

共振現象と、非線形現象が制御可能な超音波プローブ —音圧測定解析に基づいた、**超音波の発振制御技術**—

2024. 2. 25 超音波システム研究所

<< 0. 1 Hz ~ 900 MHz の超音波伝搬制御 >>



超音波システム研究所は、
各種装置・システムの振動状態について
測定解析に基づいた、
超音波プローブの発振制御方法を開発しました。

具体的には、

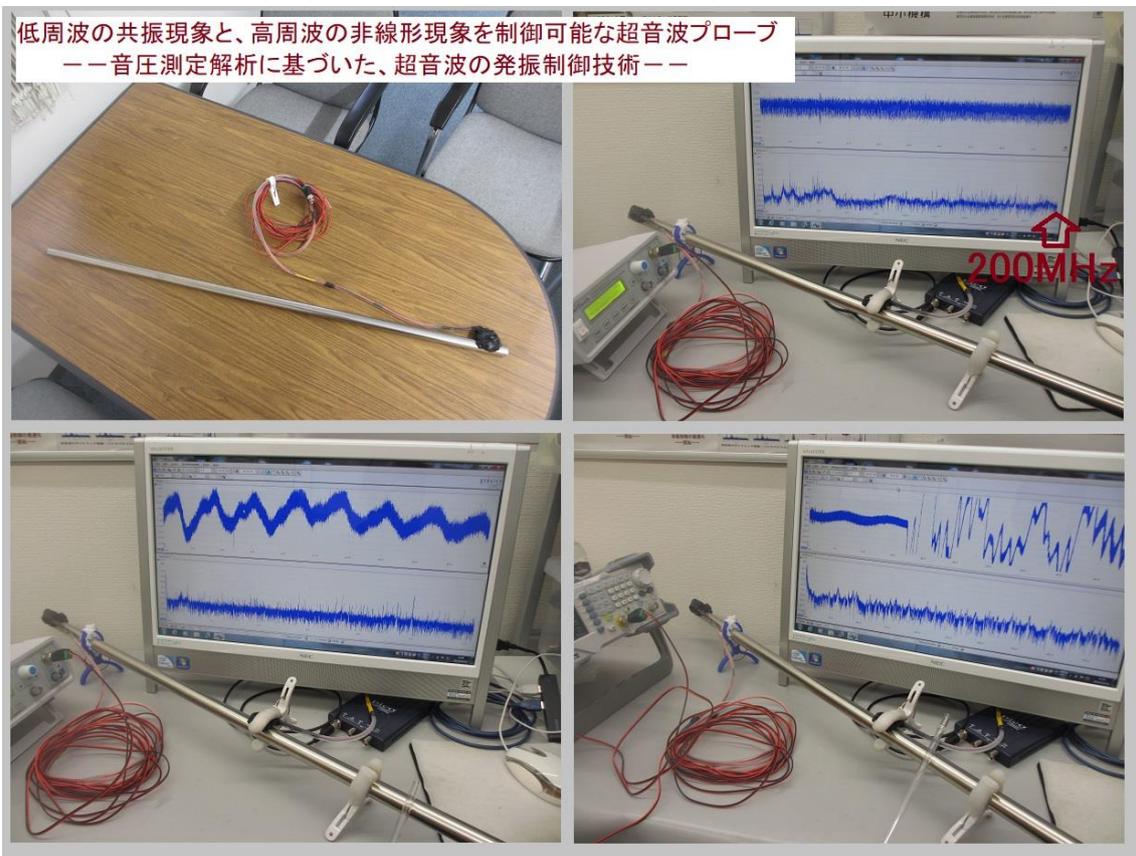
0. 1 Hz ~ 900 MHz の超音波伝搬状態を
目的（洗浄、加工、攪拌、溶接、めっき・・・）に合わせて、
ダイナミック制御する
（低周波の共振現象と、高周波の非線形現象を最適化する）
超音波プローブと発振制御方法に関する技術となります。

各種対象（装置、水槽、振動子、プローブ、治具、対象物・・・）について
基本的な音響特性（応答特性、相互作用・・・）を解析確認することで、
目的の超音波伝搬状態を実現する、発振制御条件の最適化が可能になります。

原則としては、
 超音波プローブの音響特徴を利用した
 発振波形・出力・スイープ発振条件により
 共振現象と高調波の発生現象（非線形現象）を最適化します。

洗浄・攪拌・反応システムでは、
 複数の超音波プローブと、揺動装置・液循環装置・・・との最適化制御により
 幅広い超音波刺激を効率的に利用することが、可能になります。

ポイントは、0.1 Hz ~ 900 MHz の範囲で、
 音圧測定解析に基づいた音響特性の確認です。



参考手順

- 1：装置・システムの振動測定解析
- 2：装置・システムの振動状態を評価
- 3：装置・システムの振動状態評価に基づいた
超音波発振制御プローブの選択（あるいは専用プローブの開発）
- 4：超音波発振制御プローブの選択と
経験に基づいた発振制御条件の基本設定
- 5：装置・システムに超音波発振制御プローブを追加して
発振状態での振動測定解析評価
- 6：超音波発振制御プローブと
装置・システムと、超音波発振制御プローブの発振条件について
微調整により最適化を確認

