

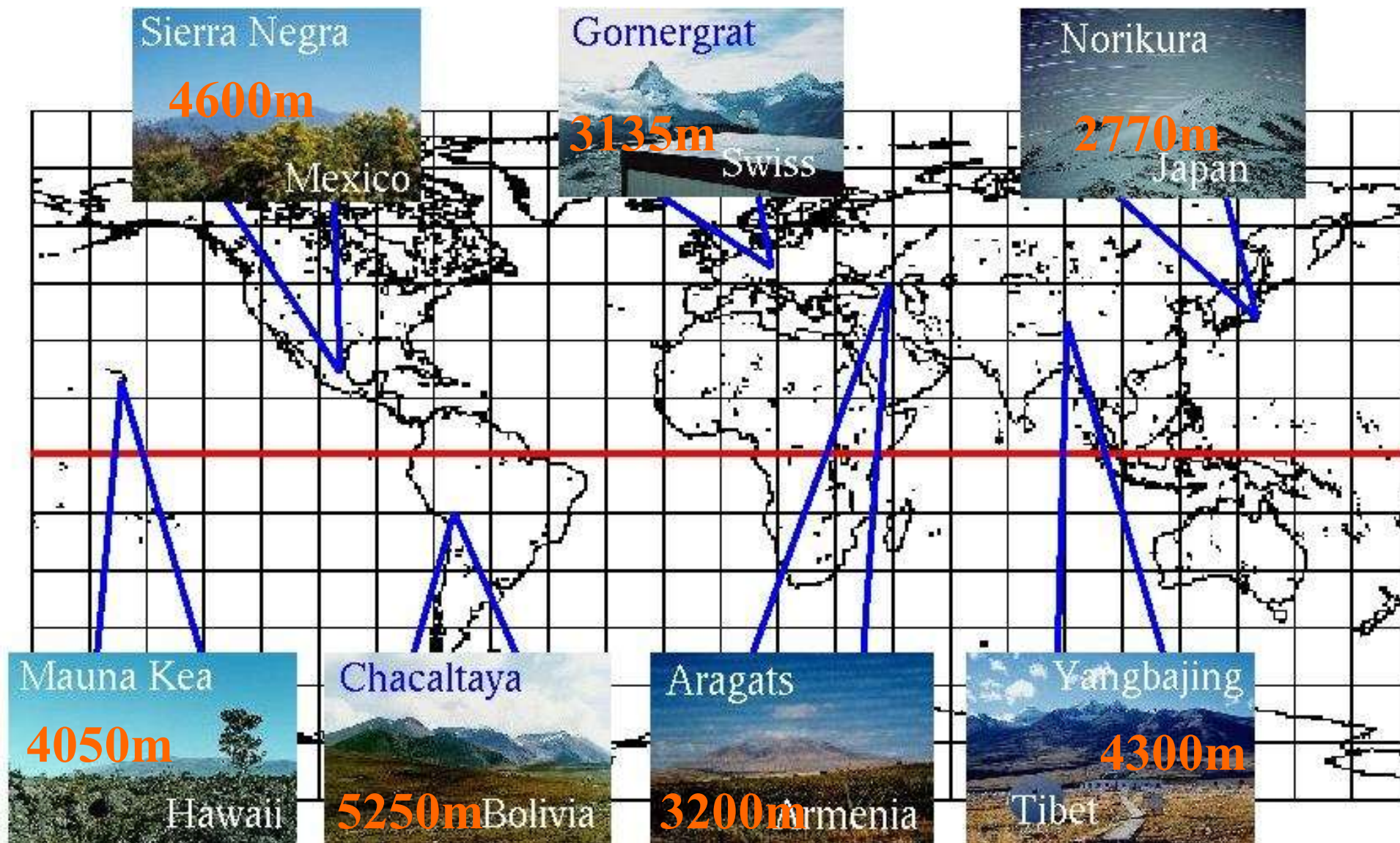
第25太陽活動期における太陽中性子の観測



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4年1月26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。

