

地球超高層大気におけるプラズマ不安定性とイメージング観測

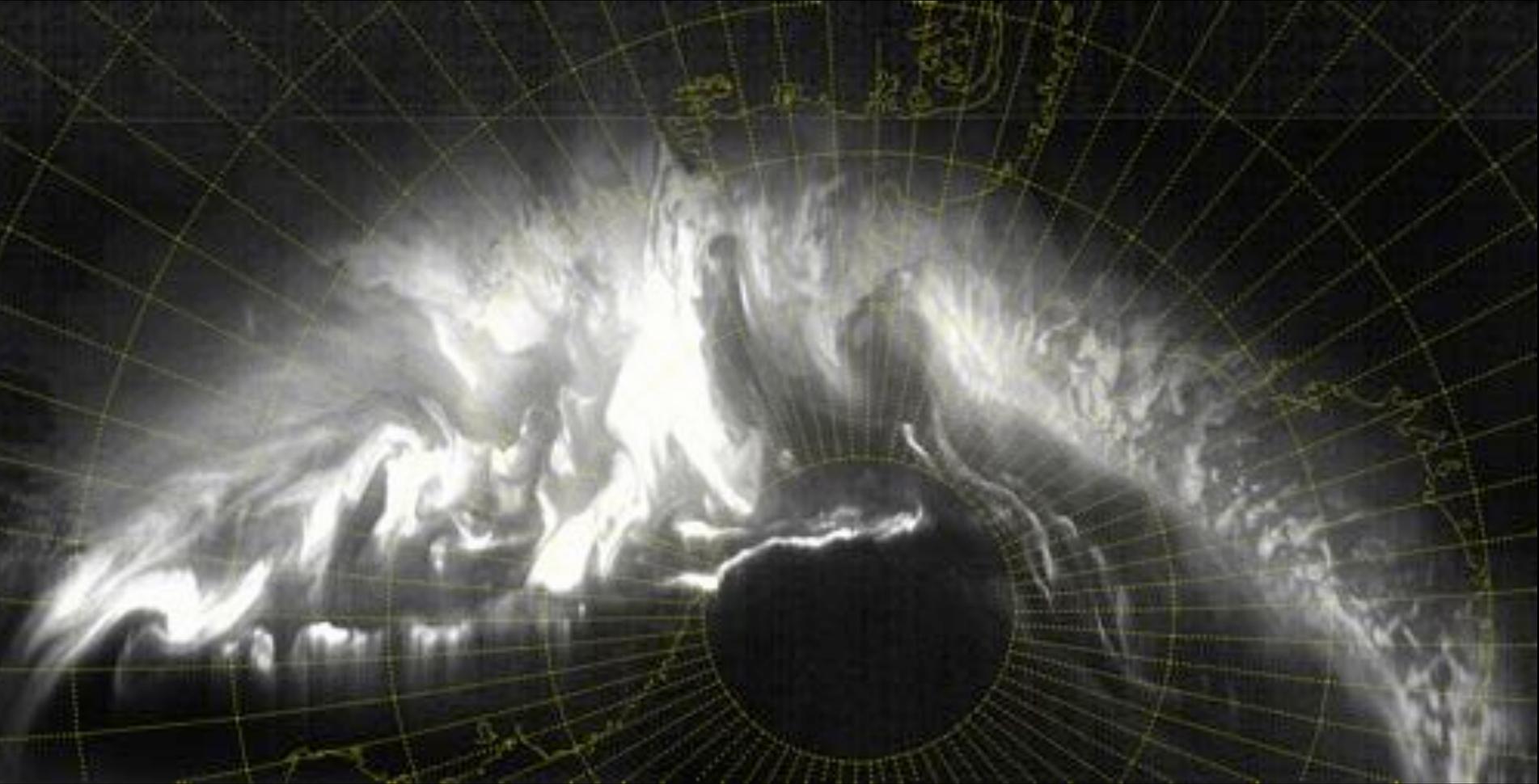
地球物理学教室 齊藤昭則

2008年3月21日に国際宇宙ステーションより撮影

[<http://www.nasa.gov/>]



