

分野横断的なデータ利用による 「電子の集中豪雨」現象の研究

中平 聡志^{*1}・上野 遥^{*1}・片岡 龍峰^{*2}・浅岡 陽一^{*3}

^{*1} ISAS/JAXA, JAXA

^{*2} 国立極地研究所

^{*3} 早稲田大学

Introduction

近年、「オープンデータ」が推進されている
また、そのデータを「分野横断的に利活用」できるようにすることが求められている
多くの科学データセンターは特定の研究分野のデータだけをアーカイブしているが、
宇宙研の**DARTS**は様々な分野のデータを集めている



▶ [English](#)
▶ [一般向け解説](#)

Welcome to DARTS

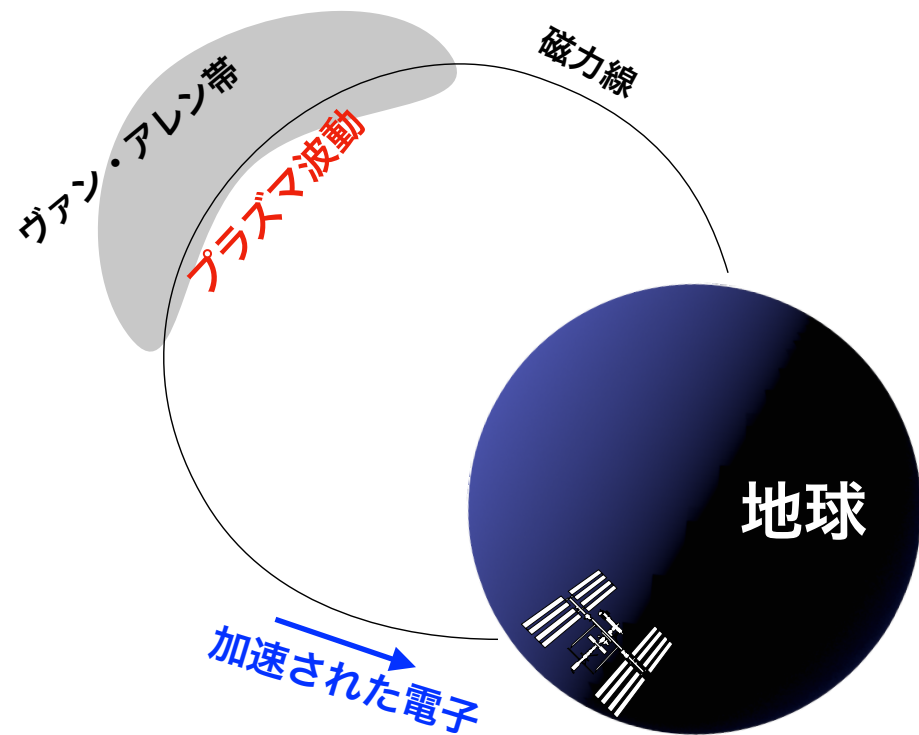
Data ARchives and Transmission System (DARTS)は、天文学、太陽物理学、太陽地球系物理学、月惑星科学、微小重力科学等の多分野にわたる宇宙科学のデータアーカイブです。DARTSについては、"[About DARTS](#)"をお読みください。

(TOTAL 728.08 COUNTS/SEC)

本発表では、**DARTS**にアーカイブされた(もしくはは現在受け入れ作業中の)
データを利用し、
もともとの研究分野を超えてデータを活用した研究の実例を示す

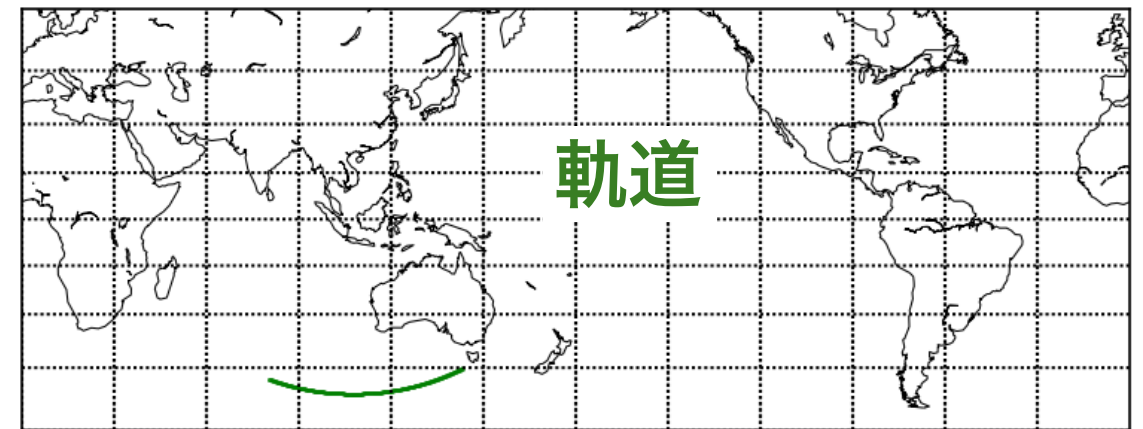
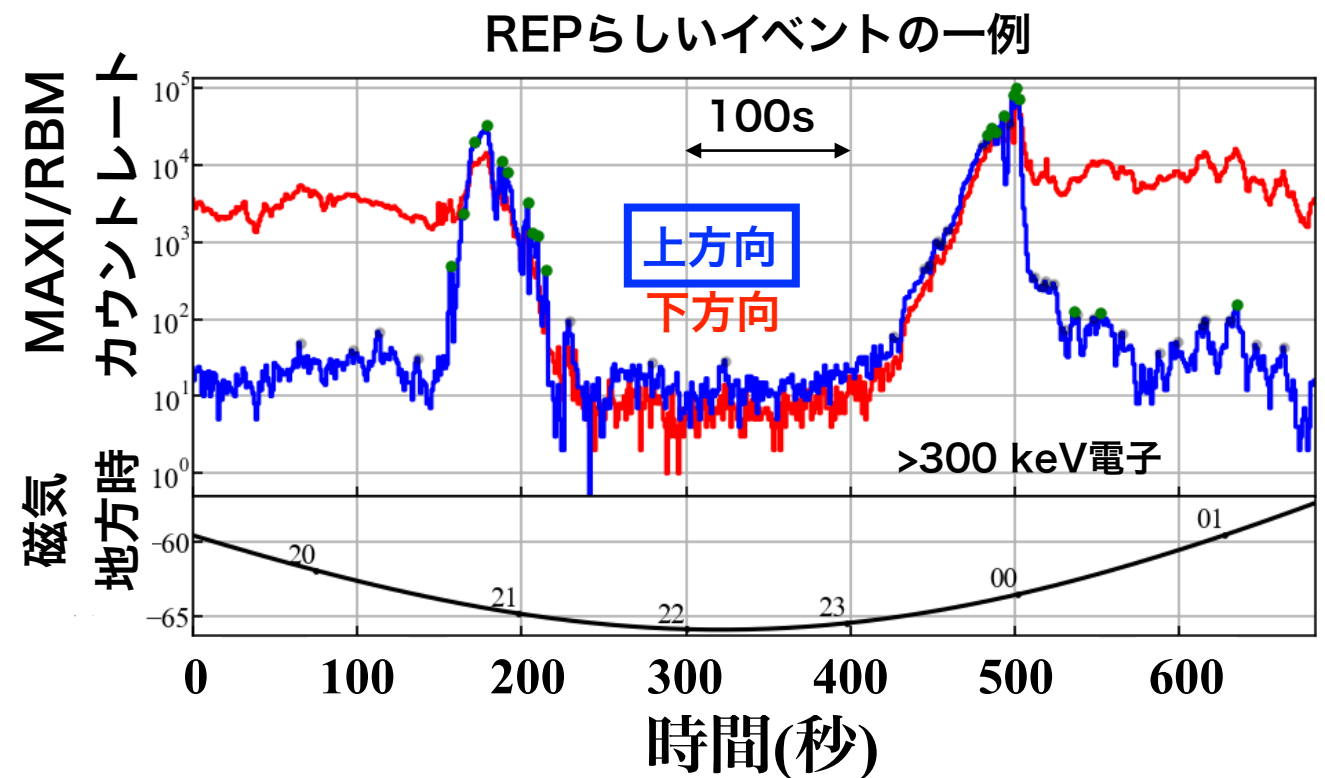
研究対象

相対論的電子降下現象(Relativistic Electron Precipitation: REP現象)



