

地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について

新堀 淳樹 [1]; 小山 幸伸 [2]; 能勢 正仁 [3]; 堀 智昭 [4]; 大塚 雄一 [5]; 谷田貝 亜紀代 [1]
[1] 京大・生存研; [2] 京大・理・地磁気センター
; [3] 京大・理 地磁気センター; [4] 名大 STE 研; [5] 名大 STE 研

Long-term variation in the upper atmosphere as seen in the geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation

Atsuki Shinbori[1]; Yukinobu KOYAMA[2]; Masahito Nose[3]; Tomoaki Hori[4]; Yuichi Otsuka[5]; Akiyo Yatagai[1]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] WDC for Geomag, Kyoto, Kyoto Univ.; [3] DACGSM, Kyoto Univ.; [4] STE lab., Nagoya Univ.;
[5] STEL, Nagoya Univ.

It has been well-known that geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation is produced by the global ionospheric currents flowing in the E-region from middle latitudes to the magnetic equator. These currents are generated by dynamo process via interaction between the neutral wind and ionospheric plasma in a region of the lower thermosphere and ionosphere. The motion of the neutral particles is driven by heat convection due to solar irradiance and by tidal force of the sun and moon. From the Ohm's equation, the ionospheric currents strongly depend on ionospheric conductivity, polarization electric field and neutral wind. Then, to investigate the Sq amplitude is essential for understanding the long-term variations in the ionospheric conductivity and neutral wind of the lower thermosphere and ionosphere. Recently, Elias et al. [2010] reported that the Sq amplitude tends to increase by 5.4-9.9 % in the middle latitudes in a period of 1961-2001. They mentioned that the long-term variation of ionospheric conductivity associated with geomagnetic secular variation mainly determines the Sq trend, but that the rest component is due to ionospheric conductivity enhancement associated with cooling effect in the thermosphere due to increasing greenhouse gas. In the present study, we try to clarify the characteristics of the long-term variation in the Sq amplitude using the long-term observation data of geomagnetic field and neutral wind. These observation data have been provided by universities and institutes participating in the IUGONET (Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork) project which started in FY 2009. In the present analysis, we used the F10.7 solar flux as a good indicator of the variation in the solar irradiance in the EUV and UV range as well as geomagnetic field data with time resolution of 1 hour observed at 184 geomagnetic stations. The definition of the Sq amplitude is the difference of the H-component between the maximum and minimum every day when the Kp index is less than 4. As a result, the long-term variation in the Sq amplitude at all the geomagnetic stations shows a strong correlation with the solar F10.7 flux which depends on 11-year solar activity. The relationship between the Sq amplitude and F10.7 flux was not linear but nonlinear. This nonlinearity could be interpreted as the decrease of production rate of electrons and ions in the ionosphere for the strong EUV and UV fluxes as already reported by Balan et al. [1993]. In order to minimize the solar activity dependence on the Sq amplitude, we calculated second orders of fitting curve between the F10.7 flux and Sq amplitude during 1950-2011, and examined the residual Sq amplitude defined as the deviation from the fitting curve. The residual Sq amplitude clearly shows increase and decrease trends with the periods of 20 years. It should be noted that the residual Sq amplitude around 2010 is almost the same level as that around 1970. On the other hand, the similar tendency can be seen in the diurnal variation of geomagnetic field in the auroral zone and polar cap (Sq_p field) driven by the twin vortex of ionospheric currents associated with energy inputs from the solar wind into the ionosphere. Then, it seems that the trends in the residual Sq and Sq_p fields are related to the long-term variation in the ionospheric conductivities associated with the secular variation of the ambient magnetic field and the upper atmosphere (for example, plasma and neutral densities). In order to verify qualitatively the above signatures, we need to investigate the long-term variation in the ionospheric conductivities using a calculation tool developed by the IUGONET project.

電離圏・熱圏領域における中性大気は、太陽放射に起因する熱対流や、太陽、月などの潮汐力によって大規模な運動を行っているが、この運動によるダイナモ作用によって発生する電離圏電流が地磁気静穏日 (Sq) 変化を作ることは古くから知られている。そして、この電離圏電流は、オームの法則から、電離圏電気伝導度、分極電場、および中性大気風の3種類のパラメータに依存する。よって、Sq場の振幅を調べることは、電離圏・熱圏領域におけるプラズマ密度や中性大気風などの長期変動の理解に欠かせない。近年、Elias et al. [2010] は、中低緯度の3観測点におけるSq場の振幅が1961年-2001年の約40年間で、5.4-9.9%だけ増加していることを見出した。彼らは、地球磁場の永年変化に伴う電離圏電気伝導度の変化がSq場の振幅の長期トレンドの大部分を決めているが、残りは、地球温暖化ガスの冷却効果による電離圏電子密度増加に伴う電気伝導度の変化であると言及している。しかしながら、Elias et al. [2010] の研究は、以下の3つの問題点を含んでいる。(1) 3観測点だけで得られた2001年までの観測データの長期解析しかしておらず、グローバルな変動を捉えるに至っていない。(2) 太陽活動の変動を取り除くのに太陽黒点数を用いていることから、無黒点数の時期が比較的多い太陽活動極小期におけるSq場の振幅と太陽活動との定量的評価ができていない。(3) Sq場の変動の源となる電離圏・熱圏領域における中性大気風の変動を解析していないため、その長期変動によるSq場の振幅への影響が明らかとなっていない。そこで本研究では、2009年度から開始したIUGONETプロジェクト(超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究)の参加大学・機関から提供される地磁気や電離圏・熱圏領域における中性風の長期観測データを用いて、電離圏・熱圏大気の長期変動がSq場の振幅へ与える影響を定量的に明らかにすることを目的とする。本解析

で使用した観測データは、UV、EUV 領域の太陽放射強度の指標としての太陽 F 10.7 指数、184 点の地磁気観測点から得られた地磁気 1 時間値である。ここで、Sq 場の振幅は、地磁気 Kp 指数の値が 1 日を通じて 4 未満である日を選定し、その期間の中で地磁気の最大と最小の差として定義した。解析の結果、全ての地磁気観測点における Sq 場の振幅の長期変動は、11 年の太陽活動に依存して変化する F10.7 指数と強い相関関係を示した。その Sq 場の振幅と F10.7 指数との関係は、線形ではなく、非線形であった。既に Balan et al. [1993] によって報告されているように、この非線形性は、高い太陽紫外線に対して電離圏の電子とイオンの生成率の減少として解釈されうる。この結果を受けて、太陽 F 10.7 指数と Sq 場の振幅から 2 次の回帰曲線を求め、そこからのずれの経年変動を調べた。その結果、太陽活動による変動成分を差し引いた Sq 場の振幅には、約 20 年ごとに減少と増加の期間が入れ替わる傾向が全ての観測点で見出された。一方、太陽風のエネルギーを駆動源とする極域の 2 セル対流によって作られる極域 Sq(Sqp) 変化の振幅の長期変動にも中低緯度のものと同様の傾向が見られた。このことから、Sq 場と Sqp 場の長期トレンドは、地磁気の永年変化や超高層大気の長期変動に伴う電離圏電気伝導度の変化に関係したものと考えられる。よって、このことを実証するために、IUGONET プロジェクトで開発されたツールを用いて電離圏電気伝導度の長期変動との関係を調べる必要がある。