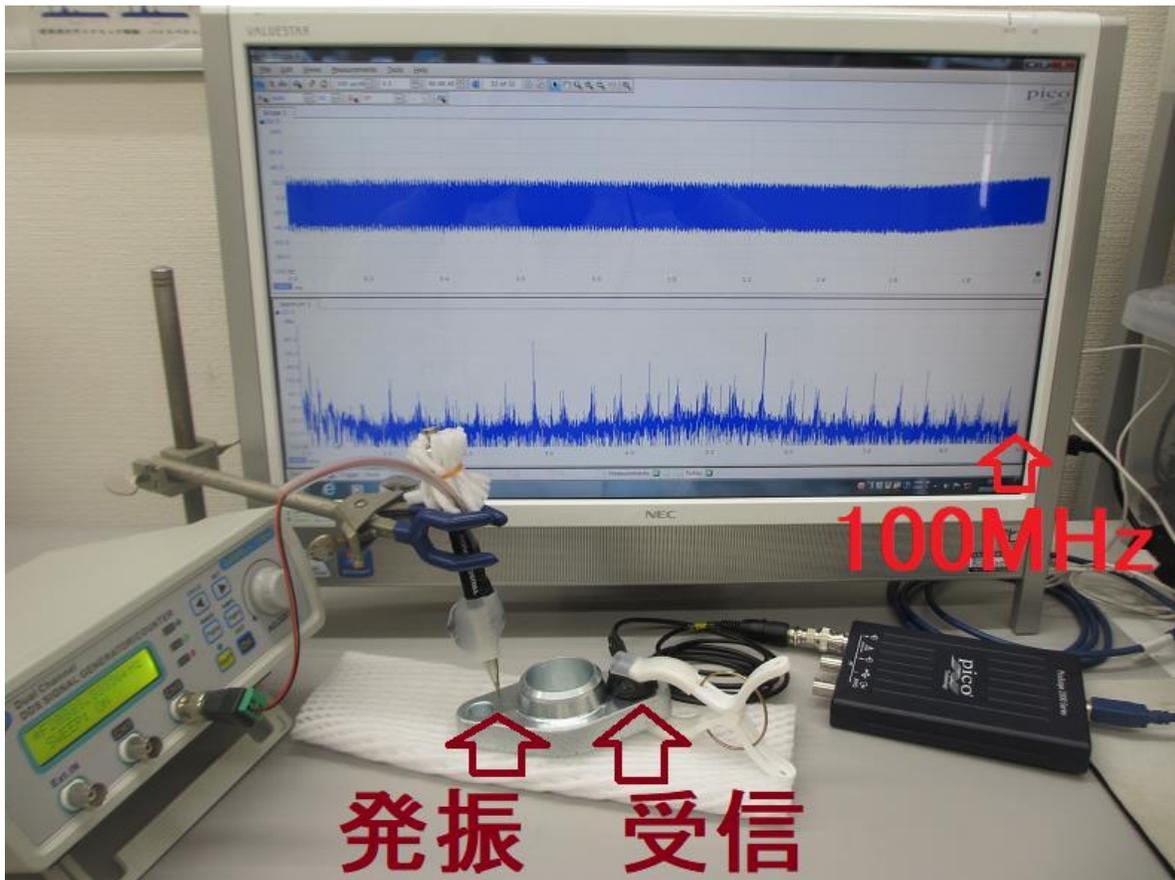


# オリジナル超音波プローブの発振制御による 表面検査技術

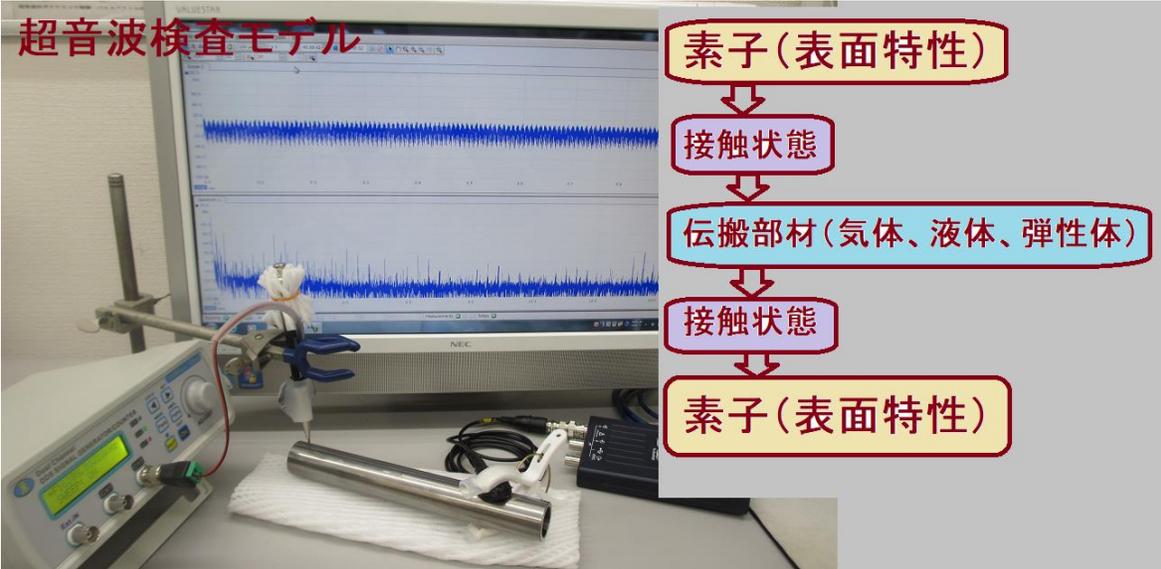
2022.11.6 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、  
対象物の表面を伝搬する超音波データの解析実績から  
メガヘルツの超音波発振による、新しい部品検査技術を開発しました。

