

オーロラについて

門倉 昭

国立極地研究所
宙空圏研究グループ

「オーロラ」とは？

ローマ神話の
夜明けを告げる女神

名づけた人は？
ガリレオ・ガリレイ
(1607年、
イタリア)



古代のオーロラ伝説

- ◇オーロラはこの世を去った魂が天へ登って行く時の、光に照らされた細い道
- ◇オーロラはシャーマンを助ける強い霊
- ◇精霊がセイウチの頭蓋骨をボール代わりに使ってサッカーを楽しんでいるのがもとでオーロラができる
- ◇オーロラに向かって白いハンカチを振ったり、口笛を吹いたり、つばをはきかけたりするとオーロラの形が変わる

中世の人々が考えたオーロラ

天上にゆらめくローソクの炎

152



中世の人々が考えたオーロラ

天の裂け目から噴き出す炎

052



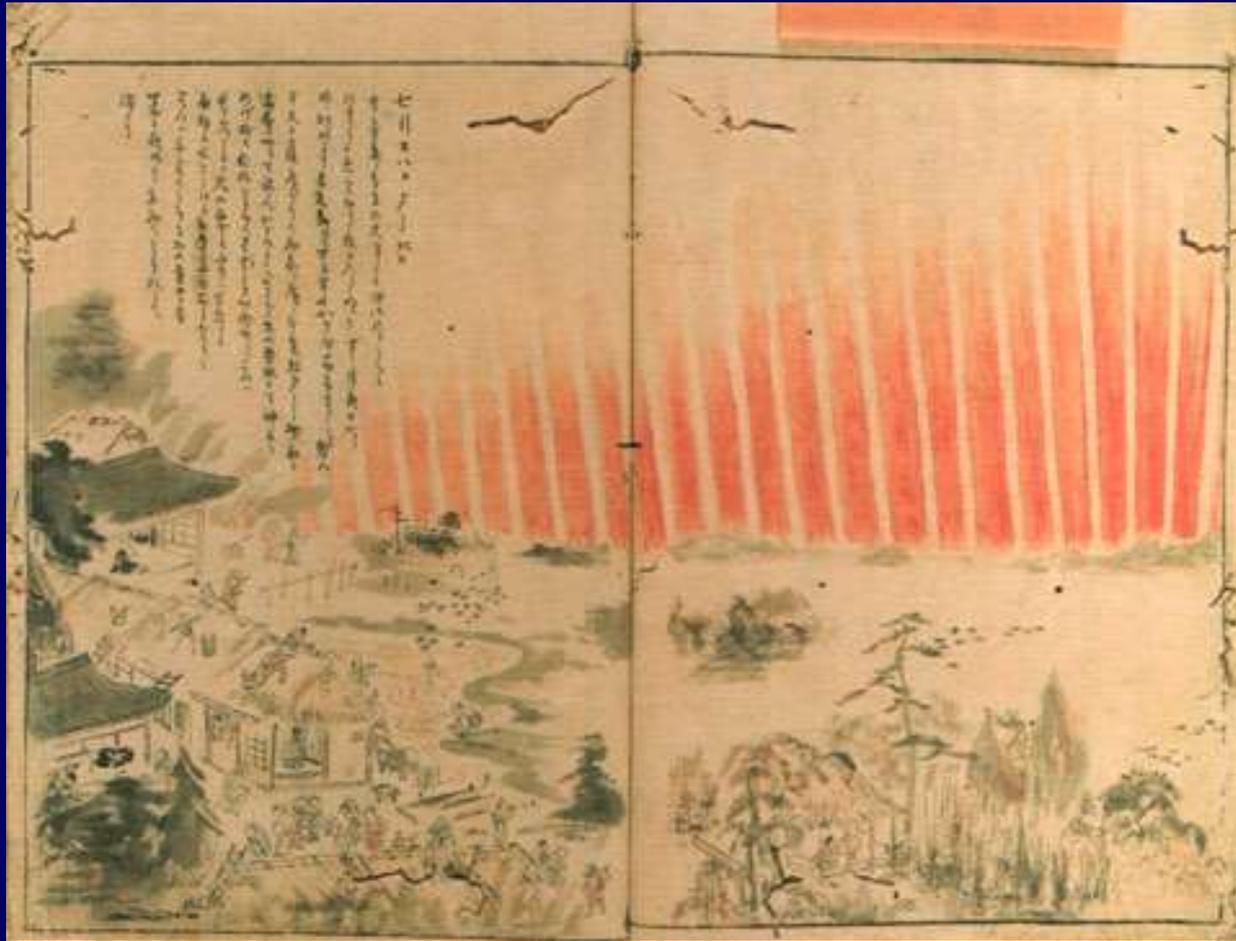
中世の人々が考えたオーロラ 不幸な出来事や戦争の前兆



日本におけるオーロラの記録

- ◇「日本書紀」、620年12月30日、「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。」
- ◇「日本書紀」、682年9月18日、「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。」
- ◇「明月記」(藤原定家)、1204年2月21日、「赤気あり、人々恐れる。」

日本におけるオーロラの記録



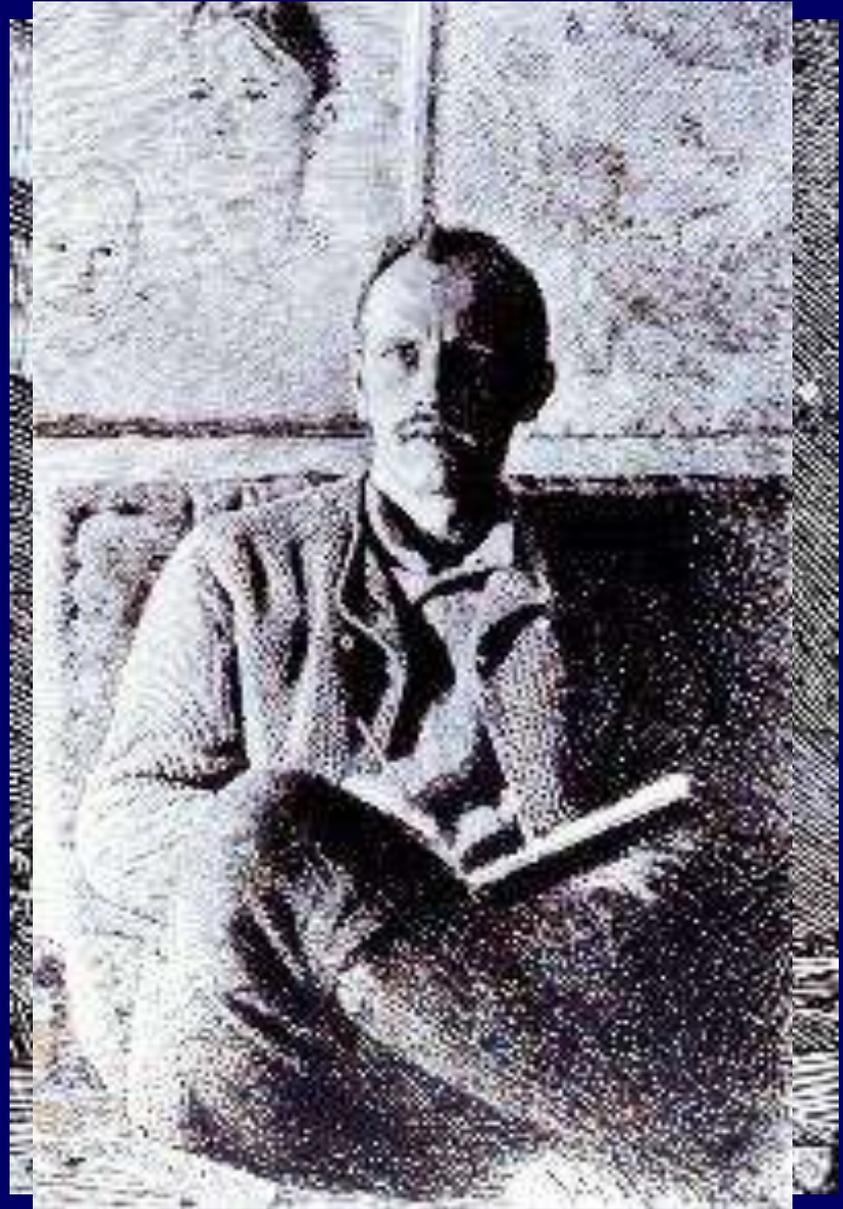
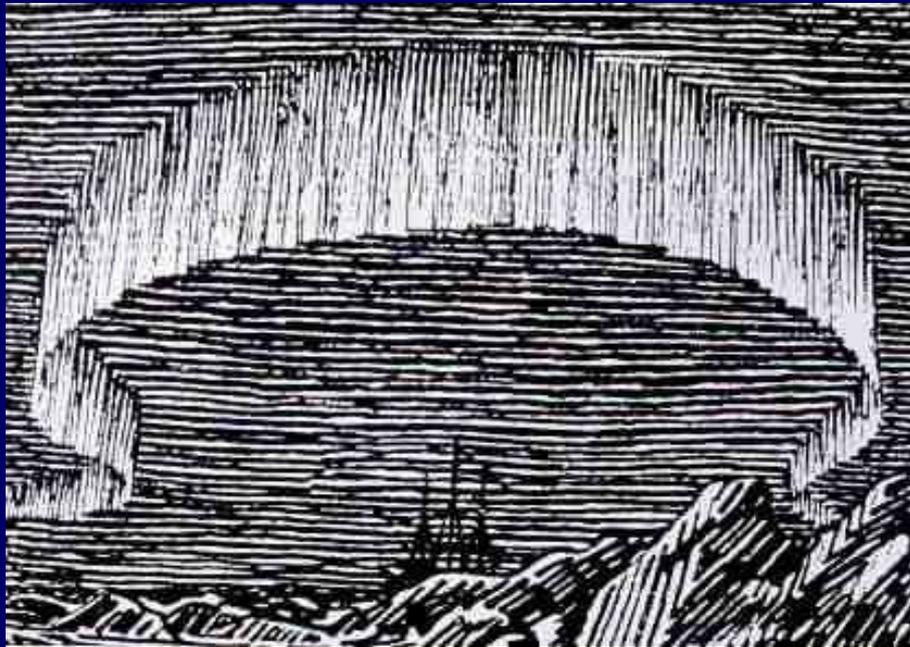
高力種信著「猿猴庵随観図会」国立国会図書館蔵

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、「火の雨が降っているようであった」

探検家が見たオーロラ

ナンセン
(ノルウェー)

フラム号による北極探検
(1893-1896)



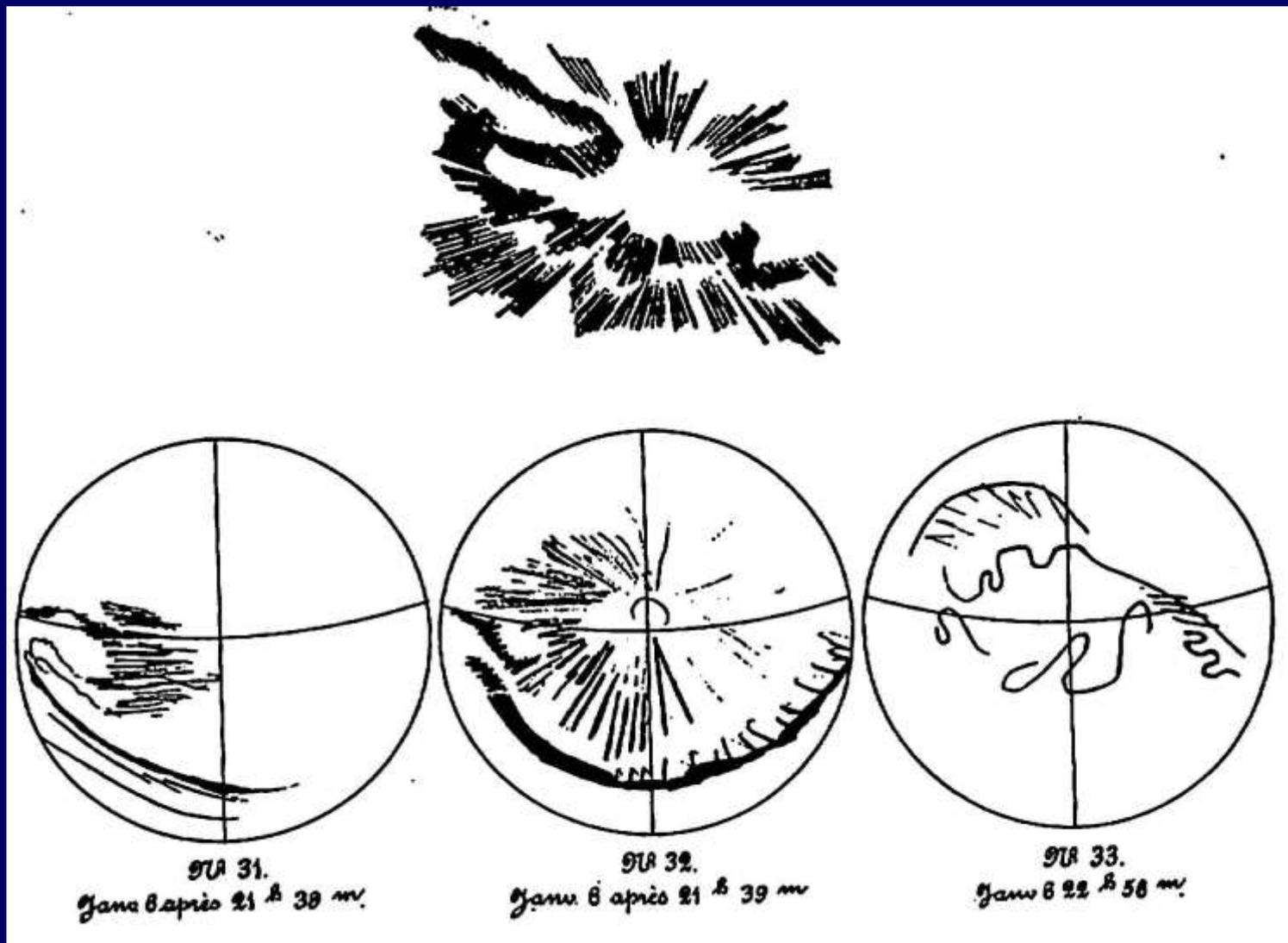
科学者による目視観測



Fig. 1.5. K. Birkeland (standing) and C. Störmen (sitting), photographed near Tromsø in 1910.

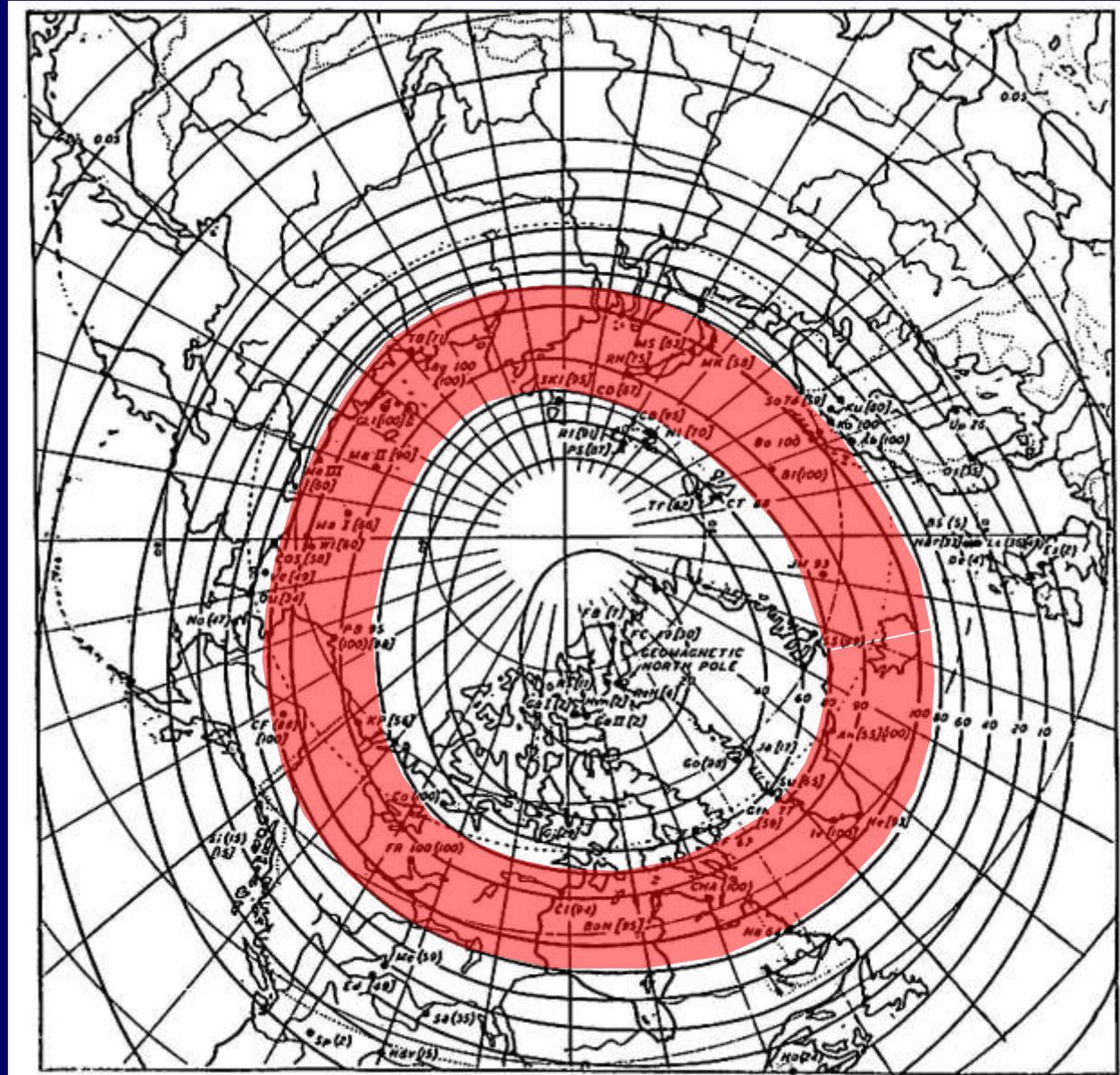
ビルケランド(左) と シュテルマー(右) (1910)

科学者による目視観測



全天のオーロラのスケッチ (1886)

オーロラの発生頻度分布

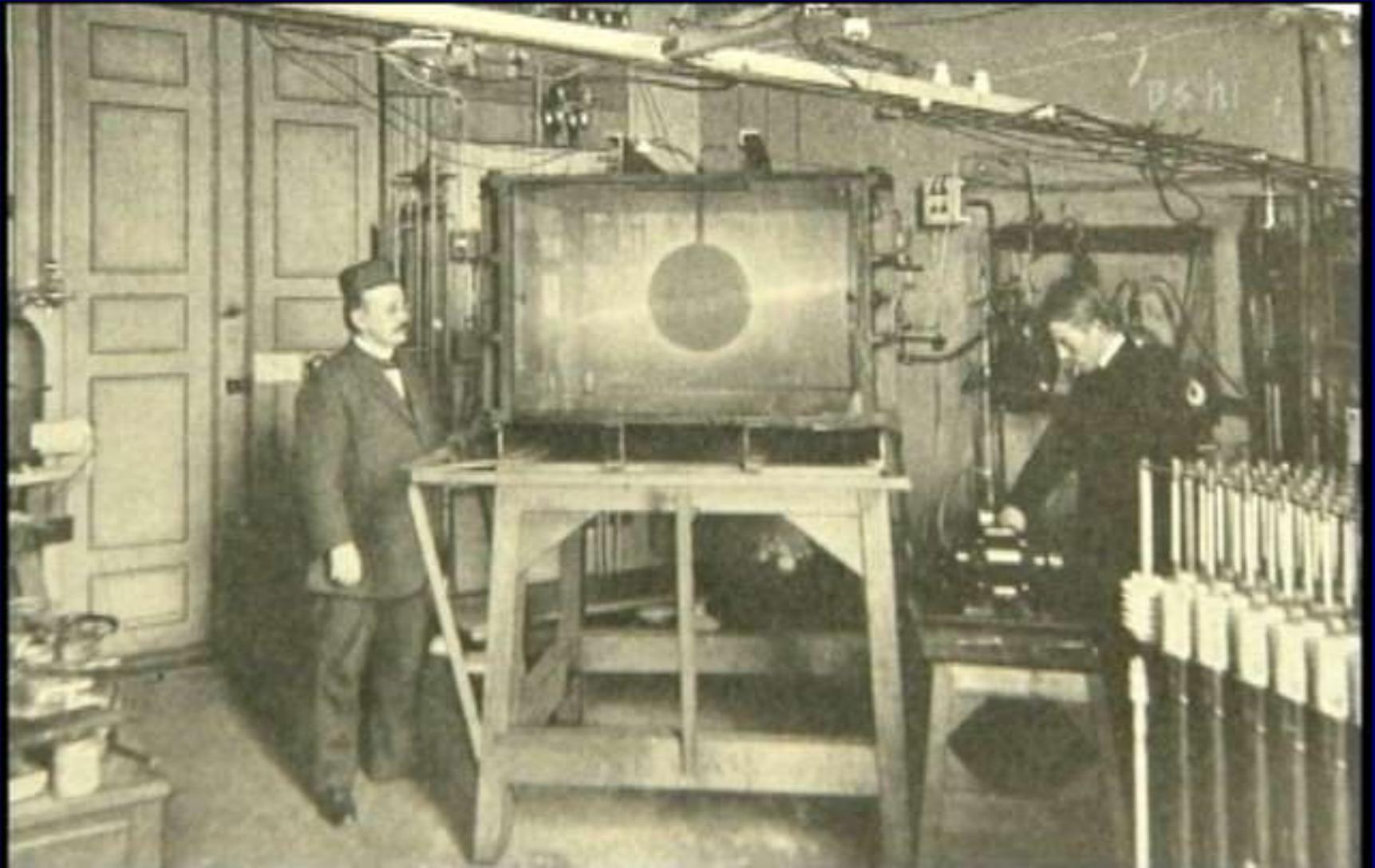


北半球

日数/年

Vestine
(1944)

室内実験「人工オーロラ」



ビルケランド (ノルウェー) (1867-1917)

Kristian Birkeland (Norway) (1867-1917)

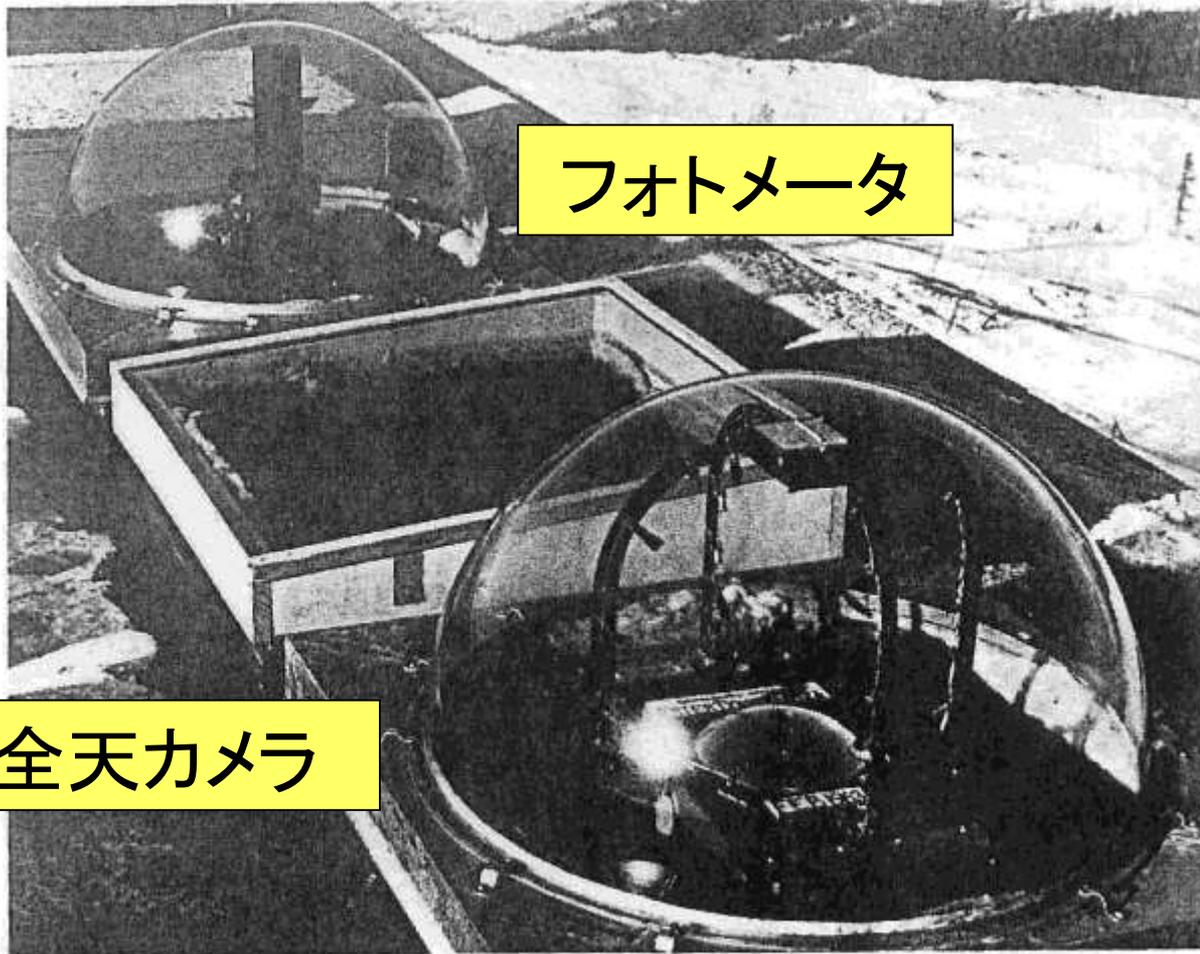


「B教授の死」 寺田寅彦

「寺田寅彦随筆集 第五卷」岩波文庫

さわやかな若葉時も過ぎて、日増しに黒んで行く青葉のこずえにうっとうしい微温の雨が降るような時候になると、十余年ほど前に東京のSホテルで客死したスカンジナビアの物理学者B教授のことを毎年一度ぐらいはきっと思い出す。

地上観測器による観測



フォトメータ

全天カメラ

Fig. 1.8. A photograph of the Alaskan 16 mm all-sky camera installed at Ester Dome (College), Alaska. A photometer is also seen in the background.

アラスカ
大学

IGY (International Geophysical Year) 1957-1958

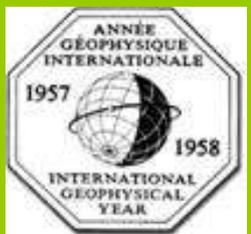


08 30



08 42

Fig. 1.10. The distribution of the auroras at 0830 and 0842 UT on February 13, 1958. The field of view of each all-sky camera station is indicated by a circle of radius 500 km.



世界中100箇所に全天カメラ設置



世界的なオーロラ分布の観測

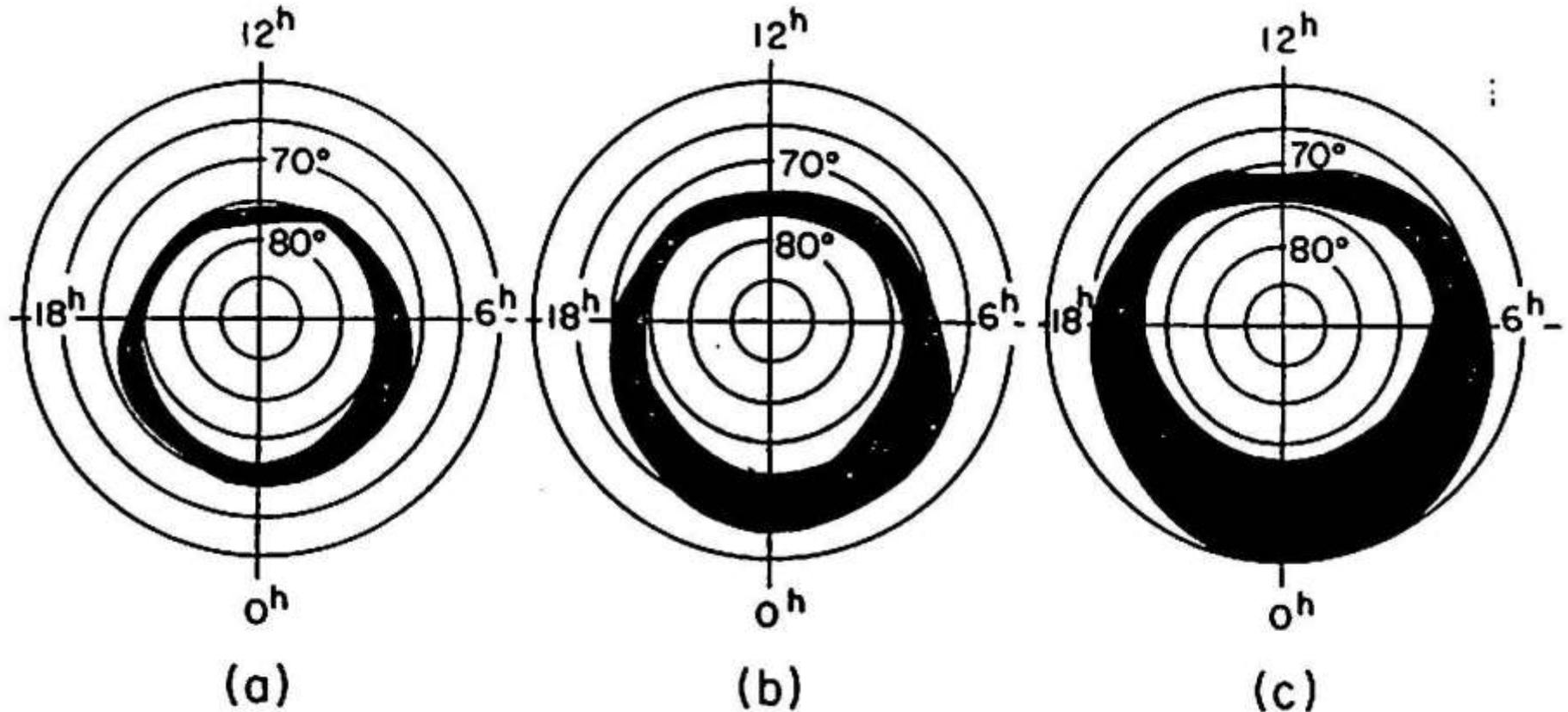


Fig. 3.2. Auroral oval for various levels of magnetic disturbance index Q after Starkov and Feldstein (1968). (a), (b), and (c) are for Q equal to 0, 3, and 7 respectively. The mean oval is similar to (b).

Feldstein and Starkov (1967)

人工衛星観測の始まり

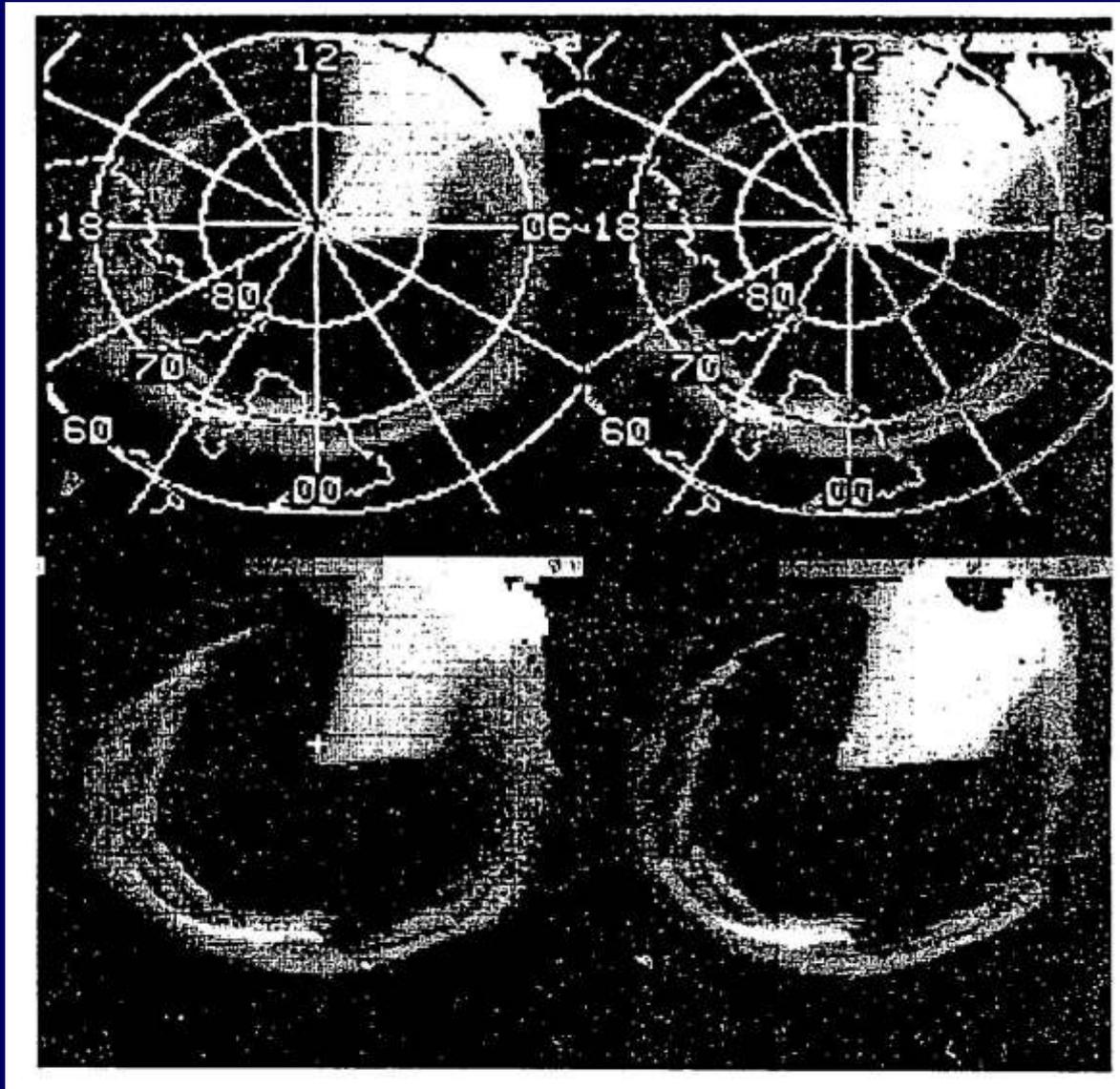
ISIS-2衛星 (1971年)

観測波長：
391.4, 557.7 nm

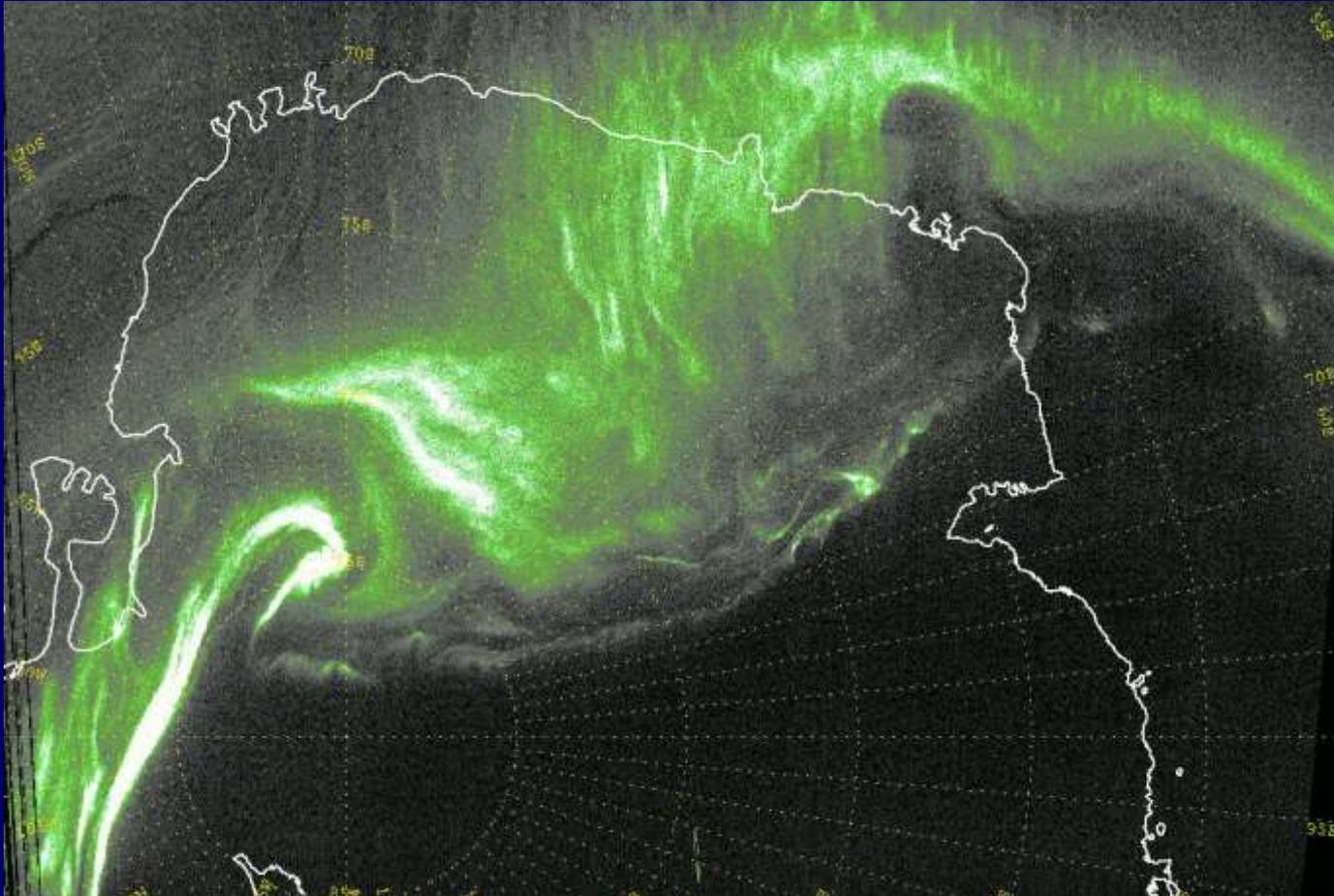
Spin
Scanning
Photometer

高度
1400 km

時間分解能
114分

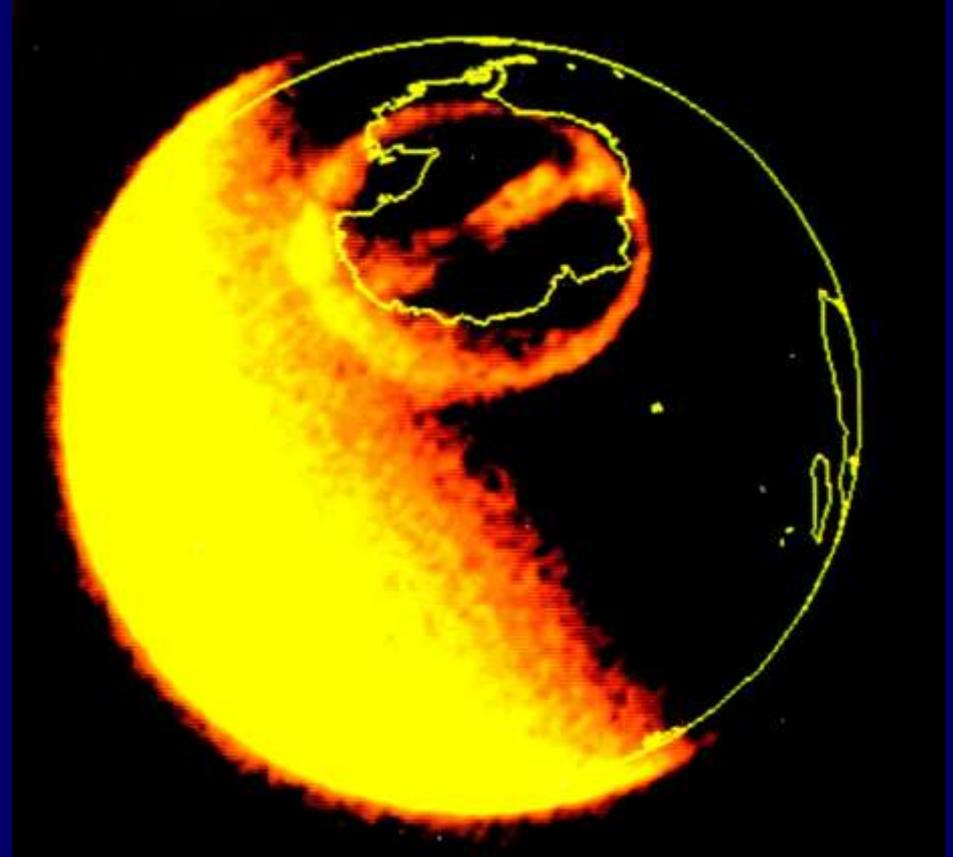
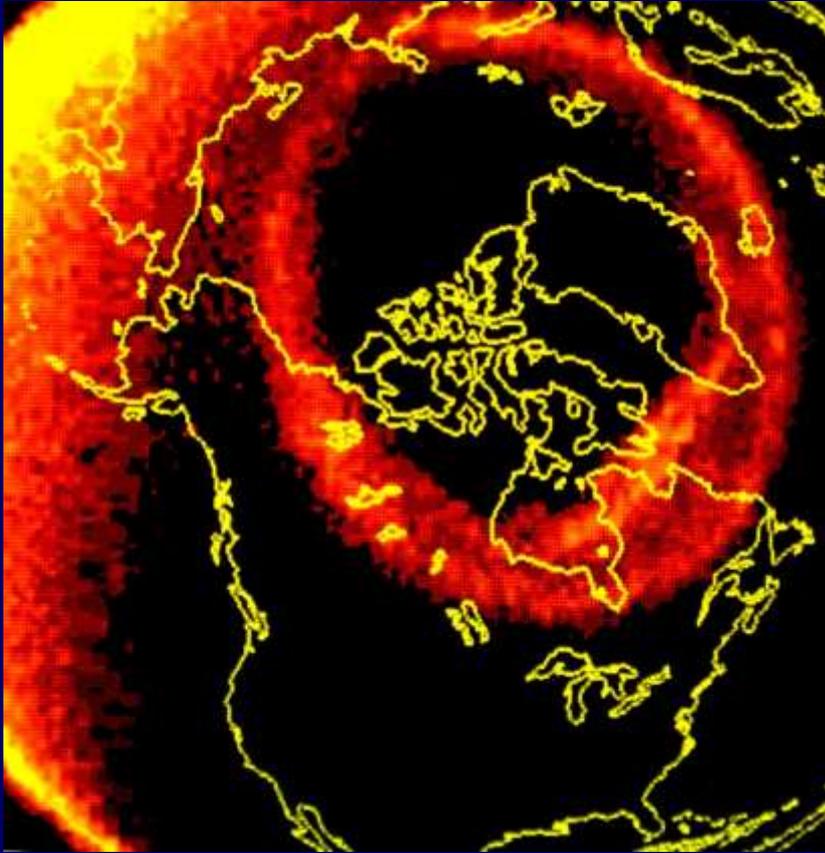