ポイントは、装置・システムの振動測定です

大型装置の場合、1~100Hz あるいは、0.01~1 Hz の

低周波振動モードが発生している場合があります

この様な低周波を考慮した、超音波の発振条件が重要です

特に、スイープ発振条件による、低周波の共振現象は

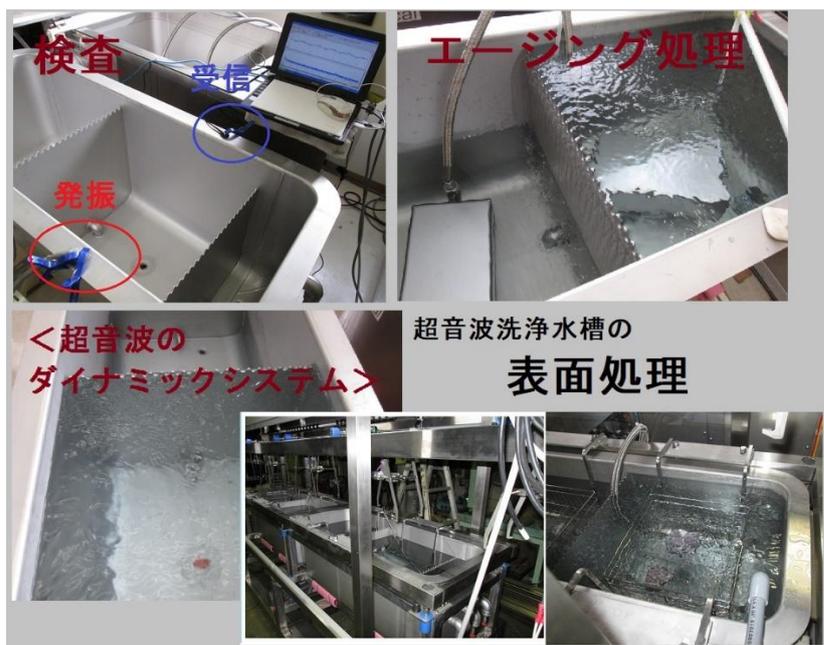
高い周波数の超音波を大きく減衰させます

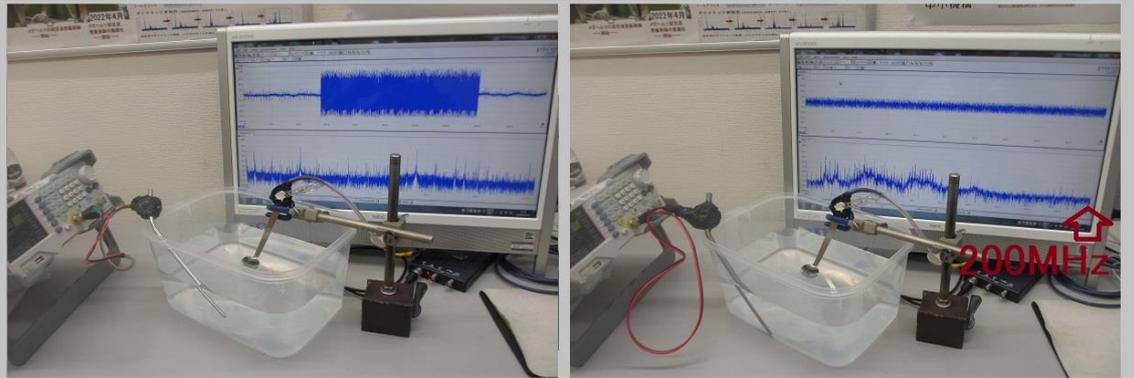
発振条件について、非線形現象を考慮した論理モデルに基づいた

微調整（例 出力を 0.2V 下げることで、音圧レベルを高くする

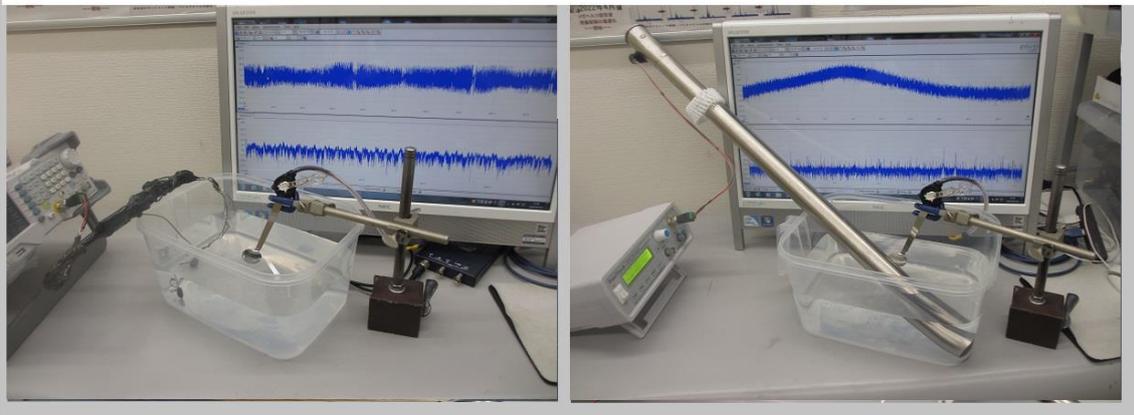
あるいは 伝搬周波数範囲を変更する・・・）により、

目的に最適な超音波伝搬状態を実現出来ます





低周波の共振現象と、高周波の非線形現象を制御可能な超音波プローブ



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 (バイスペクトルの変化)
- 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)

