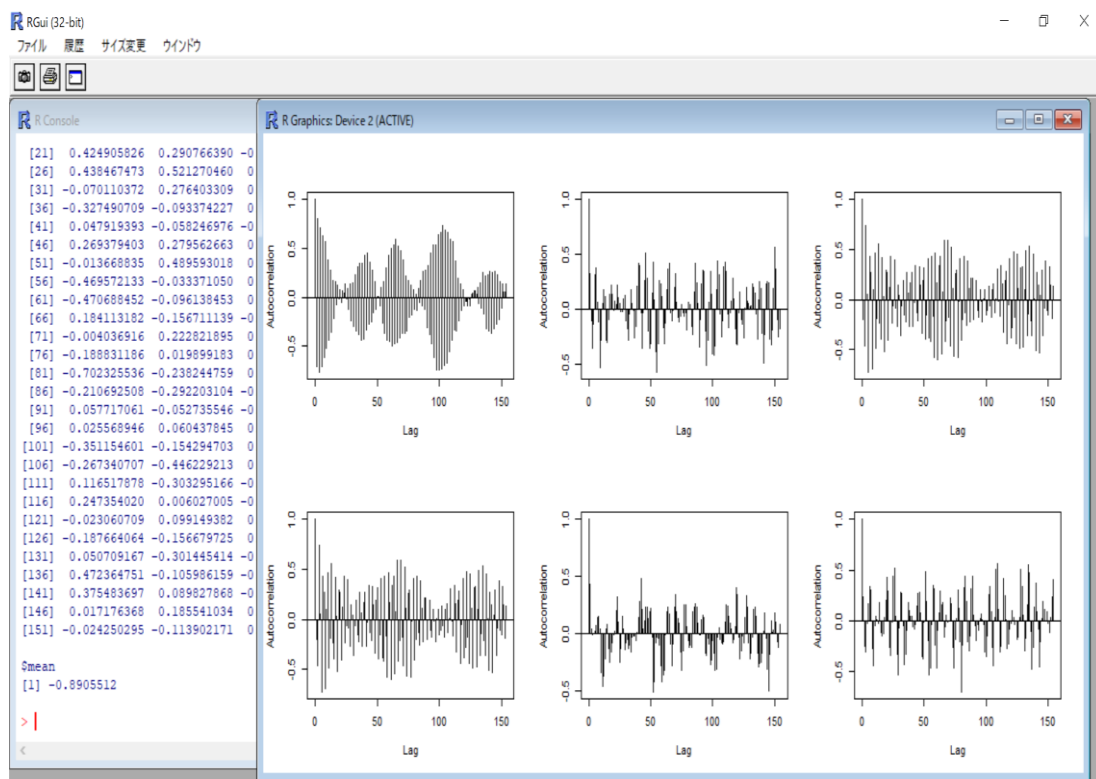
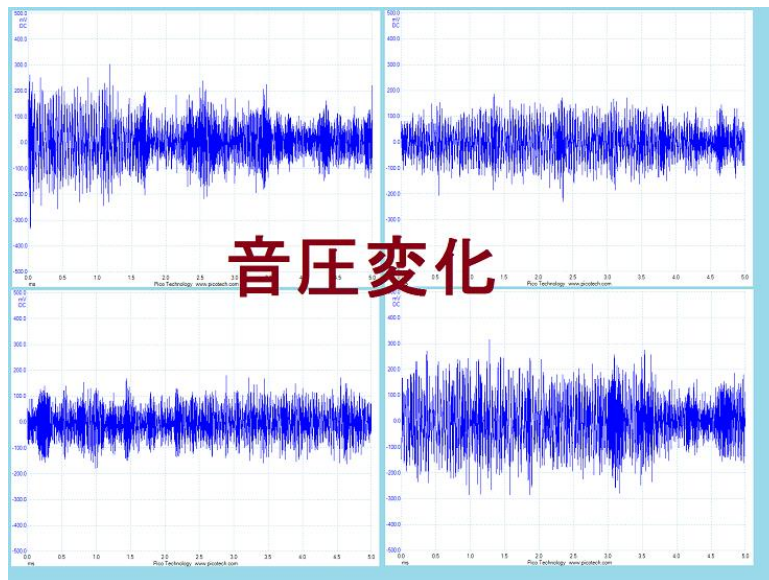


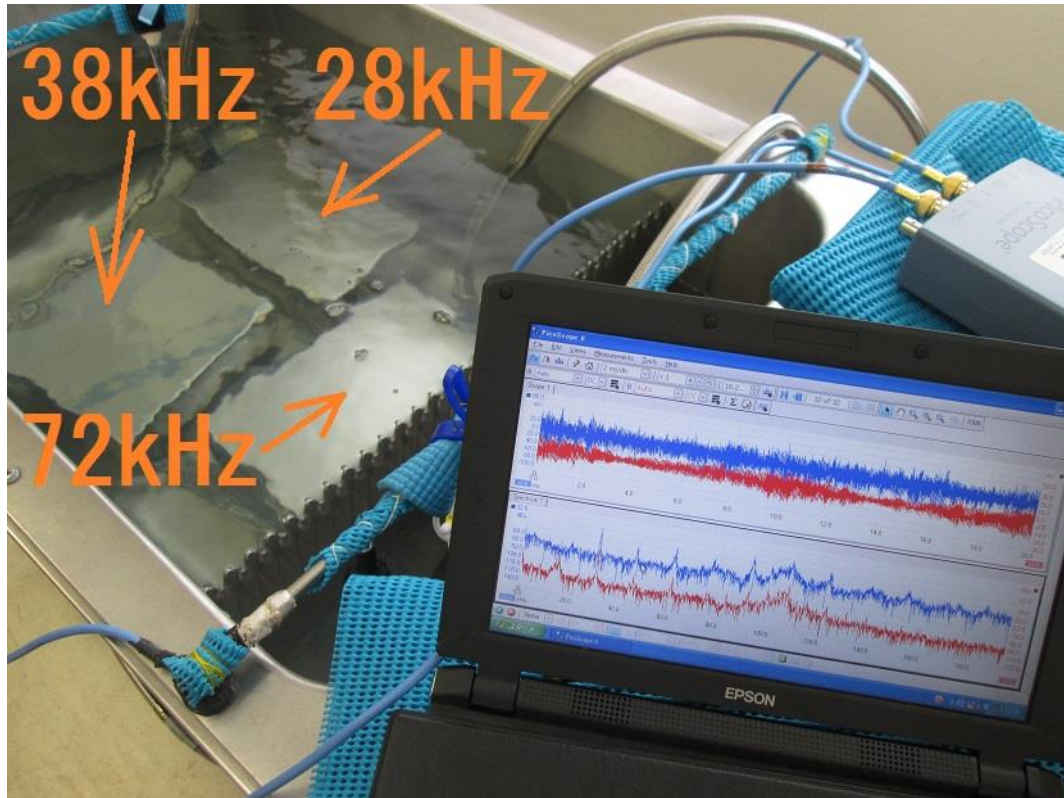
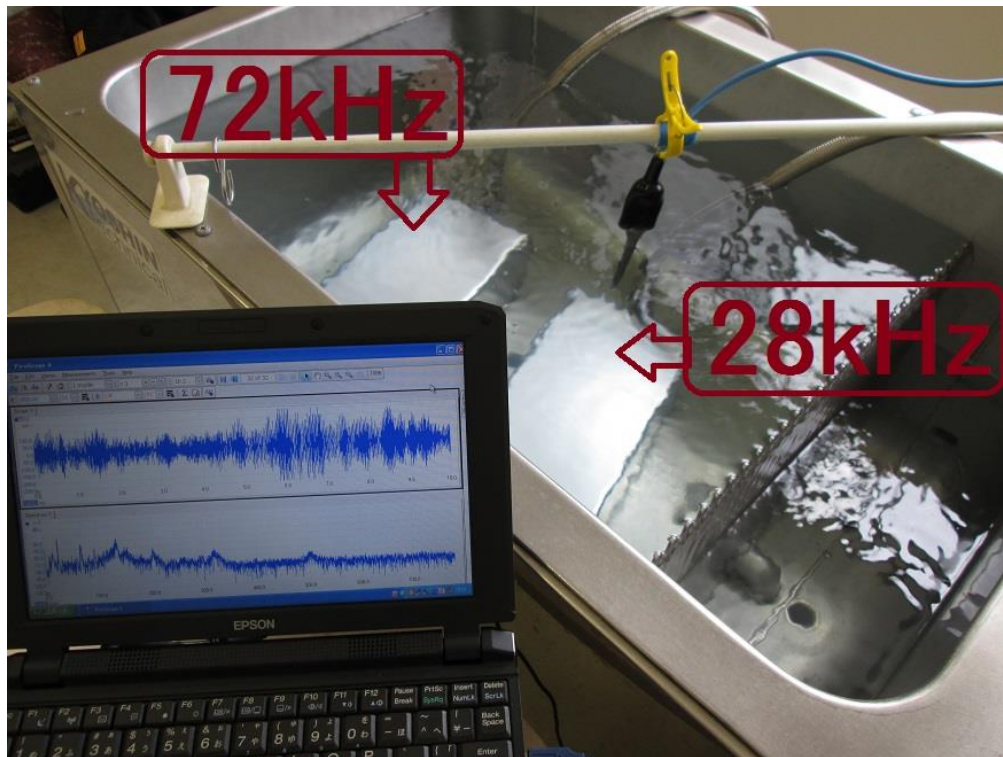
超音波技術(R言語)

