

—超音波技術—

多変量自己回帰モデルによる

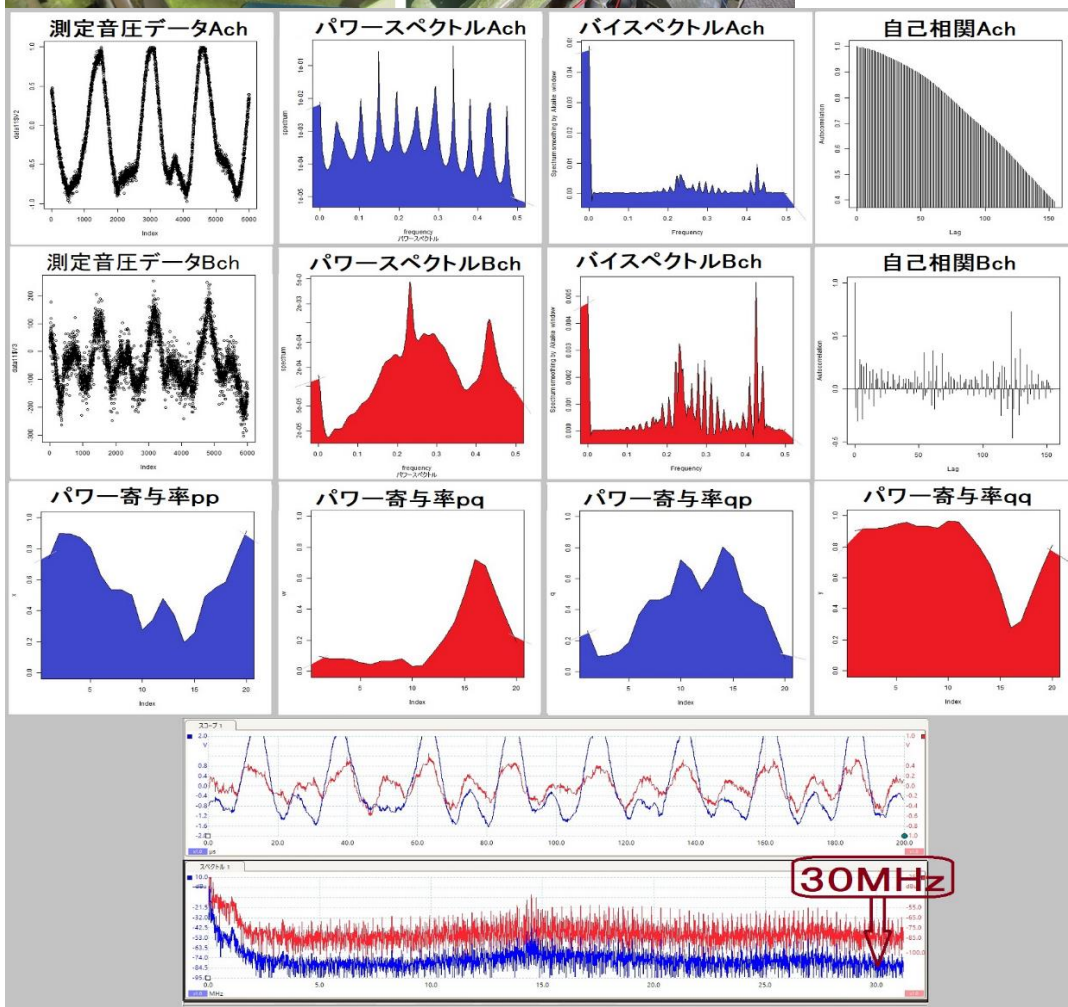
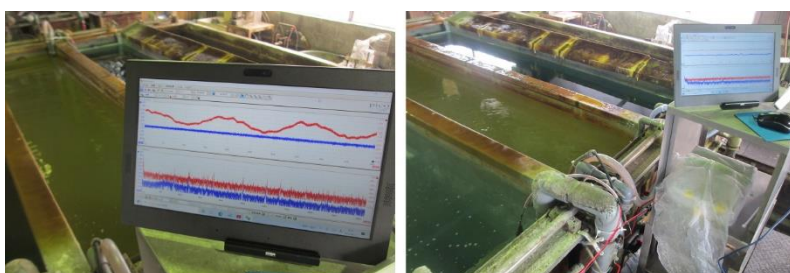
フィードバック解析

2023/08/06 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」を開発・応用しています。



超音波テスターを利用したこれまでの
計測・解析・結果（注）を時系列に整理することで
目的に適した超音波の状態を示す
新しい評価基準（パラメータ）になることを確認しています。

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（バイスペクトルの変化）
- 3) 応答特性の検出（インパルス応答特性の解析）
- 4) 相互作用の検出（パワー寄与率の解析）

