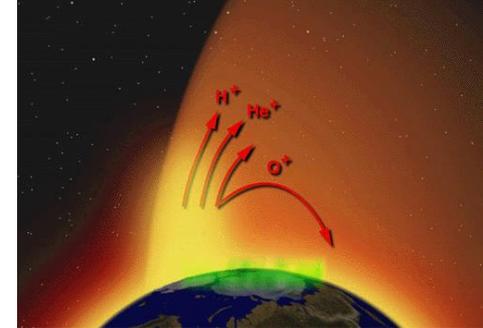


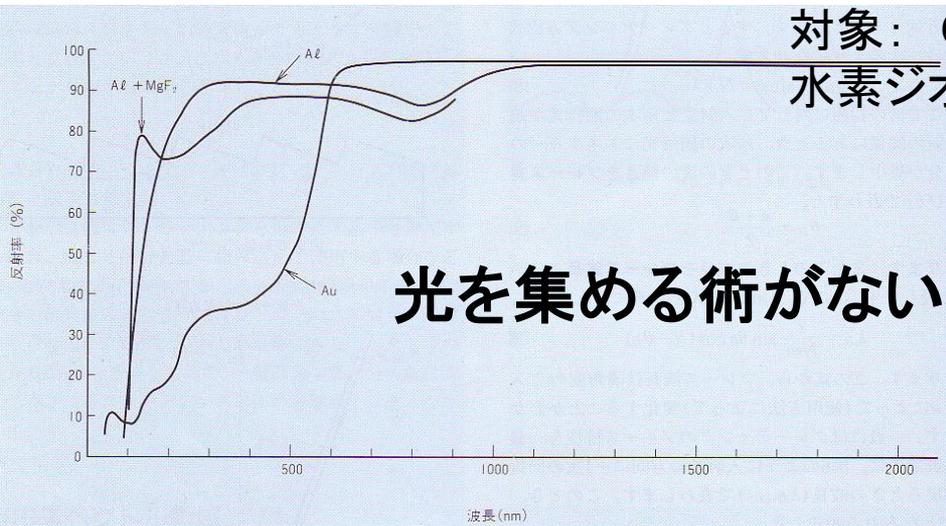
見えない姿を写す術 - 見えないわけ



1. 暗い (たとえば, He イオンの共鳴散乱線30.4nm)

2. 邪魔が入る

対象: O+ 83.4nm, 邪魔もの: 水素ジオ korona



ここまでしか見えない

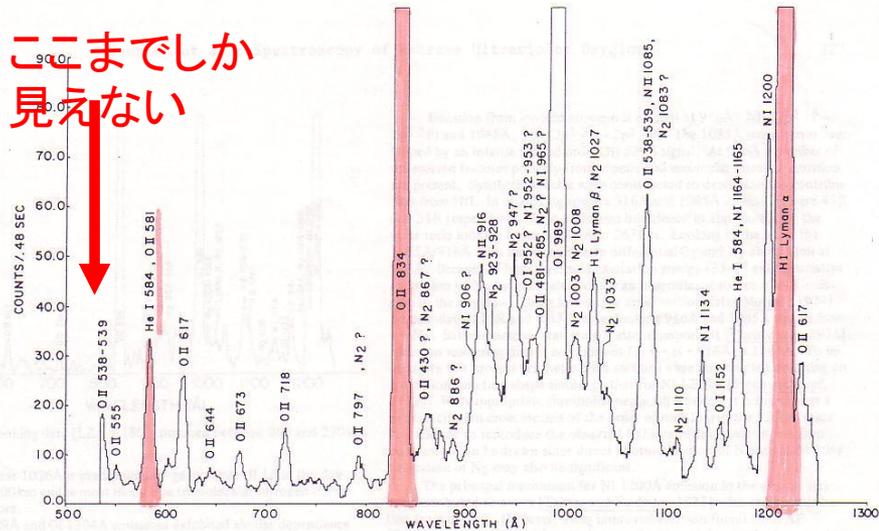
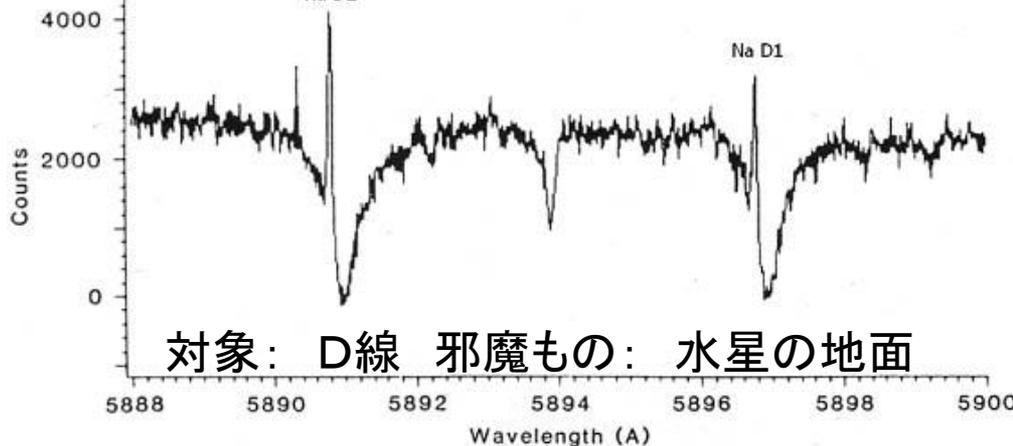


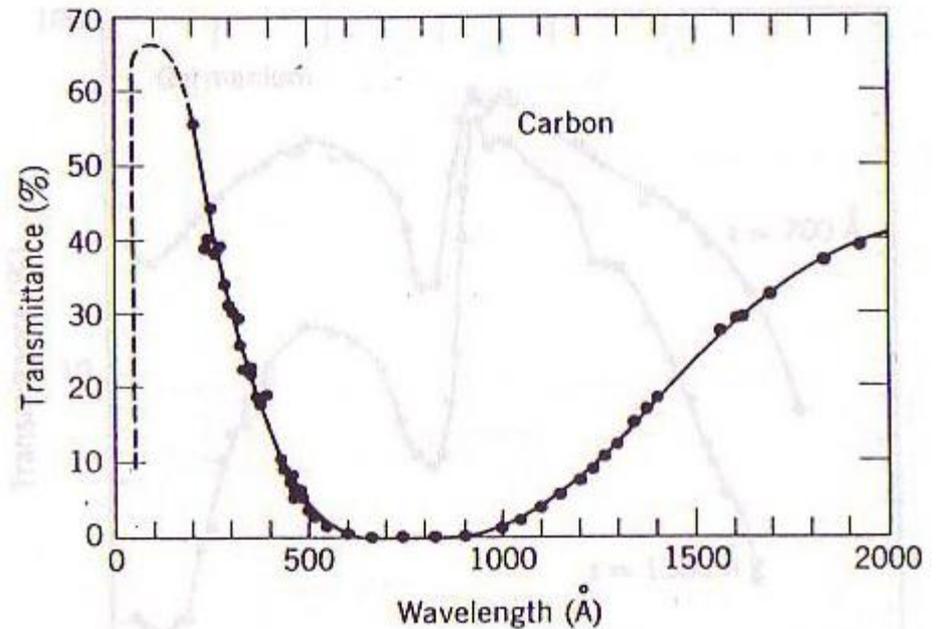
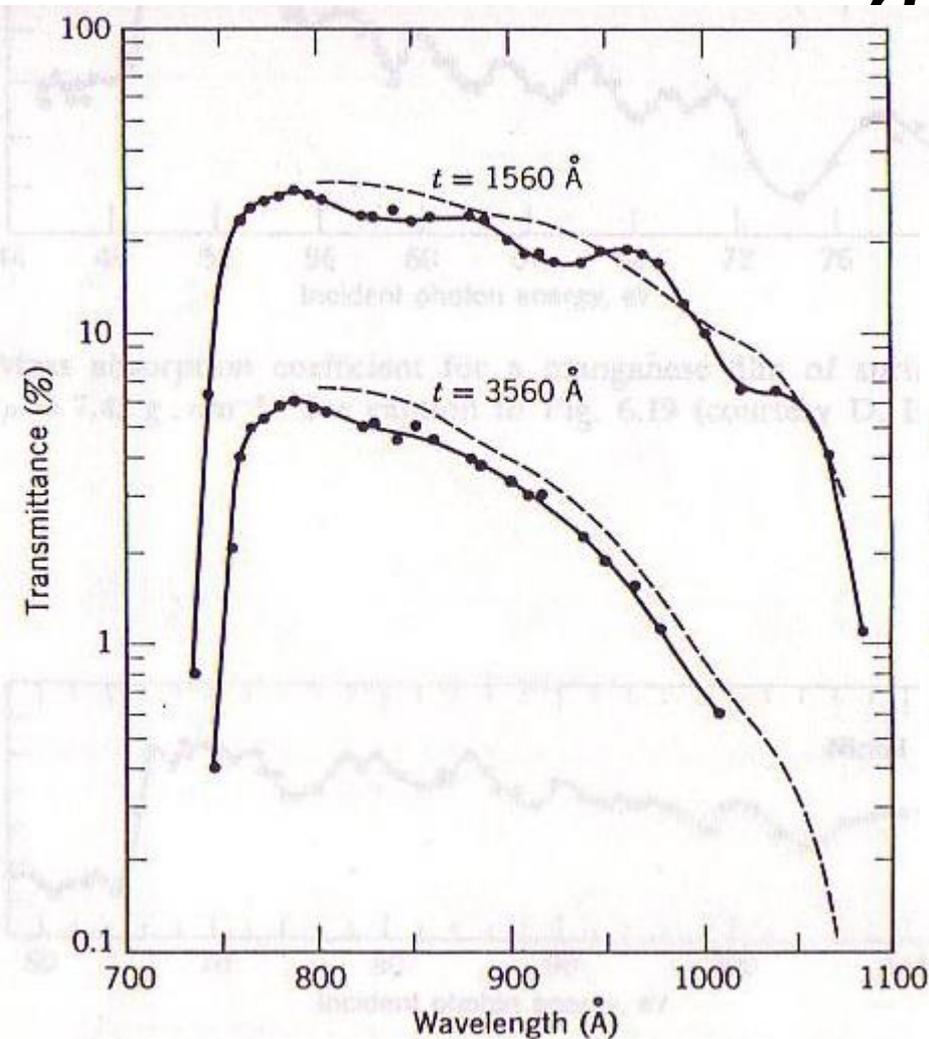
Fig. 1. Composite sum of all data returned by the EUV spectrometer. The identification of features accompanied by a ? is tentative. The data shown in all figures have been smoothed by a running mean over one spectral slit width.

