

生研式残響計の直視部の外観

1. 残響計に要求される諸性能

劇場、映画館、講堂等の残響特性を知ることは、その部屋の音響効果と物理的性質との関係を求め、新しい建物の設計資料を得るために極めて大切なことであり、この残響特性の測定に必要な残響計は次のような諸性能を持つことが要求される。

- (a) 残響時間と残響曲線の測定ができること。
- (b) 残響曲線の縦軸（音の強さの軸）が対数目盛であり、その目盛範囲が広いこと。
- (c) 直視型であること。
- (d) 残響音圧の指示の遅れが小さいこと。
- (e) 音源として純音、震音、ノイズ等の外に短音（パルス）が用いられること。
- (f) その他

これらの事柄について説明すると、

(a) 残響の程度を客観的に現わす一つの方法として、室内で発せられていた音が絶たれて後、音のエネルギーが次第に減衰して百万分の一になる迄の時間を残響時間と定義しているのであるが、この減衰過程は極めて複雑な形をとるのが常である。これは室内の空気が音響的に極めて多くの固有振動を持ち、音が鳴り止んだ後に、残響として多くの固有振動がそれぞれの mode で残るためであり、この残響曲線 (decay curve) の形がその部屋の音響効果と密接な関係があるといわれている。従つて残響時間の外に、この残響曲線 (残響波形の envelope) の測定ができることが残響計の持つべき第一の条件である。

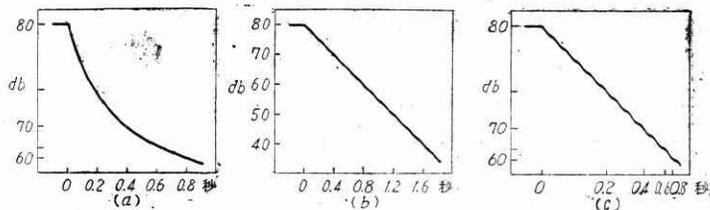
(b) 残響音は複雑な減衰をするけれども、それぞれの normal mode については対数減衰をしているはずであり、多くの normal mode を発生する様な良い音響状態の部屋では細かい凹凸はあるにしても、対数減衰の形をとる。従つて残響曲線の音の強さを現わす軸 (通常縦軸) を対数目盛にし、時間軸 (通常横軸) を等間隔目盛に

ブラウン管直視型 生研式残響計

渡 辺 要
石 井 聖 光

しておけば音圧の対数減衰に対して直線となるから、凹凸のある残響曲線もその中央と思われる位置に直線を引いて減衰率 (decay rate) を求めれば、これより直ちに残響時間を求めることができる。従つてこのような目盛りしておくことが大切な条件である。

この場合この対数目盛の範囲はできるだけ大きくして、なるべく広い範囲の減衰状態が示されることが望ましい。残響曲線を直線化するもう一つの方法として時間軸を対数目盛にする方法がある。測定器を作る立場からは、この方がはるかに簡単であるが、残響曲線に凹凸のある場合の処理が困難なことから、音の強さを示す縦軸が linear scale であるため約20db 程度以上の減衰を見ることができない等の欠点があり、前述の方法に比べると実用上可なり劣るように思われる。



第1図 残響曲線を音の強さ (縦軸)、時間 (横軸) 共に、linear scale でとつたもの(a)、音の強さを40dbの対数目盛、時間を linear scale でとつたもの(b)、音の強さを linear scale、時間を対数目盛でとつたもの(c)で、これらはいずれも 60db 減衰の残響時間が2.4秒の場合であるが、(a)、(c)では、その20db減衰の0.8秒程度しか観察できないのに対し、(b)は40db 減衰の1.6秒に渉る観察が可能である。

(c) 残響のように振動数とマイクロホンの位置により著しい変化のあるものでは、測定しながら室内の特異点を求めてゆくことがしばしば要求されるので、測定結果が直ちに解ることが必要である。従つて電磁オシログラフを用いる装置のように現象しなければ結果が出ないようなものでは不便であり、直視型であることが要求される。

