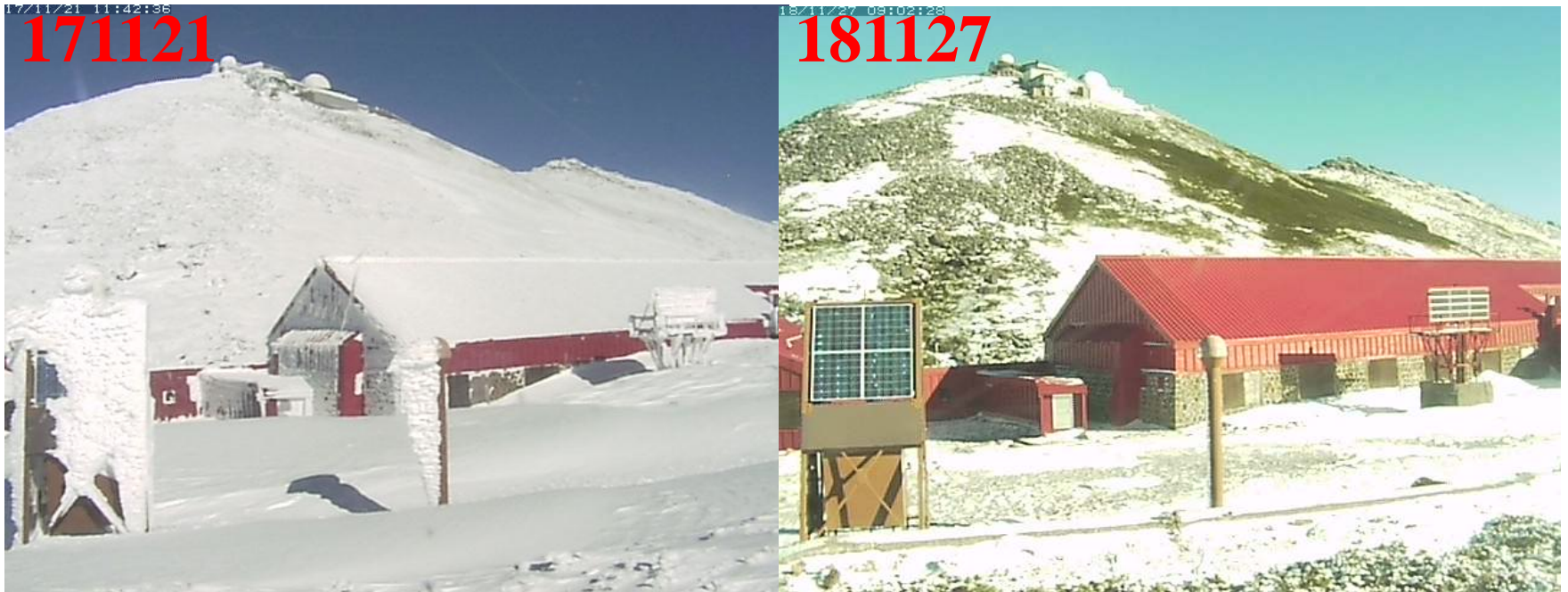


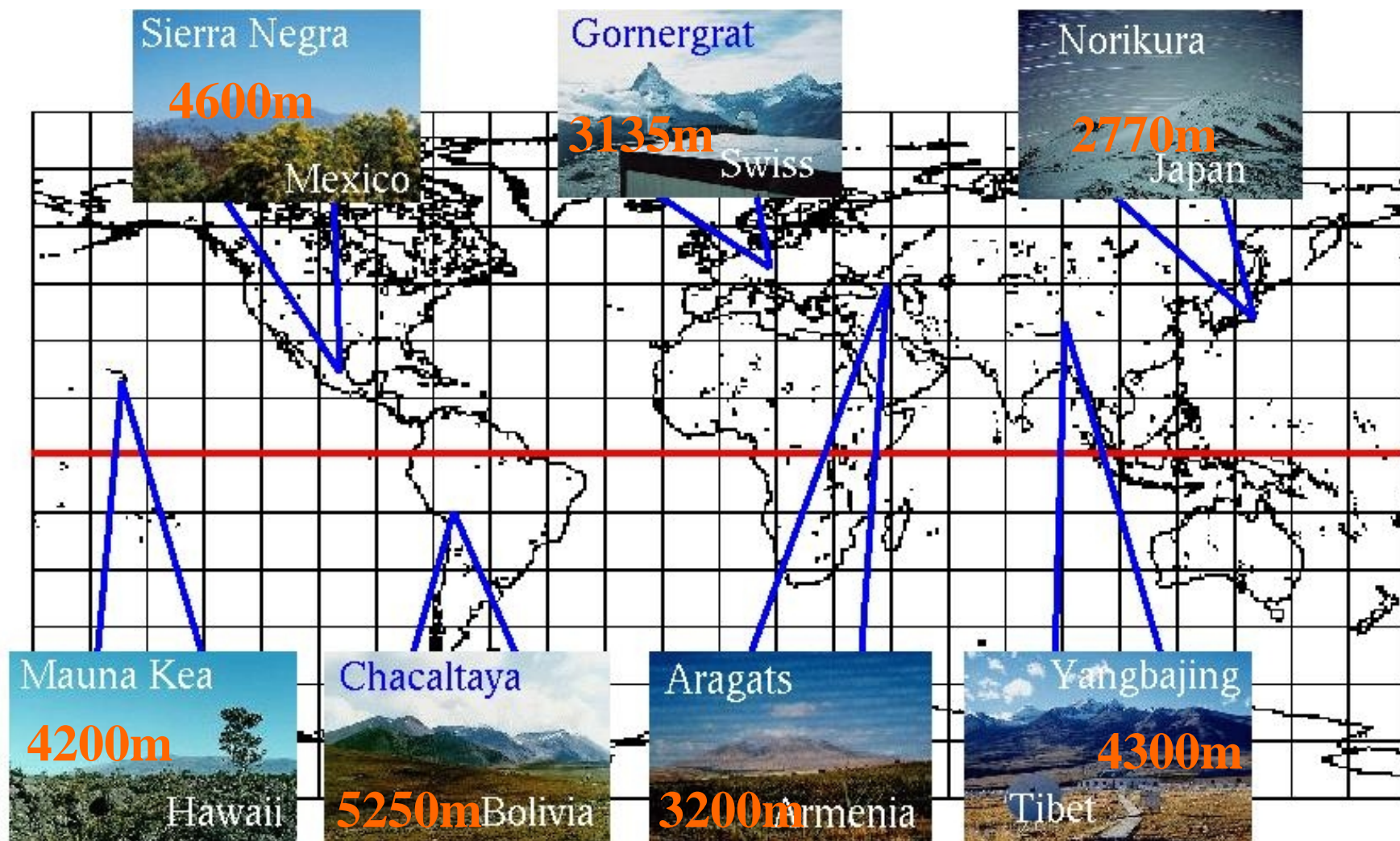
第24太陽活動期における太陽中性子の観測



名古屋大学宇宙地球環境研究所
松原豊

平成30年度共同利用研究成果発表研究会
平成30年12月21日
東京大学宇宙線研究所

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)は2017年5月10日で運転停止。

太陽中性子を用いて知りたいこと

太陽表面での粒子の加速機構は？

加速の効率は？

(エネルギースペクトルのべき)

