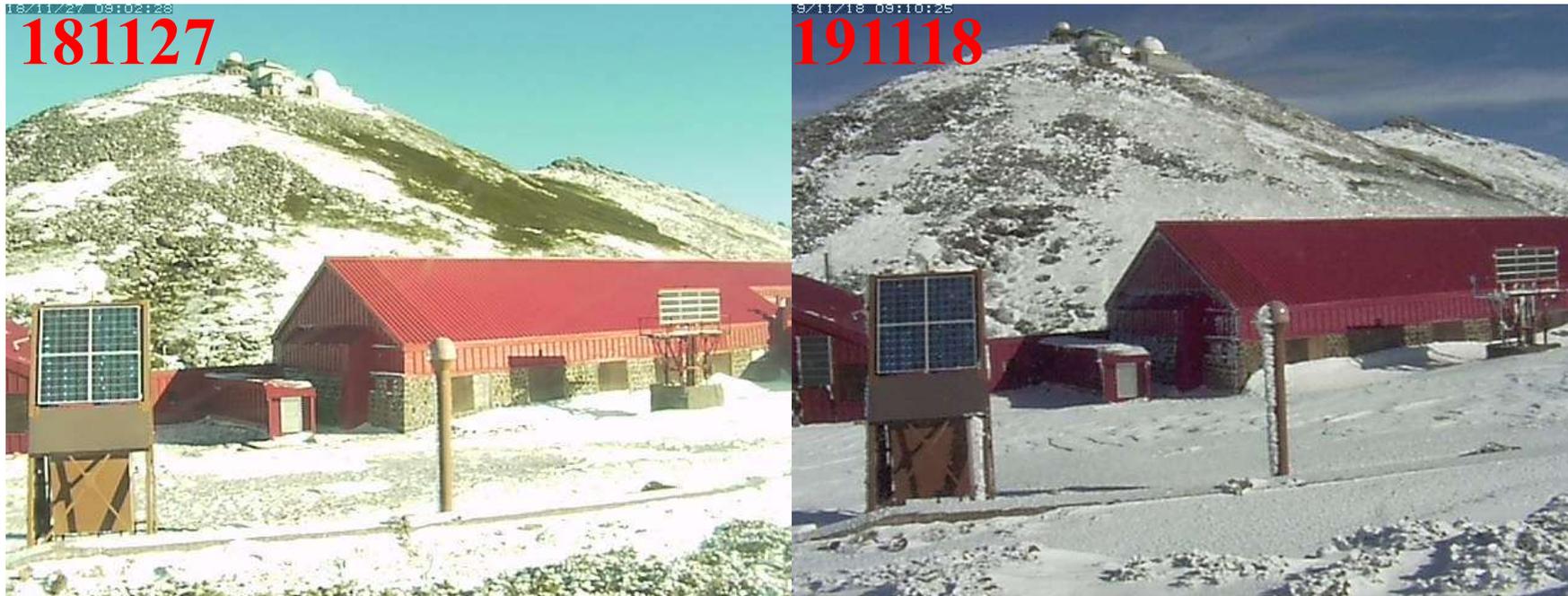


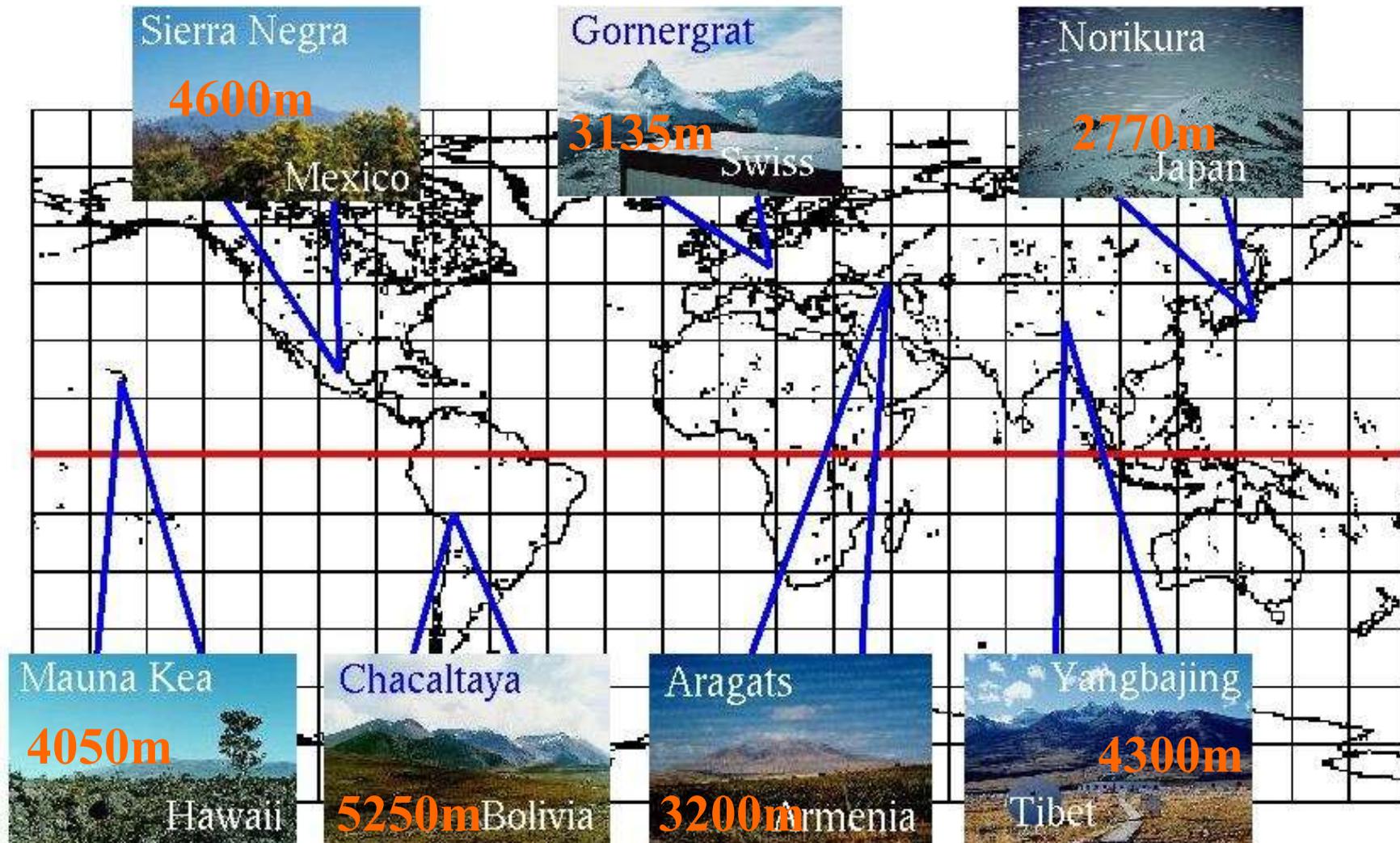
# 第24太陽活動期における太陽中性子の観測



名古屋大学宇宙地球環境研究所  
松原豊

令和元年度共同利用研究成果発表会  
令和元年12月13日  
東京大学柏キャンパス

# 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)はすでに停止

