

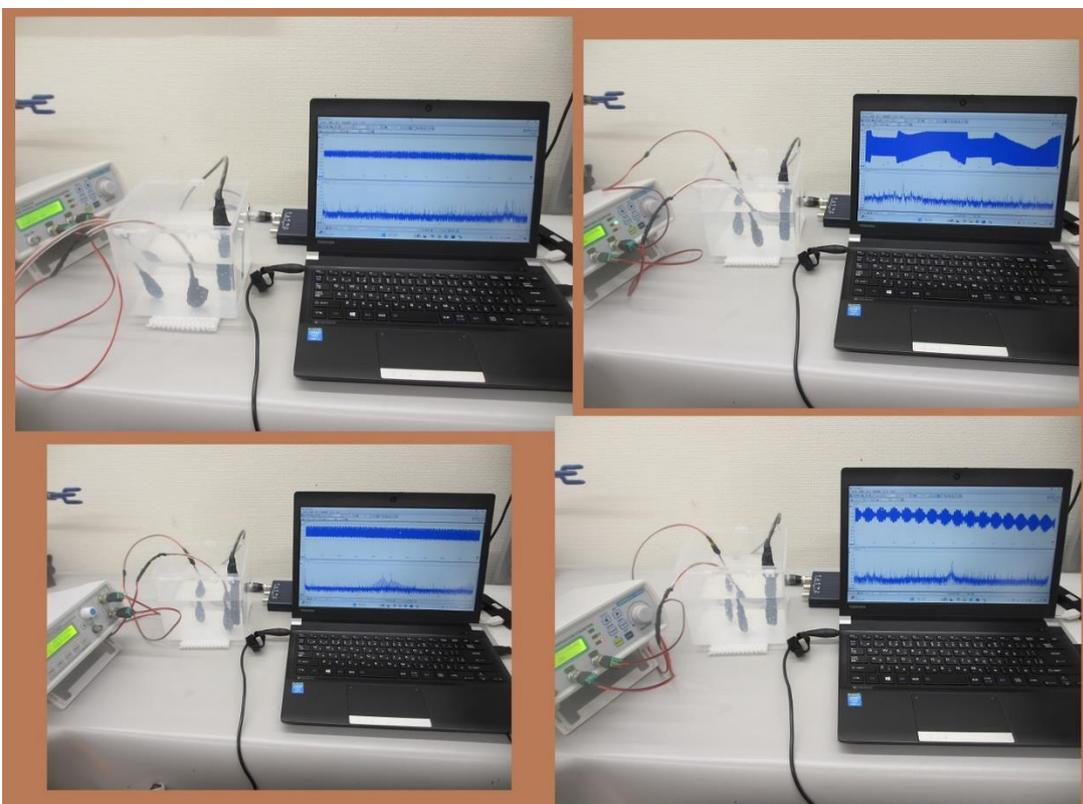
# スイープ発振と パルス発振の 組み合わせによる 非線形発振制御技術

——オリジナル超音波プローブによる非線形発振制御技術——

超音波システム研究所は、  
表面弾性波の非線形振動現象を利用した  
スイープ発振とパルス発振の組み合わせによる  
超音波の発振制御技術を開発しました。

2種類の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  
スイープ発振とパルス発振の条件設定（注）を行います。

注：波形、出力、制御、・・・プローブ、取り付け方法、伝搬環境・・・



スイープ発振とパルス発振の組み合わせによる非線形発振制御技術

対象物や水槽、治工具・・・の固有振動数やシステムの振動系を考慮した、低周波の共振現象を適切に利用することで10W以下の出力でも3000-5000リットルの水槽内に高い音圧の超音波を伝搬させることが可能になります。

超音波の音圧に関するダイナミック変化と同時に、非線形現象として、1MHzの発振に対する10次、30次、100次・・・の高調波の発生もコントロール可能です。

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。評価に基づいた、スイープ発振・パルス発振条件の組み合わせにより、目的に適した超音波伝搬状態のダイナミック特性を示す新しい評価基準（パラメータ）として、開発・確認（注）しました。

注：超音波の伝搬特性

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

注：解析には下記ツールを利用します

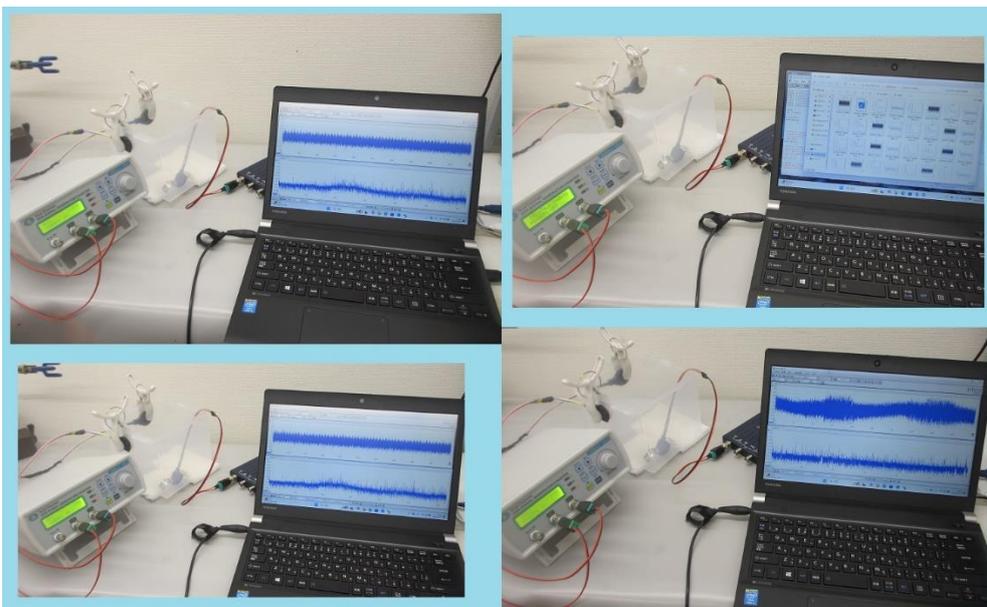
注：「R」フリーな統計処理言語かつ環境 <https://cran.ism.ac.jp/>

