

超音波のダイナミック制御事例

2021. 4. 10 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析技術を応用した、
「超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術」を利用して
超音波利用に関するコンサルティング対応を行っています。

超音波テスターを利用したこれまでの

計測・解析・結果（注）を時系列に整理することで
目的に適した超音波の状態を示す
新しい評価基準（パラメータ）を設定・確認します。

注：

非線形特性（音響流のダイナミック特性）
応答特性
ゆらぎの特性
相互作用による影響

統計数理の考え方を参考に

対象物の音響特性・表面弾性波を考慮した
オリジナル測定・解析手法を開発することで
振動現象に関する、詳細な各種効果の関係性について
新しい理解を深めています。

その結果、

超音波の伝搬状態と対象物の表面について
新しい非線形パラメータが大変有効である事例による
実績が増えています。

特に、洗浄・加工・表面処理効果に関する評価事例・・・

良好な確認に基づいた、制御・改善・・・が実現します。

<統計的な考え方について>

統計数理には、抽象的な性格と具体的な性格の二面があり、
具体的なものとの接触を通じて
抽象的な考えあるいは方法が発展させられていく、
これが統計数理の特質である

<< 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
超音波振動現象の応答特性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。

注：解析には下記ツールを利用します

注：OML (Open Market License)

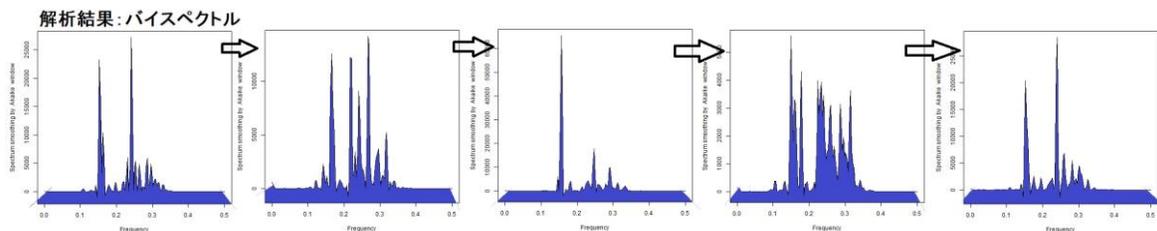
<https://www.ism.ac.jp/ismlib/jpn/ismlib/license.html>

注：TIMSAC (TIME Series Analysis and Control program)

<https://jasp.ism.ac.jp/ism/timsac/>

注：「R」フリーな統計処理言語かつ環境

<https://cran.ism.ac.jp/>



<< 音圧測定・解析 >>

音圧解析の初歩

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/f98bae783ad048328016cdd7293e365a.pdf>

超音波技術 (R 言語)

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/4e8bd13014b40d79f1ccb1f5bad9a249.pdf>

非線形解析 (パイスペクトル解析) 操作手順書

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/e6c5ed91e8b9414fe04c7d2f49126d5a.pdf>

超音波の音圧測定解析データ

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/6a0ec3b188e1337a2e724df9ea319fbf.pdf>

応答特性の解析操作

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/e73fd98084303b245a10acc030122f13.pdf>

<<参考>>

音圧計見積もり資料 20190930

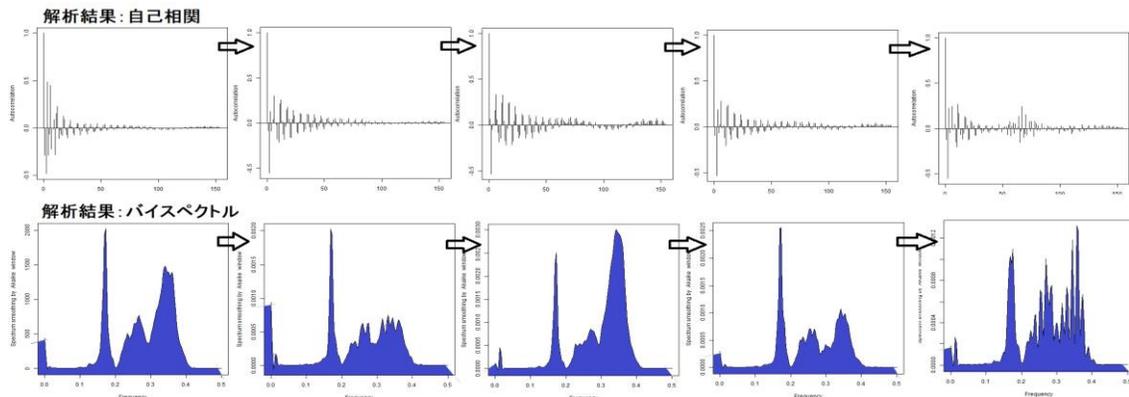
<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/1d3ed28f158a77e2811b41c99bc8c7f6.pdf>

