

# 超音波プローブの製造技術

## ——圧電素子の表面処理——

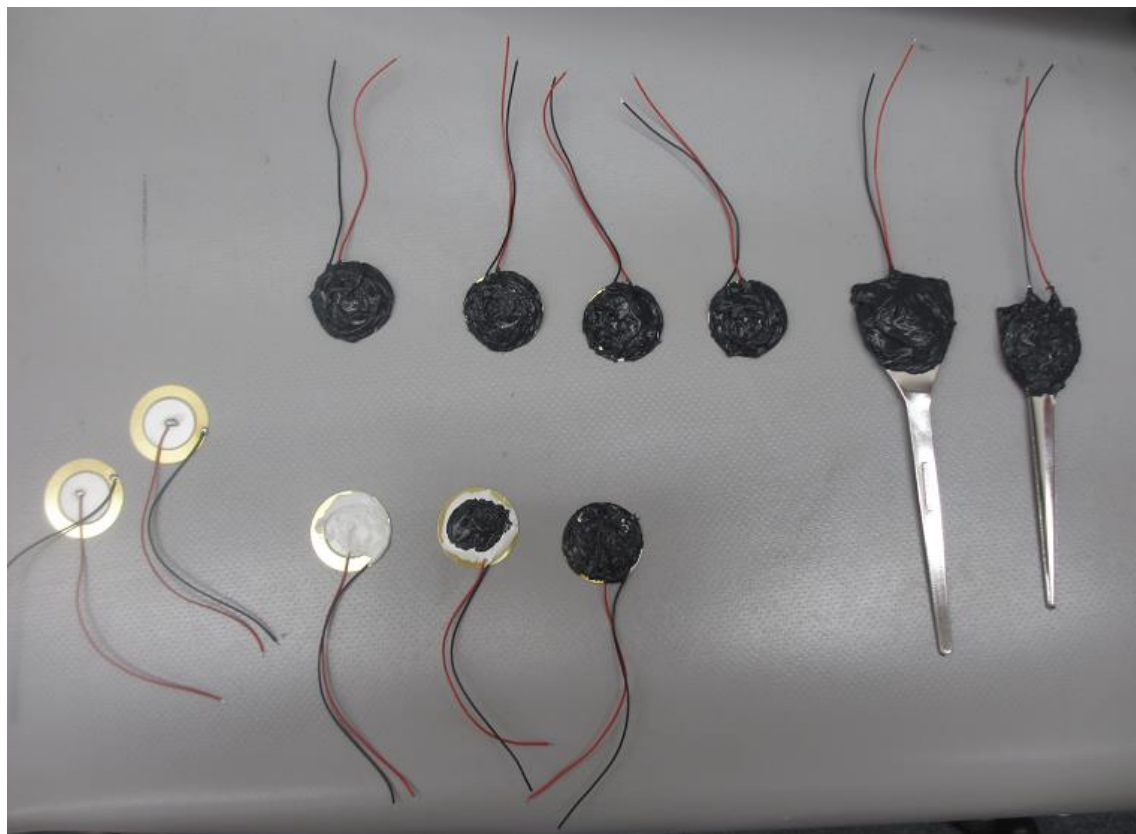
## ——ダイナミック特性の評価技術——

2024.7.9 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、  
＜超音波伝搬特性（音響特性）の分類＞に基づいた、  
500Hzから900MHz以上の超音波伝搬状態を制御可能にする  
超音波プローブの製造技術（圧電素子の表面処理・ダイナミック特性の評価）を開  
発しました。

目的に合わせた、オリジナル超音波プローブ（振動・音圧測定用、発振制御用、両  
用タイプ）の製造開発が可能です。

この技術を、コンサルティング提供しています  
興味のある方はメールでお問い合わせ下さい



## 超音波プローブの伝搬特性

- 1) 振動モードの検出 (自己相関の変化)
- 2) 非線形現象の検出 (バイスペクトルの変化)
- 3) 応答特性の検出 (インパルス応答特性の解析)
- 4) 相互作用の検出 (発振電圧と受信電圧の相互作用 : パワー寄与率を解析)

