

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01351

研究課題名(和文) 機動性の高い超低周波音観測技術の開発

研究課題名(英文) Development of a mobile infrasound measurement technique

研究代表者

西村 竜一 (Nishimura, Ryouichi)

国立研究開発法人情報通信研究機構・耐災害ICT研究センター応用領域研究室・主任研究員

研究者番号：30323116

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：災害をもたらすような大きな自然現象には、超低周波音(インフラサウンド)の発生を伴うものが多い。そこで、センサアレイを用いて超低周波音の観測を可能にし、機動性を高めることで観測点の数や機会を増やして災害の予報・予測の新しい広域情報源として利用できるデータ取得を可能とする技術の開発を試みた。検討の結果、MEMS気圧センサを同時に複数個使用することで、津波の時に観測されるような特に低い周波数のインフラサウンドの検出には、十分な性能で観測可能であることが確認された。また、火山噴火に伴って発生するインフラサウンドに対しても、音源位置推定が可能である例が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、インフラサウンドの観測には高額な観測装置や大掛かりな設備が必要とされてきた。しかし、MEMSセンサでもある程度の精度で観測が可能であることが示され、安価で小型な機動性のあるインフラサウンド観測装置の実現性が示された。これにより、国土を網羅できるインフラサウンド観測網も現実味を帯びた話となる。これが実現できると、環境モニタリングの新たな情報源となり、自然災害に対する予報・予知の精度向上にも繋がることと期待される。

研究成果の概要(英文)：Natural phenomena strong enough to cause catastrophic disasters are often accompanied by generation of infrasound. Therefore, we tried to develop a technique to monitor infrasound with a sensor array over a wide area in order to prevent disasters by reliable forecast and prediction. With experiments using several potential devices for monitoring infrasound, it was confirmed that a comparable performance with microbarometers in terms of signal detection can be achievable by simultaneously using multiple MEMS pressure sensors, especially for measuring very low frequency signal such as observed when tsunami happens. In addition, some examples of successful sound source localization were shown which is based on the infrasound signals originally generated by a volcanic eruption and observed at multiple observation points.

研究分野：音響信号処理

キーワード：自然災害 音響信号処理 センサアレイ 環境モニタリング インフラサウンド

1. 研究開始当初の背景

- (1) 火山や雷、津波などの災害をもたらす大きな自然現象の発生には、超低周波音(インフラサウンド)の発生を伴うものが多い。超低周波音は、人間の最低可聴周波数である 20 Hz よりも低い周波数音のことであり、数百 km から数千 km 伝搬することもある。したがって、自然活動を迅速かつ詳細に把握する上で重要な情報源となる。自然活動モニタリングにおける超低周波音観測の有用性を示す事例は存在するものの、数は必ずしも多くない。手軽に観測することができないのが、その要因のひとつと考えられる。
- (2) 既存のインフラサウンド観測網は、地球規模での核実験の監視には良いが、地殻変動や異常気象の観測など、より局所的で信号レベルの低いものを観測するには、観測地点の間隔が広すぎる。また、インフラサウンドと同じ周波数帯域には風に起因する雑音が入るため、多孔性のパイプを複数設置してこれを抑制するなど、大掛かりな設備が必要となり、さらに、設置場所も風を防げる林間にするなどの工夫が必要である。インフラサウンドに基づく自然科学の研究拡大には、多様な観測手段の実現が必要とされる。

2. 研究の目的

- (1) 本研究課題は、ホースアレイに代えてワイヤレス通信によるセンサアレイを用いて超低周波音の観測を可能にし、機動性を高めることで観測点の数や機会を増やして災害の予報・予測の新しい広域情報源として利用できるデータを取得可能とする技術を開発することにある。
- (2) 個々の観測センサのデータ精度が低くても、観測点数を増やすことができれば、全体としての自然現象の観測能力は維持できると期待される。そこで、スマートフォンにも搭載されているような小型で安価な MEMS センサを用いてインフラサウンドを観測した際の性能を評価し、その利用可能性を調査する。