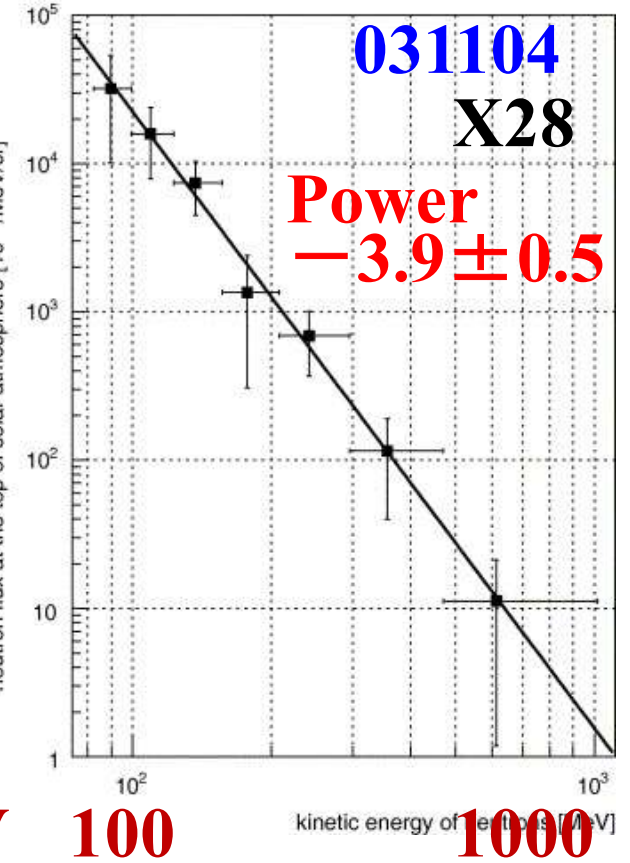
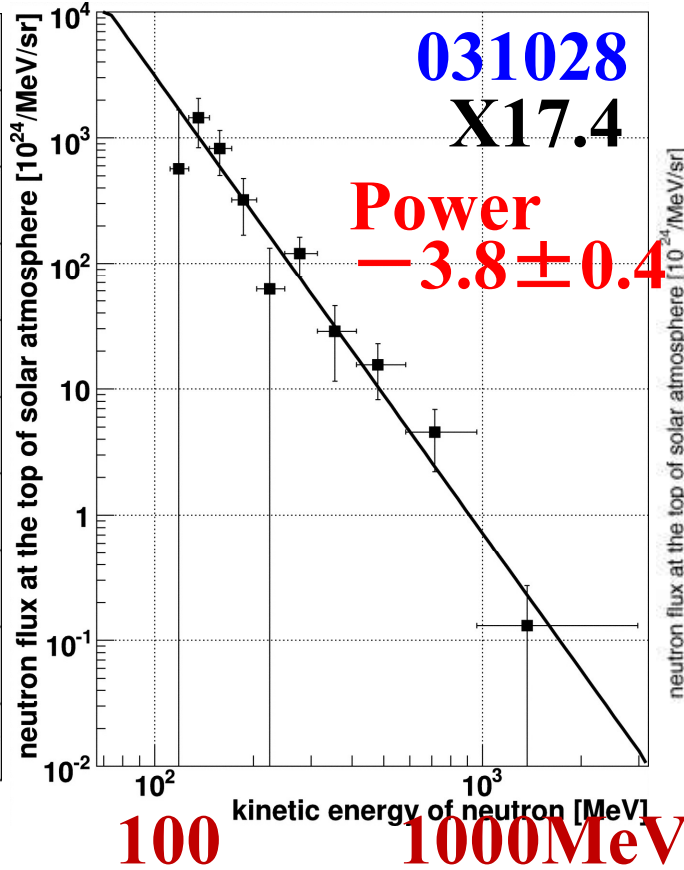
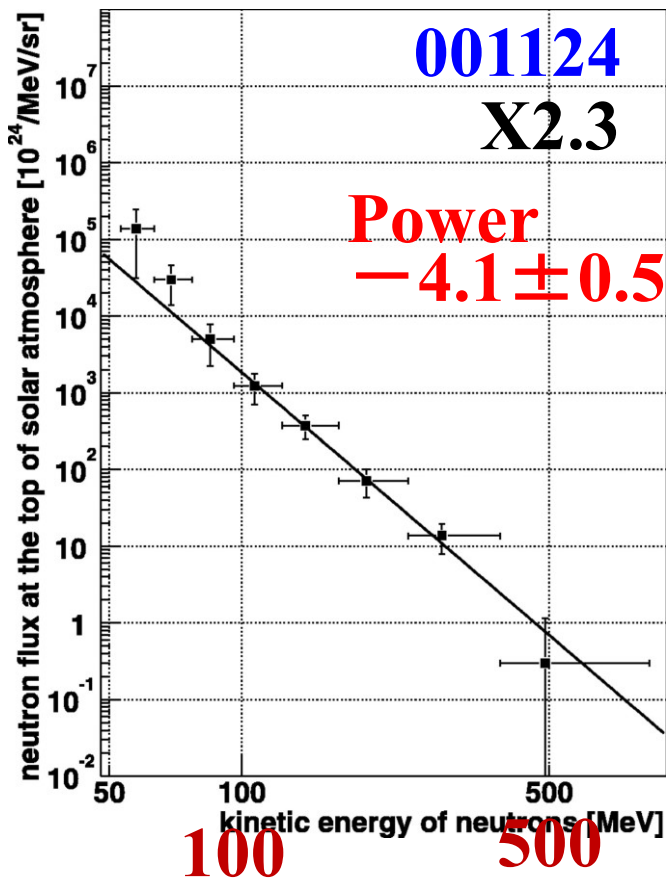
他は同時 ???

