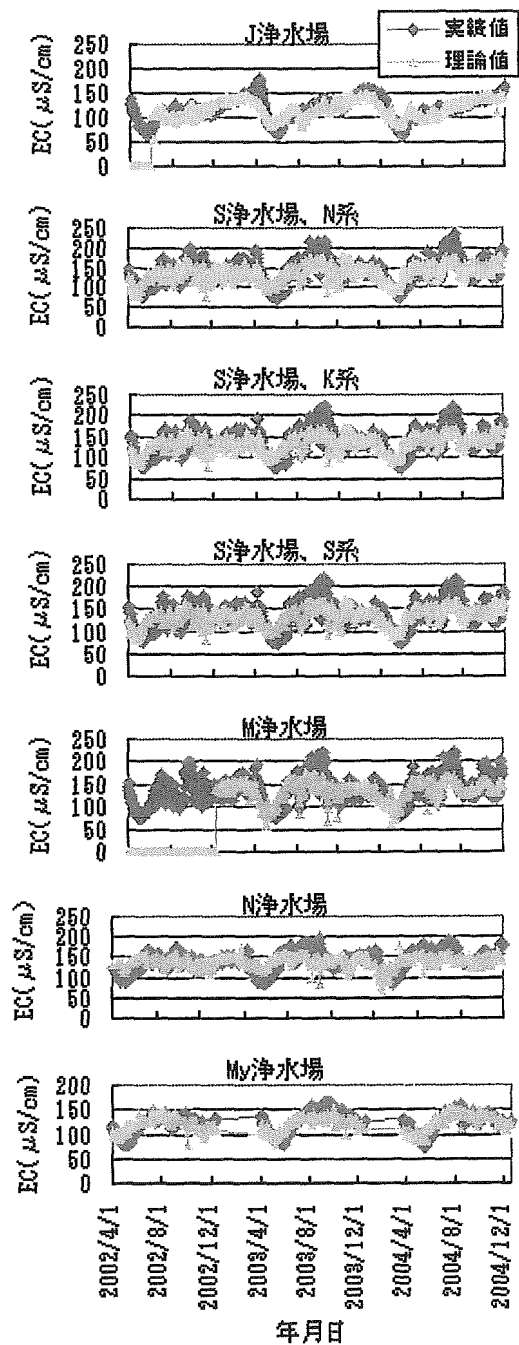
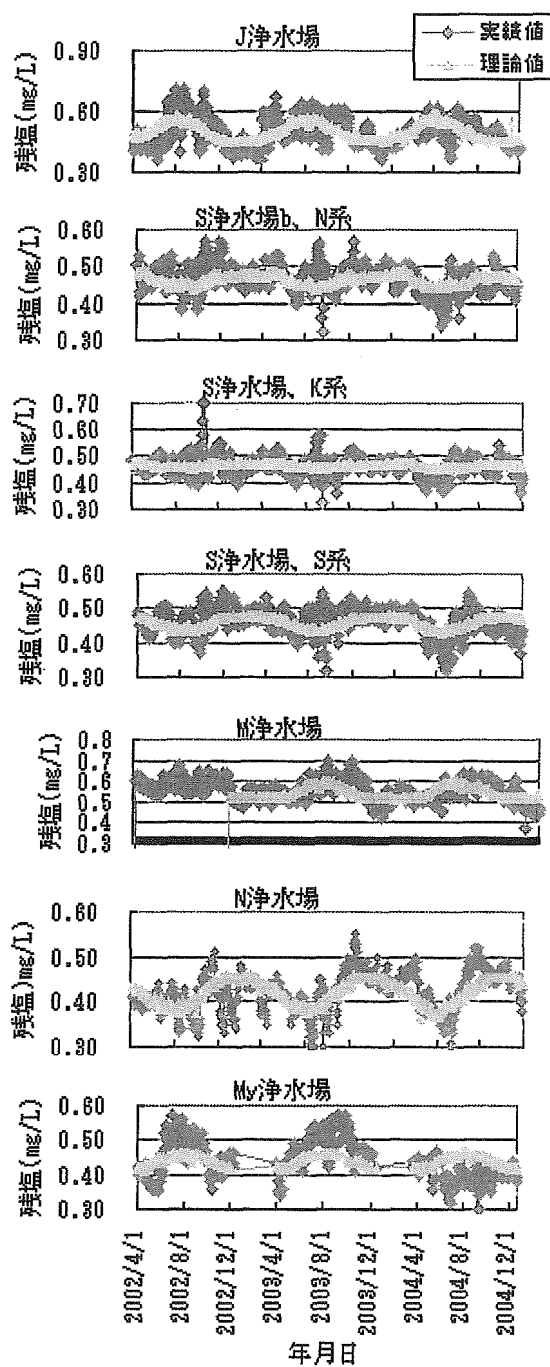