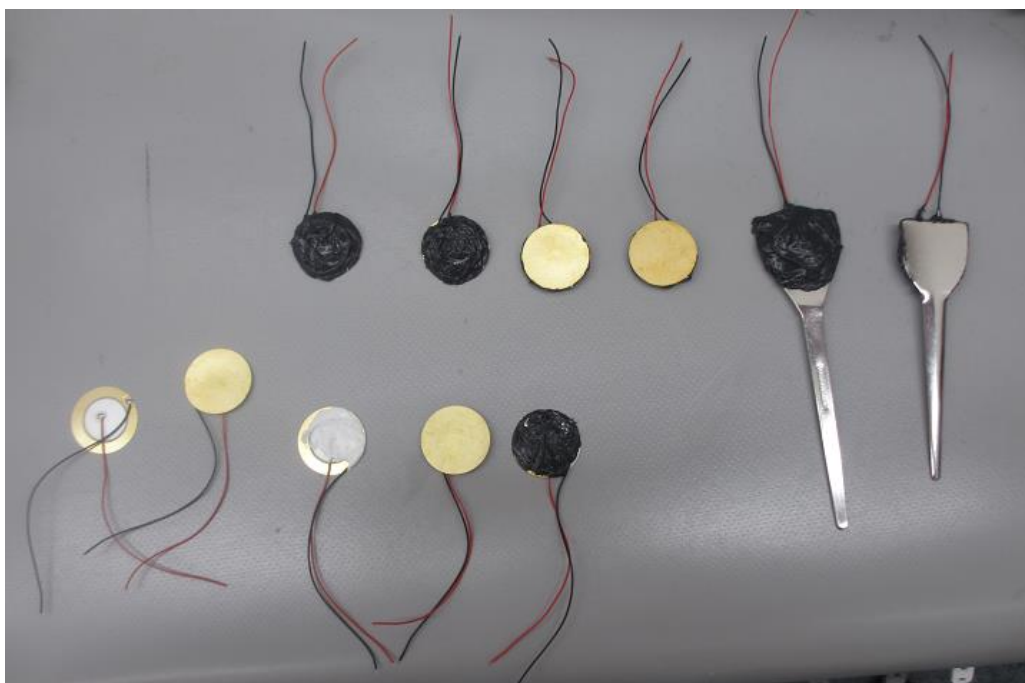
注 : 「R」フリーな統計処理言語かつ環境

**autcor** : 自己相関の解析関数

**bispec** : バイスペクトルの解析関数

**mulmar** : インパルス応答の解析関数

**mulnos** : パワー寄与率の解析関数



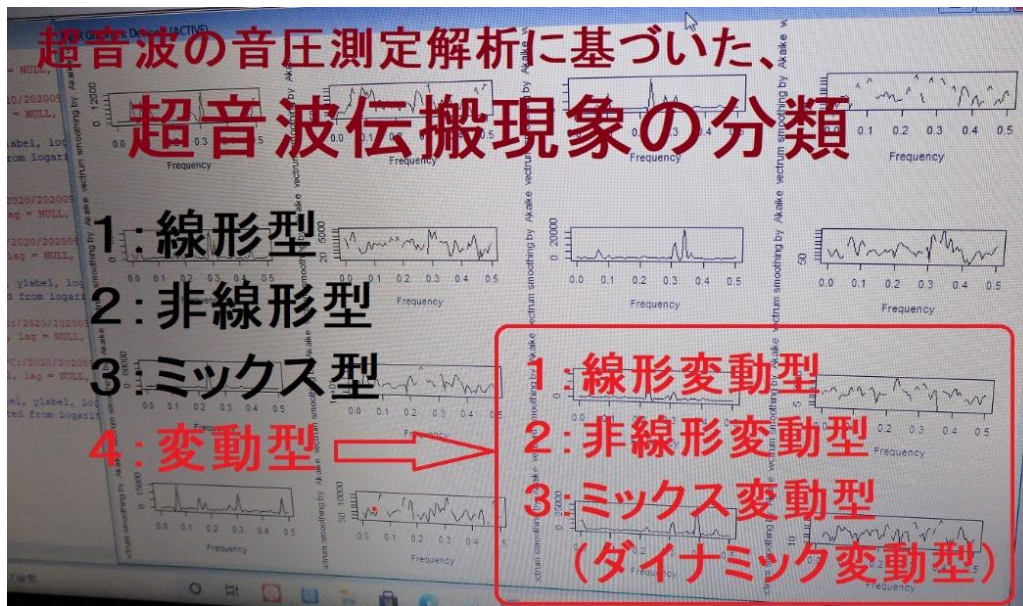
## <超音波伝搬特性 (音響特性) の分類>

- 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) として設定します。

環境・条件・・・により

複数の発振 (スイープ発振・パルス発振) 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。



## 分類の詳細

### 1: 線形型 (キャピテーション主体型)

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  
若干単調な変化がある状態

注: 低調波が、発振周波数の  $1/8$  以下の場合  
低周波の強い共振状態により、単調な共振と干渉の繰り返しが発生し  
超音波刺激の効果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  
単調な繰り返しがある状態

