

イオノグラムから電子密度分布の full wave 計算による推定手法

深見 哲男 [1]; 長野 勇 [2]; 東 亮一 [1]
[1] 石川高専; [2] 金沢大

Estimated technique of electron density profile from ionogram using the full wave calculation

Tetsuo Fukami[1]; Isamu Nagano[2]; Ryoichi Higashi[1]
[1] NIT Ishikawa Col.; [2] Kanazawa Univ.

It is difficult to investigate the lower ionosphere directly as the altitude is lower than satellite orbit. Ionograms are effective data to know the lower ionospheric conditions from the ground. The ionogram is made by pulse wave intensities of the ionosonde and shows frequency characteristics of the virtual height h' calculated by time delay of the pulse wave received after traveling in the ionosphere. So, the ionograms have information of both virtual heights and reflection coefficients on observation frequencies. With the textbook, only the virtual height h' derived by the ray theory is considered in relation to the electron density profile [1]. We suggest a method that estimate the virtual height from the electron density profile and the collision profile by the full wave calculation [2]. Our method can simultaneously obtain the reflection coefficients. We checked the availability of our method from the simultaneous experiment of the rocket and the ionogram at Kagoshima Space Center [3].

On the other hand, The International Reference Ionosphere (IRI) can give the electron density profile at latitude, longitude and time [4]. We investigated difference between measured ionogram at the Kokubunji site [5] and theoretical ionogram calculated by the IRI profile for one example [6]. The theoretical h' values of the E and F2 layer is nearly agreement with the observed h' values, but the theoretical h' values of the F1 layer is not agreement.

In this presentation, we show estimated technique of the electron density profile from ionogram using the full wave calculation for this example.

[1] Budden, K. G.: The propagation of radio waves, Cambridge Univ. Press (1985).

[2] Fukami, T., I. Nagano and J. MacDougall: Proc. of ISAP 1996, 685-688 (1996).

[3] Fukami, T., I. Nagano and R. Higashi: Proc. of PIERS 2018 in Toyama, pp.2129-2133 (2018).

[4] International Reference Ionosphere 2016, <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016-vitmo.php>

[5] Ionospheric Sounding Data in JAPAN, <http://wdc.nict.go.jp/ISDJ/ionospheric-signal.html>

[6] Fukami, T., I. Nagano and R. Higashi: SGEPPS 144 in Nagoya, R005-P23 (2018).

衛星の高度より低い下部電離層は、直接探査が困難な領域であるが、HF 周波数帯以下を反射する重要な役割を持っている。イオノグラムは、イオノゾンデによって下部電離層を地上から定常観測する有効な資料である。イオノグラムは、周波数毎のパルス電波の見掛け高さ (h') と反射強度を測定した図である。教科書では ray theory によって得られた見掛け高さだけを使って電子密度分布との関係が検討されている [1]。我々は、電子密度分布と衝突回数分布を与えれば full wave 計算法を用いて見掛け高さ (h') を算出する理論計算法を提案した [2]。この方法では、同時に反射強度も見積もることができる。そして、見掛け高さの有効性をイオノグラムとロケットによる同時実験で確かめた [3]。

他方、IRI モデルは、希望場所と時間の電子密度分布を与える [4]。ただし、IRI 電子密度モデルには、Es 層はない。我々は、情報通信研究機構の電磁波研究所が行っている国分寺の測定イオノグラム [5] と IRI 電子密度モデルによる理論イオノグラムを、2017年5月20日 15:00LT の例に関して比較調査した。その結果、E 層と F2 層では、ほぼ合っているが、F1 層付近では、合っていなかった [6]。

本報告では、この例で反射強度も考慮しながら IRI 電子密度モデルをもとにして、イオノグラム測定値に合うような電子密度分布を推定した。その手順を含めて発表する。