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

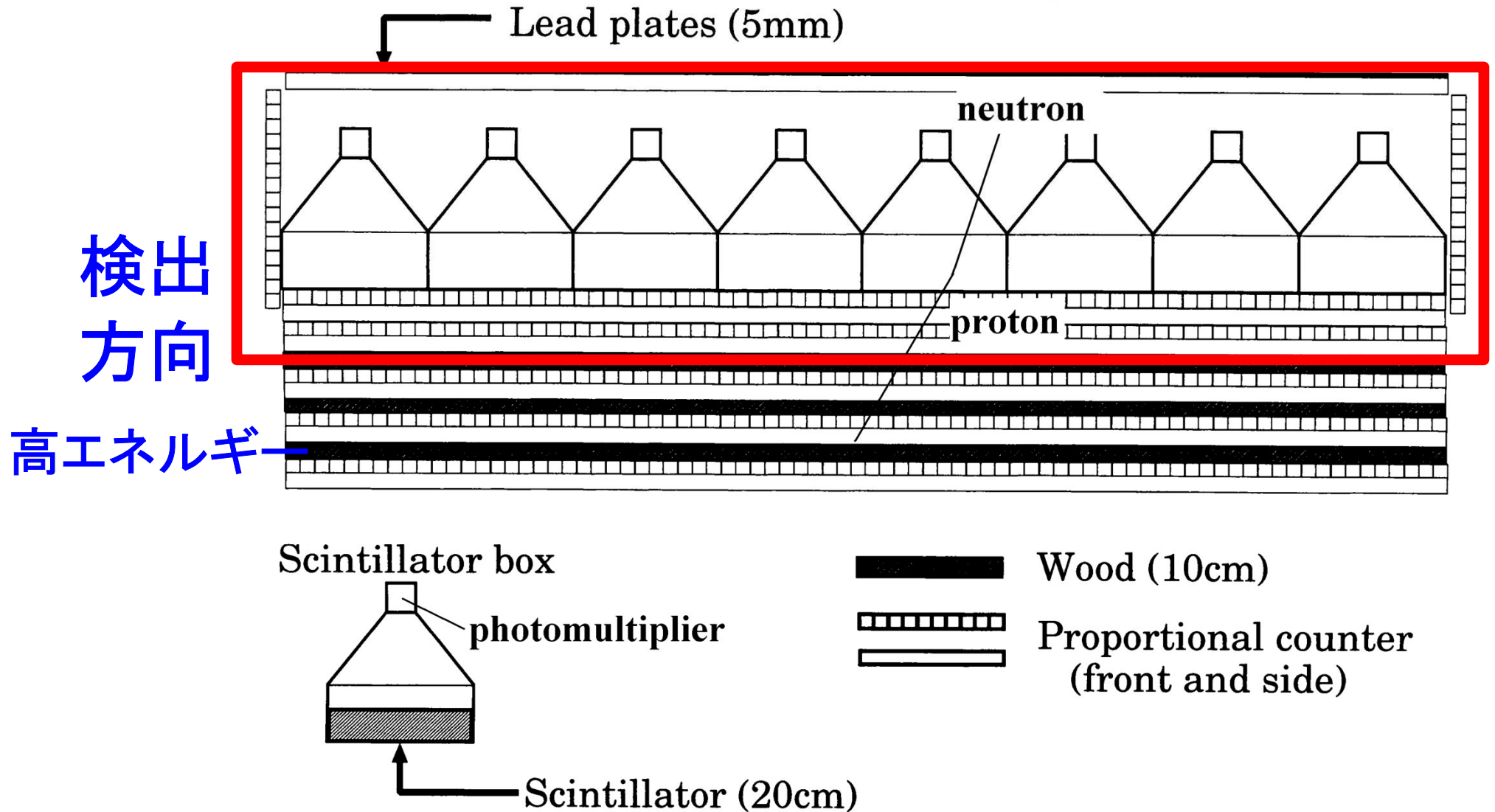


Data from neutron monitor

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)。

乗鞍自然エネルギー



10年くらい前の写真であるが、今でも天気のいいときには発電している。

本共同研究課題の内容

乗鞍太陽中性子観測の終了。

認められた経費

旅費 22万円

観測の停止。シンチレータ運び出しの準備

経費の使用内訳

