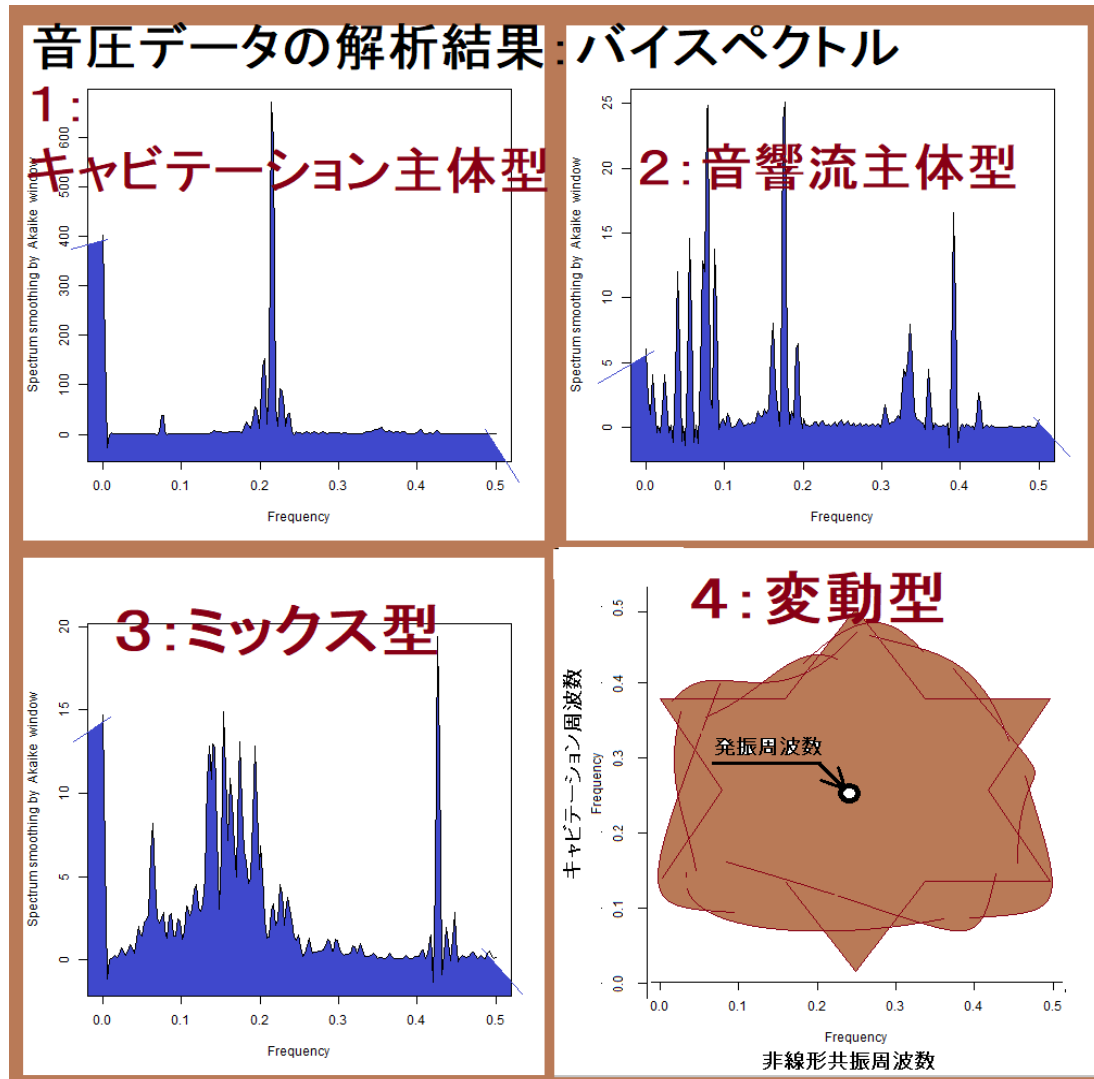


超音波伝搬現象の分類

2024. 05. 06 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

超音波の音圧測定データをバイスペクトル解析することで、
超音波振動が伝搬する現象に関する分類方法を開発しました。



超音波(キャビテーション・音響流)の分類

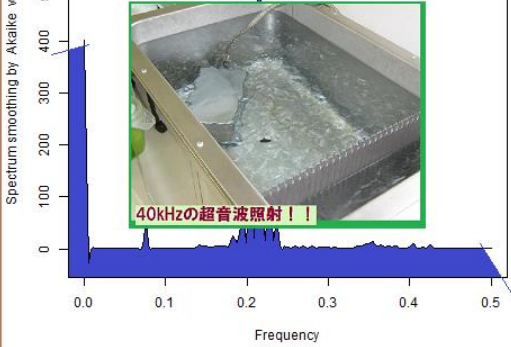
この分類方法は、

超音波の伝搬状態に関する、主要となる周波数(パワースペクトル)の
ダイナミック特性(非線形現象の変化)により
線形(共振現象)と、非線形(高次高調波の発生現象)状態を推定し、
以下のような、4つのタイプに分類しています。

