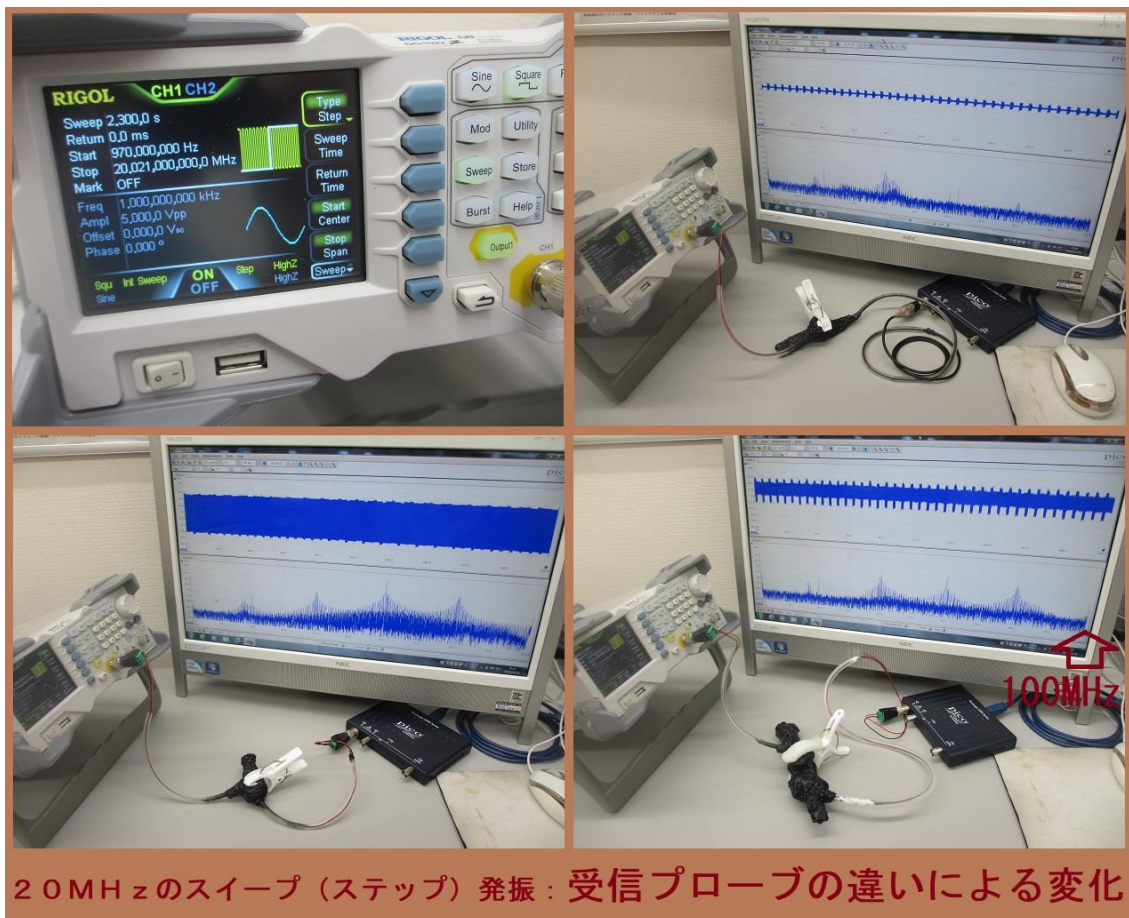


超音波プローブによるスweep発振制御技術 (オリジナル超音波システムの開発技術)

2023. 9. 1 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weep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、
各超音波プローブの音響特性に合わせて、スweep発振の条件設定を行います。

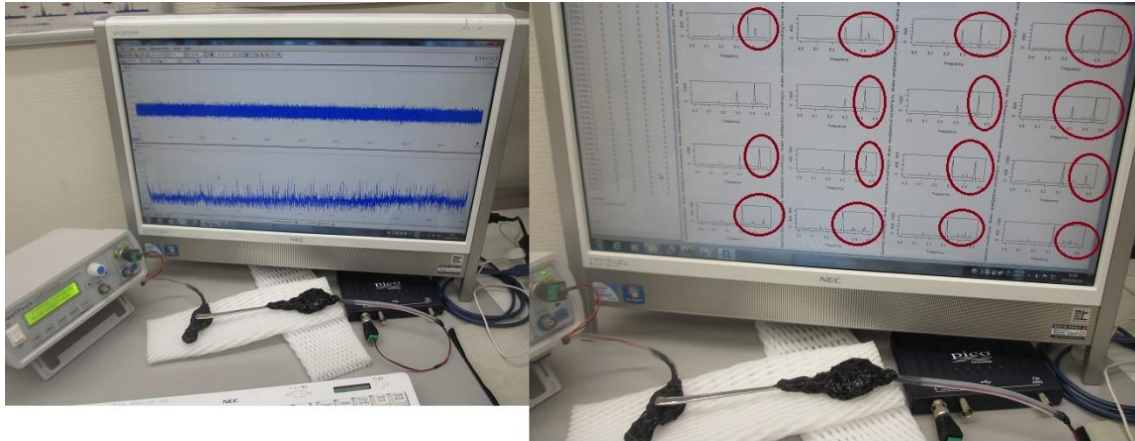
対象物や装置・水槽、治工具・・・の振動モードを考慮することで、
システムの振動系に合わせた、スweep発振条件により、
低周波の共振現象を制御することが、可能になります。

