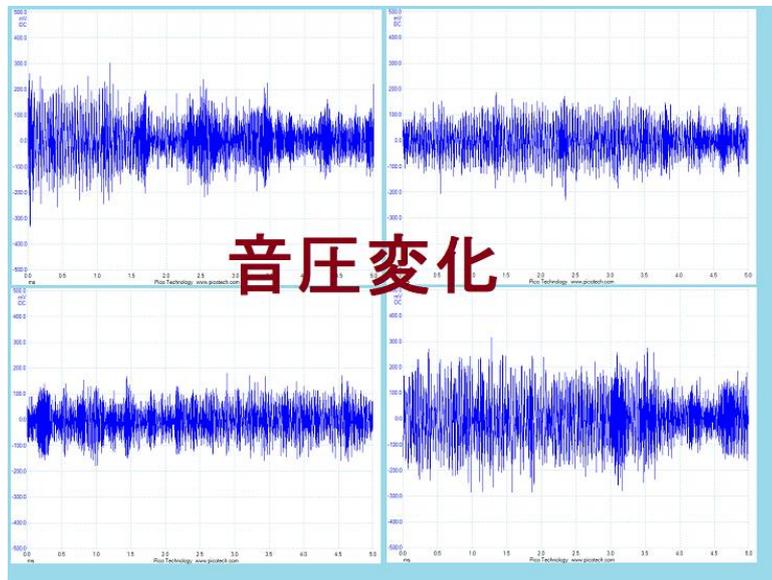
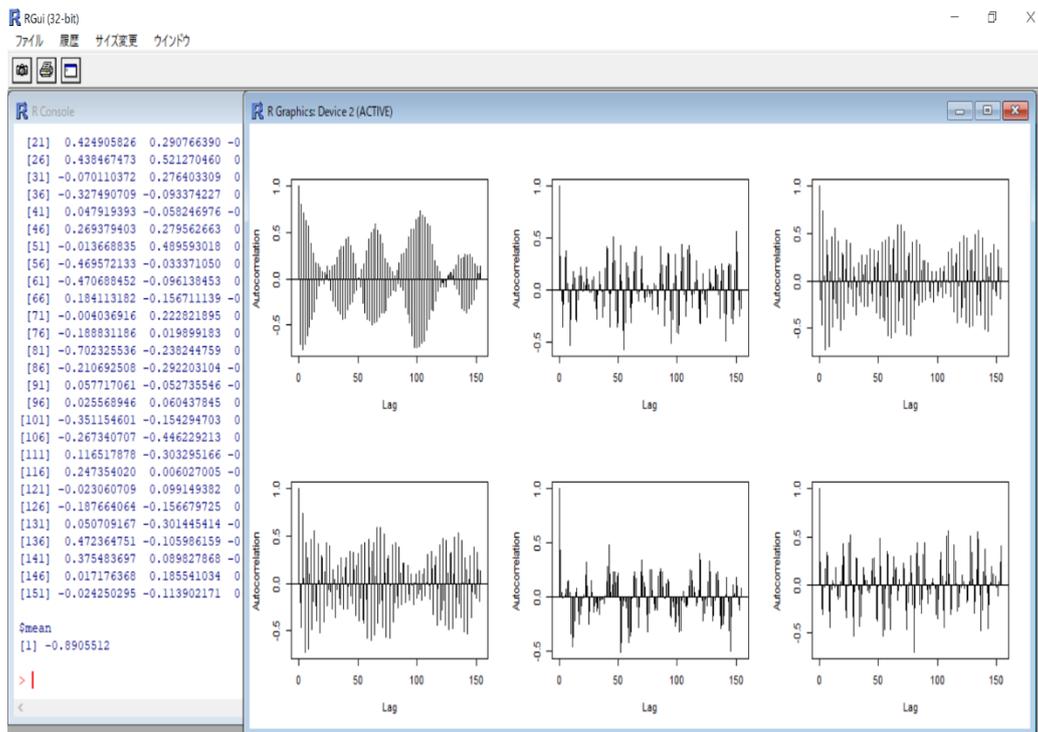


超音波技術(R言語)

超音波の音圧測定データ解析手順



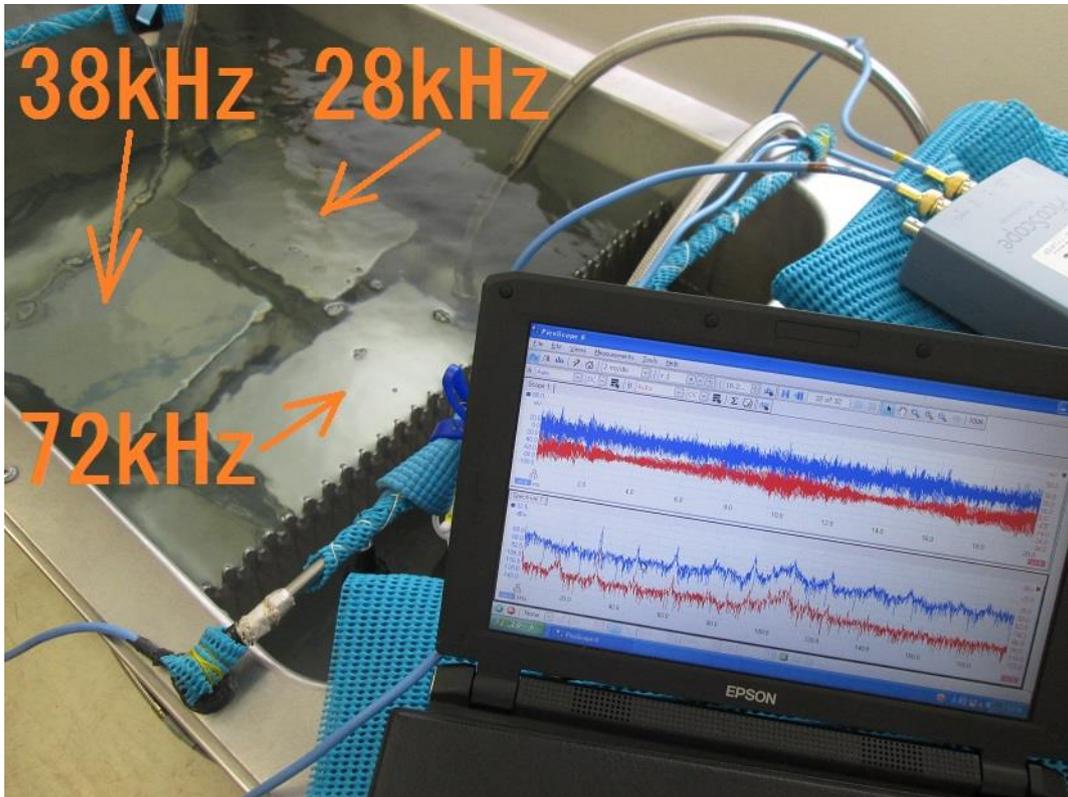
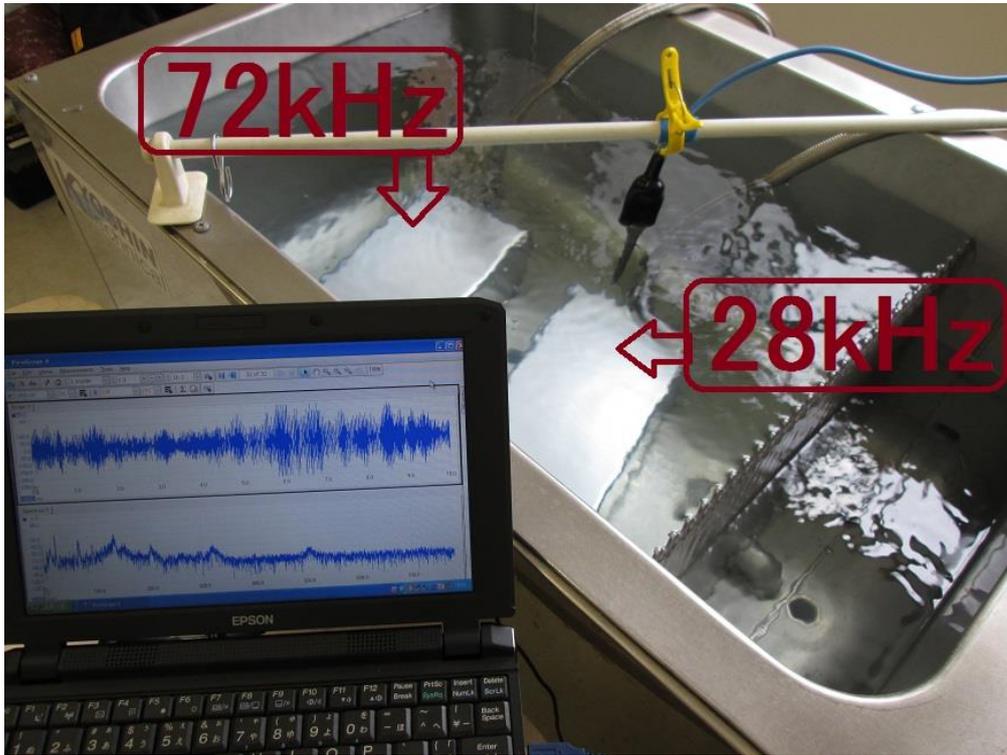
音圧測定データ



