

宇宙天気講座 ～電離圏編～

情報通信研究機構 電磁波計測研究所
宇宙環境インフォマティクス研究室
陣 英克

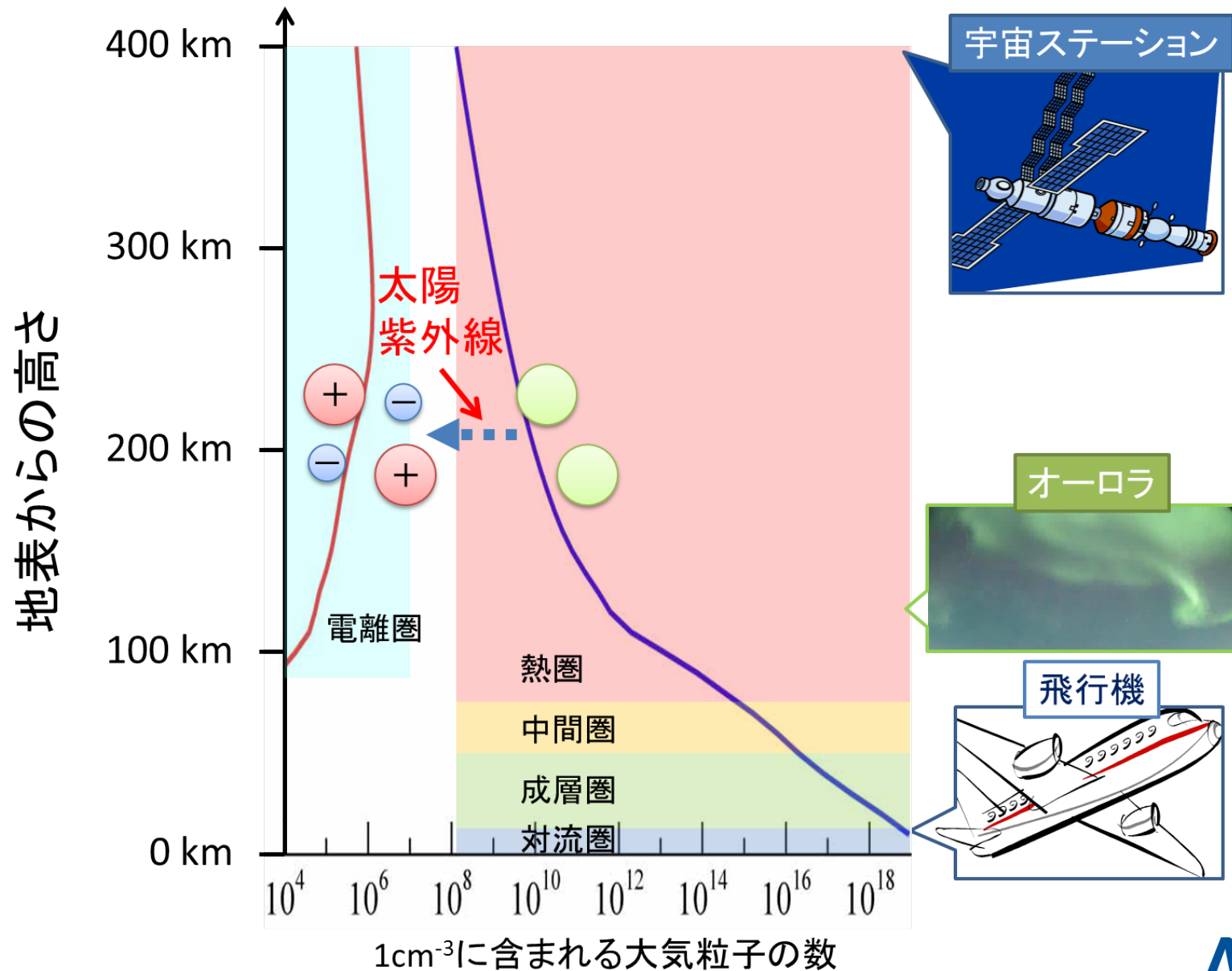
電離圏のある空間



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

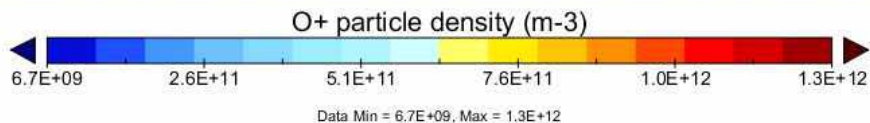
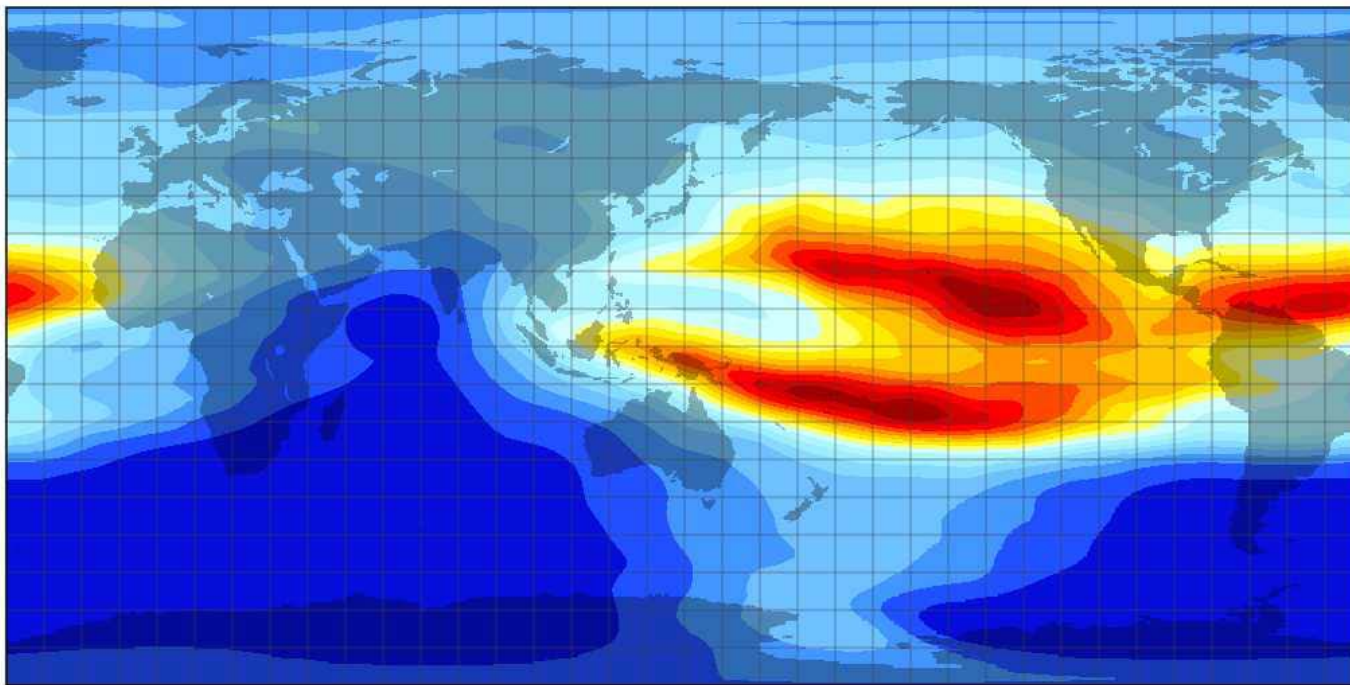
電離圏とは？何故そこにある？



