

第 2 表

電	電 氣 系			音 系			機 械 系		
	量	單 位	符 號	量	單 位	符 號	量	單 位	符 號
起電	電力	ボルト × 10 ⁸	e	圧	力	p	力	力	f _M
電	電荷	クーロム	q	體積	體積	ε _A	變速	位	ε _M
電氣インピーダンス	流	アンペア/10	i	音響インピーダンス	積	ν _A	機械インピーダンス = f _M ν _M	度	ν _M
電氣抵抗	抵抗	オーム × 10 ⁹	Z _K	音響抵抗	音響インピーダンス = p/ν _A	Z _A	機械抵抗	抗	r _M
電氣リアクタンス	リアクタンス	オーム × 10 ⁹	X _K	音響リアクタンス	音響リアクタンス	r _A	機械リアクタンス	抗	x _M
インダクタンス	インダクタンス	ヘンリ × 10 ⁹	L	イナータンス	イナータンス	m _A	質量	量	m _M
キャパシタンス	キャパシタンス	ファラッド/10 ⁹	C _K	音響キャパシタンス	音響キャパシタンス	C _A	コンプライアンス 或はキャパシタンス	量	C _M
電力 = ei cos φ _K	電力 = ei cos φ _K	ワット/10 ⁸	W _K	パワール	パワール = pν _A cos φ _A	W _A	パワール = f _M ν _M cos φ _M	量	W _M
位相角 φ _K = tan ⁻¹ (X _K /V _K)	位相角 φ _K = tan ⁻¹ (X _K /V _K)	ラジアン	φ _K	位相角 φ _A = tan ⁻¹ (X _A /r _A)	位相角 φ _A = tan ⁻¹ (X _A /r _A)	φ _A	位相角 φ _M = tan ⁻¹ (X _M /r _M)	量	φ _M

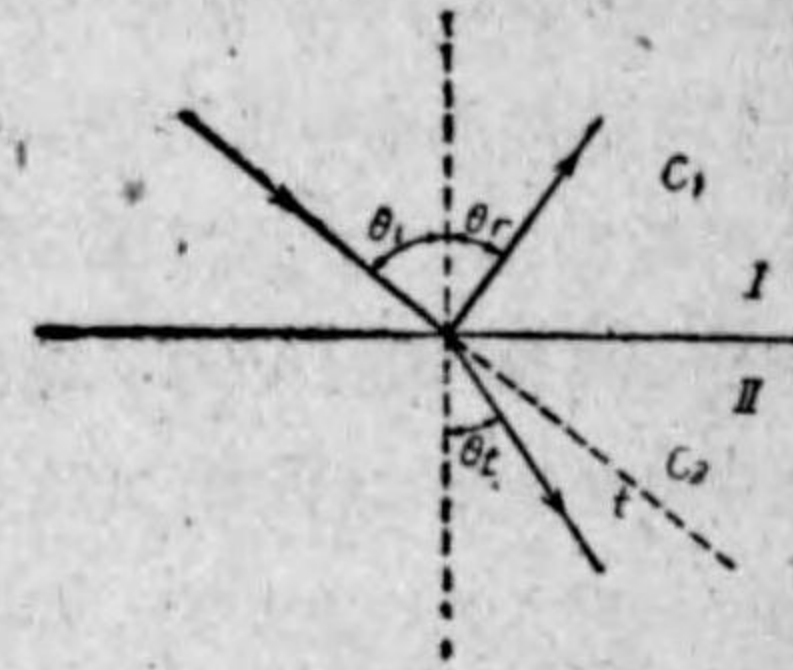
(CGS系)

$$\theta_r = \theta_i \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2} \dots\dots\dots(6)$$

ここに θ_i, θ_r, θ_t は夫々入射角, 反射角, 屈折角である.

(6)式より明らかなる如く, c₁ < c₂ のときには θ_i < θ_t となり, θ_i = sin⁻¹ c₁/c₂ なる如き臨界角以上の入射角に対しては全部反射して屈折波は生じない. また入射音の強さ I_i と反射音の強さ I_r との比 α = I_r/I_i を反射率といひ, 透過音の強さ I_t と I_i の比 β = I_t/I_i を透過率といふ. I 及び II の兩媒質の音響抵抗が非常に異なる時は α = 1 となる関係があり, その境界面では殆ど完全反射が行はれる. (第 11-1 圖参照)



境界面に於ける音の反射及び屈折 [第 11-1 圖]

次に音波が多孔性の表面に入射する場合には, その表面に於てエネルギーの吸収が起り, 従つて反射エネルギーと屈折エネルギーとの和は入射エネルギーに等しくなくなる. 斯様な場合には一般に屈折エネルギーは反射されるエネルギーに比し無視できるので, 通常は (1-α) を以て吸音率と呼んでゐる.

音波にはまた廻折及び散亂の現象がある. 廻折は波動に共通な現象で波長が長い程著しく現はれる. 音波の波長は光波に比べて甚しく長く, 我々の周囲にある物體と同程度の長さを持つてゐるから, 廻折や散亂の現象もまた著しい. 音波が光波と異なり通常の物體の背後に確然たる影を造らず, また障礙壁の小孔を通抜けた音が, 第 11-2 圖に示す如くその後方でよく擴がる事實のあることは日常我々のよく経験するところである. 波長に比較し得



圓孔のある障壁後方に於ける音波の廻折 [第 11-2 圖]

べき程度の不規則な障碍物に音波が投射せる場合の現象は反射ではなく寧ろ散亂で、障碍物に比し波長が十分大きければ散亂は凡ゆる方向に殆ど一様に生ずる。

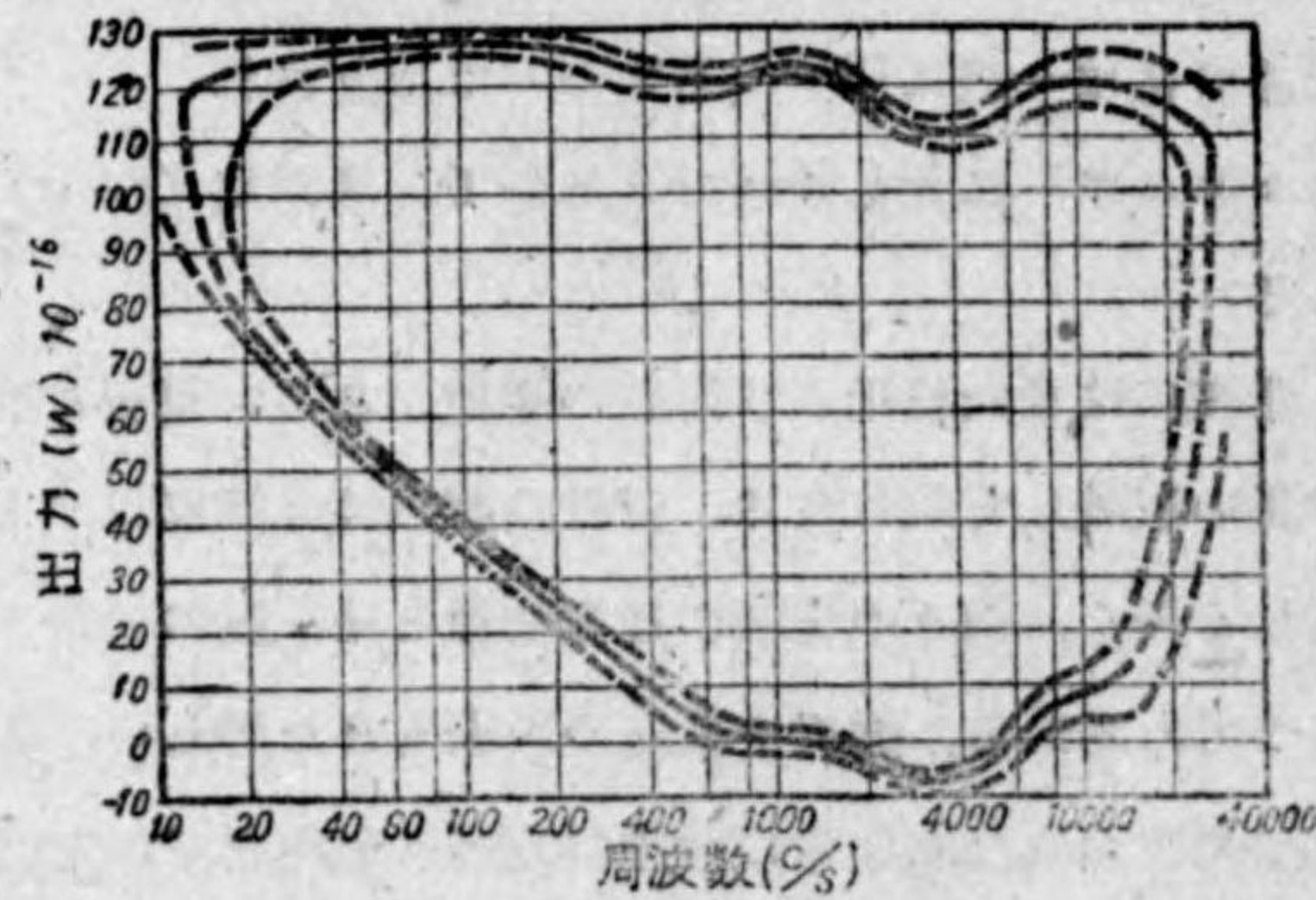
なほ媒質たる流體に對しその粘性、熱傳導、熱輻射等を考慮に取れば非可逆現象を伴ふことになるから、音のエネルギーの1部は媒質に吸収され、従つて空間的に次第に弱まる。即ち音波の減衰を生ずる。

2) 聴覺に關する二、三の點について

音波が粗密の縦振動なることは已に述べた通りであるが、粗密振動を音として感ずるにはその壓力變化の大きさ（厳密にいへば振動振幅の2乗）即ち強さに於ても、また振動周波數即ち高さに於ても或る限界がある。この限界を聴覺の可聽界限といふ。或る音をその周波數を一定に保つたまま段々弱めてゆけば遂には音が耳に聞えなくなるに到る。斯様な音として感じ得る最低の値、即ちこれより弱くすると、最早聴覺を生じなくなる強さの限界を最低可聽界限といふ。また逆に音の高さを變へずにこれを段々強めてゆくと、

音としての感じはなくなつて、耳底に痒感を覺えるやうになり、更に強さを増せば疼痛感を生ずるに到る。斯様な音として感じ得る最大音力の限界を音の最大可聽界限または最低可覺界限といふ。これ等の可聽界限は人により多少異り、殊に老年

に及ぶと高い音に對する感度が減するものであるが、第11-3圖は標準耳に



最近の試験にかかる音の可聽限度
〔第 11-3 圖〕

ついて得た平均の結果を示すもので、縦軸は音の強さを表はして居り、毎平方糎 10^{-10} ワットを標準としたデシベル値で與へてゐる。即ち聴覺は強さに於ては $10^{12-13}:1$ の廣い範圍を含んでゐる。言葉の持つ音力は瞬間的に變動して居り、また話し方によつて非常に廣い範圍に亘つて違つてゐる。即ち會話に現はれる最も小さい音力は大概 0.01 マイクロ・ワット程度で、最も大きいものは 5000 マイクロ・ワットにも及ぶ。これ等の數字の比は 500,000:1 即ち 57 デシベルの範圍に亘るが、一般に一人の人についていへば 35、乃至 40 デシベルくらゐと考へてよい。しかし聲樂の場合は普通の會話に比し著しく大きく、その音力は 1000 乃至 30,000 マイクロ・ワットにも達する。レインは聲樂家が歌を歌ふ場合の聲の音力を實測し、第 3 表のやうな値を得てゐる。

第 3 表 歌聲の音域及び強さ

音 域	音 域		壓 力 (バール)		
	音 名	振動數の範圍 (サイクル)	pp	mf	ff
バ ス	約 $F-e'$	約 86 乃至 326	13	18	31
テノール	$c-a'$	129 " 435	14	21	34
アルト	$f-c^2$	173 " 652	6	13	18
ソプラノ	$c'-a^2$	259 " 870	14	20	24

しかし、普通會話に於ける平均の音聲勢力は第 1 表に示す如く、大概 10 マイクロ・ワットと考へてよく、この音聲勢力を出してゐる場合、口の附近の空氣分子の振動距離は約 100 分の 1 耗くらゐである。

またフレッチャーによれば、空間に於ける音の強さが毎平方糎 10^{-4} ワットに達すると、普通の人ならば可覺状態に到るといふ。而して、この最大音は主要なる可聽周波の範圍では周波數は如何に拘らず略同一である。これを耳の堪え得る上部可聽界限(最低可覺界限)とすれば、音源の最大音力は

$$E=4.1 \times 10^{-8} \frac{V}{T} \text{ ワット}$$

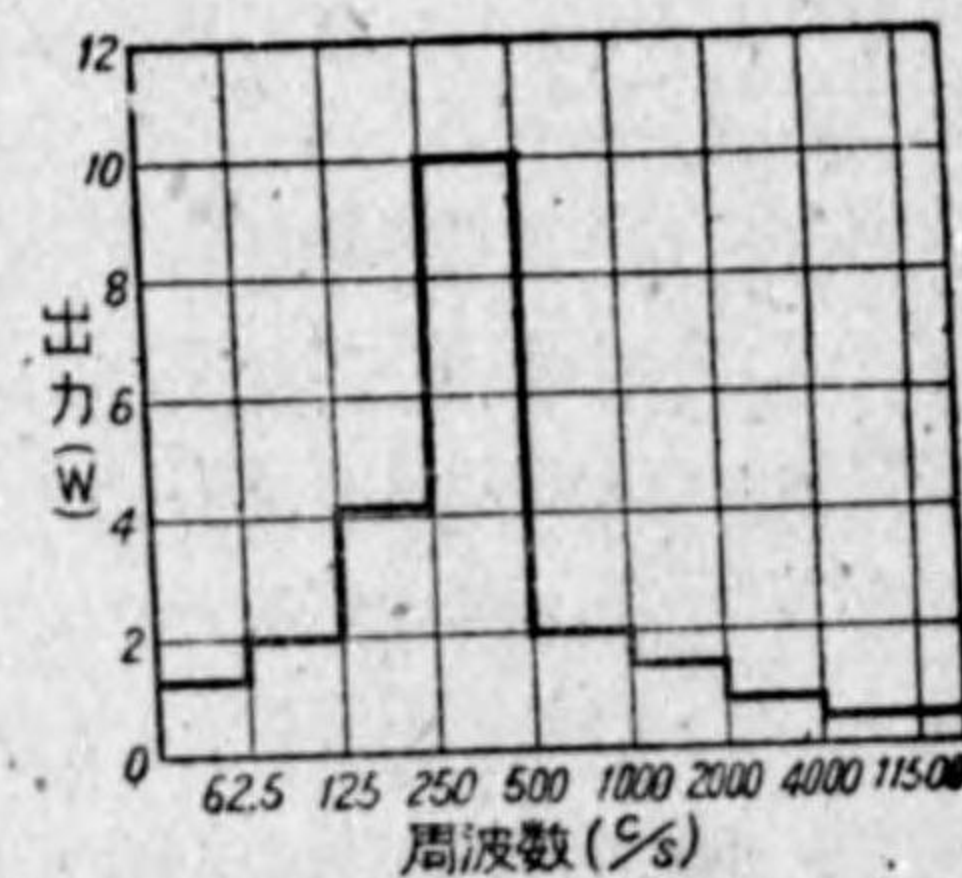
で與へられる。ここに V は立方糎で表はした室内容積、 T は秒で表はした残響時間である。

第 11-3 圖より耳の感度は周波数により著しく異なることが窺はれる如く、我々の耳で聴き得る粗密振動は單に強さのみならず、また周波数によつてもまた制限されるものである。人間の聴き得る周波数は強さの場合と同様人によつて異なるが、適當な強さを有するものであれば最低周波数 8 サイクル乃至 40 サイクル、最大周波数 12,000 サイクル乃至 35,000 サイクルといはれてゐる。しかし、通例は多くの人々の平均を採つて聴覺の周波数範囲は 16 サイクル乃至 20,000 サイクルとしてゐる。何れにしても音波の周波数は電磁波の周波数に比し著しく低く、音聲周波に對しては、高周波に對し低周波なる言葉が用ひられてゐる。

我々の普通の談話に使はれる音聲の基音の周波数は男性の低いもので約 90 サイクルくらゐ、女性の高いもので 400 サイクルくらゐで、平均して大體男は 120 乃至 200 サイクル、女は 200 乃至 300 サイクルくらゐである。聲樂の場合をも併せ考へると成人の音聲の高さの範囲は大體 100 乃至 800 サイクルくらゐで、特に例外的な聲域を持つ人を考へに入れても大體の見當としては、音聲の基音の高さの範囲は 100 乃至 1000 サイクルとみてよい。なほ言葉の

内に含まれてゐるエネルギーの周波数分布は人により性により異つてゐるが、母音について平均をとれば、エネルギーの大部分は 1000 サイクル以下にあり、エネルギーの 70 乃至 80 パーセントを占めてゐることが知られてゐる。

更に音樂に用ひられる通常の樂器についていへば、その基音の振動数の範囲は大體 30 乃至 4000 サイクルあまりで、第 11-4 圖はその大體の周波数範囲を示

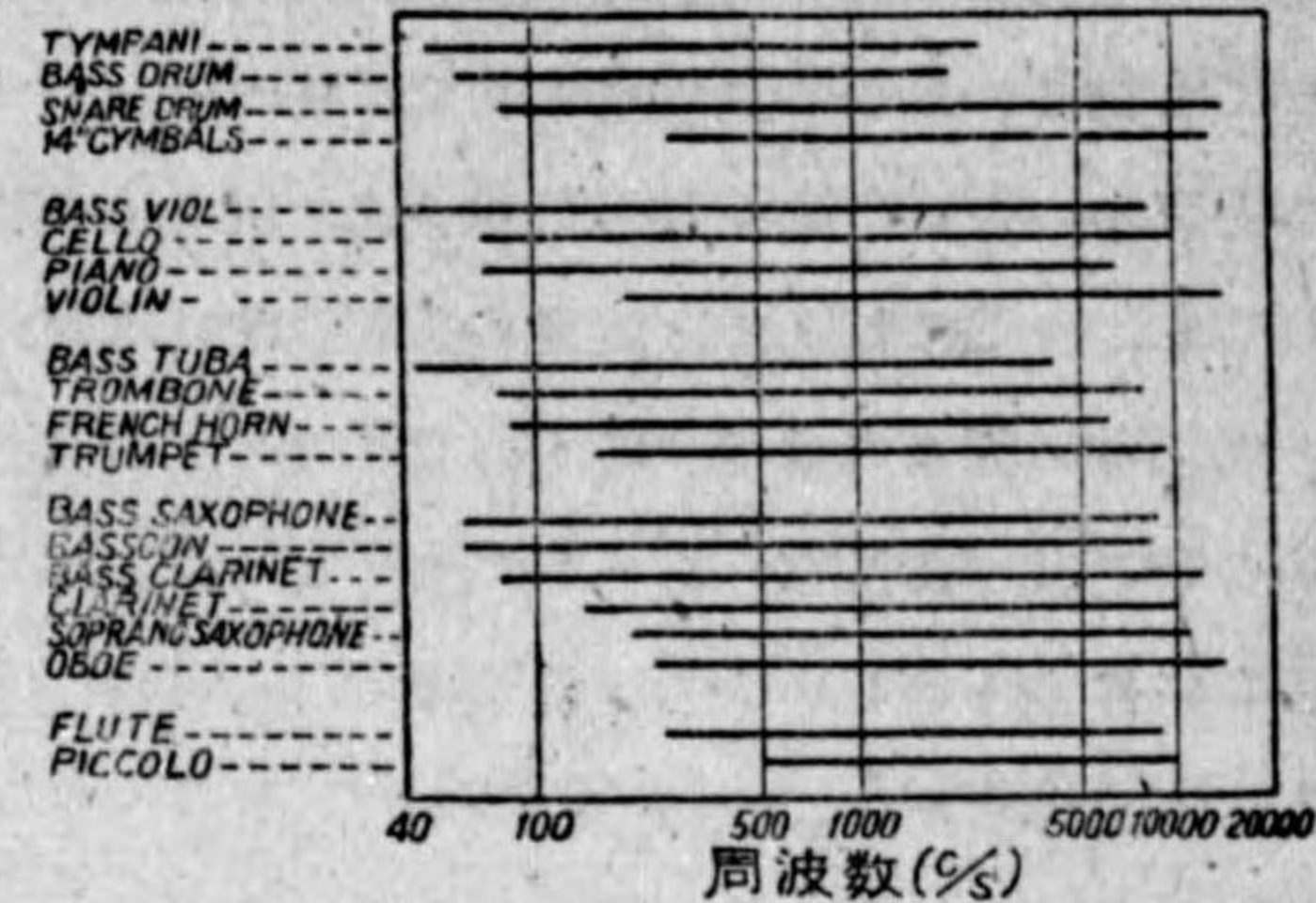


或るオーケストラの種々なる周波数域における音聲のピークパワー

〔第 11-4 圖〕

すものである。勿論これ等は基音のみについての話で、この中に含まれてゐる上音の振動数は非常に高いところまで及んでゐる。よつて忠實なる音聲並に音樂の再生には少くも 60

