

# 超音波利用の主要因（相互作用）について Ver2

— 自己回帰モデルによるフィードバック解析：パワー寄与率の解析 —

2024. 7. 23 超音波システム研究所

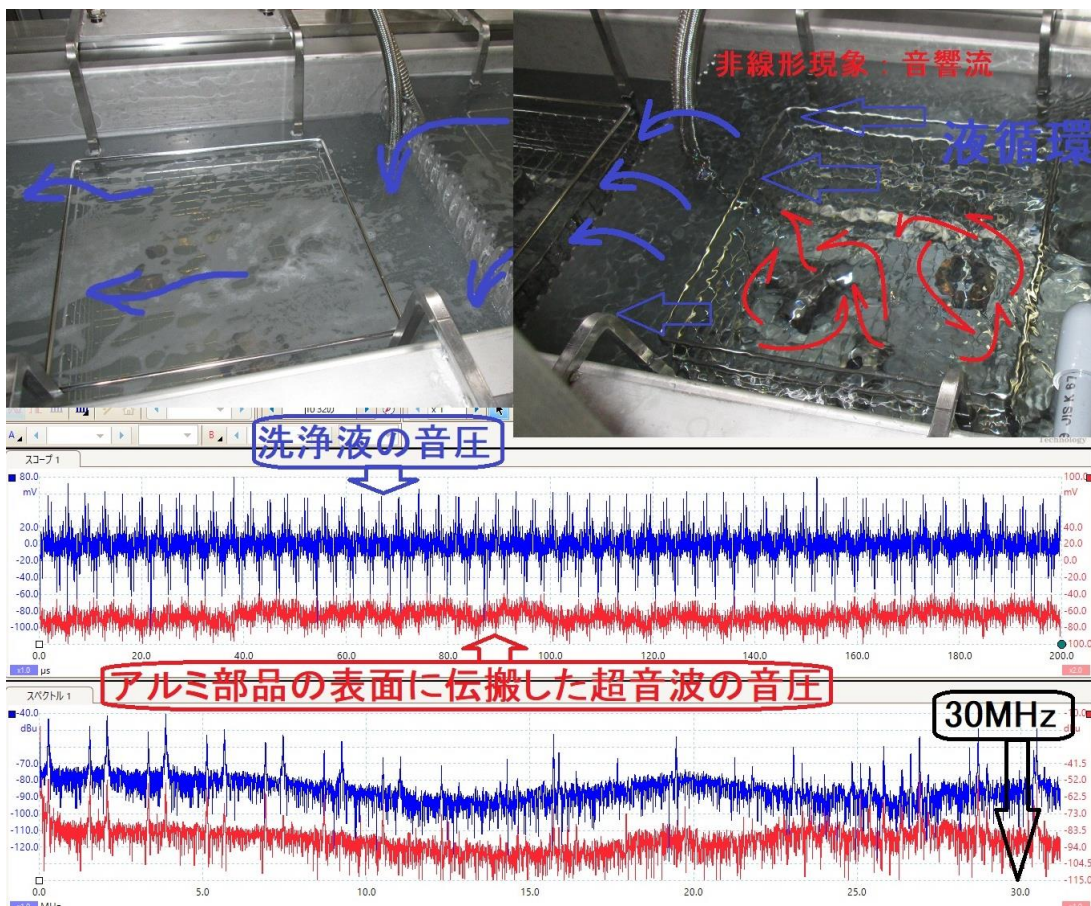
超音波システム研究所は、  
超音波洗浄・攪拌・・・に関する、音圧測定解析の実績・経験と、  
超音波加工・表面処理・・・に関する、目的に合わせた超音波発振制御プロ  
ープの開発製造実績・経験から、超音波利用の主要因は、相互作用である  
ことを確認しました。

これまでは、非線形現象が主要因であると考えてきましたが、超音波の非線  
形現象により伝搬する対象物の、構造・材質・表面状態・伝搬経路・・・によ  
る超音波の伝搬特性はダイナミックに変化するため単純に評価することが  
難しいことが多くなりました。

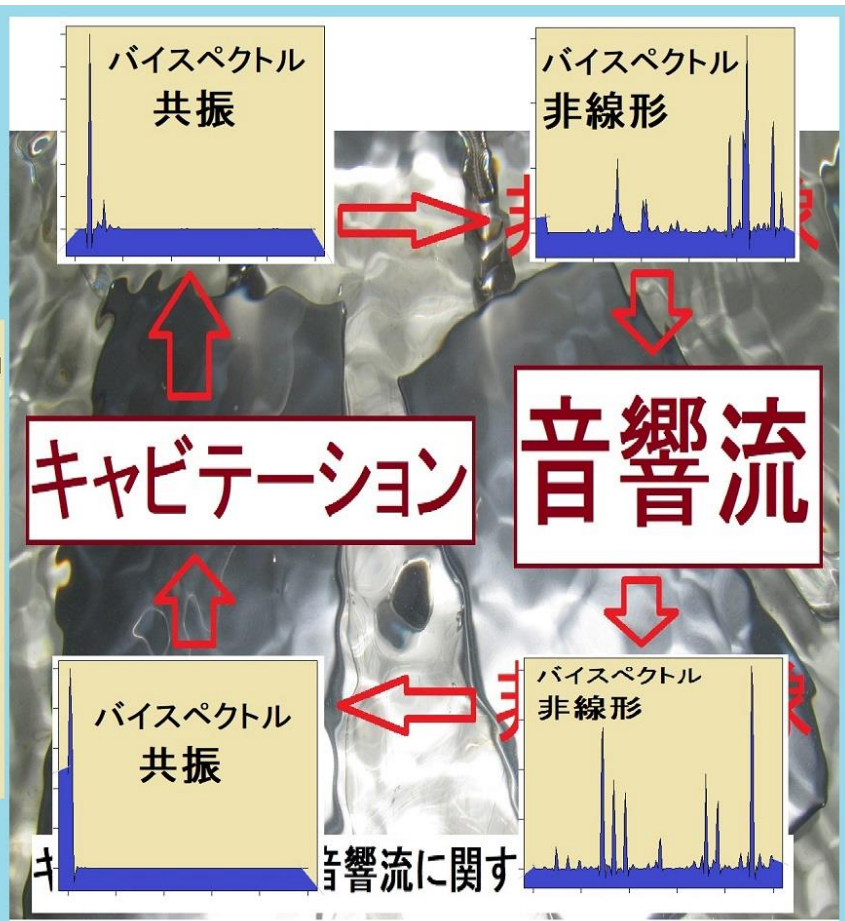
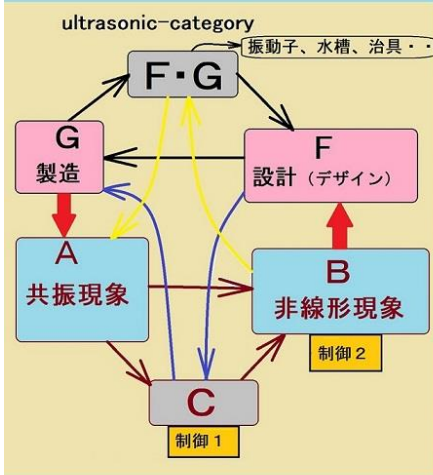
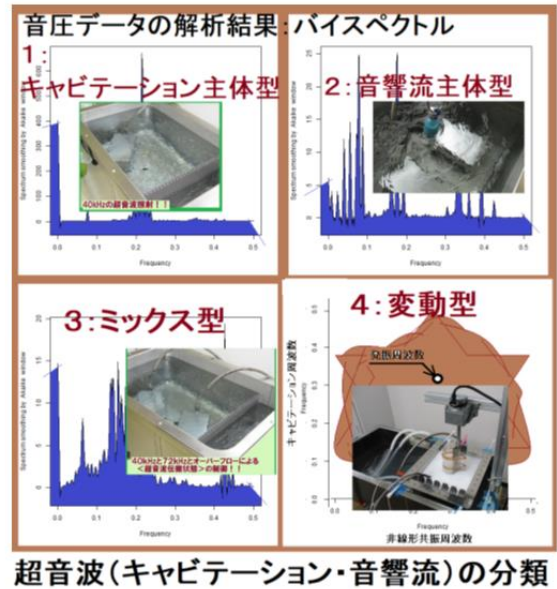
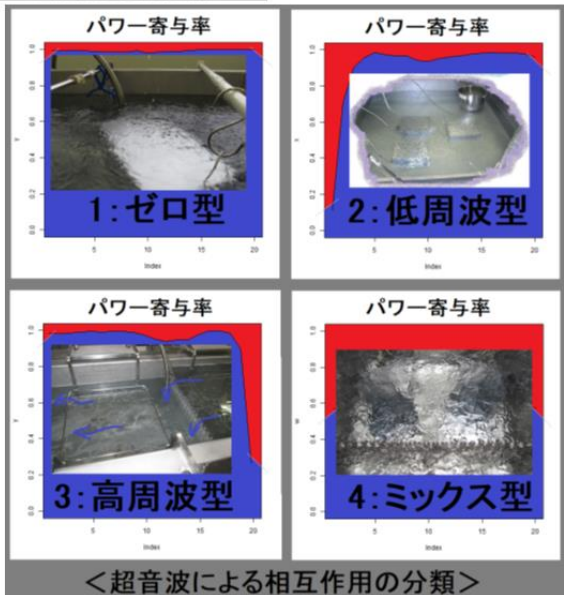
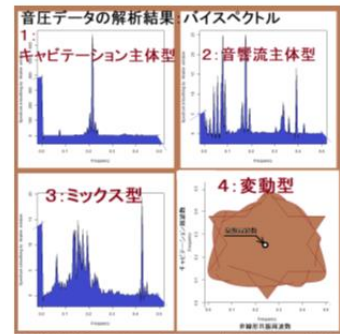
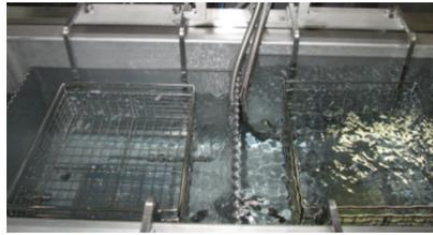
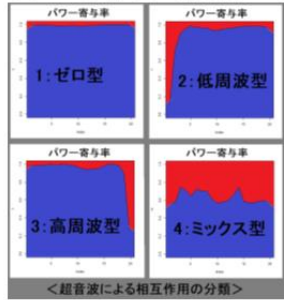
そこで、このダイナミックな変化の原因を検討したところ、ダイナミックな変化  
の要因は、伝搬する超音波と対象物の相互作用であることが確認できまし  
た。洗浄レベル、加工レベルがナノレベル以上になるとともに、非線形現象  
による高調波の発生も、数メガヘルツから数百メガヘルツになります。

