

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

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)

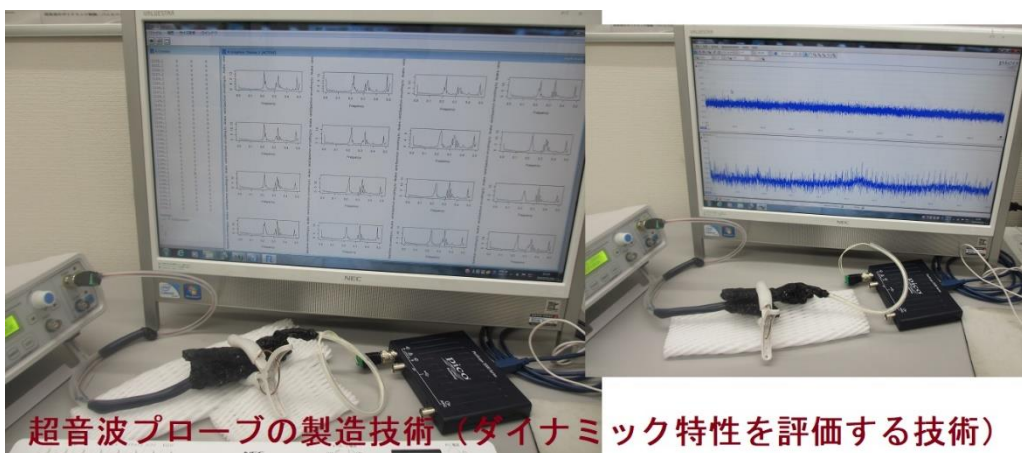
注 : 「R」フリーな統計処理言語かつ環境

autcor : 自己相関の解析関数

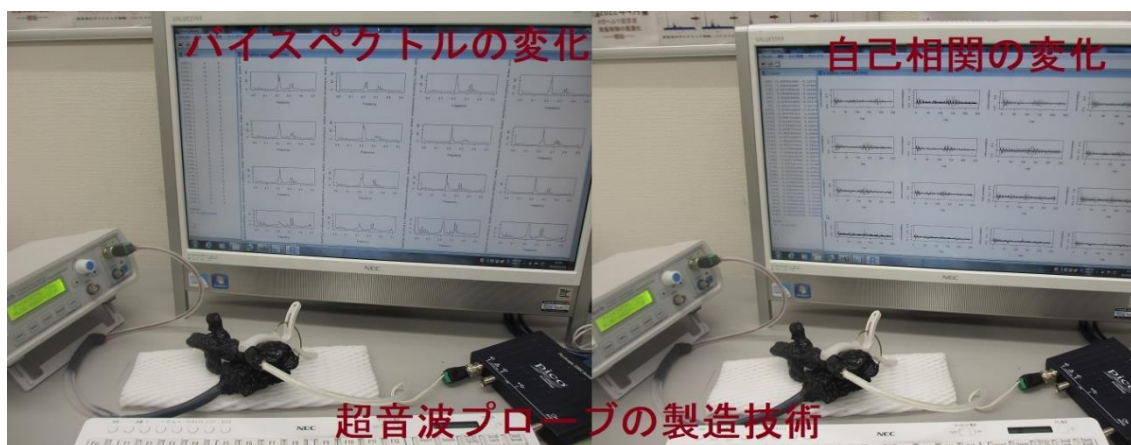
bispec : バイスペクトルの解析関数

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/rIgmPjTF7gs>

<https://youtu.be/k8sdtevKTDC>

* *

<https://youtu.be/zcbcgNUaTJ4>

<https://youtu.be/LfGMpG6uZnc>

https://youtu.be/hq0re-4A_IA

* *

<https://youtu.be/qfq9svuPrTU>

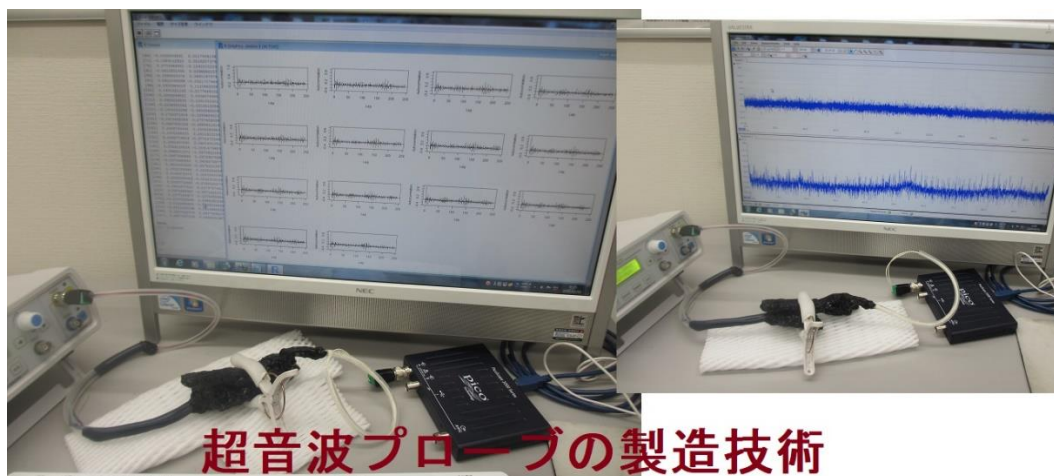
<https://youtu.be/sWfdeT8zoYI>

* *

