

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26年度共同利用研究成果発表研究会
平成26年12月12日
東京大学宇宙線研究所

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？

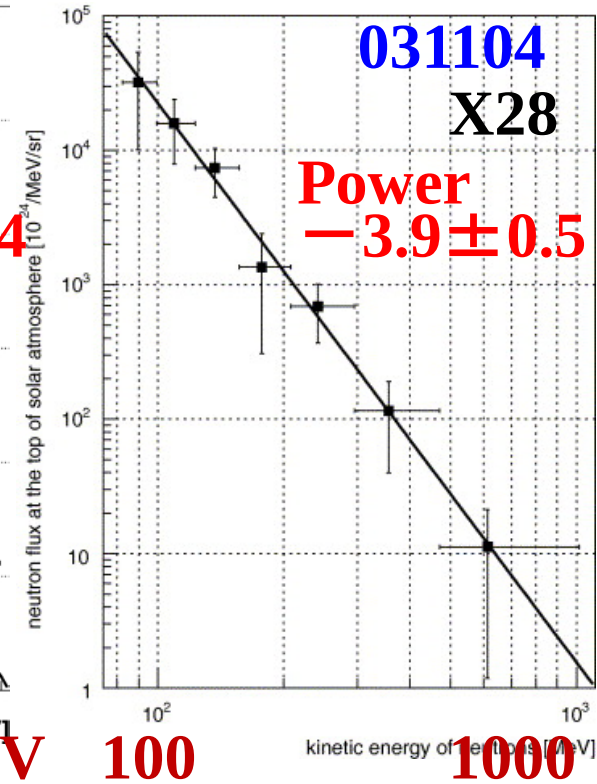
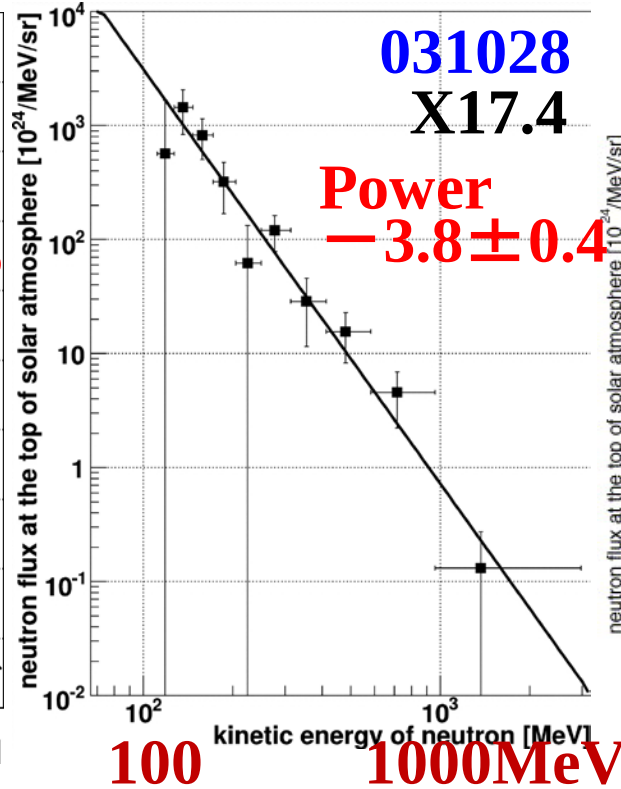
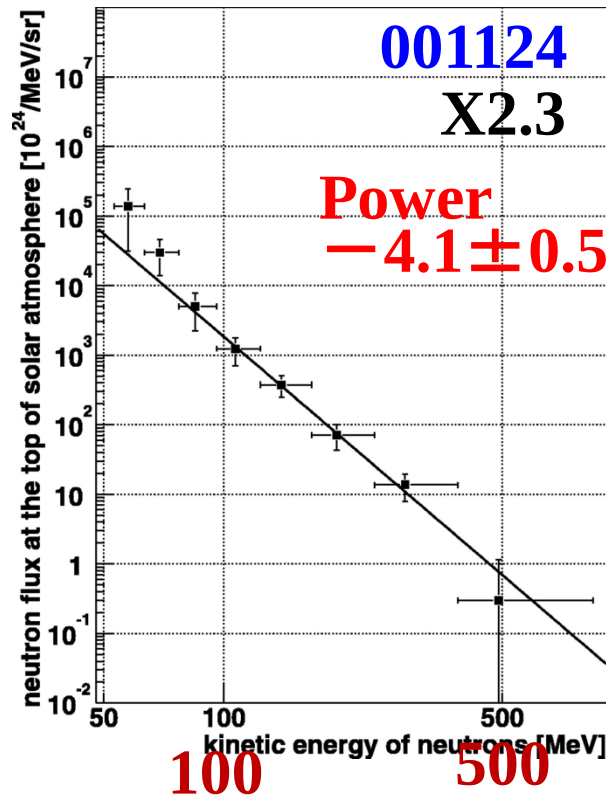
たとえば加速の継続時間は？

