

電離圏情報サービスの活用法について

石井守・久保田実

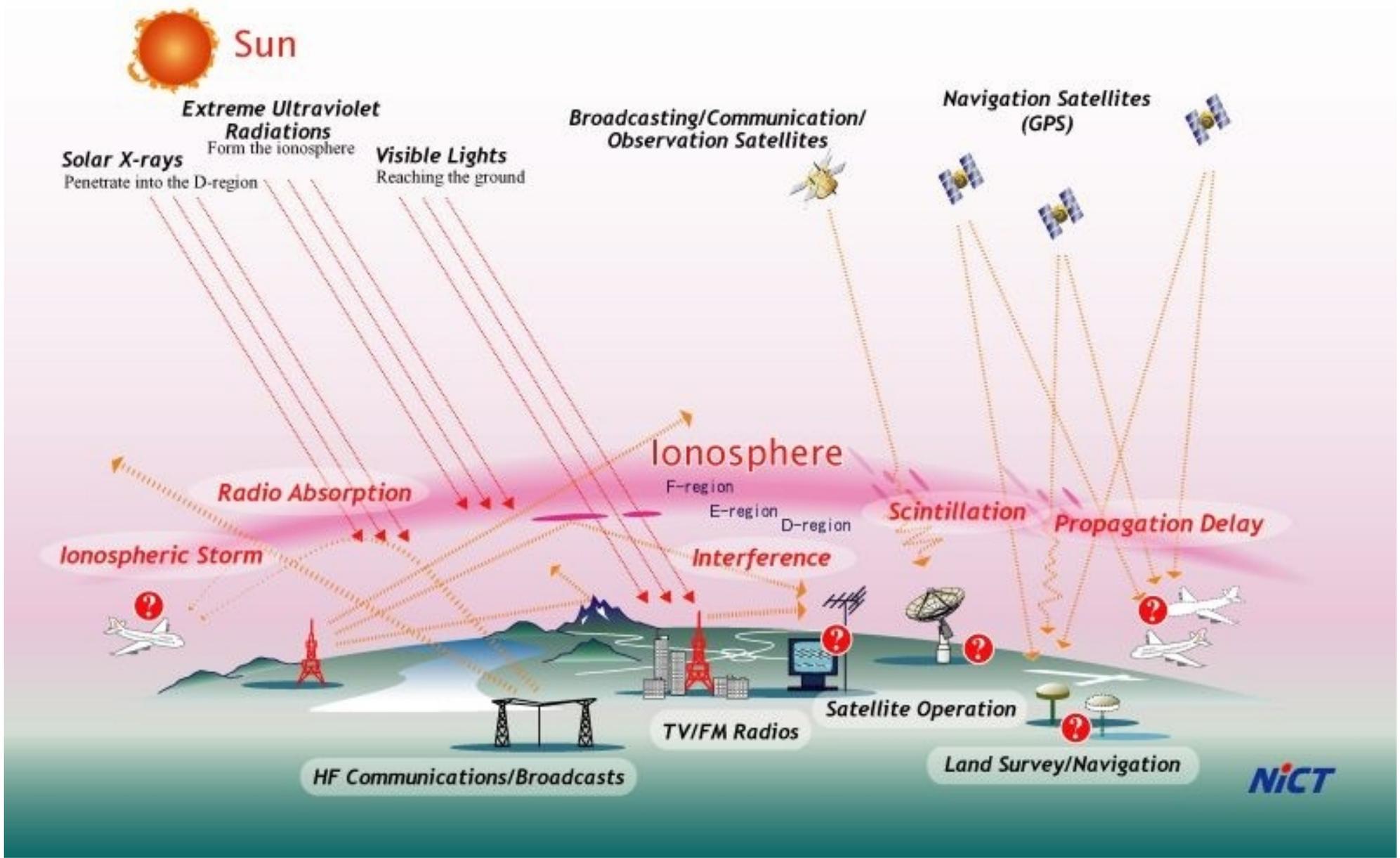
Space Environment Group, NICT

*National Institute of Information and
Communications Technology*

本日のお話

- 電離圏が電波利用アプリケーションに与える影響
- 電離圏の観測について
- NICTの電離圏観測情報サービス
最近の電離圏概況
7/22皆既日食の際の電離圏応答

Ionospheric Effects on Radio Applications



電波伝搬に影響する様々な電離圏擾乱

- スポラディックE 通信・放送への障害
- 突発性電離圏擾乱(デリンジャー現象)
- 電離圏嵐
 - ポジティブストーム
 - **ネガティブストーム**
- **プラズマバブル、SED**
- 赤道異常の日日変化 etc

衛星等の大気ドラッグ
への影響

衛星運用、衛星観測
への障害

衛星測位電波の遅延、
受信障害

電離層嵐

- 電子密度の変化が平均から大きくずれる現象
- 平均より大きくなる場合をポジティブストーム、小さくなる時をネガティブストームと呼ぶ

負相(ネガティブストーム)

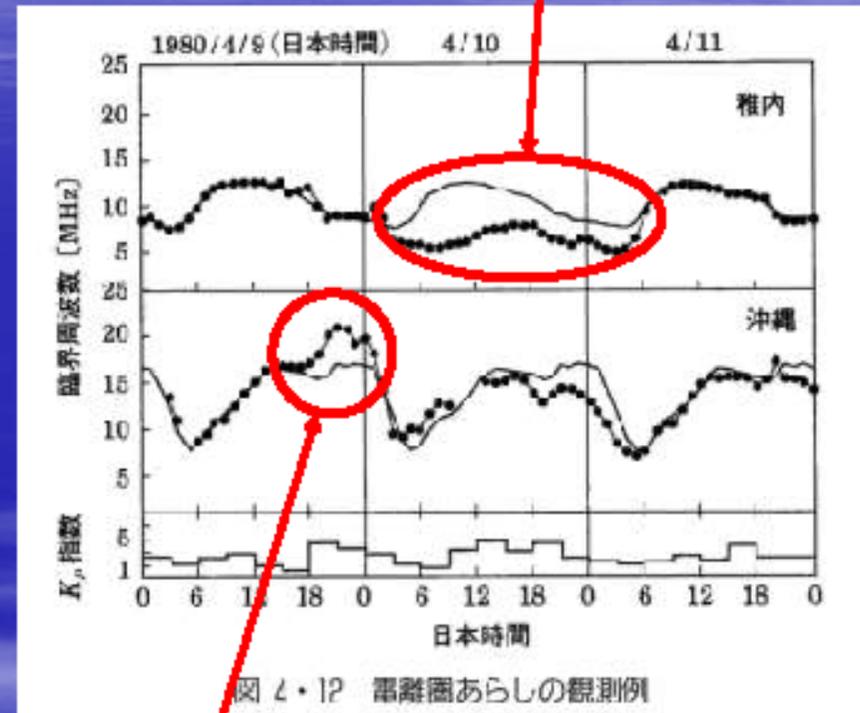


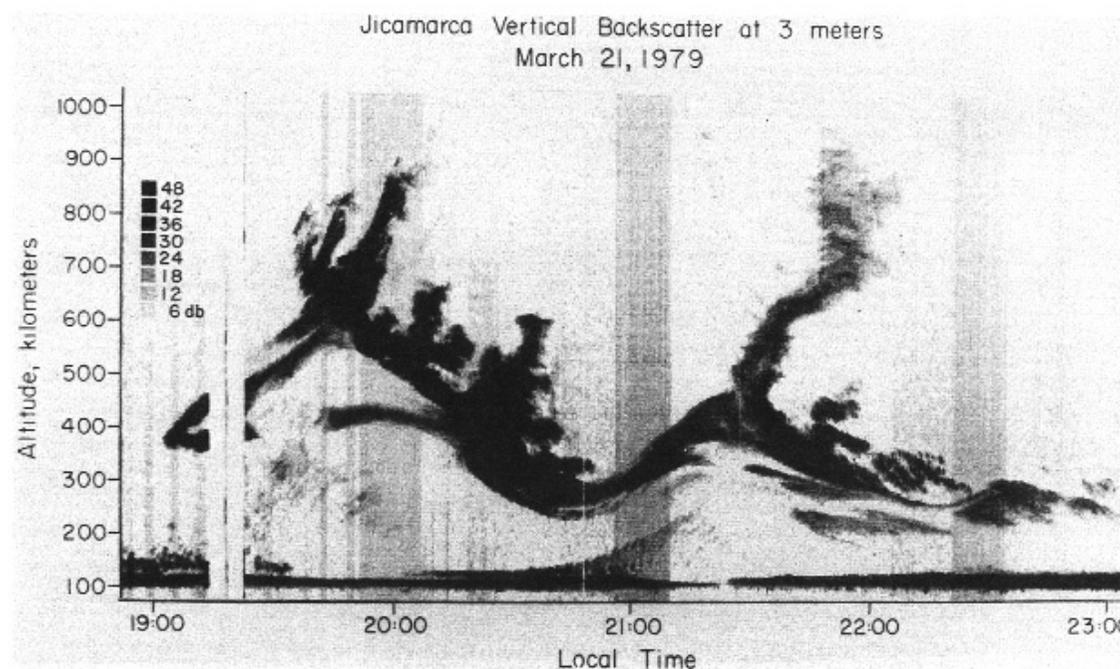
図 4.12 電離圏あらしの観測例

正相(ポジティブストーム)

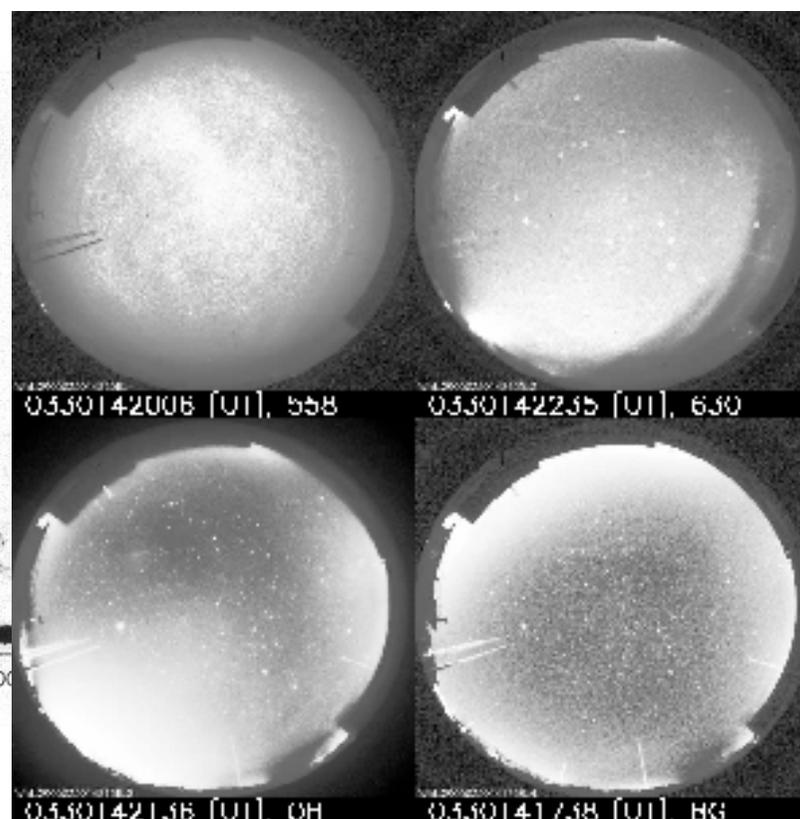
実線: 1ヶ月平均の日変化

プラズマバブル

F層の電子密度が急減する現象。日没後の早い時間に磁気赤道付近で発生し、東にドリフトする。発達したプラズマバブルは、日本でも観測される。衛星測位の精度悪化や、ロック損失を引き起こす場合がある。



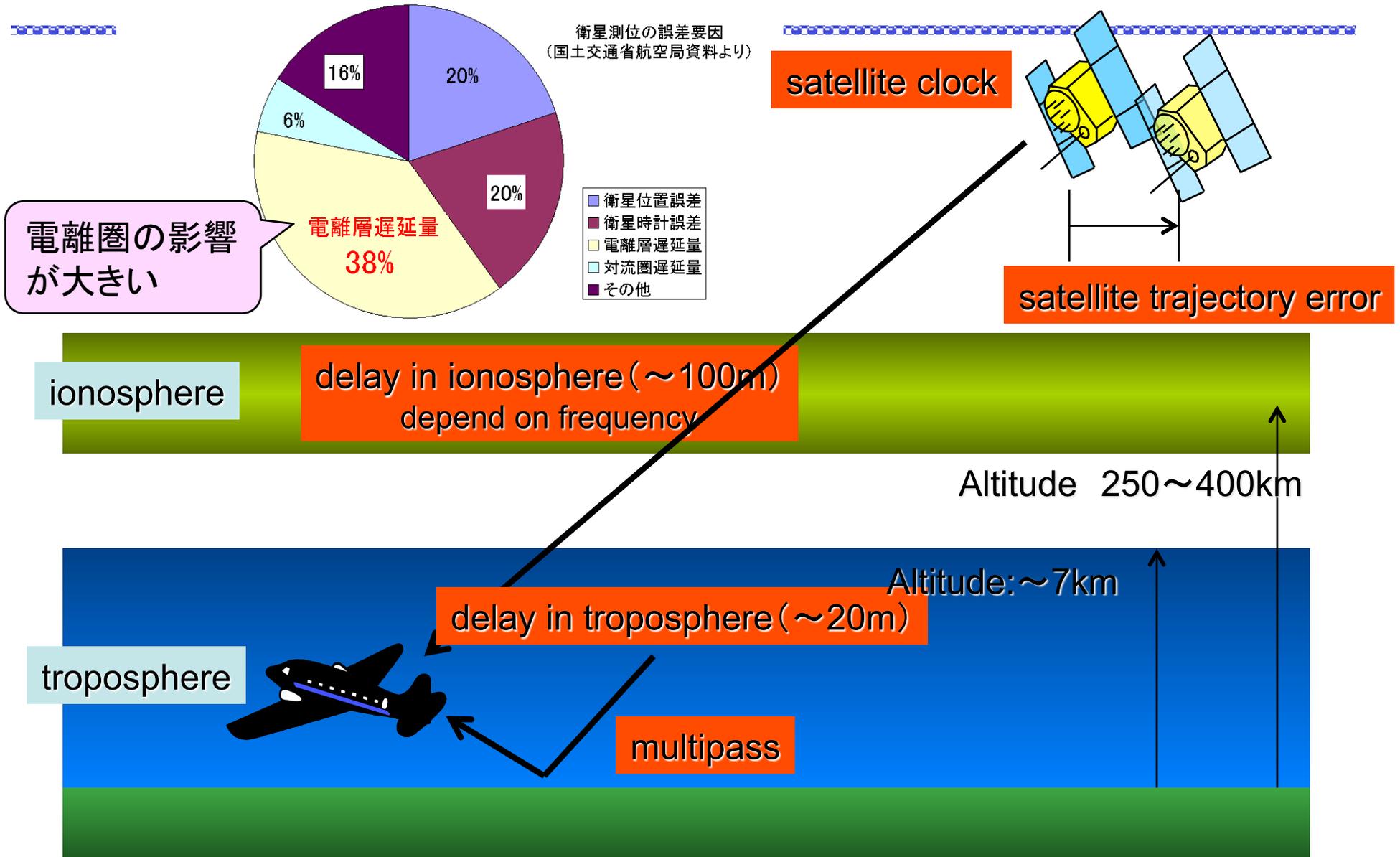
Plasma Bubbles observed with Jicamarca radar [Kelley et al., 1981]



2000年3月に山川電波観測施設で観測されたプラズマバブル(右上)

3 of

衛星測位の誤差要因



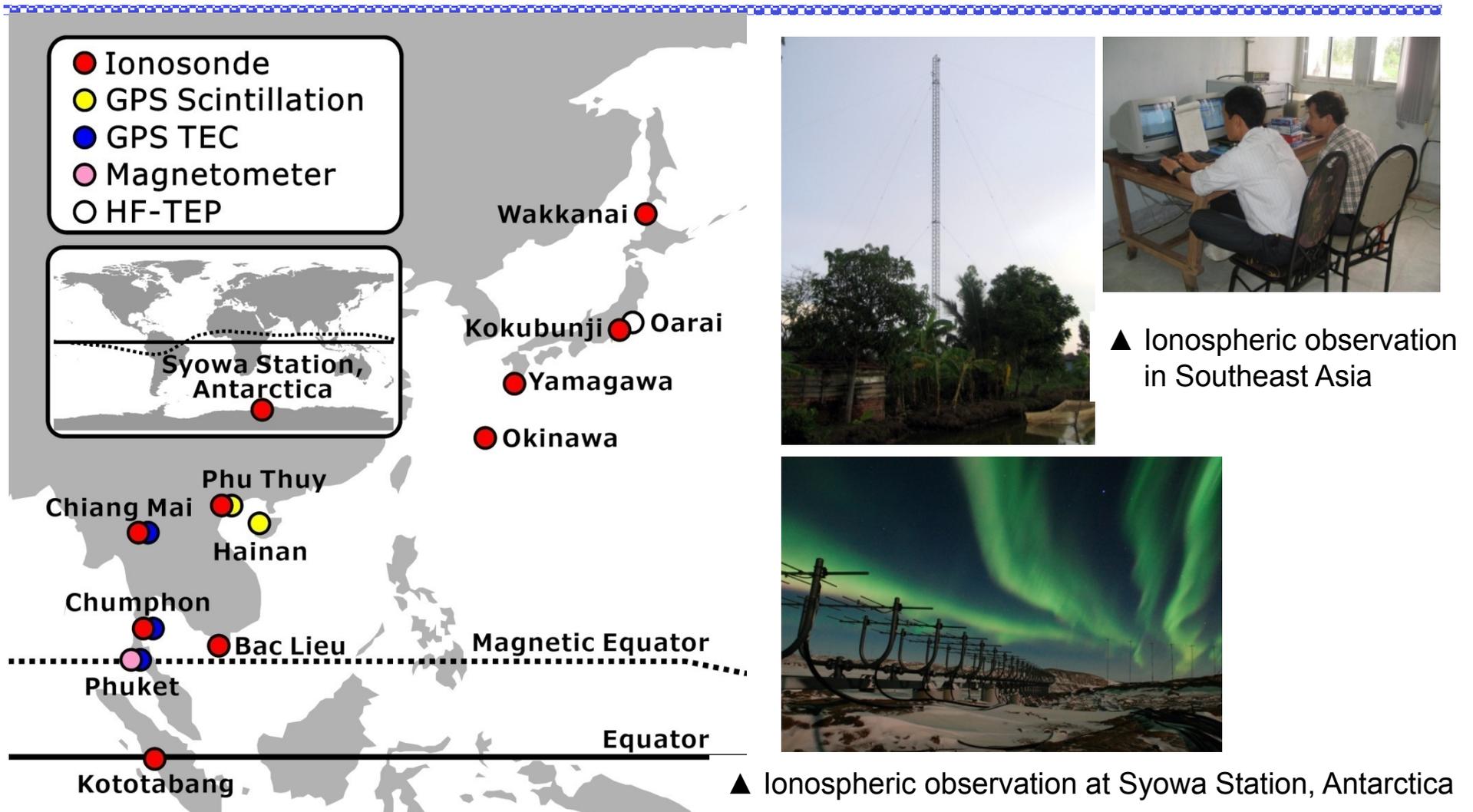
電波障害分析における 宇宙天気的重要性

- 電波の安定運用
 - 衛星: 通信・放送・測位
 - 地上: 通信・放送・航空管制・アマチュア無線
 - 障害発生時の原因の切り分け
 - そのために: 現状の電離圏モニタリングと長・短期的予測
 - モニタリング: ための情報
 - 予測: 代替手
- 観測
 - シミュレーションによる検証
 - ニューラルネット等を用いた予測
 - Webサイト等を用いた情報発信

