

超音波の**非線形現象**を評価する技術 ver3

ー自己相関・**バイスペクトル**・インパルス応答・パワー寄与率ー

2025. 3. 24 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析技術を応用した、

「超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術」を利用して

超音波利用に関するコンサルティング対応を行っています。

超音波テスター（超音波の音圧測定解析システム）を利用したこれまでの

計測・解析結果（注）を時系列に整理・把握することで

目的に適した超音波の状態を示す

新しい評価基準（**非線形現象の解析パラメータ**）を設定・確認しています。

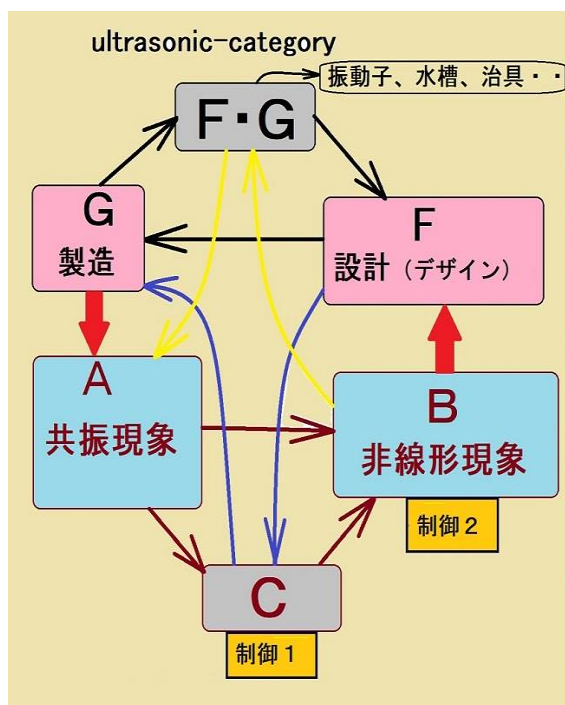
注：

非線形特性（**高調波の特性**）：：バイスペクトルの解析

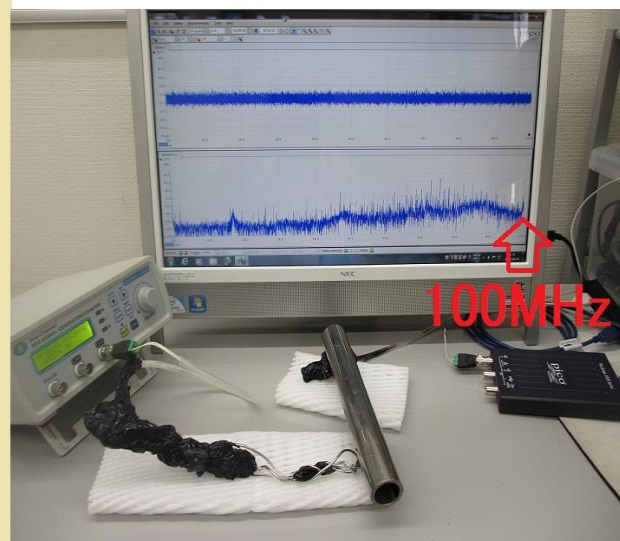
応答特性：：インパルス応答の解析

振動モードの特性：：自己相関の解析

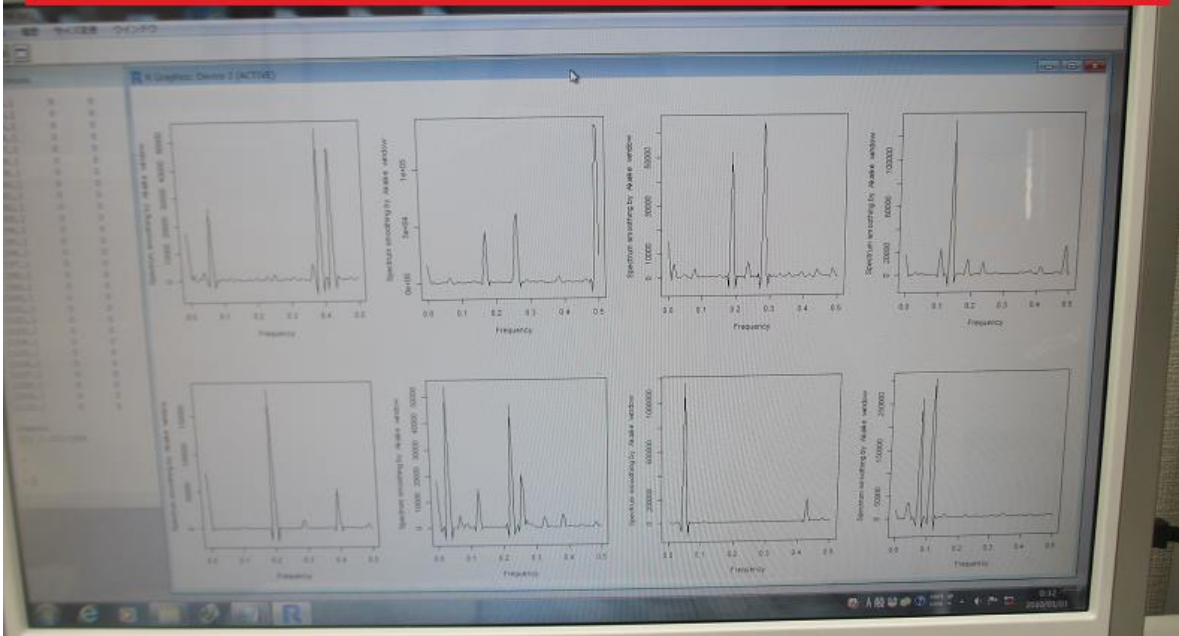
相互作用による影響：：パワー寄与率の解析



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



超音波の非線形現象を評価する技術