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

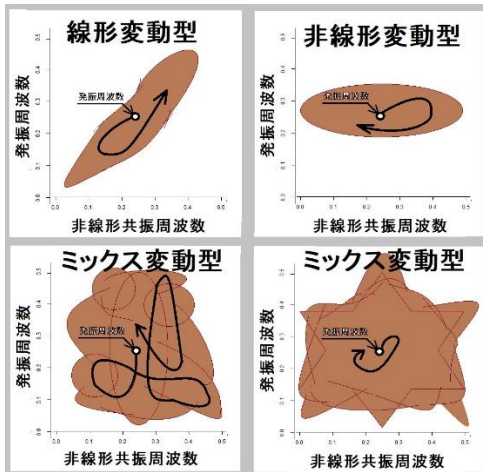
### 3: ミックス型 (キャピテーションと音響流の組み合わせ型)

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、 $\dots$   $20$  倍) の範囲で  
自然に発生する、ダイナミックな変化がある状態



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・工夫が必要です  
上記の1, 2, 3は、一定の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なっていきます  
そのため、実用的には、下記変動型を利用することが必要です



超音波伝搬特性による、超音波の分類



超音波伝搬特性による、超音波プローブの分類

#### 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

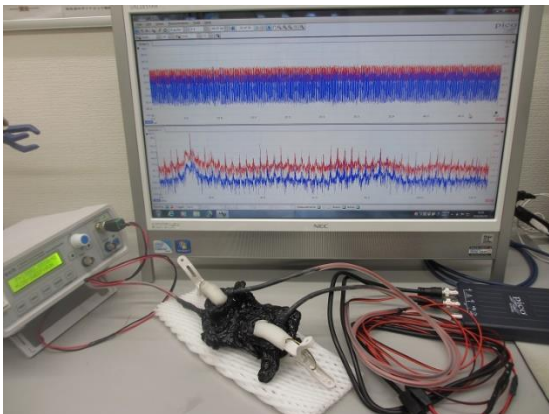
##### 4-2：非線形変動型

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

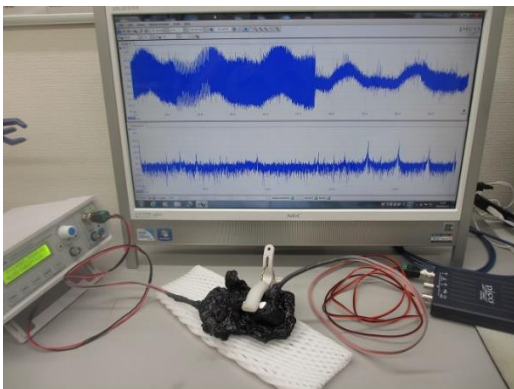
##### 4-3：ミックス変動型（ダイナミック変動型）

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

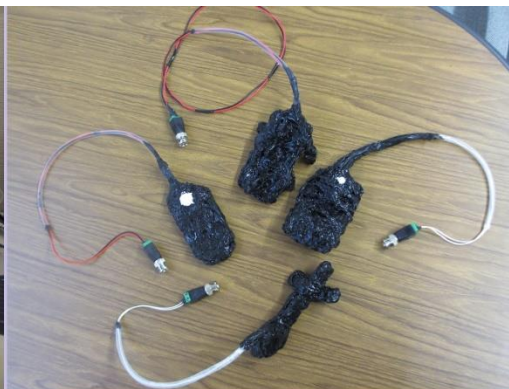
分類としては上記の通りですが、  
実用的には、ミックス変動型（ダイナミック変動型）として  
低調波から高調波を最適化する事が、超音波制御になります



