



科学技術と文化総合講義 (宇宙と地球の科学)

片岡龍峰

第4回: 2012年5月7日

「磁気嵐と大停電」



日食の観察で やってはいけないこと

やってはいけないこと

太陽はたいへん強い光と熱を出しています。部分食のときには、太陽の一部は月によって隠されていますが、光や熱が強いことに変わりはありません。正しい方法で観察しないと、目を痛めたり、最悪の場合失明したりする危険性があります。

以下のようなことは、目を痛めますので**絶対にやってはいけません**。



肉眼で直接太陽を見る
(数秒でも危険です)



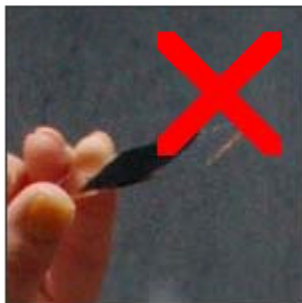
望遠鏡や双眼鏡を使う
(※1)



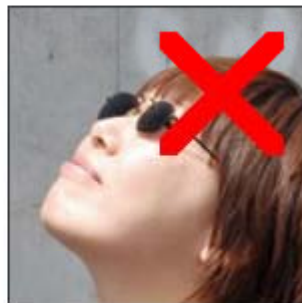
下敷きやCDを使う



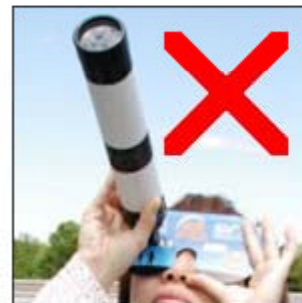
フィルムの切れ端を使う
(※2)



すずをつけたガラス板を使う



サングラスやゴーグルを使う



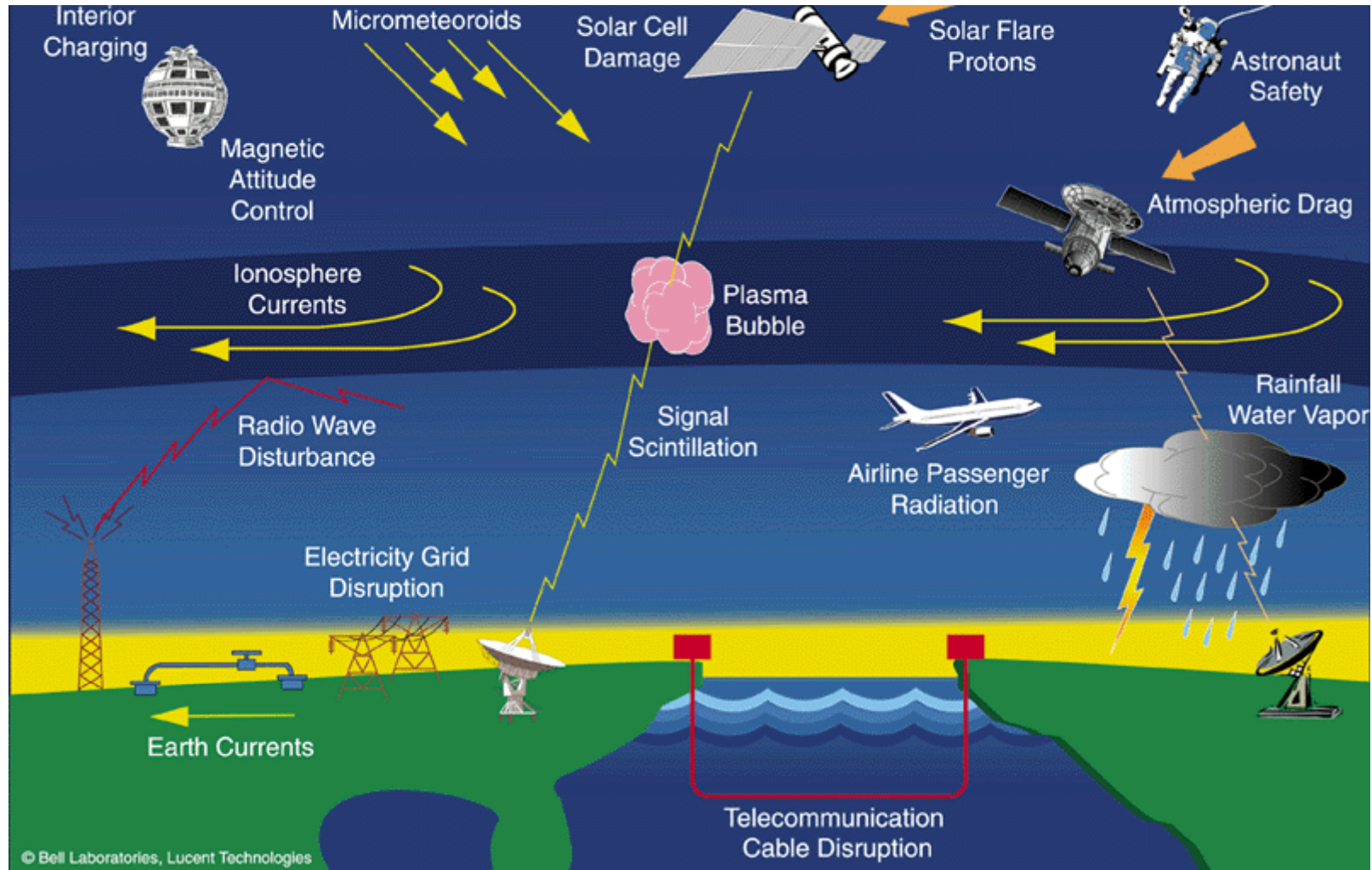
日食グラスを使って
望遠鏡や双眼鏡をのぞく

授業内容

- 1. 授業ガイダンス(オーロラ上映あり) 4月16日
- 2. 太陽地球環境1(大地から太陽系の果てまで)
- 3. 太陽地球環境2(生命を守る3つの盾「太陽風・地磁気・大気」) 4月23日
- 4. 太陽地球環境3(生命を脅かす3つの槍「宇宙線、宇宙塵、太陽紫外線」) 4月30日
- 5. 宇宙災害1(磁気嵐と大停電) 5月7日
- 6. 宇宙災害2(放射線帯と人工衛星障害) 5月21日(休講) 5月14日
- 7. 宇宙災害3(銀河宇宙線と太陽放射線被ばく) 5月28日
- 8. 宇宙天気予報1(世界の宇宙天気モニター) 6月4日
- 9. 宇宙天気予報2(宇宙天気の数値予報) 6月18日(休講) 6月11日
- 10. 太陽気候関係1(マウンダー極小期と魔女狩り) 6月25日(休講)
- 11. 太陽気候関係2(宇宙線雲仮説) 7月2日
- 12. 宇宙史と地球史1(暗い若い太陽のパラドックス) 7月9日
- 13. 宇宙史と地球史2(超新星と大絶滅) 7月16日
- 14. 宇宙史と地球史3(暗黒星雲と雪玉地球) 7月23日
- 15. まとめ

