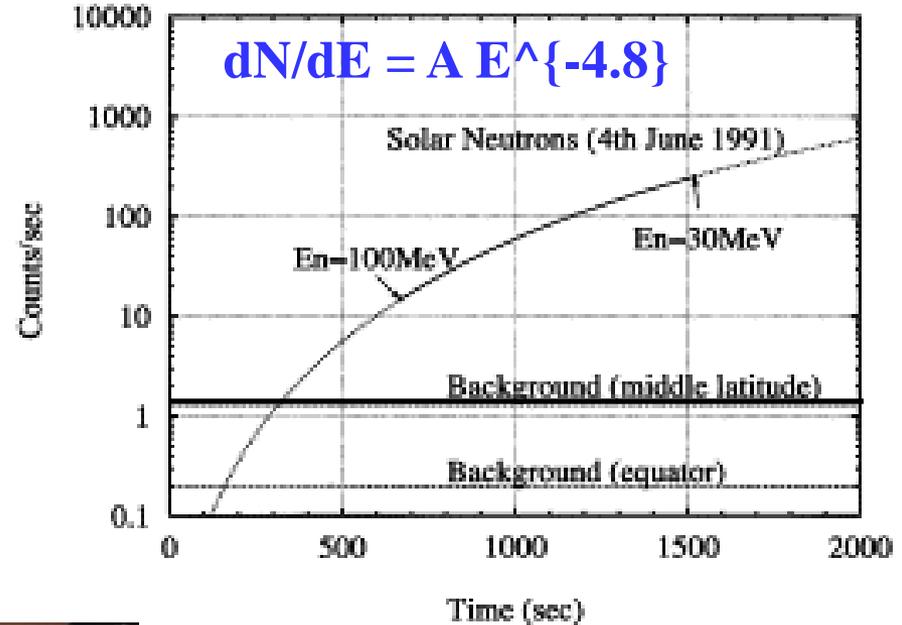
これまでの観測結果は両者を区別できない。  
 もっと広いエネルギーでの観測が必要。

# 宇宙環境計測ミッション装置

きぼう

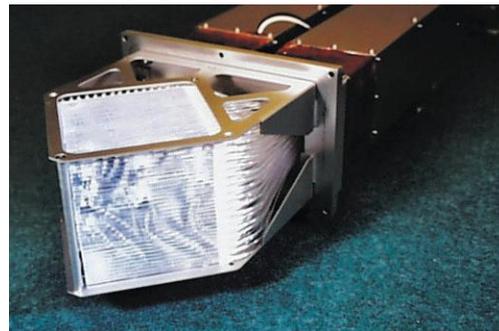
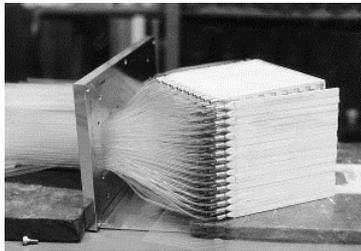


2009年9月打ち上げ



JAXA homepage

neutron detector

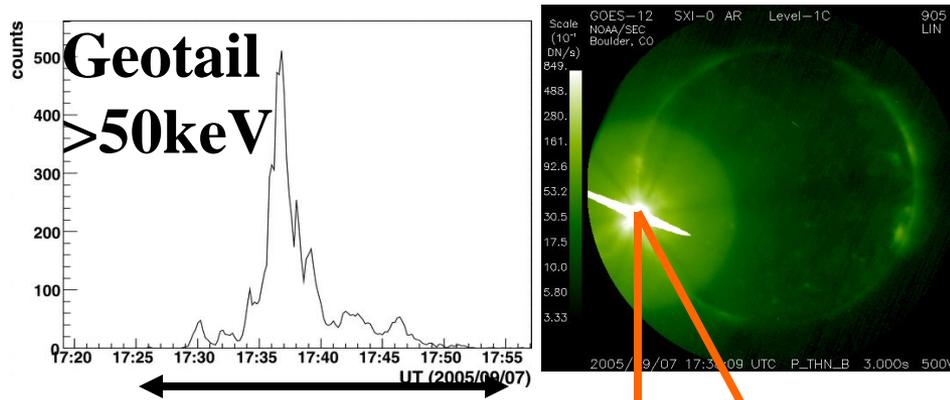


典型的な太陽中性子イベントで期待される計数值。  
(Imaida et al., NIM 421, 1999)