注：「R」フリーな統計処理言語かつ環境

autcor：自己相関の解析関数

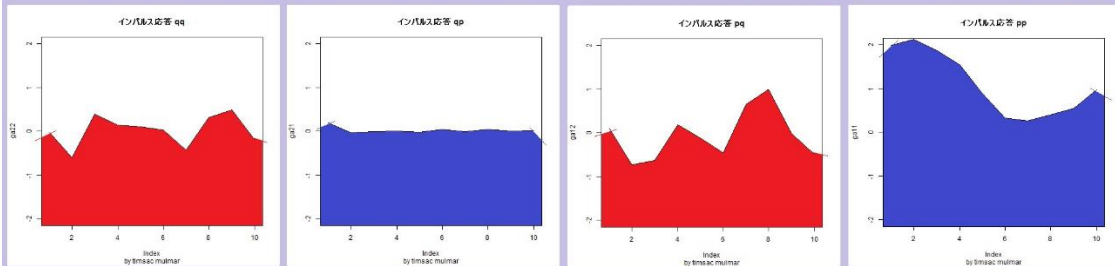
bispec：バイスペクトルの解析関数

mulmar：インパルス応答の解析関数

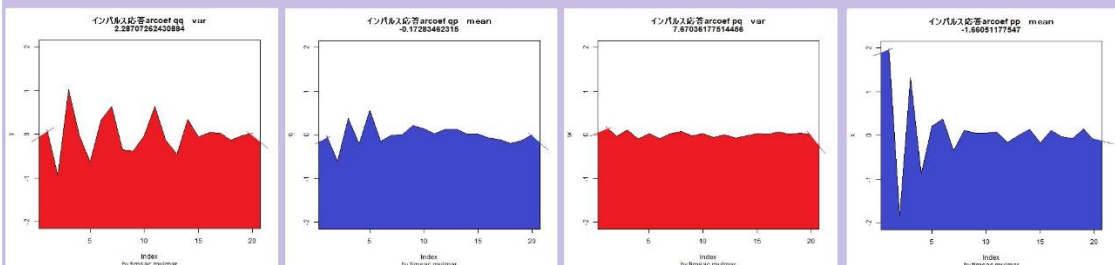
mulnos：パワー寄与率の解析関数

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

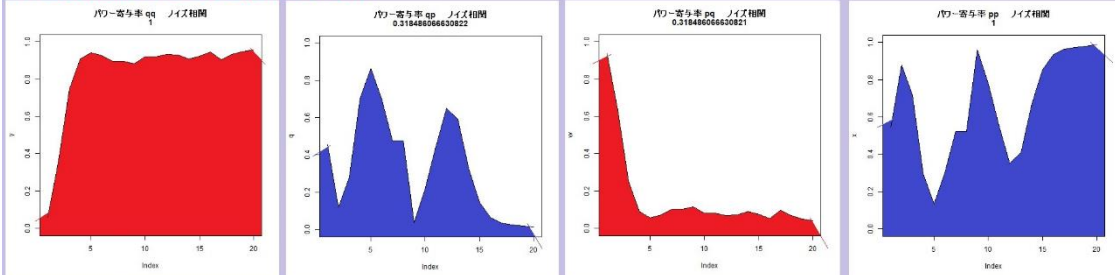


インパルス応答 閉鎖系



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

超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program):mulnosを利用した
パワー寄与率の解析

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、

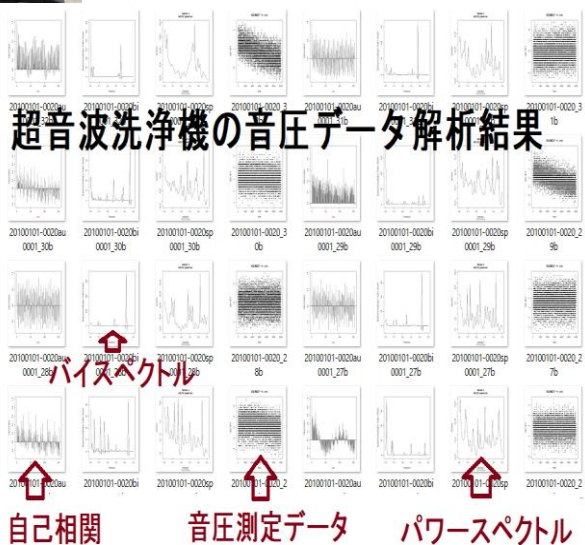
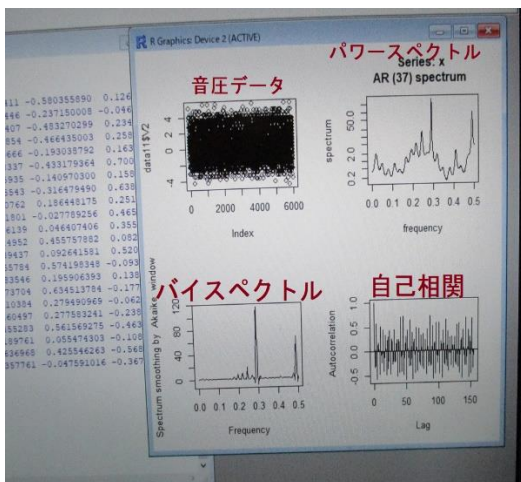
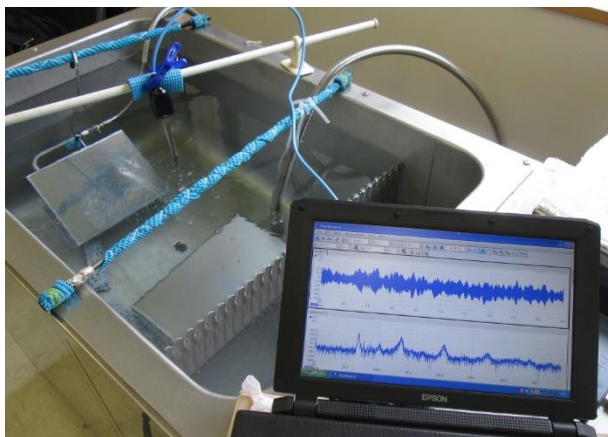
超音波の伝搬状態と対象物の表面について
新しい非線形パラメータが大変有効である事例を確認しています。

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 (赤池 弘次 書籍より)



超音波洗浄機の音圧データ解析結果

<参考>

以下のプログラムを参考にして開発・作成した
オリジナルソフト（解析システム）を
オープンソースの統計解析システム「R」で、解析を行っています

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
赤池モデルを臨床にいかす画期的な解説書。
難解な赤池モデルと、臨床への応用を懇切丁寧に解説。
生体のダイナミクスに関心をもつ医学者・工学者待望の書

内容（「MARC」データベースより）

生体のゆらぎとリズムの時系列解析への入門。
第一線の研究者である著者が、経験した者だけが知る様々な困難点について、
他に類例のないユニークな視点から細部の議論を展開する。

生体のゆらぎとリズム 和田孝雄著

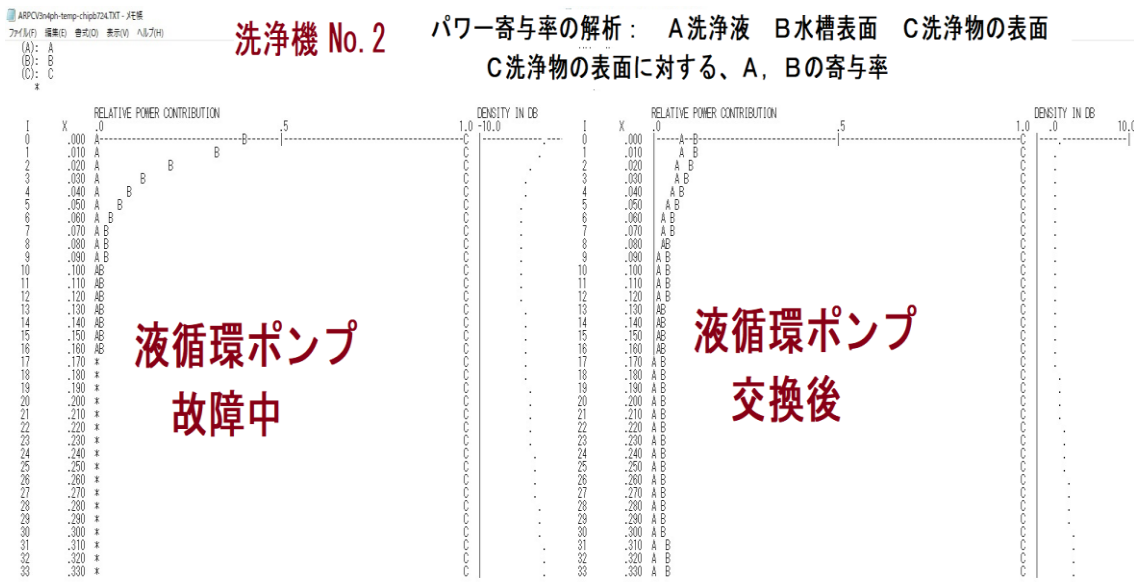
添付されたプログラム

- *.exe 解析実行ファイル
- *.for 解析プログラムファイル（フォートランのソースファイル）
- *.dat 解析データファイル

インパルス応答（時間領域での伝達特性）
ラプラス変換するとS領域での伝達特性）

周波数伝達関数（周波数領域での伝達特性）
AIRC2.EXE ARV2.DAT 2変数のインパルス応答
AIRC3.EXE ARV3.DAT 3変数のインパルス応答

