

音波・電波センサネットワークによる早期災害検出に向けた研究開発 (171502001)

A development research for early disaster detection by acoustic and radio sensor network

研究代表者

西村 竜一 情報通信研究機構 耐災害 ICT 研究センター

Ryouichi Nishimura National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

研究分担者

鄭 炳表[†] 鈴木 陽一^{††} 崔 正烈^{††}

Byeong-pyo Jeong[†] Yôiti Suzuki^{††} Zhenglie Cui^{††}

[†]情報通信研究機構 耐災害 ICT 研究センター ^{††}東北大学 電気通信研究所

[†]Resilient ICT Research Centre, NICT ^{††}RIEC, Tohoku University

研究期間 平成 29 年度～平成 30 年度

概要

MEMS 気圧センサを 8 個搭載する超低周波音観測モジュールを製作した。過去の大津波において観測された 10 Pa 超よりも小さい 5 Pa 程度の信号でも充分観測できるものである。鹿児島桜島を取り囲む 4 地点に開発した観測装置を設置して、津波や火山の元となる大規模自然現象発生時のセンシング、および、音源位置の推定可能性を実証実験により確認した。また、衛星放送アンテナと雨量計を同一地点に設置し、衛星電波強度と雨量の長期間にわたる常時観測を実施して、電波強度の周期変動を除去した信号から降雨量を機械学習に基づくアルゴリズムにより推定する手法を実現した。

1. まえがき

大災害をもたらす天災は、地殻運動や気象現象などの地球のダイナミクスに起因して発生する。このような地球スケールでの大きな物理的変動は、大気圧に人が知覚できないぐらい遅い周期の変化をもたらす。したがって、大気中に発生した周期の遅い気圧変動、つまり超低周波音の観測は、災害をもたらす可能性のある事象がどこかで発生したかを捉える上で有力な手掛かりとなる。また、近年増加している水・土砂災害は、突発的な集中豪雨が大きな原因のひとつである。集中豪雨の元となる積乱雲は、大気の上方向の対流によって生成される。そのため、水平空間的には局所的であり、空間的に精度の高い降雨分布がその状態を捉える上で有益な情報源となる。これらの情報を早期に検出しようとする、時間的にも空間的にも高密度な観測が必要となる。しかし、現在、様々な理由により、時間的にも空間的にも必ずしも高密度な観測は行われていない。密間隔での観測の実現は、国の防災力の向上につながる。そこで、我々が通常意識しない日常的に周囲にあふれている音波や電波をセンシングすることで、これらの情報取得を可能とする観測網の実現を目指す。

現在、時間的にも空間的にも疎な間隔でしか観測が行えない理由としては、次のことが考えられる。超低周波音の観測には、専用のマイクロホンや微気圧計が用いられるが、マイクロホンの多くは可聴音を対象としており、その構造上、超低周波音のような低い周波数まで高い感度を実現するのが難しい。一方、気圧計は大気圧変化の観測が主目的であるため、観測できる周波数には上限がある。また、気象的な大気圧変動と比較して極めて小さな圧力変化となる音の観測には、高い精度が求められる。そのため、どちらの方法を採用するにせよ高額な装置が必要となり、経済的な問題が高密度測定に向けての大きな壁となる。一方、降雨状況分布の観測については、気象庁のアメダスにおいて転倒ます型雨量計が用いられているが、高密度に配置するのは必ずしも現実的ではない。高密度に既設されている何らかの装置を利用するか、容易に高密度に配備できる新たな装置を用いるのが現実的である。以上の問題点を踏まえ、安価で小型の超低周波音観測装置の開発、および、家

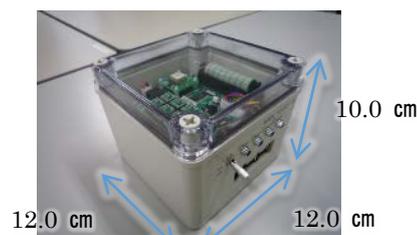
庭用衛星放送受信アンテナでの受信信号レベル変化に基づく降雨推定の実現性について研究開発を行う。

