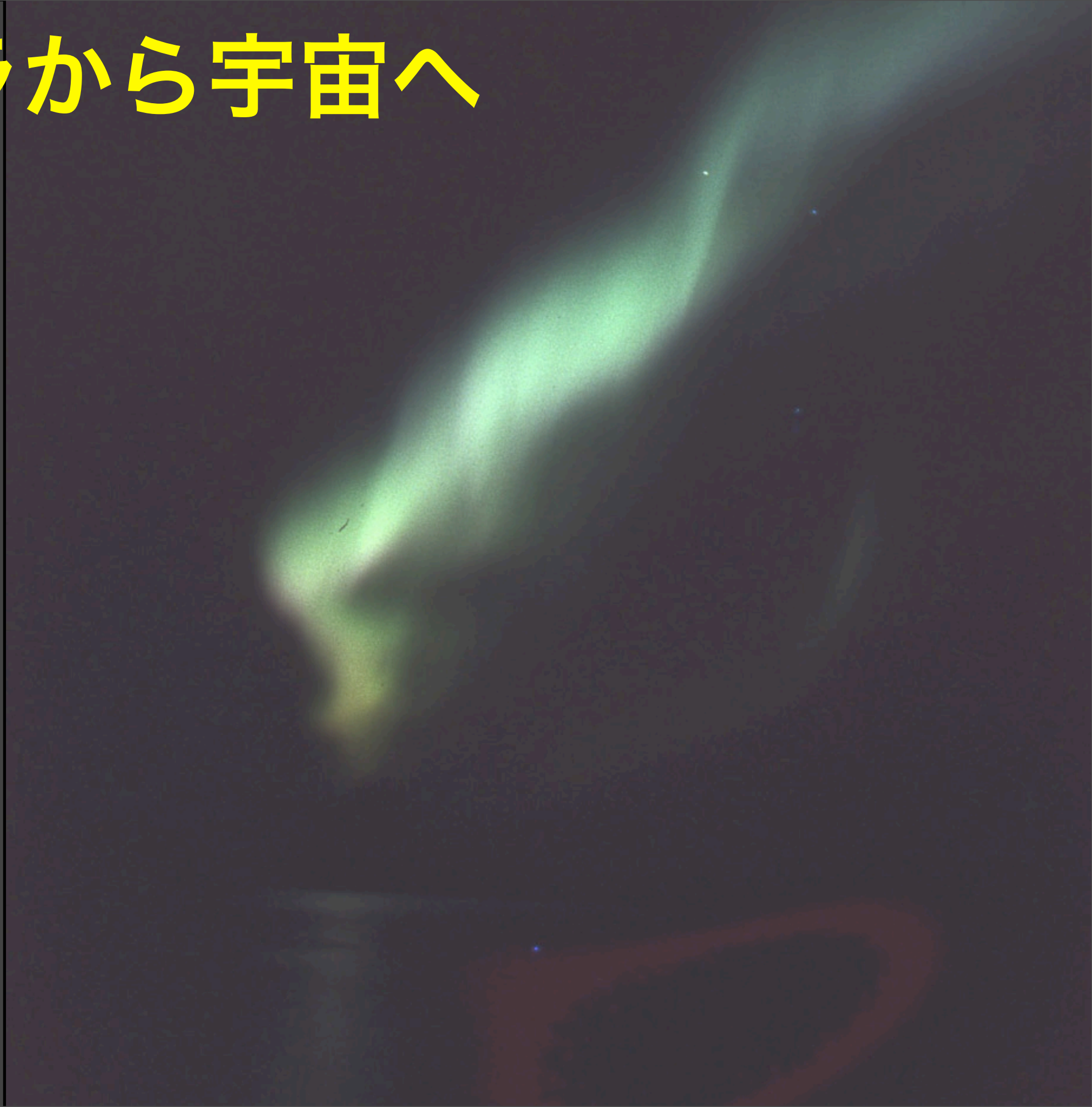


オーロラから宇宙へ







サイズ (小規模) ~ 星座



サイズ (大規模) > 星座

照度：暗くなり次第見える
(～三番星が見える頃)



North

South

auroral arc

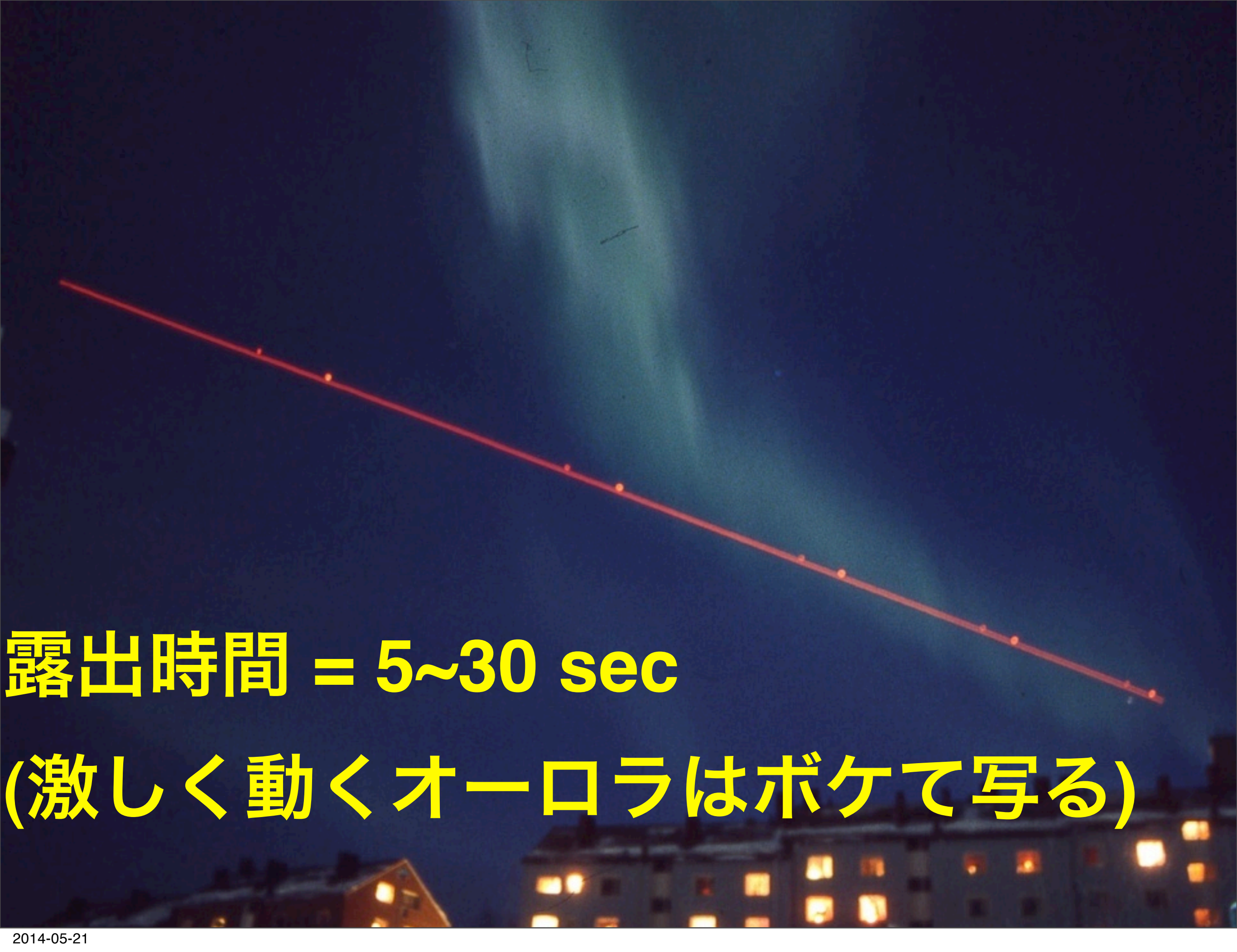
～ 肉眼で見える



diffuse aurora

～ カメラでは明瞭だけど
肉眼では天の川クラス





露出時間 = 5~30 sec

(激しく動くオーロラはボケて写る)

短い露出 (明るいオーロラのみ可能)
にすると縦筋が見える = 実感に近い





色 ~ 緑と赤が基本

赤オーロラ (滅多に出ない)



一般人の主な質問

今夜は（美しい／赤い）オーロラが見えますか？

この写真のようなオーロラが見えますか？

オーロラを見るのに良い場所は？

オーロラはどのくらいの頻度で見えますか？

寒いとオーロラが出るんですよね？（＝勘違い）

太陽活動はオーロラに十分ですか？

オーロラって何か役立ちます？

オーロラは何が起こしているのですか？

オーロラの色って緑ですよ？

どうして動くのですか？

え、昨日出たの？ 大きかった？

**これらの質問（予報、形態、待ち方、土産話）
に答える為に知っておくべき事**

- 1. オーロラを検知する手段**
- 2. “美しい”オーロラを起こす元**
- 3. リアルタイム・データの見方**

1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

old system



new camera



http://www.irf.se/Observatory/?link=All-sky_sp_camera



昔のカメラ

- * 焼き付け現像
- * 1～3分に1回が技術的限界
- * 高い運用費+人件費

⇒ 一晩で400枚程度(2分値の時)

今のカメラ

- * デジタル
- * 10～60秒に1枚(毎秒1枚は技術的に可能)
- * 安い運用費+自動化

⇒ 一晩で2000枚以上(20秒値の時) ⇒ 動画化

movie

北

東

西

動画は20秒おきが最適 南

2004.01.15
14:30 UT

動画ですら2分／一晩データなので面倒

⇒ Keogram (一目で大ざっぱな活動が分かる)



リアルタイム: <http://www.irf.se/allsky/rtaascirf.php>

過去データ: <http://www.irf.se/allsky/asckeo.php>

“怠け者が技術を作る”

オーロラの「見える」確率

(2003.9 ~ 2005.4, 444 nights)

	弱い	強い	爆発	曇り・雨
一晩のど こかで	61%	57%	35%	42%
三晩のど こかで	88% (on one of 3 days)	86% (on one of 3 days)	66% (on one of 3 days)	11% (cloudy all 3 days)

reading from mpeg movie:

<http://titan.irf.se/misato/> (現在故障中)

1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

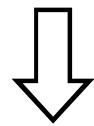
発光現象 = 1. 酸化(燃烧)、2. 熱 (電熱、白熱電
気), or 3. 非熱的 (ネオン管=電子と分子の衝突)

宇宙から降り込むオーロラ電子が大気(酸素と
窒素)にぶつかった時、大気を(炎色反応と同じ
原理で)発光させる

⇒ オーロラ = 電流

誘導電流（ファラデー＋アンペア）の法則

オーロラという長さ1000km規模の交流電流が
上空100kmの所を流れている



地上に長さ100km以上の導電体があると、そこ
に誘導電流が流れる

(1) 高压送電線に異常電流が流れて停電に至る



(2) パイプラインに異常電流が流れて加熱する
⇒ アラスカでは永久凍土を融かす問題が発生



雲

カメラ

地磁気の北向き成分 (B_x)

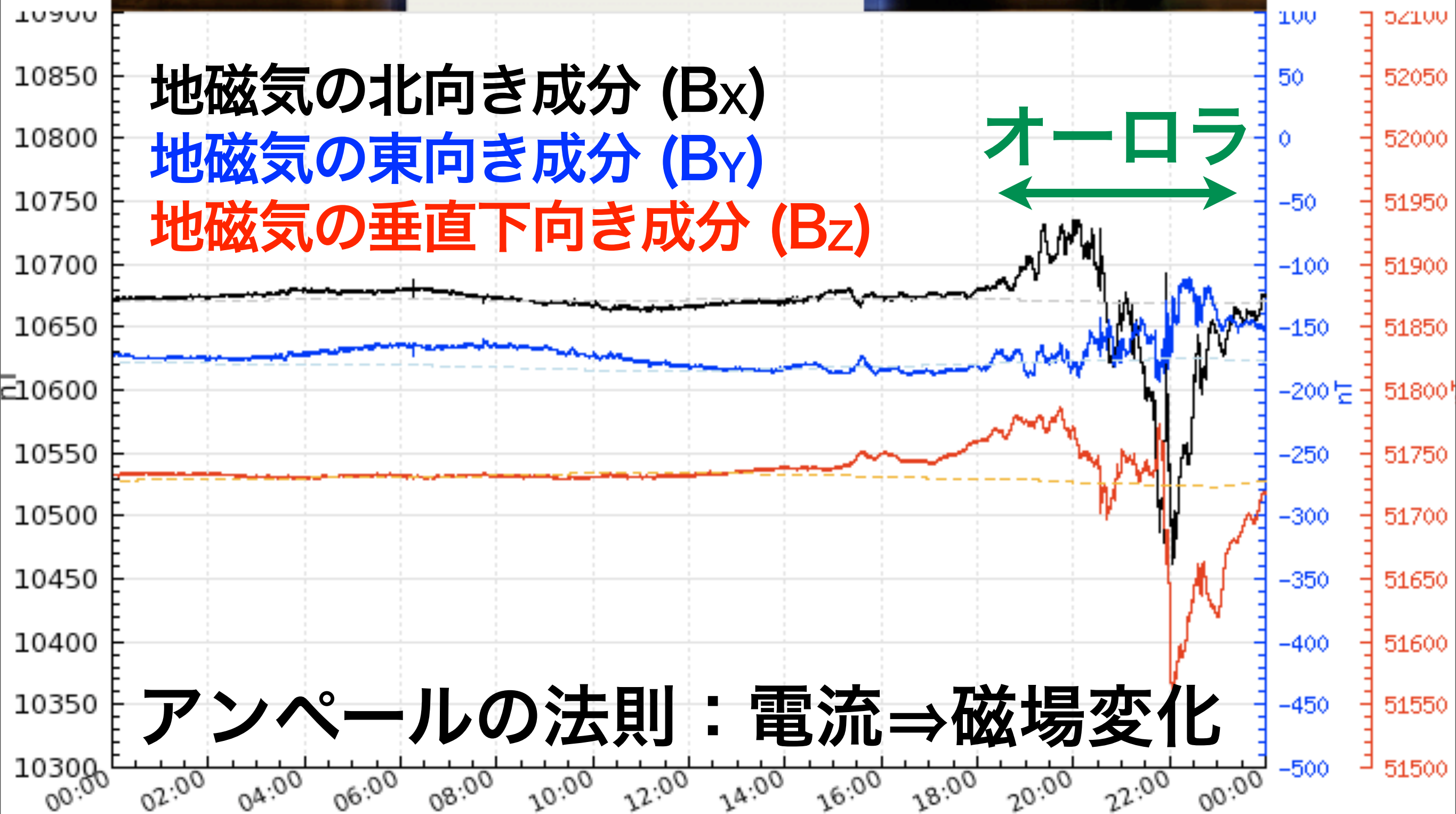
地磁気の東向き成分 (B_y)

地磁気の垂直下向き成分 (B_z)

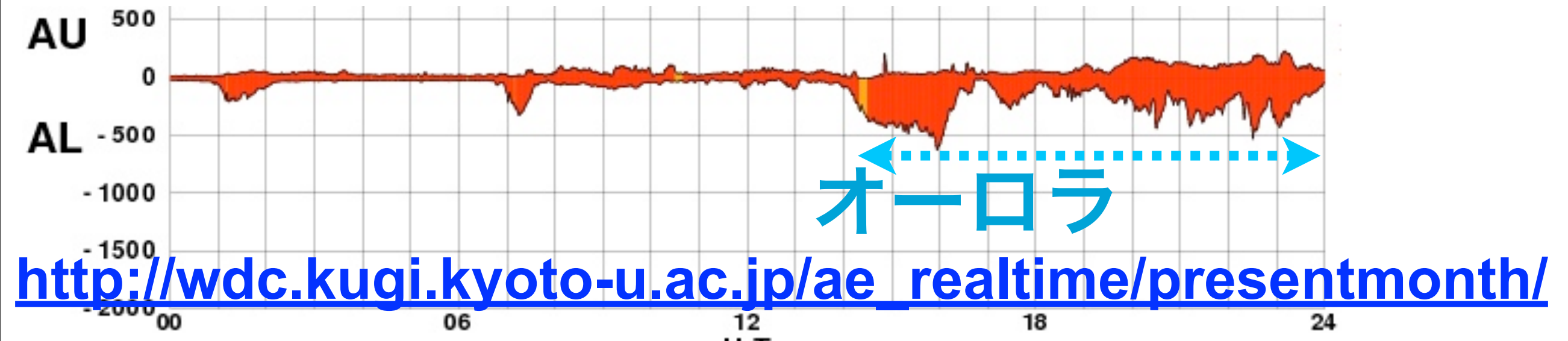
オーロラ



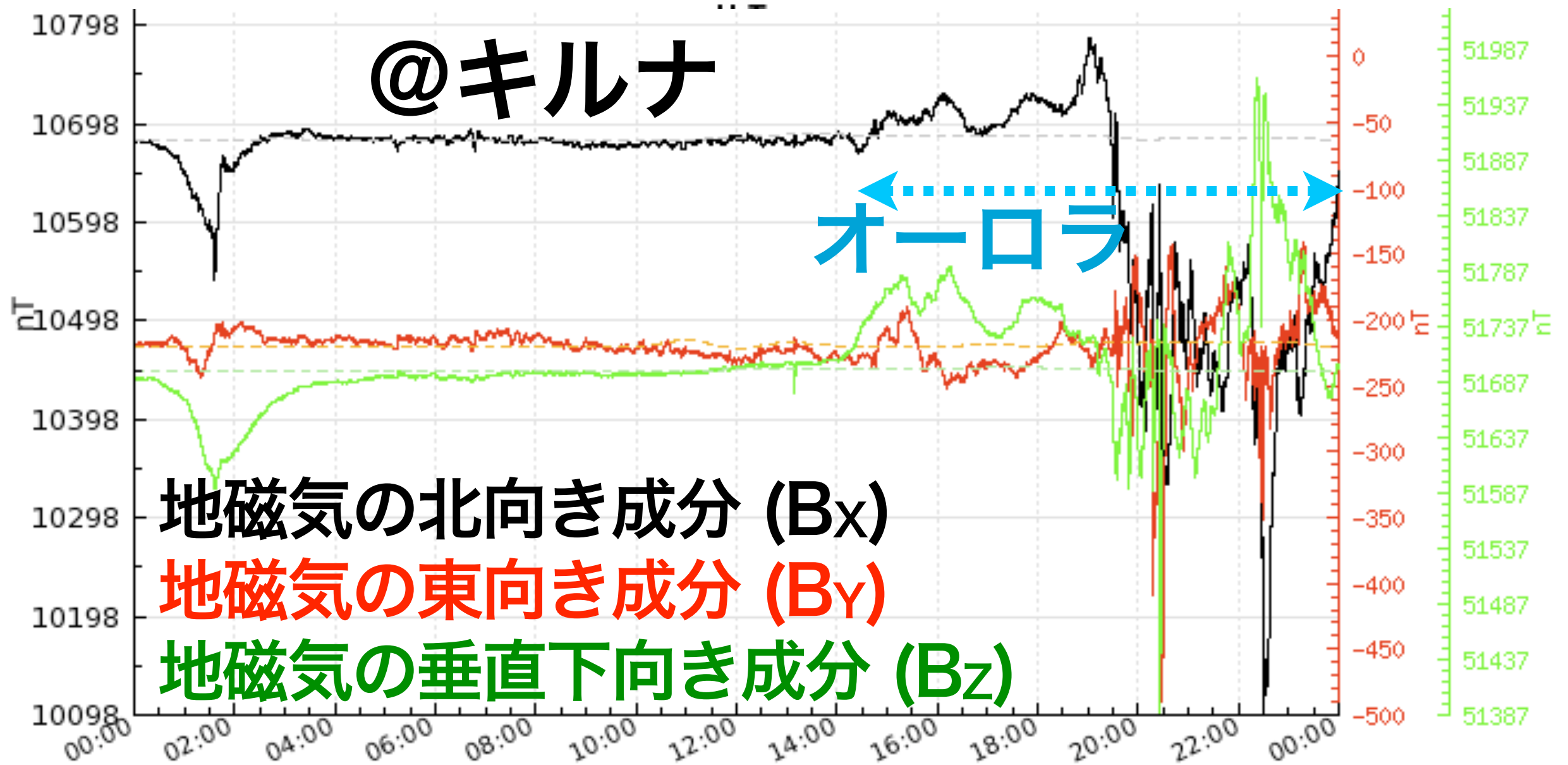
アンペールの法則：電流⇒磁場変化



世界11ヶ所で最大変化をモニターする



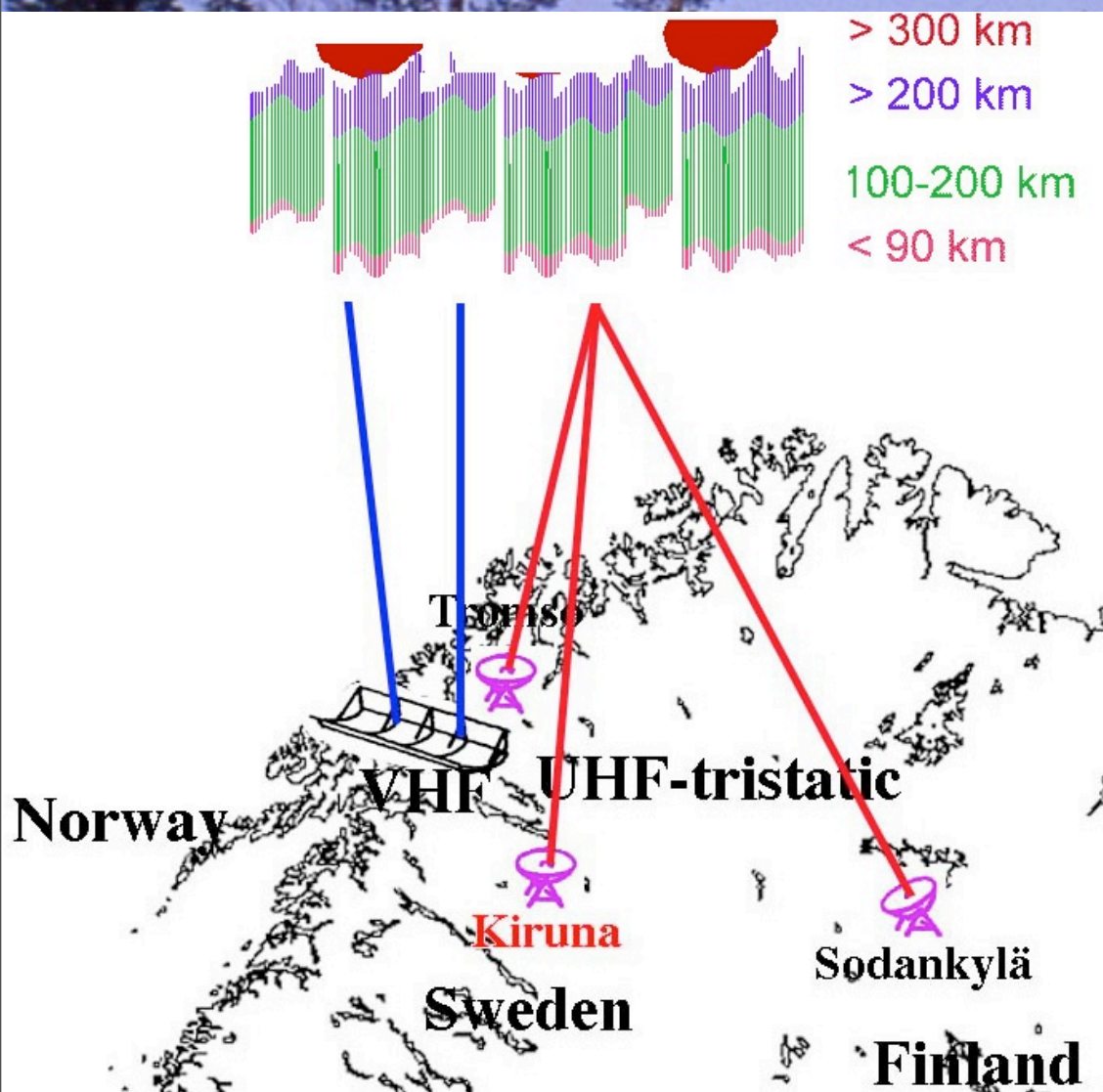
@キルナ



1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

EISCAT 電離層レーダー: 3地点から立体観測は 世界でここだけ (3 km from IRF)



携帯電話に周波数を取られて
観測停止中

レーダー

色々な分野で活躍（飛行機管制・雲・ネズミ捕り）

電離層レーダー：500km離れた所のプラズマ
を調べるので巨大（直径30m級～仕様を変えれ
ば太陽系（Deep Space）探査機との送受信が
可能な大きさ）

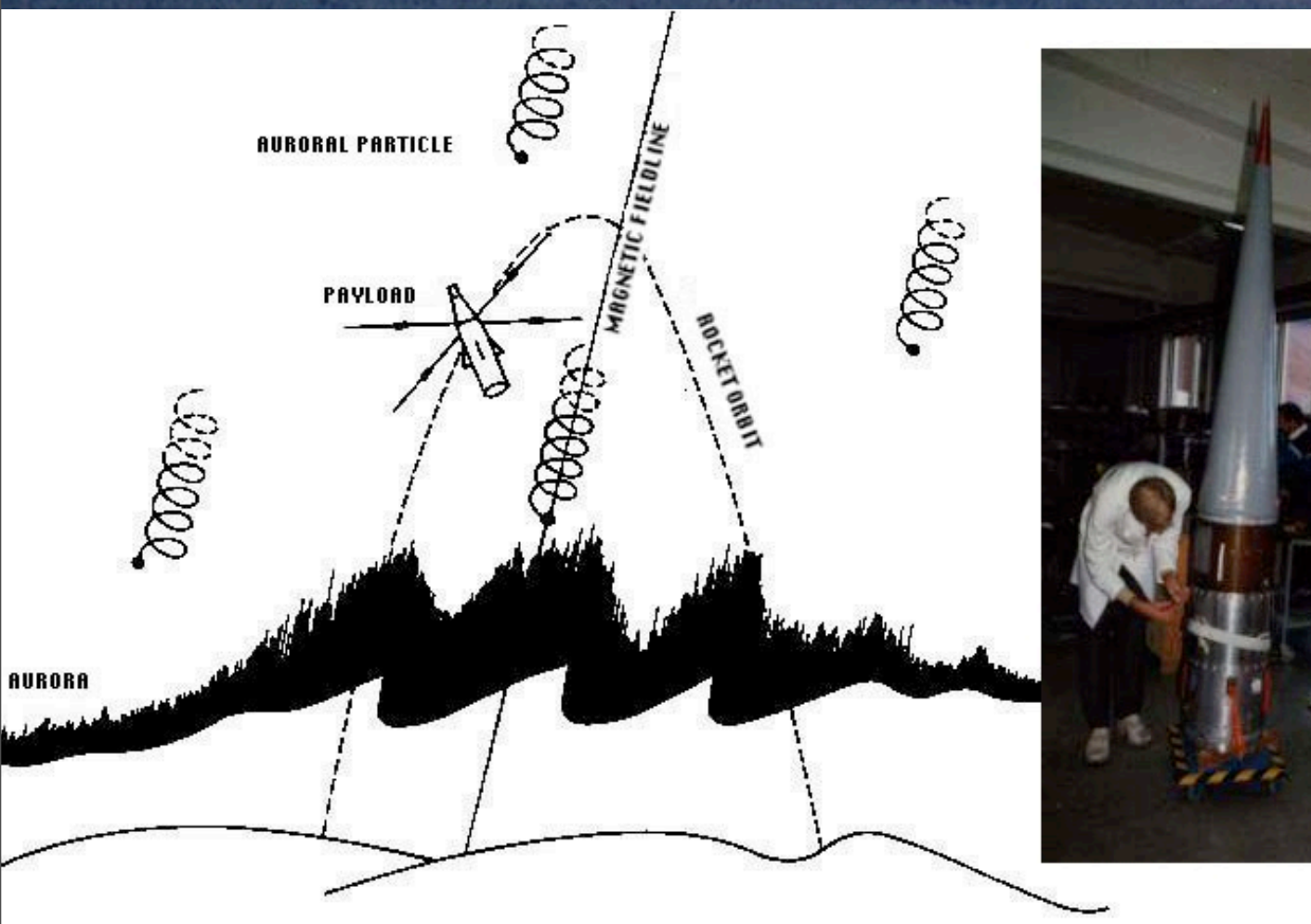
— spin off —

- * 隕石を調べる事が出来る
- * 月の表面を調べる事が出来る
- * 太陽風を速度を推定できる

1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

Esrange 宇宙基地 (ロケット/気球基地) = 30 km from IRF



多くのオーロラ関連施設@キルナ

⇒ オーロラ観測の適地

⇒ 要するに『正しい』場所
(後は暗闇を探すだけ!)

