

長期 EISCAT データを用いた電離圏トラフの様々な時間スケールの統計的研究

石田 哲朗 [1]; 小川 泰信 [2]; 門倉 昭 [2]
[1] 総研大・極域科学; [2] 極地研

Multi-timescale statistical analysis of ionospheric trough with long-term EISCAT dataset

Tetsuro Ishida[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Akira Kadokura[2]
[1] Polar Science, SOKENDAI; [2] NIPR

In this study, we investigated characteristic change of plasma parameters (e.g., electron density, ion/electron temperature and ion velocity) inside/outside F-region ionospheric trough, which depends on the solar activity, season or geomagnetic activity. The study is based on statistical analysis using data from the European Incoherent Scatter (EISCAT) CP-3 database between 1982 and 2011. The CP-3 data are suitable for investigation of the basic characteristics of the trough because they have a wide field-of-view (FOV) in latitudinal direction.

Ionospheric trough is a persistent longitudinal structure of electron density depletion, which extends around night-side ionosphere. It is regarded that the rapid change of refractive index over the trough boundary influences HF radio propagation. During magnetic storm time, small-scale structures or irregularities in the electron density/electric field often appear within the trough. Such structures and irregularities could affect positioning accuracy of GNSS-based navigation systems. In addition, it has been reported that HF radio propagation is influenced by irregularities located in the trough region, which occurs more often at sunspot maximum than at sunspot minimum.

To date there are two prominent types of ionospheric trough. First type of trough is not accompanied with ionospheric heating, which includes subauroral trough (also called as the main ionospheric trough or mid-latitude trough) and polar hole. This kind of trough is generated by a simple recombination in the night-side. Second type of trough is caused by various heating mechanisms. Auroral trough (also called as high-latitude trough) and subauroral polarization stream (SAPS) driven trough are categorized in this group. Its principal loss mechanism is that the frictional heating enhances ion-atom interchange collisions and subsequent dissociative recombination. However it remains unclear the significance of physical and chemical processes involved in the formation of the trough because most of past publications were based upon event studies and statistical analysis using small dataset. Hence, it is necessary for the trough research to distinguish several ionospheric conditions. By the multi-timescale statistical analysis, we have obtained the following results so far.

1. There is little variation in the mid-latitude trough location with increasing F10.7, while exhibited moving equatorward increasing Kp.

2. The occurrence distribution of trough shows a clear seasonal dependence. It occurs different time and latitude by seasons. The seasonal differences in quiet condition are following.

A) During the winter, trough occurs in the entire MLT-sector, which is above 66 degrees in the dayside and below 66 degrees in the night-side.

B) During the equinoxes, trough occurs in 18-06 MLT-sector, which is above 66 degrees in the dayside and below 66 degrees in the night-side.

C) During the summer, trough occurs in 23-05 MLT-sector. Its site of occurrence is separately distributed both above 66 degrees and below 66 degrees.

3. High latitude trough above invariant latitudes of about 66 degrees is accompanied by high ion-temperature regions associated with large convection velocities. Its occurrence rate is high in the region.

4. The daytime occurrence rate is high in the high ion-temperature regions associated with large convection velocities, which is around 500 [K] higher than the surrounding ionosphere.

In this paper, we report these results and discuss plausible reasons why the characteristics are seen inside/outside the trough region.

本研究では、北極域電離圏のオーロラ帯/サブオーロラ帯トラフ（以降、トラフと略称する）の基本構造を明らかにすることを目的として、European Incoherent Scatter (EISCAT) データベースを使用した長期間の統計解析を実施した。

トラフは電離圏の電子密度が急激に減少する領域を指し、昼側から夜側にかけて経度方向に沿った馬蹄状の空間構造を有する。トラフ境界の急激な屈折率の変化が HF 帯の電波伝搬に影響を与え、さらに GPS 衛星の測位精度にも影響を与えることが知られている。また、この様な電波通信への影響は、磁気嵐などの急激な電離圏環境の変化や、太陽活動度の長い時間スケールによっても変化することが分かりつつある。したがって、本研究を通して得られる知見は、電離圏分野に留まらず情報通信分野にも貢献することが期待される。

トラフの形成プロセスは、電離圏の加熱を伴わないプロセスと加熱を伴うプロセスの2つに分けることができる。前者の加熱を伴わないトラフには、サブオーロラ帯トラフ（またはメイントラフ、中緯度トラフと呼ばれる）とポーラーホールが含まれる。これらは電離圏対流が弱まり、夜側で電子密度が過剰に再結合して形成すると考えられている。一方、後者の加熱を伴うトラフは電離圏の様々な加熱現象がイオン-原子交換反応を促進し、その結果、解離再結合反応を介してトラフが生じると考えられている。オーロラ帯トラフ（または高緯度トラフと呼ばれる）や Subauroral Polarization Stream (SAPS) に起因するトラフなどは、この加熱を伴うトラフに含まれる。しかし、様々な物理・化学過程によりト

ラフの特徴は変化するため、これまでのイベント解析や短期間の統計解析では、トラフの基本構造に影響を与える物理プロセスの中、何が支配的なものか精査することは困難であった。この精査には長期間の統計解析が効果的と考えている。そこで本件研究では、国立極地研究所に整備された30年間（1982年~2011年）のEISCAT磁気子午面スキャンデータベースを利用して、これまで成し得なかった大規模な統計解析を実施することにより、様々な時間スケールでトラフの空間構造がどのように変動するかを調査している。これまでに得られたトラフの特徴は以下の通りである。

1. トラフの位置は太陽活動度にはほとんど依存せず、地磁気活動度に依存して低緯度にシフトする。
 2. トラフの発生頻度分布に季節依存性があり、季節毎に発生する時間帯や緯度が異なる。地磁気静穏時（ $K_p=0-2$ ）の発生頻度分布では、
 - A) 冬季は、昼側で66度以上、夜側で66度以下の全MLT帯で発生頻度が高い。
 - B) 春季・秋季は、昼側で66度以上、夜側で66度以下の18MLT-06MLTで発生頻度が高い。
 - C) 夏季は、23MLT-05MLTの66度以上と66度以下の2か所で発生頻度が高い。
 3. どの季節にも共通して、磁気緯度66度以上の領域で周囲よりもイオン温度が高い領域があり、その場所でも対流速度も増加している（時間帯は季節毎に異なる）。また、その場所ではトラフの発生頻度も周囲より高い。
 4. 日照域では、日陰領域のトラフ領域よりも対流速度が増加し、周囲よりもイオン温度が約500 [K] 上昇している場合にトラフが発生している。
- 本発表では、これらの結果を報告すると共に、トラフ形成に関わる支配的な物理プロセスを議論する予定である。