<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>

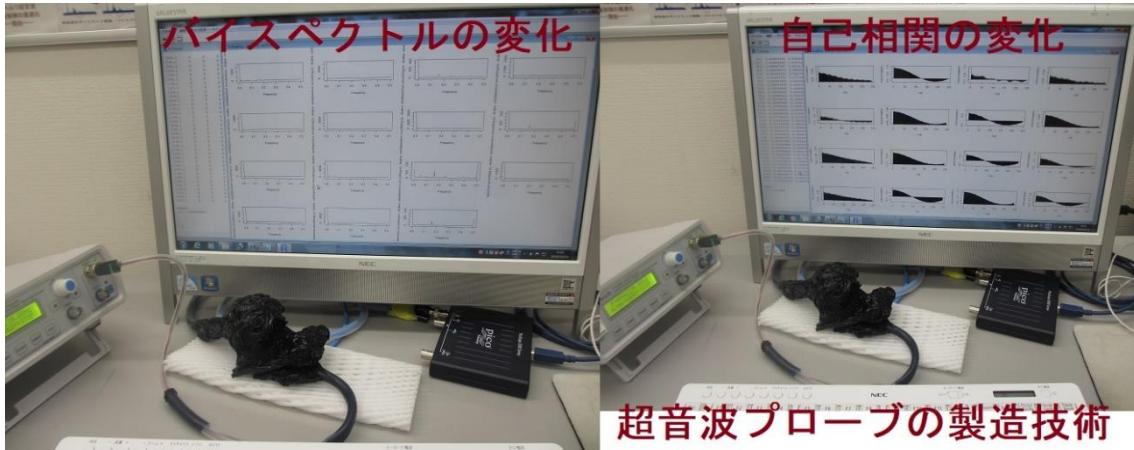
<https://youtu.be/iaQXpjooVFc>

<https://youtu.be/EmmFFmUUkw8>

**

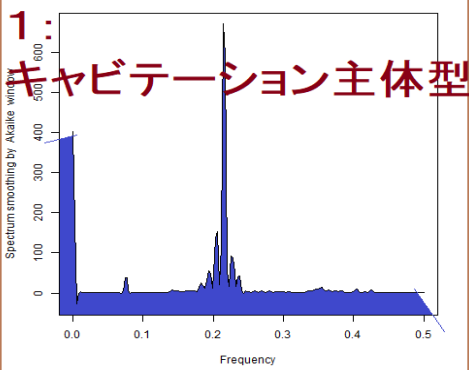
<https://youtu.be/h9pCxRE7tFg>

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

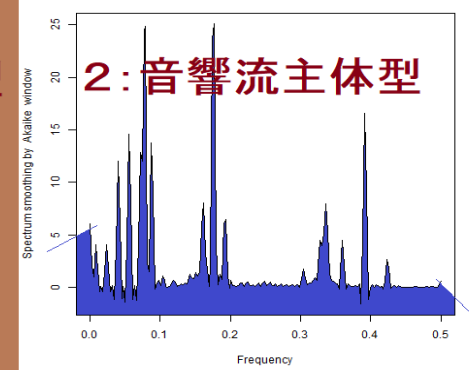


音圧データの解析結果：バイスペクトル

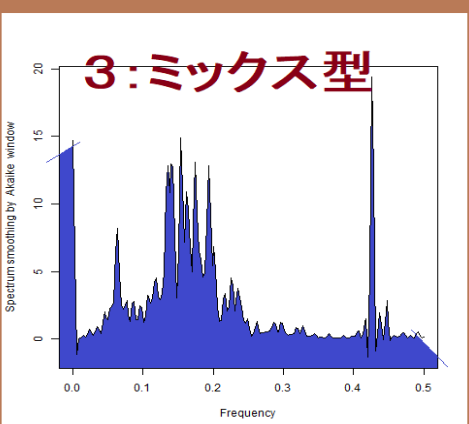
1: キャビテーション主体型



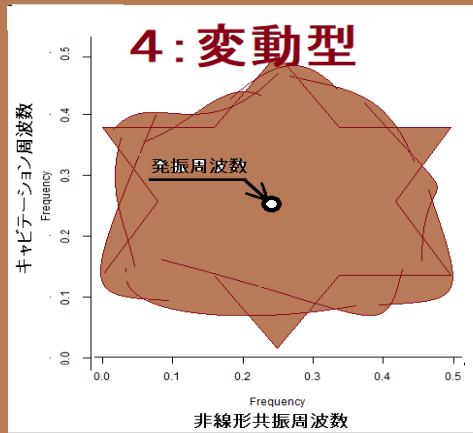
2: 音響流主体型



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

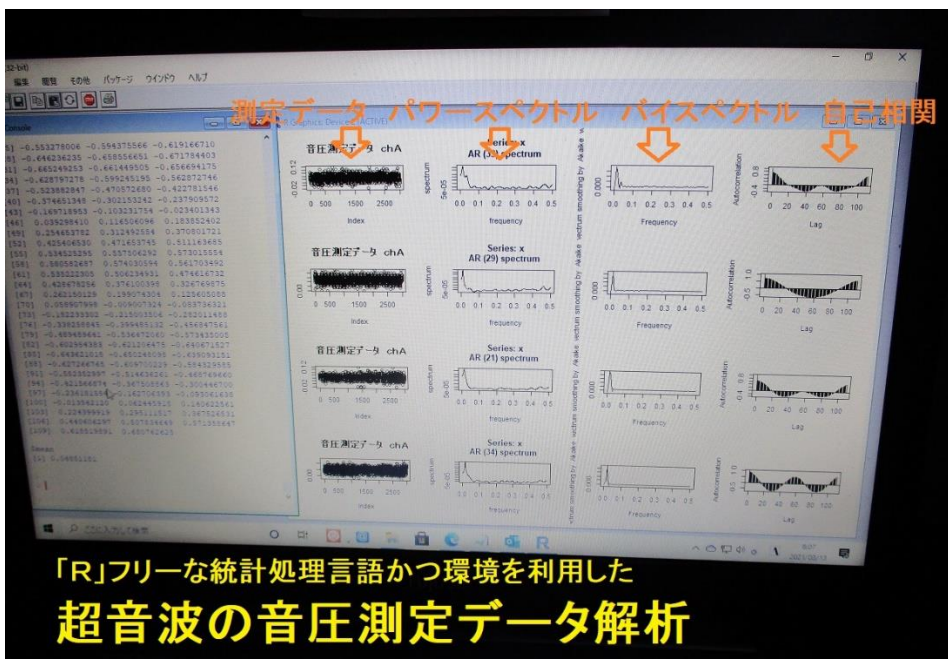
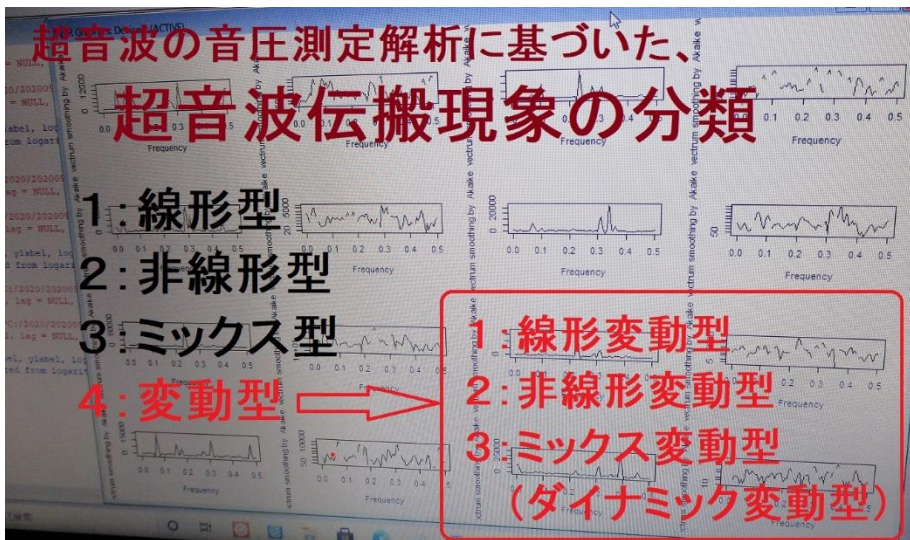
