

中緯度短波レーダー研究会 @ 名古屋大学

極冠域電離舌

— 中緯度から極冠へのプラズマ輸送 —

細川敬祐^a, 津川卓也^b, 塩川和夫^c, 西谷望^c, 大塚雄一^c, 小川忠彦^b

a. 電気通信大学

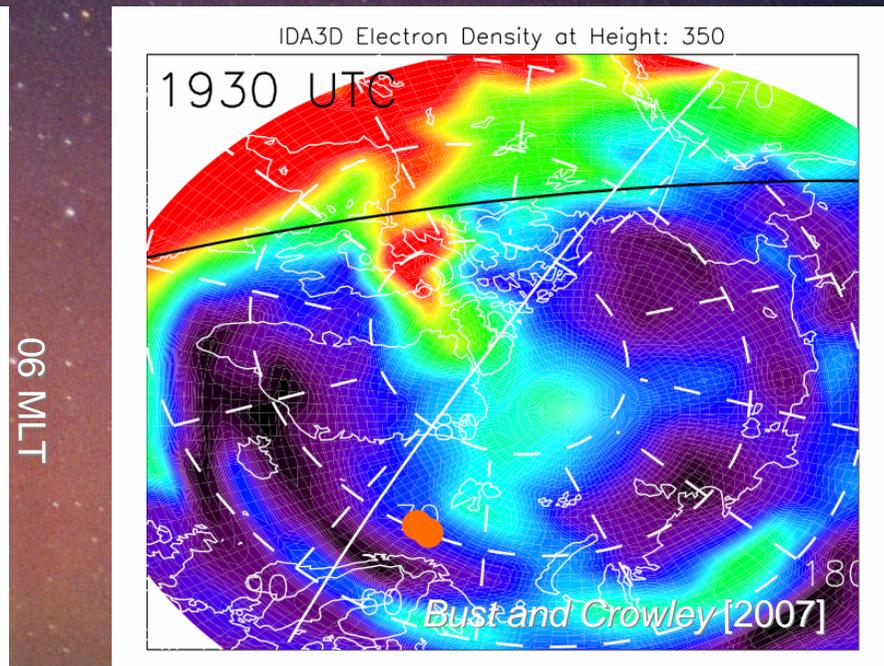
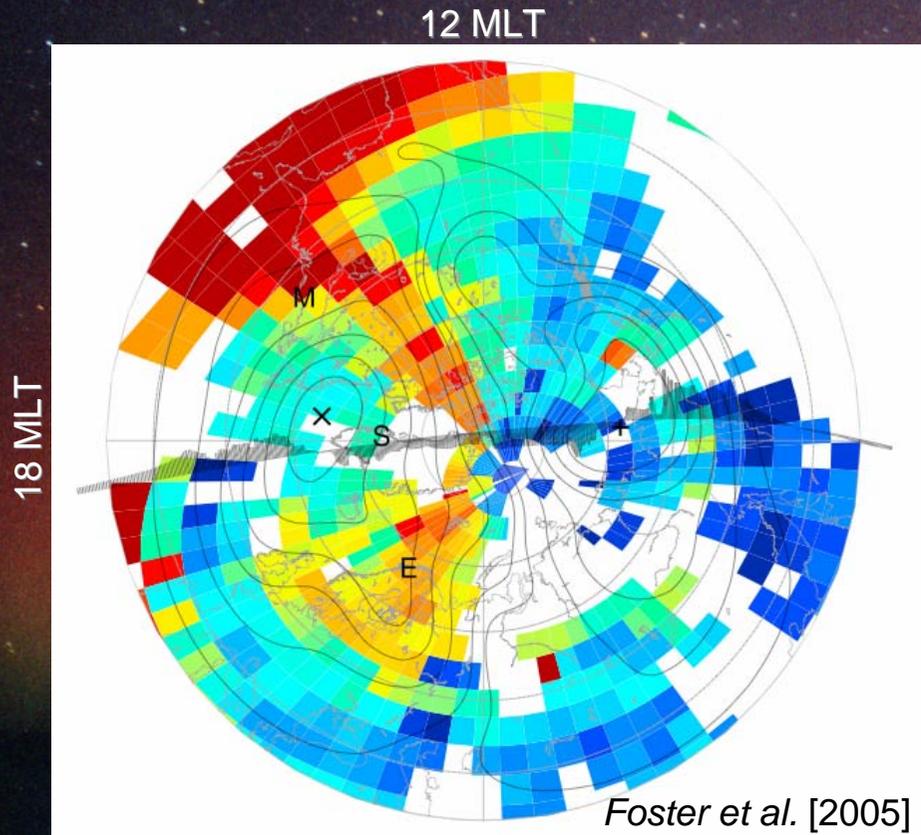
b. 情報通信研究機構

c. 名古屋大学太陽地球環境研究所

磁気嵐時にみられる巨大電離舌

電離舌 = Tongue of Ionization (TOI)

断片化してパッチになってしまうことなく、夜側まで長く伸びる TOI は非常に稀にしか見られないが、確かに存在する。何故ちぎれないのか？何が特別なのか？

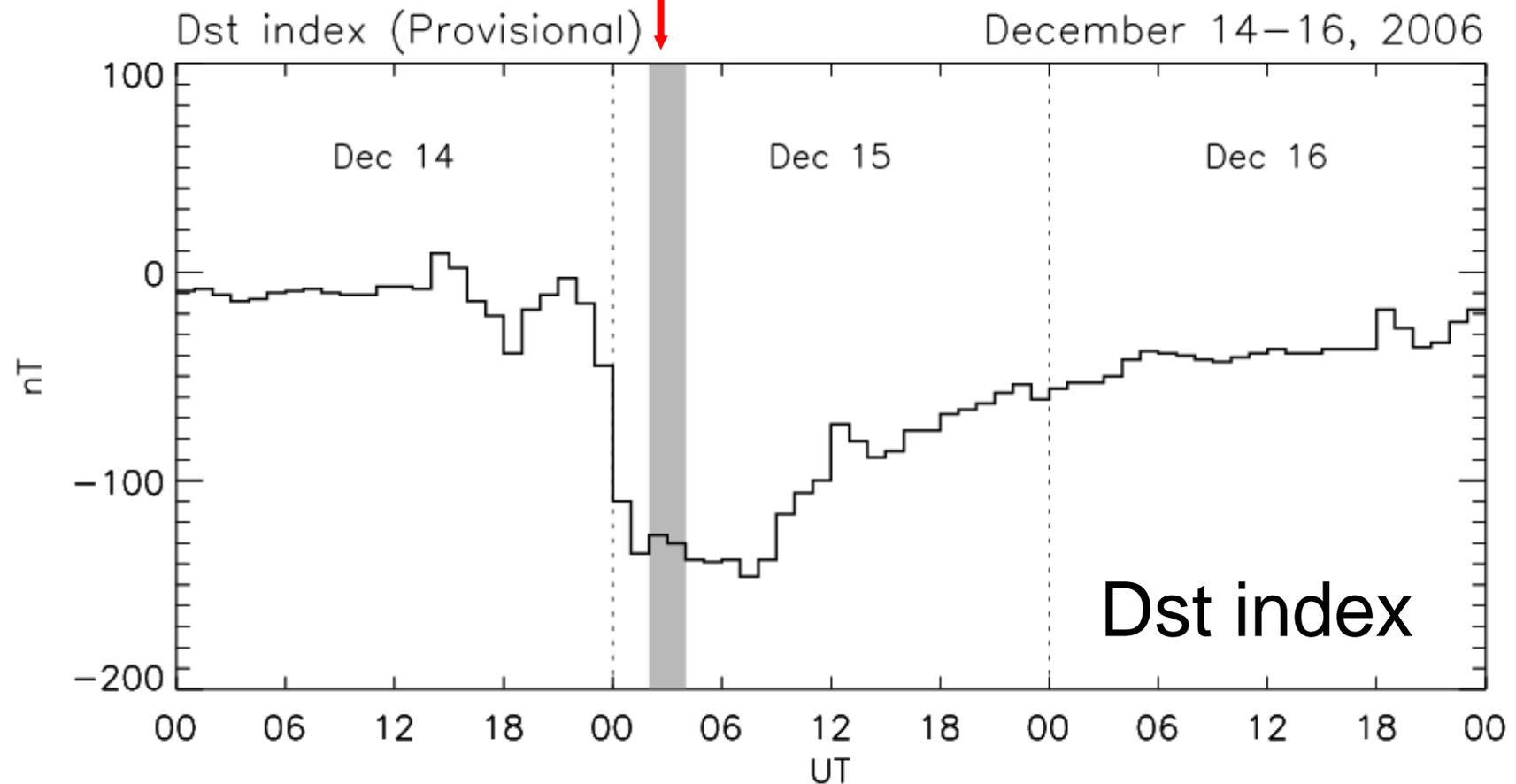


TEC, AMIE などに基づいた Data assimilation による電子密度の再現

2006年12月15日の磁気嵐

コロナ質量放出(CME)に伴う磁気嵐. Dst minimum は -150 nT.

