

# 線材を利用した超音波技術

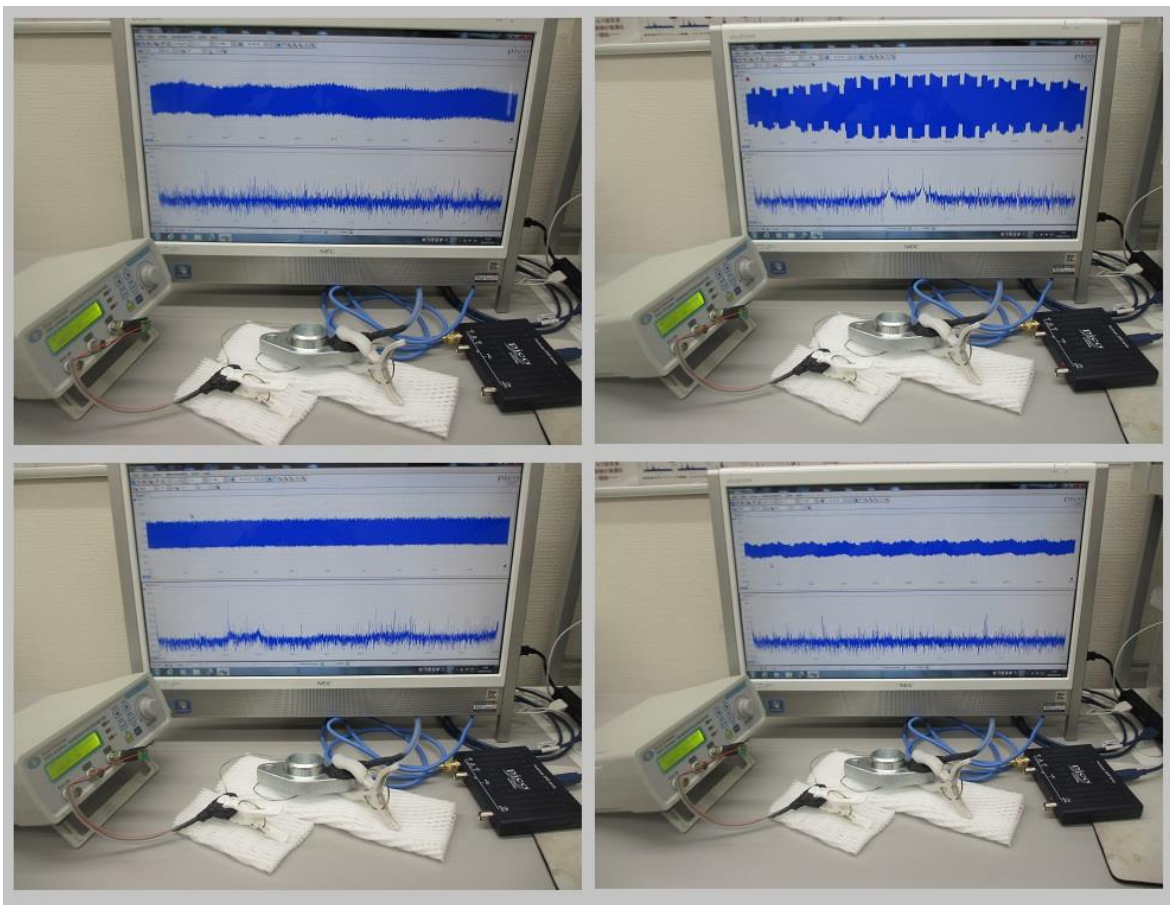
2023. 2. 25 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、  
線材の表面弾性波による**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。

各種材質の線材（ステンレス、銅、樹脂・・・）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  
ステンレスとテフロンチューブの組み合わせ・・・