どのエネルギーまで加速されるのか？

陽子の加速と電子の加速は異なるのか？

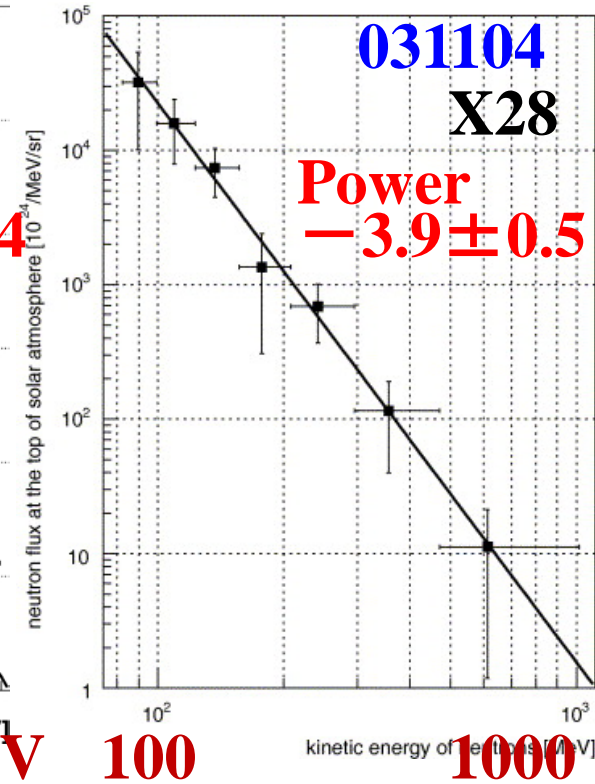
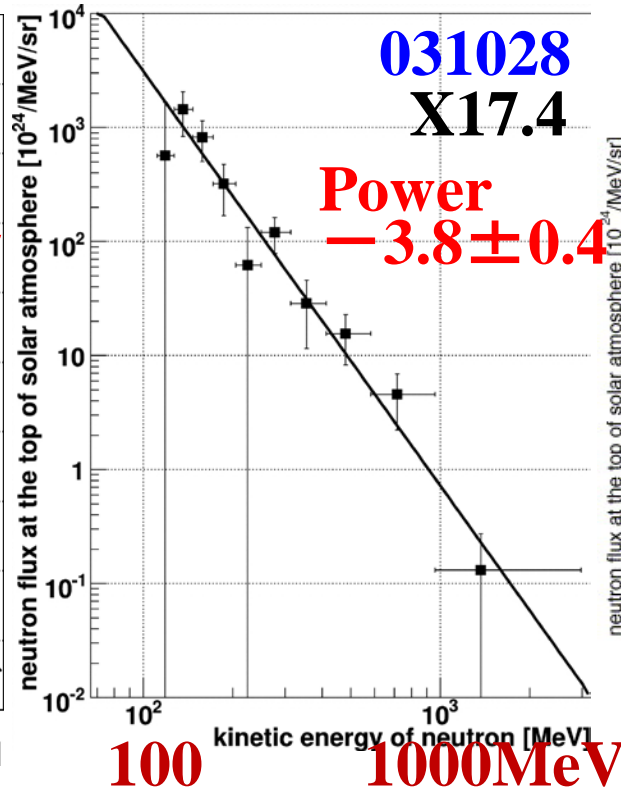
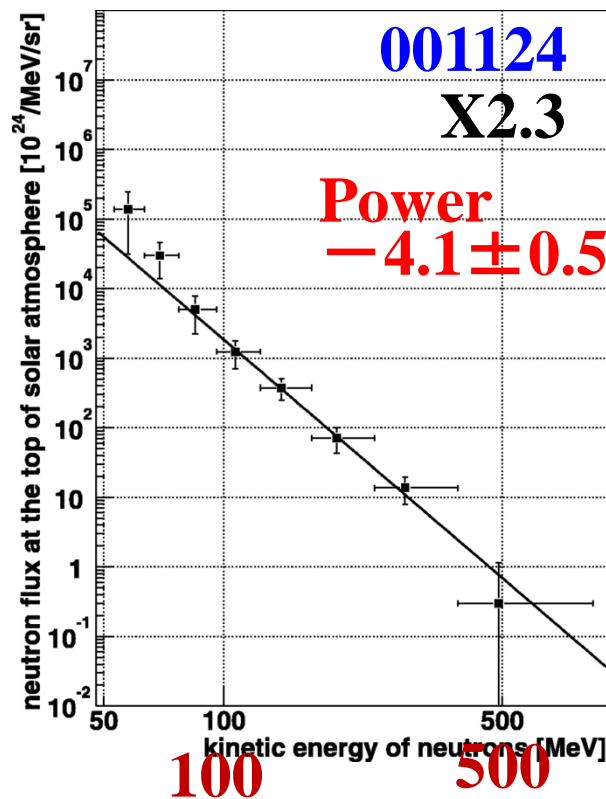
たとえば加速の継続時間は？

エネルギー分配は？

Example of the energy spectrum of solar neutrons

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

Neutrons at the Sun



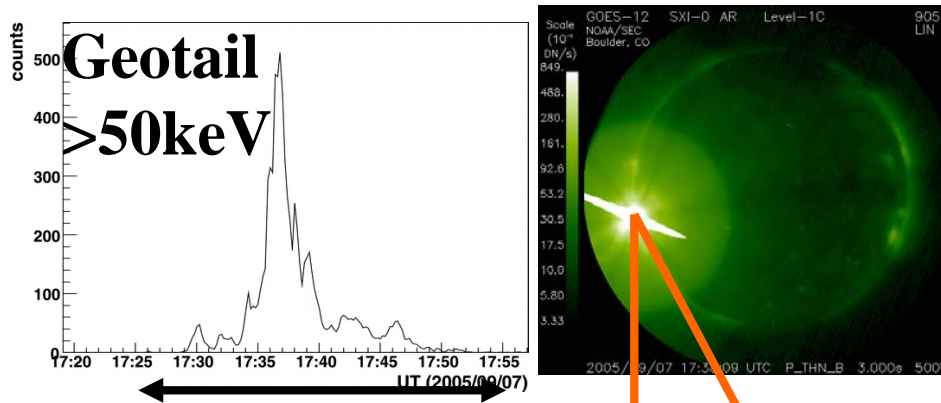
Data from neutron monitor

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

figures from Watanabe et al.

