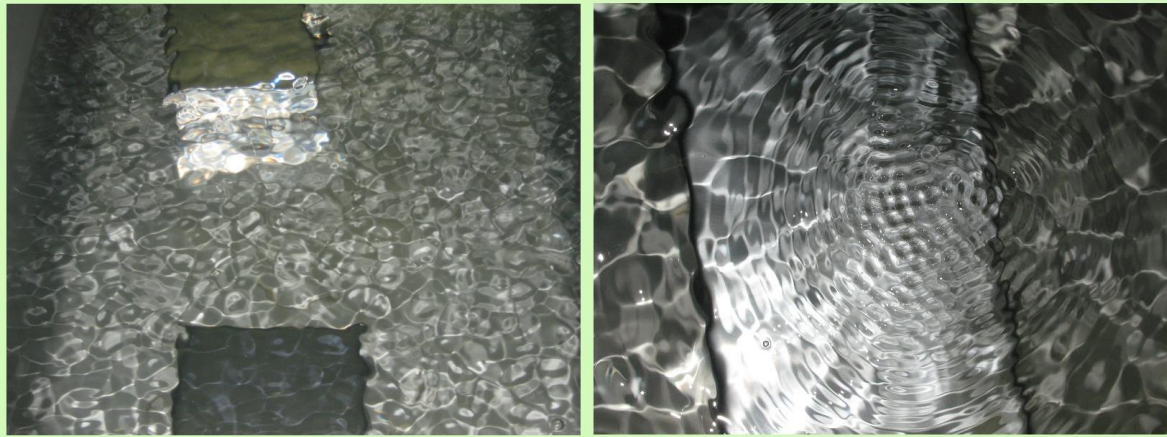


<< 超音波の**非線形**現象について >>



超音波洗浄効果の高い装置は、
キャビテーションとの相互作用による
低周波の振動現象を考慮した、設計・製造技術により
適切な強度バランスの洗浄水槽を使用して
音響流の効果を最適化することが可能になります。

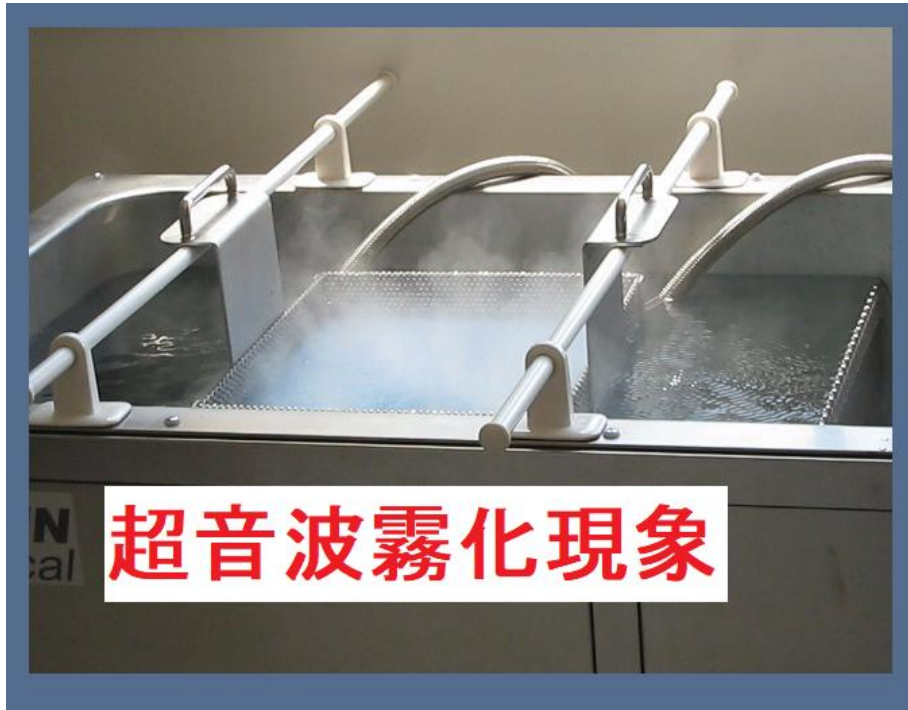
超音波専用水槽



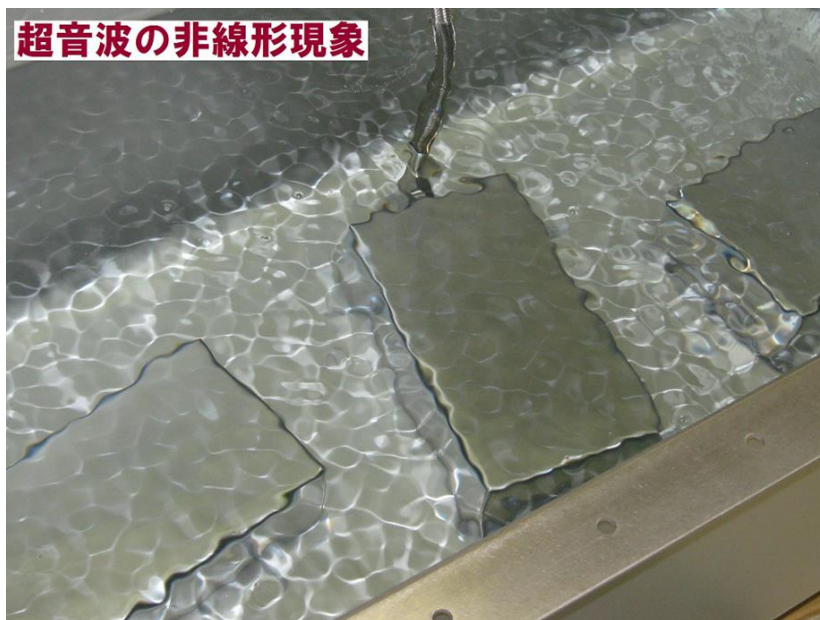
超音波システム研究所



通常、多くの超音波洗浄機は、超音波と洗浄物の相互作用により
様々な、キャビテーション・音響流・・・が発生します。



どうしても、
目に見える、あるいは聞こえる範囲での状態評価に集中します。



ところが、ソ連の超音波に関する書籍

「超音波工学と応用技術」ベ. ア. アグラナート/[他]共著には、
「超音波洗浄について、最も重要（効果的）な要因は、**音響流**である」
ということが記載されています。

音響流に関して以下のような説明がありますが、
測定・解析・評価については、はっきりしません。

一般概念

有限振幅の波が、
気体または液体内を伝播するときは、音響流が発生する。

音響流は、

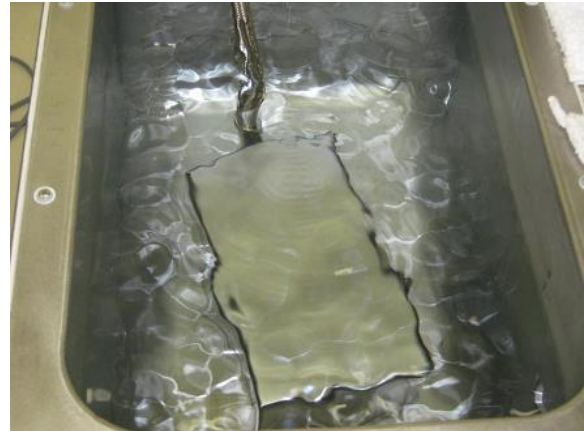
波のパルスの粘性損失の結果、自由不均一場内で生じるか、
または音場内の障害物（洗浄物・治具・液循環）の近傍か
あるいは振動物体の近傍で、
慣性損失によって生じる物質の一方性定常流である。