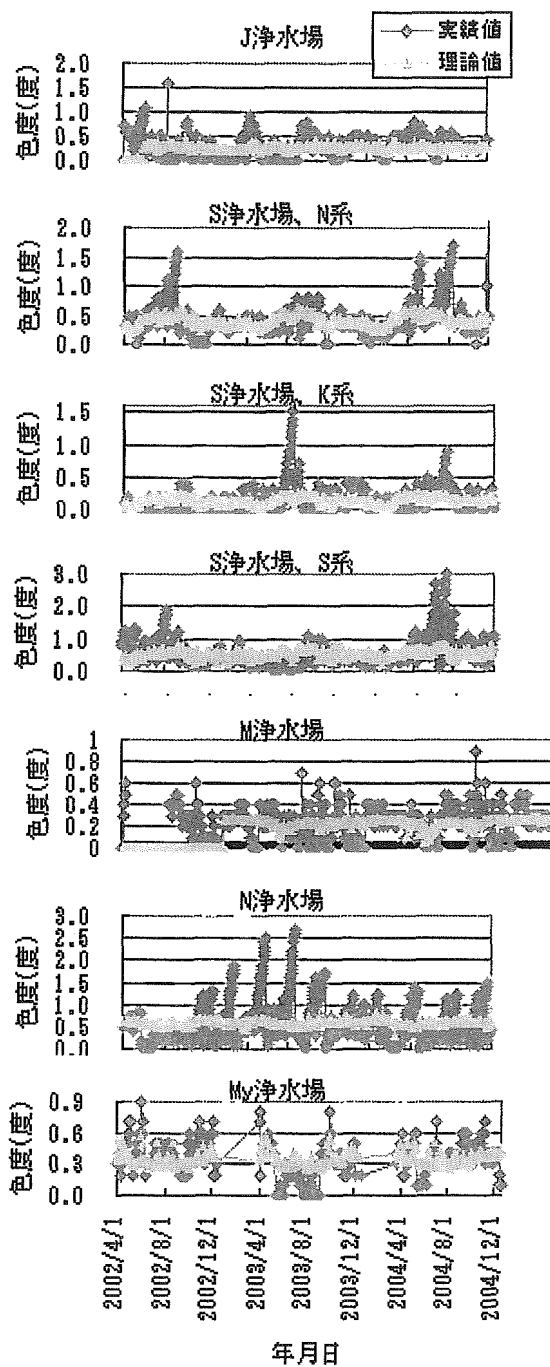
付図-5 給水濁度の実際値と推定値



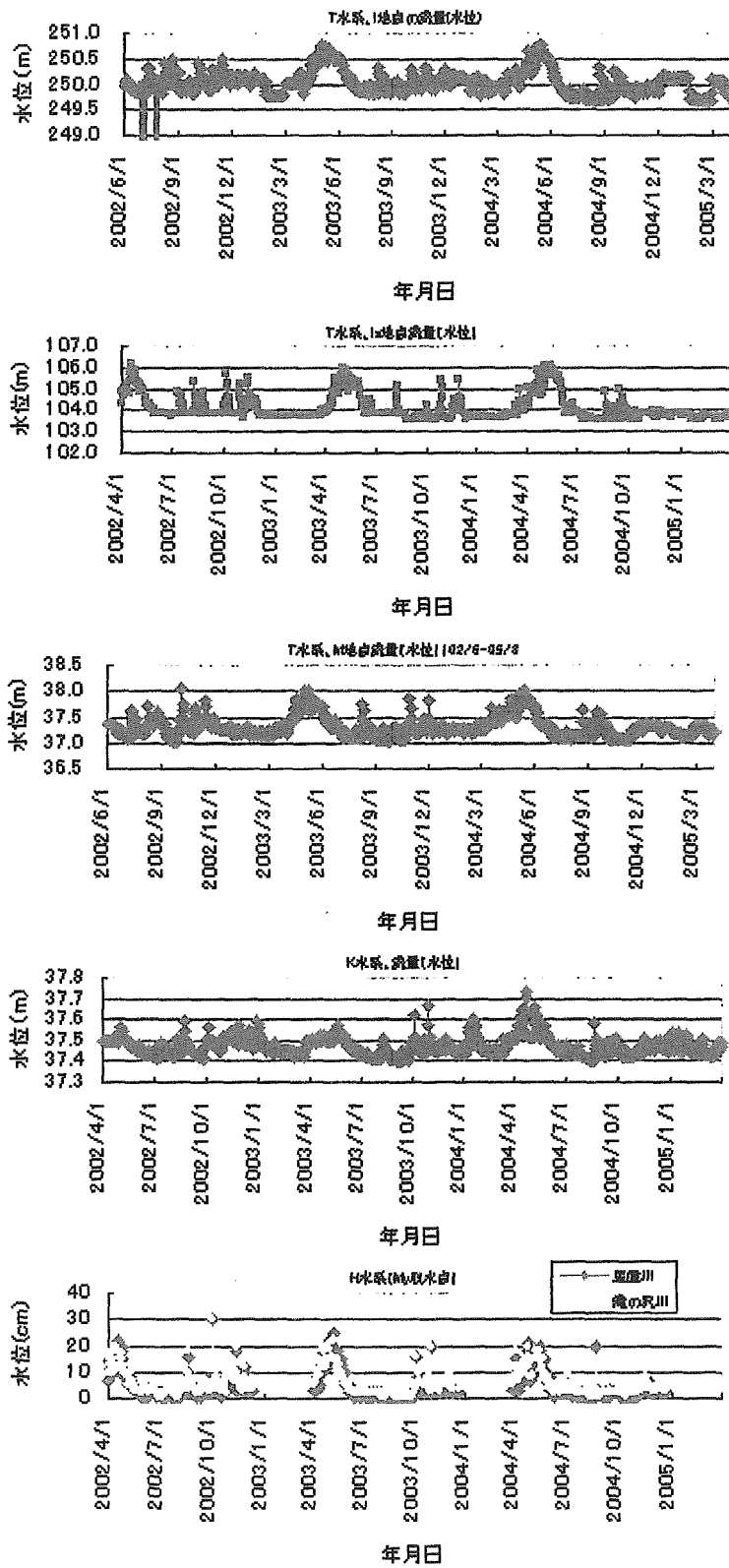
付図-6 電気伝導度(EC)の実際値と推定値



付図-7 残留塩素 (残塩) の実際値と推定値



付図-8 色度の実績値と推定値



付図-9 水源河川流量(水位)の経日変動

付表-1 水道水水質と原水水質との単相関性

表-a 水道水の濁度と原水水質との単相関性のt検定結果

	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場
		N系	K系	S系			
原水水温	-0.196	0.220	0.162	0.134	-0.126	-0.009	-0.340
原水pH	0.074	0.055	0.016	0.282	0.068	-	-0.411
原水濁度	-0.087	0.004	0.039	-0.066	0.217	-0.001	0.394
流量	-0.011	-0.064	-0.082	-0.140	0.252	-0.044	0.490
原水水温	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
原水pH	○	X	X	◎	○	-	◎
原水濁度	◎	X	X	○	◎	X	◎
流量	X	○	◎	◎	◎	X	◎

表-b 水道水の電気伝導率と原水水質との単相関性のt検定結果

	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場
		N系	K系	S系			
原水水温	-0.584	0.112	0.126	0.135	0.184	0.127	0.487
原水pH	0.559	0.588	0.554	0.545	0.087	-	0.576
原水濁度	-0.302	-0.176	-0.165	-0.167	-0.321	0.057	-0.145
流量	-0.360	-0.539	-0.525	-0.522	-0.689	-0.517	-0.550
原水水温	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
原水pH	◎	◎	◎	◎	○	-	◎
原水濁度	◎	◎	◎	◎	◎	X	◎
流量	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

表-c 水道水の色度と原水水質との単相関性のt検定結果

	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場
		N系	K系	S系			
原水水温	0.040	0.248	0.167	0.127	-0.071	-0.060	-0.211
原水pH	0.121	0.164	0.151	0.244	0.005	-	-0.016
原水濁度	-0.031	-0.063	-0.085	-0.054	-0.179	-0.029	0.243
流量	0.058	-0.204	-0.184	-0.129	-0.186	0.095	0.155
原水水温	X	◎	◎	◎	○	○	◎
原水pH	◎	◎	◎	◎	X	-	X
原水濁度	X	○	◎	X	◎	X	◎
流量	X	◎	◎	◎	◎	◎	◎

表-d 水道水の残留塩素と原水水質との単相関性のt検定結果

	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場
		N系	K系	S系			
原水水温	0.602	-0.331	-0.107	-0.401	0.524	-0.591	0.272
原水pH	-0.038	-0.153	-0.076	-0.036	0.060	-	0.103
原水濁度	0.069	0.066	0.034	-0.009	-0.049	-0.104	-0.075
流量	-0.057	0.214	0.091	0.100	-0.225	0.173	-0.182
原水水温	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
原水pH	X	◎	○	X	X	-	○
原水濁度	○	○	X	X	X	◎	X
流量	X	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎;1%危険率で有意、○;5%危険率で有意、5%危険率で有意無し
 -;データ無し

付表-2 水道水質を目的変数とする重回帰式の係数

表-e 水道水の濁度を目的変数とする重回帰式の係数

説明変数	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場	
		N系	K系	S系				
X ₁	原水水温	-0.0015	-0.0011	0.0008	0.0014	-0.0004	-0.0003	-0.0006
X ₂	原水pH	-0.0019	0.0118	-0.0041	0.1148	0.0071	-	-0.0372
X ₃	原水濁度	-0.0004	0.0000	0.0003	-0.0002	0.0003	0.0001	0.0023
X ₄	流量	-	-0.0006	-0.0052	0.0034	0.0162	-0.0836	0.0011
	定数	0.0344	-0.0261	0.5742	-1.1911	-0.6461	3.1964	0.2628
	R2	0.0969	0.0522	0.0352	0.1011	0.0833	0.0020	0.2953
	分散分析有意性	◎	◎	◎	◎	◎	X	◎

◎;分散分析:5%危険率で有意、 X:5%危険率で有意無し
 -;データ無し、または、解析に用いず

表-f 水道水の電気伝導率を目的変数とする重回帰式の係数

説明変数	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場	
		N系	K系	S系				
X ₁	原水水温	-2.1748	0.4643	0.5127	0.5625	-0.1222	-0.1847	0.7368
X ₂	原水pH	60.09	110.14	96.34	93.14	5.69	-	90.92
X ₃	原水濁度	0.7464	0.2813	0.2910	0.2662	1.0516	0.2309	2.7487
X ₄	流量	-27.80	-19.58	-18.90	-18.43	-125.82	-276.73	-1.06
	定数	736.76	1355.52	1382.65	1356.97	4784.63	10509.34	-516.05
	R2	0.6338	0.4398	0.4059	0.3975	0.5072	0.2731	0.4836
	分散分析有意性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎;分散分析:5%危険率で有意、 X:5%危険率で有意無し
 -;データ無し、または、解析に用いず

表-g 水道水の色度を目的変数とする重回帰式の係数

説明変数	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場	
		N系	K系	S系				
X ₁	原水水温	0.0034	0.0129	0.0065	0.0109	-0.0026	-0.0018	-0.0087
X ₂	原水pH	0.3514	0.2505	0.1691	0.8206	0.0049	-	0.3466
X ₃	原水濁度	-0.0035	0.0001	-0.0006	-0.0011	-0.0020	-0.0015	0.0276
X ₄	流量	0.2168	-0.0586	-0.0383	0.0167	-0.0842	0.8947	-0.0015
	定数	-10.3905	4.5962	2.8309	-7.3462	3.3649	-32.9117	-2.0333
	R2	0.0451	0.1010	0.0624	0.0778	0.0456	0.0117	0.1212
	分散分析有意性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎;分散分析:5%危険率で有意、 X:5%危険率で有意無し
 -;データ無し、または、解析に用いず

