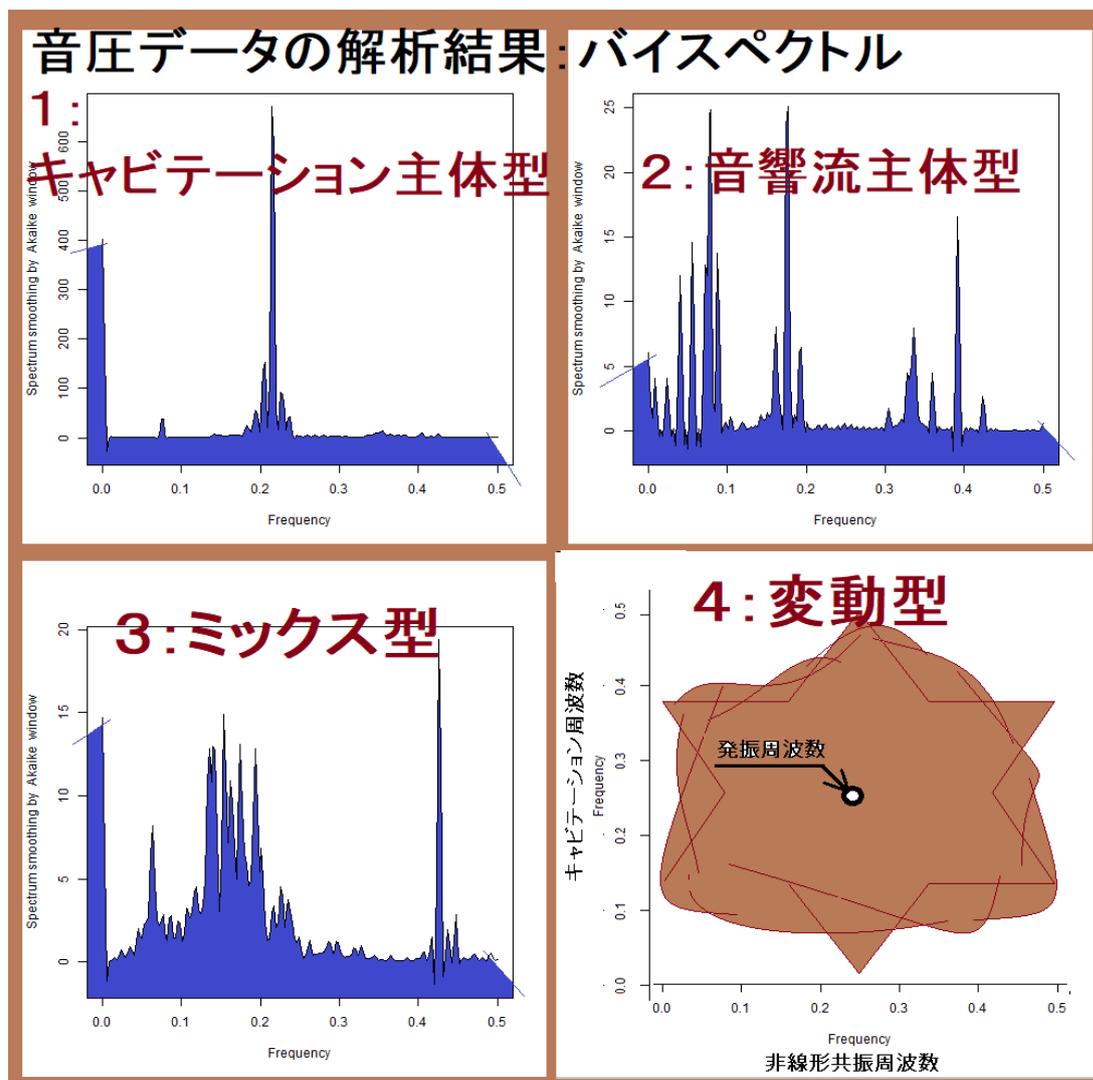


# 超音波伝搬現象の分類

2023. 8. 22 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、

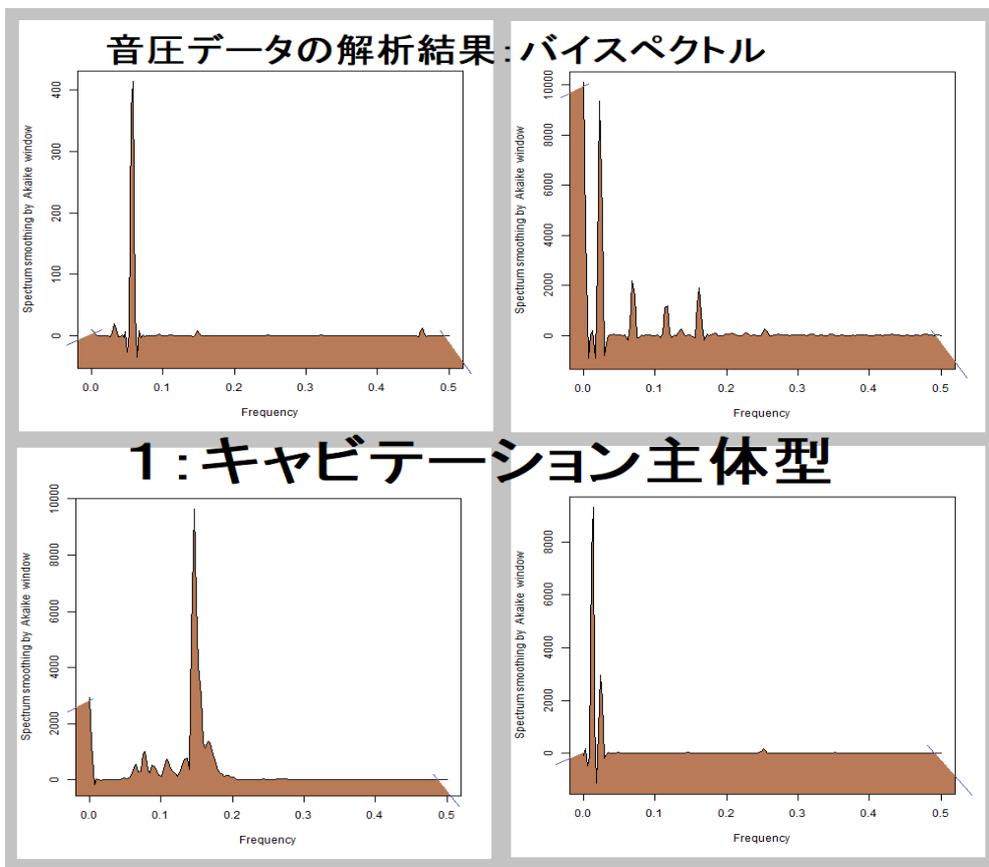
超音波の伝搬状態に関する、主要となる周波数(パワースpekトル)の  
ダイナミック特性(非線形現象の変化)により  
線形(共振現象)と、非線形(高次高調波の発生現象)状態を推定し、  
以下のような、4つのタイプに分類しています。

