

磁気嵐の発達・衰退過程におけるサブオーロラ帯・極域電離圏内の電場分布の変化について

新堀 淳樹 [1]; 西村 幸敏 [2]; 菊池 崇 [3]; 小野 高幸 [4]; 熊本 篤志 [5]

[1] 名大・太陽地球環境研究所; [2] 東北大・理・地球物理; [3] STE 研究所; [4] 東北大・理; [5] 東北大・理

Variations of the electric field distribution in the sub-auroral latitude and polar ionosphere during geomagnetic storms

Atsuki Shinbori[1]; Yukiotoshi Nishimura[2]; Takashi Kikuchi[3]; Takayuki Ono[4]; Atsushi Kumamoto[5]

[1] Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.; [2] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

; [3] STELab; [4] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.

It has been well-known that the activation of plasma convection in the sub-auroral latitude and polar ionosphere and the expansion of the two-cell convection structures toward the low-latitude region are found during the development of geomagnetic storms. During the main phase, the convection electric field penetrates into the entire region from the high latitude to magnetic equator, while the convection electric field tends to weaken in the low-latitude region due to the shielding electric field created by injection of the ring current particles into the inner magnetosphere during the recovery phase, based on the ground-based observation of geomagnetic field. However, due to the lack of the electric field observation in the middle-latitude and sub-auroral region, details of time and spatial evolutions of the electric field distribution in these regions associated with the development of geomagnetic storms have not yet been clarified. In the present study, in order to clarify time and spatial evolutions of the electric field in the middle-latitude, sub-auroral and polar cap ionosphere during the geomagnetic storms, we have performed statistical analysis of the long-term electric field observation of the Akebono satellite for about 7 years from March, 1989 to January 1996.

In the present data analysis, we selected 1725 cases of geomagnetic storms during the above period. Here, we defined the phenomena of magnetic disturbances indicating the minimum value of less than -40 nT in the SYM-H index as the geomagnetic storm. Moreover, we defined the periods of $dSYM-H/dt < 0$ and $dSYM-H/dt > 0$ as the main and recovery phases of geomagnetic storms, respectively. We also identified the magnetically quiet condition periods when the SYM-H and Kp indices represent more than -10 nT and less than 2. On the other hand, in the electric field data analysis, we used the mapping method into the ionosphere proposed by Mozer [1970], using the IGRF90 model field.

During a magnetically quiet condition, the electric field distribution in the high-latitude region of more than 60° shows a typical structure of the electric field indicating the two-cell convection pattern. In the polar cap region, the dawn-to-dusk electric field appears with the averaged magnitude of 10.0 - 20.0 mV/m. Moreover, in the auroral zone, the poleward electric field mainly distributes with strong dependence on magnetic local time, which shows that the electric field is directed equatorward and poleward in the local time sectors of 00 - 12 h and 12 - 24 h, respectively. On the other hand, in this case, the potential drop in the polar cap region can be estimated as about 26 kV.

During the main phase, the averaged electric field intensity in the auroral zone and polar cap region increases by 2-3 times amplitude and the polar cap region expands into the low-latitude region, compared with that during the magnetically quiet condition. In this case, we can estimate the polar cap potential as about 62 kV. Moreover, a new component of the poleward electric field appears in the sub-auroral region in the local time sector between 18 and 24 h with the averaged magnitude of 40 - 60 mV/m without the azimuthal component. On the other hand, the potential distribution of the electric field shows the negative potential structure in the dawn sector between 03 and 06 h with the potential drop of about 4 - 6 kV.

During the recovery phase, the polar cap boundary moves into the high-latitude region from 70 to 74° and the poleward electric fields clearly appear with the double structure in the auroral zone and sub-auroral region in the dusk sector between 18 and 23 h. The poleward electric field in the sub-auroral region can be identified as the SAID/SAPS phenomena. Moreover, in the equatorward region of the poleward electric field, the shielding electric field appears with the magnitude of 5 - 10 mV/m. The similar electric fields are found in the low-latitude dawn sector between 02 and 05 h.

