

物体表面振動速度を用いたイメージングに関する一検討

A study on imaging method using vibration

velocity on the object surface

○吉田 翔*, 今野 和彦*
○ Syo Yoshida*, Kazuhiko Imano*

*秋田大学 大学院工学資源学研究科
*Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University

キーワード：圧電振動子(Piezoelectric transducer), イメージング(Imaging)
振動速度(Vibration velocity), 単極性パルス(Unipolar pulse),
レーザドップラ振動計(Laser doppler vibrometer)

連絡先：〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1 秋田大学 大学院工学資源学研究科 電気電子工学専攻
今野 和彦, Tel : (018)889-2490, Fax : (018)837-0406, E-mail : imano@ipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

一般に超音波を用いたイメージングは、超音波を水などの音場媒質中に伝搬させ対象物からの反射波を受波する方法で行われることが多い。そのため、例えば水浸法によって超音波イメージングを行うような場合、対象物の劣化や浸食および短絡の恐れがある電子デバイスなどに用いることができず対象物が制限されてしまう。このような対象物をイメージングするには、空气中でイメージングを行うことが望ましいと考えられる。

本研究の目的はレーザドップラ振動計で圧電振動子の音響放射面と放射面に接着した試料の振動速度を測定し、その差を用いてイメージングを行う空中イメージング手法の提案である。現在、圧電振動子をその周期より十分短い時間幅のパルス電圧で定電圧駆動した場合、駆動電圧波形に相似な

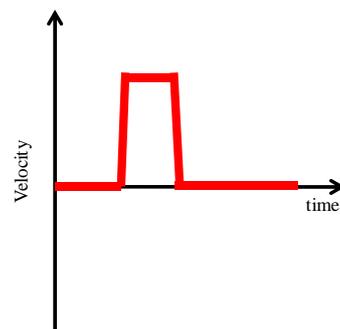
振動速度波形が得られることが知られており、これを利用したインパルス超音波音場やイメージングに関する研究が報告されている^{1,2,3}。これらの報告では、圧電振動子をステップ電圧で駆動した場合、圧電振動子の音響放射面、放射面のエッジ部分および背面から超音波が発生することが述べられている。このとき音響放射面からは同位相同振幅の平面波が発生し、その振動速度は音響放射面で一定になる。過去にこの同位相同振幅の平面波を用いたイメージング手法の提案が行われた⁴。そこで本研究では新たに単極性パルス駆動を用いる方法について検討する。

2. 圧電振動子表面の振動速度測定

2.1 単極性パルス駆動⁵

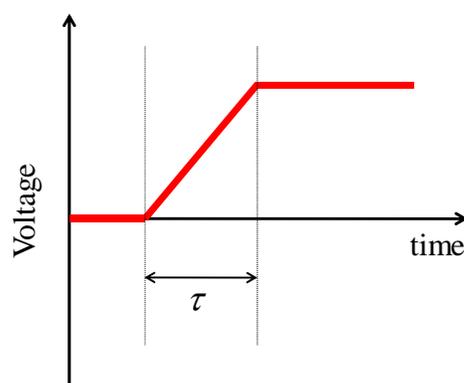
単極性パルス駆動の原理を Fig.1 に示す。Fig.1(a)のような傾きがあるパルス電圧を

圧電振動子に印加すると、圧電振動子表面の振動変位は Fig.1(b)のように印加電圧に相似な波形になる。すると圧電振動子表面の振動速度波形は振動変位波形を微分したものであるため、Fig.1(c)のような単極性パルス波形になる。しかし、実際はリングングの影響で単極性パルスにならない。そこでリングングの抑制が必要になる。Fig.2(a)のようにパルス電圧の立ち上がり時間を τ とすると、振動速度波形のパルス幅は τ となり、その周波数成分は Fig.2(b)のように $1/\tau$ で0になる。また、リングングは Fig.2(c)のように圧電振動子の共振周波数 f に周波数成分をもつ。したがって τ を共振周期($1/f$)に近づけることで、リングングの成分を打ち消し抑制できる。