磁力線に巻き付いて滞留していた電子が、磁気嵐に伴って発生したプラズマ波動と相互作用し、
~MeVに加速されて大気へ降り込む

「電子の集中豪雨」とも呼ぶべき現象



- ・ 高度~100 kmのオーロラ
- ・ 大気の化学組成
- ・ 軌道上での有人活動する宇宙飛行士への被曝

に影響を及ぼす

観測装置

国際宇宙ステーション「きぼう」船外実験PF搭載の三台で、それぞれ異なる研究機関が主体で、異なる研究対象を持つ。

SEDA-AP

2009年8月-2018年3月

宇宙観測の計測

SDOM: Standard DUse Monitor

部品材料の劣化や電子部品の誤動作等の原因となる電子、陽子、 α 線等の高エネルギー軽粒子の粒子別エネルギー分布

SDD3枚+プラスチックシンチ

CALET

2015年10月-現在

一次宇宙線やガンマ線バーストの観測

CHD: CHarge Detector

一次宇宙線原子核の電荷を調べるための装置。
積層された検出器の最上段に設置されたプラスチックシンチ。

MAXI

2009年8月-現在

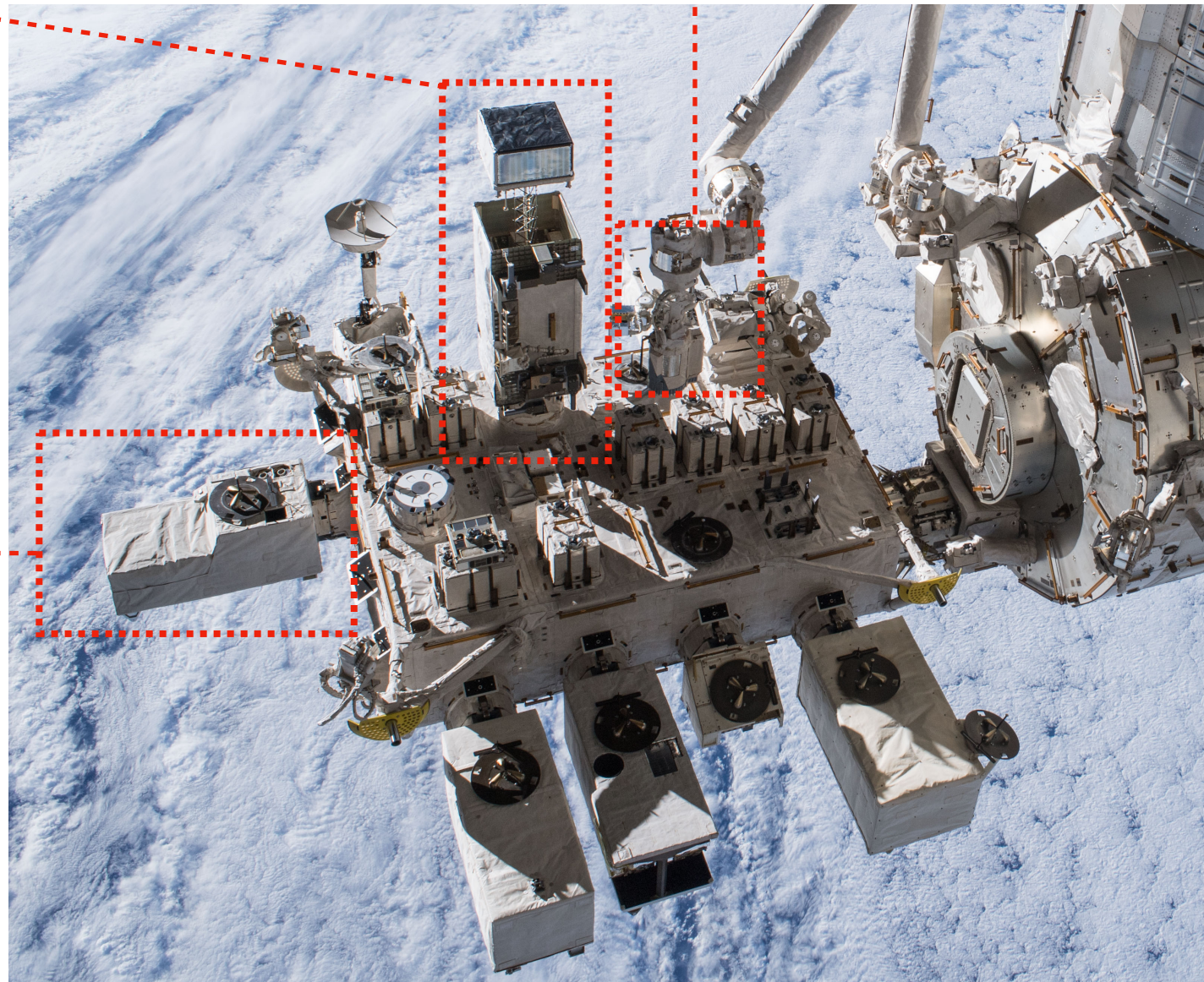
