

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

新堀 淳樹^{1*}, 小山 幸伸², 能勢 正仁², 谷田貝 亜紀代¹, 堀 智昭³, 大塚 雄一³

Atsuki Shinbori^{1*}, Yukinobu Koyama², Masahito Nose², Akiyo Yatagai¹, Tomoaki Hori³, Yuichi Otsuka³

¹京大・生存研, ²京大・理・地磁気資料解析センター, ³名古屋大学太陽地球環境研究所

¹RISH, Kyoto Univ., ²DACGSM, Kyoto Univ., ³STEL, Naogya Univ.

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を介して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、オームの法則によれば、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によって、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シグナルを捉えることができる。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、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のみで、全球的な変動を捉えていない。(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にされていない。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。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電離圏電気伝導度計算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。

キーワード: 地磁気日変化, 太陽活動, 超高層大気, 中性風, 電離圏, 熱圏

Keywords: Geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation, Solar activity, Upper atmosphere, Neutral wind, Ionosphere, Thermosphere