オリジナル超音波プローブの発振制御による  
「音圧・振動」測定・解析技術を応用した方法です。

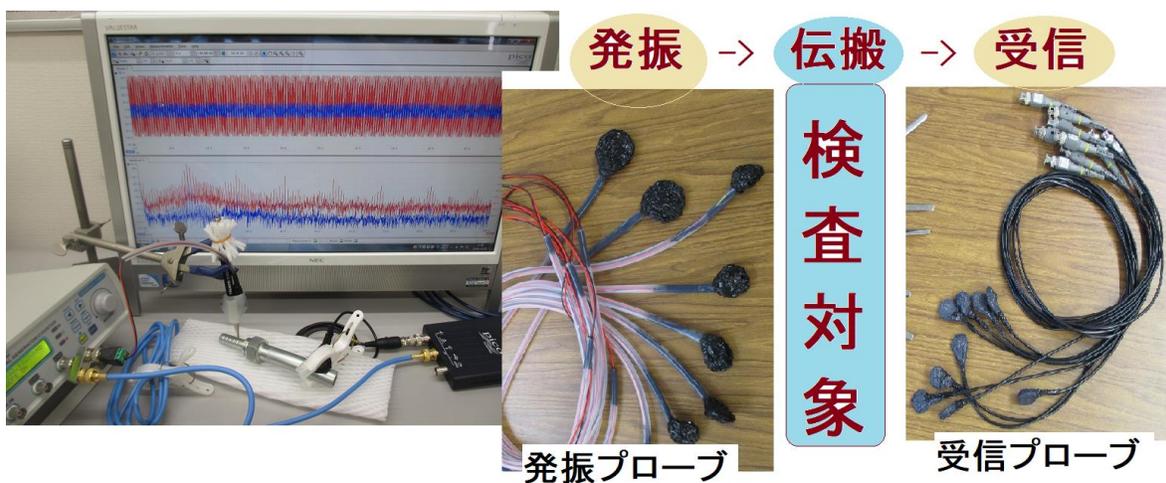


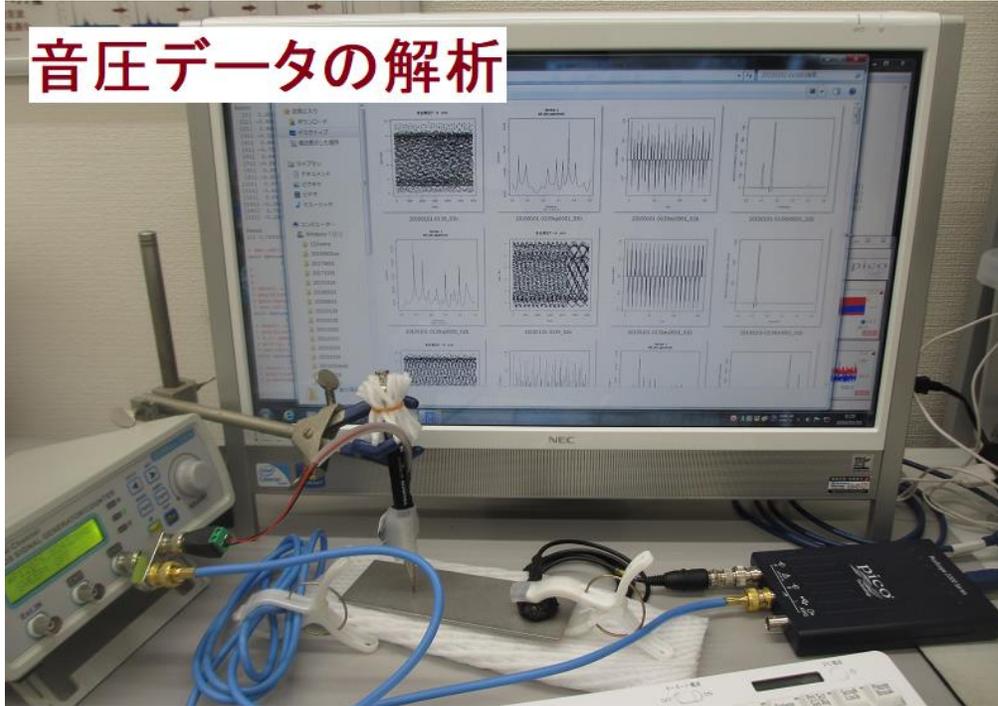
目的（対象物の表面を伝搬する振動モード）に合わせた  
超音波プローブの開発対応による、  
コンサルティング・超音波評価技術の説明対応を行っています。



新しい超音波発振制御技術の応用です。  
 対象物の音響特性に合わせた、  
**メガヘルツの超音波伝搬状態に関する非線形現象を利用することで**  
 対象物の表面状態に関する新しい特徴を検出することが可能です。

特に、発振・受信の組み合わせによる  
 応答特性を利用した  
 基板部品の表面検査や、精密洗浄部品の事前評価・・・に関して、  
 超音波振動の新しい評価パラメータとなる基本技術です。



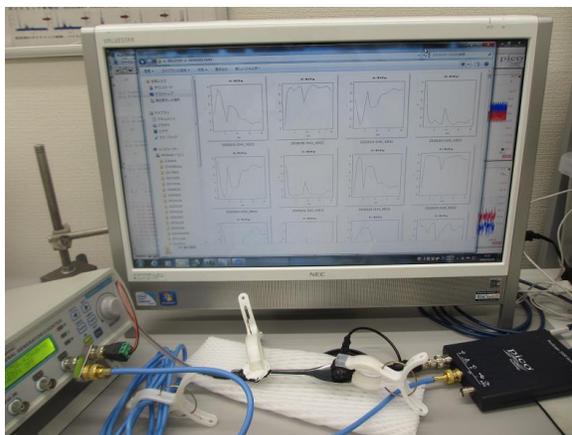


## 音圧データの解析

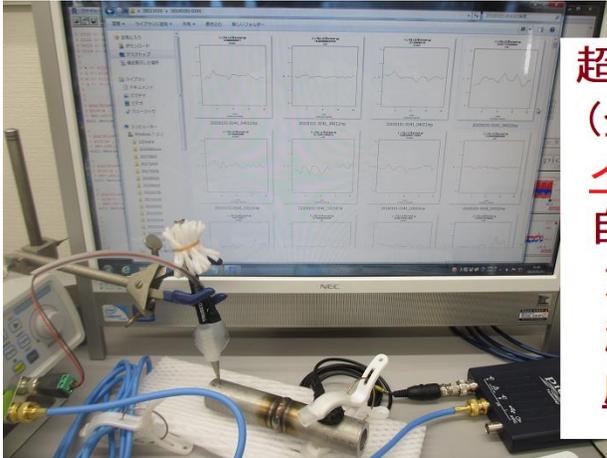
表面弾性波の伝搬現象に関する、超音波の動的特性を  
測定・解析・評価に基づいて  
論理モデルを構成・修正しながら検討することで  
目的（評価）に合わせた効果的な利用を可能にしました。

