

シャノンのジャグリング定理を応用した

「メガヘルツの超音波制御」方法 Ver2

2024.8.12 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について、バースペクトル解析結果による、超音波伝搬現象に関する分類方法に基づいた、

シャノンのジャグリング定理の応用技術を開発しました。

具体的には、オリジナル製品：超音波発振制御システムによる

「メガヘルツ超音波の発振制御方法」を開発しました

この技術を、コンサルティング提案・実施対応しています。

超音波伝搬現象を、安定して効率よく利用するためには

超音波の伝搬特性として、超音波の発振機器や超音波振動子以外の条件に関する応答特性・相互作用の検討や専用治工具の開発も必要です

超音波の発振波形や発振制御条件を検討することで

新しい超音波の効果（注1：オリジナル非線形共振現象）を発見できます

非線形現象を主要因とした、超音波現象を目的に合わせて利用することで

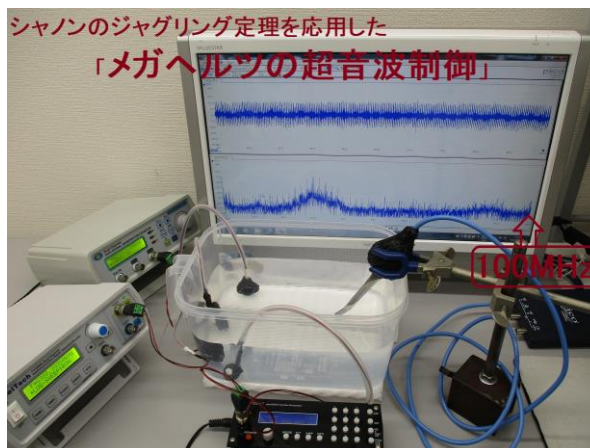
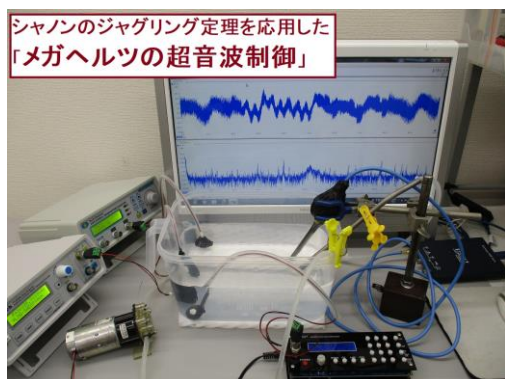
効率の高い超音波利用が実現します

特に、ナノレベルの超音波技術（攪拌、洗浄、・・・）での実績が増えています

注1：オリジナル非線形共振現象

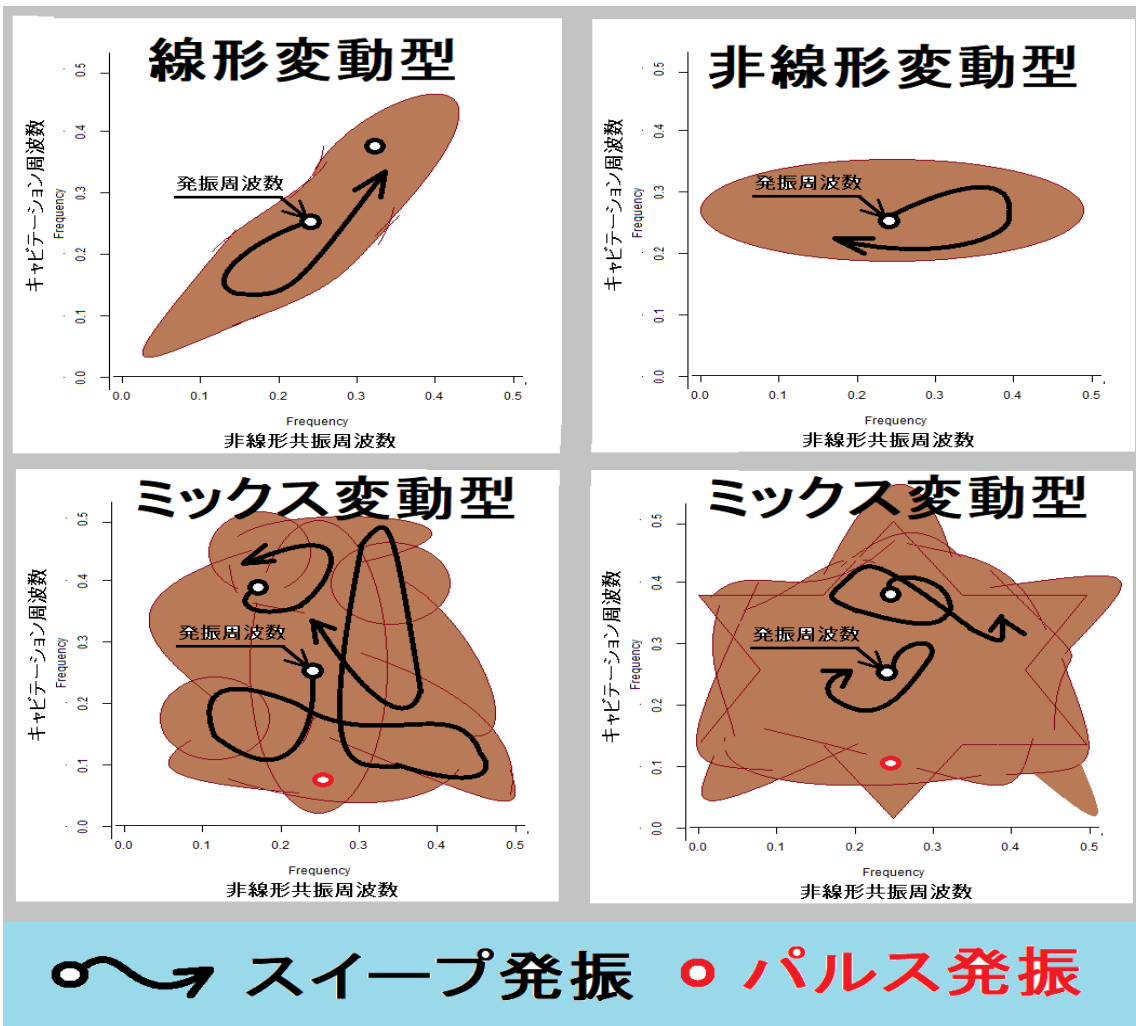
オリジナル発振制御により発生する高調波の発生を

共振現象により高い振幅に実現させたことで起こる超音波振動の共振現象



<制御について>

各種データの時系列変化の様子を解析・評価して、
時間で移動するボールのジャグリング状態に相当する
超音波伝搬現象の「サイクル」と、「影響範囲」について
超音波伝搬現象の分類（線形型、非線形型、ミックス型、変動型）から
変動型のダイナミック制御として論理モデルを構成します



この論理モデルからボールN個のジャグリング状態を設定して制御を行い、
音圧測定解析により、非線形現象（バイスペクトル）の調整を行うと、
システムの状態に適した制御が実現し、効率の高い超音波システムとなります

<< シャノンのジャグリング定理の応用 >>

注：JUGGLING THEOREM proposed by Claude E. Shannon

シャノンのジャグリング定理

$$(F + D) * H = (V + D) * N$$

F : ボールの滞空時間 (Flight time)

D : 手中にある時間 (Dwelling time)

H : 手の数 (Hands)

V : 手が空っぽの時間 (Vacant time)

N : ボールの数 (Number of balls)

<< 応用 >>

$$(F + F2 + \dots) * H = (V + V2 + \dots) * N$$

F : ベースとなる超音波1の発振比率

F2 : ベースとなる超音波2の発振比率

F3 : ベースとなる超音波3の発振比率

H : 基本時間 (最大制御サイクル時間)