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 ???**

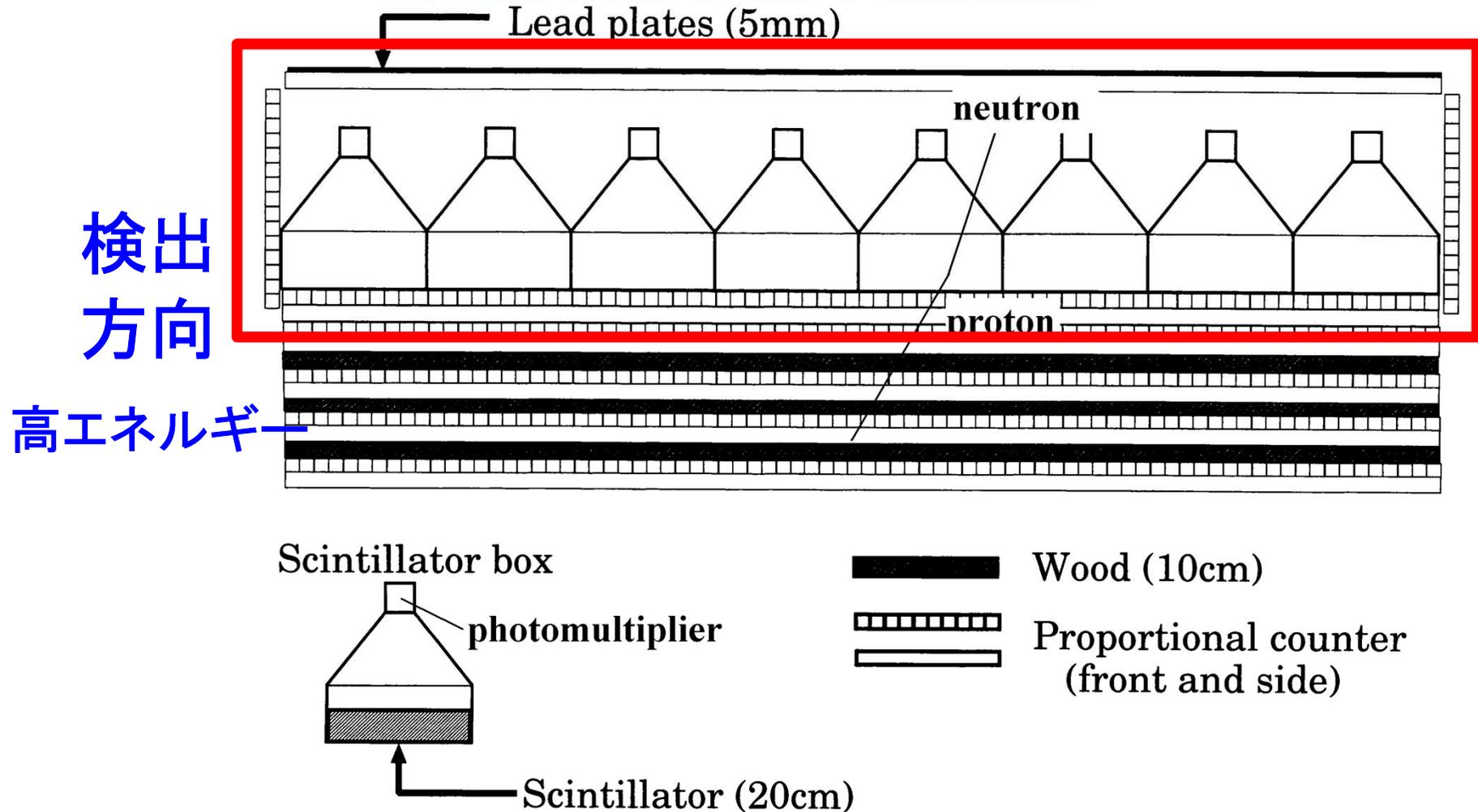
陽子の加速と電子の加速は異なるのか？

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 ???**

