

宇宙天気三二講座：電離圏編

情報通信研究機構 電磁波研究所 宇宙環境研究室
津川 卓也

- 電離圏の基礎知識
- 電離圏の主な現象と影響

電離圏の基礎知識

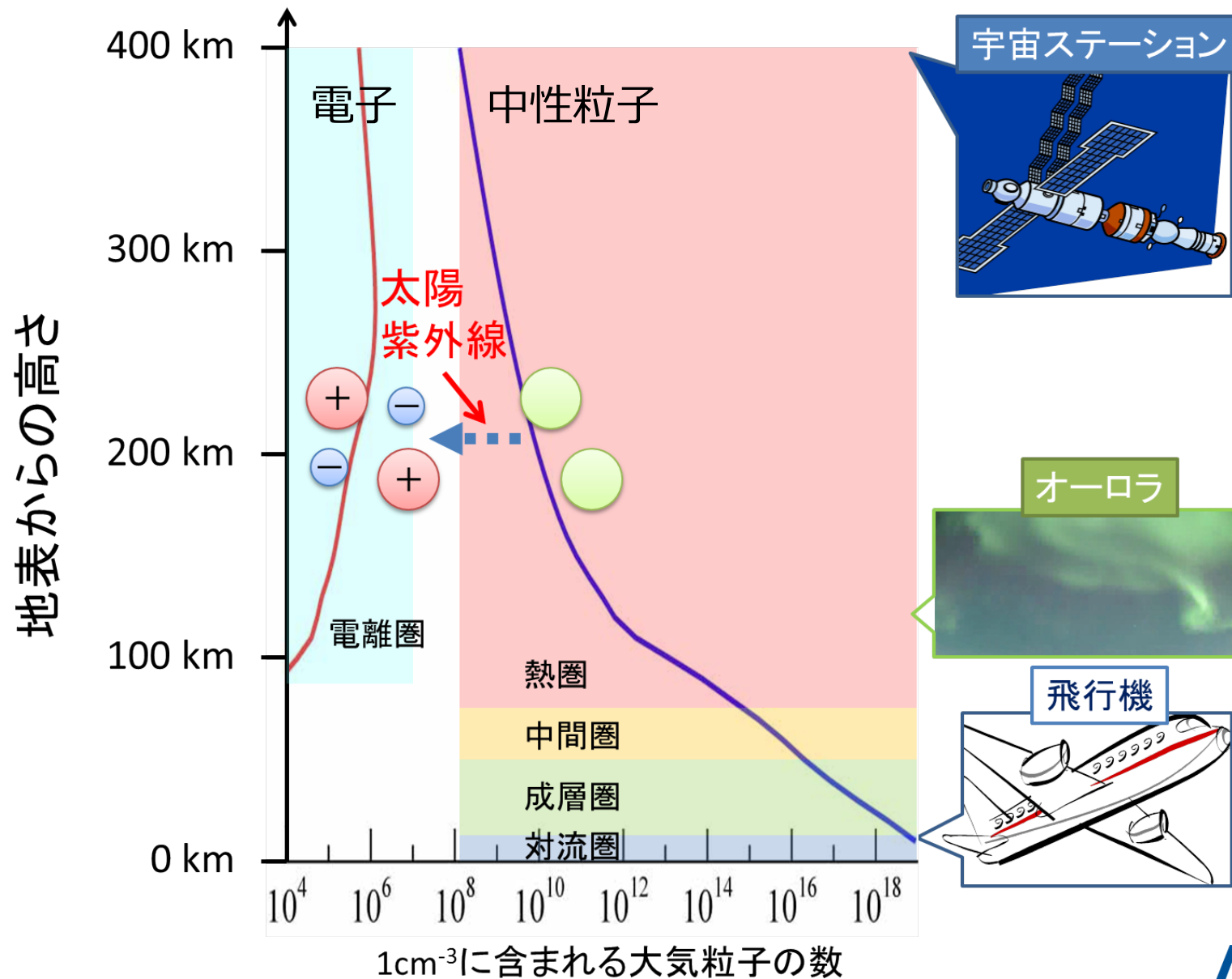
電離圏の高さ



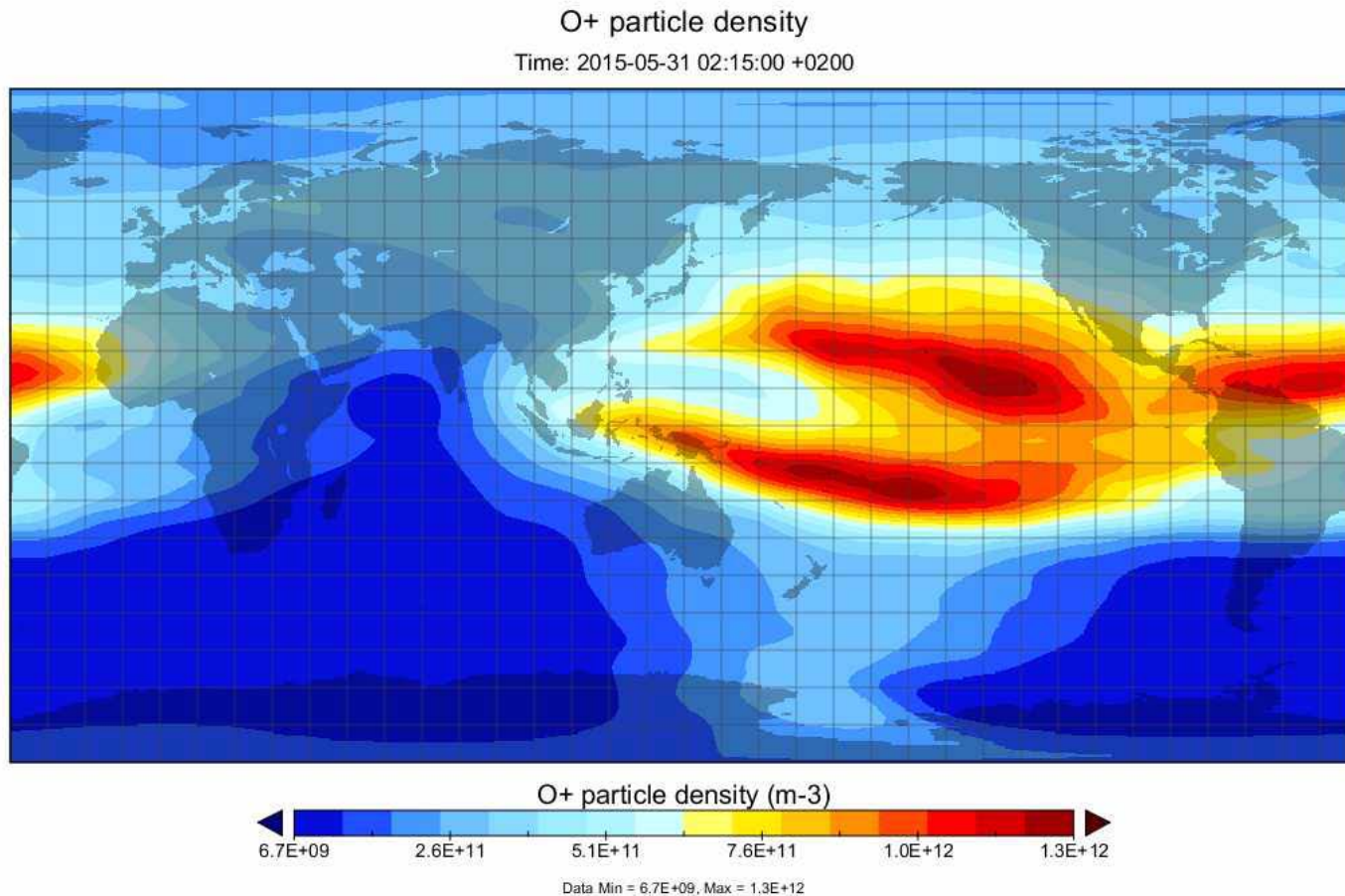
宇宙ステーションから撮影されたオーロラと大気光 [<http://eol.jsc.nasa.gov>]

