

音 圧 レ ベ ル と 残 響 時 間

(実験的検討第1報)

工藤市兵衛・藤田 正・中村 明

Sound Pressure Level and Reverberation Time

(Experimental Investigation Ist Report)

Ichibei KUDO, Sho FUJITA, AKira NAKAMURA,

大きさ形状の等しい2つの実験室において、一方はコンクリート打放し、他方は内面に吸音・防音工事を施した。

目的；この両室の音響に関する諸特性の相違を調べ、施工が設計通りできたか否かを検討する。

調査；両室の音圧レベル、音圧分布、残響時間、平均吸音率、反響等の諸数値をEYRINGの方法で測定した。

結論；各数値より施工の効果が明確になった。一部にやや不満な点はあったが、おゝむね目標に近い室になったことが確認できた。

ま え が き

昭和49年4月経営工学科社会工学分科の建物が完成した。そのとき3階と2階に、形状大きさの全く等しい300号と200号の小実習室を設けた。300号はコンクリート打放しの普通実習室で、200号は内壁表面に吸音・防音処理工事を施し、IE演習兼音響実習室とした。

残響時間の測定は、室内の音圧が均一であることが必要である。したがってはじめ教卓上に音源用スピーカを置き、室中央に向け信号を発生し、室内①より⑦までの7ヶ所にマイクを移動し音圧を測定した。この結果両室とも音圧分布に大きな差のないことが判明した。よって同じ音源で残響時間を測定し、平均吸音率・吸音力・室定数を求めた。

実験の方法は外にもあるが、なるべく現場に則したこの方法を選んだ。測定は長い月日を要したせいか、測定値にバラツキが目立った。よって随時F分布、t分布の統計技法を用いた。

実測によると筆者の200号での講義音圧の平均は⑤で76.2dB(L)であった。これを0としたOBLの相対音圧は以下のである。

63Hz —50dB, 125Hz —30dB

250Hz —12dB, 500Hz —18dB

1KHz —25dB, 2KHz —26dB

4KHz —26dB, 8KHz —40dB

よって本実験の対象中心周波数は音圧の特に低い63Hzと8KHzを切り捨て、125Hzより4KHzのOBLに選んだ。なお全調査は特に指示のない限り空席時で室内備品はそのままの状態、窓・扉は閉じ、音源はWhite Noiseを用い、Weighting NetworkはLinear Scale(L)を用いた。

1. 目 的

200号の内装に先だて、室に付与する音響に関する諸特性はEYRING, HARRIS BERANEKの理論を適用し設計した。従って本研究の目的は200号の300号に対する変化の程度を調査する。次に吸音・防音処理工事の効果が計画通り達したかどうかを検討する。

2. 調 査

初めに使用機器とその配置、両室の構造、吸音防音施工、室内備品を述べ、続いて測定にうつる。測定はまず主要機器の特性を確かめ、両室の平均的な暗騒音と平均音圧、音圧分布を調査する。次いで残響時間を測定し、

平均吸音率，吸音力，室定数を求める．最後に反響状況をも調べる．

(1) 使用機器

1) 音源側

(a) 室内音圧・同分布測定の場合

電子測器製 周波数発振器，1/1 OF，クライスラー製コーン形スピーカ最大出力 30W，80dB，インピーダンス 8Ω

(b) 残響時間・反響測定の場合

上記(a)機器の他に電子測器製 直視形残響計の電磁スイッチ

2) 受音側

(a) 暗騒音・音圧・同分布測定の場合

音響測器製 精密騒音計，1/3 OF，高速度記録計

(b) 残響時間・反響測定の場合

直視形残響計，カメラ，SSSフィルム

(2) 室の構造，吸音防音施工，備品と機器の配置

1) 室の構造，吸音防音施工と備品

300号，200号両室の大きさはFig.1の通り巾11.8m，奥行7.8mで，天井高さは300号は3m，200号は天井に吸音板が張ってあるので2.5mである．両室とも中央に0.5m角の柱がある．実験台は両室とも12台ある．

(a) 300号室

東側は厚さ5mmの合板2枚を巾5cmにした中空箱形の隔壁で，床から天井までふさぐ．床はコンクリート上に厚さ2mm，30cm角のPタイル板を貼る．隔壁には間口0.9m，高さ2.1mの合板扉が3本あり，厚さ5mmの合板2枚を空間をおいて巾5cmの箱形にする．西側は間口0.9m，高さ2.1mの鉄扉が1本あり，厚さ1mmの鉄板2枚を巾4cmの中空箱形にしたものである．窓は南北両壁に4面づつあり，1面の大きさ1.2×1.6(m²)，3mm厚のガラス入アルミサッシである．地袋は奥行0.5m，高さ0.8mで北側窓下枠に沿って全長にあり，合板の引戸がついている．他は全部コンクリート打放しの上，白色ペイントで表面を塗装する．

備品は大きさ5.5×1.3(m²)と1.5×1.0(m²)の大小の黒板1面づつと，小黒板と同じ大きさの掲示板1面，ラワン材で長さ，高さ，奥行2.3×1.8×0.4(m)の戸棚が1本ある．実験台は長さ，高さ，巾が1.8×0.8×0.9(m)の棚板付で天板に厚さ2mmのリノリウムシートを貼る．その他に教卓，教壇，傘立が各1個と丸腰掛36脚がある．

