



国立研究開発法人

情報通信研究機構

宇宙天気ミニ講座 磁気圏

国立研究開発法人 情報通信研究機構

電磁波研究所 宇宙環境研究室 研究員

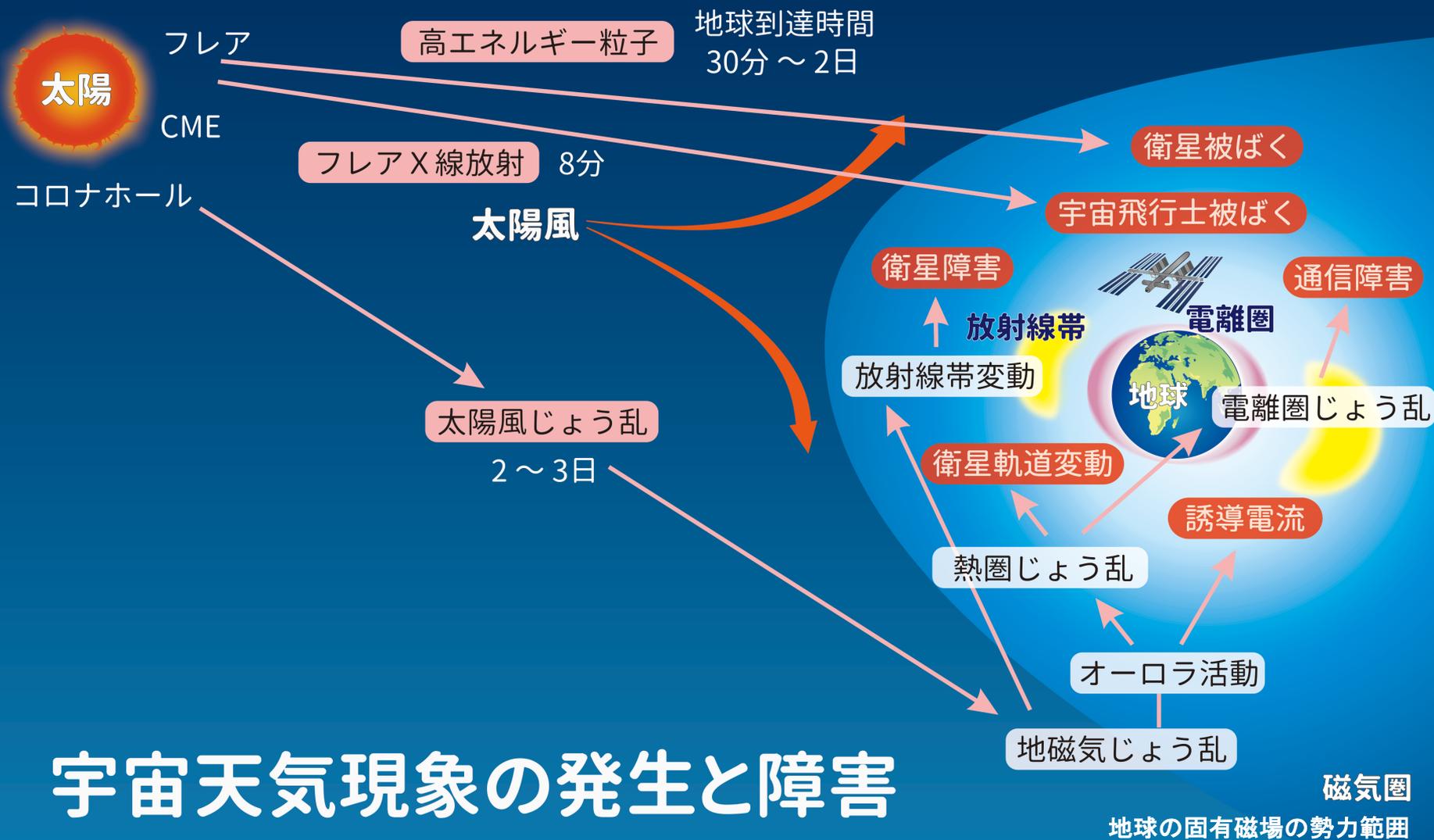
齊藤慎司

第14回宇宙天気ユーザーズフォーラム

2019年11月11日

日本科学未来館(7階 未来館ホール)