本日のお話

- 電離圏が電波利用アプリケーションに与える影響
- 電離圏の観測について
- NICTの電離圏観測情報サービス
最近の電離圏概況
7/22皆既日食の際の電離圏応答

NICTの電離圏観測ネットワーク

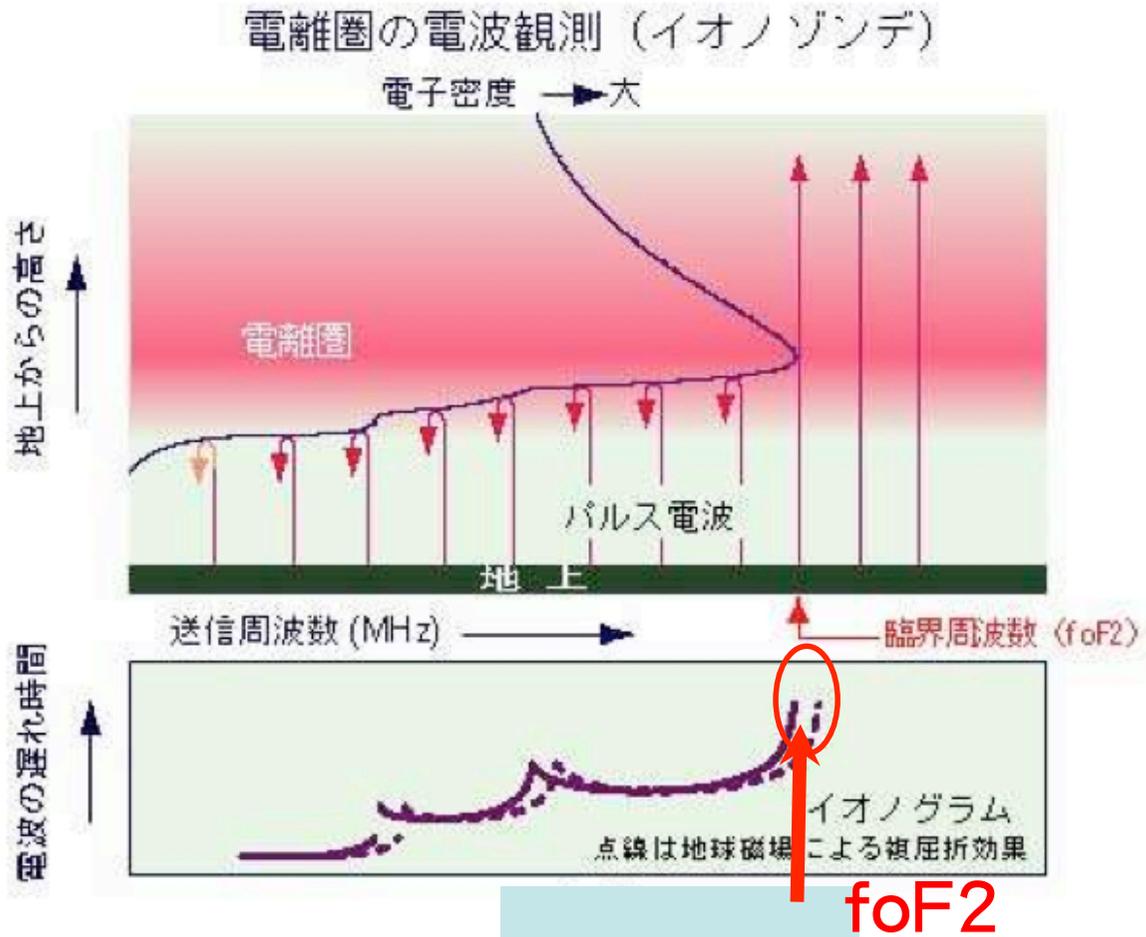


We develop a monitoring system of Earth's ionosphere, and prediction technologies of ionospheric disturbances that greatly affect radio propagation for broadcast and telecommunications, or degrade positioning accuracy of GPS.

基本観測・電離圏垂直観測 (イオノゾンデ)



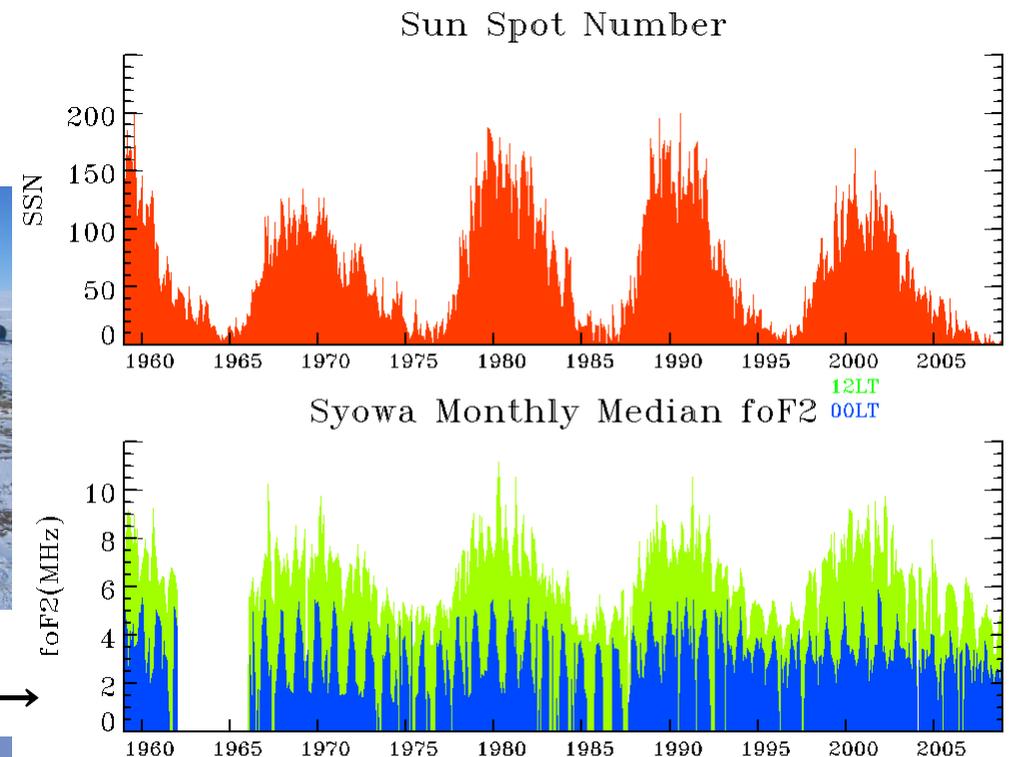
Observation mode	Vertical/oblique
Transmission Power	10kW
Observing (sweep) frequency	1-30 MHz
Observing height	60-1500km
Intensity resolution	8 bit
Observing interval	15 minutes
Cyclic frequency	100 Hz
Step of frequency	20 Hz
pulse width	80 μ s



Critical frequency of F2 layer
is a kind of ionosphere proxy

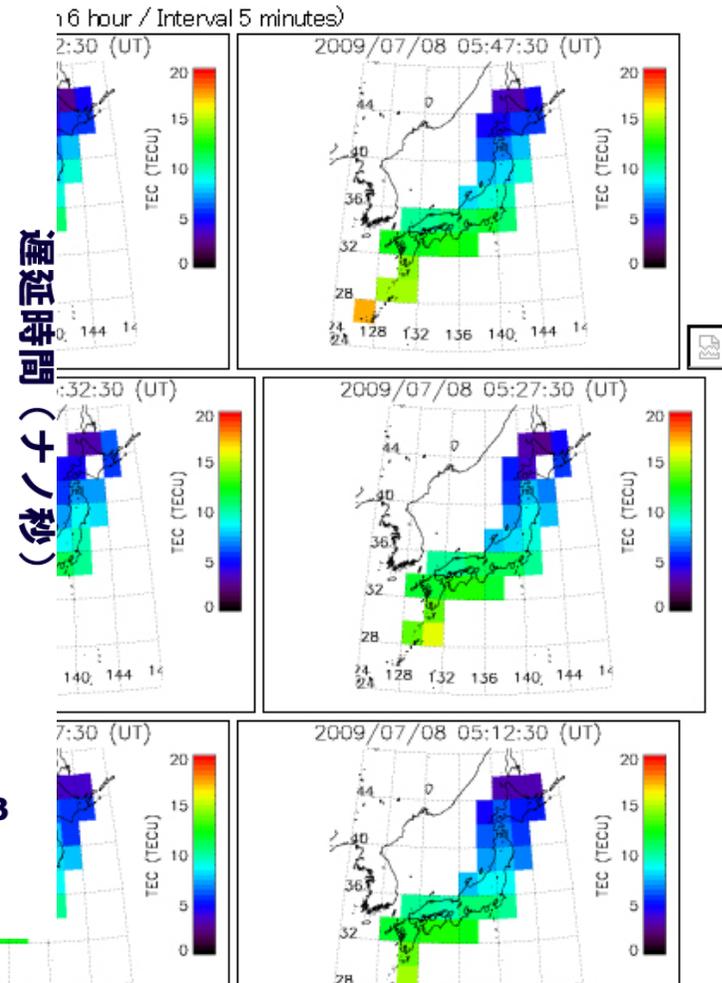
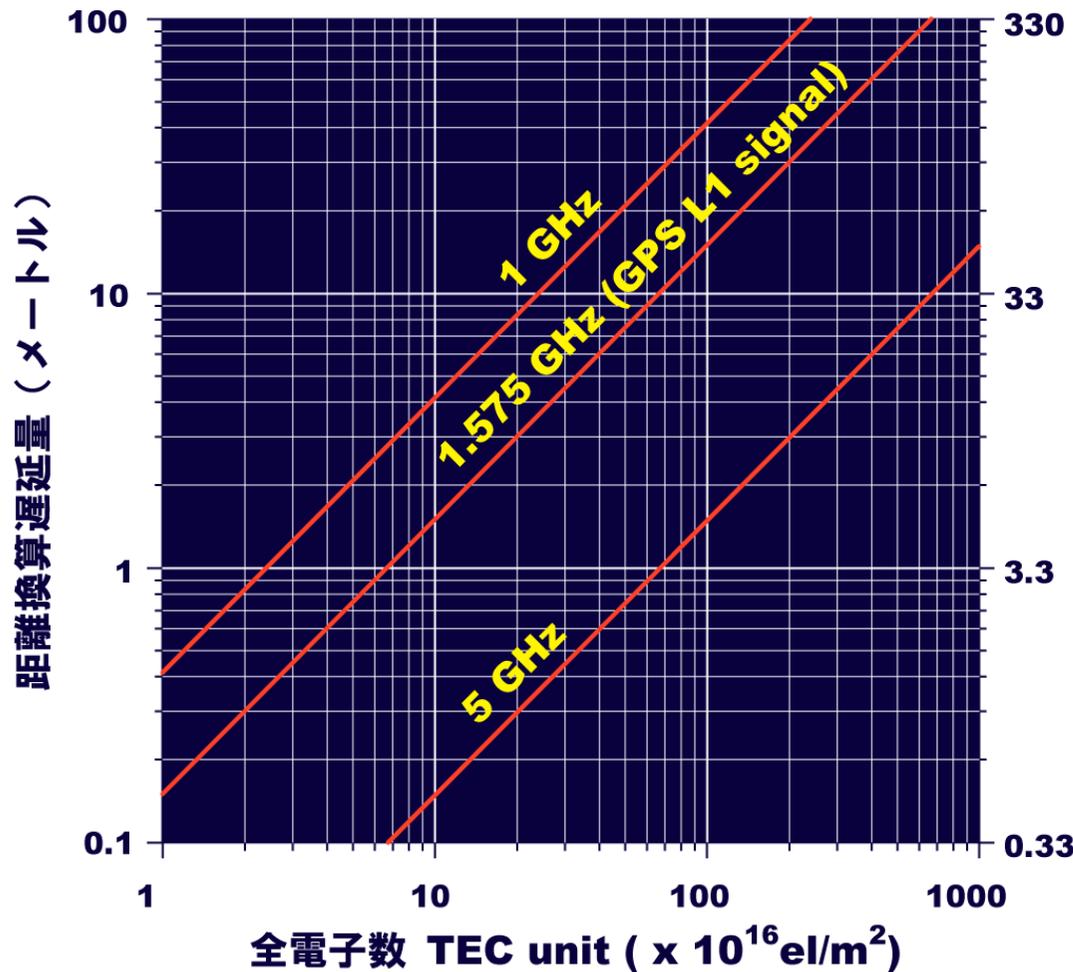
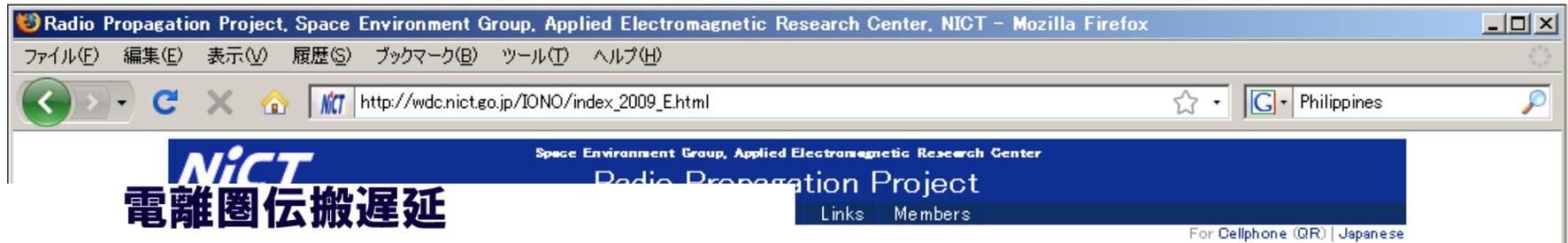
南極における電離圏観測

- NICTは1957年より南極昭和基地における電離圏観測を継続して実施。
- 現在の観測項目は、電離圏垂直観測、リオメータ観測とオーロラレーダ観測。
- 更に、GPSシンチレーション観測を計画中。



南極の電離圏観測の長期データプロット →

GPS-TECの観測



長波電波観測(しらせ船上観測)

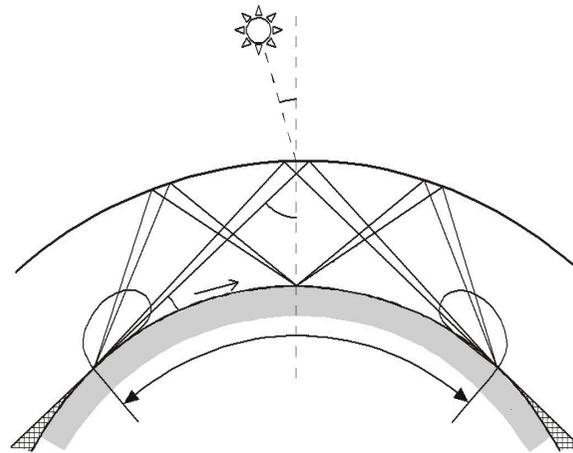
【概要】電離層定常観測の目的の一つである極域での電波伝搬の基礎資料取得の一環として、高精度長波電界強度測定機を開発し、しらせ船上において長波電界強度測定を実施する。

【背景】電波時計の普及等に伴い世界的に長波標準電波局が増加しており、その間の電波干渉による障害が懸念されている。このためITU-Rでは、長波送信が周辺諸国にどのように影響するかを評価するための勧告改定案が議論されているが、実際の観測データが不足しているため採択には至っていない。昭和基地、および昭和基地に至る航路は南北方向の長波超長距離伝搬が観測できる貴重な位置にあり、平成19～20年度に実施した南極航路における試験観測の解析結果に各国の関心が高まっているが、試験観測に使用したプロトタイプ測定器の感度不足などから十分なデータが得られておらず、高精度の測器を用いた更なる観測の実施が待たれている。

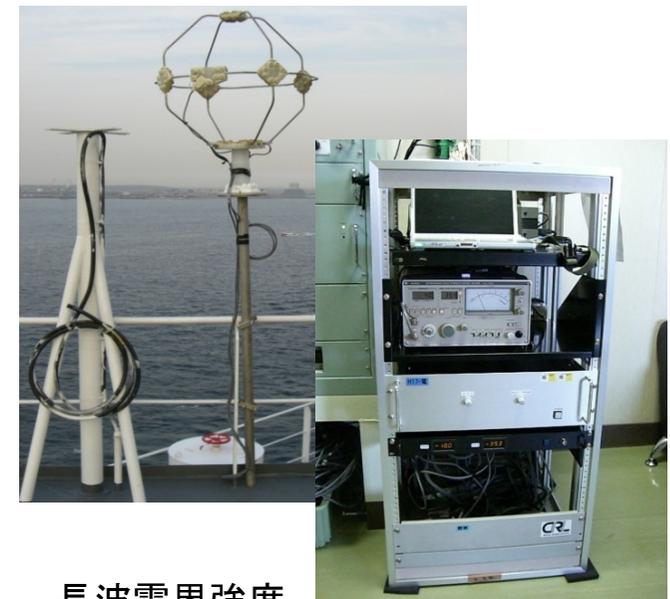
【観測計画】H21年度に高精度計測器の開発を始め、51次隊のしらせにおいてテスト観測、52次隊、53次隊のしらせにおいて本観測を実施したい。