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

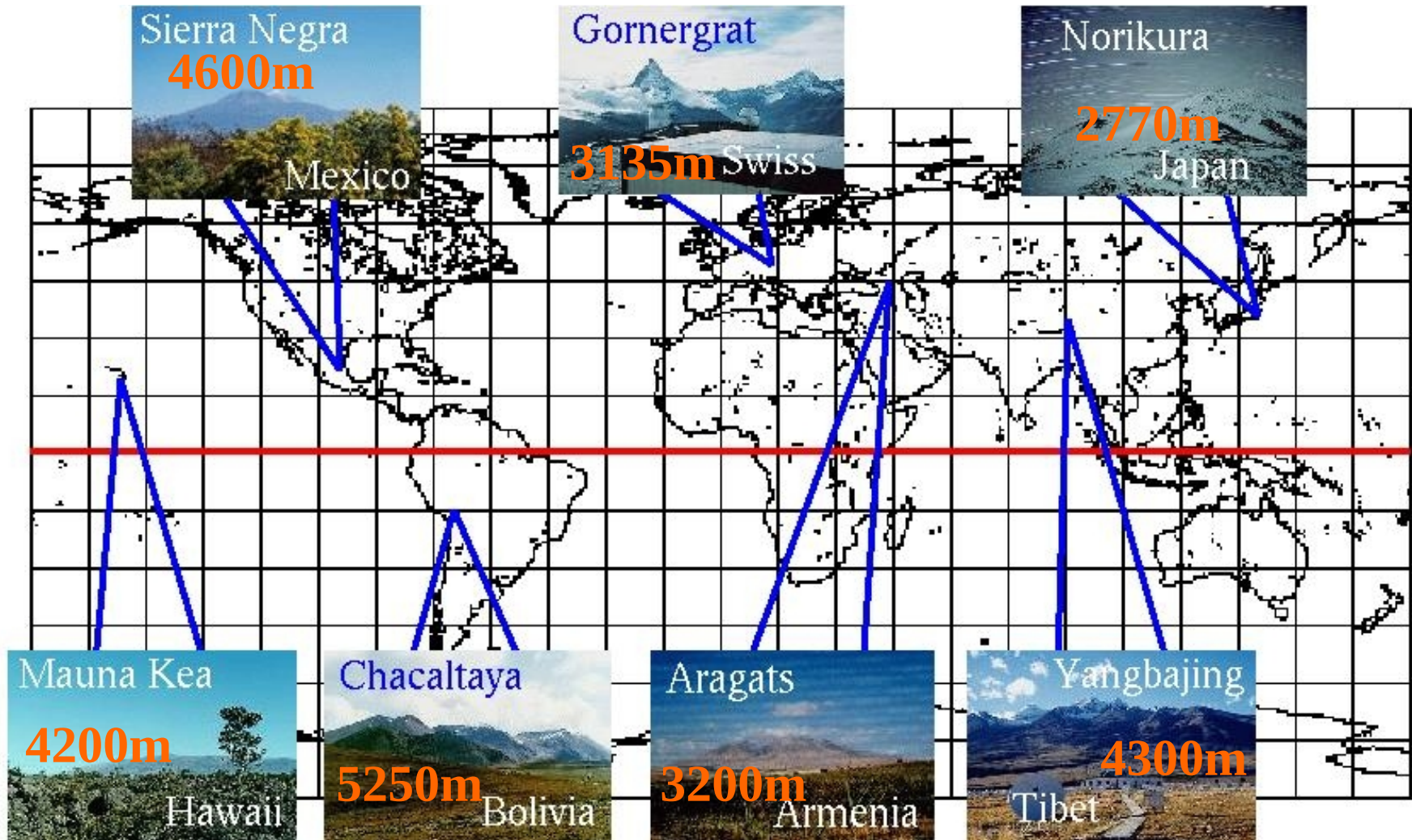


Data from neutron monitor

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

figures from Watanabe et al.

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

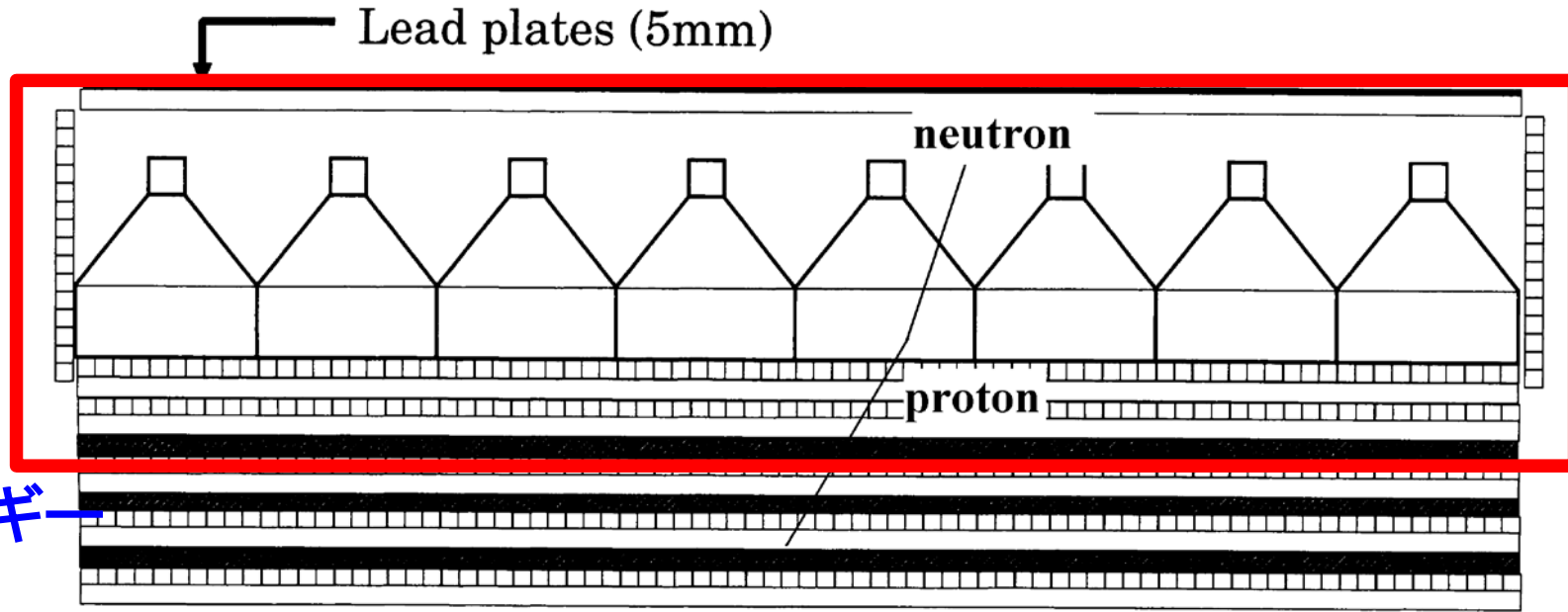
Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Science