(H=MAX(超音波1の発振サイクル、超音波2の発振サイクル・・))

V : 超音波プローブ1によるメガヘルツ発振サイクル時間

V2 : 超音波プローブ2によるメガヘルツ発振サイクル時間

V3 : 超音波プローブ3によるメガヘルツ発振サイクル時間

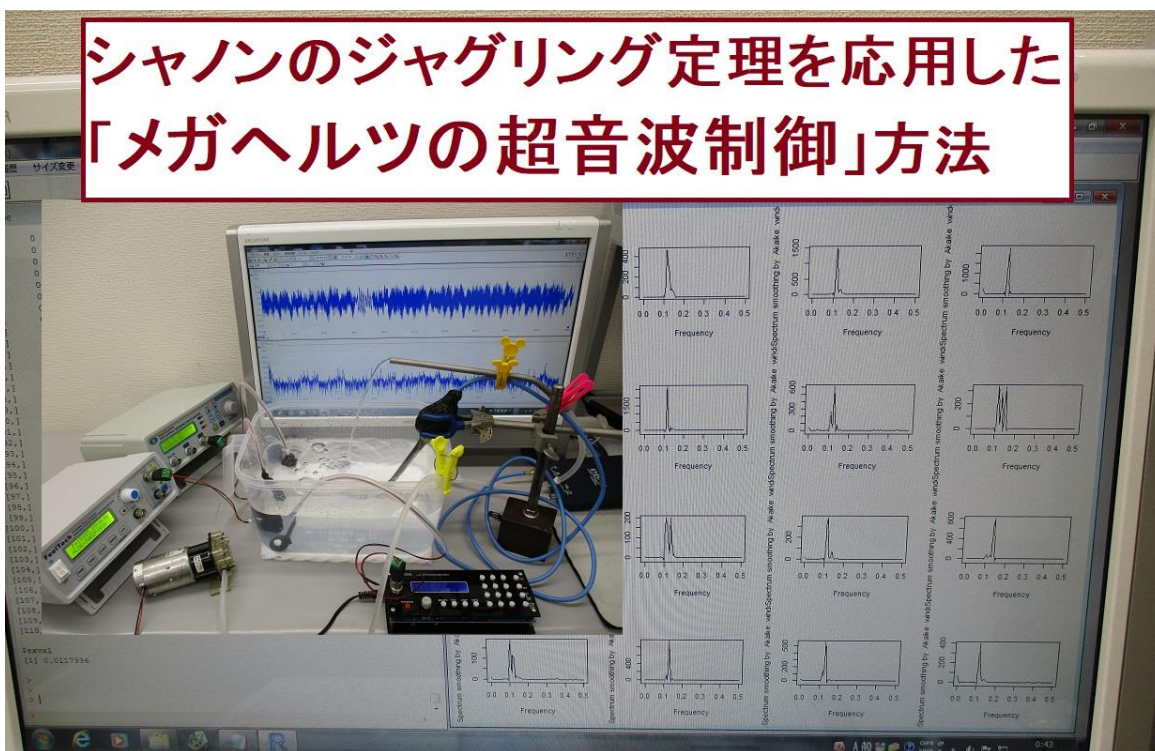
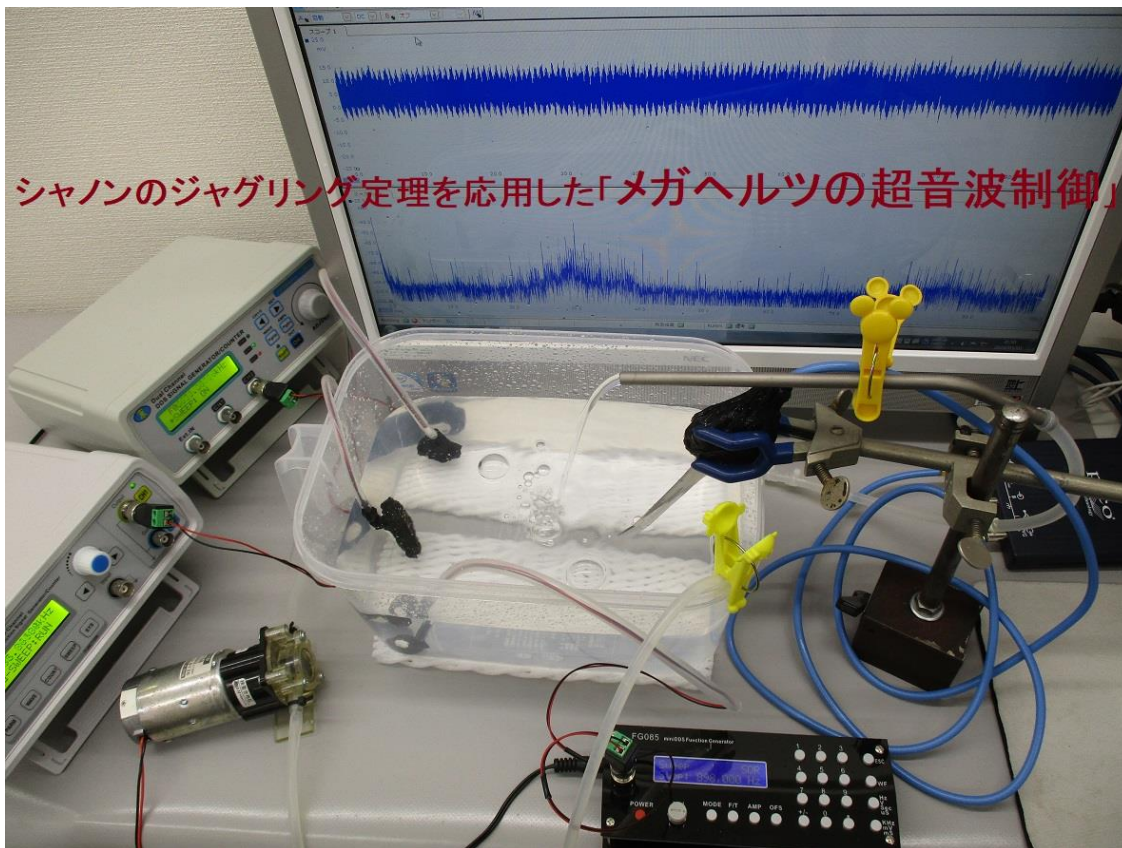
V4 : 超音波プローブ4によるメガヘルツ発振サイクル時間

(パルス発振の場合、サイクル時間=1)