太陽 - 太陽風 - 磁気圏 - 電離圏 - 地上



宇宙天気現象の発生と障害

磁気圏が乱れた場合に 起きえること



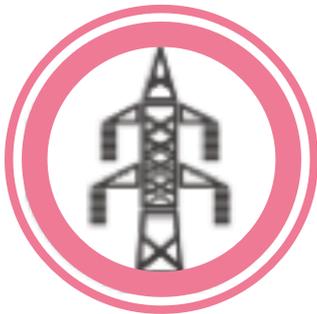
人工衛星の不具合

- 磁気圏が乱れたときにもなうようなプラズマ環境の変化によって帯放電を起こす



オーロラの出現

- 上空を通過する衛星に影響を及ぼす
- 強く磁気圏が乱れると、日本のような低緯度でもオーロラが観測される



電力網への負担

- 磁気圏の乱れを原因として地表面に電場が誘導され、送電網に直流電流が流れる

地上電力網や人工衛星に 負担を掛ける要因

- **地磁気擾乱**
- **放射線帯変動**

地上電力網に負担を掛ける 要因

- **地磁気擾乱**

- サブストーム
- 環電流

- 放射線帯変動

プラズマ 物質第4の状態

温度:低

温度:高



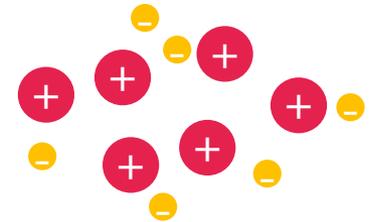
個体



液体



気体



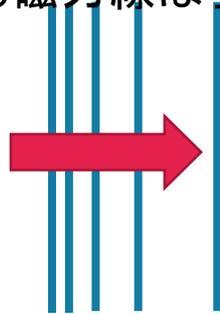
プラズマ
(電離気体)