DMSP衛星によるオーロラ観測



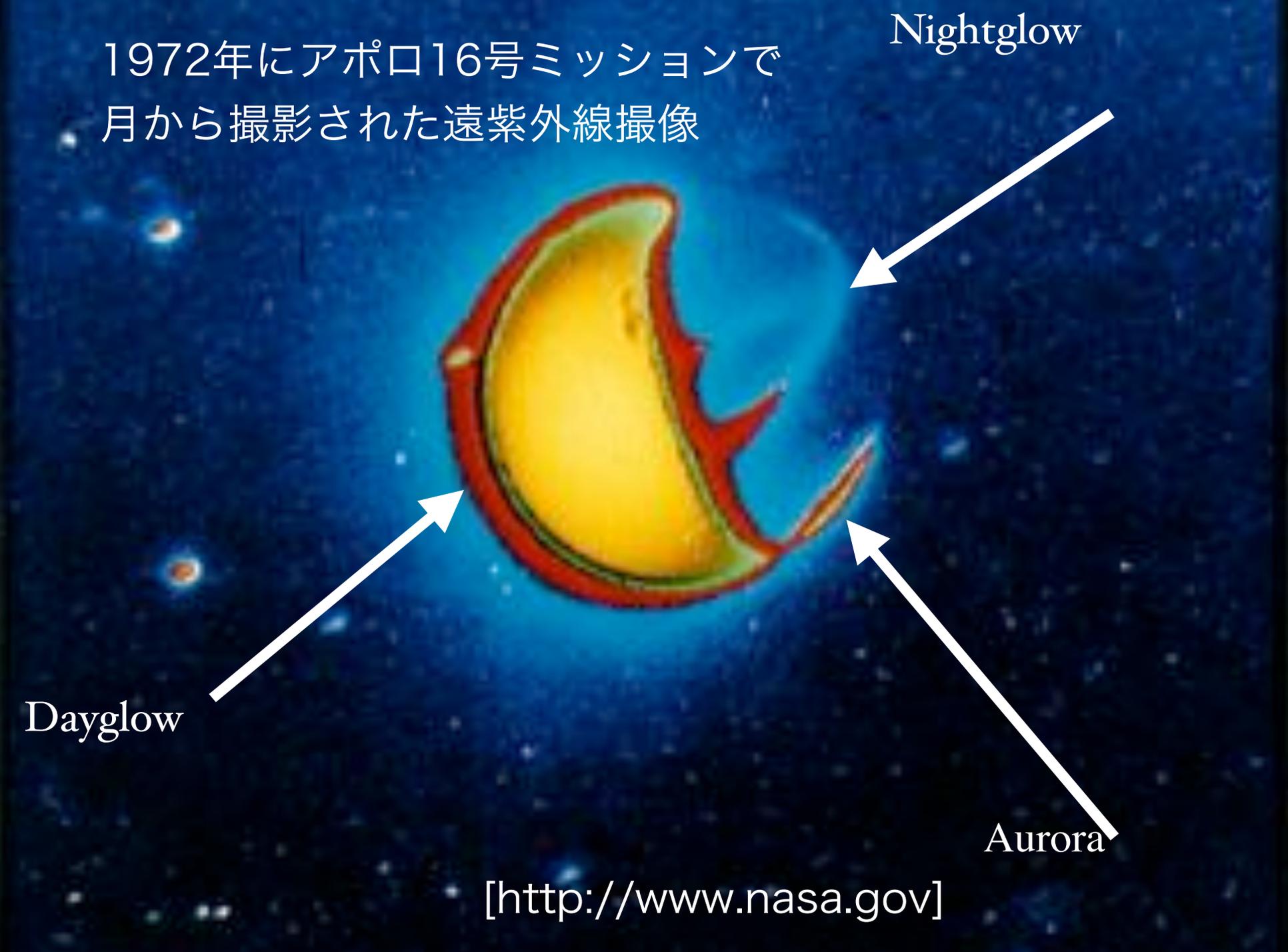
1972年にアポロ16号ミッションで
月から撮影された遠紫外線撮像

Nightglow

Dayglow

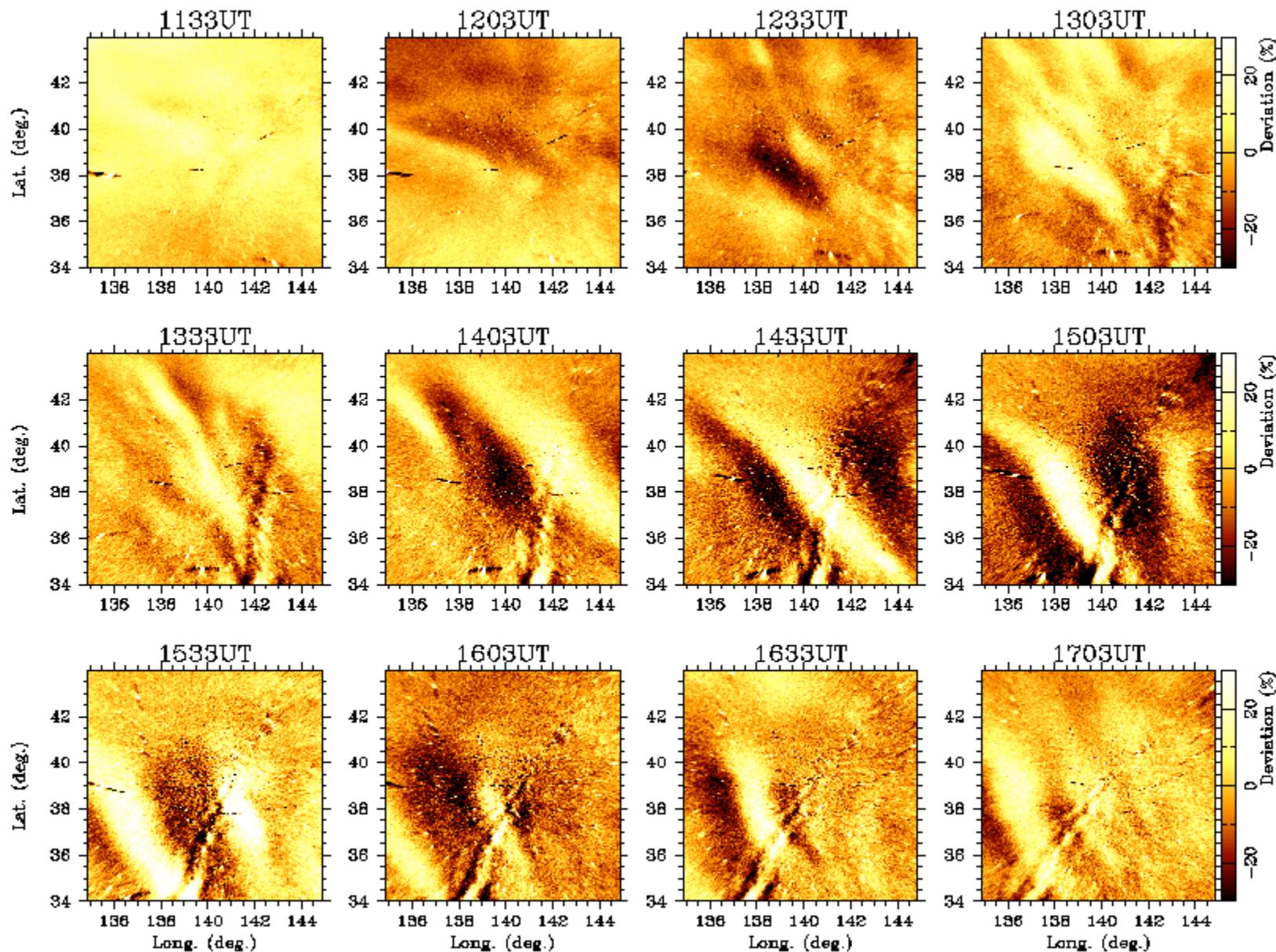
Aurora

[<http://www.nasa.gov>]



地上からの観測された630nm大気光

2004年6月16日 酒田での名古屋大学による観測





- 酸素原子 135.6 nm

O⁺ の放射再結合



あるいは



発光層: F領域 (高度 ~ 300km)

- 酸素原子 630 nm

O₂⁺ の解離性再結合



発光層: F領域下部 (高度 ~ 200km)

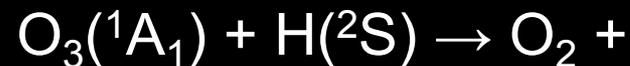
- 酸素原子 557.7 nm

酸素原子の3体衝突



発光層: 下部E領域 (95km)

