

国際宇宙ステーション搭載 CALETによる宇宙線観測と 宇宙天気予報

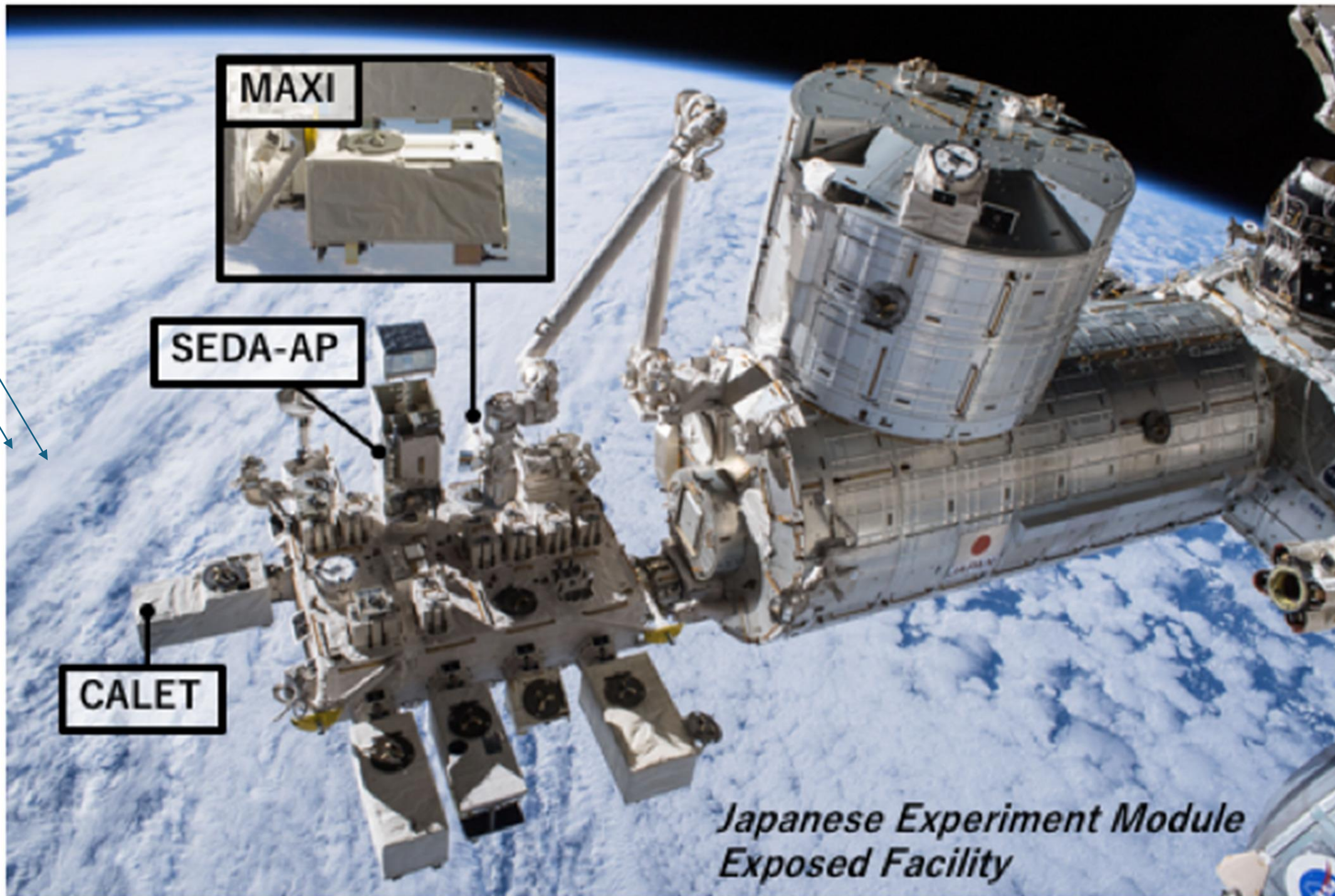
片岡龍峰（沖縄科学技術大学院大学）

放射線帯から
MeV電子が
降ってくる

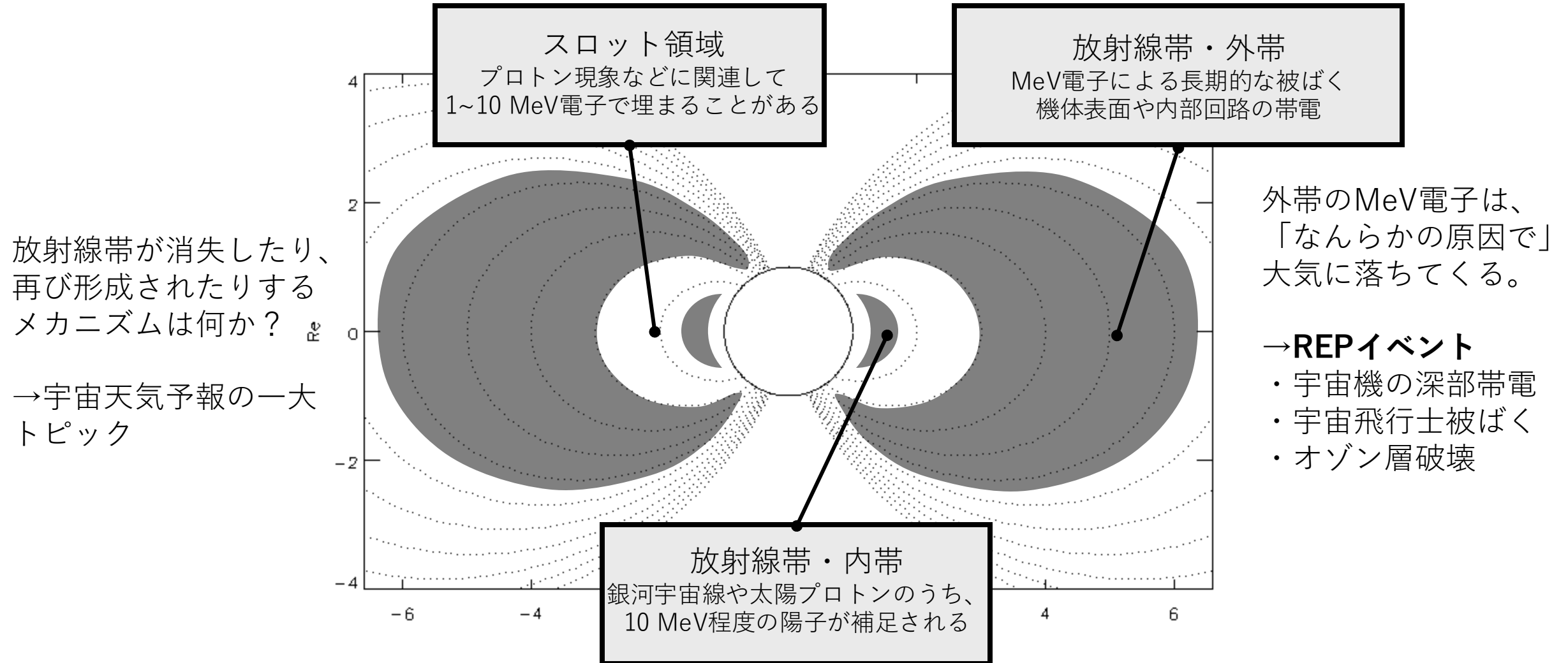
略してREP =
Relativistic
Electron
Precipitation