乃至 10,000 サイクルの周波数範囲が必要で、鍵などがチャリンと鳴る如き特殊音までも完全に再生するためには、總ての音聲周波数範囲が必要である。第 11-5 圖は樂器その他の音源より發する音を完全に再生するために必要な周波数範囲を示す。



オーケストラに用ひられる種々の樂器が夫々著しき音質の變化なしに再生されるに必要な周波数範囲

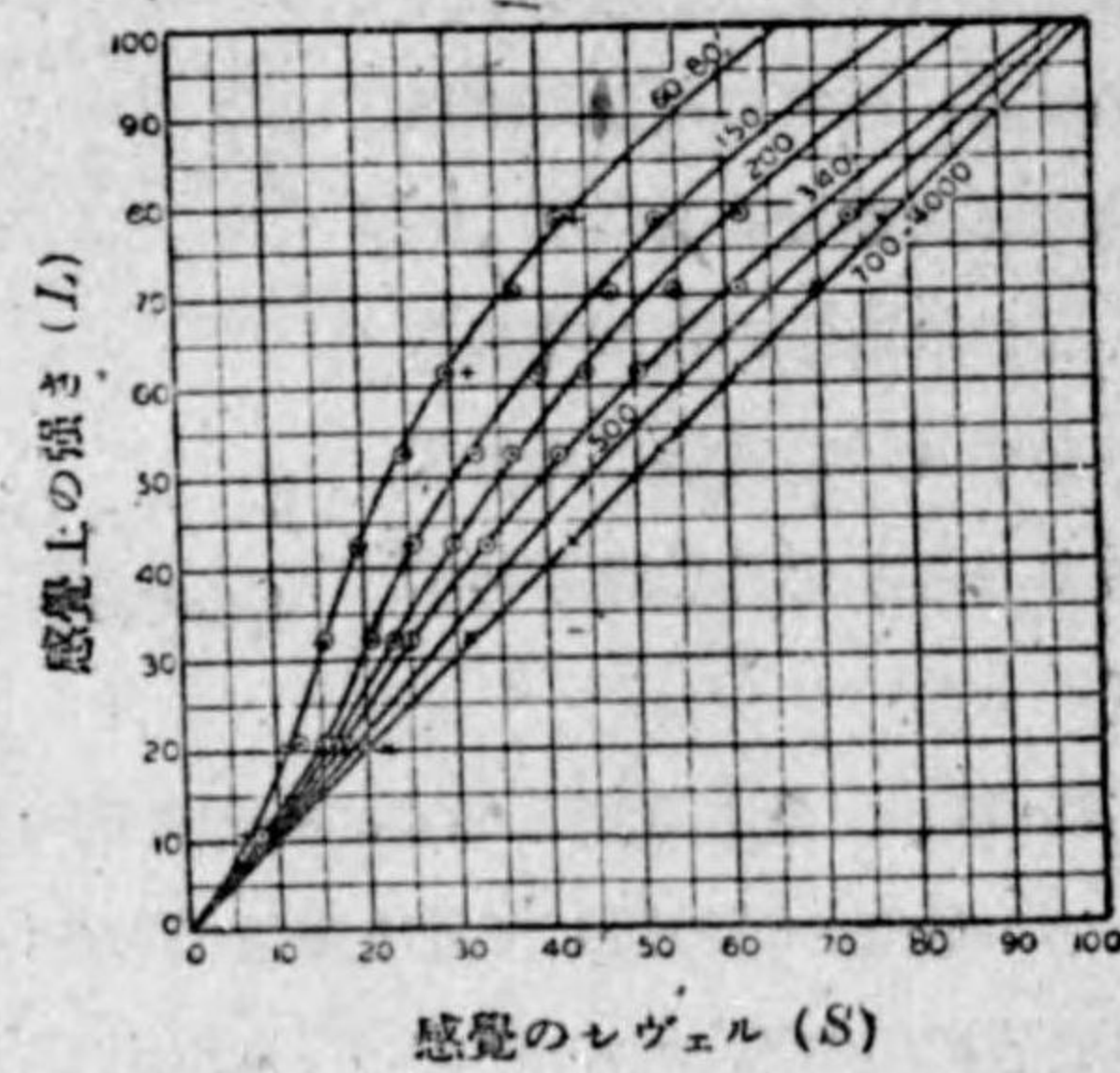
〔第 11-5 圖〕

第 11-3 圖より判る如く、一般に我々の耳は 2000 サイクル乃至 4000 サイクル附近の音に對して最も鋭敏である。この附近の音に對する最小可聴音力の値は 10^{-10} 、マイクロ・ワット以下で、1 氣壓の 10 億乃至 100 億分の 1 に相當し、極めて微細なエネルギーである。聴覺が周波数によつて異なることは注意すべきことで、例へば 250 サイクルの音は 2000 サイクルの音に比し 100 倍の音力を要し、120 サイクルの音は 2000 倍以上の音力を必要とする。即ち妨害音が混入せる場合等を論ずる時、同一の音力を有する妨害が來てもその周波数によつては耳に感ずる妨害の程度が著しく異なる。

音の強弱には物理的の強さ即ち音波の強さと、感覺上の強さ即ち音の大きさとがあり、しかもこれら兩者の間の關係は頗る複雑なものである。音の物理的強さは既述の如く、毎秒エルグとかマイクロ・ワット等を用ひても表はされるが、屢々強さのレベルなるものが用ひられ、デシベルを以て表はされる。この強さのレベルには二つのものがあり、その基準のレベルの強さを異にする。即ちその一つはインテンシティーレベルと稱せられ毎平方糎マイクロ・ワッ

トの強さを基準の強さに選び、他の一つはセンセーションレベルと稱せられ、耳の聴き得る最小の強さ即ち最低可聴界限の強さを基準の強さに選び、夫々零レベルとしてゐる。次に音の大きさは音の強さに関係する他音の種類によつても異なる。即ち強さの等しい二つの音は必ずしも同じ大きさの感覚を與へるとはいへない。また種類の違ふ二つの音の強さを同じ割合だけ増減したとしても、一般にはその大きさの増減の割合は同じではない。

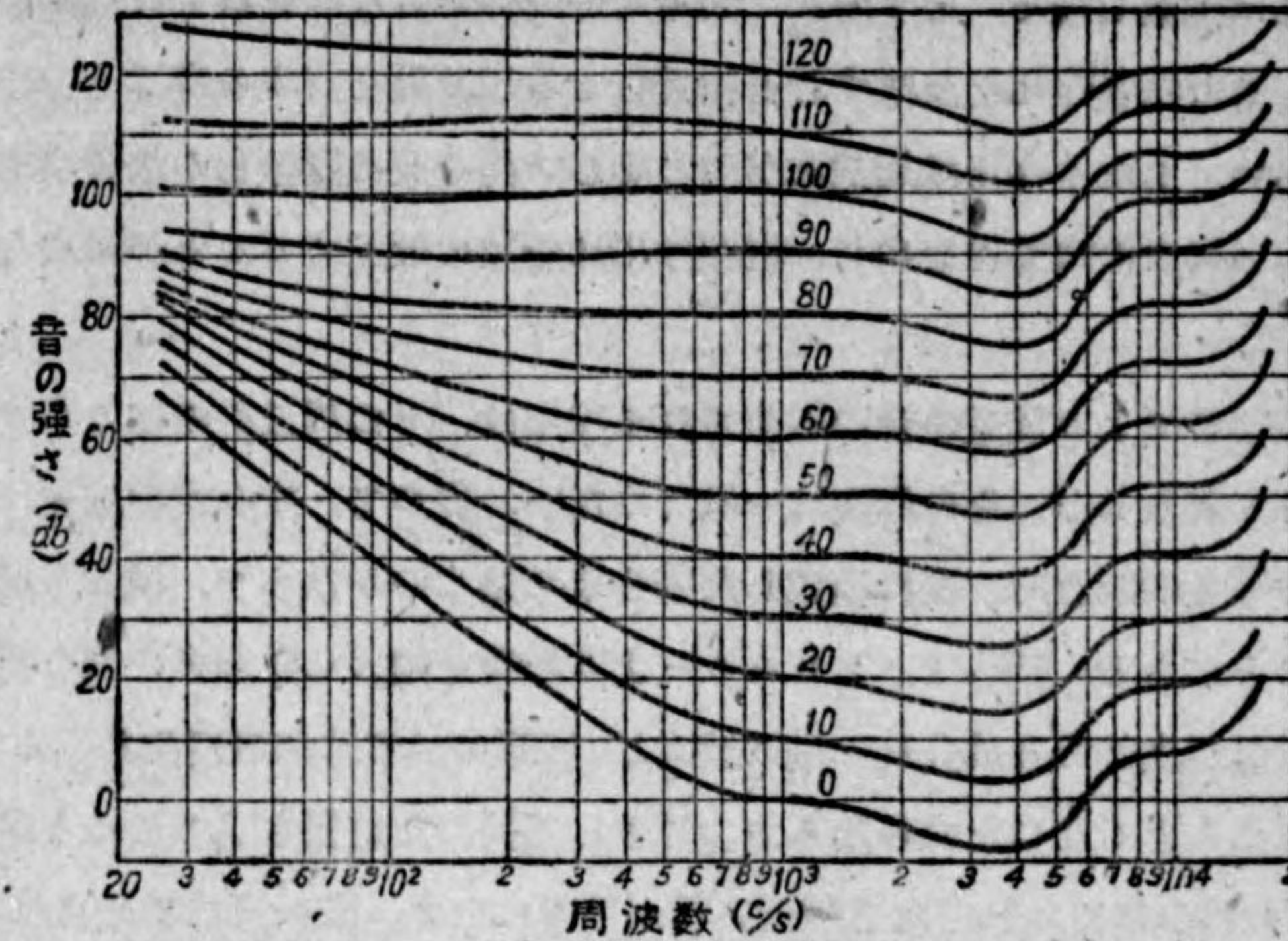
通常音の大きさは 1000 サイクルの音を基準に選び、與へられた音の大きさと等しい大きさを有するこの基準音のセンセーションレベルを以ていひ表はす。第 11-6 圖はセンセーションレベルと音の大きさの関係を示すもので、第 11-7 圖は色々の振動数の音の強さと大きさの関係を示す。第 11-7 圖に於ける零デシベルの強さは毎平方糎 10^{-16} ワットである。



感覚のレベル [第 11-6 圖]

第 11-7 圖によれば、強さのレベルが低い時は周波数の高い部分が優勢であることが窺はれるが、増幅器の増幅度等を大にし、強さのレベルを上げると低い音では著しく大きさを増加し低い周波数が比較的優勢になつて来る。例へばスピーカー(高聲器)よりの出力の大小により、音の大きさのみならず音色の變はることは我々の日常経験するところで、強さが増せば聲は太くなり、原音よりあまり大きく擴大すると、低音の大きさが餘計に増大される結果、音色が原音と違つて来るやうなことになる、同時に不明瞭になりがちである。場内擴聲に女聲の都合のよいのはこのこともその一つの原因である。

複雑なる音の大きさは純音の場合とは餘程趣を異にして居り、そのセンセ



通常の耳の等ラウドネス曲線。曲線上の數字はラウドネス (db) を示す。(フレッチャー及びマンソンによる)
 $0 \text{ db} = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$
 $= 0.000204 \text{ bar}$
 [第 11-7 圖]

ーションレベルに対する関係も簡單ではない。

次に二つ以上の音が同時に存在する時は、或る音の可聴度は他の音の存在により影響される。例へば、周囲が騒々しい場合、相手に話を了解させるためには大聲を以て話す必要があることは、日常我々のよく経験するところである。而して、その程度はそれ等の音の相互の強さ及び周波数によつて異なる。このやうに耳の或る音に対する聴取能力が、他の音の存在するがために低下される現象を、聴覺に於ける隠蔽作用といふ。大きな音程相手の音を隠蔽し易いことはいふまでもない。聴覺に於ける隠蔽作用に対する音の周波数の関係につきマイヤーは低い音は高い音を隠蔽し易いが、これに反し高い音は低い音を隠蔽しないといふことを指摘したが、ウェーゲル及びレインの研究せるところによれば、低い音でも高い音を隠蔽してしまふには相當に強さを増さねばならぬし、周波数の高い音でもこれと周波数のあまり違ひのない低い

音は容易に隠蔽し得る。要するに、大體に於て低い音は高い音を比較的隠蔽し易く、また隠蔽作用を及ぼす音と相接近せる周波数を有する音はその作用を受け易い。また本作用は周波数が殆ど等しい場合或は隠蔽音の倍音の周波数に等しい場合には鳴音を生じ、隠蔽作用は急激に低下することが認められてゐる。

同一隠蔽音により被隠蔽音の隠蔽される程度は、その周波数のみならず強さによりて異なるが、その程度は一様ではない。従つて、複合音の感覺はその成分の強さの割合を一様に増減した場合單に強さのみならず、種類も違つてくることがある。例へば、スピーカーよりの音を増大した場合、假令擴聲装置の特性が良好で各成分を一様に擴大し、波形に於ては何等變化なくとも、我々に單に大きくなつたのみならず、音として異つた感覺を與へることがある。一般に音が強くなればなる程低い音が優勢になり、高い音は隠蔽される。人の音聲を再生する場合、再生音をあまり大きくすると却つてその了解し得る程度を損ずることがあるが、以上のこともその一理由である。

耳の重要な働きの一つに、音の來る方向を感知し得る作用がある。即ち我我は二つの耳を以て音を聴き、その音の方向を判定することができる。これを聴覺に於ける**双耳作用**と呼んでゐるが、その理論については未だ完全に解決されてゐない。要するに兩方の耳に於ける刺激の性質の相違によるもので、通常この原因として次の三つの相違を考へてゐる。

- (1) 兩耳に達する音の強さの相違
- (2) 兩耳に達する音の位相差
- (3) 兩耳に音の達する時間差

音の方向判定作用の説明として、(1)の強さの相違によるといふ説が嘗て久しく認められてゐたが、これのみでは説明できなくなり、現在では寧ろ(2)の位相差が極めて重大な役割をなすものと信ぜられるやうになつた。

(2)の位相の相違は(3)の時間差の1種とも見做すことができる。かく考へると、兩耳作用は強さの差と時間差の二つによるものといふことができる

が、振動数が大體 100 乃至 1200 サイクルの音では、主として時間差によつて方向の判定を行ひ、1200 サイクル以上の音に對しては主として強さの差によつて判定する。1200 サイクル附近の音の波長は大體我々の頭の直徑と同程度となり、一方の耳は頭の陰になることを考へてもこのことは納得できる。

斯様な兩耳の作用により方向判定を行ひ得る事實は、空中聴音機として航空機の位置の探知に用ひられてゐることは己に熟知の通りであるが、またこの作用を利用し音の立體的再生を行ふことができる。

3) 再生音の自然さと明瞭度

擴聲装置等により音聲或は音樂を聴取する場合には、その**再生音**に對し自然性と明瞭性が要求される。例へば、擴聲装置により講演等を再生し、多數の聴衆に聴かせる場合、話の内容が 100 パーセント了解される上に、更にこれを原音の通りに聴かうとする欲求がある。即ち講演或は音樂等を再生する場合十分なる自然性を與へ、聴衆が直接講演者または演奏者の前で聴くのと同一感銘を懷かせなくてはならない。完全なる自然性を保つためには、再生音の音響スペクトラムが原音のスペクトラムとその大いさの割合、及び配置が全く等しくならなければならない。自然性を數量的に表示する方法としては、現在廣く一般に使用されてゐるものはない。

明瞭度とは、話された言葉がどれだけ精確に聴き得られたかといふ明瞭さの程度をいひ、百分率を用ひて表はされる。再生音の明瞭度はその強さのレベル、周波數範圍、歪み、背景雑音、周囲の騒音、間接音の影響等により色々と左右される。なほ我々は凡ての話を完全に聴き取り得なくとも、その中の或る數の重要な語さへ完全に聴き得ればその意味は通ずる。簡単な文章を話者が讀み、これを聴手が精確に聴き取り得る割合を了解度といふ。

4) 残響

室内に於て音響が發せられた場合には、先づその時間的變化即ち主として

所謂残響の現象が問題となる。今假りに周囲に何等の邪魔物のない空間に於て音が發せられたとするならば、そのエネルギーが消滅するまで何處までも進行して行くだらう。勿論この場合その附近にゐる人は、音源から發しその人の耳を横切る音波のみを聞く。しかるに、室内に於て音が發せられた場合には、その周囲は平面或は曲面等によつて取圍まれてゐる故、音波はそれら壁面に到るまでは前と同様の状態で進行するが、その後は壁面に衝突する毎に、一部は吸収され残部は反射され方向を變へて進行を続け、何回でもその音響エネルギーが全く失はれるまでは室内に残存する。従つてこの場合には、室内に在る人はかうして繰返し繰返し反射される音を原音と共に併せ聴くことになる。かくの如く室内に於て發せられた音響エネルギーが瞬間的に消滅せず、或時間相當の強さで残存する有様を残響の現象といふ。残響は室の音響的性能を定むる上に極めて重要な要素をなすもので、吸音力少く残響の多い室をライブルーム、吸音力高く残響の少ない室をデッドルームといふ。

或る室内で毎秒一定のエネルギーを放射する音源を發音せしめ、一旦平衡状態に達せしめたる後音源を切つてから、 t 秒後の室内のエネルギー密度を E とすれば

$$E = \frac{4P}{cA} e^{-\frac{cSt \log_e(1-\alpha)}{4V}} \dots\dots(7)$$

ここに P は音源の出力、 c は大氣中に於ける音波の進行速度、 t は時間、 S は室内全表面積、 V は室の容積にして、 α は平均の吸音係數、即ち

$$\alpha = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \dots\dots(8)$$

A は全吸音力、即ち

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots = \Sigma \alpha S \dots\dots(9)$$

