

音響特性テストに基づいた超音波発振制御による洗浄技術

超音波システム研究所 齊木和幸

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。

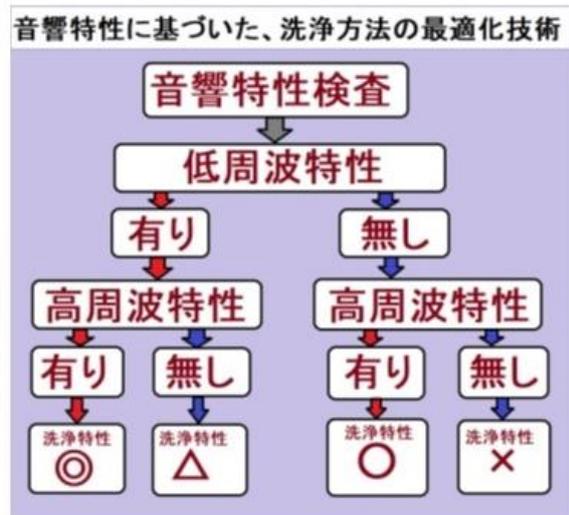
この技術を利用して、洗浄対象物の超音波伝搬特性評価を行い
効果的な、超音波洗浄機の制御・周波数・出力レベル・・・について
報告書にまとめ提案してきました。

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



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。

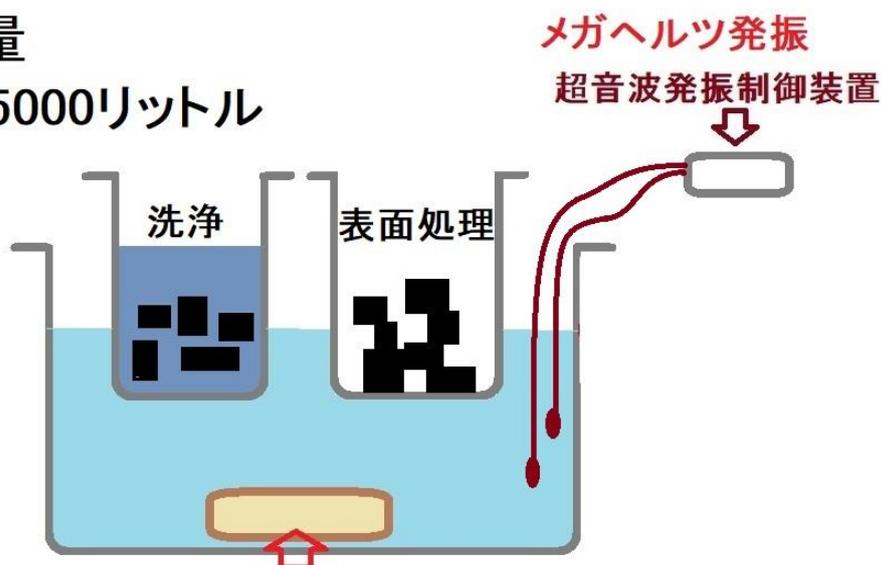
特に、伝搬現象におけるダイナミック特性を確認することで
洗浄効果のバラツキに対する特性が検出出来ます。

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。

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

洗浄液量

100—5000リットル



周波数30—50kHz 出力100—300W 超音波振動子

上の図は、間接容器を利用した洗浄・表面処理の標準的な装置です
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

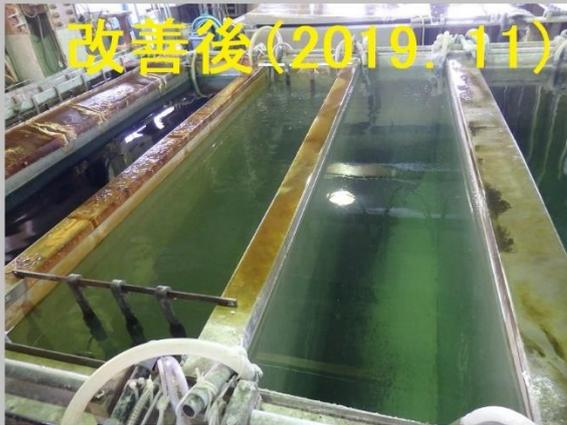
メガヘルツのスイープ発振制御により、液体は変化します。

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、・・・により、従来にない、均一な洗浄レベルを実現します。



超音波
(40kHz 600W 1式、
ファンクションジェネレータによるメガヘルツ発振 1式)と
ファインバブル発生液循環装置(各水槽に2台)による
めっき水槽の改良