# 乗鞍太陽中性子望遠鏡



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 34万円

### 経費の使用内訳

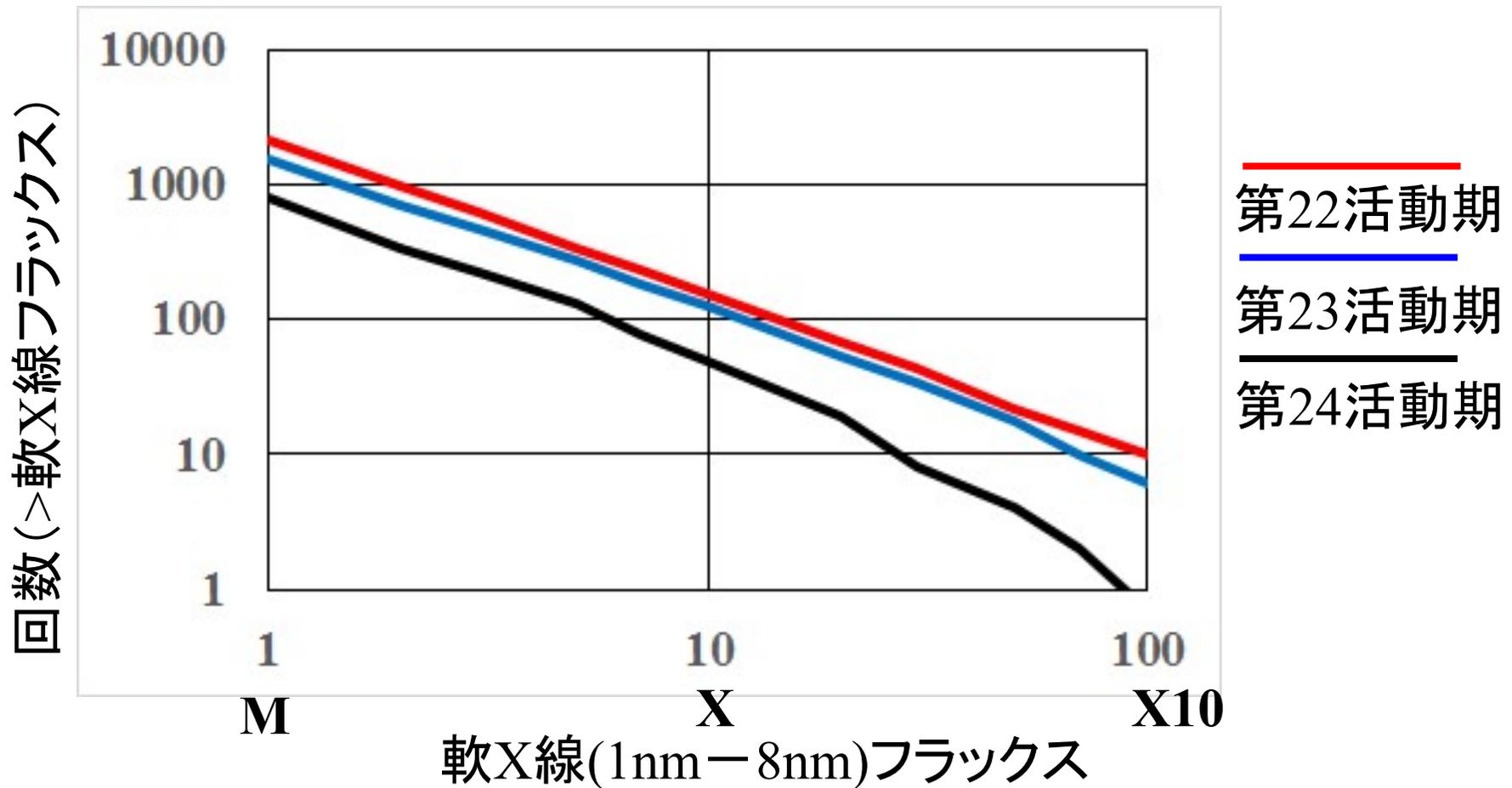
#### 旅費

バッテリー充電、検出器チェック等に関わる旅費  
乗鞍観測所は、7月－9月に開所  
3年続けて3か月通して開所してもらえた  
(夏の間ずっとAC100Vを利用できた！)。

