

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K15006

研究課題名（和文）インフラサウンド観測用動的圧力計測システムの開発

研究課題名（英文）Development of dynamic pressure measurement system for infrasound observation

研究代表者

飯泉 英昭（IIZUMI, Hideaki）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・主任研究員

研究者番号：90635822

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、インフラサウンドと呼ばれる20 Hz以下、数百 Pa以下の大気圧変動を計測する技術を確立するため、高速測定が可能な光学的手法の利用を検討し、レーザー干渉計による動的圧力計測システムを開発した。レーザー干渉計により測定できる光路長変化が圧力に依存することを利用し、光路長変化と圧力変化を静的な条件で事前に評価しておくことで、レーザー干渉計による大気圧の動的計測に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動的圧力の計測技術はこれまでに確立されていなかったが、既に高精度な計測技術が確立されている静的な圧力計測技術と高速測定が可能な光学的計測技術を組み合わせる事で、大気圧の動的計測技術の開発に成功した。信頼性のある動的な大気圧計測技術を確立することで、インフラサウンド観測など大気圧変動を観測する現場で使用されている圧力計の動的特性を評価するための基準とすることができ、観測の精度、信頼性の向上に貢献できる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, in order to establish a measurement technology of infrasound, we examined the use of an optical method that enables high-speed measurement, and developed dynamic pressure measurement system using a laser interferometer. Infrasound is atmospheric pressure fluctuations of 20 Hz or less and several hundred Pa or less. By evaluating the relationship between the change in the optical path length and the pressure change under static conditions, we succeeded in dynamic measurement of the atmospheric pressure by the laser interferometer.

研究分野：圧力計測

キーワード：動的圧力 レーザー干渉計 インフラサウンド

1. 研究開始当初の背景

火山噴火、津波、雪崩などの大きな災害につながりうる現象からは、インフラサウンドと呼ばれる 20 Hz 以下の低周波音が発生する。近年、このインフラサウンド観測による防災への貢献が期待されている。インフラサウンド観測による災害の早期発見、現象の解明のために、信頼性のある正確な測定が必要とされている。インフラサウンドは、音響計測で扱う周波数範囲よりも低いため、圧力計により大気圧の振動として測定が行われている。圧力計は、圧力により受けた力による感圧部の変形と圧力値を対応させる原理のものが多く、高速測定の場合は応答速度に懸念がある。同じ現象を観測しているはずなのに計測器の種類によって測定結果が異なるなど、測定値に信頼性が確保されていない場合もある。圧力計により信頼性のある測定を行うためには、静的な圧力値の校正だけでなく動的な特性評価も必要となる。

静的な圧力に対する高精度な測定技術や圧力計の評価技術は既に確立されている。一方で、時間的変化を伴う動的な圧力の測定技術については、世界的にも近年注目されており、発生技術を含めて様々な圧力範囲や周波数に対して研究開発が進められているが、これまでに標準器や評価方法などは確立されていない。そのため、圧力計の動的な特性評価が信頼性のある方法で行えておらず、信頼性があり基準とすることができる動的圧力計測技術の確立が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、大気圧の動的計測技術の開発である。大気圧を基準とした数百 Pa 以下、数 Hz 以下の圧力変動を対象とし、高速測定が可能な光学的手法を用いた圧力計測システムの開発を行う。圧力の高速測定を実現するために、光学計測手法を利用する。気体屈折率は、1 kPa の圧力変化で約 3 ppm 変化する事が知られている。気体屈折率と幾何学的距離の積である光学距離を、高速測定が可能なレーザー測長器により測定することで、圧力値の変化量を光学距離の変化量として高速測定することが原理的に可能である。光学距離の変化と圧力変化の関係を、既に技術が確立している静的圧力で評価することで、信頼性のある動的測定が実現できる。

信頼性のある圧力変動測定技術を確立することにより、インフラサウンド観測の現場で使用されている圧力計の動的特性を評価するための基準とすることができ、観測の精度、信頼性の向上に貢献できる。

3. 研究の方法

まず、マイケルソン干渉計を原理としたレーザー測長器による圧力変動計測システムを構築する。参照光路と測定光路のそれぞれに光学窓付き圧力容器を設置し、光学系の幾何学的距離は一定にする。参照光路に設置した容器の圧力を一定に保つことで、測定光路の容器内の圧力変化による光路長変化をレーザー測長器で測定することができる。熱膨張による幾何学的距離変化の影響や温度変化による気体屈折率変化の影響をキャンセルするために、参照光路と測定光路に同じ長さの圧力容器を設置する。

次に、レーザー測長器で測定した光路長変化と測定光路側の圧力変化の関係を静的圧力で評価する。測定光路側の圧力容器と校正された圧力計を配管で接続する。圧力容器内の圧力が安定した静的な状態で、圧力計の出力値とレーザー測長器の出力値を比較する。容器内圧力を調整し、複数の圧力点で比較を行う。

4. 研究成果

開発した計測システムの概略図を図 1 に示す。マイケルソン干渉計を利用したレーザー測長器により測定容器内の圧力を測定する。レーザー測長器の参照光路、測定光路に同じ長さの光学窓付き圧力容器をそれぞれ設置した。光学系の幾何学的長さを一定にすることで、参照光路と測定光路の光路長差をレーザー測長器で測定できる。測定ノイズを低減するために、光学系を除振台に設置し、圧力容器の周囲を断熱材で覆うことで周囲環境を安定化した。参照光路側の容器の圧力を一定に保つことで、測定光路側の容器の圧力変動を測定することに成功した。測定結果の一例として、測定容器を大気開放して大気圧の変動をレーザー測長器で測定した結果を図 2 に示す。緩やかな変動に加えて、スパイク状の圧力変化が測定できたが、これは実験室の扉の開閉による大気圧変化である。