Instituto de Investigaciones Fisicas, UMSA, Bolivia

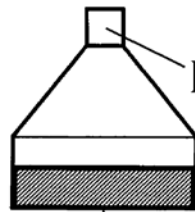
Instituto de Geofisica, UNAM, Mexico

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 60万円

経費の使用内訳

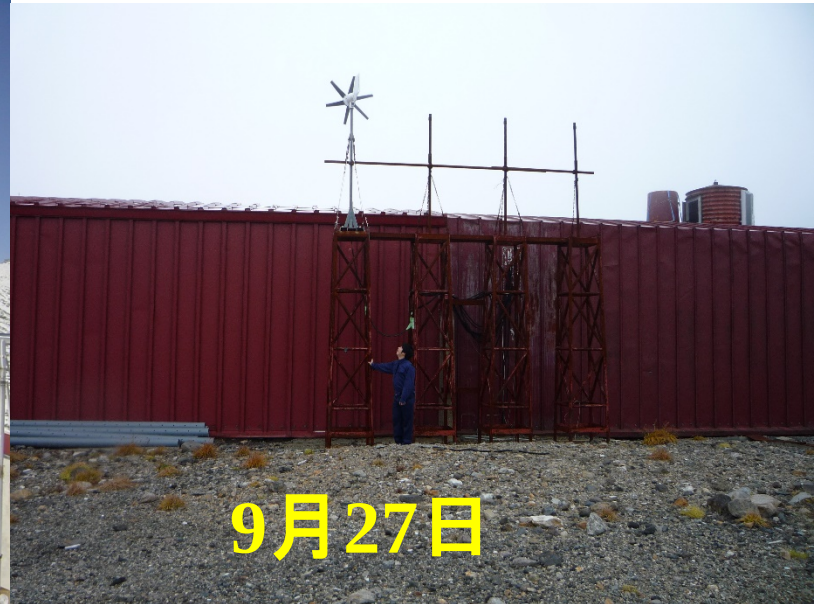
旅費

バッテリー充電、電源切り替え、検出器チェック
風力発電機の設置(7月設置予定が9月に)
等に関わる旅費。
一部消耗品に使わせていただきました。

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！

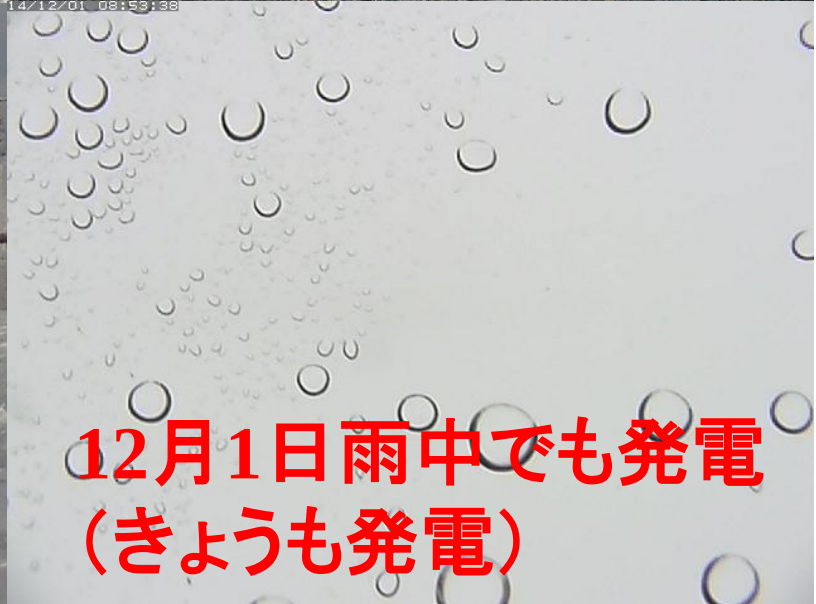
乗鞍自然エネルギー（太陽＋風）



9月27日



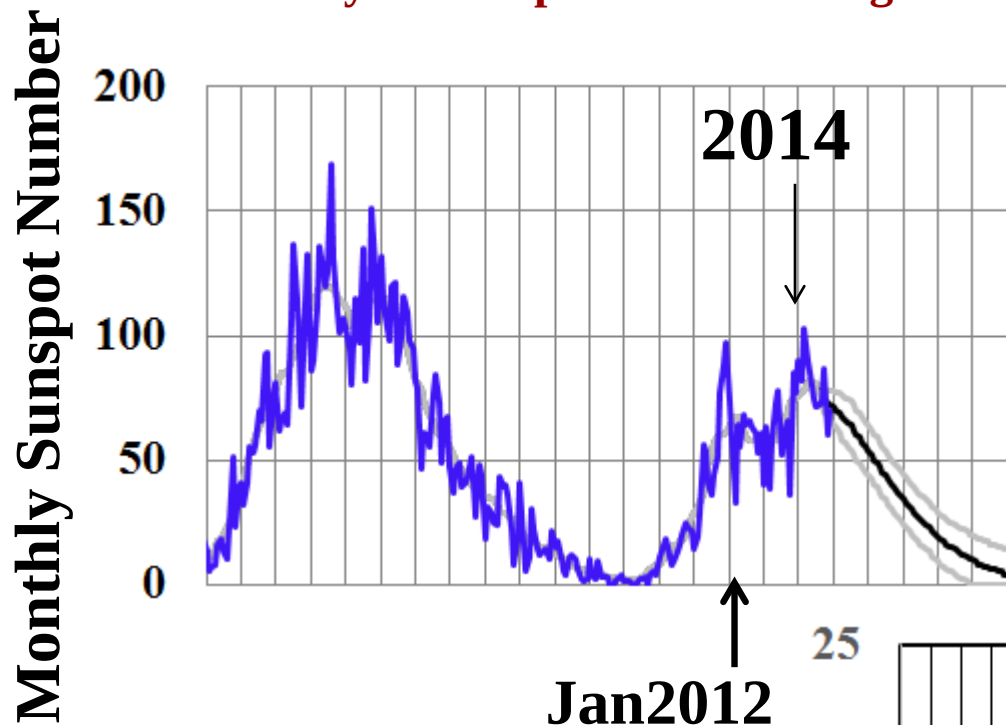
12月10日



12月1日雨中でも発電
(きょうも発電)

