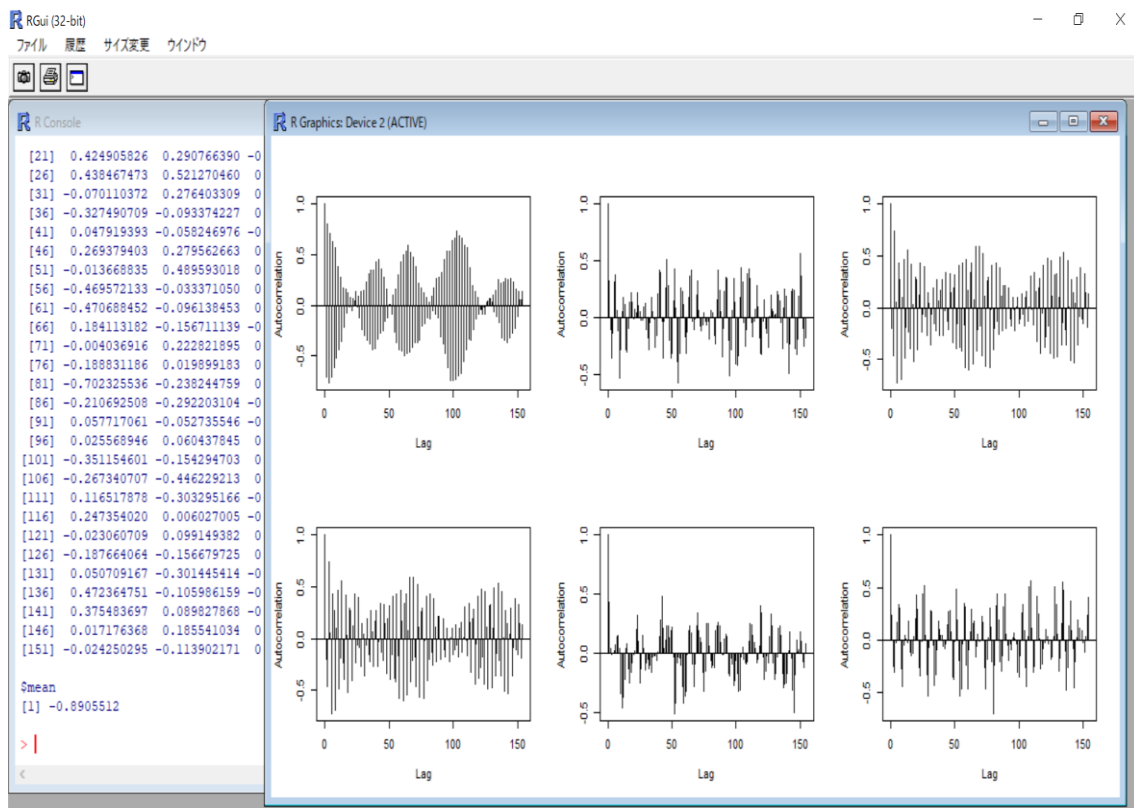


# 超音波技術(R言語)

## 超音波伝搬状態の測定解析



超音波システム研究所

## 1. 準備

解析用データの確認

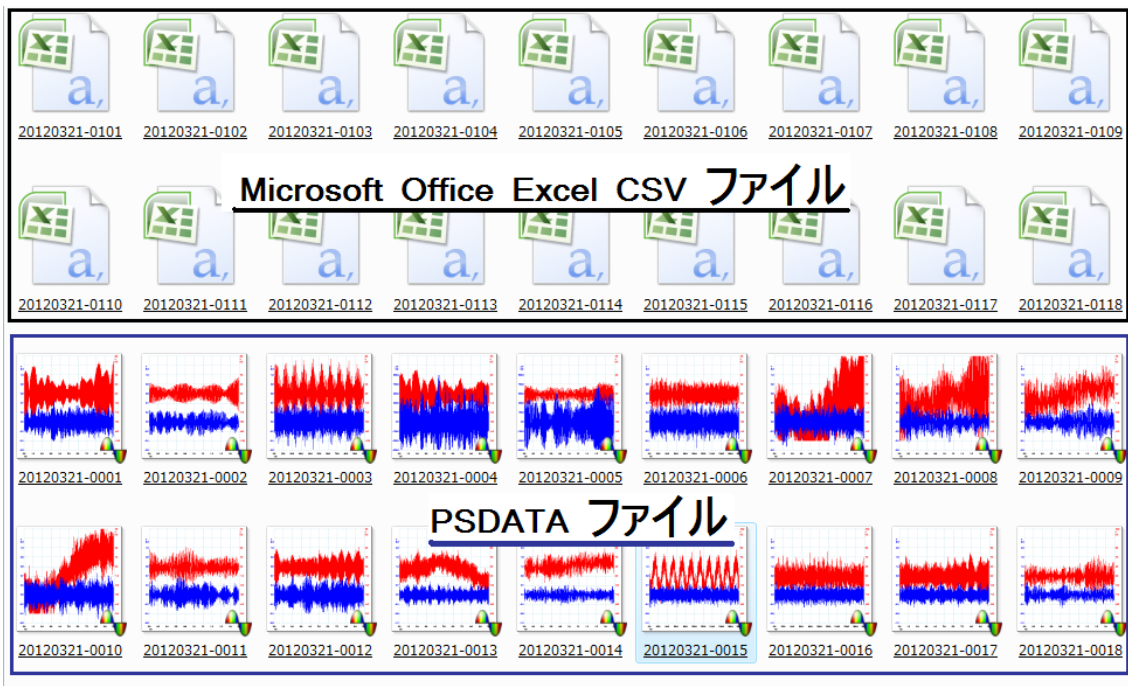
測定データ (PSDATA ファイル) から

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



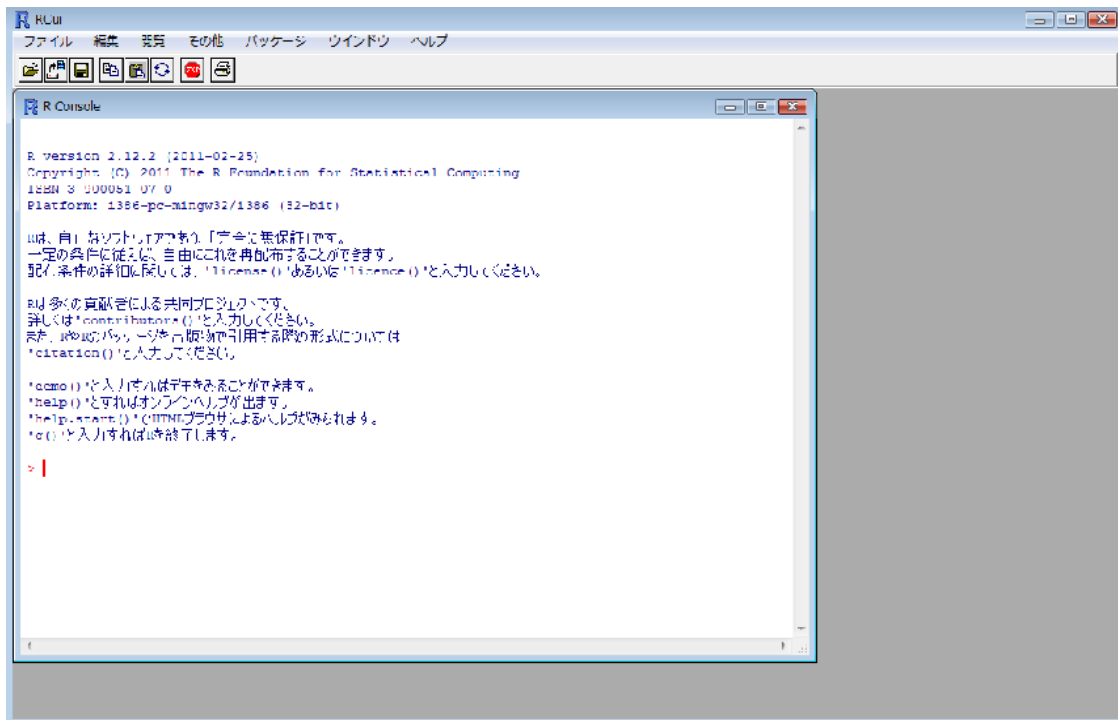
例