説明：非線形現象の検出（**バイスペクトルの変化**）

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
新しい理解を深めています。

その結果、

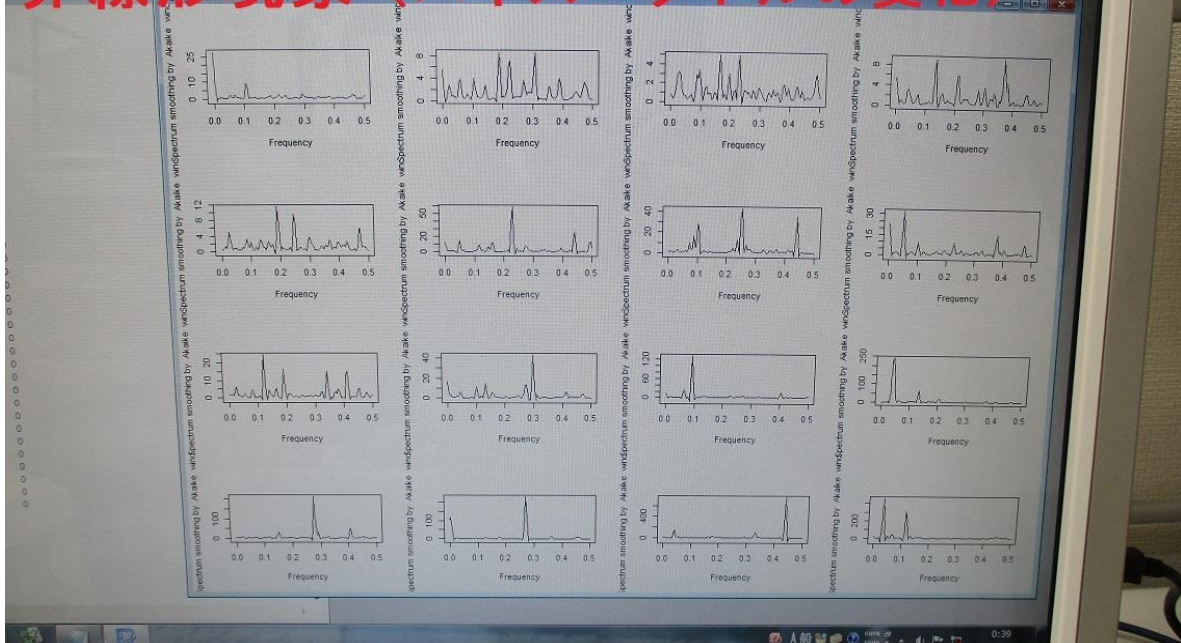
超音波の伝搬状態と対象物の表面について
新しい非線形パラメータが大変有効である事例による
実績が増えています。

特に、洗浄・加工・表面処理効果に関する評価事例・・・
良好な確認に基づいた、制御・改善・・・が実現します。

<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

複数の超音波をスイープ発振による、 非線形現象（バイスペクトルの変化）



<<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

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、

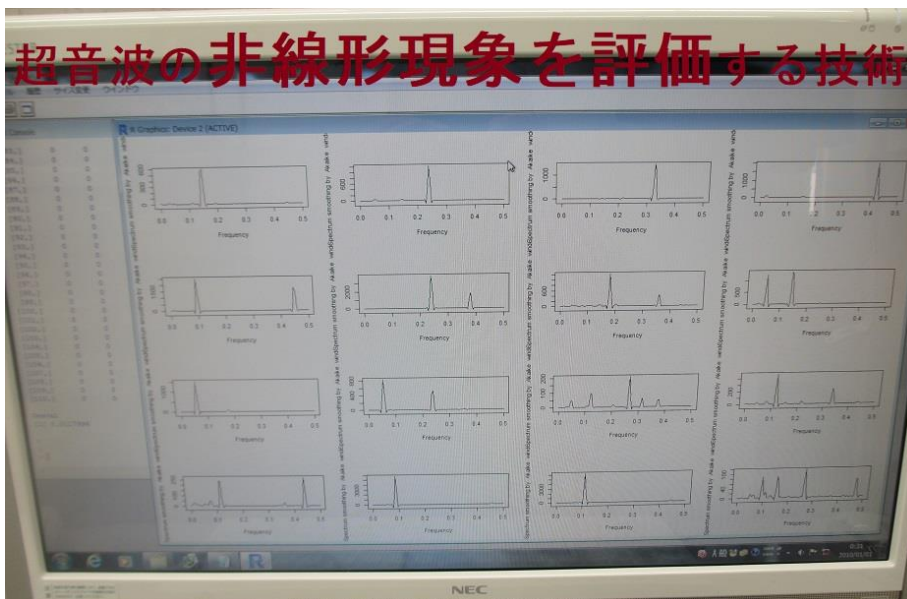
$f_1 + f_1 = f_2$ 、 $f_1 + f_2 = f_3$ で表される

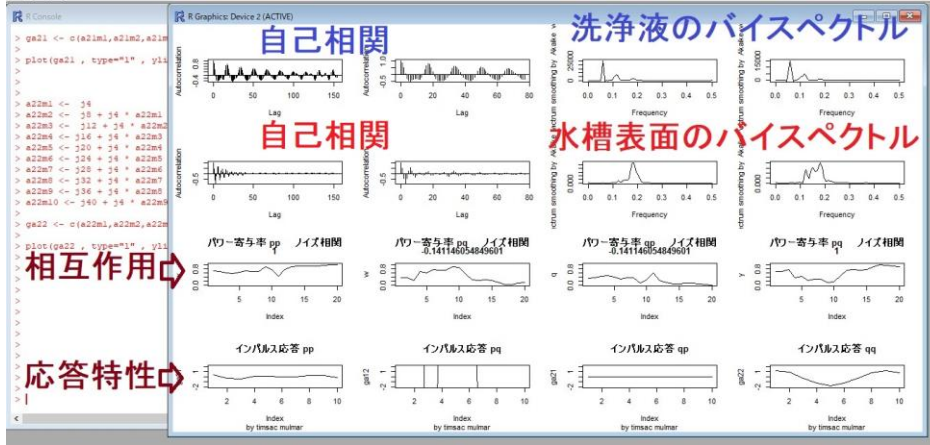
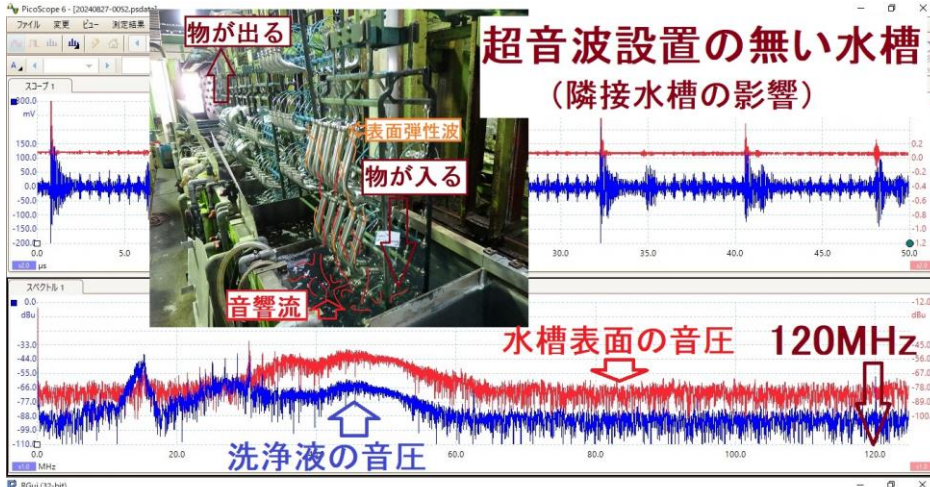
f_2 、 f_3 という周波数成分が存在すれば、バイスペクトルは値をもつ。

