

水の落下時の音の解析

— 水の音の分析 (1) —

寺嶋正義*

(1986年6月30日受理)

要 旨

水の落下音を研究する目的で、最も単純な洗面器に1 mの高さから水滴、水を落下させて、その際に発生する音をマイクでとらえて、その出力の高速フーリエ変換をパソコンにて行ない、振動数の分析を行なった結果、つぎのことがわかった。

- (1) 洗面器に水のない場合には、水滴の一滴落下により、器の固有振動を励振した。これは予想した通りであった。
- (2) 水深1 cmの場合と水深3 cmの場合の水滴の一滴落下により水面の振動を励起したと思われる、58~137Hz、39~107Hzの低い振動数のものが出た。水深3 cmで一滴落下の場合に、明らかに気泡が発生して、この気泡の固有振動が出たと考えられるものがあった。器の固有振動数の励振も発生したが、水深が深くなるほど少くなる傾向であった。
- (3) 水深1 cmの連続落下、水深3 cmの連続落下、水深5 cmの一滴落下、連続落下の場合には、340~615Hzや、2200~2300Hzの振動が出たが、これは水の落下に伴う気泡巻き込みの気泡の振動か、飛散した水滴の振動と考えられるが、本実験のみからでは確定出来ない。
- (4) このような単純な実験でも、現象としてはかなり複雑なことが、非常に短い0~0.03s位の間に起っている。

1 緒 言

水の落下する音や流れる音は、人間の生活に深い関係がある。胎児の時には胎児は母親の血流音を聞いて発育するし、雨の音や雨だれの音は止める訳にはいかないで、これらを聞きながら生活している。また川の流水の音や滝の音も止める訳にはいかないで、聞きたくなければ遠ざかる以外にはない。

これらの音も或るレベル以上になれば騒音になるかも知れないが、音の小さい時は人によっては心持よい音になると思う。

これは唱歌の歌詩に「春の小川はさらさら流る」というのがあることから察せられる。

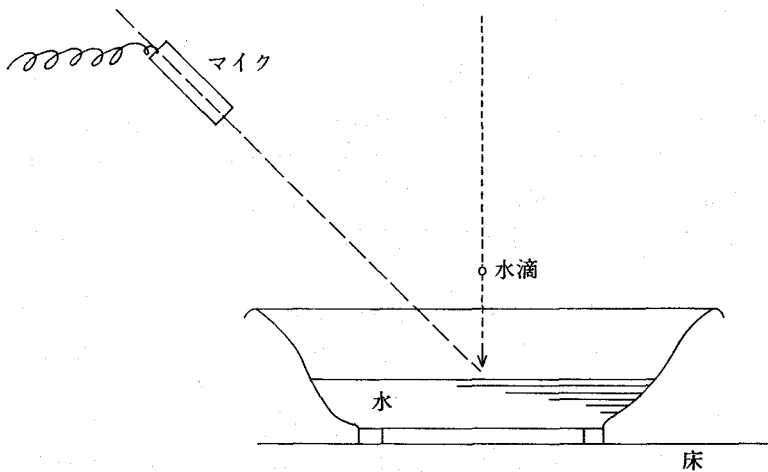
小川の流れる音や、滝の音等を測定し、分析することは出来るが、音の発生の機構を解明するには、余りにも条件が複雑なので難かしいし、発生条件を変えて研究することもできない。

そこで、現象を単純化し、条件を変えて出来る基礎実験を行った。

これらの基礎実験で条件を変えてデータを積み上げて行けば、音の発生機構を解明出来ると考えられるので、洗面器に水滴を一滴落した音と連続して水を落した音を測定し、そのデータを高速フーリエ変換（以下F.F.Tと略す）して振巾の大きい順に振動数、振幅、エネルギー等をパソコンを用いてプリントした。

このように単純化した実験でも現象は以外に複雑で未解明の点や、推定した所もあるが、大部分は解明出来たと考えるので報告する。

2 落下音の測定、解析の方法



第1図 実験方法

直径32cm、深さ8cmのステンレス鋼製の洗面器を用意し、これを第1図に示すように底を約2cm×2cmの消しゴム（プラスチックでないもの）3ヶで図のように床の上に支えて置き、水面より1mの高さからほぼ中心に、水滴を一滴落下させた場合と、連続して落下させて、その音を測定した。

マイクロホンは水滴の落下地点からほぼ23cmの位置で垂線に対して約45°の位置に固定して設置した。

実験条件と、その表示の図番号、表番号を第1表に示す。これについて説明すると、A-1～A-4は洗面器に水のない状態で水滴を一滴落した状態の音、A5、A6は六角鉛筆の元の方で底の中心を一寸打撃した時の音である。

洗面器内の水量は0から、1cm、3cm、5cmの深さに変えて実験した。B1、B2は一滴落下の音、B3、B4は鉛筆の元で打撃した音である。

B-5、B-6は1mの高さから水を連続して落下した時の音を測定した。水量はそれぞれ300cc/26sと300cc/20sであった。以下C、Dも同様である。

C5、C6は水を連続して水深3cmの所に1mの高さから落下させたもので、それぞれ300cc/25s、300cc/21sの流量であり、D5、D6は水深5cmの水面の中心へ1mの高さからそれぞれ300cc/30s、300cc/32sの流量を落下させた時の音である。落下する高さは比較のため全部

第1表 実験条件

実験番号	実験条件	水量	音のレベル (dB)	トリガー (V)	表示図	表示の表	
A-1	一滴、水滴を落下する。	水なし	63	+3.2V	第2図	第2表	
A-2	同上	〃	65	〃	〃	〃	
A-3	同上	〃	65	〃	〃	〃	
A-4	同上	〃	65	〃	第3図	〃	
A-5	六角鉛筆の元で底を打撃	〃	72	〃	〃	第3表	
A-6	同上	〃	72	〃	〃	〃	
B 1	一滴落下	深さ1 cm	55	〃	第4図	第4表	
B 2	同上	〃	55	〃	〃	〃	
B 3	鉛筆の元で底を打撃	〃	74	+3.84	〃	第5表	
B 4	同上	〃	74	〃	第5図	〃	
B 5	水を連続して落とす	300cc/26s	〃	75	〃	第6表	
B 6	同上	300cc/20s	〃	75	〃	〃	
C 1	一滴落下	深さ3 cm	51	+3.2	第6図	第7表	
C 2	同上	〃	53	+3.84	〃	〃	
C 3	鉛筆の元で底を打撃	〃	53	+4.48	〃	第8表	
C 4	同上	〃	53	+3.84	第7図	〃	
C 5	水を連続して落とす	300cc/25s	〃	73	+3.2	〃	第9表
C 6	同上	300cc/21s	〃	75	キートリガー	〃	
D 1	一滴落下	深さ5 cm	53	+3.84	第8図	第10表	
D 2	同上	〃	52	+3.84	〃	〃	
D 3	鉛筆で底を打撃	〃	64	+3.84	〃	第11表	
D 4	同上	〃	64	〃	第9図	〃	
D 5	水を連続して落とす	300cc/30s	〃	75	〃	第12表	
D 6	同上	300cc/32s	〃	75	〃	〃	

1 mとした。騒音計の出力は交流で出て来るが、これではF.F.Tするのに困るので、電池により2.2Vの直流電圧を印加して、直流電圧とし0~5Vの範囲に入るようにした。

このため音のレベルは大、小あっても全部Cレベルで測定し、Rangeを変えて増巾度を変え出力が0~5Vになるようにした。

そしてその測定時の針のふれの最大値を読みとった。そのレベルは第一表にそれぞれ記入してある。トリガーは例へば+3.2Vと云うのは、電圧が上る時で、しかも+3.2Vになった時にデータをパソコンに取込み初め、全部で0.1s間のデータを取込んだ。キートリガーは水を流し

ておきキーを押した時から0.1s間だけデータを取込んだものである。

使用した騒音計は横河電気製の Sound Level Meter Type 3238 で、マイクロホンはDM-1332を用い、この出力は20~20000Hzまでは正確に測定出来る。この出力をA-Dコンバーターに導入した。F.F.Tについては前報りと同様の方法で行なった。

A-Dコンバーターはマイクロサイエンス社の8チャンネル差動入力12ビットA-Dコンバーター、DAS-1298-BPCを用いた。

この1チャンネルを用い、データは1024点で取込み、時間は全部で0.1sであり、従って1つのデータは0.1msで取込んで高速フーリエ変換した。従って約5000Hzまで分析できる。

パソコンはNECのPC9801Eを用い、フロッピーディスクドライブはPC-8031-2を、ディスプレイはPC-8853を、プリンターはPC-8822を用いた。F.F.Tした結果を横軸に振動数、縦軸にその振動数のエネルギーをLogにてdB表示した。また振動の波形を、横軸に時間をとり縦軸に電圧をとって表示した。

またF.F.Tした計算値を表にプリントした。

3 実験結果とその検討

実験結果の代表的な例を図と表に示す。

第2図にA-1~A3の分析データを示す。

この第2図のA-1について説明すると、上の方の図はF.F.Tした結果のグラフ表示であり、横軸は振動数であり1目盛200Hz、縦軸はその振動数のエネルギーの対数表示で、エネルギーの比較値をEとすると、 $20 \times \log_{10} E$ の値である。1目盛20dBであり、一番上は従って200dBである。

右側に20dB/DIV、 $20E+03$ /DIVとあるのが縦軸20dB/1目盛、横軸 0.20×10^8 /1目盛(200Hz/1目盛)を意味する。MAX.12E+05とあるのは最大のエネルギーの比較値は $0.12 \times 10^5 = 12000$ であることを示す。これは比較値であり、絶対値ではない。

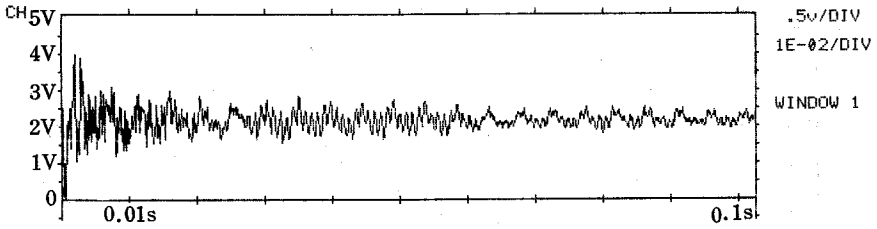
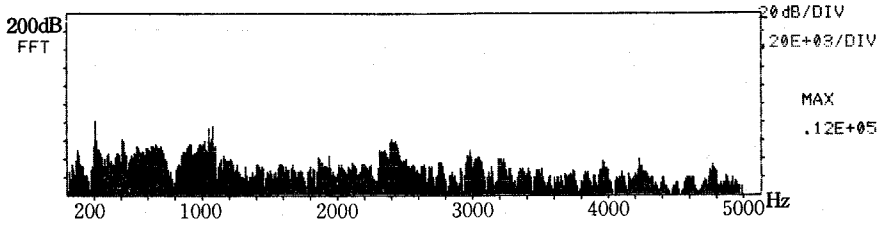
下の図は振動波形のグラフ表示であり、縦軸は電圧であり1目盛0.5V、横軸は時間であり1目盛0.01sである。右側に.5V/DIV、 $1E-02$ /DIVとあるのが、縦軸0.5V/1目盛、横軸 1×10^{-2} s/1目盛を意味する。WINDOW 1とあるのは窓関数1を用いたと云う意味で、1は変形しないでそのままの形で表示している。左側CHとあるのはチャンネル1と2があり比較して合った場合に表示し、チャンネル1を表示したとの意味である。