(d) 残響波形の envelope を指示させる場合必ず時間の遅れを生ずることは周知のことであるが、できる限りこの遅れを小さくするためにこの部分の時定数を小さくすることが必要である。

(e) 残響測定之音源として純音、震音、ノイズ等の他に最近5~100ミリ秒の短音(パルス)が用いられる。これは震音、ノイズと同じように部屋のなるべく多くの normal mode を起させて残響曲線をなめらかにする目的と直接音、反射音等を分離して壁、天井等からの反射を観察する目的とによるものである。

(f) この外に測定の際の操作を簡単にするために調整処所をへらすと共に、できる限り自動的に操作する部分をふやして測定時の労力を少くすることが要求される。これはこの種の残響測定がしばしば現場で行われるため、実験室での測定と異り、いろいろ不便がともない余程うまくしないと良い結果が得難いからである。また残響曲線を写真に撮れることも必要とされている。

2. 試作した生研式残響計について

前述のようないろいろの要求を満すためにはどのような方式の残響計を試作すべきかという問題に対して、次の二つの方式が考えられる。

i) High Speed Level Recorder と一般に呼ばれている、機械部分と電子管回路との組合せにより、残響曲線を記録紙に画かせるもの。

ii) 純電子管回路によりブラウン管の螢光膜上に残響曲線を画かせるもの。

この二つの方式のうち今回は後者の純電子管回路によるものを採用した。これは前者の機械部分の製作が難かしいことが予想されたのに対し、後者には特に困難と思われる部分が見当らなかつたからである。

また前述の要求を満すために次のような方法を採用した。(a), (b), (c)に対しては残光性のブラウン管に残響曲線を画かせ、縦軸をデシベル目盛で音圧を示し、横軸を等間隔目盛の時間軸とし、残響曲線の傾斜から直ちに残響時間が求められるようになっている。この具体的な方法としてブラウン管のスポットの時間軸方向の速さをダイヤル

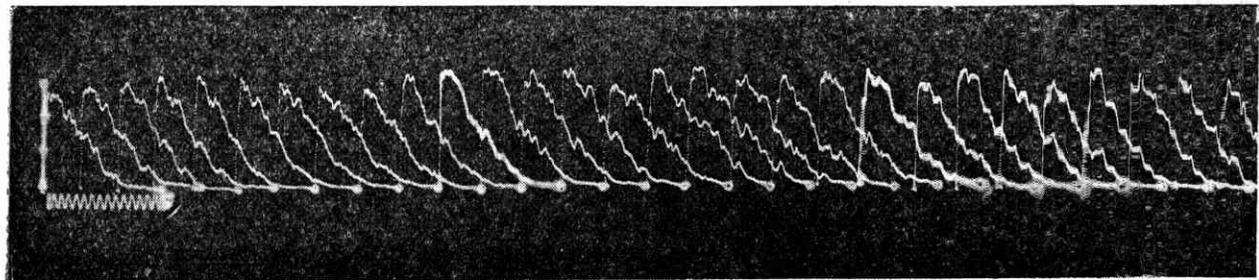
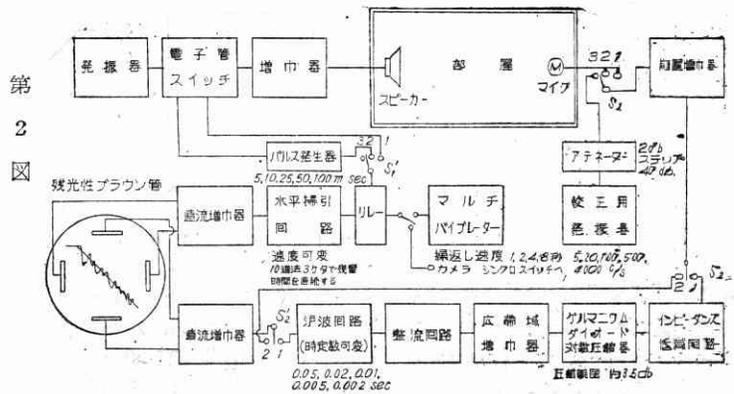
で自由に変えられるようにし、あらかじめブラウン管上に引いた斜線と残響曲線の傾斜とが一致するように時間軸の速さを調節すれば、その時のダイヤルの目盛から直ちに残響時間が読める方法をとつた。

(d) に対しては整流して envelope を得る回路の時定数を可変にして、振動数と残響時間に応じてそれぞれに適した値を用いて測定できるようにした。

(e) に対しては定められた極く短時間だけ閉じられる電子管スイッチを設けて任意のパルスを出すことができるようにし、時間軸の回路と連動させパルスの発生と同時に時間軸が動き始めるようになっている。この連動回路は純音その他の場合には音源が鳴り止むと同時に動き始めるようにしてある。

(f) に対してはなる可く多極スイッチを用いて調節処所を減らせ、一方自動繰返し装置によつて音源を鳴らして後、これを止めると同時に時間軸を動かす操作を自動的に何回となく繰返すようになっている。従つて測定者は時間軸の速さをダイヤルで変えて残響曲線の傾斜をあらかじめ引いてある斜線に合せる操作のみで残響時間の測定ができる訳である。

写真撮影の場合はカメラのシンクロフラッシュ用スイッチ回路に接続されたジャックをこの残響計に差込むと、前述の自動繰返しは停止され、シンクロスイッチによりただ一回だけ操作するようになる。従つて残響測定の場合にはカメラのシャッターが開くと同時に鳴つてい



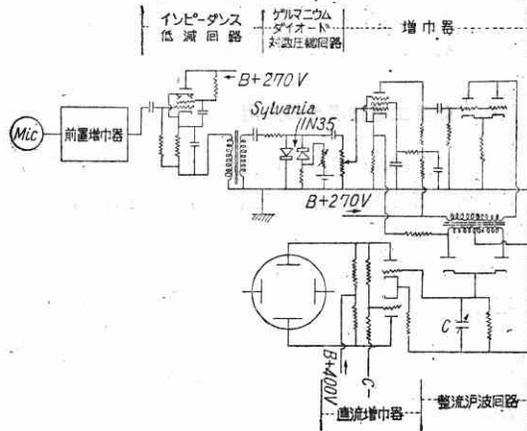
第7図 穴アキベニヤを実験室内に貼つた場合の残響曲線

125サイクルから4000サイクル迄51の振動数について測定したもので左はじが125サイクル右はじが4000サイクル途中のキ、太い線は左から250, 500, 1000, 2000 このような測定を室内数点で行い材料を貼らない場合と比較して材料の吸音率を求めらる。

た音が止み、ブラウン管のスポットが時間軸の方向へ動き始めて残響曲線を写すようになってくる。

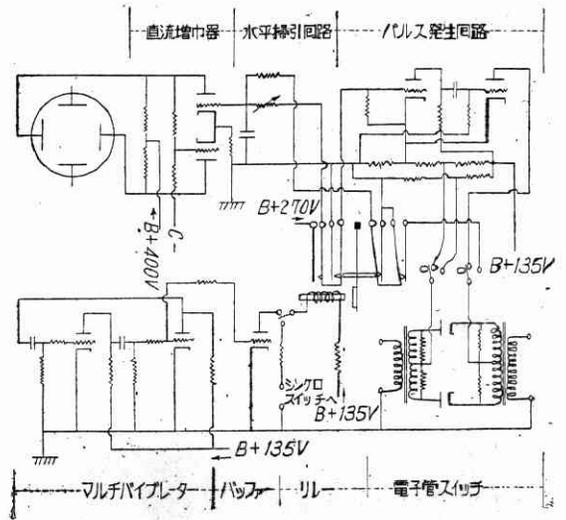
以下試作した残響計の構成と各部の具体的な回路等について解説することにする。

残響計のブロックダイアグラムは第2図のようなものであり、マルチバイブレーターでリレーを操作し、スピーカーを鳴らしたり止めたりする電子管スイッチと、ブラウン管の水平軸を動かす水平掃引回路とを同期させている。スイッチ S_1 を1、スイッチ S_2 を1におけばマイクロホンに入った音は電流の変化となり、増巾してからカソードフォロワーを経て、更に変圧器でステップダウンされ低インピーダンスとなり、ゲルマニウムダイオードの非直線性を利用した対数圧縮回路に導かれる。この回路からの出力は増巾して整流し、濾波してから直流増巾器を経てブラウン管の垂直軸へ導かれる。またスイッチ S_2 を2におけば、マイクロホン増巾器から直接ブラウン管へ接続して残響波形そのものを観察することもできる。また S_1 を2におけば、リレーと電子管スイッチの間にパルス発生回路がはいり、 S_1 を3へおくとマイクロホンか



- 対数圧縮回路には Sylvania のゲルマニウムダイオード 1N35 を使用し、若干の直流バイアスを加えて特性のよい部分を用いた。
- 電流直後の平滑回路はコンデンサー (c) を可変として、この回路の時定数を変えられるようにした

第3図

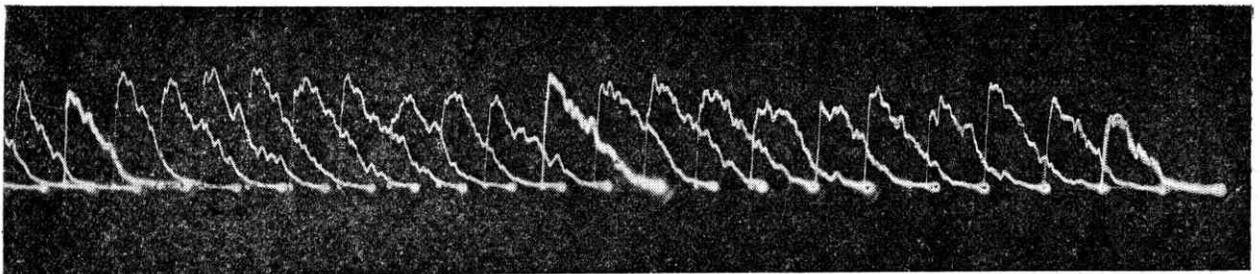


第4図

らの電流のかわりに、較正用発振器からの出力がアトネーターを経て増巾器に入り、対数圧縮回路の較正を行うことができる。またこの場合 S_2 を2におけば、水平掃引のタイムマークとすることもできる。写真撮影の場合はマルチバイブレーターとリレーの間が切離されて、カメラのシンクロスイッチでリレーを操作するようになる。

これらの回路は第3図—第4図の通りであり、この残響計の仕様は次の通りである。

- I) 寸法……本体 365×515×340(mm)
電源 420×280×250(mm)
- II) 重量……本体 約8斤 電源 約8斤
- III) 測定可能残響時間……0.10秒～10.0秒
- IV) 指示範囲……約35db
- V) 短音継続時間……5, 10, 25, 50, 100(ミリ秒)
- VI) 指示時定数……0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002(秒)
- VII) タイムマーク……5, 20, 100(c/s)
- VIII) 時間軸掃引間隔……1, 2, 4, 8(秒)
- K) 電源……100VAC 200VA
- X) 使用ブラウン管……120FB7

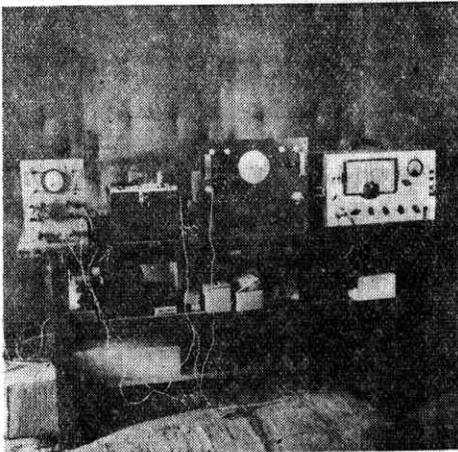


サイクル

- XI) 使用真空管…… 6SJ7 2本 6SK7 1本
 12SH7 1本 12SL7 1本
 6V6 2本 12AH7 9本
 1B3 1本 5Y3 1本
 5Z3 1本
- XII) 使用放電管……135/60 2本 65/80 1本
 註 可聴周波数発振器、及びその増巾器を含まず。

3. 残響計の用途

生研式残響計は純音、ノイズ、短音について、部屋の残響時間と、残響曲線とを測定するものであるが、実際使用の用途、及び方法は次のようなものである。



第5図 実験室内にセットされた残響計一式。

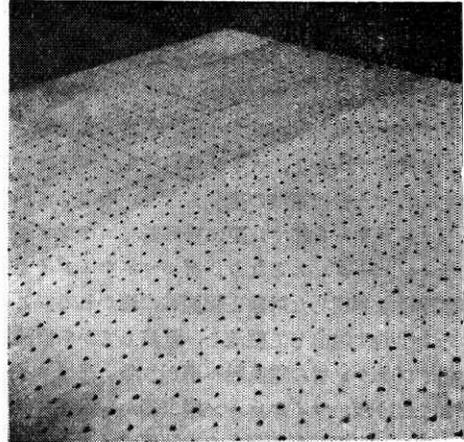
なお電源部は背後にかくれている。

(a) 残響時間の測定 劇場、講堂、映画館、公会堂等の場合には、その内部の主要と思われる点を5～10点えらび、それぞれの点について約75サイクルから6000サイクルに涉つて測定を行い、残響時間の周波数特性を求め、この場合音源は舞台上におくのが一般であるが、時として隅におく場合もある。

(b) 壁、天井等からの反射音の測定 振動数に応じて5ミリ秒から100ミリ秒の短音を舞台から出して、それが客席にどのように到達するかを測定する。通常第2図の S_2 を2において観測するのであるが、観測範囲を広げる目的で S_2 を1において対数圧縮回路を通すこともあるが、この場合は濾波回路の時定時をなるべく小さくして、速い変化にも追従するようにして測定する。

(c) 建築材料の吸音率測定 実験室内の壁、天井、床に、吸音率を測定しようとする材料を実際に施工すると全く同じ方法で施工し、その部屋の残響時間を測定して、材料を貼る前の残響時間と比較して吸音率を求め

る。測定の振動数は125サイクルから4000サイクル迄オクターブに10づつ51点について、実験室内3ヶ所を測定し、各振動数毎に平均して、吸音率の周波数特性を求めている。



第6図 吸音率測定のため実験室内に貼られた穴アキベニヤ。

吸音率測定には実験室内の床、天井、壁に合計3坪の材料を実際の施工と全く同じに施行して行う。

4. 新築工事指導への応用

新しく劇場、音楽堂、映画館等が建築される場合、その音響設計と工事の監理に当つて、この残響計は次のように利用されるものである。

すなわち設計に際して、室内の仕上げ材料を決定する場合にその吸音率は一般に発表されているデータを用いるのが常であるが、通常と異なる施工法を用いる場合、数種類の材料を二重、三重に貼る場合、全く新しい材料や施工法を用いる場合等は吸音率表からその値を求めることができないので、前以つて残響計を用いて前述の方法で吸音率を求めて設計を行う。

工事に際しては、指定した通りの施工法の行えない部分もでき、設計とは異つた結果になることも予想させるので、工事の途中で一二次残響時間と壁面からの音反射の実測を行い、このまま工事をすすめても良いか否かを確かめ、場合によっては小部分の設計変更を行つて完成時に予期した通りのものになるように指導し、完成した後、更に精密な測定を行つてその結果を確かめるといふ方法を行う。

この様に残響計は研究の分野のみでなく、広く現場工事の指導にも応用されるものである。(1953.5.25)