これは主要周波数 f_1 の

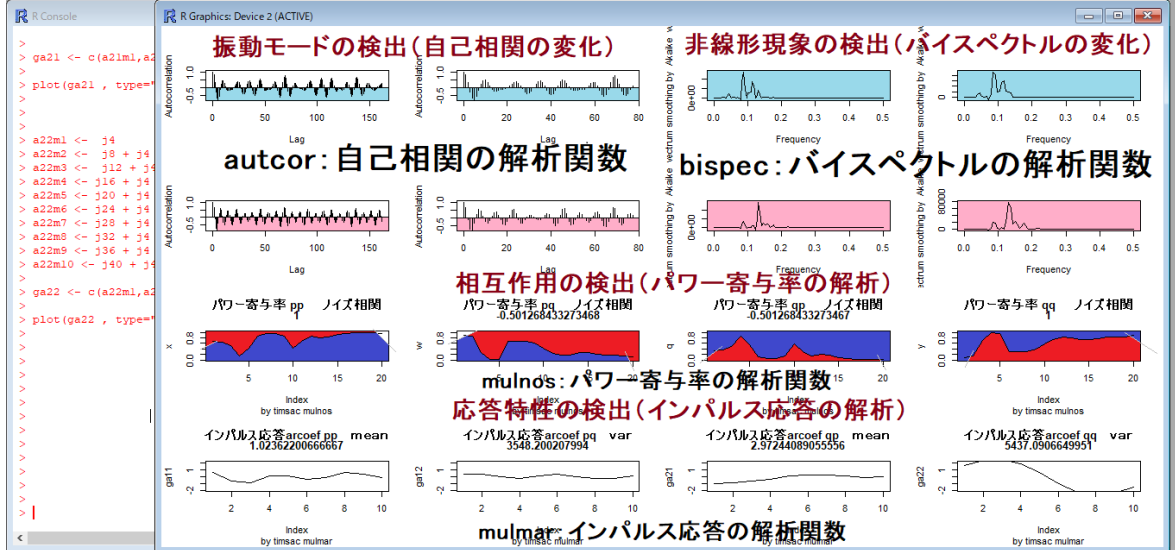
整数倍の周波数成分を持つことと同等であるので、

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。**





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



<<超音波システム>>

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

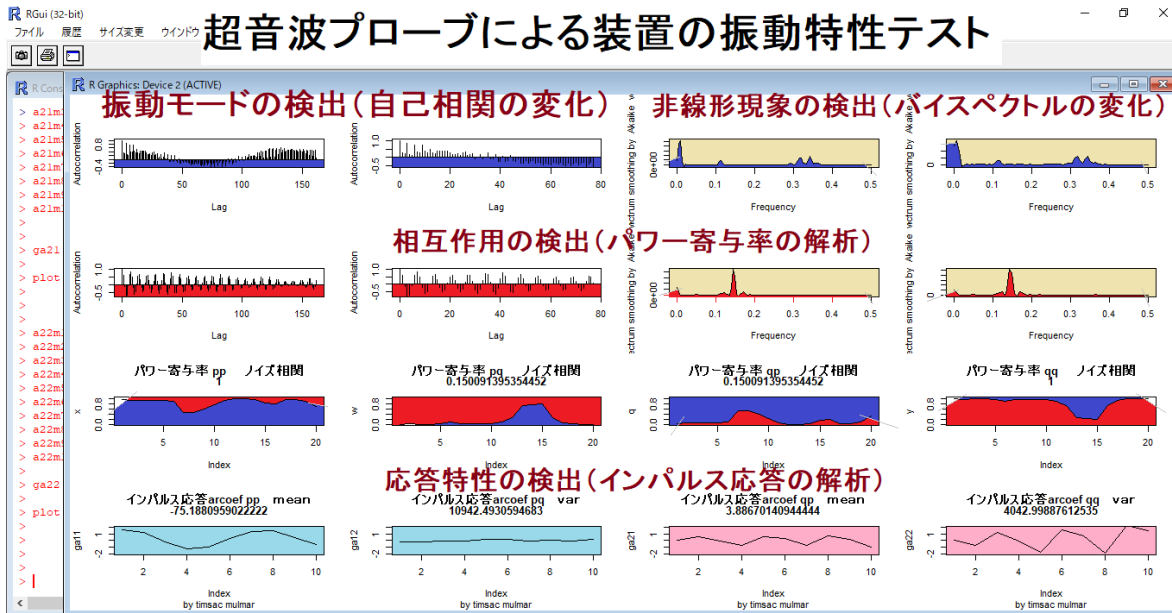
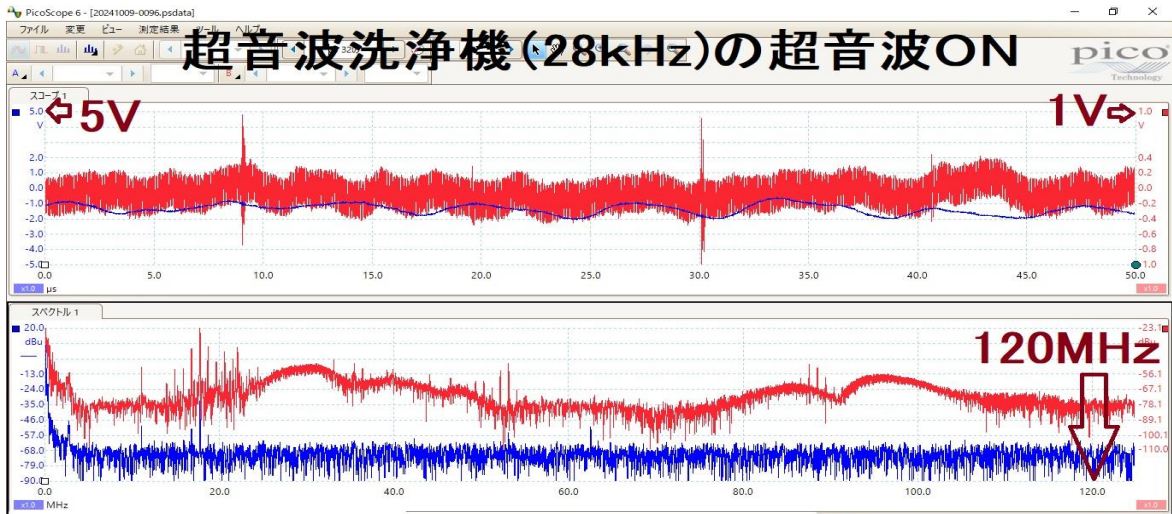
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1546>