経費も、職員の方の尽力も  
どうもありがとうございました！！！！

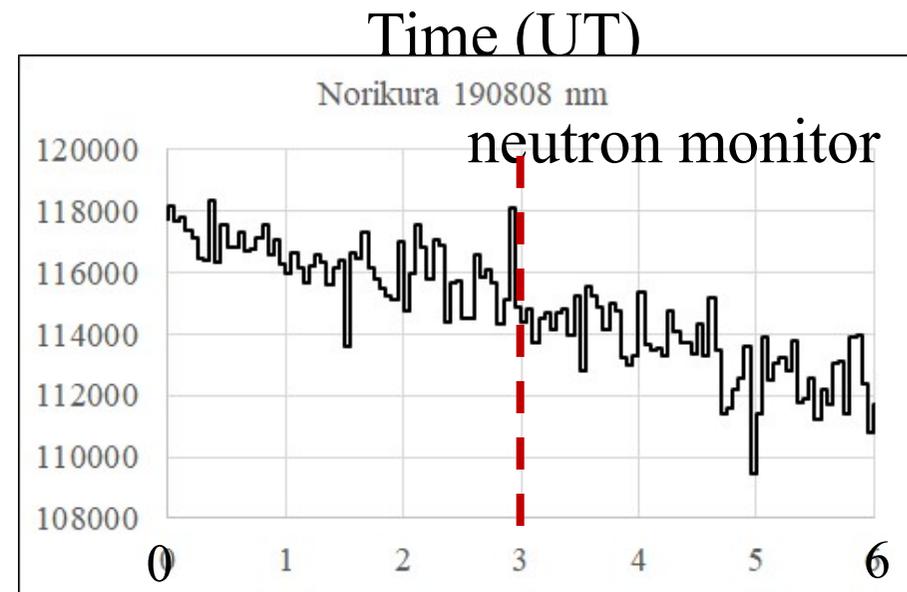
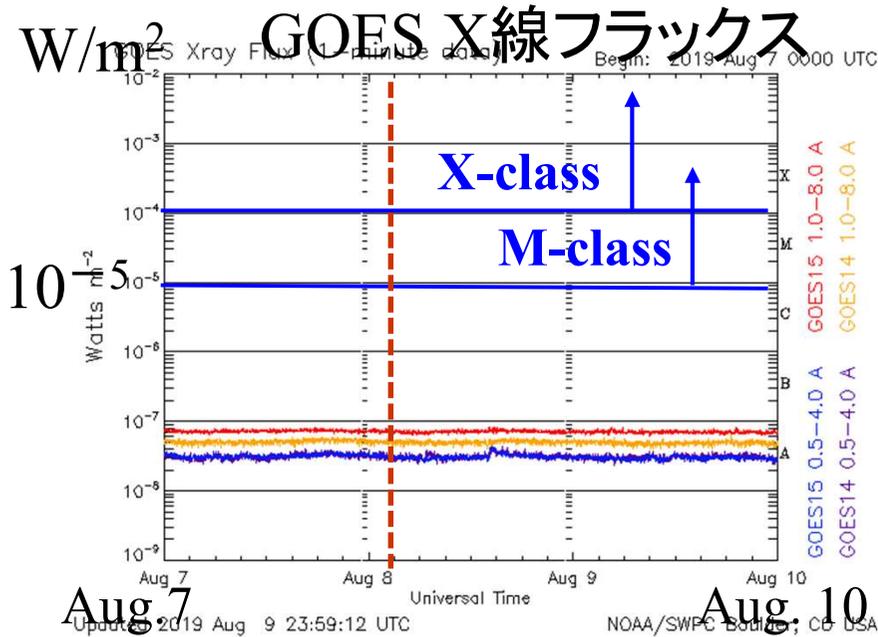
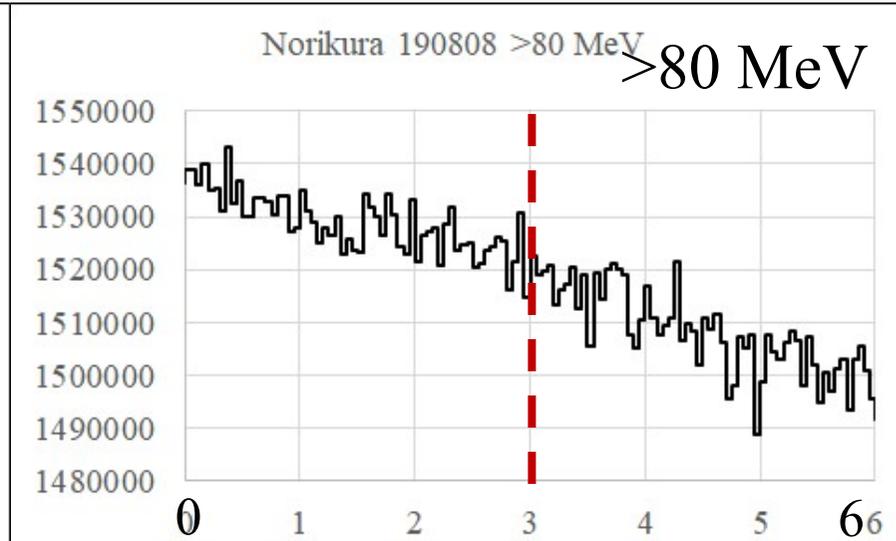
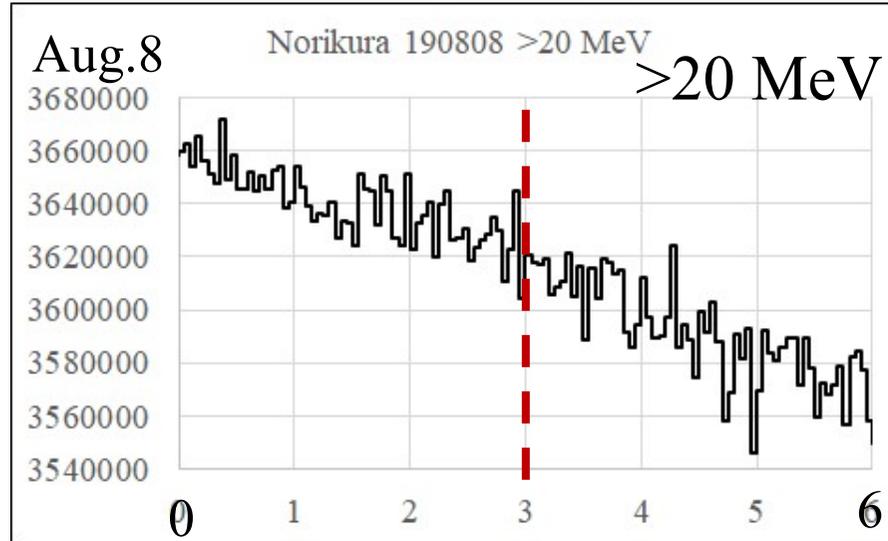
# 第24太陽活動期は大きなフレアが少ない