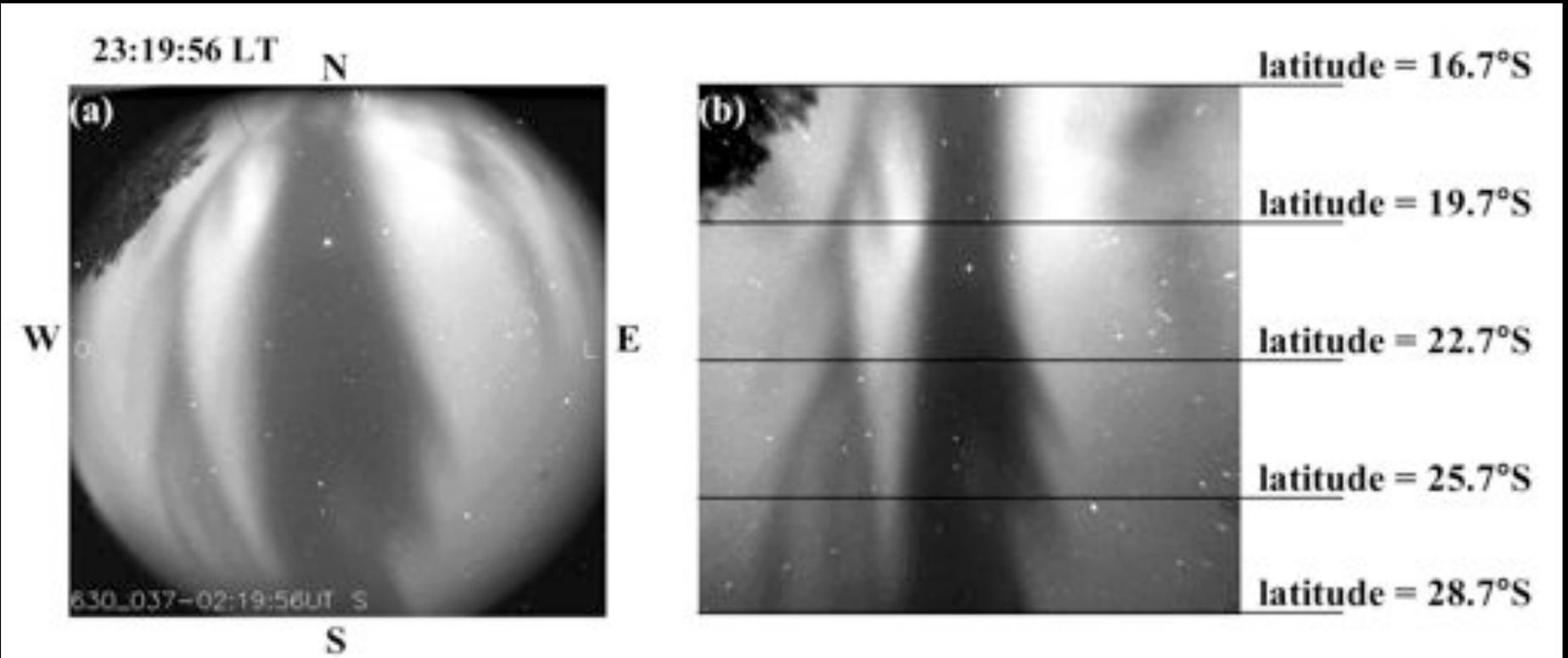
- OH



発光層: 87 km

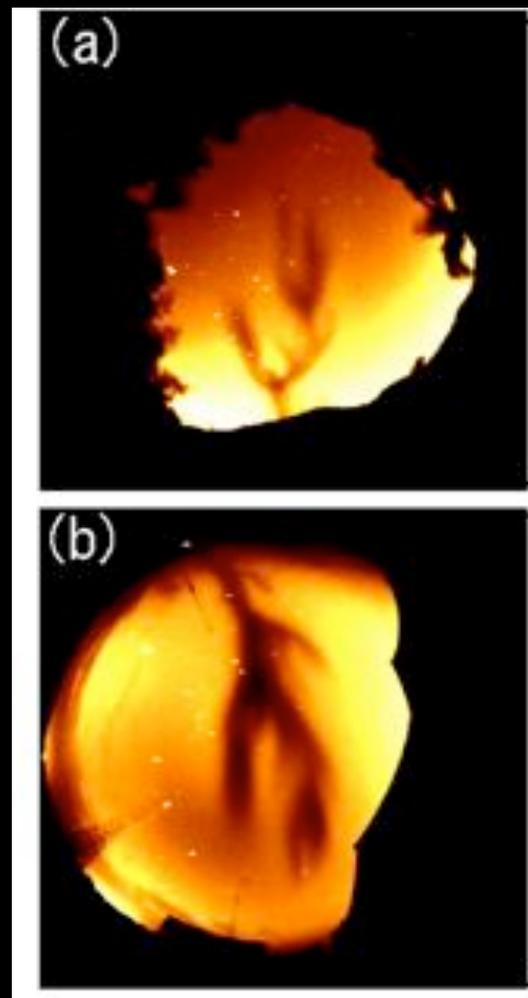
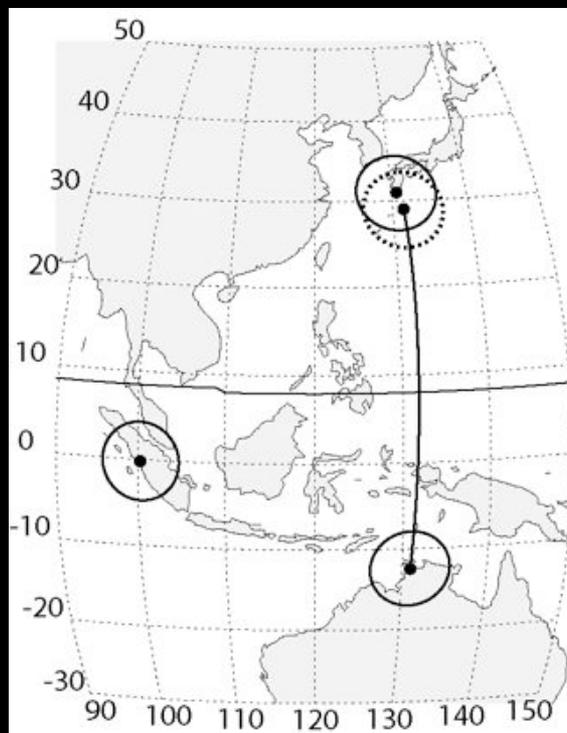
赤道域（ブラジル）での630nm大気光の観測

プラズマ・バブルと呼ばれるプラズマの欠乏領域の観測



[Pimenta et al., 2003]

日本とオーストラリアでのプラズマ・バブルの観測



Sata, Japan

Darwin,
Australia

[Otsuka et al., 2005]

630nm 大気光

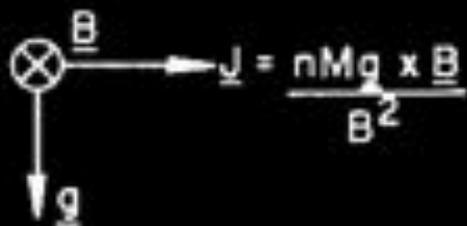
磁場の存在下での磁力線に直交方向へのイオンの運動速度の式（イオンと中性大気の衝突は無視できるとした）

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{\text{ion}} = & \mathbf{E} \times \mathbf{B} / B^2 \\ & - 1/(nq) \cdot \mathbf{grad} P \times \mathbf{B} / B^2 \\ & - m/q \cdot \mathbf{G} \times \mathbf{B} / B^2 \end{aligned}$$

(**E**: 電場、**B**: 磁場、*n*: イオン密度、*q*: 電荷量、**grad P**: 圧力勾配、*m*: イオン質量、**G**: 重力加速度)

電場や圧力勾配、重力など力の向きと、垂直方向に運動することが磁場のある時のプラズマの運動の特徴

電離圏レイリー・テイラー不安定性



電離圏レイリー・テイラー不安定性

ISS-IMAP：国際宇宙ステーションからの超高層大気撮像

- 地上からのイメージング観測で見えている現象を宇宙ステーションから観測する。
- これまでの衛星観測よりも高解像度が必要。
- VISI(可視近赤外分光撮像機)とEUVI(極端紫外撮像機)の2つのカメラを京都大学（統括）、東北大学（VISI）、東京大（EUVI）を中心として開発。
- 2011年観測開始

