

超音波の音圧計測・解析・評価技術

(超音波の音圧・振動データから、新しい超音波利用を導く)

超音波システム研究所は、

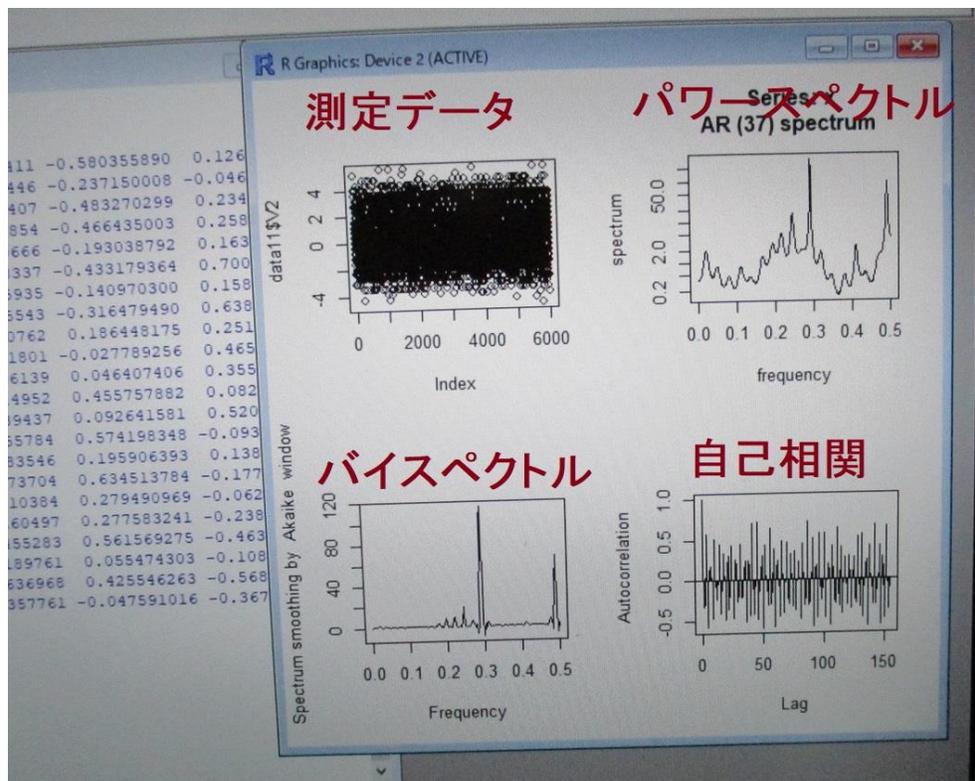
オリジナルの音圧測定解析装置（超音波テスターNA）による、「超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術」を利用して超音波利用に関するコンサルティング対応を行っています。

超音波テスターを利用したこれまでの

計測・解析・結果（注）を整理することで
目的に適した超音波のダイナミックな変化状態を最適化する
新しい評価基準（パラメータ）を開発しました。

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）



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、各種の関係性から、超音波利用の最適化を実現しています。

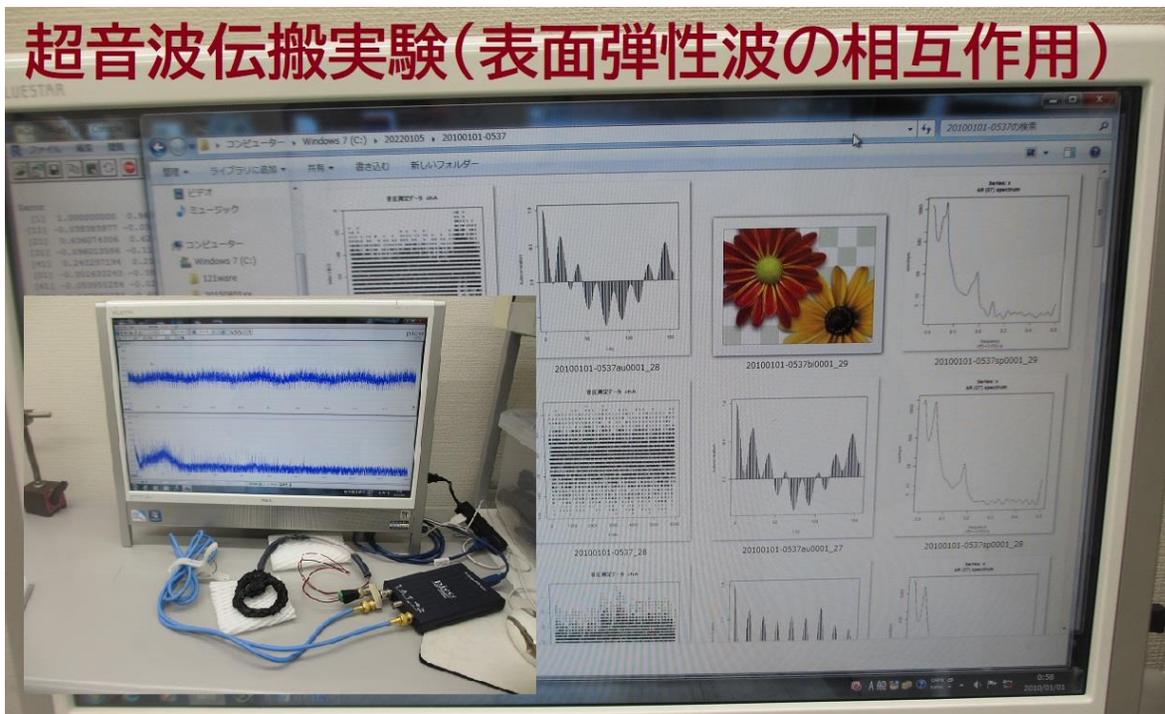
その結果、

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（洗浄、加工、攪拌、改質、反応、検査、保守、・・・）が増えています。