超音波伝搬状態の測定解析



超音波システム研究所

音圧測定



1. 準備

解析用データの確認

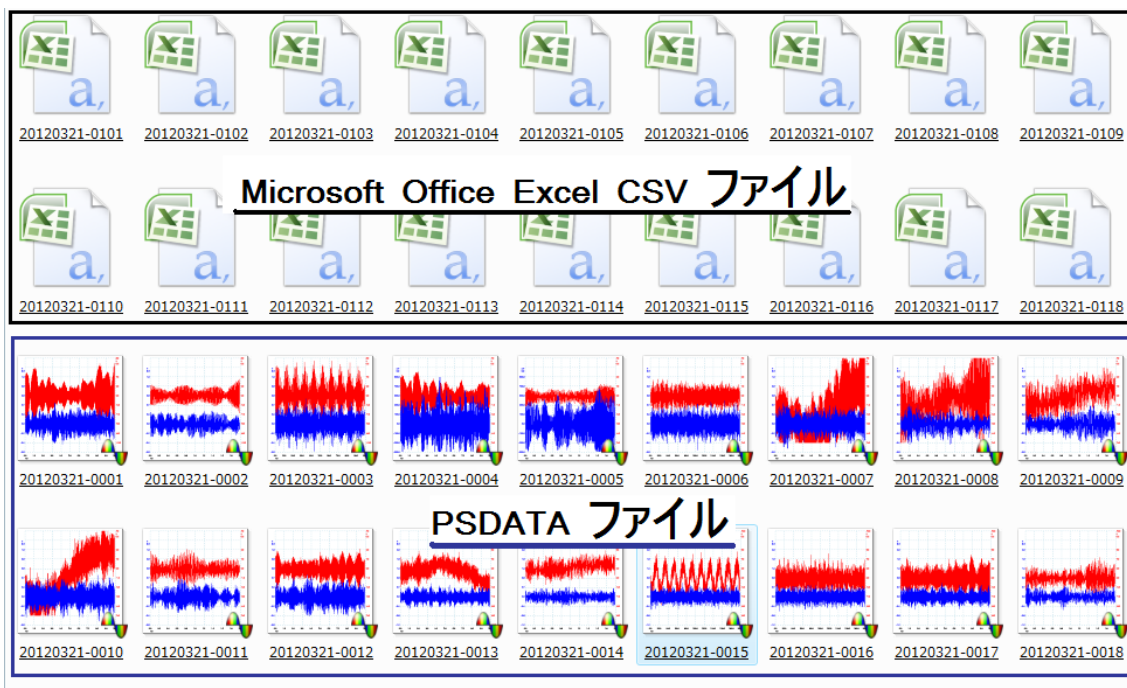
測定データ（PSDATA ファイル）から

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



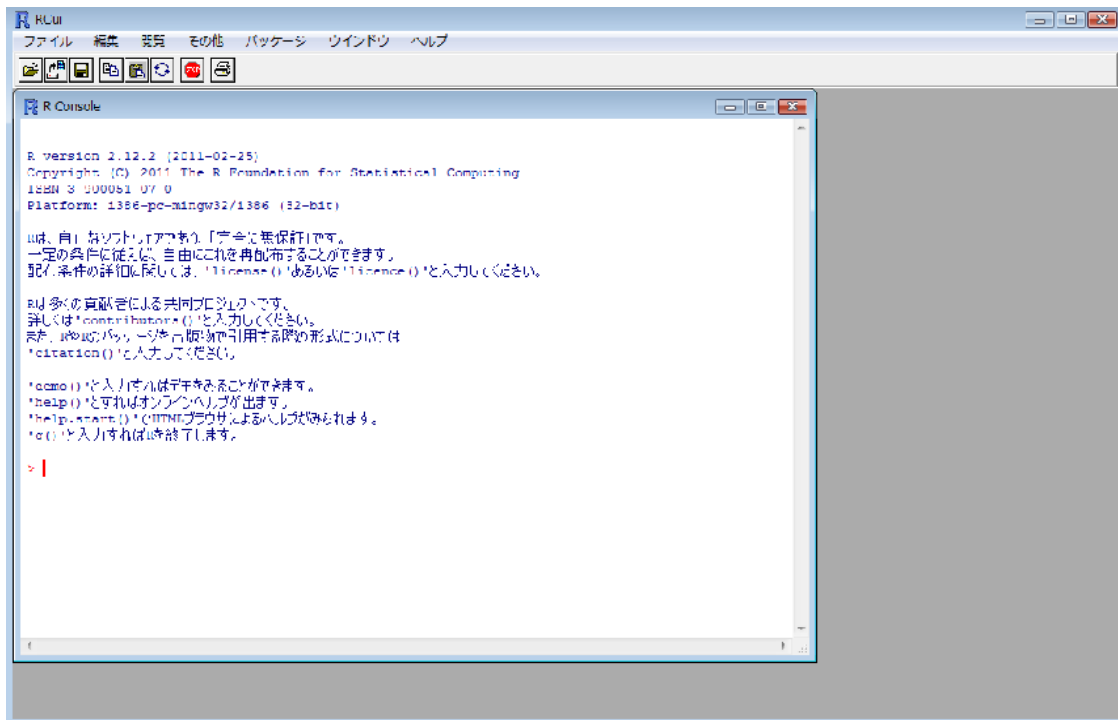
例

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、