< 太陽フレアの規模の積分分布 >



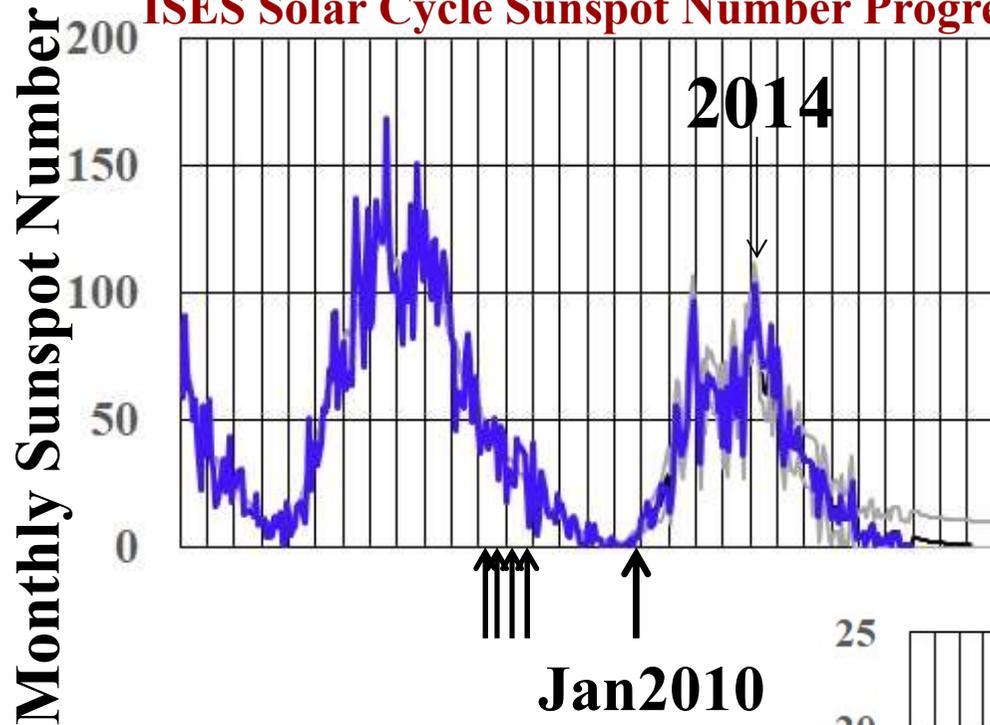
2018年になってから、Mクラス以上の太陽フレアが起こっていない。

# 乗鞍64m<sup>2</sup>太陽中性子望遠鏡の稼働状況 令和元年8月8日の3分値



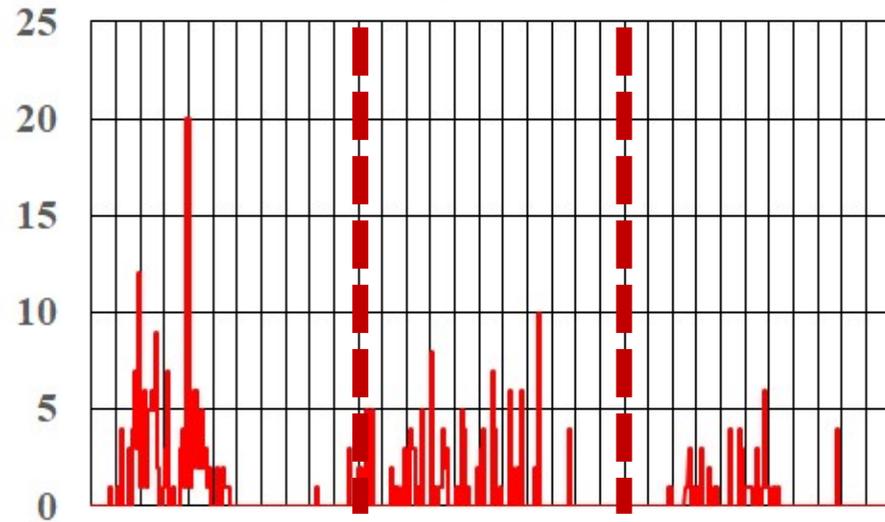
太陽活動は第24活動期の極小である(そろそろ第25太陽活動期)

ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression



← 黒点数では  
2014年2月が極大

Monthly X-class flares  
for 33 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。

令和元年度は、34万円査定していただきました。おかげさまで、データ収集を継続できています。

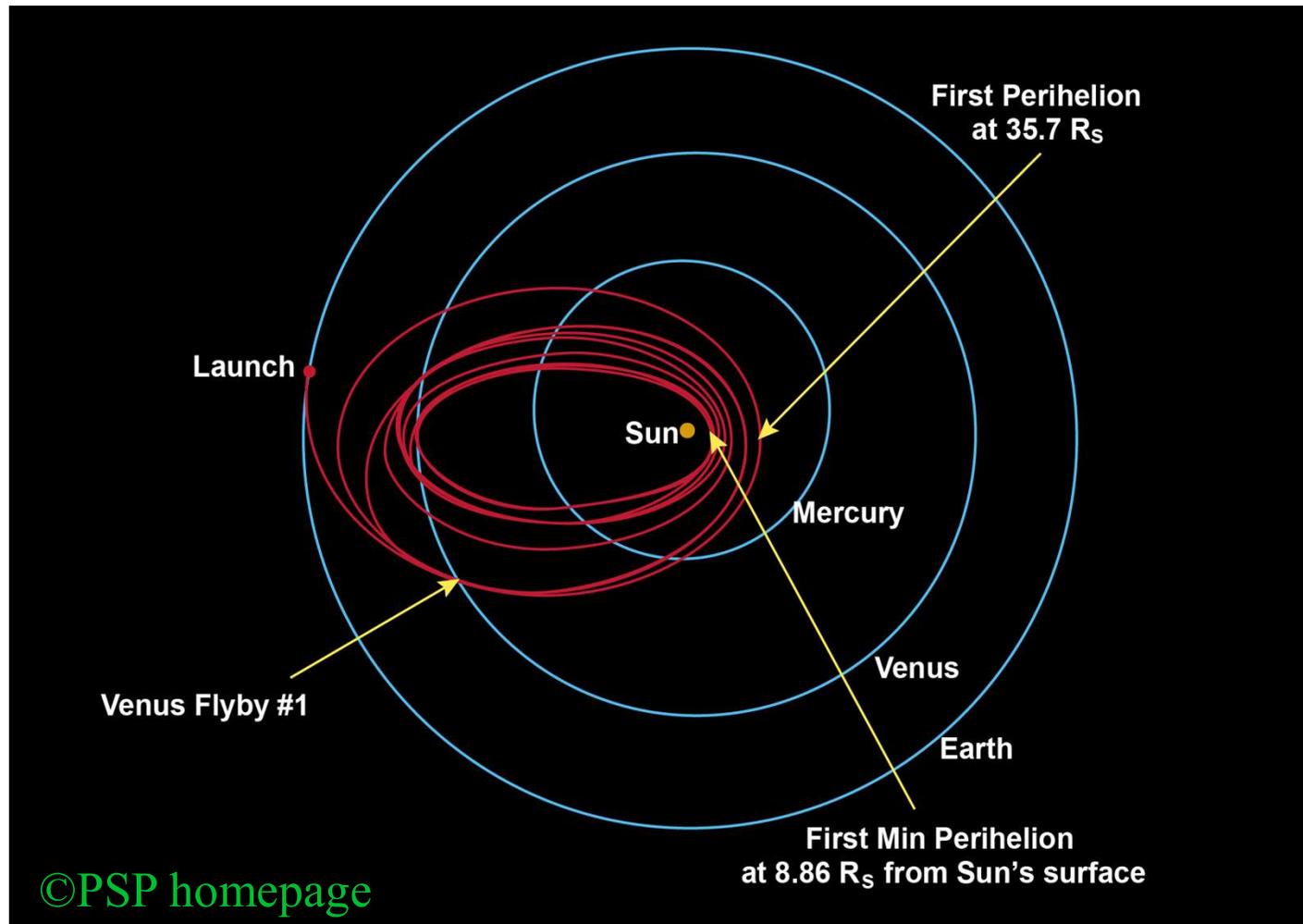
夏休みなしで開所していただき、ありがとうございました。

**来年度もよろしくお願いします！**

\*乗鞍での太陽中性子観測については、あと2年続けさせてください。



# Parker Solar Probe mission



2018年8月12日から。これまでで最も太陽に近づく検出器群。

1－100 MeV までの陽子頻度 (/min, 多分) も記録

See nature this week



# メキシコ・シェラネグラ (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  $1.3\text{cm} \times 2.5\text{cm} \times 300\text{cm}$ )