20W程度の出力でも

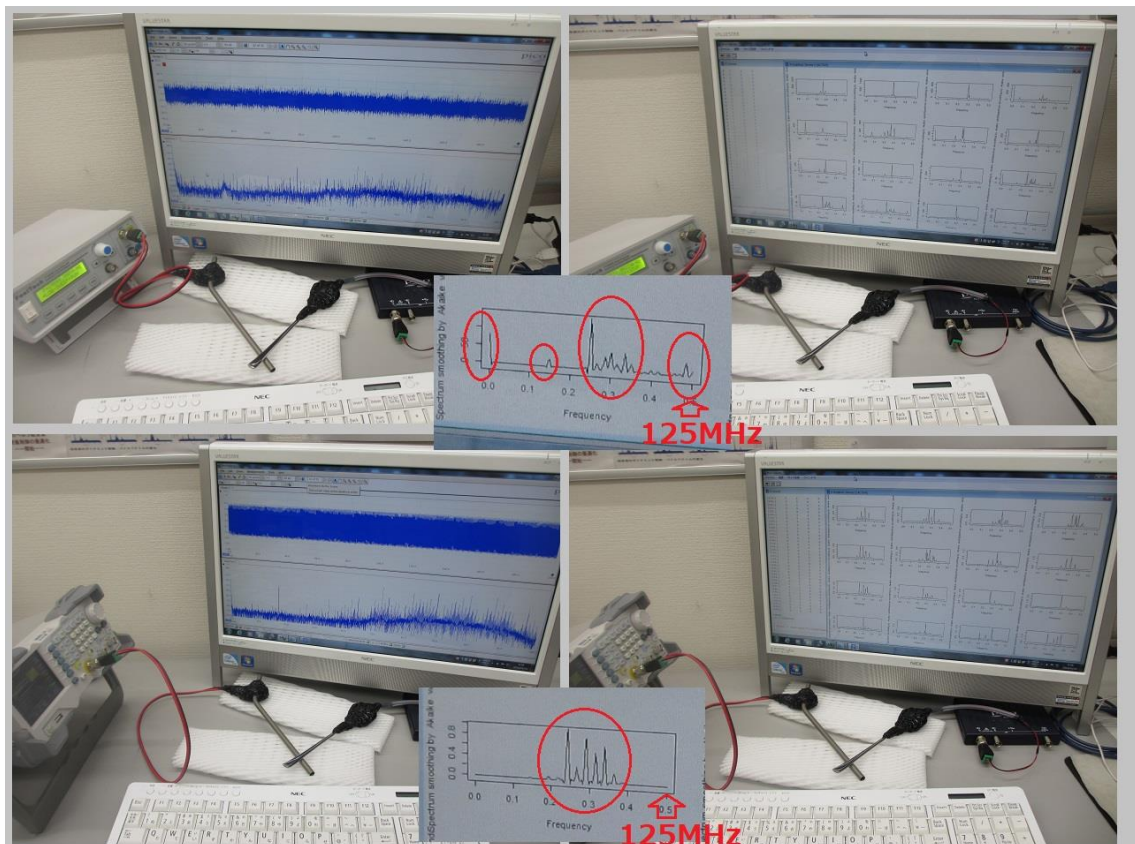
3000-5000リットルの水槽内に、目的に合わせた
音圧・周波数の超音波振動・刺激を伝搬制御することが可能になります。