特に、表面残留応力の緩和処理による効果が評価され、
半導体、自動車、材料開発、・・・実験確認に基づいた、実績が増えています。

<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 科学の中の統計学 赤池 弘次（編集）より



<< 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（バー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

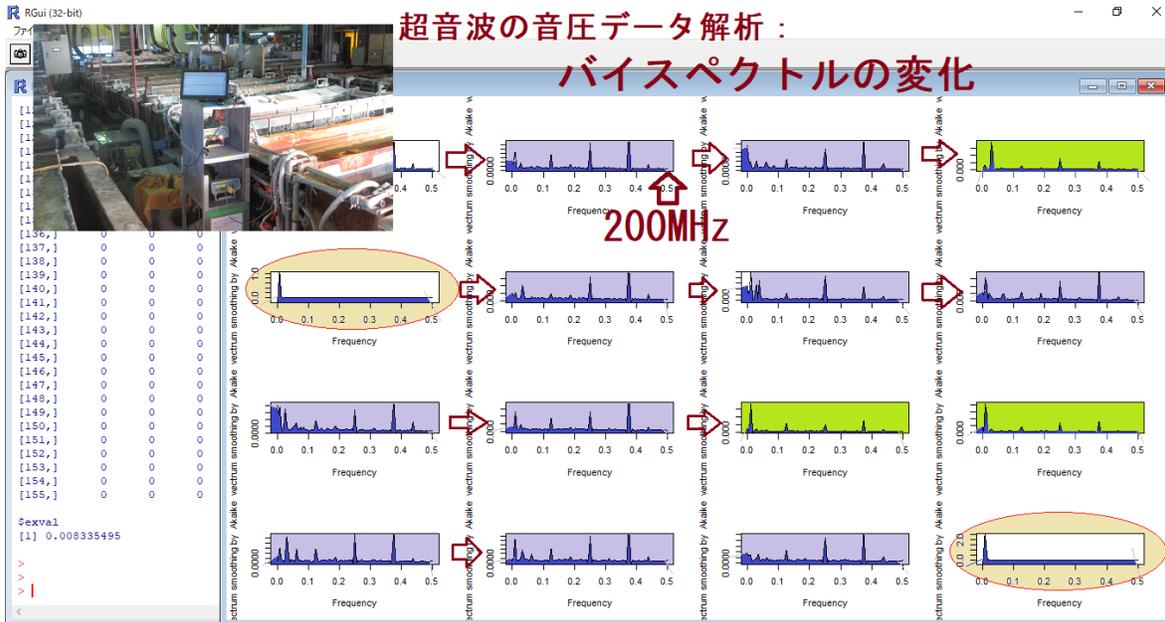
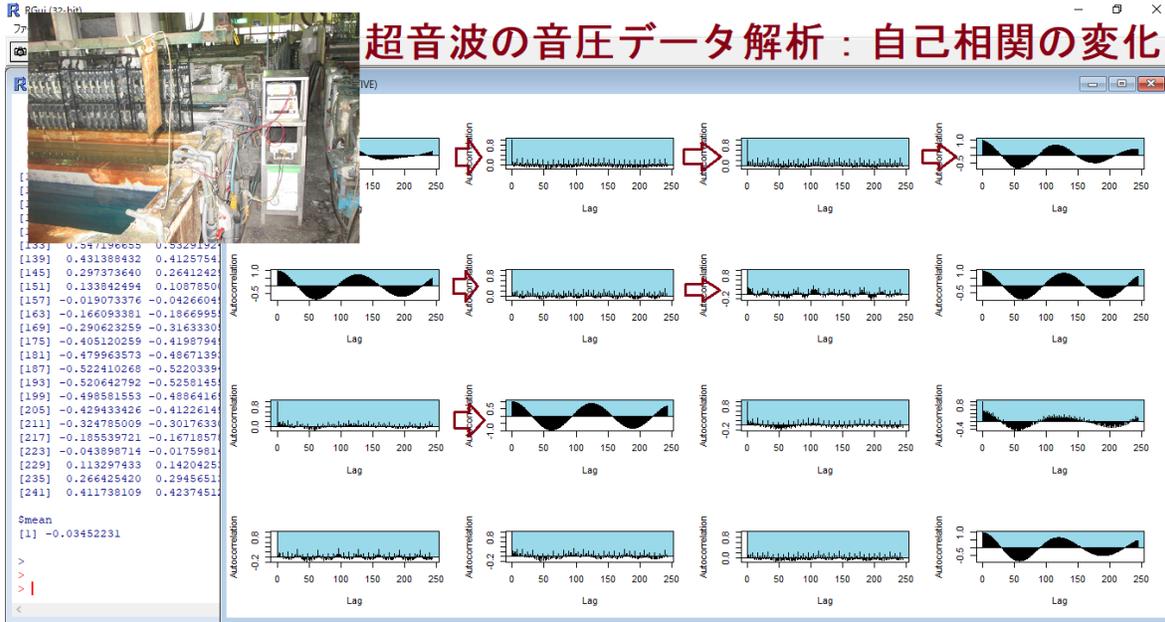
<https://cran.ism.ac.jp/>

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



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、

$$f_1 + f_1 = f_2, f_1 + f_2 = f_3 \text{ で表される}$$

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。

超音波の音圧測定解析に基づいた、
超音波伝搬現象の分類

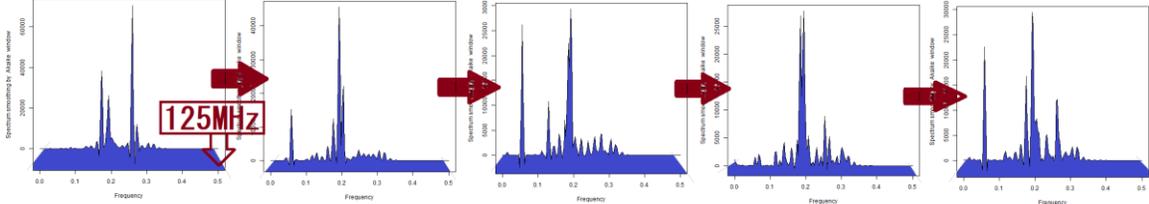
1: 線形型
2: 非線形型
3: ミックス型
4: 変動型

1 線形変動型
2 非線形変動型
3 ミックス変動型
(ダイナミック変動型)

