

# 超音波プローブの製造技術 Ver2

## (ダイナミック特性を評価する技術)

2023. 9.2 超音波システム研究所



### 超音波プローブの製造技術 (ダイナミック特性を評価する技術)

注：伝搬特性（非線形特性、応答特性、ゆらぎの特性、相互作用）

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300MHz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・評価技術を開発しました。

目的に合わせた、  
オリジナル超音波発振制御プローブ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  
メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)

## 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

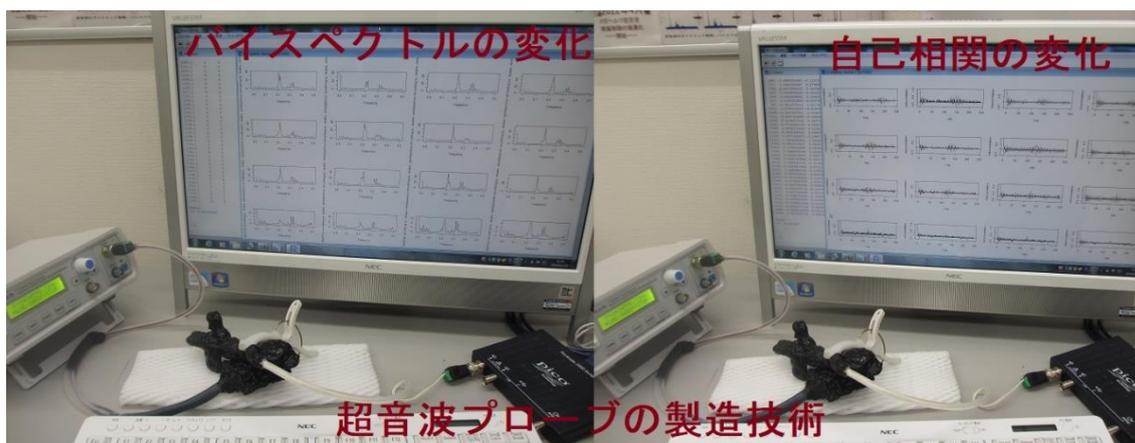
**bispec** : バイスペクトルの解析関数

**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



超音波プローブの製造技術 (ダイナミック特性を評価する技術)



<参考動画>

<https://youtu.be/zcbcgNUaTJ4>

<https://youtu.be/m2cSQOWUMjw>

\* \*

[https://youtu.be/x-rjoMl\\_ykA](https://youtu.be/x-rjoMl_ykA)

<https://youtu.be/rIgmPjTF7gs>

<https://youtu.be/k8sdtevKTDC>

\* \*

<https://youtu.be/zcbcgNUaTJ4>

<https://youtu.be/LfGMpG6uZnc>

[https://youtu.be/hq0re-4A\\_IA](https://youtu.be/hq0re-4A_IA)

\* \*

<https://youtu.be/qfq9svuPrTU>

<https://youtu.be/sWfdeT8zoYI>

\* \*

<https://youtu.be/hR-RcBCio6c>

<https://youtu.be/Vdcs1HnEOCY>

<https://youtu.be/nji-9gE05Dc>



(ダイナミック特性を評価する技術)