太陽活動は極大を過ぎた

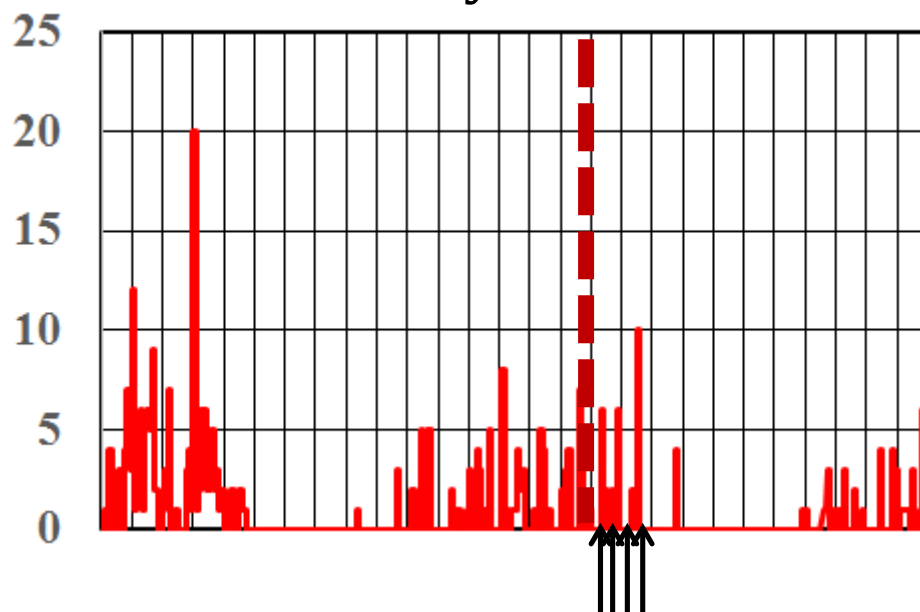
ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression



黒点数では
2014年2月が極大

Monthly X-class flares
for 27 years

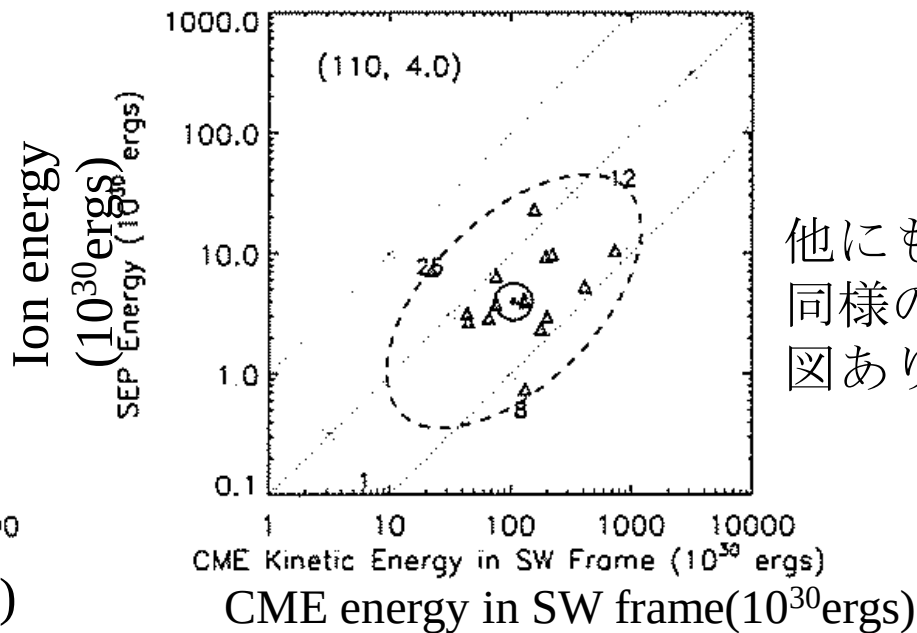
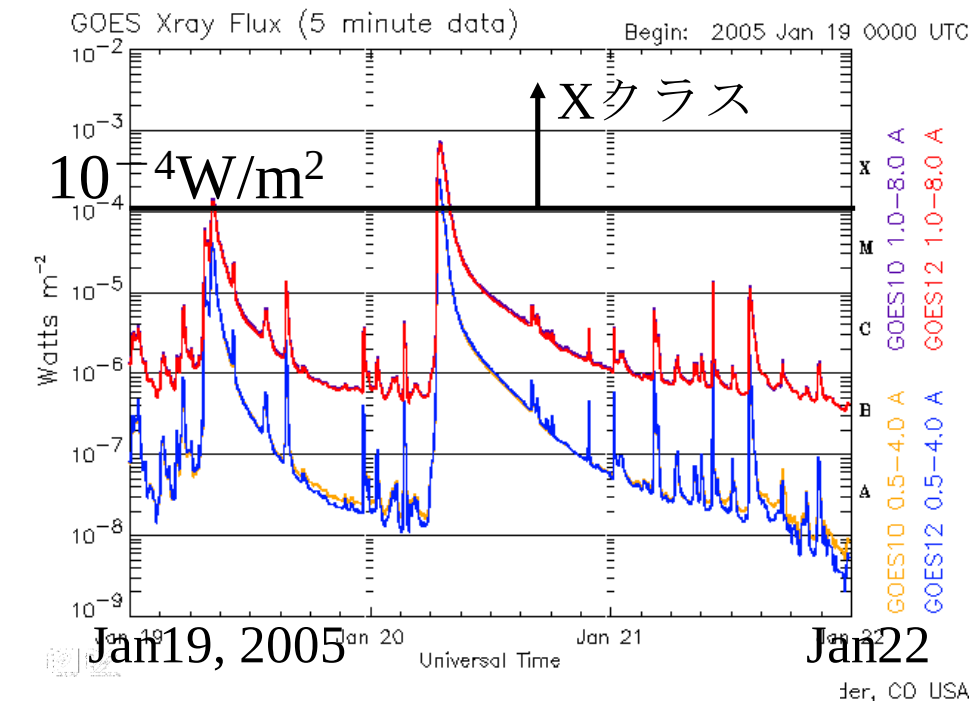
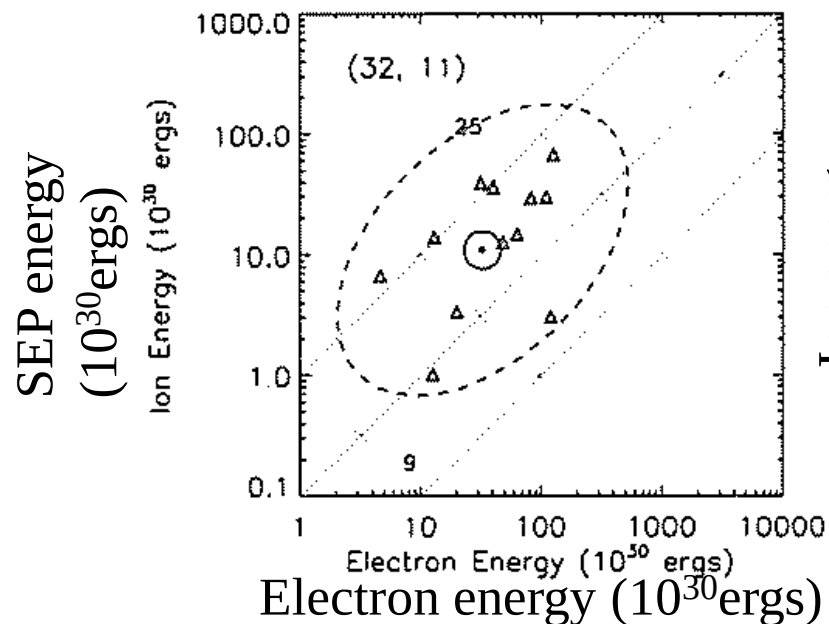
Xクラスの花は
時々発生している →
矢印は太陽中性子
イベント(after 2002)