(b) 200号室

東側隔壁は300号と同じ合板であるが，内側合板は開

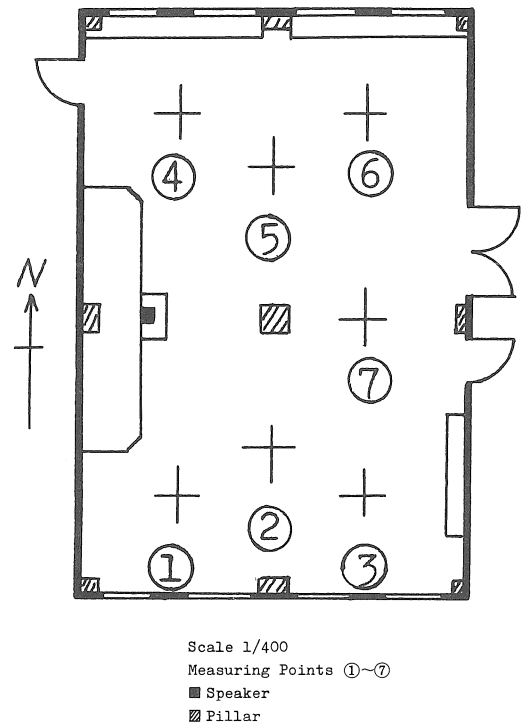


Fig.1 Plane Figure Register Speaker Position and Microphone Set Points

孔率4%，厚さ5mmで中間にグラス・ウールを充填する．隔壁にある3本の合板扉も同様である．西側鉄扉は300号と同じ，天井は前に述べた如く頂面より0.5m下った処に防火吸音テックスを張る．床は剛床の上に厚さ2mmのリノリウムシートを貼る．地袋は300号と同じ．窓ガラスも同じであるが，全面にやや厚手のカーテンを取付ける．その他300号で露出していた壁，柱のコンクリート面は，その上に4.5cmの空間をおき，グラス・ウールを充填し，その上を隔壁と同じ開孔率の合板でおおう．

2) 機器の配置

スピーカの位置やマイクの移動点7ヶ所はFig.1に示す．①③④⑥は室の各壁より2mの交点，②⑤は南・中央・北柱の中点，⑦は中央・東柱の中点である．スピーカの高さは床上1.45mあるので，マイクもこれに合せ三脚に立て移動した．この高さは天井と床のほぼ中間になる．測定器は常に2台の実験台上に置き，測定者も2人に限定した．各機器の接続はFig.2に示す．

(3) 各測定値

1) 音源用スピーカの周波数特性

総ての調査に先だって音源用スピーカの特性を調べた50年5月25日，晴，室温20°C，湿度70%，200号で発振

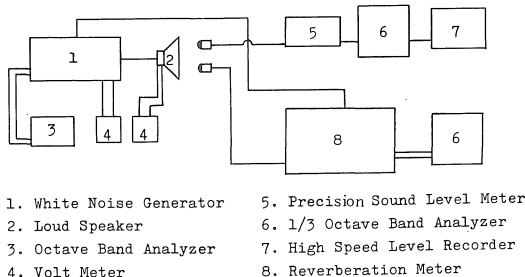


Fig.2 Block Diagram of Measuring System

器出力0 A, 1 V Aで音を放射し, スピーカ正面 / m の距離にマイクを立て 1 / 1 O F を通し O B L の音圧を測定した。Fig 3 はそのときの音圧レベルの記録である。これでわかるように 1 ~ 4 K Hz が異状で低い。是れは高音域のスピーカ・コーンが十分に作動しないか, または室内の吸音量に依るかいずれかと思われる。

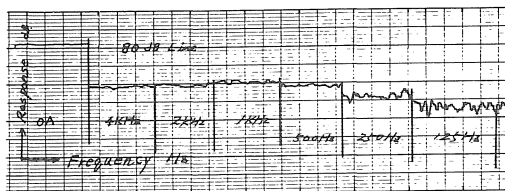


Fig.3 Transmission Frequency Characteristics of Speaker in No 200 Room

2) 発振器の周波数特性

1) に引き続き発振器だけの特性も調べた。測定器の接続を上記 1) のままにし, 一部の測定器を取りはずし, 残余機器の調整を 1) と同一にして, 発振機を作動した。Fig 4 は記録計の音圧レベルである。図から周波数特性は正しく O B L で 3 dB づつ変化していることが判った。

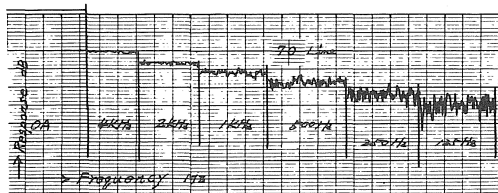


Fig.4 Transmission Frequency Characteristics of Generator

3) 200号室の暗騒音

BERANEK は教室の望ましい騒音限度は NC 25~30 であると推奨している。最近の各種データによると, 200 ~ 300 (m²) の教室の騒音許容量は, NC 35 までである。50年 6 月 9 日 (月) より 14 日 (土) までの 6 日間 1.2 限

のカーテンを開いた時の S P L は 43dB (A) で, NC 30 に相当する。土曜の午後は平均 36dB (A) で, これは NC 25, 休日はそれ以下と思われる。したがって実験時の暗騒音は S / N 比でどの周波数帯でも 30dB 以下になる。このように室内の普通程度の騒音では実験が妨害されることはまずないと確信できた。なお 300 号も 200 号と殆んど相違はなかった。

4) 両室の表面積と容積

Tab. 1 に両室の表面積と容積を示す。200 号, 300 号の場合は V / S は 0.7 ~ 0.8 であるが, 普通レストランや小ロビー, 小音楽室はこの比は 2 程度, オーデトリウムでは 3 以上ある。300 号のコンクリートの表面積は 173 m² で, 全表面積の 51% にあたる。200 号では吸音・防音処置のためコンクリート面は外部から全く見られない。