音圧解析結果

超音波システム研究所

音圧測定



1. 準備

解析用データの確認

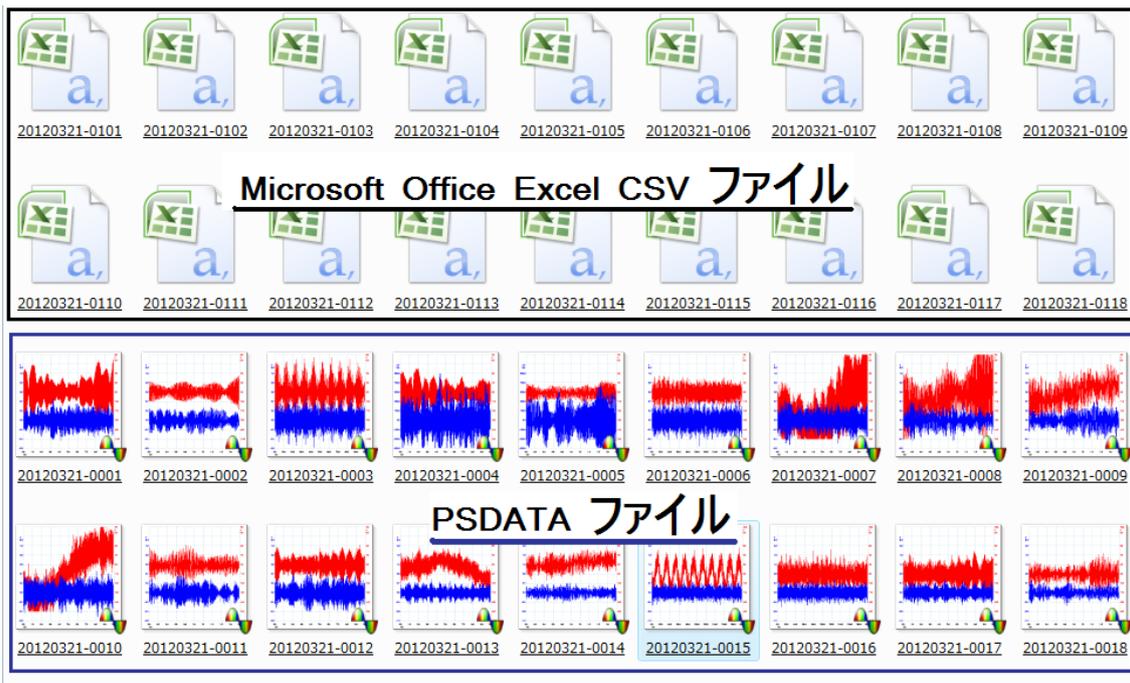
測定データ（PSDATA ファイル）から

解析用の

Microsoft Office Excel CSV ファイル

がホルダーにあることを確認してください

ファイルがない場合は、CSV ファイルに保存してください



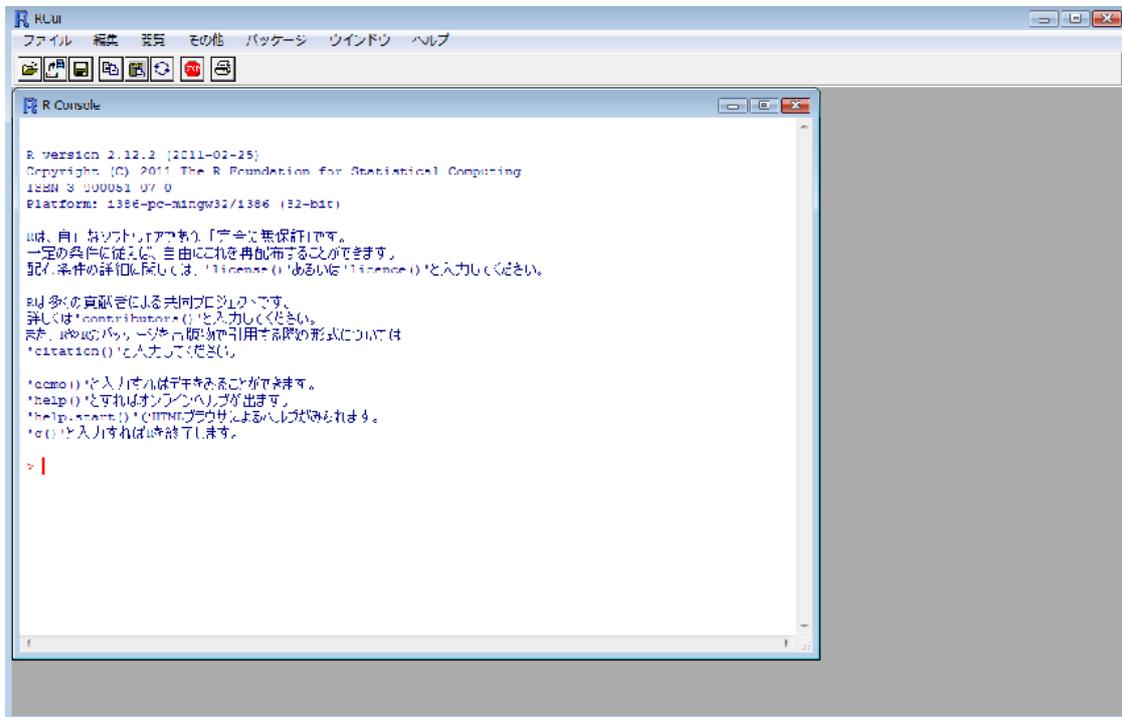
例 C:/us-data2/20100101-0004/20100101-0004_01.csv

