



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」

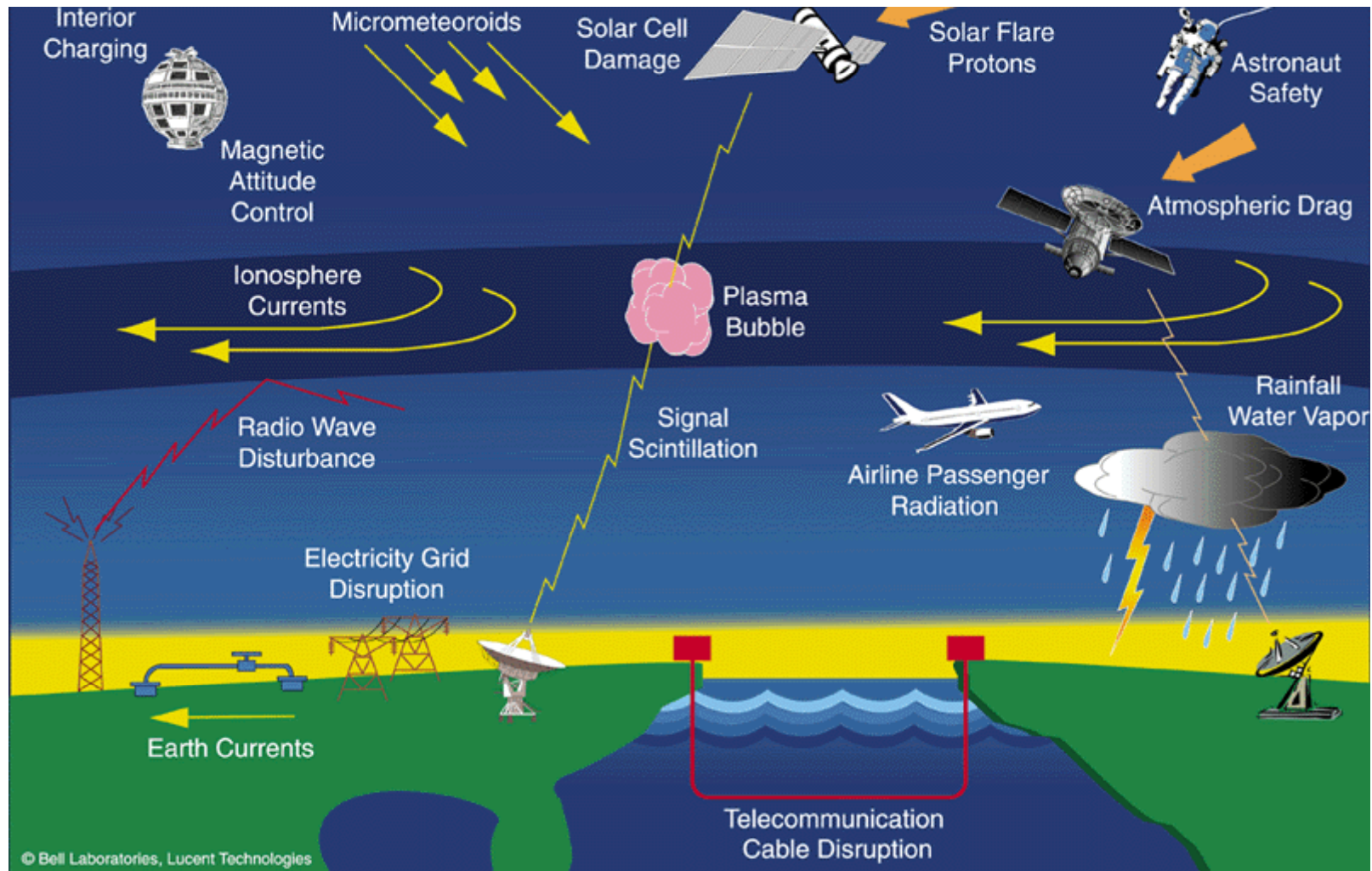
授業内容

- 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。

前回までの復習

宇宙災害



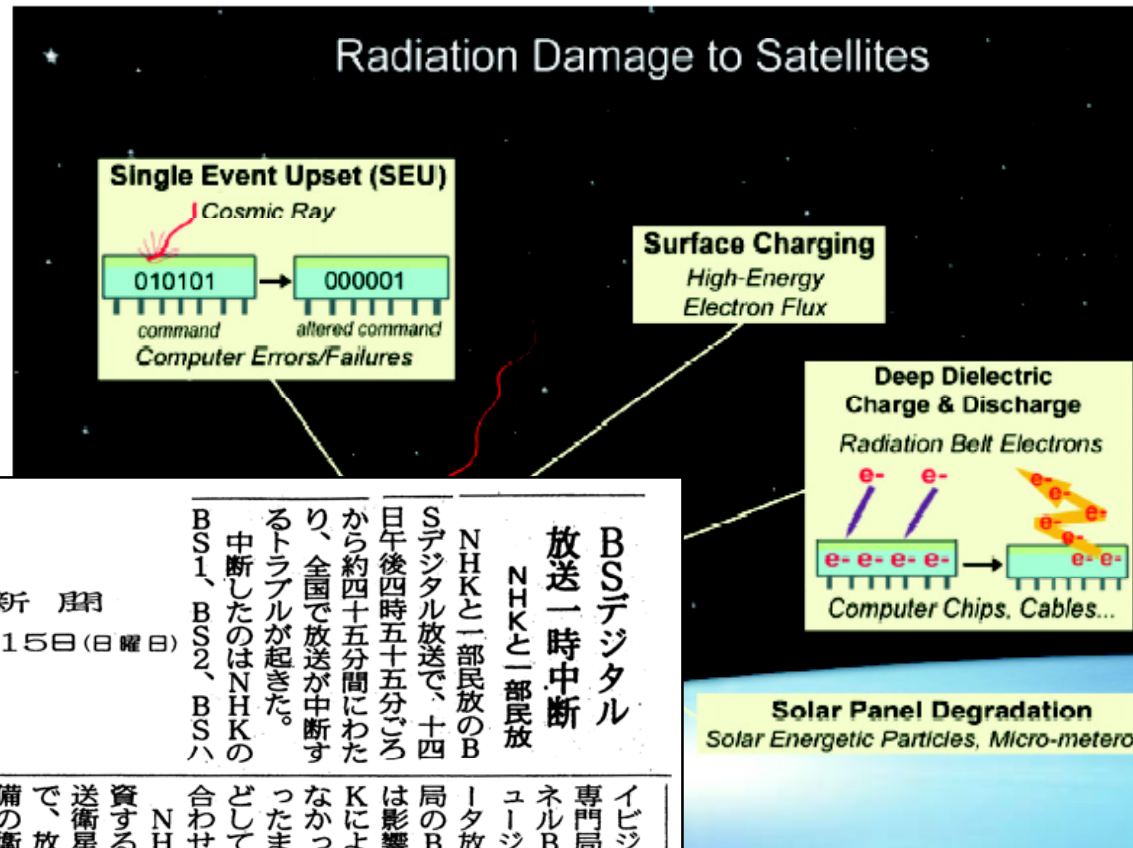
The effects of magnetic storms - what scientists call space weather - extend from the ground to geostationary orbit and beyond.

前回までの復習



宇宙放射線被害

- ・天気予報
(気象衛星)
- ・カーナビ
(GPS衛星)
- ・BS放送
(放送衛星)



一時間で回復

日本経済新聞
2004年(平成16年)2月15日(日曜日)

**BSデジタル
放送一時中断**
NHKと一部民放
NHKと一部民放のBSデジタル放送で、十四日午後四時五十分ごろから約四十五分間にわたり、全国で放送が中断するトラブルが起きた。中断したのはNHKのBS1、BS2、BSハ

イビジョン、民放の映画専門局「スター・チャンネルBS」、音声放送「ミュージックバード」、データ放送など。民放キー局のBSデジタル放送には影響はなかった。NHKによると、放送が映らなかったり、画面が固まったまま動かなくなるなどとして、視聴者から問い合わせが相次いだ。

NHKと民放などが出資する衛星運用会社の放送衛星システム(東京)で、放送衛星(BS)を予備の衛星に切り替え復旧した。トラブルのあった放送は、衛星の中継器を共有しており、この中継器の故障が原因とみて調査している。当時、NHKのBS1とBSハイビジョンでは大相撲の韓国公演を生中継していた。

ひまわり「不具合」6号で姿勢異常 気象観測不能に

十七日未明、気象観測を続けるが、六号の「ひまわり6号」の姿勢制御装置がトラブルのため、天気予報などに影響が出た。観測が中断した。気象庁によると、ひまわり6号は衛星に搭載した姿勢制御用ソフトが何らかの原因で停止、衛星の姿勢が崩れて回り始めた。緊急用電波を使って衛星と通信し、午前五時前に衛星の姿勢は安定した。回復したものの、観測用カメラなどはクーラーによる冷却が必要で、機能の完全回復に半日から一日程度の時間がかかる見込みという。