	表面積 S (m ²)	容積 V (m ³)
300号室	337	262
200号室	294	217

Tab.1 Total Volume & Surface Area of Both Rooms

5) 両室の平均音圧測定

(a) 300号室

実験台 2 台と 12 台の場合

測定日 50 年 7 月 11 日, 曇, 室温 26°C, 湿度 80%, 発振器の出力端子電圧 O A で 4.9 V にし, スピーカより信号を出す。受音側は次のように調整する。

Response Time は Slow, Pen Speed は 0.2 S / 50 dB Paper Speed は 3 mm / s,

測定点①より⑦までの 7 ヶ所ともマイクを東西南北の 4 方向にして測定し, その平均値を求めた。Tab. 2 にその値を示す。

(b) 200号室

実験台 12 台カーテン開と閉の場合

測定日 50 年 7 月 18 日, 曇, 室温 29°C, 湿度 72%, 測定方法と同条件は (a) と同じ。測定値を Tab 3 に示す。

なお, 室内音圧を計算によって確めた。一例に 200 号, ②⑤の 500 Hz の伝送周波数定常音の O B L について吟味する。Tab 3 で明らかのように, スピーカの入力端子電圧は 0.28 V である。スピーカのインピーダンスは 8 Ω, このときの音源より 4 m 離れた地点のエネルギー P は 4.8×10^{-5} ワット / m² となる。

200 号の S = 294 (m²), 500 Hz の平均吸音率 = 0.23 であるから計算値 P を用いると音圧 L = 64.5 (dB) となる。

Fab 2 Average Band Pressure Levels in No. 300 Room

(Hz)	1 2 5		2 5 0		5 0 0		1 K		2 K		4 K		0 A	
発振器出力電圧 (V)	0.20		0.28		0.40		0.52		0.75		0.90		4.90	
スピーカ入力電圧E (V)	0.10		0.16		0.28		0.35		0.53		0.73		3.40	
実験台数	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12
測定点① (dB)	60.4	60.8	57.3	58.8	61.1	62.2	60.8	63.0	61.0	63.1	60.1	62.5	73.0	74.4
② (dB)	60.4	60.8	57.3	58.8	61.1	62.2	60.8	63.0	61.0	63.1	60.1	62.5	73.0	74.4
③ (dB)	57.3	58.0	57.3	57.4	61.3	62.0	61.9	63.2	60.9	62.6	59.6	62.2	72.8	74.1
④ (dB)	57.5	58.0	58.7	59.4	60.8	59.6	61.8	62.4	61.0	62.4	59.8	60.5	73.1	72.9
⑤ (dB)	58.0	60.5	58.3	58.9	60.4	61.3	60.9	62.4	60.6	61.8	59.6	60.9	72.3	73.3
⑥ (dB)	57.3	58.0	57.3	57.0	61.3	62.0	61.9	63.2	60.9	62.6	59.6	62.2	72.8	74.1
⑦ (dB)	57.5	58.0	58.7	59.0	60.8	59.6	61.8	62.2	61.0	62.4	59.8	60.5	73.1	72.9
R (dB)	3.1	2.8	1.4	2.4	0.9	2.8	1.1	1.0	0.4	1.3	0.5	2.0	0.8	1.5
\bar{x} (dB)	58.3	59.2	57.8	58.5	61.0	61.3	61.4	62.8	60.9	62.6	59.8	61.6	72.9	73.7
u (dB)	1.87	2.10	0.48	1.14	0.11	1.40	0.34	0.18	0.02	0.17	0.05	0.86	0.08	0.56
音圧レベル差 (dB)	0.9		0.7		0.3		1.4		2.7		1.8		1.8	

Tab. 3 Average Band Pressure Levels in No. 200 Room (Table 12)

(Hz)	1 2 5		2 5 0		5 0 0		1 K		2 K		4 K		0 A	
スピーカ入力電圧E (V)	0.10		0.16		0.28		0.35		0.53		0.73		3.40	
カーテンの開閉	閉	開	閉	開	閉	開	閉	開	閉	開	閉	開	閉	開
測定点① (dB)	52.3	52.0	52.3	52.5	60.6	61.6	60.3	60.3	60.2	61.6	60.3	61.5	72.3	72.8
② (dB)	52.3	52.0	52.3	52.5	60.6	61.6	60.3	60.3	60.2	61.6	60.3	61.5	72.3	72.8
③ (dB)	55.3	56.1	54.1	54.5	59.8	60.1	60.9	61.4	62.0	63.2	60.0	61.9	72.6	73.5
④ (dB)	53.8	53.6	53.5	53.8	57.2	57.6	59.6	61.9	61.0	61.3	60.0	60.6	71.7	72.3
⑤ (dB)	55.6	55.3	53.3	51.9	58.2	58.9	59.5	60.9	60.0	60.4	58.5	59.5	71.8	71.3
⑥ (dB)	55.3	56.1	54.1	54.5	59.8	60.1	60.9	61.6	62.2	63.2	60.0	61.9	72.6	73.5
⑦ (dB)	53.8	53.6	53.5	53.8	57.2	57.6	59.6	60.6	61.0	61.3	60.0	60.6	71.7	72.3
R (dB)	3.3	4.1	1.8	2.6	3.4	4.0	1.4	1.6	2.2	2.8	1.8	2.4	0.9	2.2
\bar{x} (dB)	54.1	54.1	53.3	53.4	59.1	59.6	60.2	61.0	61.0	61.8	60.0	61.6	72.1	72.6
u (dB)	1.83	3.20	0.57	1.10	2.32	2.83	0.37	0.41	0.79	1.08	0.41	1.11	0.17	0.60
音圧レベル差 (dB)	0		0.1		0.5		0.8		0.8		1.6		0.5	

