

# 3次元数値モデルを用いたスプラディックE層の水平移動方向の 地方時依存性の解析

**研究代表者：安藤 慧 (京都大学大学院 理学研究科)**

## **研究目的：**

本研究の目的は、研究者が独自に開発した電離圏3次元数値モデルを駆使し、スプラディックE層(Es層)の水平移動方向の地方時依存性を、3次元的な観点から明らかにすることである。Es層は高度90-130 km間に生じる高密度のプラズマ層を指す。Es層の水平移動は1900年代中ごろから調査されてきた。しかし、過去の研究から導かれたEs層の水平移動方向の地方時依存性は異なり、それを説明する包括的な物理機構はいまだに存在しない。

Es層の南北伝搬方向は半日周期を有するという報告と、Es層はほぼ南向きへ伝搬するという報告がある。また、Es層はほぼ西向きに伝搬するという報告と、Es層の東西伝搬方向にも半日周期があるという報告がある。これらのEs層水平移動の齟齬は、Es層高度と地方時を考察していない点にある。これは過去の観測で利用された技術ではEs層の高度を決定することが困難なことに起因する。また、過去の観測は1、2次元であり、Es層の時間・空間発展を分離できない。そのため、3次元的なEs層の水平移動の調査が必要となる。

## **研究成果：**

開発した3次元電離圏数値モデルにより、中緯度域/低緯度域電離圏の金属イオン層の水平移動を3次元的な観点から初めて調査した。連続の式に基づいて、Es層の密度変動を3次元方向の圧縮、輸送の影響によるものと分けて調査した。おおよそイオン-中性衝突周波数よりもイオンジャイロ周波数が10倍以上ある高度(約高度110 km以上)では、Es層は鉛直方向の水平風シアが強い領域(高鉛直圧縮領域)と共に移動をしていた。一方で、約高度110 km以下では水平風に流されることでEs層は水平移動をしていた。

次に申請者は高度110 km以下のEs層をDescending Es層(DEs層)とStagnating Es層(SEs層)に大別した。DEs層は鉛直方向の水平風シアの節と共に降下するEs層を、SEs層は鉛直方向の水平風シアの節から外れて目立った降下を示していないEs層を指す。DEs層は鉛直方向の水平風シアの節から徐々に外れることで西向き風の領域に入り、一方でシアを形成する潮汐波の位相の関係から南向きの風領域に存在していた。これを3次元的に描画したのが図1である。DEs層は南西方向に水平移動する傾向がある。一方で、SEs層は約高度100 km付近に停滞することが多く、その場での潮汐波の位相変化によって水平移動方向が変動していた。SEs層は東西、南北方向に潮汐波の位相によっていずれにも伝播しうる。これらのDEs層とSEs層の伝搬方向をまとめ、過去の観測間の不整合は高度を分離できないことにより降下し続けるDEs層と一定高度にとどまり続けるSEs層を識別せずにEs層の水平移動を調査していたことに起因すると申請者は主張した。以上の成果は論文としてまとめてあり、国際雑誌に投稿し、現在査読中である。

(a) Three-dimensional Trajectory of Metal Ions

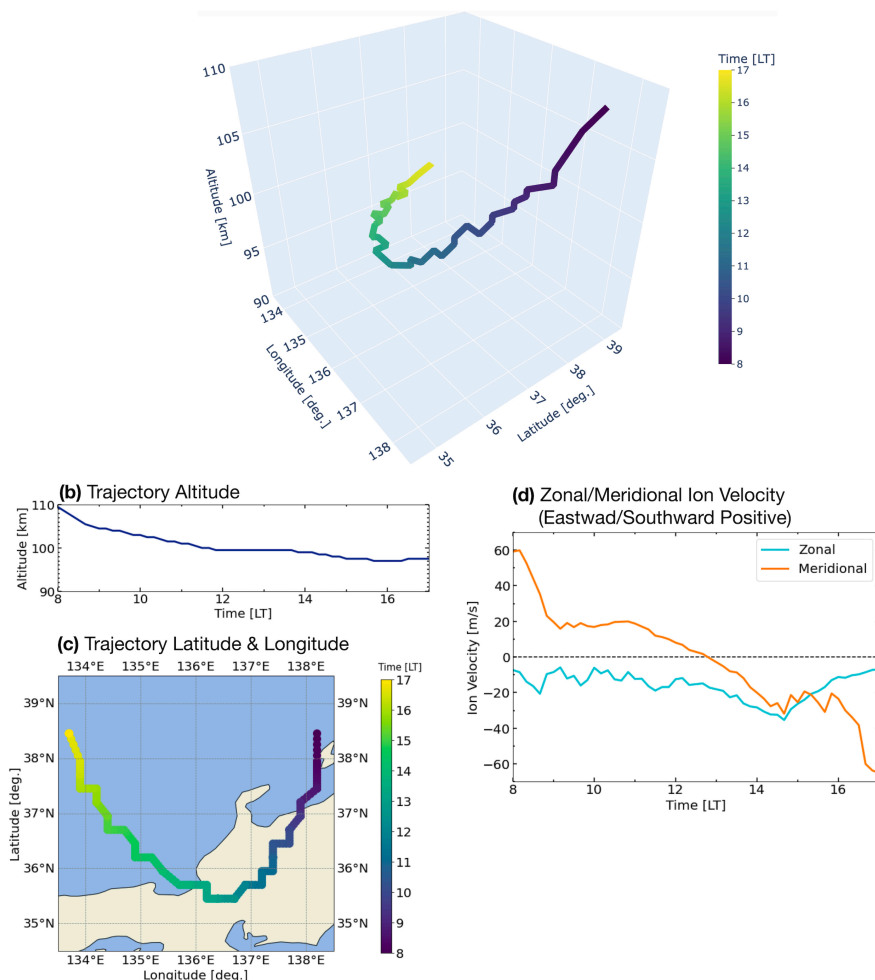


図1: (a) Es層を構成する金属イオンの3次元軌跡の時間変化, (b) 軌跡の高度変化, (c) 軌跡の水平移動, (d) 軌跡上の金属イオンの水平速度

## 成果発表：

[学会・研究集会発表]

[1] "Numerical studies on 3D dynamics of the sporadic E layers at the geomagnetic mid-latitudes", S. Andoh et al., Japan Geoscience Union 2022, online (2022年5月; 口頭; 査読なし; 招待公演).

[2] "3次元シミュレーションによるスプラディックE層の日・季節変動の物理機構の解明", S. Andoh et al., 2021年度(令和3年度)名古屋大学HPC計算科学連携研究プロジェクト成果報告会, オンライン, (2022年7月, ポスター, 査読なし)

[3] "磁気中緯度域Es層の日々変動に対する電場の影響に関する数値実験", S. Andoh et al., 第480回生存圏シンポジウム 中間圏・熱圏・電離圏研究会, 名古屋, (2022年9月, 口頭, 査読なし)

[4] "Generation mechanism for the intra-seasonal enhancements of wintertime sporadic E layers", S. Andoh et al., 地球電磁気・地球惑星圏学会 第152回講演会, 神奈川 (2022年11月; 口頭, 査読なし).