

タイトル「超音波システム」

超音波の測定・解析に基づいた発振制御による超音波システム

超音波システム研究所 齊木和幸

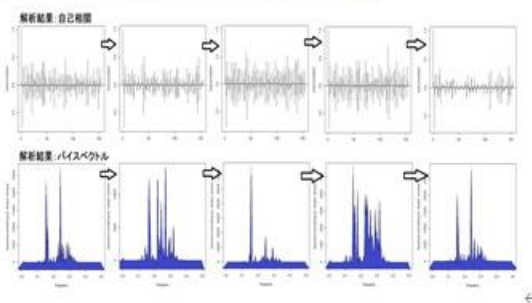


写真1 超音波システム外観

■ はじめに

超音波の伝搬には沢山の条件があり、それぞれの影響が複雑に関連している。その中に、影響の大きさに比べ研究が少ない事項が、超音波の測定解析である。超音波とファインバブルによる応力緩和処理技術を利用した、オリジナル超音波プローブ（測定用、発振用）を開発し、これまでにない新しい超音波のダイナミック制御システムを製作した。現在、この超音波システムを使用して、超音波のコンサルティング対応している。その結果、目的とする超音波伝搬状態を明確にした、最適な超音波制御が実現した。

■ 1) 何が問題か？

現在、超音波は幅広く利用されているが、多数の問題がある。

最大の問題は、適切な測定方法・解析方法が採用されていないことである。

超音波利用の目的や装置の条件により、超音波の測定条件は調整する必要がある。

1) 低周波の振動モードで発生する非線形現象は、超音波利用の効果としては非常に大きいに関わらず、ほとんど測定解析されていない。

特徴（標準的な仕様の場合）

* 測定（解析）周波数の範囲

仕様 0.1 Hz から 10 MHz（10 MHzタイプ）

仕様 0.1 Hz から 100 MHz（100 MHzタイプ）

* 超音波発振

仕様 1 Hz から 100 kHz（10 MHzタイプ）

仕様 1 Hz から 1000 kHz（100 MHzタイプ）

* 表面の振動計測が可能

* 24時間の連続測定が可能 * 任意の2点を同時測定

* 測定結果をグラフで表示 * 時系列データの解析ソフトを添付

超音波プローブによる測定システムです。

超音波プローブを対象物に取り付けて発振・測定を行います。

測定したデータについて、

位置や状態と、弾性波動を考慮した解析で、各種の音響性能として検出します。