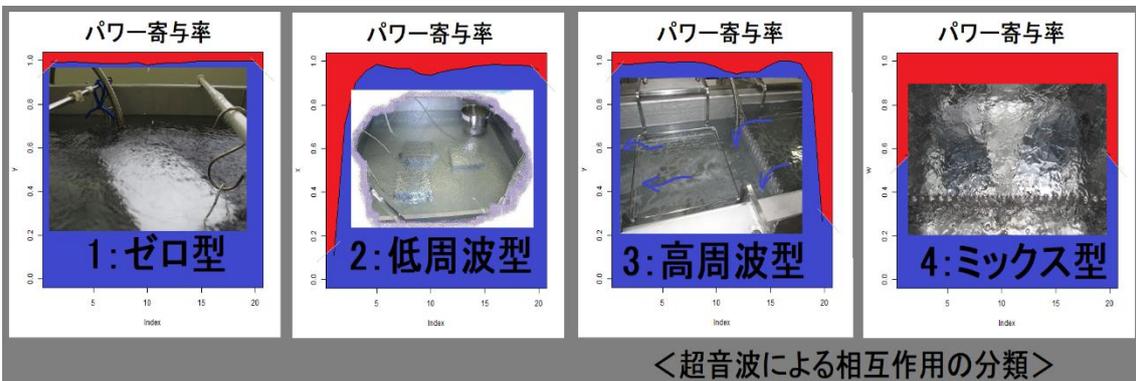
注: 「R」フリーな統計処理言語かつ環境

autcor: 自己相関の解析関数

bispec: バイスペクトルの解析関数

mulmar: インパルス応答の解析関数

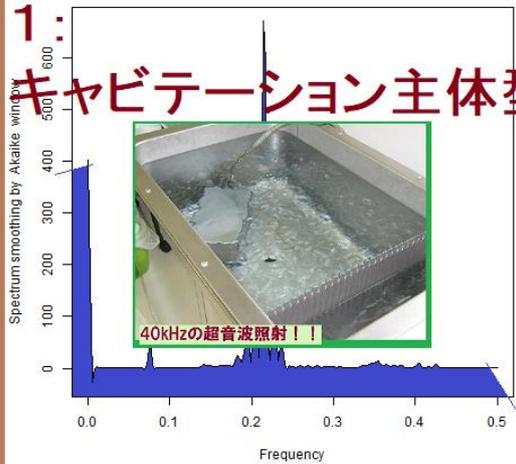
mulnos: パワー寄与率の解析関数



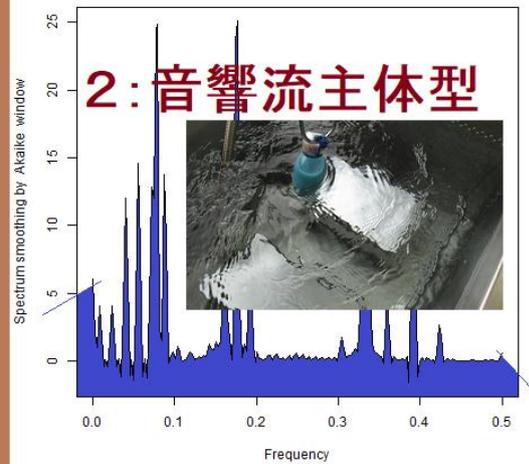
<超音波による相互作用の分類>

音圧データの解析結果：バイスペクトル

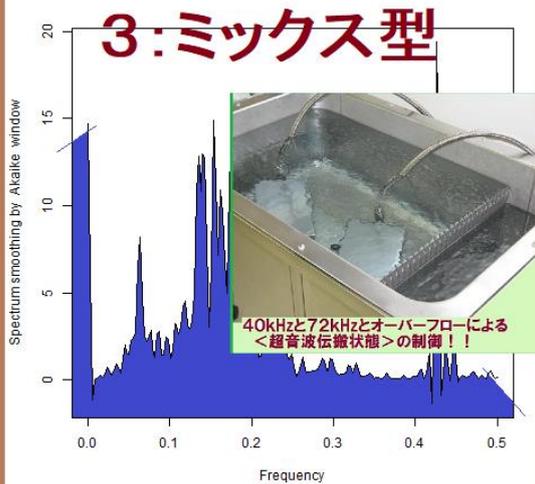
1: キャビテーション主体型



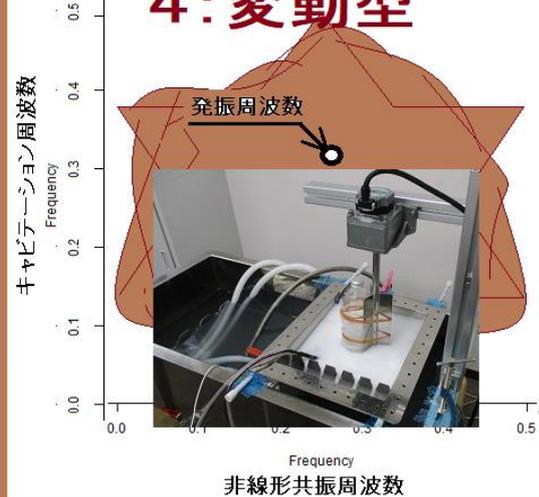
2: 音響流主体型



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「音圧測定解析装置(超音波テスターNA)」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1722>