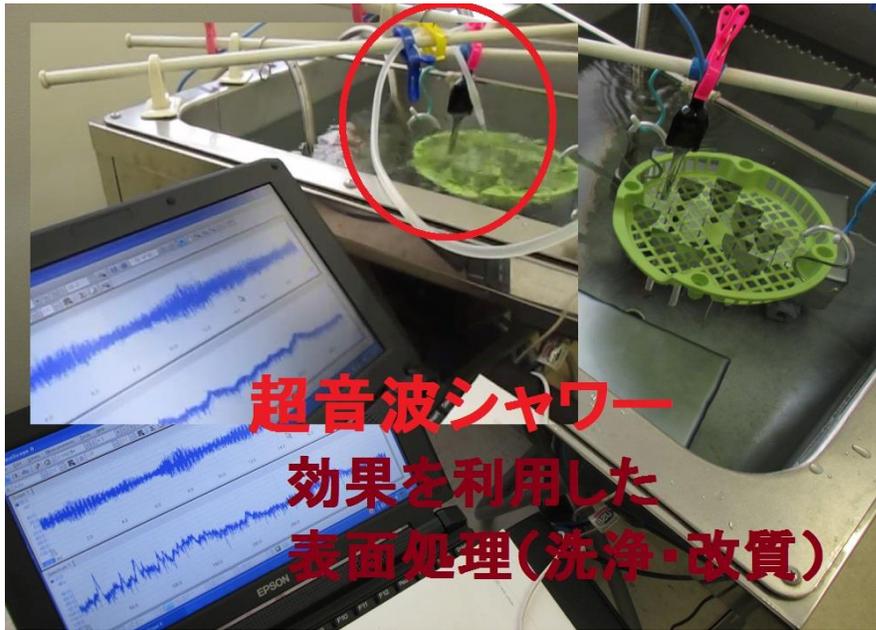
SSP 仕様書 verNA40 抜粋

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/e38cc1cf12893769f473033b9b703a5f.pdf>

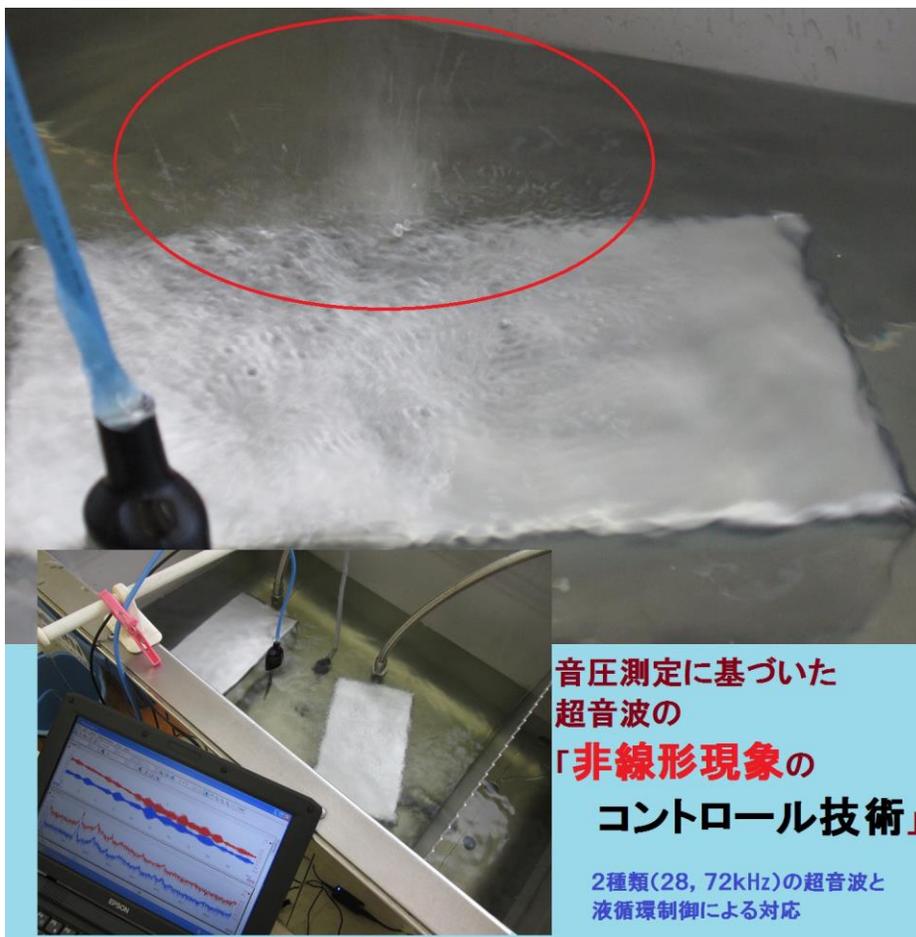
超音波発振プローブ (タイプ RA1) 仕様書

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/4c9100118b9aa86086e88491ad35c228.pdf>