音響流は、大多数の超音波加工工程、

浄化、乾燥、乳化、燃焼、抽出・・・過程での
重要な強化因子であり、
媒体内の熱交換と物質交換を著しく促進する。

加工工程での音響流の作用効果は、

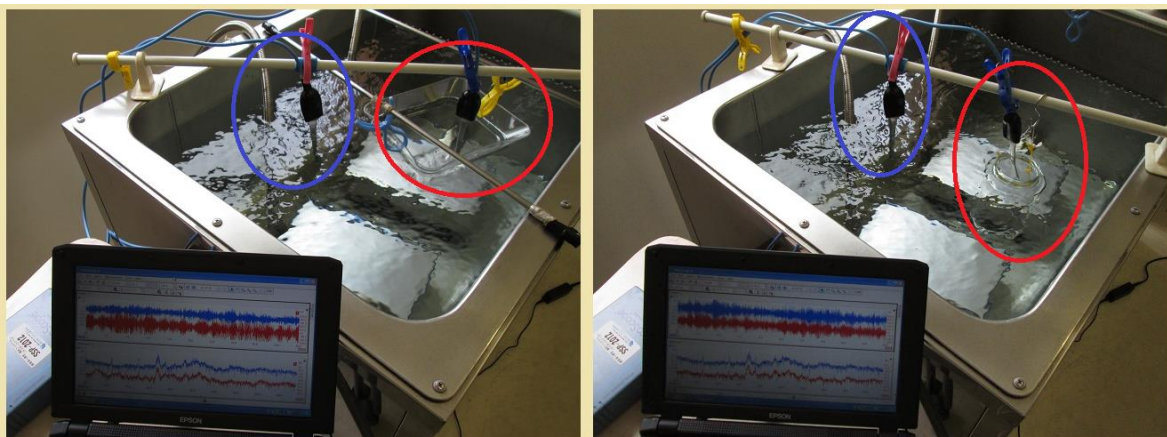
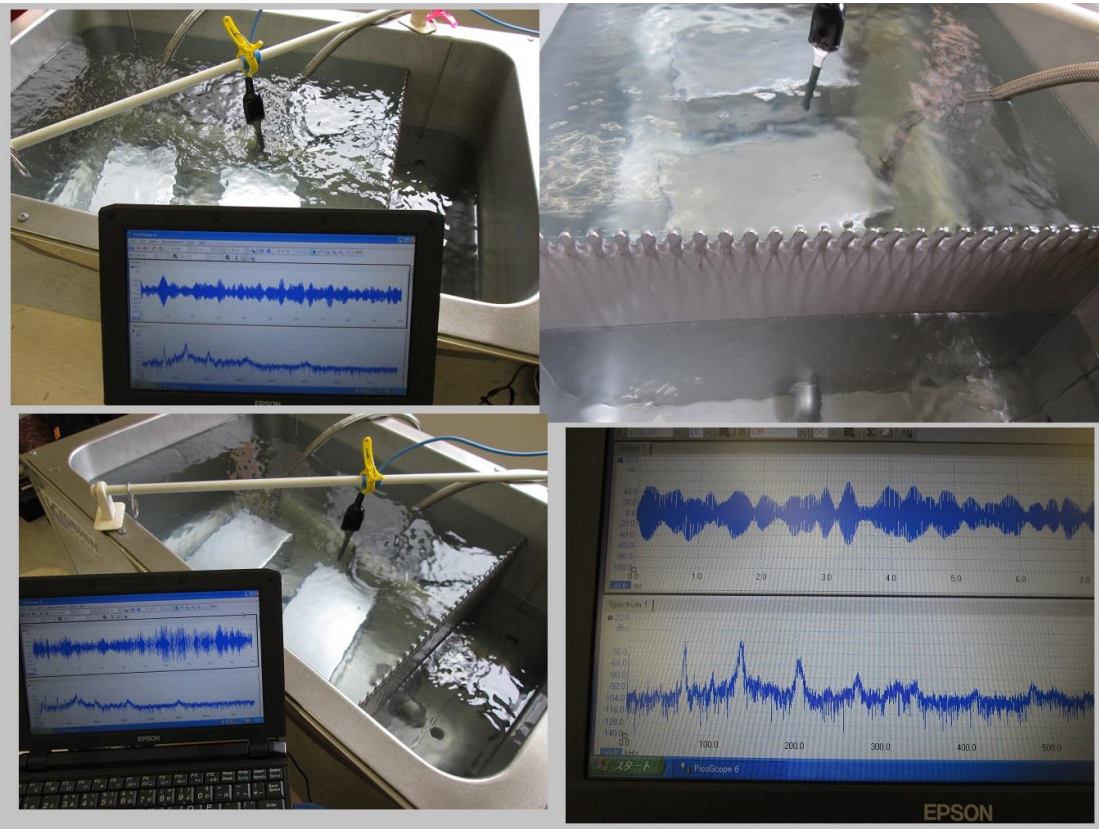
それらの速度と寸法因子によって決まる。



こうなると、

キャビテーションと音響流の議論になり、対応が難しくなります。

そこで、キャビテーション・音響流の影響を確認する手段として、
複雑な超音波の音圧変化を統計解析することを考えます。

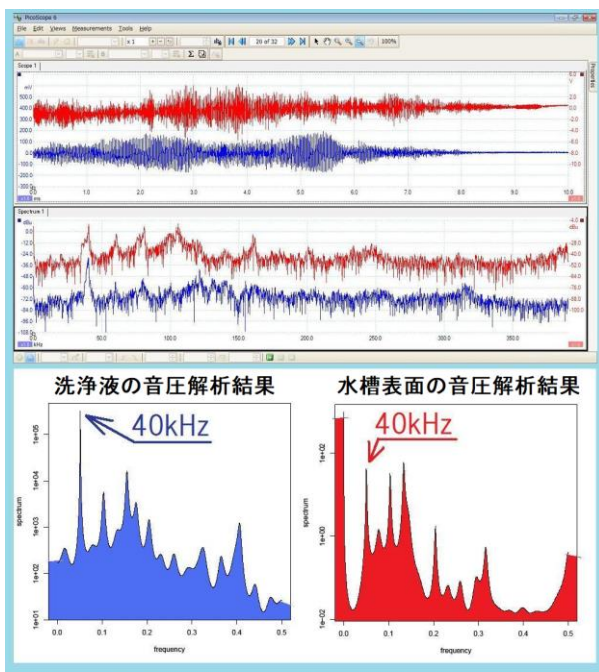


簡単な実験として、
超音波洗浄器で、液循環量の変化に合わせて、
超音波による音圧変化の様子を観察・測定します。

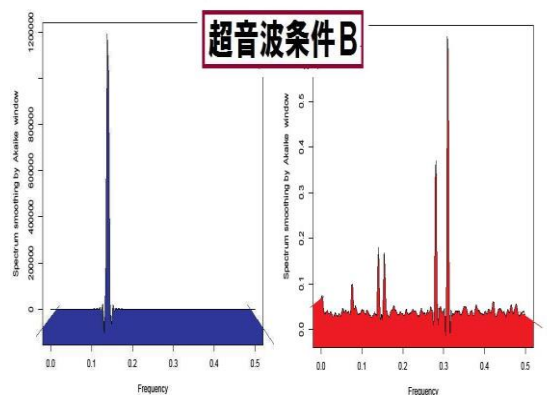
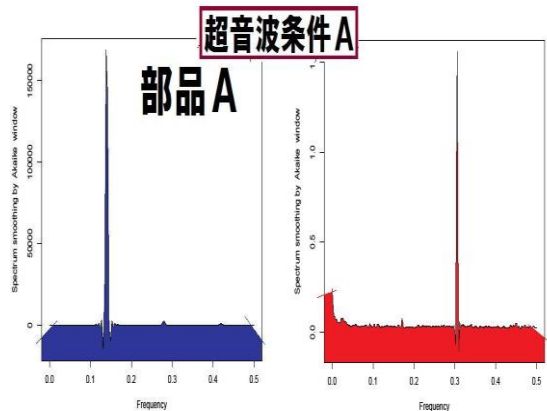
測定した音圧データを
解析（自己相関・バイスペクトル）することで
超音波における非線形現象をはっきり確認できます。

