

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

研究代表者：安藤 慧 (京都大学大学院 理学研究科)

研究目的：

本研究では、過去の観測で報告されているスプラディックE層(Es層)発生の季節依存性や地方時依存性を高精度の数値モデルにより再現・検証し、Es層の3次元構造の時間発展の過程、Es層の発生率の地方時依存性/季節依存性の原因を解明することを目的とする。

Es層は金属イオンの高密度層であり、電離圏下部に突発的に生じる。Es層は突発的に構造を変化させることから、予測が困難な現象として知られている。その発生率の地方時依存性、季節依存性、構造の日々変動は、過去の多くの観測により報告されている。特に夏季の東アジア領域でEs層の発生率は高くなることが知られており、その理由として、中性風のシアの強さの季節変化、もしくは、電離圏への隕石による金属原子の供給量の季節変化の二つの可能性が提案されている。加えて、Es層の日々変動、すなわち、1日1日でEs層は異なる構造を示すことは知られていたが、その物理機構は現在まで未解明である。これらの原因として中性大気波動の影響が挙げられているが、具体的にどのような物理過程によって中性大気波動とEs層の時間発展とが関係しあい、Es層の発生率や伝播方向などの地方時依存性を生じさせているかは明らかにされていない。

研究成果：

本年度では、開発した3次元電離圏モデルにより、中緯度域電離圏下部の金属イオン層の3次元的な時間発展を初めて再現することに成功した。過去の観測から、金属イオン層は突発的な密度・構造変動を示すことが知られていたが、その発生機構が理解されてこなかった。申請者はこれらの突発的な密度・構造変動が、金属イオン層を形成する水平風シア自体の複雑な構造が金属イオン層の構造として反映され、さらにその構造が水平風で流されることで従来の観測を説明できることを示した。また、高度110 km以下で1日潮汐波が弱い中緯度域において、高度100 km付近で金属イオン層が鉛直風の影響を受けることを初めて提唱した。この結果をまとめたものは国際学会誌に掲載されている。さらに、3次元電離圏モデルを低緯度域電離圏に適用することで、金属イオン層の実際に観測された日々変動を再現することに成功した。低緯度域電離圏では、中緯度域と異なり、高度110 km以下で1日潮汐波が卓越する。一方で、高度110 km以上においては、中緯度域と同様に、半日潮汐波が卓越する。申請者の開発したモデルは、高度110 km以上で半日潮汐波によって形成される金属イオン層を、高度110 km以下で1日潮汐波によって形成される金属イオン層を再現した。これらの再現された金属イオン層の日々変動を生じさせる物理機構を調べた結果、その日々変動には1日潮汐波よりも半日潮汐波の影響が大きいことを初めて見出した。この結果をまとめたものは国際学会誌に投稿し、現在査読中である。今年度は国内学会において4つ、国際学会において1つの発表を実施し、研究成果の周知に努めた。

それにより、国際学会にて学生優秀賞を受賞した。今後の課題の発展として、低緯度域、中緯度域での金属イオン層の3次元動態の相違や季節依存性に着目した研究を進め、更には、電場が及ぼす金属イオン層への影響を調査していく予定である。

成果発表：

[投稿論文]

[1] **Andoh, S.**, Saito, A., & Shinagawa, H. (2021). Temporal evolution of three-dimensional structures of metal ion layer around Japan simulated by a midlatitude ionospheric model. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029267. <https://doi.org/10.1029/2021JA029267>

[2] Yamazaki, Y., Arras, C., **Andoh, S.**, Miyoshi, Y., Shinagawa, H., Harding, B. J., et al. (2022). Examining the wind shear theory of sporadic E with ICON/MIGHTI winds and COSMIC-2 Radio 2 occultation data. *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL096202. <https://doi.org/10.1029/2021GL096202>

[学会・研究集会発表 (口頭)]

[1] "Temporal evolution of three-dimensional structures of metal ion layer around Japan simulated by mid-latitude ionospheric model", S. Andoh et al., Japan Geoscience Union 2021, online (2021年6月;口頭;査読なし).

[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., 2020年度(令和2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, (2021年7月, ポスター, 査読なし)

[3] "3次元電離圏モデルを用いた中緯度域スプラディックE層の動態と形態の解析", S. Andoh, 宇宙地球惑星科学若手会 夏の学校2021, オンライン, (2021年9月, 口頭, 査読なし)

[4] "Numerical ionospheric simulation on day-to-day variations of the Es layers at Arecibo", S. Andoh et al., 第452回生存圏シンポジウム 中間圏・熱圏・電離圏研究会, オンライン, (2021年9月, 口頭, 査読なし)

[5] "電離圏数値モデルを用いたアレシボ・レーダー周辺におけるsporadic E層の3次元構造の解析", S. Andoh et al., 地球電磁気・地球惑星圏学会 第148回講演会, オンライン(2021年11月;口頭;査読なし).

[その他]

[1] 日本地球惑星科学連合2021年大会 学生優秀発表賞