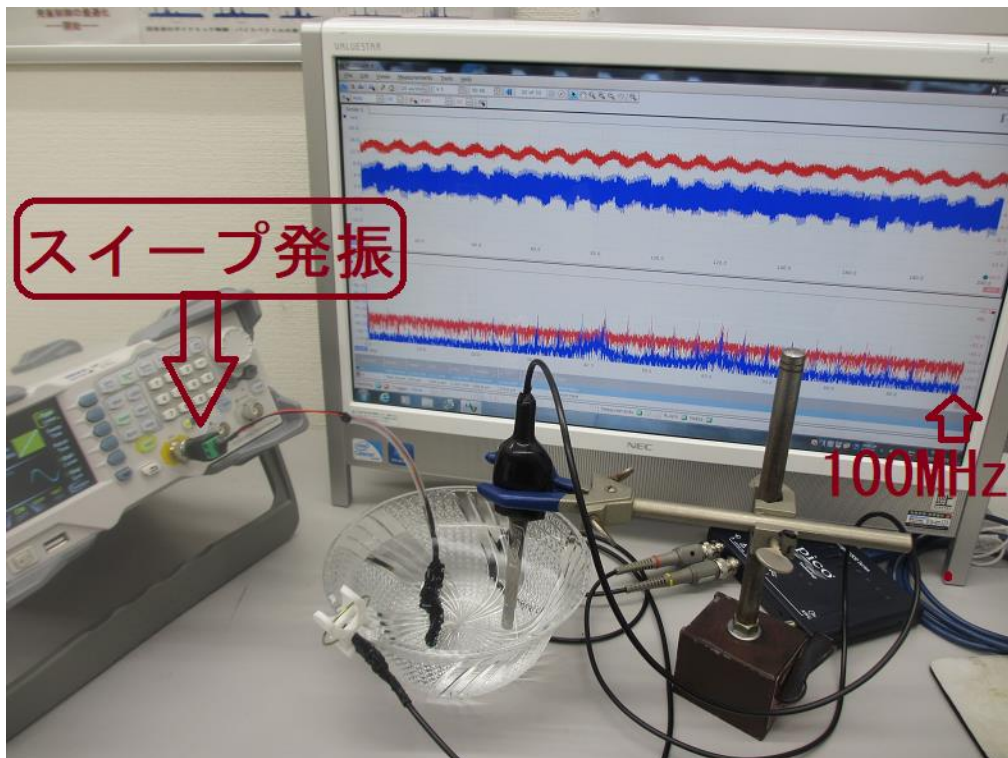


# 超音波プローブによる スイープ発振制御技術

2023/08/03 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、  
超音波プローブによる  
スイープ発振による超音波の伝搬制御技術を開発しました。



超音波発振制御プローブの伝搬特性により、  
利用目的と相互作用に合わせた、  
超音波プローブに合わせた、スイープ発振の条件設定を行います。

対象物や装置・水槽、治工具・・・の振動モードを考慮することで、  
システムの振動系に合わせた、スイープ発振条件により、  
低周波の共振現象を制御することが、可能になります。

30W程度の出力でも

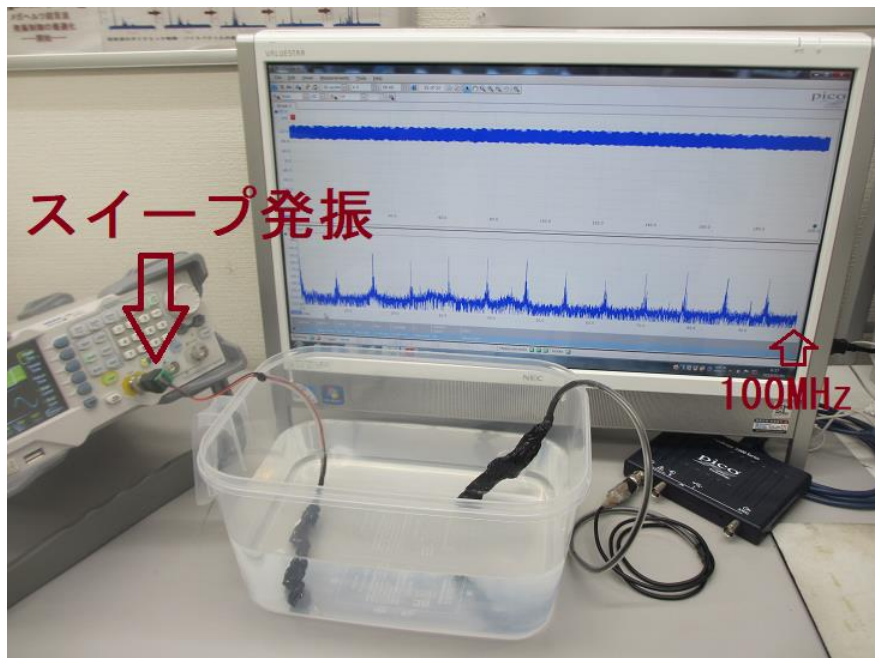
3000-5000リットルの水槽内に

最適な音圧レベル・周波数範囲・ダイナミックな変化の超音波振動を  
伝搬制御することが可能になります。

## <<具体例>>

ダイナミックな変化として、低周波の共振現象と同時に、超音波プローブの1~10MHzのスweep発振条件により、10次、30次、100次・・・高調波の発生を実現が、精密洗浄やナノレベルの分散・・・に応用出来ます。

ポイントは、音圧データの測定・解析に基づいたシステムのダイナミックな振動特性を解析・評価することです。  
目的に適した超音波の状態を示す新しい評価基準(パラメータ)を設定・確認(注)しました。  
同時に、超音波プローブの製造技術も発展させることが出来ました。



注:

- 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

統計数理の考え方を参考に

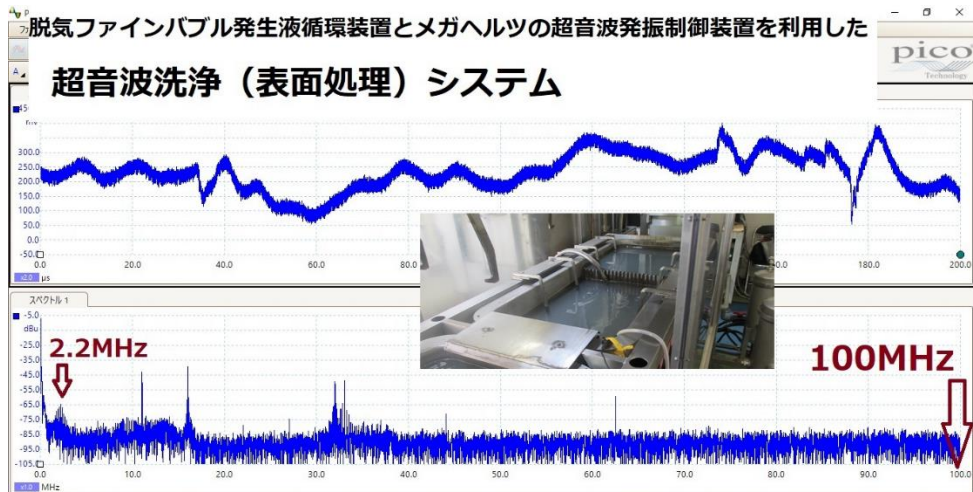
対象物の音響特性・表面弾性波を考慮した  
オリジナル測定・解析手法を開発することで  
振動現象に関する、詳細な各種効果の関係性について  
新しい技術として開発しました。

詳細な、スイープ発振・・・の設定条件は  
超音波プローブや発振機器の特性も影響するため  
実験確認に基づいて決定します。

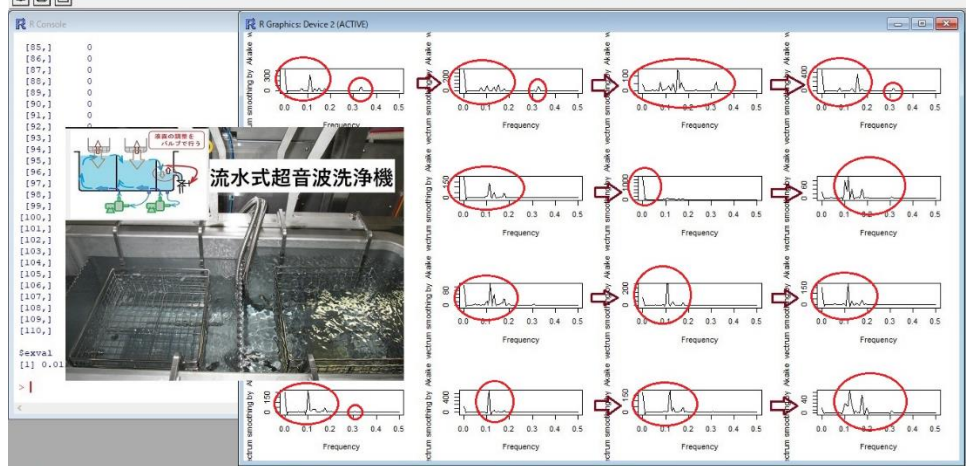
ファンクションジェネレーターは、高周波の連続発振に関して、  
メーカー固有の特性があるため、測定解析確認が重要です。