X線変動天体の探査や長期モニタ



RBM: Radiation Belt Monitor

主検出器保護のためのサポートセンサ。

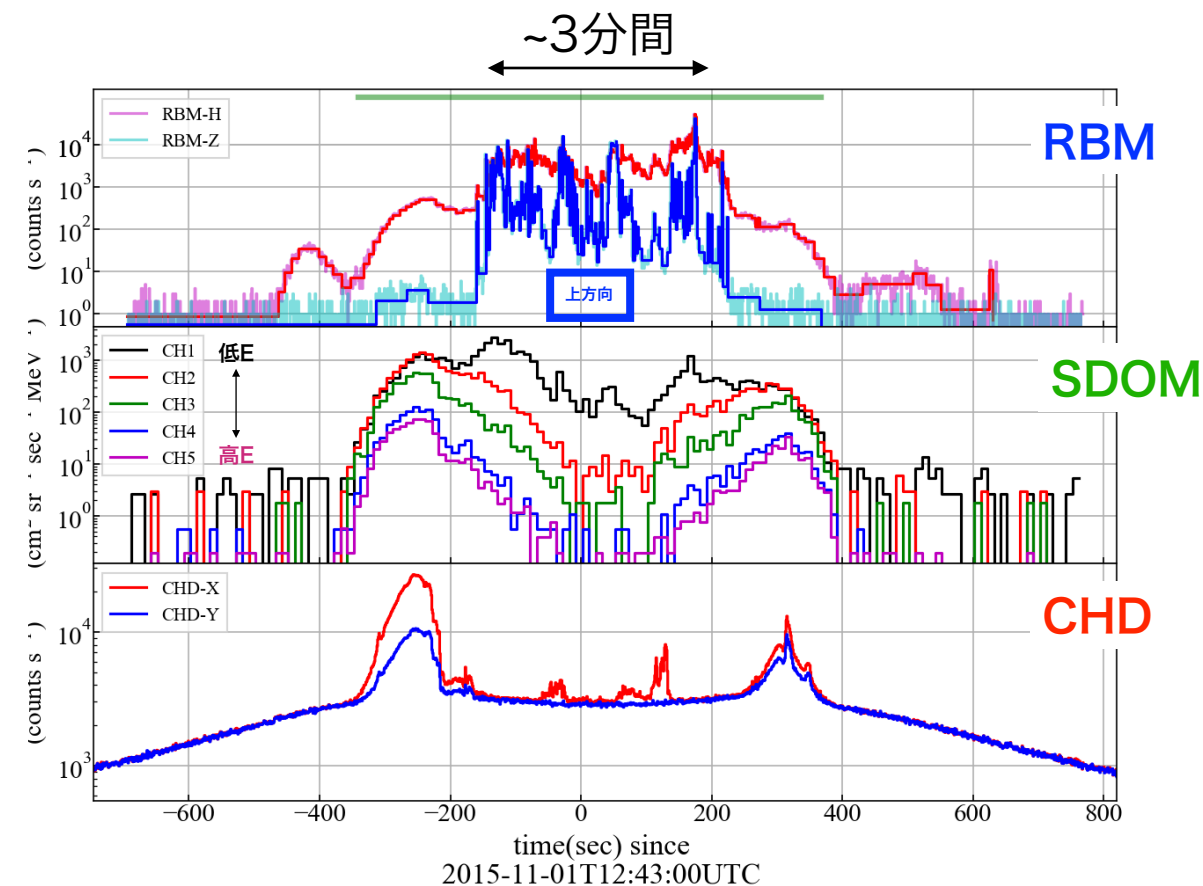
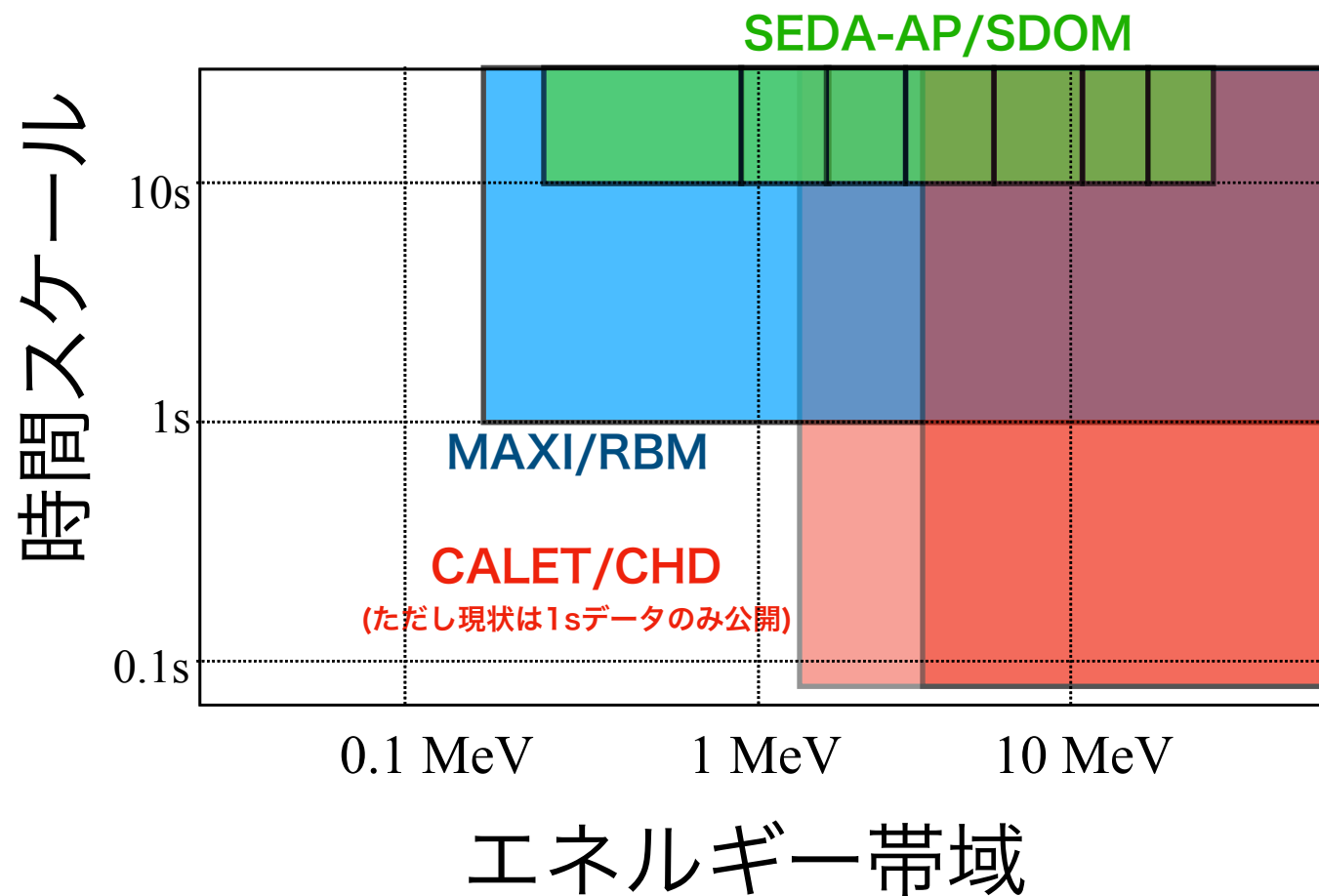
Si PINダイオード



観測装置

装置	時間分解能(秒)	電子	ミッションの主目的	その他
MAXI/RBM	1	>0.3 MeV(1ch)	X線天文学	
SEDA-AP/SDOM	10	0.3-20 MeV(7ch)	放射線環境の計測(工学)	電子/陽子/ α 線識別可能
CALET/CHD	1	>1.6 MeV(1ch) + >3.6 MeV(1ch)	宇宙線物理学	数十 ms精度のデータがあるが、 未公開

3つの装置は相補的な観測性能を持っている



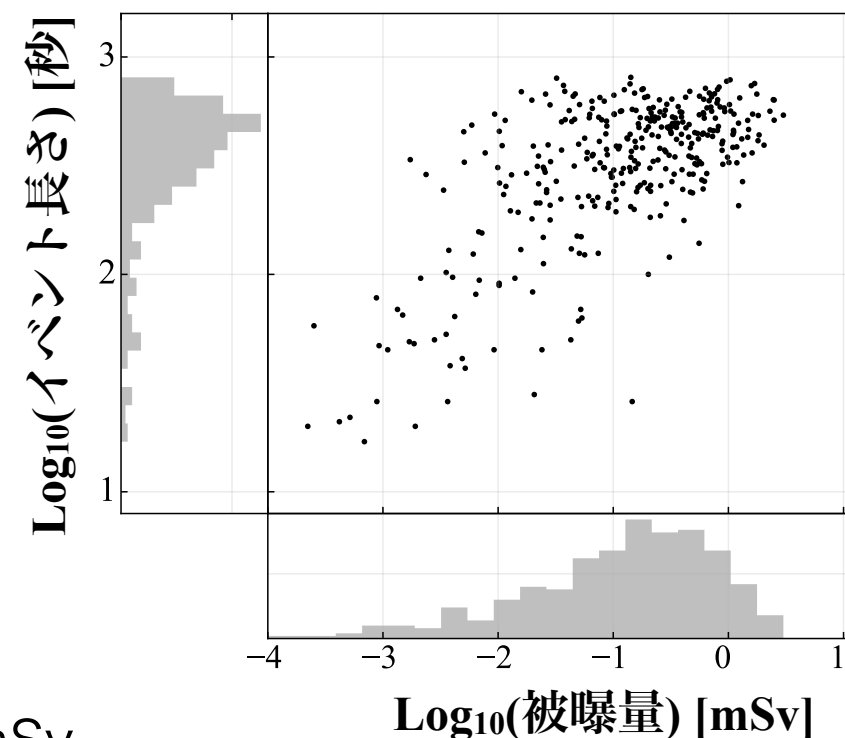
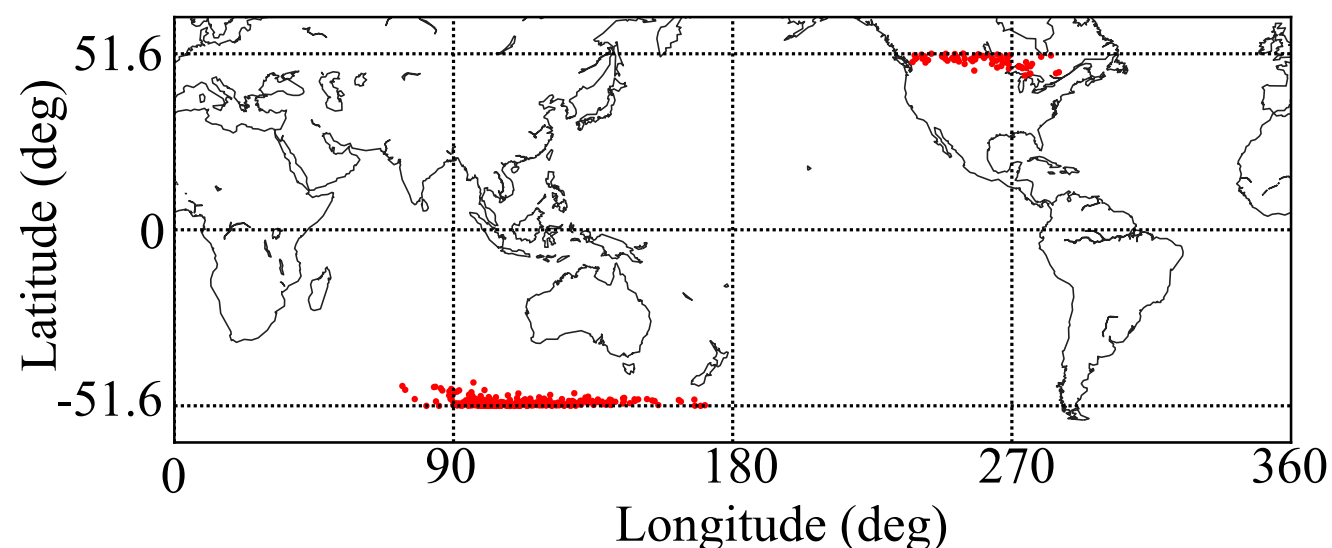
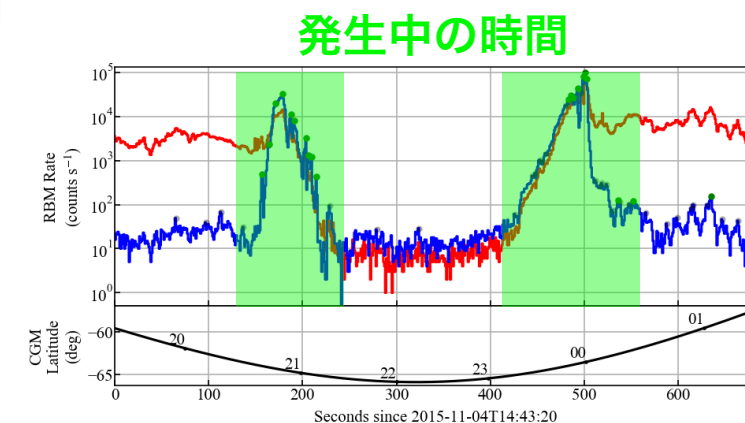
船外活動中の被曝量に対するREPの寄与