DMSP衛星 (1973年 ~)



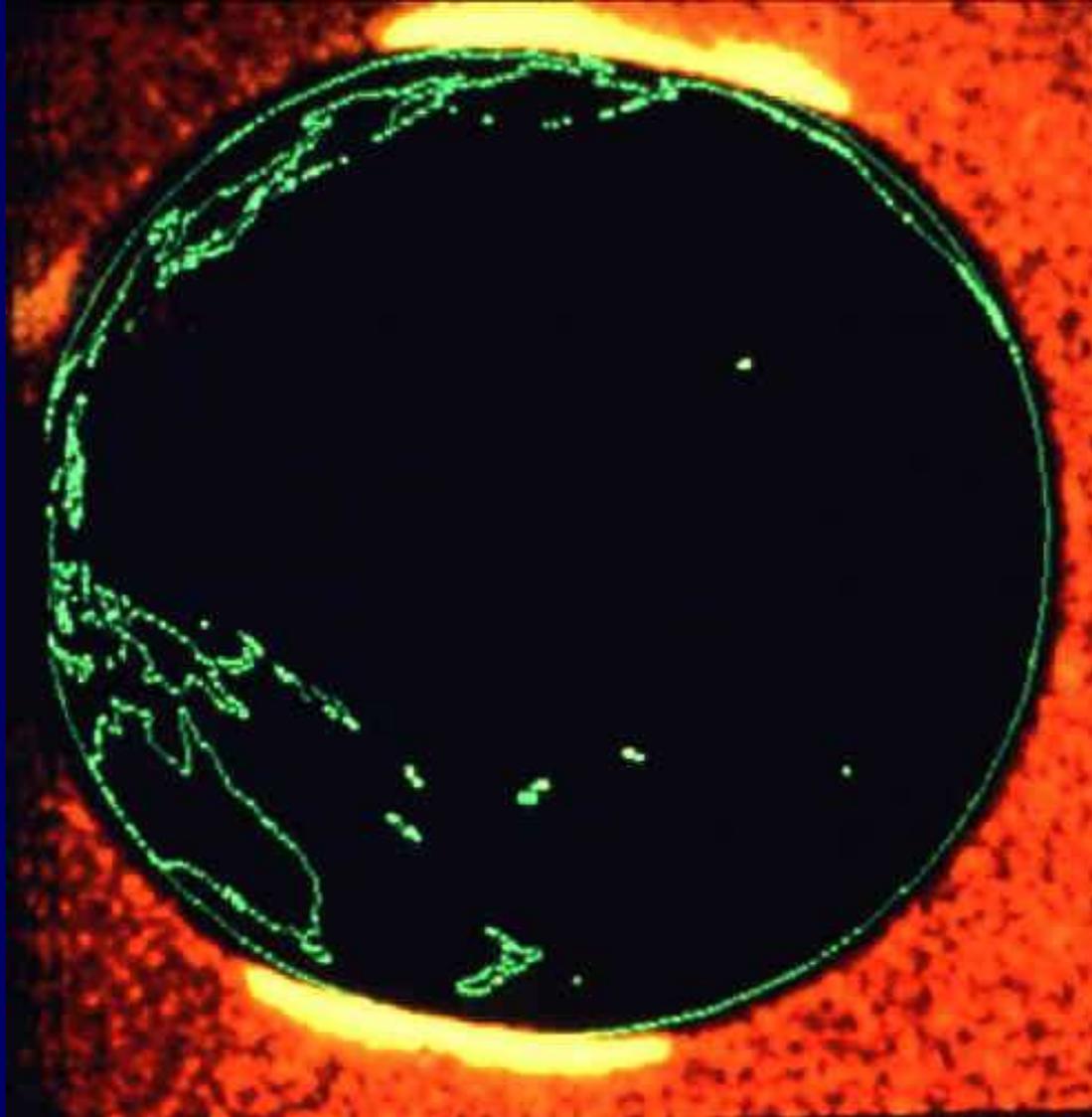
観測波長: 400~1,100 nm, Scanning Mirror
高度: 830 km, 時間分解能: 101分

DE-1 (Dynamics Explorer) 衛星 (1981年)

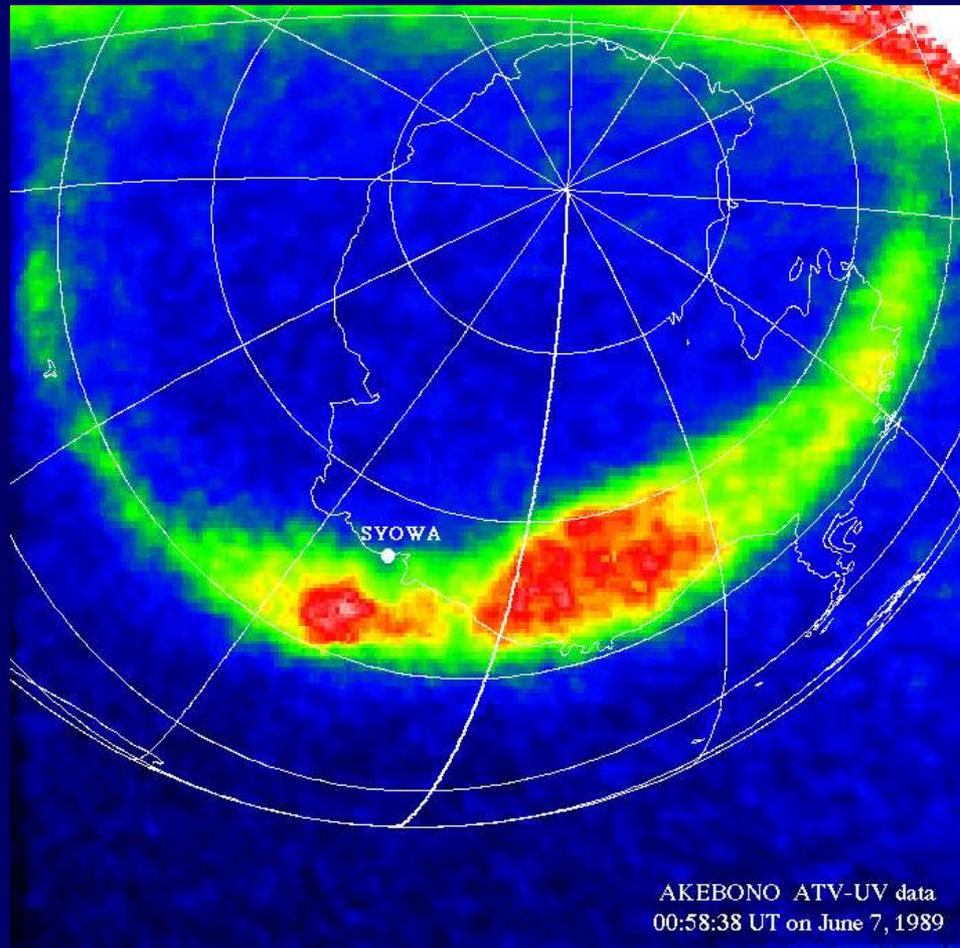


觀測波長: 紫外 (120~156 nm), Rotating Mirror
高度: 3.63 Re x 570 km、時間分解能: 12分

DE-1 (Dynamics Explorer)衛星

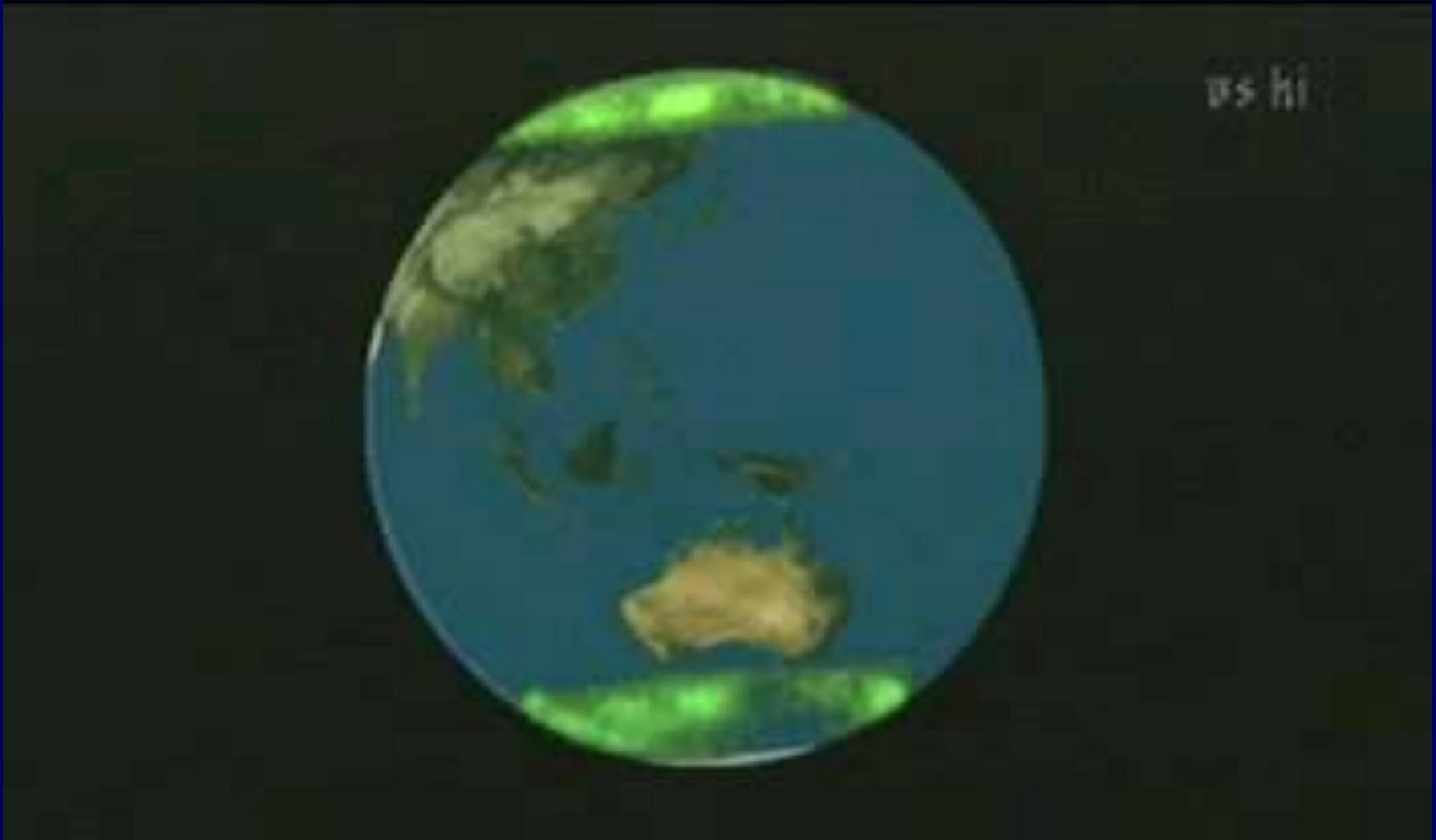


あけぼの衛星 (1989年)



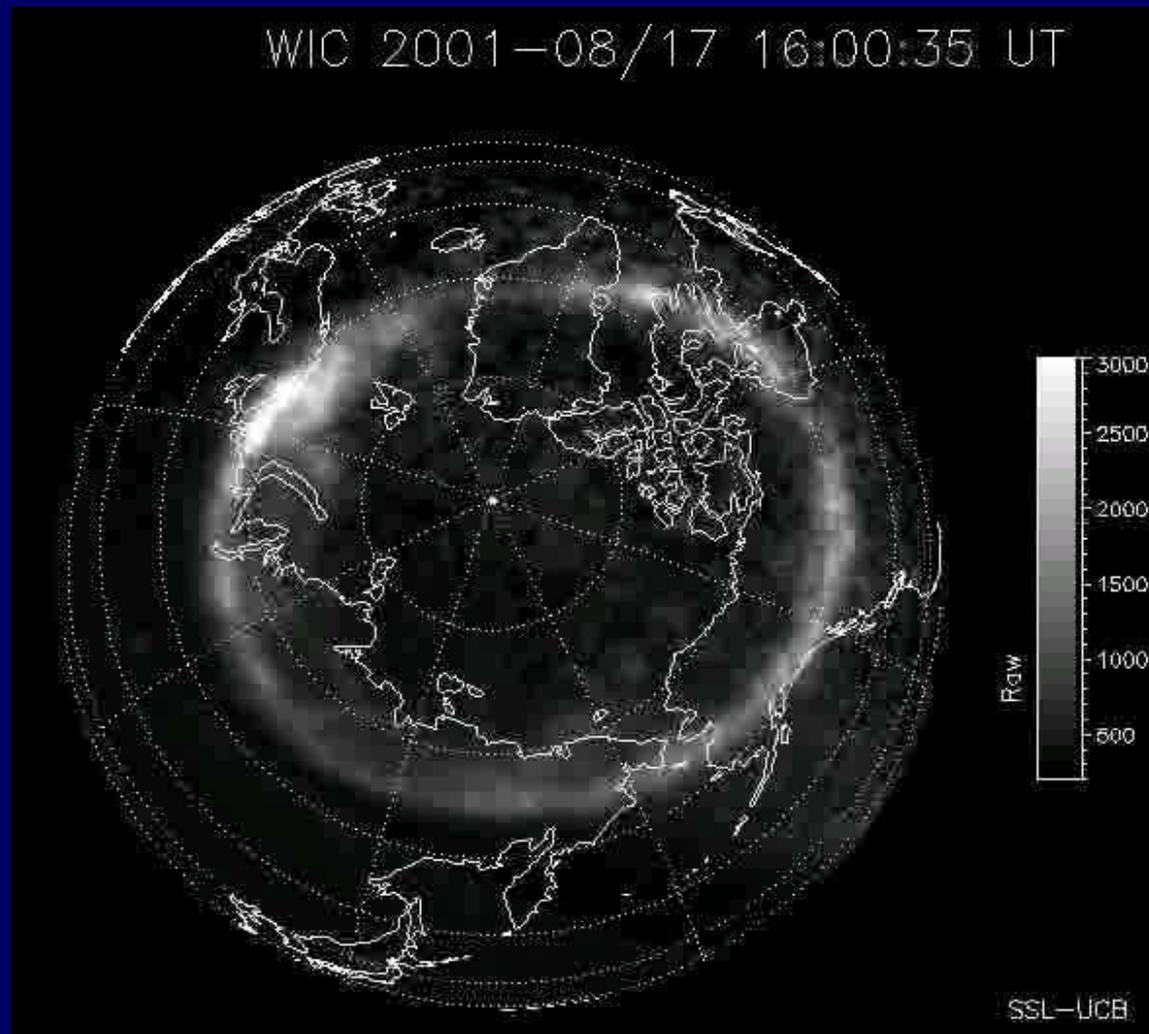
観測波長: 557.7、紫外 (115–139 nm), CCD
高度: 275 x 10,500 km、時間分解能: 8秒

Polar (1996年)衛星



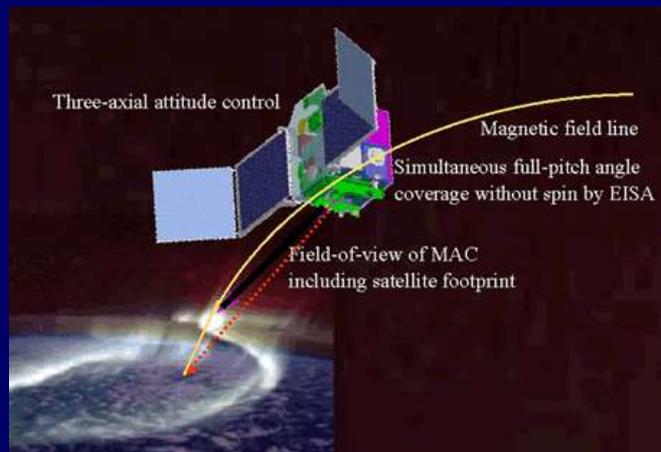
観測波長：紫外(123~149 nm), CCD
高度: 7.9 Re x 185 km、時間分解能: 12秒

IMAGE (2000年)衛星



觀測波長：紫外 (140~180 nm), CCD
高度：7 Re x 1000 km、時間分解能：2分

れいめい衛星 (2005年)

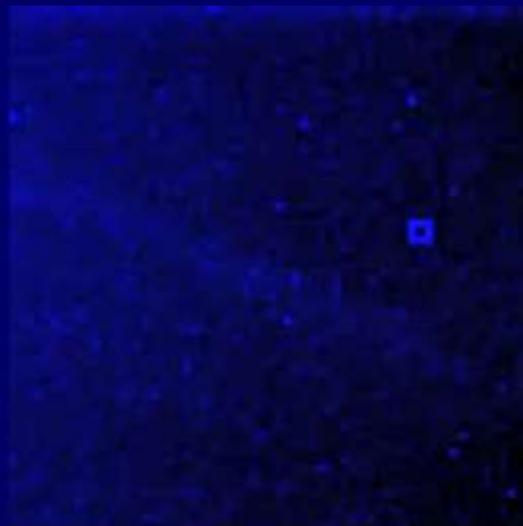


小型衛星

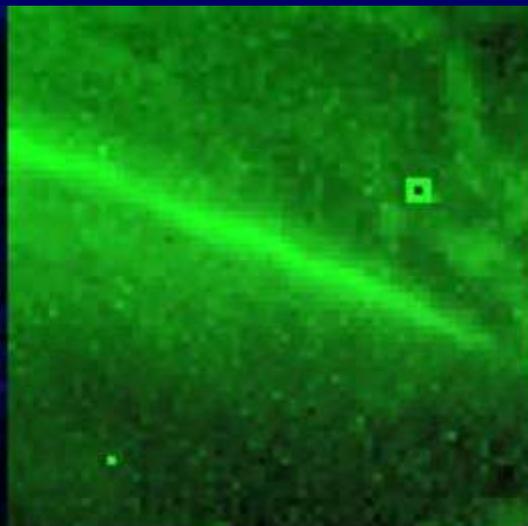
高度: 610 km

観測波長: 427.8, 557.7, 670.5

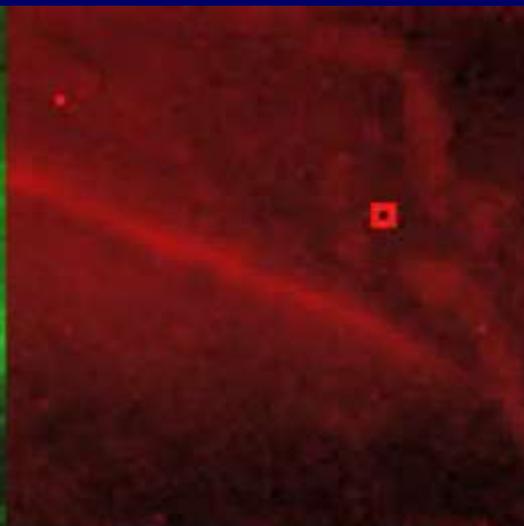
時間分解能: 120ms



Ch.1 (427.8 nm)



Ch.2 (557.7 nm)



Ch.3 (670 nm)

Date=2006 Jan. 25

UT=23:34:05.85

Exp. time= 60 msec.

REIMEI/MAC

intensity normalized in each frame

オーロラとは一体何？
何が、どこで、光ってるのか？
どうして線のように見えるのか？

オーロラはどこで光ってる？

1000km



人工衛星

オーロラ



熱圏

300km



観測ロケット

スペースシャトル

電離圏

100km

80km



中間圏

50km

成層圏

35km

オゾン層

15km

対流圏

曇っていると見えない

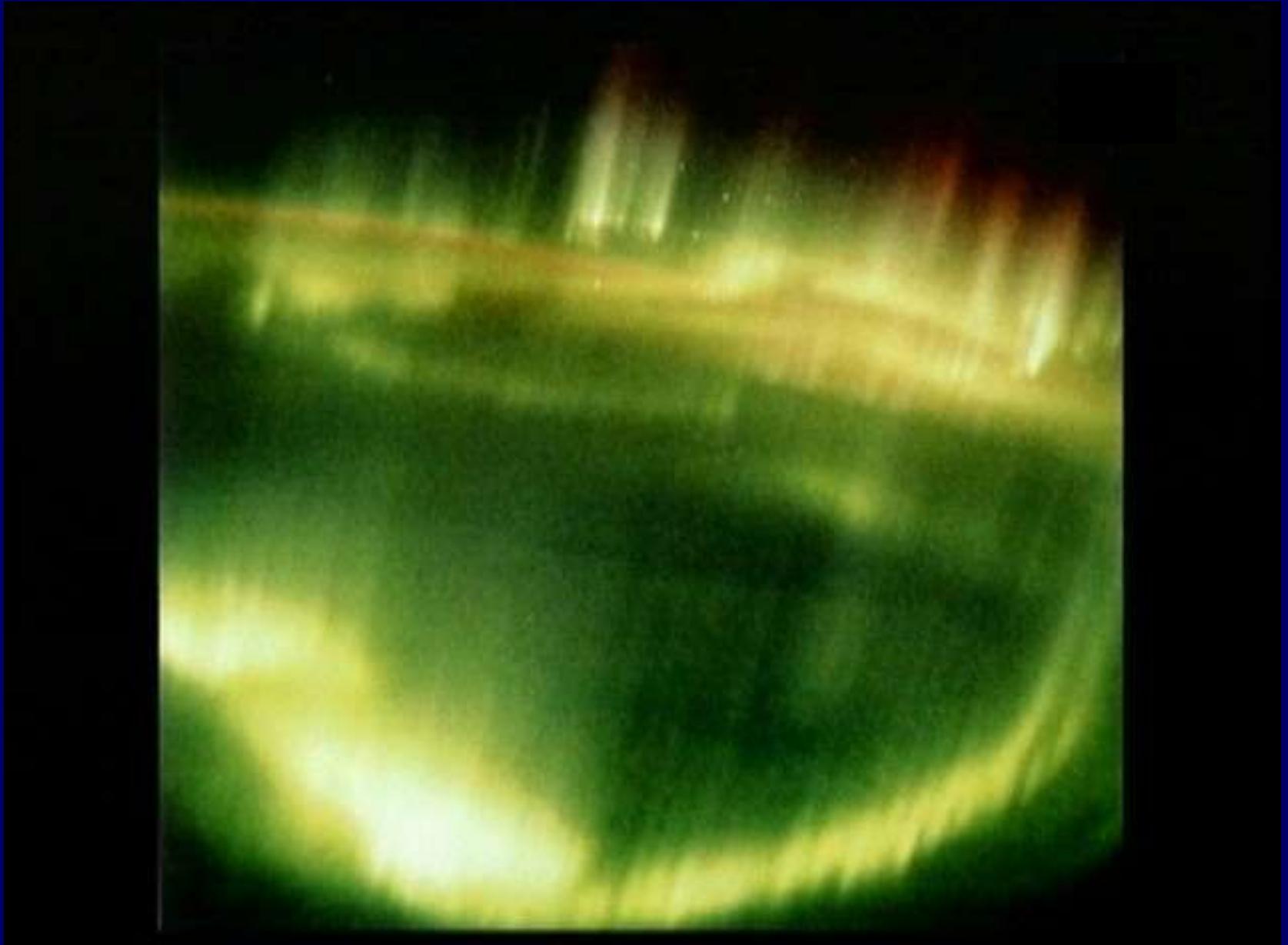
飛行機



スペースシャトルから見たオーロラ



スペースシャトルから見たオーロラ

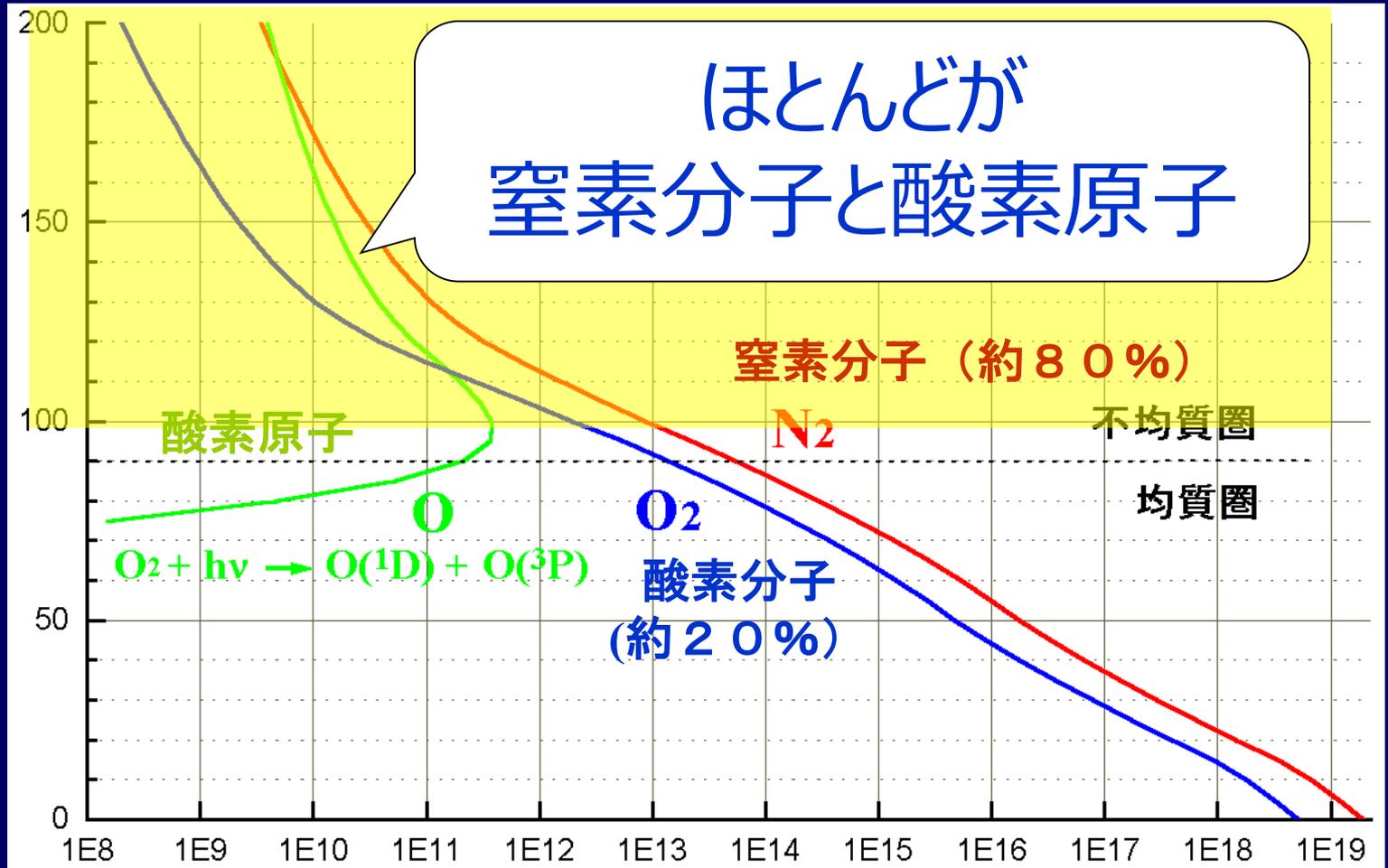


国際スペースステーション (ISS)から見たオーロラ



何が光ってるのだろう？

高さ
(km)



ほとんどが
窒素分子と酸素原子

窒素分子 (約 80%)

N₂

不均質圏

均質圏

酸素原子

O

O₂

酸素分子

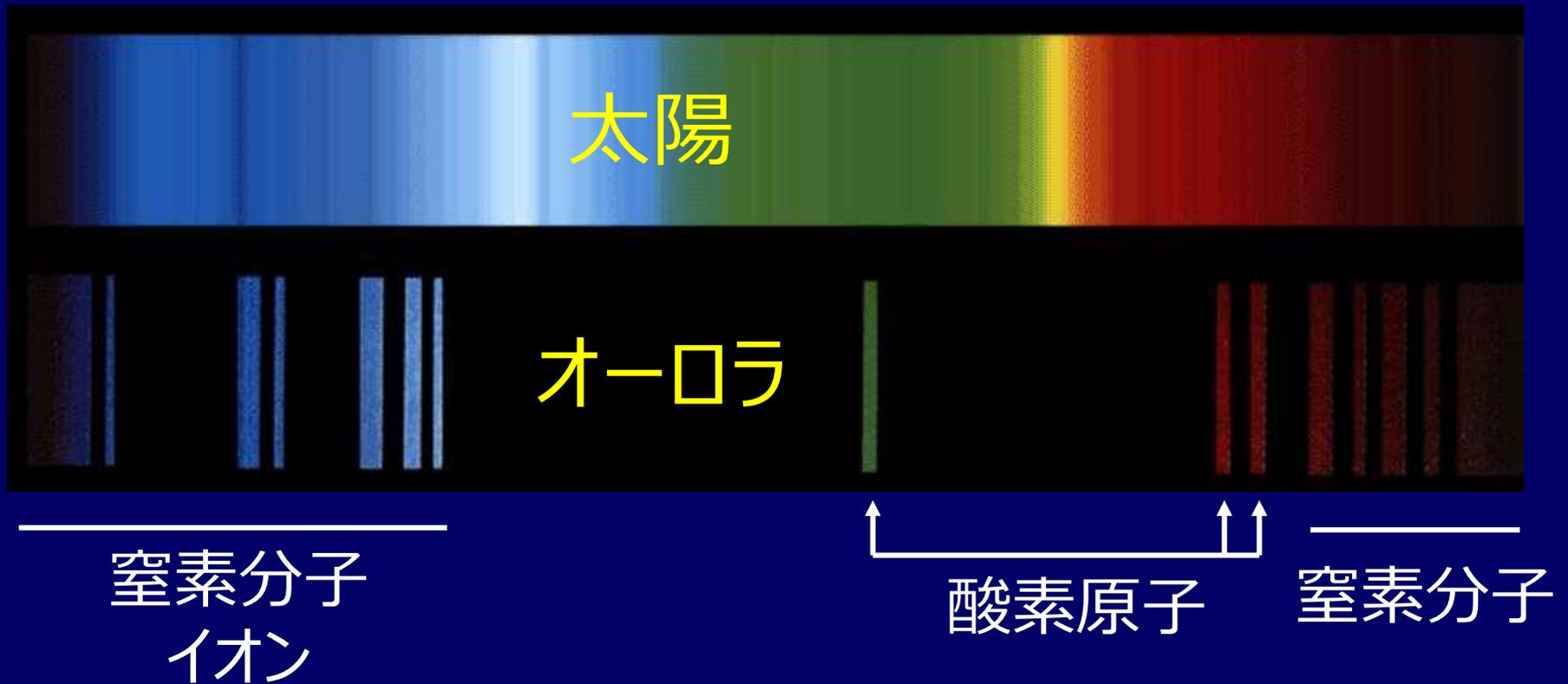
(約 20%)



密度 (個/cc)

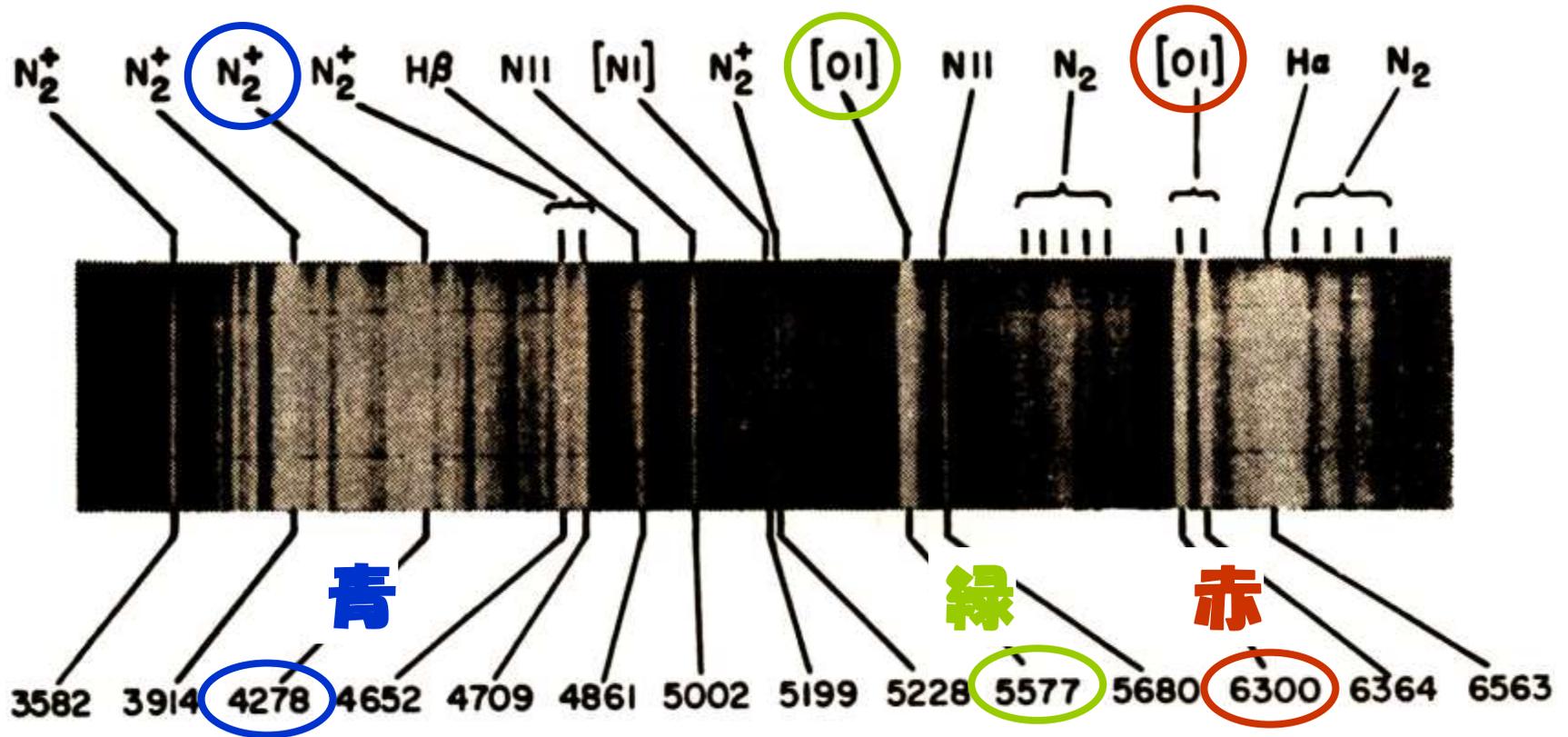
太陽の光とオーロラの光の違い

紫から赤まで連続的



紫から赤の間でとびとび

オーロラは、窒素分子や酸素原子からの光



オーロラ光の波長 (Å)

オーロラ光の波長(スペクトル)

TABLE 5.4

EMISSIONS IDENTIFIED IN AURORAL SPECTRA
ARRANGED ACCORDING TO WAVELENGTH

An asterisk after the wavelength indicates an identification that is uncertain or questionable because of blending with or obscuration by other features or because there are too few lines or bands in the same transition array or progression to make the identification convincing. Additional features, usually quite weak, have been observed, but have received no satisfactory identification.

