



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	スプラディックEから紐解く電離圏の世界
Author(s)	前田, 隼
Description	第12回 宇宙天気ユーザーズフォーラム. 2017年7月5日. 国立研究開発法人情報通信研究機構主催. 国立科学博物館日本館2F講堂, 東京都.
Issue Date	2017-07-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76495
Type	conference presentation
File Information	20170705_users_forum_JM.pdf

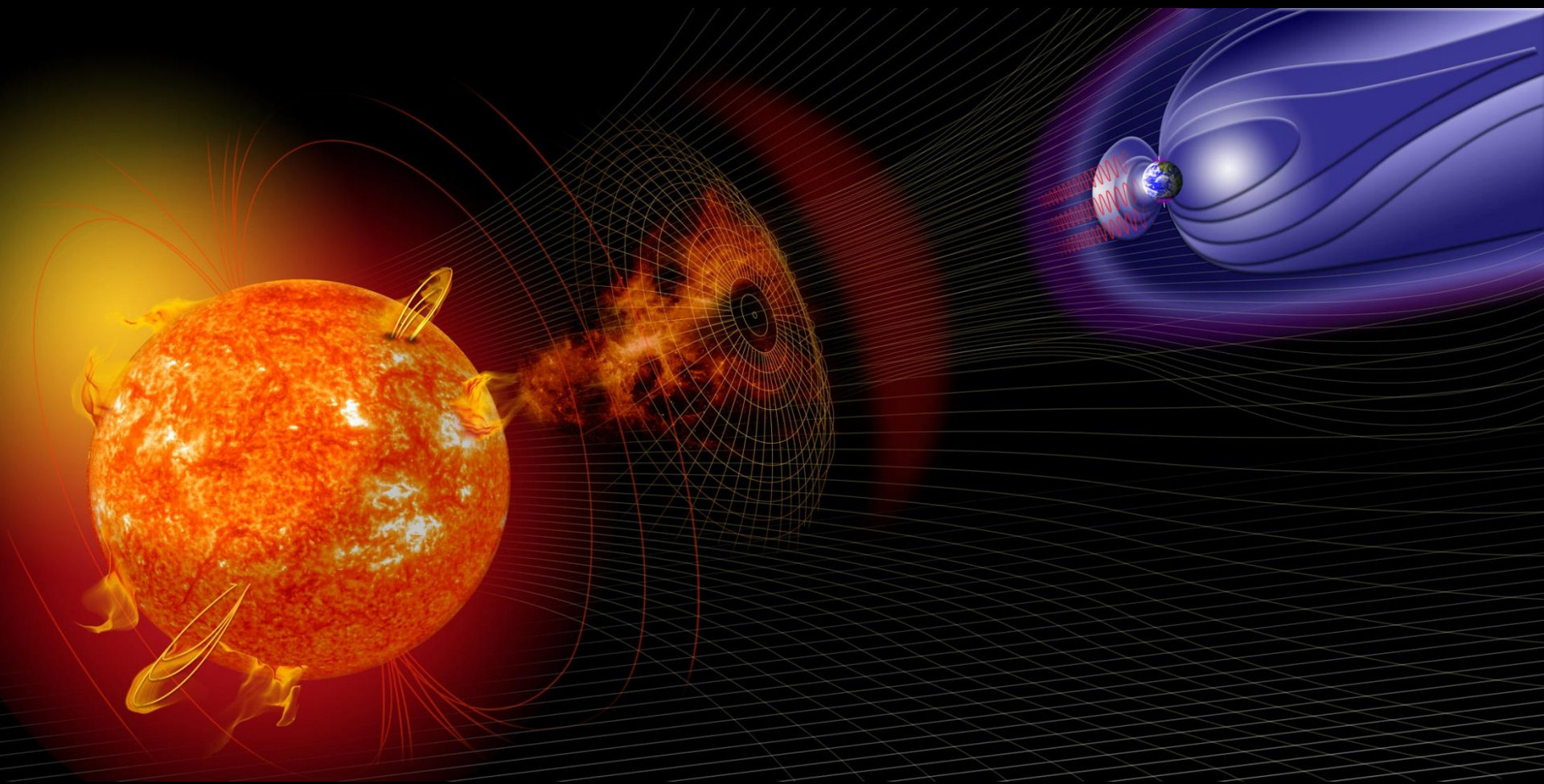


スプラディックEから紐解く電離圏の世界



北海道大学 前田 隼

宇宙天気が電離圏を揺るがす





スポラディック E とは？

Sporadic-E (E_s)

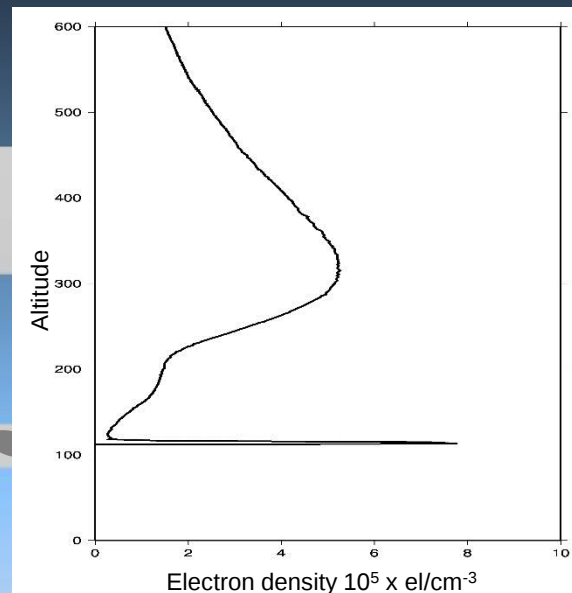
突発的にE領域に現れる電子密度の大きなプラズマ・パッチ

F-領域

Alt. ~300 km

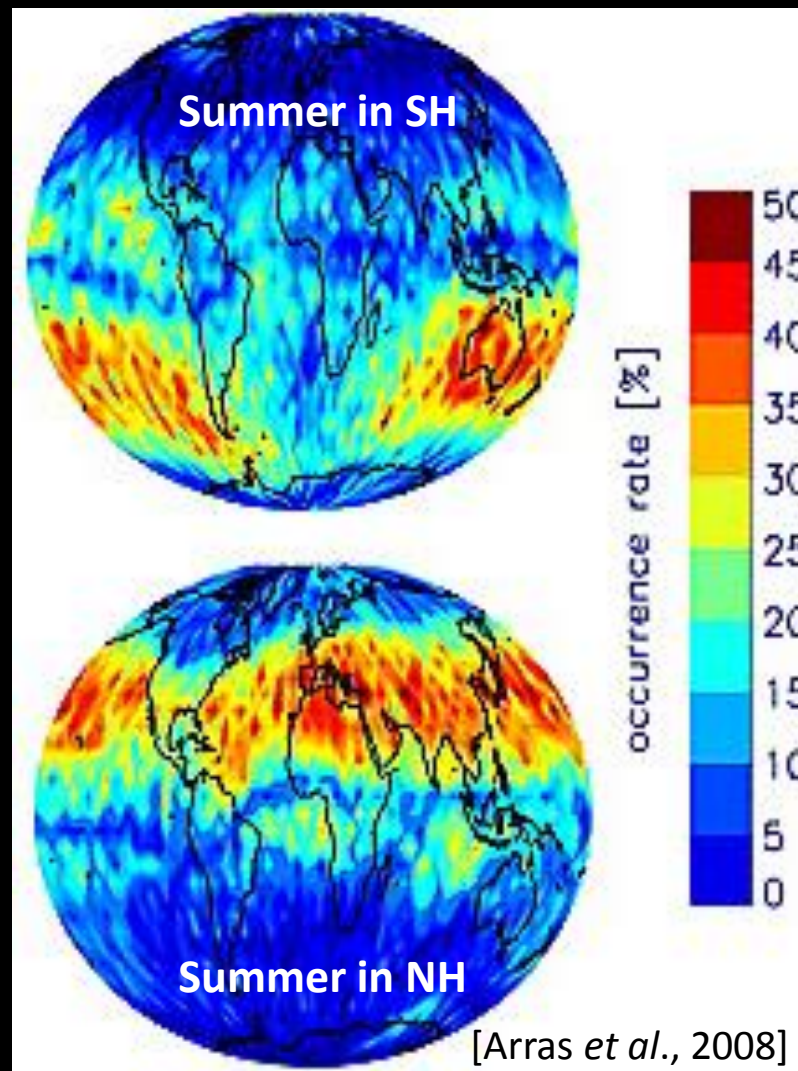
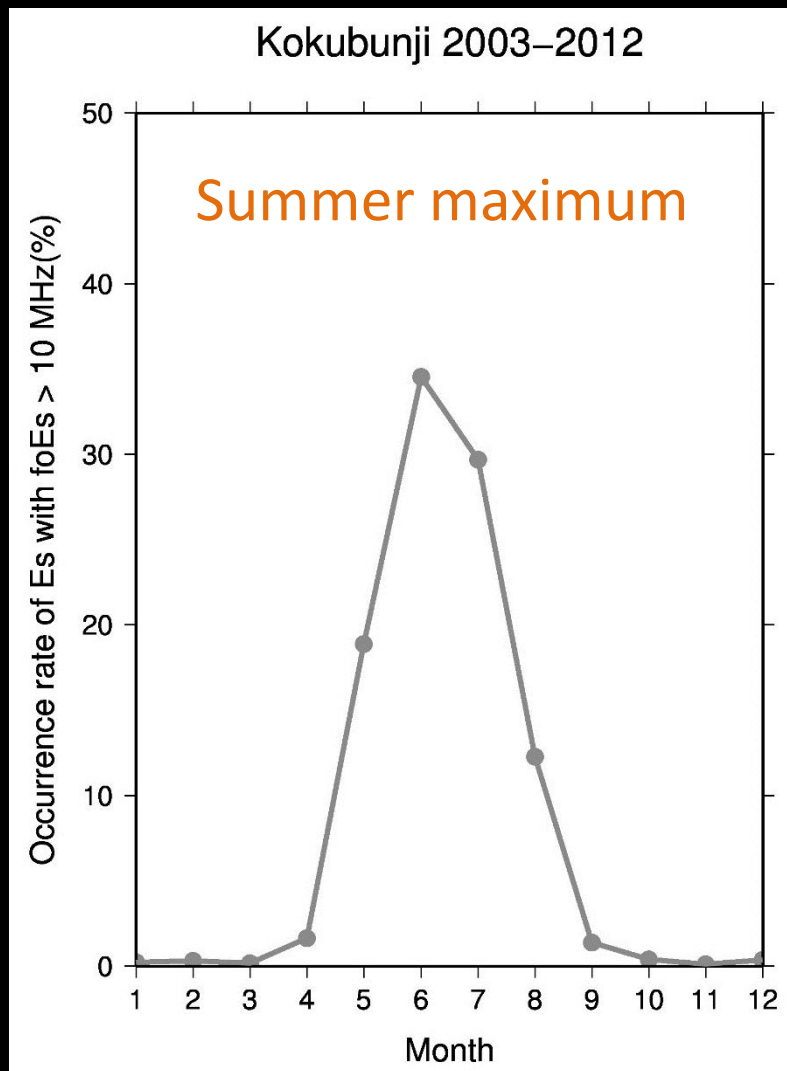
E-領域