### 超音波の送受信について

対象物を伝搬する特性を検出するために  
対象物の振動特性に対応した、  
以下の組み合わせを標準として測定・解析・評価します



**発振と対象物**  
(洗浄物、洗浄液、水槽・・・)の  
**相互作用を**  
**パワー寄与率の**  
**解析により評価します**



## 超音波発振

(発振部が発振)による影響を

インパルス応答特性

自己相関の解析により

対象物の表面状態・・・に関して

超音波振動現象の

応答特性として解析評価します

<標準測定>

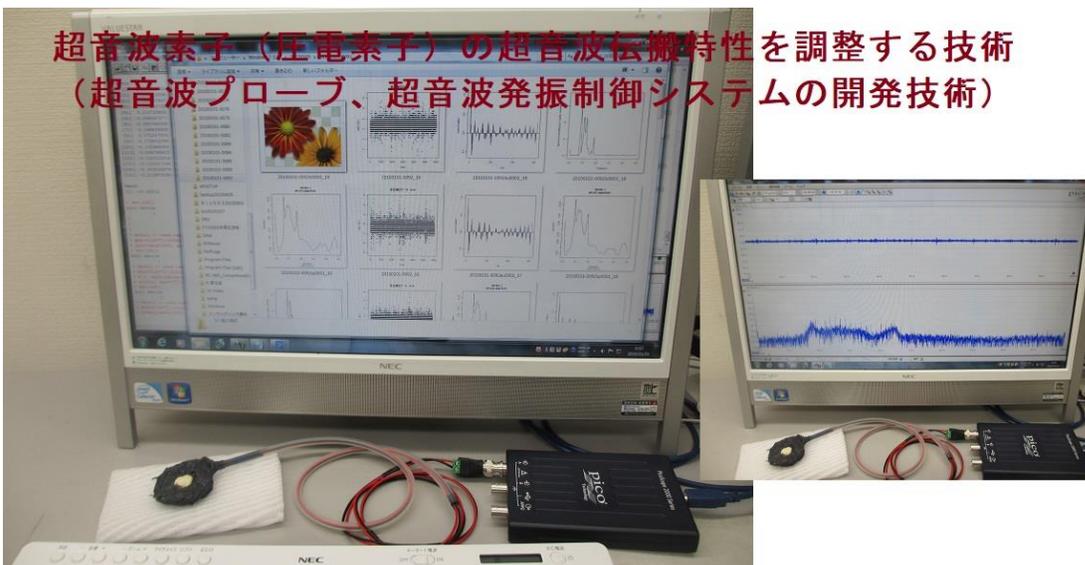
送信 : 超音波プローブ 発振型 (共振・非線形タイプ)

受信1 : 超音波プローブ 測定型 (共振タイプ)

受信2 : 超音波プローブ 測定型 (非線形タイプ)

参考 : 超音波プローブのタイプ

- 1) 超音波プローブ 発振型 (共振タイプ)
- 2) 超音波プローブ 発振型 (非線形タイプ)
- 3) 超音波プローブ 測定型 (共振タイプ)
- 4) 超音波プローブ 測定型 (非線形タイプ)
- 5) 超音波プローブ 発振型 (共振・非線形タイプ)



超音波素子（圧電素子）の超音波伝搬特性を調整する技術  
(超音波プローブ、超音波発振制御システムの開発技術)

### 超音波プローブの概略仕様

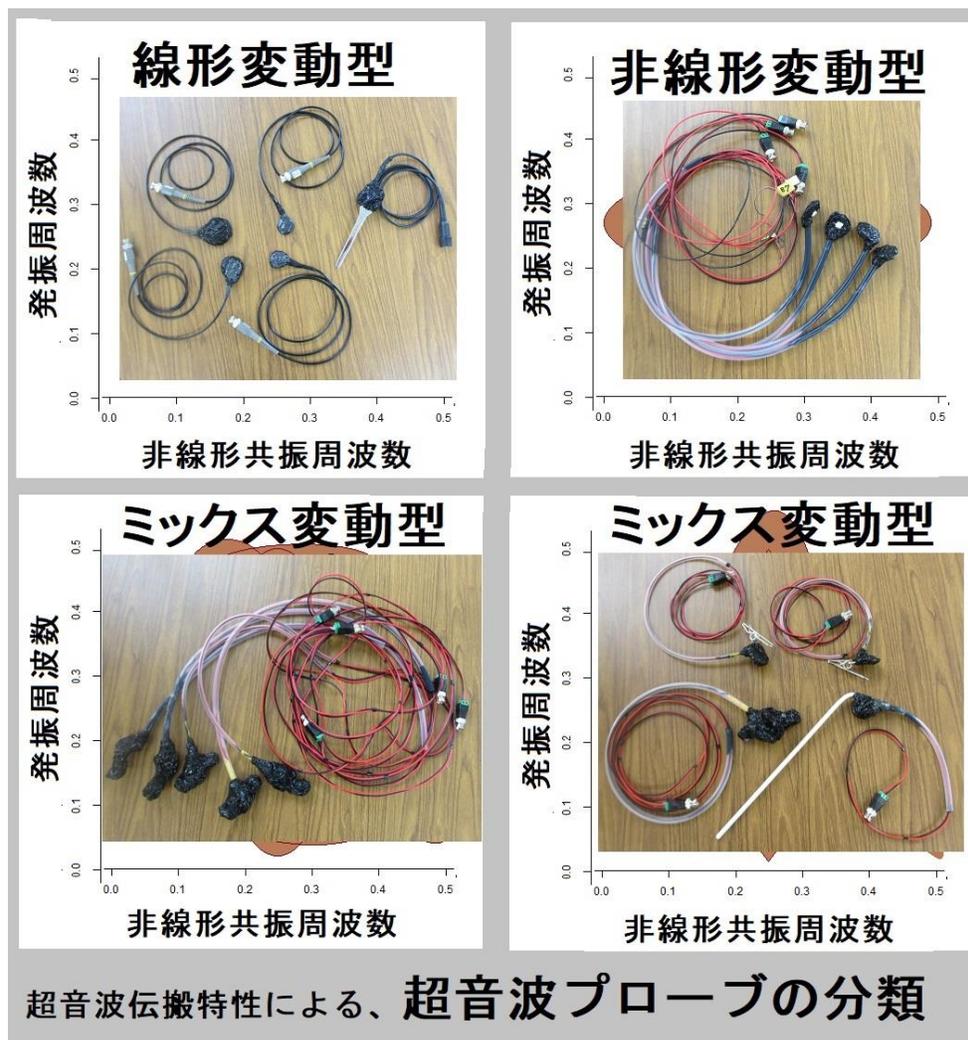
発振・測定範囲 0.01Hz～100MHz

コード長さ 10cm～

対象材質 ステンレス、樹脂、セラミック、ガラス・・・

検査装置・対象物・治具・・・の音響特性を、  
評価パラメータに合わせて発振制御することで、  
効果的な送受信データから表面状態を検出します。

この技術は、超音波洗浄に関して  
洗浄バラツキを発生する原因を明確にします。  
従って、超音波制御による  
表面処理・洗浄・攪拌・加工・・・対応・対策を可能にします。



