

# 超音波発振制御プローブ (音響特性の利用技術)

超音波システム研究所は、  
500Hzから100MHzの超音波伝搬状態を制御可能にする  
超音波プローブのオーダーメイド対応を行っています。

目的に合わせた、  
オリジナル超音波発振制御プローブを製造開発対応します。



ポイントは、オリジナルプローブの動作確認です。  
超音波の送受信について、ダイナミックな変化に対する  
応答性が最も重要です。  
この特性により、高調波の応用範囲が決定します。  
現状では、以下の範囲について対応可能となっています。

超音波プローブ：概略仕様

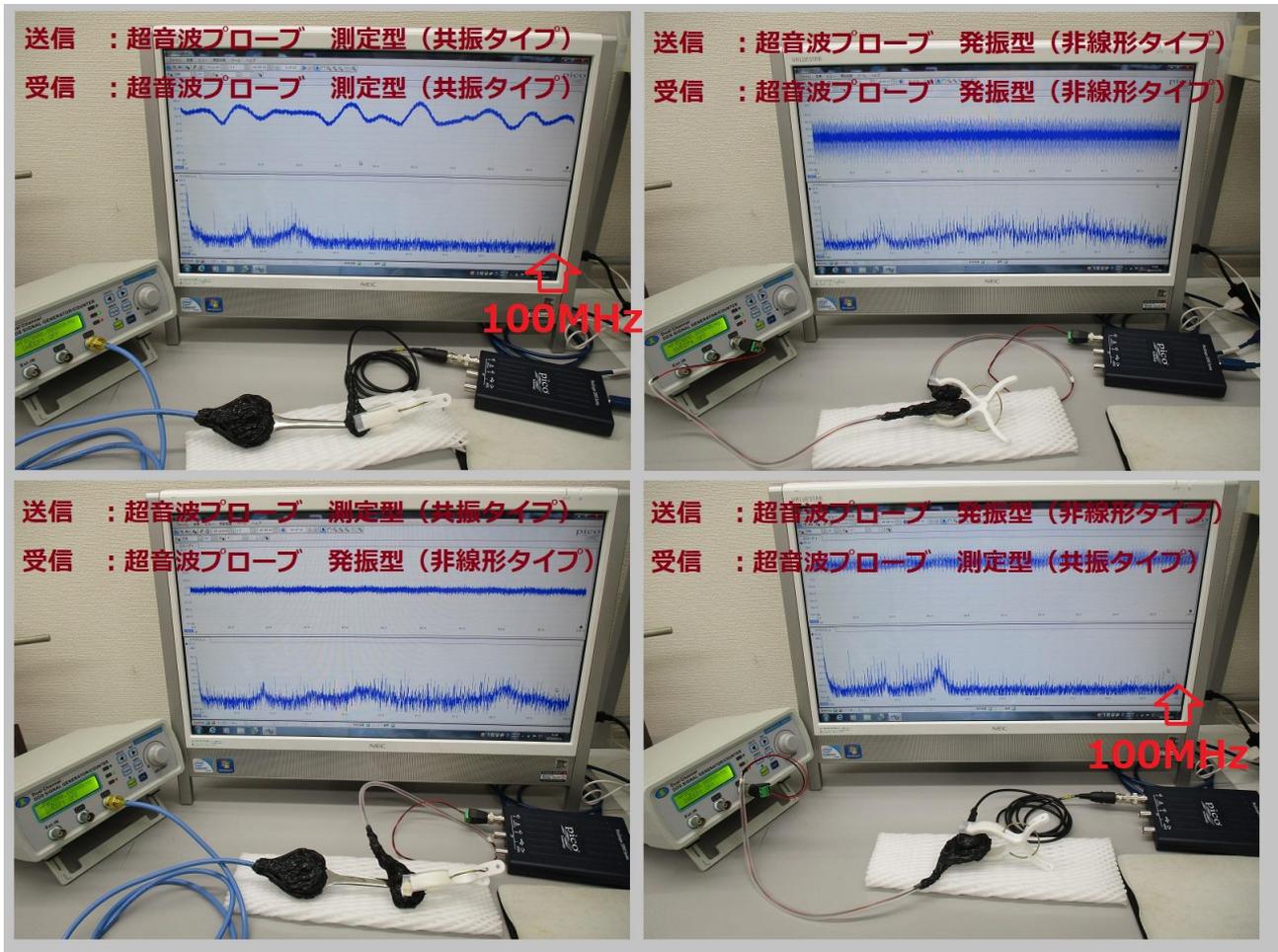
測定範囲 0.01Hz～100MHz

発振範囲 0.5kHz～100MHz

材質 ステンレス、LCP樹脂、シリコン、テフロン、ガラス・・・

発振機器 例 ファンクションジェネレータ

<金属・樹脂・ガラス・・・の音響特性>を把握することで  
発振制御により、音圧レベル、周波数、ダイナミック特性について  
目的に合わせた伝搬状態を実現します



超音波伝搬状態の測定・解析・評価技術に基づいた、  
精密洗浄・加工・攪拌・検査・・・への新しい基礎技術です。

各種部材 (ガラス容器・・・) の音響特性 (表面弾性波) の利用により  
20W以下の超音波出力で、3000リッターの水槽でも、  
数トンの構造物、工作機械、・・・への超音波刺激は制御可能です。

弾性波動に関する工学的 (実験・技術) な視点と  
抽象代数学の超音波モデルにより  
非線形現象の応用方法として開発しました。

ポイントは  
超音波素子表面の表面弾性波利用技術です、  
対象物の条件・・・により  
超音波の伝搬特性を確認 (注1) することで、  
オリジナル非線形共振現象 (注2、3) として  
対処することが重要です

注1：超音波の伝搬特性

非線形特性 応答特性 ゆらぎの特性 相互作用による影響

注2：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調波の発生を

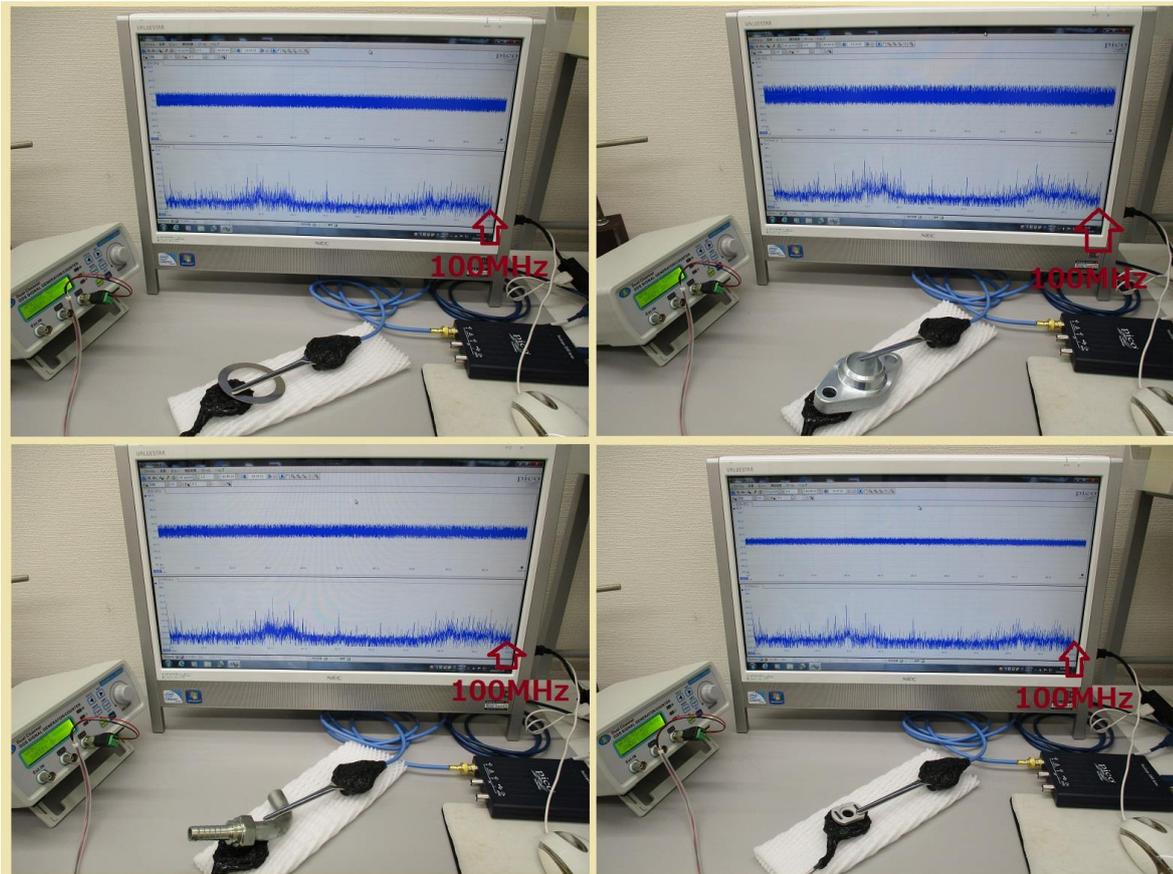
共振現象により高い振幅に実現させたことで起こる超音波振動の共振現象

注3：過渡超音波応力波

変化する系における、ダイナミック加振と応答特性の確認

時間経過による、減衰特性、相互作用の変化を確認

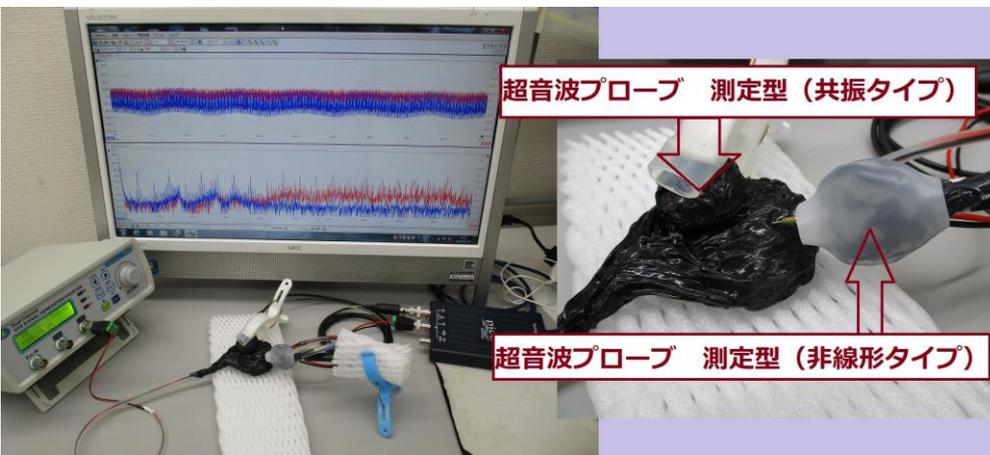
上記に基づいた、過渡超音波応力波の解析評価



送信：超音波プローブ 発振型（非線形タイプ）

受信：超音波プローブ 測定型（共振タイプ）

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技術

<<特許申請>>

- 特願 2020-31017 超音波制御 (超音波発振制御プローブ)
- 特願 2020-73708 超音波溶接
- 特願 2020-75011 超音波めっき
- 特願 2020-90080 超音波加工
- 特願 2020-97262 流水式超音波洗浄

超音波発振制御プローブの製造技術の一部は  
特願 2020-31017に記載しています

この技術を、コンサルティング提供します  
興味のある方はメールでお問い合わせください

## 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

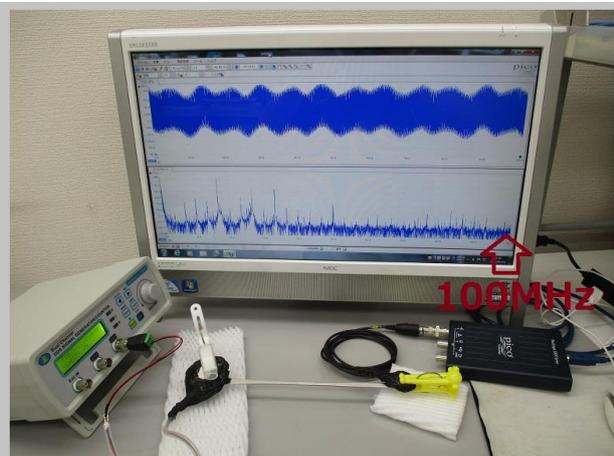
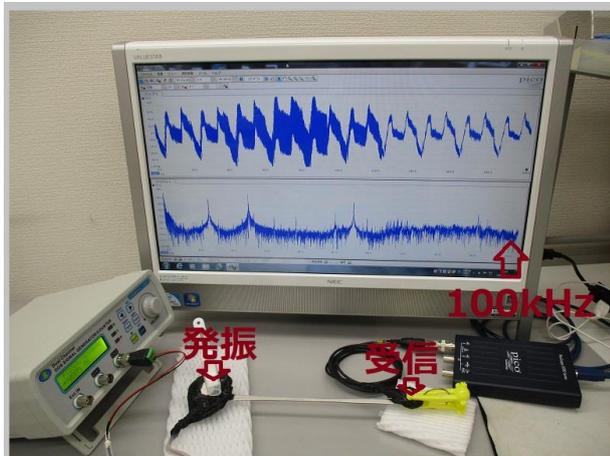
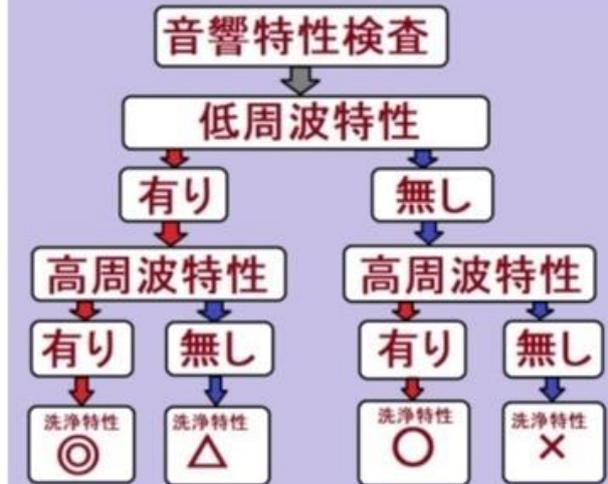
「振幅・周波数」自在伝搬制御  
超音波のA・F自在制御

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

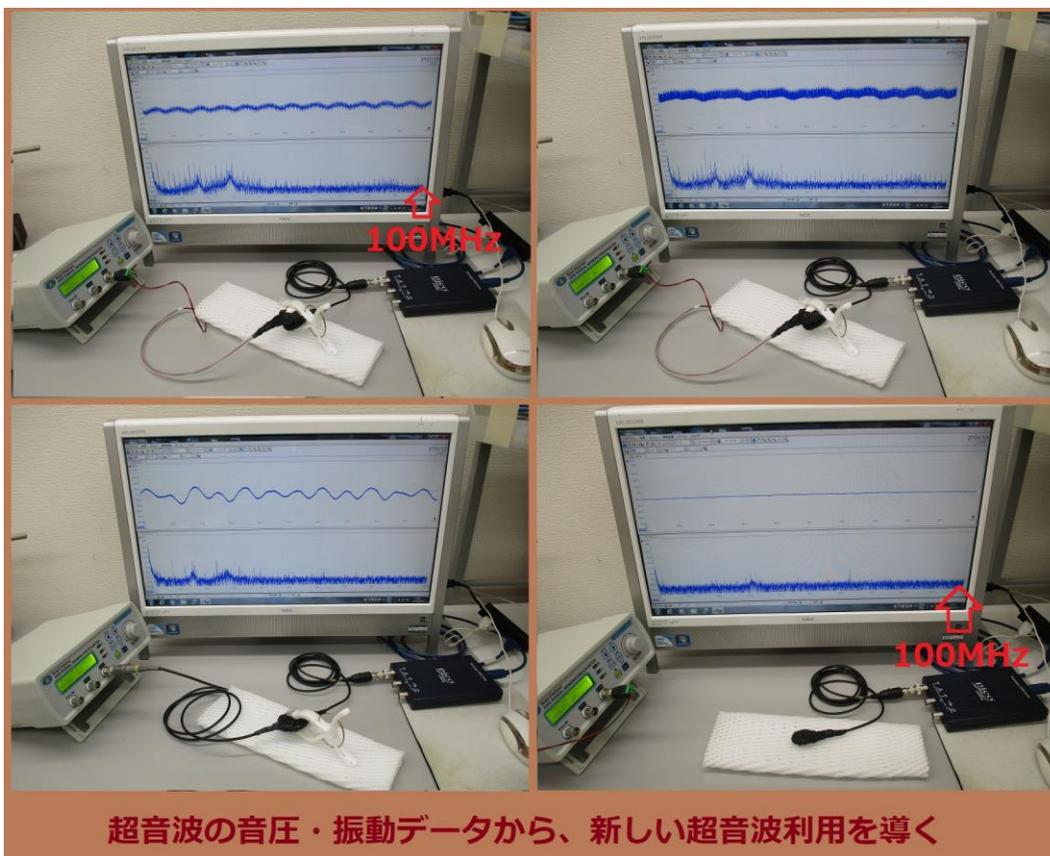
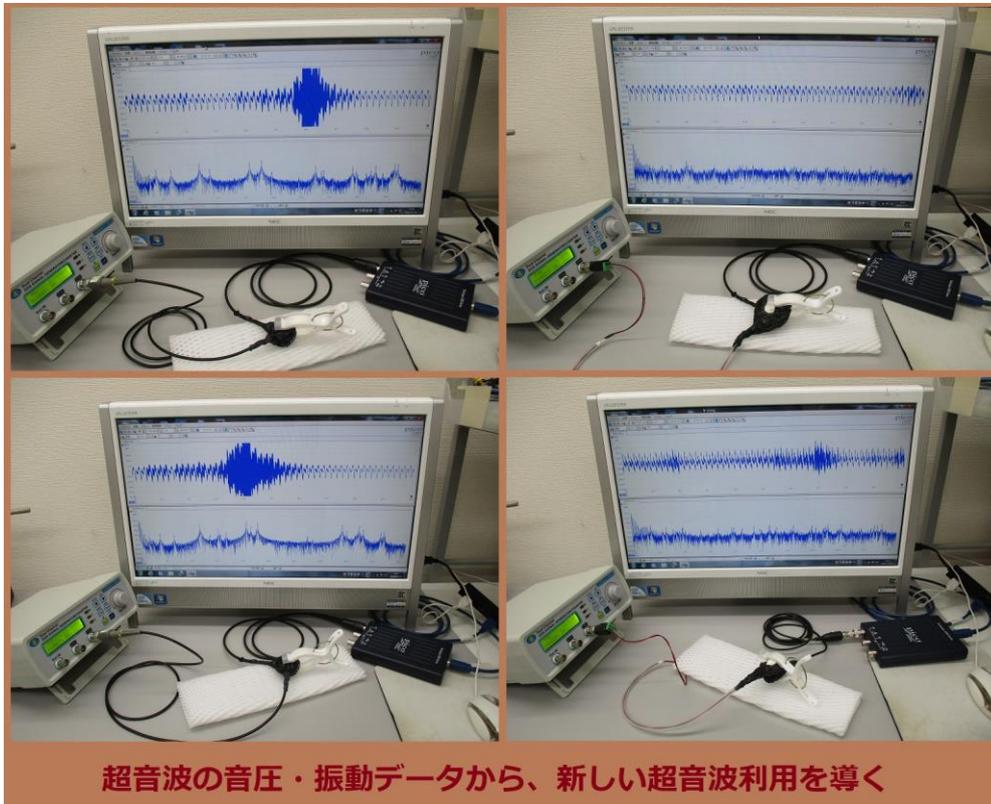
音響特性に基づいた、洗浄方法の最適化技術

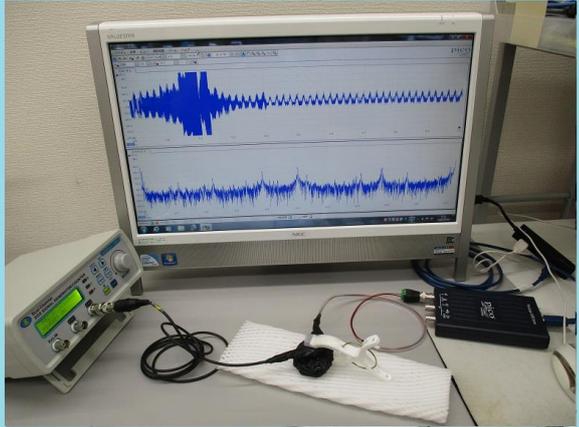
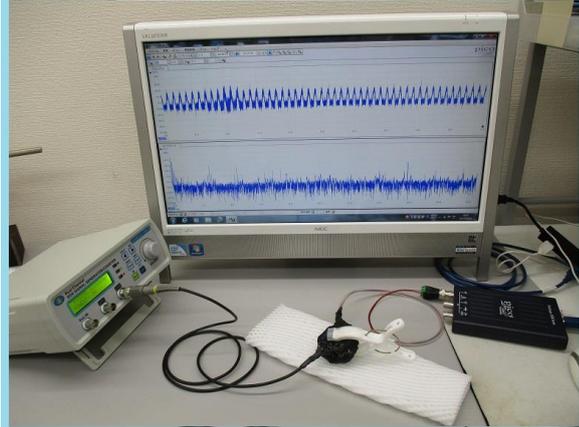
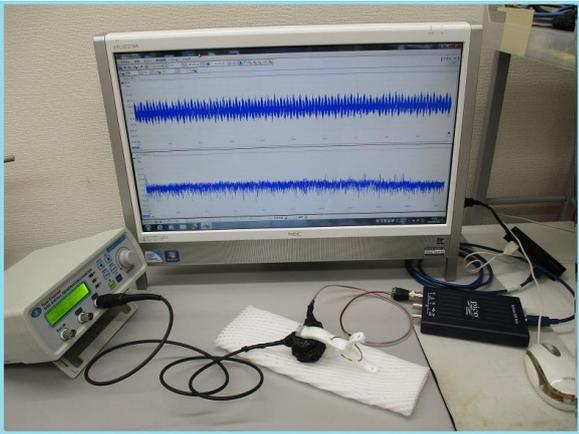
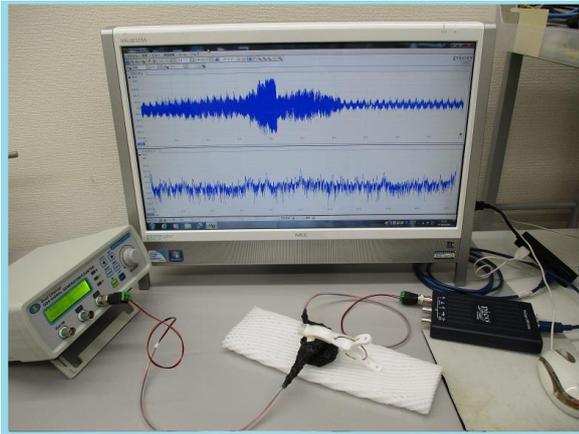


超音波プローブの発振制御

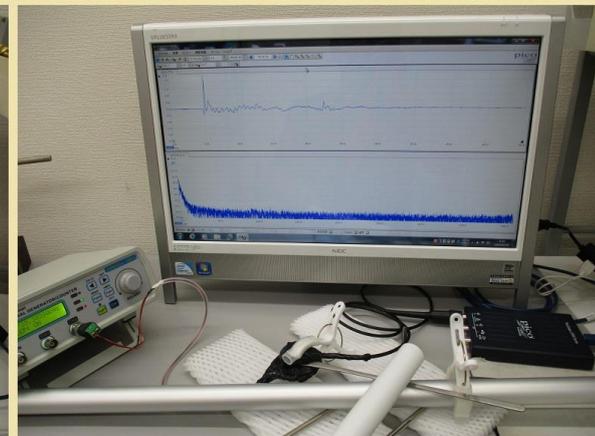
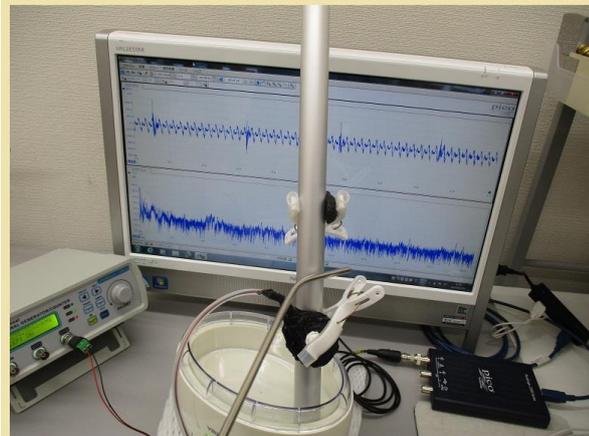
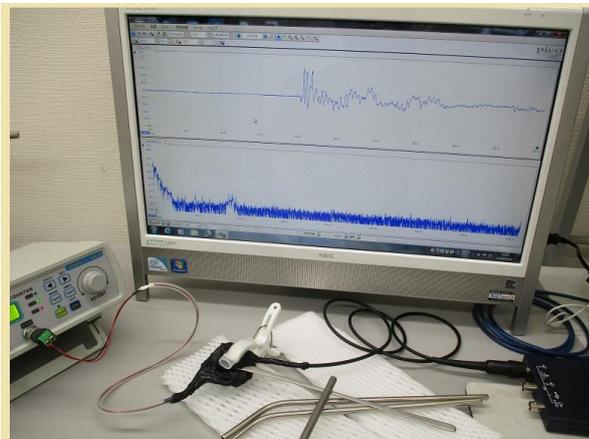
参考：超音波プローブのタイプ

- 1) 超音波プローブ 発振型 (共振タイプ)
- 2) 超音波プローブ 発振型 (非線形タイプ)
- 3) 超音波プローブ 測定型 (共振タイプ)
- 4) 超音波プローブ 測定型 (非線形タイプ)
- 5) 超音波プローブ 発振型 (共振・非線形タイプ)

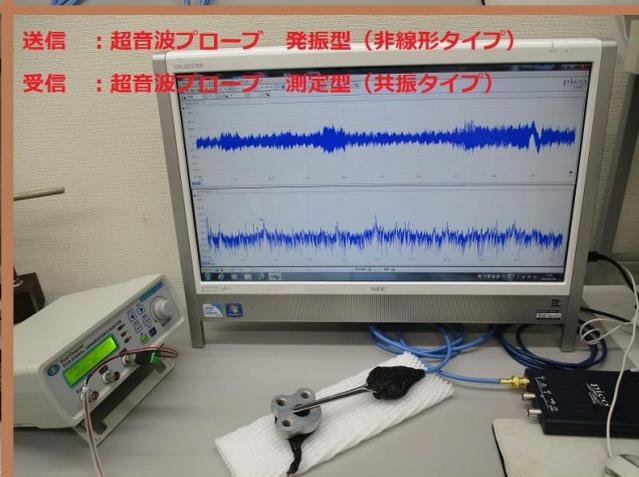
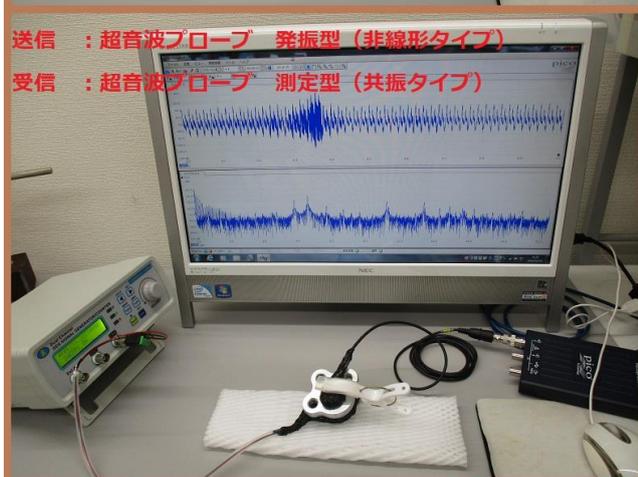
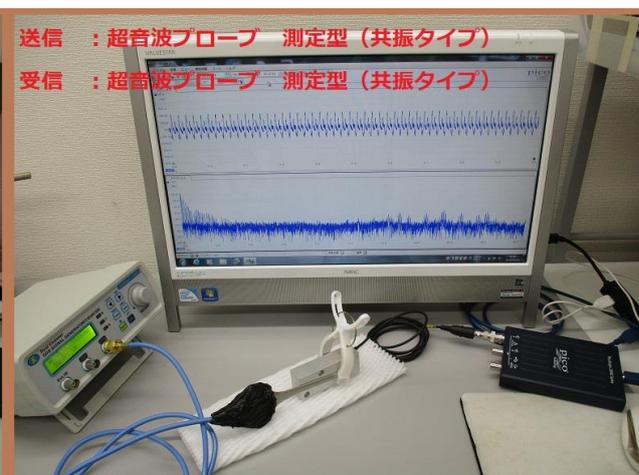
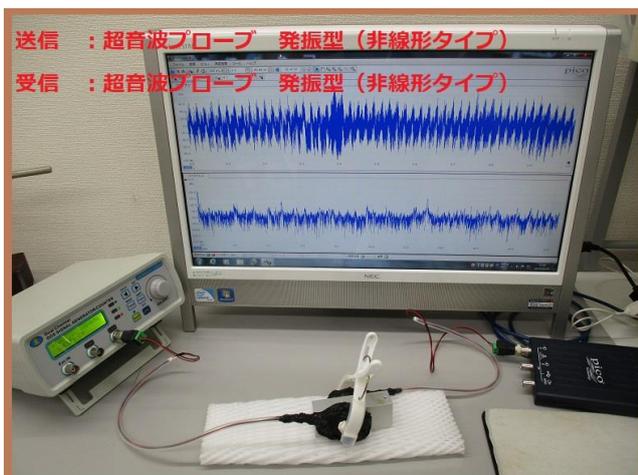
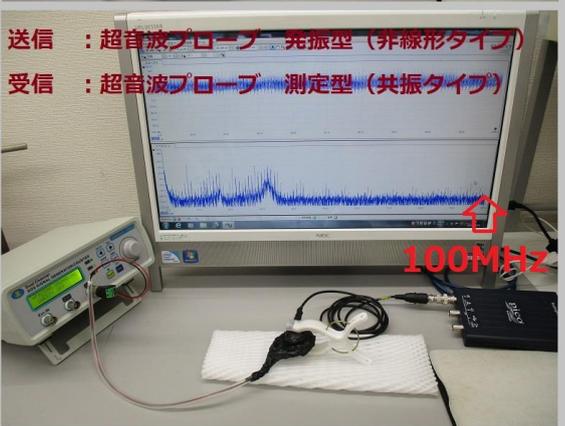
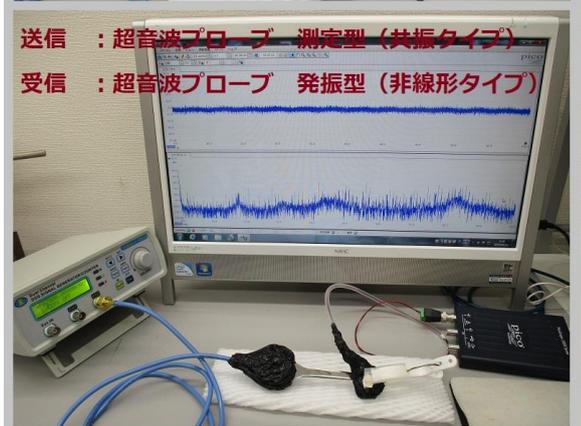
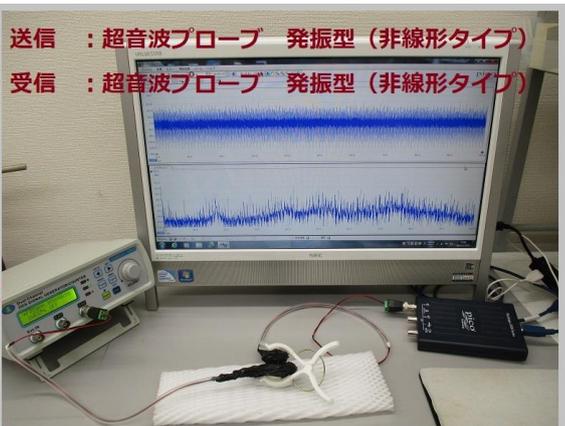
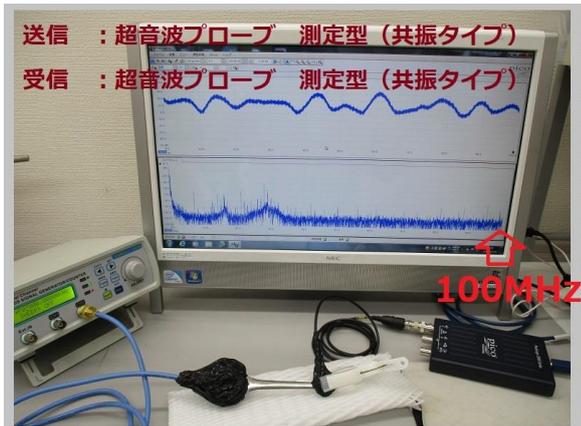




**超音波の音圧・振動データから、新しい超音波利用を導く**

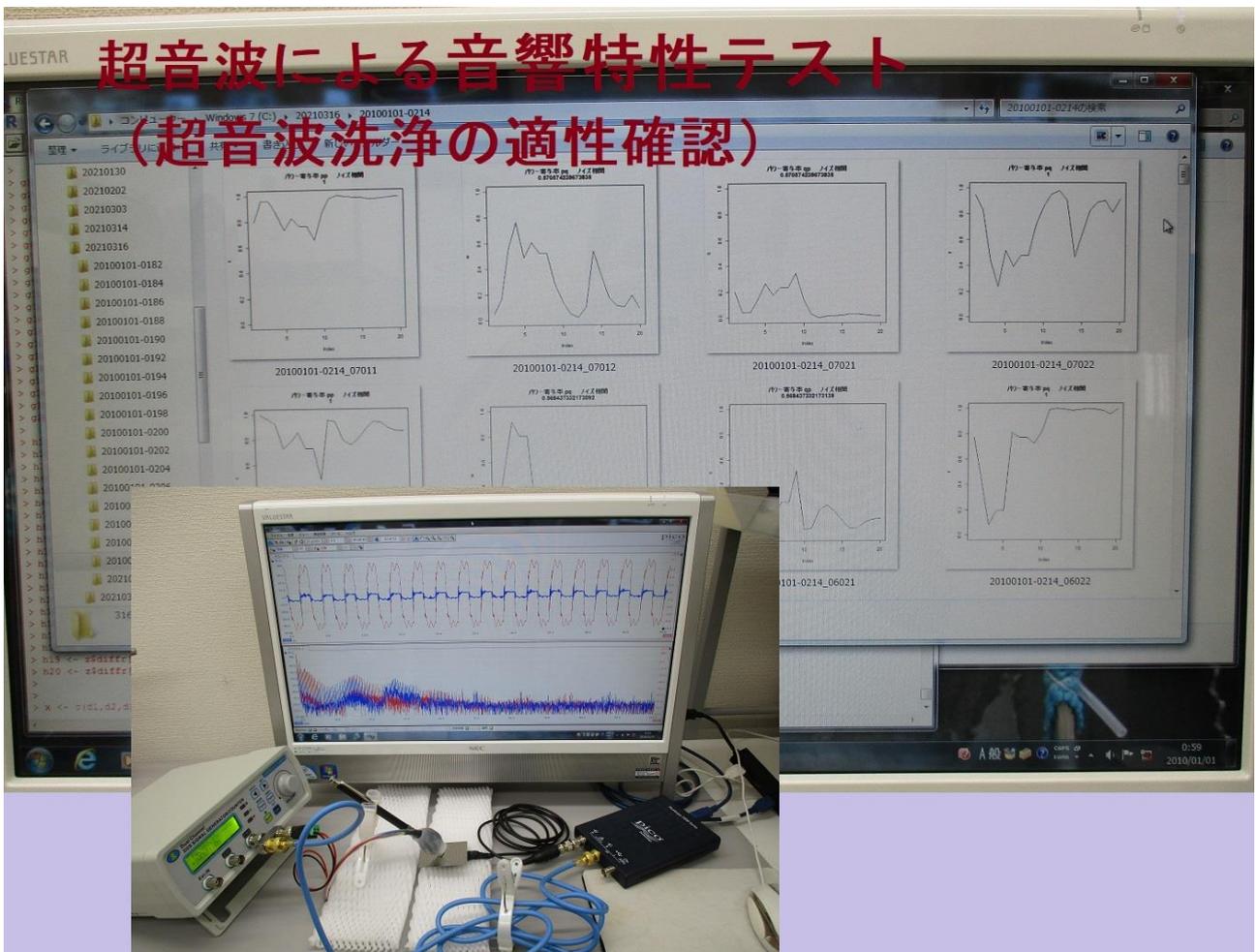
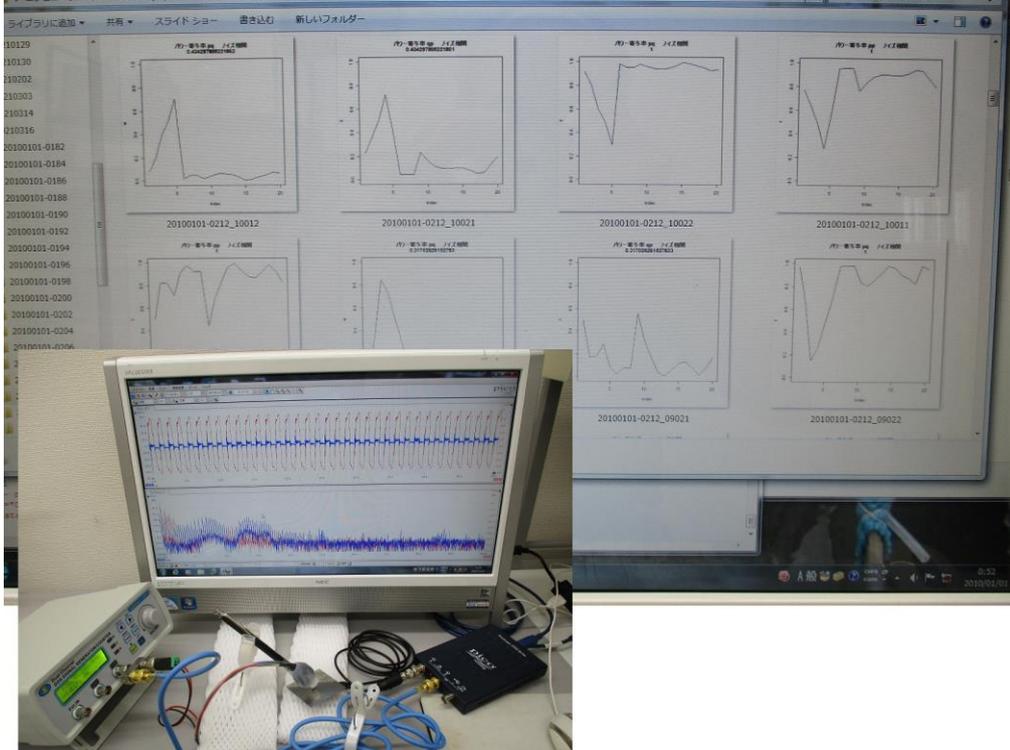


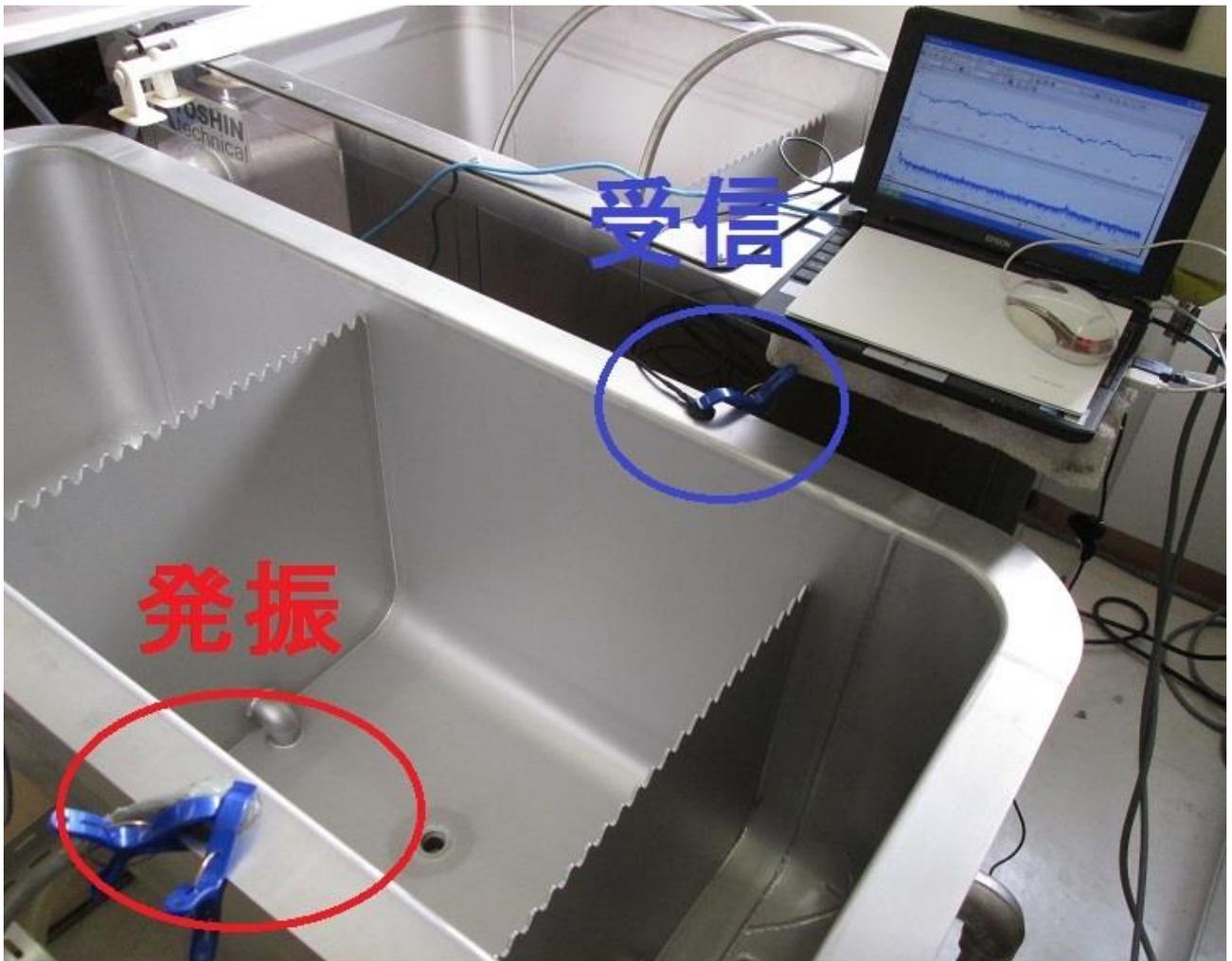
**低周波の共振現象と、高周波の非線形現象をコントロールする技術**



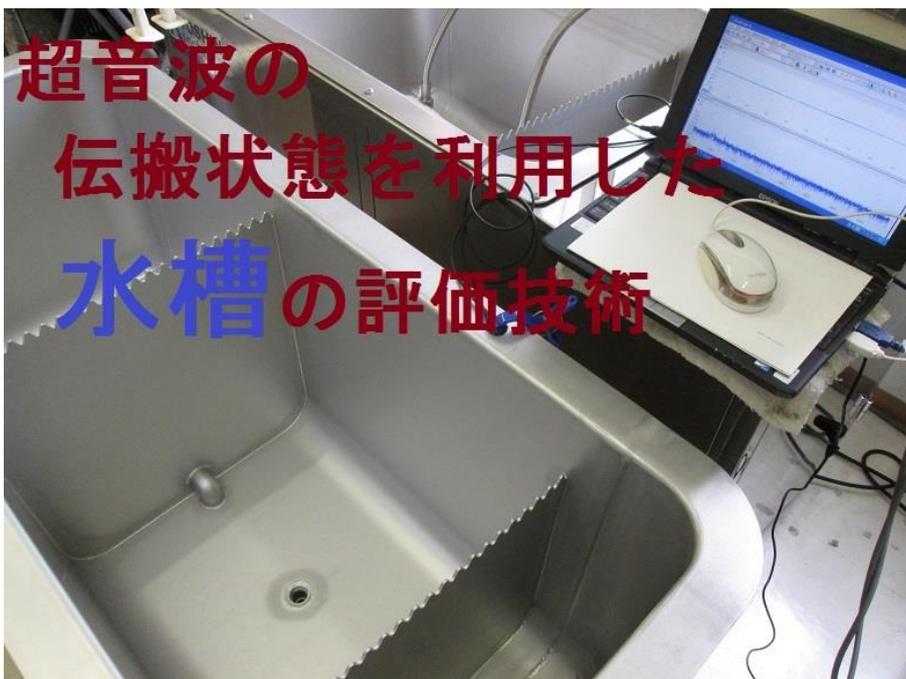
## 超音波プローブの発振制御による表面検査技術

# 超音波による音響特性テスト (超音波洗浄の適性確認)





超音波の伝搬状態を利用した  
水槽の評価技術



## 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

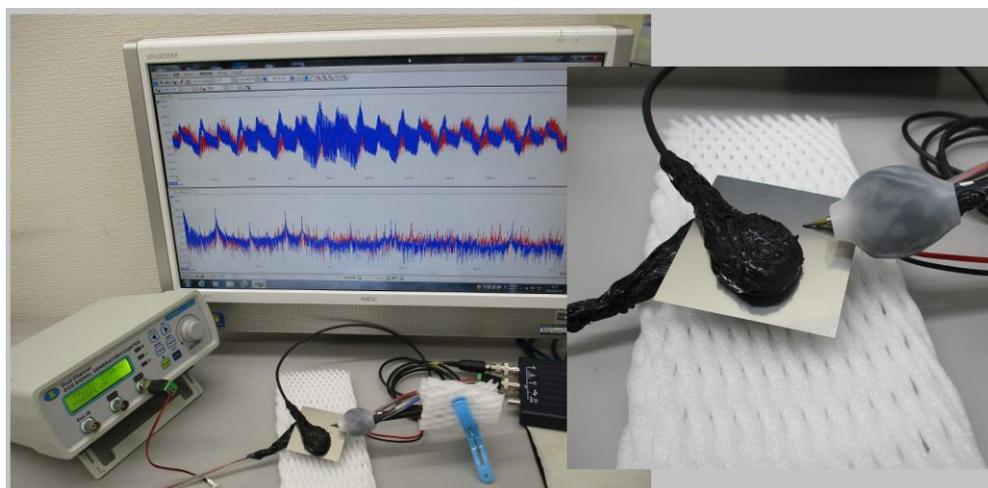
<http://ultrasonic-labo.com/?p=5267>

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

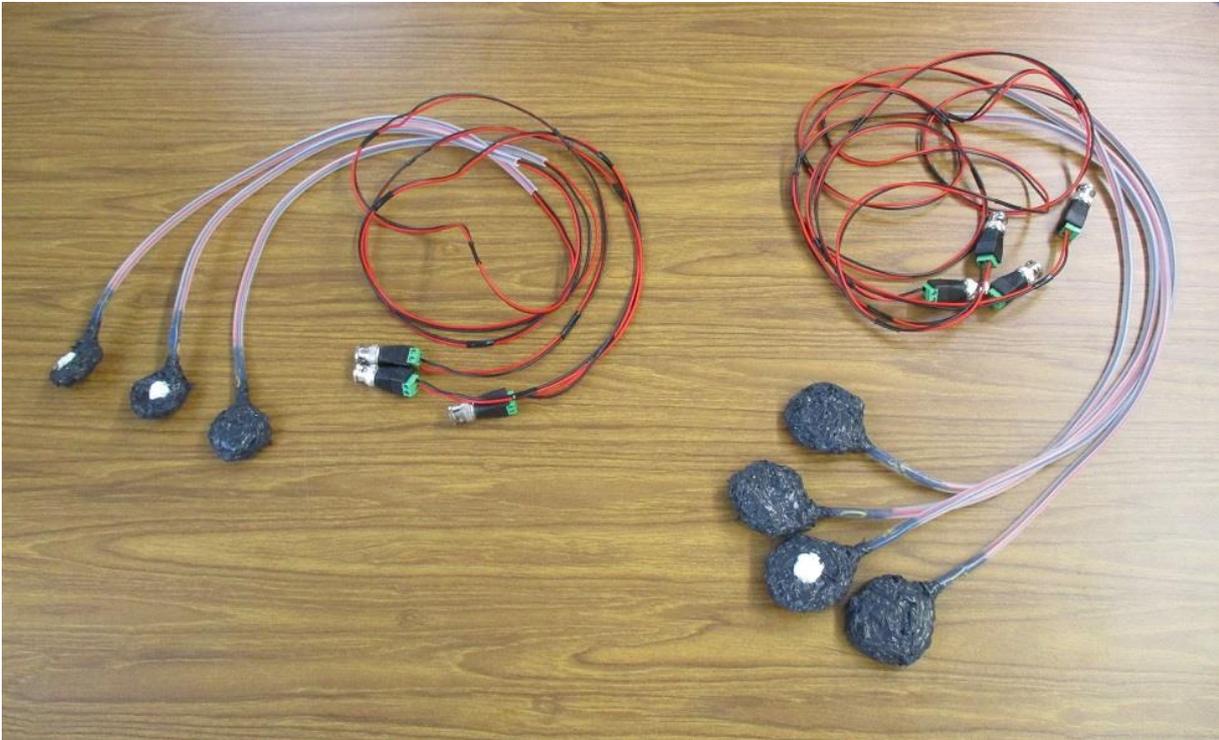
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14878>



超音波プローブの発振制御による表面検査技術

特願 2020-31017

## 超音波制御（超音波発振制御プローブ）



超音波発振制御プローブ（左：共振型 右：非線形共振型）



参考 音圧測定用

興味のある方はメールでお問い合わせ下さい

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)

ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

超音波素子（1）の振動面について、フラクタル構造・コンストラクタル構造のような模様加工、あるいは部品の接着（2）による同様な複雑な表面を形成することで、表面弾性波の伝搬現象の変化（反射・透過・屈折）を利用して高い周波数の超音波伝搬を、効率よく行うことを実現させる、あるいは、低周波の振動伝搬状態を効率よく実現する、  
超音波発振制御プローブ

【請求項 2】

超音波素子（1）の振動面について、音響特性を確認している対象物（金属、ガラス、樹脂、・・・）を、接着（2）することで、高い周波数の超音波伝搬を、効率よく行うことを実現させる  
あるいは、低周波の振動伝搬状態を効率よく実現する、  
超音波発振制御プローブ

【請求項 3】

請求項 1】請求項 2】の超音波発振制御プローブの利用に関して、目的の超音波伝搬状態（音圧、周波数、変化）を、音圧データ（周波数範囲 0.01 Hz～1 GHz）の測定解析（自己相関、バースペクトル、パワー寄与率、インパルス応答）により実現する制御設定方法

【請求項 4】

請求項 1】請求項 2】の超音波発振制御プローブの利用に関して、数百ヘルツ～数メガヘルツのスweep発振により非線形現象と相互作用について音圧データ（周波数範囲 0.01 Hz～1 GHz）の伝搬状態を実現し、解析（自己相関、バースペクトル、パワー寄与率、インパルス応答）により最適化する方法

【請求項 5】

請求項 1】請求項 2】の超音波発振制御プローブの利用により、超音波の音圧データ測定・解析・評価・制御に関して、自己相関、バースペクトル解析により、非線形現象を評価し、パワー寄与率、インパルス応答により、相互作用を評価することで超音波刺激（伝搬状態）に関する超音波の、音圧・周波数の変化を目的に合わせて制御設定する方法

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波発振制御

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波利用に関して、超音波振動現象を目的（洗浄、加工、攪拌、検査・・・）に合わせて利用するための超音波発振制御プローブと制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波利用に関して、従来は10kHz～10MHzの範囲の測定により評価・利用している。

【0003】

実際に、対象物（気体、液体、弾性体）に伝搬する超音波は、複雑な、非線形現象等により、従来の測定範囲以外の振動現象が起きている。その結果、音圧測定の結果が超音波利用に関して、有効に機能しない状況（超音波機器の故障検出程度の利用）となっている。

【0004】

本発明の、超音波発振制御プローブは、超音波素子（1）の振動面を調整することで、**0.01Hz～1GHzの範囲の測定・解析・制御を可能にする。**

【0005】

特に、従来の測定では検出できない、**1Hz～100MHz範囲の測定データの特徴を解析により検出することで、超音波の非線形現象に基づいた効率の良い超音波伝搬状態をコントロール（実現）できる。**

【0006】

超音波伝搬状態のコントロールに関して

従来では、測定解析評価が行われていなかった、非線形現象の解析（バイスペクトル）により超音波伝搬状態の変化に関する制御が可能になる。

超音波発振制御プローブを複数利用する、あるいは従来の超音波装置に超音波発振制御プローブを追加することで、相互作用の解析（パワー寄与率）に対応する超音波の伝搬状態に対する制御が可能になる。

【0007】

本発明では、1Hz～100MHz範囲の音圧データを解析管理（自己相関、バイスペクトル、パワー寄与率、インパルス応答）することで、各種の超音波発振状態に関する設定事項を最適化する。

【0008】

結果として、超音波利用に関して目的（洗浄、加工、攪拌、検査・・・）似合わせた効果的な超音波伝搬状態の変化に関する利用が実現する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】 【特許番号】 特許第 6307684 号 (P6307684)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

超音波伝搬現象について、測定解析の周波数範囲を広げることで測定結果と超音波現象による各種の効果の関係を明確にして超音波を効率よく効果的に利用できるようにすること。

【課題を解決するための手段】

【0011】

超音波素子(1)の振動面について、  
微細な加工・微細な部品の接着、あるいは  
音響特性を確認している対象物(金属、ガラス、樹脂、...)を、  
接着することで、超音波のスweep発振により  
表面弾性波が各種形状のエッジ部の複雑な伝搬状態の変化により  
1/100、1/10のサブハーモニック、あるいは、10倍、100倍  
の高調波が簡単に発生・制御することが可能になり  
目的とする超音波伝搬現象を、効率よく実現できる  
超音波発振制御プローブと超音波発振制御方法を利用する。

【0012】

【0011】の超音波発振制御プローブの利用に関して、  
超音波素子(1)の振動面について、異なる材質(音響インピーダンス)  
の部材を接着することで、ナノレベルの洗浄、加工、攪拌...において  
1Hz~100MHz範囲の超音波伝搬を実現し、音圧データを解析  
(自己相関、バイスペクトル、パワー寄与率、インパルス応答)・管理  
することで、各種の超音波発振に関する各種設定事項を  
ダイナミックな変化(非線形現象)に関して最適化する。

【発明の効果】

【0013】

【図1】音圧測定データ(縦軸:パワー dBu 横軸:周波数 MHz)  
超音波発振制御プローブ:800kHz~1.2MHzのスweep発振

(矩形波 デュティー43%)による100MHzまでの超音波データ

【図2】音圧測定データ(縦軸:パワー dBu 横軸:周波数 MHz)  
超音波発振制御プローブ:

100kHz-800kHzスweep発振(矩形波 デュティー47%)による

100MHz付近の周波数のピークを抑えた超音波データ

【図3】音圧測定データ（縦軸：パワー dBu 横軸：周波数 MHz）  
2本の超音波発振制御プローブ：

- 1) 300 Hz - 3.8 kHz スweep発振（矩形波 デュティー43%）
  - 2) 200 kHz - 1 MHz スweep発振（矩形波 デュティー31%）
- 上記1) 2) による精密洗浄目的に合わせた超音波データ

【図4】音圧測定データ（縦軸：パワー dBu 横軸：周波数 MHz）  
従来の発振面がフラットな超音波プローブ：

- 3.5 MHz ~ 4.4 MHz の
- sweep発振による100 MHzまでの超音波データ

【図5】音圧測定データの解析結果：自己相関

ダイナミックな変化（非線形現象） 矢印は 500  $\mu$ s 経過

【図6】音圧測定データの解析結果：バイスペクトル

ダイナミックな変化（非線形現象） 矢印は 500  $\mu$ s 経過

【図7】超音波発振制御プローブ

- 1) 超音波素子 2) 音響特性を確認している対象物

【図8】超音波発振制御プローブ

【図9】超音波発振制御振動子

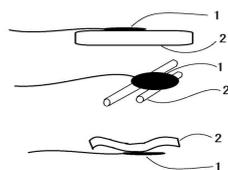
【書類名】 要約書

【要約】

【課題】超音波利用について、超音波の伝搬周波数の範囲と、測定解析の周波数範囲を広げることで、目的に合わせた超音波伝搬現象を効率よく効果的に実現できるようにすること。

【解決手段】超音波振動面に対して、微細な加工あるいは部材の接着により、0.01 Hz ~ 1 GHz の振動伝搬状態が出来る超音波発振制御プローブを製作して利用すること。

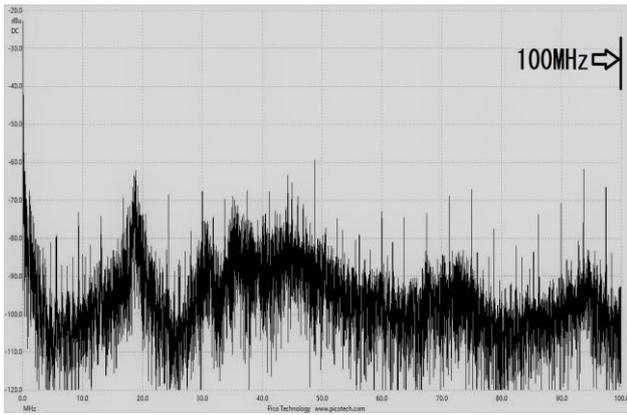
上記のプローブを複数使用して、低周波（数百ヘルツ～数十キロヘルツ）のスイープ発振と高周波（数百キロヘルツ～数メガヘルツ）のスイープ発振を組み合わせることで、利用目的の周波数伝搬状態を、音圧データの解析（自己相関、バイスペクトル、パワー寄与率、インパルス応答）に基づいて実現すること。



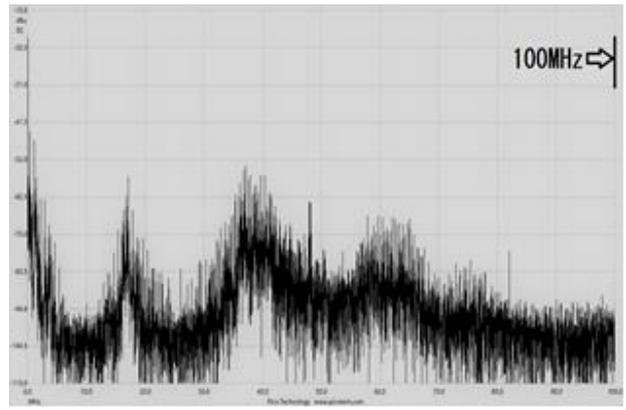
【選択図】 図7

【書類名】 図面

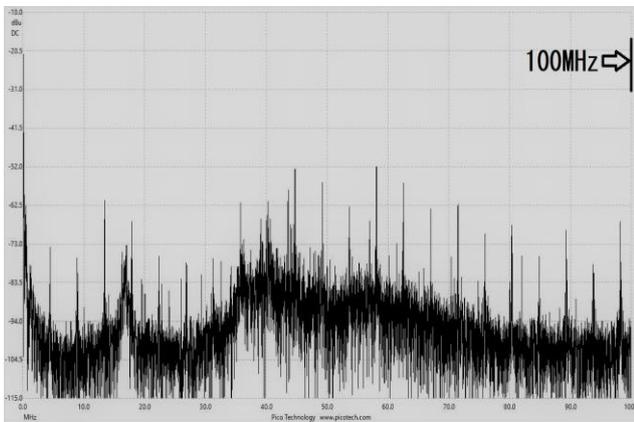
【図 1】



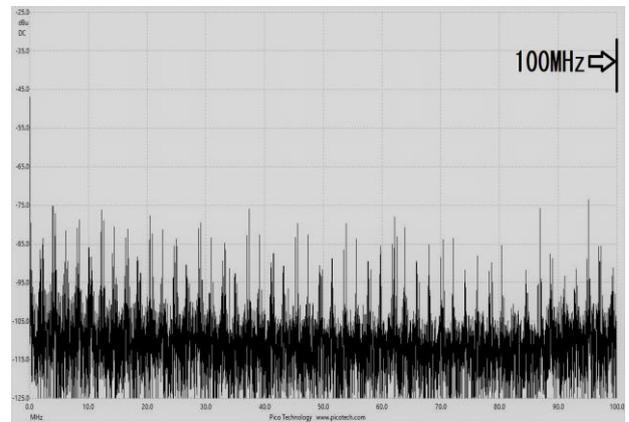
【図 2】



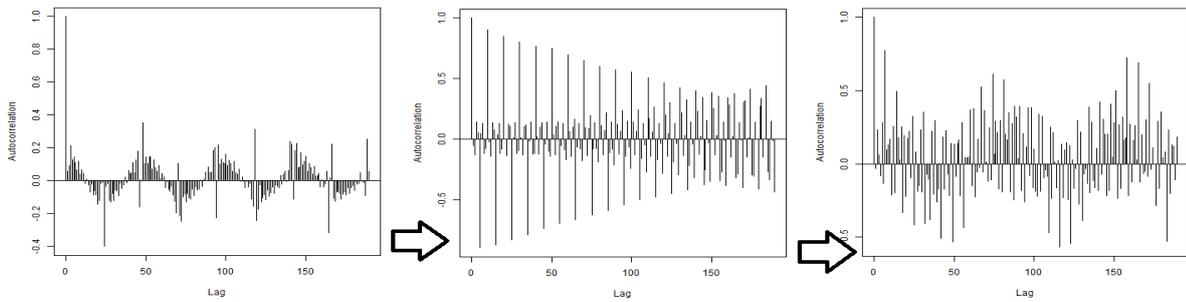
【図 3】



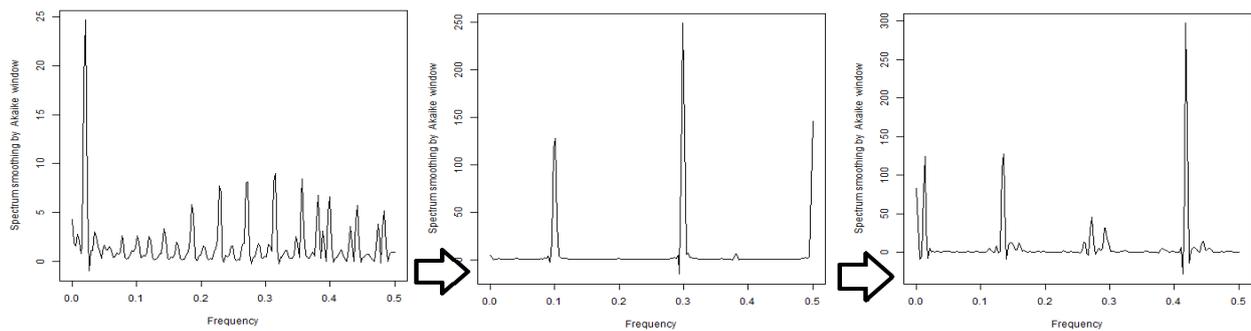
【図 4】



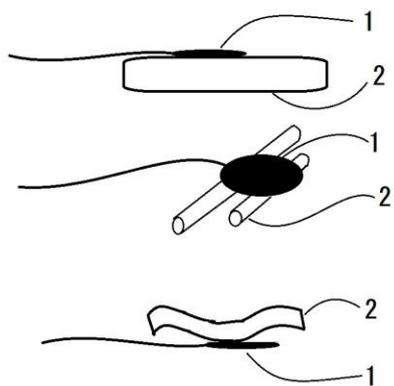
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】



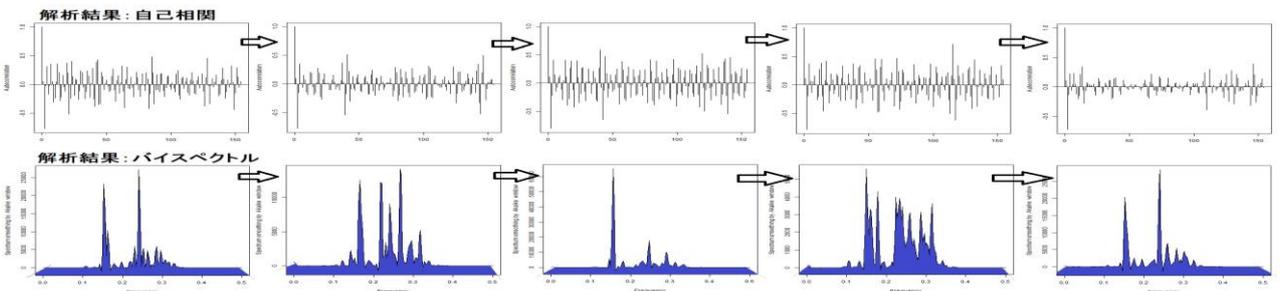
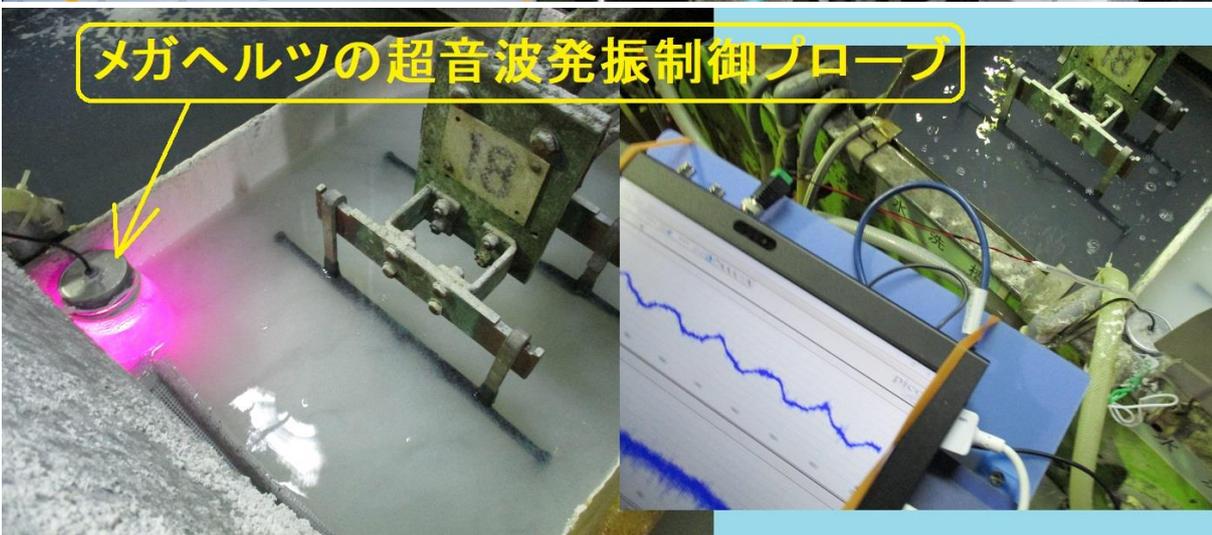
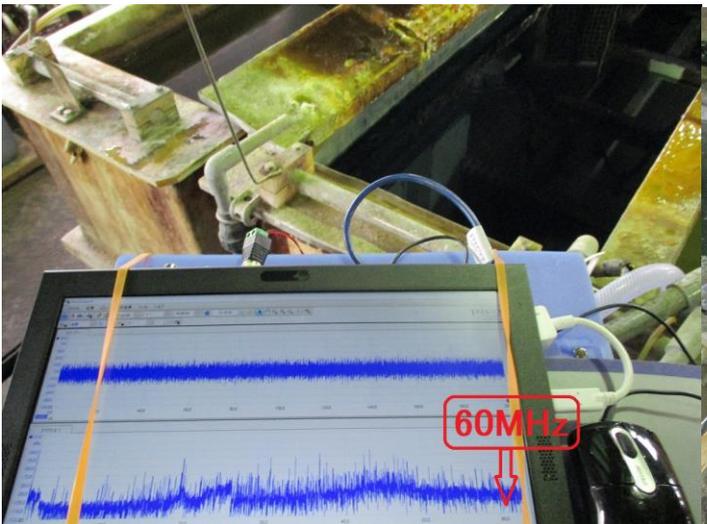
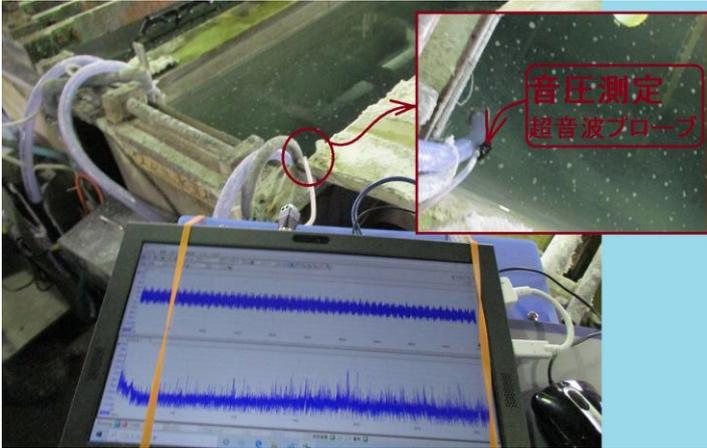
【図 9】



メガヘルツの超音波発振プローブ



参考



参考<<超音波システム>>

超音波発振システム（1MHz、20MHz）

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

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>

空中超音波技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17220>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

「超音波の非線形現象」を利用する技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1328>

超音波実験写真（表面弾性波の応用）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2005>

超音波洗浄に関する非線形制御技術

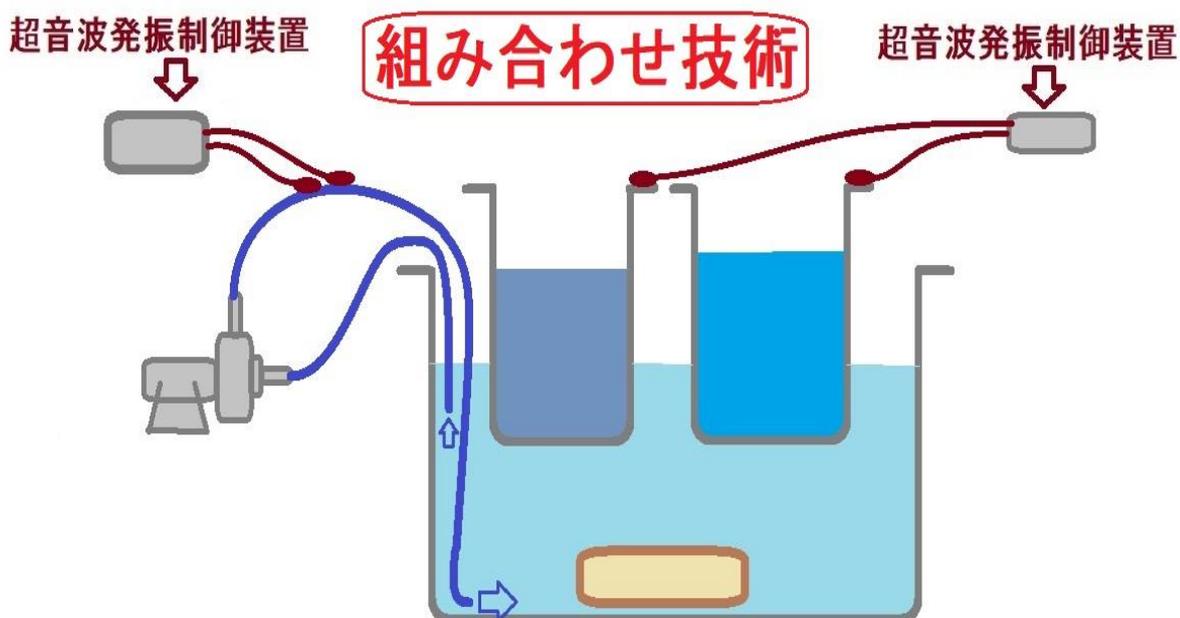
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1497>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

超音波技術資料（アペルザカタログ）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>



**音響流（洗浄効果の主要因）に対するシステムの最適化技術**  
音圧測定解析に基づいて、コンサルティング対応しています