

ROCSAT-1 衛星観測による地磁気急始時の中低緯度電離圏電場応答の研究

高橋 直子 [1]; 笠羽 康正 [1]; 新堀 淳樹 [2]; 西村 幸敏 [3]; 菊池 崇 [4]; 長妻 努 [5]
[1] 東北大・理; [2] 京大・生存研; [3] 名大・STEL; [4] 名大 STE 研; [5] NICT

Response of ionospheric electric fields at mid and low latitudes during geomagnetic sudden commencements observed by ROCSAT-1

Naoko Takahashi[1]; Yasumasa Kasaba[1]; Atsuki Shinbori[2]; Yukitoshi Nishimura[3]; Takashi Kikuchi[4]; Tsutomu Nagatsuma[5]
[1] Tohoku Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] NICT

The geomagnetic sudden commencement (SC) is the global rapid geomagnetic field variation of the H-component, caused by magnetohydrodynamic (MHD) waves transmitted toward the ionosphere associated with the compression of the magnetosphere due to Coronal Mass Ejection (CME). The characteristic of its variation is explained by the 3-dimensional current systems composed of the Chapman-Ferraro current, the field-aligned current, and the ionospheric current [Araki, 1994]. It is known that SC is accompanied with the instant transmission of the electric field, which is found in the ionosphere derived by the HF Doppler and the geomagnetic field observations [Kikuchi et al., 1985; Kikuchi, 1986] and in the plasmasphere observed by Akebono [Shinbori et al., 2004]. However, there are few direct observations of the ionospheric electric field. We need to verify the global time evolution of the ionospheric electric field during the SC events.

The ROCSAT-1 satellite had directly observed the ionospheric electric field from 27th January, 1999 to 16th June, 2004. Since the observations were overlapped to the solar maximum, this satellite has detected many SC events [Shinbori et al., 2009]. This data is already utilized to the analysis of the electric field transmission from the high latitudes to the lower [Su et al., to be submitted]. Based on this data set, we try to see the time variation of global electric field in the ionosphere.

In this study, we derived the ionospheric electric field by the drift velocity observed by the Ionospheric Plasma and Electrodynamics Instrument (IPEI) onboard ROCSAT-1 with the IGRF-10 model. We referred geomagnetic field variations from 8 stations where have with fast sampling frequency (~a few seconds), i.e., King Salmon (KSM: 58.01deg geomagnetic latitude(GMLAT), 257.88deg geomagnetic longitude(GMLONG)), Magadan (STC: 52.12deg (GMLAT), 213.82deg (GMLONG)), St. Paratunka (PTK: 45.58deg (GMLAT), 221.13deg (GMLONG)), Okinawa (OKI: 16.87deg (GMLAT), 198.41deg (GMLONG)), Yap (YAP: 0.38deg (GMLAT), 209.21deg (GMLONG)), Sao Luis (SLZ: 6.69deg (GMLAT), 27.52deg (GMLONG)), and Santa Maria (SMA: -19.45deg (GMLAT), 16.34deg (GMLONG)).

We selected the SC events from the list of Shinbori et al (2009), with the following criteria; (1) IPEI observation is available (11 Mar. 1999 ~13 June. 2004), (2) the PI amplitude more than 5nT near the dayside magnetic equator, and (3) the preliminary reverse impulse (PRI) signature at both high latitude and daytime magnetic equator.

We identified 76 events under the above conditions, and showed that the SC signature detected on the ground is synchronized to the onset at the ionospheric electric field. Multiple event analysis commonly suggested that the electric field were observed at the altitude of ROCSAT-1 varied with PI and main impulse (MI) with opposite direction observed on the ground. And the nightside ionospheric electric field during the PI disturbance had a reversed direction to the dayside. Both characteristics are consistent with the idea that the electric field which triggered PRI originates by the ionospheric current. On the other hand, some SC events had no PI signatures in the electric field. It might be caused by high speed solar wind, because the electric field for the MI disturbance to the ionosphere can be before that for the PI. We confirmed that the ionospheric electric field was changed simultaneously with geomagnetic variations even if they observed at different MLT locations. Similar characteristic was also identified in the inner magnetospheric electric field observed by Akebono satellite [Shinbori et al., 2004].

In this paper, we will present the typical event, and special one that the electric field caused by the cowling effect observed near the dayside magnetic equator. We will also try to do the superposed epoch analysis with our accumulated events, in order to clarify the global transmission characteristics of ionospheric electric field during SC.