以下の図も同様である。

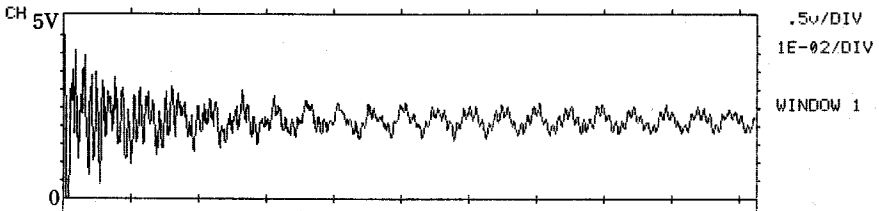
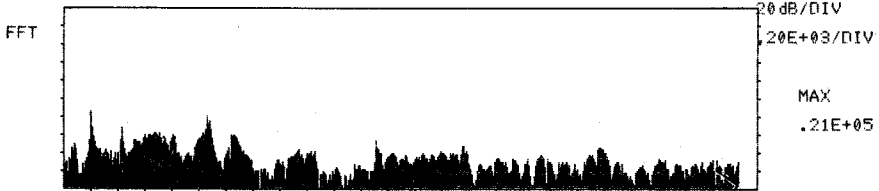
第2図と第3図を比較して見ると、F.F.Tも波形もよく似ているが、完全に同一ではなく多少は差がある。特にA2、A4、A5が似ている。A2とA4は同一条件であるから似るのは当然であり、A5が似ていることは一滴落下により器の固有振動数で振動していることになる。打撃の場合には固有振動数で振動することが知られているからである。A1、A5、A6の波形も特に似ているがA5、A6はほぼ同一条件の打撃であることから、一滴落下の場合には器は固有振動数で振動していることを示している。

振動数は強い方から1050~1080Hz、205~225Hz、420~440Hz、800~820Hzである。

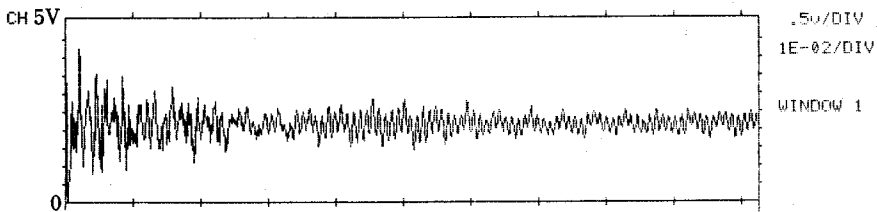
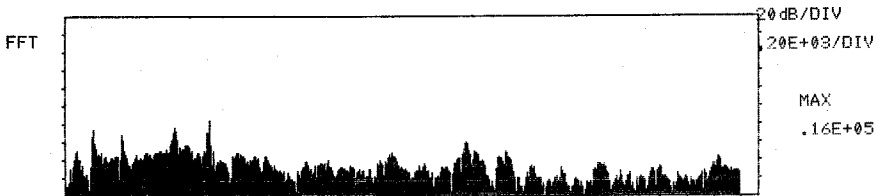
前の2つは全部に共通して発生している。420~440HzはA1~A4に共通しているのも、水滴の場合の特有のものかも知れない。



A-1 のデータ

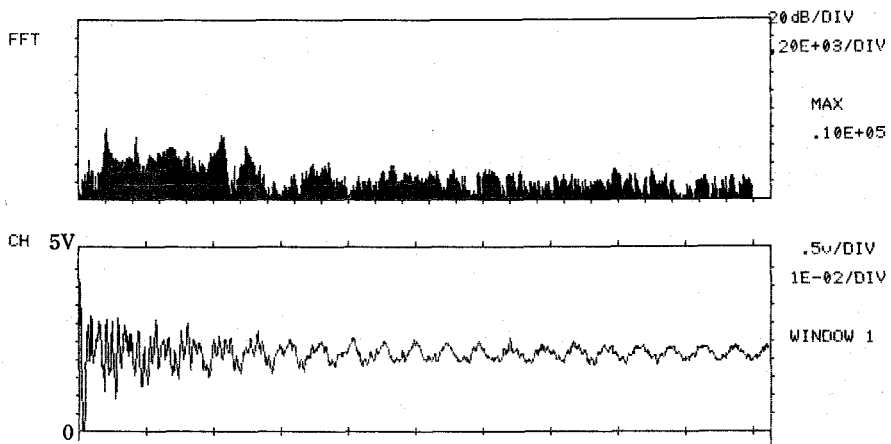


A-2

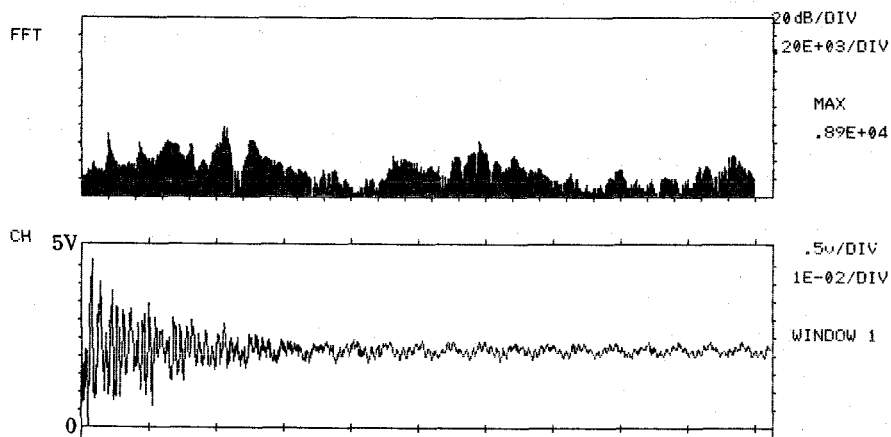


A-3

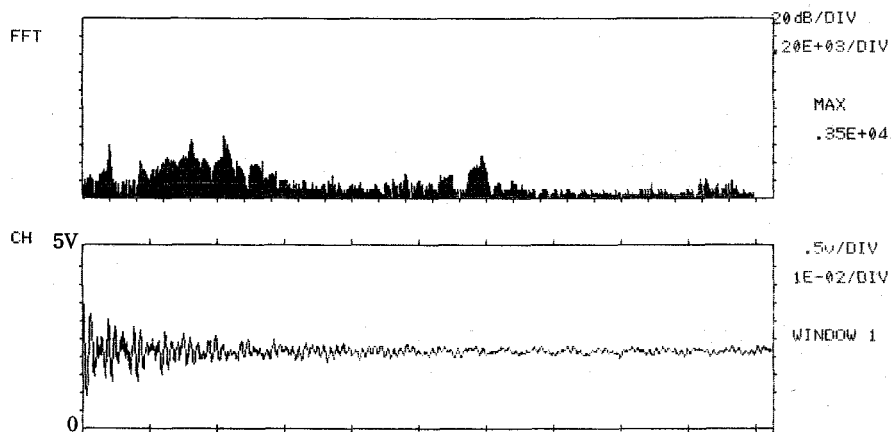
第2図 A-1～A-3の分析データ



A-4 のデータ



A-5



A-6

第3図 A-4～A-6の分析結果

800~820Hzは、A 3, A 6 に共通しているので固有振動数と考えられる。

第2表にA 1~A 4 の計算値を表示してある。第2表のA 1でFREQ. No. とあるのが振動数 Hz であり、POWER がそのエネルギーの比較値であり、COMPOSIT SIN AMPL とあるの

第2表 A-1~A-4のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX TERM		COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
			実部	虚部					
CH 1									
0	3782	.215E+03	-69.5,	33.5i	-139	-67	0.1191E+05	154.31	64.27
1	2881	.108E+04	9.5,	-55.0i	19	110	0.6231E+04	111.63	9.80
2	1261	.105E+04	48.0,	13.5i	96	-27	0.4973E+04	99.72	-74.29
3	761	.240E+04	22.5,	14.0i	45	-28	0.1405E+04	53.00	-58.11
4	807	.420E+03	-21.5,	14.5i	-43	-29	0.1345E+04	51.87	56.00
5	111	.107E+04	14.5,	21.0i	29	-42	0.1303E+04	51.04	-34.62
6	0	.103E+04	20.0,	-12.0i	40	24	0.1038E+04	46.65	59.04
7	340	.225E+03	-10.5,	19.0i	-21	-38	0.9425E+03	43.42	28.93
8	1314	.430E+03	21.0,	5.0i	42	-10	0.9320E+03	43.17	-76.61
9	1676	.243E+04	17.0,	-13.0i	34	26	0.9160E+03	42.80	52.59
10	1748	.242E+04	21.0,	-2.0i	42	4	0.8900E+03	42.19	84.56
11	1376	.241E+04	21.0,	1.5i	42	-3	0.8865E+03	42.11	-85.91
12	2034	.106E+04	-8.0,	-18.0i	-16	36	0.7760E+03	39.40	-23.96

A-1

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX TERM		COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
			REAL	IMAGE					
0	2851	.205E+03	-81.5,	-64.0i	-163	128	0.2148E+05	207.25	-51.86
1	2232	.106E+04	41.5,	-64.5i	83	129	0.1177E+05	153.40	32.76
2	3699	.108E+04	-52.0,	-11.0i	-104	22	0.5650E+04	106.30	-78.06
3	2955	.107E+04	-38.5,	-19.0i	-77	38	0.3687E+04	85.87	-63.73
4	1633	.439E+03	26.0,	26.0i	52	-52	0.2704E+04	73.54	-45.00
5	6	.215E+03	14.0,	31.0i	28	-62	0.7314E+04	68.03	-24.30
6	0	.109E+04	-30.5,	7.0i	-61	-14	0.1959E+04	62.59	77.07
7	0	.105E+04	22.0,	-22.0i	44	44	0.1936E+04	62.23	45.00
8	0	.713E+03	19.5,	-18.0i	39	36	0.1409E+04	53.08	47.29
9	0	.684E+03	24.0,	-6.5i	48	13	0.1237E+04	49.73	74.85
10	1076	.104E+04	17.5,	-16.5i	35	33	0.1157E+04	48.10	46.68
11	2414	.674E+03	23.5,	-3.0i	47	6	0.1123E+04	47.38	82.73
12	2600	.125E+04	2.0,	-23.5i	4	47	0.1113E+04	47.17	4.86

A-2

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX TERM		COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
			REAL	IMAGE					
0	3840	.107E+04	88.0,	14.0i	176	-28	0.1588E+05	178.21	-80.96
1	3228	.811E+03	32.5,	47.5i	65	-95	0.6625E+04	115.11	-34.38
2	2203	.215E+03	-16.5,	45.0i	-33	-90	0.4595E+04	95.86	20.14
3	299	.820E+03	44.0,	15.0i	88	-30	0.4322E+04	92.97	-71.18
4	0	.106E+04	-22.0,	-35.5i	-44	71	0.3489E+04	83.53	-31.79
5	248	.801E+03	-3.5,	41.5i	-7	-83	0.3469E+04	83.29	4.82
6	702	.105E+04	41.0,	-1.5i	82	3	0.3367E+04	82.05	87.90
7	478	.430E+03	-15.0,	33.0i	-30	-66	0.2628E+04	72.50	24.44
8	1026	.205E+03	-3.0,	-31.0i	-6	62	0.1940E+04	62.29	-5.53
9	1786	.439E+03	24.0,	9.5i	48	-19	0.1333E+04	51.62	-68.40
10	2287	.830E+03	22.5,	-12.0i	45	24	0.1301E+04	51.00	61.93
11	1323	.791E+03	-10.5,	21.5i	-21	-43	0.1145E+04	47.85	26.03
12	1908	.298E+04	-17.5,	-15.5i	-35	31	0.1093E+04	46.75	-48.47