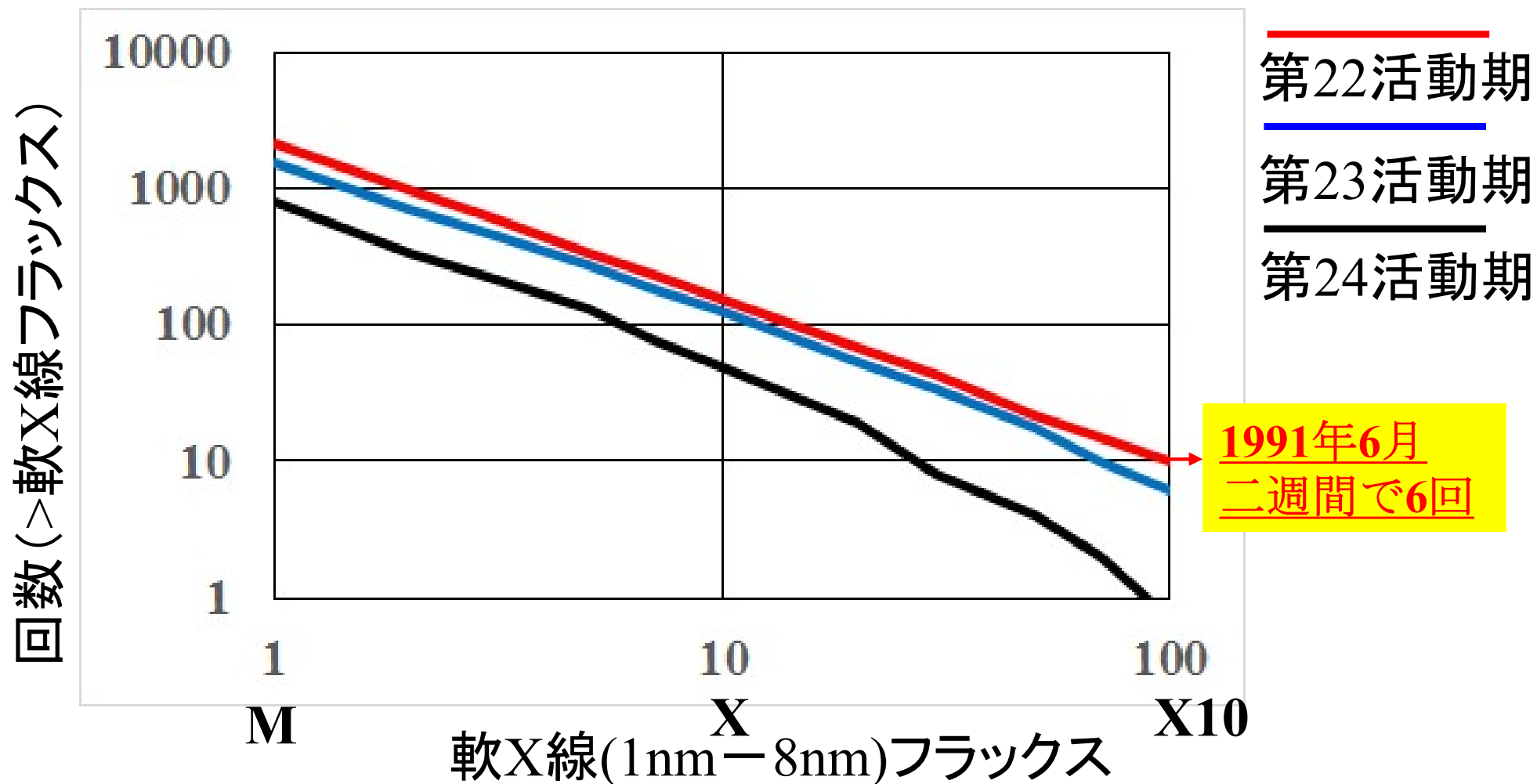
旅費

全額返却しました。

観測所が開所している間に出張できませんでした。

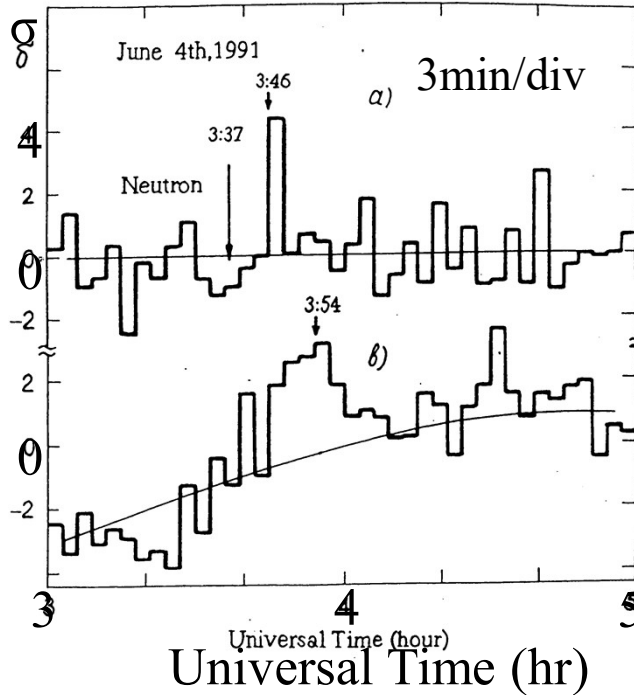
第24太陽活動期は大きなフレアが少なかった。

< 太陽フレアの規模の積分分布 >



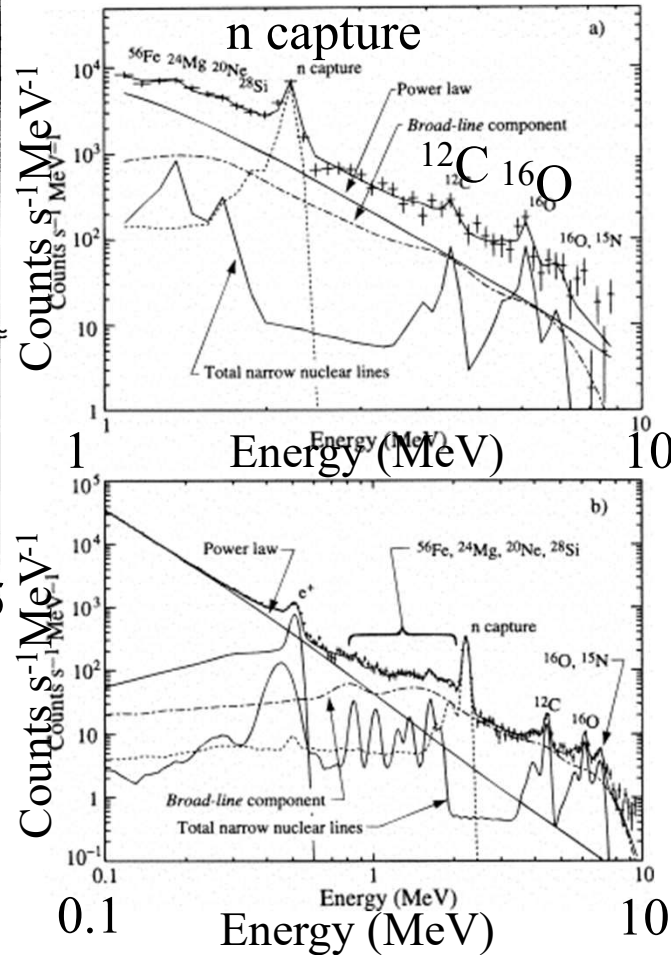
第25太陽活動期になってから (2020年中ごろから) Mクラスのフレアが33回、Xクラスが2回 (1月16日まで) 。 Xclass: 10^{-4} Watts/m² at 35,800 km

