

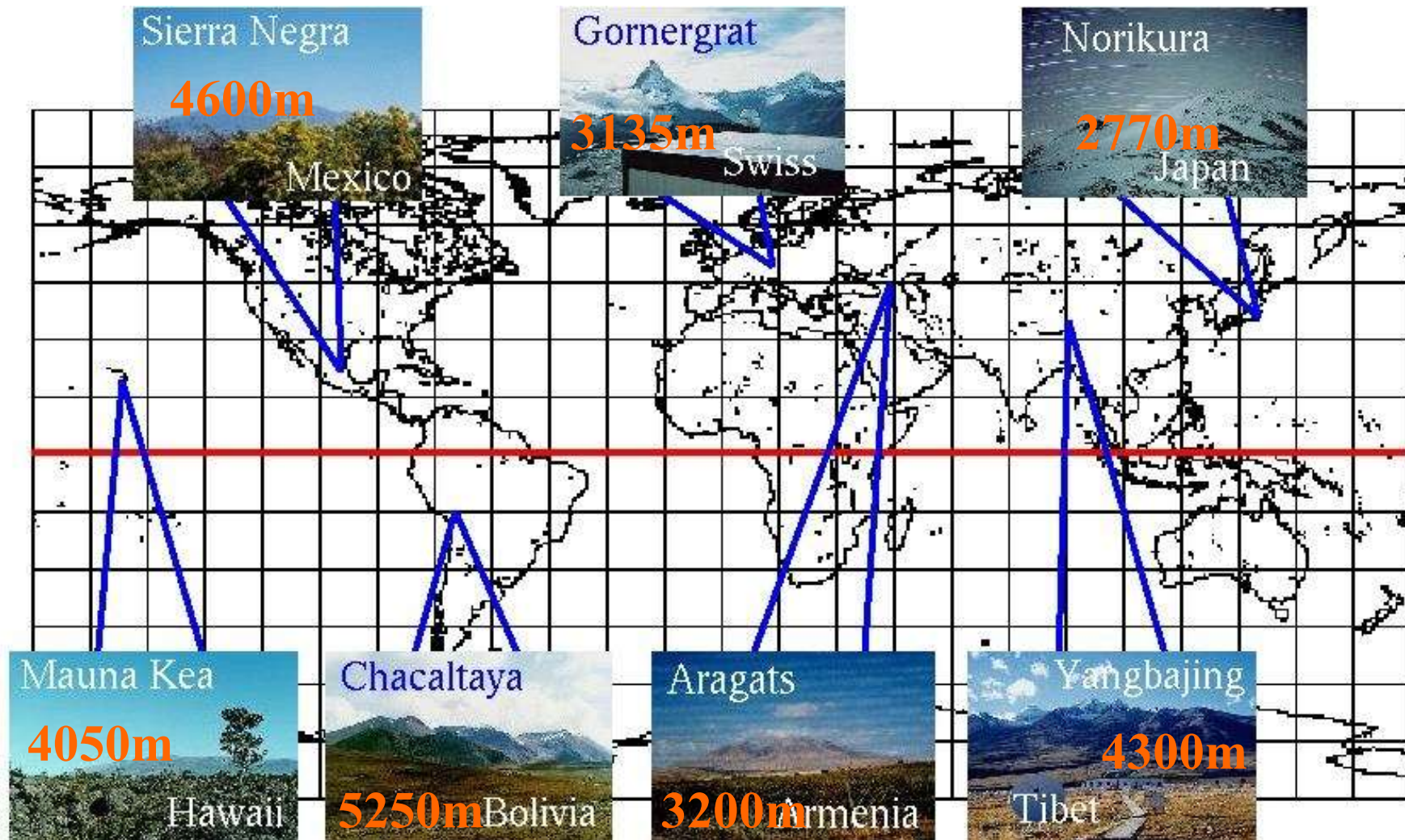
# 第24/25太陽活動期における太陽中性子の観測



名古屋大学宇宙地球環境研究所  
松原豊

東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会  
令和三年2月9日  
オンライン開催

# 目的: 太陽高エネルギー粒子加速機構の解明を目指す



**24 hour observing**

operated since November 2003

Gornergrat (スイス)、Mauna Kea (ハワイ)は停止

# わかってきたこと、わからないこと

## 太陽表面での粒子の加速機構は？

加速の効率は？

中性子の生成時間が電磁成分と同じ  
と仮定すると、統計加速。

仮定なしでは ???