超音波発振システム (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>



<<超音波システム>>

水槽と超音波と液循環に関する最適化・評価技術を開発

<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」

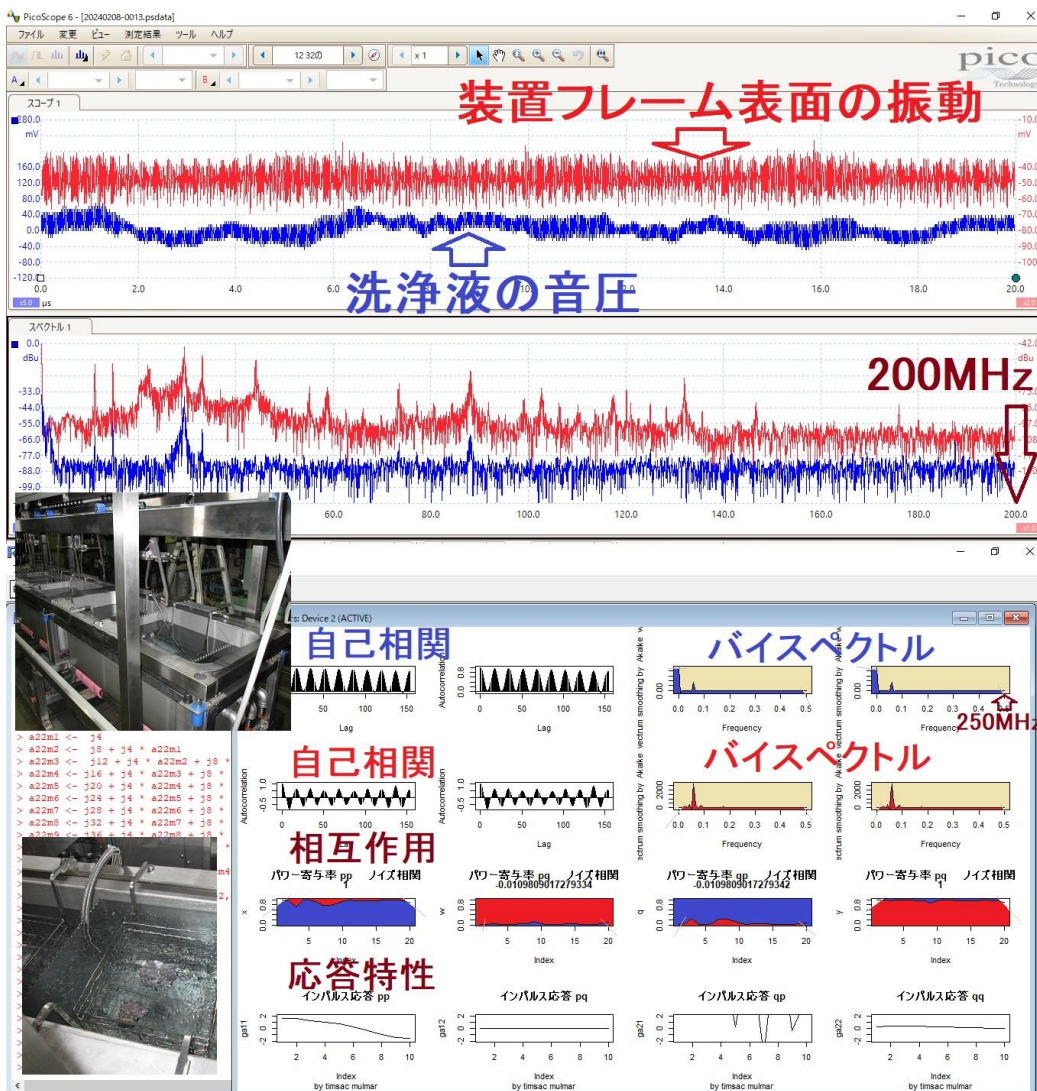
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>

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>



<<超音波プローブの製造技術>>

オリジナル超音波プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8163>

メガヘルツの超音波発振制御プローブを製造する技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=9232>