表-h 水道水の残留塩素を目的変数とする重回帰式の係数

説明変数	J浄水場	S浄水場			M浄水場	N浄水場	My浄水場	
		N系	K系	S系				
X ₁	原水水温	0.0074	-0.0021	-0.0008	-0.0028	0.0048	-0.0036	0.0027
X ₂	原水pH	-	-0.0275	-0.0180	-0.0082	-0.0008	-	-0.0248
X ₃	原水濁度	-0.0025	0.0000	0.0000	-0.0001	0.0003	-0.0003	-0.0007
X ₄	流量	-	-0.0072	0.0035	0.0027	-0.0348	-0.0088	-0.0007
	定数	0.4479	-0.0626	0.2365	0.2659	1.8093	0.7847	0.5904
	R2	0.3540	0.1469	0.0196	0.1636	0.2860	0.3586	0.0782
	分散分析有意性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎;分散分析:5%危険率で有意、 X:5%危険率で有意無し
 -;データ無し、または、解析に用いず

Ⅱ－２ 給水装置・用具の機能不全監視方法に関する研究；

1. 音・振動等異常現象の検出システムの構築とその実用化

－水撃作用発生時の音に関する特性についての把握、及び、これのファジィ判定システムへの組み込み－

分担研究者 杉山俊幸 山梨大学工学部

1. 研究目的

キッチン、浴室、洗面所などで「ドン!」「ガン!」「ゴン!」などと聞こえる原因不明の異音や衝撃音、もしくは、原因不明の漏水やシャワーの温度急変などといった現象はすべて水撃現象により発生する音や現象である。シングルレバー方式の蛇口や浴室のシャワー／カランの切り換え等の混合水栓、および、全自動洗濯機や食器洗い乾燥機といった「電磁弁内臓で給水の急閉止を伴う家電製品」が急速に普及したことが原因として挙げられる。さらに、近年の建築物の高層化や大型化、三階建て住宅の普及で住宅密集度が増加し、各地方自治体は給水圧力や給水量を増やさざるを得なくなりつつある。これらのことから水撃現象が引き起こされるケースが増加し、その結果として、給水管の振動とこれに起因する騒音などによる住環境の悪化、さらには、給水管の破裂や疲労破壊が生じる可能性が高くなってきている。特に騒音が引き起こす問題では、夜間に水撃音が発生し、睡眠の妨げになるなど日常生活にも支障をきたすというものもある。

平成 16 年度までの研究で、水撃作用時発生時の給水管の振動データとインパルスハンマーで給水管に与えた衝撃の振動データの違いから、水撃作用が発生しているか否かを判定するシステムをファジィ理論を用いて構築し、ほぼ 100%の精度で水撃作用の発生を検知できるようになり、システム開発に一步近づいた。

本研究では、水撃作用により発生する音に着目し、実験室内の給水管に設置した電磁弁、および、一般家屋において全自動洗濯機にセットされている電磁弁で給水を急閉止することにより発生する音（i. e. 水撃作用に伴って生じる音）のデータを収録し解析することを試みた。また、ハンマーで与えた衝撃による給水管近傍の音の収録・解析も行い、水撃作用発生時とハンマーで与えた衝撃との音の特性の違いから、水撃作用が発生しているか否かを、ファジィ演算を用いて判定するシステムの構築を試みた。

2. 実験概要

本研究では、水撃作用によって発生する「ドン・ガン」という異音・衝撃音を収録・解析することを主目的とする。本来は、昨年実験室で収録した給水管の振動速度波形データと今回の実験で得る予定であった水撃音データとを組み合わせ、昨年よりもより判定精度の高いシステムを構築をする予定であったが、実験室における音収録がうまくいかず、最

最終的には個人住宅（アパート）での水撃音収録の実験がメインとなった。

実験は、昨年実験室に一般家屋を想定して設置した給水管、および、実測の了解が得られたアパート（2階建ての2階部、以下 住宅Aと表示）の全自動洗濯機近傍の給水管の2カ所で実施した。実験当初は実験室での実験が中心であったが、前述したようにうまくいかなかったため住宅Aでの実験に急遽切り替えた。

実験室でうまく音がとれなかった理由として、設置した給水管に水を供給する天井を伝っているメインの給水管があり、これを固定している金属製固定具が実験をしていく内に緩んできて、水撃作用を発生させるとその固定具の振動音が非常に大きく、水撃音がかき消されたためである。修復しようと試みたが、天井（コンクリート）に埋め込んである部分が緩んでおり修復不可能であった。メインのパイプの写真写真 2-7 に示す。

2.1 実験室での収録概要

実験室給水管に設置した流量計で確認しながら流量を 9.0L/min から 15L/min まで 1L/Min ずつバルブを増加させていき、電磁弁を急閉止させることで水撃作用を発生させて、各流量ごとに給水管 75 cm, 180 cmの位置に設置したサーボ型振動計で振動速度波形を収録した。また電磁弁近傍に設置したマイクロホンで水撃音を収録した。昨年度までの研究から振動波形は給水管の管軸方向水平振動を対象とすることが好ましいことからそれに従った。測定は各流量5回ずつ行った。音のデータは上述したように途中から金属製固定具が揺れる音が入ってしまったため、水撃音をしっかりと収録できたデータのみを抽出した。詳細は 2.3 で示す。

2.2 住宅Aでの収録概要

住宅Aで使用している全自動洗濯機の洗濯機内に流れる水をスイッチで一時停止させることで強制的に給水を停止 (i.e.洗濯機内蔵の電磁弁を急閉止) させることで水撃作用を発生させ、そのときに発生する音をマイクロホンとICレコーダーを用いて50回収録した。またハンマーで洗濯機の蛇口付け根部分と配管が通っていると思われるあたりの洗濯機付近の壁に衝撃を与え、そのときに発生する音も計 55 データ収録し、水撃音との比較を行った。またハンマーによる打撃は蛇口等の破損を防ぐため、先端に布を巻きつけて実施した。