## 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？

硬X線の生成時間と比べて中性子の  
生成時間が長いケースが1回あった。

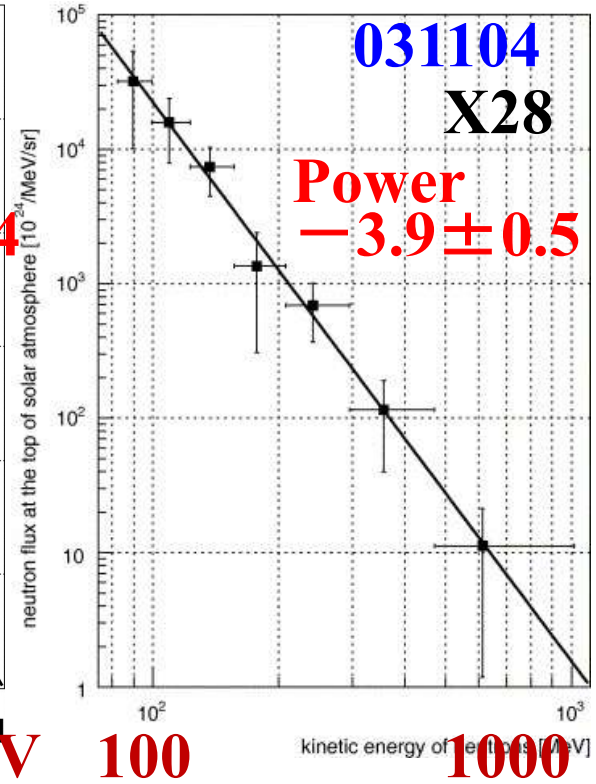
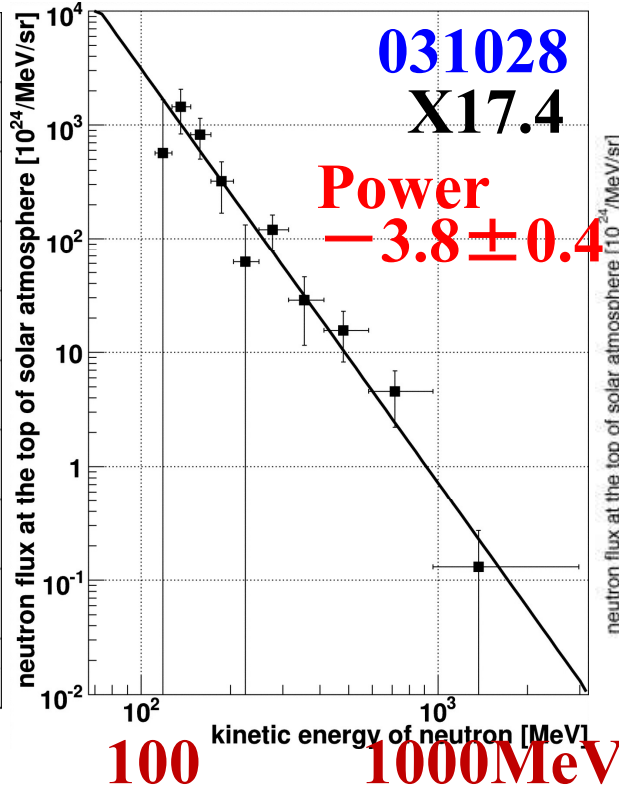
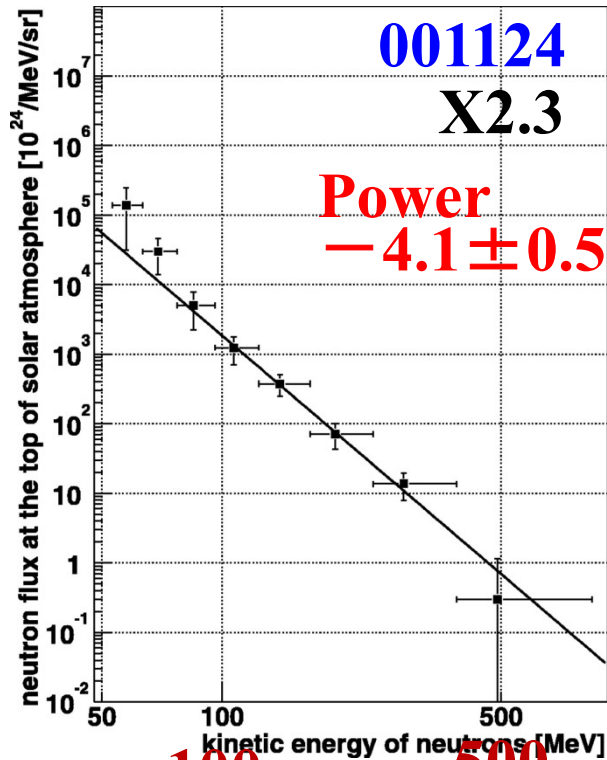
他は同時 ???