しかし、上記の状態は非常に不安定で再現性が難しい状態となります。

この対策の検討として、超音波伝搬に関する相互作用を考慮した、発振制  
御を実施することで、利用目的に合わせたダイナミックな超音波制御（音圧  
レベルと伝搬周波数範囲と変化）を実現しました。



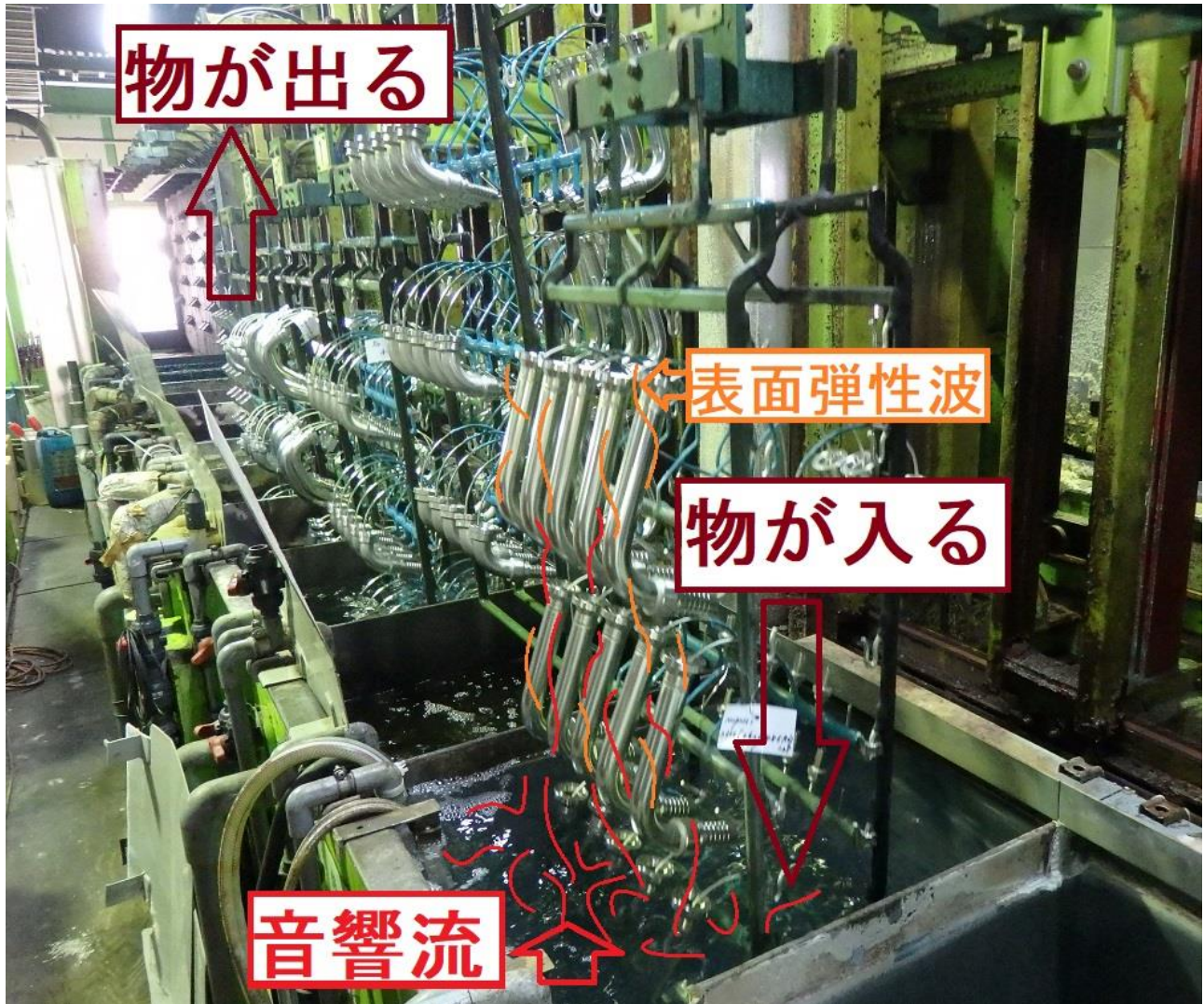
# 音圧測定・解析に基づいた、超音波の分類



# 複雑の超音波伝搬状態の変化

数ヘルツの低周波から

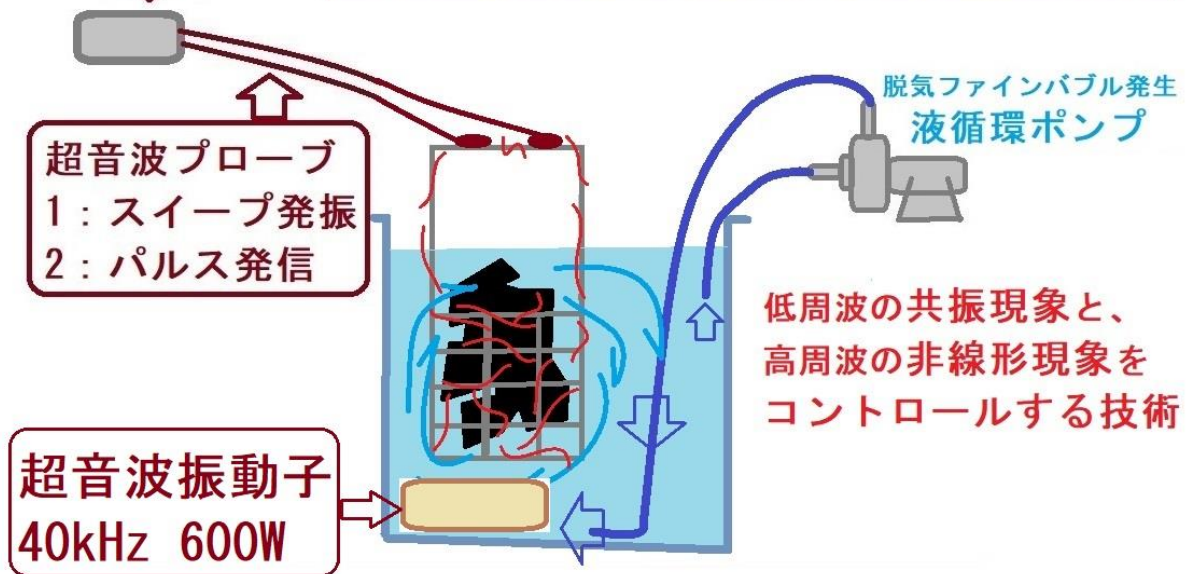