10 MeV から 100 MeV をカバー。  
地上観測と合わせて広いエネルギー範囲で観測できる。

September 7, 2005

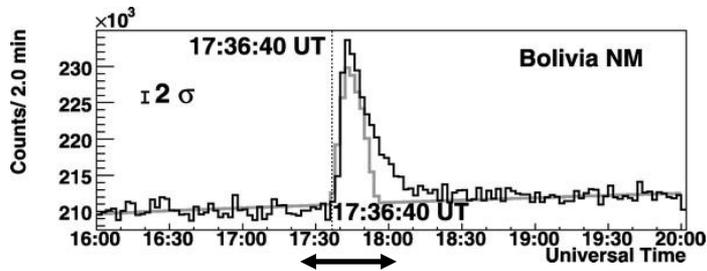
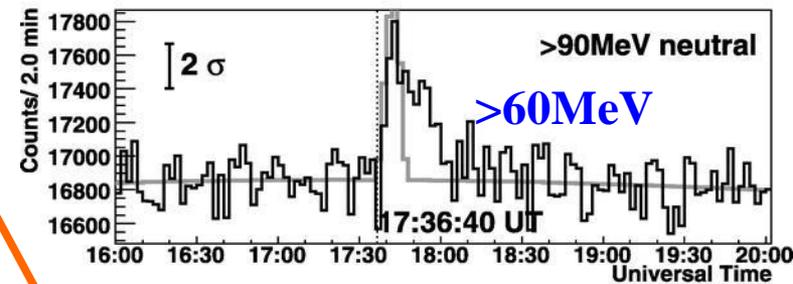
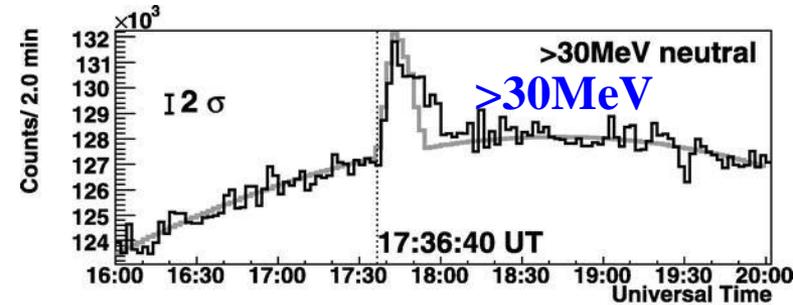
異なるエネルギーでの  
検出



30min

中性子はX線よりも  
長時間生成されていた

neutron

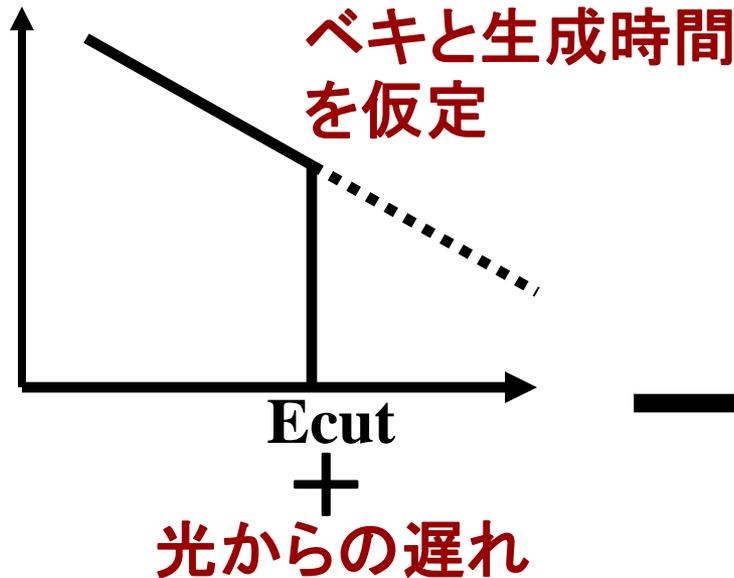


30min

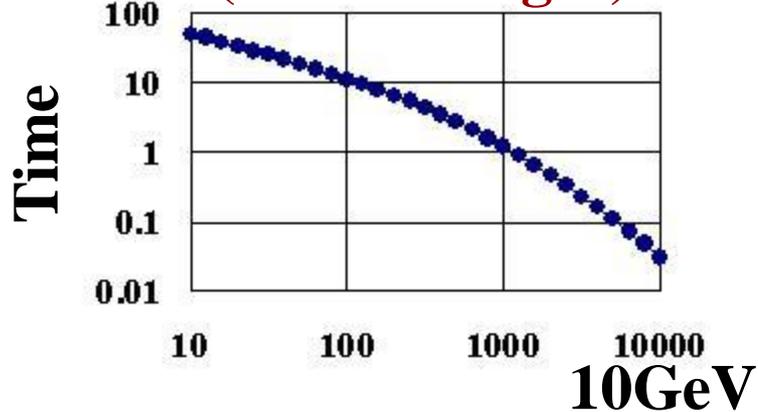
Bolivia (SNT, NM)