太陽フレアで中性子のもらうエネルギーは  
軟X線の全エネルギーの 0.1 % 以下

# Example of the energy spectrum of solar neutrons

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

Neutrons at the Sun

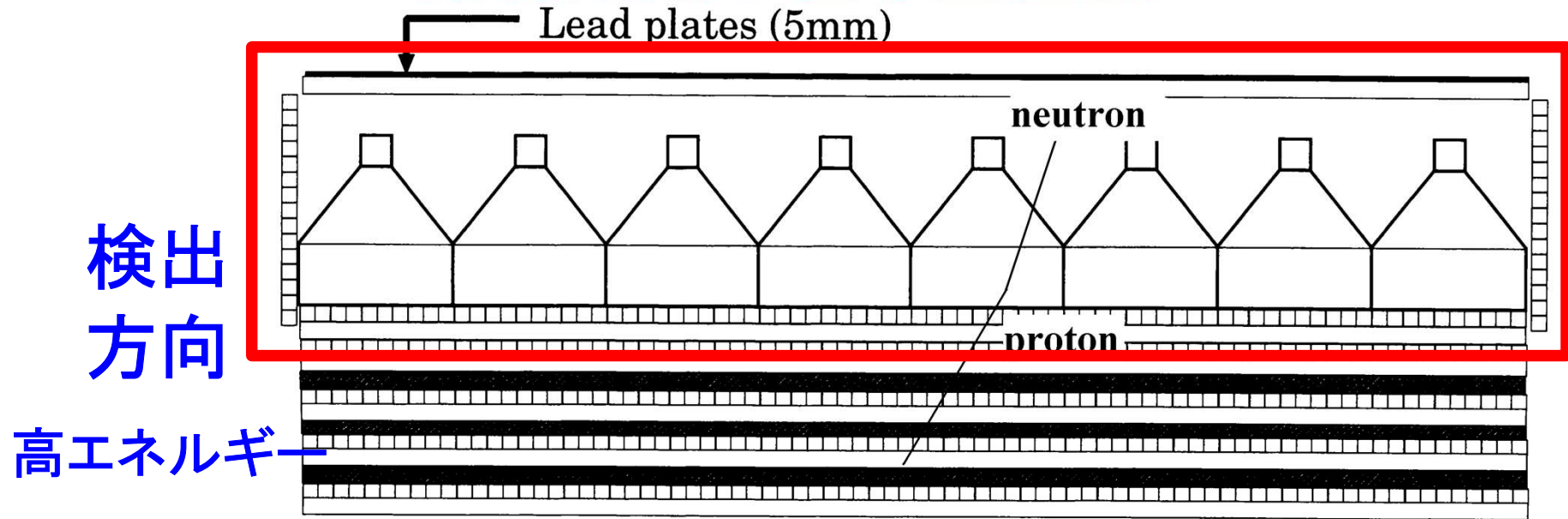


Data from neutron monitor

Assumption: Neutrons are produced at the same time as  
electromagnetic radiations

figures from Watanabe et al.

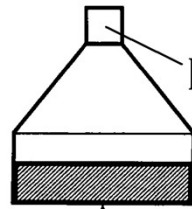
# 乗鞍太陽中性子望遠鏡



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

検出部では、反跳陽子のエネルギーに対応したしきい値での計数率を測定。

注) 1 GeV中性子で光より1分遅れ。100 MeVで11分遅れ(太陽-地球間)。

## 本共同研究課題の内容

乗鞍太陽中性子望遠鏡の保守と安定したエネルギー供給  
認められた経費

旅費 28.5万円

夏期AC100V使用、バッテリー充電、検出器チェック

### 経費の使用内訳

旅費

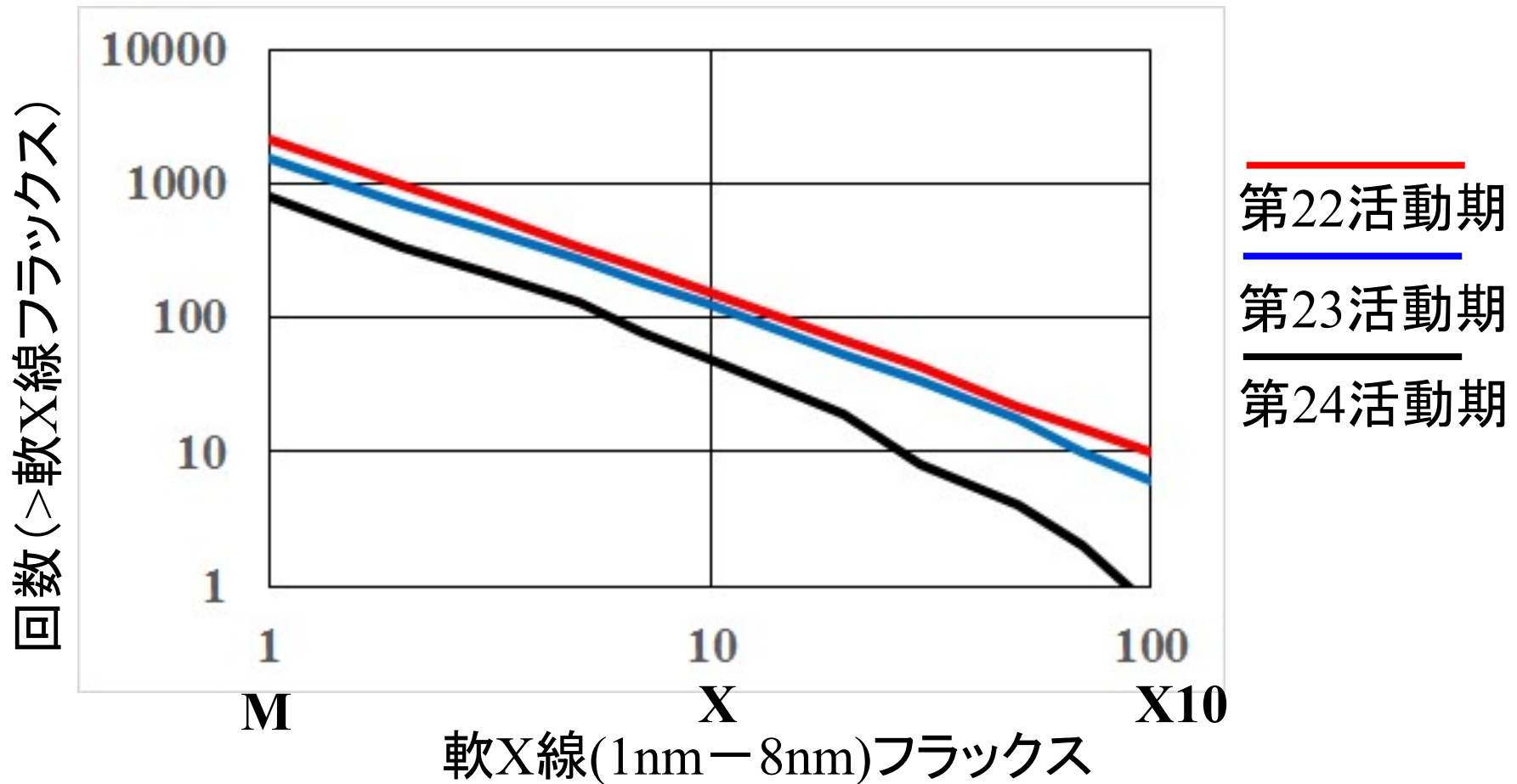
2万円(乗鞍出張日帰り1回)