荷電粒子のまとまりであるが故に、電場や磁場と密接に関わる

プラズマの諸性質

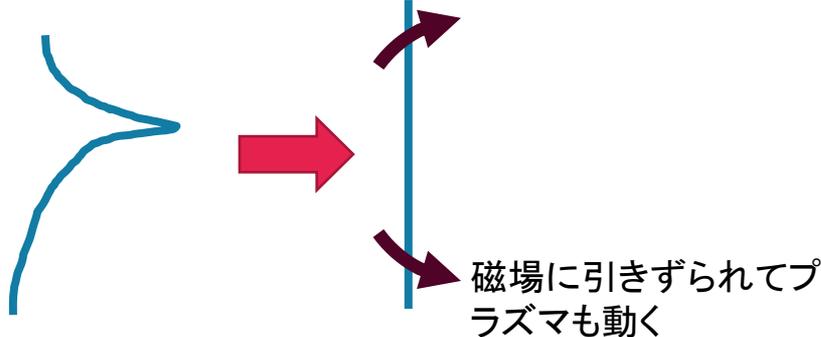
1. 磁場凍結

流れと交差する磁力線は引きずられる



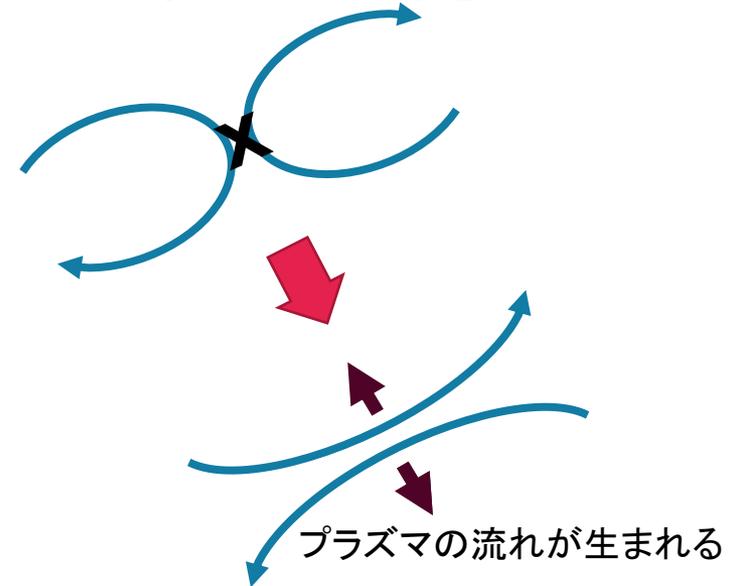
2. 磁気張力

曲がっていたらまっすぐになろうとする