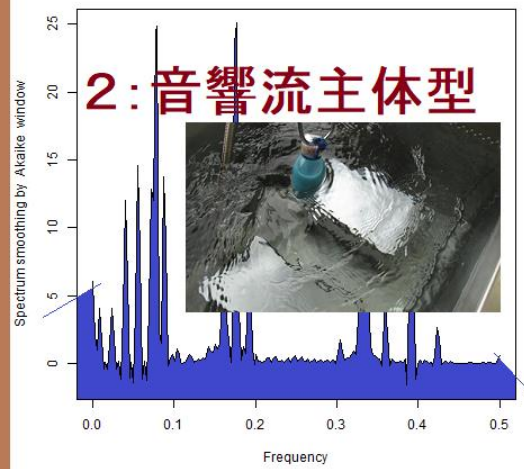
1: 線形型 2: 非線形型 3: ミックス型 4: 変動型

音圧データの解析結果：バイスペクトル

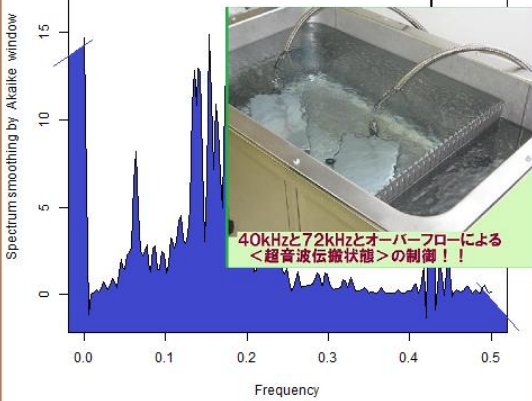
1: **キャビテーション主体型**



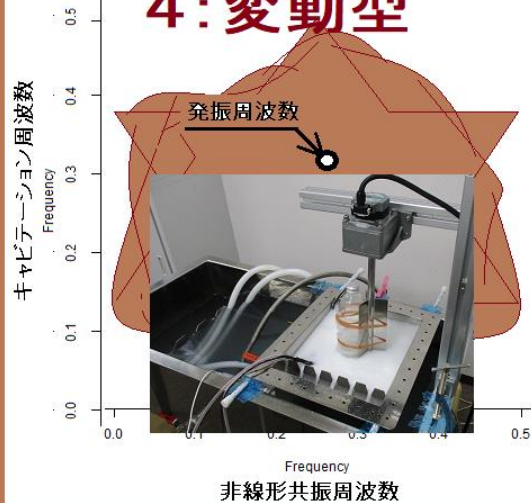
2: **音響流主体型**



3: **ミックス型**



4: **変動型**



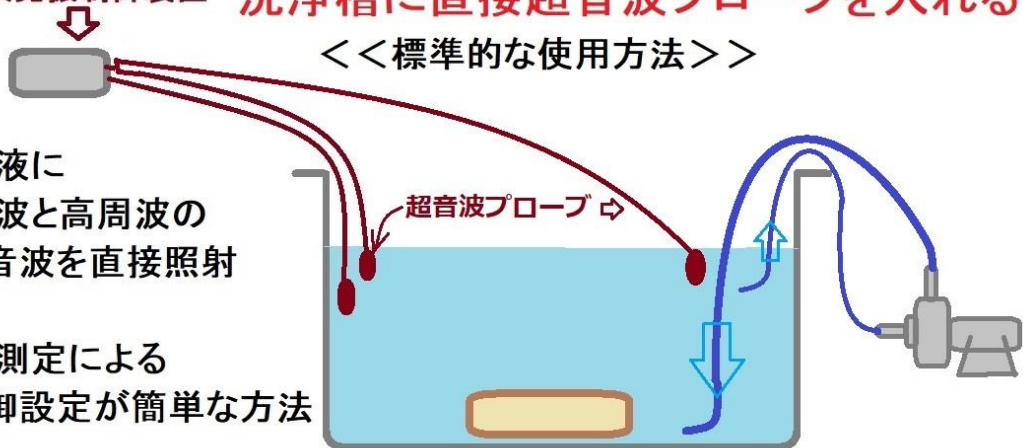
超音波（キャビテーション・音響流）の分類

超音波発振制御装置 **洗浄槽に直接超音波プローブを入れる**

<<標準的な使用方法>>

洗浄液に
低周波と高周波の
超音波を直接照射

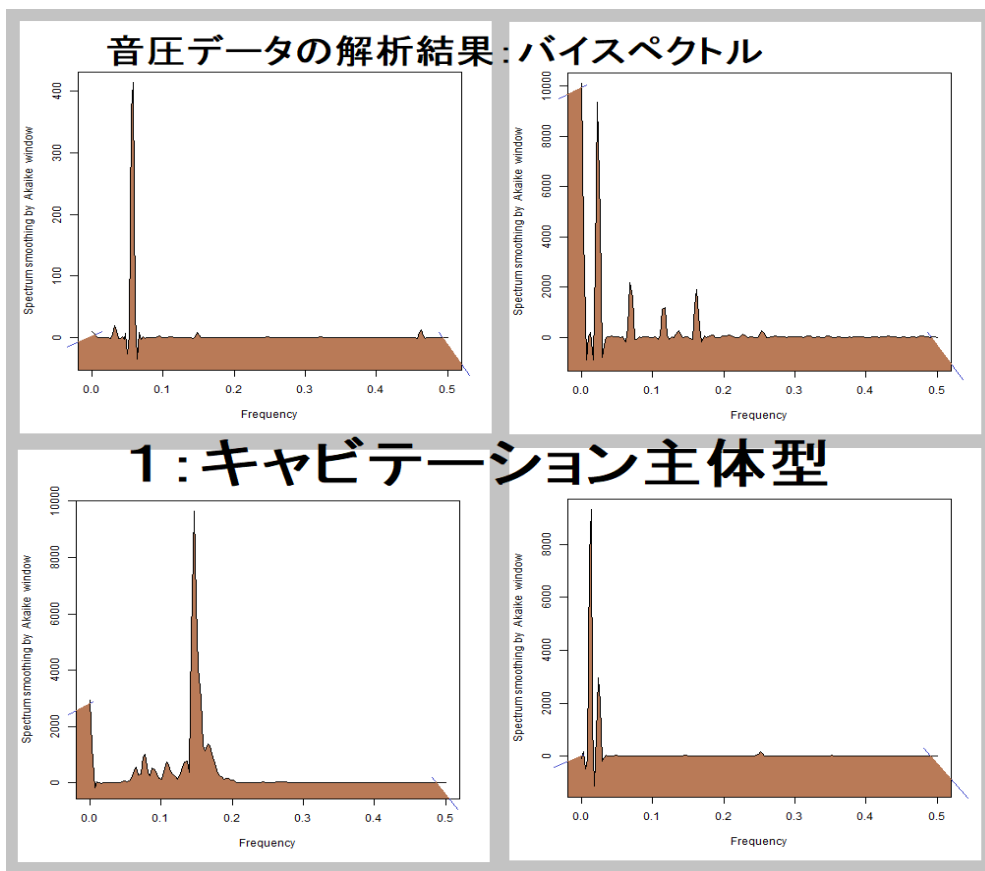
音圧測定による
制御設定が簡単な方法



1 : 線形型 (キャビテーション主体型)

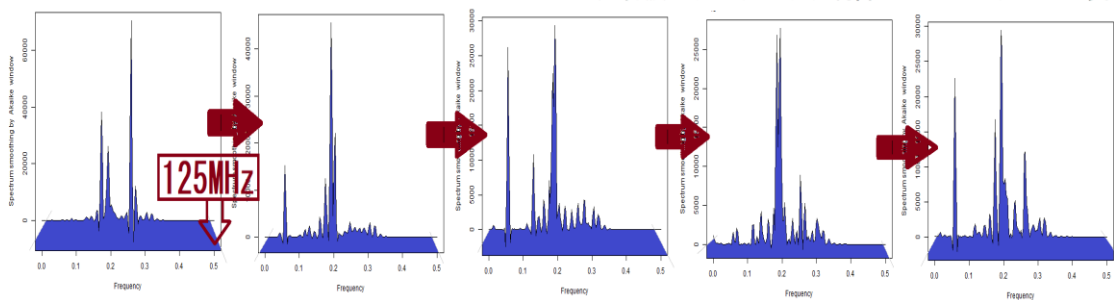
超音波の発振周波数に対して
 伝搬状態の主要 (最大エネルギー) 周波数が
 低調波 (発振周波数の $1/4$ 、あるいは $1/2$)
 から高調波 (発振周波数の 1 倍、 \dots 3 倍) の範囲で
 若干の変化がある状態

注 : 低調波 (発振周波数の $1/8$) 以下の場合
 低周波の共振状態により、不安定な共振と干渉が発生し
 安定した状態が実現しない傾向になります



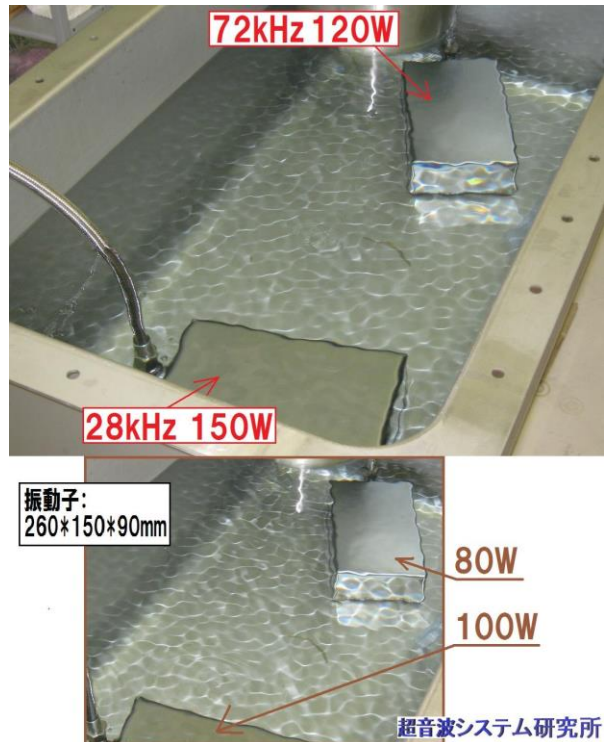
線形変動型 <超音波伝搬特性 (音響特性) の分類>

超音波のダイナミック制御 : バイスpekトルの変化





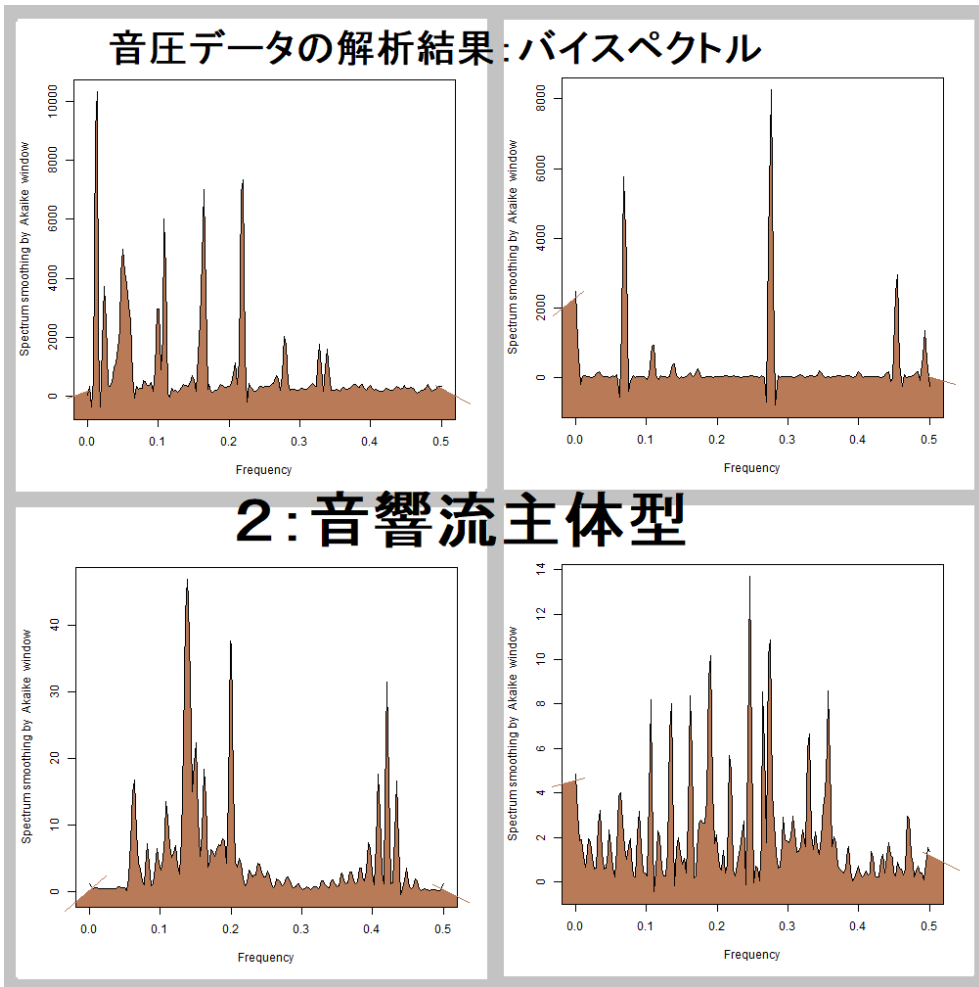
単調な超音波利用状態は、線形型になる



2：非線形型（音響流主体型）

超音波の発振周波数に対して
 伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が
 高調波（発振周波数10倍以上）の範囲で
 若干の変化がある状態

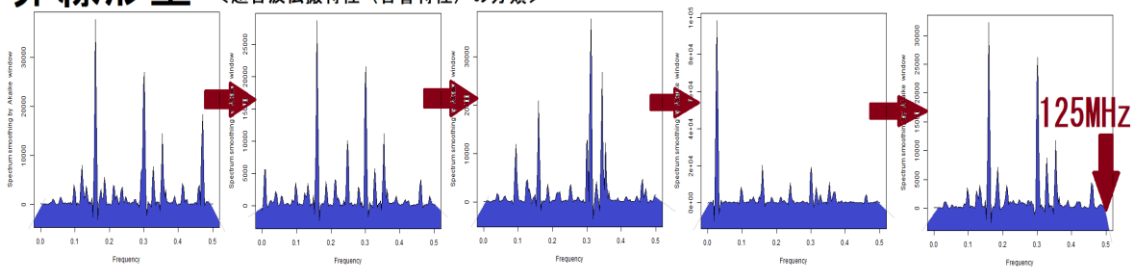
注：高調波は、超音波振動子、発振プローブ・・・の
 表面状態の工夫（特願2020-31017 超音波制御）により
 発振周波数の100倍を実現することも可能です