- 国際宇宙ステーション --- 高さ 400 km
- オーロラ --- 高さ 100-500 km
- 電離圏 --- 高さ 60 – 1000 km

電離圏の生成

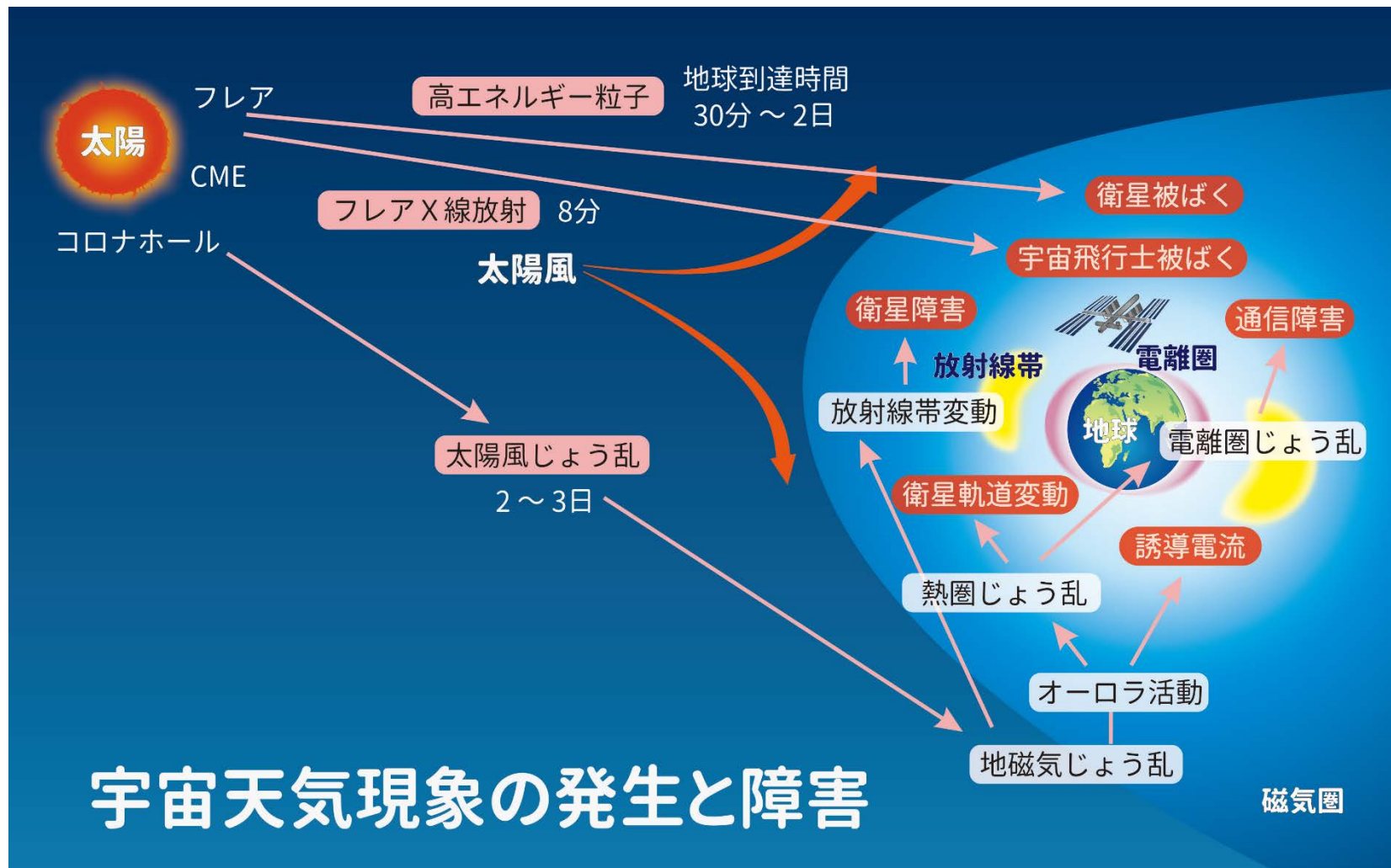


電離圏の特徴 1 : 大きな変動



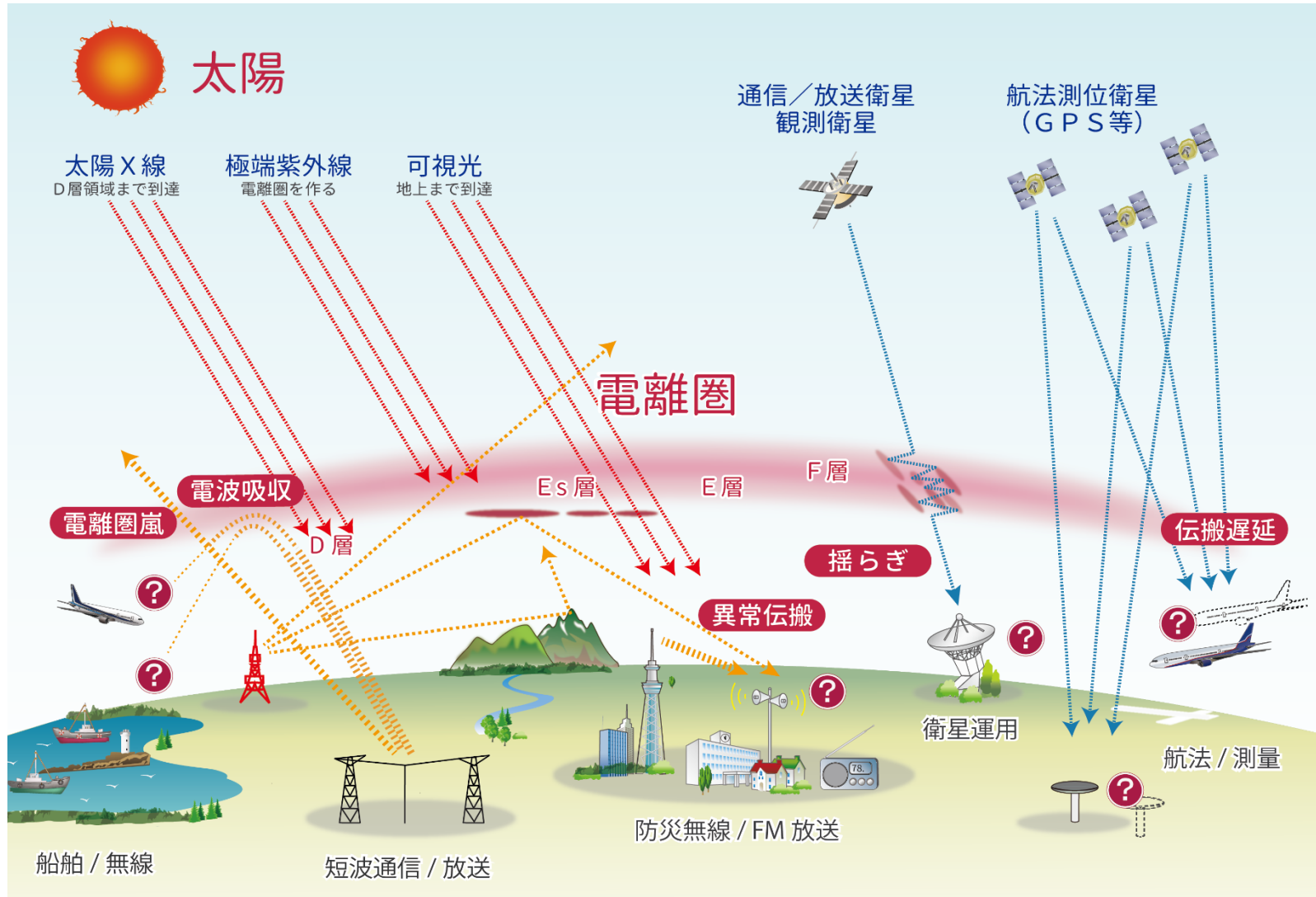
- おおまかに日中・低緯度は電子密度が濃く、夜間・高緯度は小さい。
- 大きな日々の変動や、不規則な激しい乱れも。