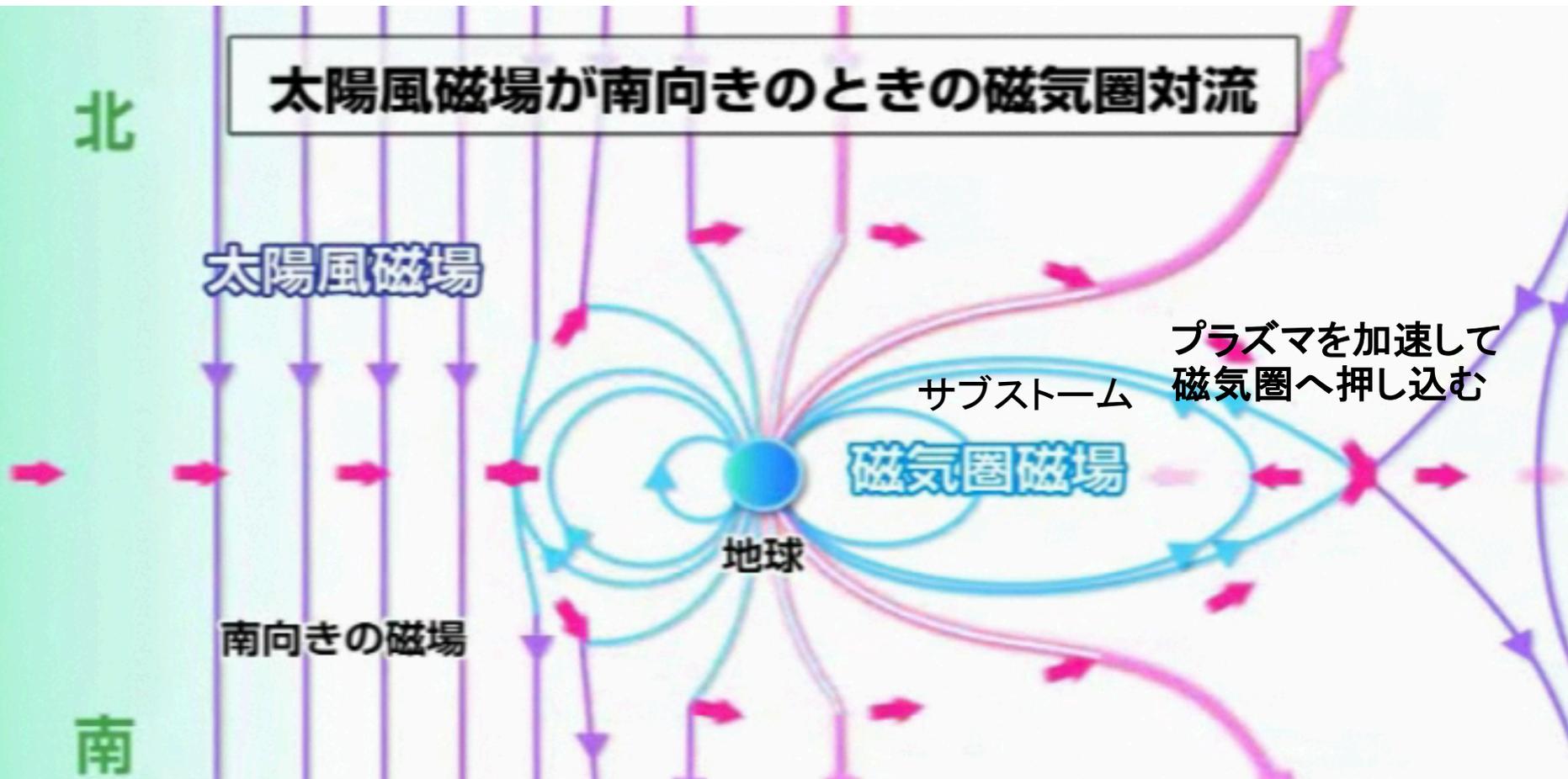
3. 磁気再結合

逆方向の磁力線が近づくと繋ぎかわる



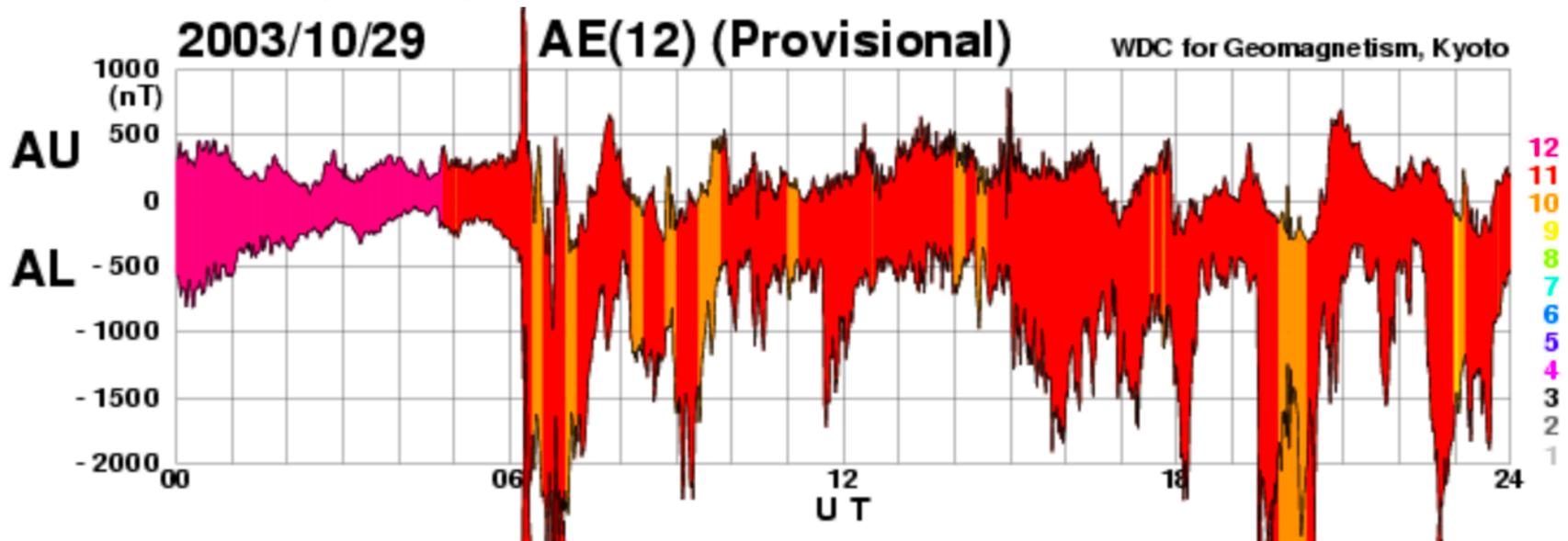
地磁気擾乱原因1:サブストーム

サブストーム:尾部側からのエネルギーが高緯度電離層と磁気圏に運ばれる一過性の現象。オーロラや磁場の乱れに代表される。