3. その他 (水星: 暑い、放射線、揺れる)



対象: D線 邪魔もの: 水星の地面

極端紫外光領域のbandpassフィルタ の例

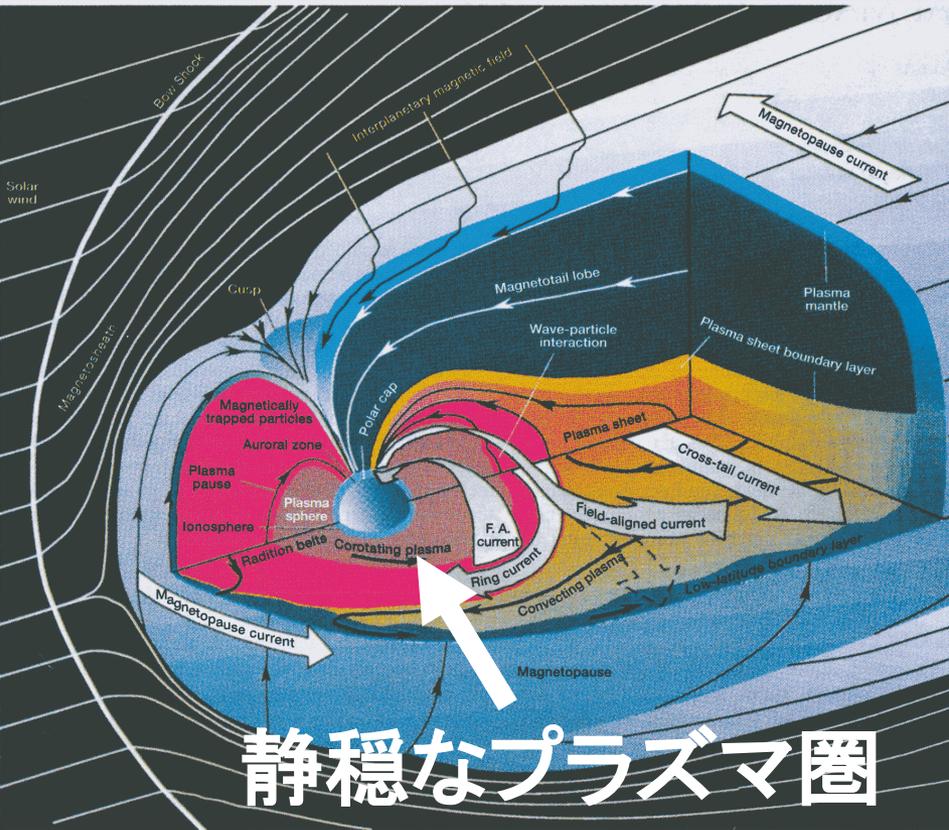


- “物質固有の性質”で決まっている。理想的なフィルタ(δ 関数のような特性を持つ)は存在しない。

プラズマ圏に存在するHe⁺の太陽共鳴散乱光を捉える

プラズマ圏の実像 [朝日新聞, 2000年1月]

地球磁気圏の描像 [Williams, 1992]

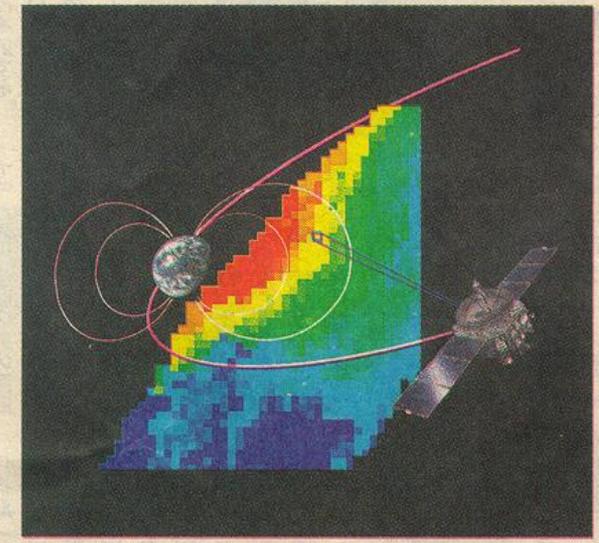


静穏なプラズマ圏

「のぞみ」地球で腕試し

広大なプラズマ圏とらえる

火星探査へ



地球から高度六万キロの宇宙空間に流れ出すヘリウムイオンのようすがわかった。画像のモザイク状の部分で、東京大学大学院理学系研究科の中村正人

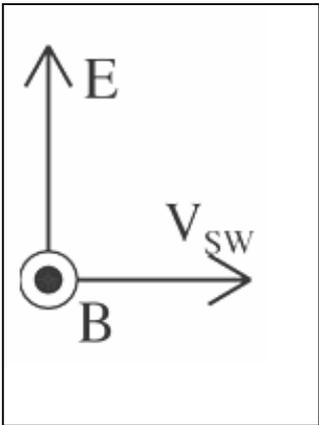
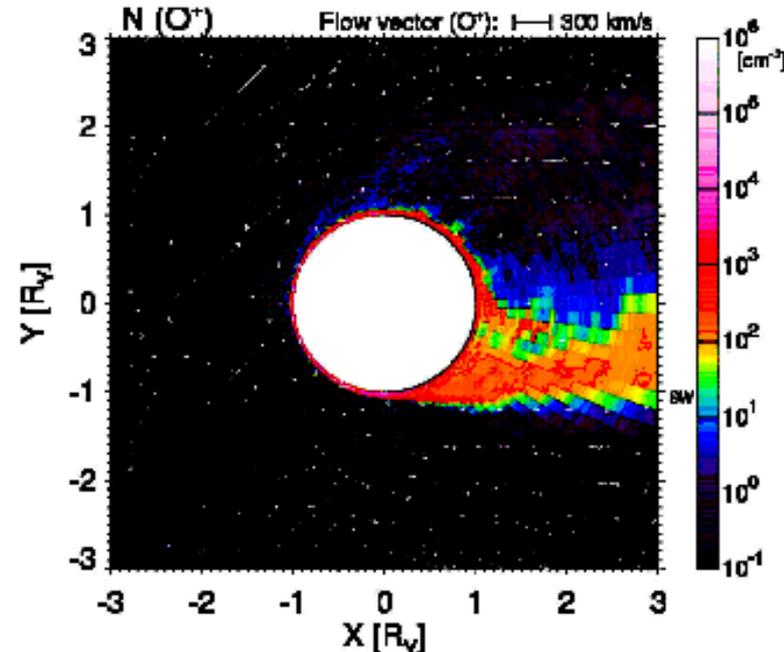
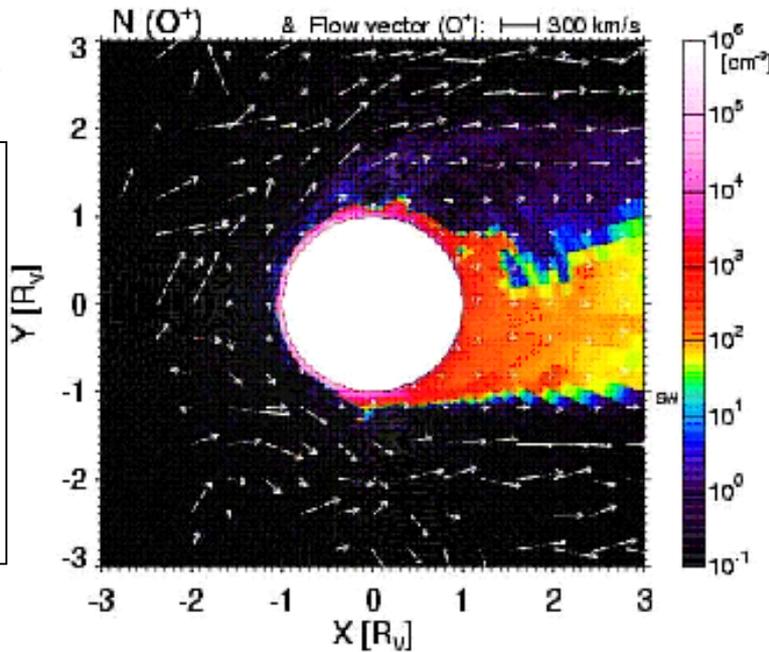
助教授らが火星探査機「のぞみ」の極端紫外光撮像装置を使って観測した。地球の近くはヘリウムイオンの密度が高く、遠く離れるほど薄くなっている。地球の極地方から延びる四本の曲線は磁力線で、内側二本が高度約二万キロ。ヘリウムは地球内部のウランなどの放射性元素の崩壊によって作られ、火山や海れいを通して大気中に放出される。数百キロ上空で太陽の紫外線によって電子とイオンに分かれるが、こうした電離ガス（プラズマ）は磁力線に捕まり、高度二万キロ程度までしか広がって

いないと考えられていた。この装置は特殊な多層膜の鏡でできていて、ヘリウム原子やイオンにより散乱される太陽からの紫外線を測定できる。目的地の火星では大気中のヘリウムの量を調べる。「火星には地球のような活発な火山活動はなく、地下からのヘリウム供給はないと考えられるが、これまでの観測でわずかだがヘリウムが見つかっている。ヘリウムがどこから来たのかを探りたい」と中村さん。また、高性能化した装置を二〇〇四年打ち上げの月探査機「セレーネ」に載せる予定で、地球の磁場に束縛されたプラズマのようすもさらに詳しく調べたいと話している。(画像は中村さん提供)

金星の大気流出に関する理論的なアプローチ

$$P_{sw} < P_{is}$$

$$P_{sw} > P_{is}$$



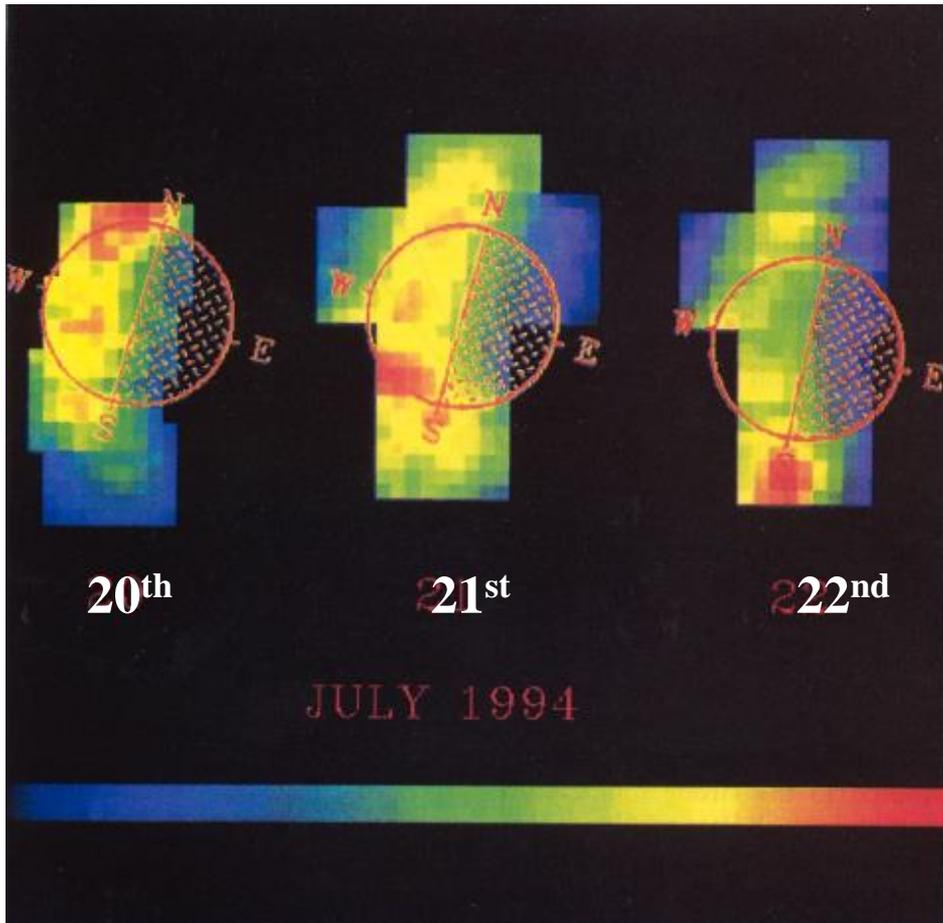
金星電離圏のO+密度分布[Terada et al., 2002]

電子が流体、
イータに根拠なし。

KHのスタート
がいんちき

- 数千kmスケールの非対称
- 太陽風動圧が高い時が非対称性が大きい

水星の大気



地上の望遠鏡から見た
ナトリウム大気の変動。
写真毎の変動はおそらく
磁気圏粒子の振込み
か？



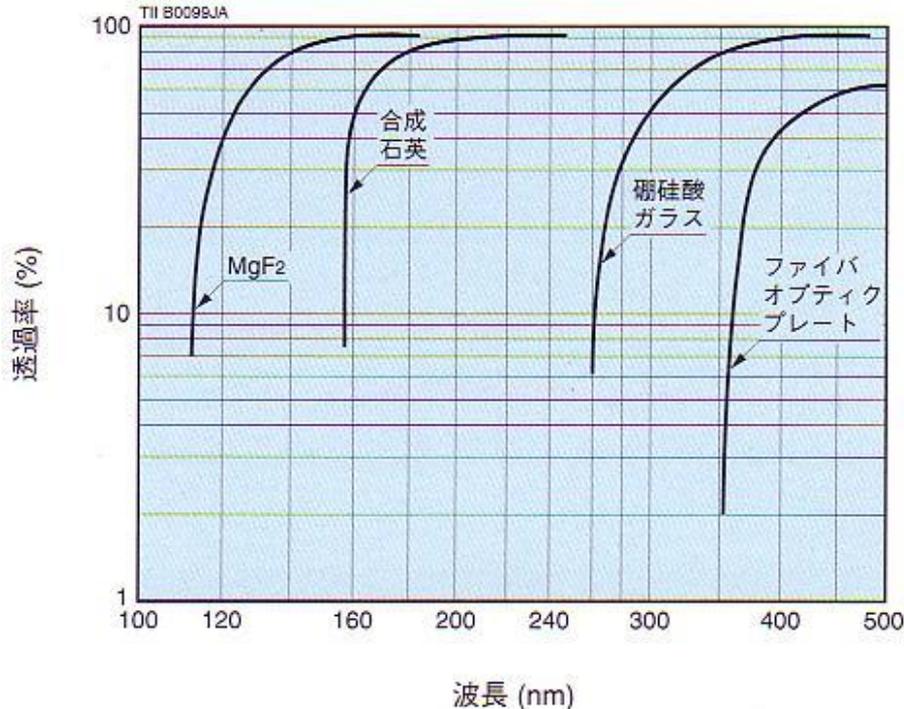
源はおそらく、地上の岩石であろう。
では、どうやって気化したのか？

この観測映像を疑う声も。

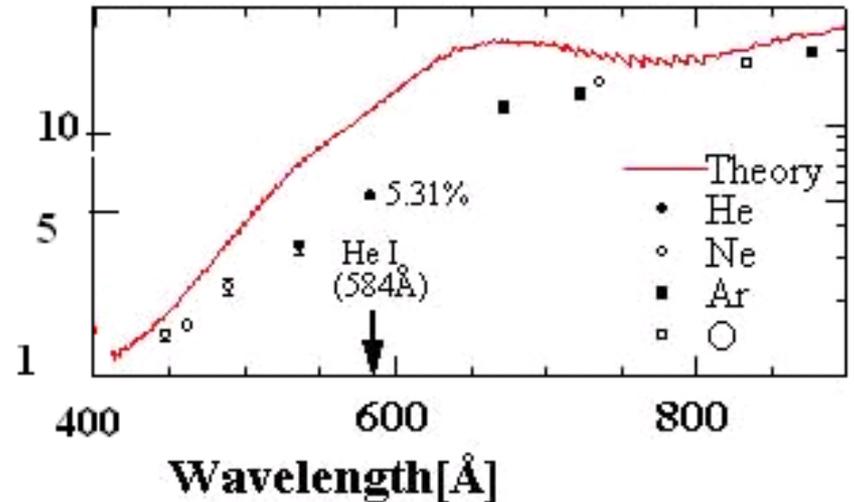
1.

“暗いもの”を写す術の修得

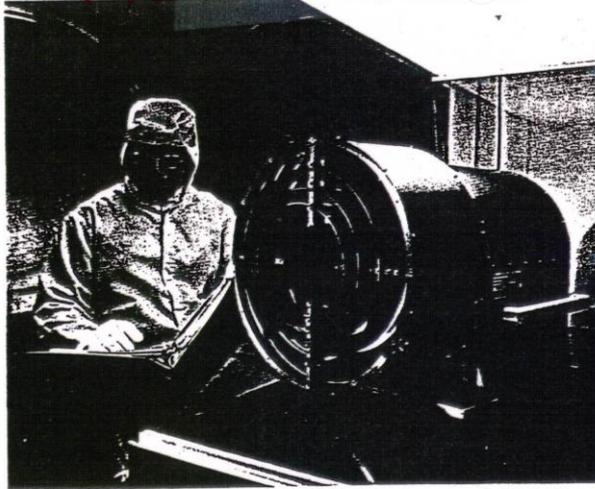
- 30.4nm(ヘリウムイオンのライマンα線)は、X線と紫外線の狭間の波長(極端紫外領域)であり、物質の表面で反射も透過もしない。 → 通常の反射光学系、屈折光学系が使えない。



ガラスの透過率



APPOLO-SOYUZ mission



Another recent view of the EUV telescope in the clean room, showing the entrance aperture and the concentric mirrors of parabolic cross section. The vacuum tank used for testing this equipment is in the background.

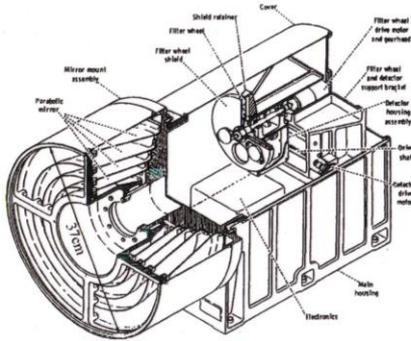


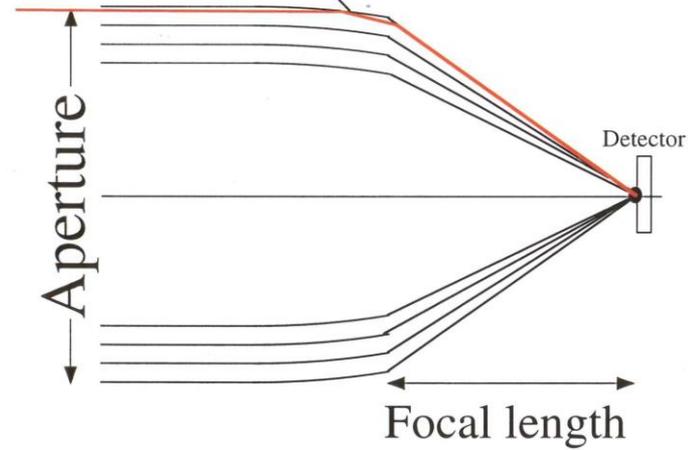
FIGURE 4.1—A schematic diagram of the EUV telescope.

Figure 2.1: A schematic sketch of the EUV telescope on APPOLO-SOYUZ mission [Bowyer et al., 1977].