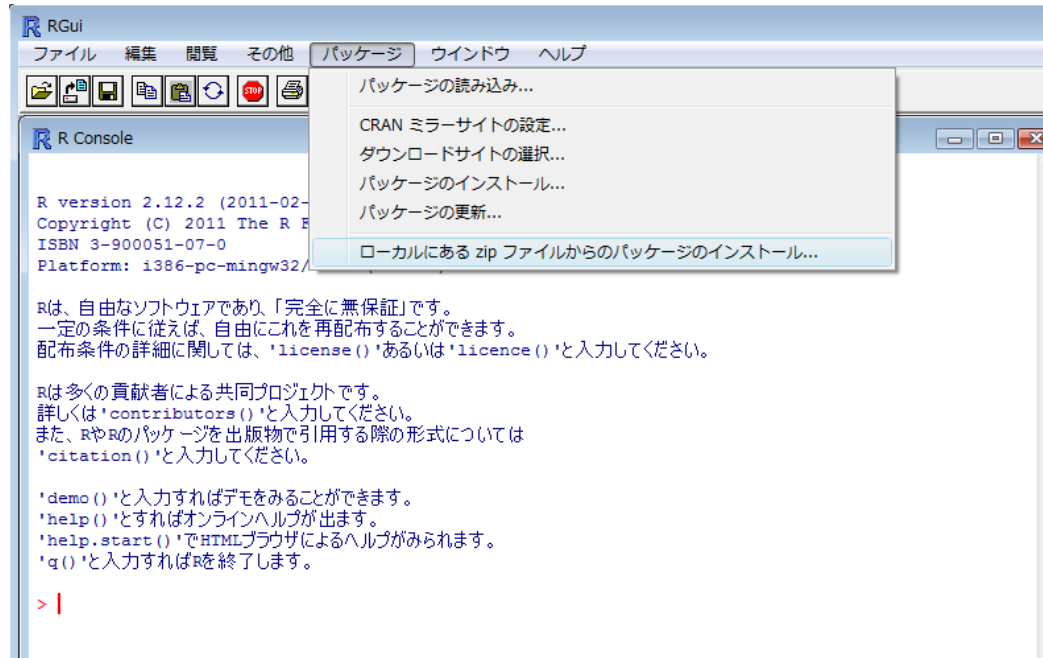
その他の作業ファイル・・・を終了してから

もう一度立ち上げてください

3. 解析ソフトの読み込み

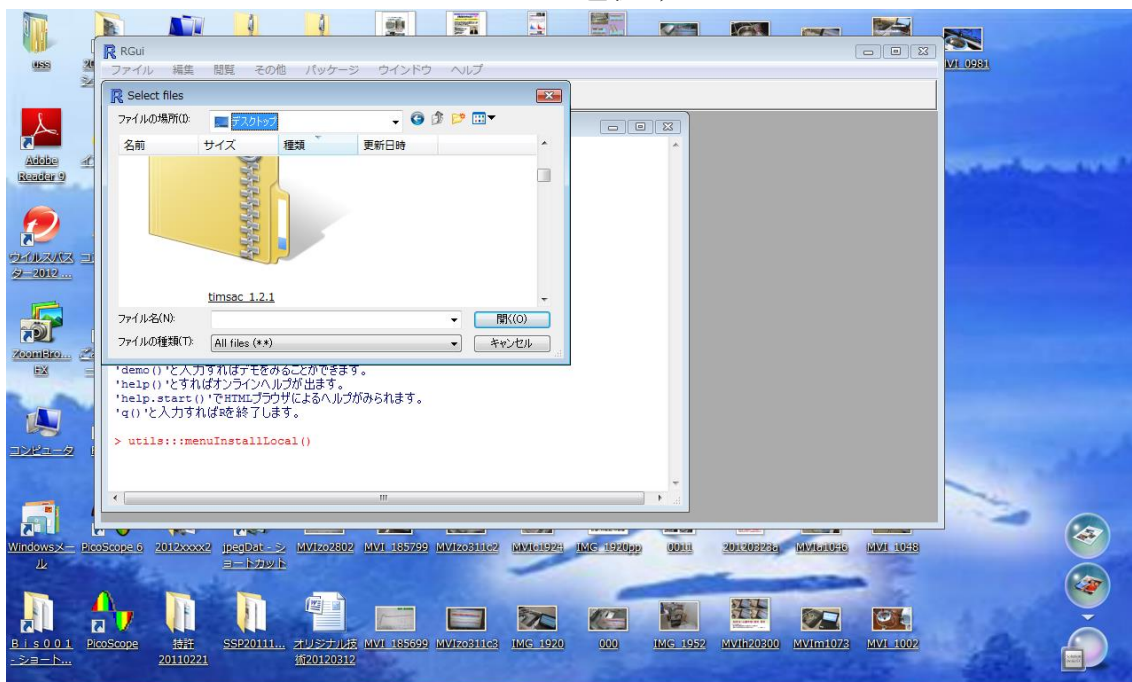
3-1 : パッケージ>

ローカルにある zip ファイルからの

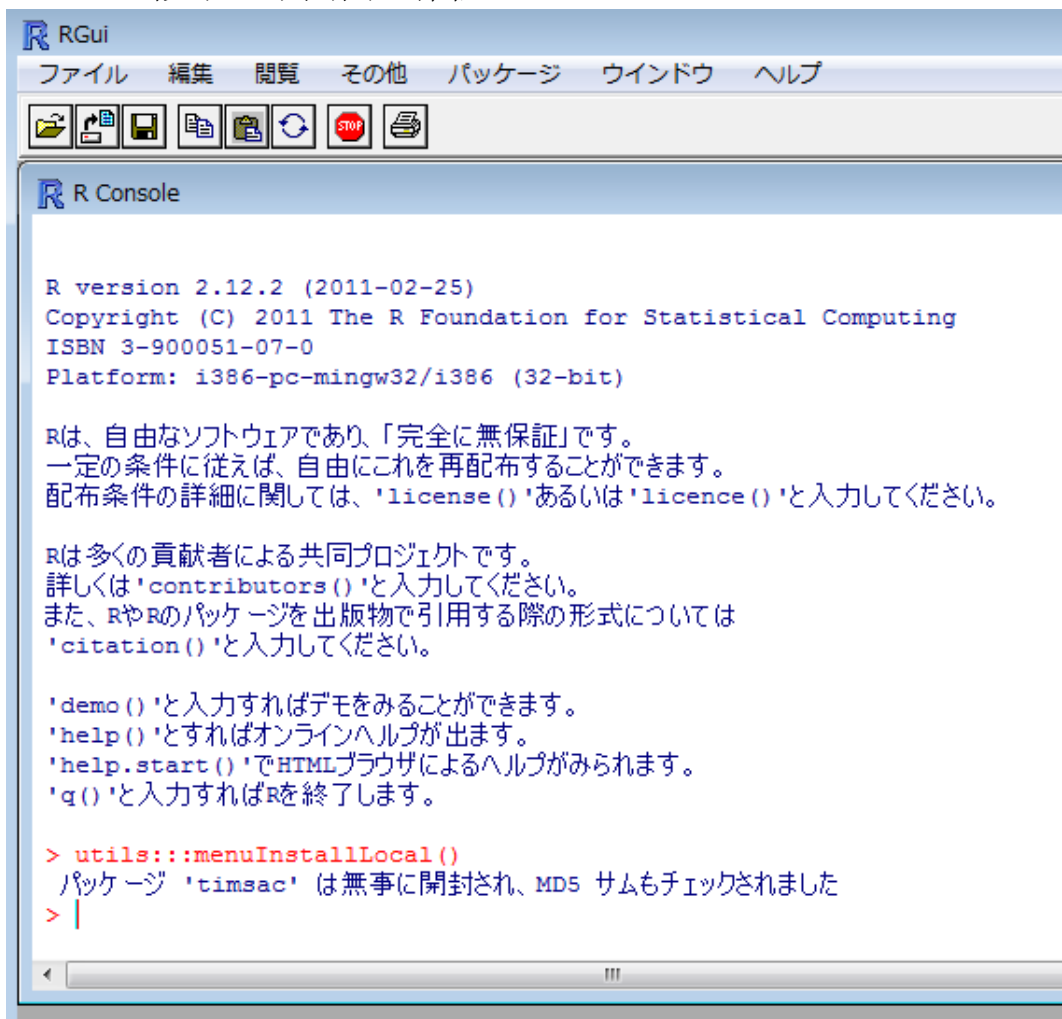