数百メガヘルツの超音波伝搬状態の測定解析が必要な事例



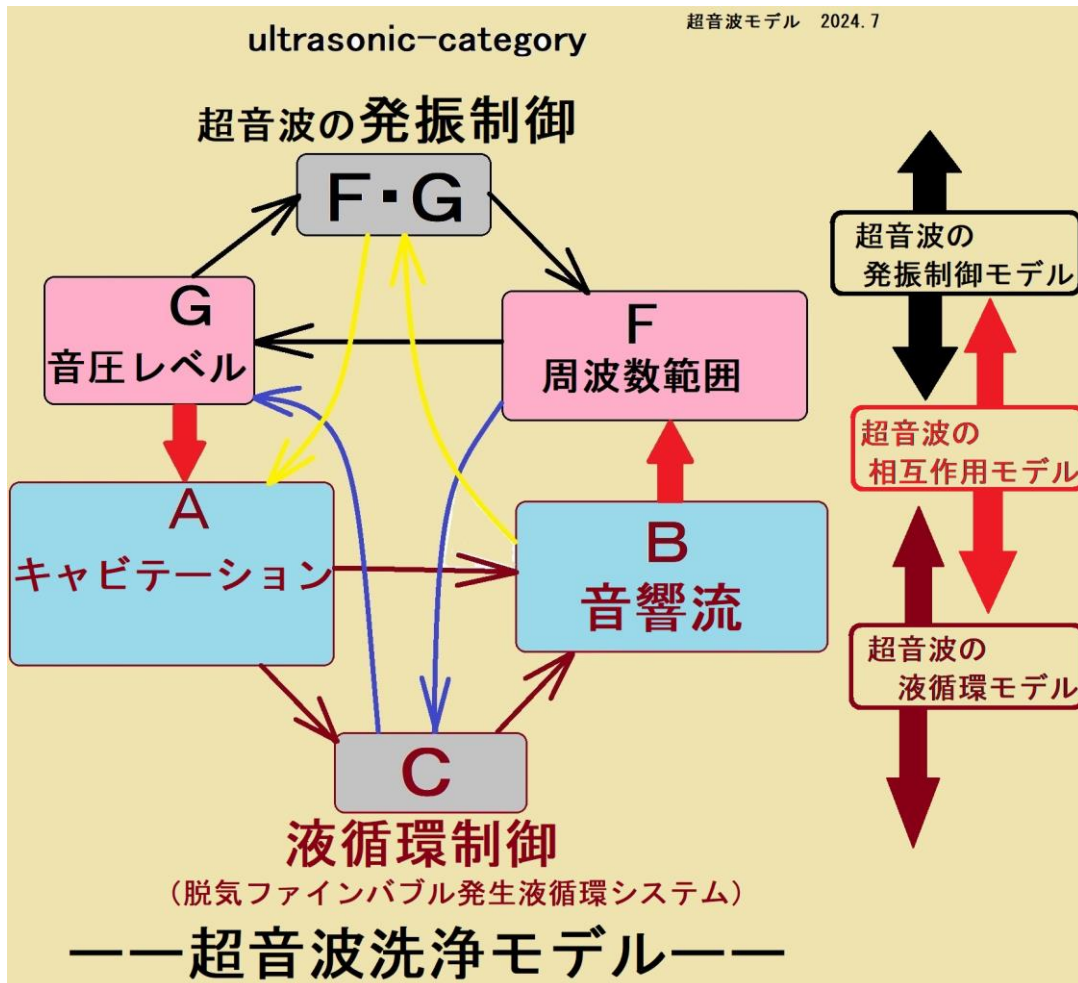
最も効果的な音響流制御タイミング (物の出し入れ)

コンサルティング対応で利用している論理モデル1  
 (水槽と洗浄液の相互作用を考慮したモデル)

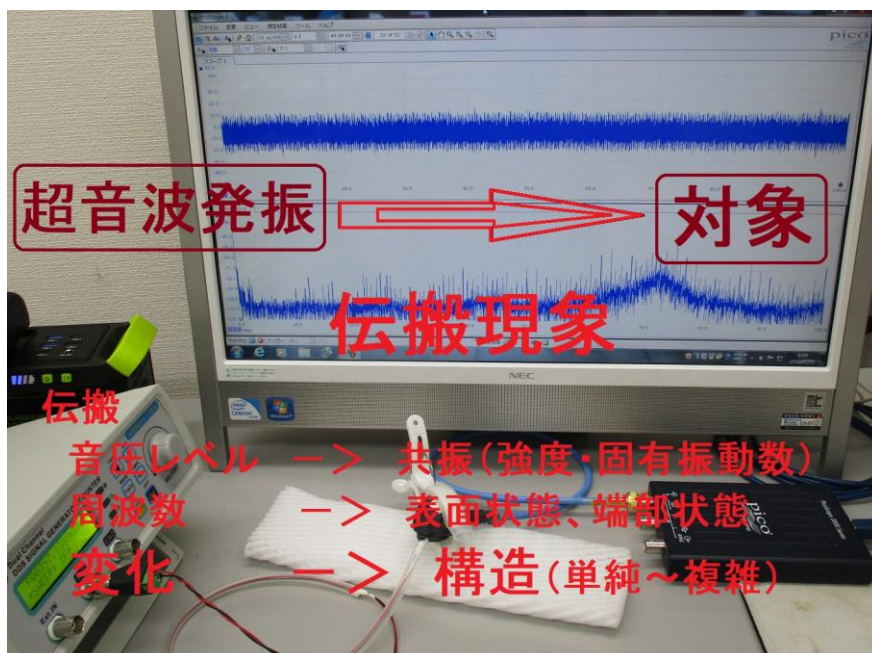
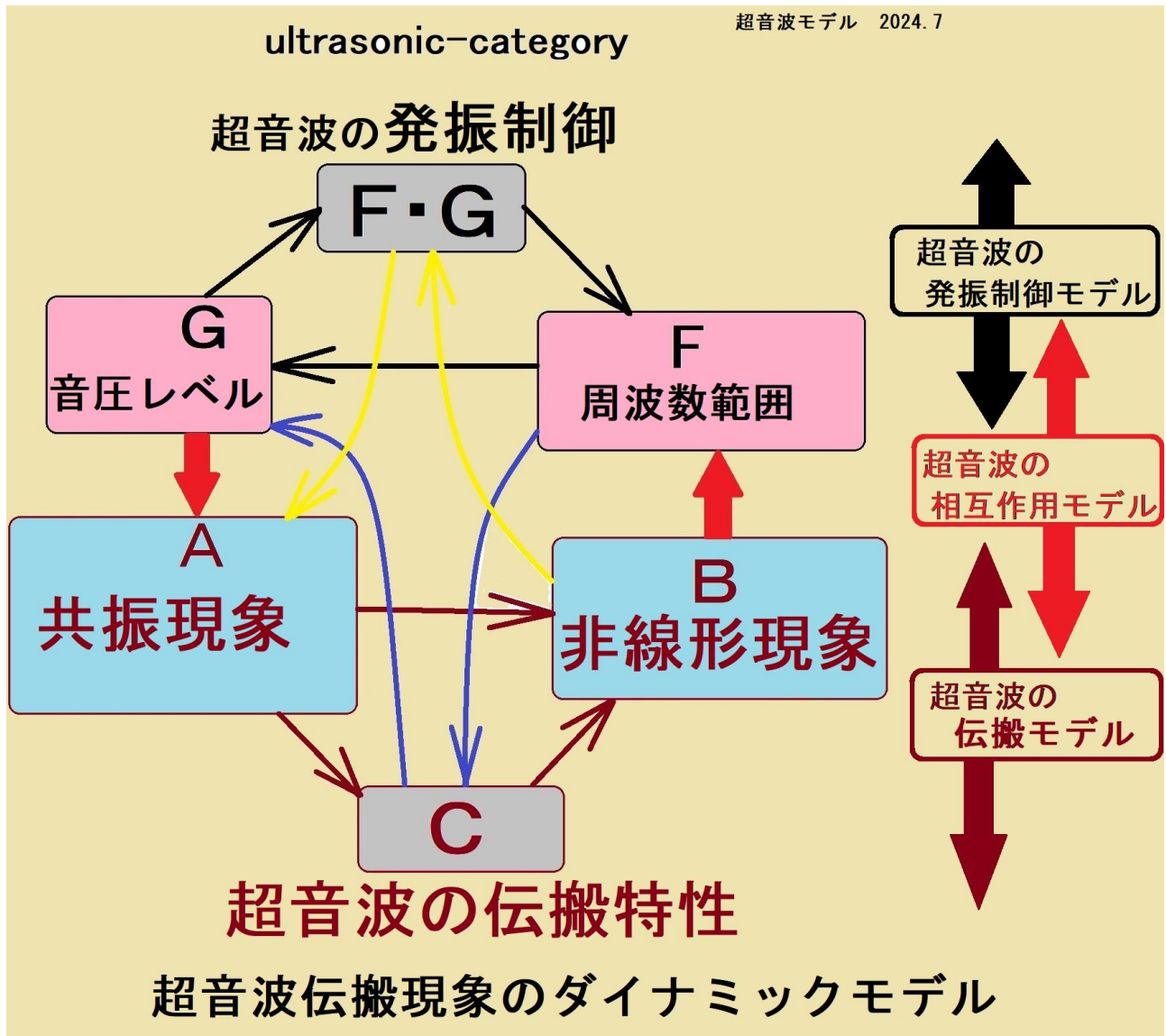
超音波発振制御装置 **メガヘルツ超音波の水中伝搬モデル**