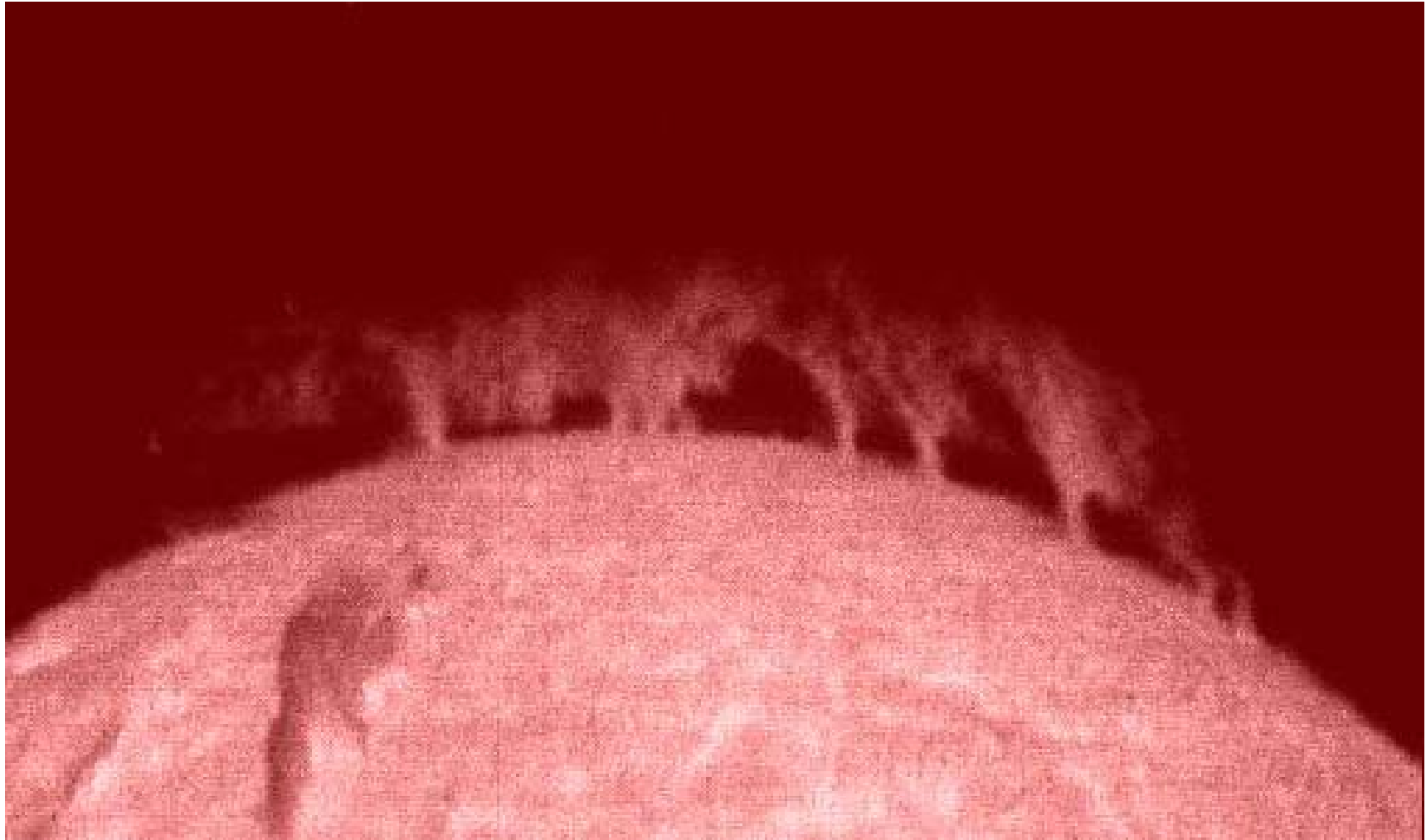
* 授業の内容は進み具合や最新の話題に合わせて適宜調整します。

宇宙災害



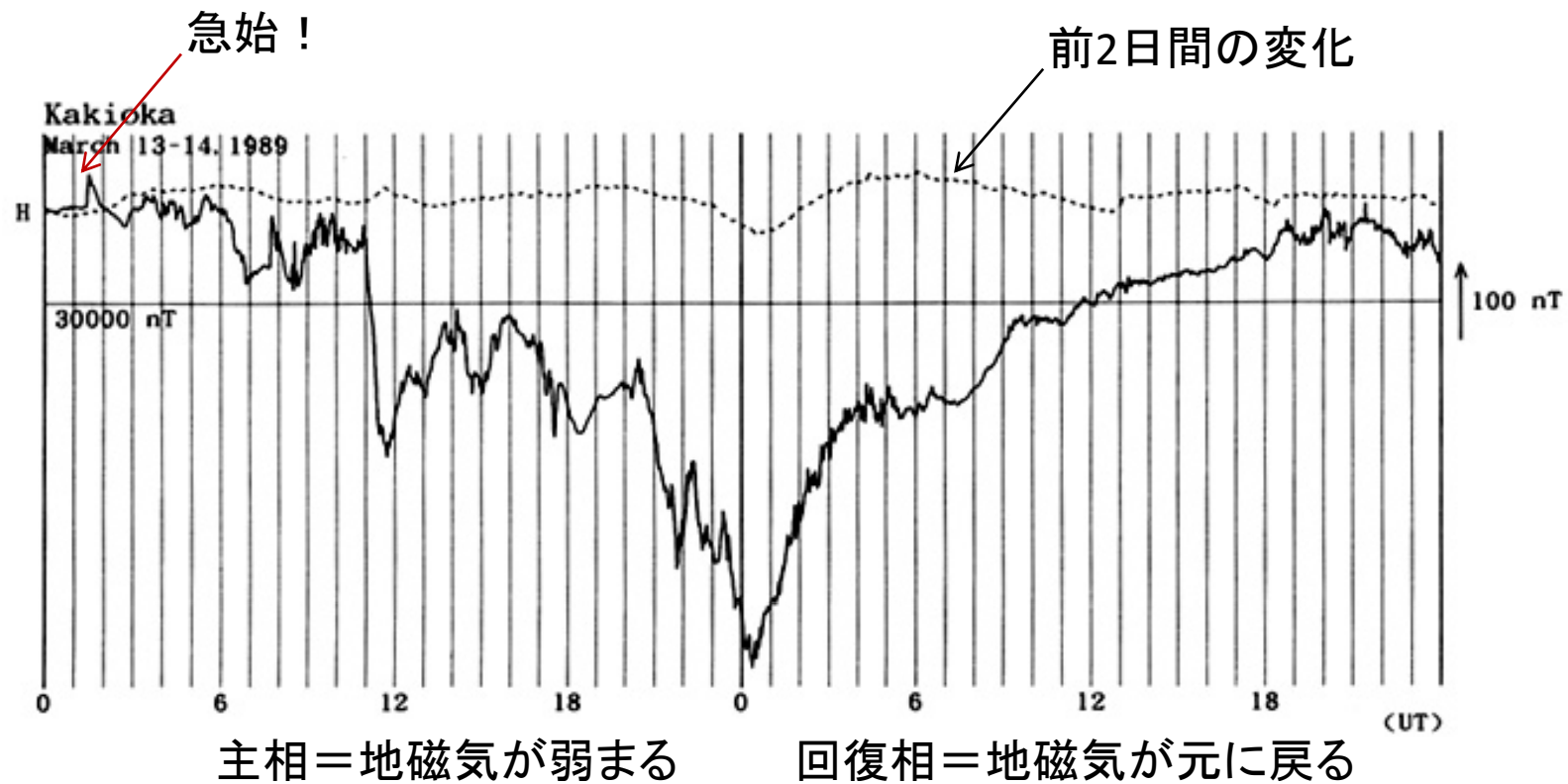
The effects of magnetic storms - what scientists call space weather - extend from the ground to geostationary orbit and beyond.