解析の方針

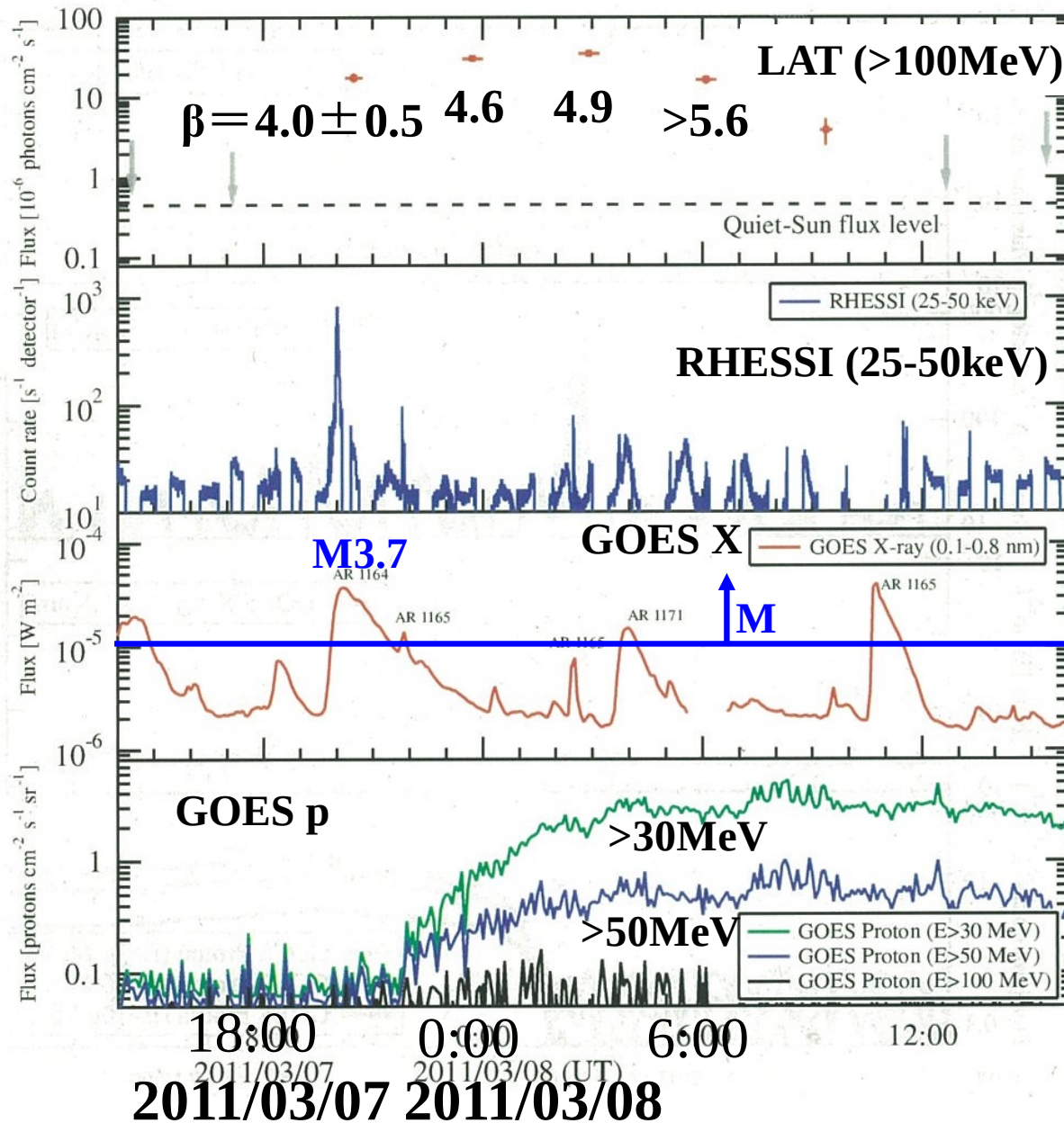
軟X線(0.1nm－0.8nm)と
同時に発生した中性子
を探索している。
本活動期でイベントなし。

たとえば、Emslie et al., ApJ 759, 2012
はフレアを測るパラメータの大きさ
の比較⇒ 正の相関



他にも
同様の
図あり

Solar gamma ray : March 7, 2011 (13hrs)



Ackerman et al. ApJ785

$$N_{\gamma}(E) = AE^{-\beta}$$

The spectrum becomes soft.

Note:

1年後にも長時間イベント
Ajello et al. ApJ789, 2014
EGRET でも長時間ガンマ線フレア観測あり。

Kanbach et al. A&AS 97
(95GeV GRB130427Aは20時間イベント)

Ackermann et al., Sci. 343)

長時間イベントは？

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26年度は、60万円査定していただき、検出器の維持ができた。

太陽活動は、2014年に極大を迎えたが太陽中性子イベントはこれからも期待！

来年度もよろしくお願いします！

第24太陽活動期で太陽中性子イベントは得られていないが軟X線で大きなフレアの解析は継続中。



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1.3cm×2.5cm×300 cm)

