

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]; 林 寛生 [1]; 大塚 雄一 [4]; 堀 智昭 [5]; 津田 敏隆 [1]; IUGONET プロジェクト
チーム 林 寛生 [6]

[1] 京大・生存研; [2] 京大・理・地磁気センター
; [3] 京大・理 地磁気資料解析センター; [4] 名大 STE 研; [5] 名大 STE 研; [6] -

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]; Hiroo Hayashi[1]; Yuichi Otsuka[4]; Tomoaki Hori[5];
Toshitaka Tsuda[1]; Hayashi Hiroo IUGONET Project Team[6]

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] WDC for Geomag, Kyoto, Kyoto Univ.; [3] DACGSM, Kyoto Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5]
STE lab., Nagoya Univ.; [6] -

It has been well-known that geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation is produced by 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 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 thermosphere and ionosphere. Recently, Elias et al. [2010] found that the Sq amplitude tends to increase by 5.4-9.9 % in the middle latitudes (Apia, Fredericksburg and Hermanus) 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 ionospheric conductivity enhancement associated with cooling effect in the thermosphere due to increasing greenhouse gas. In this talk, 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 from the IUGONET (Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork) project which started in fiscal 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, 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 per day when the Kp index is less than 4. As a result, the Sq amplitude at all the geomagnetic stations strongly depends on 11-year solar activity, and tends to be more enhanced during the high activities (19- and 22- solar cycles) than during the low activity (20-solar cycle). The Fourier spectra of the F10.7 solar flux and Sq amplitude at Guam (MLAT=5.15 degrees) showed that the common spectrum peaks appear in the period of 5.5, 7.5 and 10.5 years with the coherence of more than 0.8 while the spectrum peaks around 0.5 and 1.0 year appear only in the Sq amplitude. Therefore, it can be concluded that the former spectrum peak of the Sq amplitude is due to the solar activity while the latter is a cause of the upper atmosphere variation. In order to minimize the solar activity dependence on the Sq amplitude, we calculated second orders of fitting curve between the F10.7 and Sq amplitude during 1957-2010, and examined the residual Sq field defined as the deviation from the fitting curve. The residual Sq amplitude showed a clear tendency to increase and decrease during the periods of 1957-1992 and 1993-2010, respectively. 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 input of 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 calculated from the IRI-2007 and MSIS-00 models.

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、Apia、Fredericksburg と Hermanus の3観測点での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、全球的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) から提供される地磁気や MF、流星レーダーで得られた電離圏・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放射 F10.7 フラックス、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最大の値と最小の値の差として定義した。解析の結果、全ての観測点で得られた Sq 場の振幅は、太陽活動 11 年周期に強く依存し、比較的太陽活動が活発であった 19 と 22 サイクル時の Sq 場の振幅が増加する傾向を示した。逆の太陽活動が比較的不活発であった 20 サイクル時では、Sq 場の振幅が減少するという結果が得られた。さらに、F10.7 フラックスとグアムの Sq 場の振幅のフーリエ変換した結果、F10.7 フラックスのスペクトルは、5.2、7.5、及び 10.5 年にピークを持ち、一方、Sq 場の振幅にも同様の周期にピークと持っていた。これらのコヒーレンスをとると、相関係数が 0.8 以上の値を持っていることから、これらの Sq 場の振幅変動は、太陽活動によるものと断定できる。また、Sq 場のスペクトルには、F10.7 フラックスには現れない半年と 1 年周期にピークが現れており、これは、地球側の変動に起因するものと考えられる。この結果を受けて、太陽放射 F 10.7 フラックスと Sq 場の振幅から 2 次の回帰曲線を求め、そこからそのずれの経年変動を調べた。その結果、1957 年から 1992 年までの期間は、そのずれが年々増加するという傾向が見出され、逆に、1992 年以降では、減少傾向を示した。そして、そのずれが最小をとった 1970 年と同レベルになっていることが注目される。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、IRI-2007 と MSIS-00 モデルから計算される電離圏伝導度の長期変動を調べる必要がある。