

三軸ループアンテナ及びインフラサウンドセンサを用いた 多地点観測による雷のエネルギー推定

Energy estimation of lightning by multiple-site observation
using 3-D loop antennas and infrasound sensors

1235123 永松 萌 (宇宙地球探査システム研究室)

(指導教員 山本 真行 教授)

1. はじめに

宇宙地球探査システム研究室では、スプライトの観測的研究に伴い雷観測を行ってきた。先行研究では、電磁界アンテナ及びインフラサウンドセンサなどの複数の観測機器による雷の観測を行うことで、雷波源位置の推定を行うことができた[1]。また、電磁界アンテナに関しては、小型気球搭載型雷方向探知システムの設計・検討が行われ、改善の余地があることが分かった[2]。衛星搭載型の磁場計測器の例として、磁気圏観測衛星である「あけぼの」の、磁場計測器 (MGF)があり、「あけぼの」搭載のプラズマ波動計測器(PWS/VLF)では、VLF 用 3 軸ループアンテナが搭載された事例などもある。

2. 目的

本研究では、小型化及び 3 軸化を行うことで、従来のループアンテナとの性能比較を行うことを目的とする。また、電磁波および音波の多地点観測を行い、近距離の雷についての位置を算出する。算出した位置情報とインフラサウンドセンサで得た音波データを用いて、雷のエネルギー量の推定を行い、将来的には豪雨との関係を調べることを最終目標とする。

3. 電磁波観測による雷位置算出

本研究では、雷から発生する電磁界変動を観測する機器として、3 軸の直交ループアンテナを製作し、実験を行った。本研究ではこれまで、2 成分 1 対の直交ループアンテナを使用していた。しかし、3 軸化することにより 1 地点のみで雷の極性判断まで可能になる。雷が大气中の現象であり必ず水平線より上から電磁波が到来することを考えれば、これを 3 軸の直交にすることで正極性、負極性のいずれかを有す電磁波に対して方位角および仰角の磁界成分を検出することができ(図 1)。

地点の観測点をそれぞれ A、B とし、そこで得られる電磁波到来角を θ_0 、 θ_1 、仰角を ϕ_0 、 ϕ_1 とし、AB 間の距離(基線長)を c とすると、落雷地点 C の座標は 2 つの直線 AC、BC より求めることができる。落雷発生仰角 C' の座標も同様である。これを模式図で表すと図 2 のようになる。ここでは z 軸正方向は上(U)、y 軸正方向は北(N)、x 軸正方向は東(E)とした。

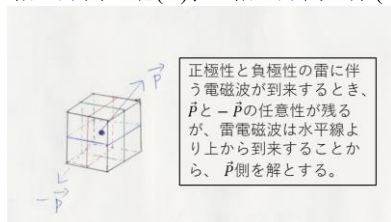


図 1 方向ベクトルの概念図

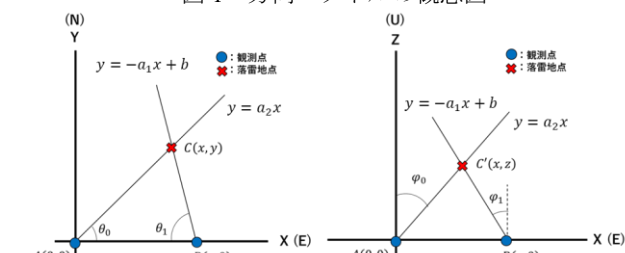


図 2 落雷座標(ただし基準 AB を X 軸上に配置した場合)

4. 観測システムの構成と多地点観測

本研究では、主に VLF 帯の雷電磁波観測、低周波音波観測を行った。観測にはそれぞれ直交ループアンテナ、インフラサウンドセンサを使用した。観測システム例を図 3 に示す。3 軸ループアンテナおよびインフラサウンドセンサを用いて高知県及び福岡県内で多地点観測を行うことができた。



図 3 観測システム(左)および観測地点(右)

5. 放電実験

5.1 概要

小型の放電管(電圧 5 kV)を用いて、放電により生じた電磁波を模擬雷と見立て、本研究で製作した 3 軸直交ループアンテナで実際に方向探知ができるか確認実験を行った。仰角を 45° に固定し、図 4 に示すように①→④の順に 4 方位で放電を行った。

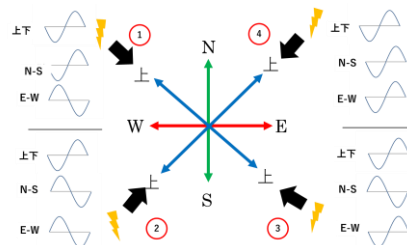


図 4 落雷地点の象限と観測データ波形の関係性

5.2 結果と考察

同軸ケーブル、銅線大、銅線小の 3 種類のアンテナにおいて、銅線の小さいアンテナのみ全方位で方向探知を行うことができた。その要因として、アンテナのフレームが小さく、銅線と放電スペクトルの距離が近かったことが考えられる。用いた 5 kV の放電管では、今以上に距離を離してデータを得ることは不可能である。

6. 結論

本研究の多地点観測では、運用期間が短く、電磁波および音波の同時雷検知には至らなかった。製作したループアンテナアンテナの性能比較として行った放電実験では方向の確認以外の結果は得られなかった。今後の課題として、本研究観測システムの長期運用及び小型ループアンテナにおける信号ノイズの低減の検討などが挙げられる。

参考文献

- [1] 斎藤耕, “電磁界アンテナおよびインフラサウンドセンサを用いた雷位置探知システムの構築”, 高知工科大学平成 29 年度大学院修士課程修士論文, 2018.
- [2] 吉永真章, “小型気球搭載型雷放電方向探知システムの基礎開発”, 高知工科大学平成 28 年度学士課程卒業論文, 2017.