「超音波工学と応用技術」ベ. ア. アグラナート/[他]共著は、
「**流体が振動する現象は非線形理論の集積です**」と指摘しています。

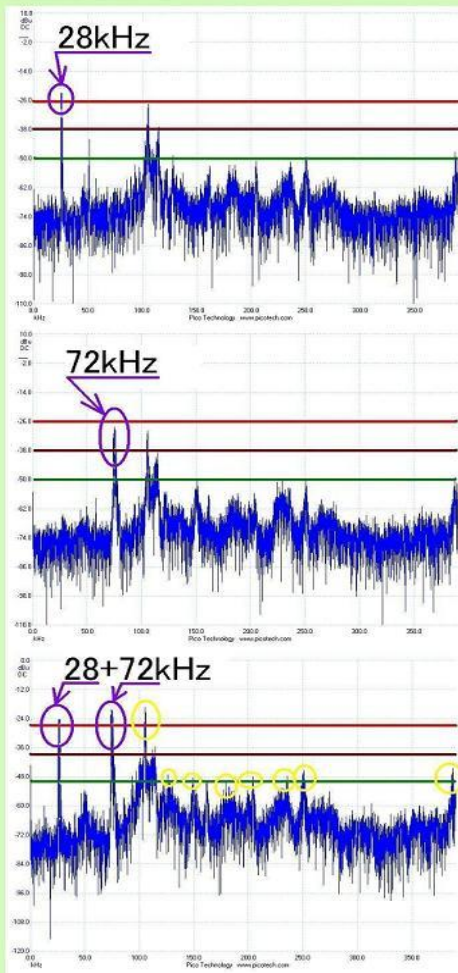
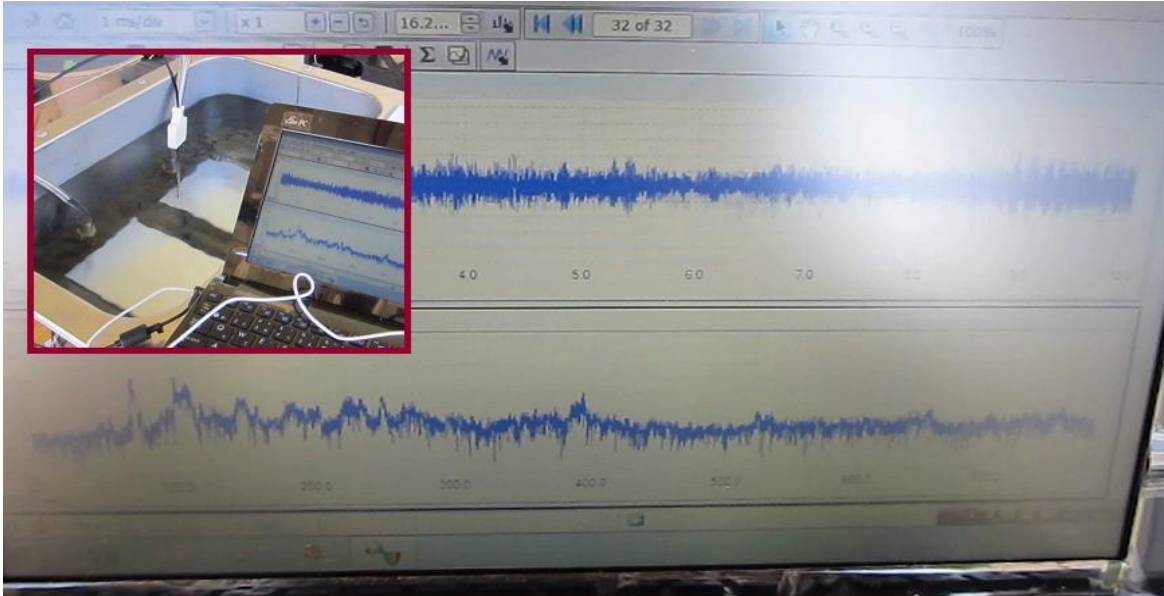
従って、
超音波の音圧測定・解析・評価により、非線形現象を確認することは
超音波の効果的な利用に発展できることとなります。



解析により検出できる超音波の特徴

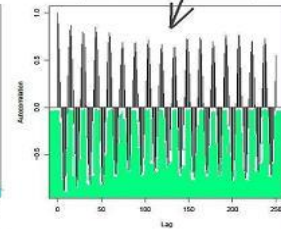
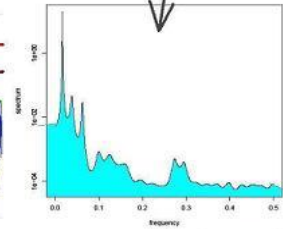


バイスペクトル解析結果

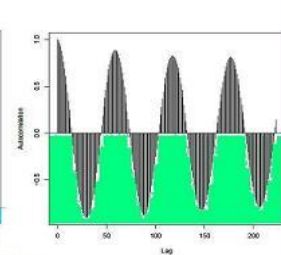
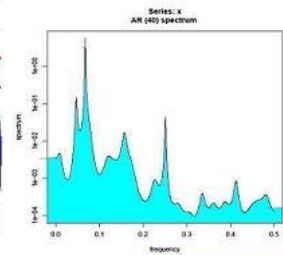


パワースペクトル

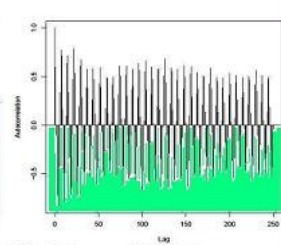
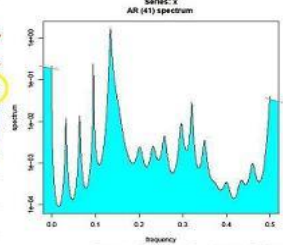
自己相関