D:\¥20120321S¥ 20120321-0101.csv

## 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、

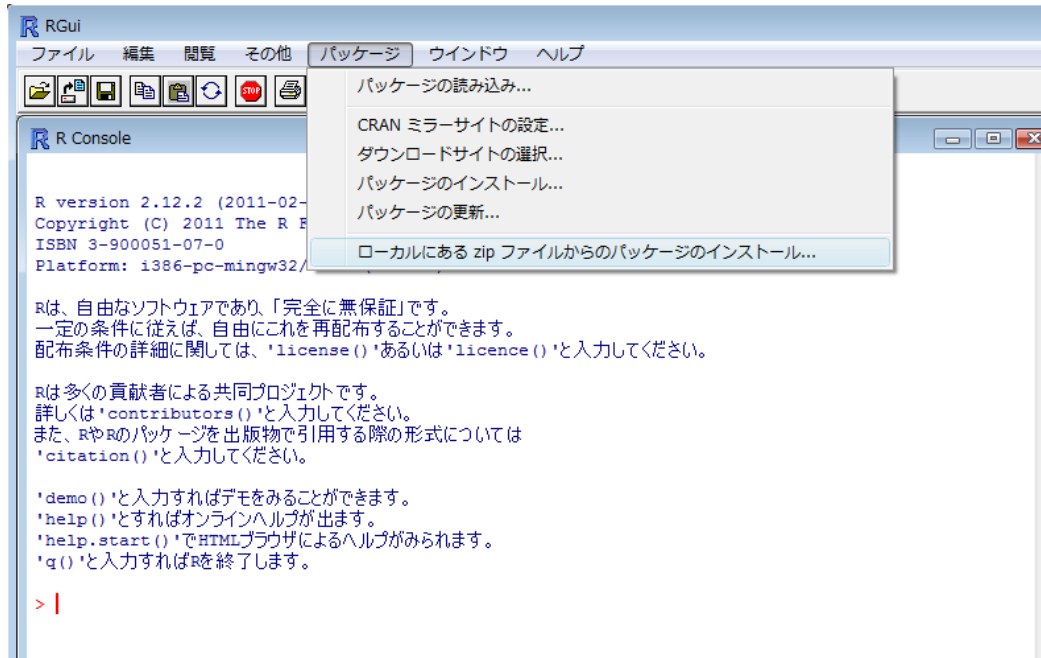
その他の作業ファイル・・・を終了してから

もう一度立ち上げてください

### 3. 解析ソフトの読み込み

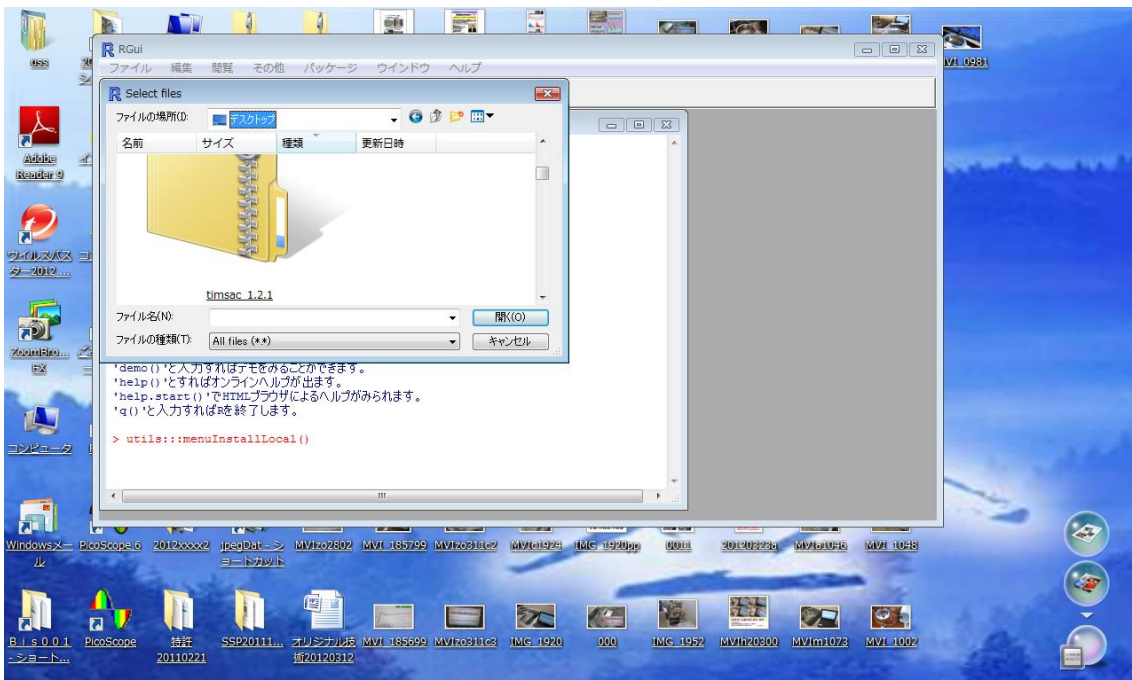
#### 3-1 : パッケージ ->

ローカルにある zip ファイルからの . . . .