可視近赤外分光撮像装置 (VISI)

中間圏、熱圏、電離圏における大気光の分光撮像観測を行い、中低緯度域における大気波動、電子密度の分布を測定する。天底方向を指向。

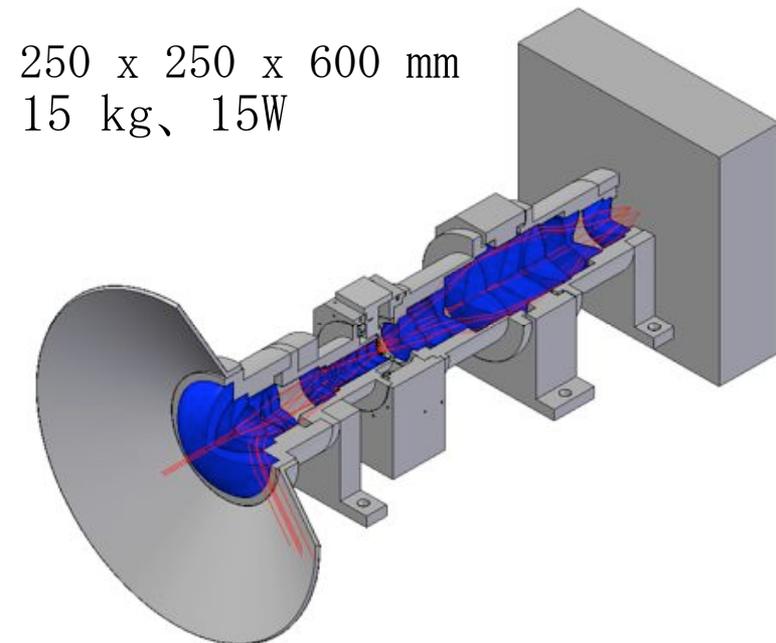
従来の衛星観測で用いられている遠紫外域大気光よりも一桁明るいため、中低緯度全域での撮像が可能

極端紫外光撮像装置 (EUVI)

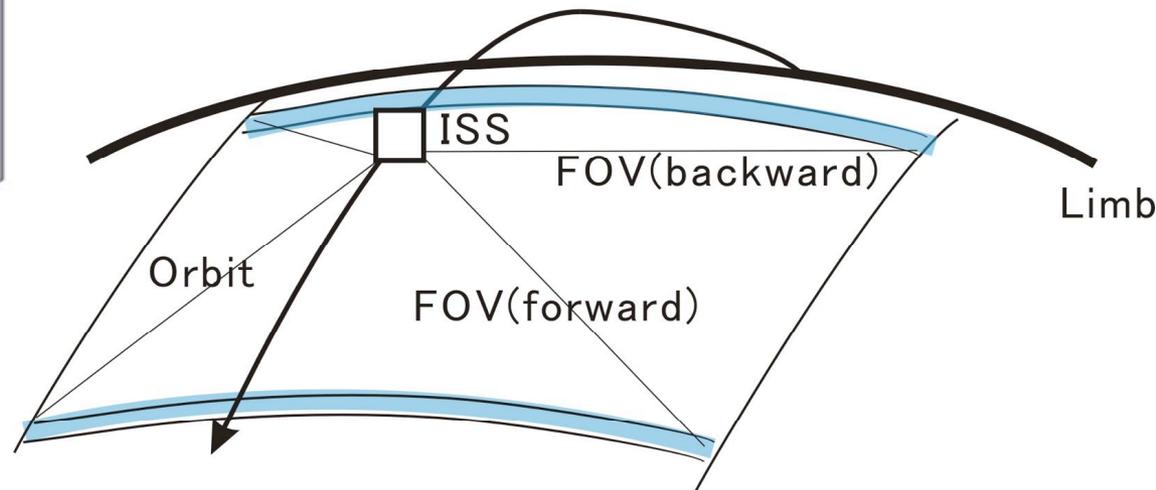
O^{+} イオン、 He^{+} イオンからの太陽光の共鳴散乱光の2次元撮像観測を行い、電離圏・プラズマ圏の鉛直構造を測定する。ISSからリム方向を指向

可視分光撮像装置 (VISI)