Ueno et al., 2019 doi:10.1029/2019SW002280

感度と時間分解能が高いRBM,CHDを使いREPの時間帯を識別

→2015/10-2018/03で762イベントを検出 [検出された全イベントリスト](#)

REPだと識別された時間帯について、エネルギー情報を持つSDOMのデータを使い、ヘルメットを突き抜けて目の水晶体に与える被曝量を計算



多くはイベントあたり0.1-1 mSvに分布し、最大でおよそ3 mSv。
静穏時の被曝量は1 mSv/dayなので最大のREPはその数倍になる。

突発的なイベントなので、その場で常時連続観測したことが重要

健康に直接影響を与えるレベルではなく、滞在期間を考慮すると、他の要素に比べ多くはない。
被曝量は低く抑えられる事が望ましいので、大規模なREPイベントを予め予測できるような研究が重要。

ジオスペースにおける波動との関係

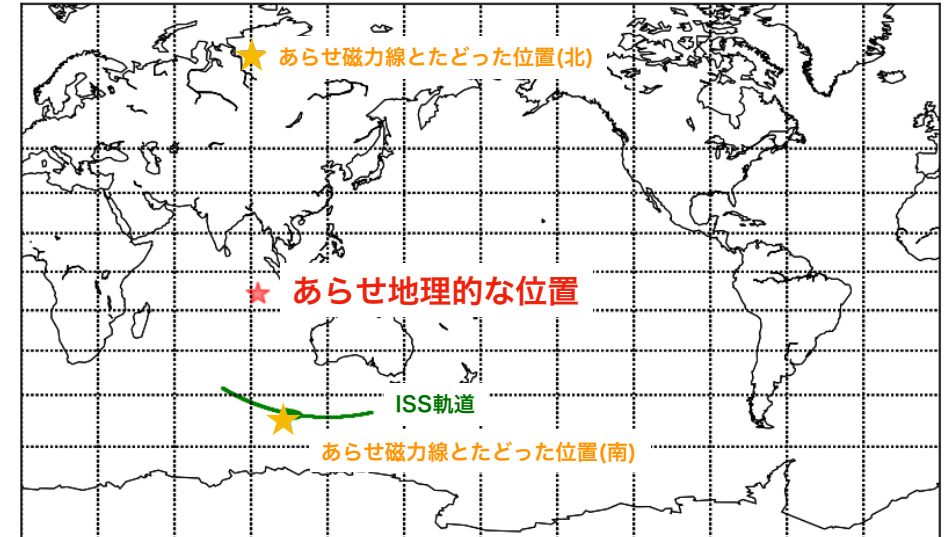
あらせとの連携

MAXIデータの即時性(70%は観測から数秒で地上システムに蓄積し、2-10分程度でDARTSから公開)を生かしてモニタ

[モニタ用ページ](#) 9/29

あらせの軌道から磁力線をたどった足元をISSが通過
and RBMで荷電粒子の増加を観測

and あらせが軌道上で波動を観測しバーストデータを取得
(すべてのデータはダウンリンクできない)



という条件に当てはまったときにあらせのコマンド運用にトリガーをかけ、
バーストデータを優先的にダウンリンクする



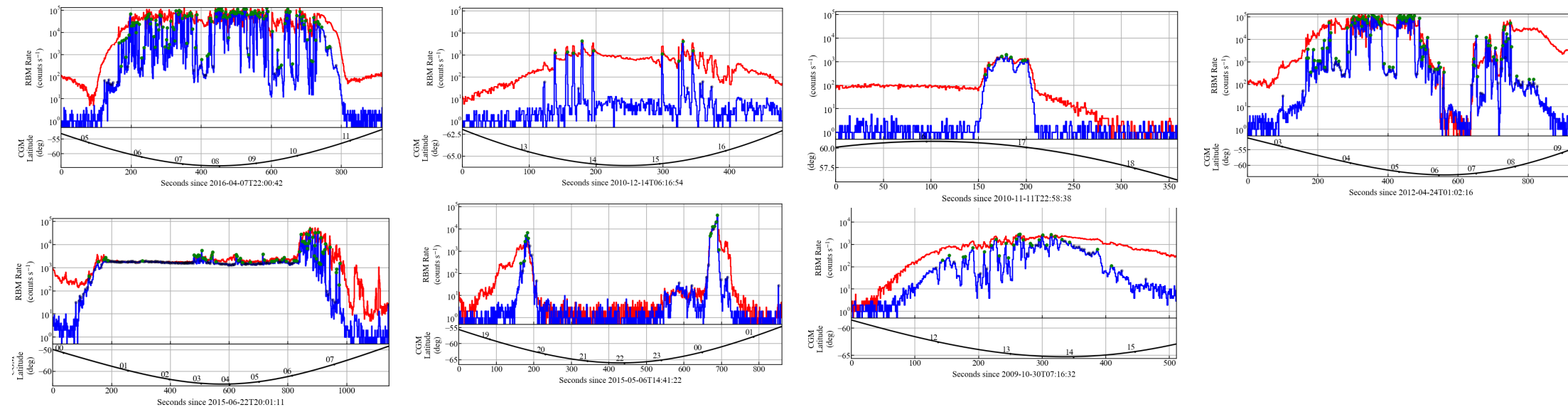
ISS上の装置を組み合わせでデータを調査、
特にCHDの数十msの時間分解能が重要

結果の一部はJGRに投稿中 (Kataoka et al.,)

MAXI/RBMが10年間で見つけたイベントと分類

10年半に渡る連続的な観測データがある。
太陽極大と極小を含むほぼ1太陽周期

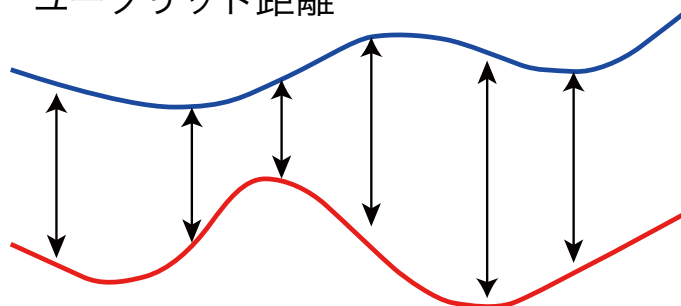
その中で荷電粒子増加イベントの探査を行うと4400個の候補が見つかった
-> 非常に幅広い時間変動パターンを示す