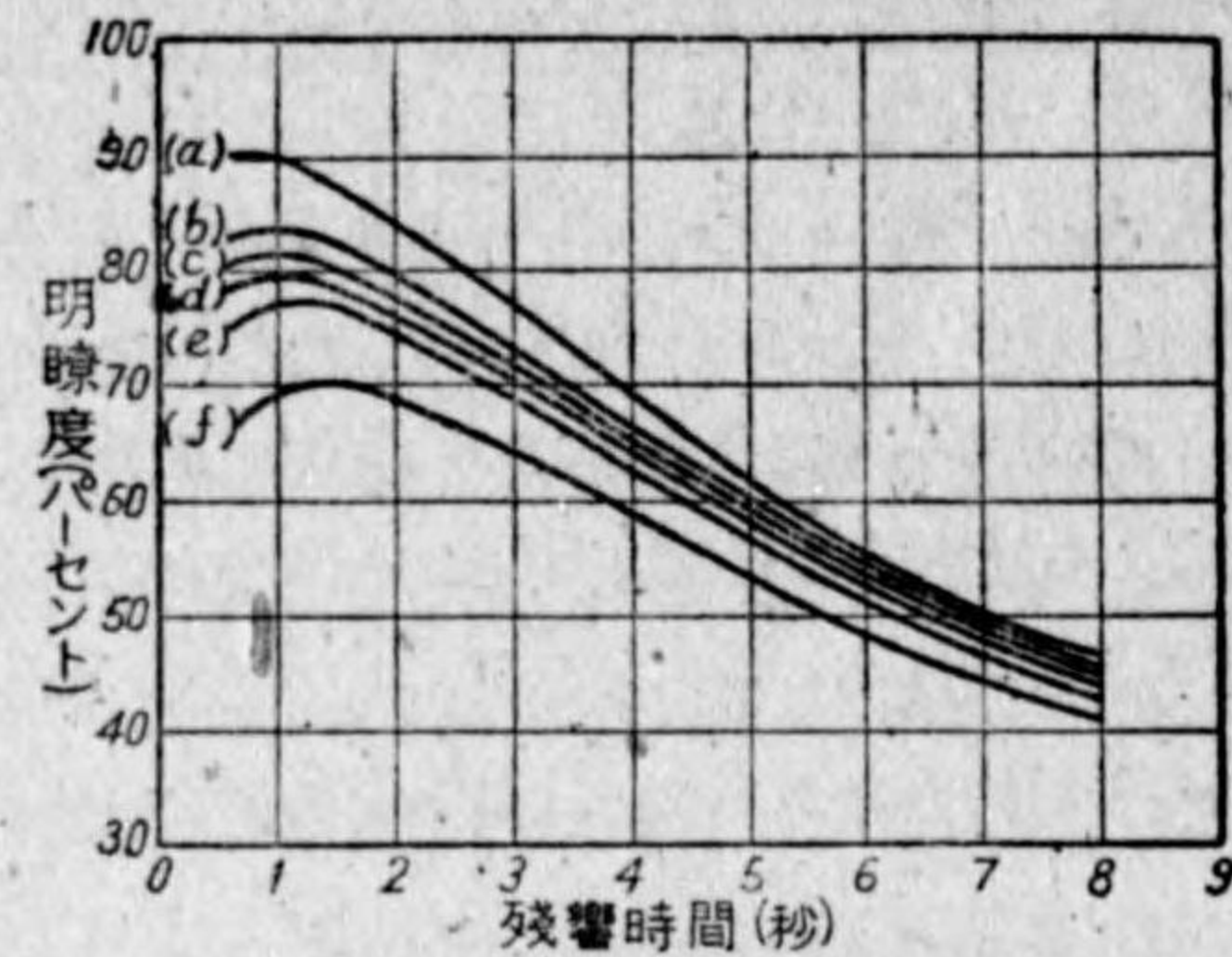
である。

この残響のエネルギー密度が100萬分の1にまで減衰するに要する時間を残響時間と呼び、残響の程度を表はす目安としてゐる。残響時間を t とすれば(7)式より

$$t = \frac{4 \log_e 10^6 V}{-cS \log_e(1-\alpha)} = \frac{0.161V}{-S \log_e(1-\alpha)} \text{ (メートル式)} \dots\dots(10)$$

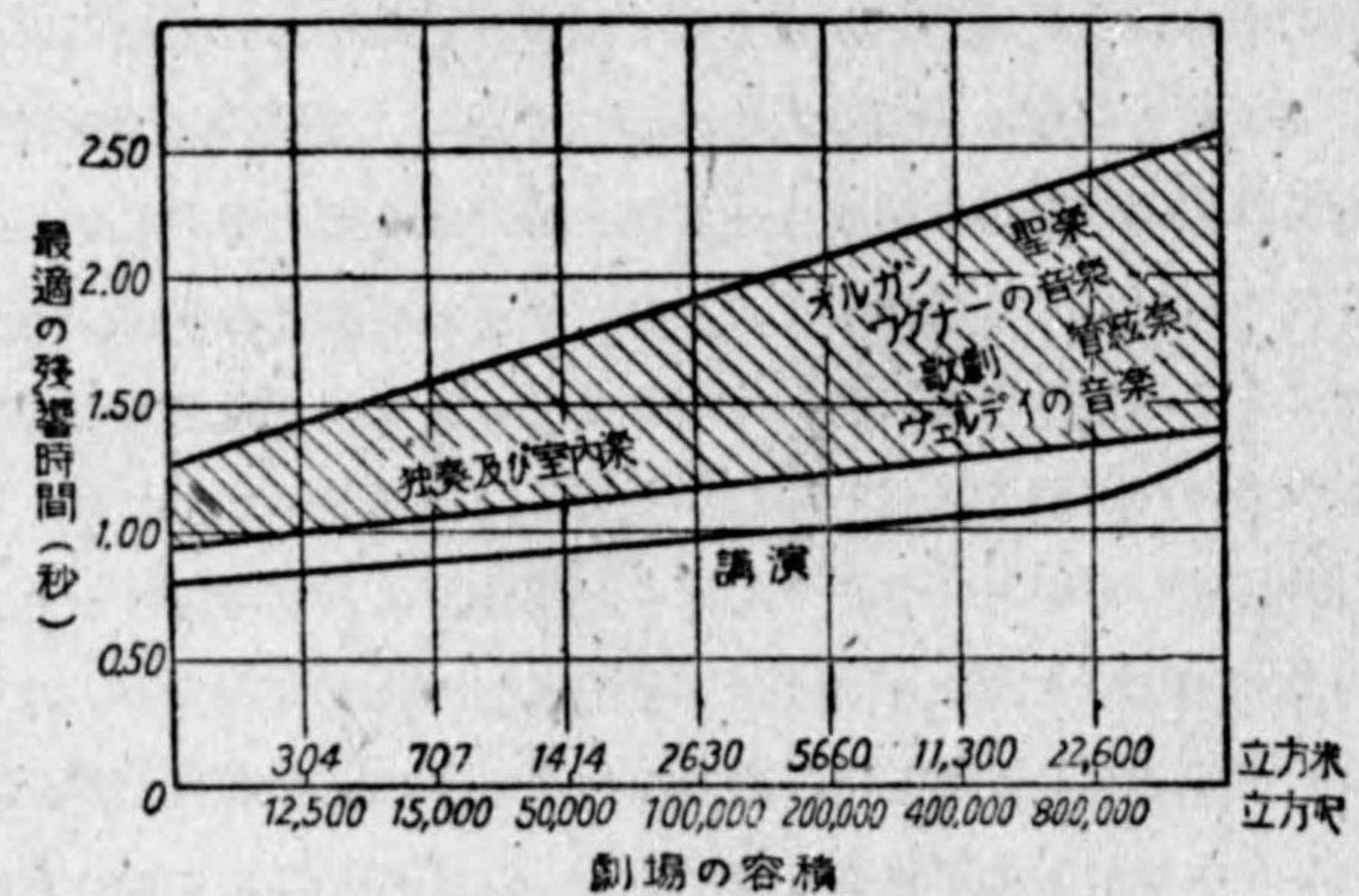
を得る。残響時間は室の容積及び天井、床、壁等の性質によつて大いに異なるが、一般に室の容積が大きい程長い。與へられた室についていへば、 S 及び V は既知の値なる故、その残響時間を測定すれば α の値を求めることができ、逆に α の値を知ればその残響時間を算出することができる。しかし、実際には室内残響時間は場所により多少その値を異にして居り、殊に室の形が不規則で且つ壁面材料の吸音性分布が不均一なる場合にはその差異は甚しい。

残響は當然續いて發せられる音と共存することになる故、音の紛糾混濁を伴ふが、同時に増響の作用があり音の減衰を緩和し、更に音響エネルギーの均一分布を助ける。従つて、音聲の聴取に際しその明瞭度に關係すること大である。残響はまた音の聴感効果を決定する上にも極めて重要な要素で、室内残響時間は長短いづれに過ぎても音聲音樂の聴取上に支障があり、音源の性質に應じ夫々或る最適の値があることが實驗上認められてゐる。勿論残響時間の最適値はその室の容積の大小によつて異なる。普通の聴衆堂に於ては、人の音聲及び在來の樂器の出すエネルギーには自ら極限があるから、聴衆堂が大きくなるに従つて音量が不足になる。今その明瞭度のみについて考へれば、残響による増響作用が紛糾の作用よりも、より多く聴取機能に影響する間は残響が多い程明瞭度は高い。しかし或る程度以上に残響が多くなれば、今度は紛糾作用の方が打勝つやうになり、明瞭度は下り再び悪い方向に向ふ。第11-8圖は音量と残響と明瞭度との關係を示すものであるが、出力の不足なる時は相當の残響を必要とし、出力の大なる時は残響は殆ど必要なく、寧ろ少い程よくなることを物語るものである。擴聲装置により聴取する場合には、その出力は自由に電氣的に調節でき、一般には出力強大で残響による増響を要せぬ故、残響の少い程明瞭度はよいことになる。聴感効果と残響との間に、數量的な關係を決定することは相當に困難なことである。殊に音樂の



音量と明瞭度と残響時間との関係
〔第 11-8 圖〕

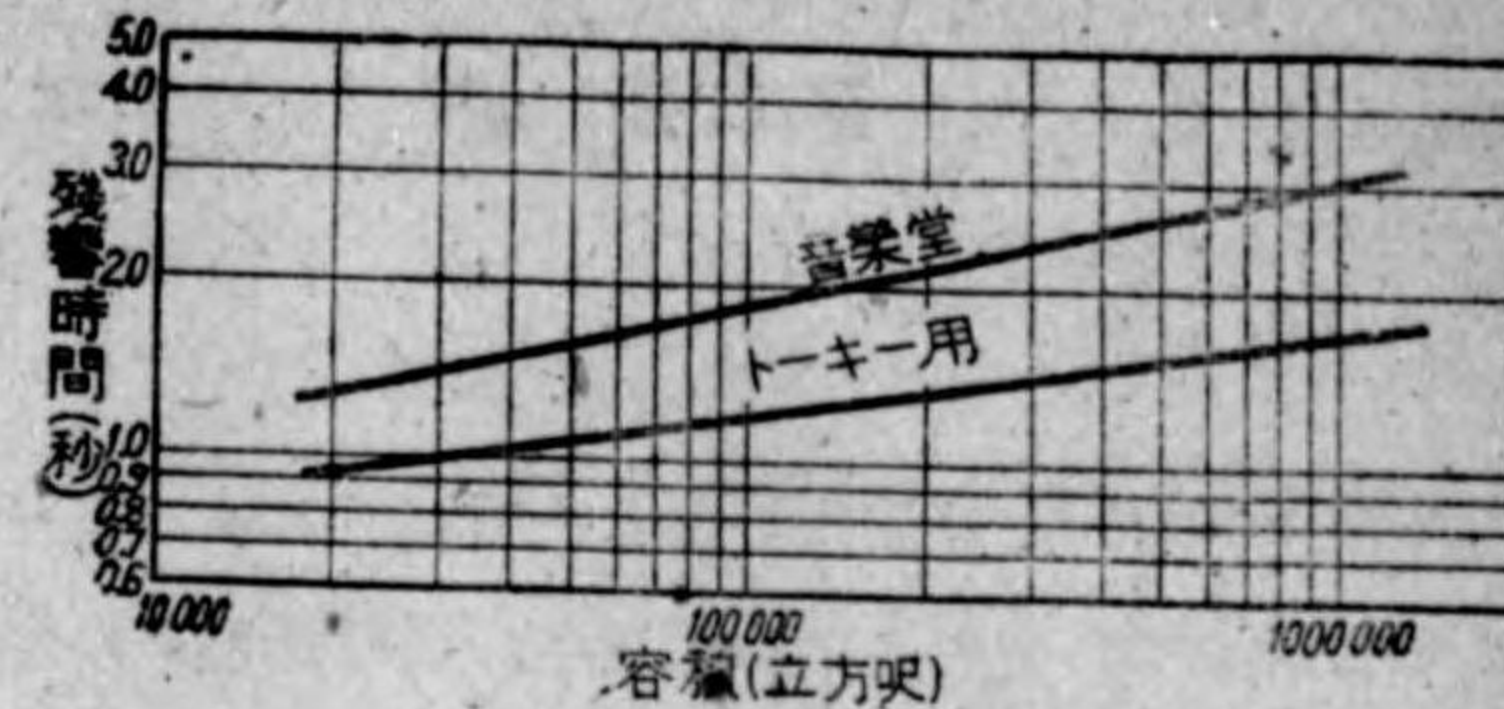
聴感効果の数量的評價は、音楽そのものの觀賞が著しく主観的であるだけに難中の難事である。従つて、多くの權威者によつて最適残響時間に関する種々の結果が發表されてゐるが、判然と一致しないのは蓋し已むを得ないところであらう。第 11-9 圖に掲げたのはヌッドセンの與へたもので、これによ



最適の残響時間
〔第 11-9 圖〕

れば演説の場合は音楽よりも残響を少なくしなければならない。これは當然であるが、更に音楽のみについてもその種類により、残響の値を變化しなけれ

ばならないことを示してゐる。第 11-10 圖はハッパが多く劇場について得た研究結果を示すものであるが、最近の優秀なるトーキー映画はどれも撮影録音の場合の場合



映画劇場の最適残響時間
〔第 11-10 圖〕

に最も自然な、或は藝術的な音響効果に於て録音されてゐる故、映画劇場としては残響の極めて少いものを目標として製作されるやうになつた。また映画劇場としては残響を少なくするため、室内吸音力を増せば同時に騒音を減殺せしめることになり好都合である。

マイクロホンがスピーカーと同じ室内にある場合には、残響が再び摘音され増幅再生される故、見掛上残響は多くなつたかの如き結果になるから、この場合には残響を少なく選ぶかまたは指向性の強い装置を使用し、残響の摘音されることを防がねばならない。

残響に似たものに反響がある。反響とは反射が規則正しく行はれた場合に、同じ音を再び聞く現象で所謂「こだま」である。人の耳は大凡 $\frac{1}{20}$ 秒以上の時間差があれば二つの音を區別して聞き得る故、反響として聞き得るにはその反射が規則正しいのみならず、直接音と反射音との間に $\frac{1}{20}$ 秒以上の差がなければならない。この時間差は大氣中に於ては約 17 メートルに相當する。例へば、屋外に於てスピーカーを用ひ放音する場合、放音の方向に大きな建物や丘陵があれば著しい反射が起り、聴者の耳に於て直接音と反射音との到着時間の差が $\frac{1}{20}$ 秒以上になると、音は別々に感ぜられ混亂を生ずるから、斯様な方向には放音することを避けなければならない。

第二節 マイクロホン

1) 概説

マイクロホンとは周知の如く、音響的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する器械で、音波による媒質中の周期的壓力の變化或は媒質中の分子速度の周期的變化により動作し、これに相當した電氣的出力を生ずるものである。マイクロホンは音聲音楽の再生の他、音場の測定、音響の分析等にも用ひられるが、ここでは主としてスピーカーと共に用ひられ、音聲及び音楽の再生に使用せられるものについて述べる。マイクロホンには色々の種類があり、夫々特徴を具へてゐるが、いづれにしても良好なマイクロホンとして必要な條件は、次の如きものである。

- (1) 感度の良好なること。
- (2) 振幅特性のよいこと、即ち入力と出力との間に振幅による歪がないこと。
大體 10^{-4} 乃至 10^3 パールの範圍に亘つて出力が直線的であることが望ましいが、實際的の要求としては 10^{-2} 乃至 10^2 パール程度である。
- (3) 周波數特性の良好なること、即ち入力と出力との間に周波數による歪のないこと。
理想としては、勿論取扱ふ周波數の範圍内に於て周波數特性は一様なことが望ましいが、一般には機械的振動を中心として動作してゐるから、共振等があり多くの起伏を生じ、平滑な特性のものは少い。所要周波數範圍は音聲用としては 90 乃至 10,000 サイクルであるが、音楽用としては 40 乃至 15,000 サイクルの範圍を傳達することが望ましい。
- (4) 雑音の少いこと。
- (5) 過渡的性質の良好なこと。

所謂周波數特性と稱するものは、一定周波數の正弦波が定常的に動作した時の感度を種々の周波數に對して示すものであるから、眞の動的な特性を現はすものではない。音聲、音楽は共に周波數及び振幅が非常に急激に變化するもので、過渡状態の連続である。従つて、單に周波數特性が優秀なのみでは不十分で、更に起動或は減幅の特性をも考へなくてはならない。

(6) 電氣的特性のよいこと。

例へば、電氣的インピーダンスが周波數により變らぬ等のことである。

(7) 機械的性質の優れてゐること。

例へば、機械的に堅牢なこと、機械的振動に鈍なこと、温度濕度によつて特性の變らないこと、小型なること等である。

(8) 取扱い易いこと。

等である。特殊な場合には指向特性を要求されることもある。

2) 炭素マイクロホン

炭素の細粒或は細粉を粗接觸状態に保ち、その接觸抵抗を振動板に加はる音壓により變化せしめ、これに通ずる偏倚直流電流を音波により變調せしめて、その脈動部分を利用する形式のもので、電話の送話器はこの種に屬す。炭素型は他の多くのマイクロホンの形式が可逆的で、スピーカーとして利用できるに反し、マイクロホンとしてのみしか動作しない。炭素マイクロホンは外部より直流の形式により、別にエネルギーを補充するから1種の増幅作用をなし、音響入力よりも大なる出力をも出し得る。かくの如く、この種マイクロホンは出力が大きいといふ有力な長所を有し、電話機用送話器などは増幅器なしに使用されてゐるが、その裏には次のやうな缺點を有してゐる。

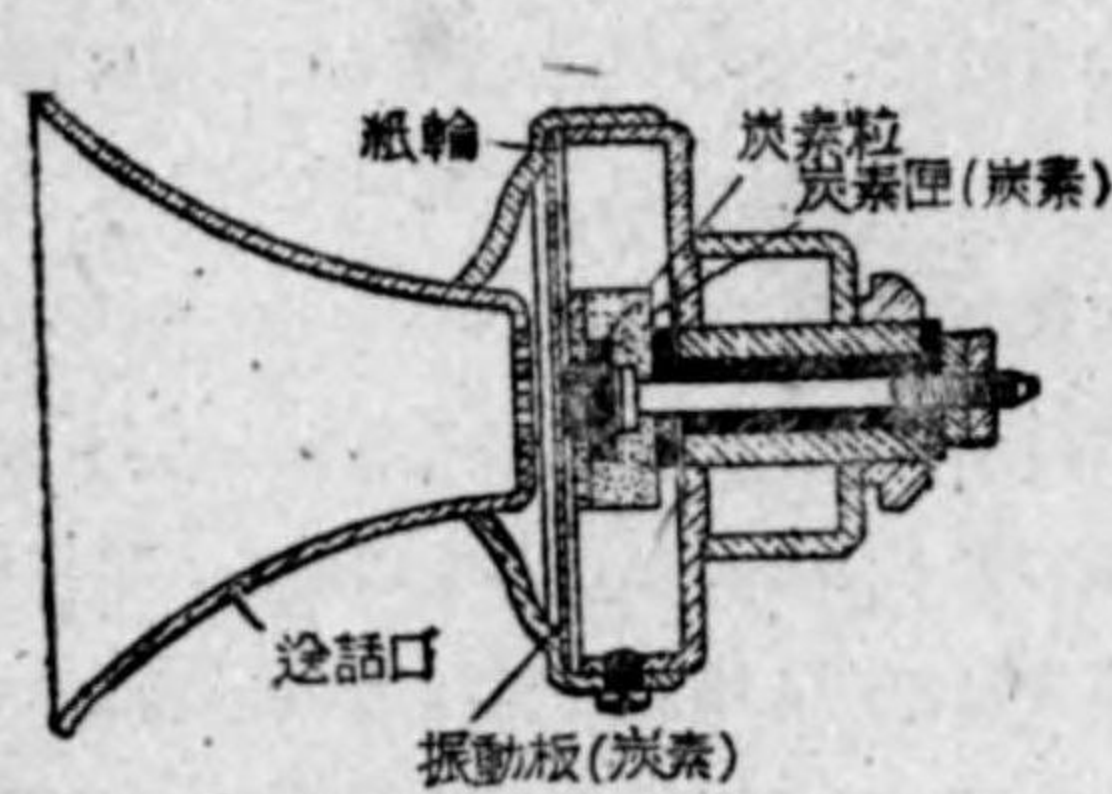
- (1) 所謂カーボン・ノイズと稱せられる固有の雑音を有し、これを除去することは不可能である。