A-3

第2表 (前頁の続き)

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2971	.215E+03	-14.5,	69.5i	-29	-139	0.1008E+05	141.99	11.78
1	2648	.205E+03	-9.5,	-49.0i	-19	98	0.4983E+04	99.82	-10.97
2	2414	.106E+04	-1.5,	-45.0i	-3	90	0.4055E+04	90.05	-1.91
3	3346	.439E+03	37.0,	13.0i	74	-26	0.3076E+04	78.43	-70.64
4	2200	.108E+04	-37.5,	6.0i	-75	-12	0.2885E+04	75.95	80.91
5	1282	.107E+04	-32.5,	-12.0i	-65	24	0.2401E+04	69.29	-69.73
6	63	.225E+03	3.5,	29.5i	7	-59	0.1765E+04	59.41	-6.77
7	0	.105E+04	6.0,	-26.0i	12	52	0.1424E+04	53.37	12.99
8	0	.430E+03	-5.0,	25.0i	-10	-50	0.1300E+04	50.99	11.31
9	0	.125E+04	-2.5,	-21.0i	-5	42	0.8945E+03	42.30	-6.79
10	510	.684E+03	19.0,	-8.5i	38	17	0.8665E+03	41.63	65.90
11	1416	.126E+04	-19.0,	-5.5i	-38	11	0.7825E+03	39.56	-73.86
12	1721	.693E+03	17.0,	-9.5i	34	19	0.7585E+03	38.95	60.80

A-4

第3表 A-5~A-6のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2598	.106E+04	-2.5,	66.5i	-5	-133	0.8857E+04	133.09	2.15
1	2243	.108E+04	54.5,	8.0i	109	-16	0.6068E+04	110.17	-81.65
2	582	.105E+04	-35.0,	29.5i	-70	-59	0.4191E+04	91.55	49.87
3	615	.205E+03	-15.0,	-38.0i	-30	76	0.3338E+04	81.71	-21.54
4	1423	.107E+04	18.5,	27.5i	37	-55	0.2197E+04	66.29	-33.93
5	615	.109E+04	26.5,	-11.5i	53	23	0.1669E+04	57.78	66.54
6	1185	.296E+04	-11.0,	23.0i	-22	-46	0.1300E+04	50.99	25.56
7	1778	.127E+04	15.0,	20.5i	30	-41	0.1291E+04	50.80	-36.19
8	1735	.129E+04	25.0,	4.0i	50	-8	0.1282E+04	50.64	-80.91
9	1376	.645E+03	17.0,	18.5i	34	-37	0.1263E+04	50.25	-42.58
10	648	.126E+04	8.5,	23.5i	17	-47	0.1249E+04	49.98	-19.89
11	0	.215E+03	-3.0,	24.5i	-6	-49	0.1219E+04	49.37	6.98
12	1831	.128E+04	22.0,	11.0i	44	-22	0.1210E+04	49.19	-63.44

A-5

SAMPLE NO.	FREQ VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2559	.105E+04	41.5,	-4.5i	83	9	0.3485E+04	83.49	83.81
1	2774	.106E+04	6.5,	-32.0i	13	64	0.2133E+04	65.31	11.48
2	2827	.811E+03	27.5,	-16.0i	55	32	0.2025E+04	63.63	59.81
3	2443	.820E+03	18.0,	-19.5i	36	39	0.1409E+04	53.08	42.71
4	1435	.108E+04	-12.5,	-20.0i	-25	40	0.1113E+04	47.17	-32.01
5	1039	.205E+03	22.0,	7.5i	44	-15	0.1081E+04	46.49	-71.18
6	722	.801E+03	21.5,	6.5i	43	-13	0.1009E+04	44.97	-73.18
7	929	.107E+04	-5.5,	-17.0i	-11	34	0.6385E+03	35.74	-17.93
8	1028	.109E+04	-13.0,	-9.5i	-26	19	0.5185E+03	32.20	-53.84
9	1448	.791E+03	14.0,	4.5i	28	-9	0.4325E+03	29.41	-72.18
10	1936	.215E+03	-12.0,	-7.5i	-24	15	0.4005E+03	28.30	-57.99
11	2553	.830E+03	2.5,	-13.0i	5	26	0.3505E+03	26.48	10.89
12	2602	.110E+04	-11.0,	-4.5i	-22	9	0.2825E+03	23.77	-67.75

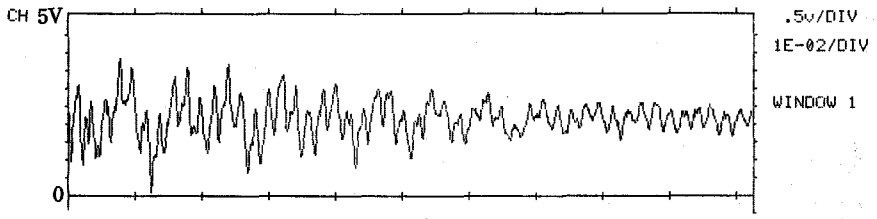
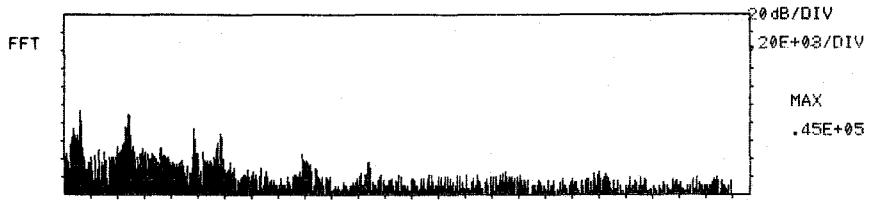
A-6

が、その正弦波の振幅の比較値である。

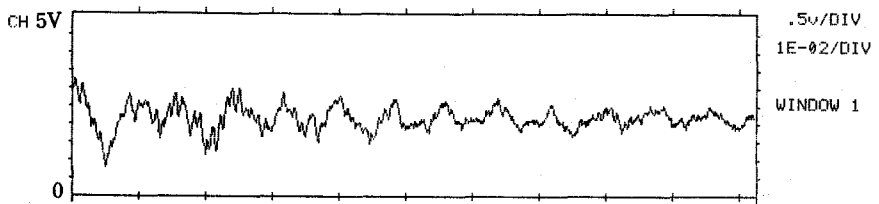
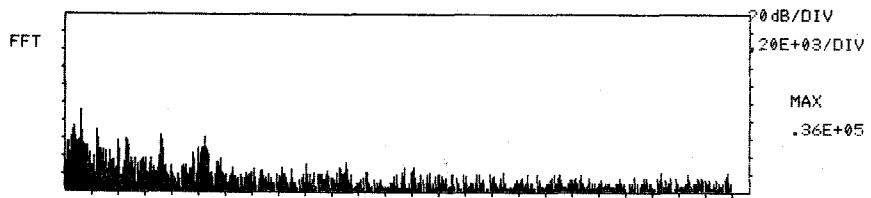
他の数値は、上記の値を計算するための計算値である。

以下の表も同様である。

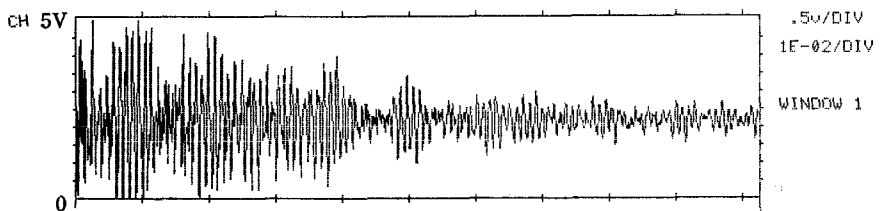
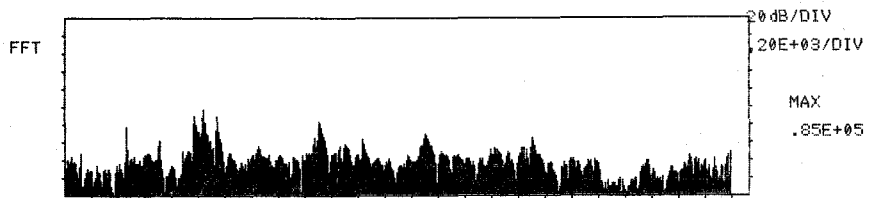
下に水面のない水滴の落下の場合に考えられる振動は、洗面器の固有振動数を励振した振動と、飛散した水滴の表面の固有振動が考えられるが、420~440Hzの振動は、A1~A4の水滴落下に共通して出ており、A5、A6の器の固有振動には出てないので、飛散した水滴の振動



B-1のデータ

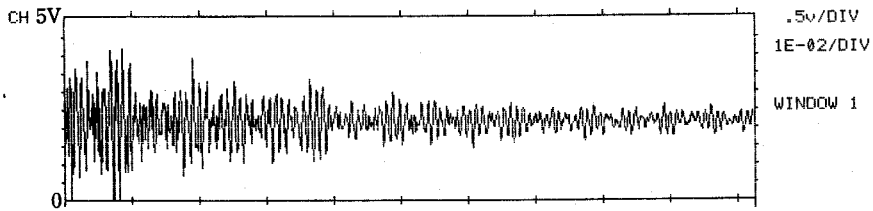
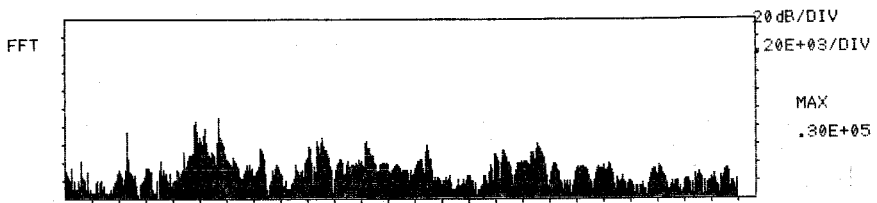


B-2

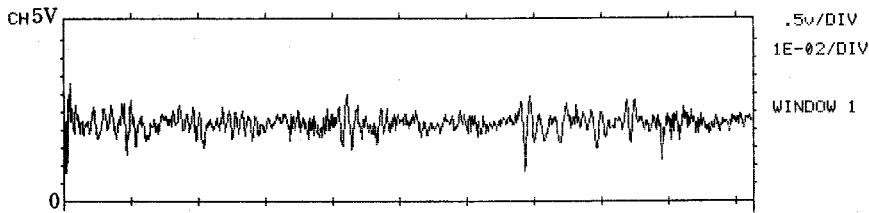
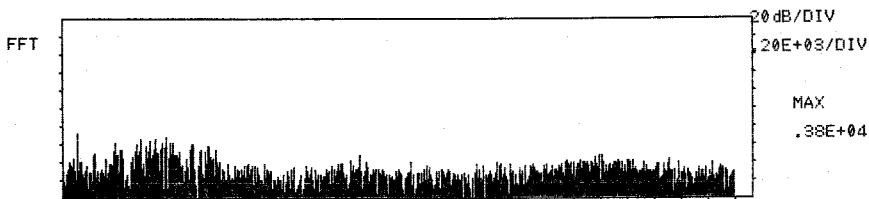