1945年プロミネンス：磁気嵐のもと



過去50年最大の磁気嵐

- 磁気嵐では、世界中で地磁気が乱れる。



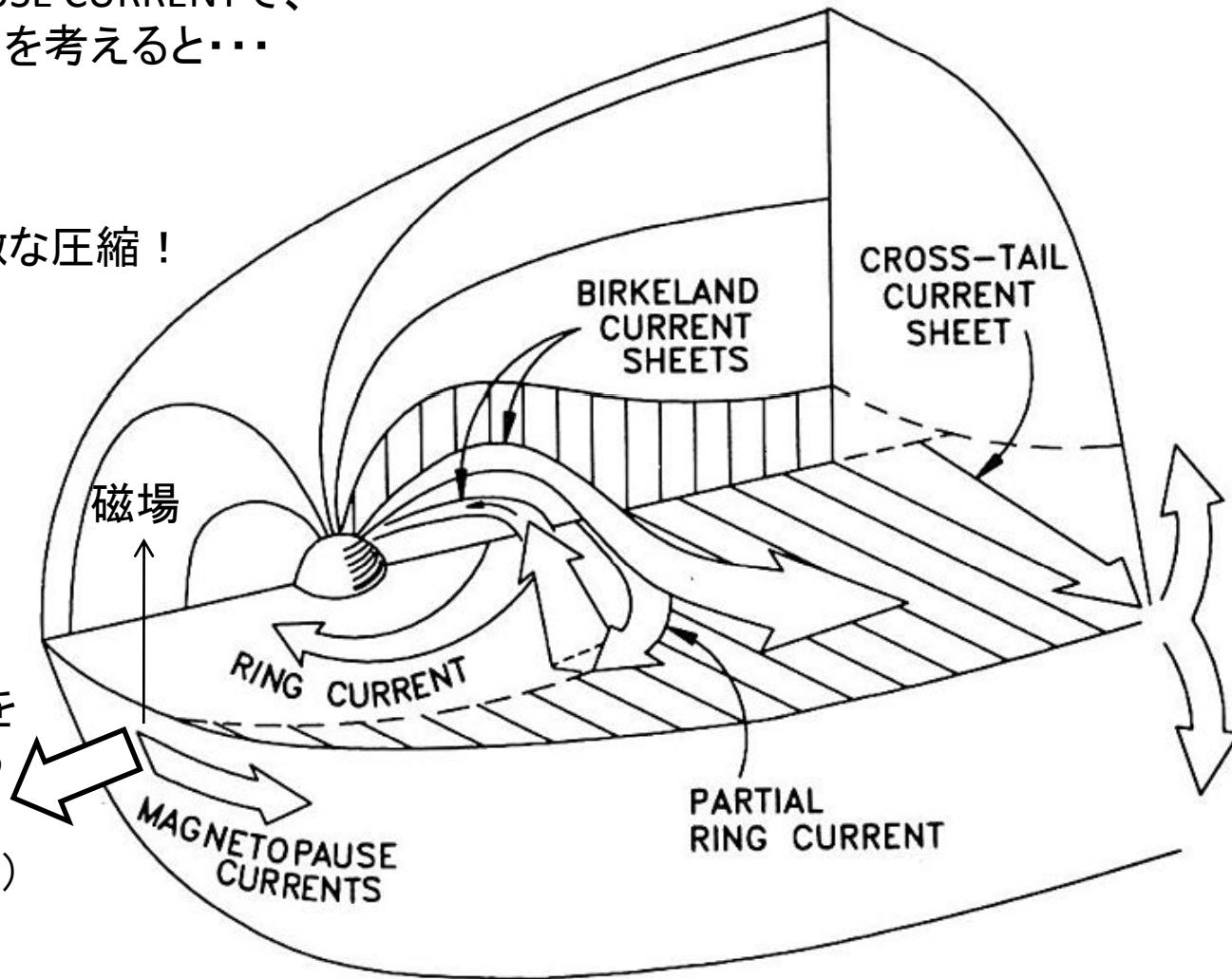
主相では、何度も何度もオーロラ爆発が発生する。

なぜ急始では地磁気が強まる？

MAGNETOPAUSE CURRENTで、
右ネジの法則を考えると・・・

衝撃波による急激な圧縮！

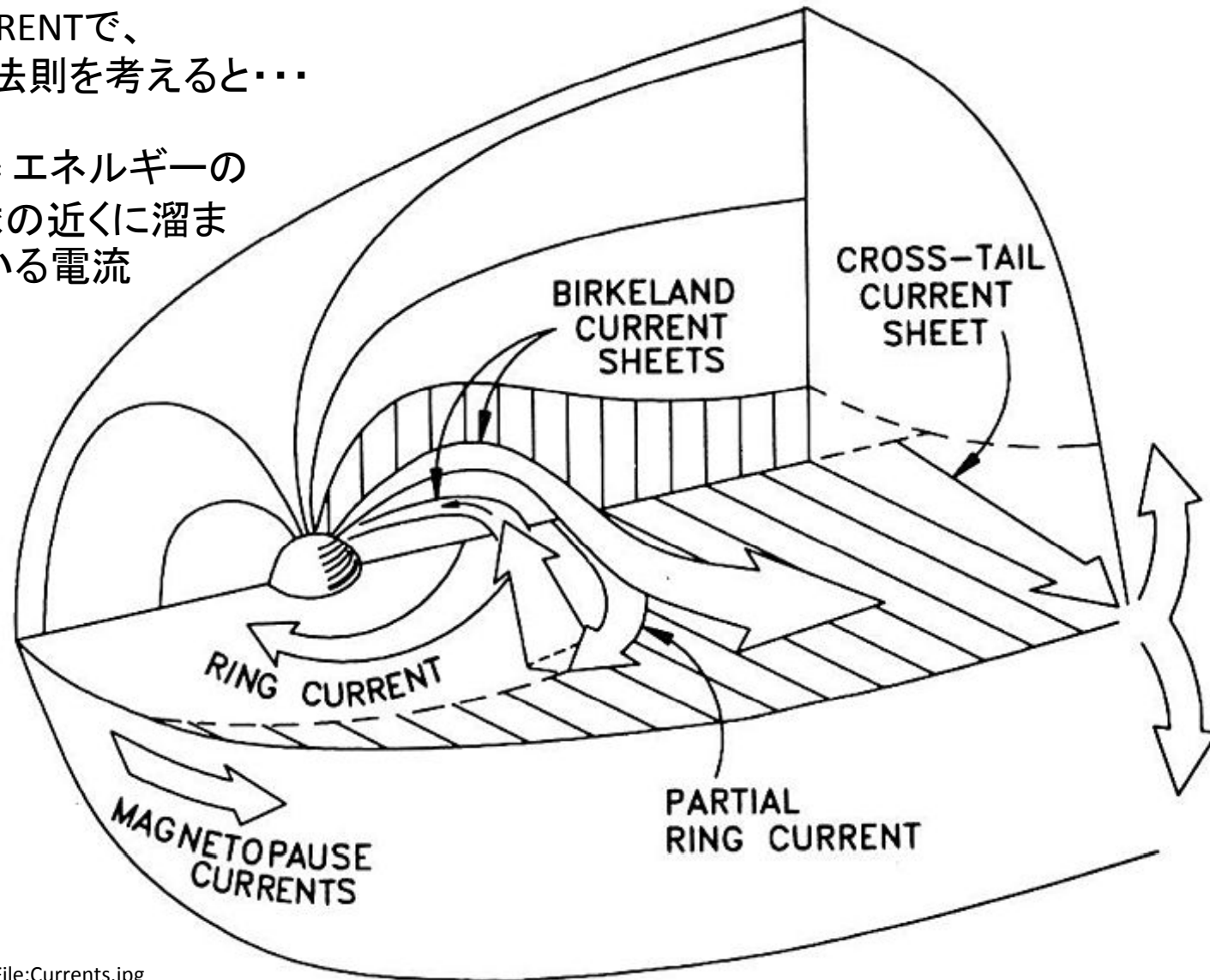
太陽風の衝撃波を
受け止めて強まる
ローレンツ力
(左手の法則)



なぜ磁気嵐で地磁気が弱まる？

RING CURRENTで、
右ネジの法則を考えると・・・

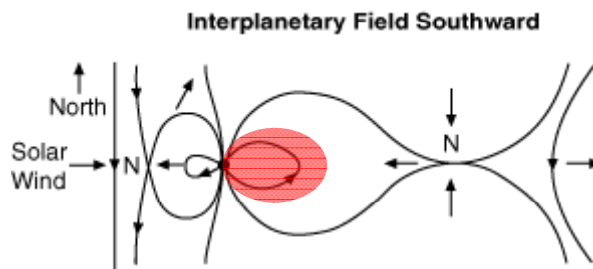
RING CURRENT = エネルギーの
高い粒子が地球の近くに溜ま
ることで流れている電流



磁気嵐というモードになるには？

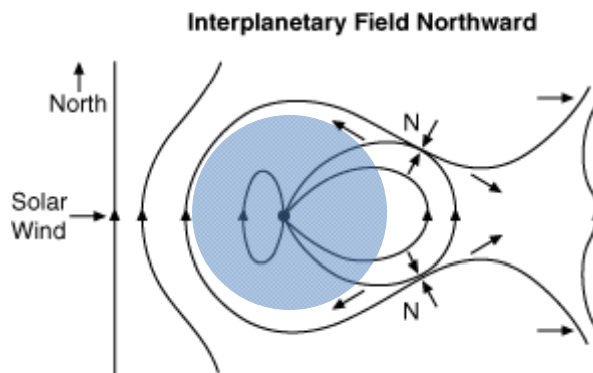
- 地磁気と逆向きの太陽風磁場 (SBz) に何時間も磁気圏が包まれることでエネルギーの高い粒子が溜まり内部の圧力が高いモードになる。

SBzだと「開いた」磁気圏。
太陽風のエネルギーを受け入れる。やがて内部が高圧化する。



* 磁場の南北成分を、専門家はBz(ビーゼット)と呼ぶ。

NBzだと「閉じた」磁気圏。
太陽風のエネルギーを受けつけない。



磁場がつながかわるため
磁気バリアの形が変化する。
Dungey (1961, 1963)

磁気嵐を感じる動物？？

ウシ？

- グーグルアースで世界の牧草地308か所、牛8510頭を調べた結果、大半が北か南を向いており、その方位を平均すると、正確な南北よりも多少ずれている地磁気の南北に近かった。

Magnetic Cow

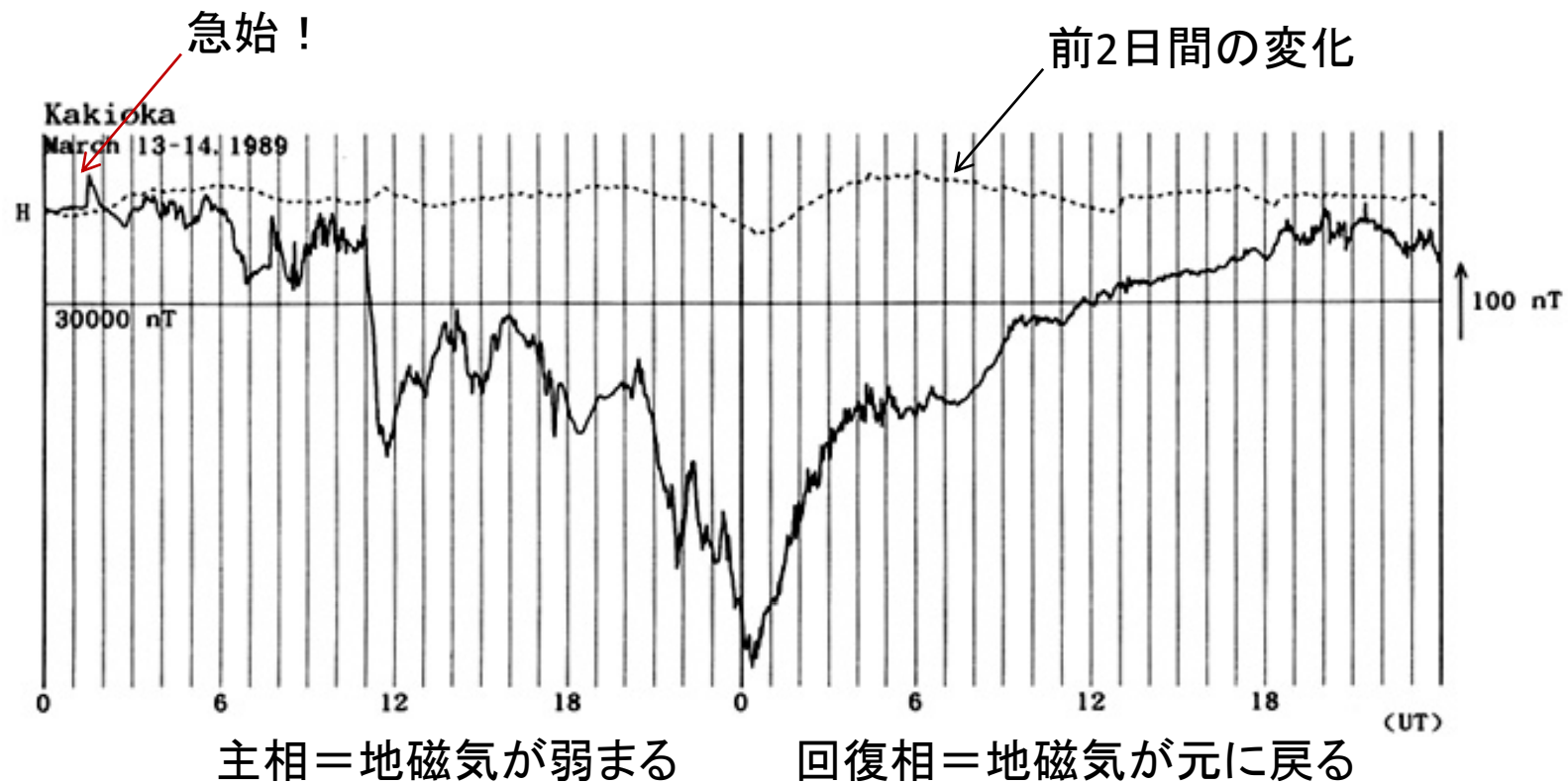


イルカ、クジラ、ハト、ヒト？

- イルカやクジラなどの大脳には磁気センサーが発見されている
 - 集団座礁は磁気嵐のときに多いというケンブリッジ大の研究結果があるらしい。
- 宇宙を感じていたハト
 - ハト国際伝書鳩レースの開催日にたまたま磁気嵐が発生し、レースに参加した5000羽のうち、無事ゴールにたどりつけたのは5%ということがあった。
- 私もMRIに入ったときに磁場を感じました。
 - このMRIは3テスラ。地磁気は 3×10^{-5} テスラ。