Alt. ~100 km



夏季の中緯度地帯

昼前と夕方に多く発生



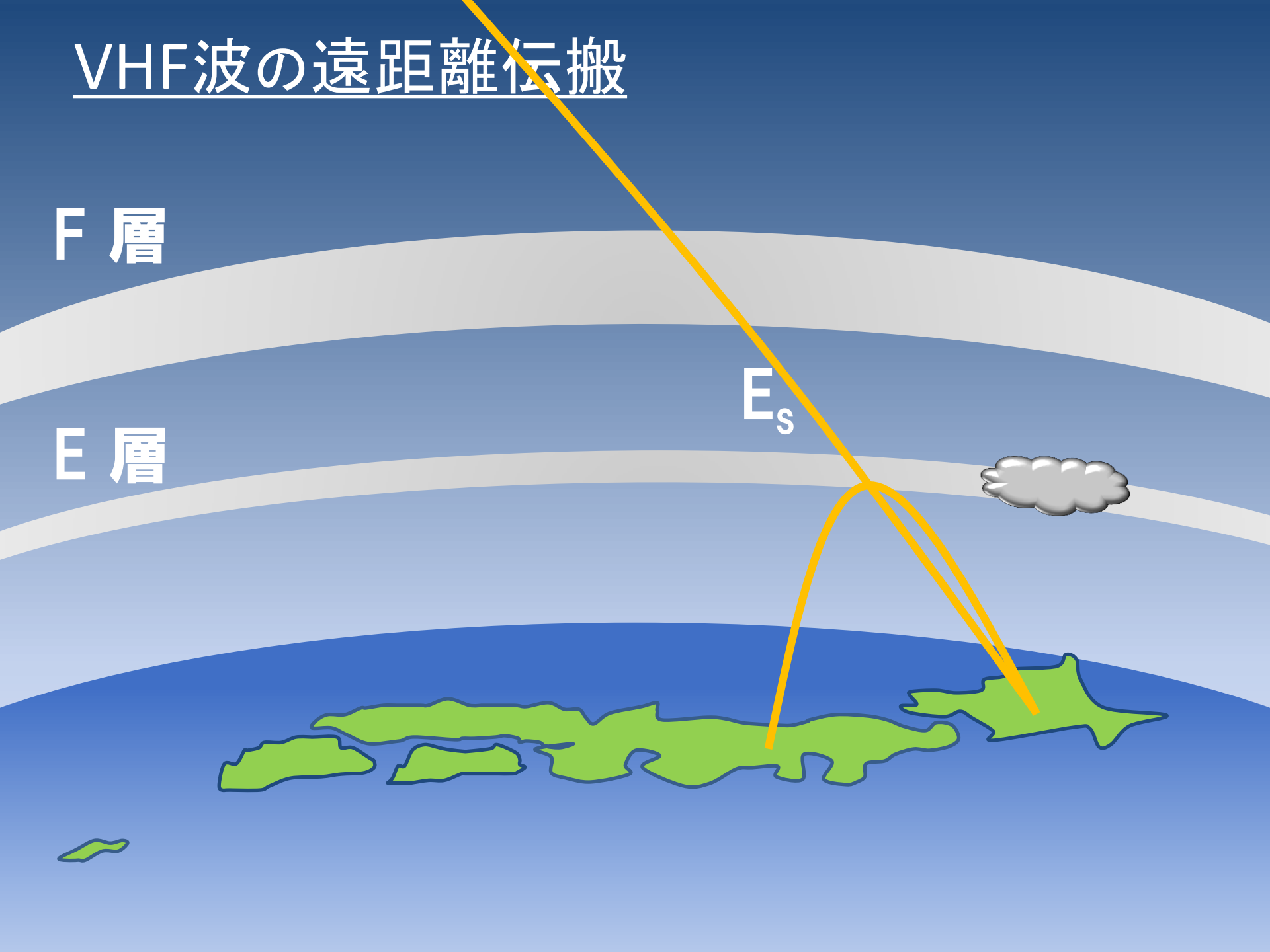
スポラディック E と電波伝搬

VHF波の遠距離伝搬

F 層

E 層

E_s



🕒 2014/8/8 05:30

📌 神戸のK i s s F M、突然中国語放送に

🐦 ツイート 93

👍 おすすめ 145

印刷 📄



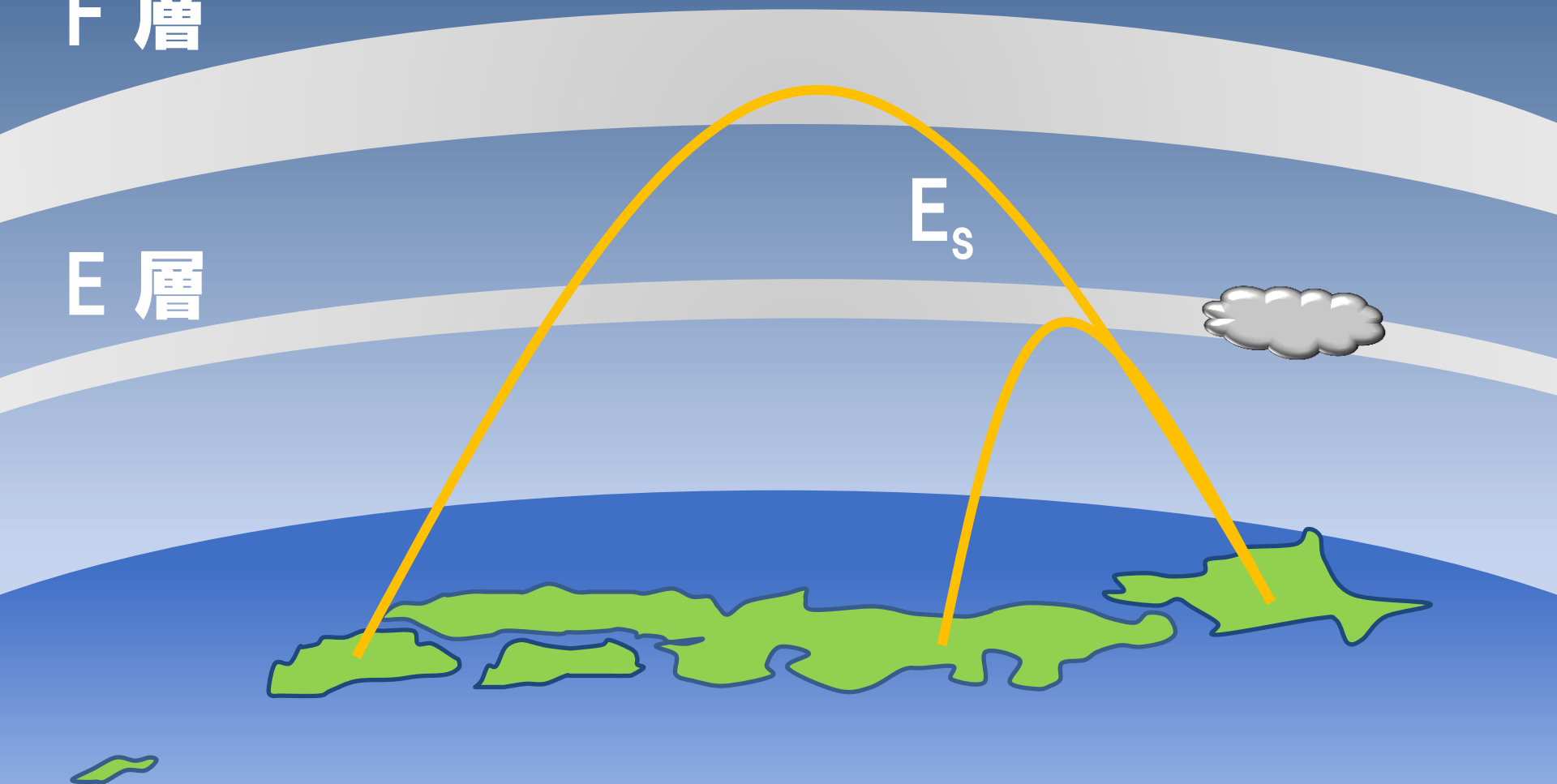
[神戸新聞Next, 2014年8月8日]

HF波の近距離伝搬

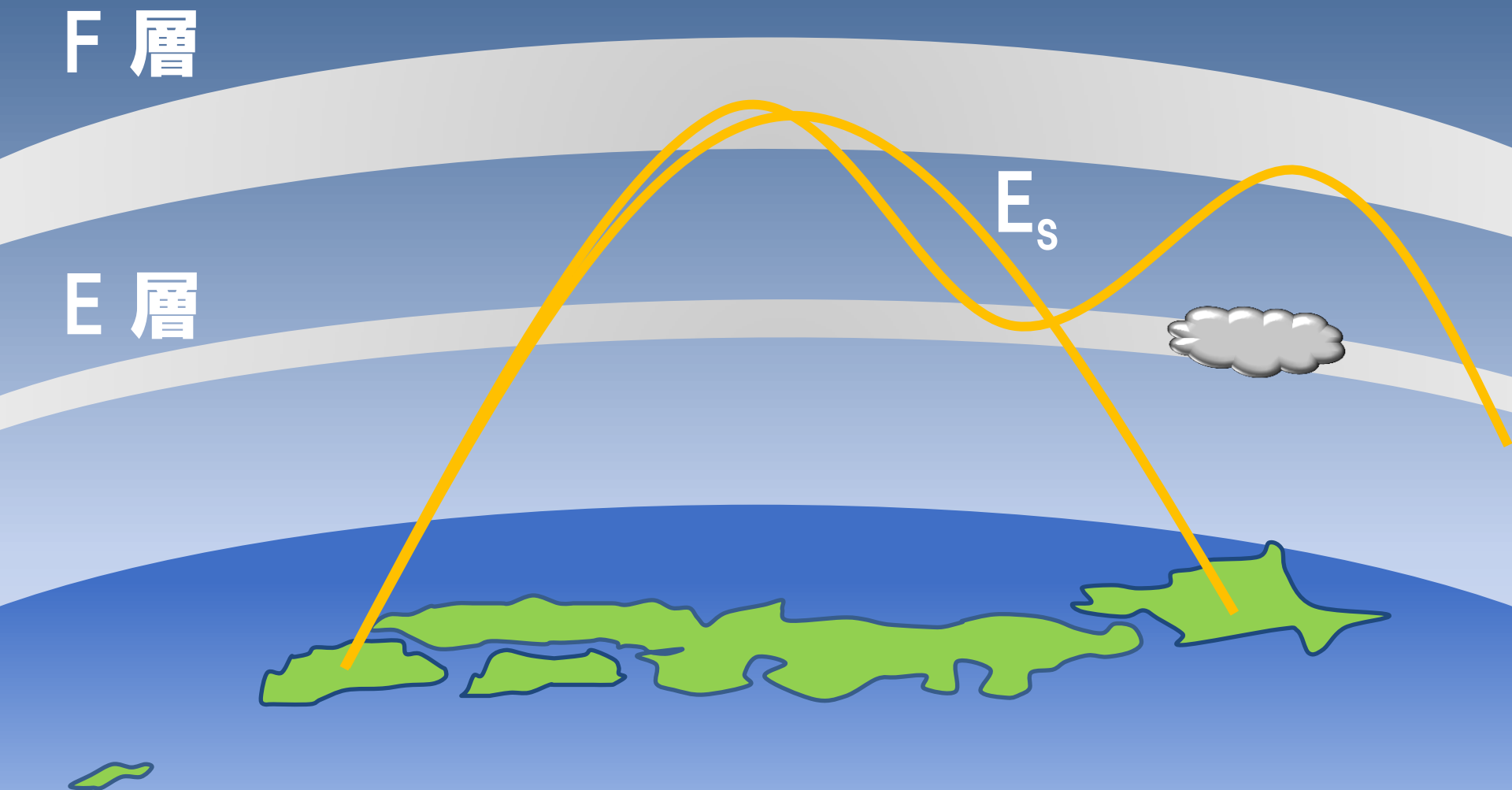
F 層

E 層

E_s



HF波の遠距離伝搬(電離圏ダクト)