電離圏の特徴 2 : 太陽の影響を受ける



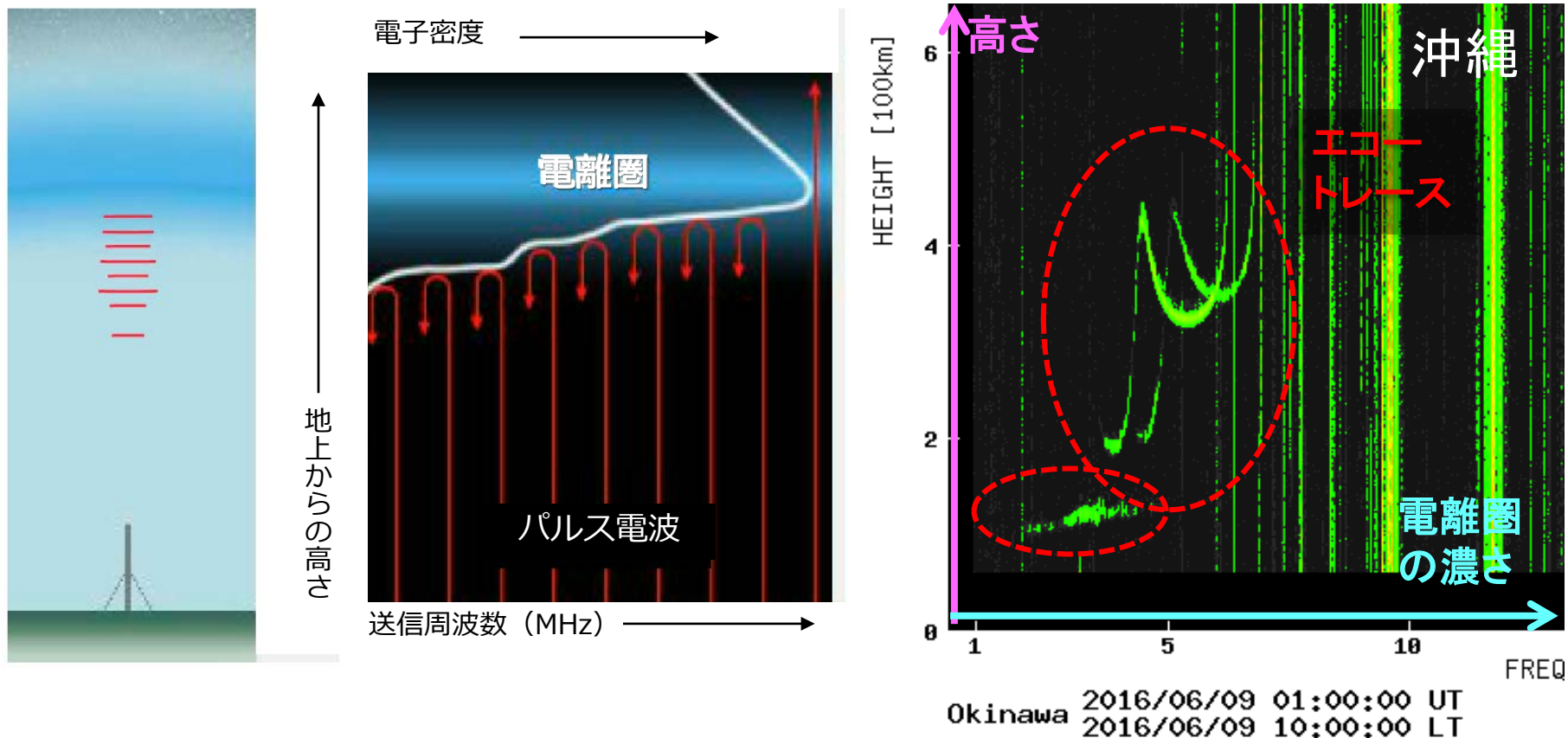
電離圏の大きな乱れは、太陽から太陽風・磁気圏を通じてやってくる。

電離圏の特徴 3 : 電波の伝播に影響する



電離圏の電子密度の変化 → 電波の屈折率の変化

電離圏の状態を知る方法 1 : イオノゾンデ

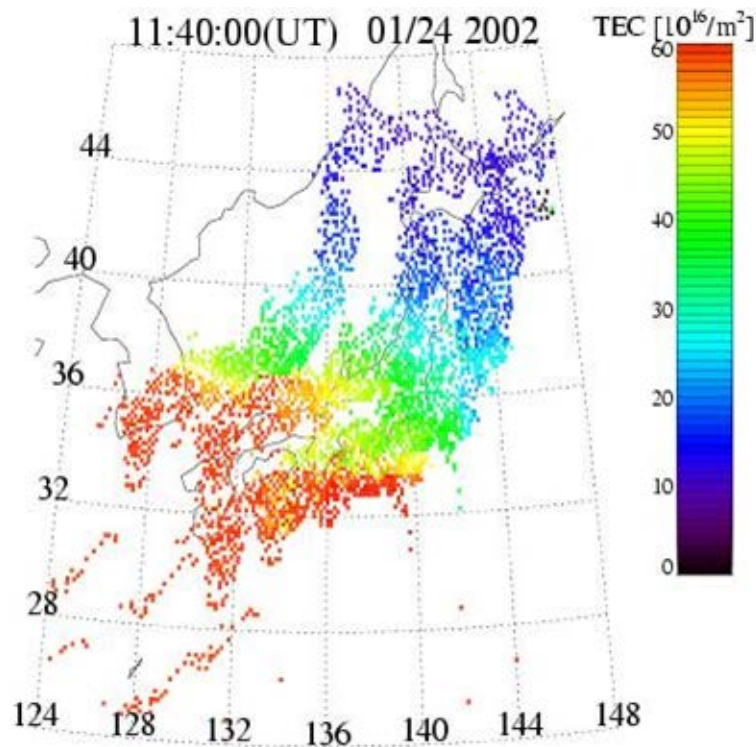
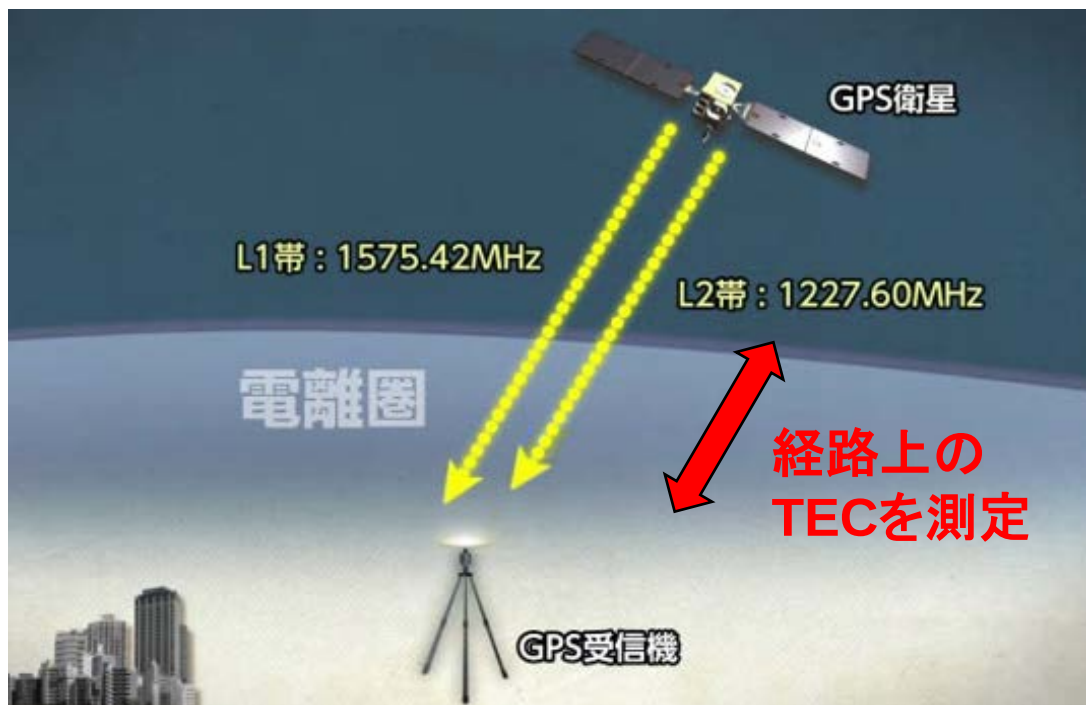


<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>

タブ [リアルタイムデータ] - [最新イオノグラム]

電離圏の高さ方向の分布（イオノグラム）がわかる。

電離圏の状態を知る方法 2 : 全電子数 (TEC)