非線形型

<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





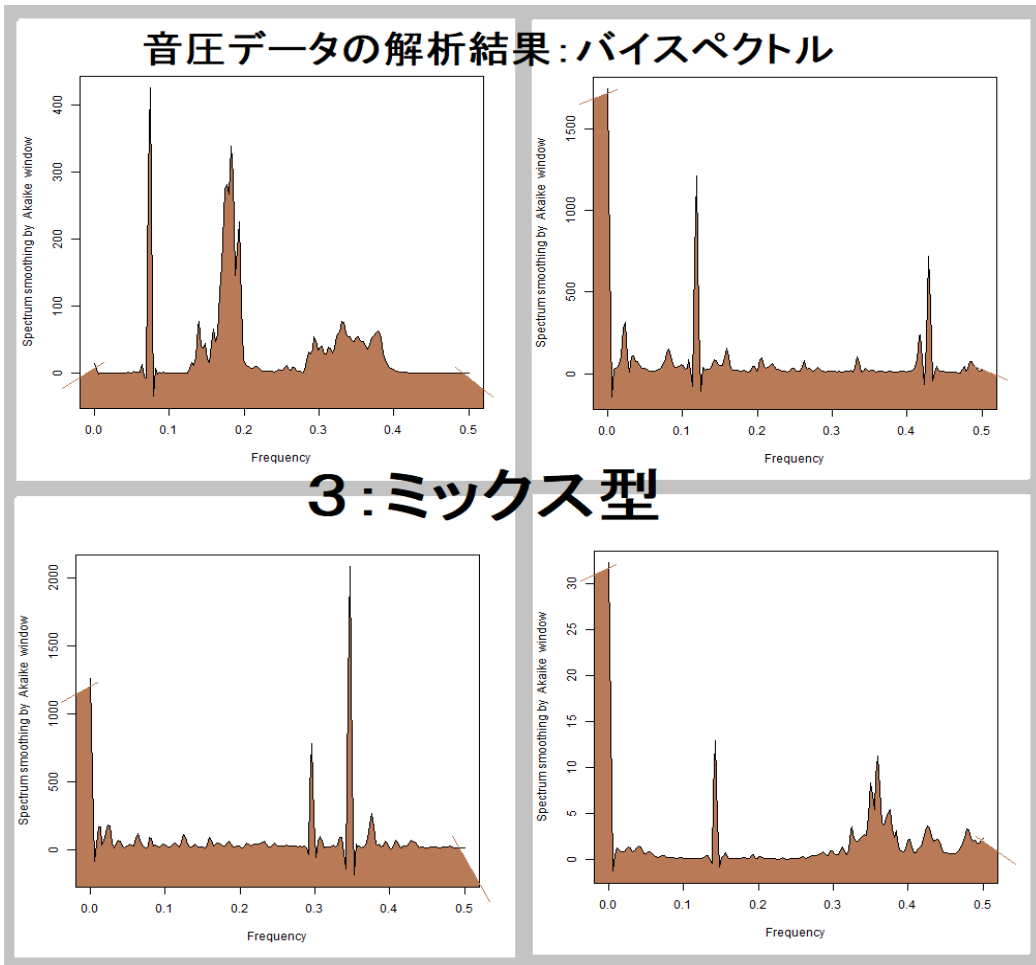
複雑な流れに超音波を伝搬させると、非線形型になる



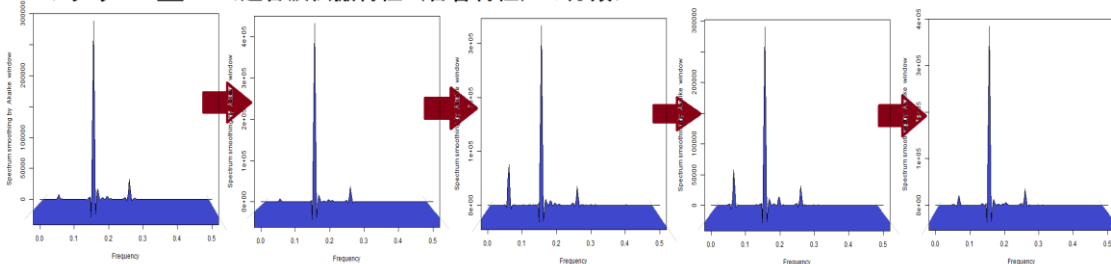
3 : ミックス型

(キャビテーションと音響流の組み合わせ型)

超音波発振部材の設置方法や接触部材・・・の相互作用により
 発振周波数に対して
 伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が
 低調波（発振周波数の1/8, 1/4、あるいは1/2）
 から高調波（発振周波数の1倍、・・・10倍）の範囲で
 自然に発生する、大きな変化がある状態



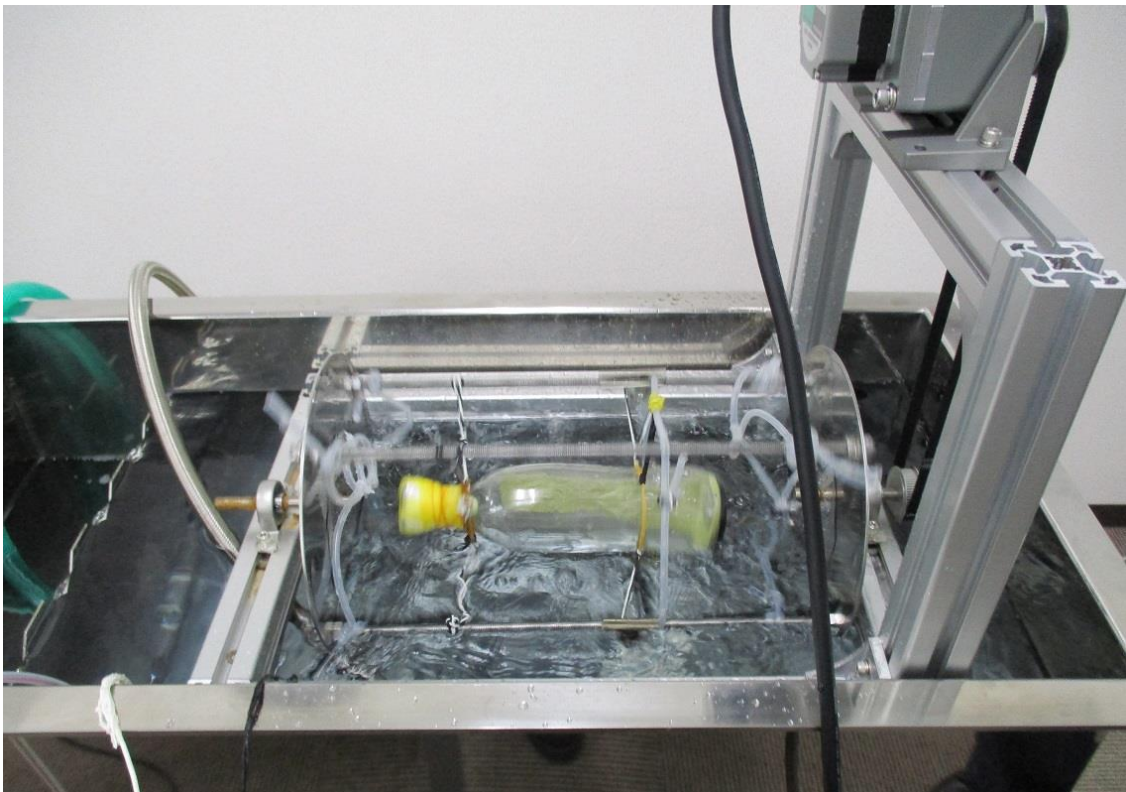
ミックス型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



超音波のダイナミック制御：バイスペクトルの変化



複雑な操作（発振制御、回転揺動、・・・）は、ミックス型になる

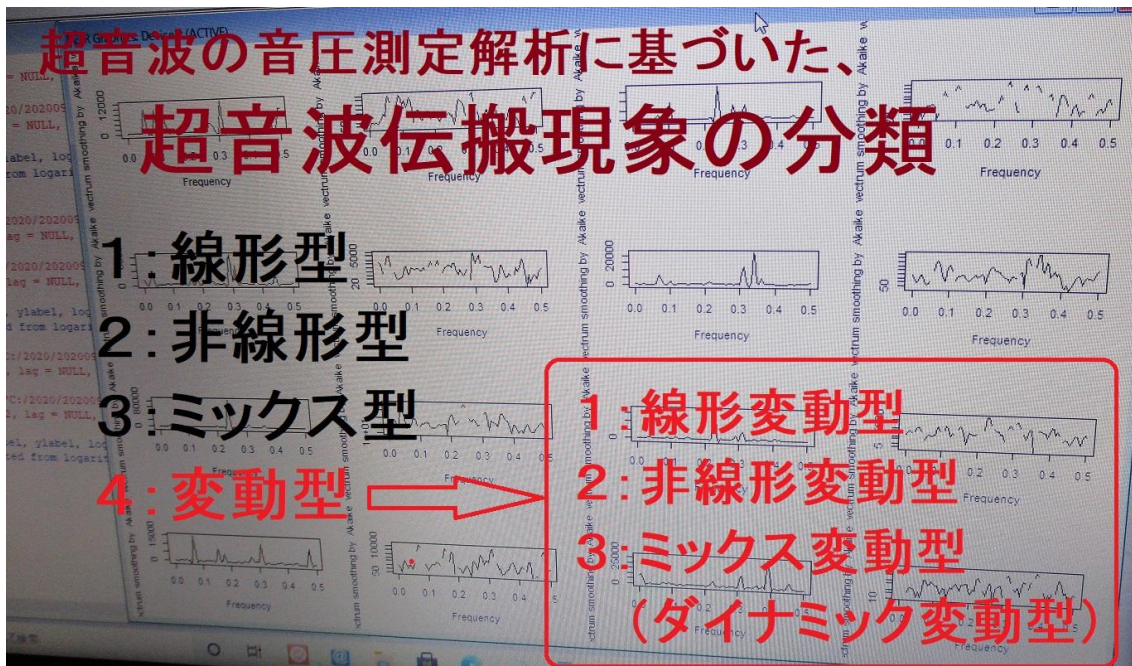


コメント

上記の1, 2, 3は、基本的な伝搬状態ですが
振動現象が、安定して長時間同じ現象を続けるためには、
各種制御・工夫が必要です

上記の1, 2, 3は、一定の発振状態を継続すると
周波数の低下や超音波の減衰現象が発生し
超音波の利用効果は小さく、無くなっていきます
そのために、

実用的には、下記の変動型を利用することが必要です



4：変動型（各種制御による変化を利用するタイプ）

4-1：線形変動型

複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が
低調波から高調波を、目的の範囲（発振周波数の1/8～10倍程度）で
制御可能にした状態