Mexico (SNT, NM)

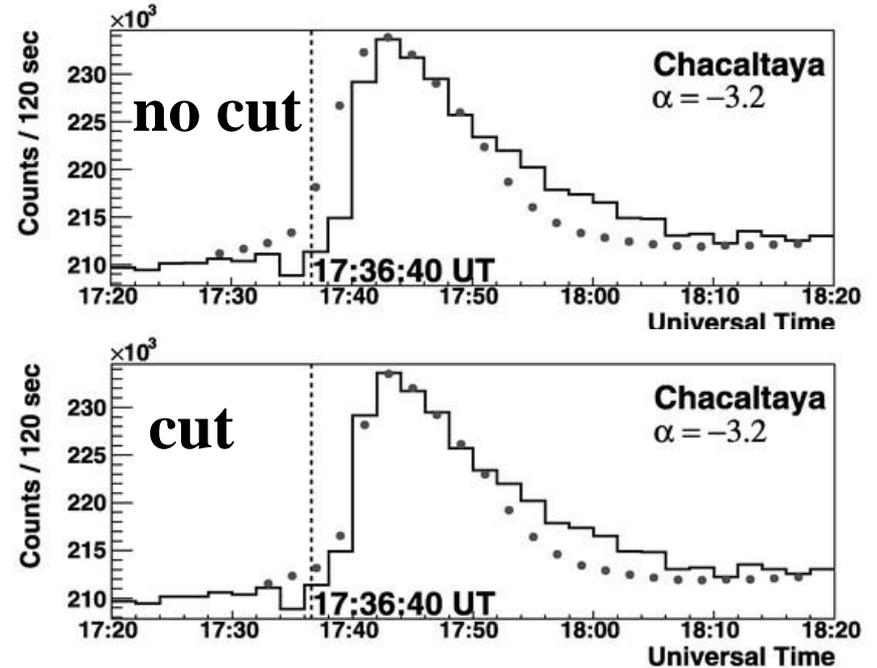
# 解析例



100min (Time of flight)



中性子のエネルギー



このイベントについては中性子の生成時間は、電子のそれとは一緒ではない。

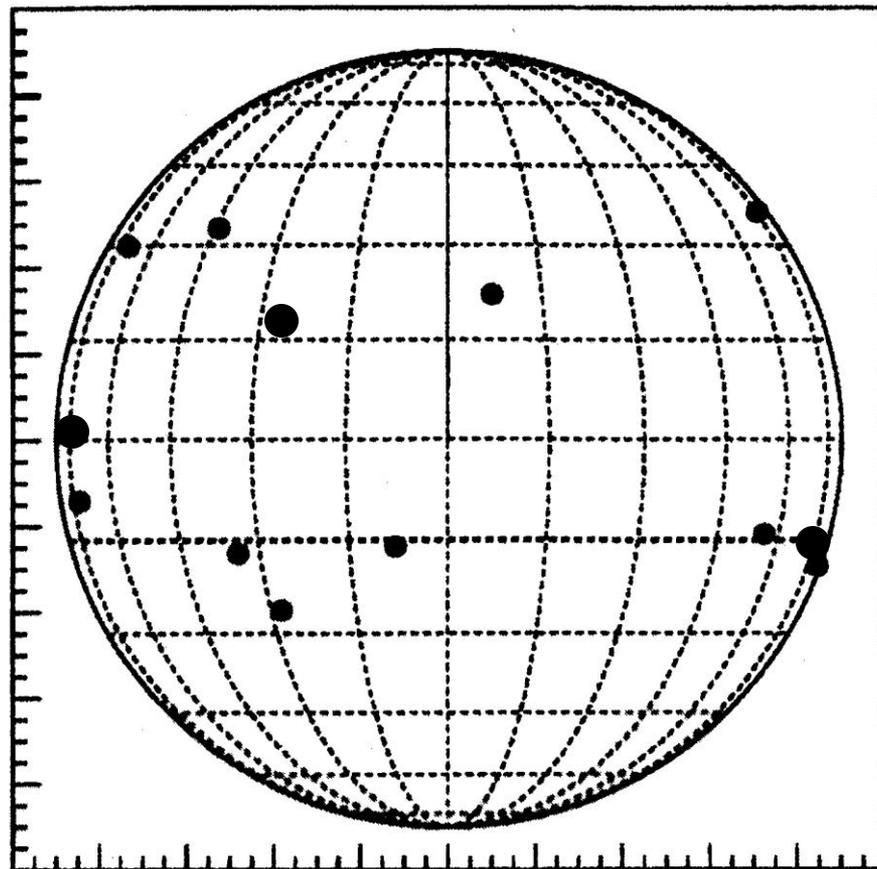
X線、ガンマ線の時間分布で説明できるイベントもある (Watanabe 2005)