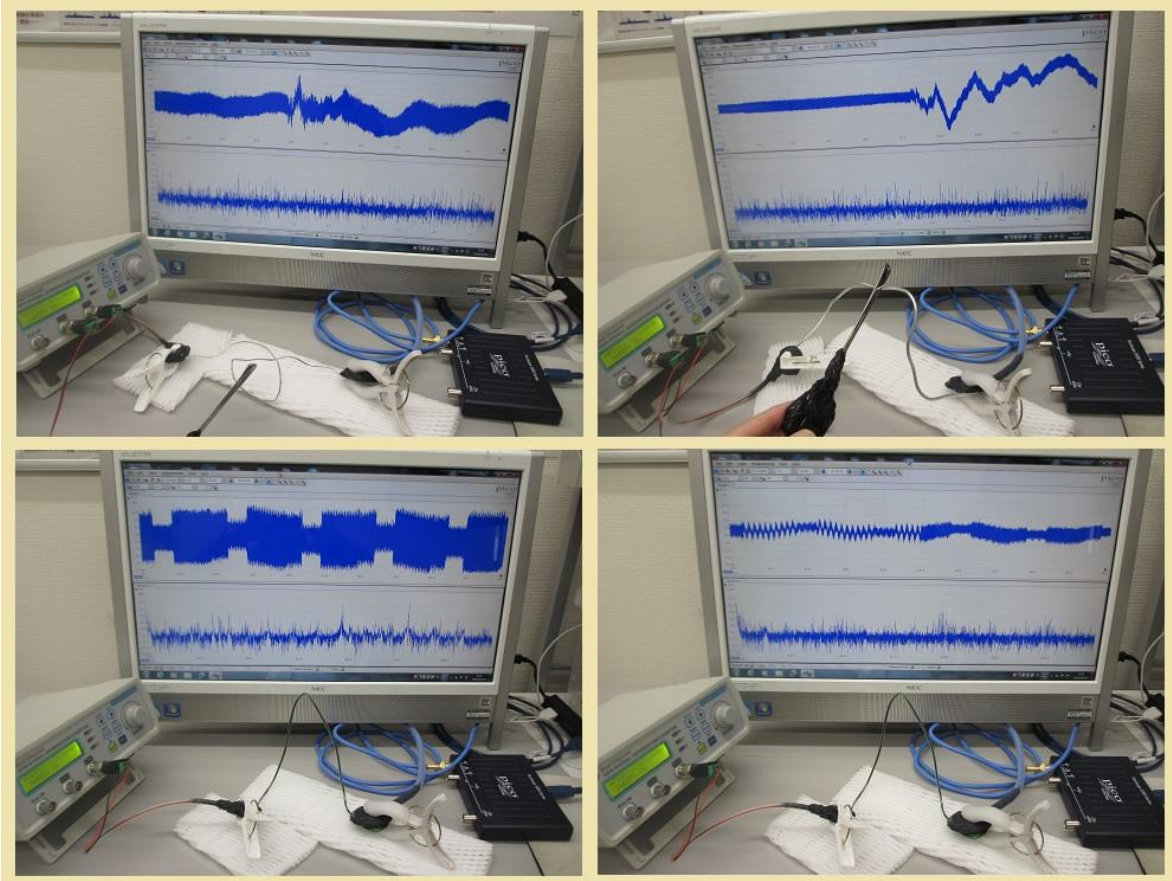
**複雑な音響特性を可能にします。**

**その結果、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。**



超音波発振制御プローブにより、  
利用目的と相互作用の測定・解析確認に基づいた  
**スweep発振の条件設定を行います。**

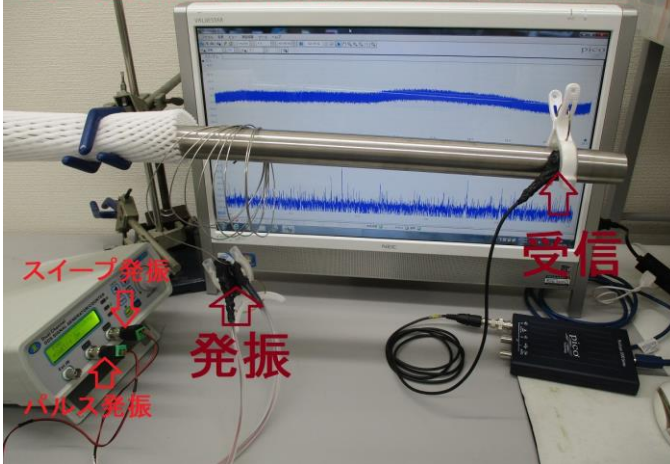
特に、低周波の共振現象を制御するために  
高周波の非線形現象を利用します。  
そのために、音圧測定は100MHz以上の測定範囲が必要となります。