上記のサンプルデータを希望される方はメールで連絡してください

2. 解析ソフトの立ち上げ



ダブルクリックして立ち上げる



> | 左記のようなプロンプト表示が行われます

エラー表示が行われた場合には、

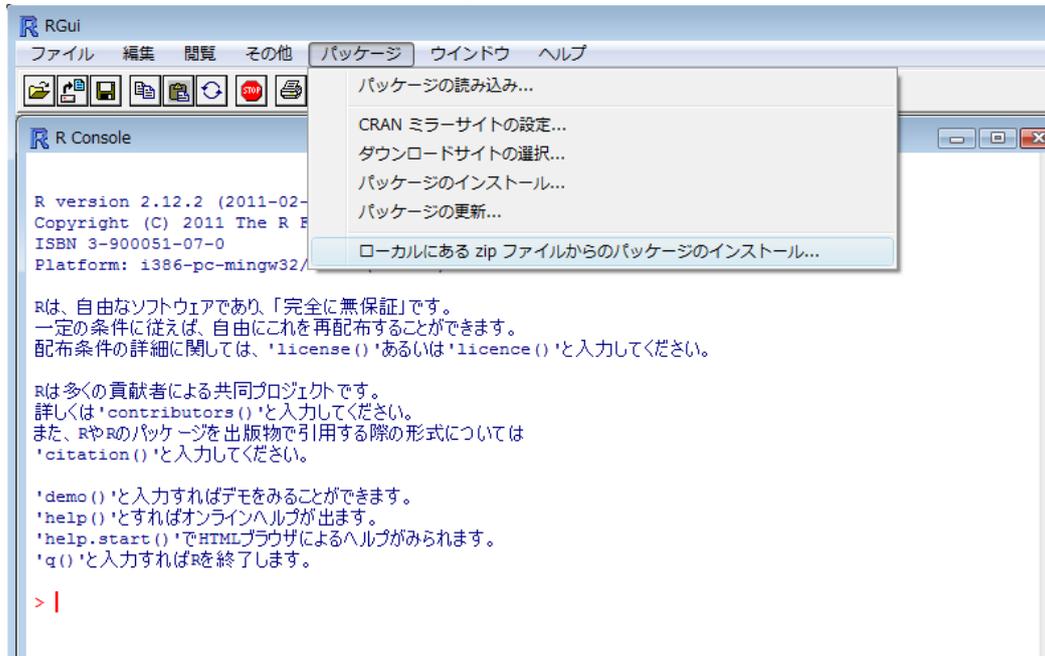
その他の作業ファイル・・・を終了してから

もう一度立ち上げてください

3. 解析ソフトの読み込み

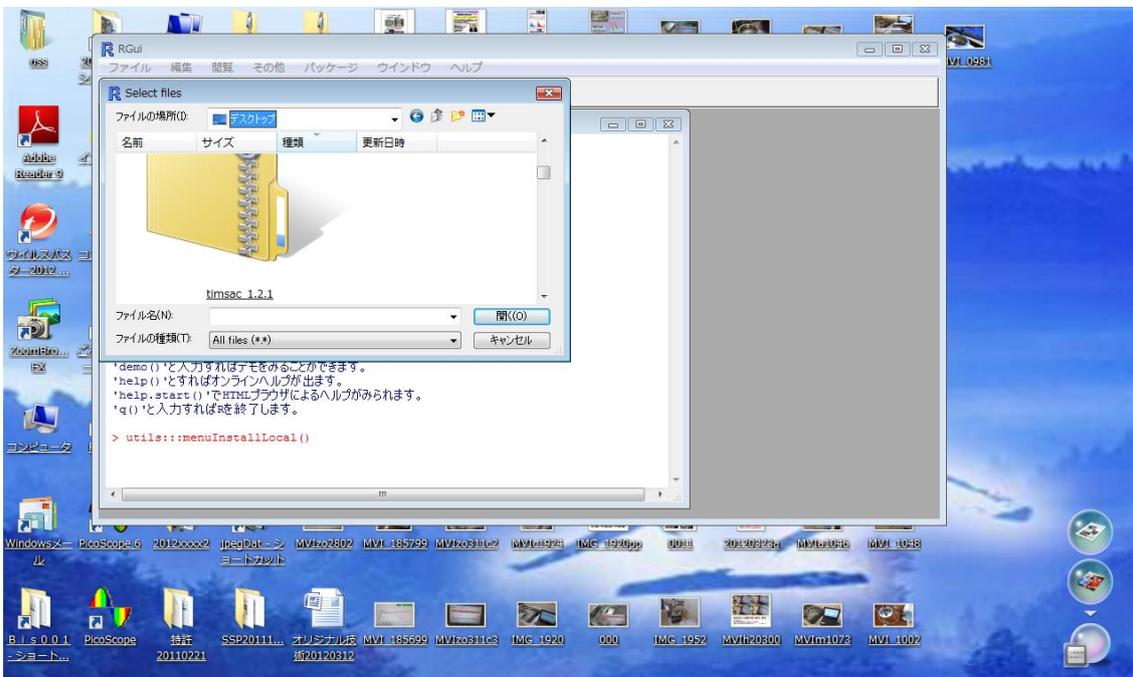
3-1 : パッケージ ->

ローカルにある zip ファイルからの

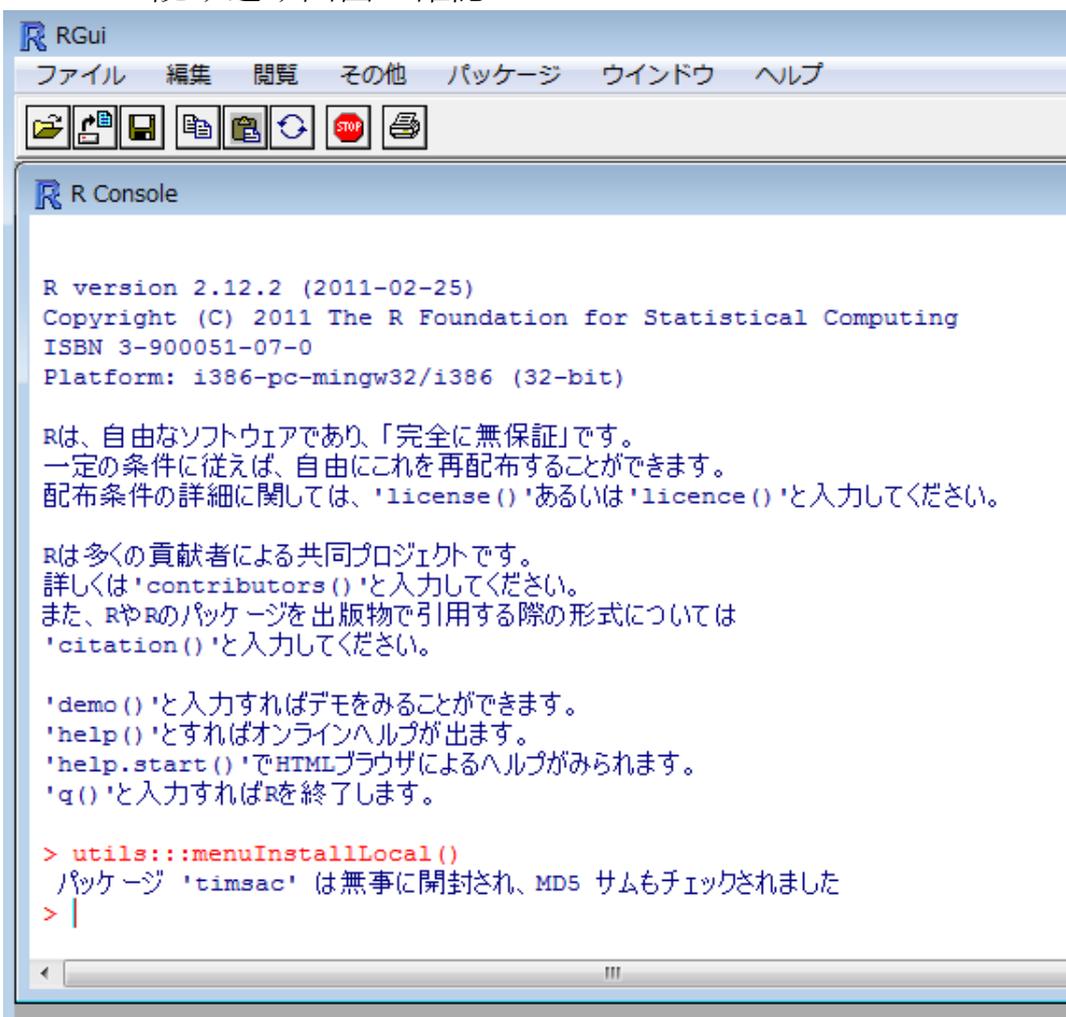


3-2 : デスクトップの zip ファイル

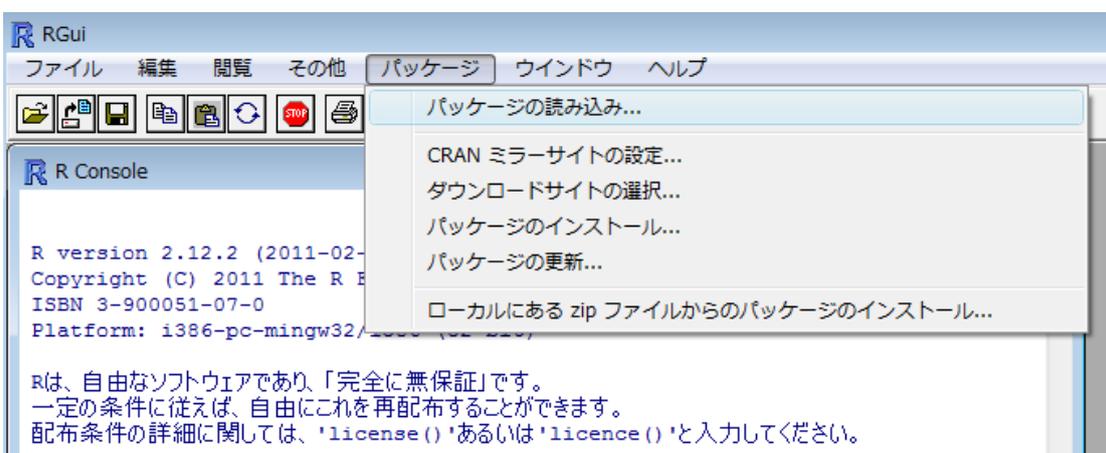
T I M S A C 1.2.1 を選択する



3-3 : 読み込み画面の確認

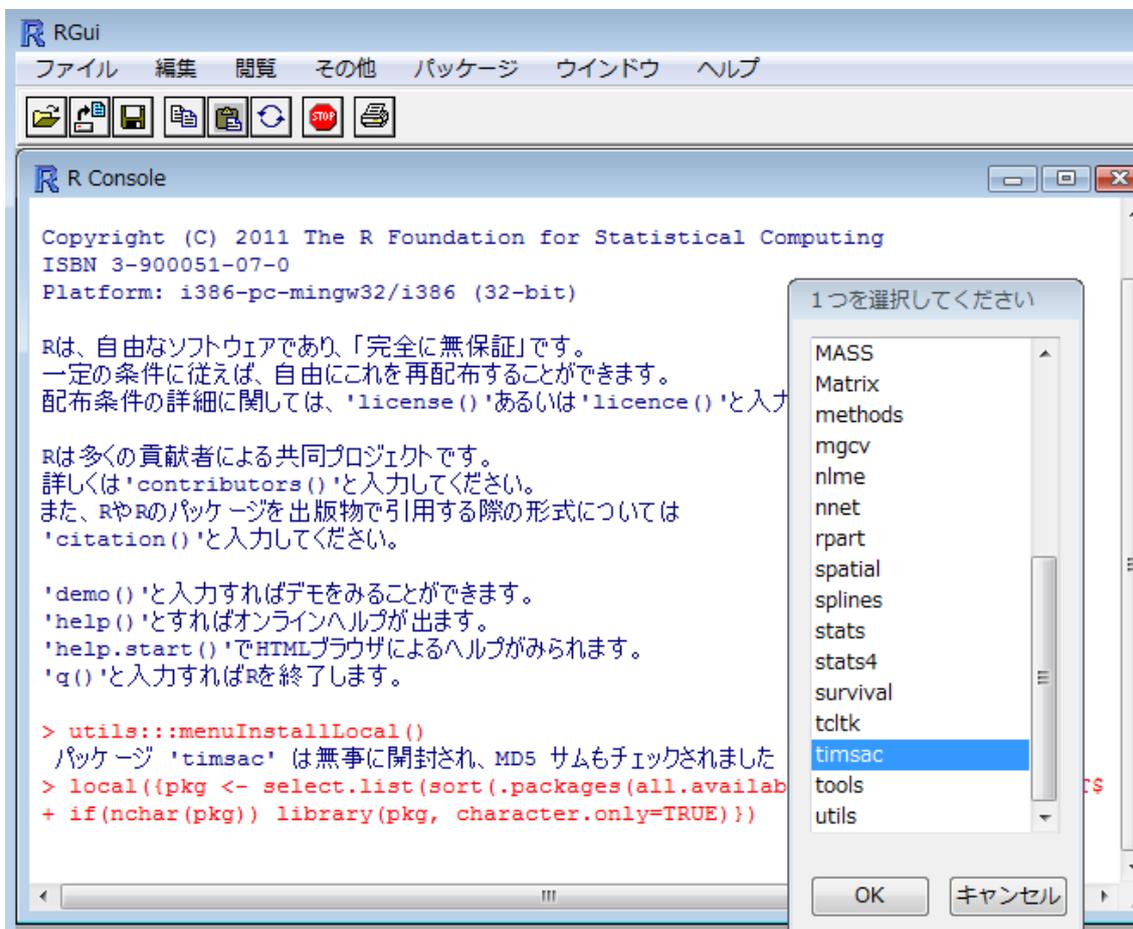


3-4 : パッケージの読み込み

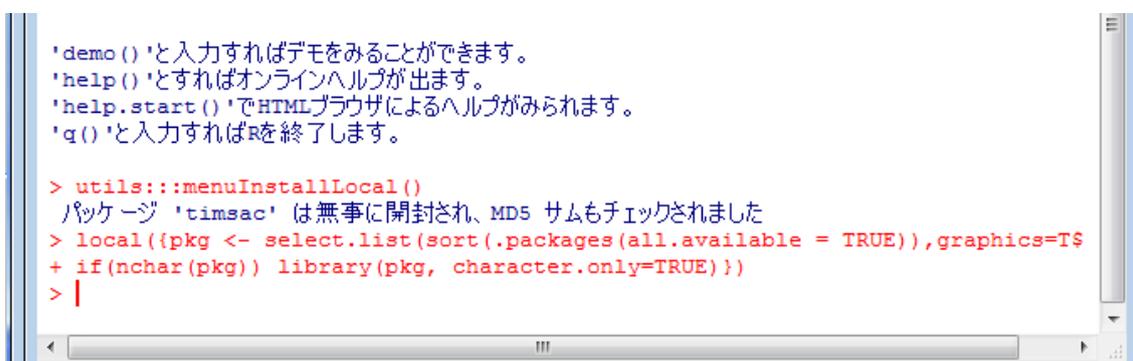


パッケージ -> パッケージ読み込み... 選択する

3-5: timsac の選択



3-6: 「OK」 選択により読み込み



以上で解析準備完了です

参考

バイスペクトル

バイ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イ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、バイ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。**

詳しい説明は専門書・・・を読んで確認してください

エクセルファイルのデータ列

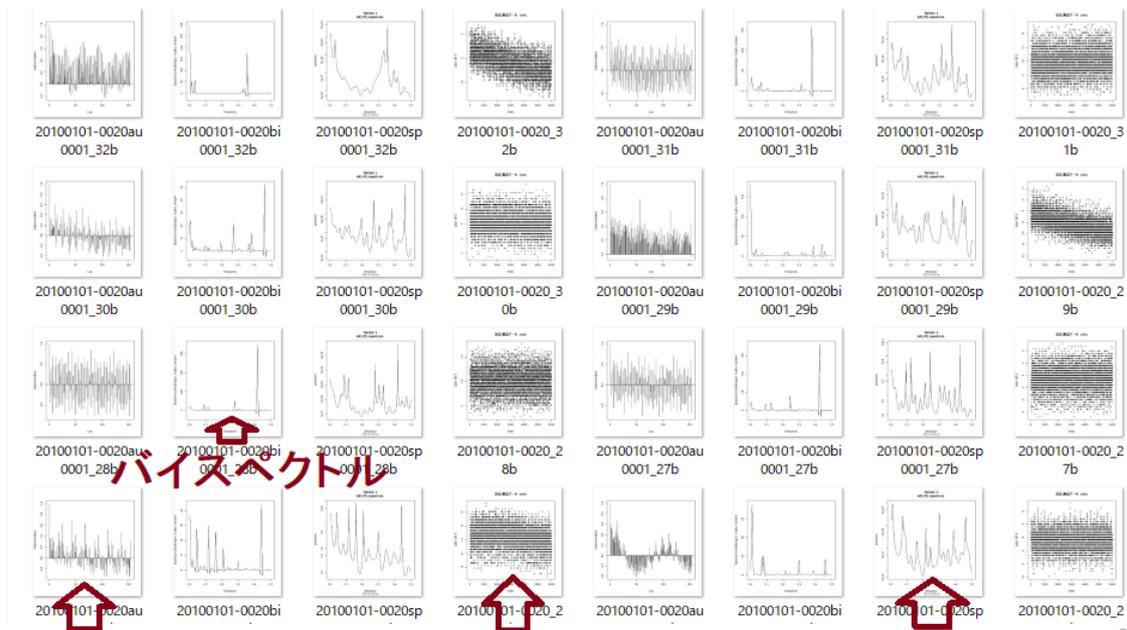
時間 (us)	Channel A (mV)	Channel B (mV)
0	-1.181102	-0.7874015
0.008	-7.874015	-0.7874015
0.016	-3.149606	-2.755905
0.024	7.086614	-1.181102
0.032	-0.3937007	0
0.04	-7.480314	-1.968504
0.048	0.7874015	-2.755905
0.056	4.330709	-1.574803
0.064	-2.362205	-0.7874015
0.072	-3.937008	-1.968504
0.08	-0.7874015	-2.755905
0.088	1.574803	-2.362205

解析 1 (結果を p n g ファイルで保存)

```
コマンドファイル：：解析 1 (結果を p n g ファイルで保存) .txt
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