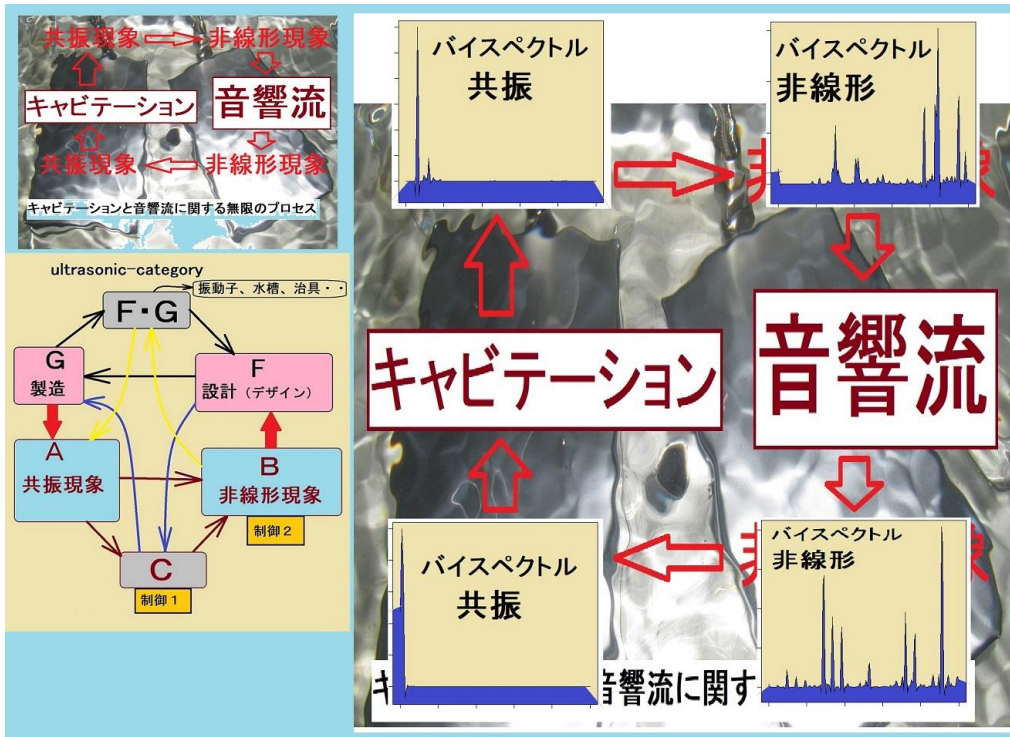
N : 高調波の調整パラメータ 7,11,13,17,23,43,47, . . .

ポイント (ノウハウ) は、非線形現象の発生状態を

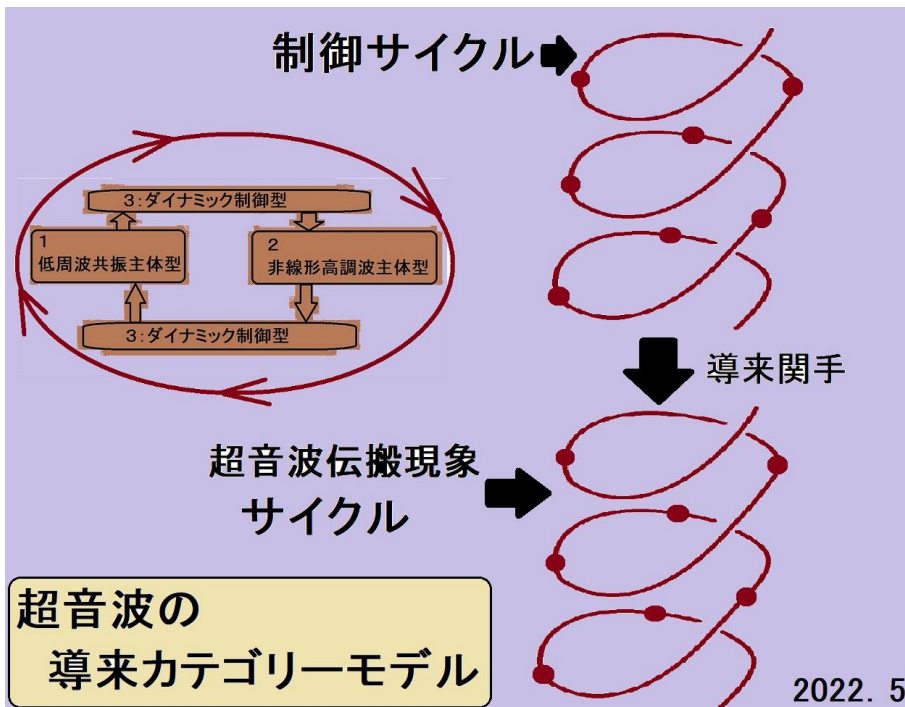
音圧データの測定解析評価に基づいて、コントロールすることです。

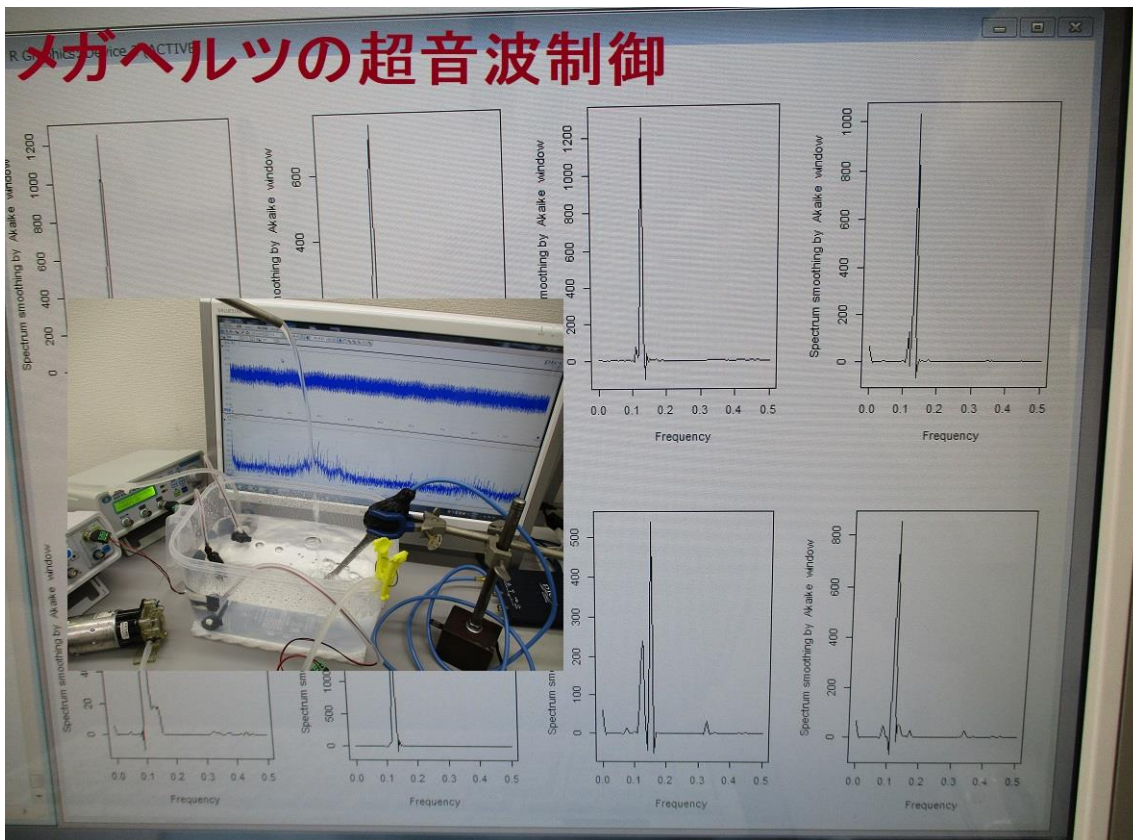
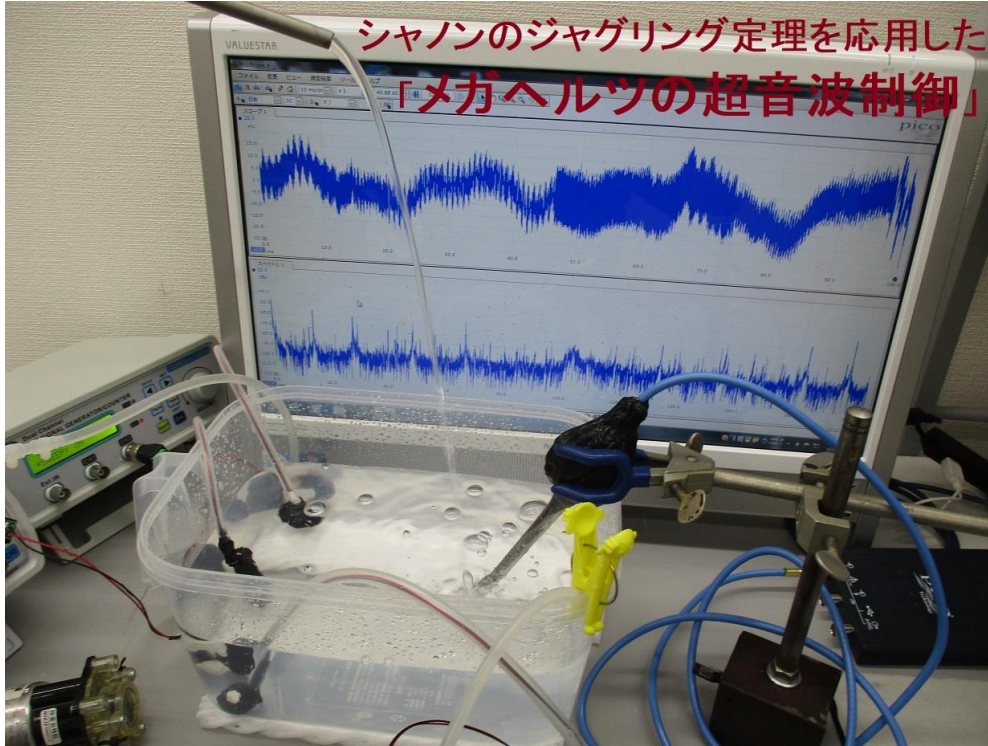