三枚の鏡を用いた斜入射望遠鏡

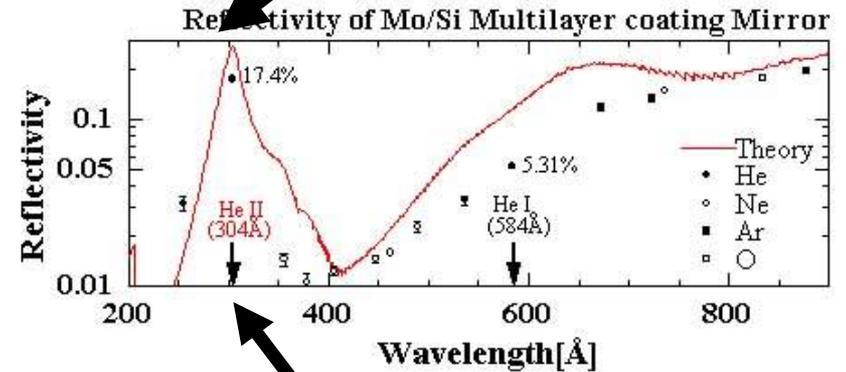
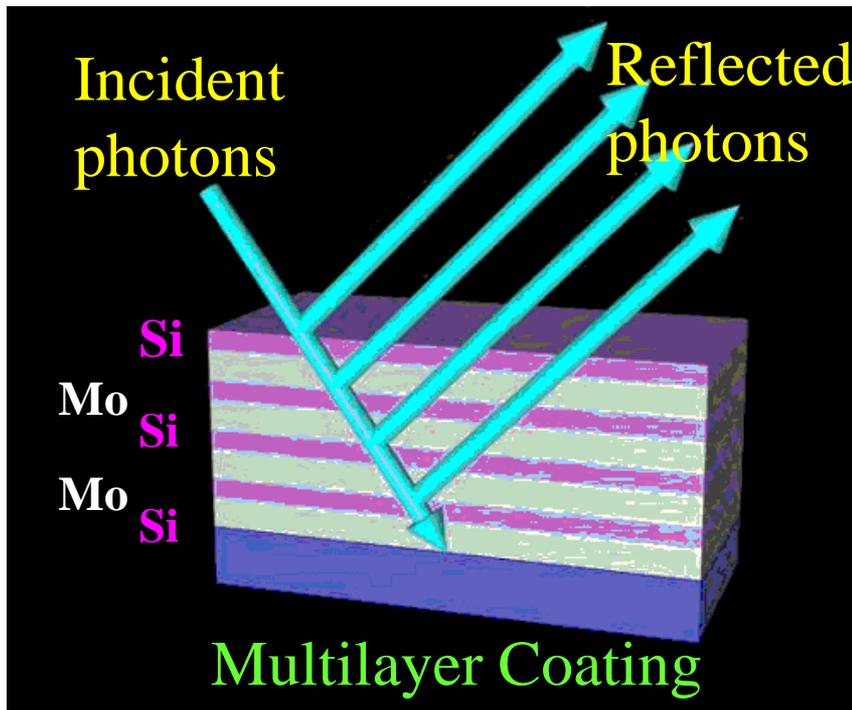
Conventional Optics

Palabolic mirror

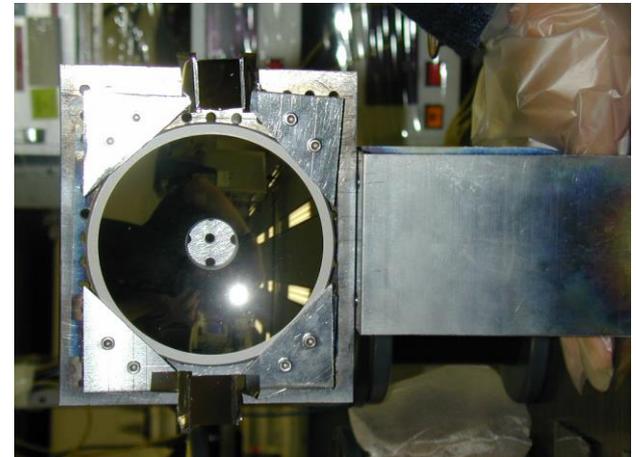


多層膜反射鏡の開発

最近、村上が40%に向上

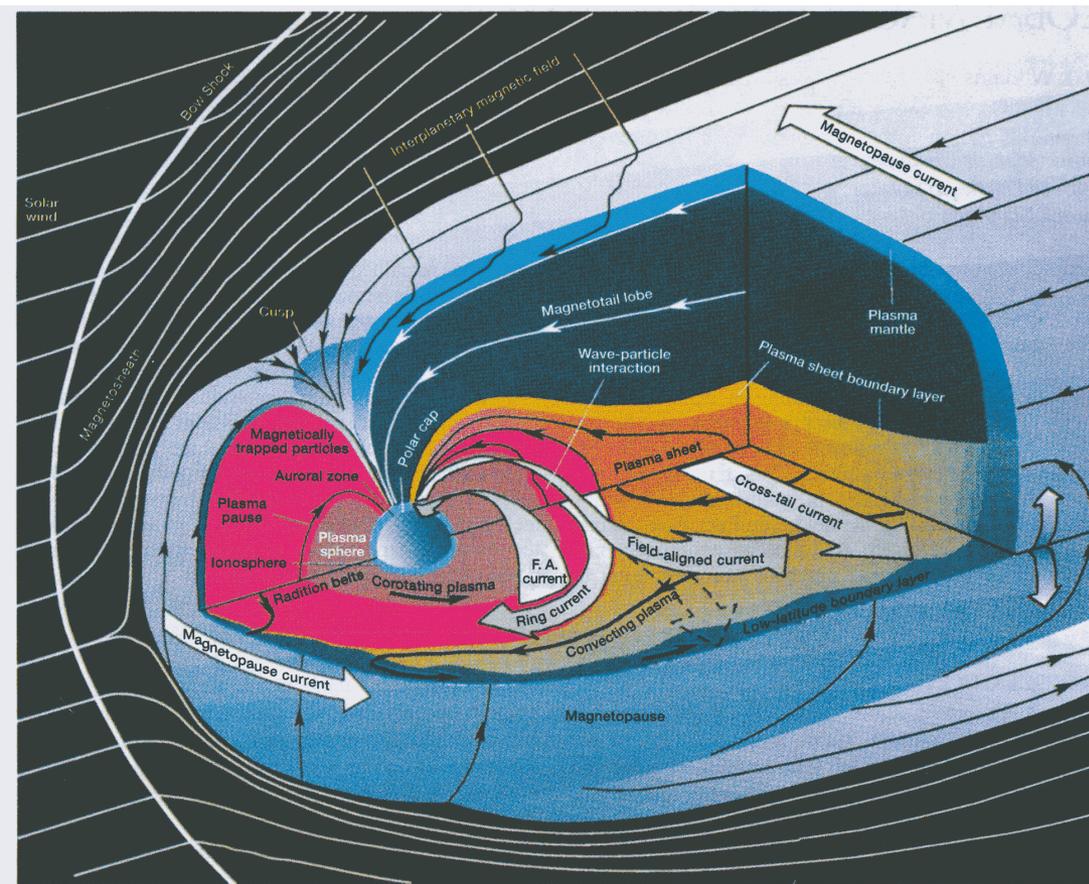


通常の反射膜よりも、1桁以上効率を上げること成功



開発した反射鏡。直径6cm

重元素と軽元素の組み合わせで反射率を増大させる

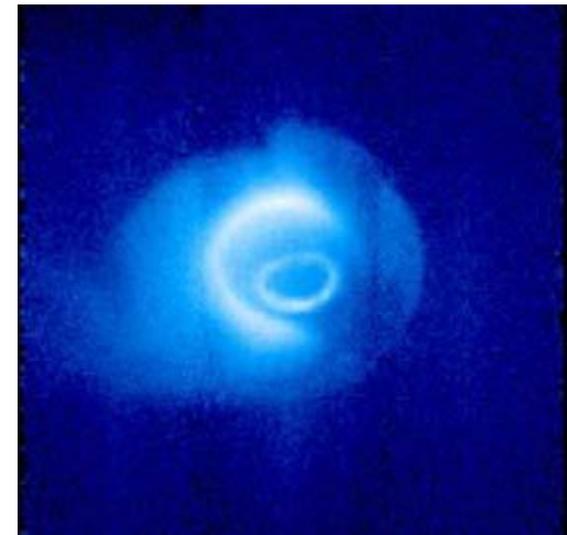


プラズマ圏撮像を成功させ、

- 静的なプラズマ圏の概念を修正
- 冷たいプラズマの存在

の2つの大きな成果を得ることができた。

2000年になると、米国(NASA)も同様な観測機を打ち上げ、NASAは技術的には日本と肩を並べた



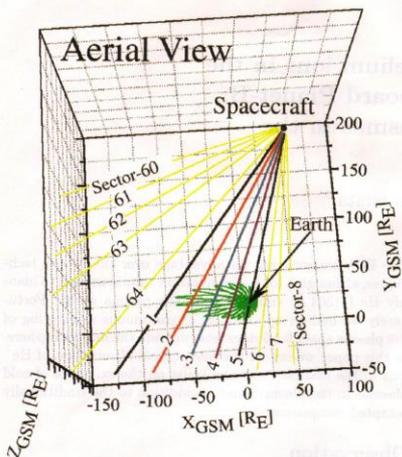


Plate 1. Aerial view of the magnetosphere and the spacecraft position together with magnetic field lines of 70° invariant latitudes (green). The straight lines starting from the spacecraft are lines-of-sight of the instrument.

in the graduations of date on the red arrow. (A yellow line is drawn every 12 hours, indicating the track of the center of the FOV.) Any sectors did not view the plasmasphere which is typically encircled by the magnetic dipole shells of $L=4$. Indeed, data of thermal and suprathermal ion fluxes (SMS) and electron temperature (TED) was available from

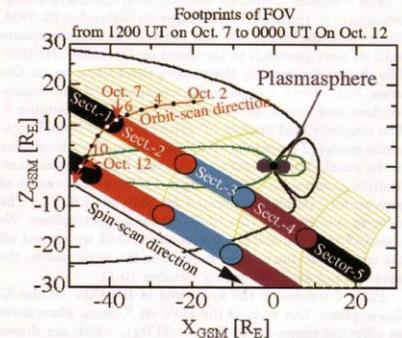


Plate 2. Footprints of the field-of-view on the $X-Z_{GSM}$ plane during the observation. The black and red arrows represent the directions of the scans by the spinning and orbital motions of the spacecraft, respectively.

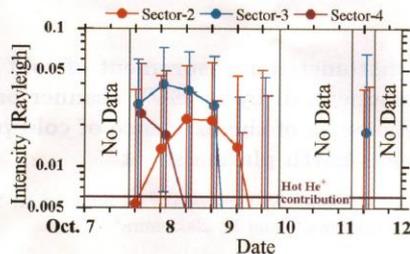


Plate 3. EUV intensities from the plasma sheet. The intensities in red, skyblue, and purple sectors are plotted with corresponding colors. The intensities are running-averaged for 24 hours and the error bars are defined by the statistical deviations of 1σ .

the Akebono satellite and indicates that the plasmopause was located near $L \sim 3$. Therefore we conclude that our observation is contamination free from the plasmaspheric He II (304 Å) emission.

The EUV signal intensities in red, skyblue, and purple sectors are plotted in Plate 3 with corresponding colors. The error bars are defined to be the statistical deviations of 1σ . The counts from two sectors neighboring the red and purple sectors (shown in black in Plate 2) are regarded as background signals including interstellar/interplanetary background emissions and sensor noise. We subtract them from each sector's raw counts to have the EUV signals. Each value is the running average over one day. Thus the displacement of the plasma sheet due to the Earth's rotation can be neglected.