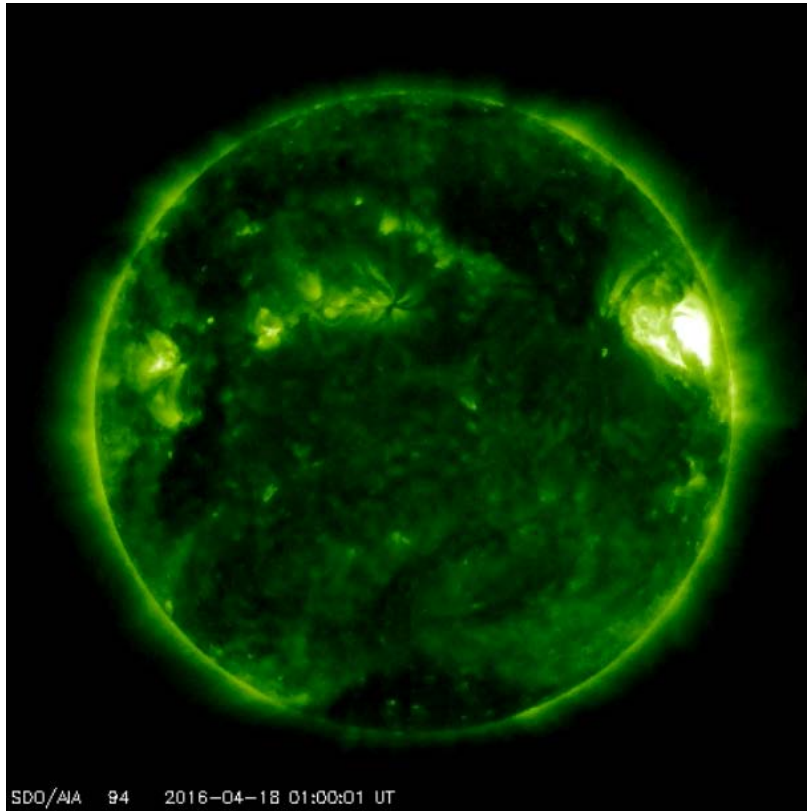
<http://seg-web.nict.go.jp/GPS/GEONET/>

- 電波の周波数に応じた屈折率の変化を利用して、電波経路上の全電子数 (TEC: Total Electron Content) が測定できる。
- 日本国内に密なGPS受信機網がある。 → TECマップ

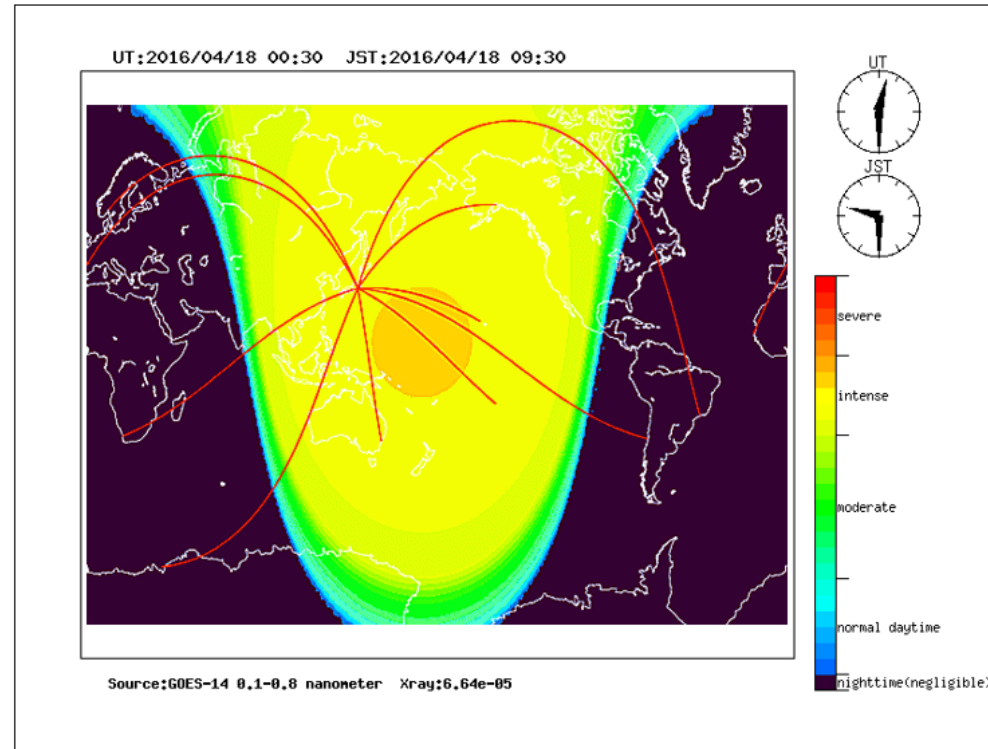
電離圏の主な現象と影響

電離圏の現象 1 : デリンジャー現象

- 2016/04/18 M6.7フレア



SDO衛星による太陽極端紫外線の観測



G O E S衛星による太陽X線観測から計算された短波減衰マップ

<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>
タブ [リアルタイムデータ]
- [デリンジャー現象]
- [現況マップ]

デリンジャー現象：短波帯電波の吸収

通常状態の短波伝播



太陽フレア発生時

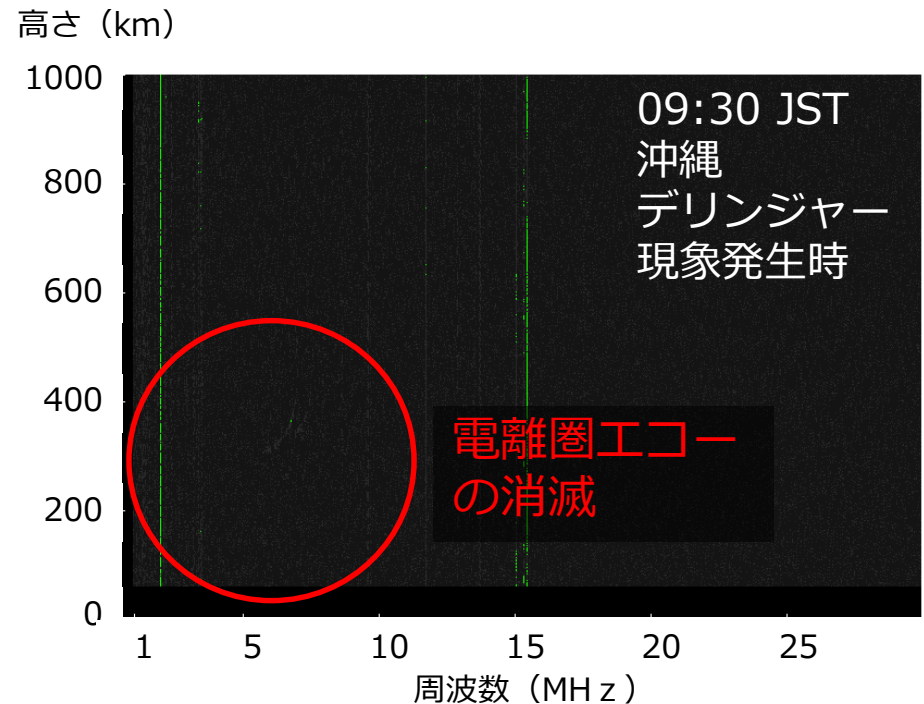
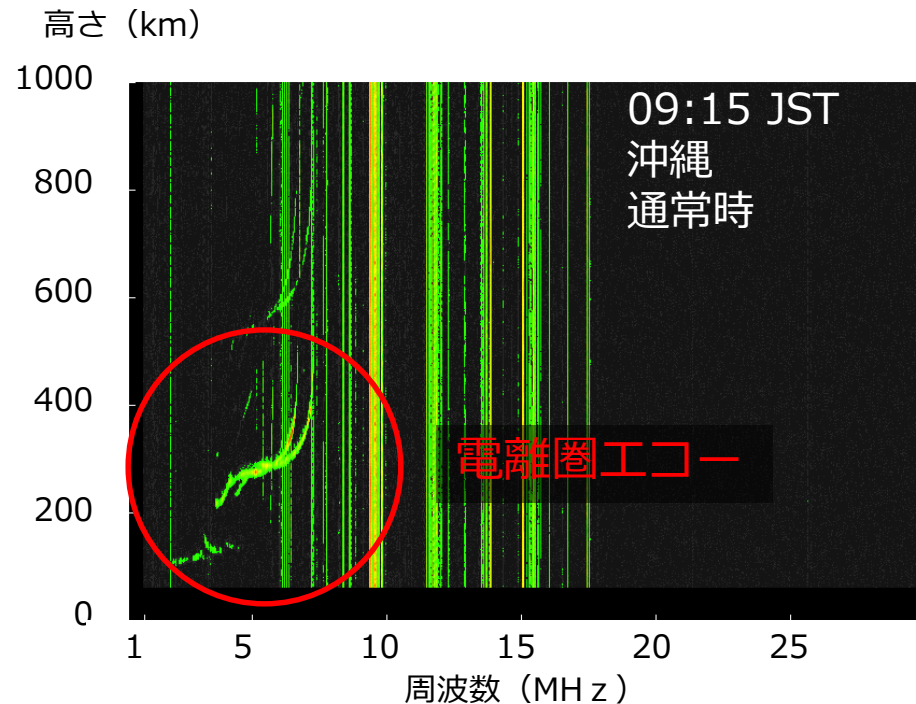