## 超音波実験・超音波研究用

## 超音波プローブ



超音波プローブ（発振型、測定型、共振型、非線形型）の製造技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1566>

超音波制御技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>

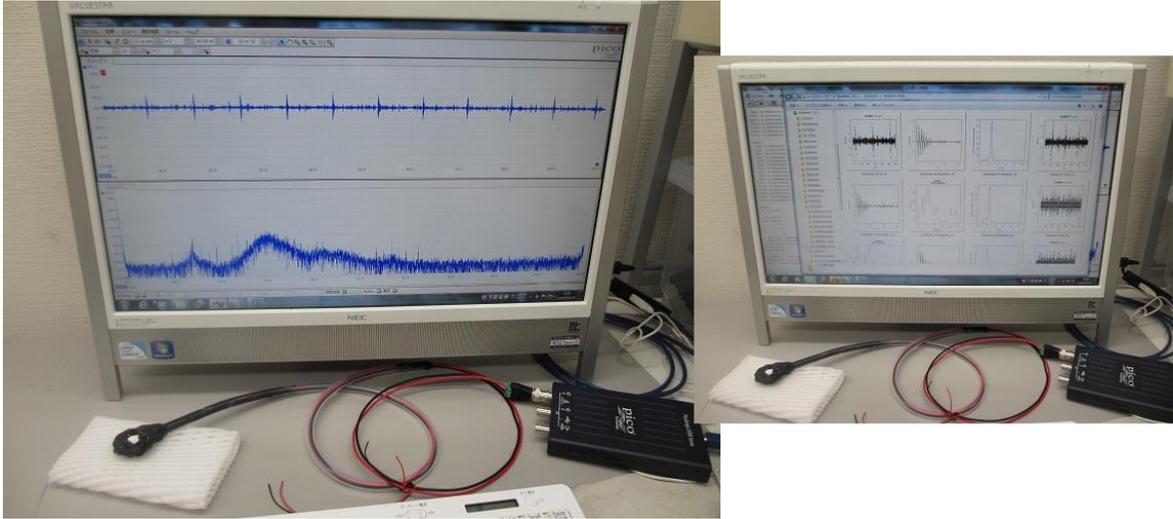
メガヘルツの超音波発振制御プローブ  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

メガヘルツの超音波を利用する超音波システム技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14350>

超音波発振システム（20MHz）の製造販売  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

超音波発振システム（1MHz、20MHz）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

200MHz以上の超音波伝搬現象による表面改質処理  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>



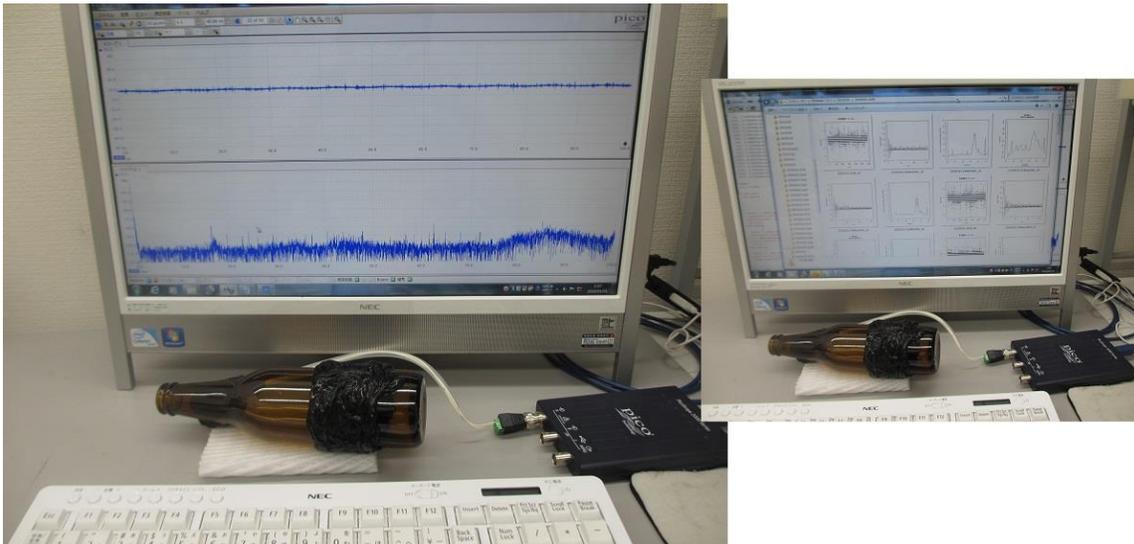
### <ノウハウ>

超音波発振に関する、発振（音響）特性

超音波受信に関する、受信（音響）特性

超音波伝搬に関する、伝搬（音響）特性

上記の特性を測定解析（注）により評価して、  
適切な組み合わせを利用することがノウハウです



注：音圧測定の時系列データに関して

- 1：非線形現象の解析（自己相関、バースペクトル解析）
- 2：応答特性の解析（インパルス応答、パワー寄与率）

上記に基づいて、  
超音波の伝搬現象を、以下のように分類します

**<超音波伝搬特性（音響特性）の分類>**

1：線形型

2：非線形型

3：ミックス型

4：ダイナミック変動型

（ 4-1：線形変動型    4-2：非線形変動型    4-3：ミックス変動型 ）

この分類を、超音波利用目的に合わせて  
発振制御条件（スイープ発振条件）として設定します。

環境・条件・・・により

複数の発振を組み合わせる場合も同様ですが  
相互作用に対する測定確認が不十分だと  
ダイナミックな非線形現象は発生しません。

**非線形変動型**



**ミックス変動型**



**ミックス変動型**



**ミックス変動型**



## 分類の詳細

### 1：線形型（キャビテーション主体型）

超音波の発振周波数に対して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波（発振周波数の $1/4$ 、あるいは $1/2$ ）  
から高調波（発振周波数の1倍、 $\dots$ 3倍）の範囲で  
若干の変化がある状態

注：低調波（発振周波数の $1/8$ ）以下の場合  
低周波の共振状態により、不安定な共振と干渉が発生し  
安定した状態が実現しない傾向になります

### 2：非線形型（音響流主体型）

超音波の発振周波数に対して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
高調波（発振周波数10倍以上）の範囲で  
若干の変化がある状態