その結果、

超音波の伝搬状態と対象物に伝搬する超音波について  
新しいパラメータが、超音波のコントロールに関して、  
大変有効である事を多数の事例で経験しています。



### 超音波の非線形現象を評価する技術





複数の超音波発振・液循環・・・各種制御の組み合わせは、  
以下の項目を目的に合わせて最適化します。

- 1) 共振現象と非線形現象
- 2) 相互作用と各種機器・部材・・・の音響特性
- 3) 音と超音波と表面弾性波
- 4) 低周波と高周波(高調波と低調波)
- 5) 発振波形と出力バランス
- 6) 発振制御と共振現象(オリジナル非線形共振現象(注1))
- 7) 装置固有の振動モードとスイープ発振条件
- 8) スイープ発振とパルス発振の組み合わせ
- 9) 環境による振動モード(床面、自動車、電車、・・・による振動現象)

上記について

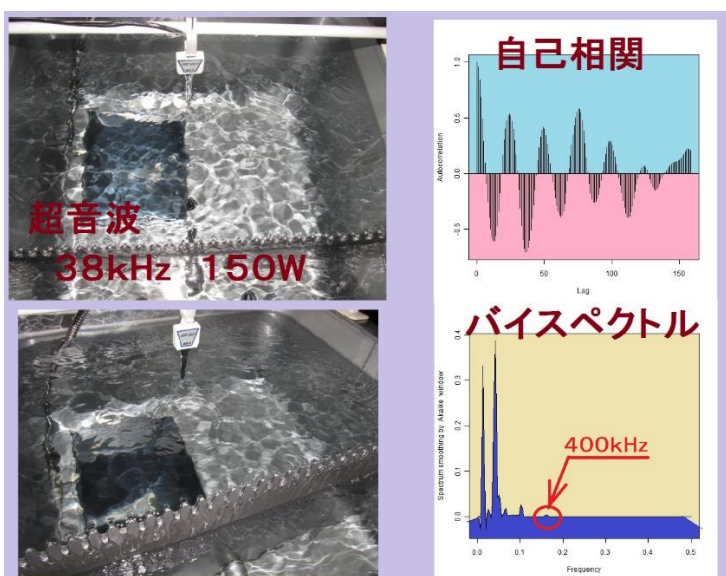
音圧測定データに基づいた

統計数理モデル(スペクトルシーケンス (注2))により  
表面弾性波の新しい評価方法で最適化します。

(注1)オリジナル非線形共振現象

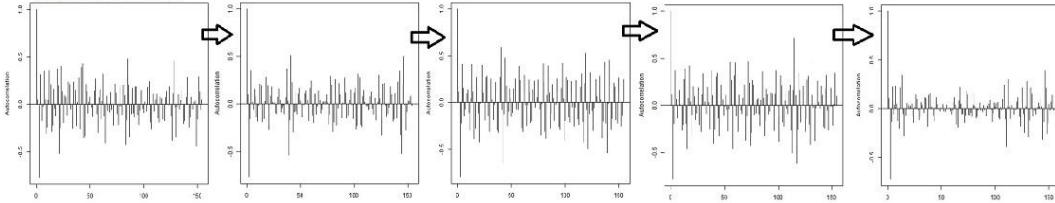
オリジナル発振制御により発生する高次の高調波を  
ダイナミックな時間経過の変化で発生する共振現象により  
高い振幅で高い周波数を実現させたことで起こる  
超音波振動の共振現象

(注2)超音波の変化を、抽象代数の圏論やコホモロジーの  
スペクトルシーケンスに適応させるといった  
オリジナル方法を利用した表現(統計数理モデル)

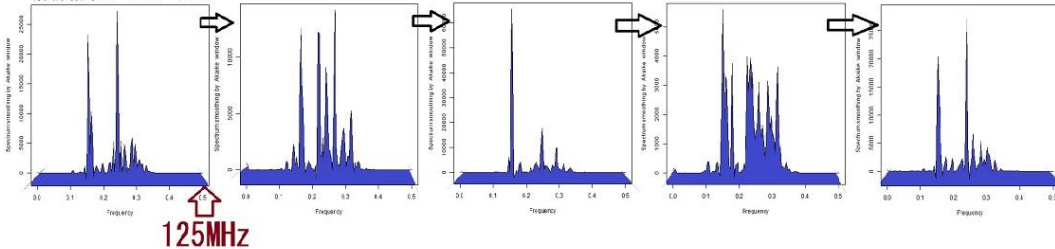




解析結果:自己相関



解析結果:パワースペクトル

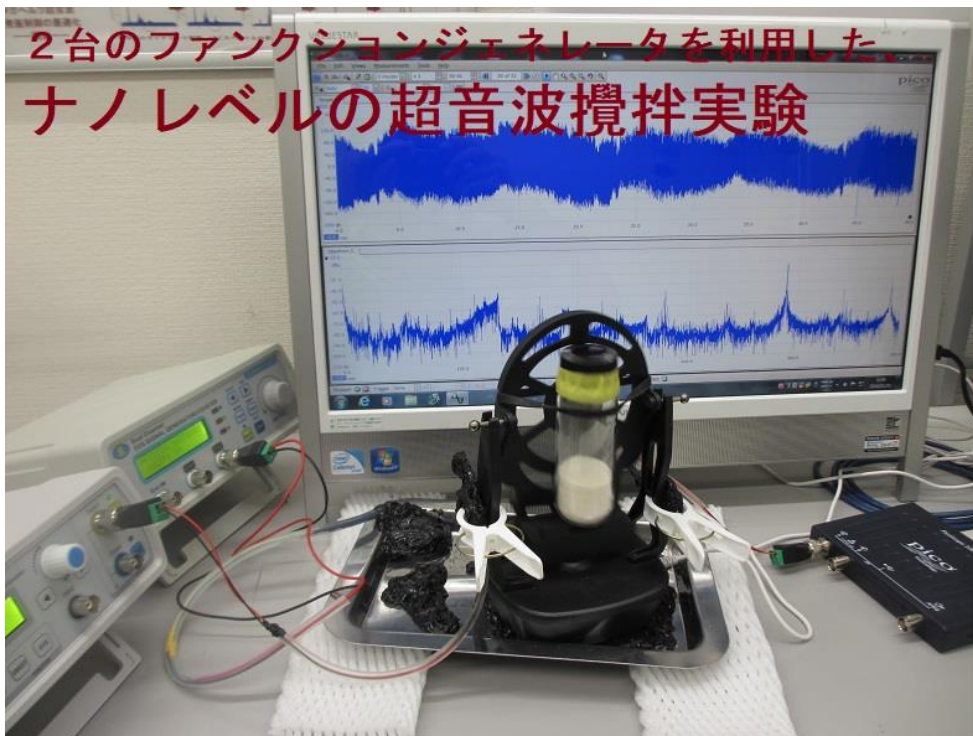


### 例1

- 1) 1. 0MHz~15MHzのスweep発振制御1
  - 2) 0. 6MHz~ 5MHzのスweep発振制御2
  - 3) 42kHz 35W(超音波洗浄器)
- による、ナノレベルの精密洗浄

### 例2

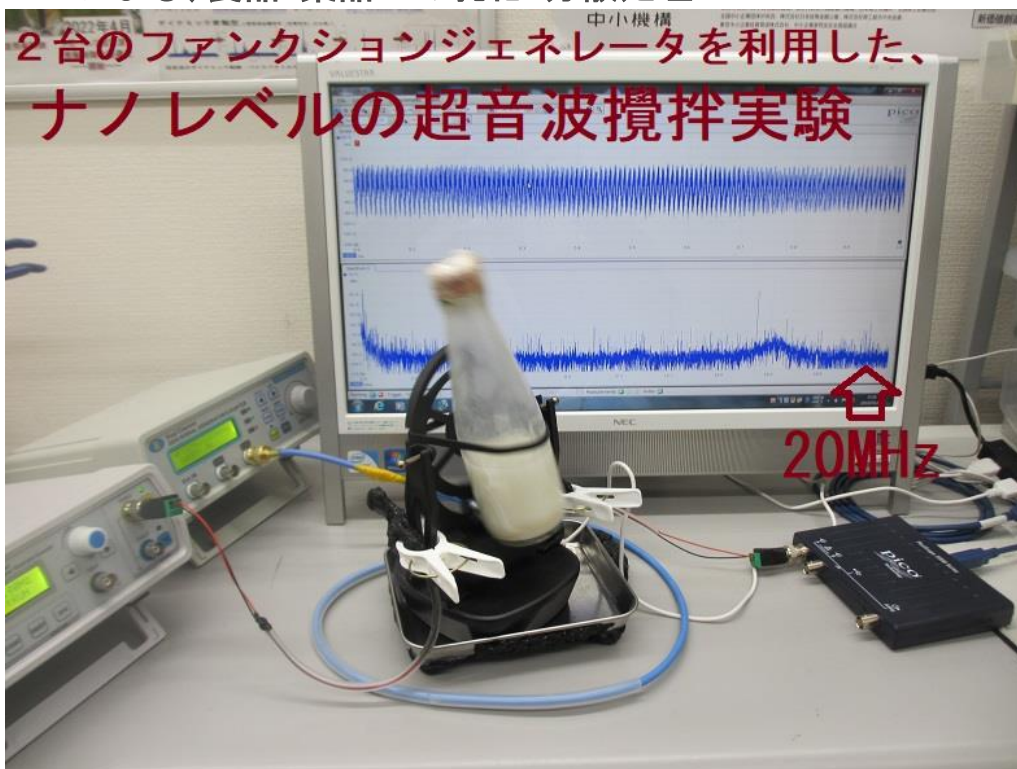
- 1) 3MHz~20MHzのスweep発振制御1
  - 2) 60kHz~3MHzのスweep発振制御2
  - 3) 42kHz 35W(超音波洗浄器)
- による、金属粉末のナノ分散処理