png(file="C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.png")
plot(data11$V2, main="音圧測定データ c h A")
dev.off()
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
png(file="C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020sp0001_01.png")
a <- spectrum(data11$V2,method="ar")
plot(a, sub="パワースペクトル")
dev.off()
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
png(file="C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020bi0001_01.png")
bispec(data11$V2)
dev.off()
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
png(file="C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020au0001_01.png")
autcor(data11$V2)
dev.off()
```

.....
.....

実行結果 (C:/us-data2/20100101-0020/)



自己相関

音圧測定データ

パワースペクトル

解析 2 (結果を画面にグラフで表示)

コマンドファイル: : 解析 2 (結果を画面にグラフで表示) .txt

```
par(mfrow=c(2,4))
```

```
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,  
sep="," , nrows=3000)
```

```
plot(data11$V2, main="音圧測定データ ch A")
```

```
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,  
sep="," , nrows=3000)
```

```
a <- spectrum(data11$V2,method="ar")
```

```
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,  
sep="," , nrows=3000)
```

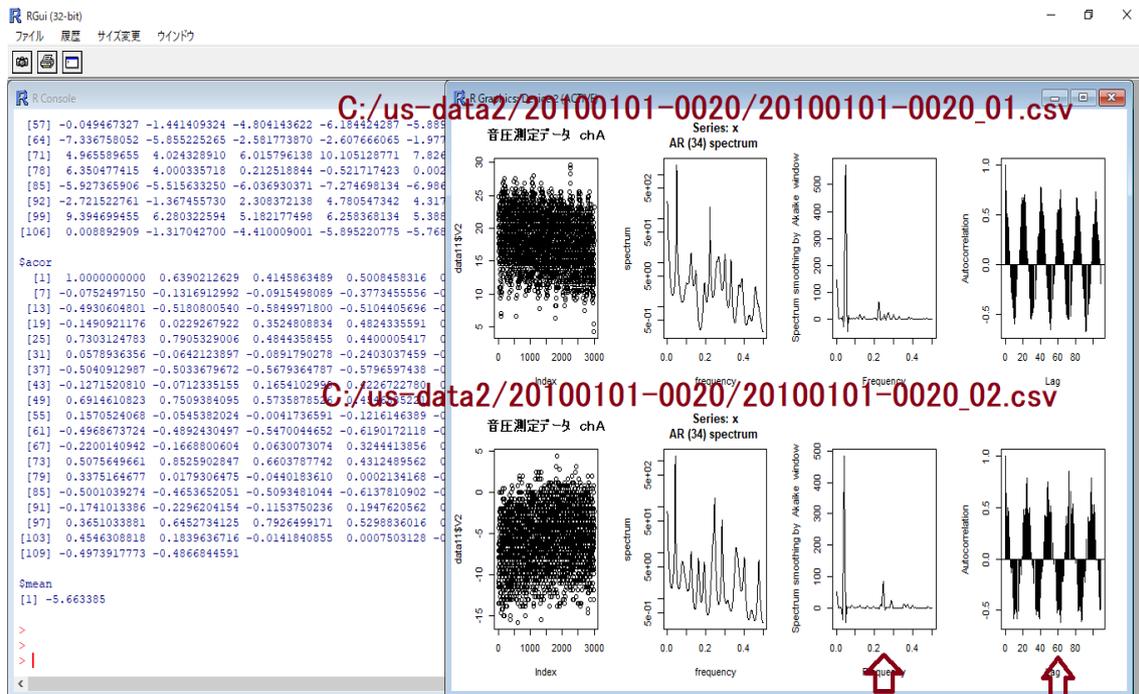
```
bispec(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv", skip=6,  
sep="," , nrows=3000)
```

```
autcor(data11$V2)
```

...
...

