

北半球の SuperDARN レーダーを用いた SI に伴って起こる電離圏電場振動の統計解析

飯田 剛平¹、西谷 望¹、堀 智昭¹
¹名古屋大学宇宙地球環境研究所

Statistical analysis of ionospheric electric field oscillation associated with sudden impulse seen by SuperDARN radars in northern hemisphere

Kouhei Iida¹, Nozomu Nishitani¹ and Tomoaki Hori¹
¹*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University*

Sudden Impulse (SI) is observed mainly as a sudden increase of the H-component of geomagnetic field at low latitudes. Past studies showed that it is caused by a sudden compression of the magnetosphere associated with rapid increases of the solar wind dynamic pressure. At middle and high latitudes, SIs cause perturbations associated with twin vortex type ionospheric currents. It was reported that the disturbance of the ionospheric current and the electric field associated with SI consists typically of the Preliminary Impulse (PI) and the Main Impulse (MI). Examining SI-associated flow variations observed by SuperDARN radars in the present study, we find that some of them show only the two successive pulses of PI and MI, while some others are accompanied by damped oscillations of the ionospheric electric field lasting for about several tens of minutes to an hour with periods of several minutes. The reasons for the presence of events with different characteristics, however, have not yet been understood well. We examine the cause of the difference between the two kinds of SI events, using SuperDARN radars in the northern hemisphere covering ~40 to 90 degree geomagnetic latitudes. For the analyzed period from January 2012 to December 2015, 199 SI events were identified and 38 events out of them were accompanied by the ionospheric electric field oscillations immediately following MIs, as observed by at least one SuperDARN radar. We find that some of the electric field oscillations exhibit phase differences in latitude and longitude, while the others not. These observations indicate that the ionospheric electric field oscillations sometimes have finite-speed two-dimensional propagation characteristics. We examine the frequency and propagation speed / direction estimated from two-dimensional distribution of Line-of-Sight Doppler velocity observed by SuperDARN radars, and also discuss the magnetic local time (MLT) dependence of the ionospheric electric field oscillations as well as its dependence on spatial displacement of the magnetopause.

磁気急始 (Sudden Impulse, SI)は、地磁気 SYM-H 指数等にも現れる低緯度地磁気水平 (H) 成分の急激な増大として観測され、それは太陽風動圧の急増によって磁気圏が急激に圧縮されることが原因であると知られている。また、中高緯度においては、電離圏に通常存在するプラズマ対流に重畳して、SI に伴う対流変動を生じることがある。この SI に伴って起こる電離圏の対流変動は、Preliminary Impulse (PI) と Main Impulse (MI) の重ね合わせとして現れるが、この一対のインパルス的な変動のみで終了する場合と、このインパルス的な変動の後に、継続時間が数十分~1 時間程度で周期が数分~十数分の電離圏電場の振動を伴う場合があることが過去の観測からわかっている。しかし、この違いを発生させる原因はまだ完全には特定されていない。そこで、我々の研究では、世界各地に設置された SuperDARN レーダーのうち、北半球のレーダーを用いて、SI の後に続いて起こる電離圏電場の振動について統計的に解析を行うことで、これら 2 つの種類の SI イベントの違いを生み出している原因を探ることを目的としている。2012 年 1 月から 2015 年 12 月の期間について、地磁気 SYM-H 指数と太陽風動圧の OMNI database を用いて SI を同定し、SI イベント時の SuperDARN レーダーのデータから電離圏電場の振動の有無について定量的に調べた。その結果、199 例の SI イベントが得られ、そのうち、38 例のイベントにおいて、少なくとも 1 箇所の SuperDARN レーダーで電離圏電場の振動が確認された。更に、レーダーの Range-Time-Intensity プロットから、一部の電離圏電場の振動において、1 レーダーの視野内で緯度・経度方向に位相のずれが存在することがわかった。このことは、SI に伴う電場振動が、ある 2 次元的な構造をもって有限な速度で伝搬していることを示唆している。講演では、レーダーによって得られた 2 次元分布から見積もられた、振動の周波数や伝搬方向に関する解析結果の考察だけでなく、SI に伴う電場振動における磁気地方時への依存性や SI イベント前後の磁気圏境界面の変位量の比較といった観点から統計的に調べた結果についても議論する。

Figure.1 Polar plot of the distribution of ionospheric electric field disturbance events observed by the northern hemisphere SuperDARN radars during 2012-2015 (in geomagnetic coordinates). Black dots show events of only two successive pulses. Red dots correspond to the ionospheric electric field oscillation events.