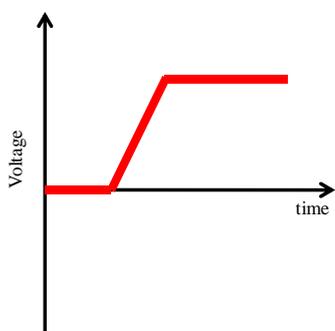


(c) 振動速度波形

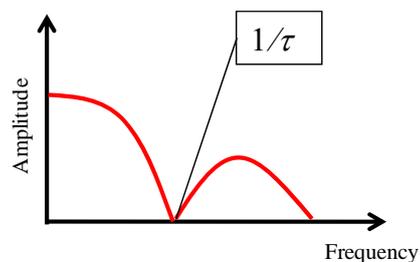
Fig.1 単極性パルス駆動原理



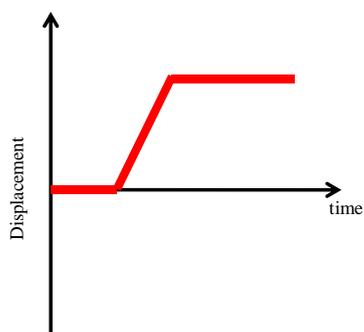
(a) パルスの立ち上がり時間



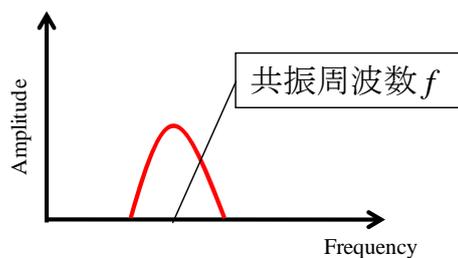
(a) 印加電圧波形



(b) 振動速度の周波数成分



(b) 振動変位波形



(c) リングングの周波数成分

Fig.2 パルスの傾きとリングング

2.2 使用する振動子

本研究で使用する圧電振動子は直径 40 mm, 厚さ 2.2 mm の円柱状の PZT 材(M6) である. 直径の寸法が大きい理由は, 試料を接着するためである.

2.3 測定システム

本研究で用いる測定システムを Fig.3 に示す. 発振器から繰り返し周期 50 Hz, パルス幅 10 μs の方形波パルスを発振し, バイポーラ増幅器により 50 V に増幅して圧電振動子に印加する. 印加電圧波形は Fig.4(a)であり, τ が共振周期(1 μs)に近づくようパルスの傾きを調整している. また, このときの圧電振動子表面の振動速度波形をレーザドップラ振動計で測定し, オシロスコープで観測する. この出力波形は GP-IB を介して PC に取り込まれる.

2.4 測定結果

振動速度波形を Fig.4(b)に示す. また比較のため Fig.4(c)に τ が共振周期よりも短い場合の振動速度波形, Fig.4(d)に τ が共振周期よりも長い場合の振動速度波形を示す. Fig.4(c)および(d)に比べ Fig.4(b)はリングングが抑制できていることが確認できる. 本研究では Fig.4(b)のリングングを抑制した単極性パルスを用いる.