3-2 : デスクトップの zip ファイル

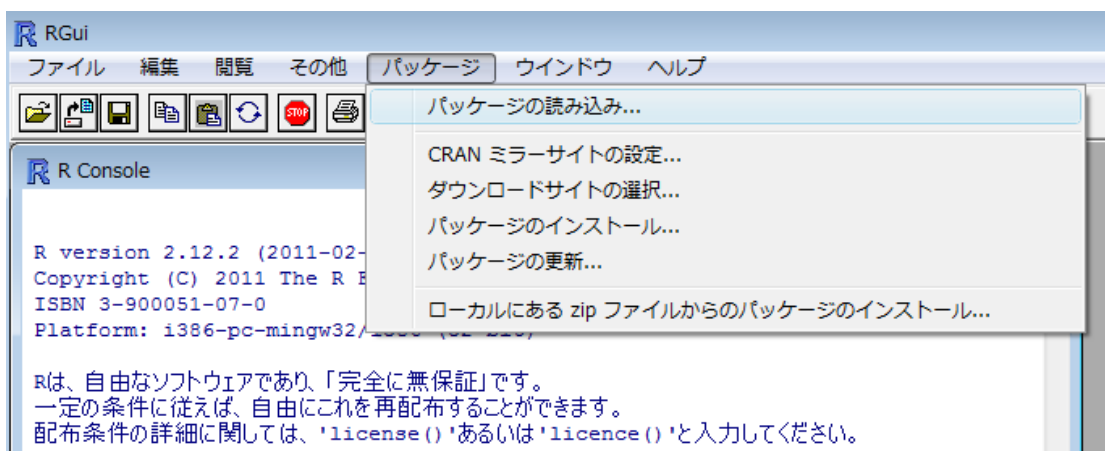
TIMSAC1.2.1 を選択する



3-3 : 読み込み画面の確認

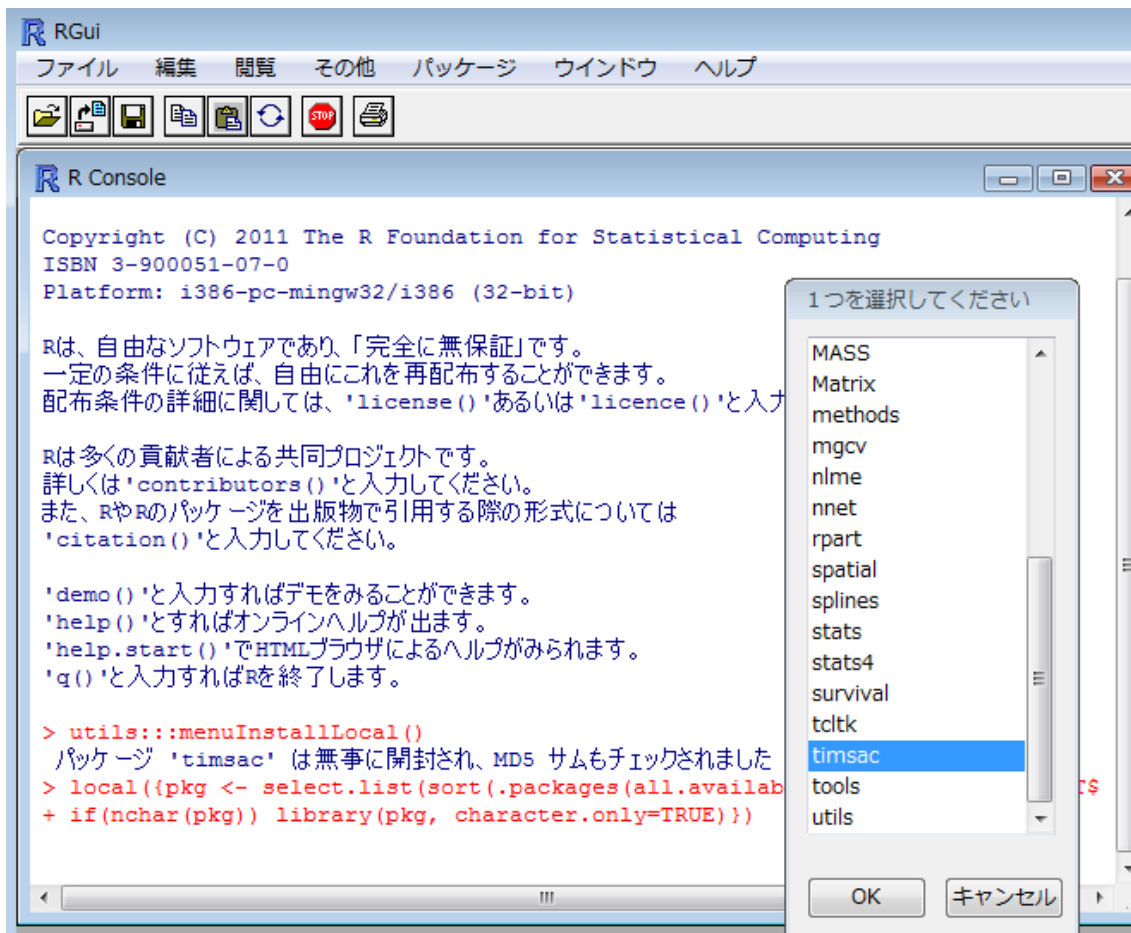


3-4 : パッケージの読み込み

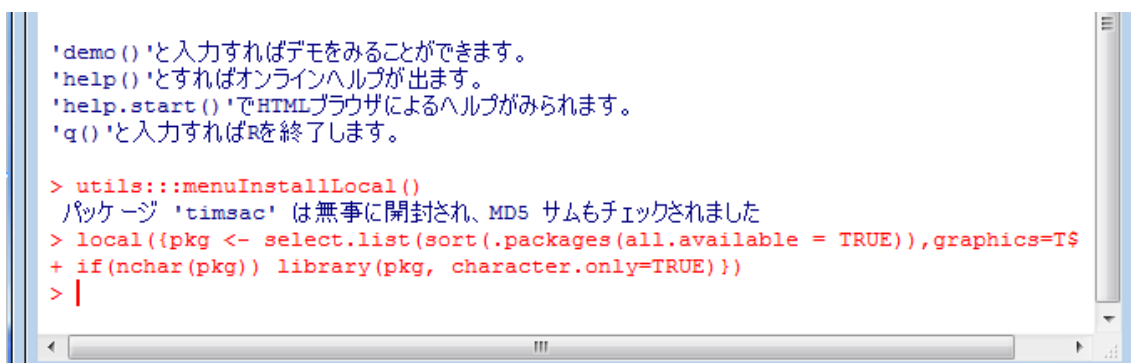


パッケージ > パッケージ読み込み・・・ 選択する