λ (Å)	Atom or Molecule	Multiplet or band	λ (Å)	Atom or molecule	Multiplet or band
2972.325	[OI]	Transauroral	3857.18*	OII	13
3116.7	N ₂	2P(3-2)	3857.9	N ₂	1N(2-2)
3136.0	N ₂	2P(2-1)	3872.45*	OII	11
3159.3	N ₂	2P(1-0)	3875.82*	OII	13
3192.*	N ₂	VK(4-11)	3882.45*	OII	11
3198.	N ₂	VK(1-9)	3883.15*	OII	12
3268.*	N ₂	VK(2-10)	3884.3	N ₂	1N(1-1)
3268.1*	N ₂	2P(4-4)	3912.0*	OII	17
3285.3	N ₂	2P(3-3)	3914.4	N ₂	1N(0-0)
3309.	N ₂	2P(2-2)	3919.287*	OII	17
3339.	N ₂	2P(1-1)	3943.0	N ₂	2P(2-5)
3371.3	N ₂	2P(0-0)	3945.048*	OII	6
3425.	N ₂	VK(1-10)	3947.5	OI	3
3466.4	[NI]	Transauroral	3948.*	N ₂	VK(4-14)
3469.*	N ₂	2P(3-4)	3954.372	OII	6
3500.5*	N ₂	2P(2-3)	3955.851	NII	6
3502.*	N ₂	VK(2-11)	3973.263	OII	6
3536.7	N ₂	2P(1-2)	3978.	N ₂	VK(1-12)
3548.9	N ₂	1N(3-2)	3982.719	OII	6
3563.9	N ₂	1N(2-1)	3994.996	NII	12
3576.9	N ₂	2P(0-1)	3998.4	N ₂	2P(1-4)
3582.1	N ₂	1N(1-0)	4026.080	NII	40
3602.	N ₂	VK(0-10)	4035.087	NII	39
3671.9	N ₂	2P(3-5)	4041.321	NII	39
3683.	N ₂	VK(1-11)	4043.537	NII	39
3692.44	OI	6	4044.75*	NII	39
3710.5	N ₂	2P(2-4)	4045.*	N ₂	VK(5-15)
3712.75*	OII	3	4057.00*	NII	39
3726.16	[OII]	Nebular	4059.4	N ₂	2P(0-3)
3727.33*	OII	3	4069.8	OII	10
3728.91	[OII]	Nebular	4072.164	OII	10
3749.49	OII	3	4072.	N ₂	VK(2-13)
3755.4	N ₂	2P(1-3)	4075.868	OII	10
3767.	N ₂	VK(2-12)	4078.862*	OII	10
3804.9	N ₂	2P(0-2)	4092.940*	OII	10
3835.4*	N ₂	1N(3-3)	4094.8*	N ₂	2P(4-8)

TABLE 5.4 (cont.)

λ (Å)	Atom or molecule	Multiplet or band	λ (Å)	Atom or molecule	Multiplet or band
4110.9*	N ₂	1N(6-7)	4554.1	N ₂	1N(3-5)
4112.029*	OII	21	4564.78*	NII	14
4120.*	OII	20	4574.3	N ₂	2P(1-6)
4121.3*	N ₂	1N(5-6)	4590.971*	OII	15
4121.48*	OII	19	4596.174*	OII	15
4141.8	N ₂	2P(3-7)	4599.7	N ₂	1N(2-4)
4151.46*	NI	6	4601.478	NII	5
4166.8	N ₂	1N(3-4)	4607.153	NII	5
4169.*	N ₂	VK(3-14)	4621.392	NII	5
4169.230*	OII	19	4630.537	NII	5
4171.608	NII	43	4638.854	OII	1
4176.164	NII	42	4641.811	OII	1
4185.456	OII	36	4649.139	OII	1
4189.788	OII	36	4650.841	OII	1
4199.1	N ₂	1N(2-3)	4651.8	N ₂	1N(1-3)
4218.*	N ₂	VK(0-12)	4661.635	OII	1
4223.04*	NI	5	4676.234	OII	1
4236.5	N ₂	1N(1-2)	4709.2	N ₂	1N(0-2)
4237.0*	NII	48	4771.*	N ₂	VK(5-17)
4241.787	NII	47	4780.5*	NII	20
4241.787	NII	48	4791.*	NII	20
4278.1	N ₂	1N(0-1)	4810.286*	NII	20
4317.139	OII	2	4837.*	N ₂	VK(2-15)
4319.631	OII	2	4861.332	H β	1
4320.*	N ₂	VK(1-13)	4890.93*	OII	28
4336.865	OII	2	4895.20*	NII	1
4340.468	H γ	1	4914.90	NI	9
4343.6*	N ₂	2P(0-4)	4924.60*	OII	28
4345.562	OII	2	4935.03	NI	9
4347.425	OII	16	4941.12*	OII	33
4349.426	OII	2	4957.9	N ₂	1N(4-7)
4351.269	OII	16	4968.	OI	14
4368.30	OI	5	4987.377*	NII	24
4369.28*	OII	26	5001.3	NII	19
4414.909	OII	5	5002.692	NII	4
4416.975	OII	5	5005.140	NII	19
4425.	N ₂	VK(2-14)	5010.620	NII	4
4452.377	OII	5	5016.387	NII	19
4466.6*	N ₂	1N(6-8)	5025.665	NII	19
4485.9*	N ₂	1N(5-7)	5045.098	NII	4
4488.15*	NII	21	5076.6	N ₂	1N(2-5)
4507.559*	NII	21	5148.8	N ₂	1N(1-4)
4515.9*	N ₂	1N(4-6)	5198.5	[NI]	Nebular
4534.	N ₂	VK(3-15)	5200.7	[NI]	Nebular

オーロラ光の波長(スペクトル)

TABLE 5.4 (cont.)

λ (A)	Atom or molecule	Multiplet or band	λ (A)	Atom or molecule	Multiplet or band
5228.3	N ₂	1N(0-3)	6482.07	NII	8
5295.7	O ₂	1N(2-0)	6544.8	N ₂	1P(7-4)
5330.	OI	12	6562.817	H α	1
5436.	OI	11	6583.6*	[NII]	Nebular
5454.26*	NII	29	6623.6	N ₂	1P(6-3)
5478.2*	N ₂	1P(9-4)	6704.8	N ₂	1P(5-2)
5577.345	[OI]	Auroral	6764.0*	N ₂	1P(11-9)
5631.9	O ₂	1N(1-0)	6788.6	N ₂	1P(4-1)
5666.64	NII	3	6853.0	N ₂	Mein.(3-0)
5676.02	NII	3	6859.3*	N ₂	1P(10-8)
5679.56	NII	3	6875.2	N ₂	1P(3-0)
5686.21	NII	3	6957.7	N ₂	1P(9-7)
5710.76	NII	3	7036.8	N ₂	Mein.(4-1)
5730.67	NII	3	7059.5*	N ₂	1P(8-6)
5747.29*	NII	9	7164.8	N ₂	1P(7-5)
5752. *	N ₂	VK(1-16)	7239.9	N ₂	Mein.(5-2)
5754.8	[NII]	Auroral	7254.4*	OI	20
5755.2*	N ₂	1P(12-8)	7274.0	N ₂	1P(6-4)
5767.43*	NII	9	7318.6	[OII]	Auroral
5804.3*	N ₂	1P(11-7)	7319.4	[OII]	Auroral
5854.4	N ₂	1P(10-6)	7329.9	[OII]	Auroral
5889.953 }	NaI	1	7330.7	[OII]	Auroral
5895.923 }			7349.8*	N ₂	1P(11-10)
5906.0*	N ₂	1P(9-5)	7387.2	N ₂	1P(5-3)
5959.0	N ₂	1P(8-4)	7479.0*	N ₂	1P(10-9)
5960.93*	NII	28	7504.7	N ₂	1P(4-2)
5973.4*	O ₂	1N(1-1)	7612.9*	N ₂	1P(9-8)
6013.6	N ₂	1P(7-3)	7626.8	N ₂	1P(3-1)
6026.4	O ₂	1N(0-0)	7684.	O ₂	Atm.(1-1)
6046. *	OI	22	7752.0*	N ₂	1P(8-7)
6068. *	N ₂	VK(3-18)	7753.7	N ₂	1P(2-0)
6069.7	N ₂	1P(6-2)	7774.	OI	1
6127.4	N ₂	1P(5-1)	7825.7	N ₂	Mein.(2-0)
6157.	OI	10	7896.9*	N ₂	1P(7-6)
6185.2*	N ₂	1P(12-9)	7987.	OI	19
6186.8*	N ₂	1P(4-0)	7995.12	OI	19
6253.0*	N ₂	1P(11-8)	8047.9*	N ₂	1P(6-5)
6300.308	[OI]	Nebular	8053.6	N ₂	Mein.(3-1)
6322.9*	N ₂	1P(10-7)	8184.80	NI	2
6363.790	[OI]	Nebular	8187.95	NI	2
6394.7	N ₂	1P(9-6)	8205.5*	N ₂	1P(5-4)
6418.7*	O ₂	1N(0-1)	8216.28	NI	2
6455. *	OI	9	8223.07	NI	2
6468.5	N ₂	1P(8-5)	8242.34	NI	2

TABLE 5.4 (cont.)

λ (A)	Atom or molecule	Multiplet or band	λ (A)	Atom or molecule	Multiplet or band
8293.4	N ₂	Mein.(4-2)	9145.3	N ₂	Mein.(1-0)
8446.5	OI	4	9431.2*	N ₂	Mein.(2-1)
8542.5	N ₂	1P(3-2)	10,395.4	[NI]	Auroral
8598.	O ₂	Atm.(0-1)	10,404.1	[NI]	Auroral
8629.24	NI	8	10,510.	N ₂	1P(0-0)
8680.24	NI	1	10,830. *	HeI	1
8683.38	NI	1	11,036.2	N ₂	Mein.(0-0)
8703.24	NI	1	11,820.2*	N ₂	Mein.(2-2)
8711.69	NI	1	14,523.	N ₂	Mein.(0-1)
8718.82	NI	1	14,663. *	O ₂	IR Atm.(0-1)
8723.0	N ₂	1P(2-1)	15,114.	N ₂	Mein.(1-2)
8912.4	N ₂	1P(1-0)	15,748.	N ₂	Mein.(2-3)
9060.6*	NI	15			

5.1.2. Forbidden Atomic Lines^a

Oxygen—The strongest emission in the visible region is ordinarily the [OI]₃₂ yellowish-green line, first measured by Ångström [1868*a*, 1869*a*] and soon after confirmed by Struve [1869*a*] and many others. Ångström and others found the green line to be present even when visible auroral structure was not, but it was many years before the existence of the airglow was firmly established (see Section 9.1.2).

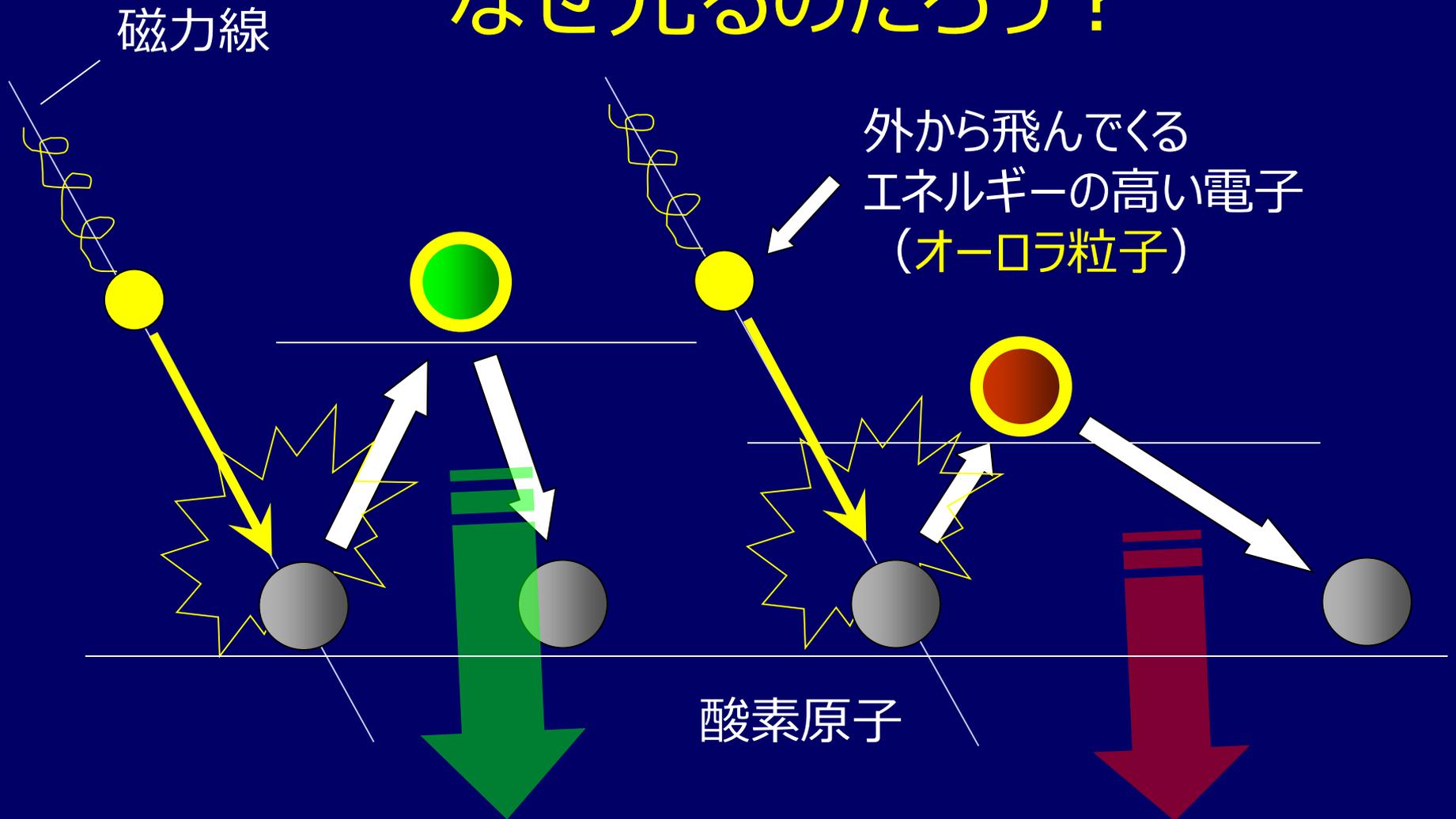
Precise measurement of the green-line wavelength was first accomplished by Babcock [1923*a*] with an interferometer. Measurements by Cabannes and Dufay [1955*a*] give the wavelength as 5577.345 ± 0.003 Å. Production of the green line in the laboratory by McLennan and Shrum [1925*a*] eventually led to the identification of the green line as the [OI]₃₂ transition (see the discussion in Section 9.1.2).

The [OI]₃₁ line at 2972.325 Å (Sayers and Emeleus [1950*a*]) should have a photon intensity of about one sixteenth that for λ 5577 [OI]₃₂. Because of ozone absorption it is not observable from the ground.

Zöllner [1870*a*] made the first measurement of the red line of [OI]₂₁ at 6300 Å. The wavelengths of the two lines given in Table 5.1 are from the interferometer measurements of Cabannes and Dufay [1955*a*, *b*, 1956*a*, *b*]. The identification was made by Frerichs [1930*a*], who computed the energy levels from observations of the ultraviolet spectrum

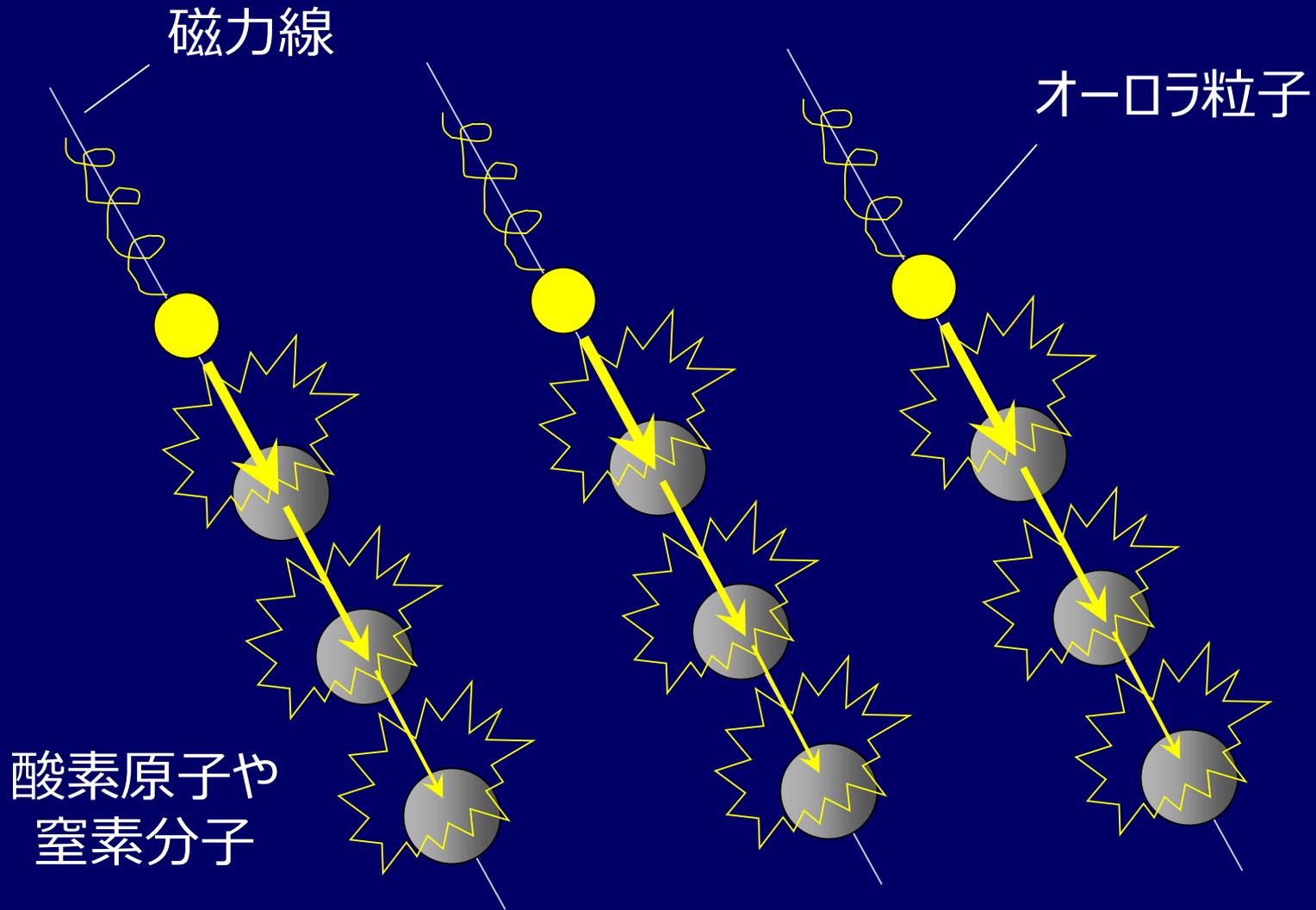
^a A summary of the transition probabilities, lifetimes, and energy levels associated with oxygen and nitrogen forbidden lines is given in Appendix VI. The spectroscopic nomenclature is discussed in Section 1.1.2.

なぜ光るのだろう？



オーロラ粒子が大気にぶつかり、大気が励起され、
安定な状態に戻るときに出す光、それがオーロラ

どうして線のように見えるのか？



オーロラ粒子が磁力線に沿って動くため

酸素原子の励起状態とオーロラ波長

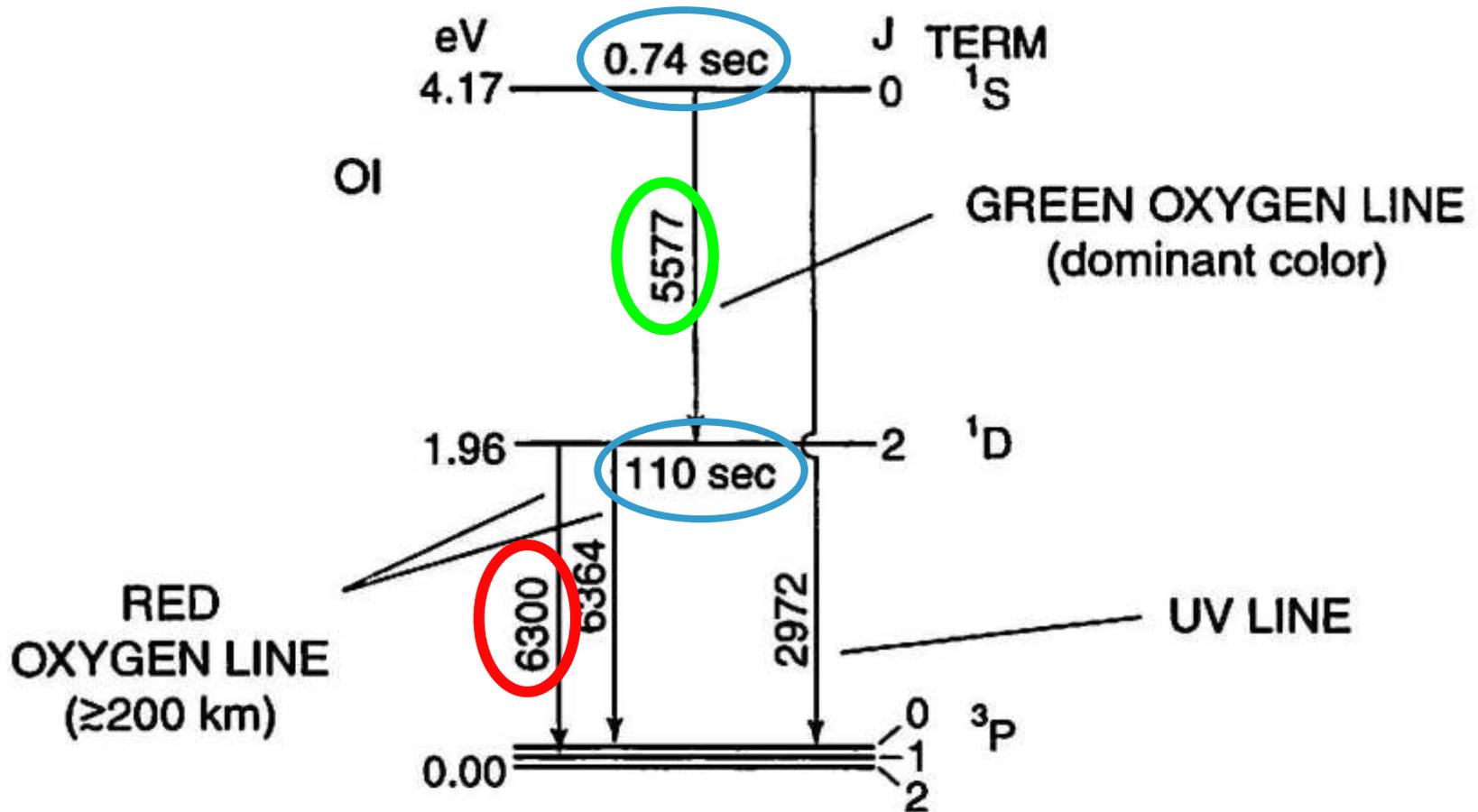


Figure 1.9. Excited states of the oxygen atom that give rise to forbidden transitions prominent in auroral emissions, and their lifetimes (after Roach and Smith, 1967).

窒素分子の励起状態とオーロラ波長

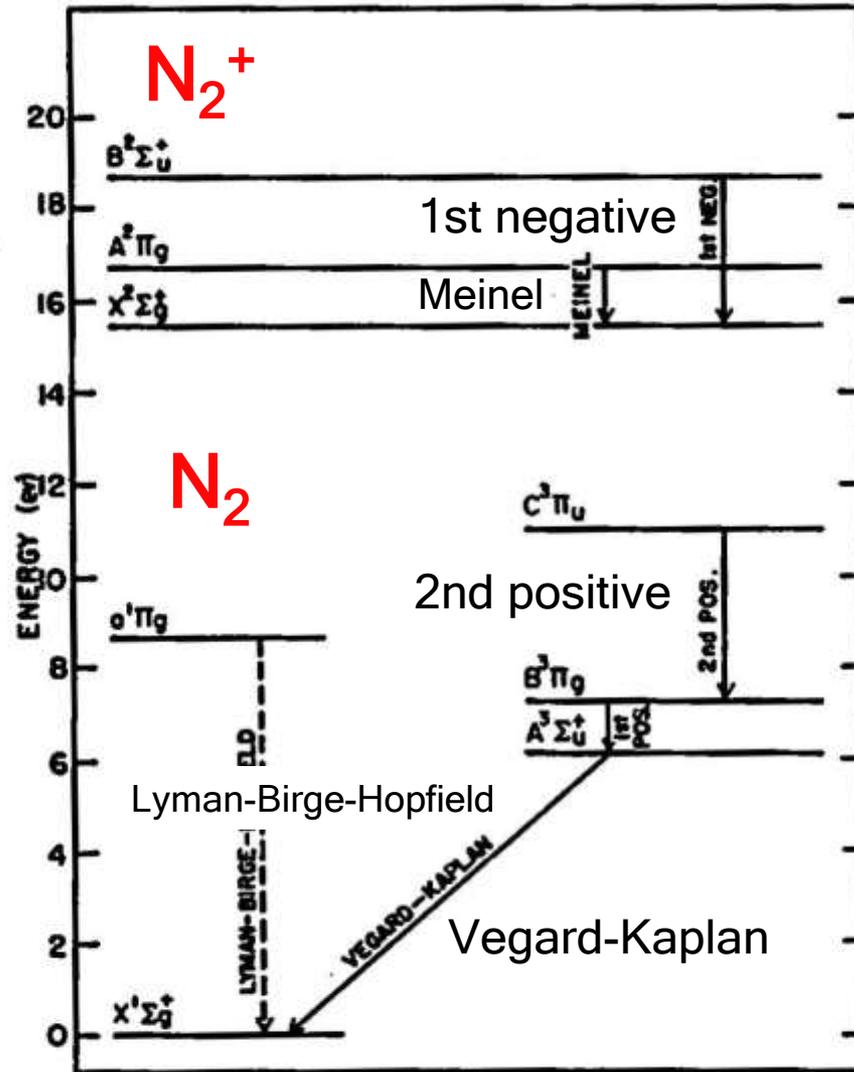
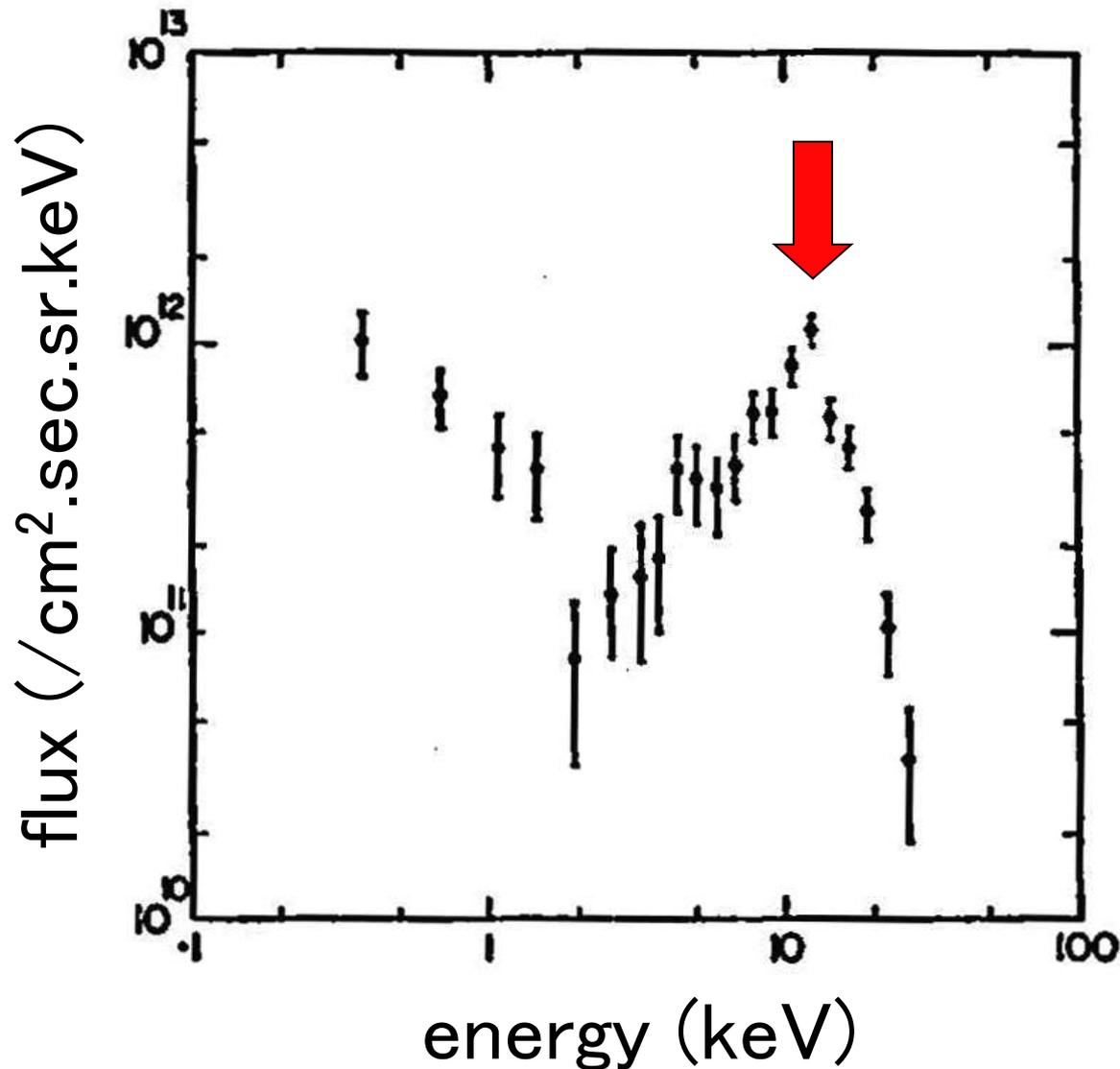


FIG. 5.32. Electronic states and band systems of N_2 and N_2^+ . The dashed transition lies in the far ultraviolet and has not been detected in aurora.

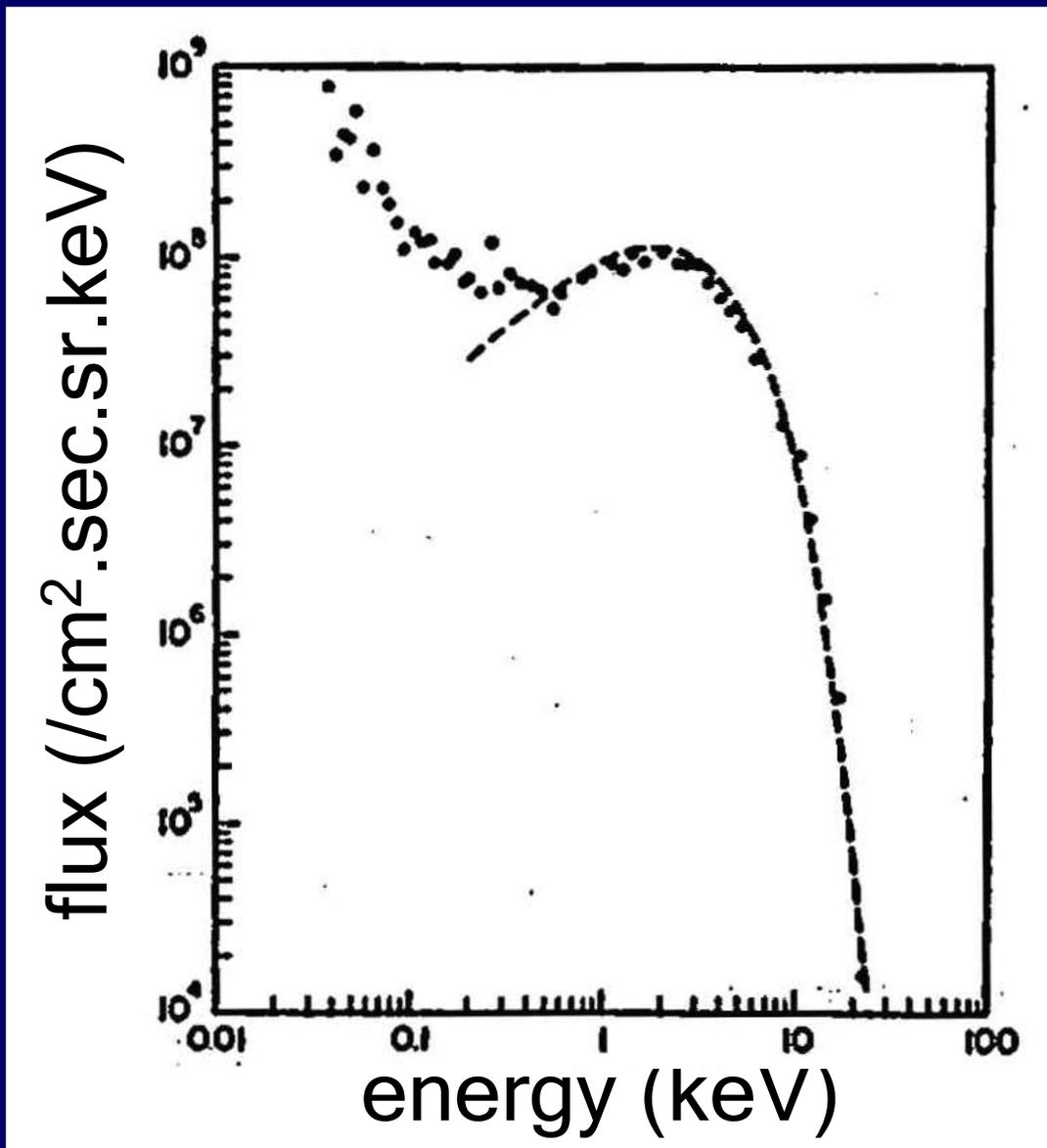
オーロラ電子のエネルギー分布



ロケット観測

カーテン型の
オーロラ

オーロラ電子のエネルギー分布



ロケット観測

拡散型の
オーロラ

オーロラ電子のエネルギーと侵入高度

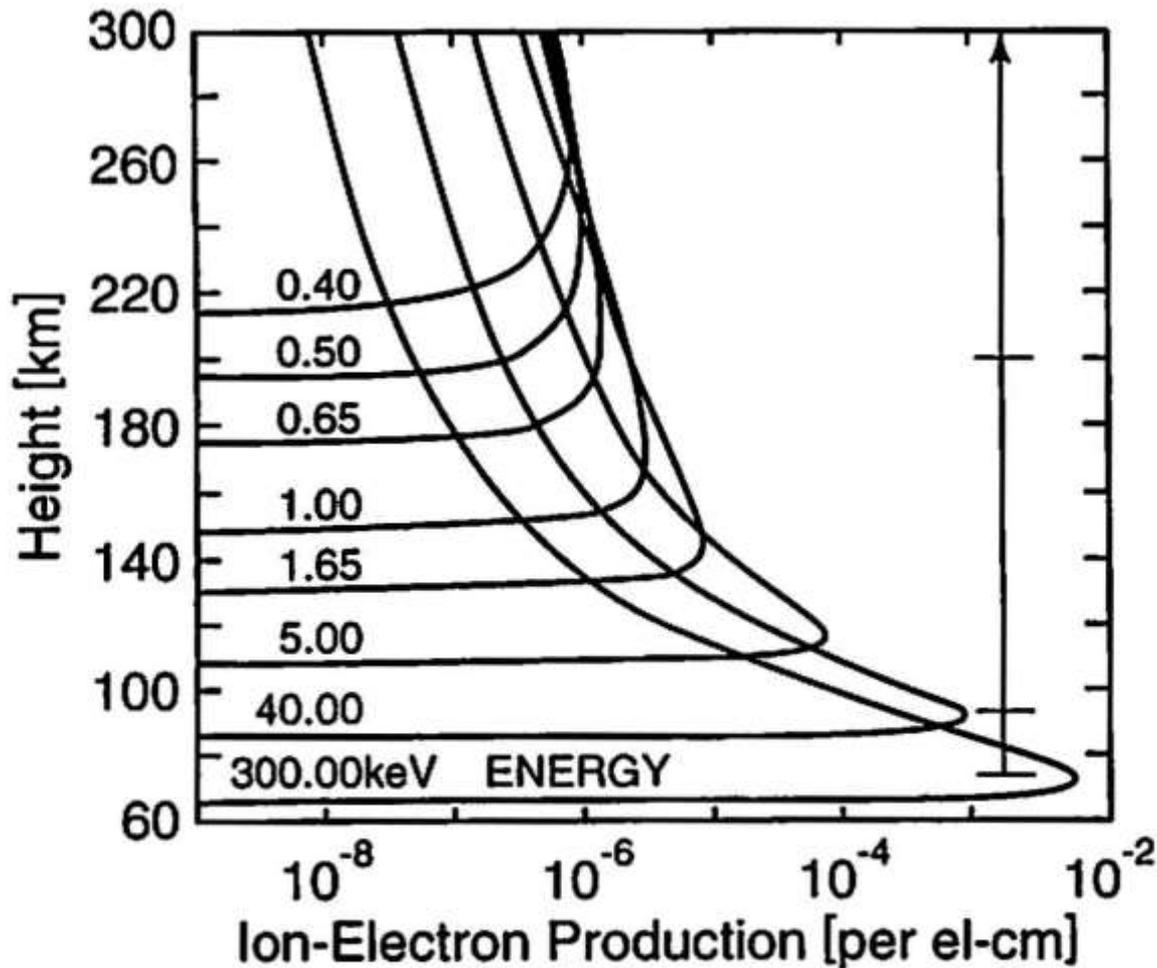
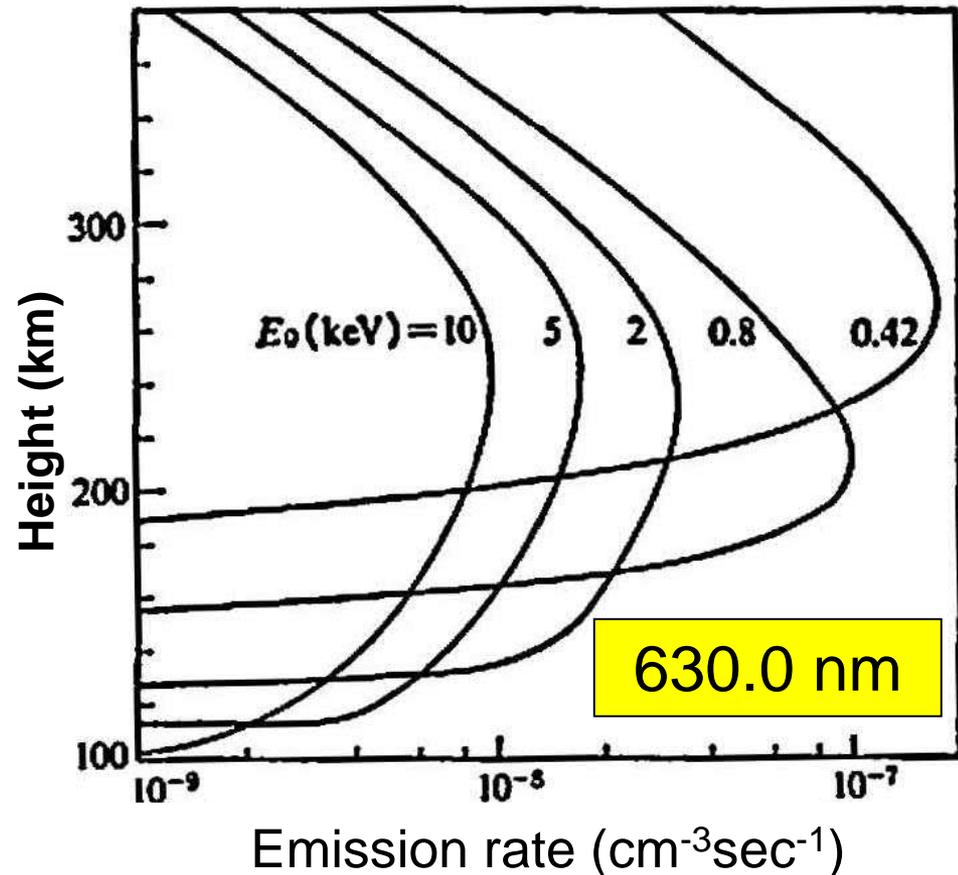
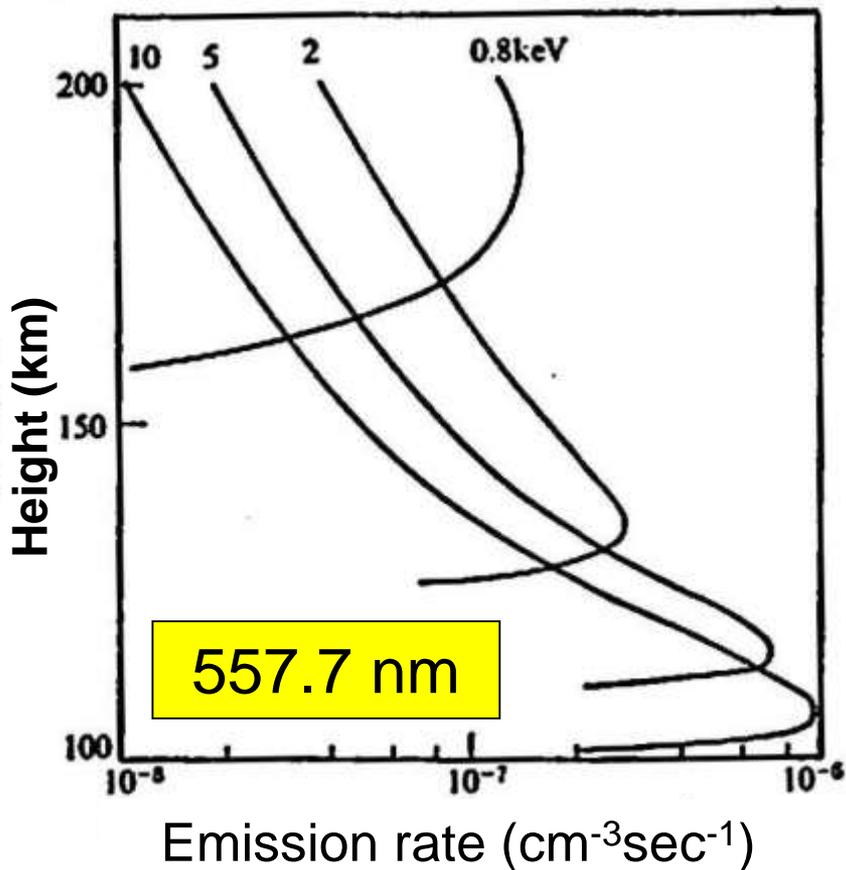


Figure 1.4. Production of ion-electron pairs per unit path length of primary electrons with various initial energies. After Rees (1963).