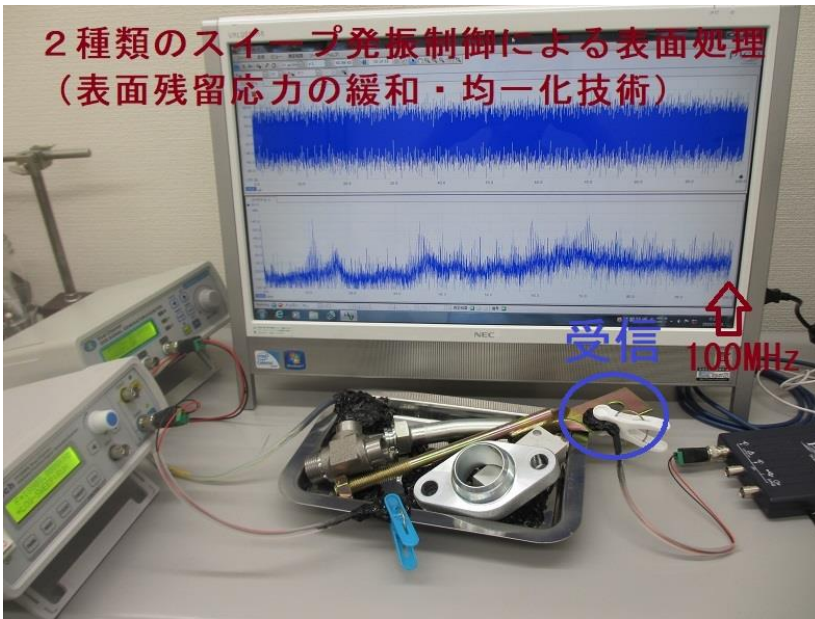
例3

- 1) 800kHz~22MHzのスweep発振制御1
- 2) 100kHz~11MHzのスweep発振制御2
- 3) 42kHz 35W(超音波洗浄器)

による、食品・薬品・・・の乳化・分散処理





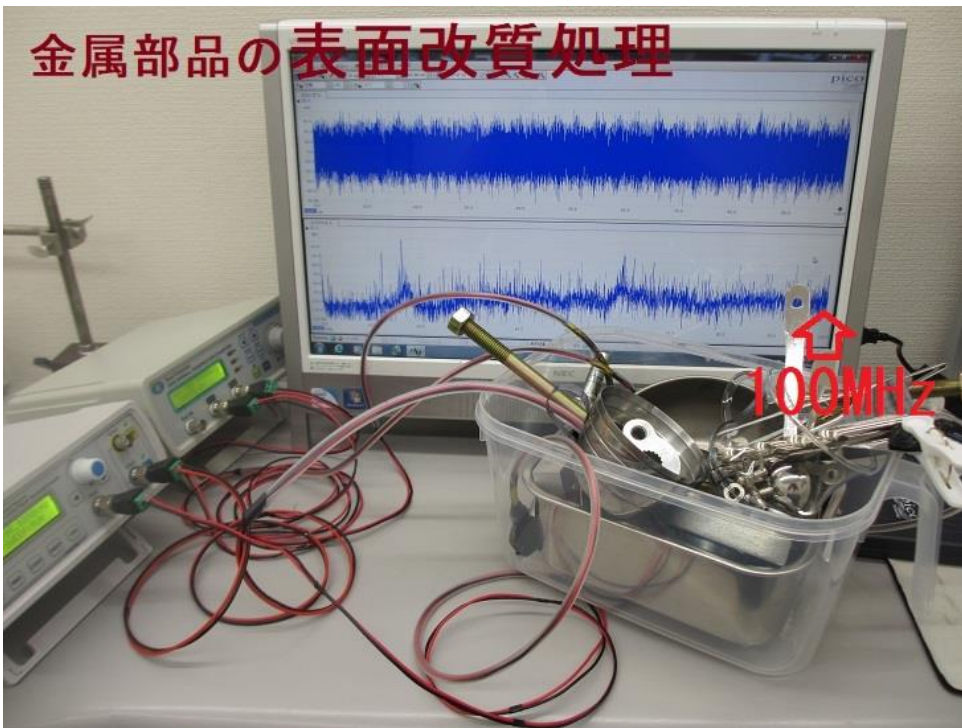


例4

1) 3MHz~20MHzのスweep発振制御1

2) 60kHz~3MHzのスweep発振制御2

による、金属部品の表面処理(表面残留応力の緩和・均一化技術)



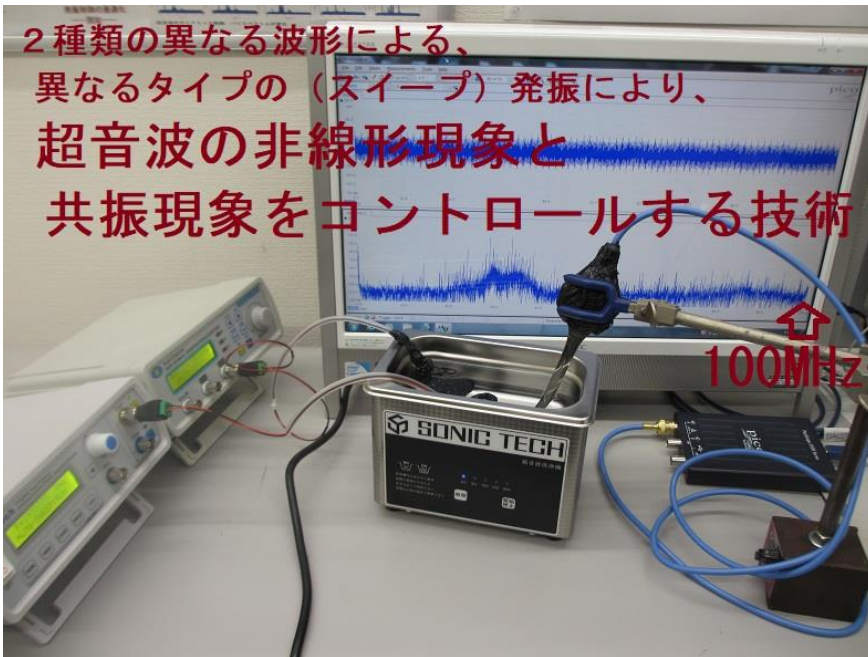
例5

1) 1MHz~12MHzのスweep発振制御1

2) 80kHz~7MHzのスweep発振制御2

による、樹脂部品の表面処理(表面残留応力の緩和・均一化技術)

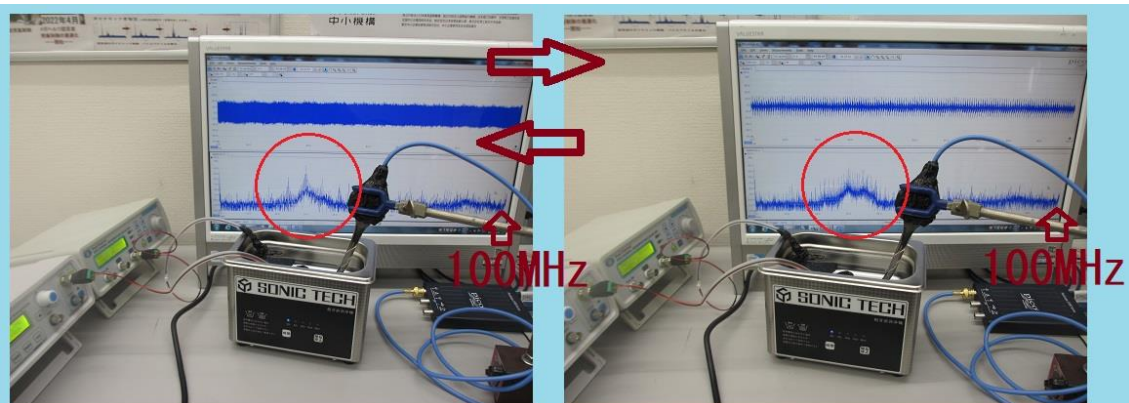
2種類の異なる波形による、  
異なるタイプの（スイープ）発振により、  
超音波の非線形現象と  
共振現象をコントロールする技術



#### 標準設定

- 1) 3MHz~20MHzのスweep発振制御1
- 2) 60kHz~13MHzのスweep発振制御2
- 3) 42kHz 35W(超音波洗浄器)  
による、超音波のダイナミック制御  
(ダイナミック変動型の超音波伝搬制御を実現)

