

超音波の音圧データ解析： 自己相関・バイスペクトル ver2

2023. 8. 12 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

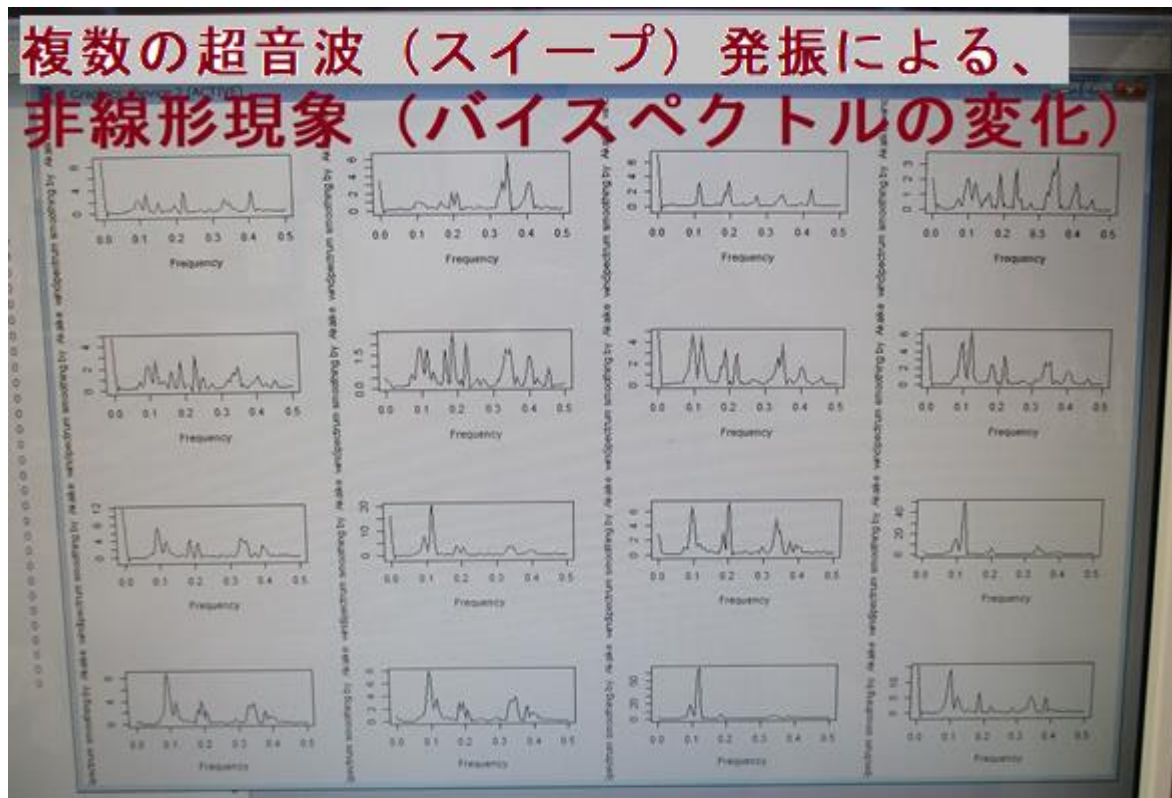
多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析技術を応用した、
「超音波の伝搬状態を測定・解析・評価する技術」を利用して
超音波利用に関するコンサルティング対応を行っています。

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。

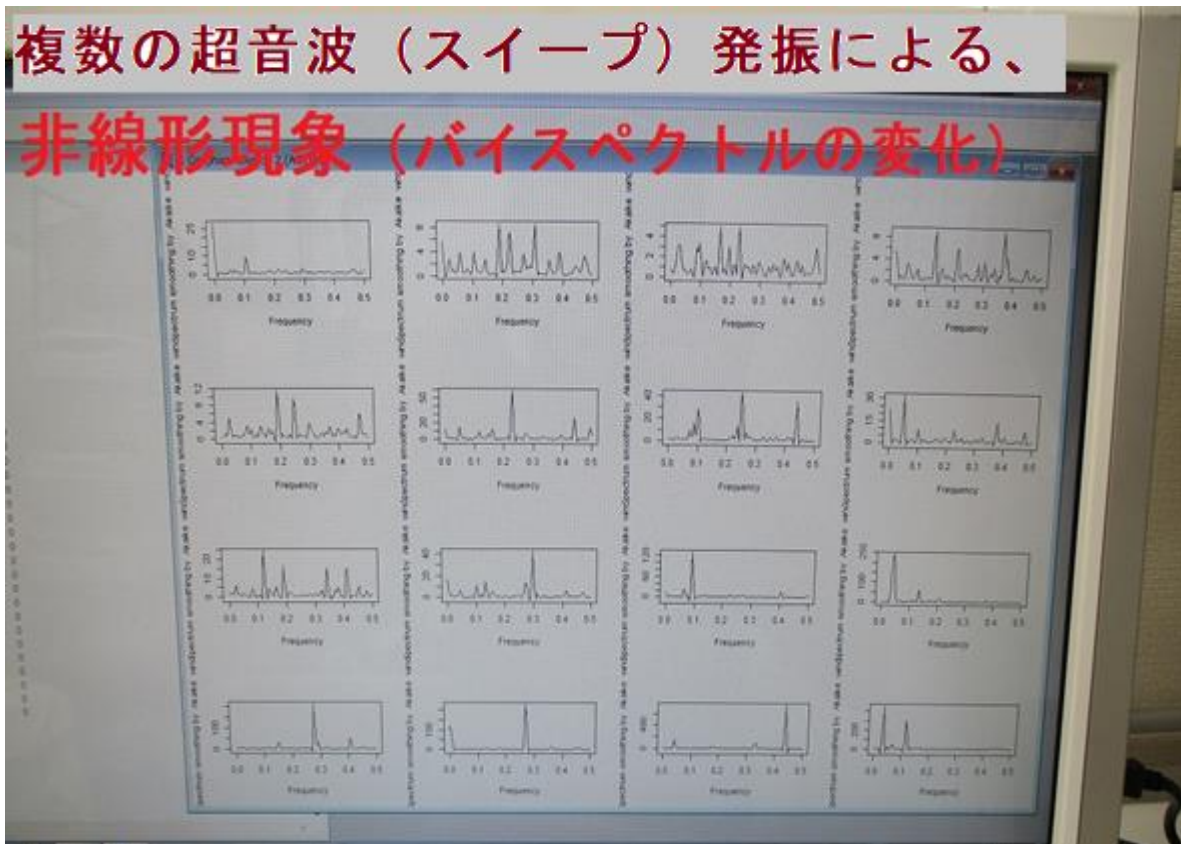
その結果、

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（バー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