素材 ポリスチレン

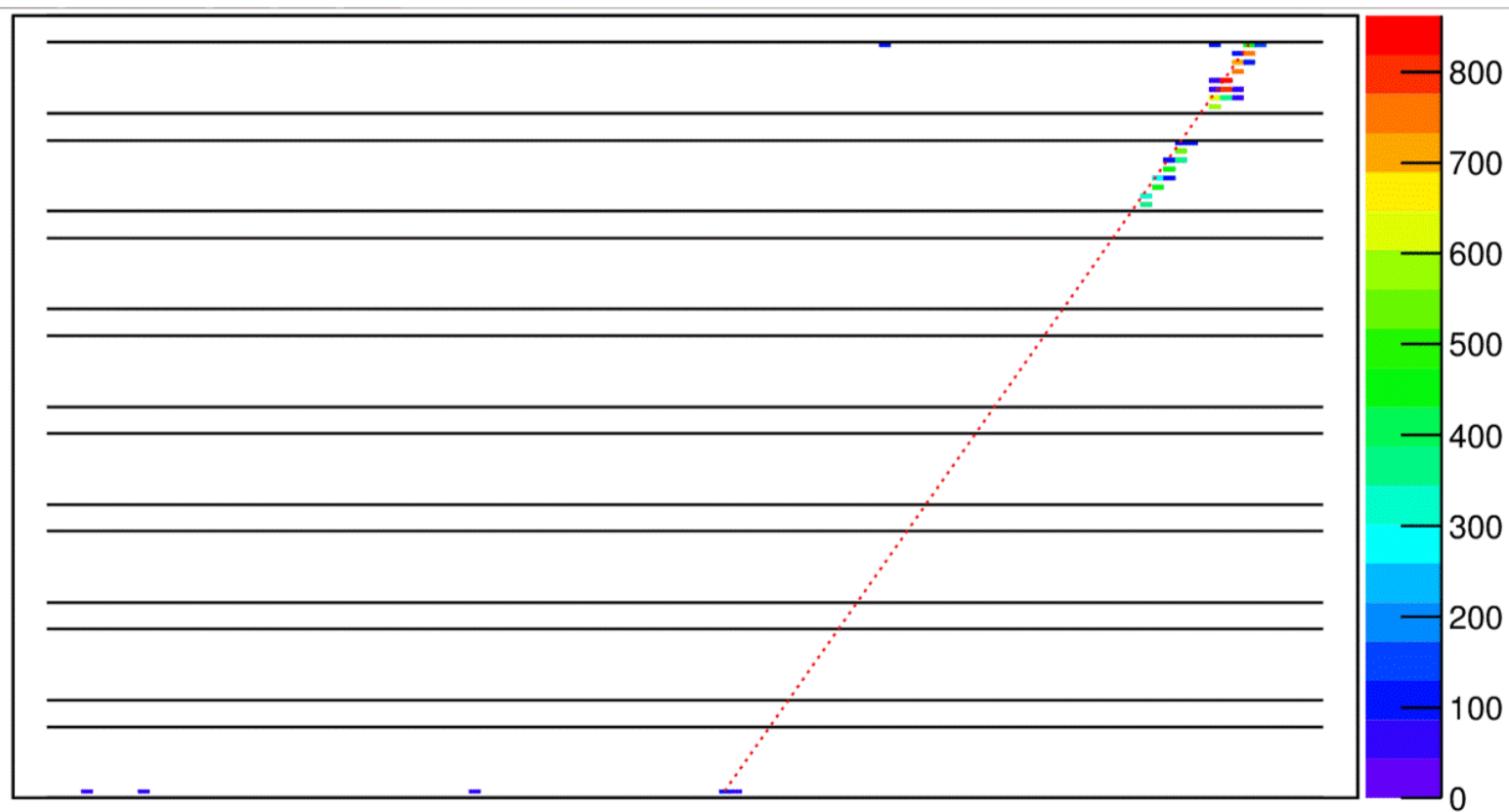
全体積 3m×3m×1.7m

・ 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)

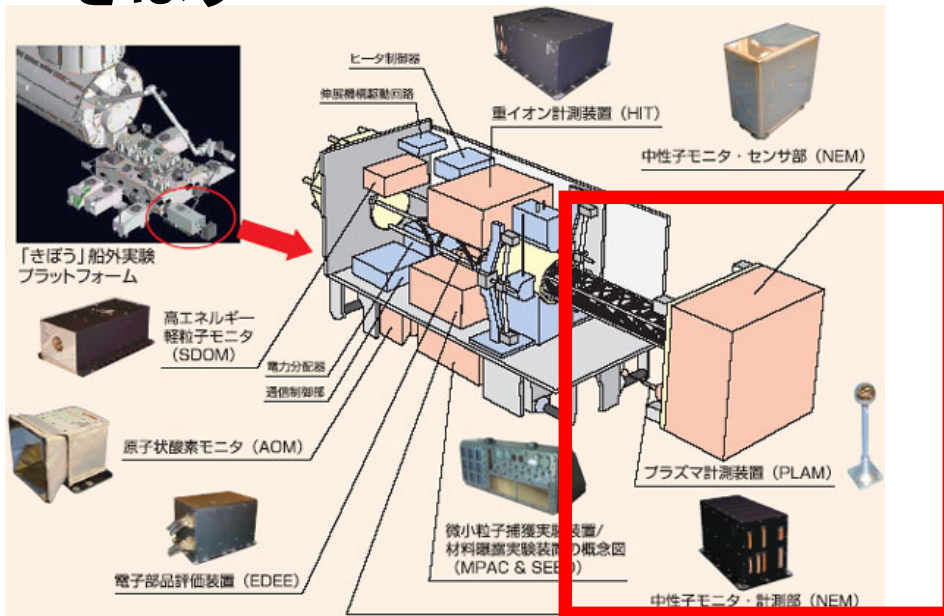
現在8分の3の中性子検出器とミュオンデータが稼働



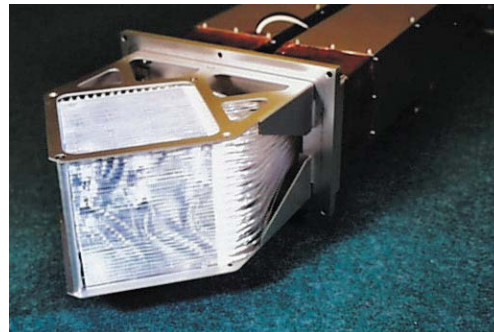
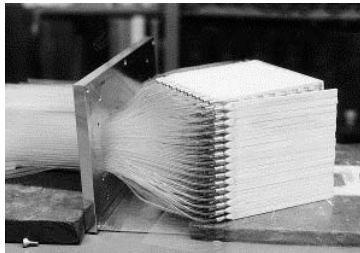
データ量: 中性子 3Gbyte/day (8分の3で)
ミュオン 7Gbyte/day