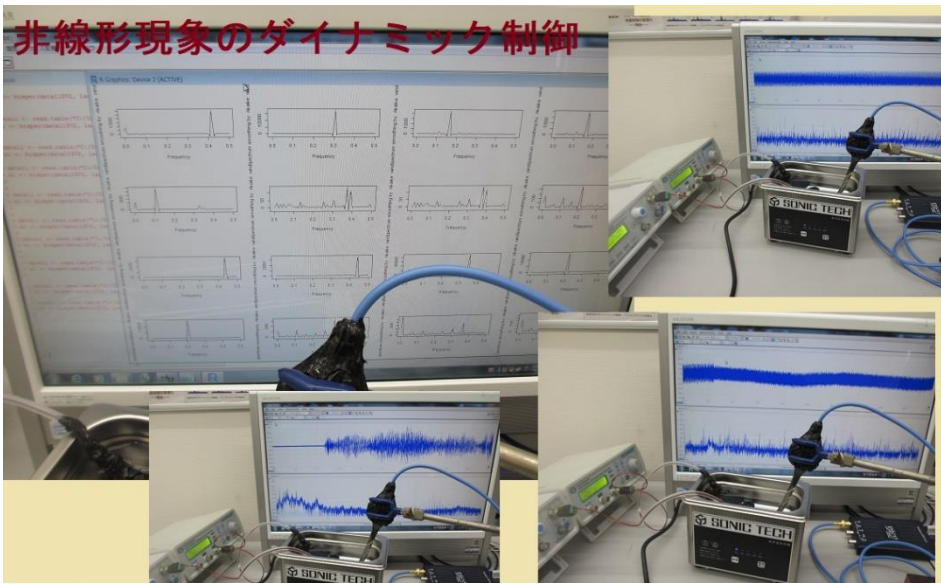
注: 超音波洗浄器の水槽表面に関して、  
超音波発振制御プローブと  
脱気ファインバブル発生液循環装置により  
表面残留応力緩和・均一化処理を行っています。  
均一化の効果として、  
200MHz以上の高調波による超音波制御が実現しています。



