

VLF 帯電波伝搬のブリュースター角を考慮した落雷位置推定

尾崎 光紀¹、八木谷 聡¹、宮崎 和久¹、長野 勇¹
¹金沢大学

Lightning localization technique considering the effect of the Brewster's angle of VLF wave propagation

M. Ozaki¹, S. Yagitani¹, K. Miyazaki¹ and I. Nagano¹
¹Kanazawa University

Lightning discharge radiates intense electromagnetic pulses, which are called sferics. Sferics propagate long distance in the earth-ionosphere waveguide. In this study, we have studied single-site lightning location technique by using VLF sferics [Nagano et al., 2006]. Especially, we have evaluated the error of lightning location (direction and distance) by using the theoretical sferic waveforms, which are calculated from the full-wave analysis.

Different distance error rates in directions of East and West were obtained by the effect of the ionospheric anisotropy. Moreover, it is found that the distance error rate increases at the horizontal distance of more than 300 km from the lightning for westward propagation of the sferics. The distance error rate is 20 % in the horizontal distance of 400 km from the lightning. This is caused by the effect of the Brewster's angle for the reflected wave in the ionosphere, which appears for westward propagation. Sferics having large incidence angles are susceptible to the Brewster's angle, thus we have considered lightning location technique without the first reflected wave, which has the largest incident angle. This method improves the estimation accuracy and the distance error rate becomes less than ± 5 % for westward propagation at night.

In this presentation, we will report on the validity of single-site lightning location technique by using the theoretical sferic waveforms. We will also discuss the noise effect in this technique.

落雷に伴う大電流によって、大気中に雷空電と呼ばれる大振幅の電磁界パルスが放射される。この雷空電は VLF 帯にエネルギーのピークを持ち、大地と電離層間を多重反射しながら長距離伝搬する。そのため、一般的に雷が発生しない南極においても雷空電は頻りに計測される。落雷位置推定に対して、現在までに雷空電を用いた研究が盛んに行われている。しかし、雷空電を用いた推定に対し真の落雷位置が分からなければ、その推定精度や性質について論じることは困難である。そこで本研究では、Full wave 解析を用いて電離層異方性を考慮した雷空電理論波形を再現し、我々のグループが提案している一地点の雷空電波形観測による落雷位置推定法[Nagano et al., 2006]の誤差評価を行った。

雷空電に対する電離層異方性の影響を解析したところ、落雷点から観測点までの水平距離推定において、東西南北の雷空電伝搬方向毎に距離誤差率が大きく異なることを確認した。これは、電離層異方性による伝搬方向毎の反射係数の違いが現れたものであり、特に西側の推定結果において、落雷点から水平距離 300 km 以上で誤差率が増大し、400 km 圏内において最大で誤差率が 20 %程度になるという結果を得た。この理由は、西側の雷空電伝搬において、電離層での反射係数が著しく小さくなる入射角(ブリュースター角)が存在するためであり、このため、実際より電離層高度が高く推定されてしまい、結果として距離誤差率増大の主要因になるということが分かった。

この解析結果から西側へ伝搬する雷空電に対して、ブリュースター角の影響を最も受けやすい雷空電の第一反射波を用いないことを考えた。第一反射波を用いずに落雷点までの水平距離を推定することで、反射係数がほぼ一定の値を示す入射角の小さい反射波のみを推定に用いることができる。このようにして、第一反射波を用いずに理論波形に対して距離推定を行ったところ、西側へ伝搬する雷空電に対し、距離推定の誤差率が夜間で ± 5 %まで改善された。

以上、本発表では、雷空電理論波形を用いた一地点観測による落雷位置推定法の誤差評価および、電離層異方性を考慮した距離推定の結果について報告する。さらに、落雷位置推定法における雑音の影響に対し、パラメータ感度として議論する予定である。

References

Nagano, I., S. Yagitani, M. Ozaki, Y. Nakamura, and K. Miyamura, Estimation of lightning location from single station observations of sferics, IEICE B, J89-B(1), 22-29, 2006 (in Japanese).