**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。

注：  
**非線形特性（高調波のダイナミック特性）  
応答特性  
ゆらぎの特性  
相互作用による影響**

## 新しい超音波伝搬用具を利用した超音波制御技術



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。

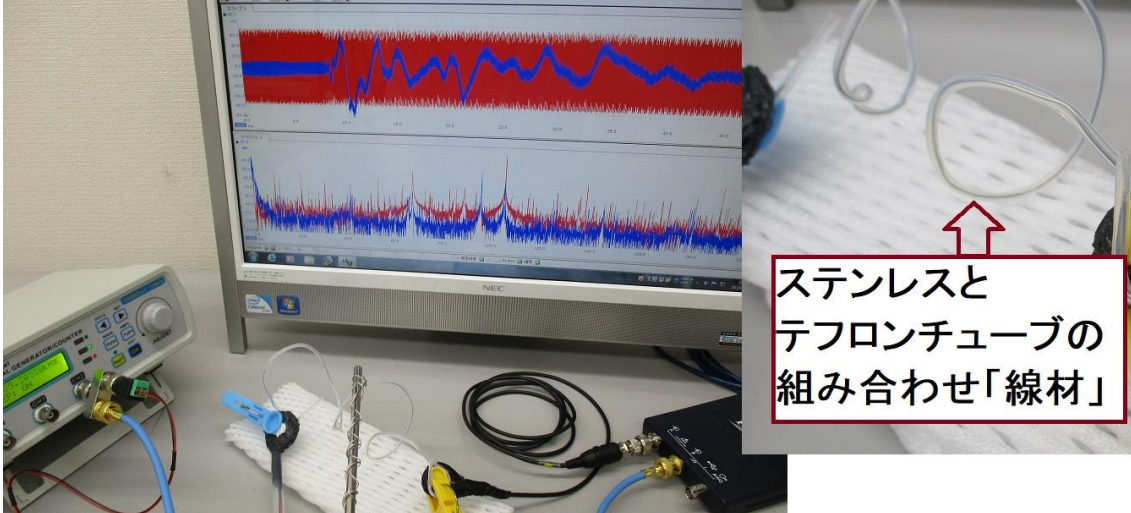
詳細な、発振制御の設定条件は

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。

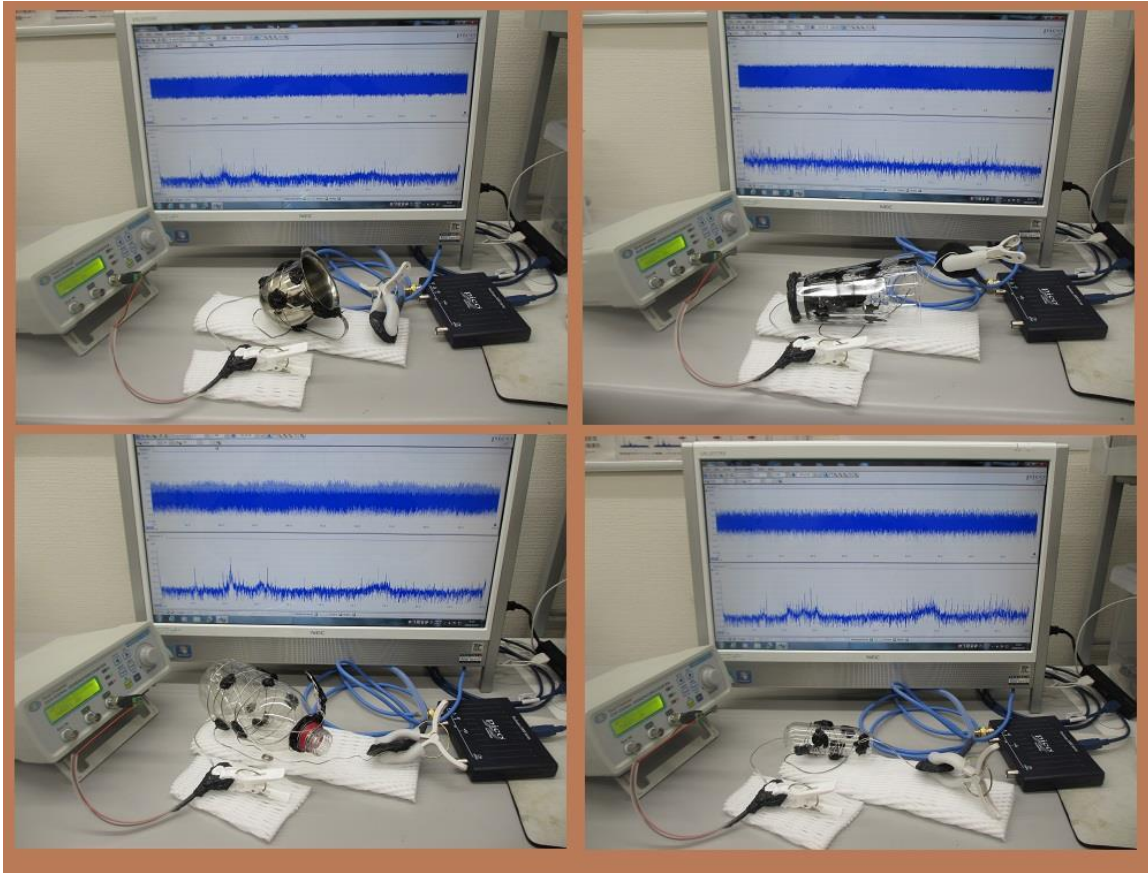
その結果、超音波の伝搬状態と対象物の表面について

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。

## 線材の音響特性を利用した超音波発振制御技術







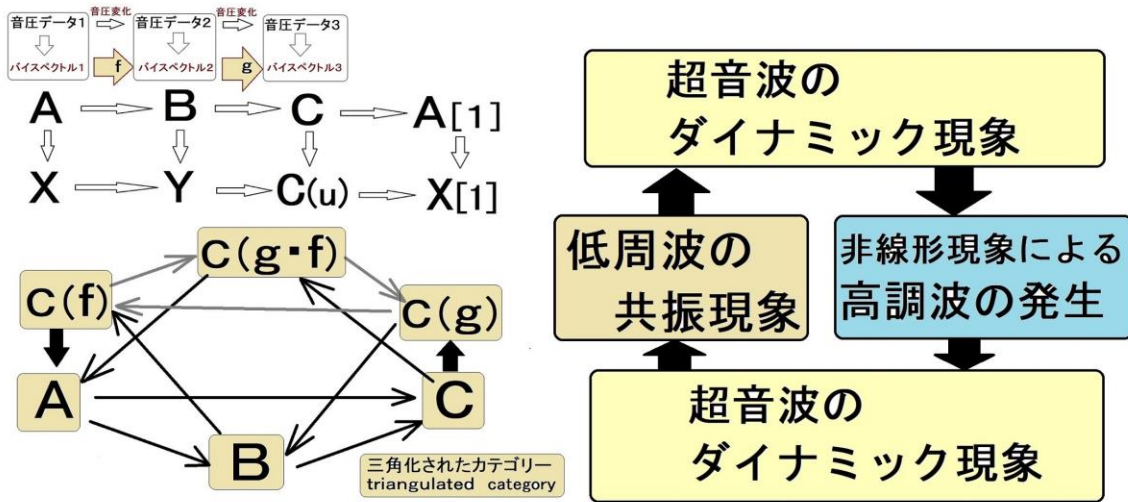
