

2010 年 2 月 大気圏シンポジウム

発表テーマ「極冠域における SED/TOI のアウトフローとしての振る舞いについて」

*北野谷 有吾[1]、阿部 琢美[2]

[1]東京大学大学院理学系研究科

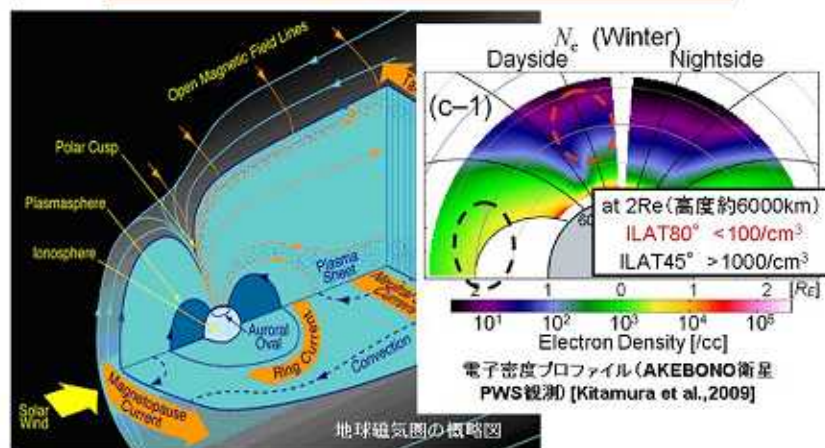
[2]宇宙科学研究本部 (ISAS/JAXA)

極冠域電離圏は磁力線が磁気圏と結合しているため、極冠域のプラズマはリングカレントやプラズマシートといった磁気圏へのプラズマの供給源として考えられている。ゆえに、極冠域電離圏のプラズマ密度の変化は地球磁気圏のプラズマ物理学において重要であると考えられる。

一般的に 1000km 以上の高度では、プラズマ密度は高度とともに減少する。そのため、高高度ではプラズマ密度は低く、特に磁力線が開いている極冠域は、磁力線が閉じている低・中緯度の同じ高度で比較すると、プラズマ密度は非常に小さい。あけぼの衛星の波動観測から高度 2Re で電子密度を比較した場合、ILAT80°では 100/cm³以下に対して、ILAT45°では 1000/cm³以上と 10 倍以上の密度が存在する。

背景1: 極冠域・プラズマ圏のプラズマ密度

・プラズマ密度は高度とともに減少
特に極冠域では高度とともに急激に減少(磁力線が開いているため)
☆極冠域の高高度は非常に低密度



プラズマ密度の小さい極冠域であるが、極冠域の F 層において、地磁気が比較的に荒れている状況下に、SED(Storm Enhanced Density) / TOI(a polar Tongue Of Ionization)と呼ばれるプラズマ圏の比較的に低温プラズマで構成されたプラズマによる局所的なプラズマ密度上昇が GPS 衛星の TEC 観測や DMSP 衛星、地上からのレーダー観測などにより観測されている。

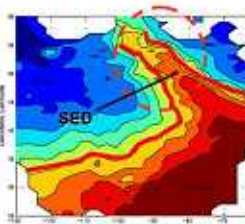
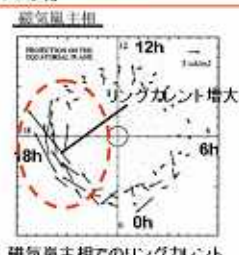
背景2: 極冠域の局所的なプラズマ密度上昇1

地磁気が比較的に荒れている状況下に、極域/極冠域の F 層で局所的なプラズマ密度上昇が観測されている。

GPS衛星TEC観測, DMSP衛星, レーダー観測

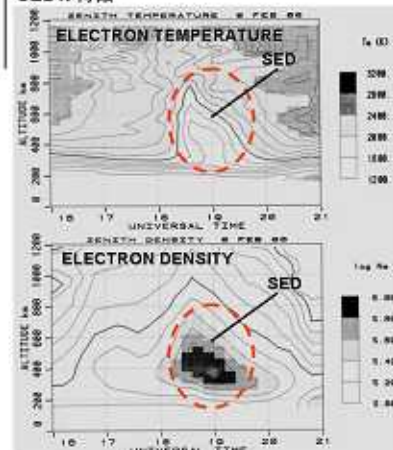
- ・SED (Storm Enhanced Density)
プラズマ圏(夕方側)から極域(カスプ)へのプラズマ輸送
- ・TOI (a polar Tongue Of Ionization)
SEDが反太陽方向の対流により、さらに極冠域に侵入したプラズマの塊