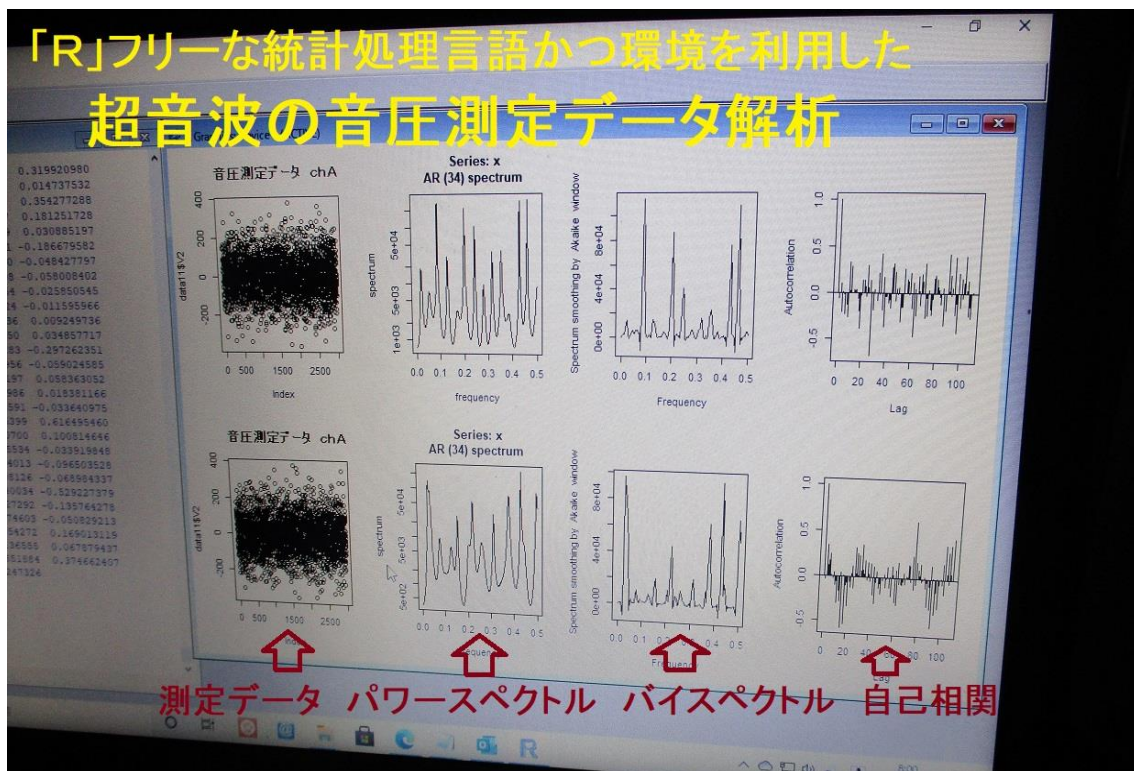
多変量自己解析モデルによるフィードバック解析
ARPC2.EXE ARV2.DAT 2変数のパワー寄与率
ARPC3.EXE ARV3.DAT 3変数のパワー寄与率



<<超音波の音圧測定・解析>>

- 1) 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
超音波伝搬状態の安定性・変化について解析評価します
- 2) 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・・に関する解析評価を行います
- 3) パワー寄与率の解析により
超音波（周波数・出力）、形状、材質、測定条件・・
データの**最適化に関する解析評価を行います**
- 4) その他（表面弾性波の伝搬）の
非線形（バイスペクトル）解析により
対象物の振動モードに関する
ダイナミック特性の解析評価を行います

