

L-18

28 kHz の円形振動板型空中超音波音源を用いた水分を含んだ綿布の音響特性の基礎検討

Basic Study on Acoustic Characteristics of Moisture-Containing Cotton Cloth

Using a 28 kHz Circular Vibrating Plate Type Aerial Ultrasonic Sound Source

○浅見拓哉¹, 中村友哉², 三浦 光¹*Takuya Asami¹, Tomoya Nakamura², Hikaru Miura¹

Abstract: The authors are investigating removal of moisture from clothing using strong aerial ultrasonic waves. In this paper, as a basic study, we examined the acoustic characteristics of cotton fabric containing moisture.

1. はじめに

近年、衣類乾燥機の省エネルギー化、また高速化を目指す技術として、超音波振動を用いた技術の検討がされている[1]。この方法は、水分を含んだ衣類に対して、超音波振動する振動源を接触させ水分を超音波霧化させることで衣類の水分除去するものである。しかし、この方法は、振動源と衣類が接触するため、ボタンなどが破損する可能性がある。この問題を解決するために、筆者らは、衣類と振動源が接触しない強力空中超音波を用いた衣類の水分除去について検討を行っている。強力空中超音波を用いた衣類の水分除去は、2つの現象から行われると考えている。まず、含水率が高い時は、衣類の水分が超音波霧化[2]する。そして、含水率が低い時は、水分が超音波乾燥[3]により除去される。すなわち、衣類は、水分除去過程で含水率が変化し、それに伴い音響特性も変化すると考えられ、各現象に応じた最適な強力空中超音波の照射条件があると推測される。

そこで、本稿では、衣類の水分除去において超音波の最適な照射条件を求めることを目的とし、水を含んだ綿布と 28 kHz の円形振動板型空中超音波音源により形成される定在波から綿布の音響特性の基礎検討を行った。

2. 空中超音波音源

Fig. 1 は、検討に用いた円形振動板型空中超音波音源の概略図である。空中超音波音源は、28 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子、振動変位拡大比が 5.0 のエクスポネンシャルホーン（太端面直径 40 mm、細端面直径 8.0 mm）、共振周波数調整用の共振棒（直径 8.0 mm、長さ 40 mm）、及び円形振動板（直径 100 mm、厚さ 1.0 mm）で構成されている。各部分は、イモネジ、または六角穴付きボルトにて締結している。

Fig. 2 は、空中超音波振動源のアドミタンスループの測定結果である。測定は、端子電圧を 1.0 V_{rms} とし、

駆動周波数を 27~29 kHz で変化させ、空中超音波振動源のコンダクタンスとサセプタンスをインピーダンスアナライザを用いて求める方法で行った。図より、空中超音波振動源は、約 28 kHz にて共振することがわかった。その際のコンダクタンス、及び Q は、20.4 mS（約 49 Ω）、及び 1994 であった。空中超音波振動源は、共振周波数で駆動することで円形振動板がたわみ

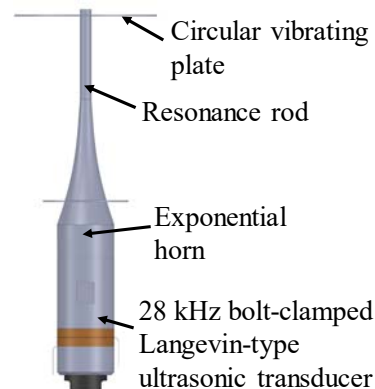


Figure 1. Aerial ultrasonic sound source.

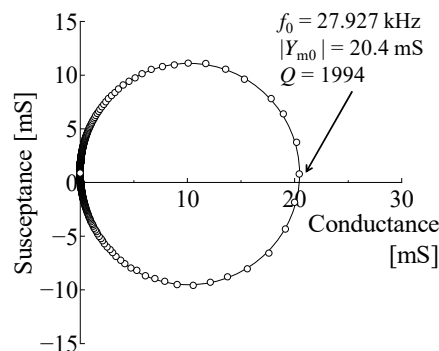


Figure 2. Admittance loop of sound source.

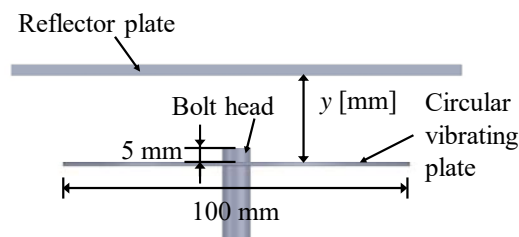


Figure 3 Definition of axis in measurement.