全体積  $3\text{m} \times 3\text{m} \times 1.7\text{m}$

輻射長  $43\text{ g/cm}^2$

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

# 太陽中性子のエネルギースペクトルの決定

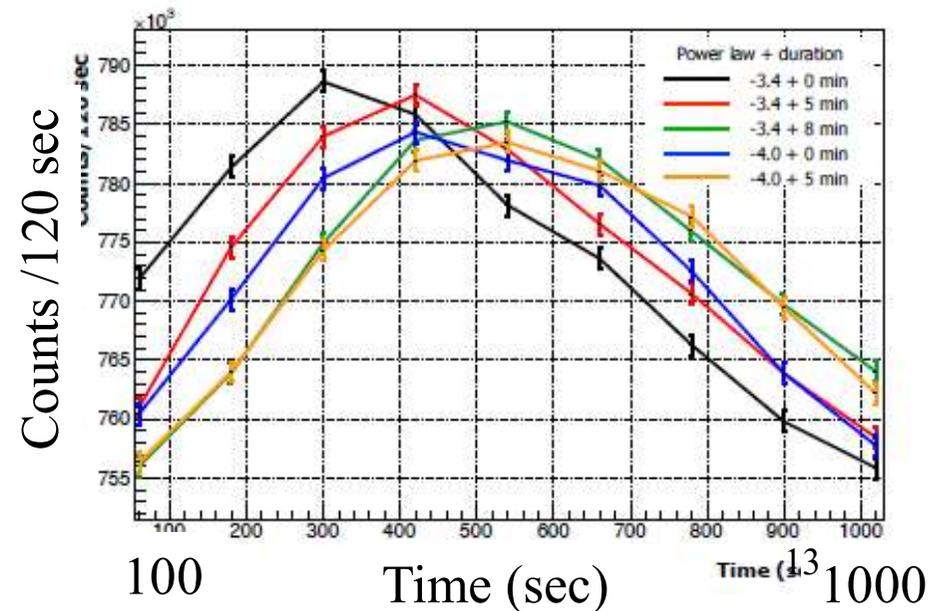
これまでで最も統計的に有意だった太陽中性子イベントと同規模のイベントが起こった時、SciCRTの観測で、生成時間とベきが同時に決定できるか、シミュレーションを行った。

⇒

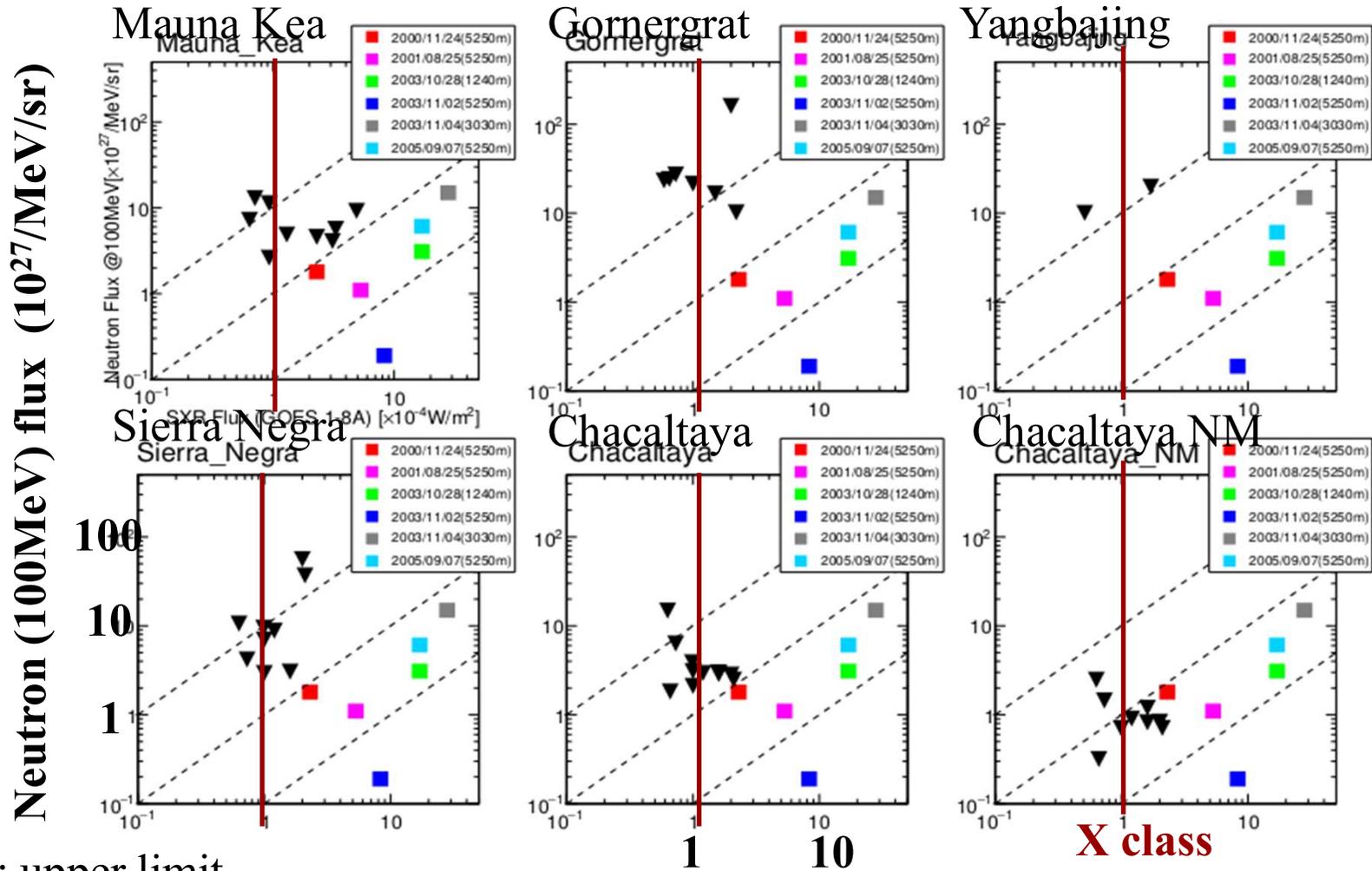
**エネルギースペクトルのベきの決定精度を $\pm 0.5$ としたとき、中性子の瞬間的な生成と5分以上の継続生成を区別できる。**