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とで実現しています。



＜超音波伝搬特性（音響特性）の分類＞

1：線形型

2：非線形型

3：ミックス型

4：ダイナミック変動型

（ 4-1：線形変動型 4-2：非線形変動型 4-3：ミックス変動型 ）

この分類を、超音波利用目的に合わせて

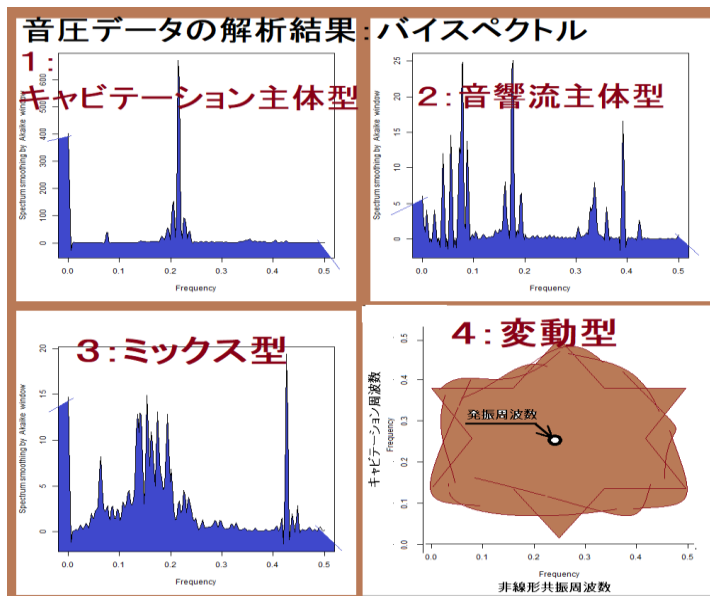
発振制御条件（スイープ発振、パルス発振、・・・）として設定します。

環境・条件・・・により

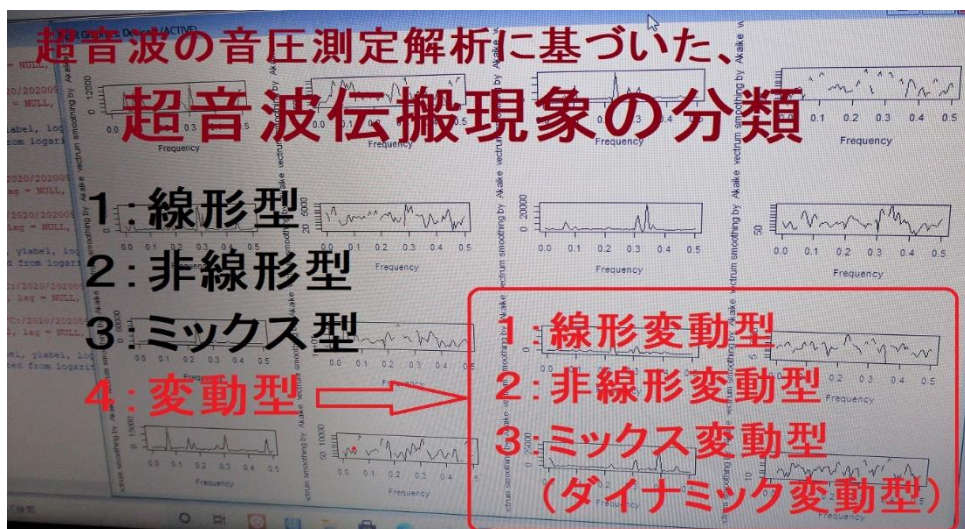
複数の超音波発振を組み合わせる場合も同様ですが

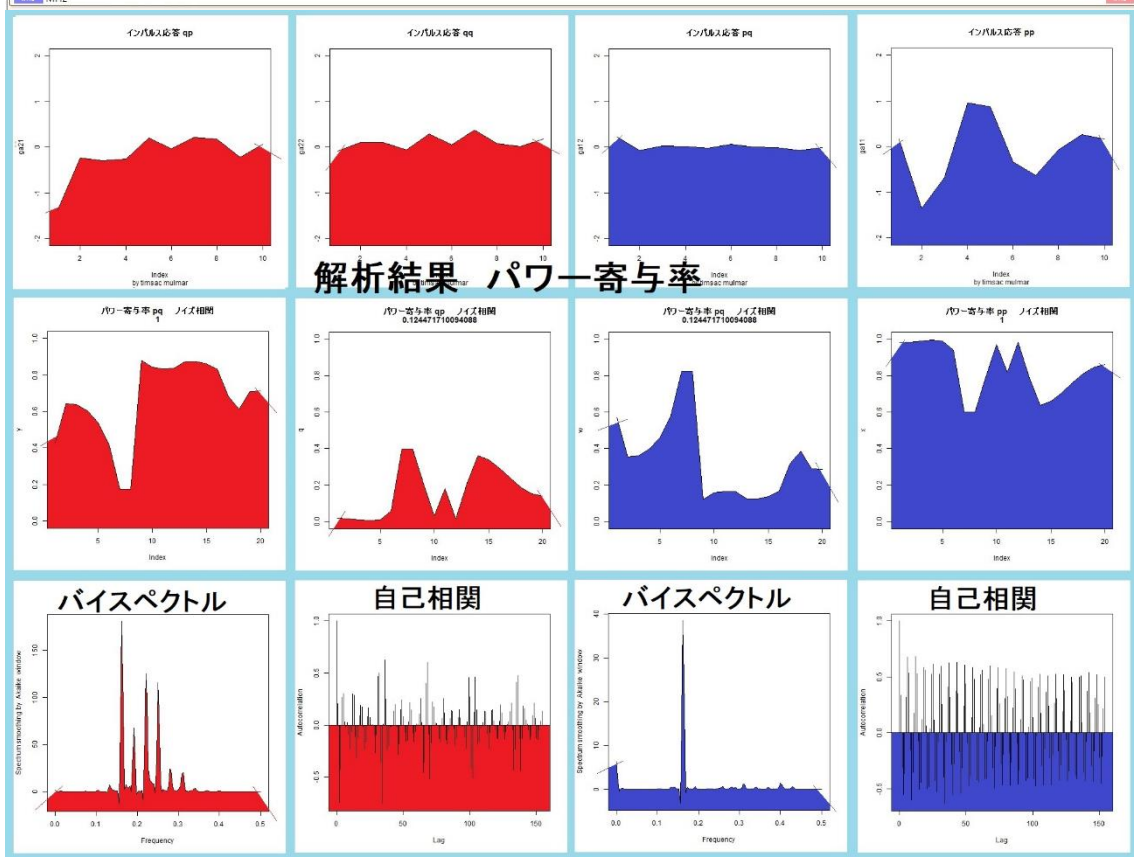
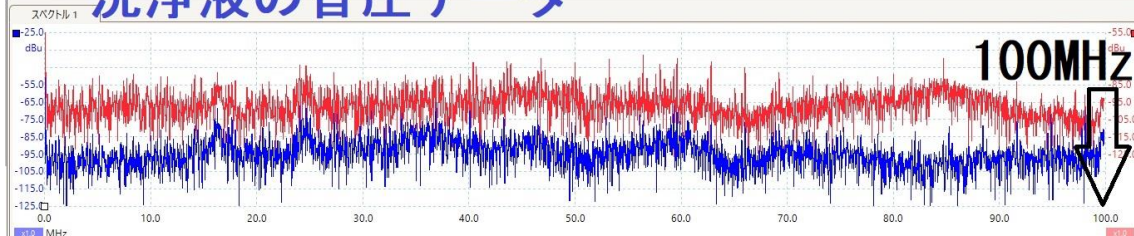
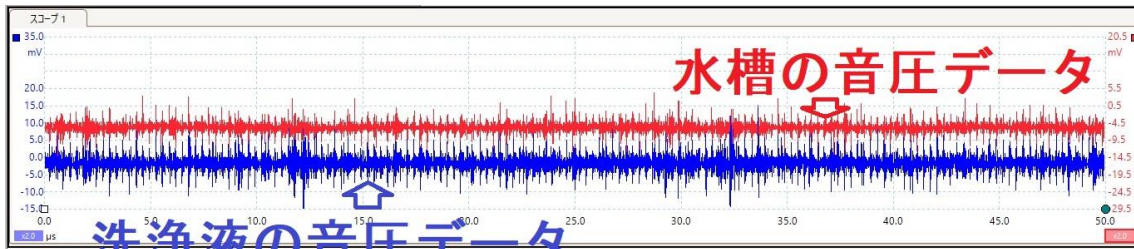
相互作用に対する測定確認が不十分だと