TOI が観測された時間帯



光学観測の概況 - OMTI

太陽方向

夕方

QuickTime[®] 2
YUV420 ÉRAJÉfÉbÉN èLÍÉvÉçÉOÉaÉÄ
Ç™Ç±ÇÄÉsÉÉÉÉÉÇ¾â©ÇÉÇÇ¾Ç...ÇÖIKóvÇ-ÇIÁB

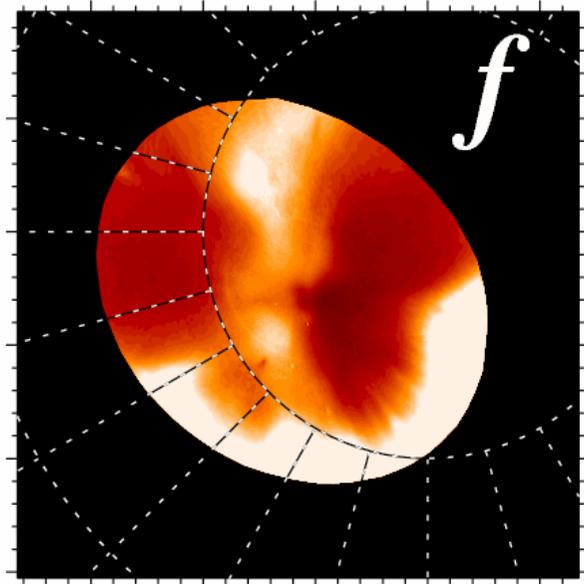


時間発展 - OMTI

0230 - 0420 UT の 2 時間分の
連続画像 (630 nm, 10 分ごと).

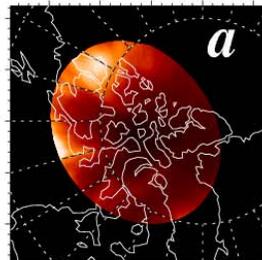
- 明るい (1 kR 近くまで)
- 微細構造が存在する (非一様)

OI 630.0 nm 0320 37s UT

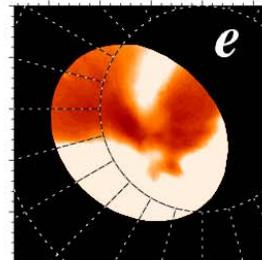


OI 630 nm OMTI @ Resolute Bay Dec 15, 2006: 0230-0420 UT

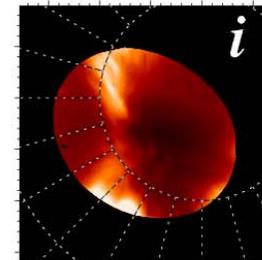
OI 630.0 nm 0230 37s UT



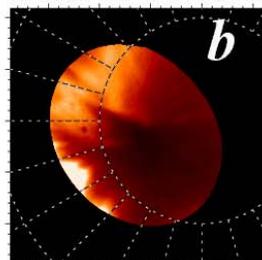
OI 630.0 nm 0310 37s UT



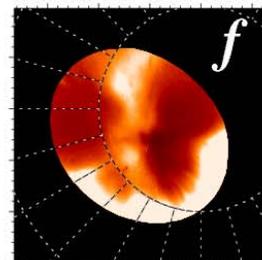
OI 630.0 nm 0350 37s UT



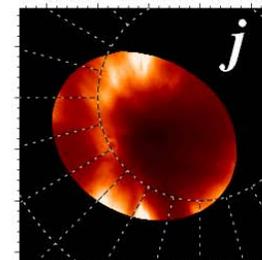
OI 630.0 nm 0240 37s UT



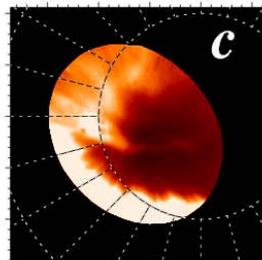
OI 630.0 nm 0320 37s UT



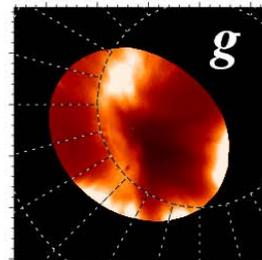
OI 630.0 nm 0400 37s UT



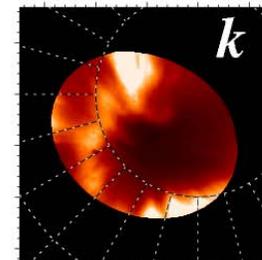
OI 630.0 nm 0250 37s UT



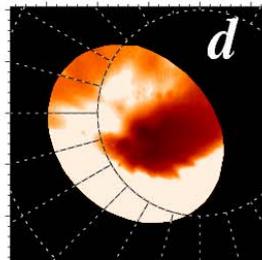
OI 630.0 nm 0330 37s UT



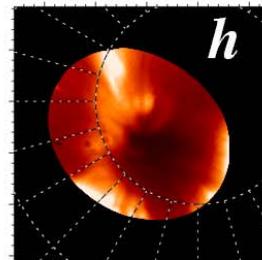
OI 630.0 nm 0410 37s UT



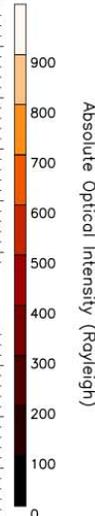
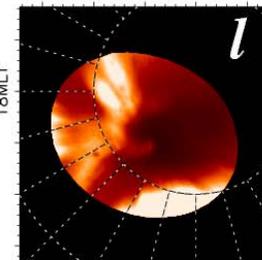
OI 630.0 nm 0300 37s UT