今回のトラブルで、国内の関係機関のほか、ひまわり6号の画像を受信して天気予報などに役立っているアジア太平洋諸国にも影響が広がっている。

ひまわり6号は昨年六月から本格運用を始め、昨年七月と九月にも

一日で回復

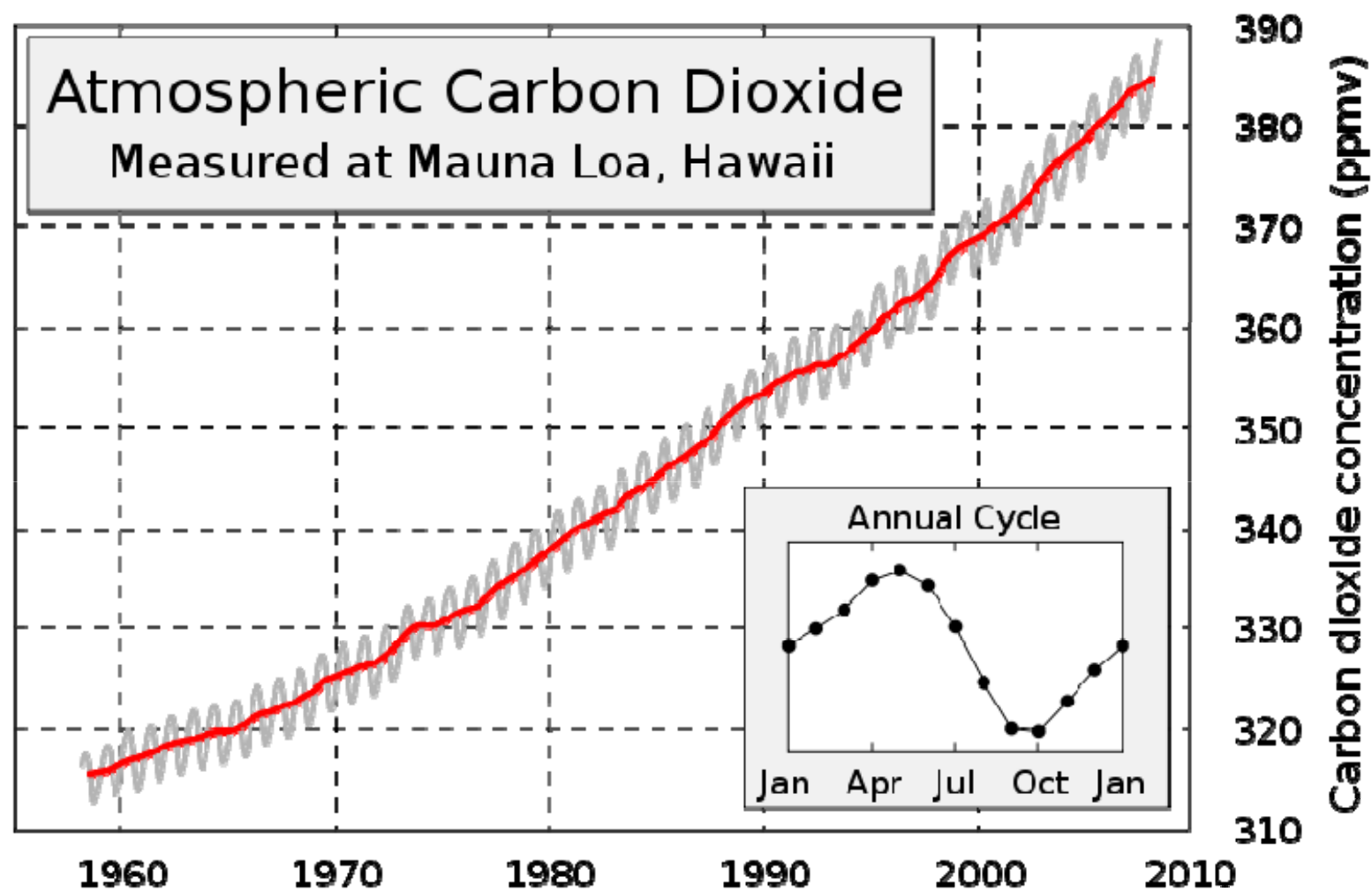
レポート総評1

- オーロラ(10名)
 - オーロラはなぜ人を魅了するのか？
 - オーロラは人工的に作れるのか？
 - 江ノ島アイランドスパにある
 - 昔の人々はオーロラをどう考えていたか
 - オーロラ観測の旅プラン
 - 天王星のオーロラ、オーロラの種類
 - オーロラの移動
 - 自分なりの仮定で計算

レポート総評2

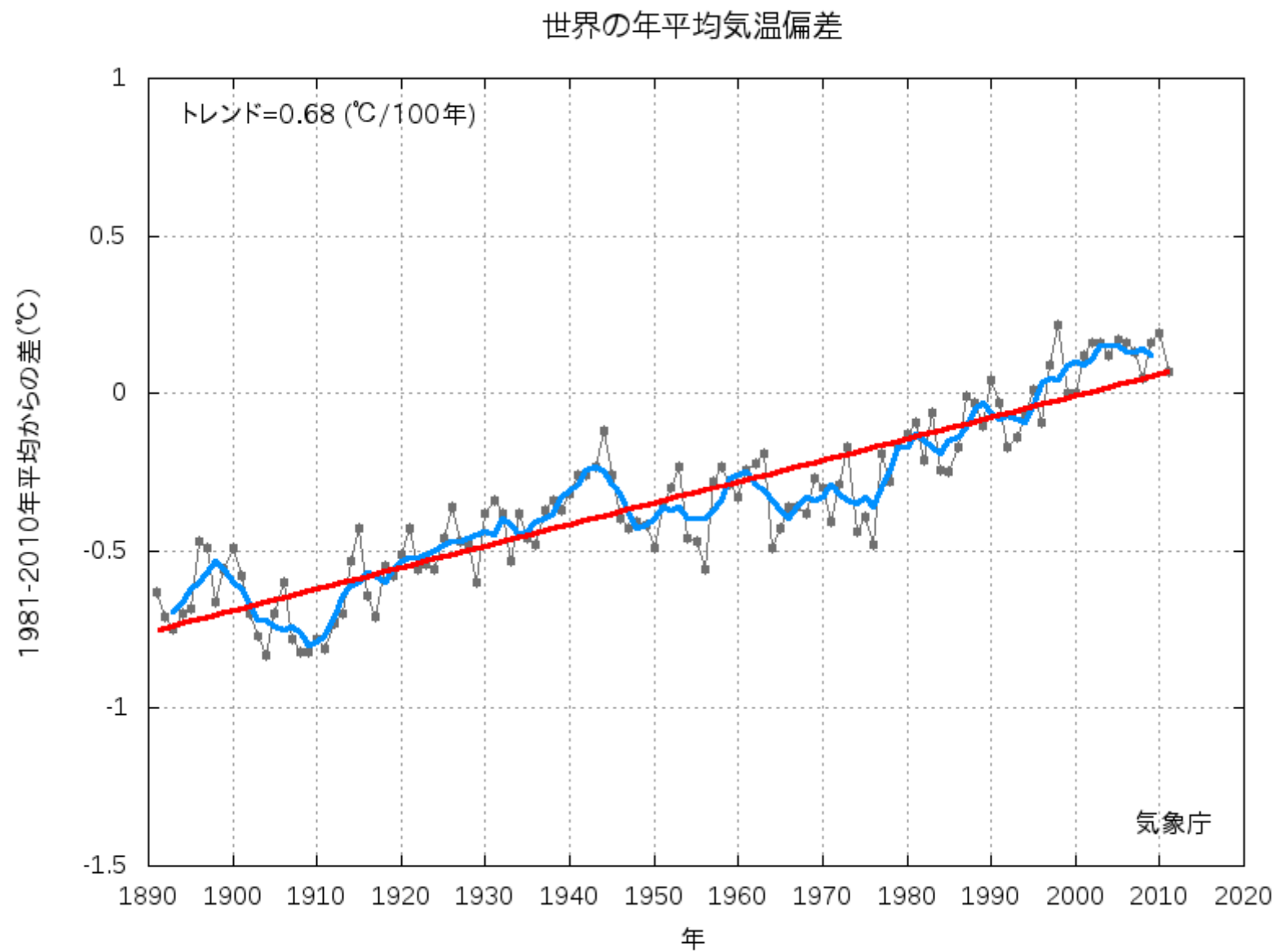
- 紫外線(10名)
 - オゾン層について、紫外線と肌、長所と短所
 - 紫外線が人に及ぼす影響
 - オーストラリアでは国を挙げた対策
- 温暖化・寒冷化(5名)
 - 地球温暖化と裁判
 - マウンダー極小期と地球に及ぼす様々な関係性
 - 農業革命から資本主義
 - 温暖化の一方で寒冷化？温暖化と氷河期
 - 成長している氷河がある

「京都議定書」関連のメモ。



CO₂濃度が2005年以降下がっていないが、日本は7年間で20兆円くらい使った？
莫大なコストに対応して何が得られた？将来得られる？他の国はどうしている？

データを見て調べて出てくる素朴な疑問？



レポート総評3

- 日食(5名)
 - 日食と動物の危機察知行動、日食や月食について、日食による気候の変化
 - 日食雲というのがある
- 宇宙と生命(4名)
 - 宇宙で生物は存在できるのか？生物のいる惑星は地球以外に存在するか？UFOと地球外生命体、地球外生命の可能性
- 星(4名)
 - 星座はいつどこで作られたのか？銀河鉄道のルート、星の光
- 宇宙線(3名)
 - 宇宙線と人間の関係、宇宙線と雲の関係
 - コンコルドと宇宙線
 - コンコルドは結構被ばくする

皆既日食1時間前



ちょうど薄雲がかかってしまった！
忘れもしない2009年7月22日@奄美大島

皆既日食3分前



レポート総評4

- その他
 - ベテルギウスの大爆発
 - 超新星1006について
 - 地球の大気組成とその形成過程
 - 地球の最後は？
 - 人類のエネルギー選択
 - 月面着陸の真相
 - 木星、黒点、ブラックホール
 - 虹、夜光雲、スプライト
 - 「宇宙の渚」読後報告

思わず読み入ってしまったレポートから文章を抜粋。

明月記と陰陽師

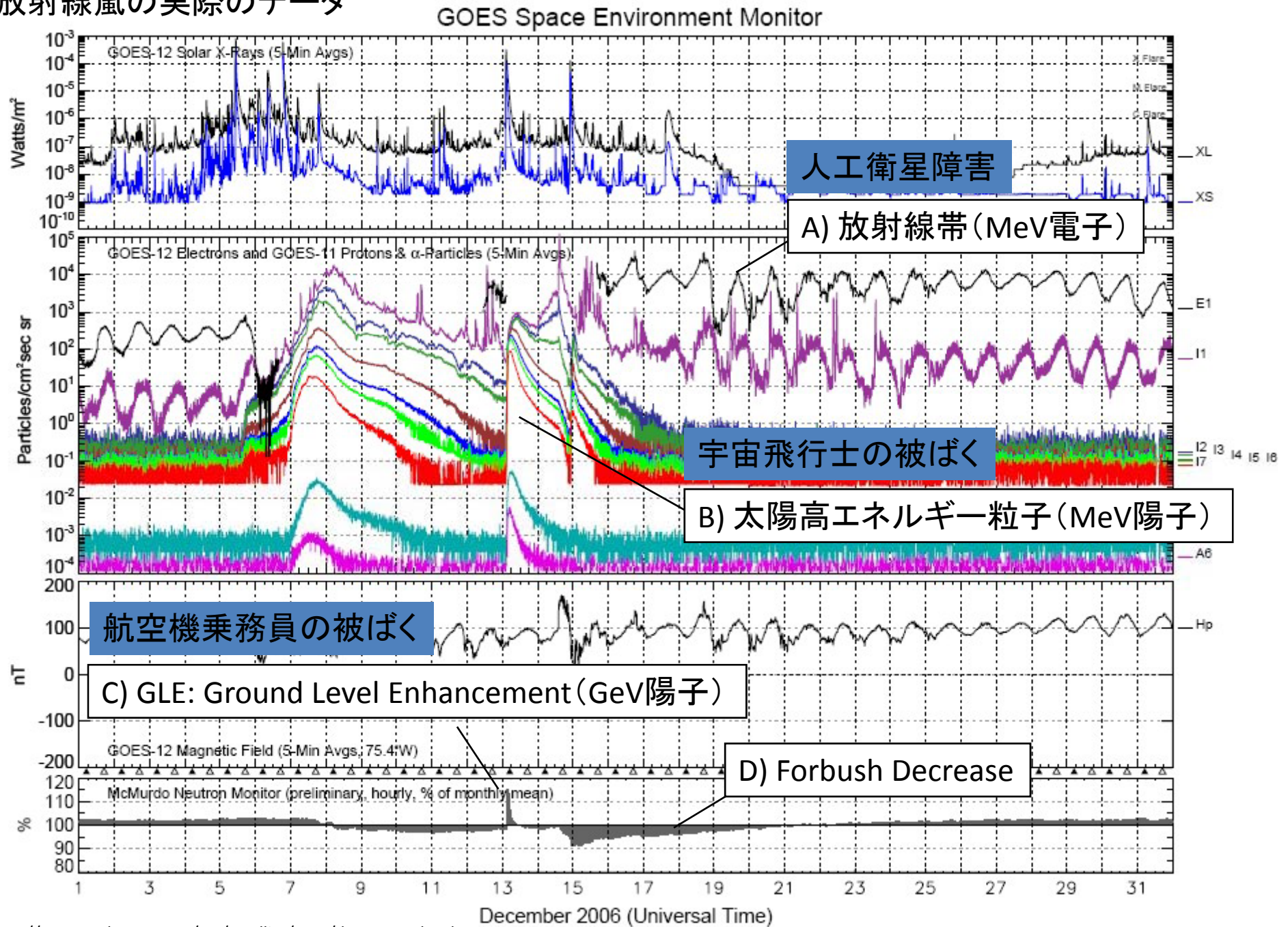
- 鎌倉時代に書かれた明月記の中に超新星についての記述があると知ってとても驚き、興味をもった。そこで今回のレポートのテーマに取り上げることにした。
- そもそも明月記とは何なのか。
- これら客星に関する情報は定家が阿部泰俊から得たものだが、陰陽師である彼と公卿で歌人であった藤原定家の間にはどのような関係があったのだろうか。
- 明月記の原典が今でも保管されているということなので、もし機会があれば見てみたいと思う。