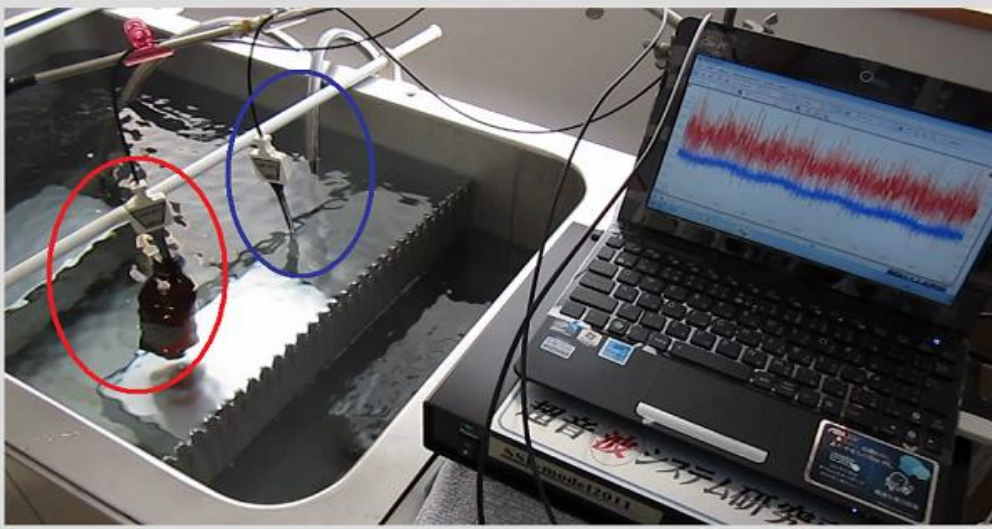
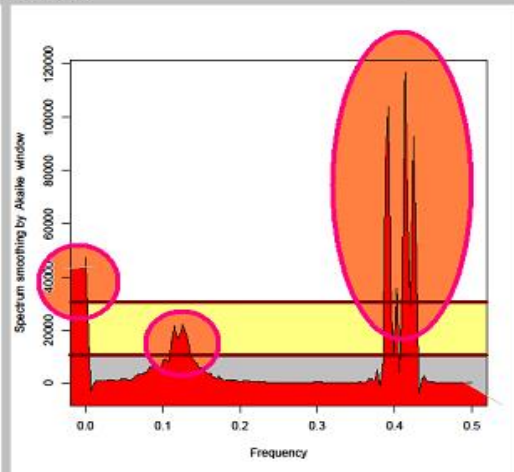
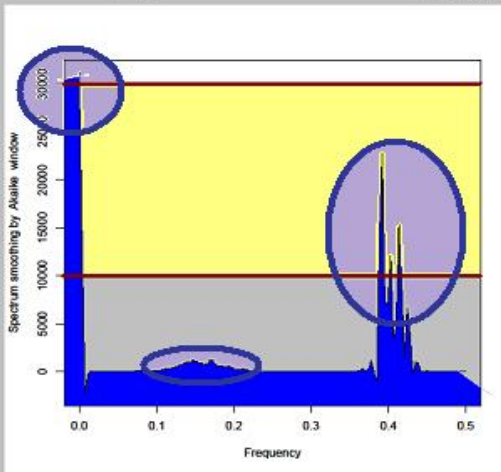
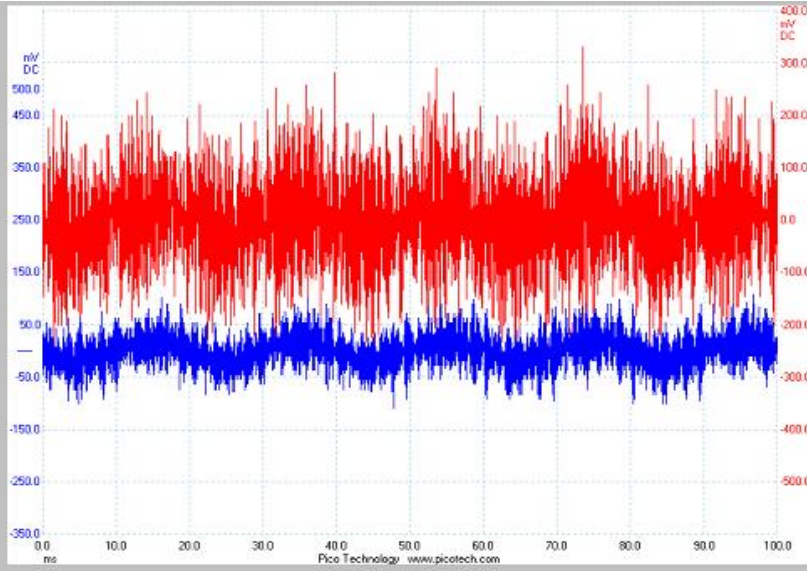
振動モードの検出

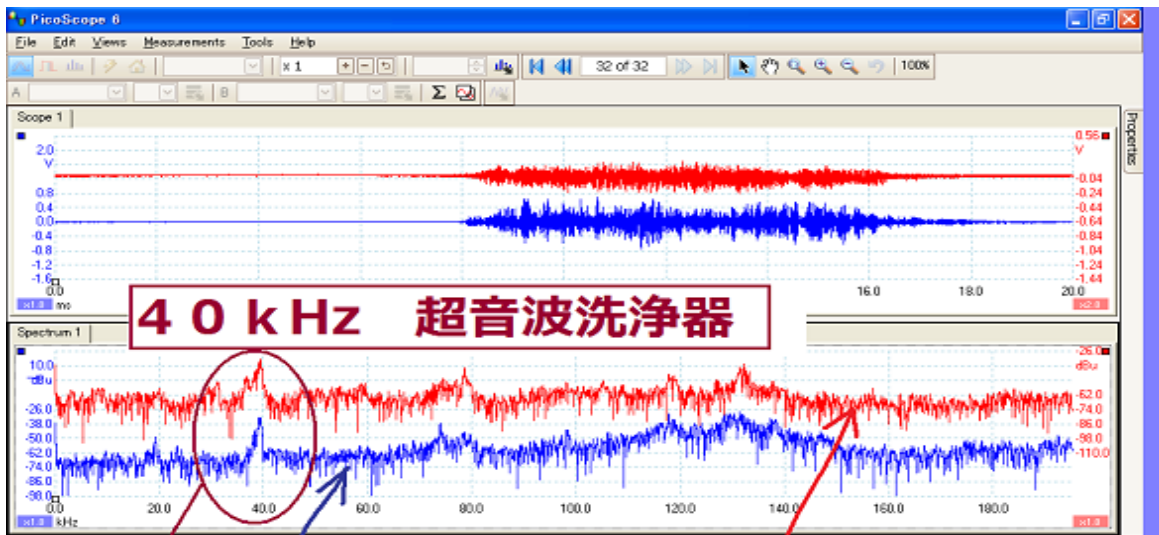


相互作用の検出



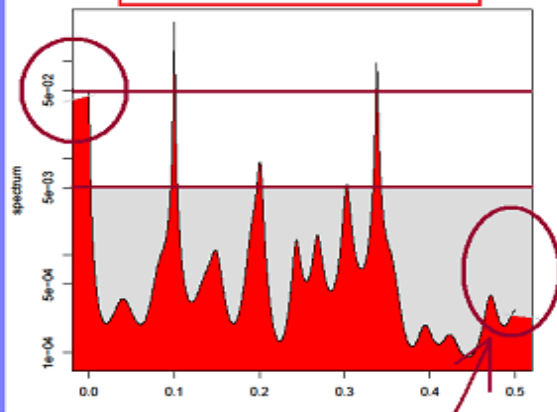
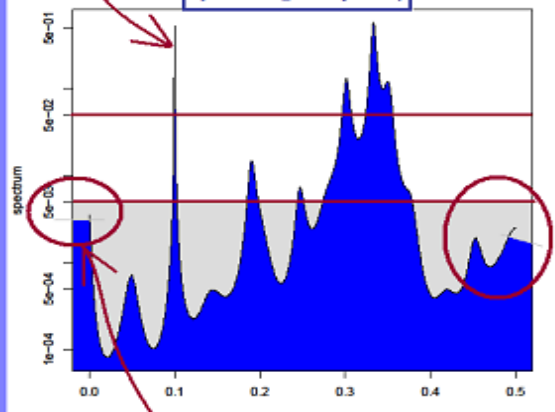
<<超音波伝搬状態の解析>>



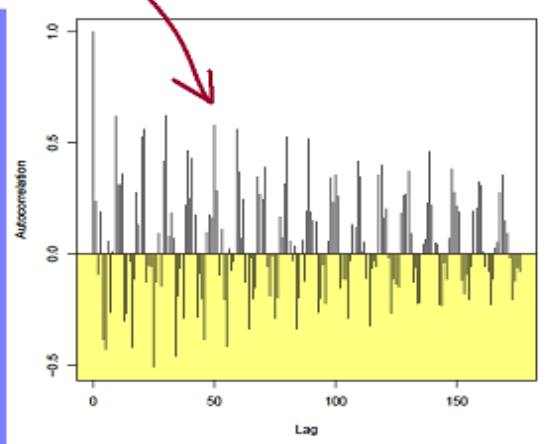
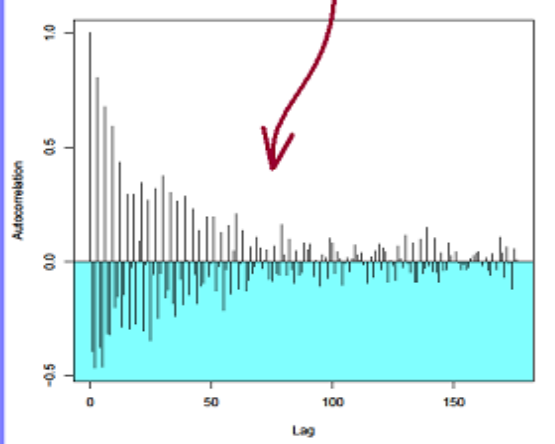