OI 630.0 nm 0340 37s UT



OI 630.0 nm 0420 37s UT

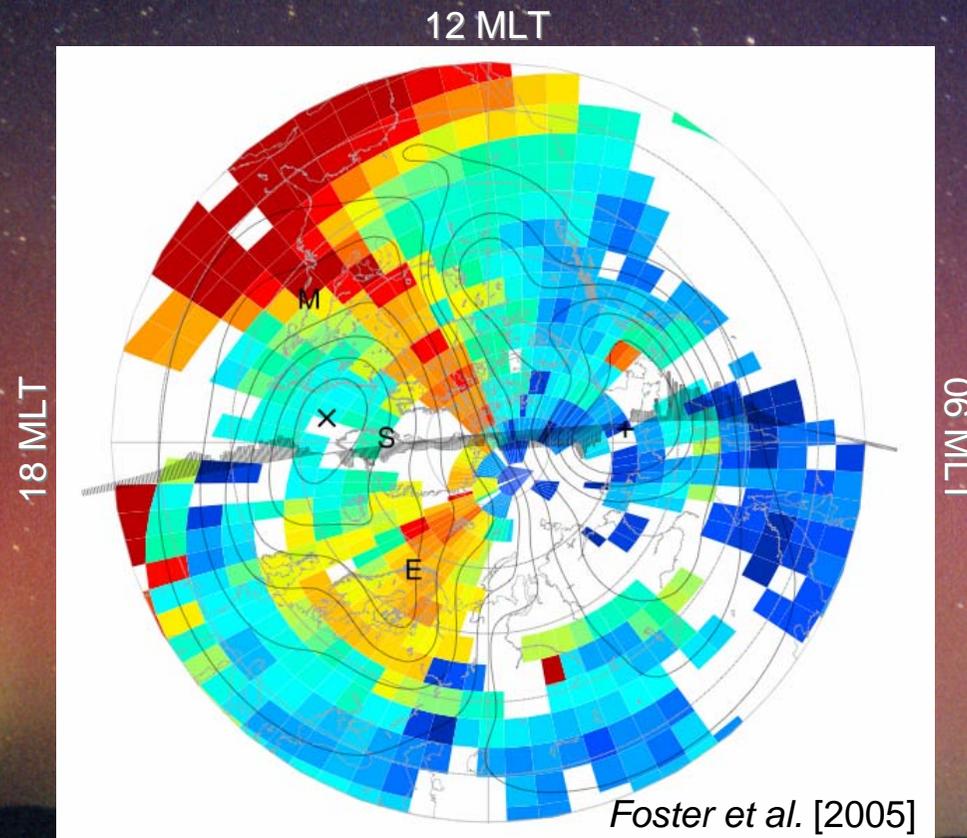


18MLT

24MLT

疑問その1

TOI は本当に昼間側から連続的に来ているの？



グローバルにみると - 極域 TEC マップ

注目する領域で、GPS 受信機の配置が疎であるため、TEC マップから電離舌の広域空間構造を見ることは残念ながらできず、RSB 上空では 15 TECU 程度の上昇。

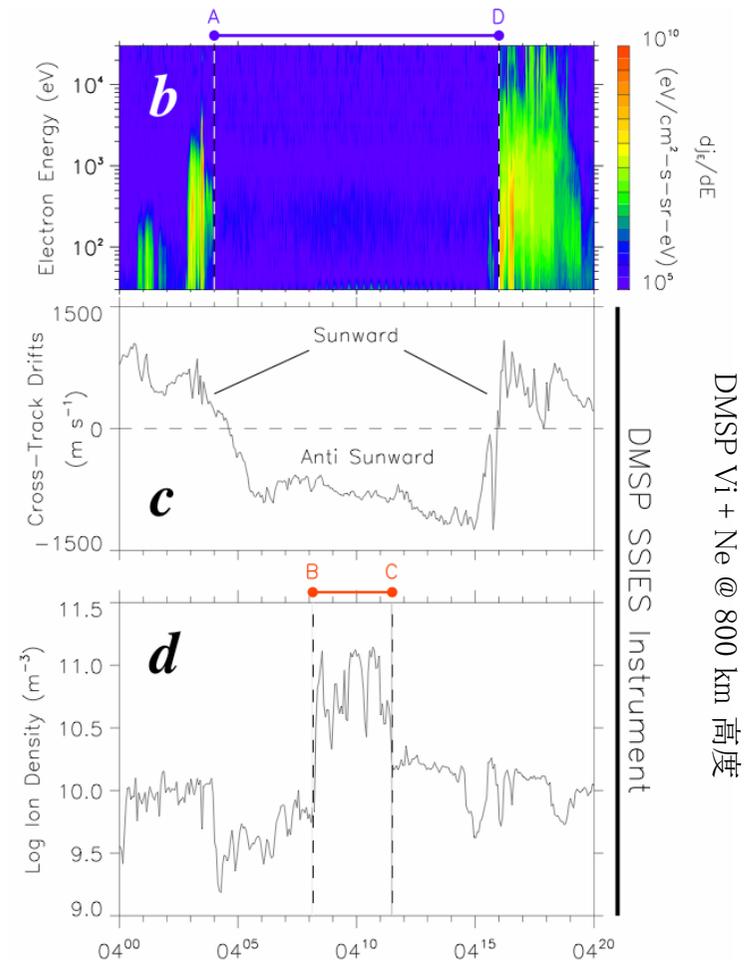
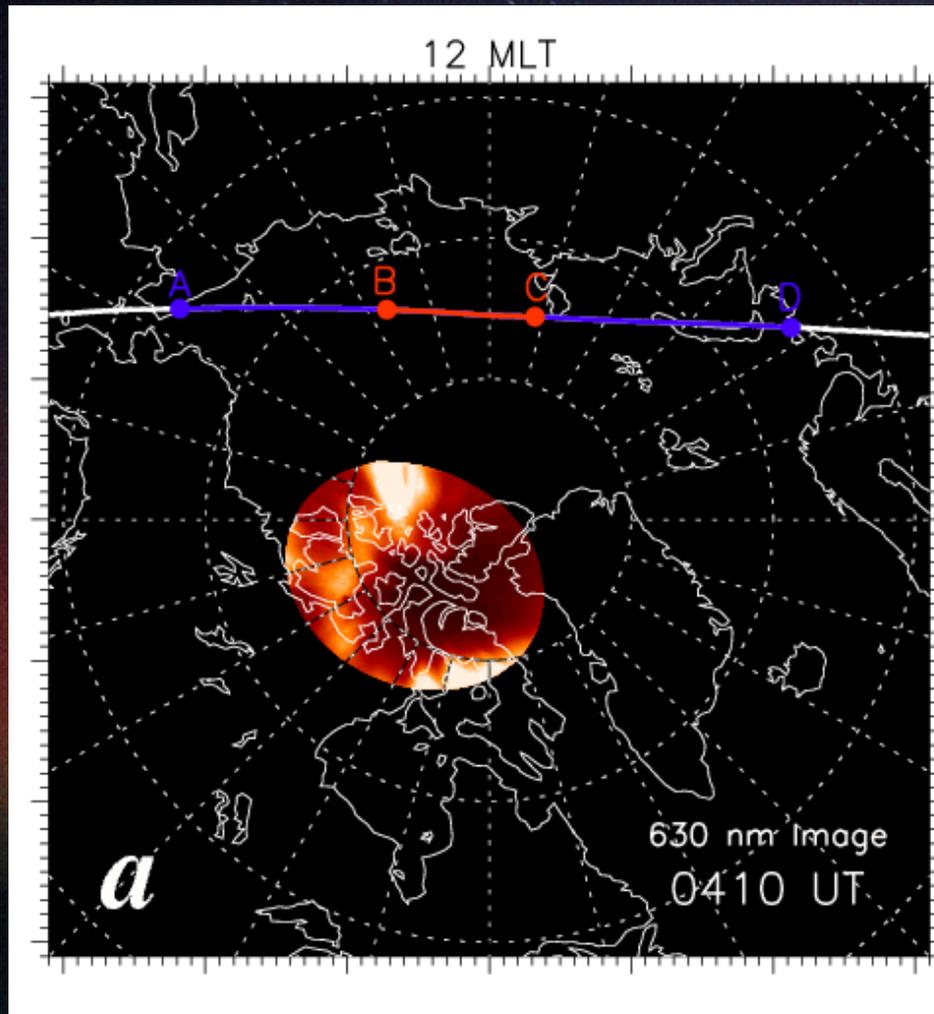
太陽方向

夕方

QuickTimey Ç²
YUV420 ÉRAJÉfEbÉN eLifÉvÉçÉOÉaÉÁ
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNE ÉÉÇ³@a©ÇÉÇÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-ÇIAB