<<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。



非線形現象の制御による、高調波（350MHz以上）の伝搬状態

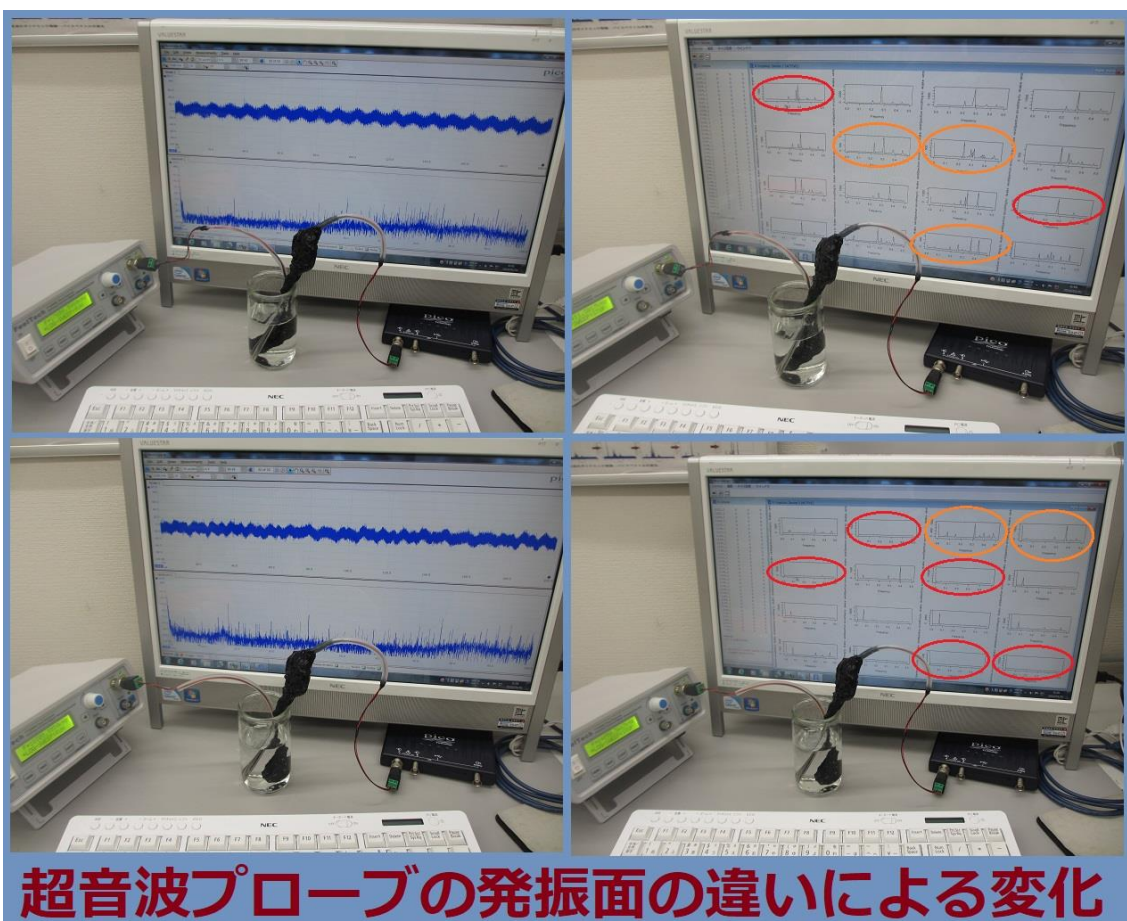


ファンクションジェネレーターによる、伝搬周波数の違い

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。

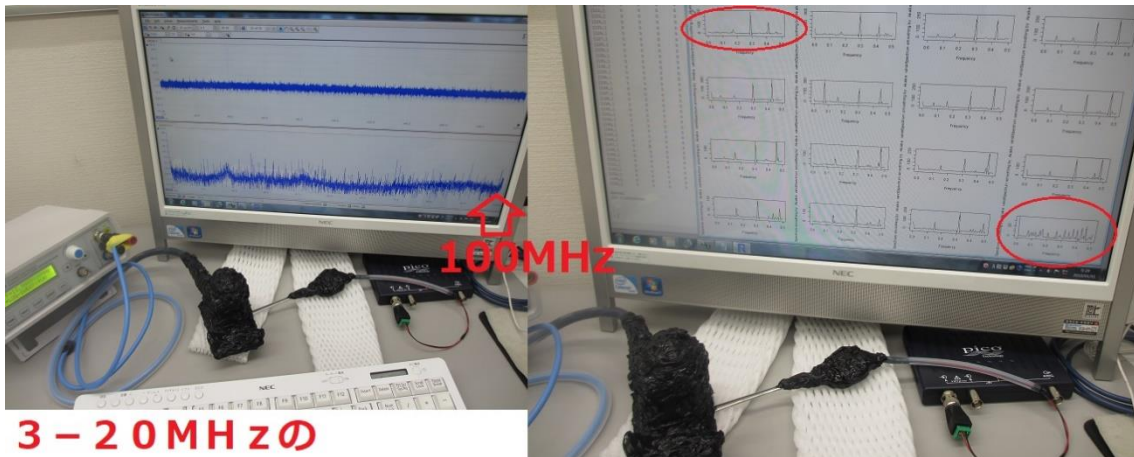
注：

非線形特性（バースペクトル・自己相関の変化）
応答特性（インパルス応答特性）
ゆらぎの特性（システムの系による固有の振動モード）
相互作用による影響（パワー寄与率）



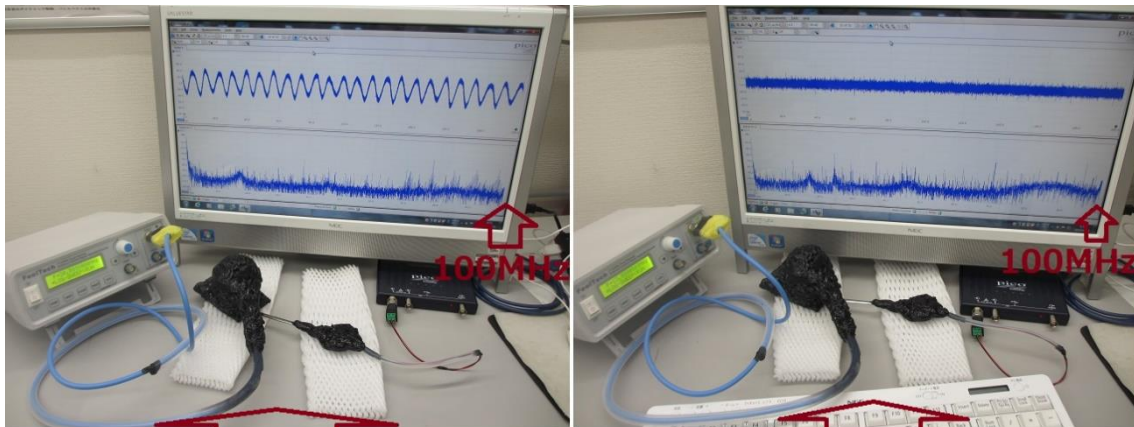