洗浄液の評価テスト

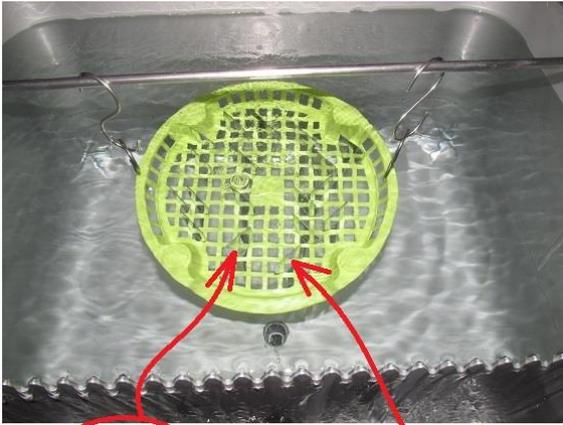
【試験結果】

浸漬脱脂条件	① 新液	
TP外観		
錆率	70%	50%

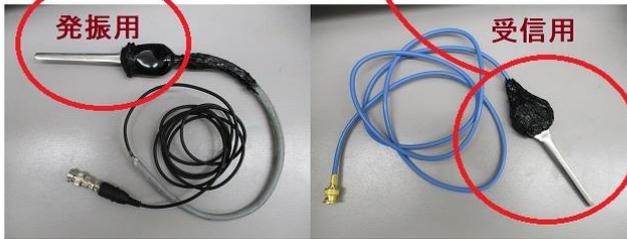
浸漬脱脂条件	④ 現場液	
TP外観		
錆率	95%	95%

現場液：

4ヶ月使用経過状態



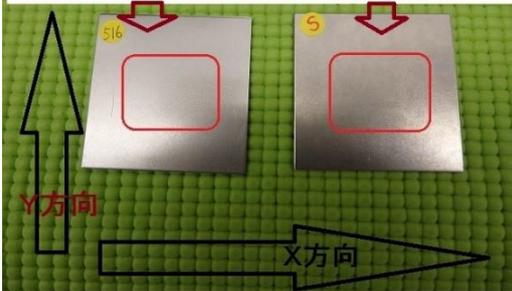
超音波プローブの製造
 ステンレス部材の
 <<表面改質>>
 第一段階: マイクロバブル
 第二段階: 高い周波数の
 超音波照射
 第三段階: 組み合わせ
 総合作用



超音波を利用した

表面処理

標準品

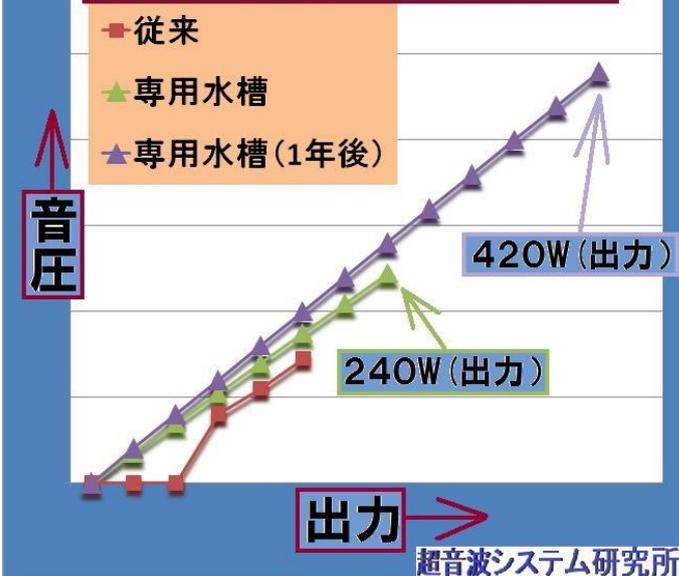


部品:

幅W(mm): 50 長さL(mm): 50 板厚t(mm): 1
 材質: 鉄(SPCC相当)

	応力値[MPa]	標準偏差[±MPa]
超音波処理品	-40	32
標準品	-7	57

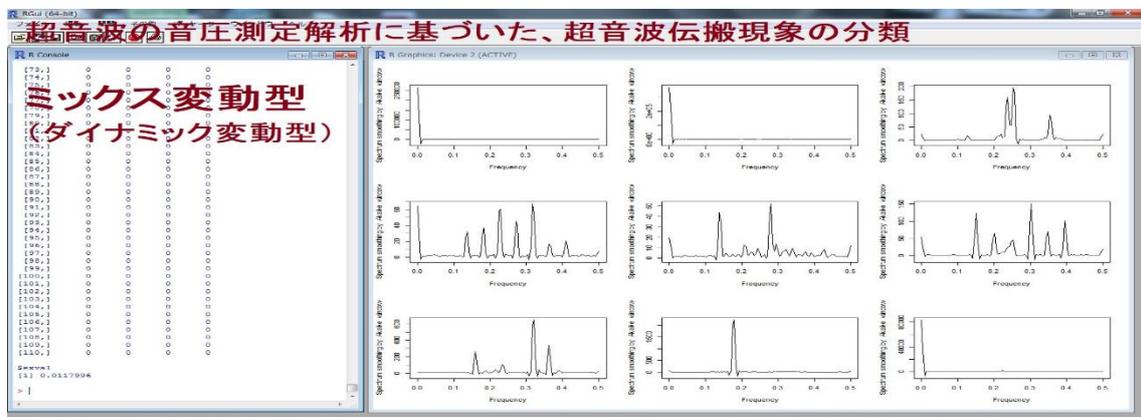
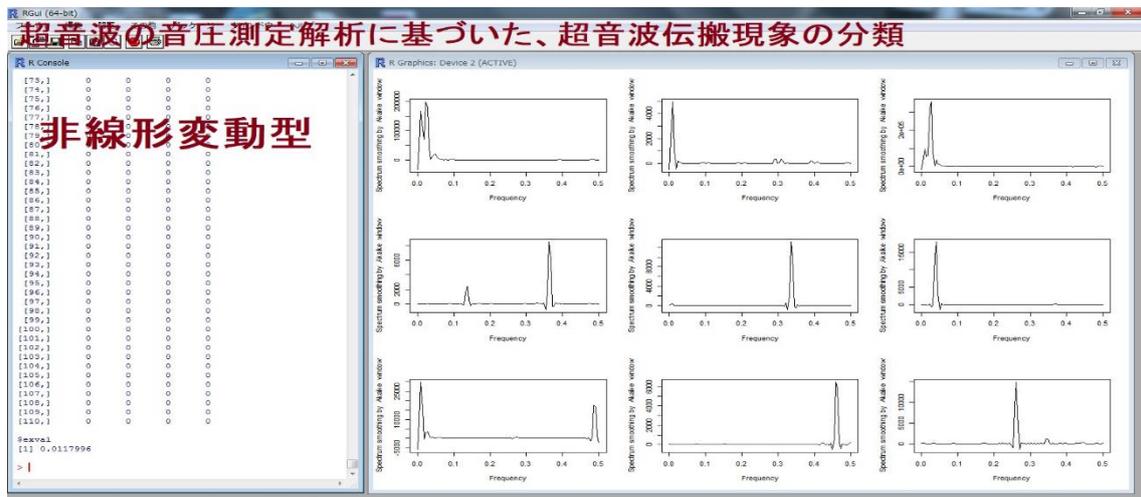
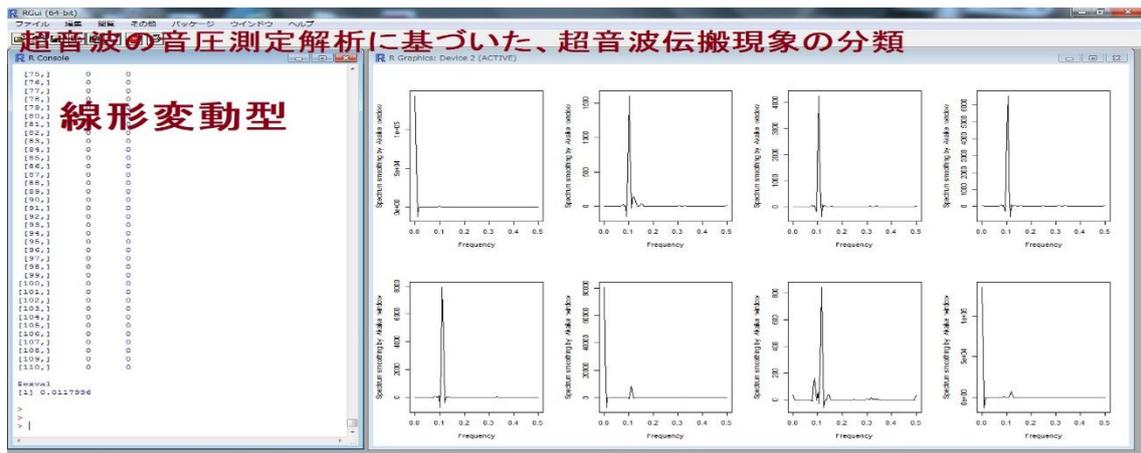
超音波専用水槽の効果!