しかし、なぜ？

あるいは危険？

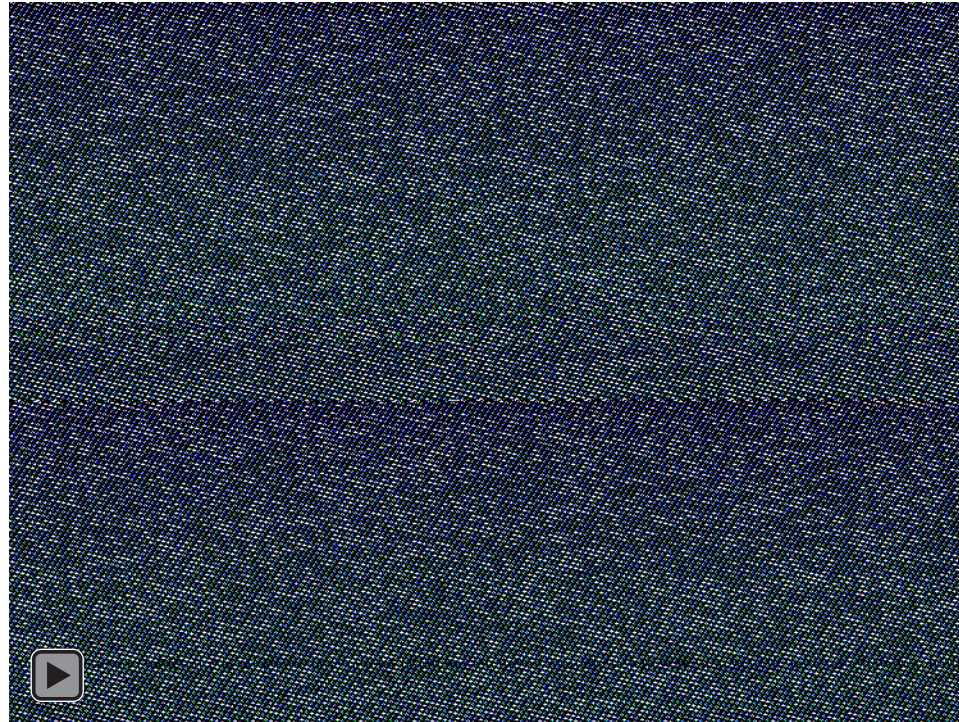


そもそも放射線帯とは？



早稲田大学で運用中の出来事

オーロラ活動によるX線ノイズが強烈だとニュースになっていた日のこと

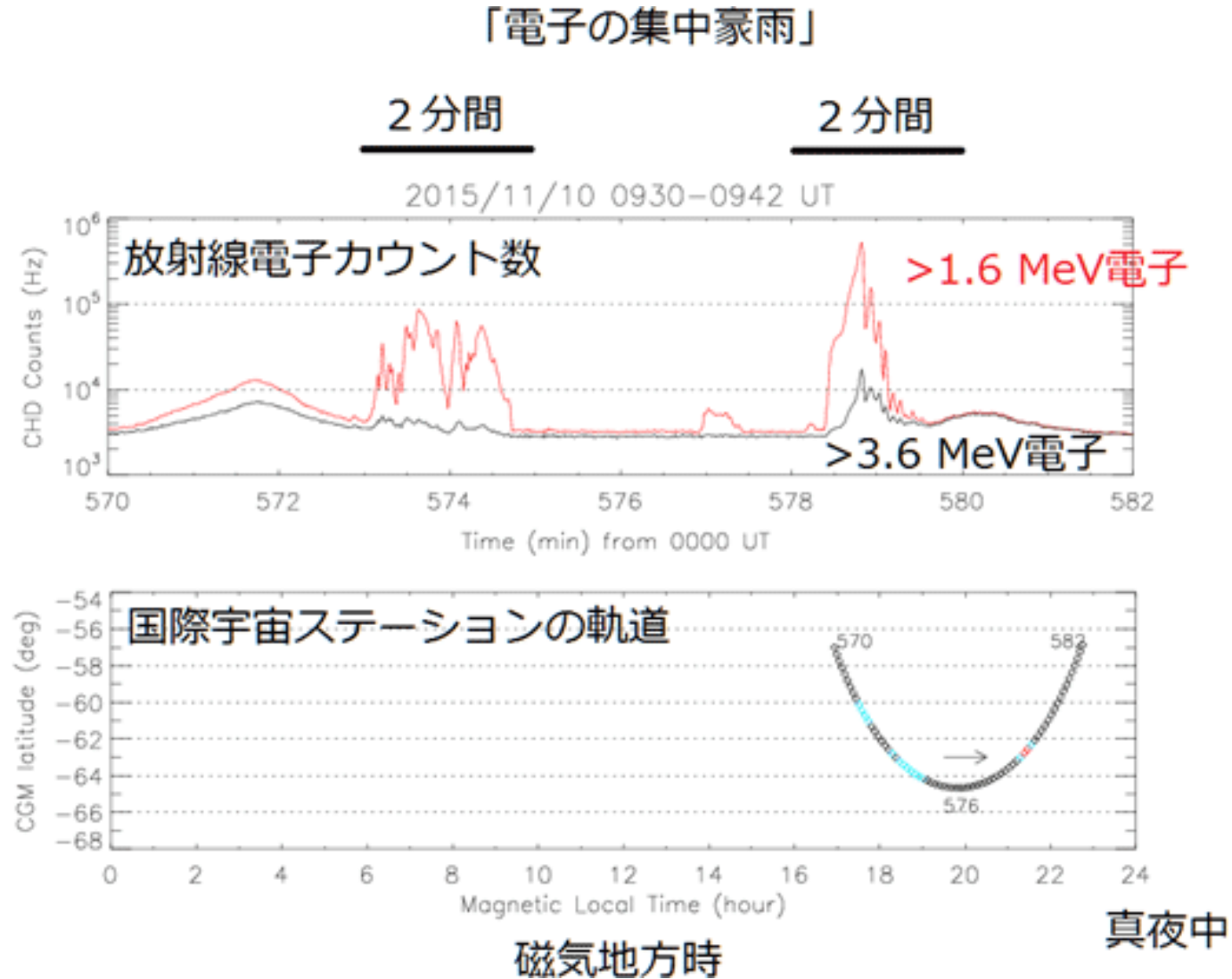


http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/01/Integral_s_X-ray_view_of_Earth_s_aurora