\*\*

<https://youtu.be/rsAoPH-696w>

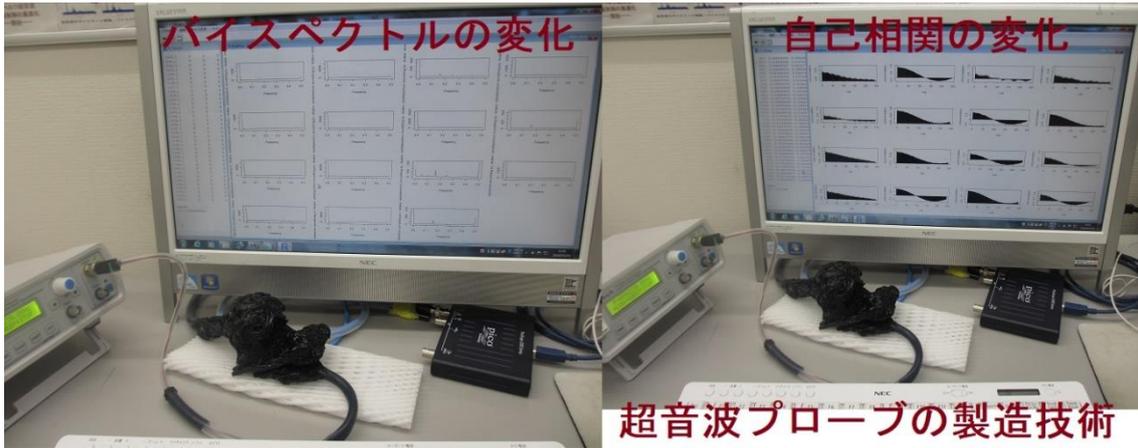
<https://youtu.be/iaQXpjooVFc>

<https://youtu.be/EmmFFmUUkw8>

\*\*

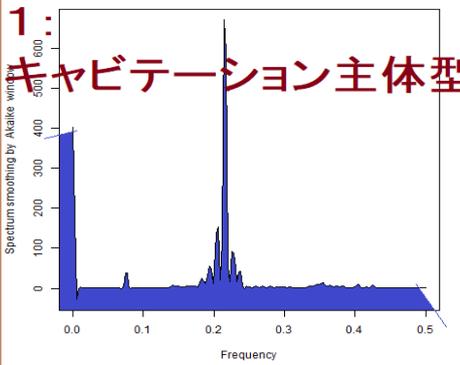
<https://youtu.be/h9pCxRE7tFg>

<https://youtu.be/6MdcVxjb44E>

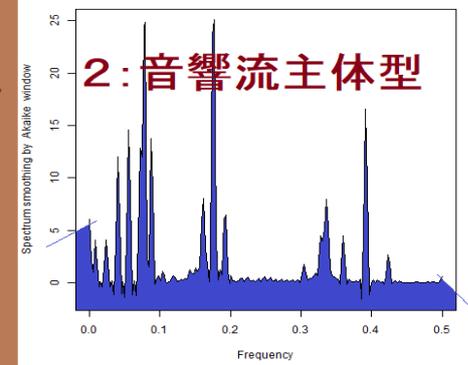


### 音圧データの解析結果：バイスペクトル

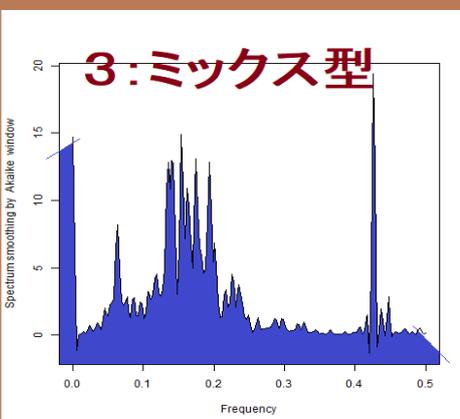
1: キャビテーション主体型



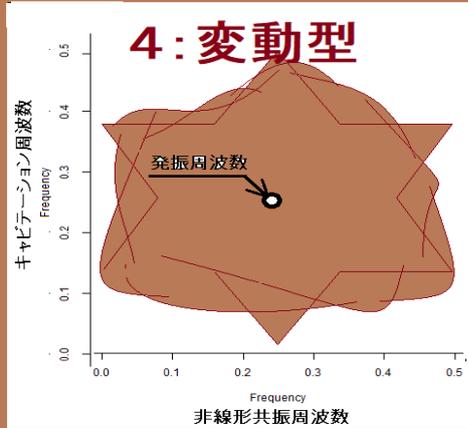
2: 音響流主体型



3: ミックス型



4: 変動型



### 超音波(キャビテーション・音響流)の分類

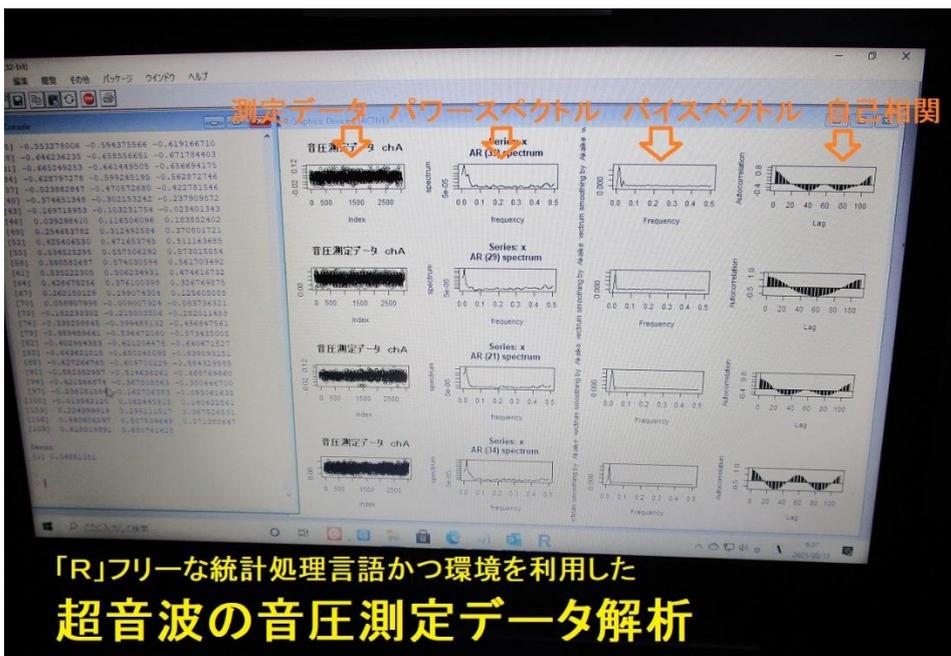
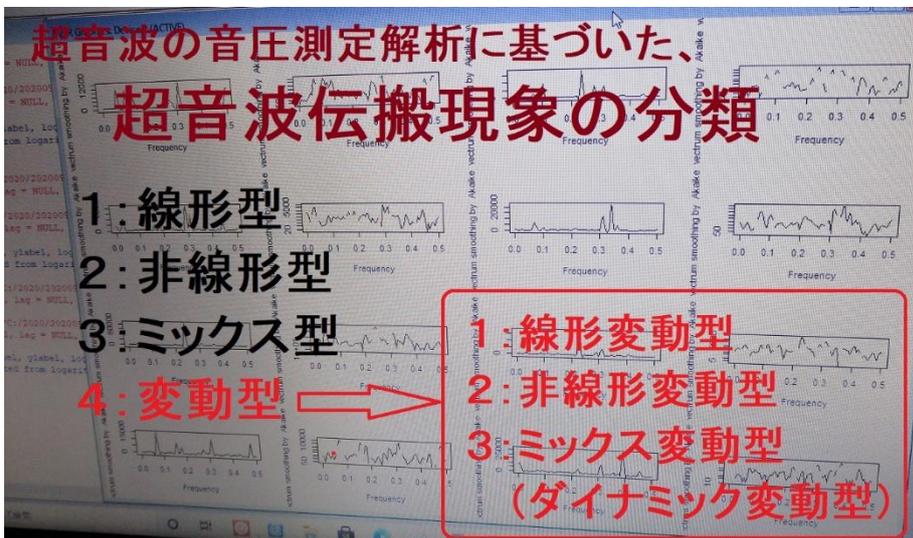
## <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>

