

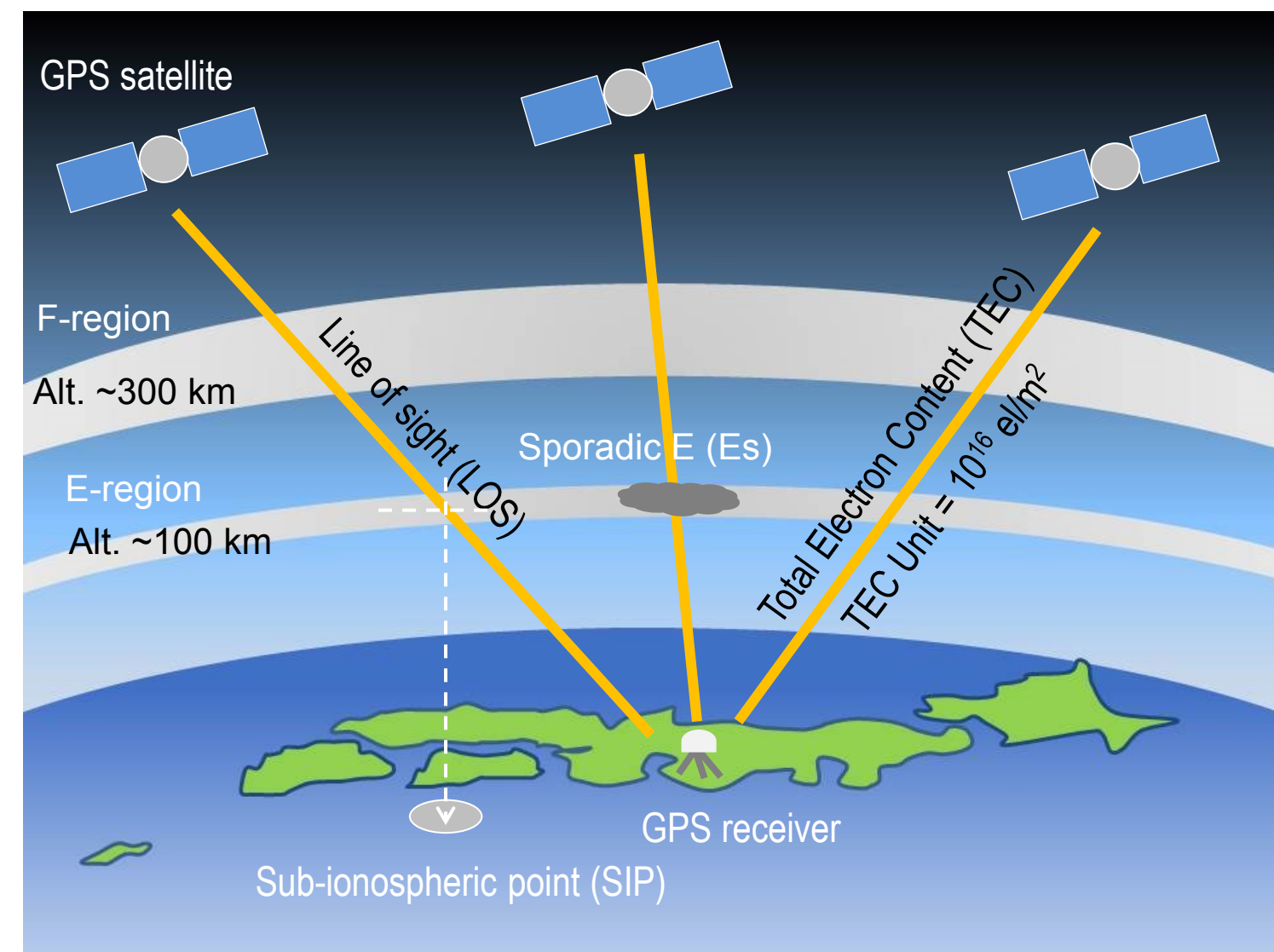


HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	GPS-TEC観測による中緯度スパラディックEの水平面形状
Author(s)	前田, 隼; 日置, 幸介
Relation	日本地球惑星科学連合 2014年大会. 2014年4月28日-5月2日. パシフィコ横浜 会議センター
Issue Date	2014-04-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58280
Type	conference presentation
File Information	JpGU_2014_sporadic_E.pdf



観測方法: GPS-TECによるスプラディックEの観測



スプラディックEとは高度100 km付近に突然(スプラディックに)現れる電子密度の高い領域(上図のEs)

利点

日本にはGPS観測点が多い(~1300点)ため、TECマップを作成することによってスプラディックEの2次元イメージを捉えることができる (Maeda and Heki, *Radio Sci.*, 2014).

検出限界

foEs ≈ 17 MHz ($N_e \approx 3.6 \times 10^{12}$ el m⁻³)
MSTIDなど、F層領域で擾乱があると、スプラディックEを分離して検出するのは難しい → 日中の観測向き

分解能

空間 ~25 km (TECマップによる大規模構造観測)
~ 2 km (同一Sat - RXペアによる小規模構造観測)
時間 30 s (GEONET GPS観測点)

