

多点 ELF 波動観測から推定される全球雷放電と電荷モーメントの地域季節依存性

佐藤 光輝 [1]; 高橋 幸弘 [2]; 足立 透 [2]; 吉田 暁洋 [2]; 福西 浩 [2]
[1] 理研; [2] 東北大・理・地球物理

Regional and seasonal variations of global lightning and charge moment distributions derived from multi-point ELF observations

Mitsuteru Sato[1]; Yukihiro Takahashi[2]; Toru Adachi[2]; Akihiro Yoshida[2]; Hiroshi Fukunishi[2]
[1] RIKEN; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.

In order to study regional and seasonal variations of the global lightning and charge moment distributions, we have developed a new data processing algorithm to estimate lightning locations using both direction finding method and a wave arrival time difference method. For these purposes, we have analyzed the 1-100 Hz ELF magnetic field waveform data obtained at Syowa station in Antarctica (69.0°S, 39.5°E), Onagawa in Japan (38.4°N, 141.5°E), and Kiruna in Sweden (69.8°N, 21.1°E) in the period between September 2003 and August 2004. We have selected transient Schumann resonance events from the ELF magnetic field data whose amplitude exceed 40 pT at all stations. Then, an incircle center of a triangle determined by the three great circles was defined as the lightning occurrence location. Using the lightning data obtained by the FORMOSAT-2 satellite, the average value of the triangulation error was estimated to be 0.74 Mm. The longitudinal distribution of global lightning occurrences shows clear peaks at 0°-50°E, 60°-130°E, and 50°-110°W, which are related to the lightning activity in Africa, Asia and America, respectively. The latitudinal distribution in the summer and fall seasons shows clear peak at 10°N, while that in the winter and spring seasons at 10°S. These facts are consistent with the characteristics derived from the previous satellite observations. We have also calculated charge moment values of lightning discharges and estimated the distribution functions. It is found that the shapes of the charge moment distribution function are almost constant for all seasons. At the presentation, we will discuss the regional variation of global lightning and charge moment distributions more in detail.

雷放電は数 Hz から数百 MHz の広い周波数帯域に電磁波動を放射するが、そのなかでも最も低い 8-50Hz 帯の ELF 波動は、電離層と地表面で閉じられた導波管内を低減衰率で長距離伝搬することができる。この波動は全球雷放電によって常に励起されており、互いの波が導波管内部で干渉し共鳴を起こすことからシューマン共鳴 (Schumann Resonance: SR) とよばれている。この SR 波動の長距離伝搬特性から、たった 1 地点の ELF 波動観測であっても全球的な雷活動を常時モニターすることができる。特に、高高度雷放電 (スプライト、エルプス、ブルージェット) に伴うトランジェントな SR 波動の観測は、地理的、時間的な制約を受ける地上光学観測に比べて、世界中の発生頻度分布を見積もることができる唯一の手段として注目を集めている。そこで我々の研究グループは、1-100 Hz 帯 ELF 電磁波動を観測するシステムを 1999 年に開発し、南極昭和基地 (69.0°S, 39.5°E) に 2000 年 2 月に設置した。さらに 2001 年 6 月と 2003 年 3 月には、女川観測所 (38.4°N, 141.5°E) とスウェーデン・キルナ (69.8°N, 21.1°E) に同型のシステムをそれぞれ設置し、3 点での同時観測を開始した。

我々はこれまでに、昭和基地と女川観測所で得られた ELF 磁場波形データを用いることによって、全球的な雷の発生頻度分布や、雷放電の放電エネルギー (電荷モーメント) および全球的なスプライト発生頻度分布を世界に先駆けて推定した (Sato and Fukunishi, GRL, 2003)。しかし、2 点で得られた ELF データを用いたために、雷放電の位置推定精度は約 1.7Mm と非常に悪く、その結果として電荷モーメントやスプライト発生頻度の推定精度も悪くなっていた。近年特に、高高度雷放電による地球大気への化学インパクトが重要視されており、高高度雷放電による全球的な NO_x, HO_x, O₃ 生成・消滅量を定量的に推定するためには、より正確な電荷モーメントとスプライト発生頻度を推定することが課題となっている。そこで本研究の第 1 の目的は、3 点の ELF データを用いることによって、推定誤差が 1Mm 以下となるような高精度雷位置推定法を新たに開発し、全球雷放電の発生頻度分布と電荷モーメント分布を推定することにある。さらにこれらの結果から、地域季節依存性を特定することが本研究の第 2 の目的である。

まず、2003 年 9 月から 2004 年 8 月の 1 年間に 3 点で得られた磁場波形データから、振幅が 40pT を越えるトランジェントな SR 波動を選出した。次に同一イベントについて、波動の到来方向と波動到来時間差から求まる大円群から、3 点の雷候補点を求める。最後に、この 3 点で囲まれる三角形の内接円中心を推定し、雷発生位置と定義した。このような雷放電発生位置推定処理を自動で行うソフトウェアを新たに開発した。台湾の FORMOSAT-2 衛星で得られた雷データを用いて雷放電位置推定精度を求めた結果、平均 0.74Mm となり、これまでの 1.7Mm という精度に比べてかなりの改善がみられた。次に、全球雷発生頻度の経度分布を各月毎に推定した結果、経度 0°-50°E, 60°-130°E, 50°-110°W でピークをもつことが判明した。これらは、アフリカ、アジア、アメリカの各領域における雷活動と密接にリンクしていることを示唆する。同様に緯度分布を推定した結果、北半球が夏・秋となる季節には、10°N 付近で発生頻度がピークを持ち、北半球が冬・春となる季節には、10°S でピークを持つことが判明した。これらの結果は、夏半球の大陸部で雷活動が活発になるという、OTD や TRMM などの衛星雷観測で得られた特徴と一致する。さらに、3 点の ELF 波動データから、検出した雷放電の電荷モーメントを求め、分布関数を推定した。その結果、分布関数の形自体は季節によって大きく変化しないことが明らかになった。このことは、雷の発生頻度は地域・季節によって大きく変化するが、エネルギー分布自体は不変であることを示唆する。講演では、さらに海・陸域毎の分布の違いについて詳細に議論する予定である。