宇宙環境計測ミッション装置

きぼう

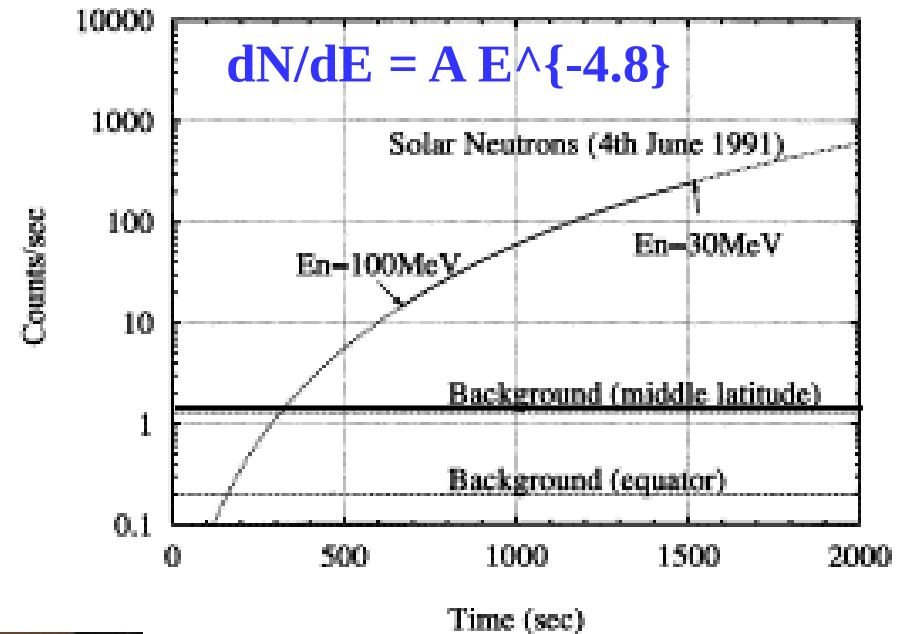


JAXA homepage **neutron detector**



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。

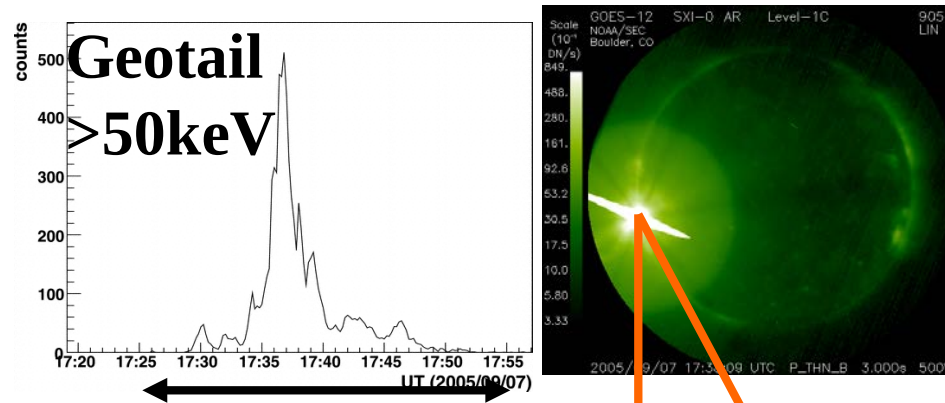
2009年9月打ち上げ



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

September 7, 2005

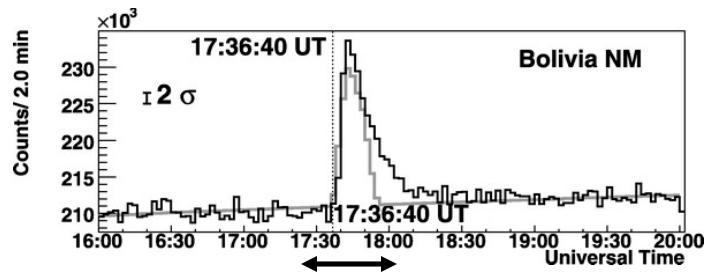
異なるエネルギーでの
検出



30min

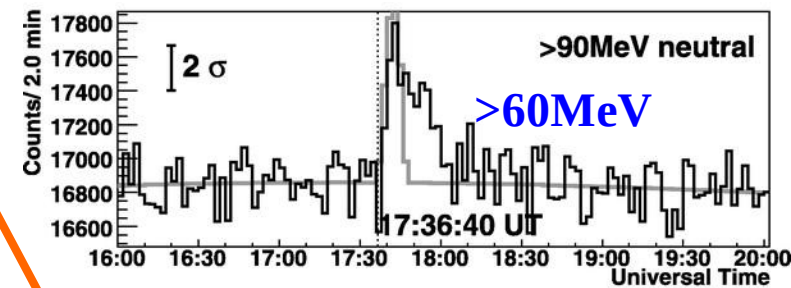
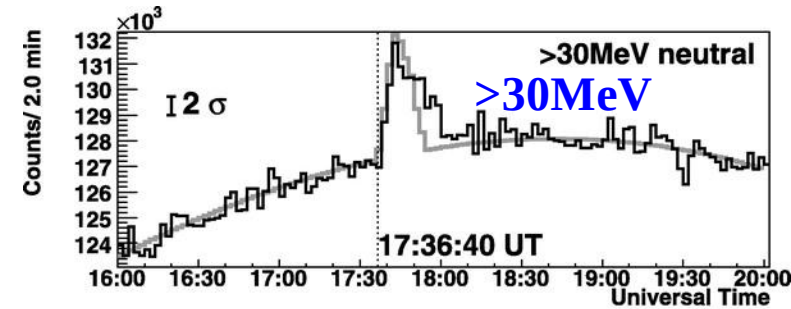
中性子はX線よりも
長時間生成されていた

neutron



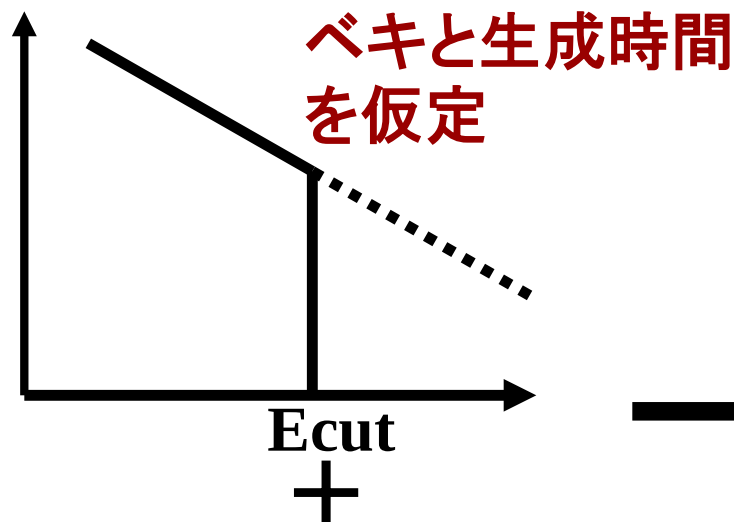
30min

Bolivia (SNT, NM)