写真3 発振制御システム（超音波発振システム20MHz）

2-2) 発振制御システム概要（超音波発振システム（1MHz、20MHz））

内容（20MHzタイプ）

超音波発振プローブ 2本

ファンクションジェネレータ 1式 操作説明書 1式（USBメモリー）

内容（1MHzタイプ）

超音波発振プローブ 1本

ファンクションジェネレータ 1式 操作説明書 1式（USBメモリー）

特徴（20MHzタイプ）

* 超音波発振周波数 仕様 20kHz から 25MHz

特徴（1MHzタイプ）

* 超音波発振周波数 仕様 20kHz から 1MHz

市販のファンクションジェネレータを利用したシステムです

超音波利用を含めた各種機器に対して、

メガヘルツの超音波発振による、共振現象と非線形共振現象（注1）で、

低周波～高周波までの超音波刺激をコントロールします。

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（例 10次以上の）高調波の発生を

共振現象により高い振幅で実現させた超音波振動の共振現象

上記の装置を利用して、超音波伝搬状態の測定解析に基づいた制御を実現させる

■ 3) 具体的な音圧測定

音圧測定

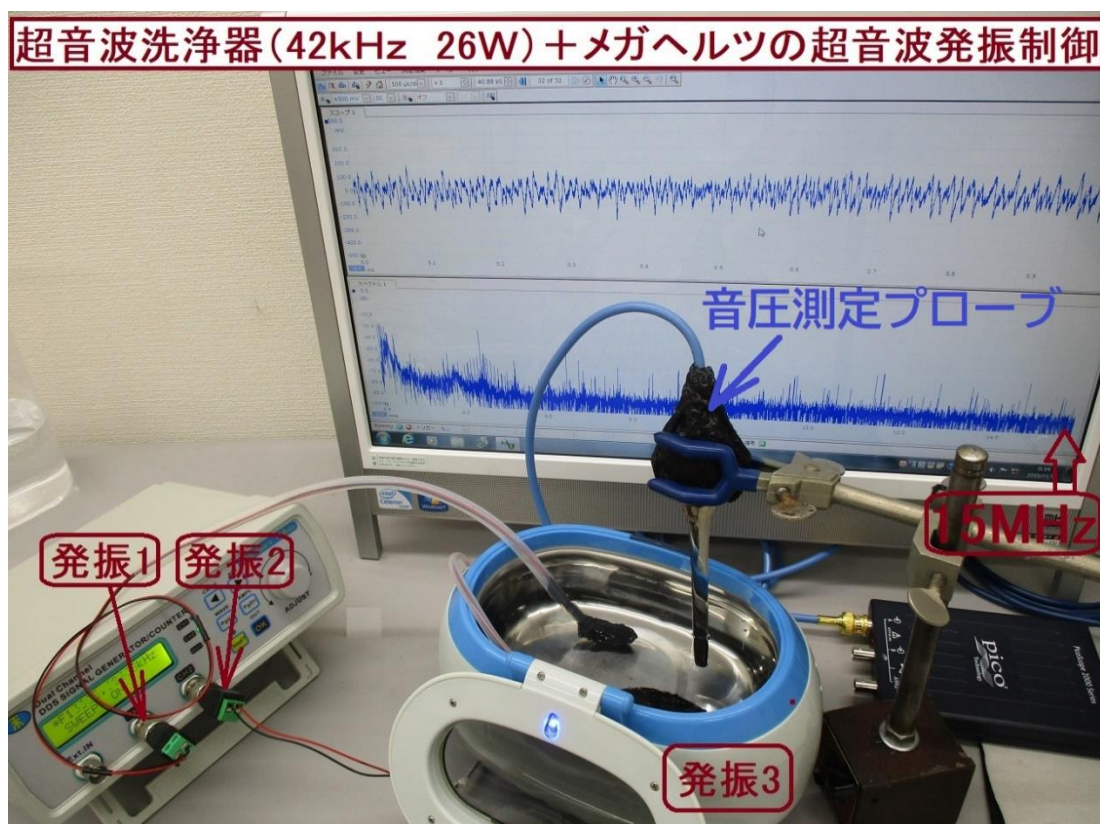


写真4 音圧測定プローブによる音圧測定

音圧測定手順

- 1) 伝搬している超音波の、音圧レベルの変化、伝搬周波数の範囲を確認する
- 2) 機械や環境による、低周波の振動・ノイズを調査・確認する
- 3) 1) 2) に基づいて、測定パラメータ（サンプリング時間）を設定する
- 4) 測定を行う
- 5) 測定グラフの目視確認・評価を行い、適切であれば、測定データを保存する

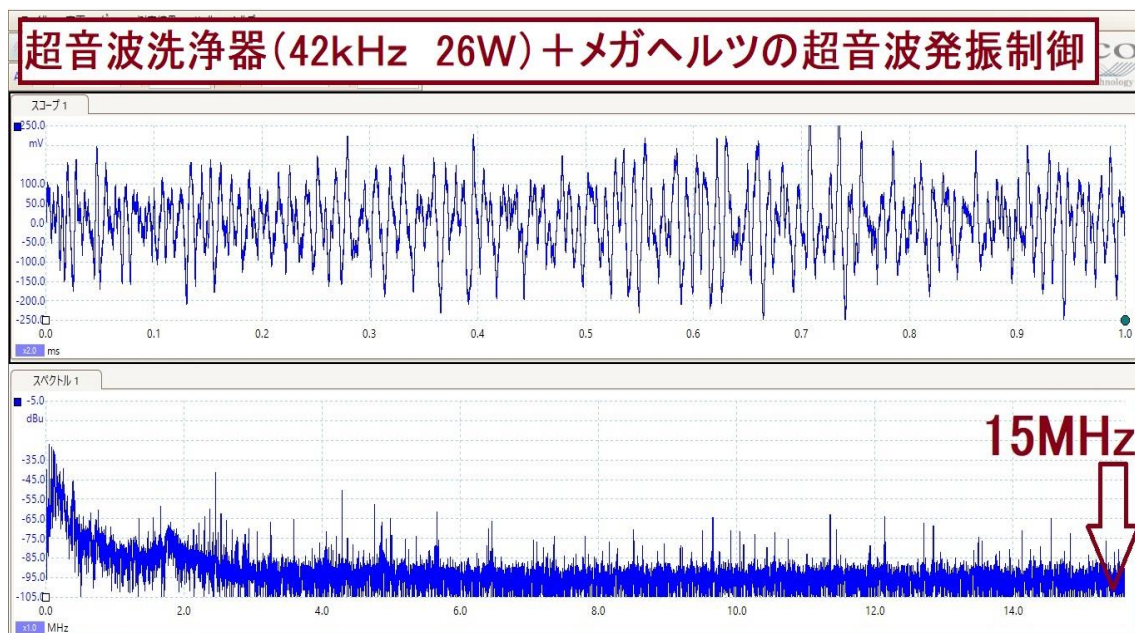
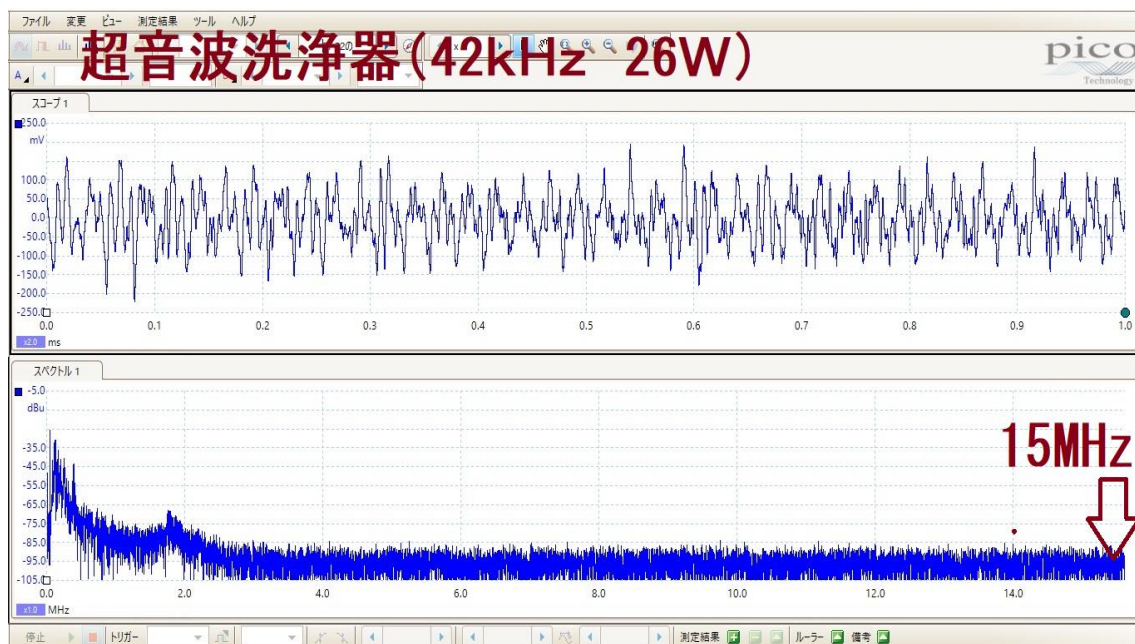