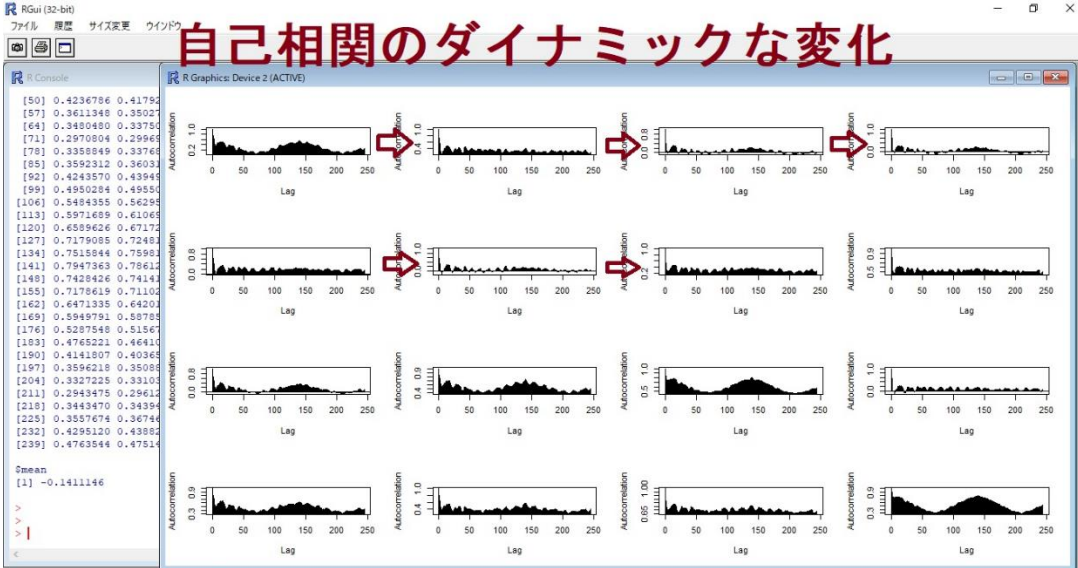
スイープ発振条件の組み合わせによる超音波制御



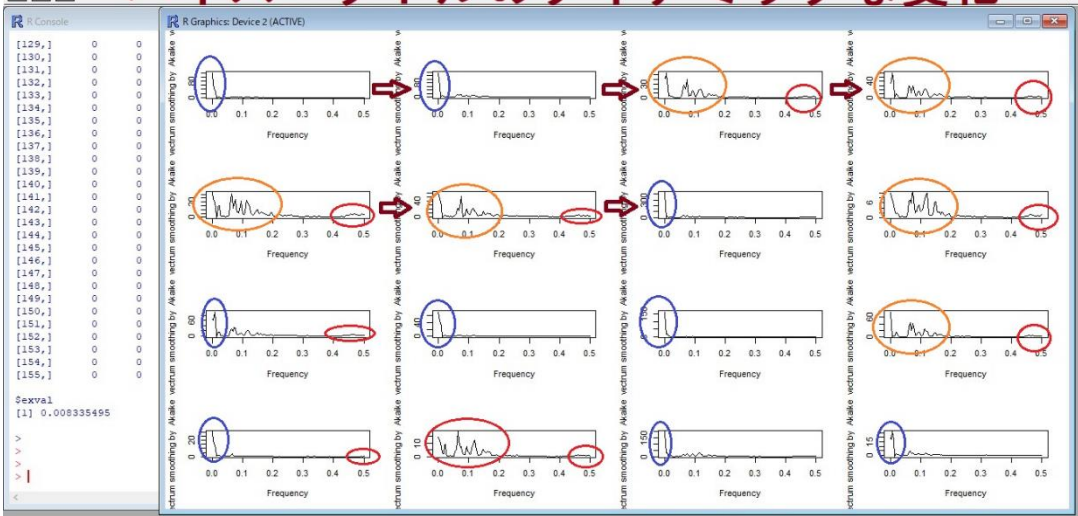
# 非線形現象のダイナミック制御



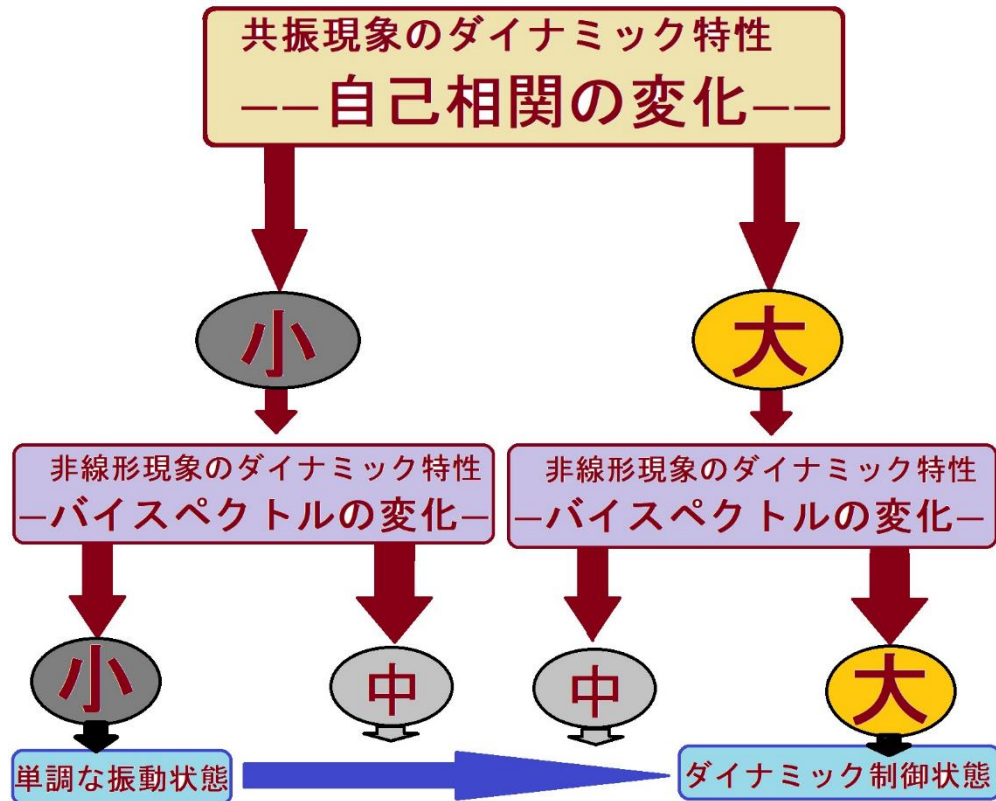
# 自己相関のダイナミックな変化



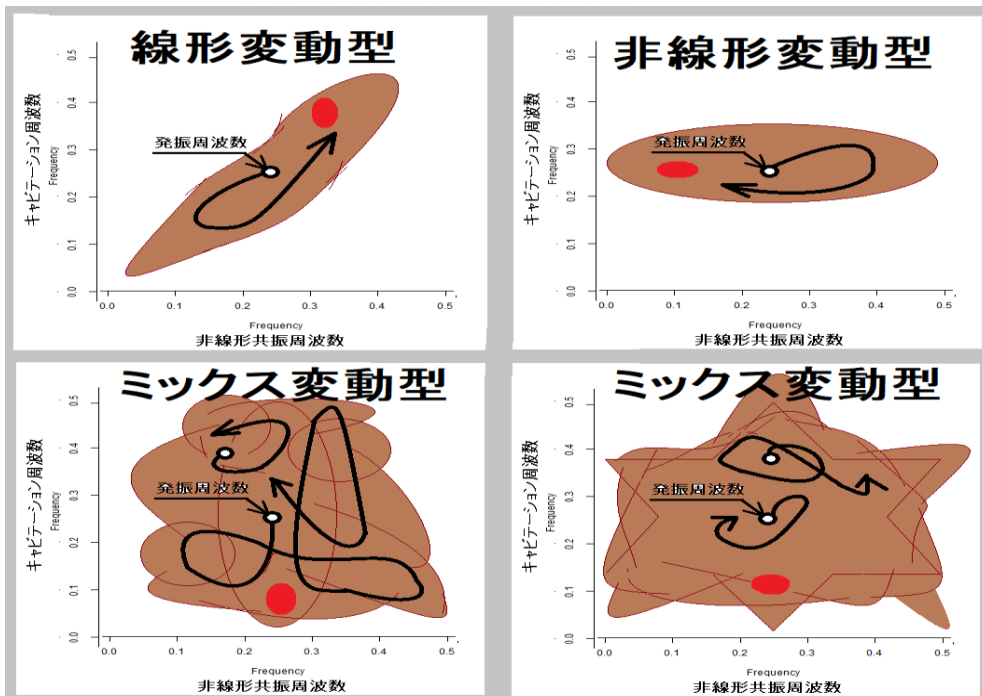
# バイスペクトルのダイナミックな変化



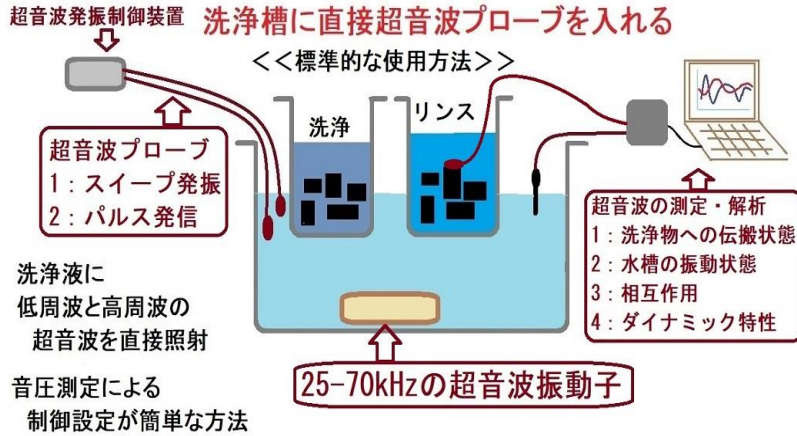
# 超音波のダイナミック制御技術



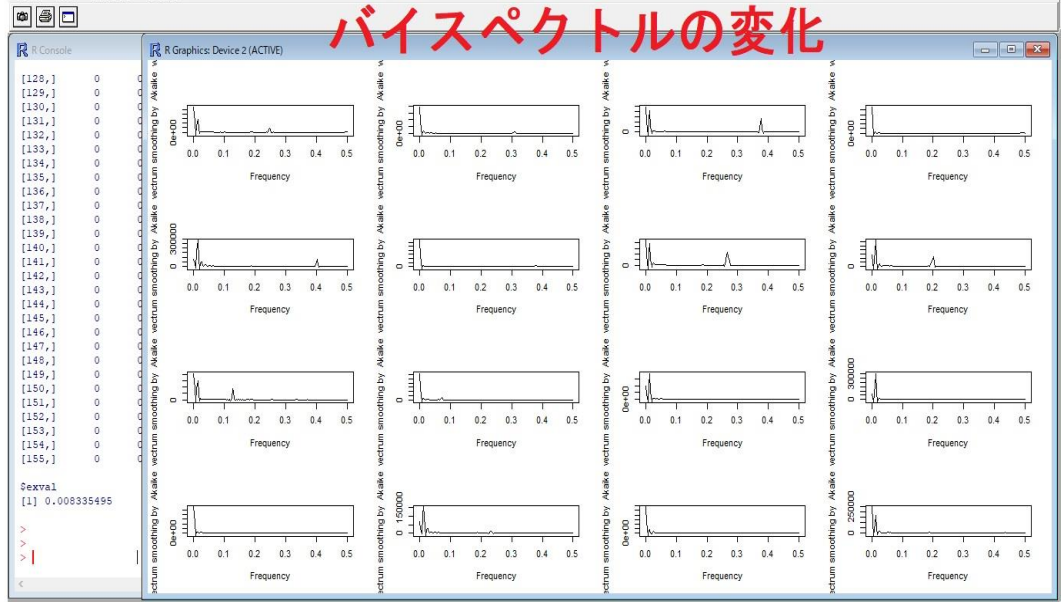
## —超音波伝搬状態の分類・評価—



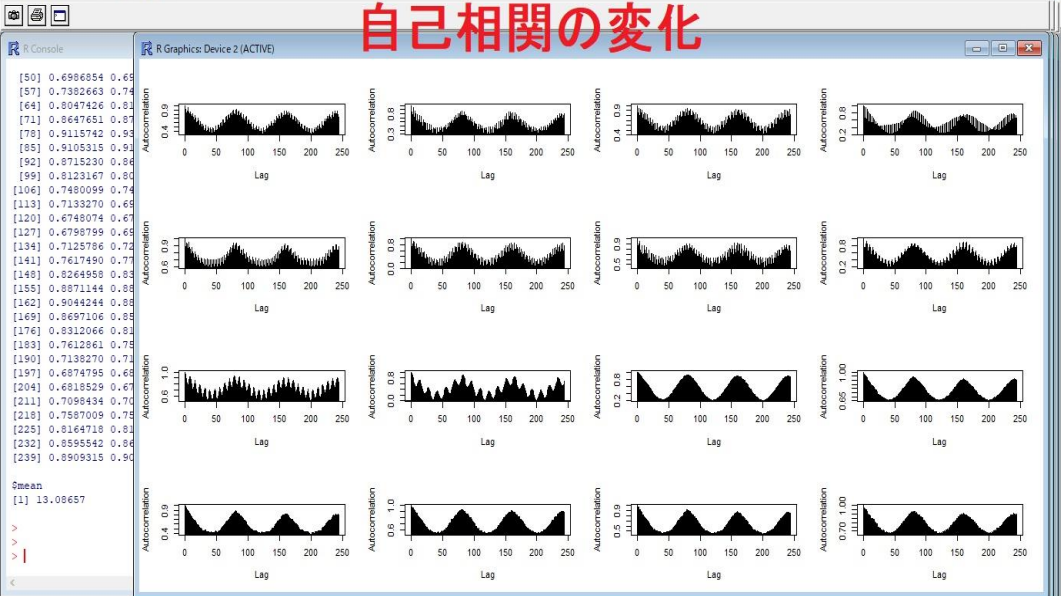
〜 スイープ発振   ● パルス発振



RGui (32-bit) ファイル 履歴 サイズ変更 ウィンドウ



RGui (32-bit) ファイル 履歴 サイズ変更 ウィンドウ





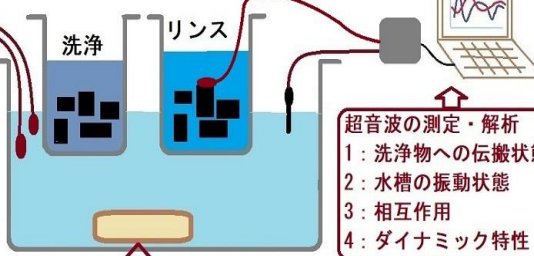
超音波発振制御装置 洗浄槽に直接超音波プローブを入れる

<<標準的な使用方法>>

- 超音波プローブ
- 1: スweep発振
  - 2: パルス発信

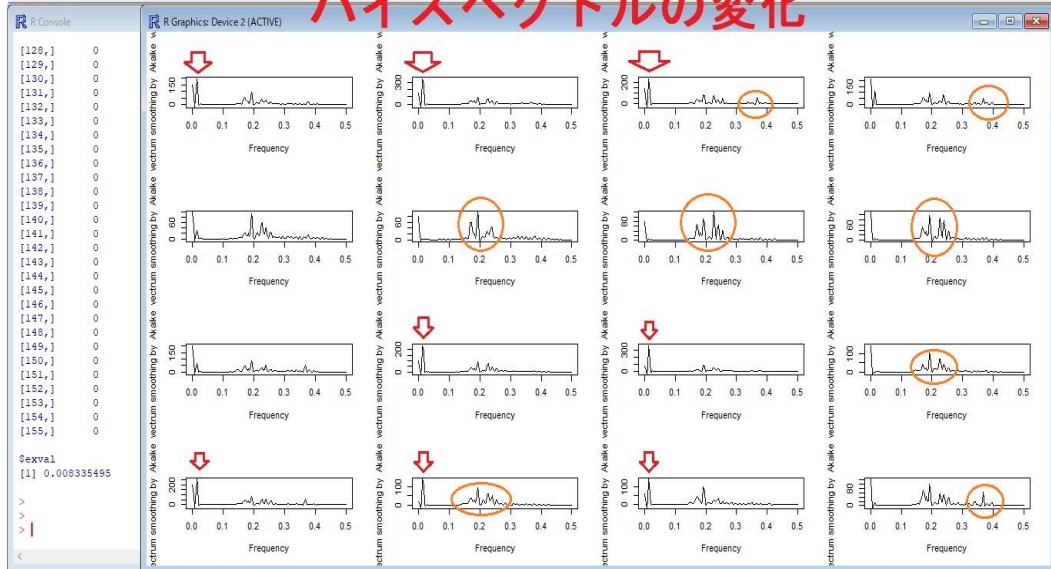
洗浄液に  
低周波と高周波の  
超音波を直接照射

音圧測定による  
制御設定が簡単な方法

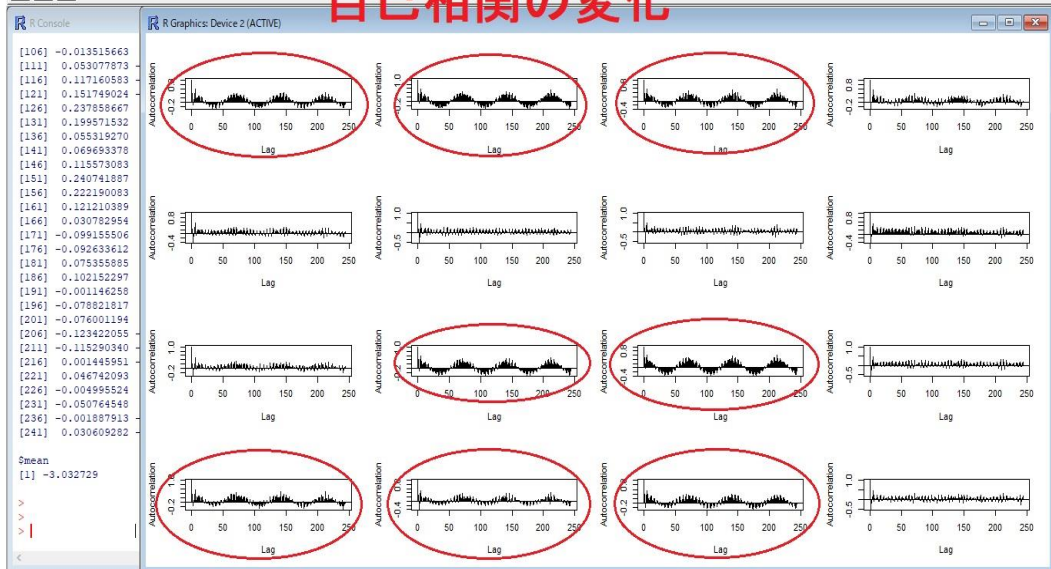


25-70kHzの超音波振動子

バイスペクトルの変化



自己相関の変化



## 参考

超音波発振システム（20MHz）の製造販売

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

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>

超音波プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=11267>



超音波プローブ（音圧測定・非線形振動解析）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1263>