電離圏の特徴 1 : 大きな変動

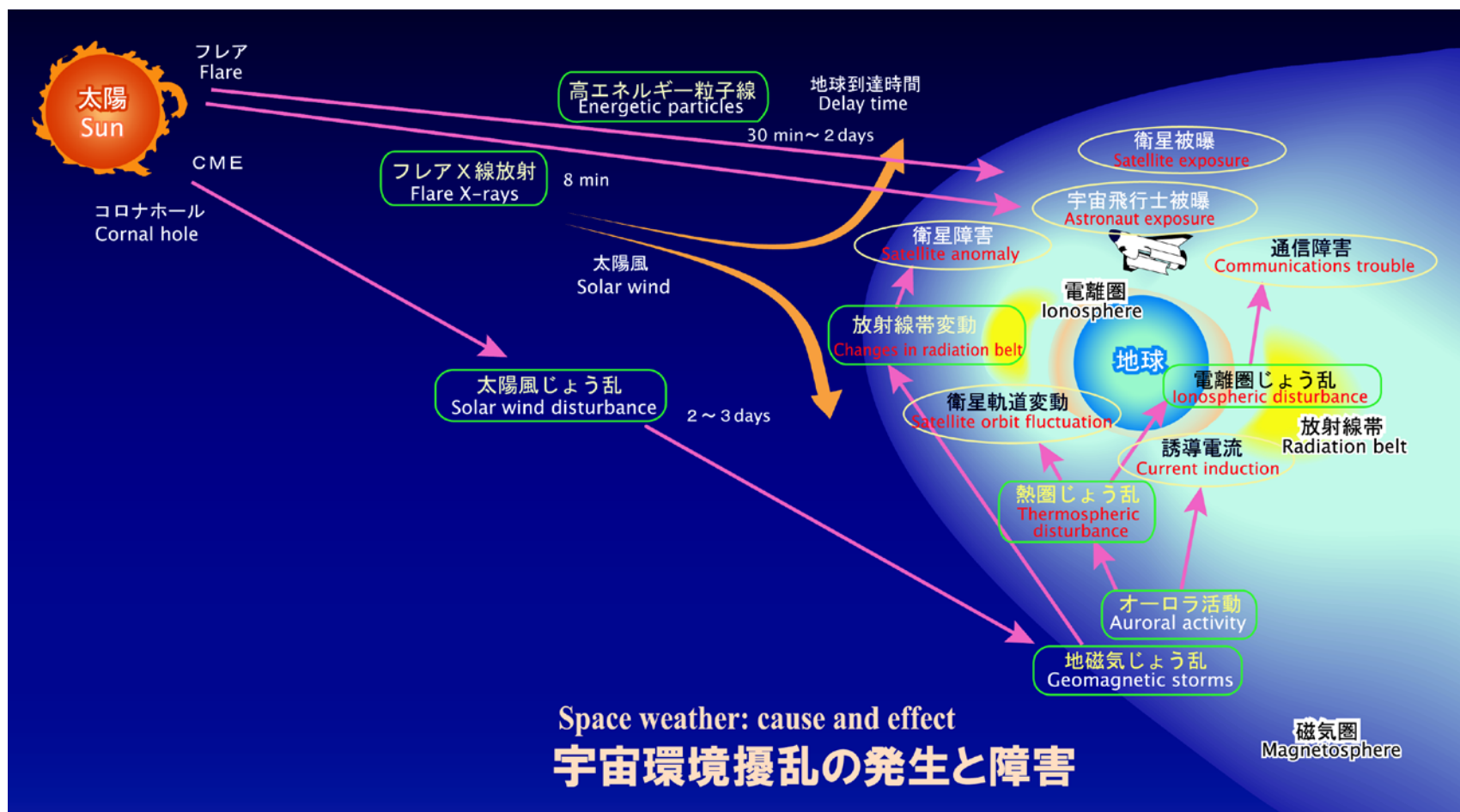
O+ particle density

Time: 2015-05-31 02:15:00 +0200



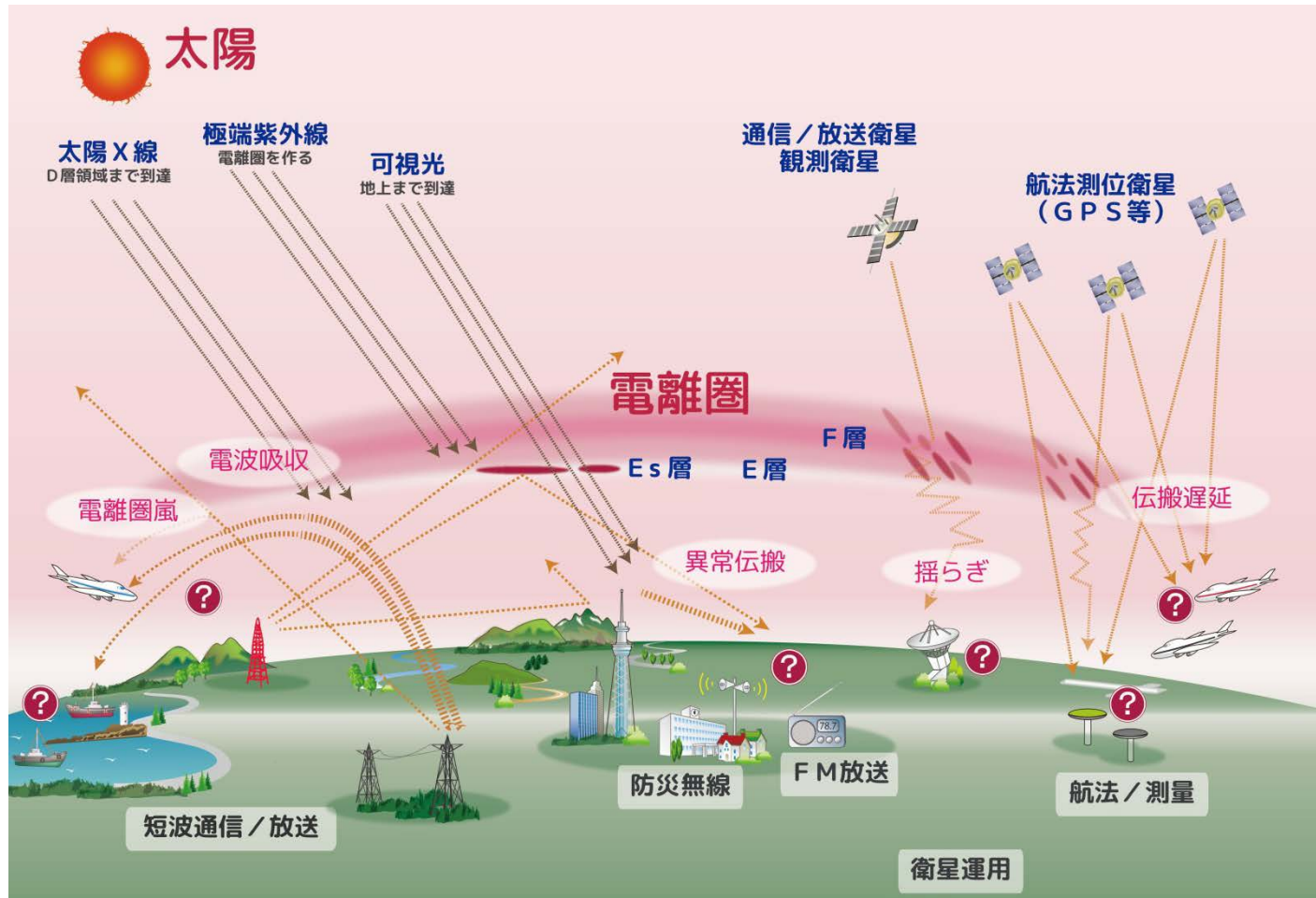
- おおまかに日中・低緯度は電子密度が濃く、夜間・高緯度は小さい。
- 大きな日々の変動や、不規則な激しい乱れも。