- 酸素原子 (発光高度250 km : 630 nm), 酸素分子(0-0)大気バンド (発光高度95km : 762 nm), OHマイネールバンド (発光高度87km : 650 nm)
- 前方及び後方の42° 方向に幅85° の短冊状の視野をもち、衛星の移動により2次元構造の測定を行う
- 日陰観測

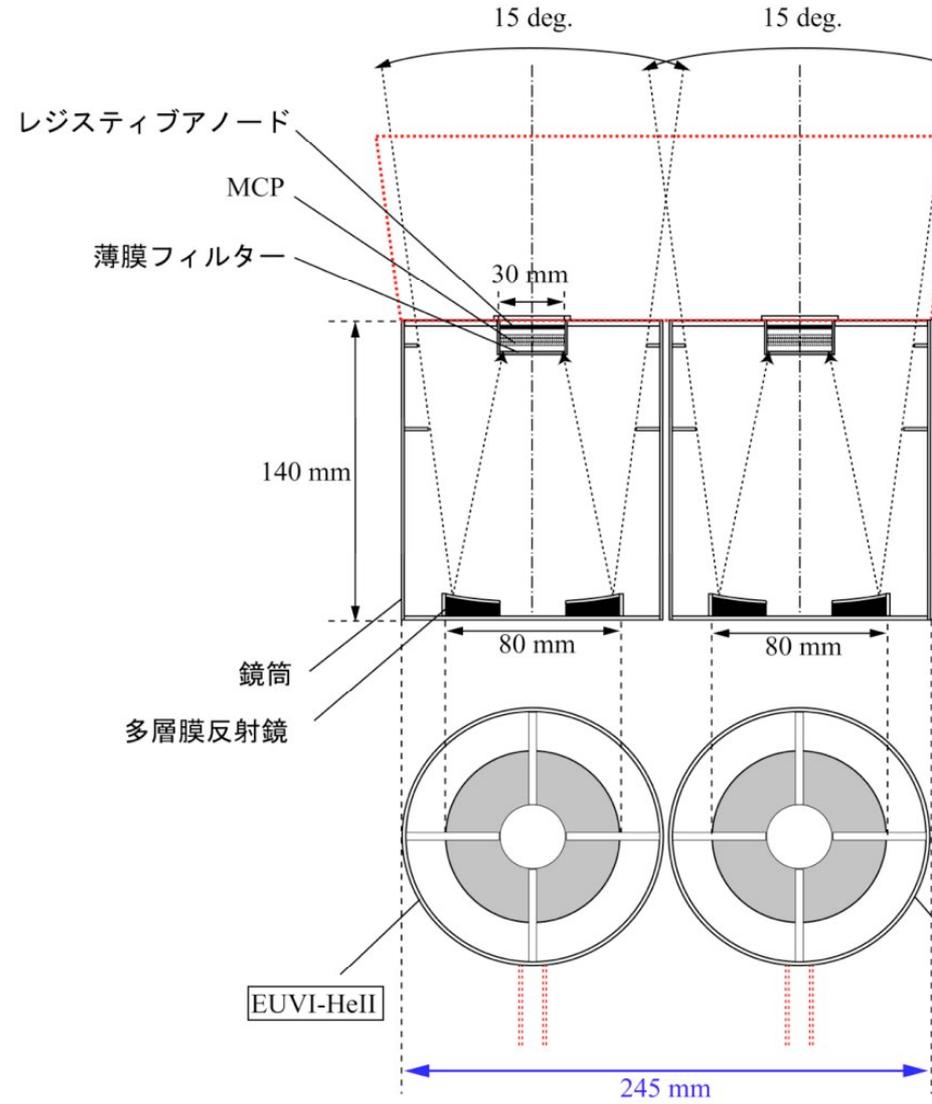


天底スキャン撮像

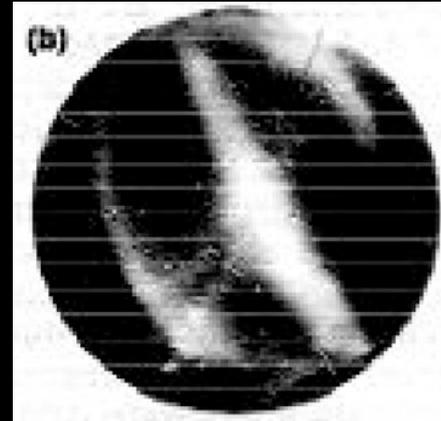


極端紫外光撮像装置 (EUVI)