autcor：自己相関の解析関数

bispec：バースペクトルの解析関数

mulmar：インパルス応答の解析関数

mulnos：パワー寄与率の解析関数



スイープ発振とパルス発振の組み合わせによる

**非線形発振制御技術**

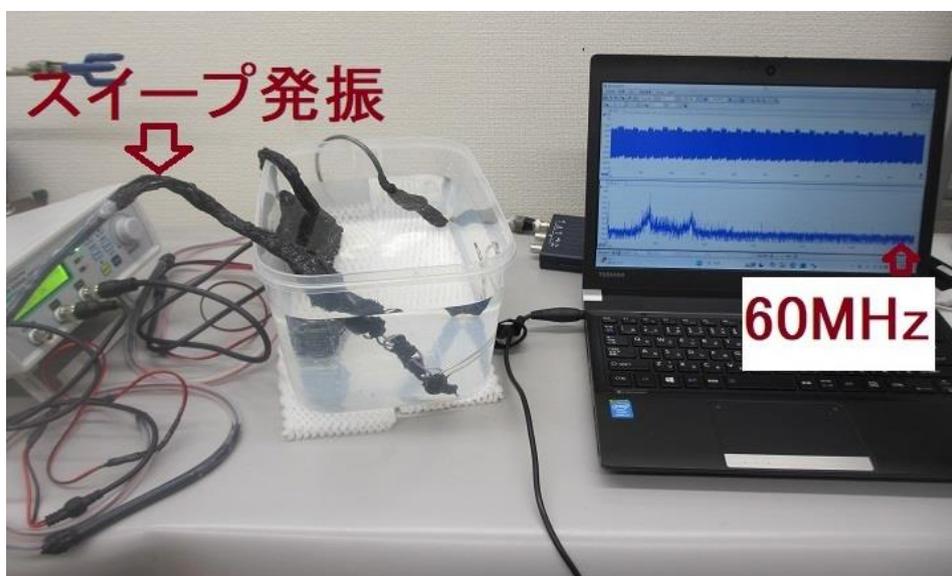
統計数理の考え方を参考に

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、スイープ発振とパルス発振・・・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。

