

て裏面の抵抗は充分小さい。

- ii) 實驗誤差の範囲内で  $r$  は  $I$  によらない。即ち ohmic である。(  $r$  が極めて大きくて、僅かに ohmic でない資料が1箇あつた。)
- iii) 針を鑛石表面上の何所におくかにより、またその壓力に依り main の針と鑛石との間の特性は千差萬別に極めて甚だしく變化するが  $r$  は大體1つの資料については常數である。

以上の結果からこゝで用いた sample では裏側の接觸は充分よく、測定された諸現象は針との間の接點本來のものであらうと考えられる。他にプレーバート式でなくて、通常の檢波器の容器に組みこんだ鑛石の裏側の接觸をしらべて見た。埋めこみの時少し注意して、鑛石がその表面の中央部のみを除いてはスッポリとハンダの中に入っているものは殆んど皆裏側の接觸は完全であつて、大體 0.5~10 ohms の程度に過ぎずこれは針の spreading resistance  $R_s$  の1部に繰り入れて考えて實際上差支えない。

### 9. 結 語

以上の實驗から鑛石檢波器は針がおかれる鑛石表面上の場所に依つて整流方向が逆になる事がある。また方鉛鑛等では數メガサイクルに於て印加する電波の周波數及び振幅によつて整流方向が逆轉するものがある。これらは檢波器の靜特性とも考え合せて、接點に互に整流方向が逆でしかも各々異つた周波數依存性をもつ二つの機構が共存すると考えれば説明し得るものである。しかしそれらが carrier が障壁を通過する機構を異にするものであるか(例へば小林秋男氏<sup>9)</sup>が溫度に依つて整流方向が逆轉する現象を説明するために用いられた Mott 型と Wilson 型の共存か)、符合の

異なる carrier (電子と正孔等)の共存か、或は今までのモデルの取方を全然變えなければいけないのかは、これから後に殘された問題であらう。これらの特性が溫度に依つてどの様に變化するかを檢べる爲に、現在その準備中である。

終りに臨み常に懇切なる御指導及び御配慮を頂いた熊谷寛夫教授に心からの感謝を捧げる。感度分布を認べる事の可能性を實驗に依つて示された故佐野由信君に、また感度地圖の測定、製圖其他に多大の御協力を頂いた林巖雄氏に、その他多くの方々の御援助に對して厚く感謝の意を表する。

### 文 獻

- 1) 熊谷寛夫, 霜田光一, 飯尾慎, 湯原次郎: 物理學會誌, 2 (1947) 176.
- 2) 霜田光一氏(現在東大理學部物理教室)及び林巖雄氏(理工研)がアメリカの 1N 型に似てそれよりやゝ大型のものに改良した。
- 3) 當時東大理學部物理學科學生で、熊谷助教授のもとで學生實驗中であつた。
- 4) 阿部英太郎: 理工研報告, 3 (1949), 195.
- 5) 林巖雄, 阿部英太郎: 理工研報告, 3 (1949), 127.
- 6) B. Goodman, A. W. Lawson and L. I. Schiff: Phys. Rev. 71 (1947), 191.
- 7) A. H. Wilson: Proc. Roy. Soc. London. A, 136 (1932), 487.  
W. E. Meyerhof: Phys. Rev. 71 (1947), 727.
- 8) W. H. Brattain and J. Bardeen: Phys. Rev. 74 (1948), 231.
- 9) 小林秋男: 東芝レビュー, 1 (1946), 65.

## 殘響法による吸音率の決定について

五十嵐 壽一

### Determination of the Absorption Coefficient of Sound by the Reverberation Method.

By Juichi Igarashi

ABSTRACT: The sound absorption coefficients which were reported hitherto are not definite owing to the condition of the reverberation chambers. When we choose the reverberation method for the determination of the coefficient, we must realize the uniform sound field in the room. To eliminate the effects of the normal modes of the room, the author used the

thyratron noise as a sound source, and the non-uniformity of the distribution of the wall materials was taken into account in the reverberation formula. The experiments were pursued in a concrete box of rectangular form.

The coefficients thus determined were compared with the average values that were averaged with respect to the angle of incidence and which were calculated from the normal coefficients. The author emphasizes also that the average values of the coefficients thus determined are applicable to architectural engineering.

(1949年9月21日受理)

## 1. 緒言

室の音響的性質を支配するものとして、壁の材料の吸音率が重大な役割を演ずることは當然であり、音響設計にあたり、壁の材料の吸音率を定めることが必要となつてくる。一般に残響法による場合は、室の条件、資材の大きさによつて測定された吸音率に甚だしい相違を生ずる。<sup>1)</sup>これについては色々議論されてゐるが、結局室の固有振動による定常波及び室内に異なる吸音率の物質が配置されてゐる爲に生ずる音の不均一分布がその主なるものである。実際に観測された残響曲線を見ても、それは非常に複雑な形をしてゐて、到底音が均一分布してゐると思はれない。然るに残響曲線から吸音率を求めるには、音のエネルギーが完全に對数的に減衰するものと假定して、曲線からエネルギーが百萬分の一になる時間即ち残響時間、 $T$ を決定する。これから例へば Sabine の式<sup>2)</sup>

$$T = KV / \sum S_i \alpha_i \quad (1)$$

$K$  : Const.  $V$  : 體積.  $S$  : 表面積,

によつて吸音率 $\alpha$ を求めるのであるが、この式は恒に音が室内に均一分布をして減衰すると考へた場合の式であつて、當然不均一分布の場合にはそのまゝ適用出来ないわけである。残響法では音を均一分布にする爲に平行な壁面を避け、空氣を扇風機で攪拌する等のことが必要となつてくるのであるが、純音又は狭い範圍の震音を使つたのではなかなかこの條件は満足されない。又攪拌することによつて観測値が大分異なることも報告されてゐる。又一方残響は音源によつて勵起される固有振動の減衰の重疊したものであることが、理論的にも實驗的にも確かめられてゐる。<sup>3)</sup>つまり残響は室の固有振動の分布即ち室の形状、大きさに著しく左右されるわけである。室の固有振動の總數<sup>4)</sup>(或る周波數 $\nu$ 迄に存在する)は大體  $V(\nu/c)^3$  に比例すると考へられるので、残響を多くの固有振動の減衰の平均として観測する爲には、 $V$ が大きいか、周波數が高いことを必要とする。故に周波數が低い場合の吸音率を測定

するには、残響室として非常に大きい室が必要となつてくる。

Morse の波動理論<sup>5)</sup>では固有振動を考慮に入れて残響式を導いてゐるがこれは室が直方體で而も吸音率が小さい場合の式であり極めて複雑で、一般に應用することは可成り困難である。故に室の設計に必要な吸音率の決定に當つては、測定室の固有振動の影響をうけないようにしなければならない。このためには出来るだけ多くの固有振動を勵起して、一つ一つの固有振動の影響が現れないようにすることが必要である。そこで著者は音源としてサイラトロン雑音を適當なバンドに區切つて用ひることにした。周波數分析をして見ると、サイラトロン雑音は少くとも 8000 サイクル迄は殆んど一樣な周波數分布をもつてゐるので、使用周波數バンド全體にわたる一樣な音源としてその範圍のすべての固有振動を勵起することが出来る。この音源を用ひれば、多くの固有振動の平均として滑かな残響曲線が観測されるわけである。

次に壁の材料の吸音率が不均一であることから生ずる音場分布を考へなければならぬ。これは残響室のように極めて吸収の少ない室の中に吸音材料を入れた場合は止むを得ぬことであつて、この條件に適合する残響式を導く必要が生じてくる。この爲に残響式の中に材料の配置による影響を近似的に取入れることにした。

かくしてサイラトロン雑音によつて測定した残響時間の値から、新しく導いた残響式によつて吸音率を決定することが出来る。

残響法による吸音率はいろいろな角度からの入射波に對する平均であつて、これを垂直入射の定常波法による値と比較する爲には、吸音率を入射角の函數として考へなければならぬ。斜入射の場合については、すでに調べられてゐるので<sup>6)(7)(8)</sup>垂直入射波に對して測定した吸音率( $\alpha_n$ )から、あらゆる入射角度の平均吸音率( $\alpha$ )を求めて、残響法による吸音率と比較して見ることにした。

## 2. 新しい残響式

今室内のある場所に出力  $P$  の音源があつて、こゝから音が輻射されてゐるとする。室は  $S_1, S_2, \dots, S_m$  の  $m$  個の壁 (各々の壁は同一平面をなし連続してゐる) よりなり、夫々の反射係数を  $R_1, R_2, \dots, R_m$  とする。但し吸音率を  $\alpha$  とすれば、 $R = (1 - \alpha)$  である。この室の平均自由路を  $p$  とすれば、音が切れてから  $p/c$  ( $c$ : 音速) の間に第1回の反射をうける音のエネルギーは、 $E_0 = Pp/c$  である。故に第1回の反射後に残るエネルギーは

$$E_1 = E_0 \sum R_i S_i / S \quad S: \text{全表面積}$$

次に第2回目の反射に際しては、第1回の反射で  $S_i$  面より反射された音は、 $S_i$  以外の面にその面積に比例する割合だけ入射するものとする。即ち第1回に  $S_i$  より反射される音の中第2回目に  $S_j$  面に入射するのは

$$(E_0 S_i R_i / S) S_j / (S - S_i)$$

故に第2回目に反射された後に残るエネルギーは

$$E_2 = E_0 \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i)$$

dash は  $i=j$  を除くことを意味する。

同様にして

$$E_2 = \sum' \sum' E_1 (S_i R_i / S) \{ S_j R_j / (S - S_i) \} \\ = E_0 \sum' \sum' (S_i R_i / S)^2 \{ S_j R_j / (S - S_i) \}$$

但し第3回の反射を考へる時は、簡單の爲に第1回の反射のエネルギーが單に面積に比例した割合で第2回の反射に寄與したと考へる。

第4回の反射後には

$$E_4 = E_0 \{ \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i) \}^2$$

従つて第  $2n$  回の反射後に残るエネルギーは

$$E_{2n} = E_0 \{ \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i) \}^{2n} \\ = E_0 \exp [n \ln \{ \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i) \}]$$

$2n$  回反射する迄に要する時間を  $t$  とすれば、

$$2n = (c/p)t$$

又  $p$  は平均自由路で統計的に  $4V/S$  ( $V$  は室の體積) であるから

$$n = Sct/8V$$

$$\therefore E_{2n} = E_0 \exp [ (Sct/8V) \ln \{ \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i) \} ]$$

残響式としてエネルギーが  $10^{-6}$  になる時間即ち残響時間を  $T$  とすれば

$$T = 2KV/S \ln \{ \sum' \sum' S_i S_j R_i R_j / S (S - S_i) \} \quad (2)$$

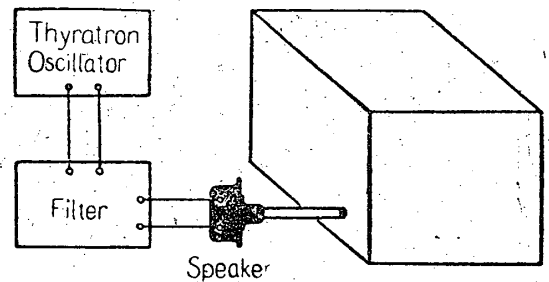
$$K = -0.162 \quad (\text{單位はメートル})$$

(2) 式を導くにあたり、 $k$  回目の反射に際しては、 $(k-1)$  回目の反射を考慮に入れ、ある面から反射されたエネルギーは次回のその面の反射には關係しない

と考へたわけで、一つの面に吸音率の大きな物質があると、均一音場の場合よりもその面に入射する全エネルギーは多くなるわけである。従つてこの新しい式で計算した吸音率は Sabine の式による場合よりも小さくなる。尙 (2) 式は一見複雑であるが、各壁面 (同一平面上にある) の大きさ測定材料のない面の吸音率がわかつてゐれば豫め室の常數として計算しておくことが出来て、實例について後で述べる様に (2) 式は非常に簡單になる。

## 3. 實驗的方法及び結果

残響による吸音率測定のためには、吸収の少ない大きな室が望ましいが、一應模型の室としてコンクリートの箱 (50×46×42 cm 厚さ 5 cm) によつて測定を行つた。装置は第1圖に示すように、音源としてはバ



第1圖

イブをつけたスピーカーを用ひ、パイプの先端を箱の壁に孔をあけて挿入する。パイプは内徑 20 mm で先端を細く絞り、中に麻綿を軽くつめて共鳴を除いてある。このようにすれば高インピーダンスの音源とすることが出来て、周波数の廣い範圍にわたり、大體一定の強度になる。<sup>8)</sup> 箱の中には小型クリスタルマイクロフォンを入れ任意の點の音壓を測定出来るようにする。マイクロフォンの出力は、増幅、整流し、電氣的置換法<sup>9)</sup> により音壓が  $1/e$  になる時間を測定する。音源としては、サイラトロン雑音を適當な周波數範圍に區切つて用ひることにした。ある周波數範圍の箱のすべての固有振動を勵起し、これをピックアップするために、音源、マイクロフォンはそれぞれ箱の相對する隅においた。先づ箱を密閉して減衰時間  $\tau$  を測れば、残響式 (1) によつてコンクリートの吸音率が種々の周波數範圍について決定される。(音壓が  $1/e$  になる減衰時間を  $\tau$  とすれば、残響時間  $T$  は  $T = 6.9\tau$  となる。) 尙この場合は全體の壁の吸音率が一樣なので新しい式 (2) を使う必要はない。

資料を入れないときのコンクリートの吸音率を種々なる周波數範圍について測定して見ると第1表のよう

になる。

第1表 コンクリートの吸音率

周波数	減衰時間 $\tau$	残響時間 $T$	吸音率 $\alpha_0$
180—5000	0.072	0.50	0.025
180—3500	75	52	24
180—2500	77	53	23
180—1800	77	53	23
180—1200	78	54	23
500—5000	75	52	24
1000—5000	68	47	26
2000—5000	63	43	29
3500—5000	55	38	33
1000—2000	70	48	26

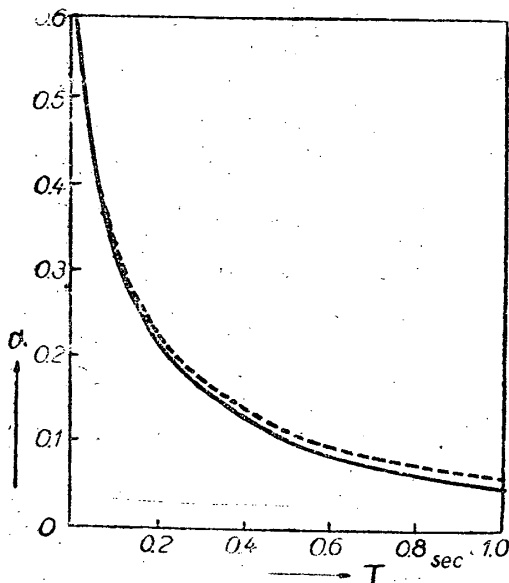
次に種々なる壁の材料の吸音率を測定するために、箱の底面をその物質で蔽い、箱を密閉して同様な実験を行つた。厚さ1cmのフェルトの場合が第2表である。

第2表 フェルトの吸音率

周波数	$\tau$	$\alpha$	$\alpha'$ (Sabine)
500—5000	0.02	0.34	0.38
—2500	0.025	0.28	0.30
—1200	0.028	0.22	0.23
1000—1800	0.022	0.32	0.34
—2500	0.020	0.34	0.38

測定した残響時間から吸音率を計算するには、前に導いた(2)式を使うのであるが、箱の體積及び各面の面積がわかつてゐるので、(2)式は次のように簡単になる。

$$\ln(0.36RR_0 + 0.64R_0^2) = -0.025/T \quad (2)'$$



第2圖

$R_0, R$  夫々コンクリート及び被測定材料の反射率(2)'から  $R_0=0.975$  として、吸音率  $\alpha$  と  $T$  の關係を調べて見ると第2圖のようになる。點線は Sabine の式による  $\alpha$  と  $T$  の關係である。

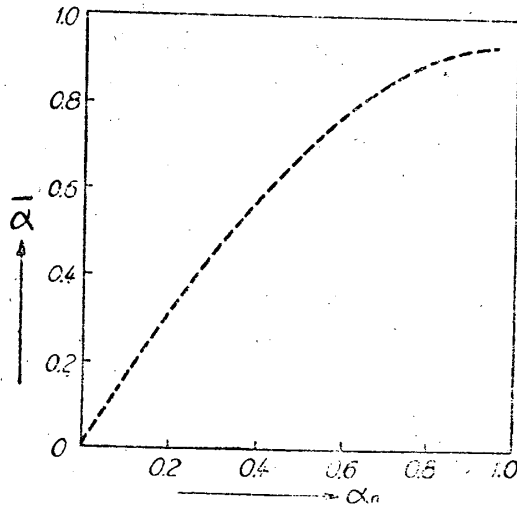
この圖からわかるように Sabine の式で計算した吸音率は(2)'式による値よりも大きく、測定室の壁の吸音率と、被測定材料の吸音率の差が大きい程誤差は甚だしい。

#### 4. 定常波法と残響法による吸音率の比較

残響法によつて求めた吸音率は、いろいろな角度から入射する音に對する値であり、垂直入射の音に對する吸音率  $\alpha_n$  とは當然違ふわけである。Paris<sup>6)</sup> はある角度で音が入射する時の吸音率  $\alpha_\theta$  と Normal Impedance  $Z_n$  との間に

$$\alpha_\theta = 1 - |(Z_n \cos \theta - \rho c) / (Z_n \cos \theta + \rho c)|$$

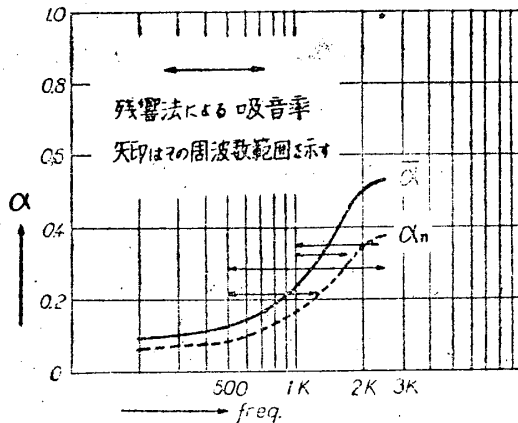
なる關係を求めてゐる。實驗的には、Hunt<sup>7)</sup> が箱のいろいろな固有振動の共鳴の幅から、又 Willig<sup>8)</sup> は屋外における測定から、上の式が實驗によく合うことを報告してゐる。又 Willig はすべての角度に對する平均吸音率を  $\bar{\alpha}$  とすれば、 $\alpha_n$  との間に第3圖のような關係があることを述べてゐる。



第3圖

そこで著者が前にフェルトについて測定した  $\alpha_n$  の曲線<sup>9)</sup>から、第3圖の點線によつて  $\bar{\alpha}$  の曲線を求めることが出来る。第4圖は  $\bar{\alpha}$  の周波數に對する曲線と残響法によつてサイラトロン雑音について測定した結果である。この圖から残響法による吸音率が大概  $\bar{\alpha}$  の周波數に關する平均値を示してゐることがわかる。

この實驗では、小さい箱を使用したので、1000 サイクル以下では固有振動が少なくなり、音の均一分布の條件が充分満されてゐないように思はれる。



第4圖

## 5. 結 び

残響法によつて材料の吸音率を測定するにあつては、使用する室の影響があらわれぬように注意しなければならない。この爲には純音又は狭い範圍の震音を使うよりも、サイラトロン雑音を適當なバンドに區切つて用ひ、出来るだけ多くの固有振動を勵起して滑かな残響曲線から吸音率を決定しなければならない。又吸音率の比較的大きな材料を測定する時にはその物質

を室に入れた爲に生ずる音の不均一分布を考慮した残響式から吸音率を求める必要がある。このようにすれば比較的小さな室でも吸音率を測定することが出来る。尙從來定常波法又は其他の方法で求めた  $\alpha_n$  は残響法によるものと著しく違ふので室の音響効果の設計には用ひられなかつたが、 $\alpha_n$  を平均吸音率  $\bar{\alpha}$  に換算することによつて、残響の計算に用ひることが出来る。

最後に御懇切に御指導賜つた佐藤孝二教授に深甚の感謝をする次第である。

## 文 献

- 1) Symposium : J. A. S. A. 11 (1939).
- 2) W. E. Sabine : Collected Papers on Acoustics (1922).
- 3) V. O. Knudsen : J. A. S. A. 4 (1932).
- 4) R. H. Bolt : J. A. S. A. 11 (1939).
- 5) P. M. Morse : Rev. Mod. Phys. 16 (1944).
- 6) E. T. Paris : Nature. 9 (1930).
- 7) F. V. Hunt : J. A. S. A. 10 (1939).
- 8) F. J. Willig : J. A. S. A. 10 (1939).
- 9) 五十嵐 : 理工研報告 2 (1948).

## Al II のスペクトルの超微細構造

諏 訪 繁 樹

## Hyperfine Structure of the Spectrum of Al II.

By Shigeki Suwa.

ABSTRACT : In order to investigate the anomalous hyperfine structure which appears in an atomic spectrum when the separations of a term multiplet are so small that they are comparable with or smaller than the hyperfine splittings caused by the nuclear spin, the hyperfine structure of Al II, the most typical example, has been studied, using an apparatus with larger resolving power than that of previous workers.

From an investigation of the lines  $\lambda\lambda 6243, 6231$  and  $6226$  ( $4^3P-4^3D$ ), the term  $4^3D$  has proved to be a typical example in which the ordinary multiplet character is strongly perturbed by the splittings due to nuclear spin, and the anomalous feature of the structure of these lines was found to be explained by the general theory. Further, the structure of the term  $4^3D$  determined from the above mentioned lines was also verified by the lines  $\lambda\lambda 4590, 4588$  and  $4586$  ( $4^4D-7^3F$ ), agreement between observed and calculated structure being satisfactory (see Fig. 5). At the same time, values of the hyperfine structure constant of the term  $7^3F_{4,3,2}$  could be determined approximately. The observed structure of the lines  $\lambda\lambda 3655, 3651$  and  $3649$  ( $4^3P-5^3D$ ) obtained so far is also briefly mentioned (see Fig. 6), although data on these lines