

# 音響特性テストに基づいた超音波洗浄技術

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、表面検査技術を開発しました。

この技術を利用して、洗浄対象物の超音波伝搬特性評価を行い

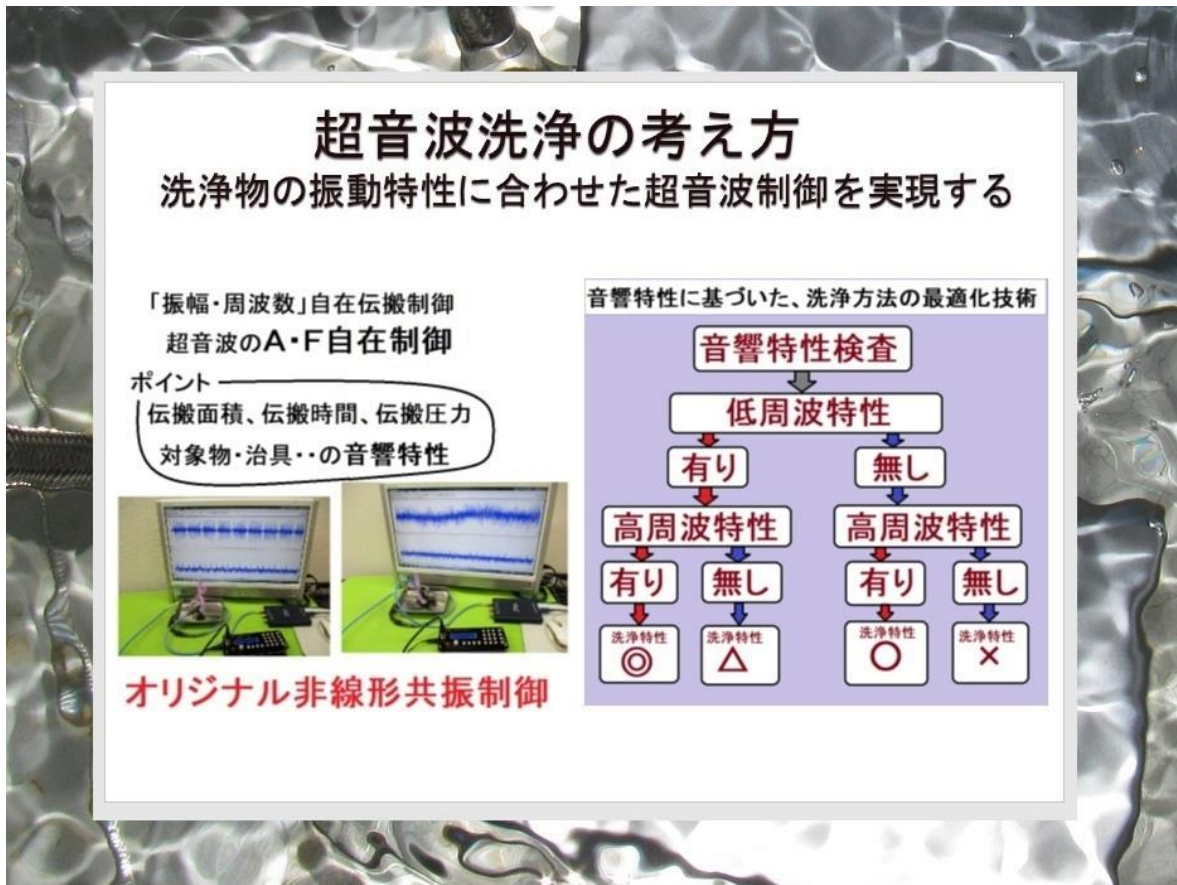
効果的な、超音波洗浄機の制御・周波数・出力レベル・・・について  
報告書にまとめ提案してきました。