1: 線形型 2: 非線形型 3: ミックス型 4: 変動型

# 1 : 線形型 (キャビテーション主体型)

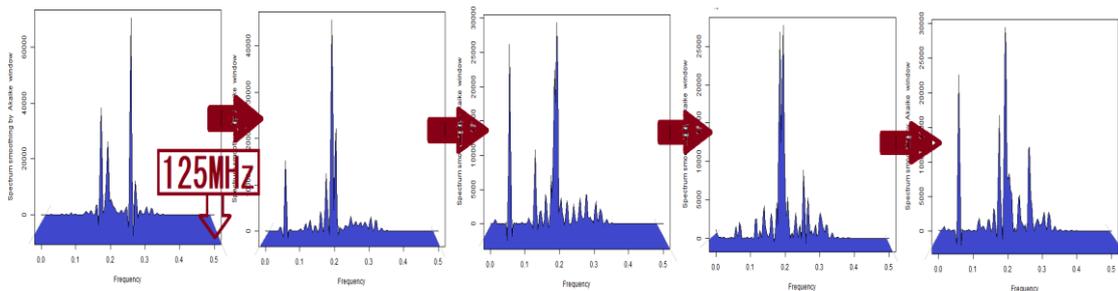
超音波の発振周波数に対して  
 伝搬状態の主要 (最大エネルギー) 周波数が  
 低調波 (発振周波数の  $1/4$ 、あるいは  $1/2$ )  
 から高調波 (発振周波数の  $1$  倍、 $\dots$   $3$  倍) の範囲で  
 若干の変化がある状態