自分の動機→そもそも何なのか→そこで自分の疑問が生じる→1次データへのアクセス

今回のテーマは放射線嵐

- 宇宙放射線はエネルギーの高い陽子や電子
 - 1. 銀河宇宙線
 - GCR: Galactic Cosmic Rays
 - 2. 太陽高エネルギー粒子
 - SEP: Solar Energetic Particles
 - SPE: Solar Proton Events
 - GLE: Ground Level Enhancement
 - 3. 放射線帯
 - Radiation Belts
 - Van Allen Belts

放射線嵐の実際のデータ

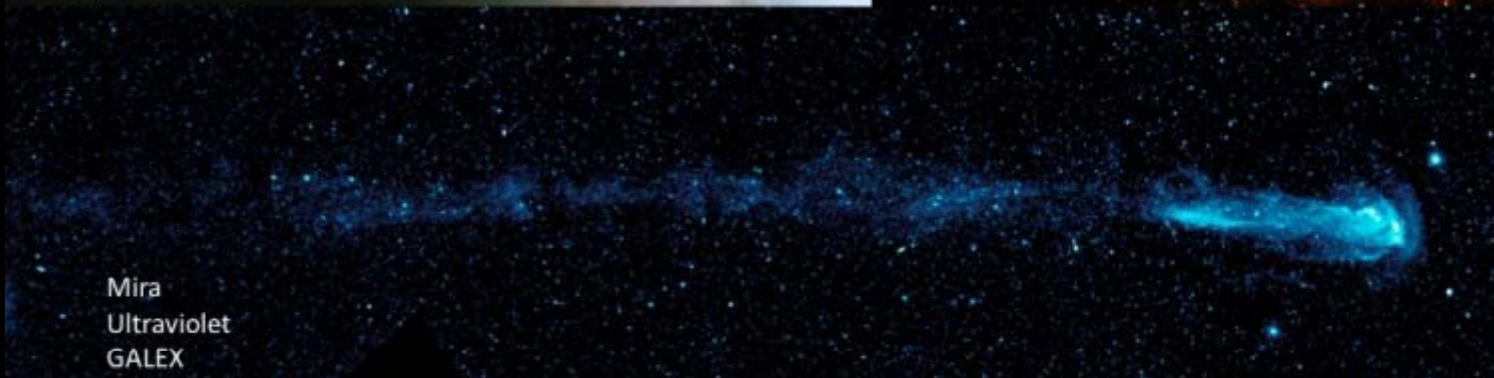
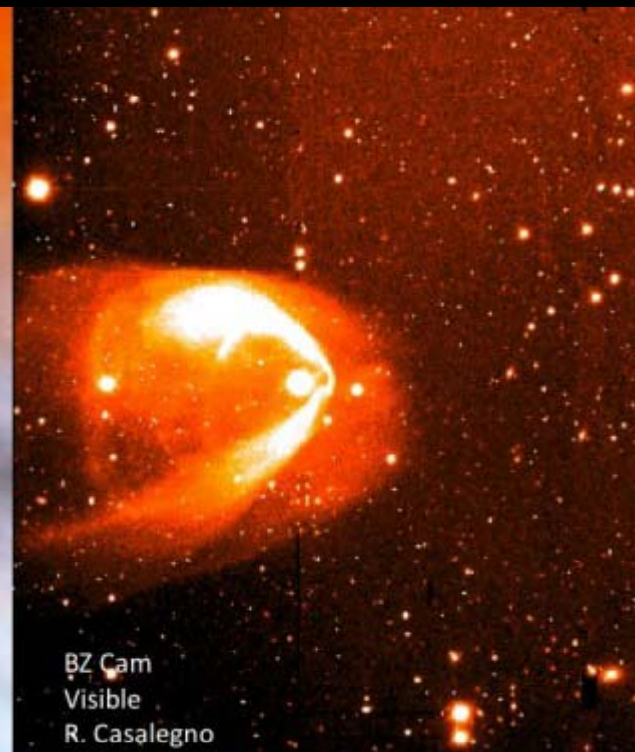