残高は返却しました。

コロナ渦で開所していただきありがとうございました。  
おかげさまで、夏期はAC100Vを使用できました。

# 第24太陽活動期は大きなフレアが少なかった。

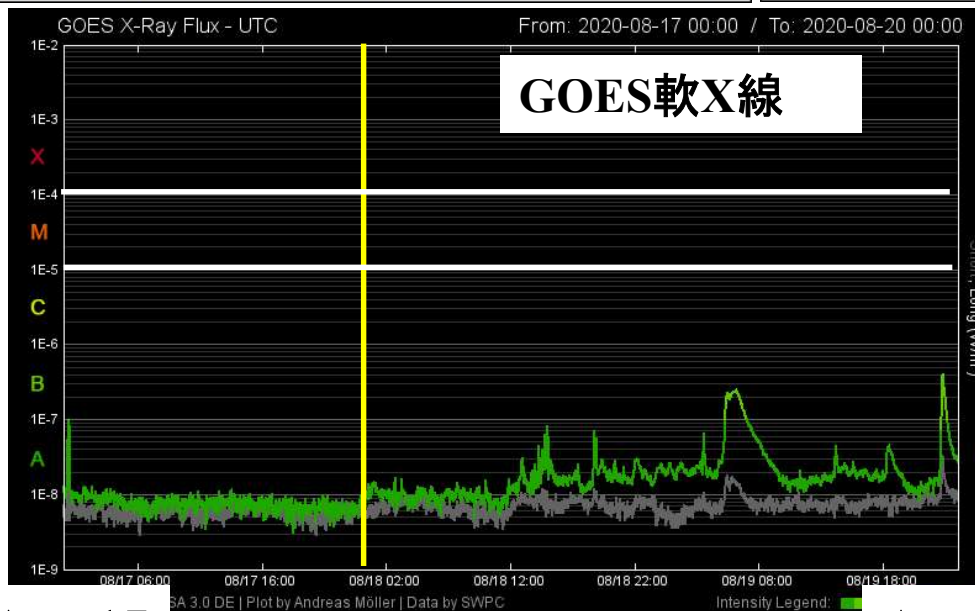
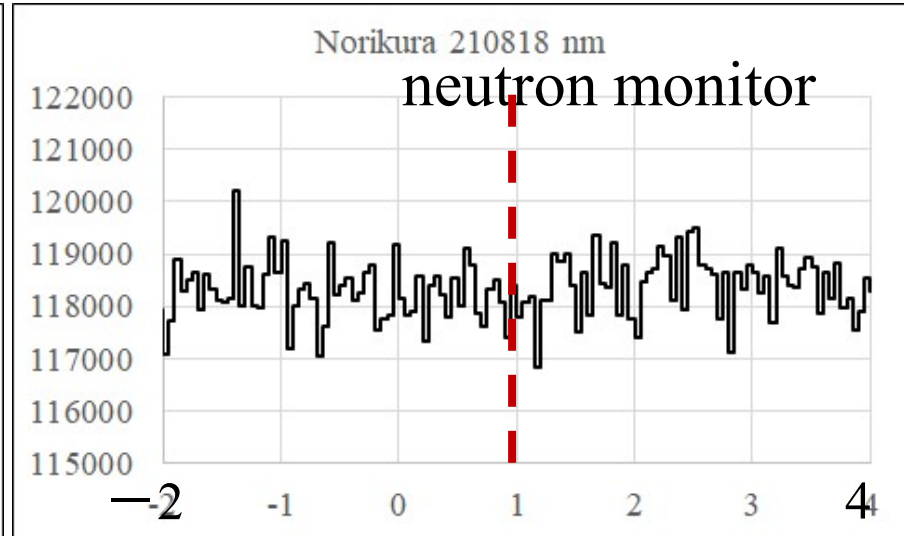
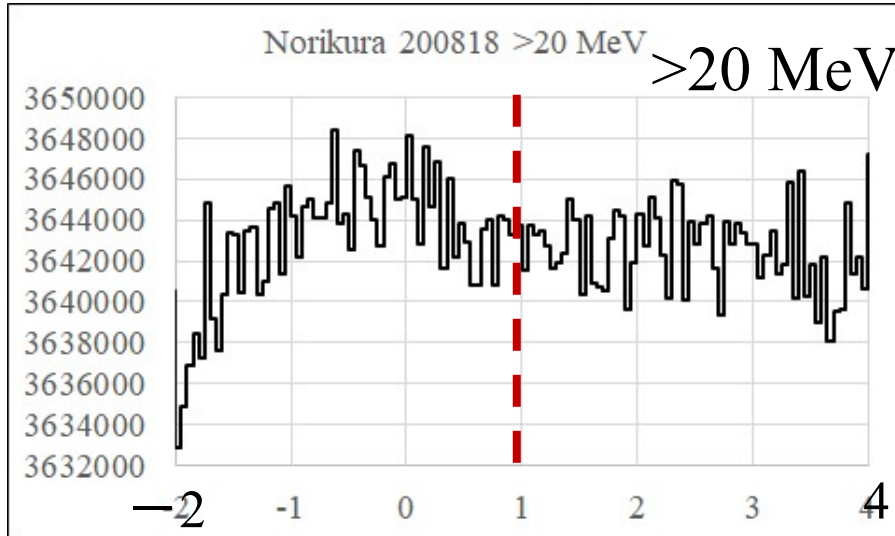
< 太陽フレアの規模の積分分布 >