オーロラ電子のエネルギーと 酸素原子オーロラ発光の高度分布



酸素原子の赤い光 (630.0nm) は、低い高度では
光らない (消光)

光っているのは
上空の酸素原子や窒素分子

緑色は酸素原子

オーロラのカーテンは
夜空に浮かび出た地球の磁力線

赤やピンク色は、
酸素原子か窒素分子

赤いオーロラ（酸素原子）



青や紫は、窒素分子イオン



オーロラの明るさは？

満月の明るさの1/100



色々な形のオーロラ

遠くに見えたと... バンド(帯状)



少し見上げる角度が上がると...



アーク(弓状)

多重アーク



カーテンの真下から見ると. . .

コロナ状



渦状(スパイラル) 大波(サージ)



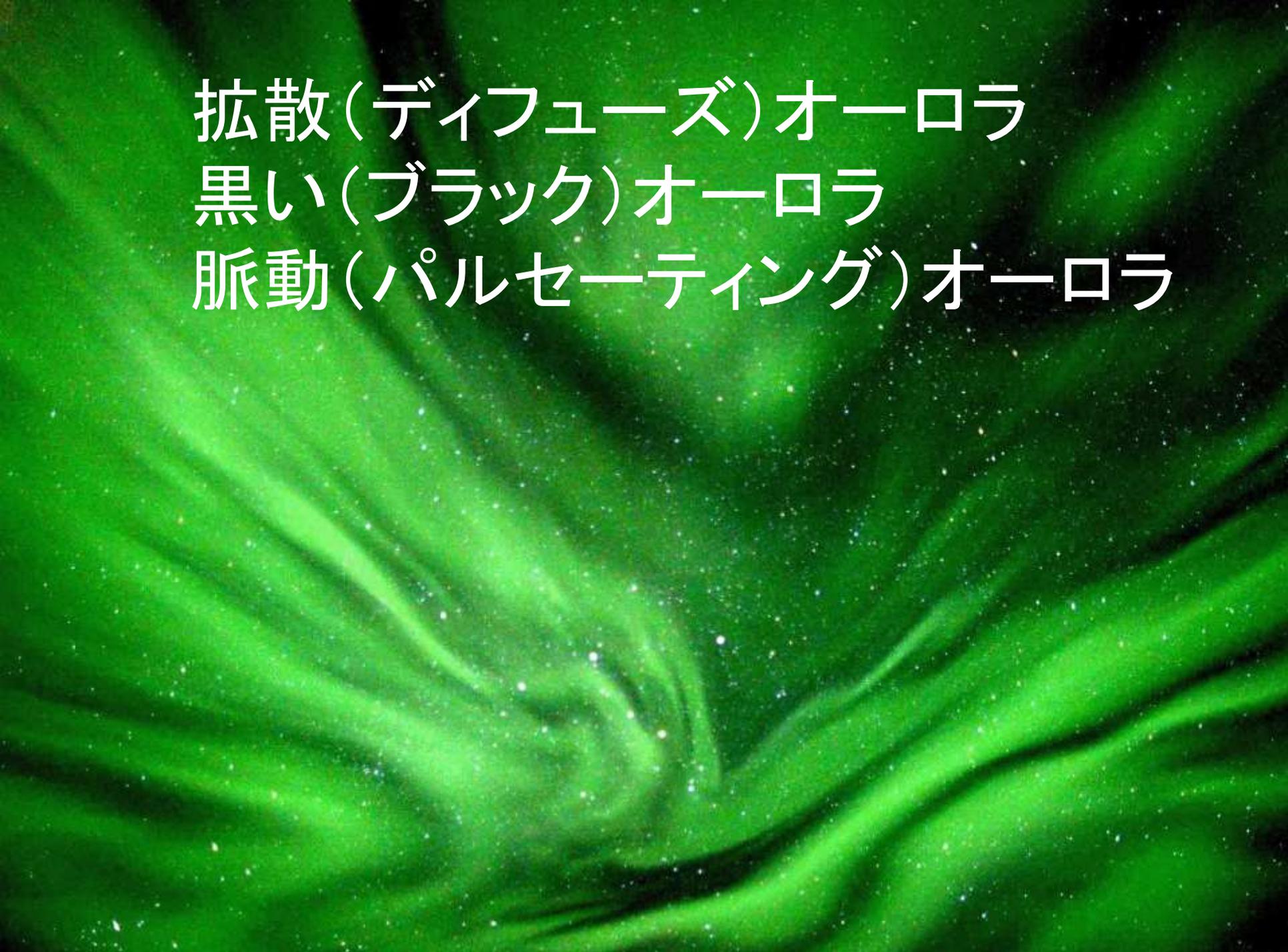
渦状(スパイラル)



拡散(ディフューズ)オーロラ

黒い(ブラック)オーロラ

脈動(パルセーティング)オーロラ



拡散(ディフューズ)オーロラ
黒い(ブラック)オーロラ
脈動(パルセーティング)オーロラ

オーロラのカーテンのゆらめき



35-2

カーテンは壊れる(ブレイクアップ)



2003年4月30日 撮影者: 宮田隊員

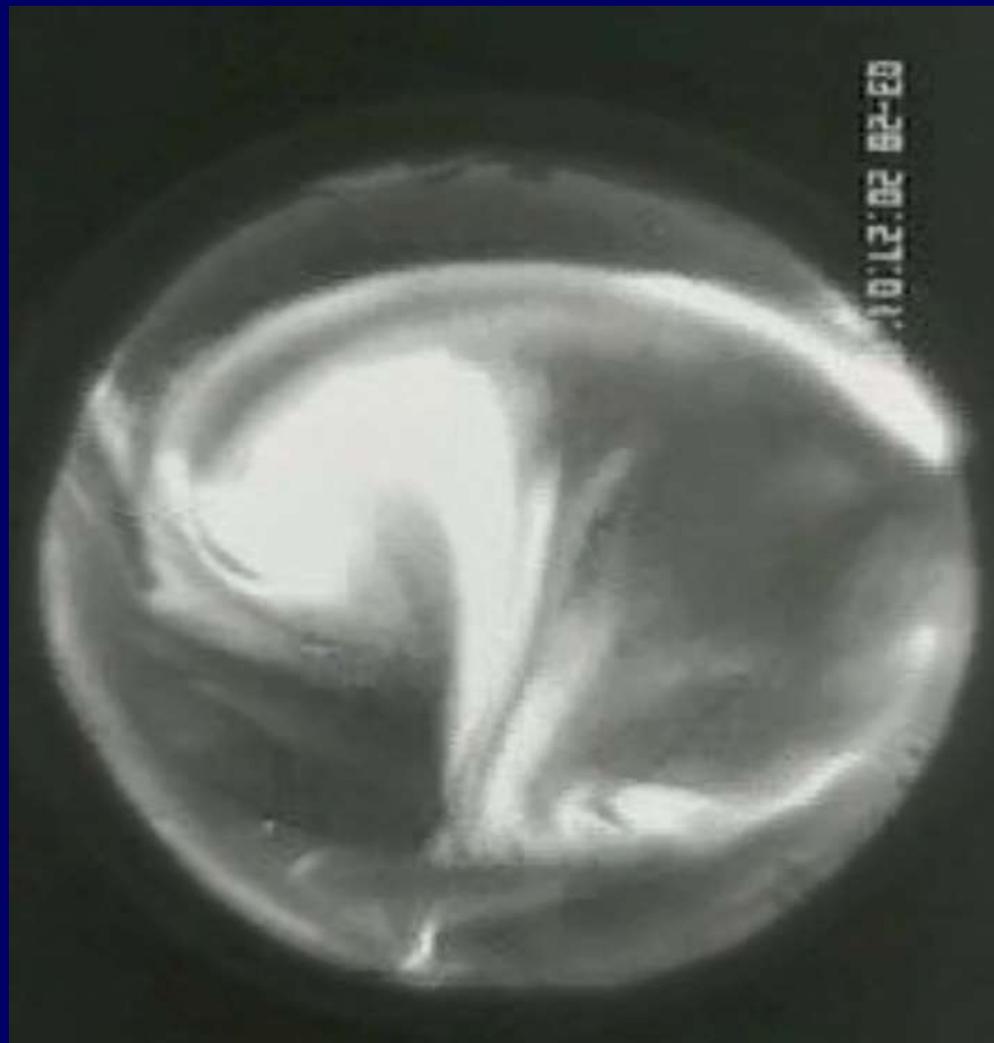
カール、フォールド、スピリットティング



2003年3月29日 撮影者：宮田隊員

オーロラ嵐(サブストーム) 磁南

西



東

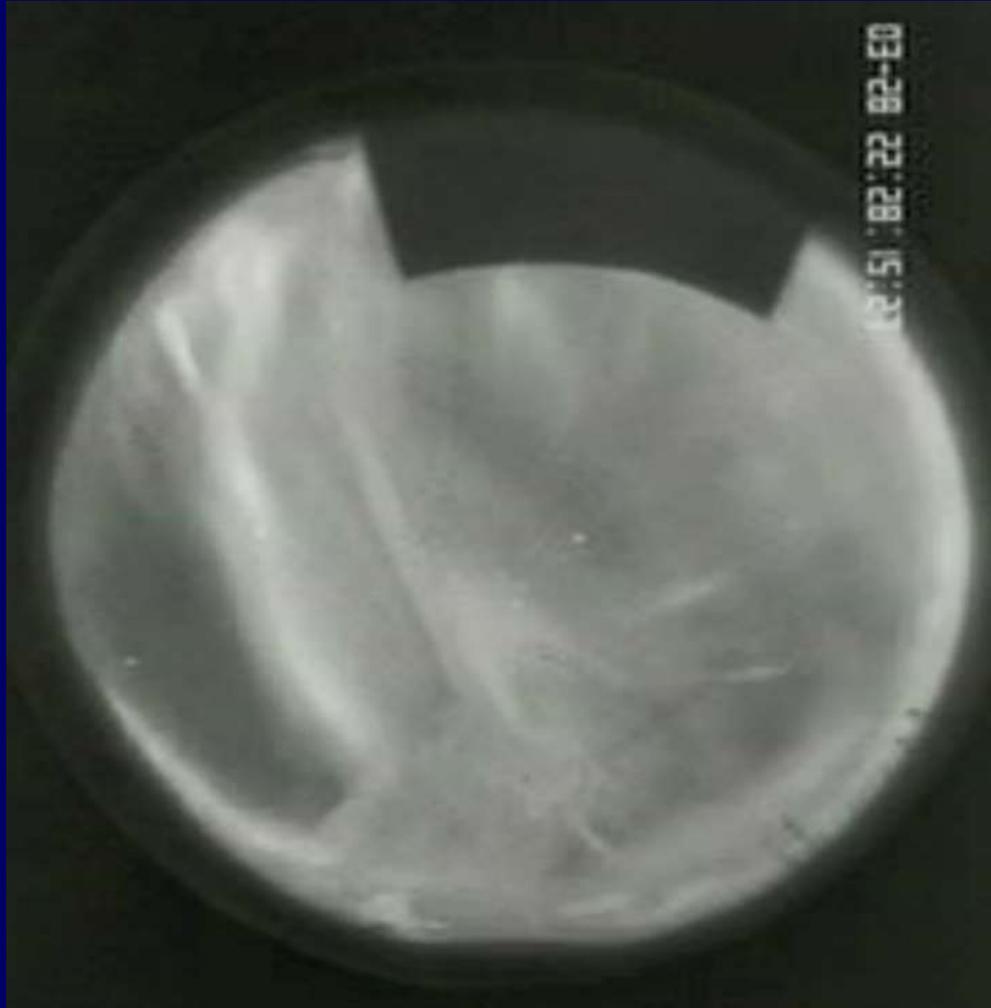
全天TVカメラ
60倍速

磁北

不思議なオーロラ：脈動オーロラ

磁南

西



東

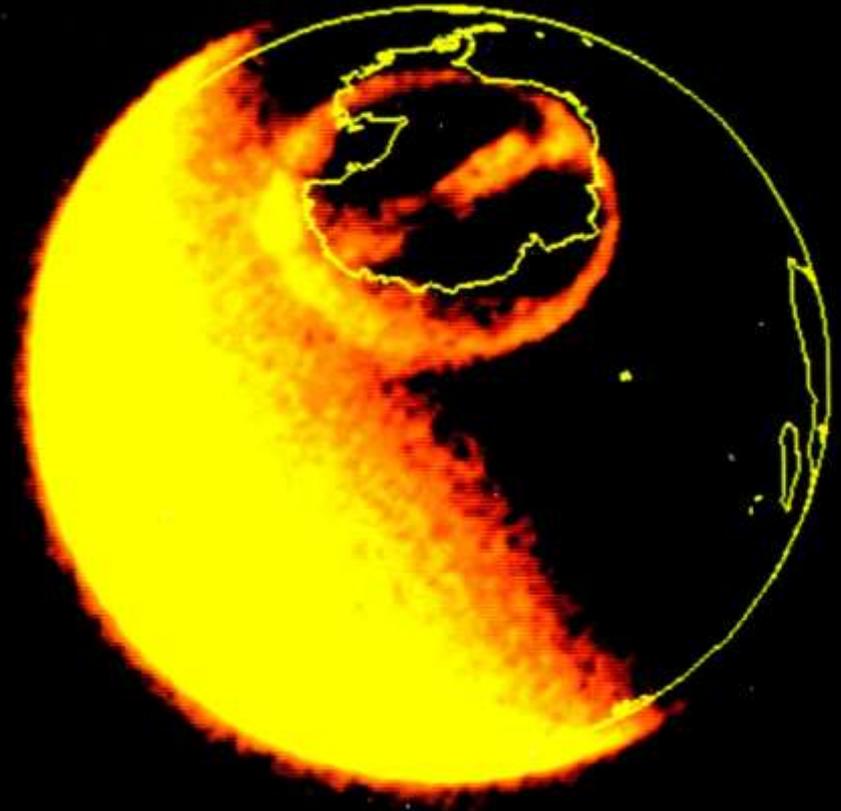
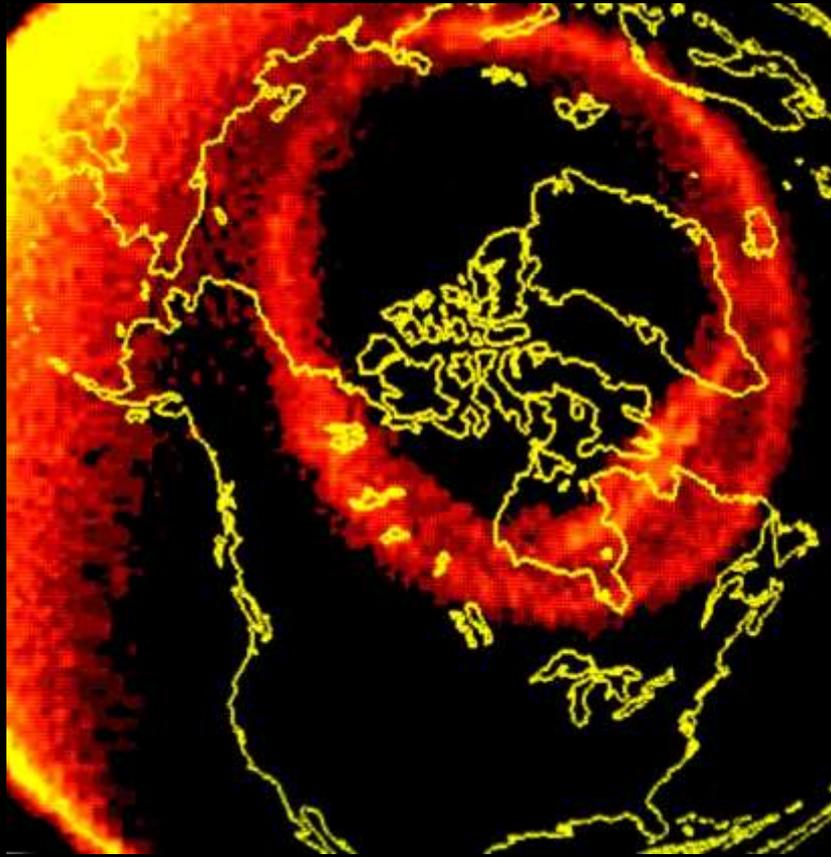
全天TVカメラ
60倍速

磁北

オーロラはどこで見れる？

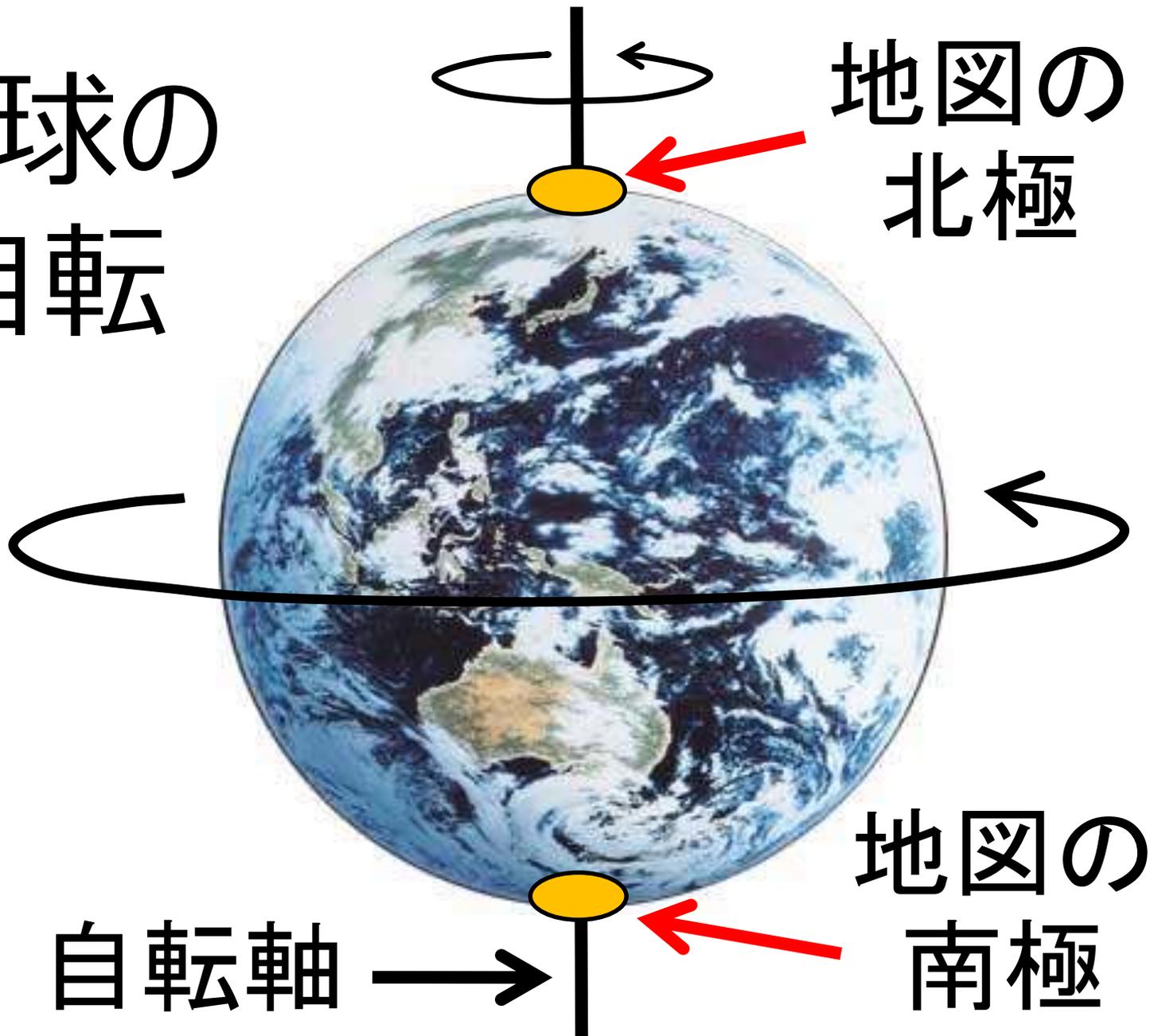


地球の外からながめると



人工衛星の紫外線カメラ

地球の
自転



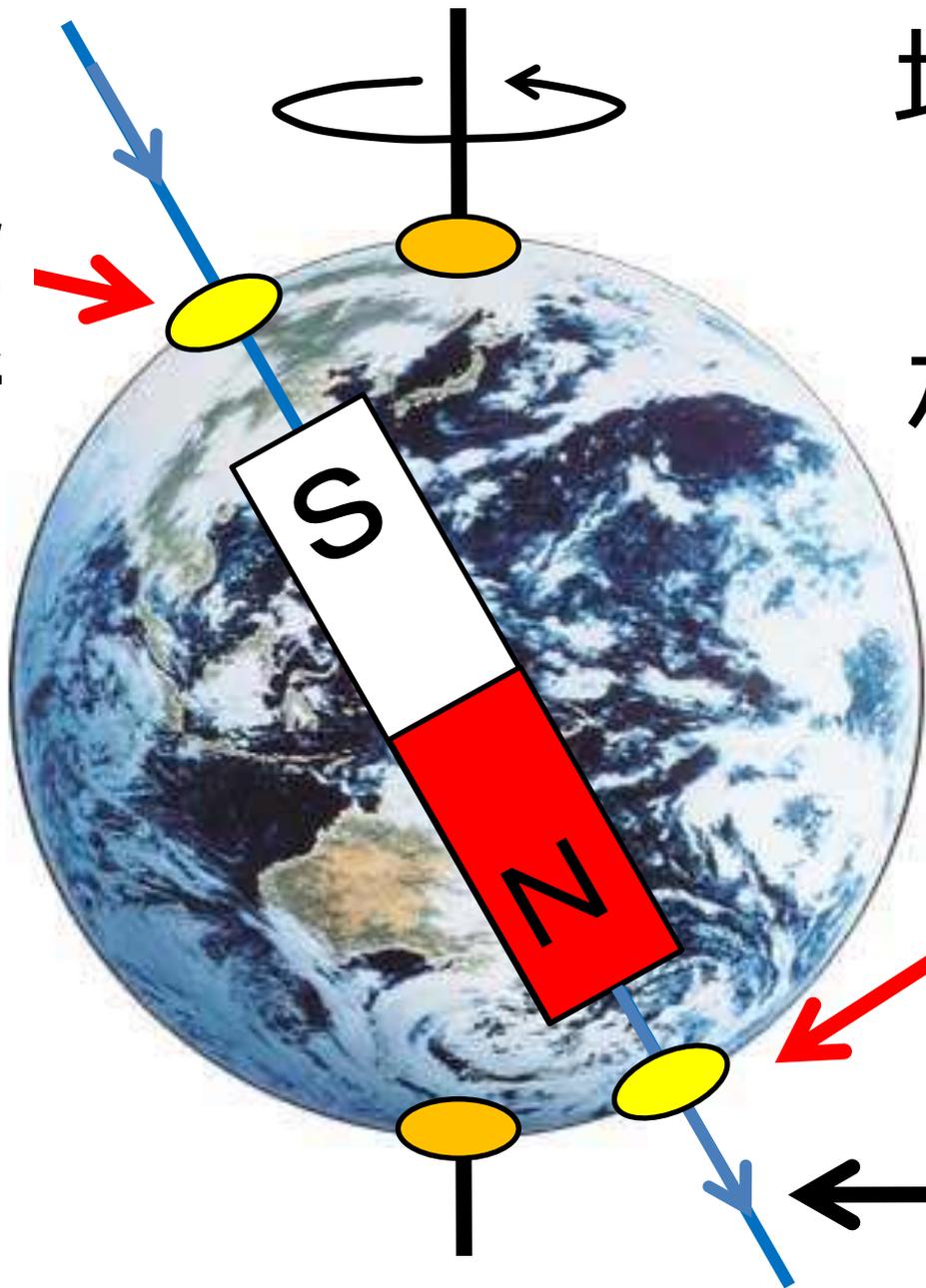
地図の
北極

地図の
南極

自転軸



地磁気
の北極

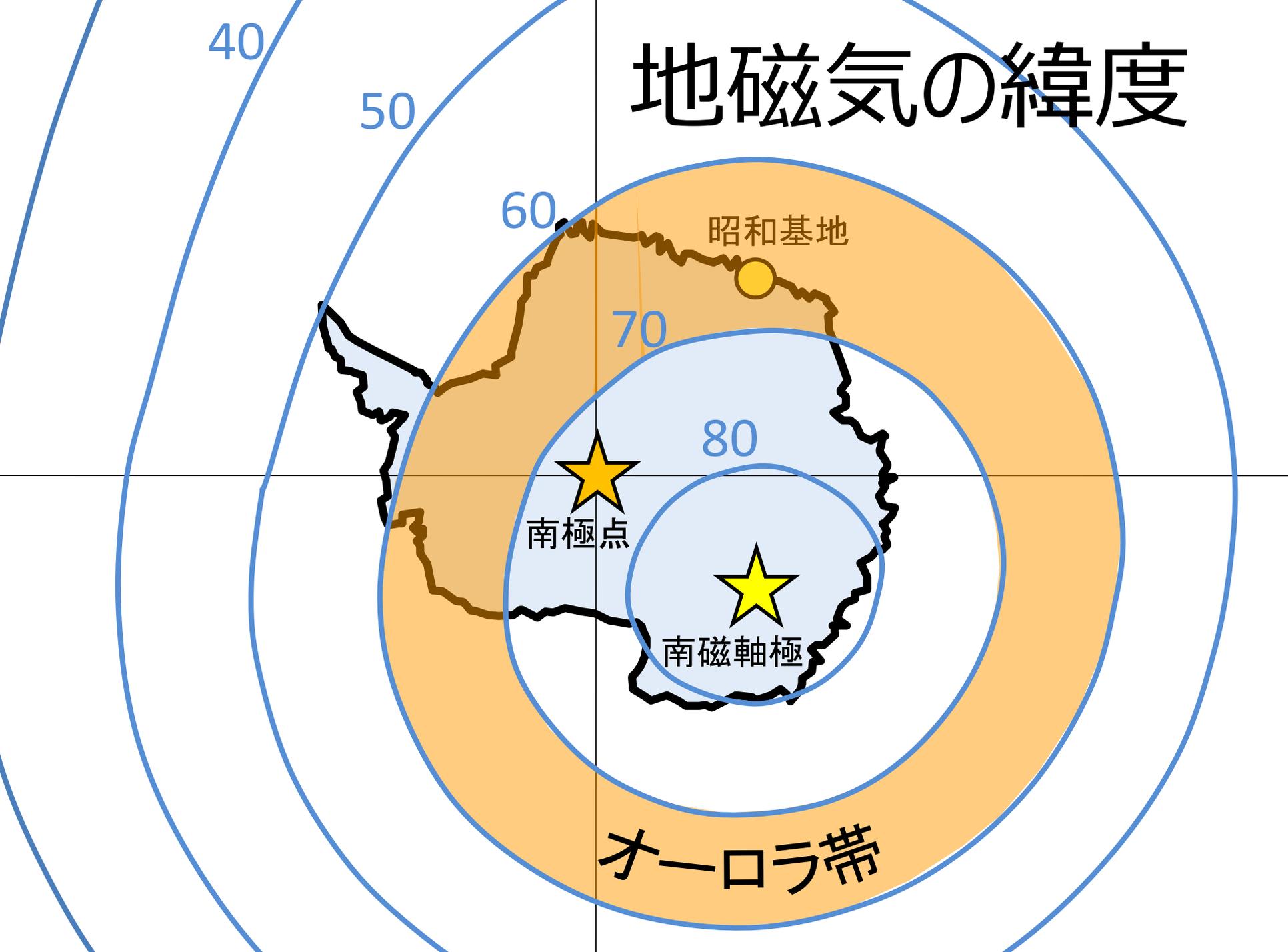


地球の中
には大きな磁石が
ある

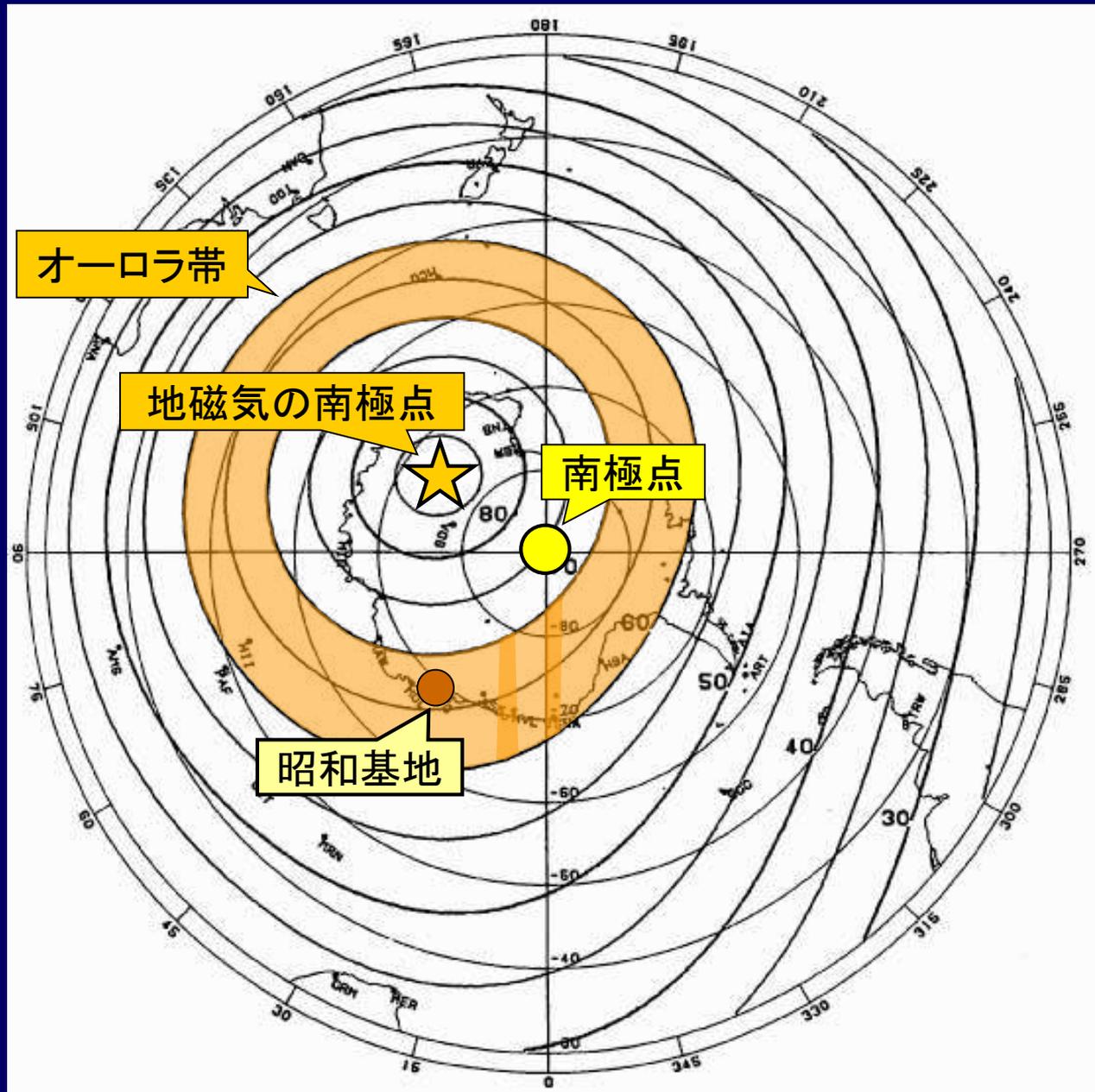
地磁気
の南極

磁軸

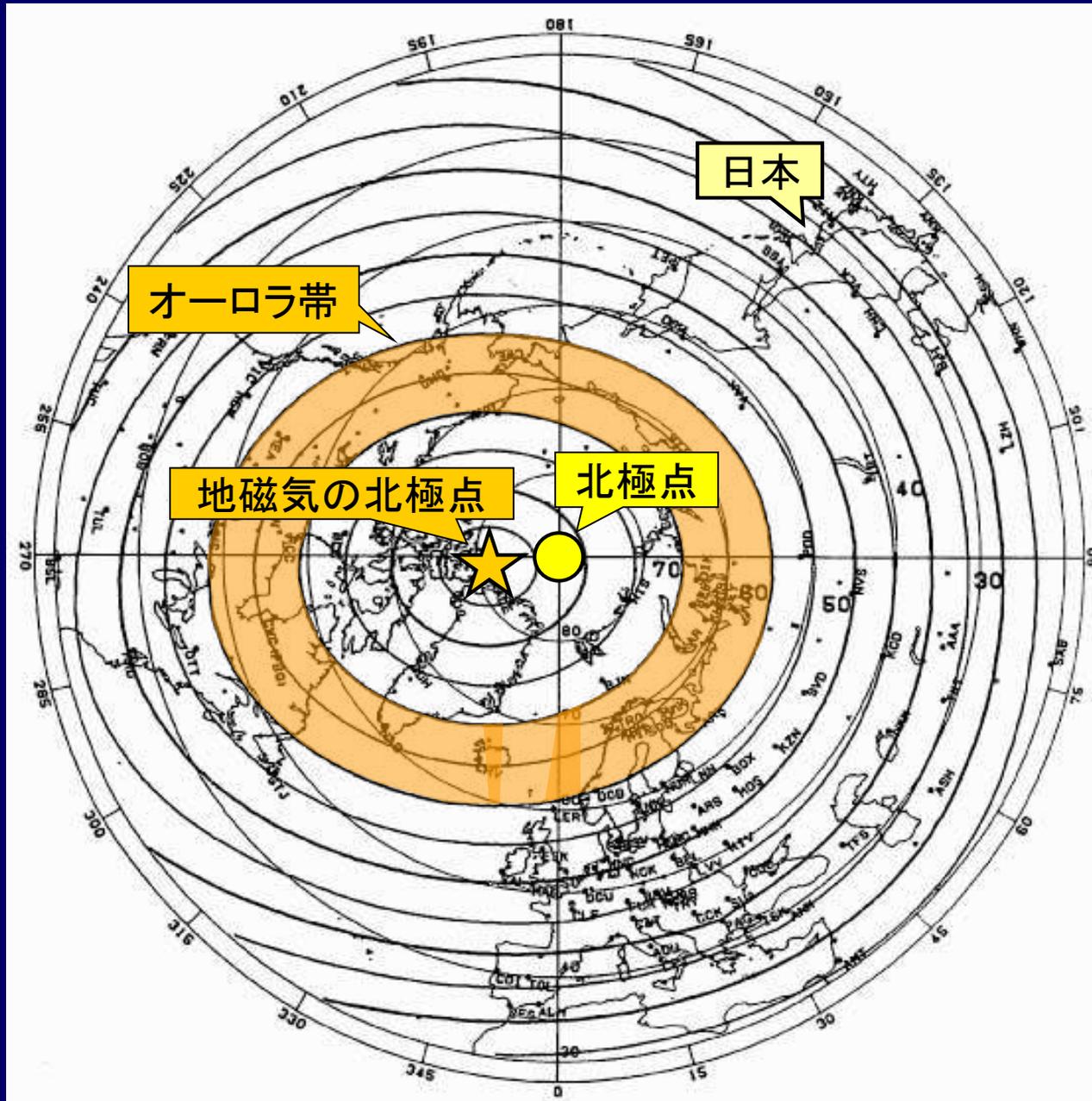
地磁気の緯度



地磁気座標と「オーロラ帯」



北半球でオーロラが見れるところ



オーロラ帯の 長期変動予測

北半球

Oguti (JGR,1993)

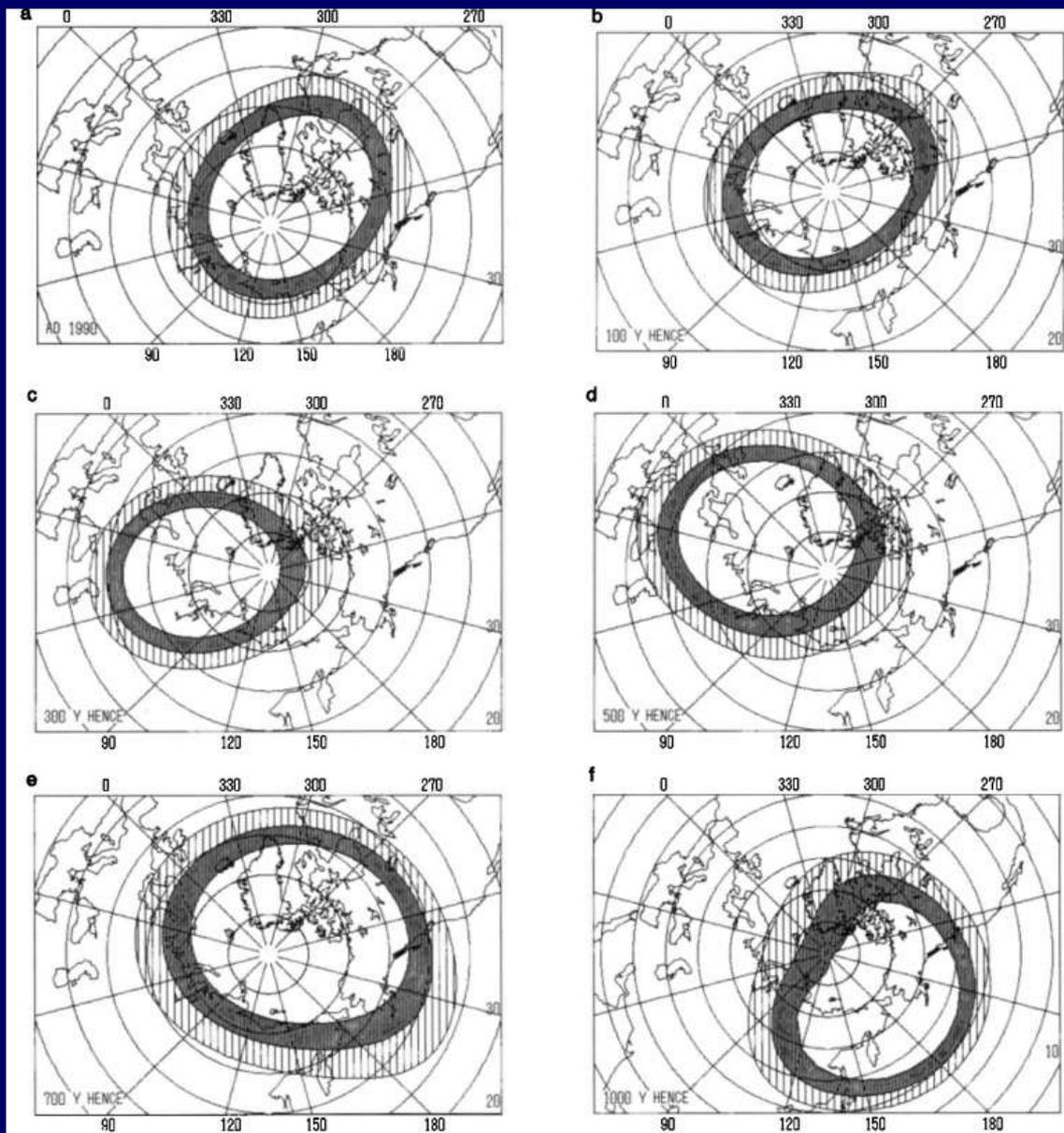


Fig. 5. Auroral zone (finely shaded) and subauroral zone (coarsely shaded) in the northern hemisphere. Auroral and subauroral zones (a) at present, (b) in 100 years, (c) in 300 years, (d) in 500 years, (e) in 700 years, and (f) in 1000 years. Under the assumption that the dipole moment continues to decrease with the rate for the past 160 years. Note that the scale is reduced in Figure 5f for convenience of plotting.