長波標準電波は現在日本のほかに、中国、ドイツ、スイス、イギリス、ロシア、フランス、アメリカで送信しており、また、アジア諸国でも関心が高まっている。



長波標準電波は電離層と地上の間を何度もホップし遠方に伝わる。



長波電界強度
プロトタイプ測定機

本日のお話

- 電離圏が電波利用アプリケーションに与える影響
- 電離圏の観測について
- NICTの電離圏観測情報サービス
最近の電離圏概況
7/22皆既日食の際の電離圏応答

NICTの電離圏観測情報サービス

NICT

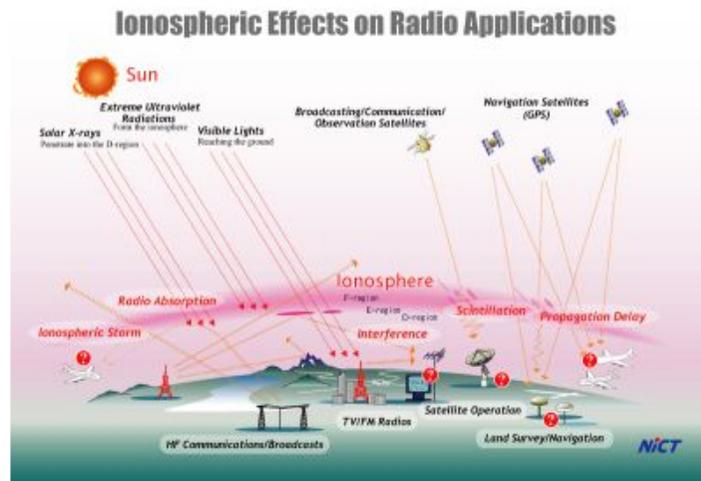
Space Environment Group, Applied Electromagnetic Research Center

Radio Propagation Project

[Home](#) [Iono. Conditions](#) [Real-Time Data](#) [Data Archive](#) [Access](#) [Links](#) [Members](#)

[For Cellphone \(QR\)](#) | [Japanese](#)

Radio Propagation Project



Ionospheric Effects on Radio Applications

The ionosphere surrounding the earth is closely related to our daily life, because it greatly affects propagation of radiowaves for broadcast and telecommunications, or it degrades positioning accuracy of GPS.

Radio Propagation Project aims to develop a monitoring system of the earth's ionosphere, and to provide ionospheric observation data and early warnings of ionospheric disturbances. For this purpose, we conduct following operations and researches.

- Ionosonde observations in Japan, and data providing [Ionosonde Stations](#) | [Iono. Conditions](#) | [Real-Time Data](#) | [Ionosonde Observations](#) | [foF2 Forecast \(NN\)](#) | [Monthly TEC](#) | [HF-TEP](#)
- [Ionospheric observations in the Southeast Asian region \(SEALION\)](#)
- [Ionospheric observations at Syowa station in Antarctica](#)
- [Management of World Data Center for Ionosphere](#)
- Research and development for prediction of the ionospheric disturbances

What's New

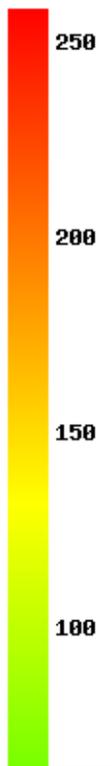
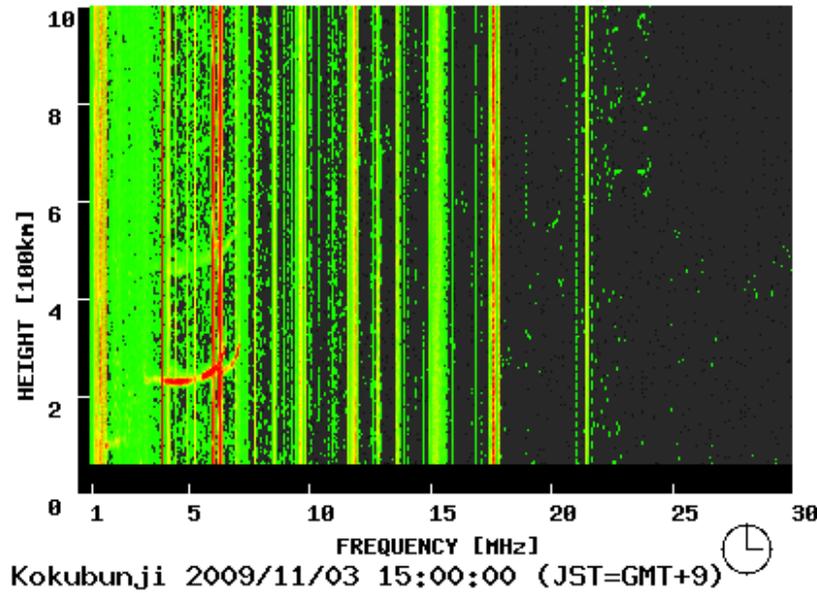
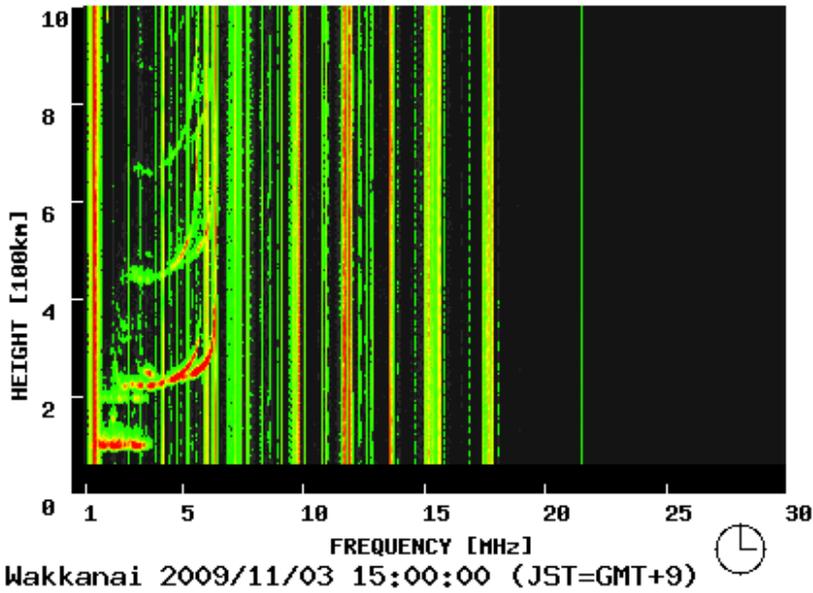
2009/07/24 The website of Radio Propagation Project has been renewed.

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

NICT Radio Propagation Project

Home Iono. Conditions Real-Time Data Data Archive Access Links Members

For Cellphone (QR) | Japanese



Ionospheric Condition

Ionospheric status(2009/07/08 16:30 JST)

Station#Event	Storm	SID/WA	Es
Wakkanai			
Kokubunji			
Yamagawa			
Ogimi			

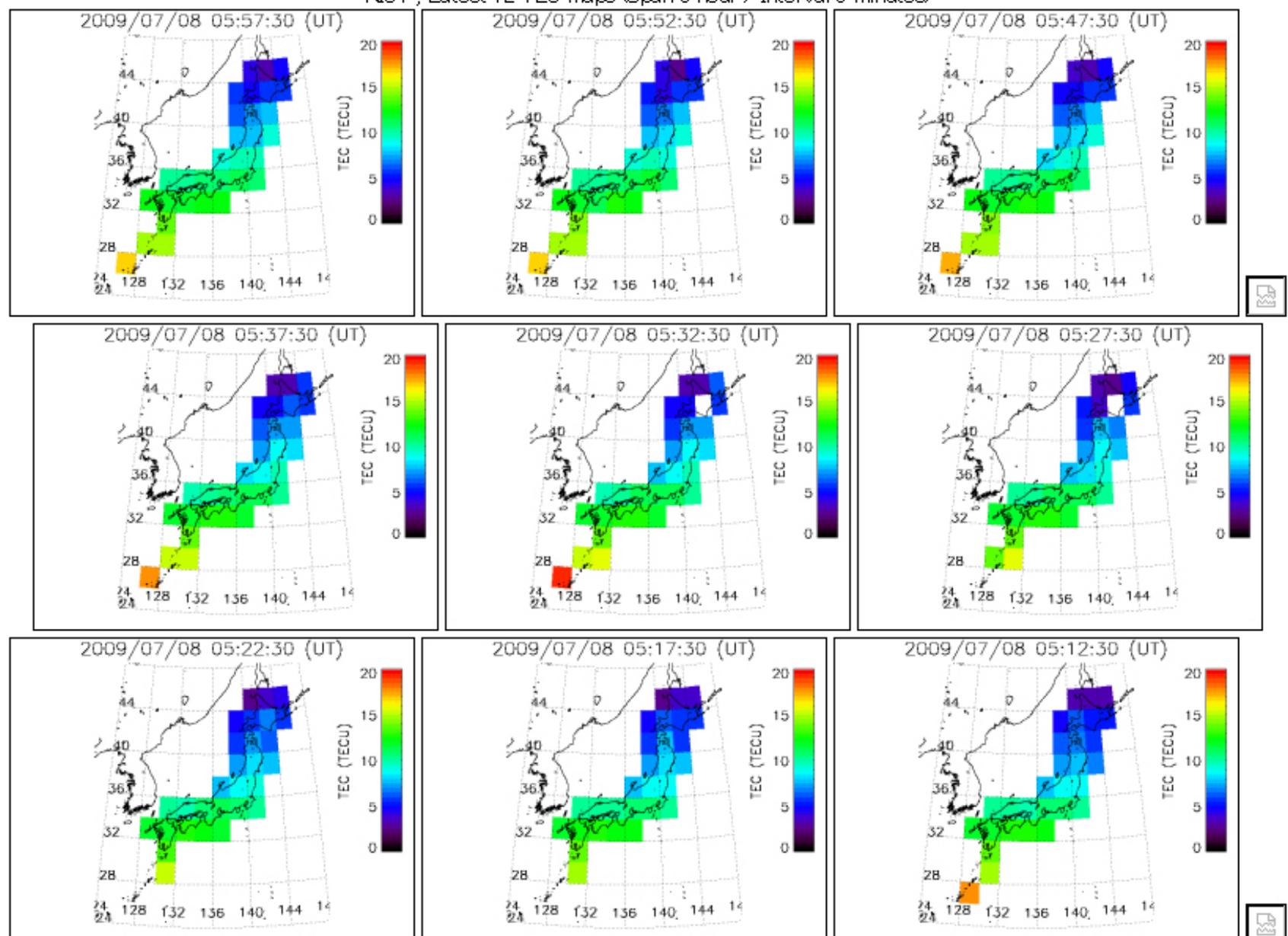
Event	Meaning
Storm	Positive(P) / Negative(N) Ionospheric Storm
SID/WA	Sudden Ionospheric Disturbance / Winter Anomaly
Es	Sporadic E Layer
Indicator	Meaning
	Unknown Status
	No Event
	Event Occuring
	Event Continues

- [Detailed Ionospheric Condition \(Japanese Only\)](#)
- [Ionospheric events \(Last 40 days\) \(Japanese Only\)](#)
- [Ionospheric Variation \(foF2\) Forecast \(by Neural Network\)](#)
- Access to Observation Data
[Real-Time Data](#) | [Ionosonde Observations](#)

NiCT Space Environment Group, Applied Electromagnetic Research Center
Radio Propagation Project
 Home Iono. Conditions Real-Time Data Data Archive Access Links Members

For Cellphone (QR) | Japanese

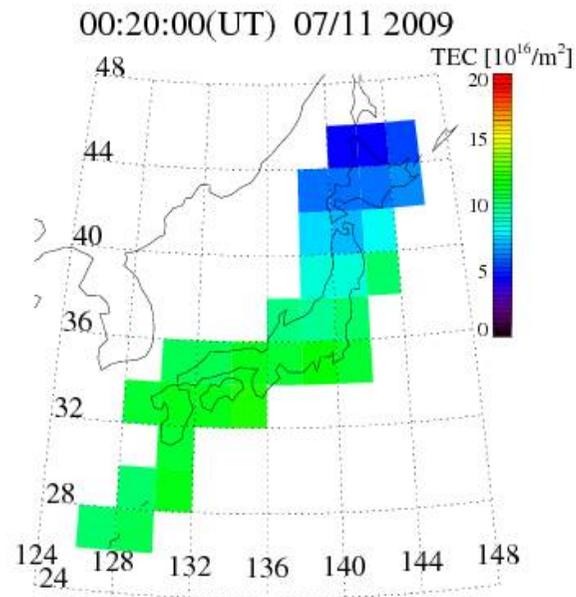
NiCT , Latest 72 TEC maps (Span 6 hour / Interval 5 minutes)



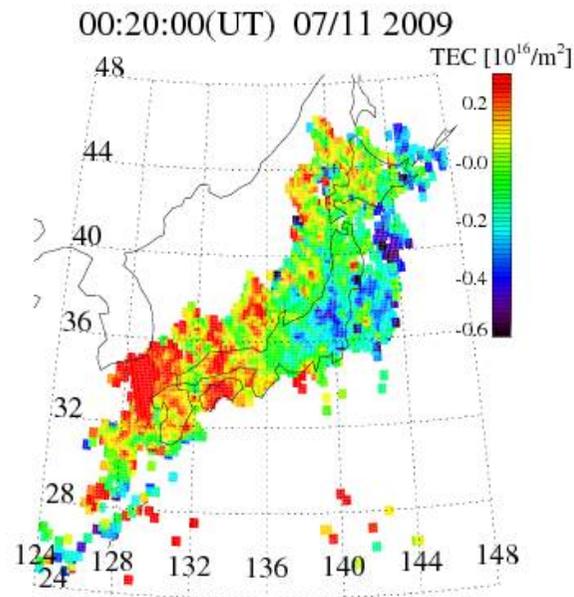
観測結果：7月11日の午前中に観測された九州地方でのロック損失

2009 Jul 11, 9:20 JST (0:20 UT)

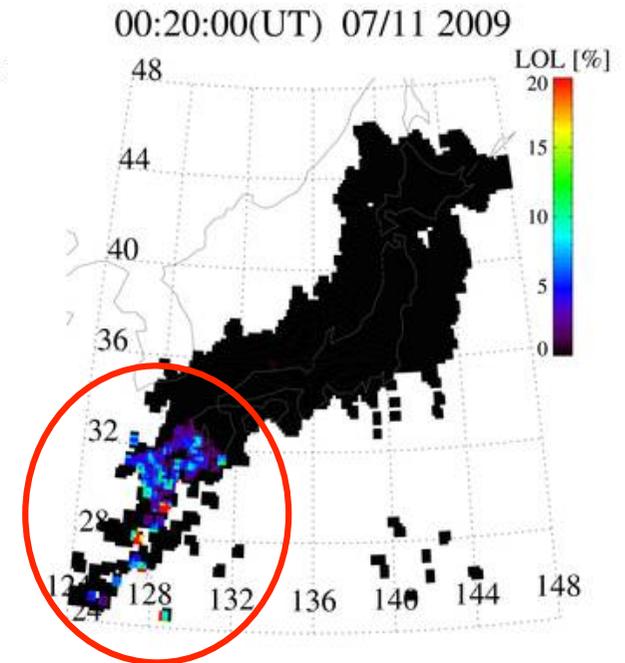
TEC



TECの短周期変動



ロック損失率マップ



電離圏嵐の予測

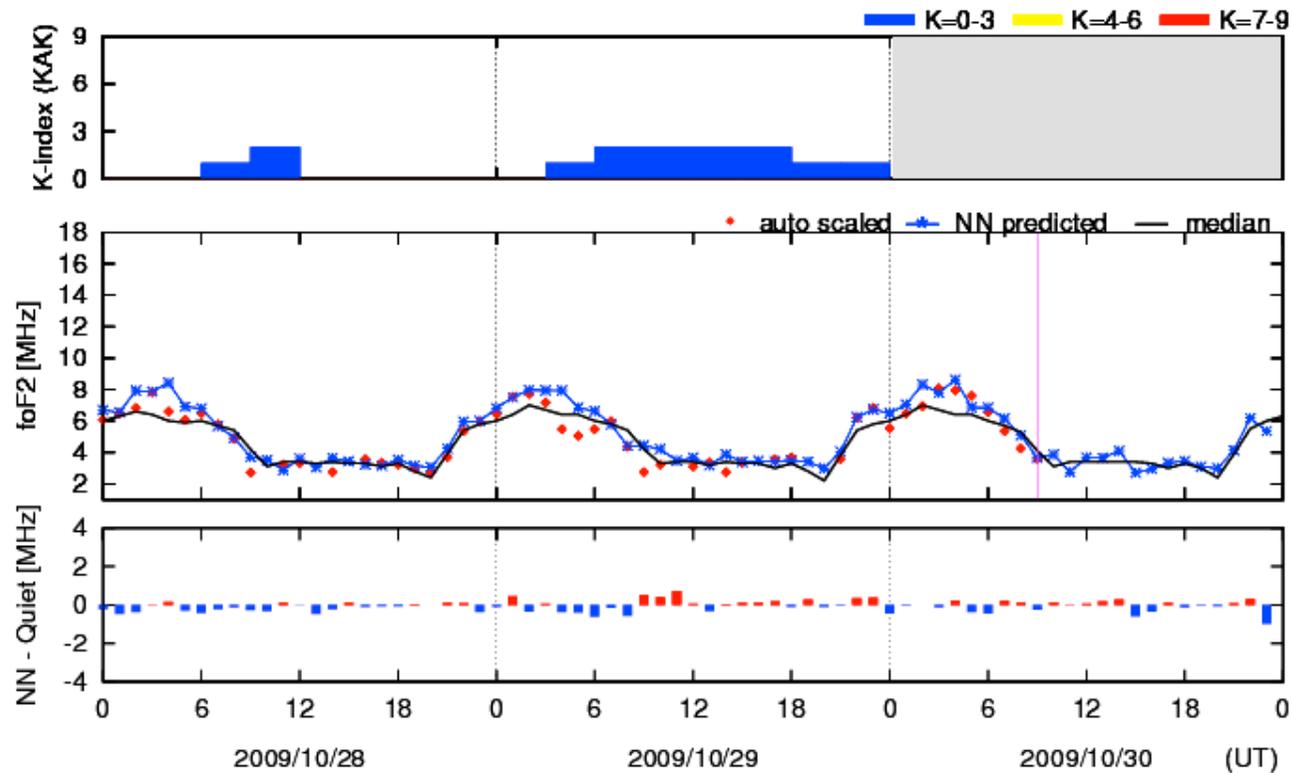
電磁波計測研究センター 宇宙環境計測グループ

NiCT 電波伝搬障害研究プロジェクト

ホーム 電離圏概況 リアルタイムデータ データアーカイブ 電離圏とは? 南極準備室 アクセス

24 hours forecast [Description](#) [HOME](#)

