

非接触光学式インフラサウンドセンサの実用に向けた改良と評価

池原 光介 [1]; 真鍋 雄大 [1]; 柿並 義宏 [2]; 山本 真行 [1]
[1] 高知工科大; [2] 高知工科

Improvement and evaluation of a non-contact optics type infrasound sensor for practical use

Kousuke Ikehara[1]; Yudai Manabe[1]; Yoshihiro Kakinami[2]; Masa-yuki Yamamoto[1]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.

1. Introduction

Infrasound is known as pressure wave whose frequency range is lower than 20 Hz. Due to the characteristics of long distant propagation in the atmosphere, the infrasound generated by such as volcanic blasts, tsunamis, and artificial eruptions like rocket launches can be observed at remote sites of a few thousand km apart from. Therefore, the infrasound can be used as a remote-sensing technique in the atmosphere. However, at the present time, infrasound observation sites are limited, existing only several sites in Japan, thus, environment to estimate arrival directions of infrasound waves and to identify location of infrasound sources have not yet been established. One of the obstacles is high cost (about 800,000 JPY per each) of infrasound sensors. Purpose of the study is to develop and validate low cost infrasound sensors, measuring the pressure fluctuation of infrasound between 0.01 Hz and 100 Hz frequency range.

2. Outline of developing sensor

The developed infrasound sensor consists of a PSD (Position Sensitive Device), a container with a pinhole on the side and an aluminum film. Light irradiation by a red semiconductor laser is obliquely reflected on the film and the light can be focused by lenses on the PSD. At the time of infrasound arrival, PSD detects slight difference of the light path caused by shrink and expansion of the film by pressure wave as small current output, surface the sensor measures pressure change by infrasound arrival [1].

3. Validation of the sensor

We produced a testing device to generate low frequency pressure waves in the infrasound range by using a vacuum chamber for space research instruments for validation of the sensors. Small volume air was injected (through a thin tube) with a small syringe connected outside of the chamber. Low frequency waves of 1.0 mHz to 1.0 Hz generated with the syringe manually in a calibration experiment. Testing absolute pressure range in the testing device was between 3.4 Pa and 0.032 Pa.

4. Results and problems

Output voltage with the developed sensor was a part of 103 mV, while that with a Chaparral Physics Model-25 sensor was 127 mV when the input absolute pressure changing 3.4 Pa. The developed sensor could detect the lowest frequency of 1 mHz (i.e. the longest period of 1000 s), thus into atmospheric gravity wave range. The lowest frequency was exceeded better than the Chaparral Model-25 sensor.

One of the existing problems, it is that the surface of film should be extremely flat condition. However, it cannot fulfill with this condition when there is a small distortion on a metal plate which fixed the film on the container. We adopted a pressured sealing method with rubber sheet in laboratory level development. However, a wrinkle occur on the film due to inhomogeneous pressure force. Therefore, the improvement of mechanical accuracy is required in our handmade manufacturing.

5. Summary

We produced a low cost sensor (about 40,000 JPY) with a sensitivity in a low frequency range from 1 mHz to 1.0 Hz, resulting much closer for practical use of the developed infrasound sensors in real observation. The sensor can measure even in upper part of atmospheric gravity waves. For the next step, a field trial to check any influences by environmental noises is required. For the accurate mechanical manufacturing, some parts of the sensor are made successfully with a 3D Printer based on CAD model. By applying this process, the manufacturing process is simplified and becomes accurate for the mass production process in near future. In this paper, we will report the development status of the practical infrasound sensor for practical use.

References

- [1] M.-Y. Yamamoto, and Y. Ishihara, A measuring equipment for infrasound, Patent application in Japan, 2009-119504, 2009.
- [2] Y. Manabe, Improvement and evaluation of a non-contact optics type infrasound sensor for practical use, Graduation report of Kochi University of Technology, 2013.

1. はじめに

20 Hz 以下の低周波域圧力波のことをインフラサウンドと呼ぶ。インフラサウンドは長周期波動のため高周波音波より

粘性による大気中の減衰の影響を受けにくく長距離伝搬できる特性があり、火山噴火や津波などの自然現象やロケット発射などの人工的な爆発音を観測するためのリモートセンシング技術として利用可能である。現状、国内におけるインフラサウンドの観測点は少なく、到来方向の推定や発生源の特定を行える環境が整っていない。この要因のひとつに観測する輸入品センサが1基80万円と高価であることがあげられる。本研究では、既存のセンサと同等の性能である周波数帯域0.01 Hz~100 Hzの検知が可能であり、かつ0.01 Pa程度の気圧変動までの検知性能を有するセンサを低予算で開発し、性能を検証することを目的とする。

2. 開発センサの概要

本研究では検出機構に光位置検出素子 PSD(Position Sensitive Device) を使用した。検出の手順として、微小径の穴を開けた金属容器にアルミ蒸着膜を張り、赤色半導体レーザーをこの膜面に照射し拡散反射光をレンズで PSD 素子面に集光する。インフラサウンド到来による膜の膨張収縮によって生じる拡散反射光の光路のズレを PSD 素子で読み取り、検出される電流変動から、インフラサウンドによる圧力変動を計測する仕組みである [1]。

3. 性能試験

製作したセンサの性能評価を行う為に宇宙実験用の真空装置を密閉容器として用い、インフラサウンドを擬似的に発生させる実験装置を試作した。真空実験装置内部を密閉状態に保ち、装置内部から外部にチューブを介して連結された注射器を用い、微量の空気の注入・吸引を行う。注入する空気量や注入時間を手動で変化させることにより、1.0 mHz~1.0 Hz の周波数波を発生させ性能比較を行った。

4. 試験結果と問題点

製作したセンサは 1.0 mHz~1.0 Hz の圧力波を計測することに成功した。また試験装置内の最大計測気圧変化は 3.4 Pa、最小計測気圧変化は 0.032 Pa であった。米国 Chaparral Physics 製 Model 25 センサと比較すると、絶対圧力変化 3.4 Pa 時に Chaparral Model 25 センサの出力電圧 127 mV に対し製作したセンサの出力電圧は 103 mV であった。最小検知周波数は 0.001 Hz であったことから Chaparral Model 25 センサの最小検知周波数 0.01 Hz を上回る結果となり、大気重力波帯域の一部まで計測できた [2]。

問題点としてセンサの工作精度が挙げられる。例として膜面が正確に凹凸なく平らであることが重要な条件である。しかし膜面を固定した金属板に歪みが存在するとこの条件が満たせない。膜面はゴムシートで圧着する方法を採用しているが、圧着面が少ないため膜面にたわみが生じることもあり、この対策には工作精度の向上は必須である。

5. まとめ

本研究により製作費約4万円というコストで、1.0 mHz~1.0 Hz の低周波領域に十分な感度を有するセンサを製作でき量産化に向けて前進したといえる。製作したセンサは感度が良く、足音等にも反応してしまう為、野外実験を行い、環境音や天候によるノイズがセンシングにどのような影響を与えるか考慮する必要がある。

現在はセンサの一部パーツを CAD 設計値に基づき 3D プリンタを用いて製作することにより量産化に向けた工程の簡略化とセンサ自体の工作精度の向上に取り組んでいる。本発表では、これらの点を踏まえ、実用的なインフラサウンドセンサの開発状況を報告する。

参考文献

[1] 山本真行, 石原吉明, インフラサウンド測定装置, 特許出願 2009-119504, 2009.

[2] 真鍋雄大, 非接触光学式インフラサウンドセンサ実用に向けた検出機構の改良と評価, 高知工科大学卒業研究報告, 2013.