SWC宇宙天気情報センター

Japan Space Weather Information Center

RSS

用語集

English

トピックス

データ配信サービス

リンク集

HOME

臨時情報

最新の宇宙天気データ

予報

お問い合わせ

HOME >> 最新の宇宙天気データ >> 無線通信ケア情報

宇宙天気情報BOX

無線通信

衛星運用

電力・磁気探査

GPS

航空機関係

黒点

27日周期

宇宙環境

小・中・大・携

更新停止中

太陽フレア:更新停止中

太陽風:更新停止中

無線通信ケア情報

2017/07/03 20:43:26 JST

自動更新を選択すると、10分毎にページがリロードされます。→ [手動更新](#) [自動更新](#)

Nowcast

スプラディックE層情報

データ日時:2017/07/03 20:30:00(JST)

稚内 : **臨界周波数:12.6[MHz]**

国分寺: 発生していません。臨界周波数:2.7[MHz]

山川 : 発生していません。臨界周波数:3.8[MHz]

沖縄 : deficit or updating



ここでは、臨界周波数値が4.5MHz以上のとき「スプラディックE層が存在する」と定義しており、臨界周波数値が8MHzを超えた場合「強いスプラディックE層が存在する」としております。

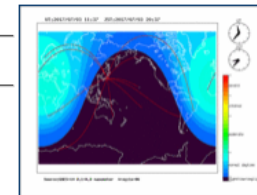
07 22:00:00(JST)

ラフ)

03 20:25:00(JST)

ラフ)

況マップ



03 20:30:00(JST)

臨界周波数:12.6[MHz]

発生していません。臨界周波

発生していません。臨界周波



deficit or updating

ここでは、臨界周波数値が4.5MHz以上のとき「スプラディックE層が存在する」と定義しており、臨界周波数値が8MHzを超えた場合「強いスプラディックE層が存在する」としております。

[現在の電離圏概況](#)
[電波伝搬障害研究プロジェクト](#)

Forecast ?

06:30	-	-/-
-2 h	-	-/-
-4 h	-	-/-
-6 h	-	-/-
-8 h	-	-/-
-10 h	-	-/-
-12 h	-	-/-

放射線 (GOES)

時刻 JST フロント 電子 10MeV 2MeV

最新	02	→	3x10 ³
12/6	03		4x10 ³
12/5	05		1x10 ⁴
12/4	04		1x10 ⁴
12/3	04		1x10 ⁴
12/2	04		2x10 ⁴

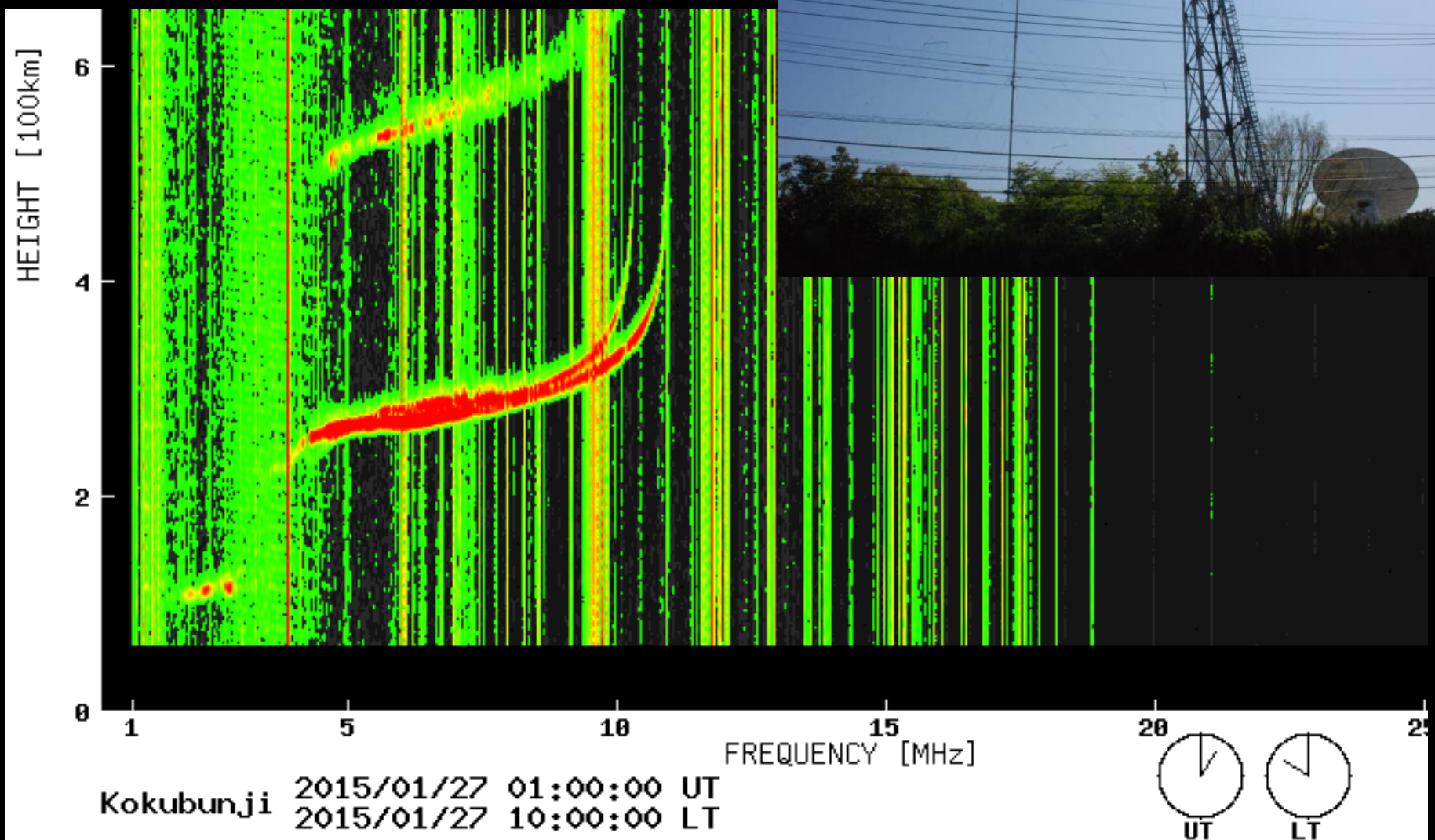
地磁気嵐情報 : 地磁気嵐に伴って電離圏F領域の臨界周波数値が減少(電離圏負相嵐)して短波帯の通信状態が悪くなることがあります。これには季節依存性があり特に夏にこのような影響が出やすくなります。