The EUV intensities get higher as the view directions come closer to the magnetic equator of $-40R_E < X_{GSM} < -10R_E$. In addition, the closer the view directions to the magnetopause is, the lower the EUV intensities are. Although the data included large statistical errors, it is unquestionable that signals as strong as ~ 0.02 Rayleigh came from the plasma sheet.

During the observation, the geomagnetic activity was high with the maximum K_p of 5+. At this maximum, a magnetic storm occurred. The minimum Dst reached -70 nT at 23 UT on October 7. The averaged solar flux of $F_{10.7}$ during this period was $122 [\times 10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}]$. Like Nakamura et al. [2000], by using the relationship between $F_{10.7}$ and EUV solar flux we estimate the g -factor for cold He^+ ions to be $2.1 \times 10^{-5} [\text{s}^{-1} \text{ions}^{-1}]$.

Discussion

The relation between the intensity of He II (304 Å) emission [Rayleigh], I , and the number density of He^+ ions [cm^{-3}], n , is given by $I = \int_{LOS} g \cdot n \cdot ds$. We assume that there are two populations of He^+ ions in the plasma sheet, hot and cold He^+ ions, and that each has a constant density in the plasma sheet. We apply Chappell's examination to the volume of the plasma sheet in an active magnetic condition, i.e., $25 R_E$ in the tailward, $30 R_E$ in the dawn-to-dusk direction, and $4 R_E$ in the thickness [Chappell, 1987]. The

磁気圏尾部に存在する冷たいプラズマ

最大で、高温プラズマ(0.005/cc)の約20倍(0.1/cc)にもなる。

どうして今まで、見つからなかったのか？

1. 衛星が正に帯電しているので、粒子がプラズマ観測器の入り口まで到達できない。 → 光学観測では可能
2. 見つけてはいたが、星間風成分だと認識していた。

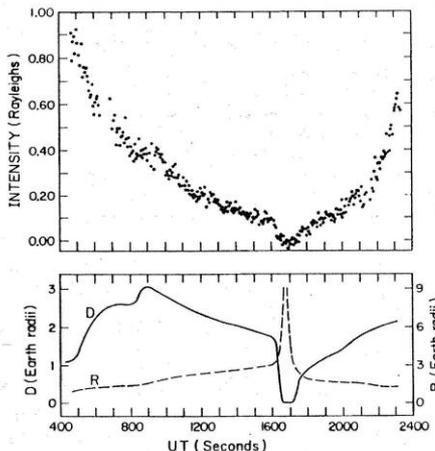


Fig. 2. (Top) Intensity of 304-Å radiation in rayleighs observed on July 20, 1975, as a function of UT. (Bottom) Corresponding values of R and D in earth radii as defined in the text and in Figure 4.

アポロユーズ計画での観測例

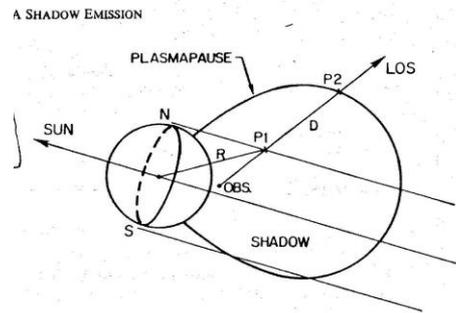
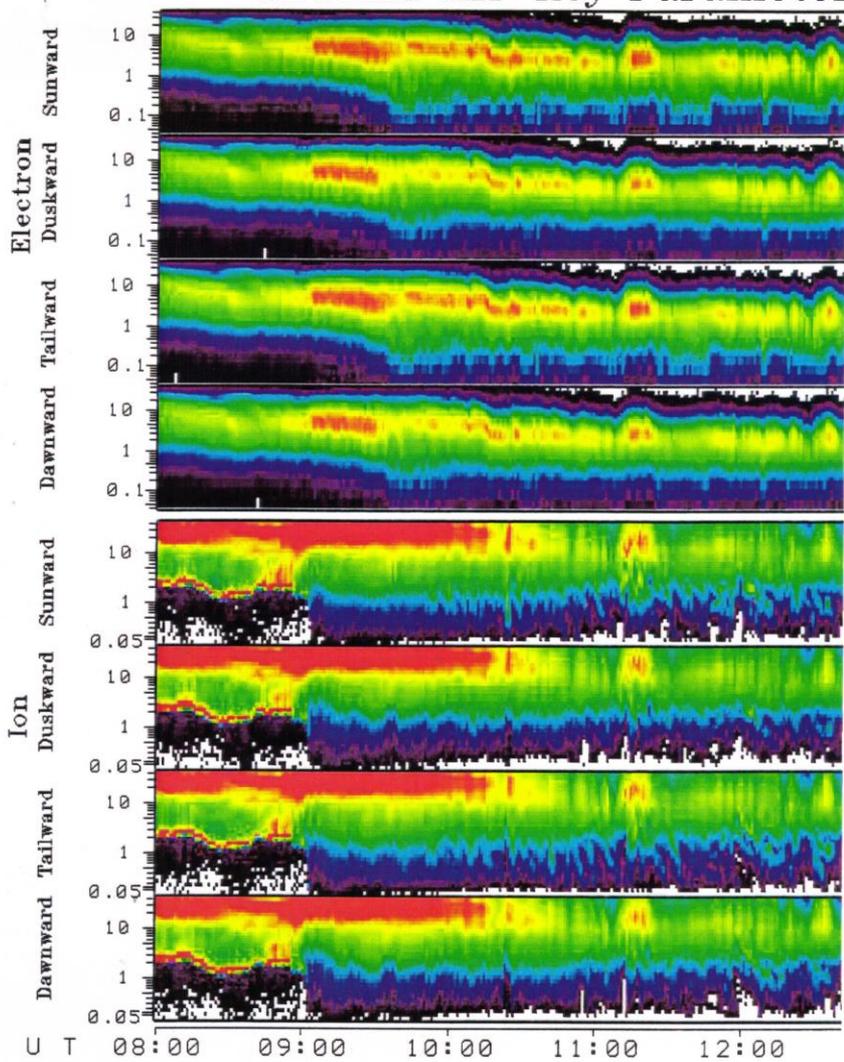


Fig. 4. Schematic viewing geometry for the observations discussed in this paper. The spacecraft is situated at OBS and the line of sight of the telescope oriented along LOS. P1 and P2 are the intersections of LOS with the shadow cone and the magnetopause, respectively, while R is the geocentric distance of P1, and D the pathlength through the plasmasphere.

プラズマシートの高温プラズマの成因を再考する必要があることを示唆

→ 次の衛星計画に期待

GEOTAIL LEP Key Parameter



磁気圏内の酸素イオン

a: $43 \times 10^{24} / \text{s}$

b: $\sim 10 \times 10^{24} / \text{s}$

i+ii) $1.3 \times 10^{24} / \text{s}$

iii) $2.0 \times 10^{24} / \text{s}$

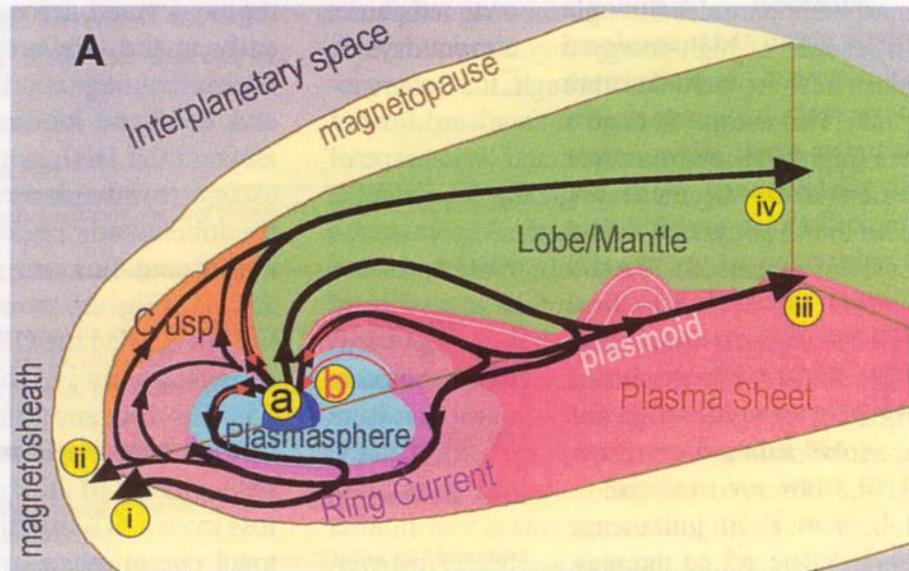
iv) $< 5 \times 10^{24} / \text{s}$

(a - b) >>

i + ii + iii + iv

**$25 \times 10^{24} / \text{s}$ の
酸素イオンは?**

Fig. 1. Atmospheric escape from Earth is illustrated schematically in two ways. (A) Three-dimensional cutaway of Earth's magnetosphere. (B) A flow chart of plasma for each plasma regime in the magnetosphere. In (A) and (B), colors represent different plasma regimes, black arrows display escape routes of terrestrial particles, and red arrows indicate returning particles as precipitation into the ionosphere. Escape rate can be obtained by $a - b$ or by $i + ii + \dots$



($6.7 \times 10^{23} / \text{s He}^+$) B

関さんの主張

第5の流出経路があるのか?

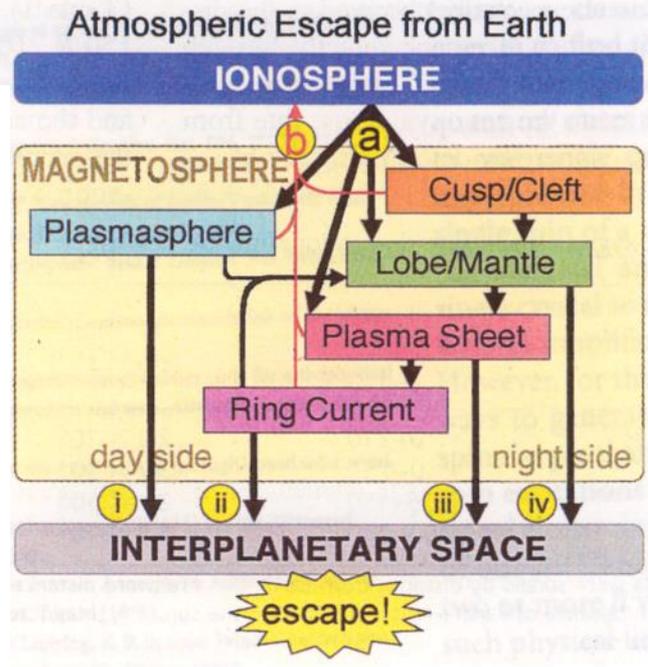
Bがきちんとはかれていない

低エネルギーの酸素イオンが正確に測れていないのか?