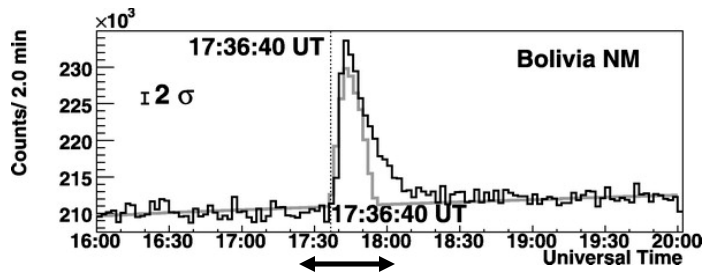
September 7, 2005

異なるエネルギーでの
検出



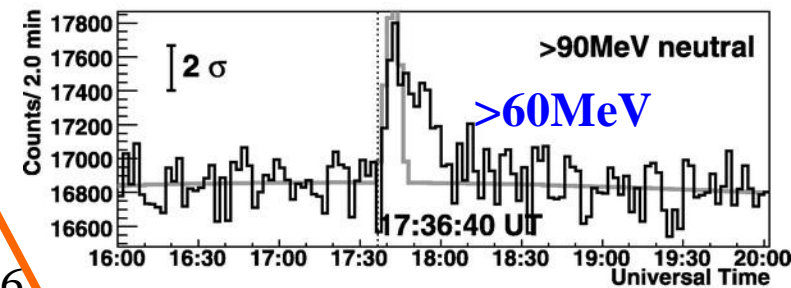
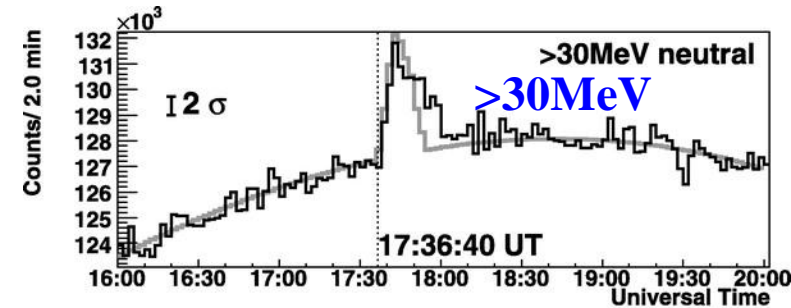
30min

中性子はX線よりも
長時間生成されていた



30min

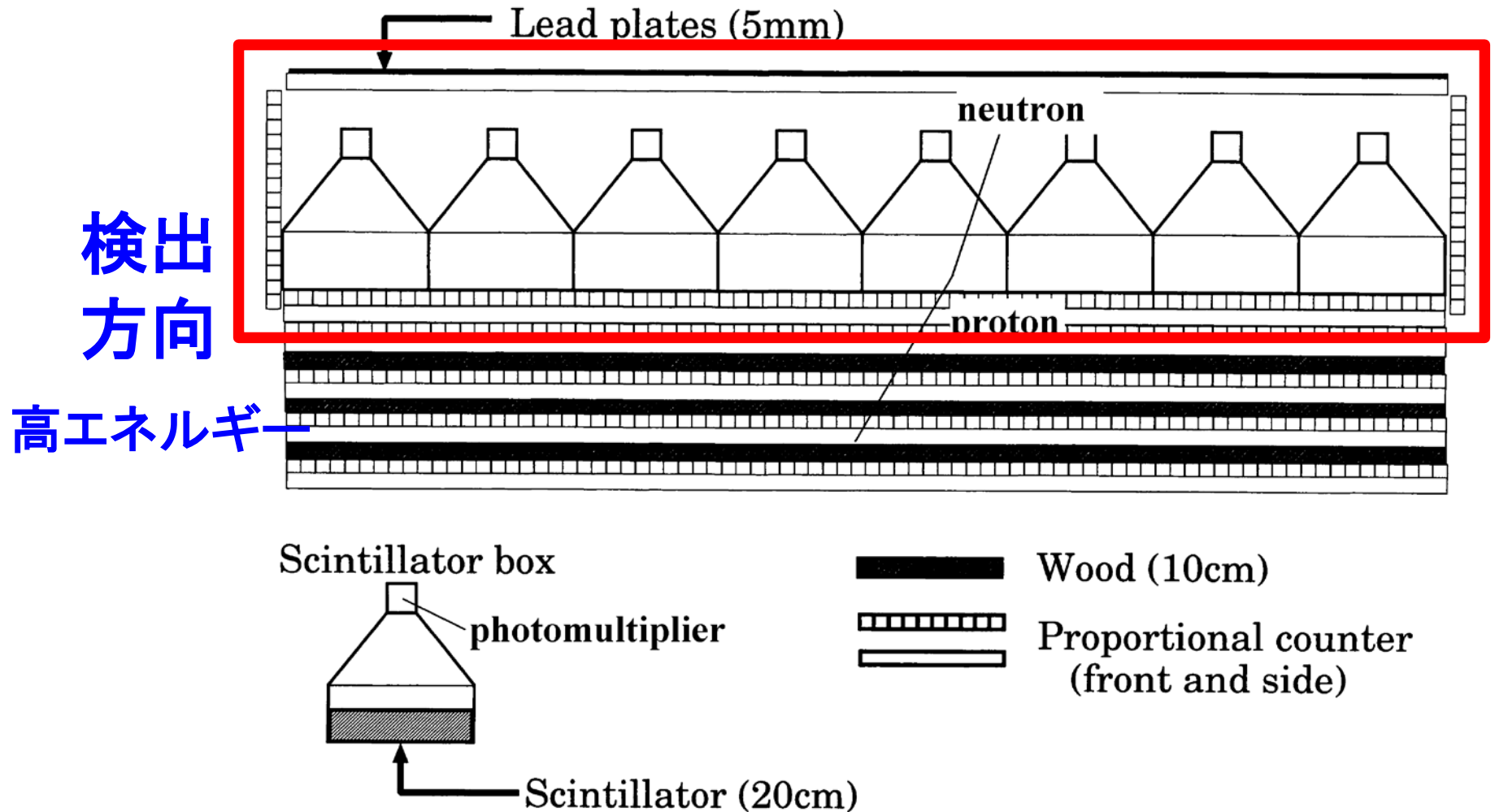
Bolivia (SNT, NM)



Sako et al., 2006

Mexico (SNT, NM)