<超音波伝搬特性（音響特性）の分類>

- 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

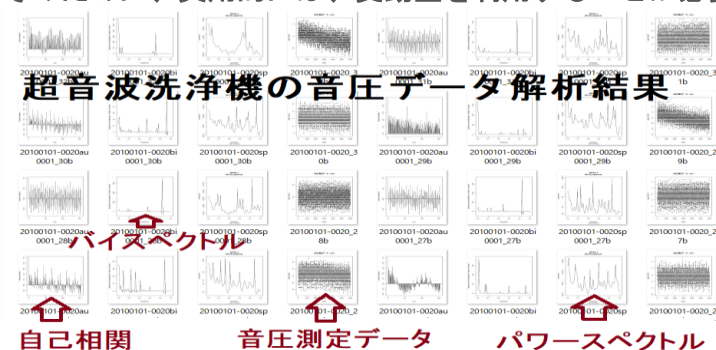
注：高調波は、超音波振動子、発振プローブ \dots の
表面状態の工夫（特願 $2020-31017$ 超音波制御）により
発振周波数の 100 倍を実現することも可能です

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

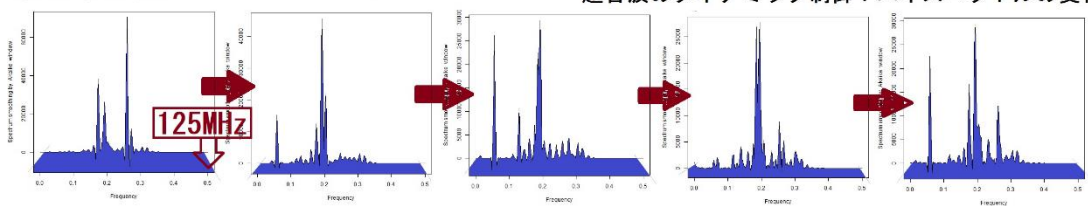
複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が
低調波から高調波を、
目的の範囲（発振周波数の1/2～50倍程度）で
制御可能にした状態

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

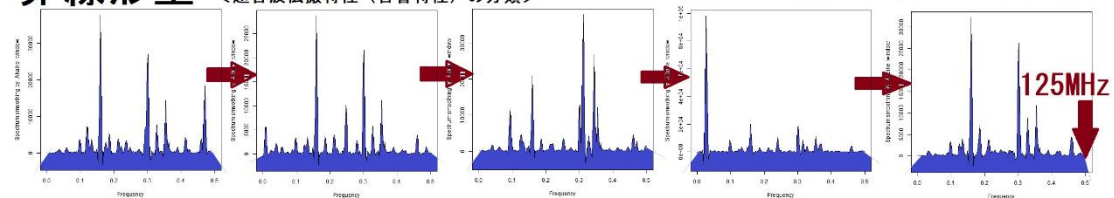
線形変動型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