太陽風中に含まれる数時間継続する強い南向きの磁場と地球磁気圏磁場の会合によって発生する磁気嵐の発達期において極域・サブオーロラ帯の電離圏内の対流の活性化とその2セルの構造が低緯度側へ拡大することが一般に知られている。そして、磁気嵐の主相の期間において対流電場が極から赤道域にまで渡る広範な領域へ侵入している一方、磁気嵐の回復相において環電流粒子の内部磁気圏への侵入と対流電場の減少に伴って低緯度側に逆向きの遮蔽電場が現れることも地上磁場観測等で近年明らかになりつつある。しかしながら、Millstone Hill レーダなどの観測を除いてサブオーロラ帯や中緯度電離圏における観測例は少なく、磁気嵐の発達・衰退過程に伴う極域から中緯度電離圏にまでの広範な領域に及ぶ電場分布の変化の詳細は、明らかになっておらず、内部磁気圏内で観測される局所電場とサブオーロラ帯の電離圏で観測される SAID/SAPS との関連性も未解決問題として残されている。本研究では、磁気嵐の発達過程における極域電離圏並びにサブオーロラ帯の電場分布や構造の時空間変動を明らかにするために、1989年3月から1996年1月までの長期にわたるあけぼの衛星の電場観測データの統計解析を行った。

本解析では、まず、上記の期間において1725例の磁気嵐イベントを抽出した。ここでは、SYM-H 指数データにおいてその最小値が -40 nT 以下を示す変動現象を磁気嵐として同定し、その各変動現象に対して $dSYM-H/dt < 0$ の期間を磁気

嵐主相、並びに $dSYM-H > 0$ の期間を磁気嵐の回復相と定義した。また、地磁気静穏時の条件として $SYM-H > -10nT$ かつ $K_p < 2$ とした。一方、電場データの解析には Mozer [1970] によって提案されている磁力線垂直方向の電場の電離圏への投影法を用いている。その際に共回転電場を観測データから除外している。

地磁気静穏時における極域電離圏の電場分布は、極冠域ではほぼ Dawn-to-dusk 方向の電場が分布し、それよりも低緯度側では動径方向の電場が分布するといった磁気緯度 60 度以上の高緯度電離圏で見受けられる典型的な電場構造を呈していた。そして、それぞれの電場の平均強度は 20-30mV/m であった。また、動径方向の電場には磁気地方時が 00-12 時の朝側領域では低緯度方向を向き、12-24 時の夕方側領域では西向き方向を向く顕著な磁気地方時の依存性が存在していた。このことから、この極域電離圏電場の構造は、従来から知られている典型的な極域の 2 セル型の電離圏対流構造を呈している。一方、このときの極冠域の電場ポテンシャルは、従来から知られている典型的な極域の 2 セル型の電離圏対流構造を呈し、その大きさは約 26 kV と見積もられた。

磁気嵐主相時における極域電離圏電場の分布は、地磁気静穏時の分布と比べると、平均的な電場強度が約 2-3 倍程度の増加を示すとともに極冠域の低緯度側への拡大とオーロラ帯の低緯度側への移動を示した。この場合の極冠域とオーロラ帯の境界は、磁気緯度 70 度付近に位置しており、この結果から極冠域の電場ポテンシャルは、約 62 kV と見積もられた。さらに、磁気地方時が 18-02 時の夕方側から真夜中側にかけての磁気緯度 50-60 度のサブオーロラ帯において新たな局所電場構造が出現していることが明らかとなった。この電場構造の特徴は、方位角方向の電場成分をほとんど持たず、極方向成分の電場成分から構成されているという点である。そして、この電場構造から求められる夕方側のサブオーロラ帯での電圧降下が、約 20-30 kV にまで達していることがわかった。さらに、この局所電場が極方向成分しか持たないという特徴から、サブオーロラ帯に形成している電場の発生機構として内部磁気圏の磁気赤道面に注入された環電流粒子の L 値方向に対する電荷分離によって発生した電場が磁力線に沿って電離圏へ配位しているものと考えられる。一方、朝側 (03-06h) の低緯度領域に遮蔽電場に伴う負の電場ポテンシャル構造が出現し、その電圧降下の大きさは、約 4-6kV 程度であった。

磁気嵐回復相になると、極冠域の縮小と Dawn-to-dusk 電場強度の減少が見受けられ、磁気地方時 18-24h の夕方側のサブオーロラ帯からオーロラ帯における極方向の電場成分に顕著な 2 重構造が見受けられた。このときの極冠域の電圧降下は 42kV であった。このサブオーロラ帯の電場は、従来から指摘されている SAID/SAPS に対応するものと考えられる。さらに、この局所電場の出現位置よりも低緯度側に赤道方向を向く動径方向の電場が見受けられ、この成分は、おそらく遮蔽電場であると考えられる。同様の電場が、02-04h 付近の中緯度領域に出現していることも明らかになった。