過去50年最大の磁気嵐

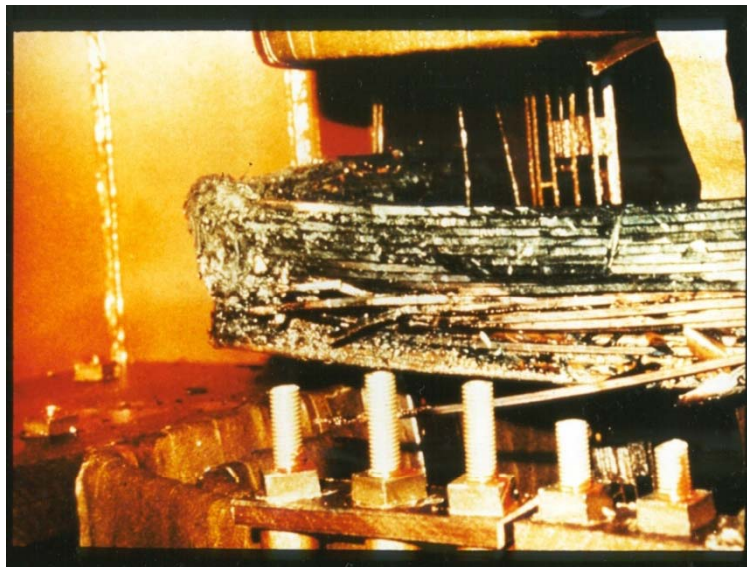
- 磁気嵐では、世界中で地磁気が乱れる。



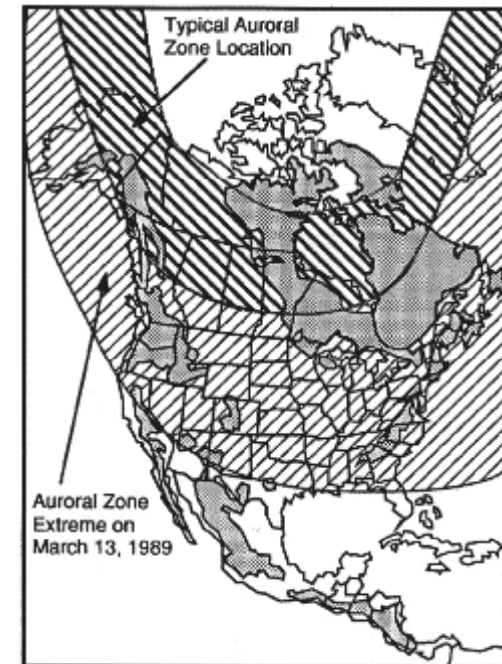
主相では、何度も何度もオーロラ爆発が発生する。

この大磁気嵐で大停電

- 1989年3月13日、大規模な磁気嵐が発生し、カナダのハイドロ・ケベック(Hydro-Quebec)社の電力システムに障害が起こり、約600万人が停電の被害にあった。



焼き切れた変圧器(ニュージャージー州)

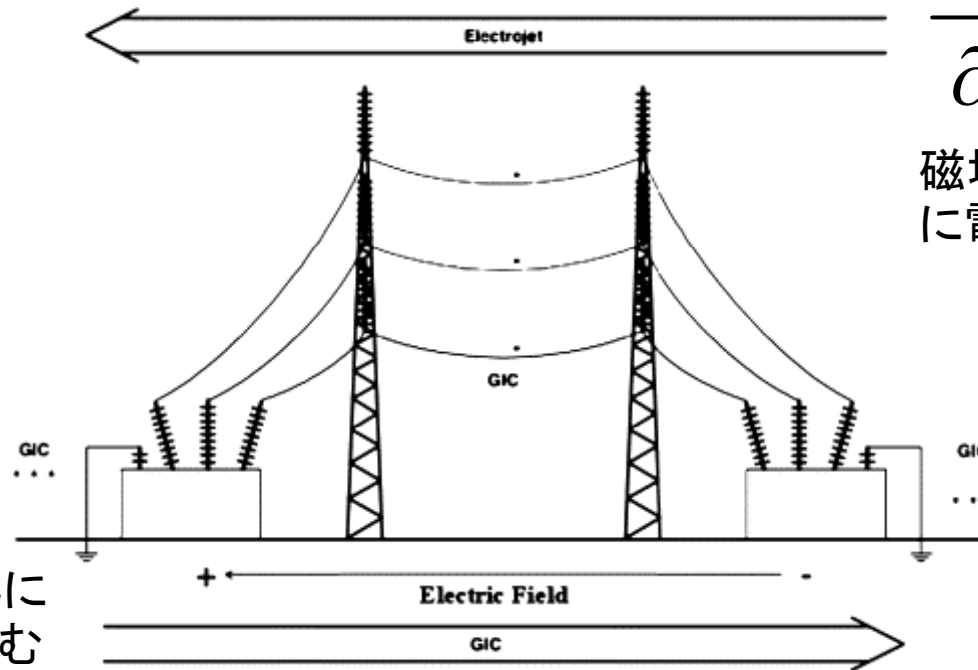


なぜ誘導電流が流れる？

ファラデーの法則

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\nabla \times \mathbf{E}$$

磁場の時間変化が地表
に電位分布を作る

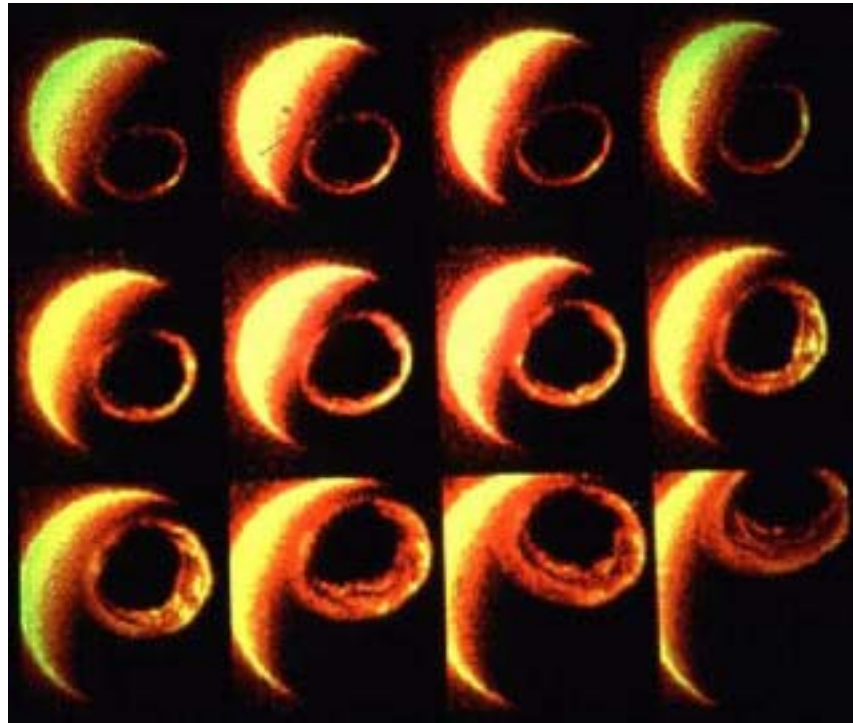


グランドから変圧器に
異常電流が流れ込む

GIC = Geomagnetically Induced Currents

磁気嵐中の発電量は？

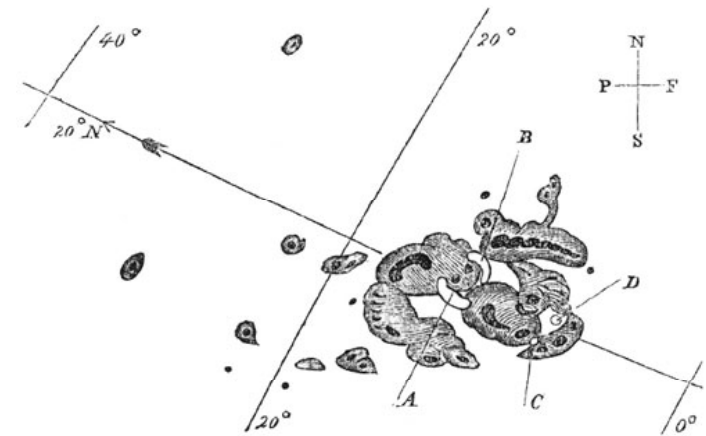
- $100 \text{ kV} \times 10 \text{ MA} = 10 \text{ GW}$ のオーダー



DE-1衛星が観測したオーロラ爆発。
磁気嵐中に何度も繰り返し発生する。

観測史上最強の磁気嵐は？

- 1859年9月2日午前9時30分、ボストンのステート通り31番地にあった電信局の交換台で過電流が生じた。交換手らは、機器に接続されていたバッテリーを外して(!)営業を続けた。
 - 1859年は、日本では江戸時代末期の安政6年
 - G. B. Prescott, Am. J. Sci. Arts, 29, 92, 1860