注：高調波は、超音波振動子、発振プローブ $\dots$ の  
表面状態の工夫（特願2020-31017 超音波制御）により  
発振周波数の100倍を実現することも可能です

### 3：ミックス型（キャビテーションと音響流の組み合わせ型）

超音波発振部材の設置方法や接触部材 $\dots$ の相互作用により  
発振周波数に対して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波（発振周波数の $1/8$ 、 $1/4$ 、あるいは $1/2$ ）  
から高調波（発振周波数の1倍、 $\dots$ 10倍）の範囲で  
自然に発生する、大きな変化がある状態

#### コメント

上記の1，2，3は、基本的な伝搬状態ですが  
振動現象が、安定して長時間同じ現象を続けるためには、各種制御 $\dots$ 工夫が必要です  
上記の1，2，3は、単調な発振状態を継続すると  
周波数の低下や超音波の減衰現象が発生し  
超音波の利用効果は小さく、無くなっていきます  
そのために、実用的には、変動型を利用することが必要です

## 4：変動型（各種制御による変化を利用するタイプ）

### 4－1：線形変動型

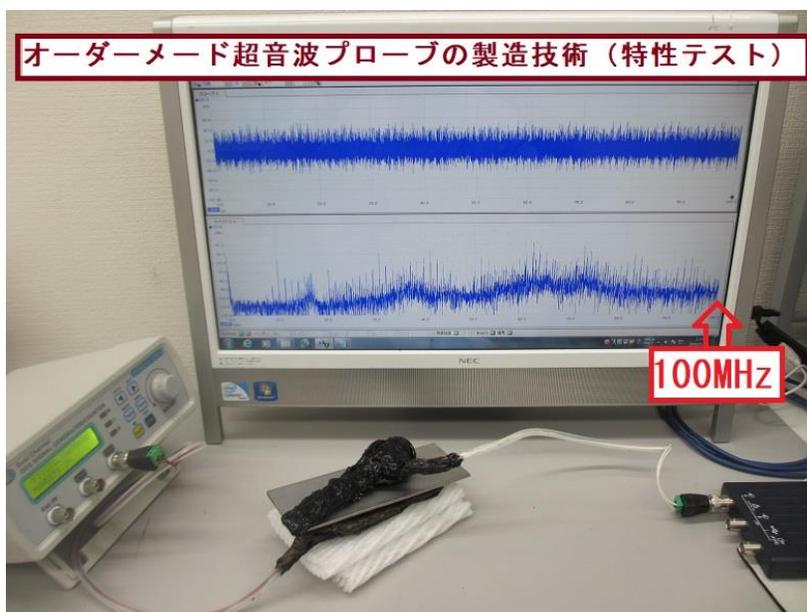
複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲（発振周波数の $1/8 \sim 10$ 倍程度）で  
制御可能にした状態

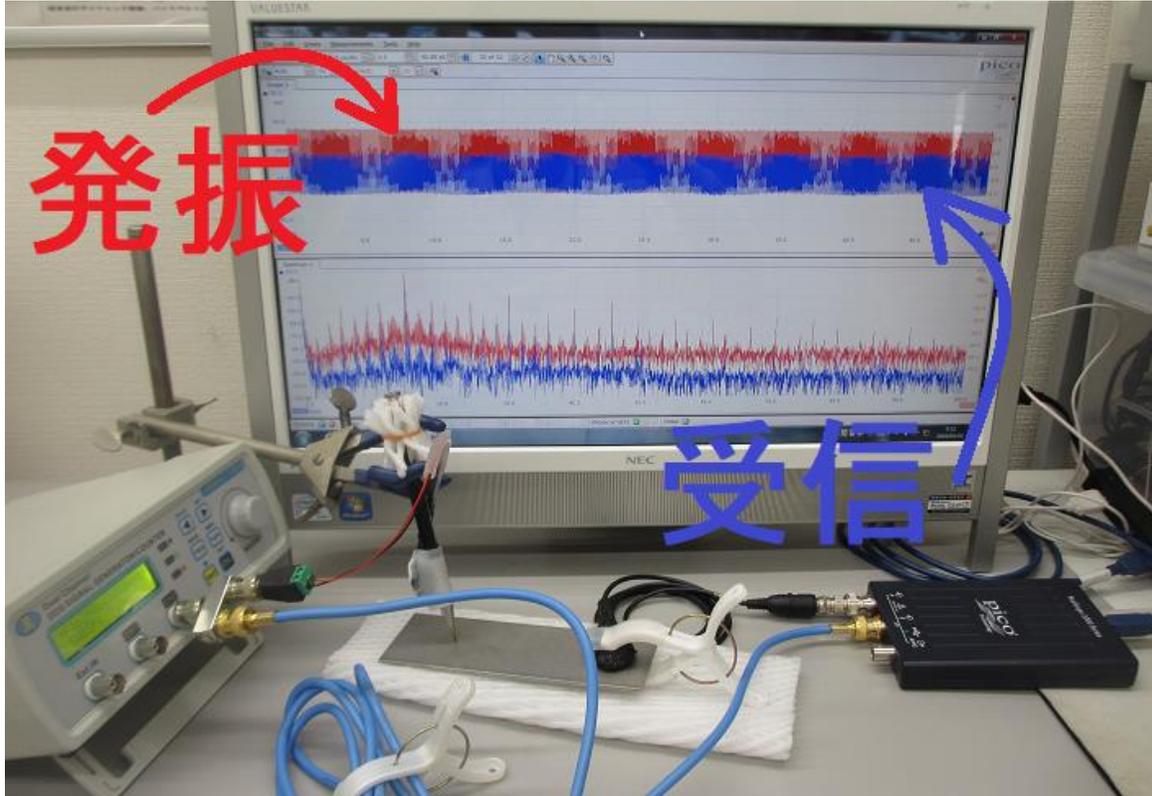
### 4－2：非線形変動型

複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲（発振周波数の $1/2 \sim 50$ 倍程度）で  
制御可能にした状態

### 4－3：ミックス変動型（ダイナミック変動型）

複数の超音波発振部材や発振制御・・・の  
音響特性や相互作用の確認に基づいて  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲（発振周波数の $1/16 \sim 100$ 倍程度）で  
制御可能にした状態





参考動画

[https://youtu.be/DVrTSf\\_GIVA](https://youtu.be/DVrTSf_GIVA)

[https://youtu.be/\\_iyFvy7I20s](https://youtu.be/_iyFvy7I20s)