高緯度で観測された地磁気擾乱 - HALLOWEEN STORM 2003 -

AE (AU-AL) index: オーロラの中に流れる電離層電流擾乱の指標



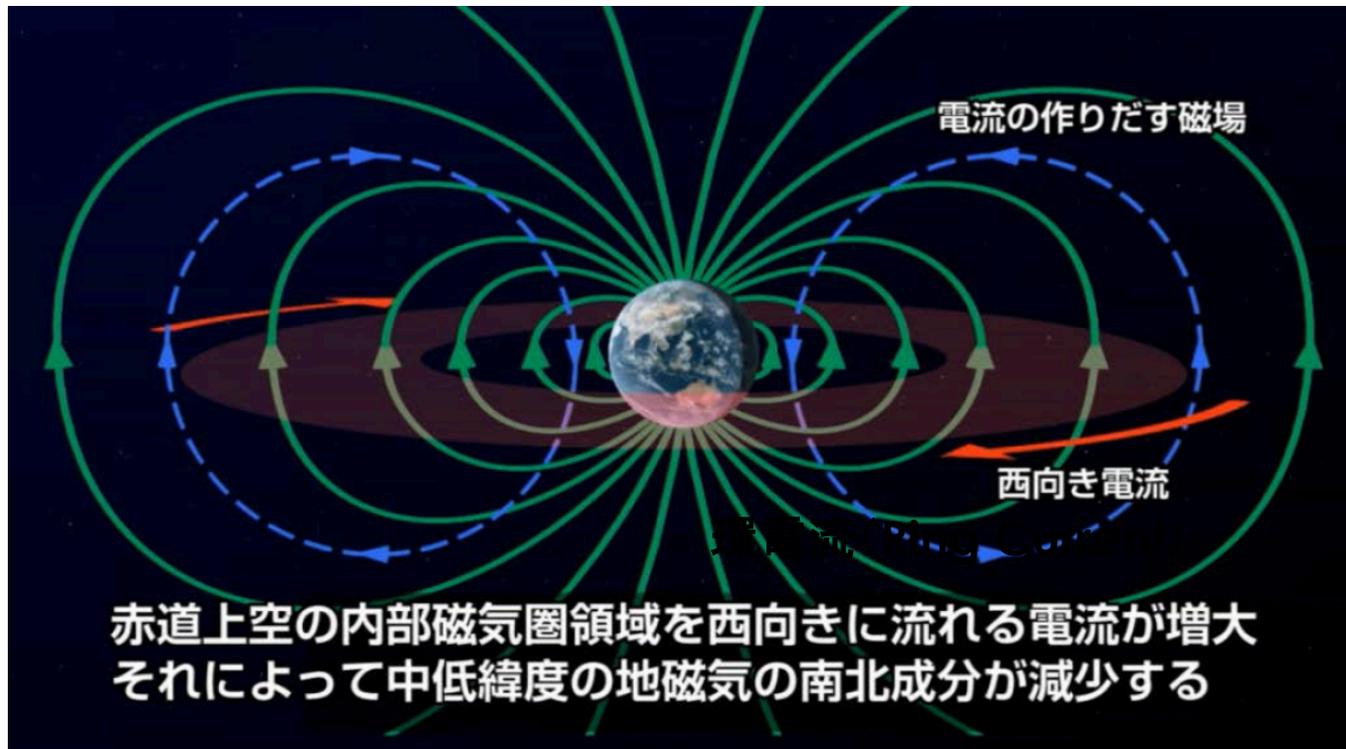
<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/aedir/index-j.html>