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



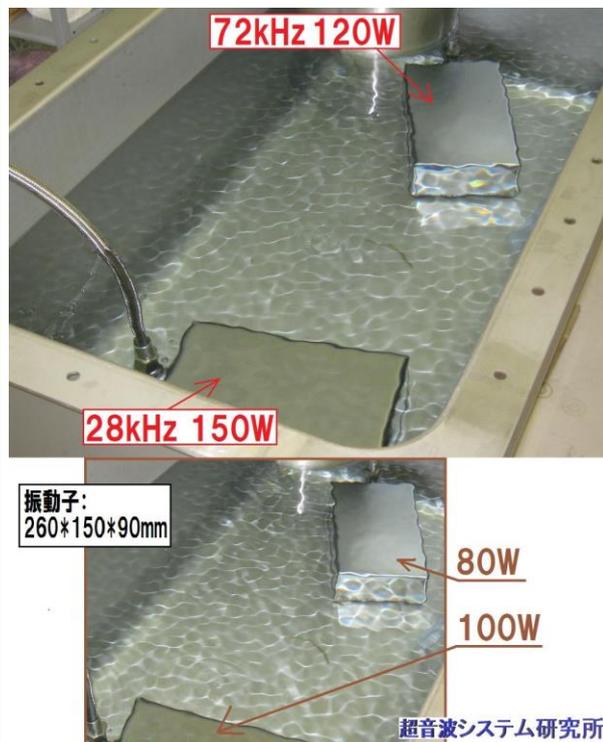
## 線形変動型 <超音波伝搬特性 (音響特性) の分類>

## 超音波のダイナミック制御: バイスpekトルの変化





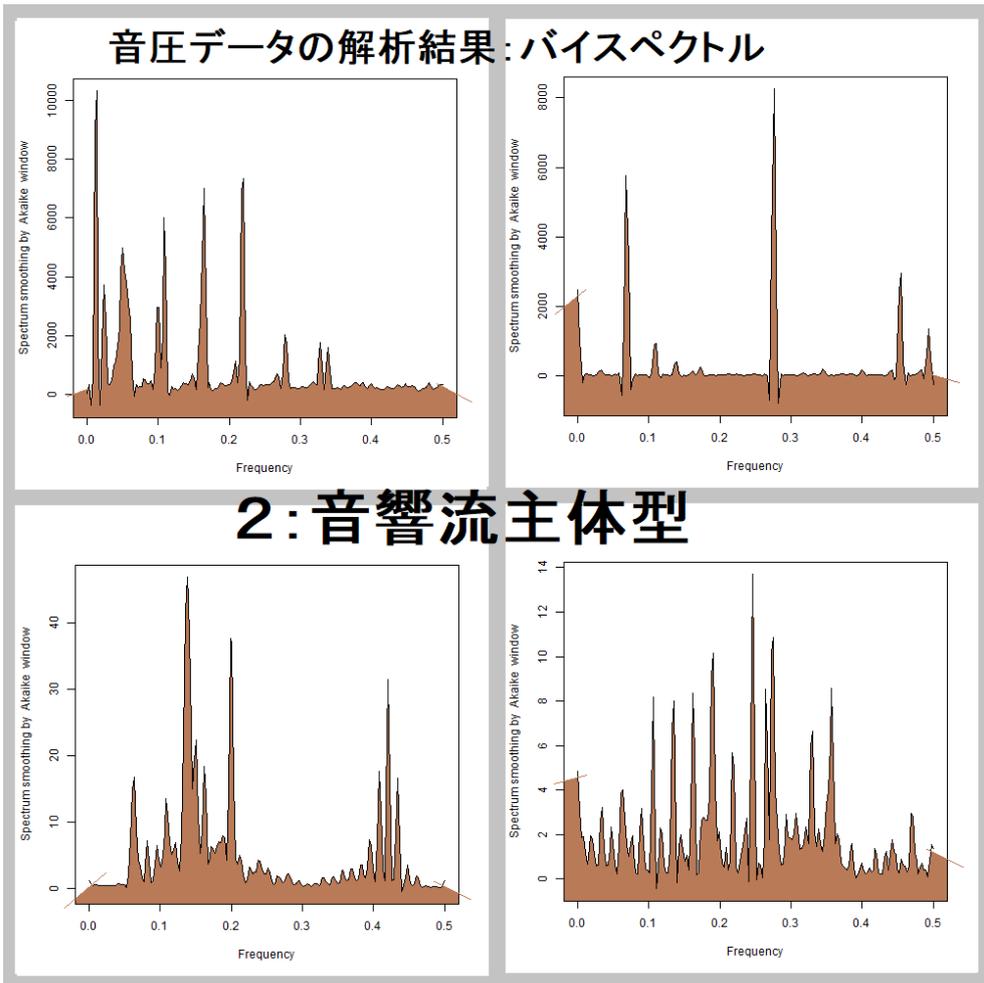
単調な超音波利用状態は、線形型になる



## 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

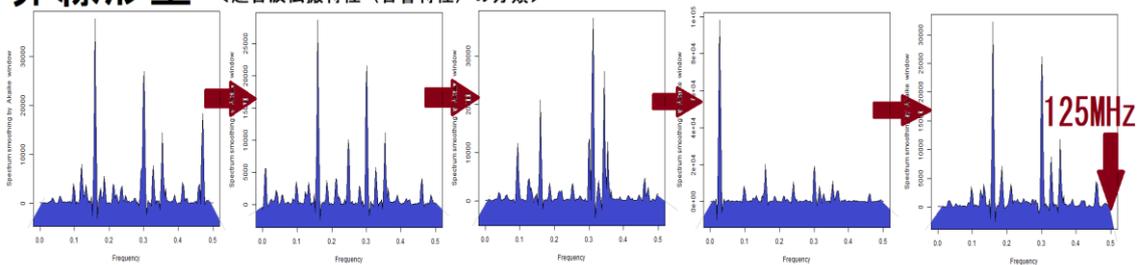
注：高調波は、超音波振動子、発振プローブ・・・の  
 表面状態の工夫（特願2020-31017 超音波制御）により  
 発振周波数の100倍を実現することも可能です