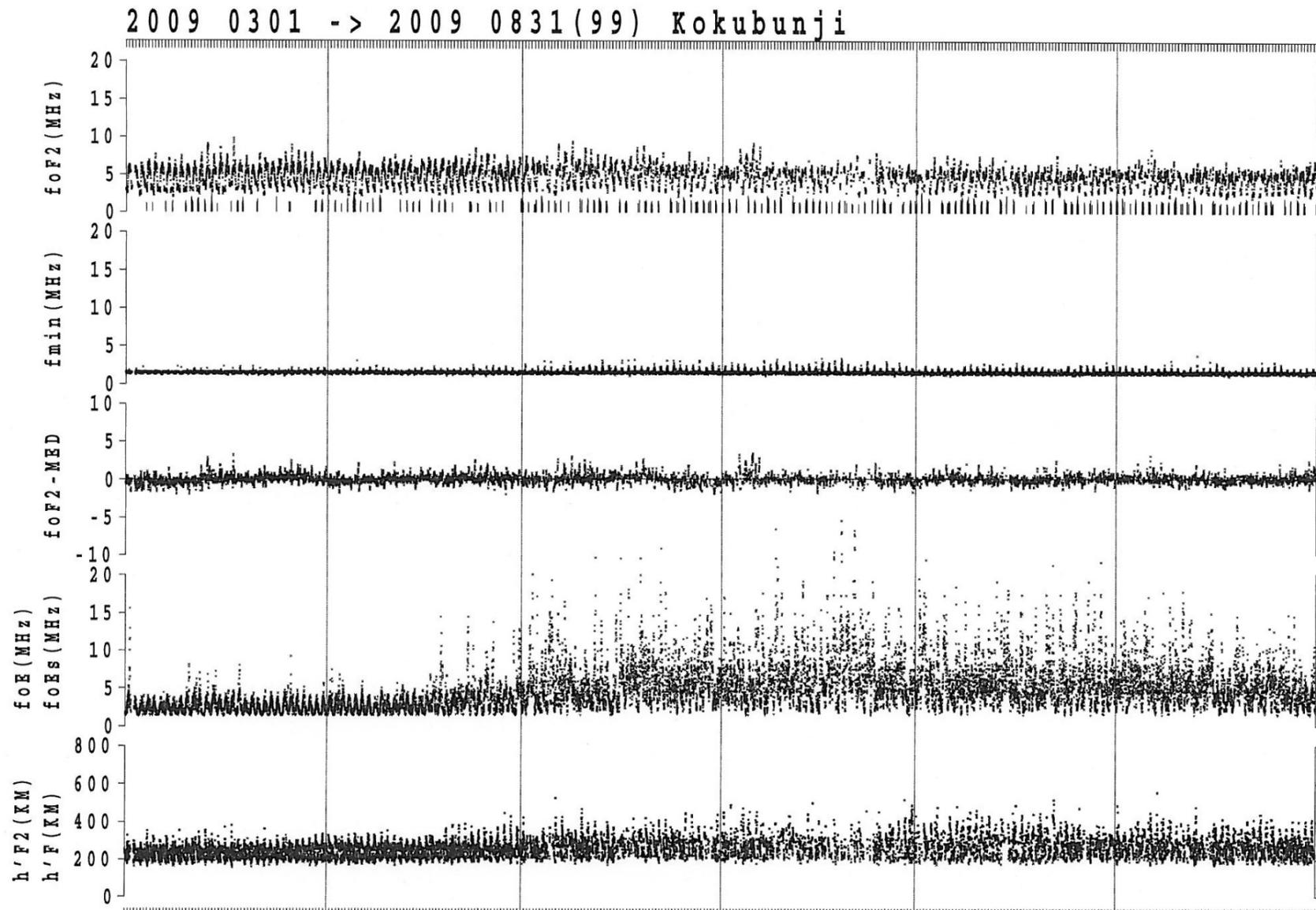
Ionospheric variation forecast (24 hours) over Tokyo



国内イオノグラム観測概況 2009/03-2009/08

- 4月の下旬以降現在までEsが活発である。このためF領域の情報は不明が多い。数少ない情報から今期間のF領域を推察すると、昨年同様foF2は低い。
- Fminは低く、山川、稚内で日中でも2MHz以下、沖縄のみ3MHzになる日があるが、例年に比べて少ない。

国内イオノグラム観測概況 2009/03-2009/08

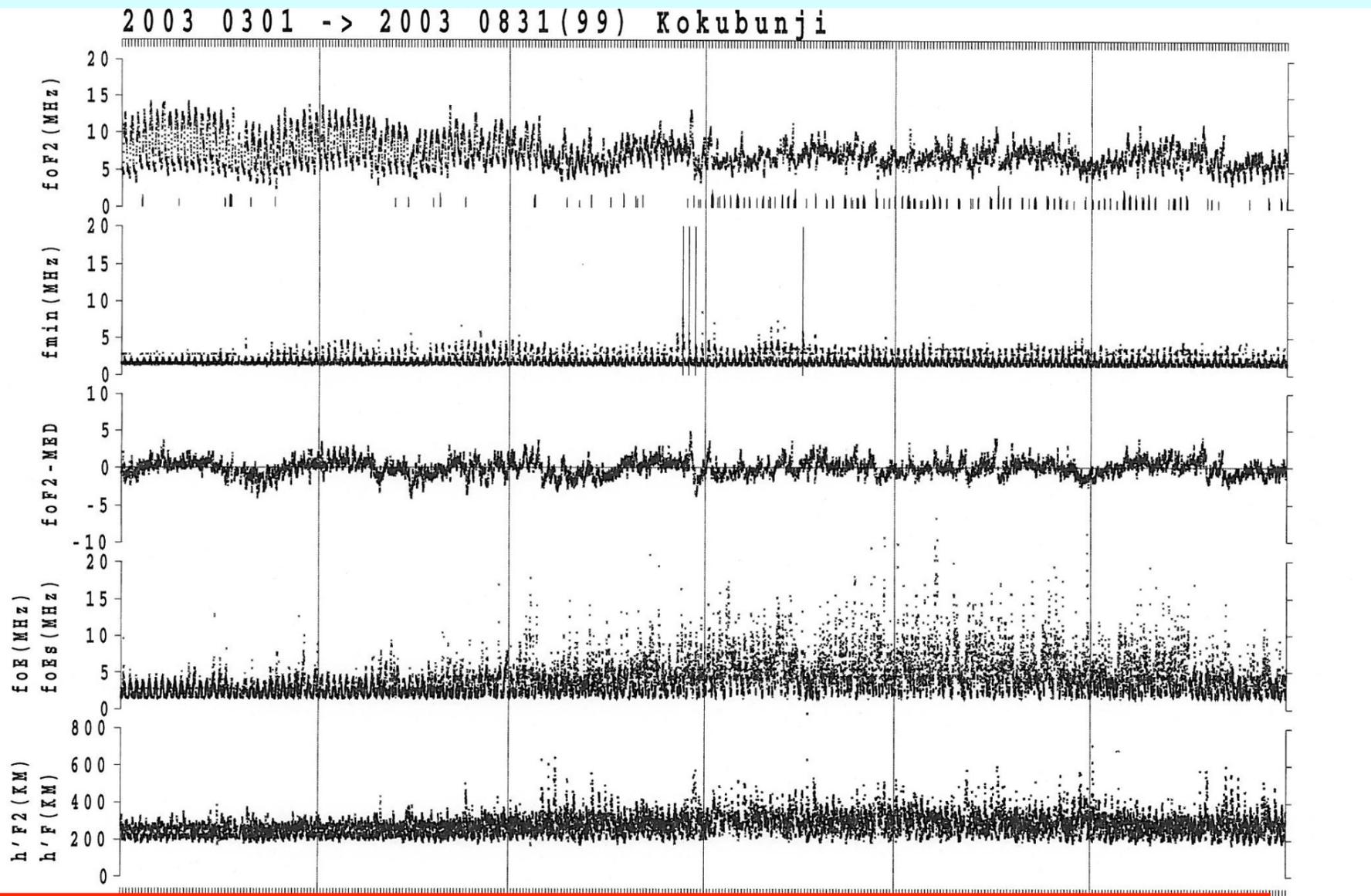


このデータはNICT電離圏観測データ公開サイト（データアーカイブ→イオノゾンデ定常観測→長期変動プロット-サマリオノグラム）で確認できます。

http://wdc.nict.go.jp/cgi-bin/print/manual_src/m_kdps/m_kdps

MON/JST

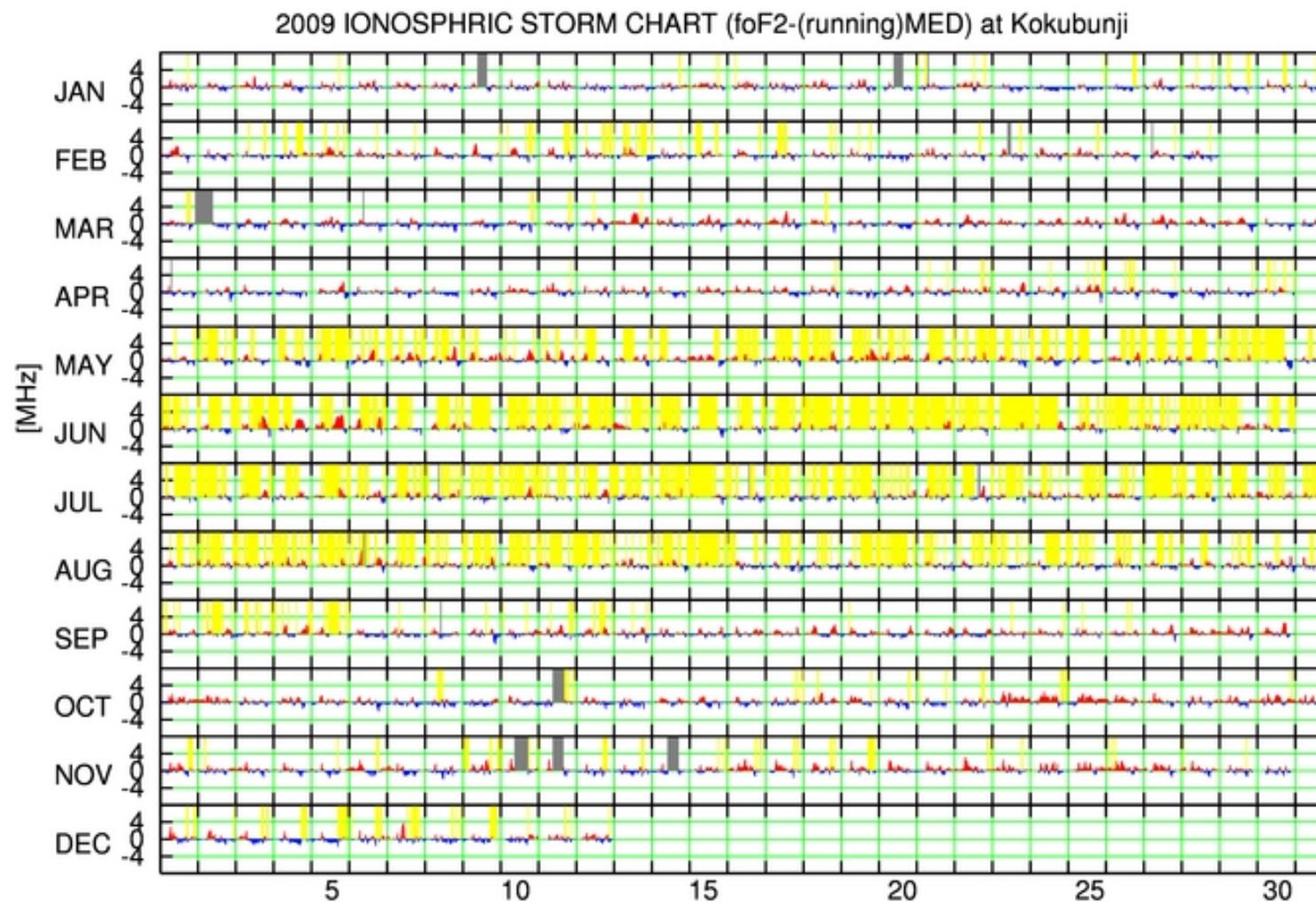
国内イオノグラム観測概況 2003年との比較



このデータはNICT電離圏観測データ公開サイト（データアーカイブ→イオノゾンデ定常観測→長期変動プロット-サマリイオノグラム）で確認できます。

http://wdc.nict.go.jp/cgi-bin/print/manual_src/m_kdps/m_kdps

電離圏嵐速見表 2009/01-2009/08



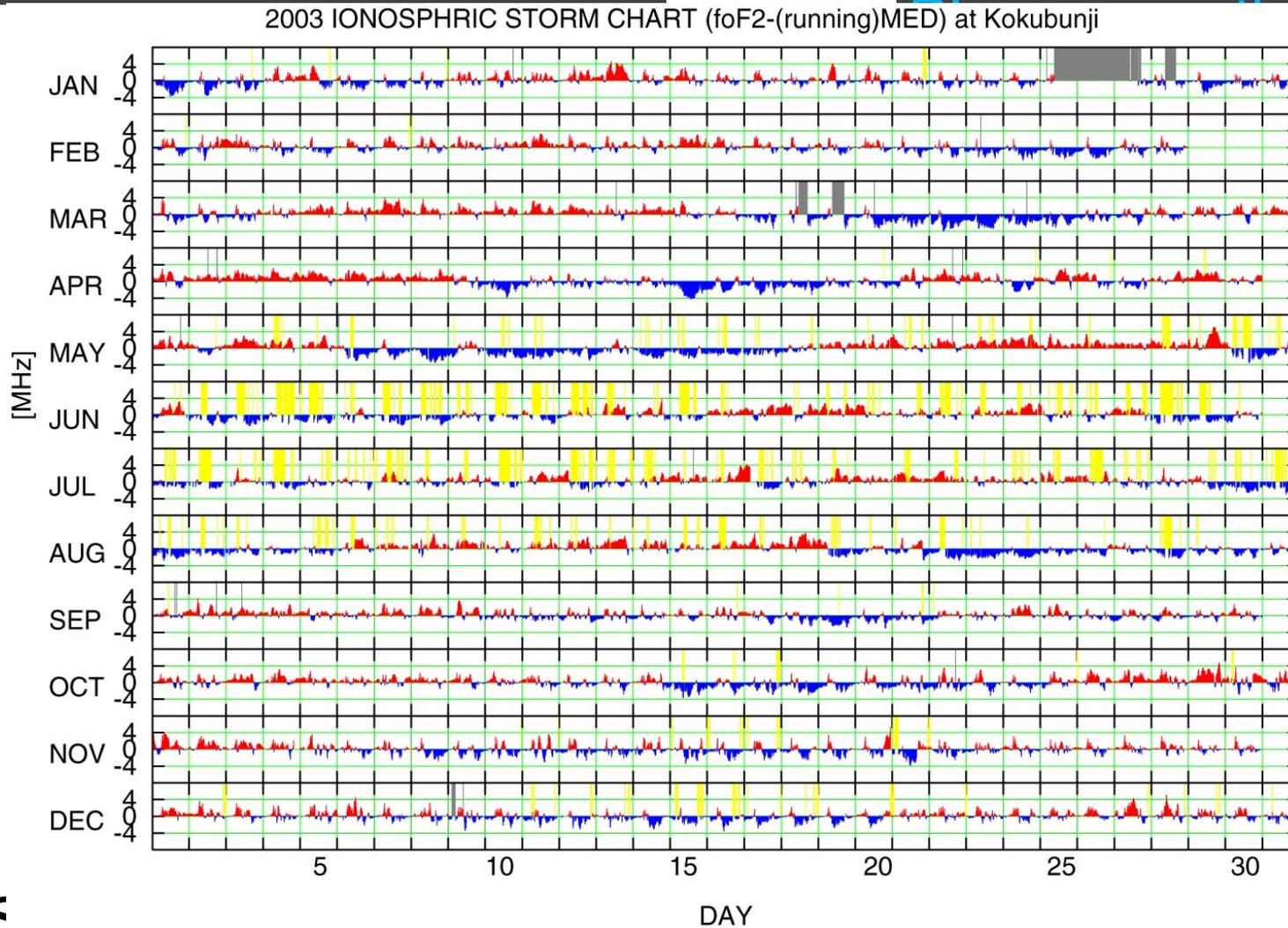
このデータはNICT電離圏観測データ公開サイト（データアーカイブ→イオノゾンデ定常観測→電離圏嵐速見表）で確認できます。

http://wdc.nict.go.jp/IONO/contents/J018_Storm.html

電離圏嵐速見表 2003年との比較

foF2 – foF2 (median) [MHz]

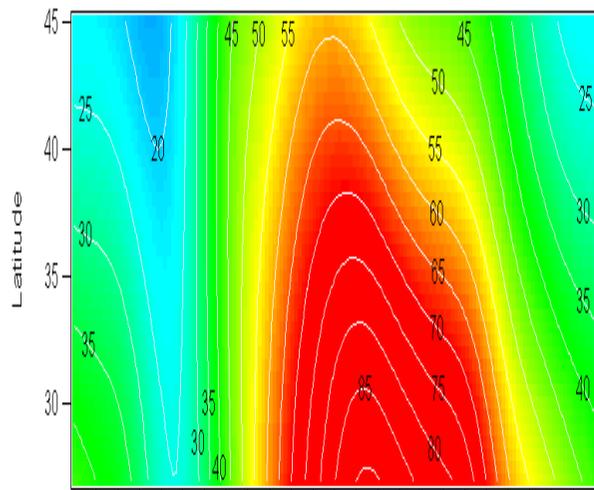
Red = Positive trend
Blue = Negative trend



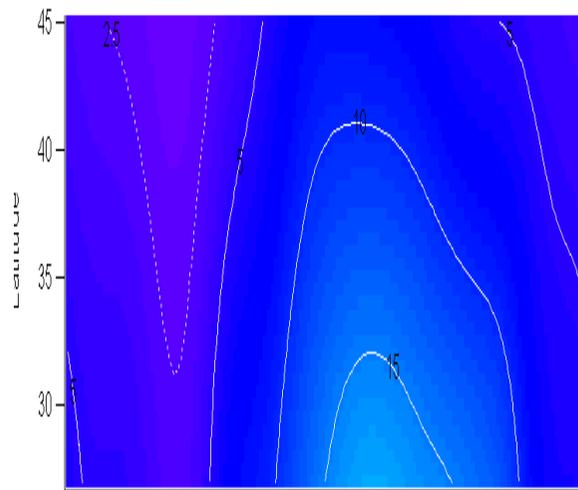
Ionospheric storm occurrence during year maximum.