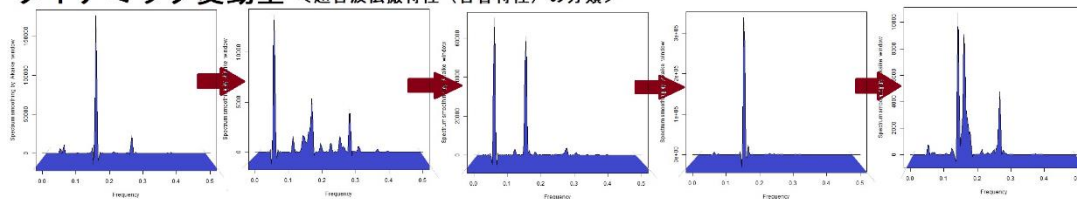
非線形型

<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>

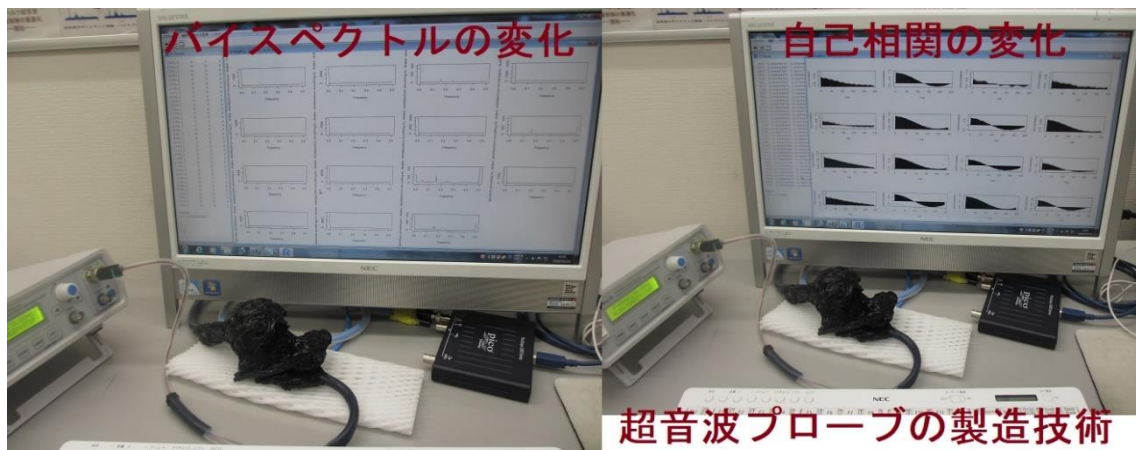
超音波プローブ（発振型、測定型、共振型、非線形型）の製造技術
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1566>

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>



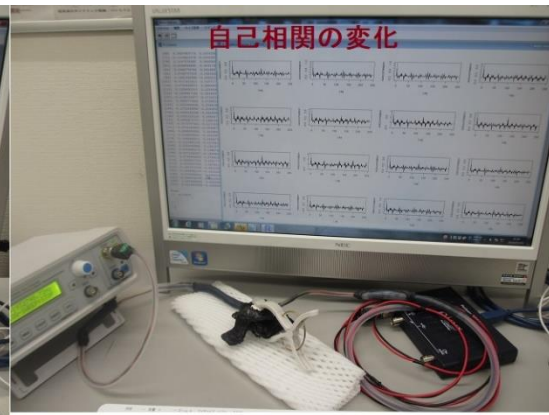
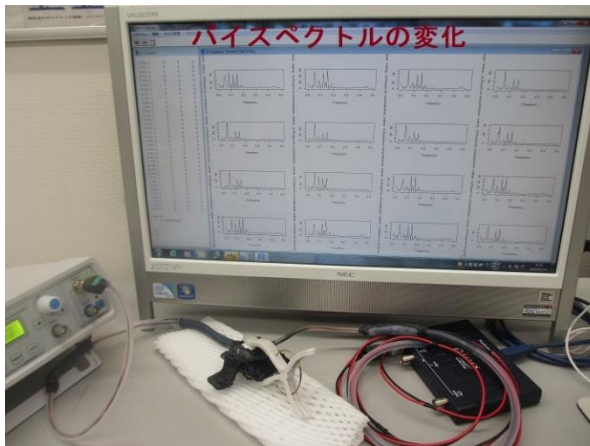
超音波の最適化技術 1
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15226>

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

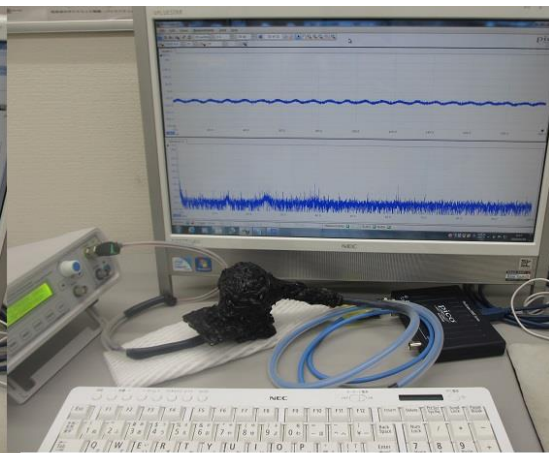
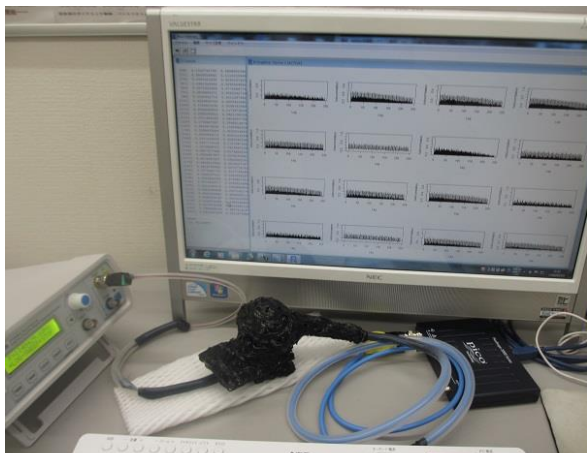
<http://ultrasonic-labo.com/?p=12202>