## 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





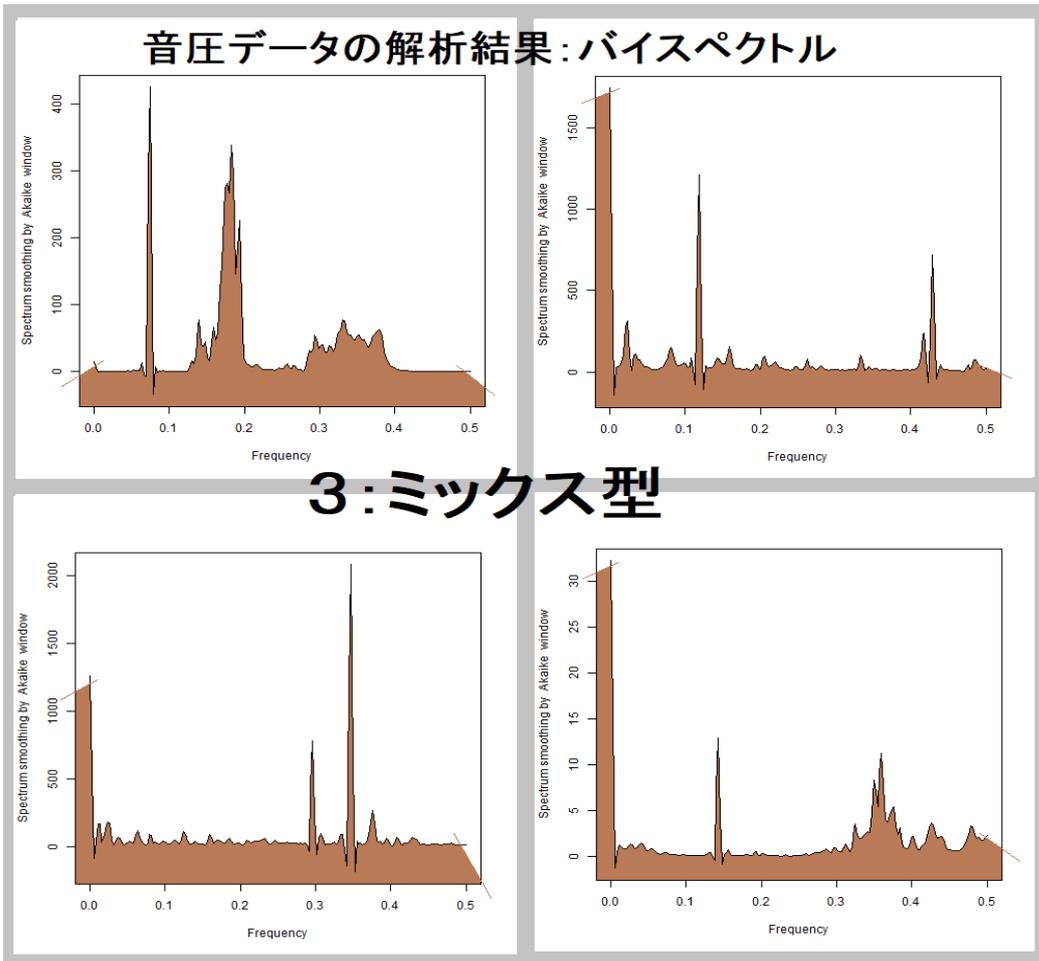
複雑な流れに超音波を伝搬させると、非線形型になる



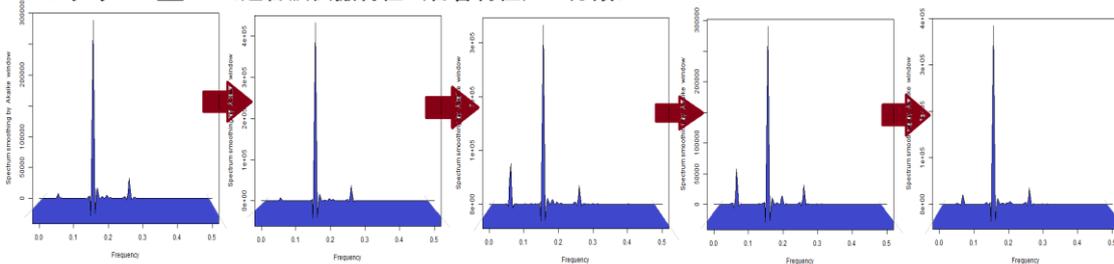
### 3 : ミックス型

#### (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



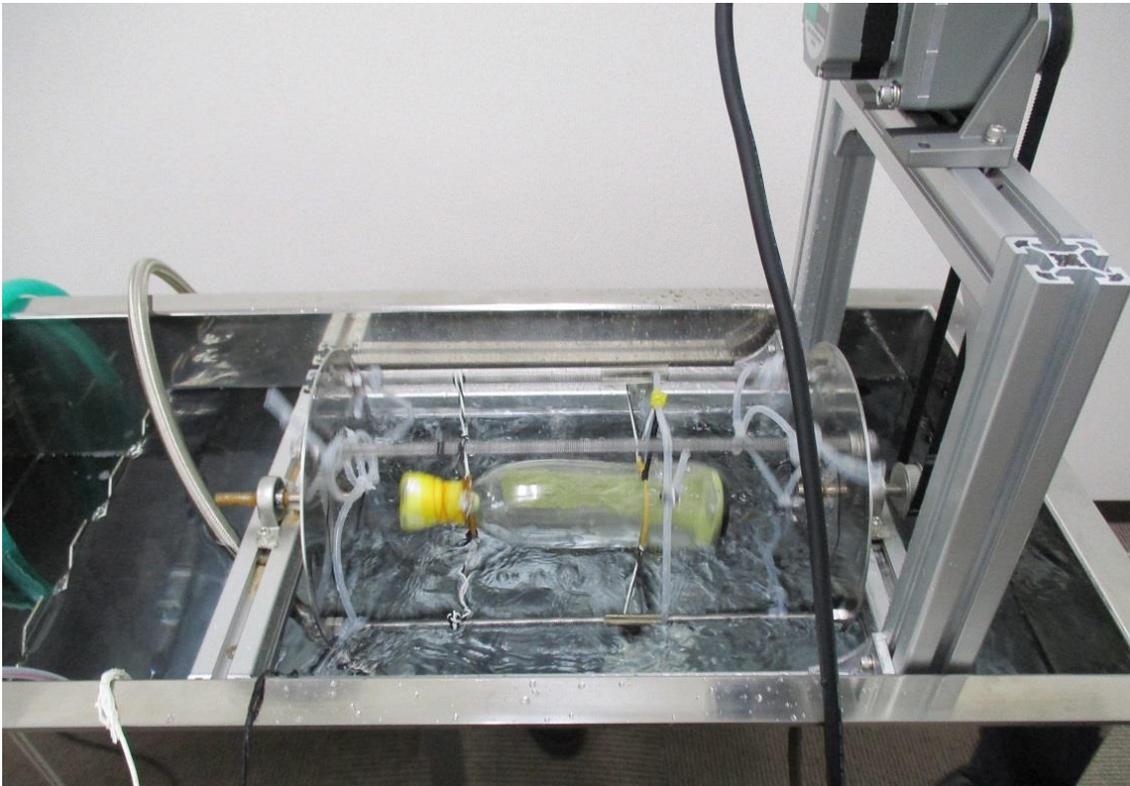
#### ミックス型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



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