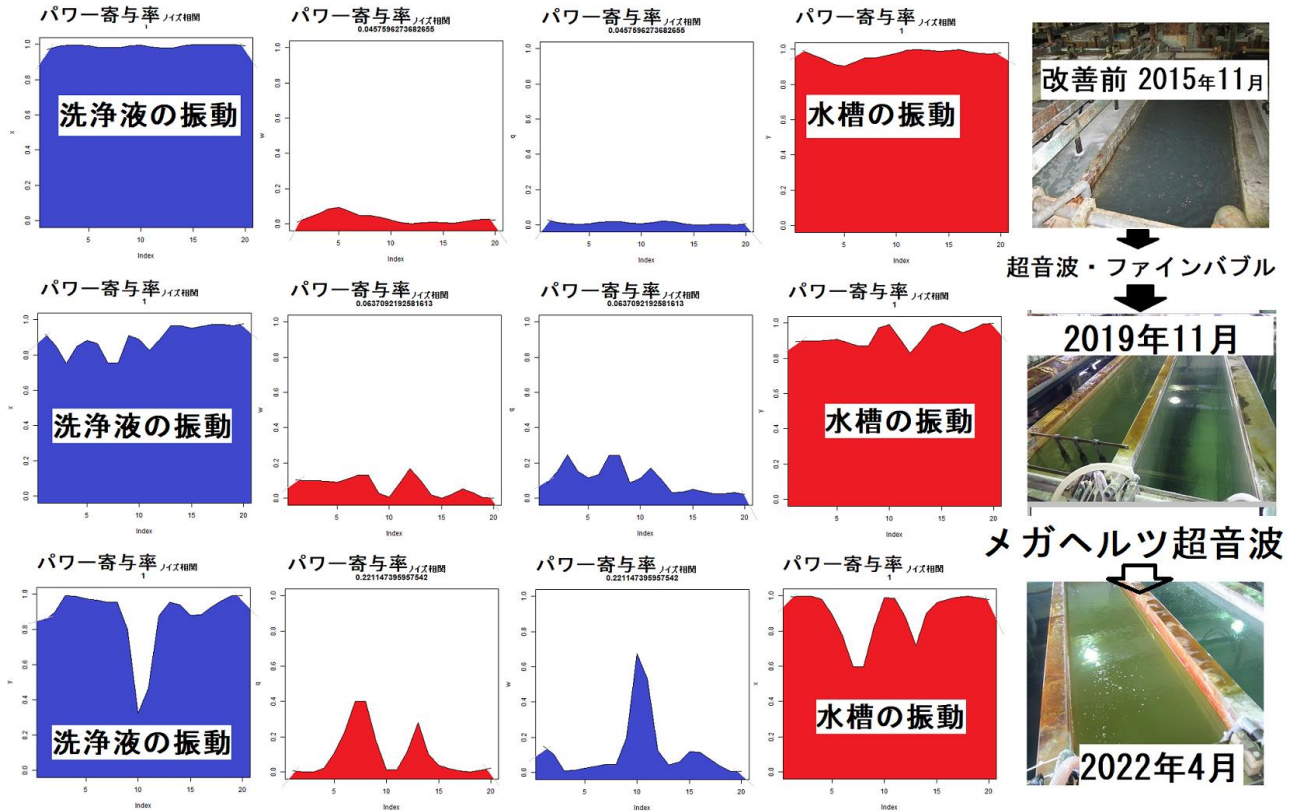
40kHz超音波・メガヘルツ超音波・ファインバブルの相互作用を音圧測定解析に基づいて、最適化するダイナミック制御技術



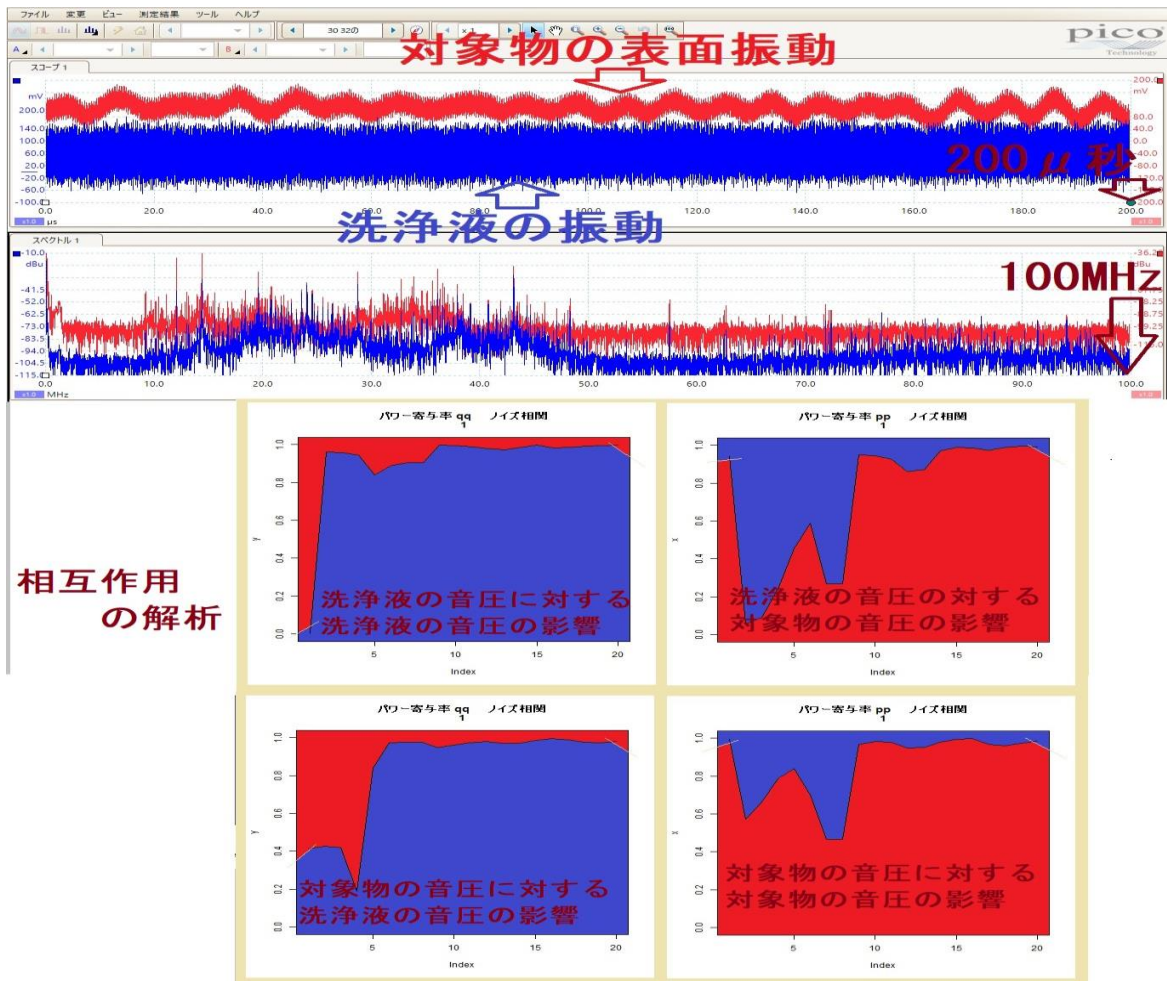
コンサルティング対応で利用している論理モデル2  
 (洗浄物の表面と洗浄液の相互作用を考慮したモデル)