超音波発振制御システム(20MHz)

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

超音波システム(音圧測定解析、発振制御)の利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16477>

超音波の相互作用を評価する技術1

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1478>

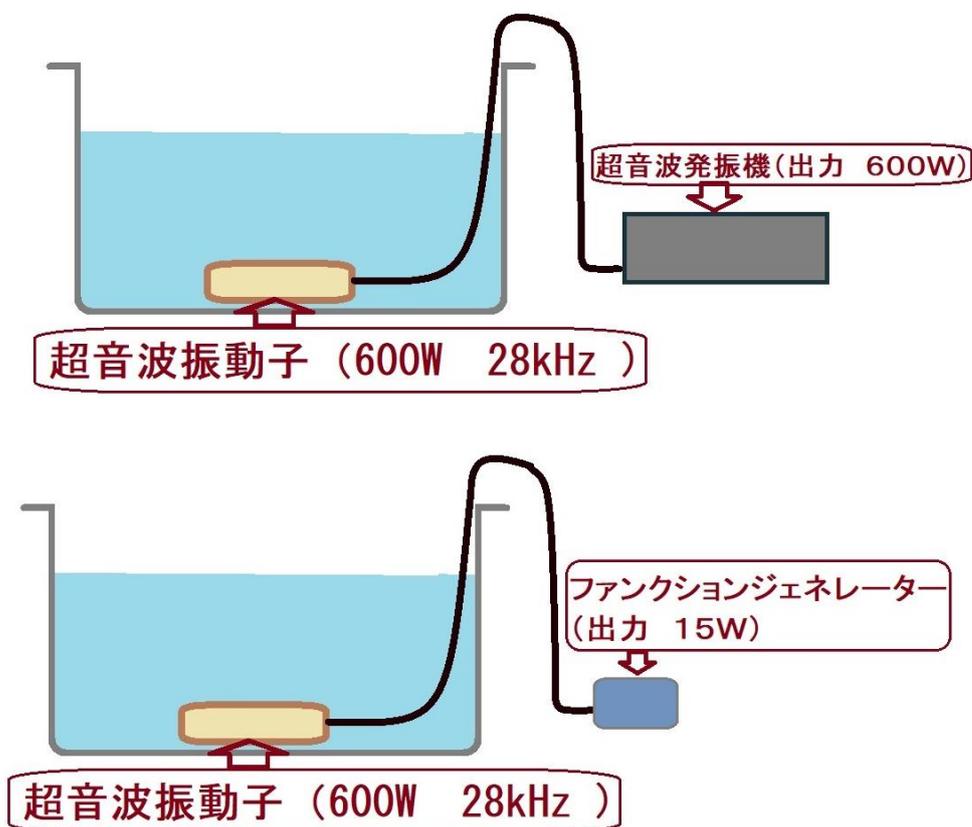
超音波の相互作用を評価する技術 2
<http://ultrasonic-labo.com/?p=12202>

<統計的な考え方>を利用した「超音波技術」
<http://ultrasonic-labo.com/?p=3270>

洗浄液と水槽表面に伝搬する超音波の相互作用
<http://ultrasonic-labo.com/?p=4787>

A I C (情報量規準) を利用した超音波技術
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1074>

超音波伝搬状態の測定・解析・評価システム
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1000>



超音波振動子のファンクションジェネレーター発振
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1179>