吉川の主張

iii)とiv)が20倍だったら?

いずれにしても、写真にしたらよく良く解かる。



(Seki et al., 2001)

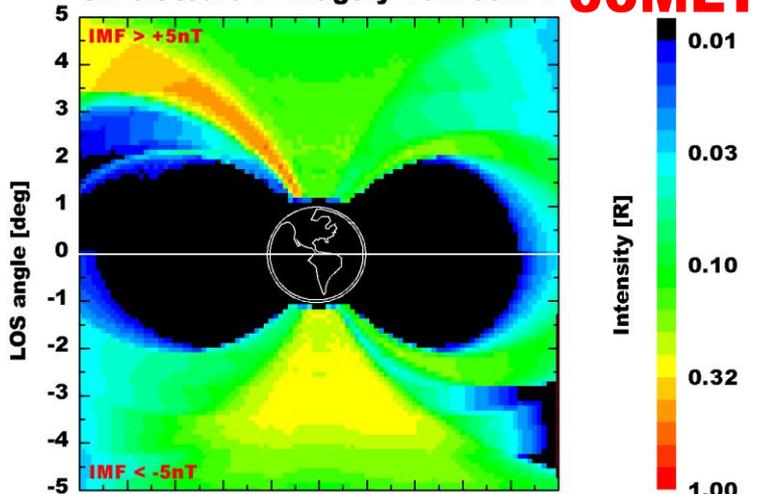
酸素イオン撮像シミュレーション

[Yamazaki et al.]

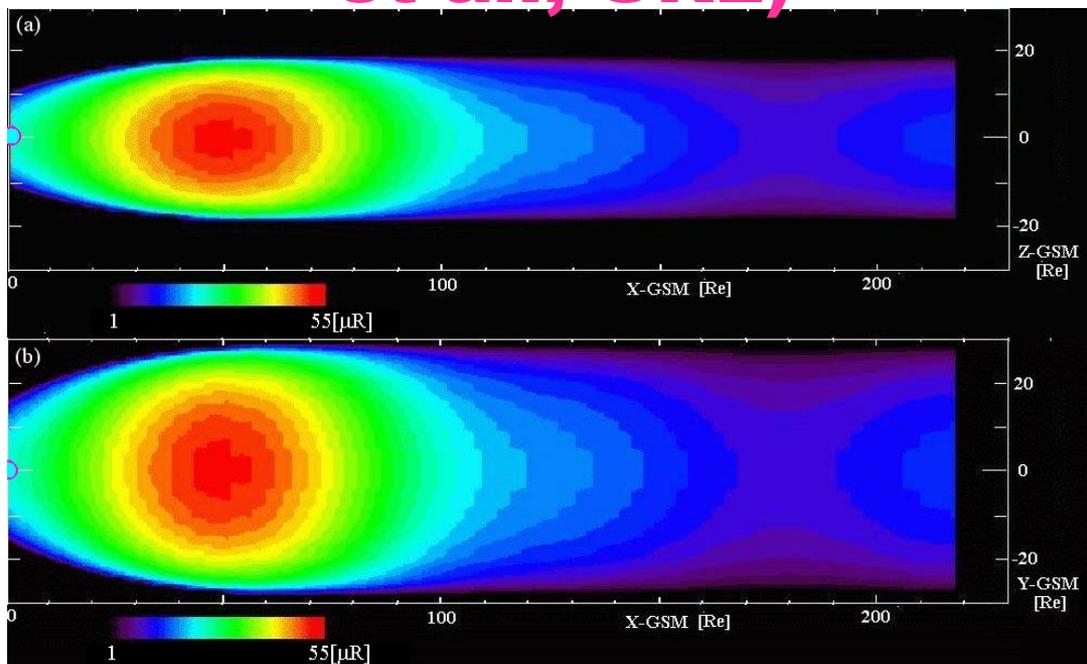
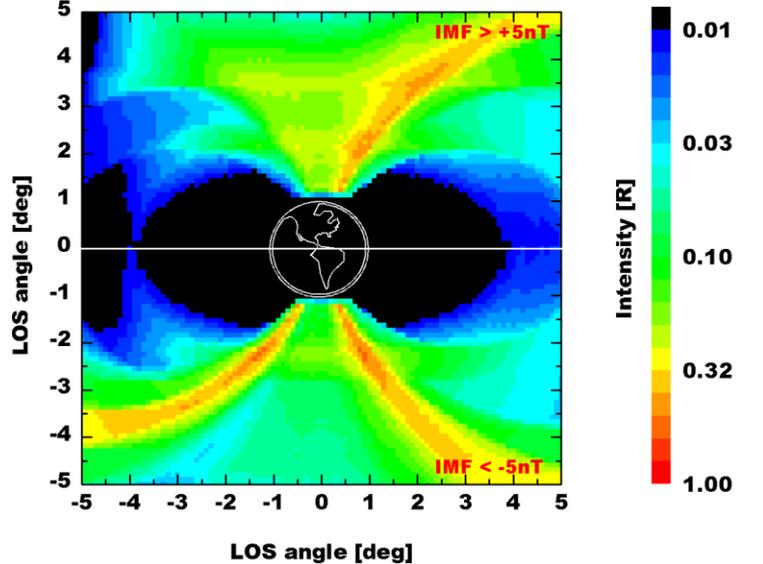
Polar Wind: 0.1~1R

磁気圏: ~50 μ R \rightarrow 実はもっとあるかも。1mR (Yoshikawa et al., GRL)

Simulated O II Imagery from 00MLT **00MLT**



Simulated O II Imagery from 06MLT **06MLT**

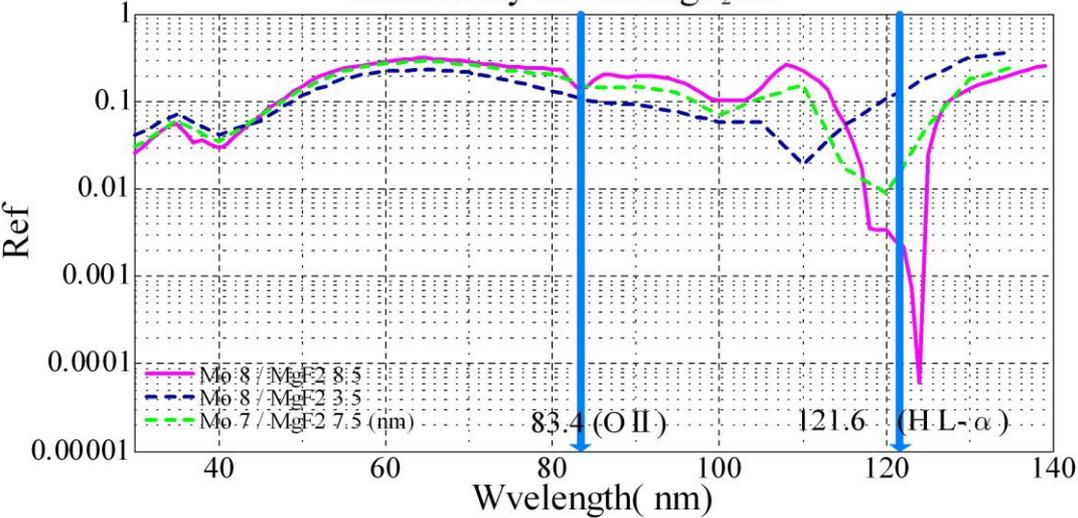


1R = 10^6 photons/cm²/sec

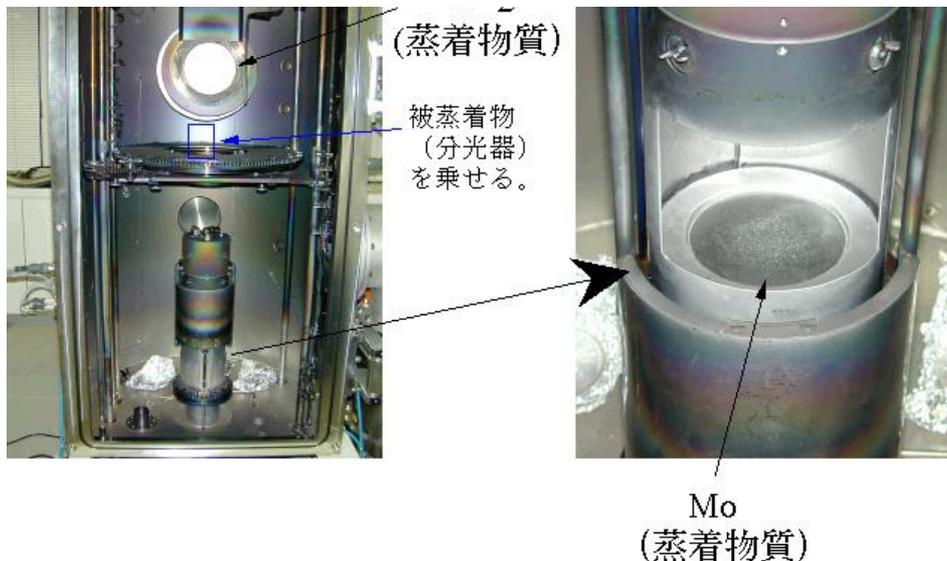
邪魔が入っても姿を写す術:

:Ly- α 線(121.6nm)を除去する反射鏡の開発が必要
(O II (83.4nm) 1m Rayleigh, Ly α (121.6nm) 1k Rayleigh)