もっと例がほしい！

# 太陽フレア的位置と太陽中性子イベント

太陽磁場と陽子の  
方向の関係

Watanabe, 2005+  
Sako et al, 2006+  
Muraki et al. 2007+  
Muraki et al. 2008

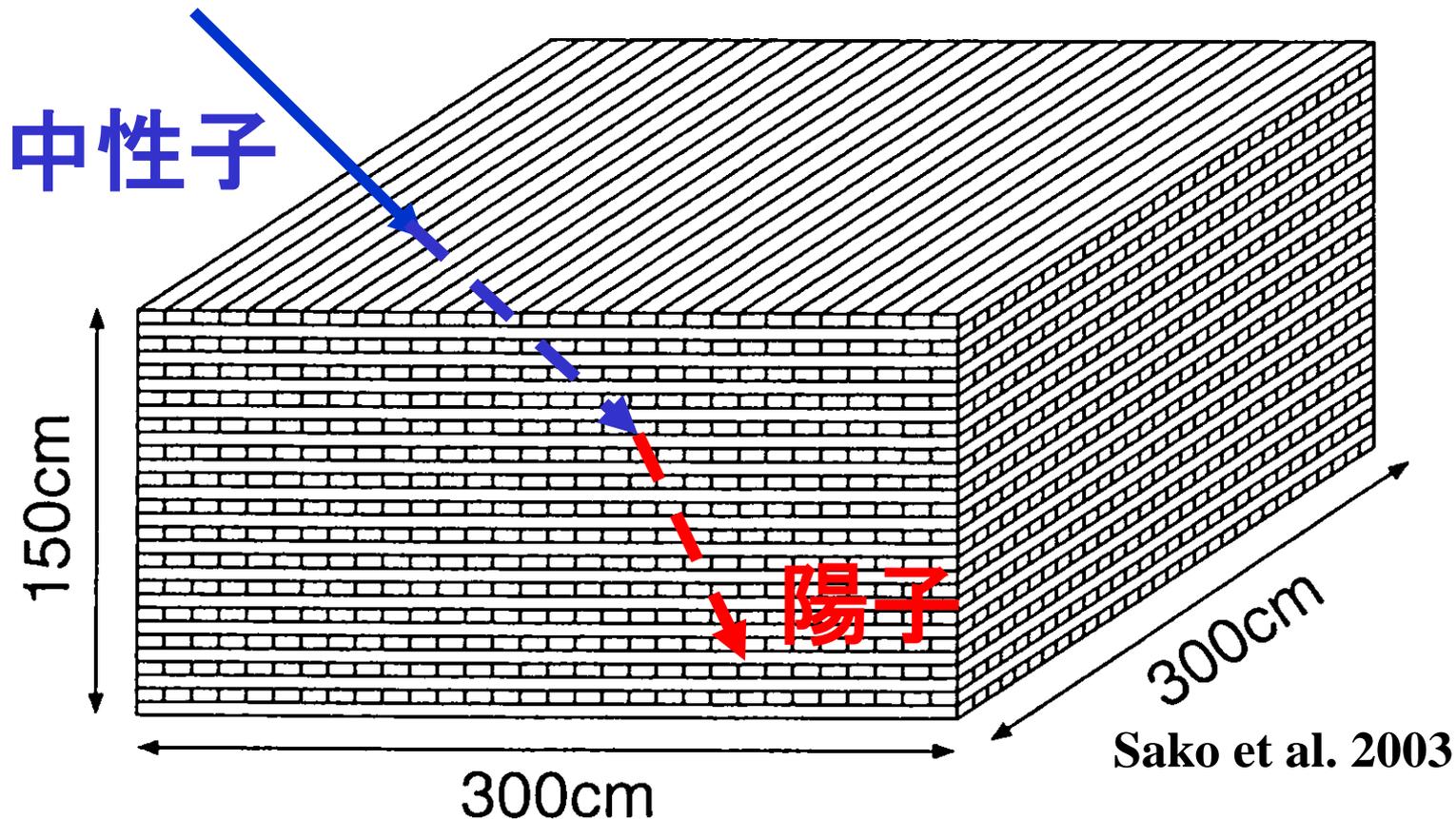


フレア的位置はほぼ等方的。  
より統計量が必要。