1859/9/1にキャリントンがスケッチした黒点



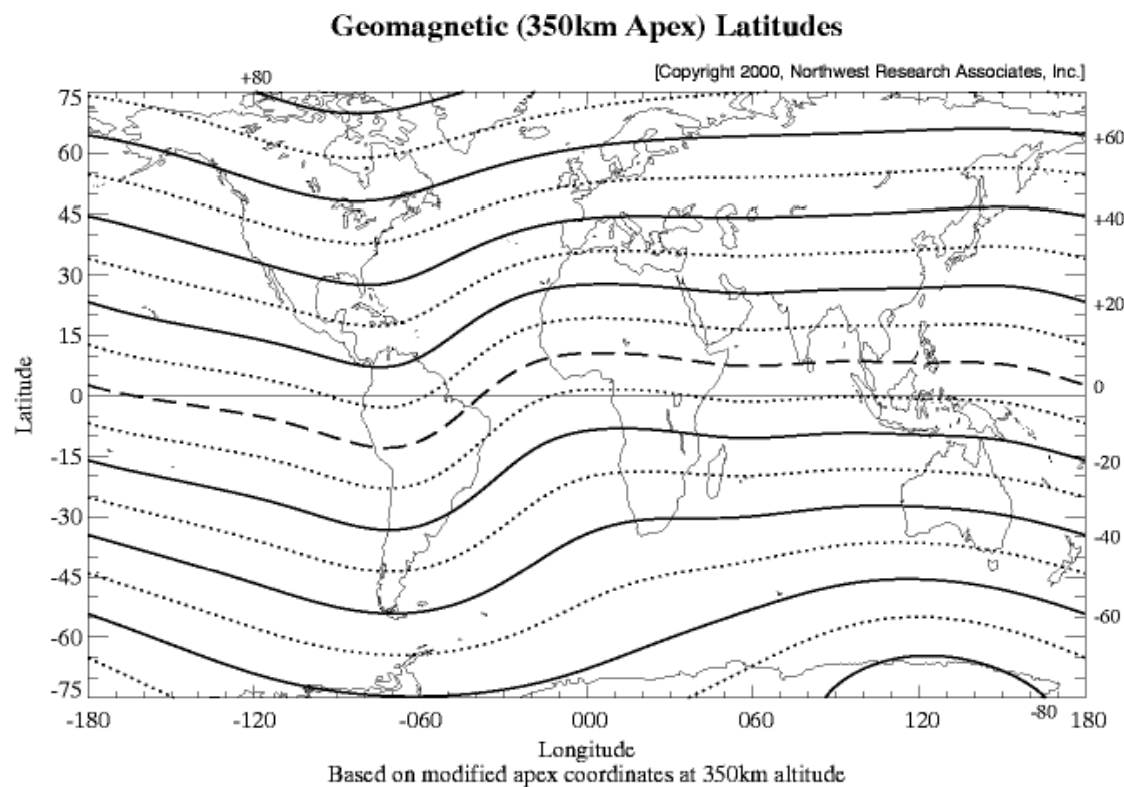
ラピュタで出てきたモールス信号のあれだと思う。たぶん。

キャリントン磁気嵐

- 電信局では火災が起こり、通信網は大規模な障害に見舞われ、磁気観測所ではメーターの針が振り切れた。
- 米国学術研究会議(NRC)が2008年に出した報告書によると、**キャリントン磁気嵐が生じた場合に米国が被る被害総額は、最初の年だけで1～2兆ドルに上り、完全復興までには推定で4～10年かかる可能性がある。**
 - http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12507
- **今後10年間の発生確率は12%**
 - Pete Riley, Space Weather, 2012

日本の経済ダメージは？

- キャリントン・クラスでも停電事故は起きない。

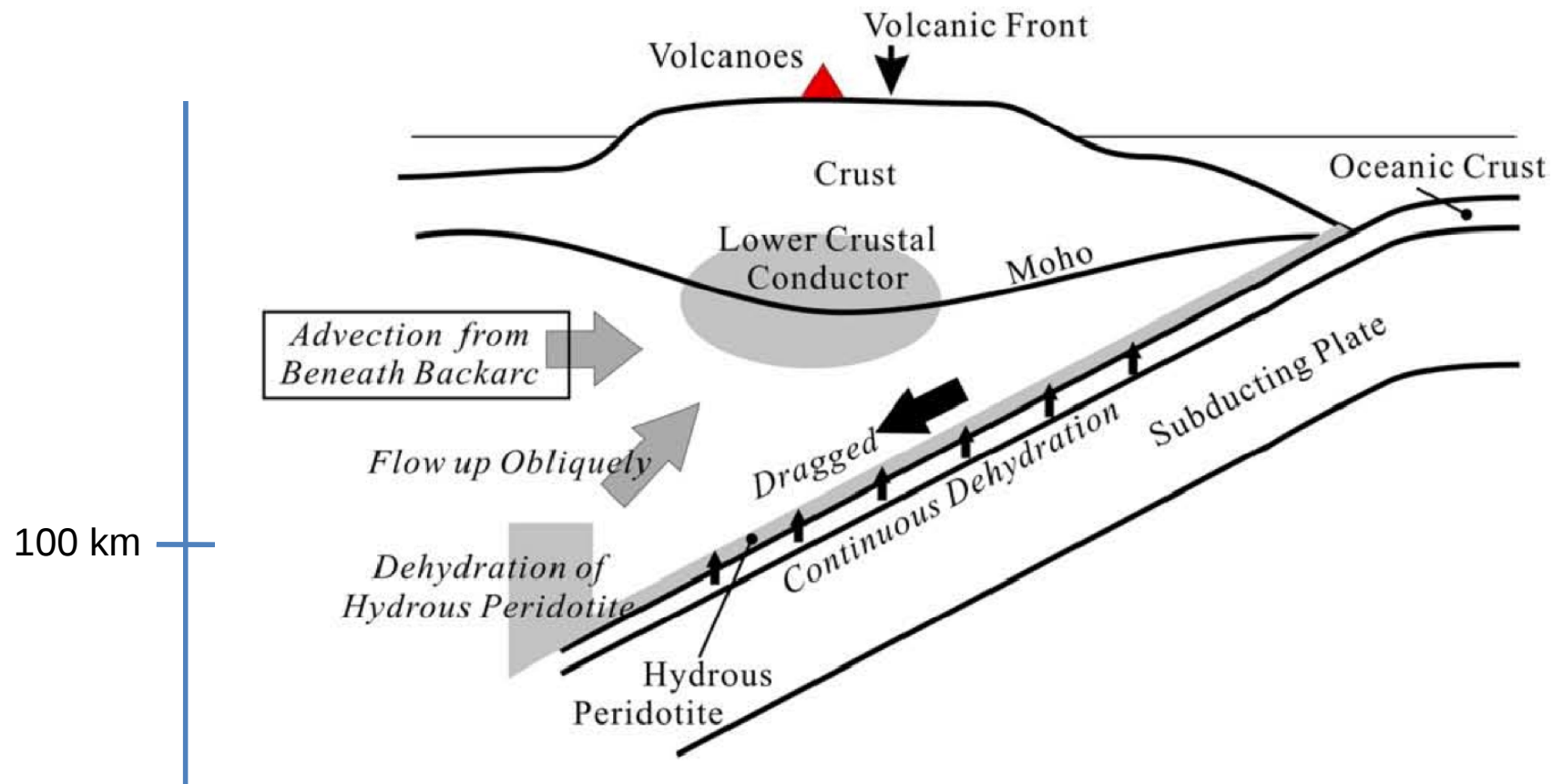


日本は地磁気に深く守られていて、ダメージは桁違いに小さい。

Pulkkinen, Kataoka, Watari, Ichiki (2010)

「急始」に強い日本の地下構造

M. Ichiki et al. / Gondwana Research 16 (2009) 545–562



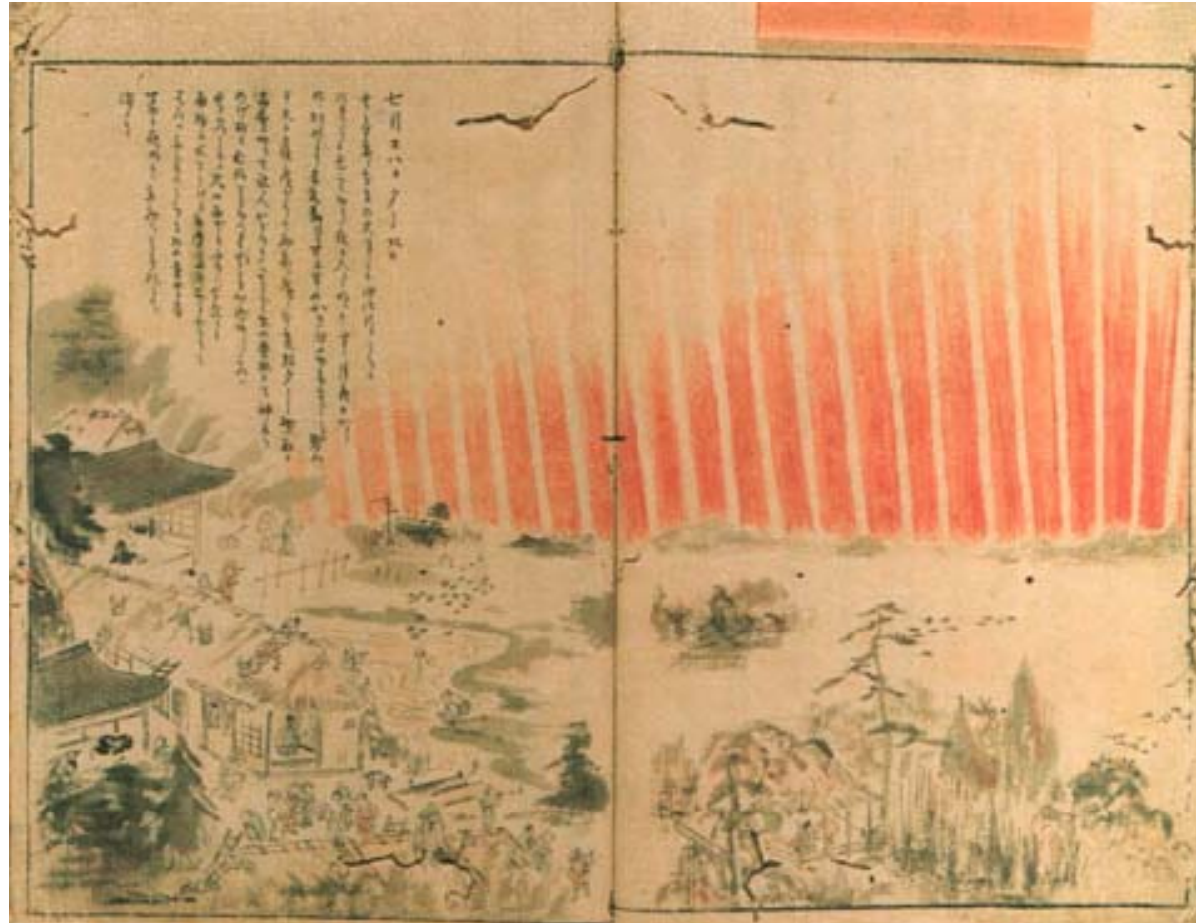
日本は地下の水にも守られていて、磁場の急激な時間変化に鈍感。

日本書紀にオーロラ

- 620年12月30日(推古天皇・聖徳太子が活躍していた時代)
 - 「天に赤色の気(しるし)が現れた。長さは一丈(約3.8m)あまり、雉(きぎす)の尾のようであった。」
 - 講談社学術文庫 日本書紀(下)宇治谷 孟 著 p.110 より引用
- 682年9月18日(天武天皇の時代)
 - 「灌頂旗(かんじょうばた)のような形で、火の色をしたものが、空を浮かんで北へ流れた。これはどの国でも見られた。「越の海(日本海)にはいった」というものもあった。この日、白気(はっき)が東の山に現れ、その大きさは四圍(一丈二尺=約4.6m)であった。」
 - 講談社学術文庫 日本書紀(下)宇治谷 孟 著 p.292 より引用