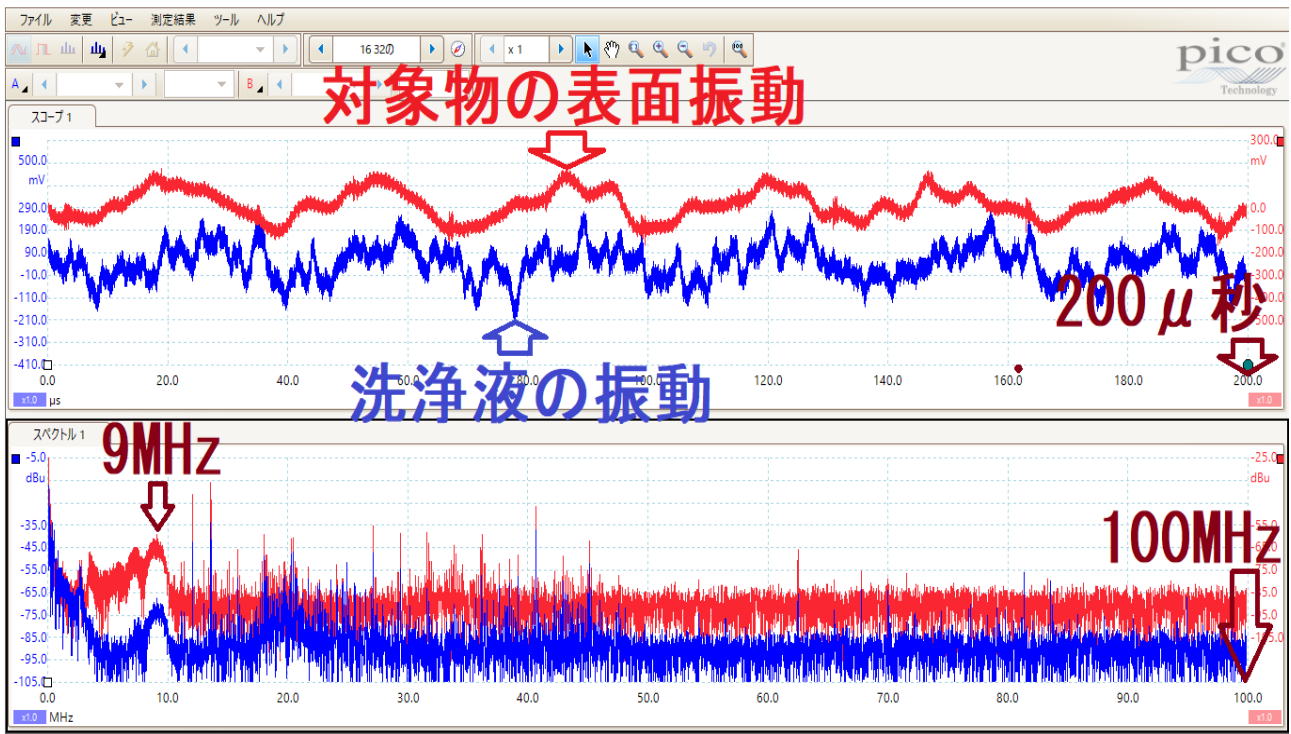


# 事例：相互作用（超音波伝搬効率の改善・・・）

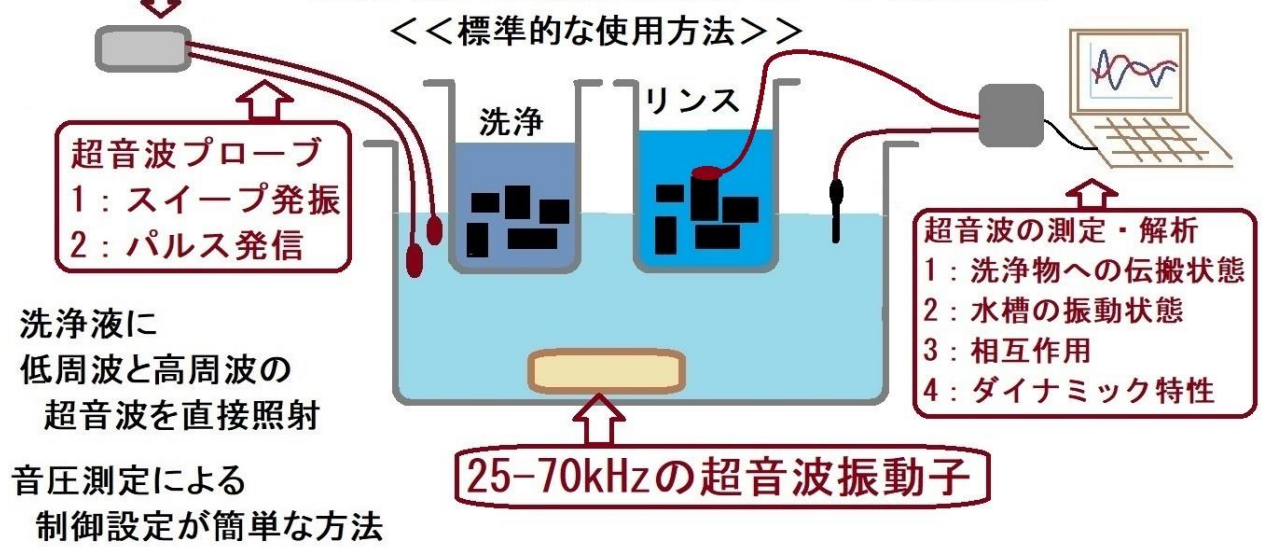


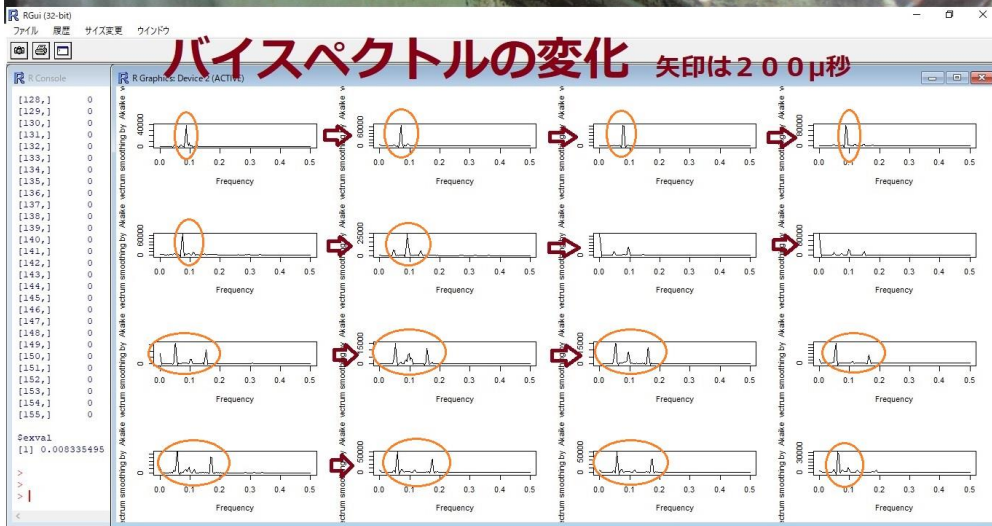
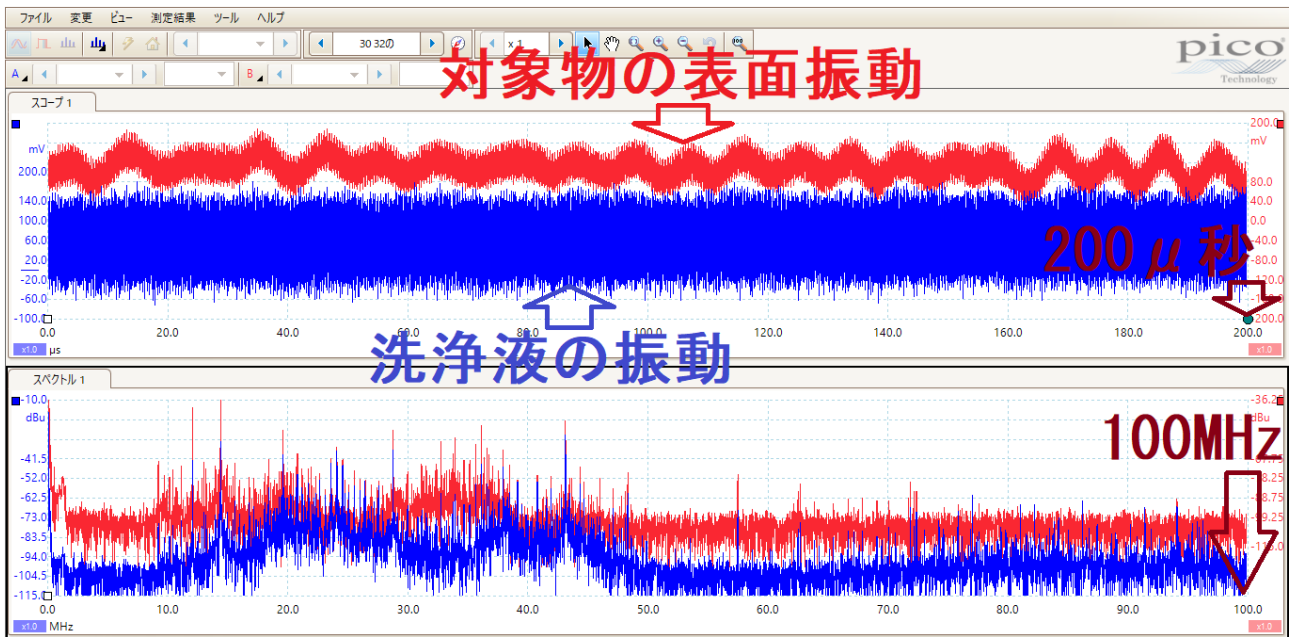
超音波とファインバブルによる水槽の表面改質効果





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





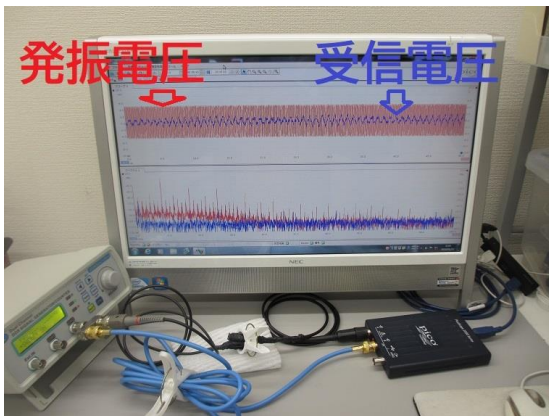
超音波1:28kHz 600W 超音波2:40kHz 600W 超音波3:メガヘルツ 15W



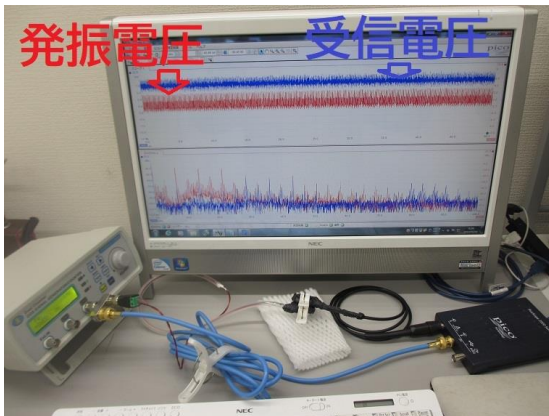
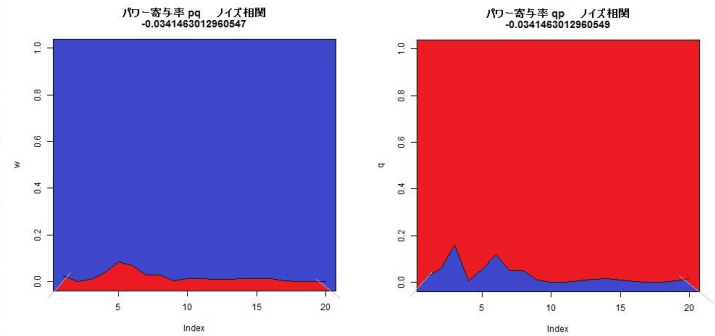
# 基礎実験資料