超音波プローブによる＜メガヘルツの超音波発振制御＞技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1811>

液晶樹脂による<メガヘルツの超音波制御>技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14210>

**超音波の音圧測定解析システム (超音波テスター 100MHzタイプ)**



超音波と表面弾性波

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14264>

超音波<発振制御>技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=5267>

表面弾性波の利用技術

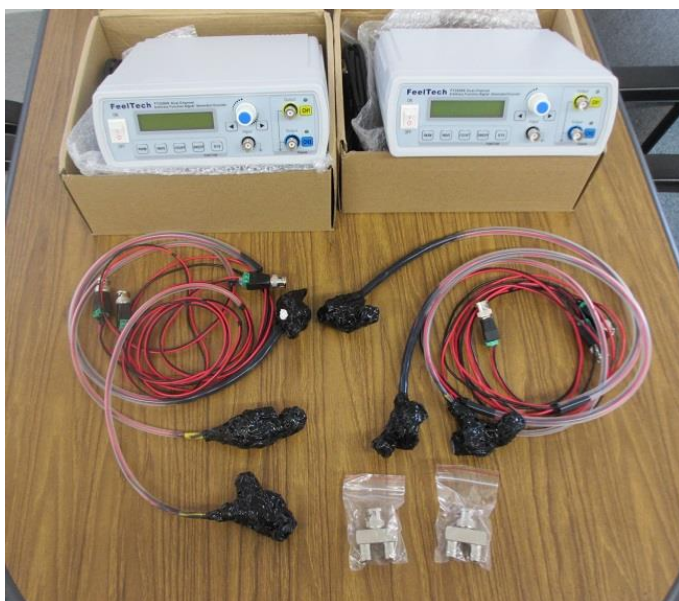
<http://ultrasonic-labo.com/?p=7665>

超音波の非線形現象をコントロールする技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14878>

超音波洗浄器による<メガヘルツの超音波>技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1879>





オリジナル超音波実験

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17535>

超音波伝搬現象の分類 1

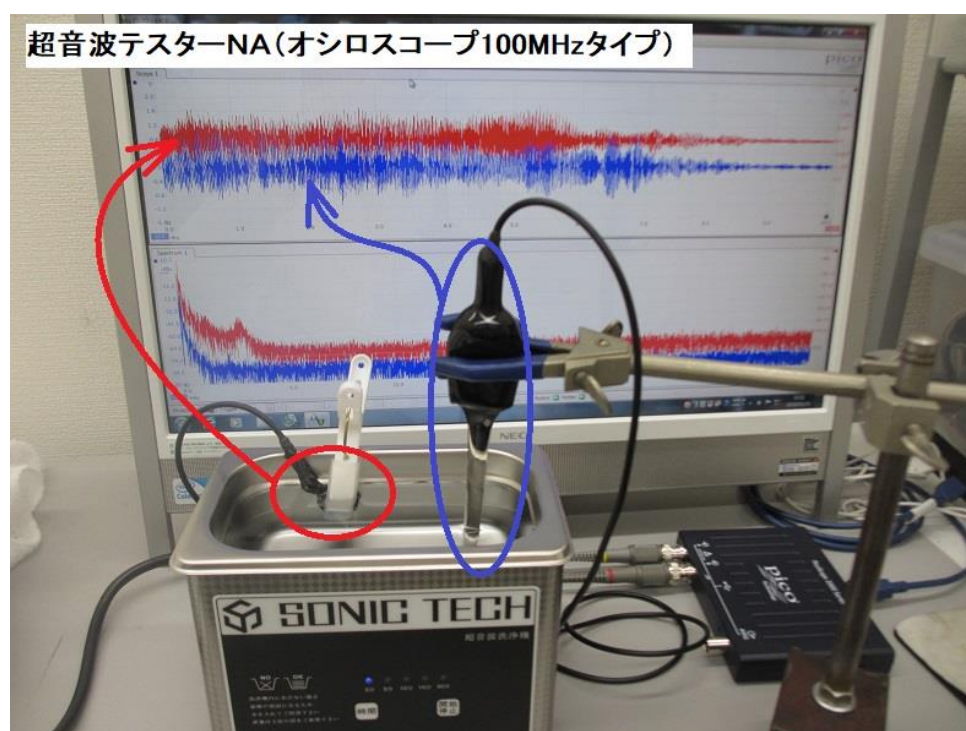
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10908>

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>

超音波洗浄に関する非線形制御技術

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

非線形共振型超音波発振プローブ 実験動画

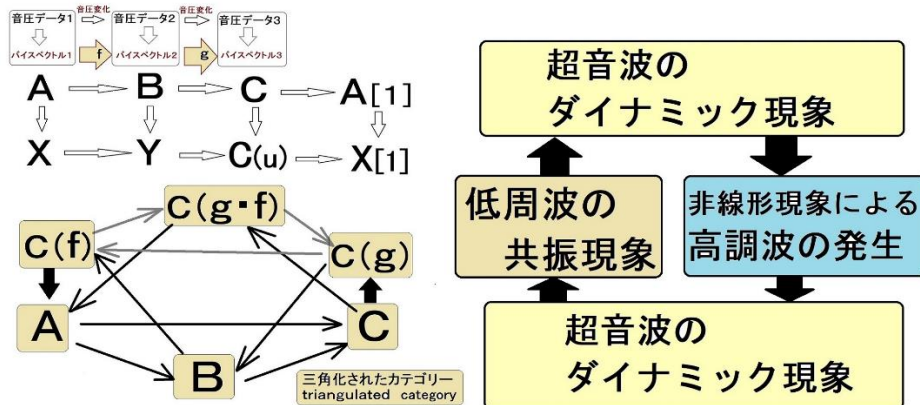
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15065>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