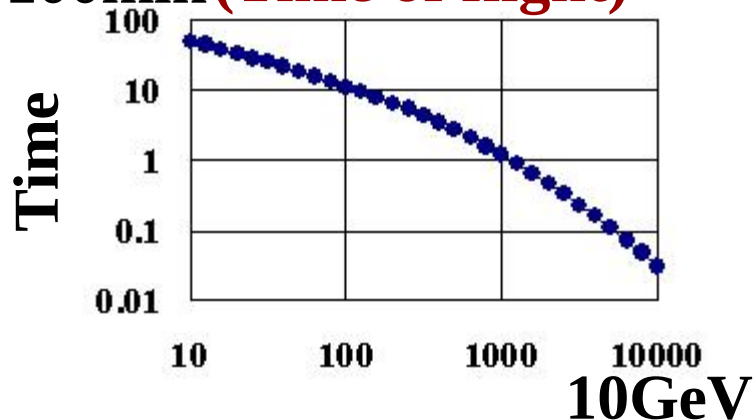
Mexico (SNT, NM)

解析例

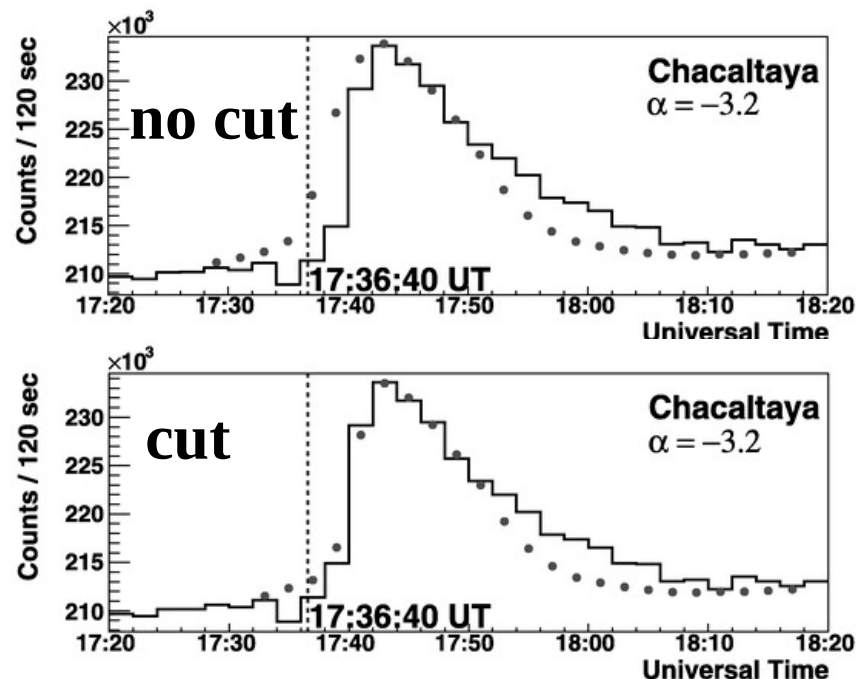


光からの遅れ

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。

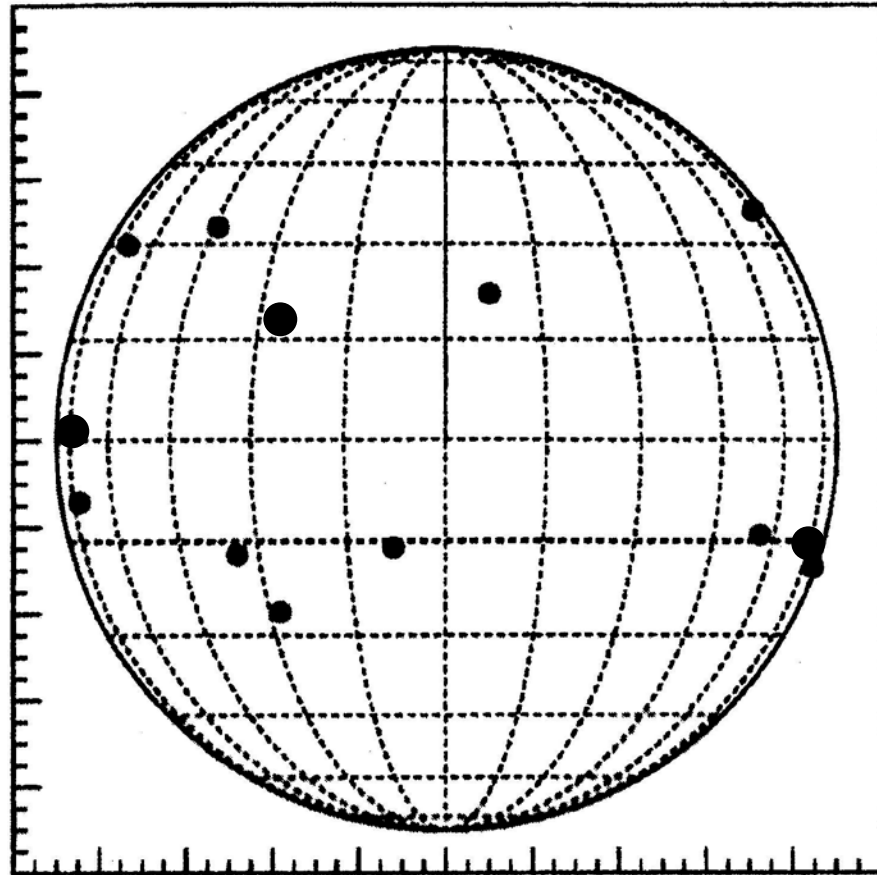
X線、ガンマ線の時間分布で説明できるイベントもある (Watanabe 2005)

もっと例がほしい！

太陽フレアの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