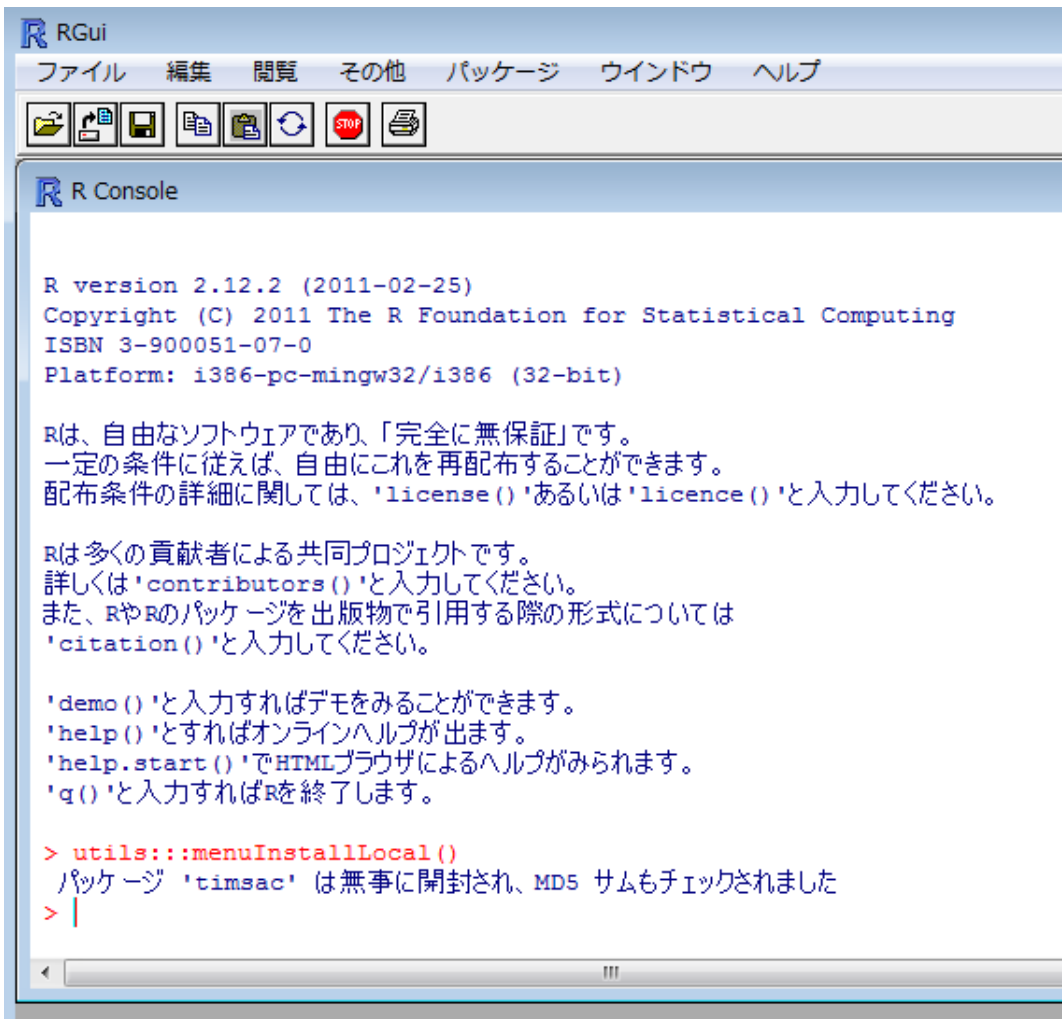


#### 3-2 : デスクトップの zip ファイル

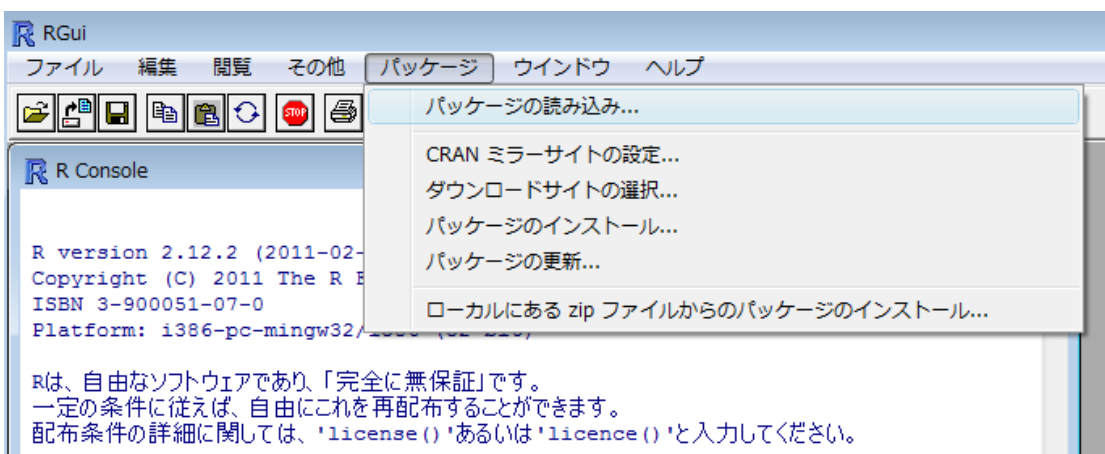
T I M S A C 1.2.1 を選択する



### 3-3 : 読み込み画面の確認

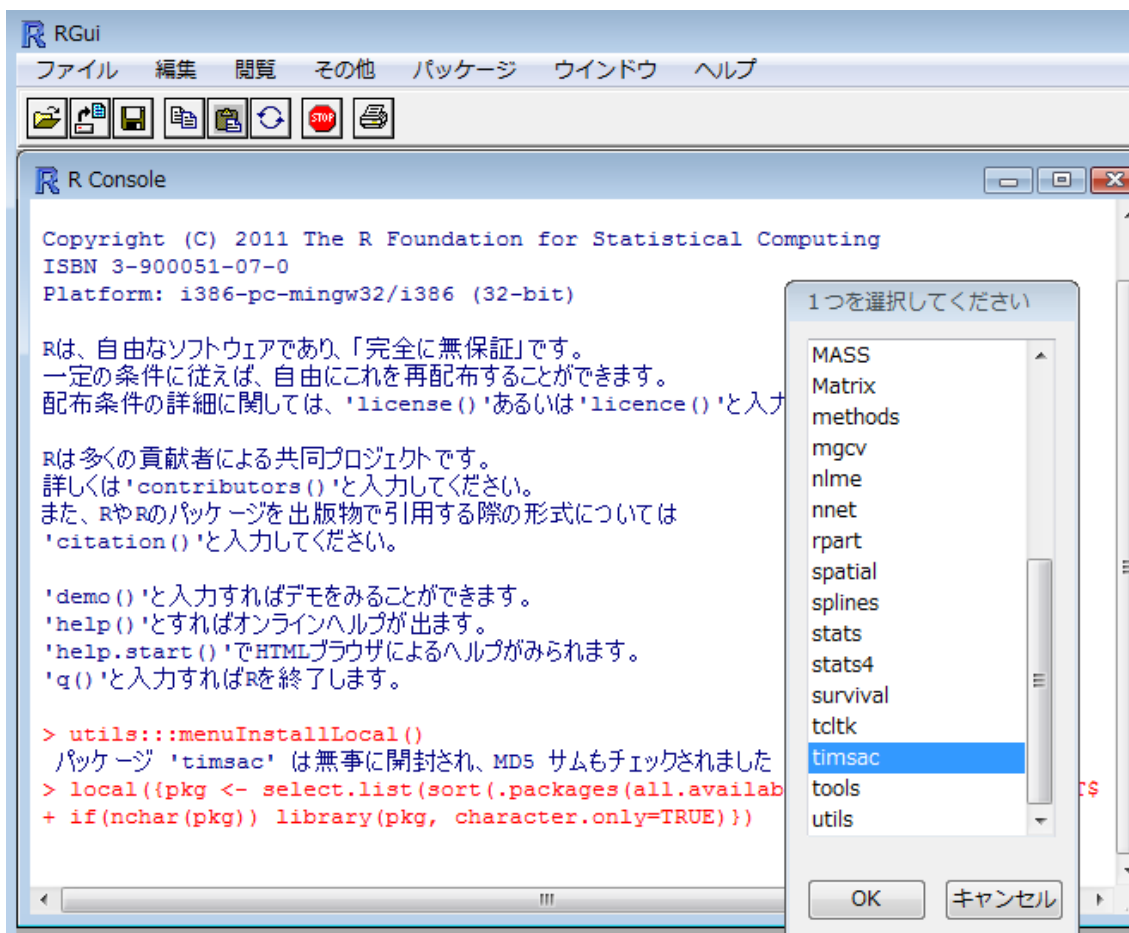


### 3-4 : パッケージの読み込み

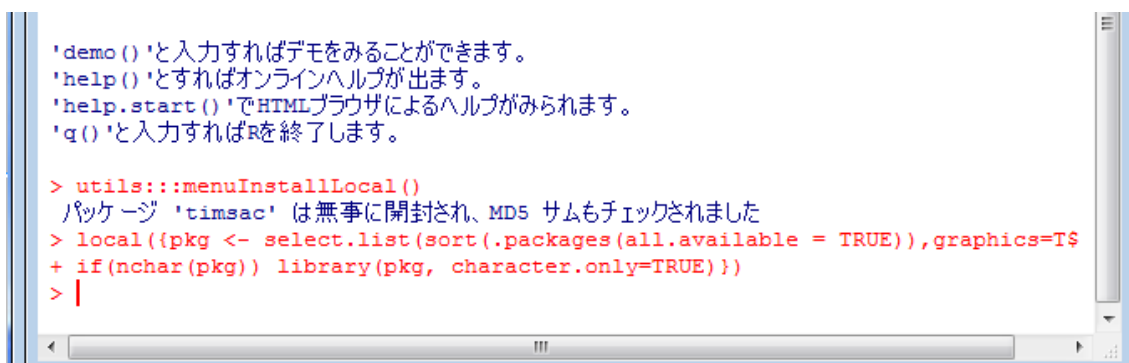


パッケージ > パッケージ読み込み... 選択する

### 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

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Time	Channel A	Channel B					
2	(ms)	(mV)	(mV)					
3								
4	0	-17.4566	-13.5807					
5	0.00016	-26.4901	-18.0822					
6	0.00032	-35.5235	-22.5837					
7	0.00048	-44.557	-27.1004					
8	0.00064	-53.5905	-31.6019					
9	0.0008	-58.1072	-36.1034					