超音波プローブの伝搬特性テスト



超音波プローブの非線形発振制御



<参考>

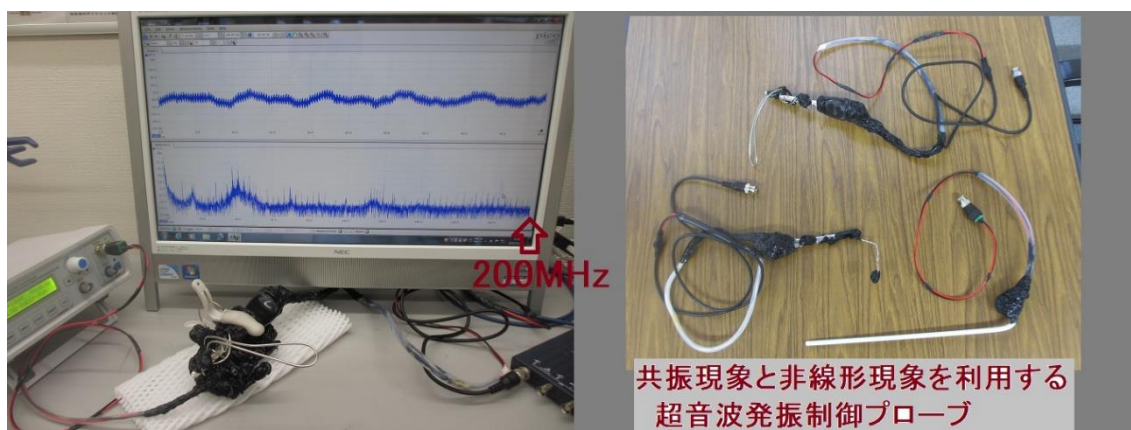
超音波プローブによる、非線形制御技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1566>

超音波の非線形振動現象をコントロールする技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=11267>

超音波伝搬現象の分類 1  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10908>

超音波伝搬現象の分類 2  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17496>

超音波伝搬現象の分類 3  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17540>



超音波の最適化技術 1  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15226>

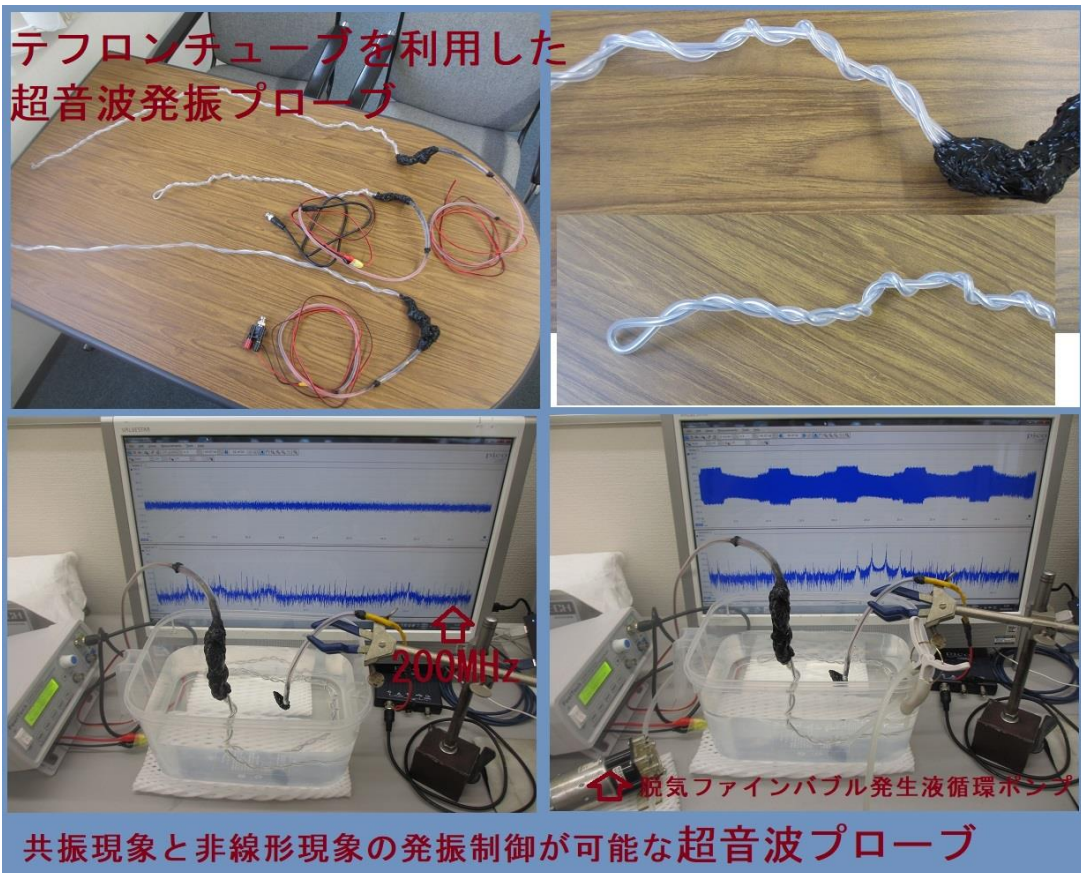
超音波の最適化技術 2  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16557>