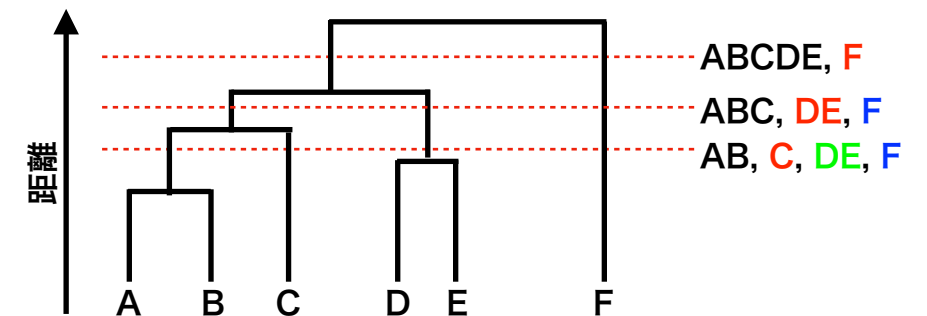
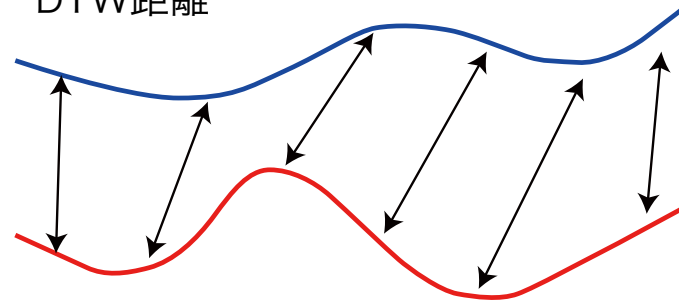
これらのイベントを時間変動で分類したい

- すべての組み合わせについて、距離(類似性)を計算。Dynamic Time Warping法使った
(この学会2012年の、林さん、天笠さんの発表)
- Ward法を使って、距離の近いイベント同士をクラスタリング

ユークリッド距離

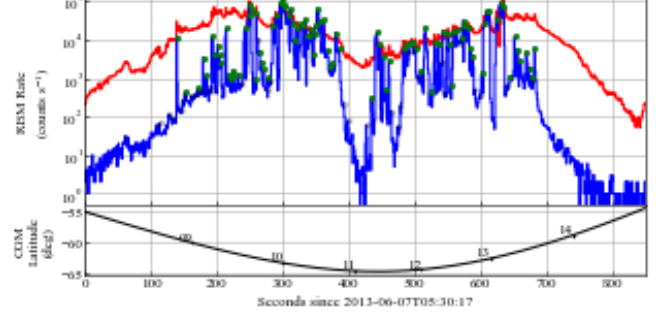
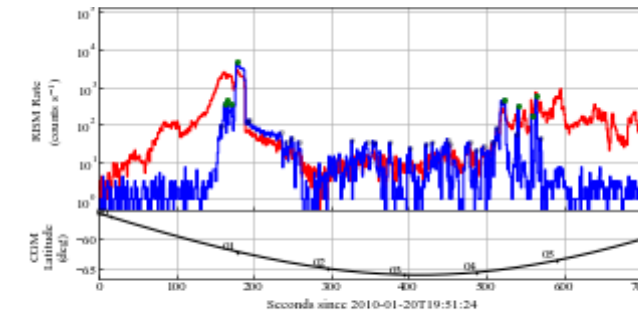
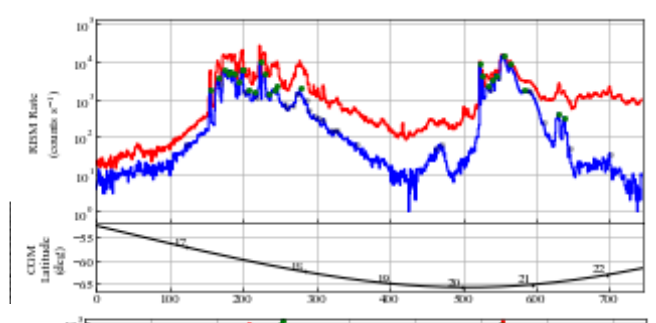
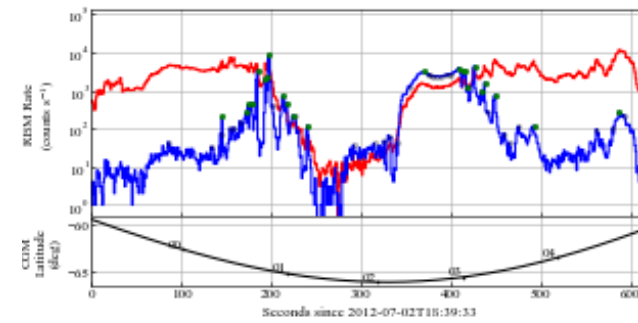
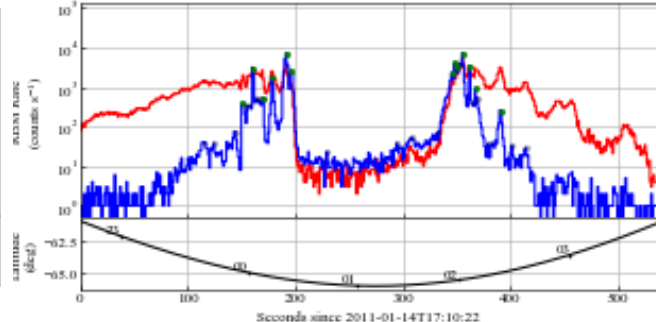
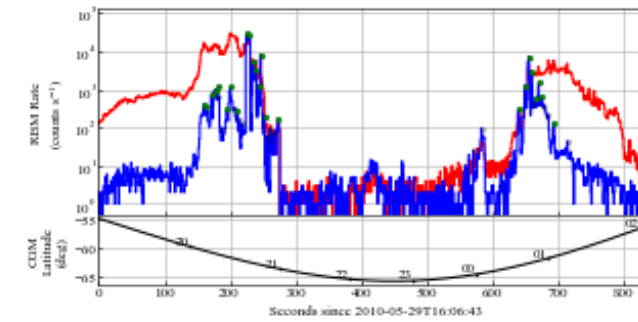
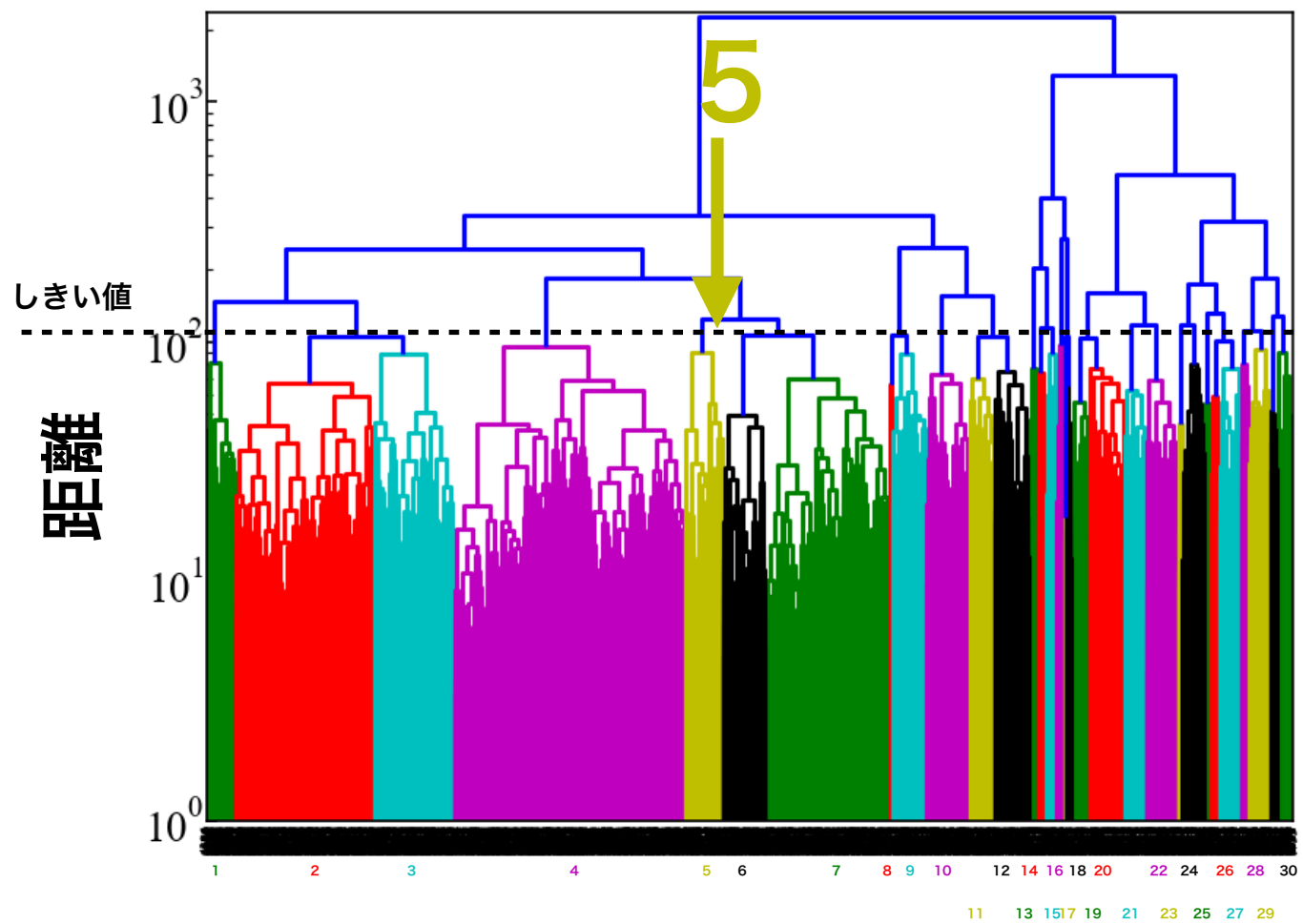