B-3

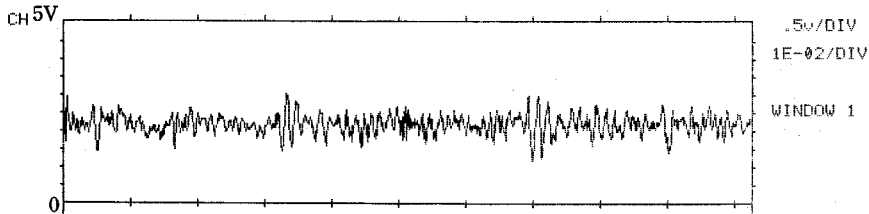
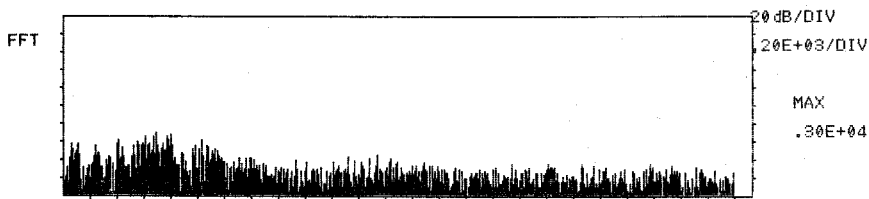
第4図 B-1~B-3の分析データ



B-4 のデータ



B-5



B-6

第5図 B-4 ~ B-6 の分析データ

かも知れない。

次に下に水面がある場合の水の落下時の振動を考えて見る。

1つは器の固有振動を励振する振動と、水と空気との境の水面の振動がある。後者の水面の振動は3つあると考えられる。1つはほぼ水平な水面の振動であり、2つ目は水滴が水面に当り飛散した水滴の固有振動で、水滴が小さい程、振動数は高い。3つ目は落下した水が空気を巻込んで気泡を水中で作る、この自由表面が振動する。この固有振動数も気泡が小さい程、高くなる。

実験条件と、その分析データの図とF. F. Tの計算値の表との関連は第1表に示す。

器に水がある時とない時では多少、その固有振動数が異なるかも知れないので、水深のある時の固有振動数を鉛筆で打撃することによって測定した。

水深1cmのときの固有振動数の実測はB3, B4である。これに共通の固有振動数は1040~1140Hz, 960~990Hz, 470Hz, 1910~1920Hzである。

1滴の水滴の落下の場合はB1, B2であるがこの両者の波形は似た所と相似でない所とがある。

共通の振動数は127Hzであり、58~137Hzは共通して出ている、これは水面の固有振動であろう。B1では469~500Hzが出ており、B2では244Hzが出ている。これは気泡が飛散した水

第4表 B-1, B-2のF. F. Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2644	.127E+03	147.5,	-27.5i	295	55	0.4503E+05	300.08	79.44
1	2160	.488E+03	-68.5,	111.5i	-137	-223	0.3425E+05	261.72	31.56
2	1638	.498E+03	90.5,	75.5i	181	-151	0.2778E+05	235.72	-50.16
3	1321	.137E+03	-49.0,	-59.0i	-98	118	0.1176E+05	153.39	-39.71
4	1121	.469E+03	-42.0,	-35.0i	-84	70	0.5978E+04	109.34	-50.19
5	770	.781E+02	-34.0,	37.0i	-68	-74	0.5050E+04	100.50	42.58
6	1142	.479E+03	8.5,	-49.5i	17	99	0.5045E+04	100.45	9.74
7	1451	.977E+03	-50.0,	4.5i	-100	-9	0.5041E+04	100.40	84.86
8	1765	.117E+04	36.5,	3.5i	73	-7	0.2689E+04	73.33	-84.52
9	1902	.107E+03	17.0,	28.5i	34	-57	0.2203E+04	66.37	-30.82
10	1963	.879E+02	-3.0,	32.0i	-6	-64	0.2066E+04	64.28	5.36
11	2110	.508E+03	24.5,	-18.0i	49	36	0.1849E+04	60.80	53.70
12	2285	.684E+02	-24.0,	-17.0i	-48	34	0.1730E+04	58.82	-54.69

B-1

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2506	.127E+03	101.0,	-89.0i	202	178	0.3624E+05	269.24	48.61
1	2488	.781E+02	49.5,	-2.5i	99	5	0.4913E+04	99.13	87.11
2	2462	.244E+03	-10.0,	40.5i	-20	-81	0.3481E+04	83.43	13.87
3	2506	.684E+02	21.5,	33.5i	43	-67	0.3169E+04	79.61	-32.69
4	2570	.137E+03	-17.5,	-31.0i	-35	62	0.2535E+04	71.20	-29.45
5	2671	.723E+03	19.0,	-21.5i	38	43	0.1647E+04	57.38	41.47
6	2626	.586E+02	3.0,	26.0i	6	-52	0.1370E+04	52.35	-6.58
7	2520	.879E+02	18.5,	-18.0i	37	36	0.1333E+04	51.62	45.78
8	2406	.105E+04	-23.0,	-9.5i	-46	19	0.1239E+04	49.77	-67.56
9	2395	.254E+03	19.0,	-12.0i	38	24	0.1010E+04	44.94	57.72
10	2134	.469E+03	9.5,	19.5i	19	-39	0.9410E+03	43.38	-25.97
11	2143	.117E+03	20.5,	-1.0i	41	2	0.8425E+03	41.05	87.21
12	2072	.400E+03	-20.5,	0.0i	-41	0	0.8405E+03	41.00	-90.00

B-2

滴の振動数であろう。

連続して水を落下した実験はB5, B6でB5の1170Hz, B6の1040Hzは器の固有振動数であり, B5の967~977Hzも器の固有振動数であり, 水の落下により器の固有振動を励振している。

それ以外にB5, B6にも410~820Hzの振動が出ているが, これは気泡か水滴の固有振動数であろう。

つぎに3cmの水深の場合を考察する。

器の固有振動数はC3, C4より1010~1090Hz, 938Hz, 1330~1360Hz, 410~420Hz, 966Hzが出ている。

一滴落下の場合, C1とC2では明らかに波形が異り, C1の型では気泡が発生しないこと,

第5表 B-3, B-4のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	535	.104E+04	202.0,	42.0i	404	-84	0.8514E+05	412.64	-78.25
1	1923	.114E+04	77.5,	107.0i	155	-214	0.3491E+05	264.24	-35.92
2	1993	.977E+03	-121.0,	10.0i	-242	-20	0.2948E+05	242.83	85.28
3	243	.104E+04	-39.5,	101.5i	-79	-203	0.2373E+05	217.83	21.26
4	91	.190E+04	36.5,	86.0i	73	-172	0.1746E+05	186.85	-23.00
5	1785	.105E+04	55.0,	-62.5i	110	125	0.1386E+05	166.51	41.35
6	1448	.967E+03	50.5,	-59.5i	101	119	0.1218E+05	156.08	40.32
7	3356	.191E+04	63.5,	-44.5i	127	89	0.1203E+05	155.08	54.98
8	3629	.986E+03	-50.5,	52.0i	-101	-104	0.1051E+05	144.97	44.16
9	1322	.469E+03	-43.0,	-48.0i	-86	96	0.8306E+04	128.89	-41.86
10	1255	.192E+04	12.0,	-53.5i	24	107	0.6013E+04	109.66	12.64
11	3138	.113E+04	-45.0,	14.5i	-90	-29	0.4471E+04	94.56	72.14
12	2319	.996E+03	-17.5,	41.5i	-35	-83	0.4057E+04	90.08	22.86
13	593	.101E+04	-32.5,	30.5i	-65	-61	0.3973E+04	89.14	46.82
14	362	.115E+04	41.5,	11.5i	83	-23	0.3709E+04	86.13	-74.51
15	2933	.106E+04	-0.5,	-41.5i	-1	83	0.3445E+04	83.01	-0.69
16	2557	.271E+04	24.0,	32.0i	48	-64	0.3200E+04	80.00	-36.87
17	2205	.193E+04	-5.5,	-39.0i	-11	78	0.3103E+04	78.77	-8.03
18	965	.103E+04	-24.5,	30.5i	-49	-61	0.3061E+04	78.24	38.77
19	881	.107E+04	6.5,	-35.5i	13	71	0.2605E+04	72.18	10.38
20	1204	.271E+04	34.0,	-4.0i	68	8	0.2344E+04	68.47	83.29

B-3

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2710	.114E+04	92.5,	80.0i	185	-160	0.2991E+05	244.59	-49.14
1	1888	.977E+03	-23.5,	102.0i	-47	-204	0.2191E+05	209.34	12.97
2	1331	.967E+03	-47.5,	-59.0i	-95	118	0.1147E+05	151.49	-38.84
3	1566	.104E+04	47.0,	-46.5i	94	93	0.8743E+04	132.23	45.31
4	2547	.986E+03	20.0,	49.0i	40	-98	0.5602E+04	105.85	-22.20
5	1794	.469E+03	41.5,	23.0i	83	-46	0.4503E+04	94.89	-61.00
6	1016	.104E+04	28.5,	29.0i	57	-58	0.3307E+04	81.32	-44.50
7	1618	.115E+04	36.0,	-8.5i	72	17	0.2737E+04	73.98	76.72
8	2637	.101E+04	-7.0,	35.0i	-14	-70	0.2548E+04	71.39	11.31
9	2804	.191E+04	-25.5,	22.0i	-51	-44	0.2269E+04	67.36	49.21
10	2332	.116E+04	28.0,	-14.5i	56	29	0.1989E+04	63.06	62.62
11	0	.225E+04	10.5,	26.5i	21	-53	0.1625E+04	57.01	-21.61
12	1213	.102E+04	21.0,	19.0i	42	-38	0.1604E+04	56.64	-47.86
13	1254	.180E+04	-13.5,	24.0i	-27	-48	0.1517E+04	55.07	29.36
14	763	.117E+04	18.0,	-19.0i	36	38	0.1370E+04	52.35	43.45
15	2020	.105E+04	-2.5,	-26.0i	-5	52	0.1365E+04	52.24	-5.49
16	2986	.996E+03	14.0,	21.5i	28	-43	0.1317E+04	51.31	-33.07

B-4

第6表 B-5, B-6のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	3482	.117E+03	34.5,	26.5i	69	-53	0.3785E+04	87.01	-52.47
1	0	.771E+03	-31.0,	21.0i	-62	-42	0.2804E+04	74.89	55.89
2	1795	.586E+03	-0.5,	33.0i	-1	-66	0.2179E+04	66.01	0.87
3	652	.693E+03	24.5,	-18.0i	49	36	0.1849E+04	60.80	53.70
4	651	.654E+03	-21.5,	16.5i	-43	-33	0.1469E+04	54.70	52.50
5	1858	.742E+03	-25.5,	-7.0i	-51	14	0.1399E+04	52.89	-74.65
6	920	.801E+03	14.0,	21.5i	28	-43	0.1317E+04	51.31	-33.07
7	2314	.391E+03	-24.5,	-7.5i	-49	15	0.1313E+04	51.24	-72.98
8	2451	.820E+03	-6.0,	23.0i	-12	-46	0.1130E+04	47.54	14.62
9	2108	.967E+03	6.0,	22.5i	12	-45	0.1085E+04	46.57	-14.93
10	2701	.977E+03	18.5,	14.0i	37	-28	0.1077E+04	46.40	-52.88
11	1857	.557E+03	-18.5,	12.0i	-37	-24	0.9725E+03	44.10	57.03
12	2146	.625E+03	-17.5,	-11.5i	-35	23	0.8770E+03	41.88	-56.69
13	1883	.108E+04	15.5,	13.0i	31	-26	0.8185E+03	40.46	-50.01
14	1758	.109E+04	16.5,	10.0i	33	-20	0.7445E+03	38.59	-58.78
15	1667	.762E+03	10.0,	14.0i	20	-28	0.5920E+03	34.41	-35.54
16	1574	.732E+03	-3.5,	16.0i	-7	-32	0.5365E+03	32.76	12.34