これに対し実測値は59.4 (dB)である。この差は本実験に $\frac{1}{3}$ OFを使用したことに依るのであって、 $\frac{1}{1}$ OF使用の場合に換算すると実測値は計算値と殆んど変わらぬことが判った。

Tab.2の実験台12台と、Tab.3の同じく12台、カーテンを開いた場合を比較した図をFig.5に示す。図を見ると吸音・防音処理施工のある200号は300号より遥かに

平均音圧が低い。

(c) 実験台の影響

300号の実験台12台と2台の差10台分天板・棚板の総面積は25(m²)で、床面積の32%にあたる。Fig.6はこの両方の場合の音圧を示す。僅かであるが実験台が少ないと室内音圧は低い。やや矛盾しているようであるが、これは台の天板によって、それより高い部分の音響エネルギー

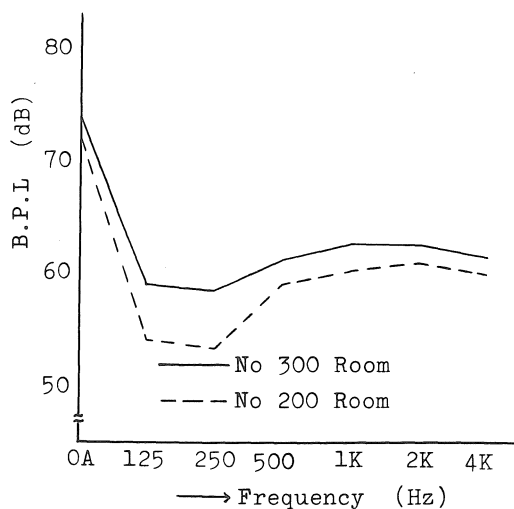


Fig.5 Comparison of Average BPL in Both Rooms

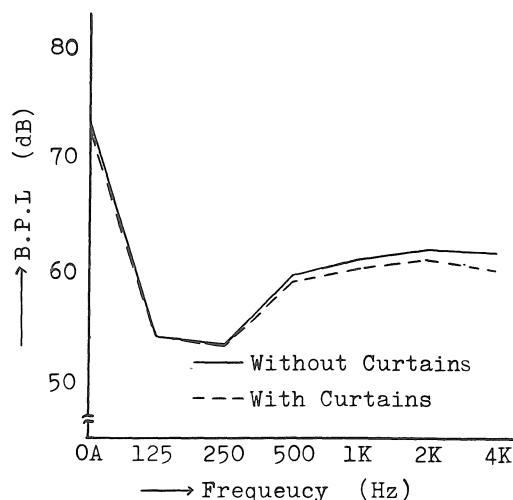


Fig.7 Comparison of Average BPL in No 200 Room

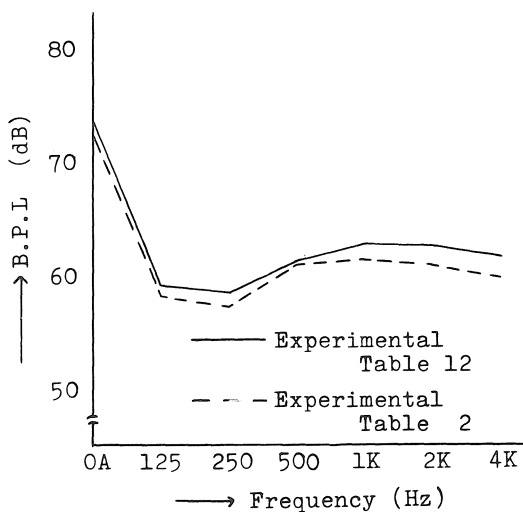


Fig.6 Comparison of Average BPL in No 300 Room

ギーが高まり、音の拡散が阻害されたためである。

(d) カーテンの影響

200号は全窓にサラン地のカーテンがある。閉じたときひだの高さ0.1m、ひだのピッチ0.1m、ガラスとひだの中央との寸法0.1m、閉じた状態でカーテンの広さ、 1.3×1.9 (m²)、アルミサッシ窓枠よりやや大きい。これは周囲の壁面積の28%にあたる。カーテンは反射音を吸収するので室内音圧を低くする。この効果は低音域より高音域の方が大きい。200号のカーテンの開閉による差を Fig. 7 に示す。

6) 室内音圧分布

スピーカ位置をそのままとし300, 200号の床を1m間隔に基盤の目に刻み、その交点で中心周波数500Hz, 1KHz, 2KHz, 0Aの伝送周波数定常状態の音圧を調べた。Fig.8は300号の、Fig.9は200号の等音圧曲線図である。図中に示す数字は0Aの70dBをOとしたOBLの相対音である。自由空間では点音源からの距離が2倍になるとその位置の音圧は、はじめのそれより6dB減衰するが、室内は反射音の程度により減衰量は異なる。Fig.10はFig.8およびFig.9の0A時のAA断面に沿った音圧の減衰を、スピーカからの距離で描いたものである。また同図に学生の座席の範囲も示す。

7) 両室残響時間の測定

(a) 300号室

実験台12台の場合、測定日50年8月22日、晴、室温30°C湿度72%、調整をResponse TimeはFast, Pen Speedは0.05s/50dB Paper Speedは100mm/sにする。