線形型

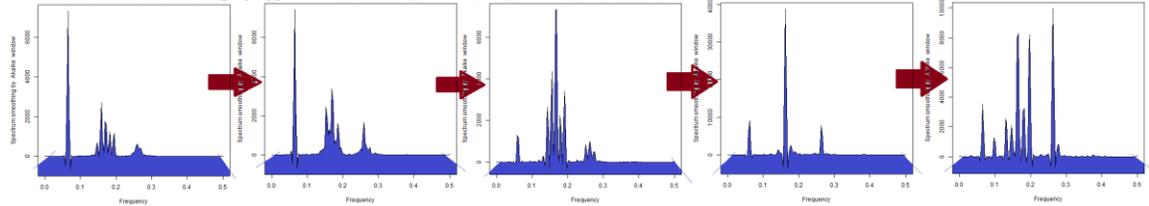
<超音波伝搬特性（音響特性）の分類>

超音波のダイナミック制御：バイスペクトルの変化



ダイナミック変動型

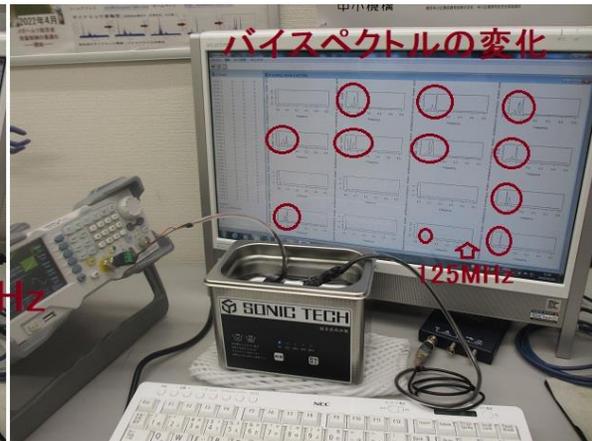
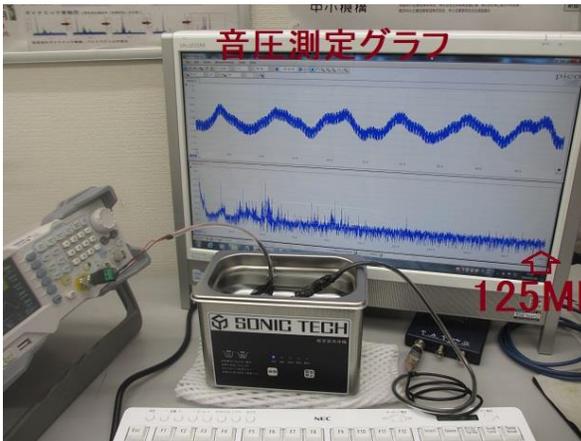
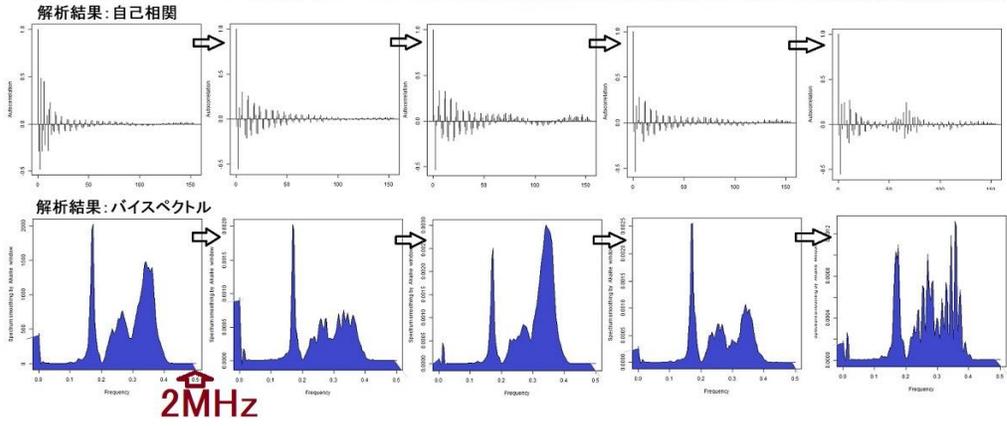
<超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