- (2) 主要動作は抵抗の變化であるから、本質的に非直線歪を伴ふ。即ち假令振動板の變位が音壓に正しく追隨したとしても、その電気出力には高調波が含まれる。含有高調波を少くしようとすれば、感度は犠牲となる。
- (3) パッキングを起す。或る原因で炭素粉が壓迫されると、抵抗が減少し電流が増大する結果、内部空気が膨脹し更に炭素粉を凝結させ感度を低下せしめる。
- (4) 炭素粉が劣下する。粗接觸點で電流密度が大となり高温になるため、使用と共に炭素粉が次第に劣下し、雑音が多くなり感度が下る。
- (5) 濕氣の影響を受ける。
- (6) 感度及び周波數特性が不安定である。炭素粉が粗接觸の状態にあるため、感度及び周波數特性に變化を受け易い。

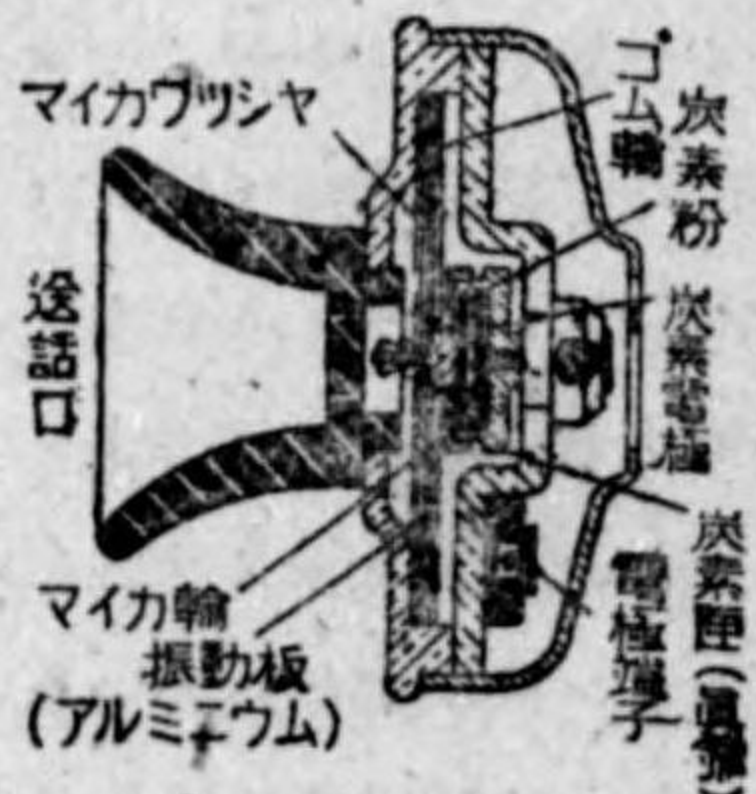
2.1 炭素送話器

現在本邦で廣く使用せられてゐる電話機用送話器はデルビル、ソリッドバック、1-A 皿型の3種である。

(イ) **デルビル送話器** その構造は第 11-11 圖の如くで、直徑約 1 ミリ・メートル程度の球狀炭素粒を使用し感度が高い。その抵抗は 20 乃至 30 オームくらゐである。



デルビル送話器
〔第 11-11 圖〕

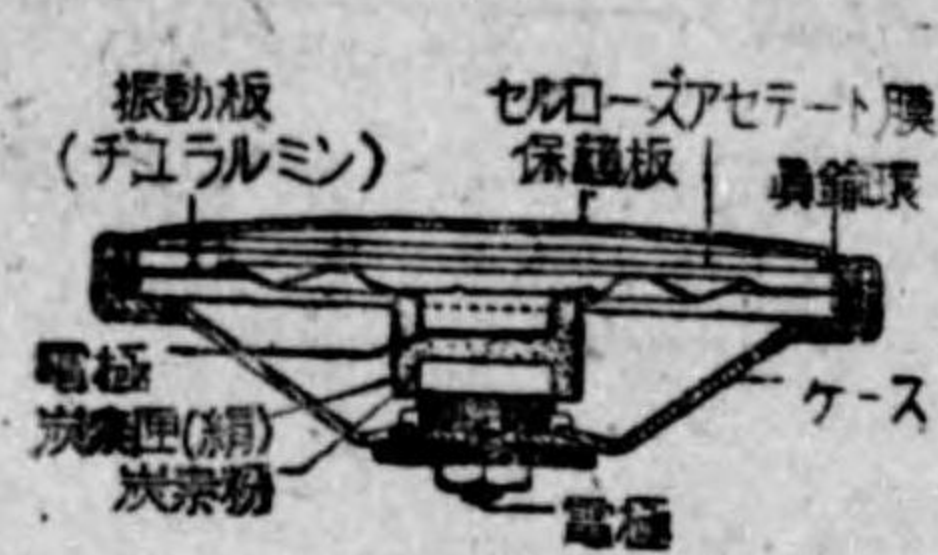


ソリッドバック送話器
〔第 11-12 圖〕

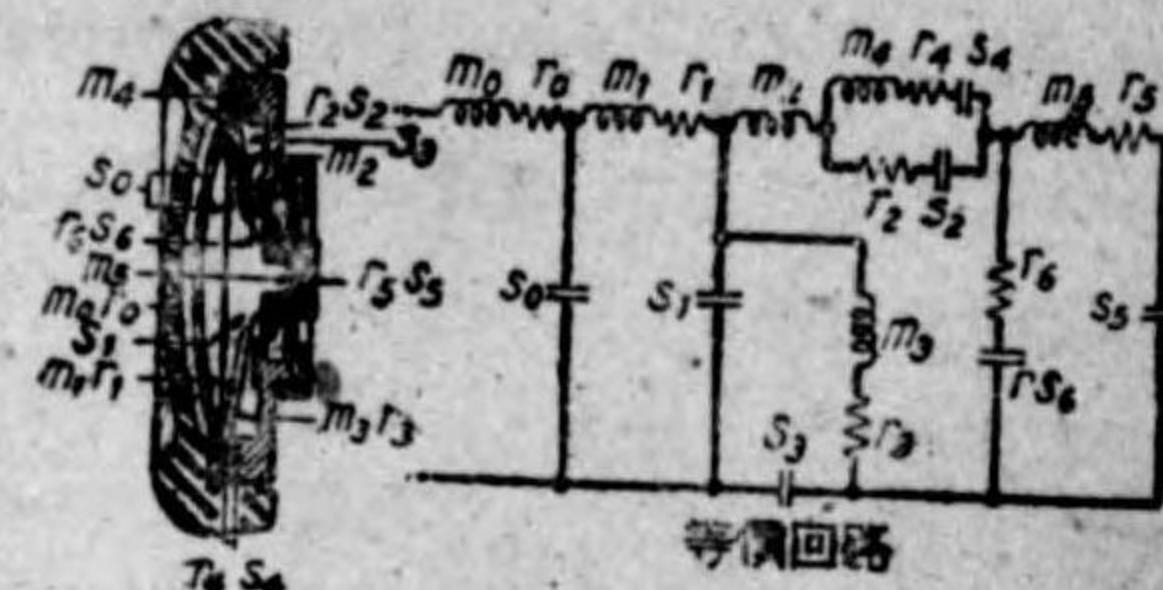
(ロ) **ソリッドバック送話器** 第 11-12 圖の如き構造を有し、デルビル送

話器より多少感度は劣つてゐるが、不要の雑音發生が防止せられてゐる。内部抵抗は 50 乃至 60 オームくらゐある。

(ハ) **1-A 皿型送話器** 送受話器附電話機に用ひられ、第 11-13 圖の如き構造のもので、前二者に比べ遙かに優秀な周波數特性をもつてゐる。



皿型送話器
〔第 11-13 圖〕



新型送話器及びその等價回路
〔第 11-14 圖〕

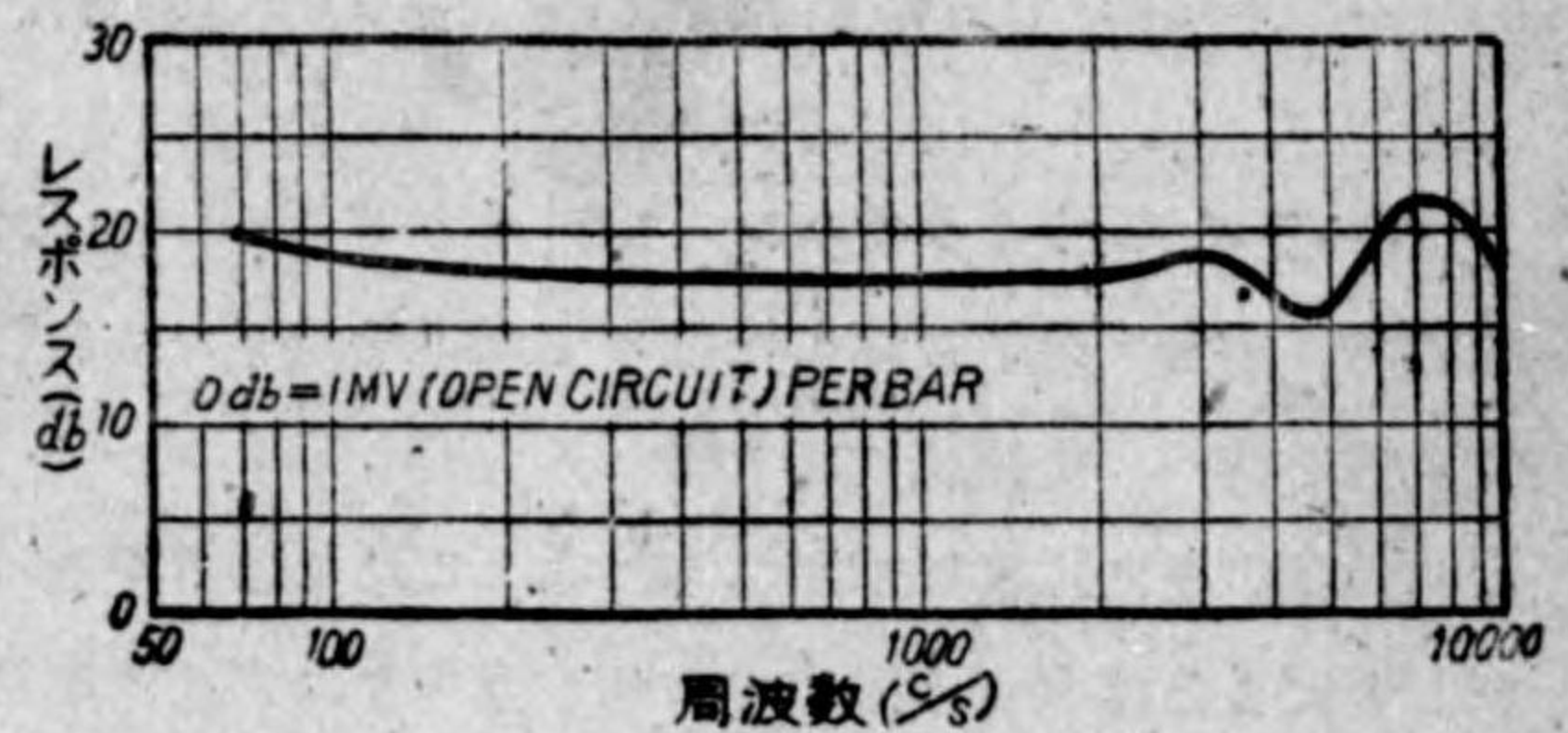
(ニ) **その他の送話器** 最近發表せられ、米國に於て使用されてゐるものに第 11-14 圖の如きものがある。その特徴とするところは、口となす角度による感度の變化を極力少くしたこと、非直線歪を少くしたこと、音響及び機械的等化器を考へに入れ、周波數特性の改良を圖つたこと、防濕膜を設けて濕氣に因る壽命の短小を防いだこと等である。

2.2 炭素マイクロホン

(イ) **双卸型炭素粉マイクロホン** ラジオ放送開始當時盛んに用ひられたマイクロホンで第 11-15 圖及び第 11-16 圖はその構造と特性を示す。振動板は厚さ 0.043 ミリ・メートルのジュラルミンに張力を加へ強く張つたもので、そ



双卸型炭素マイクロホン
〔第 11-15 圖〕

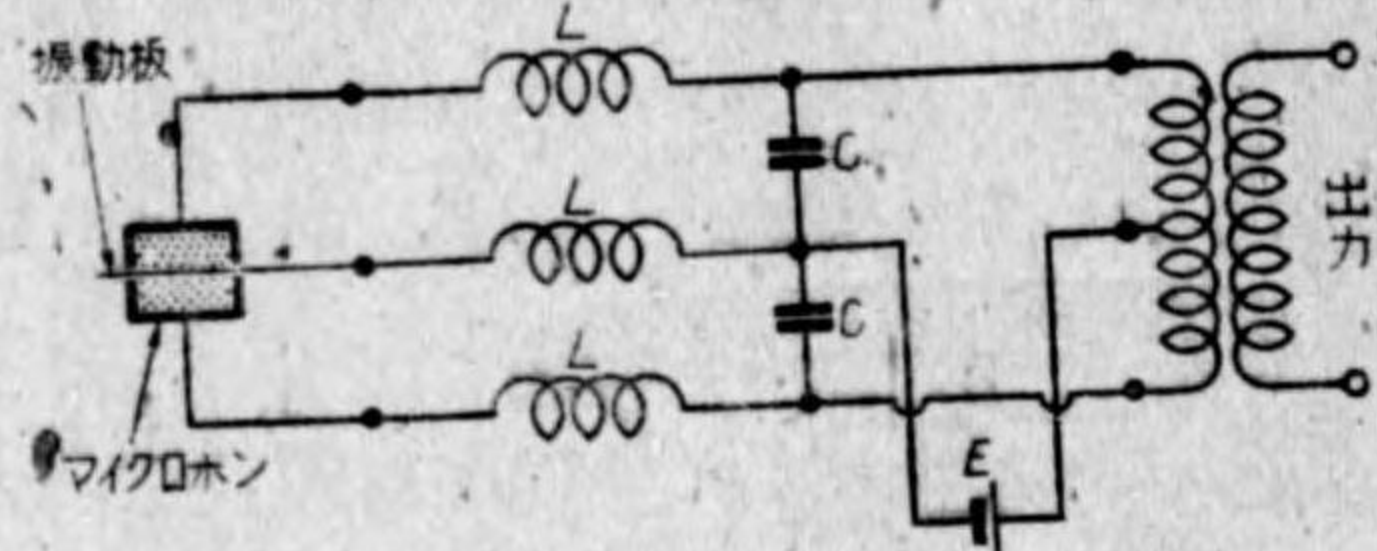


〔第 11-16 圖〕

の背後の固定板との間に約 0.0025 ミリ・メートルの空隙を有し、固有振動を 5000 乃至 6000 サイクルくらゐとしてゐる。振動板の中央両面に金鍍金を施し、これに釘を 2 個設け各々に、精選された 0.06 センチ・リットル宛の炭素粉が比較的緩く詰められて

居り、直流抵抗は各約 10 オームくらゐである。電流は振動板を電極とし、その振動方向に流れ、感度の點は優れてゐるが、比較的

雑音の多いことがその缺點である。通例第 11-17 圖の如く、プッシュ・プル接続にして使用し、偶數高調波の發生及び電源よりの雑音導入を除去してゐる。圖中に示せる L 及び C は電源の接続或は遮断の際發生するスパークに因るバックリング作用を防ぐための低域濾波器である。第 11-18 圖はその周波數特性の一例を示す。

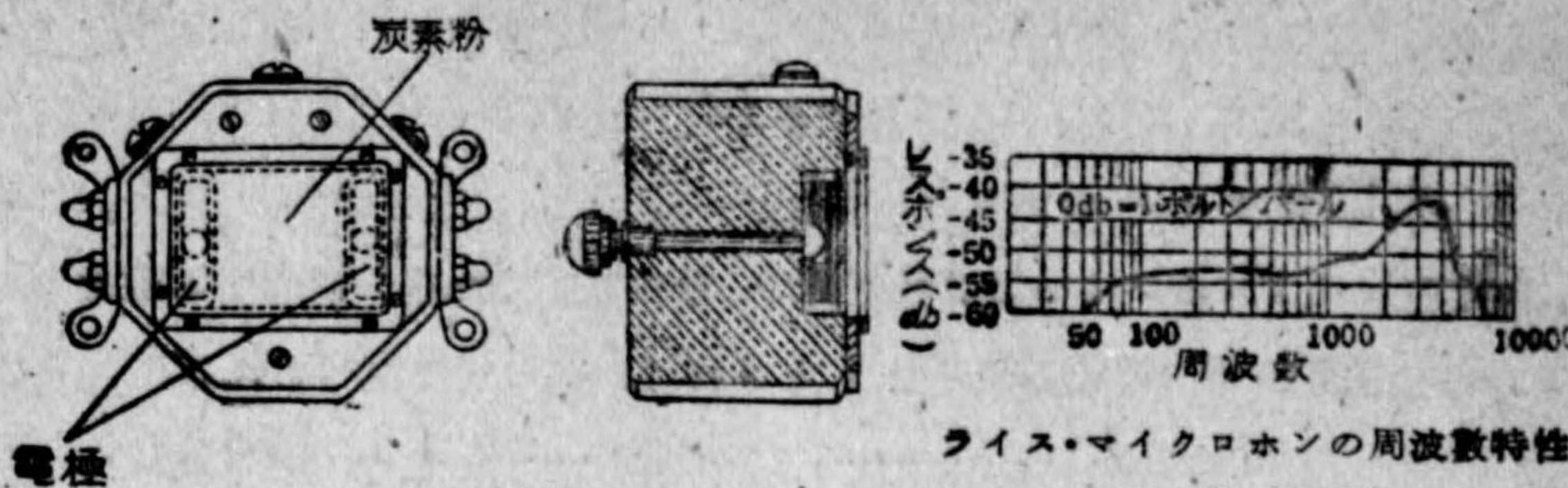


〔第 11-17 圖〕



W.E. 双釘式マイクロホンの感度特性
〔第 11-18 圖〕

(ロ) ライス・マイクロホン 1924 年ライス (Reisz) によつて作られた型のもので、普通大理石に穿つた凹みに炭素粉が充たされて居り、その両端に炭素電極を備へ、直流抵抗は大體 500 乃至 1000 オームくらゐである。振動板は薄い護膜または雲母が用ひられる。これを通る電流は振動板面に並行に流れ、音による振動板の變位方向と直角をなす。密閉型で耐濕性を保ち、雑音も比較的少く、動作安定で周波數特性も仲々優れて居り、今日擴聲装置用