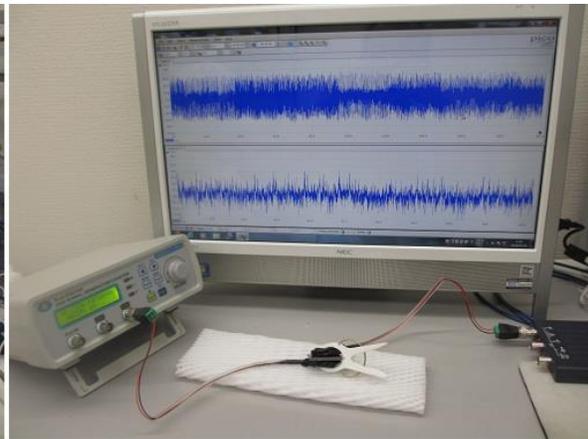
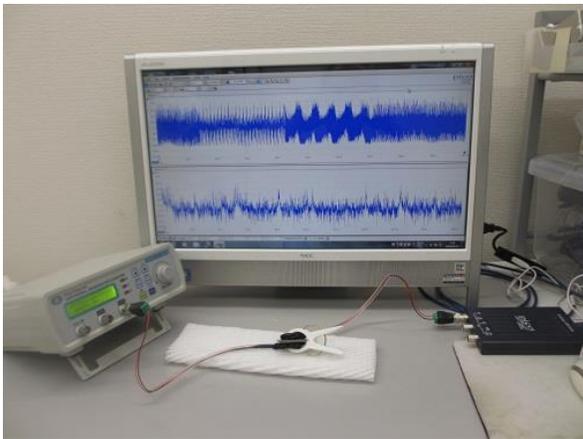
<https://youtu.be/BGq8K-Hb9jc>

<https://youtu.be/dtaeLWU8bQY>

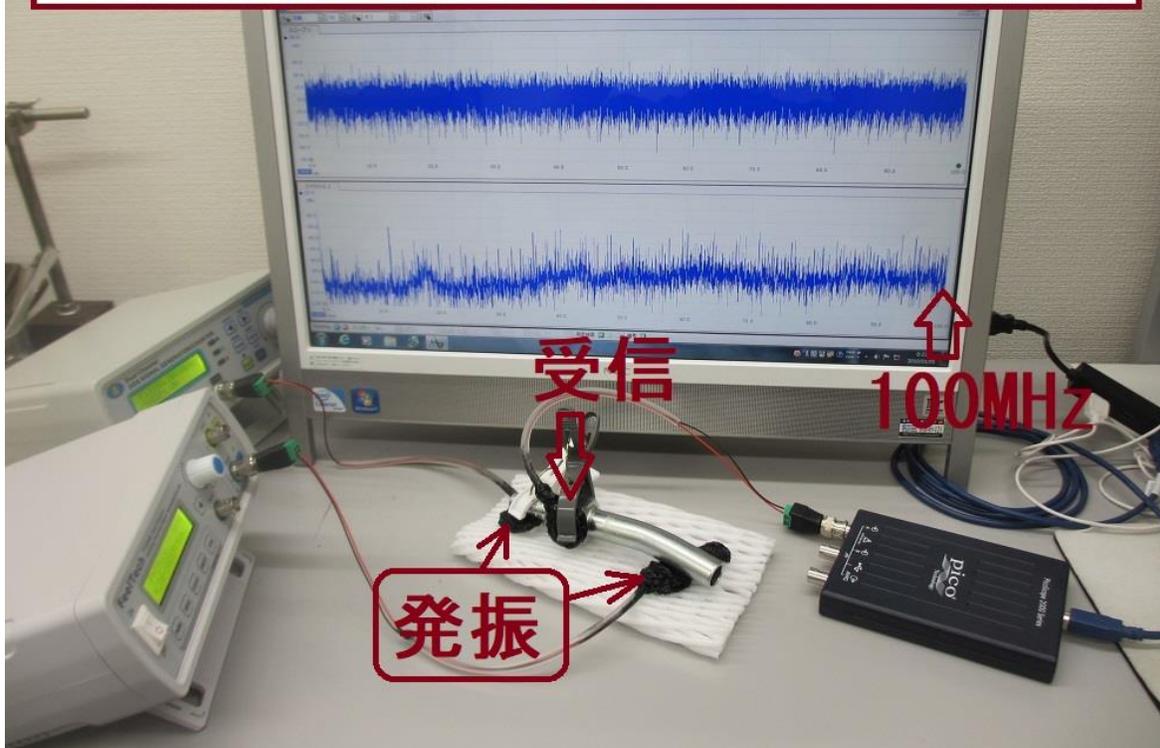
<https://youtu.be/g6ze5rHgDLg>

<https://youtu.be/cg3jvEi3vxY>

<https://youtu.be/CyvGCzIgfYo>



## 超音波の非線形振動現象をコントロールする技術



<https://youtu.be/Lhh3uTkzKK0>

<https://youtu.be/VBL1Z6qa1FU>

<https://youtu.be/iSm4iotqgtE>

<https://youtu.be/K71AVqzDHIA>

<https://youtu.be/gMyH2VvRdtI>

[https://youtu.be/xz9\\_D0c9s10](https://youtu.be/xz9_D0c9s10)

<https://youtu.be/o0eDtYE1qFk>

[https://youtu.be/IP7fLX\\_UrTg](https://youtu.be/IP7fLX_UrTg)