超音波制御技術（特開 2021-125866 超音波制御）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>

超音波を利用した「振動計測技術」  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16046>

超音波プローブの製造・評価技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15285>





超音波技術：多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15785>

超音波の相互作用を評価する技術2  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=12202>

超音波の非線形振動現象をコントロールする発振制御システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=13908>

超音波伝搬状態の測定・解析・評価システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>



音圧測定のステンレス部に  
テフロンテープを巻き付ける



超音波テスターNA（10MHzタイプ）SSP-2012

メガヘルツの超音波発振制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1497>

超音波洗浄器（水槽表面）の表面残留応力緩和・均一化処理

<http://ultrasonic-labo.com/?p=19422>

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>



ファインバブルと超音波による、表面処理技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18109>

超音波装置（設計・製造・・・）のコンサルティング対応

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7378>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）の利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16477>

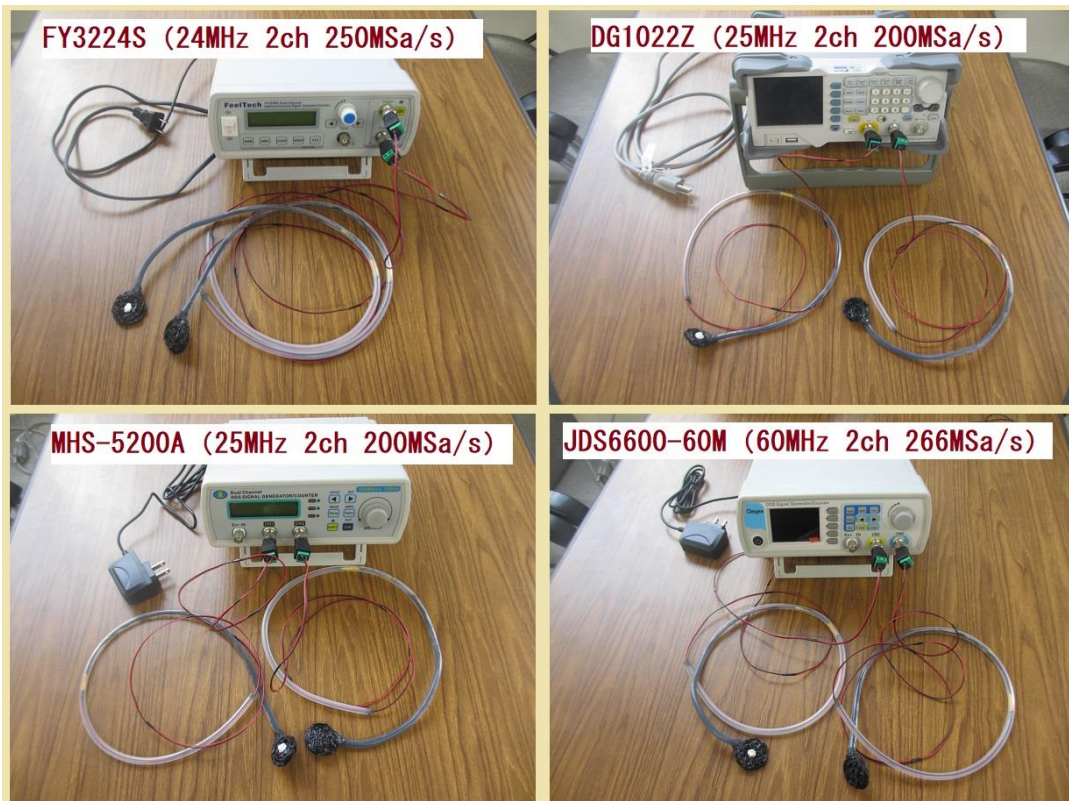




メガヘルツの超音波制御技術（洗浄、加工、攪拌、表面処理・・・）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=5267>