複数の超音波発振・液循環・・・各種制御の組み合わせは、以下の項目を目的に合わせて最適化します。

- 1) 線形現象と非線形現象
  - 2) 相互作用と各種部材の音響特性
  - 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））
- ・・・

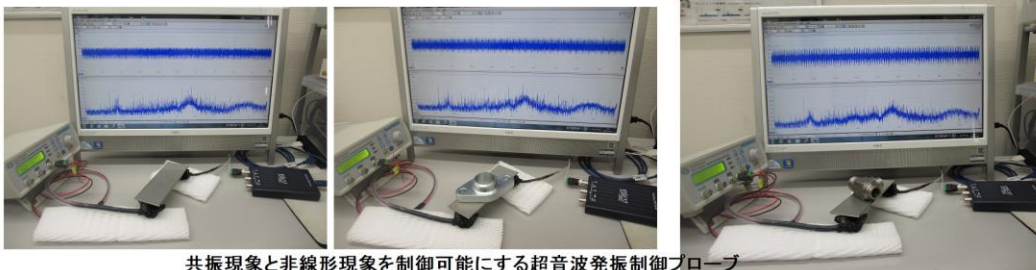
上記について、音圧測定データに基づいた統計数理モデル（スペクトルシーケンス（注2））により表面弾性波の新しい評価方法で最適化します。

（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

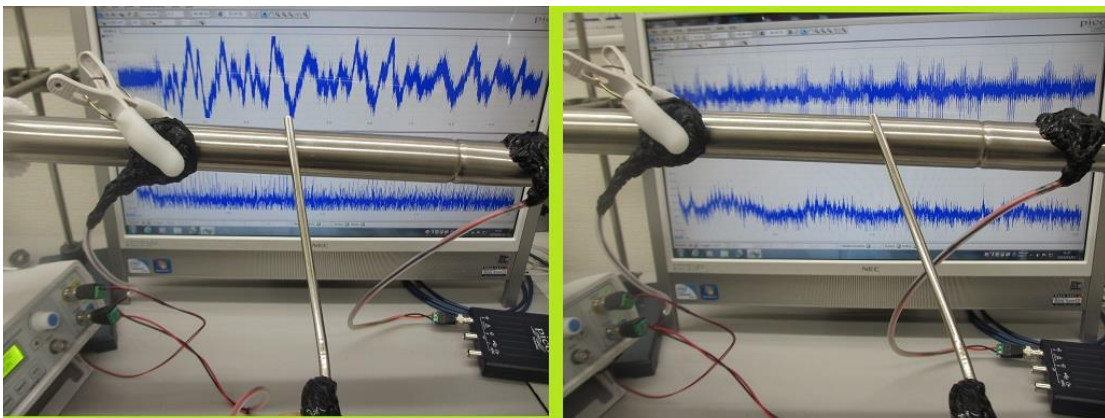


## 超音波のダイナミック制御



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プローブ  
 —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)

(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)