1. 銀河宇宙線

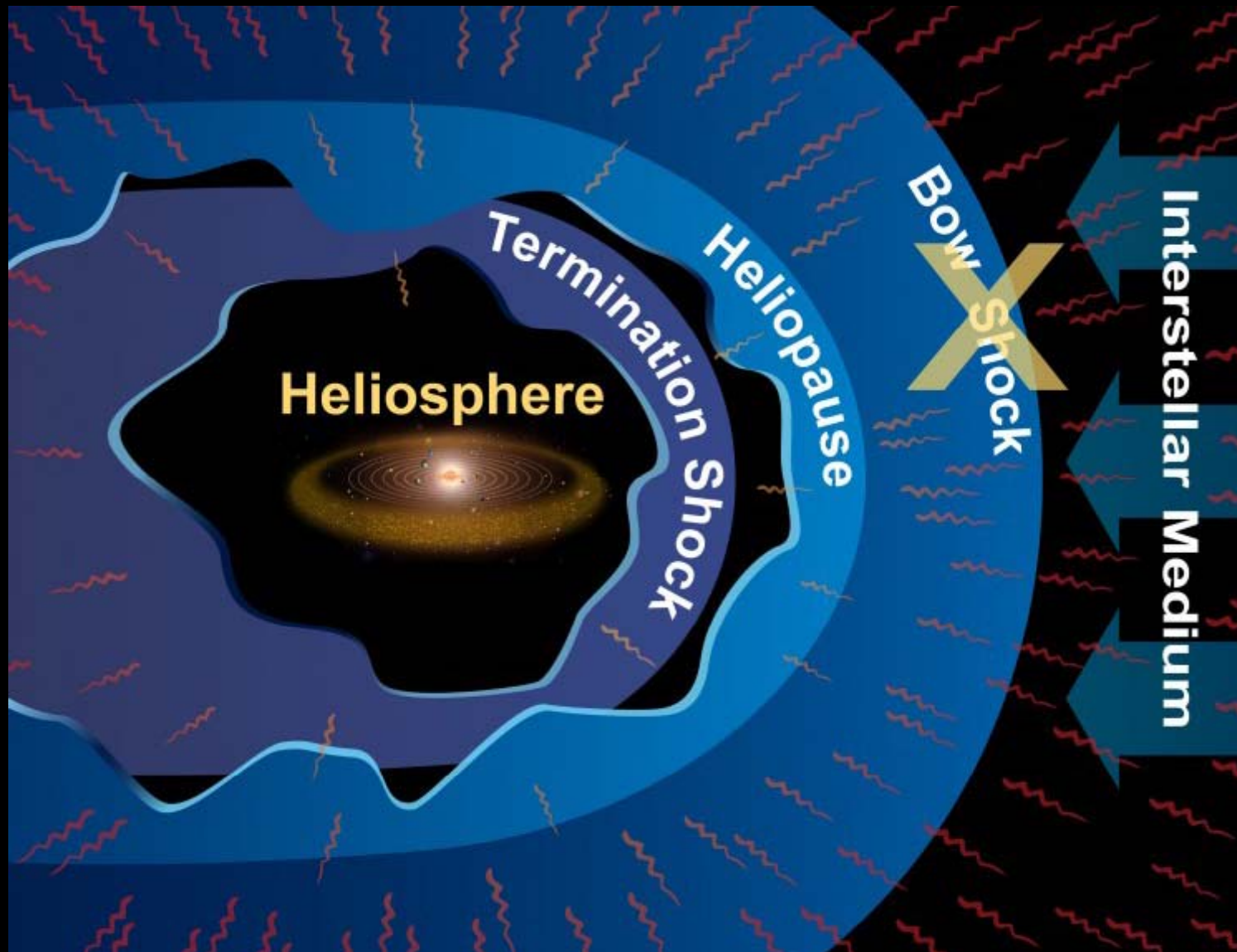


ほとんどは銀河系内の超新星残骸により加速されている。

ASTROSPHERES

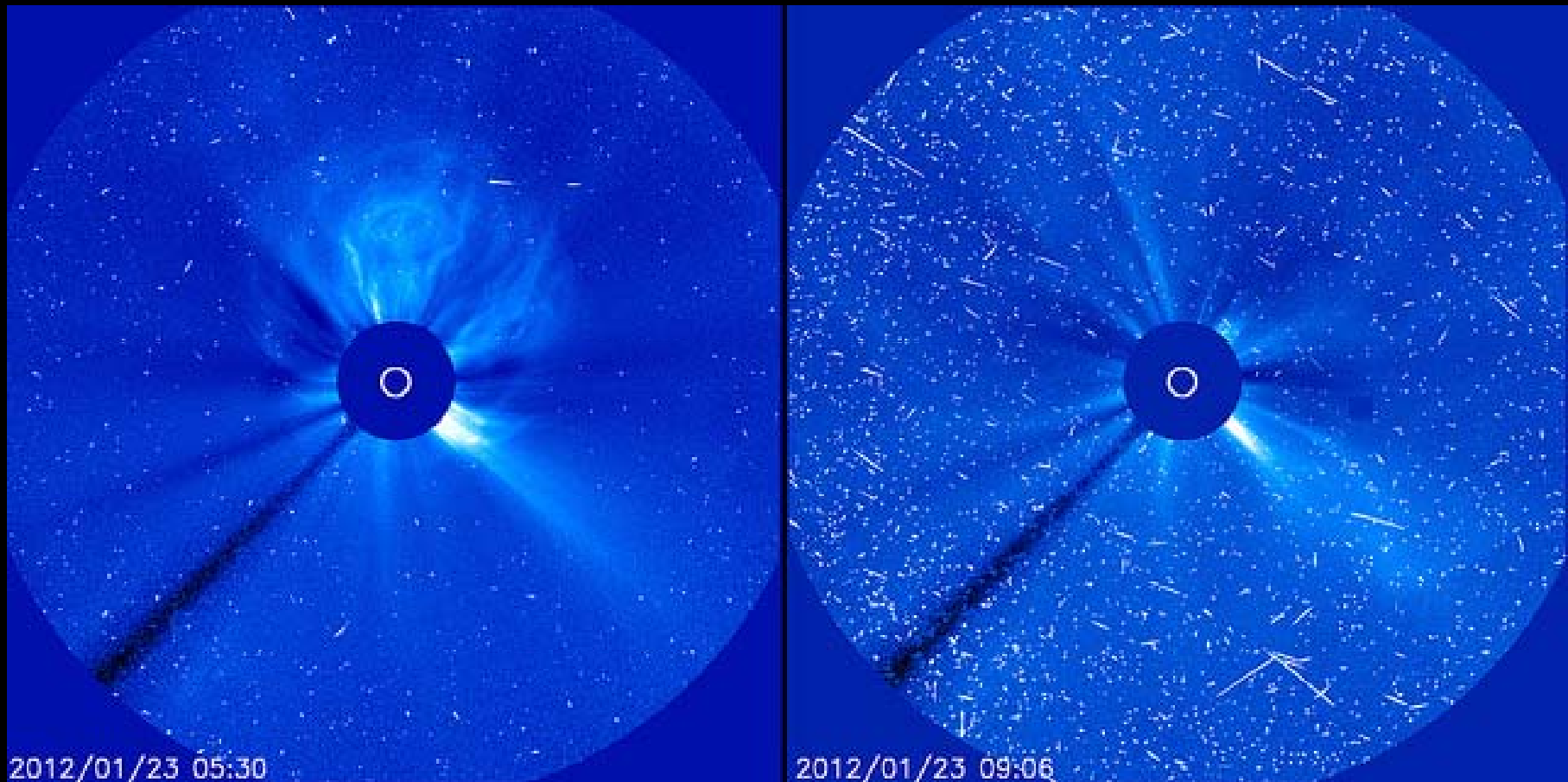


最新の観測によると、星間風は音速より遅い秒速23 kmで吹き付けている。



つまり「太陽圏バウショックはない」ことになる。(McComas et al. 2012/5/10 Science)

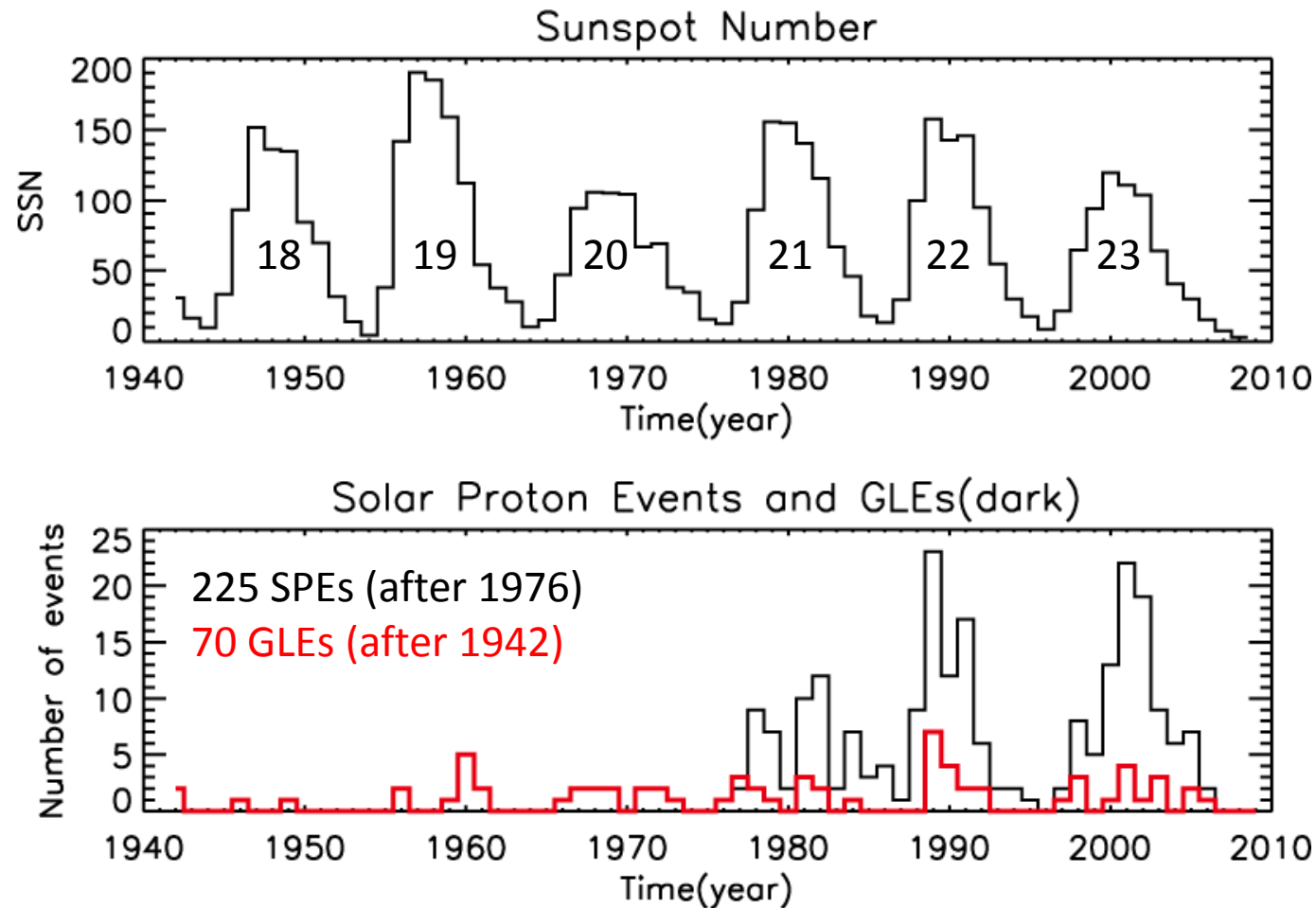
2. 太陽高エネルギー粒子



太陽フレアやコロナ質量放出に伴って一時的に大量放出される。
この衝撃波で加速する陽子のエネルギーは10 GeVくらいが限界。

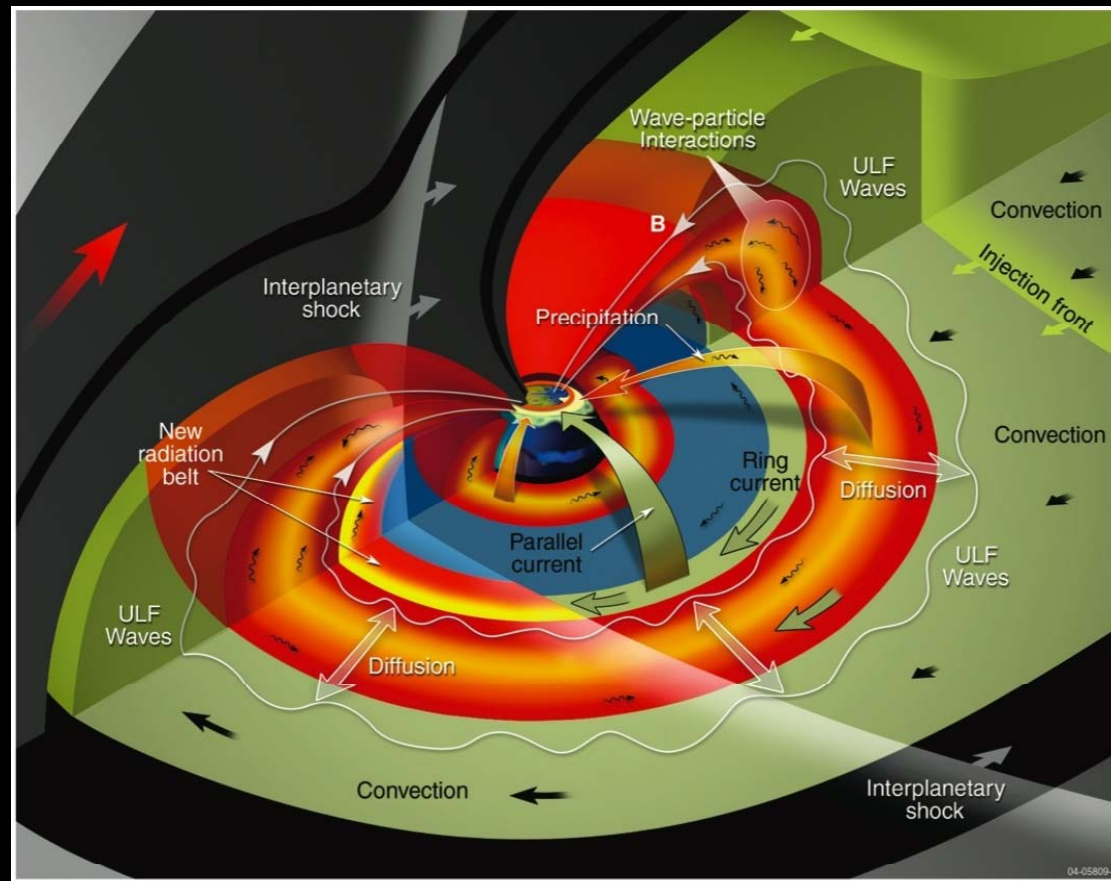
オゾン層も破壊する。

太陽プロトン現象 Solar Proton Events



平均すると、地上にも影響があるGLEは1年1回、宇宙で影響があるSPEは1年6回ペースで発生

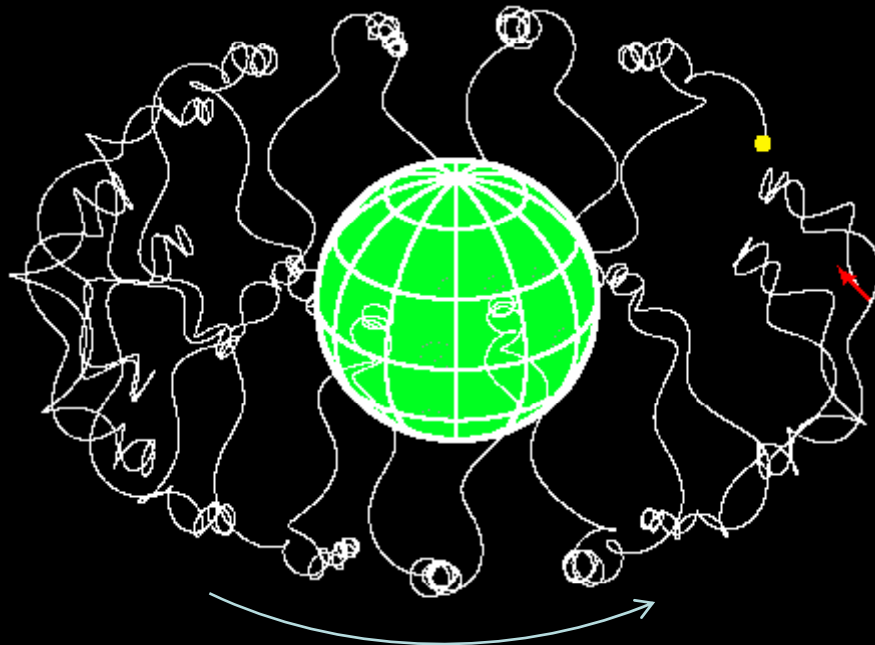
3. 放射線帯 (Van Allen帯)