1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

人工衛星≠ロケット

ロケット（何かを運ぶもの）の開発

軍事目的（V2等のミサイル、大陸間弾道弾）

国威発揚目的（技術の集成）

科学目的（観測装置を上空まで運ぶ）

商業目的（人工衛星を打ち上げる）

人工衛星の開発

実用目的（1~10m サイズ）

科学・技術目的（1m サイズ：実用前のテスト）

教育目的（0.1m サイズ：技術の習得に便利）

ロケット開発の一里塚 = 人工衛星打上げ

1957-10-4	ソ連（ロシア＋ウクライナ）	
1958-1-31	米国	（準備中）
1965-11-26	フランス (ESA)	ブラジル
1970-2-11	日本	インドネシア
1970-4-24	中国	アルゼンチン
1971-10-28	イギリス (ESA)	韓国
1980-7-18	インド	台湾
1988-9-19	イスラエル	トルコ
2009-2-2	イラン	豪州
2012-12-12	北朝鮮	カザフ
2013-1-30	韓国（1段目はロシア製）	パキスタン
		民間複数

人工衛星

1957 ソ連(露)

1958 米国

1962 イギリス

1962 カナダ

1964 イタリア

1965 フランス

1967 豪州

1969 ドイツ

1970 日本

1970 中国

1973 ポーランド

1974 オランダ

1974 スペイン

1975 インド

1976 インドネシア

1978 チェコスロバキア

1981 ブルガリア

1985 ブラジル

1985 メキシコ

1986 スウェーデン

1988 イスラエル

1988 ルクセンブルク

1990 アルゼンチン

1990 パキスタン

1992 韓国

1993 ポルトガル

1993 タイ

1994 トルコ

1995 ウクライナ

1995 チリ

1996 マレーシア

1997 ノルウェー

1997 フィリピン

1998 エジプト

1998 シンガポール

1999 台湾

1999 デンマーク

2000 サウジアラビア

2000 アラブ首長国

2001 モロッコ

2002 アルジェリア

2003 ギリシャ

2003 ナイジェリア

1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

スウェーデン初の人工衛星 (Viking) 1986年

オーロラの真上の電子
とイオンを調べる

オーロラ粒子（の動き）の探知

電子・イオン

原子・分子

電場・磁場

電磁波

— spin off —

＊ エネルギー（波長）毎に測定技術が違ふ

＊ オーロラ粒子以外も調べる事が出来る

オーロラ粒子以外

太陽風, 放射線帯粒子, 大気流出, 磁気圏粒子

↓ (spin off)

各現象の関連性の研究から宇宙天気予報へ

ベスト技術の応用から惑星探査へ

高速 (temporal resolution)

高感度 (dynamic range, sensitivity)

3次元

広チャンネル (energy range, window)

軽量

1990年代のイオン分析器（火星用）



ベスト技術：イオン計測の場合

高速化：20s/2D (1986) $\Rightarrow$ 4s/2D (1999)

高感度化：実は余り変わらない

3次元化：望遠鏡 $\Rightarrow$ 多望遠鏡 $\Rightarrow$ トッパハット

広チャンネル化：低エネルギー粒子、 $0 \neq 0_2$

軽量化：4kg/1D (1986) $\Rightarrow$ 1kg/2D (2010)

高性能化

⇒ 大量のデータを取得する時代

⇒ インターネットの強化

例えば1992年のFreja打ち上げに合わせてスウェーデン縦貫インターネットが高速化された

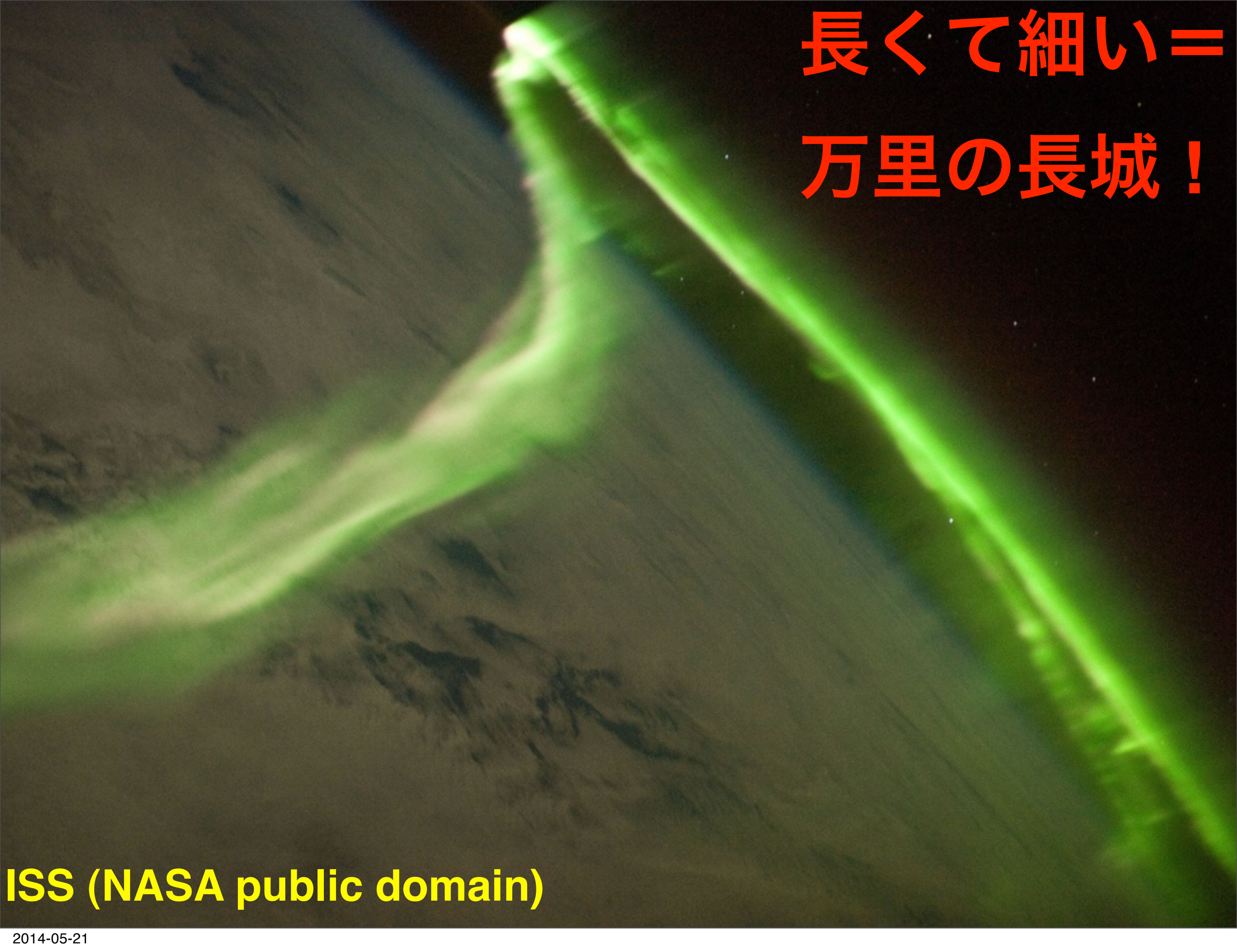
1. オーロラを検知する手段

- * 光学／電波（地上カメラ）
- * 電流（磁力計）
- * 電離層プラズマ（地上レーダー）
- * 電離層プラズマ（直接探知）
- * オーロラ粒子（人工衛星で直接探知）
- * 光学／電波（人工衛星カメラ）

雲の遥か上空!



space shuttle (NASA public domain)



長くて細い＝
万里の長城！

ISS (NASA public domain)

昼

環状
夜が強い

夜

IMAGE 衛星データ + 地球画像 (NASA public domain)

オーロラ以外・光学以外

サウンダー（宇宙からのレーダー）

中性粒子の観測



リモートセンシング

資源衛星

地球監視衛星・スパイ衛星

今では火星等の惑星探査・月探査の主流

VIS Earth Camera

2000/043 02:00 UT (2/12, AM 3:00)

昼

北極は空洞

65~70° がピーク

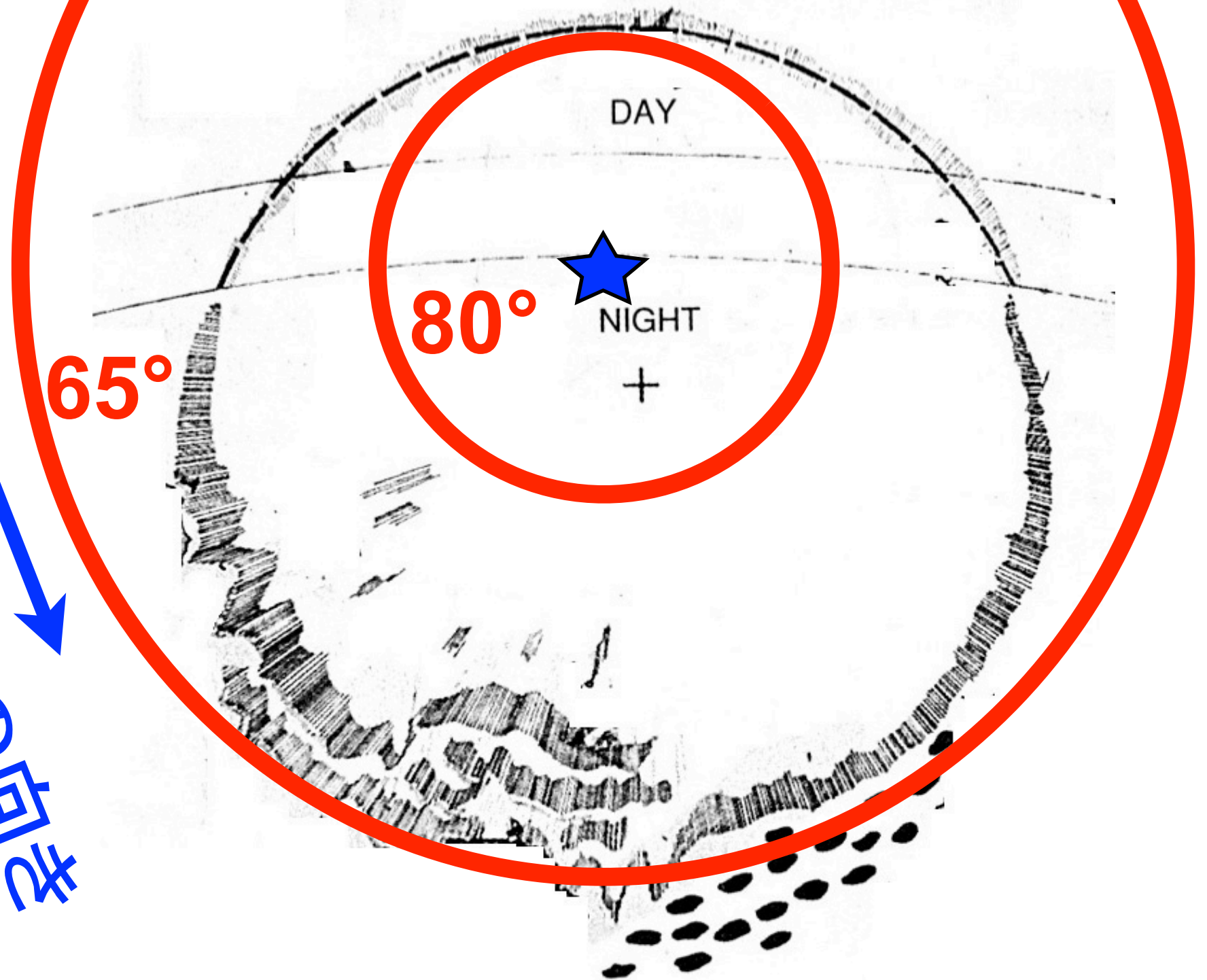
キルナ

夜

Polar 衛星 VIS データ (NASA public domain)

オーロラ環の中心 $\neq$ 北極点・南極点

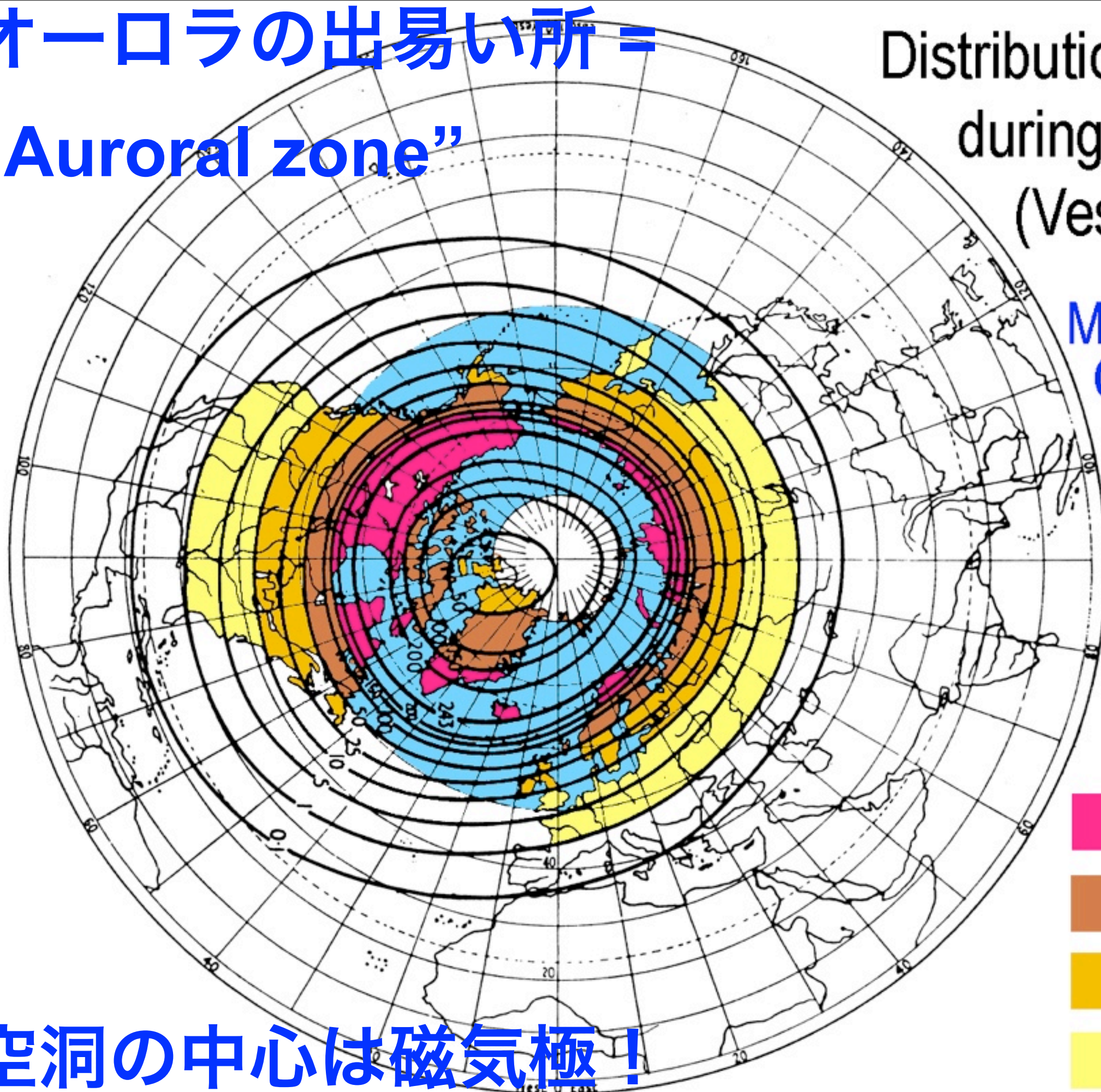
地球の自転の向き



オーロラの出やすい所 =
“Auroral zone”

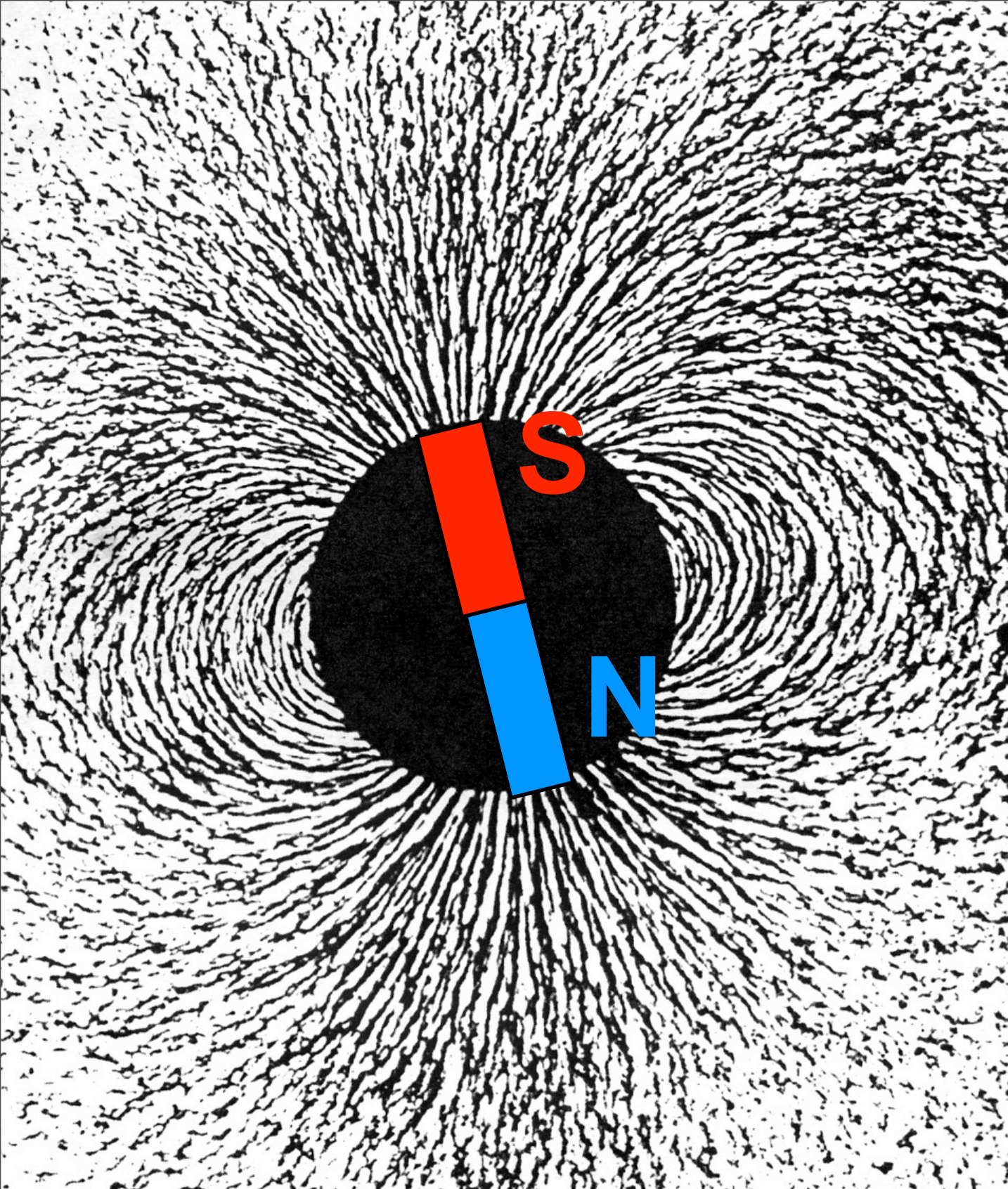
Distribution of aurora
during 1700-1942
(Vestine, 1944)

Match with
Geomagnetic
field



- >150/year
- > 50/year
- > 10/year
- > 1/year

空洞の中心は磁気極！



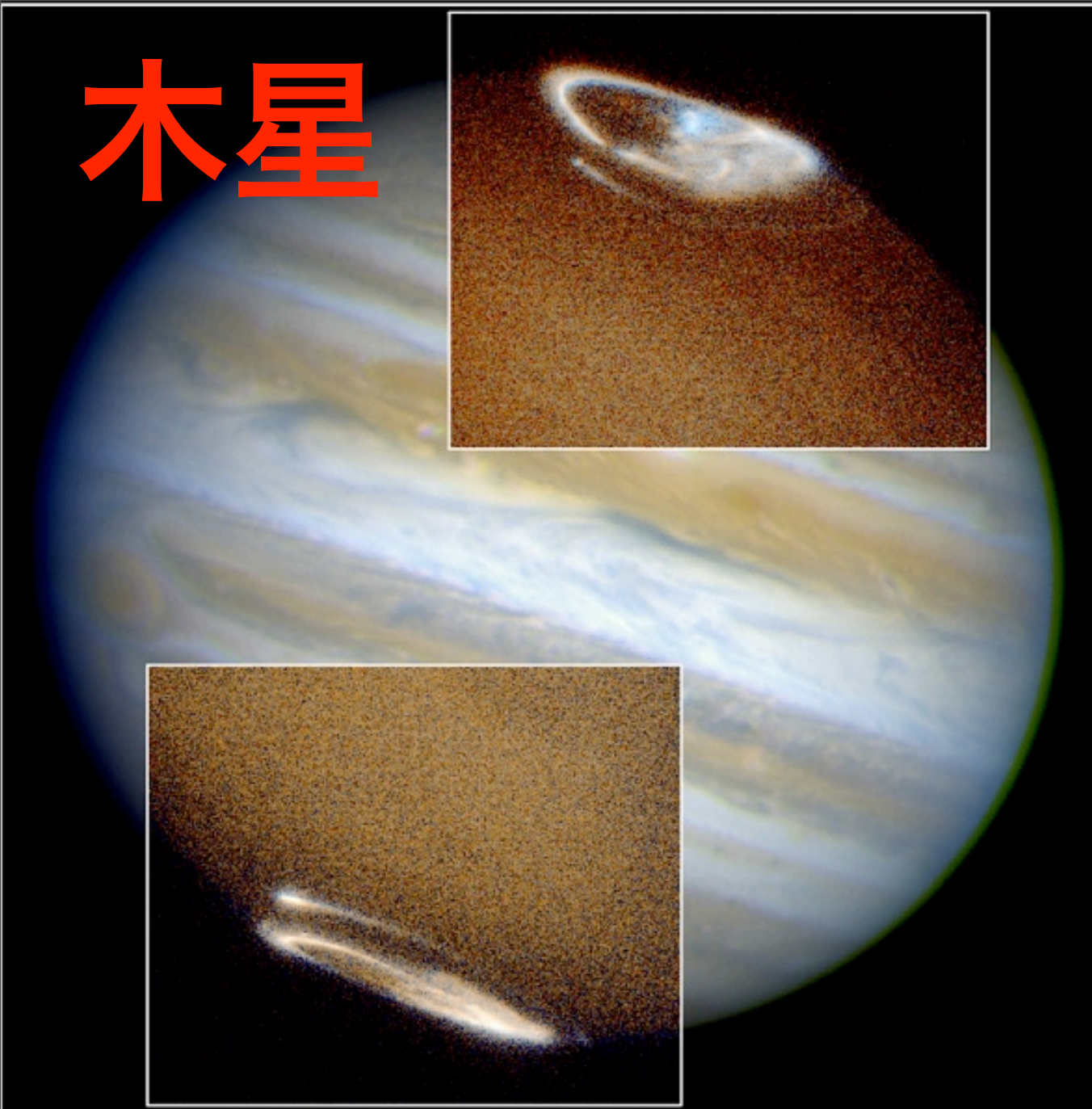
地磁気が決定的に重要



他の惑星も同じ

(電子やイオンは磁場沿いには自由に動けるけど、
磁場に垂直に動こうとすると曲げられる)

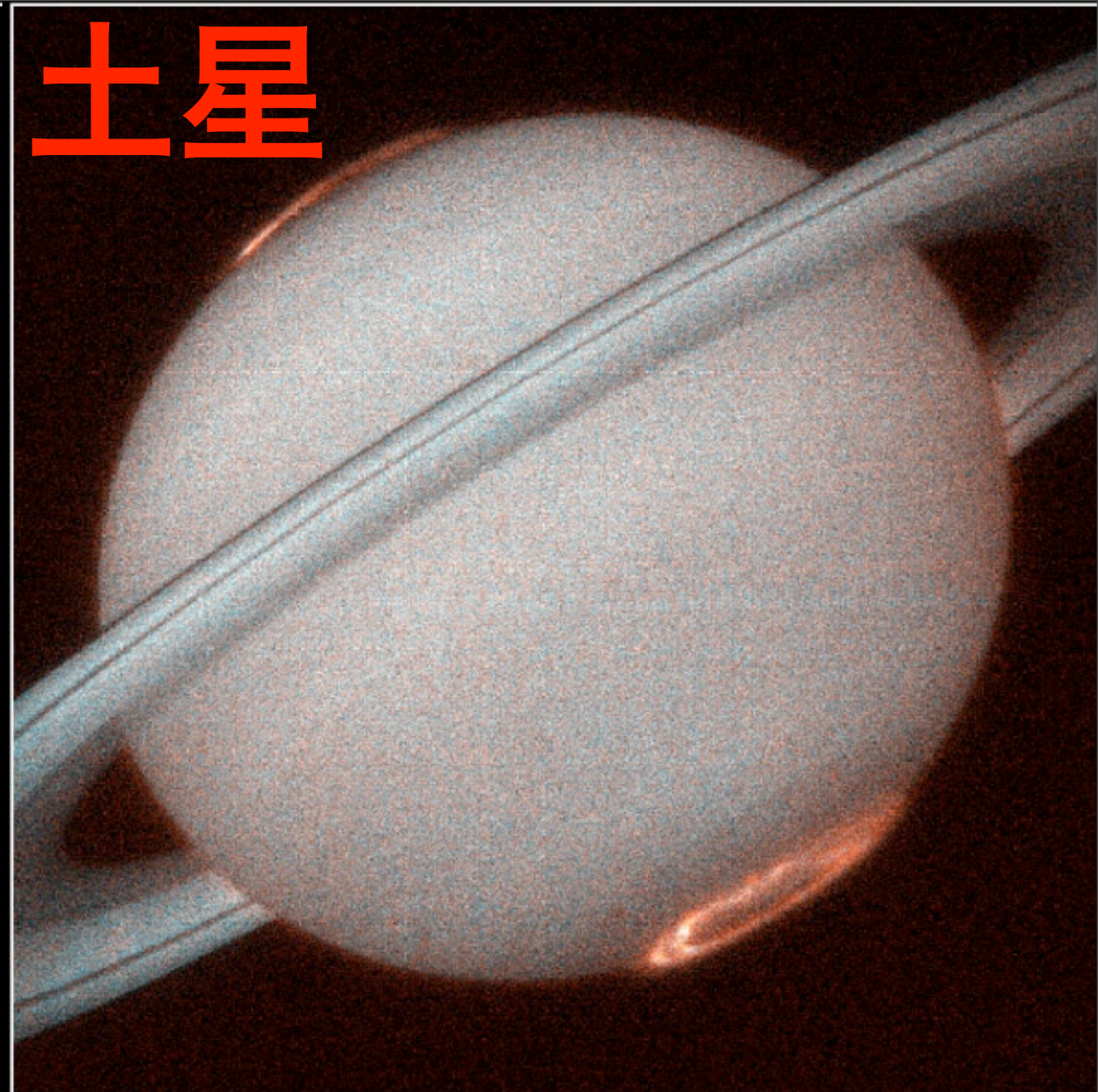
木星



Jupiter Aurora
PRC98-04 • ST ScI OPO • January 7, 1998
J. Clarke (University of Michigan) and NASA

HST • STIS • WFPC2

土星



Saturn Aurora
HST • STIS
PRC98-05 • ST ScI OPO • January 7, 1998 • J. Trauger (JPL) and NASA

強い磁場と強い自転でオーロラが出る

(太陽風と無関係！)

Hubble Space Telescope (NASA public domain)

極地だけでしか見えない理由＝地磁気

温度は無関係！　だが

＊　寒い　＝晴れ＝見える

＊　暖かい＝曇り＝見えない

⇒　見かけの相関は存在する

⇒ 『統計の嘘』（相関≠因果関係）の好例

オーロラに見える惑星！

木星＝自転＋双極磁場＋水素＝**ピンクの円環**

土星＝自転＋双極磁場＋水素＝**ピンクの円環**

天王星＝？＋双極磁場＋

火星＝太陽風＋局所磁場

オーロラ条件＝磁場＋大気

緑のオーロラ＝酸素過剰＝光合成の存在

紫のオーロラ＝窒素分子の存在

⇒ **アストロバイオロジー（宇宙生物学）**

なぜ、我々はオーロラを研究してきたのか？

*** 分からないことが多い**

⇒ **解明しなければならない！**

*** 分からない＋美しい**

⇒ **研究者が興味を持つ**

*** 技術の発展にも寄与**

⇒ **研究費が出易い**

end of §1

start of §2

§2. “美しい”オーロラを起こす元

“美しい”ってどういう意味？

- * 光っている事？ ⇒ 月ほどではないけど？
- * 色が付いている事？ ⇒ 虹ほどではないけど？
- * 極地特有で珍しい事？ ⇒ 虹ほどではないけど？
- * 毎回違う（予想不可能） ⇒ 夕焼け並み

これだけではオーロラの魅力を語っていない

movie



動きが速い

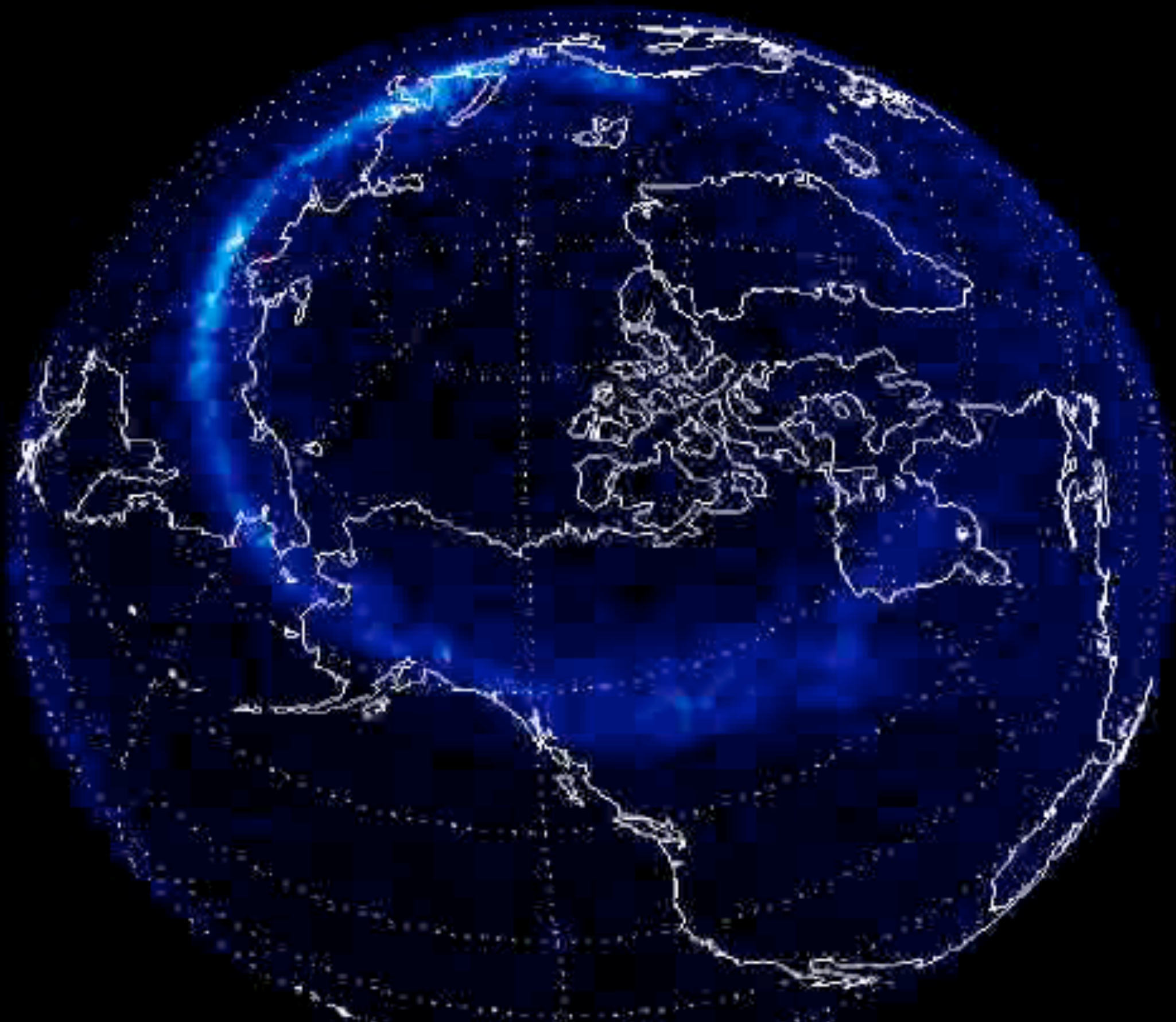


IMAGE FUV data (NASA public domain)