2.3 実験装置

2.3.1 実験室での収録

実験室では、昨年設置したスチール製給水管で実験を行った。装置概要を図 2-1 と図 2-2 に、各種機器を写真 2-1～2-6 に示す。

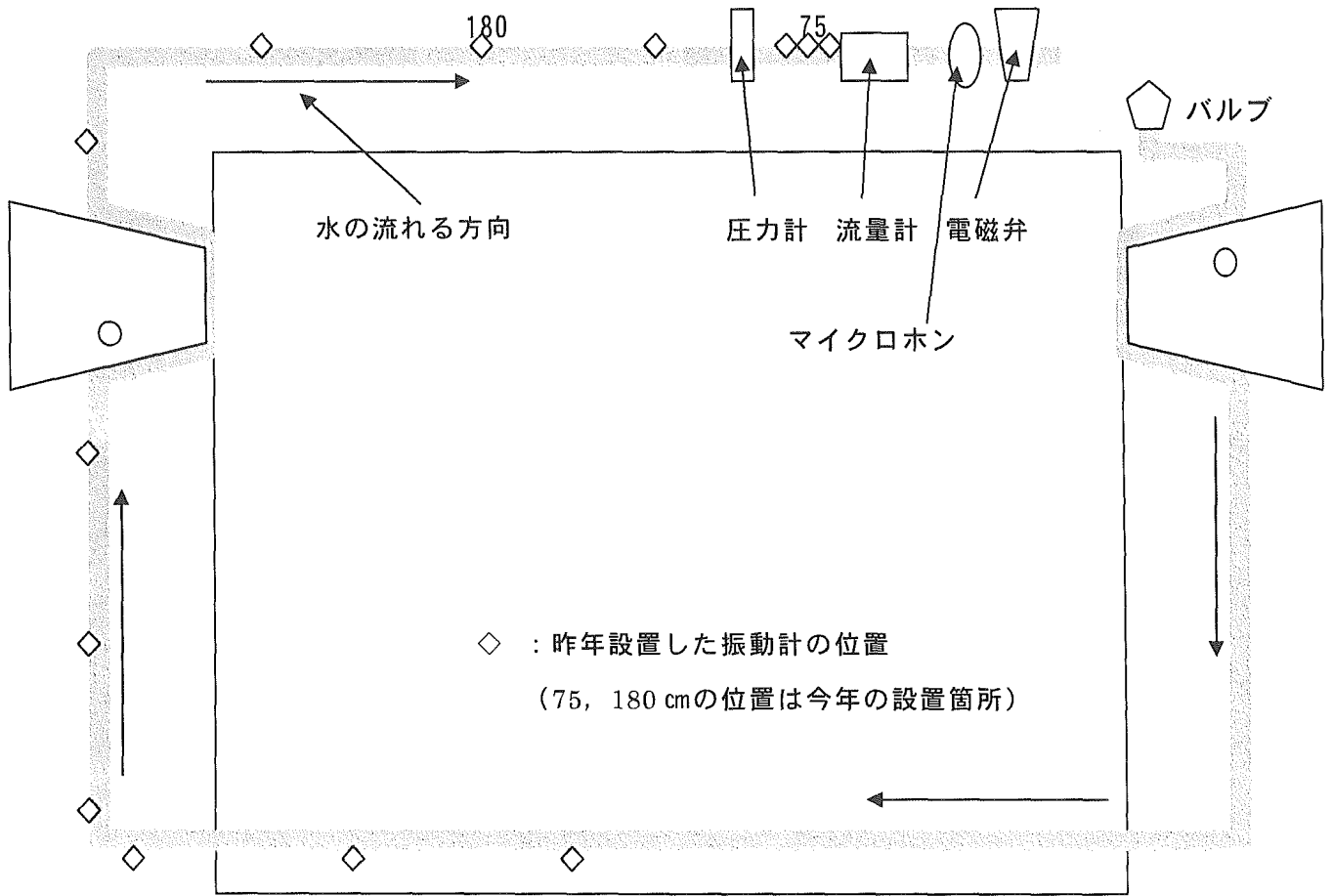


図 2-1 管路図

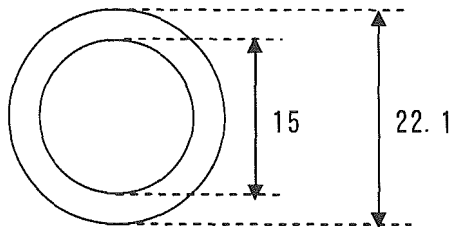


図 2-2 鉄管寸法 (mm)



写真 2-1 電磁弁

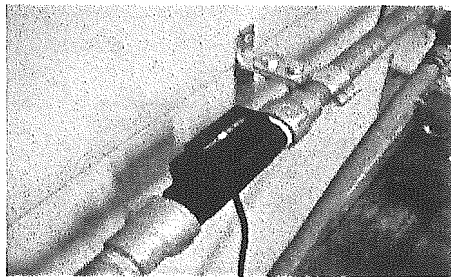


写真 2-2 流量計

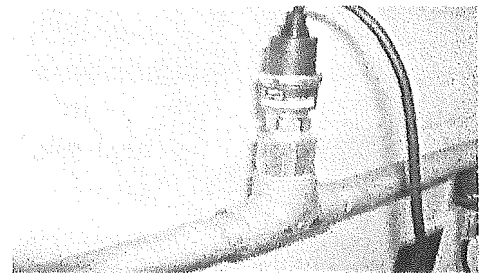


写真 2-3 圧力計

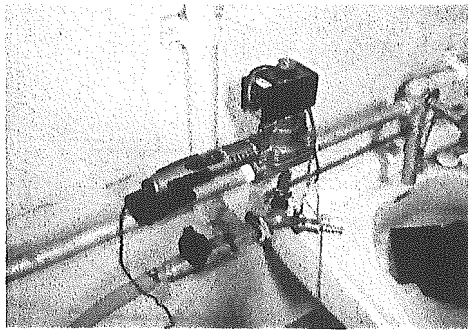


写真 2-4 マイクロホン設置風景

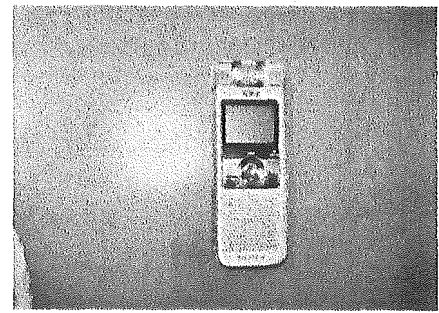


写真 2-5 ICレコーダー

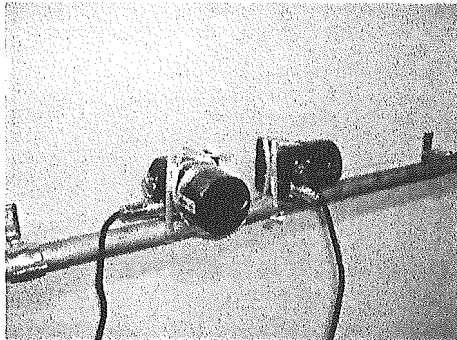


写真 2-6 サーボ型振動計

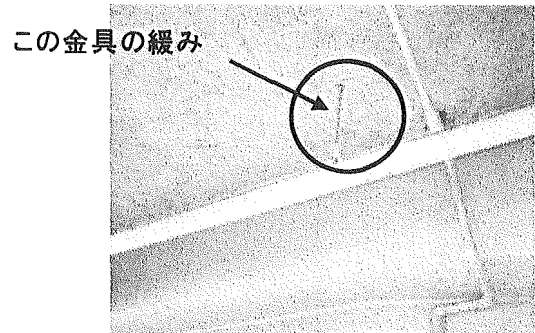


写真 2-7 メインパイプの写真

2.3.2 住宅Aでの収録

住宅Aでの収録風景等を写真 2-8～2-11, 図 2-3 に示す.

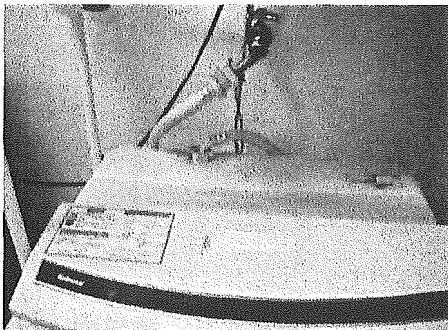
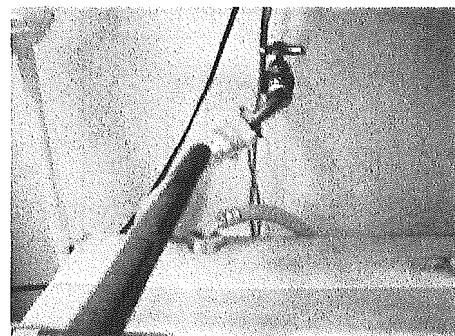


写真 2-8 全自動洗濯機



水撃音・衝撃音を収録

写真 2-9 マイクロホンでの収録

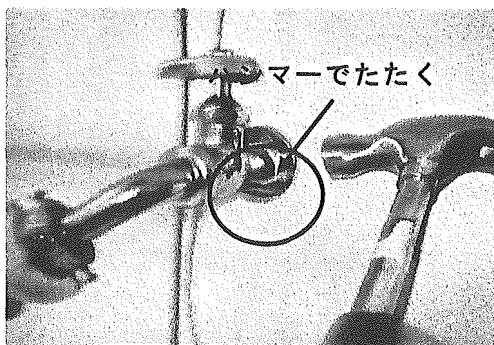


写真 2-10 ハンマーでの洗濯機蛇口

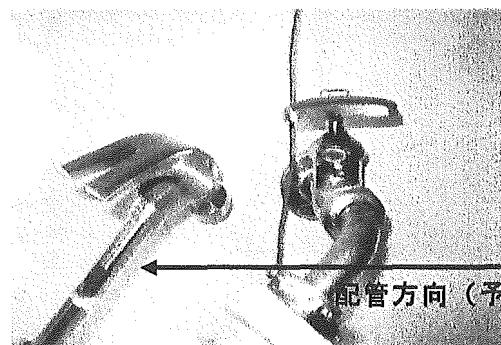


写真 2-11 ハンマーでの壁打撃風景

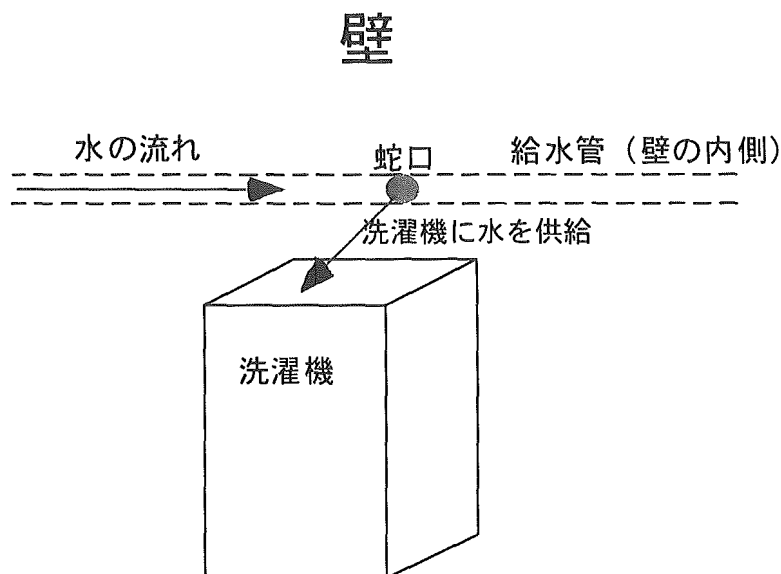


図 2-3 住宅 A での全自動洗濯機の配置位置

3. 実験結果

実験室で得た振動速度波形と水撃音のデータ、住宅 A で得た水撃音・ハンマーによる衝撃音のデータをそれぞれ解析した。具体的には、収録した波形から卓越振動数・減衰定数・継続時間・位相差の割合・最大振幅を抽出した。