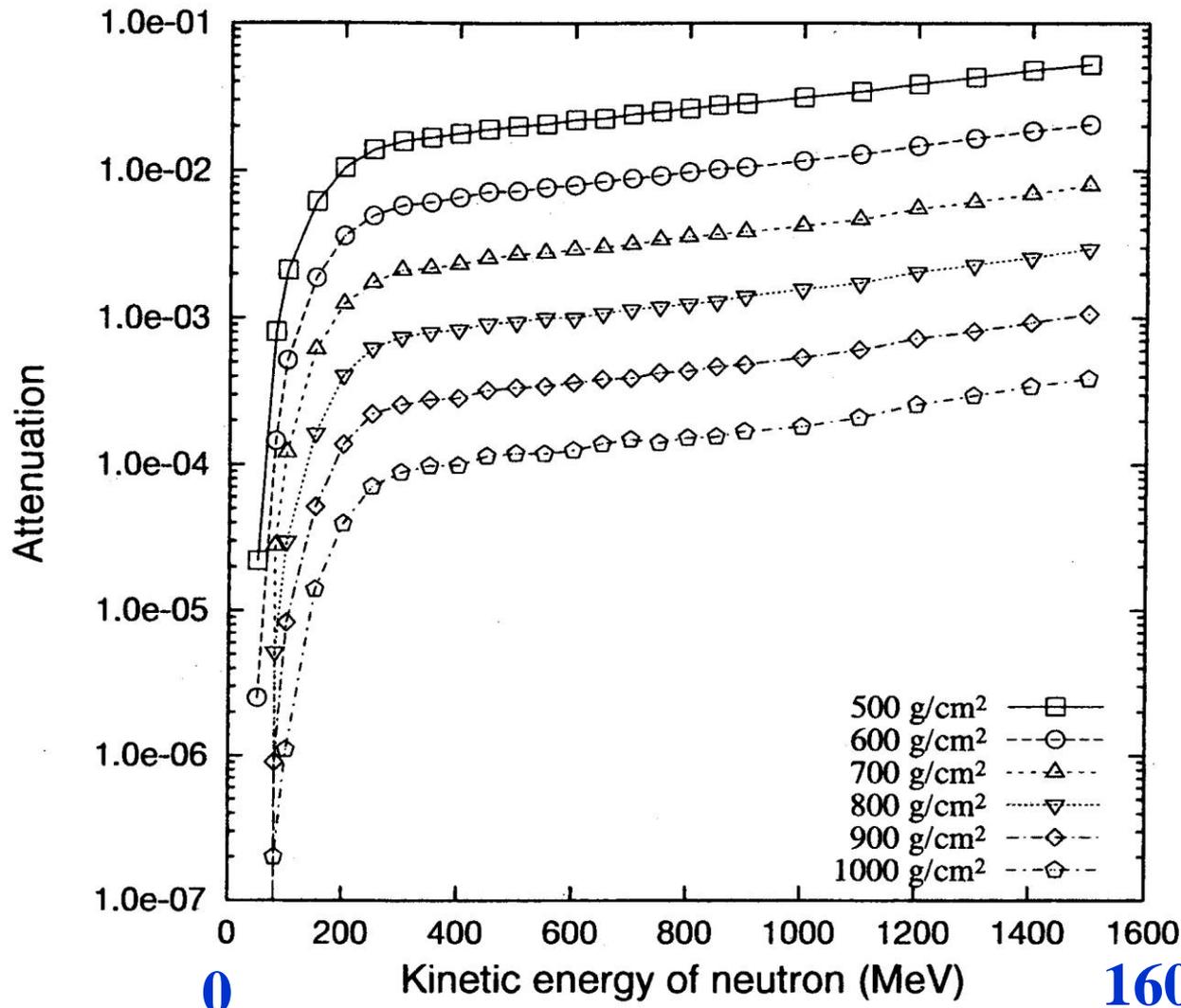
“ひので”  
詳細な磁場情報

# スーパー太陽中性子望遠鏡



検出器が大きくて検出感度が高い。  
粒子の飛跡がわかるので、粒子弁別能力・  
エネルギー分解能・到来方向決定能力が優れている。

# Attenuation of neutrons in the air



by H. Tsuchiya

**Neutrons are attenuated in the air**