Reflectivity of Mo/MgF₂/Si



計算結果によれば、MoとMgF₂の膜厚の精度は1nm以下が必要



これまでの方法(DCスパッタ)を用いて反射鏡を製造してみる。

大きなエネルギー転移を伴う方法では、MgF₂の結晶構造を壊してしまい、干渉を起こさないことが判明（おそらく、世界の研究者も気づいている）

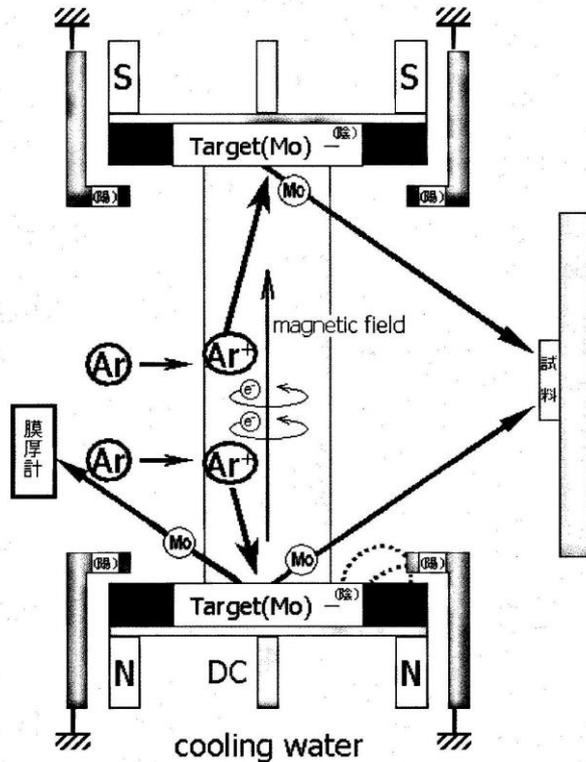


図1 真空蒸着概念図（対向型直流マグネトロンスパッタ）
上下のターゲットが陰極。ターゲット周りのGNDが陽極

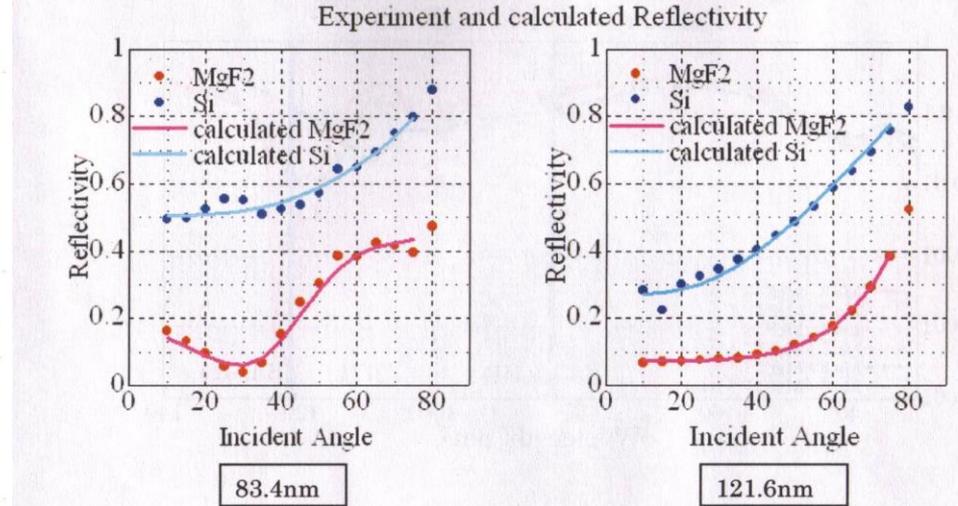
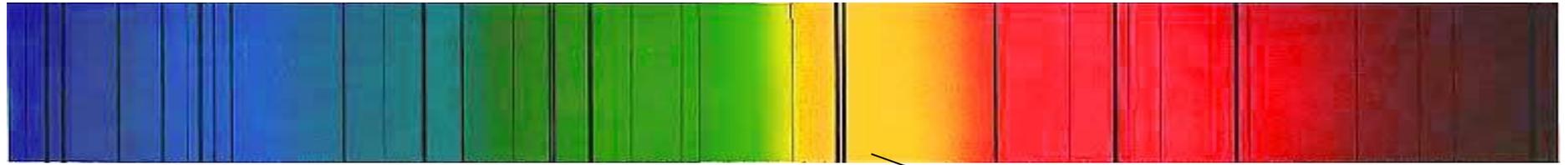


Figure 25 The experiment and the theoretical reflectivity. Points are the experiment result and the lines are theoretical reflectivity. Blue line and points are the Si-base and pink is the MgF₂ coated mirror.

一昔前に盛んだった電子ビーム法を用いれば、結晶構造を壊すことなく蒸着できる！（ことに気づいた。まだ誰も気づいていない。）

→ 現在、多層膜鏡のサンプルを製造中

光の波長

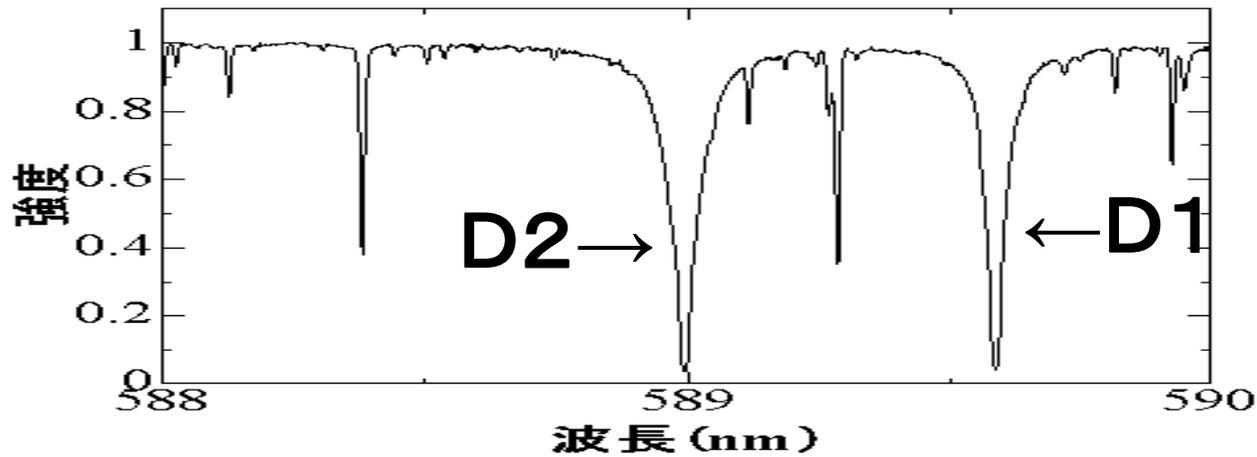


↑587nm

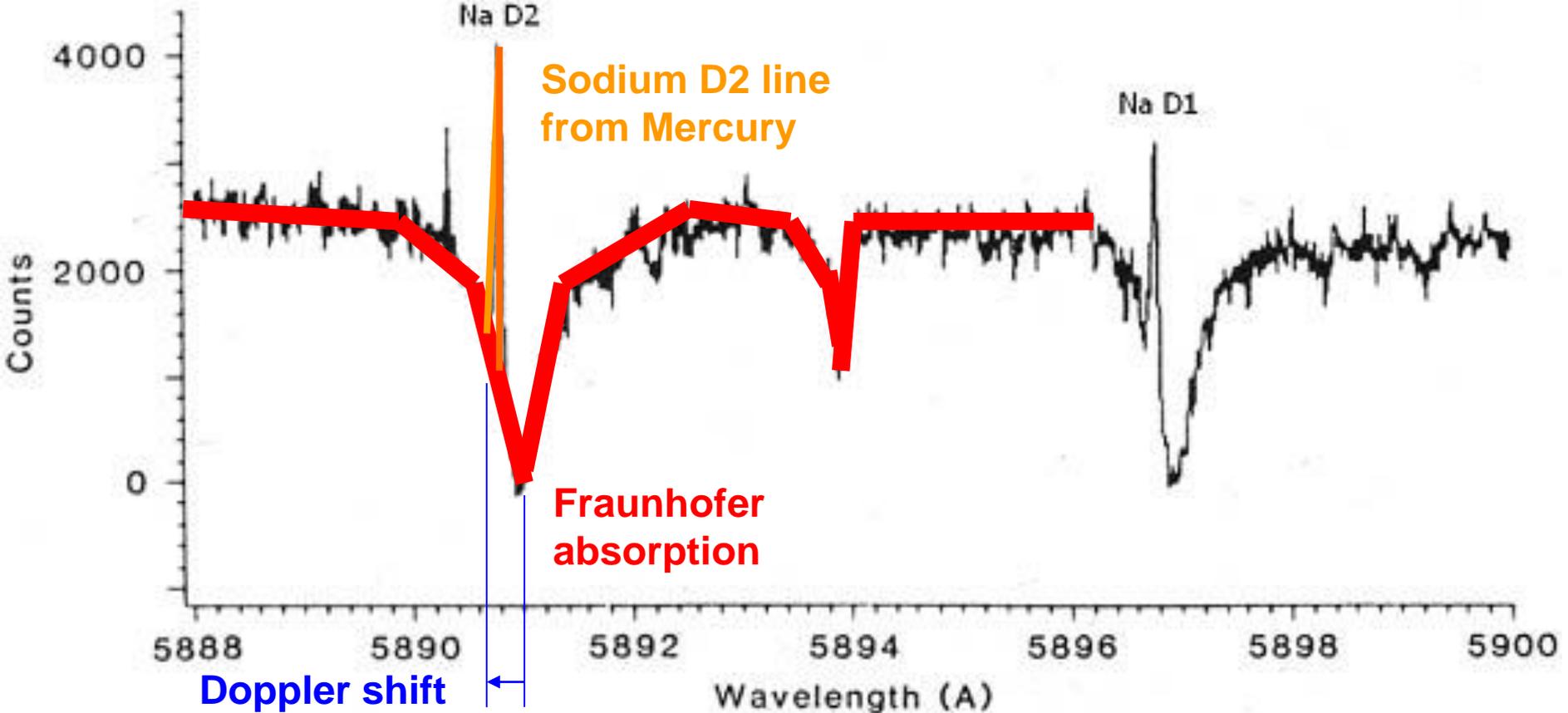
D2↑

↑**D1**

↑591nm



邪魔が入っても、物を写す術 : Discovery of Mercury's Sodium Exosphere by the ground-based telescope [1985]