目視では判断できない、解析が必要な非線形現象

## << 超音波の音圧データ解析 >>

- 1) 時系列データに関して、  
**多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析**により  
**測定データの統計的な性質**（超音波の安定性・変化）について  
解析評価します
- 2) 超音波発振による、発振部が発振による影響を  
**インパルス応答特性・自己相関の解析**により  
対象物の表面状態・・・に関して  
超音波**振動現象の応答特性**として解析評価します
- 3) 発振と対象物（洗浄物、洗浄液、水槽・・・）の**相互作用**を  
**パワー寄与率の解析**により評価します
- 4) 超音波の利用（洗浄・加工・攪拌・・・）に関して  
超音波効果の主要因である対象物（表面弾性波の伝搬）  
あるいは対象液に伝搬する超音波の  
**非線形**（**バイスペクトル解析**結果）現象により  
超音波のダイナミック特性を解析評価します

この解析方法は、  
複雑な超音波振動のダイナミック特性を  
時系列データの解析手法により、  
超音波の測定データに適応させる  
これまでの経験と実績に基づいて実現しています。

注：解析には下記ツールを利用します

注：OML (Open Market License)

<https://www.ism.ac.jp/ismlib/jpn/ismlib/license.html>

注：TIMSAC (TIME Series Analysis and Control program)

<https://jasp.ism.ac.jp/ism/timsac/>

注：「R」フリーな統計処理言語かつ環境

<https://cran.ism.ac.jp/>

バイスペクトルは、以下のように

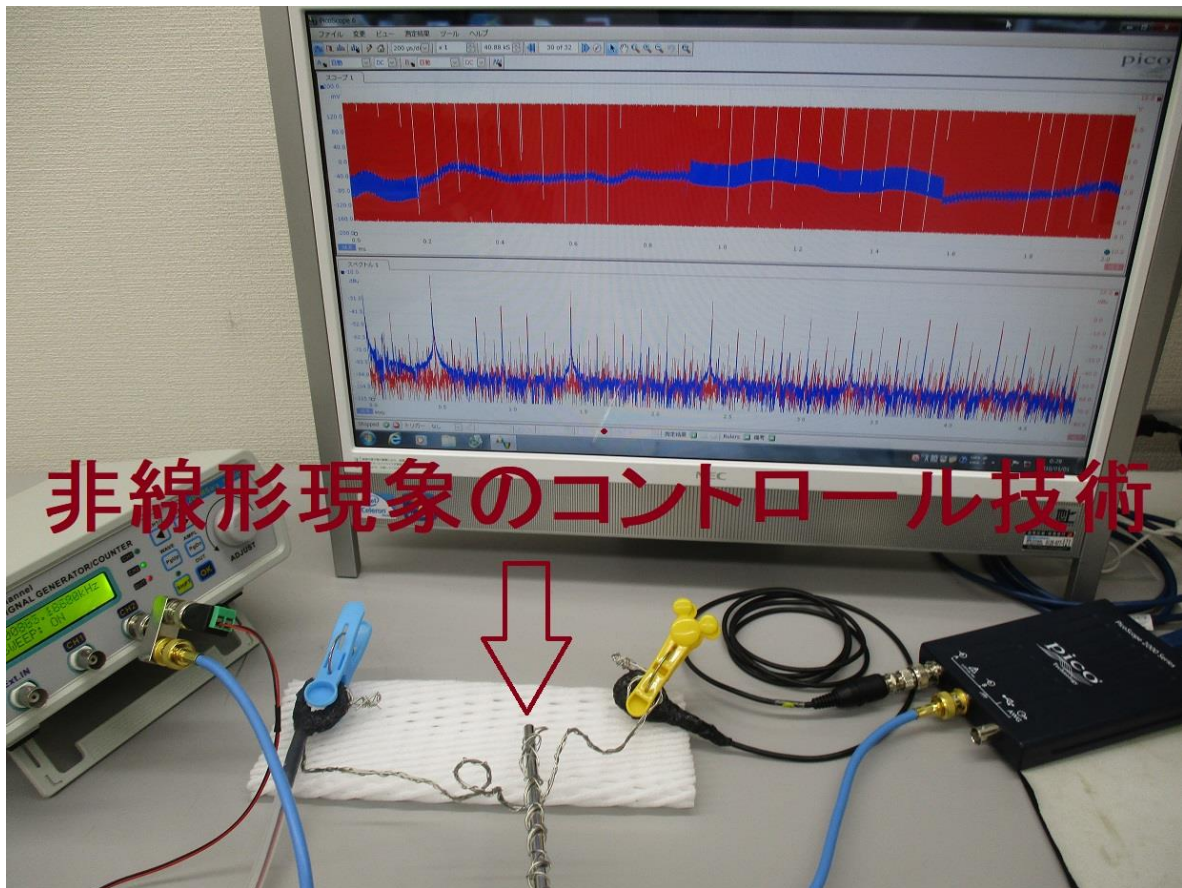
周波数  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_1 + f_2$  のスペクトルの積で表すことができる。

$$B(f_1, f_2) = X(f_1)Y(f_2)Z(f_1 + f_2)$$



主要周波数が  $f_1$  であるとき、  
 $f_1 + f_1 = f_2$ 、 $f_1 + f_2 = f_3$  で表される  
 $f_2$ 、 $f_3$  という周波数成分が存在すれば  
バースペクトルは値をもつ。