図1 音圧測定データ（上：メガヘルツ発振無し 下：メガヘルツ発振有り）

■ 4) 具体的な音圧データ解析

<< 超音波の音圧解析 >>

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)

注：TIMSAC (TIME Series Analysis and Control program)

注：「R」フリーな統計処理言語かつ環境

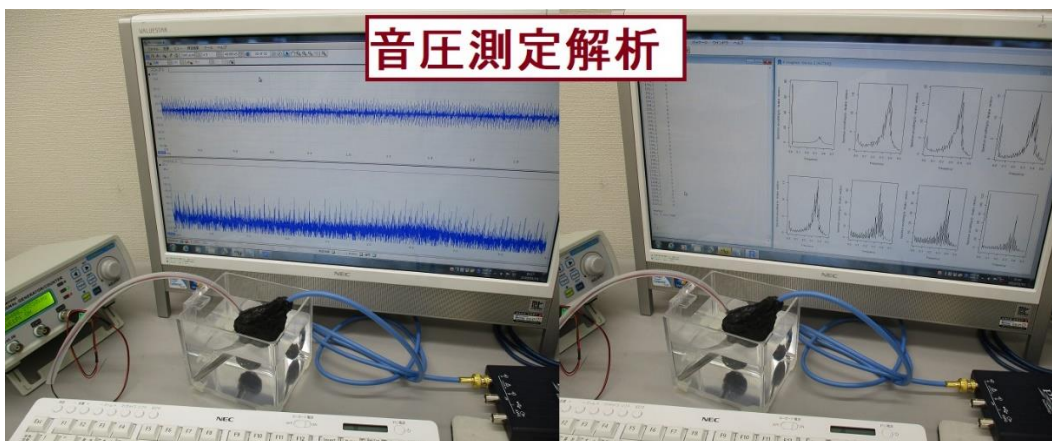