3.1 評価項目の抽出方法

評価項目とは、前述した①卓越振動数、②減衰定数、③継続時間、④位相差割合、⑤最大振幅のことである。

- ①卓越振動数・・・パワースペクトルがピーク値を取るときの振動数（単位：Hz）
- ②減衰定数・・・収録したデータ（波）の振幅が最大となったときからカウントして 5 波目までの減衰を対象として算出
- ③継続時間・・・波の最大振幅の 1/55 になるまでの時間（単位：秒）
- ④位相差の割合・・・15° ずつに分けた位相差分スペクトルのうち卓越した二つの位相差が全体に占める割合
- ⑤最大振幅・・・波の振幅の最大値（住宅 A での実験データのみ表示）

3.2 データ解析結果

収録したデータを解析した結果を表 3-1～表 3-6 に示す。

表 3-1 実験室：速度振動波形（振動計 75 cmに設置）

	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
流量9L/min	130.86	0.0788	0.128	0.5126
	132.81	0.1032	0.144	0.5536
	131.84	0.1239	0.088	0.6659
	132.81	0.0748	0.16	0.7136
	132.81	0.0732	0.128	0.7404
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
10L/min	133.79	0.0791	0.058	0.7416
	132.81	0.0735	0.233	0.7758
	132.81	0.0626	0.211	0.7846
	132.81	0.0632	0.158	0.8027
	132.81	0.0683	0.094	0.788
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
11L/min	131.84	0.0837	0.146	0.8166
	131.84	0.0757	0.128	0.8544
	131.84	0.0736	0.149	0.874
	131.84	0.0703	0.22	0.8589
	132.81	0.0671	0.068	0.8725
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
12L/min	128.91	0.0801	0.224	0.8767
	143.55	0.0668	0.267	0.8723
	143.55	0.074	0.322	0.8869
	128.91	0.071	0.231	0.8579
	144.53	0.0775	0.068	0.8911
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
13L/min	131.84	0.0645	0.358	0.8727
	132.81	0.0767	0.161	0.7785
	131.84	0.085	0.331	0.8947
	132.81	0.0802	0.069	0.8703
	131.84	0.0606	0.37	0.8759
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
14L/min	130.86	0.0653	0.293	0.8945
	132.81	0.0893	0.182	0.8725
	131.84	0.0827	0.343	0.8884
	132.81	0.0797	0.358	0.8332
	132.81	0.0872	0.349	0.8867
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
15L/min	143.55	0.0738	0.272	0.8762
	126.95	0.0595	0.362	0.9138
	143.55	0.0596	0.362	0.8659
	142.58	0.0858	0.329	0.8056
	143.55	0.0758	0.342	0.8354

表 3-2 実験室：速度振動波形（振動計 180 cmに設置）

	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
流量9L/min	130.86	0.0549	0.089	0.4713
	132.81	0.0768	0.195	0.6429
	131.84	0.1258	0.143	0.6349
	132.81	0.104	0.279	0.6891
	132.81	0.0549	0.121	0.6877
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
10L/min	133.79	0.0751	0.12	0.7297
	132.81	0.0702	0.121	0.7446
	132.81	0.0726	0.144	0.7468
	132.81	0.0671	0.274	0.781
	132.81	0.0694	0.221	0.7573
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
11L/min	131.84	0.0892	0.156	0.8022
	131.84	0.0797	0.18	0.8484
	131.84	0.0787	0.185	0.8662
	131.84	0.0498	0.068	0.8654
	132.81	0.0775	0.271	0.8659
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
12L/min	128.91	0.0862	0.216	0.8742
	132.81	0.0704	0.265	0.8713
	133.79	0.0924	0.27	0.8965
	128.91	0.0833	0.161	0.8554
	125.98	0.0769	0.187	0.8757
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
13L/min	131.84	0.0612	0.403	0.853
	132.81	0.0816	0.294	0.7807
	131.84	0.0788	0.175	0.8823
	132.81	0.0936	0.289	0.8488
	131.84	0.0519	0.335	0.8151
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
14L/min	130.86	0.064	0.281	0.9448
	130.86	0.0853	0.373	0.9546
	128.91	0.1122	0.367	0.9536
	131.84	0.0716	0.289	0.8154
	130.86	0.0851	0.314	0.8882
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
15L/min	133.79	0.0891	0.344	0.9836
	126.95	0.0737	0.345	0.9641
	130.86	0.0574	0.248	0.9077
	132.81	0.0688	0.405	0.851
	128.91	0.0863	0.324	0.9231

表 3-3 実験室：マイクロホンで収録した水撃音データ

	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
流量9L/min	99.0864	0.0077	0.0077	0.1871
	177.2674	0.0315	0.0166	0.1568
	195.6412	0.1253	0.0232	0.1871
	99.0691	0.2692	0.0079	0.2762
	99.2452	0.1053	0.0167	0.2119
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
10L/min	99.2689	0.0418	0.0564	0.3275
	99.2736	0.0347	0.045	0.2835
	99.3434	0.3048	0.018	0.2928
	99.1138	0.0392	0.018	0.3497
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
11L/min	194.7217	0.0384	0.0187	0.3871
	99.1177	0.346	0.0183	0.2342
	99.134	0.0861	0.1013	0.2168
	99.3464	0.0796	0.0389	0.2933
	99.2524	0.3122	0.1527	0.3697
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
12L/min	99.3219	0.1949	0.2422	0.3558
	99.4798	0.0807	0.4373	0.2505
	99.3077	0.2658	0.0284	0.3304
	99.2273	0.2339	0.4042	0.3814
	99.2343	0.0408	0.5589	0.3092
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
13L/min	132.1304	0.0622	0.1018	0.3282
	132.979	0.0555	0.1721	0.2337
	132.5231	0.053	0.1289	0.3138
	194.1021	0.0416	0.0717	0.3832
	131.8336	0.0672	0.0984	0.2781
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
14L/min	131.2392	0.0953	0.4367	0.2884
	178.5054	0.0945	0.1155	0.2962
	98.9331	0.2201	0.2131	0.3045
	131.6602	0.0615	0.2079	0.2662
	99.3745	0.0691	0.3408	0.3084
	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間	位相差割合
15L/min	192.6823	0.1029	0.0942	0.4386
	193.7988	0.1029	0.2356	0.3568
	192.6786	0.0811	0.4356	0.3133
	99.3306	0.1194	0.0974	0.2982
	192.6108	0.0982	0.0902	0.3861