B-5

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	954	.693E+03	33.0,	-20.0i	66	40	0.2978E+04	77.18	58.78
1	1516	.801E+03	-7.0,	35.0i	-14	-70	0.2548E+04	71.39	11.31
2	2057	.771E+03	-31.0,	5.0i	-62	-10	0.1972E+04	62.80	80.84
3	1663	.615E+03	-22.5,	21.5i	-45	-43	0.1937E+04	62.24	46.30
4	1407	.674E+03	-14.5,	27.0i	-29	-54	0.1879E+04	61.29	28.24
5	1875	.104E+04	-15.0,	21.5i	-30	-43	0.1375E+04	52.43	34.90
6	2398	.781E+03	22.5,	-10.0i	45	20	0.1213E+04	49.24	66.04
7	2088	.410E+03	-21.5,	10.5i	-43	-21	0.1145E+04	47.85	63.97
8	1986	.557E+03	-17.0,	-15.5i	-34	31	0.1059E+04	46.01	-47.64
9	1872	.117E+03	18.5,	9.0i	37	-18	0.8465E+03	41.15	-64.06
10	1753	.400E+03	-20.0,	4.5i	-40	-9	0.8405E+03	41.00	77.32
11	1636	.684E+02	-19.5,	-4.0i	-39	8	0.7925E+03	39.81	-78.41
12	1670	.645E+03	-19.5,	3.5i	-39	-7	0.7850E+03	39.62	79.82
13	1654	.596E+03	18.5,	-6.5i	37	13	0.7690E+03	39.22	70.64
14	1840	.742E+03	-18.0,	-6.5i	-36	13	0.7325E+03	38.28	-70.14
15	2066	.527E+03	7.5,	-17.0i	15	34	0.6905E+03	37.16	23.81
16	1890	.605E+03	18.0,	-4.5i	36	9	0.6885E+03	37.11	75.96

B-6

C 2の型では気泡が発生し水面に気泡があぶくとなって浮いていることを確認した。C 2では1010~1090Hz, 960~980Hzのものが目立っており、これはC 1との比較から水滴の落下により発生した気泡の振動と考えられ、これは約0.03sで減衰している。

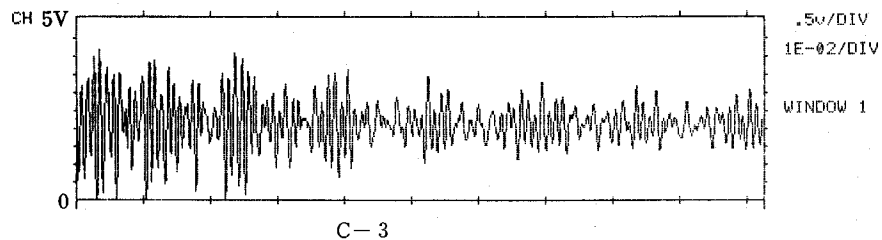
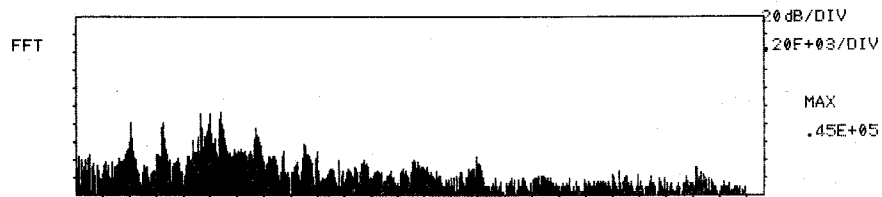
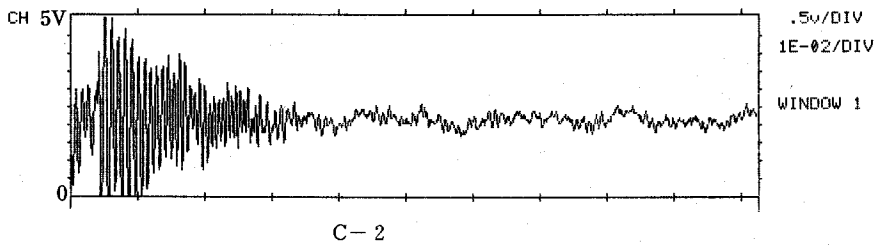
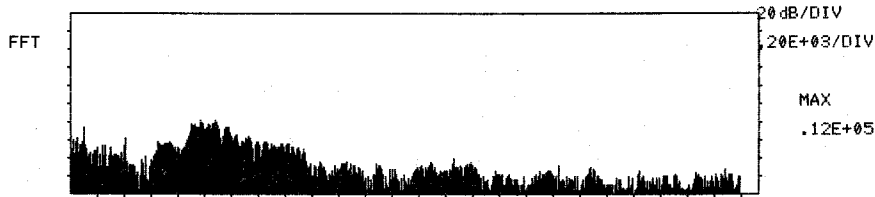
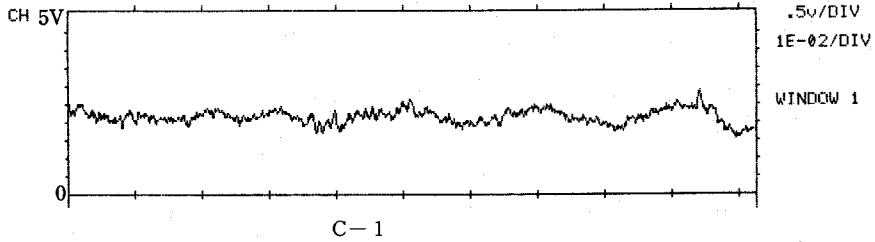
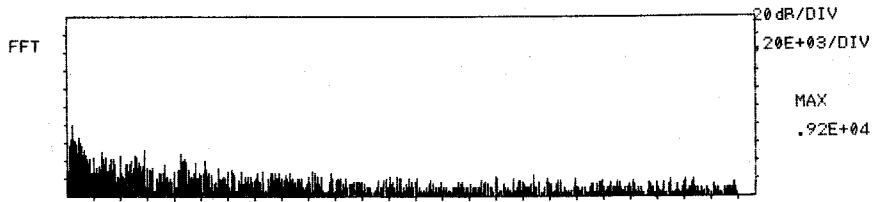
C 1では39~107Hzが目立って多く、自由水面の固有振動を励振したものと考えられる。

連続した水の落下の場合、C 5, C 6の波形は似ているが、C 5では410~520Hz, 2270~2330Hzが出ており、C 6では342~615Hzが多い、器の固有振動数はC 6の12番目に1050Hzがあり、966Hzの固有振動数がC 5の6番目に出ている。この固有振動以外の振動は気泡か水滴の振動と考えられる。

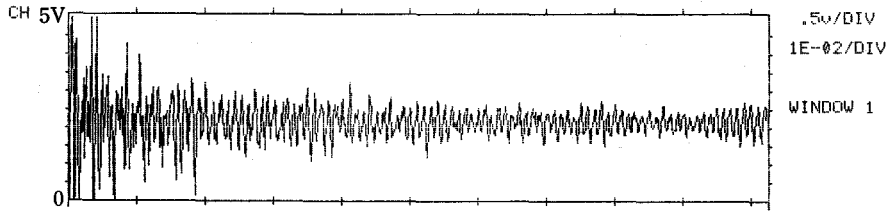
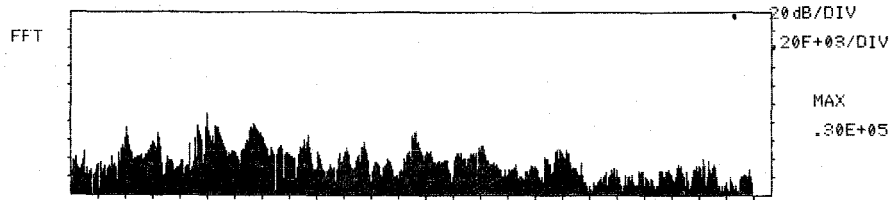
次に水深5cmの場合について考察する。

D 3, D 4に打撃の場合を示す。

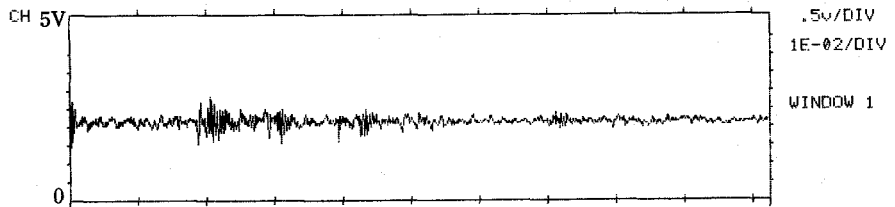
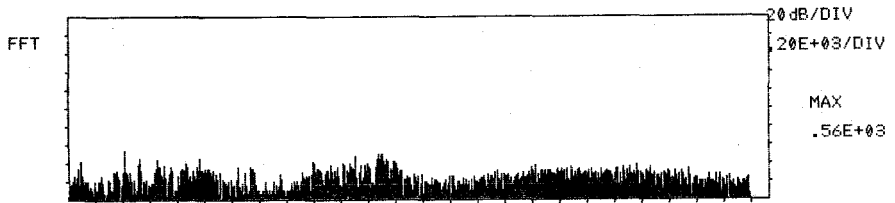
D 3では1330Hz, 1680Hz, 640~650Hzが目立ち、D 4では1040Hz, 1320~1350Hz, 410Hz, 3130Hzが目立つ。共通している固有振動数は1320~1350Hz, 3060~3330Hz, 410Hzである。



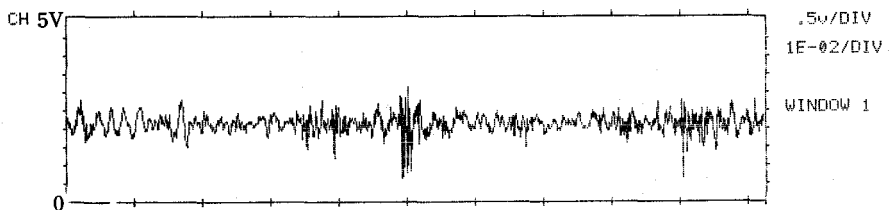
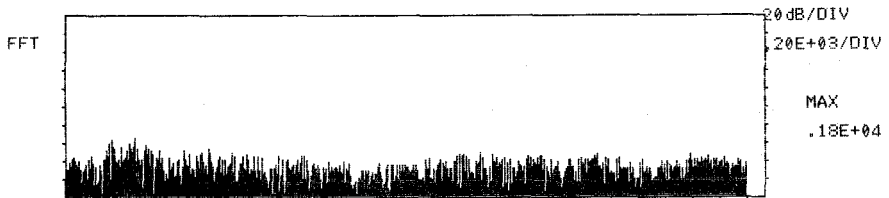
第6図 C-1~C-3の分析データ