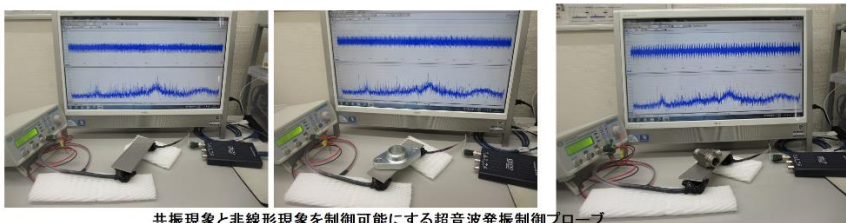
<http://ultrasonic-labo.com/?p=19422>

メガヘルツ超音波による表面改質処理

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>

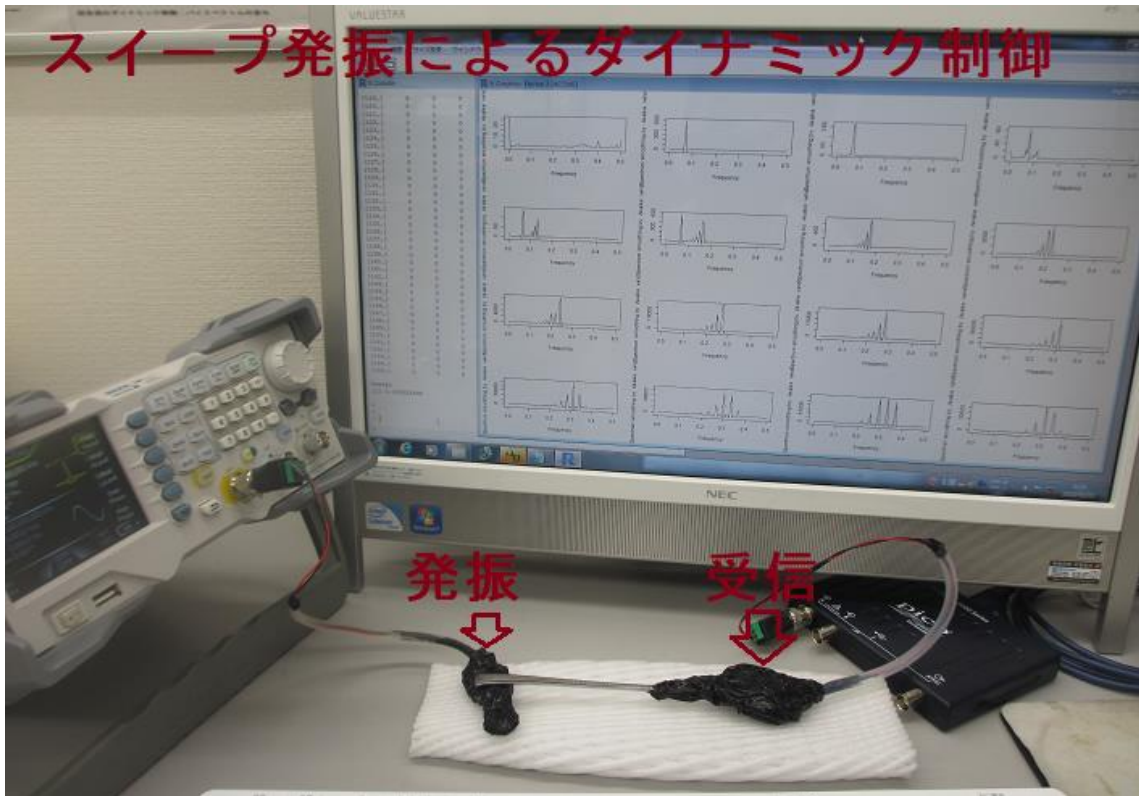


## 超音波のダイナミック制御

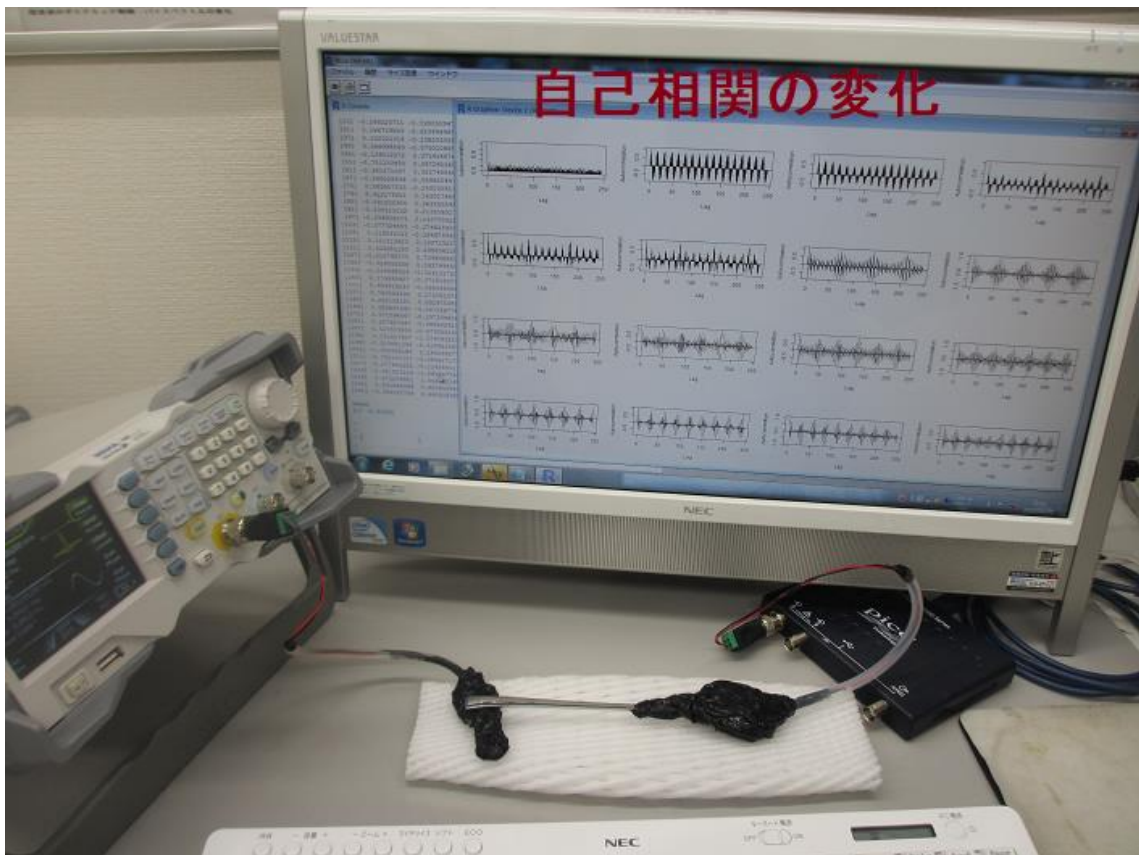


共振現象と非線形現象を制御可能にする超音波発振制御フローブ  
— 抽象代数モデルと超音波現象の実験・検討サイクル —  
(共振現象と非線形現象の最適化技術)