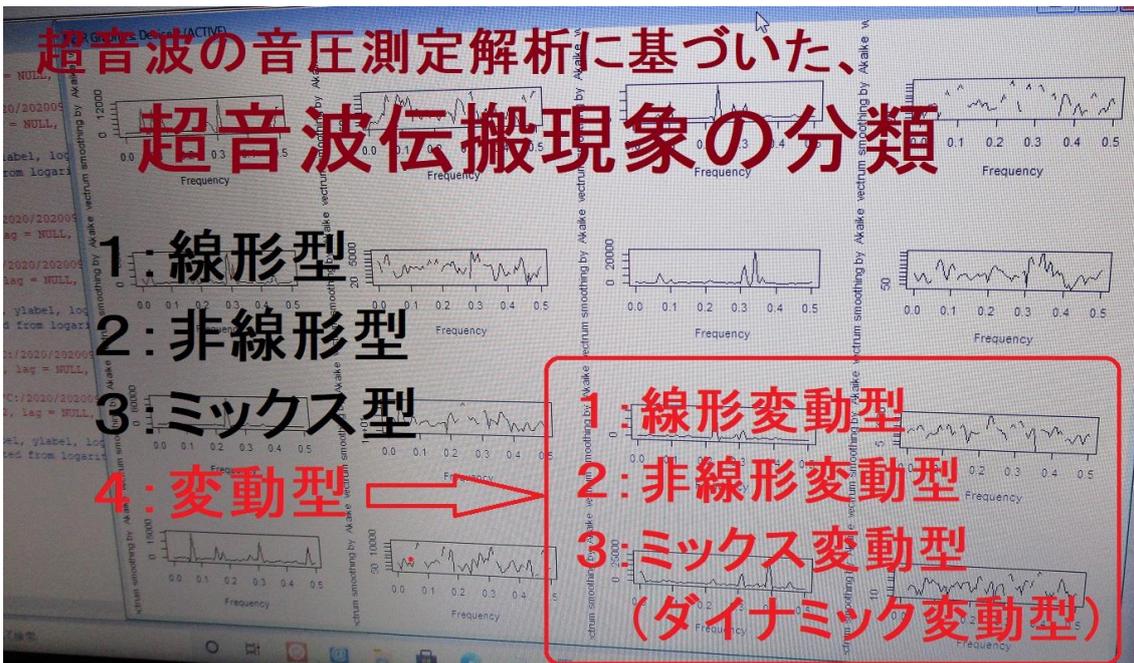


## コメント

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・工夫を利用して  
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  $1/8 \sim 10$  倍程度) で  
制御可能にした状態

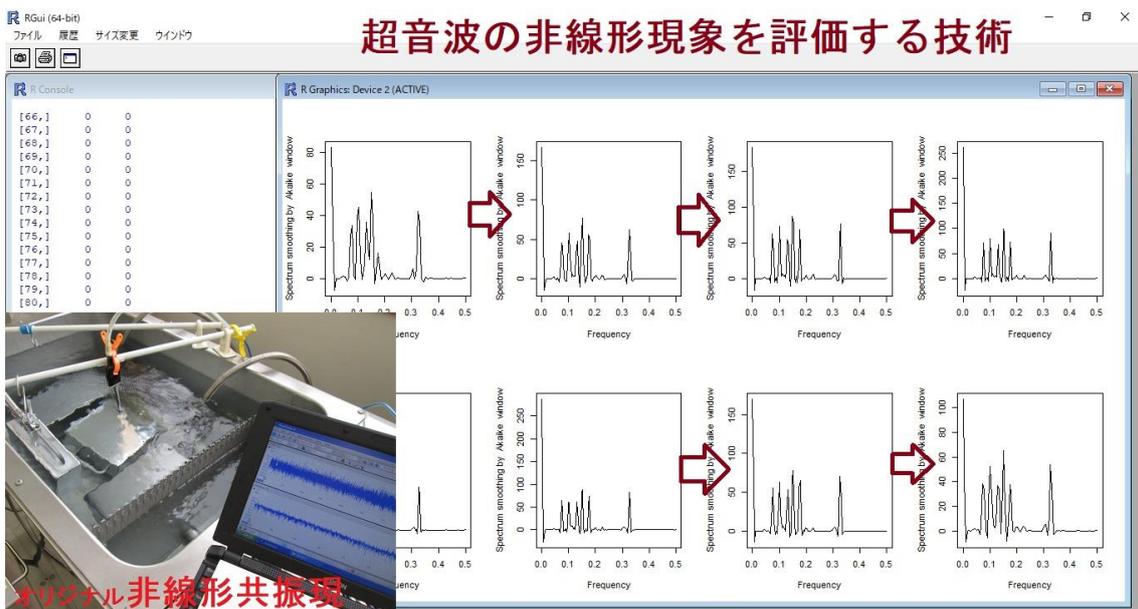
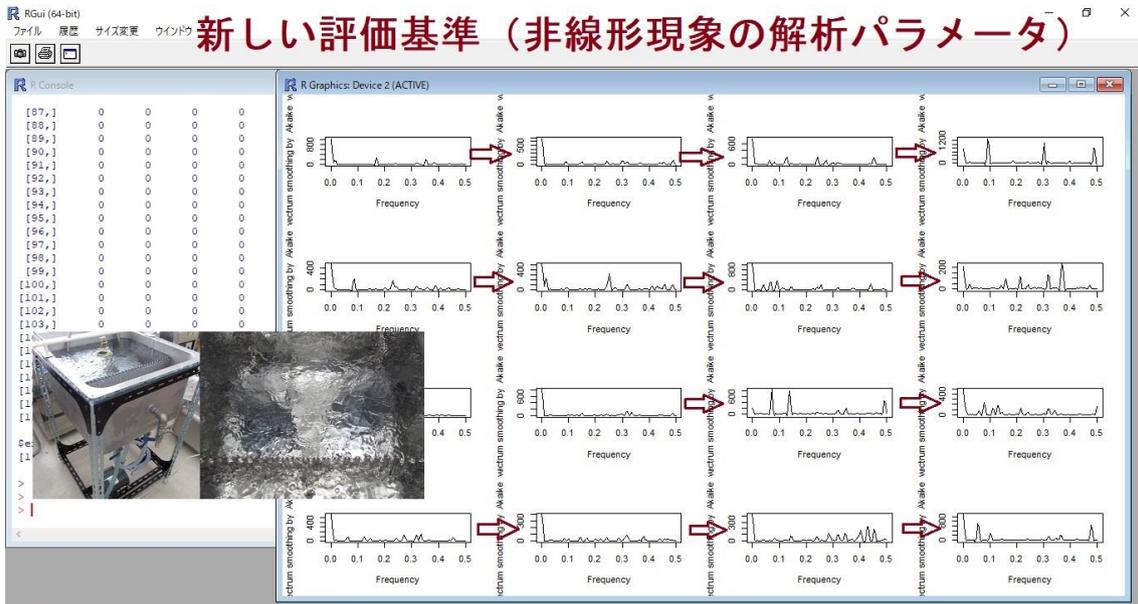
### 4-2 : 非線形変動型