非線形現象をコントロールする超音波システム
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2015>

超音波システム 1 MHz タイプの利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7662>

超音波水槽のダイナミック液循環システム

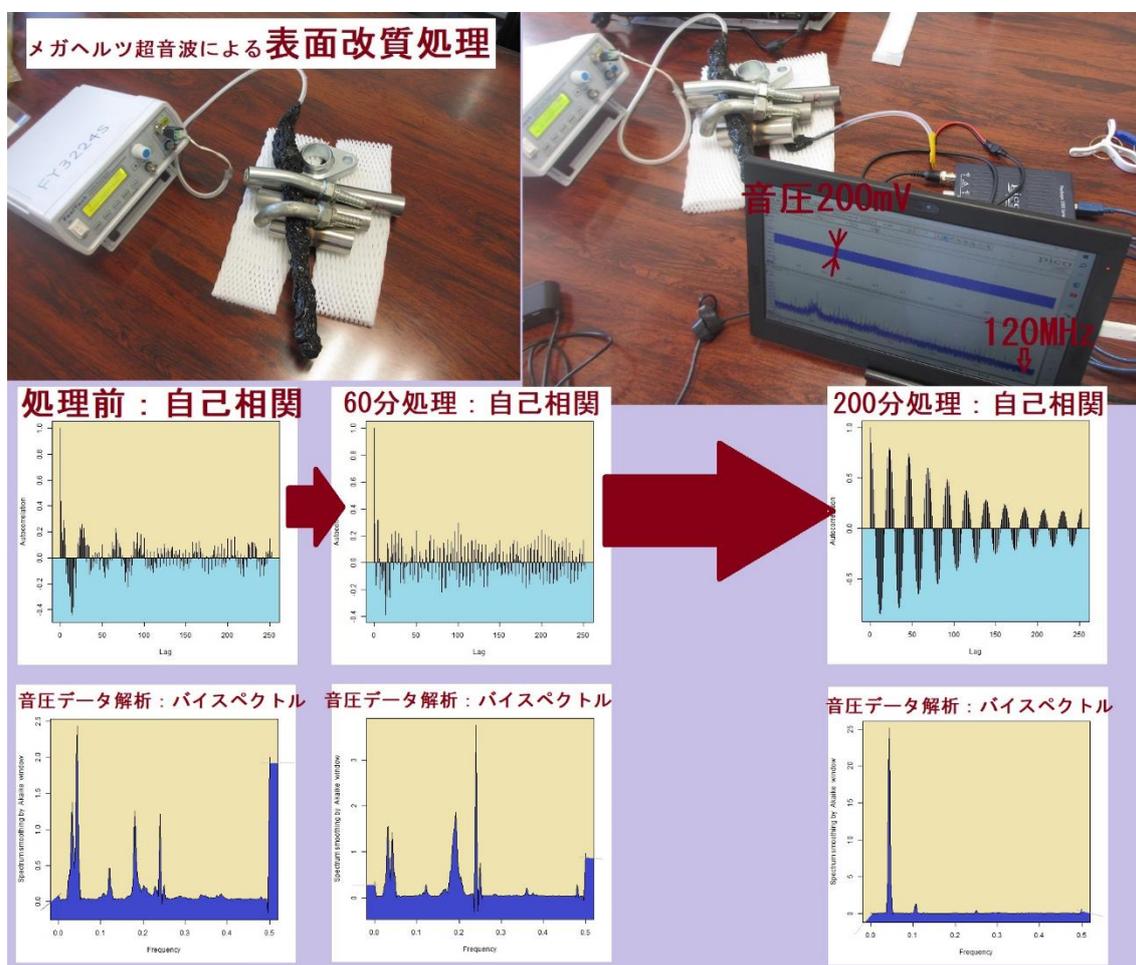
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14869>

超音波の音圧測定解析による「流水式超音波システム」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=9762>