グラフ青：超音波プローブの伝搬による電圧（音圧）

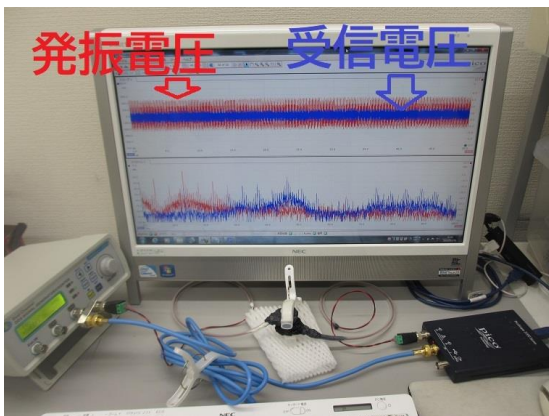
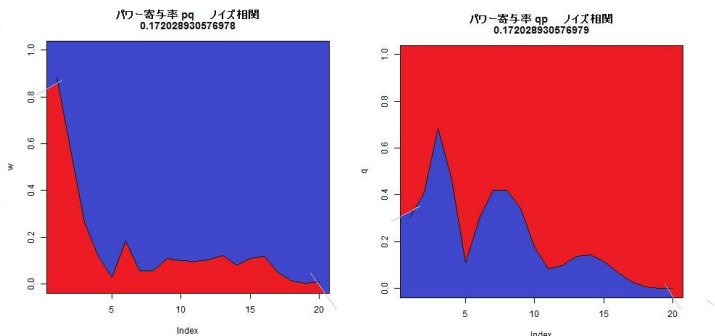
グラフ赤：超音波発振器の発振電圧



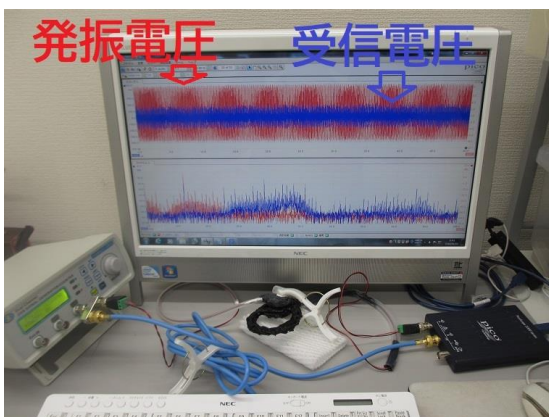
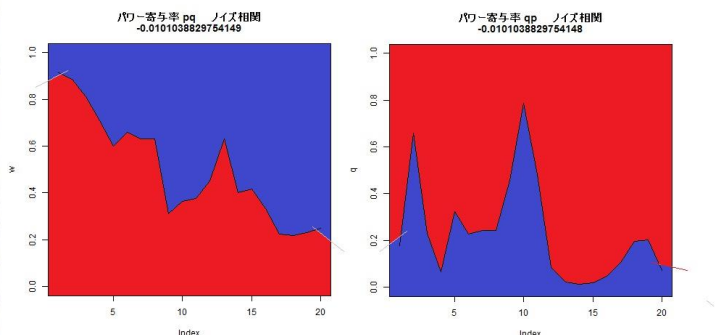
### 音圧データの解析結果: パワー寄与率



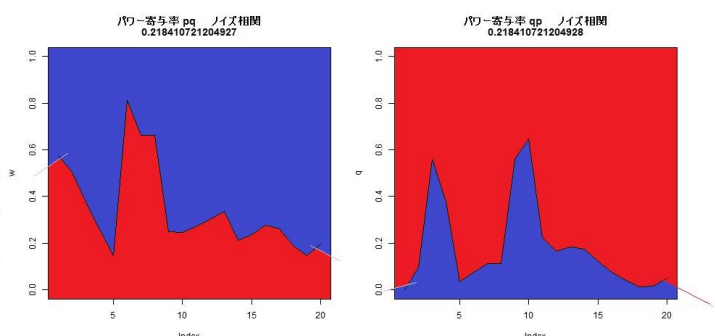
### 音圧データの解析結果: パワー寄与率

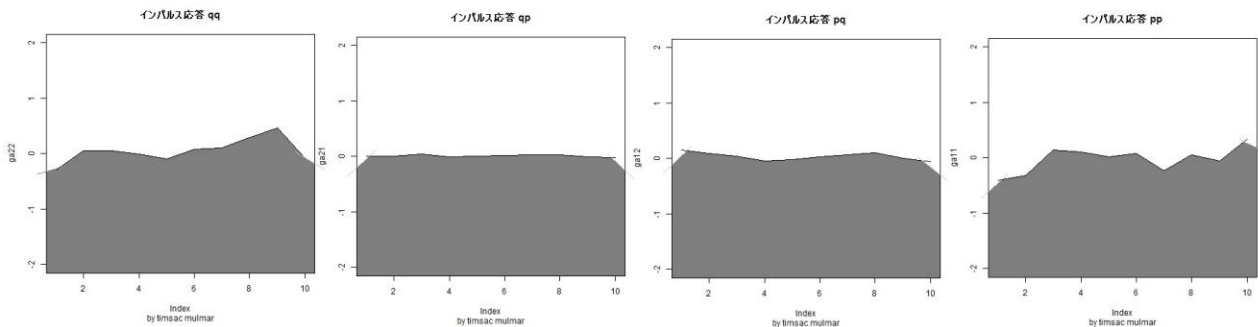
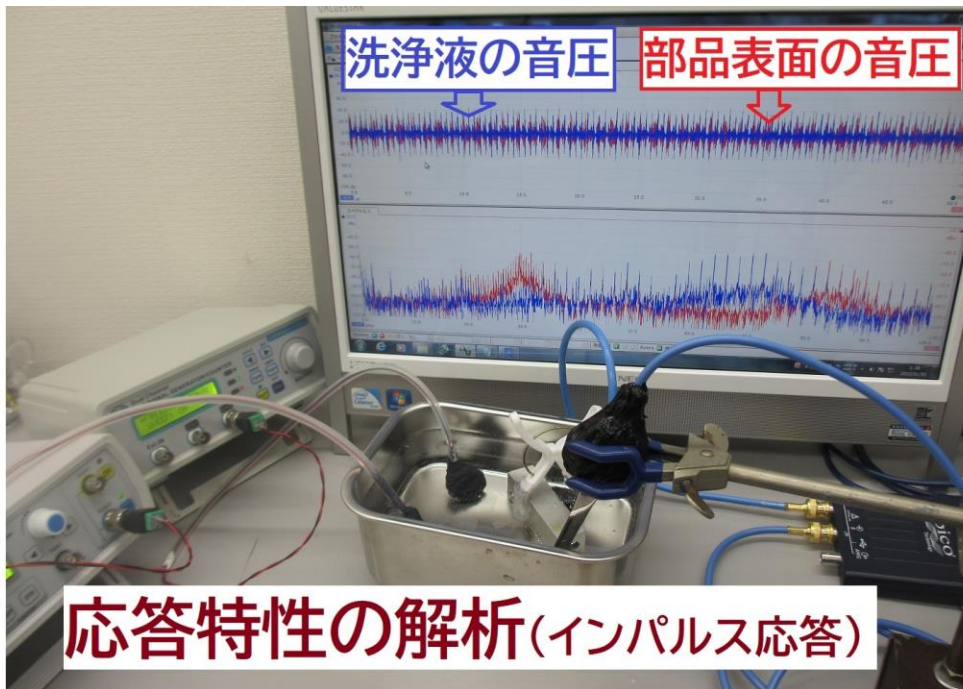


### 音圧データの解析結果: パワー寄与率

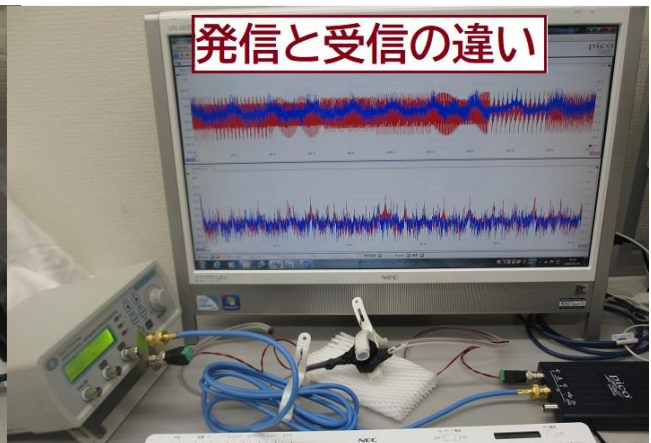
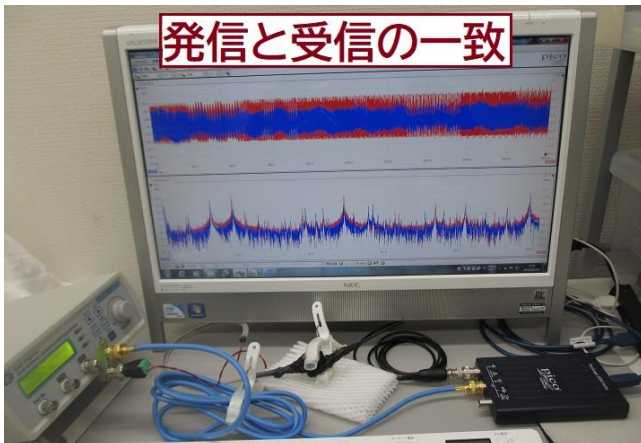
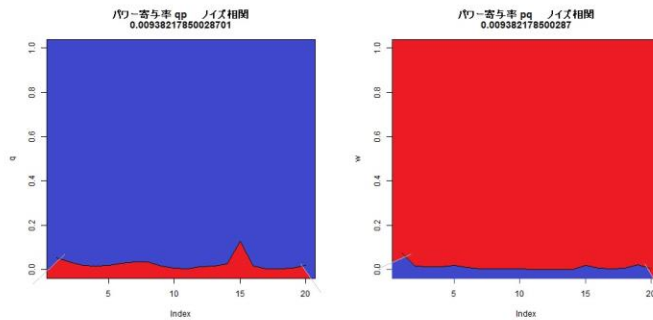