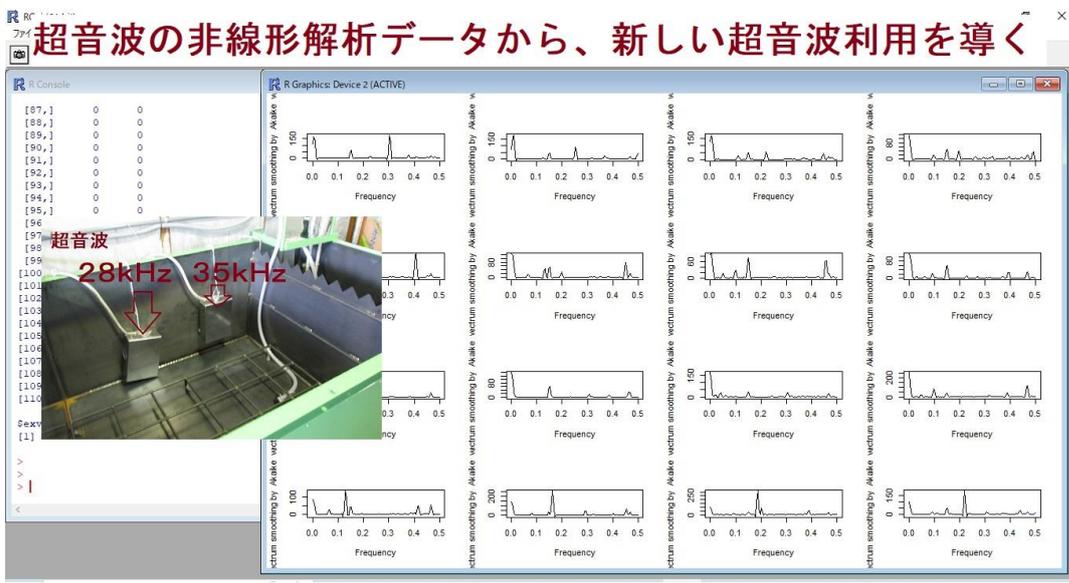
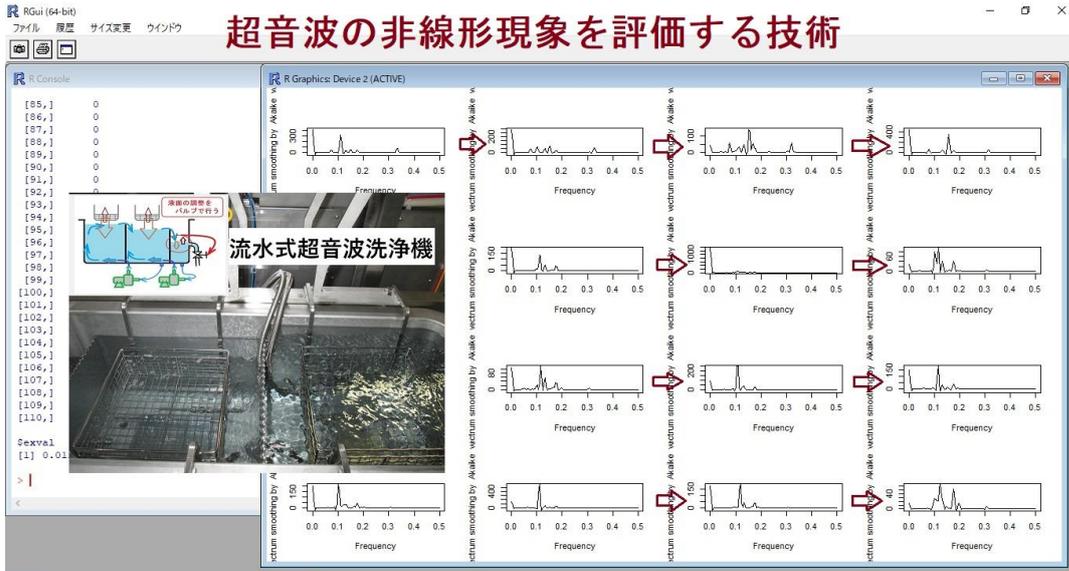
複数の超音波発振部材や発振制御・工夫を利用して  
伝搬状態の主要 (最大エネルギー) 周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲 (発振周波数の  $1/2 \sim 50$  倍程度) で  
制御可能にした状態