夕方側で増加した電流が電離圏流れる
電離圏で電場が発生し、西向き対流が発生
その対流により、中緯度のプラズマが高緯度に輸送される



背景2: 極冠域の局所的なプラズマ密度上昇1

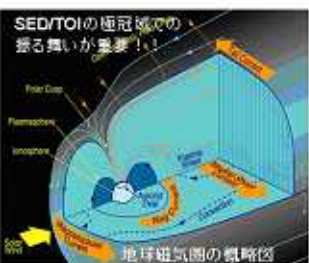
・SEDの特徴



周辺に比べて、
・電子温度: 数100Kほど低温
・電子密度: 1桁密度が大きい

極域に、高密度・低温のプラズマを輸送

極冠域では磁力線が開いている
→磁気圏(プラズマシート・リングカレント)にプラズマを供給
SED→磁気圏にプラズマ供給?

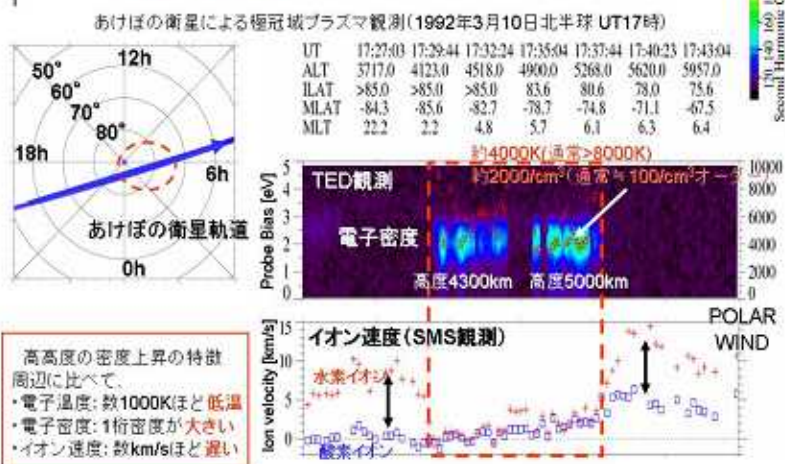


またあけぼの衛星の10年以上の長期にわたる電子密度観測より、極冠域の高高度（高度3000km以上）において、太陽活動が活発な時期かつ比較的地磁気が荒れている状況下で、過去に観測されている電子密度の10倍以上もの密度を持った局所的なプラズマ密度上昇が観測されていることがわかった。またその密度上昇の構成しているプラズマは一般的に考えられている電子温度よりも数千Kも低温であることがわかった。また極冠域のこのような領域では一般的にイオンのアウトフロー（ポーラーウインド）が観測されているが、密度上昇内ではイオン速度は非常に遅い。

上で説明した2つのプラズマ密度上昇は、両方とも地磁気が荒れている状況下で発生し、また周辺に比べて低温・高密度である。このことからあけぼの衛星で観測された極冠域高高度の局所的なプラズマ密度上昇はSED/TOIによるものであると推測される。このことを実証できれば、あけぼの衛星の観測データを使い、極冠域におけるSED/TOIのアウトフローとしての振る舞いについて確認することができる。そこで、2002年2月5日のSEDイベントを用いて、GPS衛星のTEC観測、DMSP衛星による対流観測、SuperDARNによるグローバルな対流観測、そしてあけぼの衛星に極冠域高高度での密度観測、以上の4つの異なる観測を用いて、極冠域の高高度のプラズマ密度上昇がSEDによるものなのかを検証した。

背景3: 極冠域の局所的なプラズマ密度上昇2

・極冠域の高高度(>3000km)において、**太陽活動が活発な時期に**、**稀(全体の約7%)に局所的なプラズマ密度上昇が観測されている**。
[地磁気が**比較的**に荒れている状況下]