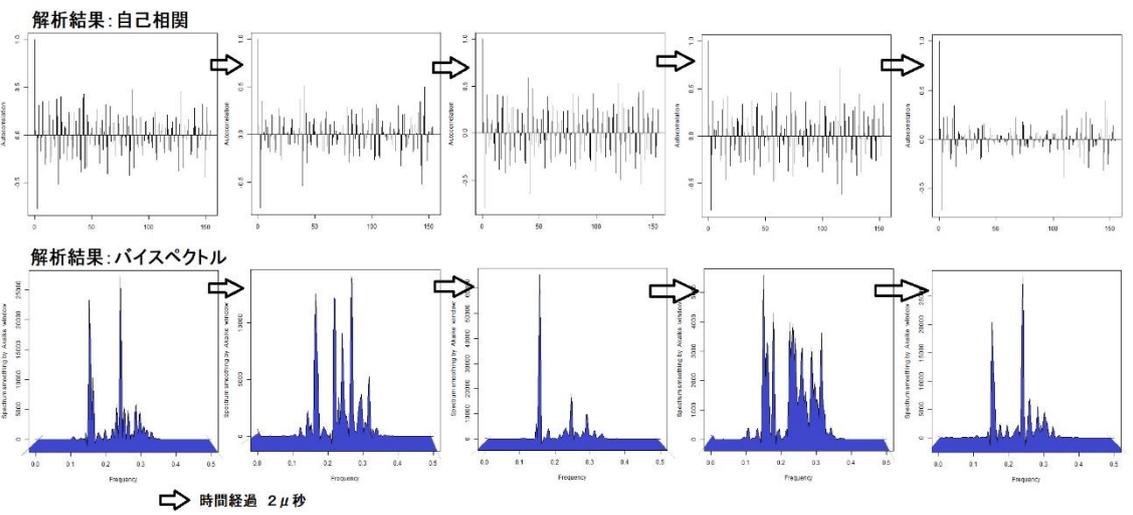
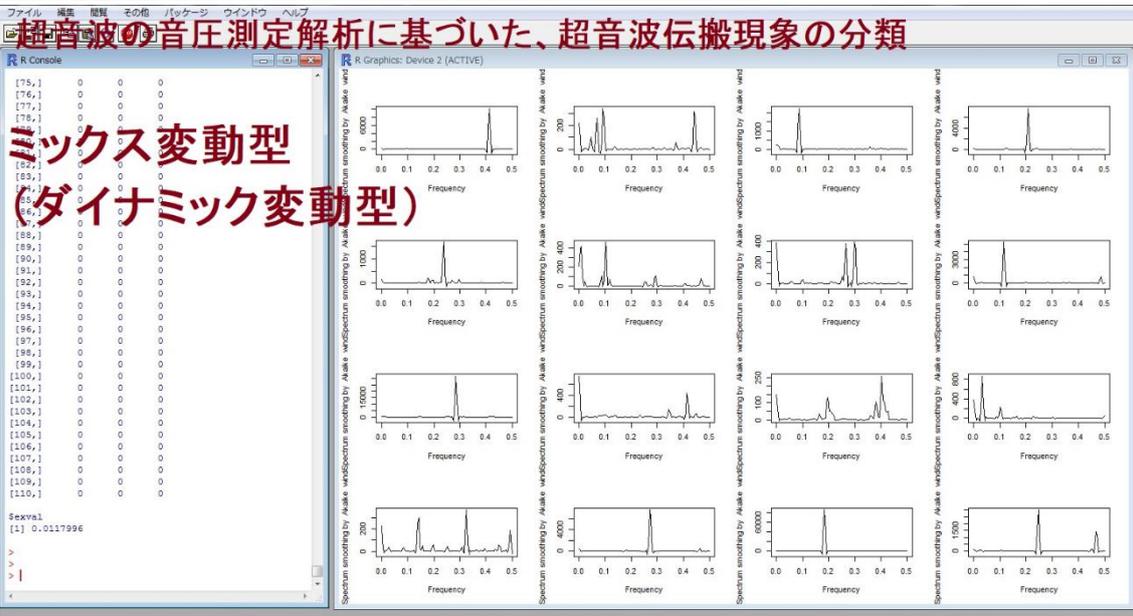
ポイント3：液体に伝搬する超音波と弾性体に伝搬する超音波