バースペクトルは、以下のように

周波数 f_1 、 f_2 、 $f_1 + f_2$ のスペクトルの積で表すことができる。

$$B(f_1, f_2) = X(f_1)Y(f_2)Z(f_1 + f_2)$$

主要周波数が f_1 であるとき、

$f_1 + f_1 = f_2$ 、 $f_1 + f_2 = f_3$ で表される

f_2 、 f_3 という周波数成分が存在すれば

バースペクトルは値をもつ。

これは主要周波数 f_1 の

整数倍の周波数成分を持つことと同等であるので、

バースペクトルを評価することにより、高調波の存在を評価できる。

参考動画

超音波の音圧データ解析：**バイスペクトル**

<https://youtu.be/18rIWa7XPfM>

<https://youtu.be/Yw0jwUAL16o>

<https://youtu.be/PzhtY7Scv-A>

<https://youtu.be/i19QYB-zELg>

https://youtu.be/T4oLY9E_HzI

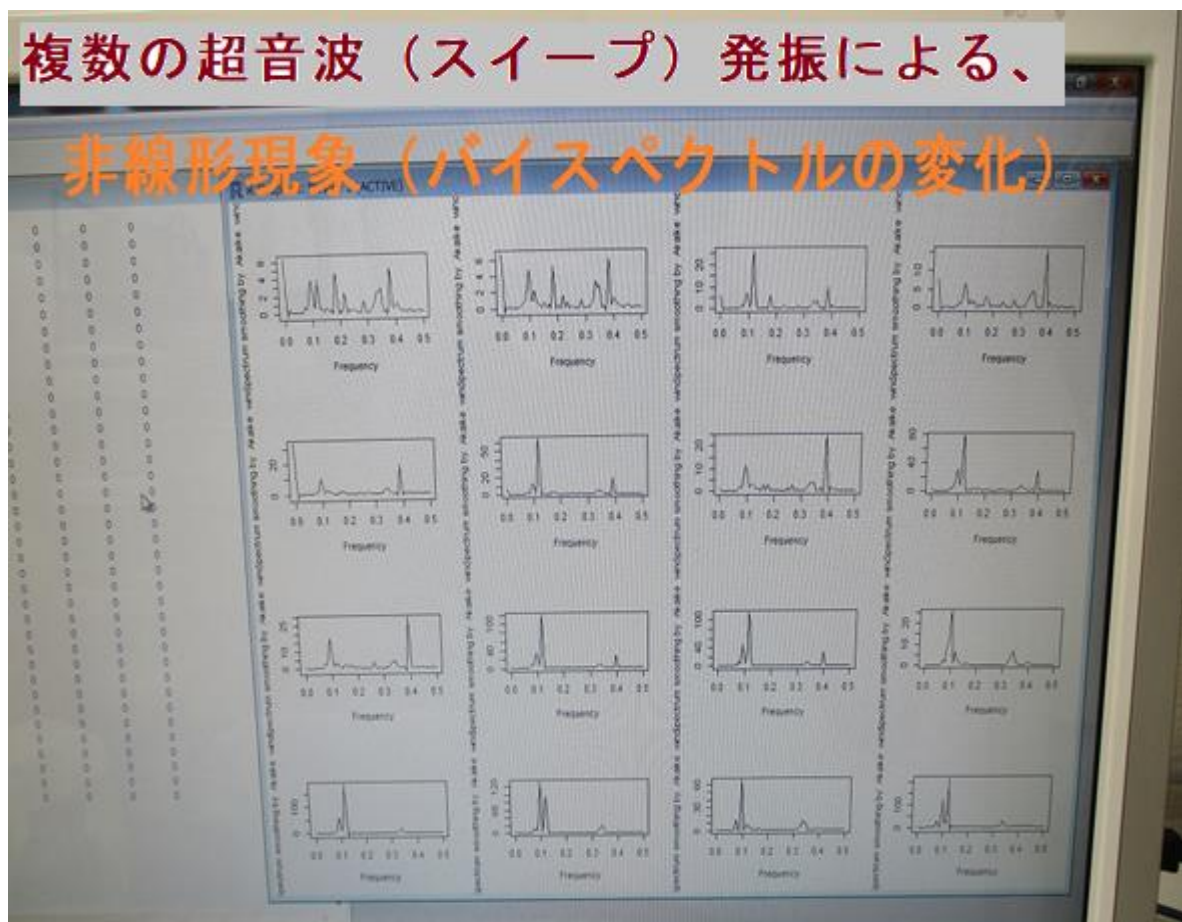
<https://youtu.be/5V7WpMum-sU>