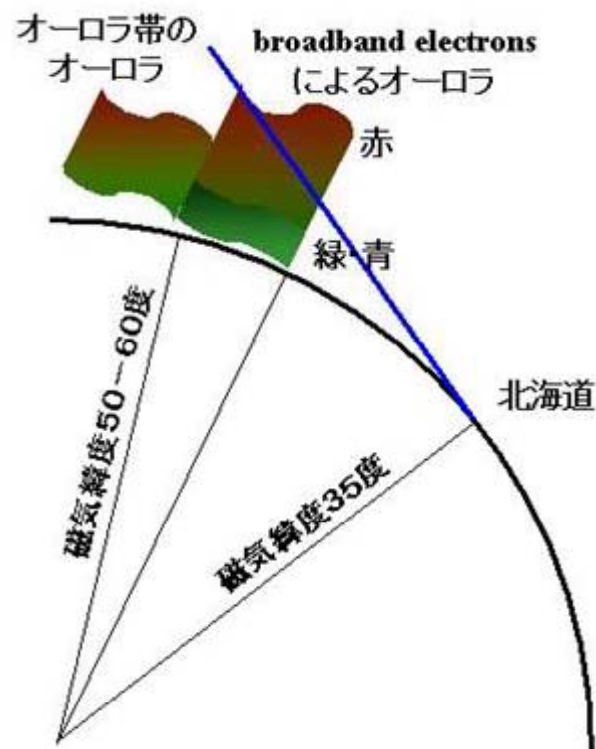
*「明月記」にもオーロラ: 北の空から赤気が迫ってきた。その中に、白い個所が五ヶ所ほどあり、筋も見られる。恐ろしい光景なり。

1770年9月17日の「赤気」

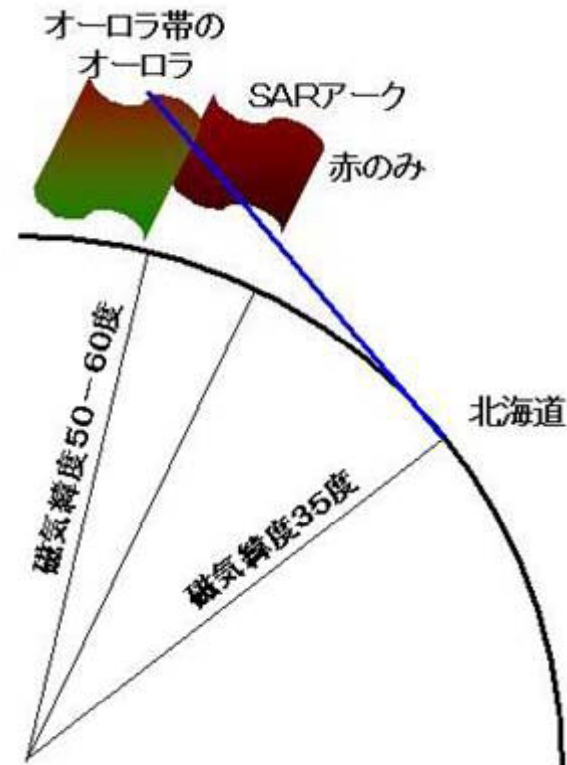


北海道から九州(佐賀・長崎)までの広い範囲で見られ、およそ40の書物に記録されている

2種類の低緯度オーロラ



背の高いオーロラの赤い部分
だけが北の空に見えるタイプ



磁気嵐特有のエネルギーの低い電子
だけが低緯度に降るタイプ

昨日のニュースをいち早くお届けしたい



ロケットニュース24とは | 運営者 | 記事提供先 | お問い合わせ | 広告募集

【速報】1月24～25日に日本でオーロラが見られるかも！ 博士「大フレアが発生しコロナ質量放出が高速で飛びだした」



※カードローン今すぐ借りる

お急ぎの方、初めての方でも安心です。24時間申込OK

infoseek.co.jp

インタレストマッチー 広告の掲載について

2012年1月23日

83 コメント ツイート 1.11万 B! 77
イネ! 132 いいね! 1,000



片岡龍峰

@ryuhokataoka

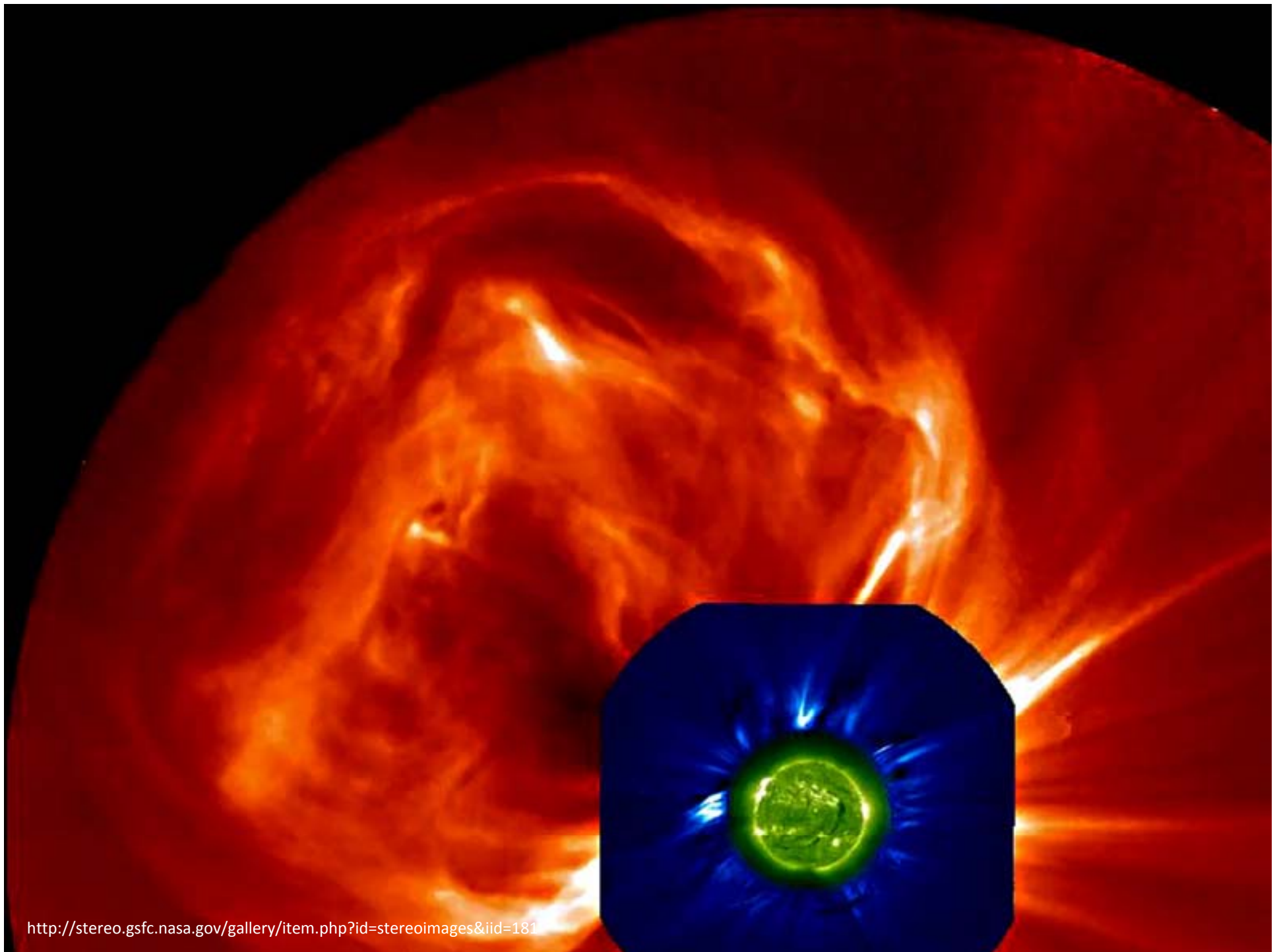
フォロー



明日から明後日にかけて（1/24-25）再び磁気嵐が始まるかもしれません。このグラフで-250nTに達するほど発達すると日本でもオーロラが見られる可能性があります。ちなみに、いま発生中の磁気嵐は-100nTにも達していません。

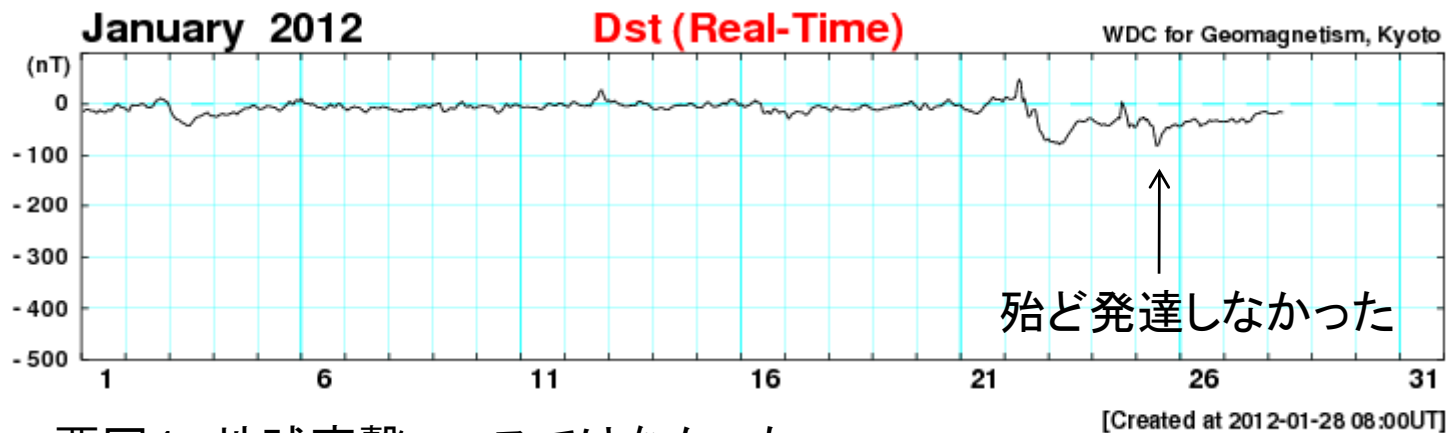
wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/p...