実行結果 (C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_01.csv
C:/us-data2/20100101-0020/20100101-0020_02.csv)



バイスペクトル 自己相関

解析コマンド

```
dev.off()
```

```
par(mfrow=c(2,2)) : 2行2列のグラフ表示設定
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0030/20191220-0030_12.csv",  
skip=6, sep="," , nrow=6000)
```

```
plot(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0030/20191220-0030_12.csv",  
skip=6, sep="," , nrow=6000)
```

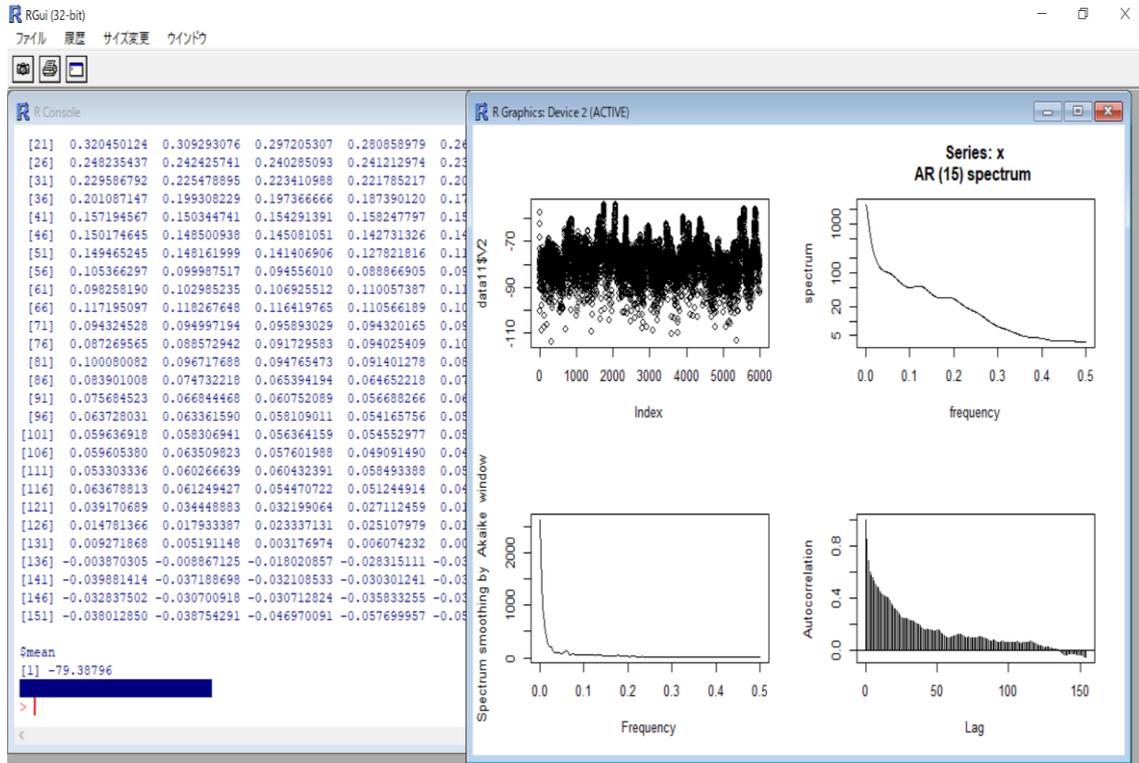
```
spectrum(data11$V2,method="ar")
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0030/20191220-0030_12.csv",  
skip=6, sep="," , nrow=6000)
```

```
bispec(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0030/20191220-0030_12.csv",  
skip=6, sep="," , nrow=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```



dev.off()
解説 終了

plot(data11\$V2)

解説 data11 の 2 番目のデータ列 (1 c h の測定データ) に対して
プロット (音圧測定データのグラフ作成) を行う

spectrum(data11\$V2,method="ar")

解説 data11 の 2 番目のデータ列 (1 c h の測定データ) に対して
AR (自己回帰) モデルによる **スペクトル解析** を行う

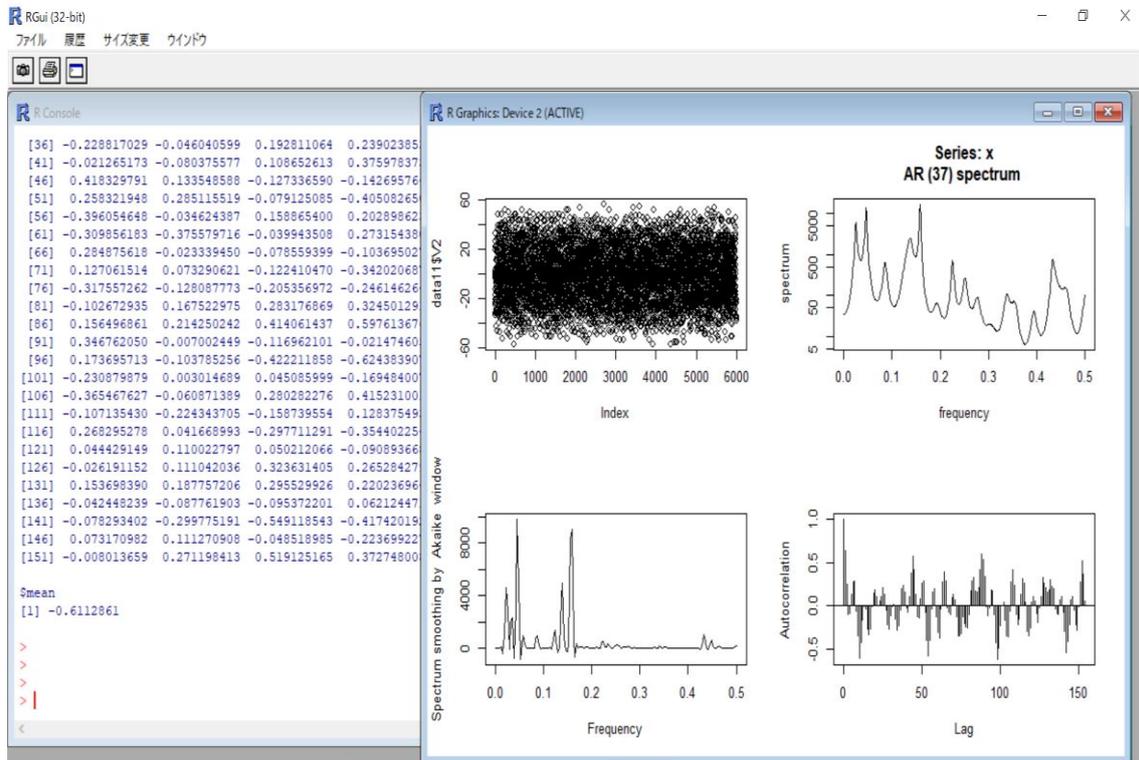
bispec(data11\$V2)

解説 data11 の 2 番目のデータ列 (1 c h の測定データ) に対して
バイスペクトル解析 を行う

autcor(data11\$V2)

解説 data11 の 2 番目のデータ列 (1 c h の測定データ) に対して
自己相関 の解析を行う

dev.off()



参考

- 1) 以下のようにテキストデータをコピーしてRの画面にペーストすると
1 c hと2 c hのデータ比較ができます

```
dev.off()
```

```
par(mfrow=c(4,2))
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
plot(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
spectrum(data11$V2,method="ar")
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
bispec(data11$V2)
```

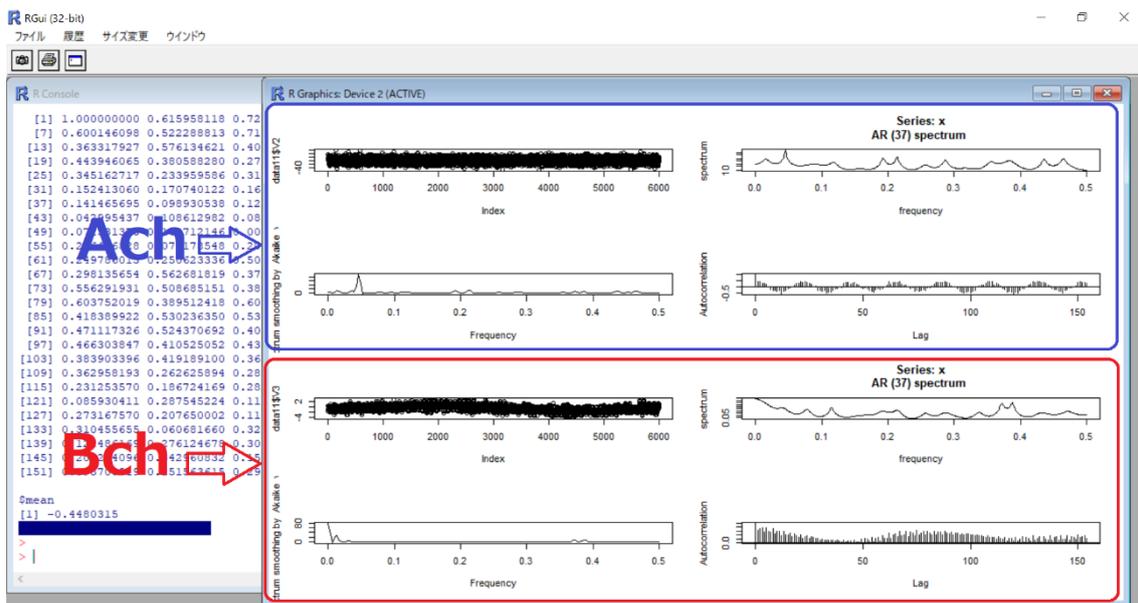
```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
plot(data11$V3)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
spectrum(data11$V3,method="ar")
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
bispec(data11$V3)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,  
sep=",", nrows=6000)  
autcor(data11$V3)
```

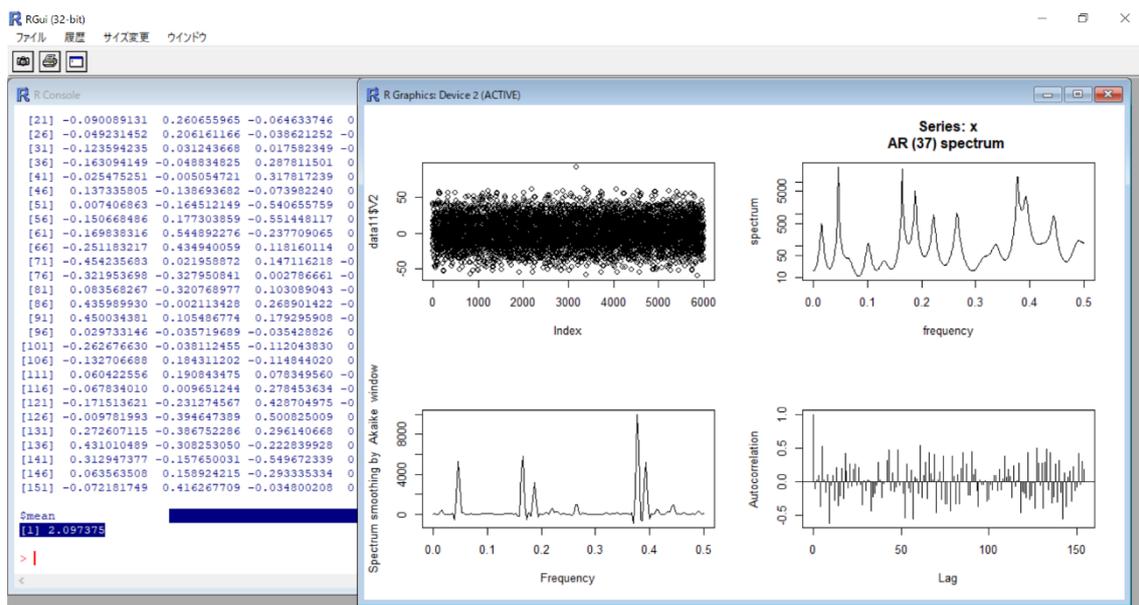


2) 以下のようにテキストデータをコピーしてRの画面にペーストするとすべての解析を連続的に行います