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。



複数の超音波プローブによる各種伝搬条件の組み合わせは、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

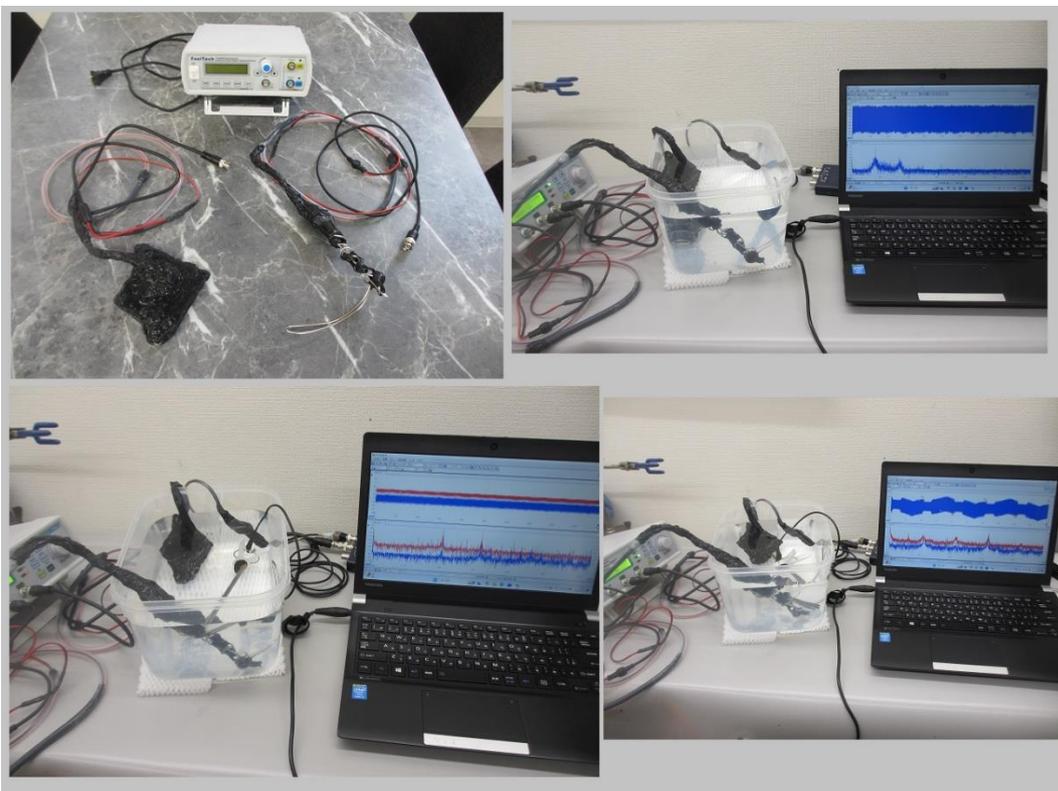
音圧測定データに基づいた

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

（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）



超音波の代数モデルによる制御技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1311>

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

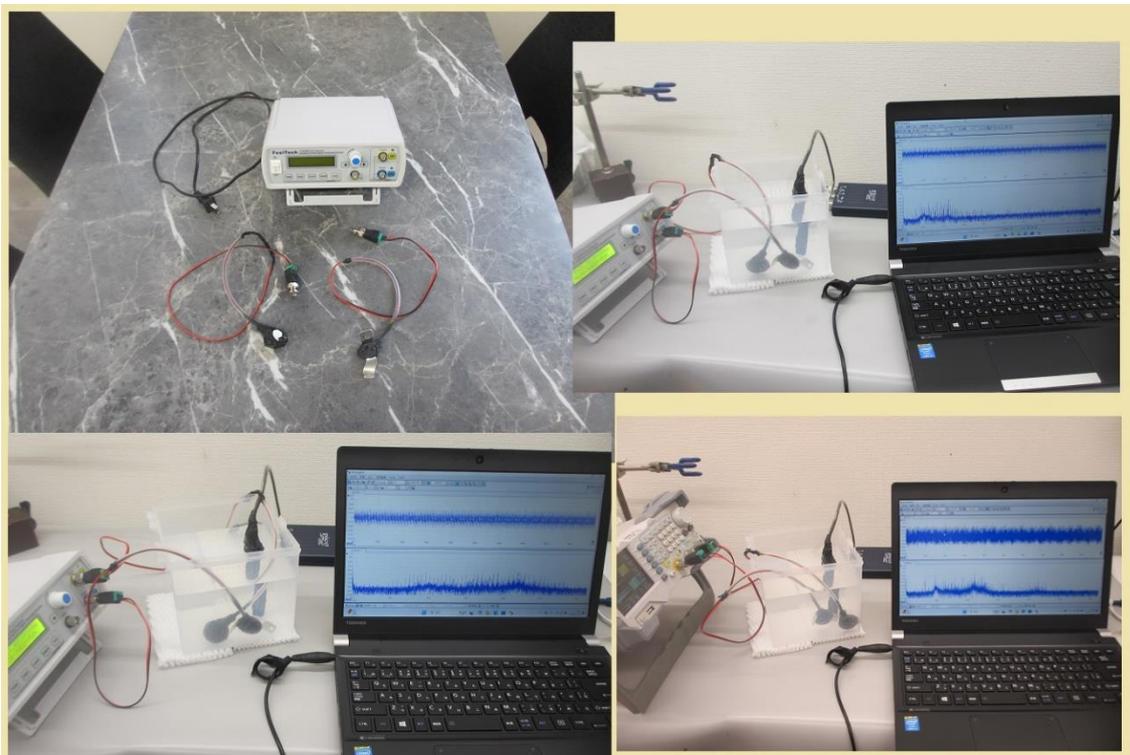
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17540>

超音波の最適化技術1

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15226>

超音波の最適化技術2

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16557>



**スweep発振とパルス発振の組み合わせ技術**

\*\*\* <<実用的な対応について>> \*\*\*

これまでの音圧データの測定解析結果から  
効果的な利用方法を  
以下のような  
4つの制御に分類することができました。

- 1 : スイープ発振とパルス発振の組み合わせ制御 (線形型 : 推奨タイプ)
- 2 : 2種類のスイープ発振とパルス発振の組み合わせ制御 (非線形型)
- 3 : 3種類のスイープ発振とパルス発振の組み合わせ制御 (ミックス型)
- 4 : 上記の組み合わせによるダイナミック制御 (変動型)

現実として、<線形型、非線形型、ミックス型>は、  
長期的に安定して実現することは難しく  
変動型として、スイープ発振条件により、以下のような  
3つの制御タイプで、実用化することができます。

- 1 : 線形変動制御型
- 2 : 非線形変動制御型
- 3 : ミックス変動制御型 (ダイナミック変動型)