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。

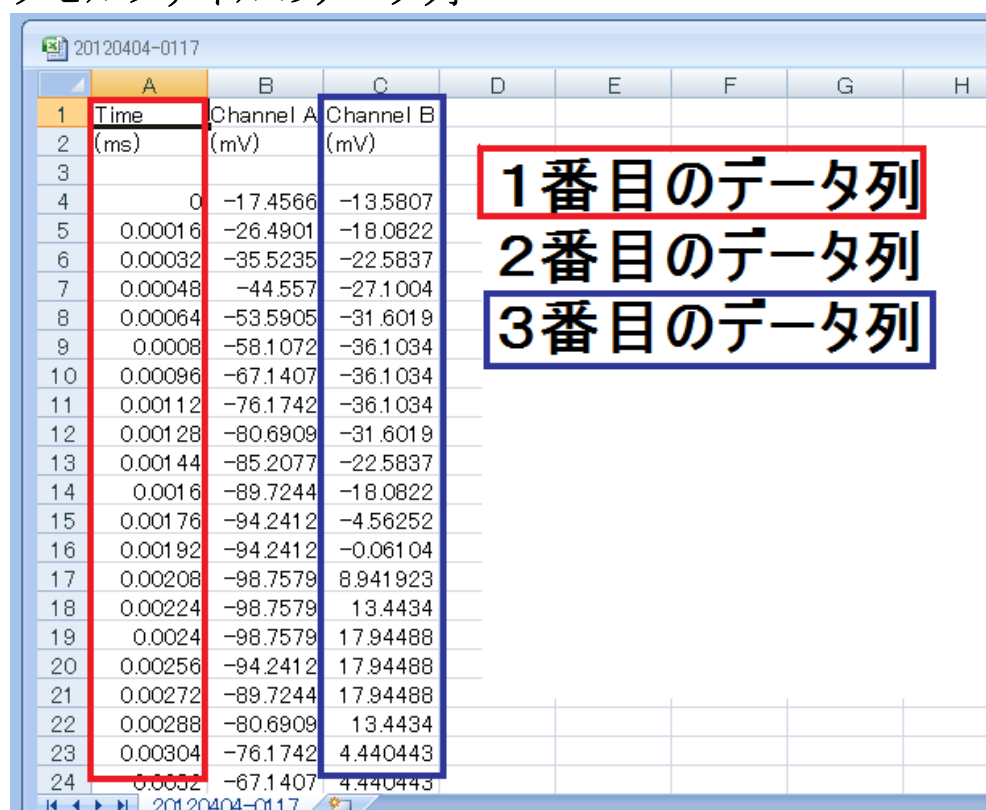
これは主要周波数 f_1 の整数倍の周波数成分を持つこと

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)
```

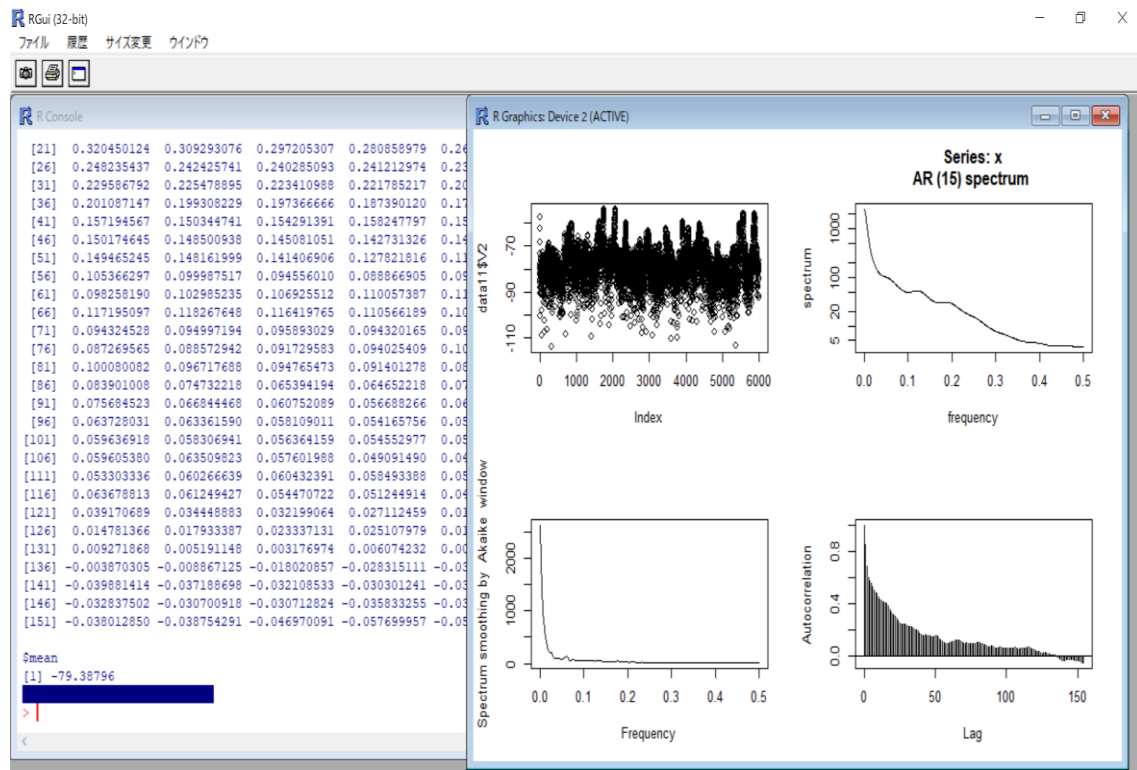
```
spectrum(data11$V2,method="ar")
```