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 46万円

経費の使用内訳

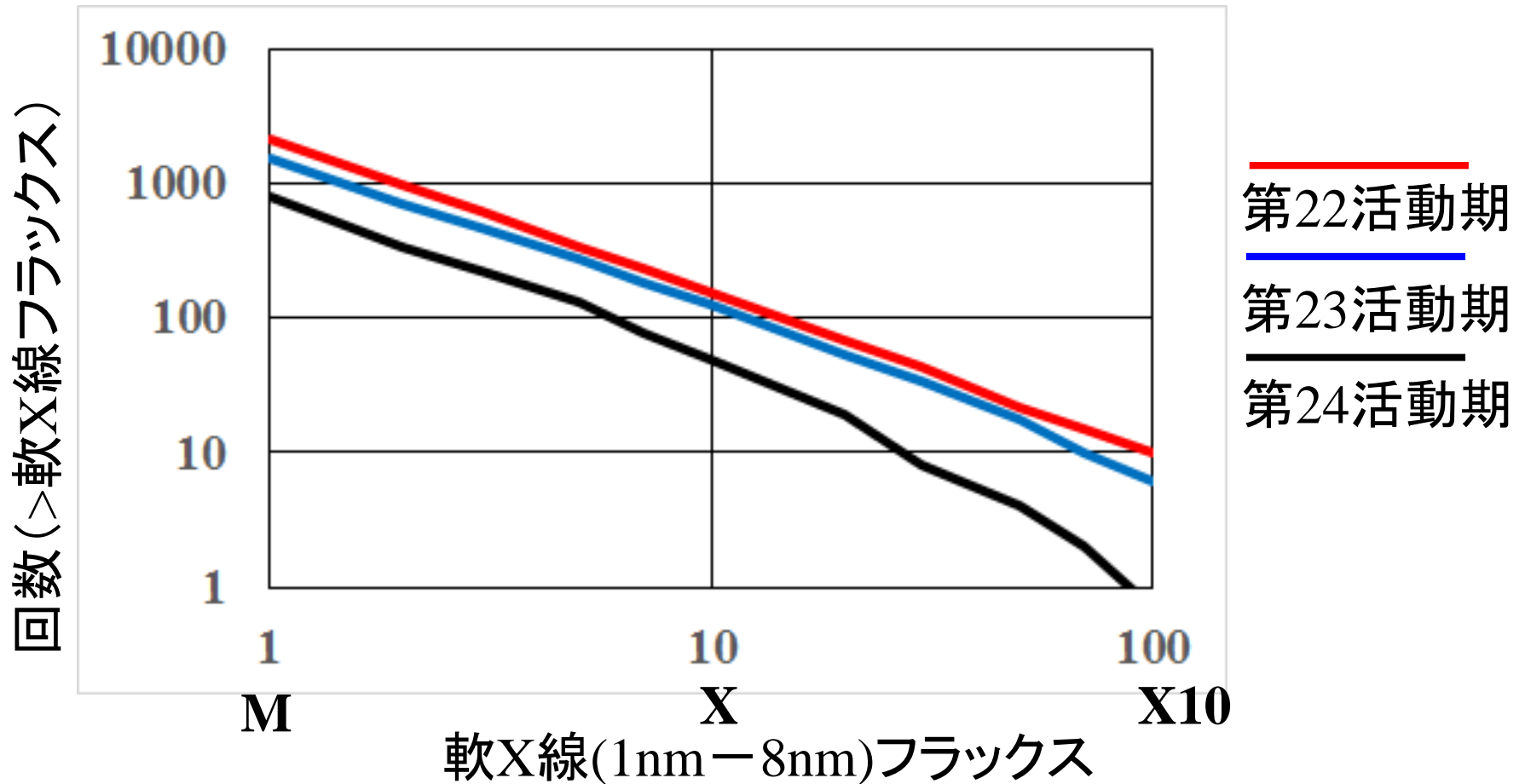
旅費

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
2年続けて3か月通して開所してもらえた
(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太陽活動期は極小期？