国内TEC概況(月平均子午線分布)、2000年との比較

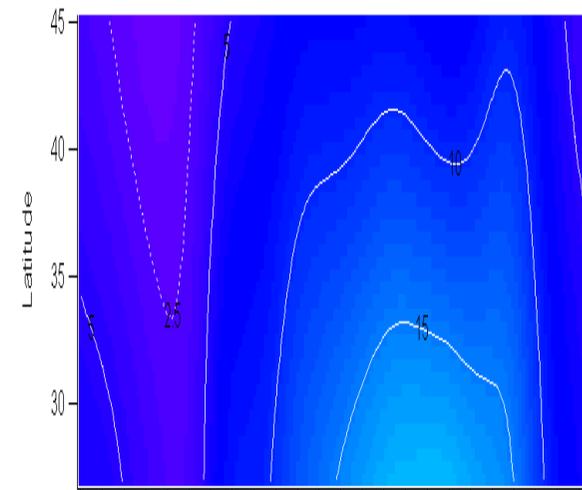
2000/04



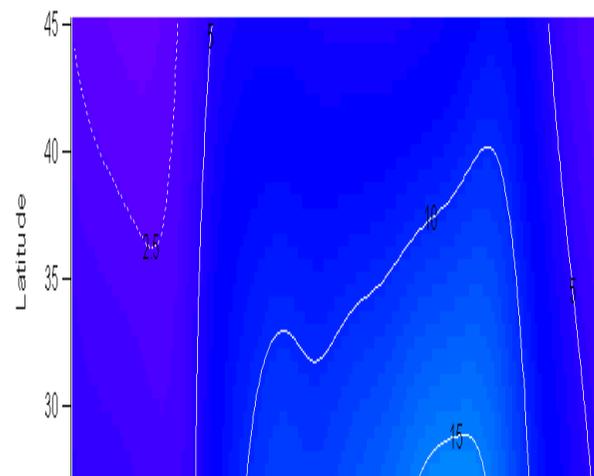
2009/04



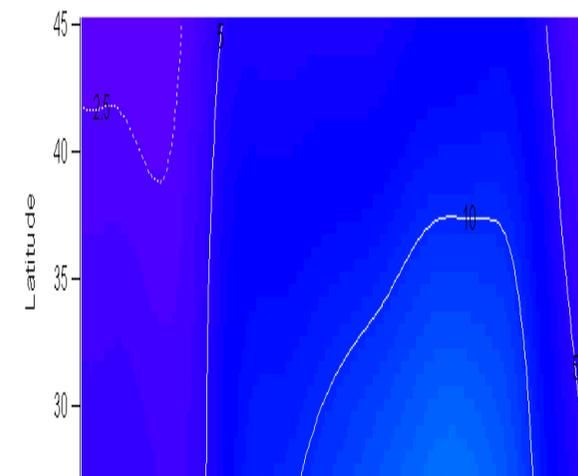
2009/05



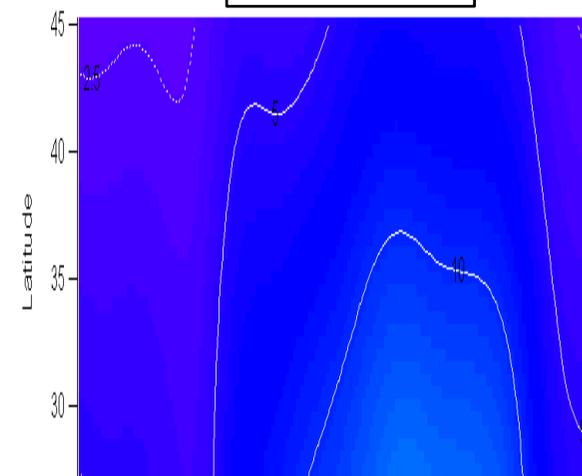
2009/06



2009/07



2009/03



このデータはNICT電離圏観測データ公開サイト(データアーカイブ→GPS受信機網/全電子数月別平均的分布)で確認できます。
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/monthly-mean-TEC-distribution/index.html>

7/22皆既日食の際の電離圏応答

- 国内イオノゾンデ
強いEs層のため、概して日食の効果は見えにくかった。fminと、山川でかろうじて読み取れたfoEに日食効果が見て取れた。
- 国内TEC
TECマップには日食の効果が、はっきりと表れた。しかし、心配された近範囲のロック損失は発生しなかった。

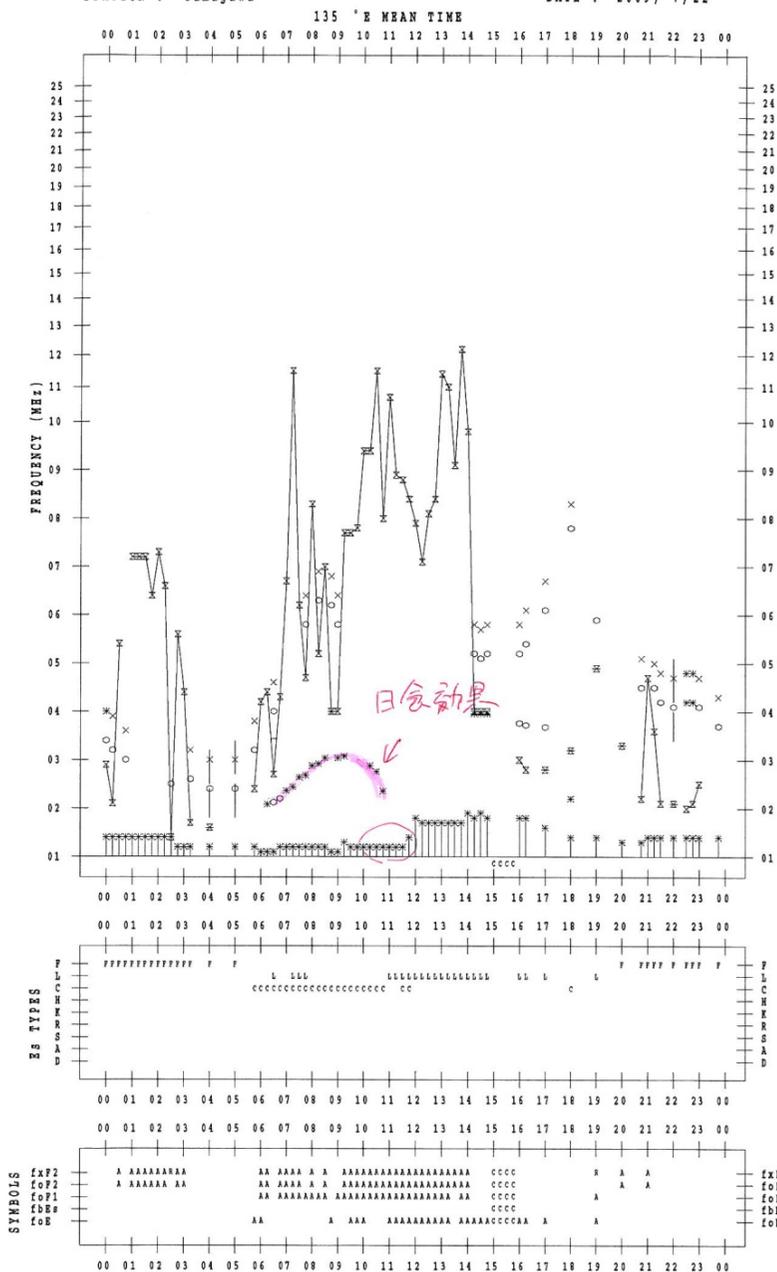
山川

f-PLOT DATA

SCALER :

STATION : Yamagawa

DATE : 2009 / 7 / 22



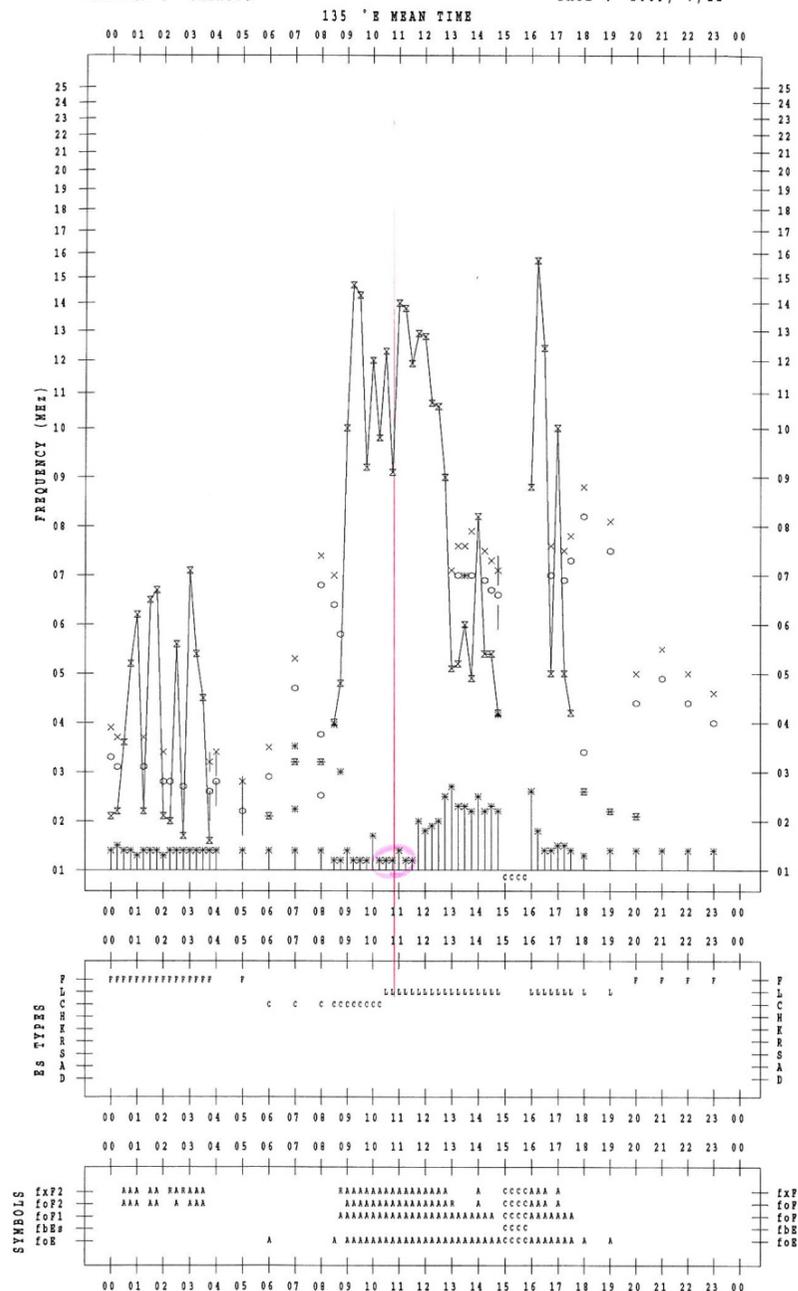
沖縄

f-PLOT DATA

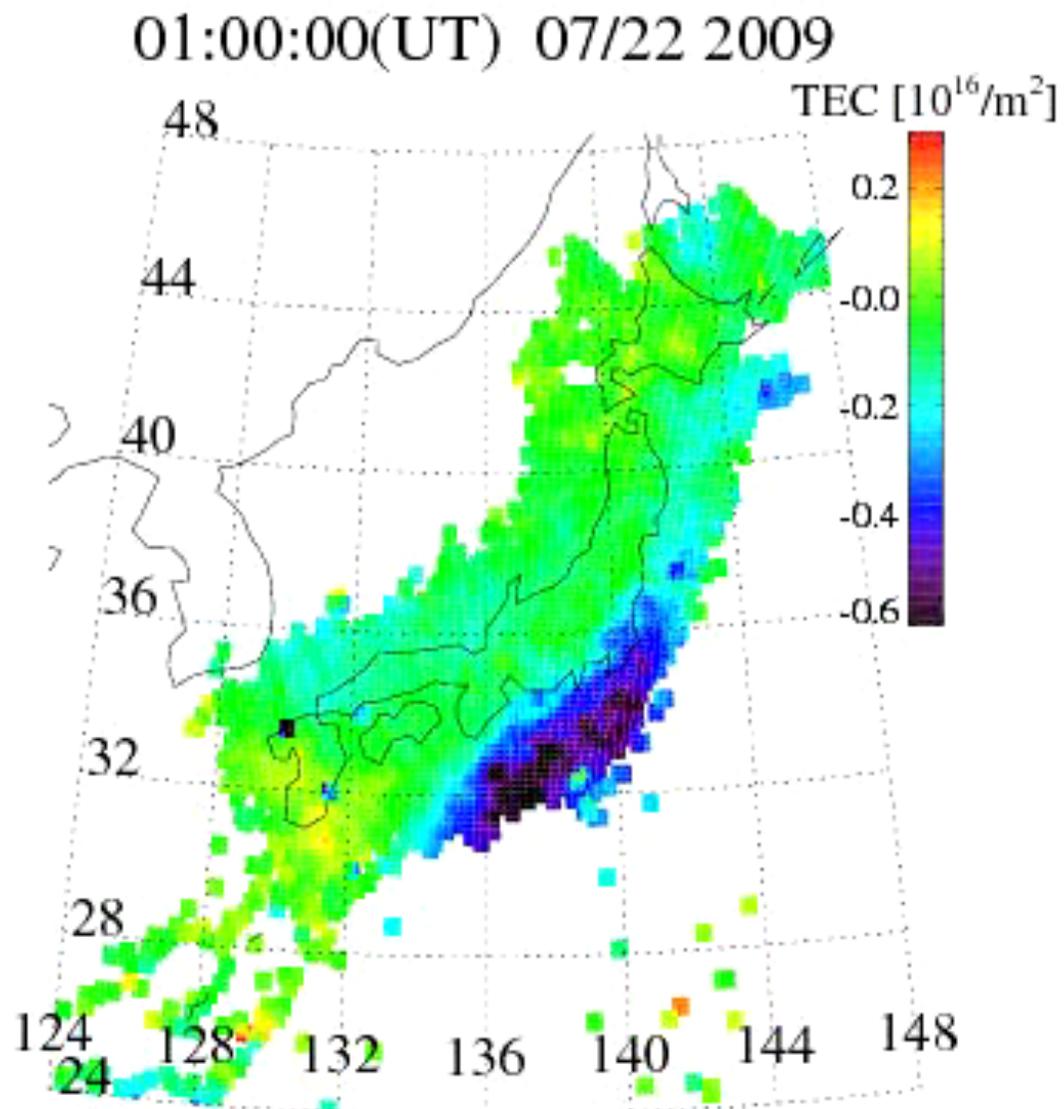
SCALER :

STATION : Okinawa

DATE : 2009 / 7 / 22



観測結果：GPS全電子数変動（60分ハイパス）



観測結果：電離圏イレギュラリティ指数 (ROTI)

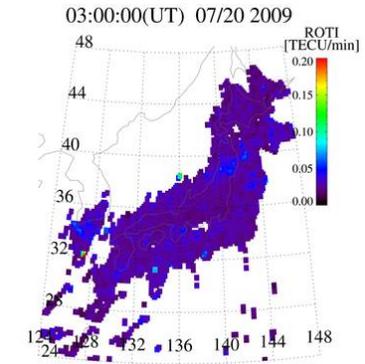
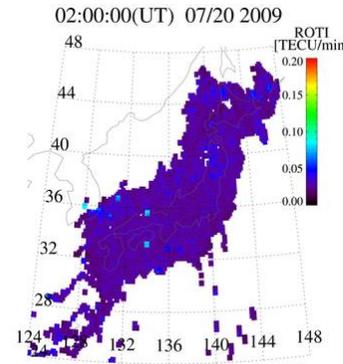
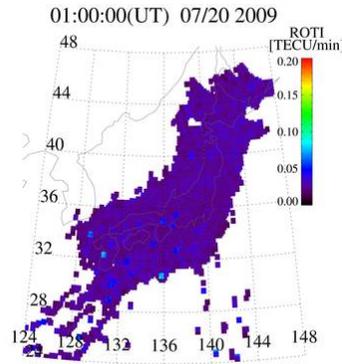
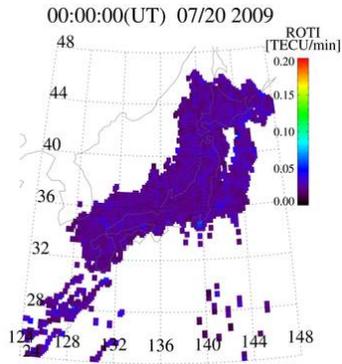
9 JST (0 UT)