**超音波シャワー
効果を利用した
表面処理(洗浄・改質)**



音圧測定に基づいた
超音波の
「**非線形現象の
コントロール技術**」

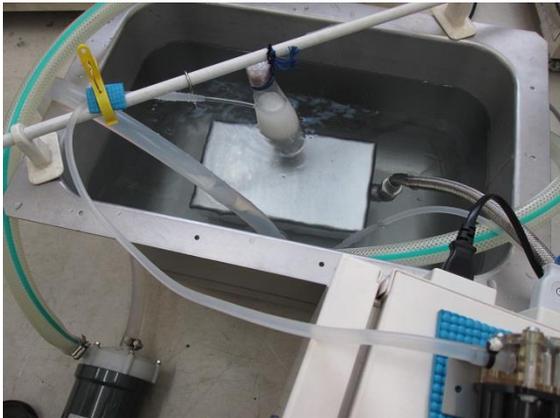
2種類(28, 72kHz)の超音波と
液循環制御による対応

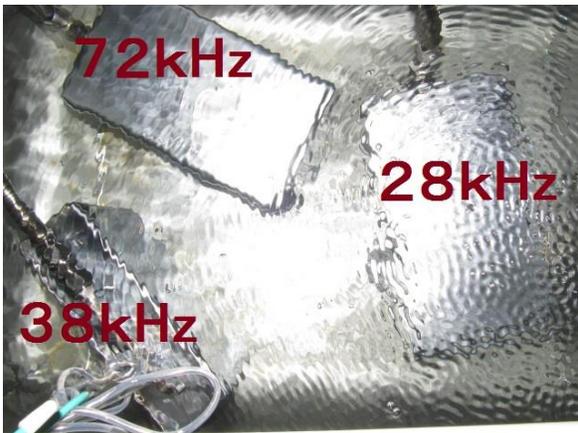


<超音波のダイナミックシステム>



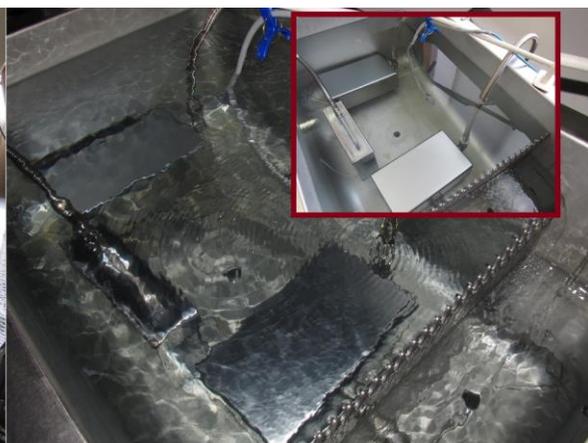
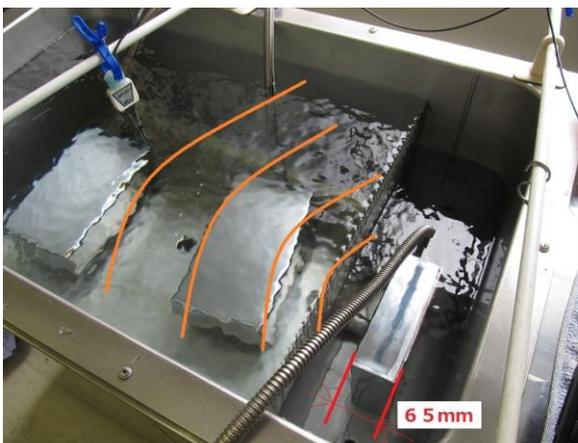
キャビテーションの観察





3種類の超音波照射

超音波の非線形現象



アイデア

オーバーフロー水槽に追加セット (効果的です)

超音波の出力制御（マイクロバブルの効果）

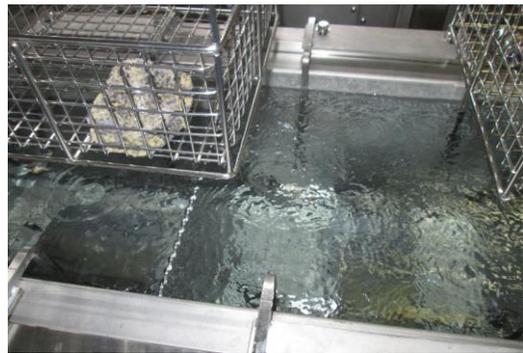
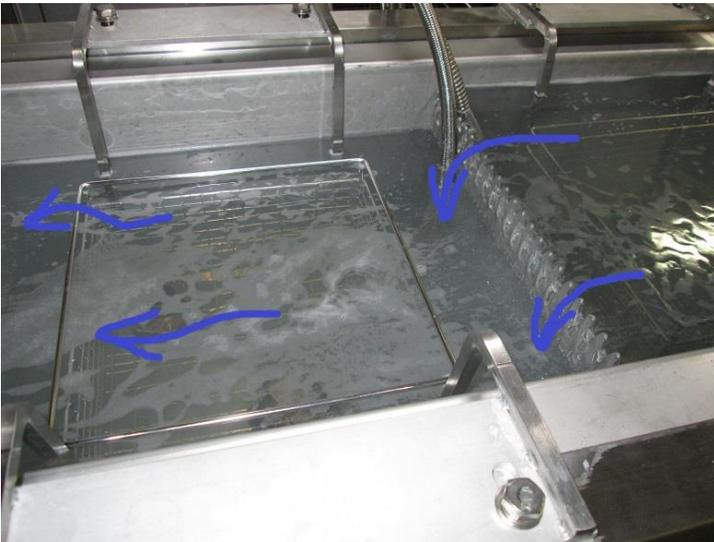
出力:20W