10	0.00096	-67.1407	-36.1034					
11	0.00112	-76.1742	-36.1034					
12	0.00128	-80.6909	-31.6019					
13	0.00144	-85.2077	-22.5837					
14	0.0016	-89.7244	-18.0822					
15	0.00176	-94.2412	-4.56252					
16	0.00192	-94.2412	-0.06104					
17	0.00208	-98.7579	8.941923					
18	0.00224	-98.7579	13.4434					
19	0.0024	-98.7579	17.94488					
20	0.00256	-94.2412	17.94488					
21	0.00272	-89.7244	17.94488					
22	0.00288	-80.6909	13.4434					
23	0.00304	-76.1742	4.440443					
24	0.0032	-67.1407	4.440443					

## 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)
```

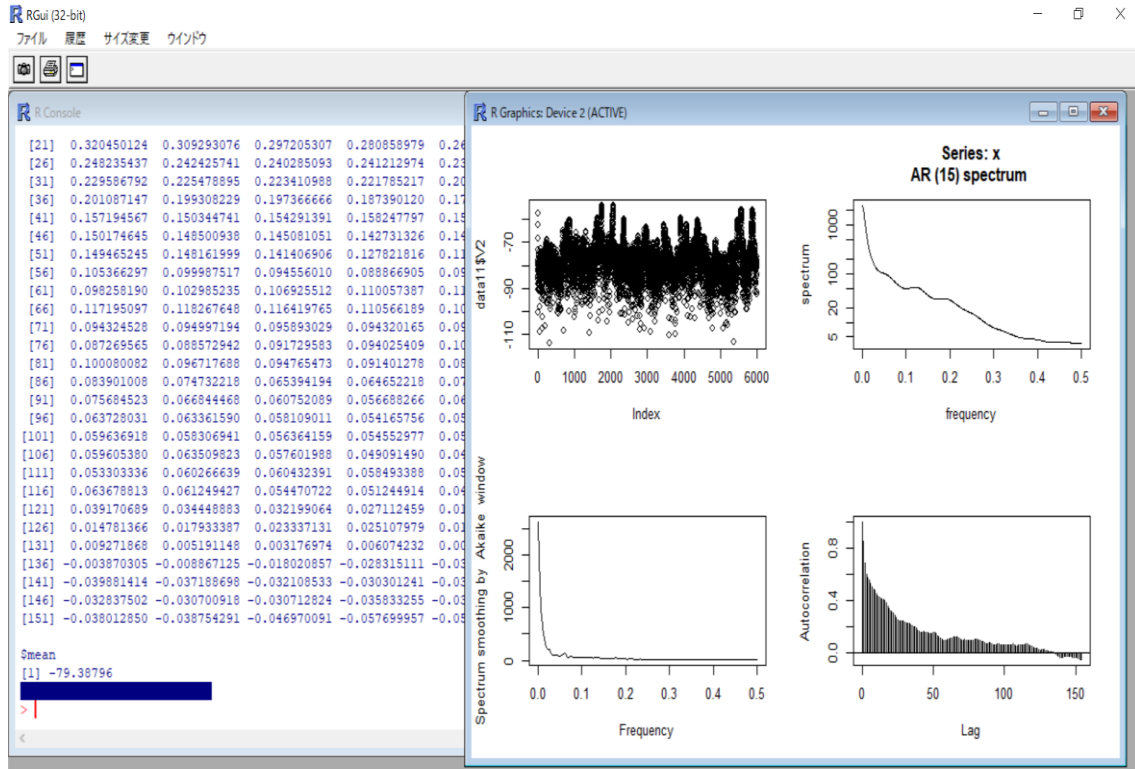
```
spectrum(data11$V2, method="ar")
```