<https://youtu.be/zNm6aC0YGJk>

<https://youtu.be/yJi0lu0N2PY>

<https://youtu.be/Bqg6tHKBVjE>

<https://youtu.be/qKa03wT-CYE>

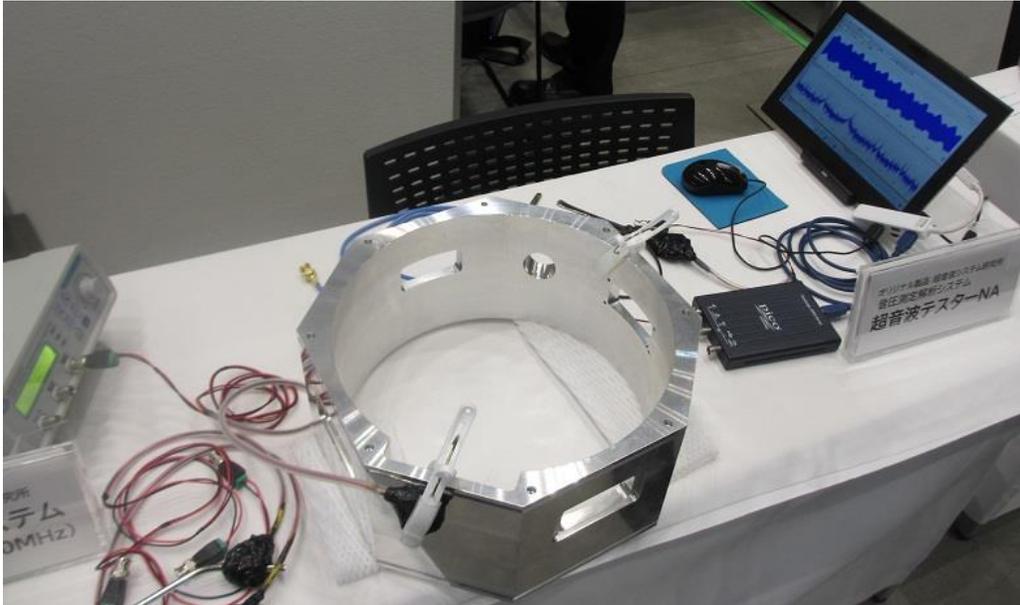
<https://youtu.be/BZj6B3WWfQg>

<https://youtu.be/H0n4ivdHdmc>

<https://youtu.be/46AvnDHb9wE>

<https://youtu.be/Ivw79Zq21bY>

<https://youtu.be/Z-MnGWyP7Yk>



[https://youtu.be/4\\_dXVx\\_8xgw](https://youtu.be/4_dXVx_8xgw)

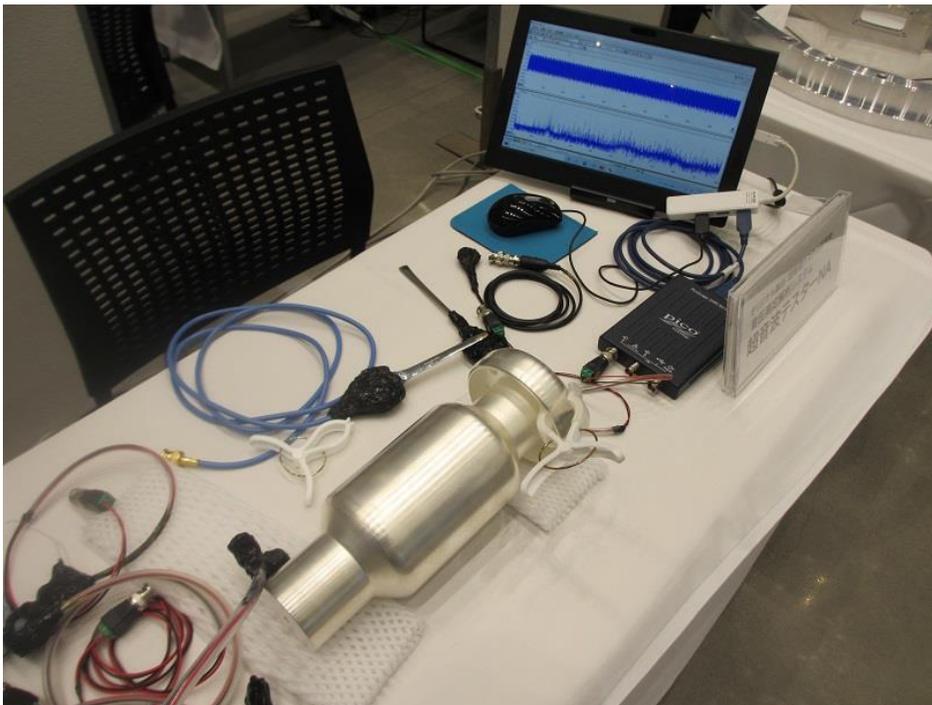
<https://youtu.be/Qb5Ypxzqofg>

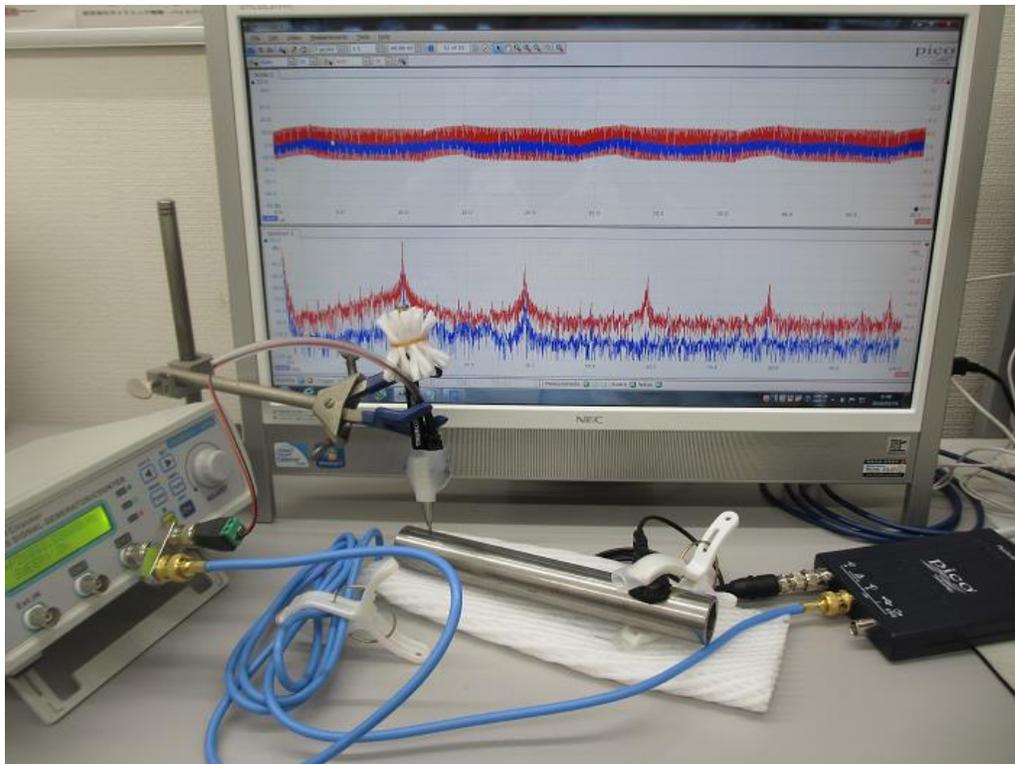
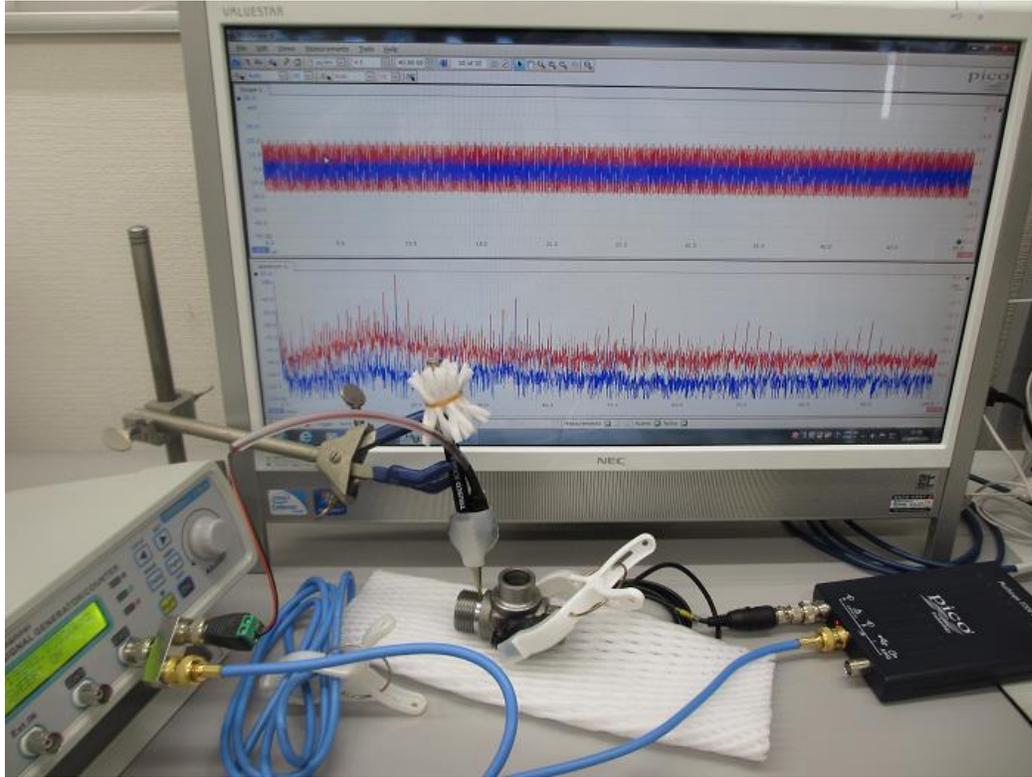
<https://youtu.be/ezMePdY2PWk>