電離圏の特徴 2 : 太陽の影響を受ける



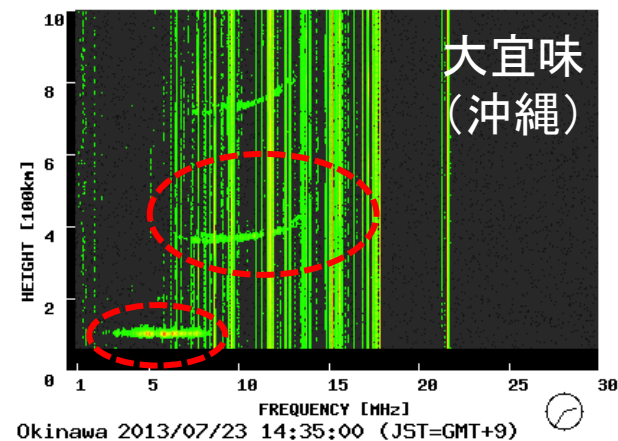
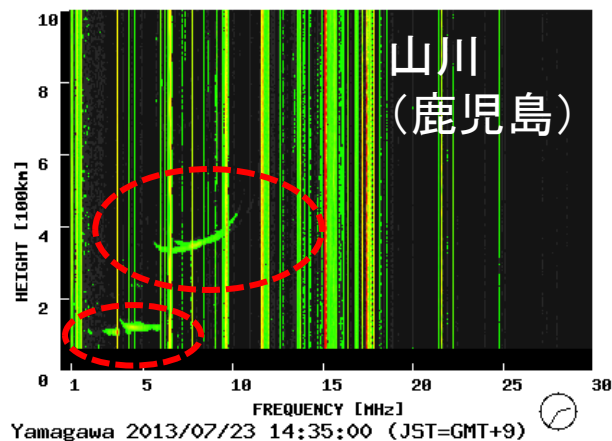
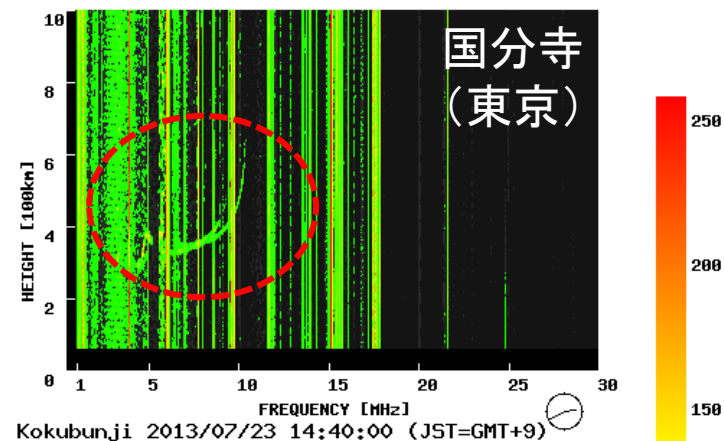
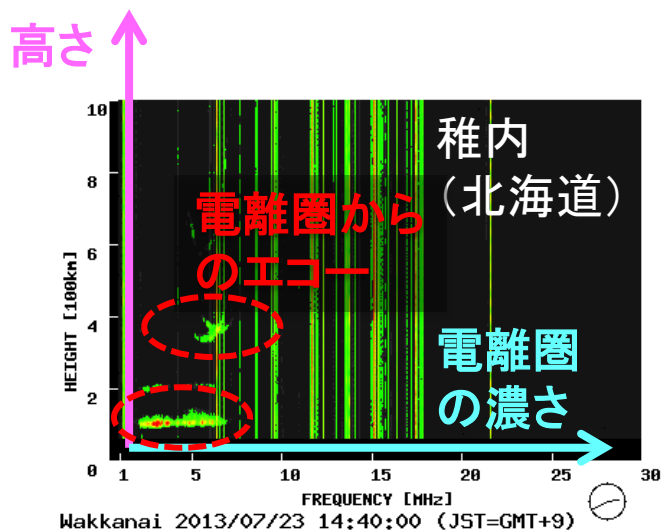
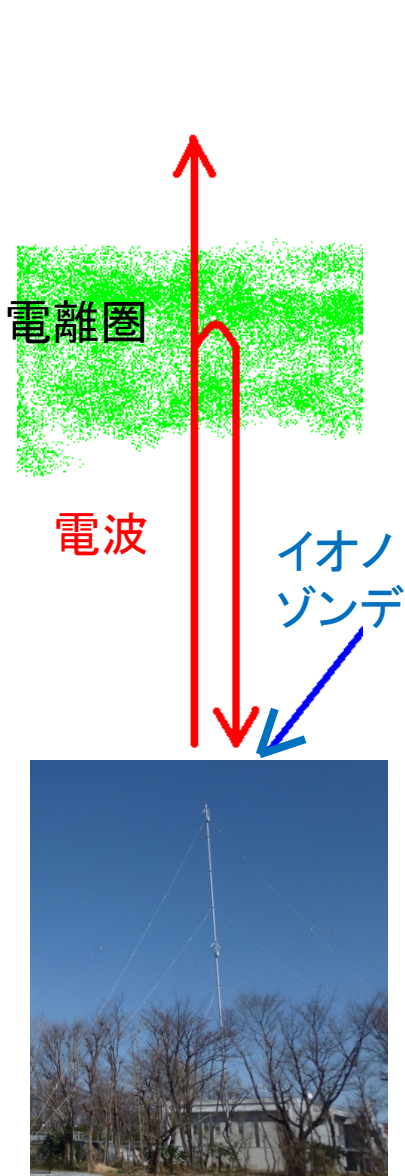
電離圏の大きな乱れは、太陽から太陽風・磁気圏を
通ってやってくる。

電離圏の特徴 3 : 電波の伝播に影響する



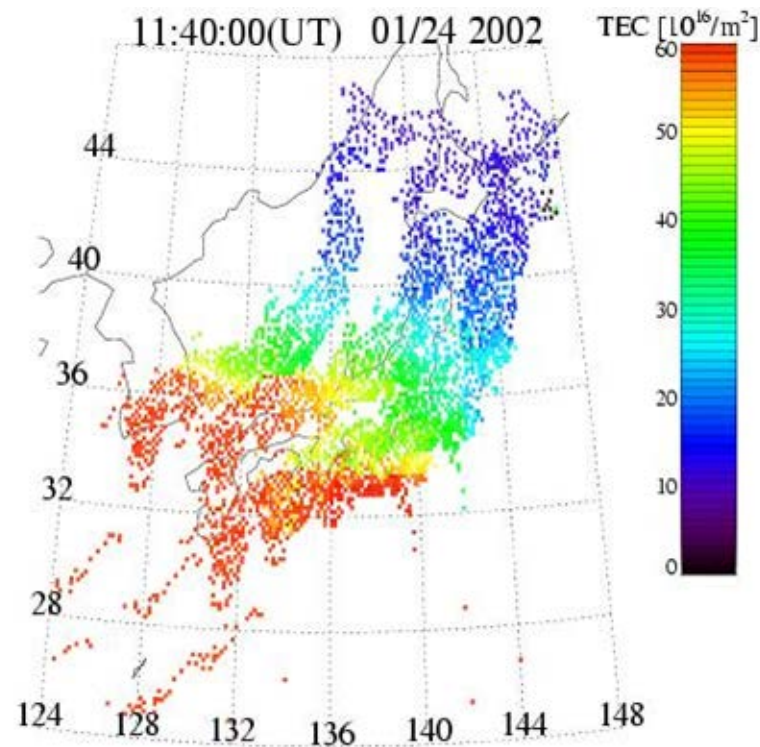
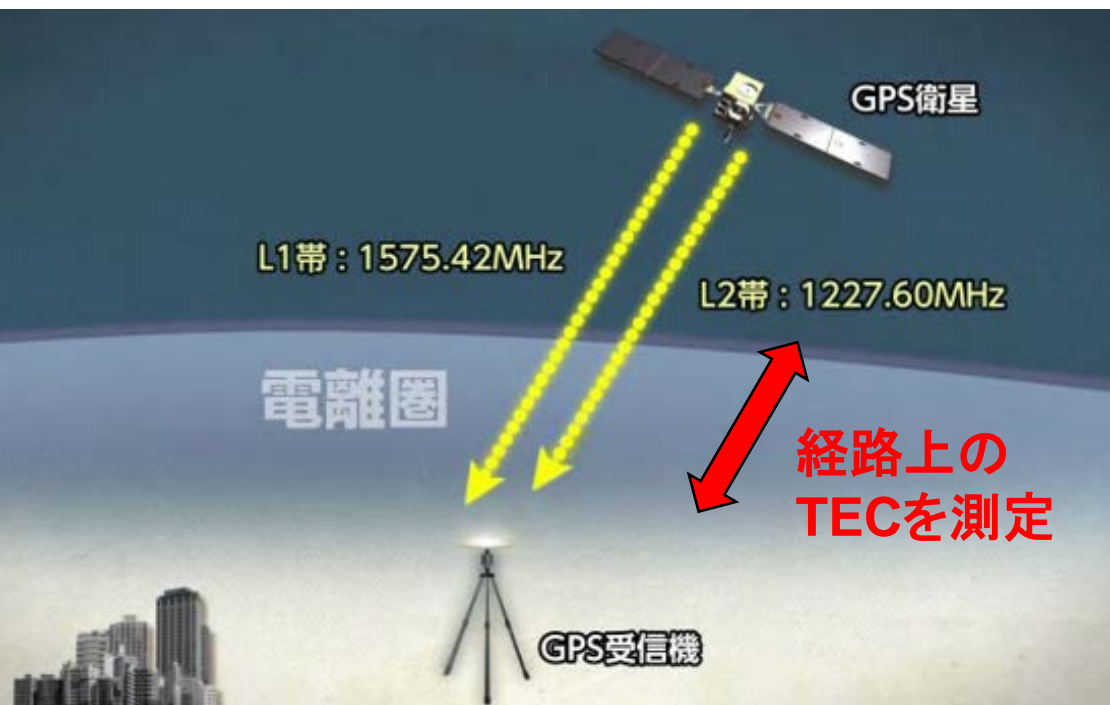
電離圏の電子密度の変化 → 電波の屈折率の変化