100MHz以上の超音波伝搬状態を利用可能にする技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14411>



超音波発振制御プローブによる、表面改質技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1280>

超音波発振制御プローブの開発技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=9798>

超音波発振制御プローブのオーダーメイド対応

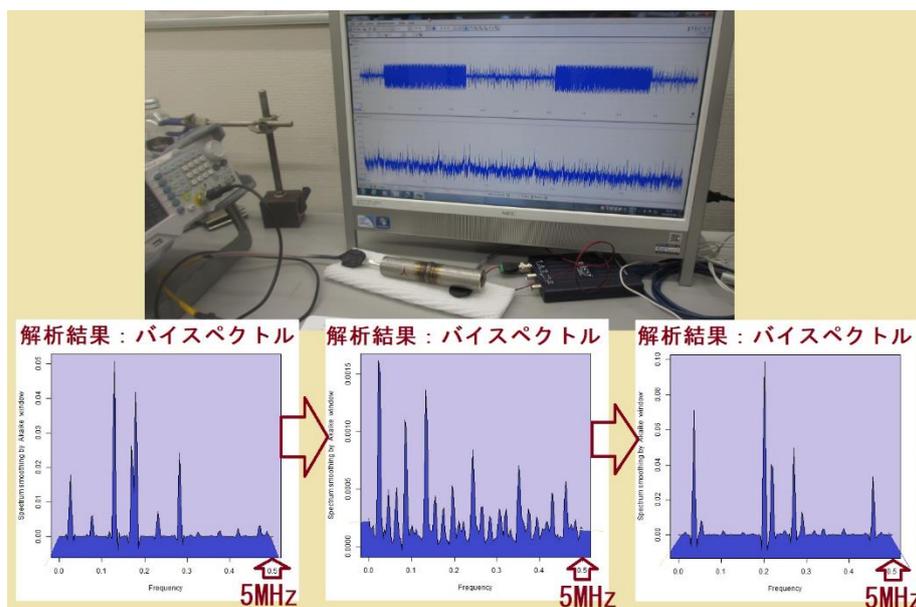
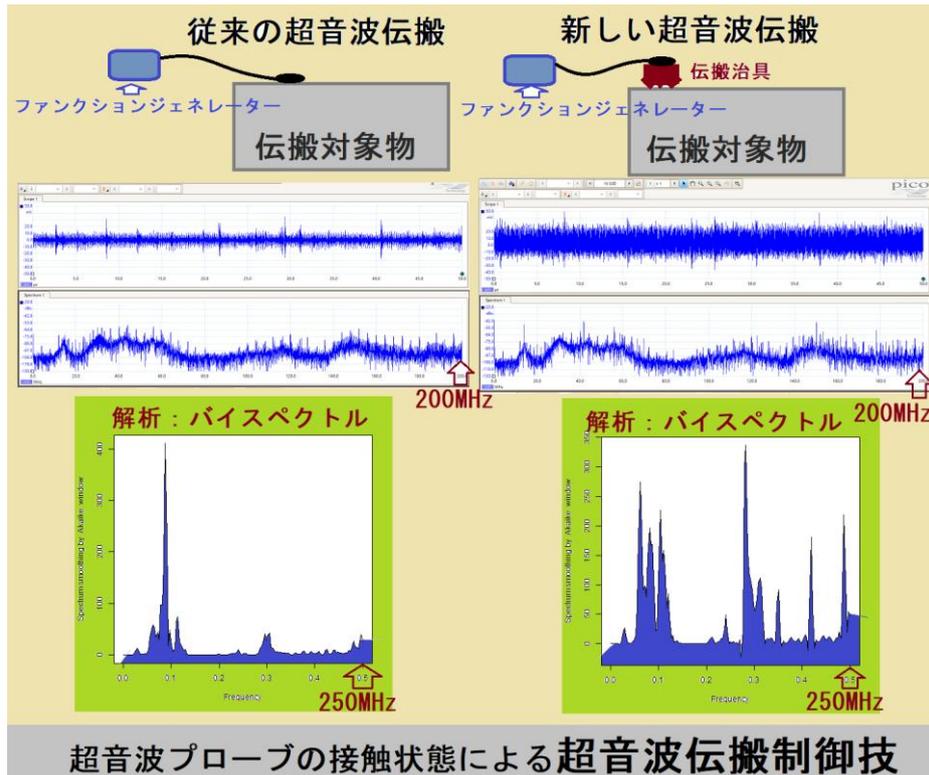
<http://ultrasonic-labo.com/?p=17633>