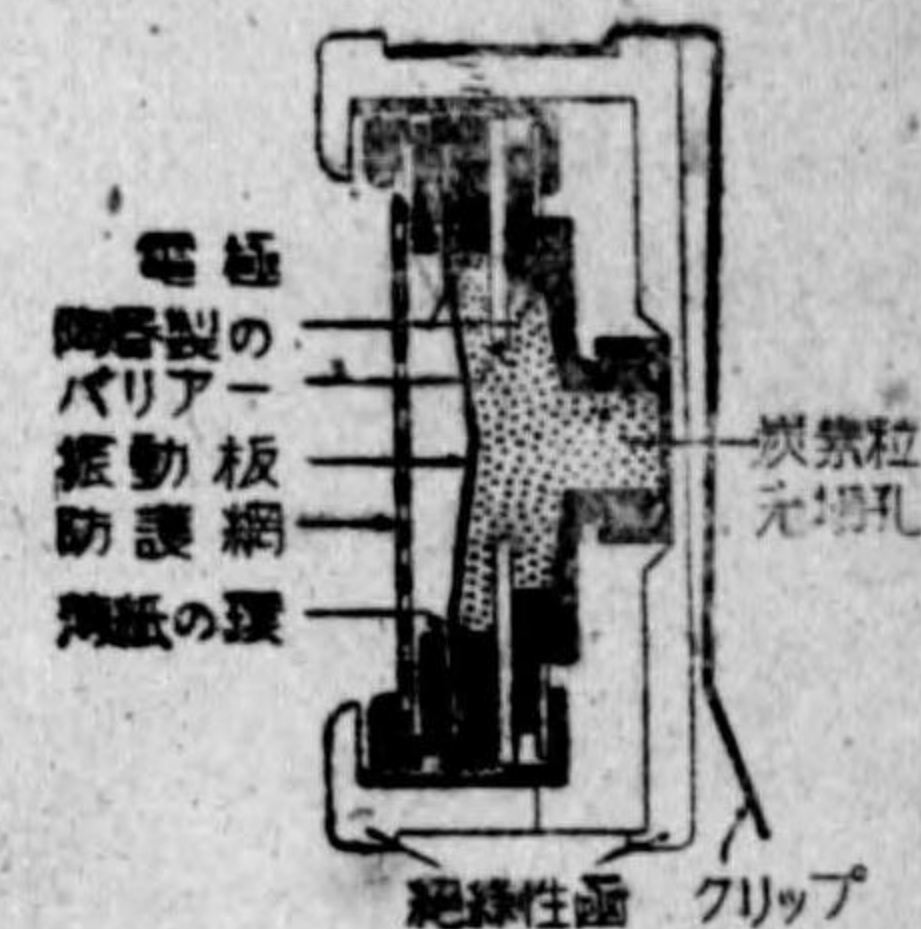


ライス型マイクロホン
〔第 11-19 圖〕

ライス・マイクロホンの周波數特性
〔第 11-20 圖〕

として廣く用ひられてゐる。双釘型に比し、感度に於て劣つてゐる。第 11-19 圖及び第 11-20 圖は、その構造及び周波數特性の一例を示す。

(ハ) ラベル・マイクロホン これは小型の炭素粉マイクロホンで、着物の襟に取付けて使用するやうに設計してあり、講演や演説用として便利である。このマイクロホンの構造は第 11-21 圖に示す如くで、振動板は薄い紙の環を何枚も重ねたもので挟み、紙の間の空氣層による所謂ブックダンピングを行つてゐる。釘の内部には磁器製の隔壁があり、これによつて電極を互に絶縁すると共に、縦電流方式と横電流方式との性質を兼有せしめ、移動による感度の變化を少くし、且つ炭素粉中の電流経路の有効長を増加せしめてゐる。また振動による雑音を軽減するために、その炭素粉は釘の内部に十分満してゐる。



ラベル・マイクロホンの切斷圖
〔第 11-21 圖〕

(ニ) その他 炭素マイクロホンの中には棒型マイクロホン、多房型マイクロホン等があり、更に炭素粒を高溫で處理した比較的大きなものを用ひ、容器として特に耐熱的な材料を用ひ、また熱の發散を良好ならしめるやうにした、直接スピーカーを驅動するやうな大容量の炭素マイマロホンも考案せら

れてゐる。

3) 動電型マイクロホン

動電型マイクロホンはいはば発電機で、音波を当てた場合誘起する電圧 E は、磁束密度を B、導線の長さを l とすれば、次の式で與へられる。

E = BlV(11)

ここに V は可動部分の速度である。従つて、周波數如何に拘はらず出力電圧 E が一定であるためには、機械系及び音響系のインピーダンスを適當に設計して V を一定としなければならない。

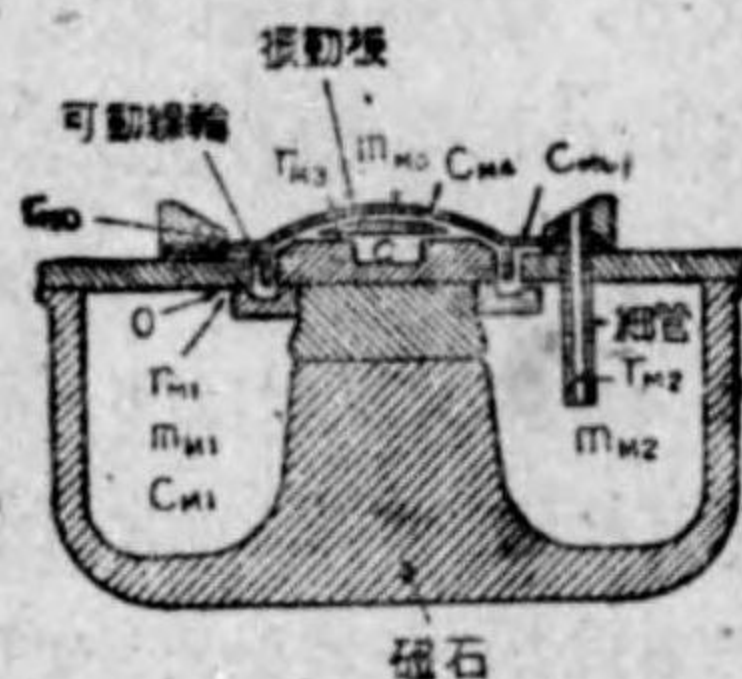
3.1 可動コイル・マイクロホン

(イ) ウェンテの可動コイル・マイクロホン ウェンテ及びタラスによつて考案せられたもので、第 11-22 圖は、懸垂型保持器を取付けた本器を示す。

第 11-23 圖はこの内部構造を示す模型圖である。本器は圖に示す如く、中央部を球状にしたアルミニウムの振動板を用ひて高次の共振を防ぎ、質量を軽くするため同じくアルミニウムのリボンでコイルを造り、これを非常に狭い磁界内に入れ



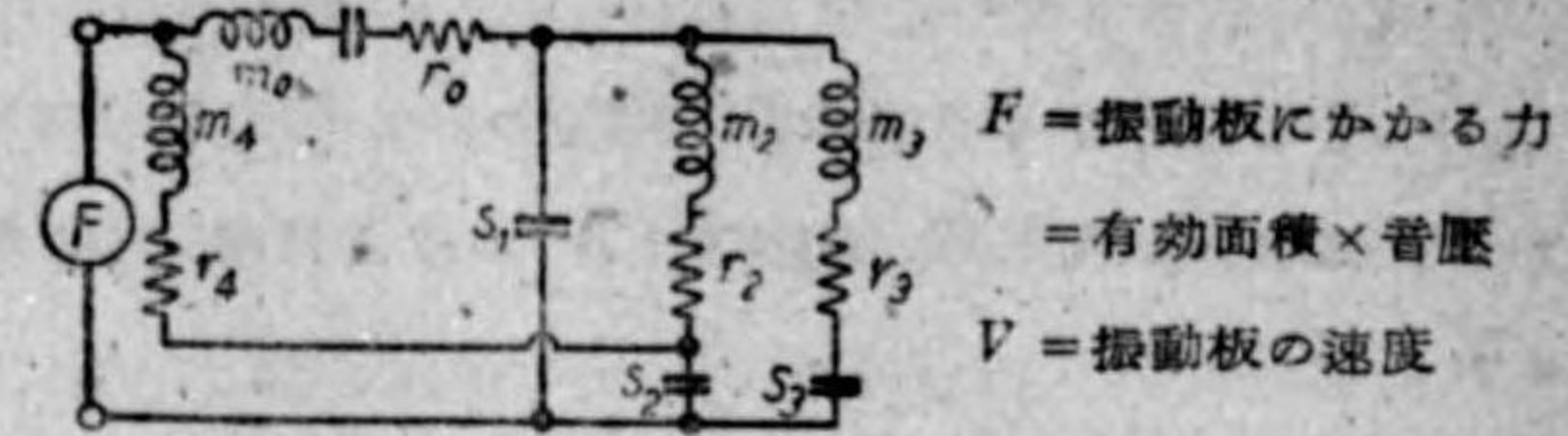
ウェンテの可動コイル・マイクロホン [第 11-22 圖]



可動コイル・マイクロホンの構造 [第 11-23 圖]

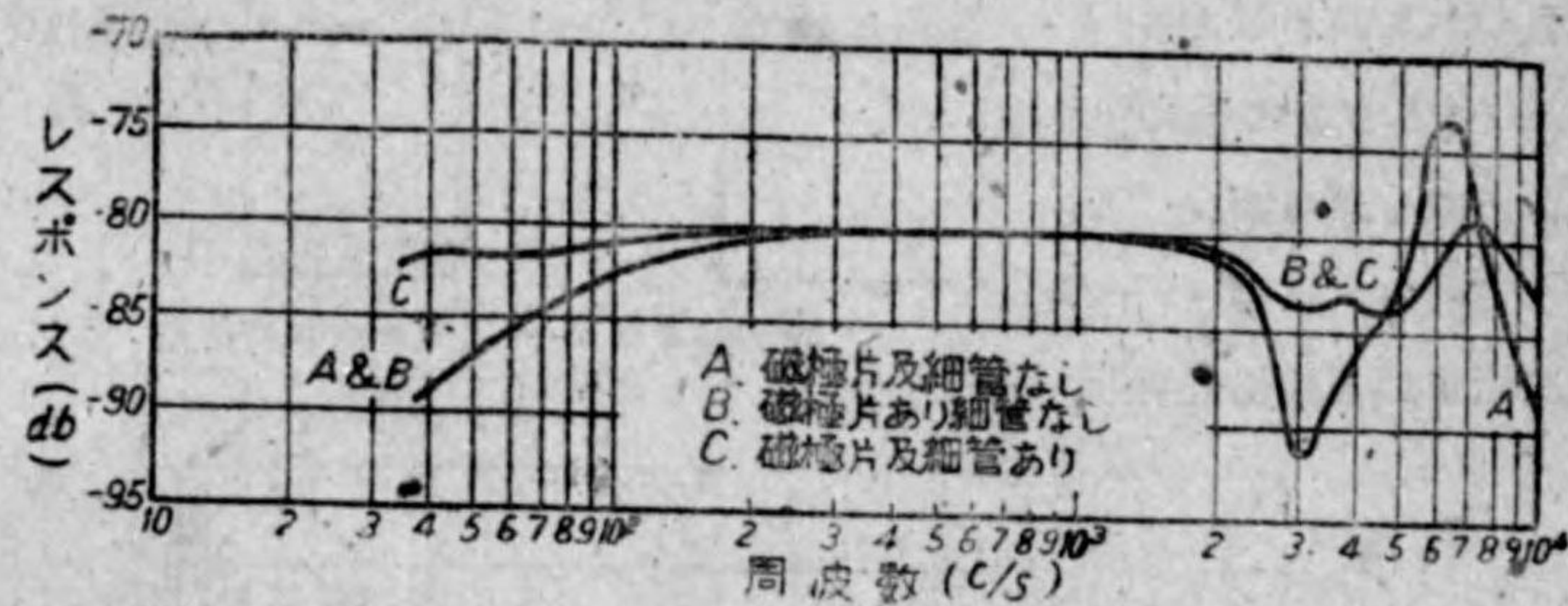
感度を上げるやうにしてある。この振動板を金屬環の間に固定して、コイルをコバルト鋼で作つた永久磁石の放射狀磁場内に入れるやうに組立てる。コイルの直流抵抗は 27 オームくらゐ、1000 サイクルに於けるインピーダンスは約 30 オームであり、トランスによる昇壓が可能で 1 ベールに付き 10 ミリ

ボルトの出力にすることができる。この種のマイクロホンでは振動部の質量が比較的大であるため、種々の音響インピーダンスを挿入し巧にその等化作用を利用して、周波數特性の改善を圖つてゐる。第 11-24 圖は等價回路を示し、第 11-25 圖は



ウェンテの可動コイル・マイクロホンの等價回路 [第 11-24 圖]

壓力較正による周波數特性を示す。このマイクロホンの特徴は一般に可動コイル型に通用のものであるが、雑音の少いこと、比較的感度のよいこと、インピーダンスが低いこと、非直線歪の少いこと、構造が堅固で温度、湿度、氣壓、風等の影響を

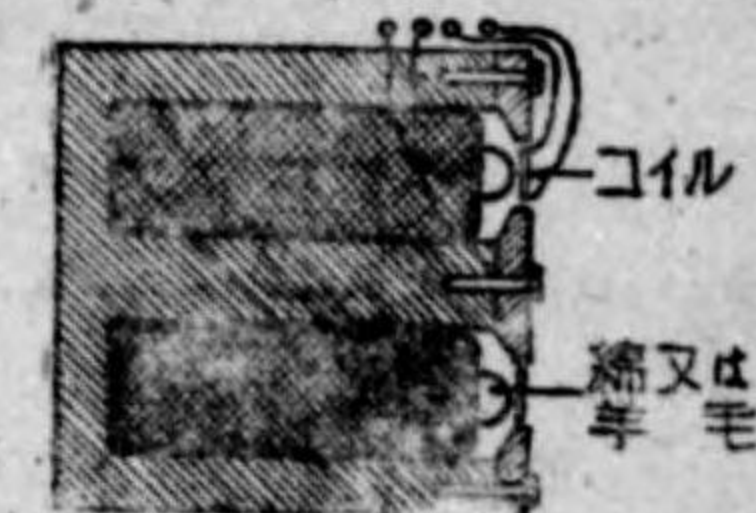


ウェンテの可動コイル・マイクロホンの感度特性 (壓力較正) [第 11-25 圖]

殆ど受けないこと等であるが、複數個の共振回路の組合せにより、周波數特性の等化を計つてゐるため、過渡的な音響に對して難色を免れ難い。

(ロ) マルコーニの可動コイル・マイクロホン

このマイクロホンは、サイケの考案に係るもので、第 11-26 圖の如き構造を有する。その可動コイルは細いアルミニウム線を渦卷形に巻きこれを薄い紙の上に貼付けたもので、振動部



サイケの可動コイル・マイクロホン [第 11-26 圖]

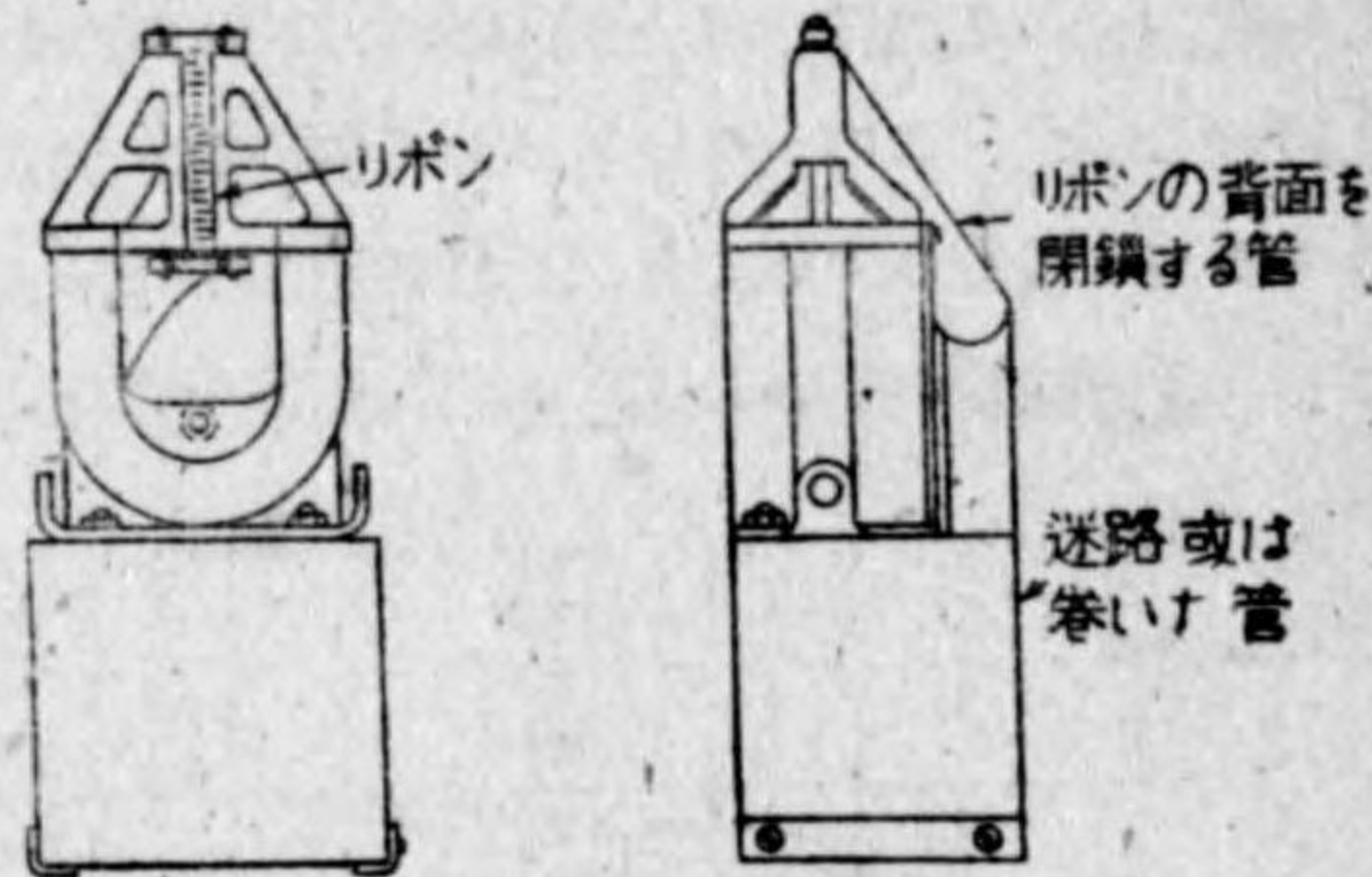
は環形である。コイルの直流抵抗は約 40 オームである。磁気回路の空隙が広い故、永久磁石では不足で電磁石を使用して居り、別に勵磁電流を必要とする。

(ハ) その他のマイクロホン 可動コイル型にはこの他にソルトシェーカー型マイクロホン、A.E.G. 可動コイル・マイクロホン、小型可動コイル・マイクロホン等がある。