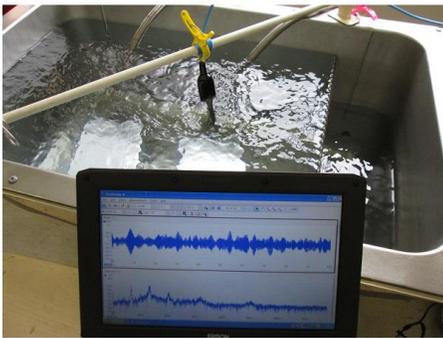
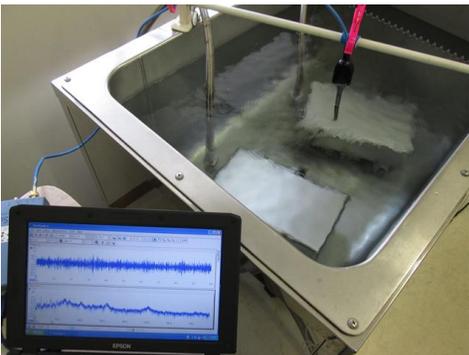
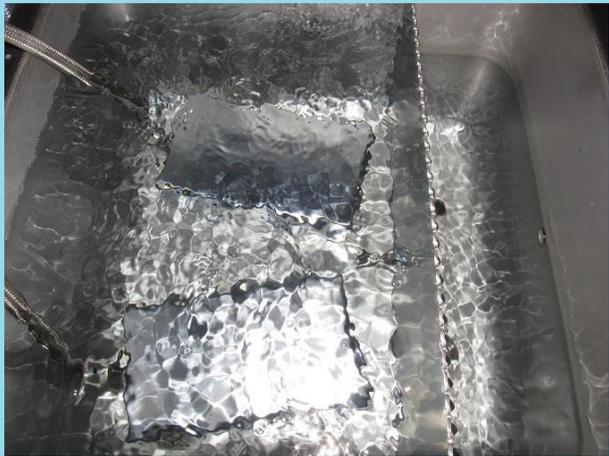
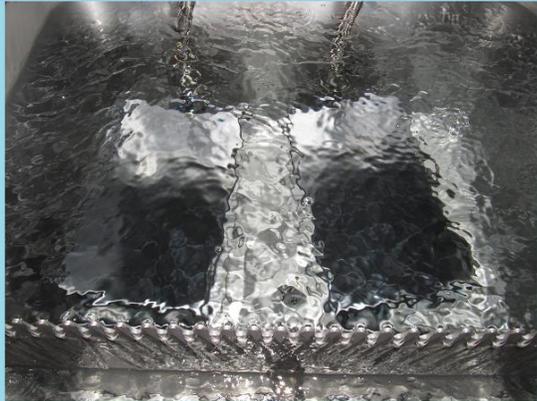
出力:120W