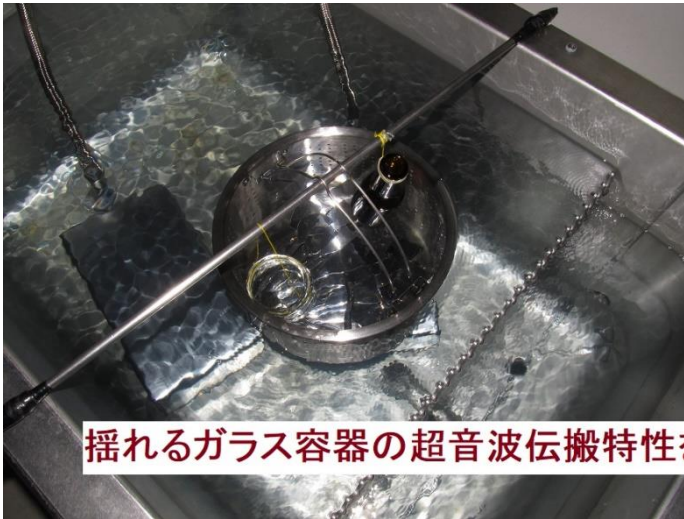
超音波とファインバブルを利用した「めっき処理」技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=18093>

超音波の音圧測定解析に基づいた、超音波伝搬現象の分類  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10013>