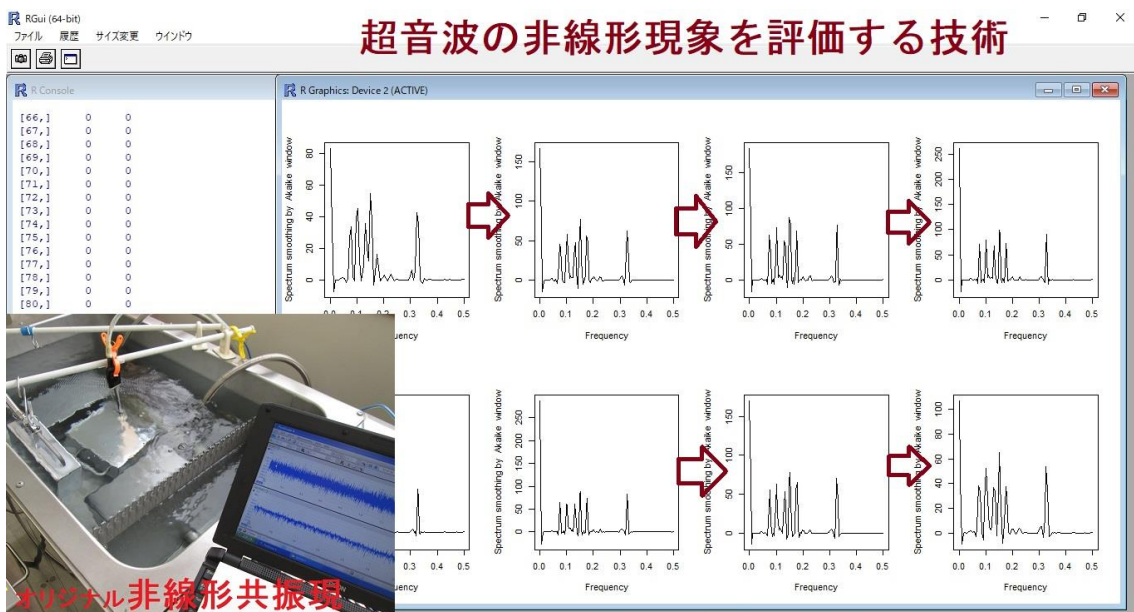
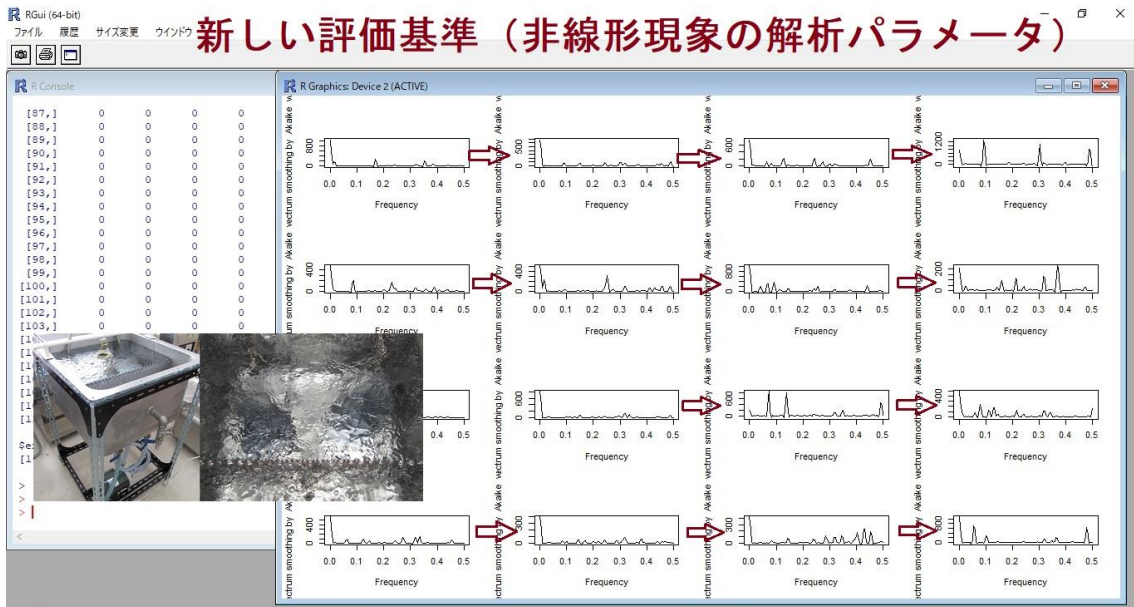
4-2：非線形変動型

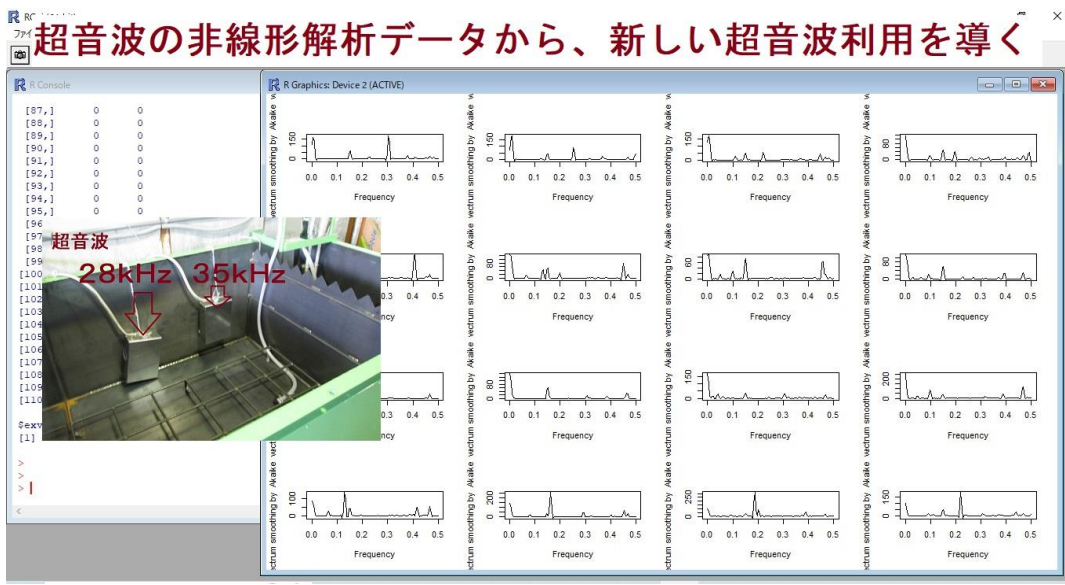
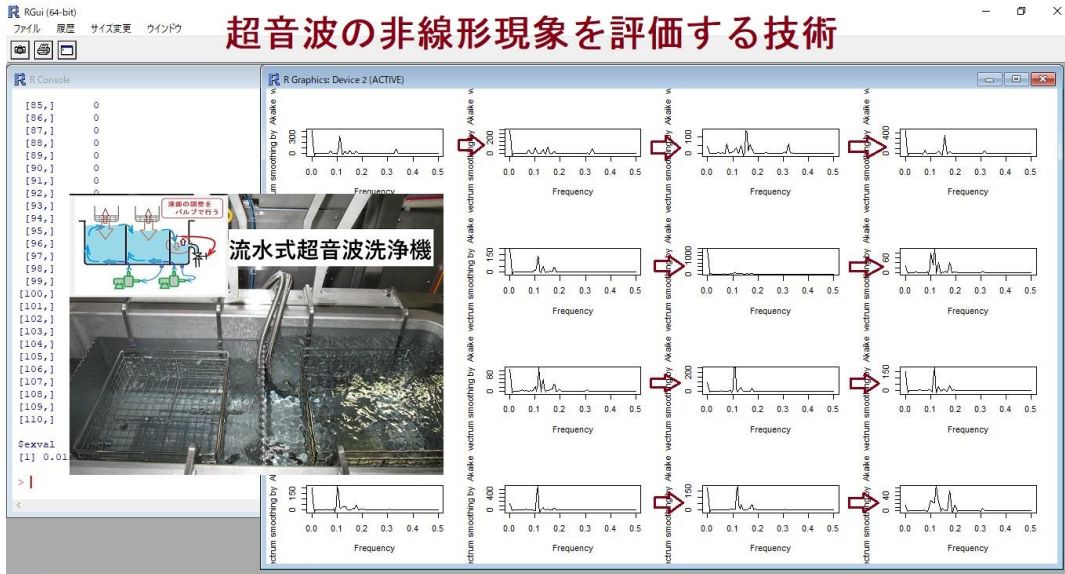
複数の超音波発振部材や発振制御・・・を利用して
伝搬状態の主要（最大エネルギー）周波数が
低調波から高調波を、
目的の範囲（発振周波数の1/2～50倍程度）で
制御可能にした状態

4-3 : ミックス変動型 (ダイナミック変動型)