1991年6月

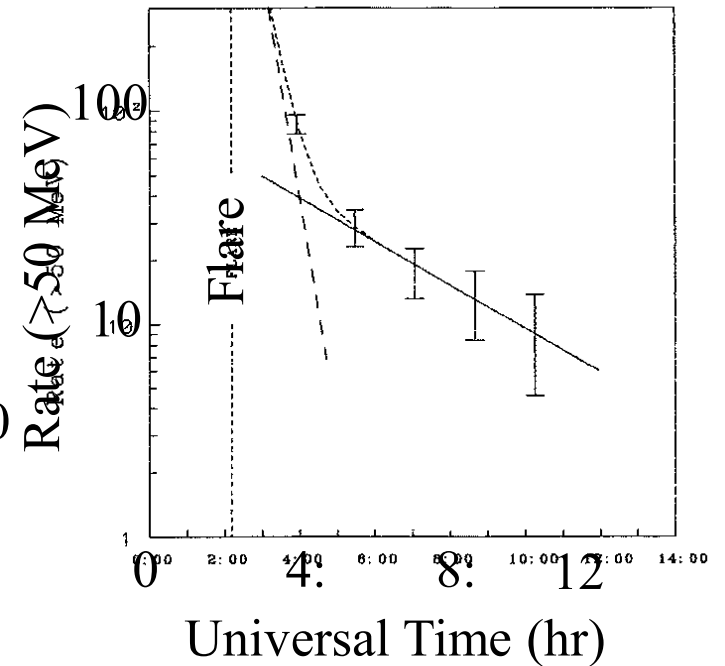


19910604:
乗鞍での太陽中性子の検出
(Muraki et al. 1992)

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)

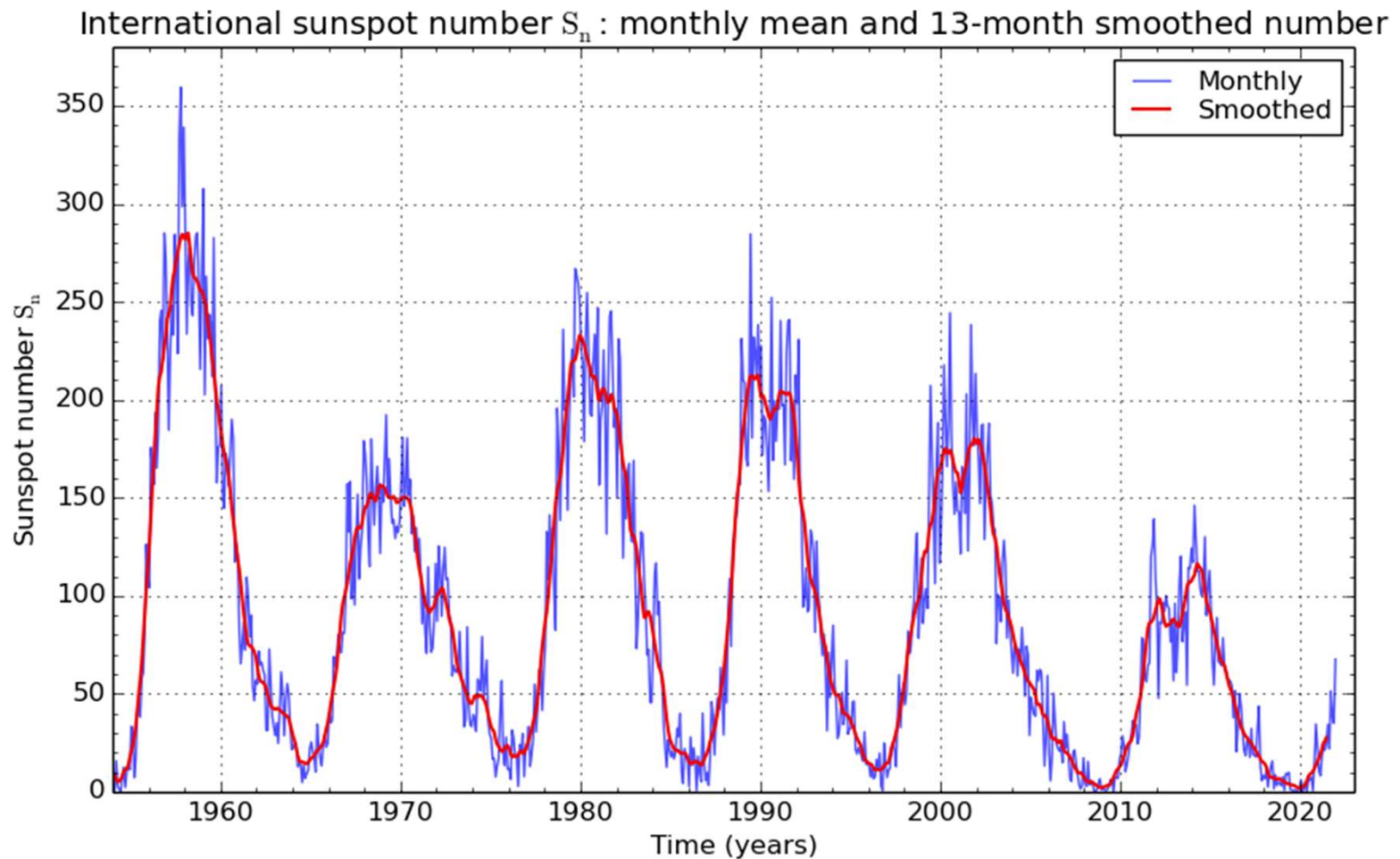


19910611:
CGRO-EGRET による
長時間ガンマ線の検出
(Kanbach et al. 1993)