ガラス

ステンレス



材質の違いによる特徴



以上の基礎実験により、超音波の音圧測定・解析技術を開発しました

<<超音波の音圧測定・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
超音波振動現象の相互作用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、

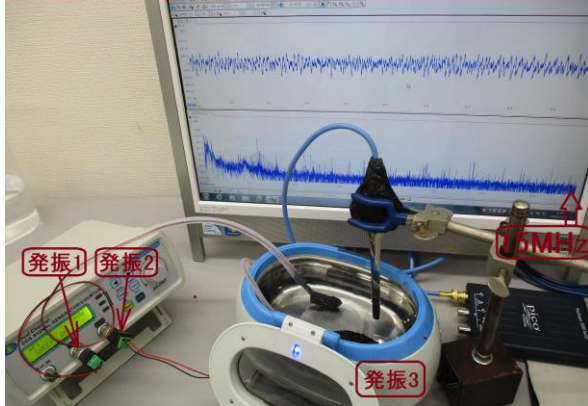
複雑な超音波振動のダイナミック特性を

時系列データの解析手法により、

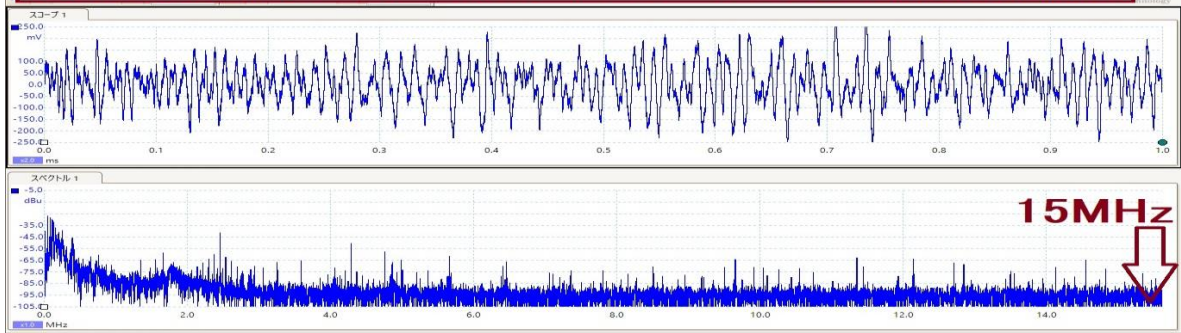
超音波の測定データに適応させる

これまでの経験と実績に基づいて実現しています。