デリンジャー現象: フレアと呼ばれる太陽の爆発現象により昼間側で電離圏D領域の電離が進んで短波帯の電波が吸収され通信ができなくなることがあります。

スプラディックE層: 電離圏E領域の狭い高度領域に突発的に現れる電子密度の濃い領域で高い周波数の電波まで反射して混信障害を起こすことがあります。

夏季に多く出現します

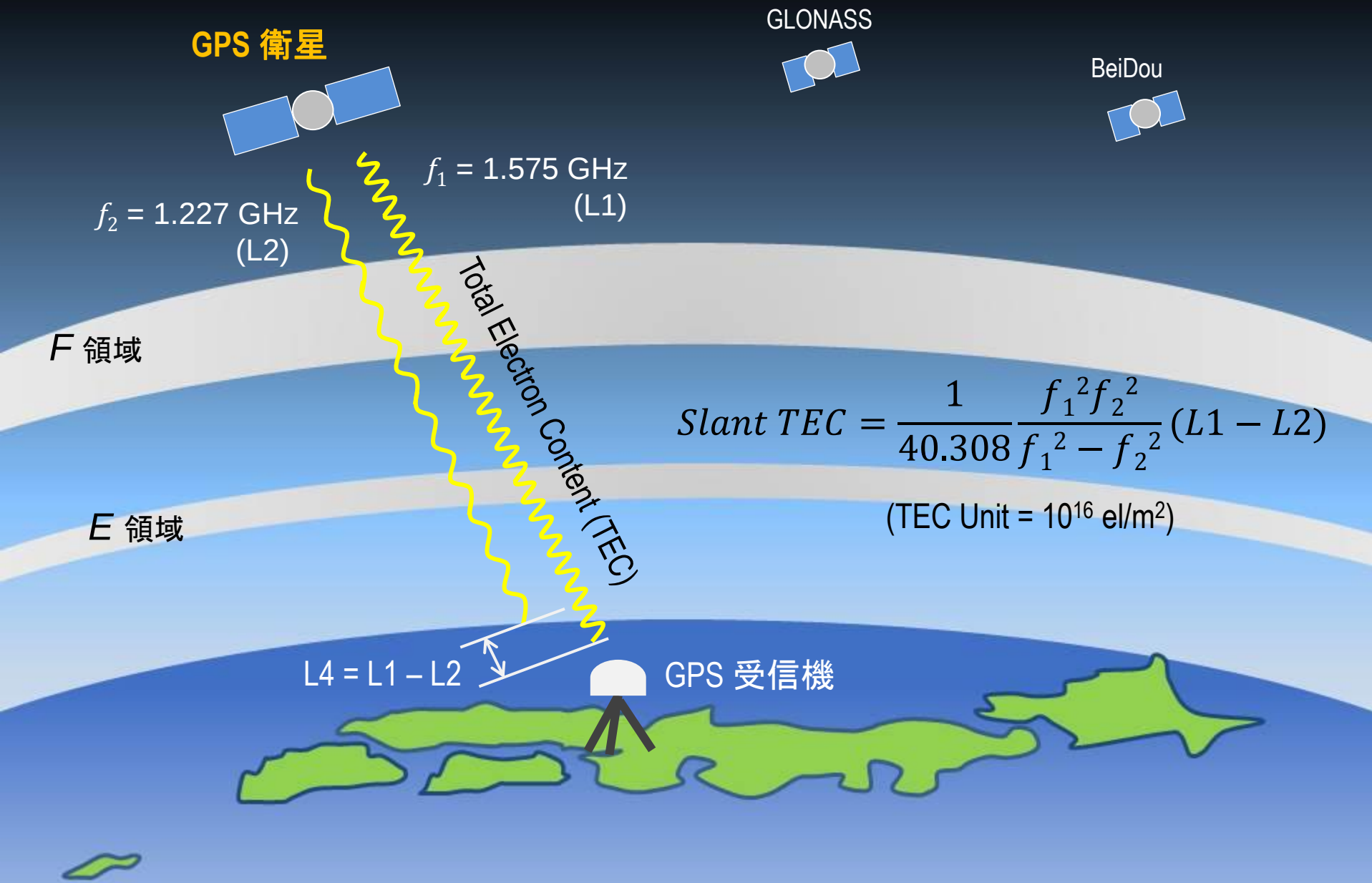
いつ どこで どのように



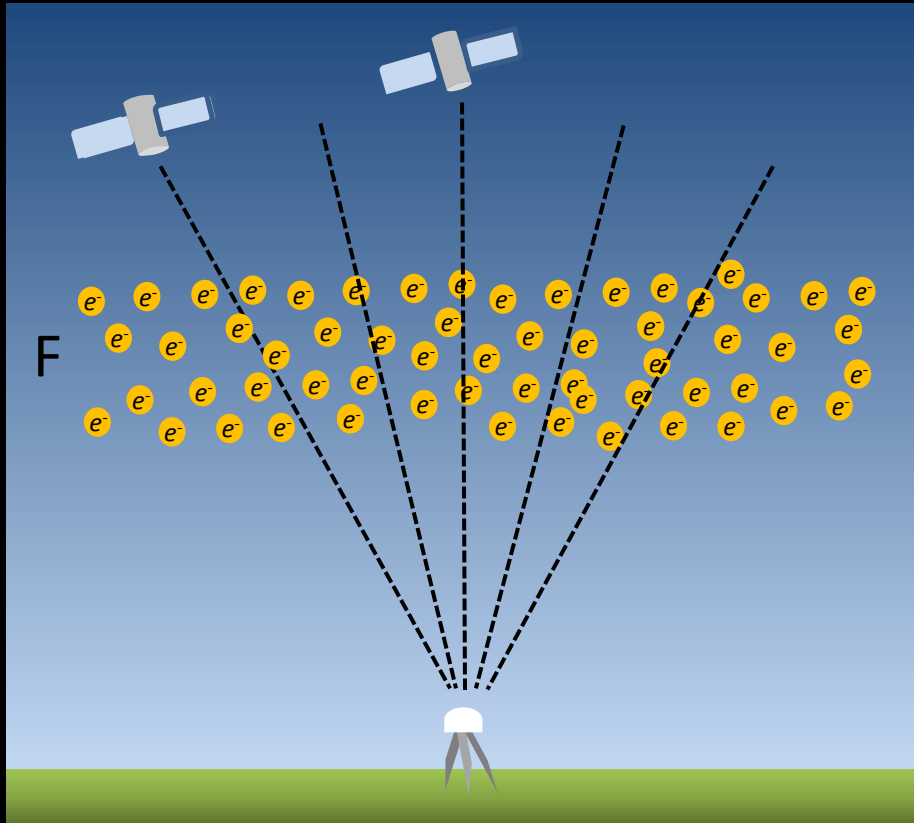
GPSによるスポラディック E の観測

- ・「かたち」を見えるように
- ・メカニズムへの知見
- ・予報への活用

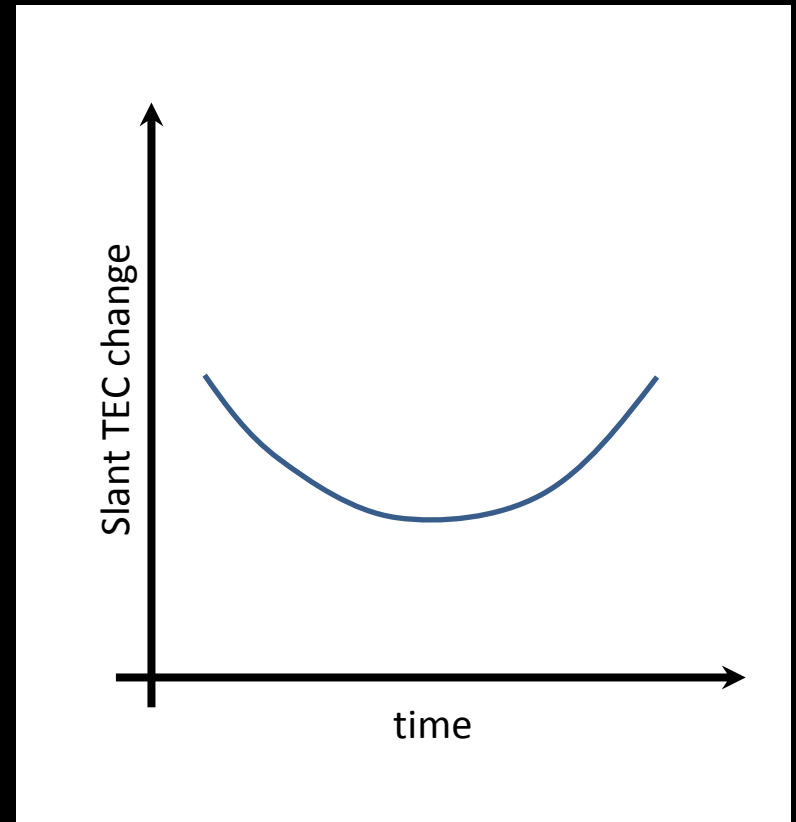
GPS衛星による電離圏観測



計測原理 (1)

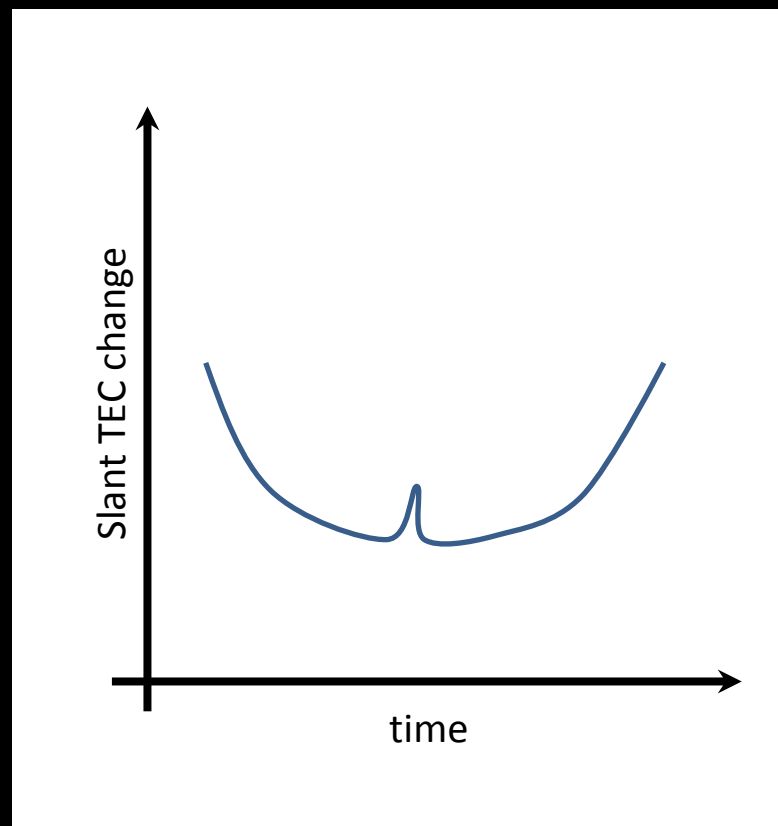
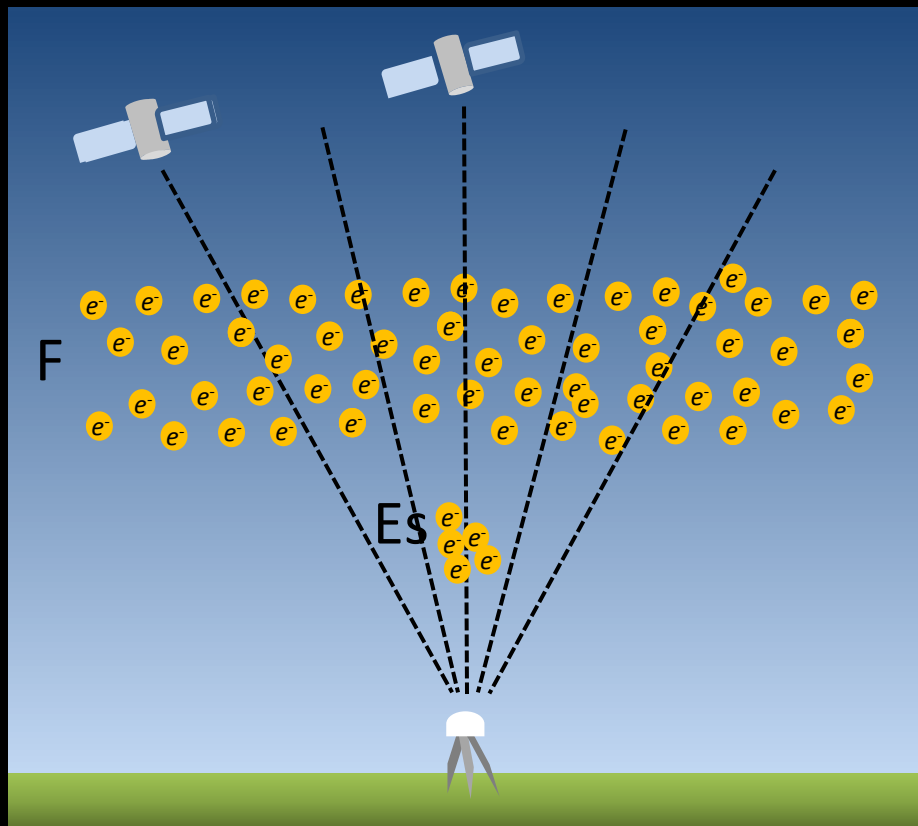


