

R005-15

Zoom meeting C : 11/1 PM1 (13:45-15:30)

14:30~14:45

機械学習を用いた日本上空の中規模伝搬性電離圏擾乱の統計解析

#劉鵬¹, 横山 竜宏¹, 山本 衛²

(¹ 京大生存研, ² 京大・生存圏研)

Statistical analysis of Medium Scale Traveling Ionospheric Disturbances over Japan based on machine learning

#Peng LIU¹, Tatsuhiro Yokoyama¹, Mamoru Yamamoto²

(¹RISH, Kyoto Univ., ²RISH, Kyoto Univ.)

Medium Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs) are observed as wavelike perturbations of electron density in the ionospheric F region. One typical MSTIDs observation method is detrended Total Electron Content (TEC) map where TEC is calculated by signal transmission delay via GPS ground receiver network. However, there is still no automatic process method for these detrended TEC maps so far which could distinguish MSTIDs from irregular ionospheric disturbances intelligently, leading to controversy for external dependency (e.g. solar activity) and deficiency for overall analysis of long-term MSTIDs characteristics variation. Moreover, previous researches always focus on nighttime MSTIDs because daytime MSTIDs are more difficult to identify. In this work, we propose a cutting edge deep learning instance segmentation model based on Mask R-CNN model to detect wavelike perturbations automatically with the precision of 81%, then by new Filtering Criterion, we eliminate isolated perturbations and only waveforms of MSTIDs are remained to derive instantaneous characteristics (e.g. wavelength), finally by new Matching Criterion, matching waveforms between two consecutive frames are retrieved for derivation of dynamic characteristics (e.g. propagation velocity). With this procedure, we analyze up to 1,209,600 detrended Japanese TEC maps in 1997-2019 automatically and for the first time to figure out instantaneous and dynamic characteristics of daytime and nighttime MSTIDs every 10 minutes, which provides accurate observation data for the verification of MSTIDs generation theory. Our research also reveals the external dependency of instantaneous and dynamic characteristics by monthly and yearly characteristics average in 23 years, especially the seasonal and solar activity composite dependency of nighttime MSTIDs occurrence rate is confirmed, which has been an academic controversy for a long time.

中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTIDs) は、電離圏 F 領域における電子密度の波長数百 km 程度の波状変動である。トレンド除去された TEC マップは典型的な MSTIDs の観測方法の一つであり、GPS 地上受信機ネットワークを介した信号伝搬遅延によって全電子数 (TEC) が計算される。しかし、これらの TEC マップから得られる MSTIDs を不規則な電離層擾乱から知能的に区別できる自動処理方法はまだないため、発生傾向の外部要因に対する依存性 (太陽活動など) や長期的な発生特性については明らかにされていない。さらに、従来の研究では昼間 MSTIDs の同定がより困難であるため、主に夜間 MSTIDs に焦点が当てられてきた。本研究では、Mask R-CNN モデルに基づいて新たな深層学習インスタンスセグメンテーションモデルを構築し、81% の精度で MSTID の波状変動を自動的に検出することに成功した。次に、新しいフィルタリング基準により孤立した不規則な変動を除去し、波状の MSTIDs の波形から静的特性 (波長など) を導出する。最後に、新しいマッチング基準によって二つの連続するフレームの間にマッチングしている二つの波形を検索して、MSTIDs の動的特性 (伝搬速度など) を導出する。この手順により、1997 年から 2019 年まで 1,209,600 枚の日本上空の TEC マップを自動的に分析し、10 分ごとに昼間および夜間の MSTIDs の静的および動的特性を導出し、MSTIDs 生成理論を検証できるデータベースの作成が可能となった。このデータベースから、23 年間の MSTIDs 特性の月平均および年平均変動による MSTIDs 各特性の外部要因に対する依存性を調べ、夜間 MSTIDs 発生率の季節と太陽活動に対する複合的な依存性を確認できた。