<https://youtu.be/S9FuAJ3qdgA>

https://youtu.be/t9vzA_IFivA

<https://youtu.be/iaysRshbmjU>

<https://youtu.be/BzohZ6Z9Yac>



<https://youtu.be/jr5aAMf3hRQ>

<https://youtu.be/AZrdK7pgz3s>

<https://youtu.be/s-0ZMwjIRgs>

<https://youtu.be/KuxblIBYhYg>

<https://youtu.be/ezI6vjWfrBI>

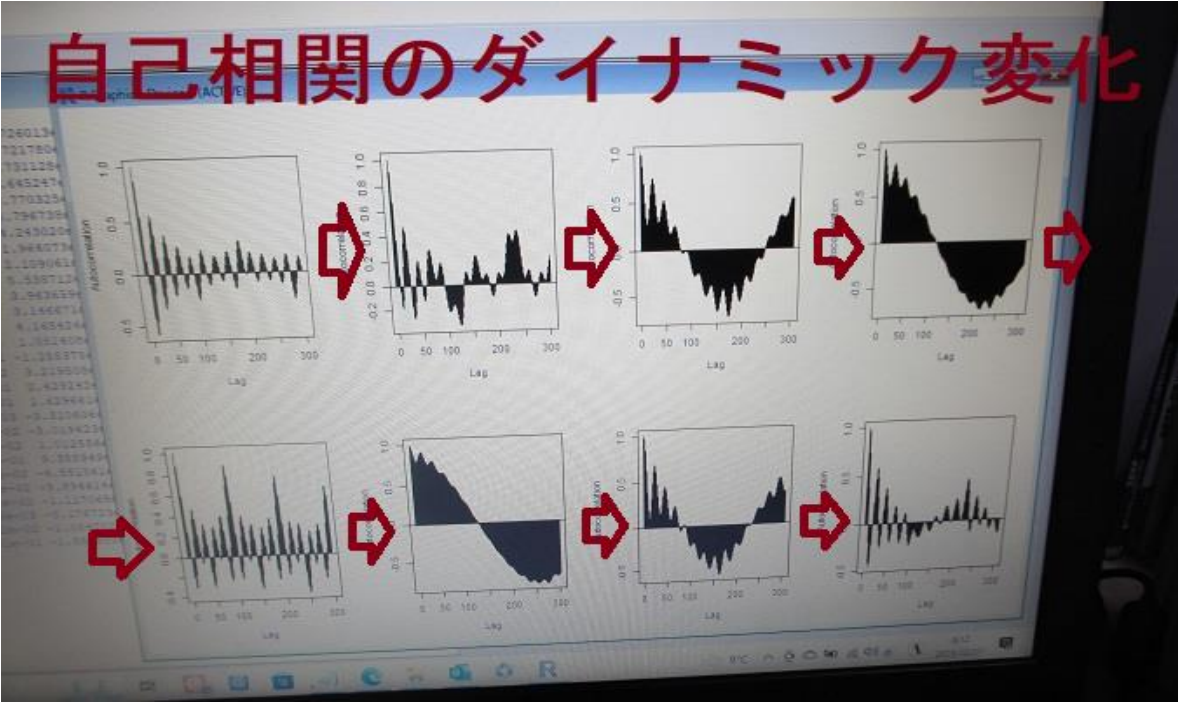
<https://youtu.be/MIZa4B1cm1k>

<https://youtu.be/Zk0q9IG8NWg>

https://youtu.be/iHWE_EpDpj4

<https://youtu.be/7tbfhyti6gk>

<https://youtu.be/SNkYM90Uujs>



超音波の音圧データ解析： **自己相関**

<https://youtu.be/VoBbW-Ytiao>