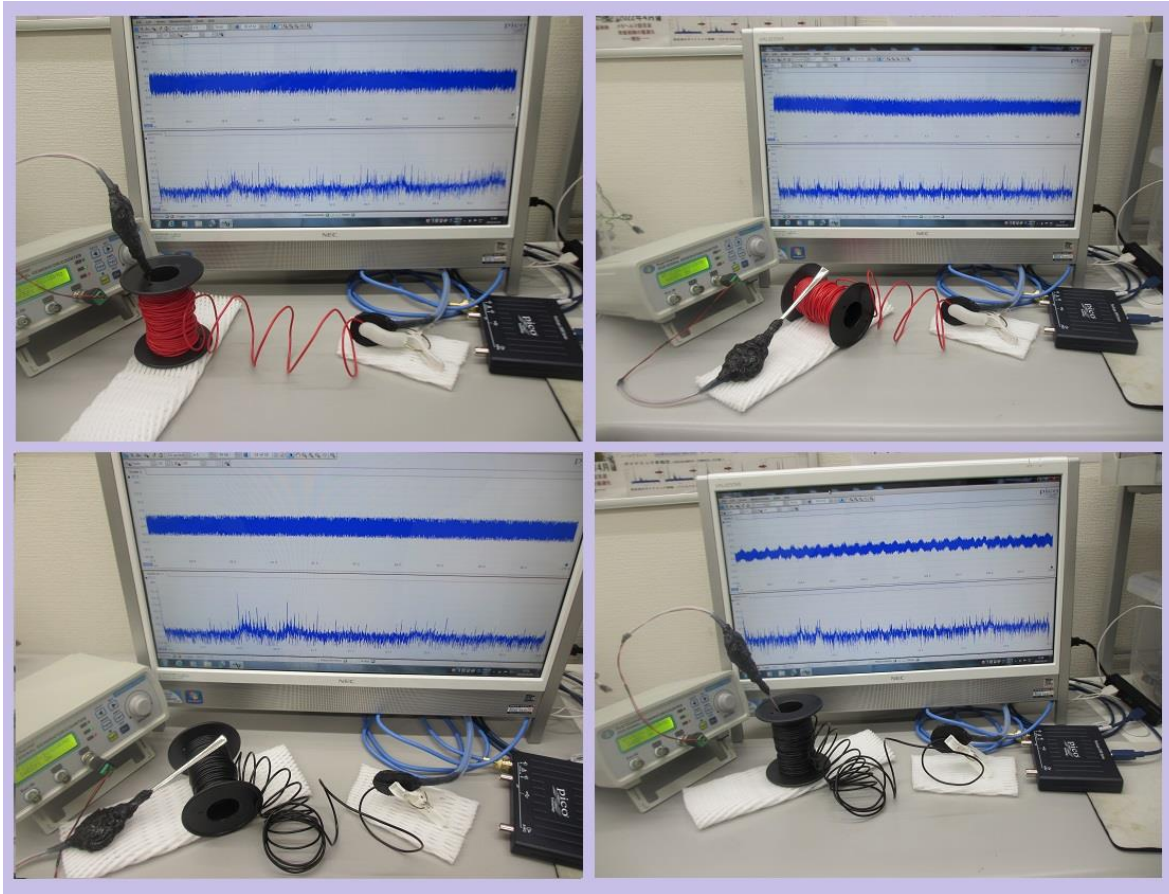
これは主要周波数  $f_1$  の  
整数倍の周波数成分を持つことと同等であるので、  
バースペクトルを評価することにより、  
高調波の存在を評価できる。



<<超音波システム>>

一つの発振チャンネルから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を利用した、超音波制御技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2295>