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

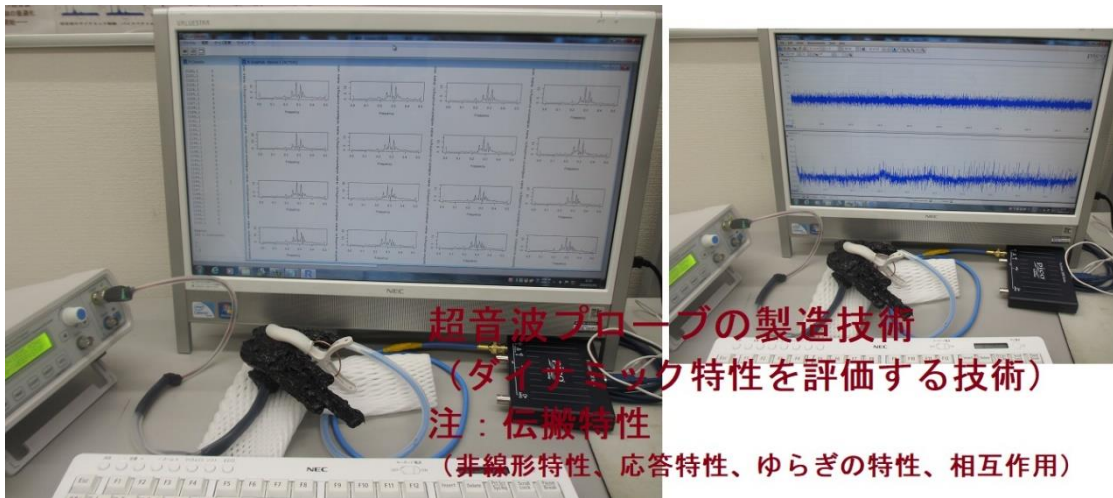
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>



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

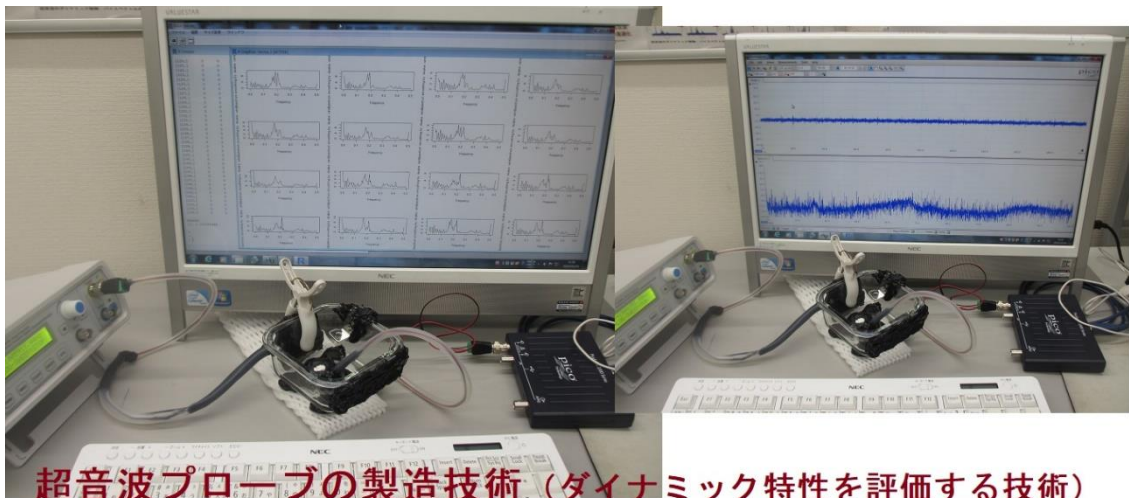
<http://ultrasonic-labo.com/?p=7378>

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>

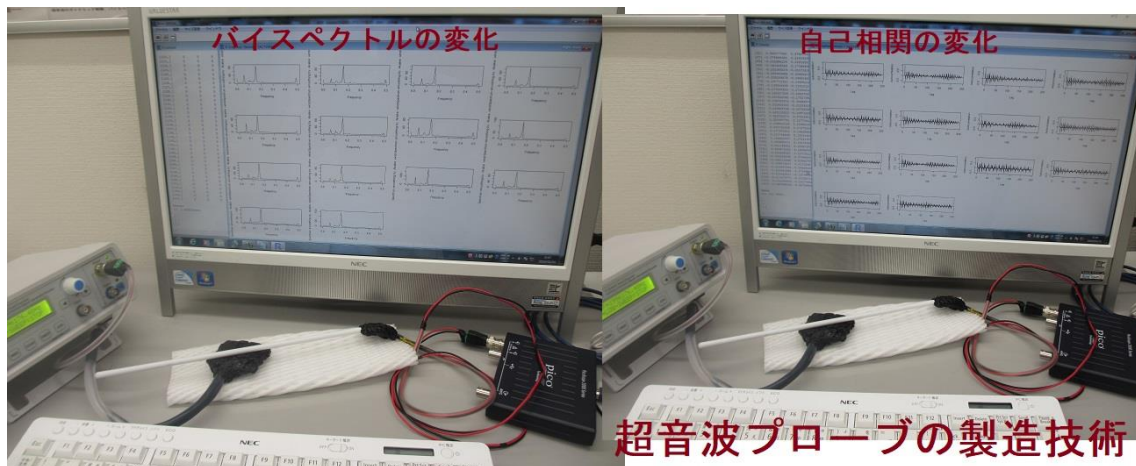
超音波の音圧測定解析に基づいた、超音波伝搬現象の分類
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10013>