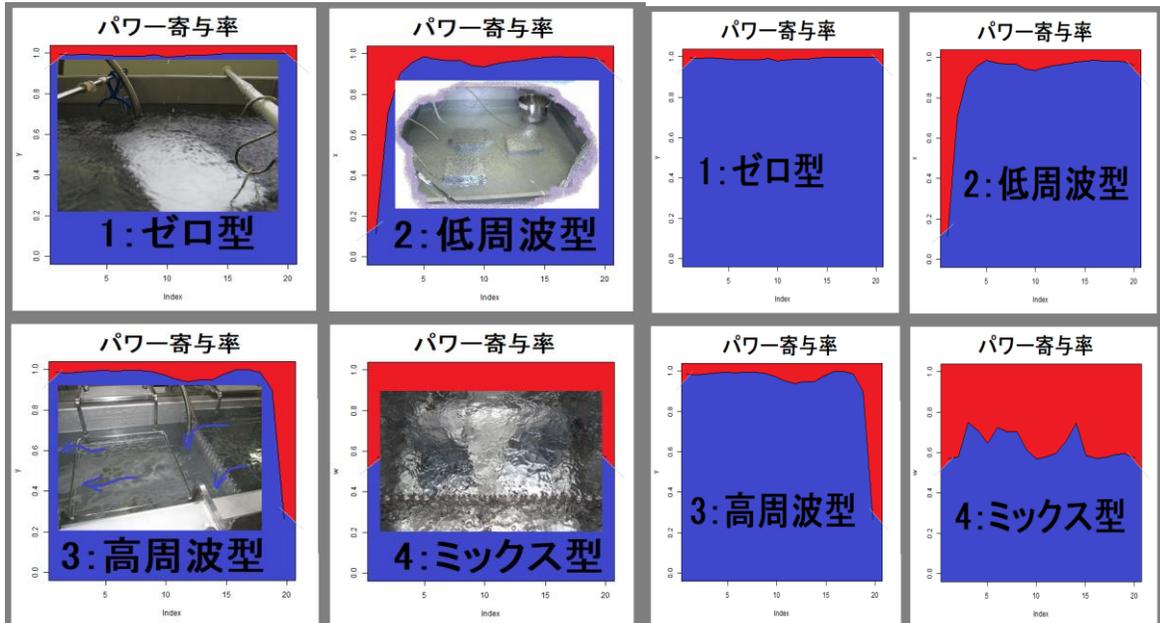
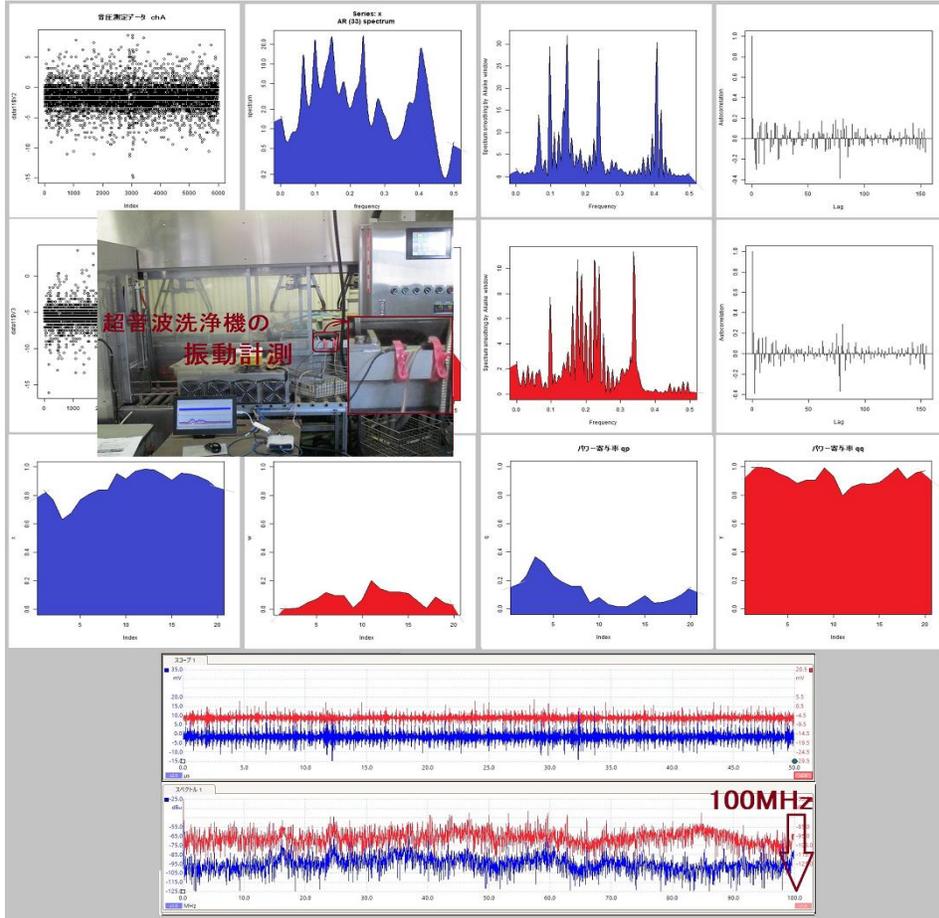
超音波のダイナミック制御：バイスペクトルの変化

<p>音圧データの解析結果 バイスpekトル</p> <p>1: キャビテーション主体型</p>	<p>音圧データの解析結果 バイスpekトル</p> <p>2: 音響流主体型</p>
<p>3: ミックス型</p>	<p>4: 変動型</p> <p>キャビテーション周波数</p> <p>非線形共振周波数</p>