```
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

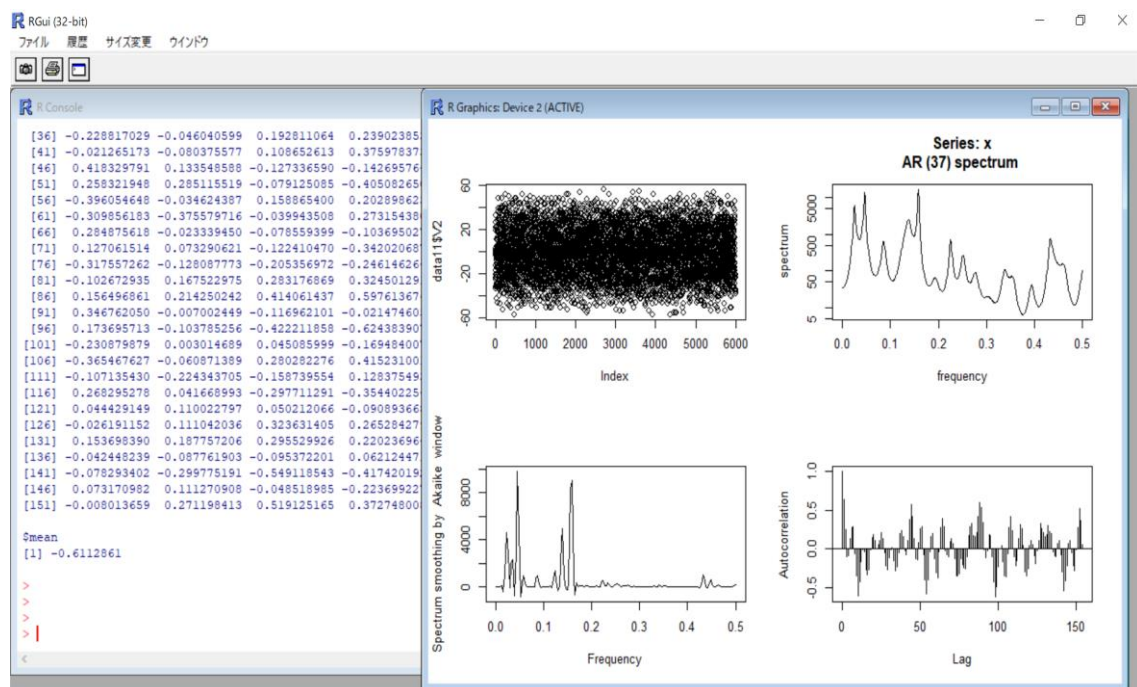
```
bispec(data11$V2)
```

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=",", 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_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
```

```
plot(data11$V3)
```

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

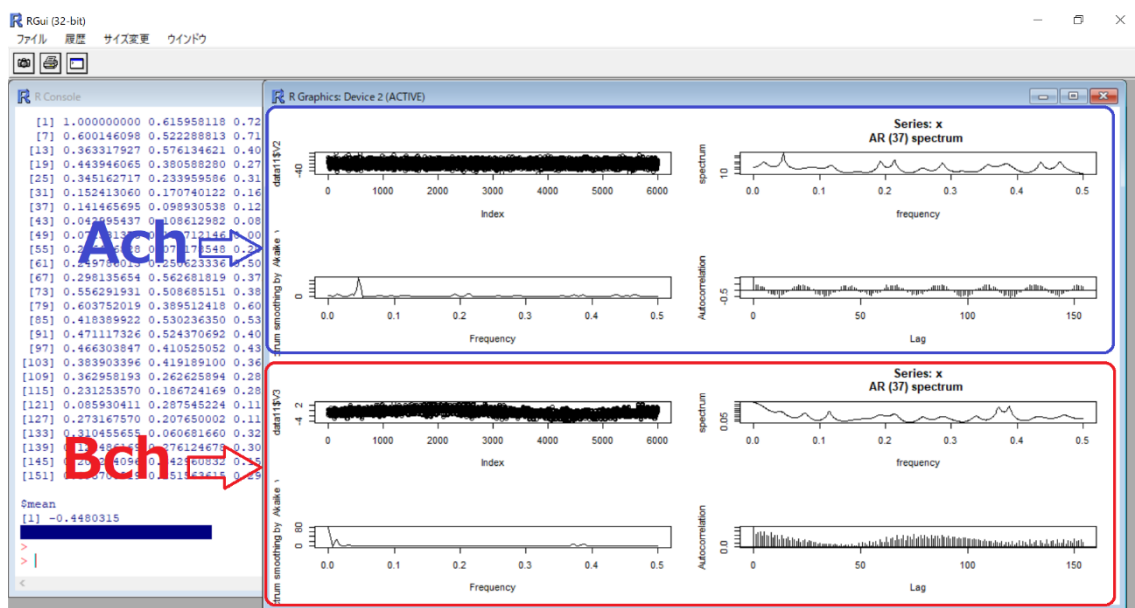
```
spectrum(data11$V3,method="ar")
```

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

```
bispec(data11$V3)
```

```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_12.csv", skip=6,
sep=",", nrow=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)
```

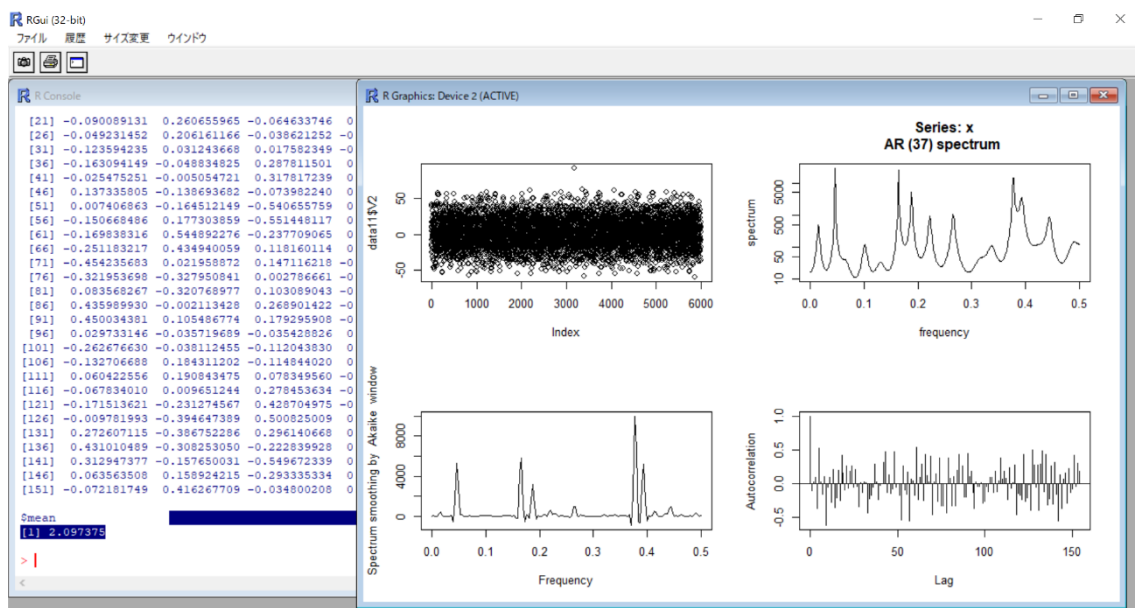
```
spectrum(data11$V2,method="ar")
```