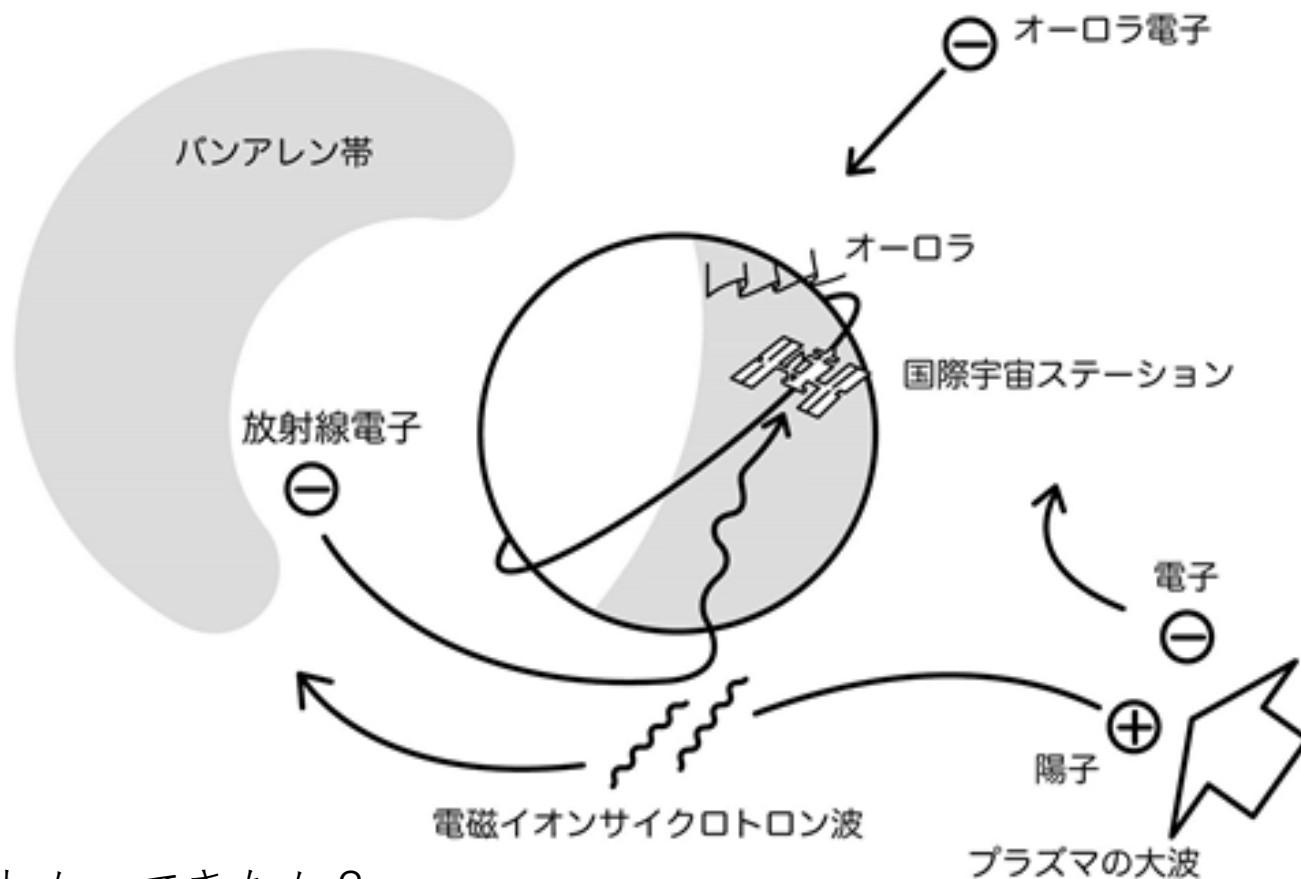
CALETで非常に高い放射線レベルを観測

略してREP =
Relativistic
Electron
Precipitation

磁気緯度



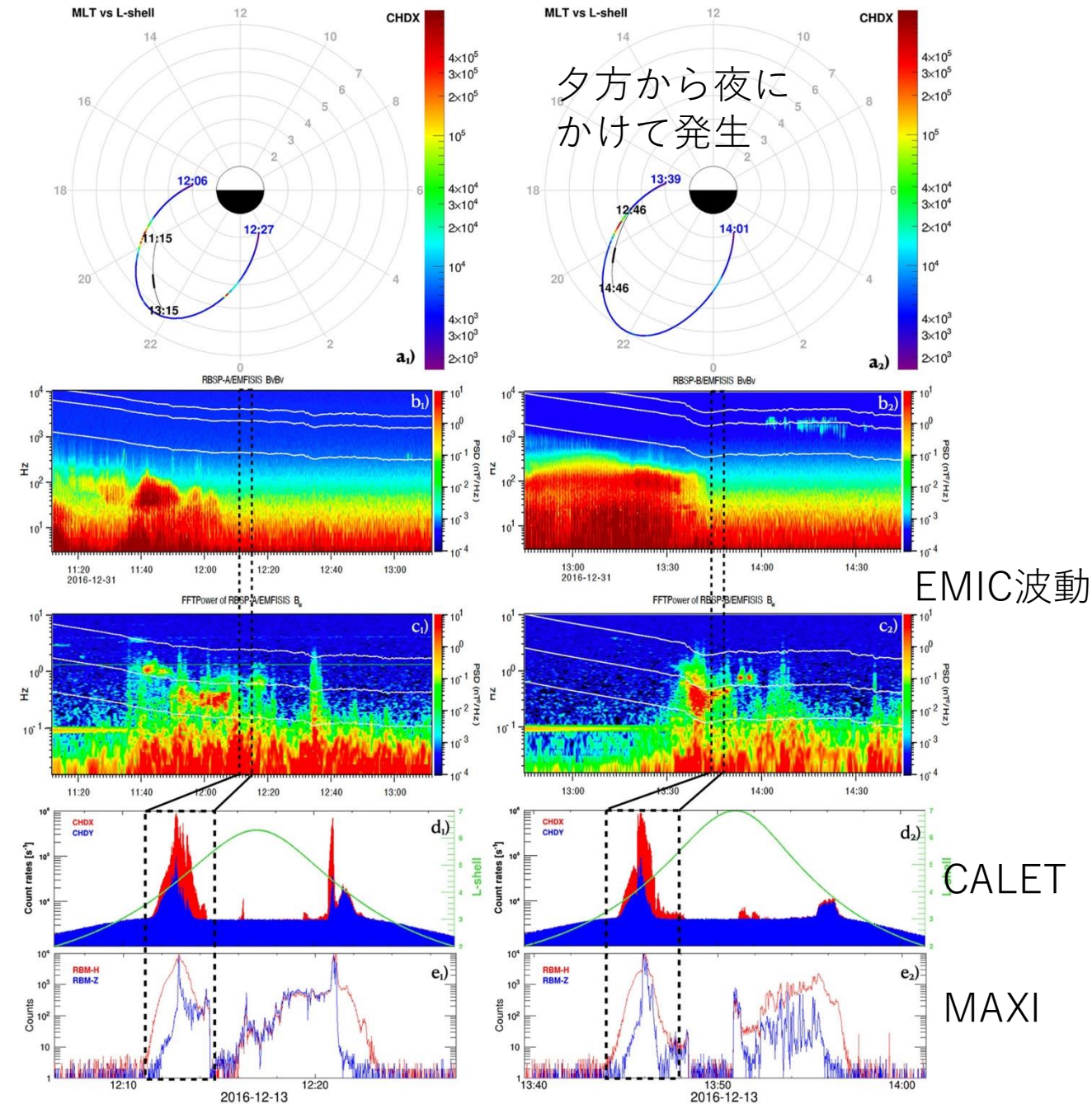