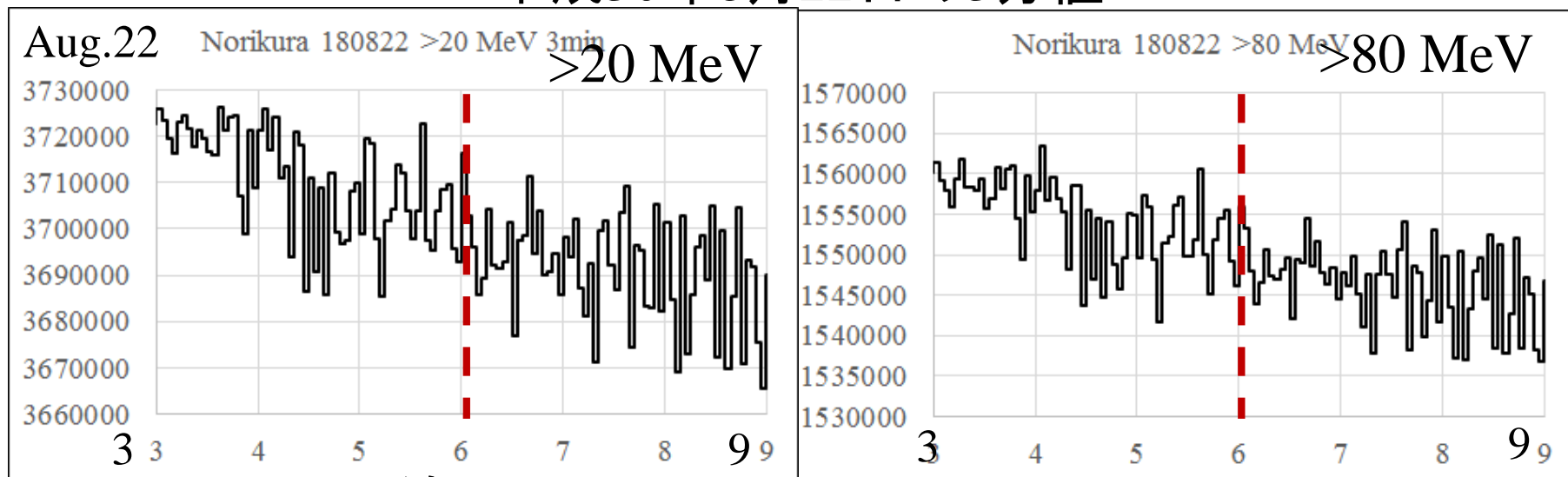
< 太陽フレアの規模の積分分布 >



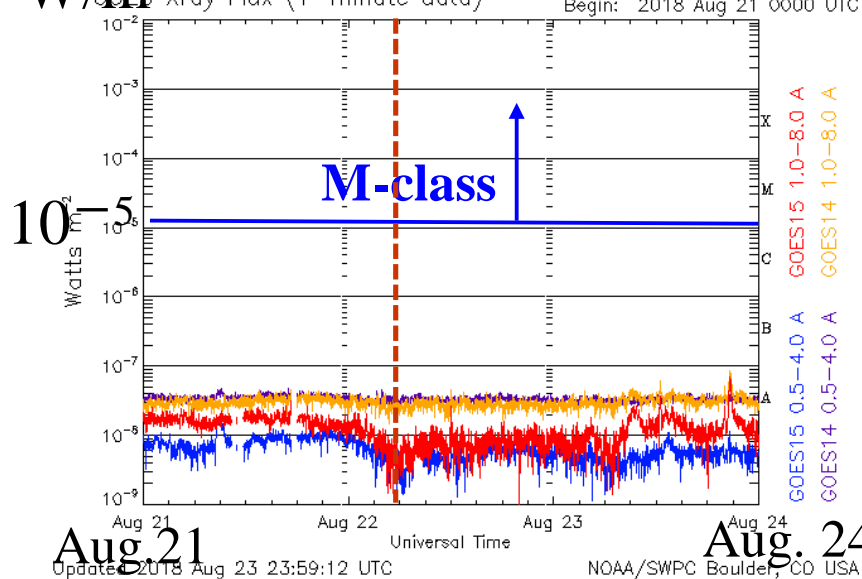
2018年になってから、Mクラス以上の太陽フレアが
起こっていない。

乗鞍64m²太陽中性子望遠鏡の稼働状況

平成30年8月22日の3分値



W/m² GOES X線フラックス



Time (UT)

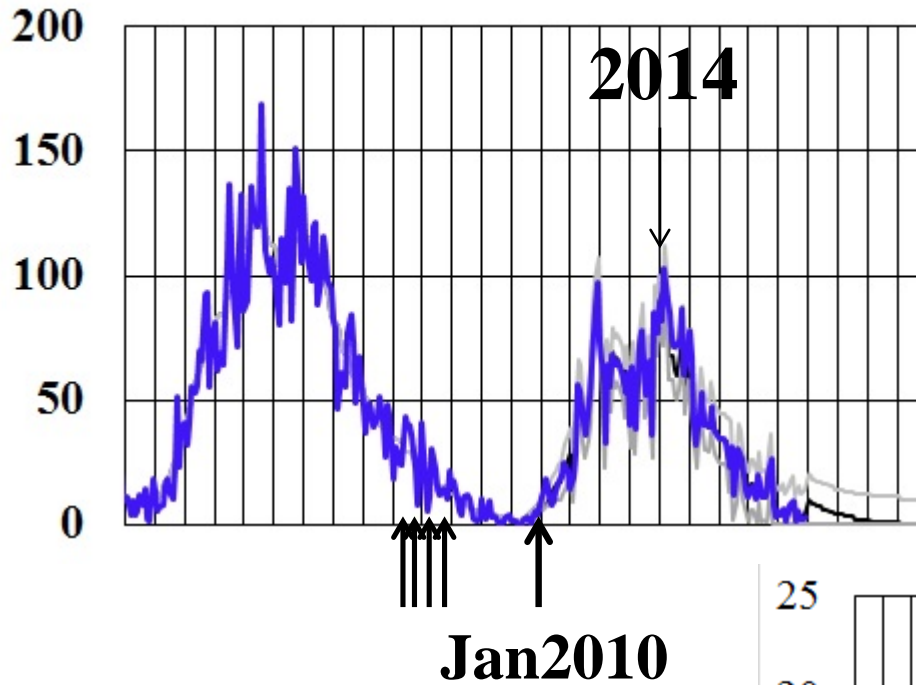
バッテリー電圧が11.6V未満に
 ならなければデータ収集を継続。
 異なるエネルギーしきい値での
 計数値を10秒ごとに記録。
 中性子モニターを含む。

2018年の>Mクラスフレアは0回。

太陽活動は極小に向かっていく

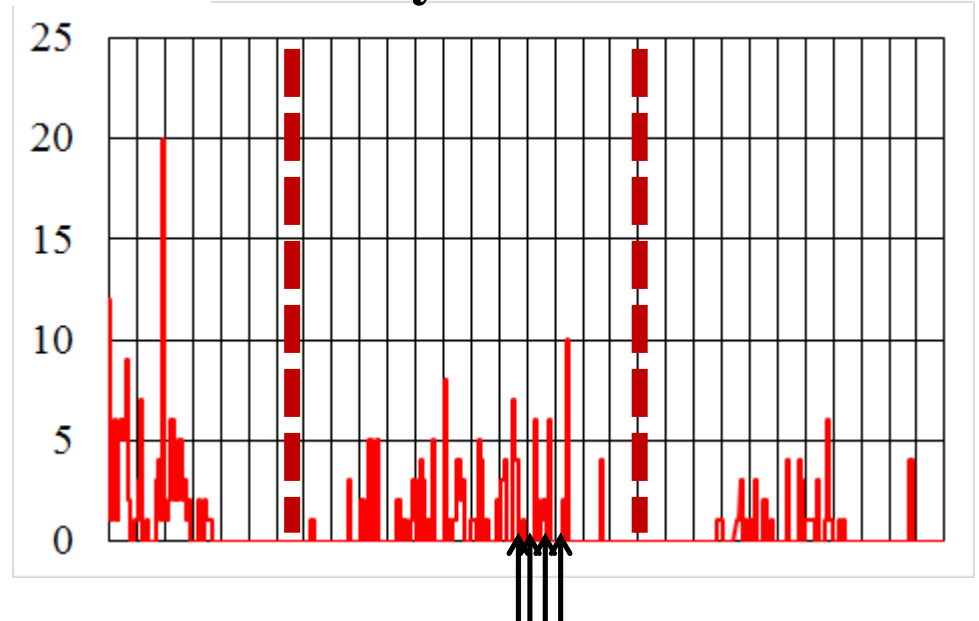
ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression

Monthly Sunspot Number



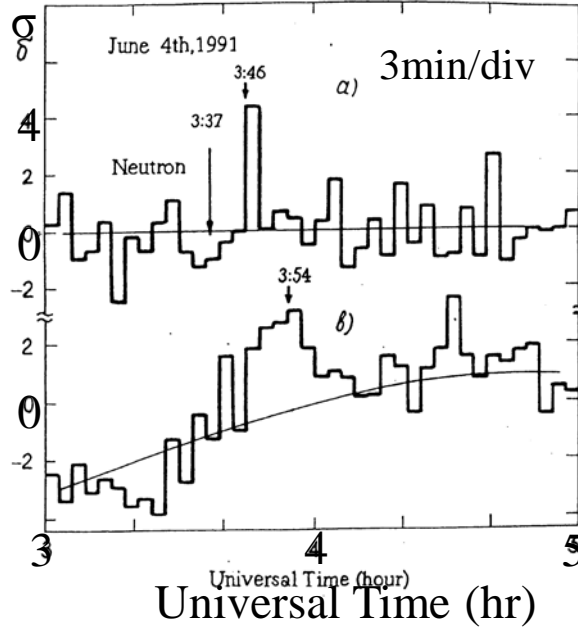
黒点数では
2014年2月が極大

Monthly X-class flares
for 30 years



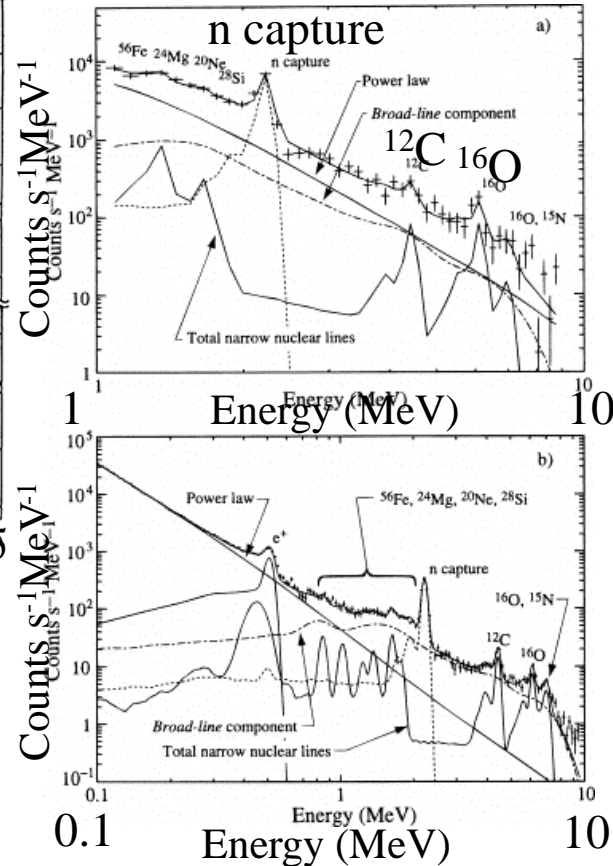
しかしXクラスの花は
時々発生している →
矢印は太陽中性子
イベント(2003-2005)

1991年6月

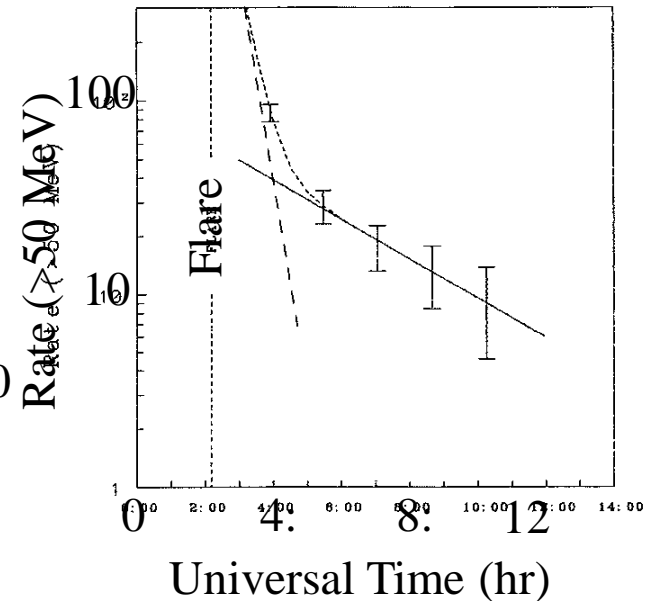


19910604:
乗鞍での太陽中性子の検出
(Muraki et al. 1992)

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



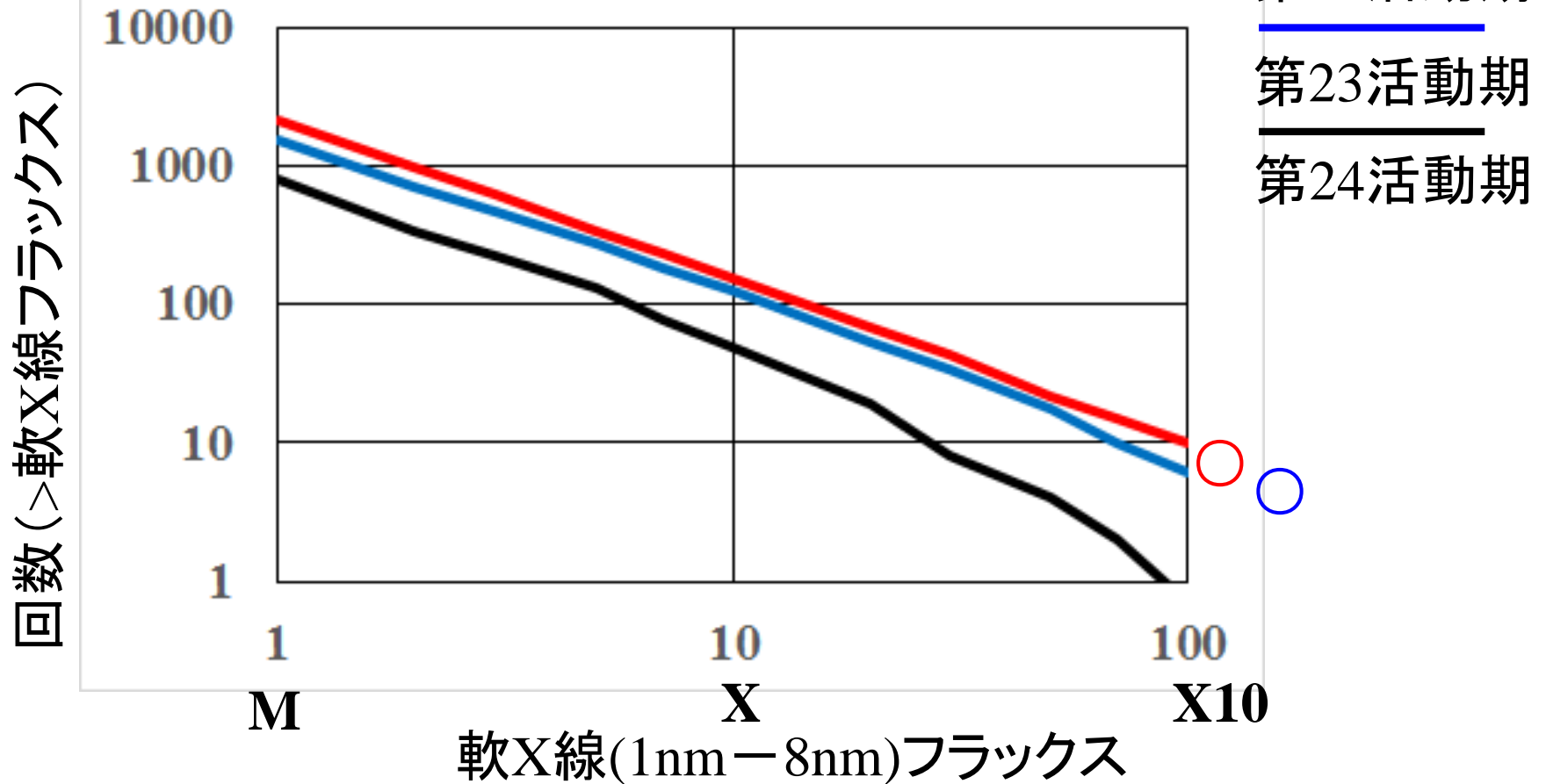
19910604:
CGRO-OSSE による
核ガンマ線の検出
(Murphy et al. 1997)
これも長時間(OSSE)