地磁気急始 (geomagnetic sudden commencement; SC) は、地磁気 H 成分の急激な変化として全球的に観測される現象である。この現象は、太陽フレア・コロナガス噴出 (Coronal Mass Ejection; CME) による地球磁気圏の圧縮に伴い、生成される電磁流体波が電離圏に伝搬して引き起こされるもので、Chapman-Ferraro 電流・沿磁力線電流・電離圏電流から構成される 3 次元電流系の変動から説明される [Araki, 1994]。SC 発生時には波動伝搬遅延を伴わずに電場が瞬時伝搬していることが、HF ドップラー観測・地磁気観測による電離圏電場 [Kikuchi et al., 1985; Kikuchi, 1986] 及びあけぼの衛星観測によるプラズマ圏電場 [Shinbori et al., 2004] で見つかっている。しかし、全球的な電離圏電場の直接観測例は稀で、SC に伴う電離圏電場の全球時間発展の様相は実証されていない。

電離圏電場の直接観測を行った衛星として、ROCSAT-1 衛星がある。ROCSAT-1 衛星は電離圏高度に軌道を持ち、また観測期間 (1999 年 1 月 27 日 ~ 2004 年 6 月 16 日) が太陽活動極大期と重なるため多数の SC を捉えている [Shinbori et al., 2009]。この観測データからは、既に SC 発生時に極域から低緯度への電離圏電場伝搬を示唆する成果が得られている [Su et al., to be submitted]。我々は、この観測データを援用し、SC に伴う電離圏電場の全球時間発展を直接観測によって検証する。

電離圏電場は、ROCSAT-1 衛星に搭載された IPEI (Ionospheric Plasma and Electrodynamics Instrument) で捉えたドリフト速度を IGRF-10 磁場モデルと結合させて算出した。地磁気データは、数秒分解能の測定があるキングサーモン (KSM: 58.01deg geomagnetic latitude(GMLAT), 257.88deg geomagnetic longitude(GMLONG))、マガダン (STC: 52.12deg (GMLAT), 213.82deg (GMLONG))、パラツンカ (PTK: 45.58deg (GMLAT), 221.13deg (GMLONG))、沖縄 (OKI: 16.87deg (GMLAT), 198.41deg (GMLONG))、ヤップ (YAP: 0.38deg (GMLAT), 209.21deg (GMLONG))、サンルイス (SLZ: 6.69deg (GMLAT), 27.52deg (GMLONG))、サンタマリア (SMA: -19.45deg (GMLAT), 16.34deg (GMLONG)) の計 8 地点を採用した。今回は、Shinbori et al. (2009) で行われた SC の統計解析結果を基として、(1) ROCSAT-1 衛星がドリフト速度観測を行った 1999 年 3 月 11 日 ~ 2004 年 6 月 13 日の期間で、(2) PI の振幅が昼間側磁気赤道域で 5nT 以上、かつ (3) Preliminary Reverse Impulse (PRI) が高緯度及び昼間側磁気赤道域で見られる、の 3 条件でデータを抽出し、比較的大規模な SC の個別解析を行った。

該当するイベントは計 76 例あり、そのうち 44 例で地上磁場での SC 検出と秒単位で同時に電離圏電場でもオンセットが確認された。76 例全ての解析結果から、地上で観測された PI や main impulse (MI) に対応する ROCSAT-1 衛星高度電場の逆転、昼側と夜側で PI の電場方向が逆、といった特徴がみられる。これらは、PRI を生成する電場が電離圏電流によるという考えと整合する。また、特殊例として PI の電場が観測されなかったイベントが 4 例あり、この原因として太陽風速度が 800 -1000 km/sec と極端に早いために PI の電場よりも MI の電場が先に電離圏に印加された可能性が示唆される。地磁気観測点と衛星の MLT が全く異なる場合でも電場と地磁気変動が同時に観測されたことから、SC 時の全球電離圏電場は MLT に依存せず瞬時に伝搬することが示唆される。これは、あけぼの衛星による内部磁気圏電場の応答事例と同様である [Shinbori et al.,2004]。

本論文では、上記解析の中から、典型例として衛星の MLT と呼応した PI と MI 電場が明瞭なイベントを示すとともに、特殊例として昼間側磁気赤道域で観測される cowling effect による磁場増加に伴う電場の変動イベントについて述べる予定である。後者の「cowling effect による電場変動」は衛星直接観測でなければ測定できないため、この効果を電離圏高度で初実証しうる。また、解析した観測事例を基に電場の Superposed epoch analysis も行い、SC に伴う電離圏電場伝搬の全球的時間発展を明瞭に示したい。