C-4



C-5



C-6

第7図 C-4~C-6の分析データ

第7表 C-1, C-2のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2065	.488E+02	-58.5,	-34.0i	-117	68	0.9157E+04	135.33	-59.84
1	2033	.977E+02	16.0,	-28.5i	32	57	0.2137E+04	65.37	29.31
2	2035	.586E+02	7.5,	-27.0i	15	54	0.1571E+04	56.04	15.52
3	1917	.391E+02	0.5,	27.0i	1	-54	0.1459E+04	54.01	-1.06
4	1874	.684E+02	-5.0,	-25.0i	-10	50	0.1300E+04	50.99	-11.31
5	1807	.107E+03	-5.0,	-22.0i	-10	44	0.1018E+04	45.12	-12.80
6	1835	.781E+02	-6.0,	-18.5i	-12	37	0.7565E+03	38.90	-17.97
7	1889	.117E+03	4.0,	-17.0i	8	34	0.6100E+03	34.93	13.24
8	1910	.293E+02	-9.5,	14.5i	-19	-29	0.6010E+03	34.67	33.23
9	1894	.586E+03	3.5,	-14.5i	7	29	0.4450E+03	29.83	13.57
10	1819	.137E+03	11.0,	-7.5i	22	15	0.3545E+03	26.63	55.71
11	1842	.264E+03	-3.0,	-12.5i	-6	25	0.3305E+03	25.71	-13.50
12	1966	.879E+02	10.0,	-6.0i	20	12	0.2720E+03	23.32	59.04
13	1980	.859E+03	10.0,	-4.0i	20	8	0.2320E+03	21.54	68.20
14	1990	.127E+03	9.0,	-5.0i	18	10	0.2120E+03	20.59	60.95
15	2054	.146E+03	-4.5,	-9.0i	-9	18	0.2025E+03	20.12	-26.57
16	2000	.400E+03	-7.0,	7.0i	-14	-14	0.1960E+03	19.80	45.00

C-1

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2161	.108E+04	48.0,	61.0i	96	-122	0.1205E+05	155.24	-38.20
1	1278	.977E+03	62.5,	41.5i	125	-83	0.1126E+05	150.05	-56.42
2	564	.986E+03	69.5,	-14.5i	139	29	0.1008E+05	141.99	78.22
3	285	.109E+04	66.0,	14.5i	132	-29	0.9133E+04	135.15	-77.61
4	257	.996E+03	43.0,	-51.0i	86	102	0.8900E+04	133.42	40.14
5	646	.107E+04	13.0,	64.0i	26	-128	0.8530E+04	130.61	-11.48
6	1277	.106E+04	-45.0,	45.0i	-90	-90	0.8100E+04	127.28	45.00
7	1910	.938E+03	-16.5,	58.5i	-33	-117	0.7389E+04	121.57	15.75
8	2338	.908E+03	-55.0,	25.5i	-110	-51	0.7351E+04	121.25	65.13
9	2444	.104E+04	-56.0,	-20.5i	-112	41	0.7113E+04	119.27	-69.89
10	1539	.104E+04	-50.5,	28.0i	-101	-56	0.6669E+04	115.49	60.99
11	931	.928E+03	-23.5,	49.5i	-47	-99	0.6005E+04	109.59	25.40
12	606	.110E+04	52.0,	-17.0i	104	34	0.5986E+04	109.42	71.90
13	545	.918E+03	-35.5,	40.5i	-71	-81	0.5801E+04	107.71	41.24
14	819	.967E+03	36.0,	38.5i	72	-77	0.5557E+04	105.42	-43.08
15	1418	.957E+03	26.5,	42.5i	53	-85	0.5017E+04	100.17	-31.94
16	1985	.116E+04	47.0,	15.0i	94	-30	0.4868E+04	98.67	-72.30

C-2

第8表 C-3, C-4のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	3135	.108E+04	92.5,	118.0i	185	-236	0.4496E+05	299.87	-38.09
1	1881	.938E+03	-10.0,	-148.5i	-20	297	0.4430E+05	297.67	-3.85
2	727	.101E+04	86.0,	114.5i	172	-229	0.4101E+05	286.40	-36.91
3	448	.107E+04	-52.0,	88.5i	-104	-177	0.2107E+05	205.29	30.44
4	831	.420E+03	66.0,	-45.0i	132	90	0.1276E+05	159.76	55.71
5	1511	.654E+03	-72.5,	-28.5i	-145	57	0.1214E+05	155.80	-68.54
6	1896	.996E+03	-68.0,	-7.5i	-136	15	0.9361E+04	136.83	-83.71
7	2330	.109E+04	67.5,	4.5i	135	-9	0.9153E+04	135.30	-86.19
8	2604	.410E+03	-46.5,	43.0i	-93	-86	0.8023E+04	126.67	47.24
9	2286	.135E+04	-23.5,	52.0i	-47	-104	0.6513E+04	114.13	24.37
10	1577	.645E+03	52.0,	21.5i	104	-43	0.6333E+04	112.54	-67.54
11	1033	.947E+03	-52.5,	-12.5i	-105	25	0.5825E+04	107.94	-76.61
12	527	.110E+04	48.0,	-18.5i	96	37	0.5293E+04	102.88	68.92
13	489	.986E+03	-44.0,	5.0i	-88	-10	0.3922E+04	88.57	83.52
14	1445	.102E+04	32.0,	22.5i	64	-45	0.3061E+04	78.24	-54.89
15	2292	.136E+04	19.0,	32.0i	38	-64	0.2770E+04	74.43	-30.70
16	2381	.977E+03	-32.5,	4.5i	-65	-9	0.2153E+04	65.62	82.12

C-3

第8表 (前頁の続き)

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	1186	.101E+04	-119.0,	-30.0i	-238	60	0.3012E+05	245.45	-75.85
1	0	.135E+04	-45.5,	40.5i	-91	-81	0.7421E+04	121.83	48.33
2	0	.136E+04	-1.5,	57.5i	-3	-115	0.6617E+04	115.04	1.49
3	1482	.938E+03	42.0,	36.5i	84	-73	0.6193E+04	111.29	-49.01
4	3350	.106E+04	0.0,	-53.5i	0	107	0.5725E+04	107.00	0.00
5	3776	.133E+04	-43.0,	31.0i	-86	-62	0.5620E+04	106.02	54.21
6	4095	.410E+03	32.5,	-41.5i	65	83	0.5557E+04	105.42	38.07
7	4095	.996E+03	52.0,	4.0i	104	-8	0.5440E+04	104.31	-85.60
8	1730	.108E+04	-48.5,	15.0i	-97	-30	0.5155E+04	101.53	72.81
9	0	.107E+04	-49.5,	-8.0i	-99	16	0.5029E+04	100.29	-80.82
10	111	.137E+04	9.5,	45.0i	19	-90	0.4231E+04	91.98	-11.92
11	3414	.134E+04	-32.0,	33.0i	-64	-66	0.4226E+04	91.93	44.12
12	3595	.254E+04	18.0,	38.0i	36	-76	0.3536E+04	84.10	-25.35
13	2484	.420E+03	-37.0,	-16.0i	-74	32	0.3250E+04	80.62	-66.61
14	2155	.102E+04	-40.0,	0.0i	-80	0	0.3200E+04	80.00	-90.00
15	1502	.132E+04	-39.0,	0.0i	-78	0	0.3042E+04	78.00	-90.00
16	0	.947E+03	26.0,	-28.0i	52	56	0.2920E+04	76.42	42.88

C-4

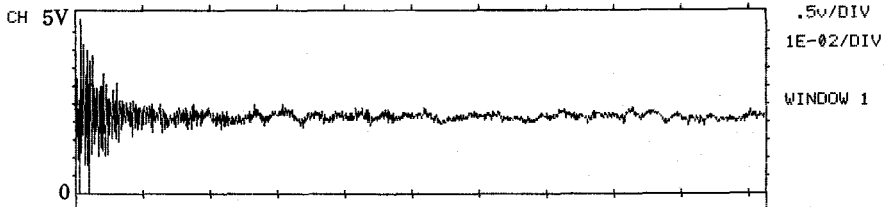
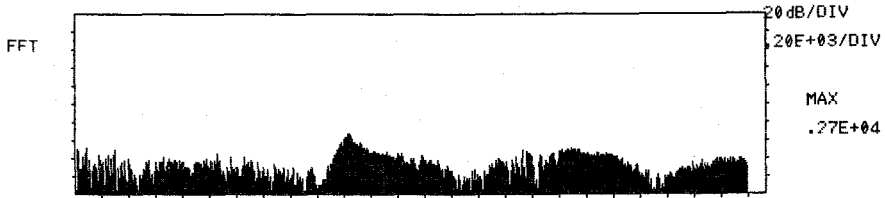
第9表 C-5, C-6のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2998	.420E+03	2.5,	16.5i	5	-33	0.5570E+03	33.38	-8.62
1	284	.229E+04	-8.0,	10.0i	-16	-20	0.3200E+03	25.61	38.66
2	2054	.230E+04	10.5,	7.0i	21	-14	0.3185E+03	25.24	-56.31
3	2126	.228E+04	11.0,	-4.5i	22	9	0.2825E+03	23.77	67.75
4	1313	.211E+04	0.5,	11.5i	1	-23	0.2650E+03	23.02	-2.49
5	2198	.967E+03	-1.5,	10.0i	-3	-20	0.2045E+03	20.22	8.53
6	1497	.410E+03	-6.0,	-8.0i	-12	16	0.2000E+03	20.00	-36.87
7	1813	.527E+03	-0.5,	-9.5i	-1	19	0.1810E+03	19.03	-3.01
8	2066	.229E+04	-8.0,	-4.5i	-16	9	0.1685E+03	18.36	-60.64
9	1886	.227E+04	5.0,	7.5i	10	-15	0.1625E+03	18.03	-33.69
10	1677	.233E+04	-6.5,	6.0i	-13	-12	0.1565E+03	17.69	47.29
11	1641	.654E+03	-7.5,	4.0i	-15	-8	0.1445E+03	17.00	61.93
12	1692	.238E+04	-7.5,	3.5i	-15	-7	0.1370E+03	16.55	64.98
13	1666	.231E+04	7.0,	-4.0i	14	8	0.1300E+03	16.12	60.26
14	1751	.977E+02	2.5,	7.5i	5	-15	0.1250E+03	15.81	-18.44
15	1666	.180E+04	-1.5,	-7.5i	-3	15	0.1170E+03	15.30	-11.31
16	1781	.239E+04	-0.5,	7.5i	-1	-15	0.1130E+03	15.03	3.81

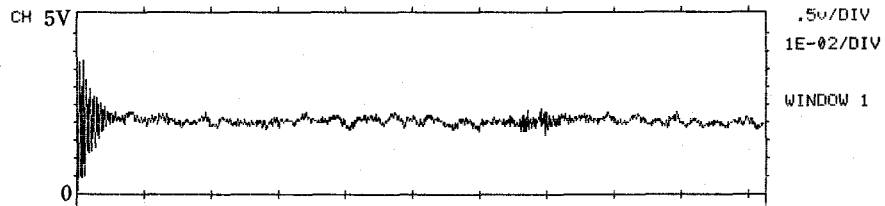
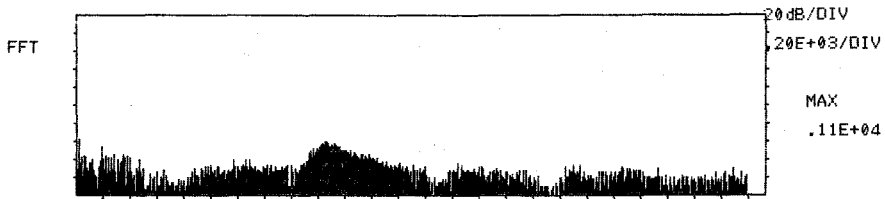
C-5