### 4-3 : ミックス変動型 (ダイナミック変動型)

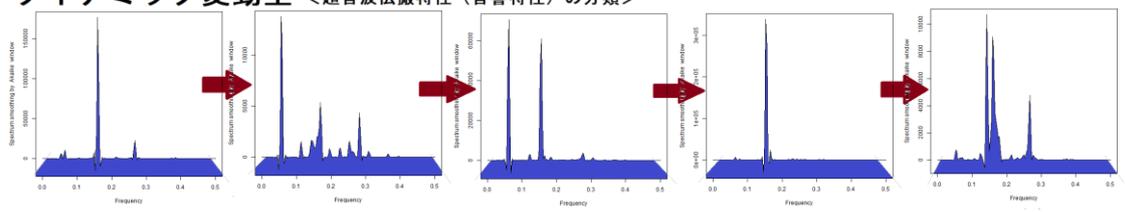
複数の超音波発振部材や発振制御・・・の  
音響特性や相互作用の確認に基づいて  
伝搬状態の主要 (最大エネルギー) 周波数が  
低調波から高調波を、  
目的の範囲 (発振周波数の  $1/16 \sim 100$  倍程度) で  
制御可能にした状態

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



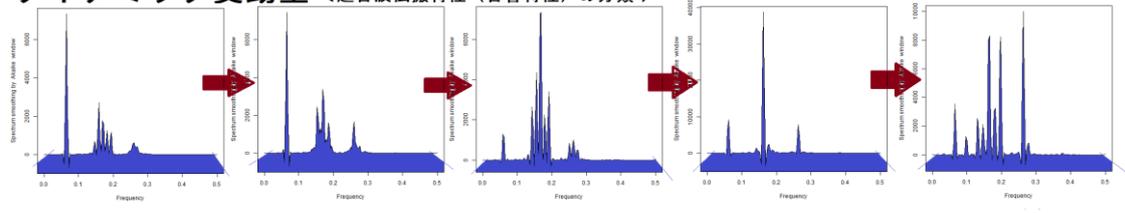


#### ダイナミック変動型 <超音波伝搬特性 (音響特性) の分類>



超音波のダイナミック制御：パイスpek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pek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】

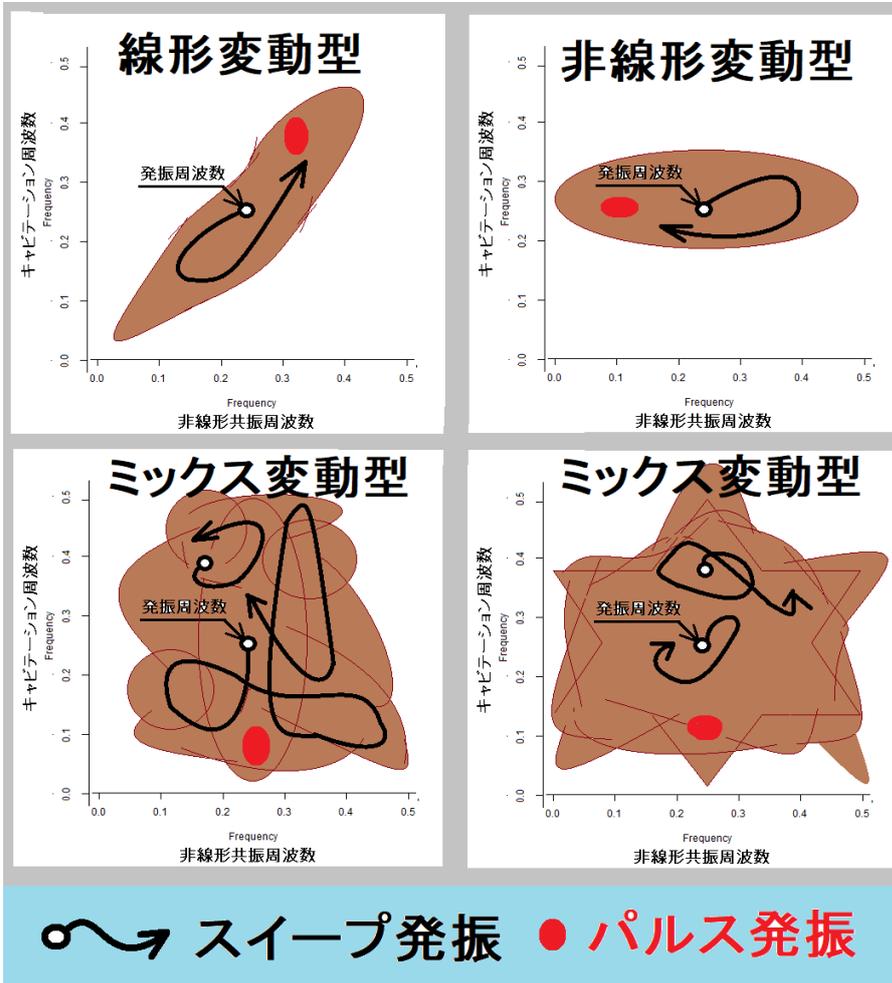
超音波システム研究所

メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)

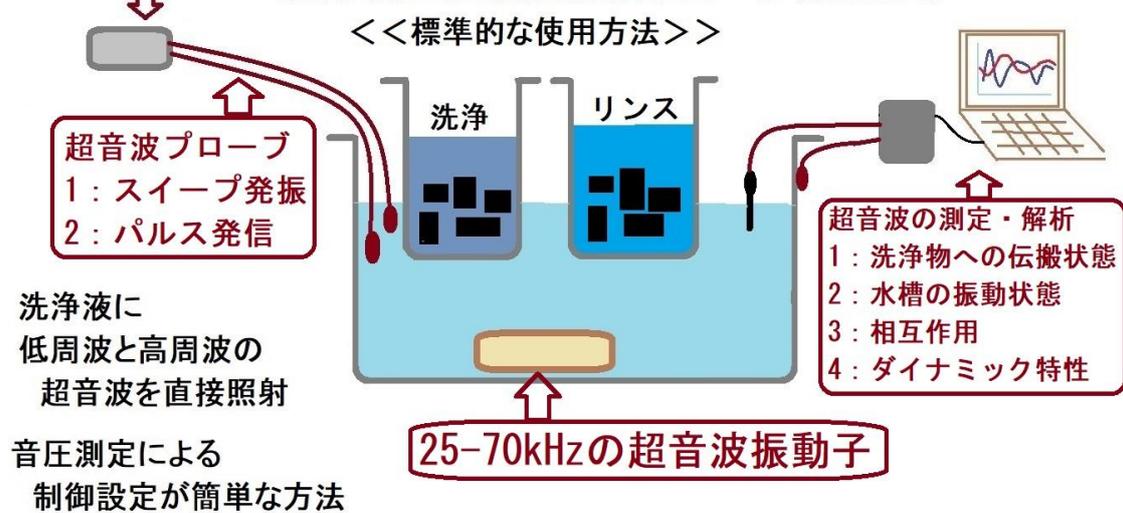
ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