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)

太陽フレアの規模の積分分布



1976年以降、 $\geq X10$ のフレアは22回。
そのうち6回が1991年6月
X17は、フレア規模の Top 5

- 1991年6月 1, 4, 6, 9, 11, 15 日
- 2005年9月7日 (X17)

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30年度は、46万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。

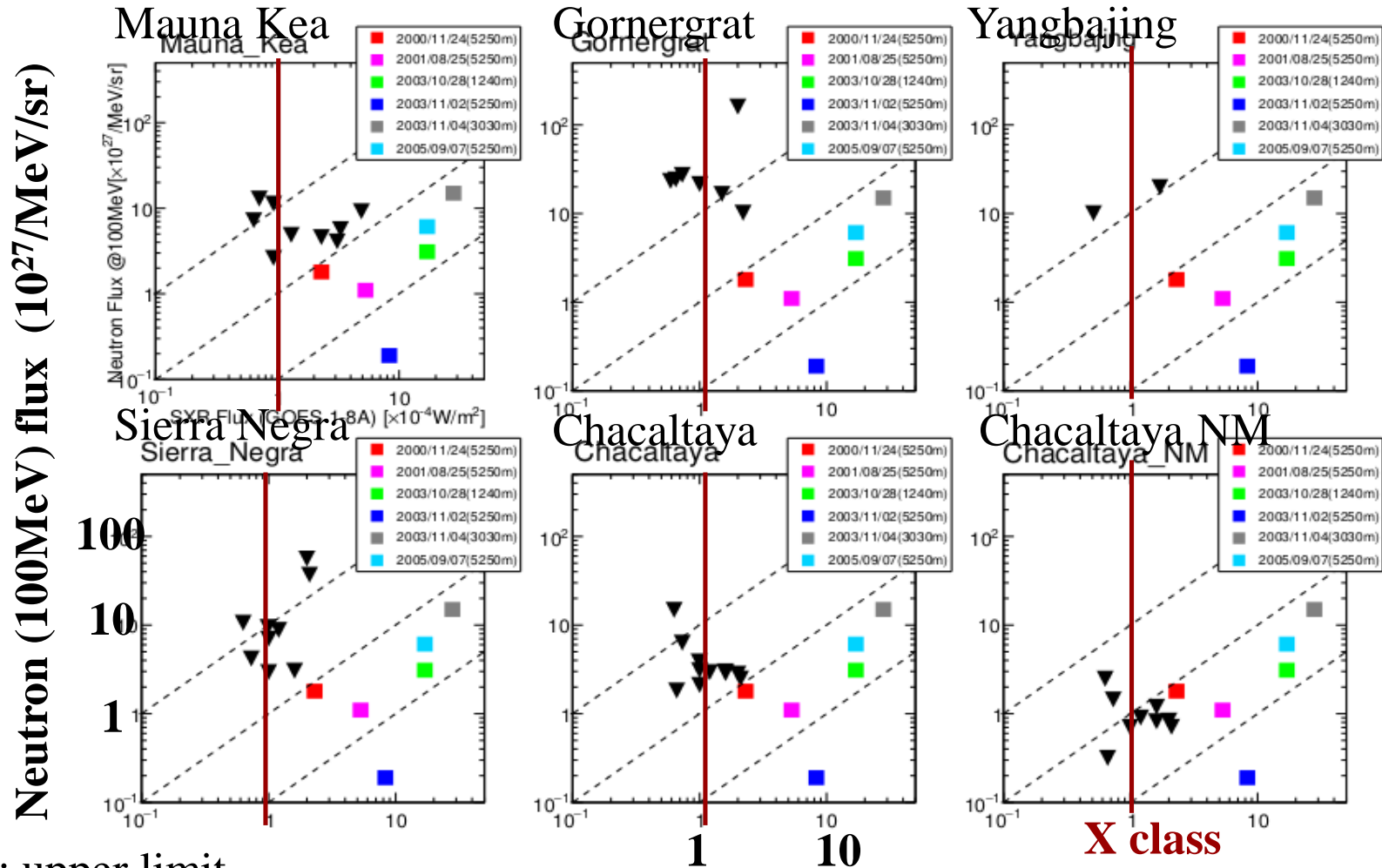
夏休みなしで開所していただき、ありがとうございました。

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、来年度は行うが、その後は収束する方向で考えています。



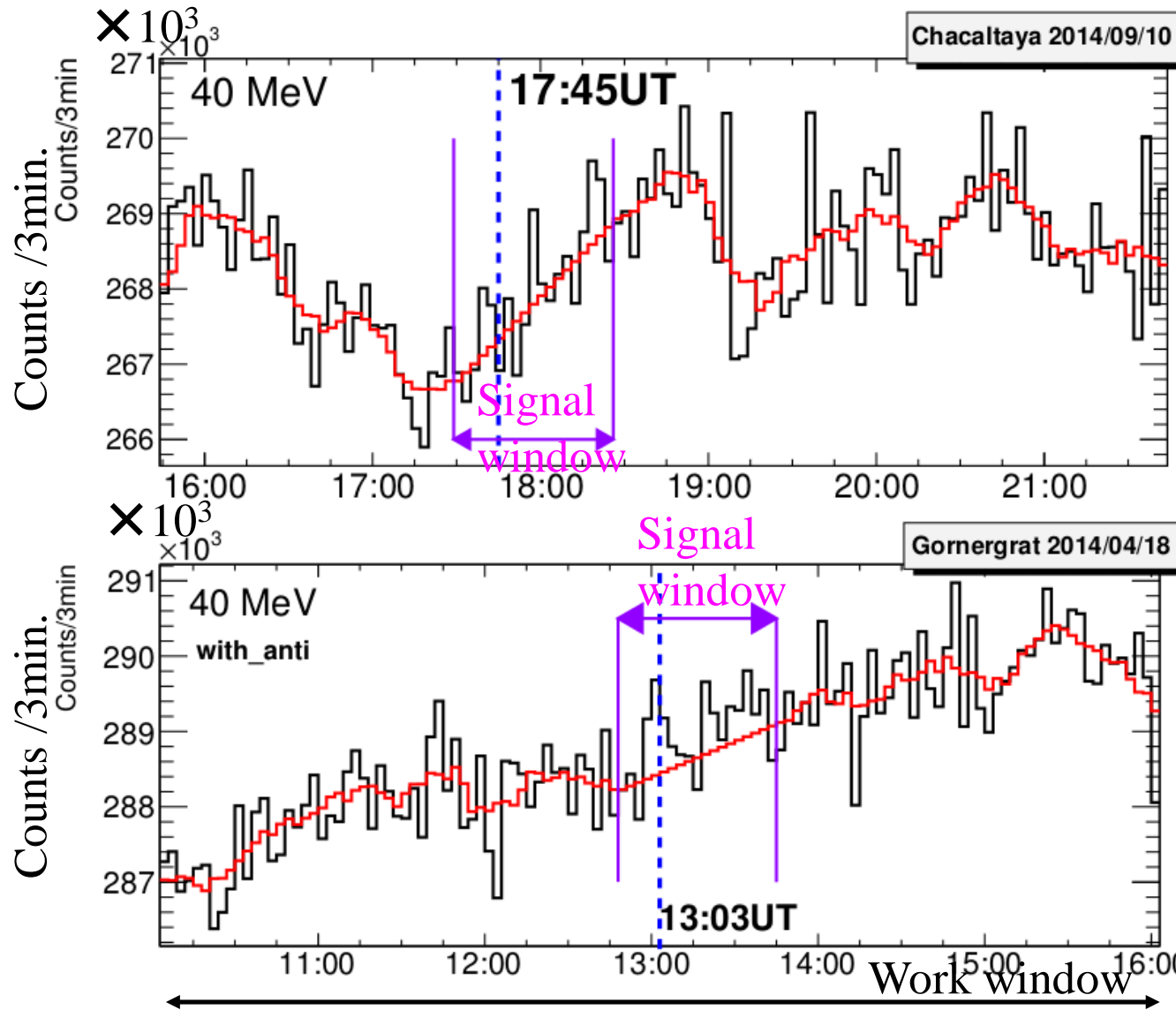
The upper limit versus soft X-ray flux



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。

軟X線と同時に生成された太陽中性子の探索



September 10, 2014
X1.6
Chacaltaya > 40 MeV
(570 g cm⁻²)

April 18, 2014
M7.3
Gornergrat > 40 MeV
(794 g cm⁻²)