真夜中前に起こることから、電磁イオンサイクロトロン波（EMIC）が原因か？



ここから10年、
CALETの観測で何がわかってきたか？

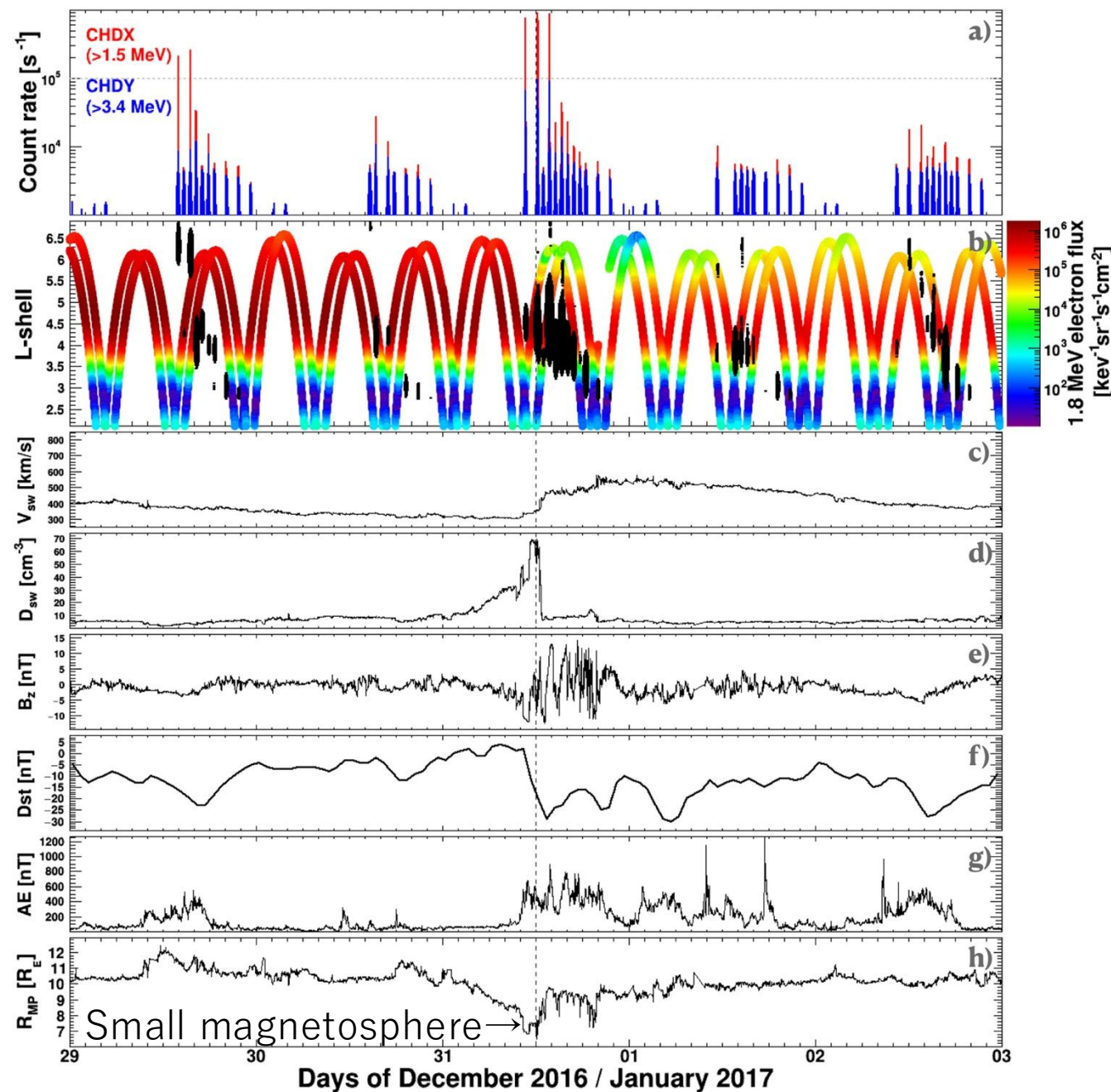
原因はEMIC

- Van Allen Probe衛星との同時観測から、EMICによるREPイベントを同定できた。



放射線帯の消失