出力:210W

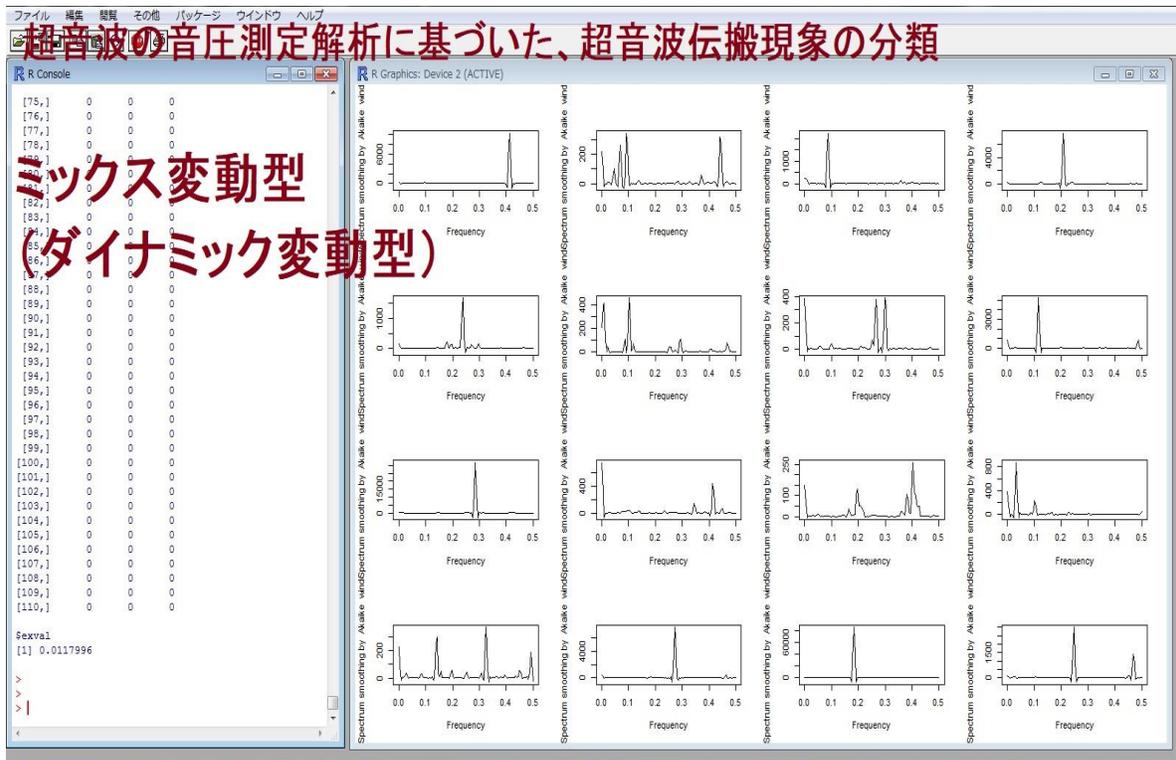
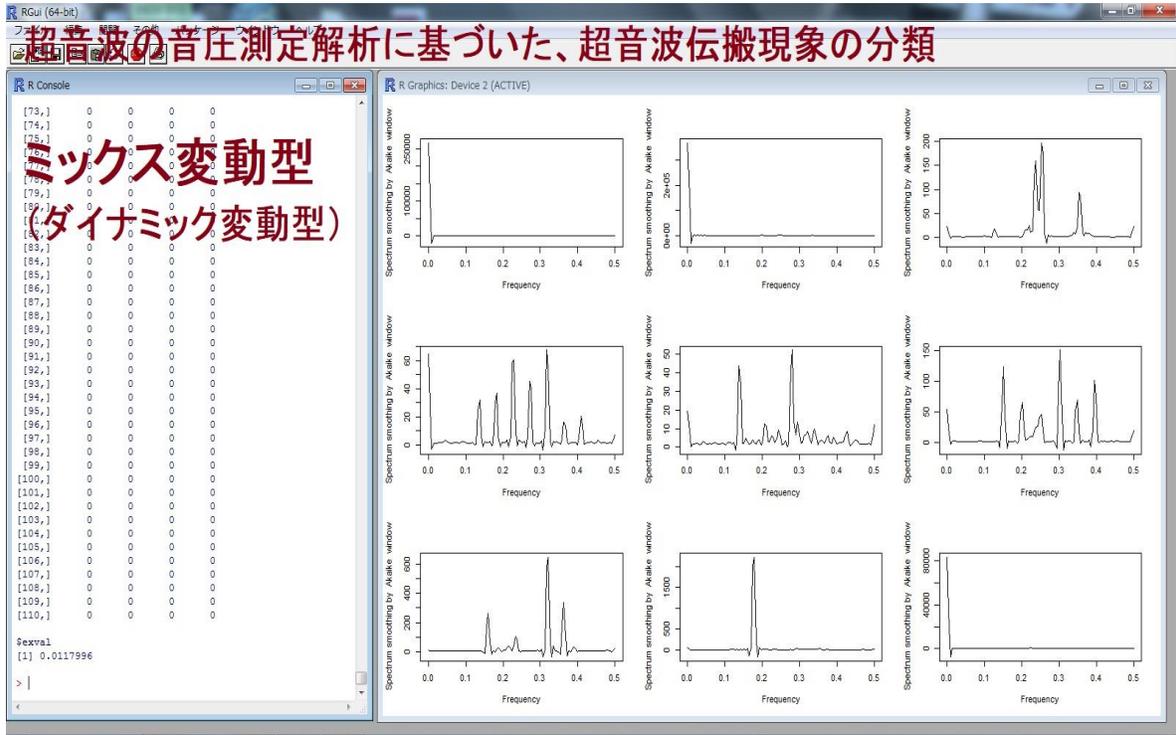
超音波システム研究所