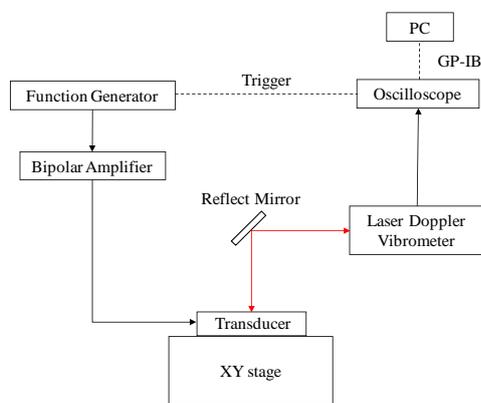
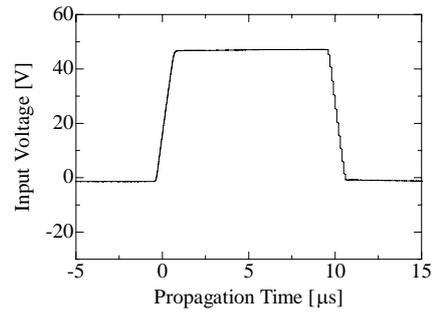
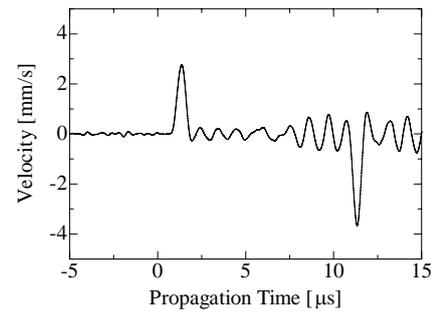


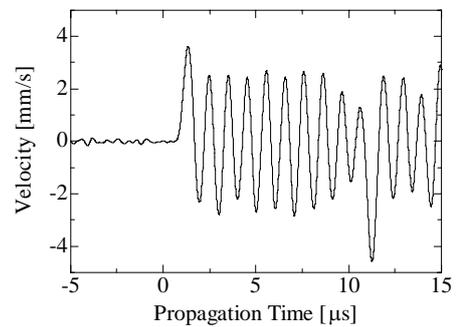
Fig.3 測定システム



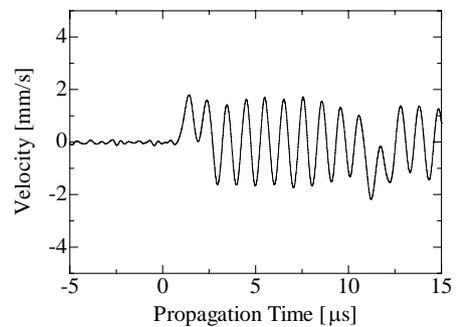
(a) 印加電圧波形



(b) 振動速度波形



(c) τ が共振周期よりも短い場合



(d) τ が共振周期よりも長い場合

Fig.4 圧電振動子表面の振動速度測定

3 振動速度差を利用したイメージング

3.1 圧電振動子表面の振動速度分布

圧電振動子の音響放射面の中心を含む端から端までの振動速度分布を Fig.5 に示す。この結果から、圧電振動子表面の振動速度分布がほぼ一定であることが確認できる。したがって、イメージングが可能であると考えられる。

3.2 イメージング対象

イメージング対象は、U.S の文字（空洞）があるアルミニウム板を用いる。Fig.6 に試料の各寸法を示す。対象はサリチル酸フェニルで接着する。測定範囲は文字部分を中心とした 8 mm の正方形の範囲とし、測定間隔は 0.2 mm とする。

3.3 イメージング結果

Fig.7 に振動速度波形例を示す。アルミニウム板の振動速度振幅が圧電振動子表面の振動速度振幅よりも大きいことが確認できる。Fig.8 にイメージング結果を示す。Fig.8 から U.S の文字（空洞）をイメージングできていることが確認できる。したがって、圧電振動子を単極性パルス駆動し、その振動速度差をレーザドップラ振動計で測定してイメージングを行う本手法が、空中イメージング方法として有用である可能性が示せたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、単極性パルス駆動を用いた空中イメージング手法を検討した。リングングを抑制する単極性パルス駆動を行い、音響放射面とイメージング対象の振動速度差をレーザドップラ振動計で測定してイメージングを行った結果、本手法が空中イメージング方法として有用である可能性を示すことができた。