超音波プローブの伝搬特性テスト

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

超音波発振システム（20MHz）の製造販売

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

超音波素子（圧電素子）の調整技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1584>

超音波プローブの製造・評価技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15285>



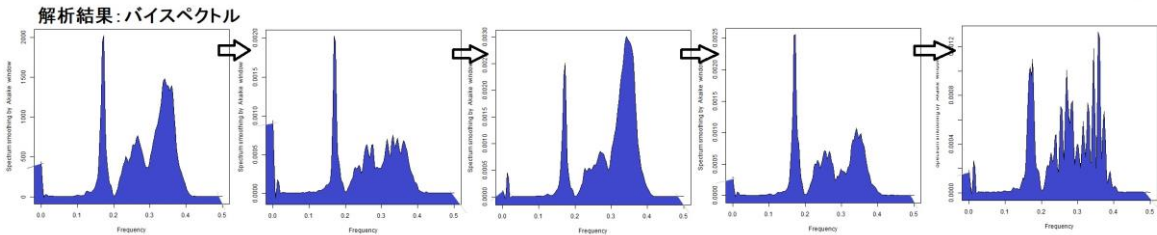
超音波システム（音圧測定解析、発振制御 **10MHz タイプ**）

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

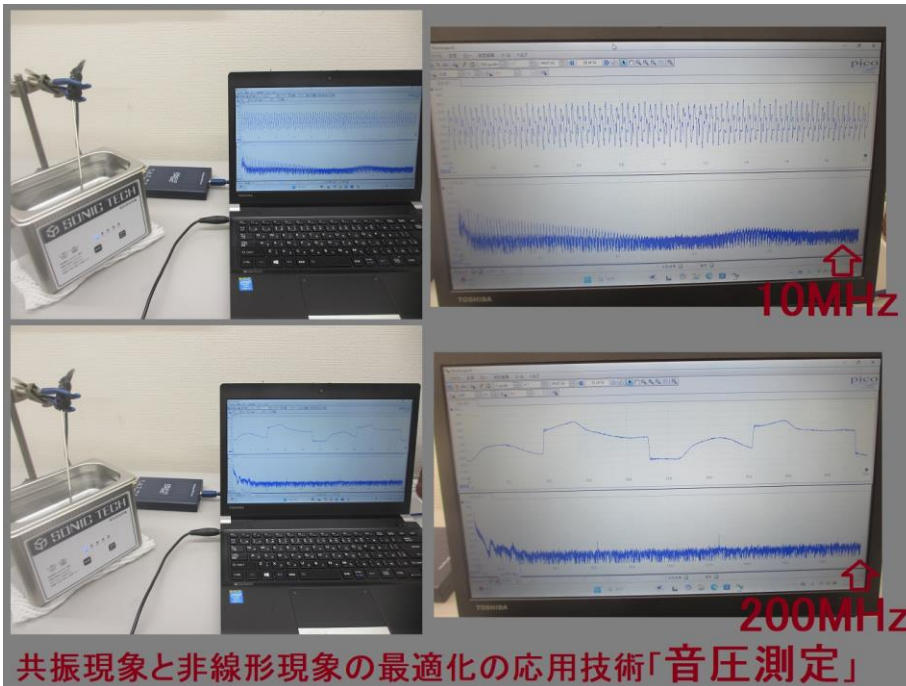