大規模太陽フレア（M5以上で顕著）

- 太陽 X 線量の急増
- 電離圏D領域の電子密度急増
- D領域での短波電波の吸収

最近の例：デリンジャー現象

- 2016/04/18 M6.7フレアの発生直後のイオノグラム



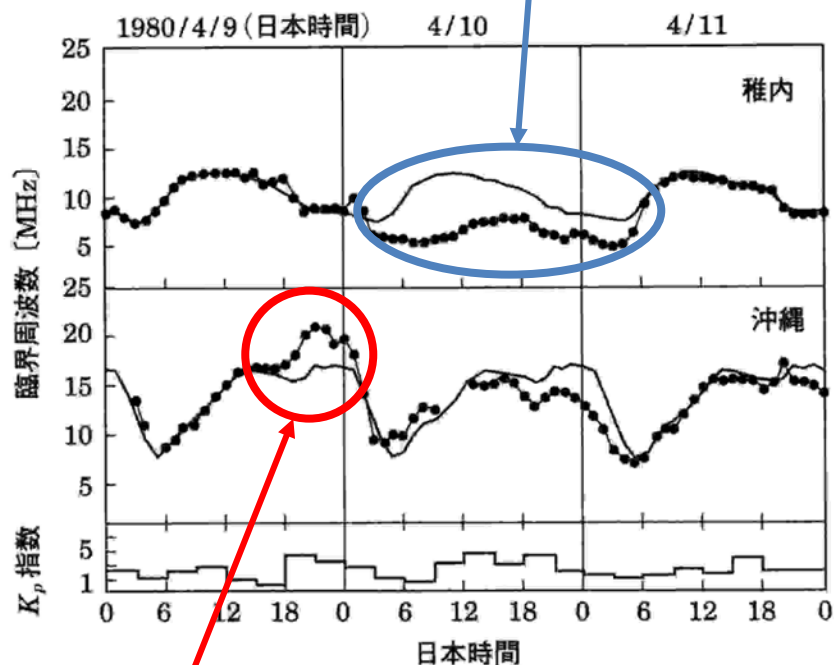
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>

タブ [リアルタイムデータ] - [最新イオノグラム]

広帯域にわたって通信が不可（ブラックアウト）となることもある。

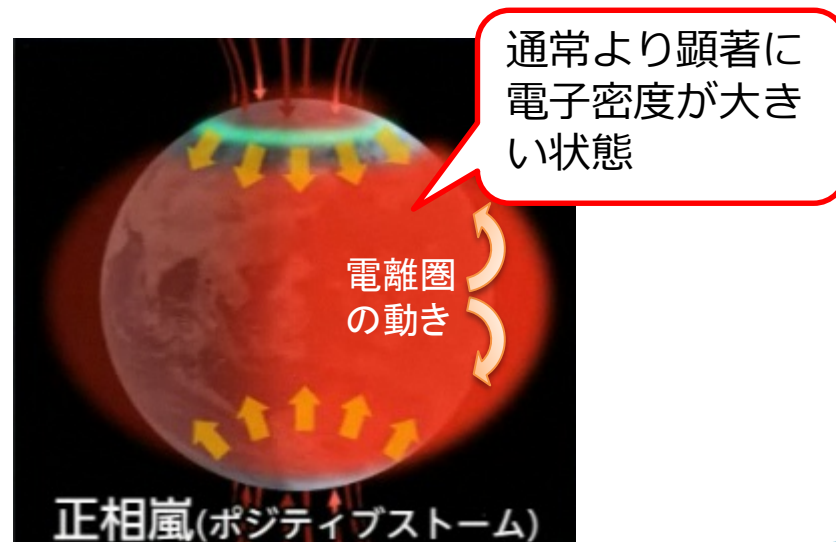
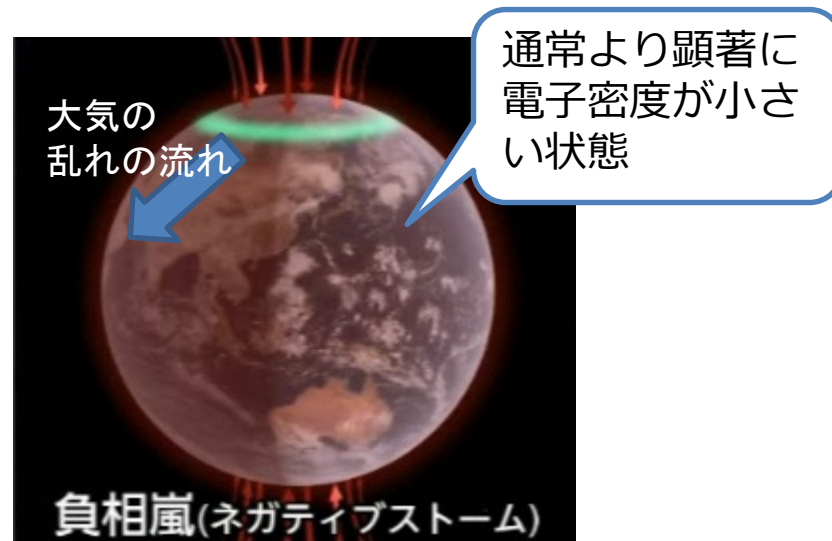
電離圏の現象 2 : 電離圏嵐

負相嵐 (Negative Storm)



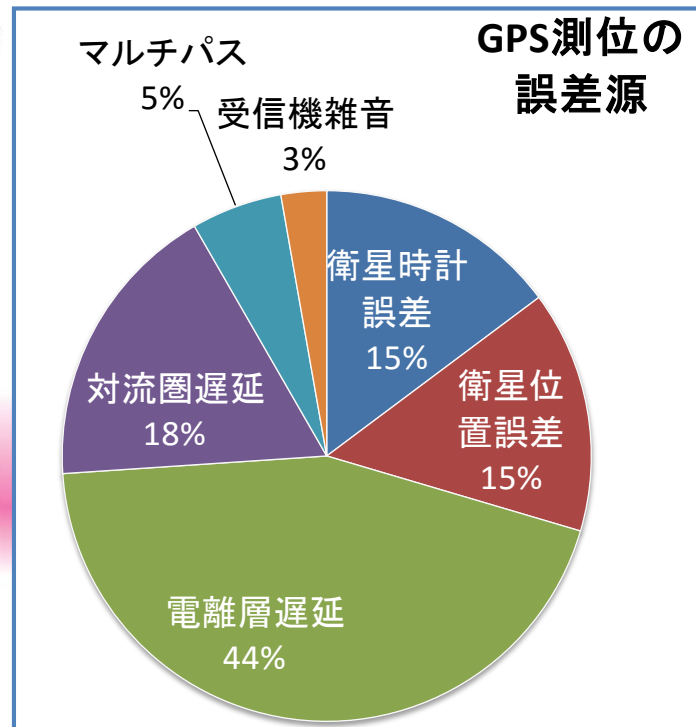
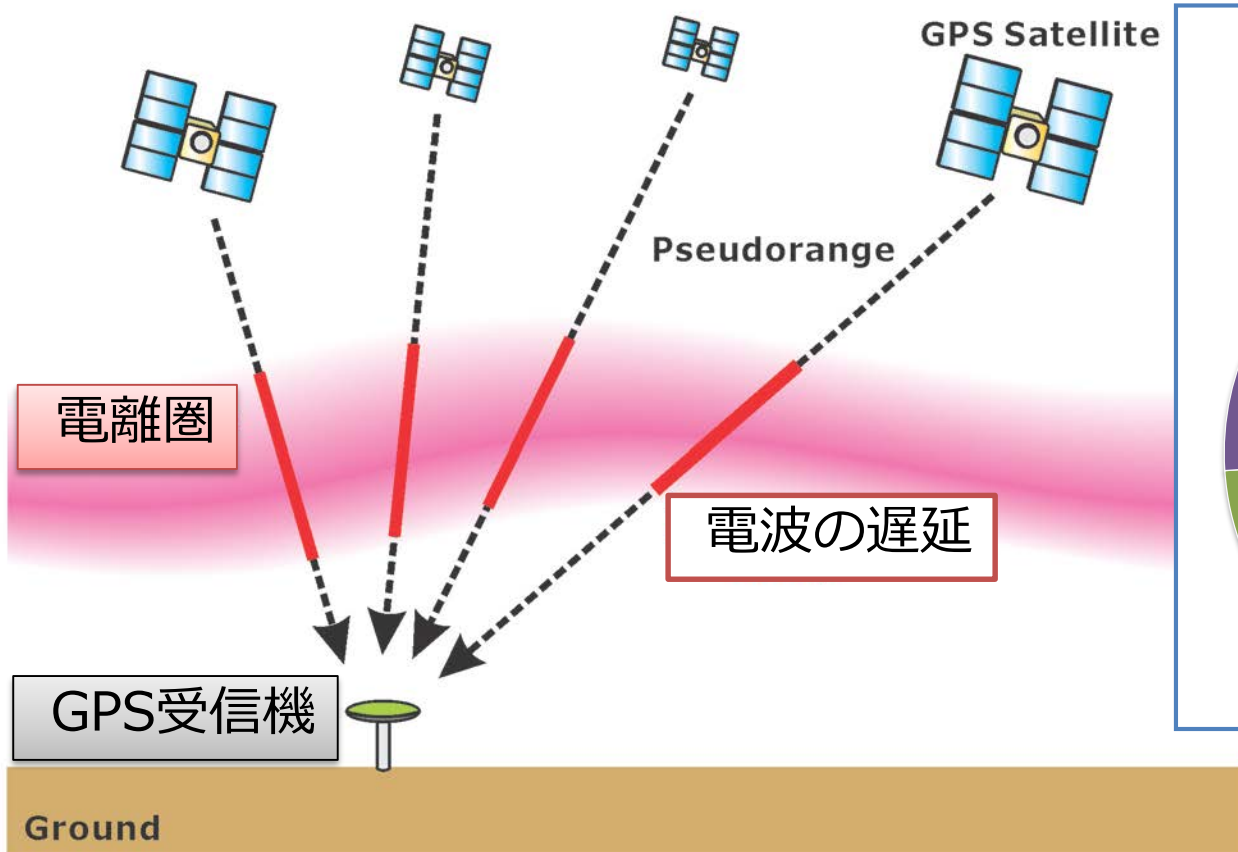
実線：1ヶ月平均の日変化

