

ハワイの大気光画像中に見られる中間圏・電離圏波動の水平位相速度・パワースペクトル密度分布の統計解析及びイベント解析

内藤 豪人 [1]; 塩川 和夫 [1]; 大塚 雄一 [1]; 坂野井 健 [2]; 齊藤 昭則 [3]; 中村 卓司 [4]
[1] 名大宇地研; [2] 東北大・理; [3] 京都大・理・地球物理; [4] 極地研

The horizontal phase velocity and PSD distribution of mesospheric and ionospheric waves observed in airglow images in Hawaii

Hideto Naito[1]; Kazuo Shiokawa[1]; Yuichi Otsuka[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Akinori Saito[3]; Takuji Nakamura[4]
[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [4] NIPR

Atmospheric gravity waves (AGWs) and medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) are important wave phenomena in the upper atmosphere, since they can control global dynamics of the atmosphere and affect GNSS positioning. Matsuda et al. [JGR, 2014] proposed a method of deriving the horizontal phase velocity and propagation direction of the power spectral density of waves found in images using three-dimensional fast Fourier transform. However, there has been no report to apply this method to airglow images obtained at low latitudes near the equator. In this study, we applied the analysis method of Matsuda et al. [2014] to airglow images obtained at wavelengths of 557.7 nm and 630.0 nm during the three years from 2013 to 2016 at Haleakala (20.7°N, 203.7°E) in Hawaii. We clarified the statistical features of AGWs and MSTIDs near the equator, and compared them with features seen in Japan reported by Takeo et al. [JGR, 2017] and Tsuchiya et al. [JGR, 2018], where the latitude, longitude and orography are greatly different those of Hawaii.

The three-year average of the phase velocity spectra of AGWs observed in airglow images at wavelength of 557.7 nm shows that there was no difference in the zonal propagation between summer and winter. In Japan, however, it is known that the propagation direction is eastward in summer and westward in winter. We reported this result in JpGU2019 and discussed this difference due to latitudinal variation of mesospheric jet wind which controls AGW propagation through wind filtering effect.

The MSTIDs observed in airglow images at a wavelength of 630.0 nm shows that the power spectral density (PSD) was strongest and the waves propagate mainly in the east-west direction in winter. To explain this seasonal variation in power spectral density, we calculated maximum linear growth rate of Perkins instability [Perkins, JGR, 1973] with considering the effect of seasonal variation of thermospheric neutral wind in Haleakala and its magnetic conjugate point, as was done by Duly et al. [AnnGeo, 2013]. We found that the seasonal variation of PSD cannot be explained by the neutral wind. This seems to be consistent with the previous suggestion by Yokoyama et al. [JGR, 2009] and Narayanan et al. [JGR, 2018] that the sporadic E layer is more important to produce nighttime MSTIDs at middle latitudes. Regarding the east-west propagation of MSTIDs in winter, we made detailed event study using zonal keogram, and found that there is no plasma bubble mixed in the eastward propagation and the observed waves has larger wavelengths and less continuity compared with MSTIDs observed in Japan.

超高層大気の変動現象である大気重力波や伝搬性電離圏擾乱は、大気グローバルな循環や衛星測位に大きな影響を与えることが知られている。夜間大気光の撮像を通して、これらの波動を可視化することができる。Matsuda et al. [JGR, 2014] は、3次元高速フーリエ変換を用いて大気光画像中に見られる波のパワースペクトル密度の水平位相速度分布の導出手法を提案した。しかし、この手法を赤道近くで得られた大気光画像の解析に用いた例はない。本研究では、ハワイのハレアカラ観測点(20.7°N, 203.7°E)で2013年から2016年の3年間に得られた波長557.7 nmと630.0 nmの大気光画像にMatsuda et al. [JGR, 2014]の解析方法を適用し、この赤道近くの低緯度域での大気重力波とMSTIDの統計的な特徴を明らかにするとともに、日本で見られた同種の波動の統計的特徴[Takeo et al., JGR, 2017; Tsuchiya et al., JGR, 2018]との比較を行った。

3年間の位相速度スペクトルの平均から、波長557.7 nmの大気光画像に見られた大気重力波において、夏と冬の比較で東西方向の伝搬に違いは見られなかった。しかし、信楽や陸別では、夏に東、冬に西と伝搬方向が反対になることが分かっている。これについては本年5月に開催されたJpGU2019において、中間圏ジェット気流によるウインドフィルタリング効果によるものだと考えられることを発表した。

波長630.0 nmの大気光画像に見られたMSTIDにおいては、パワースペクトル密度に関しては冬が最も強く、主に東西方向に波が伝搬していた。このパワースペクトル密度の季節ごとの違いについて、Duly et al. [AnnGeo, 2013]の手法を参考にして、ハレアカラとその磁気共役点に対し、パーキンス不安定の最大成長率の式の中性風の項を各日・時間ごとで計算し、パワースペクトル密度分布の季節変化は中性風の季節変化だけでは説明できないことが分かった。これはMSTIDの生成がパーキンス不安定だけでなくスプラディックE層の存在に大きく影響される、というこれまでの研究成果と一致する[Yokoyama et al., JGR, 2009; Narayanan et al., JGR, 2018]。また冬に見られた東西方向の伝搬について、東西方向のケオグラムを作ることでイベントごとに詳細に解析した結果、東方向の伝搬にプラズマバブルが混在していないこと、見られたMSTIDは日本で観測されるものと比較すると波長が大きく、2-3パルスのみで波の連続性があまり見られないことが分かった。