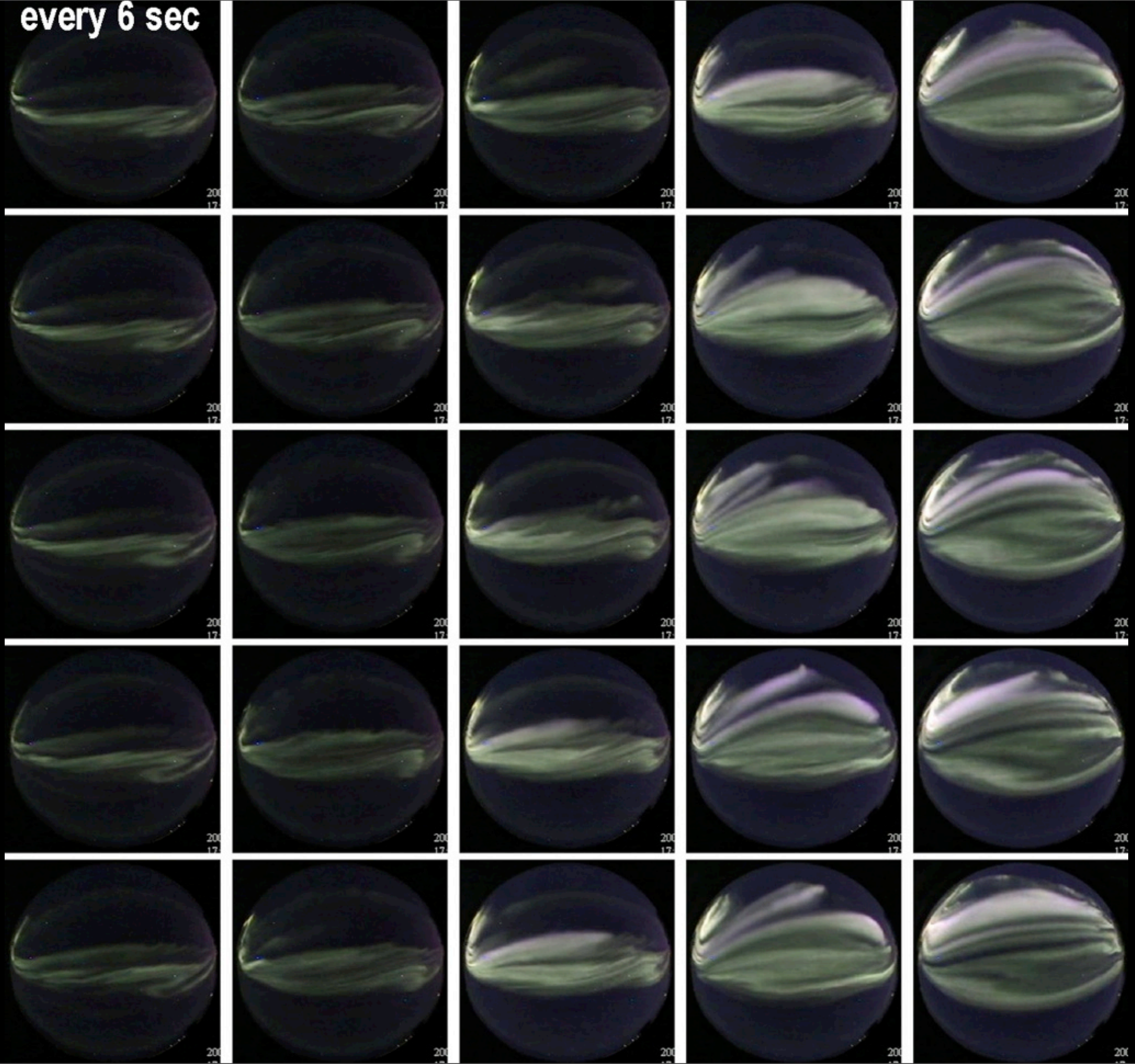
IMAGE-FUV-S112, 2000-07-15-13:30:06

movie



2003.11.18
16:30 UT

every 6 sec



オーロラは全天を覆い速く動く

⇒ 写真と実物が全然違う自然現象

写真に良いオーロラ＝カメラのアンクルに入る範囲で動きの少ない（退屈な）奴

魅力的なオーロラ＝あまりに巨大で余りに速く動くので写真に撮れない

§2. “美しい”オーロラを起こす元

“美しい”ってどういう意味？

- * 光っている
- * 色が付いている
- * 極地特有で珍しい
- * 毎回違う（予想不可能）
- * 動きが激しい！
- * 全天を覆う！

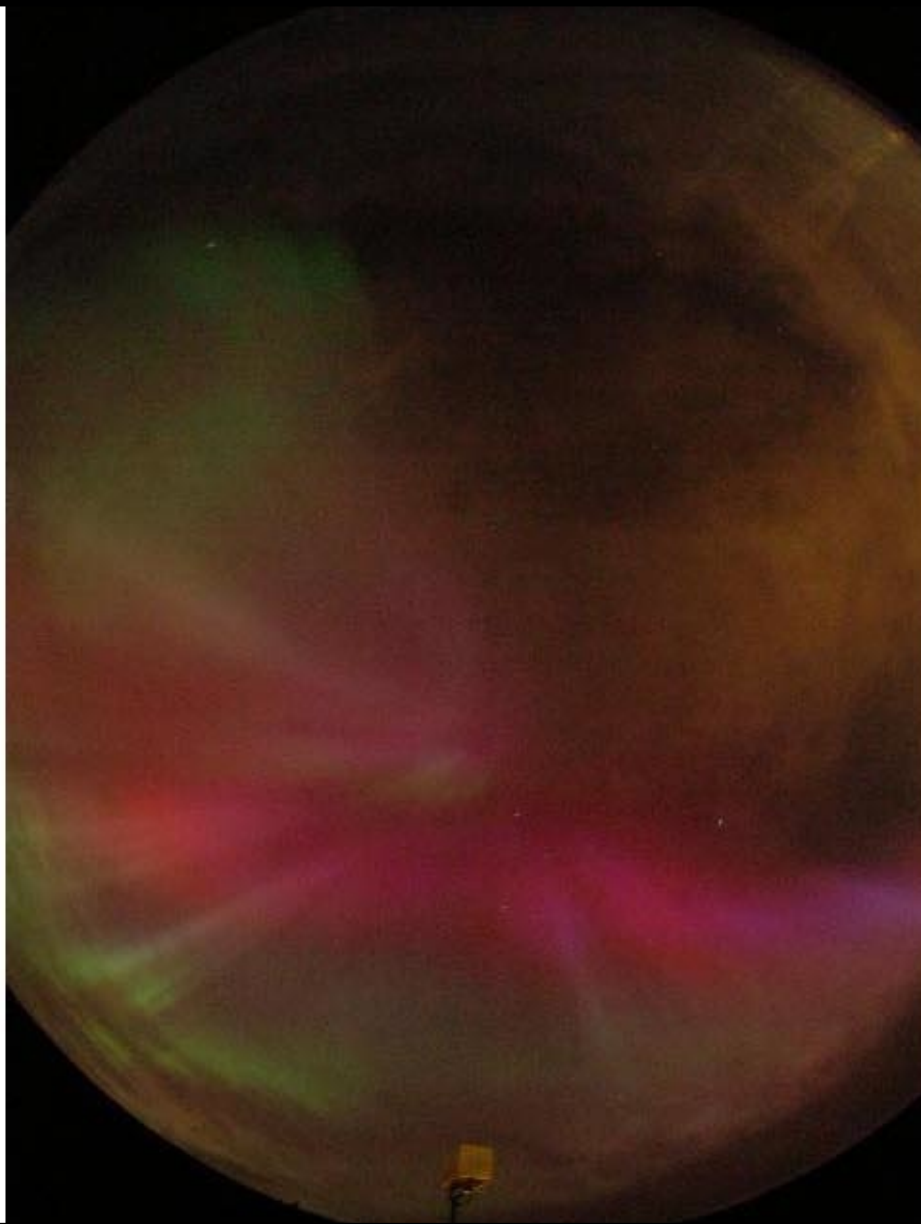
§2. “美しい”オーロラを起こす元

- * 光る原因（蛍光灯）
- * 色を決めるもの？
- * 極地特有（地磁気緯度 60～70度）
- * 毎回違う理由？
- * 動く理由？
- * 全天を覆う（地球規模だから）

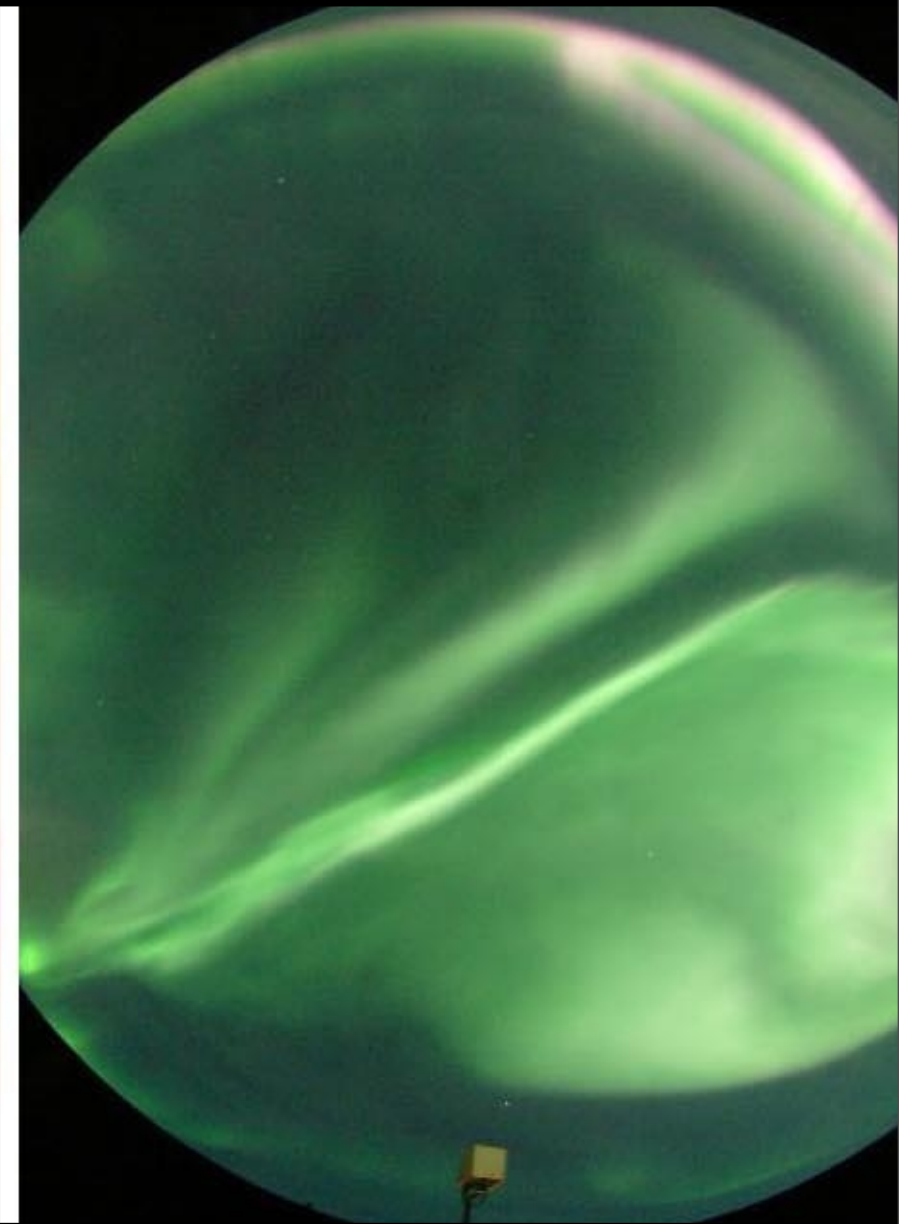
Colors of aurora



緑

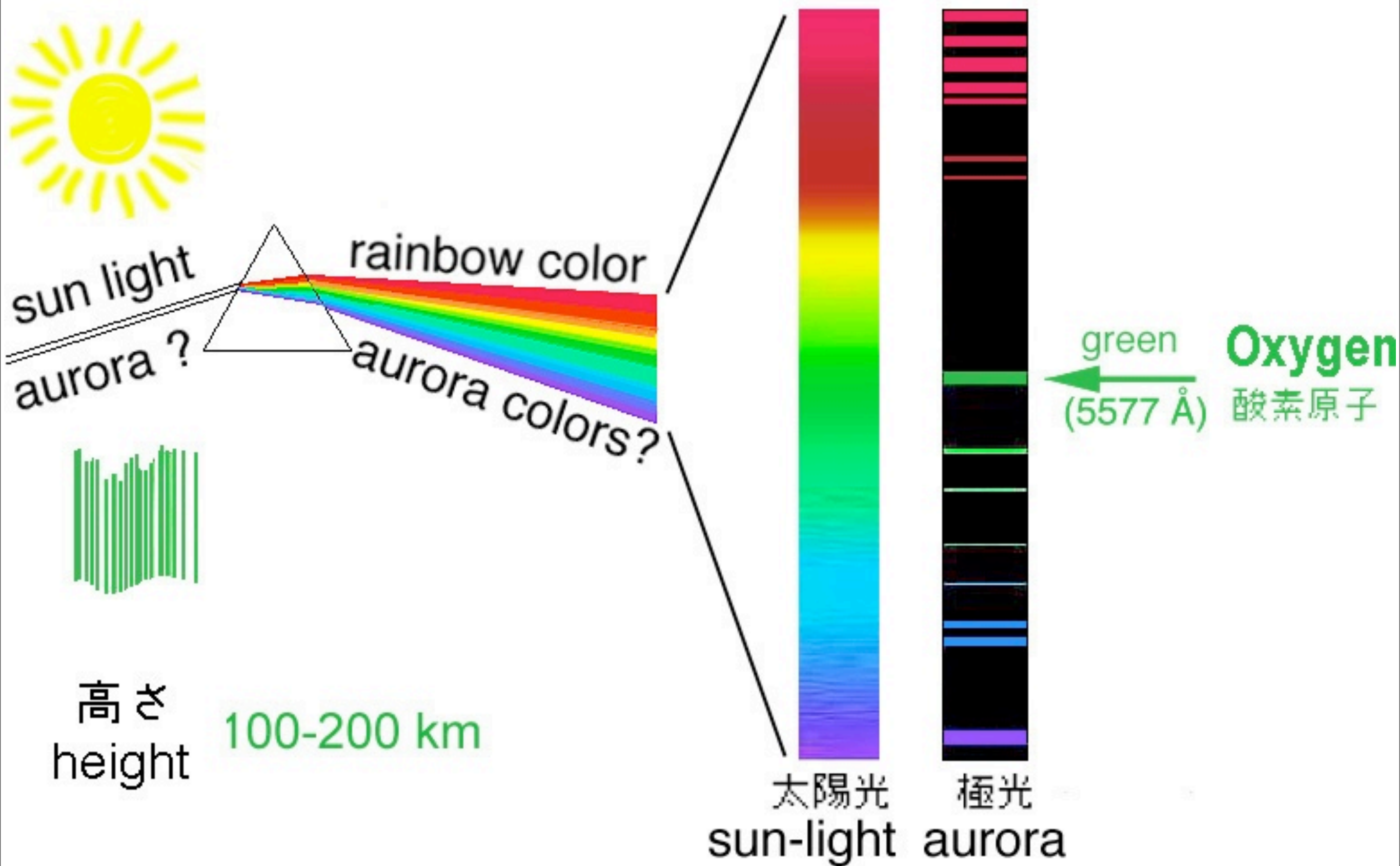


赤 + 青紫



緑 + ピンク

緑 = 酸素原子 (O)





緑 + 多くの色



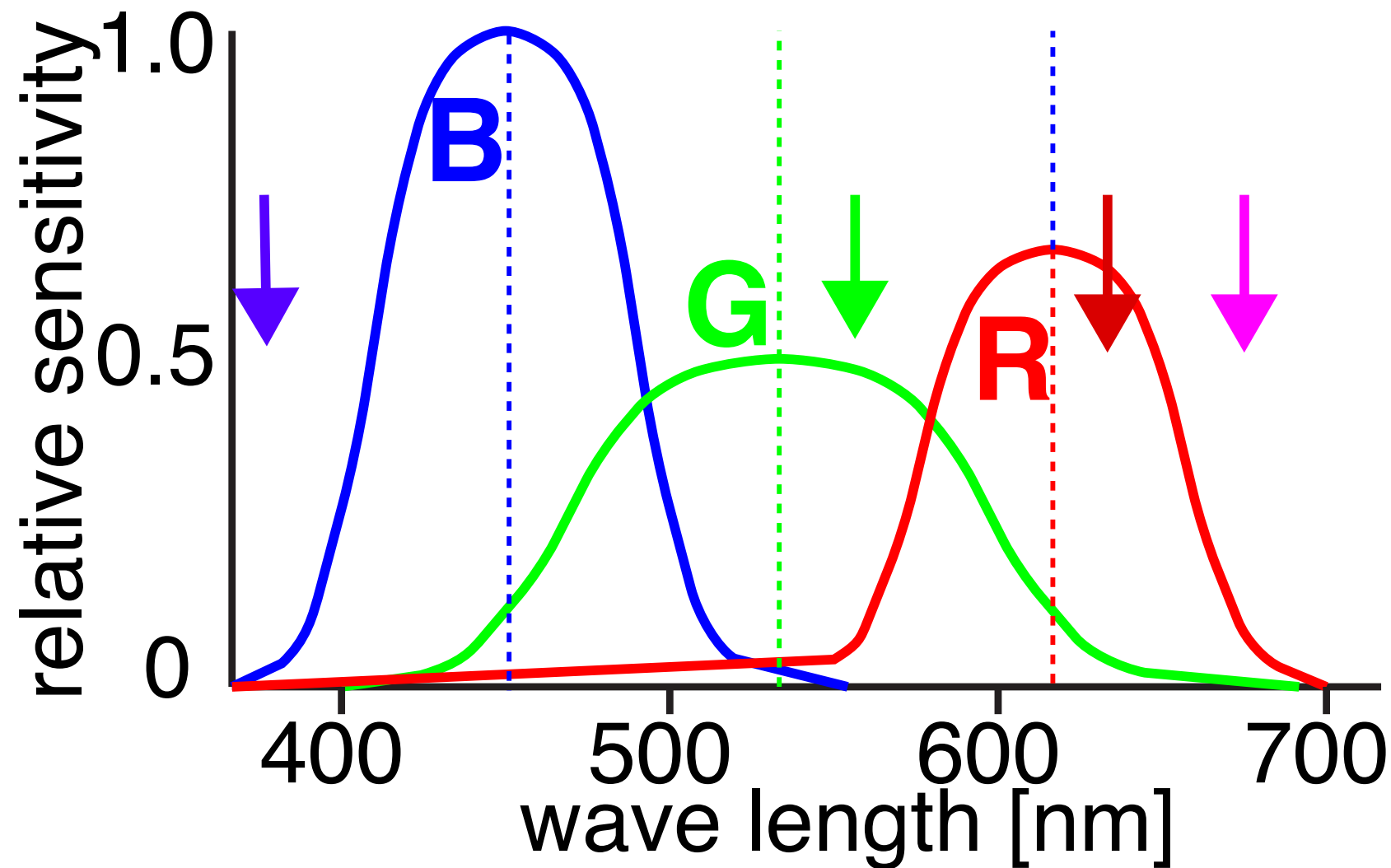
これも緑（同じ波長）



これも緑（+ 多くの色）
色はフィルムCCDで異なる

なぜ、同じ波長なのに違う色になるのか？

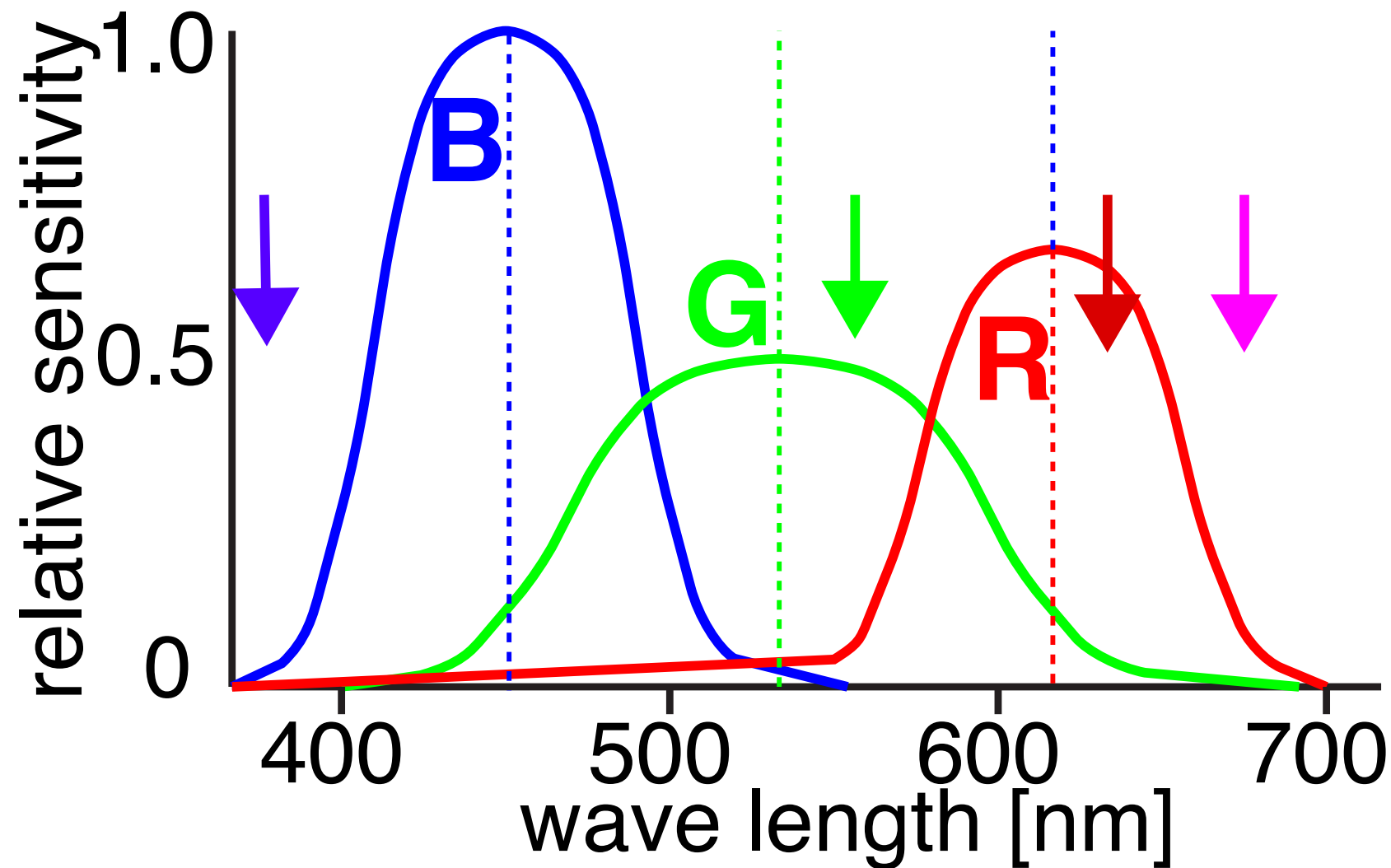
RGB 3色フィルターという手法が原因



デジカメやビデオのオーロラの色は、本当の色ではなく、**フィルターの固定色に近い！**

なぜ、同じ波長なのに違う色になるのか？

RGB 3色フィルターという手法が原因



デジカメやビデオのオーロラの色は、本当の色ではなく、**フィルターの固定色に近い！**

では、目ではどう見える？

静かなオーロラの多くが光量不足で白っぽい（雲と間違え易いので、デジカメでチェックするのが良い）

動きのある綺麗なオーロラは色付き：しかし慣れた目でないと色は見えない！（夕闇の絵画のようなもの）

(1) 人によって色への感度が違う（経験も効く）

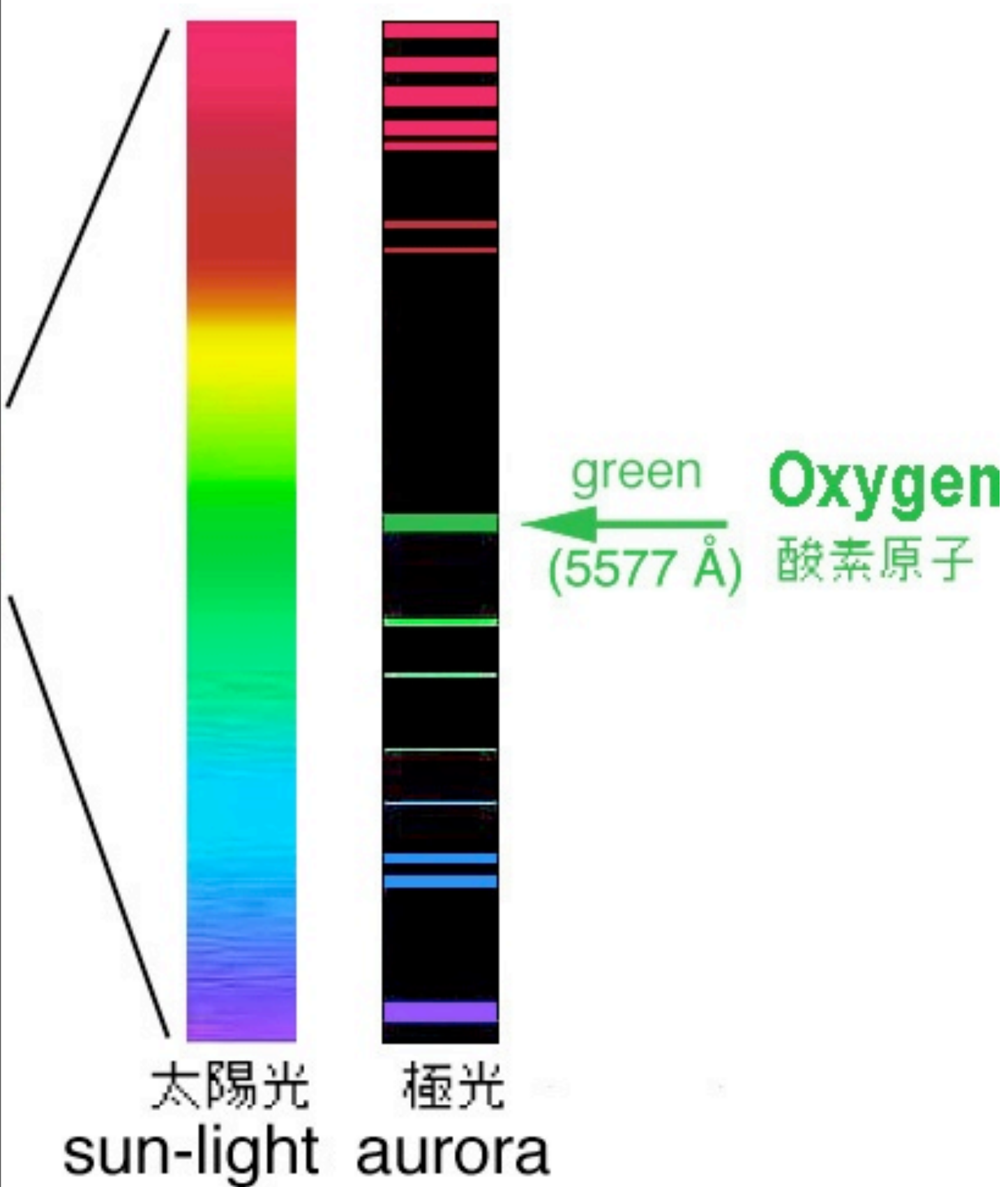
(2) 人間の目は闇に慣れるのに20分ほどかかる

⇒ 静かなオーロラを飽きずに見続ければ目が慣れる

同じオーロラでも1日目と3日目で色が違って見える

旅行前に夜空の星の色で訓練するとベター

緑 = 酸素原子 (O)



紫 = 窒素分子イオン (N_2^+)

= 春分秋分近くだけ！

(太陽の残光との相互効果)

only April and September

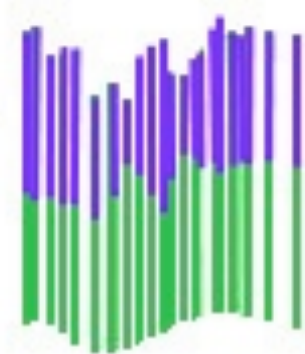
> 200 km

blue-purple

(4278 Å)

far-purple

(3914 Å)



