

地磁気静穏日変化 (Sq) の長期トレンドから推察される超高層大気変動について Upper atmospheric variation inferred from the long-term trend in the geomagnetic solar quiet daily variation

新堀 淳樹^{1*}, 小山幸伸², 能勢正仁², 林寛生¹, 堀智昭³, 大塚雄一³, 浅井歩⁴, 磯部洋明⁴, 横山正樹⁶, 上野悟⁵, 塩田大幸⁷, 羽田裕子⁵, 北井礼三郎⁶, 津田敏隆¹

SHINBORI, Atsuki^{1*}, Koyama Yukinobu², Nose Masahito², Hayashi Hiroo¹, Hori Tomoaki³, Otsuka Yuichi³, Asai Ayumi⁴, Isobe Hiroaki⁴, Yokoyama Masaki⁶, UeNo Satoru⁵, Shiota Daikou⁷, Hada Yuko⁵, Kitai Reizaburo⁶, Tsuda Toshitaka¹

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, ⁴ 京都大学宇宙総合学研究所, ⁵ 京都大学大学院理学研究科附属天文台, ⁶ 和歌山大学宇宙教育研究所, ⁷ 理化学研究所

¹RISH, Kyoto Univ., ²DACGSM, Kyoto Univ., ³STEL, Naogya Univ., ⁴Unit of Synergetic Studies for Space, Kyoto Univ.,

⁵Kazan and Hida Observatories, Graduate School of Science, Kyoto Univ., ⁶Institute for Education on Space, Wakayama Univ.,

⁷RIKEN

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、全ての観測点で得られたSq 場の振幅には、太陽F10.7指数との間に強い相関関係が存在し、典型的な太陽11年活動周期を示していた。また、比較的太陽活動が活発であった19と22サイクル時のSq 場の振幅は増加傾向にあるが、逆に太陽活動が比較的不活発であった20サイクル時では、Sq 場の振幅が減少傾向にある。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、太陽活動を差し引いたSq(Res-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。そのRes-Sq 場の振幅の最小と最大がそれぞれ1970年と1990年付近に現れていた。さらに、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(例えば、地球温暖化による電離圏・熱圏大気密度変化)に伴う電離圏電気伝導度の変化に関与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。

キーワード: 太陽活動, 地磁気日変化, 電離圏電気伝導度, 電子密度, 地磁気永年変化, 地球温暖化

Keywords: Solar activity, Sq variation, Ionospheric conductivity, Electron density, Geomagnetic secular variation, Global warming