超音波伝搬現象の分類に基づいた、超音波プローブの製造技術

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

超音波（音圧測定解析、発振制御）システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1173>

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>

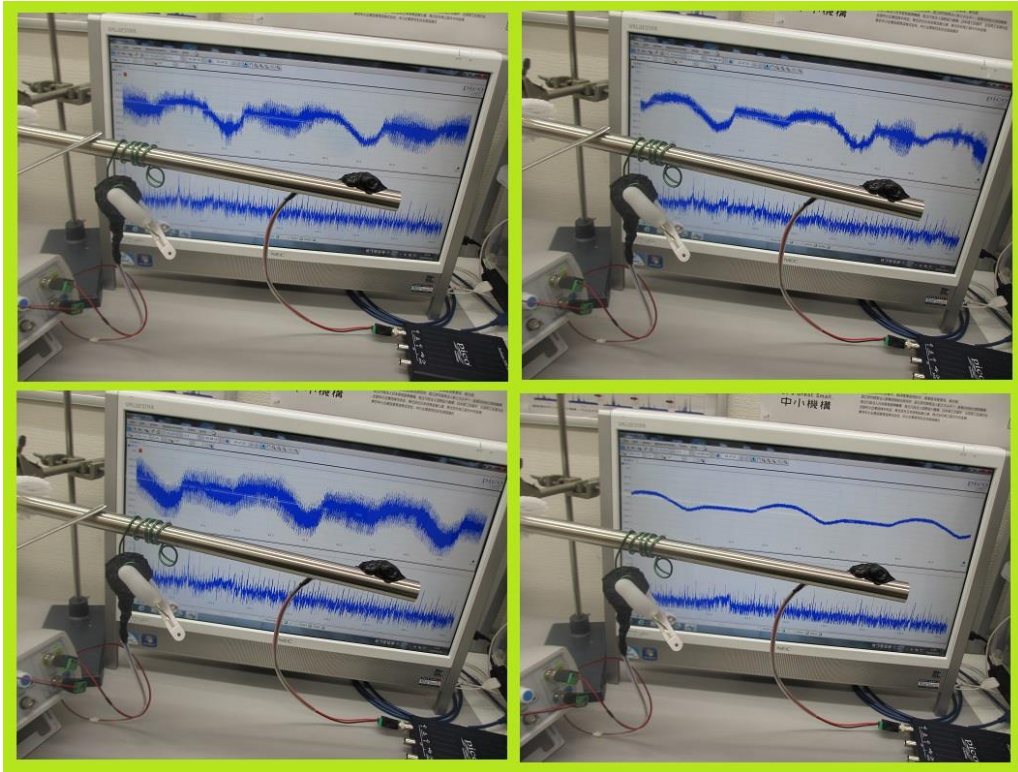
統計的な考え方を利用した超音波

<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>

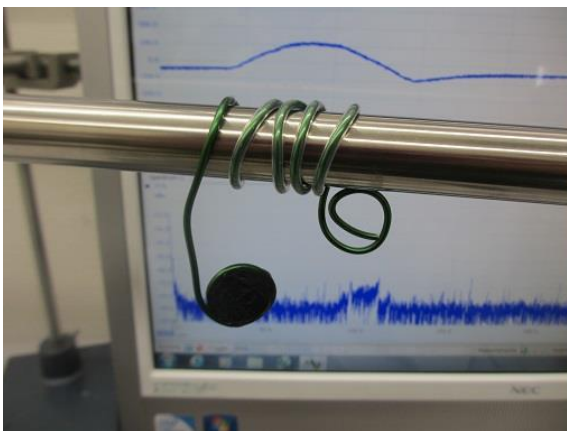




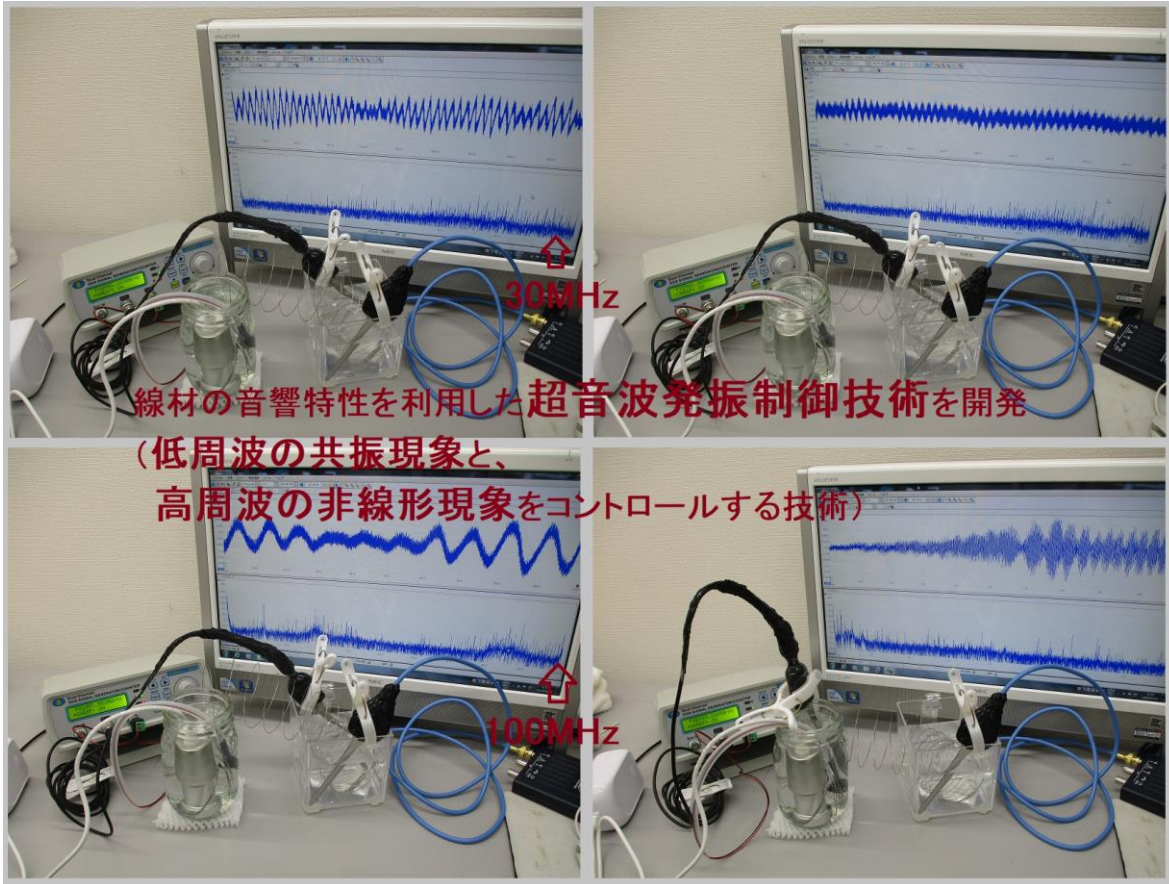
