

HF ドップラー観測と TEC データを用いた 2022 年台風 14 号 (NANMADOL) 接近・通過に伴う電離圏擾乱の解析

#榎本 陸登¹⁾, 中田 裕之²⁾, 細川 敬祐³⁾, 大矢 浩代⁴⁾

(¹⁾ 千葉大, (²⁾ 千葉大・工, (³⁾ 電通大, (⁴⁾ 千葉大・工・電気)

Analysis of Ionospheric Disturbances Associated with Typhoon NANMADOL Using HF Doppler Observations and TEC Data

#Rikuto Enomoto¹⁾, Hiroyuki Nakata²⁾, Keisuke Hosokawa³⁾, Hiroyo Ohya⁴⁾

(¹Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, (²Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, (³Graduate School of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, (⁴Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

In recent years, the analysis of ionospheric disturbances associated with typhoons has been advanced by the use of TEC data, and large-scale variations with a period of several ten minutes have been reported (Chou et al., 2017; Song et al., 2019; Wen et al., 2020; Song et al., 2022). However, the ionospheric disturbances of a few seconds to a few minutes have not yet been sufficiently reported. Further analysis of these disturbances would be very important for quantifying the coupling between the ionosphere and the lower atmosphere. In this study, we have analyzed ionospheric disturbances associated with the approaching and passage of Typhoon NANMADOL in 2022 using the HF Doppler sounding system and TEC provided by Softbank Corporation. HF radio waves are usually reflected in the F region of the ionosphere. The reflection height of the radio waves is determined by the vertical profiles of ionospheric electron density. HF Doppler (HFD) sounding system can capture the temporal variations of reflected altitudes as Doppler frequency (Nakata et al., 2021). The temporal resolution of the HFD soundings is 5-10 seconds, which is relatively high compared to other ionospheric observation systems. Ionospheric disturbances associated with typhoons with a period of a few minutes to several tens of minutes have been reported in several cases by this system (Okuzawa et al., 1986; Chum et al., 2018). In addition to the HFD soundings, we used GNSS-TEC data every second obtained by the base stations of Softbank. This makes it possible to observe variations in several tens mHz. There are many reports related to ionospheric disturbances associated with typhoons due to gravity wave modes, whose frequencies correspond to a few mHz. In this study, we analyzed not only the ionospheric disturbances due to the gravity wave mode but those due to the acoustic wave mode, whose frequencies correspond to several tens mHz. Typhoon Nanmadol in 2022 made landfall in Kagoshima Prefecture on September 18, 2022. In this study, we analyzed Doppler shifts acquired at Sugadaira and Iitate observatories using 6055 kHz radio waves transmitted from the Nagara Transmitter operated by the Nikkei Radio. The data period was from 0:00 to 9:00 UT (9:00 to 18:00 JST) from September 17 to 21. Typhoon Nanmadol was closest to the observatories on September 19 to 20. On both days, the Doppler shift variations were more intense than the often days. Then, frequency analysis of the HFD data was utilized, and the intensity of variations for gravity wave mode and acoustic wave mode was analyzed. The intensity of the variation in each mode reached its maximum on different days. As for the gravity wave mode, the intensity mainly depends on the typhoon's power. On the other hand, as for the acoustic wave mode, the distance from the typhoon was also effective. The HFD soundings observe ionospheric variations at an altitude of about 200 km during the daytime, while the TEC data can capture variations at higher altitudes. The dense TEC data provided by SOFTBANK Corp. is a high temporal resolution (1 second). Therefore, it is possible to quantitatively evaluate the ionospheric disturbances depending on typhoons' power and the distances from the observing points. In the presentation, we will report the analysis results of TEC variations associated with Typhoon Nanmadol.

The SoftBank's GNSS observation data used in this study was provided by SoftBank Corp. and ALES Corp. through the framework of the "Consortium to utilize the SoftBank original reference sites for Earth and Space Science".

台風に伴う電離圏擾乱の解析は近年、TEC データを用いることで約数 10 分周期の大きい変動が報告されるようになった (Chou et al., 2017; Song et al., 2019; Wen et al., 2020; Song et al., 2022)。しかし、時間分解能の高い観測が十分でなかったため、台風に伴って発生する数秒から数分周期の電離圏変動の解析は未だ十分に行われていない。これらの解析を進めることは、電離圏と下層大気のカップリングを定量化する上で非常に重要であると考えられる。本研究では、2022 年台風 14 号 (アジア名: NANMADOL) 接近から通過に伴う電離圏変動について HF ドップラー観測とソフトバンク株式会社の提供する TEC を用いて解析を行った。通常 HF 帯電波は、F 領域電離圏で反射する。HF ドップラー (HFD) 観測システムでは、この性質を利用することで反射高度の時間変化をドップラー周波数として捉えることが可能である (Nakata et al., 2021)。今回用いる観測システムの時間分解能は 5 - 10 秒程度であり、他の電離圏観測システムとしてもかなり高い。数分から数 10 分の台風に伴う電離圏擾乱は本システムでも過去に数例観測されている (Okuzawa et al., 1986; Chum et al., 2018)。今回、HFD 観測に加えて、ソフトバンク社の提供する 1 秒値 GNSS-TEC データを利用した。このことにより、数 10mHz の帯域の変動を観測することが可能となる。台風に伴う変動については、これまでも大気重力波による変動が報告されてきているが、これは数 mHz の変動である。今回は HFD データおよび TEC データを用いて、大気重力波による変動だけでなく、数 10mHz に相当する音波モードの変動についても解析を進めた。2022 年

台風 14 号は、2022 年 9 月 14 日に日本の南海上で発生し、9 月 18 日に非常に強い勢力で鹿児島県に上陸した。今回、菅平・飯館の両観測点において、日経ラジオ社長柄送信所から送信された 6055kHz の電波により取得されたドップラーシフトの解析を行った。データの期間は、9 月 17 日～21 日の 0:00～9:00UT (9:00～18:00JST) である。台風 14 号は、19～20 日にかけて菅平・飯館観測点に最も接近したが、この両日にドップラーシフトの変動が激しくなっており、変動強度の上昇がみられた。そこで、HFD データに対して周波数解析を行い、大気重力波モードと音波モードについてそれぞれのモードの変動強度解析を行ったところ、変動強度のピークには時間差が見られた。大気重力波モードは台風の発達に伴う変動強度の変化が見られたが、音波モードは台風との距離の影響が非常に強いことが明らかとなった。HFD データでは、日中では高度約 200km での変動をとらえているが、TEC データでは、より高高度での変動をとらえることが可能である。ソフトバンク株式会社の提供する TEC データは、非常に稠密で 1 秒という高分解能のデータであることから、台風の発達や観測点との距離による電離圏擾乱の変動の特徴を定量的に評価できると考えている。本発表では、このデータを使用した台風 14 号に伴う TEC 変動の解析結果について報告をおこなう予定である。

本研究で使用了ソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは、「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より提供を受けたものを使用しました。