N_2^+
窒素分子イオン

極光

: aurora

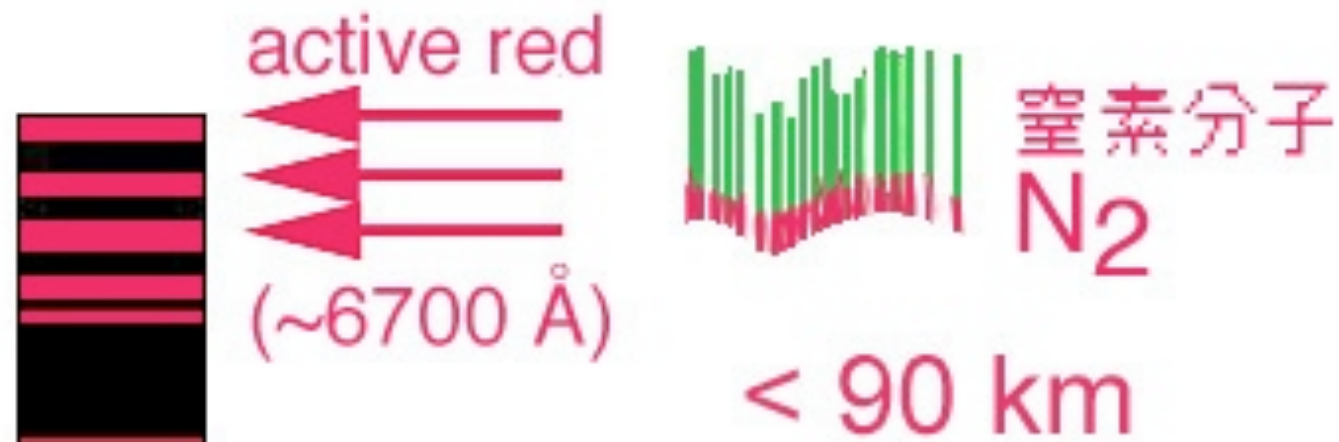


青紫

movie



青紫



ピンク = 窒素分子 (N₂)
= 肉眼で一番目立つ色！
(しかし写真には難しい)

極光
aurora





極光
aurora

> 300 km

←
dark red
(6300 Å)



Oxygen atom
酸素原子

only after largest CMEs

赤 = 酸素原子 (O) の

第2励起

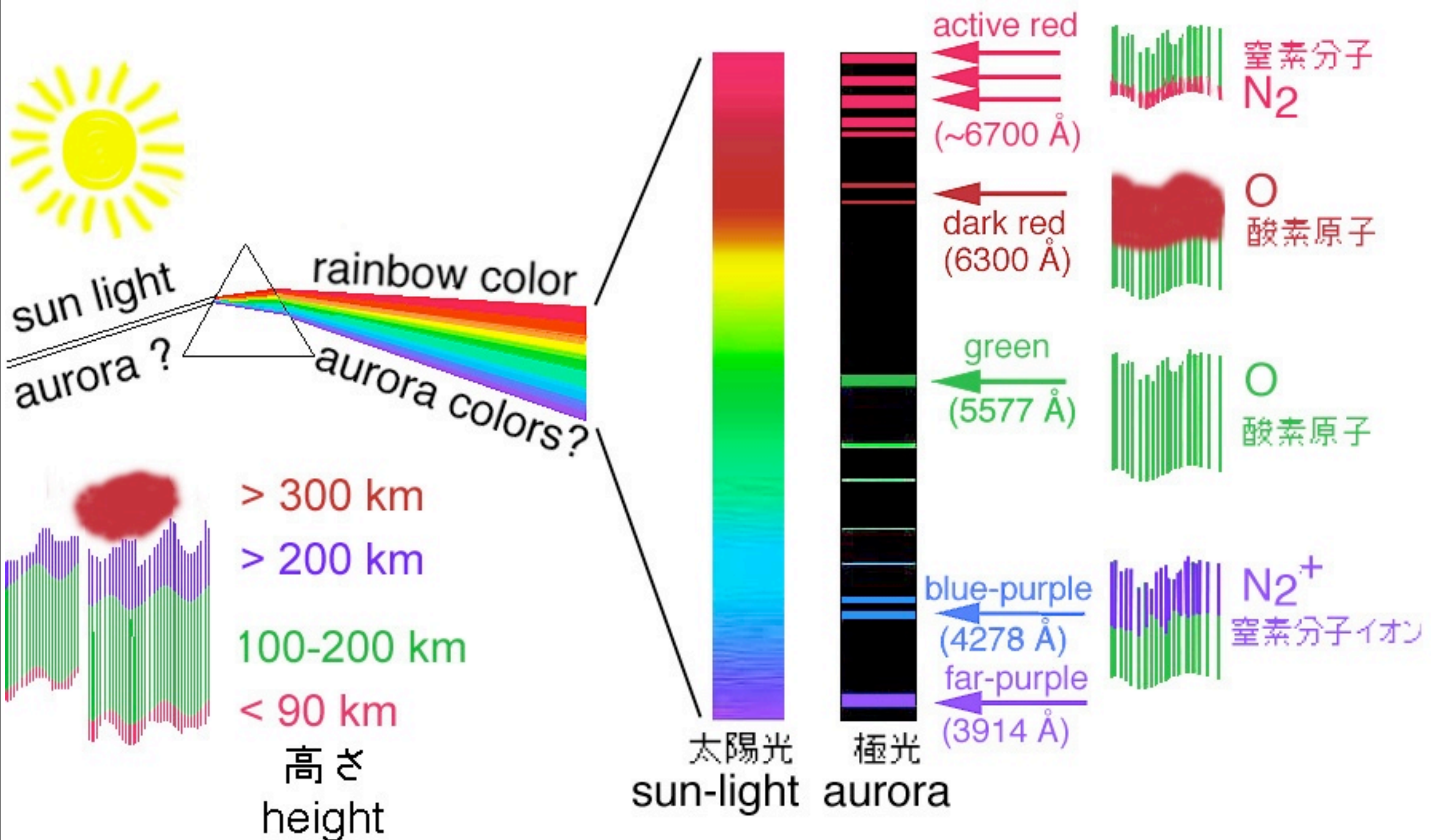
= 写真 ≠ 肉眼 (大差)



movie

赤

主に4色：これは大気組成で決まる (木星とかは色が違う)



肉眼とカメラ(RGB)の違い



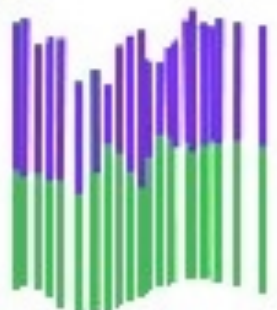
ピンク(N_2): 肉眼～カメラ



赤(O): 肉眼 << カメラ



緑(O): 肉眼 < カメラ



紫(N_2^+): 肉眼～カメラ＝弱

極光

aurora



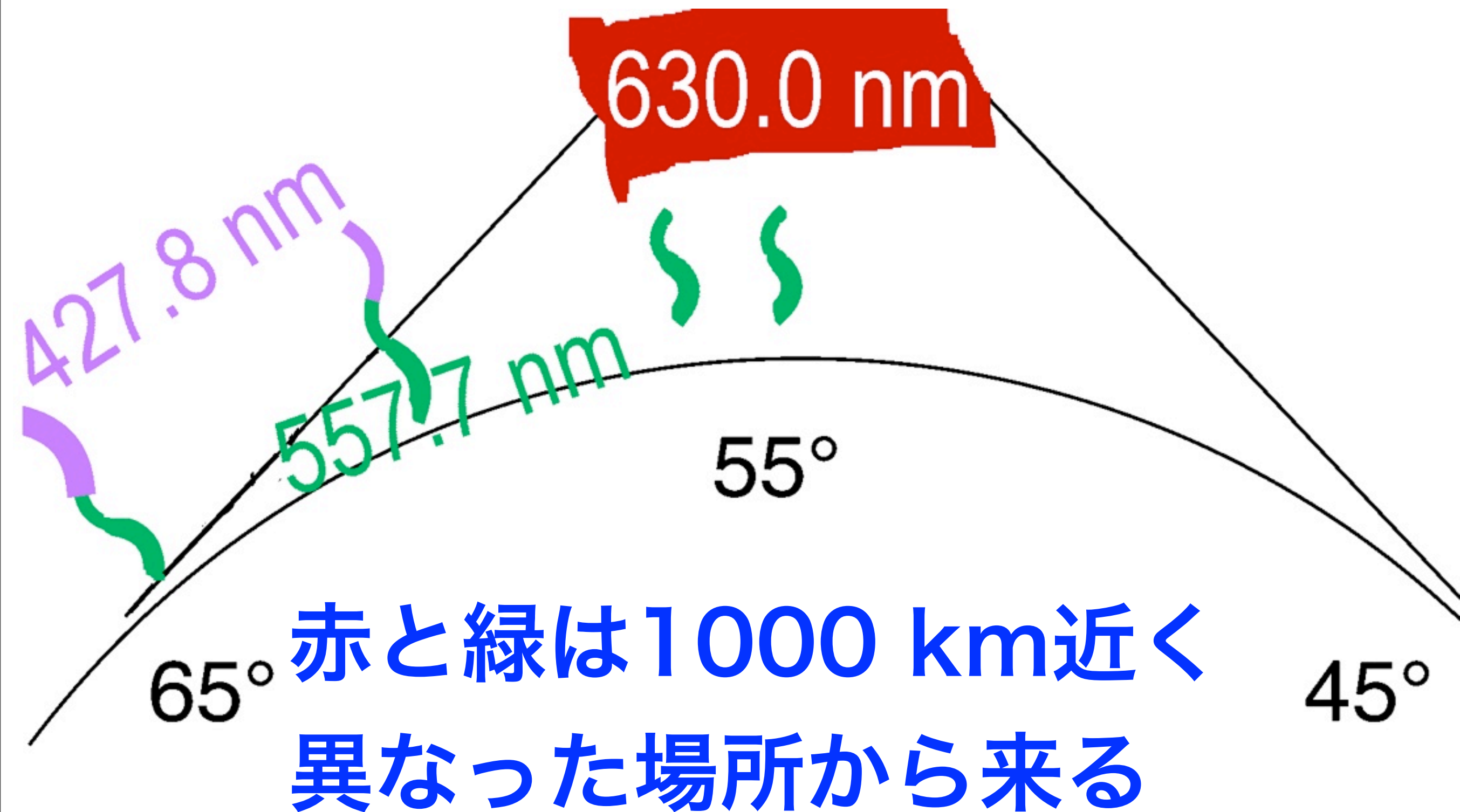
多くの色

movie



2003.11.20
14:48 UT

多くの色



Schematic diagram (exaggerated) of auroral locations for different colours.

或る惑星にオーロラが発生する条件

固有磁場 & 電離層（＋大気）

緑色のオーロラは酸素大気を意味する

青紫のオーロラは窒素大気を意味する

⇒ 生命発生の条件に近い！

§2. “美しい”オーロラを起こす元

- * 光る原因（蛍光灯）
- * 色を決めるもの（電離層の組成）
- * 極地特有（地磁気緯度 60～70度）
- * 毎回違う理由？
- * **動く理由？**
- * 全天を覆う（地球規模だから）

movie

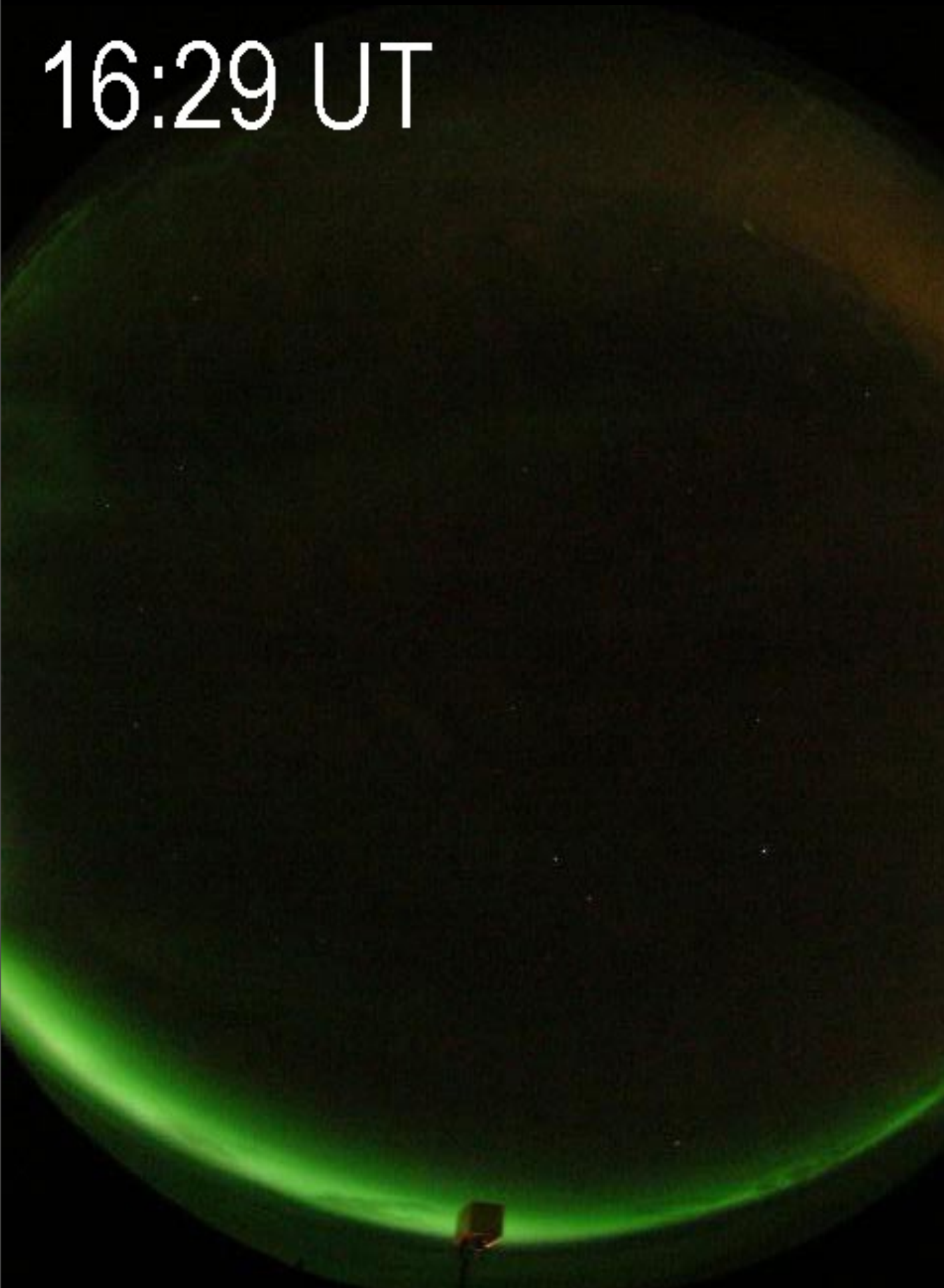


2004.03.10
23:01 UT

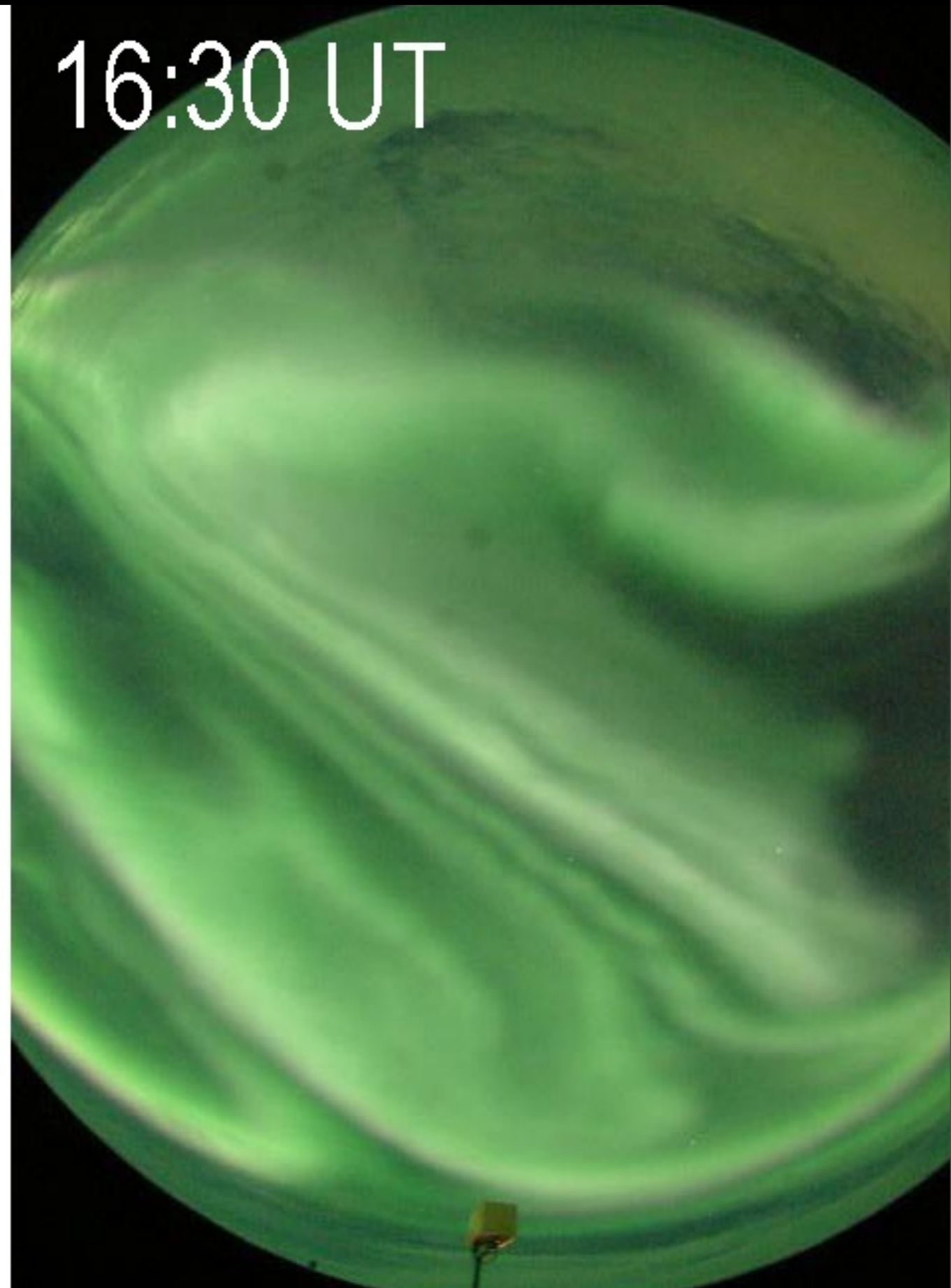
緩やかな動きから急に爆発する

僅か 1 分で大差

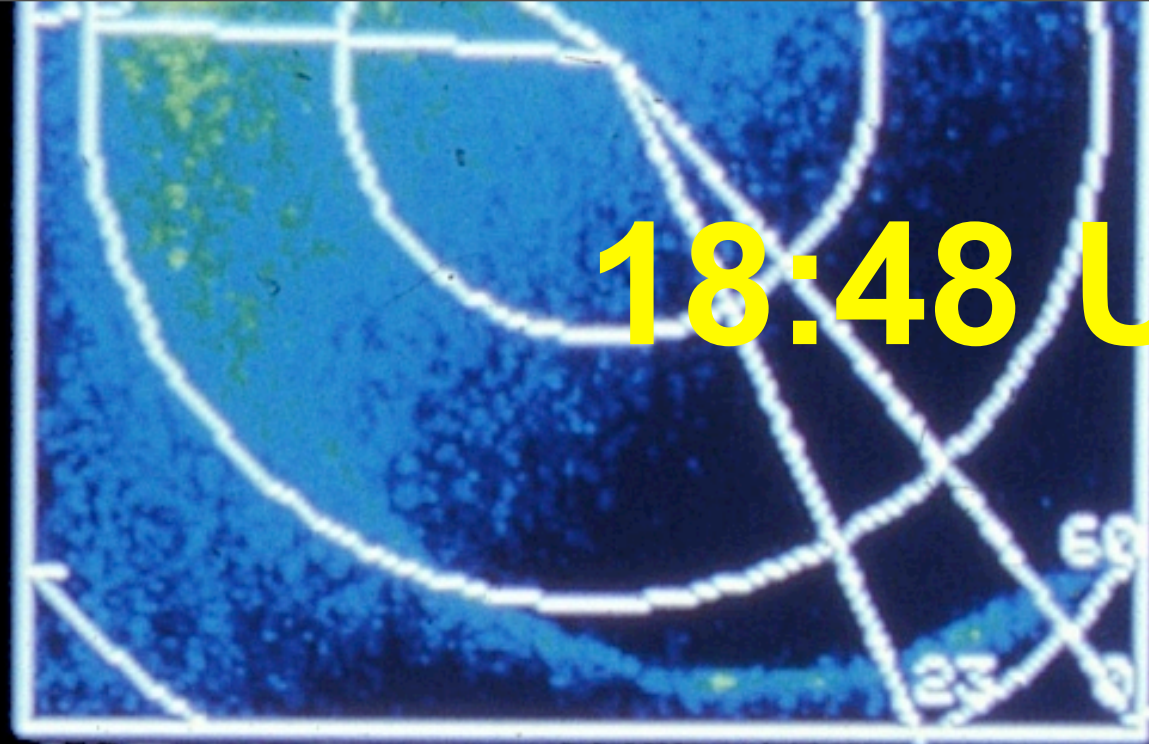
16:29 UT



16:30 UT

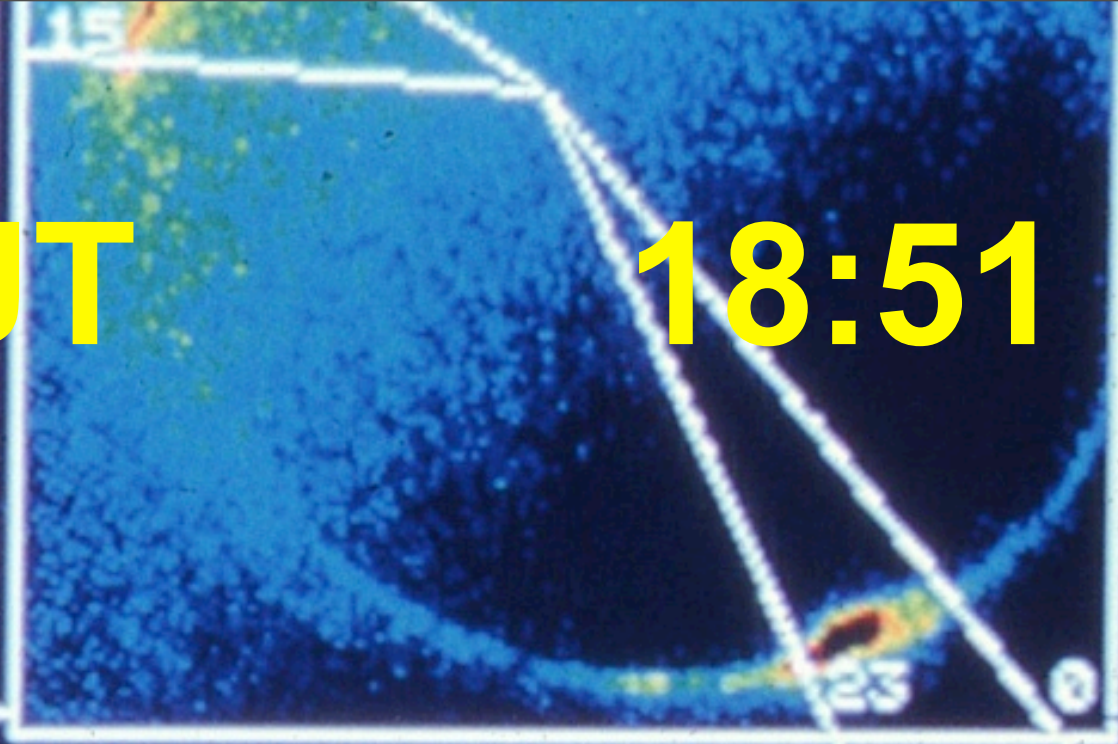


18:48 UT



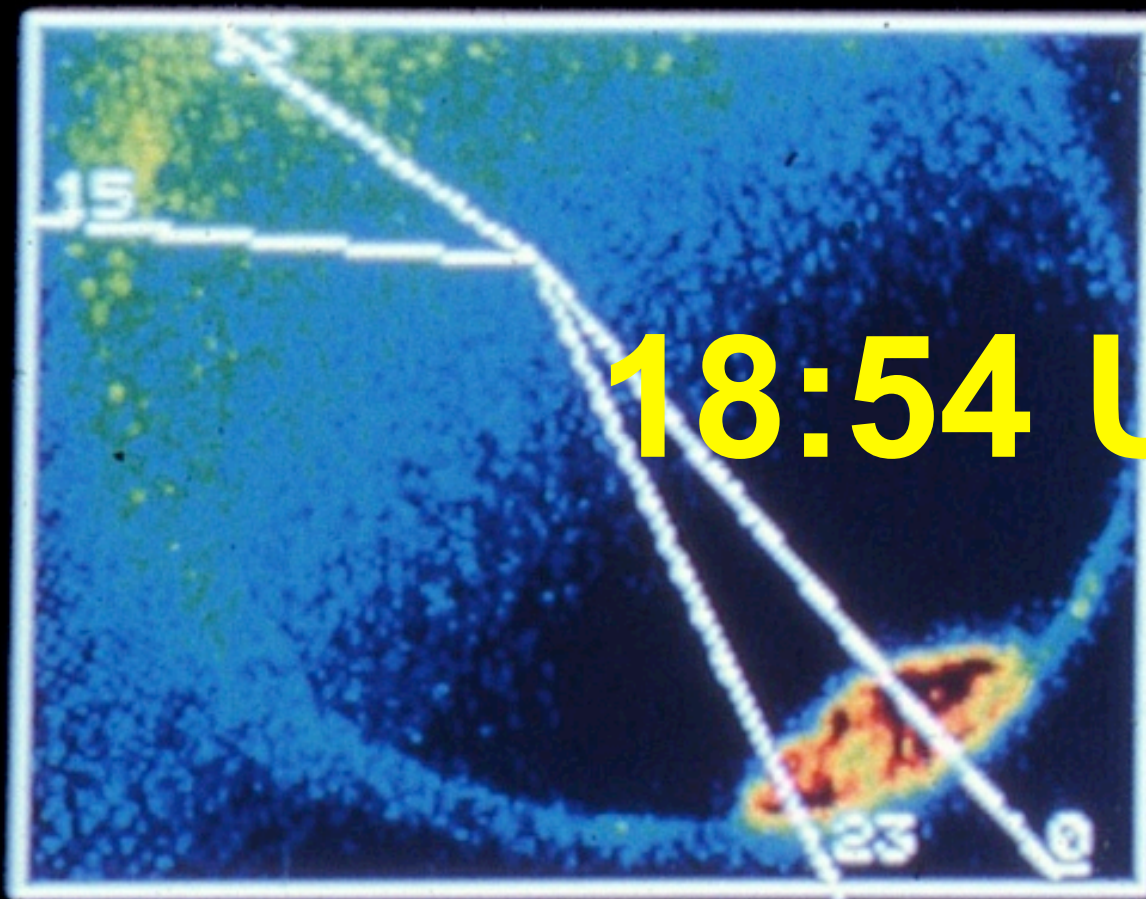
184754ut

18:51 UT



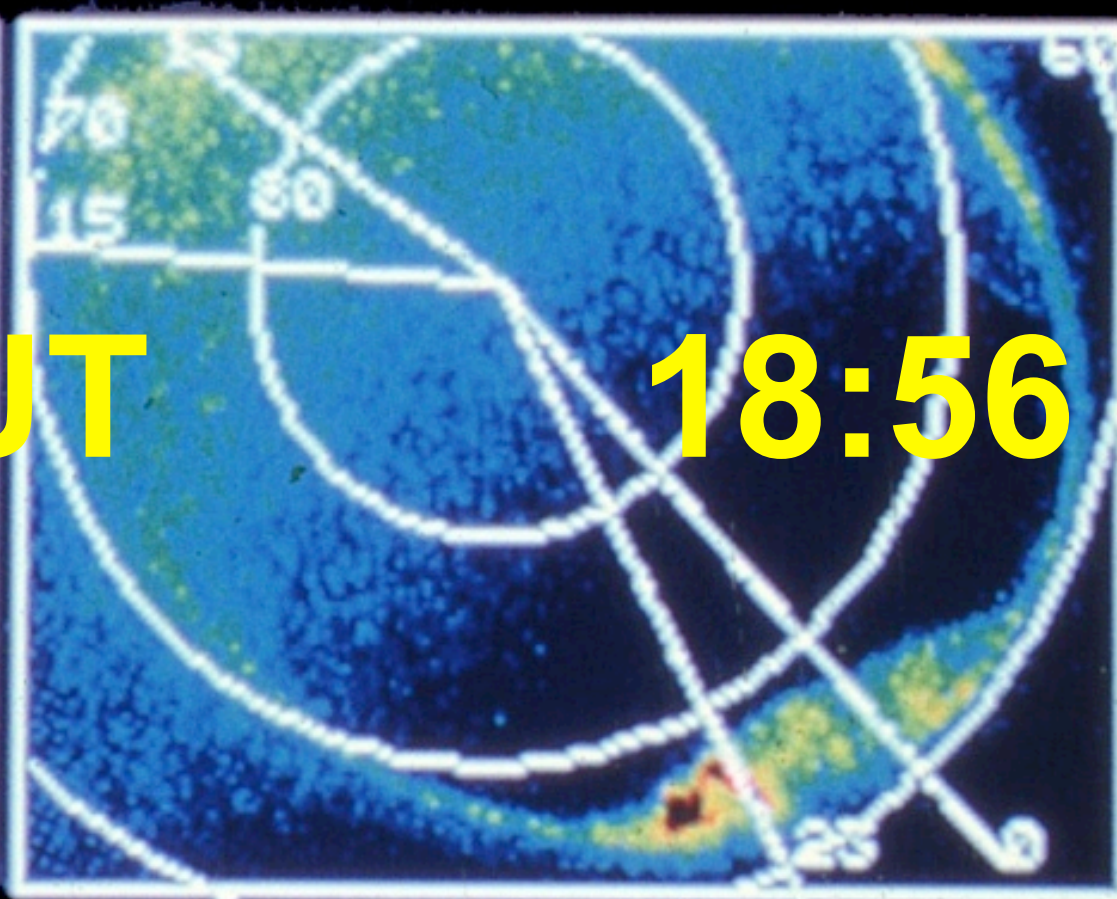
185055ut

18:54 UT



185336ut

18:56 UT



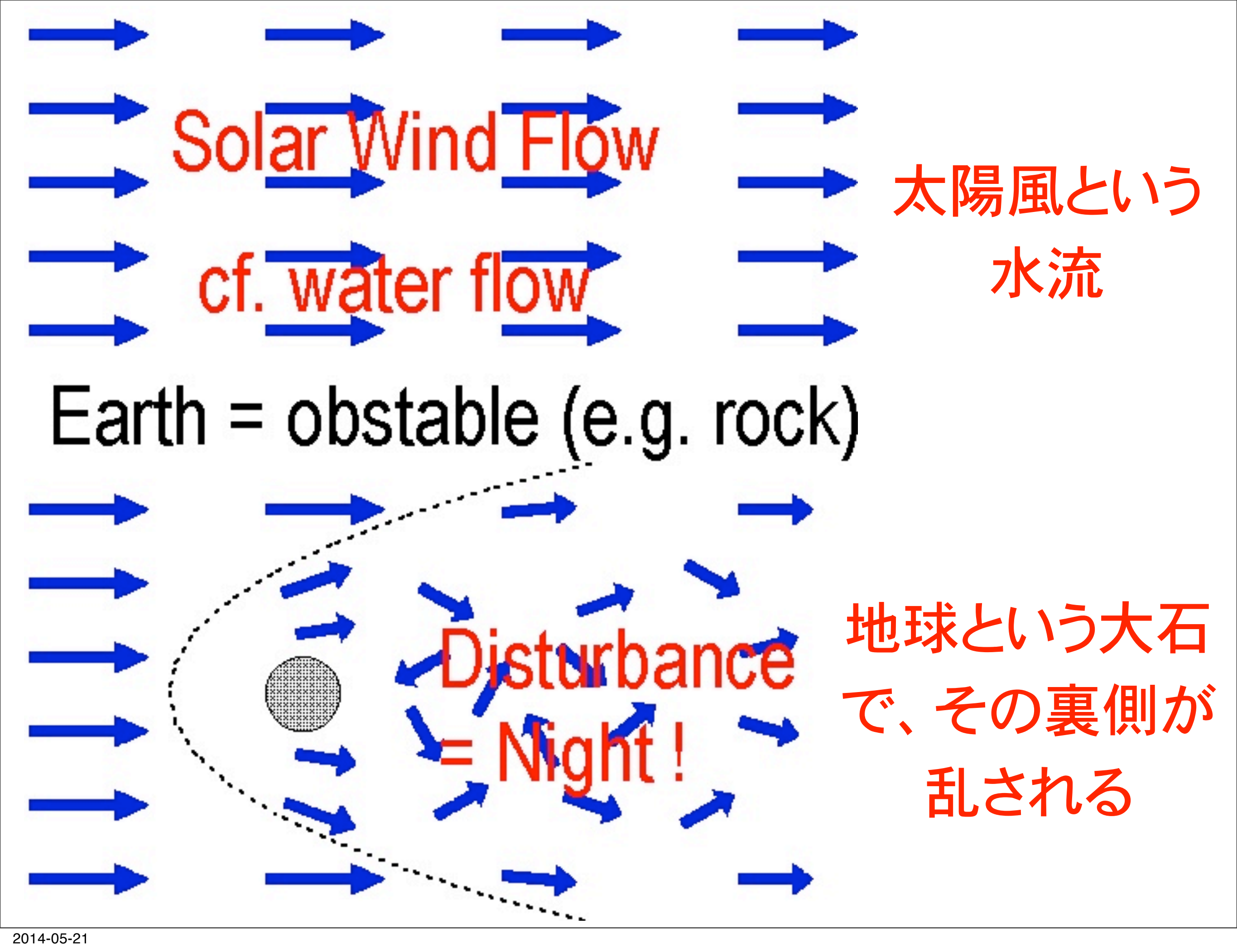
185617ut

214/860401

オーロラ爆発 = ほんの数分 & 真夜中

なぜ真夜中なのか？

⇒ 太陽風のエネルギーがたまり易いから

The diagram illustrates the solar wind flow. At the top, a series of horizontal blue arrows point from left to right, representing the flow of solar wind. Below these arrows, the text 'Solar Wind Flow' is written in red. Further down, the text 'cf. water flow' is written in red. Below this, the text 'Earth = obstable (e.g. rock)' is written in black. At the bottom, a dashed line represents the Earth's magnetic field, which is distorted by the solar wind. A small grey sphere represents the Earth. Blue arrows show the solar wind being deflected around the Earth. The text 'Disturbance = Night!' is written in red in the center of the diagram. To the right of the diagram, the text '太陽風という水流' is written in red.