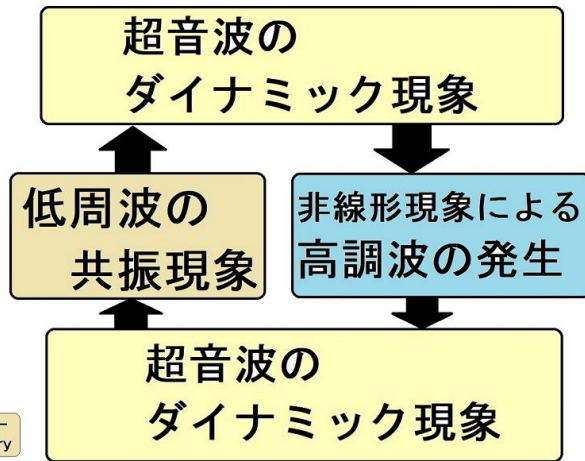
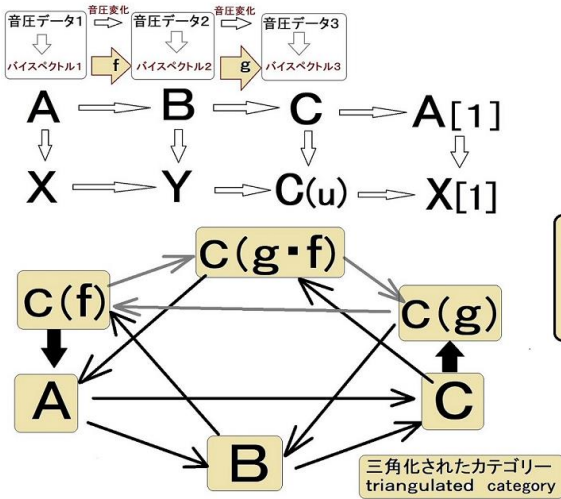
非線形現象のサイクル



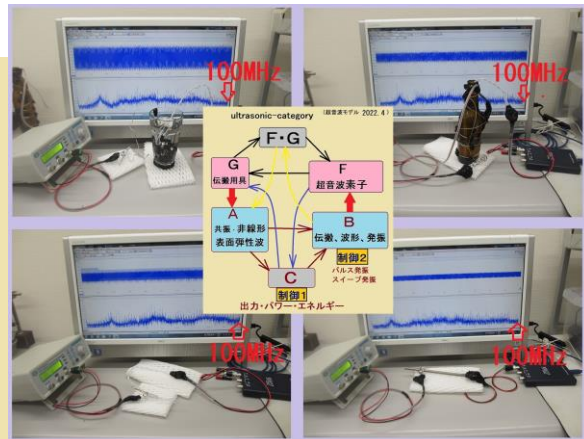
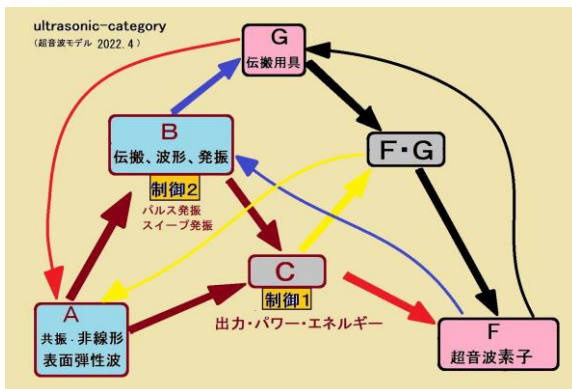
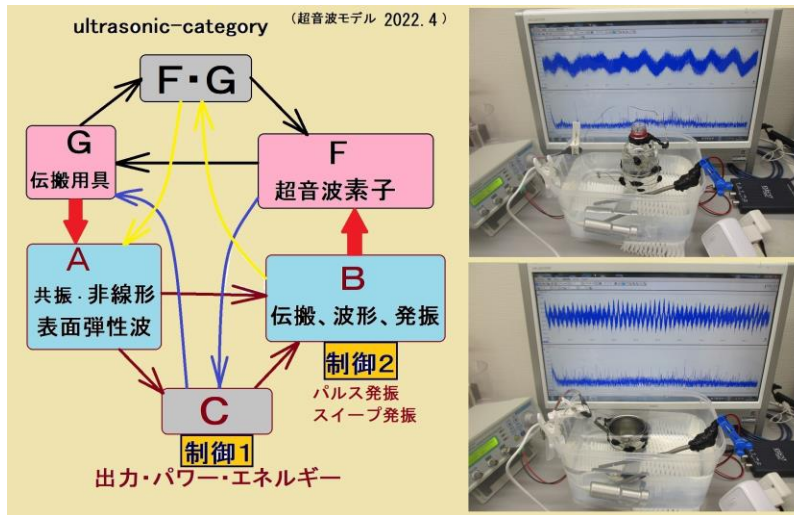
超音波伝搬現象のサイクル