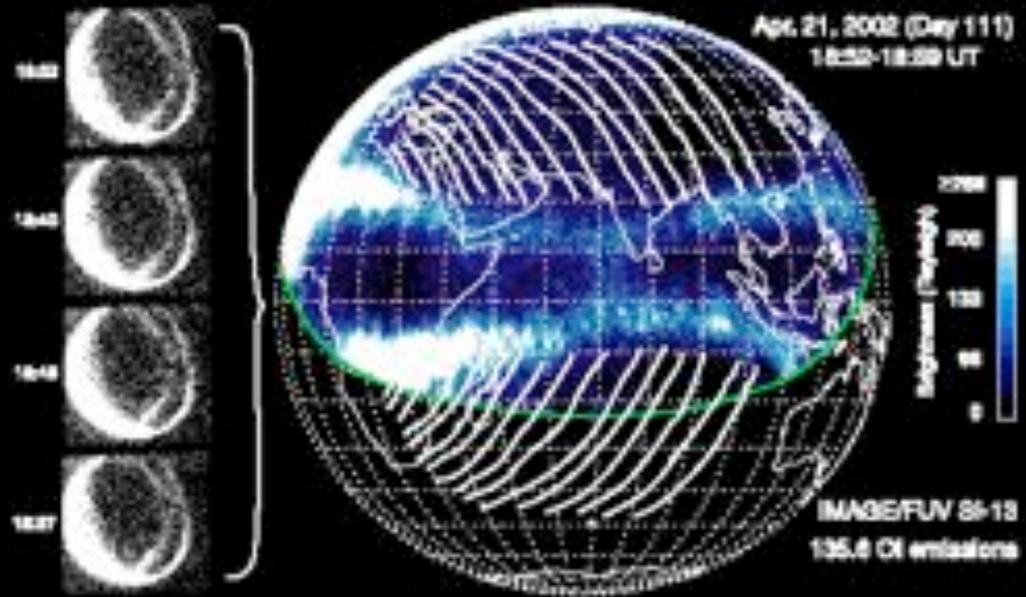
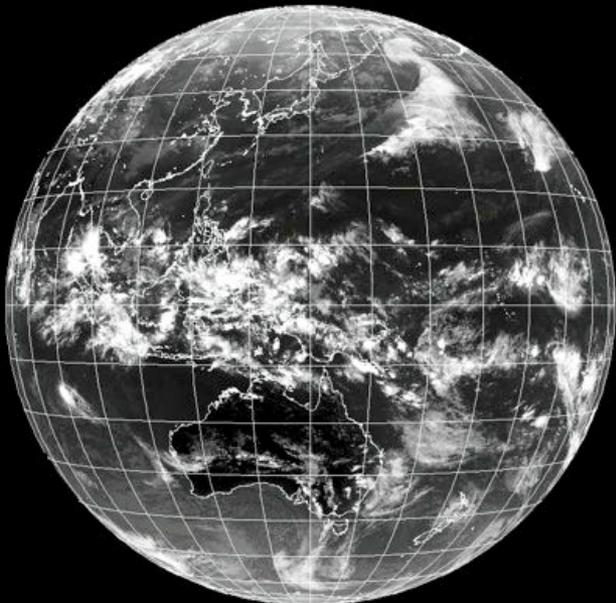
- He⁺イオンの共鳴散乱光 (波長 30.4nm) とO⁺イオンの共鳴散乱光 (波長83.4nm) によりプラズマ密度及びその組成変化を測定
- 地球リム方向に、15° の視野
- 280 x 260 x 300mm, 10kg, 22W
- 日照・日陰観測



地上観測と衛星観測



[Taylor et al., 1998]



Immel et al. [2006]の図に大塚さんが加筆

まとめ

- 地球大気圏の最外部はプラズマになっており、オーロラ、大気光などの発光をしている。
- 通常の大気とは異なるプラズマ不安定性などの電磁気的な現象が起こっており、ダイナミックな変動が面白い。
- これまで、宇宙からの観測が手薄だった中低位土井機をイメージング観測するために、国際宇宙ステーションからの観測（ISS-IMAP）を準備中。2011年に宇宙ステーション搭載予定。