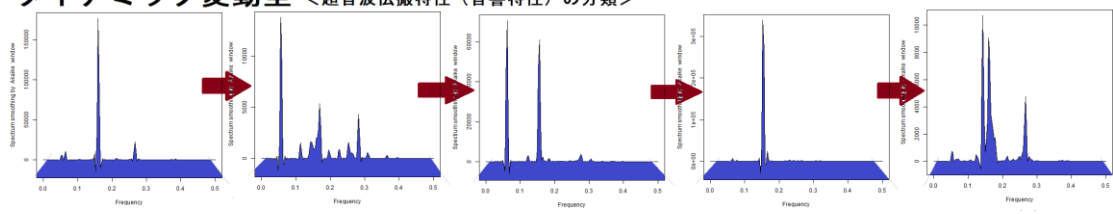
複数の超音波発振部材や発振制御・・・の
音響特性や相互作用の確認に基づいて
伝搬状態の主要 (最大エネルギー) 周波数が
低調波から高調波を、
目的の範囲 (発振周波数の $1/16 \sim 100$ 倍程度) で
制御可能にした状態

分類としては上記の通りですが、
実用的には、ミックス変動型 (ダイナミック変動型) として
低調波から高調波を最適化する事が、超音波制御になります



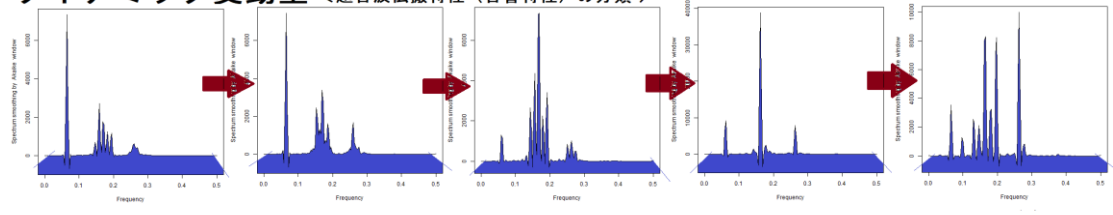


ダイナミック変動型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



超音波のダイナミック制御：パ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：パイスペクトルの変化

<<超音波の分類>>

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（1MHz、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>

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>

音圧測定解析に基づいた、超音波システムの開発技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15767>