超音波システム（音圧測定解析、発振制御 **100MHz タイプ**）

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

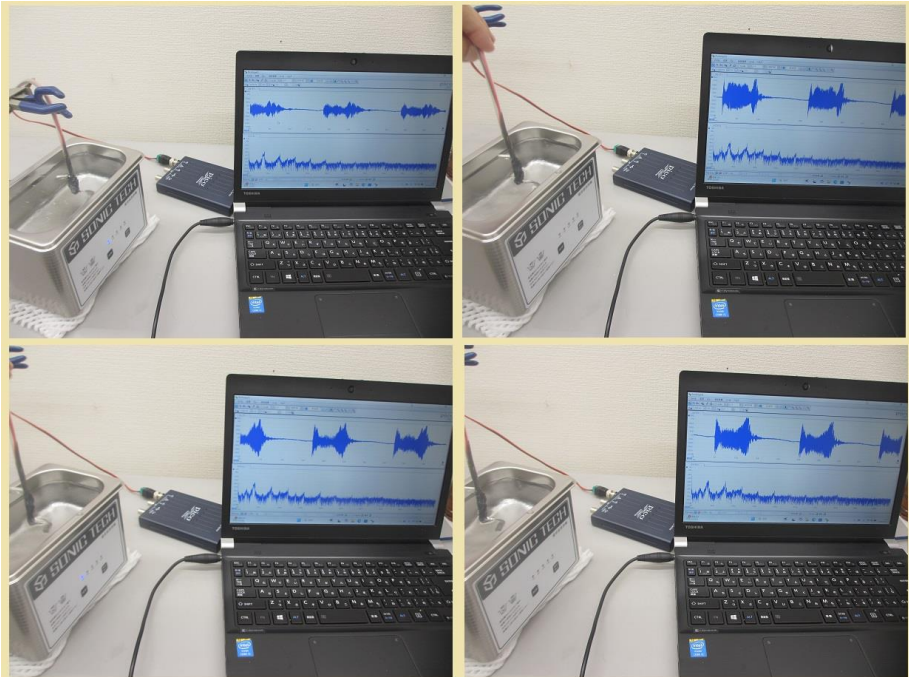
超音波発振システム（20MHzタイプ）USP-2021-20MHz



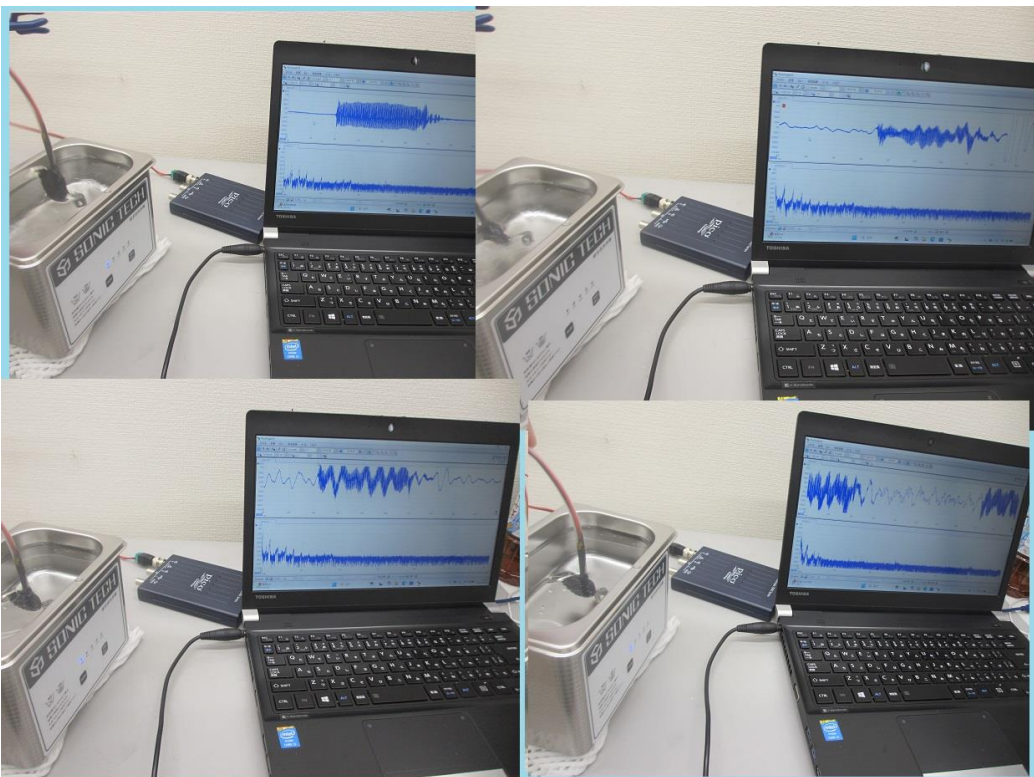
詳細に興味のある方は
超音波システム研究所にメールでお問い合わせください。



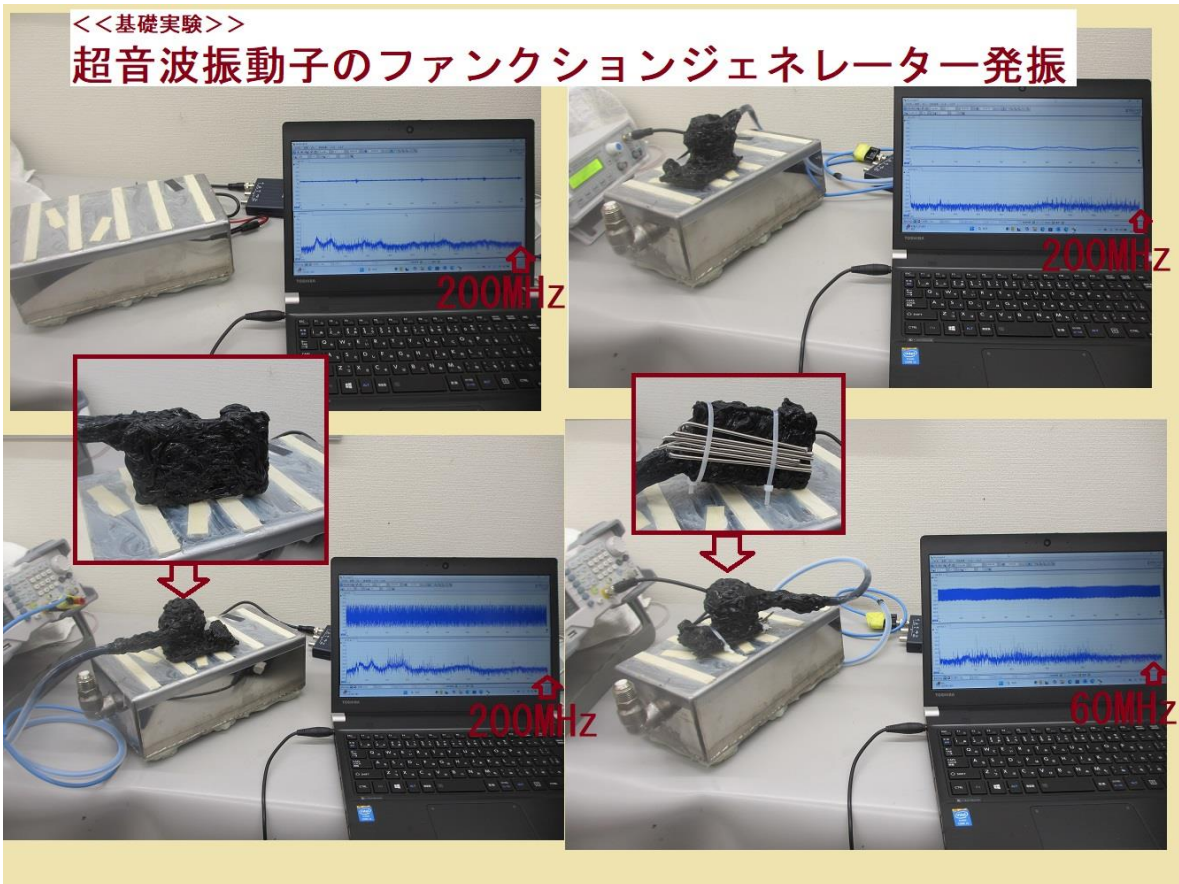
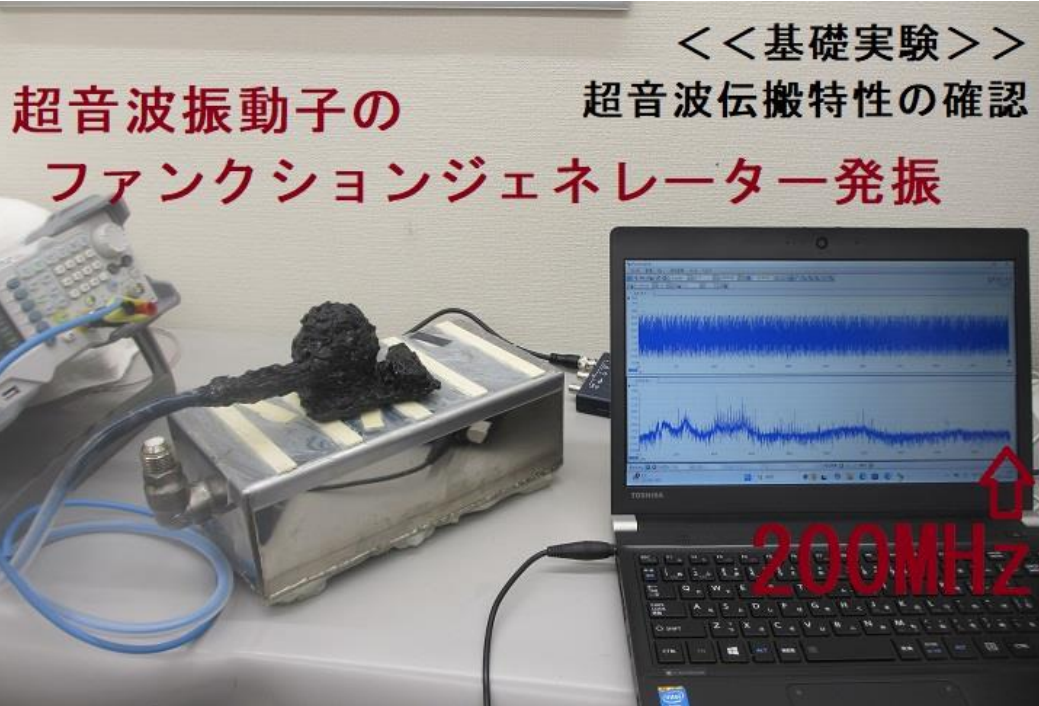
共振現象と非線形現象の最適化の応用技術「音圧測定」



共振現象と非線形現象の最適化技術



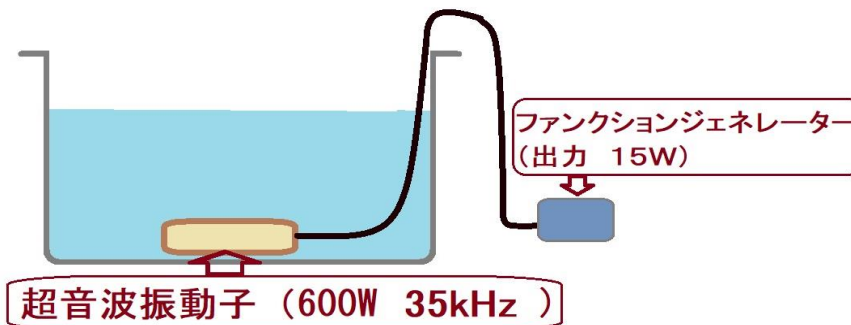
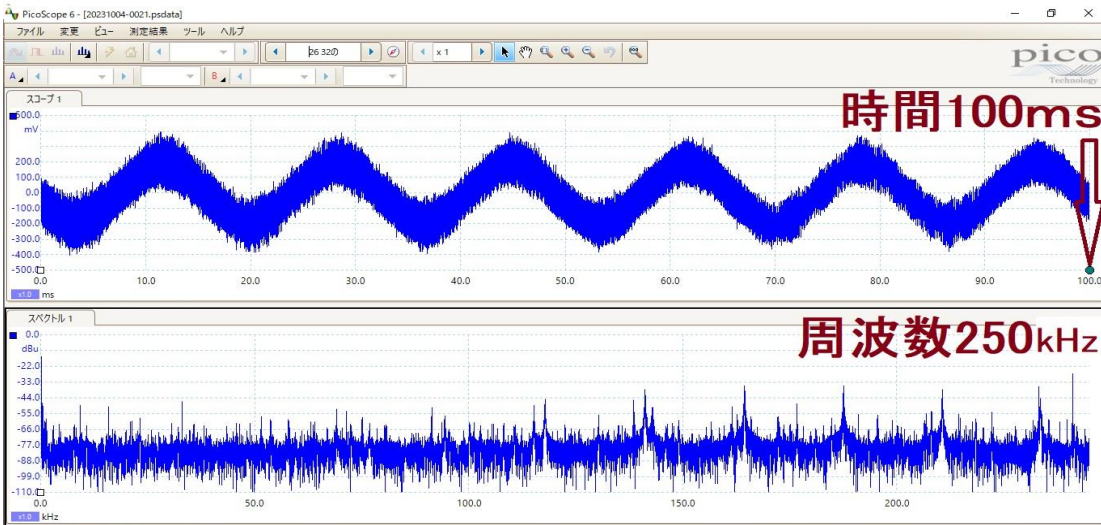
共振現象と非線形現象の最適化技術