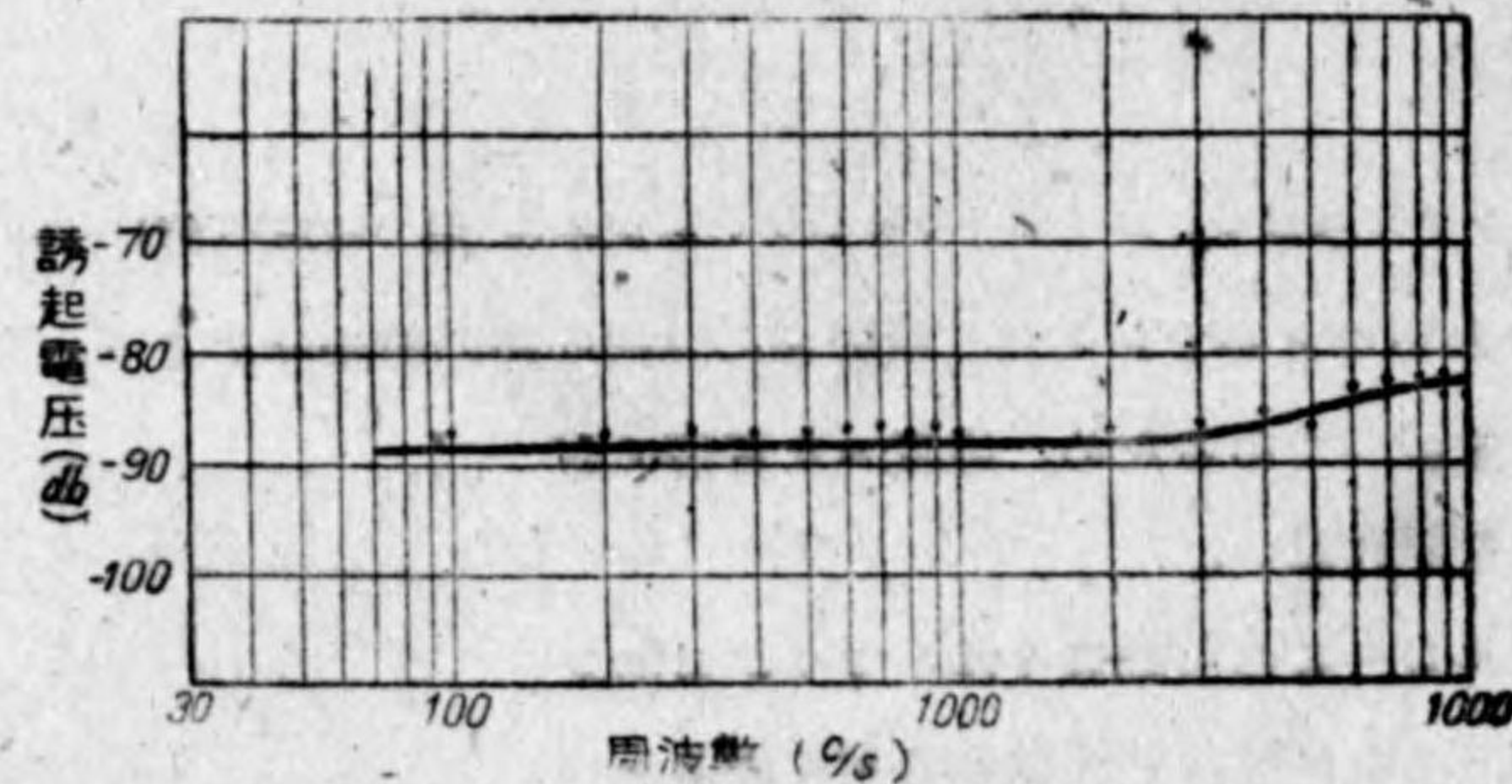
3.2 リボン・マイクロホンまたはバンド・マイクロホン

磁場内で磁束を切るべき導体は必ずしもコイルである必要はなく、1本の線であつても或は1本のリボンであつても同じである。

(1) オルソンの圧力型リボン・マイクロホン このマイクロホンは第 11-27 圖に示す如き構造を有し、



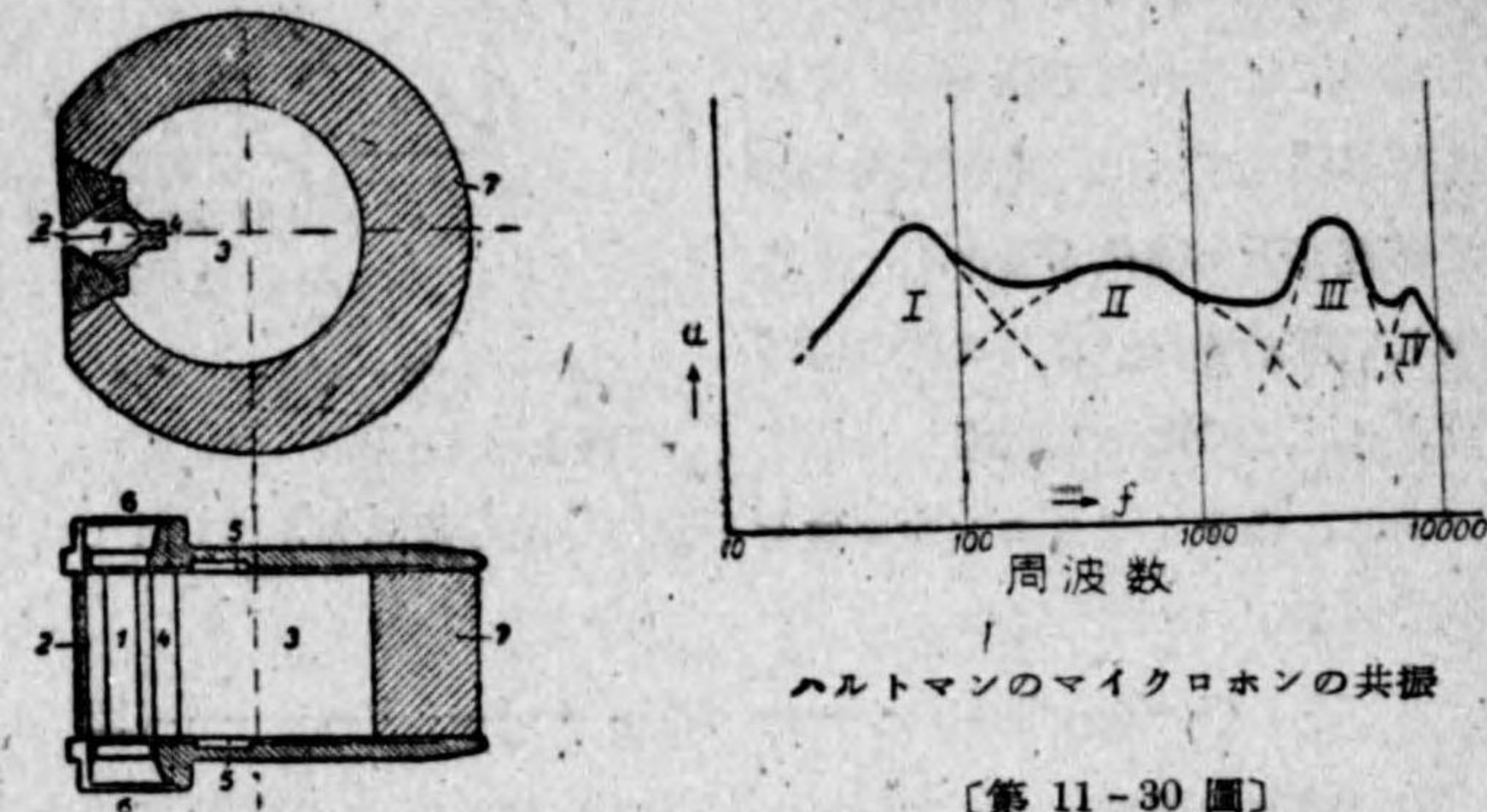
圧力型リボン・マイクロホンの構造 [第 11-27 圖]



圧力型リボン・マイクロホンの周波数特性。そのインピーダンスを 250 オームの線路に合せ、音壓 1 ベールを加へた時の回路電圧 0 db=1 ボルト理論値
.....レーレー盤による較正值。
[第 11-28 圖]

振動部は磁場に吊した1枚の軽い金属リボンよりなり、その質量及び弾性は極力小さくしてある。リボンには皺を施した厚さ約 0.0025 ミリ・メートル、幅約 4 ミリ・メートル程度の薄いアルミニウム箔が使用される。このリボンの一面は直接大気に面し、他面は特に設計した音響インピーダンスに對してゐる。実際にはこの音響インピーダンスは断面積 1.9 平方センチ・メートル、長さ 2 メートルの巻いた管に吸音材料(フェルト屑)が併用されてゐる。第 11-28 圖はその周波数特性を示す。

(2) ハルトマンの圧力型リボン・マイクロホン ハルトマンの考案になるリボン・マイクロホンは第 11-29 圖の如き構造を有し、リボンには皺をつけ



ハルトマンのマイクロホンの特性 [第 11-29 圖]

た厚さ約 0.003 ミリ・メートル、幅約 4 ミリ・メートルの帯状アルミニウム箔が用ひてある。このマイクロホンは 4 種の共振を利用し、それらの連続によつて感度を上げ、周波数特性の等化を圖つてゐる。第 11-30 圖はハルトマンのマイクロホンの共振の様態を示す。

(3) インダクター・マイクロホン 振動板に取付けられた 1 本の導体は、磁場内で音壓變化に應じ振動する際、誘起する起電力を利用したマイクロホンである。

4) コンデンサー・マイクロホン

この種に属するもので最も広く用ひられてゐるものは、コンデンサー・マイクロホンである。コンデンサー・マイクロホンは2枚の金属板電極を対立せしめ、その一方を音響変化に応じて振動させ、この時生ずる両電極間の静電容量の変化を利用するものである。その使用回路には二通りの種類がある。

第一の方法は静電容量の変化に伴ふ直列抵抗の端子電圧の変動を利用するもので、第11-31圖に示す如く、マイクロホンには直流偏倚電圧が直列の高抵抗を通して加へられ偏極されてゐる。音波が到来すれば、可動電極が振動し、静電容量が変化するため、それに相應しい電圧変化が直列抵抗の両端に現はれる。この電圧を増幅し利用するのである。今マイクロホンの容量を不変部分と可変部分とに分けて考へ、その瞬間値を

$$C = C_0 + C_1 \sin \omega t \dots\dots\dots(12)$$

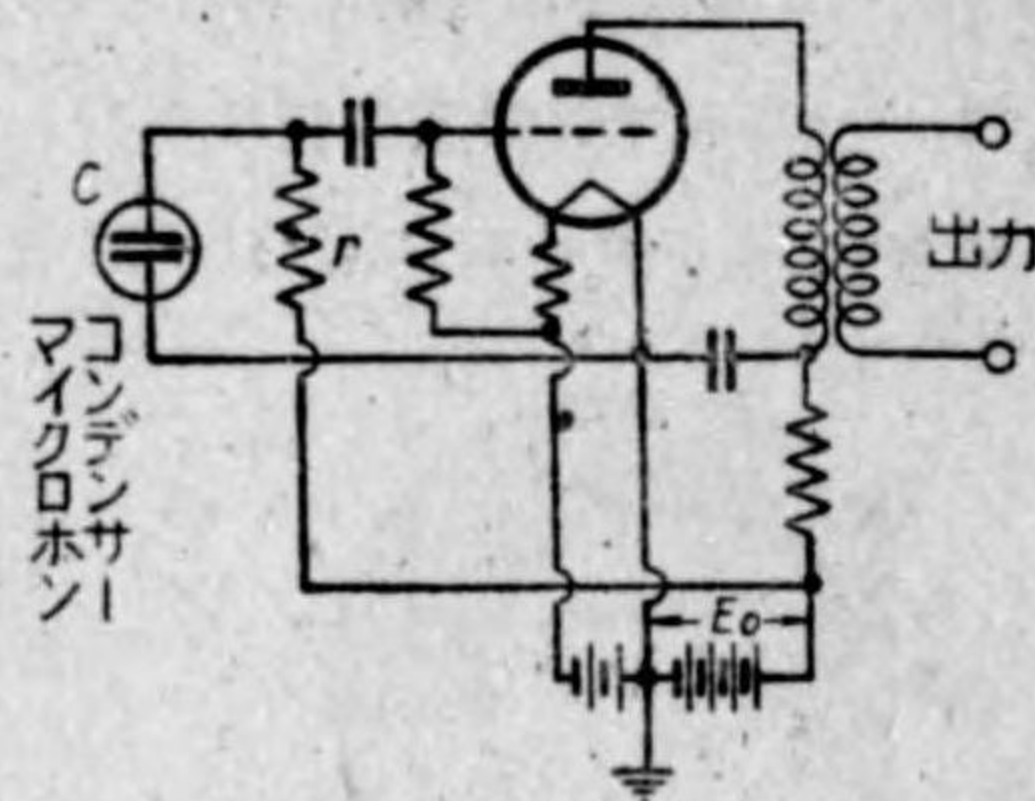
とし、直流電源の電圧を E_0 、直列抵抗を r とすれば、 r の両端に生ずる変動電圧 e は

$$e = \frac{E_0 C_1 r}{C_0 \sqrt{\frac{1}{C_0^2 \omega^2} + r^2}} \sin(\omega t + \phi_1) \dots\dots\dots(13)$$

となる。但し

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{1}{C_0 \omega r} \dots\dots\dots(14)$$

(13) 式には $C_0 \gg C_1$ なる条件が入つて居り、高次の項を省略してゐるが、実際には C_1 は非常に小さくてこの高次の項、従つて高調波は問題にならない

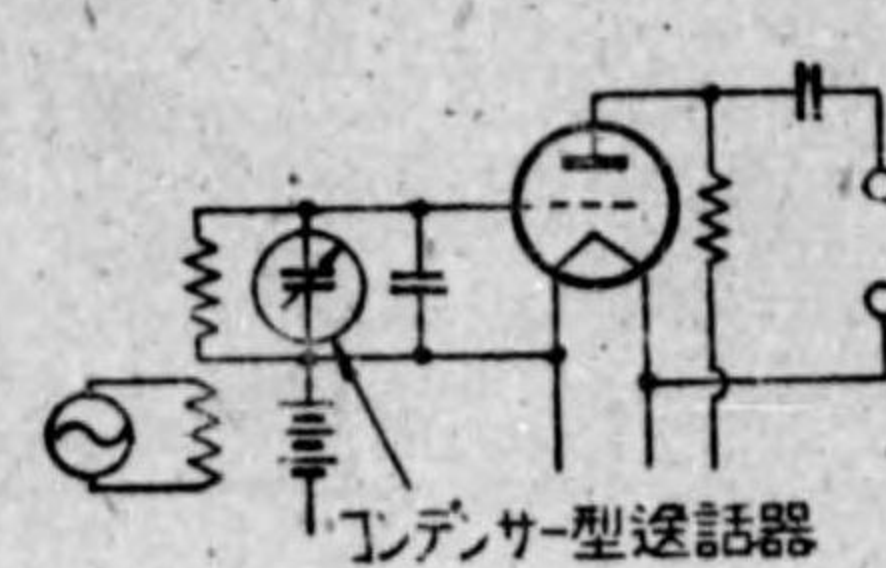


コンデンサー・マイクロホン用回路(1) [第11-31圖]

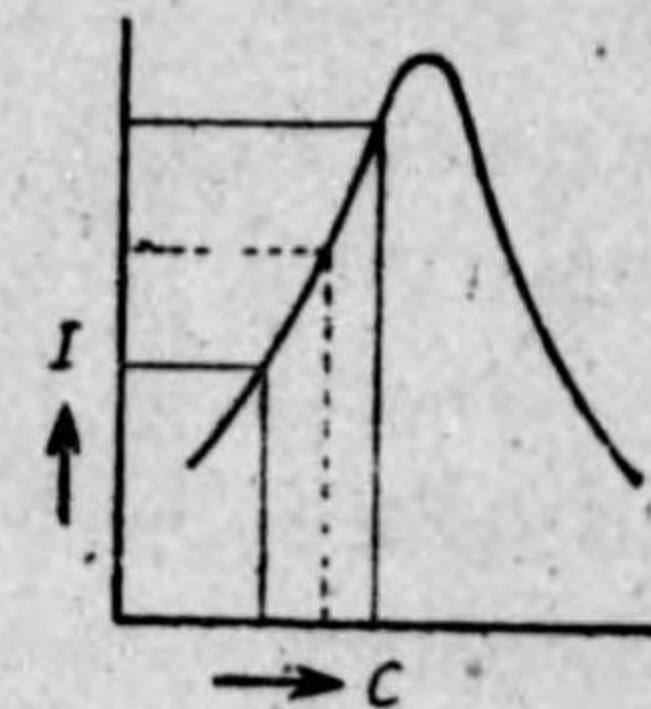
程度である。(13)より明らかなる如く、この場合コンデンサー・マイクロホンは内部インピーダンス $\frac{1}{C_0 \omega}$ を有する起電力 $E_0 \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \sin(\omega t + \phi_1)$ なる一種の発電機と見做すことができる。コンデンサー・マイクロホンの電気容量は、大體200乃至400マイクロ・マイクロ・ファラド程度で非常に小さく、従つてその電気インピーダンスは極めて高い。よつて増幅器とマイクロホンはなるべく接近せしめておくことが望ましい。増幅器とマイクロホンを離す時は、導線の影響により假令著しい周波数特性の變化はないとしても、相當大きな減衰を受けることは明らかで感度を非常に低下せしめる。このためマイクロホンの直後または直下に相近接して、その初段増幅器を内蔵せしめる方法が採られるが、この部分が相當の大きさになり、廻折現象が顯著になつて周波数特性を亂す結果になる。

また第11-31圖に示す如き回路に於ては、マイクロホンに高抵抗を通し比較的高い電圧が加へられてゐる故、マイクロホン及び直列抵抗の絶縁を十分に高く保ち、直列高抵抗にも雑音の極めて少いものを使用しなければ雑音発生の原因となる。従つて、保守上これ等の部分並びにその関係回路も十分乾燥し、且つ清潔にし埃などの附着せぬやう注意を拂ふ必要があるが、この點我が國のやうに濕氣の多いところでは不便である。

次に第二の方法は第11-32圖に示す如く、コンデンサー・マイクロホンを高周波發振器と結合せる同調回路に並列に挿入し、同回路のコンデンサーとして使用する方法である。この場合にはコンデンサー・マイクロホンには



コンデンサー・マイクロホン用回路(2) [第11-32圖]

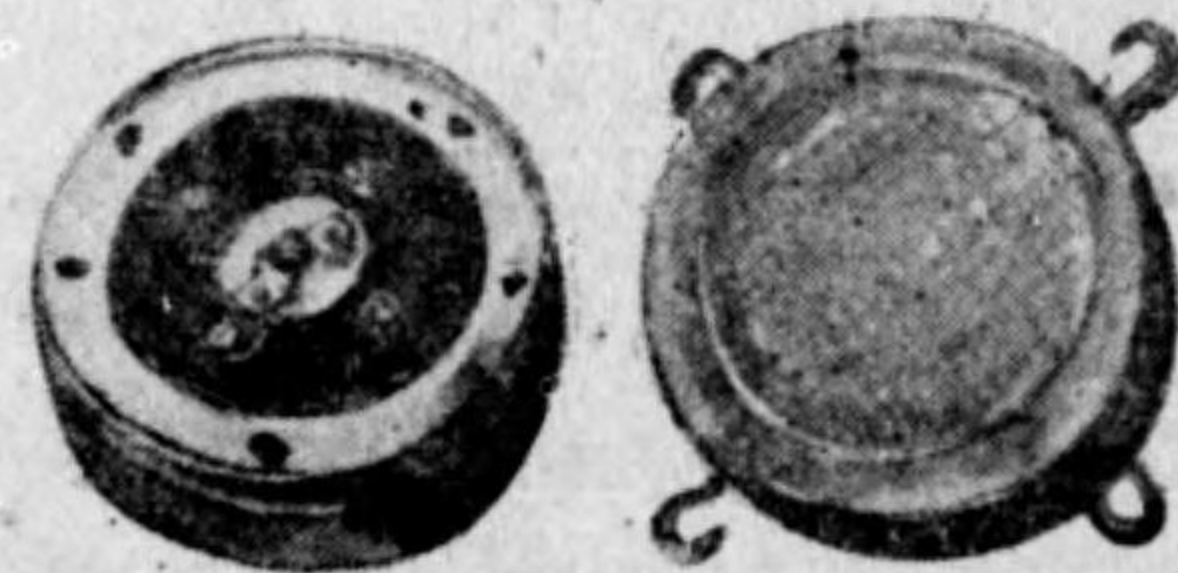


[第11-33圖]