電離圏の状態を知る方法 1 : イオノゾンデ



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）



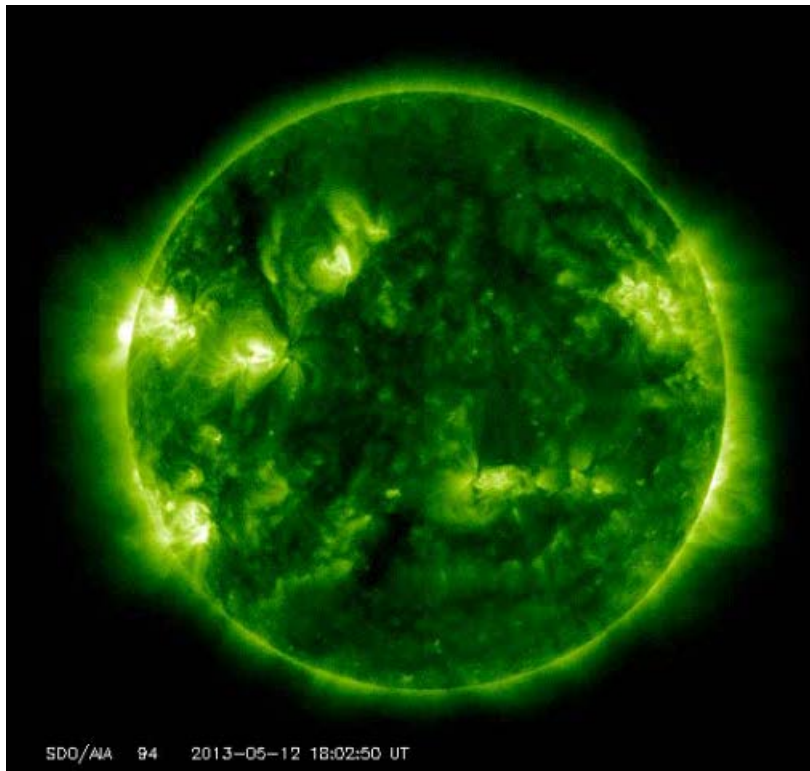
- 電波の屈折率の変化を利用して、電波経路上の全電子数（TEC: Total Electron Content）が測定できる。
- 日本国内に緻密なGPS受信機網がある → TECマップ

上級者編：

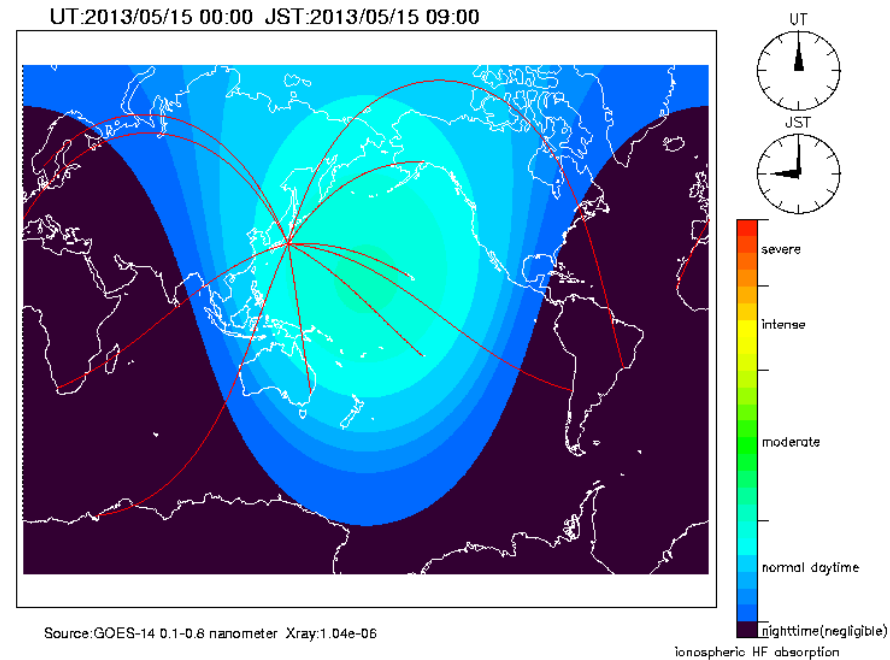
電離圏の乱れの種類と影響

電離圏の現象 1 : デリンジャー現象

- 2013/05/15 X1.2フレア



SDO衛星による太陽極端紫外線の観測



GOES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

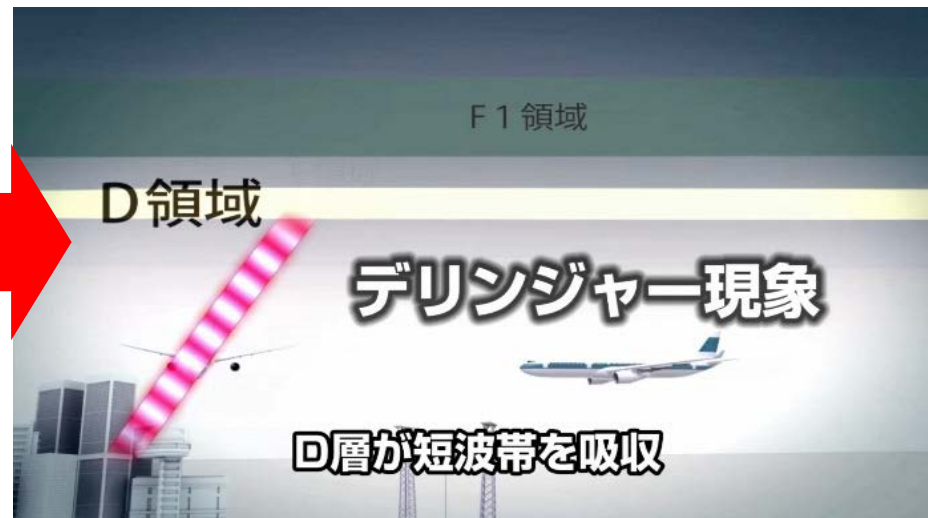
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>
タブ [リアルタイムデータ]
- [デリンジャー現象]
- [現況マップ]

デリンジャー現象：電波（短波）の途絶

通常状態の短波伝播



太陽フレア発生時

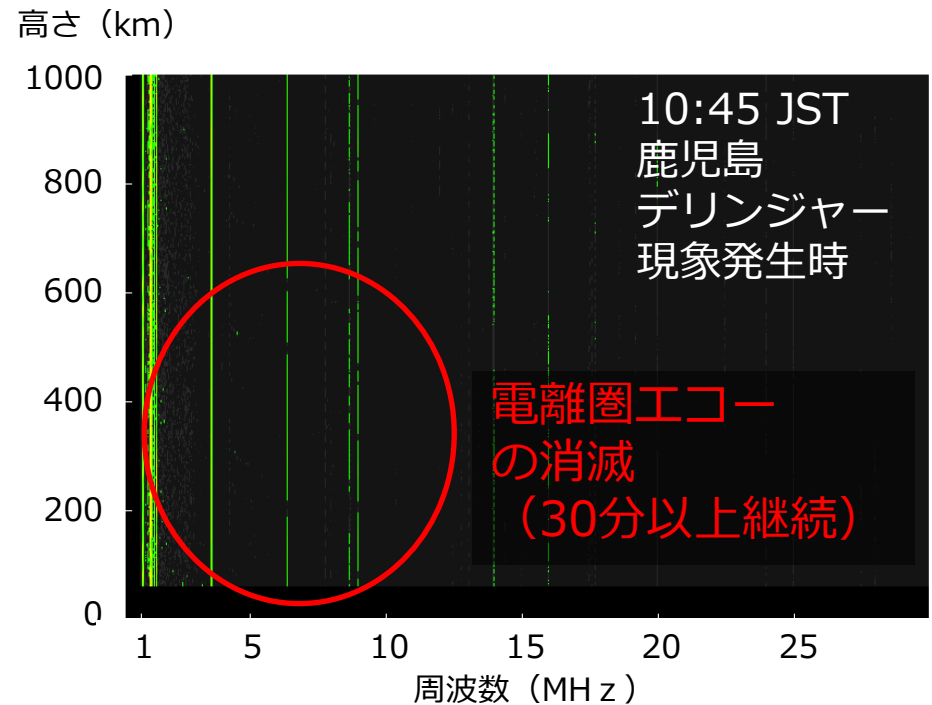
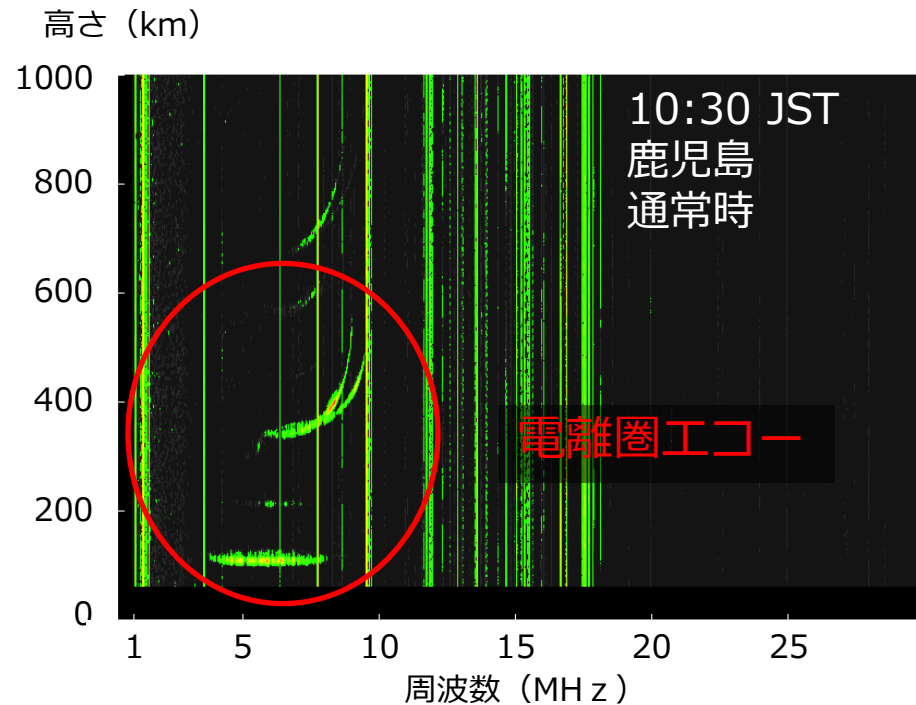


