# 超音波の音圧データ解析技術(R言語) 超音波伝搬状態の解析・評価





150

100

Lag

9

0.0

ation 0.5

Lag

0

0.5

0.0 LILOCOL

lation

[116] 0.247354020 0.006027005 -0 [121] -0.023060709 0.099149382 0 [126] -0.187664064 -0.156679725 0 [131] 0.050709167 -0.301445414 -0

[136] 0.472364751 -0.105986159 -0 [141] 0.375483697 0.089827868 -0 [146] 0.017176368 0.185541034 0 [151] -0.024250295 -0.113902171 0

\$mean
[1] -0.8905512

>

超音波システム研究所

100

Lag

Lag

Lag

50

100

Lag

9

90

00

150

音圧測定





#### 1. 準備

解析用データの確認

超音波の音圧測定データ

(例 オシロスコープの測定データ形式 PSDATA ファイル)から 解析用の

Microsoft Office Excel CSV ファイル

を作成・保存してください



	/	
1	切日	
	ניכו	

$\nu$												
H	•• •• •• N	/licr	osof	t O	ffice	e Ex	cel (	CSV	ノフ	アノ	イル	
	А	В	С	D	E	F	G	н	1	J	К	L
1	時間	сhА	c h B									
2	(ms)	(mV)	(mV)		᠇	ンプ	リン	ノグ日	寺間			
3									1 1-1			
4	0	3.149606	77.16534		0.	000	088	m s				
5	0.000088	-4.72441	78.74015									
6	0.000176	11.02362	0			אב תמ	E sta	41				
7	0.000264	3.149606	-23.6221	1	<b>듃</b> て)	孵忉	周冹	釵				
8	0.000352	4.724409	42.51968	- 1	10	0000	00 1	11 0				
9	0.00044	7.874015	66.14173		/0.1	0000	88=1	II. J	MHZ			
10	0.000528	14.17323	0	1	1 0		0	~ ~	-			
11	0.000616	9.448818	-44.0945		I. 3I	MHZ/	Z =	b. 6	5MH	7		
12	0.000704	9.448818	12.59842						-			
13	0.000792	6.299212	81.88976									

ファイル 変更 ビュー 洲定結果	ツール ヘルプ				
<u>∧ L 曲 曲</u> ラ ☆ ・ ネ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	超音波(	の音圧測	則定デー	ータ	pico Technology
90.0 mV 60.0					200.0 mV r Manual photos broks by Absorptional carponet as
50.0 cr. and cr. approximation of the object 40.0 30.0 cr. approximation of the object of the 20.0 cr. approximation of the object of the object of the 10.0	na na sina na s Na sina na sina n	na na si ka na si si sa ka si si sa si Mana sa si si sa si s	an a	ning maan laa kang mang mang mang laad a di ada da mang mang mang mang mang mang mang man	時間 2ms
0.0	0.4 0.5	o.s	1.0 1.2	14	אריין אריינאין אריי ג.6 1.8 2.0 בנספר
2A2F/U 1 =10.0 dBu =32.0 =43.0					6. 65MHZ
-54.0. -65.0 -76.0 -87.0	r na fain a lett an ann a bha an lin Bhaile ann a' shaardal a' shaar		an a	tere dan kerdan kerdala	11.00 april 11.00 april 11.00 april 17.0 17.0 april 11.00 april 11.00 april 17.0 17.0 april 11.00 april 11.00 april 11.00 april 11.00 april 11.00 april 1
-98.0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1	Te T	2.0	<b>144 144 144 144 144 144</b> 3.0	4.000 A.0	5.0 5.0 EXAMPLE 1 FOR 1

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:パッケージー>

#### ローカルにあるzipファイルからの・・・・

R RGui		
ファイル 編集 閲覧 その他 (	パッケージ ウインドウ ヘルプ	
🖻 🕒 🖬 🛍 🚭 🚳	パッケージの読み込み	
R Console	CRAN ミラーサイトの設定 ダウンロードサイトの選択	- • ×
D manatan 2 12 2 (2011 02	パッケージのインストール	A
Copyright (C) 2011 The R F	パッケージの更新	
Platform: i386-pc-mingw32/	ローカルにある zip ファイルからのパッケージのインストール	
Rは、自由なソフトウェアであり、「完全 一定の条件に従えば、自由にこれを 配布条件の詳細に関しては、'1ice Rは多くの貢献者による共同プロジェイ	èに無保証」です。 再配布することができます。 ense() 'あるいは 'licence() 'と入力してください。 小です。	
詳しくは'contributors()'と人力 また、RやRのパッケージを出版物で引 'citation()'と入力してください。	いてください。 用する際の形式については	
'demo()'と入力すればデモをみるこ 'help()'とすればオンラインヘルプが 'help.start()'でHTMLブラウザに 'q()'と入力すれば略を終了します。	とができます。 '出ます。 よるヘルプがみられます。	
>		