長時間ガンマ線は
Fermi でも複数観測されて
いる。(Ajello et al. 2021)

第25太陽活動期は2020年に始まった。

月平均黒点数

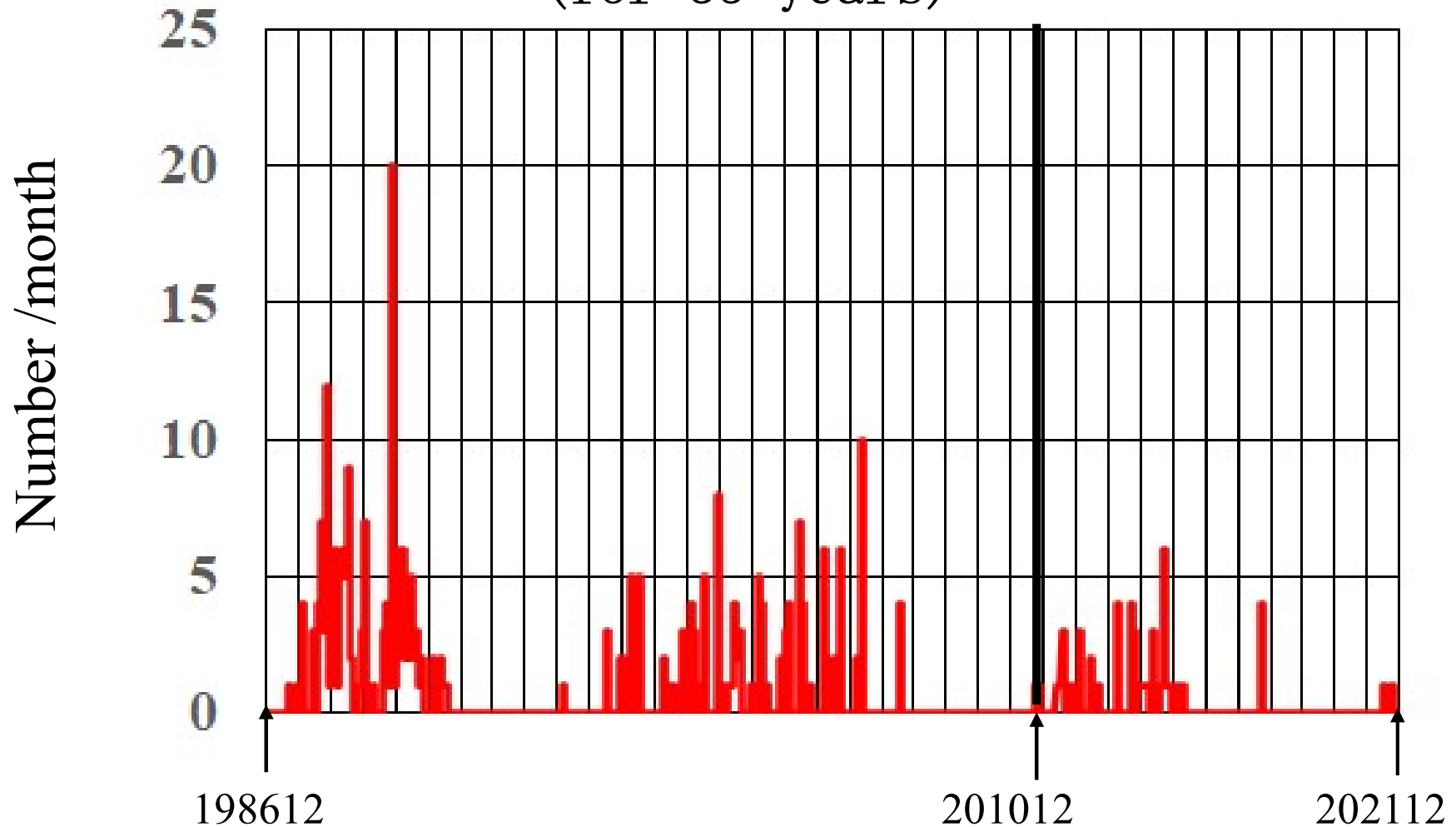


SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2022 January 3

Monthly Sunspot numbers

SILSO image, Royal Observatory of Belgium, Brussels

Monthly histogram of $\geq X$ class flares
(for 35 years)