地磁気バリアは太陽風を防ぐという良い面と、放射線を閉じ込めるという悪い面がある。

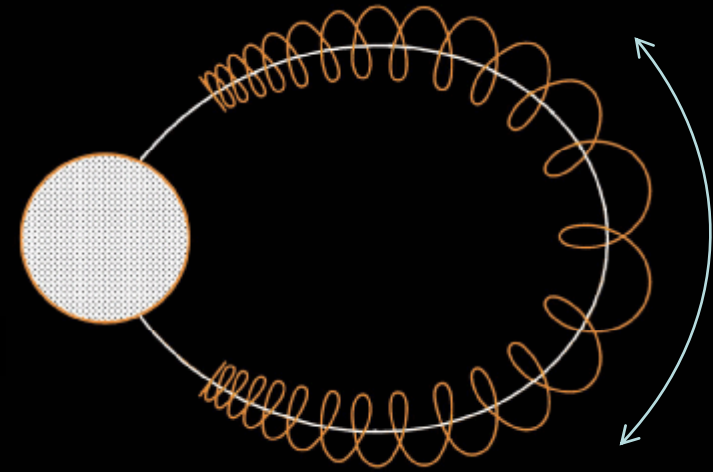
なぜ陽子や電子が双曲子 磁場に閉じ込められる？

1. サイクロトン運動(磁場に巻き付く)
2. ミラー運動(磁場に沿って跳ね返る)
3. ドリフト運動(磁場と垂直にずれていく)

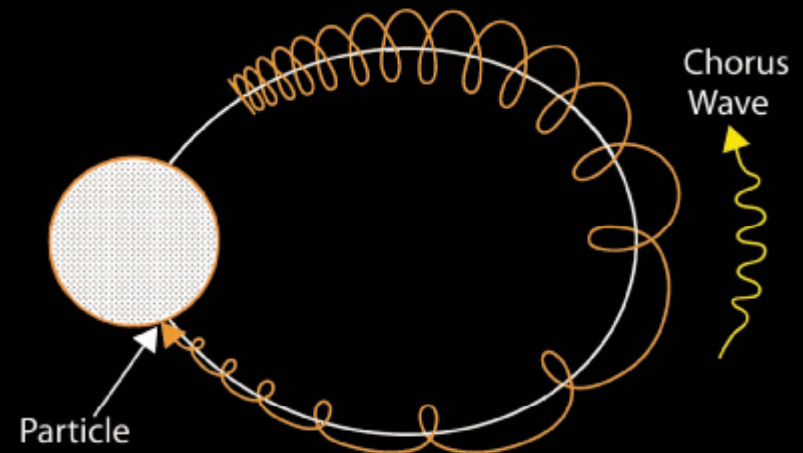


3. ドリフト運動

Wave-Particle Scattering



2. ミラー運動



途中で粒子の軌道が曲げられると大気に落ちることある

宇宙のピヨピヨとポヨポヨ

- 磁気圏で「プラズマ波動」が発生している。
 - 音波にするとピヨピヨ聞こえる。
- プラズマ波動が磁気圏に閉じ込められた電子を大気に叩き落とすことで、ぼんやりオーロラを光らせている。
 - ポヨポヨ(脈動オーロラ)の仕組みは謎。
- プラズマ波動が電子と共鳴加速することで、放射線帯が発生する、というのが最近の学説。

オーロラの高さが100kmだと初めて測定した人

Carl Störmer (1874-1957)

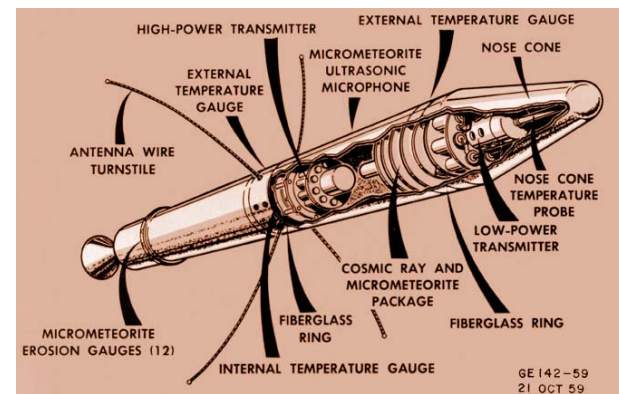


http://en.wikipedia.org/wiki/Carl_St%C3%B8rmer

ノルウェーの物理学者。磁気圏内での荷電粒子の運動理論やオーロラの観測の先駆者。

放射線帯の発見と、冷戦

- アメリカ初の人工衛星エクスプローラー1号に搭載されたガイガーカウンターで発見。
 - 発見者はVan Allen
 - アメリカが1958年1月31日に打ち上げた衛星。
 - ソビエトが1957年10月4日に打ち上げたスプートニク1号。
 - 人類初の無人人工衛星

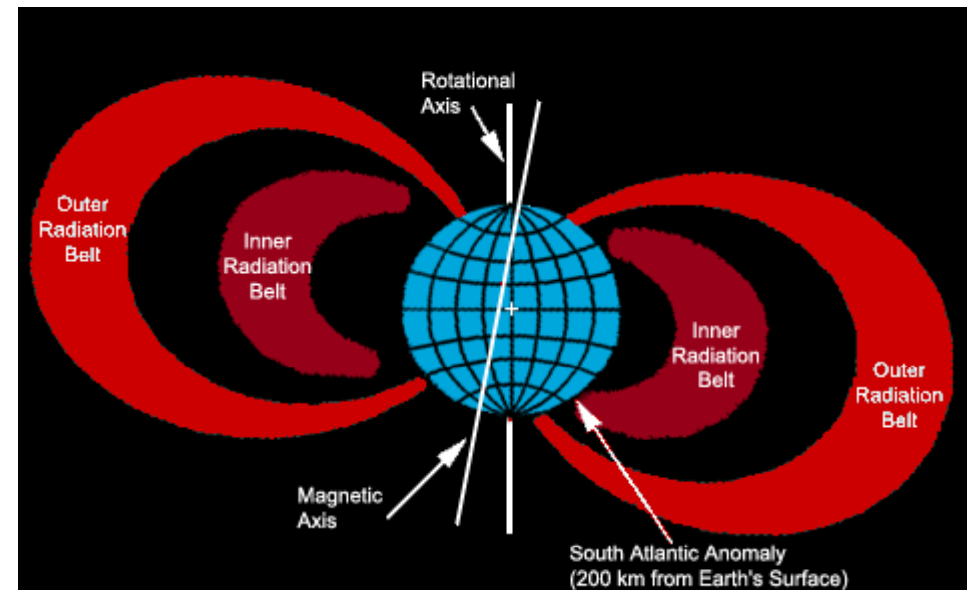


(NASA)

南大西洋異常帯

South Atlantic Anomaly

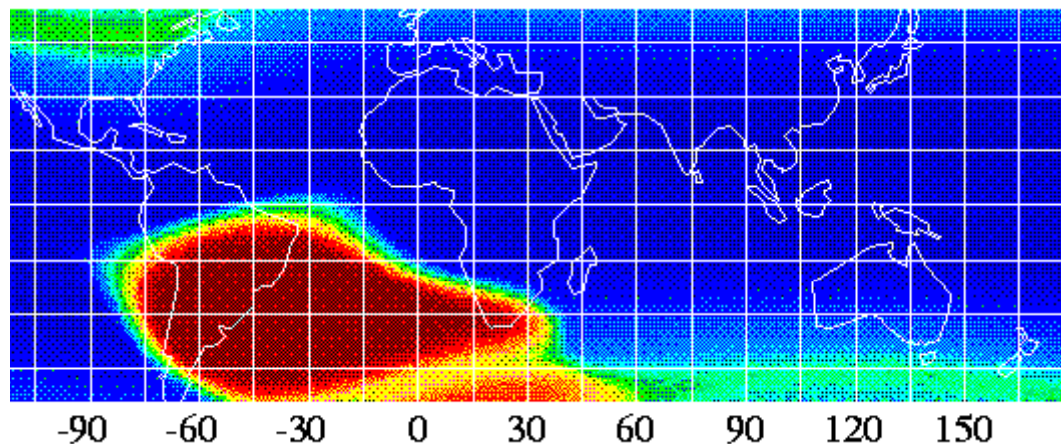
- ブラジル上空は地磁気が弱いため、宇宙からの放射線粒子が降り注ぎやすくなっている。



<http://ja.wikipedia.org/wiki/南大西洋異常帯>

http://en.wikipedia.org/wiki/South_Atlantic_Anomaly

* 英語と日本語のウィキペディアを比べると、ウィキペディアがどれほど“適当”なものか実感できるかも??



アポロ計画と被ばく

- 1969(昭和44)年、アポロ11号により、人類初の月着陸に成功、以後合わせて6回の月着陸を行う。
 - <http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/video11.html>
- この年発売され、現在も販売されている明治製菓のチョコレート、「アポロ」は11号に由来し、帰還船の形をしている。



1 rad = 0.01 Gy(J/kg)、300 radで致死量

<http://lsda.jsc.nasa.gov/books/apollo/s2ch3.htm>

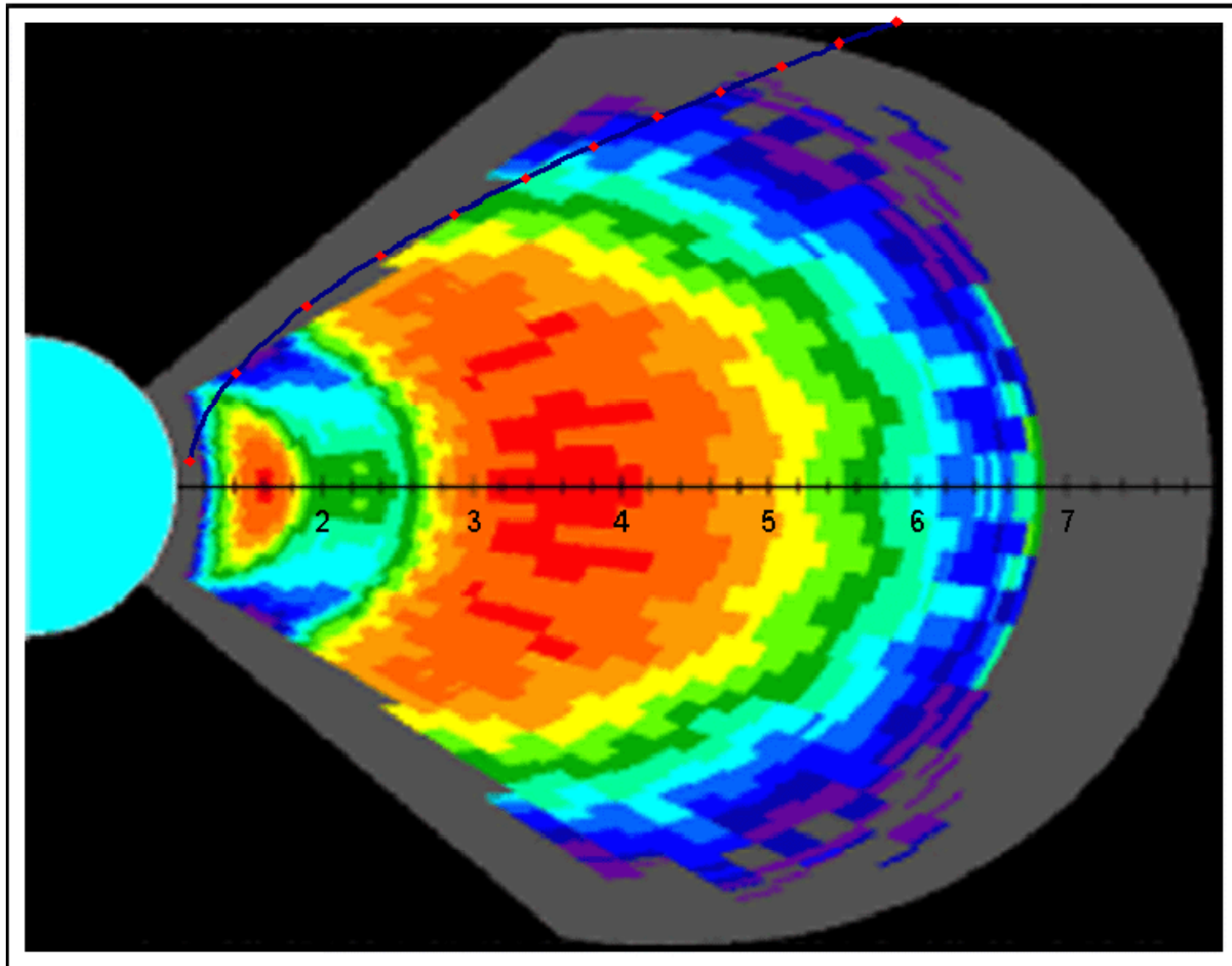
Table 2
Average Radiation Doses of the Flight
Crews for the Apollo Missions