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。



超音波とファインバブルを利用した「めつき処理」技術



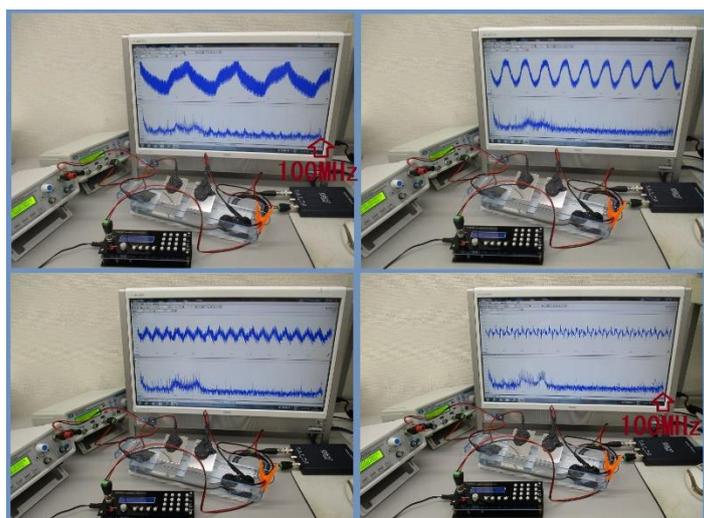
超音波発振（スイープ発振、パルス発振、・・・）システム （低周波の共振現象と、高周波の非線形現象をコントロールする技術）

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。

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



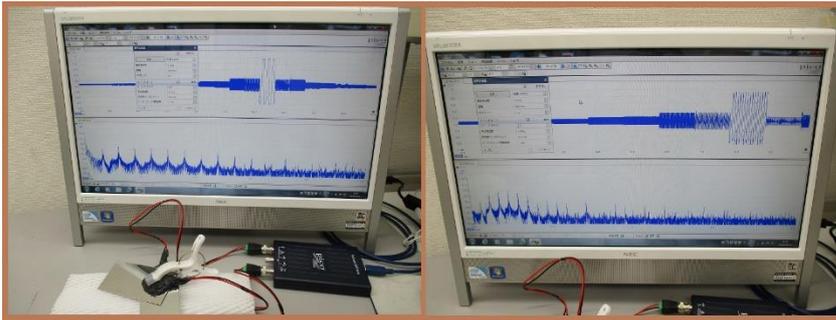
複数の超音波をスイープ発振することによる、

超音波の非線形伝搬制御技術

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ください
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