(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,

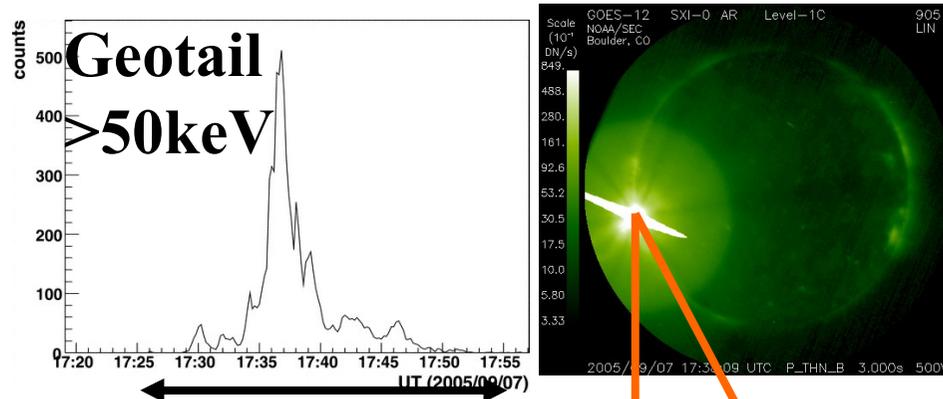
□: flux

Soft X-ray flux ( $10^{-4}$  watts/m<sup>2</sup>)

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。

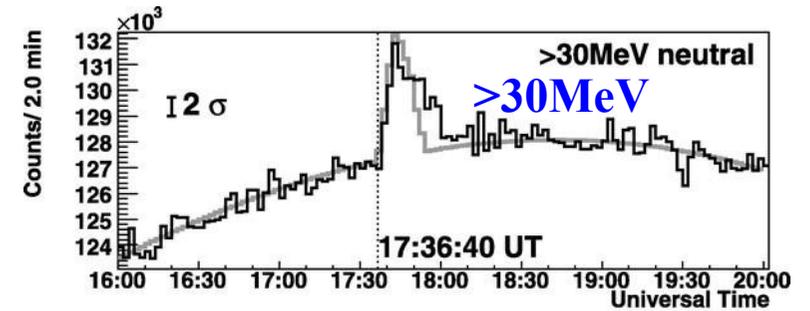
September 7, 2005

異なるエネルギーでの  
検出

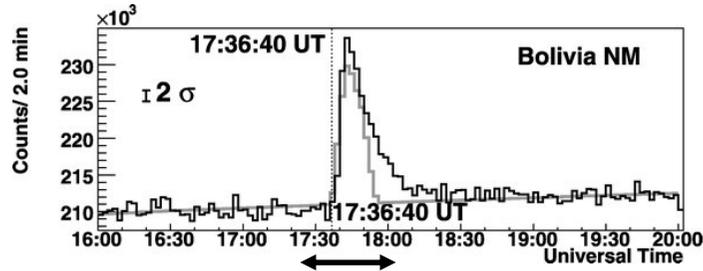


30min

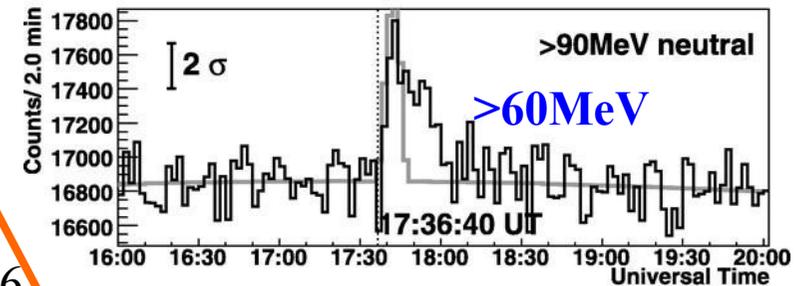
中性子はX線よりも  
長時間生成されていた



neutron



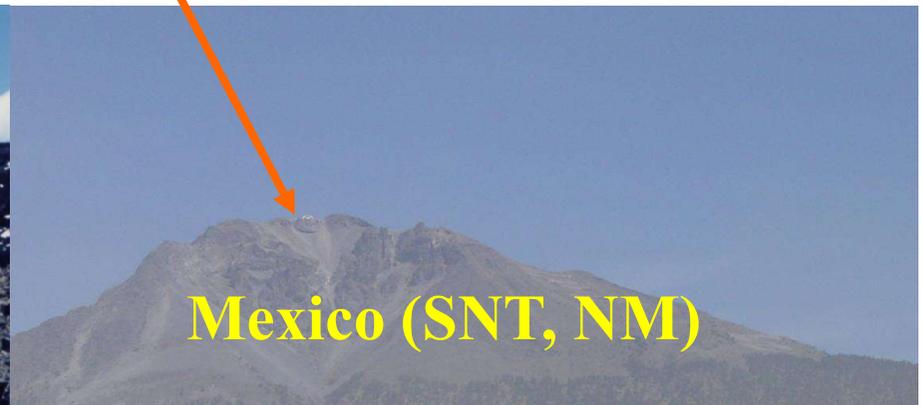
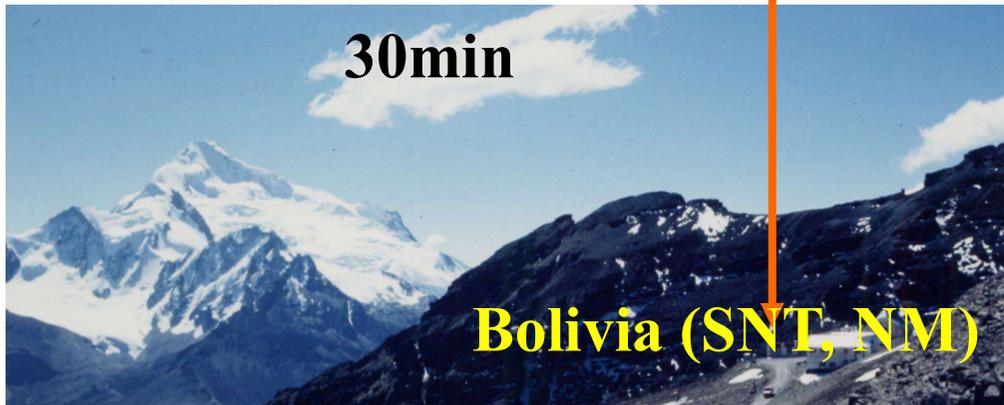
Sako et al., 2006