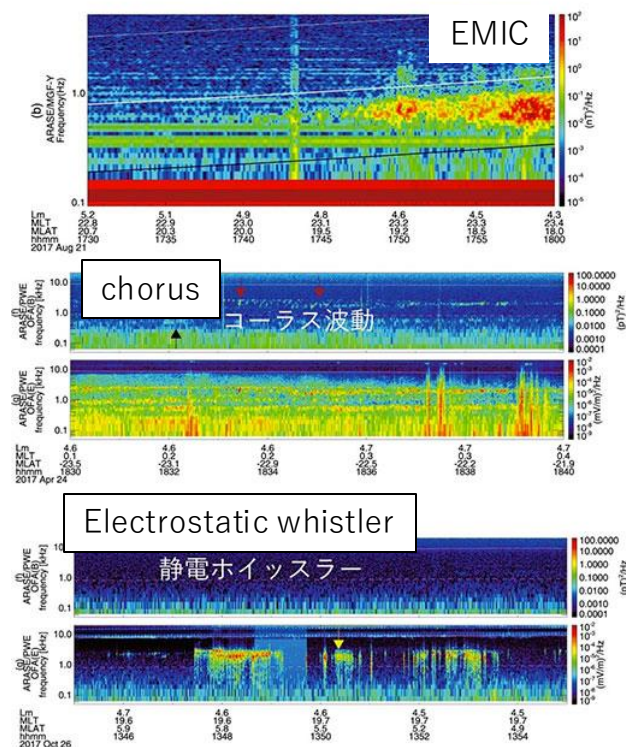
- EMIC起源のREPイベントは、確かに、放射線帯の消失と関連していた。
 - 放射線帯が突如消失したり、再び形成されたりするメカニズムは一体何か？
 - EMICが放射線帯電子を大気に叩き落して消失させていたことを同定
- 物理的な宇宙天気予測の実現への貢献