Solar Wind Flow

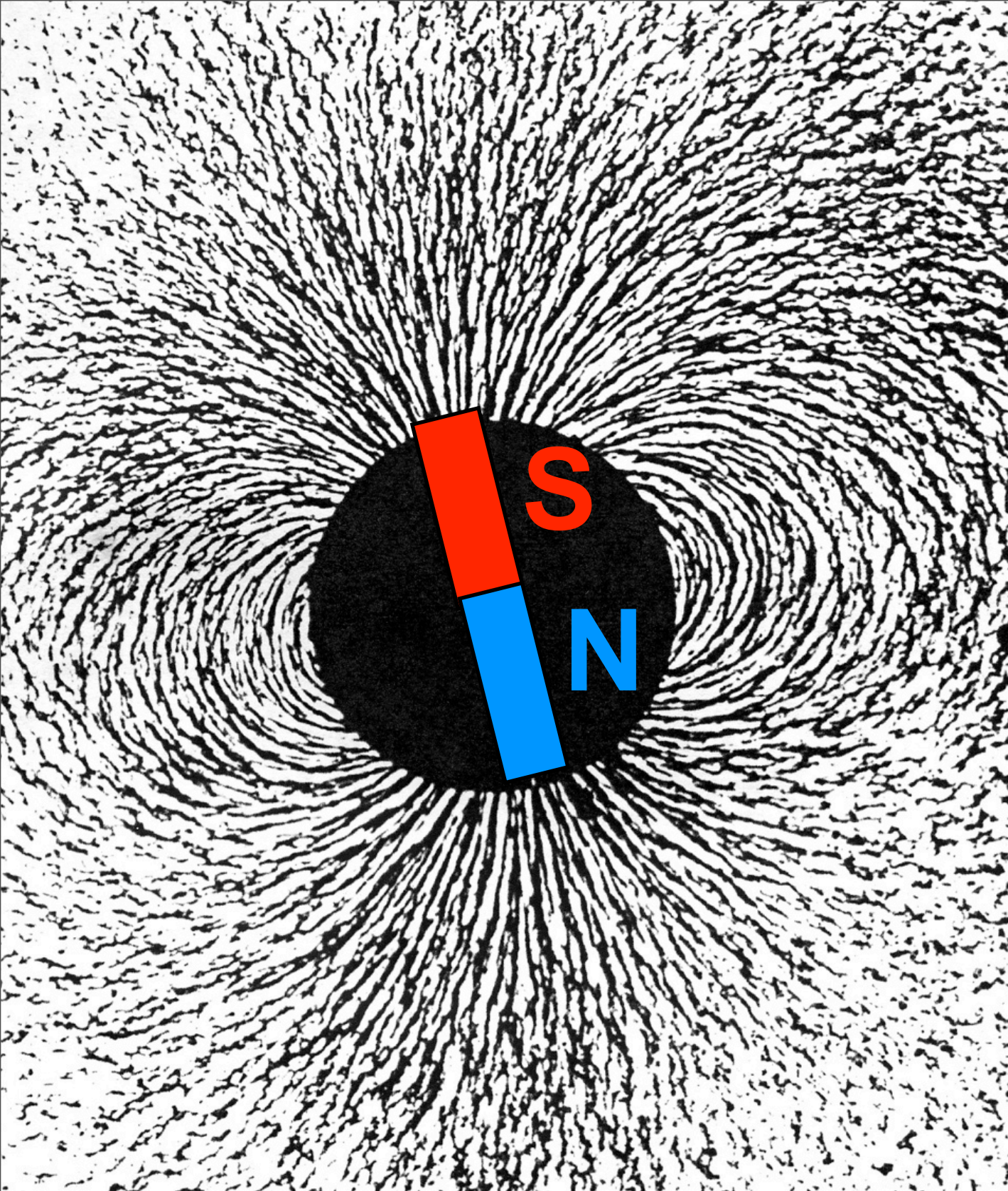
cf. water flow

太陽風という
水流

Earth = obstable (e.g. rock)

Disturbance
= Night!

地球という大石
で、その裏側が
乱される



電子やイオンは磁場沿いには自由に動けるが、
磁場に垂直に動くと曲げられる

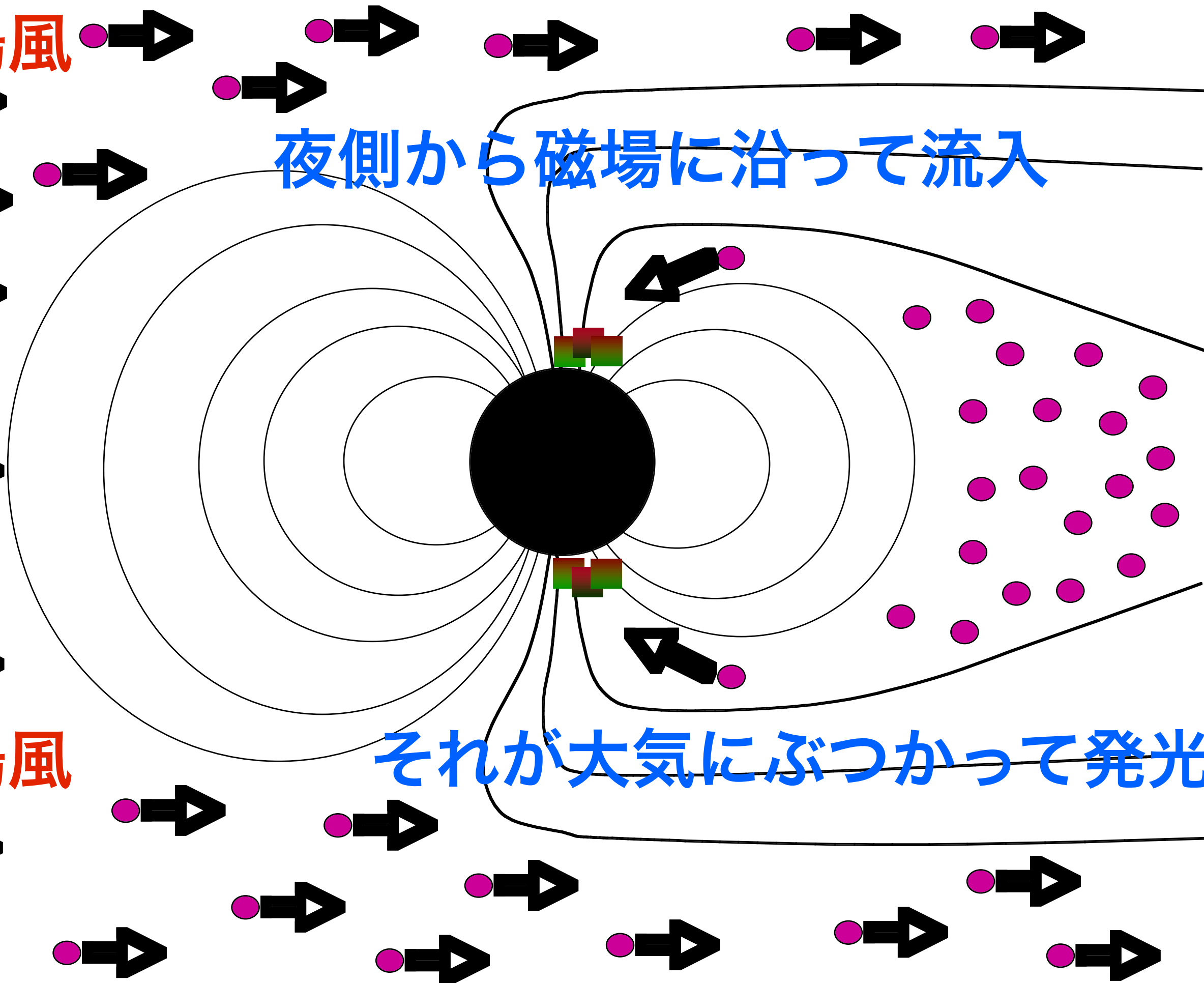
太陽風

Solar wind

太陽風

夜側から磁場に沿って流入

それが大気にぶつかって発光



* 普通の動き

= 太陽風侵入に伴うプラズマの乱れで、
オーロラ電子の出発点が乱れる

* 爆発的な変化（サブストームと名付けられている）

= 実は良く分かっていない

ともかく、地球よりも広大な範囲での現象で、
その末端だけが地上で見える

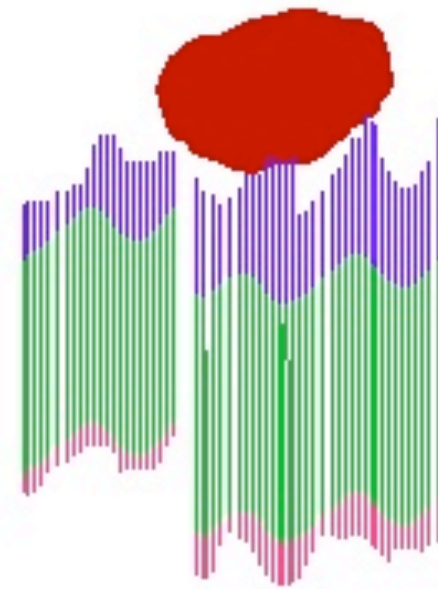
= 爆発の炎の先端のようなもの = 毎回違う

§2. “美しい”オーロラを起こす元

- * 光る原因（蛍光灯）
- * 色を決めるもの（電離層の組成）
- * 極地特有（地磁気緯度 60～70度）
- * **毎回違う理由？**
- * 動く理由（プラズマの乱れ）
- * 全天を覆う（地球規模だから）

* 見る方向によって「も」全然違う

他のオーロラ Other aurorae



高さ height

> 300 km

> 200 km

100-200 km

< 90 km



ordinary view

斜め下から見る(普通)

Pulsating Aurora
点滅するタイプ



over the zenith (lucky)

真下から見る(幸運)

(1) Corona
コロナ

(2) Black aurora
暗黒筋

頭上



頭上 = corona と呼ぶ

movie



movie



オメガ・バンド = 深夜過ぎ

2005.01.12
02:00 UT



点滅オーロラ = 深夜過ぎ



赤オーロラ = 太陽面爆発の中でも特殊なものだけ

§2. “美しい”オーロラを起こす元

- * 光る原因（蛍光灯）
- * 色を決めるもの（電離層の組成）
- * **極地特有（地磁気緯度 60～70度）**
- * 毎回違う理由（時刻、角度、etc.）
- * 動く理由（プラズマの乱れ）
- * 全天を覆う（地球規模だから）

地磁気が重要

磁極が数百年単位で移動する事を反映して、
オーロラ帯も数百年単位で移動する。

1590 – 2010

2010

地磁気の磁極は数百年
単位で移動している。

2000

1990

1650

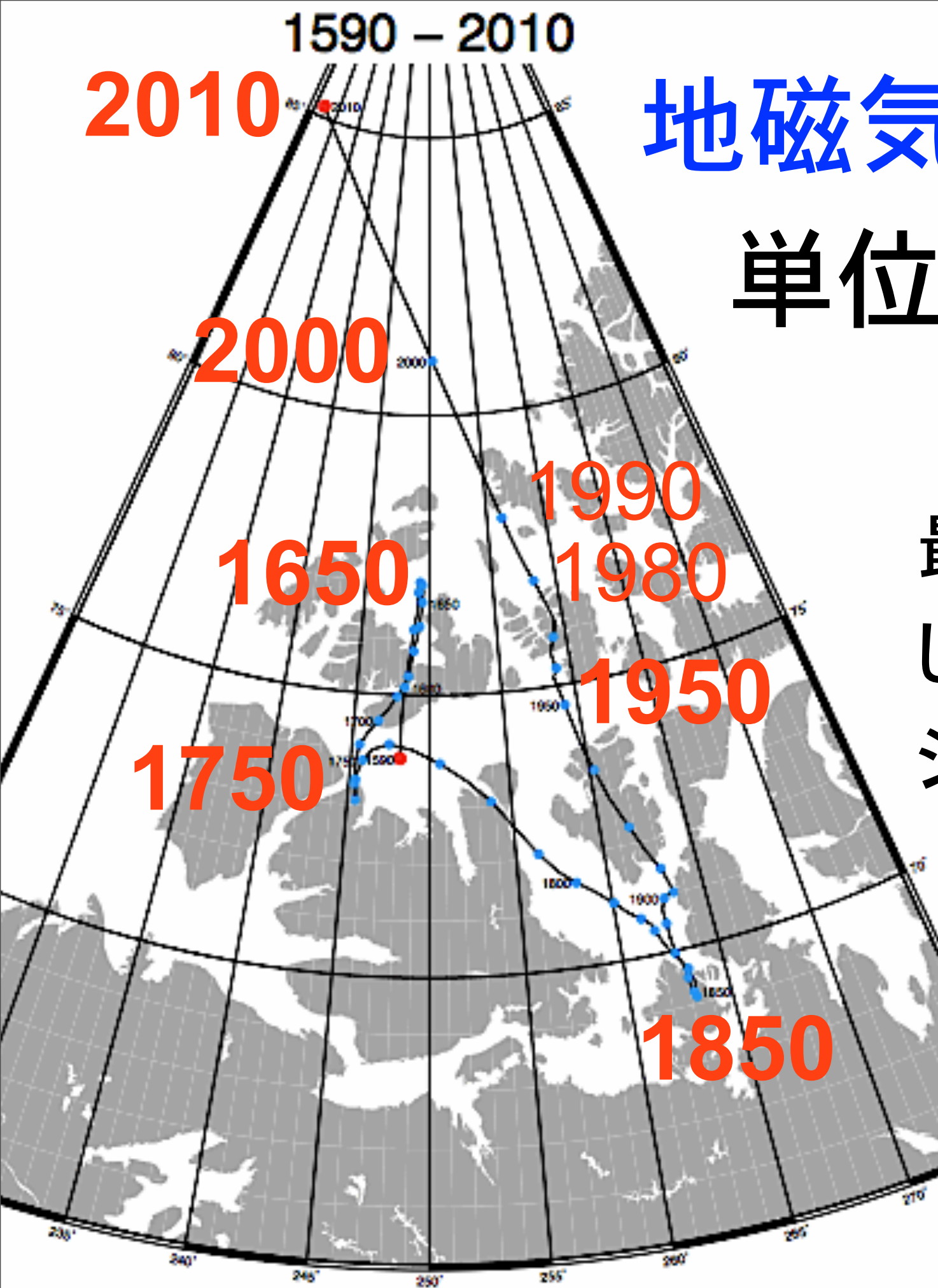
1980

1950

1750

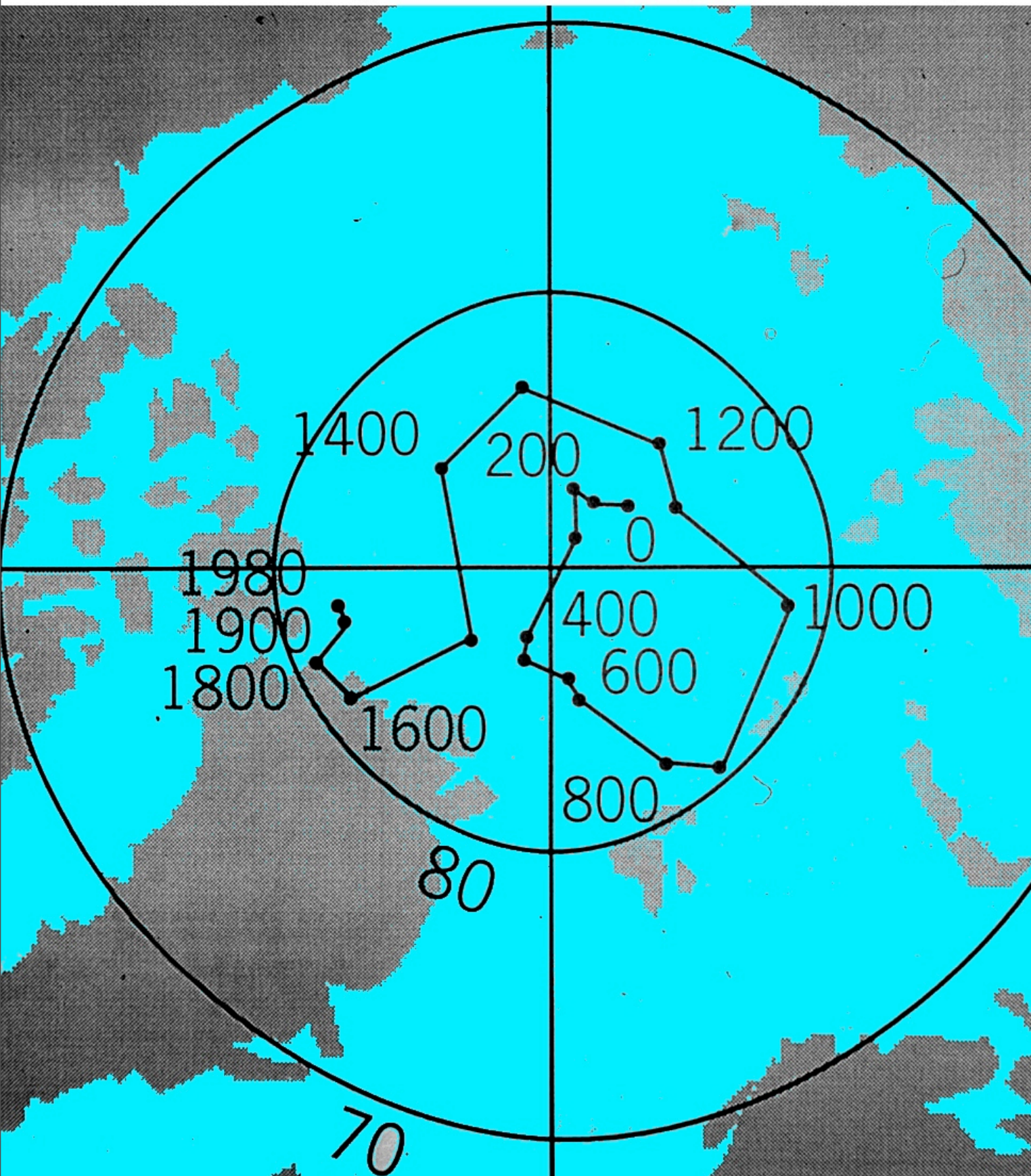
1850

最近20年は急速に移動
し始めて、カナダ沖から
シベリア沖に向かっている



過去2000年の磁極の移動

Motion of Magnetic Pole (磁極の動き)



昔は中国に近かった
(源平合戦時と紀元前)



中国にはオーロラの記
録が沢山ある

莊子

第一冊

「内篇」

金谷 治訳注

化而爲鳥其名爲鵬鵬之背不知其幾千里也

岩波文庫 206-1

北冥有魚其名爲鯢鯢之大不知其幾千里也

鵬(大鵬)

鳳凰

不死鳥(phenix)

龍(dragon)

赤気 / 白気

奇星

天狗

天界の旗・織・矢

北光 { Northern Light (UK)
Norrskén (SE)
Nordlys (NO)

極光 { Polarlicht (DE)
ポリャルニエ・シヤニヤ(R)

狐尾光 Revontuli (FI)

Aurora (Eos)
(Greek Myth → French)

dragon / phenix
= ancient aurora
in China

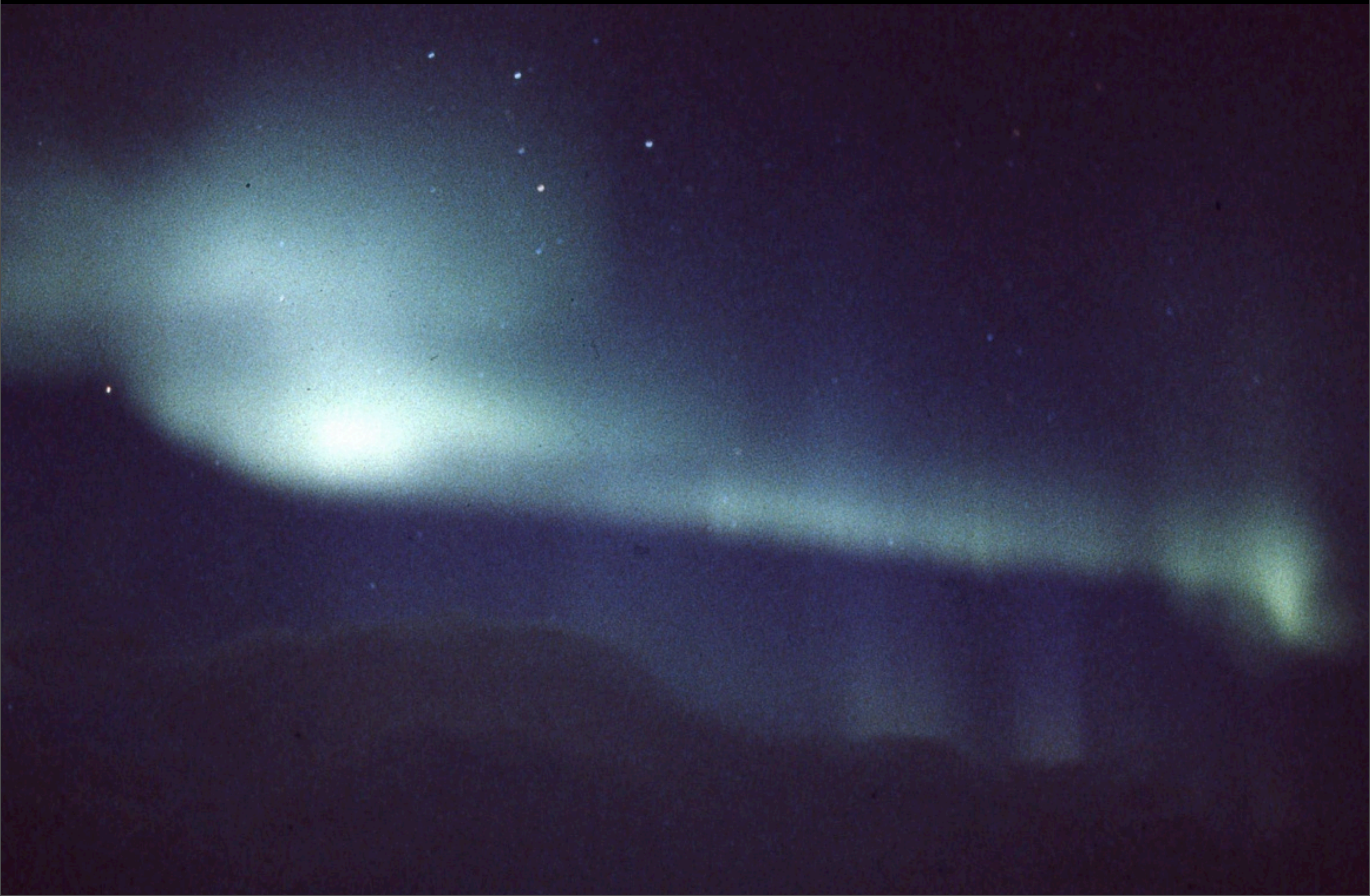
緑の胴体が蛇のようにうねる＝竜

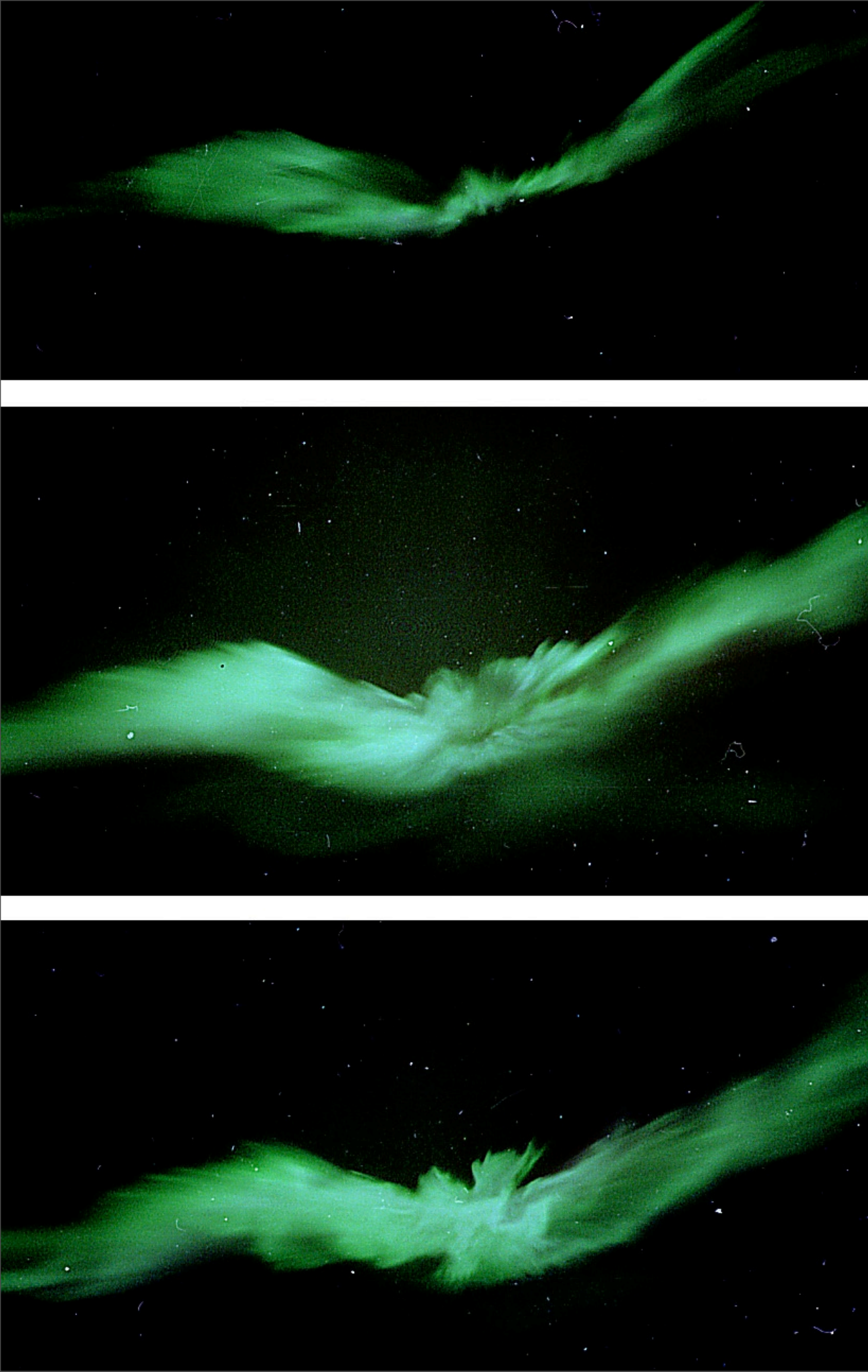




緑の胴体に赤が混じって空を飛ぶ
=フェニックス・鳳凰

飛ぶ＝鳳凰





飛ぶ＝鳳凰

飛ぶ＝鳳凰

movie



美しい現象だからこそ

伝説（畏怖）が生まれ

哲学（意義）が起こり

芸術（表現）が作られ

科学（理解）が発展する

end of §2

start of §3

§3. リアルタイム・データの見方

- * 天気（オーロラは雲の上）
- * 全天カメラ（§1 参照）
- * 磁力計（§1 参照）
- * 太陽風
- * 太陽表面
- * その他

データリンク集は以下にまとめています

http://www.irf.se/~yamau/manual/irf_data.html



Kiruna

Latest picture from the Kiruna All-Sky camera at: 2010-03-



Geomagnetic coordinates. [More](#) about image orientation.