衛星の動き

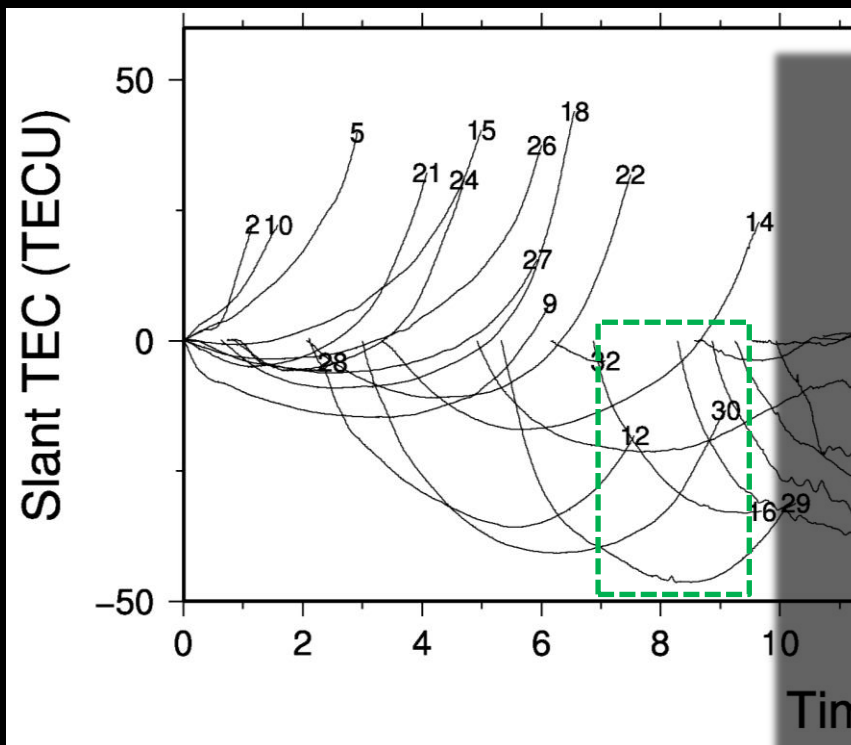


TEC時間変化 U字

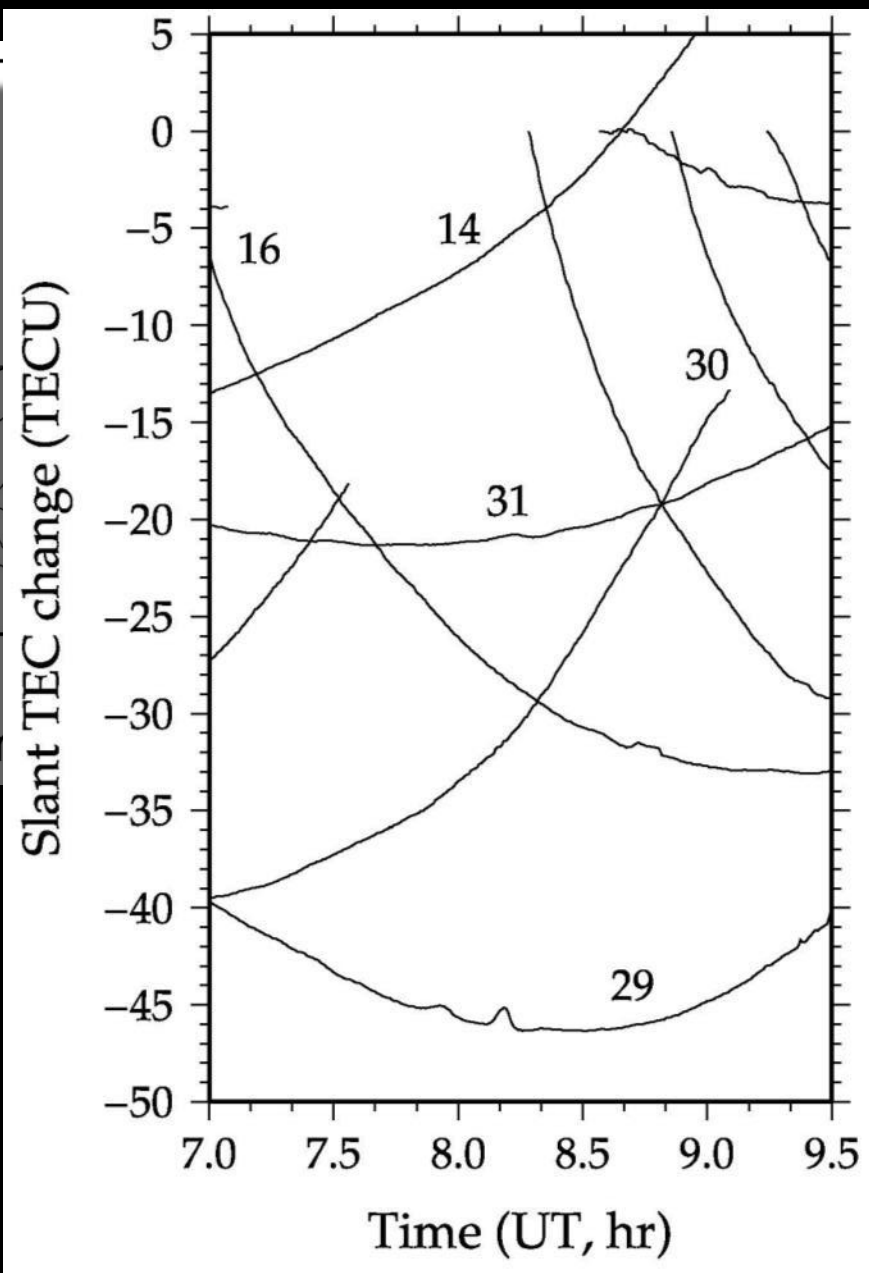
計測原理 (2)