正相嵐 (Positive Storm)



太陽風の乱れが磁気圏を通り、地球の極域から流入して発生する。

衛星測位誤差への影響



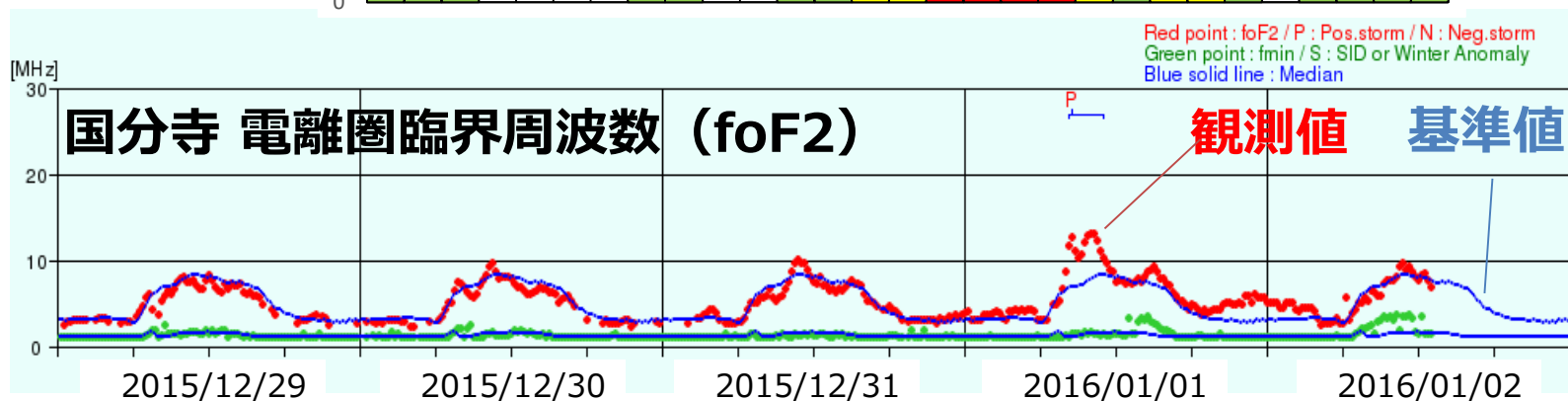
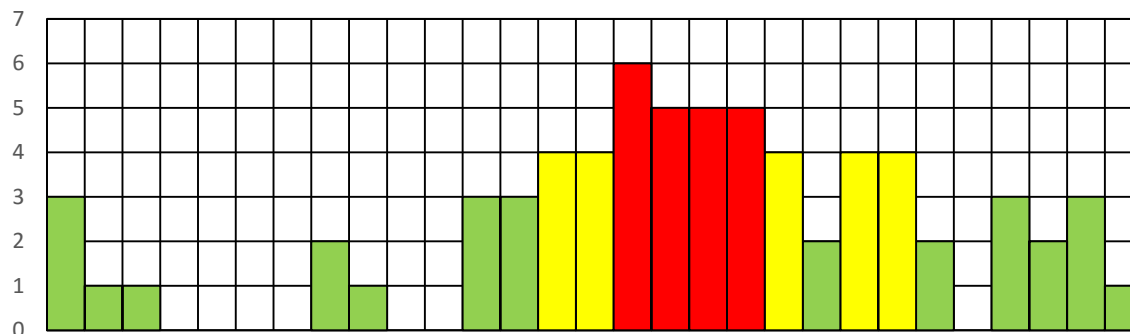
「精説GPS（日本航空学会
GPS研究会）より」