Abisko



4 min ago 3 min ago 2 min ago 1 min ago 0 min ago

全天カメラ（魚眼レンズ）

http://www.irf.se//Observatory/?link=All-sky_sp_camera

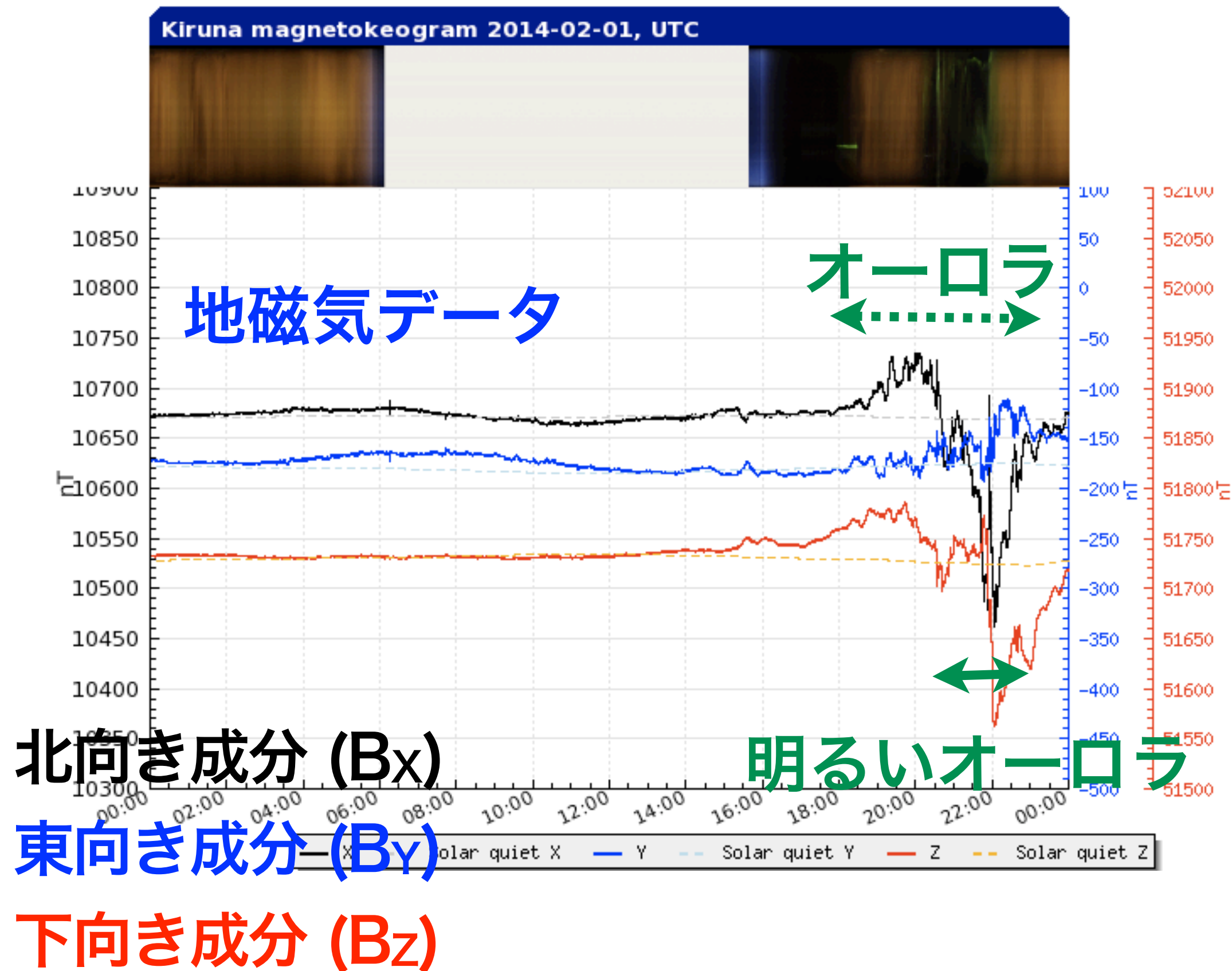


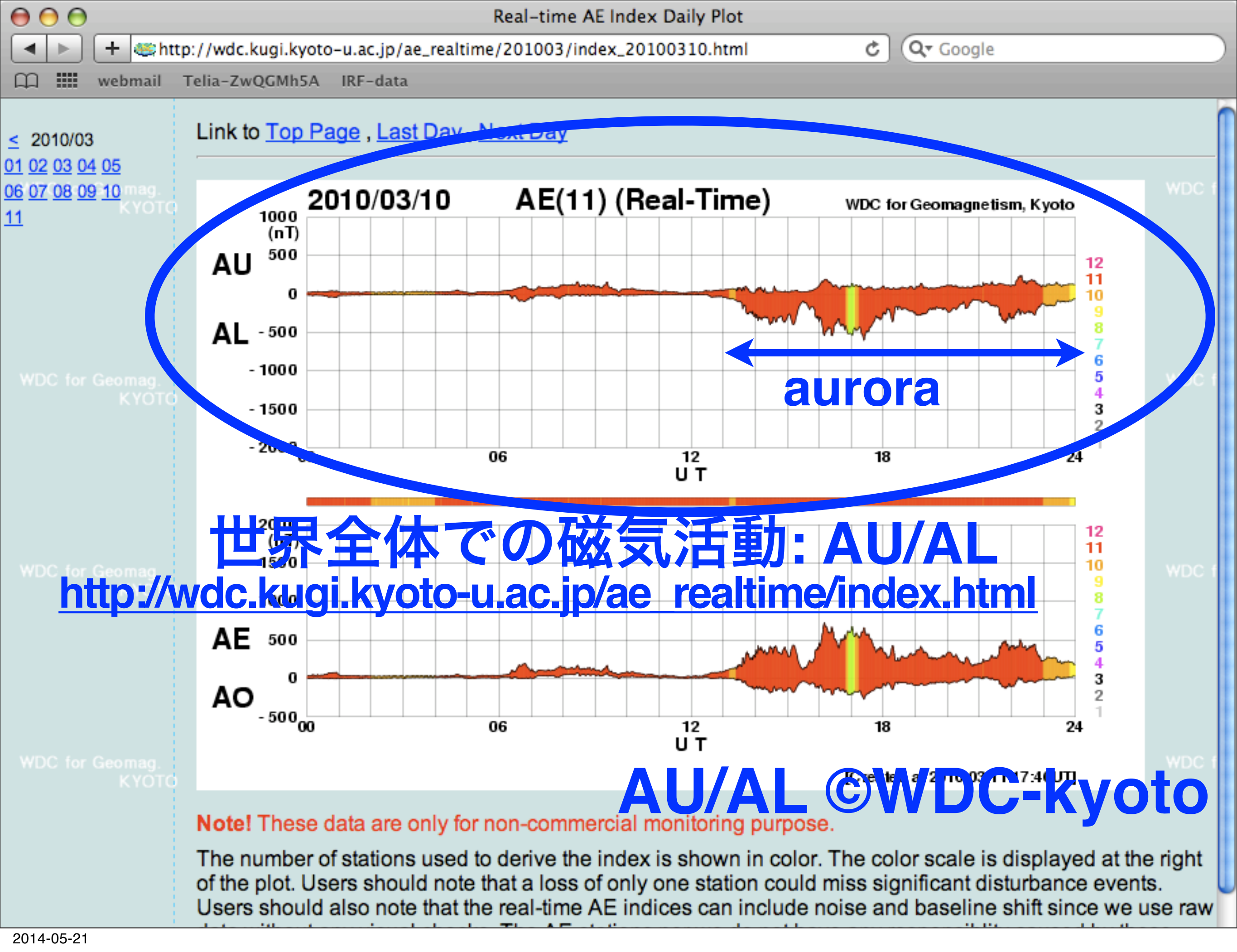
Overview
Topical
Vacancies
Popular Science
Research
Observatory
Data
Publications
Library
Education
SEARCH
Contact

IRF Kiruna
IRF Umeå
IRF Uppsala
IRF Lund

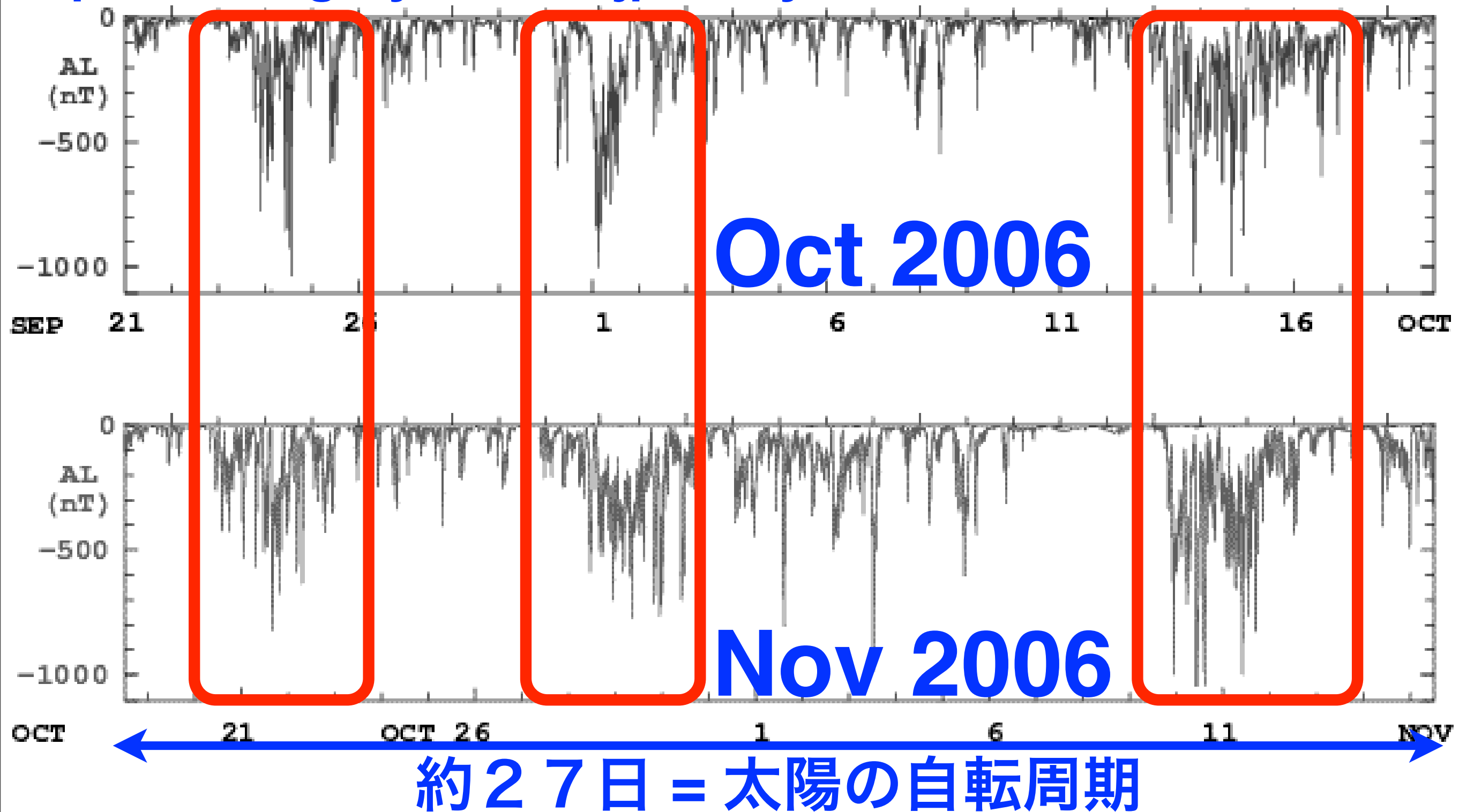
MAP

Get Kiruna plot in pdf format

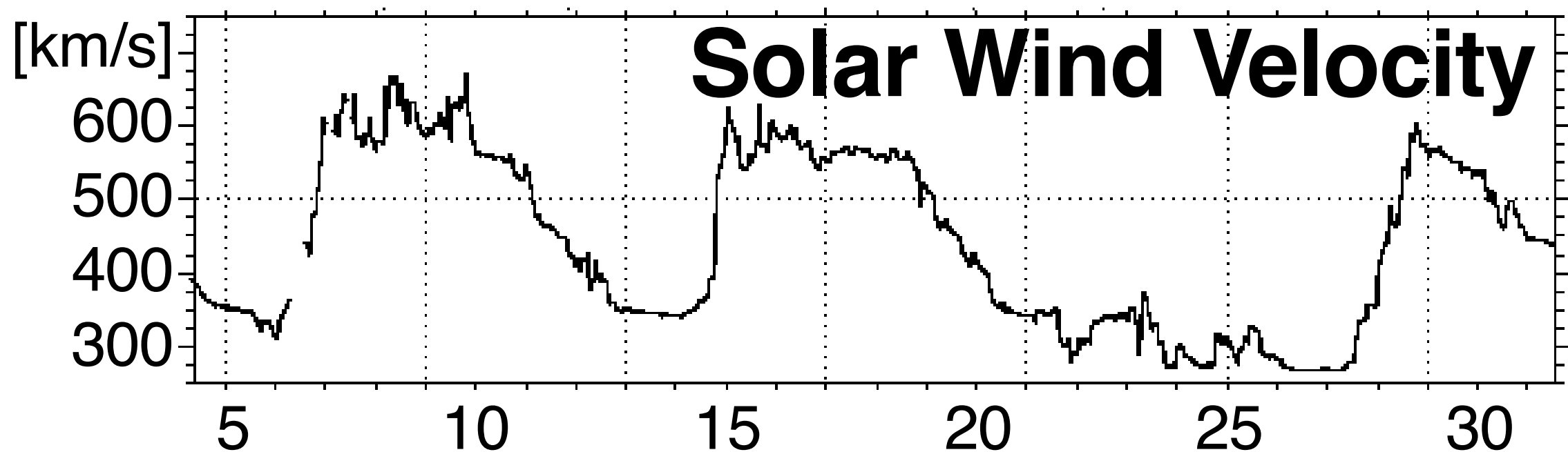
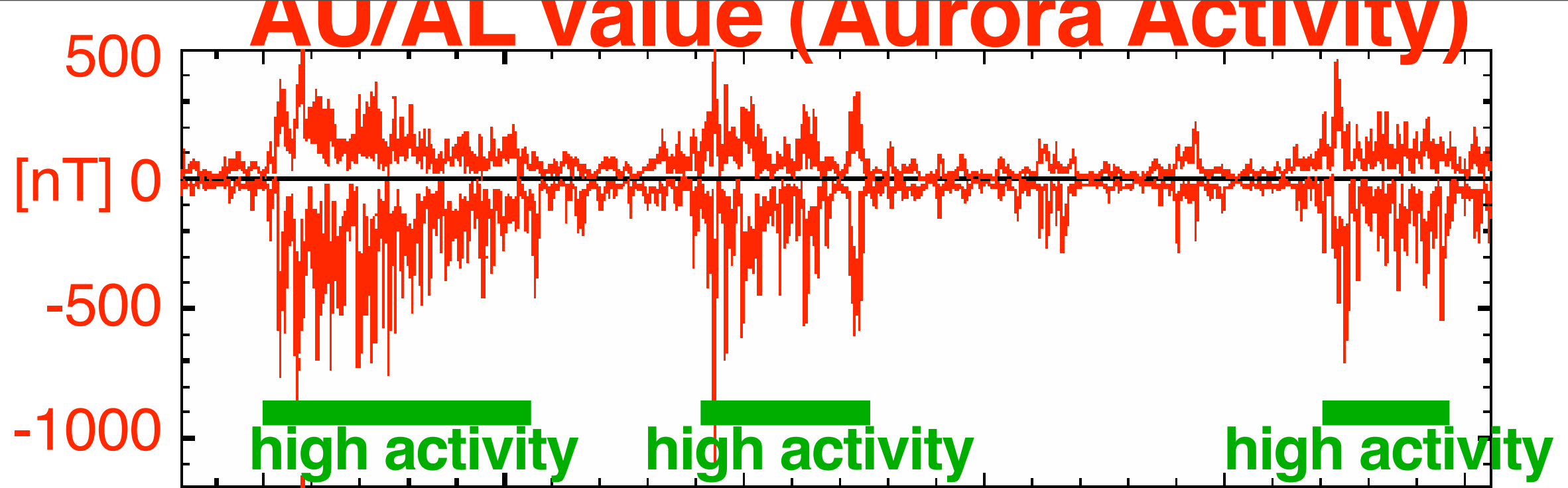




**地球全体のオーロラ電流をモニター
する方法を使って、長期的なオーロ
ラパターンを調べると・・・**



オーロラ活動の高い期間（～数日）が、約 27 日ごとに繰り返される ⇒ 大雑把な長期予想が可能



Days of June 2006 (Carrington Rotation #2044)

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

<http://umtof.umd.edu/pm/>

オーロラ活動の高い期間と低い期間は、太陽風の速度と関係している ⇒ 1日予想が可能

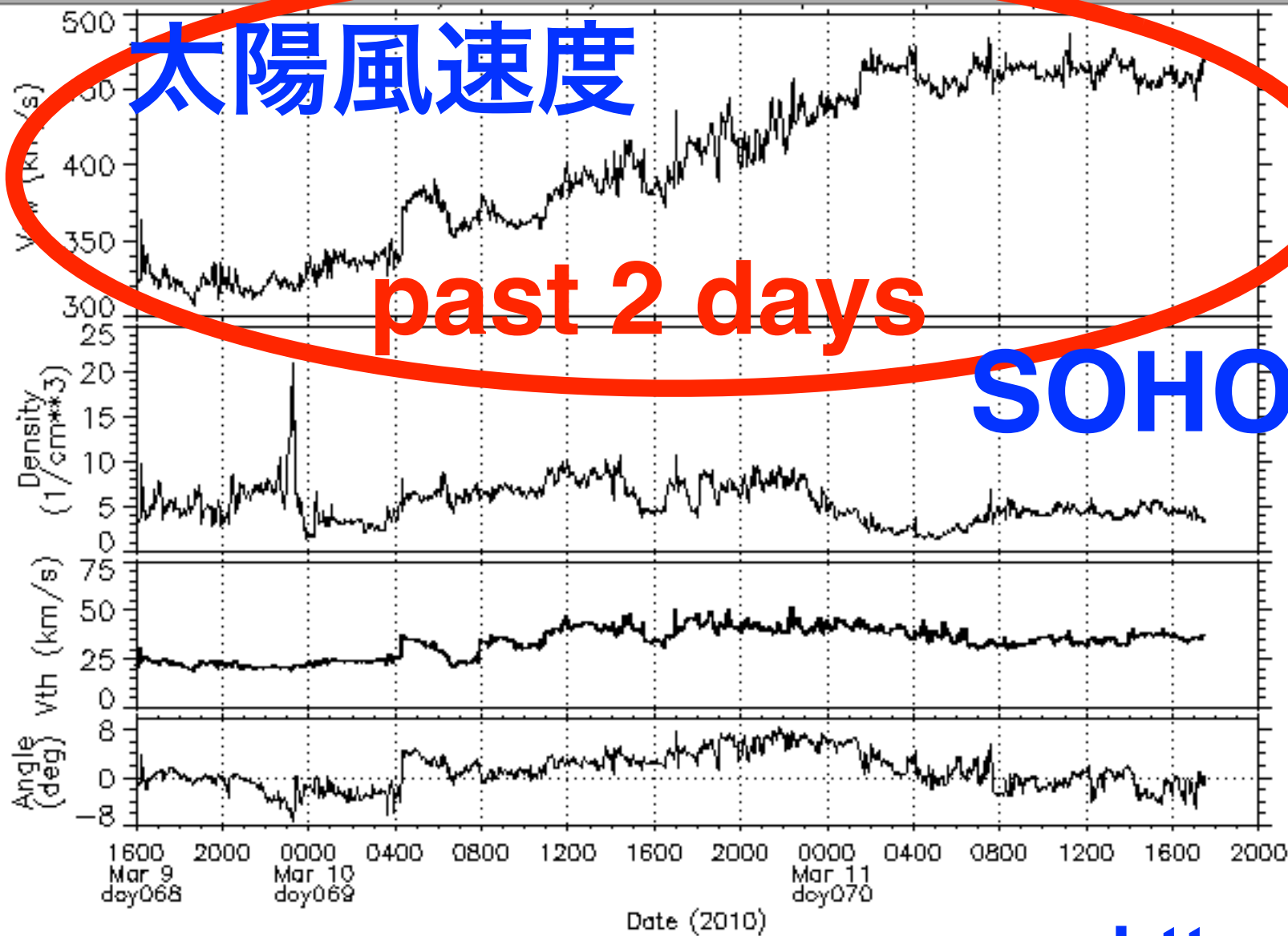
太陽風

大きなオーロラが出やすいのは

(1) 太陽風が速い時

(2) 太陽風の磁場が特定の向きの時

いずれもリアルタイムデータがネットで見られる



<http://umtof.umd.edu/pm/>

Data ending at 2306 GMT on Mar 10, 2010 (ascii data available)



太陽風の磁場 (説明省略)

ACE
©NOAA

太陽風速度

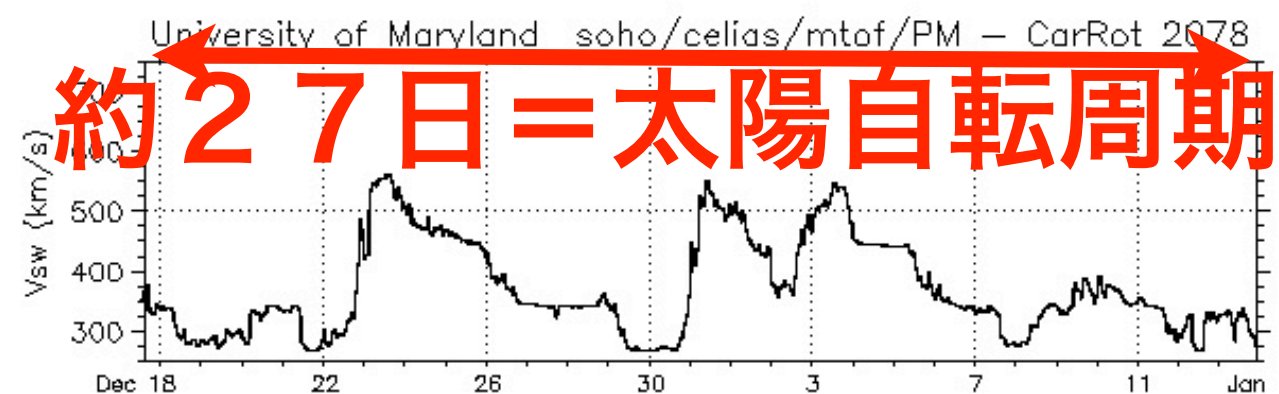
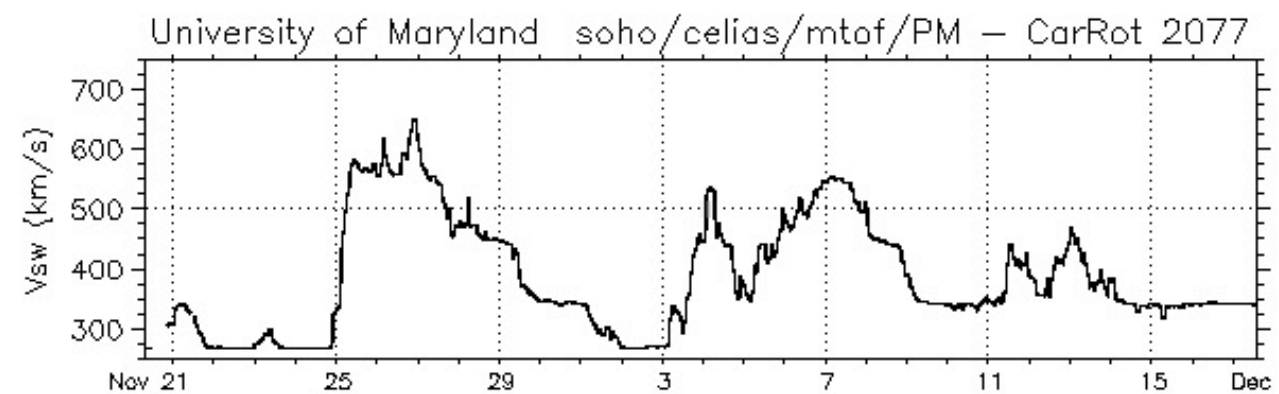
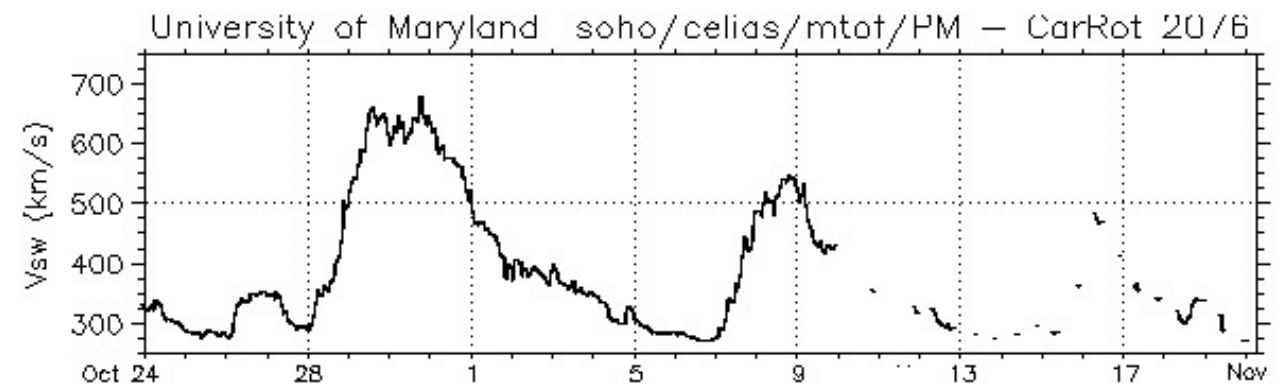
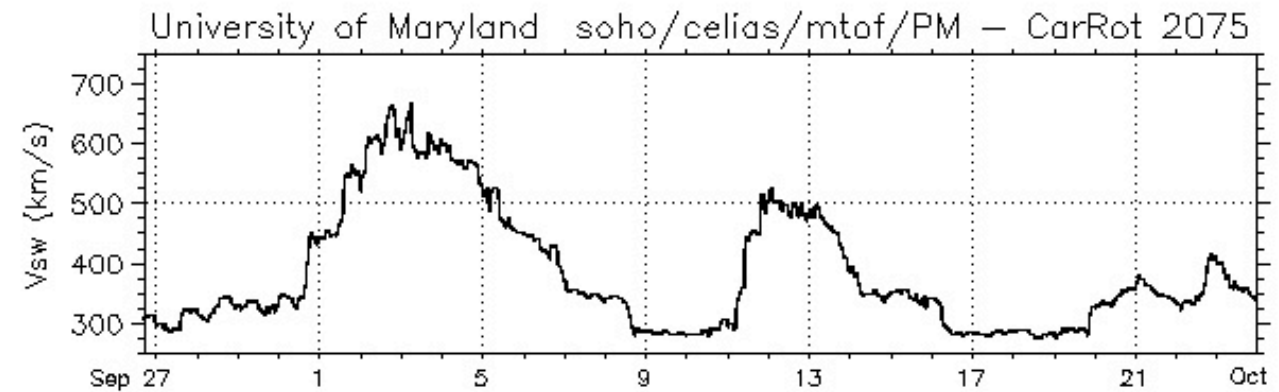
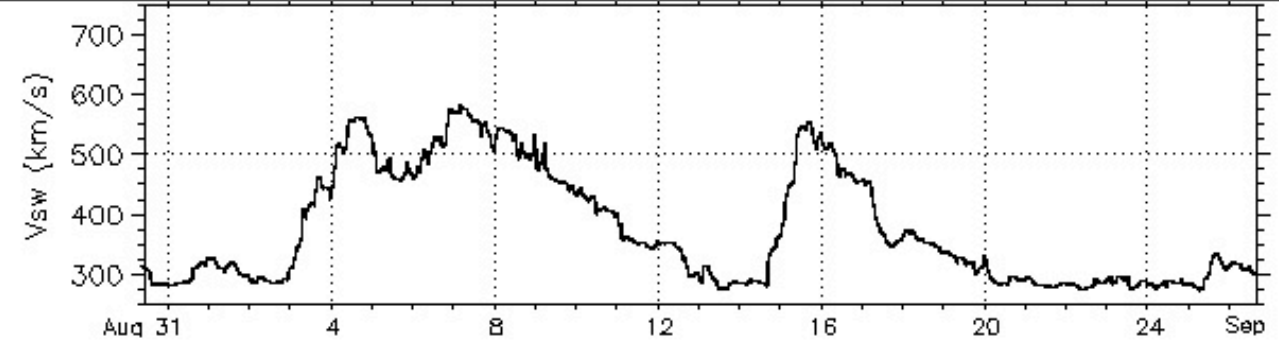
past 1 days