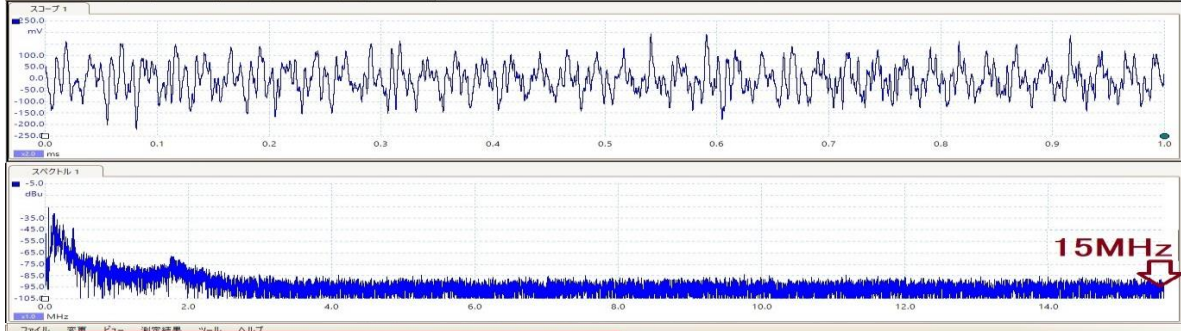
超音波洗浄器 (42kHz 26W) + メガヘルツの超音波発振制御



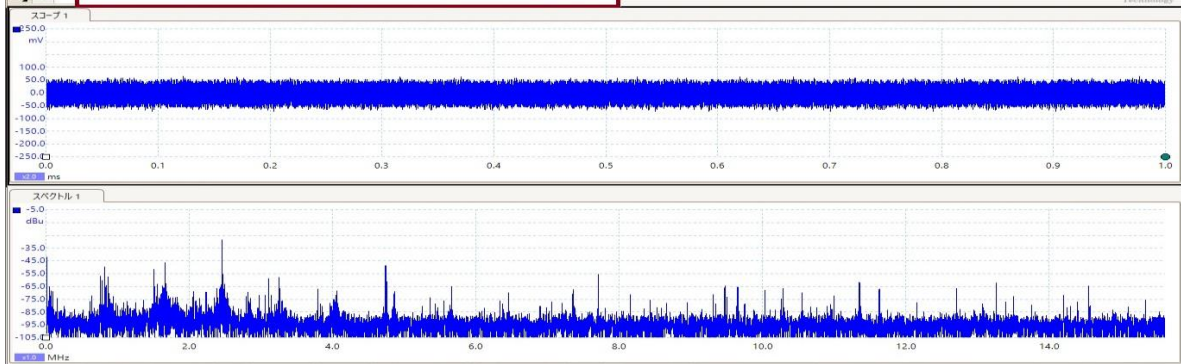
超音波洗浄器 (42kHz 26W) + メガヘルツの超音波発振制御

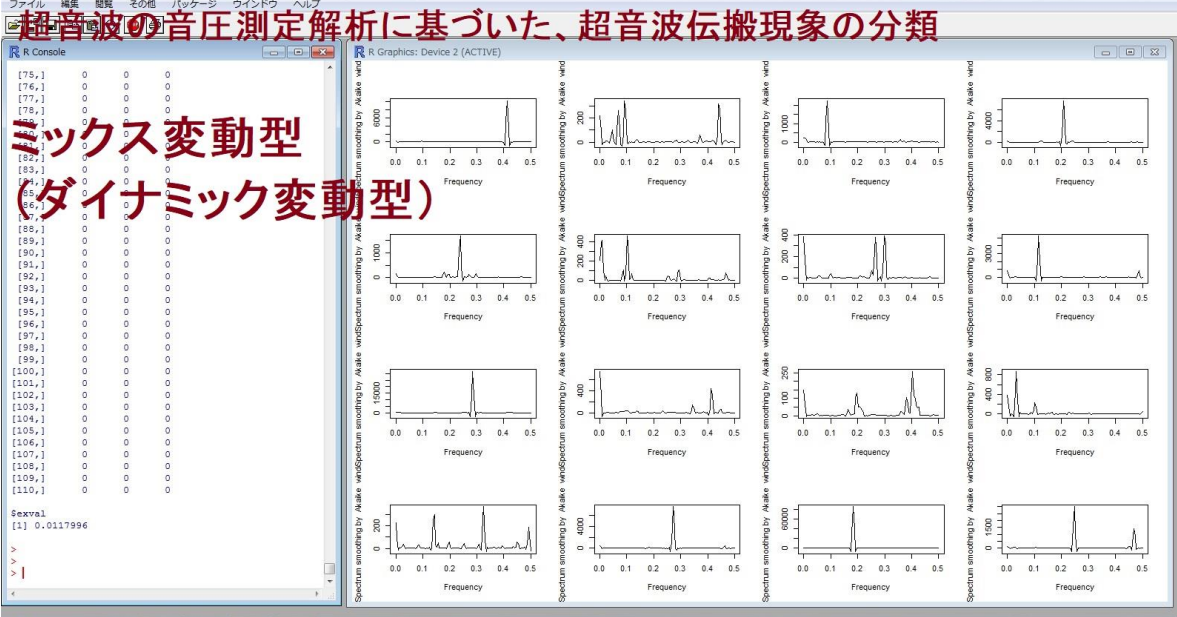
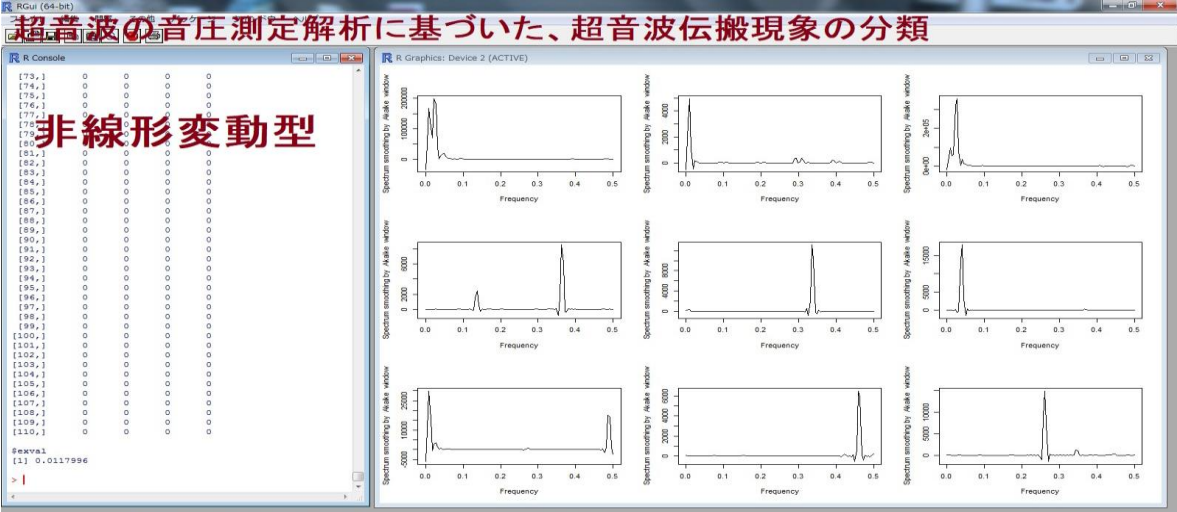
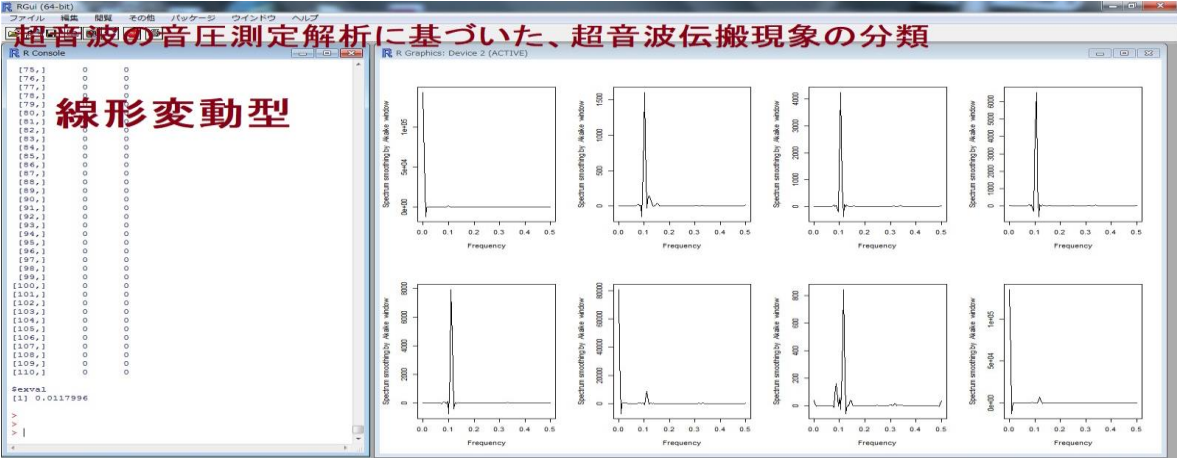


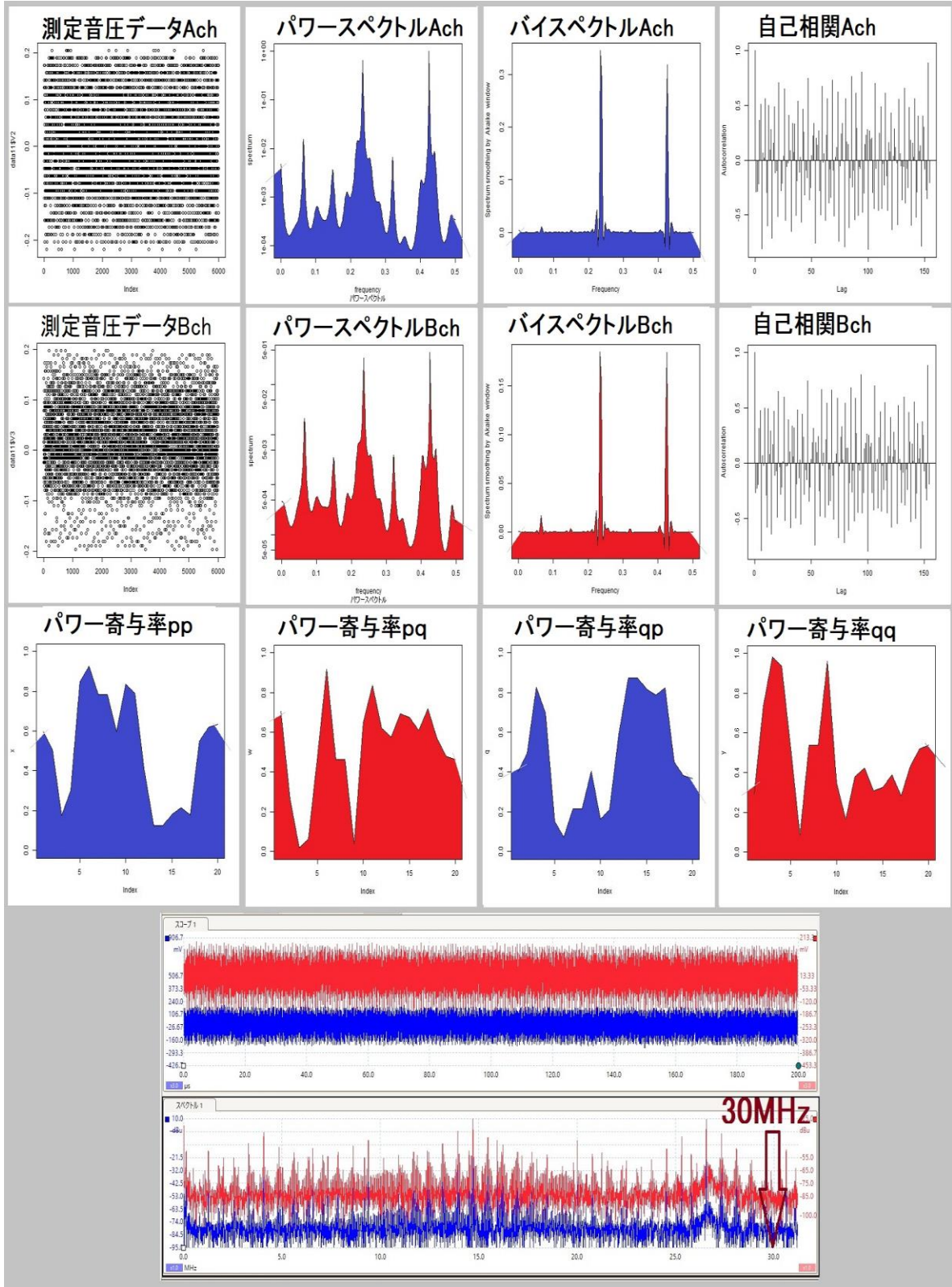
超音波洗浄器 (42kHz 26W)