# 分類技術の応用

## 超音波の発振制御技術



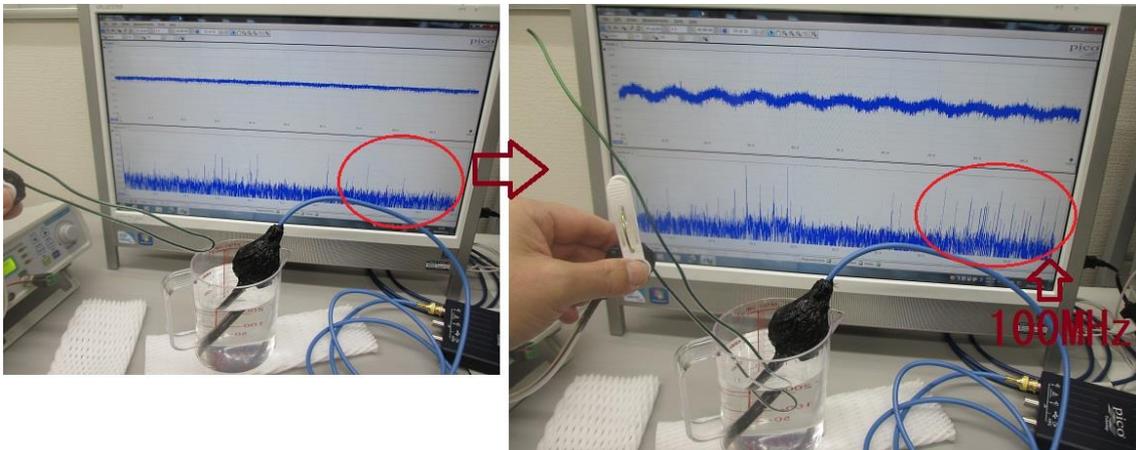
超音波発振制御装置 洗浄槽に直接超音波プローブを入れる

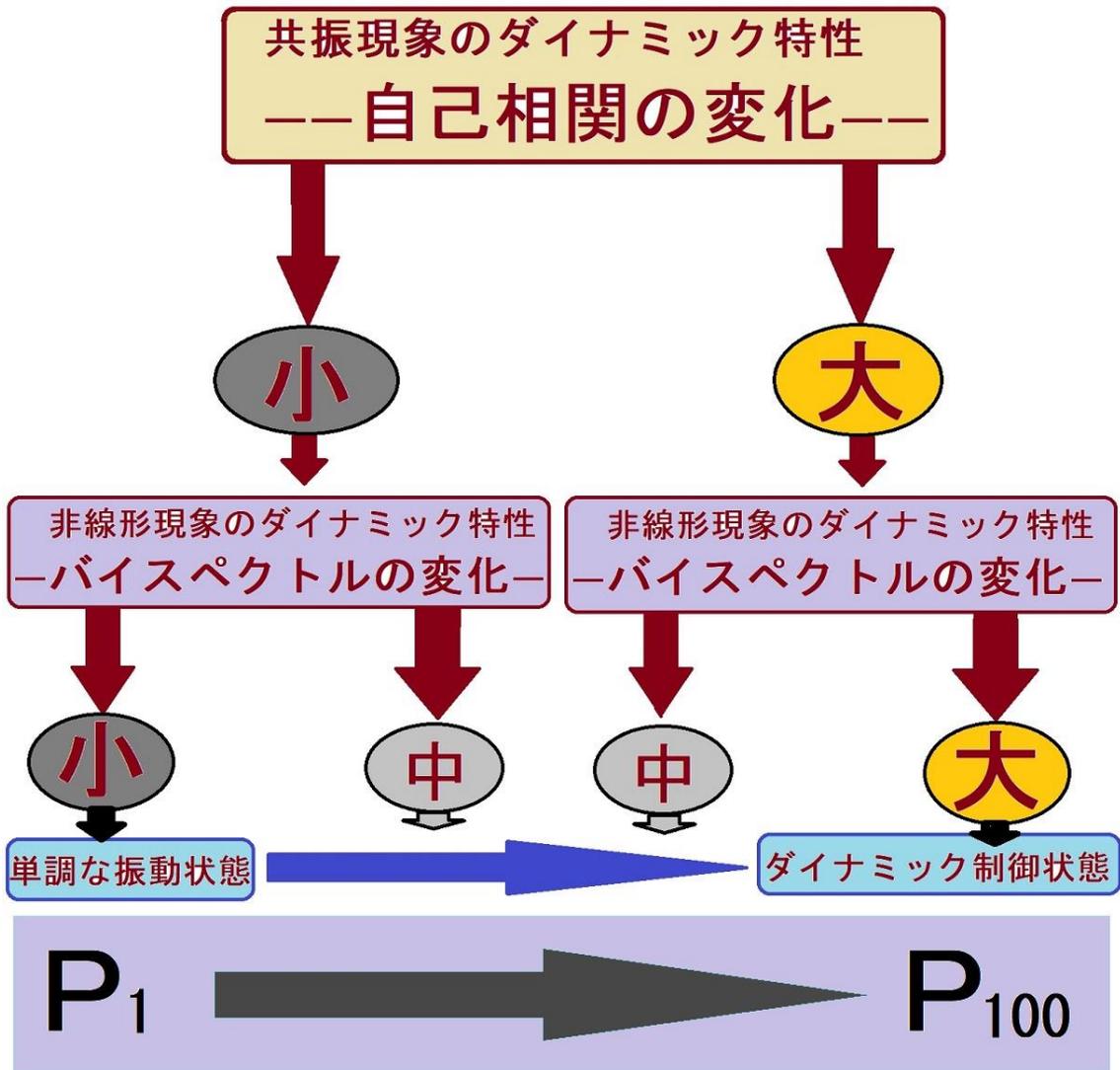


# 超音波プローブの製造技術

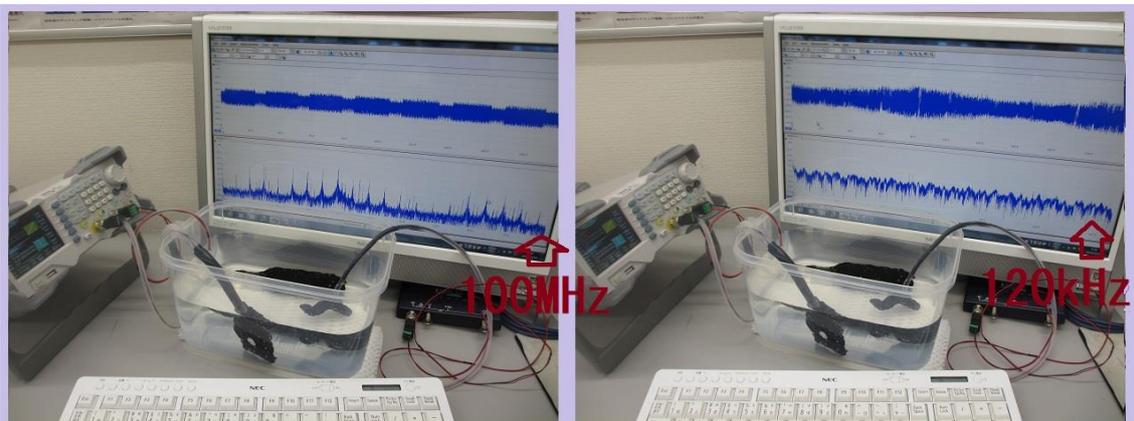


## 超音波伝搬特性による、超音波プローブの分類





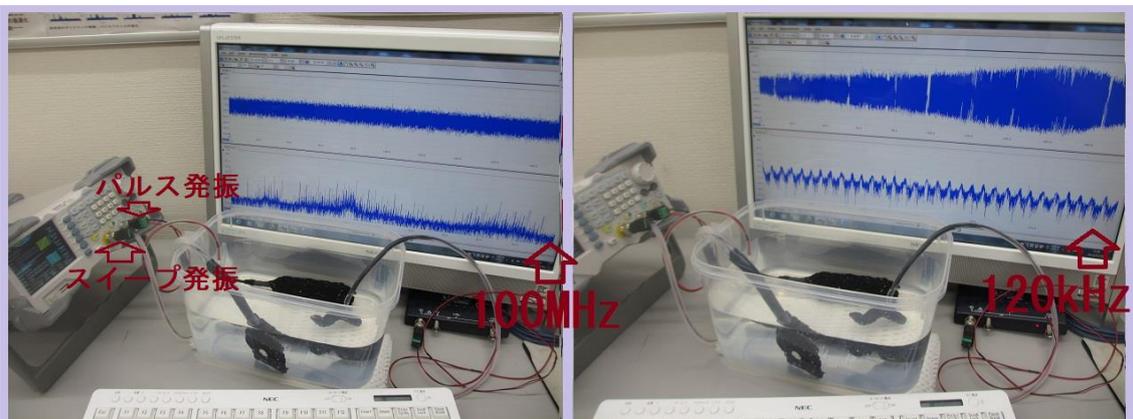
——超音波伝搬状態の分類・評価——



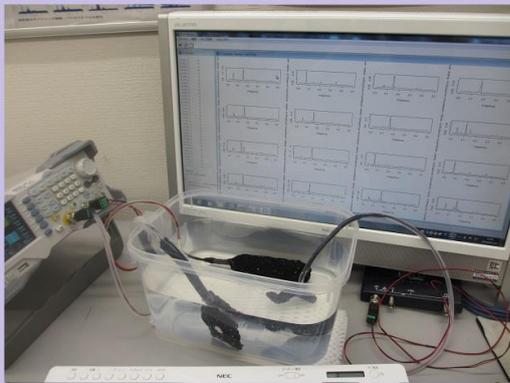
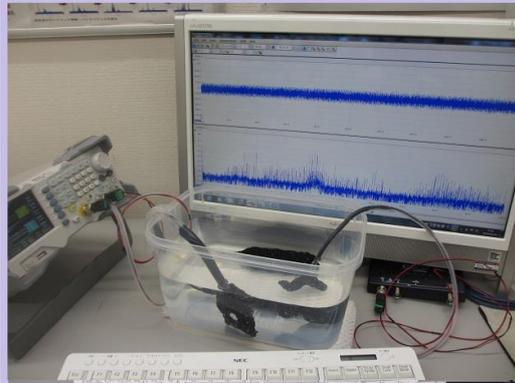
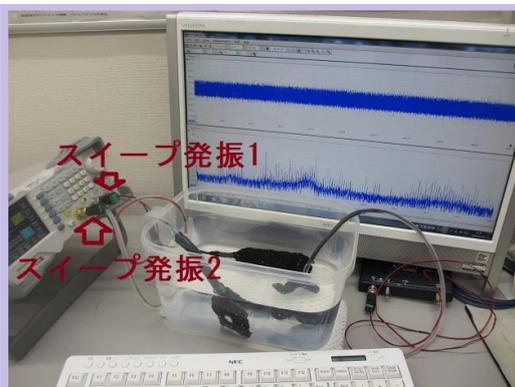
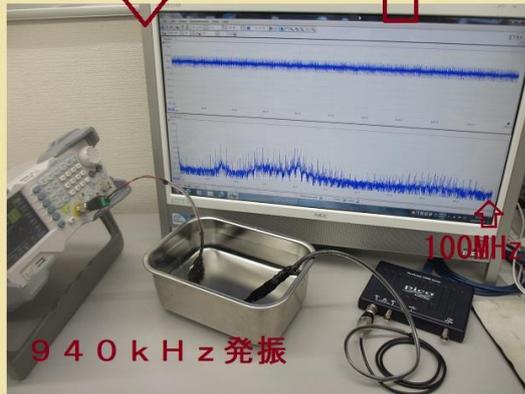
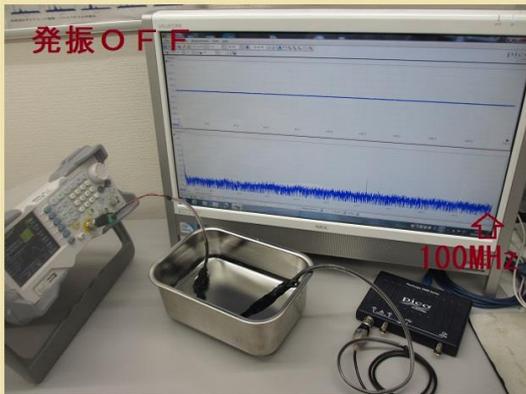
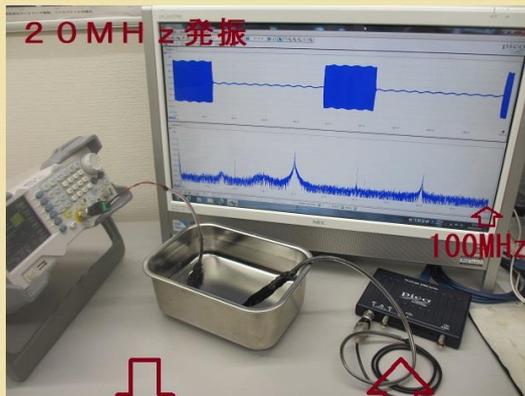
超音波のダイナミック特性を評価する技術—ノウハウ—

# 振動伝搬モデル

2023. 8 超音波システム研究所



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

以上