- 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。



## 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

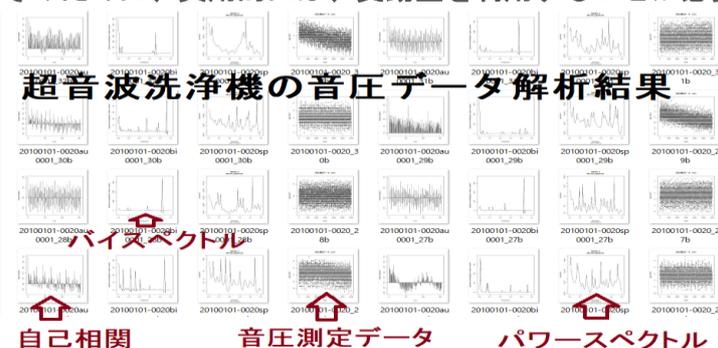
注：高調波は、超音波振動子、発振プローブ $\dots$ の  
表面状態の工夫（特願 $2020-31017$  超音波制御）により  
発振周波数の $100$ 倍を実現することも可能です

### 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、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、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1/8～10倍程度）で  
制御可能にした状態

### 4-2：非線形変動型

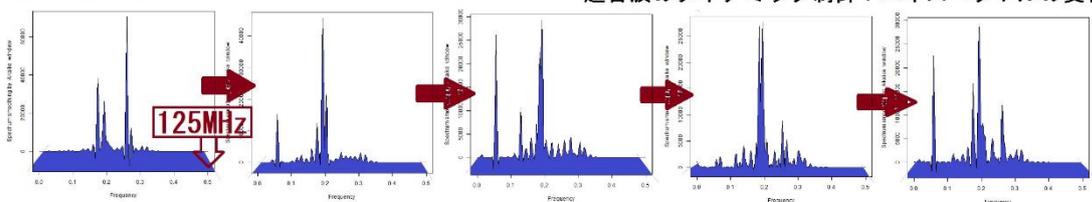
複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して  
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲（発振周波数の1/2～50倍程度）で  
制御可能にした状態

### 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1/16～100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

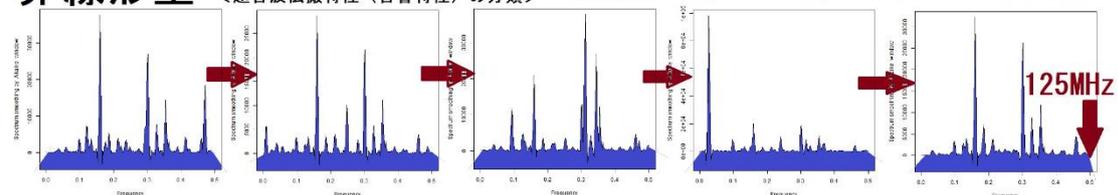
#### 線形変動型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