2018年になってから、Mクラス以上の太陽フレアは（多分第25太陽活動期になってからの）2回しか起こっていない。

# 乗鞍64m<sup>2</sup>太陽中性子望遠鏡の稼働状況

## GOES X線フラックス 令和二年8月18日の3分値



Time (UT)

$10^{-4}$  W/m<sup>2</sup> X クラス

$10^{-5}$  W/m<sup>2</sup> M クラス

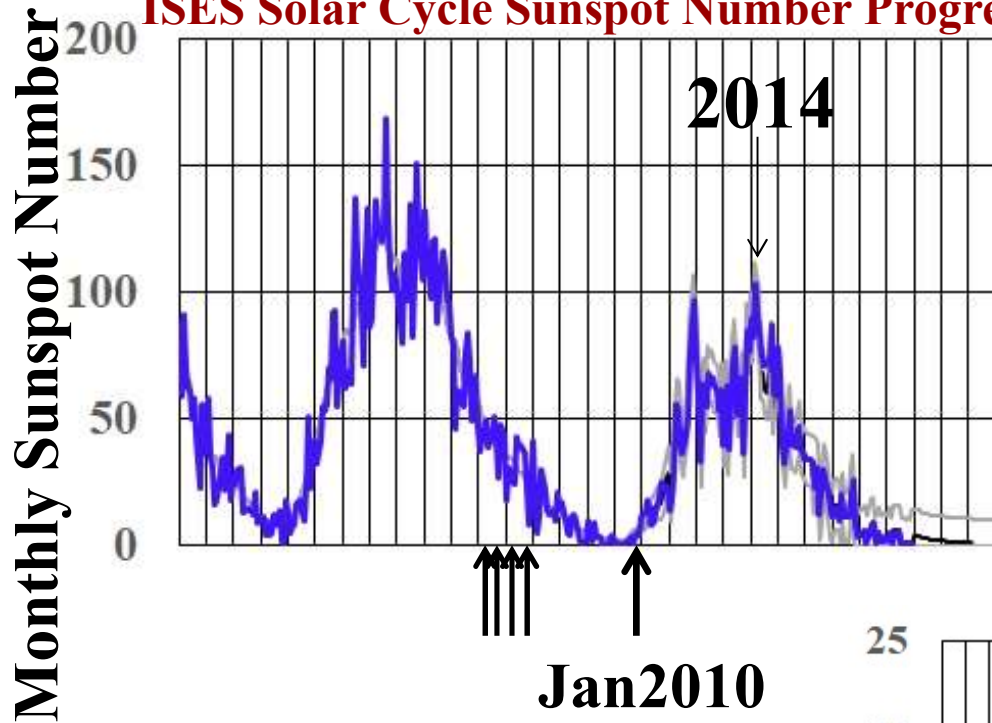
Aug. 17

Aug. 20



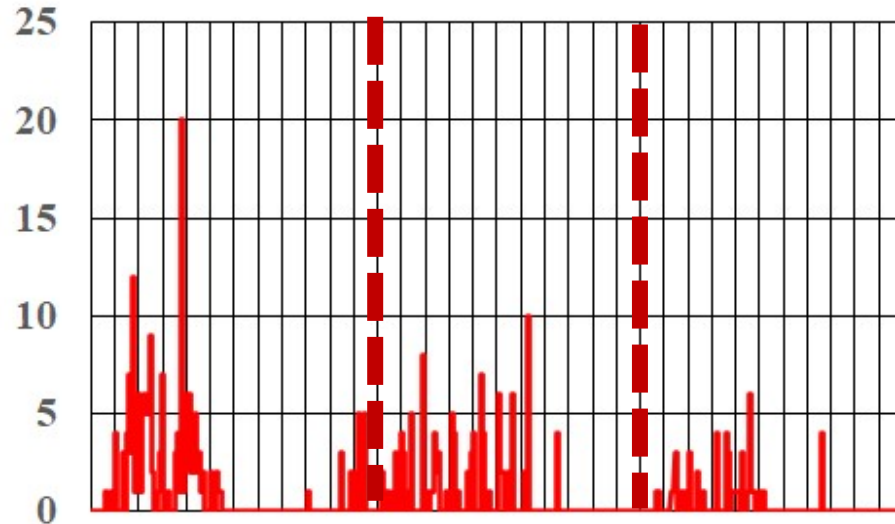
第25活動期が2020年に始まった。

ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression



← 黒点数では  
2014年2月が極大

Monthly X-class flares  
for 34 years



そろそろXクラスフレアが  
発生するころ。 →

太陽活動期は極小から極小まで。  
1755年が第1太陽活動期の開始。

## 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。

令和二年度は、28.5万円査定していただきました。  
しかし、実際に乗鞍に行ったのは1回だけでした。

最後、夏仕様から冬仕様に戻す作業では上山せずに、職員の方にやっていただきました。ありがとうございました。

- \* 来年度の本研究での共同利用申請は行いましたが、  
乗鞍での太陽中性子観測は、来年度で最後にします。
- \* 今後の太陽中性子観測は、  
メキシコのシェラネグラ（北緯19度、4,580m）と、  
ボリビアのチャカルタヤ（南緯16度、5,250m）  
で継続します。