オーロラ帯の 長期変動予測

南半球

Oguti (JGR,1993)

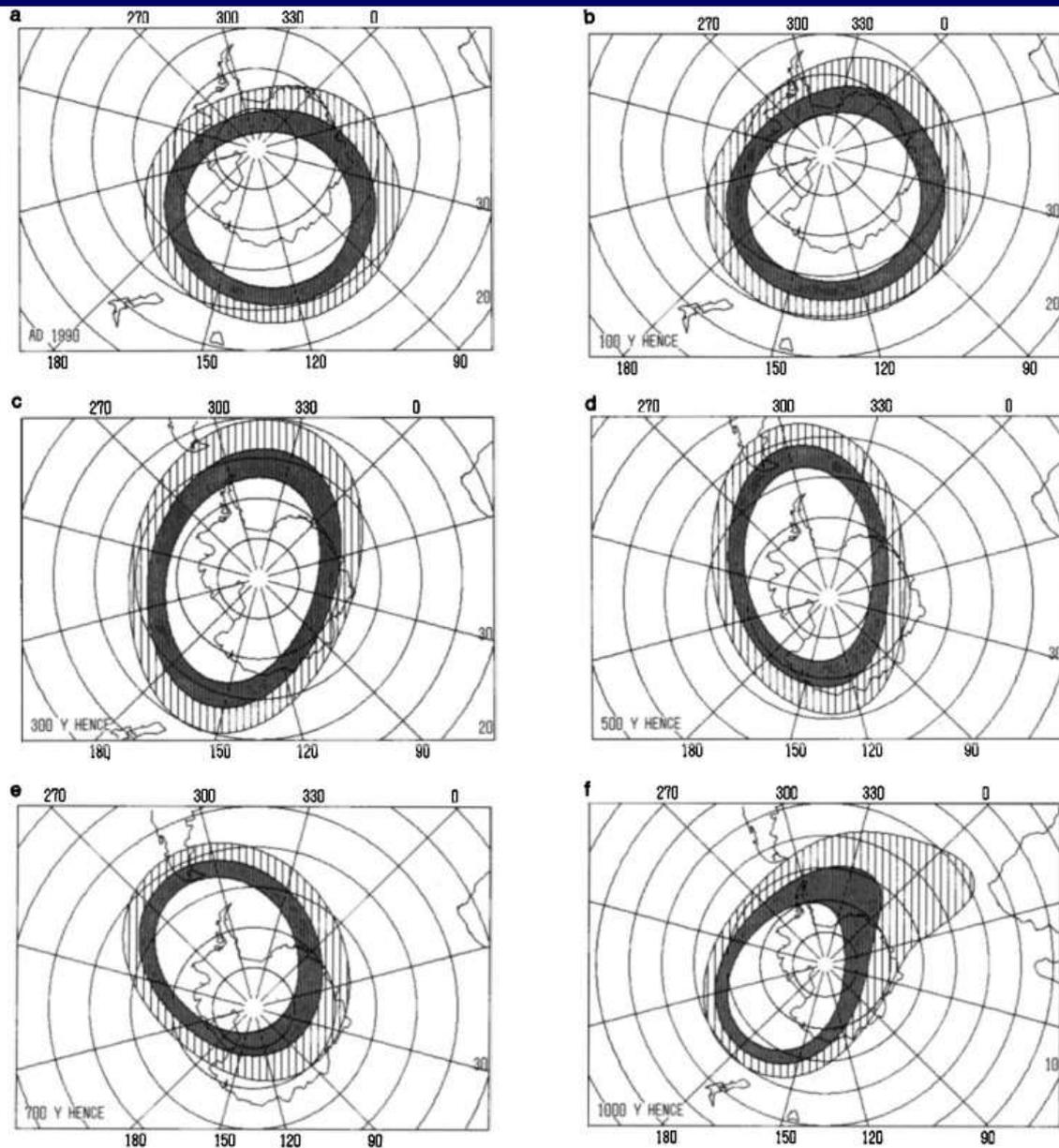
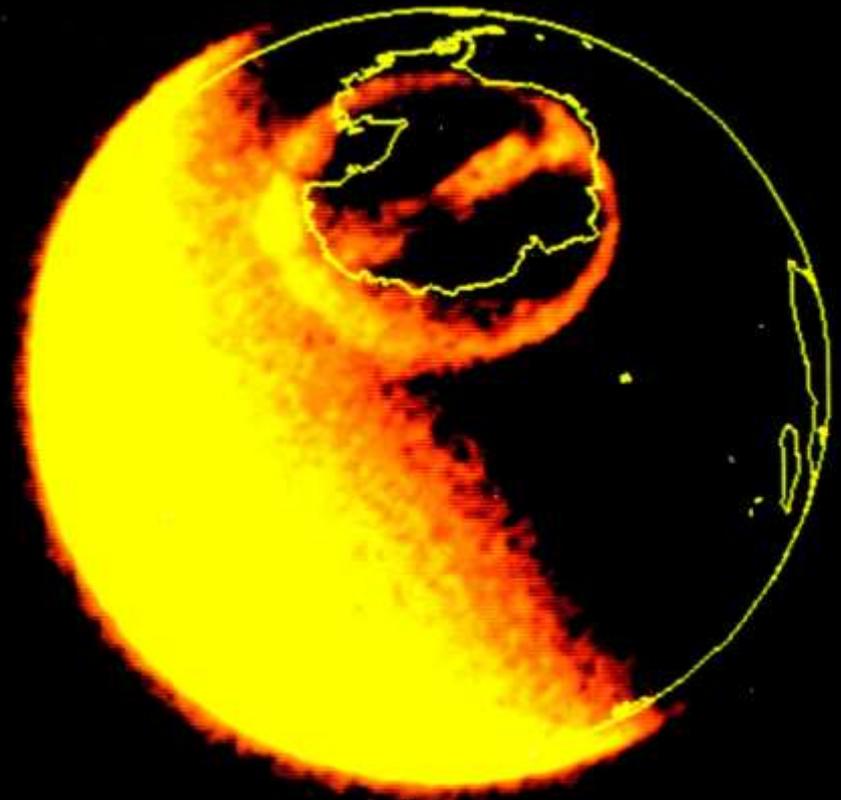
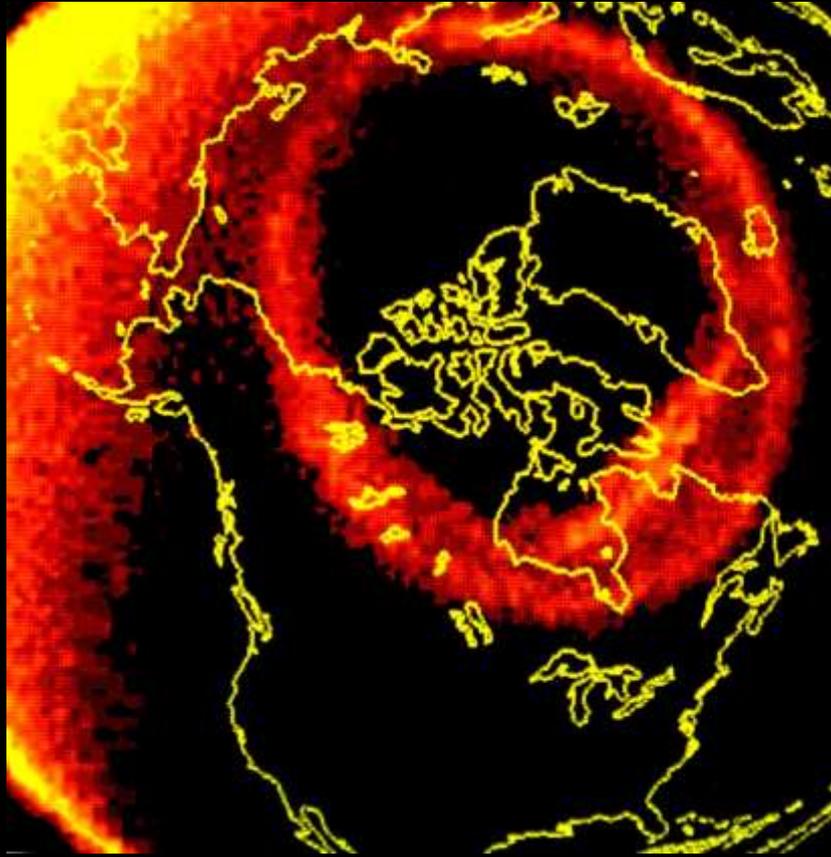


Fig. 6. Auroral zone (finely shaded) and subauroral zone (coarsely shaded) in the southern hemisphere. Auroral and subauroral zones (a) at present, (b) in 100 years, (c) in 300 years, (d) in 500 years, (e) in 700 years, and (f) in 1000 years. Under the assumption that the dipole moment continues to decrease with the rate for the past 160 years. Note that the scale is reduced in Figure 6f.

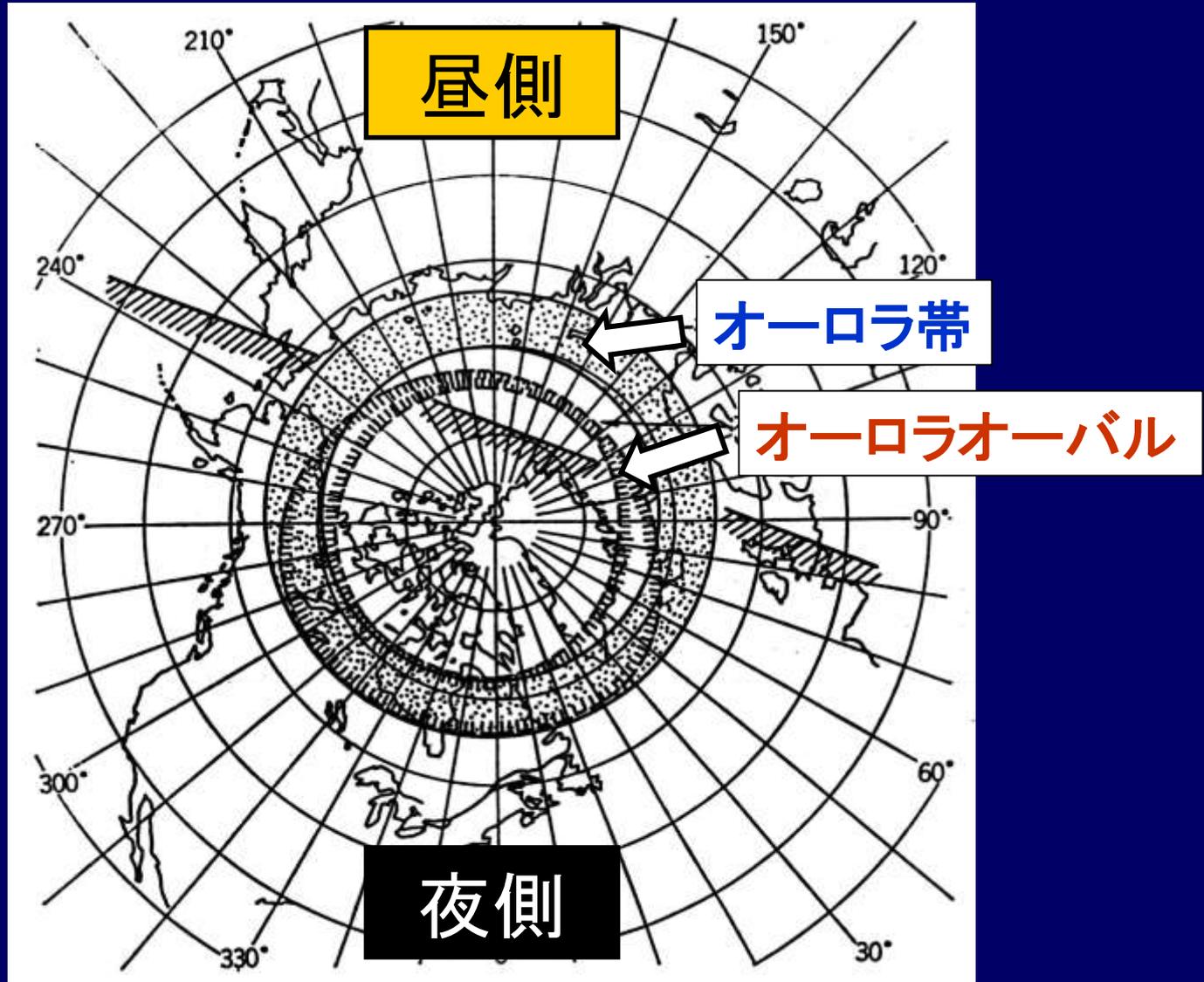
地球の外から見たその瞬間のオーロラの形



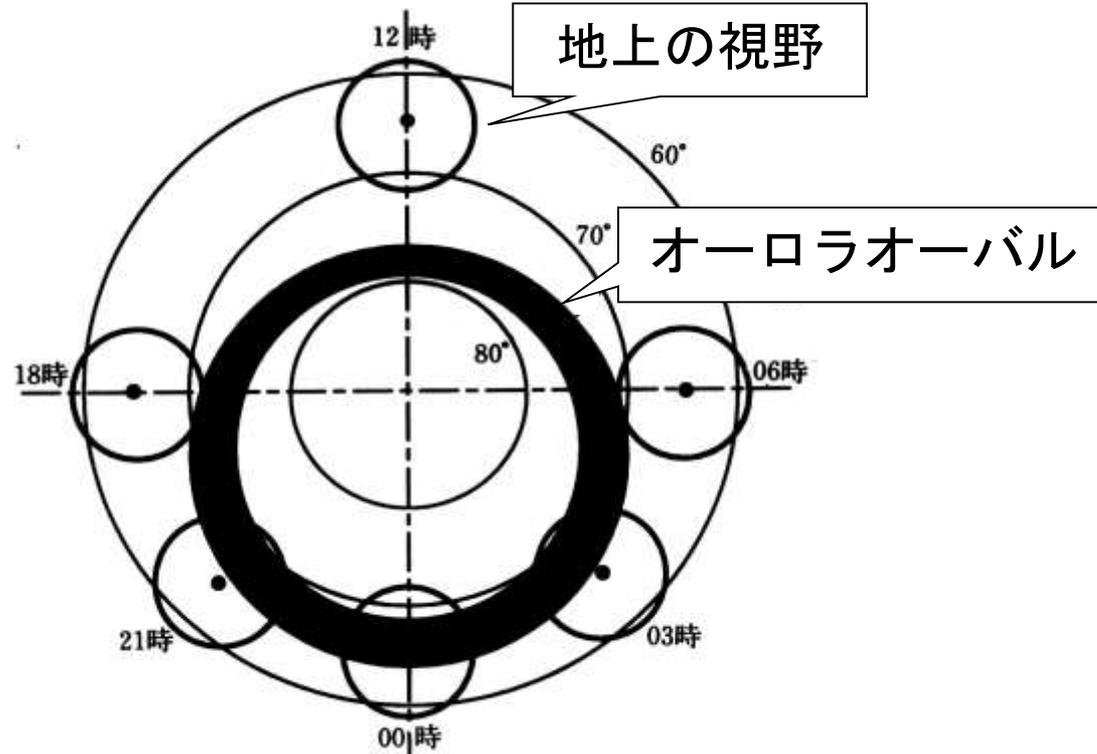
DE衛星紫外線カメラ

卵型をしている（オーロラオーバル）

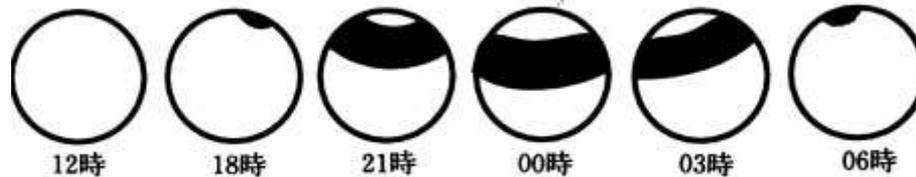
オーロラ帯とオーロラオーバル



オーロラオーバルと地上の視野



オーロラ帯にいてもオーロラが見えるのは夜だけ



日本でもオーロラが見れる？



北海道低緯度 オーロラ

1989年10月22日

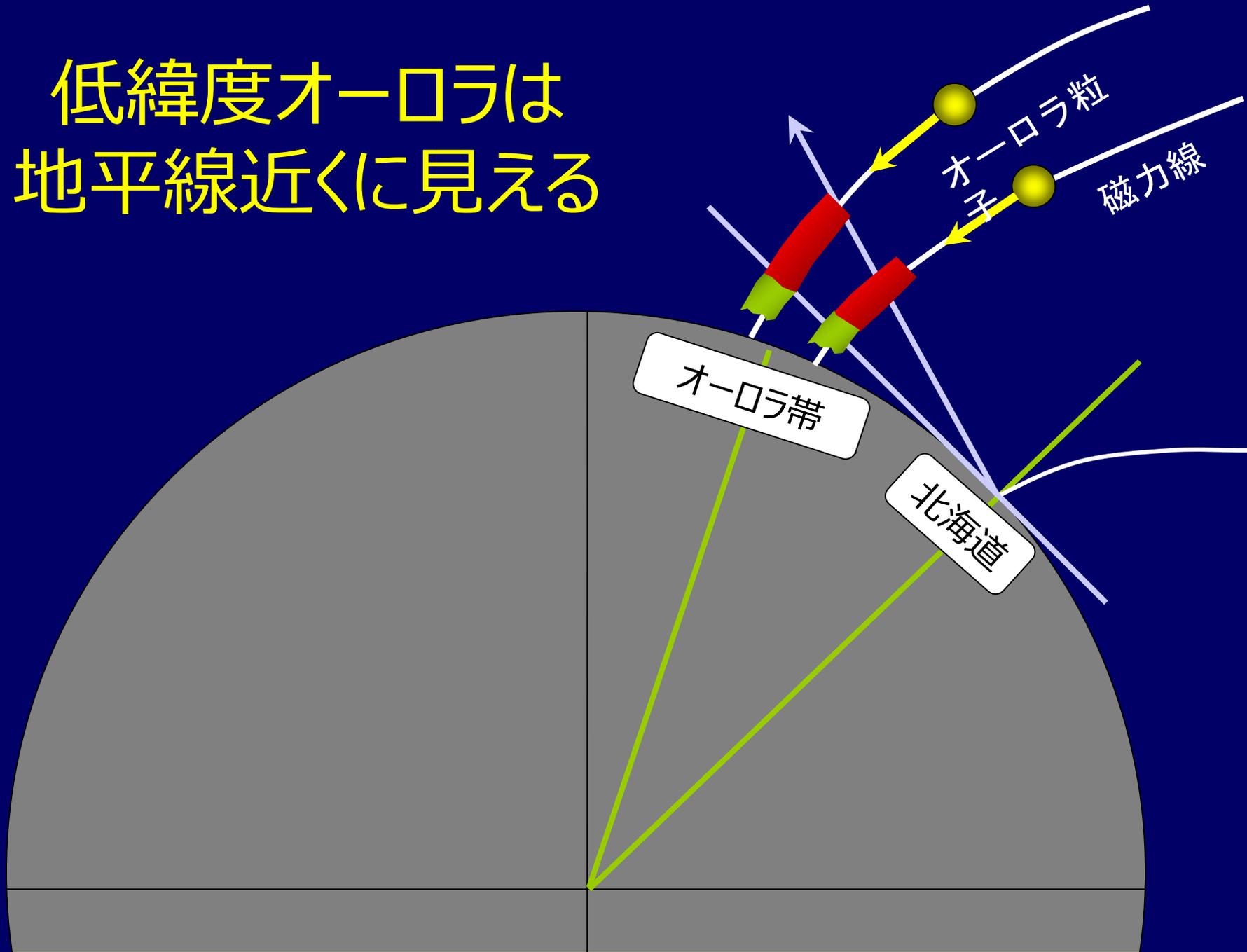
2003年10月29日



北海道で観測された 低緯度オーロラ



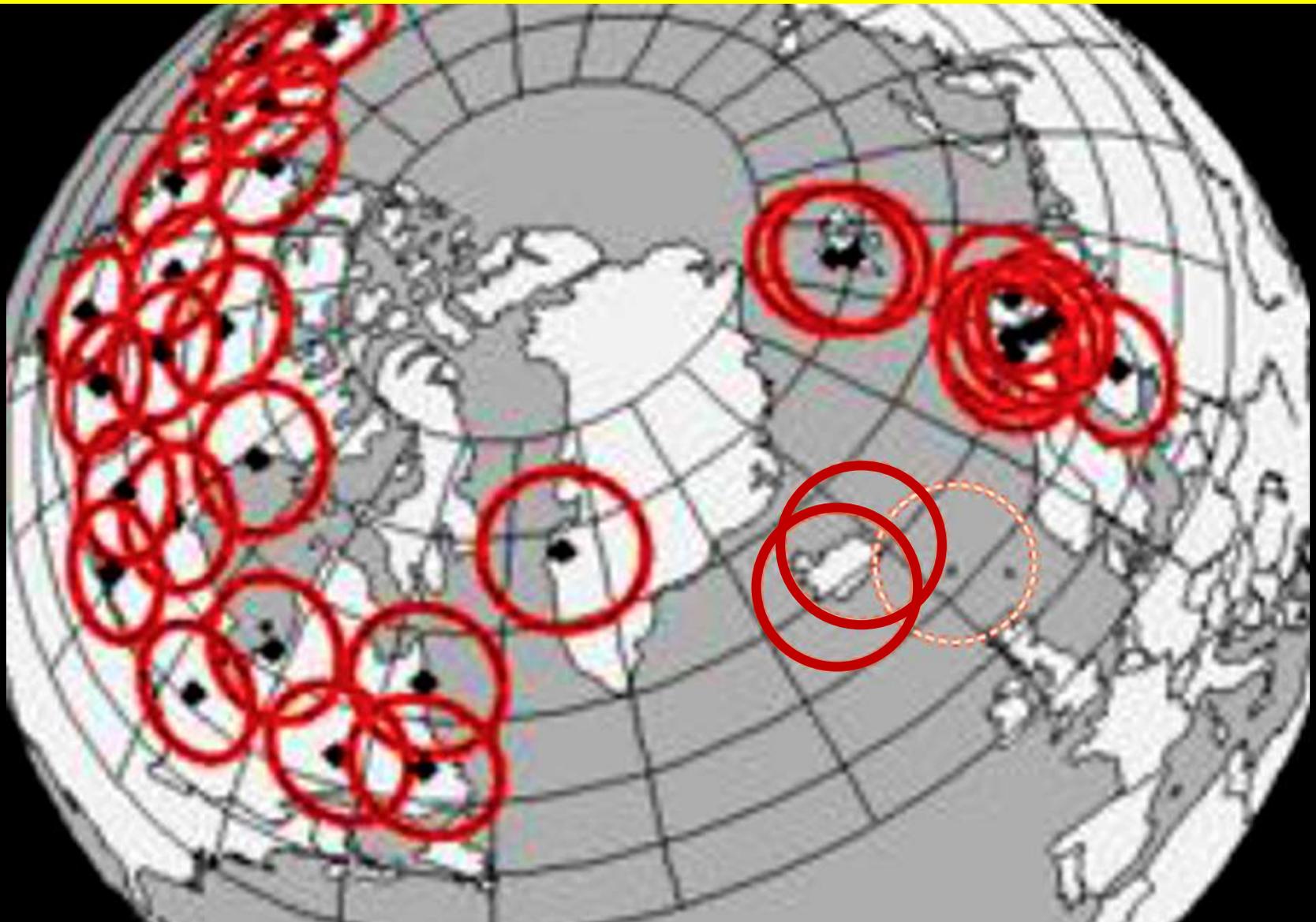
低緯度オーロラは
地平線近くに見える



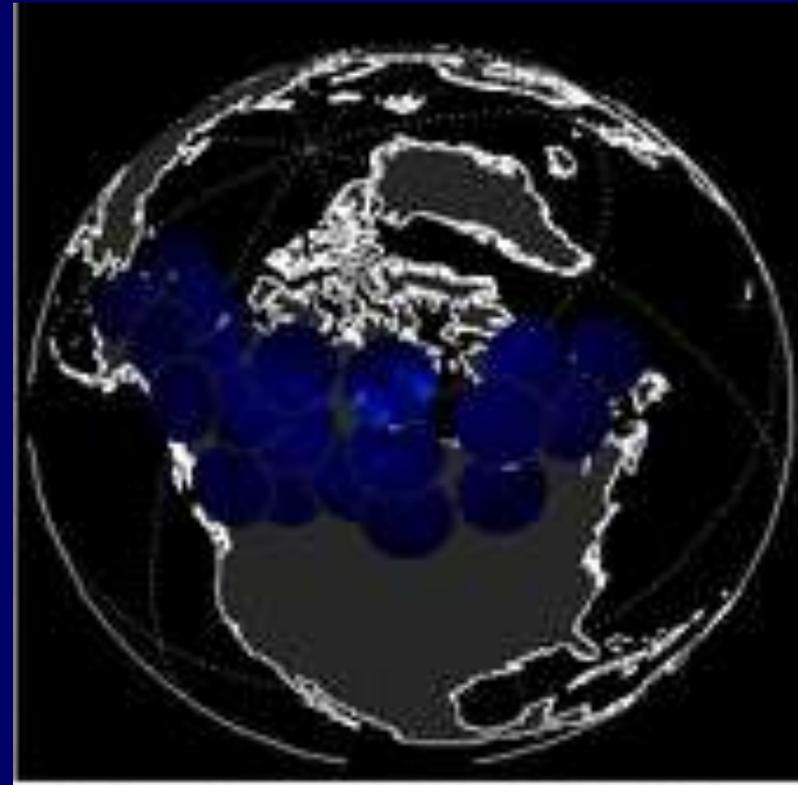
オーロラ観測をしている場所は？



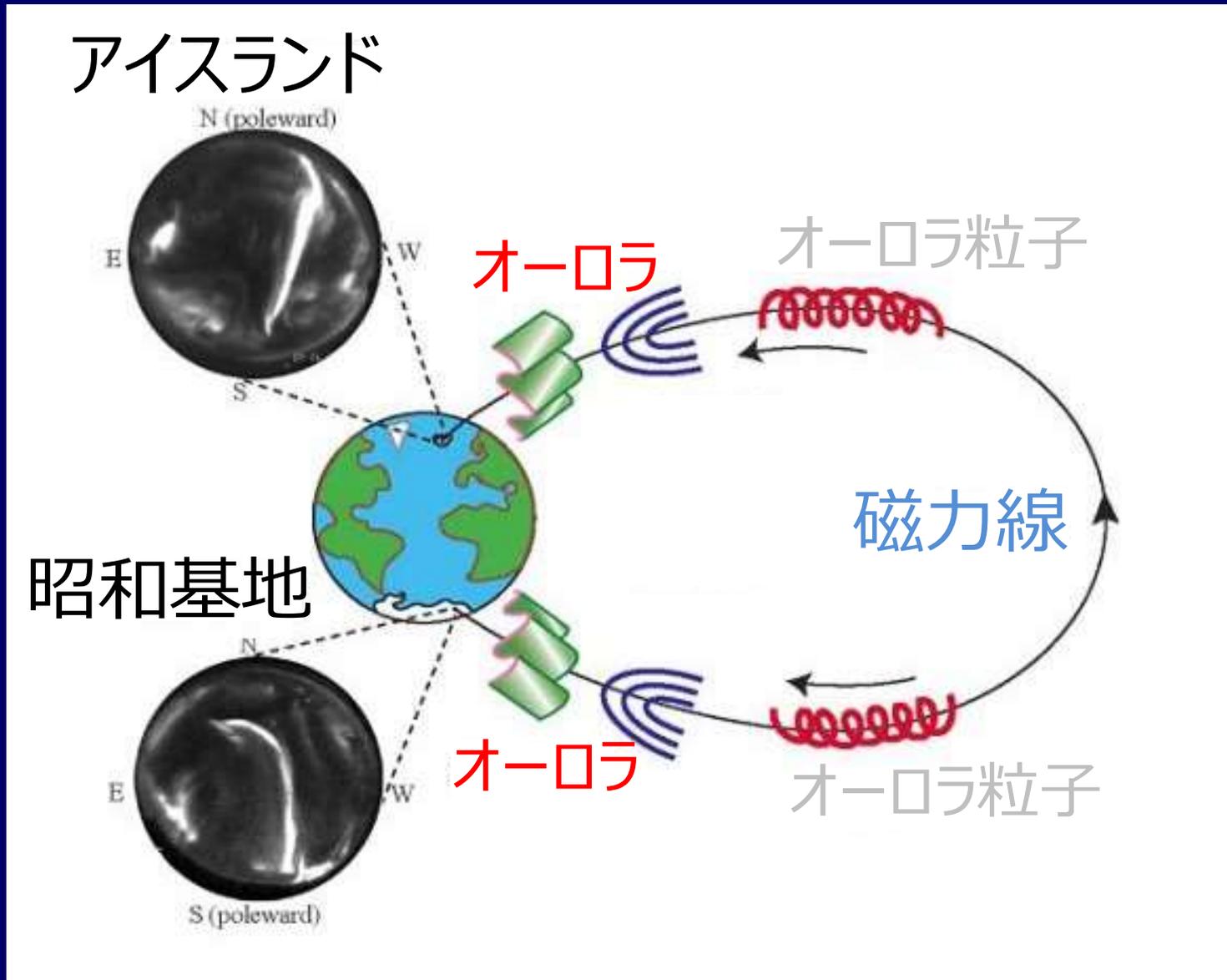
北半球のオーロラ観測点



北米のオーロラ観測点



昭和基地～アイスランド同時観測



昭和基地のオーロラ観測器



アイスランドのオーロラ観測器



オーロラ観測器：全天イメージャ



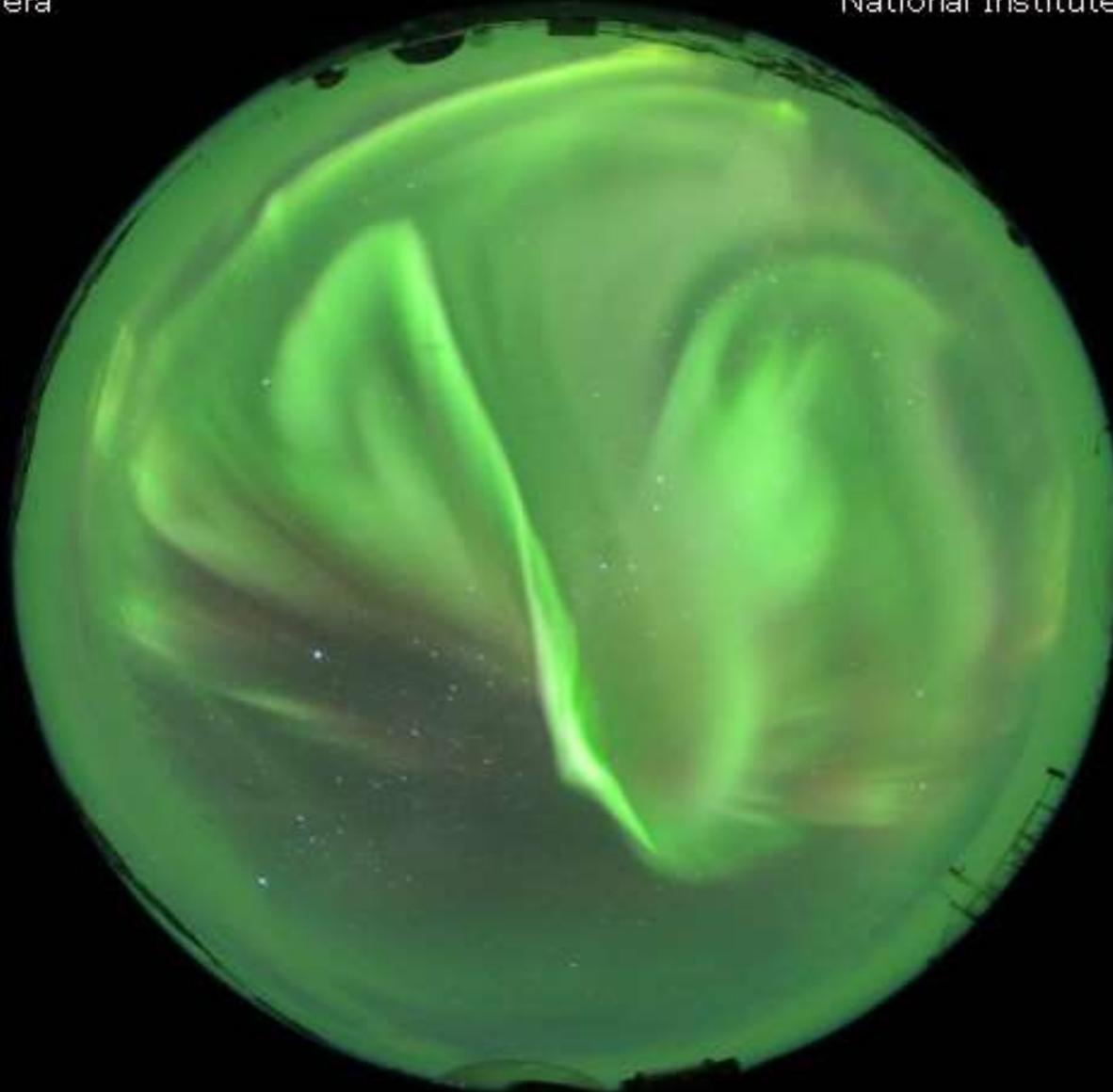
オーロラ観測器：掃天フォトメータ



全天カメラによる観測

Syowa all-sky camera

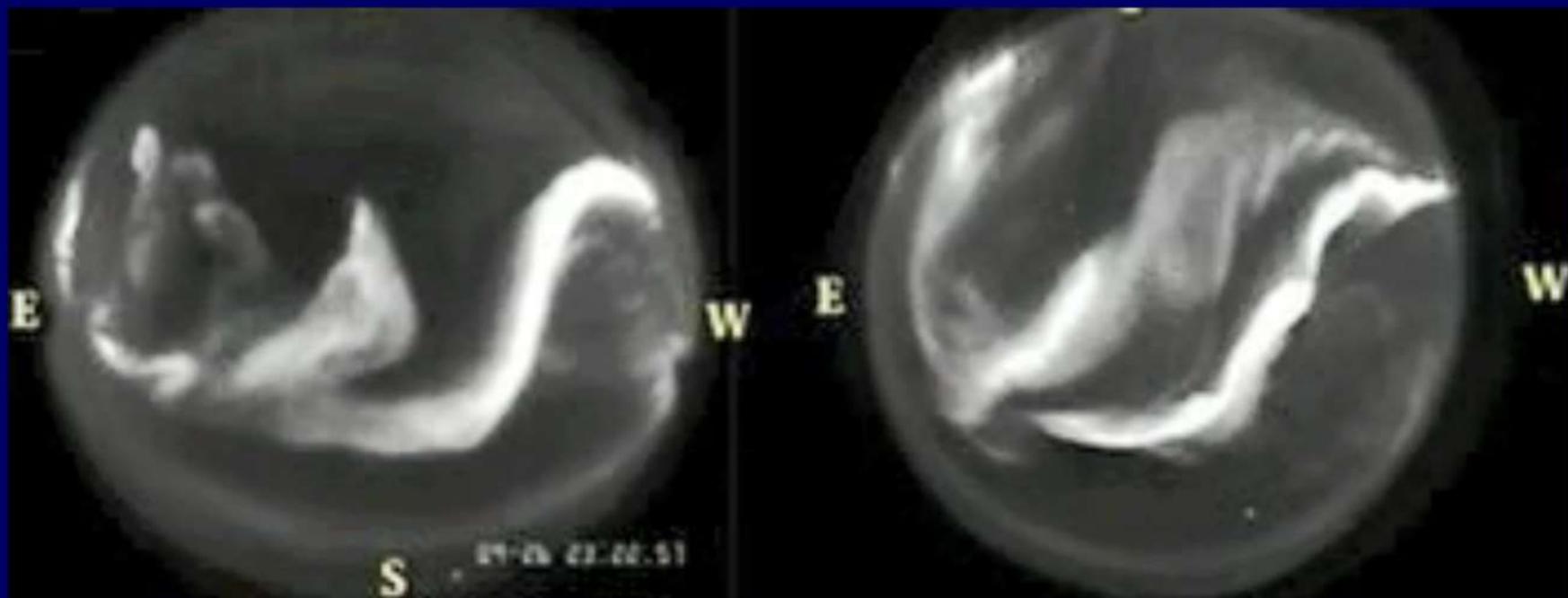
National Institute of Polar Research



2011/05/02
18:43'10" 