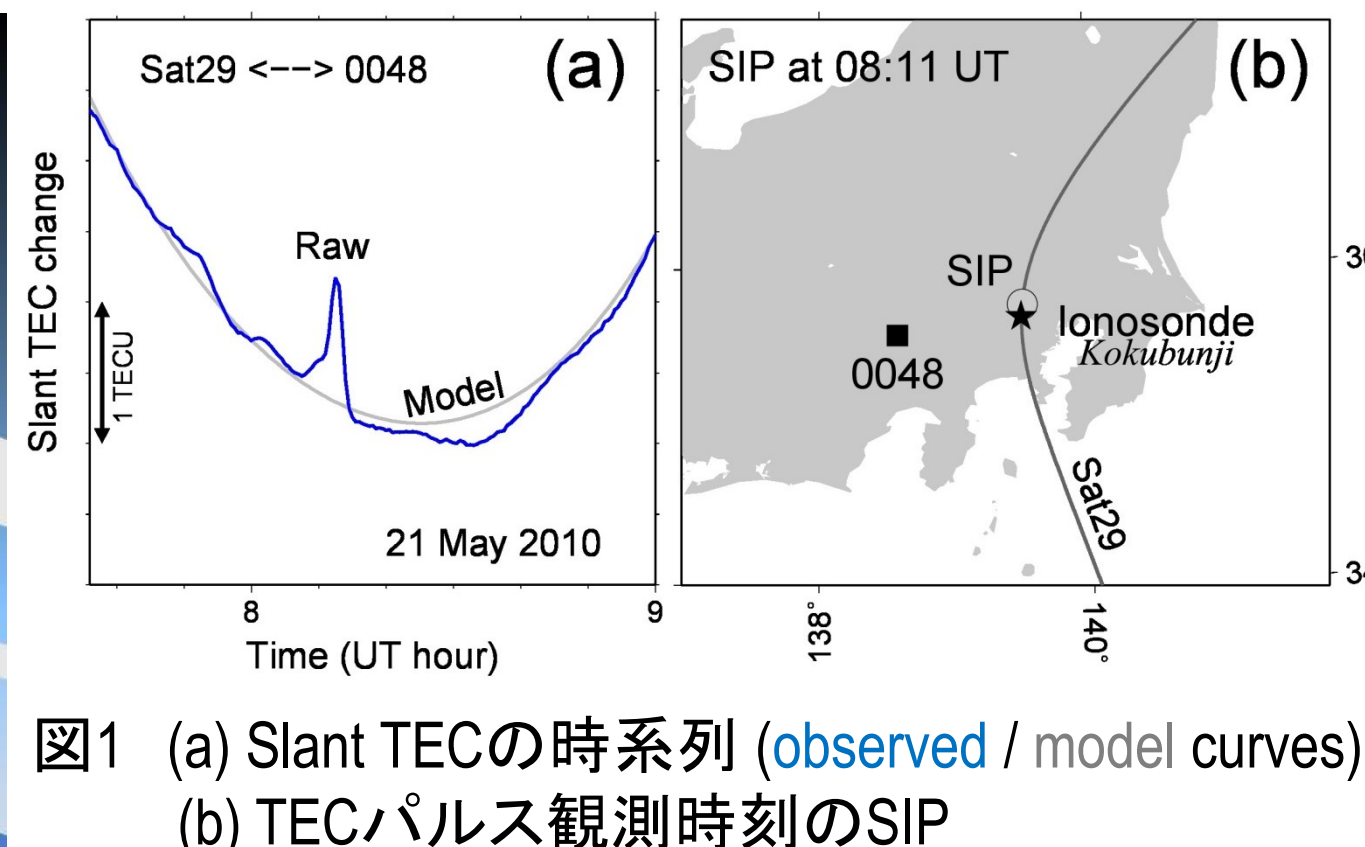


図1 (a) Slant TECの時系列 (observed / model curves)
(b) TECパルス観測時刻のSIP

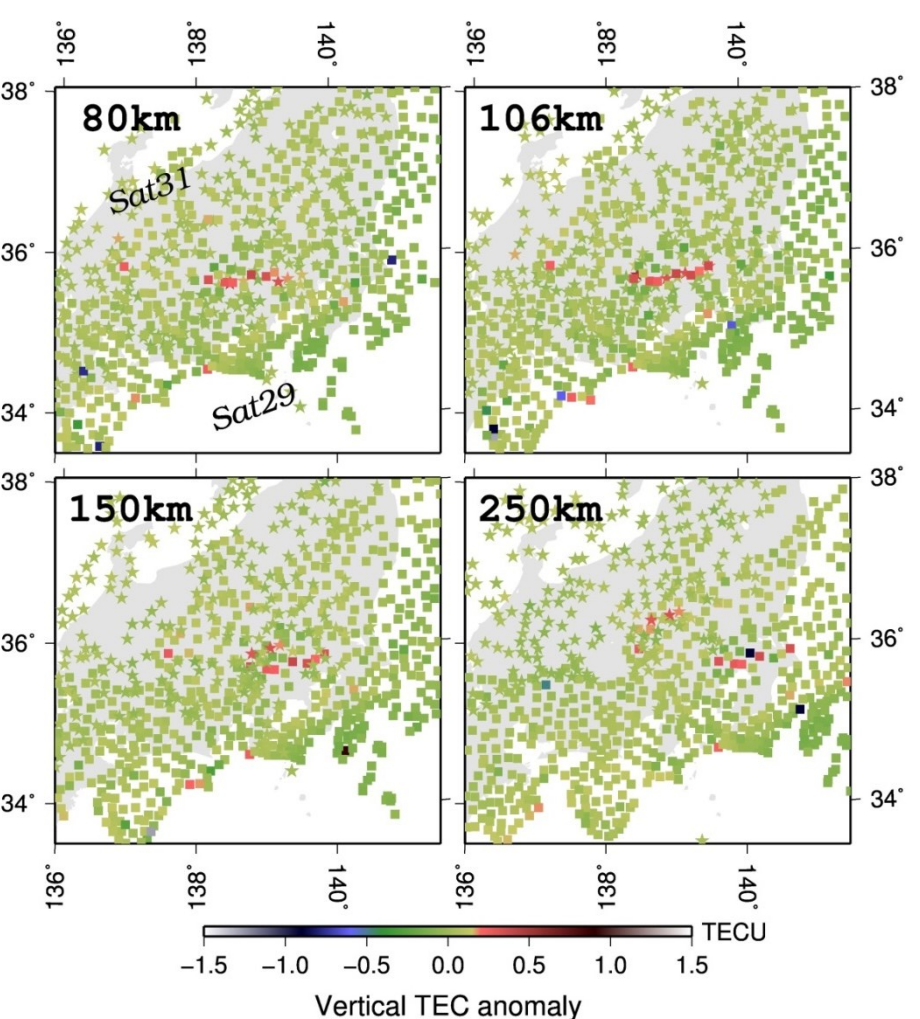


図2 複数の衛星を使ってTEC mapを重ね合わせることで、Esの高度を拘束することもできる

スプラディックEの全体像(大規模構造)

水平面形状

- 特徴
- ・帯状
 - ・東西に延びる
 - ・長さ250 km
 - ・幅20 km