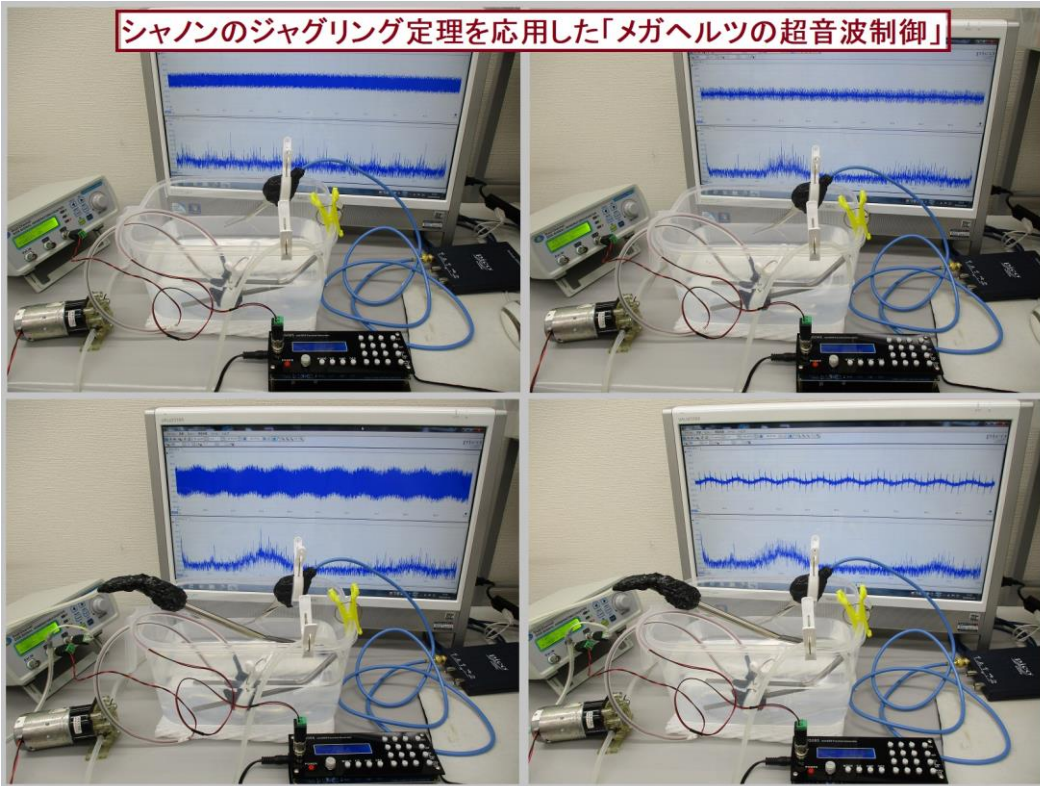




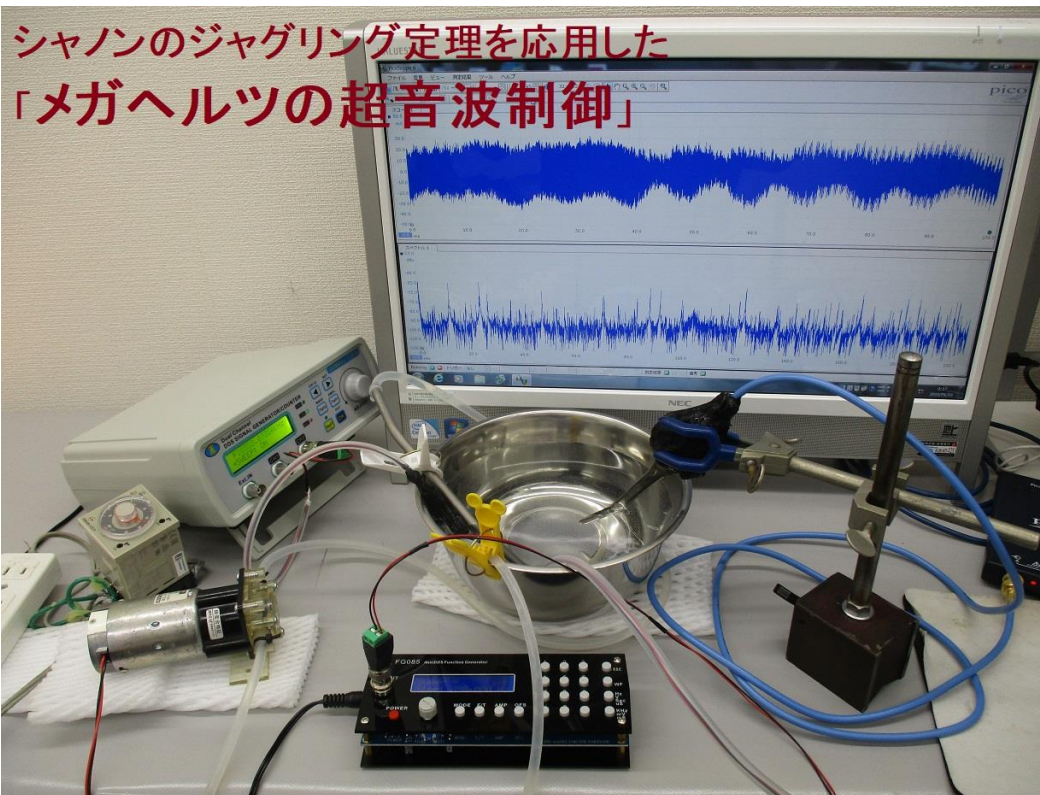
超音波のダイナミック制御



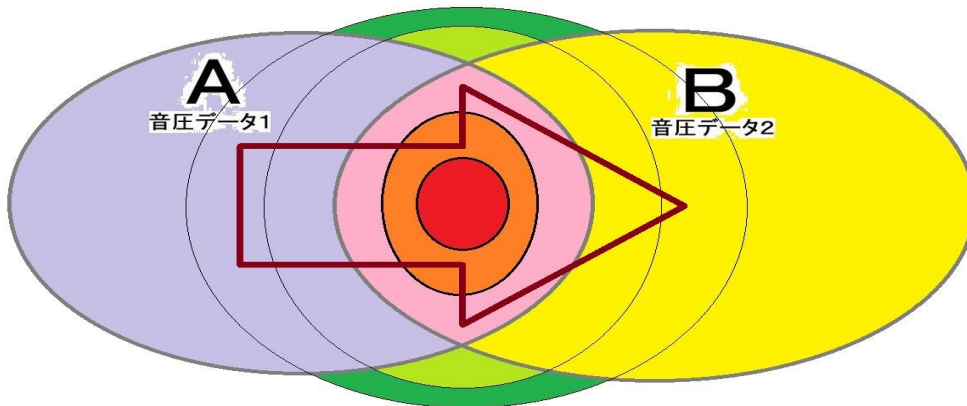
シャノンのジャグリング定理を応用した「メガヘルツの超音波制御」



シャノンのジャグリング定理を応用した
「メガヘルツの超音波制御」



非線形現象の分岐サイクル



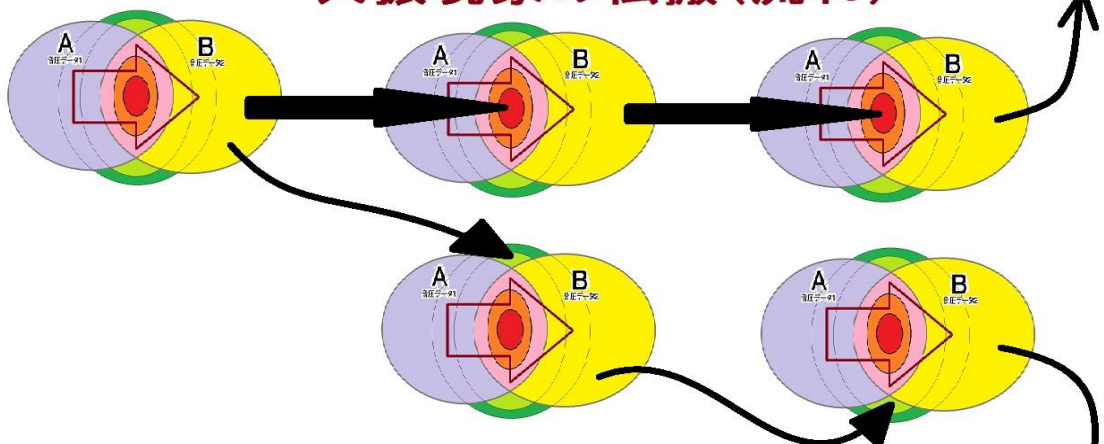
AからBが層の**層**の**カテゴリー**であれば、

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**層**の**カテゴリー**にならない**前層**の**カテゴリー**であれば

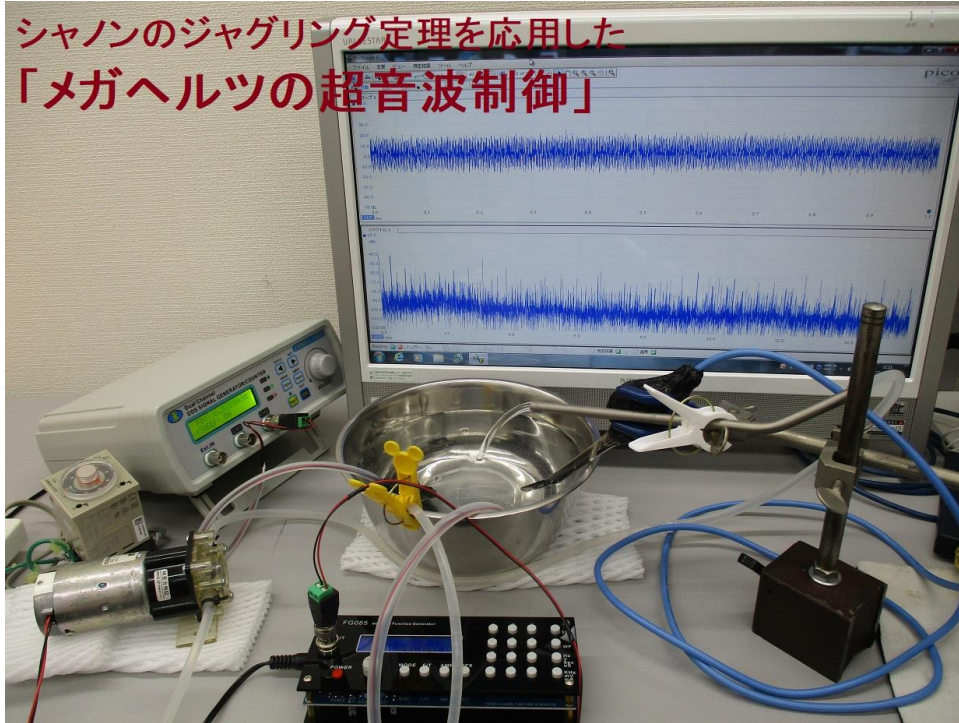
非線形現象の発生により**高調波が発生する**

共振現象の伝搬(流れ)

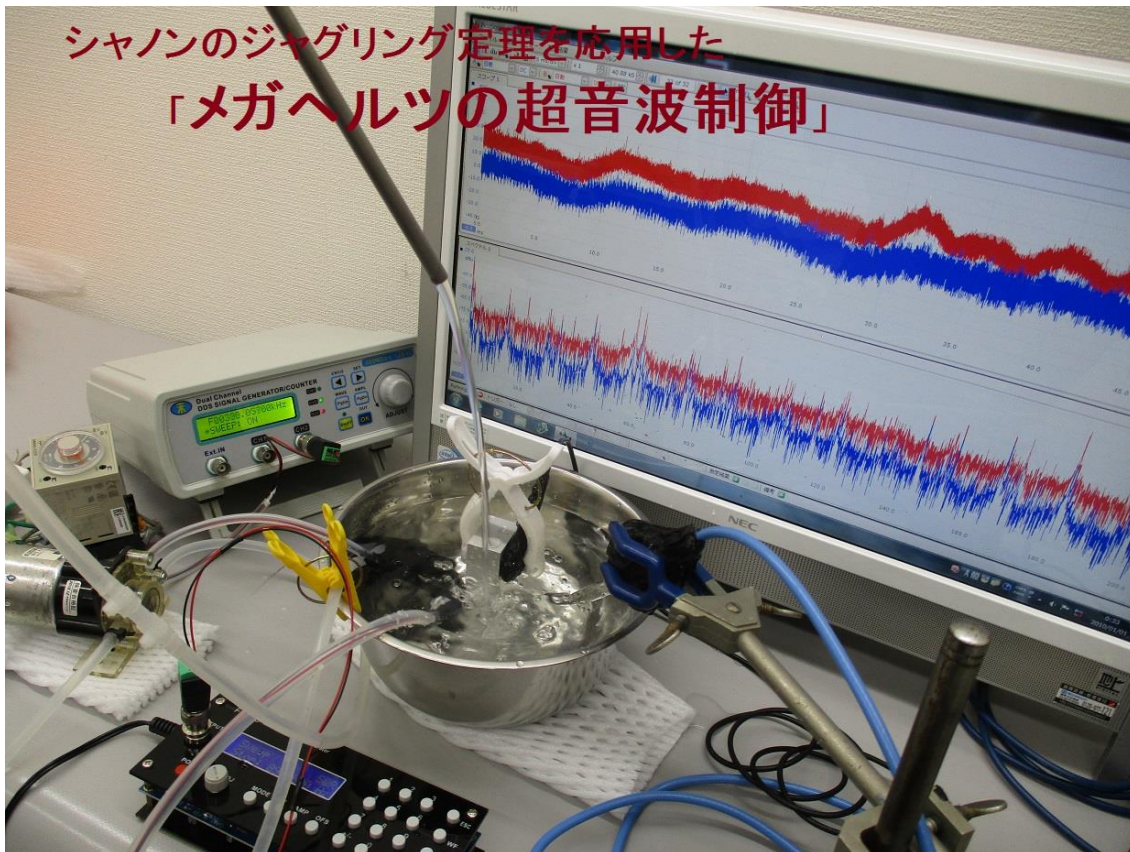


非線形現象の伝搬(流れ)

シャノンのジャグリング定理を応用した
「メガヘルツの超音波制御」



シャノンのジャグリング定理を応用した
「メガヘルツの超音波制御」



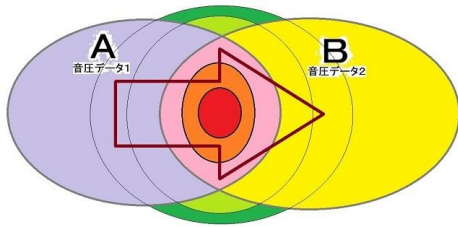
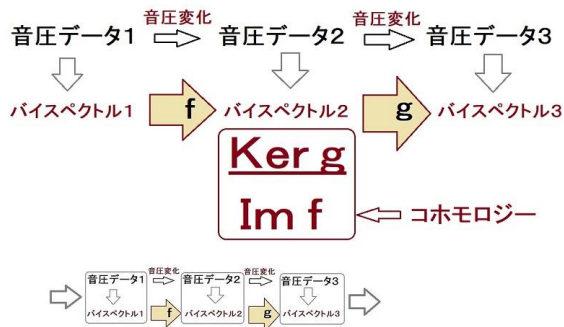
シャノンのジャグリング定理を応用

時間で移動するボールのジャグリング状態に相当する
超音波伝搬現象の「サイクル・分岐・影響範囲」

<超音波の抽象代数モデル>

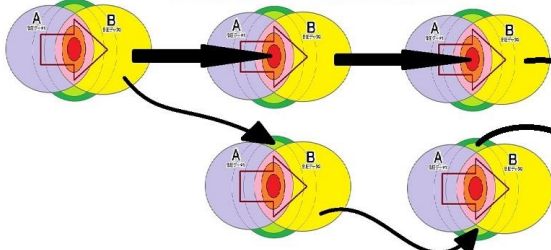
超音波システム研究所
2023. 12. 5

核(kernel)
像(image)