<https://youtu.be/RRkNQpsf70E>

<https://youtu.be/mSJYLulpgsM>

<https://youtu.be/G5m0vHeu2ro>

<https://youtu.be/QIekIOAGAZA>

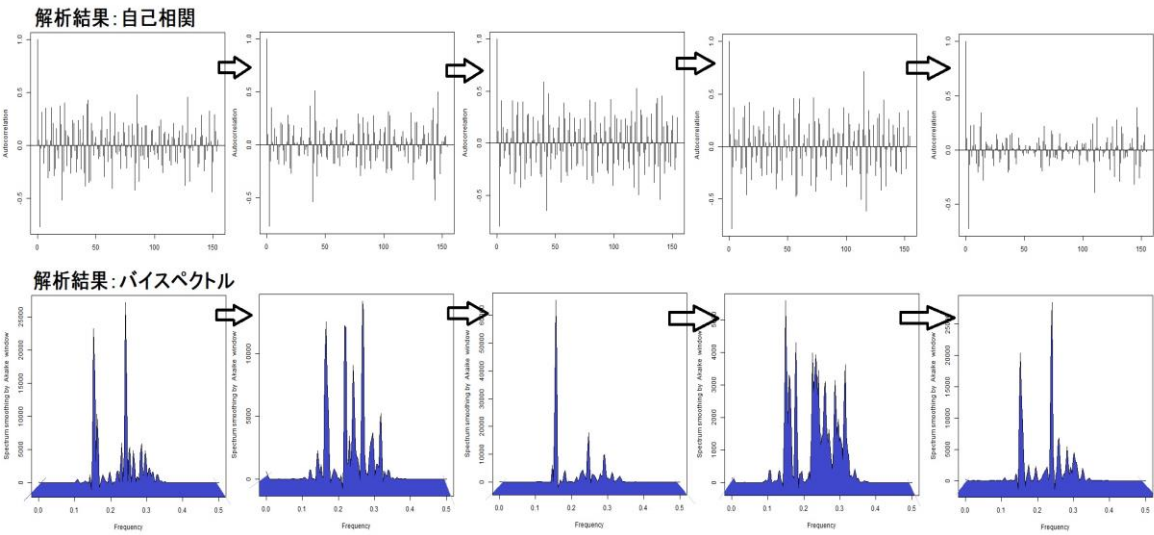
<https://youtu.be/NMUJ08B62Kk>

<https://youtu.be/KxkQxR9UD70>

<https://youtu.be/HqHoLRdhOQA>

<https://youtu.be/jvgjAbzofPc>

https://youtu.be/FDC_KjqXwtc



超音波実験

<https://youtu.be/PTEvIWAKT10>

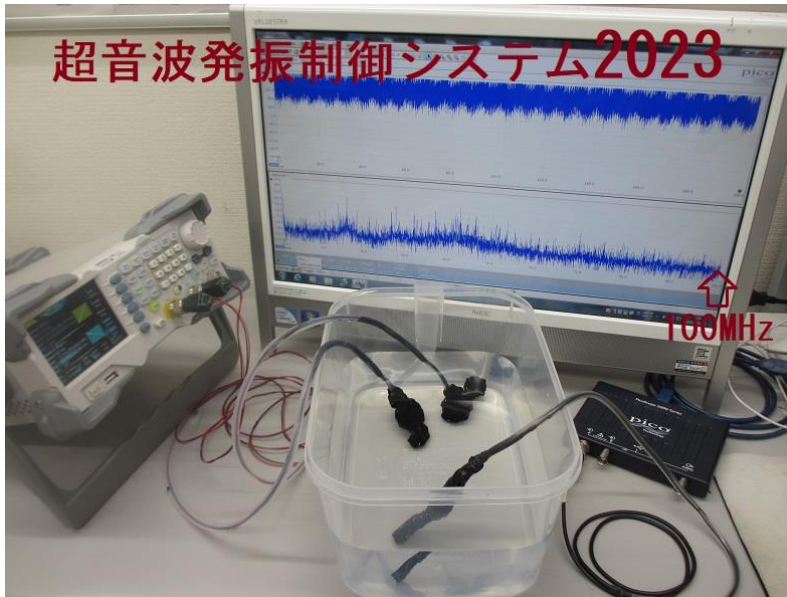
<https://youtu.be/FMfznK5HdII>

https://youtu.be/VWt6Wg_MgkA

<https://youtu.be/PBa8kXKYw0o>

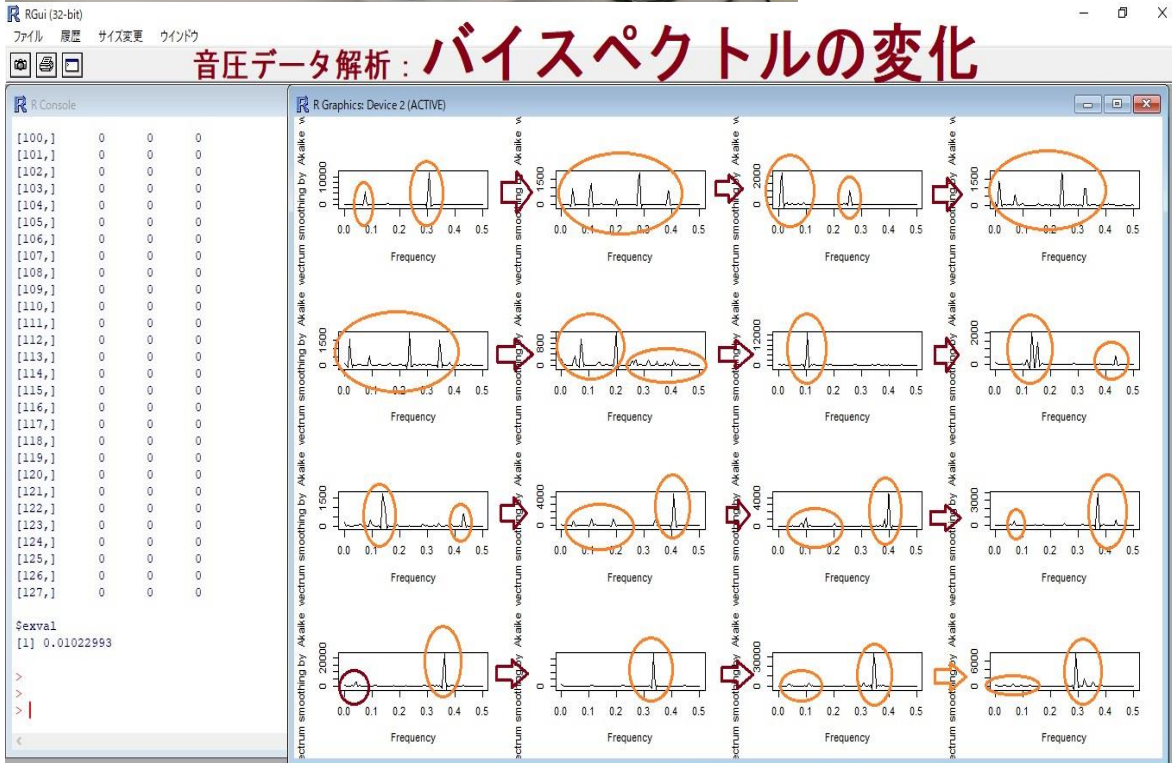