昭和基地とアイスランドで 同時に観測されたオーロラ嵐

2003年9月26日



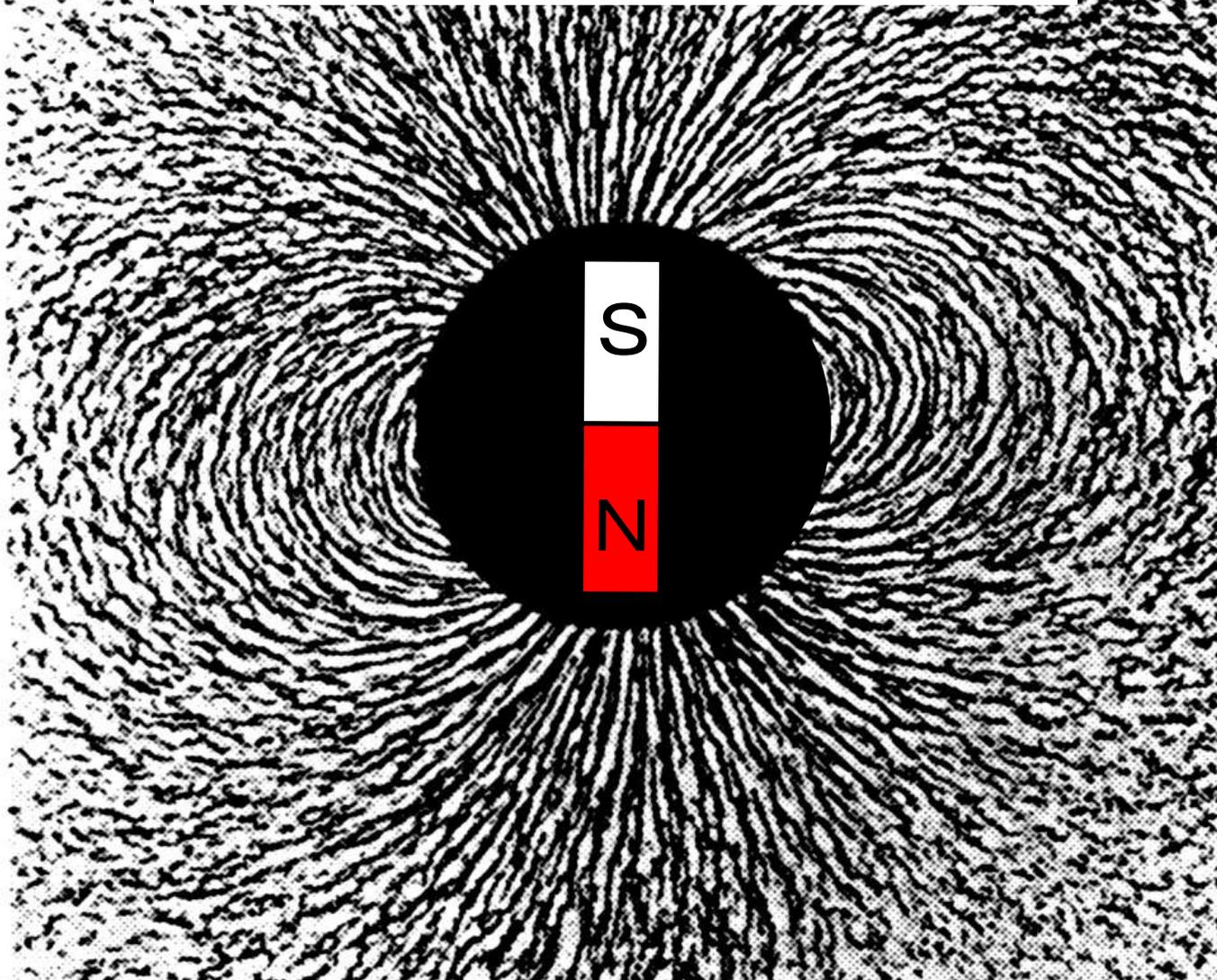
アイスランド

昭和基地

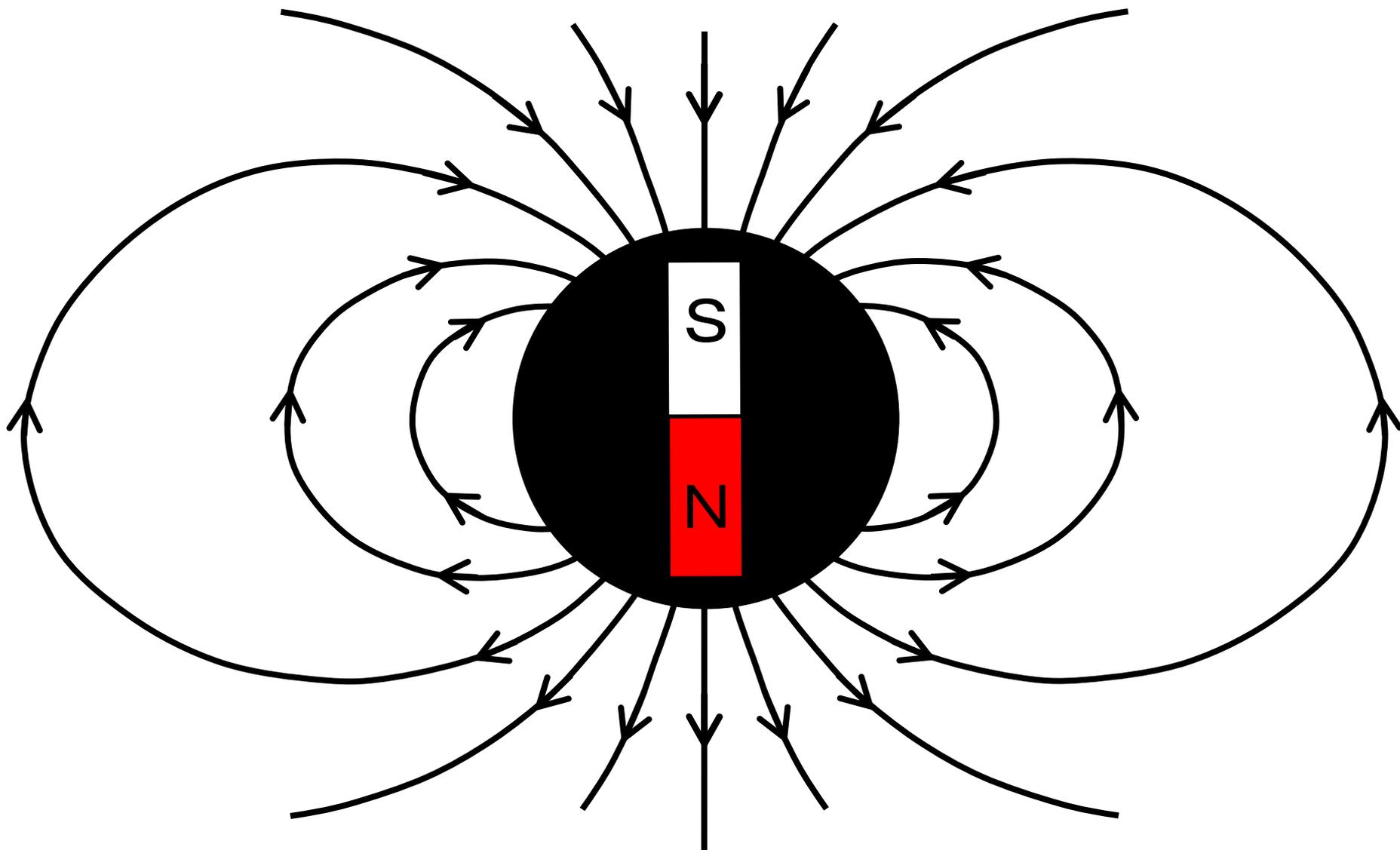
オーロラ粒子はどこから来るのか？



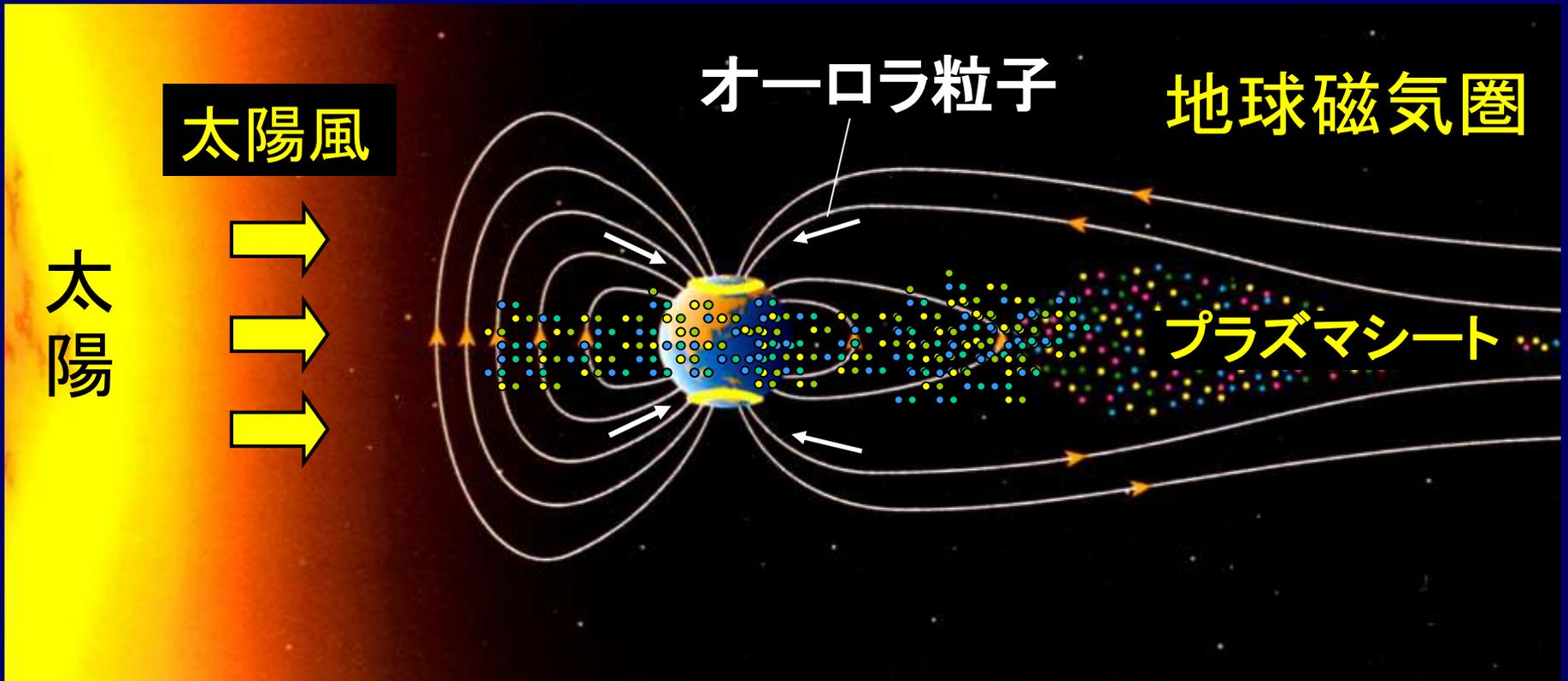
磁場と磁力線



地球のまわりの磁場

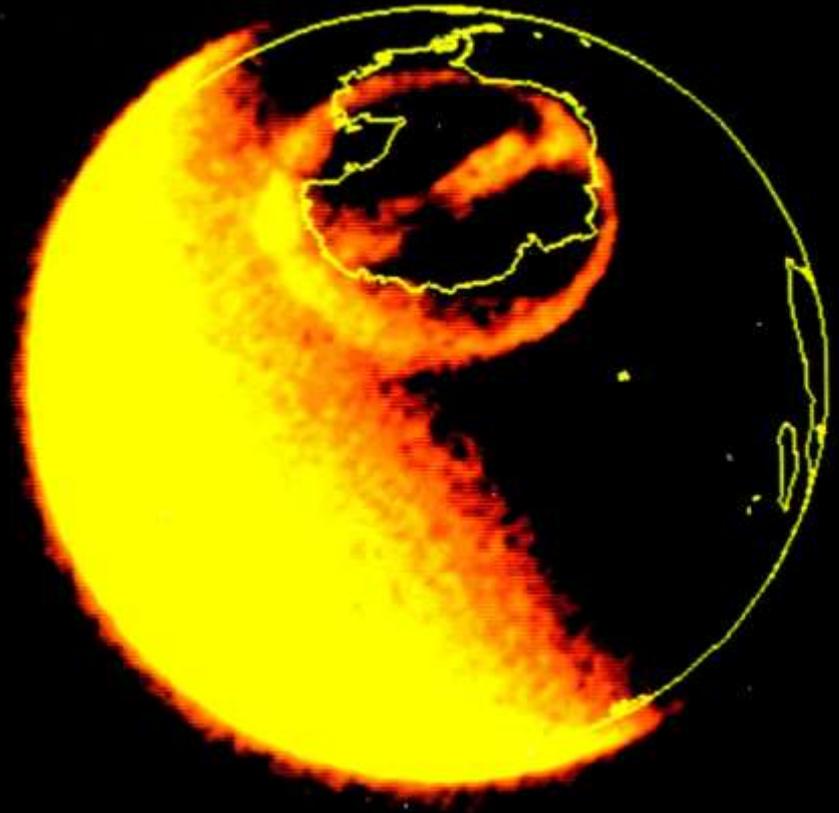
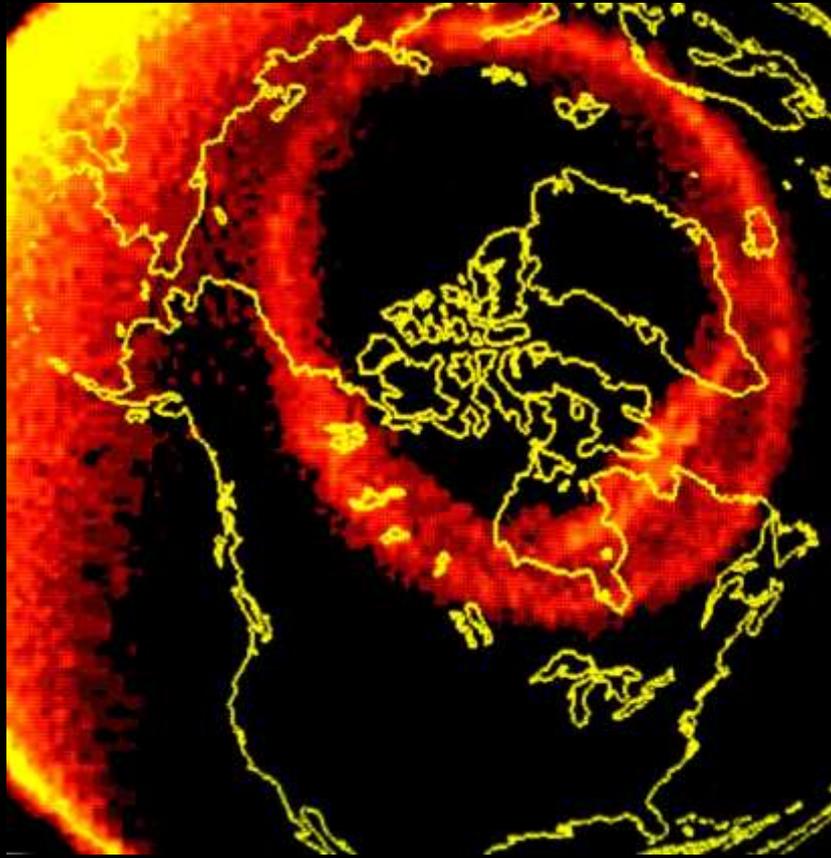


太陽と地球の磁場とオーロラ



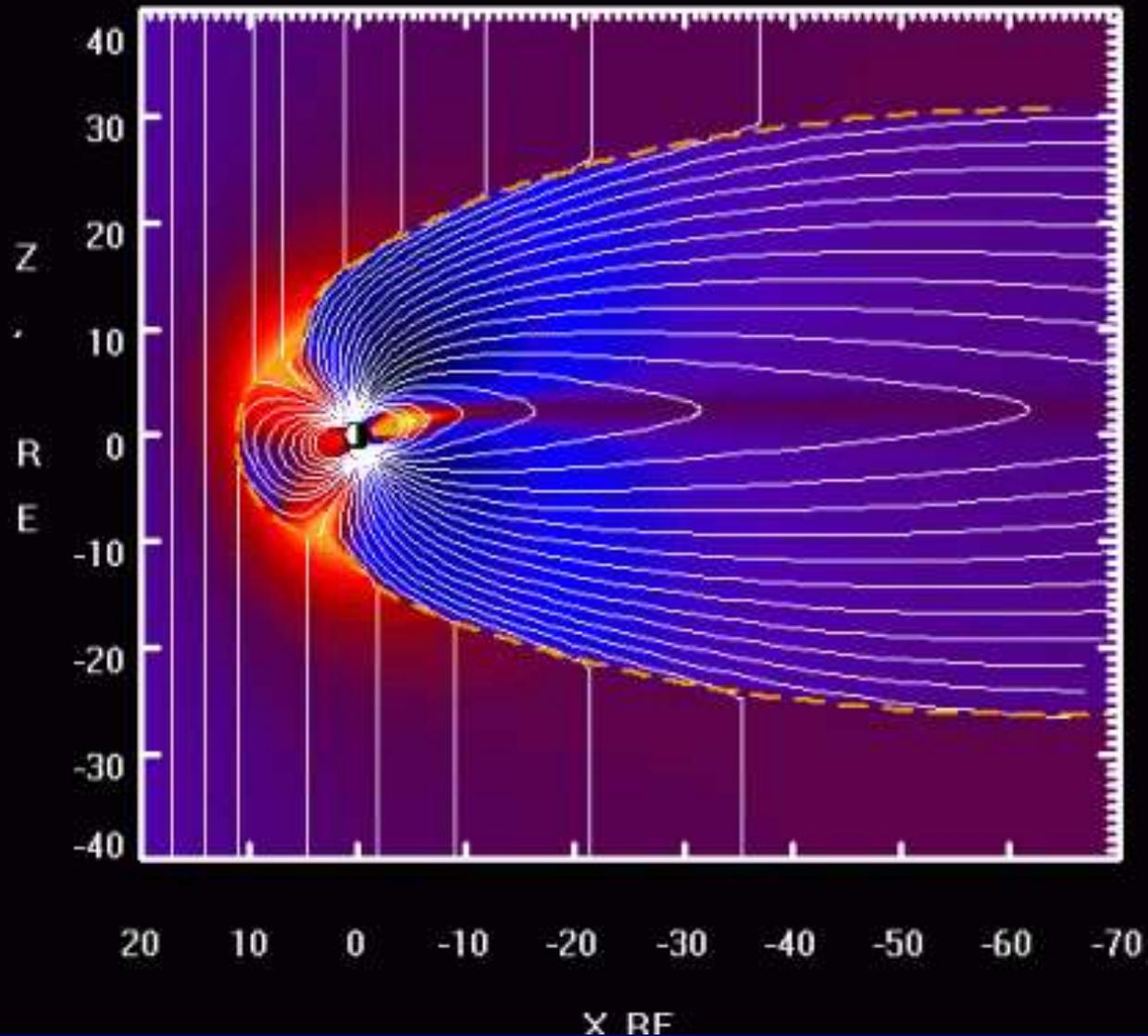
プラズマシートからオーロラ粒子が降ってきて、
オーロラを光らせる

オーロラオーバル：プラズマシートの投影



DE衛星紫外線カメラ

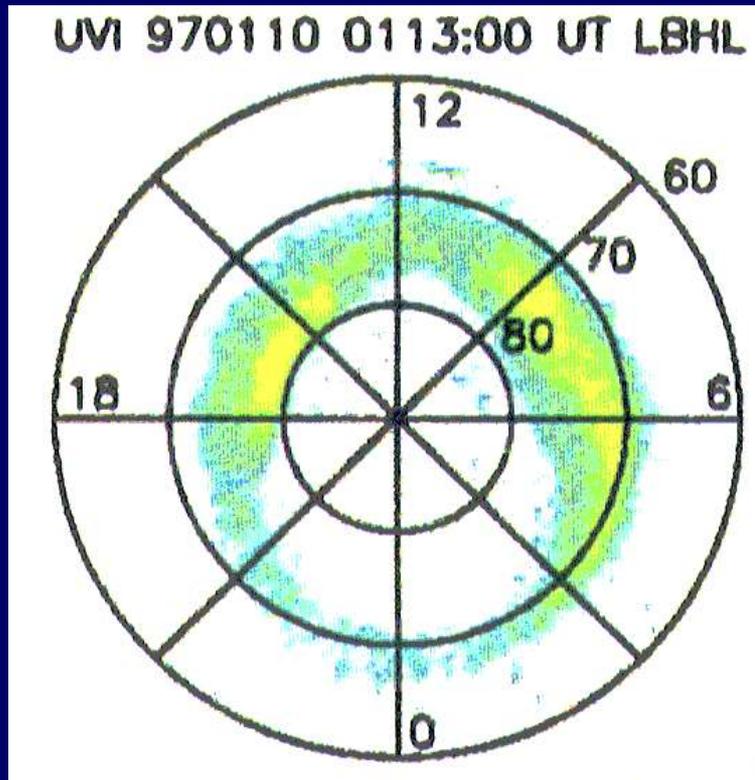
磁気圏の形(モデル計算)



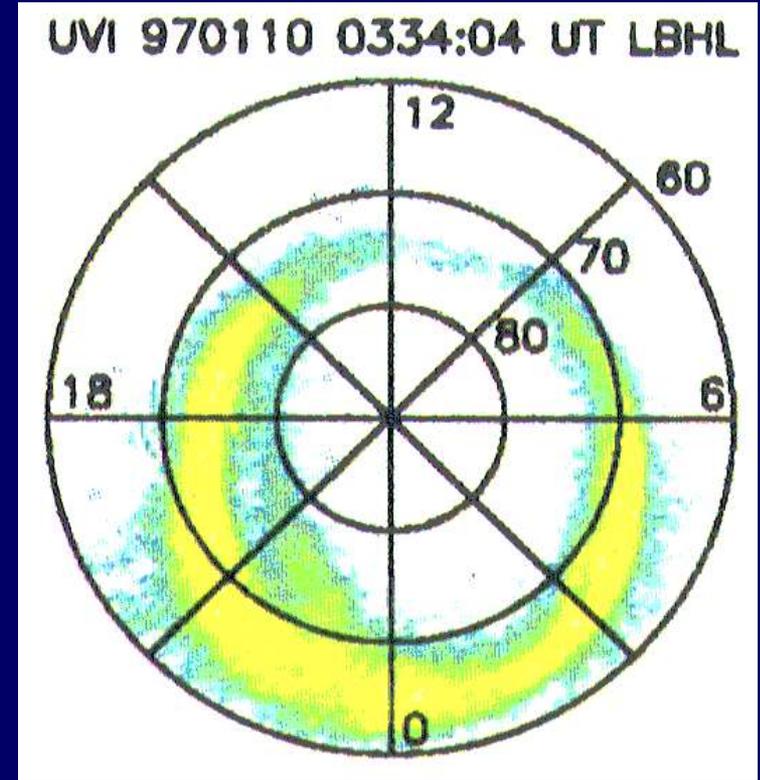
オーロラオーバルは変化する

オーロラ嵐の発達（成長相）

オーロラオーバルが低緯度へ広がる

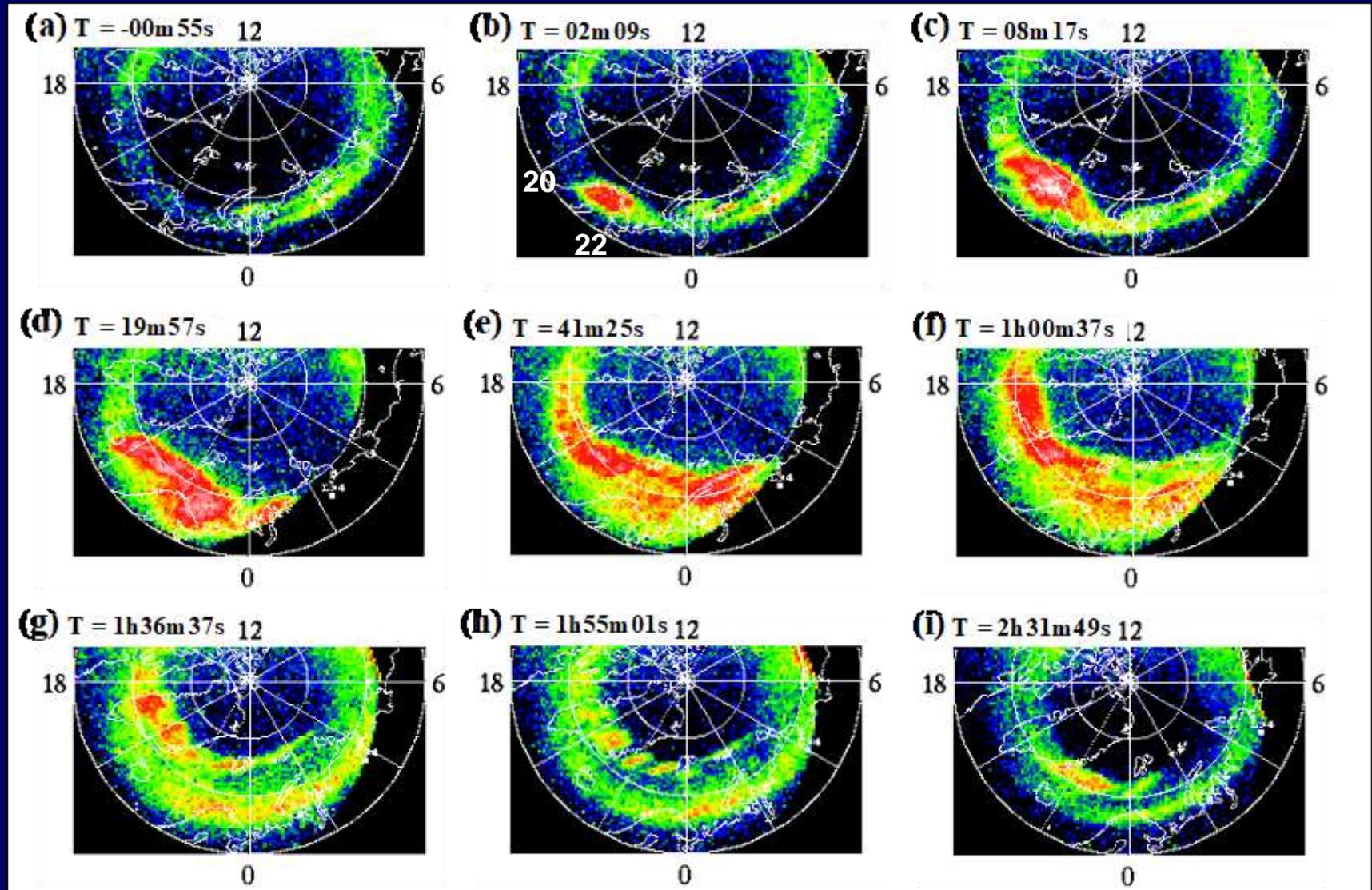


2時間
20分後

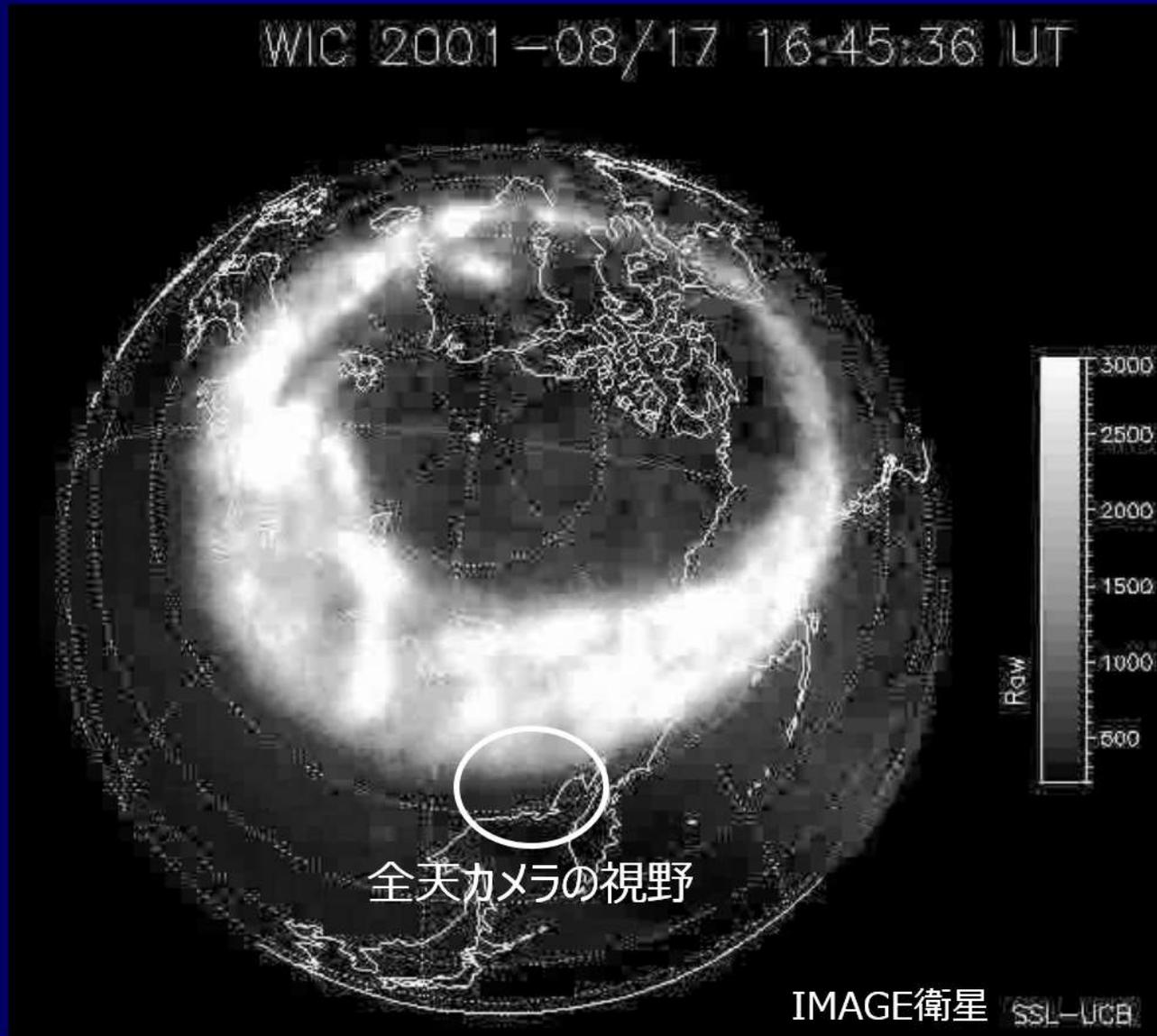


オーロラ嵐の発達 (爆発相から回復相)

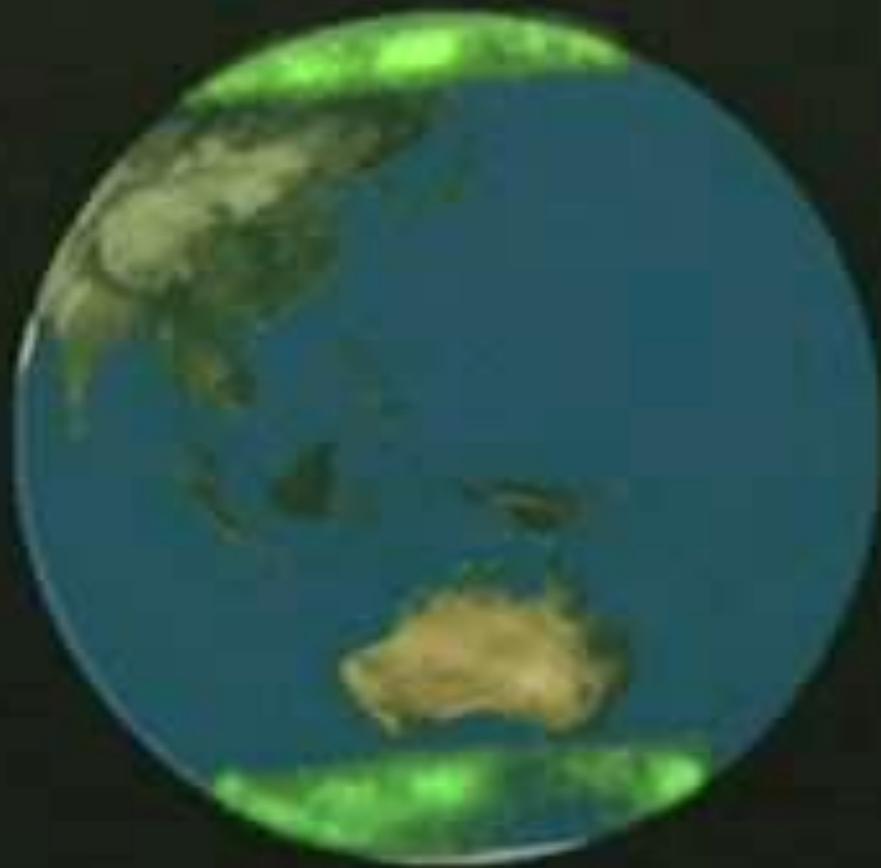
オーロラ爆発は、地磁気時間の23時頃起こりやすい



人工衛星から見たオーロラ嵐



南北同時オ一口ラ変動



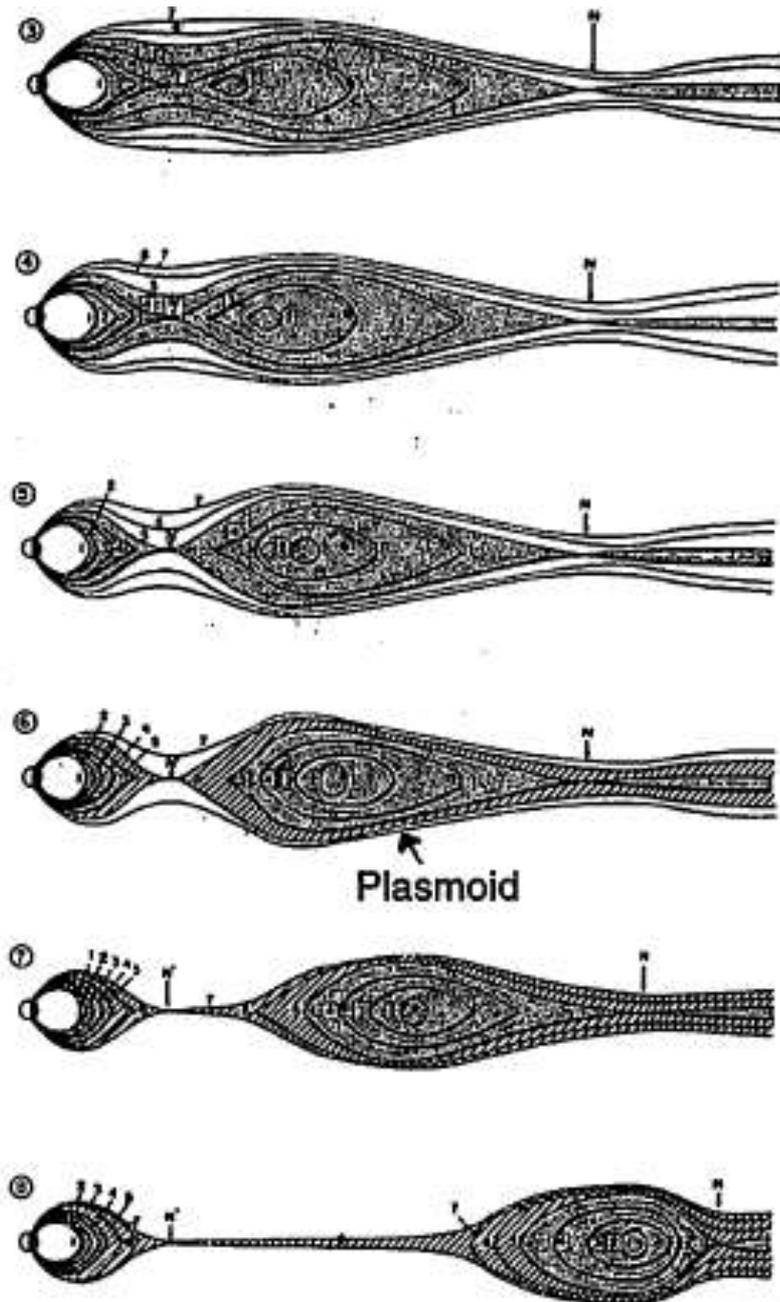
POLAR衛星

オーロラ嵐 (サブストーム)