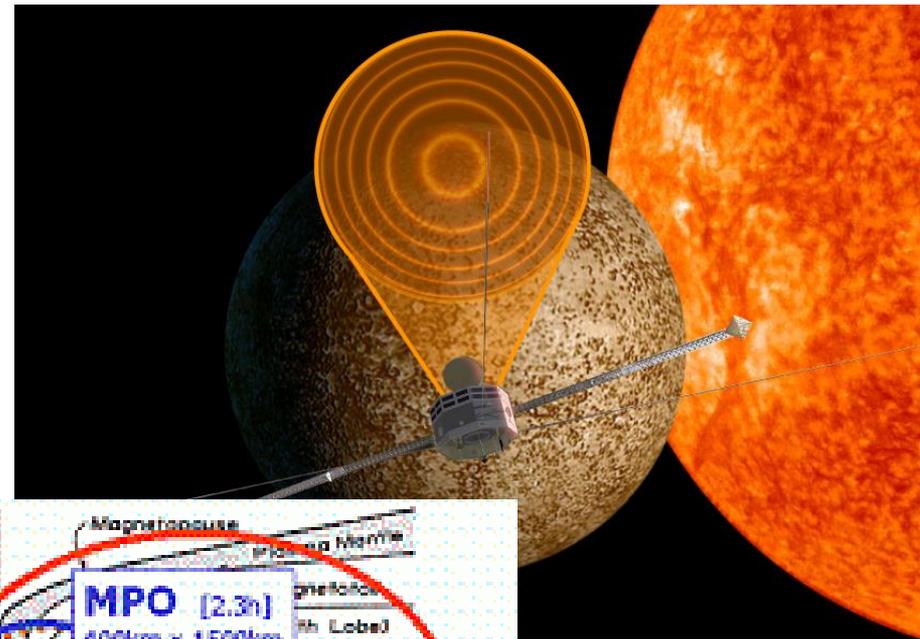
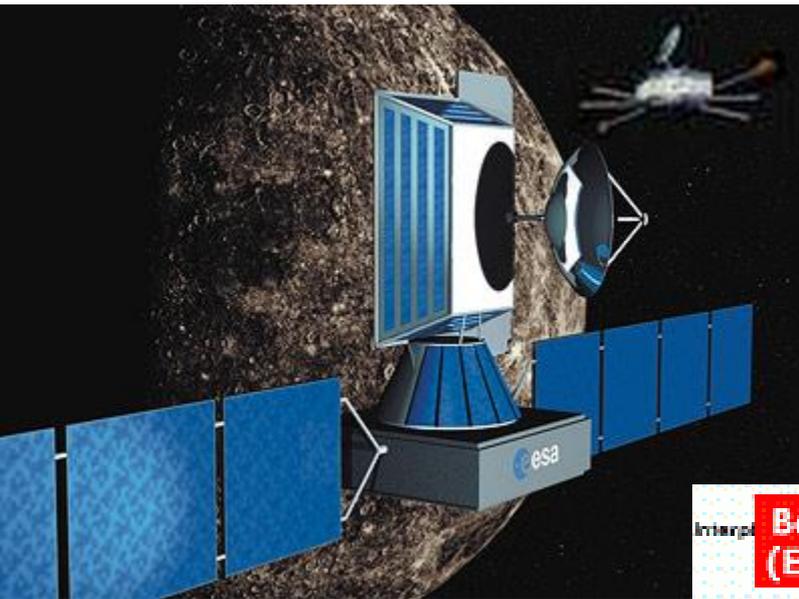


Line width of sodium emission is **several tens mÅ**. The intensity is **a few Mega Rayleigh** at the maximum. [Potter and Morgan , 1985]

地上観測の難点



BepiColombo JAXA-ESA mission



BepiColombo will provide the best understanding of Mercury to date. It consists of two individual orbiters: the Mercury Planetary Orbiter (MPO), that will map the planet, and the Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO), that will investigate Mercury's exosphere

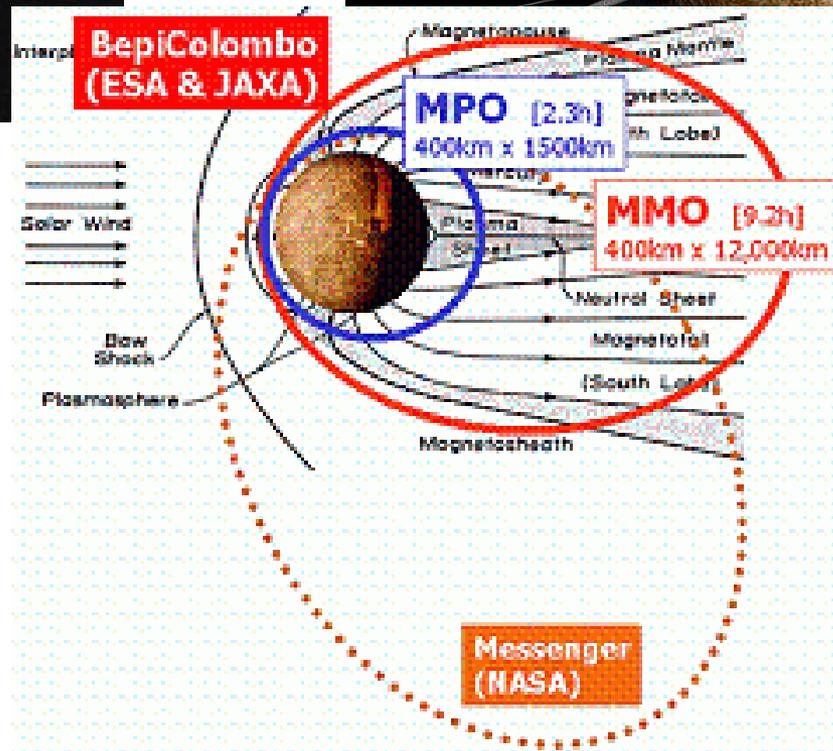




図12：70MeVプロトン照射後のガラス材の着色化の様子
 (左) CaF_2 (UV grade)、(中央) NBF2、(右) SBSL7。照射前のガラス材の発色はほぼ無色透明であり、殆ど着色化が発生しなかったNBF2 (中央) の発色と同様であった。

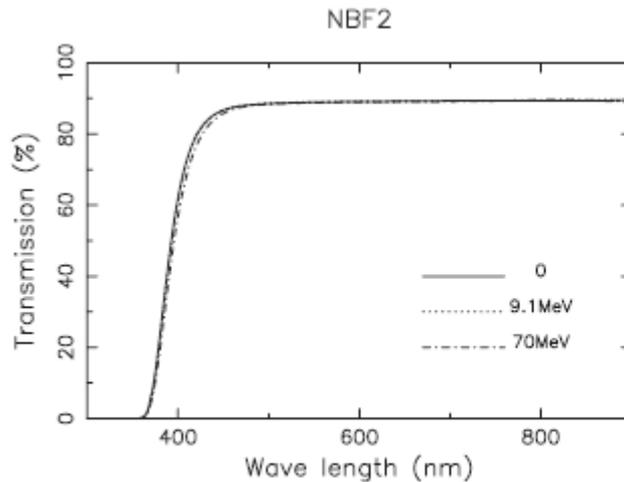


図9：ガラス材NBF2の9.1MeVおよび70MeVプロトン照射による透過率変化

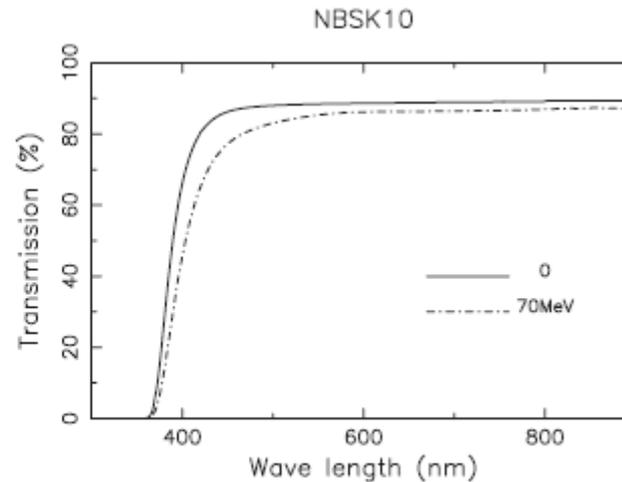
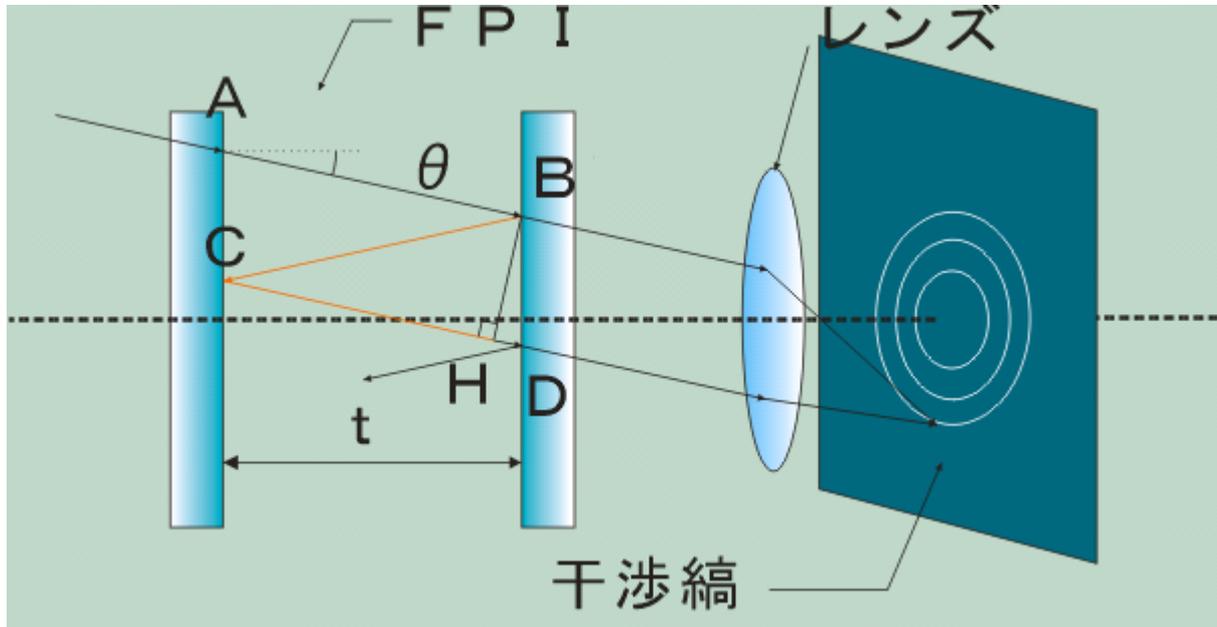


図10：ガラス材NBSK10の70MeVプロトン照射による透過率変化

Fabry-Perot 干渉計



干渉条件式: $2\mu t \cos\theta = n\lambda$ (n : 整数)

(目的の波長と鏡面間の屈折率が決まれば)

見る方向(θ)と干渉輪の位置(R)が対応する。