写真5 音圧測定と音圧解析

解析結果（バースペクトル 1画面は1ms 解析最大周波数は1.5MHz）

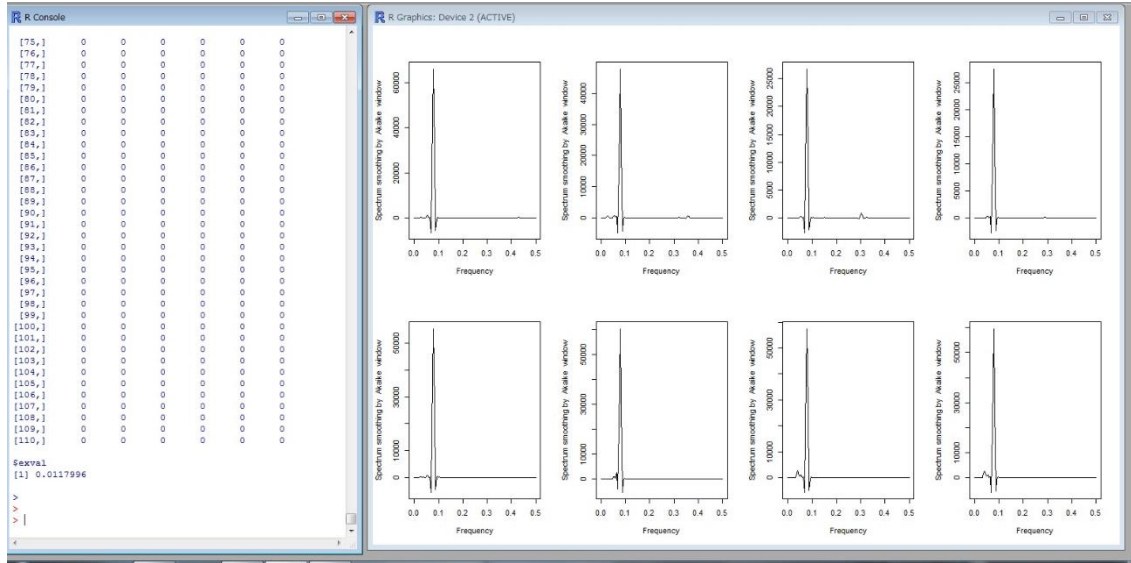


図2 音圧解析結果（バースペクトルの変化：単調な傾向）

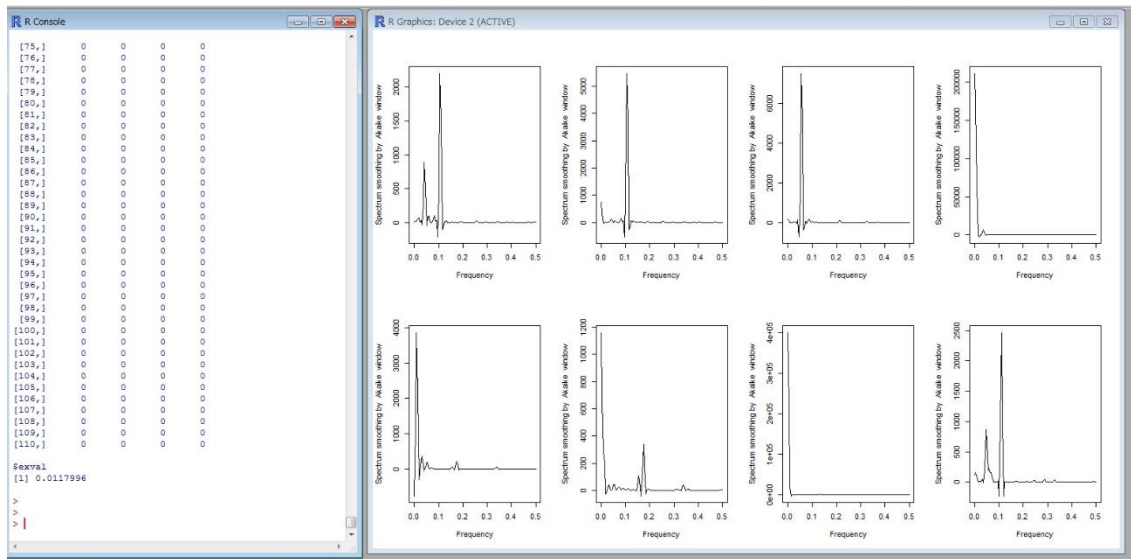


図3 音圧解析結果（バースペクトルの変化：ダイナミックな変化）

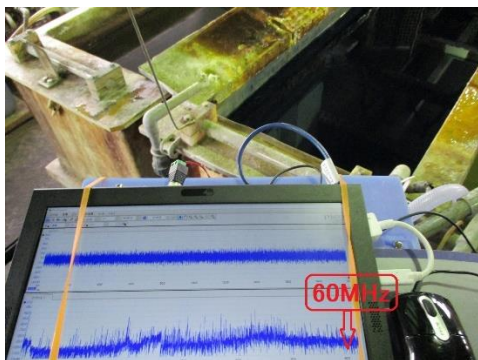