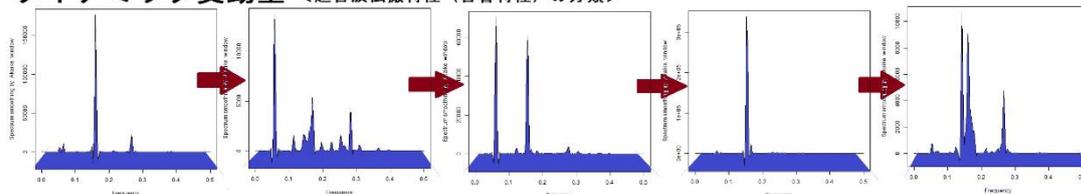
#### 非線形型

<超音波伝搬特性（音響特性）の分類>

超音波のダイナミック制御：バースペクトルの変化



#### ダイナミック変動型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



<参考>

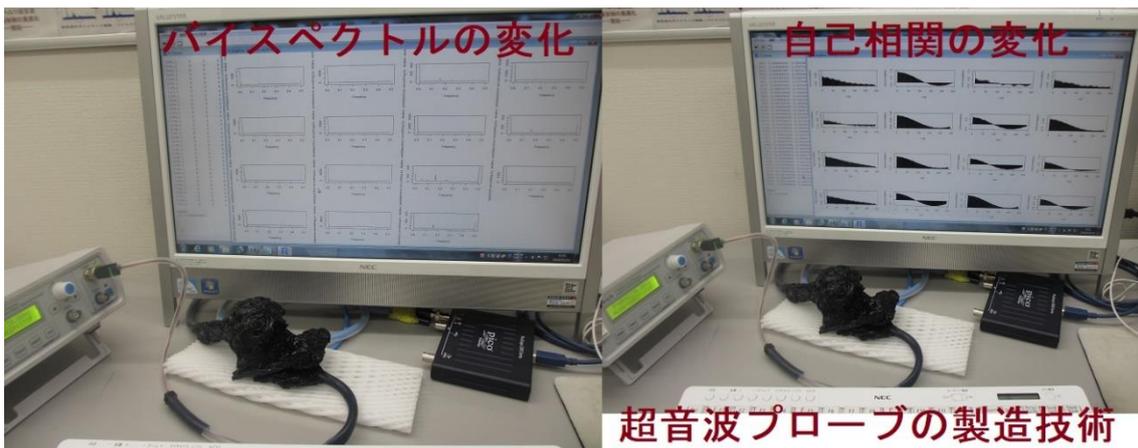
超音波プローブ（発振型、測定型、共振型、非線形型）の製造技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1566>

超音波プローブ  
<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  
<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>

超音波プローブの発振制御による振動評価技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15285>



## 超音波プローブの製造技術（ダイナミック特性を評価する技術）

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>

統計的な考え方を利用した超音波

<http://ultrasonic-labo.com/?p=12202>

超音波の非線形振動

<http://ultrasonic-labo.com/?p=13908>

超音波<測定・解析>システム

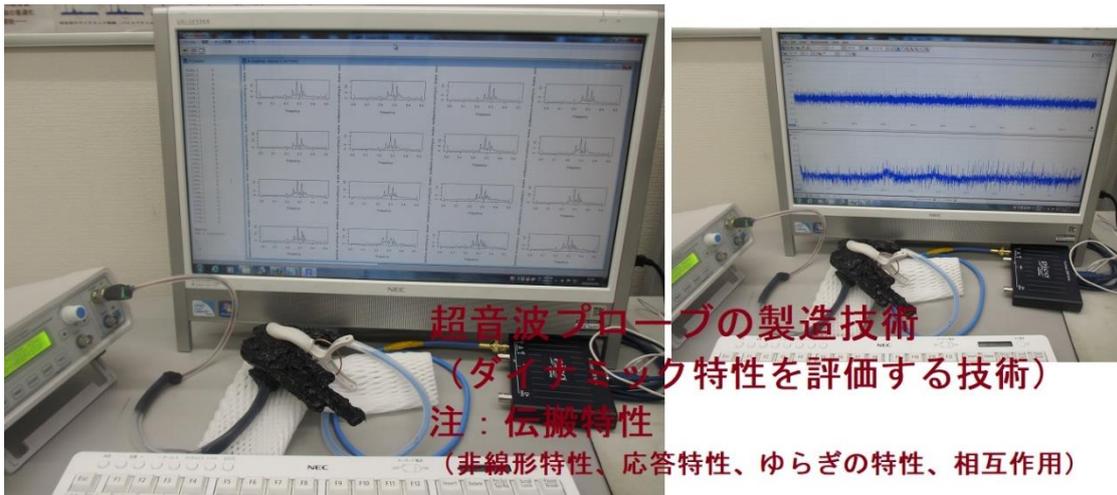
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>



## 超音波プローブの製造技術 （ダイナミック特性を評価する技術）

超音波洗浄に関する非線形制御技術

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



**超音波プローブの製造技術**

(ダイナミック特性を評価する技術)

注：伝搬特性

(非線形特性、応答特性、ゆらぎの特性、相互作用)