※10L/min で一箇所空白部分があるのは収録した wav ファイルが消失してしまったため

表 3-4 住宅 A での実験：マイクロホンで収録した水撃音（50 データ）

	卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間(s)	位相差割合	最大振幅[V]
	180	0.1075	0.0554	0.2877	0.045807
	185	0.0925	0.0649	0.2459	0.043762
	185	0.087	0.0244	0.4625	0.034851
	185	0.0623	0.0507	0.4247	0.045685
	180	0.0229	0.0781	0.3355	0.052124
	182.5	0.1022	0.0495	0.2945	0.046997
	471.87	0.0493	0.0591	0.2549	0.0493
	522.5	0.0216	0.0193	0.1875	0.0216
	477.5	0.1352	0.0392	0.4498	0.1352
	472.5	0.0811	0.1331	0.2554	0.0811
	160.965	0.1493	0.1058	0.3788	0.067261
	238.14	0.0674	0.0247	0.4427	0.057617
	209.475	0.0498	0.0613	0.3746	0.045319
	214.9875	0.0803	0.0169	0.3768	0.052185
	159.8625	0.0528	0.1039	0.4317	0.047333
	209.475	0.0987	0.0418	0.4173	0.045593
	501.6375	0.029	0.1075	0.3756	0.039978
	159.8625	0.0646	0.0268	0.3289	0.039642
	617.4	0.0999	0.0444	0.307	0.047913
	479.5875	0.0312	0.0176	0.2576	0.039642
	479.5875	0.0524	0.0566	0.4024	0.047943
	187.425	0.0632	0.0555	0.3346	0.053131
	176.4	0.1005	0.0511	0.3858	0.044739
	474.075	0.1098	0.0322	0.4376	0.051147
	474.075	0.0233	0.0144	0.348	0.046082
	203.9625	0.0828	0.0411	0.2877	0.041748
	214.9875	0.0847	0.0105	0.5643	0.040222
	424.4625	0.0306	0.0319	0.38	0.061829
	474.075	0.067	0.0193	0.3775	0.057495
	567.7875	0.0714	0.0271	0.3988	0.049927
	187.425	0.0607	0.0256	0.2706	0.045624
	214.9875	0.0957	0.0236	0.2684	0.044617
	187.425	0.0756	0.0386	0.3646	0.027985
	479.5875	0.0781	0.0177	0.4352	0.049011
	187.425	0.1292	0.0131	0.3455	0.035645
	187.425	0.0444	0.0136	0.4149	0.043579
	457.5375	0.0442	0.0337	0.2694	0.042908
	187.425	0.0415	0.0419	0.3739	0.040924
	187.425	0.0374	0.022	0.422	0.037109
	187.425	0.0311	0.0154	0.2723	0.040588
	187.425	0.047	0.0316	0.2635	0.047638
	214.9875	0.0481	0.0069	0.4166	0.052612
	187.425	0.0596	0.0375	0.3702	0.033661
	479.5875	0.0025	0.0076	0.4806	0.029388
	187.425	0.0591	0.0315	0.3795	0.057312
	606.375	0.0851	0.0147	0.4542	0.061768
	457.5375	0.0378	0.0344	0.4095	0.038696
	187.425	0.0851	0.0093	0.441	0.070282
	187.425	0.0762	0.0211	0.5319	0.039673
	556.7625	0.0467	0.0208	0.4076	0.057129

表 3-5 住宅 A での実験：配管が通っている周辺をハンマーでたたいた時の衝撃音

卓越振動数(Hz)	減衰定数	継続時間(s)	位相差割合	最大振幅[V]
92.61	0.1124	0.2145	0.9399	0.182892
145.53	0.0851	0.2162	0.8237	0.405304
189.63	0.1029	0.215	0.9299	0.615723
198.45	0.1099	0.1792	0.9658	0.495361
180.81	0.131	0.0981	0.9604	0.478058
145.53	0.1147	0.1796	0.9131	0.194305
180.81	0.1427	0.1797	0.9299	0.445099
180.81	0.087	0.1383	0.9321	0.502106
198.45	0.1139	0.1146	0.9099	0.414642
180.81	0.0822	0.0723	0.9524	0.58316
233.73	0.0897	0.2742	0.885	0.336304
233.73	0.0678	0.1046	0.8969	0.317566
141.12	0.0784	0.264	0.7844	0.15094
176.4	0.1109	0.2498	0.9006	0.289185
176.4	0.1281	0.463	0.9123	0.292511
189.63	0.1043	0.1586	0.9389	0.30484
233.73	0.0924	0.1273	0.9045	0.479034
233.73	0.0961	0.1226	0.8659	0.439789
233.73	0.0893	0.2724	0.8713	0.428406
233.73	0.0798	0.2103	0.904	0.433929
233.73	0.0945	0.1268	0.8982	0.368958
233.73	0.1111	0.1395	0.936	0.437469
260.19	0.1368	0.048	0.9553	0.634705
260.19	0.1074	0.1232	0.8864	0.581848

表 3-6 住宅 A での実験：洗濯機蛇口をハンマーでたたいたときの衝撃音 (31 データ)

	卓越振動数 (Hz)	減衰定数	継続時間 (s)	位相差割合	最大振幅 [V]
	119.07	0.0896	0.1132	0.581	0.028105
	145.53	0.2028	0.1327	0.9292	0.16922
	154.35	0.0586	0.2402	0.6891	0.106293
	154.35	0.0408	0.1599	0.8552	0.102631
	154.35	0.0915	0.1108	0.898	0.179016
	145.53	0.1612	0.1352	0.9038	0.3396
	149.94	0.1684	0.1268	0.9473	0.37796
	149.94	0.0849	0.0462	0.9624	0.53891
	145.53	0.1115	0.1019	0.9585	0.317932
	149.94	0.1011	0.0969	0.9734	0.520874
	149.94	0.0796	0.0752	0.958	0.529602
	149.94	0.0694	0.1643	0.9643	0.458191
	149.94	0.074	0.0468	0.9634	0.439484
	145.53	0.0469	0.0447	0.9653	0.414001
	149.94	0.0746	0.097	0.9565	0.58255
	145.53	0.1086	0.118	0.959	0.661896
	145.53	0.088	0.0857	0.8842	0.488068
	154.35	0.1708	0.46	0.9038	0.241113
	145.53	0.1512	0.0954	0.9343	0.248962
	163.17	0.0879	0.102	0.8691	0.176453
	154.35	0.0782	0.1781	0.8156	0.083435
	163.17	0.0543	0.1036	0.9245	0.097046
	145.53	0.0776	0.1316	0.9021	0.102325
	149.94	0.0938	0.1303	0.8313	0.121674
	202.86	0.0518	0.2412	0.896	0.116943
	145.53	0.0966	0.0915	0.9114	0.126801
	145.53	0.0877	0.0801	0.8625	0.113953
	149.94	0.0694	0.1184	0.9429	0.087708
	145.53	0.1069	0.2083	0.8825	0.105682
	145.53	0.0551	0.2107	0.769	0.15097
	145.53	0.0551	0.1725	0.9453	0.176239

3.3 解析結果の考察

3.3.1 実験室でのデータを解析した結果の考察

(1) 振動速度波形のデータ

振動速度波形は、電磁弁から 75, 180 cm の二カ所の位置で収録した。9~15L/min の 7 つの流量別に卓越振動数・減衰定数・継続時間・位相差の割合の 4 項目の平均値をとったものをグラフ化したものを図 3-1~3-8 に示す。

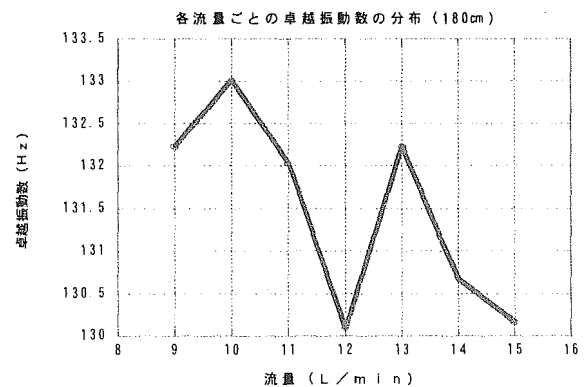
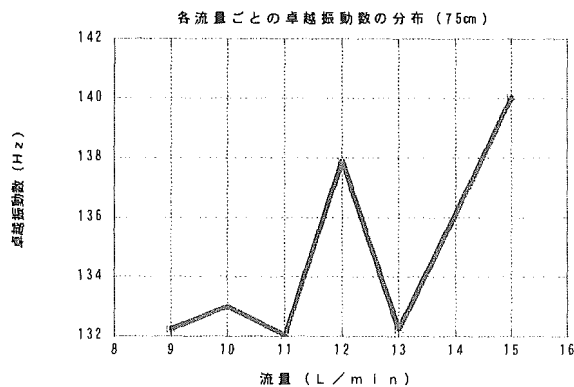


図 3-1 平均卓越振動数 vs. 流量 (75 cm)

図 3-2 平均卓越振動数 vs. 流量 (180 cm)