10 JST (1 UT)

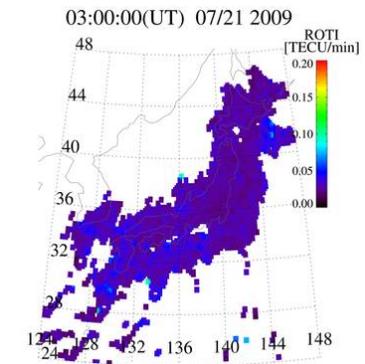
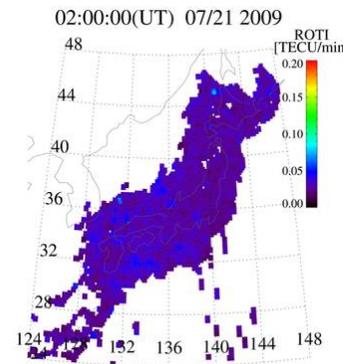
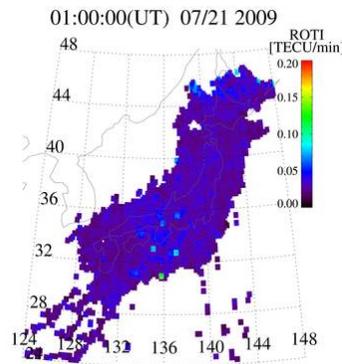
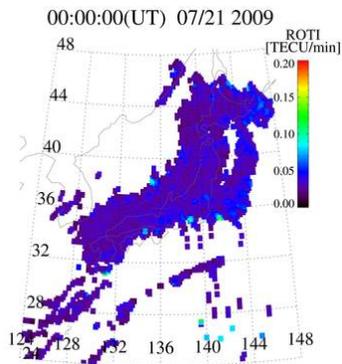
11 JST (2 UT)

12 JST (3 UT)

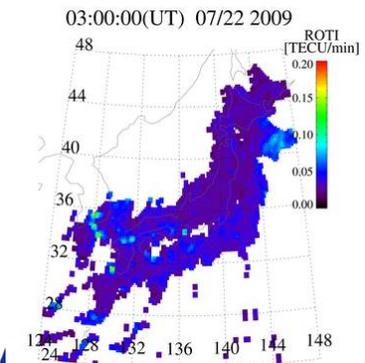
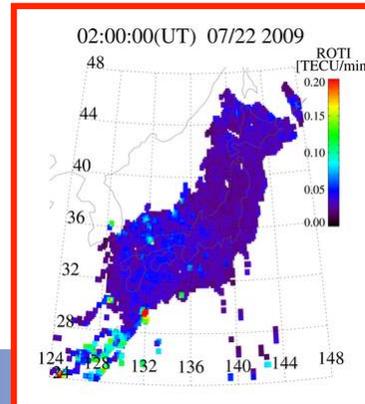
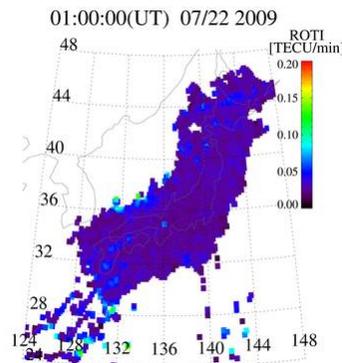
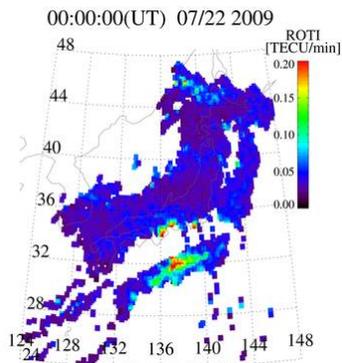
2009
Jul 20



Jul 21



Jul 22
(日食)



観測結果：GPS信号ロック損失率（L1、5分間）

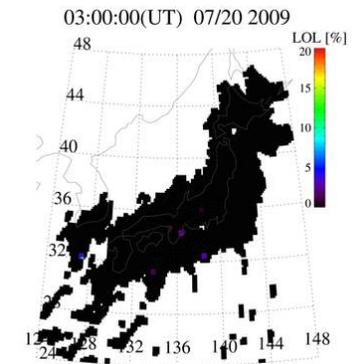
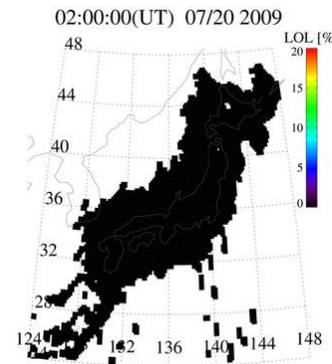
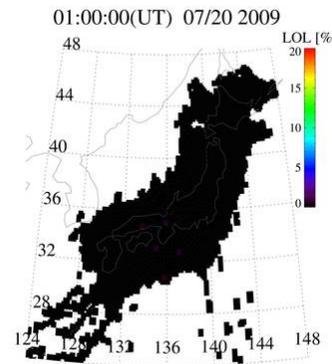
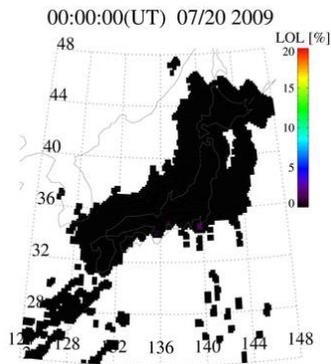
9 JST (0 UT)

10 JST (1 UT)

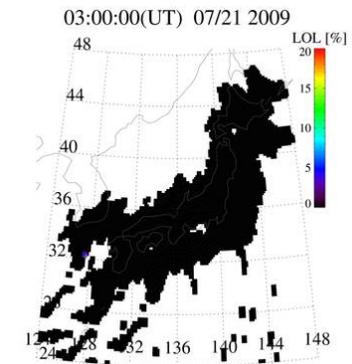
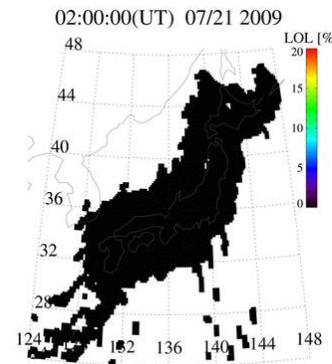
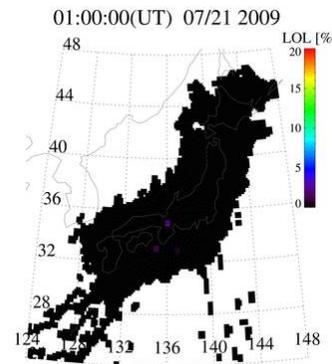
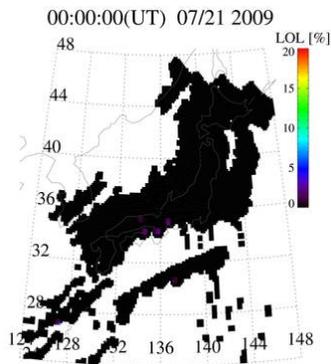
11 JST (2 UT)

12 JST (3 UT)

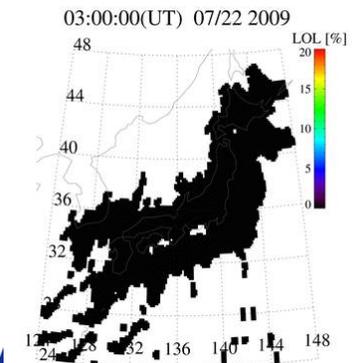
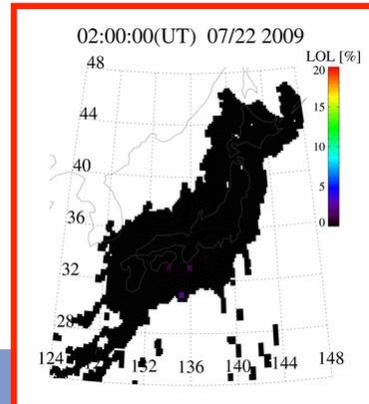
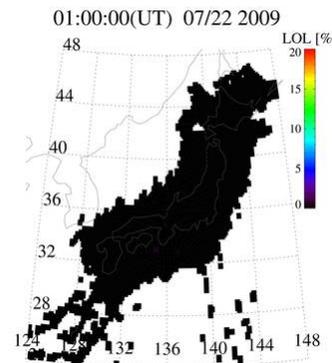
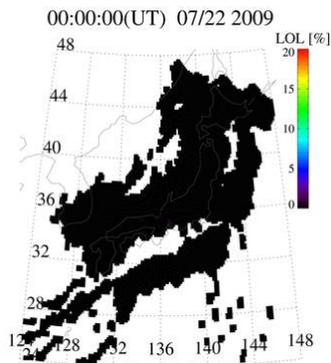
2009
Jul 20



Jul 21



Jul 22
(日食)



日食の電離圏への影響関連Webサイト

- **NICT 宇宙天気 & 皆既日食**
http://ecl09sim.nict.go.jp/index_sokuho.html
- **NICT 準リアルタイム国内電離圏観測**
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/SolarEclipse2009/>
- **GEONET-TEC**
http://stegps.kugi.kyoto-u.ac.jp//figs/MAP/2009/203_2009/index.html

資料

WDS for Ionosphere

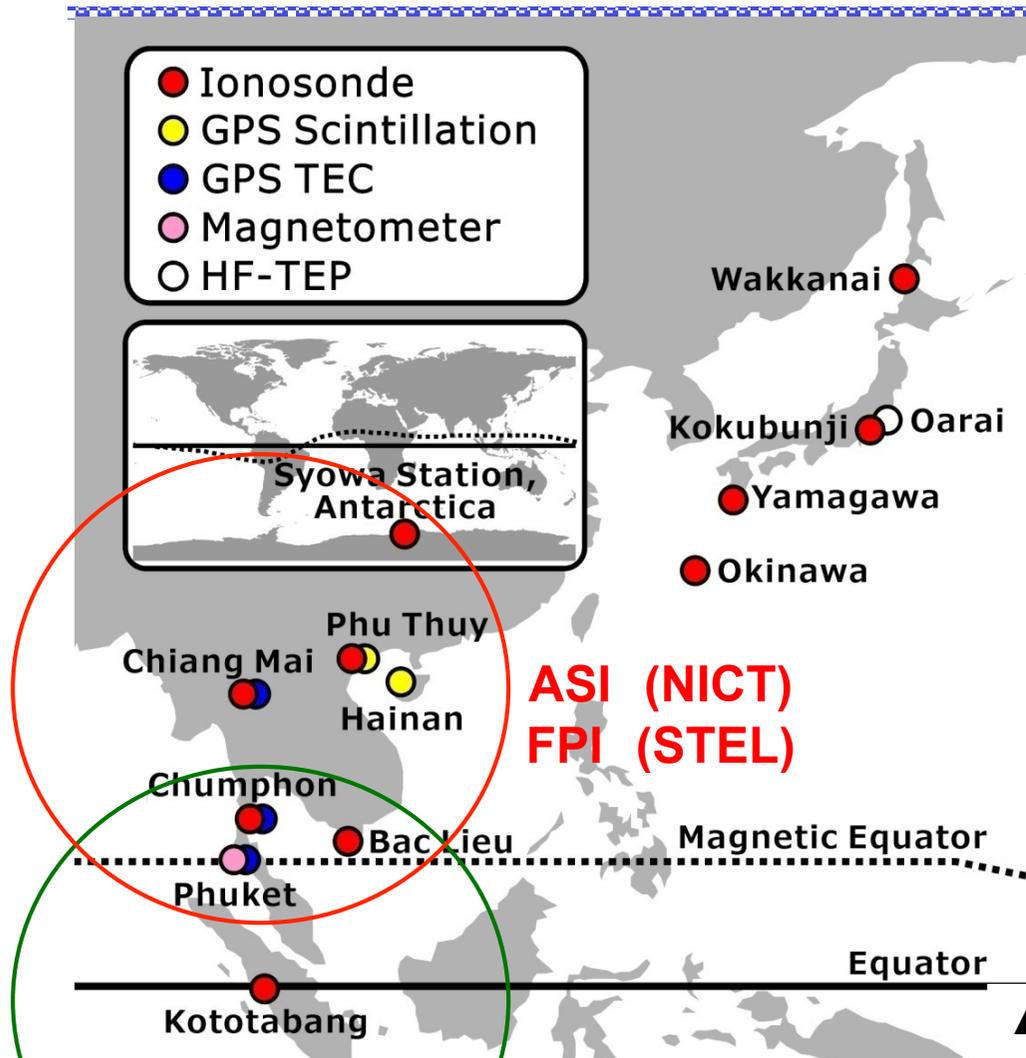
- Established on IGY year 1957
- Archiving mainly ionospheric vertical soundings of four Japanese and 141 worldwide stations.
- Items of ionospheric data
 - Ionospheric vertical soundings
 - Todside soundings
 - Oblique Incidence Soundings
 - Absorption
 - Ionospheric drifts and backscatter
 - Whistlers and VLF
 - Atmospheric Radio Noise



Data Exchange

- We publish annual data book and data list and send to 180 organizations of Japan and overseas.
- We receive and archive data books from 30 organizations.
- It was not enough to exchange digital data of ionosphere and we need to promote it. We discuss digital data exchange with NOAA/NGDC and now try to solve some technical issues (data server space, security, etc.)

NICTの電離圏観測ネットワーク



▲ Ionospheric observation in Southeast Asia



▲ Ionospheric observation at Syowa Station, Antarctica

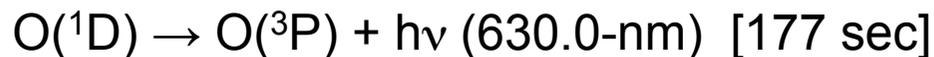
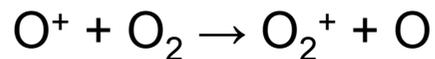
We develop a monitoring system of Earth's ionosphere, and prediction technologies of ionospheric disturbances that greatly affect radio propagation for broadcast and telecommunications, or degrade positioning accuracy of GPS.

大気光イメージャを用いた電離圏観測

New!

Excitation mechanisms of airglow emissions

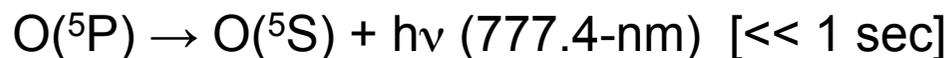
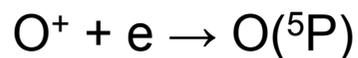
OI630.0-nm (Red Line)