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	1974	.518E+03	-3.0,	30.0i	-6	-60	0.1818E+04	60.30	5.71
1	1730	.342E+03	-17.5,	22.5i	-35	-45	0.1625E+04	57.01	37.88
2	1872	.479E+03	22.0,	-4.5i	44	9	0.1009E+04	44.91	78.44
3	1748	.322E+03	-18.0,	12.5i	-36	-25	0.9605E+03	43.83	55.22
4	1798	.596E+03	12.0,	-15.0i	24	30	0.7380E+03	38.42	38.66
5	1694	.352E+03	16.0,	-9.5i	32	19	0.6925E+03	37.22	59.30
6	1773	.508E+03	-14.0,	-12.0i	-28	24	0.6800E+03	36.88	-49.40
7	1656	.420E+03	7.0,	16.0i	14	-32	0.6100E+03	34.93	-23.63
8	1631	.488E+03	5.5,	-15.5i	11	31	0.5410E+03	32.89	19.54
9	1527	.537E+03	-16.0,	2.0i	-32	-4	0.5200E+03	32.25	82.88
10	1558	.615E+03	8.0,	-13.5i	16	27	0.4925E+03	31.38	30.65
11	1507	.105E+04	6.0,	14.0i	12	-28	0.4640E+03	30.46	-23.20
12	1600	.361E+03	15.0,	0.0i	30	0	0.4500E+03	30.00	90.00
13	1660	.459E+03	13.5,	6.0i	27	-12	0.4365E+03	29.55	-66.04
14	1833	.586E+03	13.5,	-5.0i	27	10	0.4145E+03	28.79	69.68
15	1655	.693E+03	-8.5,	11.5i	-17	-23	0.4090E+03	28.60	36.47
16	1750	.303E+03	-13.5,	4.5i	-27	-9	0.4050E+03	28.46	71.57

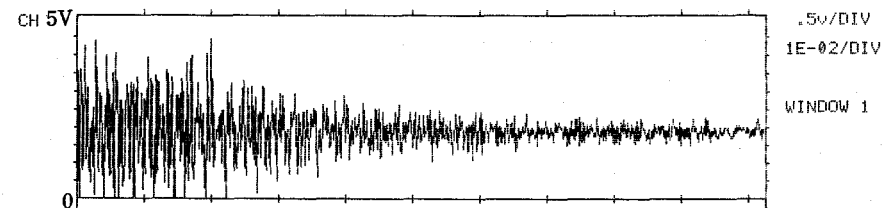
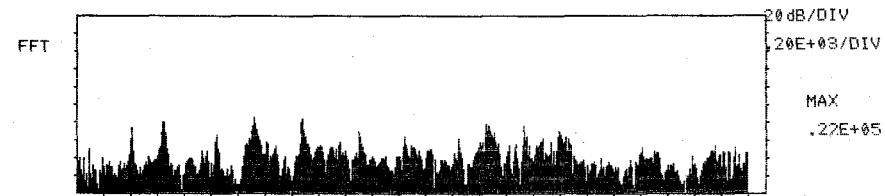
C-6



D-1

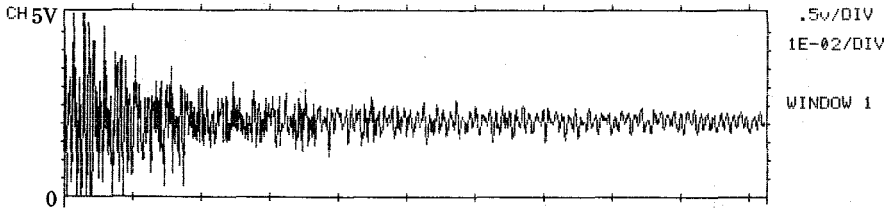
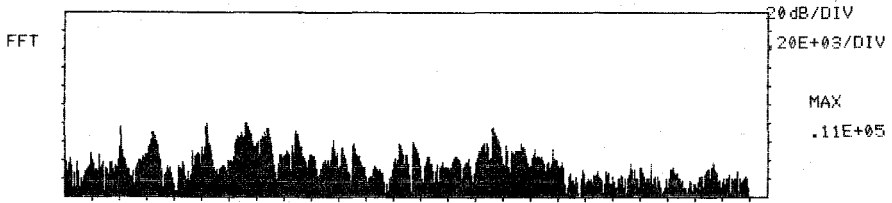


D-2

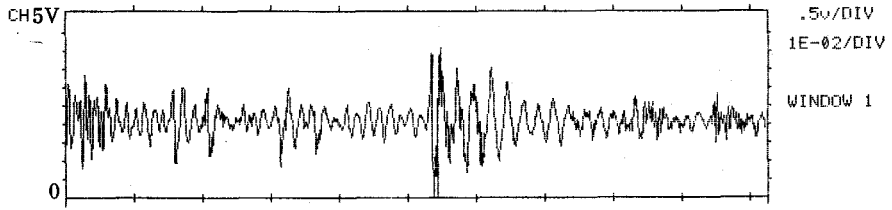
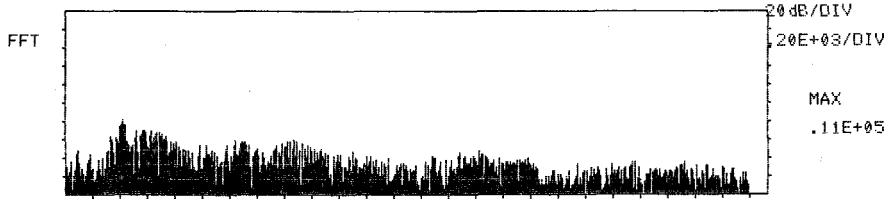


D-3

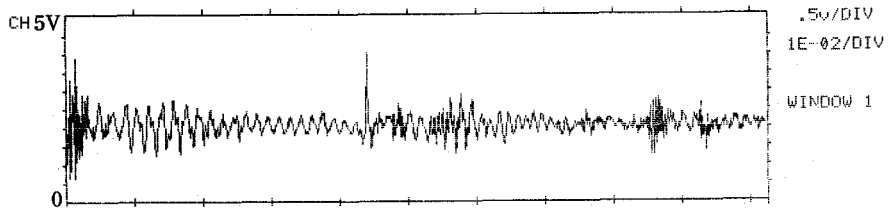
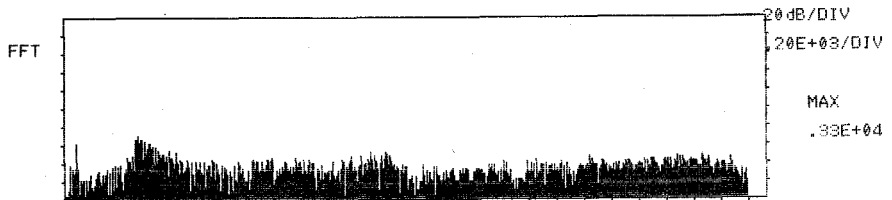
第8図 D-1~D-3の分析データ



D-4



D-5



D-6

第9図 D-4～D-6の分析データ

第10表 D-1, D-2のF. F. Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	4004	.203E+04	-36.0,	7.0i	-72	-14	0.2690E+04	73.35	79.00
1	0	.204E+04	-27.5,	23.0i	-55	-46	0.2571E+04	71.70	50.09
2	2632	.205E+04	-18.5,	26.5i	-37	-53	0.2089E+04	64.64	34.92
3	2352	.202E+04	-28.0,	-5.5i	-56	11	0.1629E+04	57.07	-78.89
4	1506	.201E+04	-28.0,	-2.0i	-56	4	0.1576E+04	56.14	-85.91
5	1509	.200E+04	-23.0,	-12.5i	-46	25	0.1371E+04	52.35	-61.48
6	0	.206E+04	-9.5,	23.5i	-19	-47	0.1285E+04	50.70	22.01
7	384	.208E+04	-2.0,	20.0i	-4	-40	0.8080E+03	40.20	5.71
8	3987	.198E+04	-13.0,	-15.0i	-26	30	0.7880E+03	39.70	-40.91
9	927	.207E+04	-6.0,	18.5i	-12	-37	0.7565E+03	38.90	17.97
10	1707	.213E+04	3.0,	19.0i	6	-38	0.7400E+03	38.47	-8.97
11	1933	.209E+04	-2.0,	17.5i	-4	-35	0.6205E+03	35.23	6.52
12	2906	.214E+04	8.0,	15.5i	16	-31	0.6085E+03	34.89	-27.30
13	3410	.210E+04	1.0,	17.0i	2	-34	0.5800E+03	34.06	-3.37
14	670	.211E+04	0.5,	17.0i	1	-34	0.5785E+03	34.01	-1.68
15	869	.197E+04	-5.5,	-16.0i	-11	32	0.5725E+03	33.84	-18.97
16	1728	.212E+04	0.0,	16.0i	0	-32	0.5120E+03	32.00	0.00

D-1

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2606	.293E+02	-4.0,	-23.5i	-8	47	0.1137E+04	47.68	-9.66
1	659	.187E+04	8.5,	20.0i	17	-40	0.9445E+03	43.46	-23.03
2	99	.186E+04	5.5,	20.5i	11	-41	0.9010E+03	42.45	-15.02
3	993	.192E+04	16.0,	11.5i	32	-23	0.7765E+03	39.41	-54.29
4	2800	.184E+04	-1.0,	19.0i	-2	-38	0.7240E+03	38.05	3.01
5	3033	.188E+04	12.0,	14.5i	24	-29	0.7085E+03	37.64	-39.61
6	1555	.183E+04	-0.5,	18.0i	-1	-36	0.6485E+03	36.01	1.59
7	410	.185E+04	2.0,	17.5i	4	-35	0.6205E+03	35.23	-6.52
8	370	.190E+04	11.5,	13.0i	23	-26	0.6025E+03	34.71	-41.50
9	1865	.193E+04	16.0,	6.5i	32	-13	0.5965E+03	34.54	-67.89
10	3060	.195E+03	-15.0,	-6.0i	-30	12	0.5220E+03	32.31	-68.20
11	899	.196E+04	15.0,	5.0i	30	-10	0.5000E+03	31.62	-71.57
12	423	.191E+04	13.5,	8.0i	27	-16	0.4925E+03	31.38	-59.35
13	1371	.189E+04	10.5,	11.5i	21	-23	0.4850E+03	31.14	-42.40
14	2621	.182E+04	-5.0,	14.5i	-10	-29	0.4705E+03	30.68	19.03
15	2507	.195E+04	14.5,	5.0i	29	-10	0.4705E+03	30.68	-70.97
16	1645	.188E+04	9.5,	12.0i	19	-24	0.4685E+03	30.61	-38.37

D-2

第11表 D-3, D-4のF. F. Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2183	.133E+04	78.0,	70.0i	156	-140	0.2197E+05	209.61	-48.09
1	2177	.169E+04	90.5,	-15.5i	181	31	0.1686E+05	183.64	80.28
2	2905	.168E+04	9.0,	72.0i	18	-144	0.1053E+05	145.12	-7.13
3	759	.654E+03	66.5,	-20.0i	133	40	0.9645E+04	138.89	73.26
4	0	.645E+03	34.0,	58.0i	68	-116	0.9040E+04	134.46	-30.38
5	1388	.134E+04	63.5,	-5.5i	127	11	0.8125E+04	127.48	85.05
6	2949	.306E+04	-52.5,	35.0i	-105	-70	0.7963E+04	126.19	56.31
7	2567	.333E+04	58.0,	-2.0i	116	4	0.6736E+04	116.07	88.03
8	2204	.132E+04	-10.0,	55.5i	-20	-111	0.6361E+04	112.79	10.21
9	647	.308E+04	17.0,	53.0i	34	-106	0.6196E+04	111.32	-17.78
10	782	.410E+03	-33.0,	-37.0i	-66	74	0.4916E+04	99.16	-41.73
11	825	.170E+04	26.0,	-38.0i	52	76	0.4240E+04	92.09	34.38
12	3488	.135E+04	38.5,	-23.0i	77	46	0.4023E+04	89.69	59.15
13	3026	.309E+04	39.5,	18.5i	79	-37	0.3805E+04	87.24	-64.90
14	1483	.307E+04	-12.5,	39.5i	-25	-79	0.3433E+04	82.86	17.56
15	889	.359E+04	38.5,	-10.5i	77	21	0.3185E+04	79.81	74.74
16	2553	.131E+04	-19.5,	34.0i	-39	-68	0.3073E+04	78.39	29.84