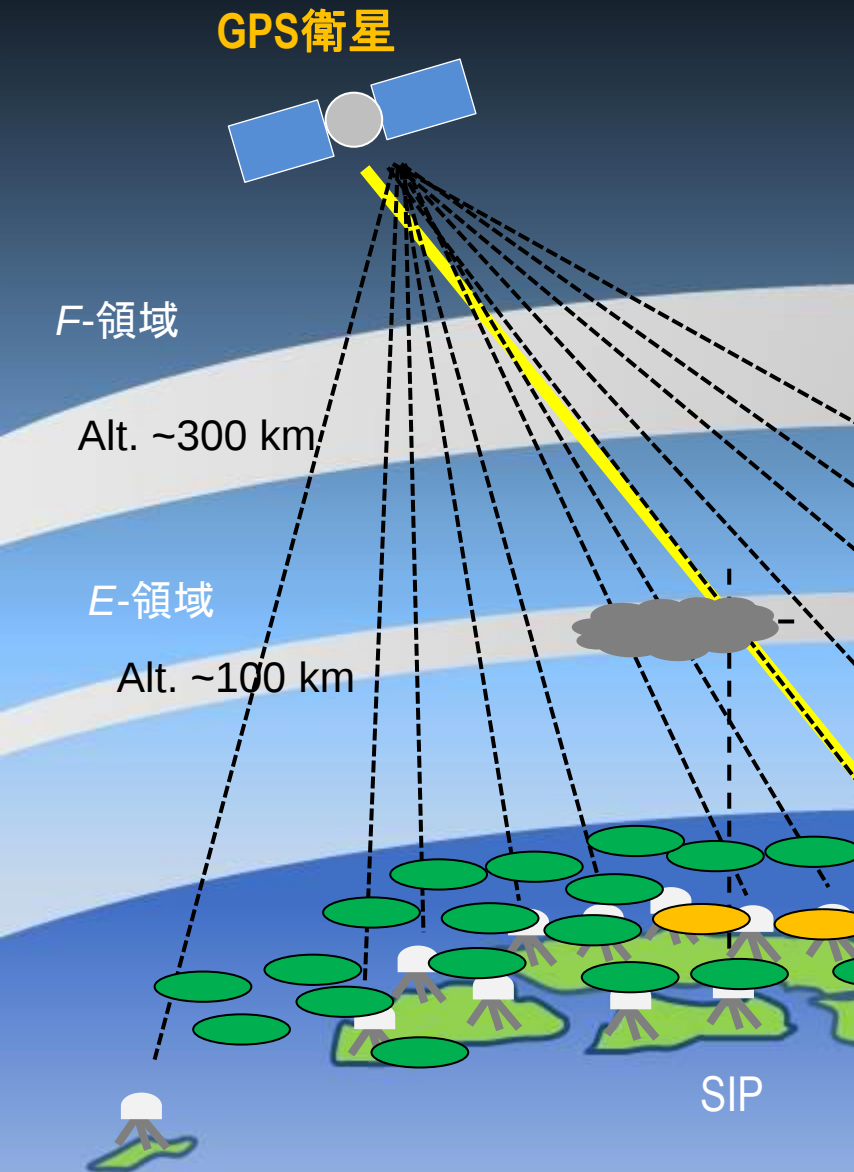
視線がEsを貫くとき、TECが増える



実際の解析

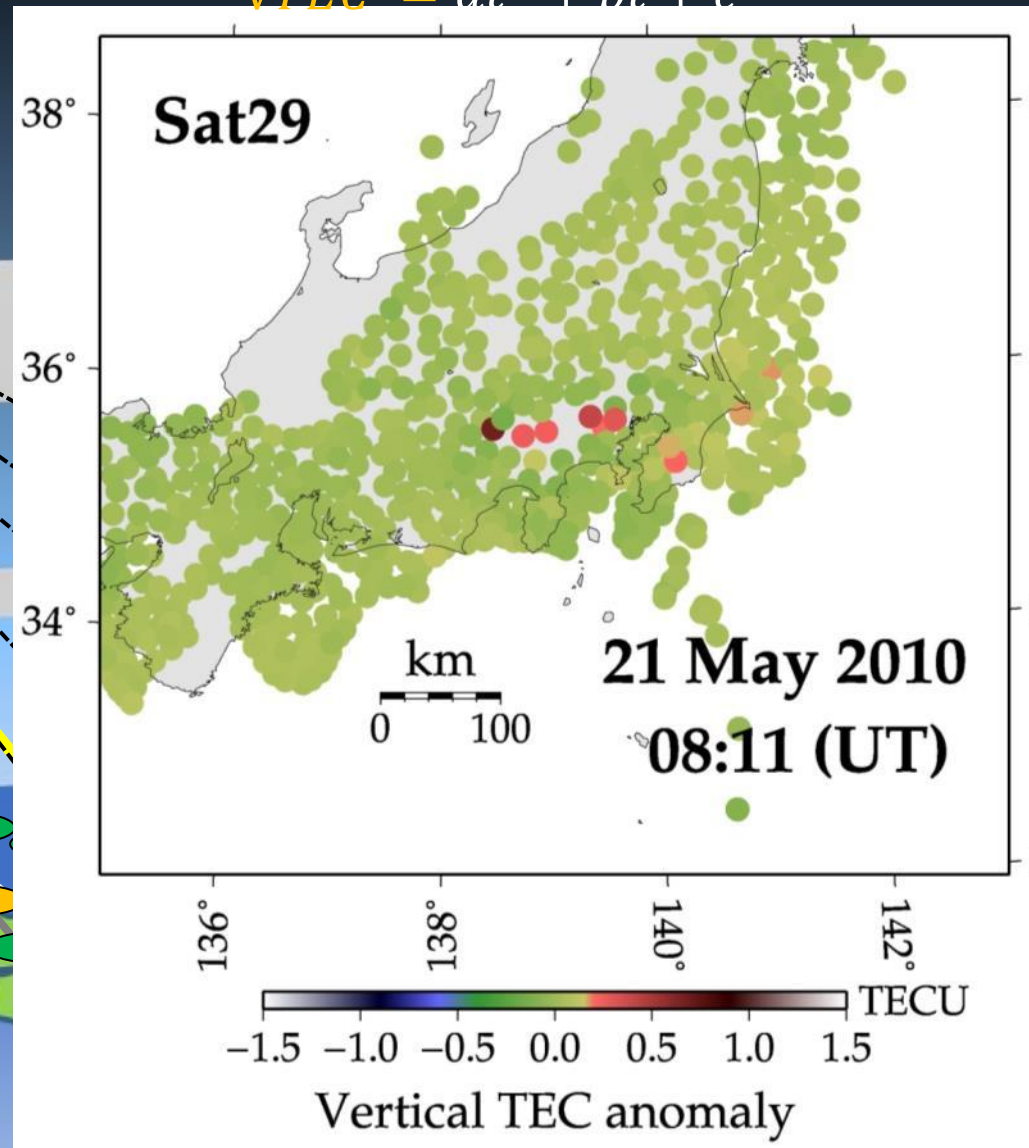


TEC マッピング

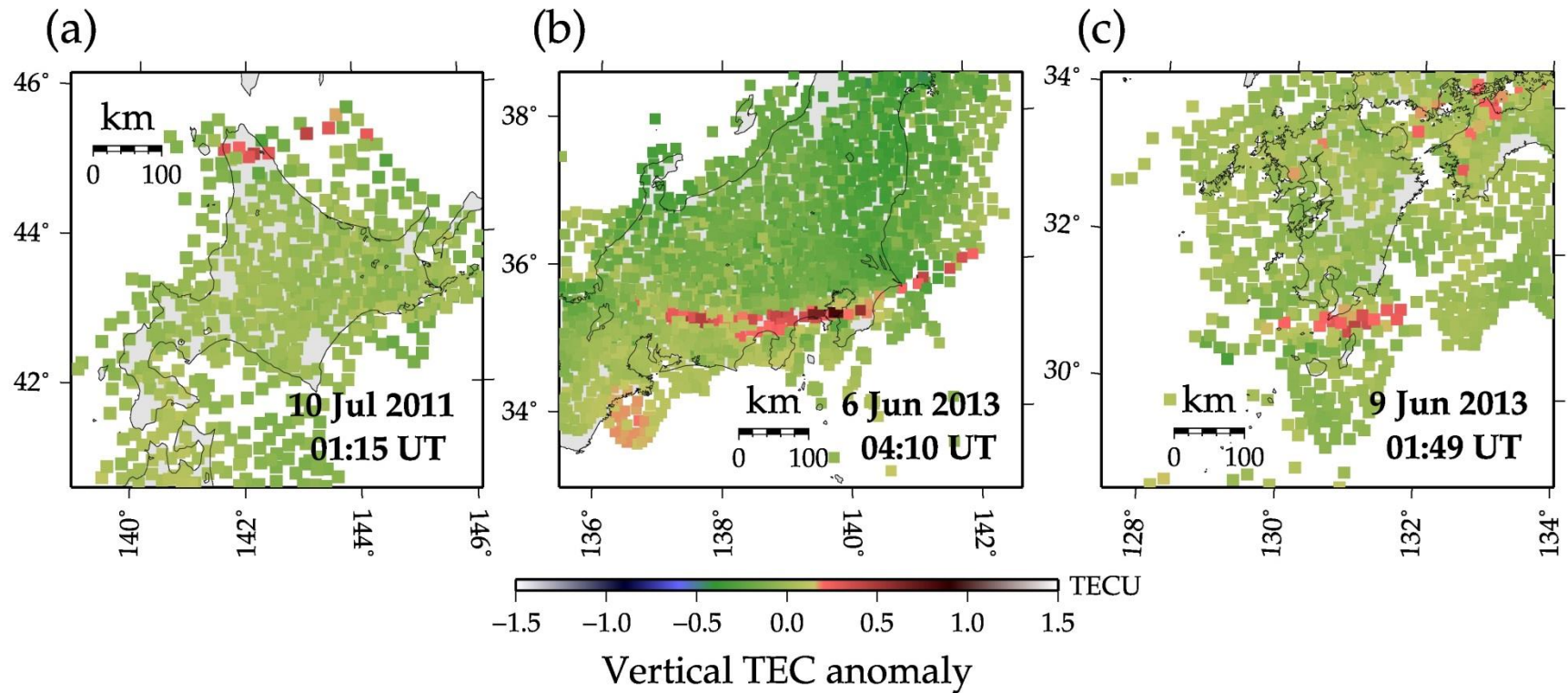


$$\text{Model slant TEC } (t, \zeta) = \frac{VTEC}{\cos \zeta} + d$$

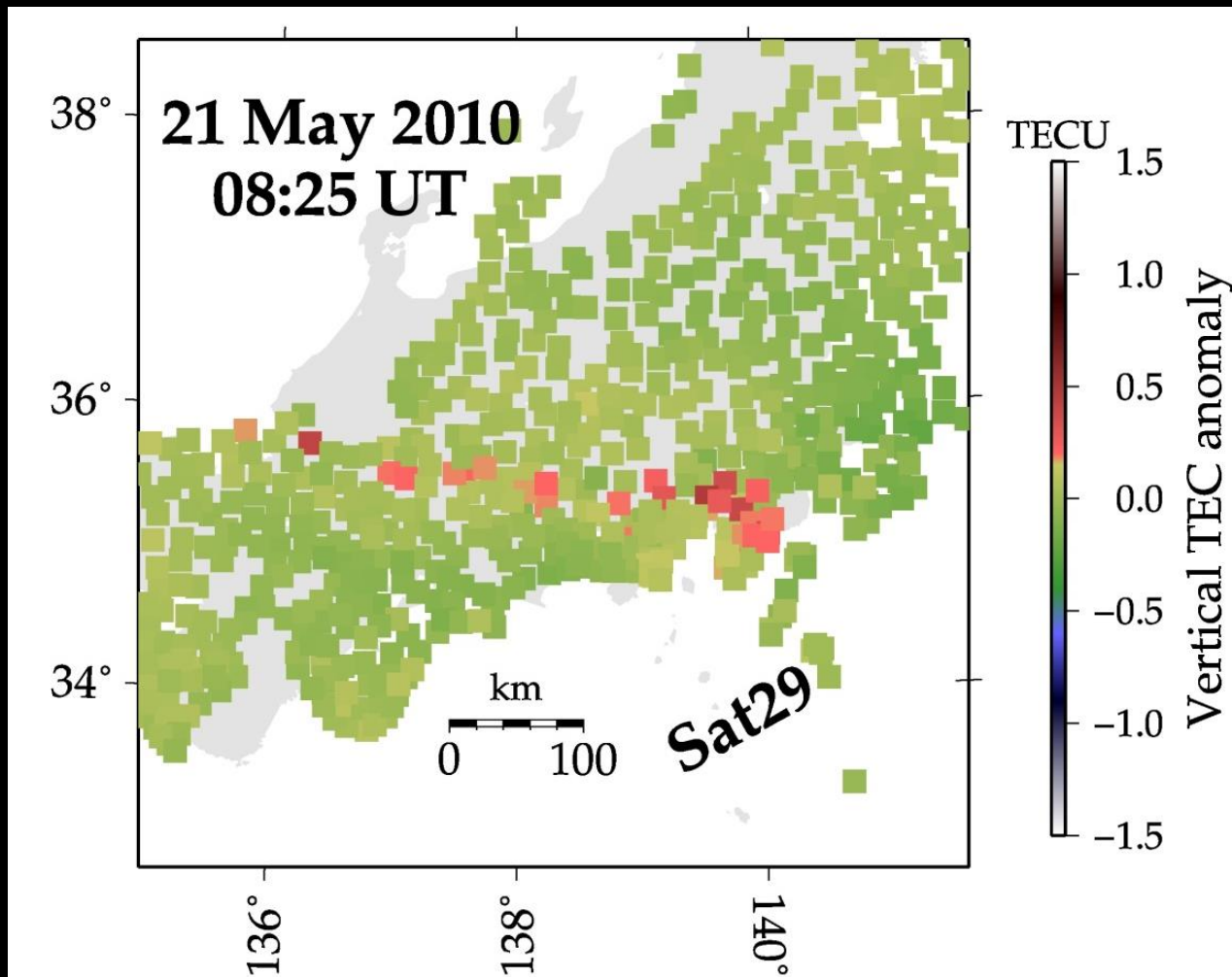
Esの水平面構造
 $VTEC = at^2 + bt + c$



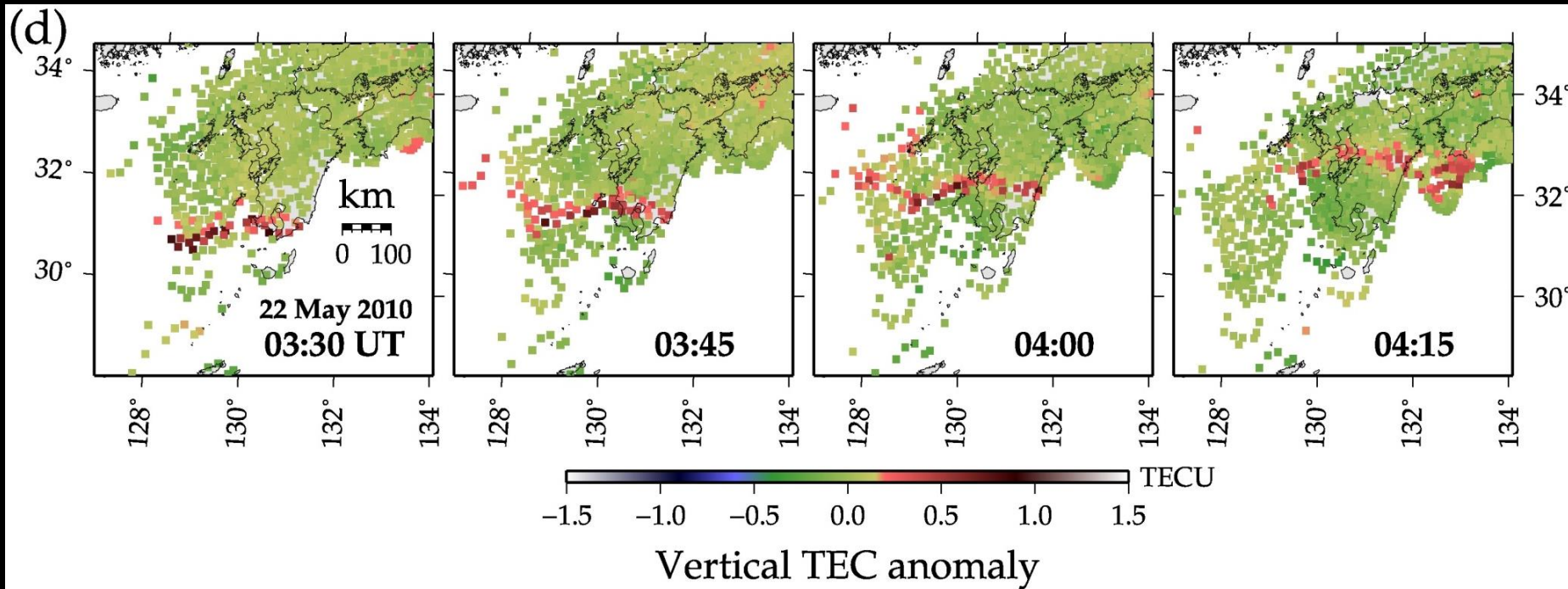
大規模な帯構造



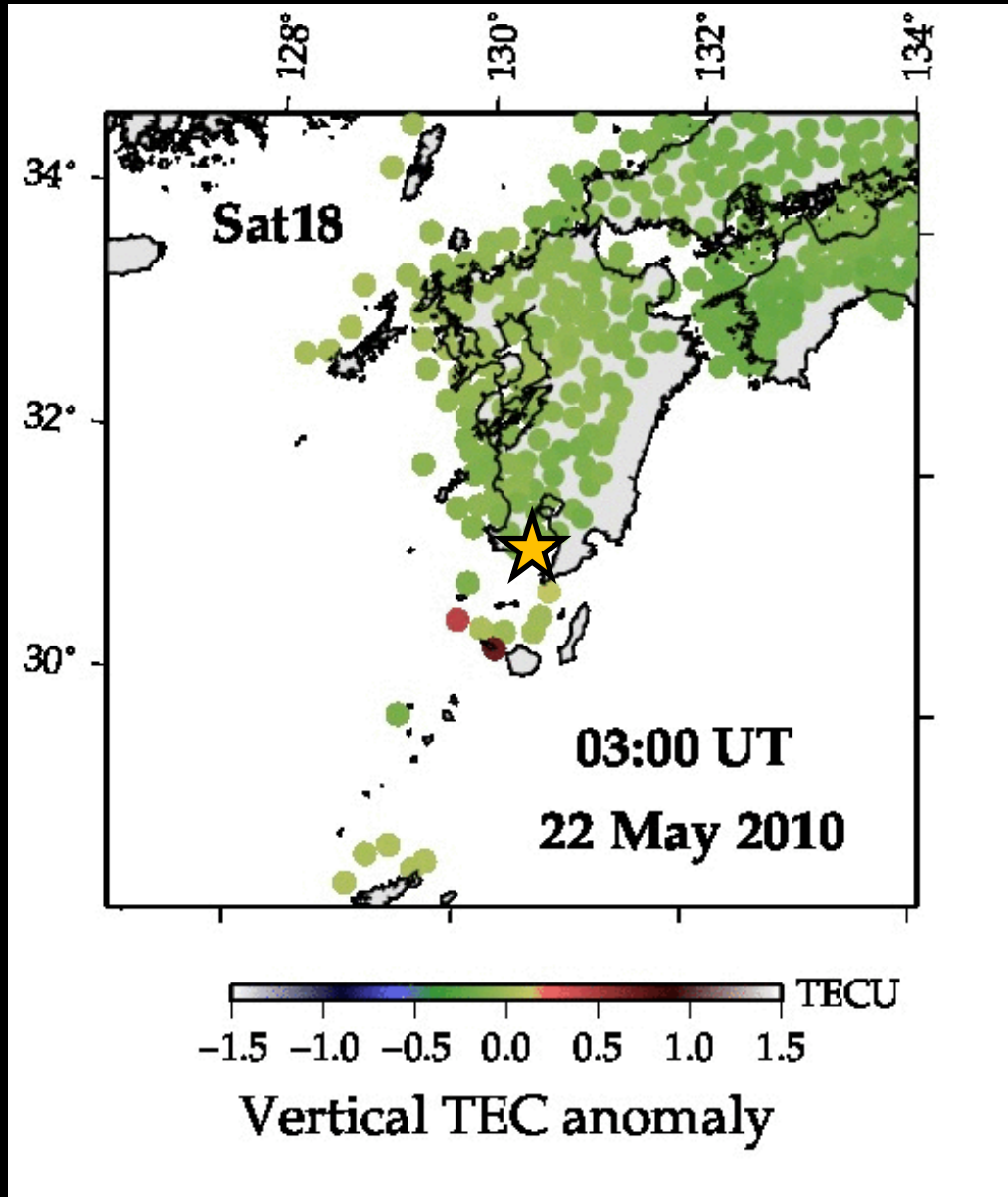
ちいさなパッチ → 大規模な帯



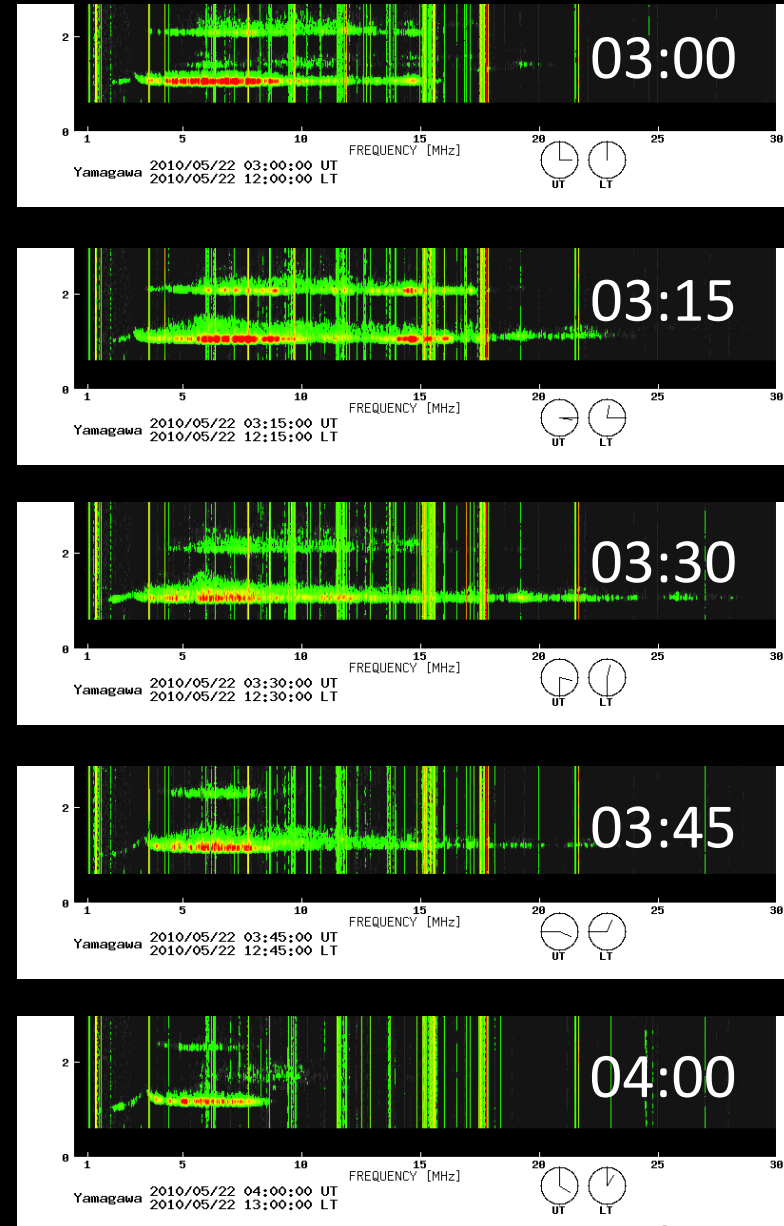
スプラディックEの動き



GPS - TEC



イオノゾンデ (山川)




SWC宇宙天気情報センター
 Japan Space Weather Information Center

[RSS](#)
[用語集](#)
[English](#)

[トピックス](#)
[データ配信サービス](#)
[リンク集](#)

[HOME](#)
[臨時情報](#)
[最新の宇宙天気データ](#)
[予報](#)
[お問い合わせ](#)

[HOME >> 最新の宇宙天気データ >> 無線通信ケア情報](#)

宇宙天気情報BOX
 小・中・大・携
 更新停止中
 太陽フレア:更新
 停止中。
 太陽風:更新停

[無線通信](#)
[衛星運用](#)
[電力・磁気探査](#)
[GPS](#)
[航空機関係](#)
[黒点](#)
[27日周期](#)
[宇宙環境](#)

無線通信ケア情報
 2017/07/03 20:43:26 JST
 自動更新を選択すると、10分毎にページがリロードされます。→
 [手動更新](#)
[自動更新](#)

First step for Forecast

スプラディックE層情報

データ日時:2017/07/03 20:30:00(JST)

稚内 : 臨界周波数:12.6[MHz]

国分寺: 発生していません。臨界周波数:2.7[MHz]

山川 : 発生していません。臨界周波数:3.8[MHz]

