

電力未整備地域での観測を目的とした省電力インフラサウンドデータロガー開発

Development of a Low-Power Infrasound Data Logger for Observations in Electrically Undeveloped Area

1275054 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

雪崩や土砂崩れが起こると、雪や土砂が山の斜面を移動し、大気を振動させてインフラサウンド(超低周波音)が発生する。また、南極の水河・棚氷におけるクラック発生時にも同様にインフラサウンドが発生する。当研究室ではこれらの現象をインフラサウンドセンサで検知し、早期発見や震源位置、発生原因の特定を目指してきた。しかし、従来の記録システムではデータ取得や消費電力の制約から観測網を稠密化かつ拡大することが難しく、イベント発生源の特定精度が十分とは言えない。本研究では電力インフラがない地点でも長期間稼働でき、波形の急変を伴うイベントを自動検出して無線でデータ送信が行えるロガーシステムを開発することで電力未整備地域におけるインフラサウンド観測網の拡大に貢献することを目的とする。

2. 研究内容

2.1 開発機器の概要

南極や山岳地帯でのインフラサウンド(周波数 20 Hz 以下)観測網を拡充するために以下の要件を満たす装置が必要である。

- ・ サンプル周波数 40 Hz 以上
- ・ 絶対時刻精度 0.5 秒以内
- ・ LPWA での無線通信
- ・ アルカリ電池での2週間程度の稼働

これらを基に、当研究室と株式会社 SAYA が開発した小型インフラサウンドセンサ INF03S と STMicroelectronics が提供している低消費電力 MCU STM32L476RGT6 を使用してデータロガー装置を開発した(図1)。STM32L476RGT6 は 12bit の AD 変換回路を内蔵し、アナログ信号を直接 GPIO ポートに接続している。時刻は GPS と RTC(Real Time Clock)を併用することで消費電力を抑えつつ 0.5 秒以内の精度を実現する。また、LPWA を用いることにより最大約 5 km 離れた地点でのデータ通信を可能にする。

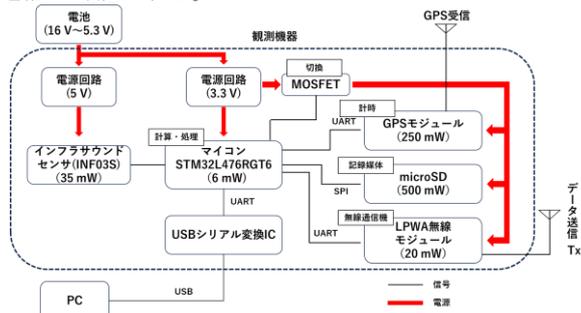


図1 データロガーの機器構成

2.2 STA/LTA 法を用いたイベント検出

環境電池との併用を考慮し、消費電力を抑えるためイベント検出時のみ記録する自動検出モードを実装した。イベント検出には、地震学で一般的に使用される STA/LTA 法をインフラサウンドデータに適用しており、短時間平均 STA(Short Time Average)と長時間平均 LTA(Long Time Average)の比をイベントトリガーとして使用することで、風などの環境ノイズによる誤検出を減少させる(式1)。信号検出性能は設定した平均時間幅に依存するため文献[1]を参考に設定し、高知工科大学香美キャンパスで長期観測を行い、雷鳴によるインフラサウンドを自動検出させることでイベント検出率を確認した。確認は可聴音を記録するボイスレコーダーとインフラサウンドセンサ INF04 の同時観測によって行った。

$$\frac{STA}{LTA} = \frac{\frac{1}{\alpha} \sum_{i=k-\alpha}^k |x_i - x_{i-1}|}{\frac{1}{\beta} \sum_{i=k-\beta}^k |x_i - x_{i-1}|} \quad (式1)$$

α : STAのウィンドウ長 β : LTAのウィンドウ長
 x_i : 現在時刻*i*の観測値

3. 結果

3.1 ロガーシステムの消費電力

表1は当研究室で使用してきたインフラサウンド観測システムの消費電力を示したもので表2は今回開発したロガーシステムの消費電力をまとめたものである。どの状態においても従来のインフラサウンドロガーシステムより消費電力を抑えることに成功した。特に、イベント検出を利用した自動検出モードでは、連続観測モードより消費電力を約65%抑えることができた。

表1 従来のインフラサウンドロガーシステムの消費電力

	消費電力[W]
INF01 LE	3.5 rms + 10 (PC)
INF03	60 m + 10 (PC)
INF04 LE	60 m + 10 (PC)
Raspberry Pi Logger	4.4

表2 開発機器の消費電力

状態	消費電力[mW]
GPS稼働時	160
LPWA使用時	120
連続観測モード(計測+データ記録)	100
イベント検出モード(計測のみ)	35

3.3 STA/LTA 法を用いたイベント検出

同キャンパスで2024年6月6日から9月21日の延べ107日間連続観測を行い、675サンプルのイベントを検出した。特に2024年7月11日には、雷鳴インフラサウンド23イベントのうち約15イベントが自動検出された(図3)。

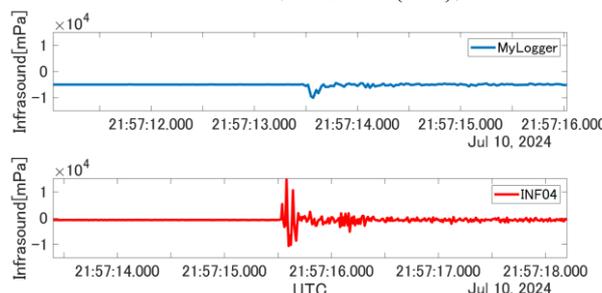


図3 製作機(上)と INF04(下)で検出に成功した同イベント

4. 結論

本研究では山岳や南極での運用が可能な省電力データロガーシステムを開発した。さらなる省電力化のためイベント検出モードを実装し、雷鳴インフラサウンドの長期観測を行って検出機能を確認した。全イベントの検出には至っておらず、設定パラメータの検討が必要であるが、自動検出と見通し約5kmの通信機能を付加することで電力未整備地域において災害時にも機動的に運用可能なデータロガーを開発できた。

参考文献

[1] Trnkoczy, A. (2009). Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm. In P., Bormann (Ed.), *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)* (pp. 1-20). Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ.