

# 超音波データの統計数理 (R 言語による解析)

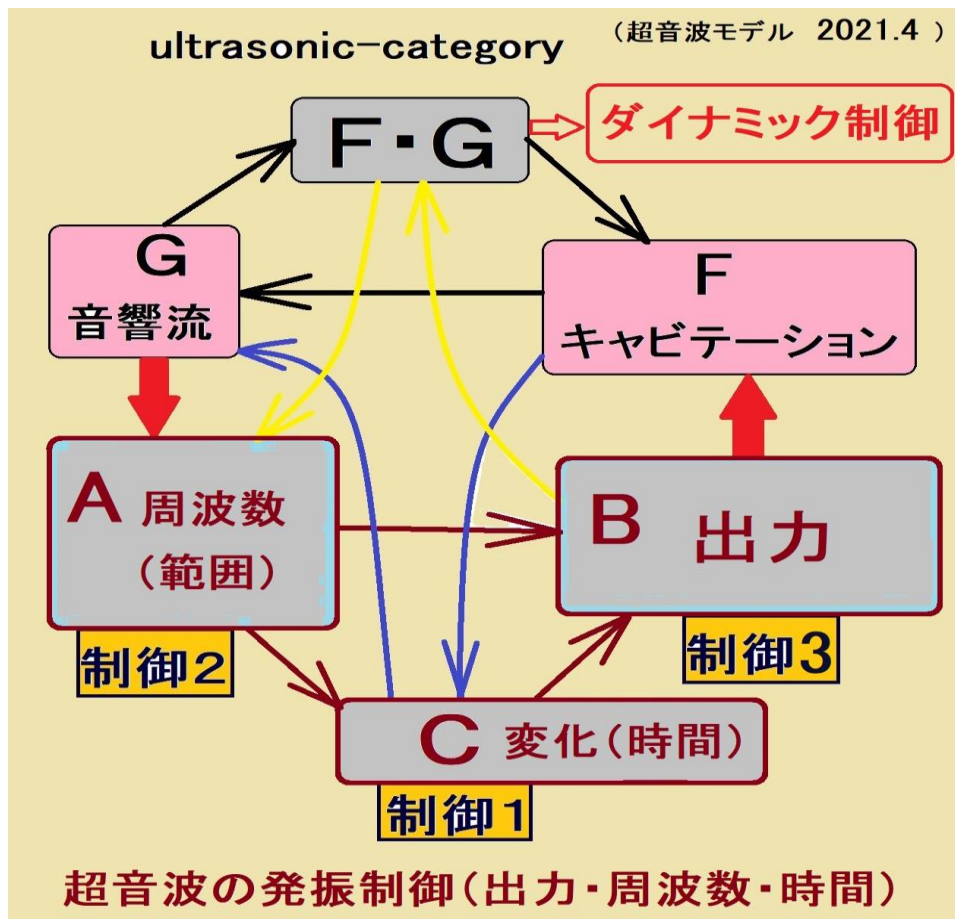
超音波システム研究所は、  
超音波利用に関して、  
＜統計的な考え方＞を利用した  
効果的な「測定・解析・評価方法」に関する技術を開発しています。

## ＜統計的な考え方について＞

統計数理には、抽象的な性格と具体的な性格の二面があり、  
具体的なものとの接触を通じて  
抽象的な考えあるいは方法が発展させられていく、  
これが統計数理の特質である

超音波の研究について

「キャビテーションの効果を安定させるには統計的な見方が不可欠」



### <モデルについて>

モデルは対象に関する理解、予測、制御等を効果的に進めることを目的として構築されます。

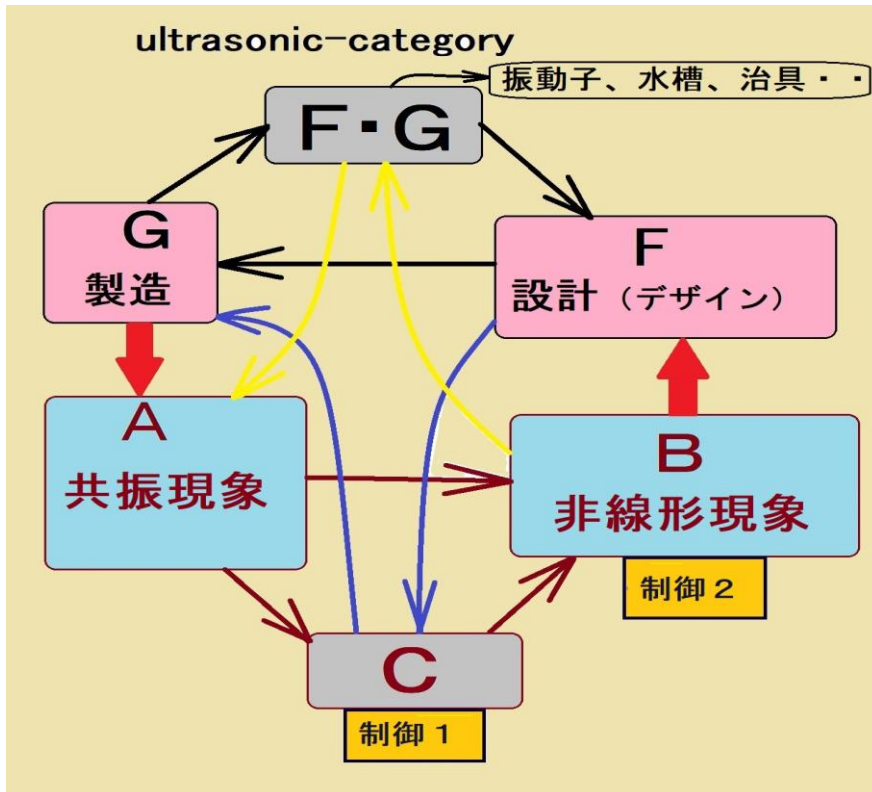
正確なモデルの構築は難しく、常に対象の複雑さを適度に“丸めた”形の表現で検討を進めます。その意味で、モデルの構成あるいは構築の過程は統計的思考が必要です。

### <モデルと現状のシステムとの関係性について>

( 考察する場合の注意事項 )

- 1) 先入観や経験は正しくないことがあると考える必要があります
- 2) モデルの本質を考えるためには、  
圏論 (注) を利用することが有効だと考えています  
(実際に応用化学や量子論などで積極的に利用されています)

注：圏論は、数学的構造とその間の関係を抽象的に扱う数学理論



## ＜論理モデルの作成について＞（情報量基準を利用して）

1) 各種の基礎技術（注）に基づいて、対象に関する、

D1=客観的知識（学術的論理に裏付けられた理論）

D2=経験的知識（これまでの結果）

D3=観測データ（現実の状態）

からなる「情報データ群」、 $DS = (D1, D2, D3)$  を明確に認識し  
その組織的利用から複数のモデル案を作成する

2) 統計的思考法を、

情報データ群（DS）の構成と、

それに基づくモデルの提案と検証の繰り返し

によって情報獲得を実現する思考法と捉える

3) AIC の利用により、

様々なモデルの比較を行い、最適なモデルを決定する

4) 作成したモデルに基づいて

超音波装置・システムを構築する

5) 時間と効率を考え、

以下のように対応することを提案しています

5-1) 「論理モデル作成事項」を考慮して

「直感によるモデル」を作成し複数の人が検討する

5-2) 実状のデータや新たな情報によりモデルを修正・検討する

5-3) 検討メンバーが合意できるモデルにより

装置やシステムの具体的打ち合わせに入る

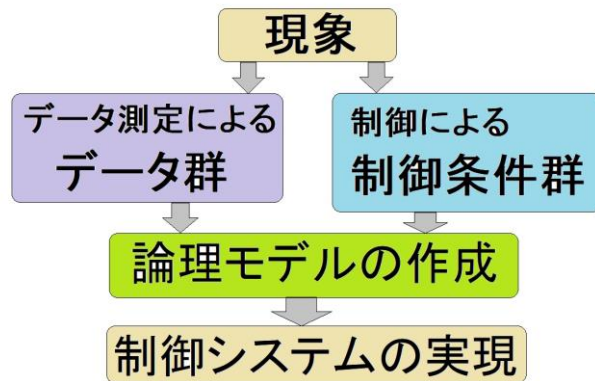
上記の参考資料

1) ダイナミックシステムの統計的解析と制御

：赤池弘次/共著 中川東一郎/共著：サイエンス社

2) 生体のゆらぎとリズム コンピュータ解析入門

：和田孝雄/著：講談社



ポイントは

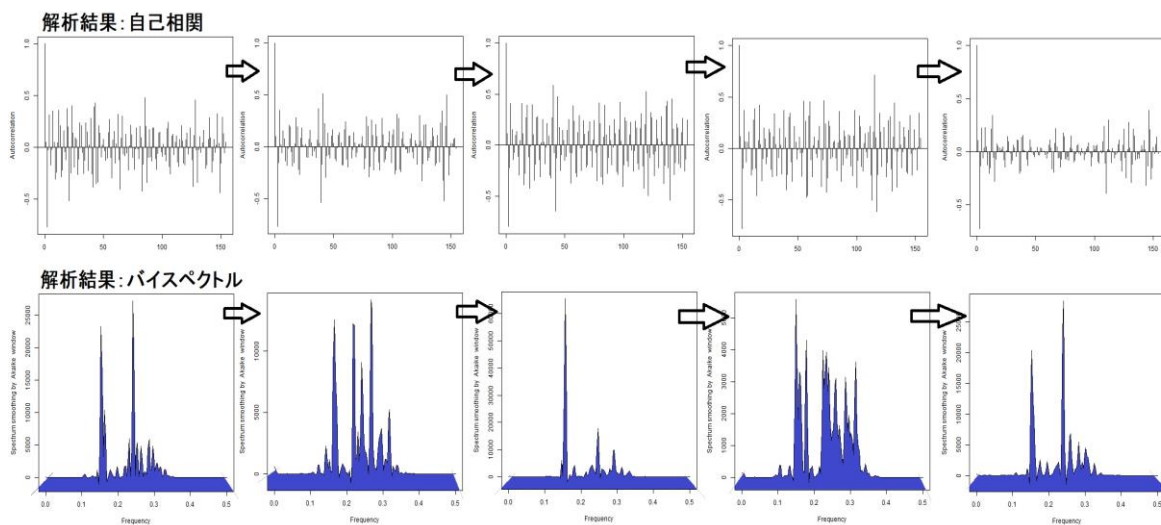
表面弾性波の利用です、  
 対象物の条件・・・により  
 超音波の伝搬特性を確認することで、  
 オリジナル非線形共振現象（注1）として  
 対処することが重要です

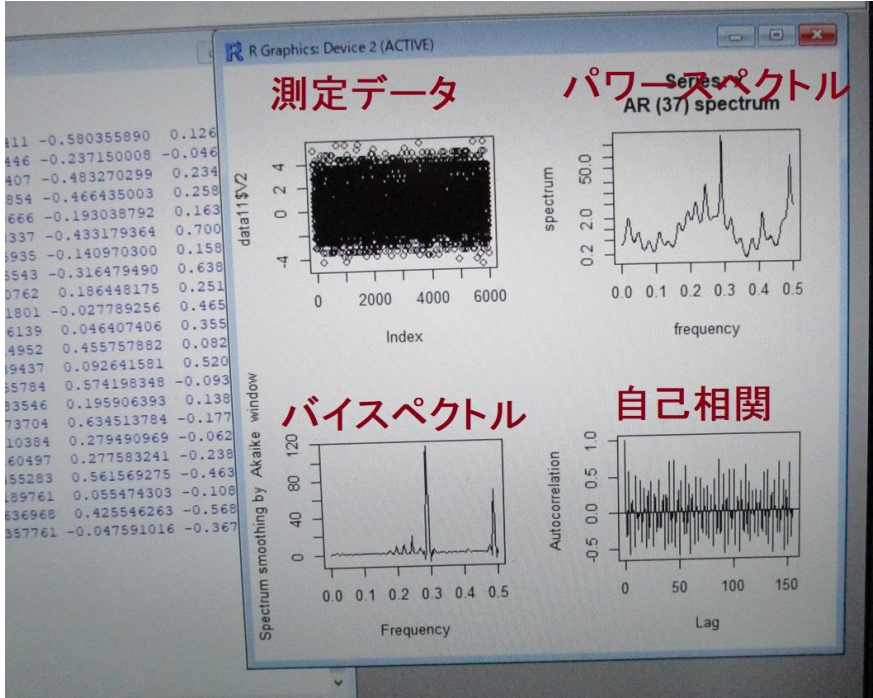
注1：オリジナル非線形共振現象

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

様々な分野への利用が可能になると考え

各種コンサルティングにおいて提案しています。





参考動画

<https://youtu.be/aRwxFhEo490>

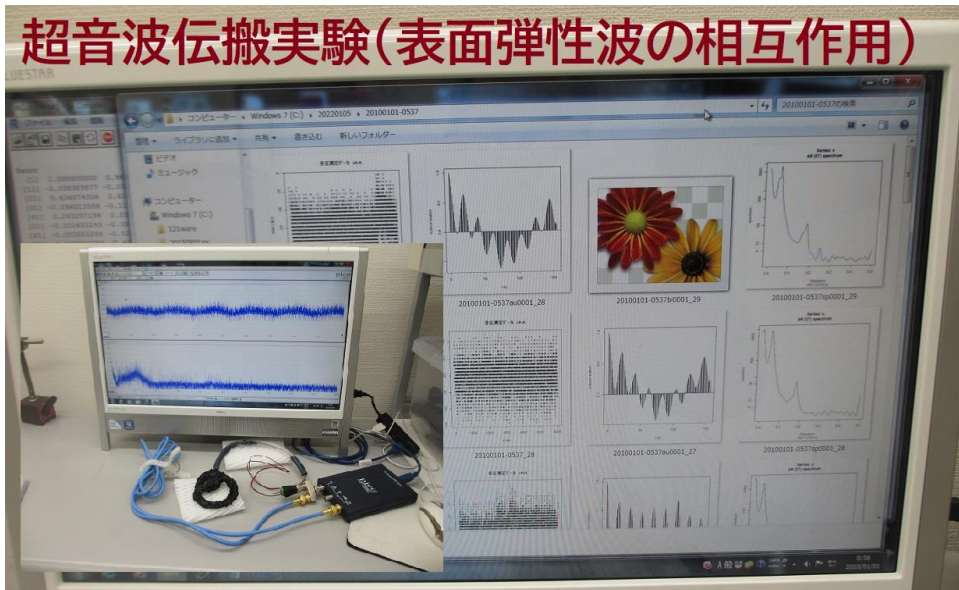
<https://youtu.be/DydLHxF0d4U>

<https://youtu.be/bLFXzn-MCD8>

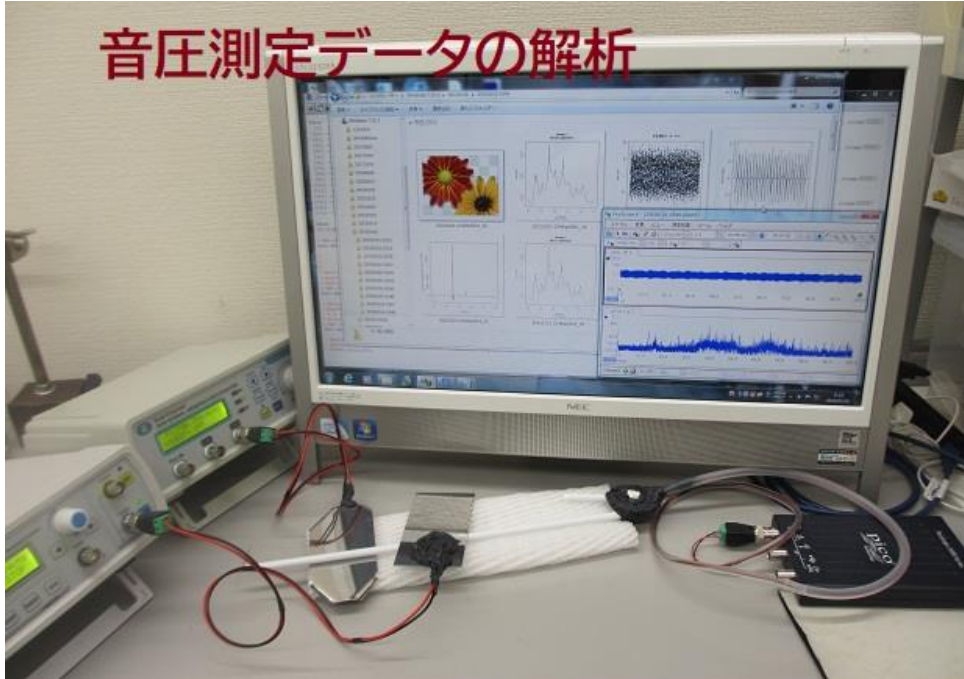
<https://youtu.be/XoMMGwOERmk>

[https://youtu.be/uU\\_dTuvYk-E](https://youtu.be/uU_dTuvYk-E)

<https://youtu.be/L8PDen5LvME>







<https://youtu.be/674SMsCNDc4>

<https://youtu.be/NoU32ITnHIY>

<https://youtu.be/PI8LxstsU7w>

<https://youtu.be/ZWi-hKhuv2g>

<https://youtu.be/Tw980--MjSU>

<https://youtu.be/t02Q7V8do20>

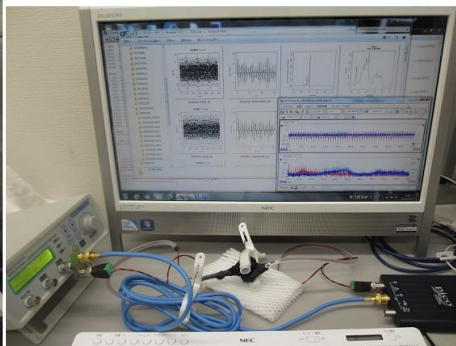
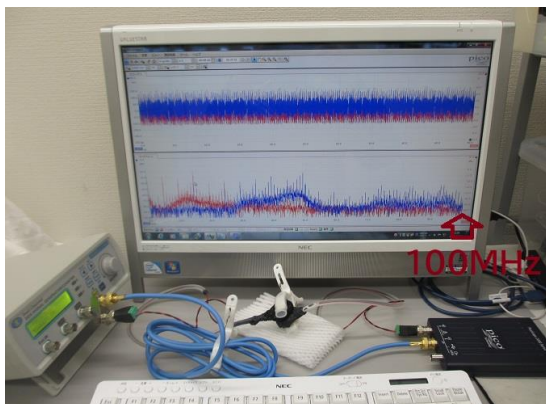
<https://youtu.be/PIWumUwXIW8>

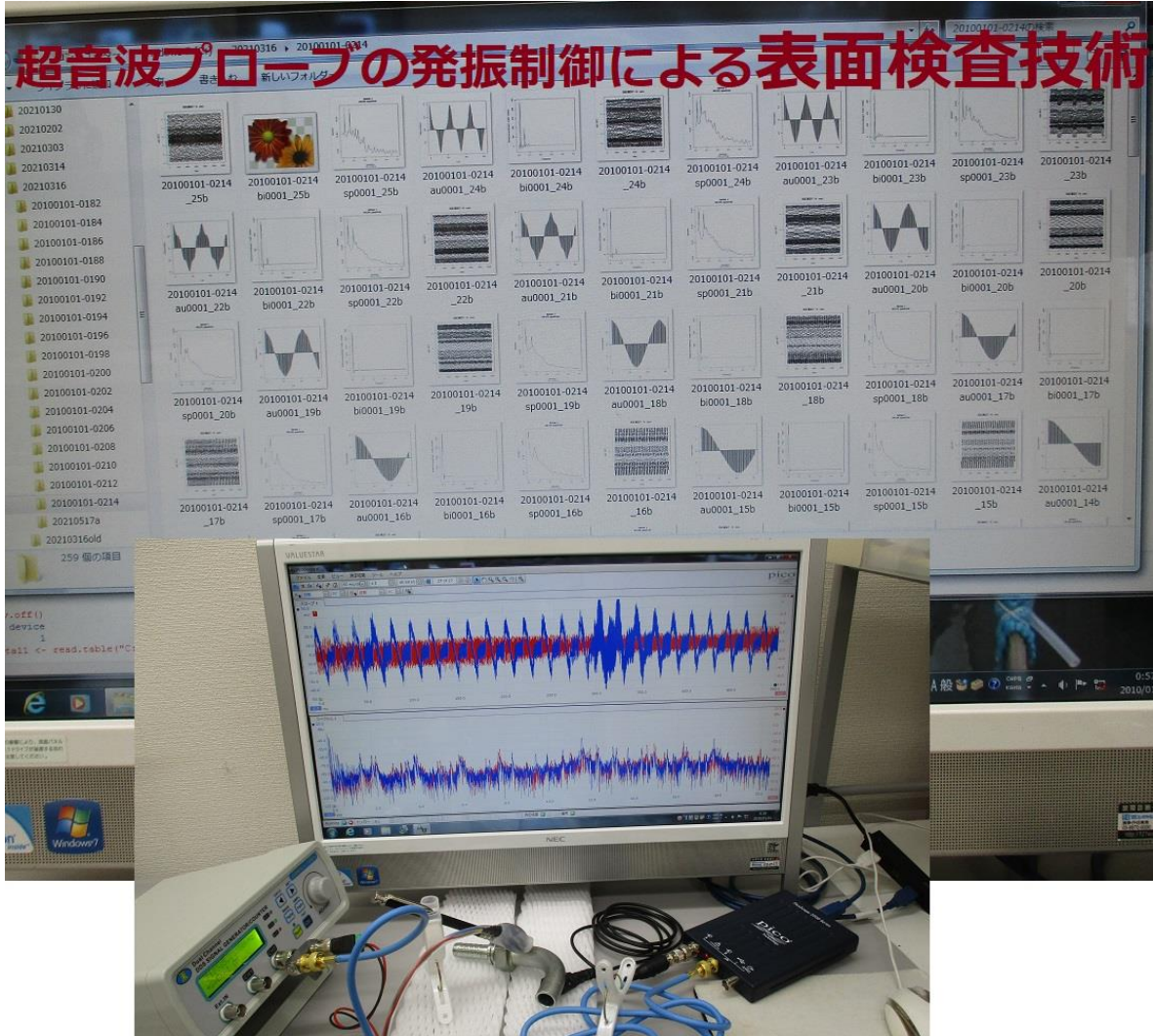
<https://youtu.be/vb7wZeNM9Mc>

<https://youtu.be/UuGkp5pK-ls>

<https://youtu.be/sJQMJcZU9M8>

<https://youtu.be/N9LZ3ouN9Cc>





### 超音波の音圧データ解析

[https://youtu.be/E2SJ0dh\\_4ZO](https://youtu.be/E2SJ0dh_4ZO)

<https://youtu.be/rpme2WCMNYA>

[https://youtu.be/6lc2eJU\\_-Lk](https://youtu.be/6lc2eJU_-Lk)

<https://youtu.be/y7xge6DgMJ0>

[https://youtu.be/wV\\_pFQK3Dqg](https://youtu.be/wV_pFQK3Dqg)

<https://youtu.be/U73662VzBgU>

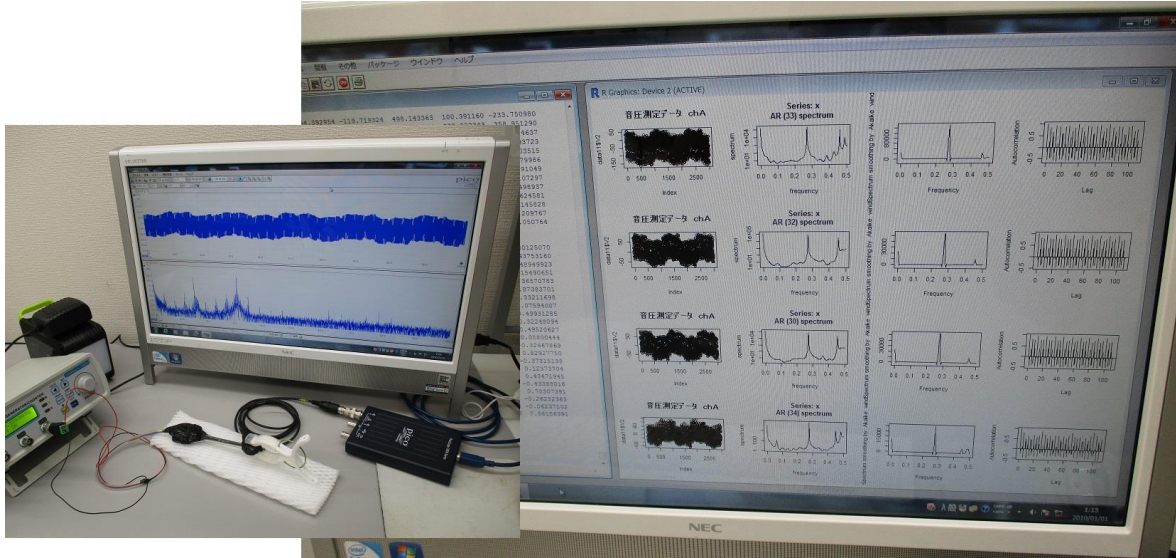
<https://youtu.be/-0tckR00vWk>

<https://youtu.be/Fo3KEFcZTc0>

<https://youtu.be/z1SFBty4rAQ>

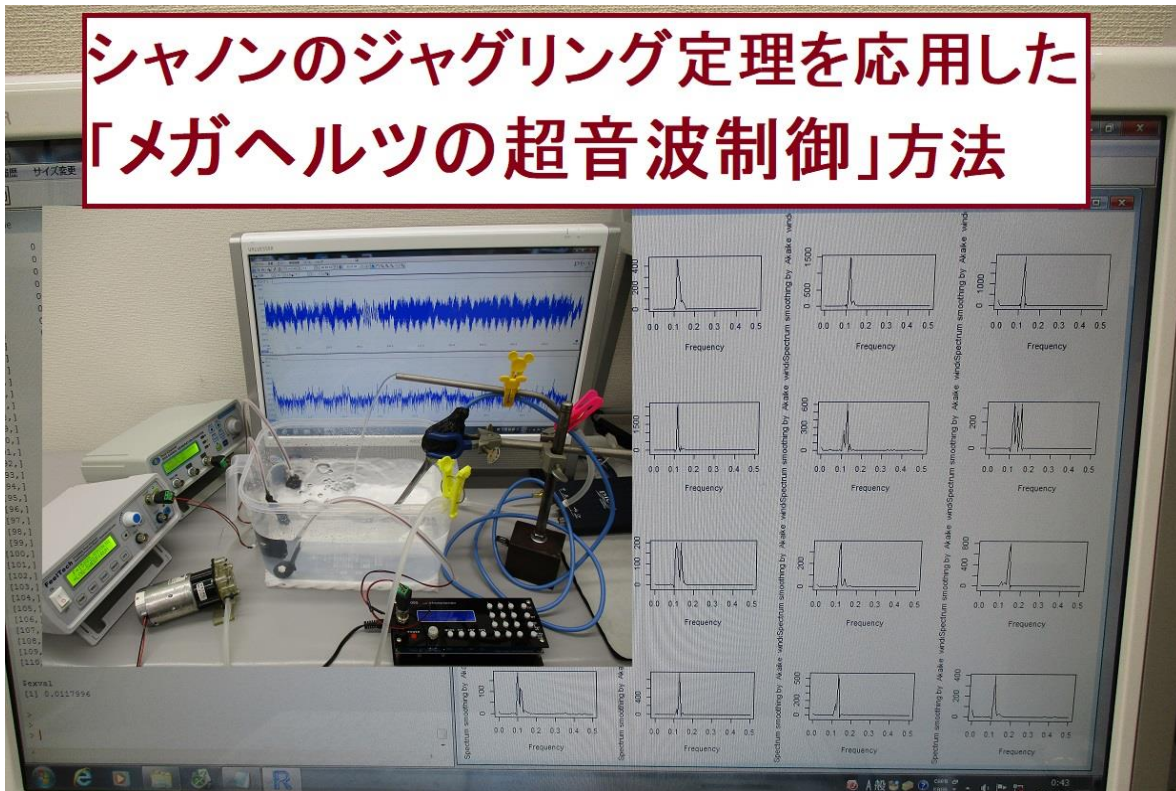
<https://youtu.be/3RDd0Iuh4S0>





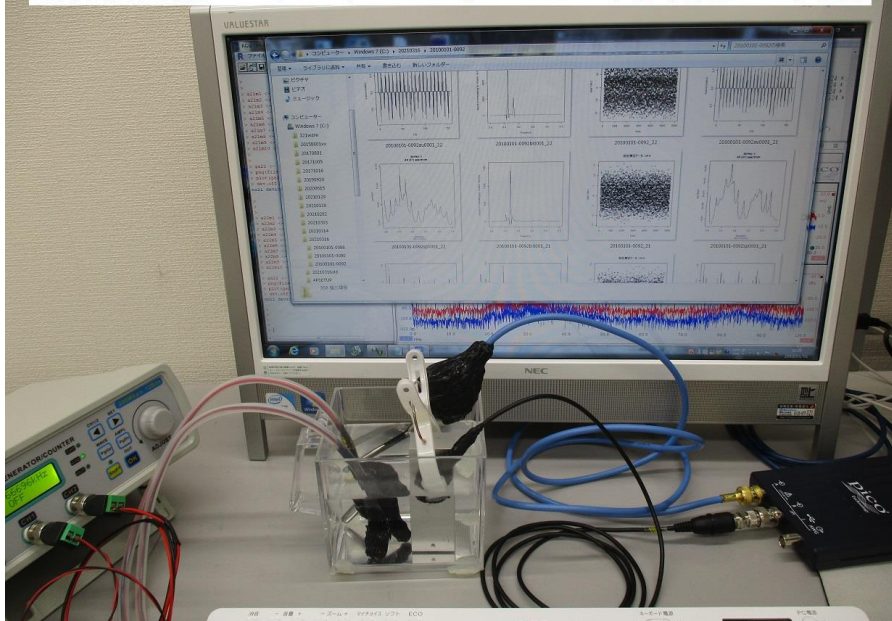
<https://youtu.be/Eno0nJipse0>

<https://youtu.be/wKzIEnP0mbQ>





## 超音波発振システム(1MHz、20MHz)を利用した実験



統計的な考え方を利用した超音波

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

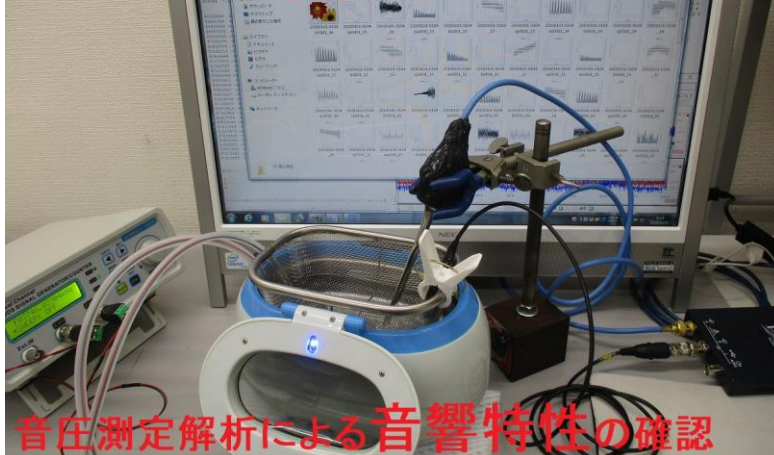
超音波技術：多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析

<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

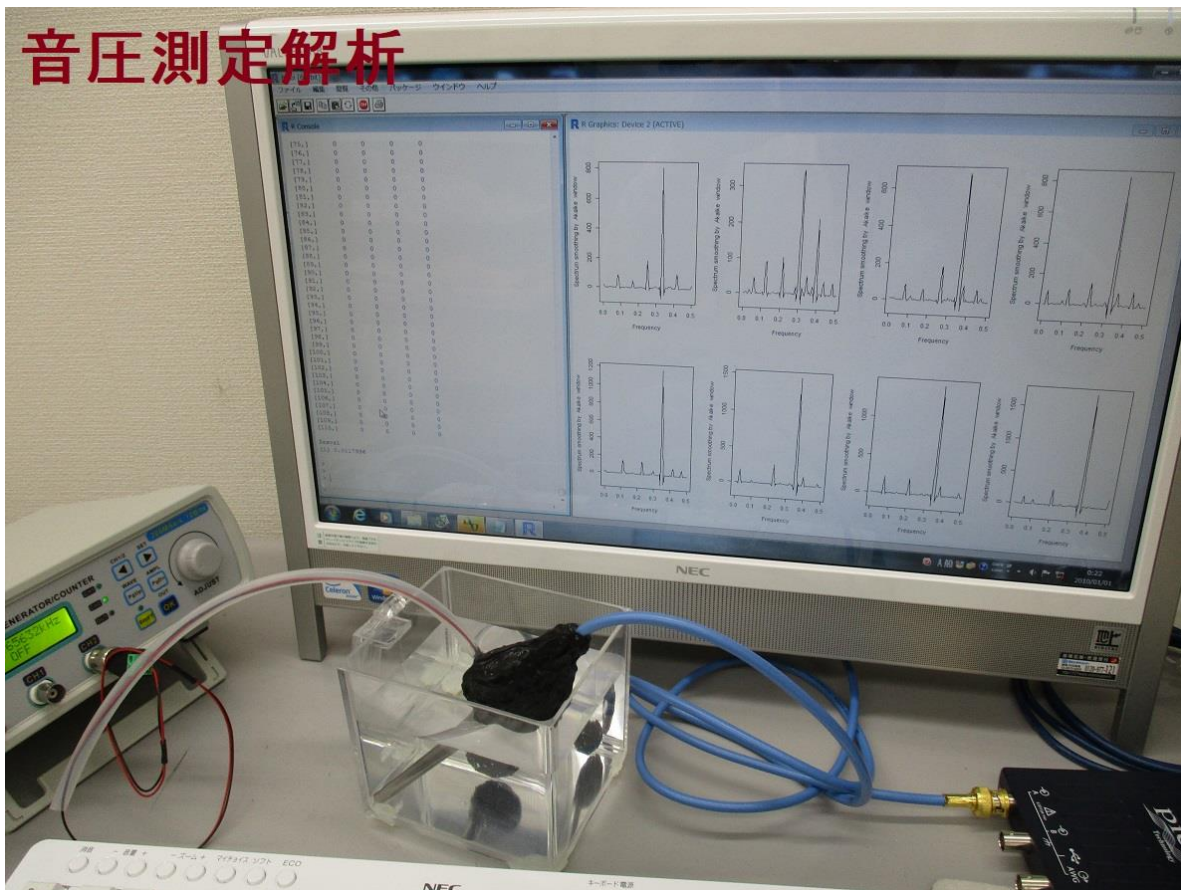
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

## 洗浄カゴ・トレイの相互作用を利用した 超音波洗浄技術



音圧測定解析による音響特性の確認

# 音圧測定解析



<<< 論理モデル >>>

通信の数学的理論

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1350>

音色と超音波

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1082>

モノイドの圏

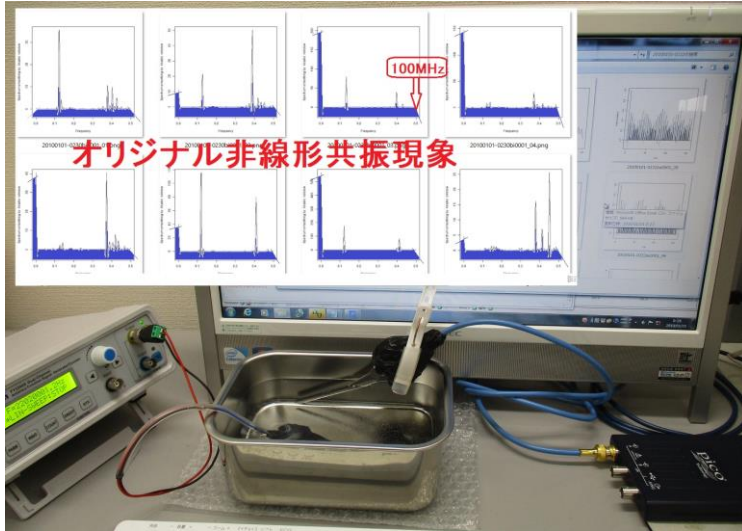
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1311>

物の動きを読む<統計的な考え方>

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1074>

超音波の洗浄・攪拌・加工に関する「論理モデル」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=3963>



<<< ダイナミック制御 >>>

<超音波のダイナミック制御技術>

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2301>

超音波のダイナミック制御技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2015>

オリジナル技術（液循環）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7658>

<超音波のダイナミックシステム>

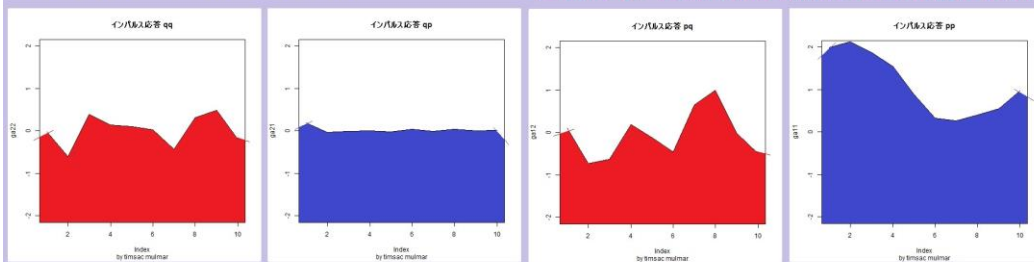
<http://ultrasonic-labo.com/?p=7425>



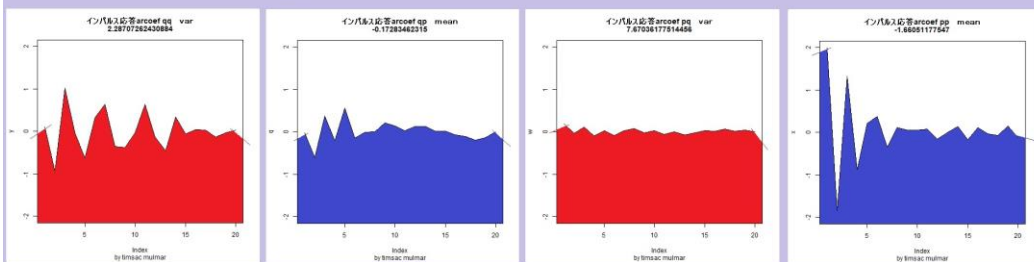


## インパルス応答 開放系

超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



## インパルス応答 閉鎖系

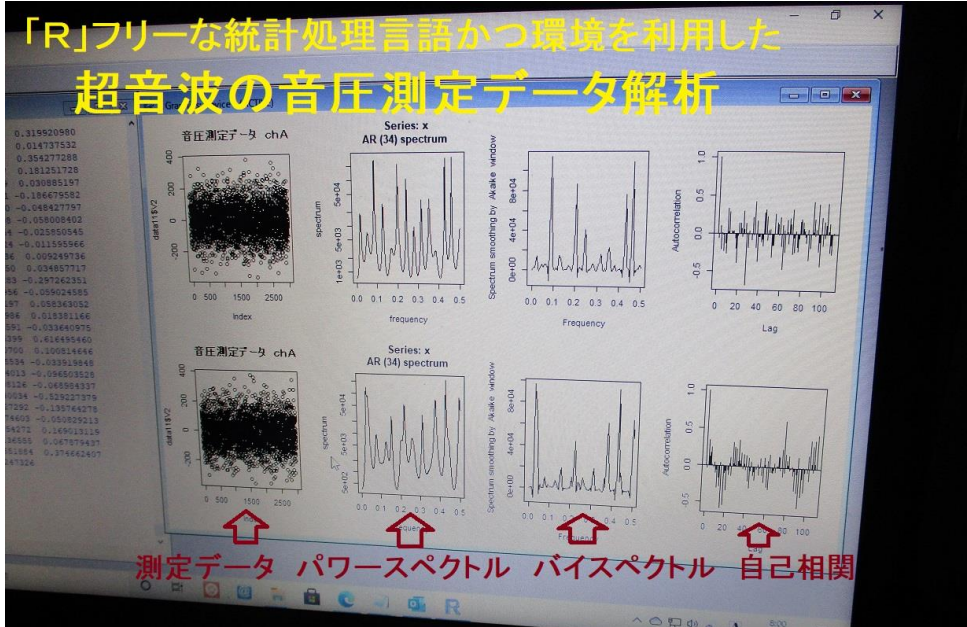


TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program): **mulmar** を利用した  
インパルス応答特性の解析