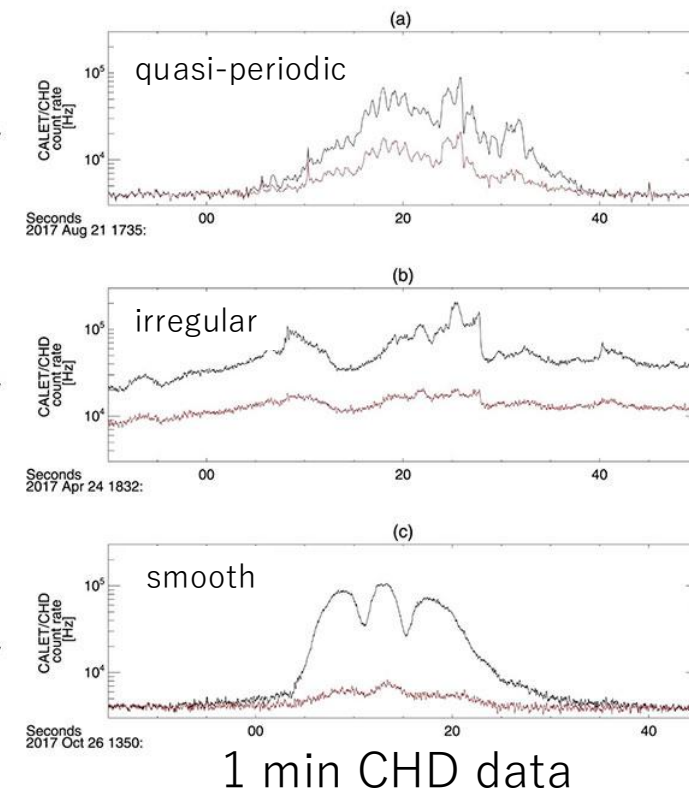
EMIC以外の原因も明らかに

- あらせ衛星との同時観測から、そう単純ではないことも明らかに。
- EMICでなく、コーラスが原因のREPも多数あることが判明
- では、EMICやコーラスの比率は？

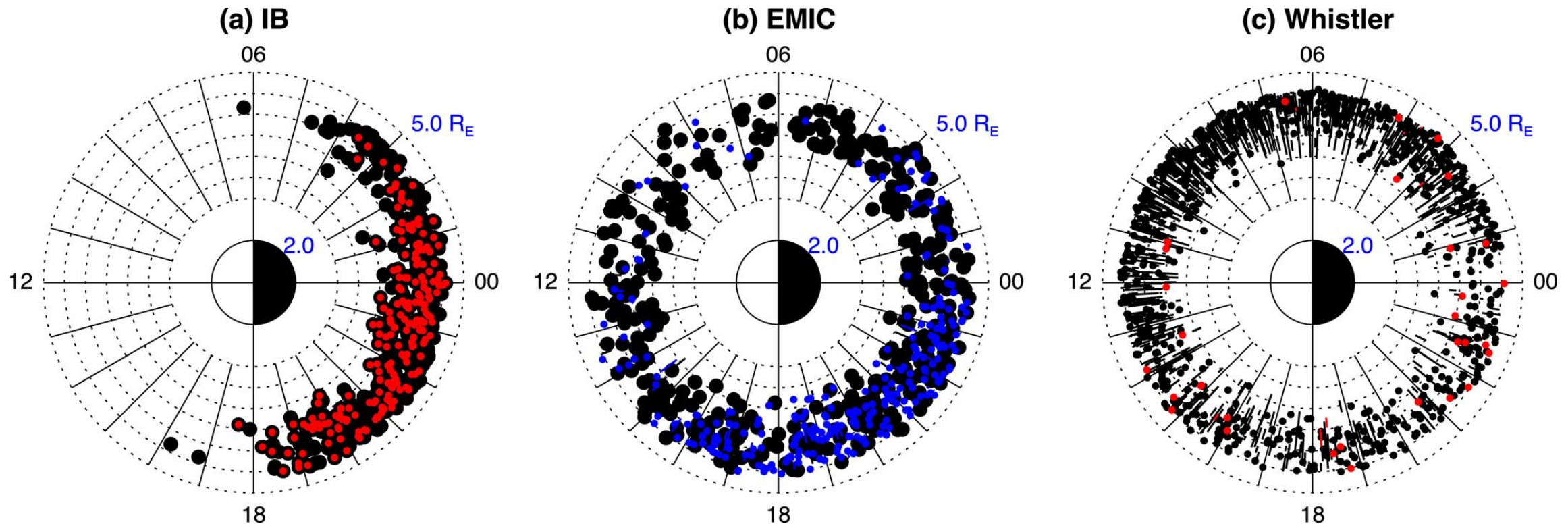
Plasma waves @ Arase



MeV e @ ISS/CALET



その他の原因（磁場曲率）も含め、コーラス起源とEMIC起源は同程度。比率は1:2:2



[Zhang et al., 2025, Geophysical Research Letters](#)