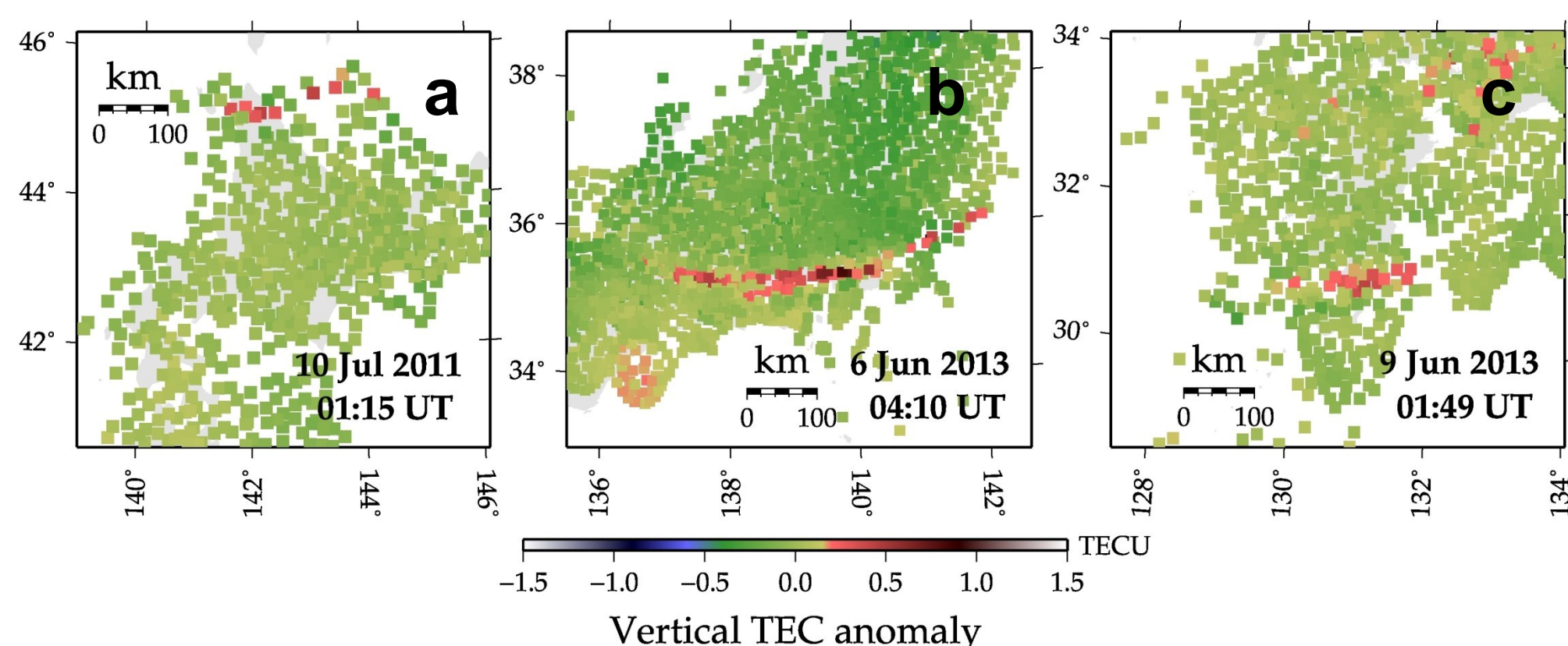


図3 a. 稚内, b. 国分寺, c. 山川上空で観測されたスプラディックEの水平面構造。いずれも東西方向に細く延びる形状が特徴的である。GPSデータの解析は、この3カ所でNICTにより運用されているイオノソンドのfoEsデータをもとにfoEsが17 MHzを超える非常に強いスプラディックEを対象におこなった。観測はすべて日中帯のもので、日本上空の中緯度(~30-45°N)地帯ではこのように細長い形状がよく見られた。観測長は50-450 kmで、平均は250 kmとなった。このほか帯形状を持たない点状のものもいくつか観測された。