上記の各タイプに基づいた装置開発・制御設定・検査・・・  
超音波技術の応用に関して成功事例が多数あります。



## 超音波プローブの発振制御技術

## 参考動画

<https://youtu.be/bDPxwPR0qLo?si=T072rDmAorTH21QA>

<https://youtu.be/jrdeY1S810o?si=fQjKL03XD7zu8Xny>

<https://youtu.be/DtEubriG5tg?si=QDQfjsPpEUWqTpYI>

<https://youtu.be/AqJnfZ3xT7I?si=xmPzTT3r8s3Kmtri>

<https://youtu.be/w79TbcpgPLU?si=qSGcaXTcUiYJ1tsD>

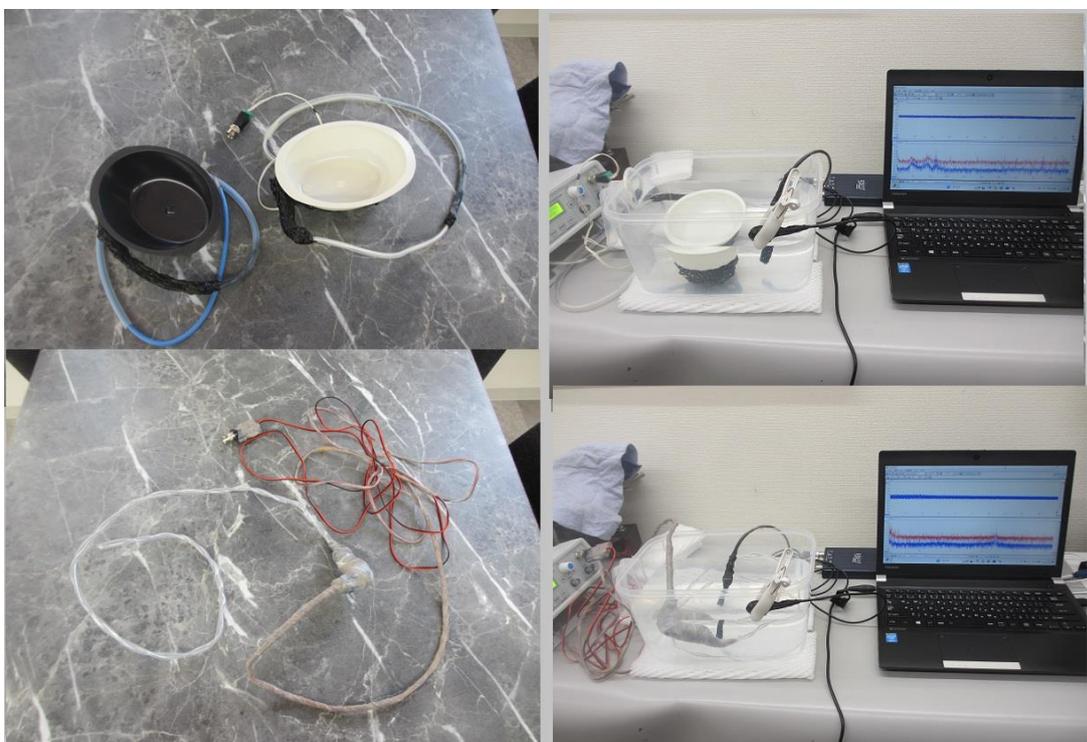
[https://youtu.be/FdAoiRYhK8E?si=fFpIP2ijSbNuy0\\_P](https://youtu.be/FdAoiRYhK8E?si=fFpIP2ijSbNuy0_P)

<https://youtu.be/sES9DmtR1Cs?si=BoWF1RsOMkeRuo03>

[https://youtu.be/LFQj1m8\\_UbI?si=unSPz0hNxsBxWpR2](https://youtu.be/LFQj1m8_UbI?si=unSPz0hNxsBxWpR2)

<https://youtu.be/EHcdGP-djM?si=PaFnX9cAiR9zHqA5>

<https://youtu.be/dg1Lp81kXd8?si=4GgVufV3ydmuPiZ1>



**超音波プローブの発振制御技術**

超音波の音圧・振動データから、新しい超音波利用を導く  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1811>

抽象代数モデルと超音波現象の実験・検討サイクル  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15065>

超音波の非線形現象を評価する技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=13919>

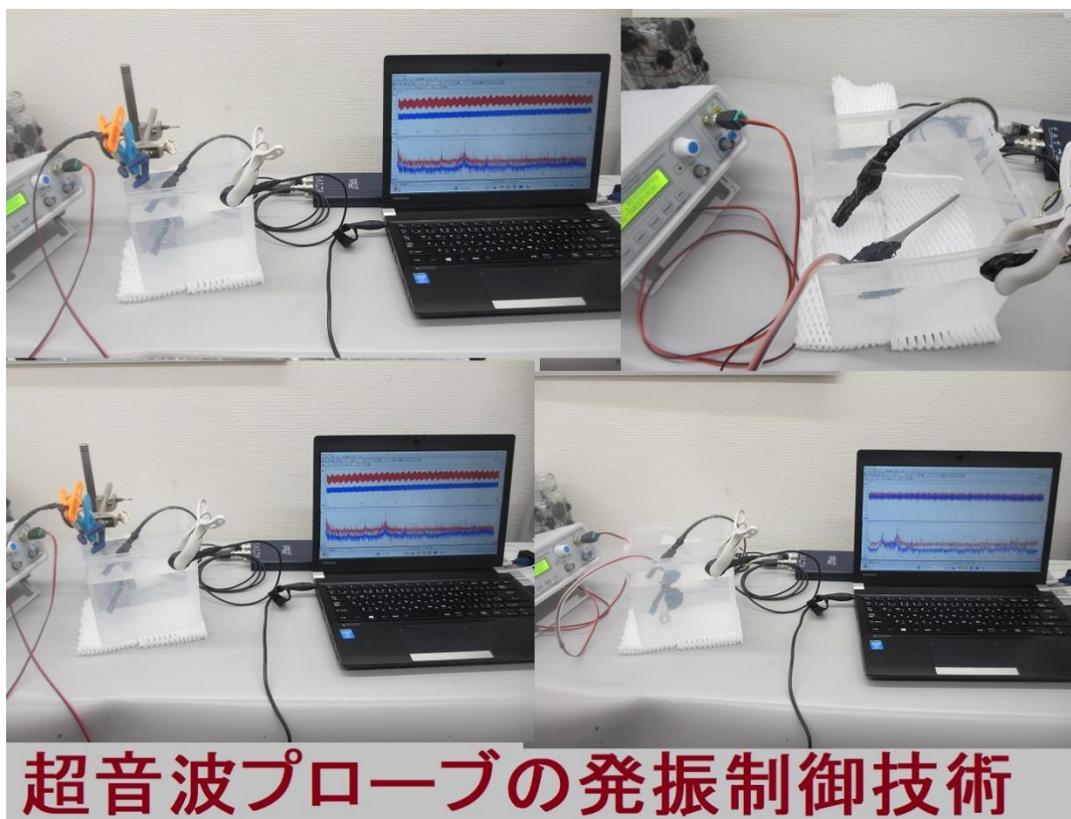
超音波の音圧測定解析  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1705>