3. 研究の方法

- (1) スマートフォンそのものや、そこに搭載されている MEMS センサだけを用いたインフラサウンド観測装置を試作し、既存のインフラサウンド観測可能な超低周波音用マイクや高精度微気圧計と並行観測を行うことで、インフラサウンドの周波数帯域における信号観測性能を比較評価する。
- (2) さらに実践的な有用性を評価するため、火山噴火により発生するインフラサウンドを対象に、フィールド実験を通して、MEMS センサを用いたインフラサウンド観測装置により取得した信号で音源位置の推定が可能であるかを調査する。

4. 研究成果

- (1) インフラサウンド観測装置としてのスマートフォンの性能評価

スマートフォン端末での超低周波音観測の基本性能調査を目的に、OS のバージョンが異なる複数のスマートフォンで、マイクロホンと気圧センサで信号を同時観測するアプリを製作し、雑音の少ない夜間の長時間に渡る信号観測を通して、超低周波音の周波数帯域の信号取得性能を確認した。その結果、MEMS 気圧センサでの観測は、およそ 0.006 Hz 以下ではほぼ真値になるが、それ以上の帯域では周波

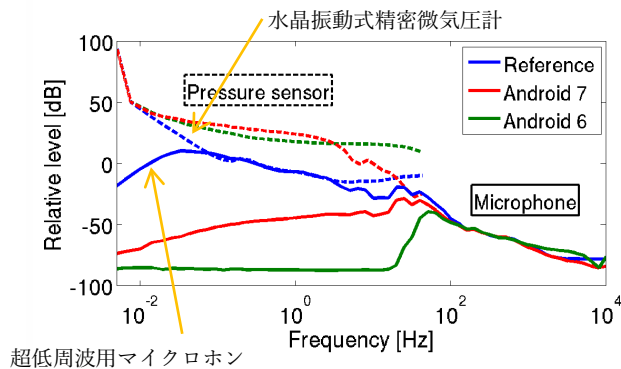


図 1：夜間の長時間平均周波数スペクトル

数とともにシステム雑音が増加することが判明した。一方、内蔵 MEMS マイクロホンによる音響信号観測では、およそ 50 Hz 程度以下から徐々に感度が低下することが確認された。この特性は Android 6 では顕著であるが、Android 7 では感度の低下傾向が比較的穏やかであり、10 Hz 程度までであれば適切な補正により信号推定も可能であることが期待できる結果であった。逆に言うと、概ね 0.01 Hz ~ 10 Hz の範囲においては、スマートフォン単体で一定の精度で観測するのが困難であることが判明した。

(2) 従来センサとの並行観測による性能比較

スマートフォンによる屋外での長期モニタリングの可能性についても検討した。日照、風雨の環境下でも利用は可能であるものの、風雑音の影響は大きく、何らかの対策が必要であることが確認された。スマートフォンに内蔵されるような MEMS 気圧センサでの観測は、およそ 0.006 Hz 以下ではほぼ真値になるが、それ以上の帯域では周波数とともにシステム雑音が増加することが判明した。したがって、雑音除去の信号処理等が必要とされることが確認された。

(3) 従来センサとの並行観測による信号検出性能比較

津波発生時に観測されるようなインフラサウンドの中でも特に周波数の低い 0.003 - 0.01 Hz の成分に着目し、有意な信号を検出する精度について、スマートフォン、複数 MEMS 気圧センサを同時利用する観測装置、および水晶振動式の高精度微気圧計を比較した。各日ごとに信号の標準偏差を求め、レベルに基づく検出を想定すると 3σ が検出閾値となる。この値が小さいほうが高い検出性能を有することになるが、図 2 に示すようにスマートフォン