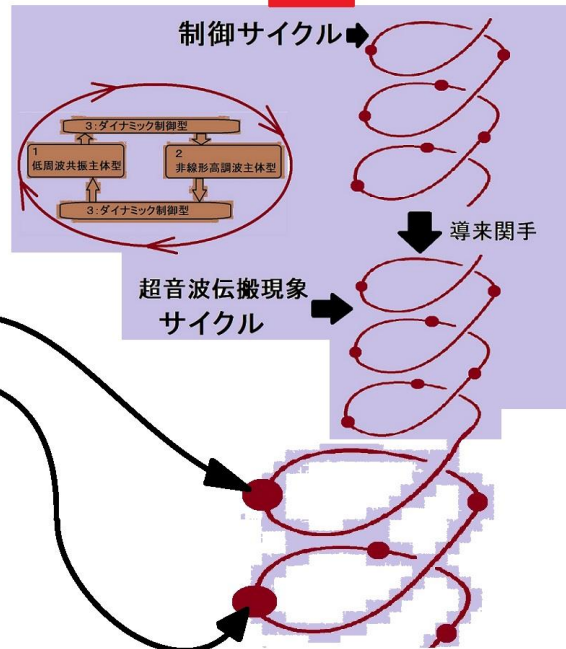
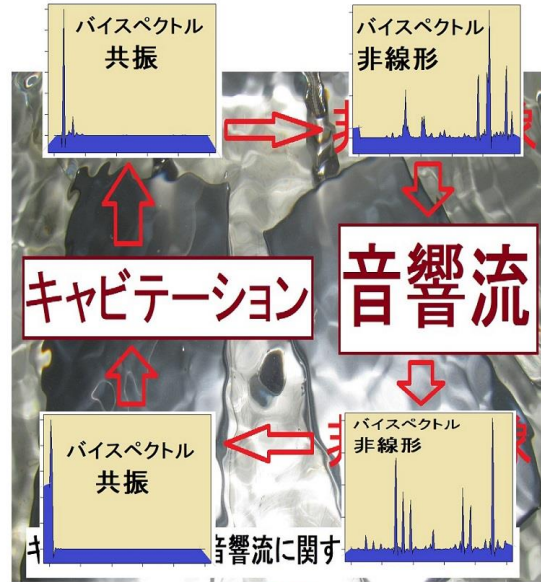


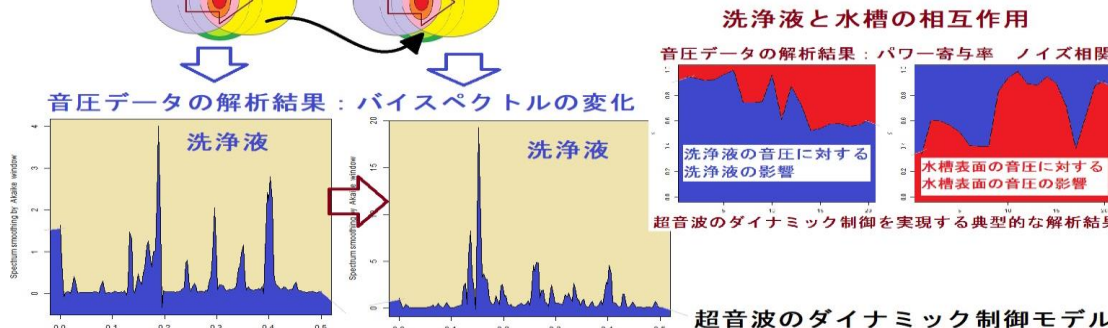
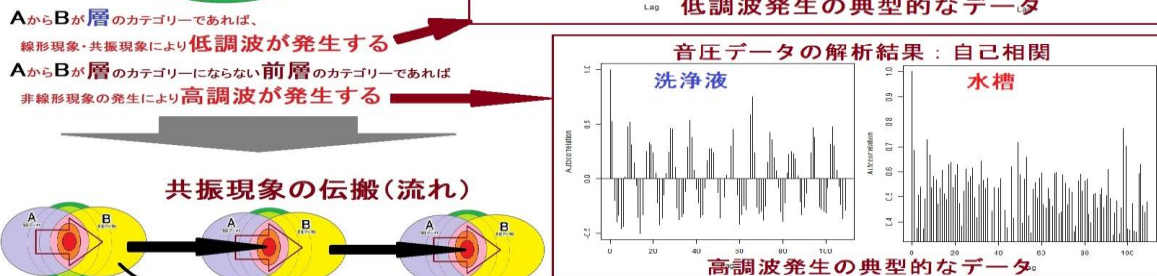
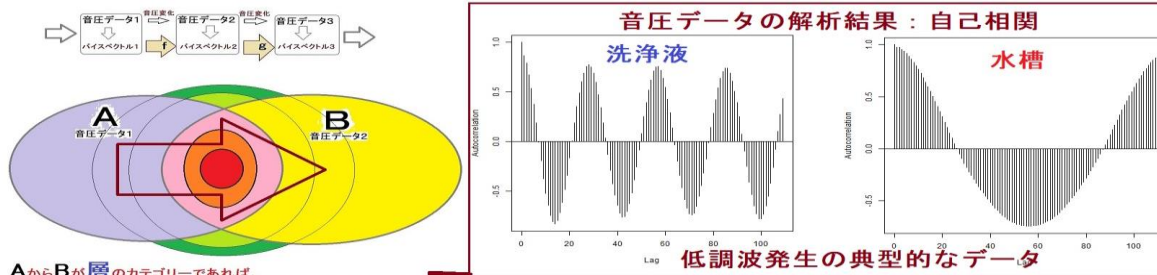
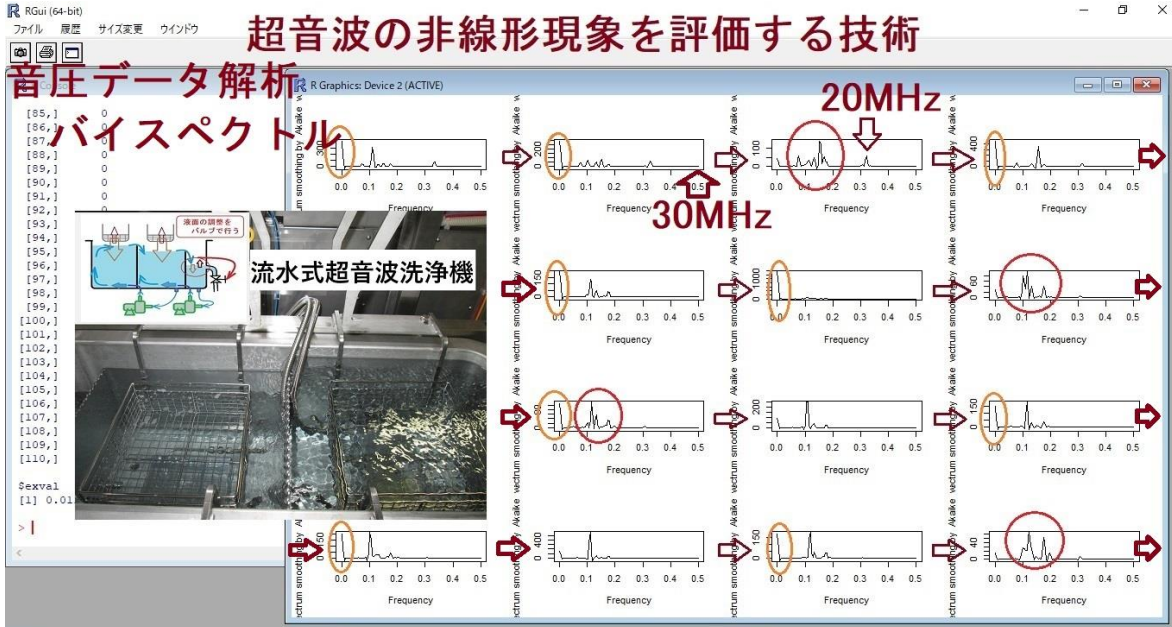
AからBが層の категорияであれば、
線形現象・共振現象により低調波が発生する
AからBが層の categoriaにならない前層の categoriaであれば
非線形現象の発生により高調波が発生する

共振現象の伝搬(流れ)



非線形現象の伝搬(流れ)



