

地磁気急始に伴う中低緯度電離圏電場応答の磁気地方時依存性 MLT dependence of the response of ionospheric electric fields at mid-low latitude during geomagnetic sudden commencement

高橋 直子^{1*}, 笠羽 康正¹, 新堀 淳樹⁵, 西村 幸敏², 菊池 崇³, 長妻 努⁴

Naoko Takahashi^{1*}, Yasumasa Kasaba¹, Atsuki Shinbori⁵, Yukitoshi Nishimura², Takashi Kikuchi³, Tsutomu Nagatsuma⁴

¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻, ² 京都大学生存圏研究所, ³ Department of Atmospheric and Oceanic Sciences University of California, Los Angeles, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁵ 情報通信研究機構

¹ Dep. Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, ² Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ³ Department of Atmospheric and Oceanic Sciences University of California, Los Angeles, ⁴ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁵ National Institute of Information and Communications Technology

本研究は地球電離圏 磁気圏結合系において太陽風擾乱を起源とする大規模電場の伝搬過程を明らかにすることを目的として、低軌道衛星による電離圏電場データ解析を実行している。今回は台湾の ROCSAT-1 衛星による電離圏電場直接観測データを用いた、中低緯度における地磁気急始 (geomagnetic sudden commencement; SC) 時の電離圏電場の変動特性について報告する。

SC は太陽風擾乱による地球磁気圏の圧縮に伴い生成される電磁流体波の電離圏伝搬により発生し、Chapman-Ferraro 電流・沿磁力線電流・電離圏電流から構成される 3 次元電流系により説明できる [Araki, 1994]。これに伴う電場の電離圏全球瞬時伝搬が、HF Doppler 観測による電離圏電場 [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., 2006] で知られている。プラズマ圏電場では上向きポインティングフラックスが Cluster 衛星により発見され、電離圏から極域磁気圏への電場伝搬の存在 [Nishimura et al., 2010] から、SC 時のプラズマ圏電場は電離圏電場起源であることが推定される。

ROCSAT-1 衛星は低高度電離圏電場を直接観測した稀有な衛星である。この衛星は高度 600km に軌道を持ち、観測期間 (1999/1/27 ~ 2004/6/16) 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]。観測データからは、SC 発生時に Preliminary Impulse (PI)、Main Impulse (MI) に相当する電場変動が示されている [Su et al., to be submitted]。しかし地上磁場変動との同時性や電場変動の MLT 分布は調べられておらず、電場の侵入過程の理解にはこれらを明確にする必要がある。過去の研究では地上磁場から導出された電離圏電流を基に解析されてきたが、この場合磁気圏電流と電離圏電気伝導度の影響を含む。そこで電離圏電場の直接観測によりその影響を取り除き、SC 時の電離圏電場の時空間発展の解明を行う。

基となる観測データは 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であり、これを IGRF-10 磁場モデルと結合させて in-situ 電場を導出した。地磁気観測点は 1 秒分解能の測定があるキングサーモン、マガダン、パラツンカ、沖縄、ヤップ、サンルイス、サンタマリアの計 8 地点を採用した。データは Shinbori et al. (2009) で定めた SC イベントを基に、(1) IPEI が観測を行った 1999/3/11 ~ 2004/6/13 の期間で、(2) PI の振幅が昼間側磁気赤道域で 2nT 以上、かつ (3) Preliminary Reverse Impulse (PRI) が高緯度及び昼間側磁気赤道域で検出、の 3 条件で抽出した。

該当イベントは計 203 例あり、そのうち 44 例で地上磁場での SC 検出とほぼ同時に電離圏電場でオンセットが確認された。この全ての事例で、地上観測された PI や MI に対応する電離圏電場の変動、例えば昼/夜側で PI 電場方向が逆、といった特徴を見出すことができた。この結果は PRI 及び MI 電場が伝導電流に伴うポテンシャル場であり、それが全球に瞬時伝搬していることを示唆する。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期していることから、SC 時の電離圏電場は MLT に依存せず瞬時伝搬すると考えられる。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., 2006]。

これら比較的大規模で電場変動が良好にみられるイベントについて、Superposed Epoch Analysis による統計解析も行った。電場で比較的明確に PI が見られたイベントを抽出し、時刻基準は各電場データの PI のピーク時刻とした上で PI 電場の LT 分布を求めた。その結果、LT=6-21h では PRI が見られたのに対し LT=21-6h で Preliminary Positive Impulse (PPI) が見られ、HF Doppler 観測による先行研究 [Kikuchi et al., 1985] の結果との一致が確認できた。また電場直接観測では初めて evening enhancement が検出された。この結果は赤道域電離圏電場の日変化 [Fejer et al., 1991] と類似しており、磁気圏起源の電場の関与が推定される。

本研究では、SC 時の電離圏電場の直接観測により、地上磁場観測では分離が困難な磁気圏電流や電気伝導度の影響を受けずに PI・MI に対応する電場変動と MLT 依存性を明らかにした。これらの結果は赤道域電離圏電場が瞬時応答し、それが極域からの対流電場の侵入によることを示している。また evening enhancement の検出は SC 時の電場伝搬過程と日変化をもたらす電場に類似性があり、その形成過程に磁気圏からの侵入電場の影響があることを示唆している。