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

メガヘルツ超音波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

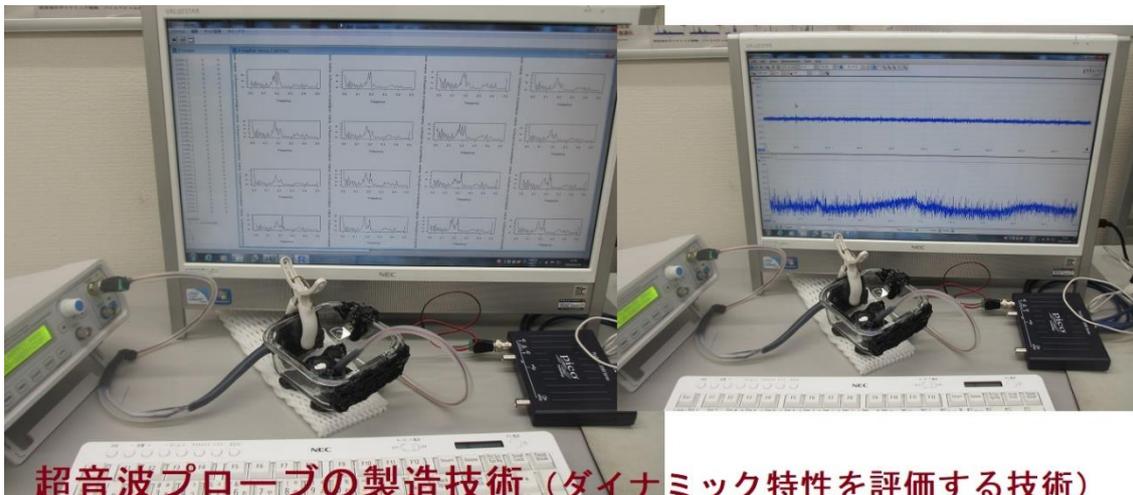
<http://ultrasonic-labo.com/?p=7378>

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>

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>



**超音波プローブの製造技術（ダイナミック特性を評価する技術）**

注：伝搬特性（非線形特性、応答特性、ゆらぎの特性、相互作用）



**超音波プローブの製造技術（ダイナミック特性を評価する技術）**  
注：伝搬特性（非線形特性、応答特性、ゆらぎの特性、相互作用）

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>

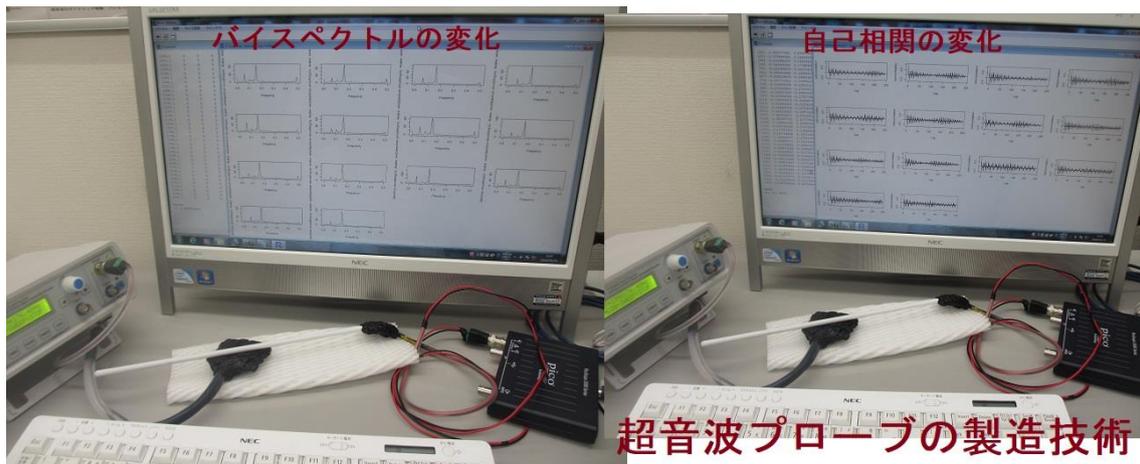
超音波の音圧測定解析に基づいた、超音波伝搬現象の分類  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10013>

メガヘルツ超音波の効果 1  
<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/adfb30ef89e6f5a76e9a04e70a0ca395.pdf>

メガヘルツ超音波の効果 2  
<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/513b007f36fc8fb58a2b9c1f558d289c.pdf>



**超音波プローブの製造技術（ダイナミック特性を評価する技術）**  
注：伝搬特性（非線形特性、応答特性、ゆらぎの特性、相互作用）



## 超音波プローブの製造技術

表面残留応力の緩和処理技術 0

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/03bb44a2f578d71fd8d08cdc0a55a3a7.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 1

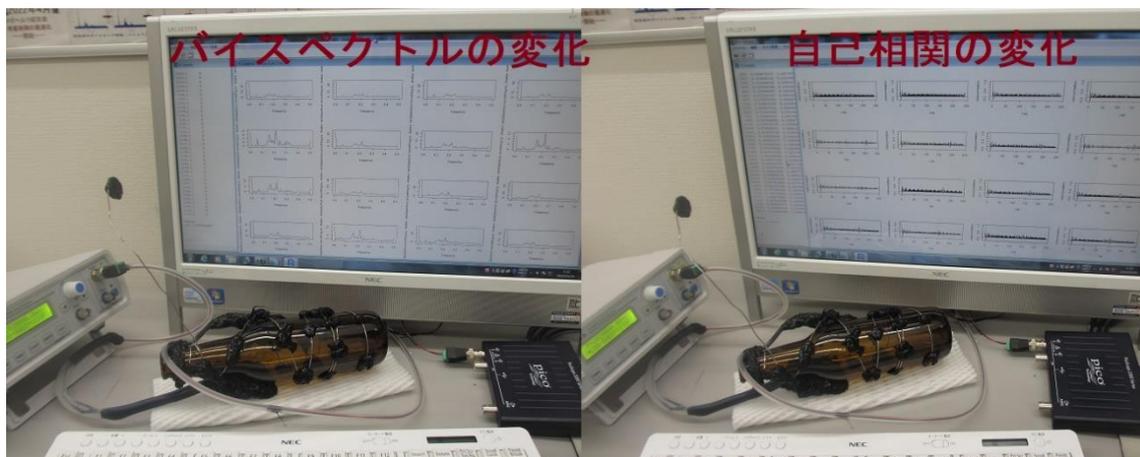
<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/9331da789c89d57b60089985daf25223.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 2

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/21dec0bb4d122601d2edf8428a70f36d.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 3

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/58ef187250e6b810f299dc1bf7bb0bc6.pdf>