```
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

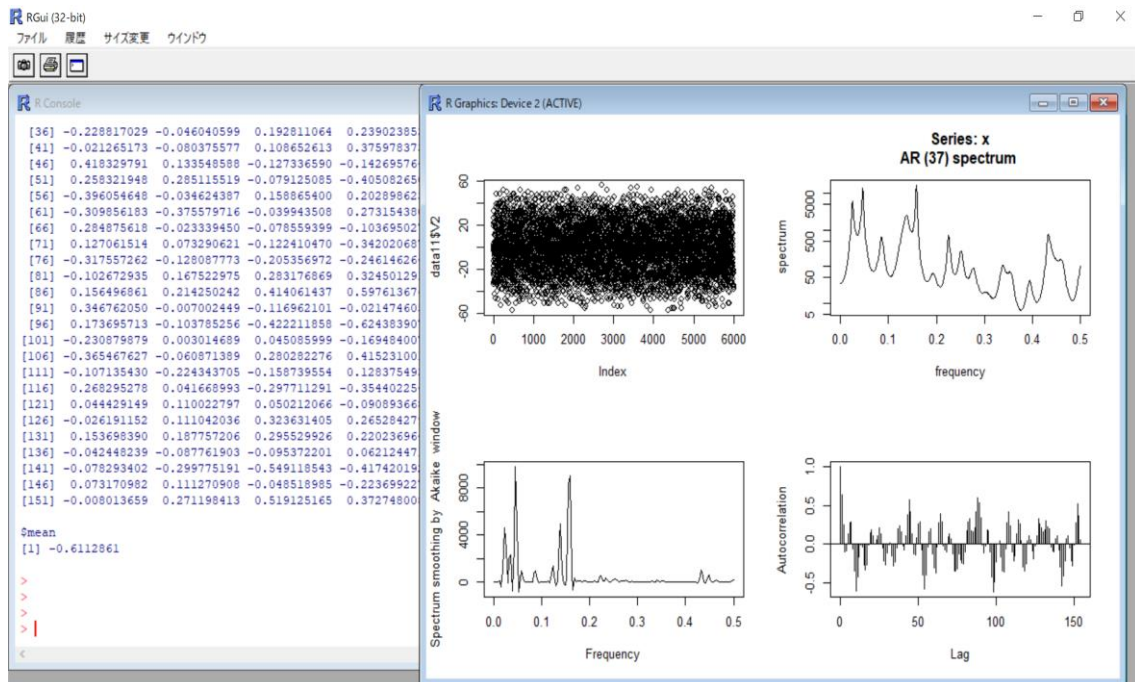
### bispec(data11\$V2)

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)
```

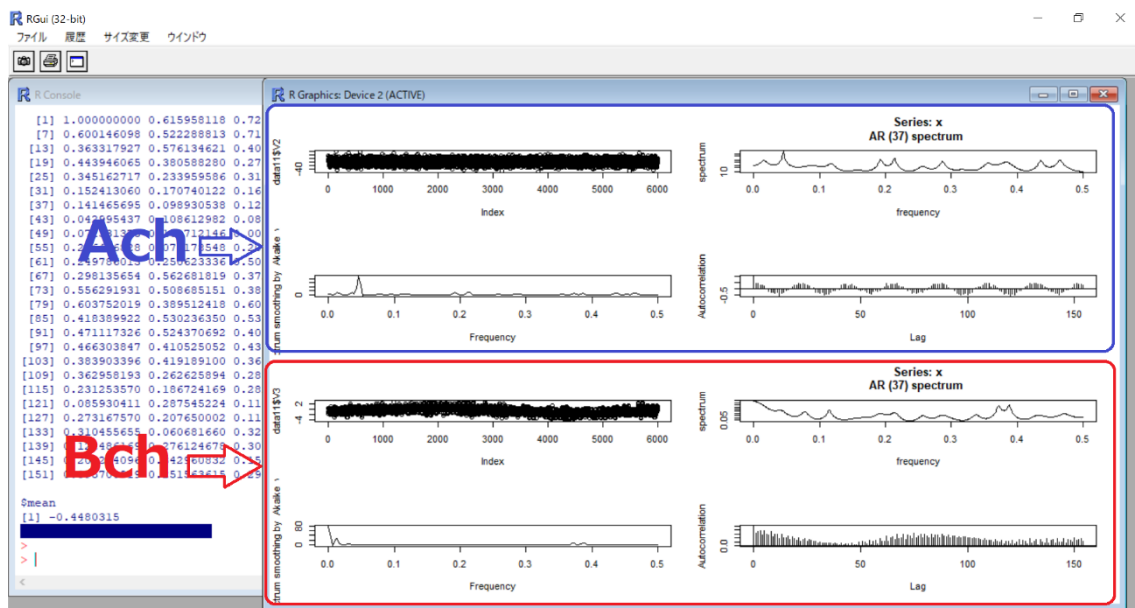
```
spectrum(data11$V3,method="ar")
```