SED/TOI(F層)と高高度で観測される密度上昇の関連

共通点: 周辺に比べて、**低温**であり、**高密度**、また地磁気が**比較的**に荒れている時期によく見られる。

・SED = 高高度での密度上昇であれば、AKEBONO衛星で観測しているイオンの速度データを用いて、SEDの極冠域での振る舞いを確認することができる。

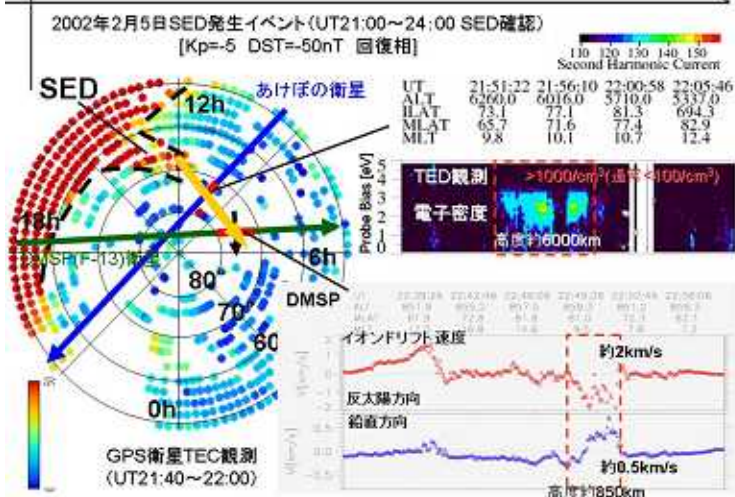
1. あけぼの衛星 TED観測 (高高度でのローカルな電子密度)
2. GPS衛星 TEC観測 (グローバルな電子密度)
3. DMSP衛星 対流観測 (ローカルな極域の対流(低高度))
4. SuperDARN 対流観測 (グローバルな極域の対流)



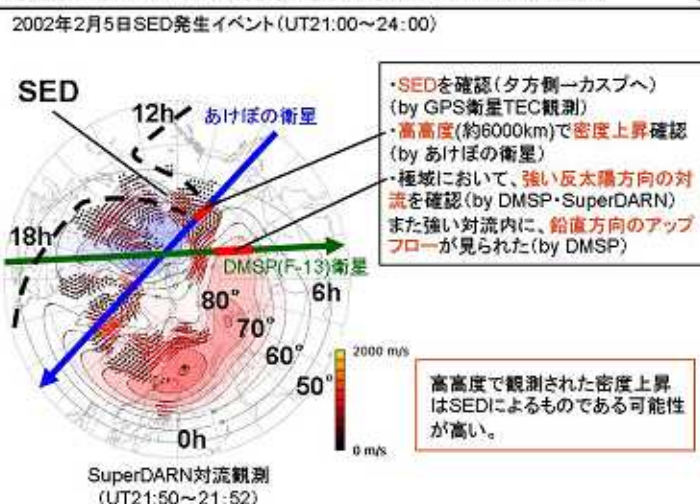
2002年2月5日SED発生イベントを用いて、多方面からの観測による検証

SEDのルートを把握し、高高度でも密度上昇しているか確認

局所的なプラズマ密度上昇の多方向からの観測



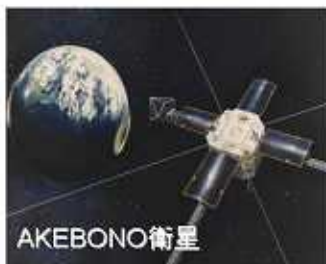
局所的なプラズマ密度上昇の多方向からの観測



4つの異なる観測から、あけぼの衛星で観測された極冠域の高高度における密度上昇はSED/TOIによるものである可能性が高いことがわかった。以下にあけぼの衛星の高高度の密度上昇の統計結果を用いて、SED/TOIについて議論した結果をまとめる。

まとめ・今後

- ・あけぼの衛星で観測された高高度の局所的な低温プラズマによる密度上昇はSEDである可能性が高い。
SEDはF層よりも高高度まで分布している。
- ・SEDはプラズマ圏のような密度プロファイルであると考えられる。
- ・また対流により昼側から夜側に流される際に、圧力勾配により少しずつ拡散している。
- ・カスプ領域、極冠域からSEDが磁気圏にプラズマを供給しているとは考えられない。(従来の考えを否定する結果が得られた。)



AKEBONO衛星



DMSP衛星

・あけぼの衛星・DMSP衛星で得られたSED内のプラズマ密度、鉛直方向の速度からより高高度までのSEDの高度プロファイルを推定する。