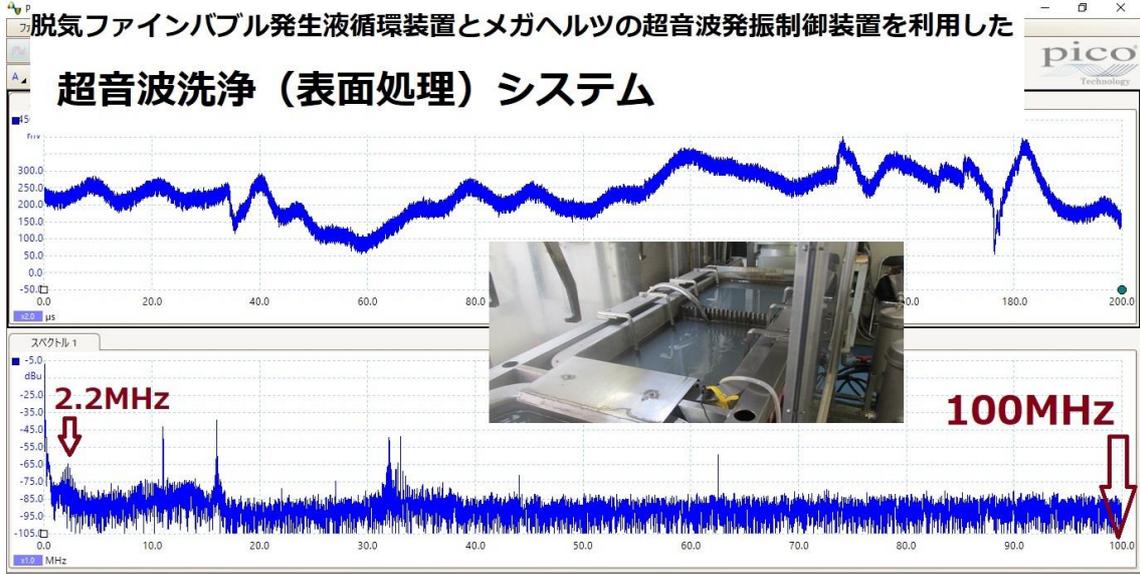


【本件に関するお問合せ先】

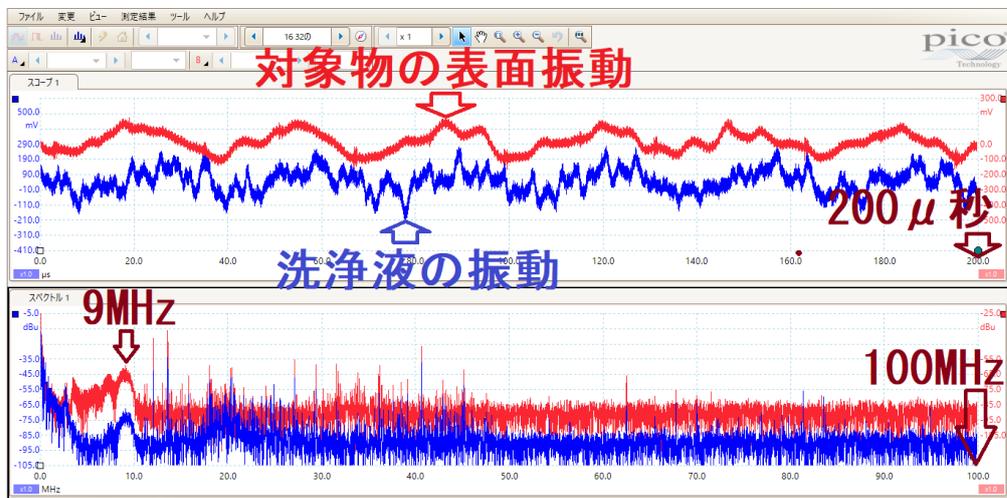
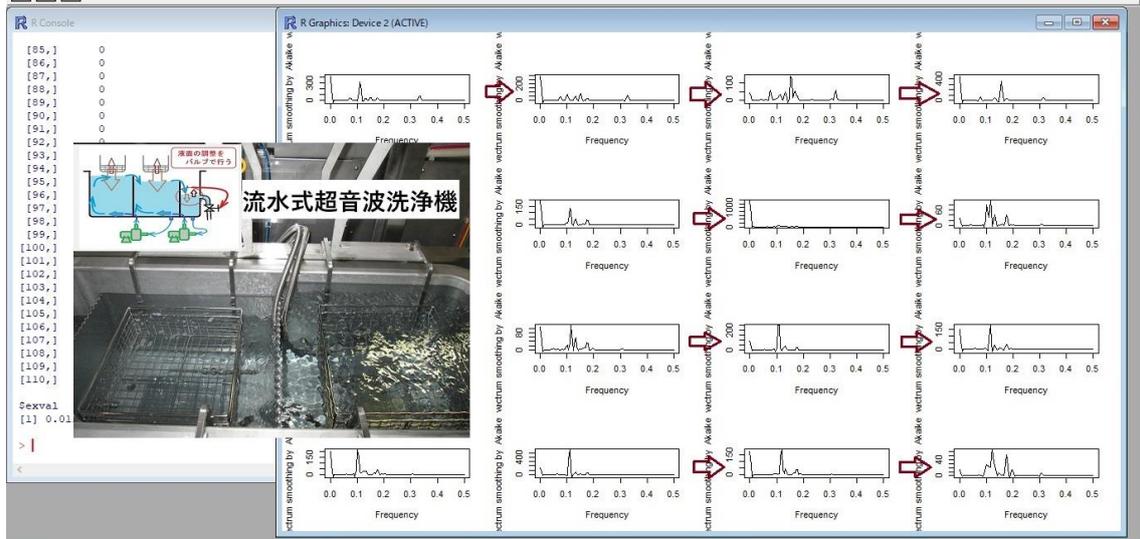
超音波システム研究所