### <<超音波の音圧データ解析・評価>>

- 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

## 「R」フリーな統計処理言語かつ環境を利用した 超音波の音圧測定データ解析



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、

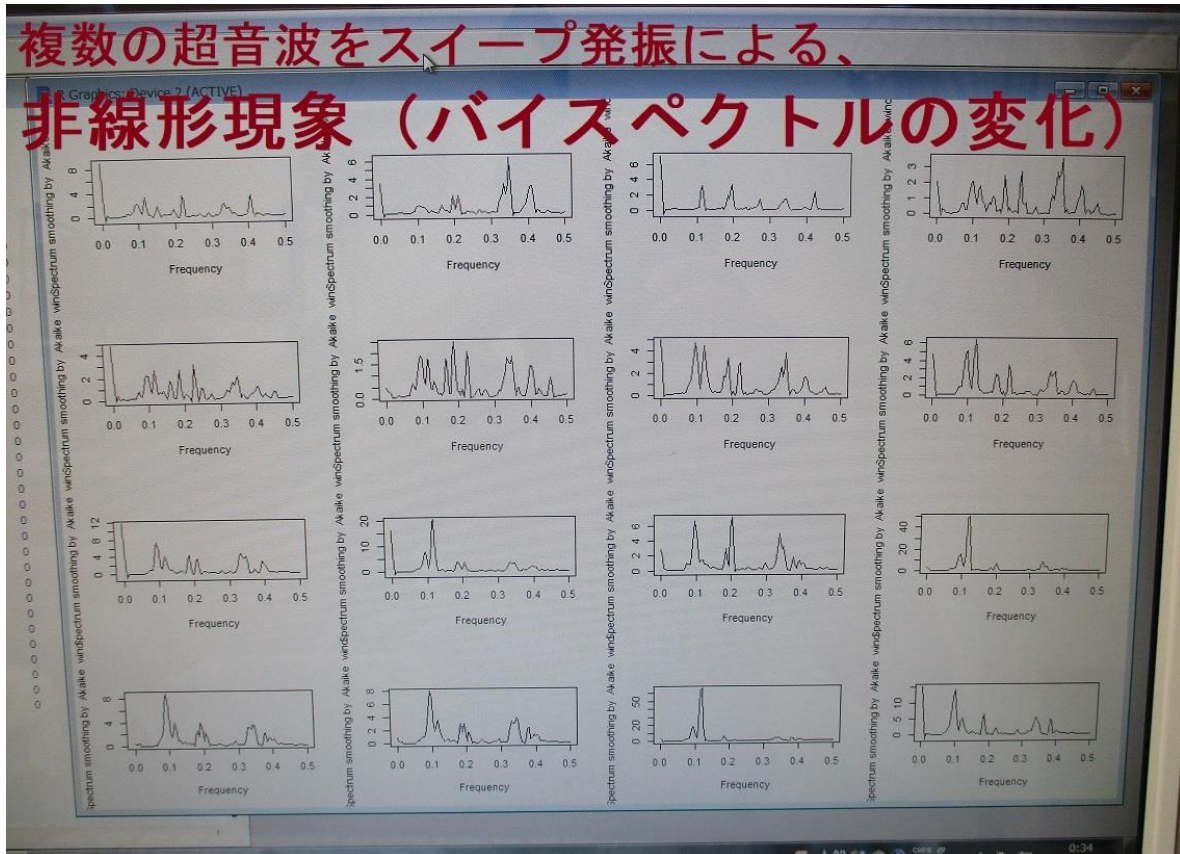
$f_1 + f_1 = f_2$ 、 $f_1 + f_2 = f_3$  で表される

$f_2$ 、 $f_3$  という周波数成分が存在すれば、バイ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、

バイ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。



### 参考動画

超音波の音圧データ解析：バイスペクトル

<https://youtu.be/18rIWa7XPFM>

<https://youtu.be/5V7WpMum-sU>

<https://youtu.be/Yw0jwUAL16o>

<https://youtu.be/S9FuAJ3qdgA>

<https://youtu.be/PzhtY7Scv-A>

[https://youtu.be/t9vzA\\_IFivA](https://youtu.be/t9vzA_IFivA)

<https://youtu.be/i19QYB-zELg>

<https://youtu.be/iaysRshbmjU>

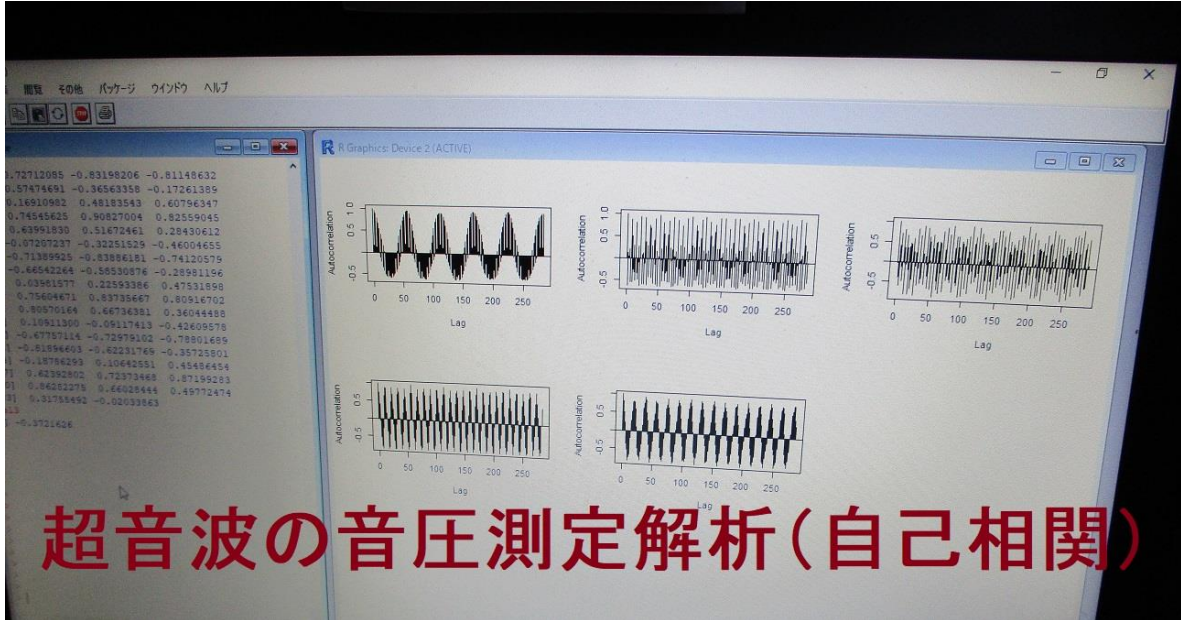
[https://youtu.be/T4oLY9E\\_HzI](https://youtu.be/T4oLY9E_HzI)