測定点①～⑦の7地点でマイクを方向を東西南北の4方向で測定する。その平均値を残響時間Tの値とした。単位は秒。Tab.4に示す。各バンド毎の発振量出力は持続音時の発振器出力端子電圧で調整した。

なおFig.11に各測定点の中心周波数別ブラウン管上の残響映像を写真で示す。残響時間は正規分布をするものと考えられるが、低周波・中周波の時間はバラツキが割合に多かった。

(b) 200号室

実験台12台の場合、測定日50年8月26日、晴、室温30°C、湿度72%、測定方法と同条件は上記(a)と同じ。

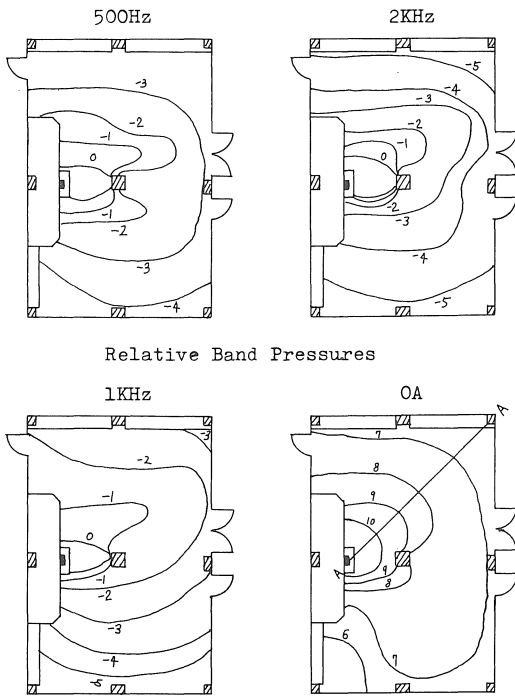


Fig.8 Distribution of Band Levels in No. 300 Room

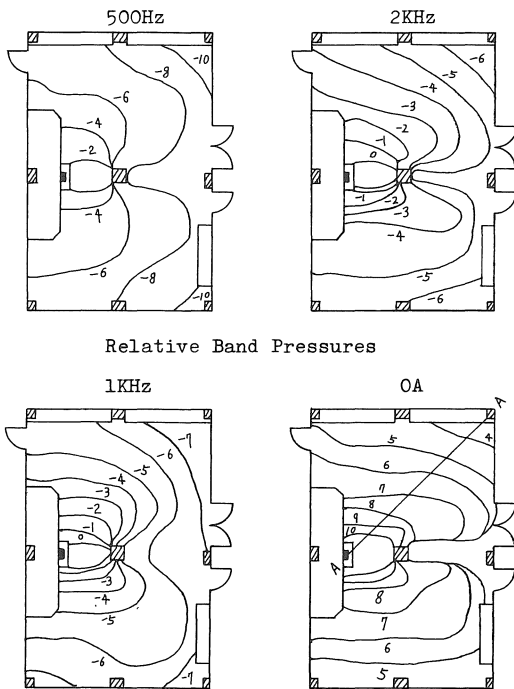


Fig.9 Distribution of Band Levels in No. 200 Room

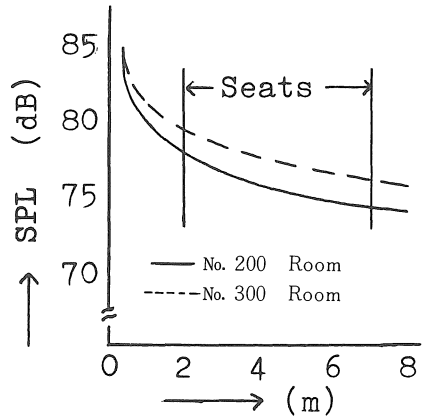


Fig.10 Distance from Speaker

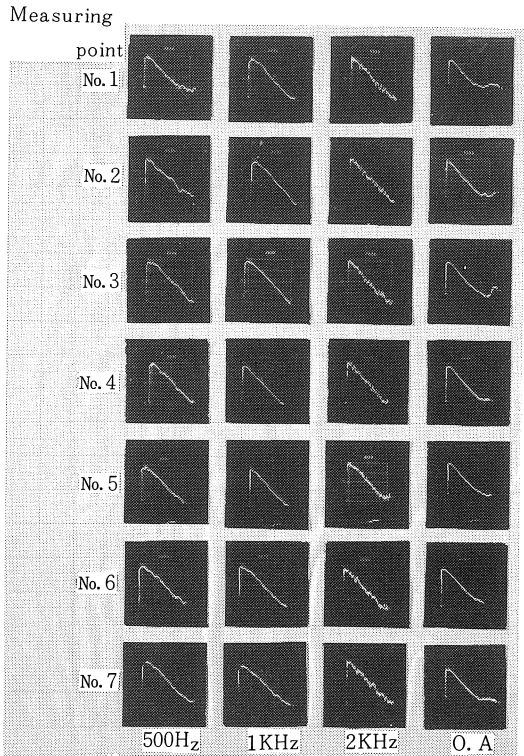


Fig. 11 Reverberation Declining Curves of No. 300Room

残響時間を Tab.4 に示す。なおブラウン管の映像写真は Fig. 12 に示す。

8) 両室の $\alpha \cdot A \cdot R$ の値

室の平均吸音率を α ，吸音力を $A \text{ m}^2$ ，室定数を $R \text{ m}^2$ とする。実験台12台の場合

(a) 300号室

Tab.5 を参照

Tab. 4 Reverberation Times in No. 300 Room and No. 200 Room

(Hz)	1 2 5		2 5 0		5 0 0		1 K		2 K		4 K		0 A	
発振器出力電圧 (V)	0.20		0.28		0.40		0.52		0.75		0.90		4.90	
室 番 号	300	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300	200
測 定 点 ① (dB)	2.25	0.85	1.40	0.65	1.30	0.52	1.20	0.70	0.85	0.77	0.91	0.81	1.30	0.81
② (dB)	2.30	0.87	1.40	0.65	1.25	0.53	1.20	0.71	0.86	0.77	0.94	0.81	1.35	0.82
③ (dB)	1.93	0.88	1.38	0.64	1.35	0.53	1.10	0.71	0.87	0.77	0.93	0.77	1.30	0.81
④ (dB)	1.88	0.86	1.40	0.69	1.43	0.53	1.23	0.72	0.86	0.78	0.82	0.77	1.30	0.82
⑤ (dB)	2.10	0.90	1.60	0.71	1.43	0.53	1.13	0.71	0.82	0.79	0.85	0.77	1.30	0.81
⑥ (dB)	2.13	0.90	1.38	0.71	1.40	0.53	1.20	0.71	0.82	0.79	0.87	0.78	1.20	0.81