# メキシコ・シエラネグラ (4,600m)で2013年9月より運転



April , 2013



September , 2013

シンチレータバー 14,848

(各1.3cm×2.5cm×300 cm)

全体積 3m×3m×1.7m

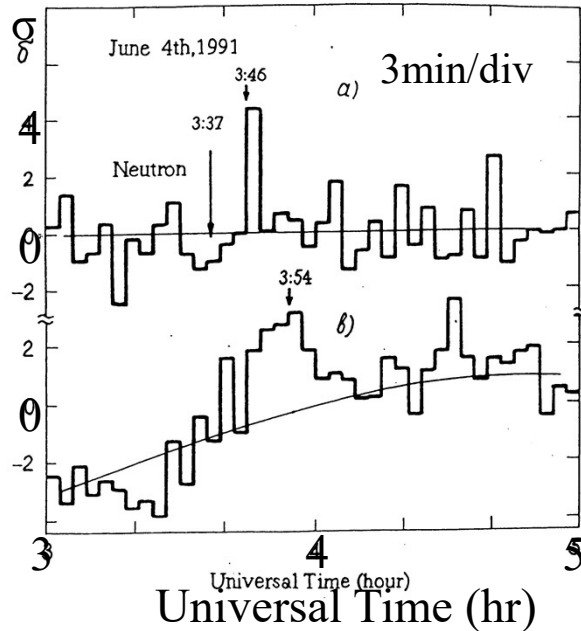
輻射長 43 g/cm<sup>2</sup>

• 8XYを1ブロックとする8ブロック

**SciCRT (SciBar Cosmic Ray Telescope)**

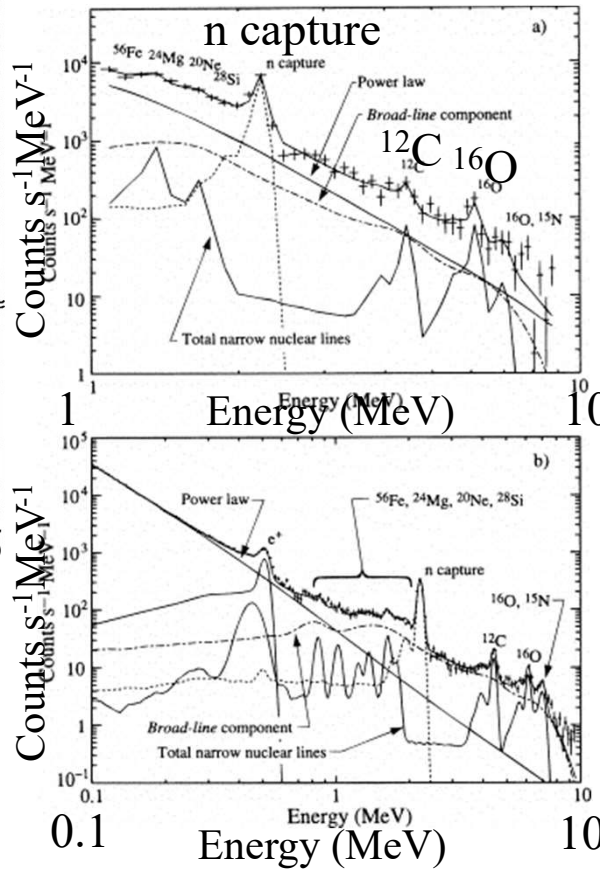
中性子8分の3とミュオンが稼働中

# 1991年6月

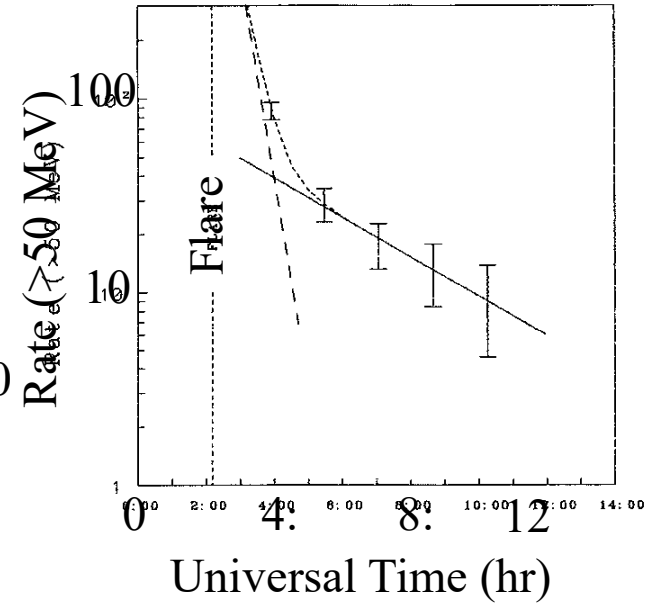


19910604:  
乗鞍での太陽中性子の検出  
(Muraki et al. 1992)

1991年6月1, 4,  
6, 9, 11, 15に  
≥X10 フレア。  
たくさんの論文



19910604:  
CGRO-OSSE による  
核ガンマ線の検出  
(Murphy et al. 1997)  
これも長時間(OSSE)