D-3

第11表 (前頁の続き)

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	2189	.104E+04	67.5,	26.5i	135	-53	0.1052E+05	145.03	-68.57
1	1803	.133E+04	49.5,	47.0i	99	-94	0.9319E+04	136.52	-46.48
2	3143	.134E+04	66.5,	8.0i	133	-16	0.8973E+04	133.96	-83.14
3	1875	.410E+03	-50.0,	-30.0i	-100	60	0.6800E+04	116.62	-59.04
4	0	.135E+04	51.5,	-26.5i	103	53	0.6709E+04	115.84	62.77
5	1323	.313E+04	-57.5,	-2.5i	-115	5	0.6625E+04	115.11	-87.51
6	1861	.104E+04	-55.0,	-11.5i	-110	23	0.6315E+04	112.38	-78.19
7	2076	.148E+04	-14.5,	-47.5i	-29	95	0.4933E+04	99.33	-16.98
8	2537	.149E+04	-47.5,	-11.5i	-95	23	0.4777E+04	97.74	-76.39
9	2658	.313E+04	4.0,	-47.5i	8	95	0.4545E+04	95.34	4.81
10	950	.136E+04	33.5,	-32.0i	67	64	0.4293E+04	92.66	46.31
11	326	.170E+04	13.5,	-43.5i	27	87	0.4149E+04	91.09	17.24
12	1175	.645E+03	30.5,	25.0i	61	-50	0.3111E+04	78.87	-50.66
13	2876	.146E+04	1.0,	-38.5i	2	77	0.2967E+04	77.03	1.49
14	4095	.654E+03	38.0,	-6.0i	76	12	0.2960E+04	76.94	81.03
15	2793	.130E+04	19.0,	33.0i	38	-66	0.2900E+04	76.16	-29.93
16	1571	.314E+04	-29.5,	23.5i	-59	-47	0.2845E+04	75.43	51.46
17	2863	.169E+04	30.0,	-22.5i	60	45	0.2813E+04	75.00	53.13
18	1364	.137E+04	18.5,	-30.5i	37	61	0.2545E+04	71.34	31.24
19	0	.171E+04	-13.0,	-32.0i	-26	64	0.2386E+04	69.08	-22.11
20	1040	.664E+03	26.5,	-19.0i	53	38	0.2127E+04	65.22	54.36

D-4

一滴落下の場合のD 1, D 2の波形はよく似ており, 初めに1800~2000Hzの高い振動が出て, 0.02s位で減衰している。

D 1では2000~2100Hzが多い。D 2では, 1870~1930Hzが多く, これ以外に29Hz, 195Hzが出ている。この低い方は水面の振動である。2000~2100Hz, 1870~1930Hzは器の固有振動数ではなく気泡か水滴の振動であろう。

連続落下の場合には, D 5では420Hz~700Hzが多い, このうち640~650HzはD 3の打撃の場合の640~650Hzがあるが, これは偶然の一致かどうか分からない。他は器の固有振動数ではなく, やはり気泡か水滴の振動であろう。

連続落下の場合にはD 5では420Hz~700Hzが多い。このうち640~650HzはD 3の打撃の

第12表 D-5, D-6のF.F.Tの計算値

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	1974	.430E+03	-23.5,	72.0i	-47	-144	0.1147E+05	151.48	18.08
1	1085	.420E+03	52.0,	-18.0i	104	36	0.6056E+04	110.06	70.91
2	1279	.439E+03	-28.5,	-46.5i	-57	93	0.5949E+04	109.08	-31.50
3	1949	.449E+03	44.5,	29.0i	89	-58	0.5643E+04	106.23	-56.91
4	2507	.400E+03	50.0,	-2.0i	100	4	0.5008E+04	100.08	87.71
5	2547	.410E+03	-47.5,	-4.0i	-95	8	0.4545E+04	95.34	-85.19
6	2278	.576E+03	14.0,	38.5i	28	-77	0.3357E+04	81.93	-19.98
7	1617	.527E+03	34.0,	-22.0i	68	44	0.3200E+04	80.99	57.09
8	1202	.635E+03	34.5,	19.5i	69	-39	0.3141E+04	79.26	-60.52
9	1095	.586E+03	39.0,	-5.5i	78	11	0.3103E+04	78.77	81.97
10	1357	.674E+03	35.5,	8.5i	71	-17	0.2665E+04	73.01	-76.53
11	1256	.693E+03	33.5,	-11.5i	67	23	0.2509E+04	70.84	71.05
12	1464	.596E+03	-25.0,	-22.5i	-50	45	0.2263E+04	67.27	-48.01
13	2023	.713E+03	-3.0,	-32.0i	-6	64	0.2066E+04	64.28	-5.36
14	2295	.566E+03	-27.0,	-14.0i	-54	28	0.1850E+04	60.83	-62.59
15	2236	.664E+03	-26.0,	-15.5i	-52	31	0.1833E+04	60.54	-59.20
16	1991	.332E+03	-17.0,	23.5i	-34	-47	0.1683E+04	58.01	35.88
17	1874	.703E+03	-14.5,	-25.0i	-29	50	0.1671E+04	57.80	-30.11
18	1810	.742E+03	-26.5,	11.0i	-53	-22	0.1647E+04	57.38	67.46

D-5

第12表 (前頁の続き)

SAMPLE NO.	VALUE	FREQ NO.	COMPLEX REAL	TERM IMAGE	COS TERM	SIN TERM	POWER	COMPOSIT SIN AMPL	COMPOSIT SIN PHASE
0	1534	.547E+03	-26.0,	31.5i	-52	-63	0.3337E+04	81.69	39.54
1	1966	.527E+03	-32.5,	2.5i	-65	-5	0.2125E+04	65.19	85.60
2	872	.566E+03	28.0,	15.5i	56	-31	0.2049E+04	64.01	-61.03
3	1516	.576E+03	23.0,	-19.5i	46	39	0.1819E+04	60.31	49.71
4	1562	.537E+03	-23.5,	18.5i	-47	-37	0.1789E+04	59.82	51.79
5	1897	.596E+03	-27.0,	-6.0i	-54	12	0.1530E+04	55.32	-77.47
6	535	.625E+03	-25.0,	0.0i	-50	0	0.1250E+04	50.00	-90.00
7	2708	.977E+02	-12.0,	21.5i	-24	-43	0.1213E+04	49.24	29.17
8	702	.635E+03	18.5,	16.0i	37	-32	0.1197E+04	48.92	-49.14
9	1971	.557E+03	10.0,	21.5i	20	-43	0.1125E+04	47.42	-24.94
10	1790	.674E+03	16.5,	12.0i	33	-24	0.8325E+03	40.80	-53.97
11	2375	.654E+03	13.5,	14.5i	27	-29	0.7850E+03	39.62	-42.95
12	1995	.645E+03	5.5,	-17.0i	11	34	0.6385E+03	35.74	17.93
13	1299	.615E+03	17.0,	-4.0i	34	8	0.6100E+03	34.93	76.76
14	3193	.771E+03	9.5,	12.5i	19	-25	0.4930E+03	31.40	-37.23
15	527	.693E+03	15.0,	-1.5i	30	3	0.4545E+03	30.15	84.29
16	2567	.820E+03	10.5,	-10.0i	21	20	0.4205E+03	29.00	46.40
17	913	.235E+04	11.5,	-8.0i	23	16	0.3925E+03	28.02	55.18
18	2053	.225E+04	7.5,	11.0i	15	-22	0.3545E+03	26.63	-34.29

D-6

場合の 640~650Hz があるが、これは偶然の一致かどうか分からない。他は器の固有振動数ではなく、やはり気泡か水滴の振動であろう。

D 6 では 520~700Hz, 640~660Hz, 98Hz, 2200~2400Hz が出ている。

このうち 98Hz は水面の振動であろう。640~660Hz は D 3 に 650Hz 前後の固有振動数があるが、器の固有振動かどうか分らない。

他のものは気泡か水滴の振動だと考えられる。

4 結 言

水の落下音、流下音を研究する目的で、その基礎実験として、1 m の高さから水を一滴と、連続して落下した場合と、器の固有振動数を測定し、分析した。水面のある場合は意外に現象が複雑であり、本実験のみでは確定出来ない点もあるが、つぎのことがわかった。

- (1) 洗面器に水を入れてない場合は、水滴の落下により器の固有振動を励振する。

これは当初より予想された通りであった。

器の固有振動数は 1050~1080Hz, 205~225Hz, 420~44Hz, 800~820Hz であった。

- (2) 水深 1 cm に水を満した時は、一滴の落下では 58~137Hz の水面振動と、240~500Hz の気泡が飛散した水滴の振動が発生した。

器の固有振動の励起は 1050~1200Hz で少しある程度であった。

連続落下では、B 5 では 1170Hz の器の固有振動が出ているが、他は 410~820Hz であり、これは器の固有振動数ではなく、気泡か水滴の振動と考えられる。

- (3) 水深 3 cm の場合は、一滴落下では C 1 の型のように、39~107Hz の水面振動が多く出るので、1170Hz の器の固有振動を多少励振している型のもと、C 2 型のものがあつた。

C 2 型は、1010~1090Hz, 1330~1350Hz, が出ているが、これは水滴の落下による気泡の振動と考えられ、約 0.03s で減衰している。

連続落下では C 5 では 410~520Hz, 2270~2330Hz, C 6 では 342~615Hz が出ていて器

の固有振動は少ない。これも気泡か水滴の振動と考えられる。

- (4) 5 cmの深さのものでは、水滴落下のD 1では2000~2100Hzが多い、これも0.02sで減衰している。D 2では1870~1930Hzが出ており0.01sで減衰している。これはいづれの器の固有振動数にはないので、気泡か水滴の振動であろう。

連続落下では、D 5では420~700Hz、D 6では520~700Hz、2200~2400Hzが出ているが、これらのうち器の固有振動数にあるものは640~660Hzだけであり、これも偶然の一致か固有振動を励振したものか分らない。

他は皆、気泡か水滴の振動であろう。

以上、単純化した実験なので、現象も単純だろうと予想して実験したが、現象が意外に複雑であり、F. F. Tによる振動数分析だけでは確定出来ない点としては、落下に伴う気泡巻き込みの気泡の振動か、または水滴の振動かの決定が出来ないことである。

これらを決めるためには高速現象のため、1万コマ/sか、10万コマ/sの高速度撮影カメラ等で撮ればはっきりするであろうが、設備が大がかりとなる。F. F. T等で行う場合には、もっと条件を変えて実験を積み重ねて考察して行けば推定できるようになるかも知れない。これらについては今後実験して行きたい。

こんな単純な実験でも、予想や理論からはとうてい推定出来ない現象が起きるのであるから、模型実験を含めて実験が如何に大切であるかの感を深くした。

一滴落下の音は小さいので、パソコンのフロッピードライブの音の影響が出るので、測定点とパソコンは6 m以上離して、雑音の少ない深夜に行なった。終りに実験に協力していただいた、当技術科の石川三四郎氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 寺嶋：岩手大学研究年報，45—1，79~108，(1985)