スweep発振条件による変化

参考動画

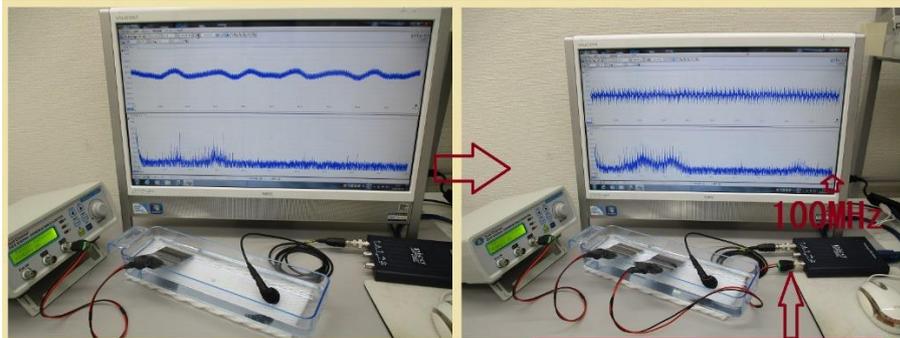
<https://youtu.be/1JgSnjBGVQE>

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

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

https://youtu.be/RJYT_bp10-4

<https://youtu.be/FZBx2gv9jSQ>



スweep発振（追加）

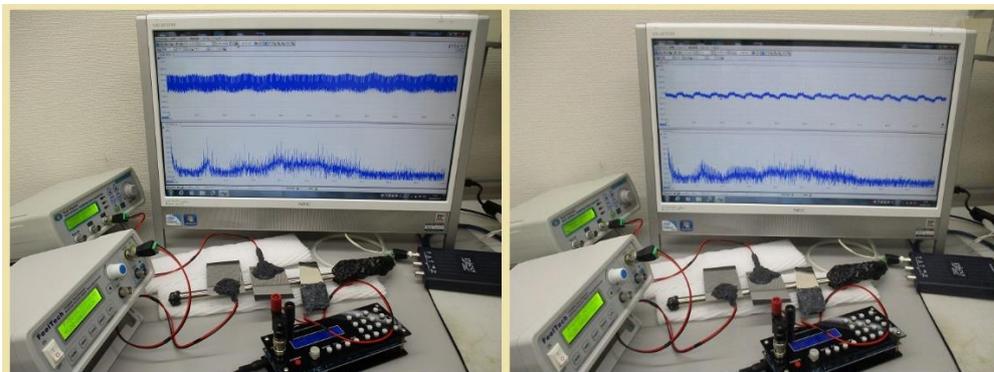
<https://youtu.be/6C5YIqBjmG8>

<https://youtu.be/Y8ypxVku5Lw>

<https://youtu.be/fa0Crniz5vM>

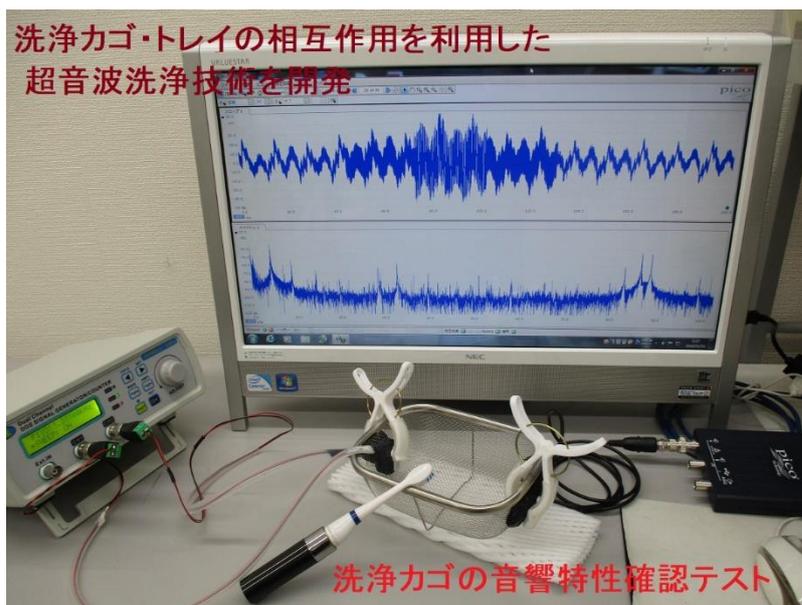
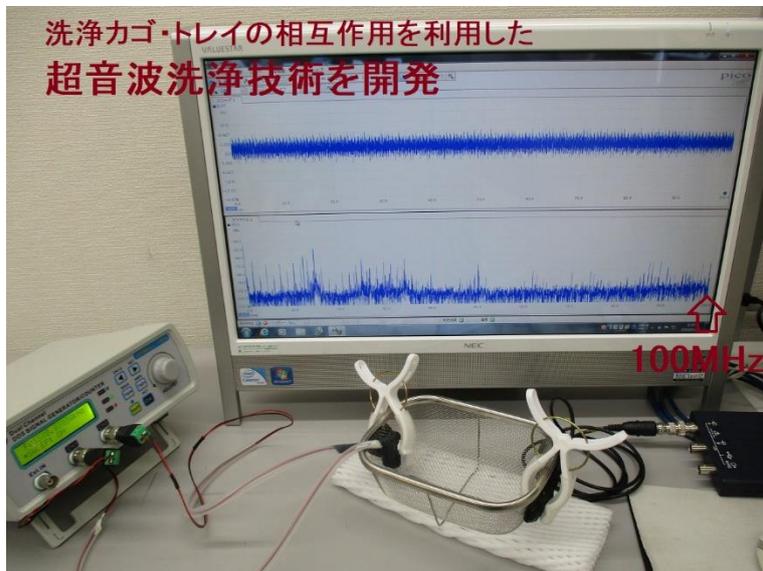
<https://youtu.be/LADwyIX4AIO>

https://youtu.be/N_ixyiwYao4



超音波伝搬現象の分類に基づいた、
超音波のスweep発振制御技術

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。

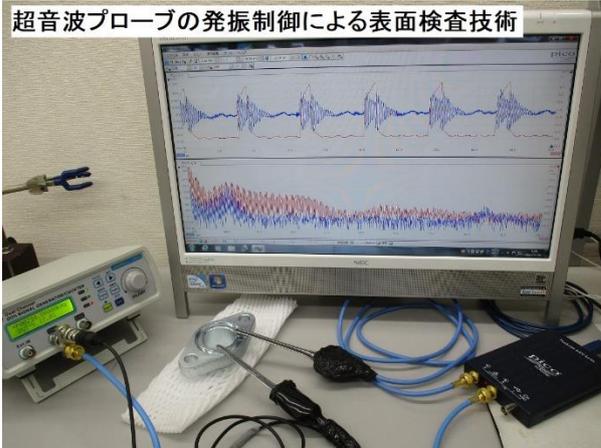
特に、発振・受信の組み合わせによる

応答特性を利用した

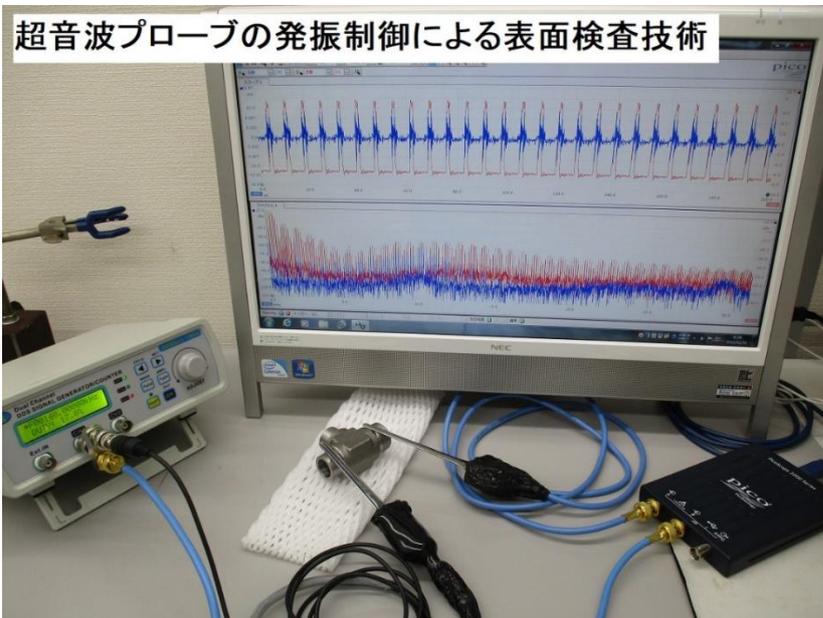
ネジやボルト・・・の精密部品や、ガラス・レンズ・・・の
精密洗浄部品の事前評価・・・に関して、