写真5 超音波めっき処理

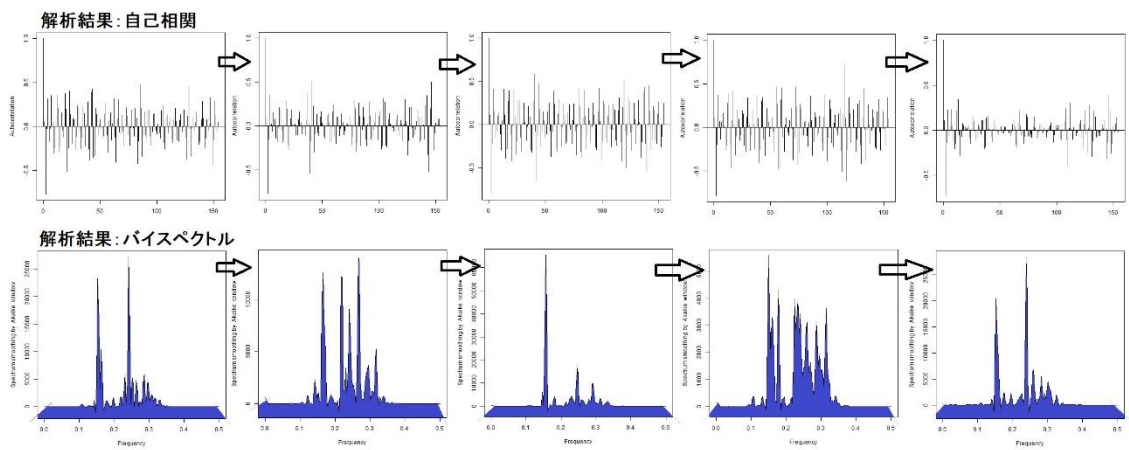


図2 洗浄・攪拌効果の大きい解析結果（自己相関、バイスペクトル）

複数の超音波発振制御技術

201001-02700001_01.png

201001-02700001_06.png

201001-02700001_07.png

201001-02700001_08.png

解析結果: バイスペクトルの変化

写真6 3種類の超音波によるダイナミック制御