大規模太陽フレア（M5以上で顕著）

- 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

デリンジャー現象時の短波異常減衰の例

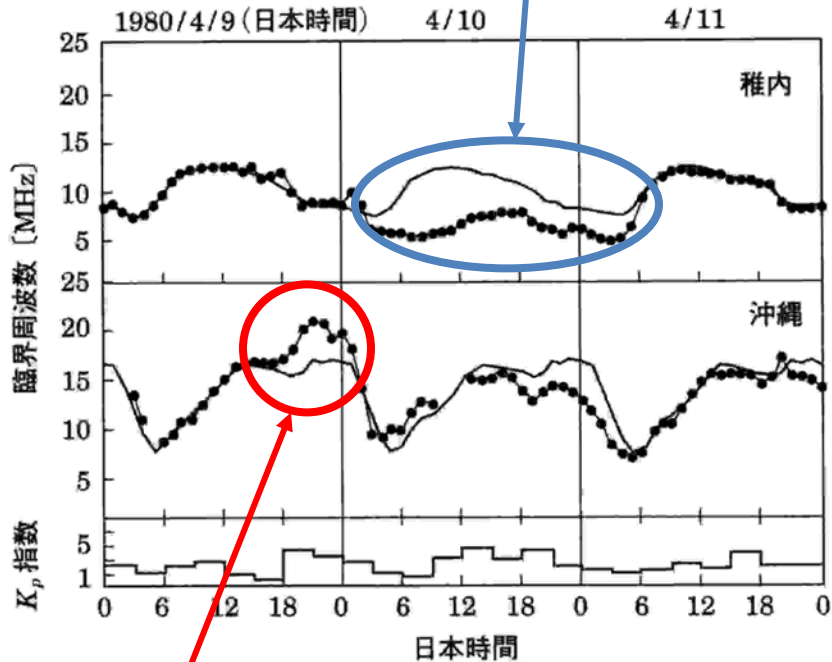
- 2013/05/15 X1.2フレアの発生直後のイオノグラム



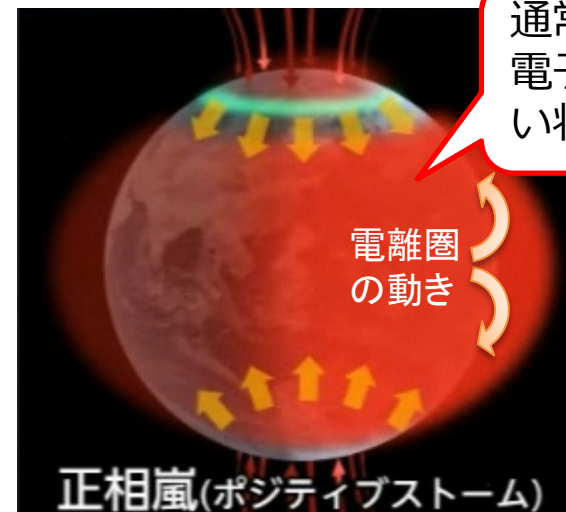
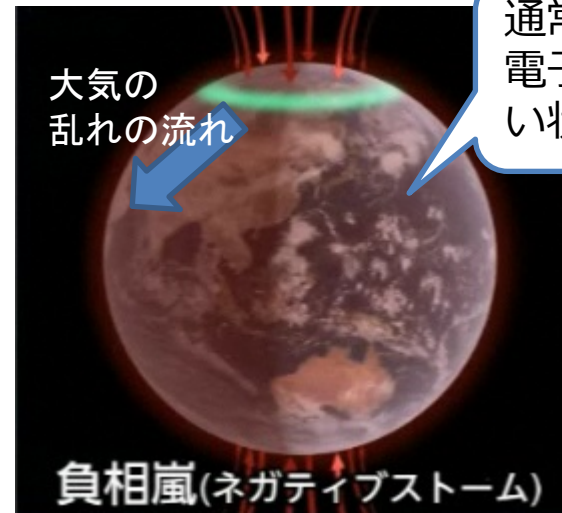
広帯域にわたって通信が不可 (ブラックアウト) となることもある。

電離圏の現象 2 : 電離圏嵐

負相嵐 (Negative Storm)

