

磁気急始 (SC) の振幅の日変化に対する太陽風 IMF と季節依存性について

新堀 淳樹 [1]; 菊池 崇 [2]; 荒木 徹 [3]

[1] 名大・太陽地球環境研究所; [2] STE 研究所; [3] 中国極地研

Seasonal dependence of SC amplitude on MLT and IMF

Atsuki Shinbori[1]; Takashi Kikuchi[2]; Tohru Araki[3]

[1] Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.; [2] STELab; [3] PRIC

1. Introduction

It has been generally believed that the SC amplitude observed in low and middle latitudes on the ground tends to be much larger in the dayside sector than in the nightside sector [e.g., Russell et al., 1994]. On the other hand, there have been some reports on a night-time enhancement of the SC amplitude on the ground in recent years [Russell et al., 1994; Araki et al., 2006]. Russell et al. [1994] found that the SC amplitude in the case of the southward IMF Bz is more enhanced in the night sector, compared with that in the case of the northward IMF Bz. However, in these studies, statistical signature of local time and seasonal dependences of the SC amplitude on the direction of the IMF Bz has not yet been clarified due to the lack of SC events. In the present study, we analyzed 10953 SC events which have been identified in term of the SYM-H index within a period from January 1983 to April 2007 in order to clarify seasonal dependence of the SC amplitude on MLT and solar wind parameters.

2. Data analysis

We picked up these SC events as a rapid increase of the SYM-H value with more than 5 nT within ten minutes in the SYM-H index data. For each SC event, the precise onset time, rise time, and amplitude were identified by referring the H-component geomagnetic variation from the rapid sampling records with the time resolution of 1 second obtained at Kakioka Magnetic Observatory. In the present analysis, the SC amplitude obtained at Kakioka has been normalized by the amplitude in the SYM-H index in order to minimize the contribution of the rapid change in solar wind dynamic pressure. On the other hand, we used solar wind data obtained from the IMP-8, Geotail, Wind and ACE satellites within the data analysis periods from 1983 to 2006, from 1993 to 2006, from 1994 to 2006 and from 1998 to 2006, respectively.

3. Results

The diurnal variation of the normalized SC amplitude showed a remarkable dependence on magnetic local time, which indicates that the two peak amplitudes appear in the dayside sector of 10-15 MLT and in the midnight sector of 22-02 MLT, respectively. The peak value in the midnight sector tends to be two or three times larger than in the dayside sector. The diurnal variation curve also showed the two minimum values in the morning sector of 5-7 MLT and in the evening sector of 16-18 MLT, respectively, with a clear morning-evening asymmetry in their values.

Next, we investigated the seasonal dependence of the diurnal variation of the SC amplitude on the IMF condition for about 4500 SC events. Here, we classified the average variations of the IMF Bz direction about 10 minutes before and after the solar wind shock or discontinuity into four types: from northward to northward (type I), from northward to southward (type II), from southward to northward (type III), and from southward to southward (type IV). As a result, the diurnal variation curves of the SC amplitude for the type I case showed that the difference between the minimum and maximum values tends to be more enhanced in summer than in winter. This result implies that the field-aligned and resultant ionospheric currents become strong in summer due to the enhancement of the ionospheric conductivity. On the other hand, the diurnal variations of the SC amplitude for the type IV case showed the same trend in the daytime sector as for the type I case, while in the nighttime sector the large enhancement of the SC amplitude took place during three seasons except for winter. Especially, the SC amplitude was most enhanced in the pre-midnight sector during fall season and the maximum value reached 2.3. This result means that the region-1 type of field-aligned current generated in the night sector during the MI of SCs has a remarkable seasonal dependence which indicates that the intensity tends to be the strongest during fall season.

1. はじめに

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。これまでの地上・衛星観測結果から、静止軌道上の磁気圏内や地上の中・低緯度で観測される SC の磁場波形は、単純な階段関数的な変動を示し、その振幅は、昼間側で大きく、夜側で小さくなる傾向を持つことが見出されている [e.g., Russell et al., 1994]。特に、静止軌道付近で観測される SC の振幅に対しては、その傾向が顕著である [Kokubun, 1983]。近年になって、地上で観測される中・低緯度の SC の振幅が太陽風動圧の変化に加えて、惑星空間磁場 (IMF) の南北成分の極性に依存することが報告されている [Russell et al., 1994; 1995; Clauer et al., 2001]。Russell et al. [1994] は、8 イベントの SC に対して IMF Bz > 0 の場合に比べて IMF Bz < 0 の場合における SC の振幅が昼間側で小さくなる傾向にある一方、夜側ではそれが急増する傾向にあることを示している。また、Araki et al. [2006] も、事例解析において同様の結果を得ている。しかしながら、イベント数の不足などから IMF Bz 成分の極性、大きさ等に対する SC の振幅の日変化の依存性についての統計的描像は明らかにされていない。本研究では、SC の振幅の磁気地方時依存性並びにその IMF By と Bz 成分の方向に対する依存性を明らかにするために、1989 年から 2006 年までの期間において SYM-H 指数データから同定された 7657 例の SC について解析を行った。

2. データ解析

ここでは、SYM-H 指数データにおいて 10 分以内で約 5nT 以上の急峻な増加を示す現象を SC として定義し、それによって得られた各 SC に対する開始時刻、上昇時間並びに振幅を精密に決定するために柿岡地磁気観測所で得られた地磁気の 1 秒値を用いている。本解析では、太陽風動圧の変動の寄与をなるべく小さくするために、柿岡で得られた SC の振幅を SYM-H 指数における SC の振幅で規格化した。また、太陽風のパラメータとの比較を行うために、本研究では 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た。

3. 解析結果

まず、SYM-H 指数における SC の振幅で規格化された柿岡での SC の振幅の磁気地方時に対する依存性について調べた。その結果、その分布は、昼間側の 10-15 時付近と真夜中 (22-02 h MLT) 付近において極大となり、正午付近 (11-13 h MLT) で第 2 の極大となる一方、朝側 (5-7 h MLT) 付近で極小となり、夕方側 (16-18 h MLT) 付近で第 2 の極小を示している。特に、真夜中側の SC の振幅は、昼間側のものと比べて約 2-3 倍も大きくなっている。この結果は、Araki et al. [2006] で報告されているものと一致している。

次に、1983 年 1 月から 2007 年 4 月までの期間内に発生した約 4500 例の SC に対して太陽風磁場の方向に対する SC の振幅の季節依存性を明らかにするために、まず、IMF Bz 成分に着目して SC を引き起こした太陽風中の衝撃波や不連続面の前と後の約 10 分間平均の 4 つの場合の極性の変化 (正から正、正から負、負から正、負から負) に分類し、それぞれに対する平均的な SC の振幅の磁気地方時の分布を求めた。その結果、北向き IMF Bz における SC の振幅の日変化は、全ての季節に対して同じような傾向を示しているが、その振幅の変動幅が冬半球に比べて夏半球に大きくなるという傾向が見受けられた。これは、夏半球側の電離圏の電気伝導度が高いため、電離圏を流れる電流が強くなることを意味している。一方、南向き IMF Bz における SC の振幅の日変化は、昼間側では北向きの場合と比べてほとんど違いを持たないが、冬半球を除く夜側でその振幅が増強されるという顕著な季節依存性を持っていた。特に、秋の季節においてその傾向が最も強い。この結果は、南向き IMF Bz に対する SC の MI 期に夜側の磁気圏内で形成される領域 1 型の沿磁力線電流が強い季節依存性を持ち、それが冬半球を除く領域で発生していることを示唆している。