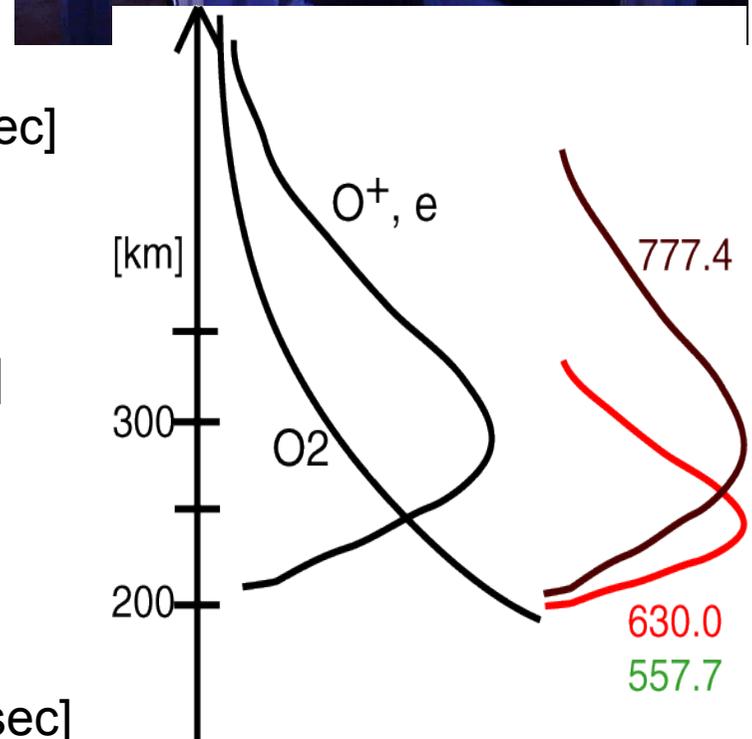
OI557.7-nm @ F region



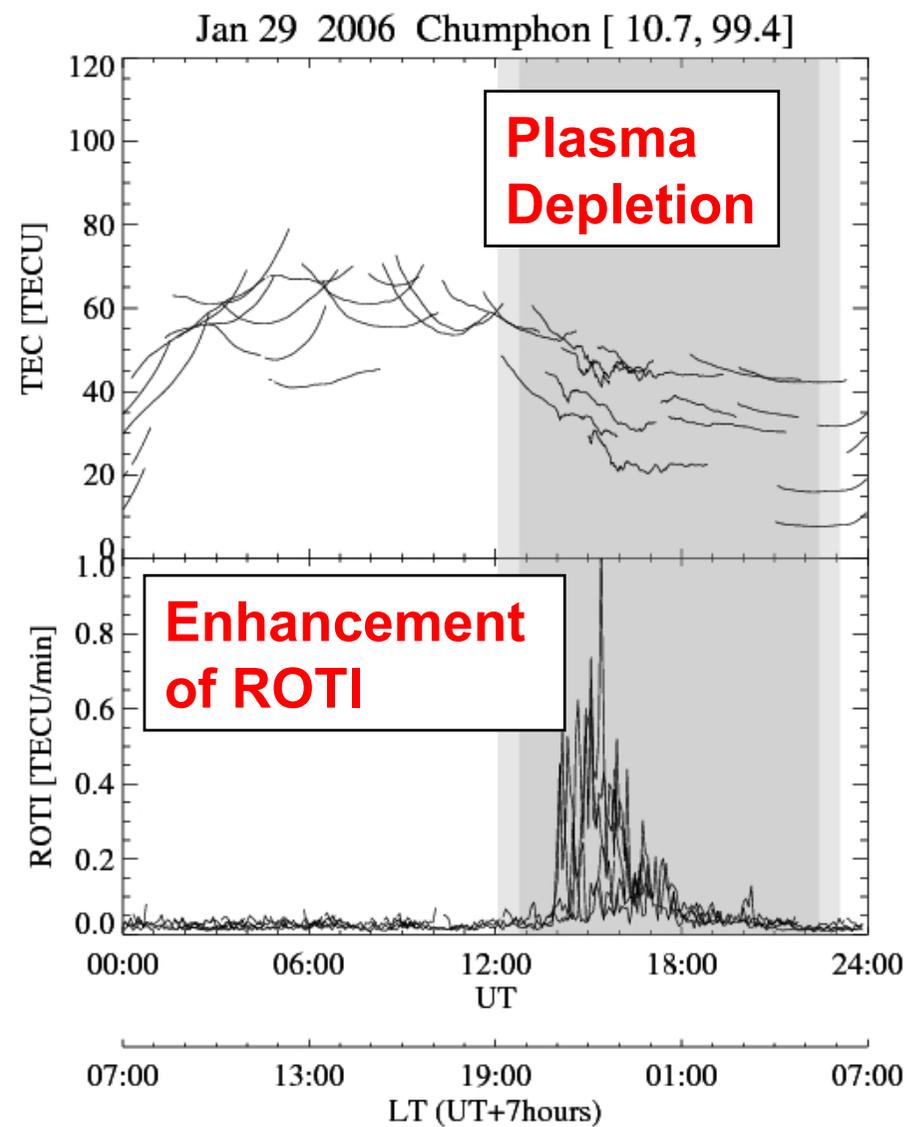
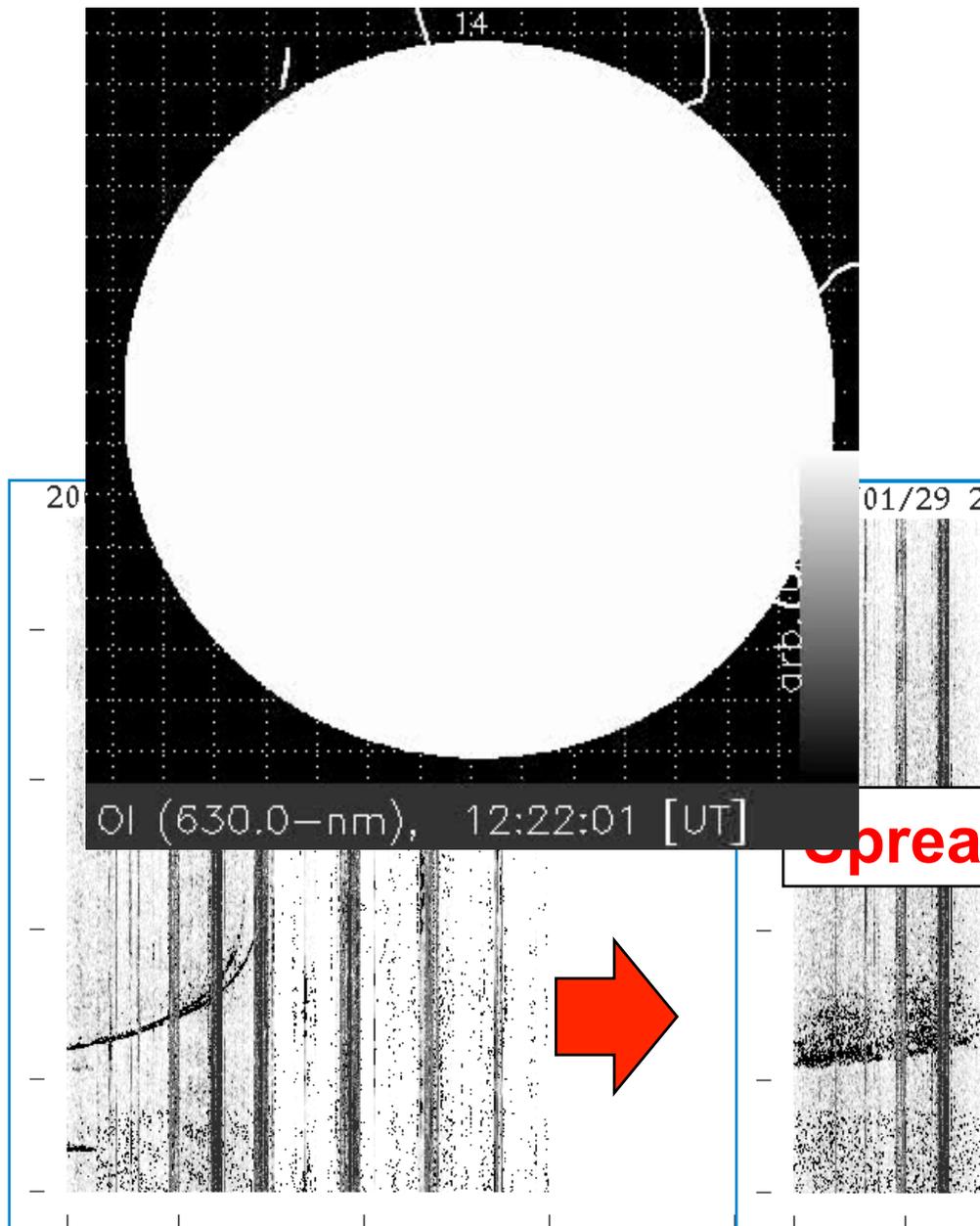
OI777.4-nm



All-sky Imager



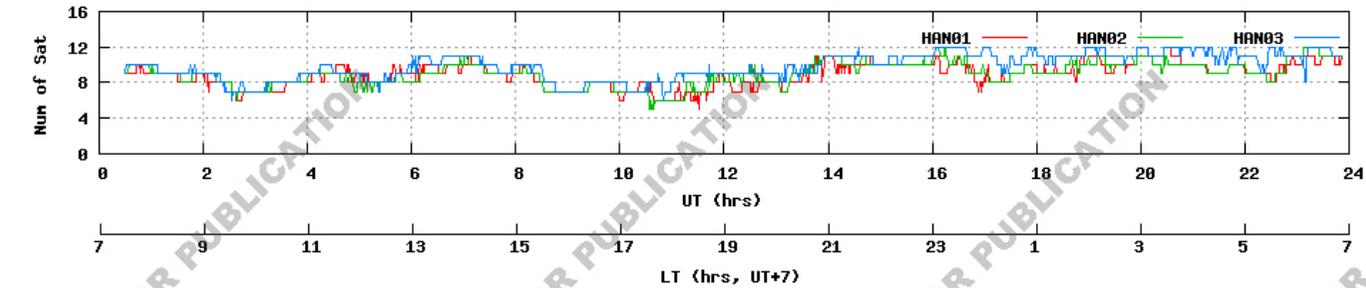
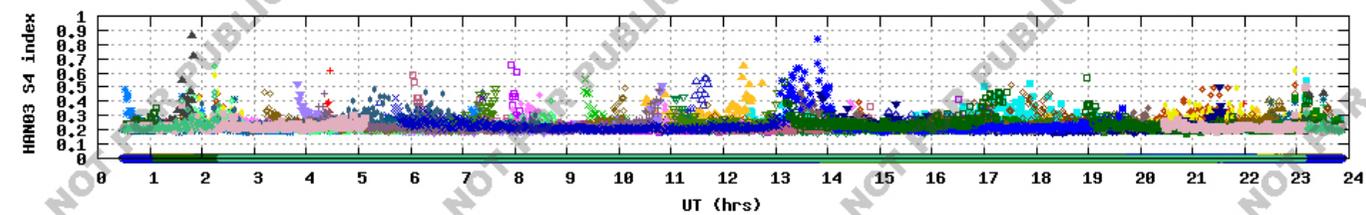
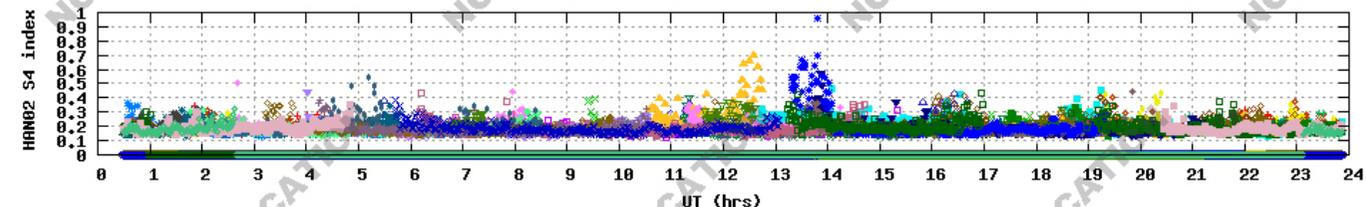
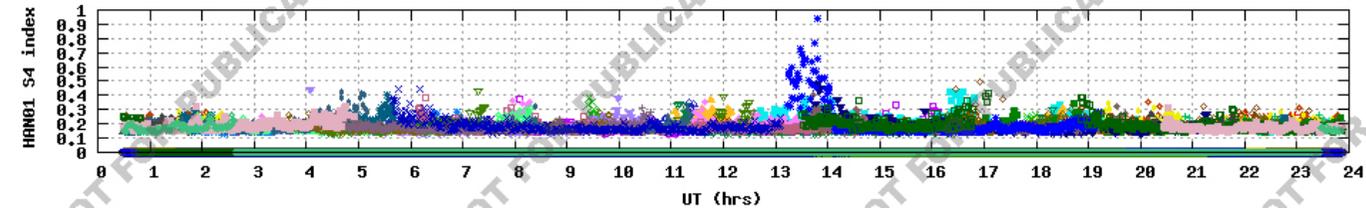
イオノゾンデ、GPS-TEC、大気光イメージャによる プラズマバブル観測例 (29 Jan. 2006)



S4 index at Hainan on 10 Oct 2007 (2007-283)

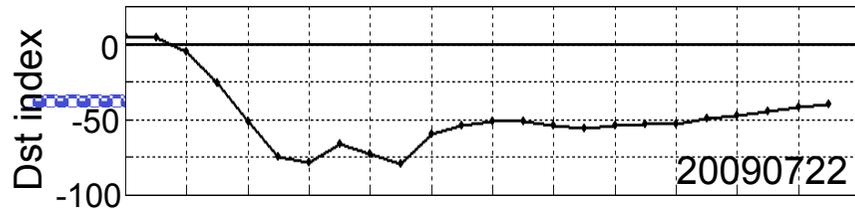
[Top](#)
[Previous Day](#) | [Oct 2007](#) | [Next Day](#)

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|
| PRN 01 | + | PRN 02 | x | PRN 03 | * | PRN 04 | □ | PRN 05 | ■ | PRN 06 | ◇ | PRN 07 | ● | PRN 08 | △ |
| PRN 09 | ▲ | PRN 10 | ▽ | PRN 11 | ▼ | PRN 12 | ◇ | PRN 13 | ● | PRN 14 | + | PRN 15 | x | PRN 16 | * |
| PRN 17 | □ | PRN 18 | ■ | PRN 19 | ◇ | PRN 20 | ● | PRN 21 | △ | PRN 22 | ▲ | PRN 23 | ▽ | PRN 24 | ▼ |
| PRN 25 | ◇ | PRN 26 | + | PRN 27 | x | PRN 28 | * | PRN 29 | □ | PRN 30 | ■ | PRN 31 | ◇ | PRN 32 | ● |

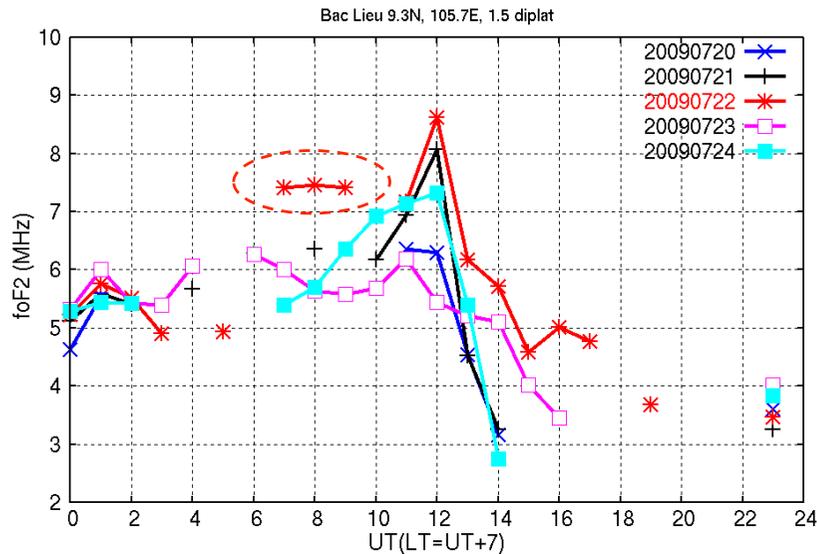


SEALION等観測概況 公開URL

- ・SEALION ホームページ
<http://wdc.nict.go.jp/IONO2/SEALION/>
(※このページのリンクから各種観測データのQLが閲覧可)
- ・SEALION イオノゾンデ サマリプロット
<http://wdc.nict.go.jp/IONO2/SEALION/ALLFC/summary/plot/>
- ・SEALION GPS-TEC、ROTI
チェンマイ : <http://wdc.nict.go.jp/IONO2/THAI-GPS/CMU/ROTI/>
チェンポン : <http://wdc.nict.go.jp/IONO2/THAI-GPS/CPN/ROTI/>
コタババン : <http://wdc.nict.go.jp/IONO2/KTB-GPS/ROTI/>
(※コタババンデータは北大から提供)
- ・HF-TEP
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/TEP/>
- ・GEONET-TEC リアルタイム観測
<http://wdc.nict.go.jp/IONO/SolarEclipse2009/realtimeGPS/ALLMAP/index.html>
(※ URLは変更予定)

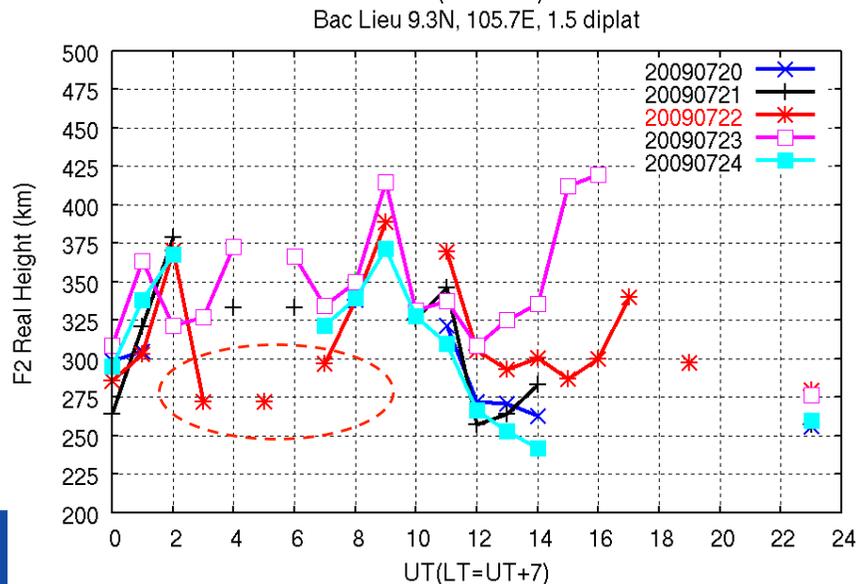


昼間のデータ欠落部は
Es層等の影響によるもの



8UT付近で静穏日に比べて密度増加

2UTにF3層が存在→2UT-3UTでの高度
現象は下部F2層での生成が原因かも?



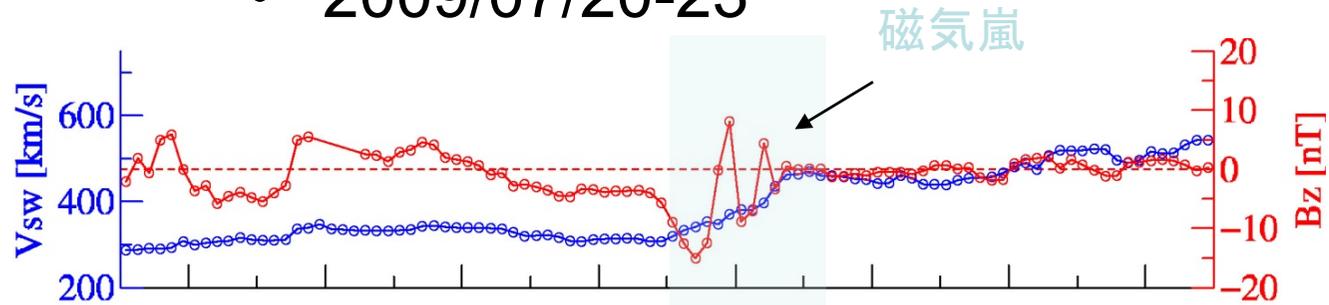
5UT付近で静穏日に比べて高度が低い?