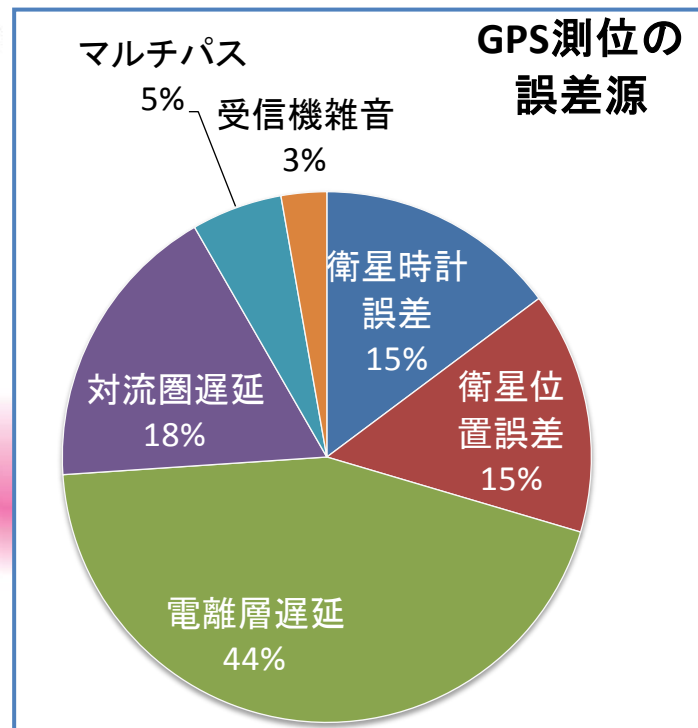
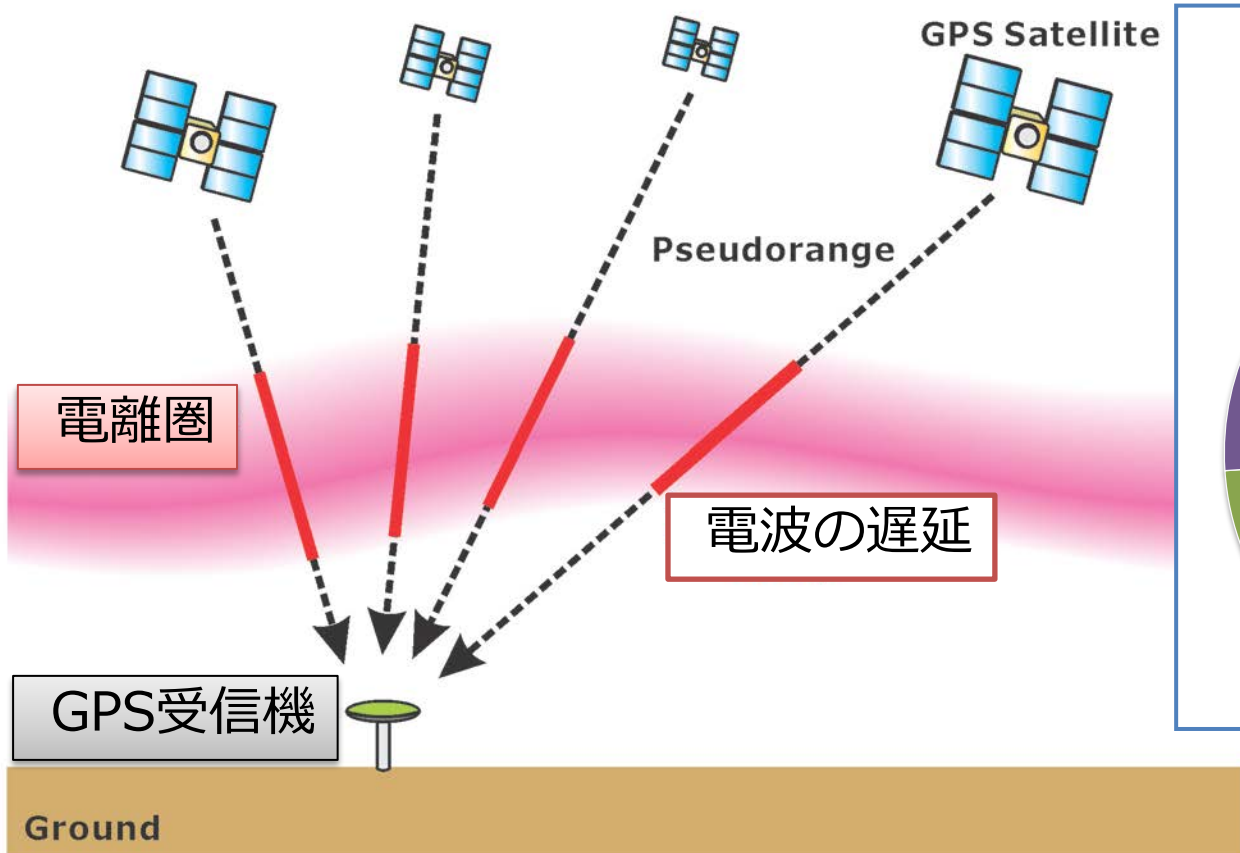


正相嵐 (Positive Storm)



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

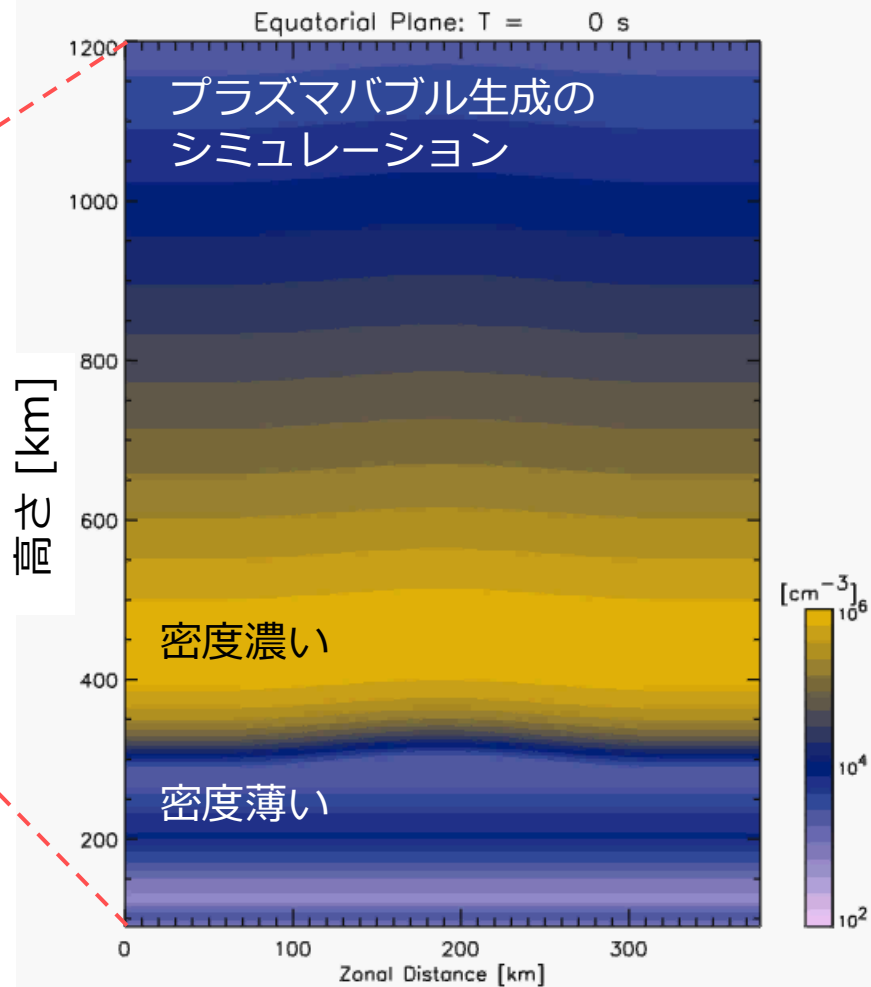
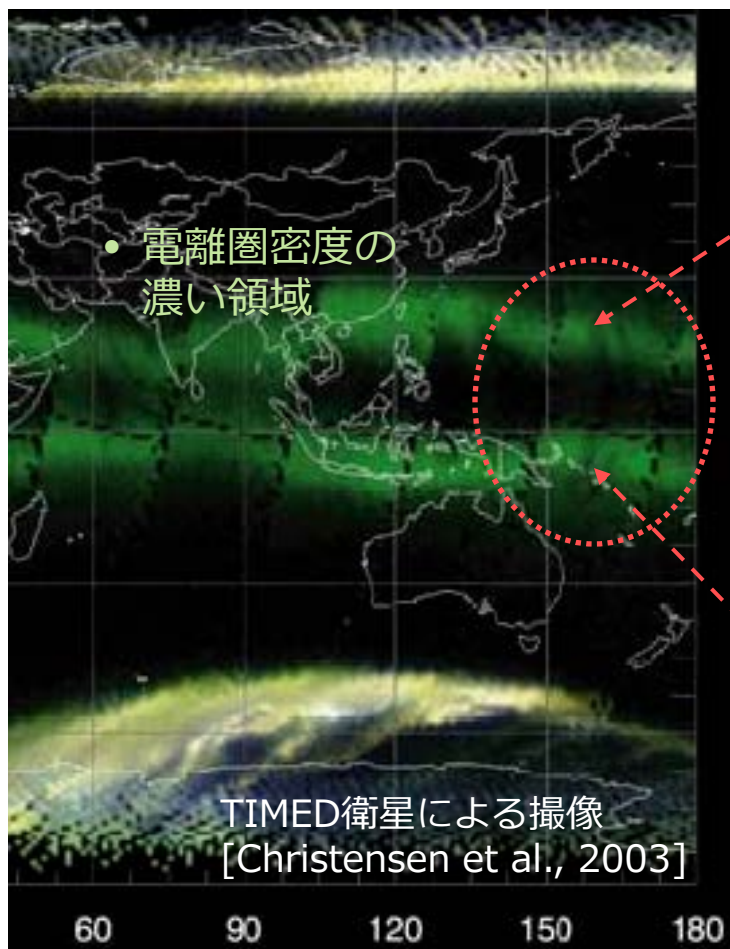
衛星測位誤差への影響