2021年7月3日に久しぶりのXクラスフレアが起った。

まとめ

本研究は、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ために行なってきました。

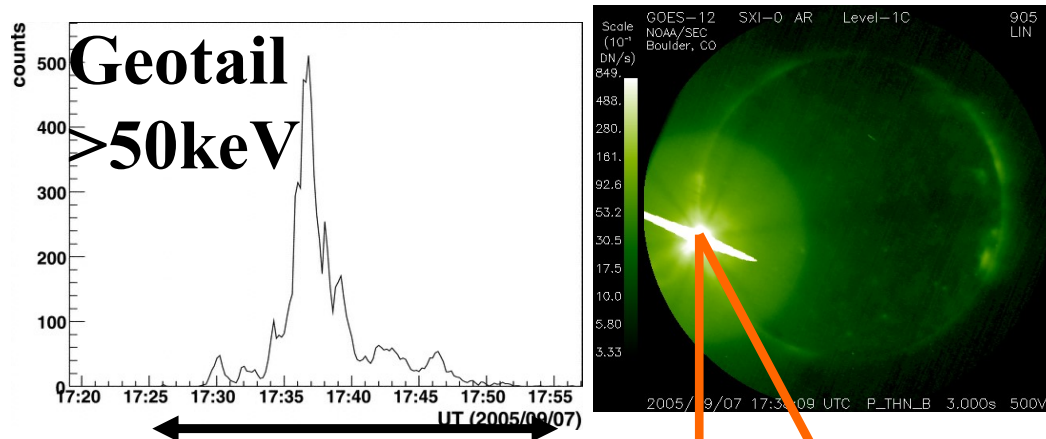
今年度は、乗鞍での太陽中性子観測を終了するために予算申請し、旅費として22万円査定していただきました。

不本意ながら観測所にたどりつけず、申請した研究計画を実行できませんでした。

- * 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。

September 7, 2005

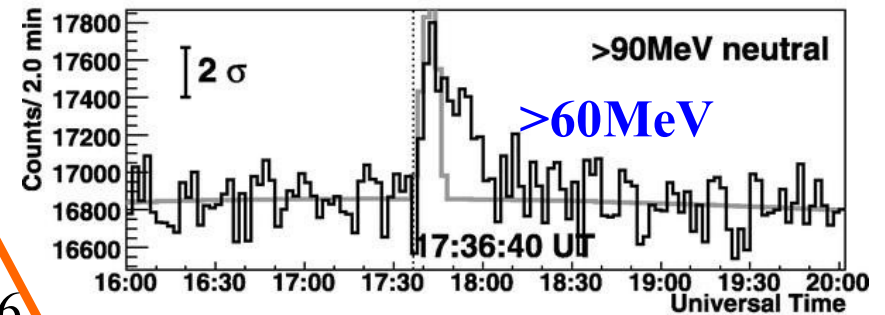
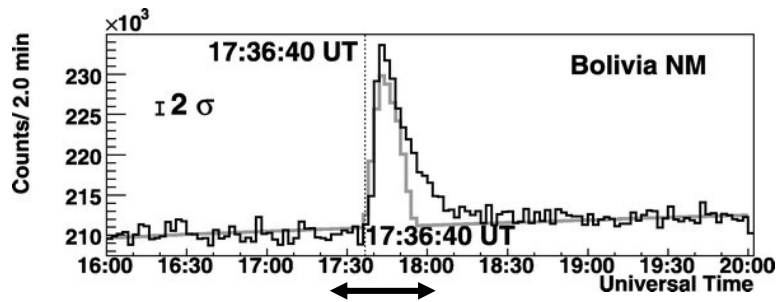
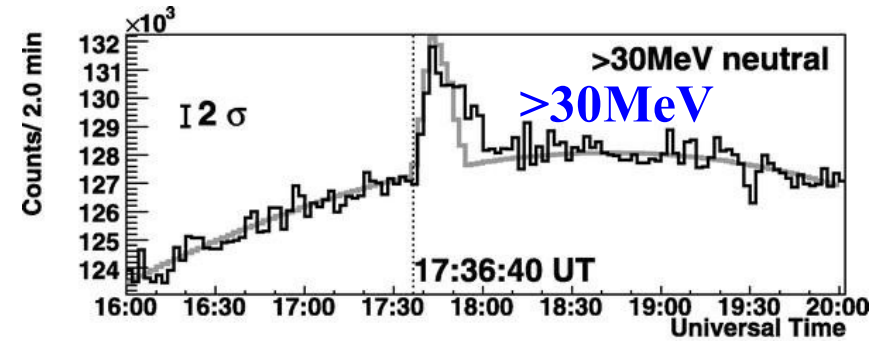
異なるエネルギーでの
検出