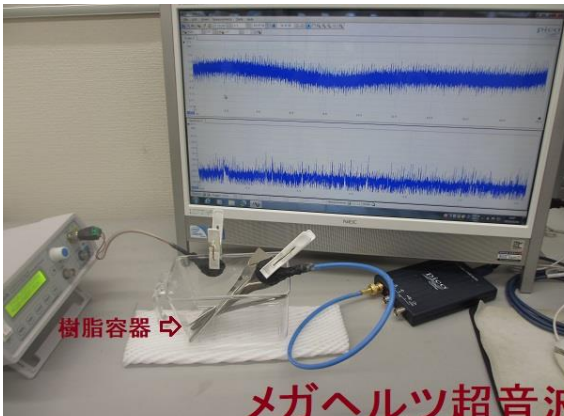
## 超音波発振システム

# 超音波伝搬部材の表面処理技術

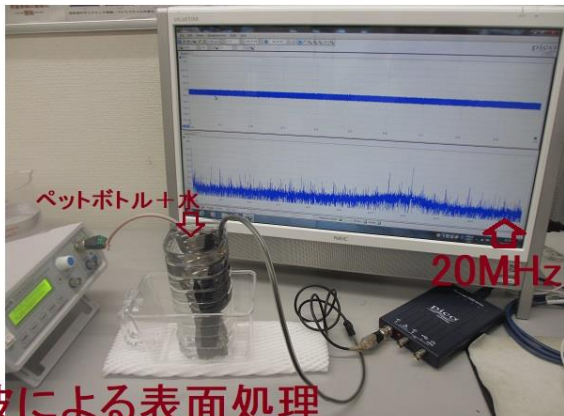


揺れるガラス容器の超音波伝搬特性を利用した表面改質技術

超音波の音圧測定用部材



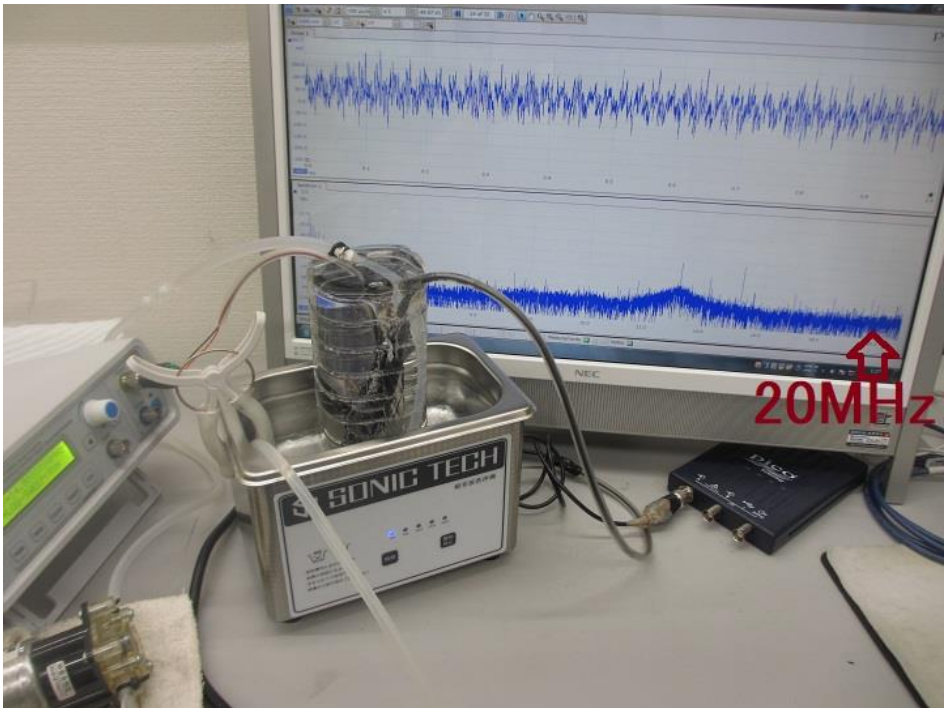
樹脂容器



ペットボトル+水

20MHz

メガヘルツ超音波による表面処理



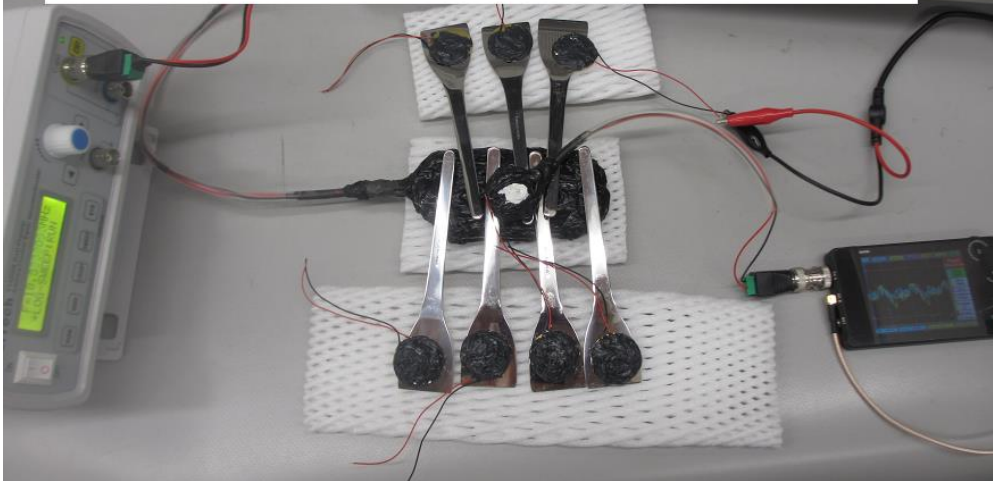
20MHz





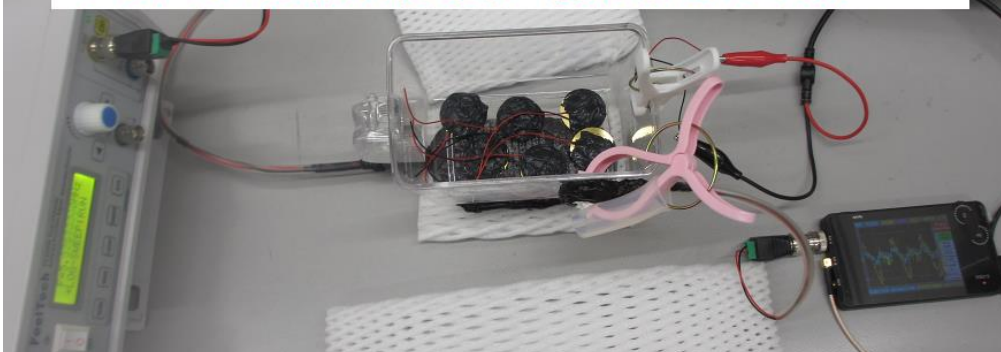


## 圧電素子とステンレス部材の エージング処理



## 圧電素子のエージング処理

ノウハウ: 発振制御条件・樹脂容器の利用



ポイント  
保管状態

【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)

以上