オーロラといえば北欧やカナダなどでよく見られる現象だが、なんと日本でもオーロラが見られる可能性があるらしい。しかも2012年1月24～25日に！ マジで？ 宇宙キターー！



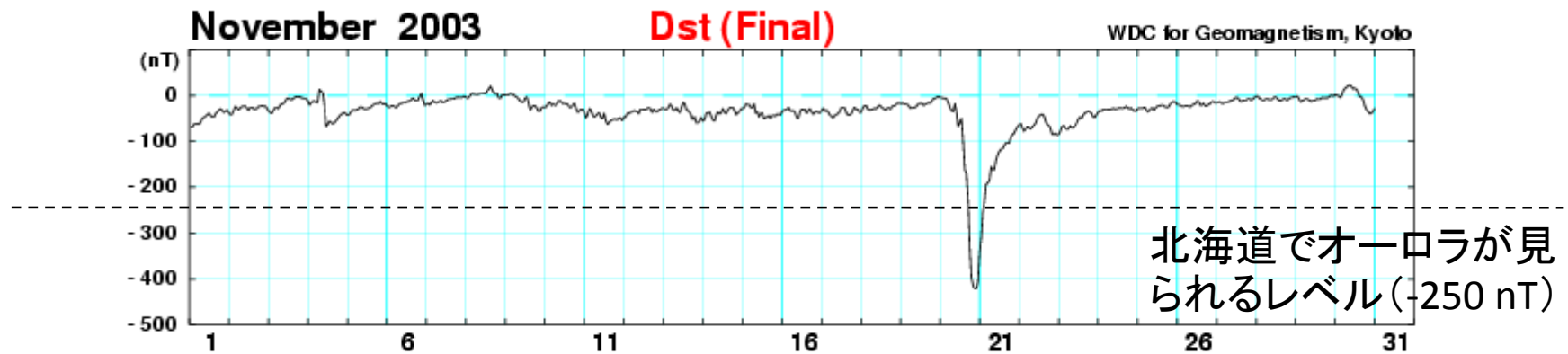
<http://stereo.gsfc.nasa.gov/gallery/item.php?id=stereoimages&iid=181>

その結果...



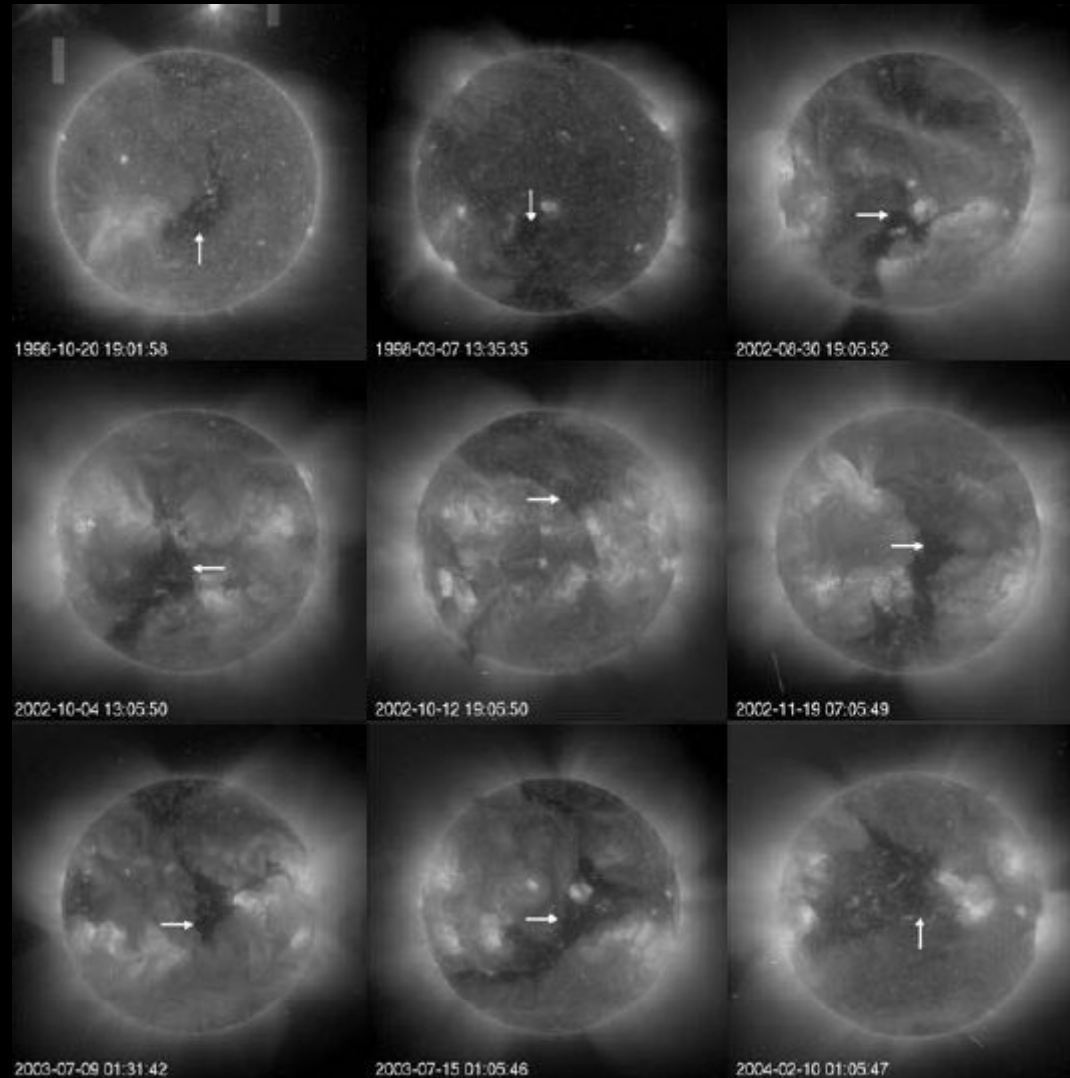
- 要因1. 地球直撃コースではなかった。
- 要因2. 太陽風のスピードが遅かった。
- 要因3. 太陽風の磁場が南を向かなかった。

過去10年で最大の磁気嵐



宇宙から撮影できるまで、M(ミステリー)領域といわれていた。27日で繰り返す。

強い磁気嵐の原因になったコロナホール



Richardson et al. 2006

強い磁気嵐を作るには？

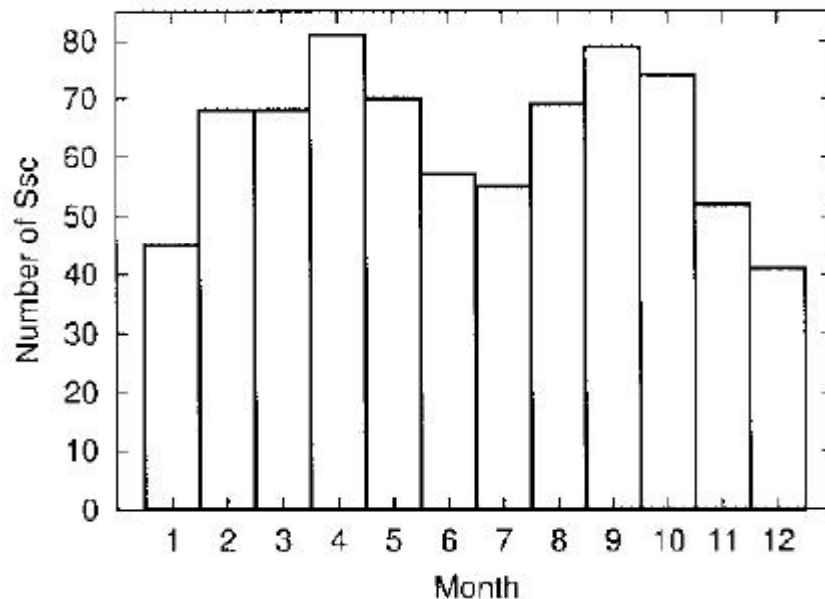
- おおもとの太陽風の電磁エネルギーを上げる
 - 太陽風のスピード v を上げる
 - 太陽風の磁場 B を南向きに強くする
 - 太陽風の電磁エネルギー流 $\propto v \times B^2$
 - コロナホールで作れるのは、磁場が最大20 nT、スピードは最速700-800 km/s程度。
 - コロナ質量放出で作れるのは、磁場が最大60nT、スピードは最速2000-3000 km/s程度。
 - コロナホールより電磁エネルギーが数十倍にもなる。
 - つまり、巨大磁気嵐を作るのはコロナ質量放出。