```
dev.off()
par(mfrow=c(2,2))

data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
plot(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
spectrum(data11$V2,method="ar")
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
autcor(data11$V2)
. . . . .
. . . . .

data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
plot(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
spectrum(data11$V2,method="ar")
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
autcor(data11$V2)
```



3) 以下のようにテキストデータをコピーしてRの画面にペーストすると
各種データの関係をグラフで確認できます

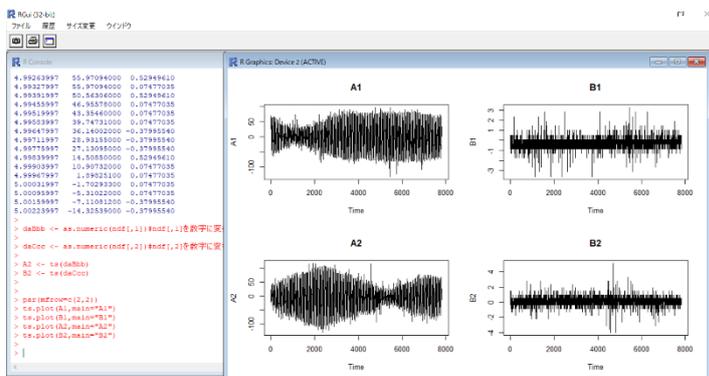
下記をコピー&ペースト

```
setwd("D:/R-data")
df <- read.csv("20170905-0054/20170905-0054_03.csv",skip=2,header=T,row.names=1)
ndf <- na.omit(df)#欠損(NA)を除く
ndf
daBbb <- as.numeric(ndf[,1])#ndf[,1]を数字に変換
daCcc <- as.numeric(ndf[,2])#ndf[,2]を数字に変換
A1 <- ts(daBbb)
B1 <- ts(daCcc)
```

```
df <- read.csv("20170905-0054/20170905-0054_04.csv",skip=2,header=T,row.names=1)
ndf <- na.omit(df)#欠損(NA)を除く
ndf
daBbb <- as.numeric(ndf[,1])#ndf[,1]を数字に変換
daCcc <- as.numeric(ndf[,2])#ndf[,2]を数字に変換
A2 <- ts(daBbb)
B2 <- ts(daCcc)
```

```
df <- read.csv("20170905-0054/20170905-0054_05.csv",skip=2,header=T,row.names=1)
ndf <- na.omit(df)#欠損(NA)を除く
ndf
daBbb <- as.numeric(ndf[,1])#ndf[,1]を数字に変換
daCcc <- as.numeric(ndf[,2])#ndf[,2]を数字に変換
A3 <- ts(daBbb)
B3 <- ts(daCcc)
```

```
df <- read.csv("20170905-0054/20170905-0054_06.csv",skip=2,header=T,row.names=1)
ndf <- na.omit(df)#欠損(NA)を除く
ndf
daBbb <- as.numeric(ndf[,1])#ndf[,1]を数字に変換
daCcc <- as.numeric(ndf[,2])#ndf[,2]を数字に変換
A4 <- ts(daBbb)
B4 <- ts(daCcc)
```



```

par(mfrow=c(4,2))
ts.plot(A1,main="A1")
ts.plot(B1,main="B1")
ts.plot(A2,main="A2")
ts.plot(B2,main="B2")
ts.plot(A3,main="A3")
ts.plot(B3,main="B3")
ts.plot(A4,main="A4")
ts.plot(B4,main="B4")

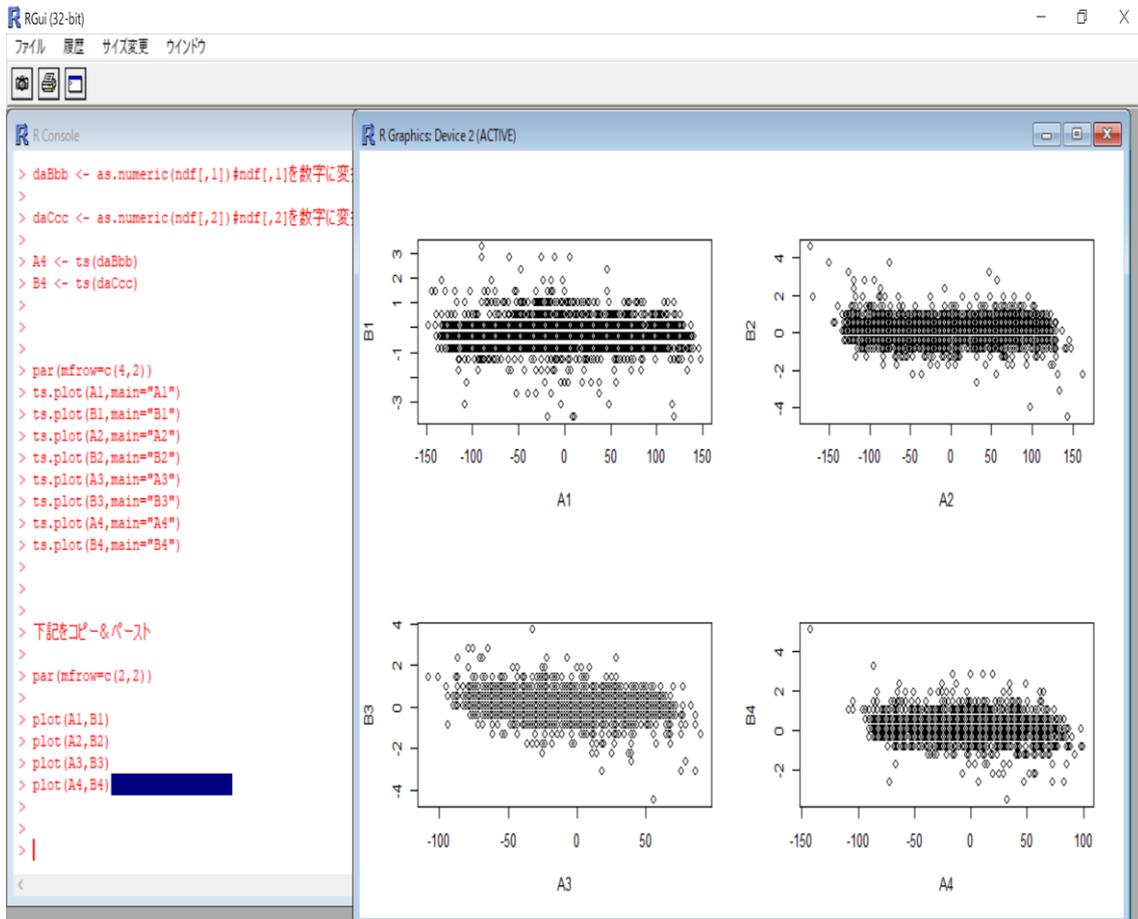
```

下記をコピー&ペースト

```

par(mfrow=c(2,2))
plot(A1,B1)
plot(A2,B2)
plot(A3,B3)
plot(A4,B4)