```
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)
```

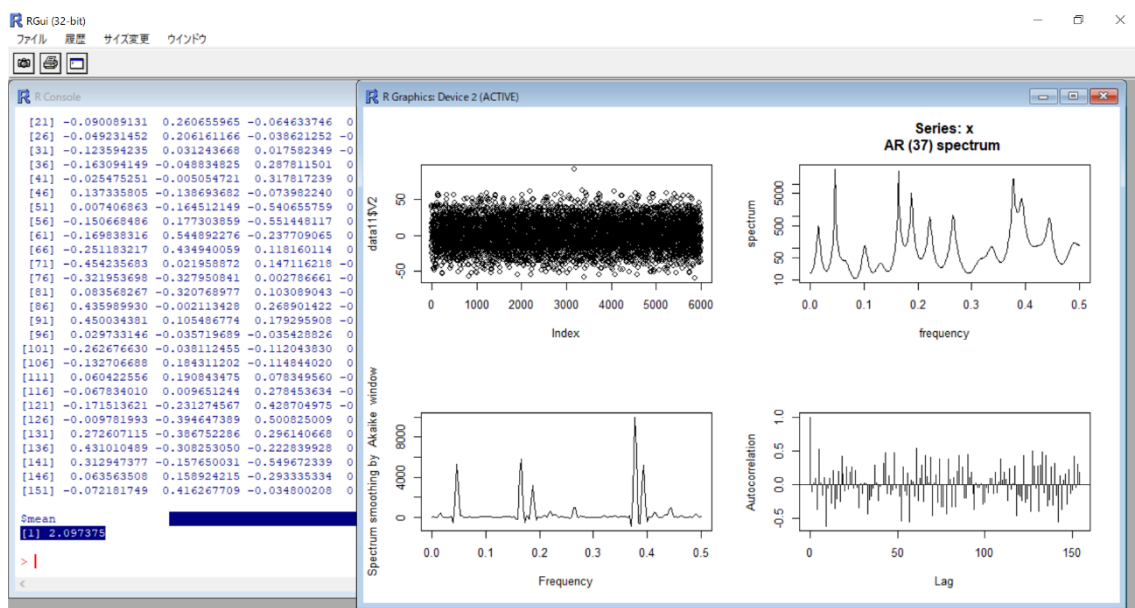


2) 以下のようにテキストデータをコピーしてRの画面にペーストするとすべての解析を連続的に行います

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

data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", 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_24.csv", skip=6,
sep=",", nrows=6000)
plot(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrows=6000)
spectrum(data11$V2,method="ar")