```
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

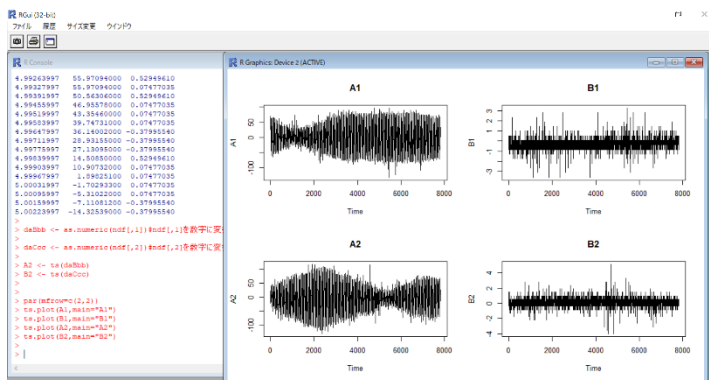
下記をコピー＆ペースト

```
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")

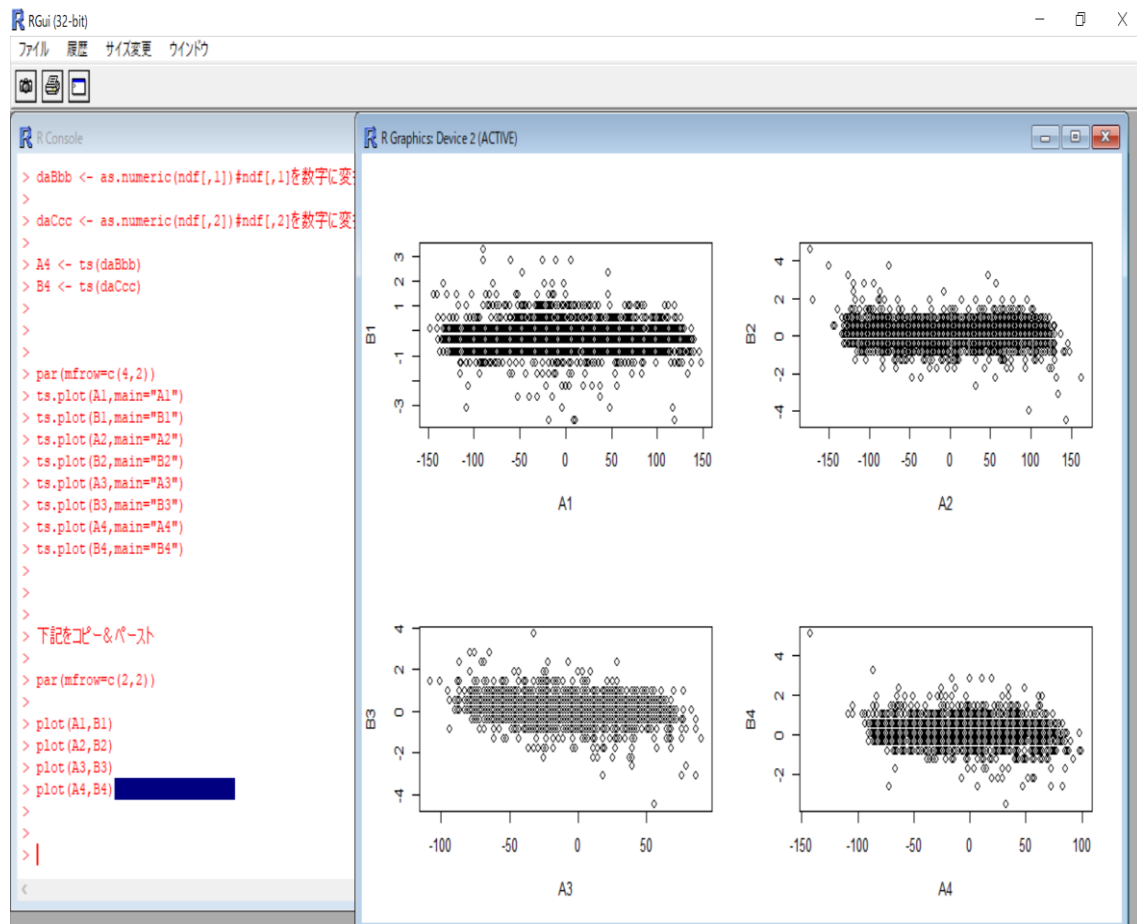
```

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)

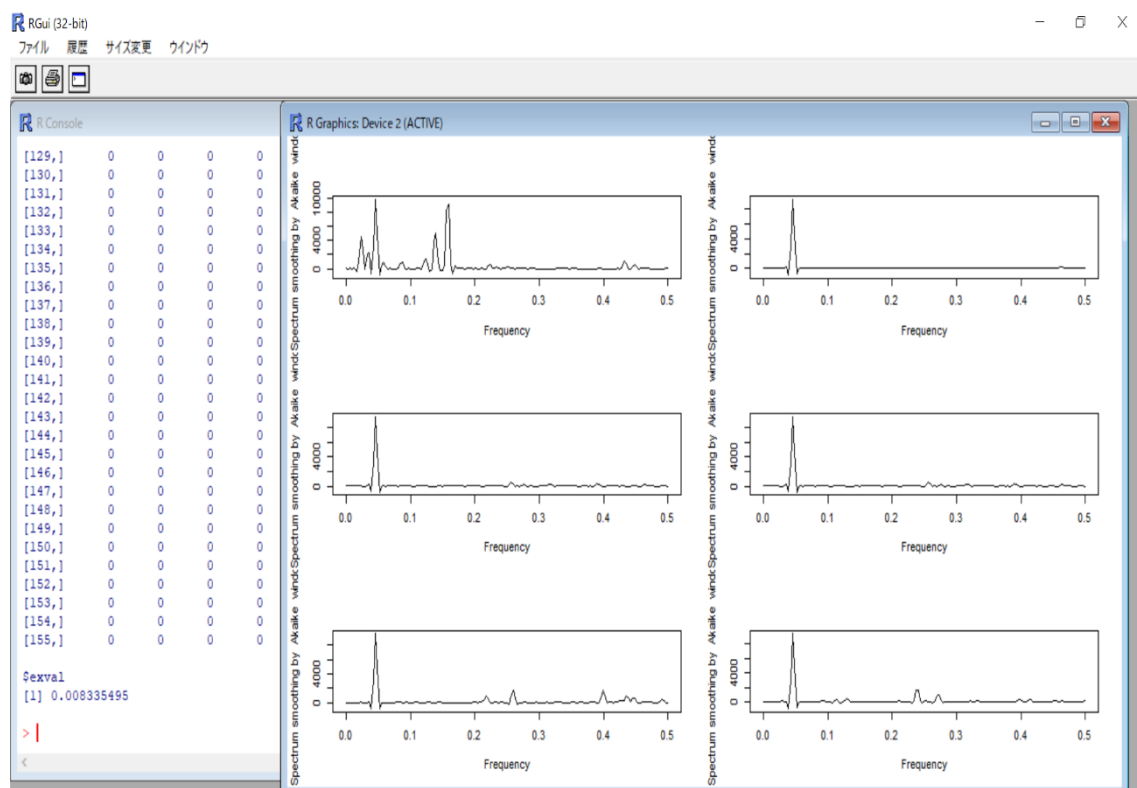
```



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))
```