沖縄 : deficit or updating

ここでは、臨界周波数値が4.5MHz以上のとき「スプラディックE層が存在する」と定義しており、臨界周波数が8MHzを超えた場合「強いスプラディックE層が存在する」としております。



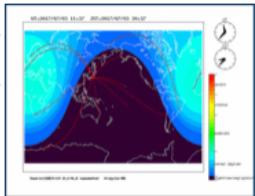
2017/07 22:00:00(JST)

グラフ

2017/07/03 20:25:00(JST)

グラフ

状況マップ



2017/07/03 20:30:00(JST)

12.6[MHz]

ません。臨界周波

ません。臨界周波



沖縄 : deficit or updating

ここでは、臨界周波数値が4.5MHz以上のとき「スプラディックE層が存在する」と定義しており、臨界周波数が8MHzを超えた場合「強いスプラディックE層が存在する」としております。

[現在の電離圏概況](#)

[電波伝搬障害研究プロジェクト](#)

異常伝搬予報 伝搬エリアの時間変化の予測

JST	nT
06:30	- -/-
-2 h	- -/-
-4 h	- -/-
-6 h	- -/-
-8 h	- -/-
-10 h	- -/-
-12 h	- -/-

放射線 (GOES)

時刻 JST	プロトン 10MeV	電子 2MeV
--------	------------	---------

最新	02 →	3x10 ³
12/6	03	4x10 ³
12/5	05	1x10 ⁴
12/4	04	1x10 ⁴
12/3	04	1x10 ⁴
12/2	04	2x10 ⁴

地磁気嵐情報 : 地磁気嵐に伴って電離圏F領域の臨界周波数が減少(電離圏負相風)して短波帯の通信状態が悪くなることがあります。これには季節依存性があり特に夏にこのような影響が出やすくなります。

デリンジャー現象: フレアと呼ばれる太陽の爆発現象により昼間側で電離圏D領域の電離が進んで短波帯の電波が吸収され通信ができなくなることがあります。

スプラディックE層: 電離圏E領域の狭い高度領域に突発的に現れる電子密度の濃い領域で高い周波数の電波まで反射して混信障害を起こすことがあります。

夏季に多く出現します

スポラディック E を構成するもの

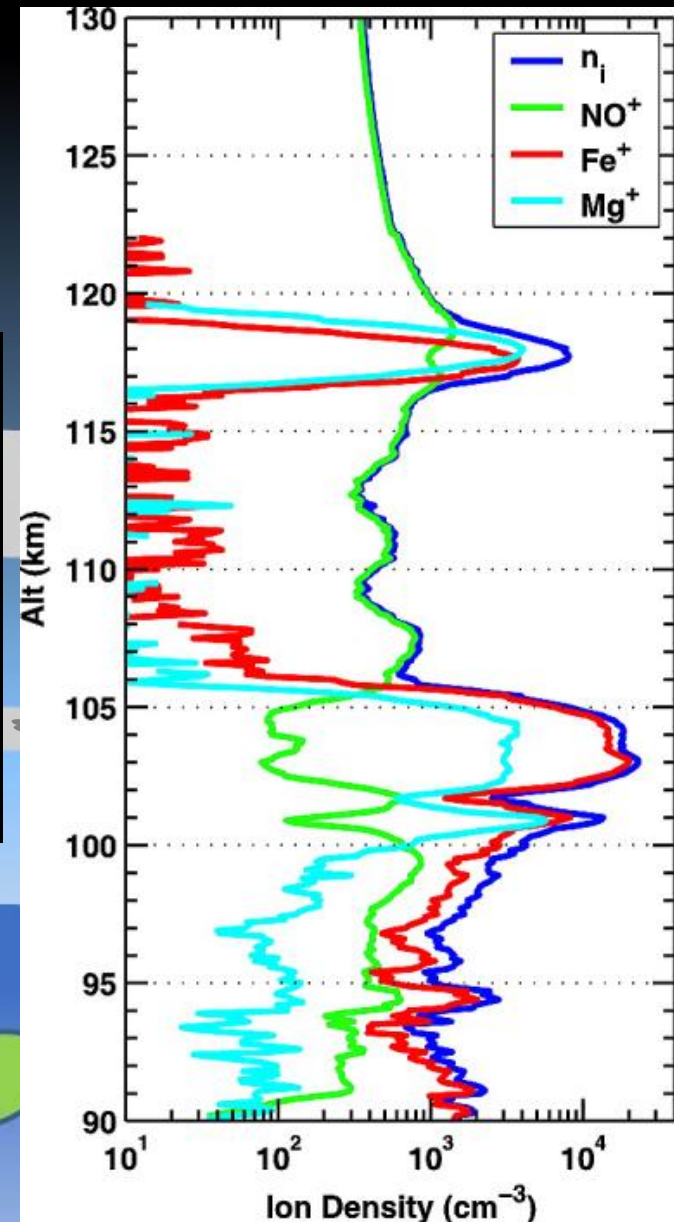
ロケット観測

高度プロファイル(イオン・電子密度)

E -層 : NO^+ , O_2^+
光化学平衡

スプラディック E : Mg^+ , Fe^+
電離時間 (~ 2 h)