超音波(キャビテーション・音響流)の分類 超音波(キャビテーション・音響流)の分類



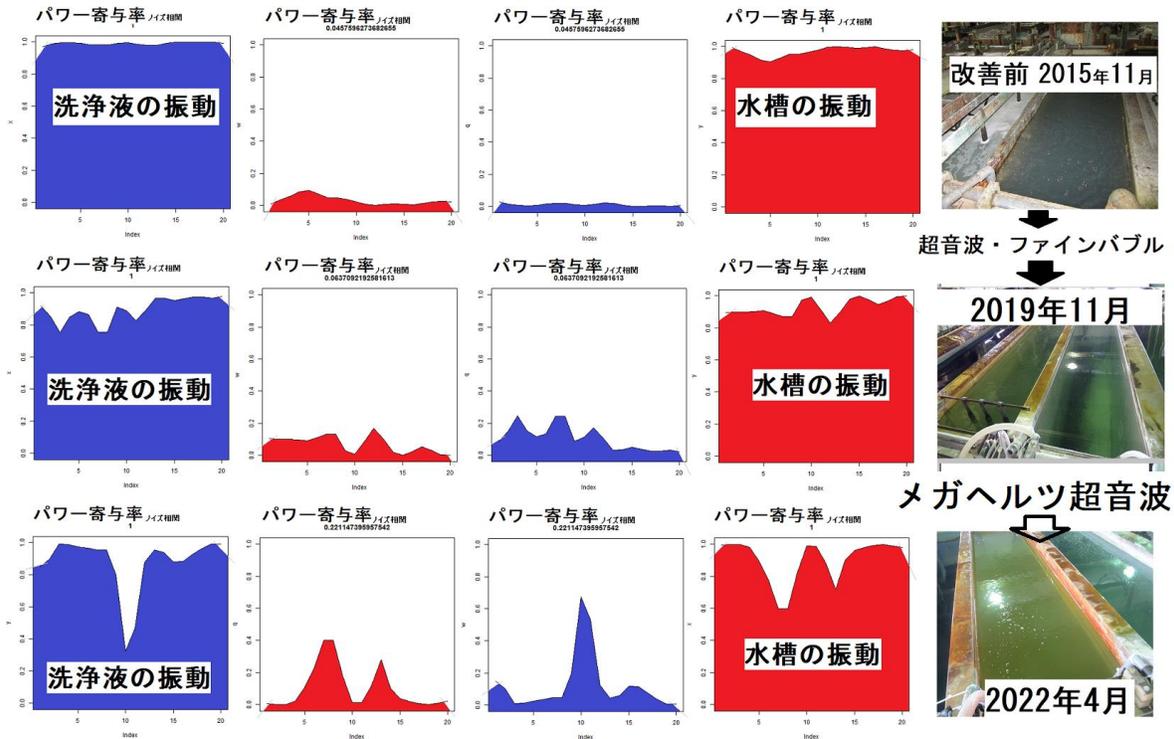
超音波プローブの発振制御を利用した、超音波のダイナミック制御技術



<超音波による相互作用の分類>

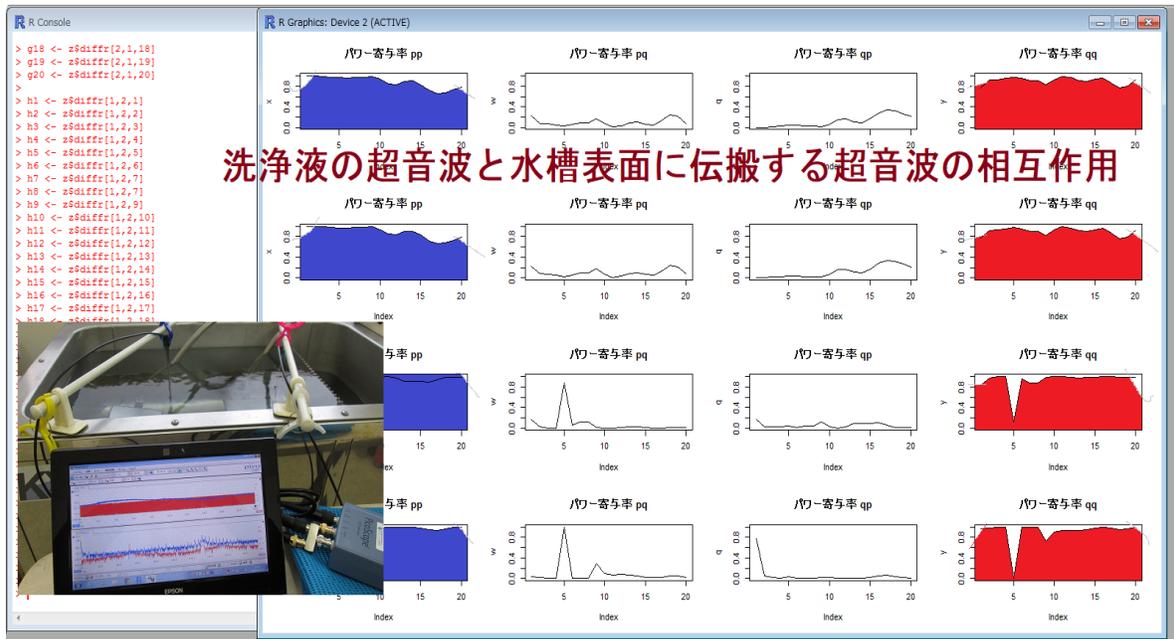
<超音波による相互作用の分類>

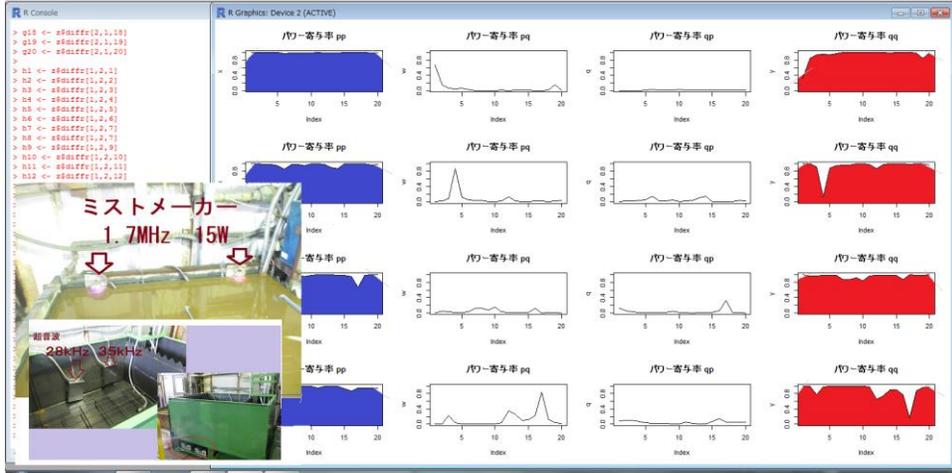
事例：めっき水槽



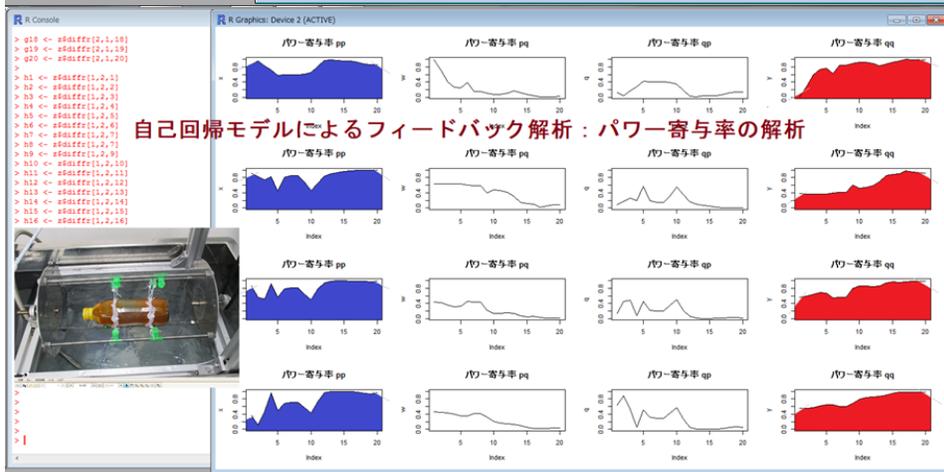
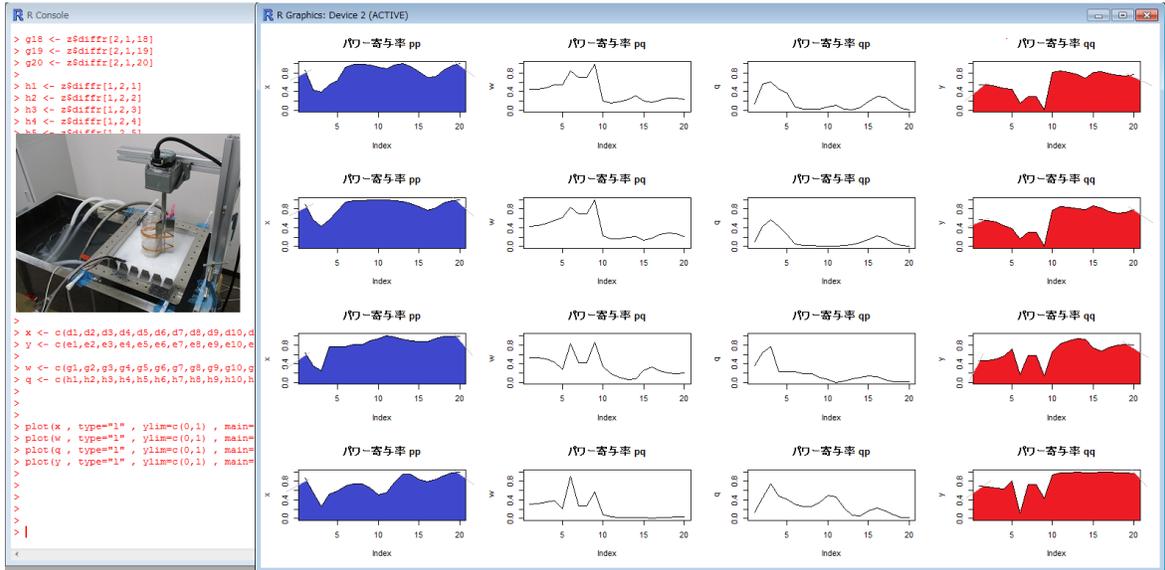
超音波とファインバブルによる水槽の表面改質効果

事例：超音波洗浄機

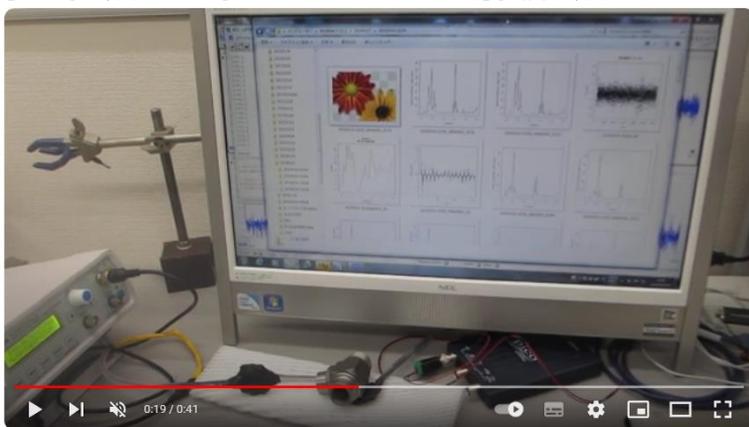