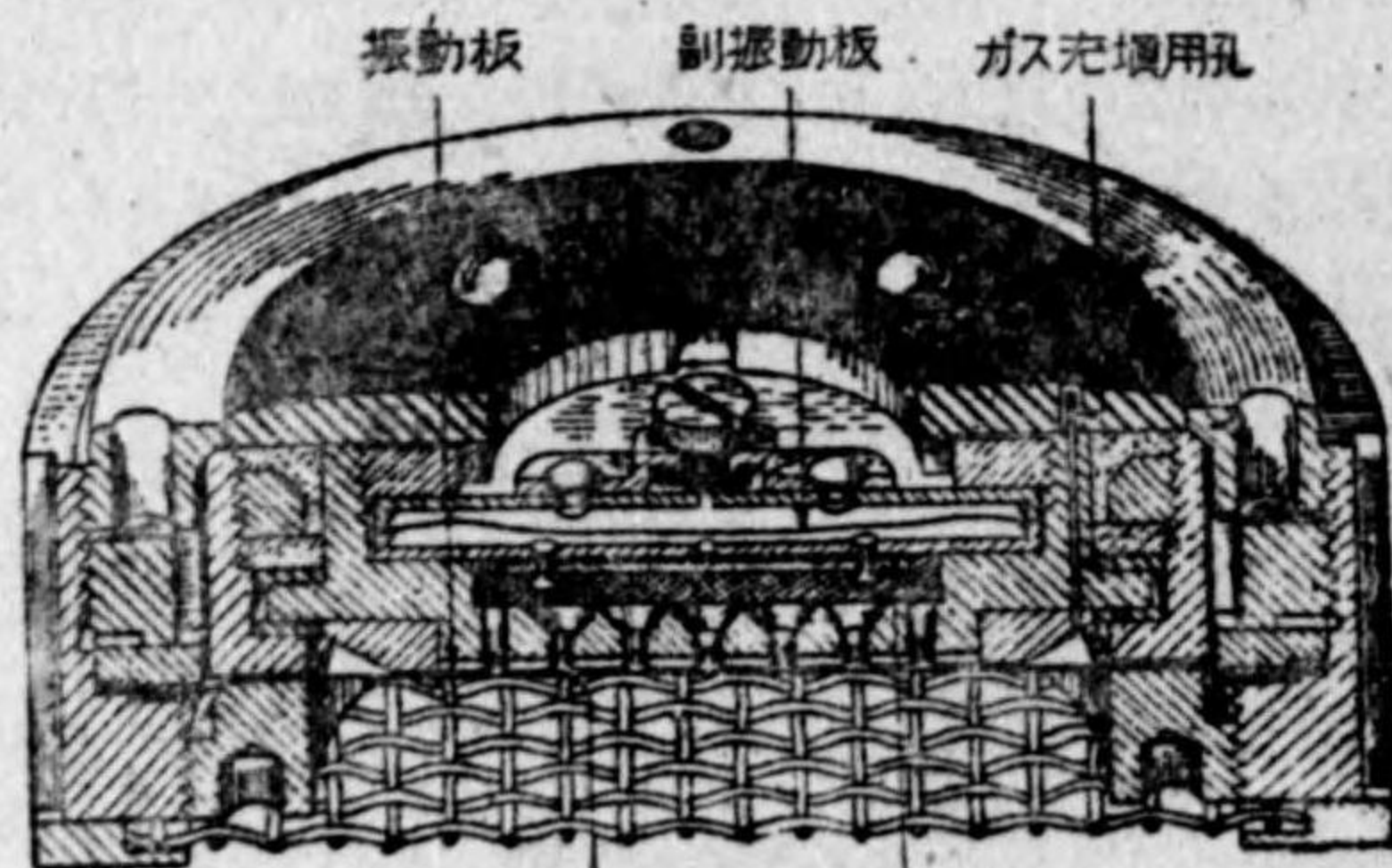
何等偏倚電圧を加へる必要がなく、また直列高抵抗も不必要である。第 11-32 圖のコンデンサー C_2 の容量を變へる時は、周知の如く第 11-33 圖に示すやうな同調回路の共振曲線が得られる。今マイクロホンに音壓が作用しない場合の同調の度合を、共振曲線の急激に變化する直線部分の點にあるやうに選べば、音波が到來せる場合の音壓變化を容易に同調回路に於ける振幅變化に變換することができる。従つて、これを増幅し整流すればよい。この方法によれば、上述の如く偏倚用高電圧を加へる必要がなく、また直列高抵抗も不必要であるから第一の方法に比し、約 15 デシベルくらゐ雑音を低減できるといはれてゐる。コンデンサー・マイクロホンは一般に動作安定で、種種の測定に使用される。

(イ) ウェンテのコンデンサー

一・マイクロホン 本マイクロホンの外觀は第 11-34 圖に示す如くで、第 11-35 圖はその構造を示す。振動板は厚さ 0.025 ミリ・メートル (1 ミル) のジュラルミン板を、その弾性極限近くまで引張り、固有振動數を 5000 サイクルくらゐに持つて行つてゐる。振動板と固定板との間隔も 0.025 ミリ・メートルで、この間の空氣薄層を利用し、周波數特性を良好ならしめてゐ

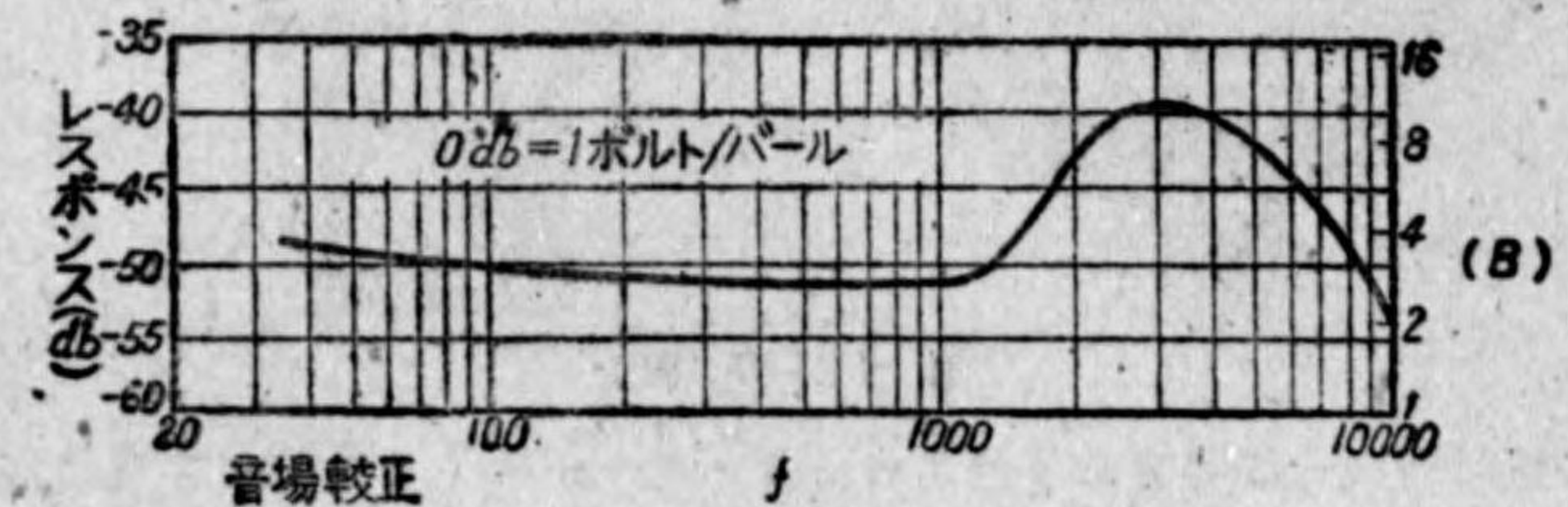
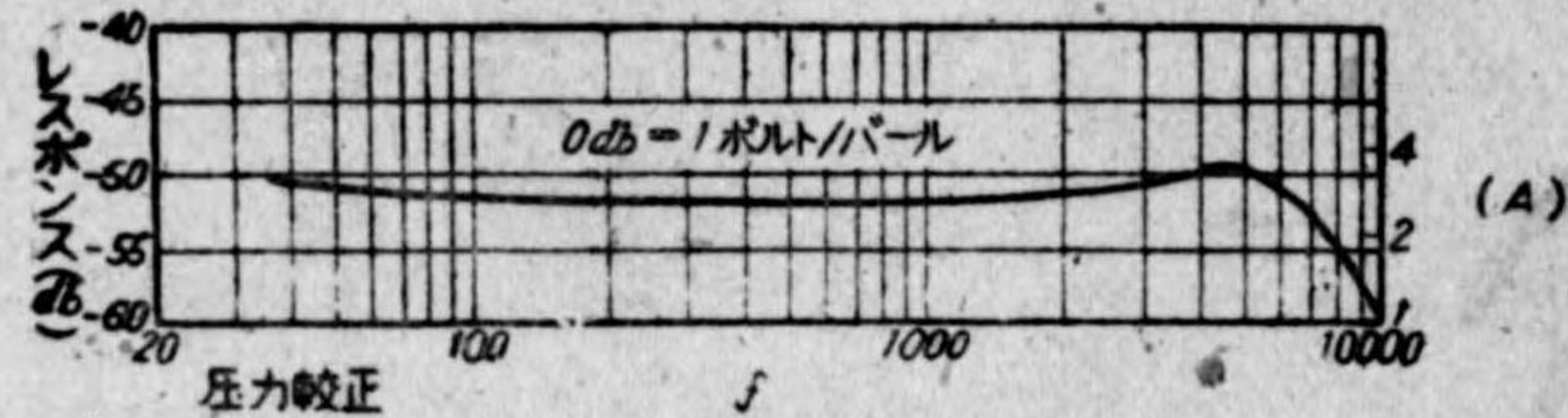


コンデンサー・マイクロホンの外觀 [第 11-34 圖]



ウェンテのコンデンサー・マイクロホンの構造 [第 11-35 圖]

る。このためケラントールによつて提案されたところに従ひ、固定板に縱横に溝を穿ち、その交點に細い孔をあけて後室に連絡せしめて、周波數による特性變化を極力少くしてゐる。この孔は第 11-35 圖にも現はれてゐる。振動板と固定板との間には錆の生ずるのを防止するために、窒素を充填し氣密にしておくのが普通であるが、この時大氣壓に對しても感度が變化しないためには、空隙内の壓力と外壓とを平衡せしめることが必要である。このため可撓性の膜よりなる補償振動板を用ふ。補償振動板は音波には感ぜず、大氣壓のやうな極めて徐々に起る變動に對してのみ應ずるやうに設計する。このマイクロホンの靜電容量は約 300 マイクロ・マイクロ・ファラドで、これに約 200 ボルトの偏倚電圧を加へて使用する。感度は 1 ボルト/パルを 0 デシベルとした時、大體 -50 デシベル程度である。第 11-36 圖はその特性曲線



ウェンテのコンデンサー・マイクロホンの感度曲線

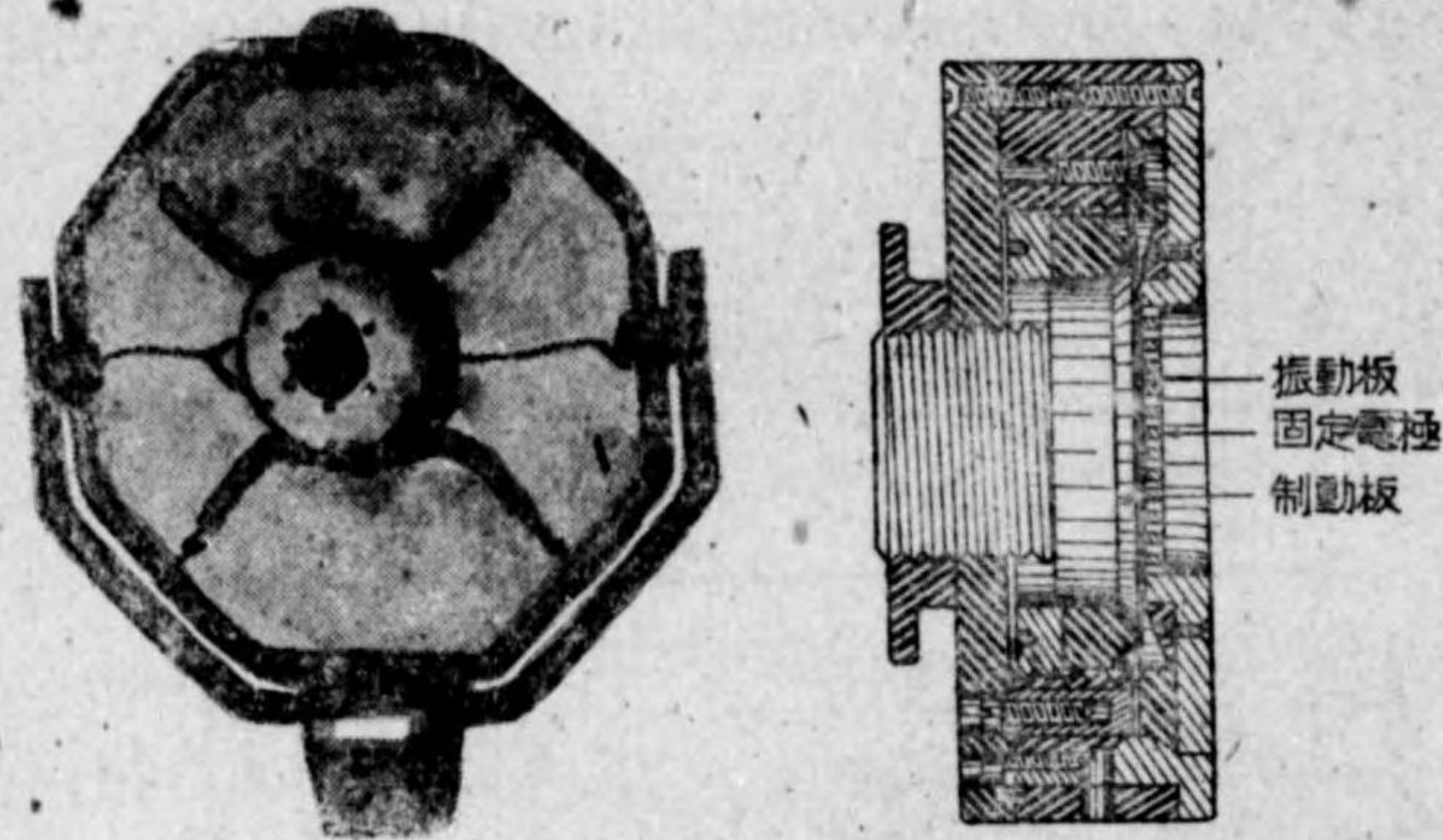
[第 11-36 圖]

の一例で、(A) は音壓較正、(B) は音場較正によるものである。後者に於て、周波數の高い部分に感度の増大現象が認められるのは、振動板前面に存する圓筒形凹部の空氣室共振現象、即ち前窩効果と、廻折現象のため、高い周波數に於て亂れを生ずるからである。この影響をできるだけ小さくするために、

振動板前面凹部の空気室をできるだけ小さくし、またマイクロホン後部に流線形の枠を取付けてあるものもある。

ウエーテのコンデンサー・マイクロホンは比較的大型であるため、上述の如く前窩効果、廻折効果等の影響がある。また振動板の直径と波長との比が大になると、板上の各点の實効壓力が減少するため歪を生ずる等があり、凡ゆる観点よりみても一様な特性を有せしむるためには小型にすることが必要で小型コンデンサー型マイクロホンが研究され、色々の測定に用ひられてゐる。

(ロ) リーガーのコンデンサー・マイクロホン 本マイクロホンは第11-37圖の如き構造を有し、振動板は厚さ0.0005ミリ・メートルのアルミニウム箔を絹布の上に貼付けたものを用ひ、格子状の固定電極はその前にある。制動



〔第 11-37 圖〕

は専ら振動板とその後方に2乃至3ミリ・メートルくらゐ隔てて設けられた制動板との間の空気層によつて行はれる。この空気間隙は捻子によつて調節される。本器は専ら前述第二の方法の高周波共振回路中のコンデンサーとして使用される。

5) 壓電氣マイクロホン

所謂壓電現象を利用するもので、この現象を呈するものには水晶、電氣石、

ロッシェル鹽等があるが、マイクロホンには感度の點より専らロッシェル鹽が用ひられる。ロッシェル鹽とは酒石酸加里曹達 (NaKC₄H₄O₆·4H₂O) のことで、或る温度でその飽和溶液を造り、その温度を徐々に下げると第11-38圖に示す如き形の結晶が得られる。

この結晶より圖に示す如く A, B, C, D なる結晶片を截出し、これに矢印の方向に剪斷力を加へると、x 軸に垂直なる平面には次式に示す如き壓電氣的偏極を生ずる。

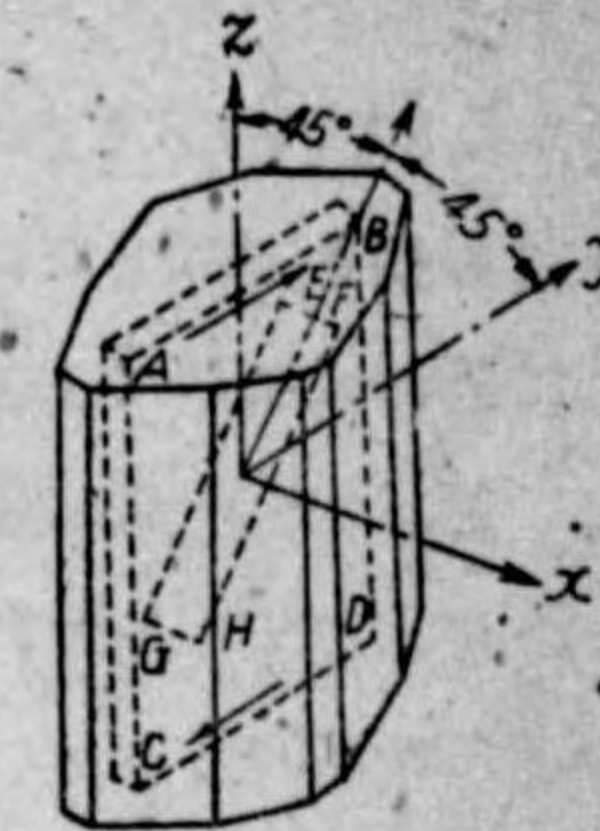
P_x = -d₁₄Y_z.....(15)

ここに P_x は x 軸に垂直なる面内の壓電氣的偏極、Y_z は yz 面の受ける剪斷力、d₁₄ は壓電率にして、0°C に於て 2300×10⁻⁸ 靜電單位/ダイン の値を採る。同様にして

P_y = -d₂₅Z_x.....(16)

P_z = -d₃₆X_y.....(17)

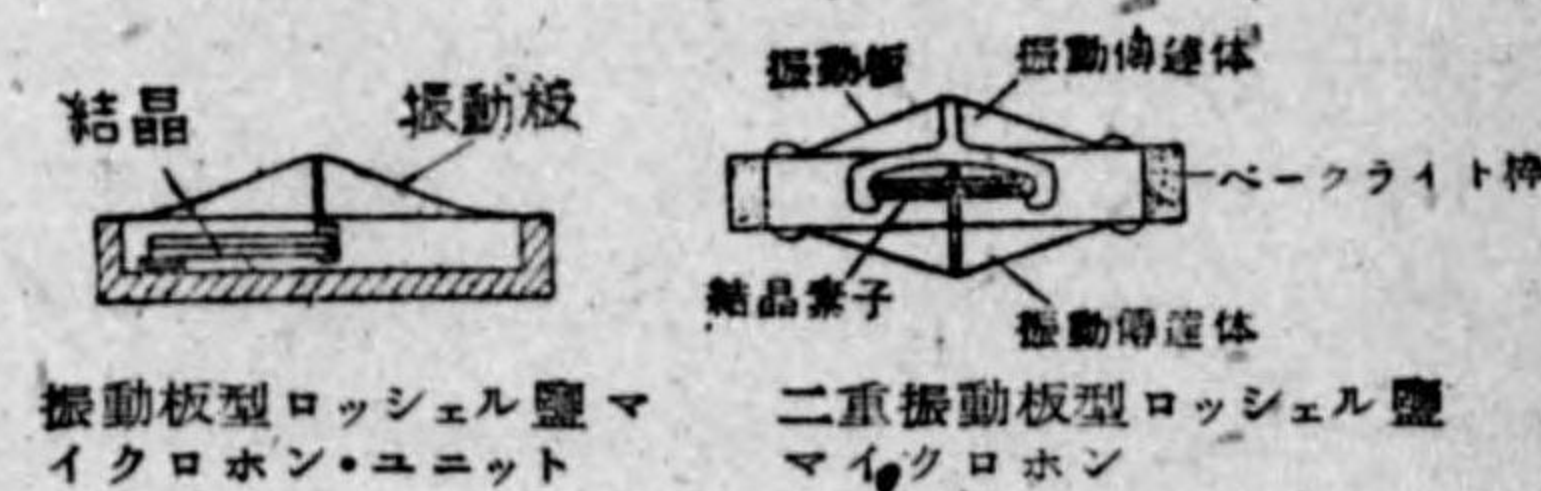
但し d₂₅ = 138×10⁻⁸ 靜電單位/ダイン、d₃₆ = 28.7×10⁻⁸ 靜電單位/ダインで d₁₄ に比し遙かに小さい。よつて實際には (15) 式により示さるる如き壓電効果が利用されてゐる。圖示の A, B, C, D なる結晶片より更に y, z 軸に 45 度の傾をなす方向に、E, F, G, H の如き結晶片を截出せば、剪斷力は壓縮力及び伸張力に分解され、應用に便利な素子が得られる。なほ結晶素子に取付ける電極には、多くの場合錫或はアルミニウム等の箔をベークライトヴァニッシュで貼付する。