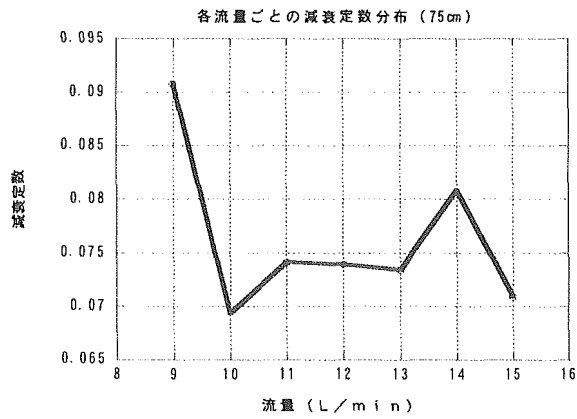


図 3-3 平均減衰定数 vs. 流量 (75 cm)

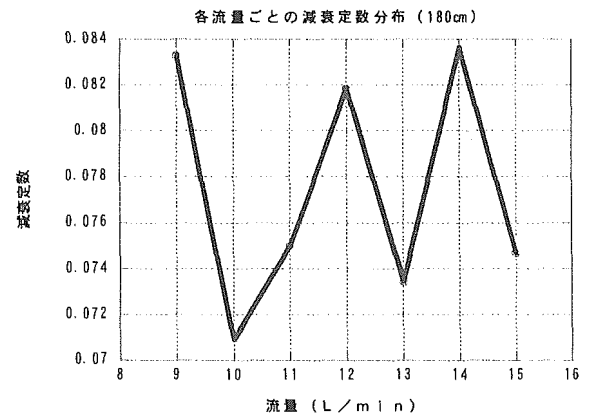


図 3-4 平均減衰定数 vs. 流量 (180 cm)

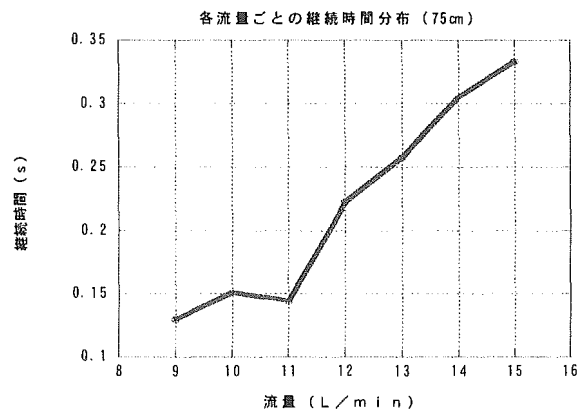


図 3-5 平均継続時間 vs. 流量 (75 cm)

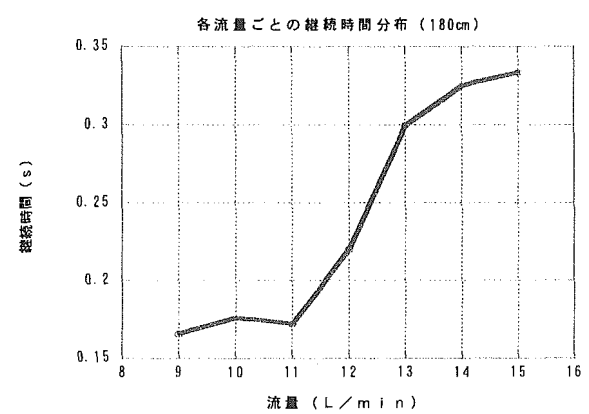


図 3-6 平均継続時間 vs. 流量 (180 cm)

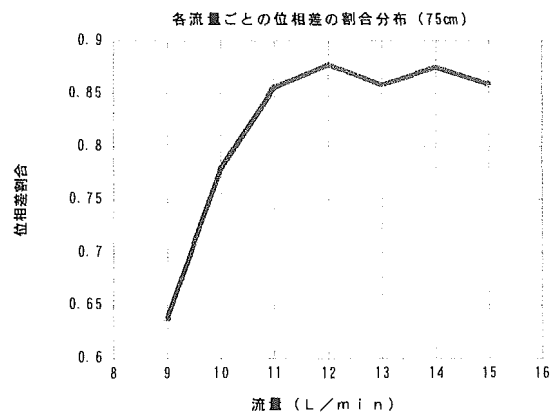


図 3-7 平均位相差の割合 vs. 流量 (75 cm)

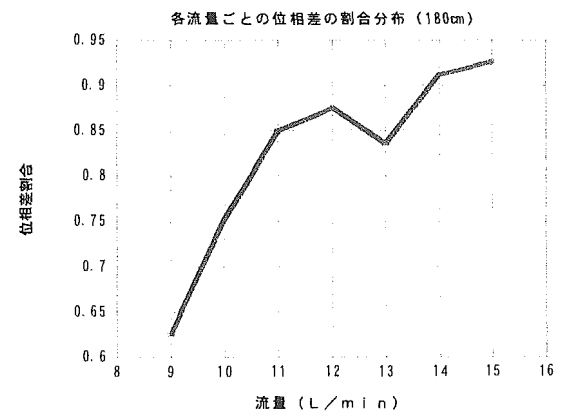


図 3-8 平均位相差の割合 vs. 流量 (180 cm)

図 3-1, 3-2 の平均卓越振動数の分布, 図 3-3, 3-4 の平均減衰定数の分布はデータが 75 cm, 180 cm とともにばらつき, 流量に関係がないと思われる. 一方, 図 3-5, 3-6 の平均継続時間, 図 3-7, 3-8 の平均位相差の割合からは, おおよそではあるが流量の増加に伴って各々の値が大きくなっていることがわかる. 継続時間では 11L/min, 位相差の割合では 75 cm の

方で 13L/min と 15L/min, 180 cm では 13L/min で値がそれぞれ小さくなっているが, 流量はそのつど電子式流量計で計測しているものの, いつも一定とは限らないため, 電磁弁を止める瞬間に流量が減少したなどの原因が考えられる.

(2) 電磁弁付近で採取した水撃音のデータ

実験室での水撃音の収録は, 振動速度波形と同時に収録した. 各流量 5 回ずつ得たデータを流量別にプロットしたグラフと, 各項目平均値をとって流量別にプロットしたグラフを図 3-9~図 3-16 に示す. (10L/min のみ 4 回のデータ)

卓越振動数は, 図 3-9 のグラフのように約 100Hz 付近でのデータが多い. また図 3-13 のように平均値は流量に関係がない.

減衰定数は, 図 3-10 のグラフのように 0.15 以上のデータと 0.15 以下のデータの二極化がみられる. また図 3-14 のように平均値は流量に関係がない.

継続時間は, 図 3-11 のグラフのように 9, 10, 11, 13L/min あたりではデータがまとまっているが, 他はばらつきが目立つ. また図 3-15 のように平均値は流量に関係がない.

位相差の割合は, 図 3-12 に示すように卓越振動数および減衰定数に比べてばらつきは大きくないもののばらついている. また図 3-16 のように平均値は他の三項目に比べて流量に関係がありそうではあるが, 確信できるまでには至らない.