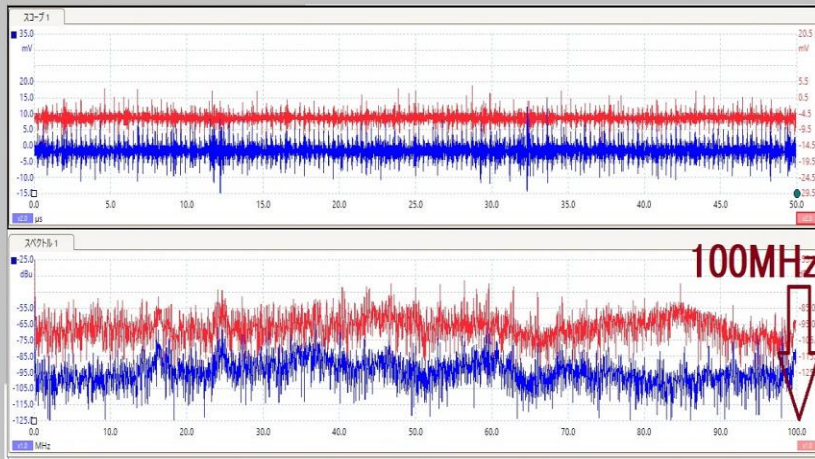
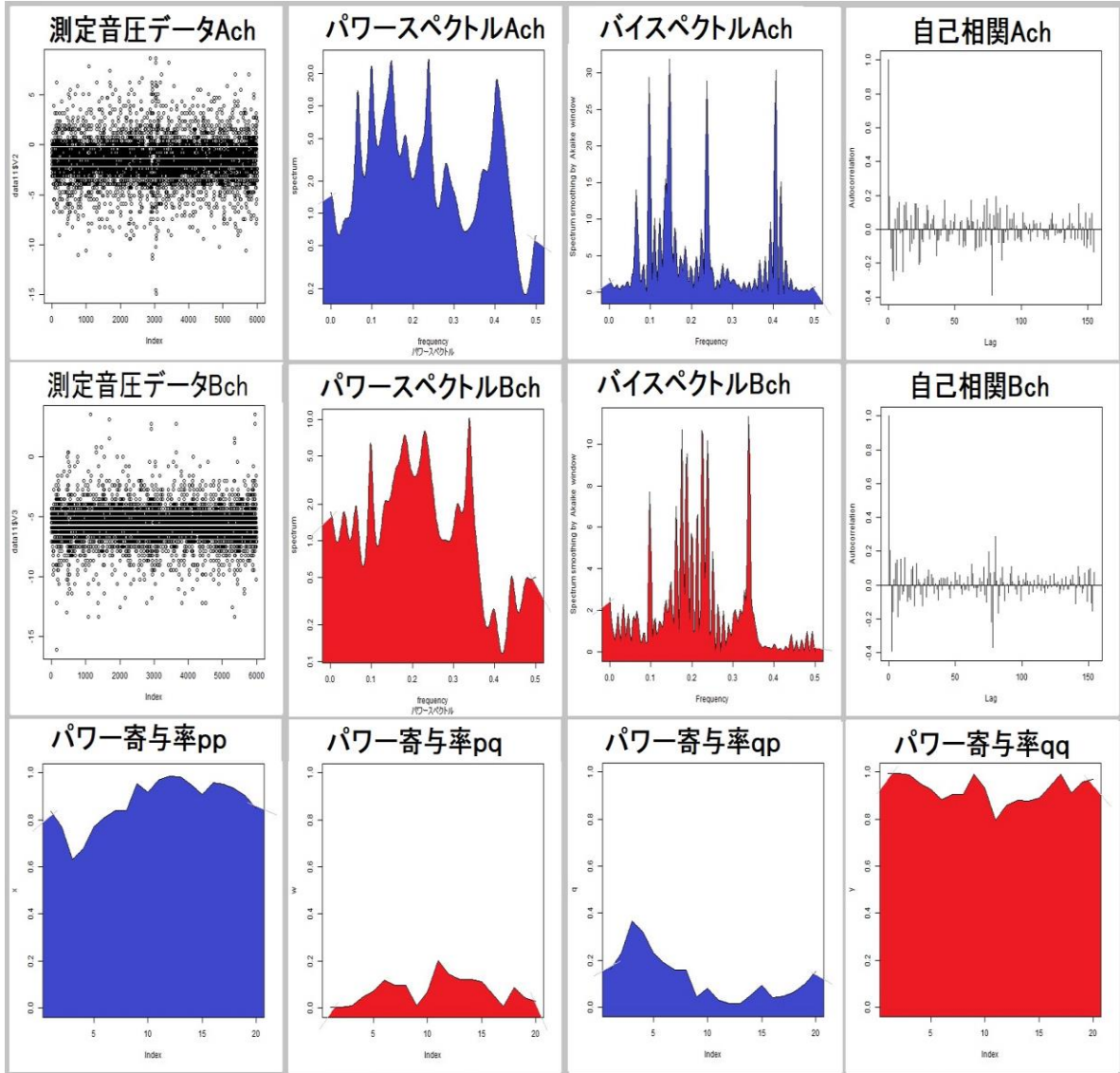


メガヘルツの超音波発振制御

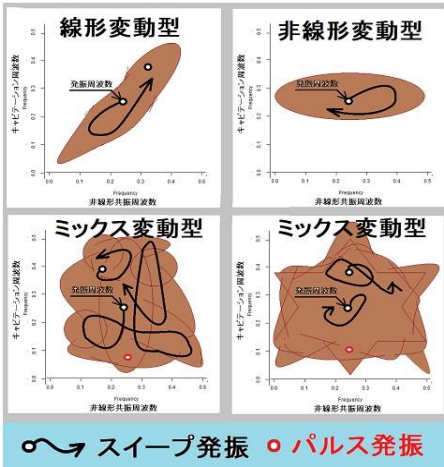
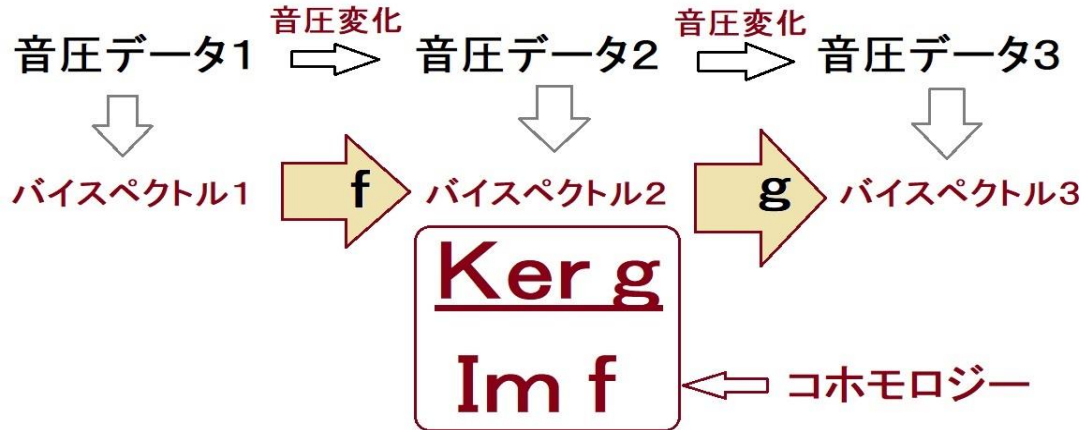








核(kernel) 像(image)