測定容器と校正された圧力計を配管で接続し、静的な状態で圧力計の出力値とレーザー測長器の出力値を比較した。複数の圧力点で比較した結果を図 3 に示す。比例関係の結果が得られ、このシステムでは係数が 0.37 Pa/nm であるという結果が得られた。この値によりレーザー測長器の出力値を圧力値に換算することで、大気圧の動的測定が可能となった。

今後も研究を継続し、本研究で開発した測定システムを基準とすることで圧力計の動的特性を評価する手法の確立を目指す。

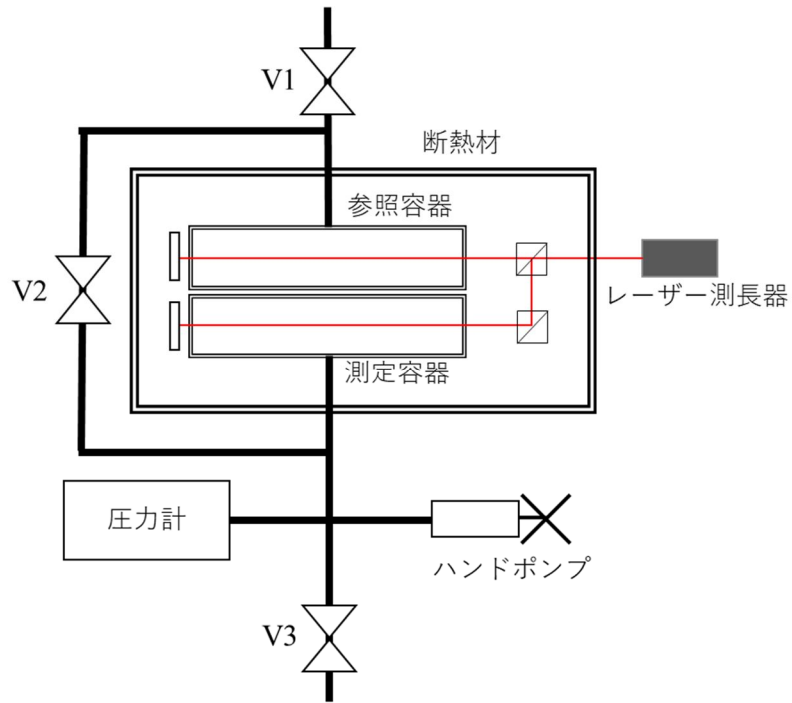


図 1. 圧力変動計測システム

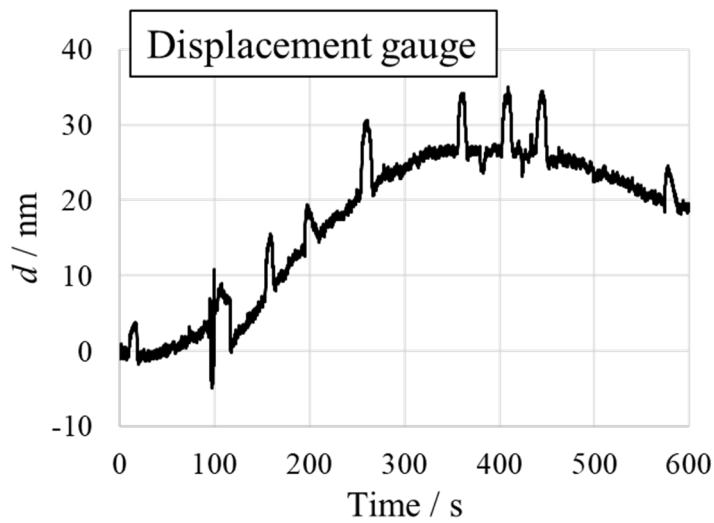


図 2. 大気圧変動の測定例

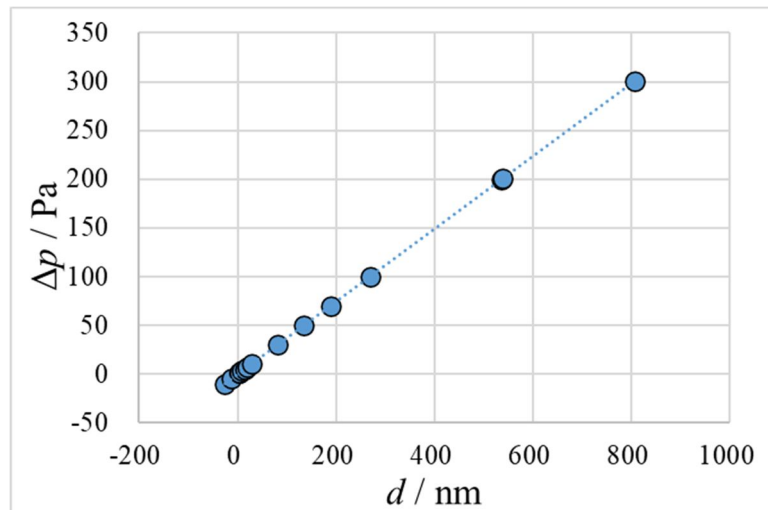


図 3. レーザー測長器の出力 d と測定容器内圧力の変化 p の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------