事例：超音波攪拌機



参考動画：音圧データの解析動画



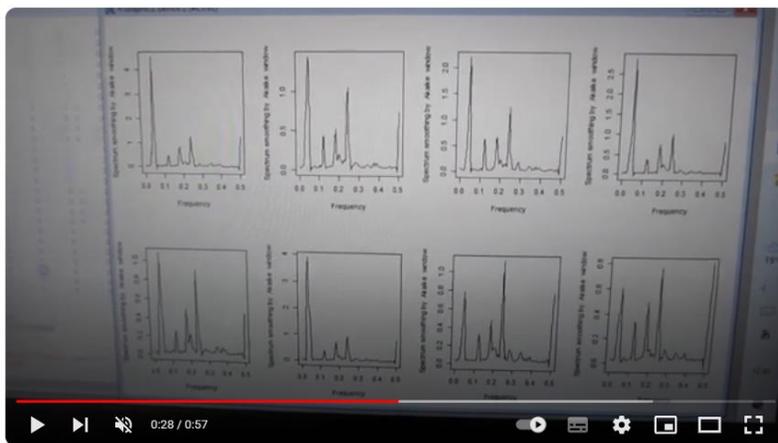
超音波を利用した、表面検査実験（超音波システム研究所）

<音圧データ・自己相関・バースペクトル・パワースペクトル>

<https://youtu.be/nnWSyn0PHtc?si=UJlhPeyl50xj9I9I>

<https://youtu.be/pZBWgzL3LUw?si=8aJPtpq0EBv6BYWk>

<https://youtu.be/cj239Az-YgM?si=rnZMUIwCshR4mnBi>



超音波の音圧測定解析——超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術——（超音波システム研究所）