伸長方位

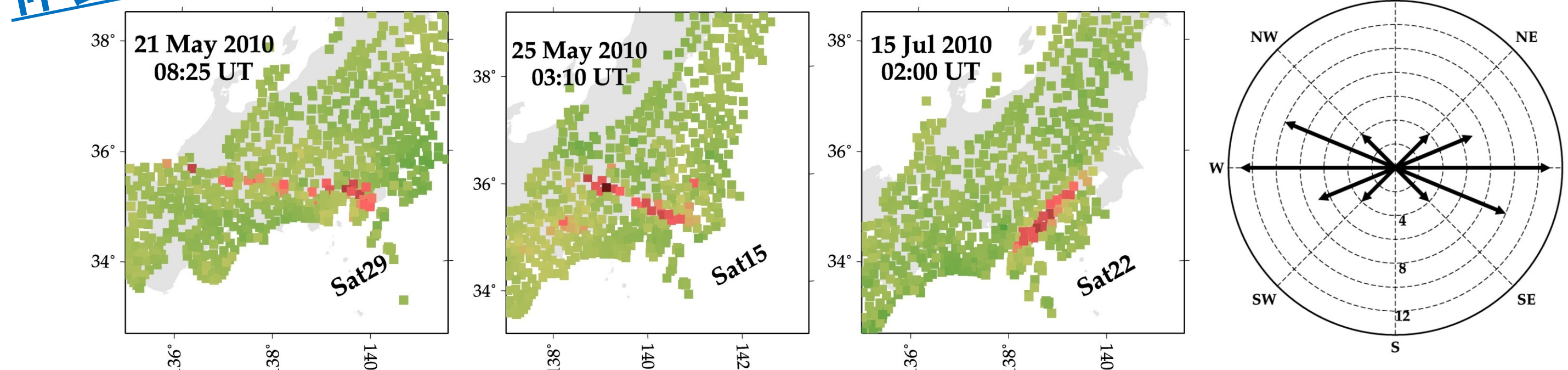


図4 d. TECマップによる伸長方位の観測例 e. 2010年に観測されたスプラディックEの伸長方位をまとめた図(矢印の長さは観測数)。伸長方位は東西が最も多く、次いで多少南北に偏倚したものが続いた。しかし、純粋に南北方向に傾きを持つものはなかった。

伝搬

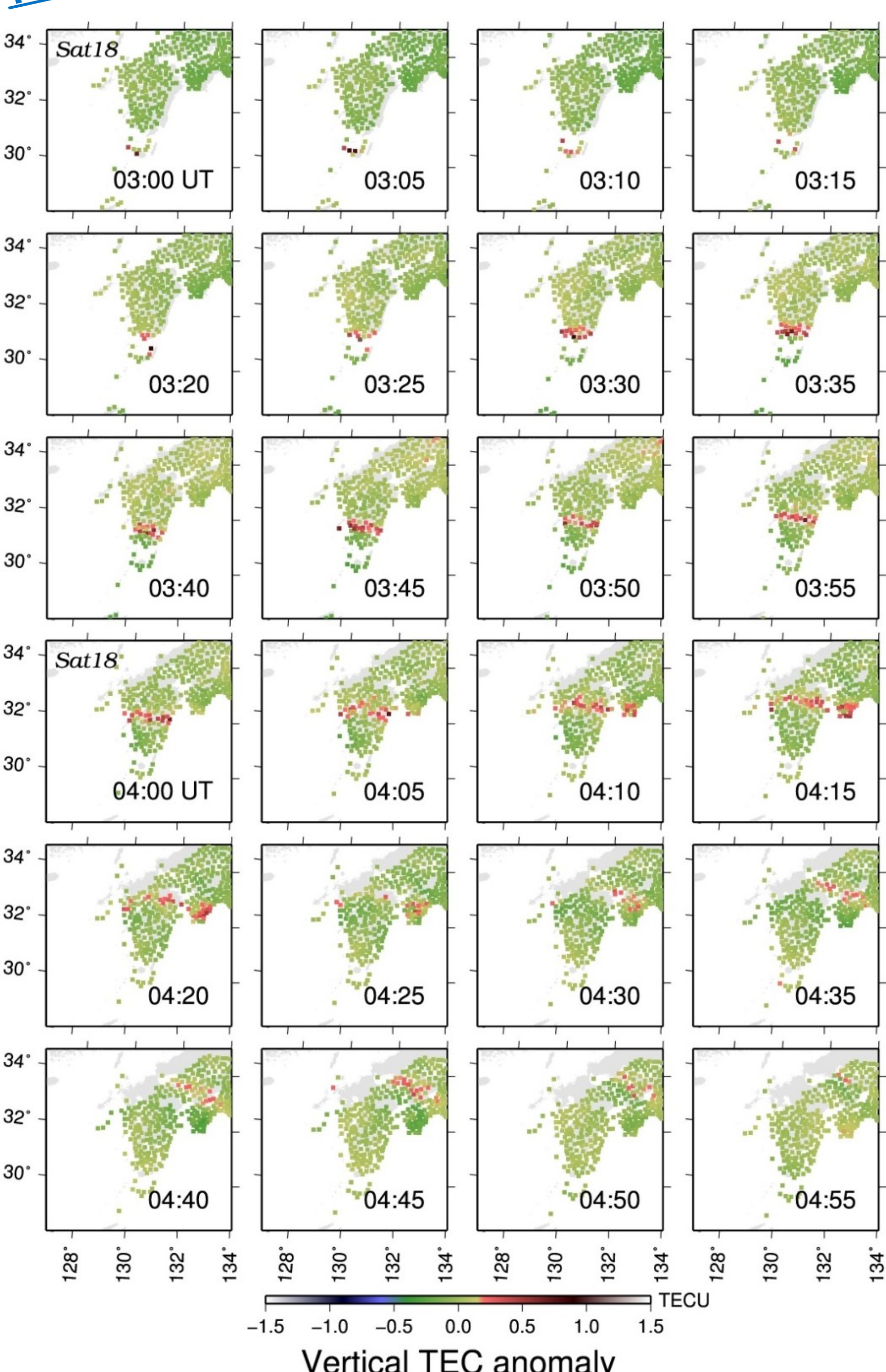


図5 2010年に観測されたスプラディックEの伝搬方向(矢印の長さは観測数)。南、または南南東、南南西に伝搬するものが多いが、北向きに伝搬するものも見られた。図6と合わせてみると、帯の延びる方位(e.g., 東西)に対して直交する方向(e.g., 南 or 北)に伝搬する傾向が認められる(左に示したTECマップ、図6参照)。