19910611:  
CGRO-EGRET による  
長時間ガンマ線の検出  
(Kanbach et al. 1993)

長時間ガンマ線は  
Fermi でも観測されている。  
(Ackermann et al. 2014 他)

# 太陽中性子のエネルギースペクトルの決定

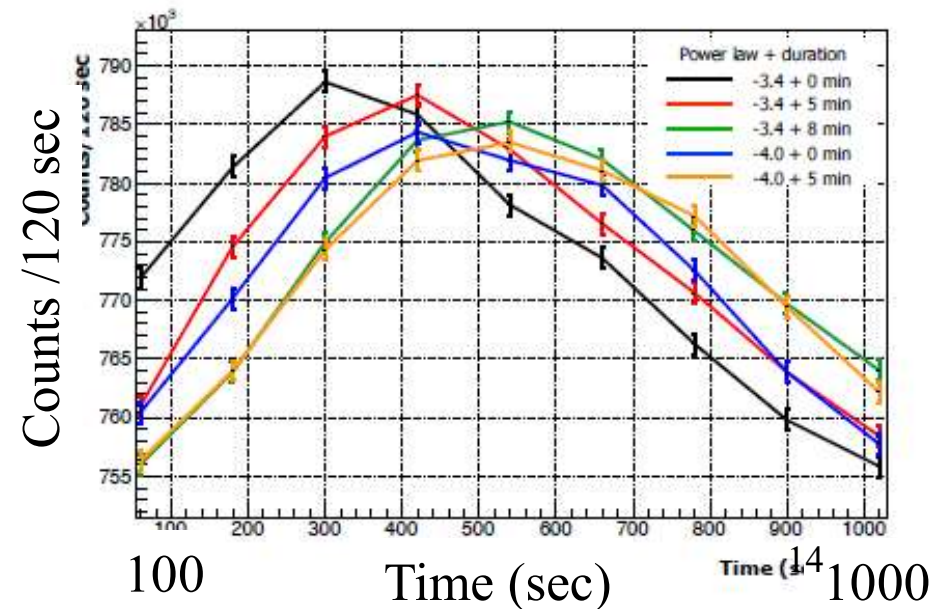
これまでで最も統計的に有意だった太陽中性子イベントと同規模のイベントが起こった時、SciCRTの観測で、生成時間とべきが同時に決定できるか、シミュレーションを行った。

⇒

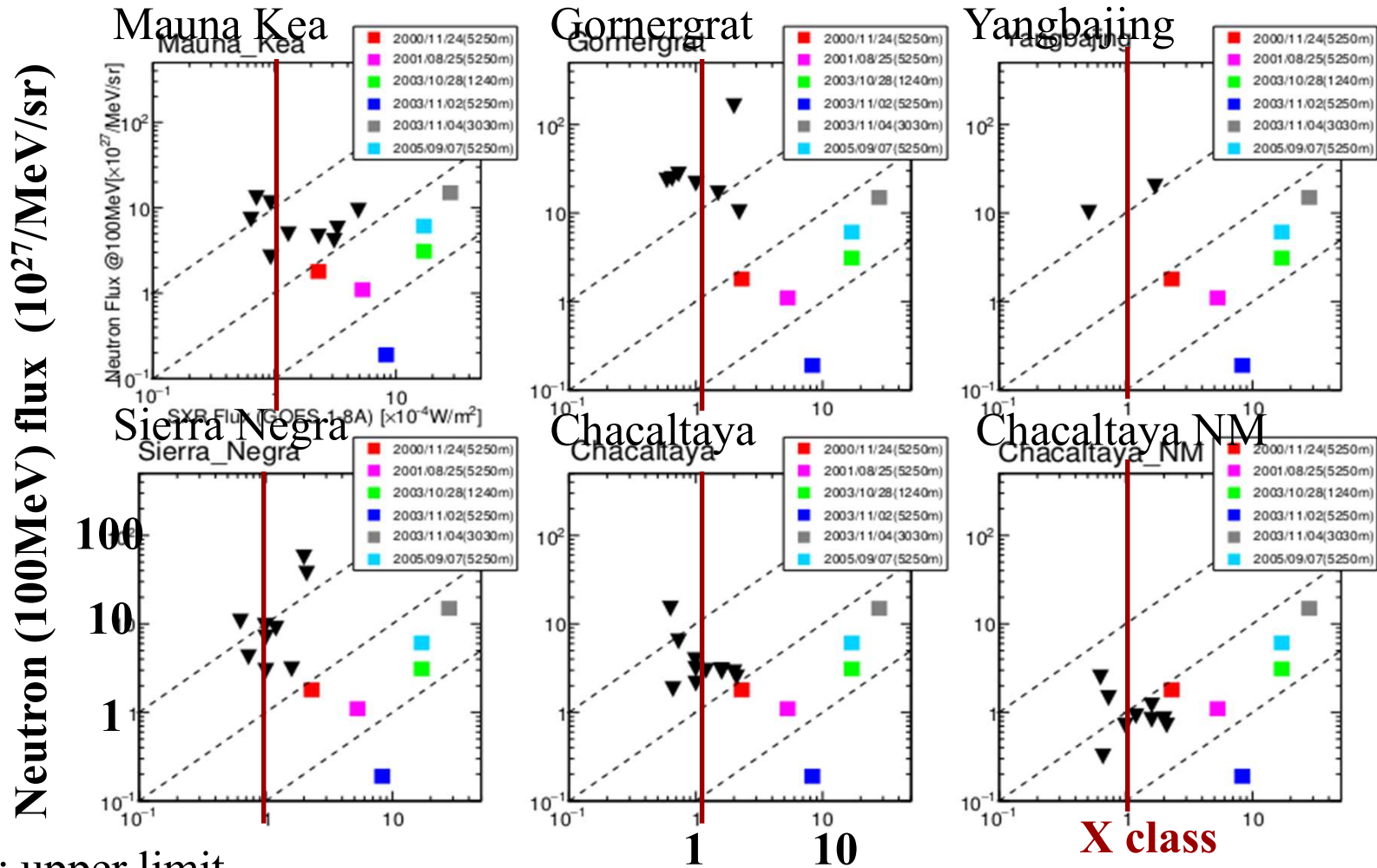
**エネルギースペクトルのべきの決定精度を $\pm 0.5$ としたとき、中性子の瞬間的な生成と5分以上の継続生成を区別できる。**