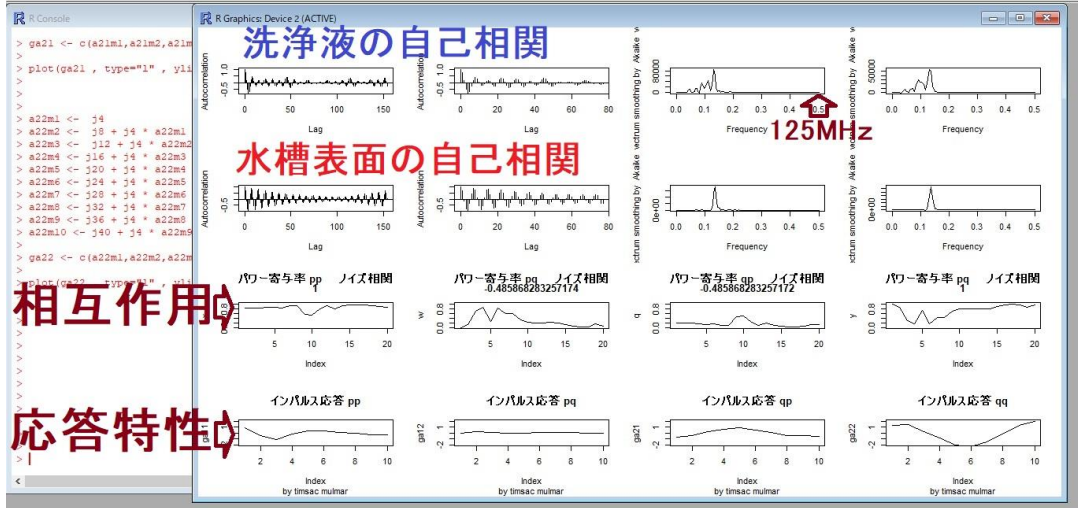
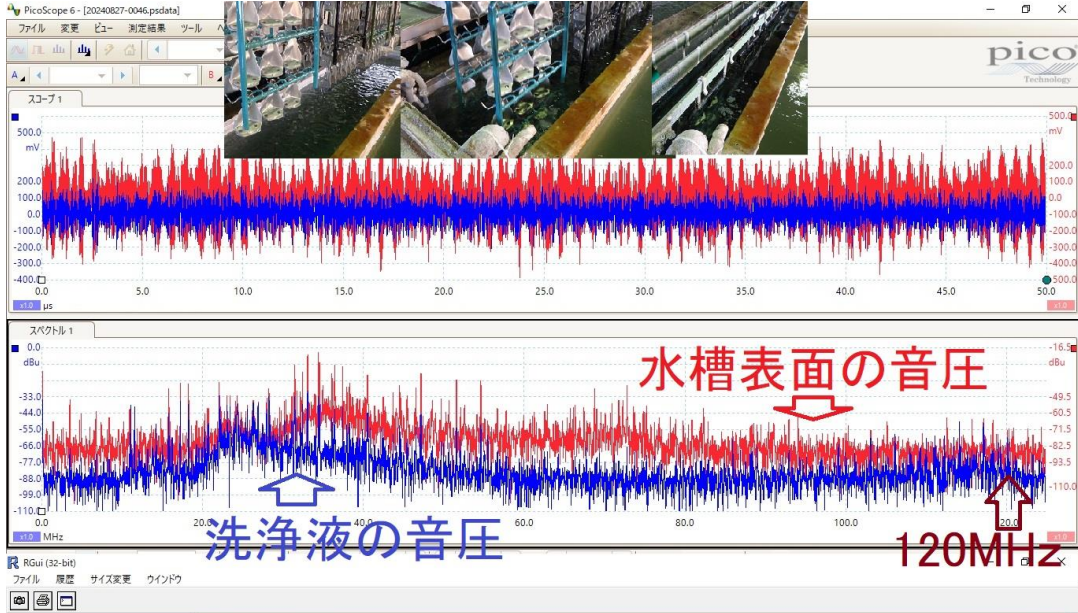


音圧管理に基づいためっき処理

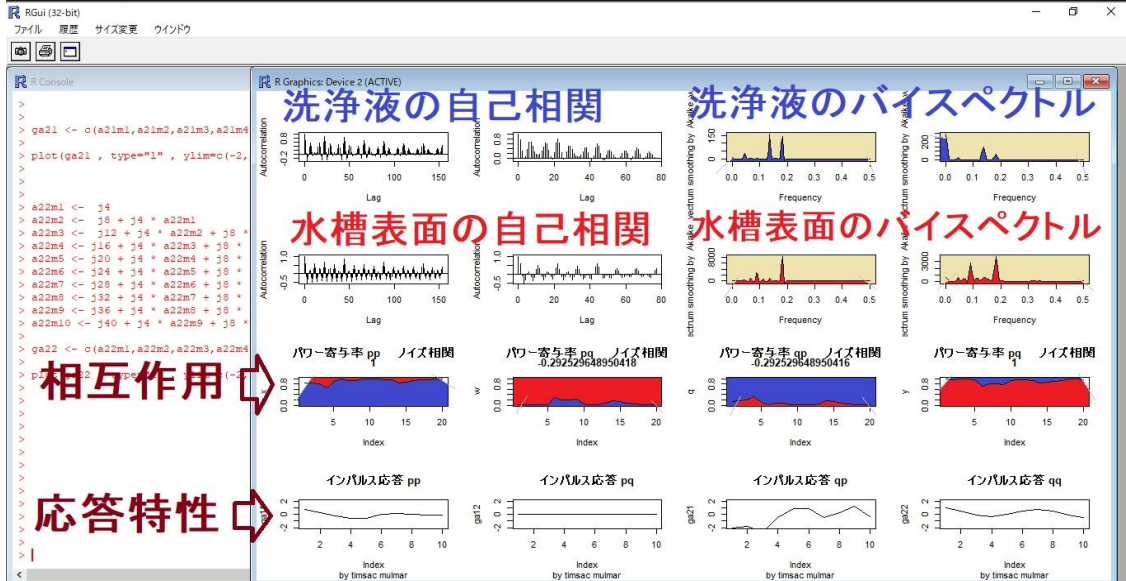
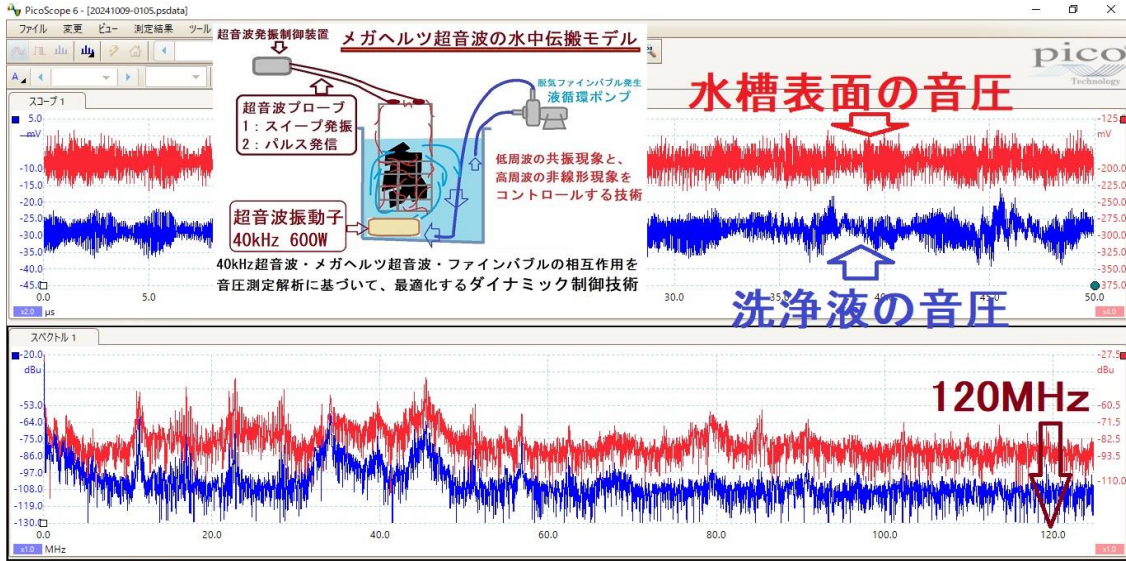