DTW距離



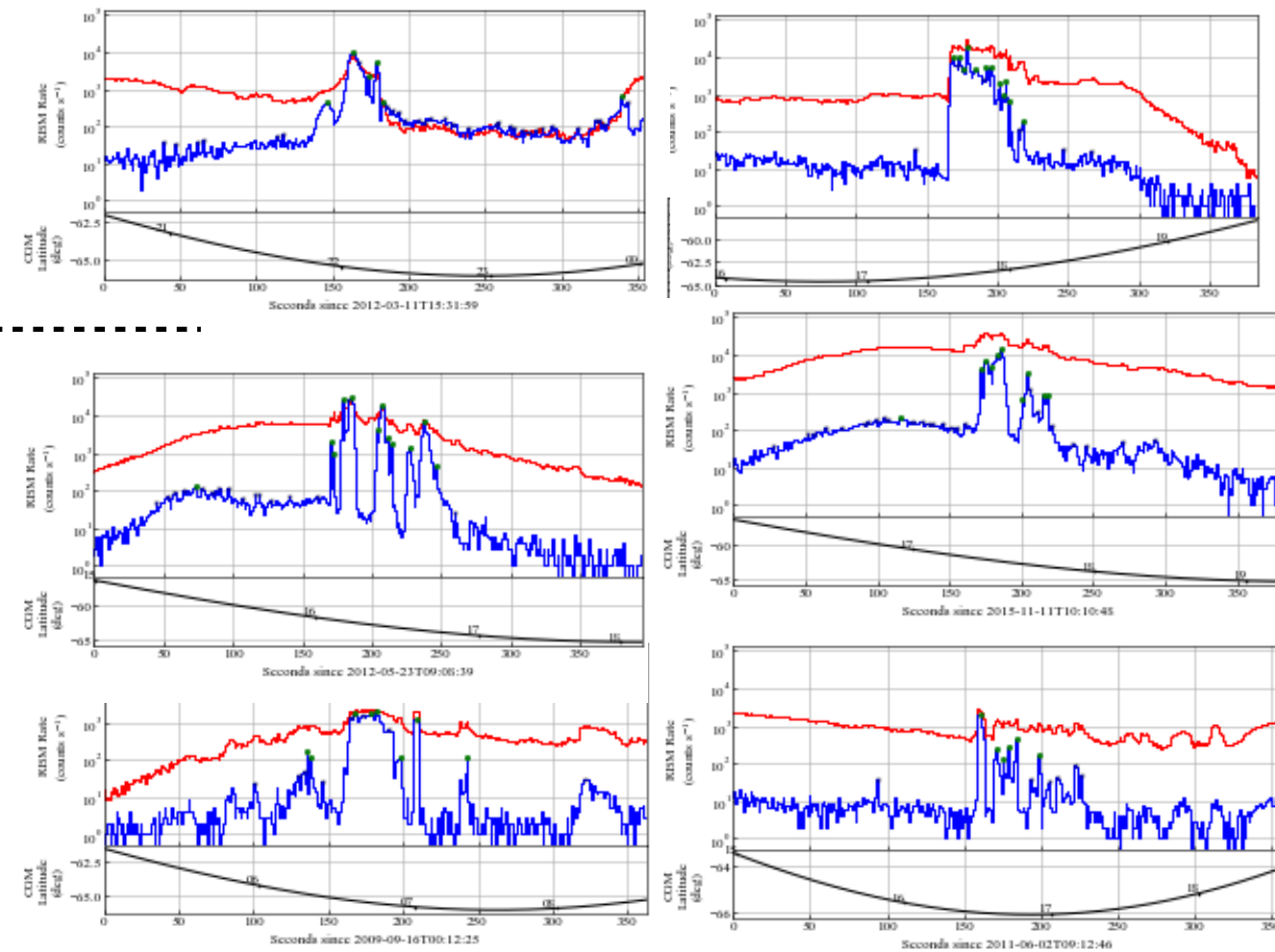
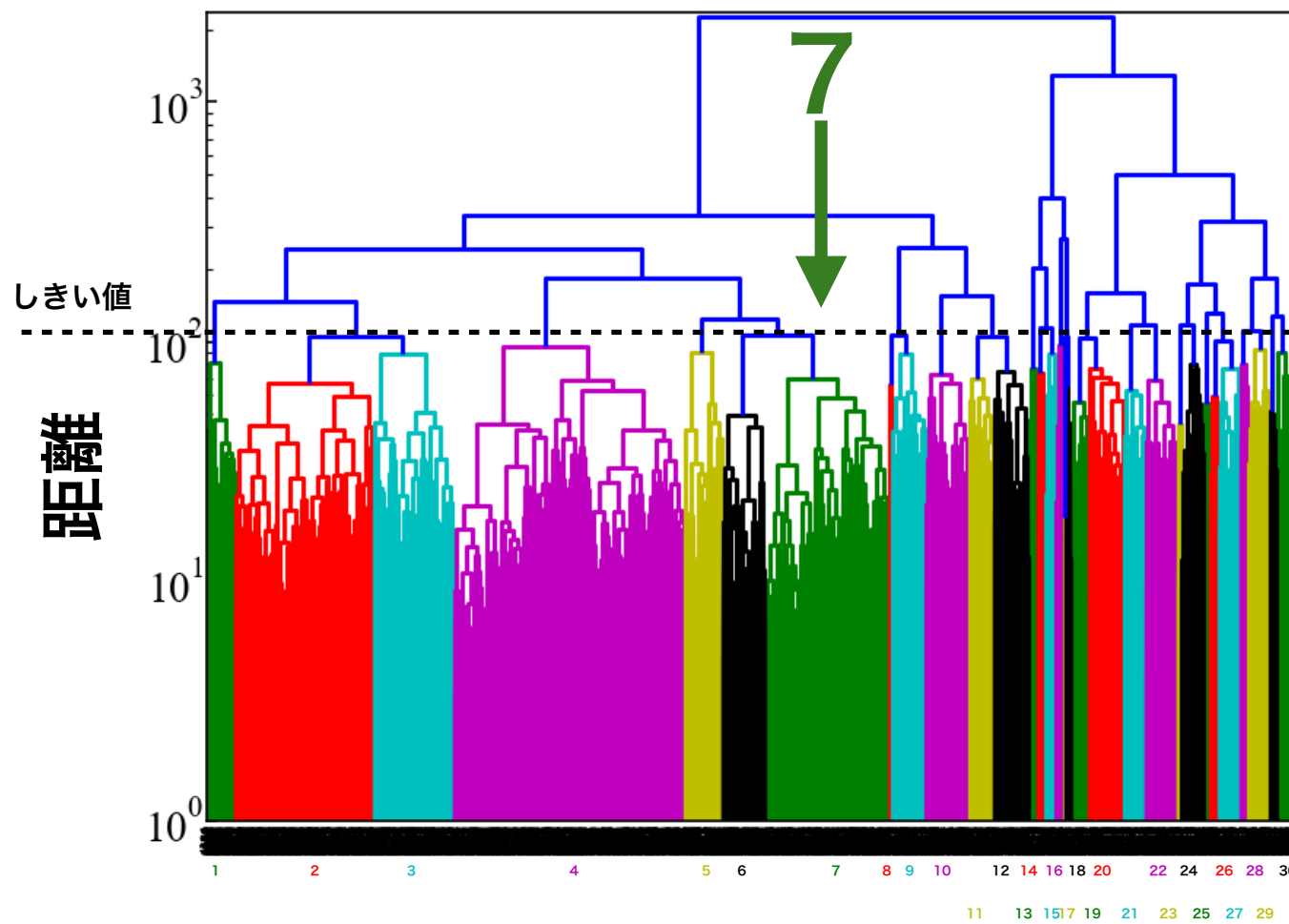
MAXI/RBMが10年間で見つけたイベントと分類