http://www.swpc.noaa.gov/ace/MAG_SWEFAM_24h.html

太陽風の長期動向

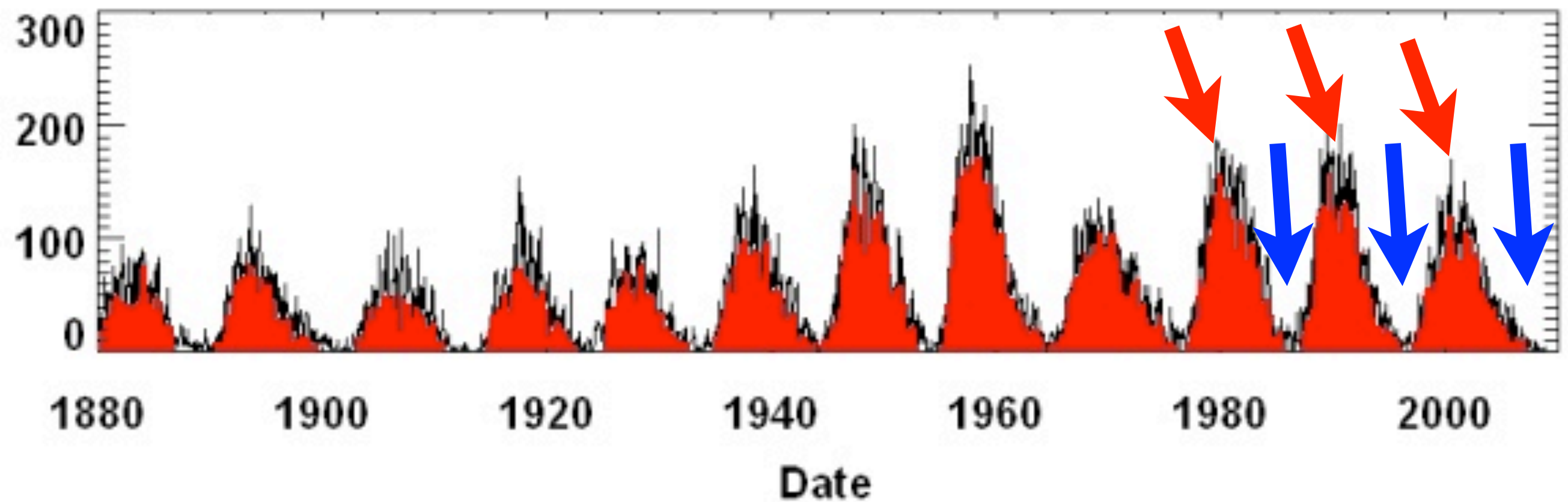
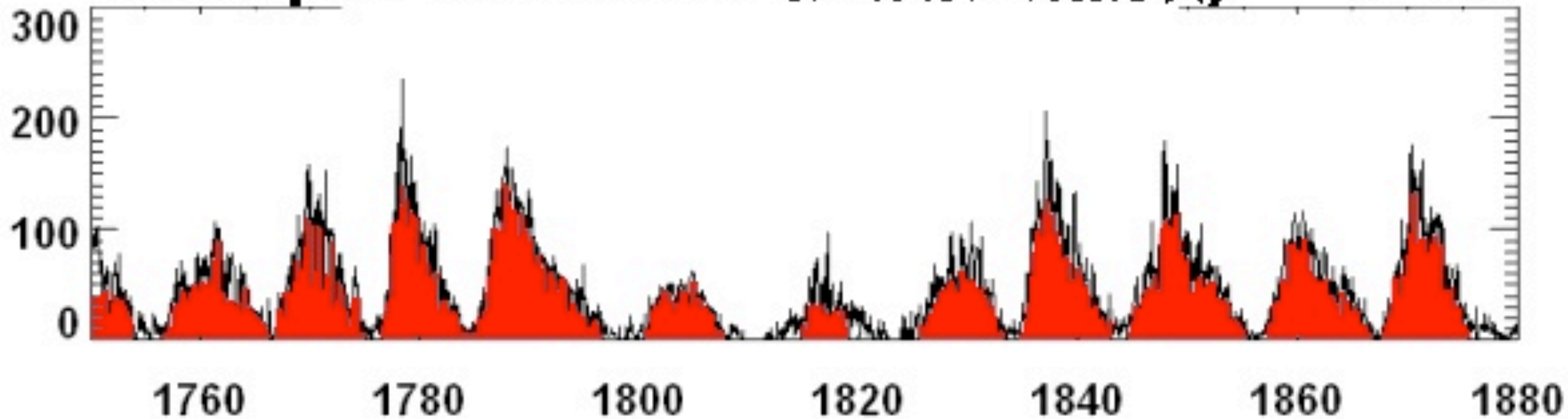
1. 太陽自転（27日）
2. 太陽黒点活動（太陽周期～11年）
3. 太陽周期の変動（数百年）

1. 太陽黒点活動 極小期 (Solar Minimum)



<http://umtof.umd.edu/pm/>

Sunspot numbers (太陽黒点数) 1750~

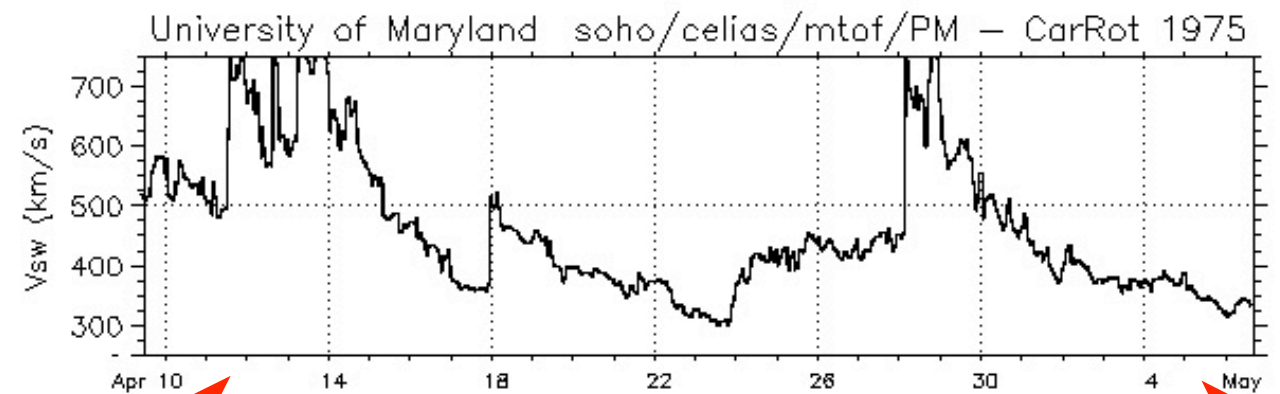
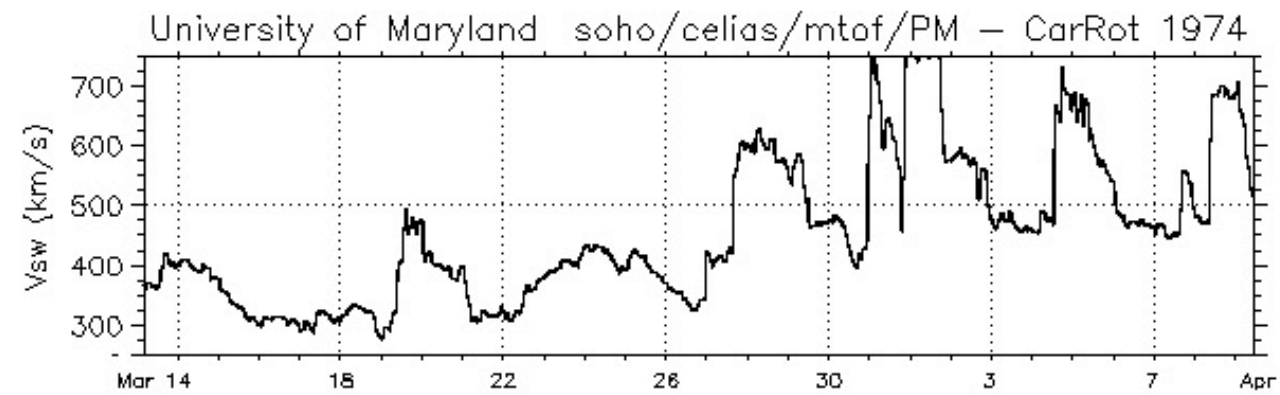
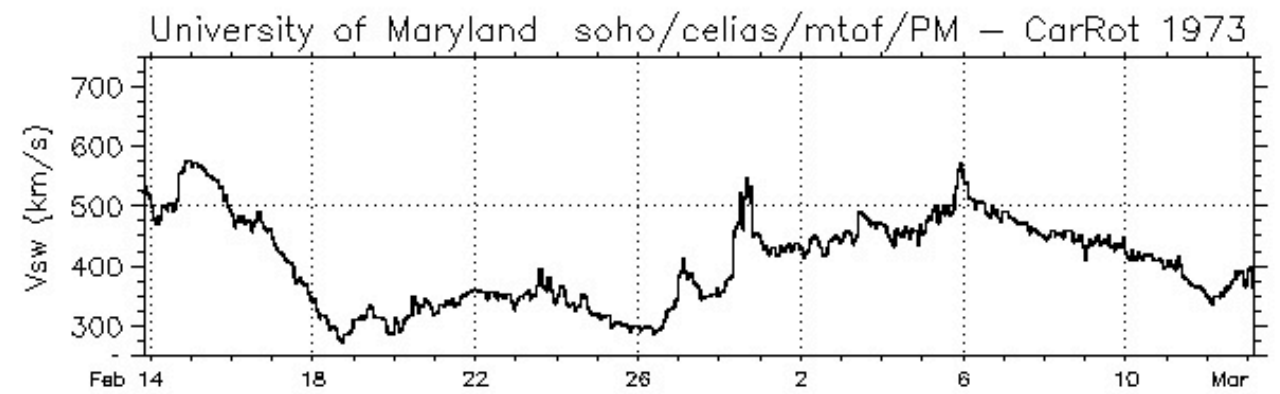
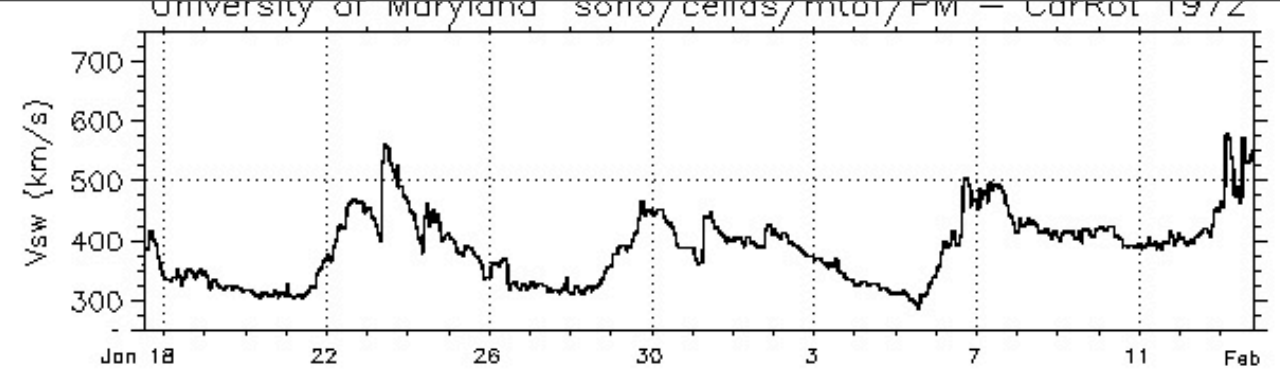


peak = solar maximum (2000~2001, 1989~1990,,)
bottom = solar minimum (2006~2009)

太陽活動極小期

1. 一ヶ月前に**大ざっぱな予報**が出来る。
2. しかし、出そうにない条件でも、結構きれいなオーロラが数日ごとに出る（**予報困難**）。

2. 太陽黒点活動 極大期 (Solar Maximum)



約27日 = 太陽自轉周期

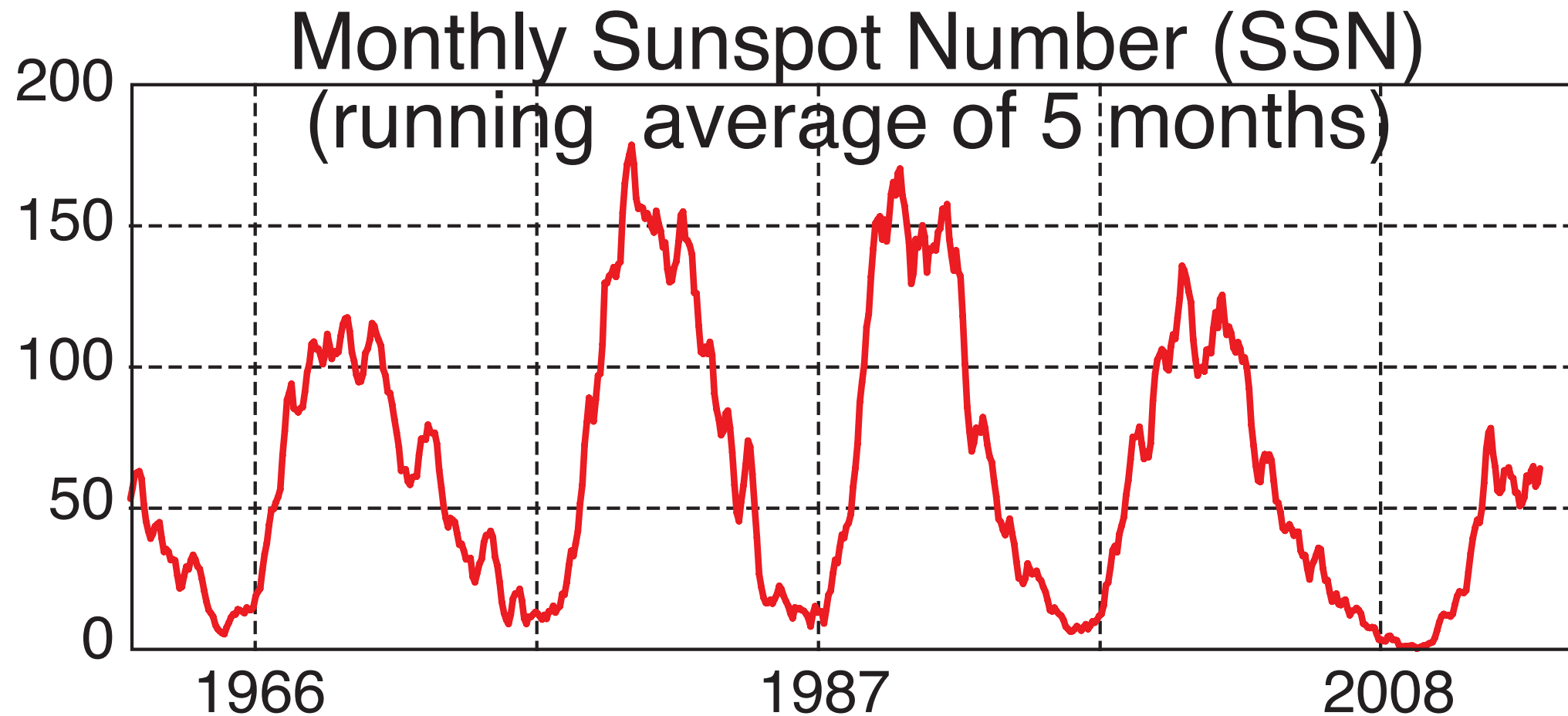
<http://umtof.umd.edu/pm/>

太陽活動極大期

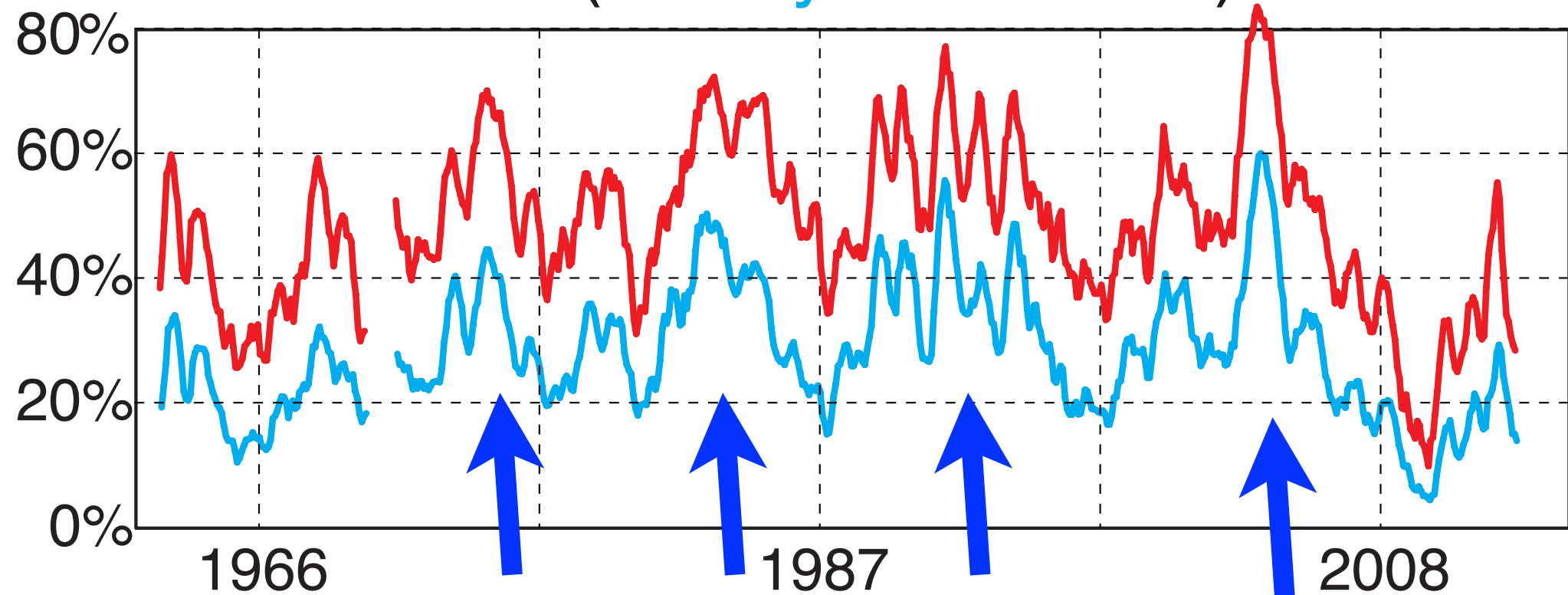
1. 一ヶ月前予報はあまり**当てにならない**
2. しかし、全般的に活動が高いため、**いつ来てもかなりの確率**で見える（のが普通の極大）
3. 大きなオーロラ（しかし赤ではない）に限ると、**極大の2～3年後**が一番多い

地磁気活動は太陽活動極大の2～3年後が高い

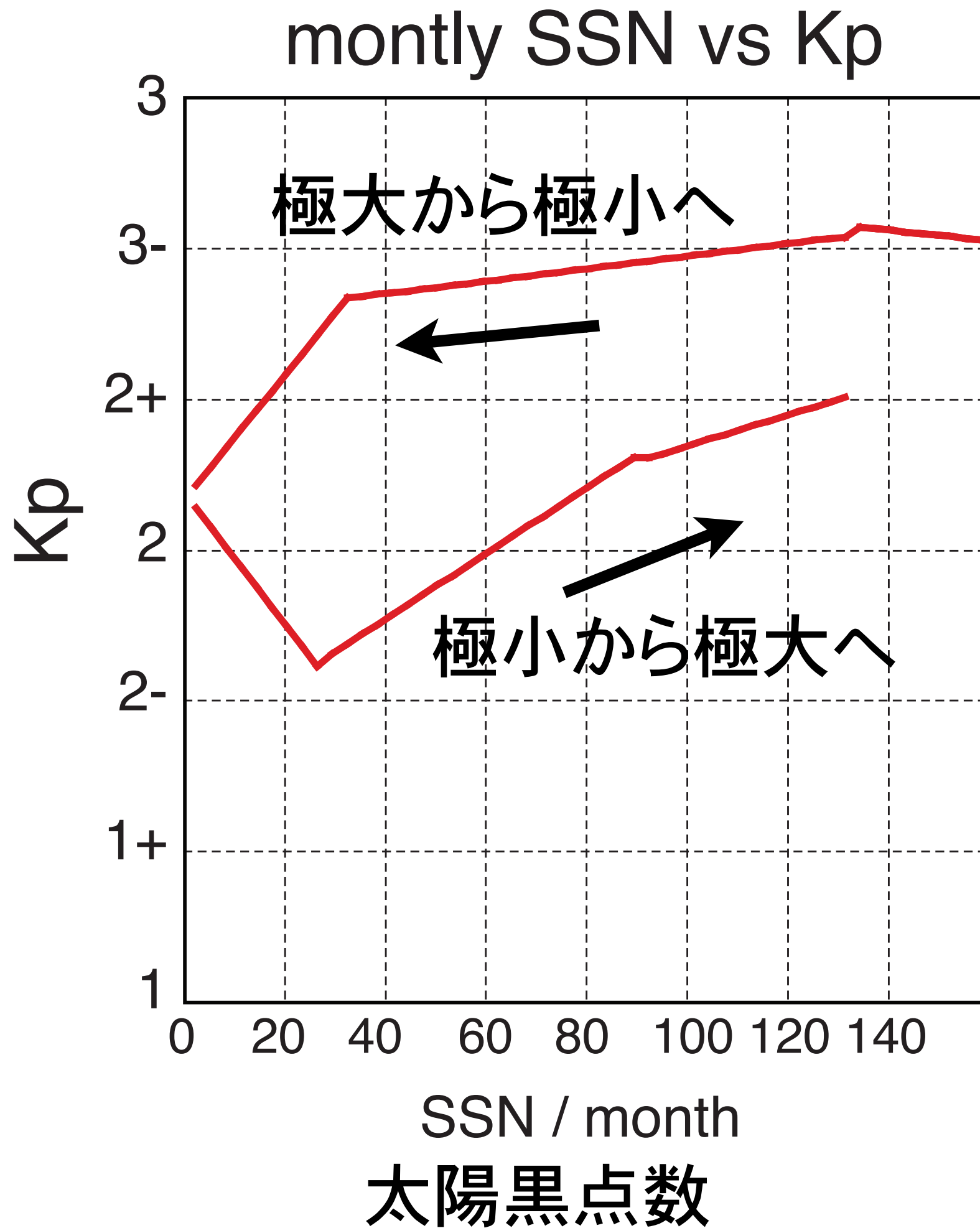
太陽
黒点
数



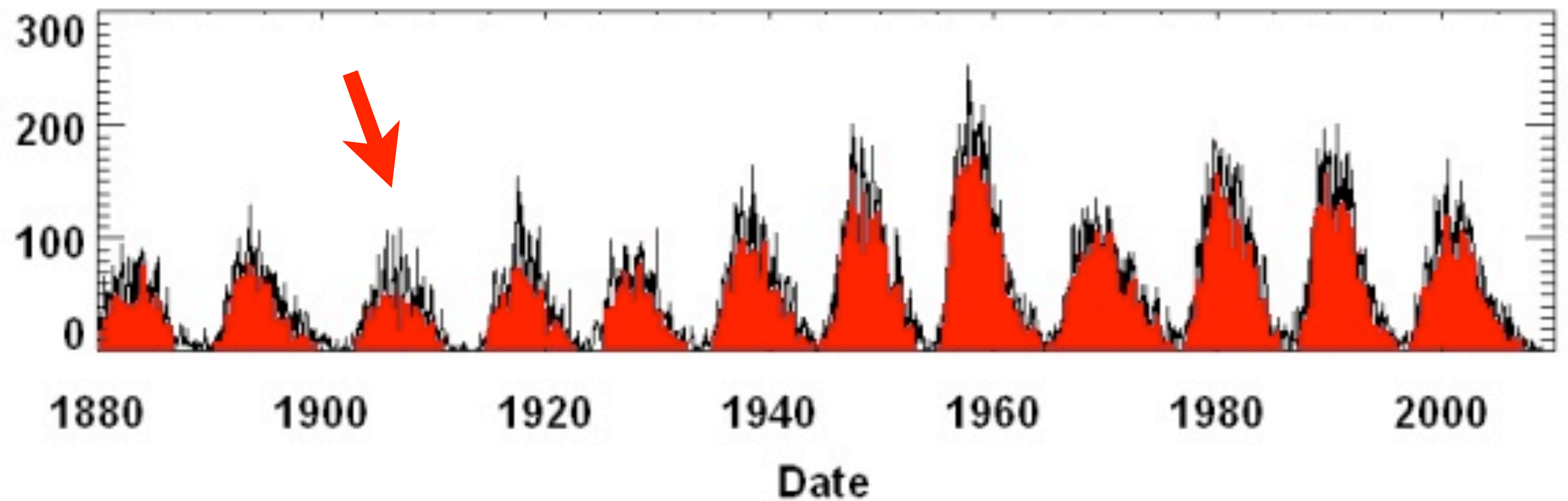
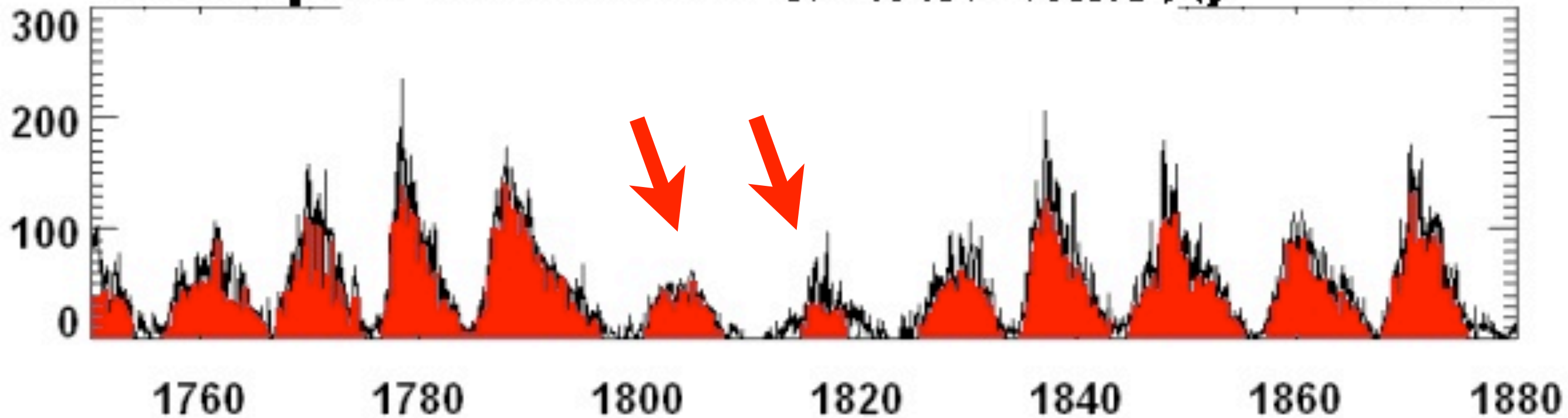
Chance of $K \geq 4$ (all day / 22-01 LT) @Kiruna



地球規模地磁気活動



Sunspot numbers (太陽黒点数) 1750~



但し今回は不明 (90~100年周期の変動?)

太陽活動極小期のオーロラと極大期のオーロラ
は少し違う

= 太陽表面の活動の種類が違うから

Solar Surface

太陽表面



**because all the energy comes from
Solar Corona in the form of Solar Wind**



Sun is boiling !