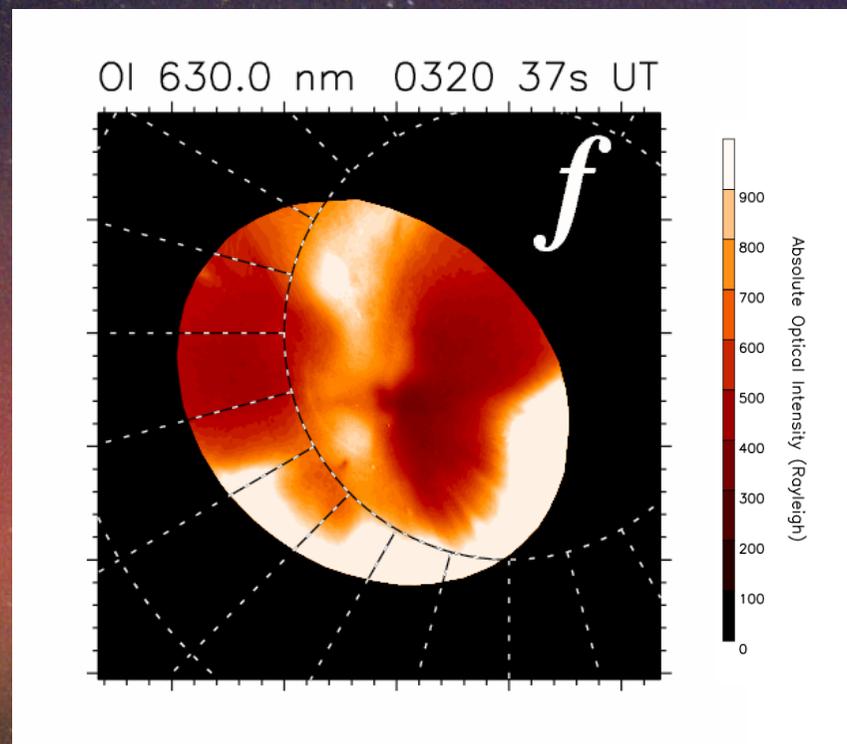
昼間からのびてきているのか？ - DMSP 衛星

DMSP 衛星のイオン密度のデータから、全天カメラでとらえられた電離舌は昼側から連続的に伸びていることが分かる。また、その構造は細く、ディスクリートであった。



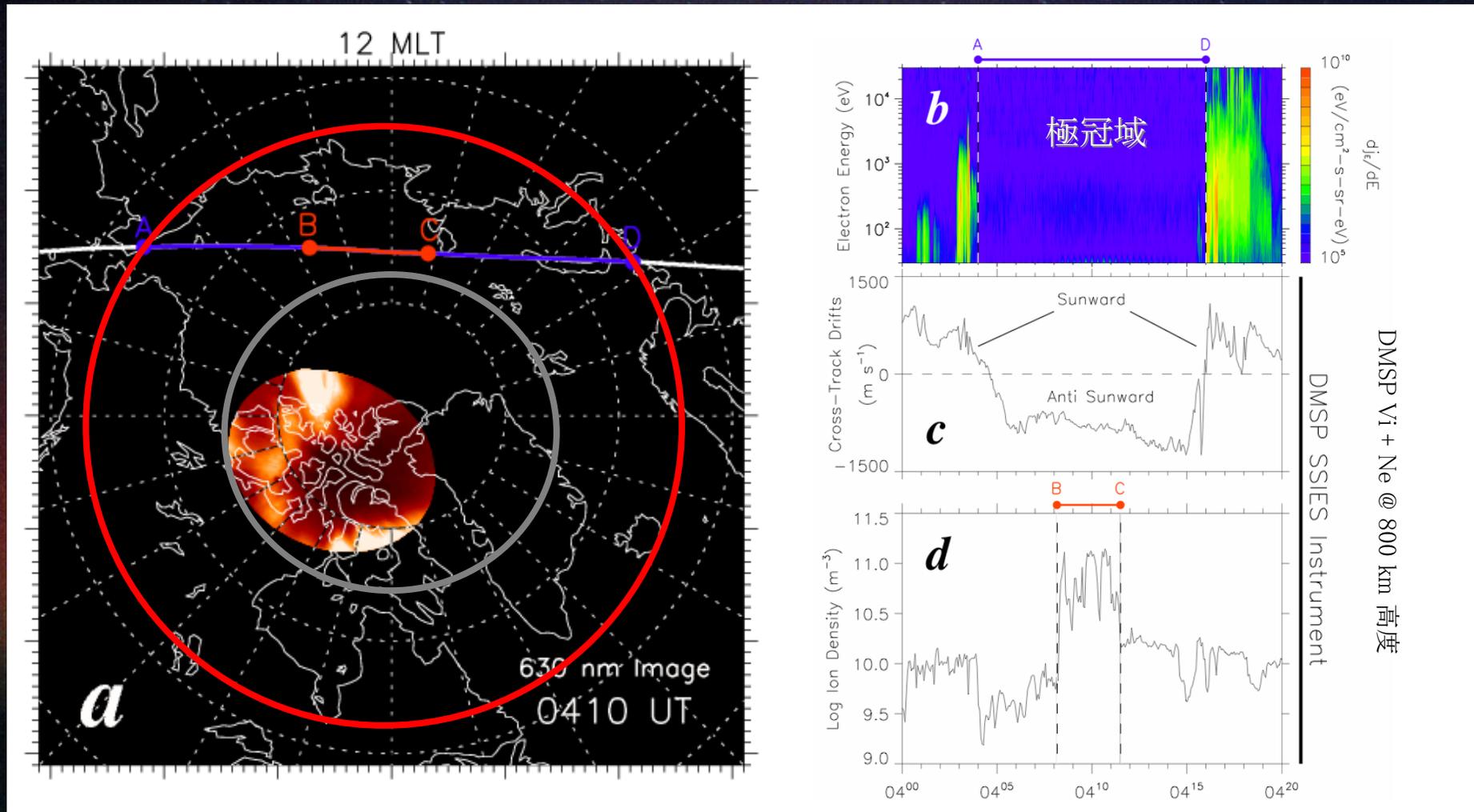
疑問その2

TOIは何でそんなに明るいのか？



極冠域の広がりとは？ - DMSP 衛星

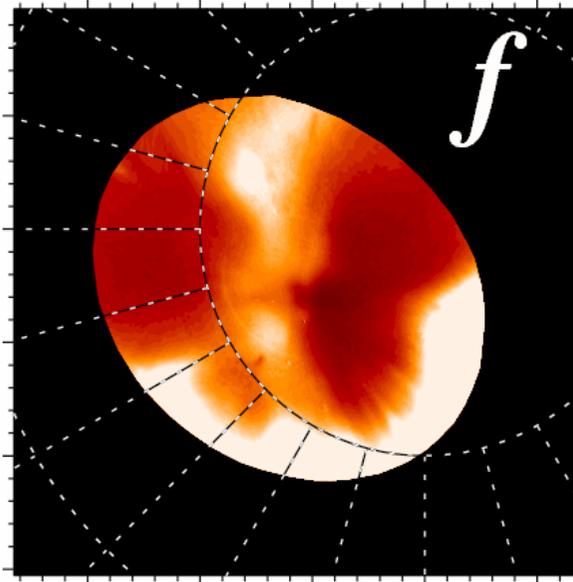
DMSP 衛星のオーロラ降下電子観測から、極冠域が磁気緯度 65 度まで広がっていることが分かった。極冠域対流が昼側中緯度の高密度プラズマを取り込むことができる。