以上のように、音圧測定解析に基づいて、発振制御条件を最適化すると、超音波の制御範囲が、非線形現象の発生とともに大きく広がる

このことにより、目的に対する適正な超音波利用が可能になる



写真6 超音波とファインバブルによる超音波洗浄

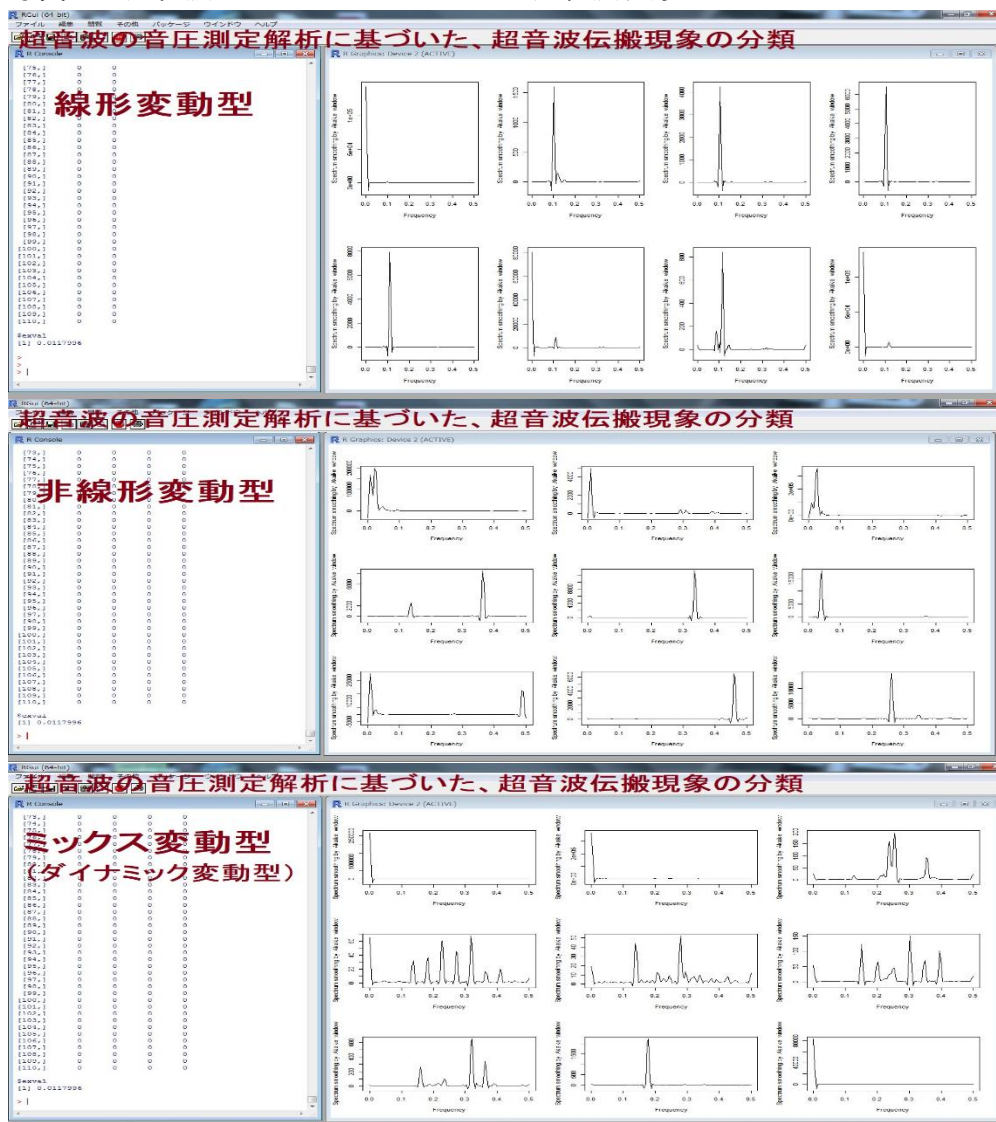
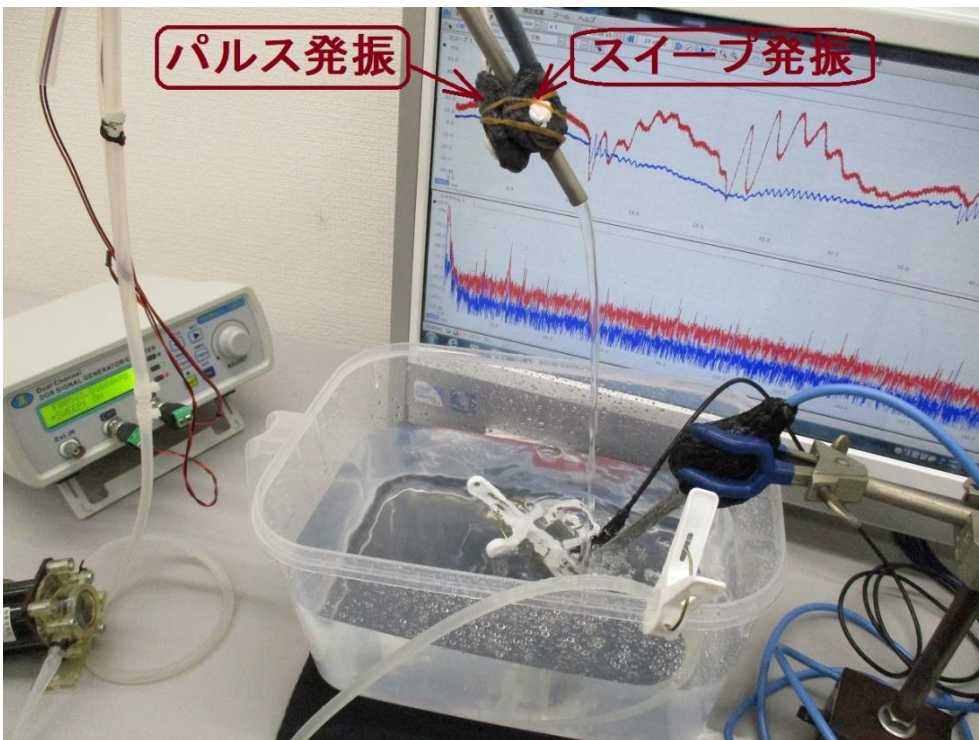
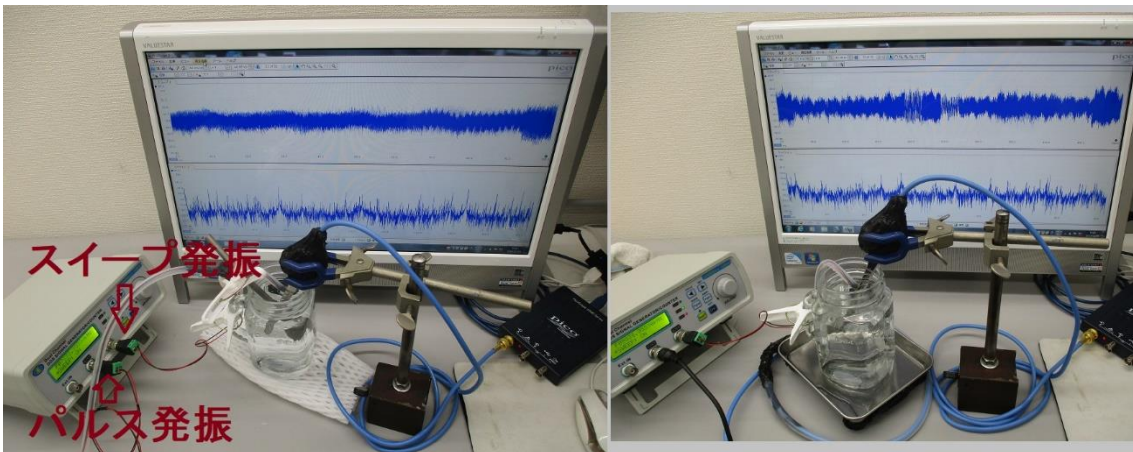