<https://youtu.be/BzohZ6Z9Yac>

<https://youtu.be/jr5aAMf3hRQ>

<https://youtu.be/MIZa4B1cm1k>





超音波の音圧データ解析：自己相関

<https://youtu.be/VoBbW-Ytiao>

<https://youtu.be/NMUJ08B62Kk>

<https://youtu.be/RRkNQpsf70E>

<https://youtu.be/KxkQxR9UD70>

<https://youtu.be/mSJYLu1pqsM>

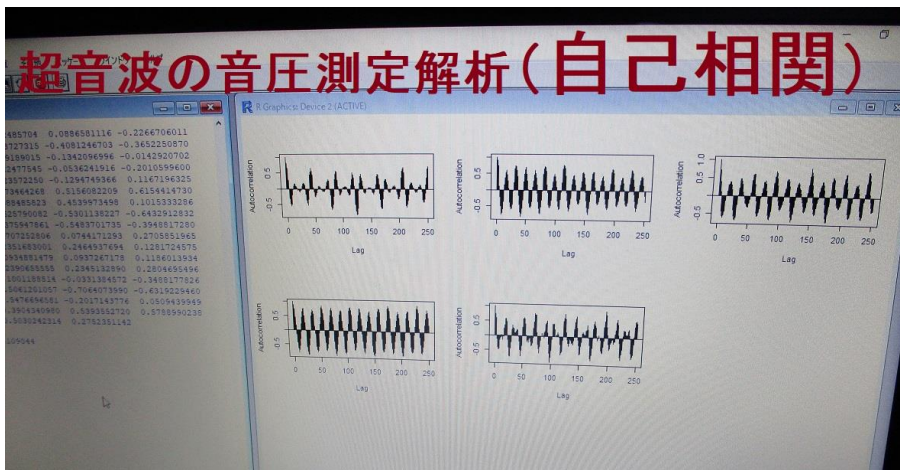
<https://youtu.be/HqHoLRdh0QA>

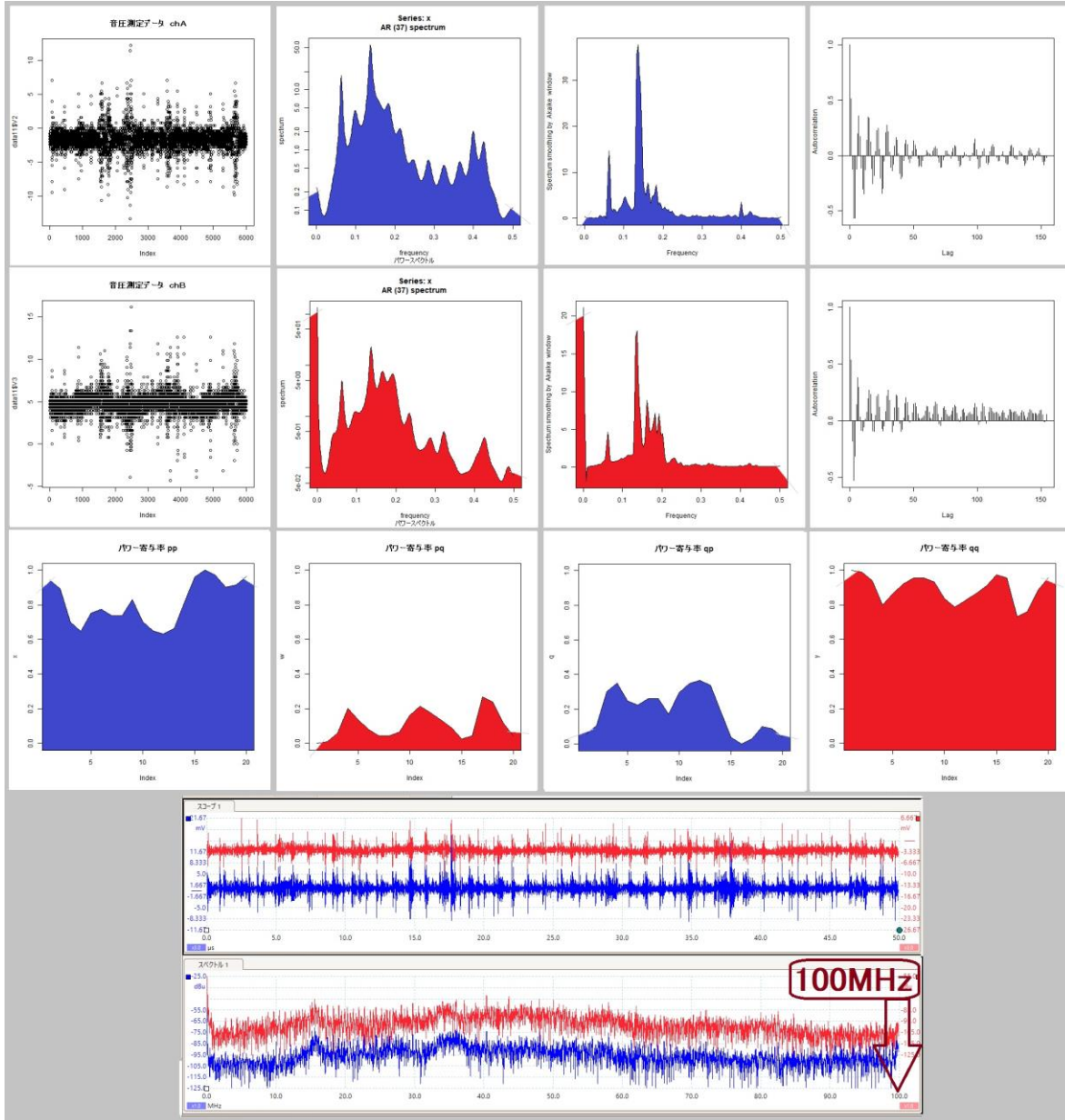
<https://youtu.be/G5m0vHeu2ro>

<https://youtu.be/jvgjAbzofPc>

<https://youtu.be/QIekIOAGAZA>

[https://youtu.be/FDC\\_KjqXwtc](https://youtu.be/FDC_KjqXwtc)





## 超音波実験

<https://youtu.be/PTEvIWakTI0>

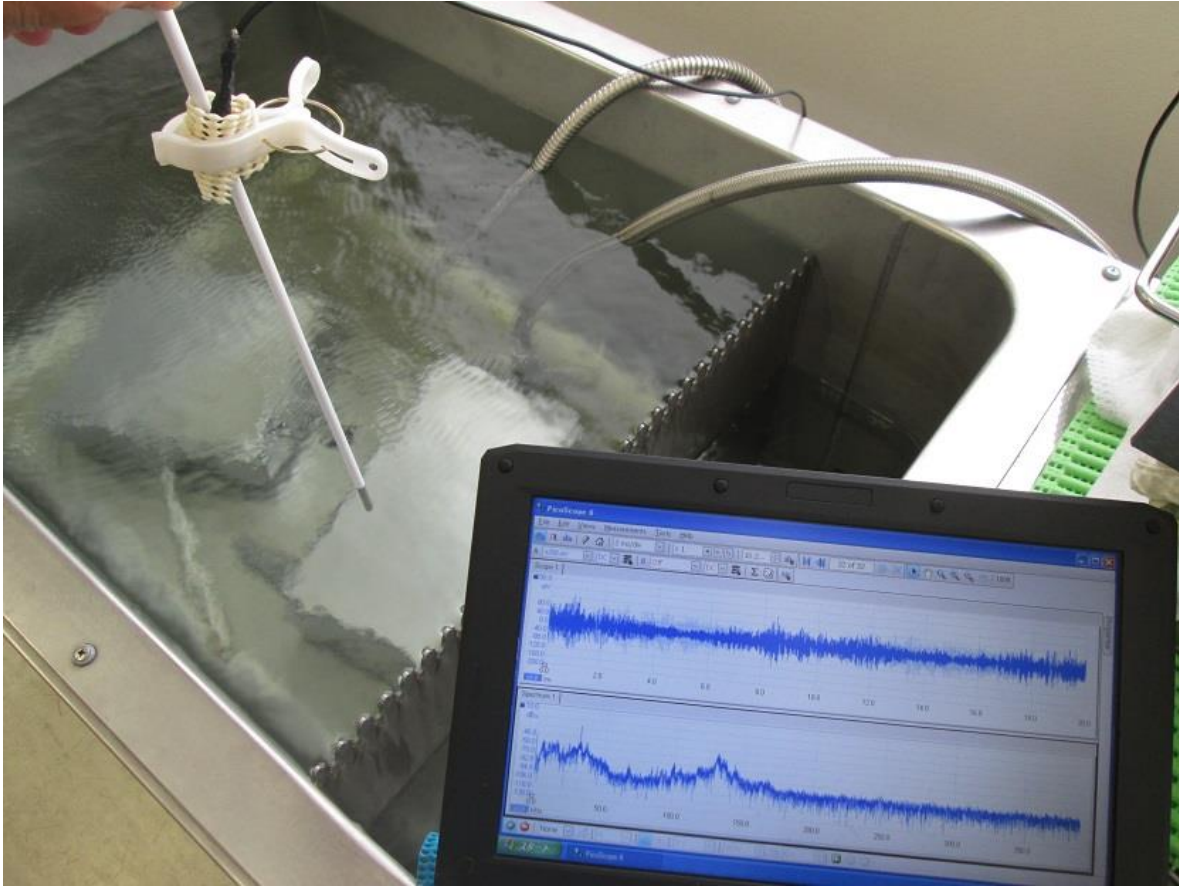
<https://youtu.be/PBa8kXKYw0o>

<https://youtu.be/FMfznK5HdII>

<https://youtu.be/bYXtGFTWIiU>

[https://youtu.be/VWt6Wg\\_MgkA](https://youtu.be/VWt6Wg_MgkA)