旅行の計画にも役立つ？

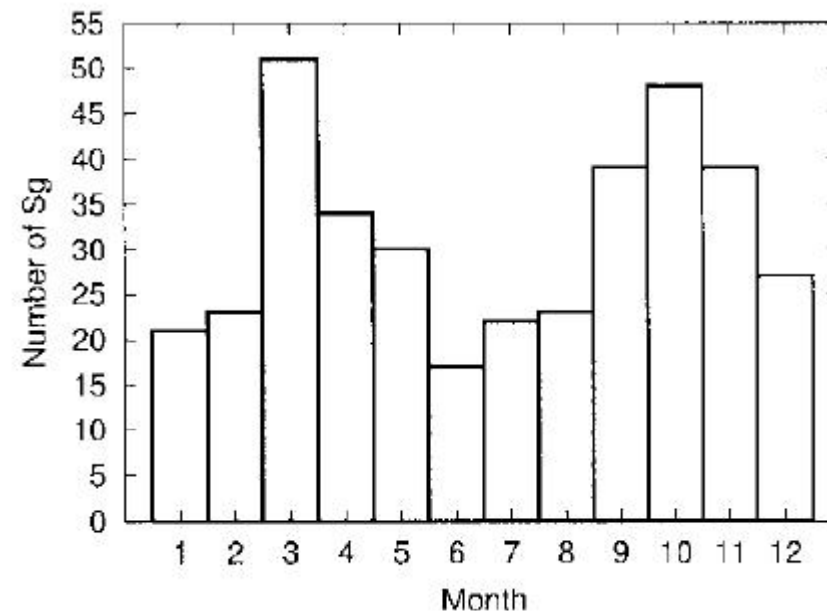
なぜ磁気嵐は春と秋に多い？

- 地磁気に対する太陽風の当たり具合
- 地磁気に対する太陽風の磁場の傾き具合

コロナ質量放出タイプの磁気嵐



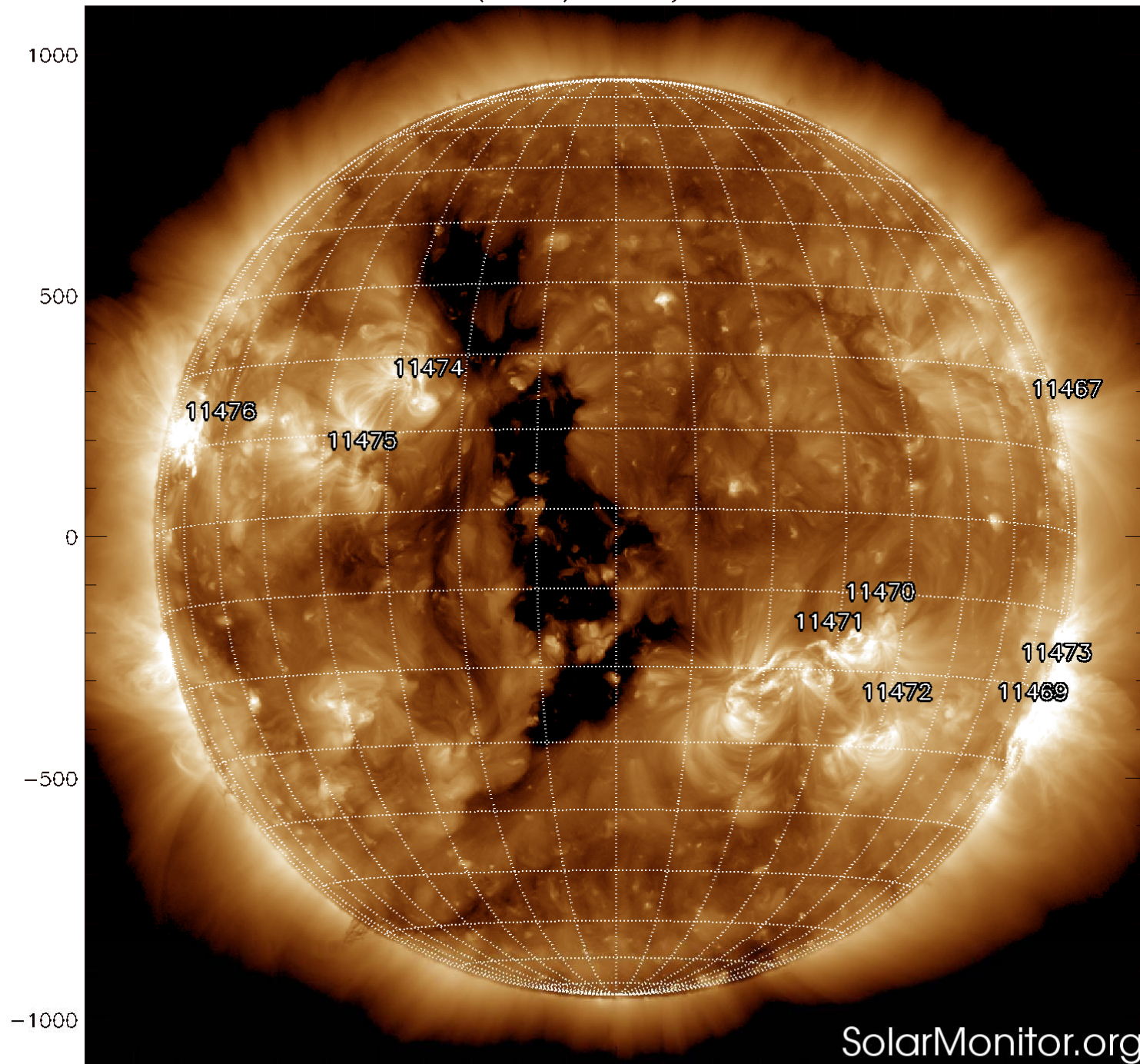
コロナホールタイプの磁気嵐



|Dst指数| > 100 nTの磁気嵐の月別発生回数80年間の統計、吉田ほか(地学雑誌2004)

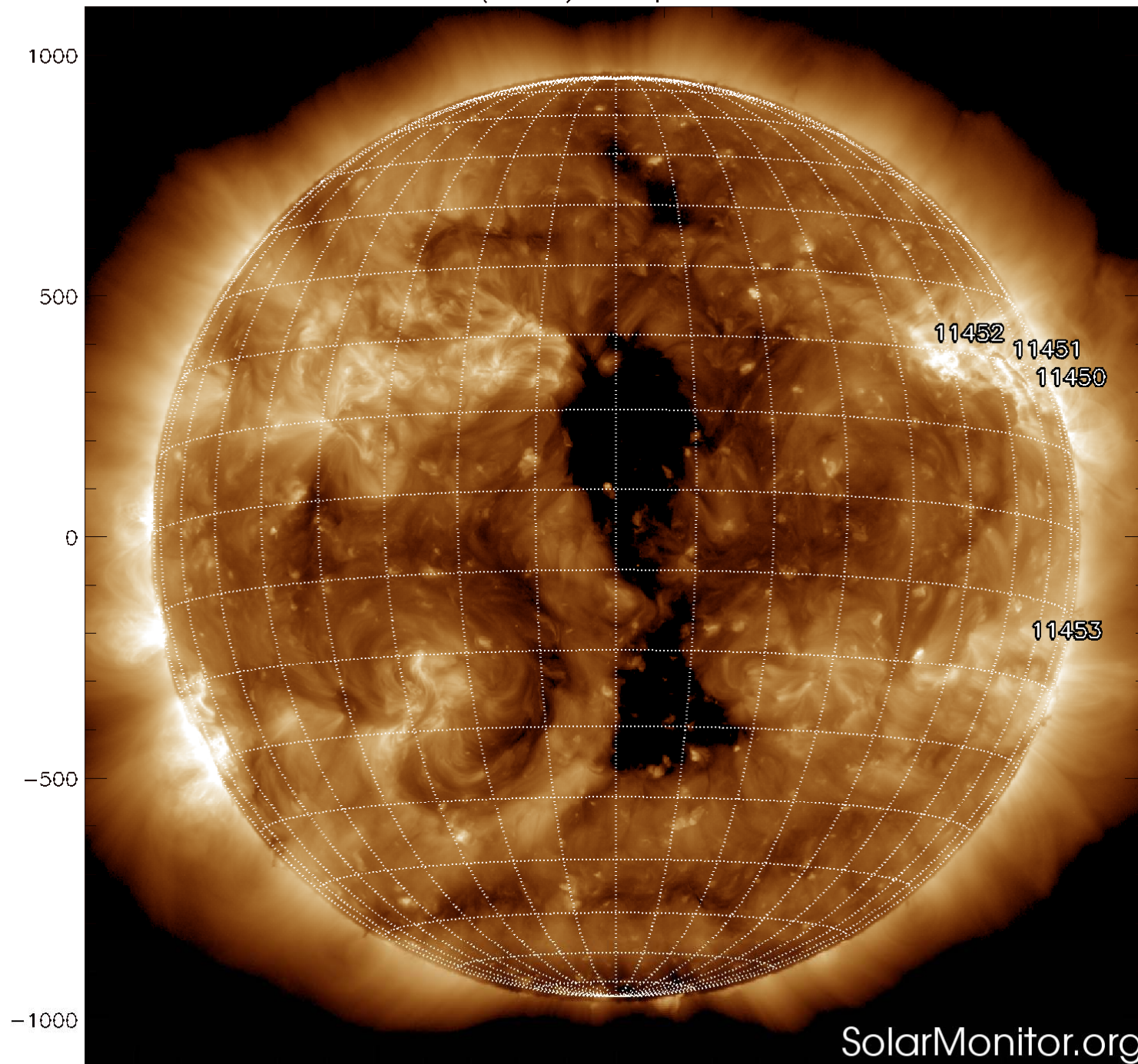
今日

SDO AIA Fe XII (193 Å) 6-May-2012 07:01:31.840



27日前

SDO AIA Fe XII (193 Å) 9-Apr-2012 23:02:07.840



第4回アンケート

- 出席の代わりです。
 - 自由に記入してください。
- 話し忘れたこと
 - 磁気嵐ランキング：春と秋に多い？
 - 磁気嵐と巨大地震？？
- 先に話しておけば良かったこと
 - 太陽と太陽風

次週予告メモ:

- ・宇宙のピヨピヨとポヨポヨ
- ・レポートの総評

科学技術と文化総合講義 (宇宙と地球の科学)

片岡龍峰

第5回: 2012年5月14日

「放射線嵐と被ばく」