Lopez, D. et al.
Astroparticle Physics
76, 2016

histogram: measured counts

red line: background estimated by the running average

メキシコ・シェラネグラ (4,600m)で2013年9月より運転



April , 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

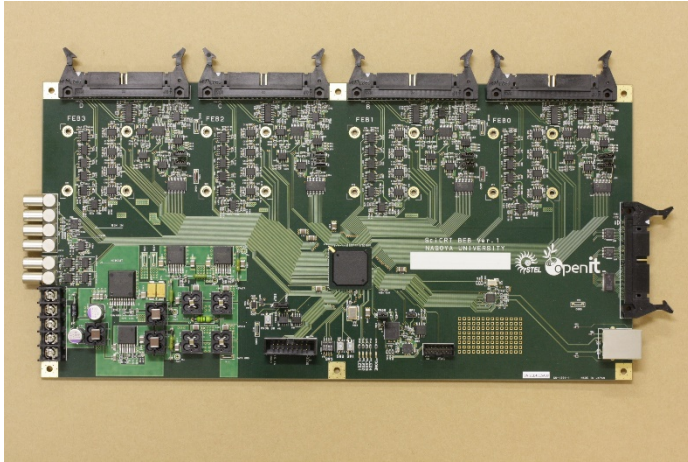
・ 8XYを1ブロックとする8ブロック

SciCRT (SciBar Cosmic Ray Telescope)

中性子8分の3とミューオンが稼働中

September , 2013

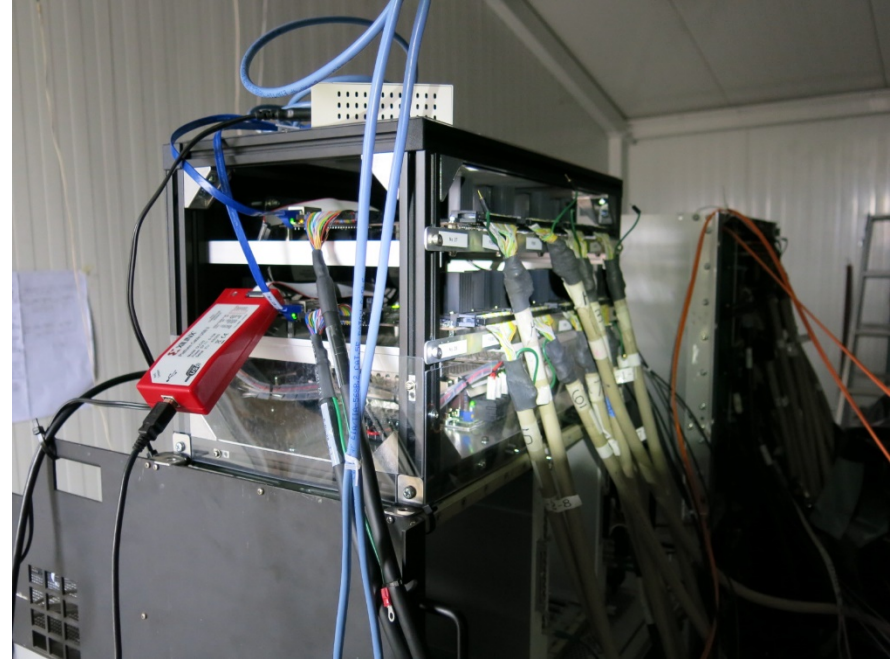
現在1/8 Superblock + ミューオンで高速データ収集を実現



SiTCPに対応したバックエンドボード (BEB)



BEB4枚と電源からなるユニット



シェラネグラでケーブルをつなぎ、
運転開始直前の様子（2014年9月）。

VMEではなくてSiTCPプロトコルを使用。
Open-It (Open Source Consortium of
Instrument) の project として行われた。

[main contribution by Y. Sasai](#)

2/8 ブロックは、継続してVMEを使用。

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)