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。

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



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。

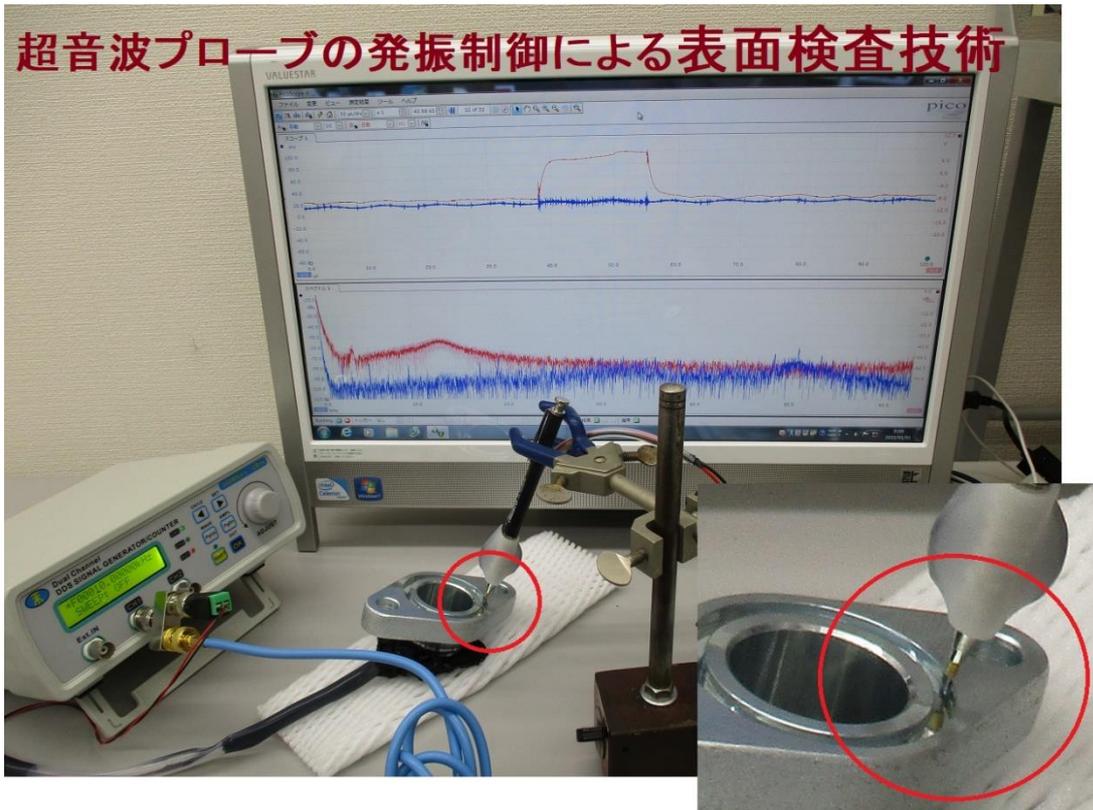
- 注： 1）伝搬周波数特性
2）音圧レベルの減衰特性
3）高調波・低調波の発生特性