<https://youtu.be/bYXtGFTWIiU>

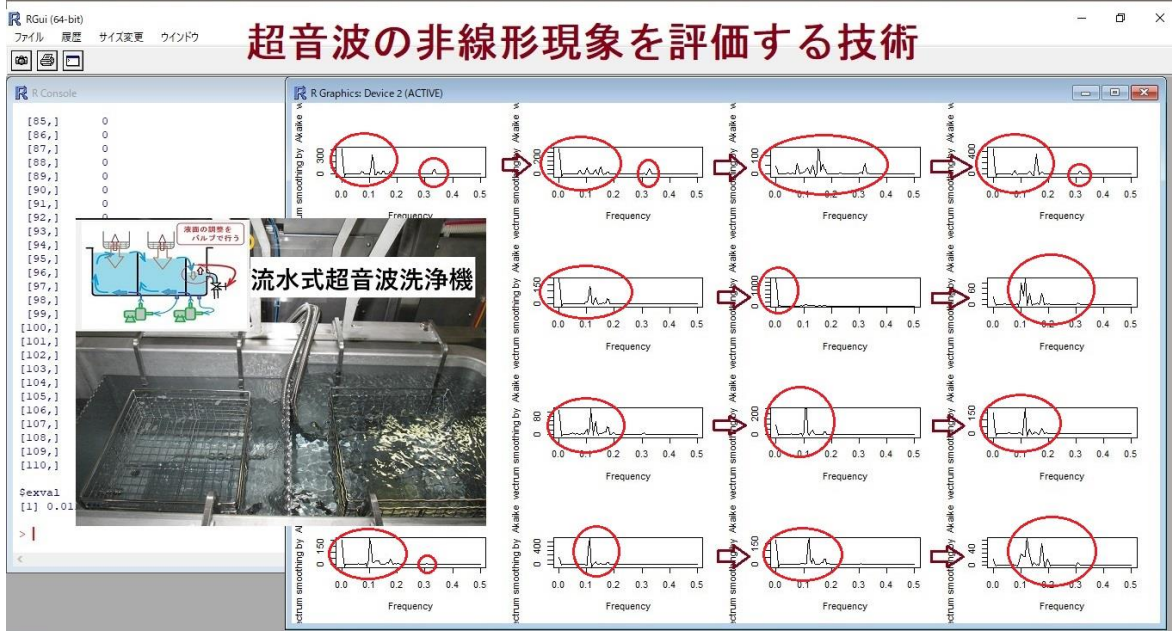
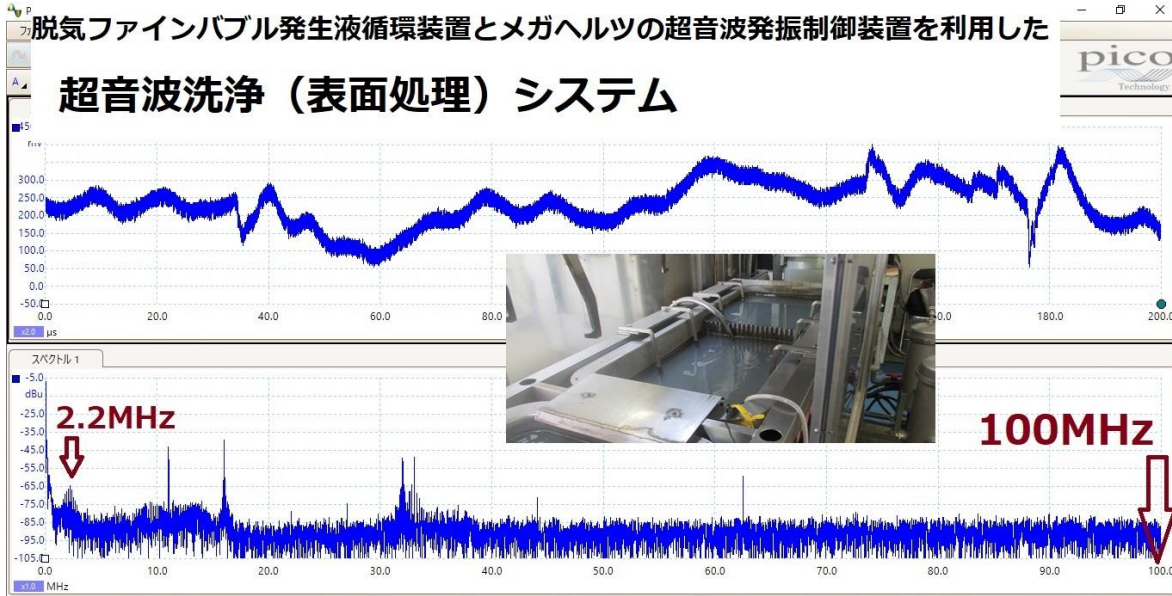
https://youtu.be/00k_VYXbTdI



超音波発振制御システム2023

100MHz





<<超音波システム>>

超音波の音圧測定解析システム（オシロスコープ 100MHz タイプ）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17972>

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>

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

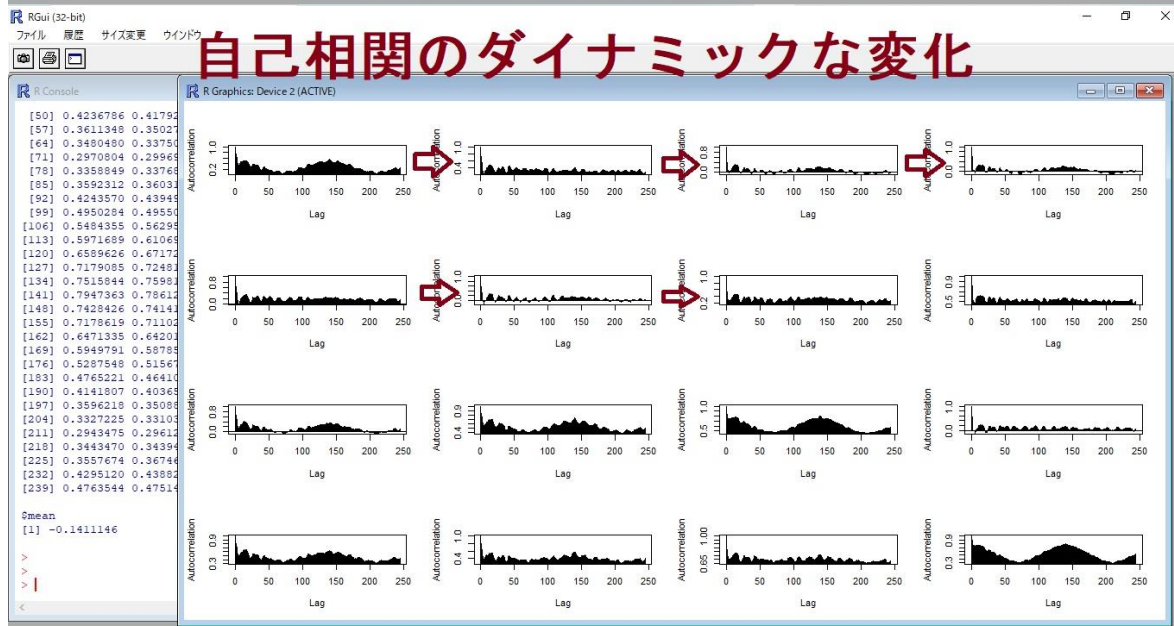
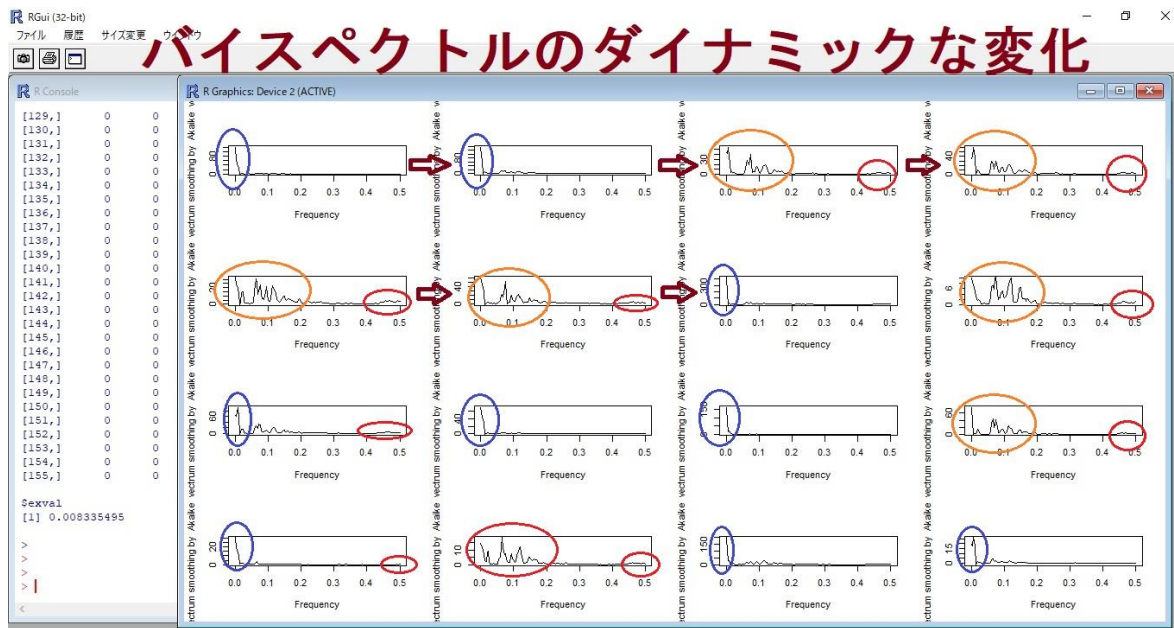
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15785>