振動し、そのたわみ振動の振動モードは、振動変位の節円数が 5 つの節円モードである。

3. 水分を含んだ綿布の音響特性の検討

水分を含んだ綿布の音響特性の検討として、水分を含んだ綿布を反射板として円形振動板に対して平行に設置した場合の定在波音場の形成について検討を行った。具体的には、Fig.3 に示すように円形振動板に対して平行に反射板を設置し、その距離 y [mm] を 5~30 mm まで変化させた場合の空中超音波音源のインピーダンスの絶対値の変化から定在波の形成について検討を行った。Fig. 4 は、その際の測定ブロック図である。空中超音波音源のインピーダンスの絶対値は、供給電流と端子電圧を電力計より求めて計算した。また、反射板は、3 軸自動ステージを用い、距離 y を制御した。なお、反射板は、比較のため A2017 板 (アルミニウム合金, 厚さ 3 mm), 乾量基準含水率 0% の綿布 (綿 100 %, 質量 3.2 g), 及び同含水率 100% の綿布 (同上) の 3 種を用い、いずれも寸法が 120×120 mm を用いた。また、空中超音波音源の駆動条件は、駆動周波数を共振周波数とし、端子電圧を 5 V_{rms} とした。

Fig. 5 はその測定結果である。図は、横軸に円形振動板と反射板の距離 y 、縦軸に空中超音波音源のインピーダンスの絶対値をとっている。なお、図より、音源のインピーダンスは、いずれの反射板においても距離 y の変化に伴い、周期的に変化し、約 7.4 mm 間隔で極大値となっていることがわかる。これは、形成される定在波の定在波比が距離 y により変化し、振動板表面の音圧が変化するためである。また、音源のインピーダンスは、高い定在波比の場合、振動板表面の音圧も高くなり、上昇する。一方、低い定在波比の場合、音圧も低くなり、低下する。

次に、各反射板で比較した場合、A2017 板と含水率 100% の綿布の音源のインピーダンスは、ほぼ同じ傾向となっている。これより、含水率 100% の綿布を用いた場合の定在波は、A2017 板の場合とほぼ同様の定在波比が得られていると考えられる。すなわち、含水率 100% の綿布は、ほぼ音波を反射することがわかった。一方、含水率 0% の綿布の場合は、他と異なり、インピーダンスの極大値が低くなっている。含水率 0% の綿布は、A2017 板を用いた場合よりも定在波比が低くなっていると考えられ、音波の透過、吸収が生じていると考えられる。

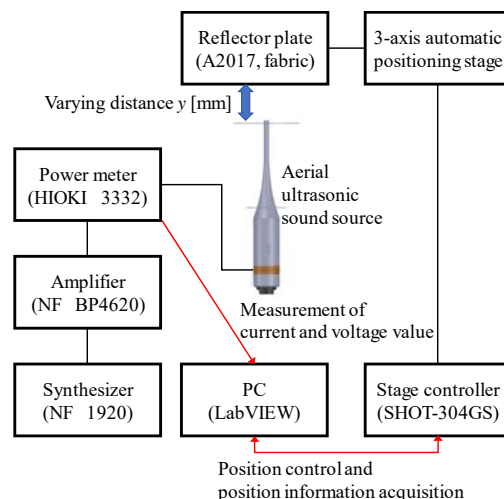


Figure 4. Measurement block diagram.

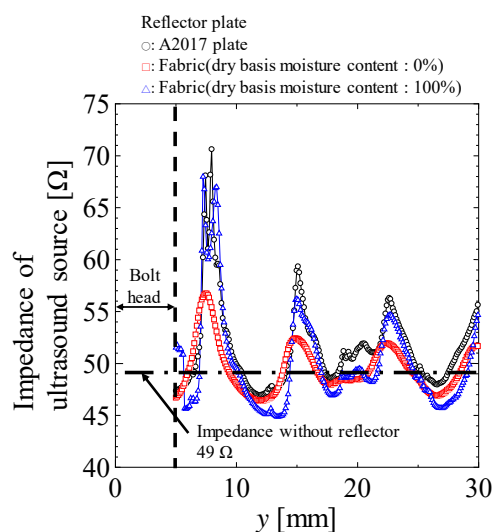


Figure 5. Relationship between impedance of sound source and distance y .

4. おわりに

本稿では、衣類の水分除去において超音波の最適な照射条件を求めることを目的とし、綿布の音響特性の基礎検討を行った。その結果、含水率 100% の綿布は、A2017 板と同様に音波を反射し定在波比の高い定在波を形成すると考えられる。そのため、強力空中超音波による水分除去の際は、含水率 100% の綿布を反射板として定在波を形成することが効果的であると考えられる。一方、含水率 0% の綿布は、定在波比の低い定在波を形成していると考えられ、音波の吸収と透過が考えられる。そのため、水分除去の際は、他の反射板により定在波を形成し、その定在波中に綿布を挿入することが効果的であると考えられる。

参考文献

- [1] C. Peng, etc., Energy, 138(2017), p. 133.
- [2] Y. Ito, Jpn. J. Appl. Phys. 40(2001), p. 3792.
- [3] 三浦, 日本音響学会誌, 46, 5(1990), p. 369.