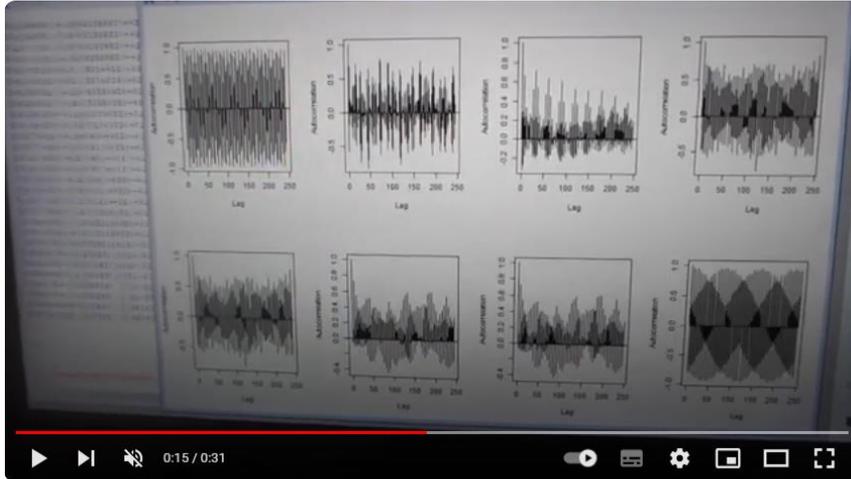
<解析：バースペクトルの変化>

https://youtu.be/lc2pqoLzJ04?si=_VfSxqCLA7eQKIzu

<https://youtu.be/83SqXz0J644?si=4gJ-mG50zG0eyMc0>

<https://youtu.be/rjofHEsFbwY?si=NDVJotRQZWvtBoOP>

<https://youtu.be/EUmpg981sM?si=08b86vkJ398iv03>



超音波の音圧測定解析—超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術—（超音波システム）
<解析：自己相関の変化>

https://youtu.be/5J71hxLTHc?si=uY7cKihgsut_as3r

<https://youtu.be/pe-nvcdYHv4?si=cYg1KAfu85AZB2dG>

<<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>

超音波の相互作用を評価する技術2
<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>

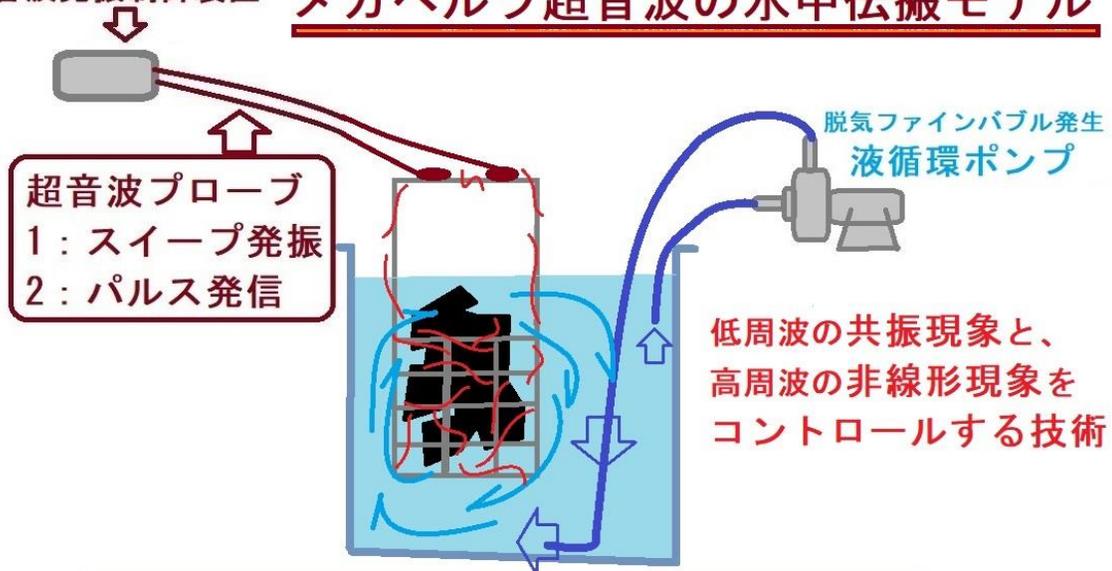
超音波による音響特性テスト（超音波洗浄の適性確認）
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

超音波発振制御システム 2024（60MHz 2ch 266MSa/s）
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1972>