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>

超音波測定解析の推奨システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1972>



超音波計測装置（超音波テスター）を利用した測定事例

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1685>

超音波の音圧測定解析データを公開

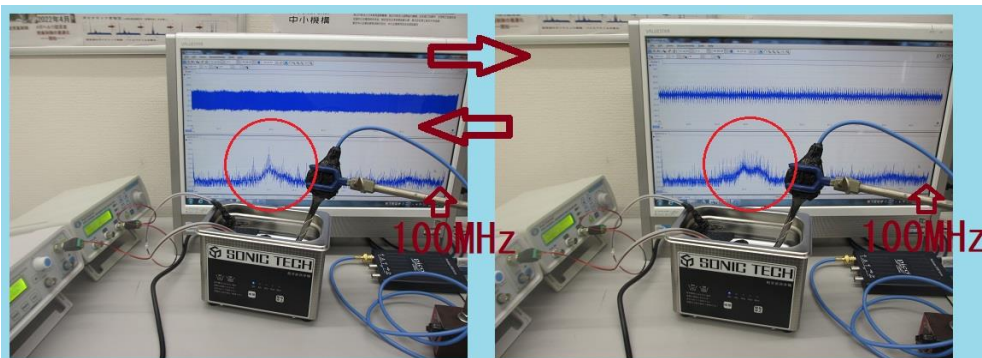
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2387>

超音波の非線形振動

<http://ultrasonic-labo.com/?p=13908>

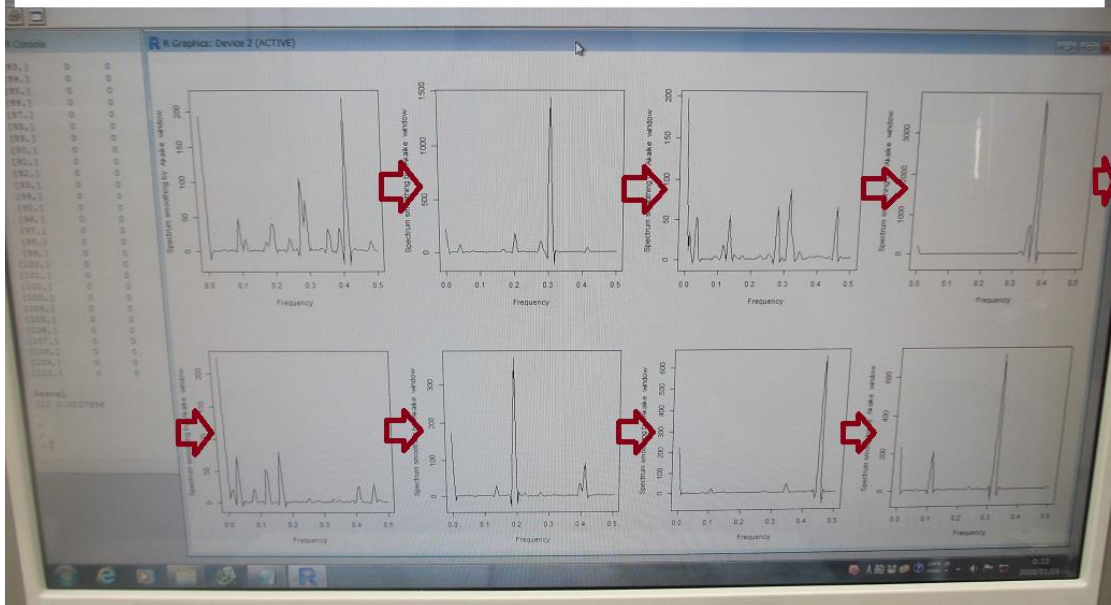
超音波プローブの発振制御による振動評価技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15285>