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>

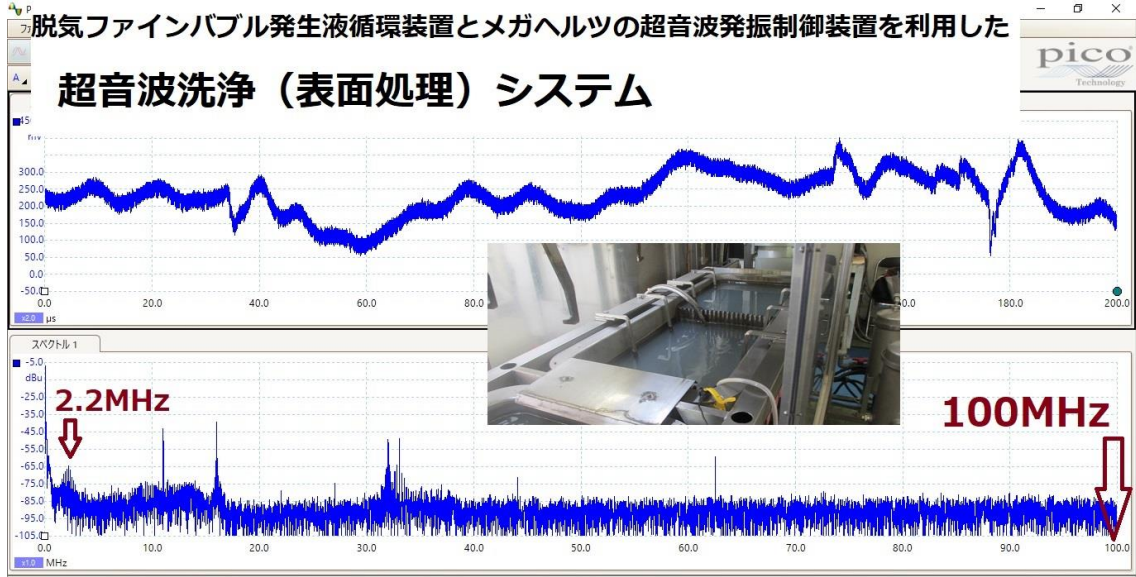


【本件に関するお問合せ先】

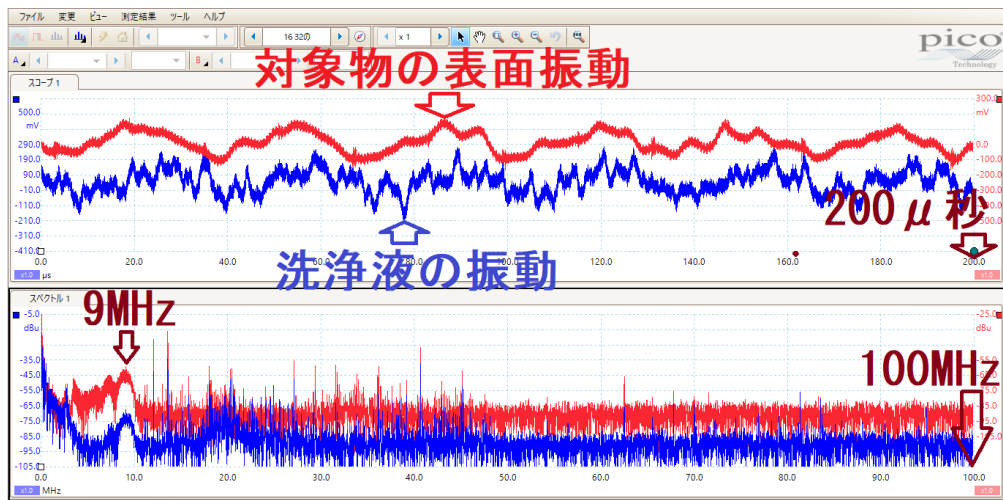
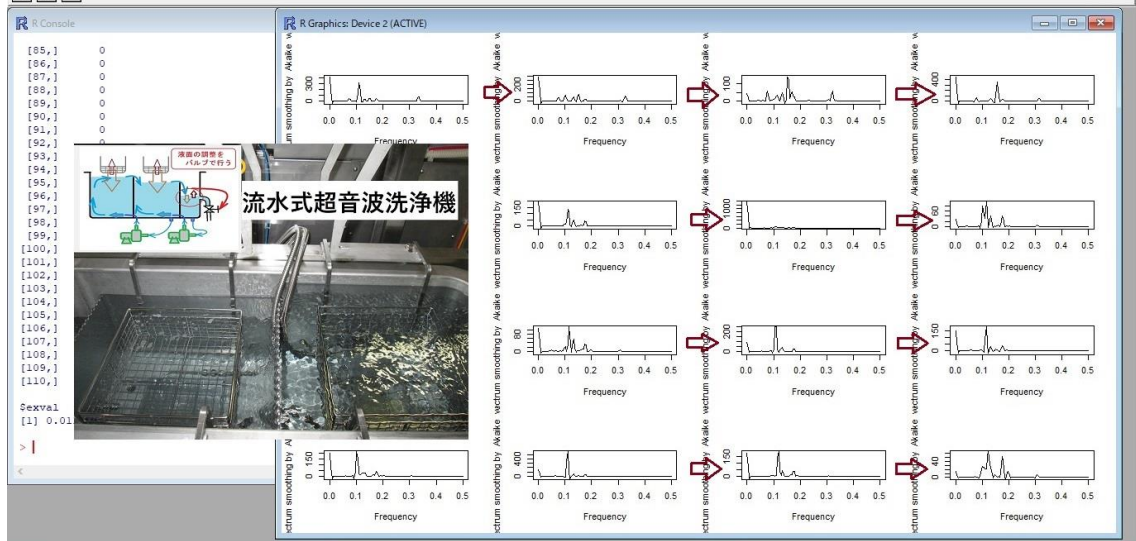
超音波システム研究所

