

極強力空中超音波照射による物体表面の温度上昇の数値解析

Numerical analysis of temperature rise on surface of object under very high-intensity aerial ultrasonic irradiation

○菱沼真志¹, 大隅歩², 伊藤洋一²* Masashi Hishinuma¹, Ayumu Osumi², Youichi Itou²

Abstract

In recent years, technologies have developed such as cancer treatment and non-destructive inspection (thermosonic method) using energy of high-intensity ultrasonic wave. In this research, we investigated a basic research on the rise of surface temperature of an object irradiated with extremely high-intensity aerial ultrasonic wave using numerical simulation.

1. はじめに

強力超音波のエネルギーを利用した技術に、HIFUによる癌治療^[1]やサーモニック法を利用した非破壊検査^[2,3]がある。著者らは、これらの応用技術の一つとして、極強力空中超音波を利用した非接触加熱技術について研究を行ってきた。本研究では、数値シミュレーションを用いて、極強力空中超音波を照射した物体の媒質境界面における温度上昇の基礎研究を行っている。

2. 数値解析方法

本解析では、超音波の吸収による発熱と熱拡散を考慮する必要がある。均質な媒質での音波の伝搬は、

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -k\nabla \cdot v \quad (1)$$

となる。ここで、 p は音圧、 v は粒子速度、 k は体積弾性率、 t は時間である。次に、媒質で発生する熱量を考慮した熱伝導は、

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \nabla^2 T + Q \quad (2)$$

となる。ここで、 T は温度、 ρ は密度、 λ は熱伝導率である。超音波の吸収と減衰によって発生する熱量 Q は、

$$Q = 2\alpha I \quad (3)$$

となる。ここで、 α は媒体の吸収係数、 I は時間的に平均化された超音波強度である。解析では、音場と温度の空間分布は、2次元領域を要素に分割し、空間および時間領域で中央差分法を適用することで取得する。

3. 解析モデルと結果

Fig.1に解析モデルを示す。解析領域は20cm×20cmであり、図のように各々空気と水の領域を配置する。各領域での媒質定数は、空気：音速343.5m/s、密度1.205kg/m³、水：音速1500m/s、密度：997.2kg/m³とした。音

源からの音波は、正弦波(19.6kHz)かつ連続照射とした。また、焦点は空気と水の境界面とし、焦点にて音圧が30000Paとなる設定とした。Fig.2に音波照射開始0.1秒後の水面(境界面)の温度分布の解析結果を示す。結果より、境界面で約3.5℃の温度上昇が確認できた。

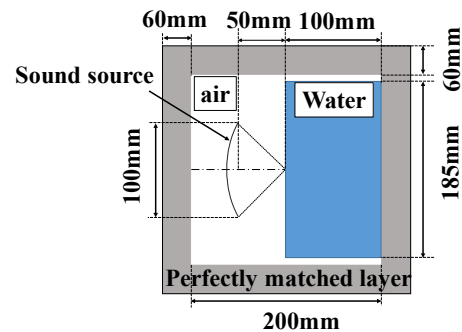


Fig.1 Schematic view of analysis model.

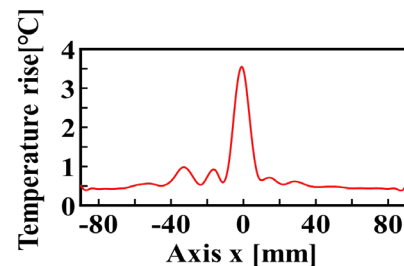


Fig.2 Temperature rise distribution along water surface.

4. まとめ

数値シミュレーションにより、極強力空中超音波を照射した物体の表面温度上昇の解析を行った。結果より、音波照射開始より極めて短時間(0.1秒)で境界面において約3.5℃の温度上昇を確認した。

参考文献

- [1] 梅村晋一郎：超音波治療における非線形音響効果, 日本音響学会誌, 63(3), 175-179, 2007.
 [2] I. Solodov, et al. : Highly efficient and noncontact vibrothermography via local defect resonance, Ultrasonics 60, 1-5, 2015.
 [3] H.Sato, et al: Temperature rise of soft material surface by irradiation with high-intensity aerial ultrasonic waves, Proc. 36th Symp. UltraSonic Electronics, 3P4-3, 2015.