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。

超音波プローブの発振制御による表面検査技術



参考（実験動画）

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

<https://youtu.be/F00YL1nQk6c>

<https://youtu.be/rcIVhBZxOCQ>

https://youtu.be/ATSA9Xp_ZJk

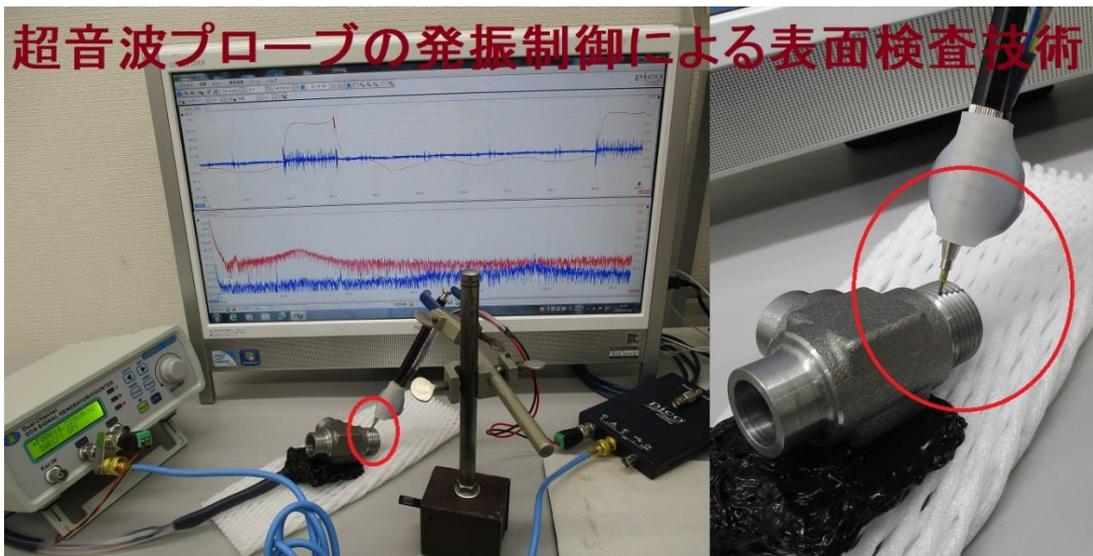
<https://youtu.be/xclNieA8tUc>

<https://youtu.be/4kdthdUA1yU>

<https://youtu.be/vR0CR2i6fTc>

https://youtu.be/XA2_OHxYmiM

超音波プローブの発振制御による表面検査技術



<https://youtu.be/dLYi7wTSUbI>

<https://youtu.be/AWJ9YFcZkVo>

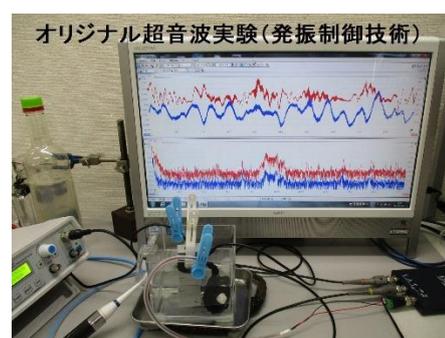
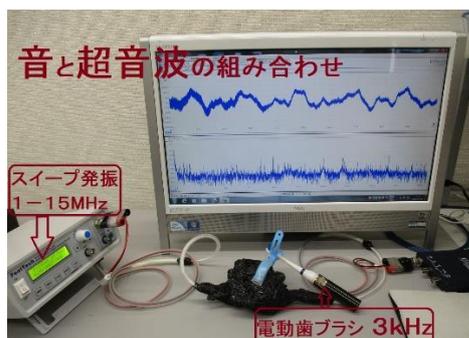
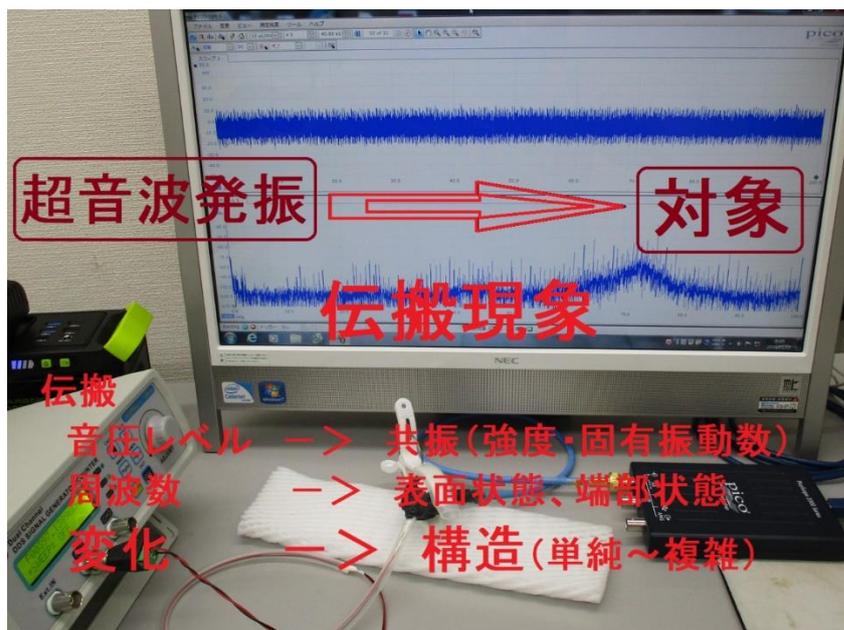
<https://youtu.be/cs9kkptJfjM>

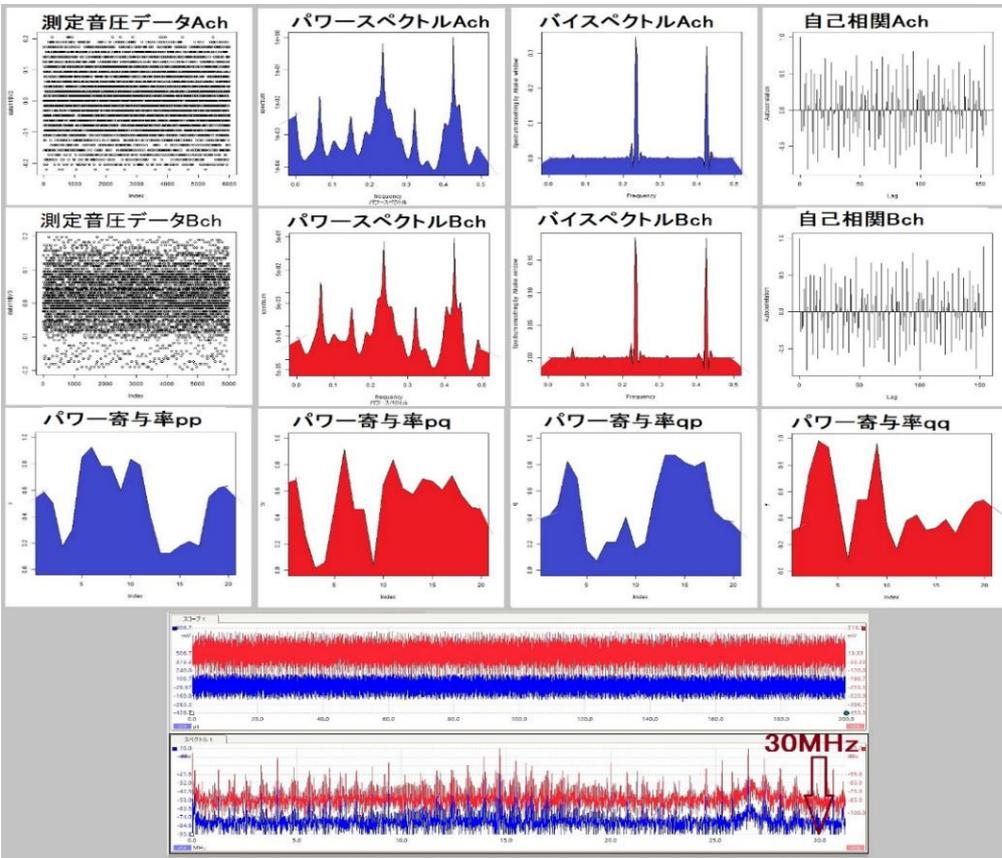
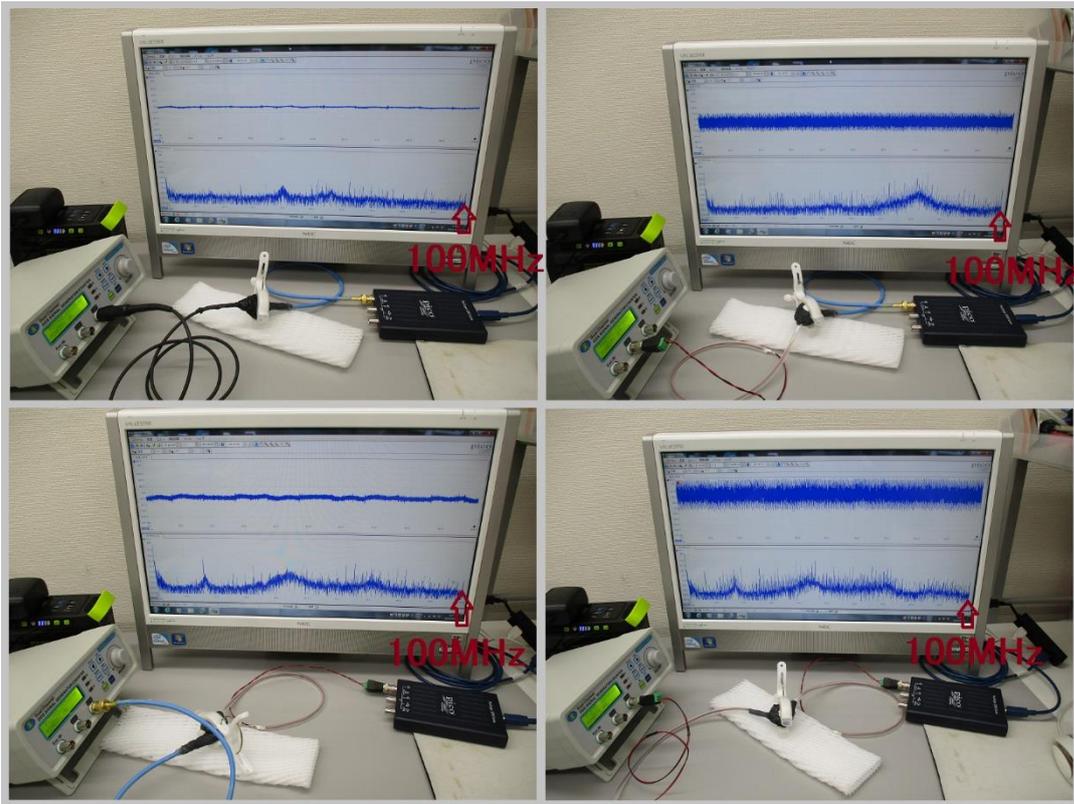
<https://youtu.be/vS94RAZMv2M>