超音波の出力制御！
均一な超音波照射技術による

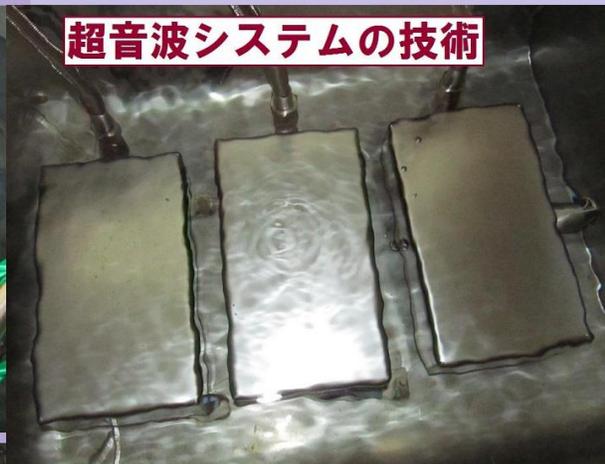




音圧データの解析結果：バースペクトルの変化



最適化：水槽・超音波・液循環（流水の利用技術）



超音波システムの技術



**<超音波>を利用した
*洗浄*表面改質*技術**

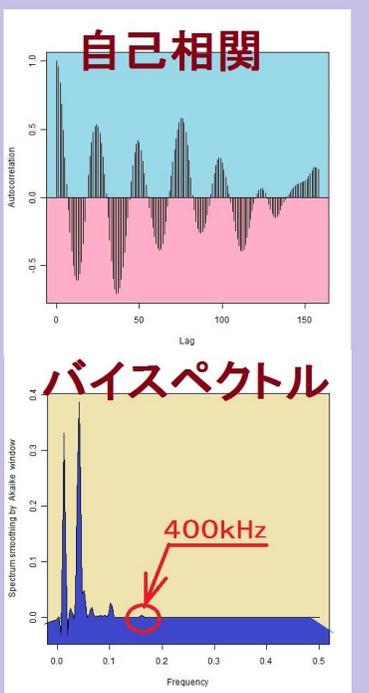
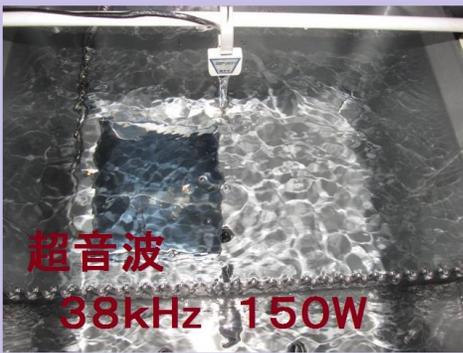
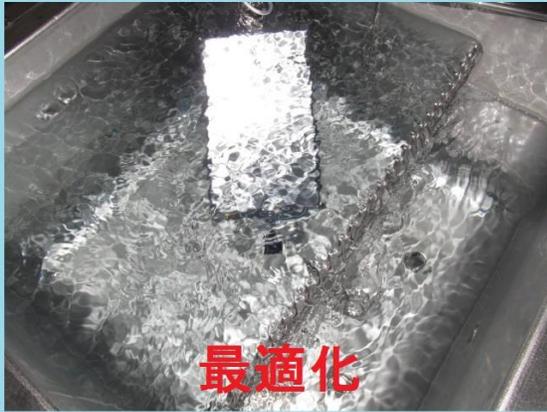
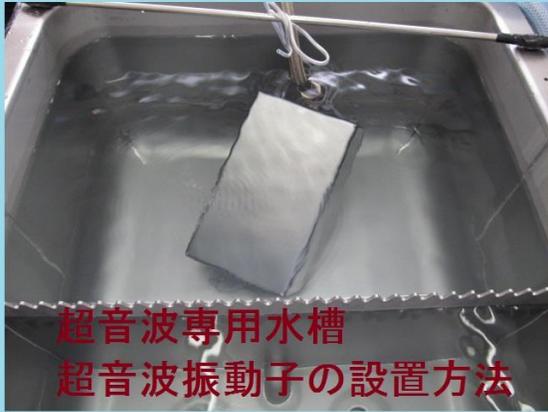
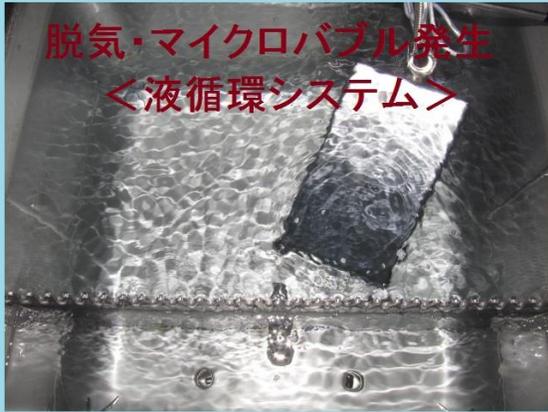
超音波（定在波）の制御技術

