

高緯度から磁気赤道域における磁気急始 (SC) の磁場振幅の季節依存性について Seasonal dependence of magnetic field variations from high latitude to the magnetic equator during geomagnetic sudden commencement

新堀 淳樹^{1*}, 辻 裕司², 菊池 崇², 荒木 徹³, 池田 昭大⁴, 魚住 禎司⁴, S. I. Solov'yev⁷, Boris M. Shevtsov⁸, Roland Emerito S. Otadoy⁵, 歌田 久司⁶, 長妻 努⁹, 湯元 清文⁴

Atsuki Shinbori^{1*}, Yuji Tsuji², Takashi Kikuchi², Tohru Araki³, Akihiro Ikeda⁴, Teiji Uozumi⁴, S. I. Solov'yev⁷, Boris M. Shevtsov⁸, Roland Emerito S. Otadoy⁵, Hisashi Utada⁶, Tsutomu Nagatsuma⁹, Kiyohumi Yumoto⁴

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所, ³ 中国極地研究所, ⁴ 九州大学宙空環境研究センター, ⁵ サンカルロス大, ⁶ 東京大学地震研究所, ⁷ IKFIA, ⁸ IKIR, ⁹ 情報通信研究機構

¹ RISH, Kyoto Univ., ² STEL, Nagoya Univ., ³ SOA Key Laboratory for Polar Science, ⁴ SREC, Kyushu Univ., ⁵ San Carlos Univ., ⁶ ERI, Univ. Tokyo, ⁷ IKFIA, ⁸ IKIR, ⁹ NICT

磁気急始 (SC) は、太陽風中に含まれる衝撃波や不連続面が磁気圏を急激に圧縮することによって磁気圏界面で発生した電磁流体波が磁気圏・プラズマ圏・電離圏へ伝搬し、その情報が地上に到達したときに地磁気の水平成分の急峻な立ち上がりとして観測される。そして、地上で観測される SC の磁場波形は、磁気緯度と地方時によって大きく異なる様相を示し [e.g., Matsushita, 1962, Araki, 1977]、特に MI 期においては、その磁場変動は、磁気圏界面電流の作る磁場に加えて、磁気圏対流の増大による領域 1 型の沿磁力線電流系の作る磁場効果の重ね合わせとして解釈できる [Araki, 1977, 1994]。したがって、MI 期における中緯度から磁気赤道にわたる磁場振幅の季節依存性を調べることによって、SC の領域 1 型の沿磁力線電流系が定電圧源か、それとも定電流源かの電流の性質を決定することが出来る。近年において、夏半球側における振幅が冬半球側に比べて大きくなる傾向が明らかにされつつある [Yumoto et al., 1996; Huang and Yumoto, 2006]。しかしながら、イベント数の不足や中・低緯度の地磁気観測点のみのデータセットの解析に基づいていることから、中緯度から磁気赤道における SC の振幅の日変化の磁気緯度依存性についての詳細な統計的描像は明らかにされていない。本研究では、これらの領域における SC の振幅の磁気地方時と磁気緯度依存性を明らかにするために、1996 年 1 月から 2010 年 10 月までの期間において SYM-H 指数から同定された 3535 例の SC イベントについて解析を行った。

ここでは、SYM-H 指数が 10 分以内で約 5nT 以上の急峻な増加を示し、その開始時刻の前後 10 分において Pi 2 地磁気脈動が出現していないイベントを SC として定義した。そして、12 の地磁気観測点 (ポンペイ (0.27 度)、ヤップ (0.38 度)、セブ (0.85 度)、グアム (5.22 度)、沖縄 (16.54 度)、柿岡 (27.18 度)、女満別 (35.16 度)、パラツンカ (45.58 度)、マガダン (53.62 度)、ズリヤンカ (59.74 度)、チョコルダーク (64.81 度)、コテルニー (70.08 度)、および キングサーモン (58.09 度)) で得られた SC 時の磁場振幅に対して緯度補正をかけた SYM-H 指数の振幅値で規格化した。この規格化によって個々の太陽風動圧の違いによる影響を小さくすることができ、磁気圏界面電流以外の電流によってもたらされる電流系による磁場変動の磁気地方時と磁気緯度の依存性を見出すことができる。また、太陽風動圧の飛びの確認に IMP-8 衛星、Geotail 衛星、Wind 衛星、ACE 衛星からそれぞれ得られたデータを使用している。

その結果、高緯度から中緯度 (35.16-70.08 度) における SC の磁場振幅の日変化の季節依存性は、朝側 (8:00, MLT) と午後側 (16:00, MLT) の領域における日変化の変動幅が冬季に比べて夏季に大きくなる傾向を示し、その中間に春分・秋分点が位置していた。さらに、夜側も同様に冬季に比べて振幅が夏季に大きくなる傾向を示していた。これは、昼間側の DP 2 型の電離圏電流の強さが電離圏電気伝導度の大きな夏季に大きくなることを意味すると同時に、夜側における振幅の季節依存性から、夏季において MI 期に形成される領域 1 型の沿磁力線電流の強度も大きくなることを示唆している。つまり、その傾向は、MI 期の電流系は、強く電離圏の電気伝導度に依存することを意味する。したがって、この結果から、MI 期の電流系は、定電圧源であることが結論される。一方、低緯度から磁気赤道領域 (0.27-16.54 度) に目を向けてみると、これまで高緯度から中緯度で見受けられたものとは異なる振幅の季節依存性を示していた。それは、昼間側における赤道ジェット電流による振幅の増加度合いが夏季に小さくなり、冬季および春・秋分点で振幅が逆に増加するという傾向である。特に、その季節変動が磁気赤道よりも少し離れたグアムにおいて顕著に現れていた。この赤道帯における振幅の季節変動は、単純に赤道電離圏高度での太陽天頂角に依存した電離圏電気伝導度の季節変化のみでは説明することが出来ないことを示唆している。この解釈として、極から赤道域に侵入する電場強度が夏季の時期に小さくなるか、薄層近似で求められる電離圏 Cowling 伝導度が現実の季節に応じた変化を示さないことがあげられる。これらを実証するためには、今後、3 次元電離圏伝導度モデルを用いた全球電離圏ポテンシャルモデルでの実証が必要である。

キーワード: 磁気急始, 高緯度, 磁気赤道, 季節依存性, 電離圏伝導度, 電圧源

Keywords: geomagnetic sudden commencement, high latitude, magnetic equator, seasonal dependence, ionospheric conductivity,

voltage generator