#### 3-2:デスクトップのzipファイル TIMSAC191 を選択する

			т т т,	101	IOI	·	<u> </u>	$\sim 1/2$		,				
			9	1		REPAIR				CAL.	10453			
400-		RGui												
(05-5-5	20	ファイル 編集	閲覧 その他	パッケーミ	2 ウインドウ	ヘルプ							N/I 09191	
	* 	R Select files												
Å		ファイルの場所(D:	デスクトップ		- 0	᠇ 🔁 🕄								
		名前	サイズ	種類	更新日時				<u> </u>					
Avitation	1		X										Sector Co.	States and States
	1		and the second se											
12471L2012 12-2012	1		- ANN											
			timsac 1.2.1				-							
		ファイル名(N):				▼ 開	((0)							
		ファイルの種類(T):	All files (*.*)			• +7	ンセル							
EX	1-	'demo() 'と人ナ	すればデモをみ	もことかできます										
_		'help() 'とすれ	ばオンラインヘル	プが出ます。										
		'q()'と入力すれ	いばRを終了しま	ノによるヘルノ す。	いのられます。									
		Sutilamar	WINSTS 111 oc	a1 ()										
コンピュータ	J.	> utilismer	idino caliboo	ar()										
									÷					
		•			m				P a				-	
			Concest of			Carlos and	000028128		THE SEA	toration and the second se	-	Contraction of		
Windows ×-	Picco	icope 6 2012xxxx	2 jpegDat - S	MM/12028102	MMI 185799	MMIZOSIULO2	MAN (e) (2)24	HAG HERRING	(010)101	201203235	MANAGE LOPIE	MANU HUERS		
业			三一下边以上				-		-	-	-	12		
	0			(min h				-	(And the second	STATE:	the second second	15		
		😈 📊			-		The	12	No.	11		06		Ţ
B i s 0 0 1	Pico	Scope 持許	SSP20111.	オリシナルあ	MVI 185699	MMIZOB1108	IMG 1920	0.0.0	IMG 1952	MWI620300	MVIm1073	MMI 1002	a.	
->=->		2011022	1	<b>術20120312</b>	- State							Ser.	the second	
and the second second					and the second second									

Package'timsac' (TimeSeriesAnalysisandControlPackage) Functionsforstatisticalanalysis,predictionandcontroloftimeseriesbasedmainl yonAkaikeandNakagawa(1988)

3-3:読み込み画面の確認
RGui
ファイル 編集 閲覧 その他 パッケージ ウインドウ ヘルプ
R Console
R version 2.12.2 (2011-02-25) Copyright (C) 2011 The R Foundation for Statistical Computing ISBN 3-900051-07-0 Platform: i386-pc-mingw32/i386 (32-bit)
Rは、自由なソフトウェアであり、「完全に無保証」です。 一定の条件に従えば、自由にこれを再配布することができます。 配布条件の詳細に関しては、'license()'あるいは'licence()'と入力してください。
Rは多くの貢献者による共同プロジェクトです。 詳しくは ' contributors () 'と入力してください。 また、RやRのパッケージを出版物で引用する際の形式については ' citation () 'と入力してください。
'demo()'と入力すればデモをみることができます。 'help()'とすればオンラインヘルプが出ます。 'help.start()'でHTMLブラウザによるヘルプがみられます。 'g()'と入力すればRを終了します。
> utils:::menuInstallLocal() パッケージ 'timsac' は無事に開封され、MD5 サムもチェックされました >
< III

