

R010-09

A 会場 : 9/24 PM2 (15:45-18:15)

16:30~16:45

地球電離圏 E 層を直接生成する太陽放射波長

#家田 章正¹⁾, 渡邊 恭子²⁾, 北島 慎之典²⁾, 西岡 未知³⁾, 陣 英克³⁾, 堀 智昭¹⁾

(¹ 名大宇宙地球研,² 防衛大,³ 情報通信研究機構)

Solar radiation wavelengths that directly generate the Earth's ionospheric E-layer

#Akimasa Ieda¹⁾, Kyoko Watanabe²⁾, Shinnosuke Kitajima²⁾, Michi Nishioka³⁾, Hidekatsu Jin³⁾, Tomoaki Hori¹⁾

(¹Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ²National Defense Academy of Japan, ³National Institute of Information and Communications Technology)

Solar radiations ionize the Earth's neutral atmosphere to generate the ionosphere. The ionospheric E-layer is characterized by horizontal electric currents, which cause geomagnetic variations and Joule heating. These quantities are often modeled using the maximum electron density of the E-layer. According to Chapman's ionospheric formation theory, this maximum electron density is proportional to the square root of the solar radiation energy flux. The solar radio flux F10.7 (10.7 cm, 2.8 GHz) index has been often utilized as a proxy for solar flux in models of ionosphere, including the model of E-layer maximum electron density. However, this usage of F10.7 may be inappropriate because the E-layer is not generated by the solar radio wave but Lyman β .

In this study, we compared the maximum electron density with solar fluxes, namely, the F10.7 index, Lyman β (103 nm), and Lyman α (122 nm). We used the Lyman α data (daily values) collected by the University of Colorado using multiple satellite observations. We calculated Lyman β flux using an empirical relationship with Lyman α . Hourly values of maximum electron density were obtained from ionosonde observations conducted at Yamagawa station in Kagoshima, Japan, operated by the National Institute of Information and Communications Technology. Data from 1991 to 2023 were used for the analysis.

A least squares fitting to the data gave similar correlation coefficient with the maximum electron density among the three solar flux quantities. However, the fitted lines showed qualitative differences regarding the origin. The line fitted to the Lyman β data passed through near the origin. This result suggested that Lyman β directly controls the Earth's ionospheric E-layer. In contrast, the line fitted to the F10.7 index deviated from the origin. This result implies that the F10.7 index should not be directly used in models associated with E-layer, and its offset needs to be subtracted prior to calculations. This correction presumably improves models of ionospheric conductivity, geomagnetic variations, and Joule heating.

地球電離圏では、E 層に集中した水平電流が、地磁気変動やジュール加熱を引き起こしている。これらの物理量は、E 層の最大電子密度を用いてモデル化される。この最大電子密度は、Chapman の電離層生成理論によると、太陽放射フラックスの平方根に比例する。これまで、太陽放射フラックスとして、太陽電波 F10.7 指数 (10.7 cm, 2.8 GHz) が用いられている。しかし理論的には、最大電子密度を生成しているのは、太陽電波ではなく Lyman β 放射 (103 nm) である。F10.7 指数を用いることの妥当性は明らかでなかった。

本研究では、F10.7・Lyman β ・Lyman α (122 nm) を、E 層最大電子密度と比較した。Lyman α はコロラド大学が複数の衛星観測から作成したデータ (1 日値) を用いた。Lyman β は、Lyman α との経験的な関係式から算出した。最大電子密度は、情報通信研究機構が運営している、鹿児島県山川のイオノゾンの観測 (1 時間値) を用いた。1991 年から 2023 年までのデータを用いた。

最小二乗法によって、太陽放射フラックスと最大電子密度との関係を調べた。Lyman β 放射では、フィットした直線は原点付近を通った。このことは、Lyman β が地球電離圏 E 層を直接支配していることを示唆している。一方、F10.7 指数ではフィットした直線は原点から離れた。従って、F10.7 を E 層に関係したモデルに間接的に用いる場合は、平方根を取る前にオフセットを引くことが必要であると考えられる。この知見を用いることにより、電離圏電気伝導度モデルや地磁気変動モデルの改良が期待できる。