クラスタ化したイベント



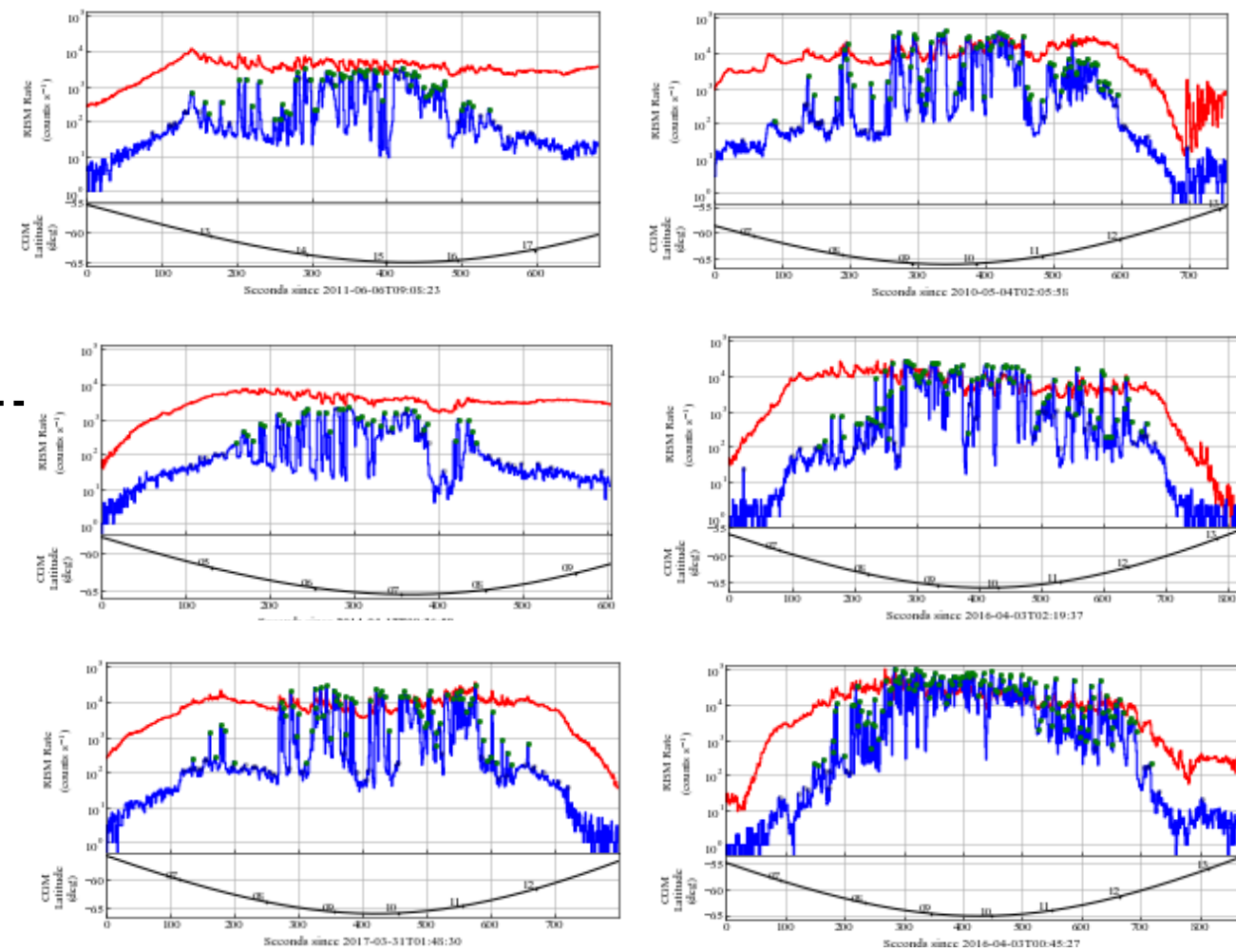
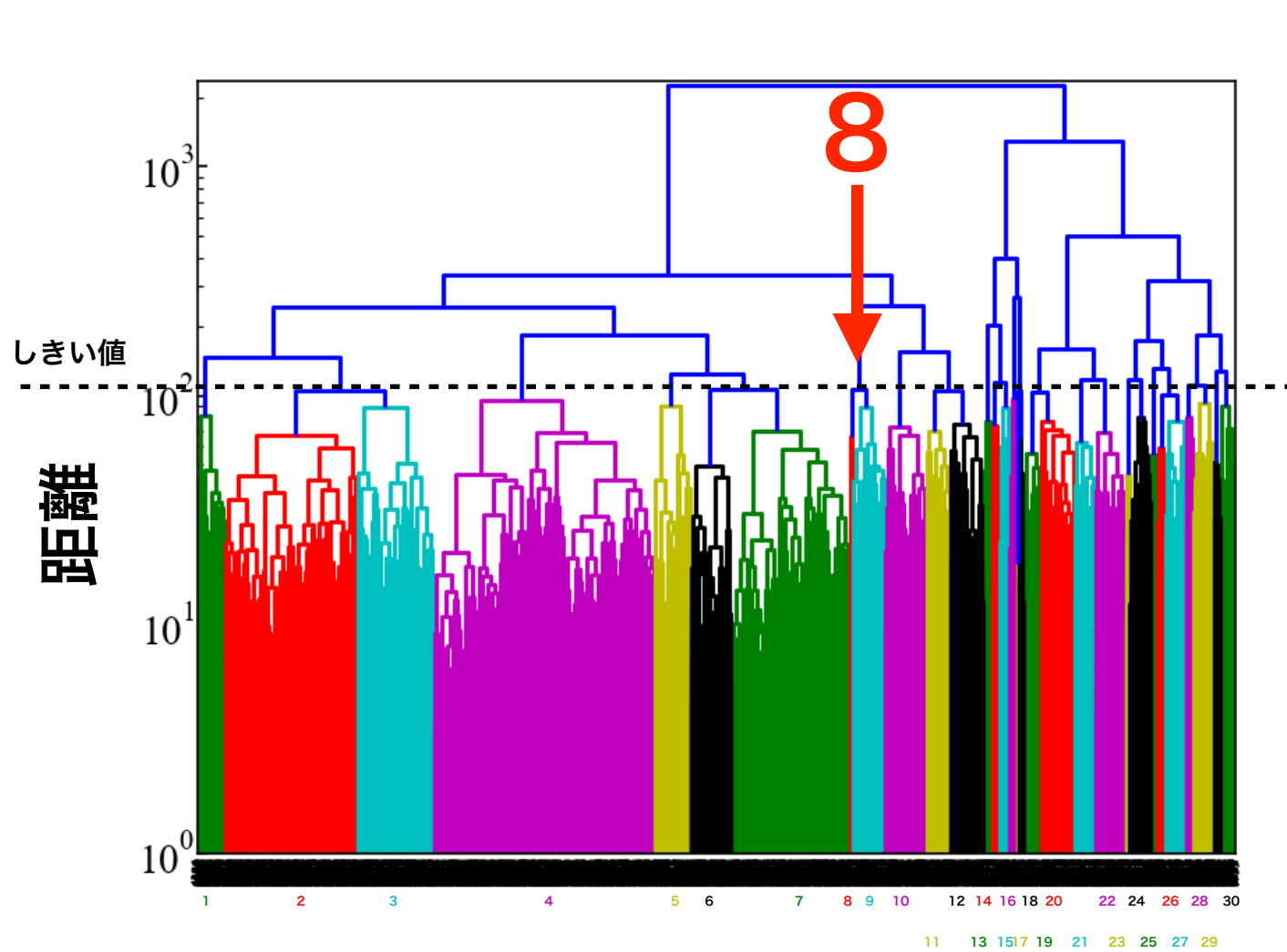
2山のイベント