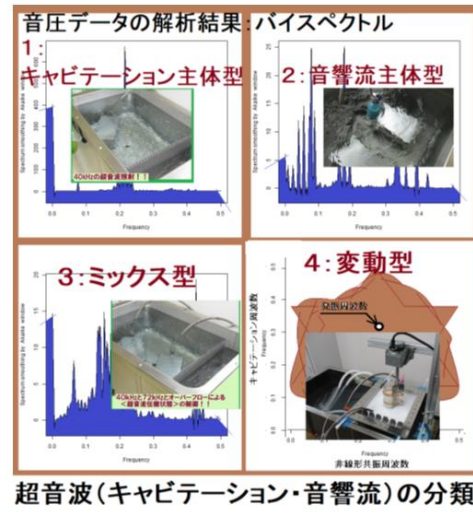
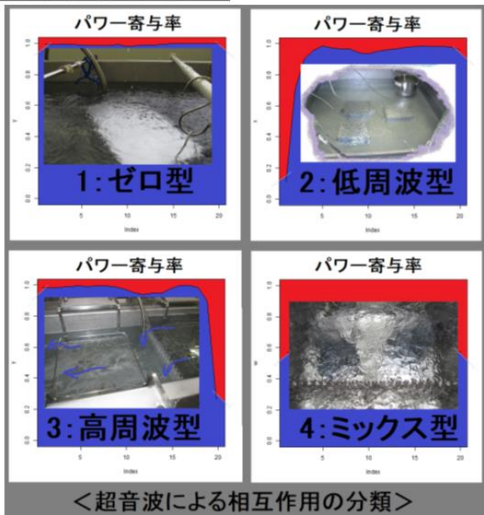
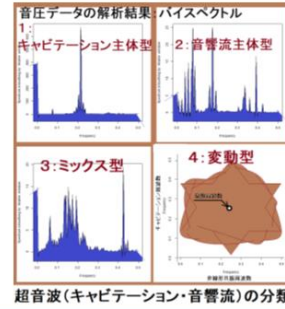
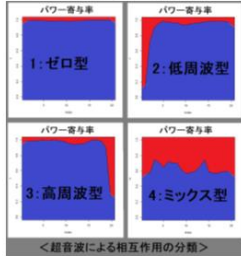


非線形現象の伝搬(流れ)

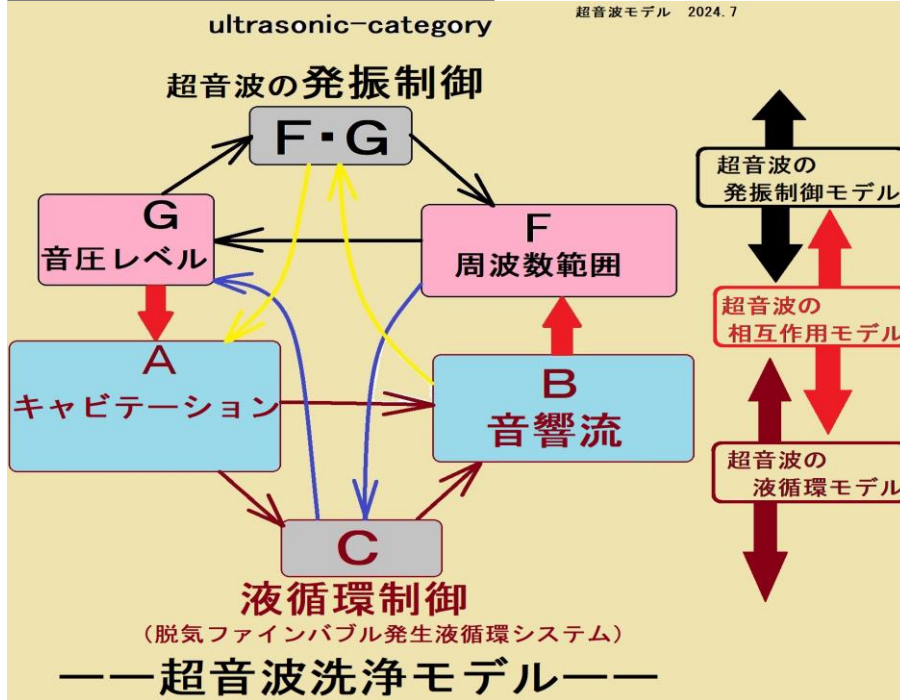
超音波のダイナミック制御モデル
2024. 6. 16 超音波システム研究所

まとめ

音圧測定・解析に基づいた、超音波の分類



超音波モデル 2024.7



興味のある方はメールでお問い合わせ下さい

超音波システム研究所 メールアドレス info@ultrasonic-labo.com

参考

超音波発振システム (20MHz)

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

超音波洗浄器 (水槽表面) の表面残留応力緩和・均一化処理

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

超音波の音圧測定解析システム「超音波テスターNA」

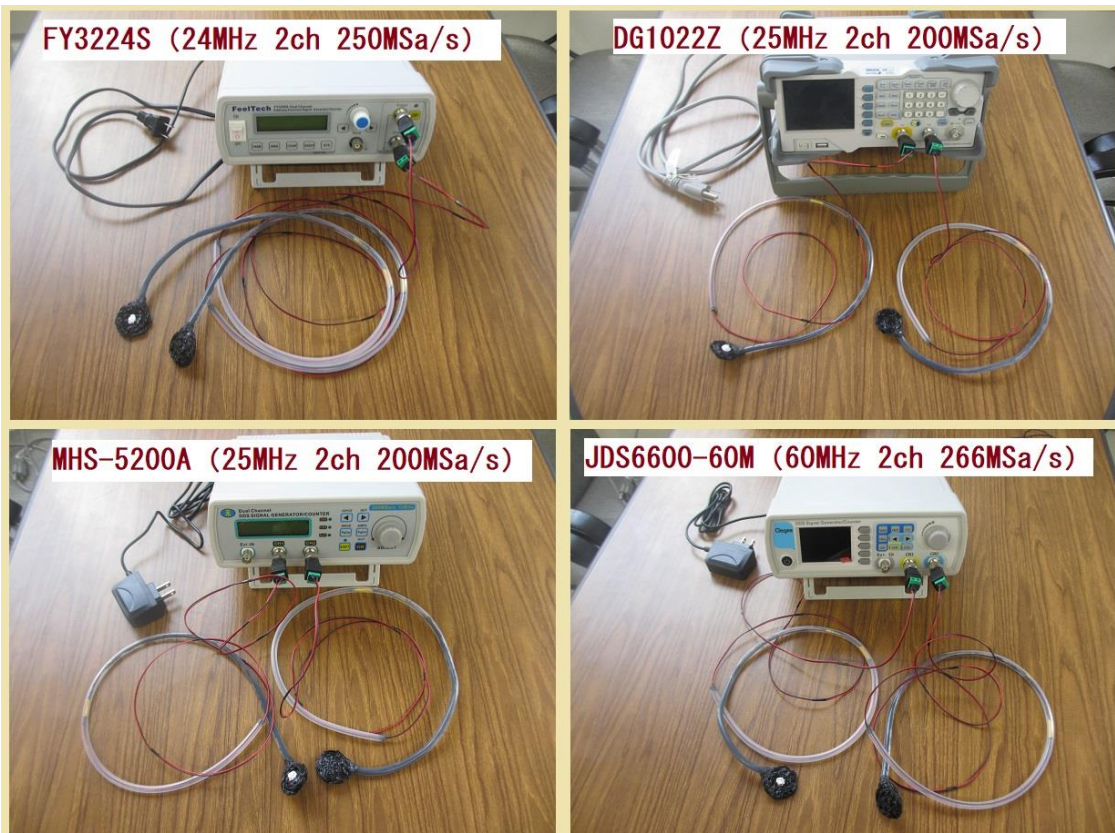
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>

超音波洗浄に関する非線形制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1497>

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>



超音波発振システム