

電離層異方性を考慮した一地点観測による落雷位置推定法の検討

宮崎 和久 [1]; 尾崎 光紀 [1]; 八木谷 聡 [2]; 長野 勇 [2]
[1] 金沢大・理工・電情; [2] 金沢大

Validation analysis of single-site lightning location technique by VLF sferics waveforms

Kazuhisa Miyazaki[1]; Mitsunori Ozaki[1]; Satoshi Yagitani[2]; Isamu Nagano[2]
[1] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [2] Kanazawa Univ.

Electrical 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. Especially, we have evaluated the error of lightning location (direction and distance) with the theoretical sferics waveforms, which are calculated by the full-wave analysis.

First, the frequency dependence of the sferic waveform is analyzed. The variation of error rate of estimated distance is less than 10% with band-limited (400 Hz~30 kHz) waveforms from original waveforms (~100 kHz). This would be caused by the effect of the ionospheric reflection coefficients. Because some reflected waves are used in the estimation of the distance, but high frequency components (several tens of kHz) of the reflected waves mostly propagate into the ionosphere. In addition, it is found that the distance error rate increases at the horizontal distance of more than 300km from the lightning for westward propagation of the sferics. The distance error rate is 20% in the horizontal distance of 400km from the lightning. This is caused by the effect of the quasi-Brewster's angle, which appears for westward propagation. Sferics with large incidence angles are susceptible to the quasi-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 plus or minus 5% westward propagation at night.

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

落雷の際に発生する大電流によって、大気中に空電と呼ばれる大振幅の電磁波パルスが放射される。この空電は大気と電離層の間を多重反射しながら長距離伝搬する。落雷位置推定に対して、現在までに空電を用いた研究が盛んに行われている。しかし空電を用いた推定に対し真値を知ることができない以上、その推定精度や誤差について論じることは容易ではない。そこで本研究では Full-Wave 理論により求められた電離層異方性を考慮した空電理論波形を用いて、我々のグループが提案している一地点の空電波形観測による落雷位置推定手法の誤差評価を行った。また解析結果から、電離層異方性を考慮した新たな落雷距離推定法の提案とその誤差評価も行った。

はじめに、本研究では計測周波数帯域依存性について解析を行った。約 100kHz まで周波数帯域を含んだ理論波形に対し 400Hz~30kHz の帯域のみを用いて推定を行っても、全帯域を含めた推定結果と比較し、距離誤差率は 10% 程度の変化にとどまることを確認した。帯域制限した波形を用いても推定精度が変化しなかった理由は、電離層において空電の高域周成分は反射せず透過してしまうため、反射波を利用した距離推定では数十 kHz 以上の成分は影響しなかったためと考えられる。また落雷距離の推定において、東西南北の空電伝搬方向の違いにより距離推定の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影響であり、特に西側の推定結果において、落雷地点から水平距離 300km 以上で推定誤差が増大し、400km 圏内において最大で 20% 程度になるという結果が得られた。この理由は西側の空電伝搬において、電離層での空電の反射係数が著しく弱くなる入射角（準ブリュースター角）が存在するため、実際より電離層高度が高く推定されてしまうことが原因であることがわかった。

これらの解析結果から西側へ伝搬する空電に対して、準ブリュースター角の影響を最も受けやすい第一反射波を用いずに、落雷距離を推定することを考えた。第一反射波を用いずに落雷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、西側へ伝搬する空電に対し落雷距離推定の誤差率が夜間ではプラスマイナス 5% 程度に改善された。

以上、本発表では、空電理論波形による一地点観測の落雷位置推定法の誤差評価及び、電離層異方性を考慮した落雷距離推定の結果について報告する。さらに、落雷位置推定手法における雑音の影響についてパラメータ感度についても議論する予定である。