緯度65-70° 付近の12観測点で得られた磁場変動をもとに計算

高緯度付近の地磁場の数%程度の変動を引き起こす

地磁気擾乱原因2：環電流

環電流：磁気圏中に流れる大規模な西向き電流。低緯度の地磁場を減少させる。



環電流発展による地磁気擾乱：磁気嵐

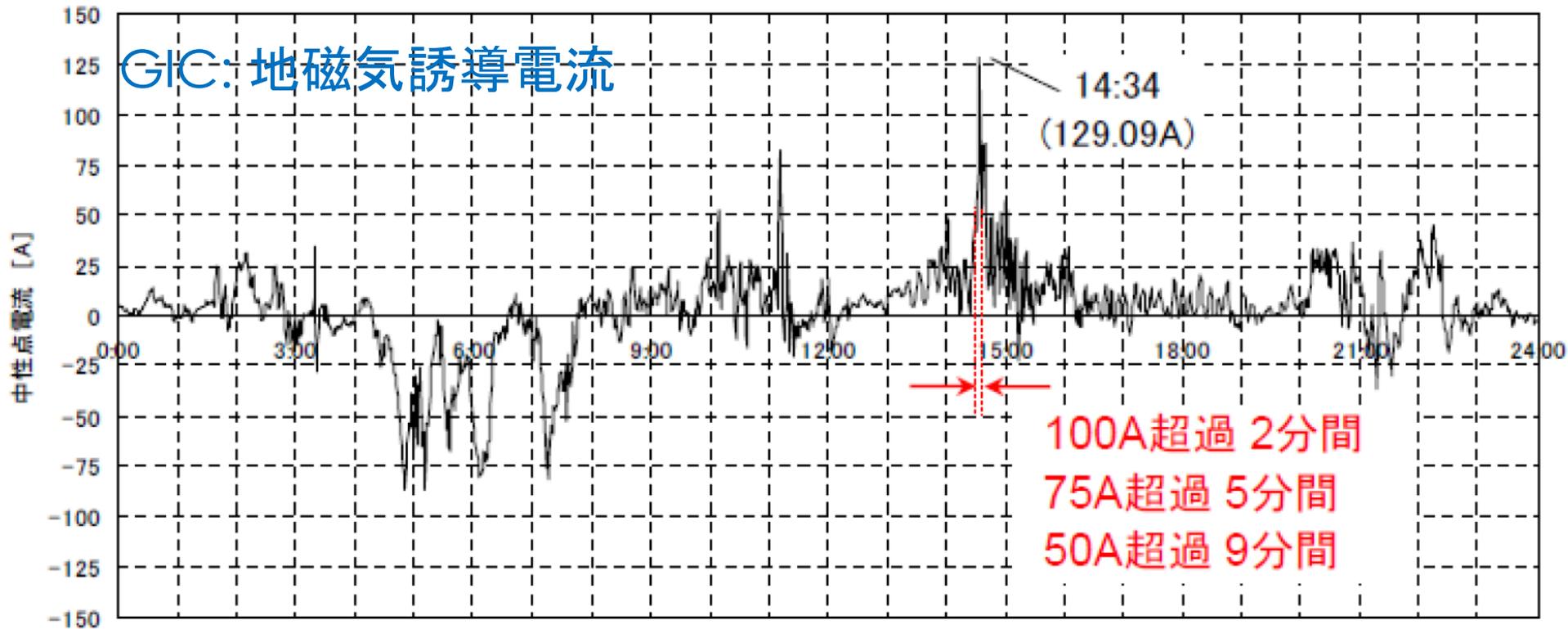
中低緯度での地磁気擾乱



中低緯度での地磁気観測所で観測された磁場変動(Dst指数)

Dst < -50nT: 磁気嵐

HALLOWEEN STORM時の 地磁気誘導電流



日本の GIC 測定波形 (2003 年 10 月 31 日 : 24 時間)