ダイナミックな非線形現象は発生しません。



超音波（キャビテーション・音響流）の分類





<参考>

超音波プローブ(発振型、測定型、共振型、非線形型)の製造技術

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

超音波プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=11267>

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

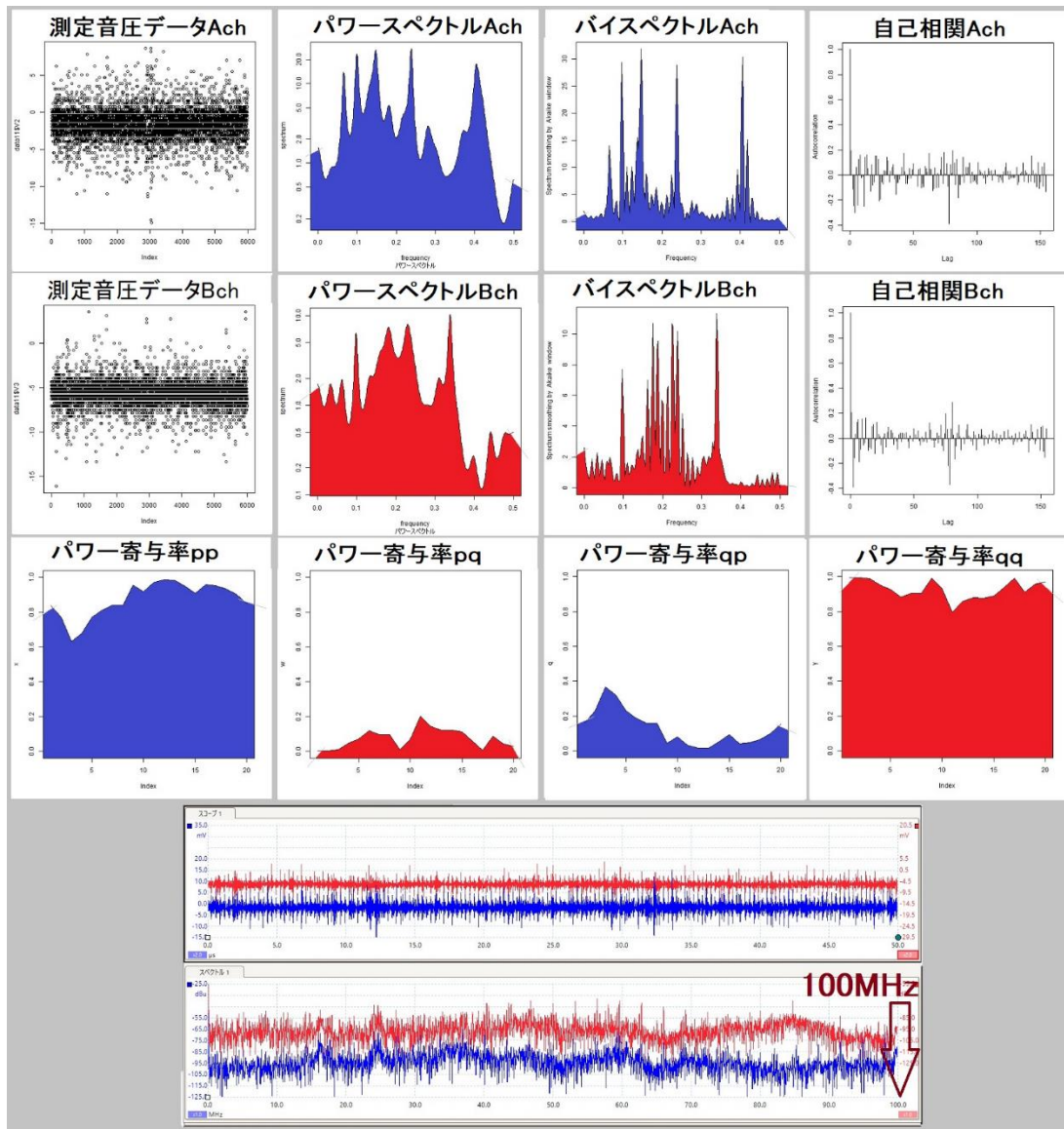
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15226>

超音波の最適化技術2

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

超音波制御技術

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



超音波を利用した「振動計測技術」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16046>

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>

統計的な考え方を利用した超音波

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

超音波の非線形振動

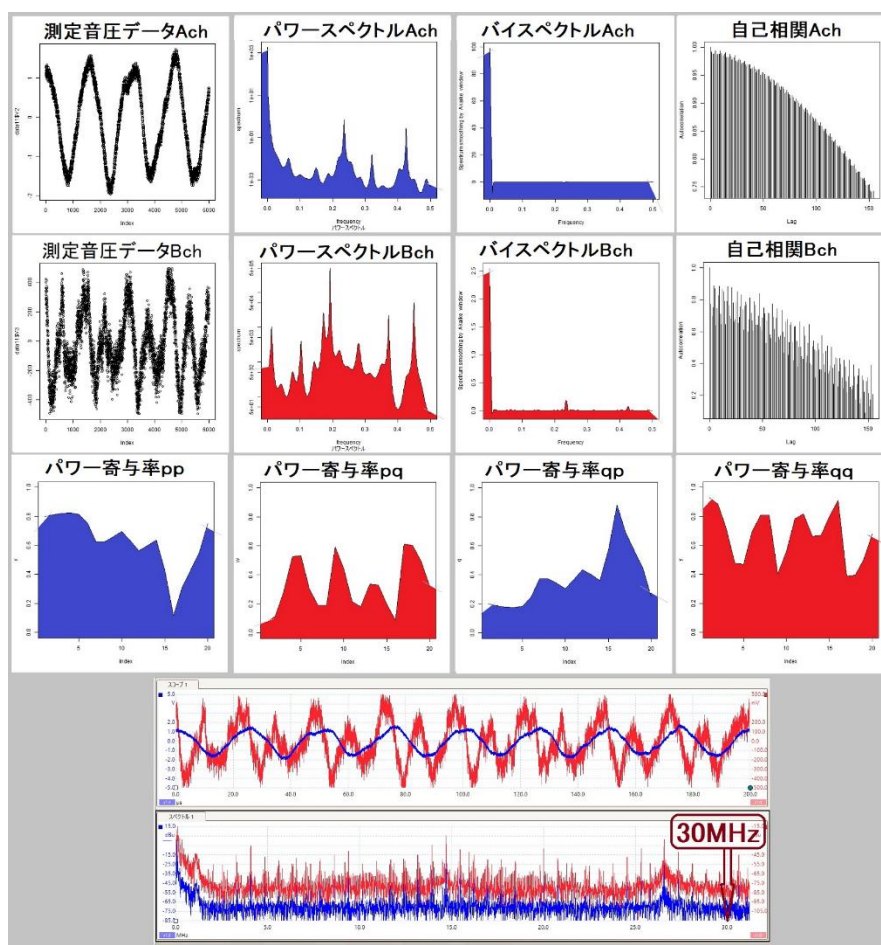
<http://ultrasonic-labo.com/?p=13908>

超音波<測定・解析>システム

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

超音波洗浄に関する非線形制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1497>



超音波システム(音圧測定解析、発振制御)