統計数理の考え方を参考に

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。



3 - 20 MHz の

スイープ発振による、超音波（表面弾性波）のダイナミック制御

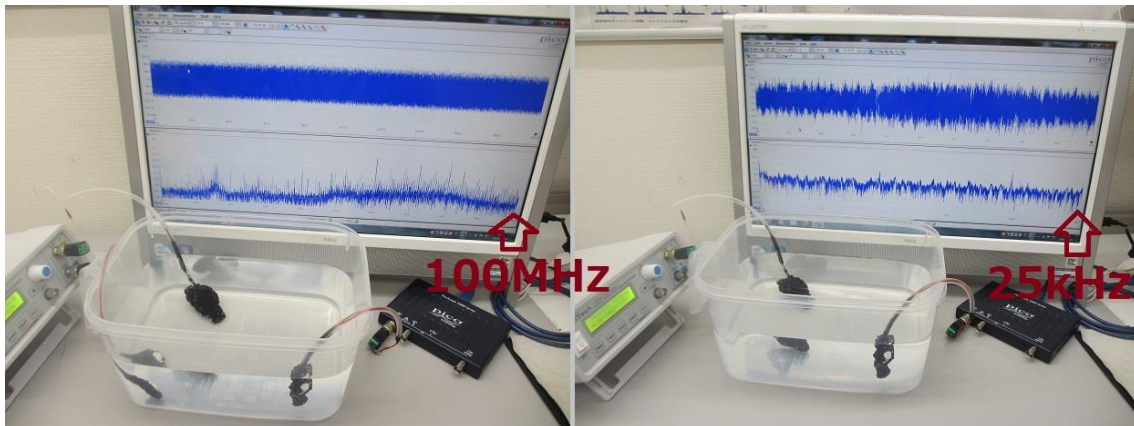


低周波の共振現象発生状態

300MHz以上の超音波伝搬状態



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。
 特に、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。

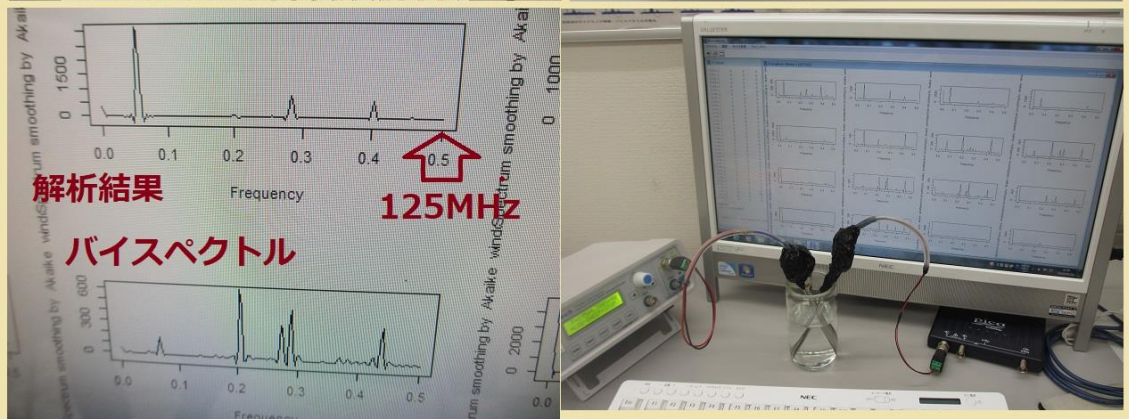
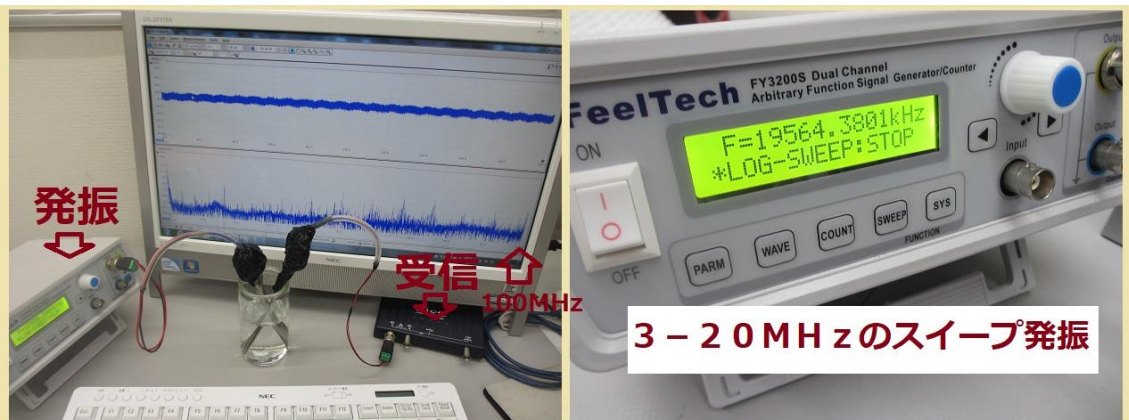