⑦ (dB)	2.15	0.90	1.50	0.63	1.35	0.46	1.10	0.69	0.90	0.78	0.97	0.78	1.30	0.81
R	0.42	0.05	0.22	0.08	0.18	0.07	0.13	0.03	0.08	0.02	0.15	0.04	0.15	0.01
\bar{x}	2.11	0.88	1.44	0.67	1.36	0.52	1.17	0.71	0.85	0.78	0.90	0.78	1.29	0.81

Measuring

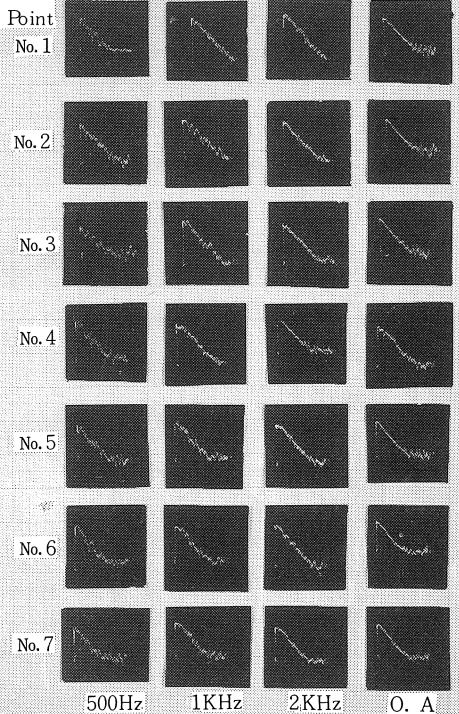


Fig. 12 Reverberation Declining Curves of No. 200 Room

(b) 200号室

Tab. 6を参照

Tab. 5, 6を図にしたのが Fig. 13と14である。Fig. 13は吸音力と室定数で Fig. 14は EYLING の平均吸音率である。300号と200号を比較すると、1 KHz 以下では両図とも300号は200号の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の値であり、反対に残響時間は2～3倍になっている。これにより200号の低・中音域の吸音・防音処理の効果は十分あがっている

Tab. 5 Calculated Values of No. 300 Room

(Hz)	125	250	500	1K	2 K	4 K	0 A
残響時間 T	2.11	1.44	1.36	1.17	0.85	0.90	1.29
SABINEの $\bar{\alpha}$	0.06	0.09	0.09	0.11	0.15	0.14	0.10
EYLINGの $\bar{\alpha}$	0.06	0.09	0.09	0.11	0.14	0.13	0.10
吸音力 A	20.2	30.3	30.3	37.1	47.2	43.8	33.7
室定数 R	20.3	33.3	33.3	41.7	54.9	50.3	37.4

Tab. 6 Calculated Values of No. 200 Room

(Hz)	125	250	500	1 K	2 K	4 K	0 A
残響時間 T	0.85	0.64	0.51	0.69	0.76	0.76	0.80
SABINEの $\bar{\alpha}$	0.14	0.17	0.23	0.18	0.15	0.15	0.16
EYLINGの $\bar{\alpha}$	0.13	0.16	0.21	0.17	0.14	0.14	0.15
吸音力 A	38.2	47.0	61.7	50.0	41.2	41.2	44.1
室定数 R	43.9	56.0	78.2	60.2	47.9	47.9	51.9

ことが判かる。しかし高音域については、十分とは言えない。

9) 反 響

音響実験の妨げとなるものにエコーがある。エコーの大きさや数、それに発生する時刻や継続時間は受音の場所により異なる。この実験は短音の純音を用いた。Fig. 15は両室とも室の中央⑥で測定したブラウン管の映像写真である。125 Hz は100 ms 発振して停止したもの、250 Hz は同じく50ms 発振し、500 Hz は25ms 発振して停止したものである。125 Hz について述べると200号は反射音が直接音の過渡減衰と一致してエコーはないが、300号では弱い2つみられる。250 Hz では矢張200