【本件に関するお問合せ先】

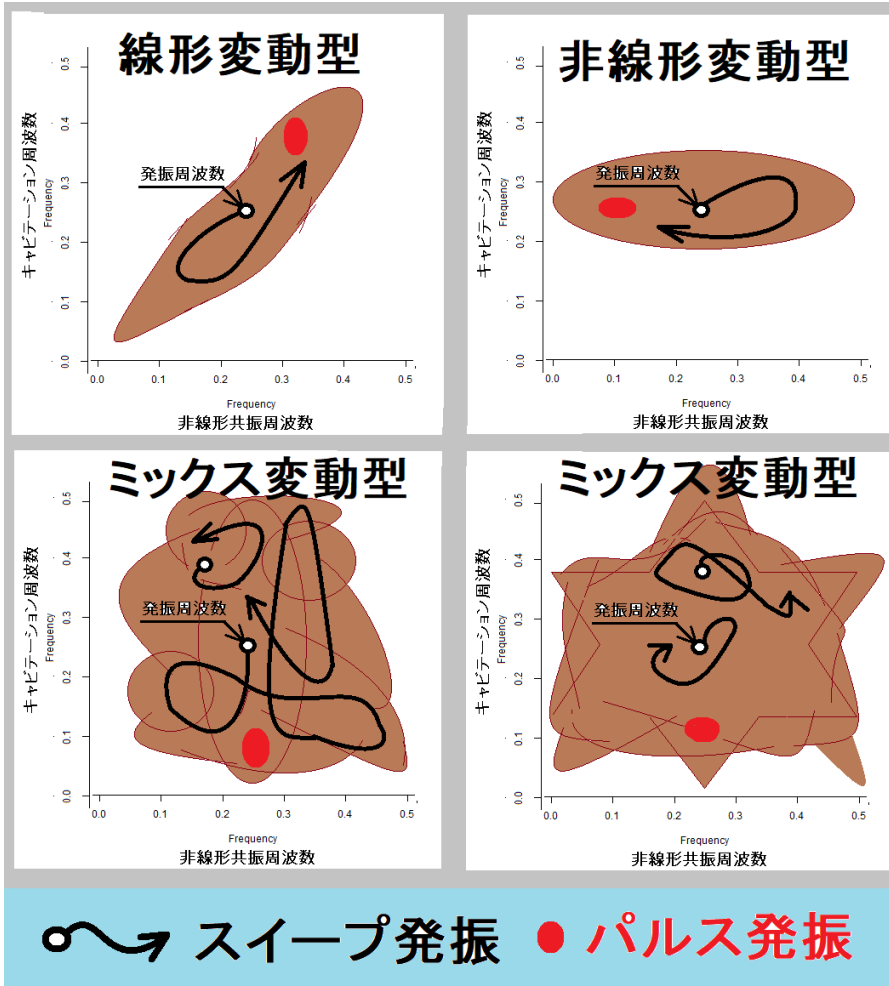
超音波システム研究所

メールアドレス info@ultrasonic-labo.com

ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

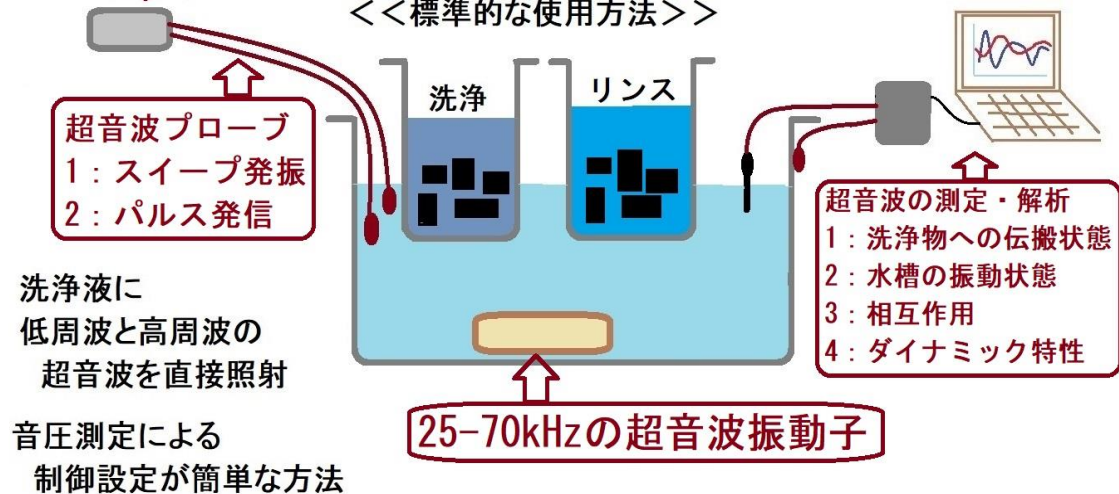
分類技術の応用

超音波の発振制御技術



超音波発振制御装置 洗浄槽に直接超音波プローブを入れる

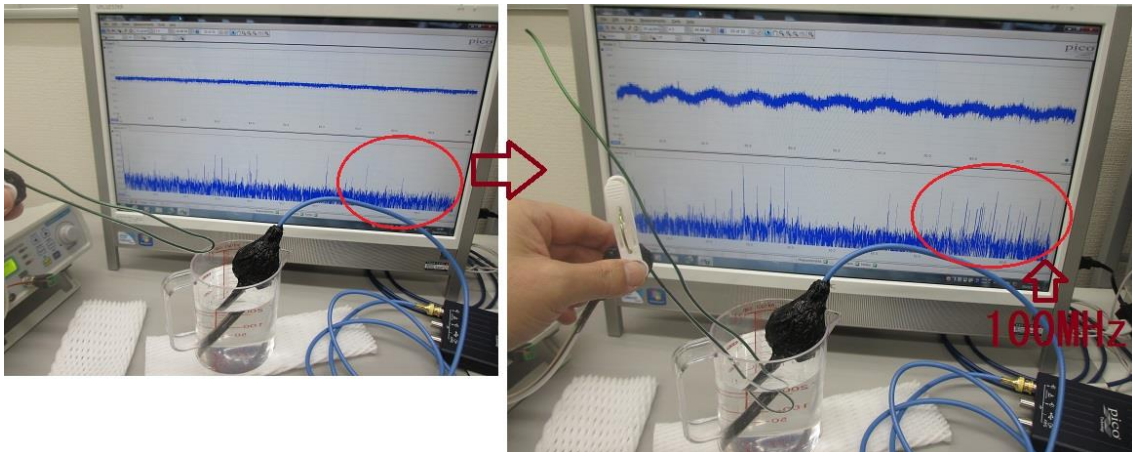
<<標準的な使用方法>>

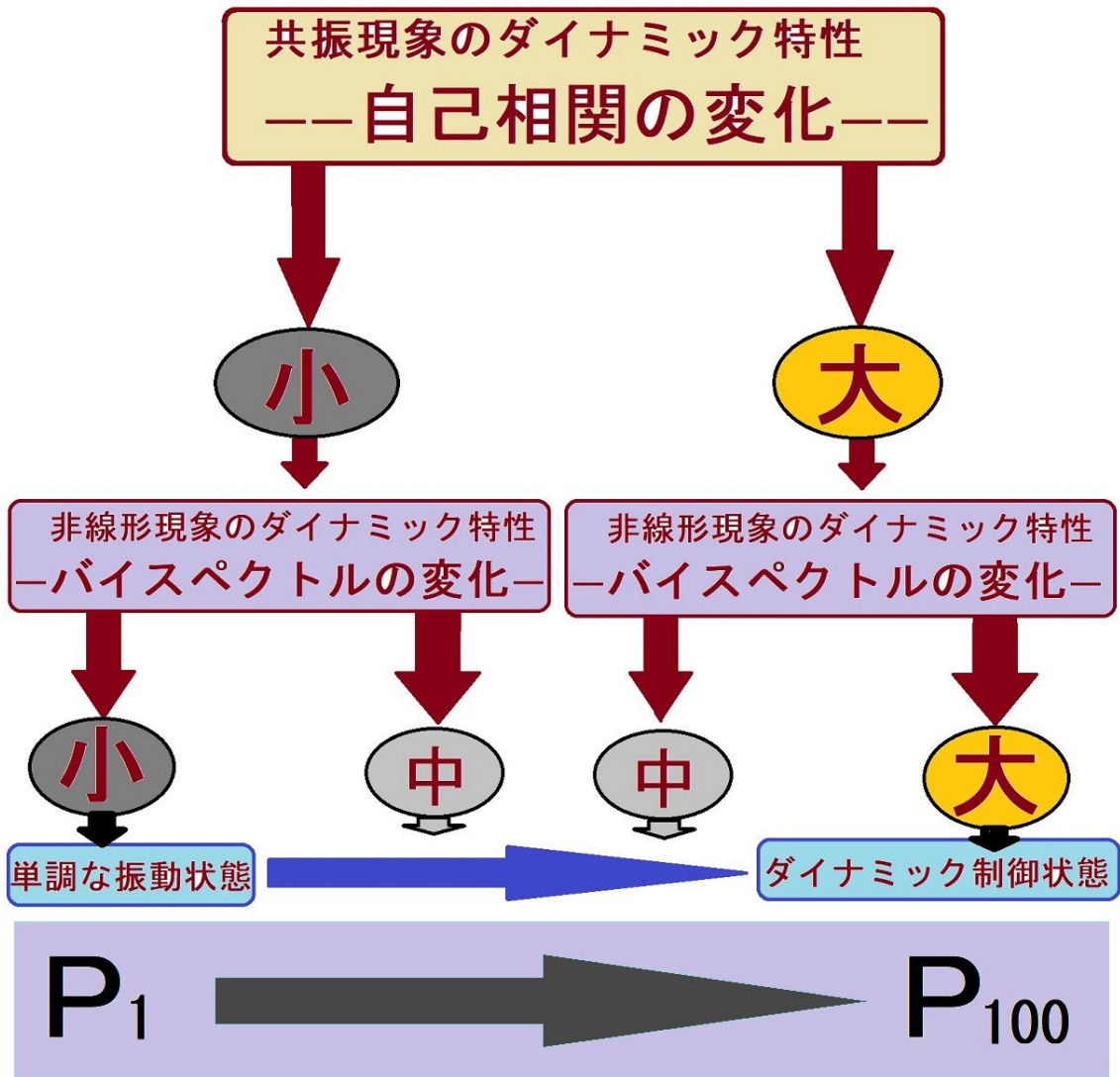


超音波プローブの製造技術

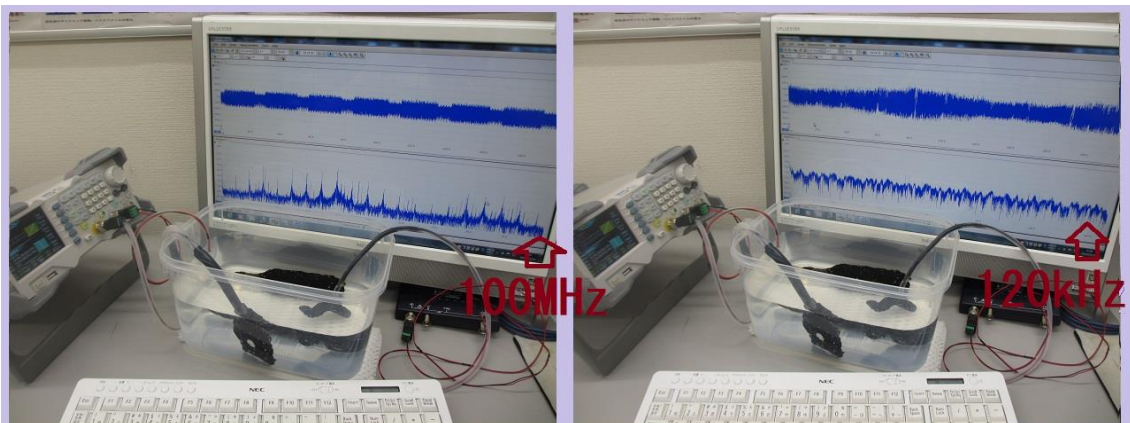


超音波伝搬特性による、超音波プローブの分類





———超音波伝搬状態の分類・評価———



超音波のダイナミック特性を評価する技術—ノウハウ—

振動伝搬モデル

2023. 8 超音波システム研究所

振動発生装置のダイナミック特性

超音波発振機、ファンクションジェネレーター・・・

P_i

振動発生部のダイナミック特性

超音波振動子、超音波発振プローブ、・・・

Q_j

振動伝搬部のダイナミック特性

水槽、固定部材、洗浄液、液循環ポンプ、治工具、・・・

R_k

振動受信部のダイナミック特性

音圧計、超音波受信プローブ、・・・

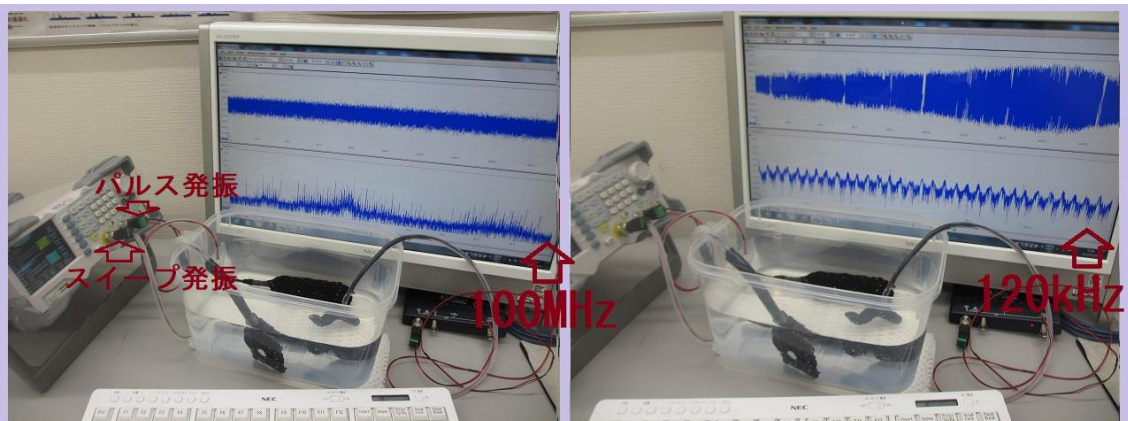
S_l

振動計測部のダイナミック特性

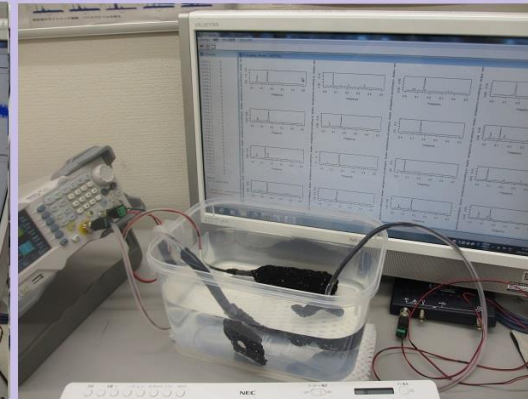
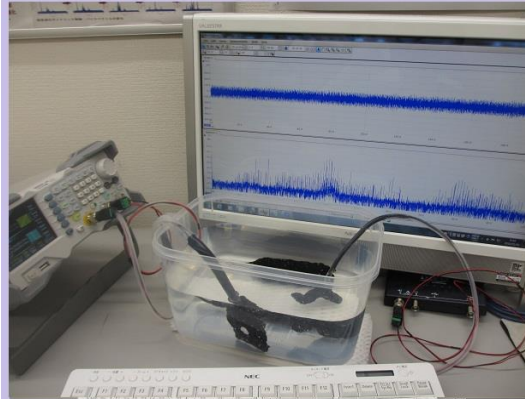
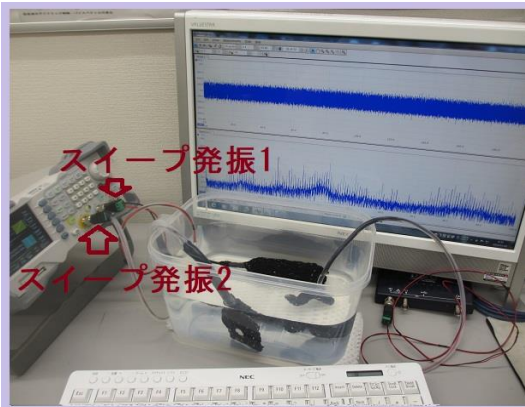
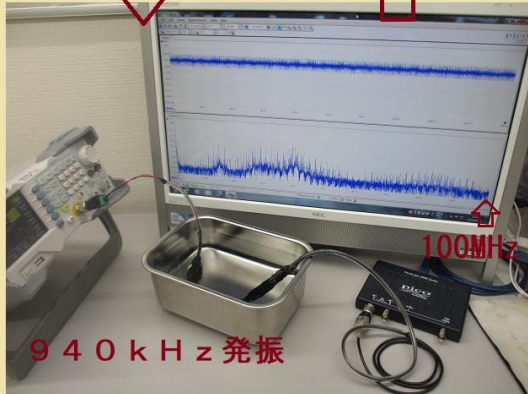
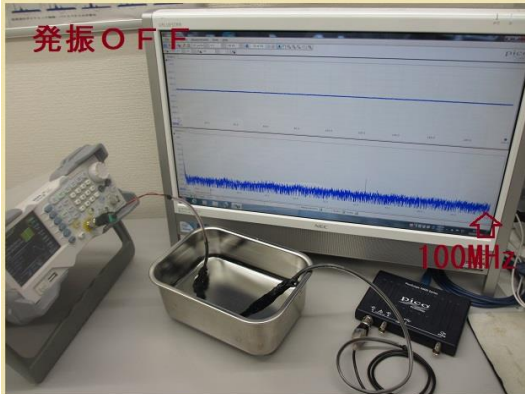
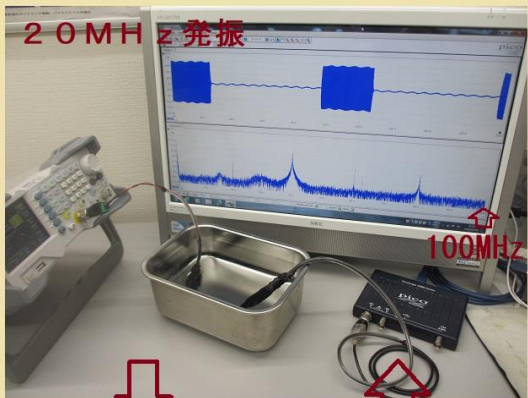
オシロスコープ、電圧計、ワットメーター、・・・