30min

Bolivia (SNT, NM)

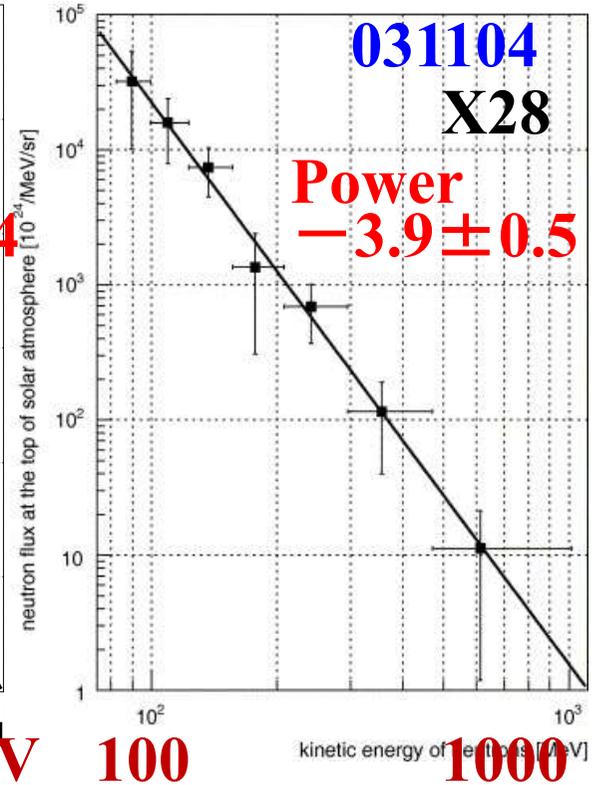
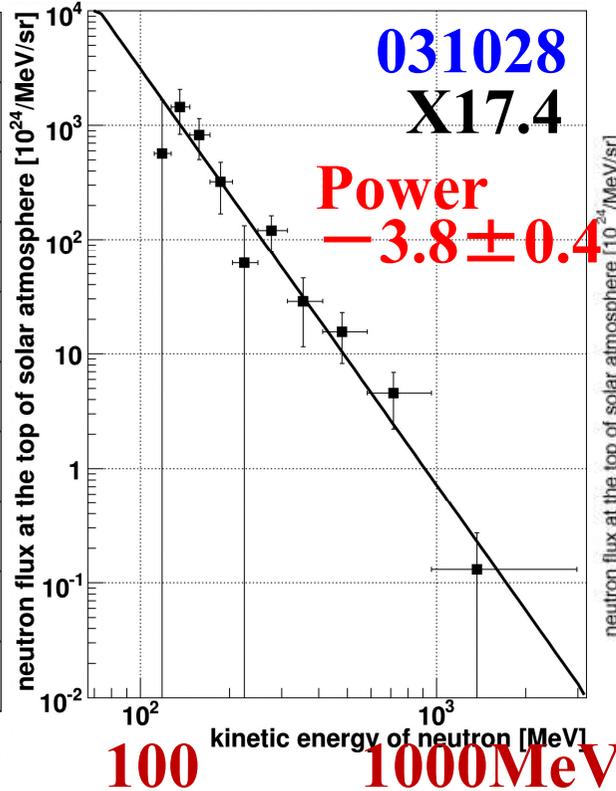
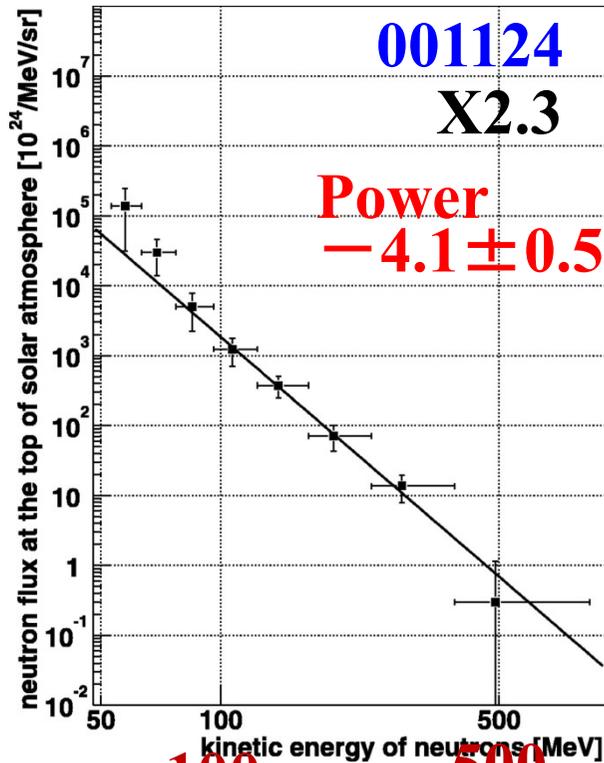
Mexico (SNT, NM)



# 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.