疑問その3

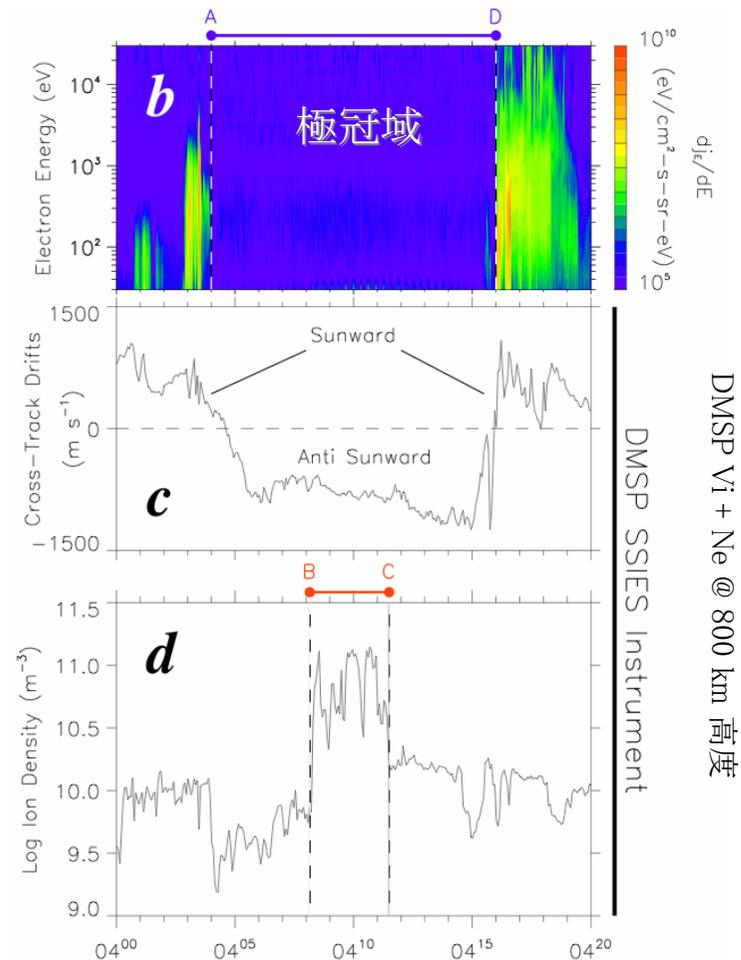
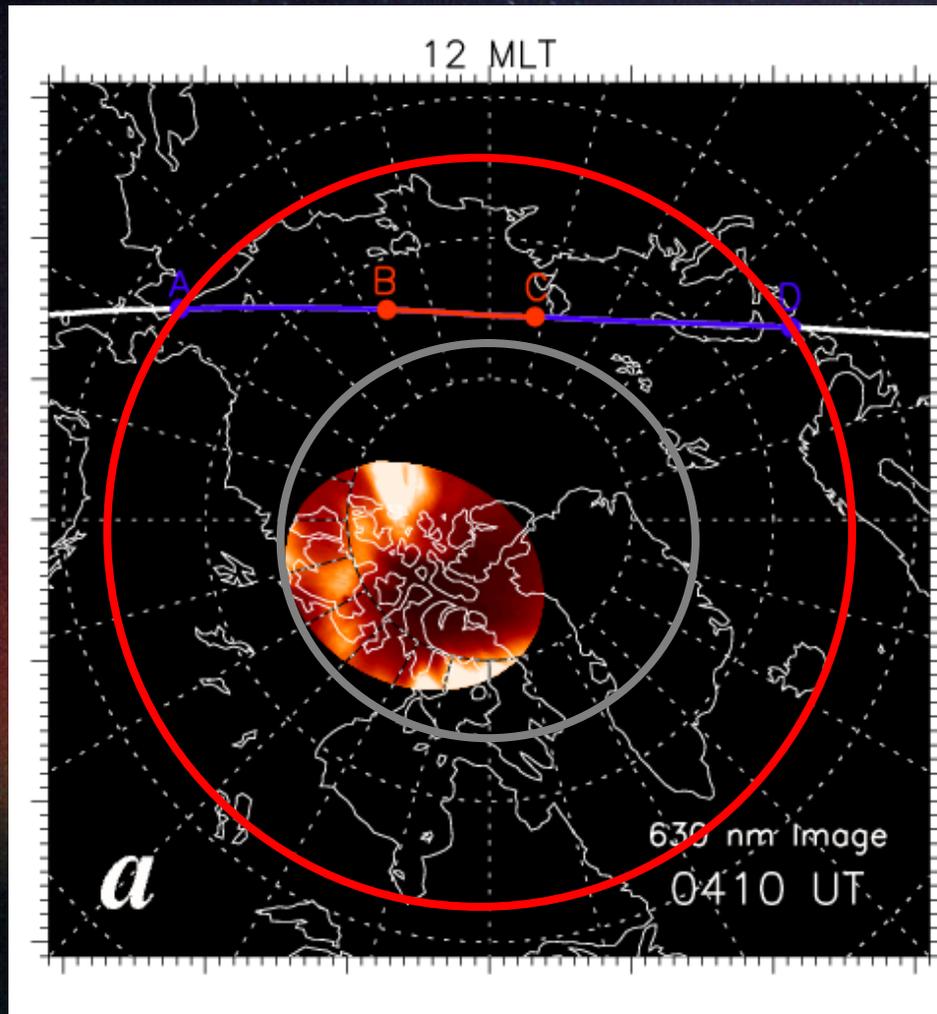
TOIは何で細長いの？

OI 630.0 nm 0320 37s UT



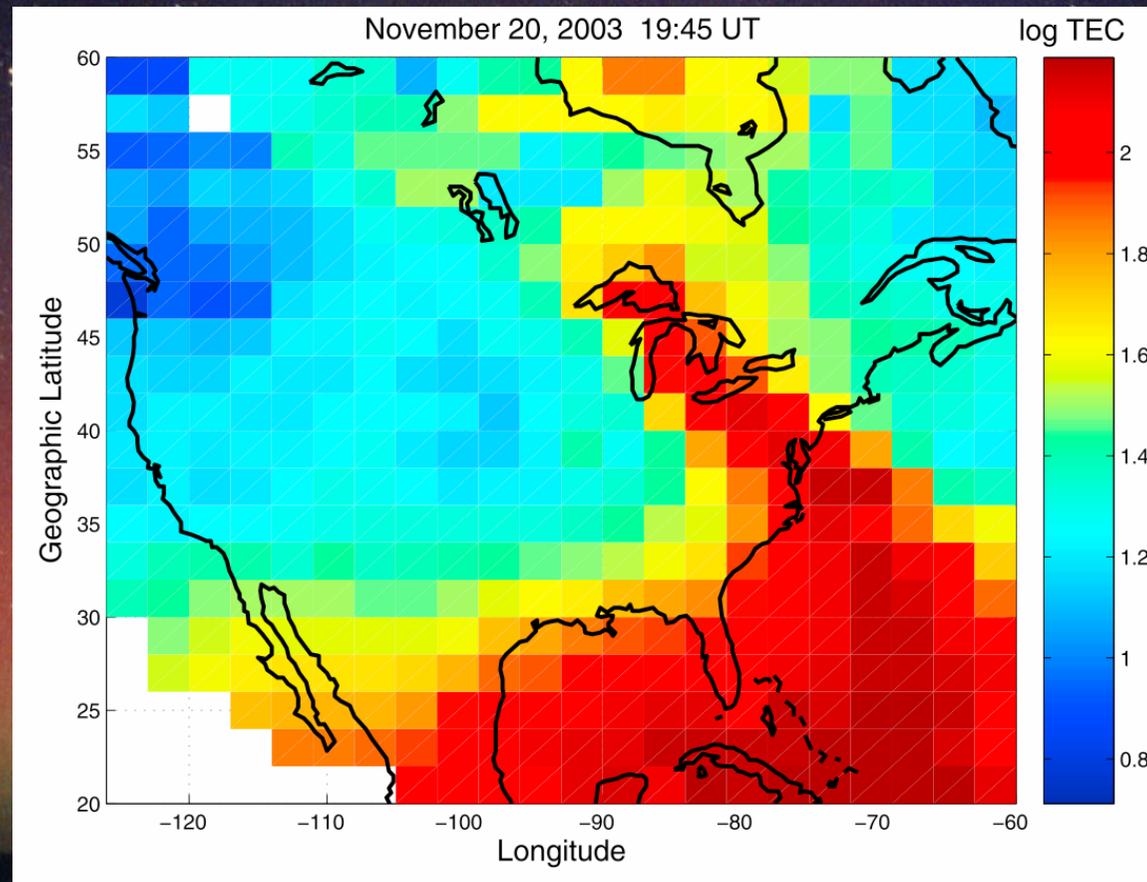
反太陽方向対流の空間構造 - DMSP 衛星

反太陽方向の対流が卓越する領域の経度方向の広がり、DMSP によって観測されたイオン密度増大領域の幅よりもはるかに大きい → ソースの経度幅がすでに狭い？



Storm Enhanced Density (SED)