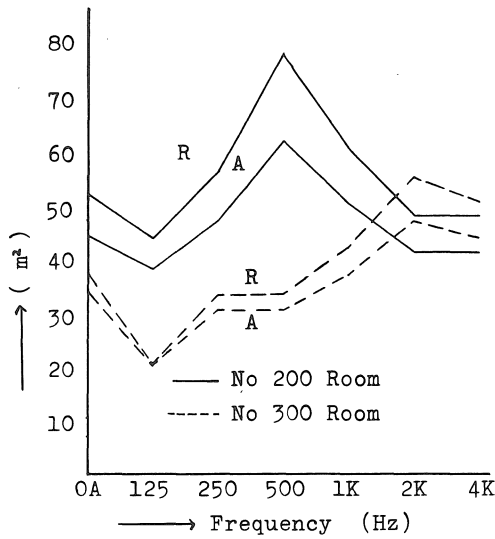


Fig.13 Sound Absorption and Room Constant

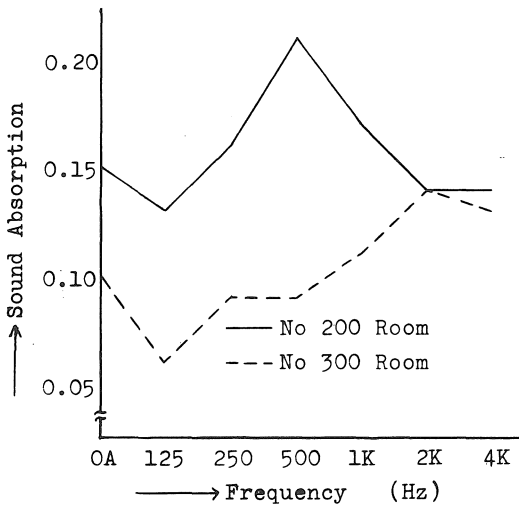


Fig.14 Average Sound Absorption Coefficient

号にはないが、300号では2つある。500 Hz については両室とも見られない。このように300号は弱い小さな反響が聞える。

3. 結論

各数値の調査結果を次の順で考察した。

(1) スピーカと発振器の伝送周波数特性

音源に用いるスピーカは無指向性がよい。今回使用のものは、やや大型の家庭用である。スピーカの200号における指向特性は特に調べなかった。しかし伝送周波数特性は Fig. 3 で明らかなように、高音域用コーンの音圧が低い。これが総ての実験値に悪影響した。また 4 K Hz ではマイク特性もやや低くなるので余計に音圧を低

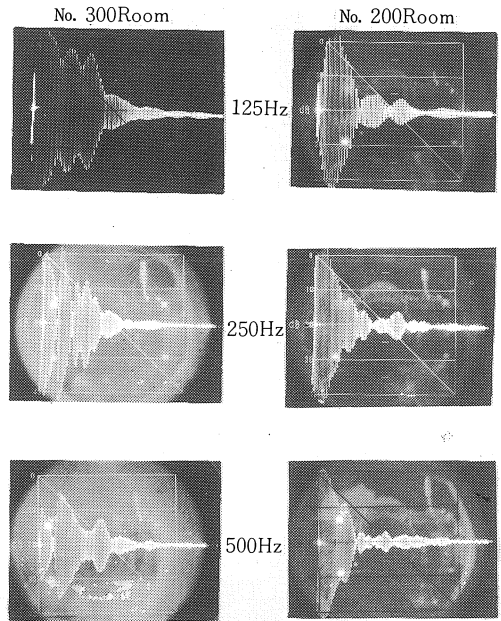


Fig. 15 Echo Time Patterns by Pure Tone (Mic Position 5)

くする原因となった。今後は無指向性のスピーカを用いることが肝要と思う。

発振器については夏期室温30°C以上のとき、出力の安定性に欠けることが判った。機器を筐体より取り出し、扇風機で放冷しなければ出力の安定はできなかった。このように温度や湿度による誤差は HARRIS の伝送空気減衰論以上のものがあつた。

これも温度や湿度による変動の少ない発振器にて測定することが必要である。

(2) 暗騒音

社会学分科の建物は二方が4階屋上より高い、奥深い山林に囲まれ誠に静寂である。50年10月より自動車の学内乗入れが制限されたので館外の騒音は、強風時の風の音と時々通過する航空機の音、それに南窓より侵入する放課時の学生の喊声のみである。アルミサッシ窓の遮音は各バンドで隙間を含め大体15dB程であるから、上に述べた騒音さえなければ室内への影響は殆んどない。

一方館内の騒音は学生の階段の昇降や廊下の歩行による音と振動音、各教室扉の開閉音である。しかしこれとて10分間の放課に限られ隔壁や防音処理で余程緩和されている。以上の僅かの時間をさければ200号も300号も暗騒音は音響実験に心配ない。

(3) 室内の音圧

測定点①④と③⑥の音圧の平均値に差が生じたのは①または④と、③または⑥との間に前者はスピーカより4

m, 後者は6mの距離があること。前者はスピーカの主軸に対し81度の偏位角が, 後者は42度の偏位角があり距離減衰によるものと, 性質の相反するスピーカの指向特性によるものとが混合した結果による。また⑦は柱の陰で音圧は低い。

次に Tab.2 と 3 において

平均音圧…… \bar{X} 偏差平方和………S
群の数………n 不偏標準偏差………u
測定回数は14回 n=14

$$S = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

$$u = S/\phi \quad \phi = n - 1$$

uの値が小さい程①より⑦の各測定点のバラツキが少なく, 室内の音圧が平均化していることを示す。即ち音圧が十分に拡散していることを証明する。特にuの値が200号よりも300号の方が小さい。これは300号の拡散が200号よりよいことを示す。また300号で実験台12台と2台の場合を比較すると, 2台の方がuの値から音圧が均一していることも判る。同様に200号ではuの値からカーテンを閉じた方が音圧は均一化していることも判る。