超音波伝搬状態の評価技術 (ノウハウ)

これまでの実績をベースに、

超音波の伝搬状態と対象物に伝搬する超音波について
新しい非線形パラメータが大変有効である事例が増えています。

- 1) 振動モードの検出 (自己相関の変化) autcor : 自己相関の解析関数
- 2) 非線形現象の検出 (バイスペクトルの変化) bispec : バイスpekトルの解析関数
- 3) 応答特性の検出 (インパルス応答特性の解析) mulmar : インパルス応答の解析関数
- 4) 相互作用の検出 (パワー寄与率の解析) mulnos : パワー寄与率の解析関数



スweep発振に関するダイナミック制御 (ノウハウ) データ

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：**最大伝搬周波数の設定**
- 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）：**超音波出力と強度バランス**
- 5) 発振波形と出力：**波形精度に合わせた出力の最適化**
- 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：**スイープ時間**
- 8) スイープ発振とパルス発振の組み合わせ：**共振現象の調整**
- 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

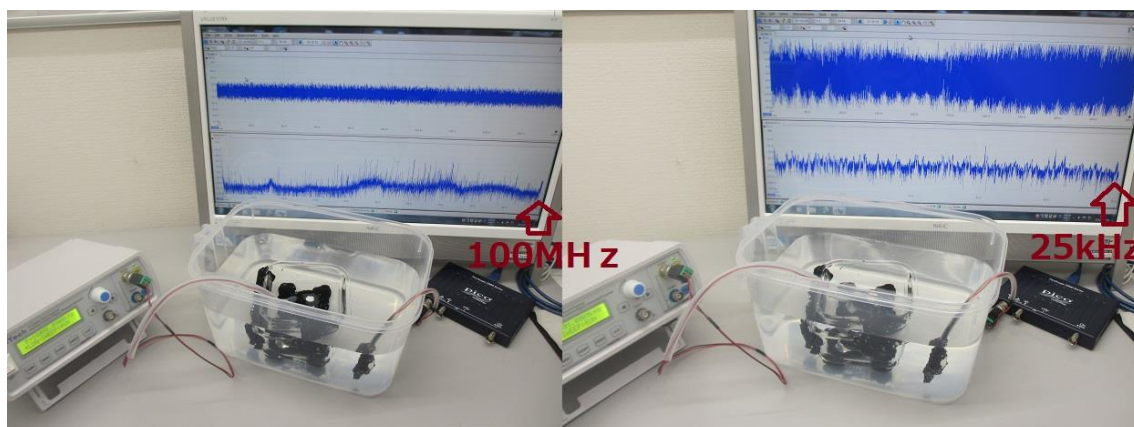
音圧測定データに基づいた

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。

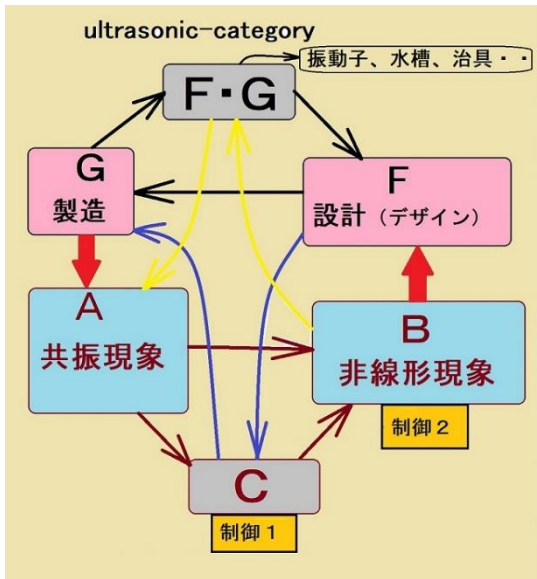
（注1）オリジナル非線形共振現象

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

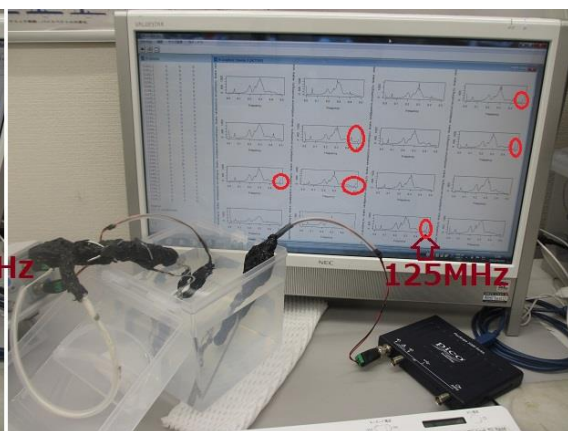
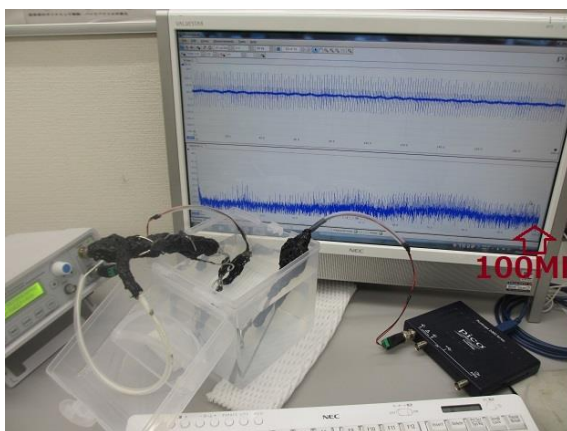
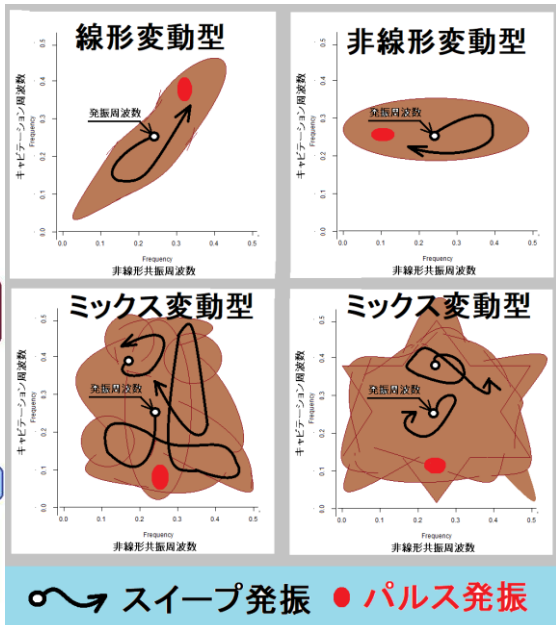
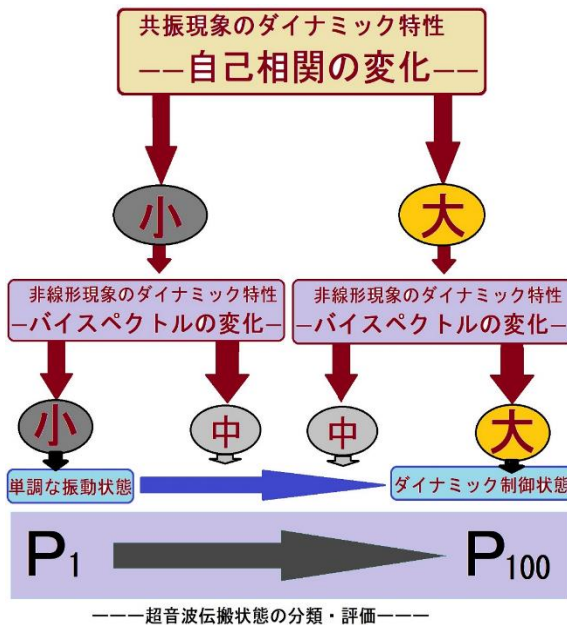
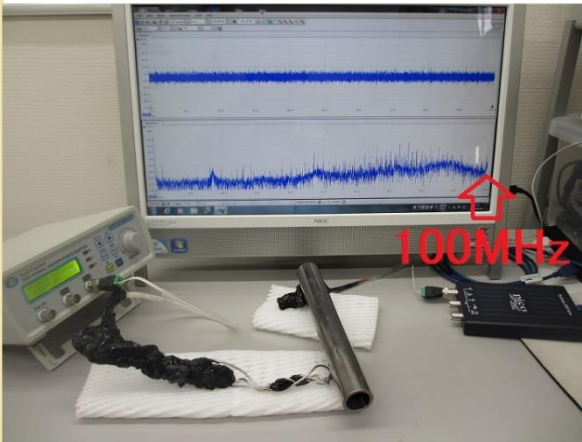
（注2）超音波の変化を、抽象代数の圏論やコホモロジーの
スペクトルシーケンスに適応させるといった
オリジナル方法を利用した表現（統計数理モデル）