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrows=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_24.csv", skip=6,
sep=",", nrows=6000)
autcor(data11$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

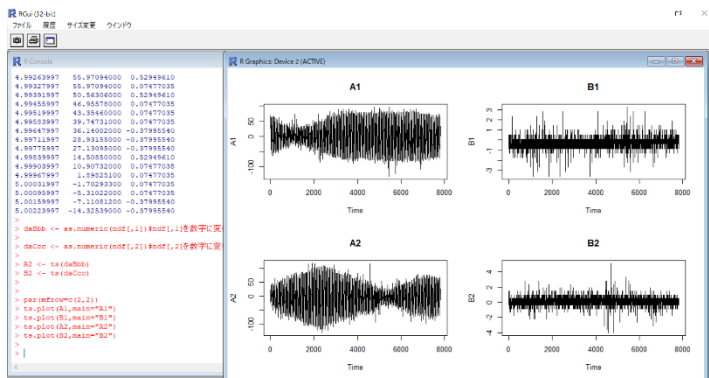
下記をコピー&ペースト

```
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")

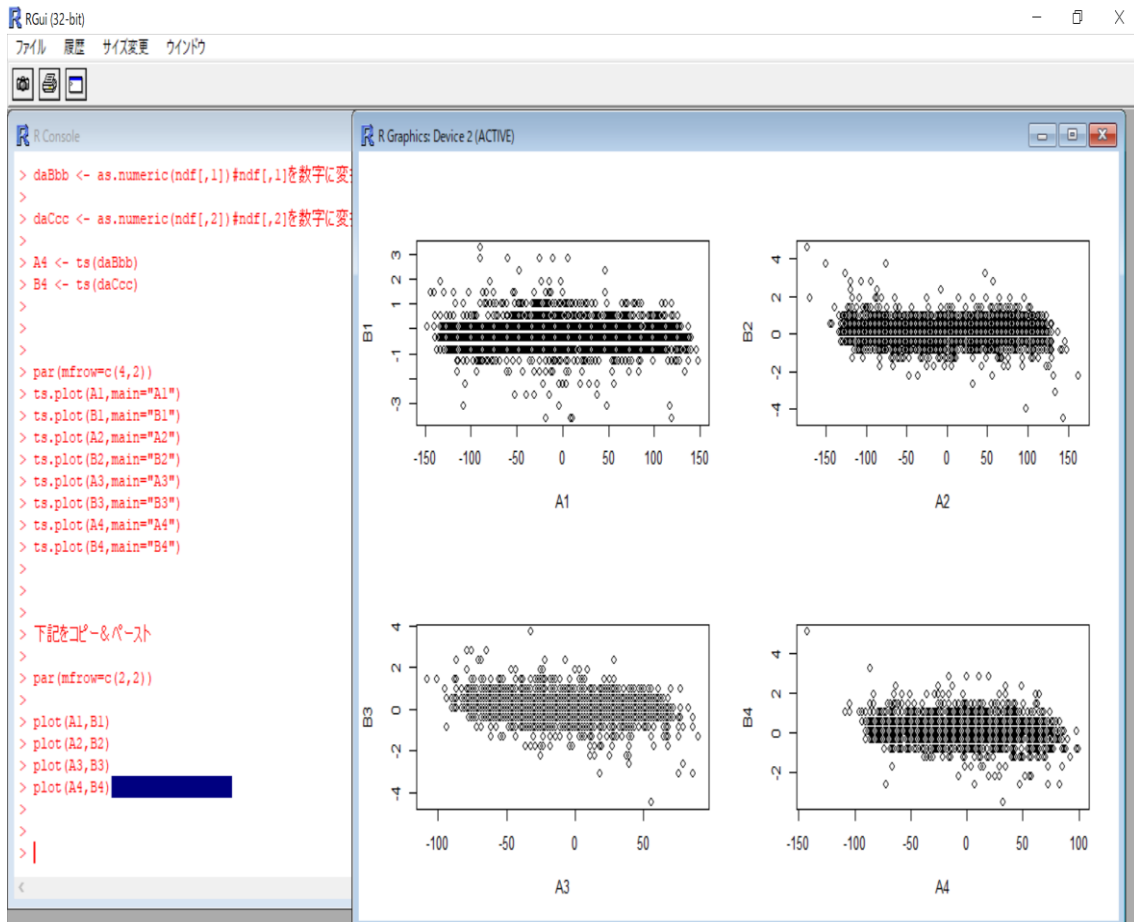
```

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)

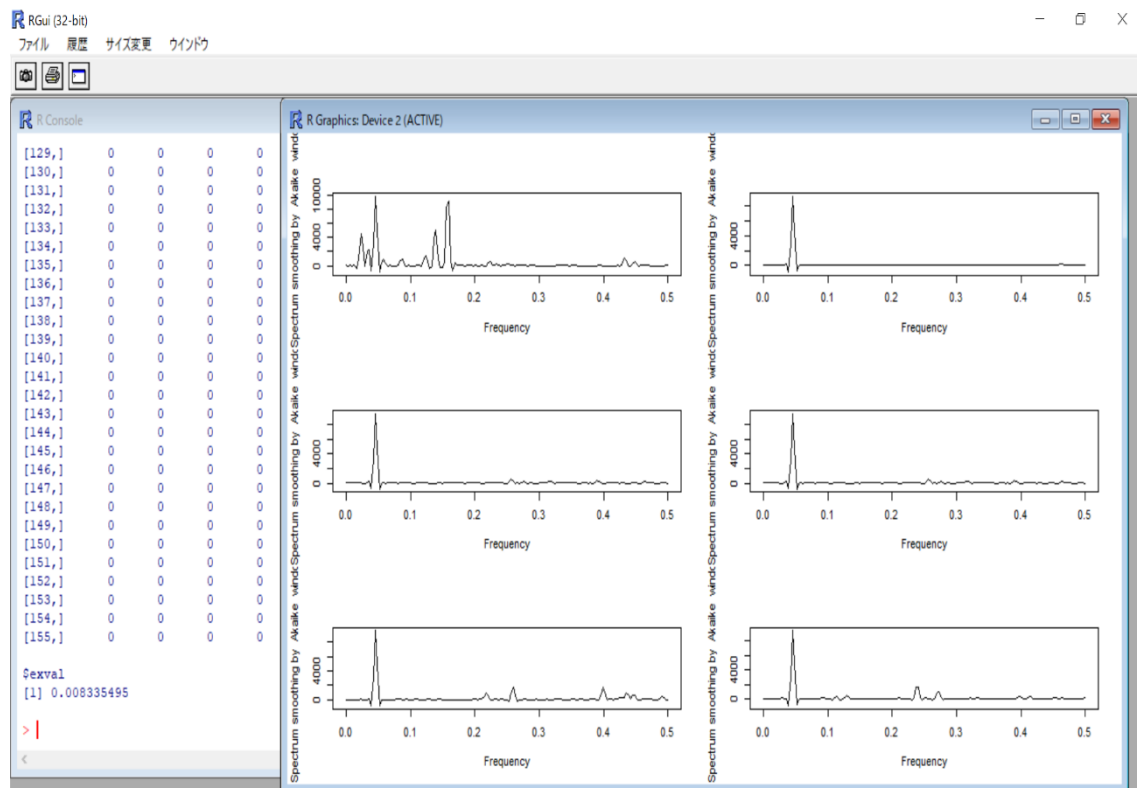
```