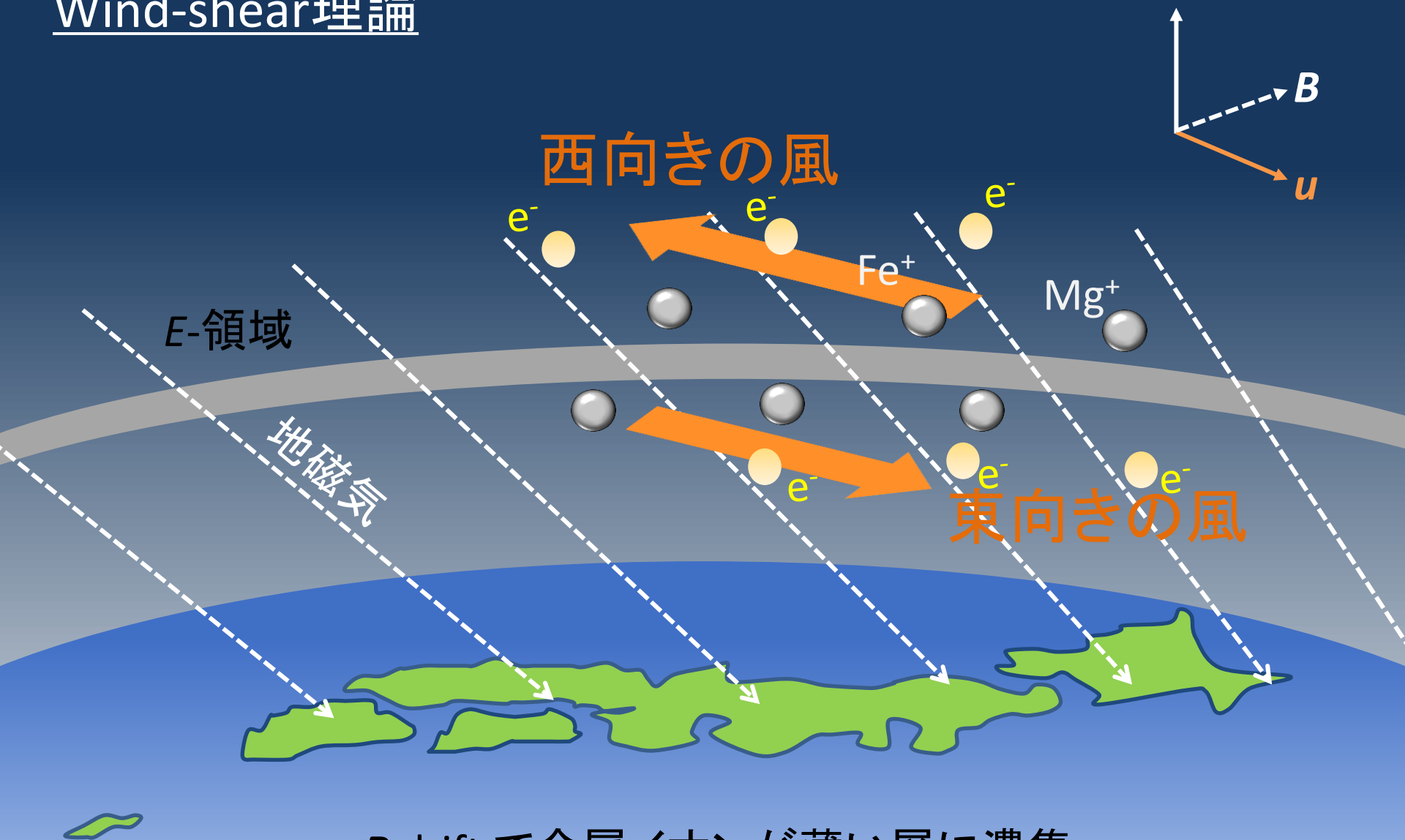
金属イオンが主な電離源



[Roddy et al., 2004]



Wind-shear理論



$u \times B$ drift で金属イオンが薄い層に濃集
中性を保つため電子が磁力線沿いに移動

電離圏に風は
吹いているのか？

高度 (km)



120

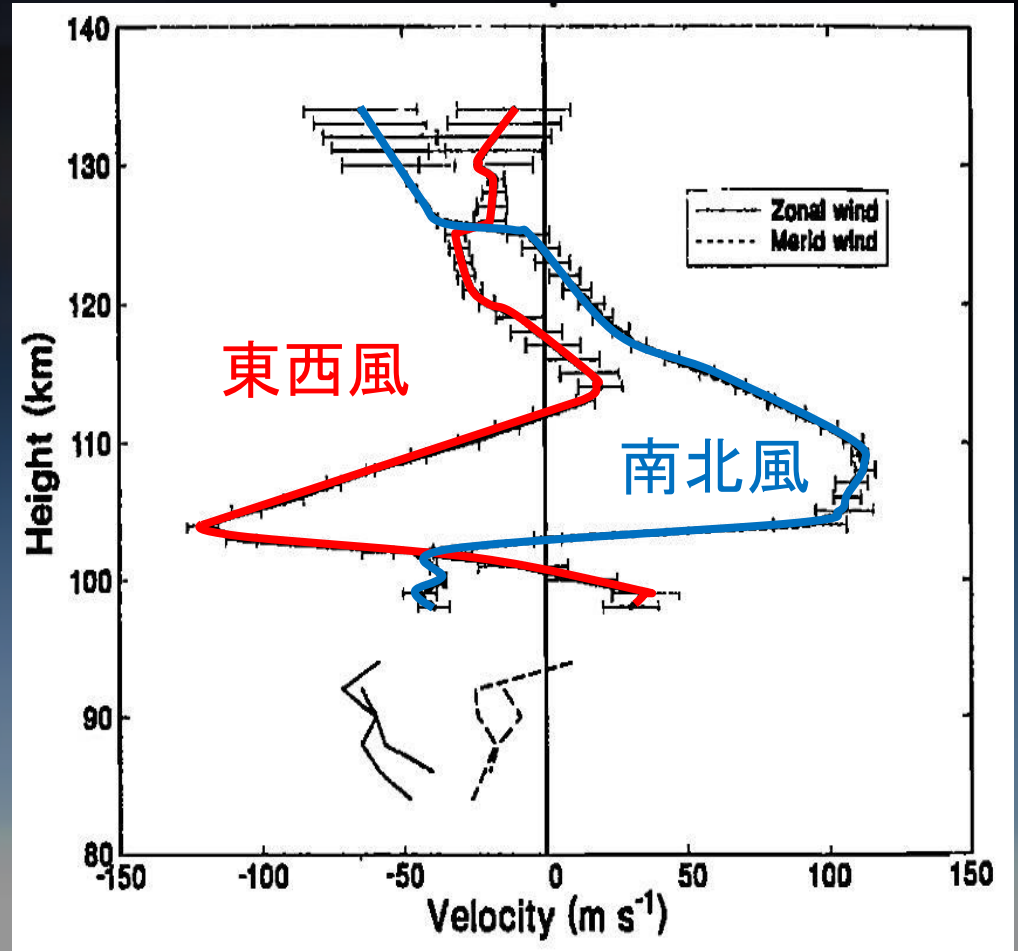
100

70

50



ウインド・シア (Wind shear)



[Larsen *et al.*, 1998]

スポラディック E の起源

E_s はどこから来た？

スプラディックEの起源

E_s は宇宙から来た

ということ？

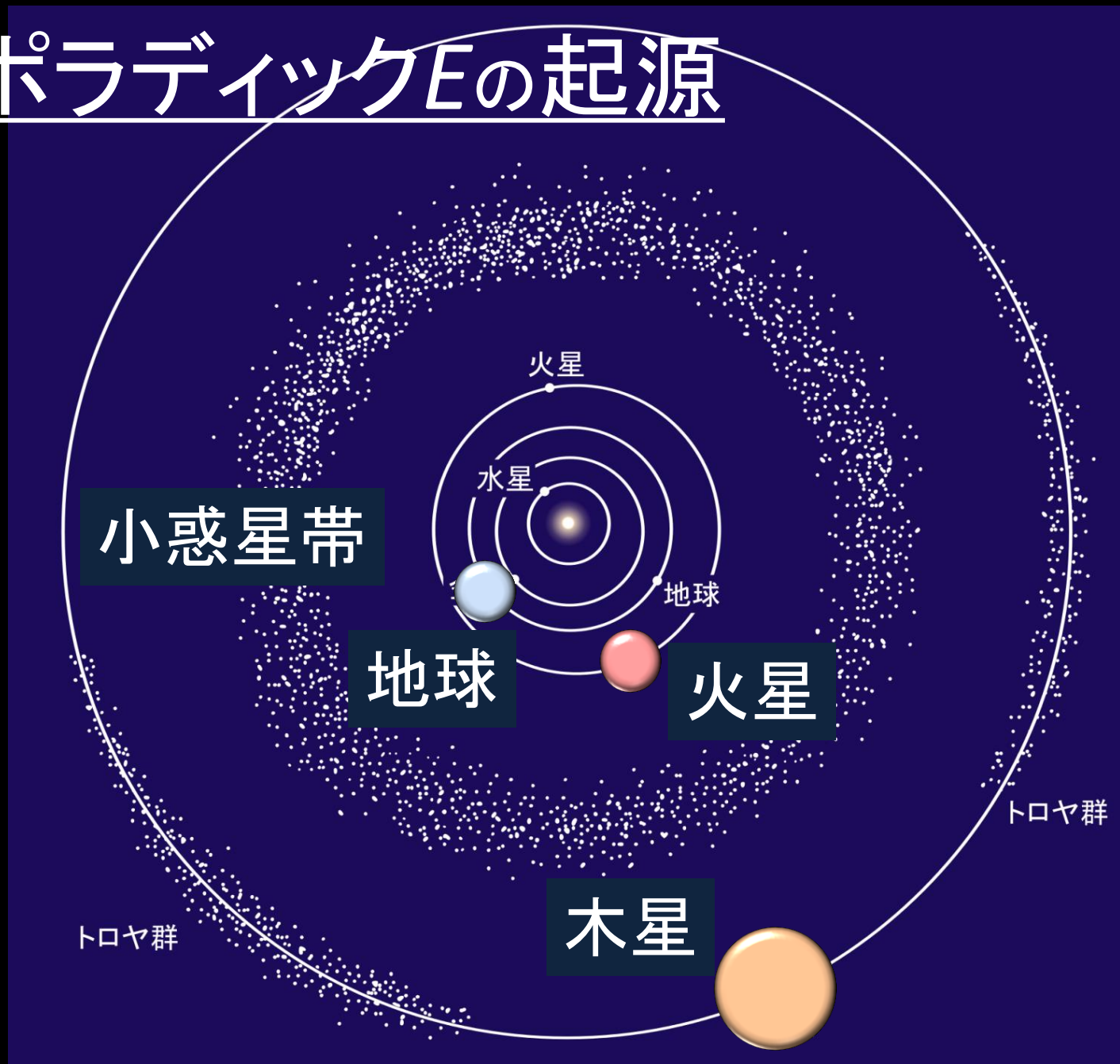




スプラディックEの起源



スプラディックEの起源



おわりに

スポラディックEの謎

- ・季節的ピーク：
夏季極大
- ・地理的ピーク：
日本付近で極大
- ・形状：
なぜ東西に伸びる？

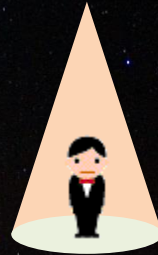
お伝えしたいこと

電離圏

太陽・地球・宇宙のダイナミックな相互作用を反映

E_s から電離圏を吹く見えない風を見ることができる

ご清聴ありがとうございました
スプラディックEから紐解く電離圏の世界



おわり