今後は他の材料でも本手法が有用であるかどうかを検討したいと考えている。また、異なる厚さの材料に関する検討も行う予定である。

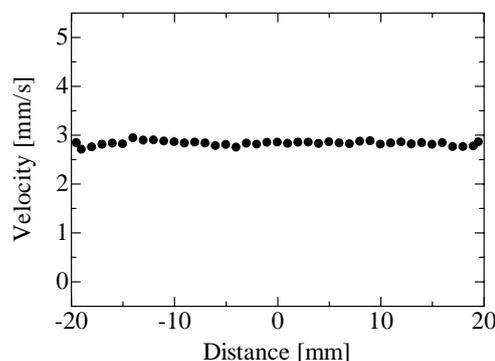


Fig.5 圧電振動子表面の振動速度分布

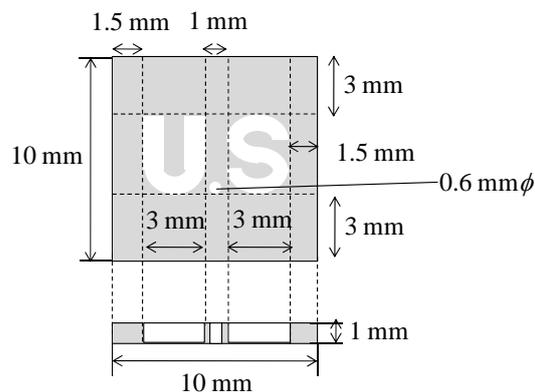


Fig.6 イメージング試料の寸法

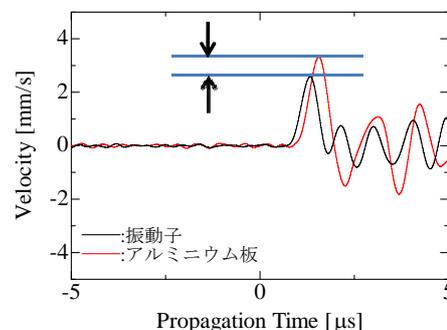


Fig.7 振動速度差

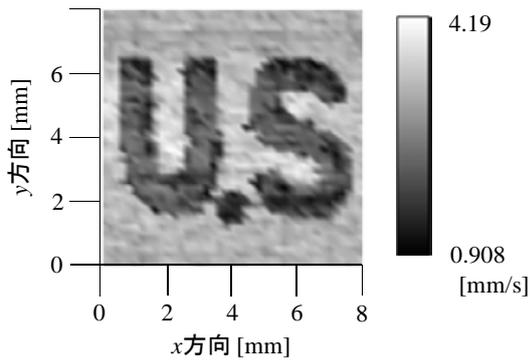


Fig.8 イメージング結果

《参考文献》

- 1) 佐藤雅弘, 吉田泰夫: “基本共振周期よりかなり短いパルス電圧で駆動された圧電振動子の過渡応答”, 日本音響学会誌, 第56巻, 11号, pp.857-863(1997)
- 2) K. Imano, Y. Yoshida, D. Okuyama: “A method of observing the sound field in transient radiation from a piston source”, J. Acoust. Soc. Jpn. Vol.(E)12. No.5, pp.233-235(1991)
- 3) K. Imano, Y. Yoshida, D. Okuyama: “Observation of the sound field in transient radiation from a concave piston source using time-transition pattern”, J. Acoust. Soc. Jpn. Vol.(E)12. No.5, pp.237-239(1991)
- 4) 佐藤 博仁: “振動速度検出による超音波イメージングに関する研究”, 平成 22 年度 秋田大学院 工学資源学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻 知能情報通信工学講座 修士学位論文, pp.1-6
- 5) Kouji Takasaki, Kazuhiko Imano, Hiroshi Inoue: “Generation of Monopole Ultrasonic Pulse from a Circular Source and It's On-axis Pressure Characteristics”, Jpn. Appl. Phys. Vol. 37, pp.3049-3050(1998)