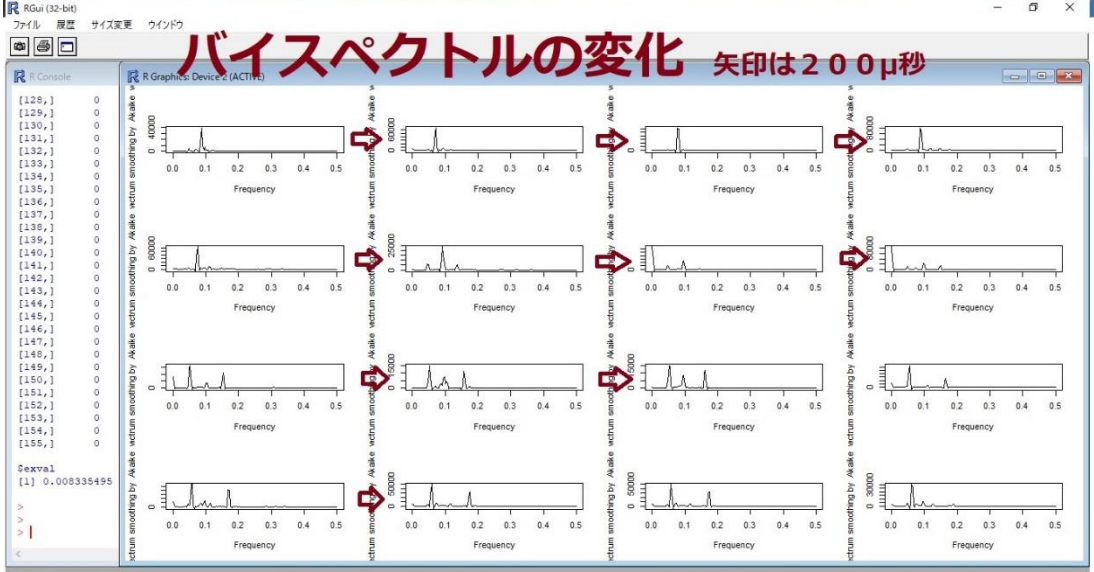
メールアドレス info@ultrasonic-labo.com

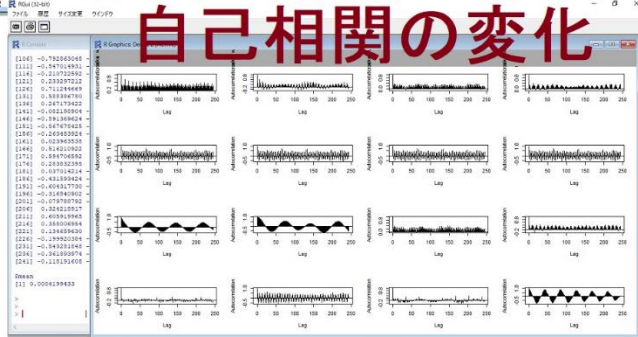
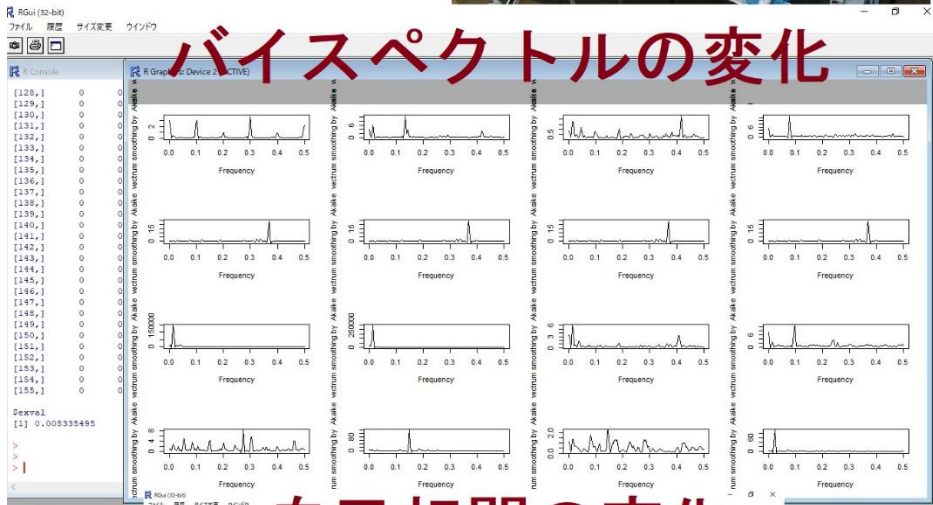
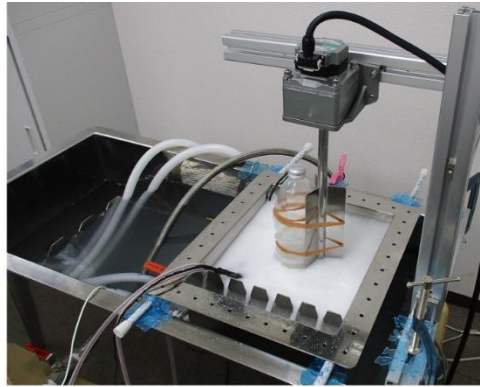
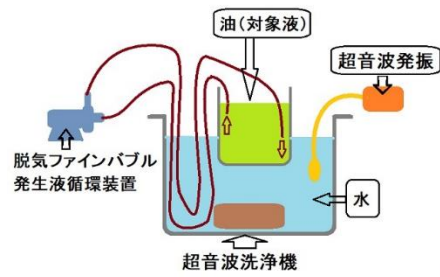
参考事例