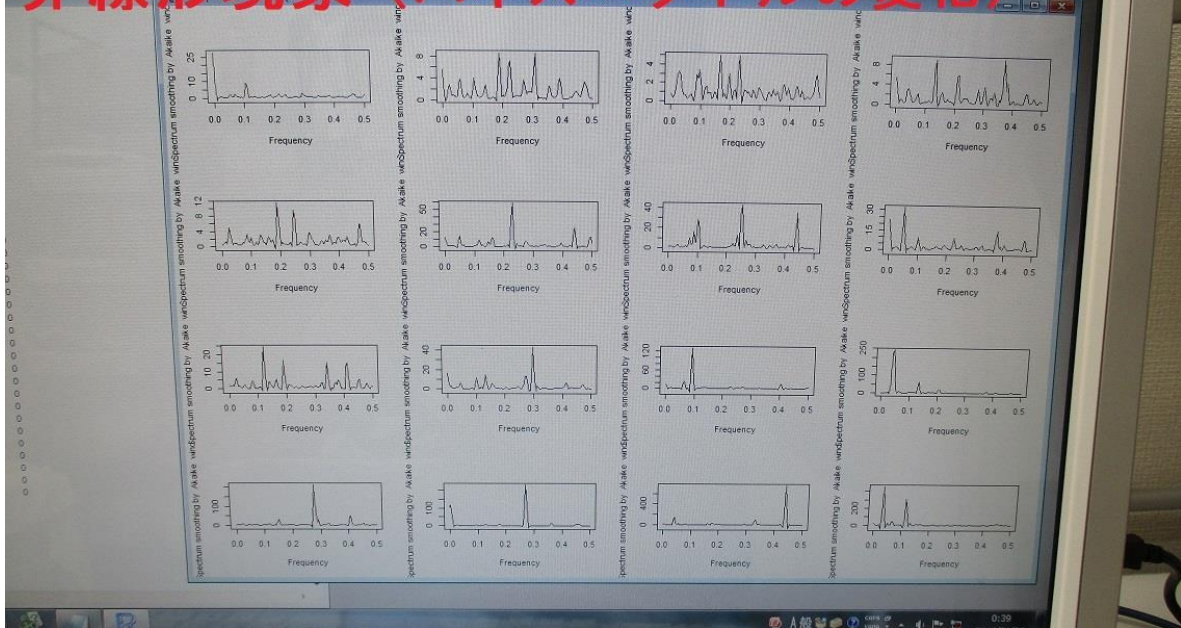
$$\Sigma = \{ (\text{キャピテーション周波数}, \text{非線形共振周波数}, \text{伝搬条件1}, \text{伝搬条件2}, \dots) \in v+2\text{次元の空間} \mid \dots \}$$



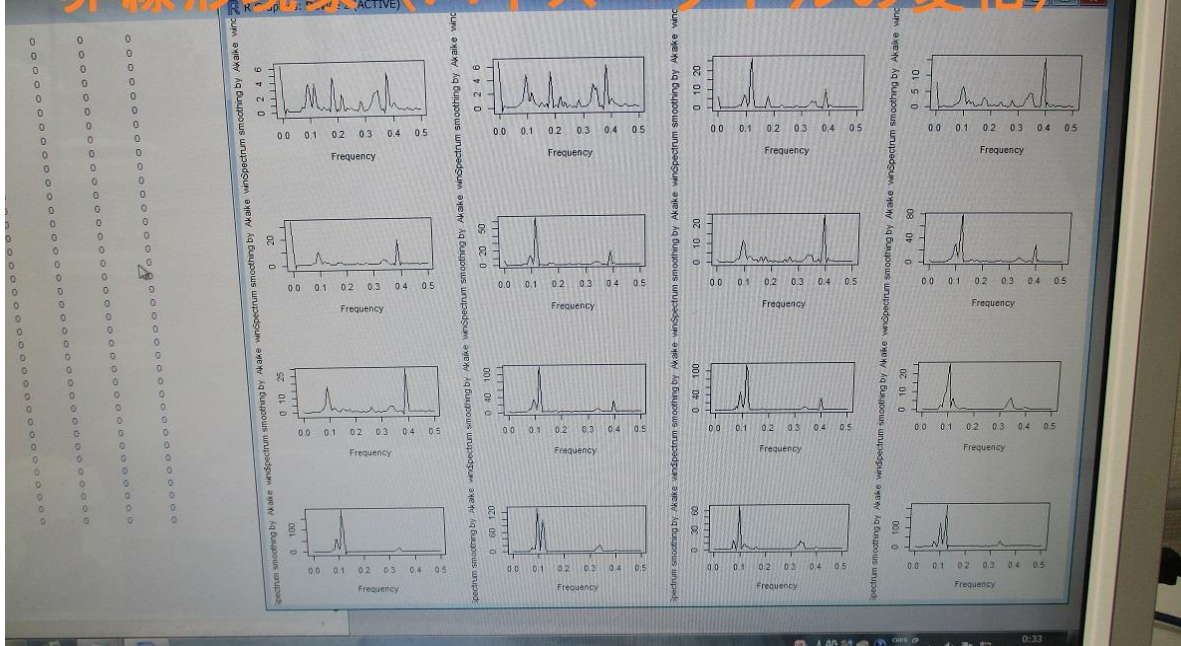
岡の上空移行の原理 ⇨ **正則領域**

超音波伝搬現象 ⇨ **効果** ⇨ **非正則領域**
(集合、多様体、空間 · · ·) (洗浄、攪拌、加工 · · ·)

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)



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)



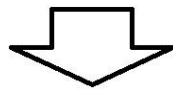
超音波伝搬現象 ⇨ 効果 ⇨ **非正則領域**

(集合、多様体、空間・・・) (洗浄、攪拌、加工・・・)

非線形現象

(弾性体、気体、液体の

ダイナミックに振動する境界面)



高次のコホモロジーはゼロにならない

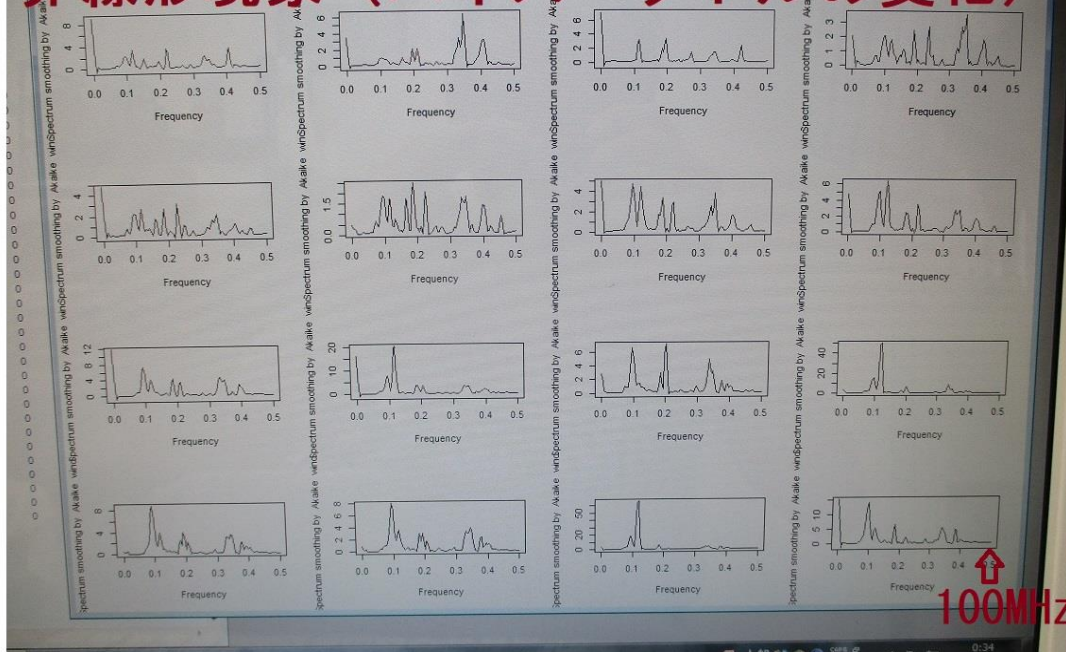
(ゼロになると低周波の共振現象が発生する)



高次のコホモロジーをゼロにしない超音波利用技術

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)



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：フィードバック解析 <http://ultrasonic-labo.com/?p=15785>

超音波システムの開発技術 <http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

<<< 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>

超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

超音波技術資料（アペルザカタログ）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>

【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/>

以上