- 電波は電離圏を通過する際に電波が遅れる。 → 測位誤差を生成
- 大きな電子密度の増減や勾配は補正しきれない。

最近の例：電離圏嵐

- 2016/01/01 に発生した正相電離圏嵐

柿岡
K指数

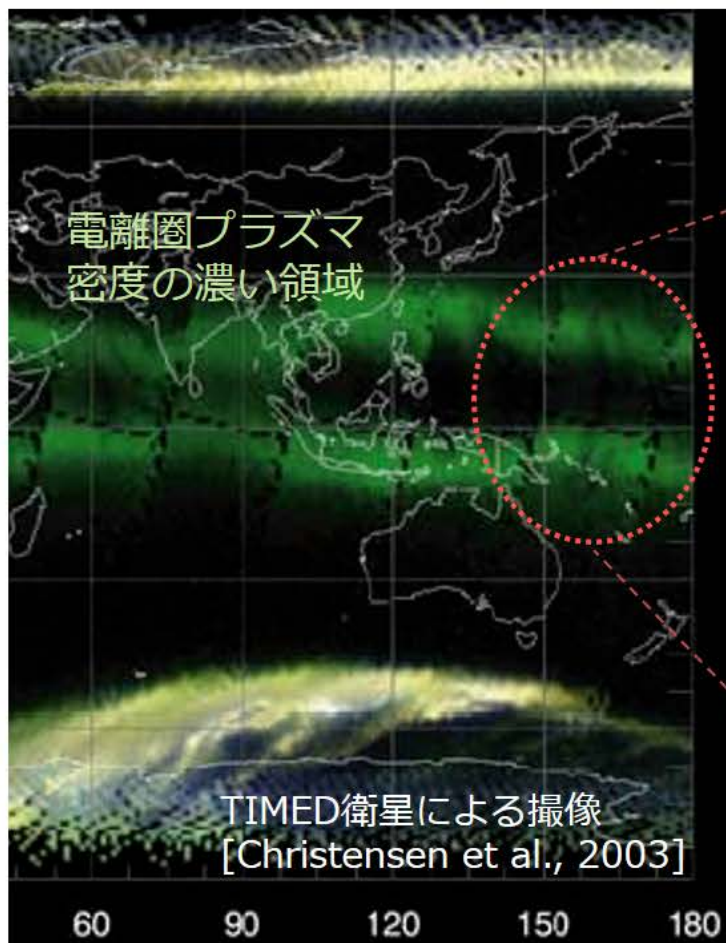


<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>

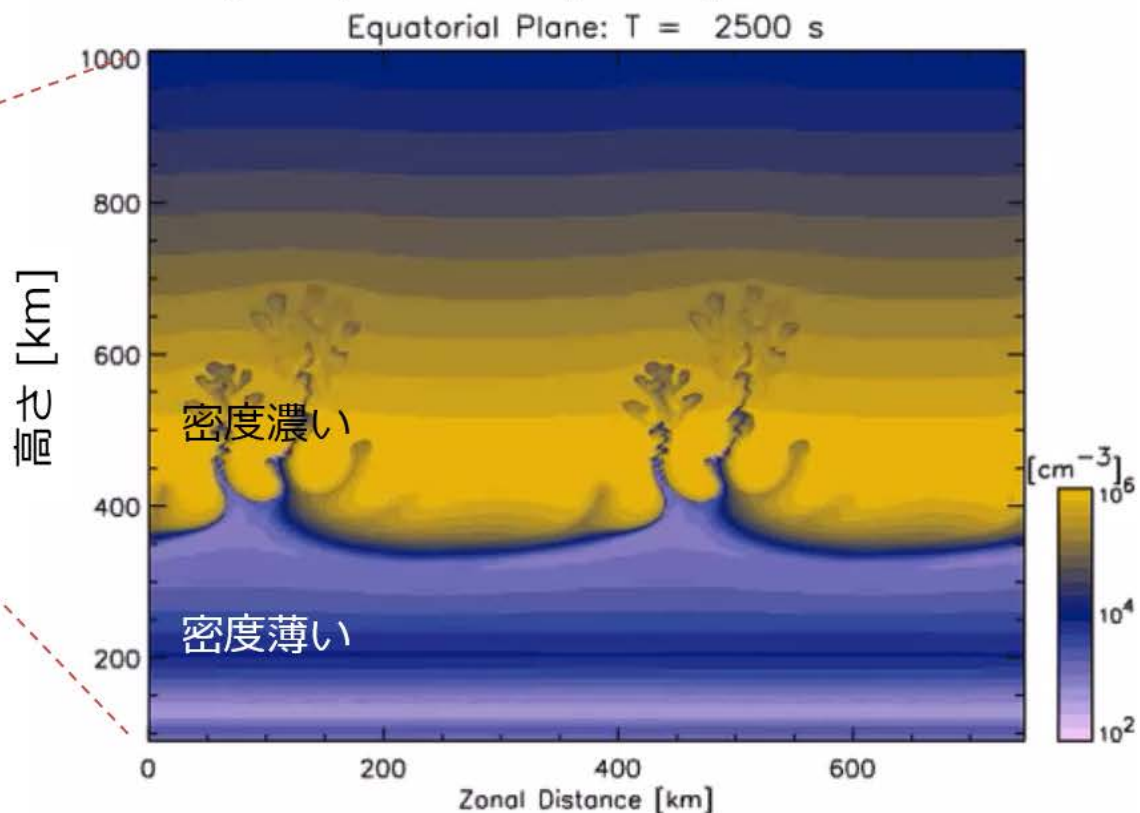
タブ[電離圏概況] - [概要詳細]

2015年12月31日-1日にかけて発生した磁気嵐の影響で、
国分寺で正相電離圏嵐が観測された。

電離圏の現象3： プラズマバブル

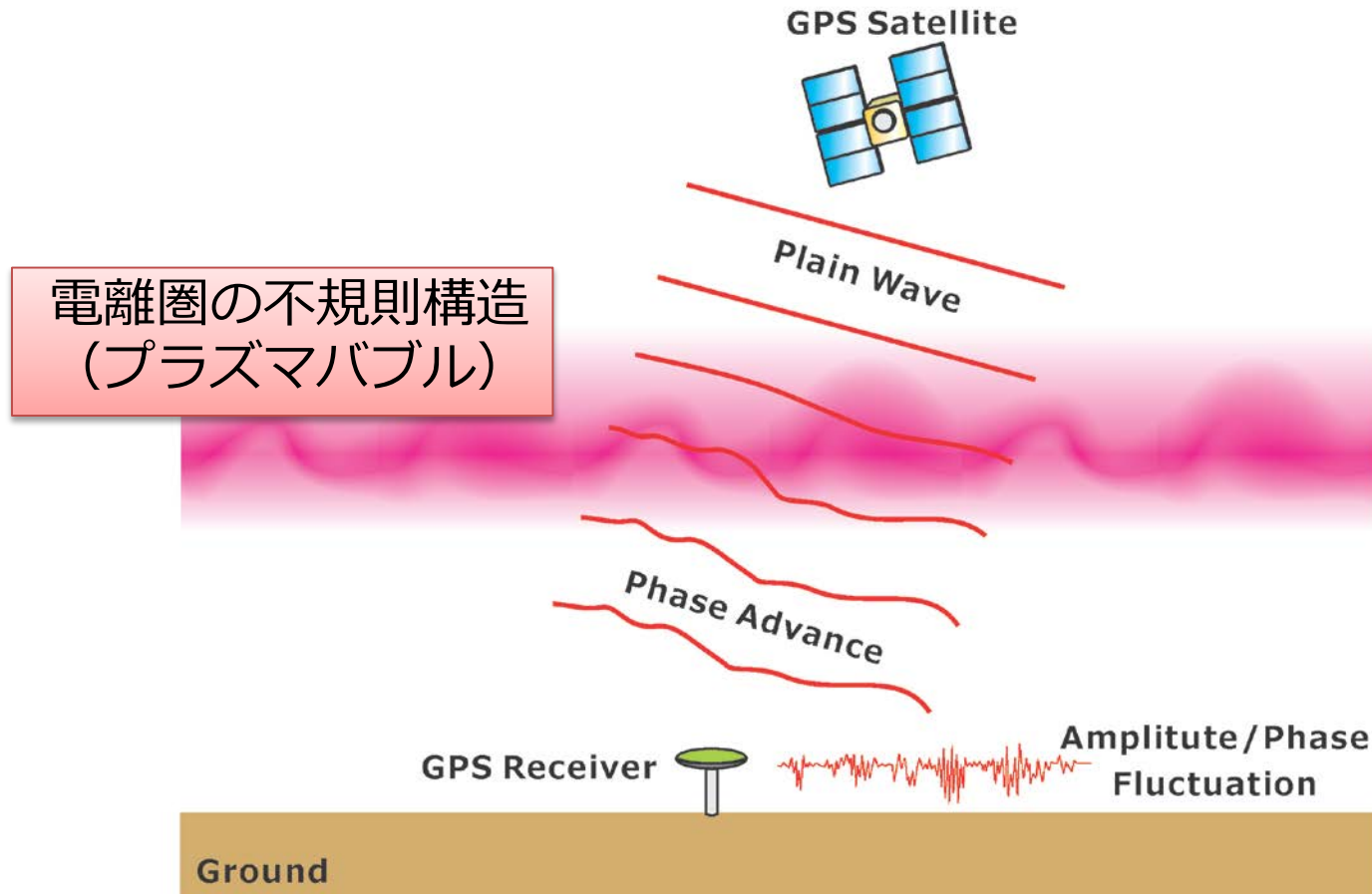


プラズマバブル生成のシミュレーション
[Yokoyama et al., 2015]