超音波の非線形現象を評価する技術

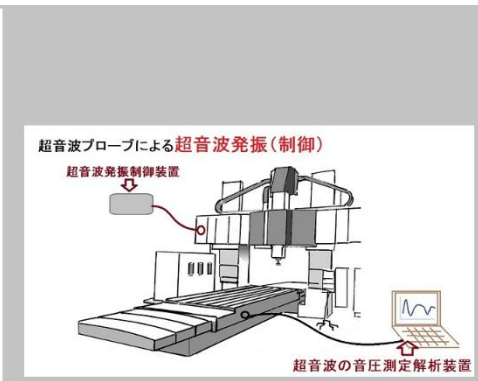
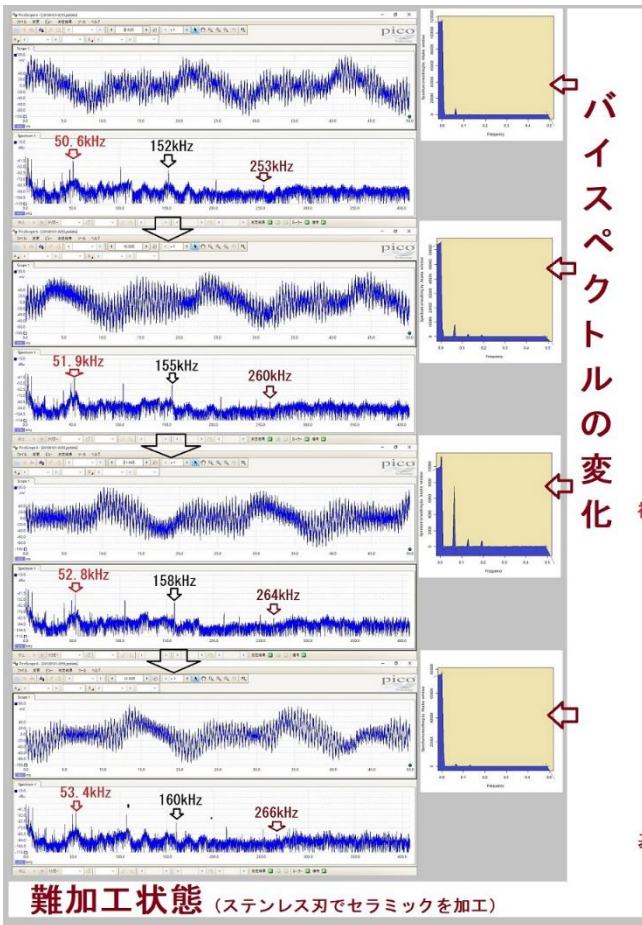




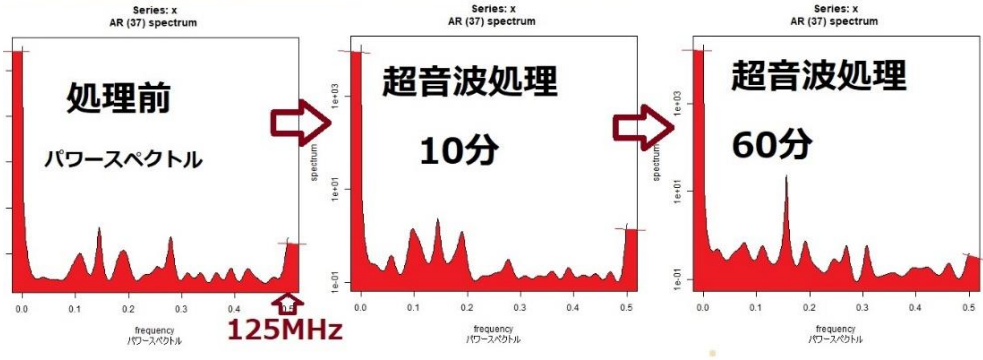
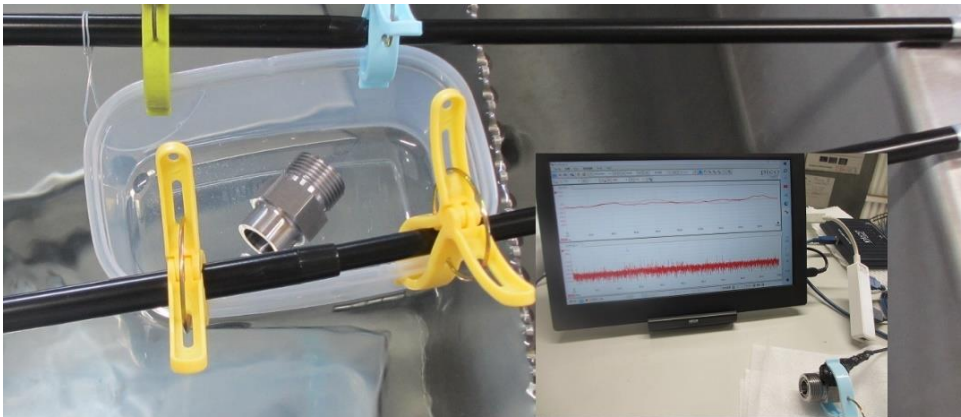
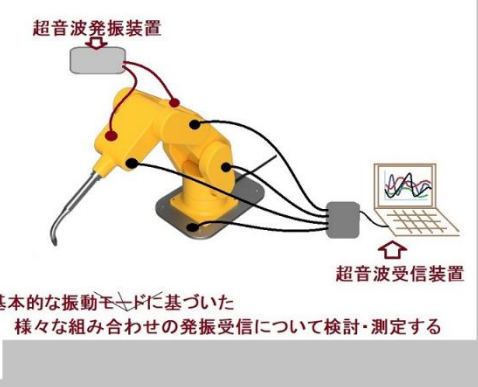


超音波発振システム (20MHzタイプ) USP-2021-20MHz





複数の超音波プローブによる超音波発振(制御)を行う



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