図6 TECマップの時系列でみる大規模構造をもつスプラディックEの伝搬。2010年5月22日、JSTの午後。東西方向に延びる細長い帯状をしたスプラディックEが九州南部から徐々に北へ伝搬していく様子がわかる(伝搬速度 ~70-80 m s⁻¹)。帯形状と伝搬方向の直交性を示した例。伝搬距離は~500 kmに及ぶ。帯状のスプラディックEには非伝搬性のものも少なくなく、消滅するまで同じ場所に~0.5-1 h あまり留まり続けるものも観測された。

新しい点

- ・GPS-TEC法によって観測されたスプラディックEの水平面形状と伝搬方向をまとめた。また、大規模構造に内包された小規模構造を捉えた。

観測結果

- ・東西に~300 kmにわたって延びる直線的な大規模構造の内部は、波長~15-20 km、周期~5-6 分の波構造を持つプラズマ・パッチからなっていた。

結論

- ・GPS-TEC観測は大規模、小規模構造を2次元的に捉えることができる点で、日中帯のスプラディックEの観測方法として有用と評価できる。

準周期的パッチ構造(小規模構造)

北海道

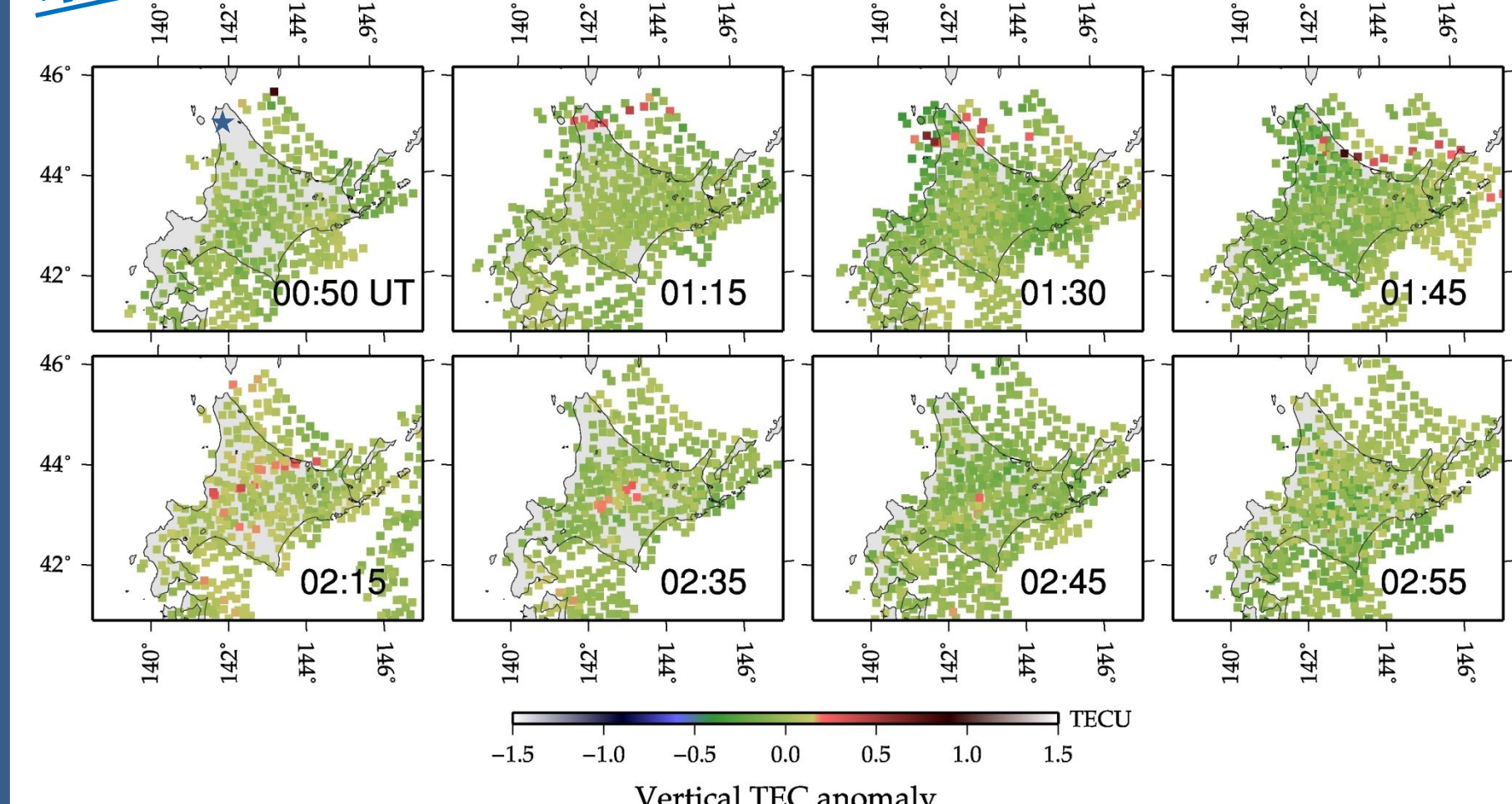


図7 2011年7月10日の午前から昼にかけて北海道上空に出現したスプラディックE。00:50 UTのTECマップ上に示した★は稚内イオノソンドの位置。東西に延びるスプラディックEが伸長方位を変えながら南へ伝搬していく様子が捉えられている。また、01:15 UT以降、稚内イオノソンドの上空を通過したことがわかる(下のイオノグラム参照)。02:15 UT以降では、スプラディックEの帯構造が徐々に短くなっていき、消滅していく様子が見てとれる。