コンサルティング対応<音圧測定・実験・解析・評価>  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15402>

超音波伝搬状態の測定・解析・評価システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>

超音波洗浄のメカニズムと効果的な活用法  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=18171>

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=1484>



超音波を利用した「振動計測技術」  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16046>

超音波（キャビテーション・音響流）の分類  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17231>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）の利用技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16477>

超音波洗浄について  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15233>

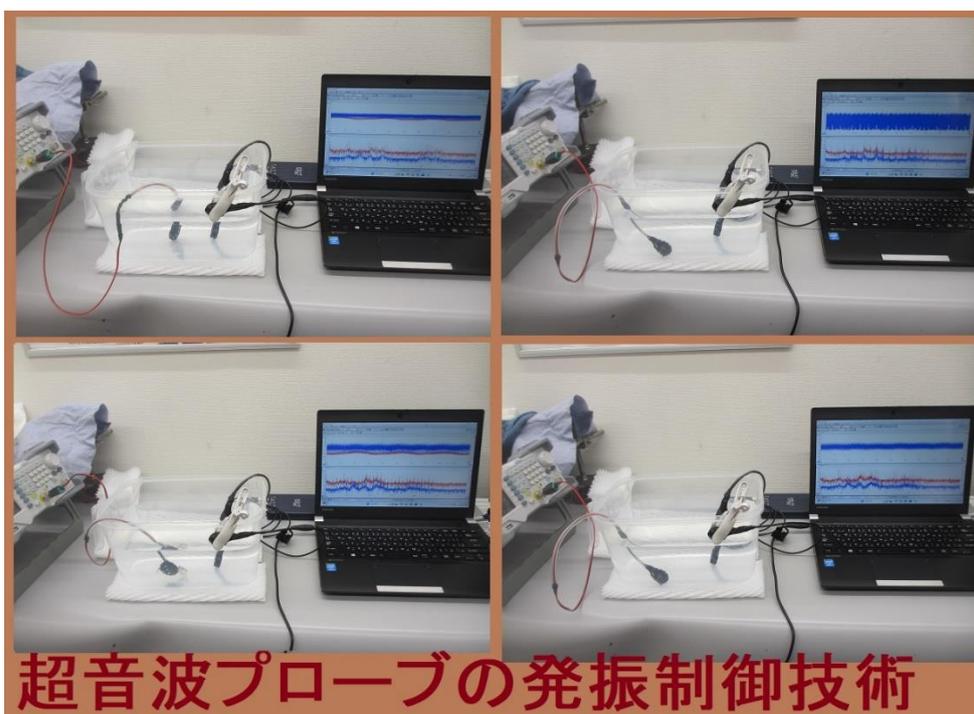
超音波洗浄効果について-no2  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2878>

超音波技術（コンサルティング対応）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1401>

超音波発振システム（20MHz）の製造販売  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

超音波洗浄セミナーテキストの公開  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=12973>

キャビテーションと音響流の制御技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2947>



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>

新しい超音波発振制御プローブの製造方法

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1184>

水槽と超音波と液循環に関する最適化・評価技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7277>

超音波とファインバブル（マイクロバブル）による洗浄技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18101>

ポリイミドフィルムに鉄めっきを行った部材を利用した超音波プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=13404>

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=1484>

シャノンのジャグリング定理を応用した「メガヘルツの超音波制御」方法

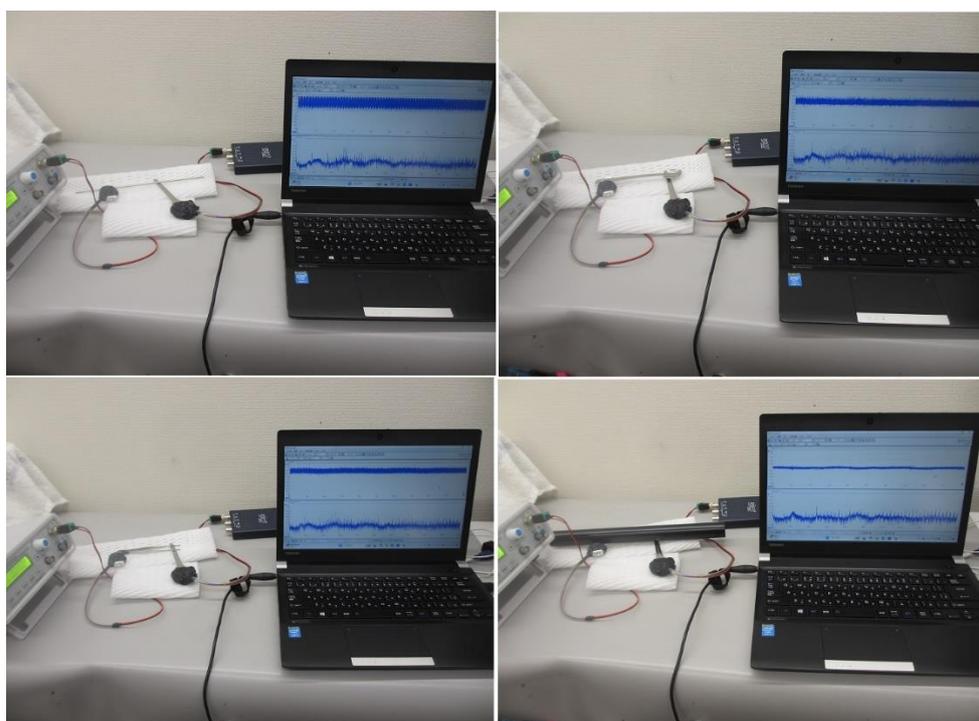
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1996>