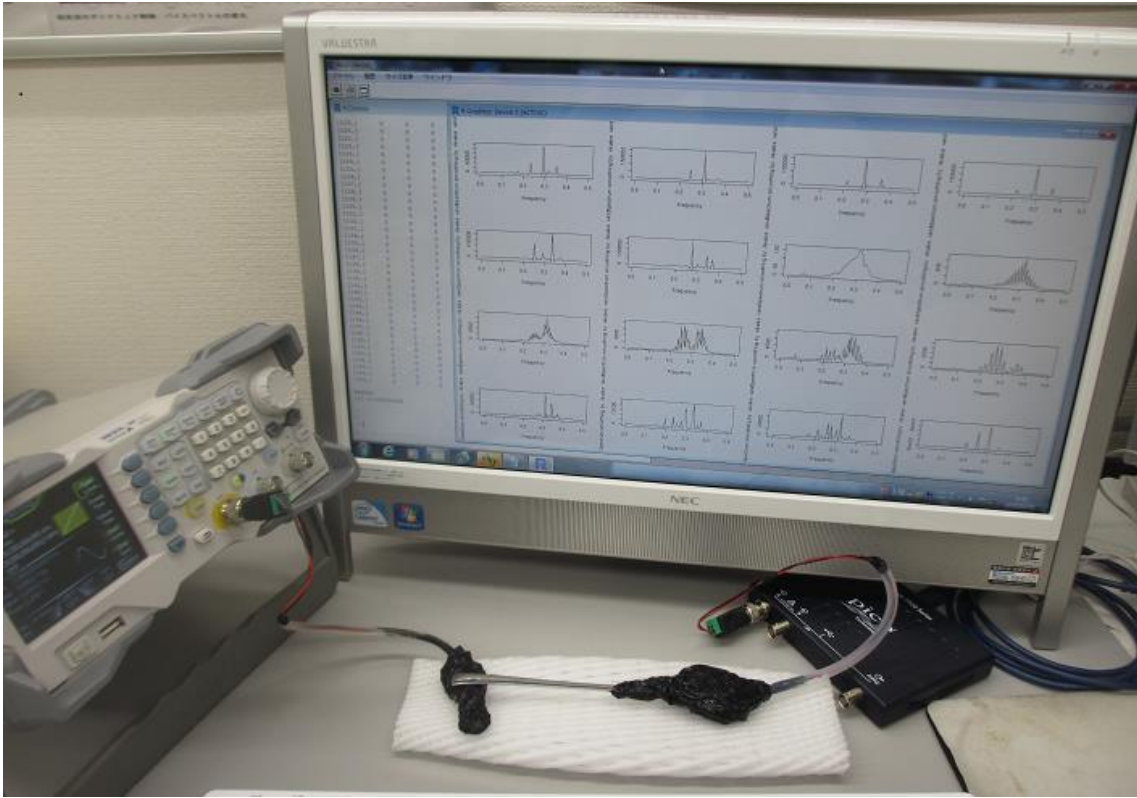
# スweep発振によるダイナミック制御

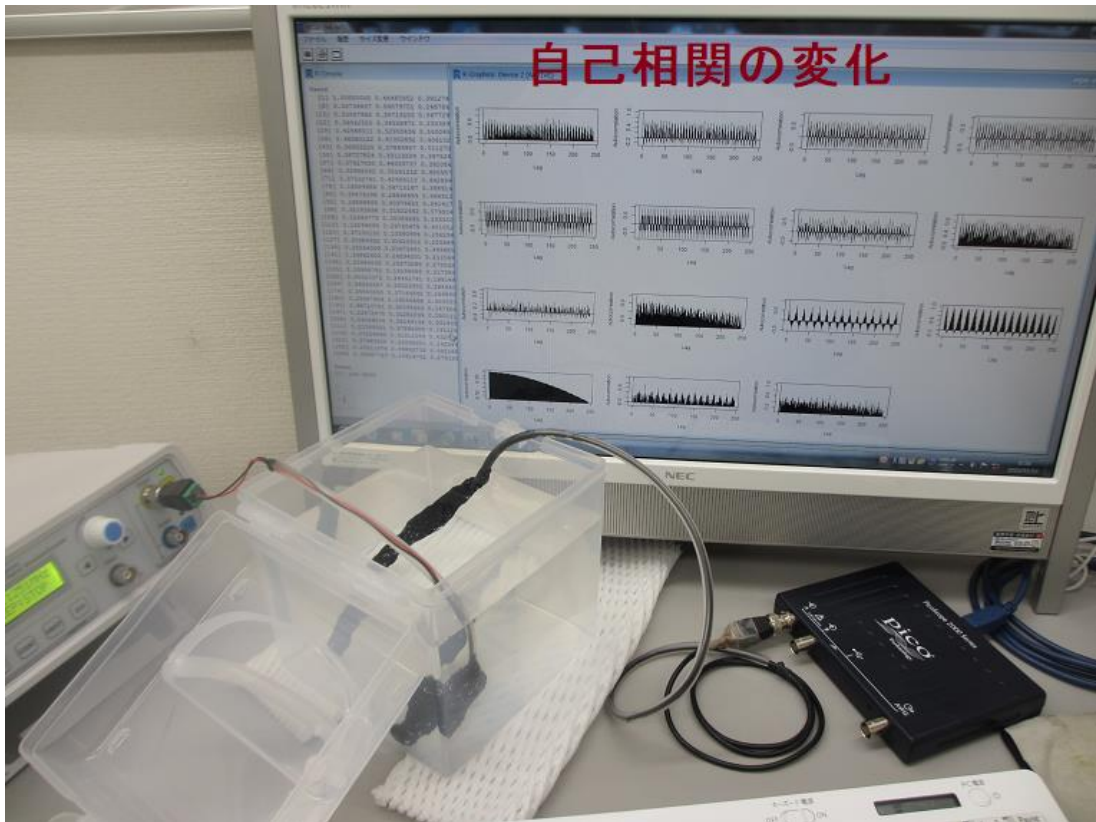
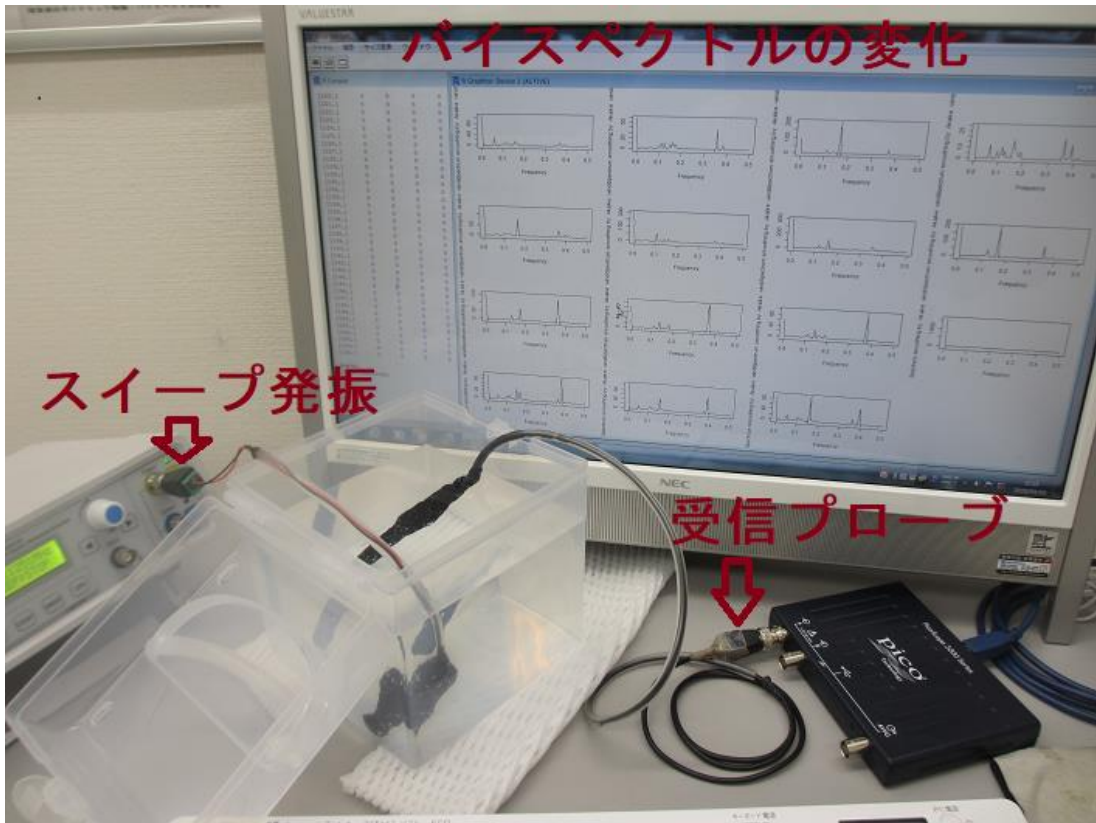


# 自己相関の変化

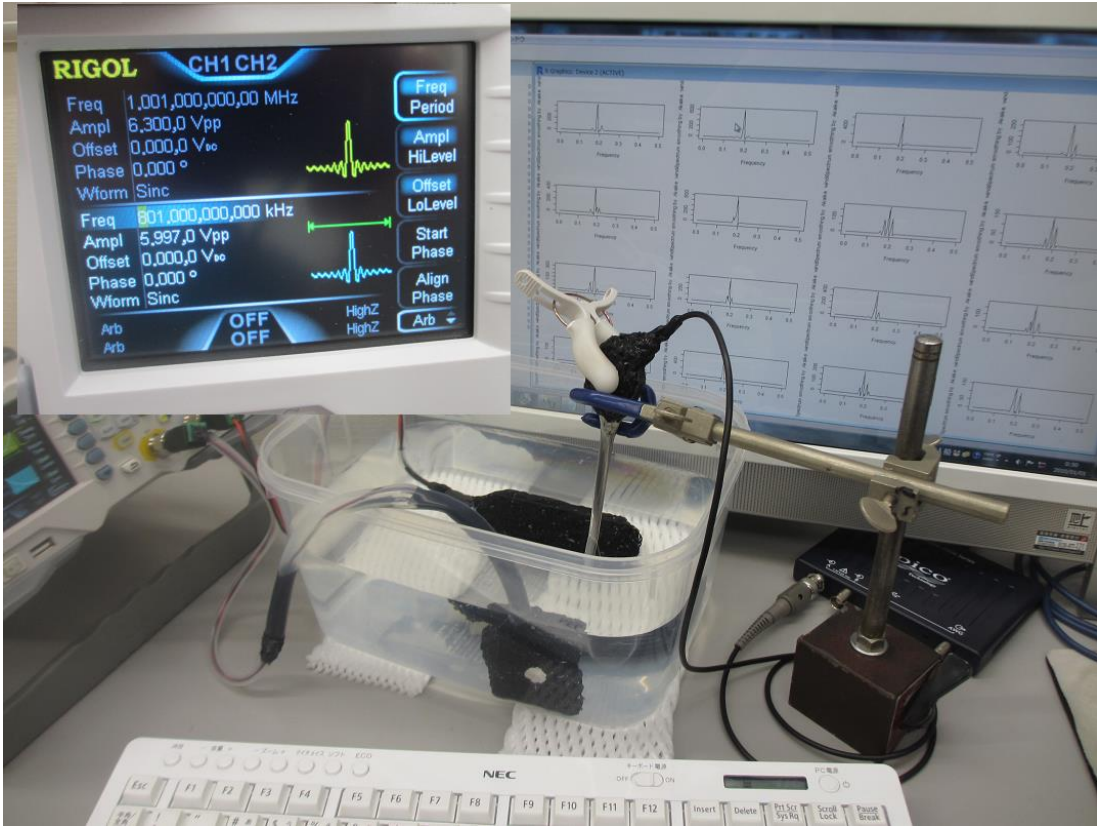












以上