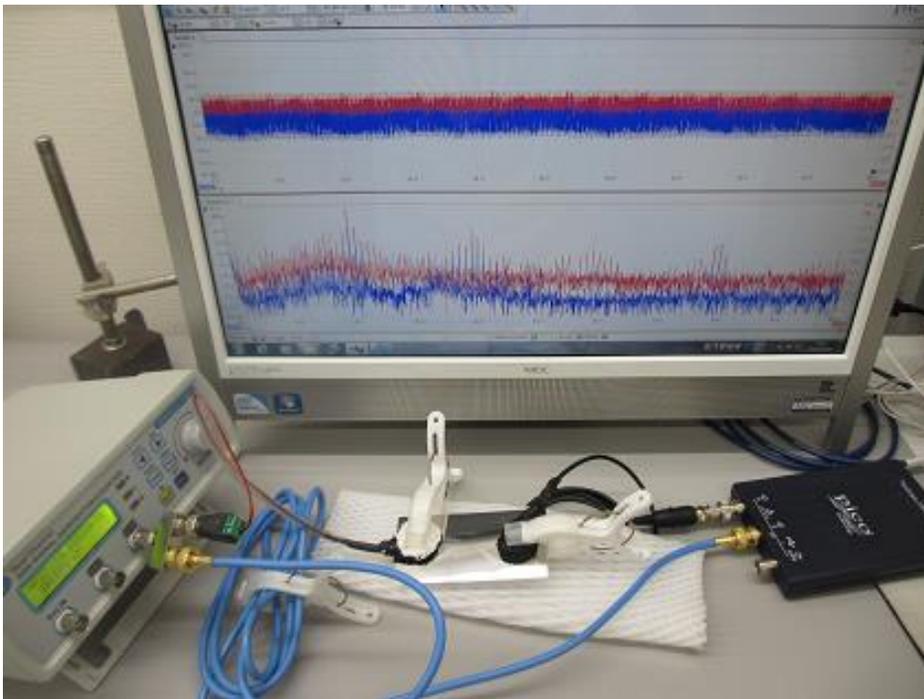
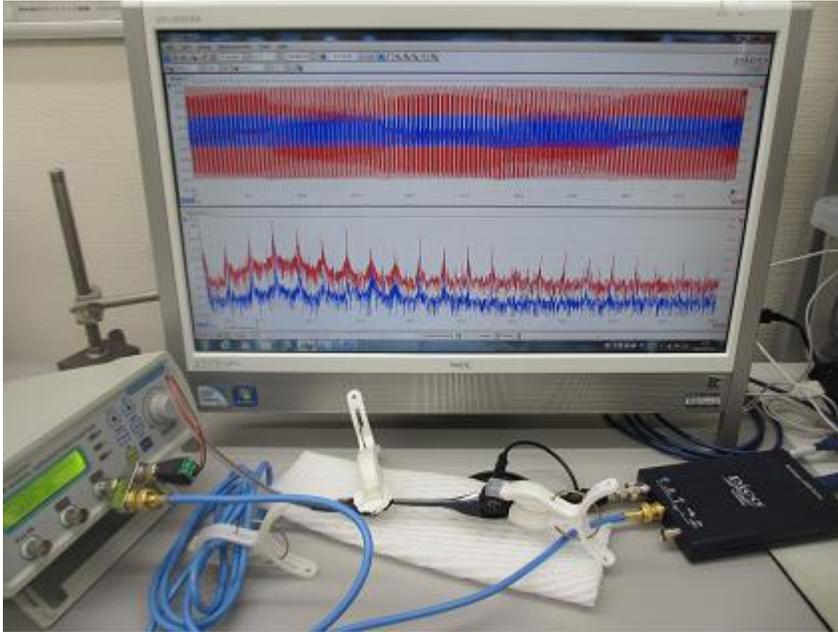
[https://youtu.be/S0q\\_Aingpj8](https://youtu.be/S0q_Aingpj8)

<https://youtu.be/wmV5M4Mmc6U>

<https://youtu.be/vh79Ea039ro>







【本件に関するお問合せ先】  
超音波システム研究所  
メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)  
ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

以上