* データ公開後の、外部チームとの共同研究による成果

被ばく量は？

- 過去のSEDA-APとの同時観測から評価できる

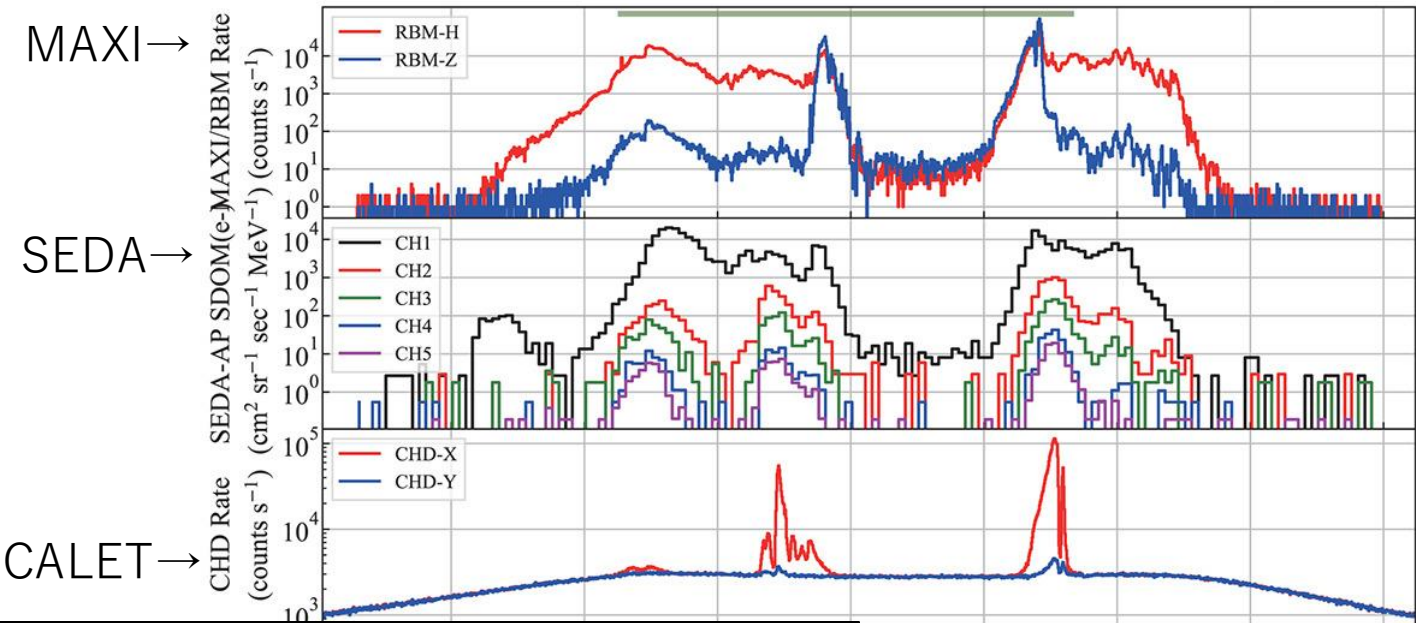
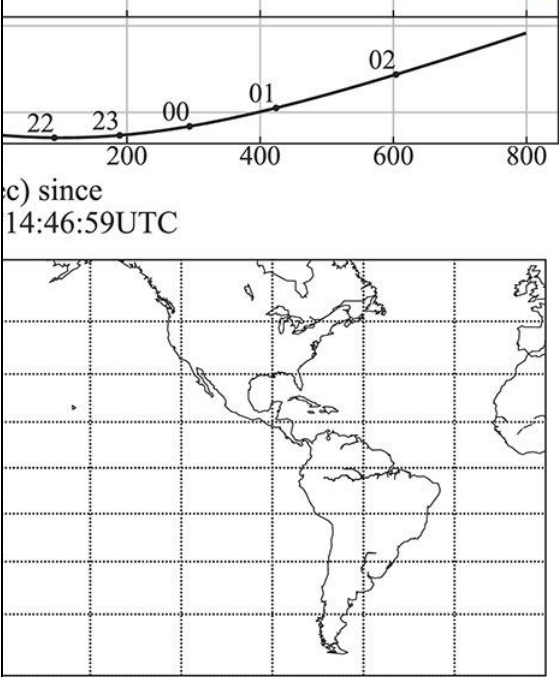