T_m

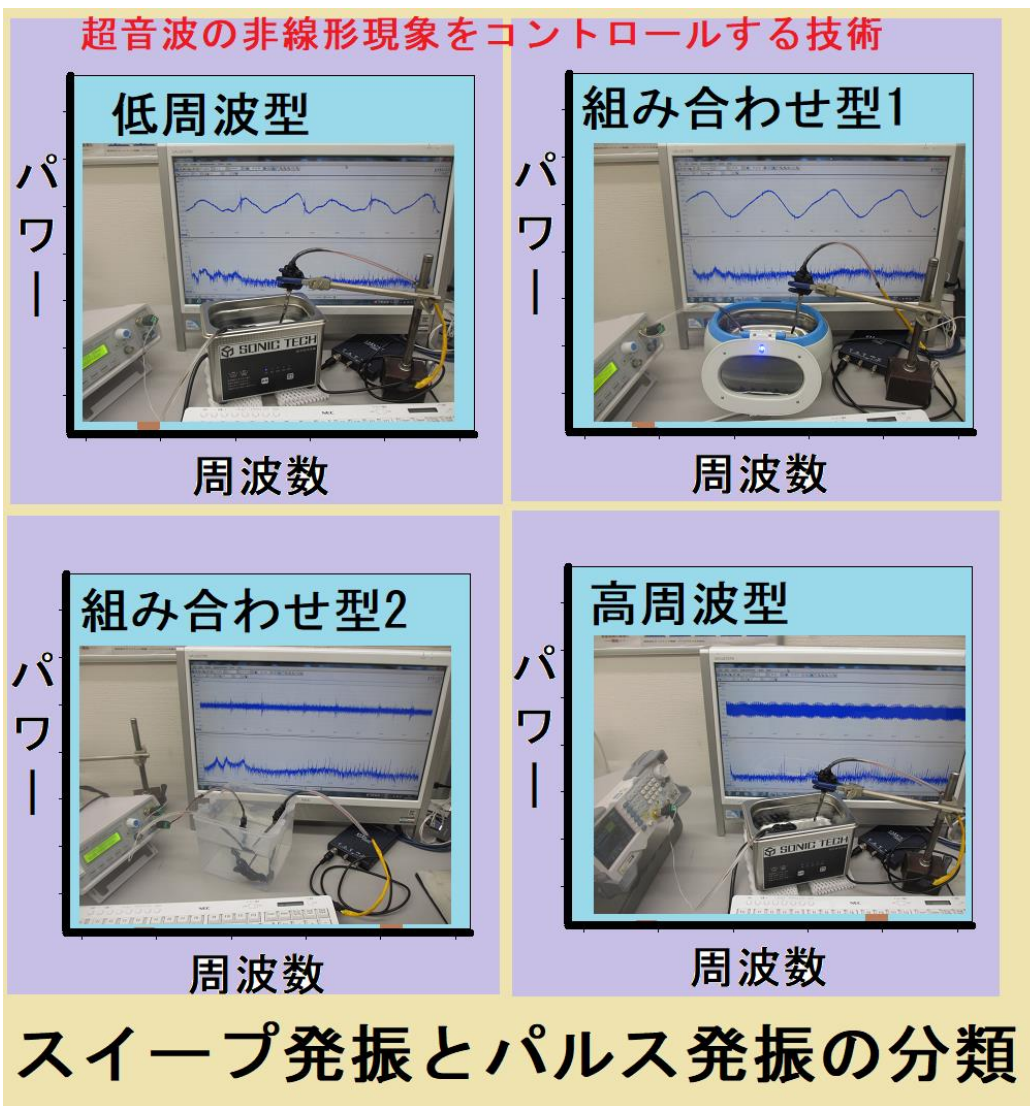
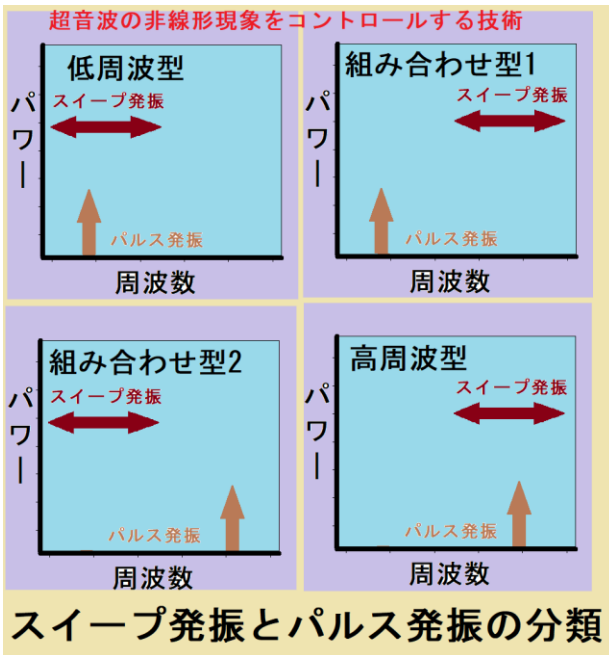
$F(P_i, Q_j, R_k, S_l, T_m)$



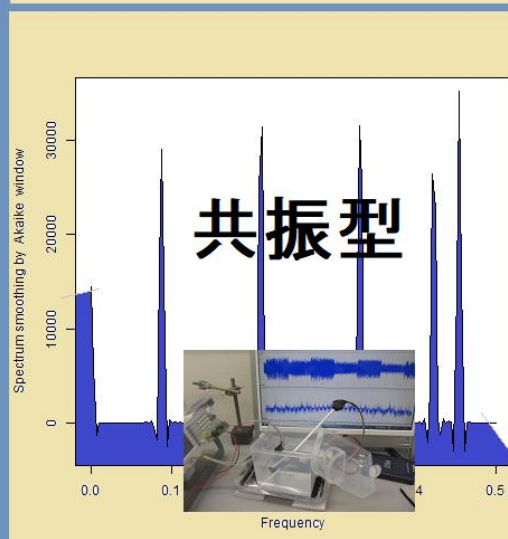
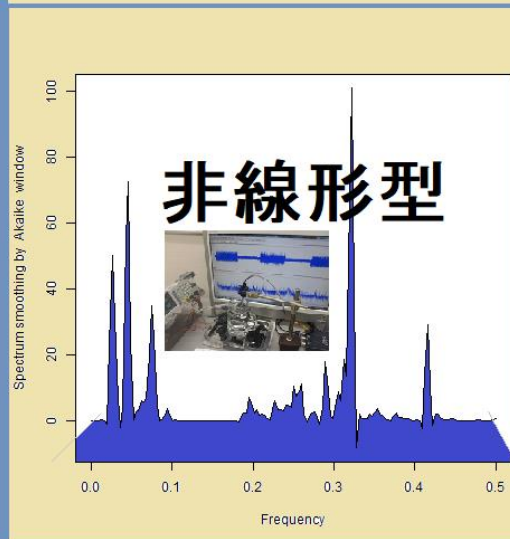
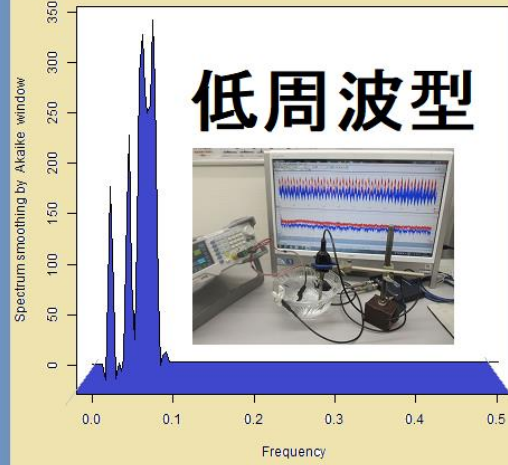
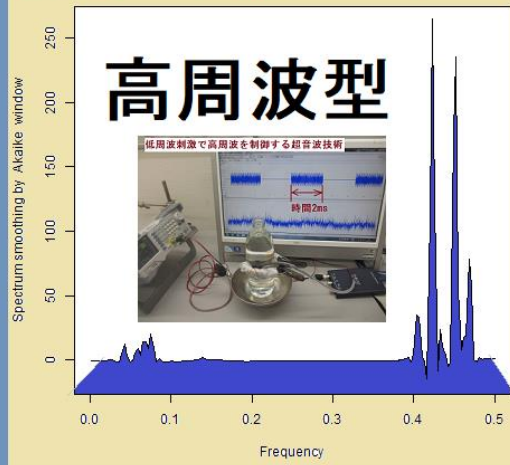
超音波のダイナミック特性を評価する技術—ノウハウ—