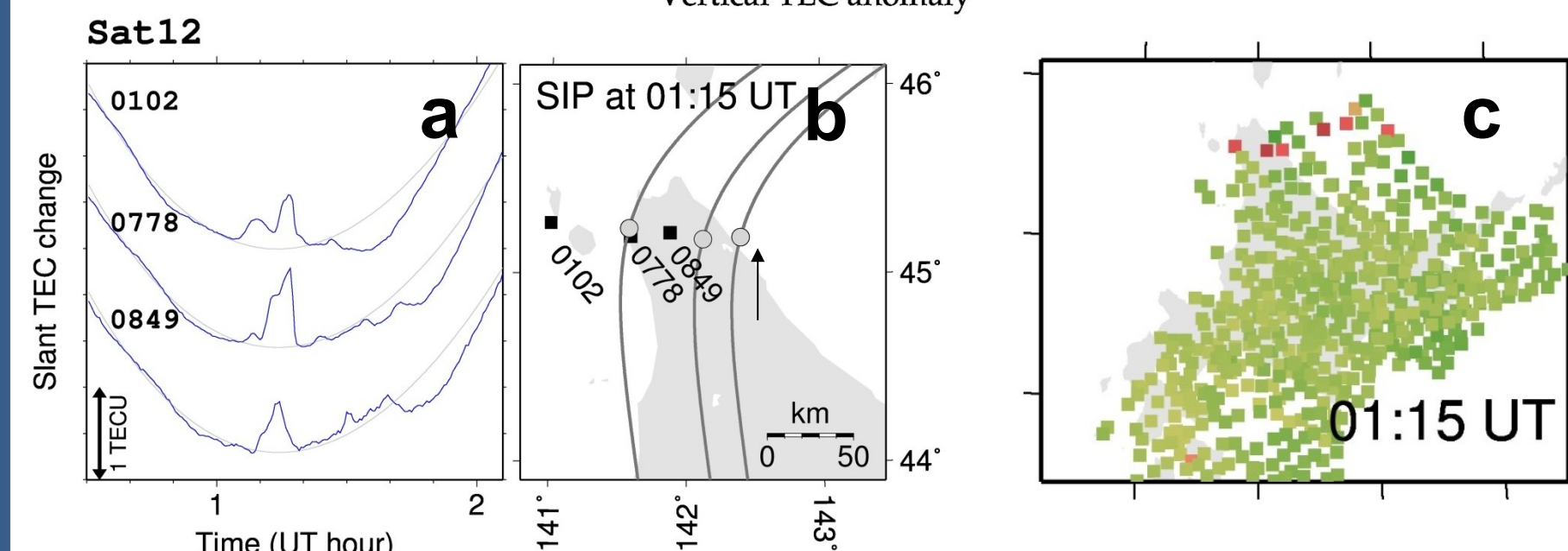
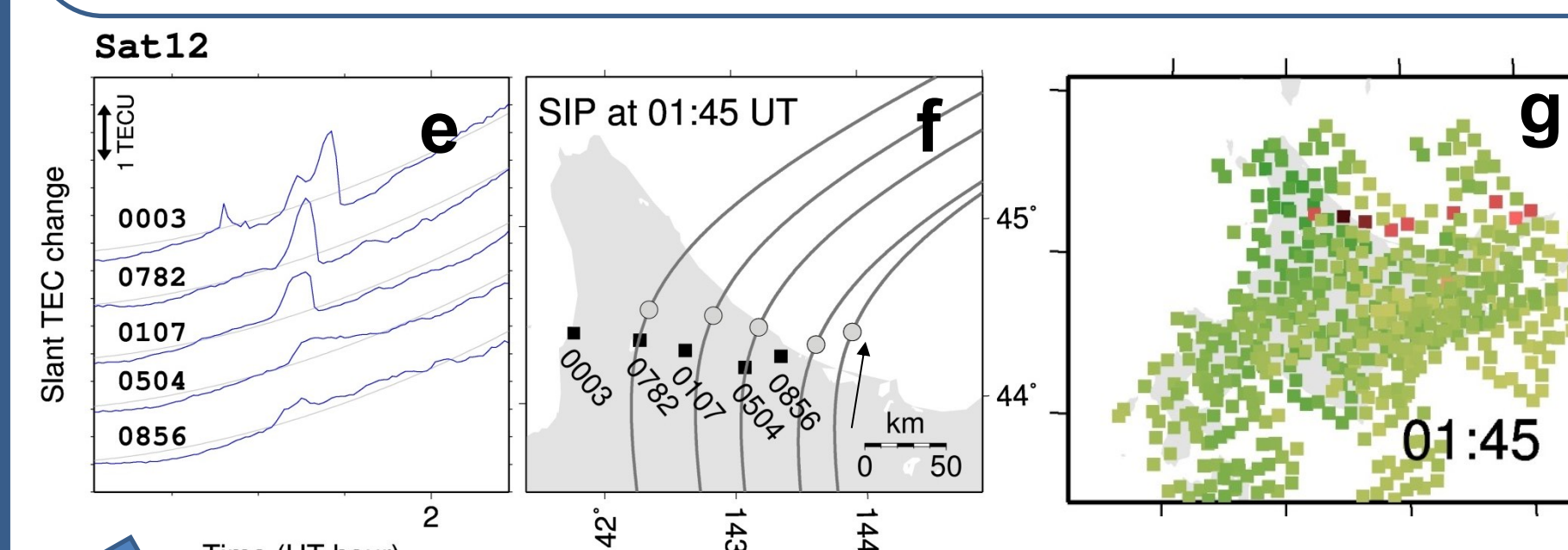


