

自作小型電磁波検出器とインフラサウンドセンサを併用した雷の多地点観測

1230131 濱島岳 (宇宙地球探査システム研究室)

(指導教員 山本 真行 教授)

1. 背景・目的

インフラサウンドとは人間の可聴領域下限といわれる周波数 20 Hz よりさらに下の周波数帯の音波で、空気などによる減衰を受けにくく長距離を伝搬することから、近年は自然災害の検知に活用できるのではないかと考えられている。雷鳴にもインフラサウンドは含まれており、当研究室ではループアンテナを用いた雷の位置推定やエネルギー推定なども行ってきた[1]。本研究では雷の電磁波を検知する電磁波検出器を従来のものからさらに小型化し、これを小型インフラサウンドセンサ INF04 と併用することにより、1 地点に設置した機材のみで雷の距離推定を行うことを目的とした。

2. 研究内容・方法

雷鳴を伴う雷が発生したとき、雷から放射される電磁波は光速で伝搬するため、雷鳴に含まれるインフラサウンドよりも先に観測地点のループアンテナに到達する。電磁波が到達した時刻を雷の発生時刻とし、その後音速で伝搬してきたインフラサウンドの検出時刻との時間差を求めることにより観測地点から雷発生地点までの距離を推定する。

本研究では直径約 5 cm の小型ループアンテナをプリント基板で製作することで、手作業でループアンテナを巻くよりも個体差が出にくくなるよう配慮した。また、将来的にプリント基板のループアンテナの横にプリアンプやマイコンなどを実装することによって、さらなる小型化も視野に入れている。

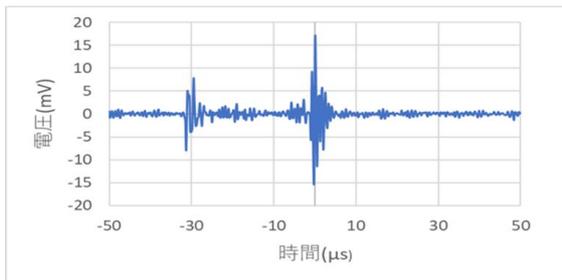


図 1 製作したループアンテナで取得した雷イベントのデータ

図 1 は実際に製作したループアンテナとオシロスコープで雷電磁波を検知した 1 例である。図 1 の観測データを既存の雷検知データと比較して、約 20 km 離れた地点で放射された電磁波は振幅約 30 mV_{P-P} の微小信号として出力されることが分かった。そのため、信号強度を上げる増幅回路を用いた回路を製作した。ほかにも、図 1 の波形をフーリエ変換した結果、小型ループアンテナから取得できる信号は約 3 MHz と高周波であることが分かったため、デジタル信号に変換する前に検波回路を用いて、周波数を下げている (図 2)。また、時刻の同期に市販の GPS 受信機キットを用いることで、多地点観測で重要となる時刻の精度を上げている。

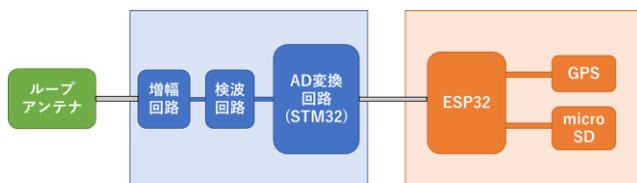


図 2 小型電磁波検出器の構成図

本研究では冬季の北陸で多く発生する雷を観測することを

試みた。図 3 は観測地点である石川県内のセンサ設置地点である。設置地点間の距離はインフラサウンドセンサの雷鳴観測半径から約 20 km とし、2023 年 1 月 19 日から連続観測を行っている。



図 3 センサの設置地点

3. 結果

2023 年 01 月 30 日に雷鳴を伴う雷が金沢大学付近で発生した。図 4 は雷が発生したと思われる期間のインフラサウンドのデータを抜粋したものである。データを見ると複数のイベントをとらえていることが分かる。

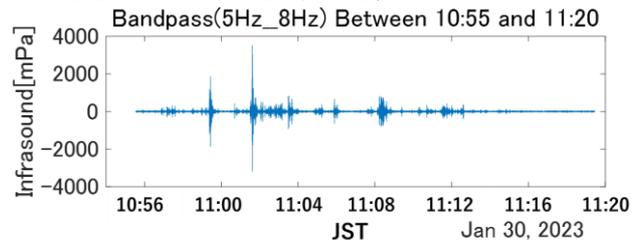


図 4 雷鳴に含まれるインフラサウンド

得られたインフラサウンドのイベント発生時刻と製作した小型電磁波検出器に記録されていた時刻をもとに、計 7 例のイベントの対応を表 1 にまとめた。

表 1 それぞれのイベント時刻と距離

No.	電磁波検出時刻	音波検出時刻	時間差	距離
1	10:17:13	10:17:23	10 s	3,300 m
2	10:21:58	10:22:01	3 s	1,000 m
3	10:26:07	10:26:11	4 s	1,300 m
4	10:32:02	10:32:07	5 s	1,700 m
5	10:59:14	10:59:21	7 s	2,300 m
6	11:01:28	11:01:31	3 s	1,000 m
7	11:03:22	11:03:28	6 s	2,000 m

4. まとめ

以上の結果から、今回製作した小型電磁波検出器は雷の規模にもよるが、少なくとも約 3 km の観測半径があることが分かった。今後はさらに多くのデータを記録し、直径約 5 cm、40 巻の小型ループアンテナによる雷検知性能を調べる必要がある。また、1 軸のアンテナのみを用いた検波回路で波形を変化させているため、アンテナから取得したデータから位相差を求めることができない。よって、2 軸や 3 軸を用いた雷の方角探知には、より高速な AD 変換と信号処理が必要である。

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 2017 年度 大学院修士課程 修士論文, 2018.