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

メガヘルツ超音波による表面改質処理

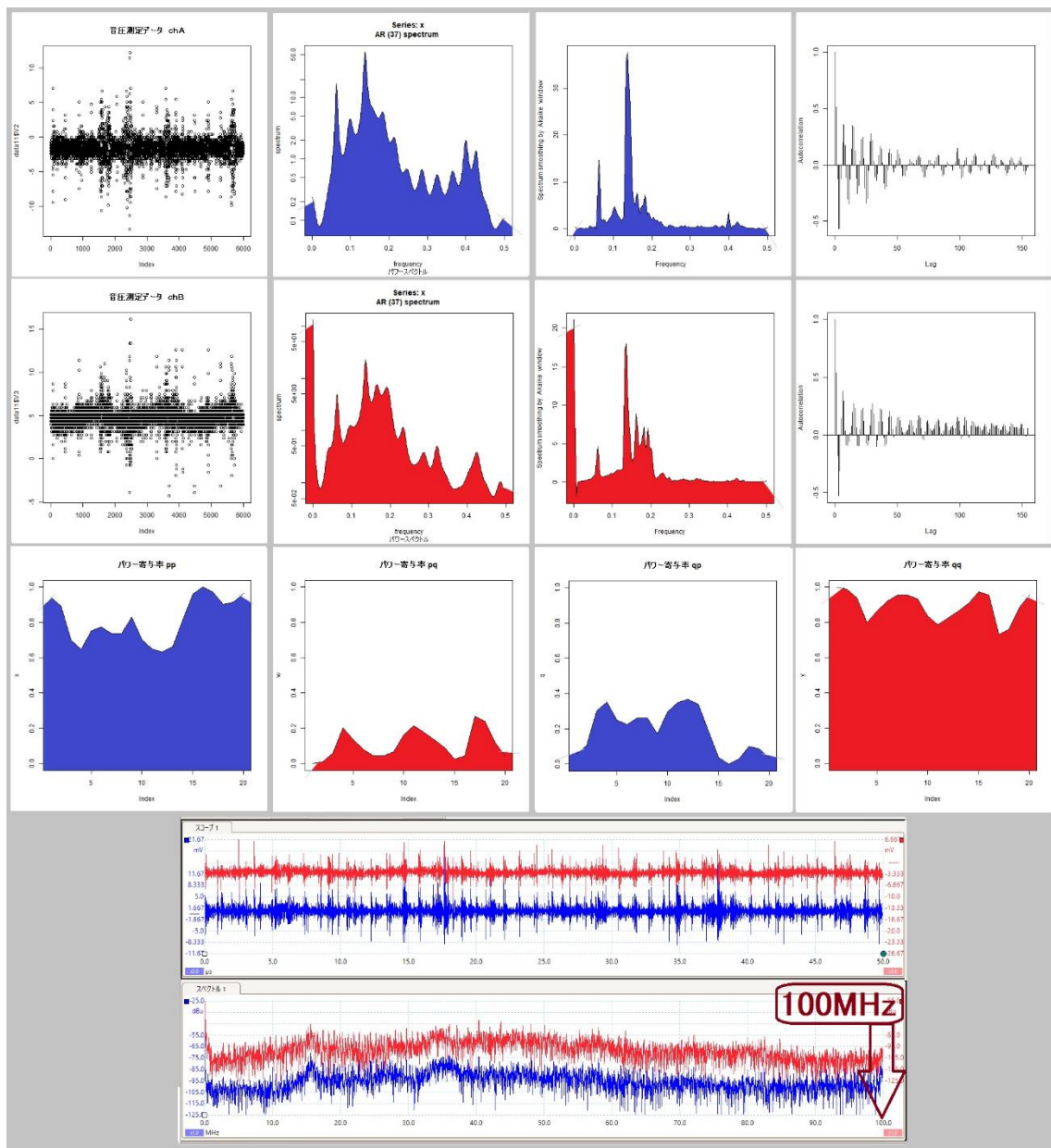
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>

ファインバブルと超音波による、表面処理技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18109>

超音波装置(設計・製造..)のコンサルティング対応

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7378>



超音波洗浄器(水槽表面)の表面残留応力緩和・均一化処理

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

メガヘルツの超音波制御技術(洗浄、加工、攪拌、表面処理・・・)

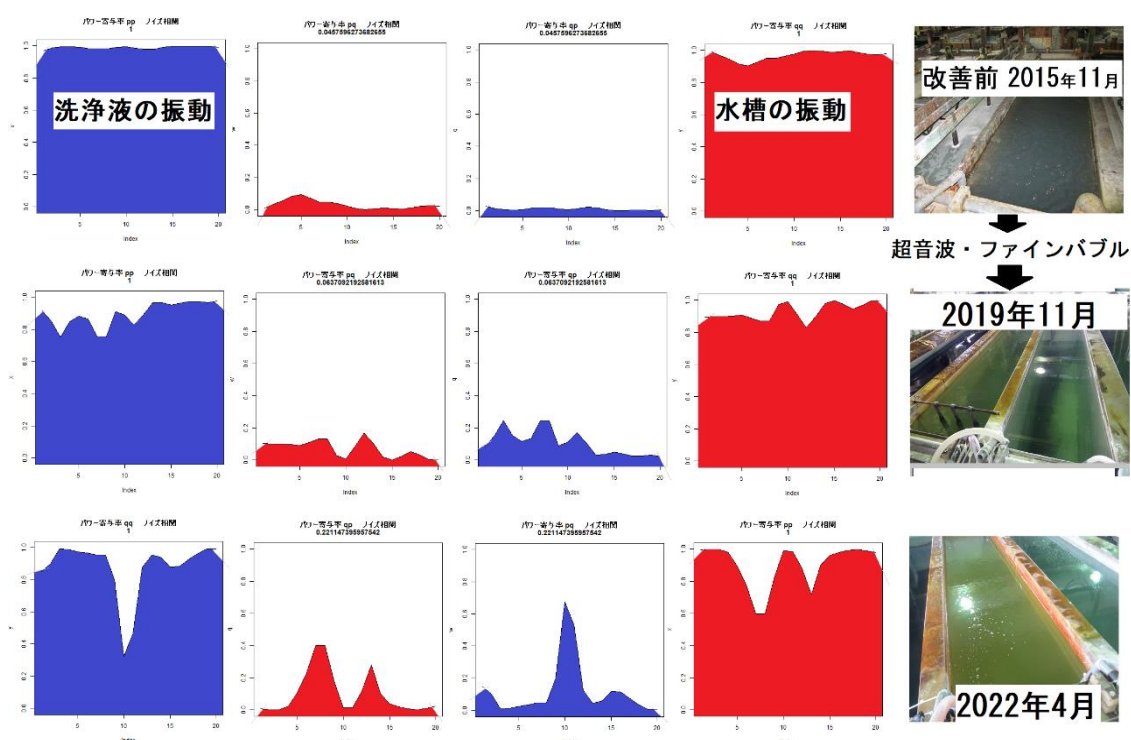
<http://ultrasonic-labo.com/?p=5267>

超音波とファインバブルを利用した「めっき処理」技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18093>