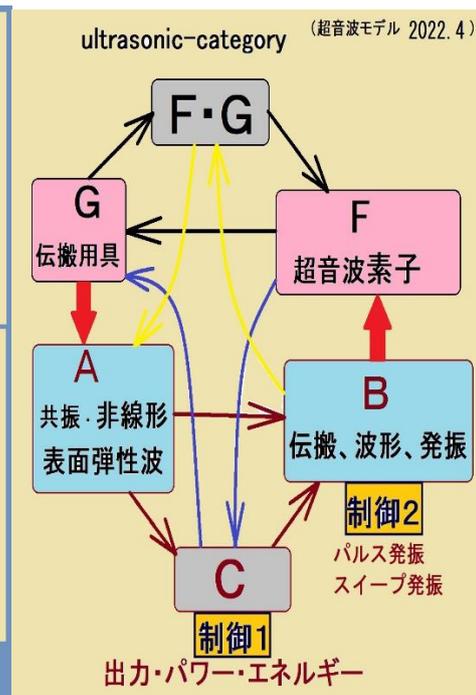
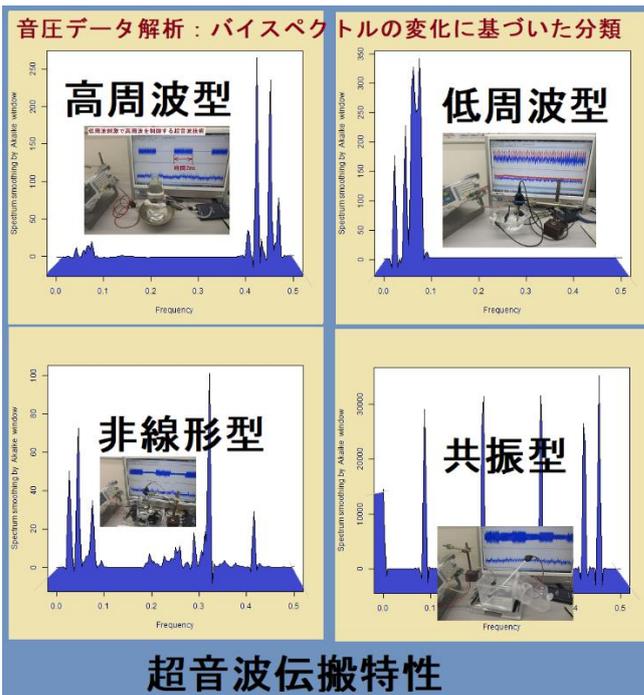
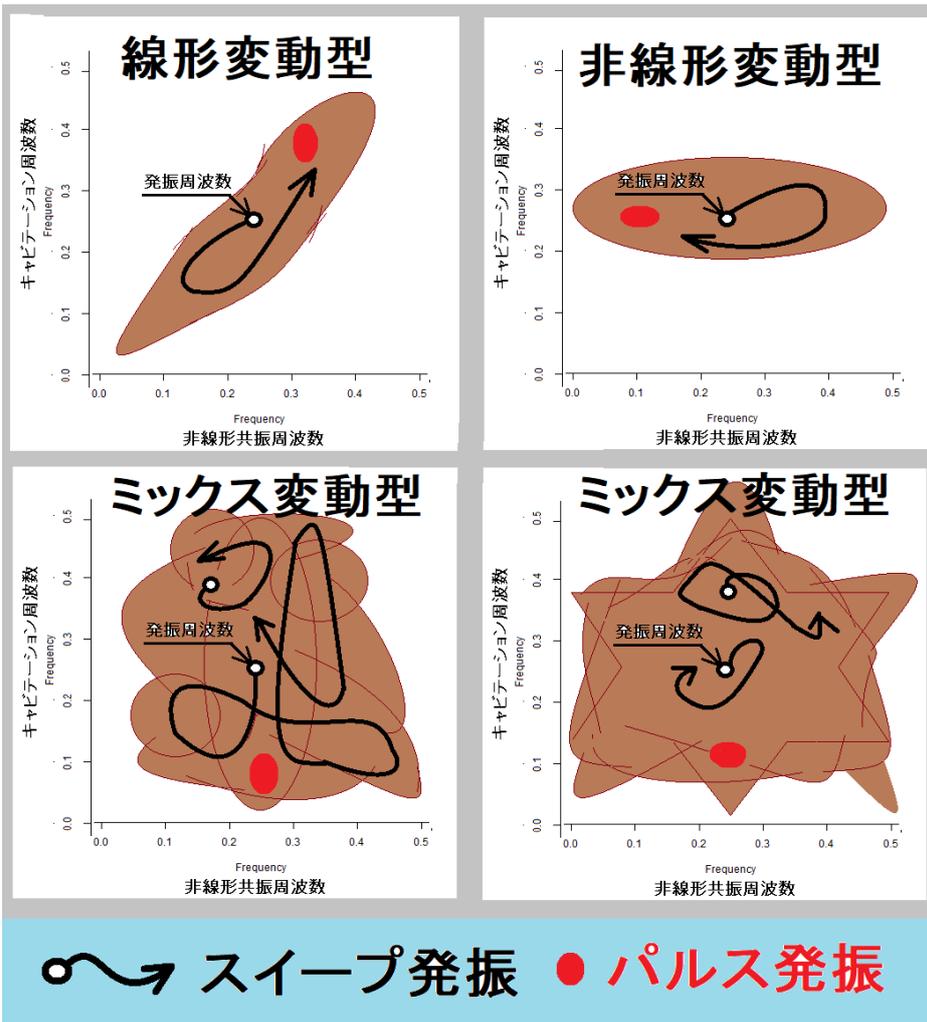
超音波発振（スイープ発振、パルス発振）システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17535>