Apollo Mission	Skin Dose, rads
7	0.16
8	.16
9	.20
10	.48
11	.18
12	.58
13	.24
14	1.14
15	.30
16	.51
17	.55

銀河宇宙線、太陽高エネルギー粒子、放射線帯によるmSvオーダーの被ばく

* この値は船外で守られていない人の被ばく率

Blue = 0.0001 Rads/sec Green = 0.001 Rads/sec Yellow = 0.005 Rads/sec
Orange = 0.01 Rads/sec and Red = 0.05 Rads/sec.





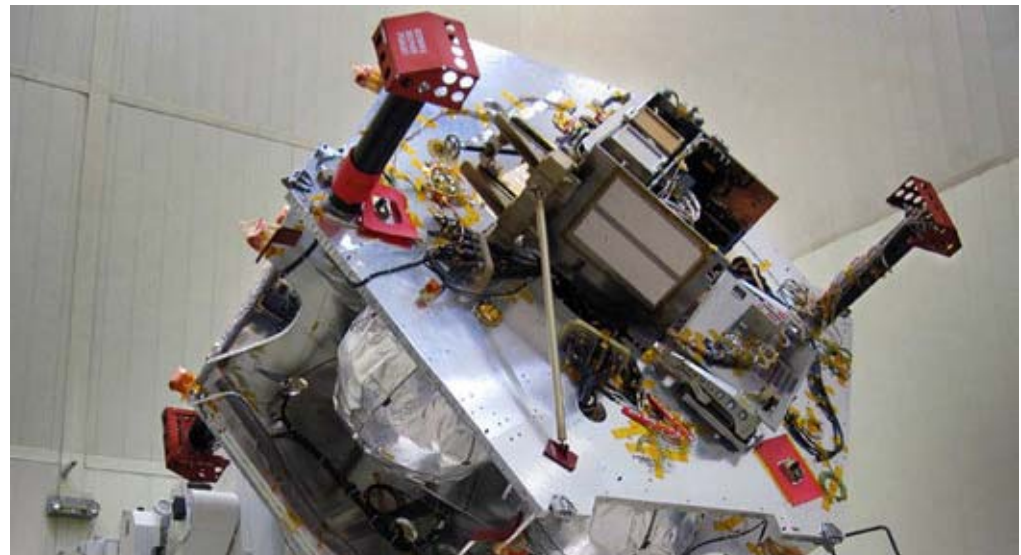
エウロパに生命がいる可能性と 木星の強力な放射線帯について

- “For the 15 months Juno orbits Jupiter, the spacecraft will have to withstand the equivalent of more than 100 million dental X-rays,” says Bill McAlpine, Juno's radiation control manager
- 英語のウェブサイトを翻訳してみたい人は、次のレポートでどうぞ

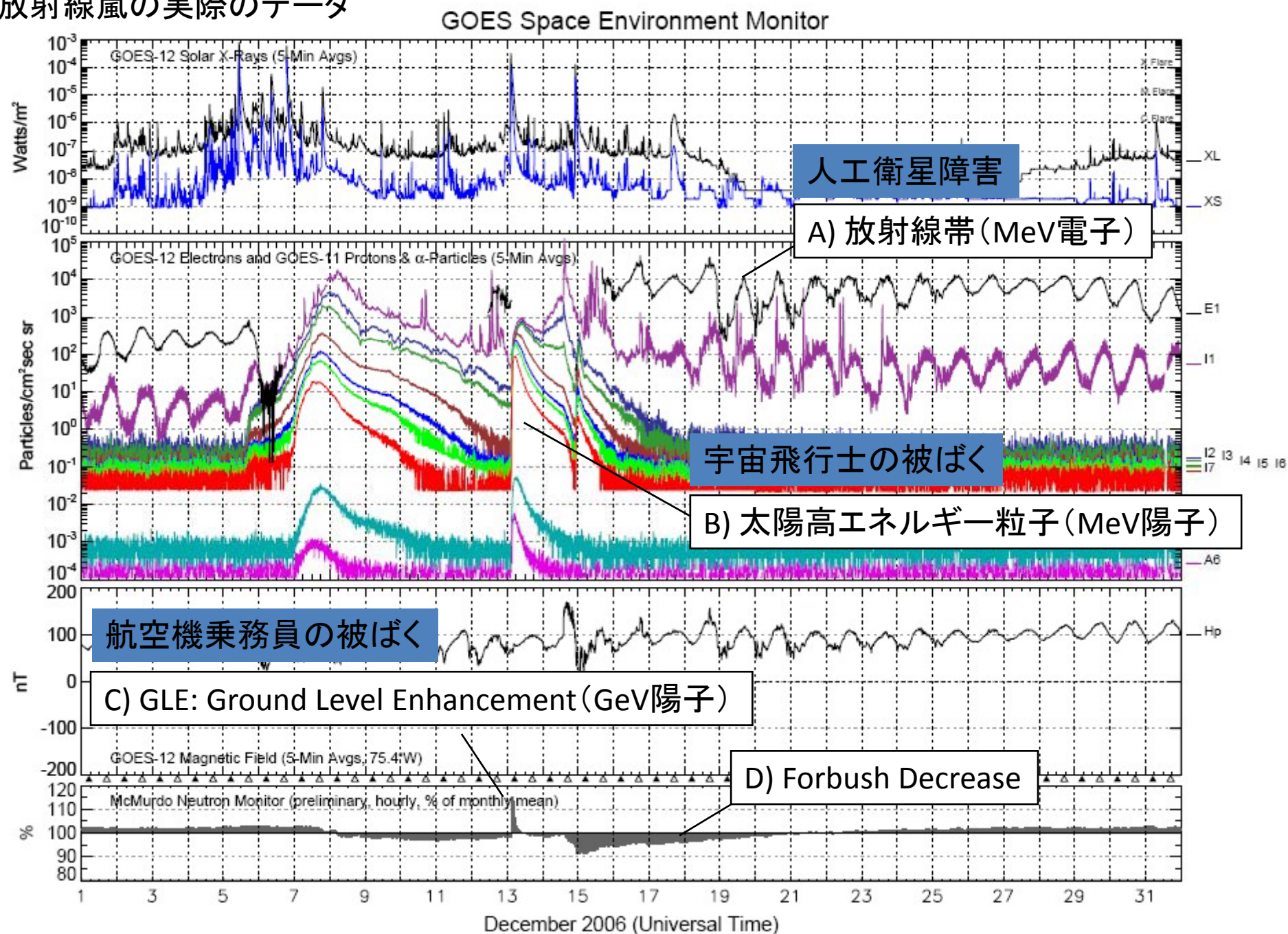
Dental X ray は0.005 mSvかな。 5×10^{-6} Sv。
100 million倍は 10^8 倍だから、500 Svの被ばく量。

<http://www.popsci.com/science/article/2010-07/juno-probe-built-study-jupiters-radiation-belt-gets-coat-armor>

<http://www.astrobio.net/exclusive/3010/hiding-from-jupiters-radiation>

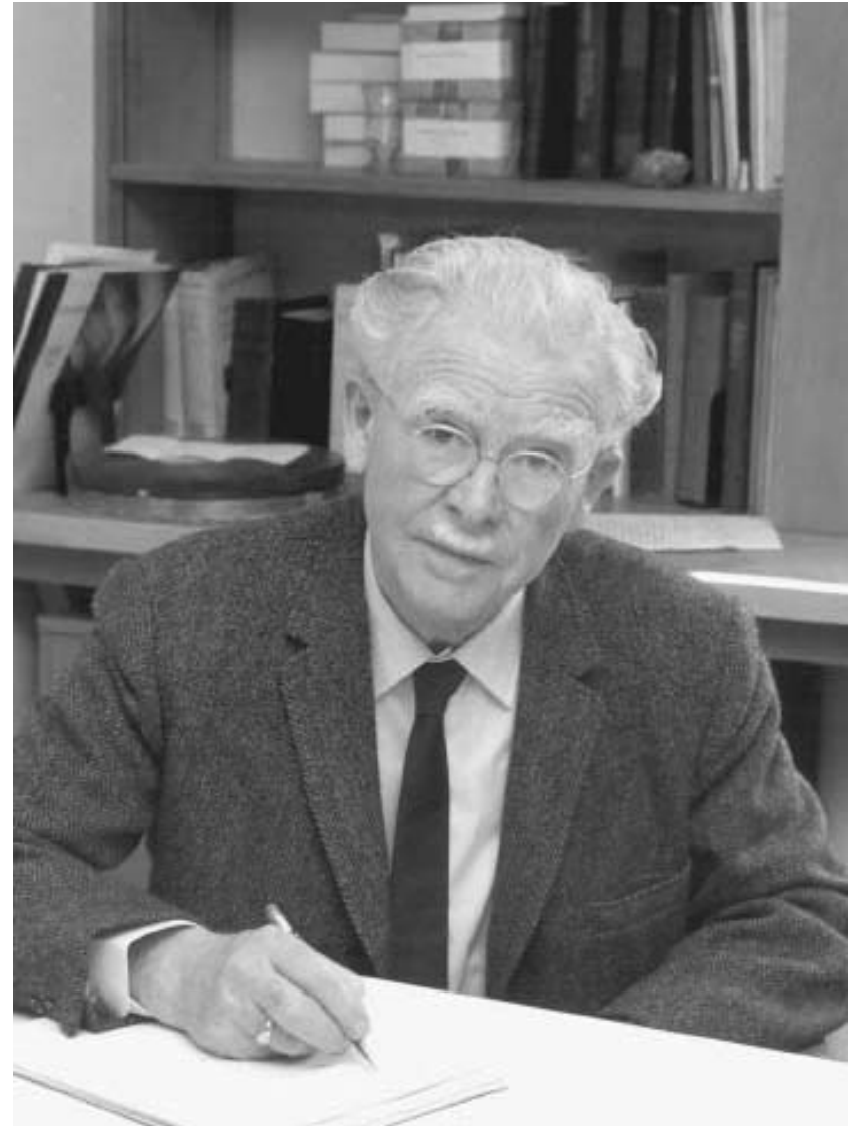


放射線嵐の実際のデータ



Scott Ellsworth Forbush (1904-1984)