太陽風擾乱から地磁気擾乱までのシナリオ



人工衛星に負担を掛ける 要因

- 地磁気擾乱

- 放射線帯変動

放射線帯

- 人工衛星の脅威: KILLER ELECTRON -

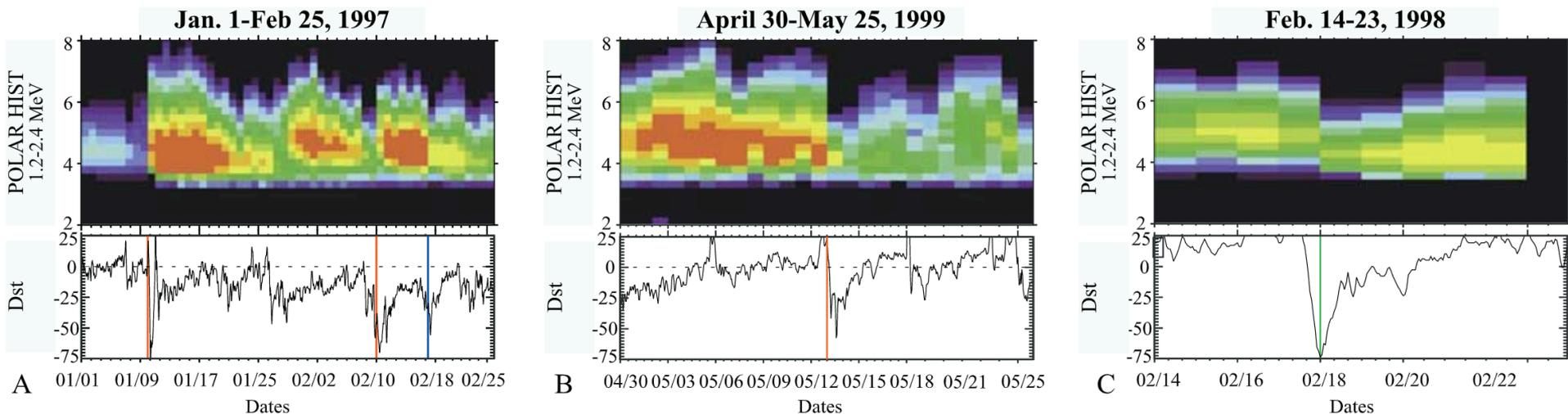
静止軌道衛星は外帯
の外側付近に位置する



内帯…高エネルギーの陽子がたまっている
外帯…高エネルギーの電子がたまっている

電子放射線帯の分布と時間変動

磁気嵐の発生に伴い、急激(数日以内)に増えたり減ったりする。



増えるとは: エネルギーの低い電子が加速されてきてる

減るとは: 磁気圏の外へ逃げるか電離圏に衝突してエネルギーを失う

1MeV: 10^6eV (光速の80%程度の速度を持つ電子のエネルギー)

放射線帯電子の増減要因 - 磁気圏のゆさぶり -

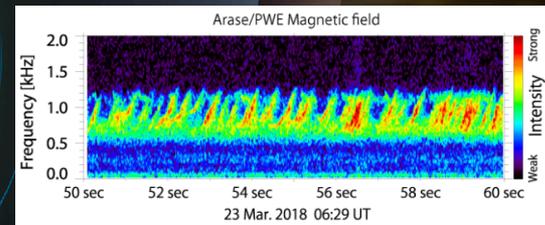
太陽風

磁気圏全体の揺さぶり(数mHzぐらい)

□ 磁場の揺れ方によっては電子が加速される

局所的な揺さぶり(数kHzぐらい)