超音波プローブによる、非線形制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1566>

特開 2021-125866 超音波制御

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>



超音波プローブの伝搬特性テスト  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

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>

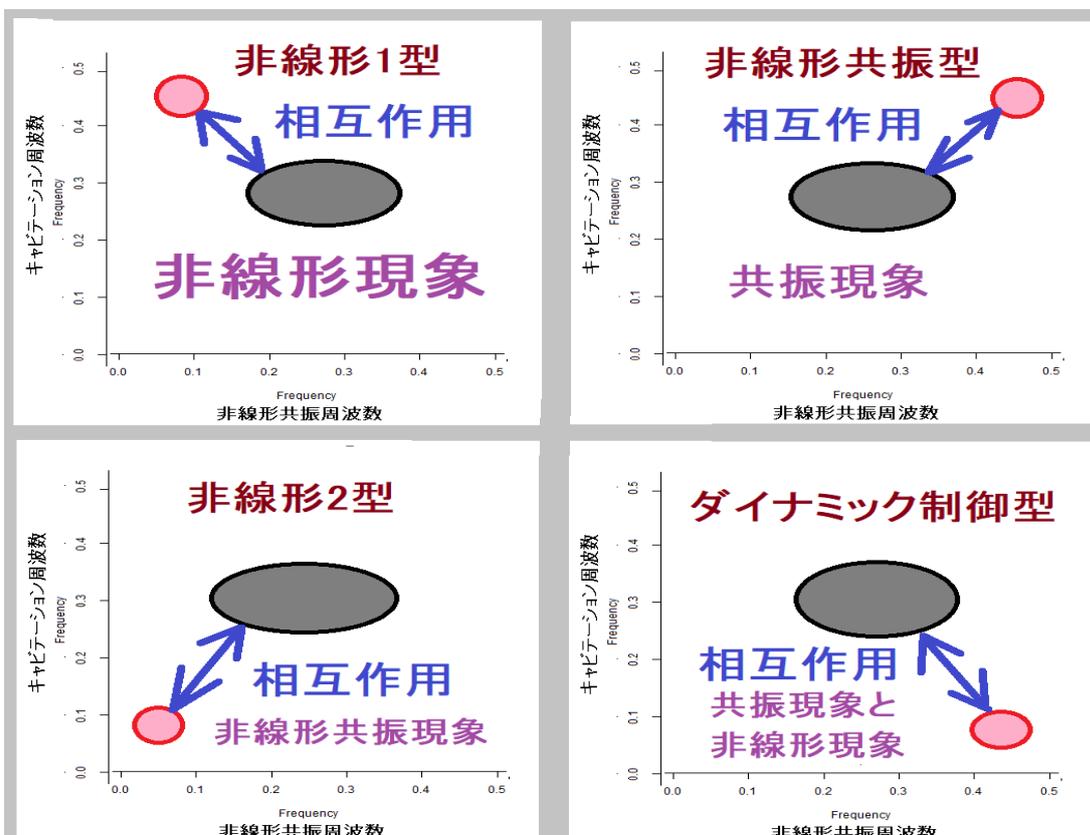
超音波の非線形振動現象をコントロールする技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=11267>

超音波プローブによる、スイープ発振システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1263>

超音波と表面弾性波（オリジナル超音波システムの開発技術）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14264>

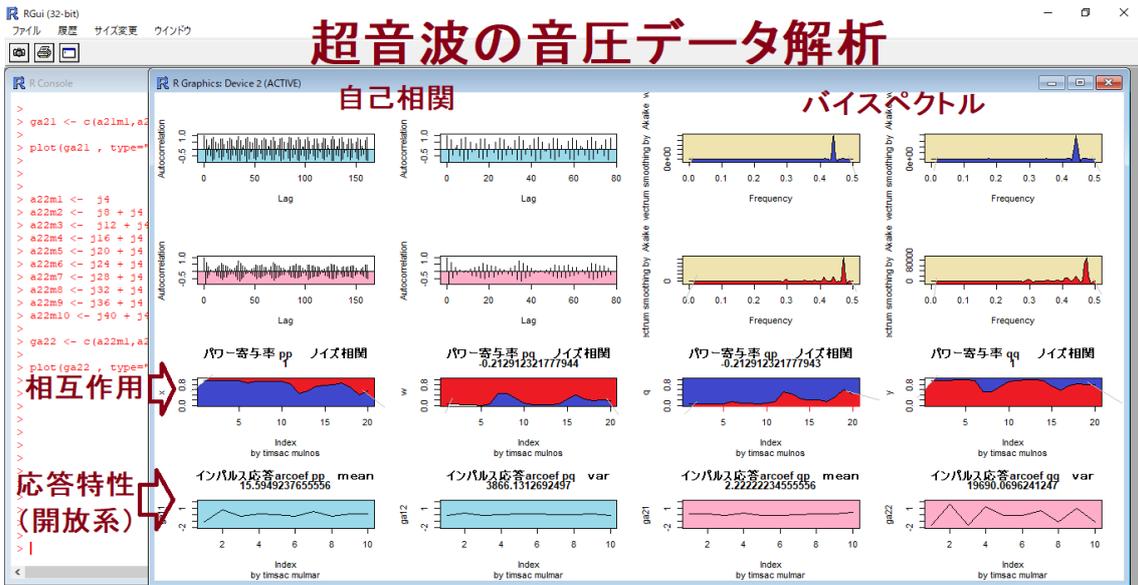
超音波の非線形現象をコントロールする技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14878>

