

全球地磁気データから推察される磁気嵐時の電離圏電流分布の時間・空間変動について

新堀淳樹¹、堀智昭²、田中良昌³、小山幸伸⁴、菊池崇¹、長妻努⁵

¹ 京大生存研

² 名大STE研

³ 極地研

⁴ 京大地磁気センター

⁵ 情報通信研究機構

Temporal and spatial evolution of storm-time ionospheric currents as seen in geomagnetic field variations

Atsuki Shinbori, Tomoaki Hori, Yoshimasa Tanaka, Yukinobu Koyama, Takashi Kikuchi, Tsutomu Nagatsuma

¹ RISH Kyoto Univ.

² STEL Nagoya Univ.

³ NIPR

⁴ WDC Kyoto Univ.

⁵ NICT

It has been well-known that two-cell ionospheric convection in the polar ionosphere driven by a dawn-to-dusk electric field which carries the region-1 field-aligned currents (R1 FACs) are significantly intensified and expand to middle-low latitudes during the main phase of geomagnetic storms. The two-cell ionospheric currents produce negative and positive disturbances of the H-component of geomagnetic field in the morning and afternoon sectors of sub-auroral and middle- latitudes, respectively. The geomagnetic field variations are reversed in high latitude above the footprint of R1 FACs. The dawn-to-dusk polar electric field penetrates to the magnetic equator, and causes a significant enhancement of the eastward equatorial electrojet current (eEJ). During the recovery phase which is caused by the northward turning of the IMF, the two-cell ionospheric currents in the polar ionosphere are abruptly reduced and the equatorward boundary of auroral electrojet currents (AEJ) move to high latitude. In this case, the geomagnetic field variations at the magnetic equator show a reduction or reversal of the eEJ in the daytime sector associated with an enhancement of the westward equatorial electrojet current (wEJ) component driven by the dusk-to-dawn electric field originating from the R-2 FACs. However, due to the lack of geomagnetic field data in the middle-low latitudes, detailed relationship between the magnetic field variations of high-middle latitudes and at the equator during geomagnetic storms has not been clarified yet. In this talk, we investigated time and spatial evolutions of global geomagnetic field variations from high-latitude to the magnetic equator during geomagnetic storms, using 1-minute geomagnetic field data obtained from the CARISMA, GIMA, IMAGE, MACCS, and NSWM networks, and provided by WDC geomagnetism in Kyoto.

In the present analysis, we first subtracted 10-day average solar quiet (Sq) daily variation from the disturbed field during the geomagnetic storm for H and D components observed at each station. The 10 quiet days were identified from the list of quiet and disturbed days provided by WDC geomagnetism in Kyoto. As a next step, we excluded the magnetic effects produced by magnetospheric currents by subtracting the low-latitude geomagnetic field variation of the northward component. The equivalent current system showed that two-cell ionospheric currents are significantly enhanced in the daytime together with a strong enhancement of the eEJ at the daytime equator during the main phase of geomagnetic storms. The centers of these vortices were located at 70 degrees and 65 degrees in the morning and afternoon sector, respectively. The two-cell ionospheric currents expanded to the low-latitude region of less than 30 degrees (GMLAT). In the nighttime of middle-low latitudes, the arrows of the equivalent current were directed in the northward direction. This signature indicates that the nighttime magnetic field signatures are produced by the magnetic effect of the R-1 FACs. On the other hand, during the recovery phase associated with strong northward turning of the IMF, the equivalent current system showed that the two new vortices different from two-cell ionospheric currents driven by the R-1 FACs system appear in the polar cap and middle latitude. The former led to the enhanced NBz current driven by the lobe reconnection due to the strong northward IMF, while the latter was generated by the enhanced R-2 FACs produced by the strongly asymmetric ring current flowing westward in the inner magnetosphere. In this case, the equatorial magnetic field variation showed a strongly negative signature produced by the wEJ current due to the dusk-to-dawn electric field. Therefore, it seems that the enhanced NBz current system plays an important role in the intensification of the dusk-to-dawn electric field from the middle-latitudes to the magnetic equator.