(4) 音 圧 分 布

300号, 200号の等音圧分布曲線図 Fig.8, Fig.9 および Fig.10 の直線 A A 断面について考えてみる。学生の腰掛位置で300号は高い方が79dB, 低い方が76dB であり, 200号は78dBから74dBである。300号の最前列と最後列の音圧差は3dBで, 200号は4dB である。これは300号は反射音で空内が均一化し, 200号は吸音で十分な反射音が得られないことを示す。それだけ200号の講義は大きな声が必要である。分布図から中央の柱の陰の部分は音圧が甚だ低い。黒板が見えないばかりでなく, 講義の声も聞きにくい。

(4) 残 響 時 間

この測定法に SCHROEDER の理論に基づく方法もあるが, 敢て現場に則したこの形式を選んだ。200~300 (㎡) の教室の T の値は, 500Hz で SABINE や BERANEK は約 0.5 秒が適当であると提唱している。また KNUDSEN や HARRIS は 125Hz ~ 4 KHz の T の平均値は 0.7 秒と言っている。実験の結果200号は500Hz で 0.51秒, 125Hz ~ 4KHz の平均は 0.72秒となった。また SABINE は 250Hz は 500Hz の T の 1.2 倍, 125Hz は 1.5 倍がよいと言っている。これもその値に近い。従って200号の吸音防音処理施工は一応設計通りの成果が得られ300号と大きな相違を示した。

(6) 周波数別吸音率

低・中音域について, 300号と200号の吸音率に大きな差を生じたのは, 天井の吸音施工によるものである。天井は剛壁との間に0.5mの空気層をおき, 厚さ10mm30cm角の不貫通孔付防火吸音テックス板を張った。これが波長の長さとはほぼ一致し, 振巾の腹が摩擦抵抗減衰に大きく役立った。これに引きかえ高音域の吸音効果の少ないのは, 前に述べた通り機器に欠点はあったが, 1つは壁・柱のグラス・ウールの量と配分が不十分, 不均一であったこと。2つには合板の開孔率4%が少なかったこと。3つには窓・扉・隔壁の建具の隙間やひずみが多かったことなどである。工事費の制約もあったと思うが, 施工がやや雑であった。以上指摘した点が補修されれば高音域にも多くの効果が期待できたと思う。

(7) 純音の試行

これまでの総ての資料は白色雑音を用いた場合であるが, 残響時間の測定に純音の短音を用いて試行してみた。Tab.7は測定日, 50年11月13日, 曇, 室温16°C, 湿度60%, 実験台12台のもとで窓・扉を閉じ, カーテンを開いたときの200号300号の測定点⑤のTの秒時である。表中の継続時間は短音の発振秒時である。

次に200号に定員36名の学生を入れ, 教室の⑤地点で OBL の純音による T の値を測定し, 空室の場合と比較した。Fig.16はその図である。学生は全員丸腰掛に坐った場合である。彼等が全員立つと T の値はさらに少なくなることも判った。白色雑音の O A で空席時は T = 0.80 秒, 満席時の坐った場合 T = 0.55 秒, 全員が起立すると T = 0.43 秒と大きく変化した。大人多数の吸音力は非常に大きいことが判った。

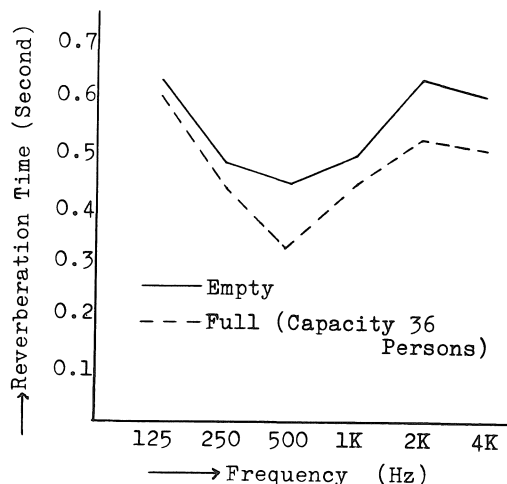


Fig.16 Comparison in No 200 Room
(Pure Tone) Mic Position 5

Tab. 7 Reverberation Times by Pure Tone

(Hz)		125	250	500	1 K	2 K	4 K
継続時間	(m S)	100	50	25	10	5	5
残響時間 (S)	300号室	1.50	1.40	1.10	0.98	0.80	0.65
	200号室	0.63	0.48	0.44	0.49	0.63	0.60

4. むすび

本研究により300号, 200号の音響に関する各種の数値が明らかになった。この結果音響特性は300号に比べ200号が一段とすぐれていることが明瞭となった。室の吸音・防音処理施工も大体設計時の目標に近い値になった。唯吸音率が高音域でやや不足になったことは、意外とするところでその理由については3. 調査(6)周波数別吸音率で述べたが、未だ的確な解決はできていない。しかし今後室の窓・扉や隔壁などの隙間を考慮した遮音性能を調査すれば、この因果関係は解明できると思う。次回はこの点を深く研究したいと考えている。

参考文献

1. 日本音響学会論文集 Oct. 1974
85~92頁 Oct. 1975 89~91頁
2. 日本建築学会編 騒音防止設計
3. 守田 栄著 騒音と騒音防止 オーム社
4. 伊藤 毅著 音響工学原論(下) コロナ社
昭45年6月版 616~617頁
5. 二村・奥田・城戸・曾根著 オーム社
電気音響工学II 133~137頁
6. 五十嵐寿一著 音響と振動 共立社
90~97頁