### 3-4:パッケージの読み込み

RGui							
ファイル 編集 閲覧 その他 🎵	(ッケージ ウインドウ ヘルプ						
je 🗗 🖬 🖪 🗘 💿 🕭	パッケージの読み込み						
R Console	CRAN ミラーサイトの設定 ダウンロードサイトの選択						
R version 2.12.2 (2011-02- Copyright (C) 2011 The R B	パッケージのインストール パッケージの更新						
ISBN 3-900051-07-0 Platform: i386-pc-mingw32/	ローカルにある zip ファイルからのパッケージのインストール						
Rは、自由なソフトウェアであり、「完全 一定の条件に従えば、自由にこれを再 配布条件の詳細に関しては、'licer	に無保証」です。 発配布することができます。 ise () 'あるいは ' licence () 'と入力してください。						
パッケージー>パック	ケージ読み込み・・・ 選択する						



#### 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 f1、f 2、f1 + f 2 のスペクトルの積で表すことができる。

B(f1, f2) = X(f1)Y(f2)Z(f1+f2)

主要周波数がf1 であるとき、

f1 + f1 = f2、f1 + f2 = f3 で表される f2、f3 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 f1 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

20	120404-0117							
	A	B,	С	D	Е	F	G	Н
1	Time	Channel A	Channel B					
2	(ms)	(mV)	(mV)					-
3				113	采日		_力五	I
4	0	-17.4566	-13.5807	1	田田		シン	1
5	0.00016	-26.4901	-18.0822	- 01	च⊈ ⊓	<u> </u>	<b>b T</b>	d I
6	0.00032	-35.5235	-22.5837	<u> </u>	日 留	<b>の</b> -	-タタ	
7	0.00048	-44.557	-27.1004					-
8	0.00064	-53.5905	-31.6019	<u> </u>	来日	の〒-	_力万	
9	0.0008	-58.1072	-36.1034	U			・アン	וני
10	0.00096	-67.1407	-36.1034					
11	0.00112	-76.1742	-36.1034					
12	0.00128	-80.6909	-31.6019					
13	0.001 44	-85.2077	-22.5837					
14	0.0016	-89.7244	-18.0822					
15	0.00176	-94.2412	-4.56252					
16	0.00192	-94.2412	-0.061.04					
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=",", nrows=6000)

plot(data11\$V2)

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

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

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

**bispec**(data11\$V2)

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

1	RGui (3)	2-bit)													- 6 )
	7711	度豐	サイズ変更	ウインドウ											
	• •														
1	Rear							2	Graphics	Device 2 (A)	TNE				
	[21]	0.32	0450124	0.309293076	0.297205307	0.280858979	0.24								Series: x
	[26]	0.24	8235437	0.242425741	0.240285093	0.241212974	0.23		D	10 L	dat	all	SV2	) (	SDectrum(datal) · · '
1	[31]	0.22	9586792	0.225478895	0.223410988	0.221785217	0.20							· ·	Specti Mittiguntall
	[36]	0.20	1087147	0.199308229	0.197366666	0.187390120	0.1]							•	0 -1
1	[41]	0.15	7194547	0.150344741	0.154291391	0.158247797	0.11		_ = ŏ	1.1	11.		1 (i		8-1
	[46]	0.15	0174645	0.148500938	0.145081051	0.142731326	0.14	CI.	8-2	. Bi	<b>1</b>	4.3			e " - \
ł	[51]	0.14	9465245	0.148161999	0.141406906	0.127821816	0.11	6	·						5 - 1
	[56]	0.10	5366297	0.099987517	0.094556010	0.088866905	0.09	÷.	0		Ν.	40	2.2		1 21
Ł.	[61]	0.09	8258190	0.102985235	0.106925512	0.110057387	0.11	5	973	6.3	195		10.01	•	\$ o]
I	[66]	0.11	7195097	0.118267648	0.116419765	0.110566189	0.10	Ť.	a 18		- A	433	. 6.16	' I	^]
I	[71]	0.09	9329520	0.094997194	0.095893029	0.094320165	0.01		ž - 10	0 0	. (0	0 00			0-
I	[76]	0.00	7269565	0.055572942	0.091729583	0.094025409	0.10		• 4	Ť			Ť	Τ.	
I	[01]	0.10	0000002	0.096717688	0.094765473	0.091401278	0.00		0	1000 2	2000 30	00 400	0 5000 G	000	00 01 02 03 04 05
1	[06]	0.00	3901000	0.074732210	0.065394194	0.064652215	0.0								0.7 0.1 0.2 0.7 0.4 0.7
	[94]	0.07	35053223	0.000011100	0.060752009	0.056655266	0.01				Ind	ex.			feauency
đ	[30]	0.00	3/20031	0.063361390	0.000109011	0.004160/06	0.00								
ł	11041	0.00	5636710	0.000306911	0.055201688	0.004002977									
I	11111	0.05	1101114	0.060364639	0.060432393	0.058453388	0.01	81							autoor(1 ( 11)
I	11161	0.04	3678813	0.061249427	0.054470722	0.051244914	0.04	2 2	DIS	De	C(d:	atal	LISV	2)	autcor(datall)
	(1211	0.03	9170689	0.034448883	0.032199064	0.027112459	0.01	3		<b>I</b> -	- (			-/	
1	11261	0.01	4781366	0.017933387	0.023337131	0.025107979	0.01	2	1						-
	(131)	0.00	9271868	0.005191148	0.003176974	0,006074232	0.00	× a	2						e @
1	11361	-0.00	3870305	-0.008867125	-0.018020857	-0.028315111	-0.03	<	811						§ 0]
	[141]	-0.03	9081414	-0.037188698	-0.032108533	-0.030301241	-0.03	ŝ	"-II						
	[146]	-0.03	2837502	-0.030700918	-0.030712824	-0.035833255	-0.03	5	8 11						5 2 -
	[151]	-0.03	8012850	-0.038754291	-0.046970091	-0.057699957	-0.05	Ę.	₽1I						
d								ě	-11						₹ _ 1
-	Şmean							ŝ		L				_	
	[1] -7	19.387	96					ş	- T	1	1	-	1	Τ.	- <del>'                                   </del>
_								ctn	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0 50 100 150
1	2							5 b							
1	-							φ)			Frequ	ency			Lag
							_								