磁気嵐主相時に領域 1 沿磁力線電流によって極域電離圏に持ち込まれた電場によって駆動される 2 セル型の電離圏対流が強められ、中・低緯度側へ拡大することがよく知られている。その 2 セル型の電離圏対流は、サブオーロラ帯および中緯度の午前と午後側において、それぞれ地磁気の水平成分の負と正の変動を引き起こす。その変動の極性は、領域 1 沿磁力線電流の電離圏における足元を境に逆転する。そして、極域の朝-夕方向の電場は磁気赤道まで伝搬し、昼間側の磁気赤道において東向きのジェット電流が増大する。惑星間磁場(IMF)の磁場が北向きに変化することに伴って磁気嵐回復相に移行するが、その期間において、2 セル型の極域電離圏対流が急激に弱まり、オーロラエレクトロジェット電流の位置が高緯度側へ移動する。このとき、磁気赤道の磁場変動は、東向きのジェット電流が急激に衰退し、西向きのジェット電流へと変化する。これは、内部磁気圏を流れる非対称管電流に接続する領域 2 型沿磁力線電流によって持ち込まれた通常の対流電場とは逆向きの電場によって駆動されたものと考えられている。しかしながら、中低緯度における地磁気データの不足によって高緯度-中緯度における地磁気変化と赤道域の磁場変動との詳細な対応関係がまだよく明らかにされていない。そこで本研究では、CARISMA, GIMA, IMAGE, MACCS と NSWM の地磁気観測ネットワーク、および京都大学地磁気センターから提供された全球をカバーする地磁気 1 分値データを用いて磁気嵐時における高緯度から磁気赤道に至るまでのグローバルな地磁気の時間と空間変動を明らかにする。

本解析ではまず、各観測点で得られた地磁気の H と D 成分に対して磁気嵐時におけるデータから各月の地磁気静穏日に当たる 10 日分のデータを平均したものを差し引いた。ここで用いた地磁気静穏日は、京都大学地磁気センターから提供された地磁気静穏日リストから同定した。次に、磁気圏界面電流や環電流の作る磁場の影響を極力抑えるために、上で求めた各観測点の擾乱場から緯度補正を加えた低緯度の地磁気水平成分を差し引いた。

解析の結果、磁気嵐主相時における等価電流系は、昼間側の磁気赤道において東向きのジェット電流の増大とともに 2 セル型の電離圏電流の発達を示した。これらの渦電流の中心は、朝側と午後側でそれぞれ 70 度と 65 度に位置していた。また、その 2 セル型の電離圏電流は、磁気緯度 30 度以下の低緯度領域まで拡大していた。また、中低緯度の夜側において等価電流ベクトルの方向が北を向いていた。この領域における夜側の電離圏電気伝導度がかなり低いことを考えると、これは、領域 1 型の沿磁力線電流の作る磁場効果を見ていると考えられる。一方、IMF の北向きに伴って磁気嵐回復相が始まると同時に、領域 1 型の沿磁力線電流が作る 2 セル型の電離圏電流が急激に弱まり、極冠域と中緯度に新たな渦電流が出現した。これらの渦電流の極性は、領域 1 型の沿磁力線電流の作る渦電流の極性とは逆であった。これらの渦電流の出現に呼応して昼間側の赤道域では、西向きのジェット電流が増大していた。極冠域に出来た渦電流は、ローブ理コネクションによって発生した NBz 電流が作る渦で、中緯度の渦電流は、内部磁気圏を流れる非対称管電流に接続する領域 2 型沿磁力線電流が作る渦であると考えられる。これらの 2 つの沿磁力線電流が持ち込む夕-朝方向の遮蔽電場が昼間側の西向きのジェット電流の駆動に関与していると考えられる。