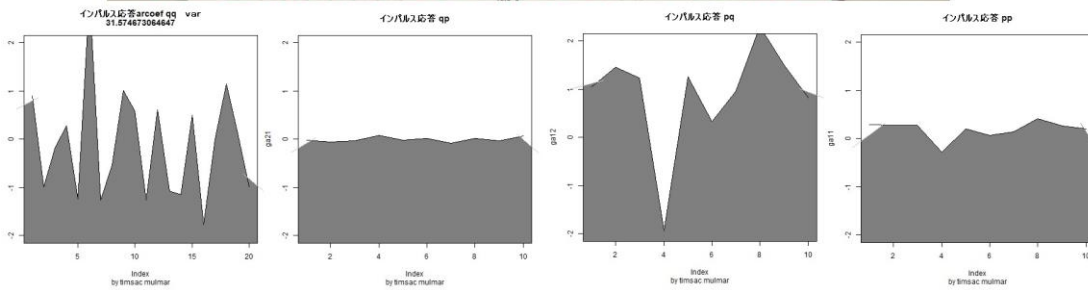
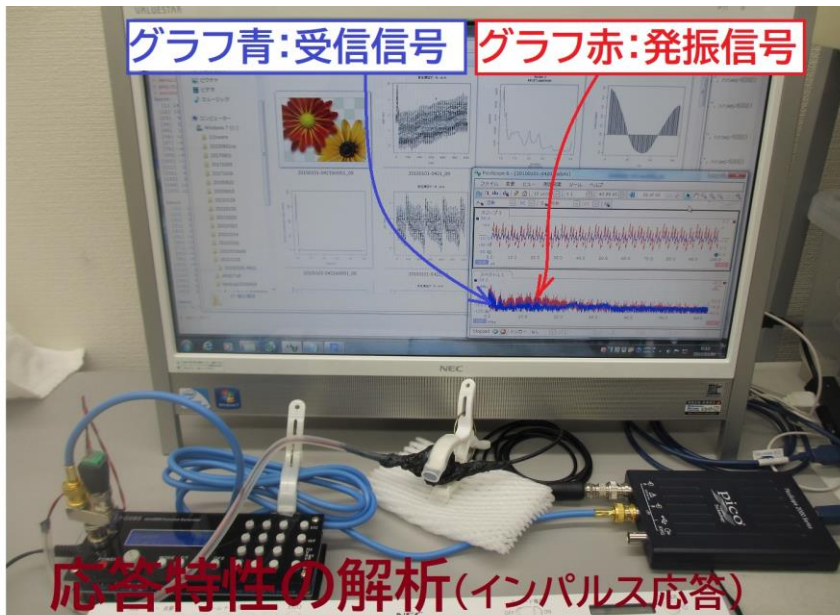
### 音圧データの解析結果: パワー寄与率



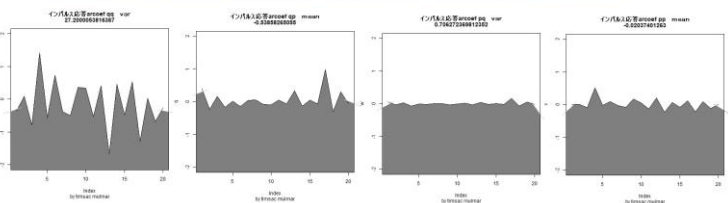
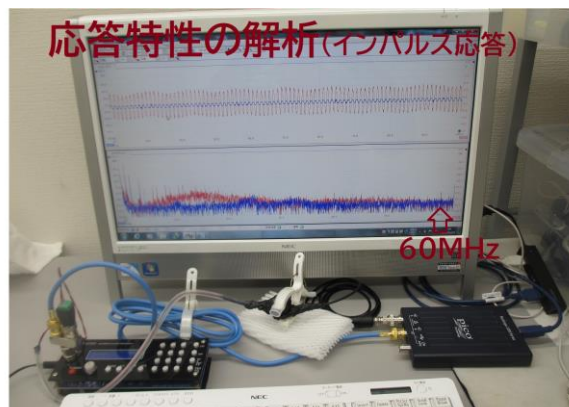
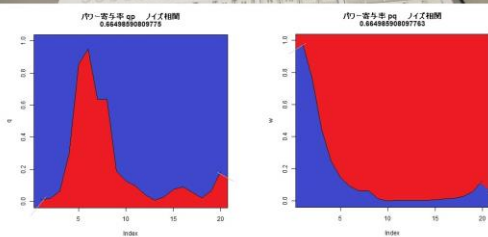
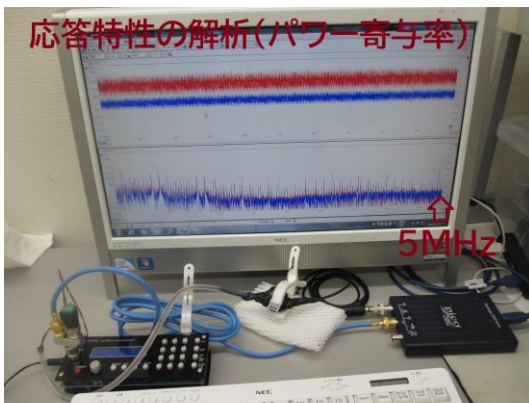
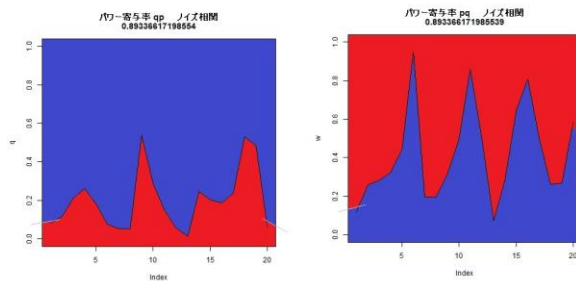