超音波伝搬状態の評価技術（ノウハウ）



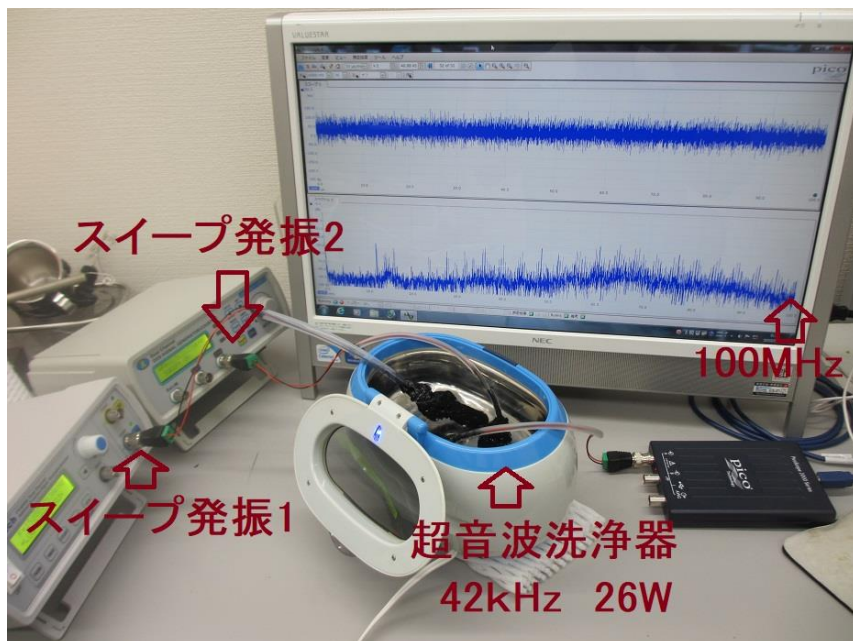
共振現象と非線形現象を制御可能にする
超音波発振制御プローブ



3 - 20 MHz のスweep発振による、300 MHz 以上の **高調波制御**

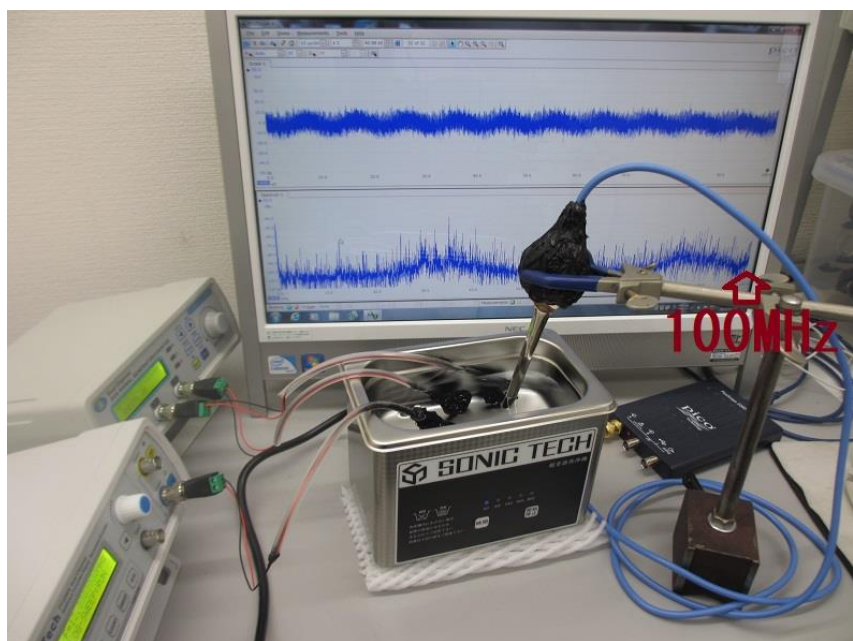
例 1

- 1) 1. 0MHz ~ 15MHz のスイープ発振制御 1
- 2) 0.6MHz ~ 5MHz のスイープ発振制御 2
- 3) 42kHz 26W (超音波洗浄器)



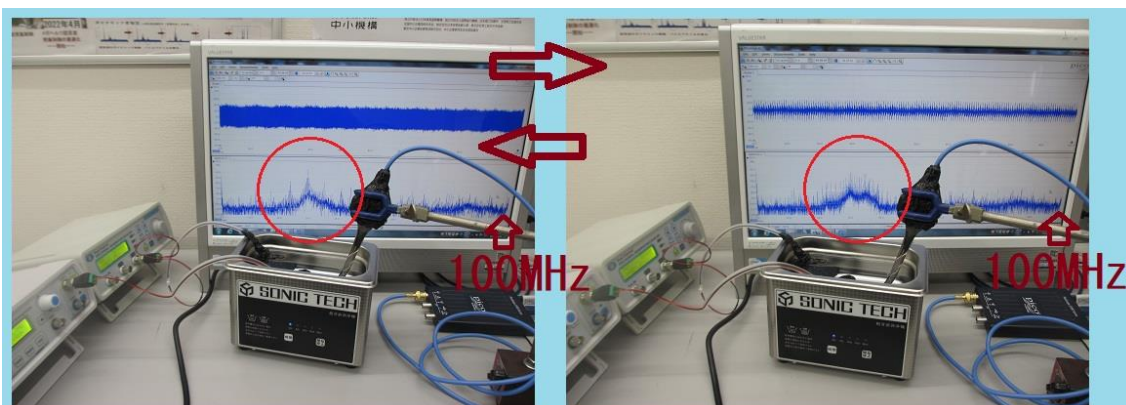
例 2

- 1) 3MHz ~ 20MHz のスイープ発振制御 1
- 2) 60kHz ~ 3MHz のスイープ発振制御 2
- 3) 42kHz 35W (超音波洗浄器)



例 3

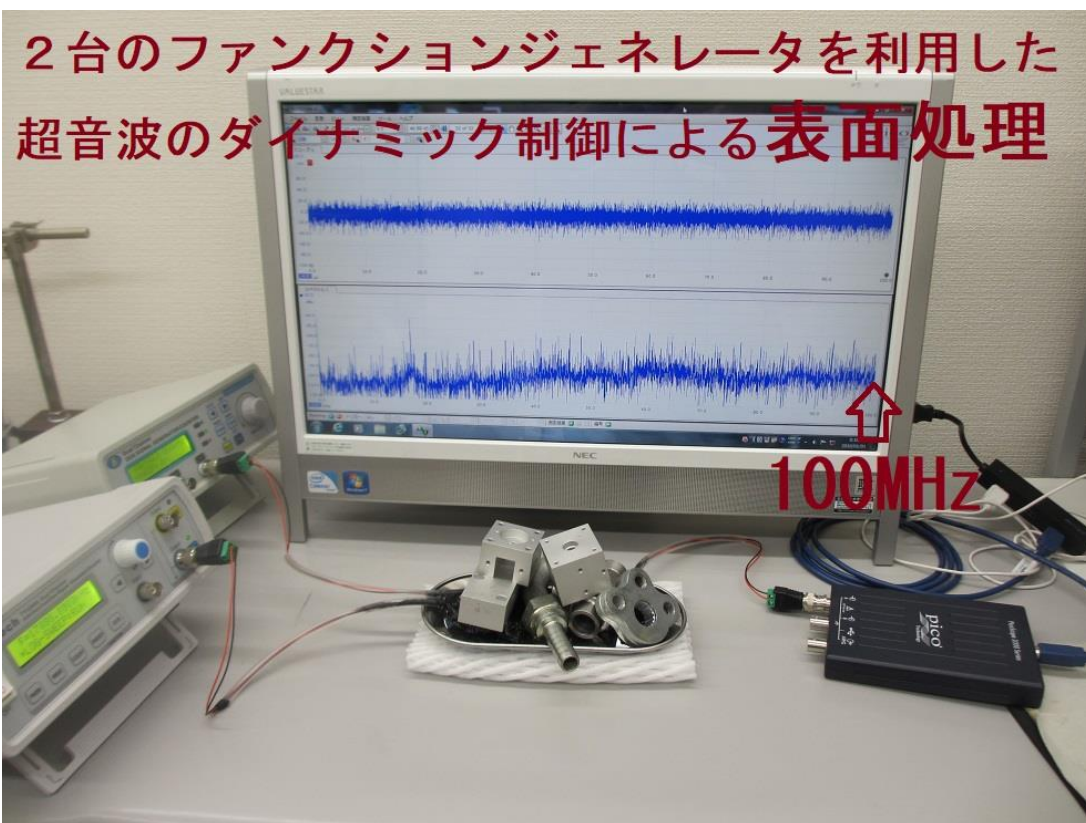
- 1) 800 kHz ~ 2.2 MHz のスイープ発振制御 1
- 2) 100 kHz ~ 1.1 MHz のスイープ発振制御 2
- 3) 42 kHz 35W (超音波洗浄器)