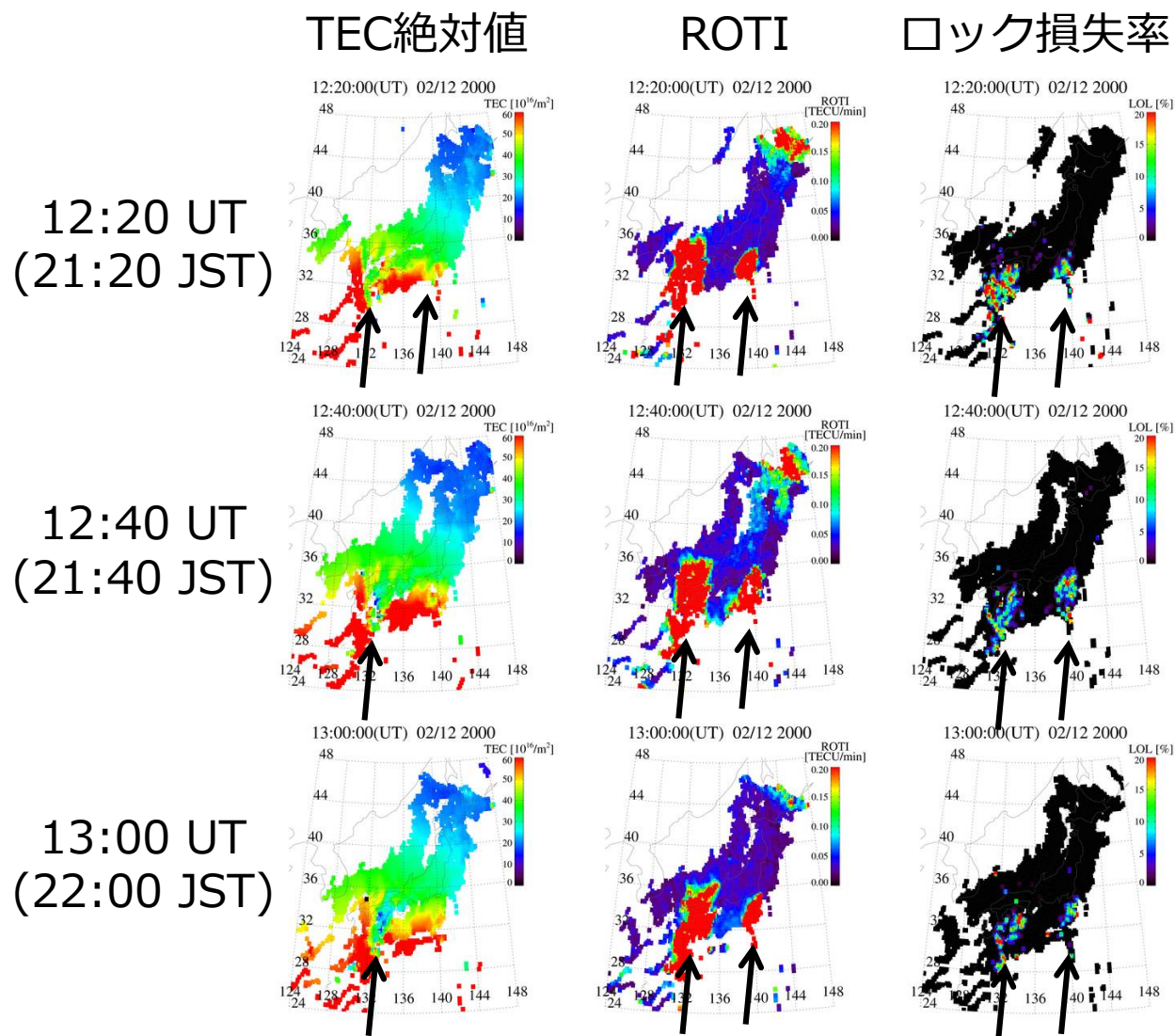
低緯度では日没後に局所的に電離圏プラズマ密度が低くなる現象（プラズマバブル）が発生することがある。

電波のシンチレーション



- 数100mスケールの不規則構造
- GPS シンチレーションが発生
 - GPS 信号のロック損失に繋がる

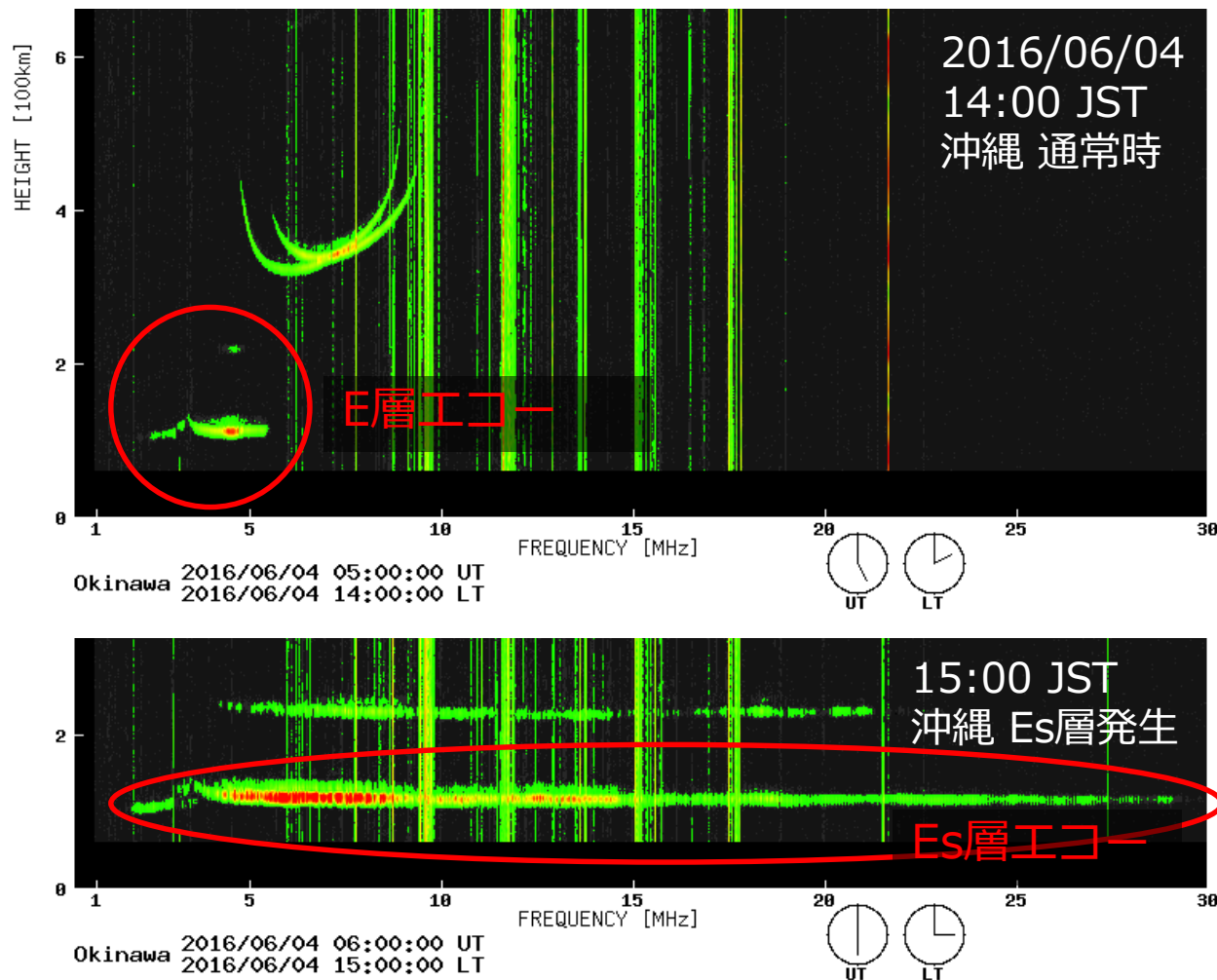
日本でもプラズマバブルの影響がある



<http://seg-web.nict.go.jp/GPS/GEONET/>

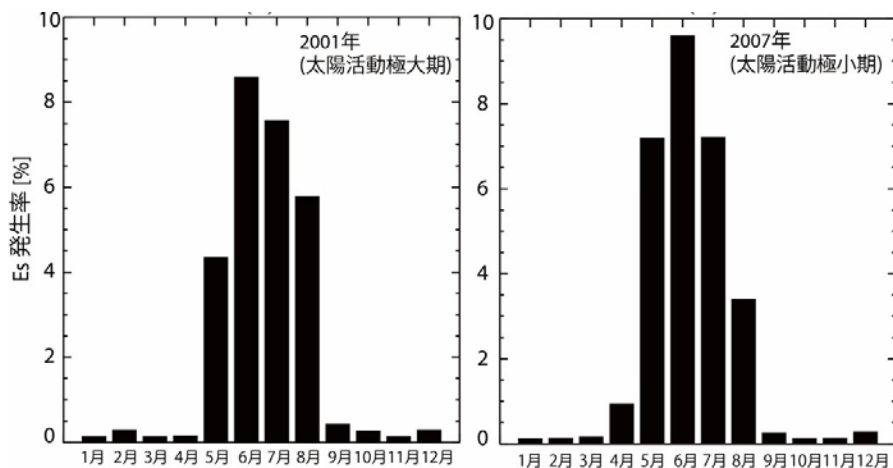
GPS測位を用いる次世代衛星航法システムなどに重要となる。

電離圏の現象4：スプラディックE層（Es層）



- Es層は、高度100 k m付近に発生する電子密度の高い領域。

Es層の季節と影響



国分寺で観測された強いEs層の発生率

- スプラディック E 層が発生すると、遠方のVHF帯放送波が混信したりする。
- E領域付近の風が高さによって差がある状態（シア）が、Es層の発生に重要と考えられているが、まだ詳細な発生メカニズムはわかっていない。
- 日本付近では、Es層の発生率は夏に高く、太陽活動との相関はない。

宇宙天気三二講座：おしまい ご清聴ありがとうございました

電離圏データ公開 <http://wdc.nict.go.jp/IONO/>