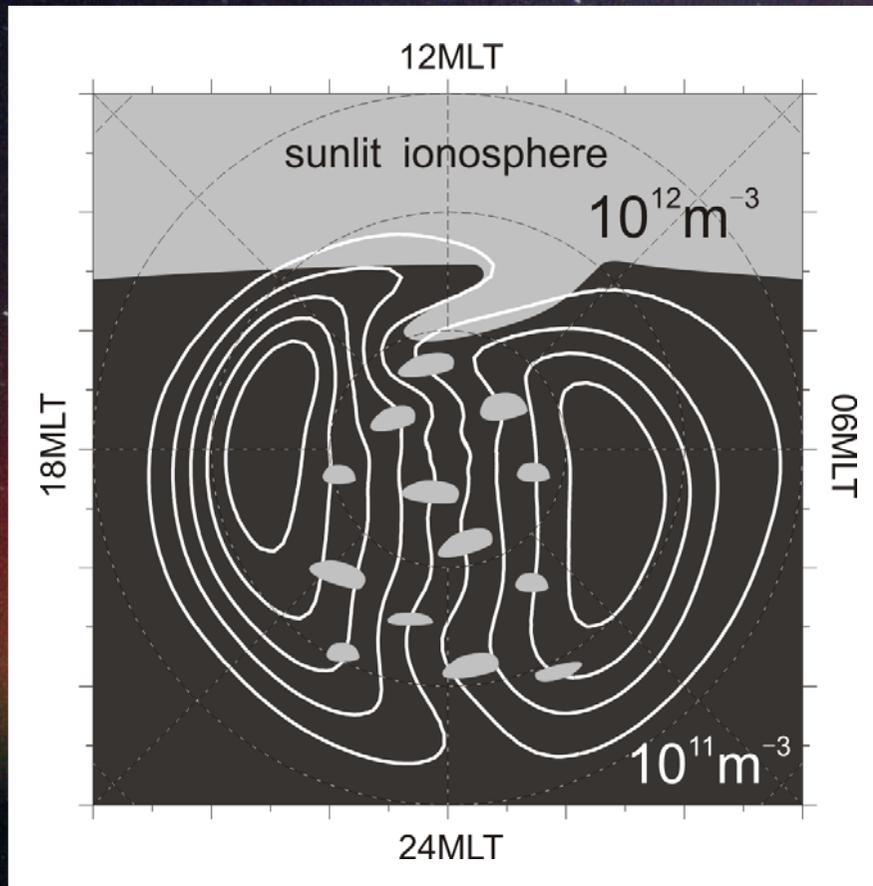
TOI が反太陽方向対流の一部にしか形成されていない (TOI が細い) という事実は、反太陽方向の対流がプラズマの取り込みを行う前にすでにそのソースが経度方向に構造化していることを示唆する → Storm Enhanced Density (SED) 構造.



Foster et al. [2005]

疑問その4

TOI はなんでパッチにならなかったの？



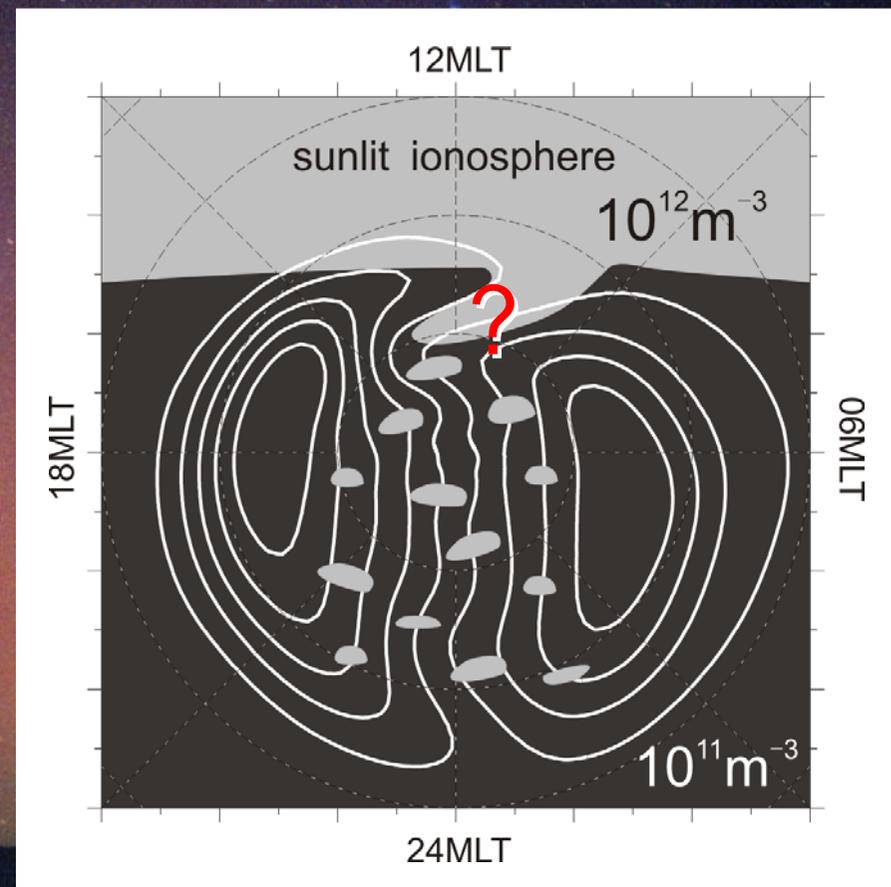
QuickTimey Q²
YUV420 ÉRA|ÉfEbÉN êL|ÉÉvÉçÉOÉáÉÁ
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNE ÉÉÇ¾â©ÇÉÇZÇ½Ç...ÇÖTKóvÇ-ÇIAB

何故パッチになっていなかったのか？

電離舌からパッチを作り出すプロセスには様々な考え方があがあるが、その多くがカスプ近傍で、電離圏対流の大規模構造が時間変化することに関連づけて説明している。

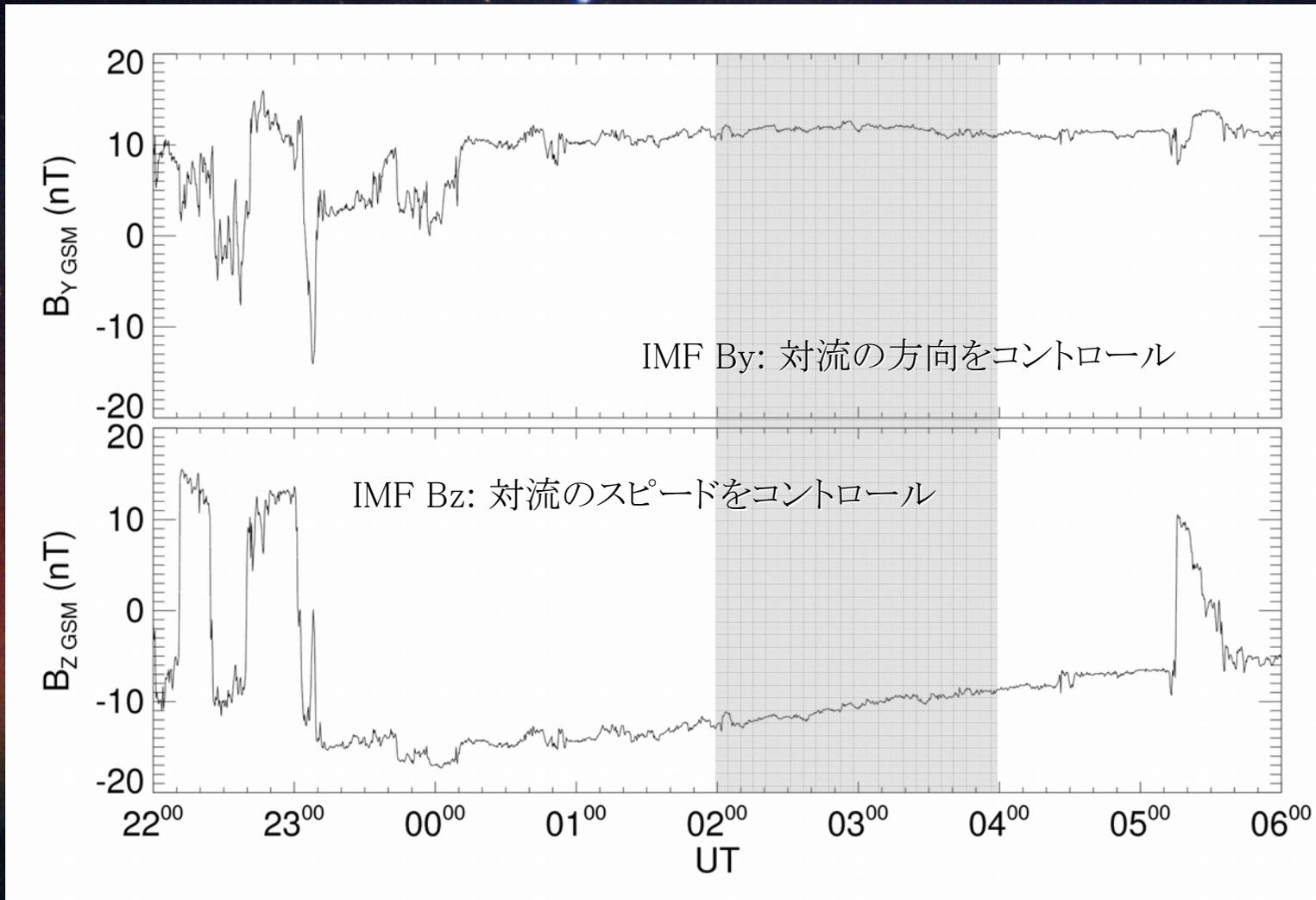
1. 対流スピードの時間変化によって,
 - a. 輸送量が増減し, TOI が断片化.
 - b. 高速流の伴う摩擦加熱が間欠的に起こり, TOI が切断される.
2. 対流方向の時間変化によって TOI の伸びている方向が変わり細切れになる

IMF B_y , B_z の変化に伴って起こる.