超音波の音圧測定解析に基づいた、超音波伝搬現象の分類

<http://ultrasonic-labo.com/?p=10013>



超音波とファインバブルによる水槽の表面改質効果

メガヘルツ超音波の効果1

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/adfb30ef89e6f5a76e9a04e70a0ca395.pdf>

メガヘルツ超音波の効果2

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/513b007f36fc8fb58a2b9c1f558d289c.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術0

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/o3bb44a2f578d71fd8do8cdcoa55a3a7.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術1

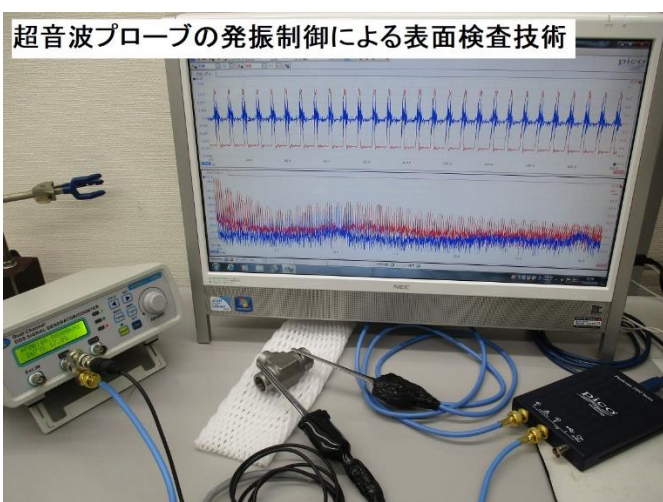
<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/9331da789c89d57b60089985daf25223.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術2

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/21decobb4d122601d2edf8428a70f36d.pdf>

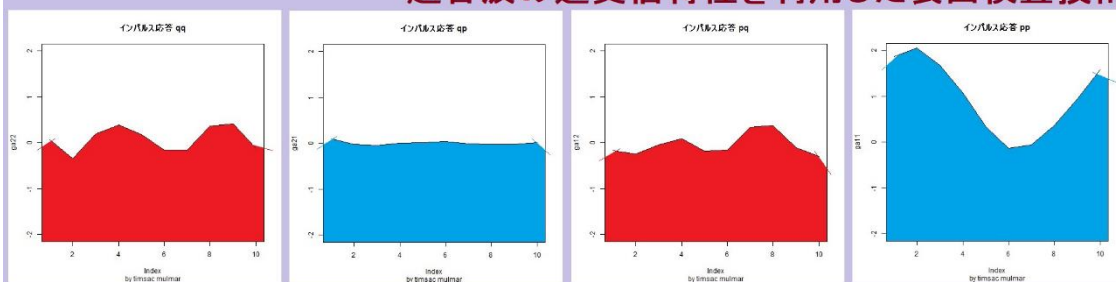
表面残留応力の緩和処理技術3

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/58ef187250e6b810f299dc1bf7bb0bc6.pdf>

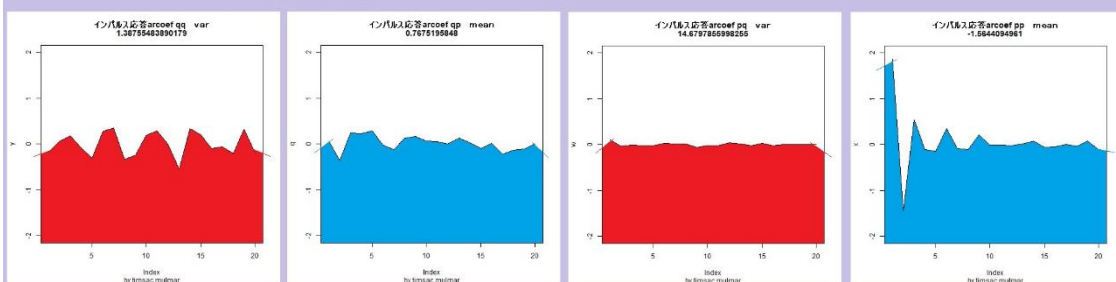


超音波プローブの発振制御による表面検査技術

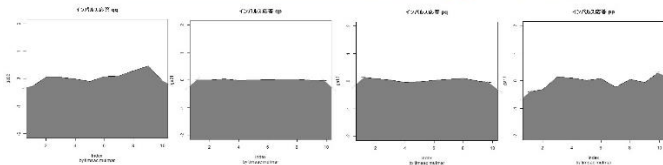
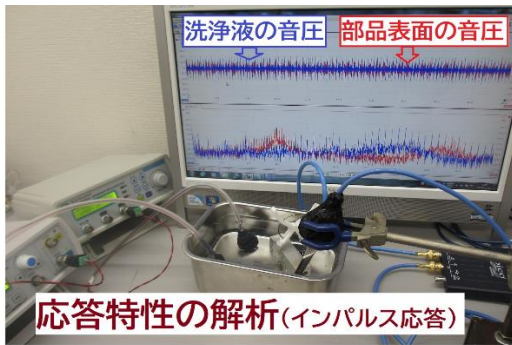
インパルス応答 開放系 超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



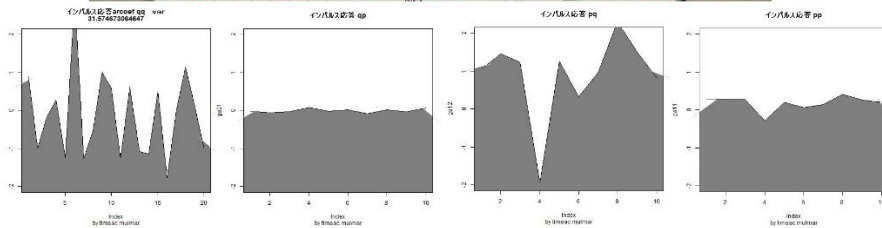
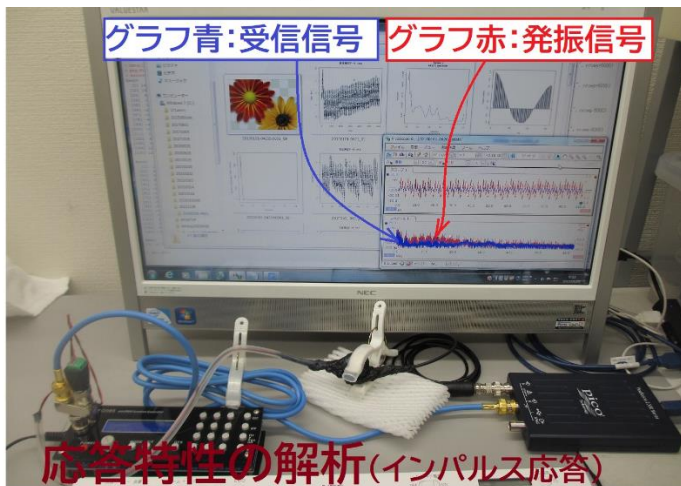
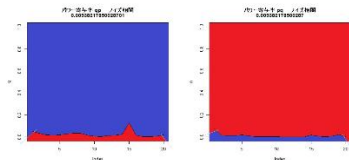
インパルス応答 閉鎖系