図3 解析結果

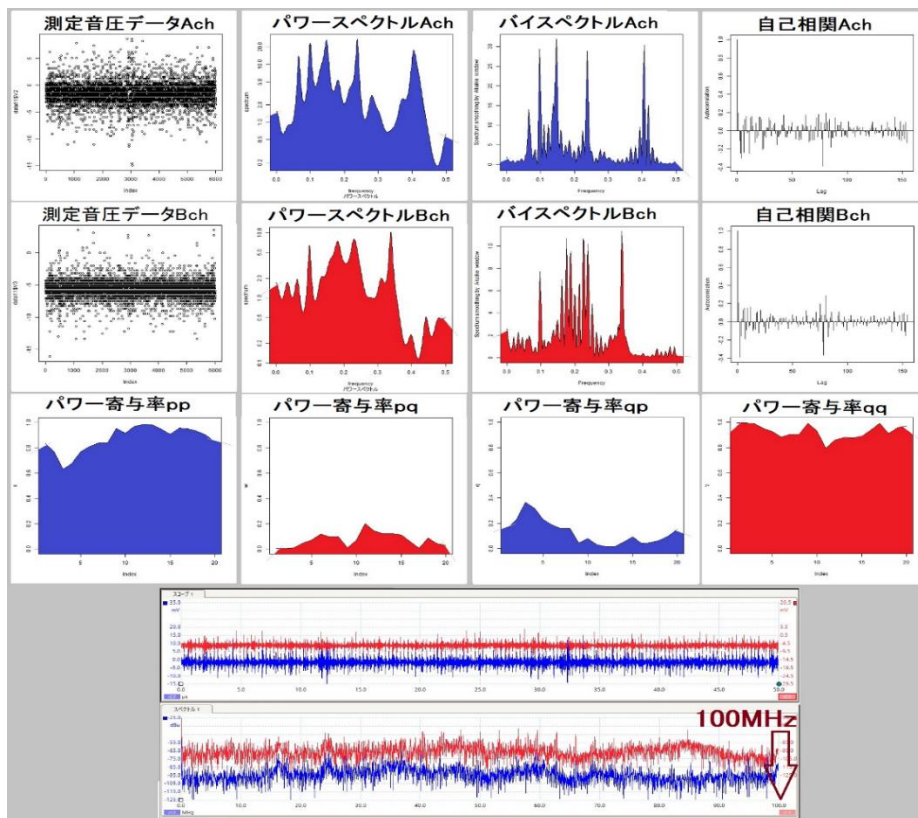
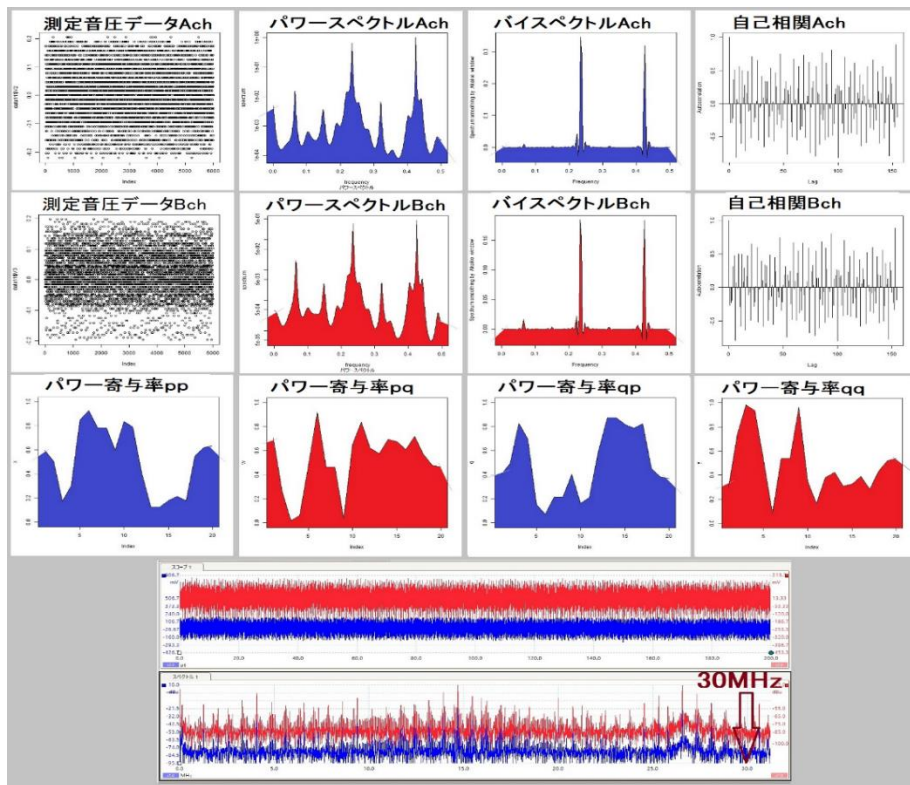
■ まとめ