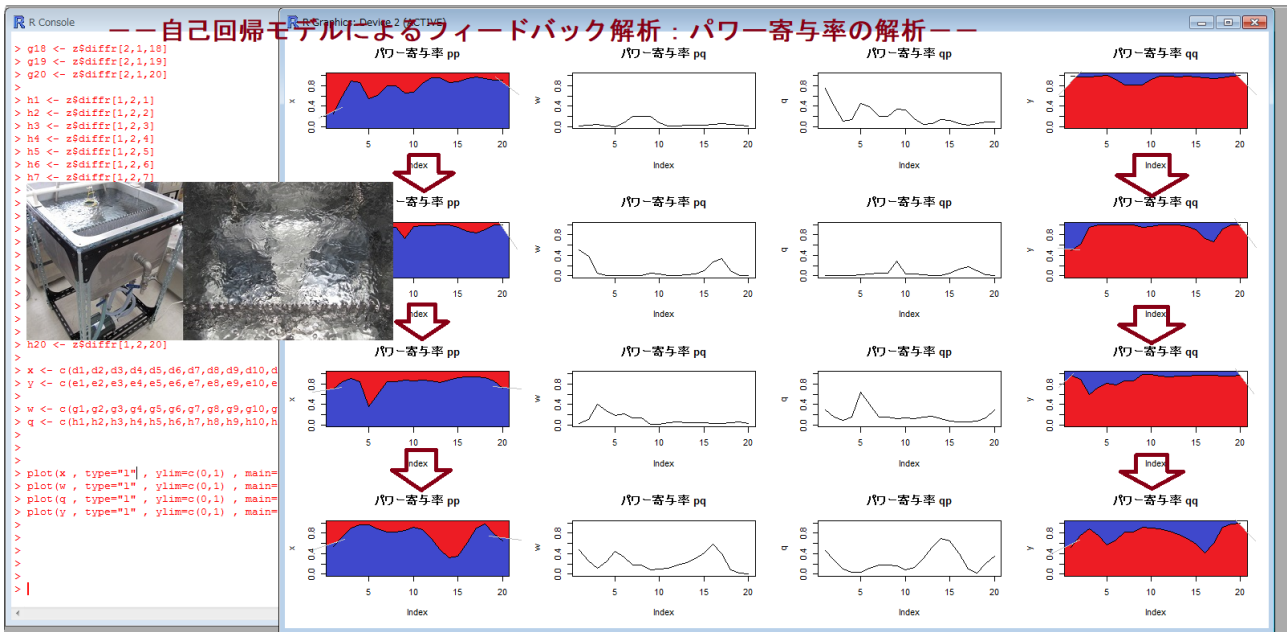
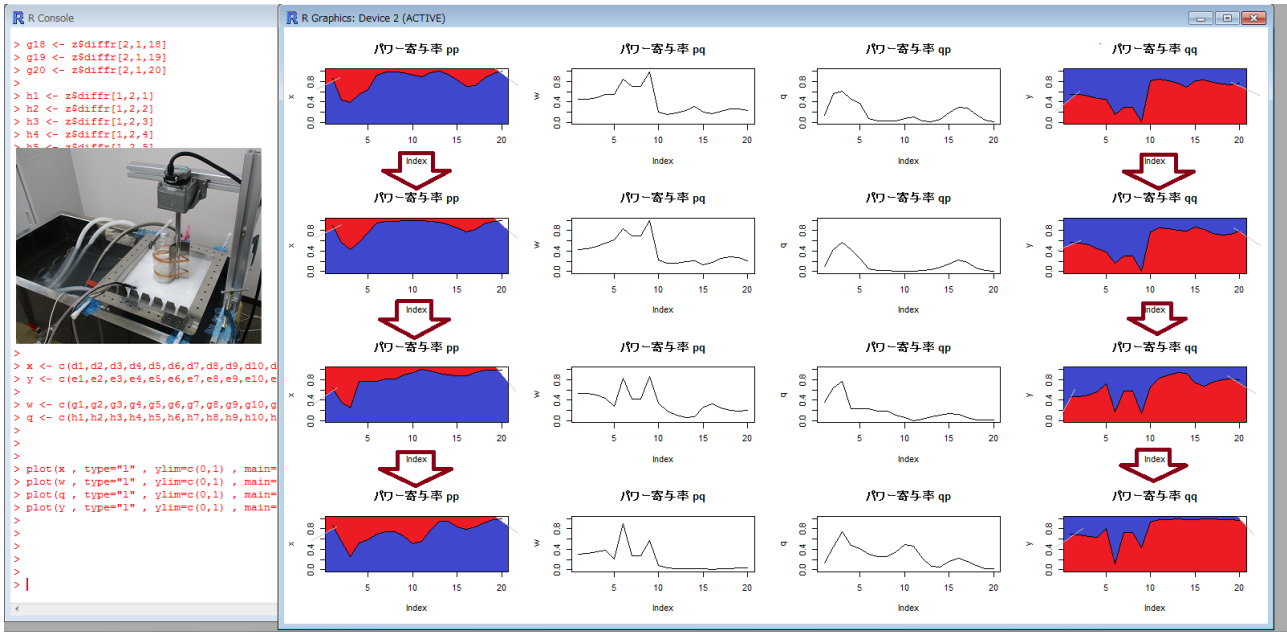
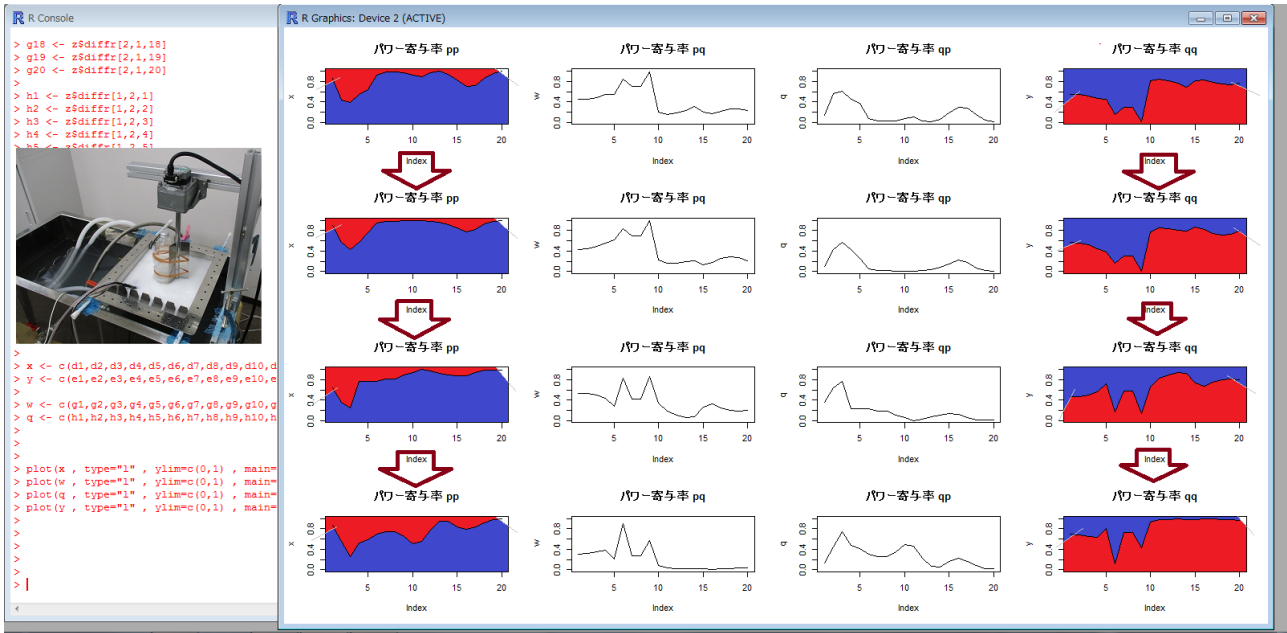
## 応答特性の解析(パワー寄与率)

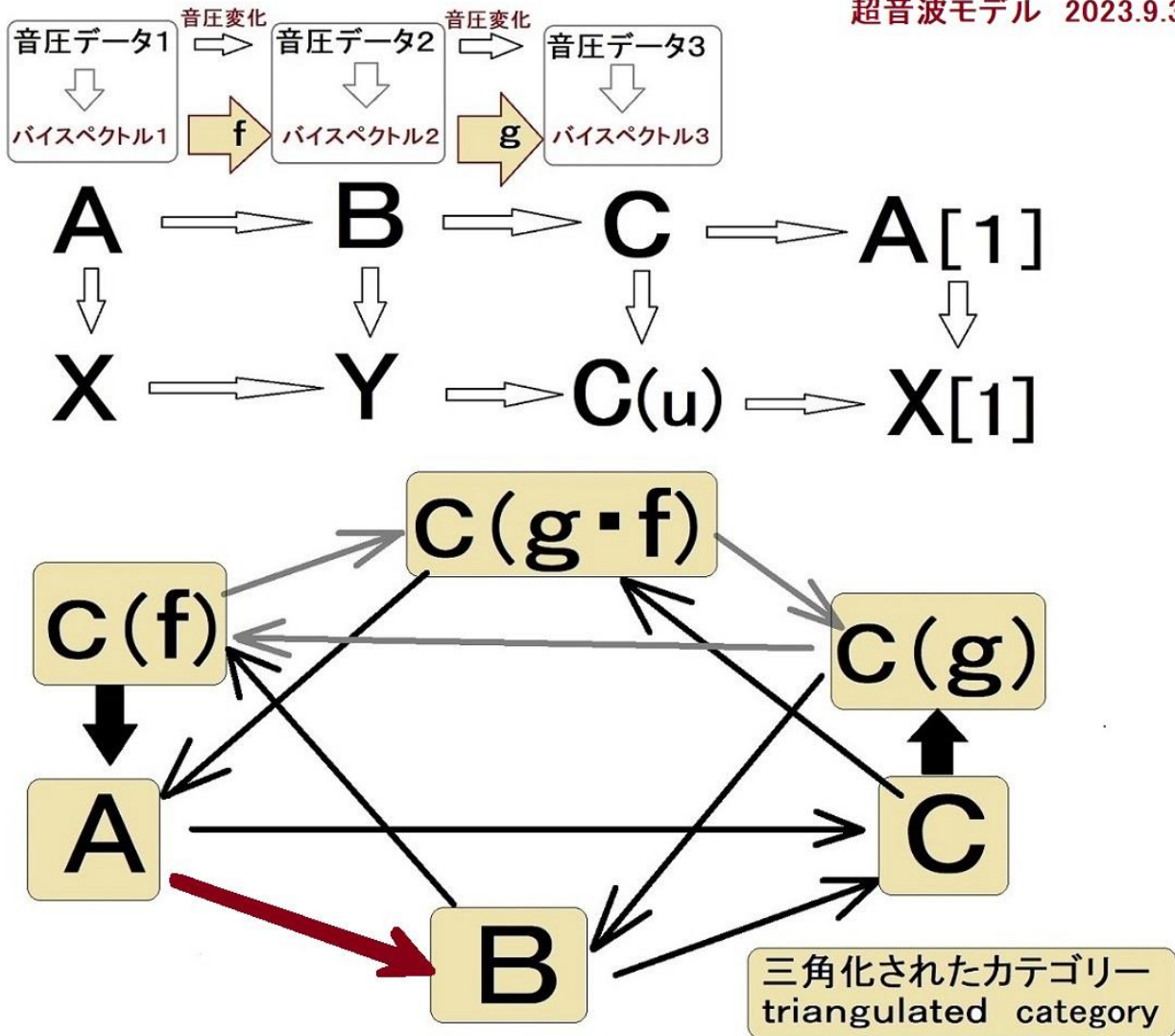




## 応答特性の解析(パワー寄与率)







AからBが層の 카테고리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が前層の 카테고리であれば、

非線形現象の発生により高調波が発生する

参考

超音波技術資料(アペルザカタログ)

<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>

超音波技術資料「イプロス 資料 2」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17379>

お問い合わせ

超音波システム研究所 [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)

## <<超音波の音圧データ解析・評価>>

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)

注: TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program)

注: 「R」フリーな統計処理言語かつ環境

### 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

以上