[https://youtu.be/00k\\_VYXbTdI](https://youtu.be/00k_VYXbTdI)



## <<超音波システム>>

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>

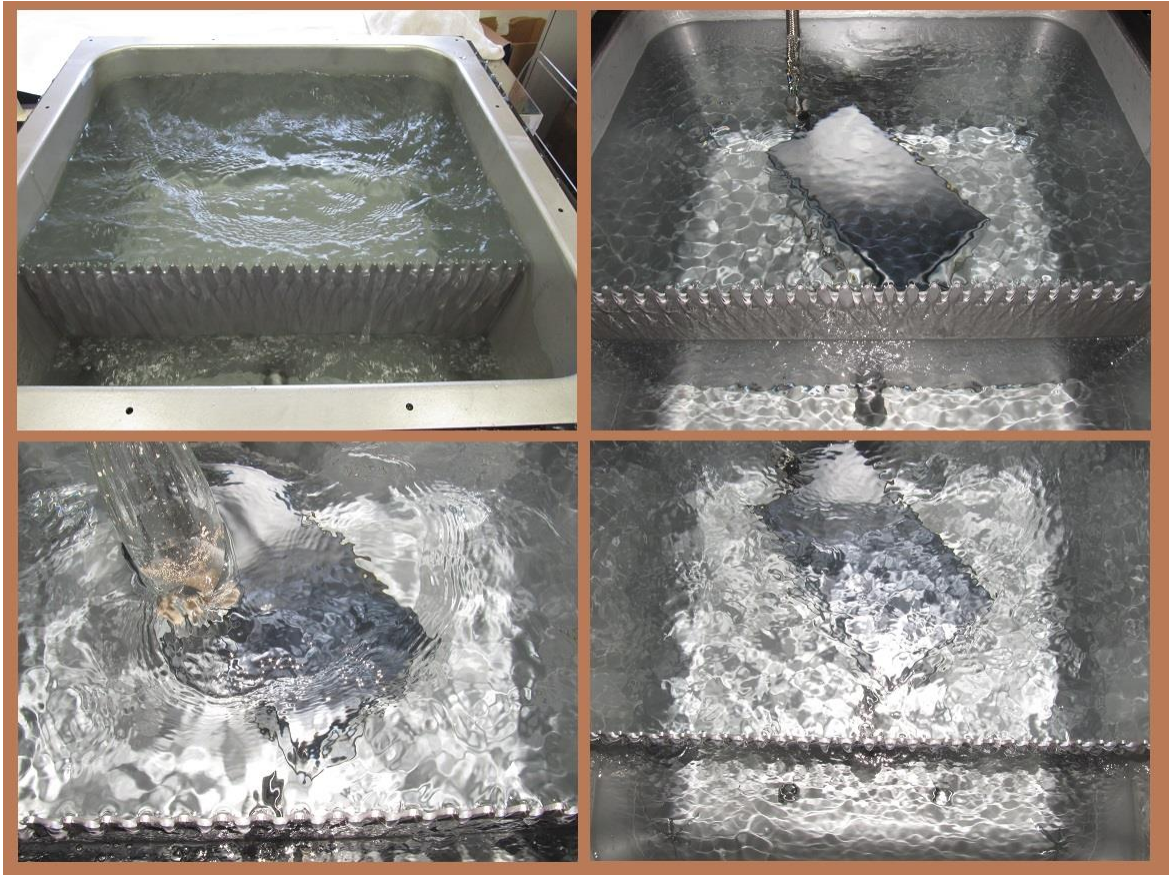
超音波の音圧測定解析システム「超音波テスターNA」  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>

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>

超音波計測装置（超音波テスター）を利用した測定事例

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1685>

超音波発振・計測・解析システム（超音波テスター）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7662>

超音波の音圧測定解析データを公開

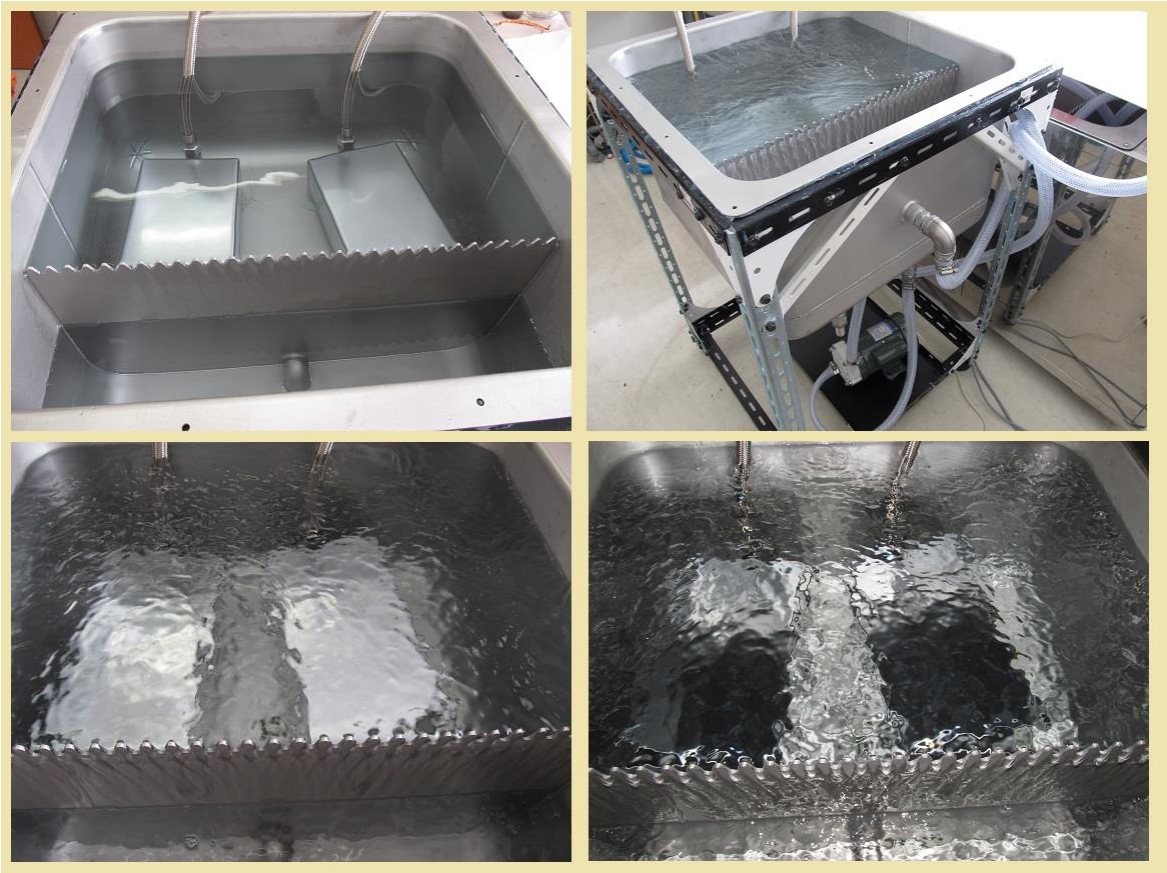
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2387>

超音波の非線形振動

<http://ultrasonic-labo.com/?p=13908>

超音波＜測定・解析＞システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>



超音波プローブの発振制御による振動評価技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15285>

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>

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>

【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)  
ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

以上