図8 a. Slant TECの時系列 (raw data), b. TECパルス観測時刻のSIP, c. 01:15 UTのTECマップ, d. SIPマップ (30 sごとのTEC異常をSIP上に連続的に並べたもの)。TECマップから東西方向に延びる帯構造が確認できる(c)。それに対して北行するSat.12を使うと南北断面のTECを観測できる(a, b, d)。



南北断面のTECパルスの形状から棒状の断面構造が推測される。

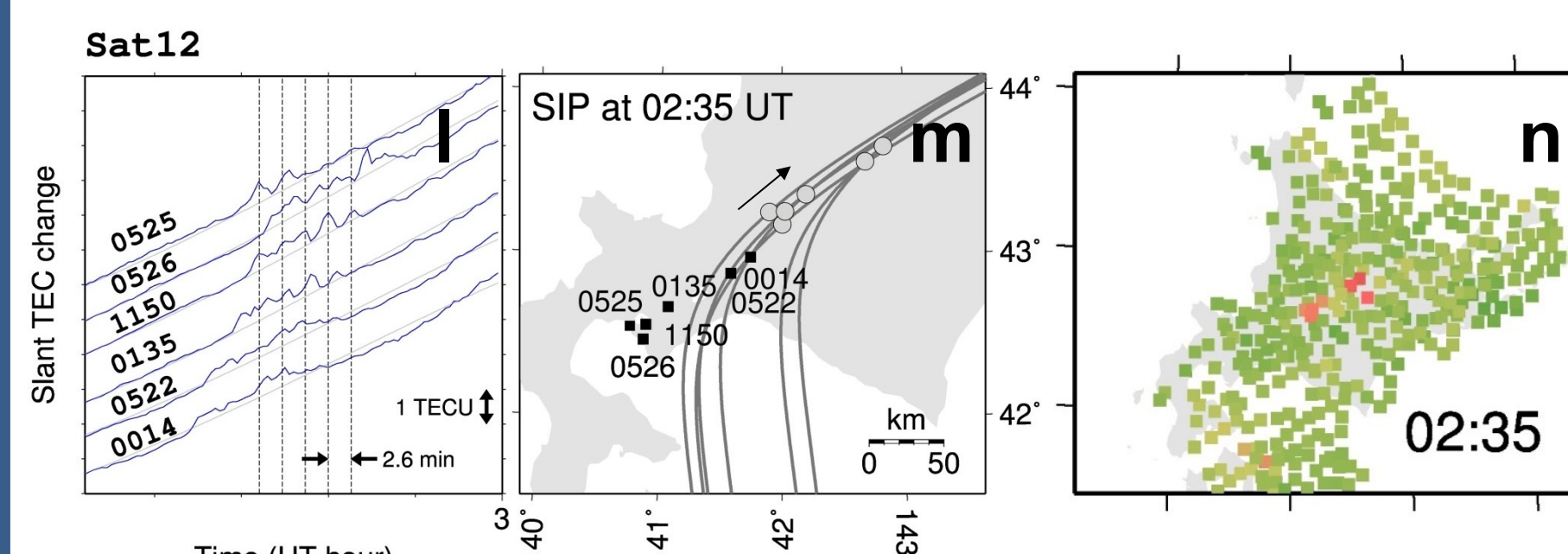
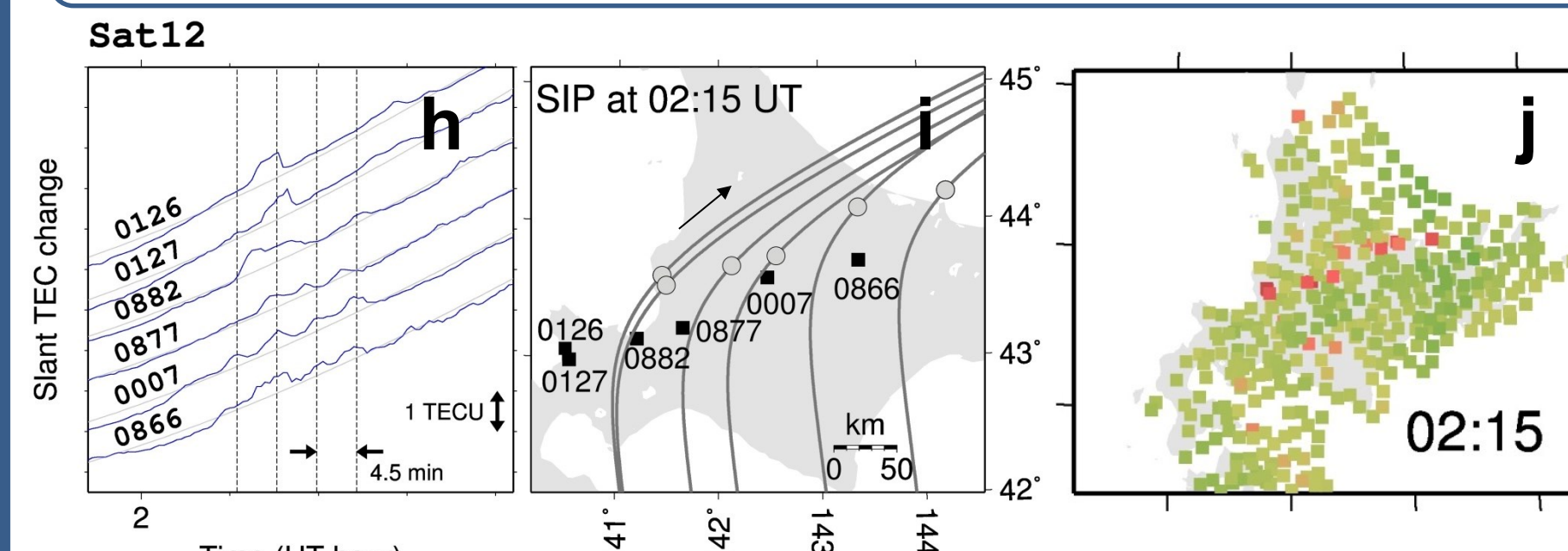