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

超音波発振制御装置

メガヘルツ超音波の水中伝搬モデル



治具と超音波の共振現象による、
低周波の振動現象を音として捉えた
音と超音波の組み合わせ技術

超音波システム1MHzタイプの利用技術

<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現象をコントロールする発振制御システム

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

超音波伝搬状態の測定・解析・評価システム

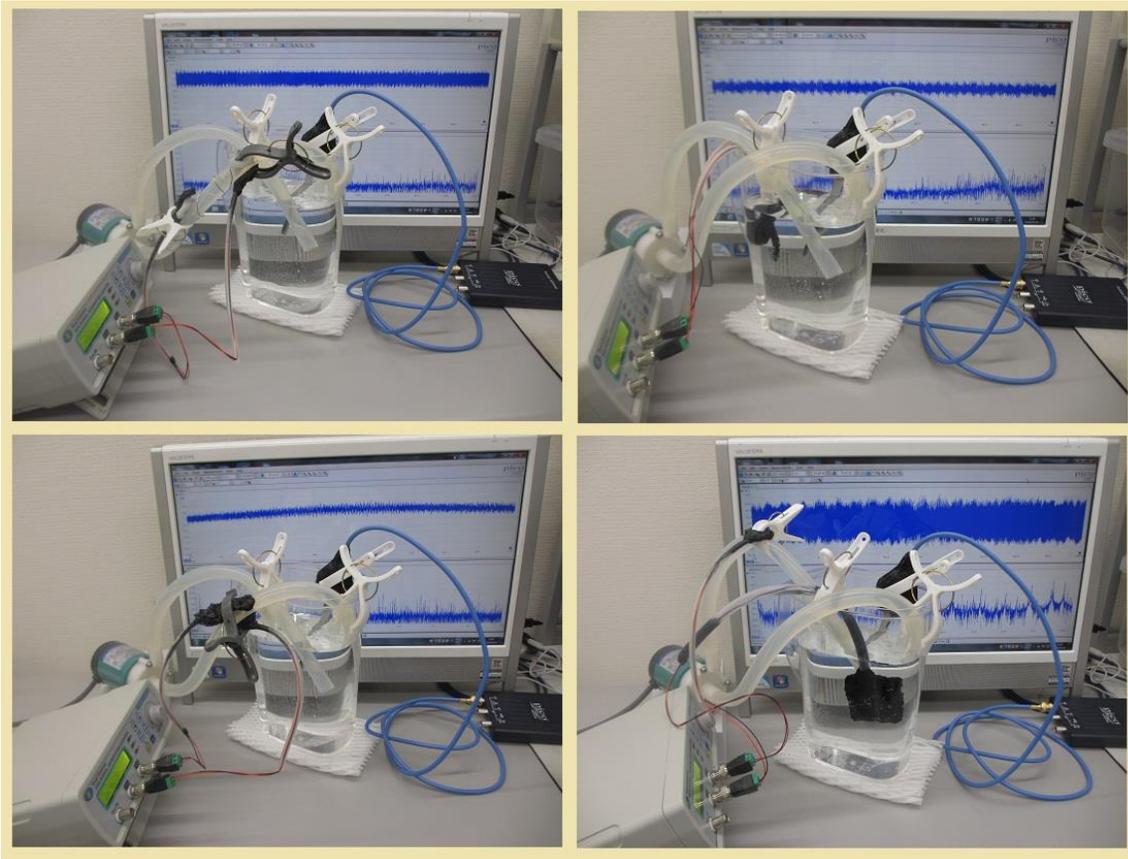
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>

超音波プローブの製造・評価技術

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

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>

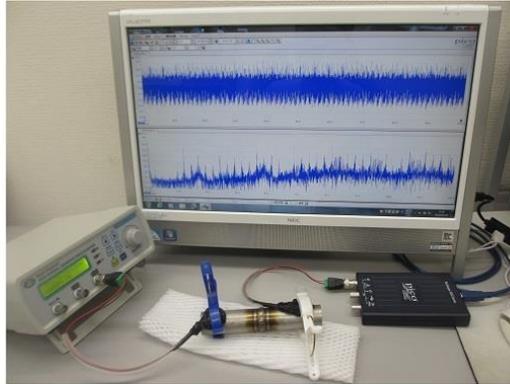
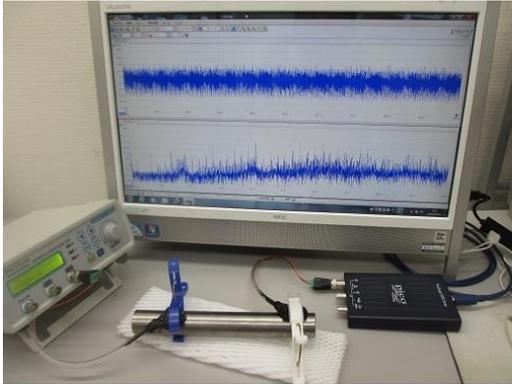
超音波プローブの伝搬特性テスト
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

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>

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

超音波発振システム（20MHz）
<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

200MHz以上の超音波伝搬現象による表面改質処理
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>



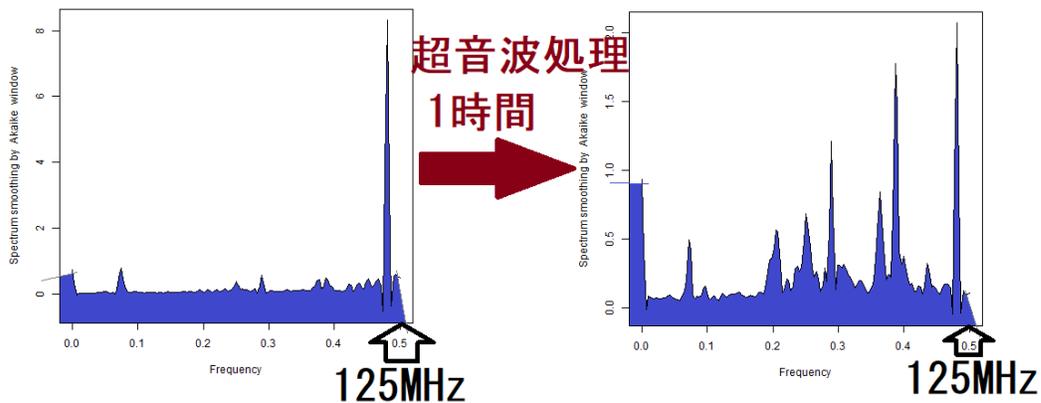
溶接の影響を確認している実験

測定する事で、様々な事項を確認しています

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>

超音波による表面処理結果（音圧データ解析：バースペクトル）



【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

ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>