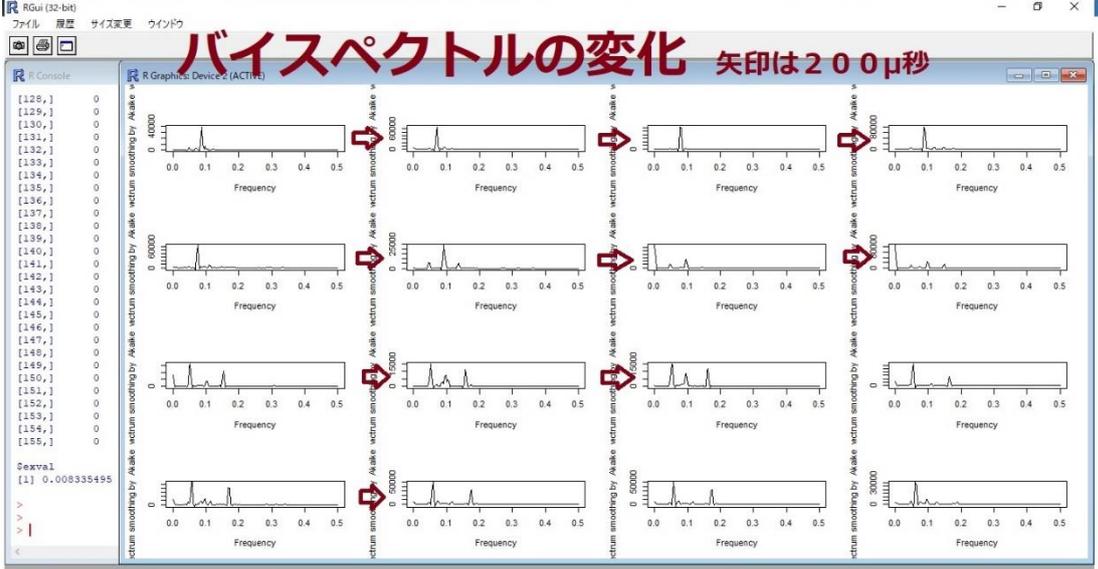
メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)

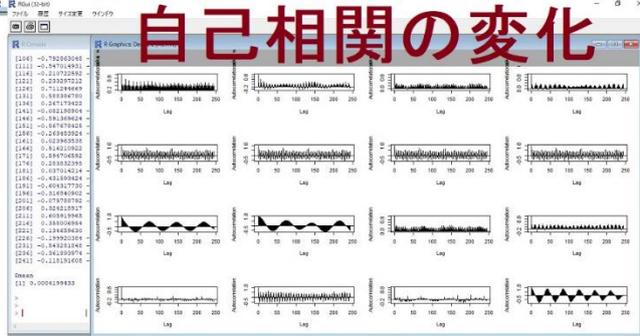
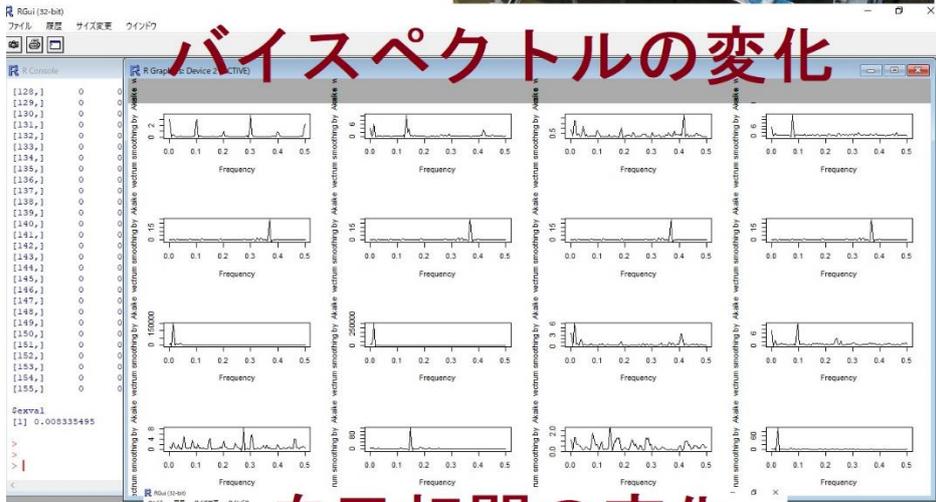
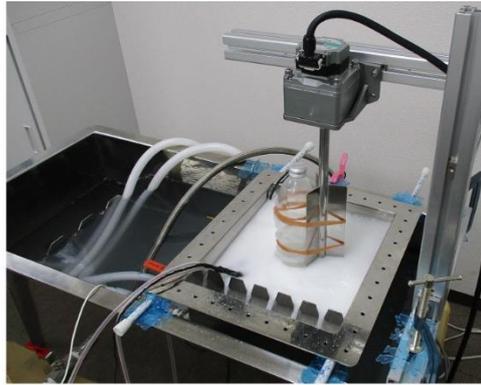
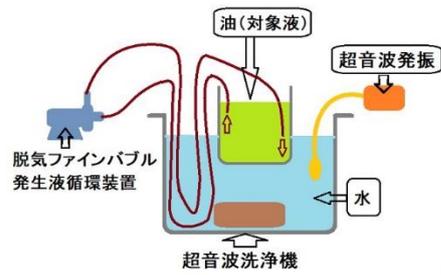
参考事例