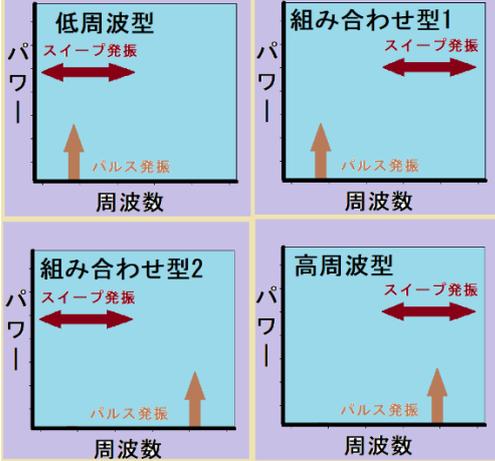
超音波プローブによる、スイープ発振システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1690>



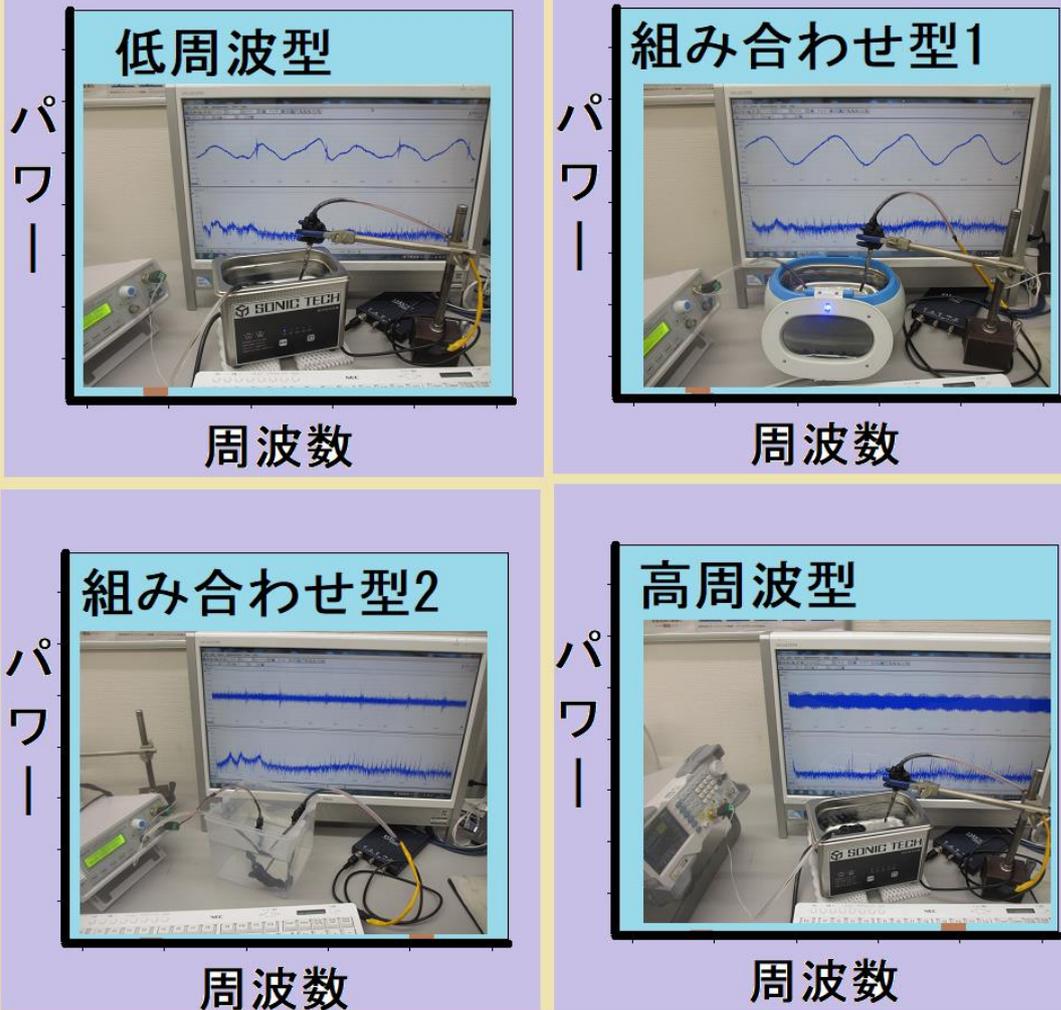


超音波の非線形現象をコントロールする技術



スイープ発振とパルス発振の分類

超音波の非線形現象をコントロールする技術

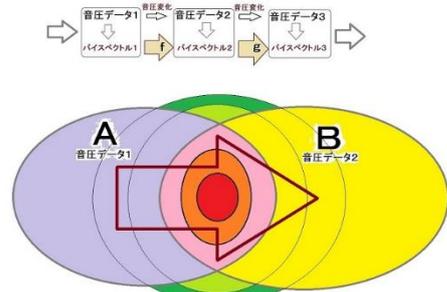
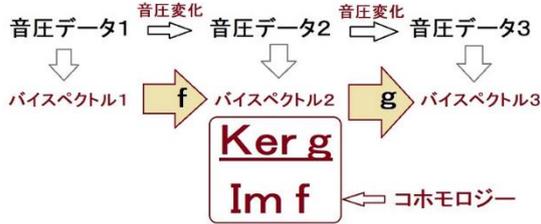


スイープ発振とパルス発振の分類

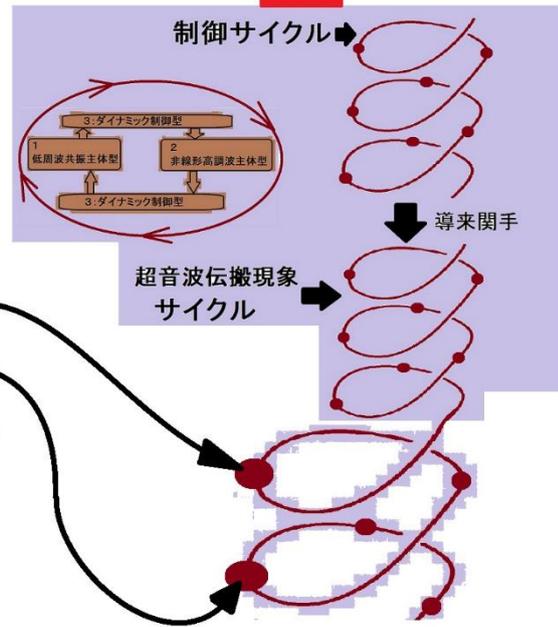
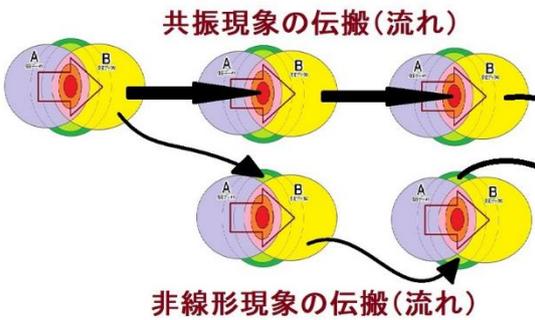
<超音波の抽象代数モデル>

超音波システム研究所
2023. 12. 5

核(kernel)
像(image)



AからBが層の**カテゴリー**であれば、
線形現象・共振現象により**低調波**が発生する
AからBが層の**カテゴリー**にならない**前層**のカテゴリーであれば
非線形現象の発生により**高調波**が発生する



GAN :
敵対的生成ネットワーク

