

Improvement of lightning geolocation by time of arrival method using global ELF network data

Kozo Yamashita[1]; Yukihiro Takahashi[2]; Mitsuteru Sato[3]; Hiromi Kase[1]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Hokkaido Univ.

Global electric circuit (GEC) is one of the most important topics in the recent lightning study. There are two significant questions in this research. One is the contribution of thunderstorm activities as the battery in this circuit, which has not been assessed from a quantitative standpoint. The other is electrical connection between the lower atmosphere and the ionosphere. Atmosphere has been considered as the main area of classical GEC research. However, the recent discoveries of Transient Luminous Events occurring in the middle atmosphere obviously indicate that connection.

Our goal is to develop the new GEC model which takes into account the electrical connection between above two regions. As a first step, we have modified the algorithm to geolocate the cloud-to-ground lightning discharge with ELF sferics obtained by multipoint network, which enable us to evaluate the charge transfer caused by lightning discharges.

In the new algorithm, time-of-arrival (TOA) method is applied to ELF data. The accuracy of it depends mostly on the sampling frequency for data acquisition. This method allows us to locate the smaller lightning whose charge moment change is in the range of 270-900 Ckm. Those events have not been analyzed in the previous studies since the accuracy in the geolocating method of direction finding is strongly degraded by background noise for smaller lightning discharge events.

Using this algorithm, we have analyzed the ELF data observed at three sites in January 2004. We estimated the locations, polarities and charge moment changes for 571,831 events. The number of analyzed events is about 30 times larger than previous one. Comparing those dataset with the data by VLF observation network (WWLLN), the mean error for geolocation is evaluated at about 700km, which is precise enough to discuss the regional characteristics of lightning activities in global scale.

The results provide the means for drawing the snapshots of lightning activities in each day or several hours including electrical properties. Those distributions in short term have not been derived in the previous studies. It have the possibilities to consider not only the role of the activities global lightning discharges in the global electric circuit but also the relationship between lightning and the metrological phenomena.

グローバル・サーキット（地球電流回路、以下 GEC）は、近年の雷研究における最重要項目の一つである。GEC 研究において、2つの重要な未解明点が存在する。ひとつは雷雲活動の電池としての上記電流回路への寄与である。これは、未だ定量的な考察がなされていない。もう一つは、大気圏下部と電離圏の電気的な結合関係である。古典的な GEC 研究では、大気圏がその主領域として想定されてきた。しかし、近年の中間圏における TLEs の発見は、明らかに上記 2 領域の結合を示唆する。

本研究の目的は、大気圏下部と電離圏の電気的結合関係を考慮した新たな GEC モデルの構築である。その第一段階として、多点観測による ELF 帯空電データを用いた世界雷分布導出アルゴリズムの改良を行った。これにより、雷放電による電荷移動量の見積もりが可能になる。

新しいアルゴリズムでは、到来時間差法を ELF データに適用した。同手法の精度は、その大部分がデータ取得の際のサンプリング周波数に依存する。同手法は、小規模イベント（270-900Ckm）の位置同定を可能にする。これらの小規模雷イベントは背景雑音による位置推定誤差が大きいため、従来の方位推定による手法では解析されて来なかった

上記アルゴリズムを用いることにより、2004年1月に3点観測で取得された ELF データの解析を行った。その結果、571,831 イベントの位置と電気的特性を推定した。イベント取得効率は、従来のものの約 30 倍となった。上記結果と、VLF 帯観測により得られた WWLLN データを比較したところ、位置推定誤差は平均で 700km と推定される。これは全球における雷放電活動の地域特性を考察するには十分な精度と考えられる。

得られたイベントは、一日毎もしくは数時間毎の雷放電活動の変化を電気的特性を含めて考察するための手段になる。上記の様な短時間における雷分布導出は、先行研究では行われていない。これらの結果は、グローバル・サーキットにおける雷放電活動の役割に対する考察だけでなく、雷活動と他の気象パラメータの関係性を比較をも可能にすると考えられる。