#### 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 自己相関の変化をグラフで確認できます

下記をコピー&ペースト

par(mfrow=c(4,4))

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 

data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002\_02.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11\$V2)

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_03.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_04.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 

. . .

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_30.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_31.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_32.csv", skip=6, sep=",", nrows=15000) autcor(data11$V2)$ 



### 4) 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 バイスペクトルの変化をグラフで確認できます

下記をコピー&ペースト

par(mfrow=c(4,4))

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_01.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_02.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_03.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002\_04.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11\$V2)

. . .

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_29.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_30.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

 $data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002_31.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11$V2)$ 

data11 <- read.table("C:/2024/20240301-0002/20240301-0002\_32.csv", skip=6, sep=",", nrows=6000) bispec(data11\$V2)



## 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$V2)
data11 <- read.table("C:/20191220/20191220-0022/20191220-0022 16.csv",
                                                                          skip=6,
sep=",", nrows=6000)
bispec(data11$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)
- 2:超音波技術
  - 1)超音波工学と応用技術
     ベ.ア.アグラナート (他共著),青山 忠明 (訳),遠藤 敬一 (訳)
     発行年月:1991 出版社:日ソ通信社
  - 2) 超音波入門(科学普及新書)
     エリ・デ・ローゼンベルク著,上田光隆訳
     発行年月:1967

参考資料

- 超音波の相互作用を評価する技術2 <u>http://ultrasonic-labo.com/?p=12202</u>
- 超音波加工・溶接技術(特開 2021-171909) http://ultrasonic-labo.com/?p=3963
- AIC (情報量規準) を利用した超音波技術 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

### <<超音波の音圧データ解析・評価>>

1)時系列データに関して、 <mark>多変量自己回帰モデルによるフィードバック解析</mark>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。

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 mulmar:インパルス応答の解析関数

bispec: バイスペクトルの解析関数 mulnos: パワー寄与率の解析関数



### 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/



参考データ



解析結果 自己相関(最大 200Lag)



バイスペクトル(最大周波数 62MHz)



100μ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









超音波「音圧測定解析装置(超音波テスターNA)」 <u>http://ultrasonic-labo.com/?p=1722</u>

超音波発振制御システム(20MHz) http://ultrasonic-labo.com/?p=18817

超音波システム(音圧測定解析、発振制御)の利用技術 http://ultrasonic-labo.com/?p=16477



# 洗浄効果の小さい典型的な解析結果



# 洗浄効果の非常に高い事例1



# 洗浄効果の非常に高い事例2