原因に関しては、EEJ等から類推される電場、
及び低緯度のF2パラメータとの比較が必要

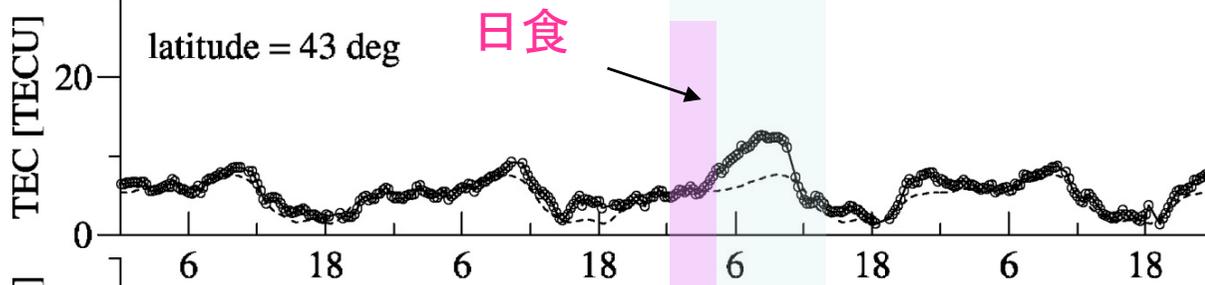
7/22 日食、磁気嵐

• 2009/07/20-23

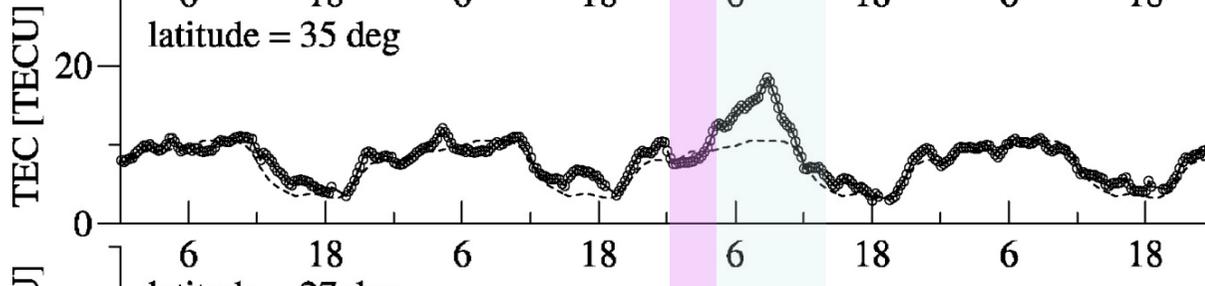
太陽風 (ACE)



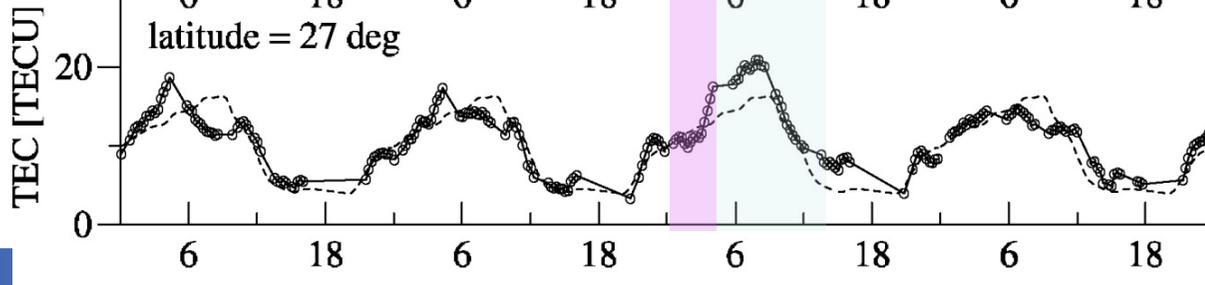
TEC (43度)



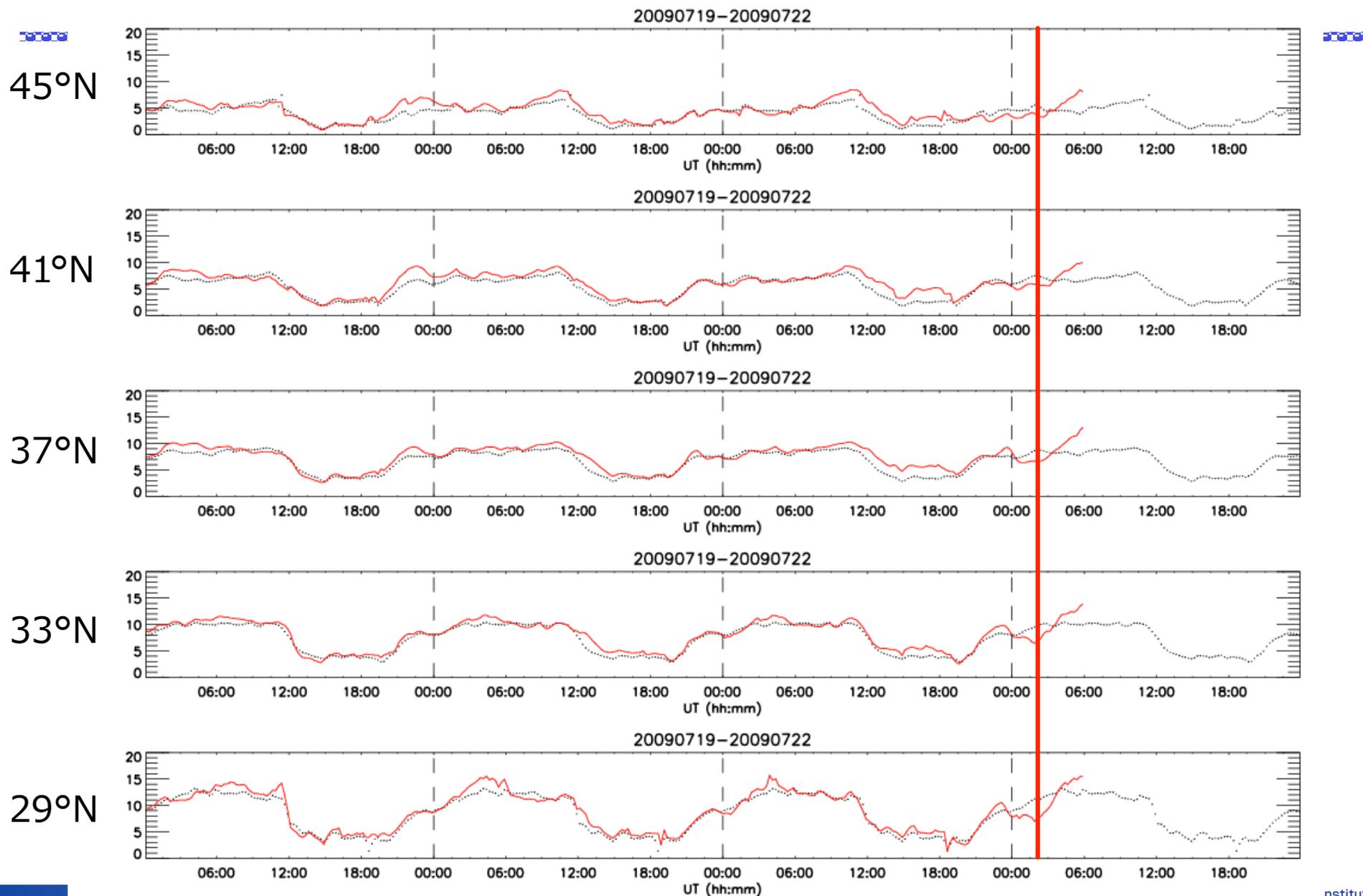
TEC (35度)



TEC (27度)



観測結果：全電子数の時間変化

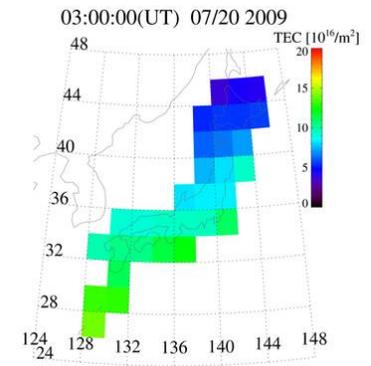
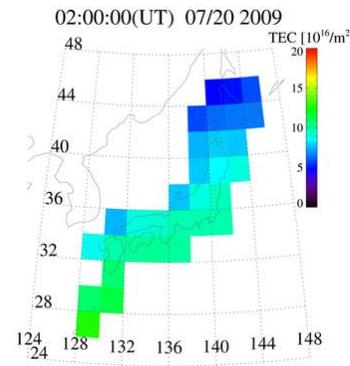
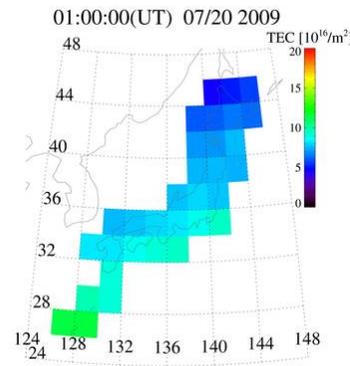
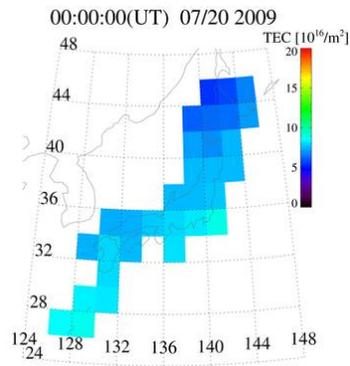


最大食分時@29°N

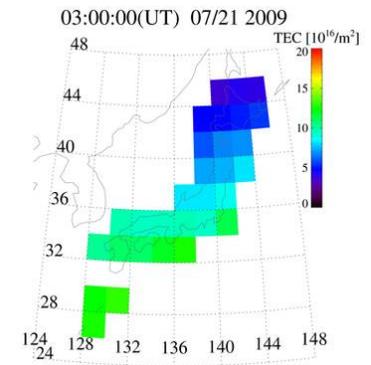
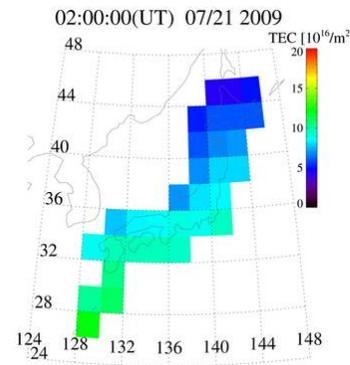
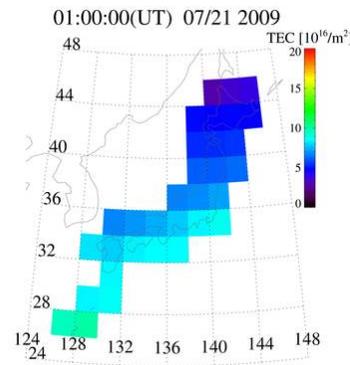
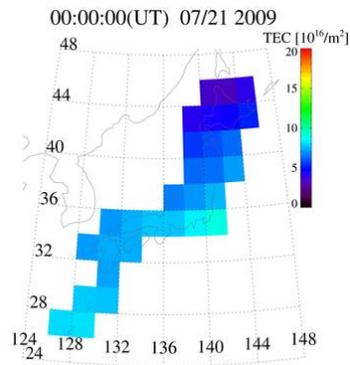
観測結果 : GPS全電子数

9 JST (0 UT) 10 JST (1 UT) 11 JST (2 UT) 12 JST (3 UT)

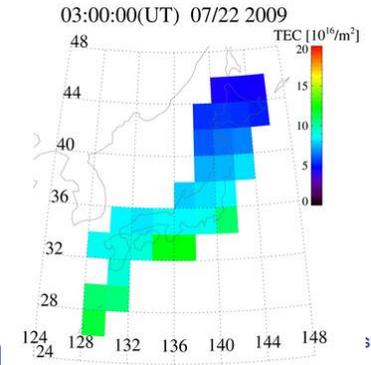
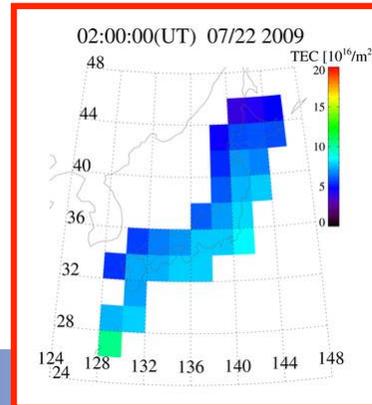
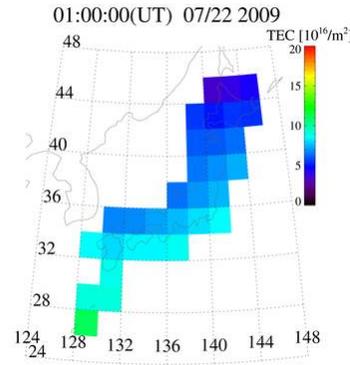
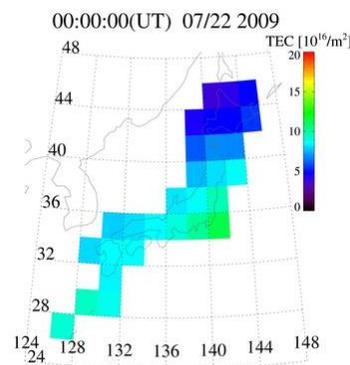
2009
Jul 20



Jul 21



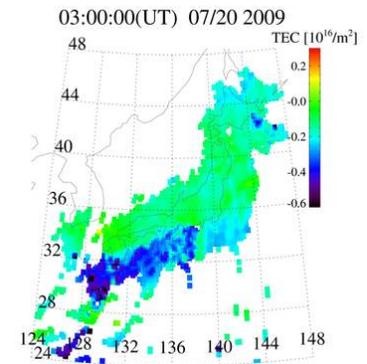
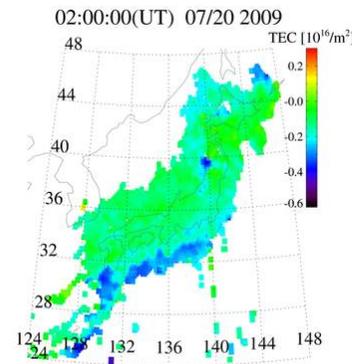
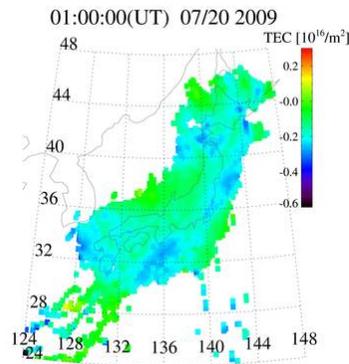
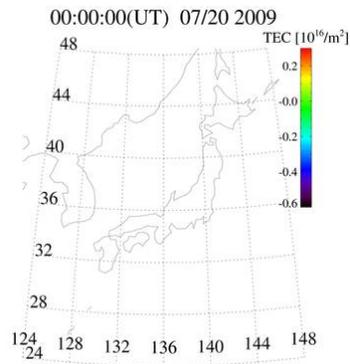
Jul 22
(日食)



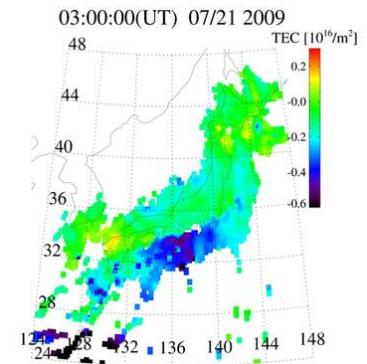
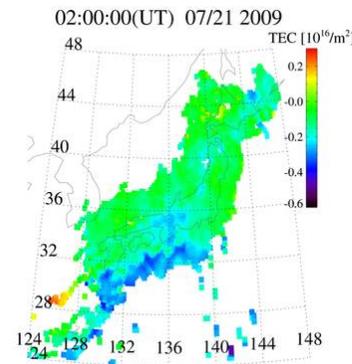
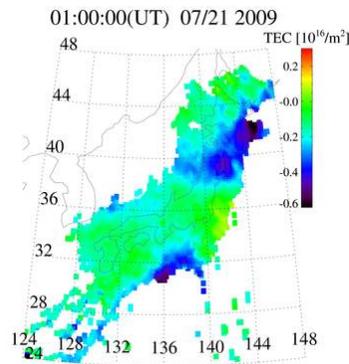
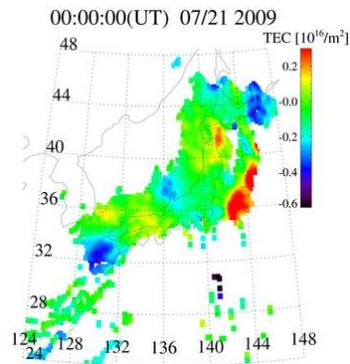
観測結果：GPS全電子数変動（60分ハイパス）

9 JST (0 UT) 10 JST (1 UT) 11 JST (2 UT) 12 JST (3 UT)

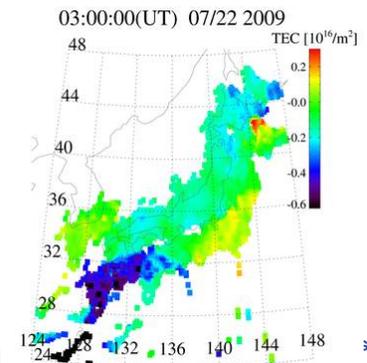
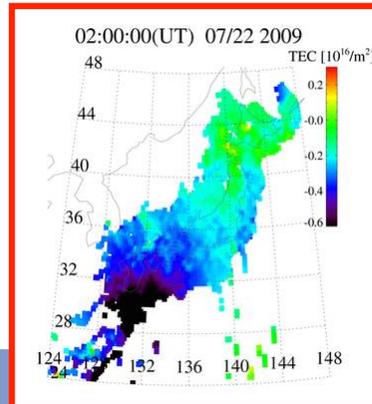
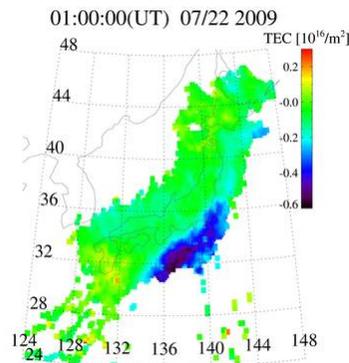
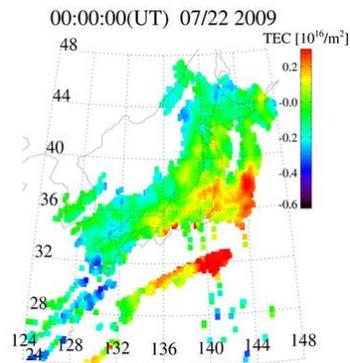
2009
Jul 20



Jul 21



Jul 22
(日食)



イベント期間の特徴 7月22日 皆既日食、磁気嵐

- 7/22の日食、磁気嵐イベントでは、日食の影響によるTECの減少が見られ、ほぼ同時に(やや時間がずれて?)磁気嵐によるポジティブストームが見られた。

ポジティブストームの要因については、沖縄～稚内まで発生していることから、磁気圏電場の侵入による赤道異常帯の拡大というよりは、熱圏風の向きが赤道向きに強くなったことによる可能性が高そう。但し、夕方の時刻(09UT頃)のTEC増大には電場が関与しているかもしれない。