「精説GPS（日本航空学会GPS研究会）より」

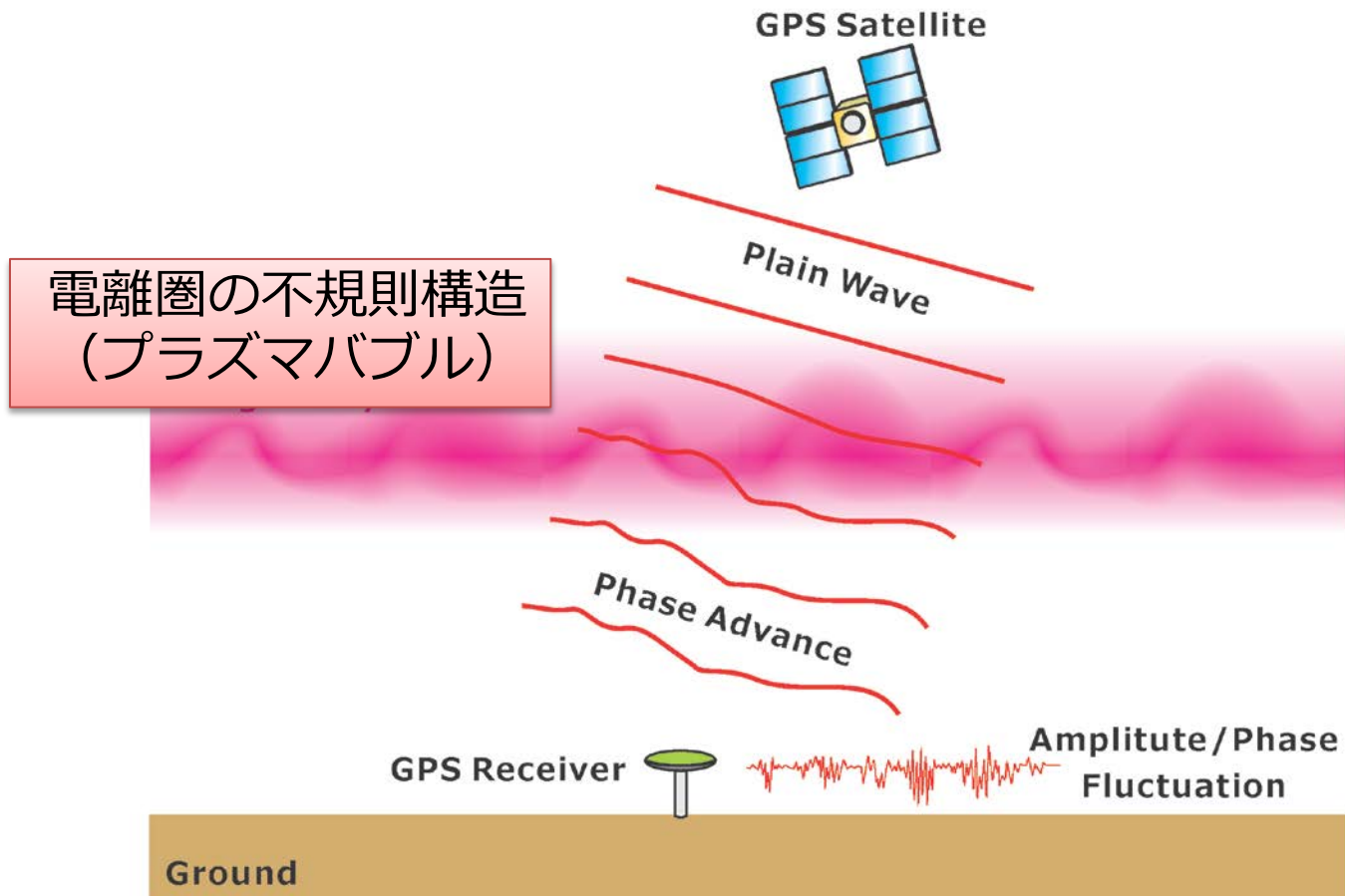
- 電波は電離圏を通過する際に電波が遅れる → 測位誤差を生成
- 大きな電子密度の増減や勾配は補正しきれない

電離圏の現象3： プラズマバブル



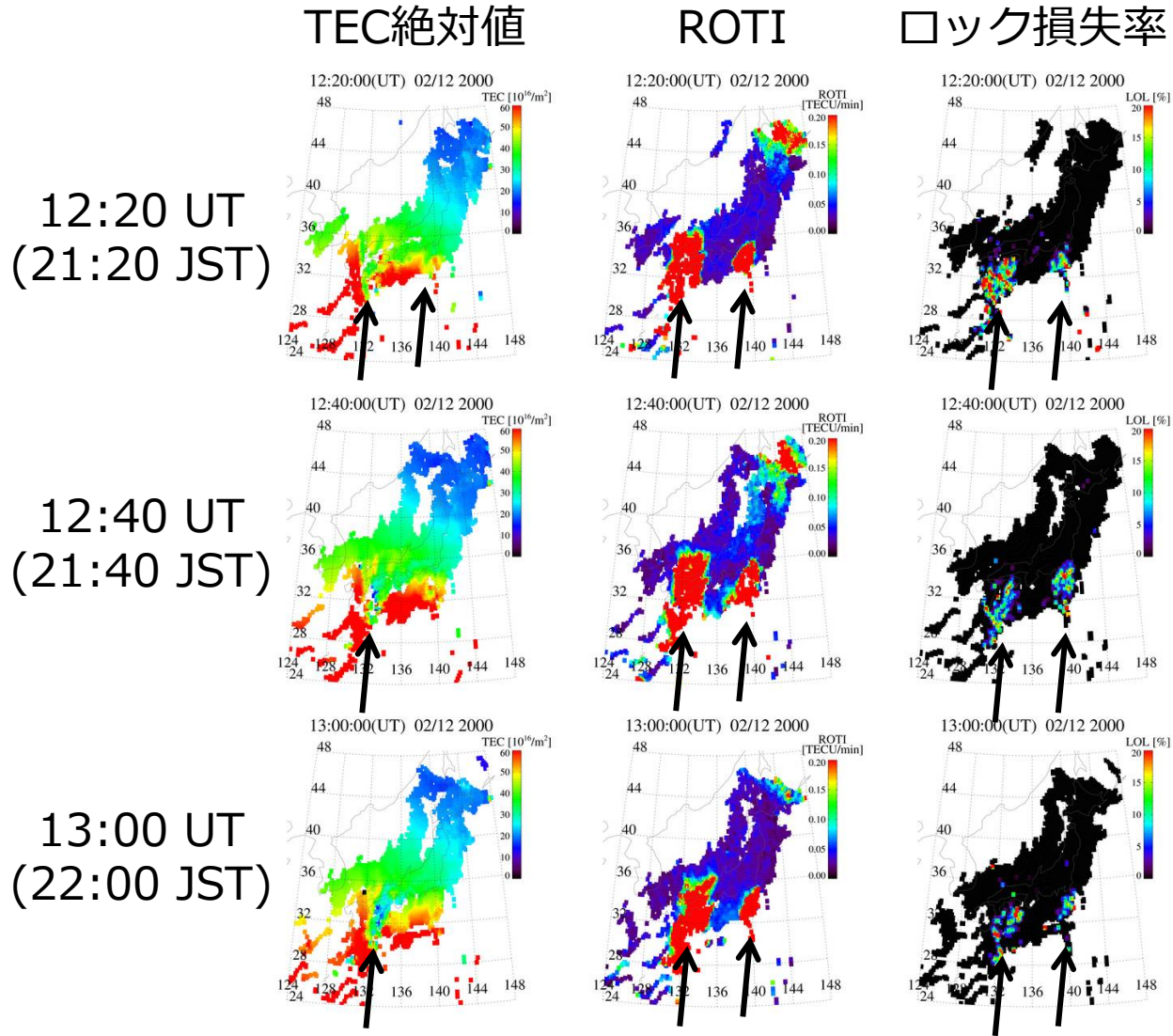
プラズマバブルと呼ばれる現象が日没後に低緯度で発生する

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

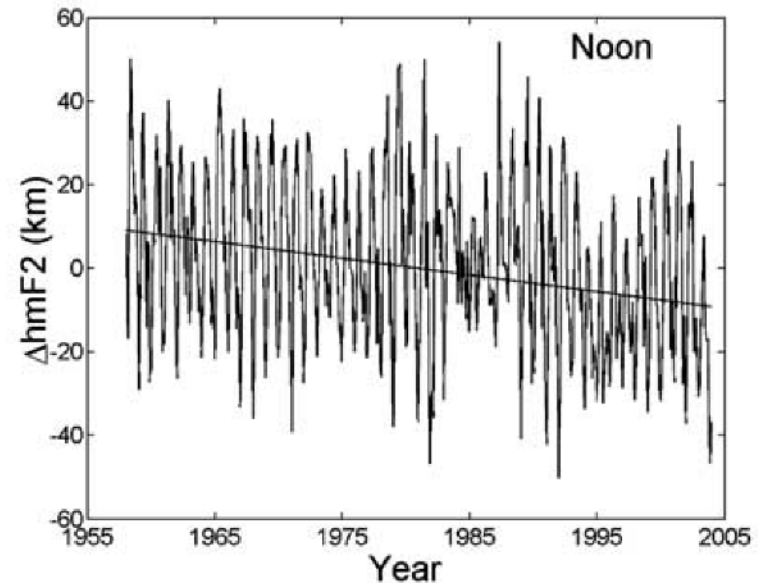
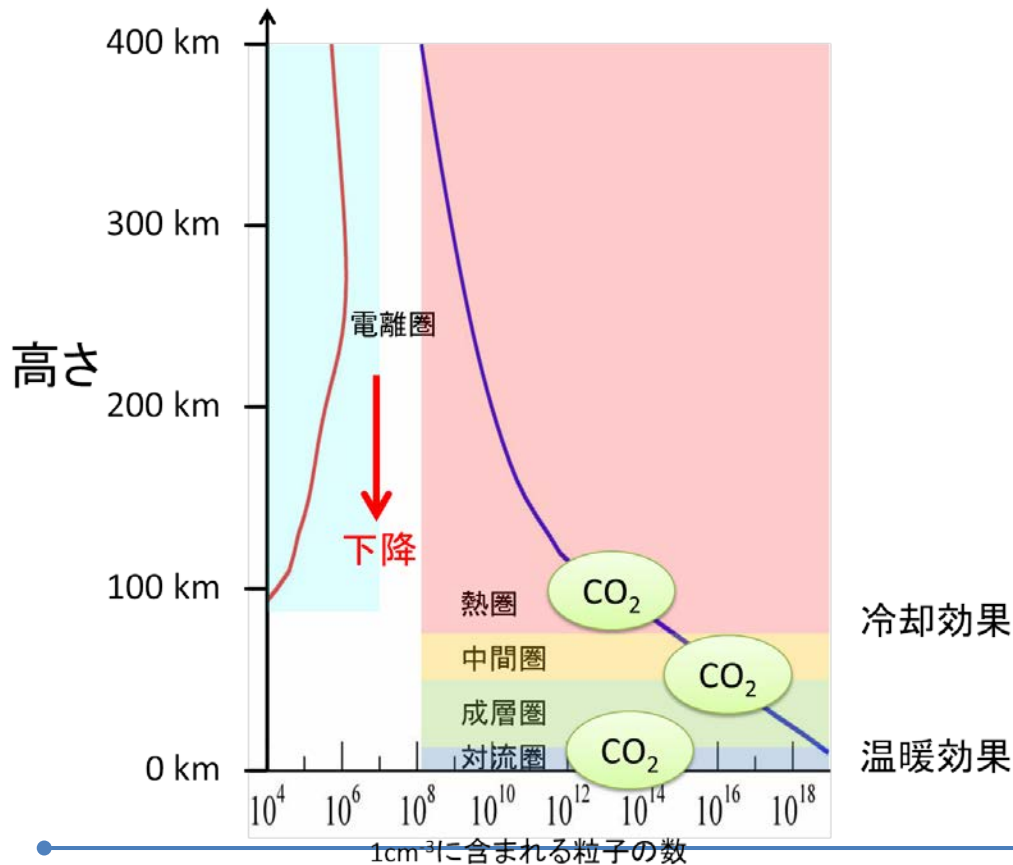


GPS測位を用いる次世代衛星航法システムなどに重要となる

電離圏に関するFAQ

Q. 地球温暖化の影響は電離圏にもある？

A. 温暖化ガスの影響によって電離圏の高さが下がるとみられています。ただし、観測的には統一的な結論は得られていません。

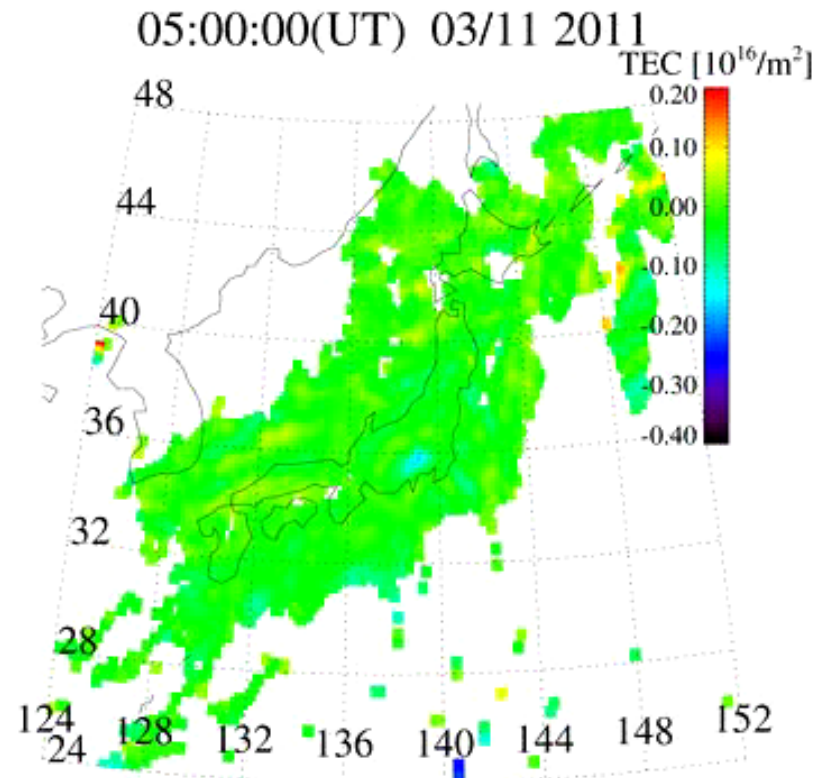


国分寺のイオノゾンデからは、
電離圏F層が1年に4-500m下降

(Xu et al., 2004)

Q. 地震の発生と電離圏変動の関連はある？

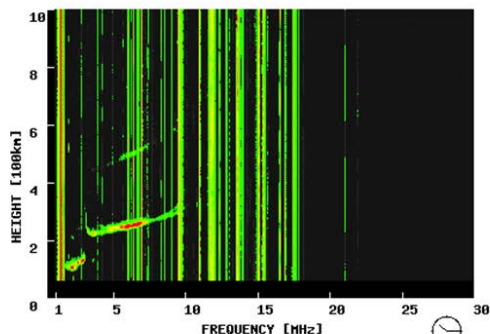
A. 地震の発生後に振動が電離圏にまで届き、密度の揺らぎを起こすことが近年発見されました。



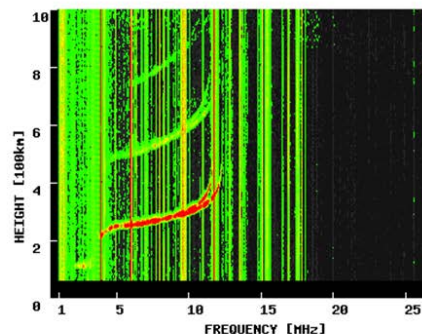
東北地方太平洋沖地震
の後に見られた全電子
数の変動

宇宙天気講座：おしまい 御清聴をありがとうございます

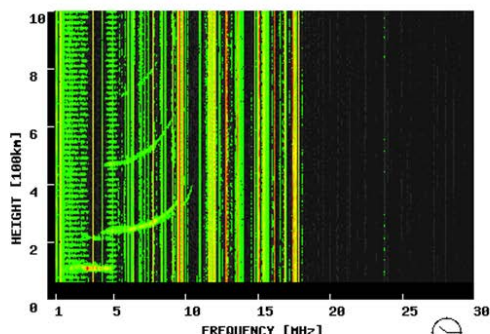
電離圏データ公開 <http://wdc.nict.go.jp/IONO/>



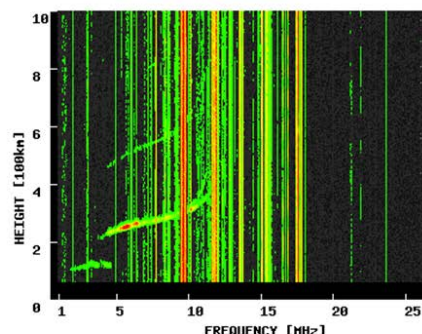
Wakkanai 2015/01/14 10:15:00 (JST=GMT+9)



Kokubunji 2015/01/14 10:15:00 (JST=GMT+9)



Yamagawa 2015/01/14 10:15:00 (JST=GMT+9)



Okinawa 2015/01/14 10:15:00 (JST=GMT+9)

GEONET GPS全電子数マップ (最新24時間、1時間間隔)

Japanese / [English](#)

全電子数(TEC)、TEC変動成分、電離圏電子密度擾乱指数(ROT)データは、国土地理院のGPS受信機網(GEONET)データを利用し、京都大学及び名古屋大学
ご意見等は、iono@nict.go.jpにメールをお願いします。