(Y. Sasai, PhD thesis 2017, Y. Sasai et al., Proc. in the 35th ICRC)

シミュレーションの例。  
生成時間とスペクトルを仮定した太陽中性子の SciCRT での測定。  
Shibata model (大気中)  
PHITS (バックグラウンド)  
Particle and Heavy Ion Transport code  
GEANT (検出器)



# The upper limit versus soft X-ray flux



▼: upper limit,

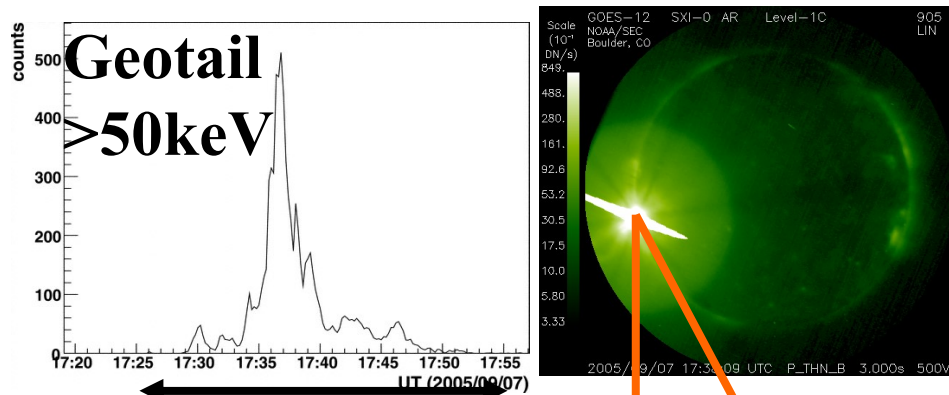
□: flux

Soft X-ray flux ( $10^{-4}\text{watts}/\text{m}^2$ )

太陽フレアで中性子の得るエネルギーは  
軟X線の得る全エネルギーの 0.1% を超えない。

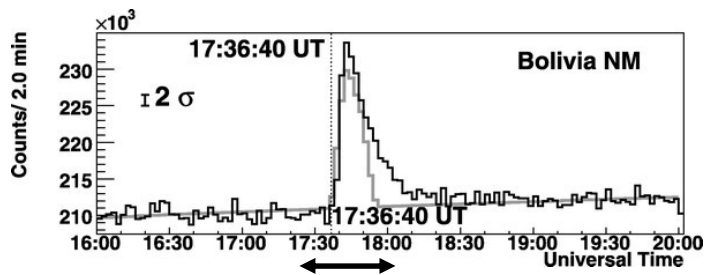
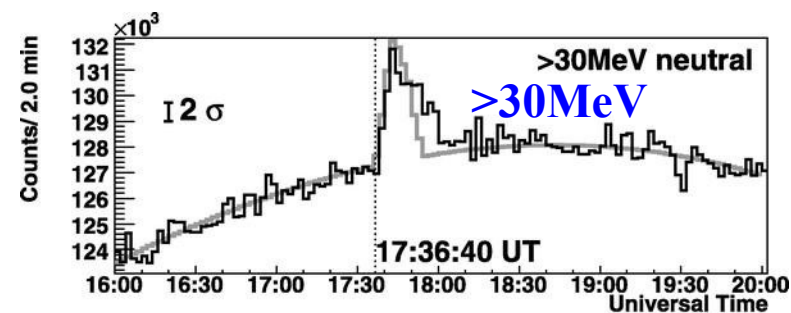
September 7, 2005

異なるエネルギーでの  
検出

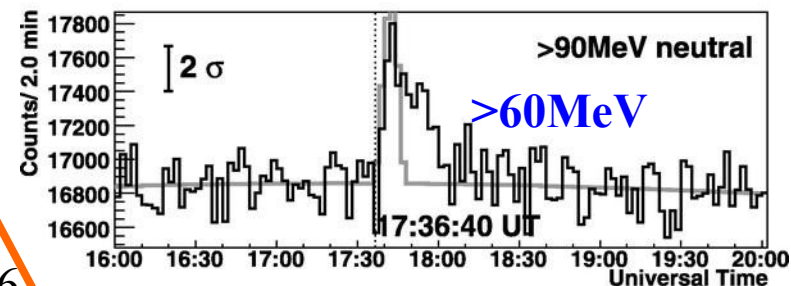


30min

中性子はX線よりも  
長時間生成されていた



neutron



Sako et al., 2006

30min

Bolivia (SNT, NM)

Mexico (SNT, NM)