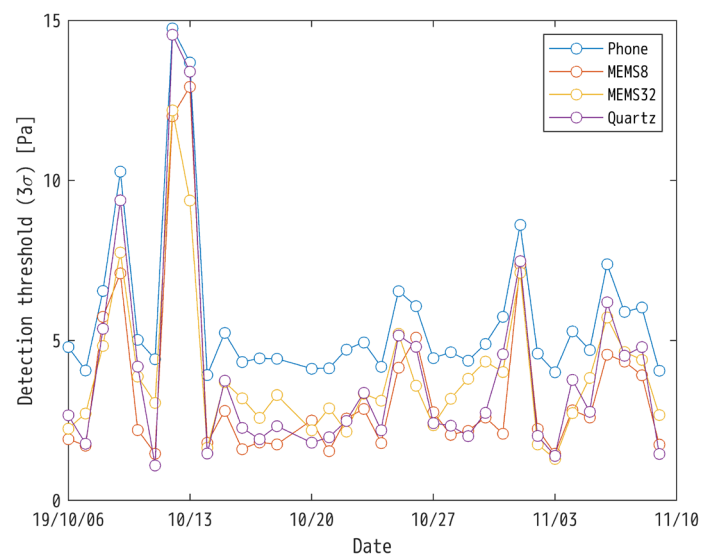


図 2 : 日毎の検出閾値の比較 (Phone : スマートフォン、MEMS8 : MEMS センサ 8 個同時使用、MEMS32 : MEMS センサ 32 個同時使用、Quartz ; 水晶式高精度微気圧計)

では他の装置に比べて 2 -3 Pa 程度劣ることが判明した。一方、他の比較装置間には大きな差はなく、この周波数帯域に対する信号検出においては、高精度微気圧計だけでなく MEMS センサを用いた小型で機動性の高い観測装置も有効であることが確認された。

(4) 火山噴火に伴う信号を対象としたフィールド試験

火山の爆発的噴火を対象としたフィールド実験では、信号の強度や条件にも依るが、音源からの距離が 20 km 程度以内であれば、MEMS 気圧センサを用いた 4 台の観測装置を異なる地点に配備して得られたデータからでも、かなり高精度で音源位置の推定が可能であることが確認された。しかし、音源までの距離が 100 km 程度になると、パラメータとして設定した音速の値によって音源の推定位置が大きく変化する結果となった。音源に対してすべての観測地点が一方向に偏っていたことが、要因のひとつであると考えられる。この問題は、本研究課題で目指す機動性の高い観測が可能になれば、適切に観測点を配置することで軽減できると考えられる。

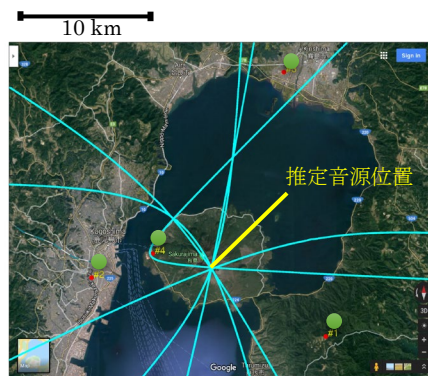


図 3 : 観測データによる音源位置の推定例

音源に対してすべての観測地点が一方向に偏っていたことが、要因のひとつであると考えられる。この問題は、本研究課題で目指す機動性の高い観測が可能になれば、適切に観測点を配置することで軽減できると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Ryouichi Nishimura
2. 発表標題 Infrasound measurement with MEMS sensors
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryouichi Nishimura
2. 発表標題 Portable infrasound monitoring device with multiple MEMS pressure sensors
3. 学会等名 International Congress on Acoustics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryouichi Nishimura, Shuichi Sakamoto and Yoiti Suzuki
2. 発表標題 A Wind Noise Detection Algorithm for Monitoring Infrasound Using Smartphone as a Sensor Device
3. 学会等名 Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村竜一, 鈴木陽一
2. 発表標題 超低周波音観測に向けた MEMS 気圧センサーによる微気圧計測の試み
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	村山 貴彦 (Murayama Takahiko) (40647137)	一般財団法人日本気象協会・事業統括部・主任技師 (82692)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------