超音波洗浄器による<メガヘルツの超音波>技術を開発  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1879>

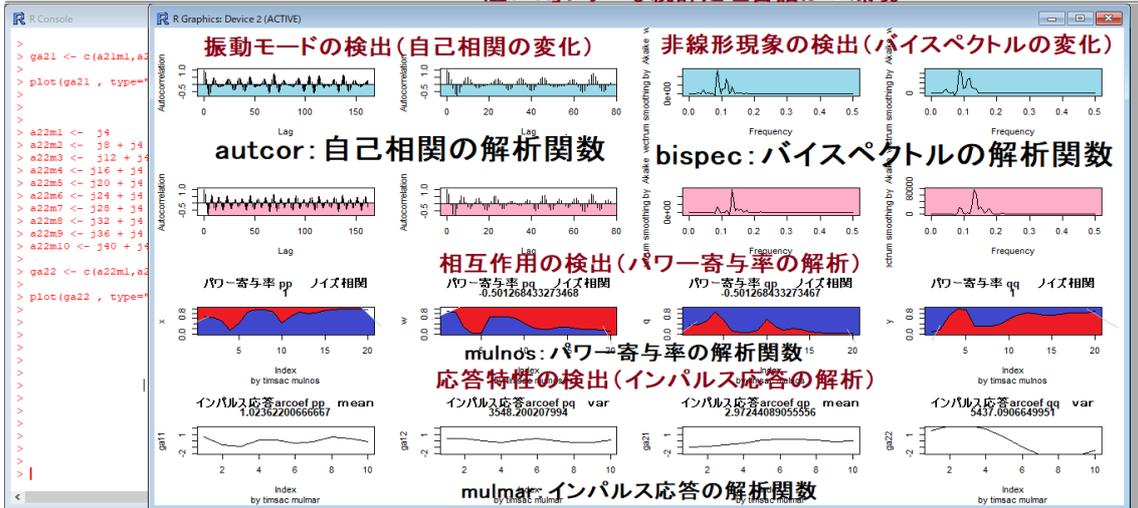


〜 スイープ発振 ● パルス発振

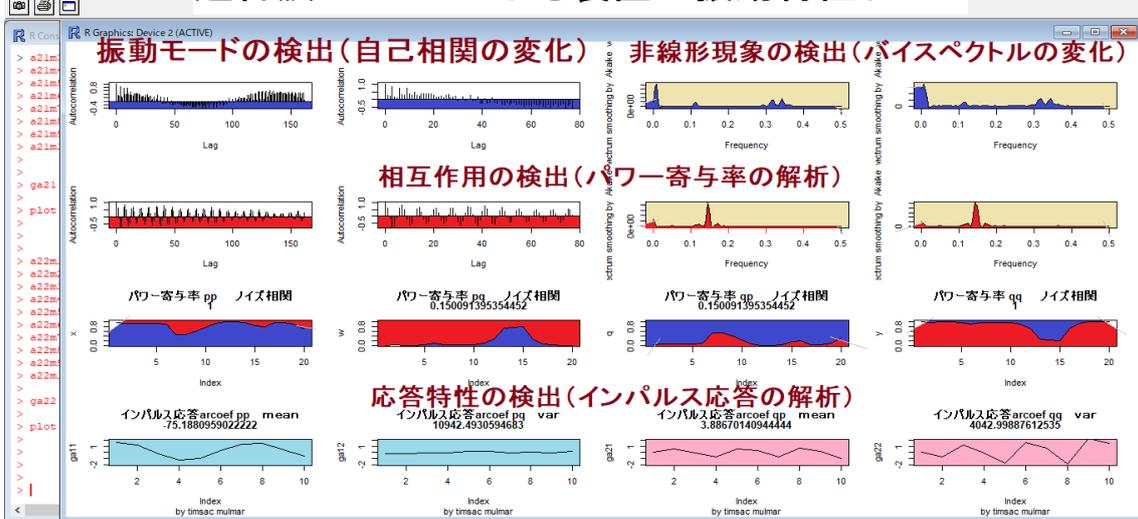
# 超音波の音圧データ解析



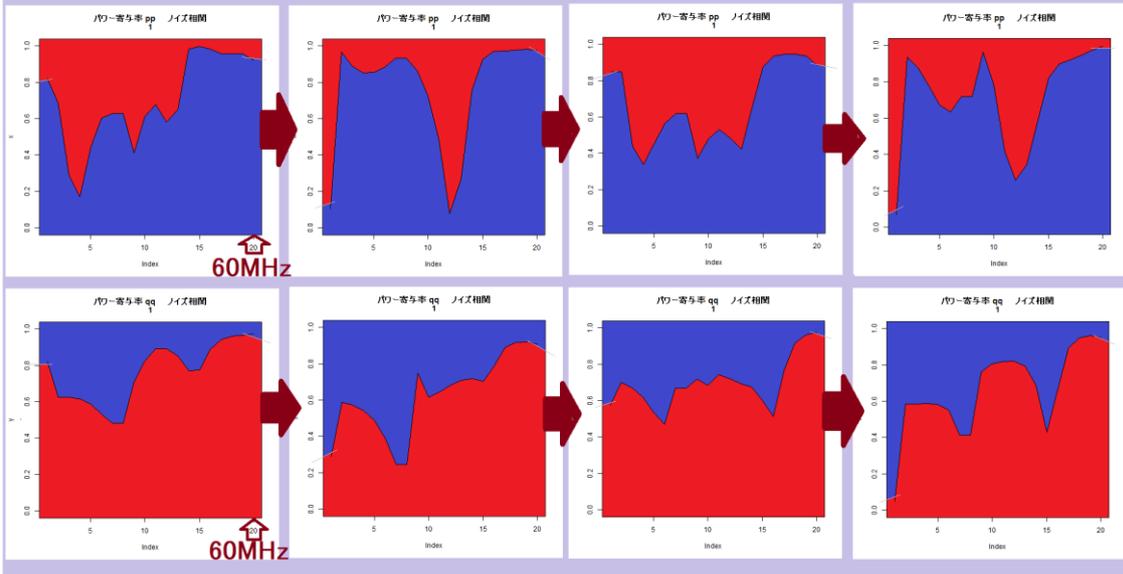