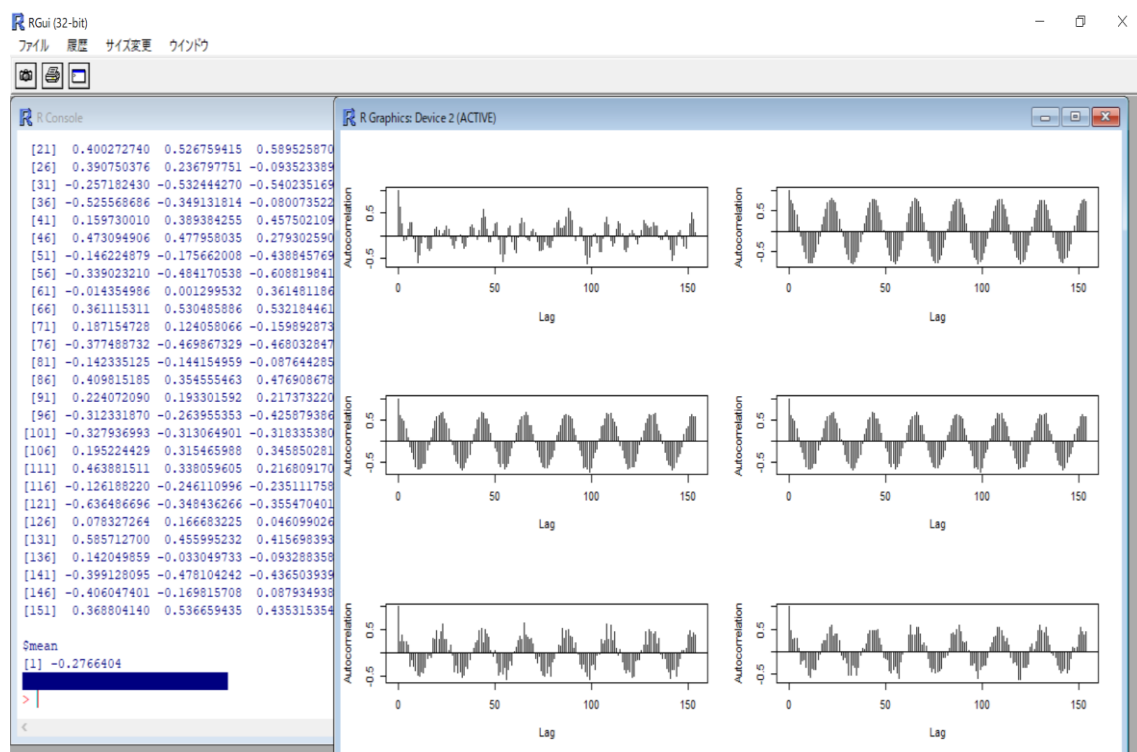
```
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_13.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_14.csv", skip=6,
sep=",", nrow=6000)
bispec(data11$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022_15.csv",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

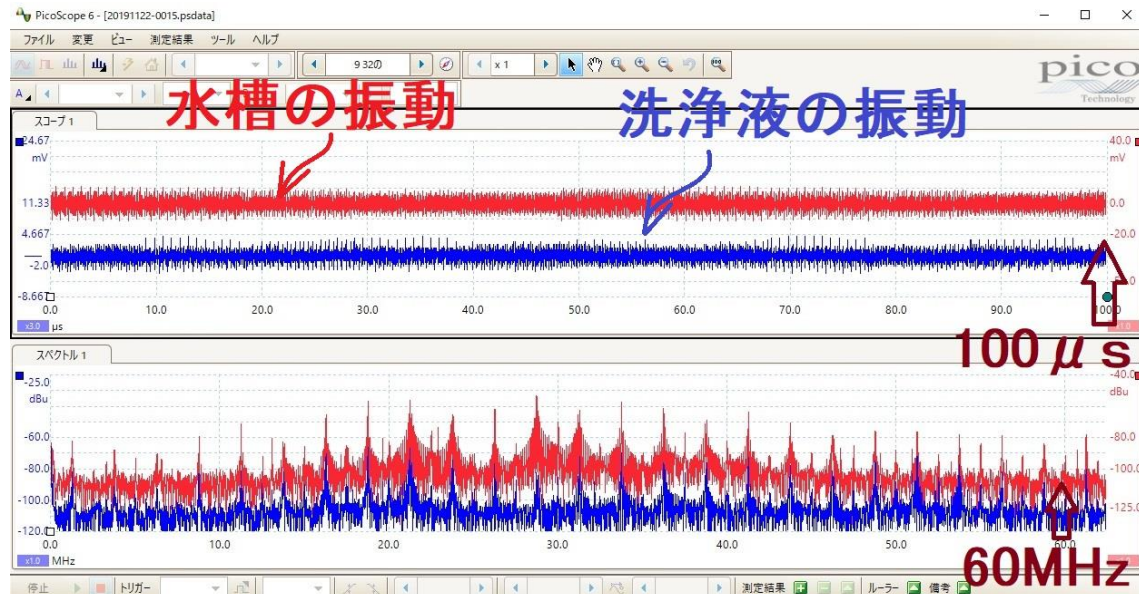
メガヘルツの超音波発振制御プローブ

<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

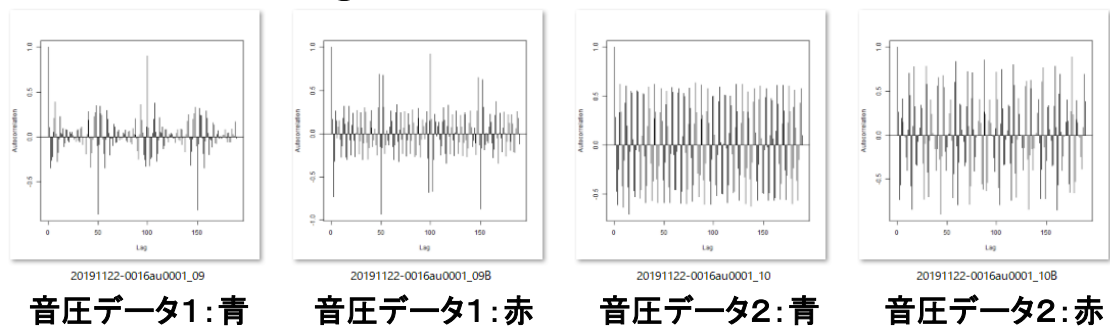
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14350>

参考データ

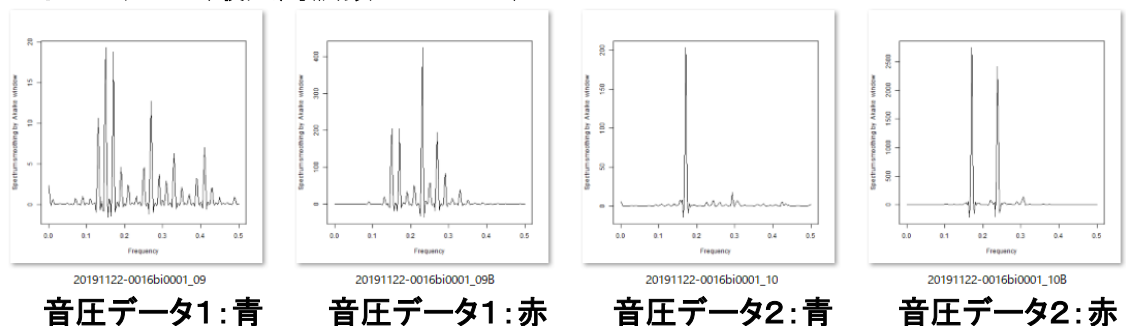


解析結果

自己相関(最大 200Lag)



バースペクトル(最大周波数 62MHz)



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

以上