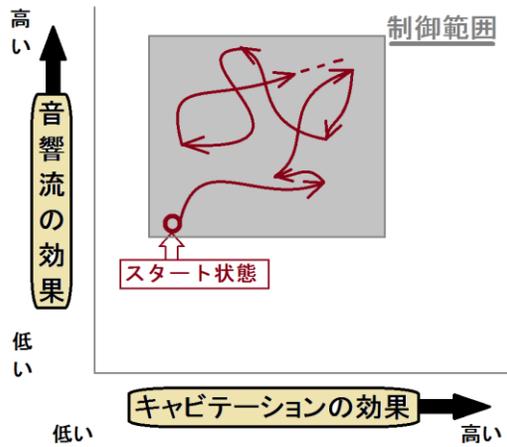


超音波：ON

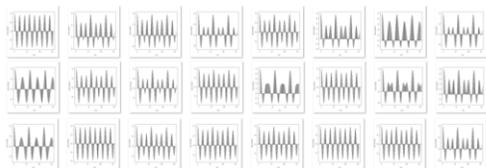
液循環：ON



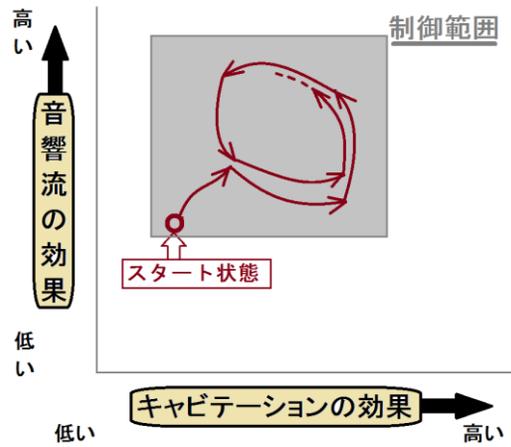




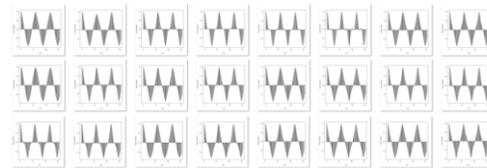
超音波の流れに関する「**非線形**制御モデル」



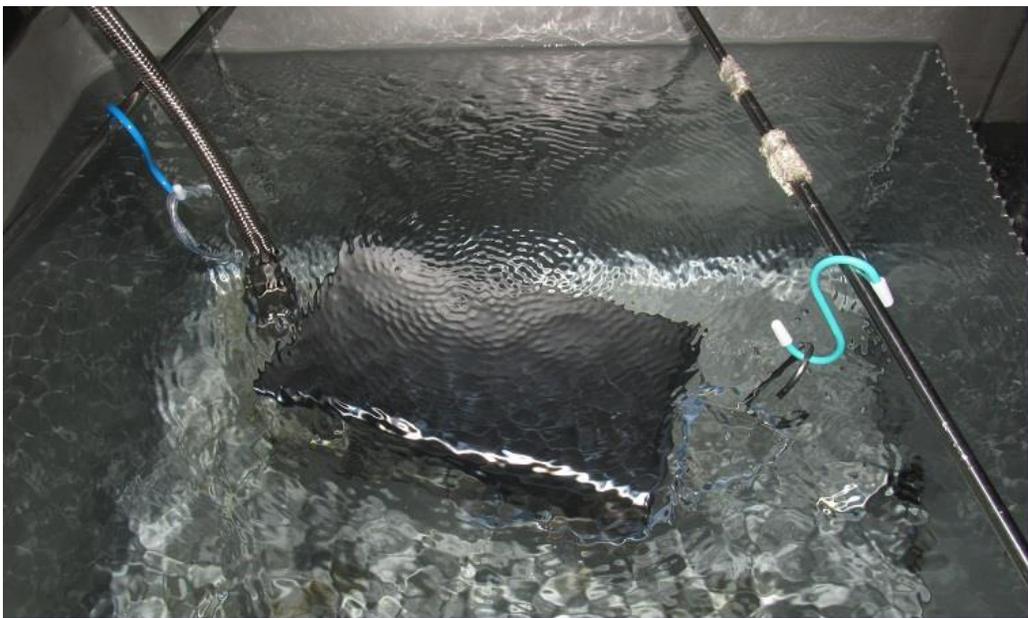
音圧データの解析結果：自己相関



単調な超音波刺激に関する「**論理**モデル」



音圧データの解析結果：自己相関



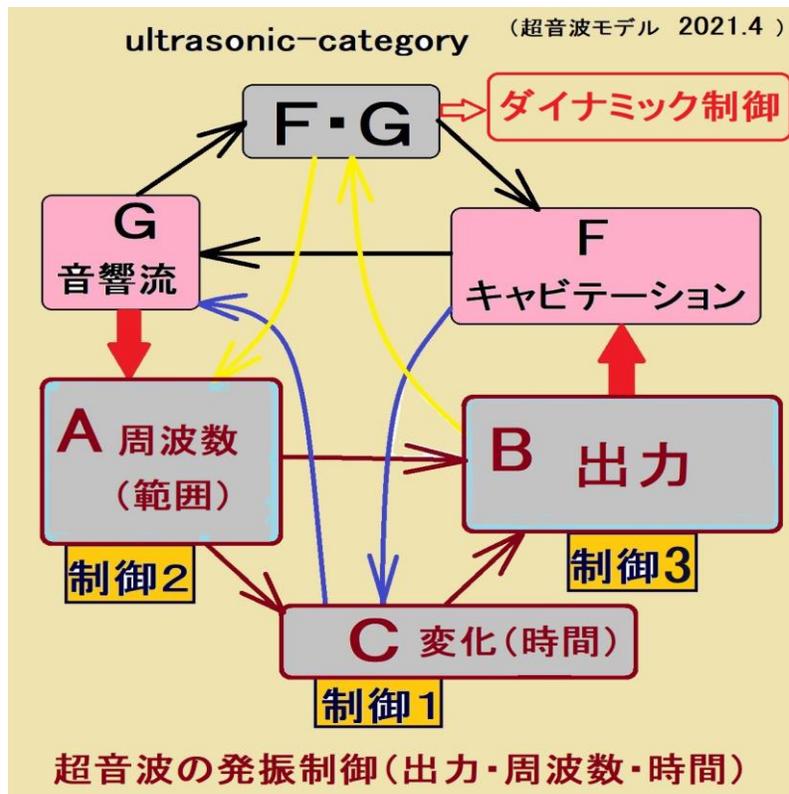


**40kHzと72kHzとオーバーフローによる
＜超音波伝搬状態＞の制御！！**



40kHzの超音波照射！！

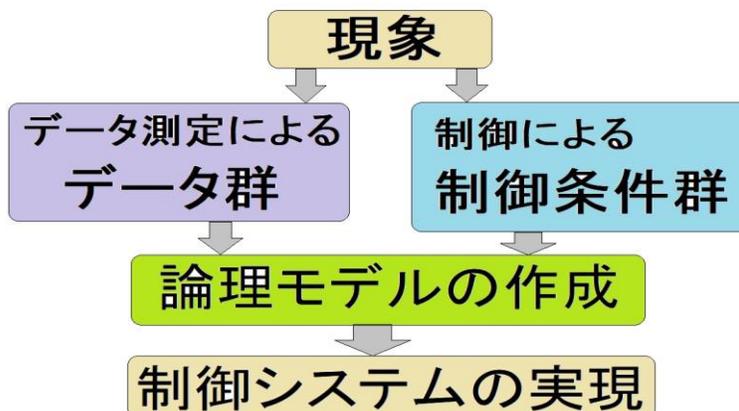
超音波制御に利用する、統計数理モデル

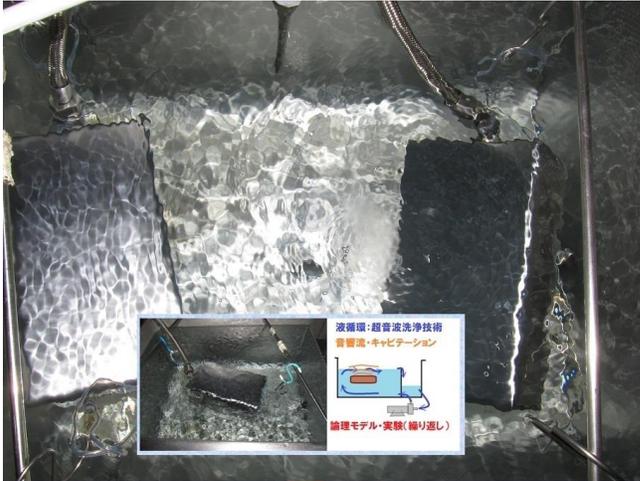


<統計的な考え方について>

統計数理には、**抽象的な性格**と**具体的な性格**の二面があり、
 具体的なものとの接触を通じて
抽象的な考えあるいは方法が発展させられていく、
 これが統計数理の特質である

赤池弘次/著 科学の中の統計学 講談社 (1987/6/1) より





超音波振動子の振動モード あるいは、揺れ(ゆらぎ)を 低周波の振動モードとして 非線形共振制御を実現する

ノウハウ<振動子の設置> ノウハウ ノウハウ<振動子の設置> 完全に固定しない、自由にしない ノウハウ

専用の設置部材を利用する (振動子のサイズ・周波数に合わせて製作)

- 1) 2種類のシリコンで接触部をコーティング
- 2) 1台の振動子を3個の固定部材で設置する
- 3) 振動子の発振面が3-8mm程度傾斜するように設置する
- 4) 3個の固定部材の中の、1個は高さが3-8mm異なるものを使用する

この部品を使用して
振動子を設置すると
「定在波」を制御できます

標準型
(幅広い周波数伝播)

中間設定型

定在波型
(発振周波数の伝播)

超音波
38kHz 150W

自己相関

ノウハウ

低周波振動モードの調整技術