MAXI/RBMが10年間で見つけたイベントと分類



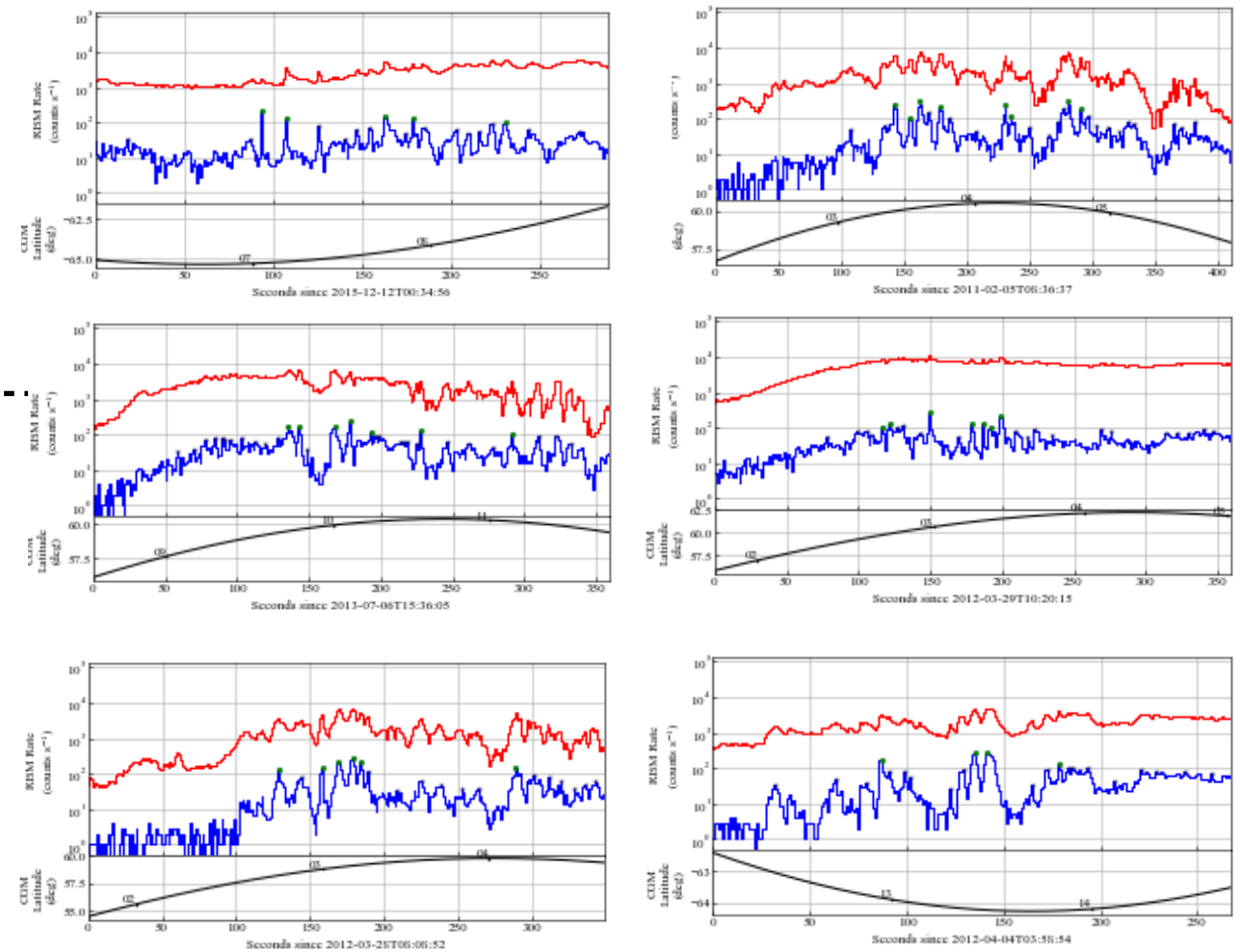
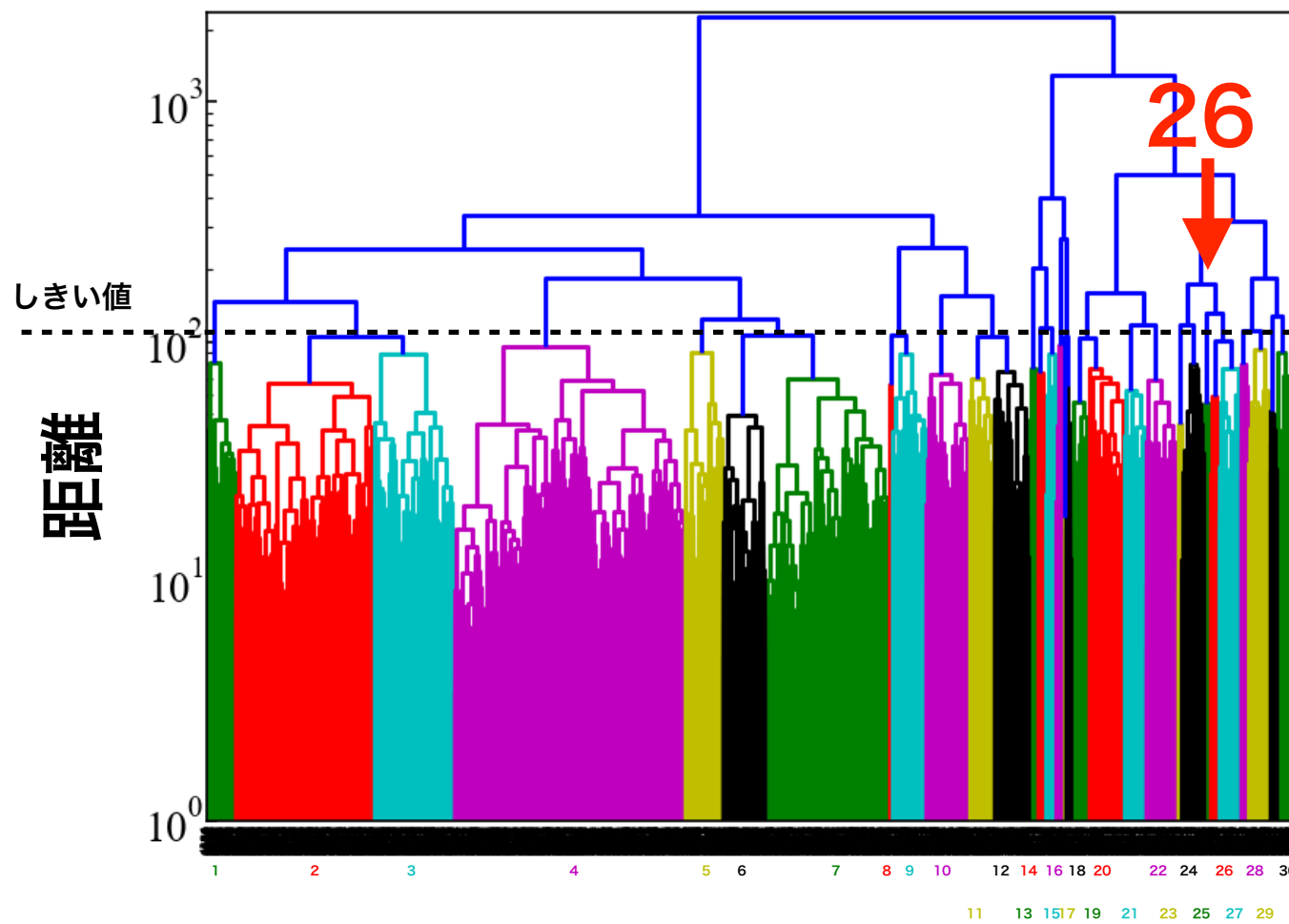
ある程度のベースライン強度があり、
急増するイベント

MAXI/RBMが10年間で見つけたイベントと分類



~1-数秒のショットが高密度に見えているイベント

MAXI/RBMが10年間で見つけたイベントと分類



~10秒で振動しているイベント

まとめとDARTSからのデータ提供状況

もともと異なる研究対象を持つデータが、
宇宙研**DARTS**に集められることで、新たな研究に繋がった。

MAXI/RBM

天文用データセットの一部としてFitsデータを提供中
それとは別にテキスト形式のデータを提供中で、今度CDF形式のデータを追加

[任意の時刻のデータを表示するWebIFを提供\(現状は個人プロジェクト\)](#)

CALET/CHD

テキスト形式とFits形式のデータを提供中

SEDA-AP/SDOM

すでに出版された論文に掲載されたデータ(2015年以降にREP候補と識別されたイベント)は論文サプリメントとして公開中。

CDF形式データの作成を完了し、Webページが準備でき次第公開(今年度末-来年度すぐ)