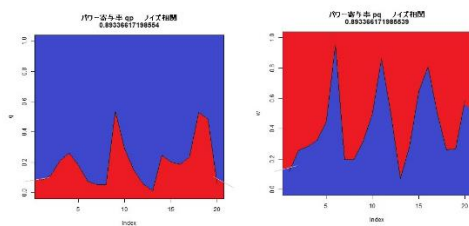
TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program): **mulmar** を利用した
インパルス応答特性の解析



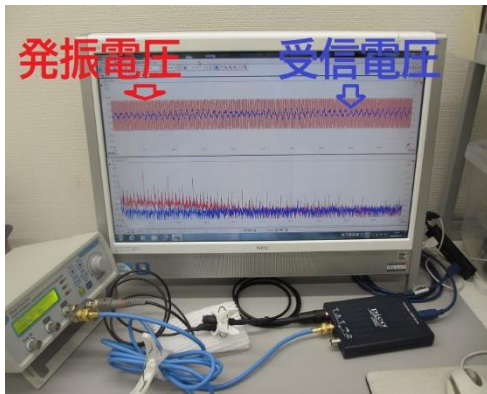
応答特性の解析(パワー寄与率)



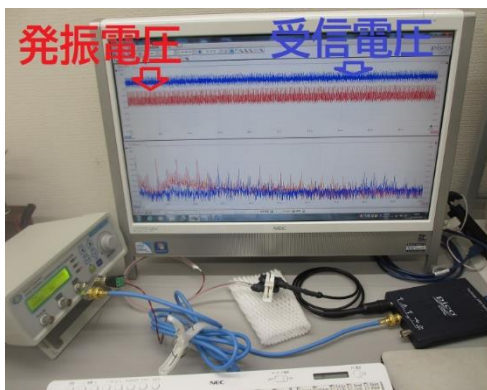
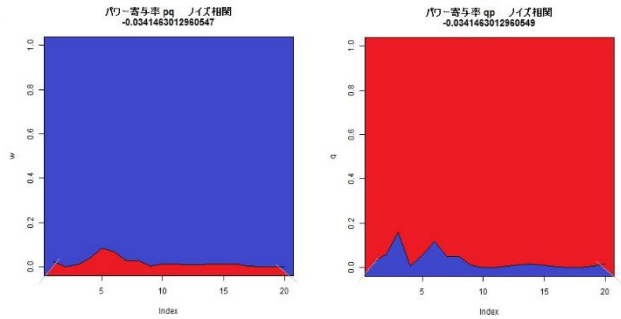
応答特性の解析(パワー寄与率)



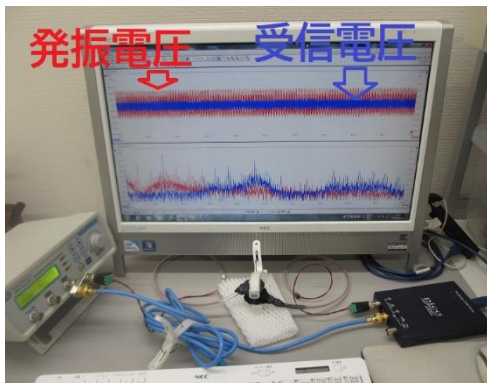
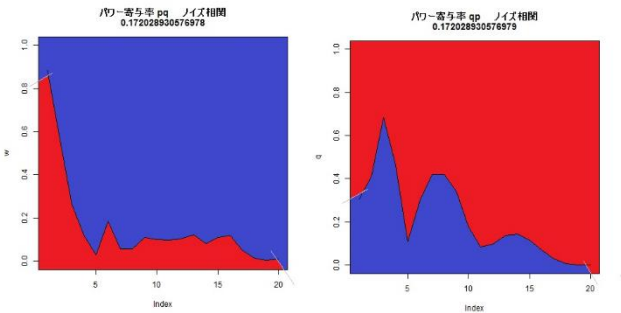
相互作用の検出(発振電圧と受信電圧の相互作用:パワー寄与率を解析)



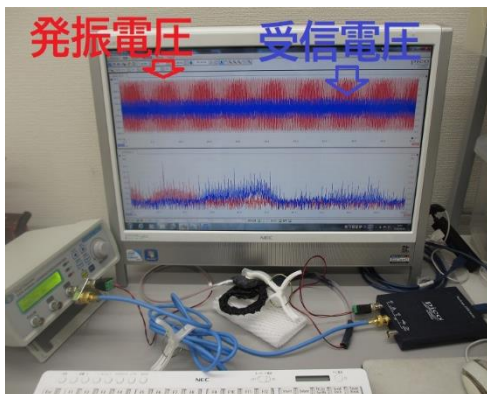
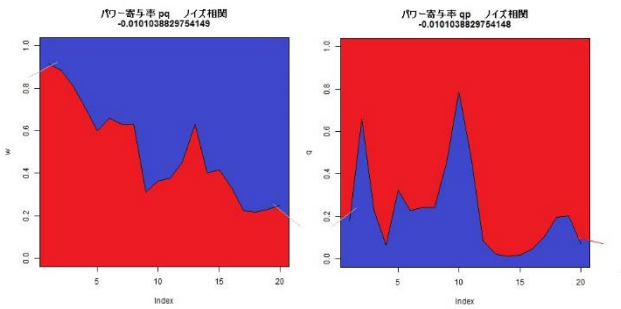
音圧データの解析結果:パワー寄与率



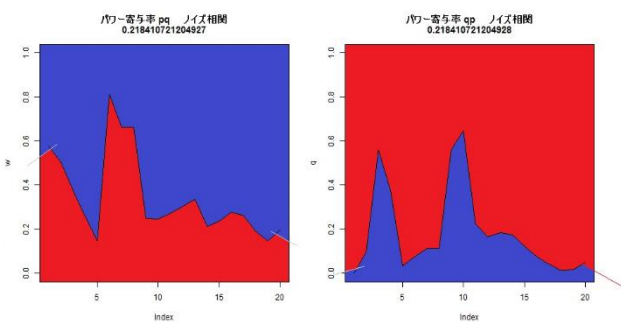
音圧データの解析結果:パワー寄与率



音圧データの解析結果:パワー寄与率



音圧データの解析結果:パワー寄与率



以上