

太陽物理学との連携による超高層大気変動現象の研究

2010年度、我々は京都大学生存圏研究所の生存圏科学萌芽研究経費のサポートを受けて、当天文台と生存研、京都大学宇宙総合学研究所との共同研究と言う形で、標記の様な地球超高層大気と太陽活動との関係についての研究を進めて来たので、ここでその概要を紹介したい。

超高層大気における諸現象は、下層大気からのエネルギーや運動量の流入、電離圏・プラズマ圏での電磁エネルギー輸送・化学反応、磁気圏-電離圏結合等によって引き起こされているが、本研究では、それらの中でも特に太陽からの紫外線照射による電離層の反応・エネルギー輸送と言う点に着目し、太陽紫外線放射量の変動に対する地磁気日変動 (S_q) の振幅の変動現象に焦点を当てた研究を行なった。

この S_q 振幅変動を今回超高層大気変動現象の典型例として選択した理由は、最近、 S_q 振幅の時系列データから太陽電波放射量 F10.7 により推定される太陽活動（紫外線放射量）の11年周期変動成分を差し引いた結果、第22太陽活動周期の終わりまでは S_q 振幅は約30年近く、ずっと増加傾向にあり、これはCO2増加による地球温暖化&熱圏寒冷化による影響ではないかと指摘する報告が発表されたからである (Elias et al. 2010)。

図1 地球上各地における S_q 振幅変動(太陽活動成分を除去したもの)の特徴。中低緯度では約20年おきに減少・増加を繰り返しており、磁気赤道域では経度によって変化の仕方も様々である。

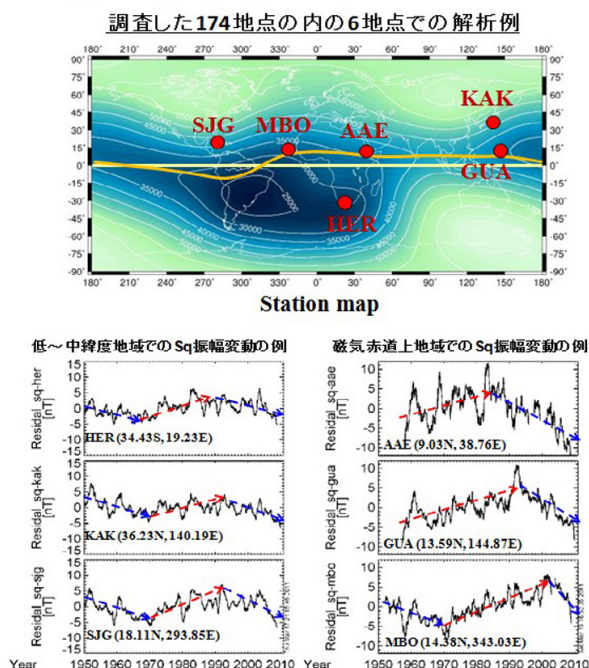


図2 SoHO/EITの紫外線太陽像から得た各紫外線波長における太陽全面放射量変動の振舞い(1996年〜2010年)。2009年頃の極小期は、前極小期に比べ、約15〜40%も抑制されている。一方、この間、電波F10.7の放射量は、約6%しか低下していない。

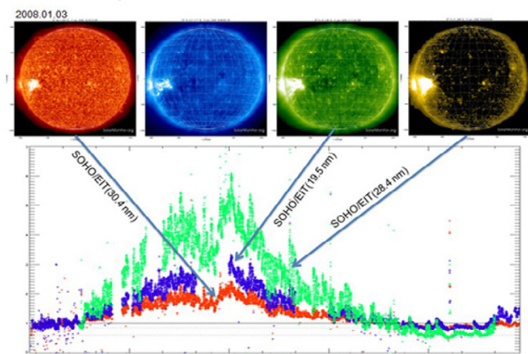
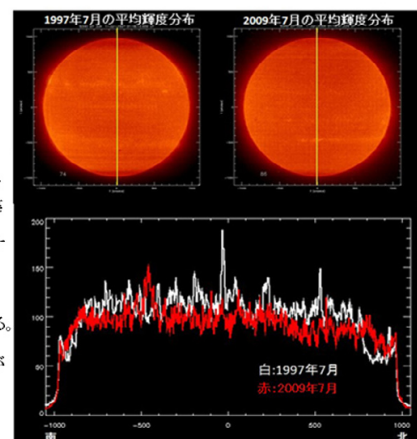


図3 1997年頃と2009年頃の二つの極小期における紫外線輝度分布の違い。2009年の極小期では、南北両極でのコロナホールの明るさは比較的明るい、中低緯度の紫外線放射量は、全体的に暗くなっている。このことが、2009年の極小期に太陽紫外線が電波に比べて大きく抑制されている原因になっていると思われる。



彼らが確認したこの現象とその解釈が、果たして真実であるのか、あるいは別の地球大気固有の原因があるのか、はたまたこの現象そのものが太陽活動の影響を見積もる段階でのデータ解析手法の問題に依る見せかけだけのものなのか、それをはっきりさせることを当研究の今年度の第一の課題として、大学間連携事業 IUGONET が開発を行なって来ているメタデータデータベースを利用して収集した長期的・広範な地磁気データや各種人工衛星による太陽の紫外線 2 次元画像データ、京大・理・附属天文台保有の可視光域の太陽彩層 2 次元画像データなどの解析を通して、Sq 振幅変動の振舞いの全貌の把握と超高層大気に直接影響を与える紫外線放射量の特徴の把握を試みた。

その結果、上記 30 年近くに渡る Sq 振幅増加傾向は、地球全球的に見た場合、さらにより長期的に見た場合、非一般的なものであり (図 1)、地球全体の CO₂ 増加による影響として説明することは困難であるとの結論に達しつつある。では、果たして Sq 振幅の長期変動が CO₂ ではなく、太陽紫外線起源なのか、地球大気起源なのか、については、現在もなお明確な結論を得るため研究を続行中ではあるが、少なくとも暫定的な結論として、これまでの過去の様々な研究で用いられてきた太陽紫外線量の指標として用いられることが多かった F10.7 放射量や黒点相対数の振る舞いは、特に太陽活動極大期や極小期において、紫外線放射量の振る舞いと比べて無視できないほどの相違が見られる (図 2)、と言うことが原因の一つではないかということが分かってきた。例えば、極小期においては、太陽ディスク上の中低緯度におけるコロナホールや小輝点の個数や面積の違いによると思われる紫外線放射量の変動量 (図 3) が、電波域での放射量の変動量よりも大きく現れることが、この種の研究に大きな影響を与えているようである。

これらの結果を踏まえ、次年度は、引き続き長期に渡る太陽彩層全面画像データから、太陽紫外線放射量を衛星観測データの無い過去にまで遡って推定する作業を進め、Sq 振幅変動に含まれる、地球大気起源成分と太陽活動起源成分の区別を正確に行なえるようにすることで、地球環境変動研究の発展に寄与したいと考えている。

(上野 悟、新堀淳樹 & 林寛生 (京大生存研)、浅井歩 & 磯部洋明 (京大宇宙ユニット)、
横山正樹 (和歌山大) 記)