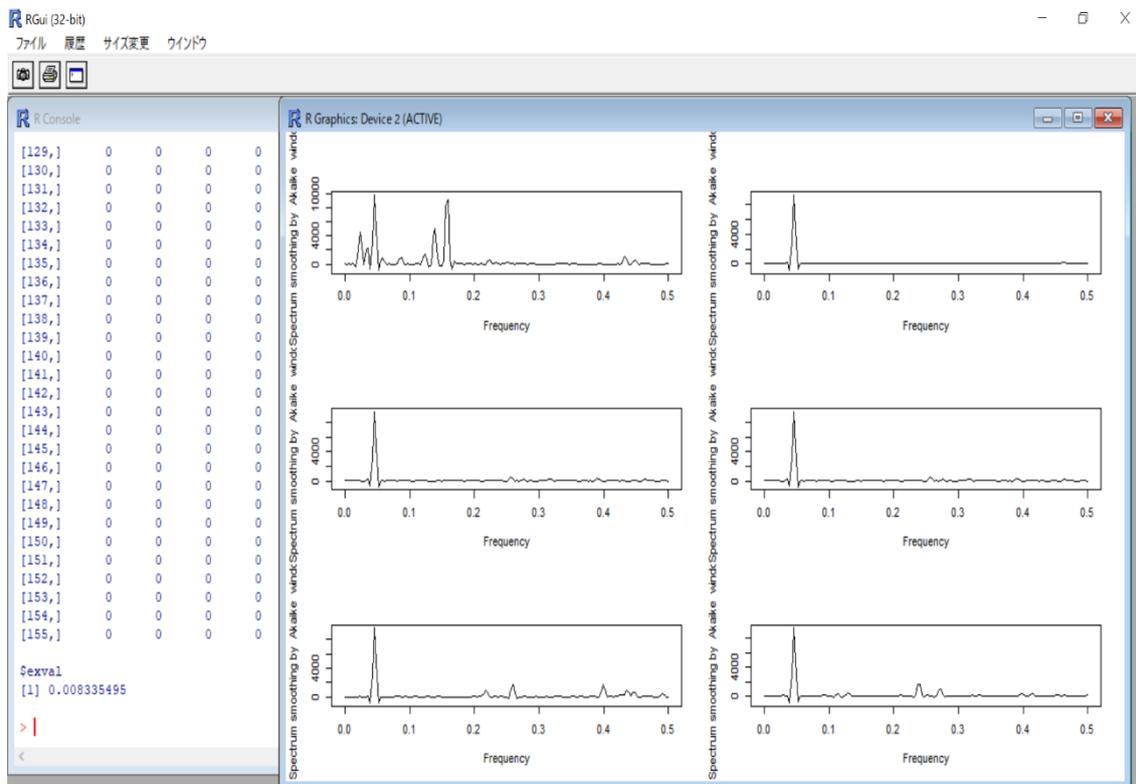
```



実施例：バイスペクトルの変化を確認する

```
dev.off()
par(mfrow=c(3,2))

data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_13.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_14.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_15.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_15.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_17.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_18.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
```



実施例：自己相関の変化を確認する

```
dev.off()
```

```
par(mfrow=c(3,2))
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_13.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_14.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_15.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_15.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

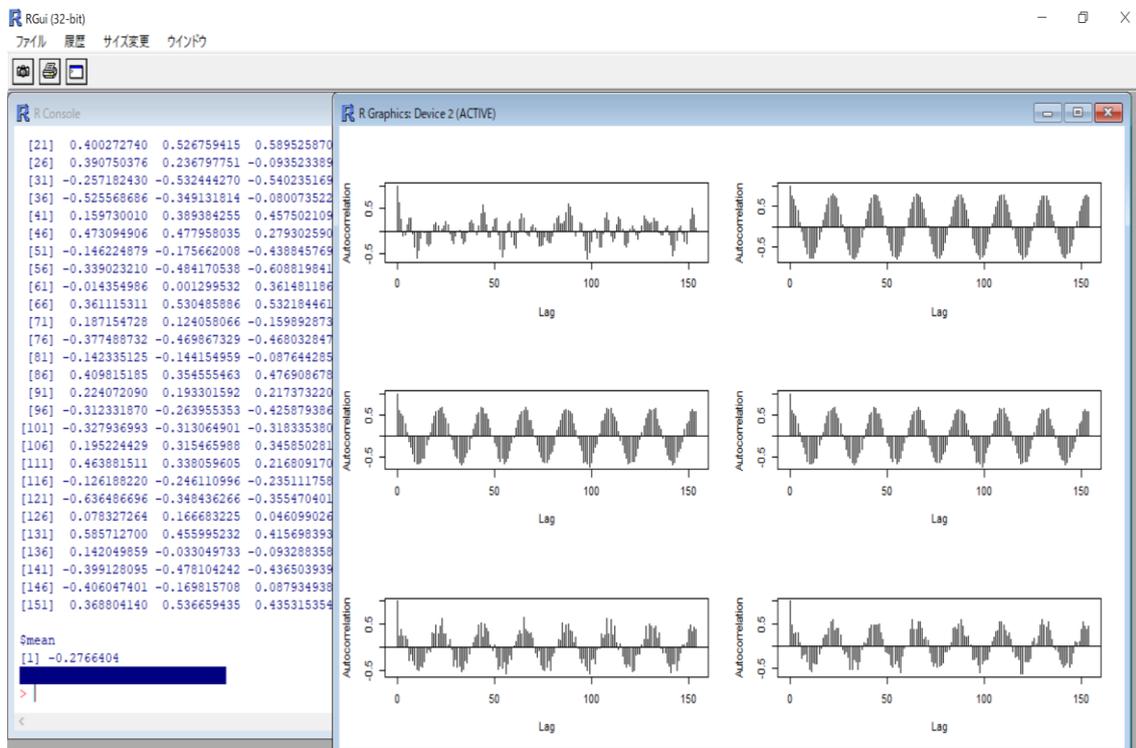
```
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_17.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_18.csv", skip=6,  
sep=";", nrows=6000)
```

```
autcor(data11$V2)
```



解析の詳細・解析結果の解釈・・・については
以下の参考書籍・・・の専門書を読んでください

参考書籍

1：統計数理

- 1) 叩いて超音波で見る—非線形効果を利用した計測
佐藤 拓宋 (著) 出版社: コロナ社 (1995/06)
- 2) 電気系の確率と統計
佐藤 拓宋 (著) 出版社: 森北出版 (1971/01)
- 3) 不規則信号論と動特性推定
宮川 洋 (著), 佐藤拓宋 (著), 茅 陽一 (著)
出版社: コロナ社 (1969)
- 4) 赤池情報量規準 AIC—モデリング・予測・知識発見
赤池 弘次 (著), 室田 一雄 (編さん), 土谷 隆 (編さん)
出版社: 共立出版 (2007/07)
- 5) ダイナミックシステムの統計的解析と制御
赤池 弘次 (著), 中川 東一郎 (著)
出版社: サイエンス社(1972)

参考資料

統計的な考え方を利用した超音波

<http://ultrasonic-labo.com/?p=12202>

超音波の洗浄・攪拌・加工に関する「論理モデル」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=3963>

物の動きを読む

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1074>

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>

参考

<<超音波の音圧測定・解析>>

- 1) 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
超音波伝搬状態の安定性・変化について解析評価します
- 2) 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・・に関する解析評価を行います
- 3) パワー寄与率の解析により
超音波（周波数・出力）、形状、材質、測定条件・・
データの最適化に関する解析評価を行います
- 4) その他（表面弾性波の伝搬）の
非線形（バースペクトル）解析により
対象物の振動モードに関する
ダイナミック特性の解析評価を行います

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とで実現しています。

表面弾性波を利用した超音波制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14311>

表面弾性波の利用技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7665>

精密測定プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=11267>

超音波と表面弾性波

（オリジナル超音波システムの開発技術）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14264>

解析ソフトについて

TIMSAC for R package

統計数理研究所 November 1, 2006

TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program package) は, 統計数理研究所で開発された時系列データの解析, 予測, 制御のための総合的プログラムパッケージです. . . .

TIMSAC はFORTRANで書かれたプログラムですが, ユーザーが作成したFORTRAN, C, Java のプログラムにこのライブラリをリンクすることにより, より扱い易い環境が実現されました.

バイスペクトルの解析関数

bispec(): バイスペクトルの計算

自己相関の解析関数

autcor(): 直接法による自己共分散関数の計算

3) TIMSAC for R package

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

その他

超音波制御技術 (特許出願済み)