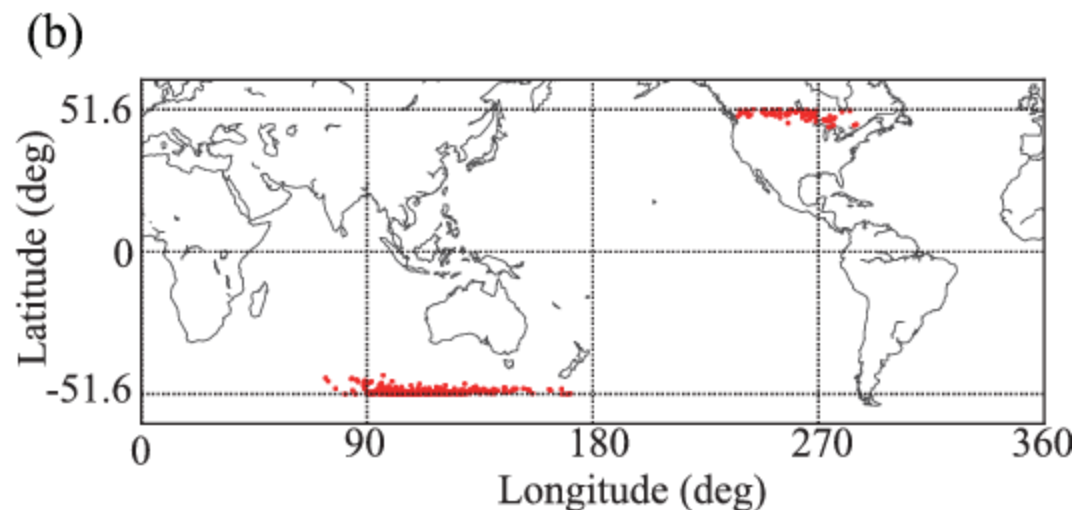
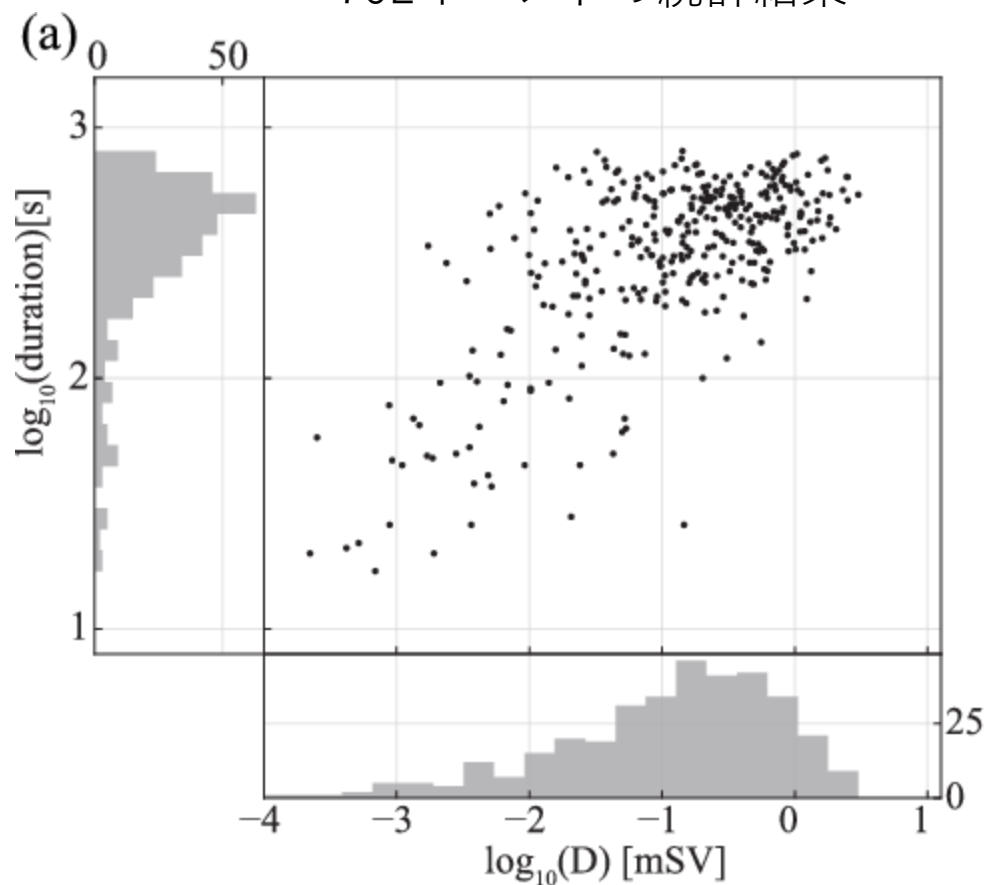
Table 3. Flux-to-Dose Conversion Coefficients in Each Energy Channels

Energy channels	Energy bin width (MeV)	Flux-to-dose conversion coefficients (pGy cm ²)
CH1	0.50	0.03
CH2	0.92	40.54
CH3	1.94	88.34
CH4	2.23	117.75
CH5	5.26	146.70



典型的に、数分間で0.1-1 mSvの被ばく

762イベントの統計結果



カナダ、あるいはオーストラリア南方、つまり磁気緯度の高い地域で発生する。

年間積算被ばく量は92 mSvであり、銀河宇宙線に比べれば被ばく量は小さいが、イベント単発では最大3 mSvに達するため、船外活動中に起これば無視できない。

まとめ

- ISS-CALETは、REPイベントの検出を通して、磁気圏のさまざまな活動を診断する基本ツールとして、宇宙天気予報に貢献してきた
 - ISSでREPが観測！？というCALETの発見 ([Kataoka+2016 GRL](#))
 - SEDAとの同時観測→被ばく量は最大でmSv程度 ([Ueno+2019 SW](#))
 - あらせ同時観測→EMIC以外にコーラスも重要 ([Kataoka+2020 JGR](#))
 - RBSP同時観測→放射線帯電子が同時消失する ([Bluno+2021 GRL](#))
 - ELFIN同時観測→EMICとコーラスの比率が明らかに ([Zhang+2025 GRL](#))
- CHDデータ公開後、論文は多く出版され、関連研究は拡大中
 - 例1：REPのAI判定による長期統計
 - 例2：REPの下ではどんなオーロラが発光しているのか？

謝辞

- つくば宇宙センター（TKSC）におけるCALET運用への完璧なサポートについて、JAXA運用担当のスタッフの皆さんに感謝します。
- 本研究は科学研究費基盤(S)24H00025（2024-2028年度）の支援を受けて実施されています。