図9 02:15, 02:35 UTに帯構造の長さ方向に沿って観測されたSlant TECの時系列(h, l)。準周期的なTEC変動が確認できる。また、この準周期的TEC異常をSIPの軌跡上に示したのがSIPマップ(k, m)。正のTEC異常で表されるスプラディックEパッチが、ほぼ等間隔で並ぶ、波状構造をもつことがわかる。スプラディックEのPhase speedとSIPの速度から計算すると、この波長は~15-20 km、周期~5-6 minであった。

北関東

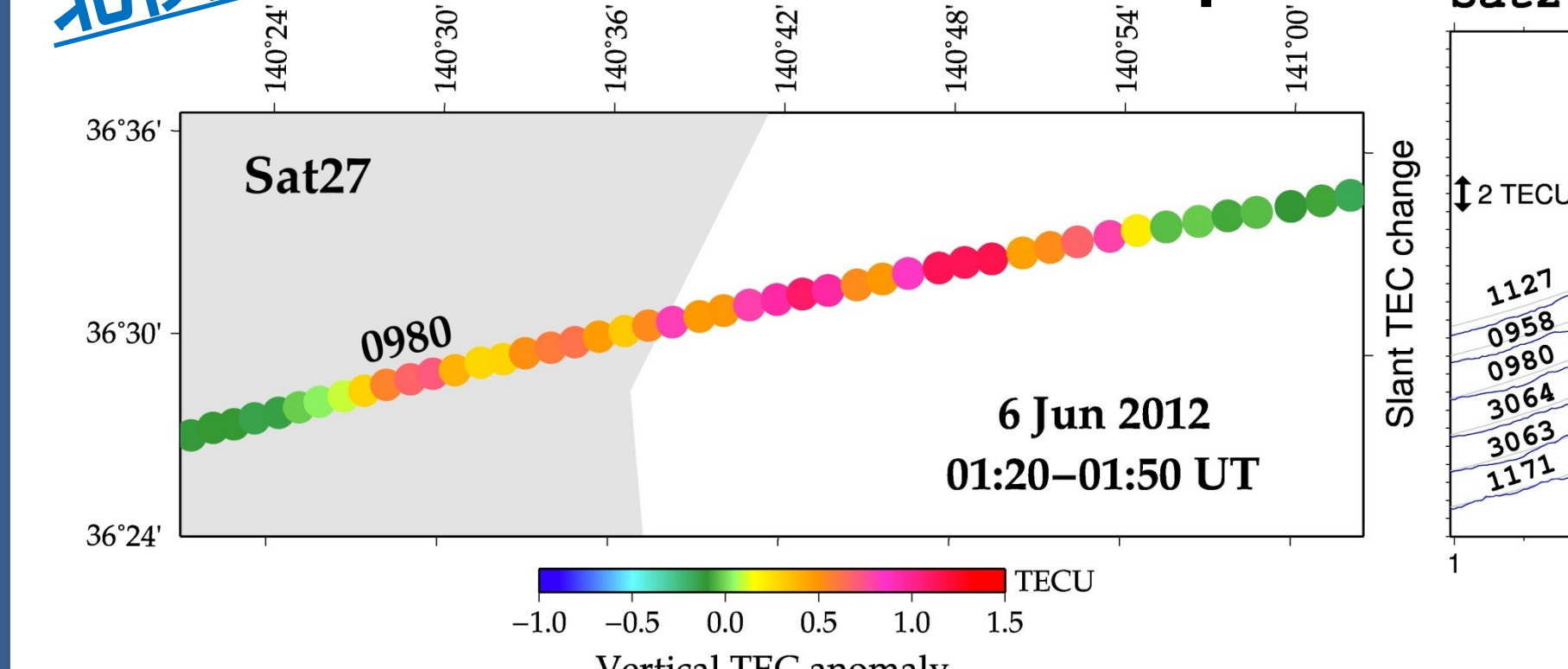


図10 波状構造をもつスプラディックEは北海道のほか北関東上空(~36.5°N)でも観測されている(p)。このときもスプラディックEは東西方向に帯を持ち、その長さ方向をトレースするSIP上で準周期的TEC変動が観測された(q)。

Reference

Maeda, J., and K. Heki (2014), Two-dimensional observations of midlatitude sporadic E irregularities with a dense GPS array in Japan, *Radio Sci.*, 49, 28–35.

Acknowledgement

The authors thank National Institute of Information and Communications Technology (NICT) for providing ionograms and Geospatial Information Authority of Japan (GSI) for GPS data.