技術の進化とともに、新しい応用や組み合わせの可能性が大きく広がっている
特に、異質なジャンルや根本的な学問（数学や哲学）を取り入れることで、今後ますます超音波という技術は飛躍すると感じる

特に、超音波の発振に関して、波形、複数の組み合わせ、音の利用、・・・を考え、
超音波技術への偏った考え方を捨て、自由な超音波に対する発想により、新たな利用を検討していきたいと考えている

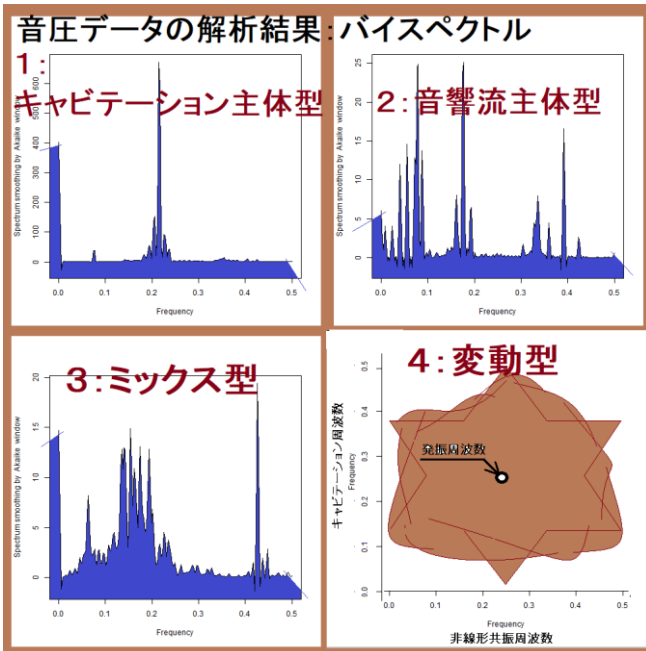


チタン製ストローを利用した **超音波シャワー**

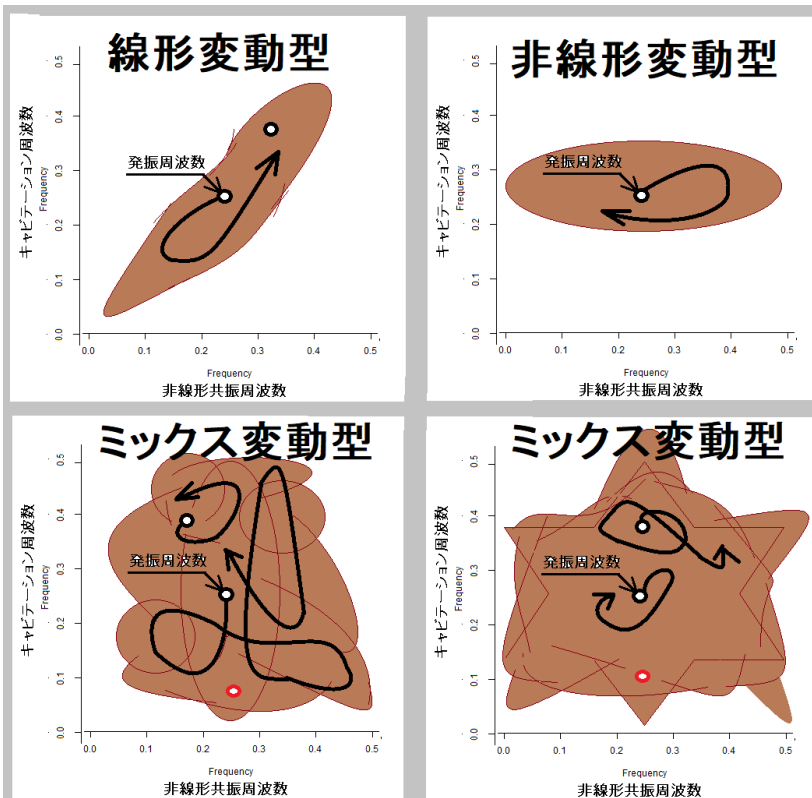


超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/7e48d8e4a62dc124557b77efe800200c.pdf>



超音波(キャビテーション・音響流)の分類



〜 スイープ発振 ○ パルス発振

超音波システム (音圧測定解析、発振制御)

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

2021/06/04