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

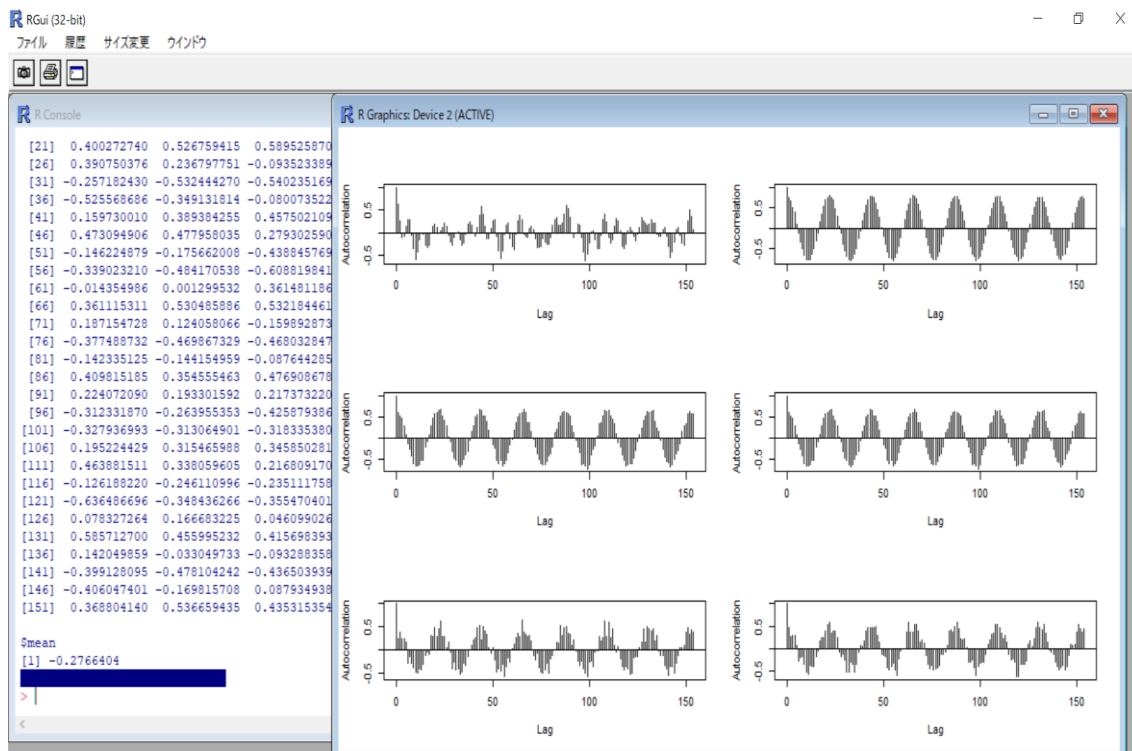
```
autcor(data11$V2)
```

```
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>



## 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/>

以上