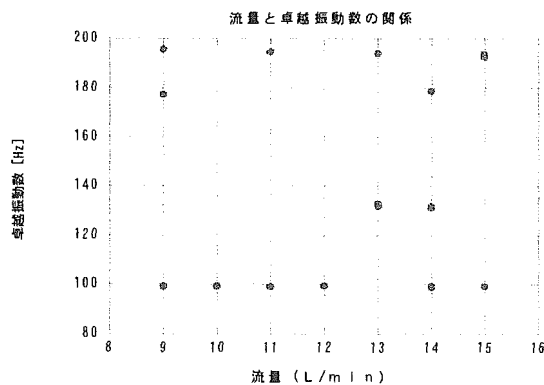


図 3-9 卓越振動数の分布

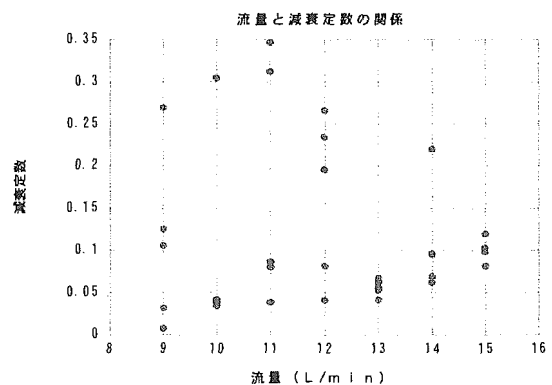


図 3-10 減衰定数の分布

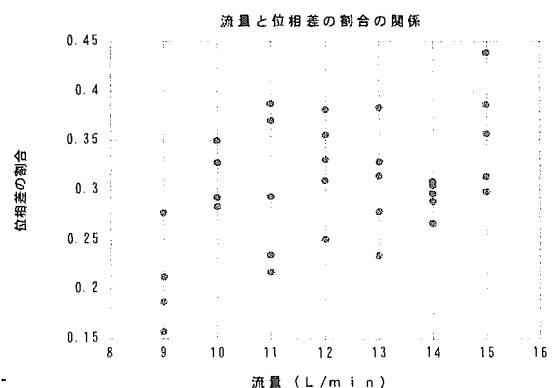
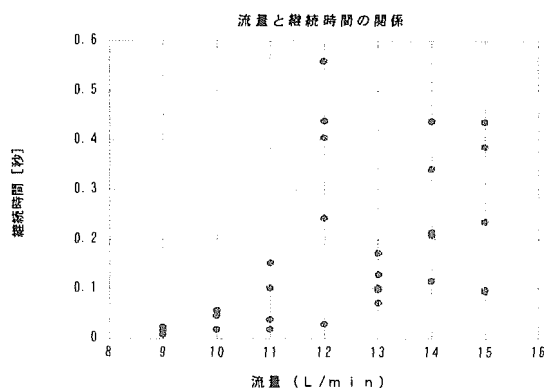


図 3-11 継続時間の分布

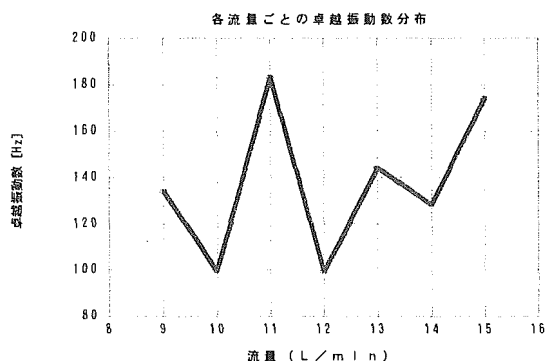


図 3-13 平均卓越振動数の分布

図 3-12 位相差の割合の分布

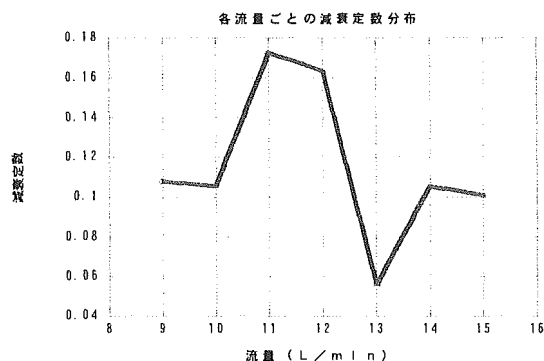


図 3-14 平均減衰定数の分布

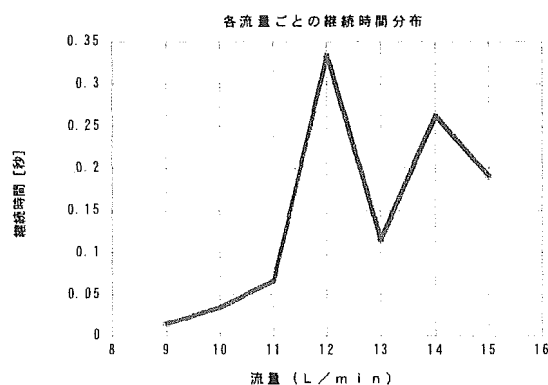


図 3-15 平均継続時間の分布

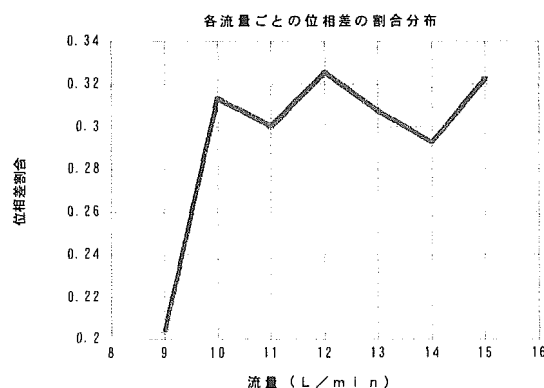


図 3-16 平均位相差の割合の分布

3.3.2 住宅Aでのデータを解析した結果の考察

住宅Aでの水撃作用で発生する音を収録し解析したもの、ハンマーでの衝撃音を解析したものに関して、卓越振動数・減衰定数・継続時間・位相差の割合・最大振幅の5項目別に以下に示す。

(1) 卓越振動数

水撃音を収録した50データ、および、衝撃音を収録した55データを、「水撃音」とハンマーでの衝撃音である「壁衝撃音」「蛇口衝撃音」の三項目ごとに卓越振動数のデータのばらつき具合を表したものが図3-17である。図3-17より、水撃音は100Hz後半・200Hz前半の集合と400Hz以上の集合の2つに分かれていること、すなわち、データの二極化が見られる。壁衝撃音・蛇口衝撃音は約100~200Hzにデータが集中していてデータにまとまりがある。水撃音の方は全体的にみると、低い周波数から高い周波数までばらつきがある。これは水道管の種類、配管長等にも関係すると思われる。しかし、住宅Aがどのような種類の配管・配管長までは分からなかった。

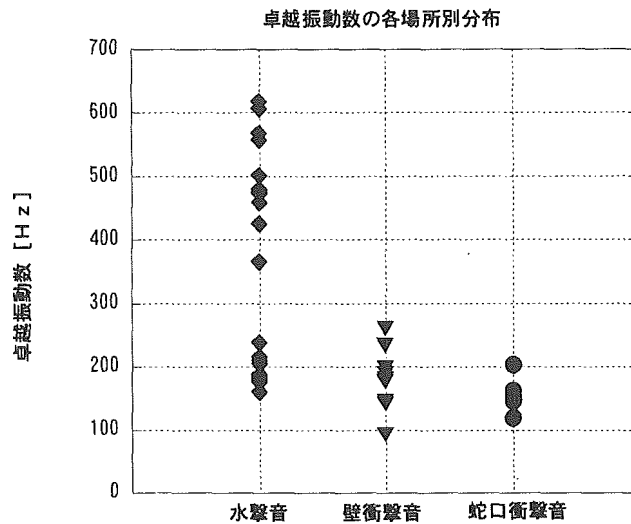


図 3-17 各場所別の卓越振動数の分布

(2) 減衰定数

水撃音を収録した 50 データ，衝撃音を収録した 55 データを，「水撃音」とハンマーでの衝撃音である「壁衝撃音」「蛇口衝撃音」の三項目ごとに減衰定数のデータのばらつき具合を表したものが図 3-18 で，水撃音は 0～0.15 あたりにデータが分布している．壁衝撃音は 0.05～0.15 あたりにデータが集中していて 3 つの中では一番まとまりがある．蛇口衝撃音は 0.05～0.1 前後でデータが集中しているが，全体的にデータがばらついている．データがばらついた理由として，波形が複雑なものは正確な 5 波のカウントが難しく，それが結果としてばらつきにつながった可能性がある．昨年と同様の理由で減衰定数がばらつくデータとなっていた．

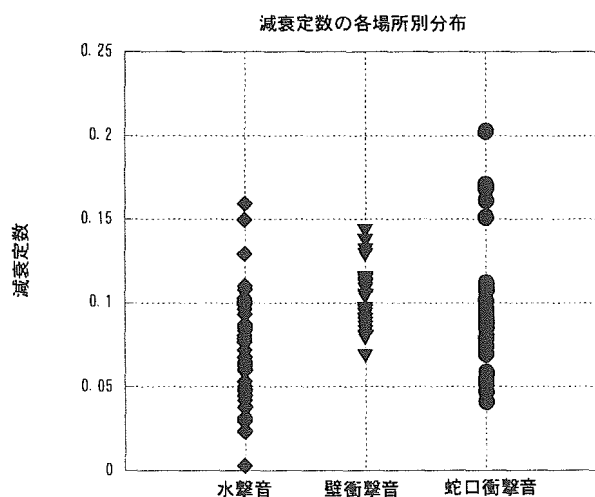


図 3-18 各場所別の減衰定数の分布