太陽表面では
プラズマが沸騰している

Water / Earth : 100 °C
Plasma / Sun : 6000 °C

Solar Minimum : evaporation only

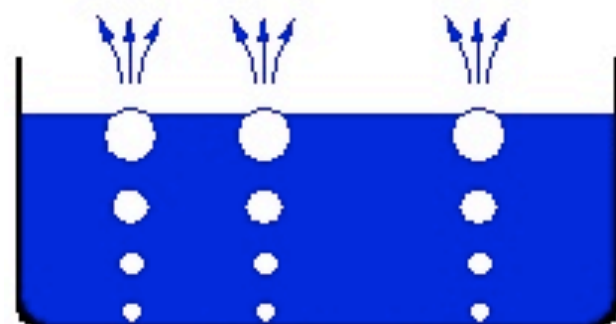


from **coronal hole**
(repeat every month)

濃淡+1ヶ月の自転

湯気 : 27日ごとに
地球の正面に来る

Solar Maximum : explosion of bubbles



from **Sunspot**

黒点の爆発

黒点爆発 : 沸騰時の
ボコッボコッと同じ

continuous & bursty
evaporation explosion
極小期 極大期

SOHO/LASCO

©ESA&NASA

太陽表面 の情報

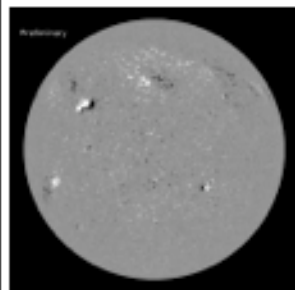
Sun Images

Space weather site

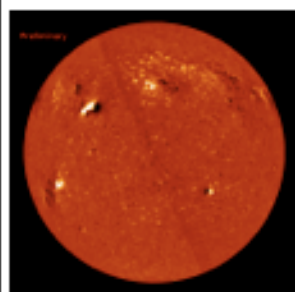
Solar images at SDAC

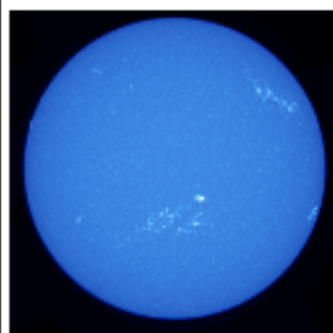
<http://umbra.nascom.nasa.gov>

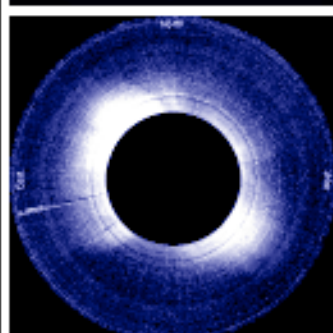
webmail Telia-ZwQGMh5A IRF


[Photospheric longitudinal magnetograms from National Solar Observatory vector spectromagnet \(VSM\) at Kitt Peak](#)
2010/03/12 16:30 UT


[He I 10830 Å spectrum from the U.S. National Observatory at Kitt Peak](#)
[2009/11/27 18:57]


[Ca II 8542 Å longitudinal magnetograms from National Solar Observatory vector spectromagnet \(VSM\) at Kitt Peak](#)
2010/03/12 20:26 UT


[RISE/PSPT Ca II K image from HAO's Mauna Kea Observatory \(Hawaii\)](#)
2010/02/23 19:12:23


[White-light Mk. 4 camera images from the Hubble Space Telescope](#)
raw image [2010/03/12 16:30 UT]

SpaceWeather.com -- News ... and ne

<http://www.spaceweather.com/>

webmail Telia-ZwQGMh5A IRF-data

 **spaceweather**
News and information about space weather

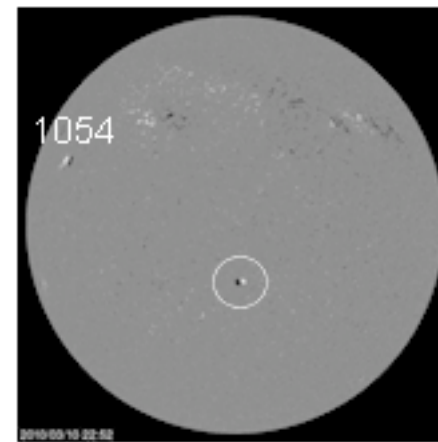
AURORA ALERTS | **SUBMIT YOUR PHOTOS!**

SPACE WEATHER
Current conditions

Solar wind
speed: **506.8** km/sec
density: **0.9** protons/cm³
[explanation](#) | [more data](#)
Updated: Today at 1745 UT

X-ray Solar Flares
6-hr max: **B2** 1220 UT Mar11
24-hr: **B2** 1220 UT Mar11
[explanation](#) | [more data](#)
Updated: Today at: 1745 UT

Daily Sun: 11 Mar. 10


New sunspot 1054 poses no threat for strong solar flares. Another new sunspot may be emerging at the circled location. This is a magnetic map of the sun, temporarily standing in for the usual white-light image. Credit: SOHO

What's

NEW AND IMPROVED
or iPod Touch is a satellite tracker. now works in all

AURORA WATCH
magnetic field and Circle. High-latitude

SPACE STATION
new room to the : breathtaking panorama spending their space Earth below. Last Ewers photograph Hofgeismar, Germany

International

Tranquility node

[http://umbra.nascom.nasa.gov/
images/latest.html](http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest.html)

<http://www.spaceweather.com>

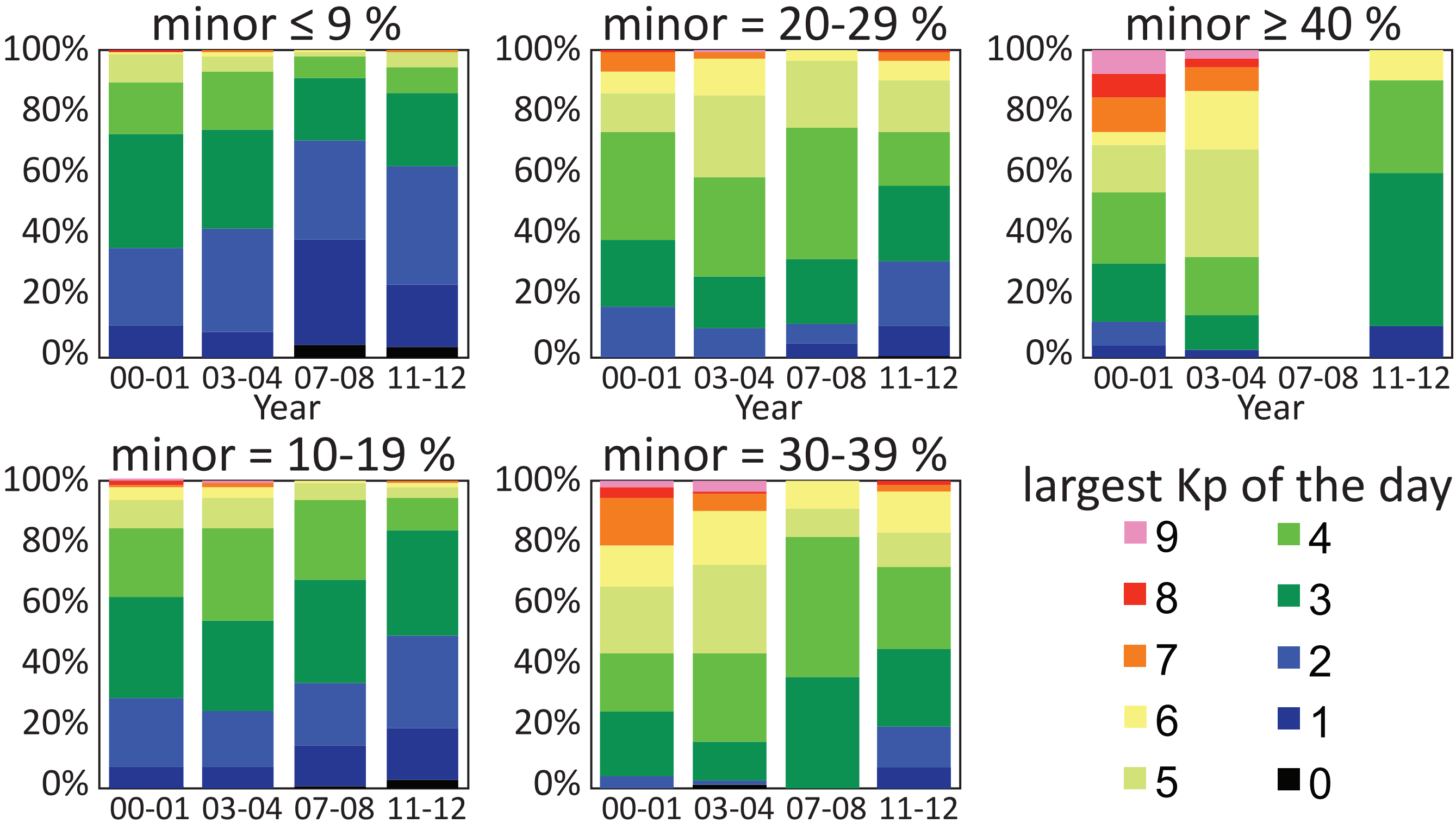
すべての観光客の質問

『今夜、オーロラは見られますか？』

『それは何時ですか？』

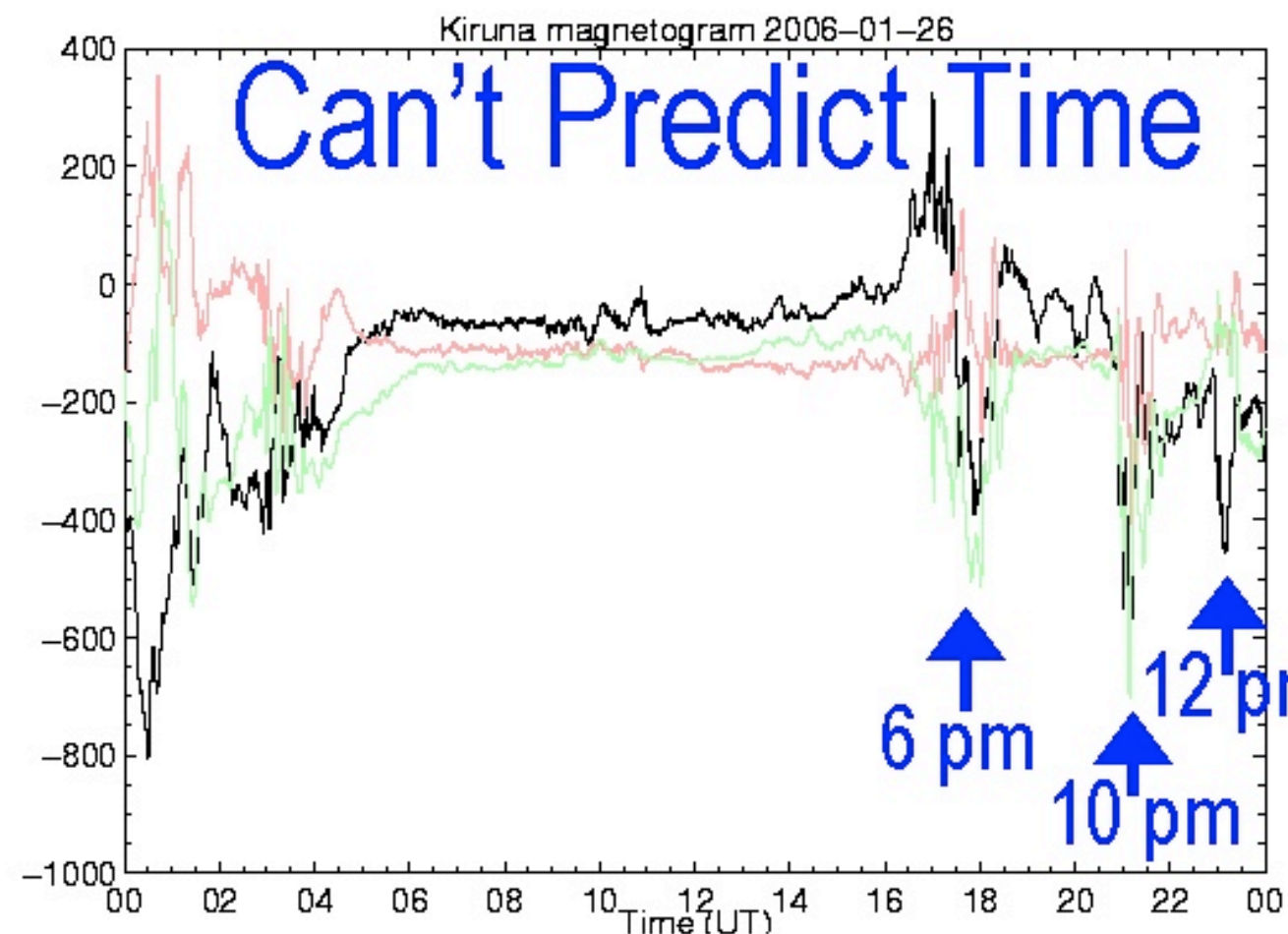
天気予報みたいには簡単ではない

NOAA による 24 時間予報（地磁気活動）

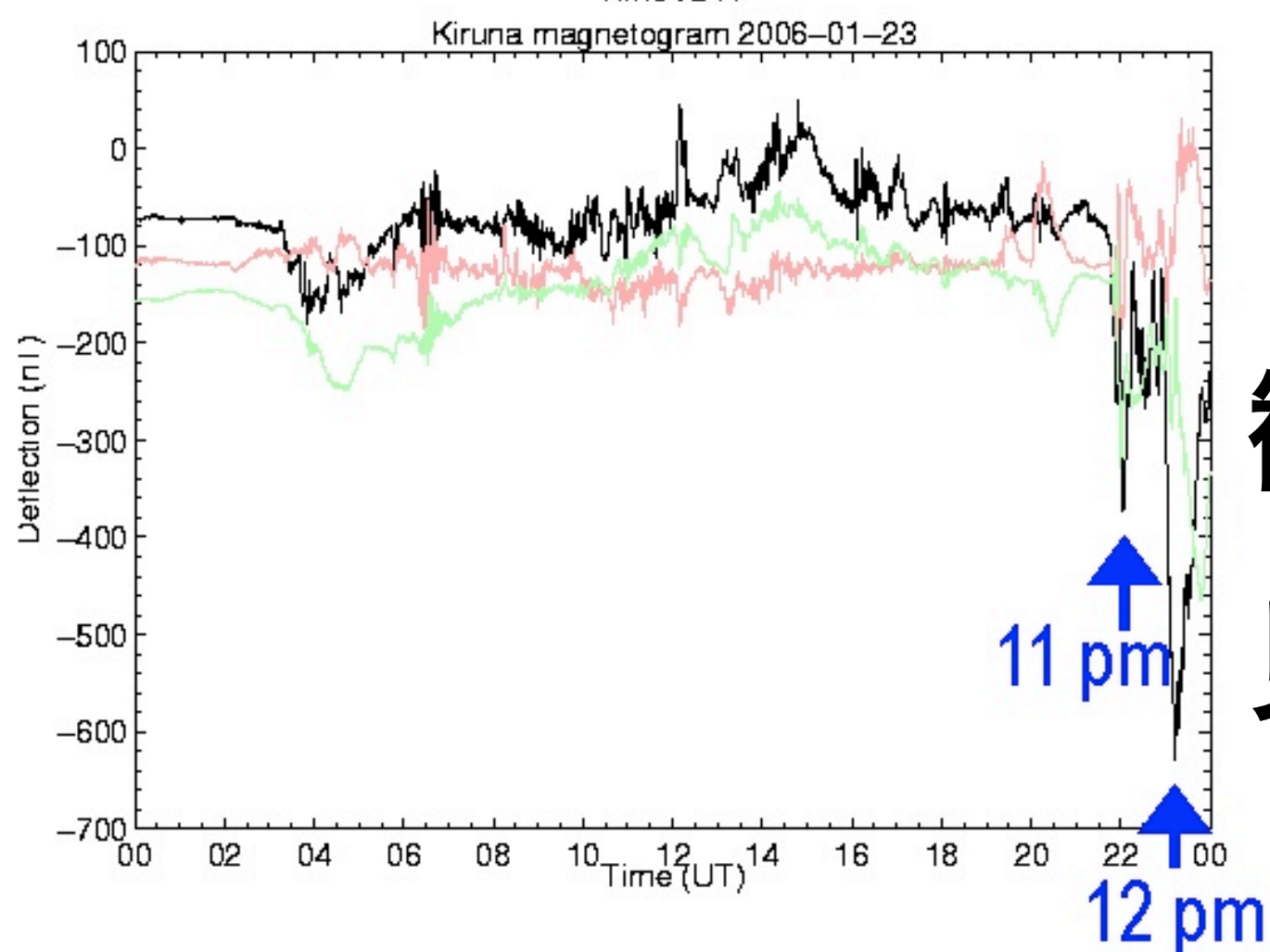


* 確率予報であり、結果も確かに確率である

* 異なる年で「当たる確率」が異なる



**時刻の予報は
不可能**



**観光客がオーロラを
見逃す理由の一つ**

なぜ、オーロラを見逃すのか？

- * オーロラの終わった後に探し始めている。
- * 1時間に1度しか外を見ていない（web更新が止まっている）。
- * 交代で空をチェックする。（⇒ ベストが終わって「出たよ」）
- * 空の半分しかチェックしていない。
- * 街頭の明るいところで空を見上げている。
- * 目が闇に慣れる前に部屋に戻る。
- * 白いのでオーロラと雲とを見間違えている。
（⇒ 弱いうちは白くて分からない。デジカメ等でモニターすべし）
- * 曇っていたのに、いつの間にか晴れた。（＝山の気候）
- * 弱いを見つけたのに、寒さに負けて爆発前に部屋に戻った。
（⇒ 防寒対策をして2時間ほど散歩に行くべし）
- * 実際にオーロラが一度も出なかった。
（⇒ 晴れていれば、たいてい何か出る）

曇っていたのに、いつの間にか晴れた。

オーロラが強いと雲の向こうから見える事もある。

movie

over cloud

2006.04.04
23:12:20 UTC

end of §3

start of Appendix

オーロラと季節？ ⇒ 関係はある。だが、、

＊ 12月～1月 = 頻度は下がるが夜が長い

＊ 秋分春分 = 頻度は上がるが夜が短い

⇒ オーロラの出る日数は変わらない

⇒ 天候や他のアトラクションの方が優先

movie



spring time

2005.04.11
19:57 UT

なぜ、我々はオーロラを研究するのか？

- ＊ 分からないことが多い

 - ⇒ 解明しなければならない！

- ＊ 分からない＋美しい

 - ⇒ 研究者が興味を持つ

- ＊ 技術の発展にも寄与

 - ⇒ 研究費が出る

オーロラの音？ ⇒ 誰にも分からない

写真の撮りかた

- ＊ 星の写真を撮るつもりで露出する。
- ＊ 大きさの比較が出来る対象物を背景に入れる。
- ＊ レンズに街頭の光が入らないようにする。
- ＊ デジカメ／ビデオでも写る。但し

安ビデオ（＜１０万円）

中ぐらいの値段

高級ビデオ（～３０万円）

写らない

緑色だけ写る

３色写る

- ＊ オートのカメラでも可能。（フラッシュを off にする）
- ＊ 手ぶれ対策が必須：三脚が基本。（無ければ自動シャッターも可）
- ＊ 寒さ対策が必須。

カメラの電池：ベストは酸化銀電池（**Silver Oxide Battery**）

レンズの結露防止：部屋に戻るとき、カメラをビニール袋に入れる

懐中電灯／替電池／薄手の手袋、ホッカイロでカメラを暖める人もいる

- ＊ カメラやレンズによってでき上がりの色が違う。
- ＊ フィルムの場合、現像の値段ででき上がりの色が全然が違う。

©Dr. Takeshi Ohtake



2014-05-21



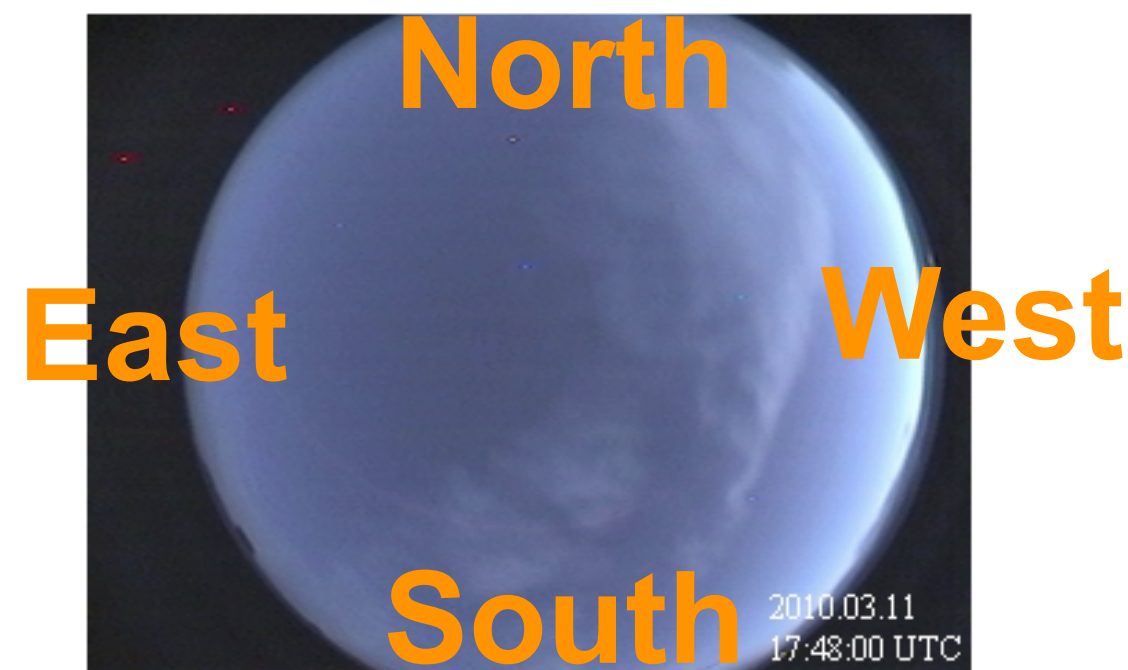
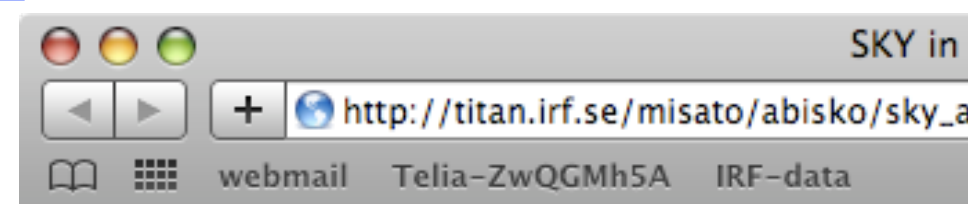
Kiruna

Latest picture from the Kiruna All-Sky camera at: 2010-03-11
<http://www.irf.se/allsky/rtasc.php>



Geomagnetic coordinates. [More](#) about image orientation.

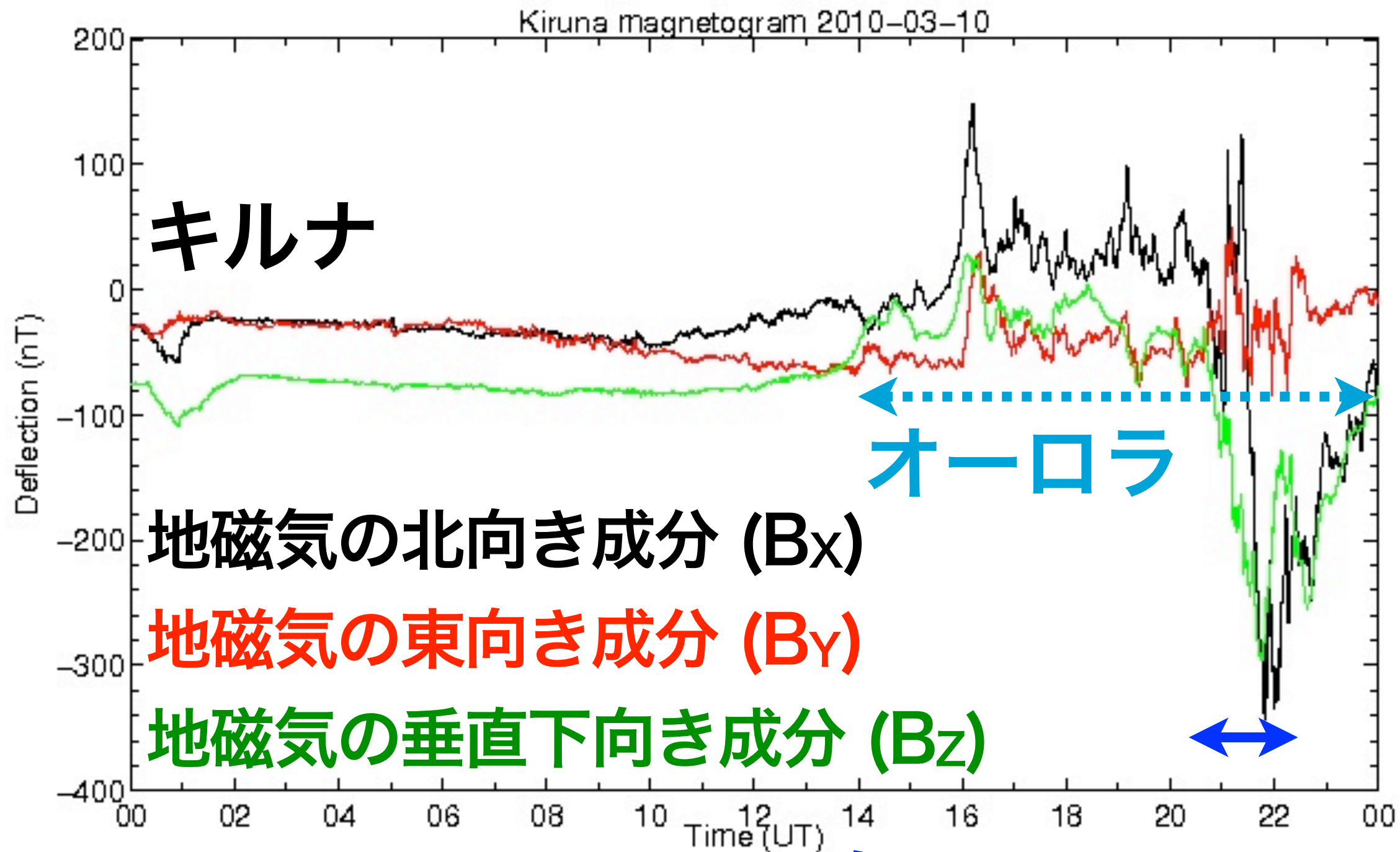
Abisko



This real-time aurora and blue-sky camera system is developed by [Misato Observatory](#) in Japan. The camera is installed in [Abisko tourist station](#) in Abisko, Sweden in collaboration with [Swedish Institute of Space Physics](#).

http://titan.irf.se/misato/abisko/sky_abisko/hoge2.html

アンペアの法則：電流は磁場を変化させる



強いオーロラ@キルナ

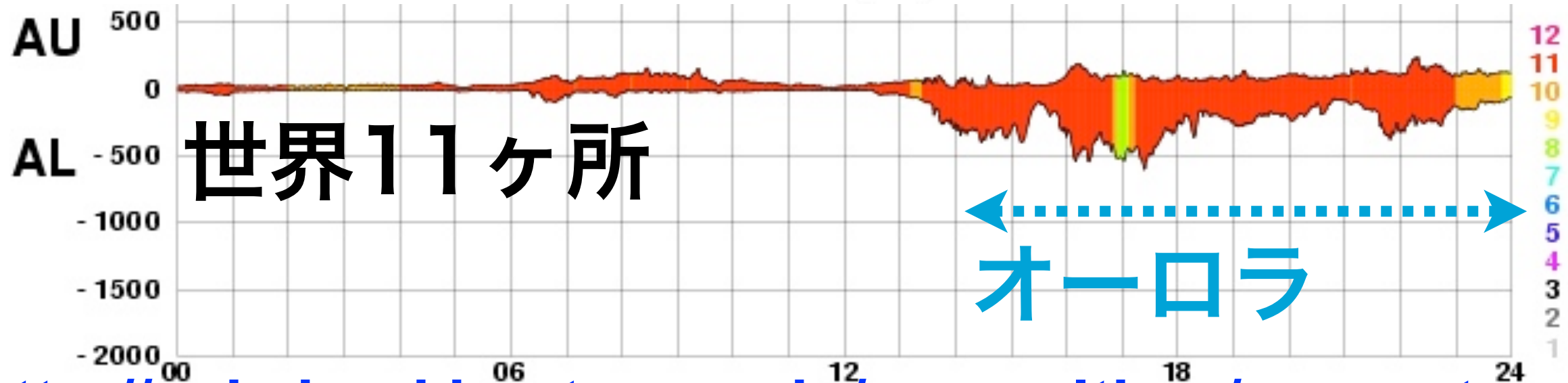
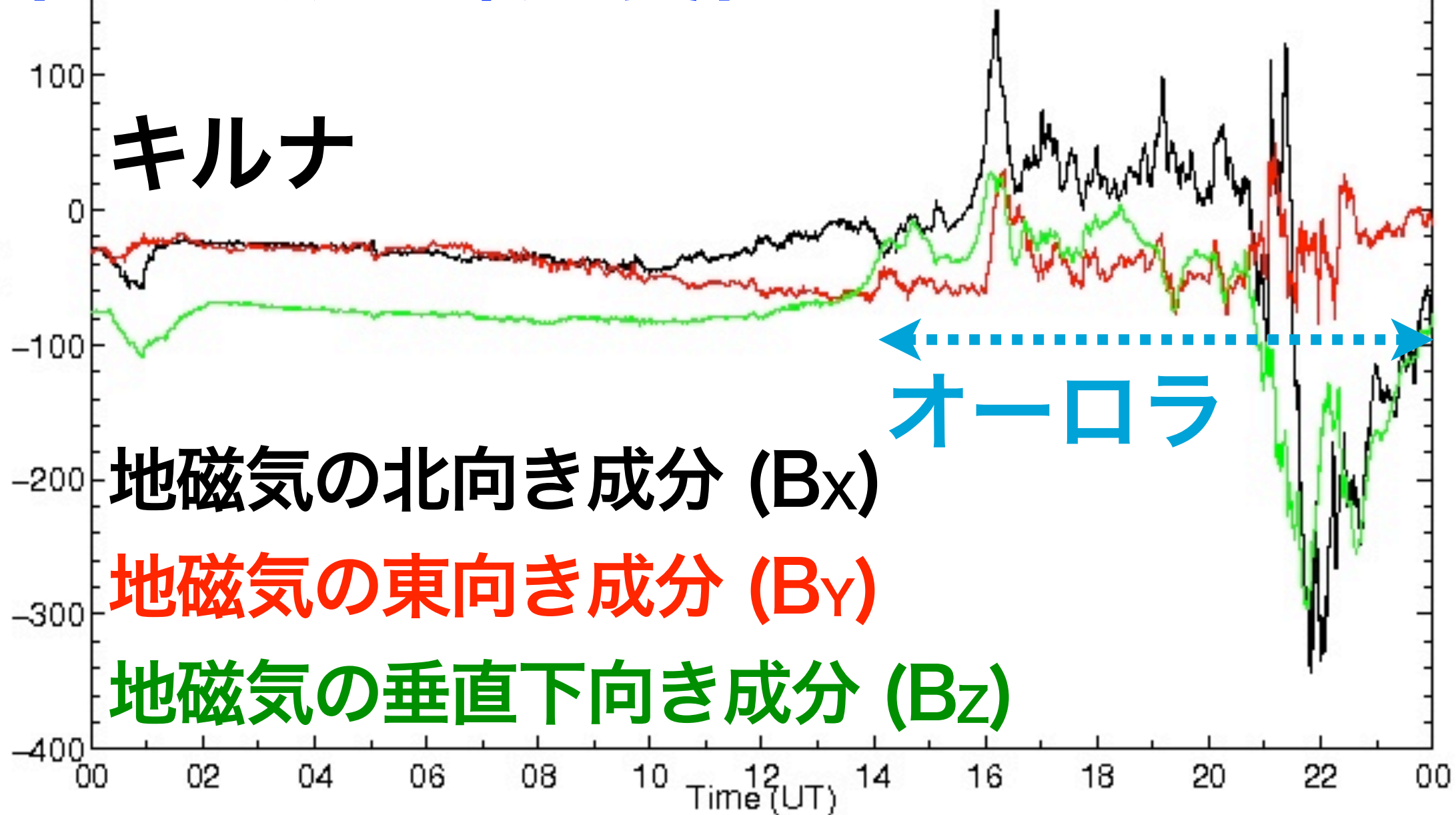
<http://www.irf.se//Observatory/?link=Magnetometers>

世界11ヶ所で最大変化をモニターする

Kiruna magnetogram 2010-03-10

キルナ

Deflection (nT)



http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realtime/presentmonth/