超音波の非線形現象を評価する技術

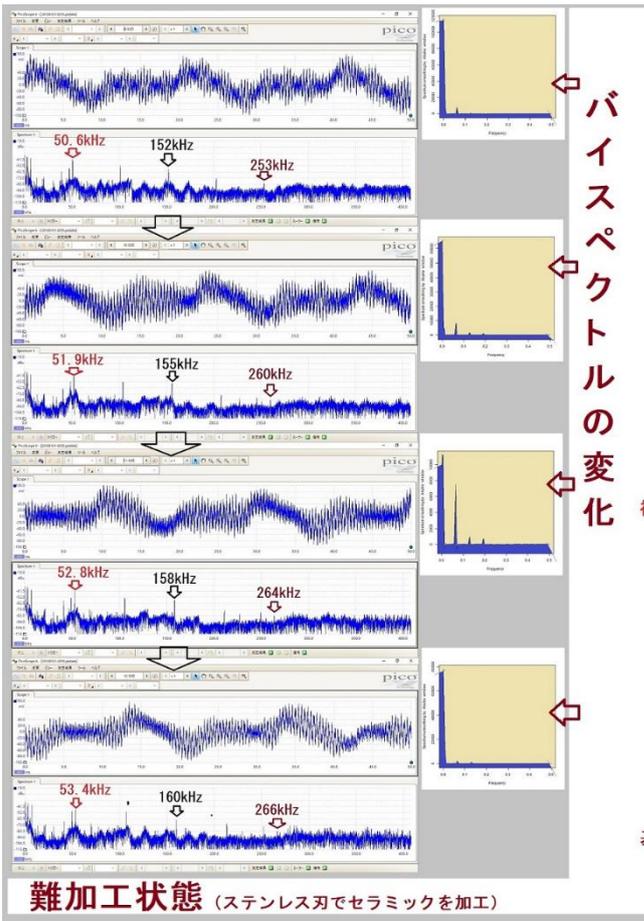






超音波発振システム (20MHzタイプ) USP-2021-20MHz





**超音波プローブによる超音波発振(制御)**

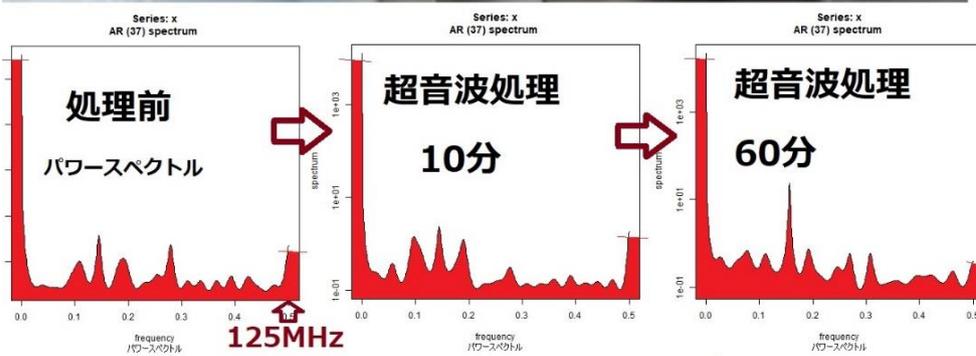
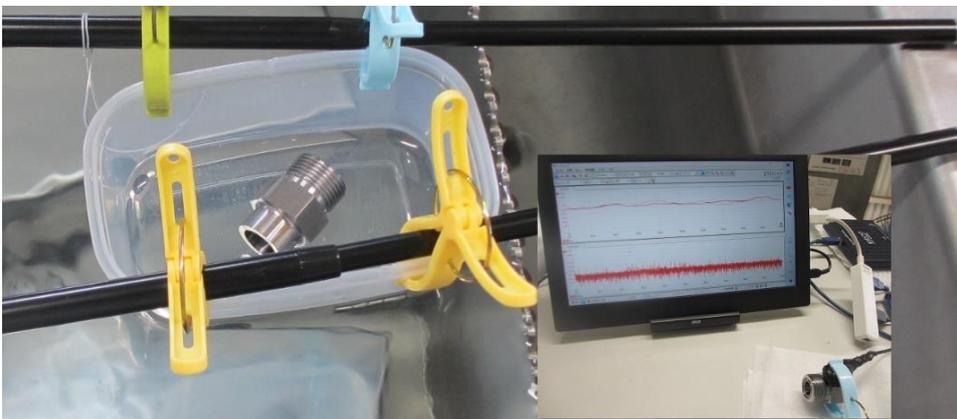
超音波の音圧測定解析装置

複数の超音波プローブによる超音波発振(制御)を行う

**超音波発振装置**

超音波受信装置

基本的な振動モードに基づいた  
様々な組み合わせの発振受信について検討・測定する



参考：表面弾性波の非線形振動現象をコントロールする技術