- 宇宙線嵐のパイオニア
- SEPとGLE
 - 太陽フレアで放出される高エネルギー荷電粒子
- GCRが数日弱くなる
 - Forbush Decrease
 - 地球を包むコロナ質量放出が銀河宇宙線の磁気バリアになる
- GCRの11年・22年周期



人工衛星故障の原因

キラー電子を ネットで予報

世界初、理研など
あすの宇宙の天気は？
。気象衛星「ひまわり」
などが周回している

高度約三万五千八百キロの静止軌道で、人工衛星の故障の原因となる電子の発生確率を予測する「宇宙天気予報」を、理化学研究所の片岡龍峰研究員らが世界で初めて開発した。インターネットでも公開しており、五日後までの宇宙の「天気」を知ることができる。

人工衛星の故障を引き起こす原因となるのは、キラー電子と呼ばれる放射線粒子。軌道の周辺でキラー電子の量が増える

と、人工衛星の異常動作や故障が起こりやすくなる。片岡研究員らは電子の発生に影響を与える太陽風のデータなどから、キラー電子の量が警戒レベルに達する確率を数日先まで予測できる計算方法を独自に開発した。

地上の天気予報の降水確率と同じ要領で、一日のうちで警戒レベルを超える可能性が10～30%の場合は晴れ、40～60%は曇り、70～90%は雨と表

現 ホームページ（HP）上では「天気」を、UFOに雲や雷が掛かったマークなどで表示している。

これまでもキラー電子の異常増加で、衛星放送が中断したり、気象衛星が長時間にわたって機能停止したりするなどの被害が出ている。

片岡研究員は「警戒レベルに達する確率を予測できれば、人工衛星の運用や宇宙飛行士の船外活動などでの活用が期待で

http://www.aprsaf.org/

Asia-Pacific Regional Space Agency Forum

APRSAF

Sitemap Japanese

Home About APRSAF Participants Meetings & Events Working Groups Event Calendar Contact Us

Feature Stories

Probabilistic Forecast of Killer Electron Alert in Geosynchronous Orbit

Dr Yoshizumi Miyoshi (Nagoya University) and Dr Ryuho Kataoka (RIKEN) have developed a forecasting system to predict the daily probability of a killer electron alert in geosynchronous orbits up to a week in advance.

Dr Ryuho Kataoka, a special postdoctoral researcher at RIKEN, said "This forecasting system originated from a very similar concept to the weather forecast of precipitation probability. We will continuously investigate the characteristics of the solar wind and radiation belts in detail and hope to contribute to satellite operations."

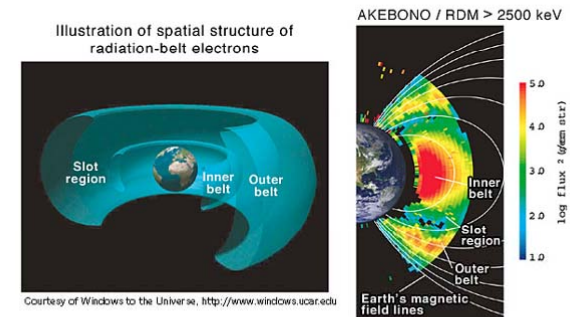


Figure 1. Illustration of radiation-belt electrons (left). The spatial distribution of electrons above 2500 keV observed by AKEBONO (right) with particles' flux expressed in color. <http://www.isas.jaxa.jp/e/torofront/2006/miyoshi/index.shtml>

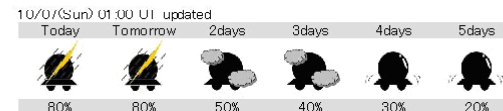
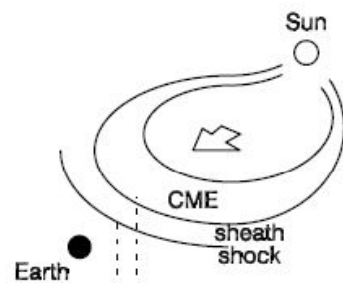


Figure 2. This table shows the probability that the 24-hour maximum value of 2MeV electrons in a geosynchronous orbit will exceed the NOAA/SEC alert level of 1,000 PFU. The forecast is updated every day by scientists between midnight and noon UT. "Today" means from midnight to the following midnight, UT.

いつ増える？なぜ？

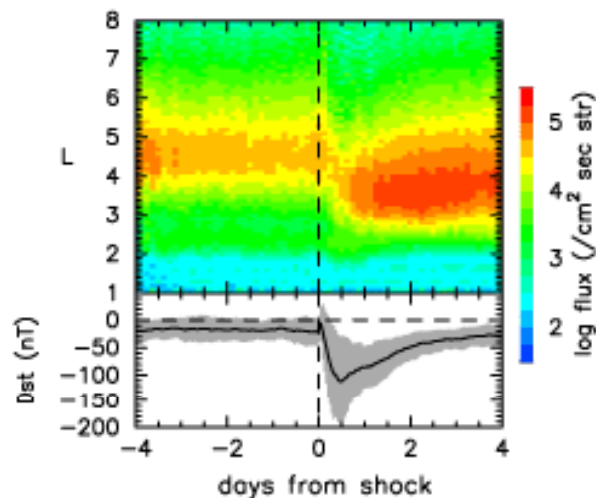
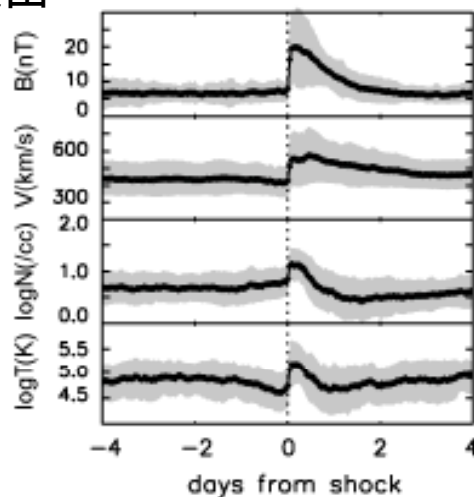
なぜ磁気嵐で放射線帯
が大きく変化する？



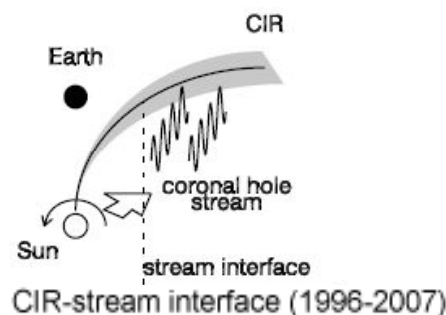
1. コロナ質量放出

極大期に多い

CME-shock (1996-2007)



強い磁気嵐
「急始」あり

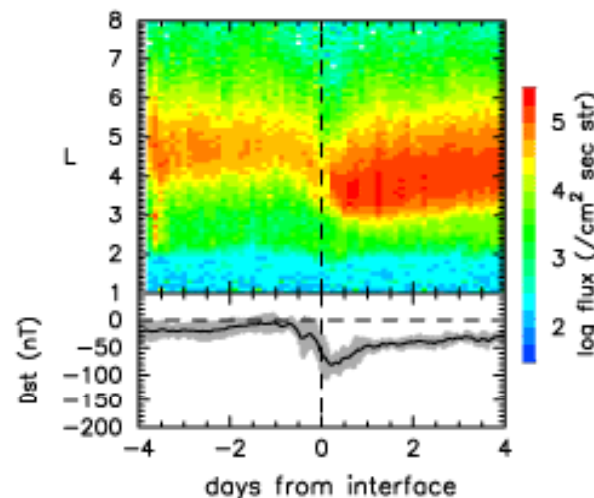
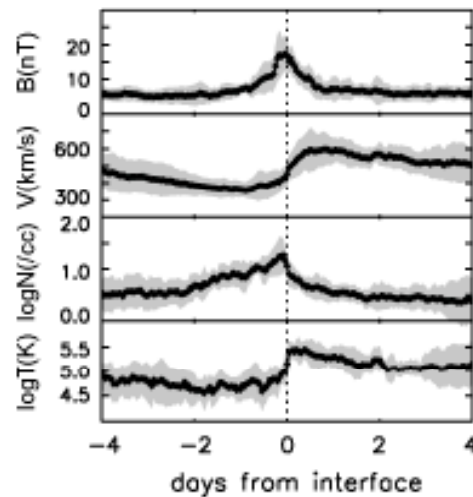


2. コロナホール

減衰期に多い

衝撃波がない

CIR-stream interface (1996-2007)

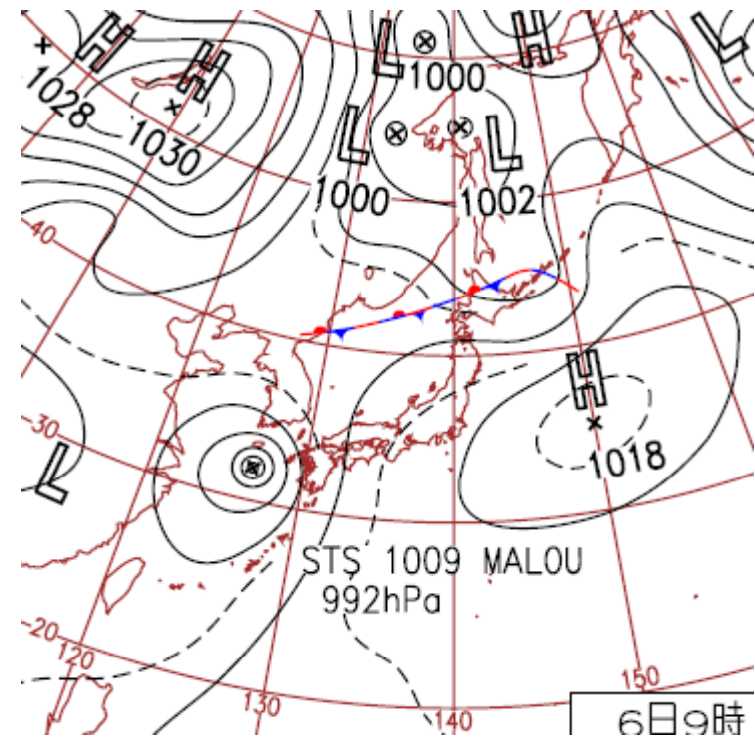
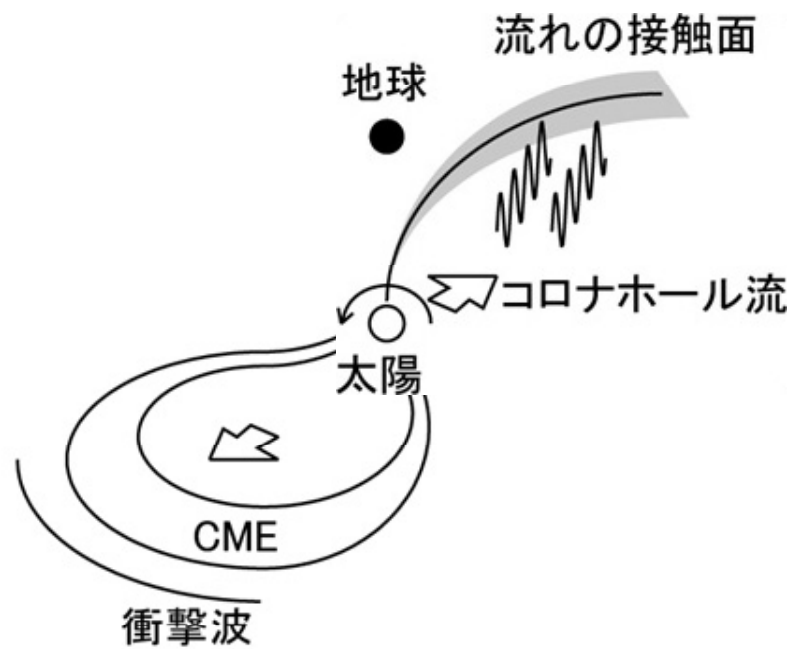


