

## MSTID と Es 層の結合の地方時依存性の統計解析

#渡辺 一唯<sup>1)</sup>, 大塚 雄一<sup>1)</sup>, 新堀 淳樹<sup>1)</sup>, 惣宇利 卓弥<sup>2)</sup>, MAHESWARAN VEERA KUMAR<sup>3)</sup>, 西岡 未知<sup>4)</sup>, PERWITASARI SEPTI<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>名古屋大学宇宙地球環境研究所, <sup>2)</sup>京大 RISH, <sup>3)</sup>SASTRA Deemed University, <sup>4)</sup>情報通信研究機構

## Statistical Analysis of the Local-time Dependence of the Coupling between MSTID and Es-layer

#Kazui Watanabe<sup>1)</sup>, Yuichi Otsuka<sup>1)</sup>, Atsuki Shinbori<sup>1)</sup>, Takuya Sori<sup>2)</sup>, Veera Kumar Maheswaran<sup>3)</sup>, Michi Nishioka<sup>4)</sup>, SEPTI PERWITASARI<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, <sup>2)</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, <sup>3)</sup>SASTRA Deemed University, <sup>4)</sup>National Institute of Information and Communications Technology

Previous studies have suggested that the E and F regions are coupled by electrodynamic forces. In this study, to study the local-time dependence of the coupling between the sporadic-E (Es) layer and Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs), ionosonde data obtained at Wakkanai, Kokubunji, Yamagawa, and Okinawa and Total Electron Content (TEC) data obtained from the Global Positioning System (GPS) receivers in Japan between May and August from 1997 to 2022 were examined.

The perturbation components of TEC due to MSTIDs were obtained by subtracting a one-hour moving average from the original TEC data for each pair of satellite and receiver. MSTID activity was defined as a ratio of  $\delta I / \bar{I} \times 100\%$ , where  $\delta I$  is the standard deviation of TEC perturbations observed in specific regions ranging  $4.05^\circ \times 4.05^\circ$  over each ionosonde in one hour,  $\bar{I}$  is the background TEC observed in the same area and during the same period as  $\delta I$ .

MSTID activities are averaged between 19-02 LT. The correlation coefficients between the daily variations of nighttime MSTID activities and foEs (the critical frequencies of the Es-layer) at each local time for 1 day before and after the MSTID generations from May to August were calculated. The correlation coefficients between MSTID activities and foEs at a period of about 3 hours on 19-02 LT were highly positive. These correlation coefficients became higher with latitudes. This result indicates that the foEs (Es layer) at this period plays an important role in the strength of the coupling and the generation of MSTIDs, and the coupling is stronger with latitudes. The correlation coefficients between MSTID activities and foEs at 09-14 LT were also positive. This trend is evident in the Kokubunji in years of high solar activity. We can speculate that this result shows that the variation of the semidiurnal tides causing the Es-layer is strong in these conditions.

In the above, the correlation between nightly averaged MSTID activities and hourly foEs was examined. Additionally, the correlation between hourly MSTID activities and hourly foEs was also examined. We found that the correlation coefficients between MSTID activities for the period in which the MSTID occurs and foEs for about an hour before and after were highly positive. This finding indicates that One of the Es-layer or MSTID could affect one hour before and after the other. In addition, this time range tends to extend to two hours in years of high solar activity.

これまでの研究で、E 領域と F 領域は電気力学的な力によって結合していることが示唆されている。本研究では、スプラディック E 層 (Es 層) と中規模進行性電離層擾乱 (MSTID) の結合の地方時依存性を調べるために、1997 年から 2022 年までの 5 月から 8 月にかけて、稚内、国分寺、山川、沖縄で得られたイオノゾンデと、日本の全地球測位システム (GPS) 受信機から得られた全電子量 (TEC) のデータを調べた。

MSTID による TEC の擾乱成分は、衛星と受信機のペアごとに、元の TEC データから 1 時間の移動平均を差し引くことで求めた。MSTID 活動度を、 $\delta I / \bar{I} \times 100\%$  の比として定義した。ここで、 $\delta I$  は各イオノゾンデ上空で 1 時間に  $4.05^\circ \times 4.05^\circ$  の範囲で観測された TEC の摂動の標準偏差、 $\bar{I}$  は  $\delta I$  と同じ領域で同じ期間に観測された背景 TEC である。

はじめに、MSTID 活動度を 19-02LT で平均した。5 月から 8 月にかけて、夜間の MSTID 活動度の日々変動と、MSTID 発生前後 1 日の各地方時における foEs (Es 層の臨界周波数) との相関係数を求めた。19-02LT の約 3 時間における MSTID 活動度と foEs の相関係数は高い正の値を示した。これらの相関係数は緯度が高いほど高くなった。この結果は、この時期の foEs (Es 層) が MSTID の発生と結合の強さに対して重要な役割を果たしていることと、緯度が高いほど結合が強いことを示している。また、09-14LT の MSTID 活動度と foEs の相関係数も正であった。この傾向は、太陽活動が高い年の国分寺で顕著である。この結果は、このような条件では Es 層を引き起こす半日潮汐の変動が強いことを示していると考えられる。

上記の研究では、夜間平均の MSTID 活動度と 1 時間毎の foEs の相関を調べた。さらに、1 時間毎の MSTID 活動と 1 時間毎の foEs の相関も調べた。その結果、MSTID が発生した時間帯の MSTID 活動度と、その前後約 1 時間の foEs との相関係数は高い正の値を示した。この結果は、Es 層と MSTID の一方が、もう一方の前後 1 時間に影響を及ぼす可能性があることを示している。また、この時間幅は太陽活動が高い年には 2 時間に及ぶ傾向がある。