スイープ発振条件の組み合わせによる超音波制御

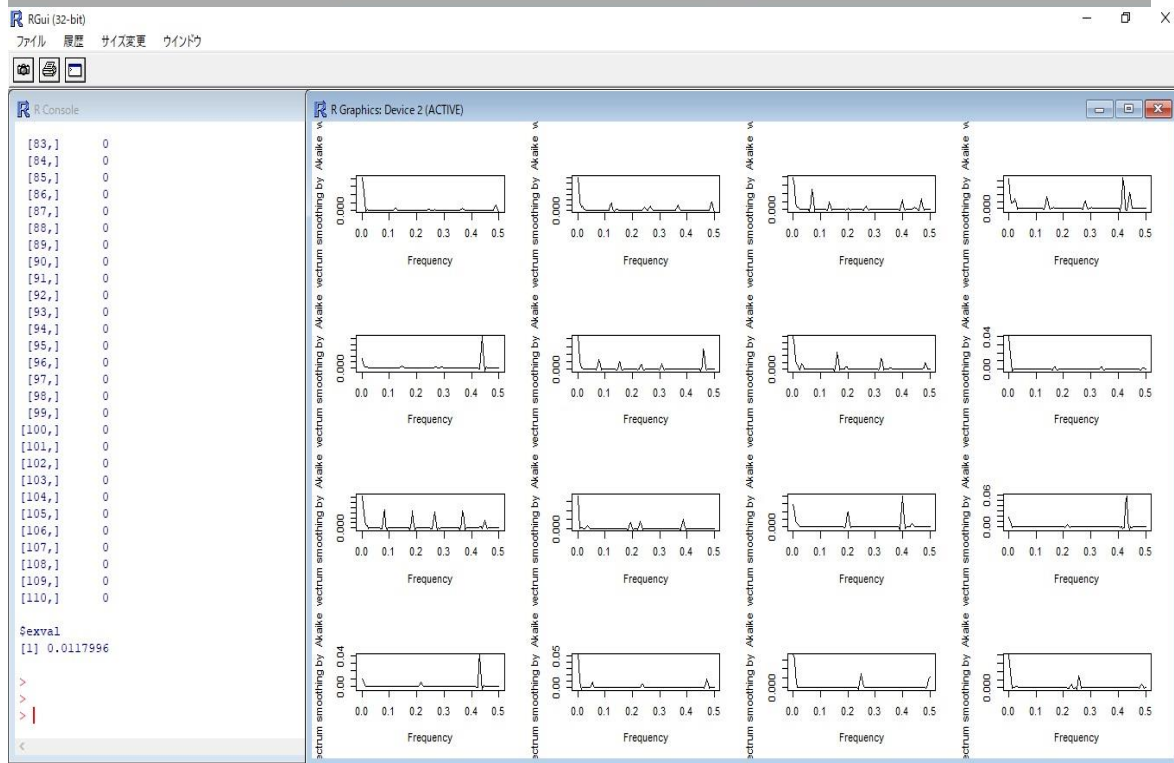
超音波の非線形現象を評価する技術



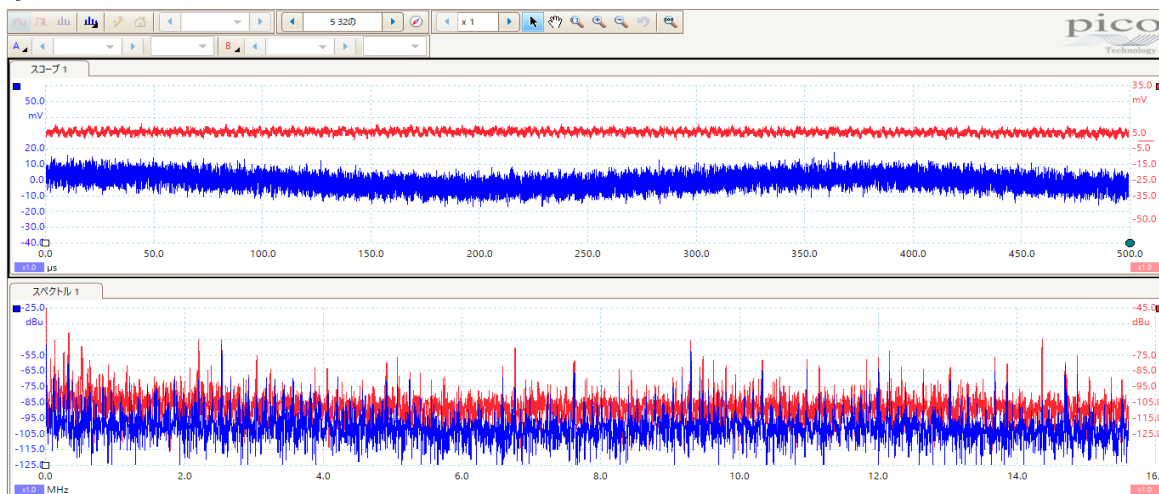
詳細に興味のある方は

超音波システム研究所にメールでお問い合わせください。

参考 バイスpekトルのダイナミック変化

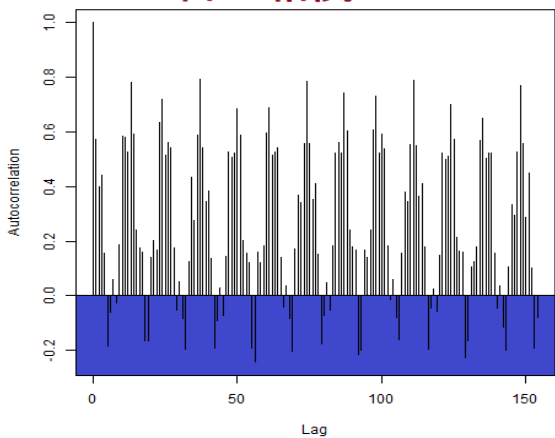


音圧データ

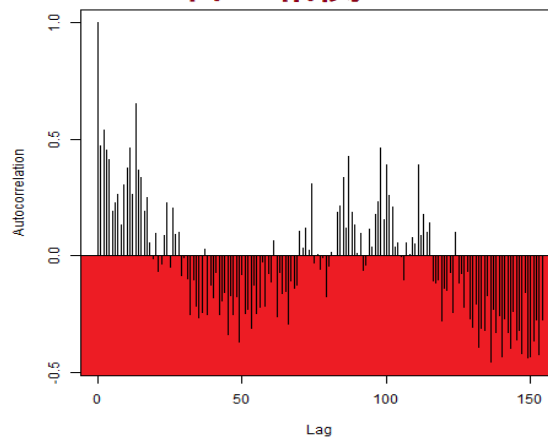


解析結果

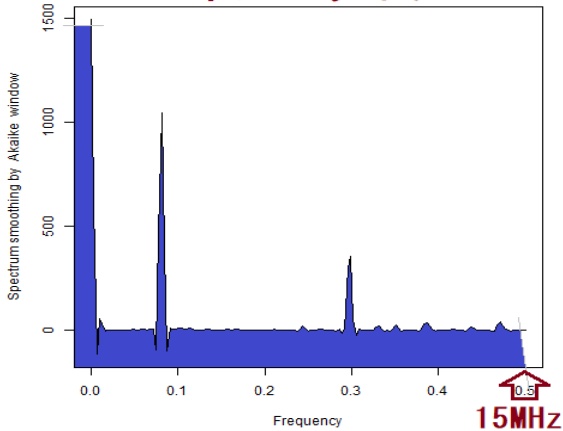
自己相関



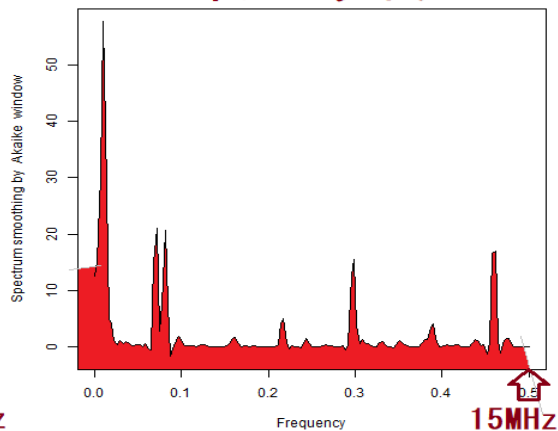
自己相関

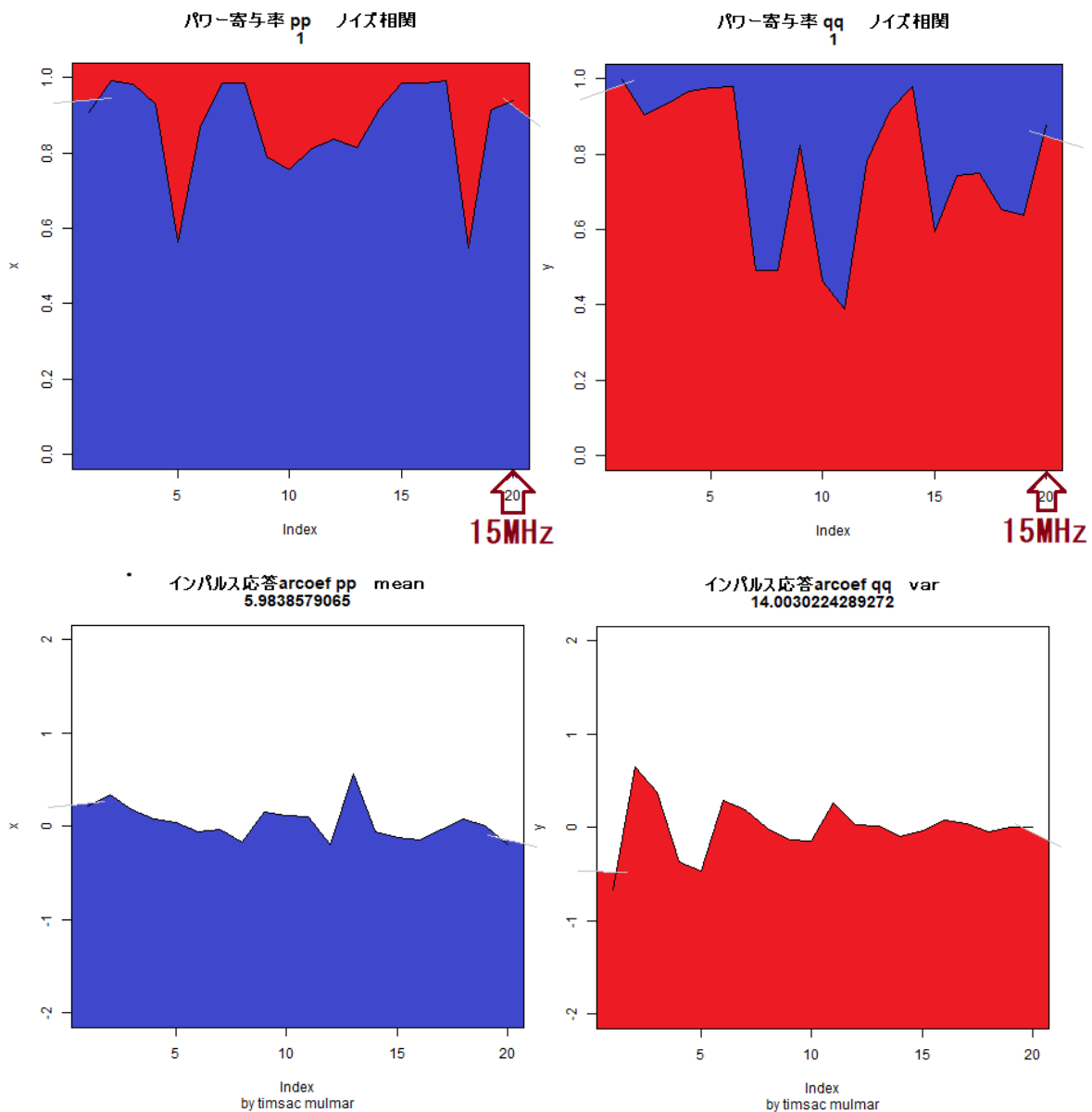


バイスペクトル



バイスペクトル





解析プログラム

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

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

```

data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/data_01.png")
plot(data11$V2, main="音圧測定データ  c h A")
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/datasp0001_01.png")
a <- spectrum(data11$V2, method="ar")
plot(a, sub="パワースペクトル")
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/databi0001_01.png")
bispec(data11$V2)
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/dataau0001_01.png")
autcor(data11$V2)
dev.off()

```

. . . .

```

data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/data_01b.png")
plot(data11$V3, main="音圧測定データ  c h B")
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/datasp0001_01b.png")
a <- spectrum(data11$V3, method="ar")
plot(a, sub="パワースペクトル")
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/databi0001_01b.png")
bispec(data11$V3)
dev.off()
data11 <- read.table("D:/sample/data_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000)
png(file="D:/sample/dataau0001_01b.png")
autcor(data11$V3)
dev.off()

```

以上