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) 14

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/cm²

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

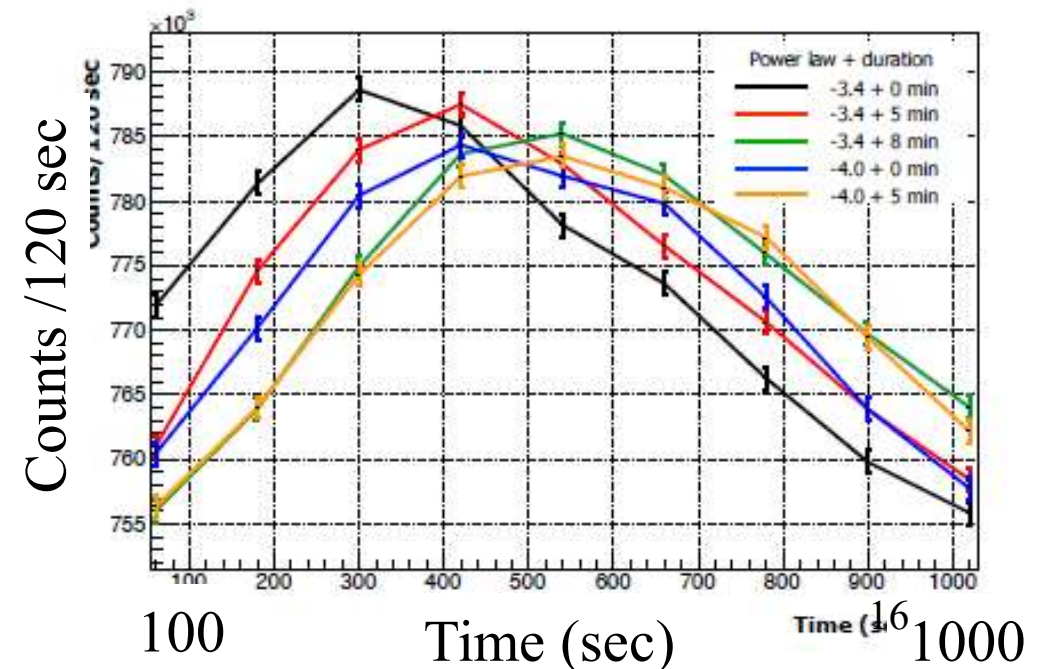
これまでで最も統計的に有意だった太陽中性子イベントと同規模のイベントが起こった時、SciCRTの観測で、生成時間とべきが同時に決定できるか、シミュレーションを行った。

⇒

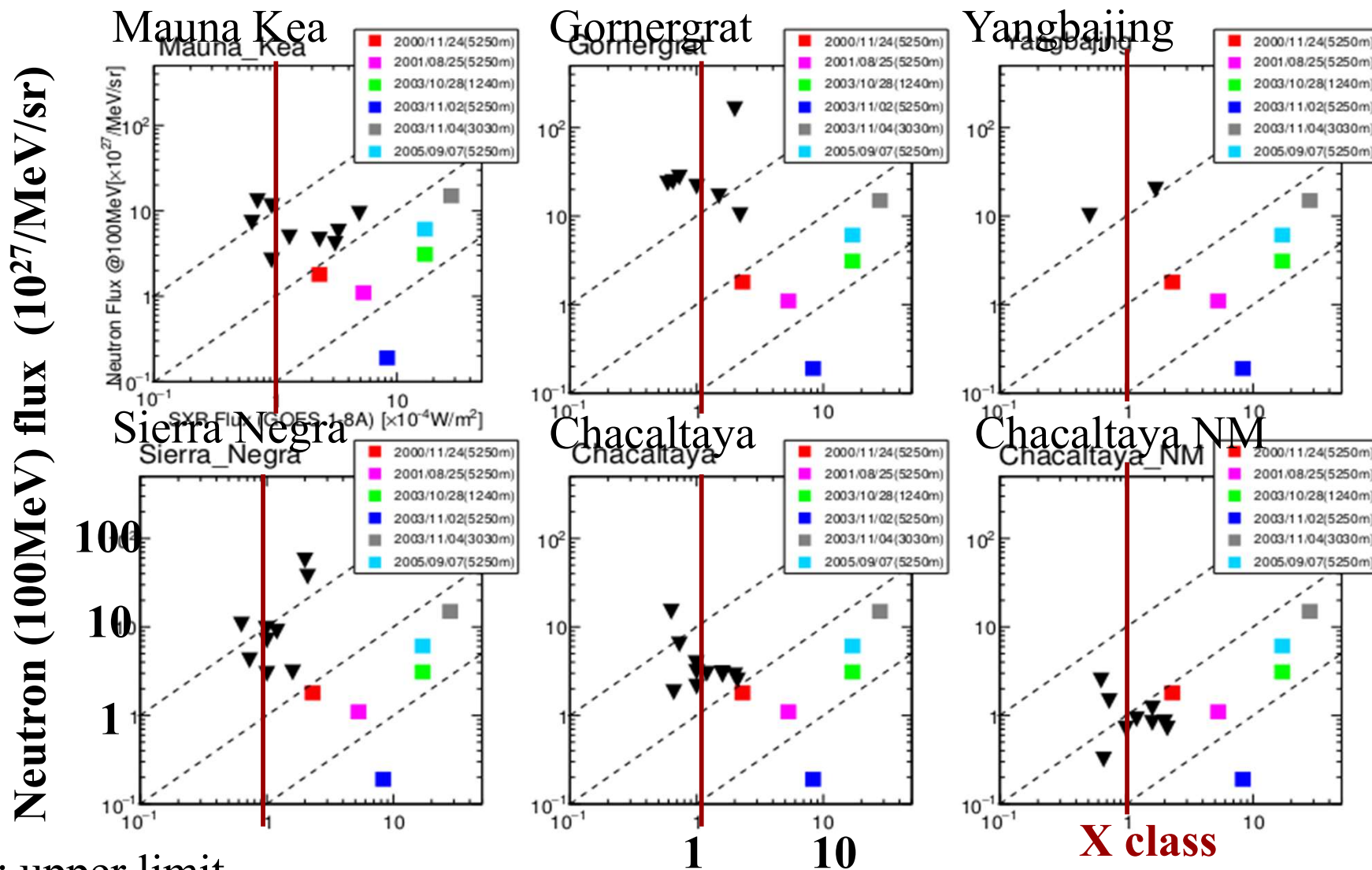
エネルギースペクトルのべきの決定精度を ± 0.5 としたとき、中性子の瞬間的な生成と5分以上の継続生成を区別できる。

(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/m²)

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。 17