## 超音波の音圧データ解析 注:TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program) 注:「R」フリーな統計処理言語かつ環境



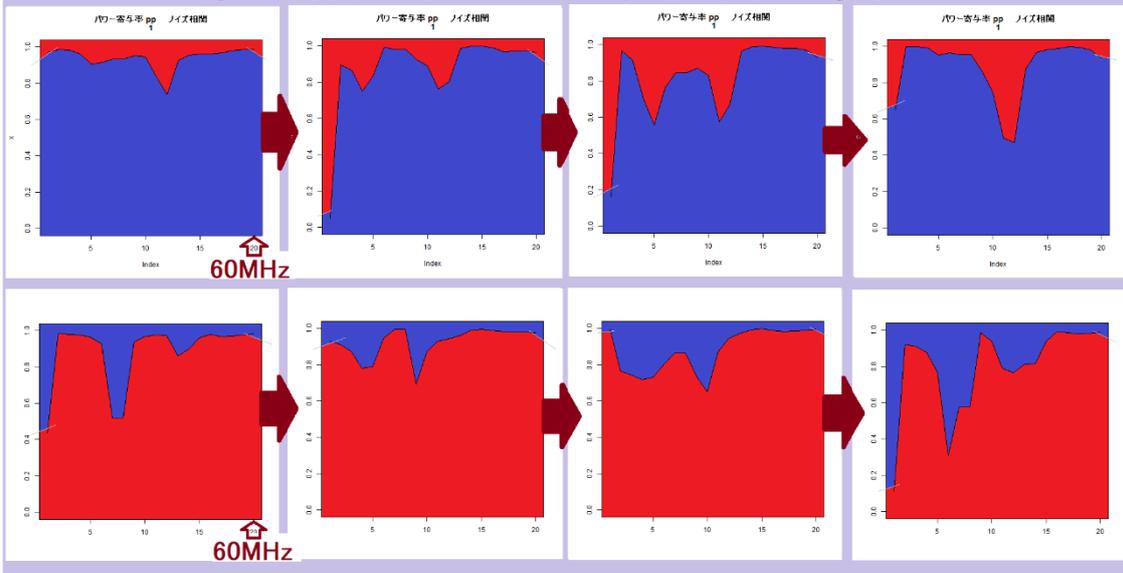
## 超音波プローブによる装置の振動特性テスト



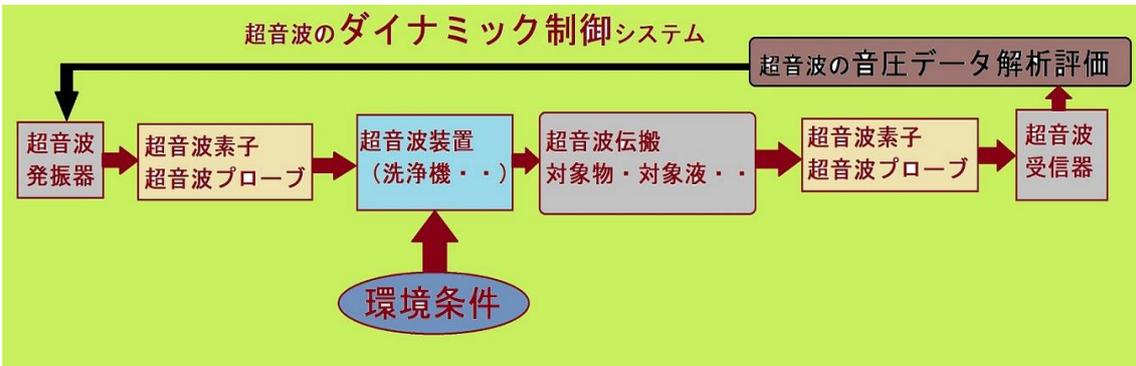
## 相互作用(パワー寄与率)の変化



## 相互作用(パワー寄与率)の変化



## 超音波のダイナミック制御システム



以上