2. 研究開発内容及び成果

【超低周波音の観測】

1. 小型で安価な超低周波音観測装置の開発
2. 開発した観測装置の性能評価
3. 実環境での実証試験

平成 29 年度に実施した MEMS センサを 32 個搭載した試作機による実験解析結果に基づき、MEMS 気圧センサを 8 つ搭載した観測装置を開発した。小型シングルボードマイクログコンピュータに MEMS 気圧センサ 8 つを組み合わせ、SPI 通信により各センサのデータを取得して加算平均することで、必要な精度の実現を図った。本装置の費用は、これまで超低周波音の観測でしばしば用いられていた微気圧計や、超低周波数用のマイクロホン式と比較すると、およそ 10 分の 1 程度となる。開発した超低周波音観測装置を図 1 に示す。当該観測装置を複数台製作して、実運用試験、観測データの統合処理に基づく音源情報の推定を試みた。そのために、ある程度の頻度で自然由来の超低周波音発生が見込まれる鹿児島県桜島の周囲に観測点を設け、開発したセンサを設置して継続的にデータを取得した。設置場所、および、観測波形と音源位置推定結果の例を図 2 に示す。波形からは、距離に応じた到来時間差の存在が見て取れる。その到来時間差に対応する曲線を図中に示した。



製作：東邦マーカントイル株式会社

図 1：開発した MEMS センサを 8 個搭載した観測装置

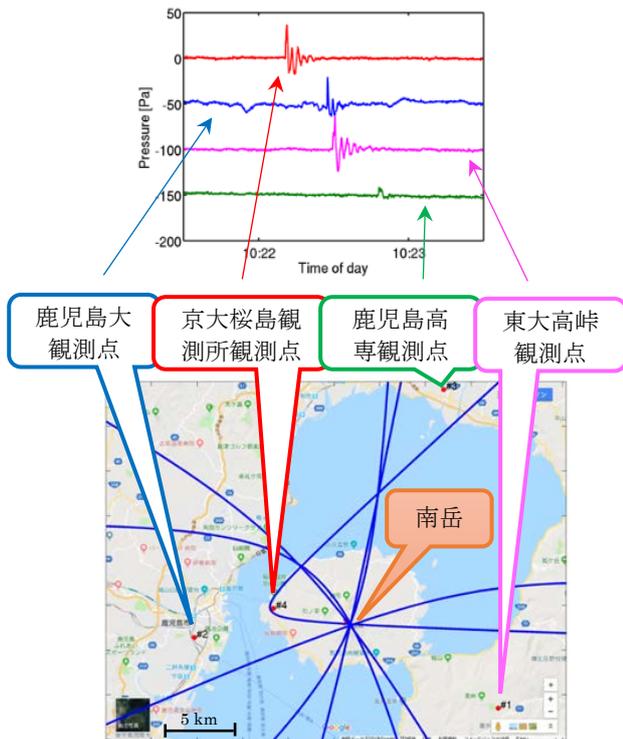


図 2：桜島火山周辺に配置した観測装置での観測信号および音源位置推定結果

その交点が推定される音源位置に相当する。噴火元である南岳の位置に交点があることが分かる。

【降雨状況の推定】

1. 衛星電波強度と降雨量の同時かつ時間的高密度での観測とデータ蓄積
2. 観測データの傾向の分析と降雨推定手法の開発
3. 可視化システムの実現

図 3 に示す実際の観測データから衛星電波信号強度 (EFI) にはおよそ 1 日を周期とする周期的変化があることが分かる。この周期的なレベル変化は、降雨減衰に起因するものとは考え難いため、この成分の除去が必要となる。そこで、時間特性を考慮した構造を持つニューラルネット (LSTM) を使用した機械学習により推定した。これを用いて周期的影響を除去した上で、降雨減衰に基づく受信レベル変化を入力とした深層学習 (DNN) により降雨量を推定することを試み、ある程度の精度で推定が可能であることが確認された。