参考（基礎技術）

オリジナル超音波実験（発振制御に対応する対象物の超音波伝搬状態の測定解析）により、以下の事項を確認し、様々な応用・コンサルティングに利用しています。

- 1) 伝搬する音圧レベルは、対象の共振状態が主要因である
(共振現象は、対象の固有振動数の影響が大きいため、強度が重要になる)
- 2) 伝搬する周波数は、対象の表面状態と端部が主要因である
(小さなバリ、キズ・・・により高い周波数（高調波）の発生が起きるが低周波の共振現象で高調波は減衰する)
- 3) 最も重要な事項は、
対象の構造による、伝搬する超音波の変化である
(単純な構造は大きな変化が発生し、複雑な構造では変化が小さい)
しかし、均一な構造の実現は難しいため、単純な構造と複雑な構造の各部分が相互に影響した複雑な変化が起きる
従って、**変化を測定し、各作用を解析評価することが重要になる**)





<<製造販売>>

1) オリジナル製品:

超音波システム (音圧測定解析、発振制御 10MHz タイプ)

型番: US-20211017

超音波システム (音圧測定解析、発振制御 10MHz タイプ)

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/a11b84107286cec4d7eb0b5e498d2636.pdf>

システム概要 (標準システム)

: : 超音波テスターNA 10MHzタイプ

: : 発振システム20MHzタイプ

価格 281,050円 (税込:消費税10%)

システム概要 (推奨システム)

超音波システム (音圧測定解析、発振制御 100MHz タイプ)

型番: US-20211016

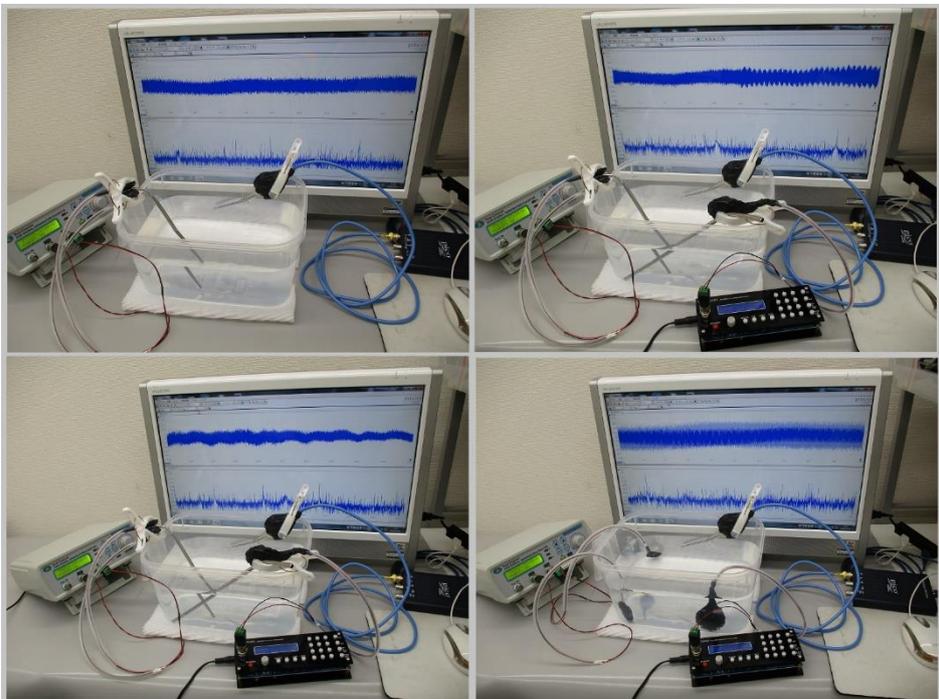
超音波システム (音圧測定解析、発振制御 100MHz タイプ)

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/1b3c6538707aa2b25f8a161324b9421d.pdf>

: : 超音波テスターNA 100MHzタイプ

: : 発振システム20MHzタイプ

価格 341,000円 (税込:消費税10%)



表面弾性波を利用した、超音波の発振制御実験

以上