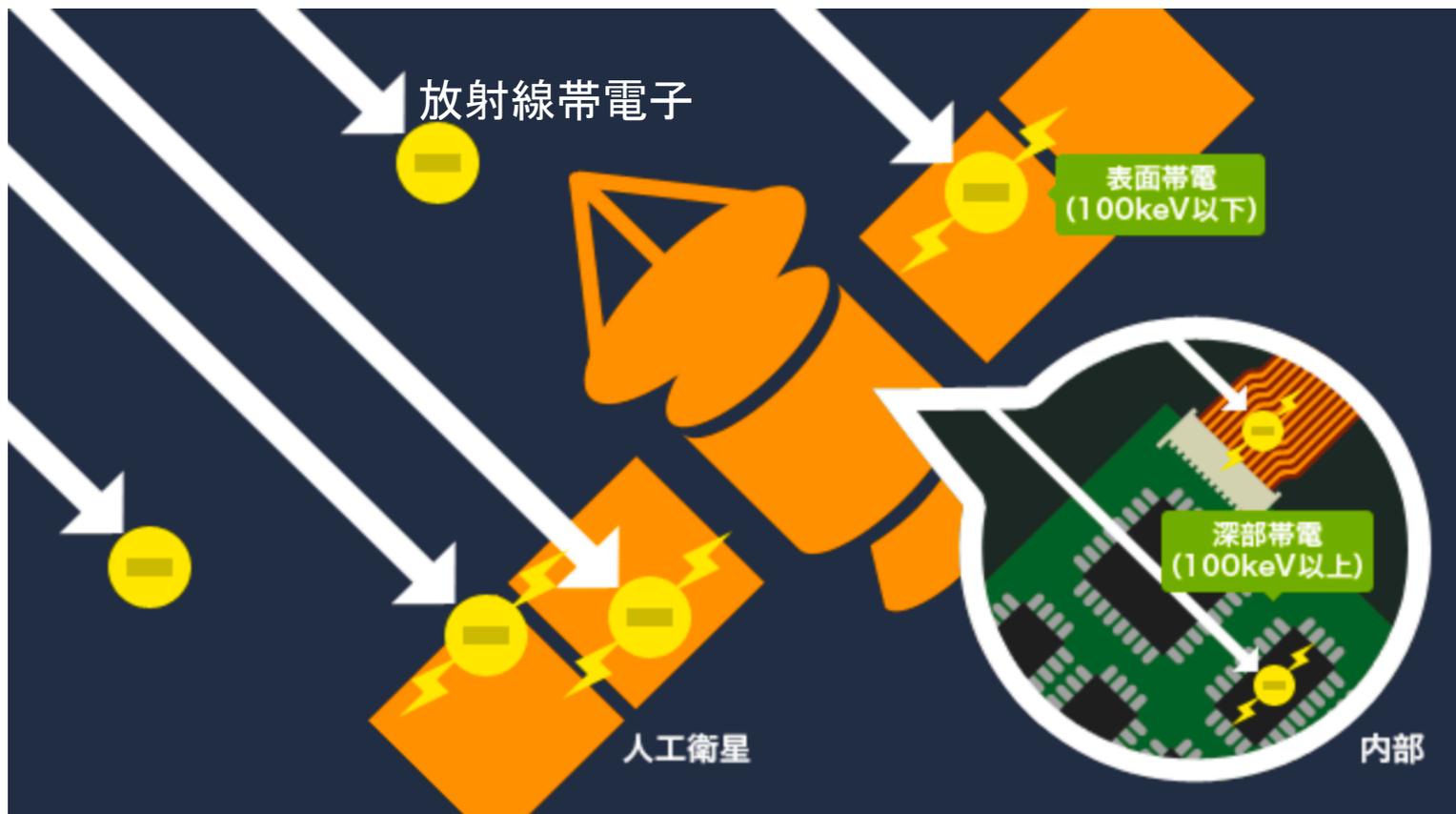
□ 可聴域を含む波で電子が加速される



<https://ergsc.isee.nagoya-u.ac.jp/outreach/sound.shtml.ja>

地球磁気圏と太陽風との境界

人工衛星への影響



「みどり2号」衛星への障害 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/04080901.htm)

- Halloween-Storm時、通常より2桁程度高い高エネルギー電子(>30keV)をオーロラ帯で受けたもよう (NOAA-17観測より)
- 太陽電池パドルの大電力ハーネス束の異常により電力供給が途絶したと考えられる
- 表面帯電を原因とした持続放電が隣接する多数の回路に影響を及ぼしている可能性を指摘

宇宙天気ミニ講座 磁気圏 地磁気擾乱・放射線帯

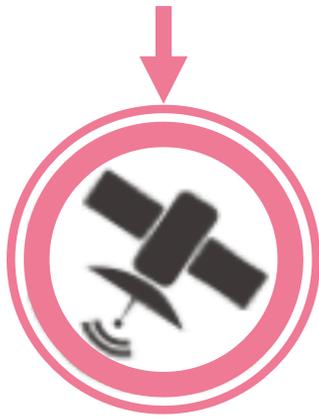
まとめ

地球磁気圏中の振る舞いに端を発する現象

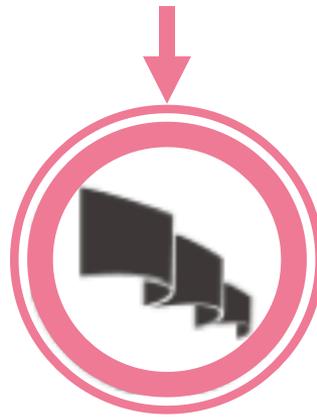
放射線帯変動
サブストーム

サブストーム

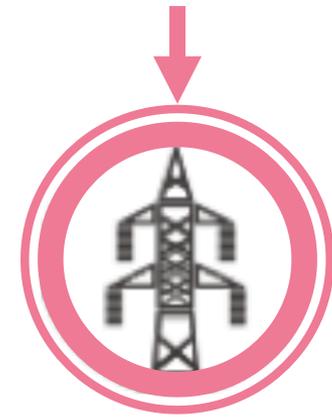
地磁気擾乱



人工衛星への影響



オーロラの発生



電力網への負担



- TAKE HOME MESSAGE -

**地球磁気圏の振る舞いが、地上電力網
や人工衛星に負担をかける**

ご静聴ありがとうございました。