超音波発振 (スイープ発振、パルス発振) システム - ノウハウ



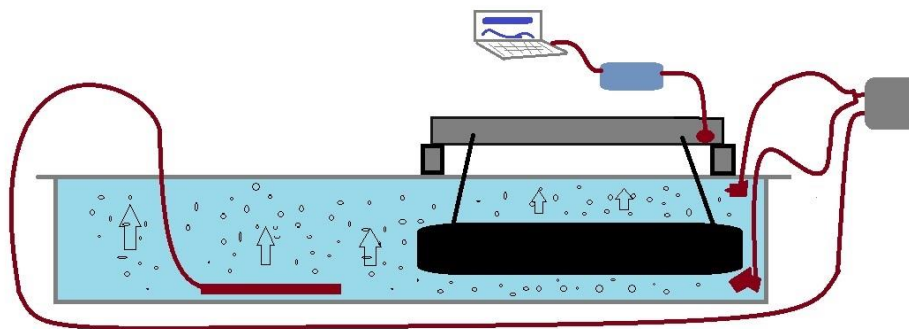
音圧データ解析：バースペクトルの変化に基づいた分類



超音波伝搬特性

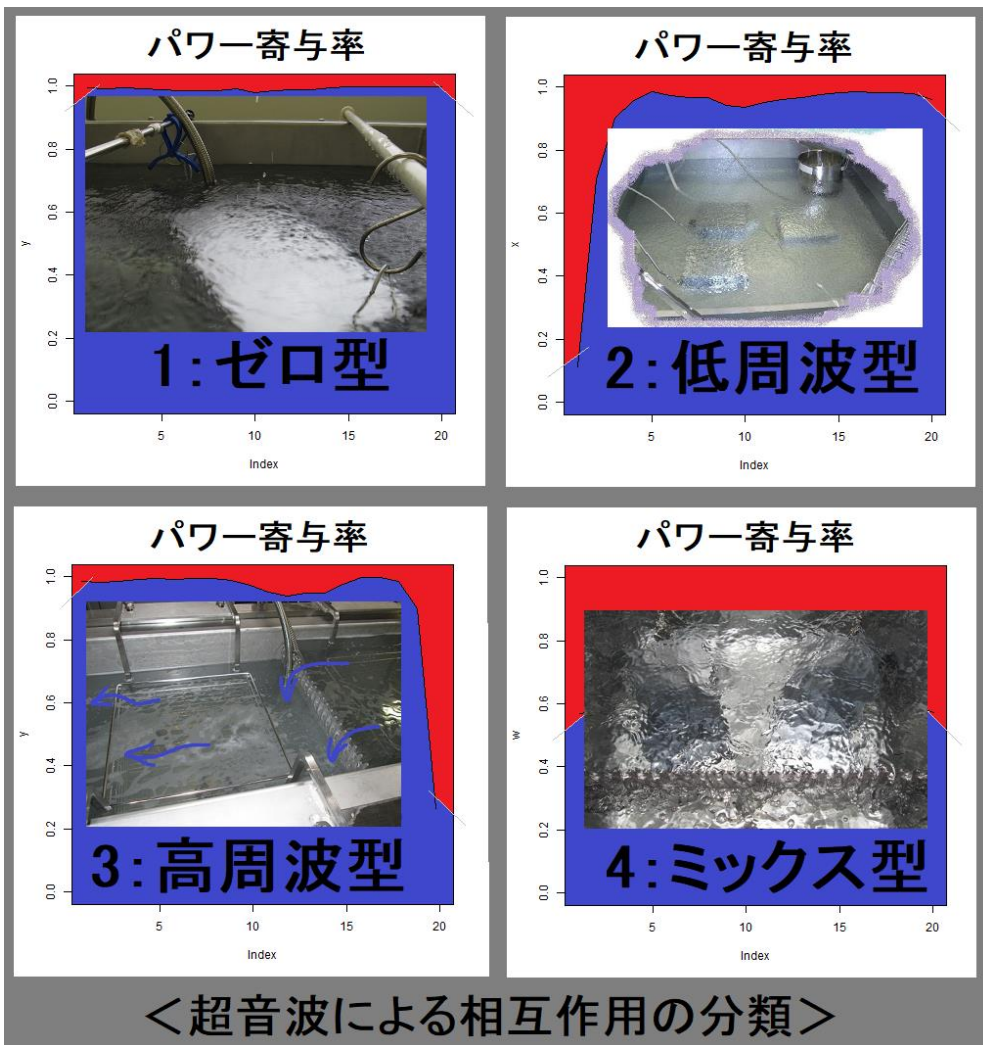
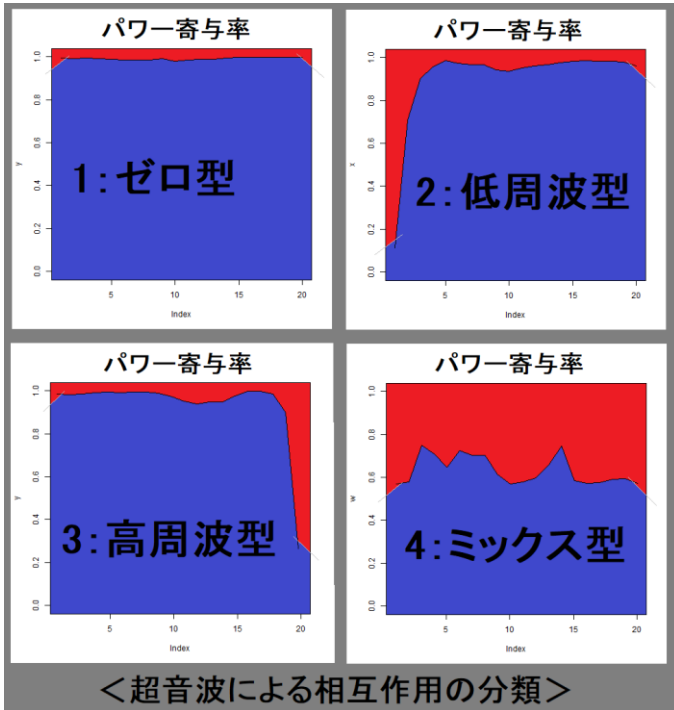
エアレーションとメガヘルツ超音波の

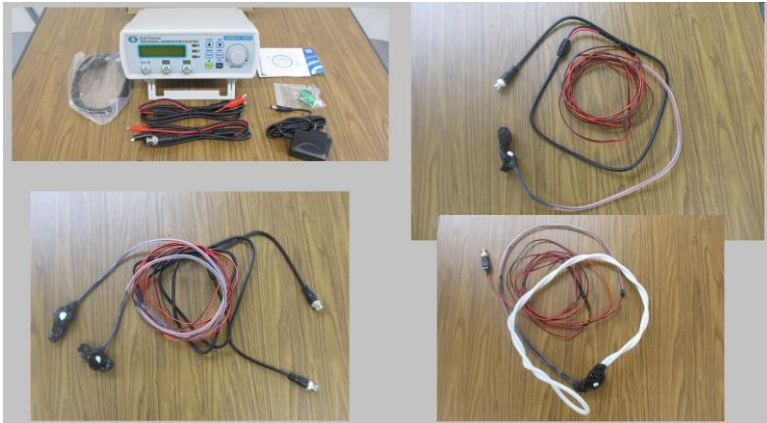
めっき処理システム



ポイント1:エアレーション

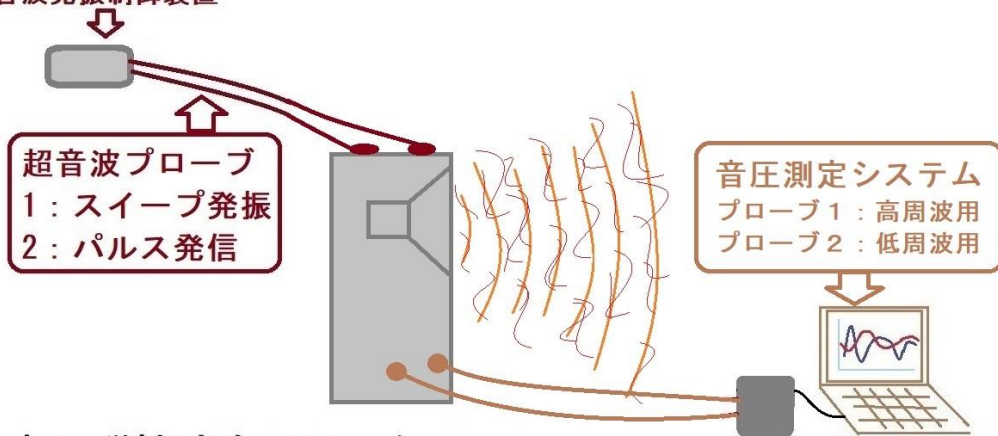
ポイント2:揺動操作





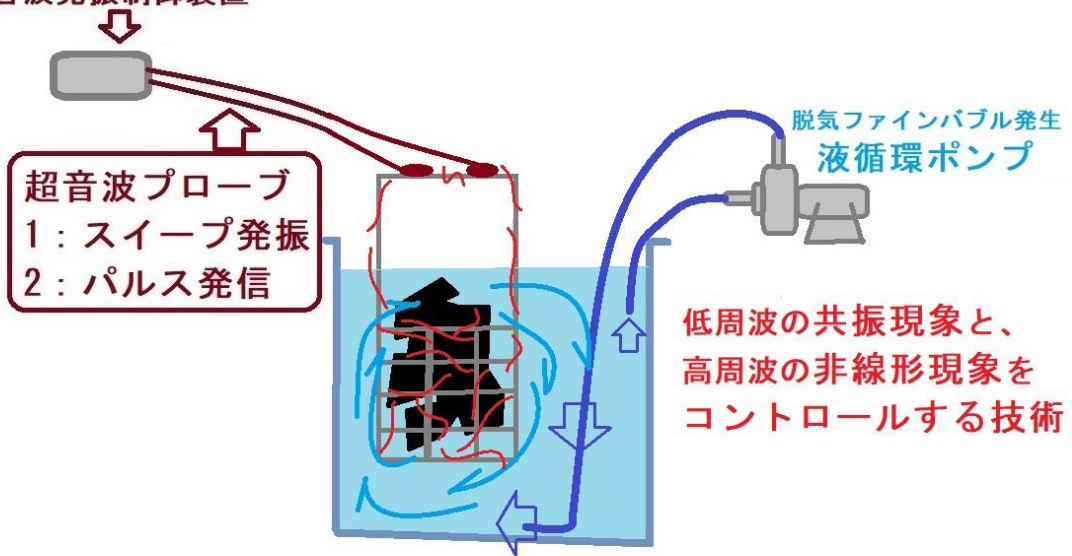
300MHz以上の非線形現象を主体とした超音波発振システム

超音波発振制御装置



表面弾性波を利用した
メガヘルツ超音波の空中伝搬モデル

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