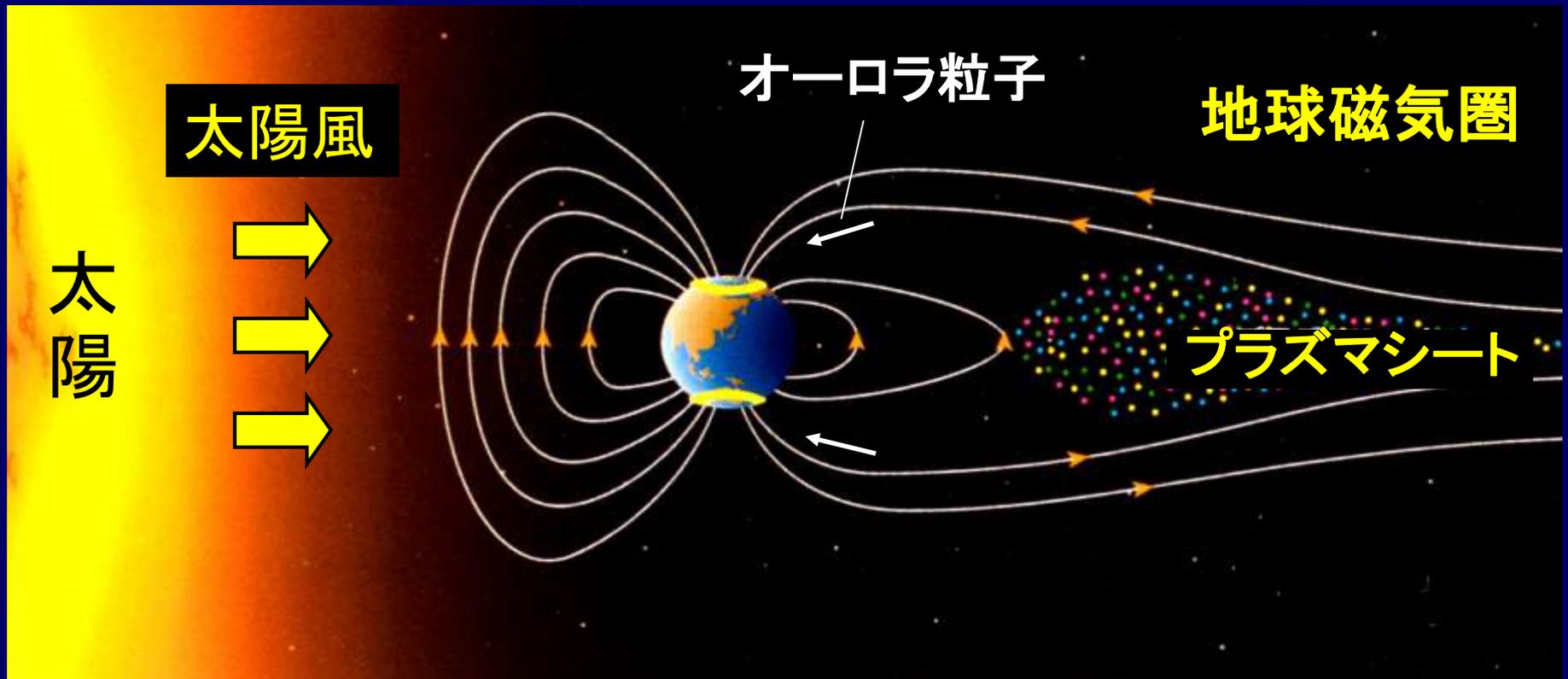
オーロラ研究の 最大の謎

オーロラ嵐が起きる時は、磁気圏の中でも激しい変化が起こっている。

プラズマシートが
引きちぎれる

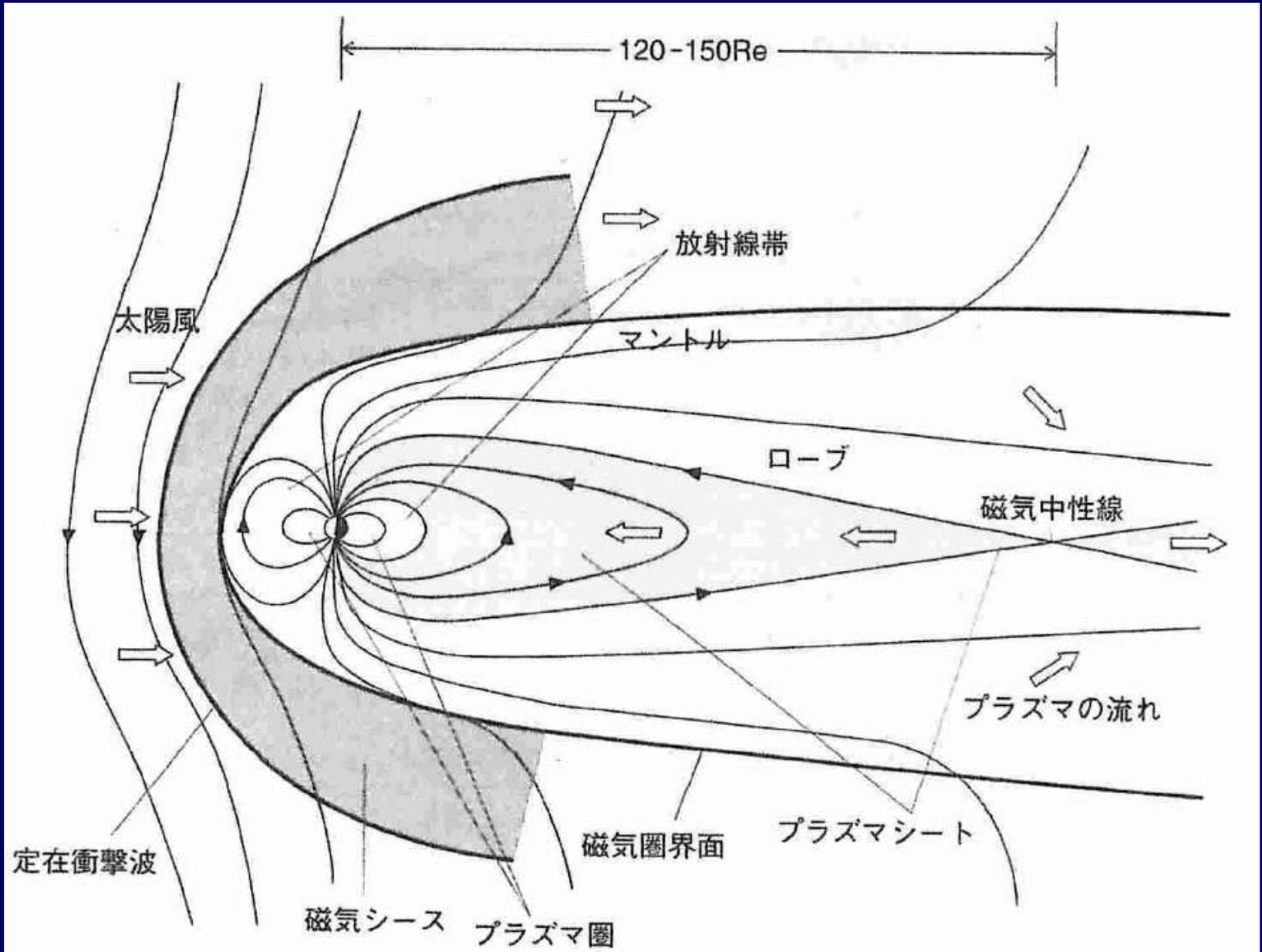


オーロラは、 磁気圏の状態を映し出す鏡

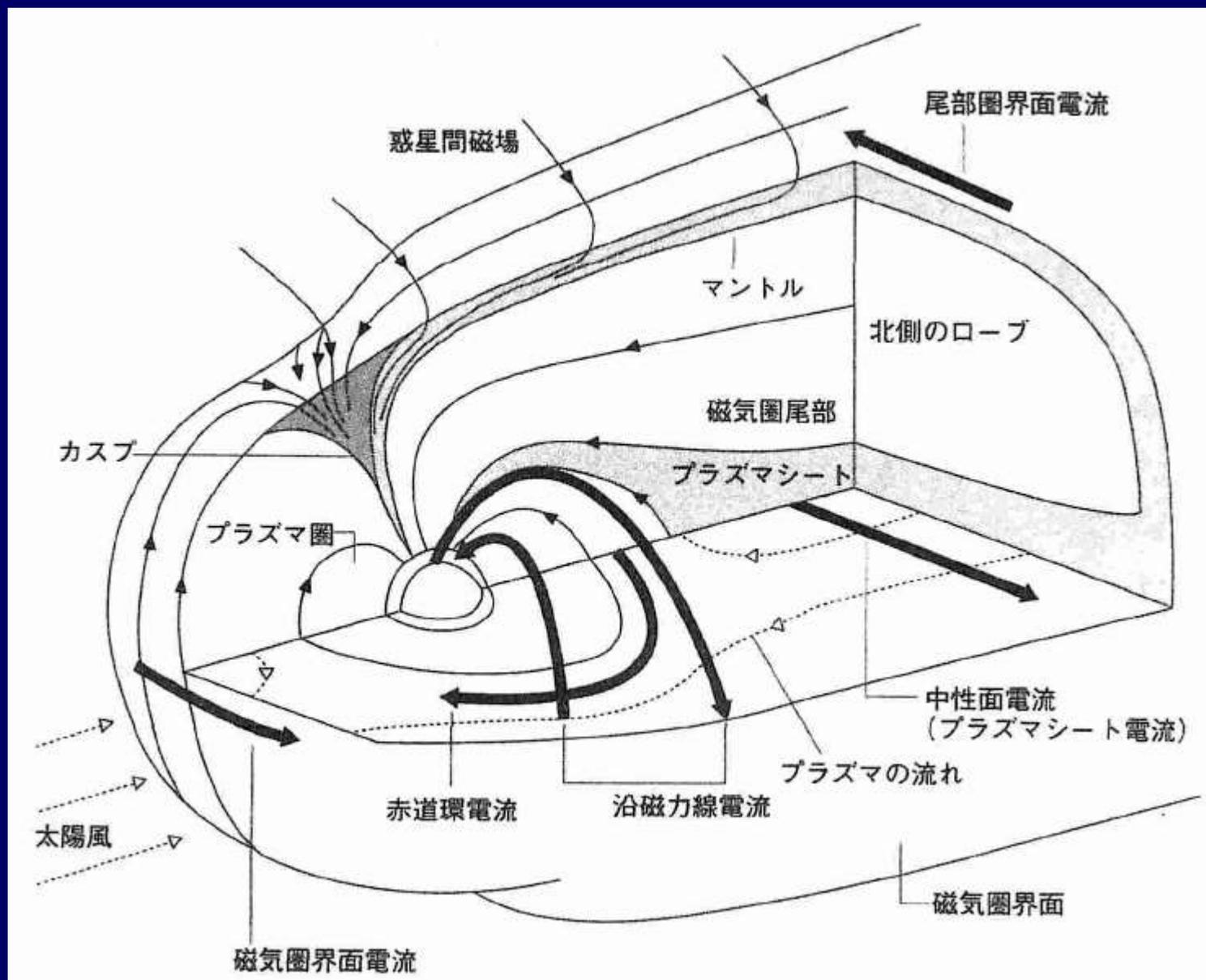


オーロラを通して、地球のまわりの環境の
変化を知ることが出来る

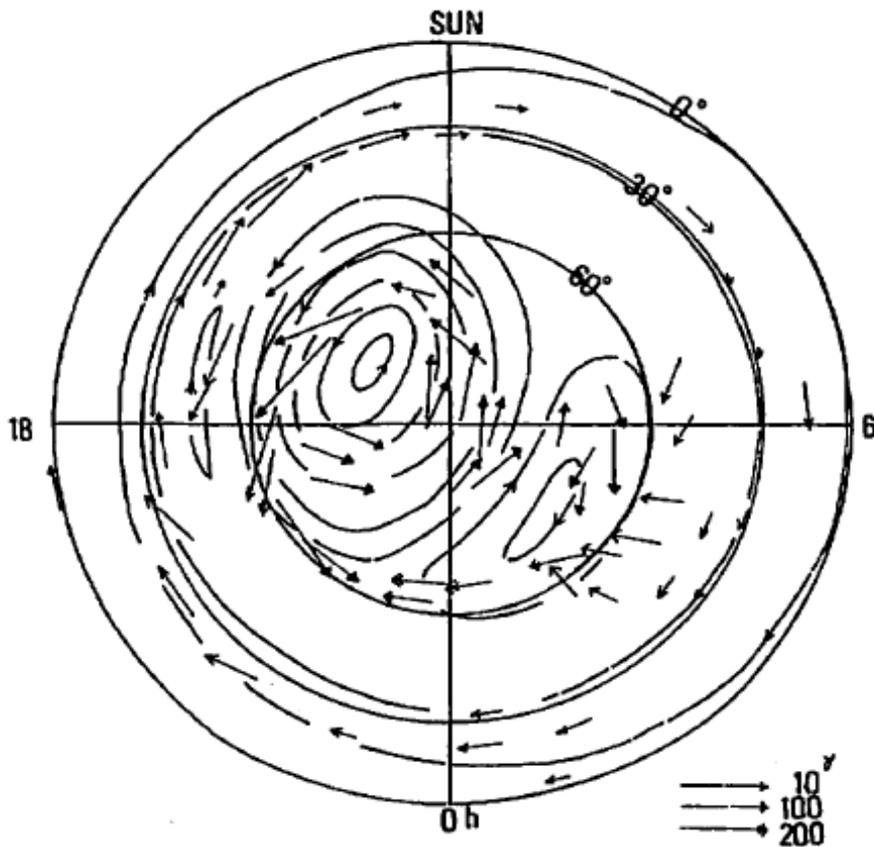
磁気圏内の領域



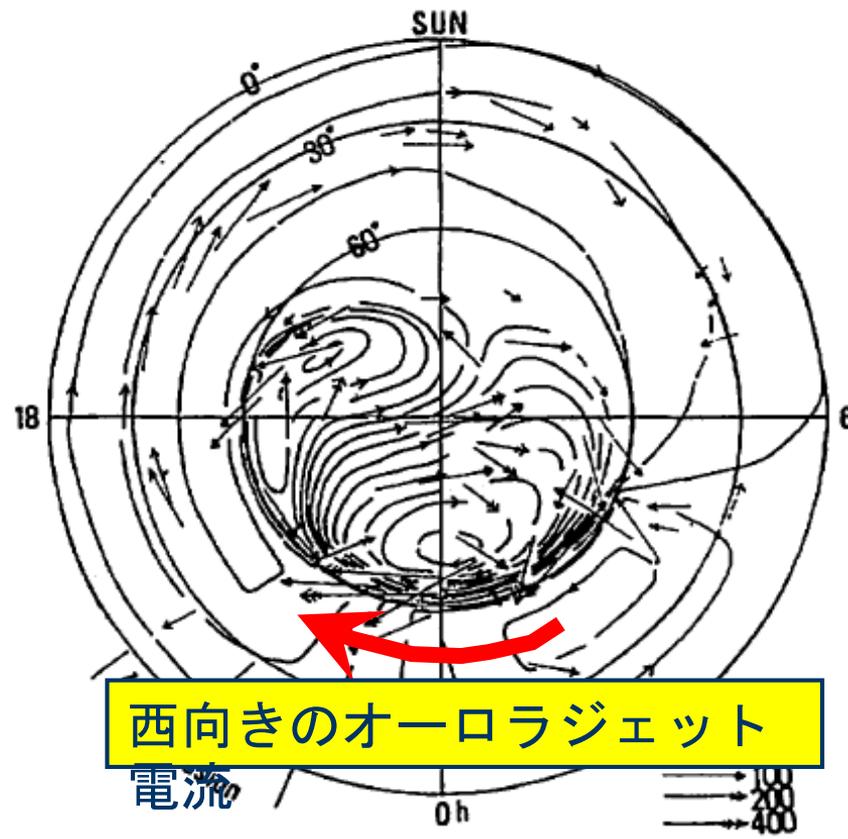
磁気圏内の電流系



オーロラ嵐の時に上空に流れる電流



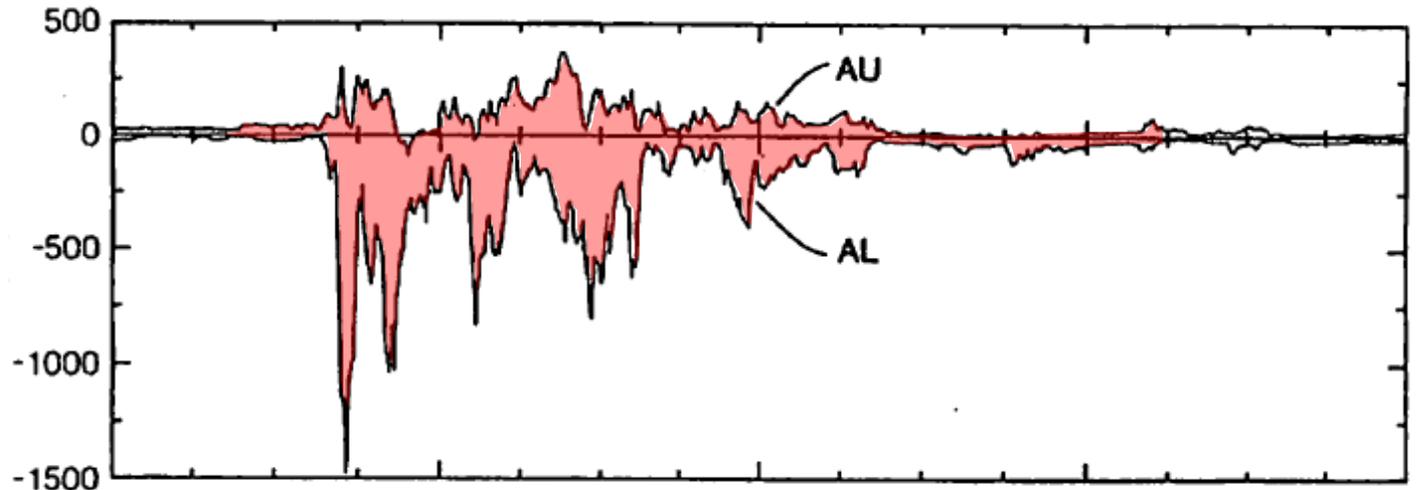
オーロラが静かな時



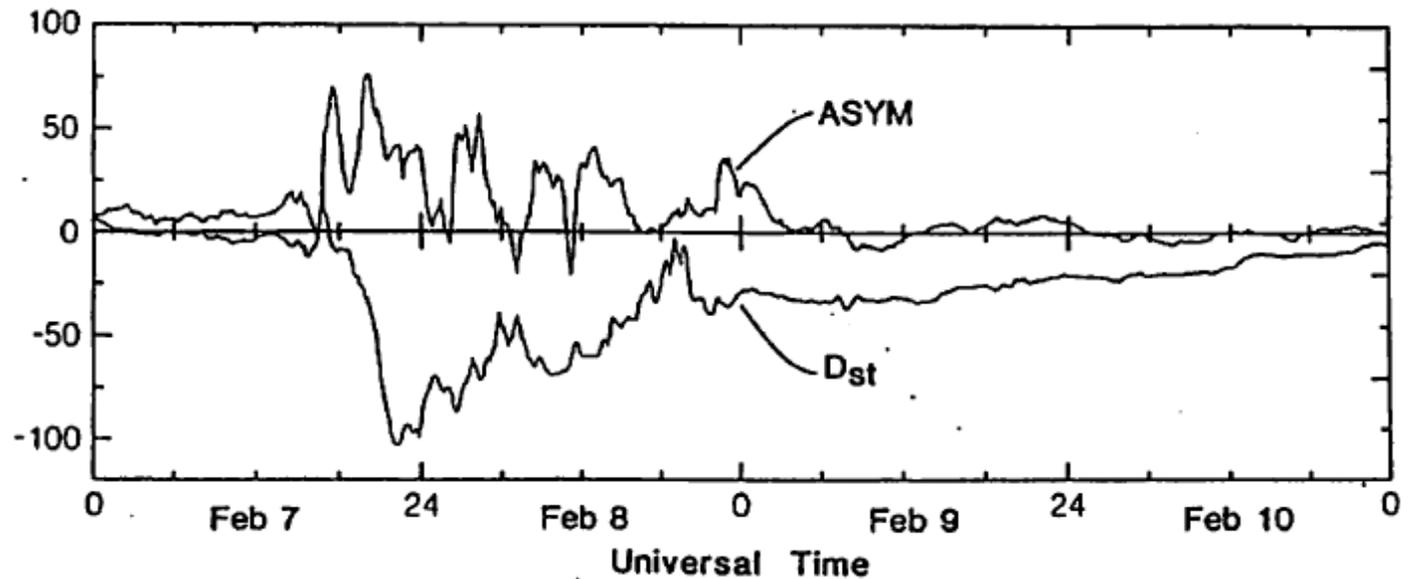
オーロラが活発な時

オーロラ嵐の時の地上磁場変化

オーロラ帯
の磁場変動
北向き成分
(nT)



中緯度
の磁場変動
北向き成分
(nT)



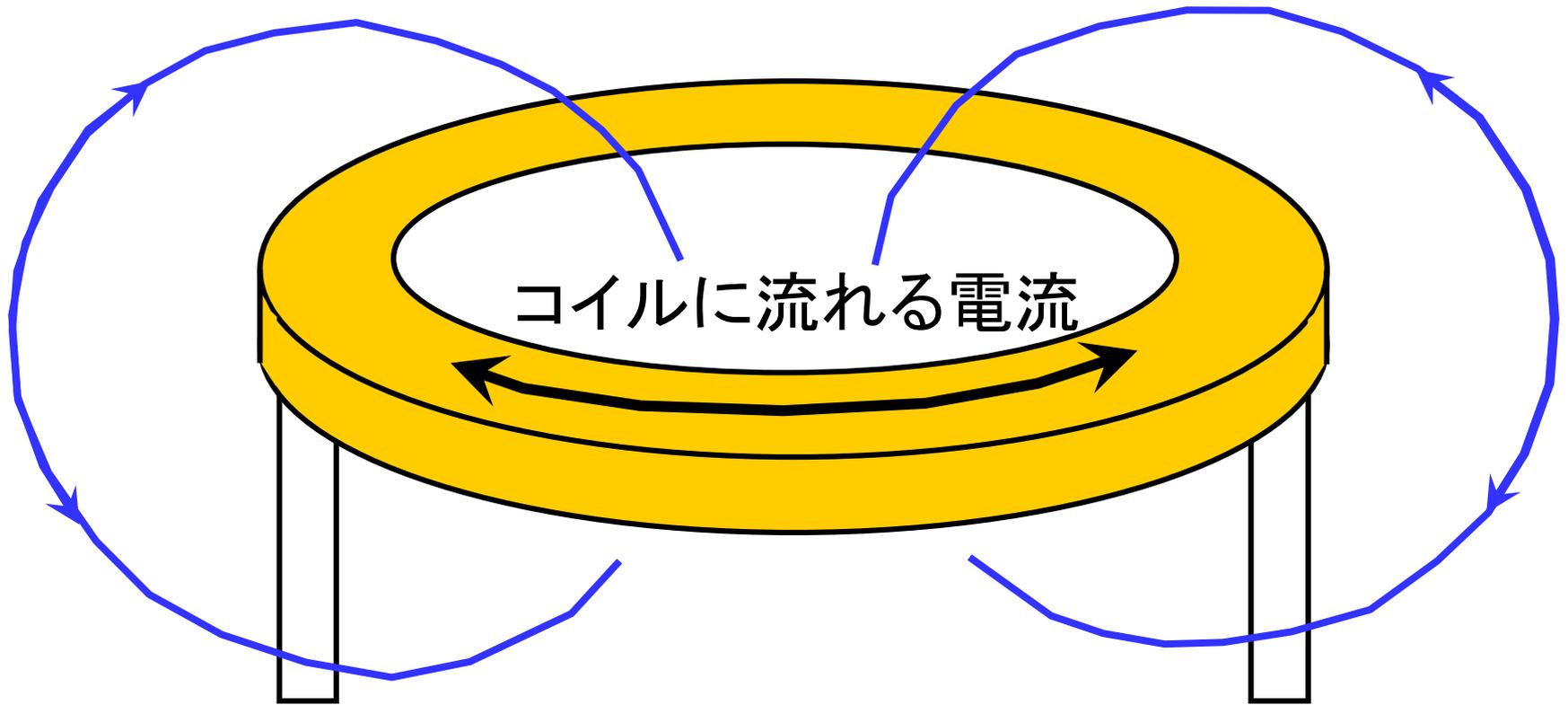
オーロラ嵐による磁場変動の被害



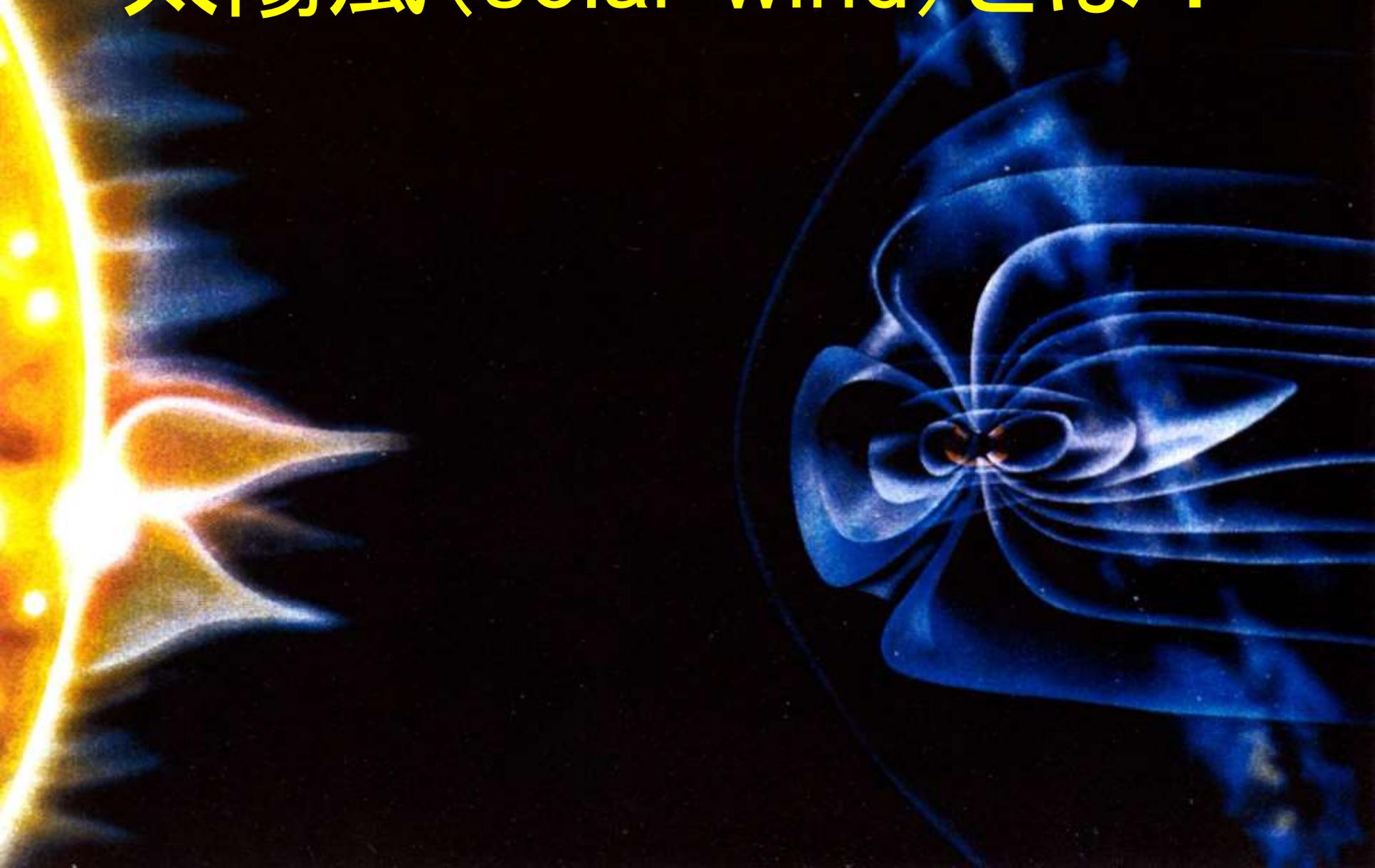
誘導電流による、アラスカ縦断石油パイプライン
の腐食・破壊

オーロラジェット電流と地上磁場変動模擬装置

コイルの周りに電流が作る磁場



太陽風 (solar wind) とは？



太陽風 (solar wind)

太陽のコロナ(高温ガス)が外側に流れ出したもの

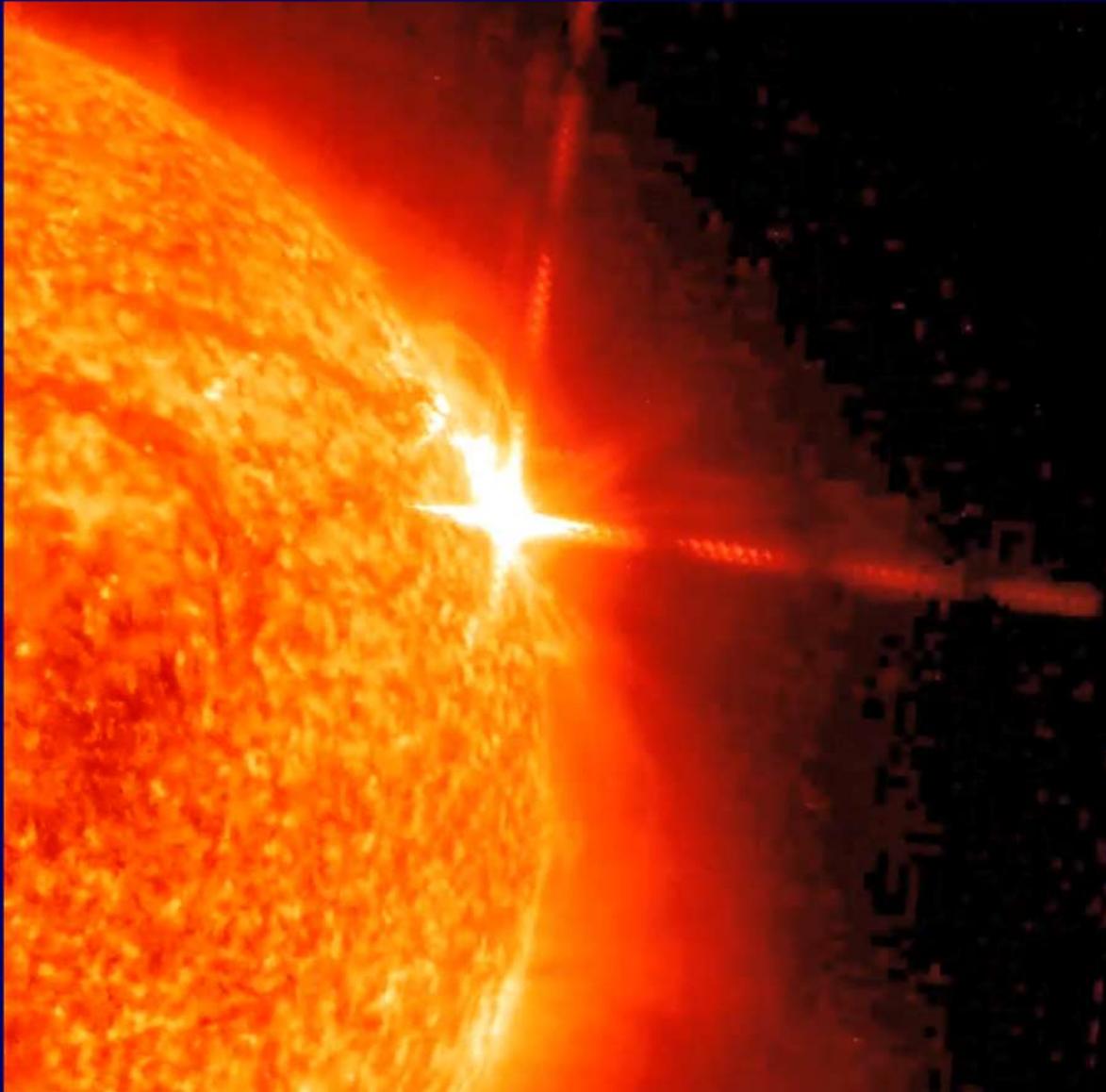
主成分: 水素ガスが完全に電離したプラズマ

陽子(H^+)、電子

日蝕の時のコロナ

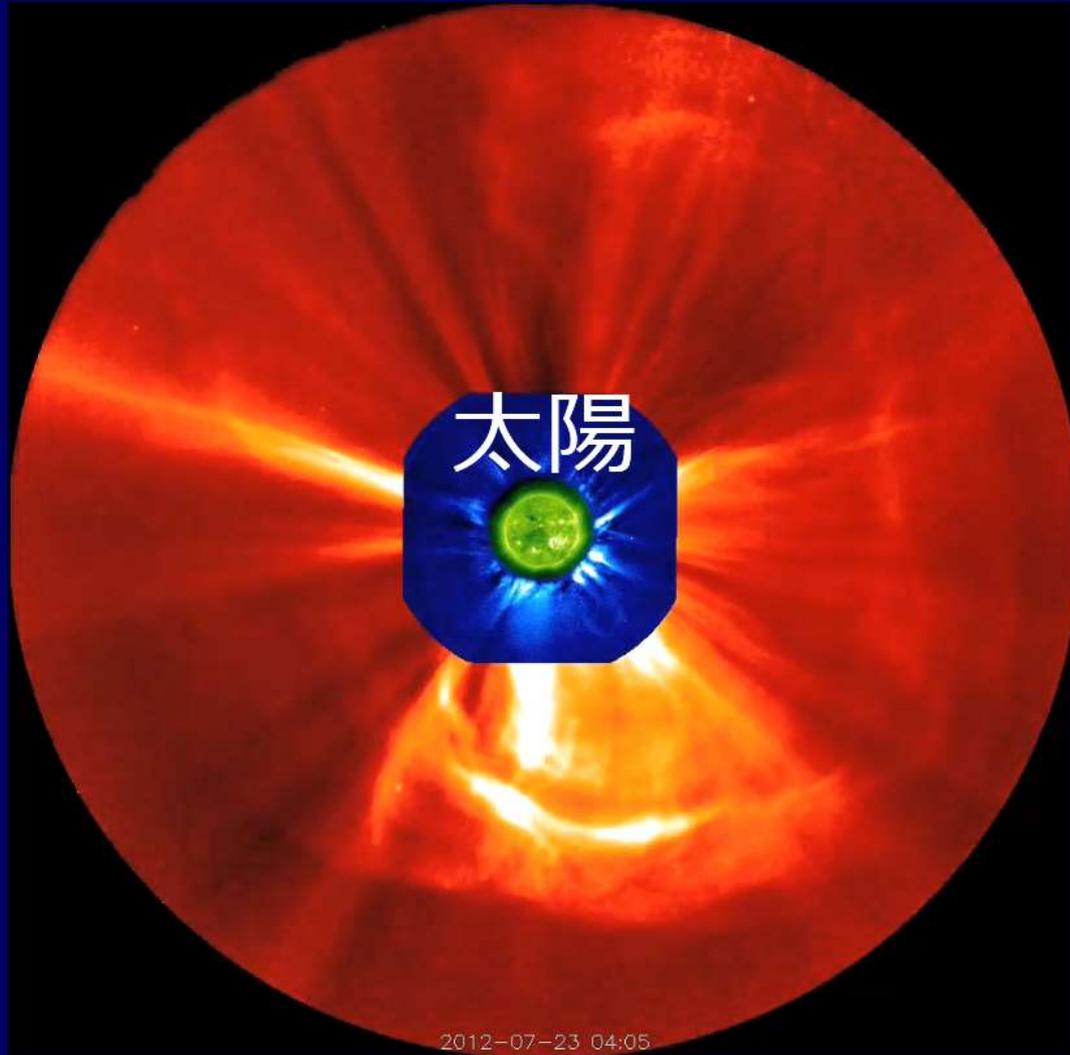


太陽フレアー Solar Flare



STEREO衛星

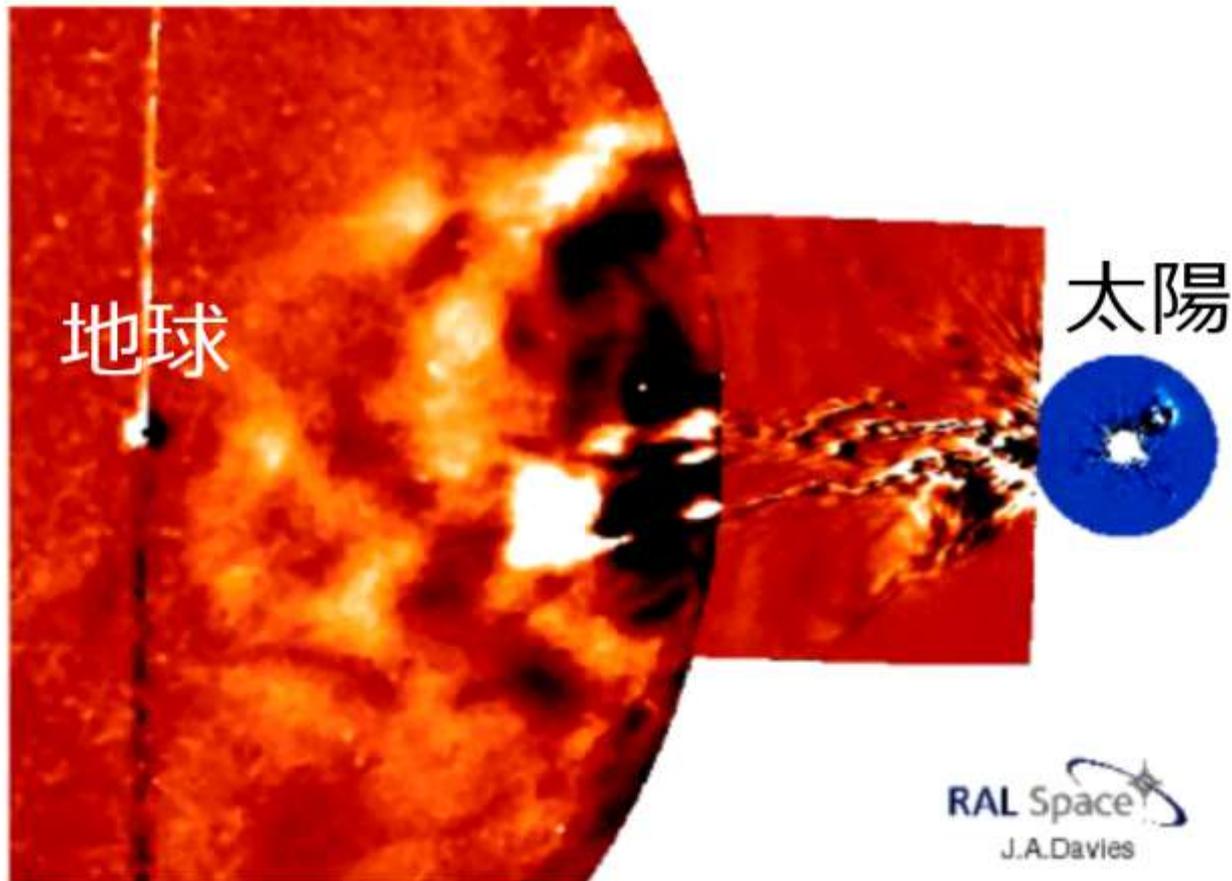
フレアで太陽から放出されるコロナ Coronal Mass Ejection



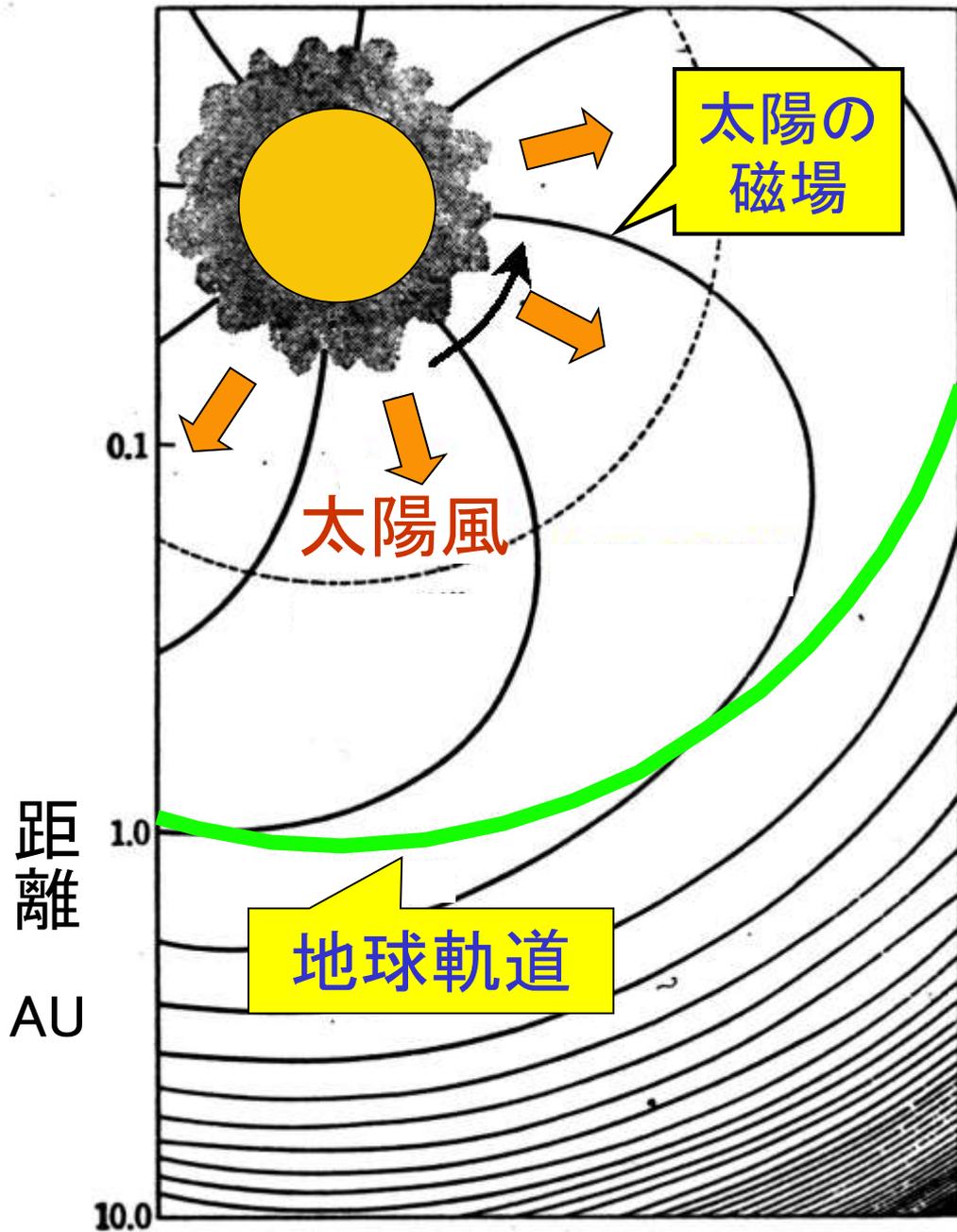
太陽コロナ放出 Coronal Mass Ejection

放出されたコロナが地球をおそう

STEREO-A/SECCHI
2011-06-08 13:30UT



RAL Space
J.A.Davies



太陽風は太陽の磁場を外側に引き出す

地球の近くでは:

風速: 400~500 km/s

密度: 2~5 個/cm³

温度: 10万度

磁場: 2~5 nT

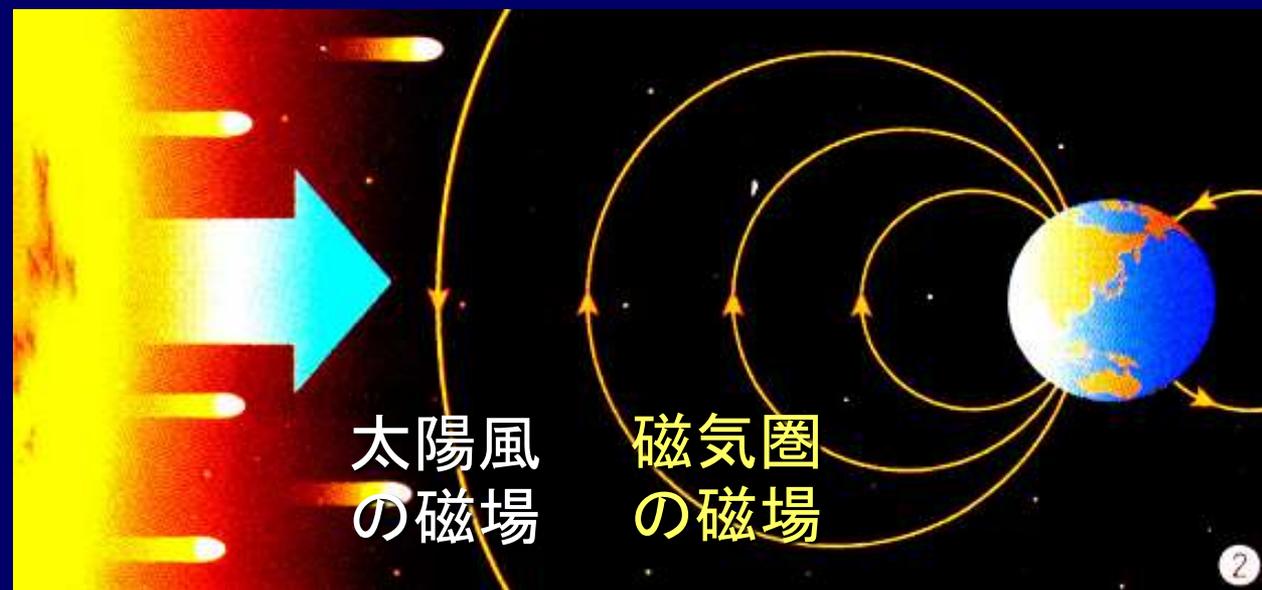
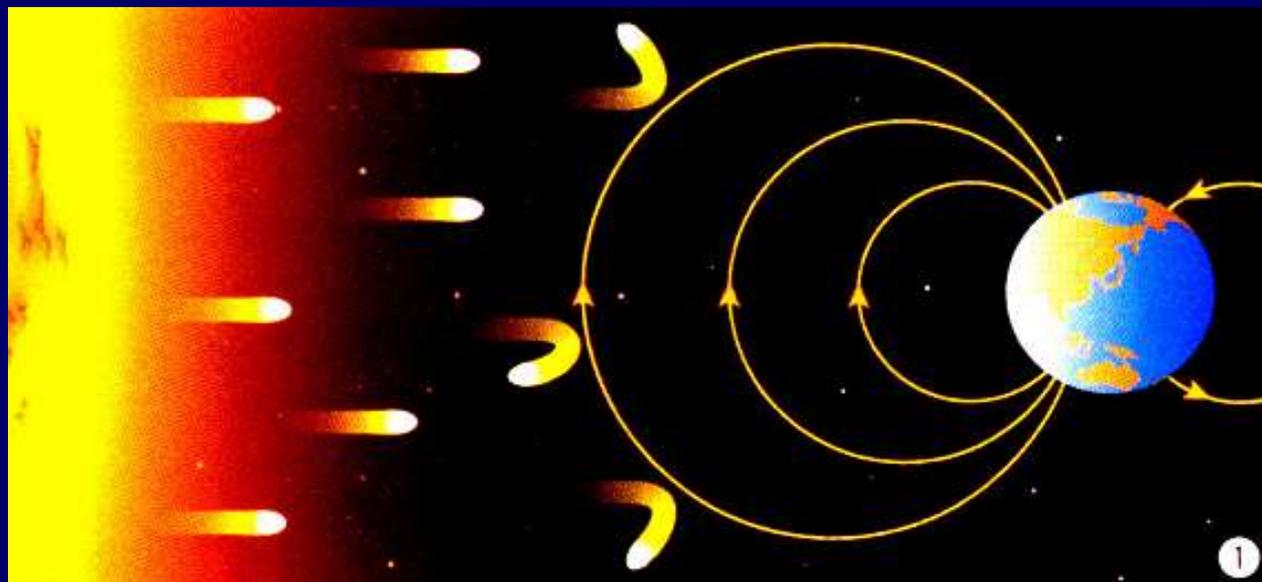
(地上の磁場の1/10000)

太陽風の磁場が重要

太陽風の磁場
がないと...

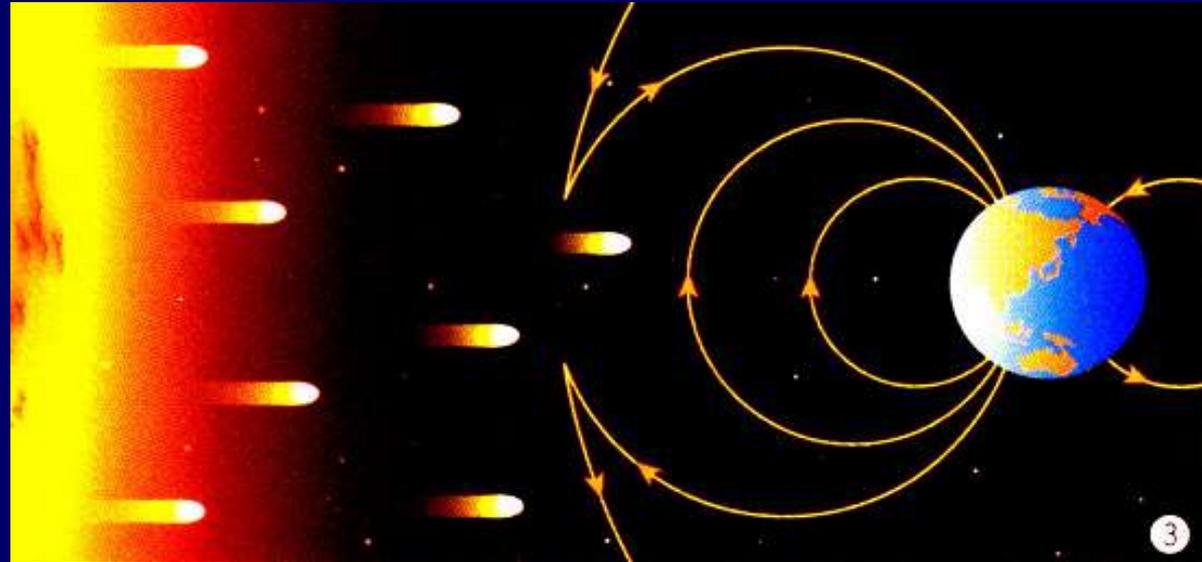
太陽風のプラ
ズマは地球の
磁場の中に入
れない

もし、太陽風
の磁場が南を
向いている
と...



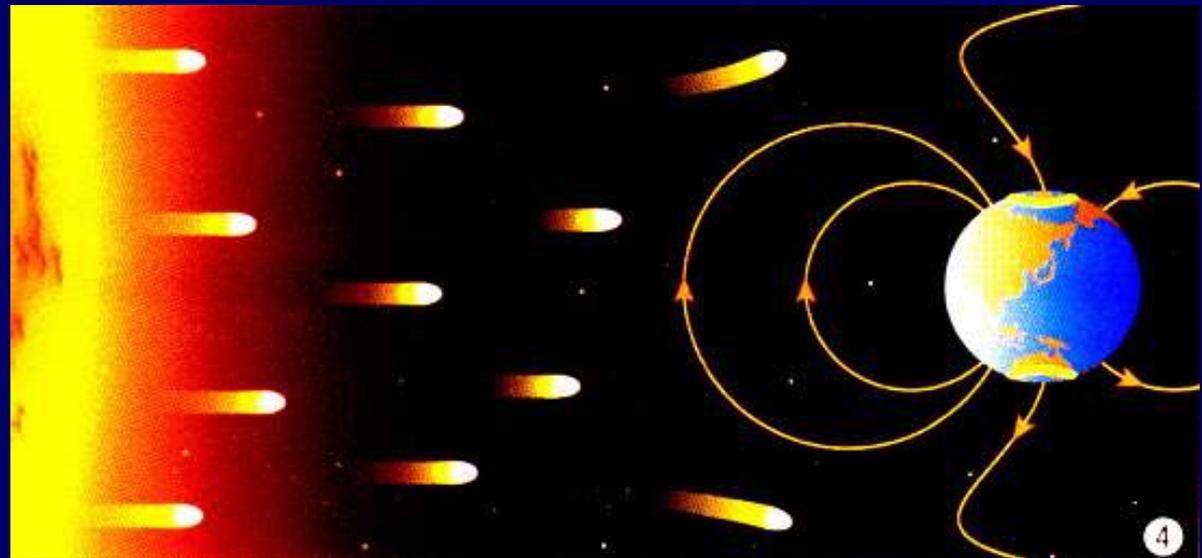
太陽風の磁場が南向きになると

太陽風の磁場と地球の磁場が
つなぎ換わり...

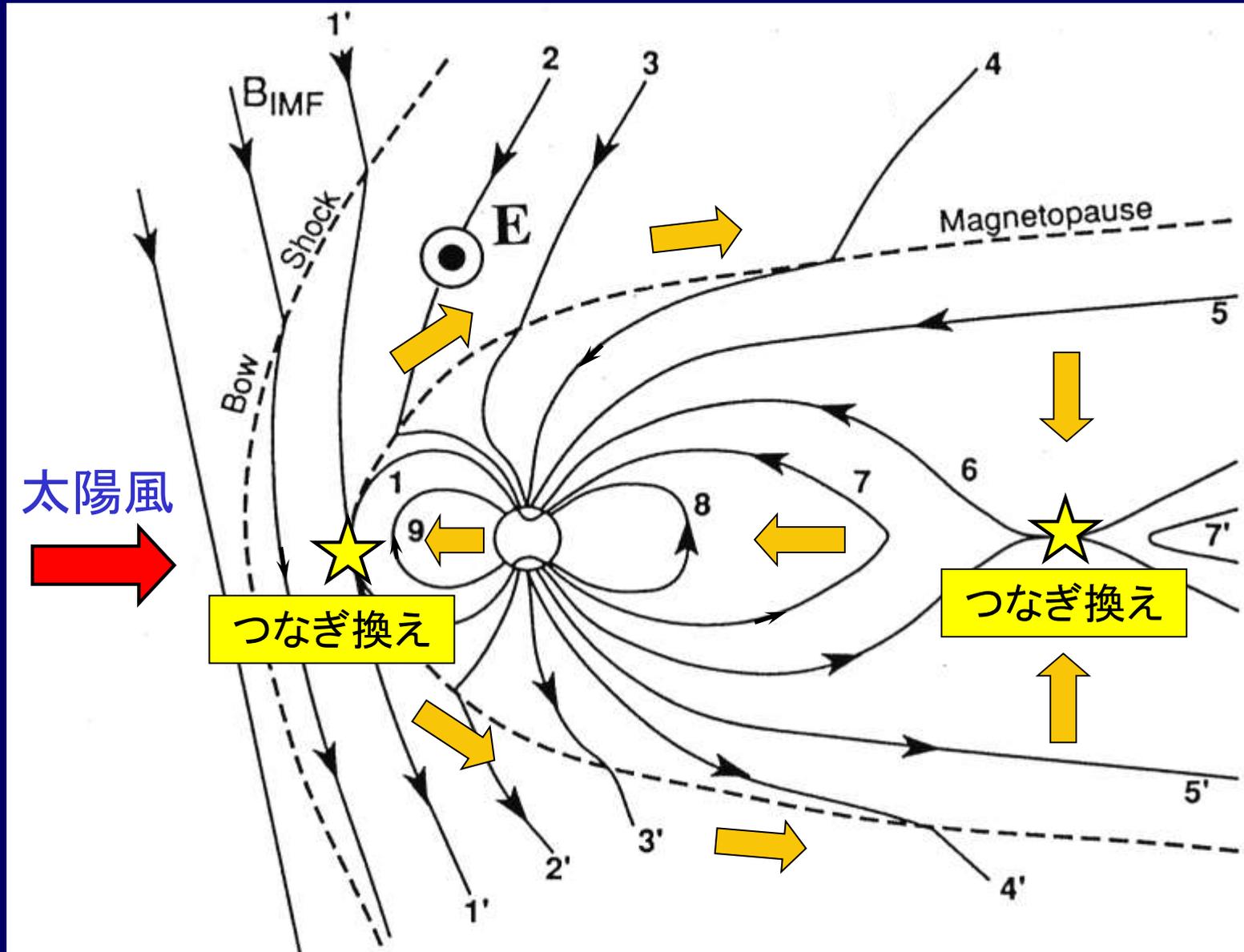


地球の磁場は夜側に
剥ぎ取られてゆき

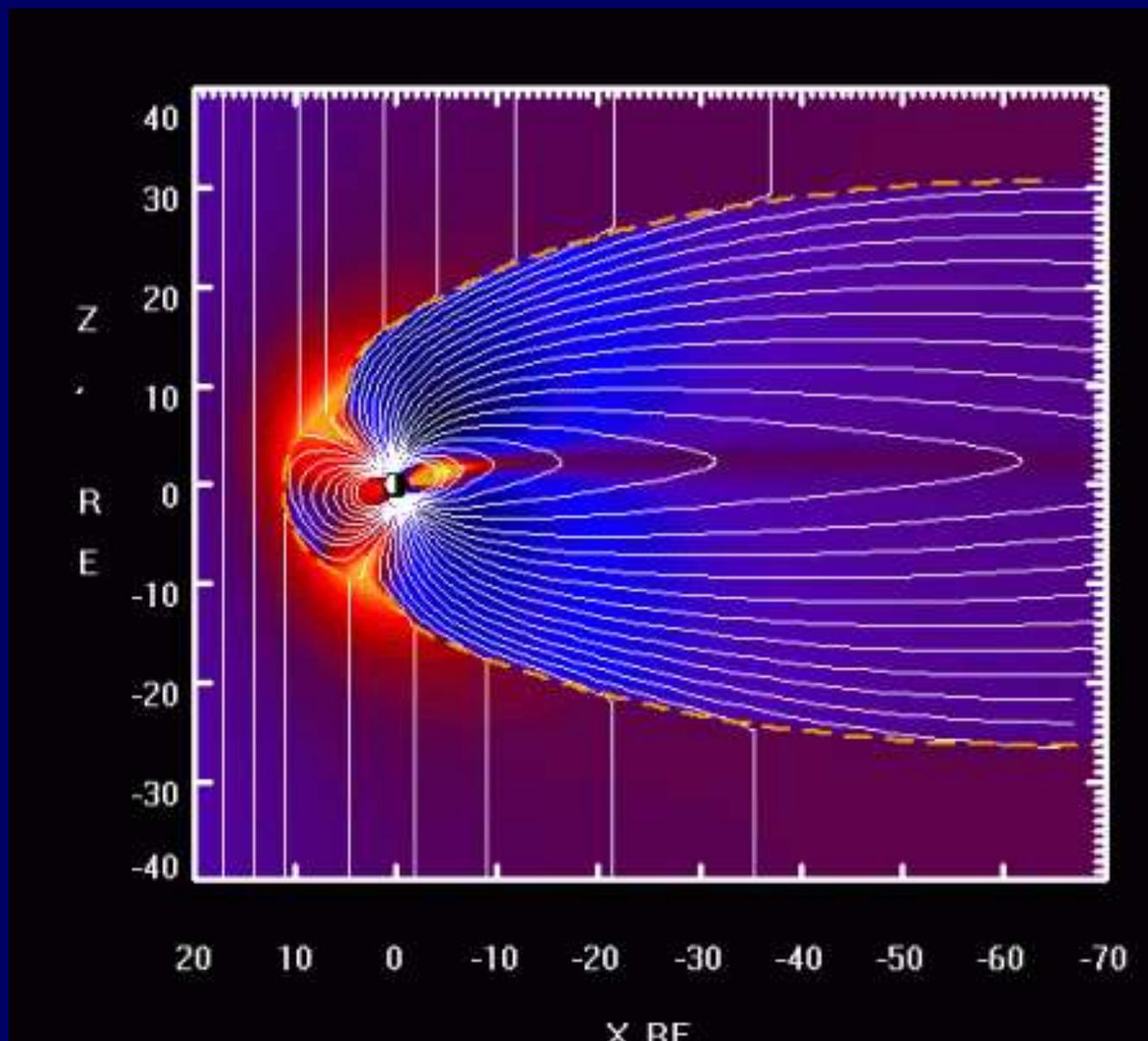
太陽風のプラズマは
夜側から、磁気圏の
中に入って来る。



つながり換わった磁力線の動き(磁気圏対流)



つなぎ換わった磁力線の動き(モデル計算)

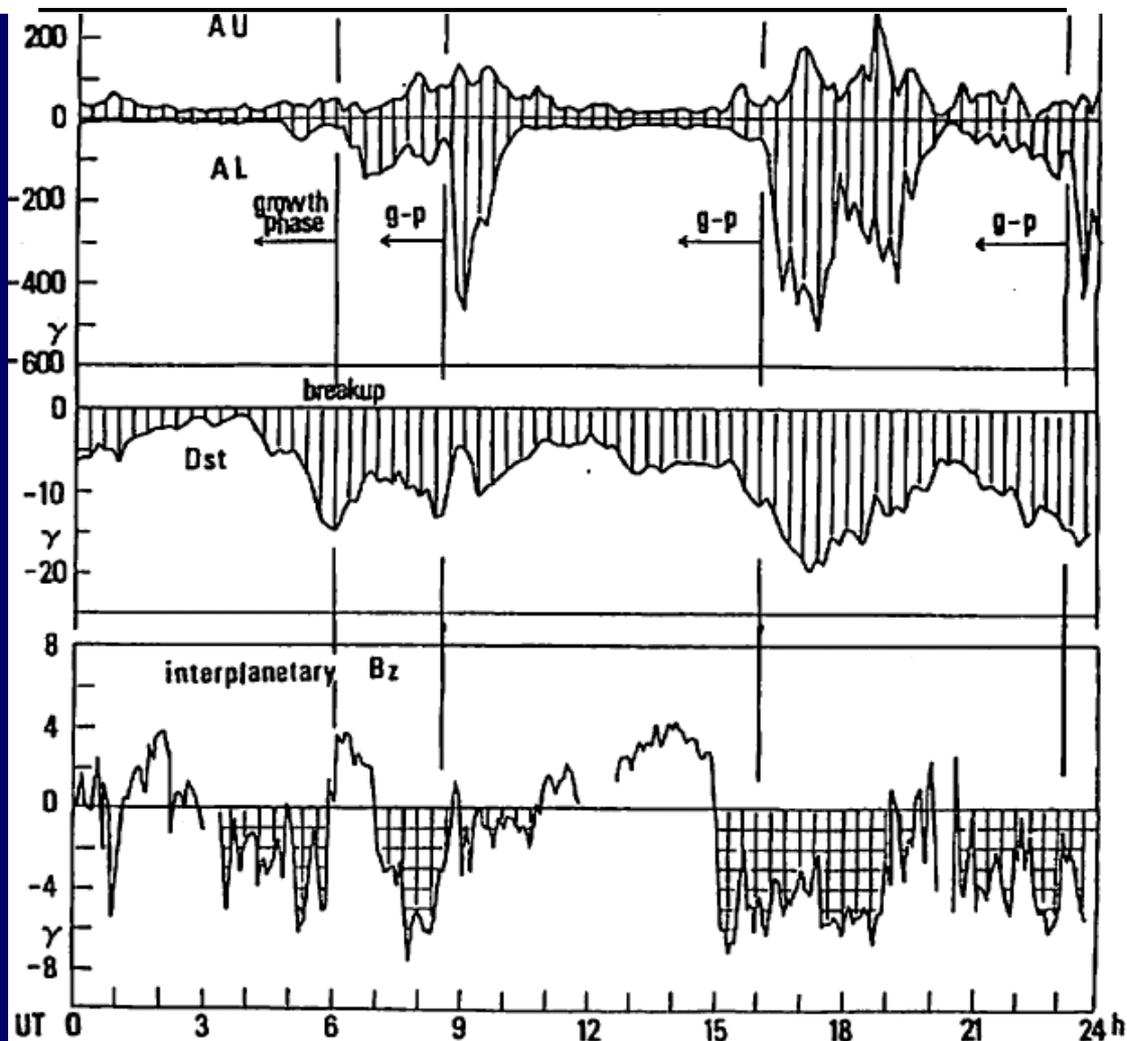


南向き太陽風磁場と地磁気変動の関係

オーロラ帯
の磁場変動 (nT)

中緯度
の磁場変動 (nT)

北向き
太陽風磁場 (nT)

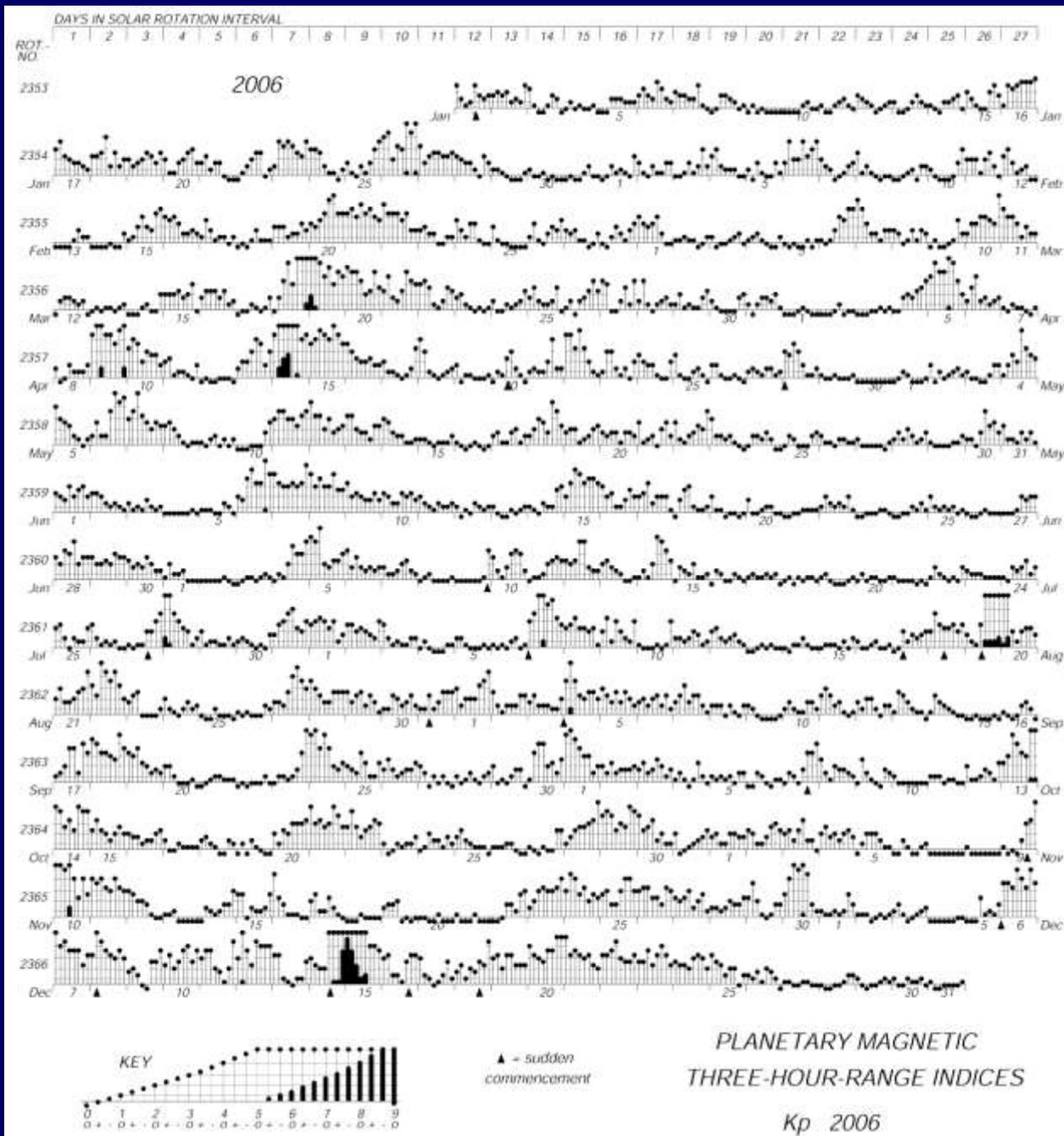


DEC. 23, 1963

(Iijima and Nagata, 1972)

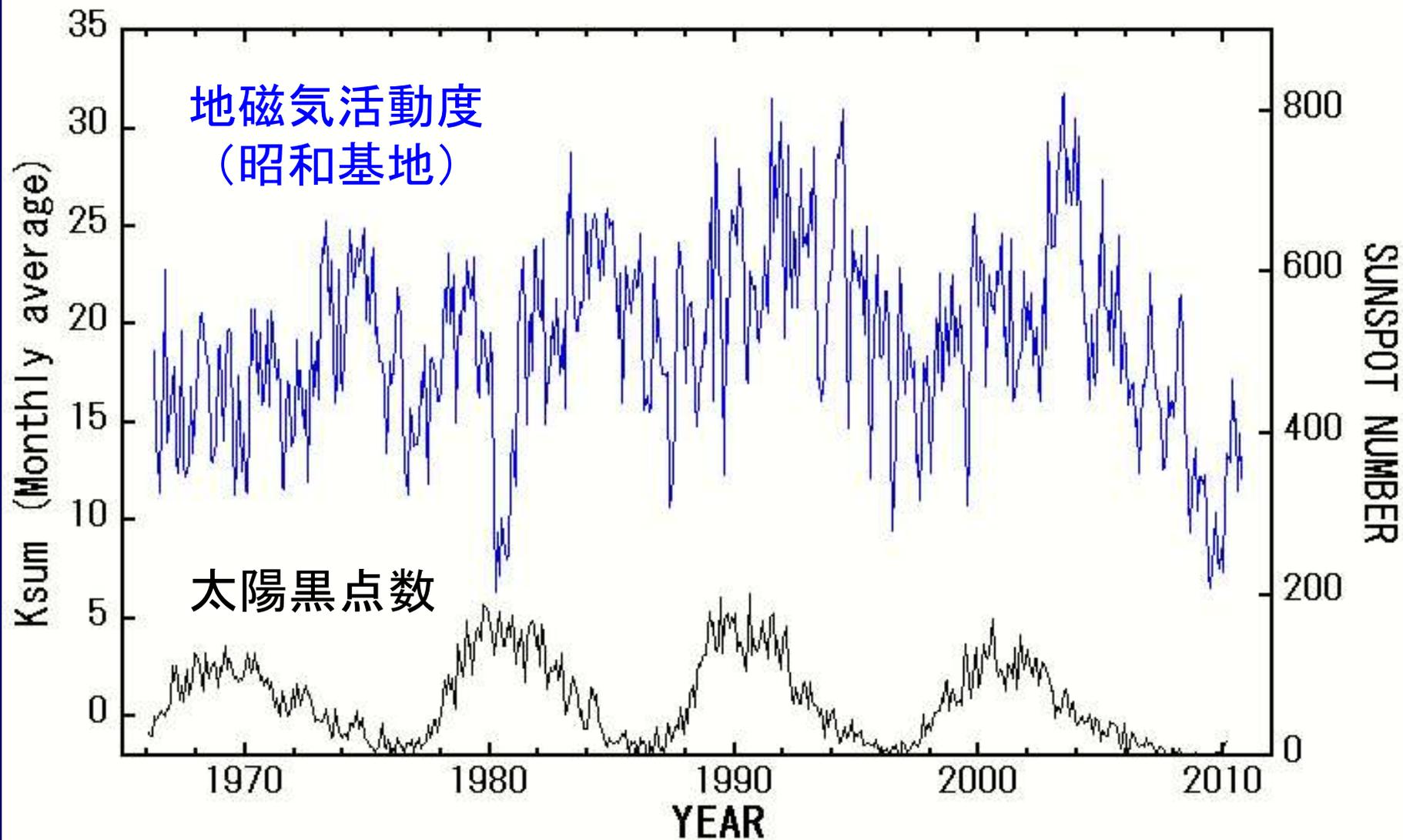
オーロラ活動と 太陽活動の関係

太陽自転 27日周期



太陽黒点数とオーロラ活動の関係

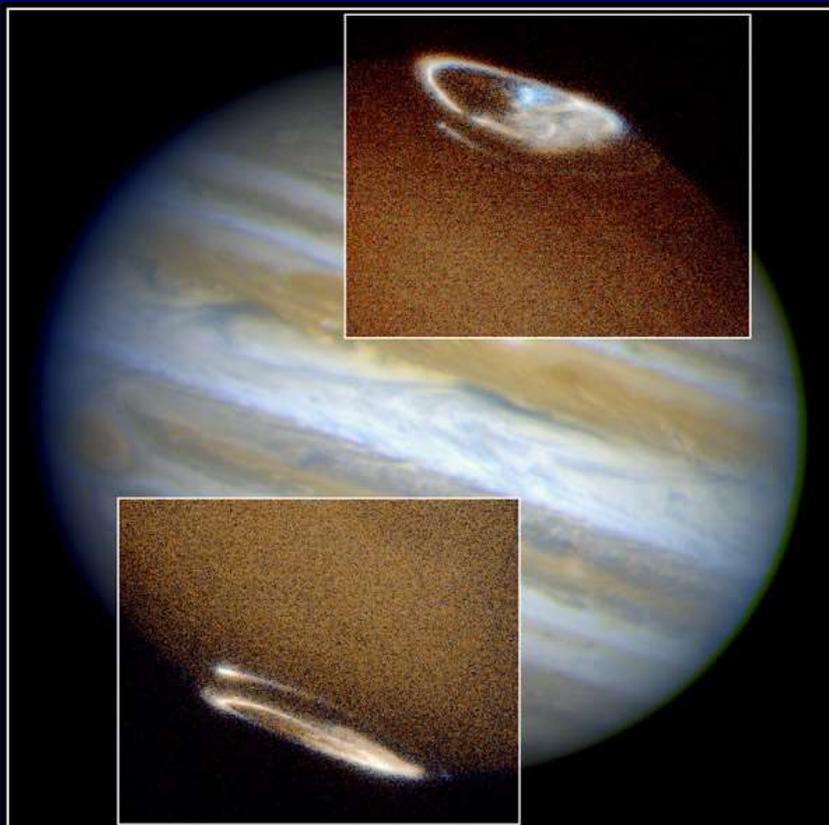
Monthly average of Ksum (daily sum of K-index) at SYOWA Station



他の星でもオーロラが見れる？



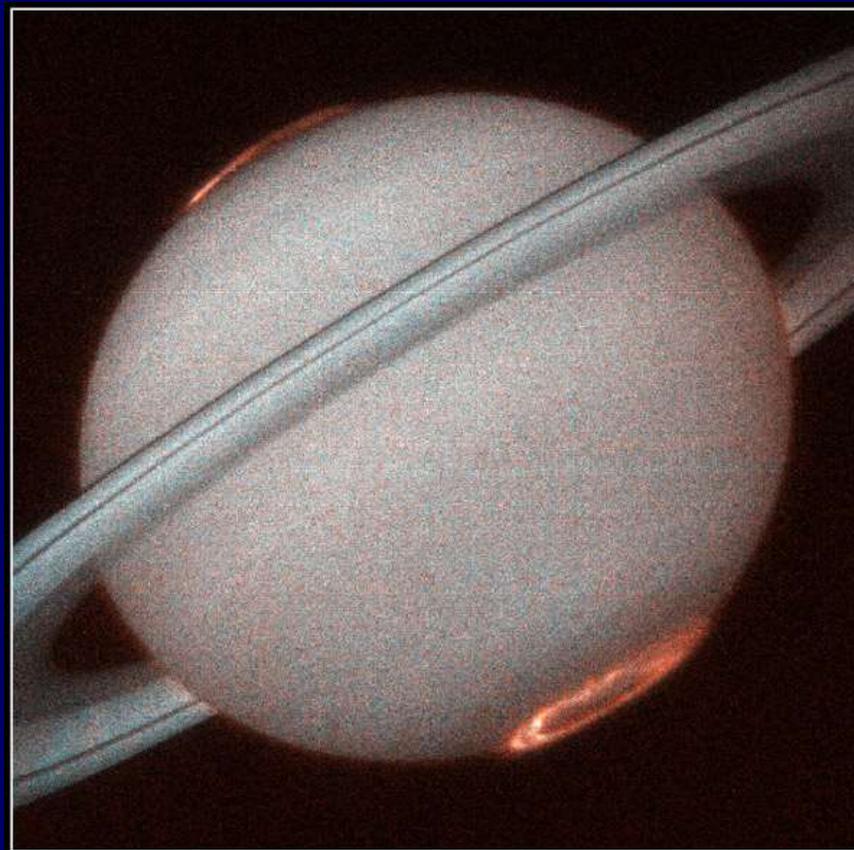
他の惑星のオーロラ



Jupiter Aurora

HST • STIS • WFPC2

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



Saturn Aurora

HST • STIS

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

木星

土星

オーロラが見える星は、

✧ 光る大気がある

✧ 光らせるオーロラ粒子がある

✧ オーロラ粒子をためておける
磁気圏(磁場)を持っている

ご清聴有難うございました