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。

対象物の表面を伝搬する振動モードに合わせた

オリジナル超音波プローブを使用することで、  
狭い溝やエッジ部に伝搬する超音波の伝搬状態を確認します。




## 超音波洗浄の考え方

洗浄物の振動特性に合わせた超音波制御を実現する

「振幅・周波数」自在伝搬制御  
超音波のA・F自在制御

ポイント  
伝搬面積、伝搬時間、伝搬圧力  
対象物・治具・・・の音響特性



オリジナル非線形共振制御

音響特性に基づいた、洗浄方法の最適化技術

**音響特性検査**

↓

**低周波特性**

有リ ↓      無シ ↓

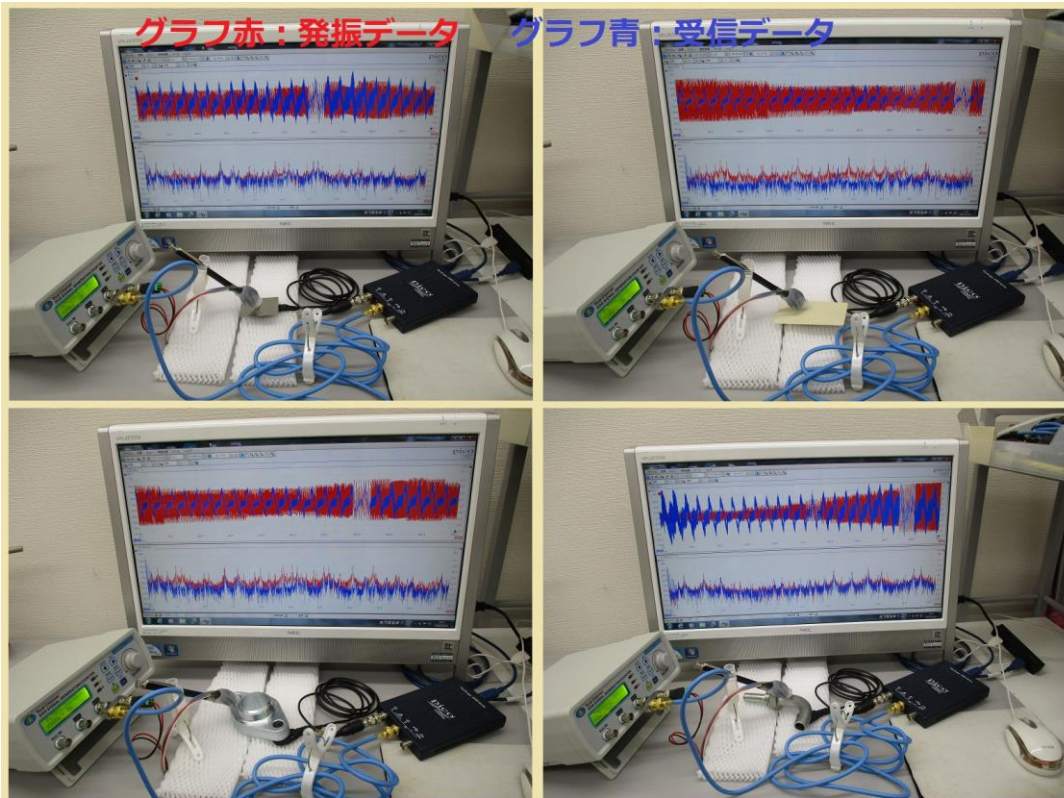
**高周波特性**      **高周波特性**

有リ ↓      有リ ↓      無シ ↓      無シ ↓

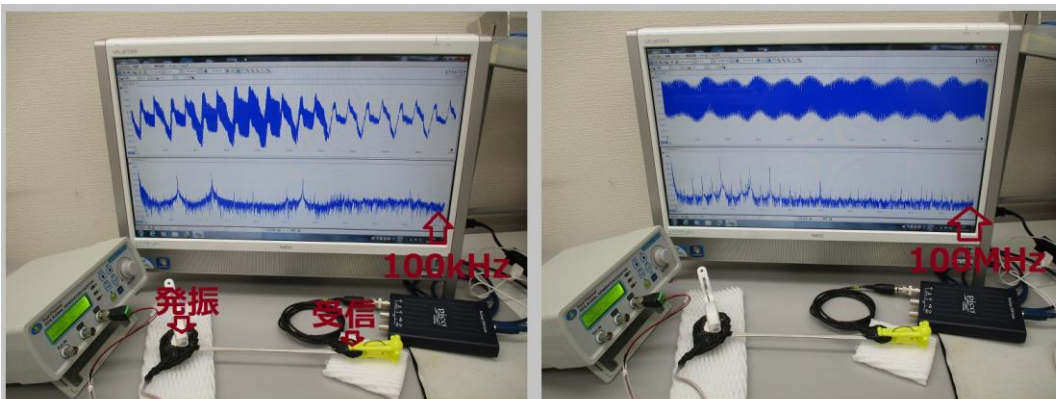
洗浄特性 ○      洗浄特性 △      洗浄特性 ○      洗浄特性 ×

特に、伝搬現象におけるダイナミック特性を確認することで  
洗浄効果のバラツキに対する特性が検出出来ます。

音響特性に基づいた、オリジナルのスイープ発振制御により  
低周波の伝搬特性や非線形性による高調波の発生状態について  
目的の洗浄効果に合わせた超音波のダイナミック制御として実現します。



**超音波プローブの発振制御による表面検査技術**



**超音波プローブの発振制御による表面検査**



## ポイント1：液体に伝搬する超音波と弾性体に伝搬する超音波

間接容器を利用した洗浄・表面処理の標準的な装置について

洗浄に関しては、間接容器内の洗浄物に対して

洗浄効果の高い効果的な超音波の刺激を行う、  
各種相互作用を考慮した、制御・・・の設定が必要です。

そのためには、洗浄物の表面に伝搬する超音波の特徴に対する、

超音波振動子・洗浄液・超音波水槽・間接水槽の影響を、  
音圧データの測定解析により把握して

最適な超音波の発振制御を行うことで実現します。

現実的には、現状装置の音圧測定解析による超音波の特性と、

洗浄物の超音波特性を、メガヘルツの超音波発振制御条件により、  
最適化する事を推奨します。

注：水槽構造や設置方法・・・により、超音波の特性が悪い場合には、  
水槽の改善、設置方法の改善を優先することが必要となります。

具体的には、最低2本の超音波発振制御プローブにより

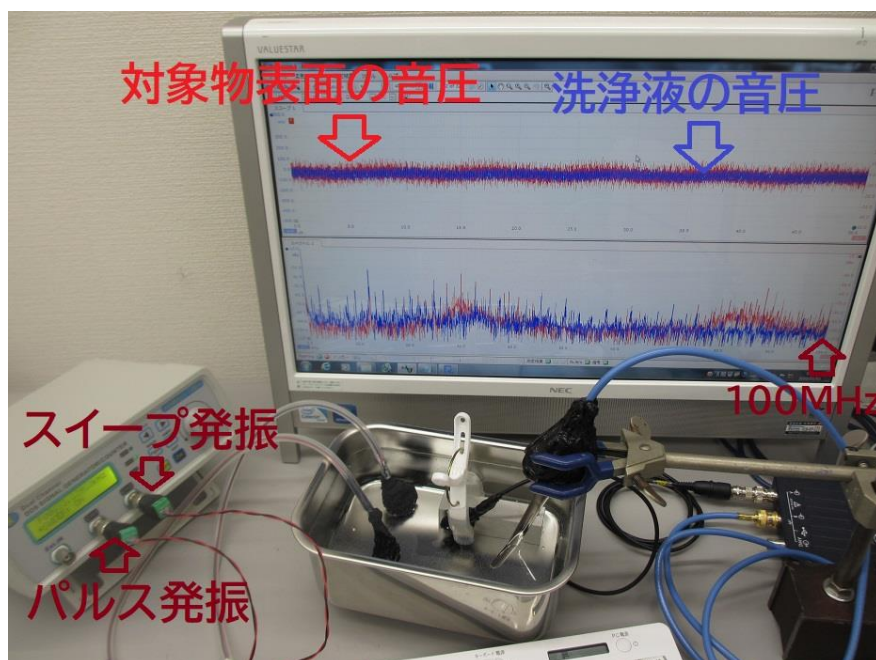
1本は、パルス発振制御（あるいはスイープ発振制御）

1本は、スイープ発振制御を行います。

2本以上のスイープ発振制御を組み合わせる場合、

共振現象により非常に大きな音圧レベルの発生が可能になるので、

注意が必要です。（大きな共振は、スイープ条件によりコントロール可能です）



## ポイント 2 : 液体に伝搬する超音波と弾性体に伝搬する超音波

メガヘルツのスイープ発振制御により、液体は変化します。

水の場合、水分子が分解され、 $-OH$  置換基（ヒドロキシ基）の発生により、ラジカル反応で洗浄を促進します。

特に、10メガヘルツ以上のスイープ発振による効果はナノレベルの高い洗浄を実現します。

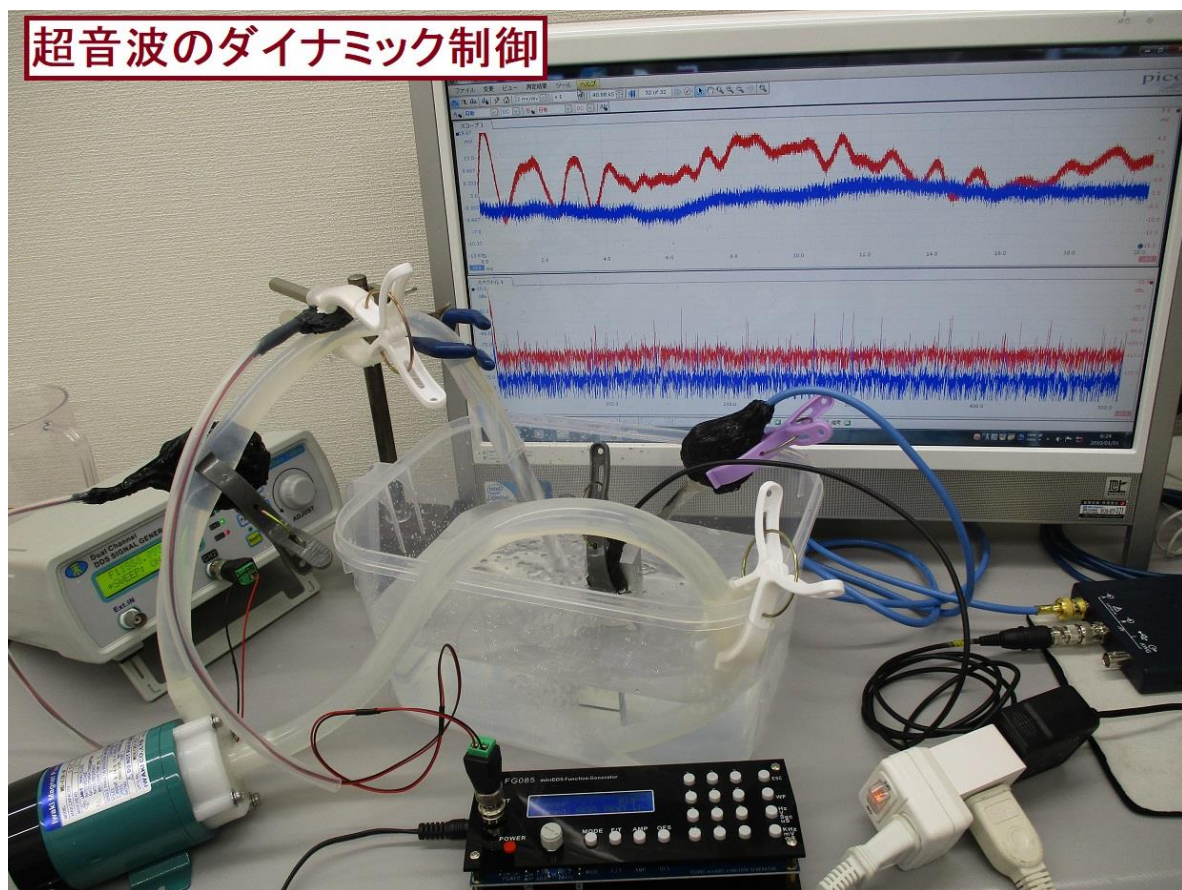
溶剤の場合、適正な周波数範囲の確認実験により、効率の良い洗浄（化学反応の促進）が実現します。

弾性体の表面に伝搬する超音波は、波形・出力・スイープ発振制御により非常に高い周波数の超音波が伝搬します

（例 60kHz～1MHzのスイープ発振でも、100MHzの伝搬状態が実現します）

この超音波刺激は、表面の応力緩和、

金属組織の隙間にあるコンタミ除去、 $\cdot\cdot$ により、従来にない、均一な洗浄レベルを実現します。





### ポイント3：液体に伝搬する超音波と弾性体に伝搬する超音波

基本的な考え方として、

装置の振動モードによるエネルギーを効率よく利用するという方法です。

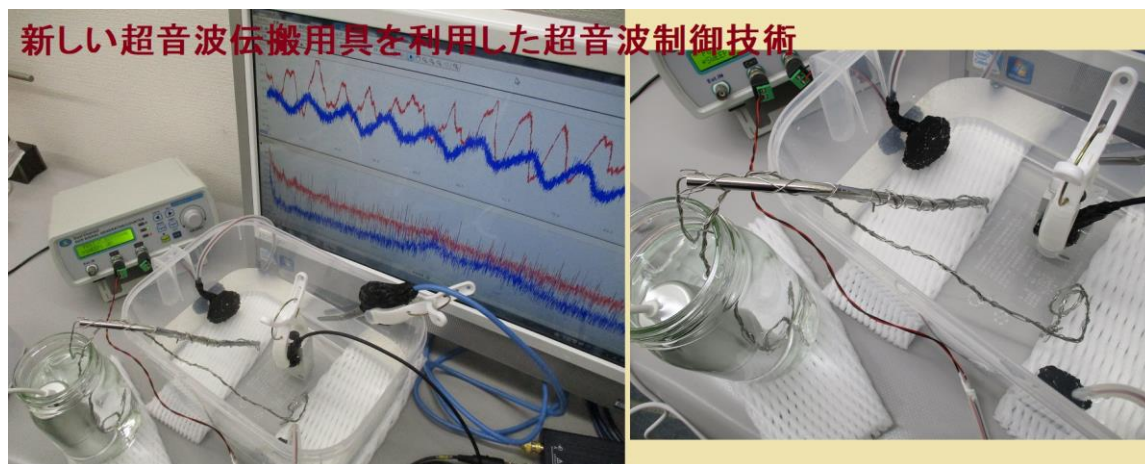
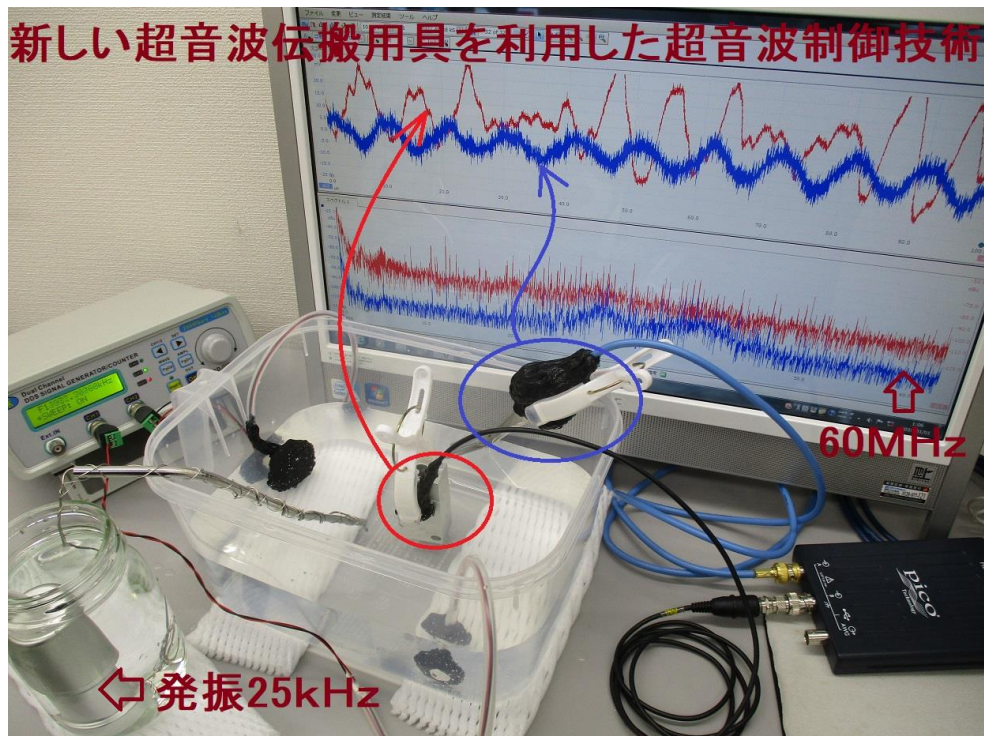
単純な利用では、低周波の共振現象になってしまいますが、

音圧データの測定解析に基づいた、メガヘルツのスイープ発振制御により、

洗浄に必要な音圧レベルと周波数範囲のダイナミック制御が実現します。

確認・管理方法は、

音圧データの解析（自己相関・バースペクトル）です。

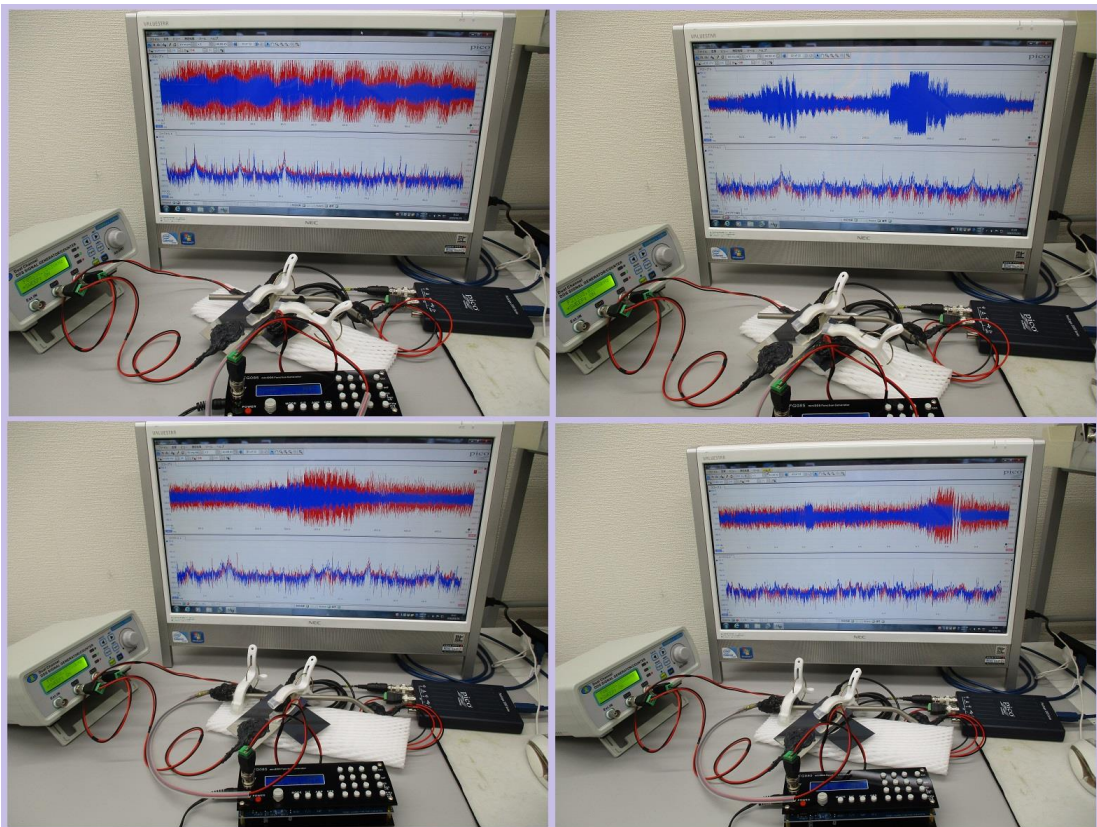


#### ポイント4：超音波発振（スイープ発振、パルス発振、・・・）システム （低周波の共振現象と、高周波の非線形現象をコントロールする技術）

超音波システム研究所は、  
表面弾性波による非線形振動現象を利用した  
超音波の発振制御技術を開発しました。

各種対象（水槽、振動子、プローブ、治具、対象物・・・）について  
基本的な音響特性（応答特性、伝搬特性）を確認することで、  
目的の超音波伝搬状態を、発振制御により可能になります。

2種類の非線形共振型超音波発振プローブによる、  
スイープ発振、パルス発振、・・・の発振条件の設定により  
高い音圧の共振現象と、  
高調波の発生現象（非線形現象）による、  
30MHz以上の高周波伝搬状態を最適化します。



2本の非線形共振型超音波発振プローブによる超音波実験



この技術は、低出力の超音波発振を効率よく利用する方法です

デジタル制御による、  
離散値的なファンクションジェネレータの特性を利用した  
各種パラメータの設定がポイントです

非線形共振型超音波発振プローブを利用することで  
共振現象による音圧レベルの制御範囲が大きく広がるため  
従来の共振現象による音圧レベルとは大きく異なり  
ダメージや破壊といった現象にならない  
音圧測定解析に基づいた、制御設定の最適化が必要です

興味のある方は、メールでお問い合わせ下さい  
技術（特許・ノウハウ）提供を含め、コンサルティング対応します



参考動画

<https://youtu.be/1JgSnjBGVQE>

<https://youtu.be/4Ps9YoZ8JSc>

<https://youtu.be/FZBx2gv9jSQ>

<https://youtu.be/6C5Y1qBjmG8>

<https://youtu.be/fa0Crniz5vM>

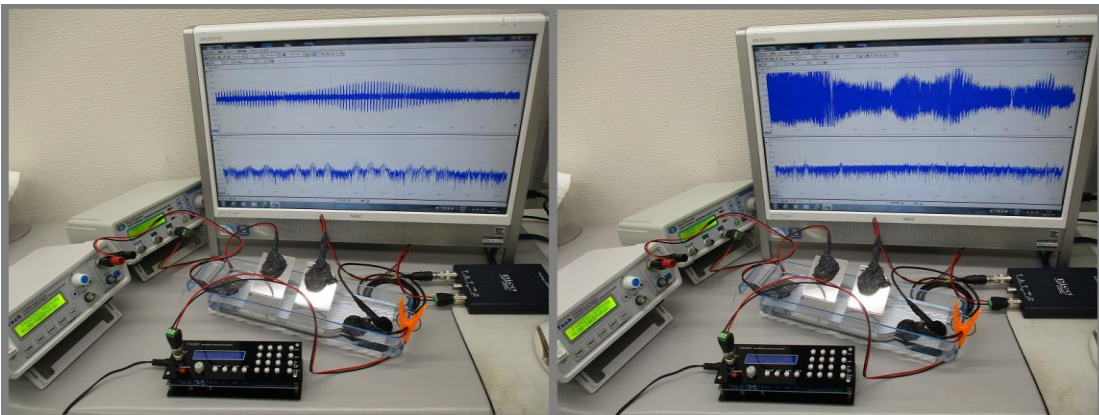
[https://youtu.be/N\\_ixyiWYo4](https://youtu.be/N_ixyiWYo4)

<https://youtu.be/82Q0anptHBc>

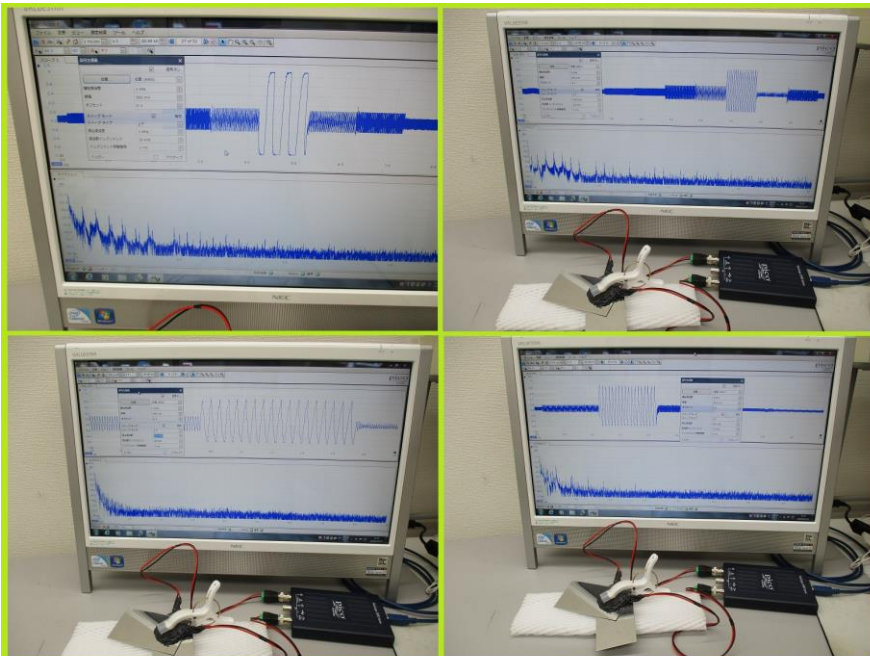
[https://youtu.be/RJYT\\_bp10-4](https://youtu.be/RJYT_bp10-4)

<https://youtu.be/Y8ypxVku5Lw>

<https://youtu.be/LADwyIX4A10>



複数の超音波をスイープ発振することによる、  
**超音波の非線形伝搬制御技術**



低周波の共振現象と、高周波の非線形現象をコントロールする技術



## ポイント5：超音波を利用した音響特性テスト・表面検査

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  
対象物に関する固有の音響特性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

ネジやボルト・・・の精密部品や、ガラス・レンズ・・・の

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。

表面弾性波の伝搬現象に関する、超音波のダイナミック特性を

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実績から

対象物の、音響特性として表現（注）しました。

注：1）伝搬周波数特性

2）音圧レベルの減衰特性

3）高調波・低調波の発生特性

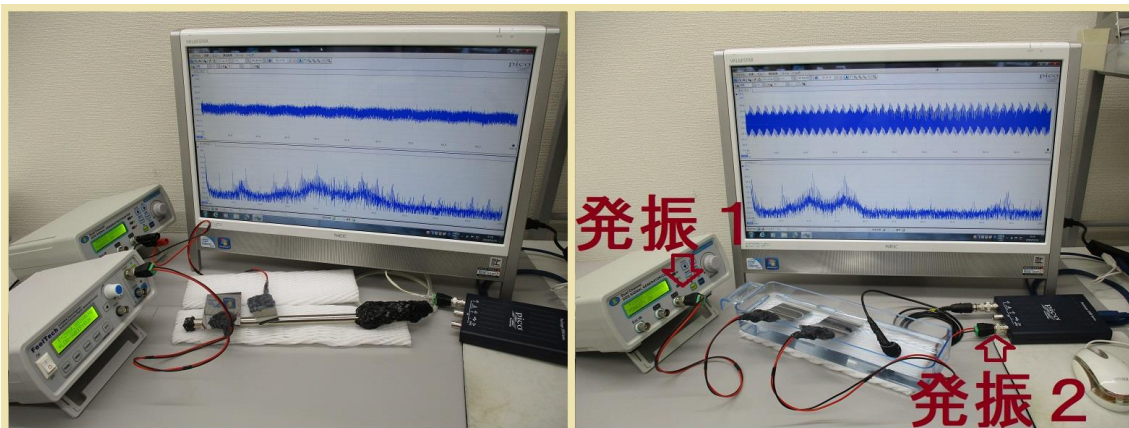
上記に基づいて、効果的な超音波洗浄機の利用方法の提案

1）発振周波数・発振出力

2）制御方法

3）効果的な治工具、効果的な洗浄方法

水槽や超音波振動子・・・の特性評価についても対応します。



2種類のスweep発振による超音波実験

参考（実験動画）

<https://youtu.be/6207m5dhj-w>  
<https://youtu.be/rc1VhBZx0CQ>

<https://youtu.be/F00YL1nQk6c>  
[https://youtu.be/ATSA9Xp\\_ZJk](https://youtu.be/ATSA9Xp_ZJk)

<https://youtu.be/xclNieA8tUc>  
<https://youtu.be/vR0CR2i6fTc>

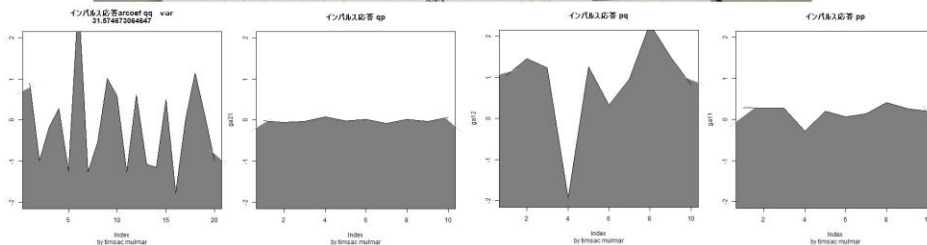
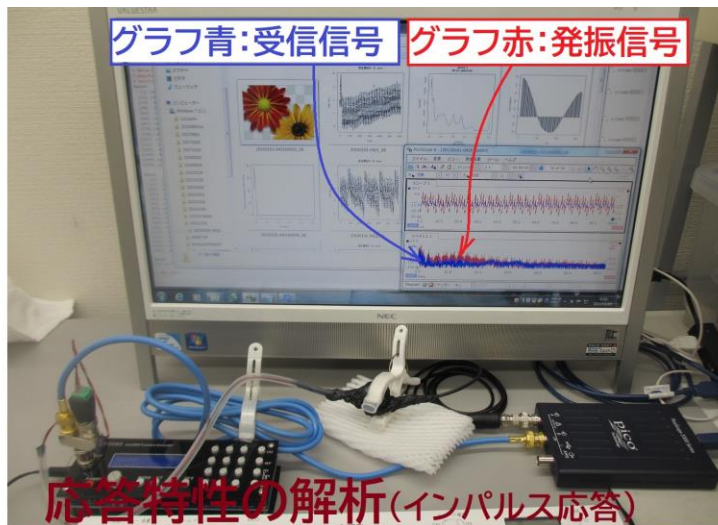
<https://youtu.be/4kdthdUA1yU>  
[https://youtu.be/XA2\\_OHxYmiM](https://youtu.be/XA2_OHxYmiM)

<https://youtu.be/dLYi7wTSubI>  
<https://youtu.be/cs9kkptJfjM>

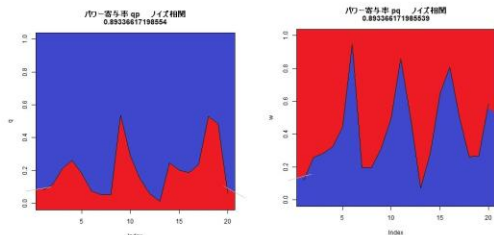
<https://youtu.be/AWJ9YFcZkVo>  
<https://youtu.be/vS94RAZMv2M>

<https://youtu.be/l3Y-nx30gjM>  
<https://youtu.be/in-t1Ui4VVw>  
[https://youtu.be/yU\\_b6RHKcfA](https://youtu.be/yU_b6RHKcfA)

<https://youtu.be/hxIrZTshXzc>  
<https://youtu.be/-3PERVuceK0>  
<https://youtu.be/Y75u8u8naX0>



### 応答特性の解析(パワー寄与率)





## <<< 超音波技術 >>>

超音波プローブによる非線形伝搬制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=9798>

超音波の発振・制御・解析技術による部品検査技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2104>

超音波の応答特性を利用した、表面検査技術

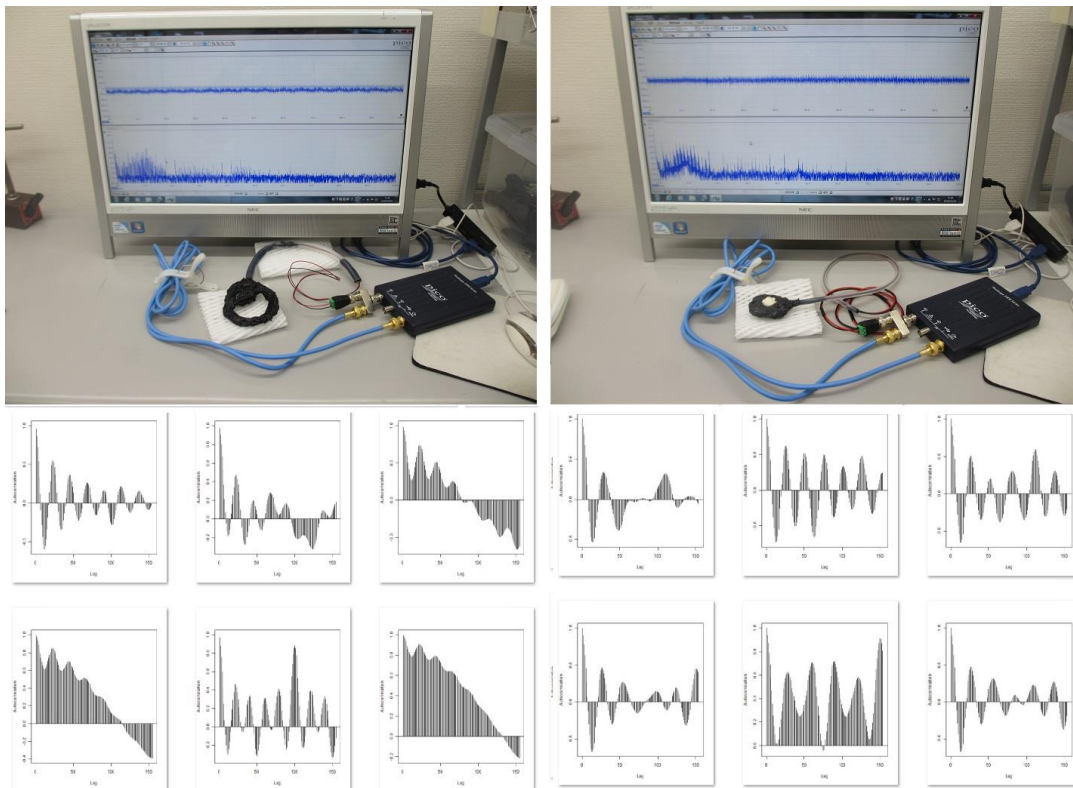
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10027>

表面弾性波を利用した超音波制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14311>

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>



— 超音波素子表面の**表面弾性波**利用技術 —

音と超音波の組み合わせ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14411>

超音波の非線形振動

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

オリジナル技術（音圧測定解析）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7662>

オリジナル超音波プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8163>

メガヘルツの超音波発振制御プローブ

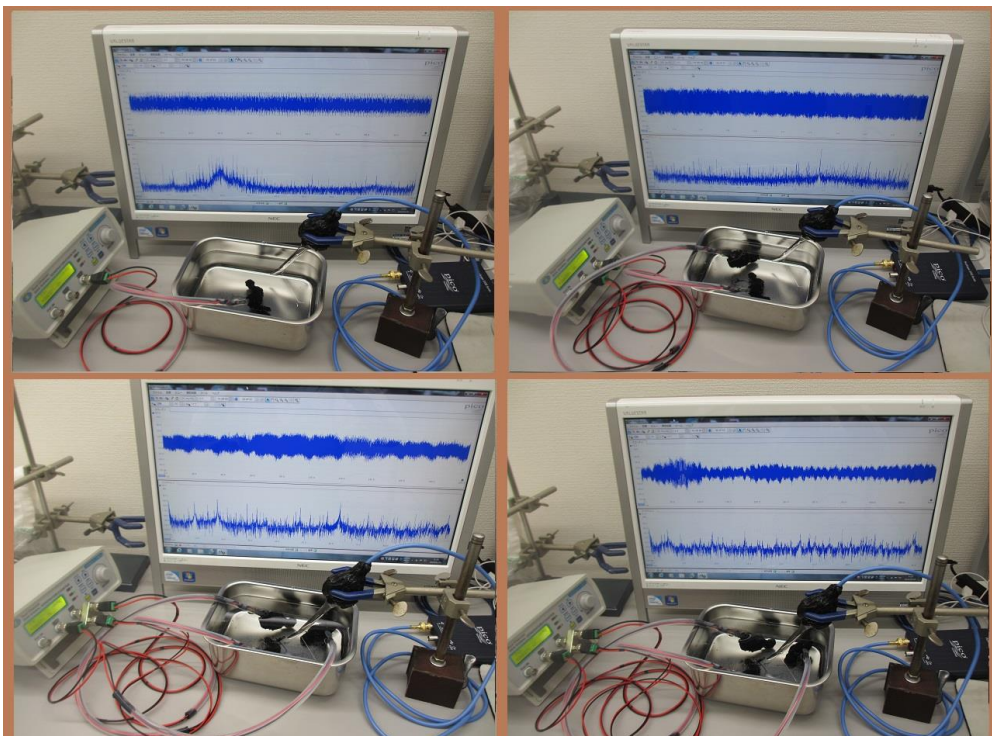
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14808>

超音波の発振・制御技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1915>

複数の超音波発振制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15848>



**超音波発振システム(20MHz)**



超音波発振による相互作用

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17204>

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>

超音波の音圧測定解析システム（オシロスコープ 100MHz タイプ）

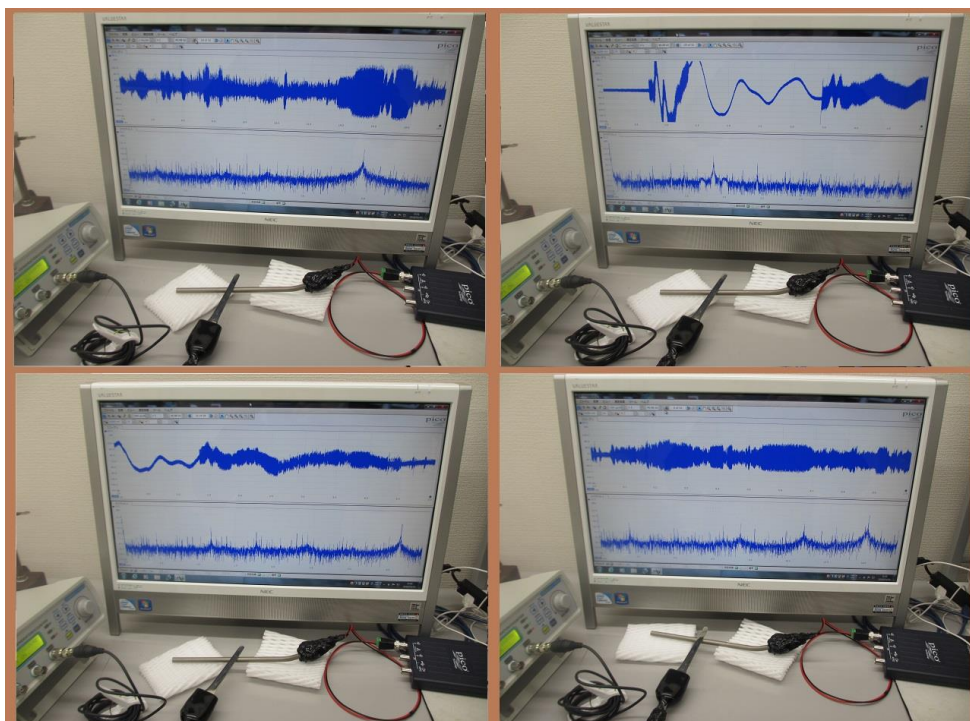
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17972>

超音波の音圧測定解析システム「超音波テスターNA」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>

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>



**超音波発振システム(20MHz)**

超音波洗浄器によるくメガヘルツの超音波技術を開発

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

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>

超音波プローブ

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

超音波発振システム（1MHz、20MHz）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

超音波プローブ（音圧測定・非線形振動解析）

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

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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



**超音波発振システム（20MHz）**



複数の超音波スイープ発振制御技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1915>

超音波（キャビテーション・音響流）の分類

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17231>

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

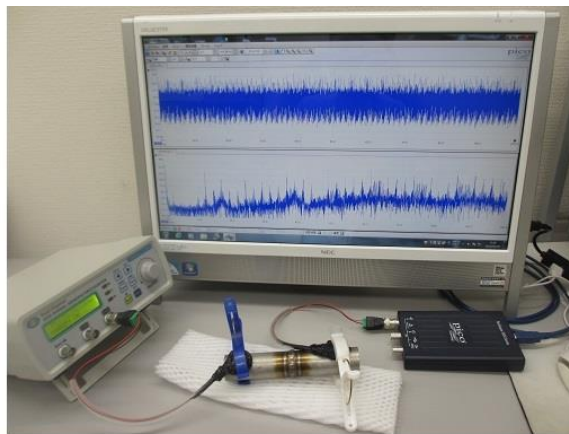
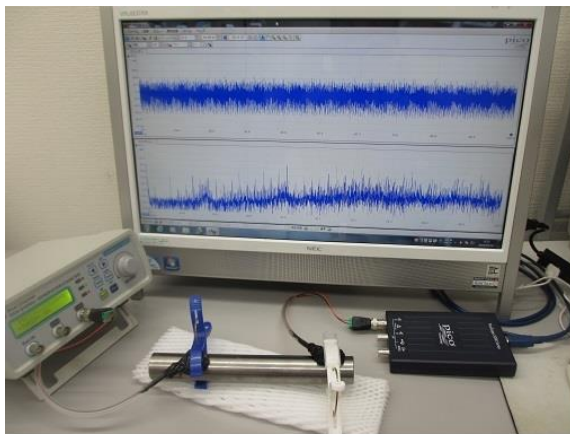
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17540>

超音波伝搬現象の分類

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

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>



## 溶接の影響を確認している実験

測定する事で、様々な事項を確認しています

【本件に関するお問合せ先】

超音波システム研究所

ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

以上