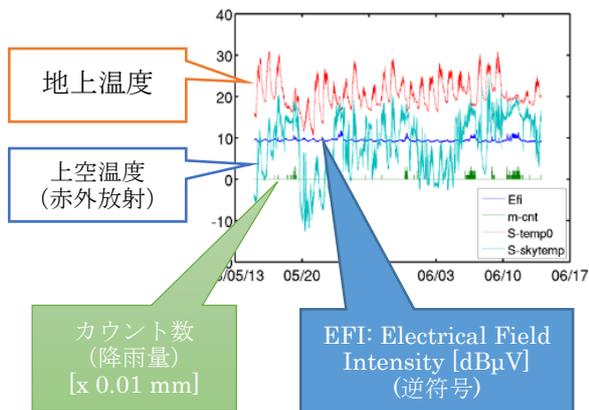
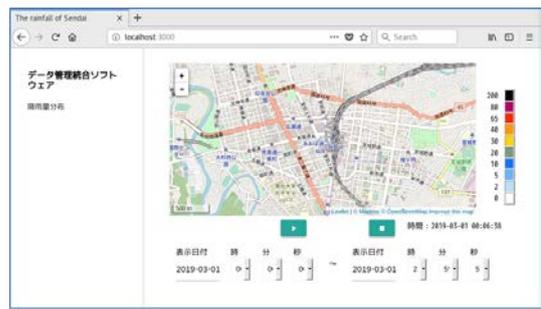


図 3：4 週間にわたる観測データの例



製作：株式会社 SRA 東北

図 4：可視化システムの画面スナップショット

また、降雨量の推定結果を地図上に表示し、瞬時に降雨状況を把握するための可視化システムを構築した。可視化システムの画面のスナップショットを図 4 に示す。一度データベースにデータを格納し、それを参照して表示する方式を採用している。これにより、衛星放送受信電波強度からの降雨量推定と、データベースからデータを読み取り描画する、という個々の要素が完成した。これらを同期して動作させることで、降雨状況の空間的な可視化が可能となる。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

超低周波音用に開発した観測装置は、実フィールドにおける安定運用が可能なレベルに概ね達している。また、本装置の開発には、販売メーカーの協力を得て実施しており、製作・販売が行える体制にある。今後、本装置を様々な分野の方にそれぞれの用途で利用していただき、応用場面の拡大や改良項目の明確化を行う。一方、降雨状況の推定については、多地点における観測により、衛星放送電波の経路上における降雨状況の分解について研究を継続する。また、これまでに蓄積したデータを用いて再学習することで、各地点における推定精度についての改善可能性を探る。

4. むすび

超低周波音に基づく音源位置推定、および、衛星放送電波強度変化に基づく降雨状況の推定の可能性が確認された。災害の早期検出に有効と考えられるが、いずれも発生頻度が高くない自然現象を対象としているため、その実用性の確認には、多地点・長期間での検証実験と研究の継続が必要であると考えられる。

【誌上发表リスト】

- [1] R. Nishimura and Y. Suzuki, "Source and direction of arrival estimation based on maximum likelihood combined with GMM and eigenanalysis," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 3434-3438 (2018 年 4 月 20 日)
- [2] 西村竜一、鄭炳表、川崎和義、高橋卓、"機械学習を用いた衛星放送電波モニタリングに基づく降雨推定の試み"、電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 118, No. 442, SAT2018-79, pp. 123-128 (2019 年 2 月 14 日)
- [3] 崔正烈、笹原稜翼、西村竜一、鈴木陽一、"インフラサウンドの多点観測による音源位置推定"、電子情報通信学会技術研究報告、(2019 年 3 月 13 日)

【受賞リスト】

- [1] 齋藤雄二、日本音響学会東北支部若手研究者優秀論文賞、"MEMS 気圧センサを用いたインフラサウンド観測用マイクロフォンの試作"、2018 年 1 月 22 日