何故パッチになっていなかったのか？

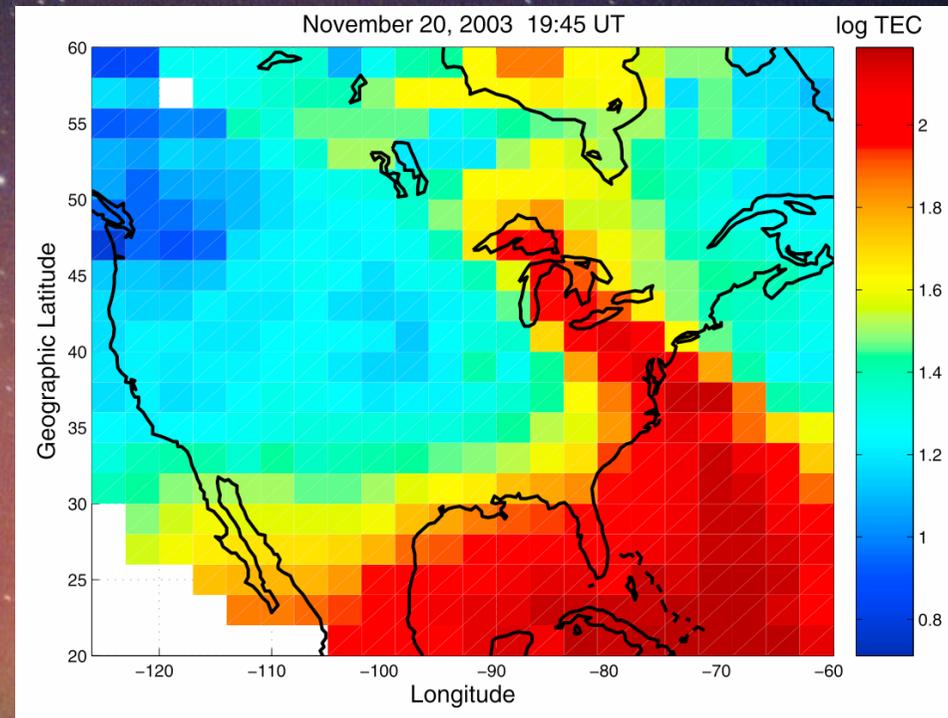
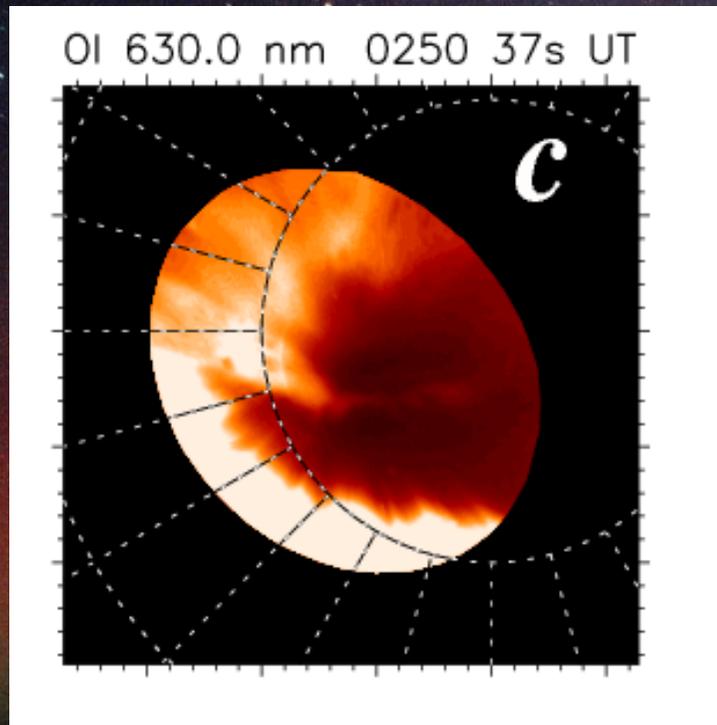
電離圏対流の時間変化を作り出す IMF は、値は大きいですが時間変化が殆ど見られない。



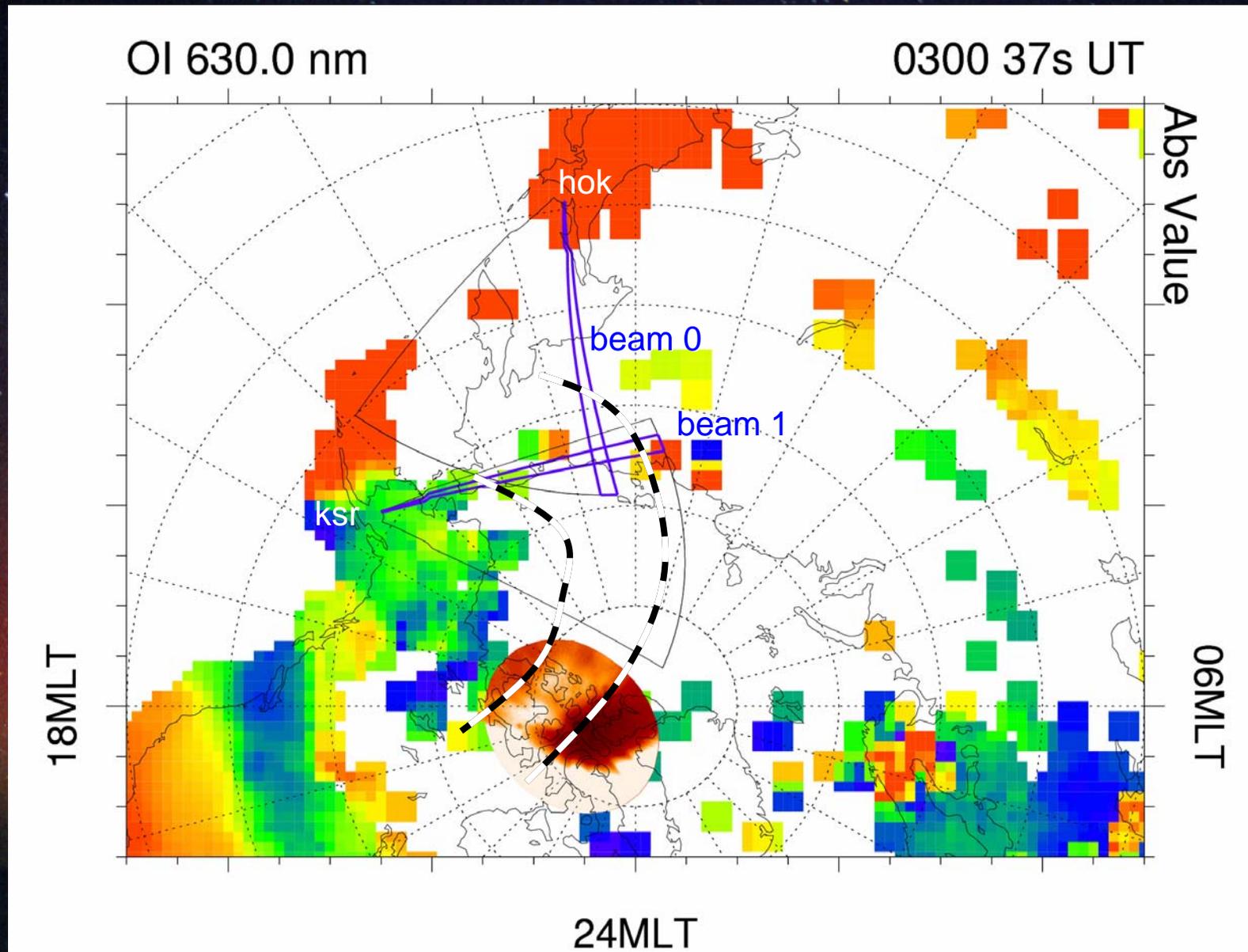
ACE IMF B_y & B_z (30 min time shifted)

疑問その5

TOI にはなんで模様があるの？



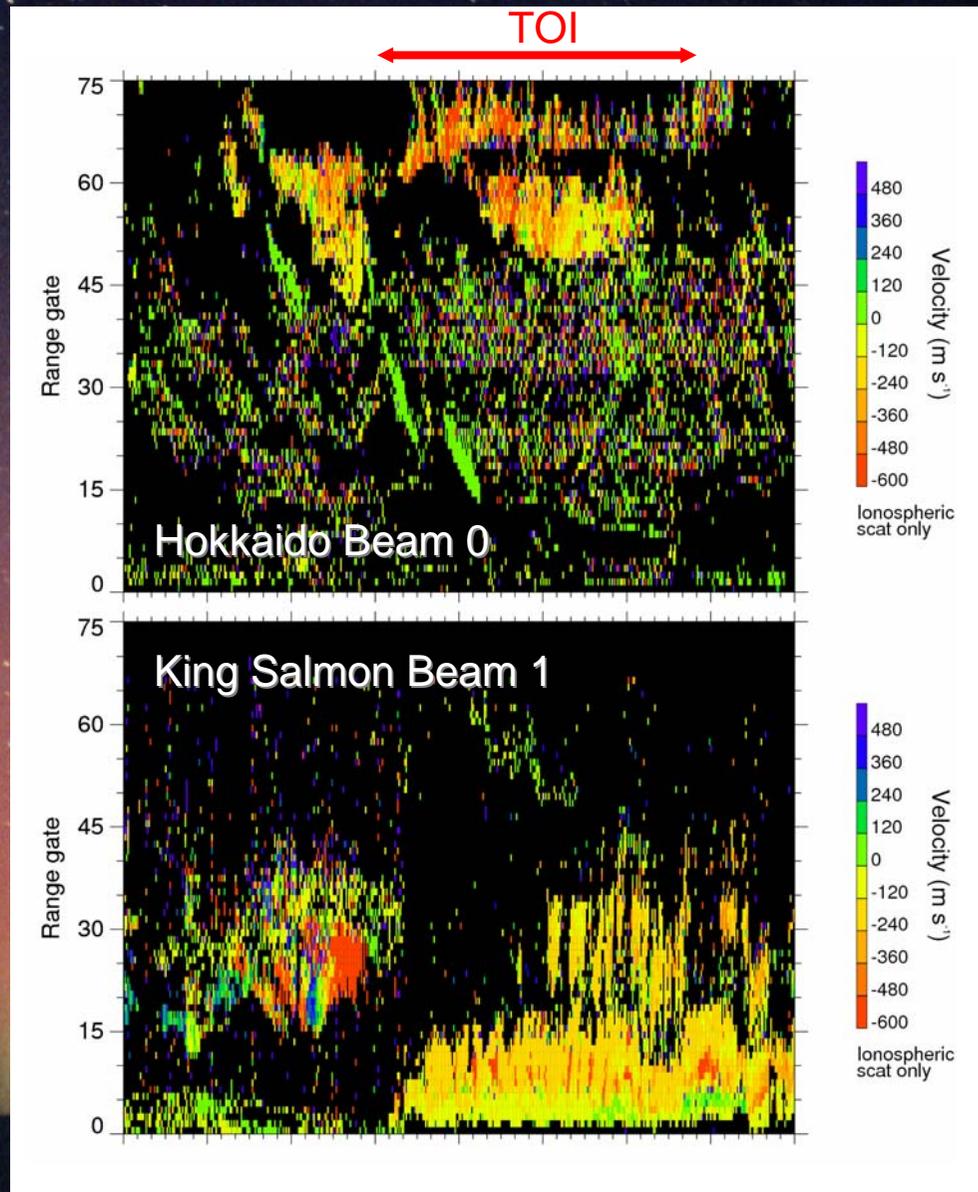
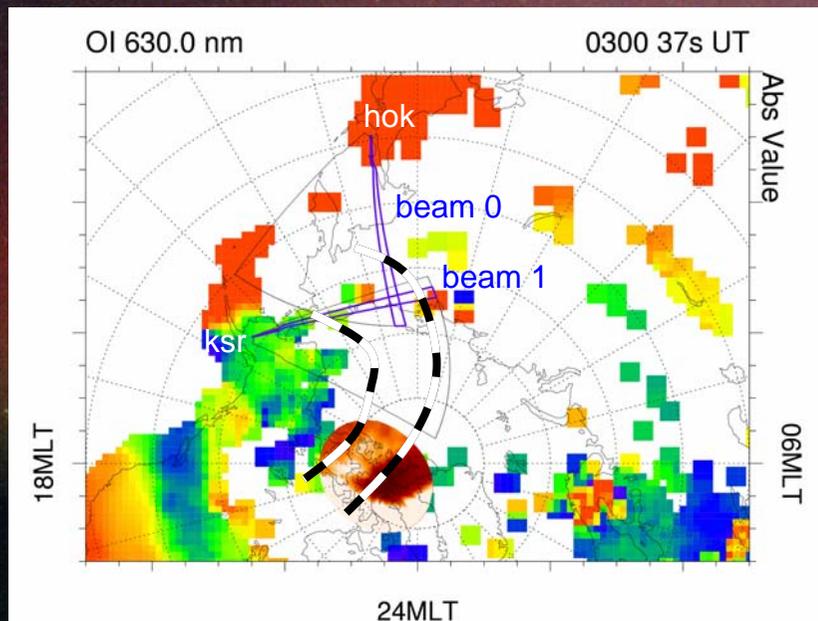
昼側電離圏対流の観測 - 北海道 + K-Salmonレーダー



電離舌内部の微細構造は何故できるのか？

北海道 SD レーダーの極向きビーム

- 1 km s^{-1} 近い極方向の対流
 - 磁気緯度 60 度付近まで
 - ドップラー速度に微細な構造
- Flux Transfer Events (FTEs)?
間欠的リコネクションの兆候?



まとめ

- 2006年12月15日の磁気嵐中に発生した夜側まで伸びる極冠域電離舌を Resolute Bay に設置された全天カメラによって観測した。
- 発光強度は 1 kR 程度であった。これは通常のパッチよりもはるかに大きい。
- 電離舌の内部は一様ではなく、パッチ状の微細構造が連なっていた。
- 電離舌は昼間側日照域から伸び、夜側オーロラ帯まで到達していた。
- 電離舌の幅は、背景の反太陽方向対流の幅よりもはるかに狭いものであった。
- 極冠域が極端に膨張し、昼側の反太陽方向プラズマ流が低緯度まで達していた。
- 中緯度まで達したプラズマ対流が、中緯度の高密度プラズマのプルーム (SED) を取り込んだため、電離舌の輝度が通常のパッチよりもはるかに大きかったと考えられる。
- 電離舌が観測されている期間中、IMF の時間変動が見られなかった。これにより電離舌が完全に断片化してパッチになることなく、夜側まで伸びていたものと考えられる。これは、パッチの形成には、IMF 起源の大規模な対流の時間変化が必要であることを示唆する。
- IMF に変化がないにも係わらず、北海道レーダー・キングサーモンレーダーが観測した反太陽方向プラズマ速度中には、細かな時間変化が存在した。これは、電離舌内部の微細構造が、時間変化する電離圏対流によって作られていることを示唆する。