スイープ発振条件の組み合わせによる超音波制御

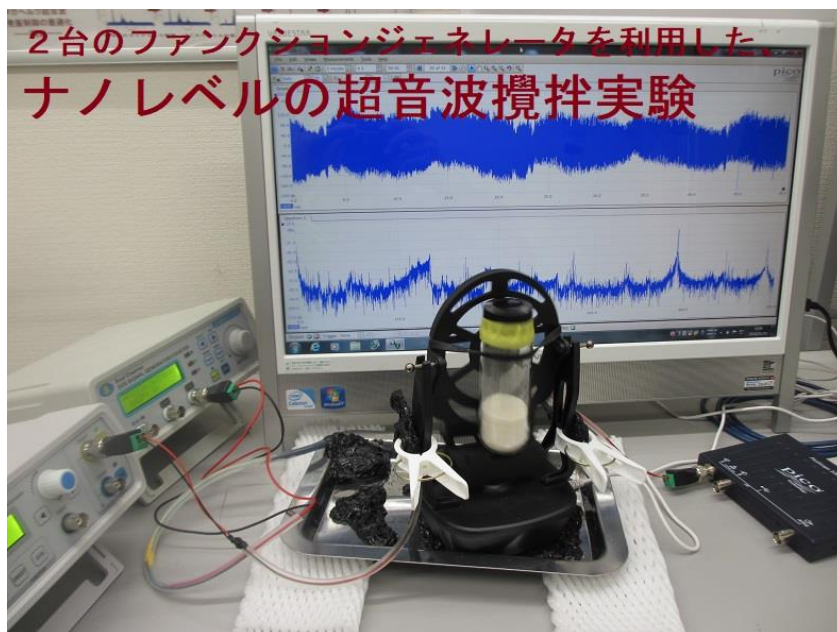
例 4

- 1) 3 MHz ~ 20 MHz のスイープ発振制御 1
- 2) 60 kHz ~ 3 MHz のスイープ発振制御 2



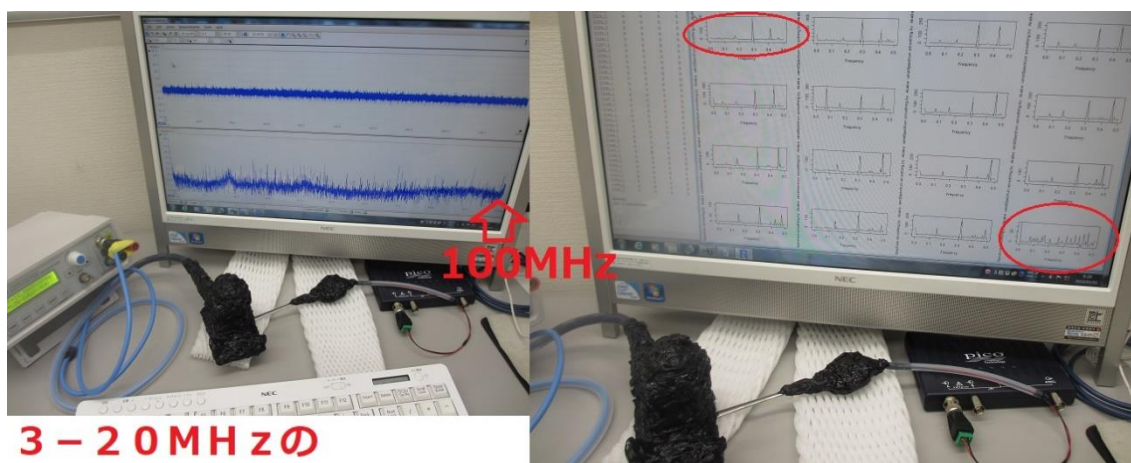
例 5

- 1) 1 MHz ~ 12 MHz のスイープ発振制御 1
- 2) 80 kHz ~ 7 MHz のスイープ発振制御 2



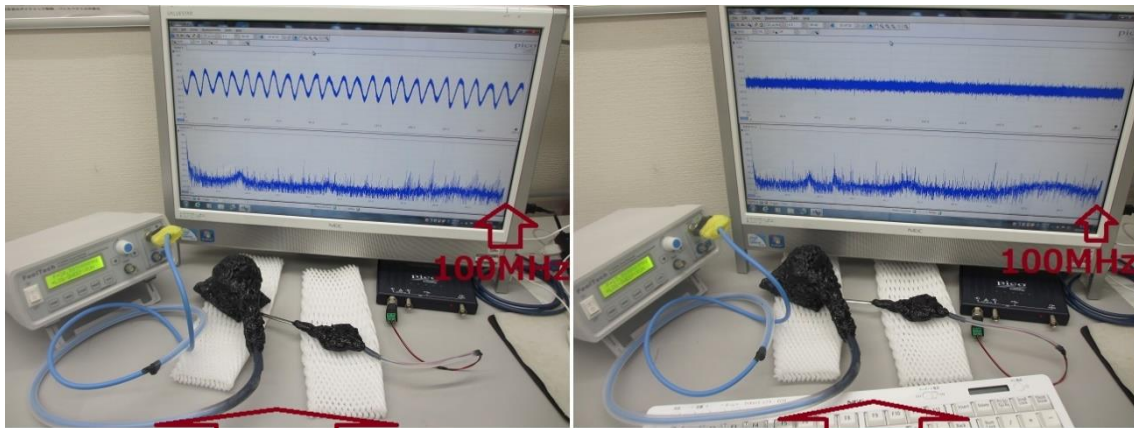
標準設定

3 MHz ~ 20 MHz のスイープ発振制御



スイープ発振による、超音波（表面弾性波）のダイナミック制御

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、
200 MHz 以上の高調波による超音波制御が実現しています。