音圧測定解析に基づいた、超音波システムの開発技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

超音波測定解析の推奨システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1972>

スweep発振の組み合わせによる超音波制御技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1685>



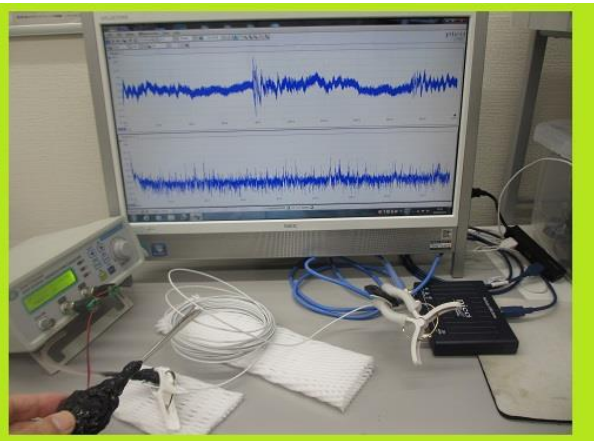
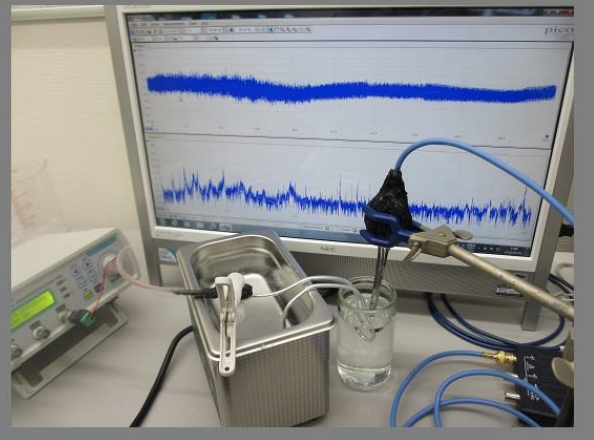
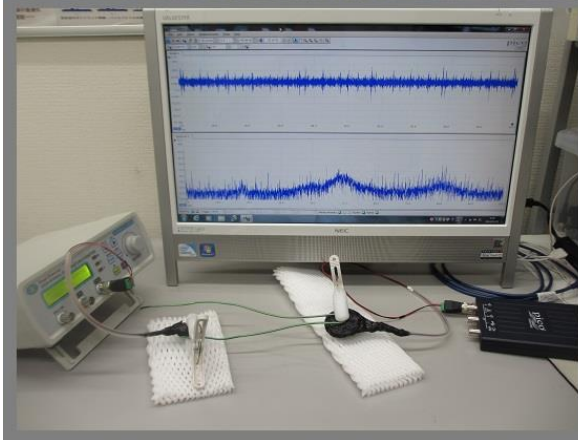
**配管への  
超音波伝搬ツール**



【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](mailto:info@ultrasonic-labo.com)







以上