

## 機械学習を用いたイオノグラム画像からのスプレッド F 定量評価手法の提案

#春名 健太郎<sup>1)</sup>, 劉 鵬<sup>1)</sup>, 横山 竜宏<sup>1)</sup>

(<sup>1</sup> 京都大学

## Proposal of a method for quantitative evaluation of spread F from ionogram images using machine learning

#Kentaro Haruna<sup>1)</sup>, Peng LIU<sup>1)</sup>, Tatsuhiko YOKOYAMA<sup>1)</sup>

(<sup>1</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The Earth's ionosphere extends from an altitude of 50 – 60 km to 1,000 km, where atmospheric molecules and atoms of nitrogen and oxygen contained in the Earth's atmosphere are partially ionized by radiation energy such as ultraviolet rays from the sun and exist as plasma. In ionospheric observations, automated scaling of ionograms have advanced, enabling efficient analysis of electron density and reflection frequencies. However, when ionospheric disturbances such as spread F occur, the shape of the ionogram becomes complex, making accurate analysis difficult with conventional automated scaling. Traditionally, the evaluation of spread F has been dependent on researchers' experience. Attempts to automatically detect spread F in ionograms from Shigaraki MU Observatory and Chiang Mai, Thailand, led us to recognize that establishing quantitative criteria for evaluating its presence and severity is essential to improve the accuracy of automated analysis systems. In this study, we propose a method for quantitatively evaluating the degree of spread from ionogram images when spread F occurs. To detect the echo regions corresponding to spread F in the images, we used Mask R-CNN, which excels at object detection. We calculated features such as area, perimeter, shape ratio, point density, and color distribution for each detected region, and combined them to score the degree of spread. The scoring function was constructed based on ionogram images from Shigaraki MU Observatory and Chiang Mai, with the goal of ensuring it can generalize to other observation sites using only a few sample images. The results of applying the proposed method showed that the detection accuracy of spread F using the scoring function was consistent with human visual evaluation, and that it was possible to continuously quantify the degree of spread from mild to severe. This method can be applied to the automation of ionogram analysis and the quantitative evaluation of ionospheric disturbances, and it is expected that its generalization performance will be verified through application to long-term observation data and interregional comparisons in the future.

地球の電離圏は高度 50 – 60 km から 1000 km にわたって存在し、この領域では地球大気に含まれる窒素や酸素の大気分子・原子が太陽からの紫外線などの放射エネルギーによって一部電離し、プラズマとして存在している。電離圏の観測においては、イオノグラムの自動読み取りが進んでおり、電子密度や反射周波数の解析が効率的に行われつつある。しかし、スプレッド F のような電離圏擾乱が発生すると、イオノグラムの形状は複雑化し、従来の自動読み取りでは正確な解析が困難となる。従来、スプレッド F の判定は研究者の経験に依存してきた。信楽およびタイ・チェンマイで観測されたイオノグラムの自動検出を試みた結果、スプレッド F の有無や度合いを定量的に評価する基準の整備が、自動解析システムの精度向上に不可欠であることが認識された。本研究では、スプレッド F 発生時のイオノグラム画像から、スプレッドの度合いを定量評価する手法を提案する。画像中のスプレッド F に対応するエコー領域の検出には、物体検出に優れた Mask R-CNN を用いた。検出領域ごとに面積、周囲長、形状比、点群密度、色分布などの特徴量を算出し、これらを組み合わせてスプレッド度合いをスコア化した。スコアリング関数は、信楽およびチェンマイで観測されたイオノグラム画像をもとに構築し、新たな観測地点に対しても、少数のサンプル画像を用いるだけで適用可能な汎化性の確立を目指した。提案手法を適用した結果、スコアリング関数によるスプレッド F の検出精度は、人間の目視評価と整合性を示し、弱度から強度までのスプレッド度合いを連続的に定量評価できることが示された。本手法は、イオノグラムの解析自動化および電離圏擾乱の定量評価に応用可能であり、今後は長期観測データへの適用や地域間比較による汎化性能の検証が期待される。