低周波の共振現象発生状態 300MHz以上の超音波伝搬状態

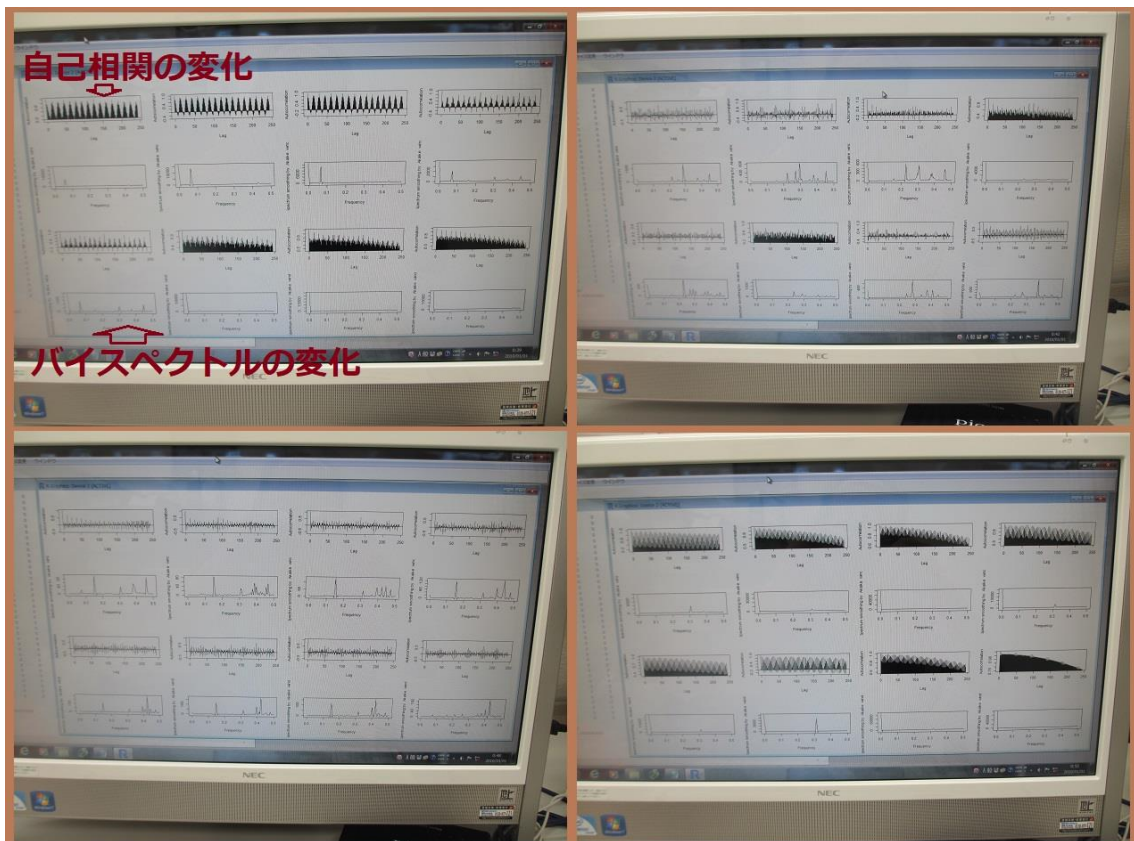
<<超音波システム>>

統計的な考え方を利用した超音波

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

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>



自己相関とバイスペクトルの関係

超音波の音圧測定・解析システムと超音波発振制御システム

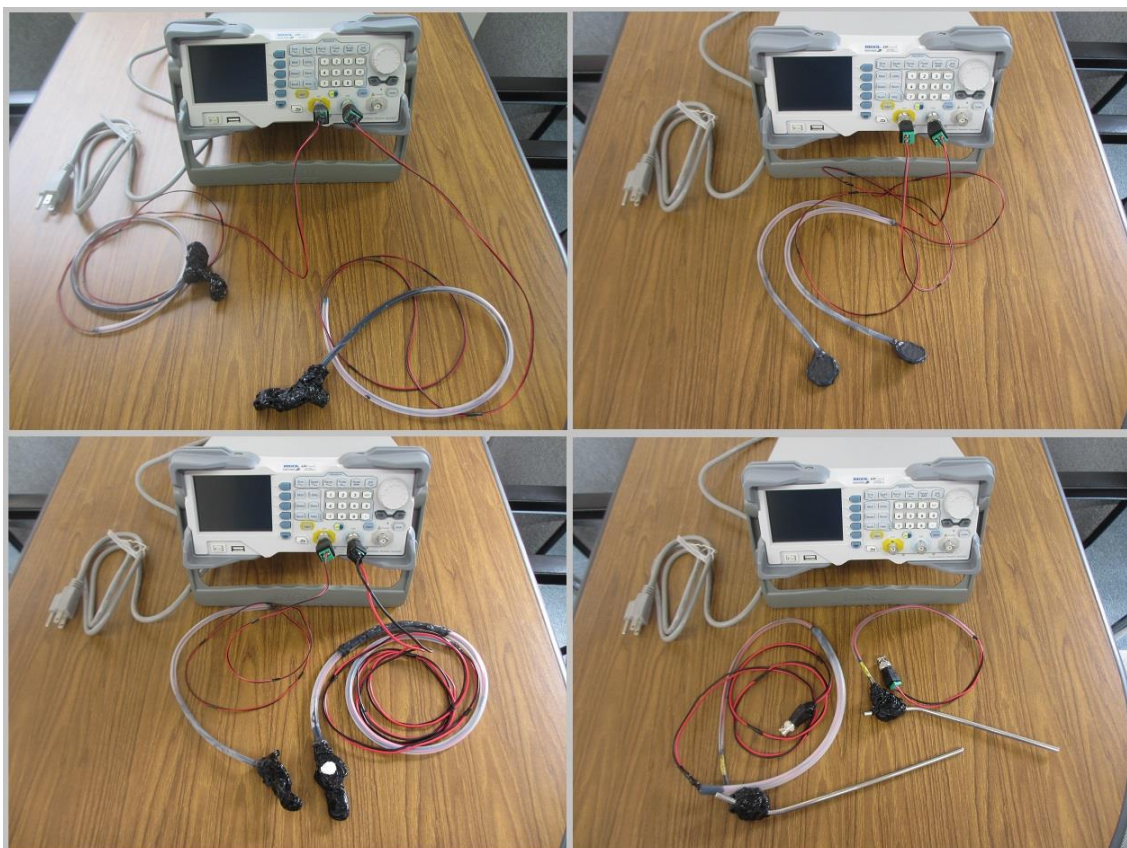
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1546>

超音波発振システム（1MHz、20MHz）

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

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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



超音波発振制御システム2023（25MHz 2ch 200MSa/s）

音圧測定解析に基づいた、超音波システムの開発技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

超音波の**非線形現象を評価する技術**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=13919>

二種類の超音波プローブを発振制御する技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14350>

2台のファンクションジェネレーターの利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2295>



超音波発振制御システム2023（25MHz 2ch 200MSa/s）
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1972>

超音波技術資料「イプロス 2023/02」
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1905>

超音波技術資料「イプロス 2023/08」
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17379>

超音波技術資料（アペルザカタログ）
<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>

【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

以上