だらだら磁気嵐
「急始」なし

Kataoka and Miyoshi (2006 Space Weather, updated)

次回予告:宇宙天気予報

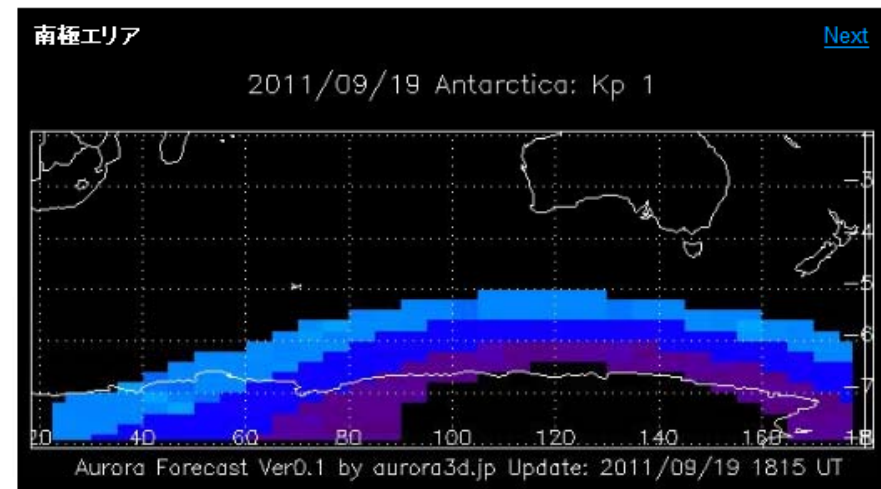
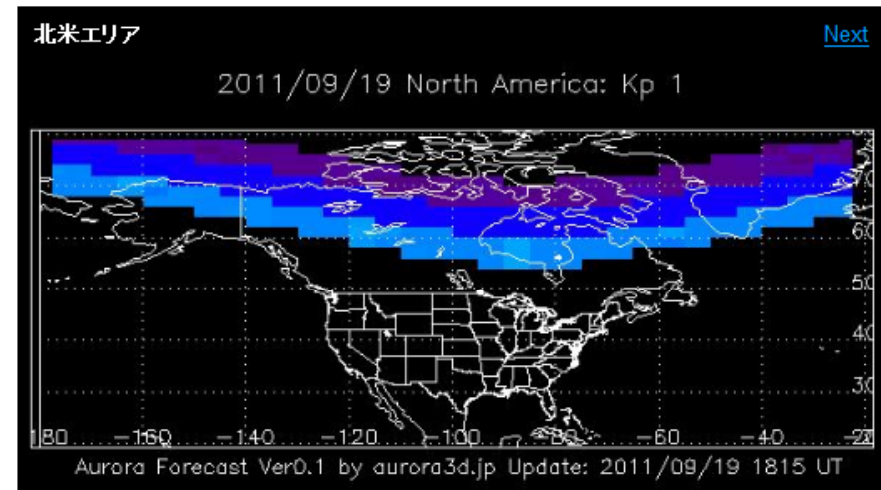
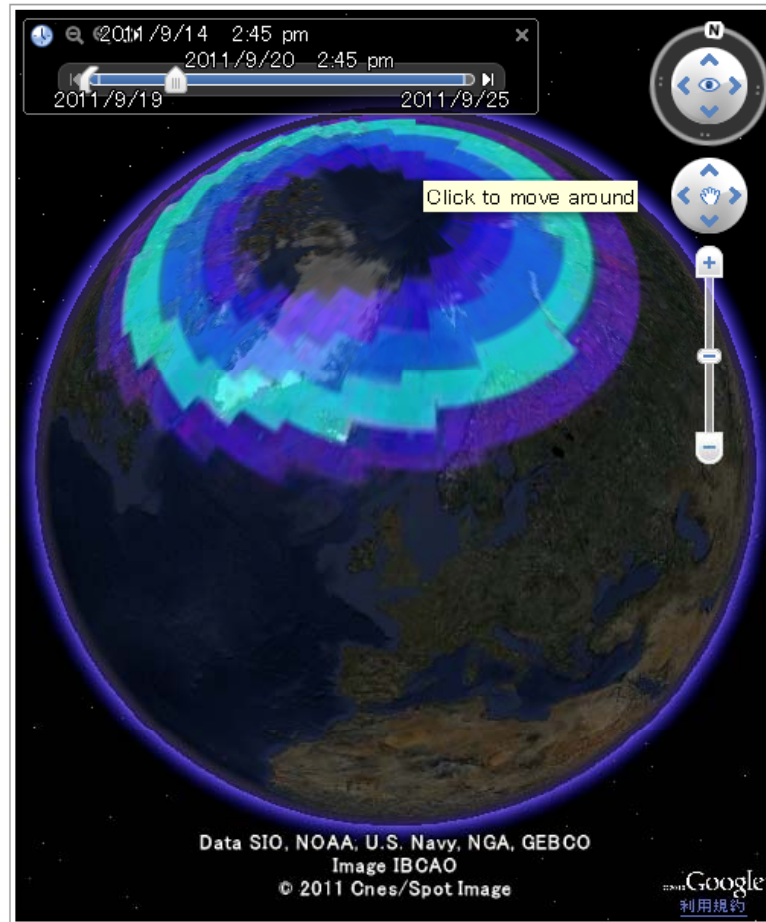
宇宙の天気図？



次回予告:宇宙天気予報

オーロラ予報マップ 2011/05公開

オーロラ予報マップ

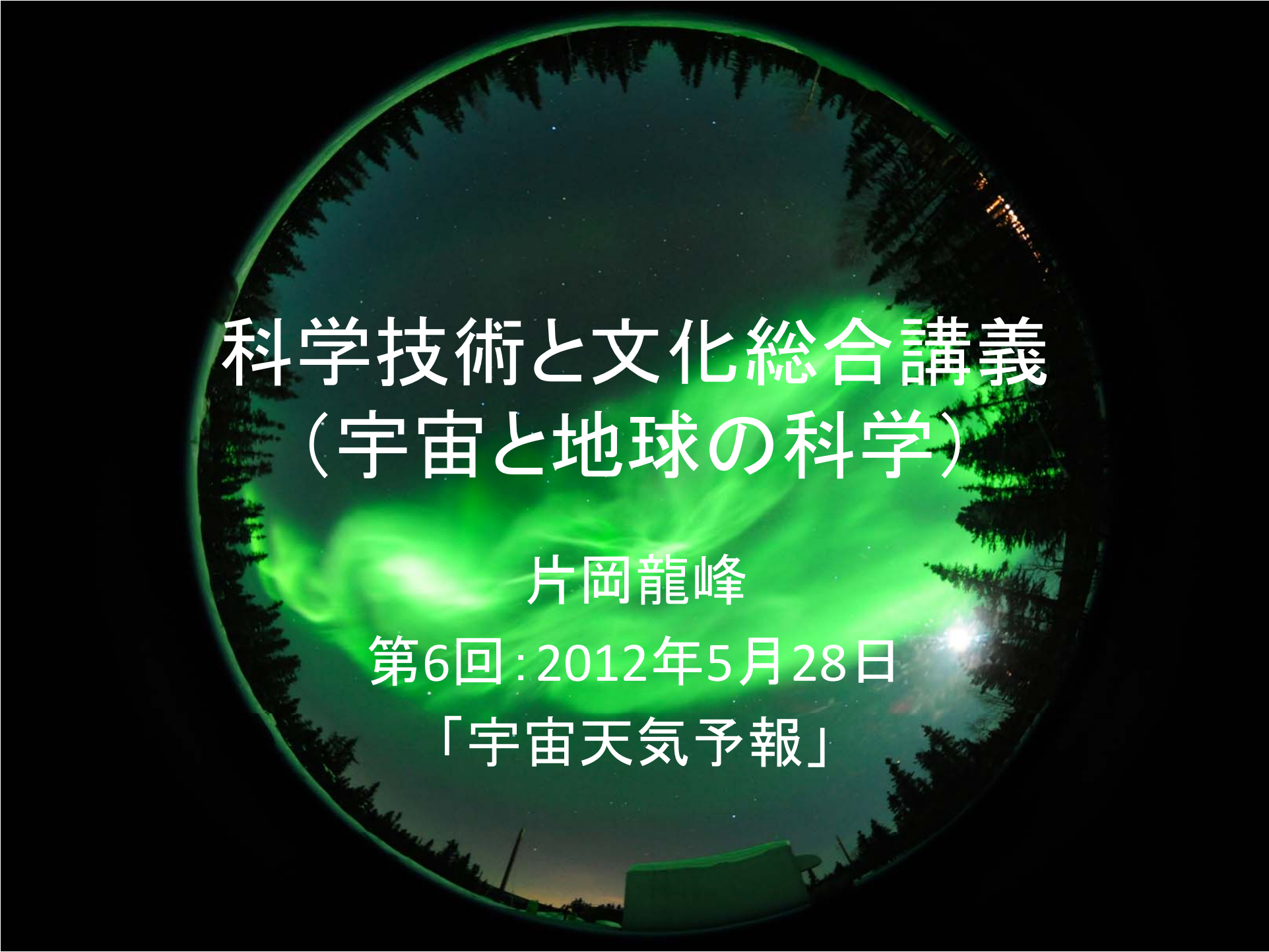


<http://aurora3d.jp/spaceweather/>

磁気嵐で緯度の低い地域でも被ばくしやすくなる。

第5回アンケート

- 感想は自由に記入してください。
- 第2回小レポートで調べたいテーマがあれば教えてください。
 - テーマ選びは一番重要かもしれない。
 - 第2回小レポート提出期限は未定です。



科学技術と文化総合講義 (宇宙と地球の科学)

片岡龍峰

第6回: 2012年5月28日

「宇宙天気予報」