

1. 背景

発達した積乱雲による集中豪雨は多大な被害を引き起こす。積乱雲を発達させる上昇気流に対する有用な観測手段の1つとして、落雷時に放射される電磁波(以下、空電)の計測が挙げられる。

先行研究においては、空電計測に基づいた落雷頻度データによる鉛直対流の存在の有無の評価が検討されている。しかし、落雷の規模には数100倍の差があることがわかっている。鉛直対流の定量的な評価には、落雷頻度だけでなく個々の落雷規模まで考慮した落雷活動監視が必要である。

2. 目的

本研究では、広帯域な低周波を対象とした受信アンテナの実効長を導出する方法の検討を行う。

ELF帯(3kHz以下)・VLF帯(3~30kHz)の空電観測では、それぞれ個々の落雷の中和電荷モーメントとピーク電流値の導出が可能である。

現在、本研究グループでは1~40kHzにわたる電界計測システムを用い、空電に対する高い検出感度を持ち、個々の落雷規模の推定まで行うことが可能な観測ネットワークの構築を進めている。アンテナ実効長を明らかにすることで、同計測ネットワークにおける落雷規模の推定を可能とする。

3. 計測システム

ループアンテナから一定の周波数の電磁波を送信し、ダイポールアンテナに受信させ、受信電圧を得る。なお、使用したダイポールアンテナの物理的な長さは2.3mであった。

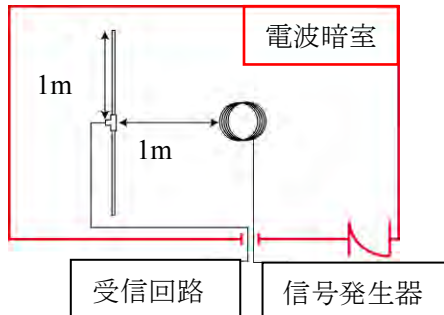


図1 計測システム

図1のアンテナの距離や周波数等の条件を(i)式に代入し、ループアンテナがダイポールアンテナ上につくる電界を導出した。

$$E_{\phi} = \frac{\zeta \beta^2 m}{4\pi r} \left(1 - \frac{j}{\beta r}\right) e^{-j\beta r} \sin \theta \quad (\text{i})$$

計測で得た受信電圧と理論計算から算出した電界を(ii)式を用いて比較し、実効長を導出する。ただし、受信電圧V、電界E、実効長 l_e である。

$$V = E l_e \quad (\text{ii})$$

4. 結果

図2は計測で得た入力10V、5kHzのときの電圧波形とフーリエ解析後の波形である。フーリエ解析を適用した5kHzの電圧波形の振幅から実効値を算出すると0.0837Vである。

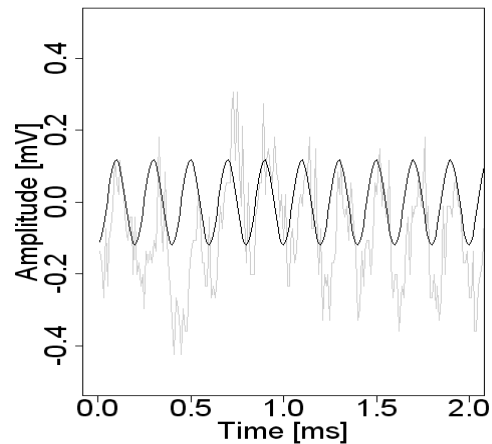


図2 電圧波形

5. 結論

電界の理論値は0.0417mV/mであり、測定値は0.0837mVである。(ii)式より実効長は2.007mと求められた。しかし、高周波においては実効長が急激に短くなる結果となった。

6. まとめ・今後の発展

実験的手法・解析的手法を組み合わせ、VLF帯におけるアンテナ実効長評価を行った。5kHzにおいては実際の長さと同じになった。今後、以下の2点について研究を進めてゆく必要が有ると考えられる。

- (1) 様々な周波数における実効長の計測と検証
- (2) FDTD法等の数値的シミュレーションを用いた今回の計測の検証

文献

- [1] Mansell, E.R., Ziegler, C.L., MacGorman, D.R., "A lightning data assimilation technique for mesoscale forecast models", Mon. Weather Rev. 135, pp.1732-1748, (2007)