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>

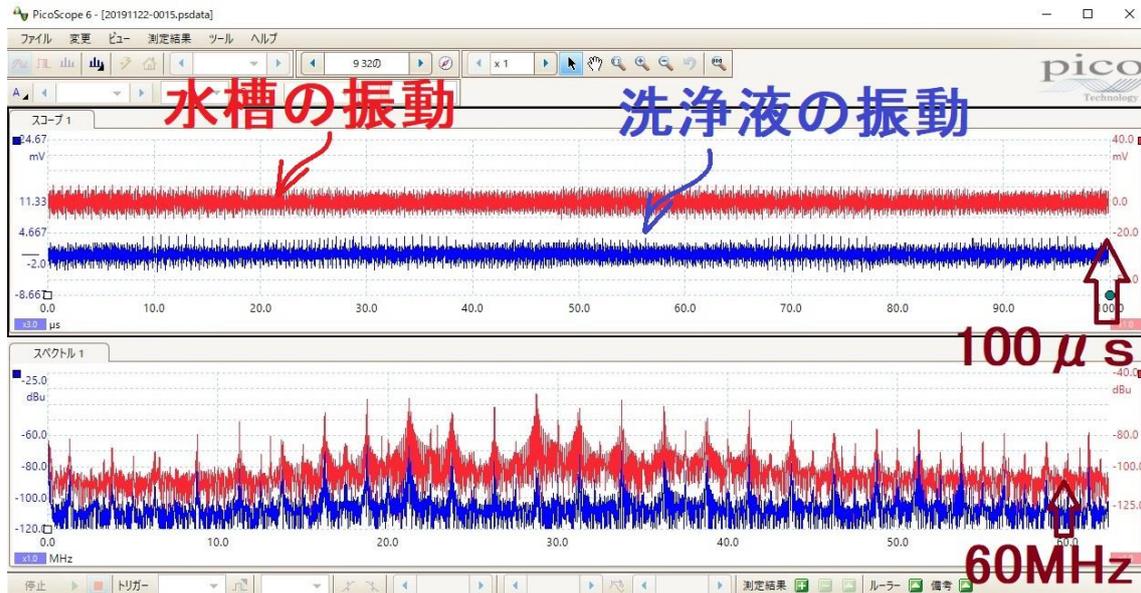
メガヘルツの超音波発振制御プローブ

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14570>

メガヘルツの超音波を利用する超音波システム技術

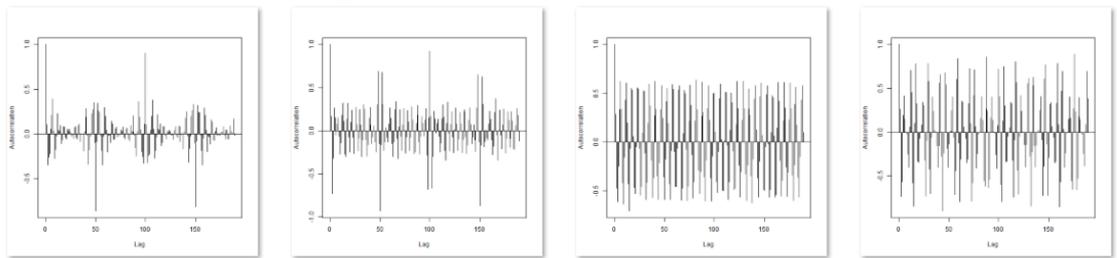
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14350>

参考データ



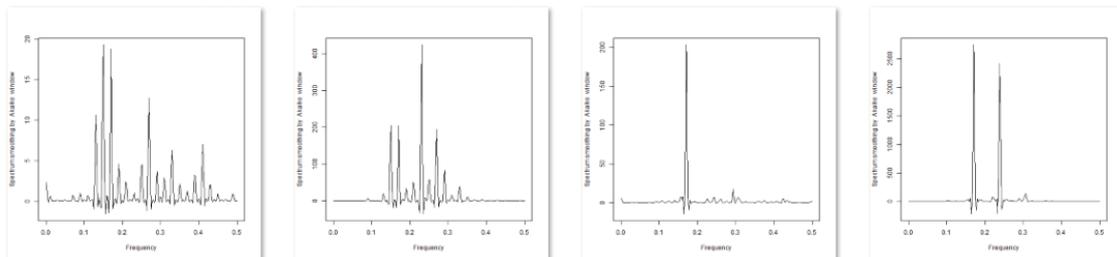
解析結果

自己相関(最大 200Lag)



音圧データ1:青 音圧データ1:赤 音圧データ2:青 音圧データ2:赤

パースペクトル(最大周波数 62MHz)



音圧データ1:青 音圧データ1:赤 音圧データ2:青 音圧データ2:赤

100 μ 秒でこのような音圧変化を実現することが、新しい超音波制御技術です

その他 インパルス応答

mulmar

Multivariate Case of Minimum AIC Method of AR Model Fitting

Description

Fit a multivariate autoregressive model by the minimum AIC procedure. Only the possibilities of zero coefficients at the beginning and end of the model are considered. The least squares estimates of the parameters are obtained by the householder transformation.

Usage

```
mulmar(y, max.order = NULL, plot = FALSE)
```

Arguments

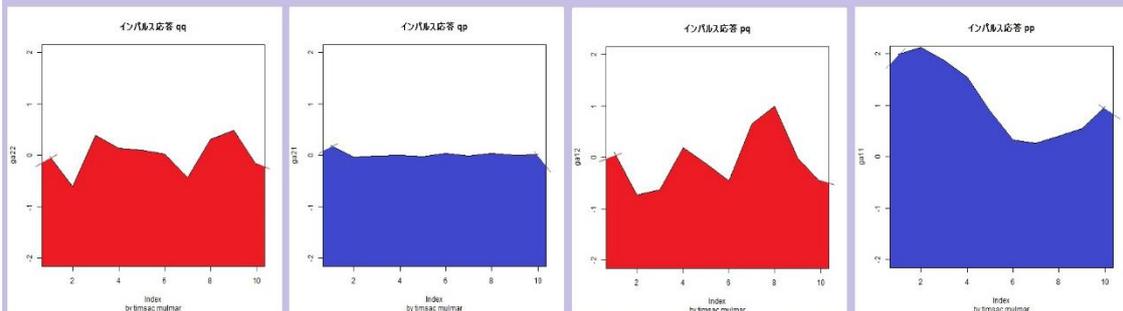
y a multivariate time series.

max.order upper limit of the order of AR model, less than or equal to $n=2d$ where n is the length and d is the dimension of the time series y.

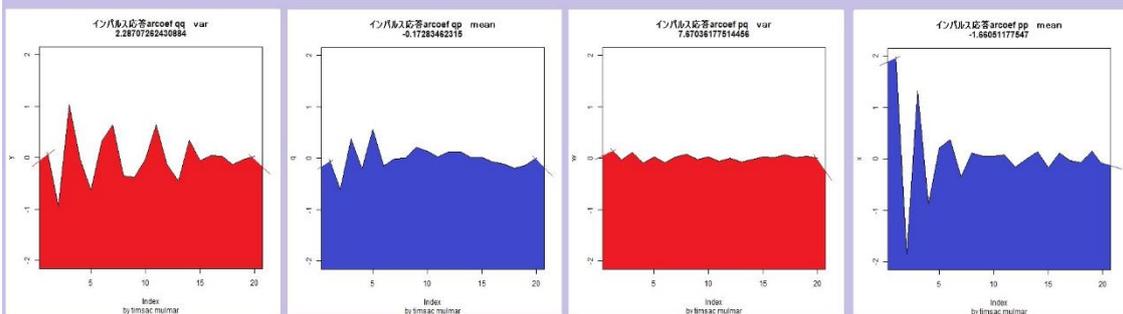
plot logical. If TRUE, daic[[1]]; ...; daic[[d]] are plotted.

インパルス応答 開放系

超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



インパルス応答 閉鎖系



TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program): **mulmar** を利用した
インパルス応答特性の解析

パワー寄与率

mulnos

Relative Power Contribution

Description

Compute relative power contributions in differential and integrated form, assuming the orthogonality between noise sources.

Usage

```
mulnos(y, max.order = NULL, control = NULL, manip = NULL, h)
```

Arguments

y a multivariate time series.

max.order upper limit of model order. Default is 2p

n, where n is the length of time series y.

control controlled variables. Default is c(1 : d), where d is the dimension of the time series y.

manip manipulated variables. Default number of manipulated variable is '0'.

h specify frequencies $i=2h$ ($i = 0; \dots; h$).

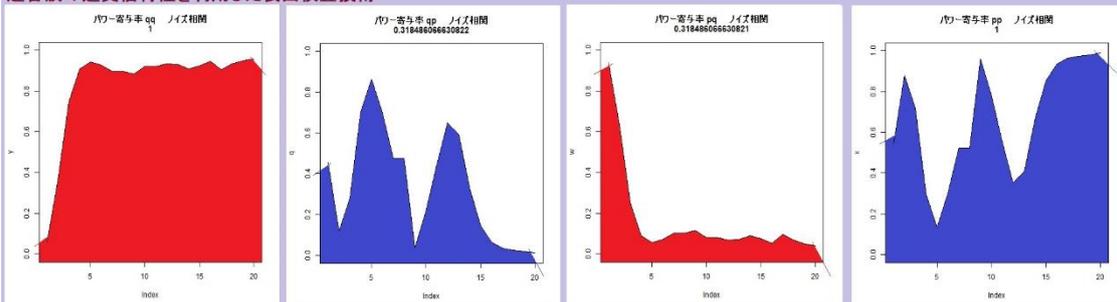
Value

nperr a normalized prediction error covariance matrix.

diffr differential relative power contribution.

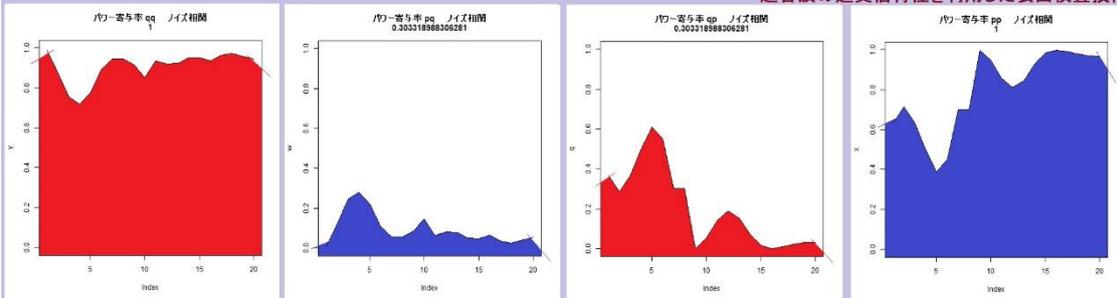
integr integrated relative power contribution

超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program):mulnosを利用した
パワー寄与率の解析

超音波の送受信特性を利用した表面検査技術



TIMSAC(TIME Series Analysis and Control program):mulnosを利用した
パワー寄与率の解析

以上