

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

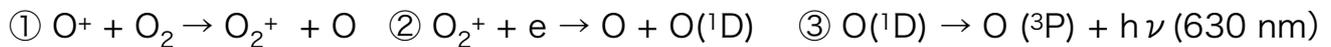
地球物理学教室 齊藤昭則 (saitoua@kugi.kyoto-u.ac.jp)

・地球超高層大気とは

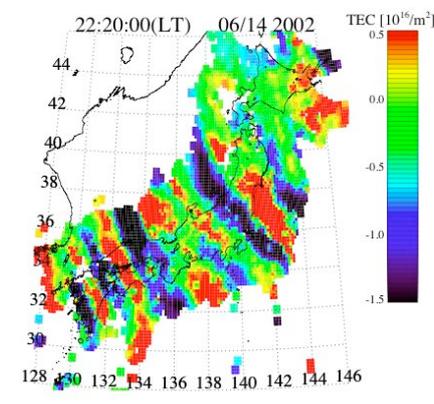
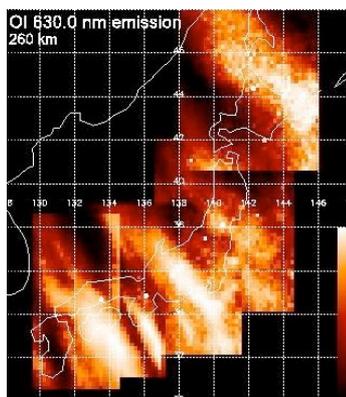
高度50km以上の領域。気象現象を起こす対流圏（高度10km以下）、オゾン層のある成層圏（高度50km以下）より高層の領域。飛行機が飛ぶのは高度10km程度、流れ星が燃えるのは高度90km程度、オーロラが光るのは高度90-300km、国際宇宙ステーションがあるのは高度400km程度、である。高度90km以上では大気の一部が電離してプラズマになっている。

・イメージング観測

高緯度域で起こるオーロラは輝度が高いためイメージング観測が広く行われてきた。一方、中低緯度域の超高層大気では、太陽からのプラズマが入り込まないためオーロラは起こっていないが、大気光によって発光している。例えば波長630 nmの赤色の大気光は、次の O_2^+ の解離性再結合過程によって励起した酸素原子からの発光である。



大気光は輝度が低くイメージング観測が難しかったが、近年のCCDの発達で、これまで見ることの出来なかった超高層大気の2次元構造が観測できるようになってきた。光による観測に加えて電波による観測も進歩しており、GPS受信機網を使ったイメージング観測も始まった。



左図：5地点の地上全天CCDカメラで観測された630nm大気光 [Saito et al., 1999]

右図：GPS受信機網（国土地理院GEONET）で観測された日本上空全電子数

メモ

・プラズマ不安定性

超高層大気の特徴は大気の一部が電離してプラズマになっていることである。プラズマは電離していない大気とは異なり電場、磁場、電流の影響を受けるため他の地球上の流体とは異なる運動を起こす。特に地球は比較的強い磁場が存在する惑星であるために電場と磁場に起因するプラズマの不安定性が生じ、時速1,000kmを越す突発的な現象も起こっている。以下は磁力線に直交方向へのイオンの運動速度の式である（大気との衝突は無視している）。

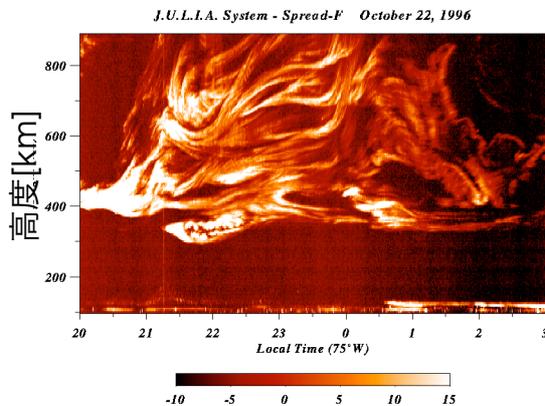
$$V_{ion} = E \times B / B^2 - 1/(nq) \cdot grad P \times B / B^2 - m/q \cdot G \times B / B^2$$

(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)

このうち、最初の項の、電場と垂直方向への電場による運動が地球近傍では重要である。このプラズマの運動によって、電気抵抗が変化し、それによって電場が増加する場合、さらにプラズマの運動が速くなり、さらに電場が強くなるという不安定性が生じることがある、赤道域高度300km付近で生じるプラズマバブルという現象は、このような不安定性によって起こる。

・国際宇宙ステーションへのイメージャの搭載 (ISS-IMAP)

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」の船外プラットフォームに可視近赤外分光撮像装置 (VISI)と極端紫外撮像装置 (EUVI) の2台のイメージャを設置する計画を進めている。超高層大気撮像観測ミッション(ISS-IMAP: Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping)と呼ばれるこのミッションは、京都大が全体統括、東北大がVISI、東京大がEUVIの開発を担当している。2011年に宇宙ステーションに搭載される予定で、中間圏と電離圏の大気光と太陽光のプラズマからの共鳴散乱光を3年間観測する。これによって、これまで見ることの出来なかった領域を観測することが出来ると期待している。



左図：ペルーのJuliaレーダーによって観測されたプラズマ不安定性による構造の時間変化

右図：国際宇宙ステーション船外プラットフォーム搭載予定のISS-IMAPの視野

メモ

Blank area for notes.