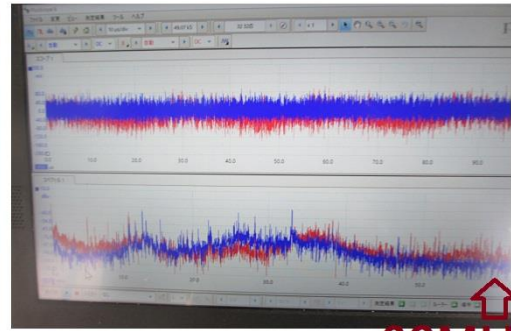
ファンクションジェネレーター(出力10W以下)による
35kHz 600W の投げ込み超音波振動子への発振





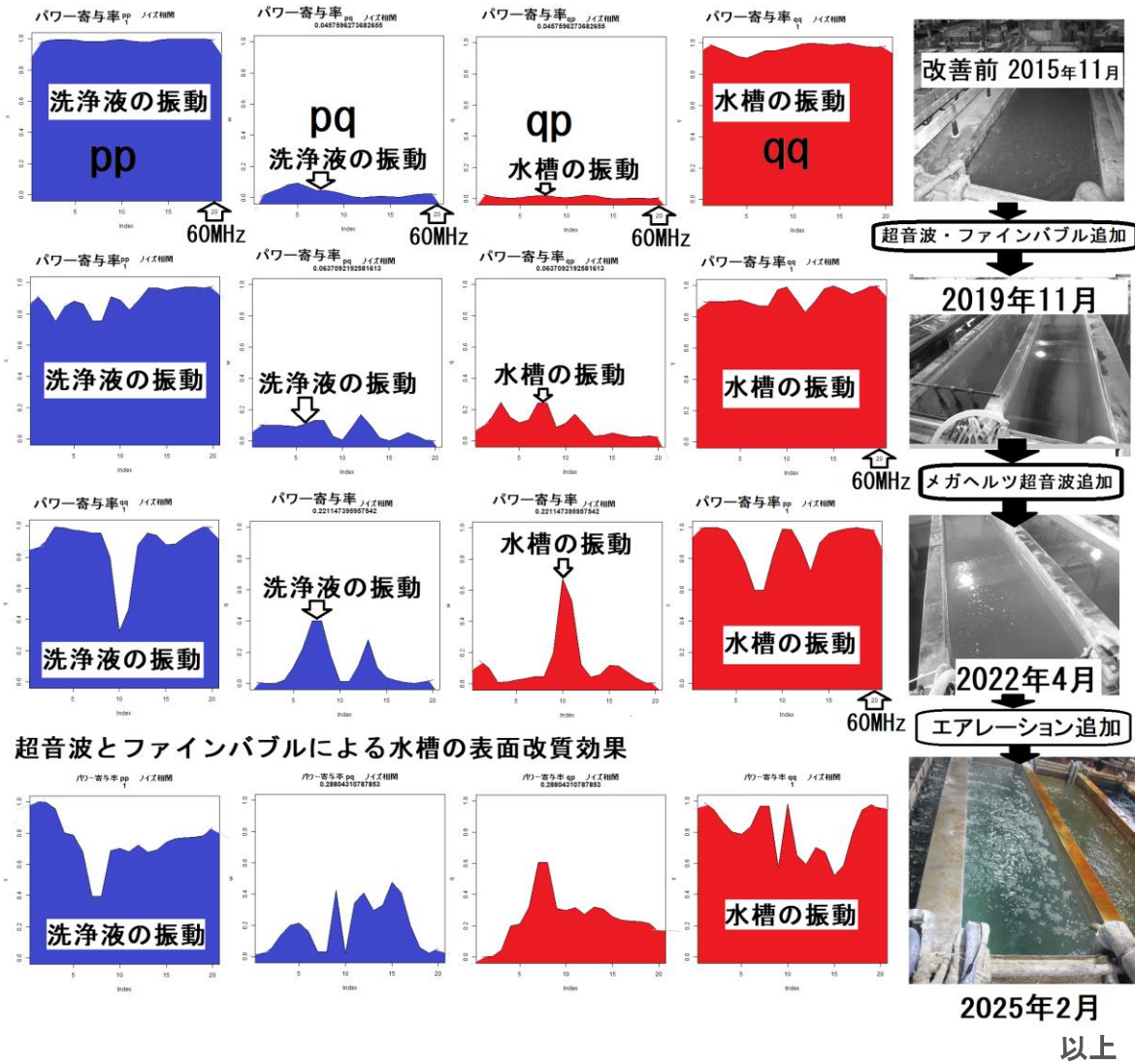
エアレーションとファインバブル(液循環)と超音波の最適化技術





60MHz

エアレーションとファインバブル(液循環)と超音波の最適化



超音波とファインバブルによる水槽の表面改質効果