ロッシェル鹽結晶 [第 11-38 圖]

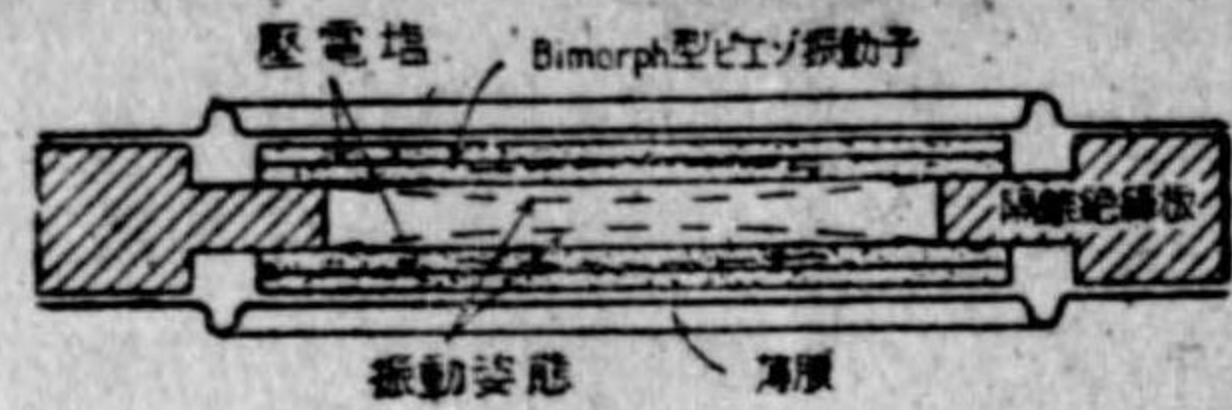
ロッシェル鹽を利用した壓電氣マイクロホンには、單一結晶型のものゝ振動子を2枚張合せたバイ

モルフ型のものである。また感度を上げるため振動板を附加したもので、更に二重振動板



振動板型ロッシェル鹽マイクロホン・ユニット 二重振動板型ロッシェル鹽マイクロホン [第 11-39 圖]

を備へたもの等もある。第 11-39 圖は単一振動板型及び二重振動板型のマイクロホン・ユニットを示す。これらユニットは數個を並列または直列にして容器に収めても使用される。



圧電型を用いたサウンドセル型マイクロホン
〔第 11-40 圖〕

第 11-40 圖に示せるは、結晶板自身が振動板の役目をなすもので、サウンドセル型マイクロホンと呼ばれてゐる。これは構造簡単で小型にでき、周波数特性もよい。通例一素子のみでは電氣的のインピーダンスが高く且つ感度も低い故、多數並列にして用ひられる。



サウンドセル型ロッシェル鹽マイクロホンの周波数特性
〔第 11-41 圖〕

第 11-41 圖は周波数特性を、第 11-42 圖は多素子サウンドセル型マイクロホンを示す。ロッシェル鹽マイクロホンは色々優れた性能を備へてゐるが、温度、湿度によつて變化を受け易く機械的に弱いことが缺點である。



多素子サウンドセル型マイクロホン
〔第 11-42 圖〕

6) 速度型マイクロホン

今まで述べて來たマイクロホンは、凡て音壓によつて動作し、電氣的出力を與へる所謂壓力型マイクロホンであるが、音の粒子速度を利用してマイクロホンは得られる。音の粒子速度或は壓力傾度によつて動作するものを、速度型マイクロホンと呼んでゐる。壓力型マイクロホンに於ては、加はる音壓が一定である場合、その出力電壓は周波数に無關係に一定になるやうにすることが必要である。今電氣出力が振動板の變位に完全に比例するものとす

れば、變位 x 、壓力 $p = P e^{j\omega t}$ 、振動板の速度 v 、及び機械インピーダンス $Z_M = r + j\omega m + \frac{1}{j\omega C_M}$ の間には、次の關係が成立つ。

$$|x| = \frac{|v|}{\omega} = \frac{P}{\omega Z_M} = \frac{P}{\omega \sqrt{r^2 + \left(\omega m - \frac{s}{\omega}\right)^2}} \dots\dots\dots (18)$$

ここに r は機械的抵抗、 m は振動板の質量、 $s = \frac{1}{C_M}$ はスティフネス (C_M はコンプライアンス) である。電氣的出力が周波数に無關係に壓力に比例するためには、分母が ω に無關係にならなくてはならない。今 $\omega \sqrt{r^2 + \left(\omega m - \frac{s}{\omega}\right)^2} = \sqrt{\omega^2 r^2 + (\omega^2 m - s)^2}$ に於て m 、及び r を s に比べて無視し得るくらゐにすれば、 $|x| = \frac{P}{s}$ となり、振幅 x 従つて出力が ω に無關係となる。即ち壓力型に於ては振動系のスティフネスを大きく選ぶ。これを彈性制御といふ。出力が可動部分の變位に比例する如き壓力型マイクロホンでは、斯様な制御法になるやうに設計する。これに反し、出力が可動部の速度によつて定まる如き壓力型マイクロホンでは

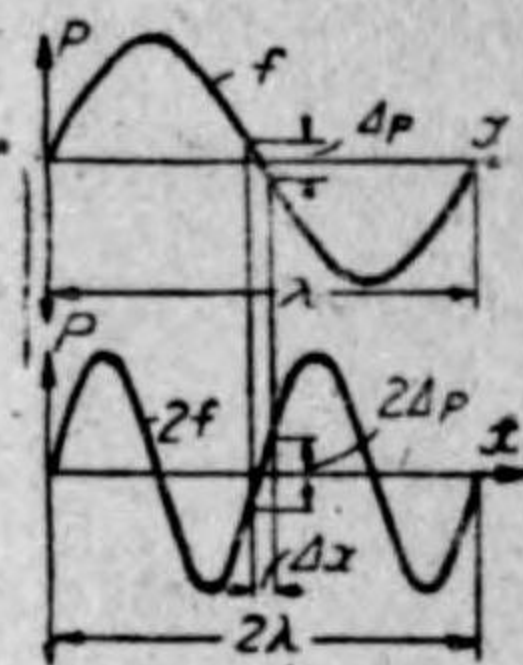
$$|v| = \frac{P}{\sqrt{r^2 + \left(m\omega - \frac{s}{\omega}\right)^2}} \dots\dots\dots (19)$$

であるから $m \ll r$ 、 $s \ll r$ にとれば、速度従つて出力は音壓に比例し周波数には無關係になる。この場合を抵抗制御と呼んでゐる。

(イ) 速度型動電マイクロホン 壓力型動電マイクロホンに於てはその出力が周波数に無關係に音壓に比例しなくてはならない。このため振動部の機械的抵抗 r をその質量 m 及びスティフネス s に比べ十分大きくとり、所謂抵抗制御にしてゐる。今 $r \ll m$ 、 $s \ll m$ 即ち m を十分に大きくすれば、振動部の加速度を周波数に無關係にすることができる。これを慣性制御といふ。動電マイクロホンに於て制御系を慣性制御にすれば、可動部分の速度 V は次式にて表はされる。

$$V = \frac{F}{j\omega m} \dots\dots\dots (20)$$

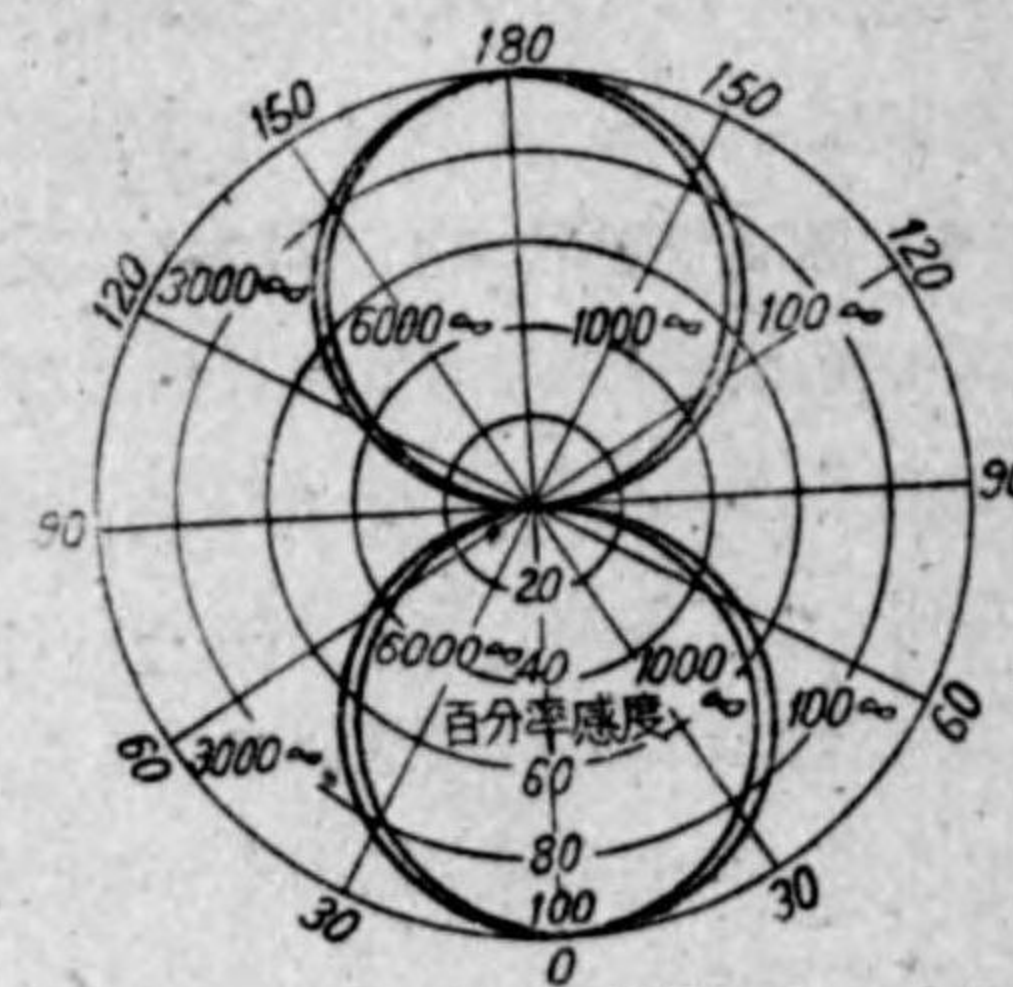
ここに F は音波によつて生ずる力、 m は可動部分の質量、 $\omega=2\pi f$ で f は周波数である。(20) 式より明らかなる如く、可動部分に加はる力 F が周波数に比例すれば、速度 V は f に無関係になる。動電マイクロホンでは出力は速度 V に比例する故、慣性制御の場合には F は周波数に比例しなければならぬ。しかるに第 11-43 圖より窺はれる如く、音圧傾度はその周波数に比例する故、その振動板に加はる外力 F は音波の壓力に比例せず音圧傾度即ち振動板両面に加はる壓力差に比例すればよいことになる。本マイクロホンの設計上特に注意すべきは、振動部の機械インピーダンスを周波数に比例する如くすること、(20) 式に於ては純粹の質量制御を考へたが必ずしもさうである必要はなく、抵抗分があつてもそれが周波数に比例しなへすれば差支へない。振動板を前述のバンド・マイクロホンの如き構造にすれば、略この條件が充たされる。一般に磁極片とリボンとの間に存する機械インピーダンスの影響、及びリボン内誘起電力に基く電



一定の距離差 Δx に對しては周波数 f または $2f$ に對する音壓の傾度の大きいさ (第 11-43 圖)

流による反作用は、無視しても差支へない程度である。ここに注意すべきことは、振動板が壓力傾度によつて働くやうにするため、音が振動板の裏面に容易に廻り得る構造とし、その間にあ

る位相差を持たしめるやうにするが、この場合その表裏両面間の空氣通路を、必要とする最も高い音の波長よりも短くすること、振動板の大きさを極力小さくすること等である。このマイクロホンは第 11-44 圖に示す如く、その動作原理の本質上感度は餘弦函数に従ひ、8 字型の強い指向特性を示す。しかもその指向性の形は圖に見らるる



速度型リボン・マイクロホン指向特性 (第 11-44 圖)

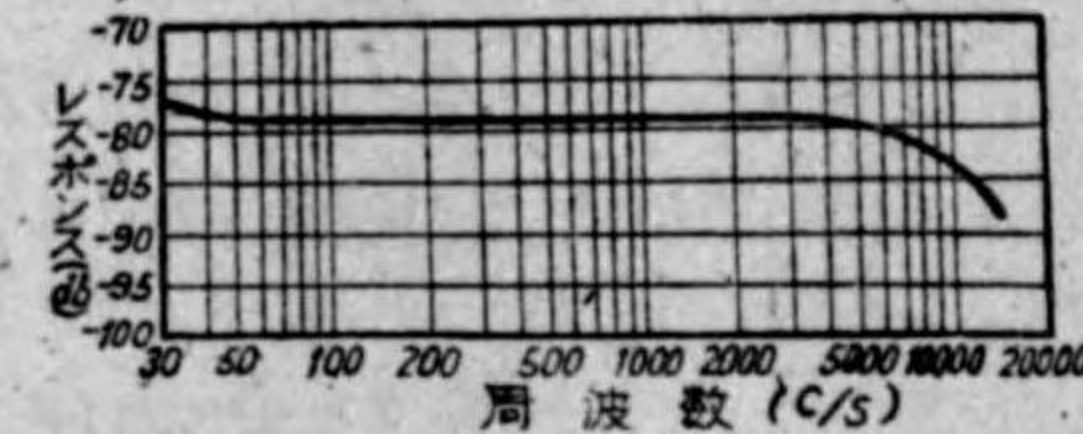
如く、100 乃至 6000 サイクルの間で殆ど不變である。

本マイクロホンはその共振を可聴周波数範圍以下に選べば、大體 50 乃至 10,000 サイクルの範圍で、周波数特性は略一定にし得ることは實驗的にも確められてゐる。第 11-45 圖及び第 11-46 圖はこのマイクロホンの外觀並びに周波数特性を示す。オルソン及びカルリツイルは速度マイクロホンの原理を應用し、速度型ラベルマイクロホンを造



つてゐる。

(ロ) 速度型靜電マイクロホン 第 11-47 圖はこのマイクロホンの構造を示す。本マイク



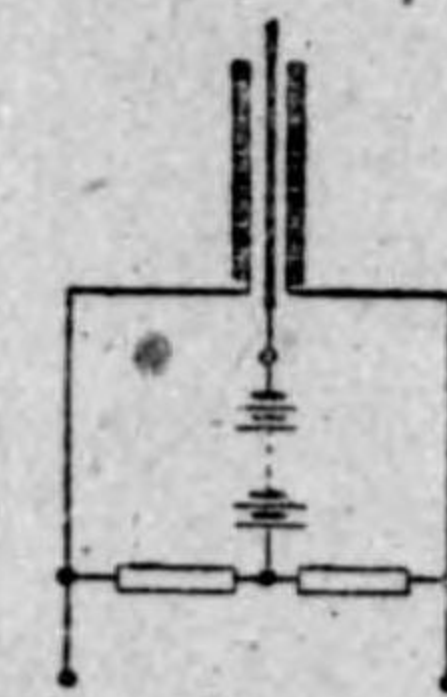
速度型リボン・マイクロホンの感度特性 0 db=1V/bar. (第 11-46 圖)

速度型リボン・マイクロホン (第 11-45 圖)

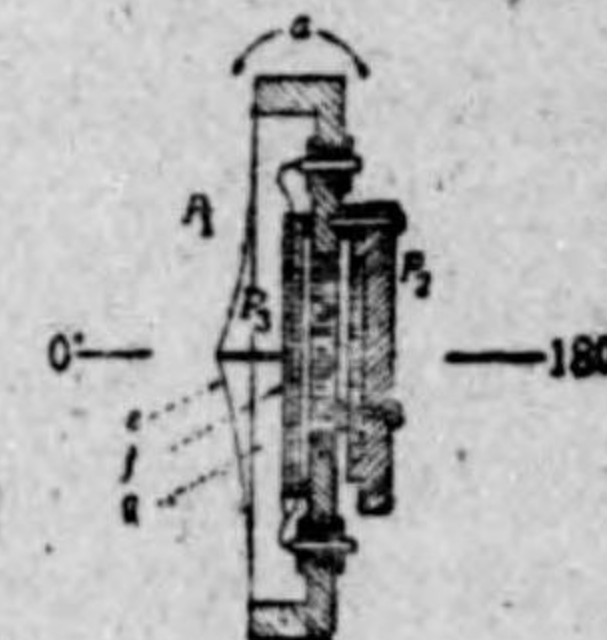
ロホンはその原理は靜電型ではあるが、振動板の動作は速度型で、出力は音壓に比例せずして振動板両面に於ける音壓傾度に比例する。従つてこの場合も 8 字型の指向特性を示す。第 11-48 圖はプッシュ・プル接続のものを示す。このマイクロホンは振動板型であるが、この他にリボン型もある。リボン型に於ては、孔を多數に穿けた絶縁された平板に厚さ 0.0002 吋くらゐのジュラ



速度型靜電マイクロホン (第 11-47 圖)



プッシュ・プル接続を行つた速度型靜電マイクロホン (第 11-48 圖)



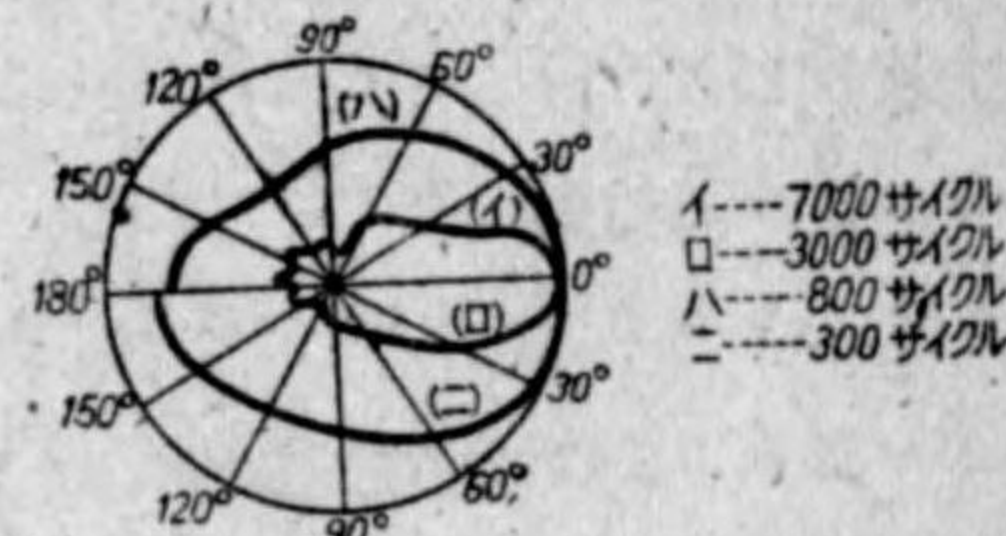
速度型靜電マイクロホン (第 11-49 圖)

ルミンリボンを数本並行に張り、その両端を止め、中央を動き得るやうな構造とし、2枚の有孔平板の中央に吊してある。

(ハ) 速度型圧電マイクロホン このマイクロホンは第 11-49 圖に示す如く、背面に通ずる特殊音響路を設け速度型にしたもので、使用に際しては適当な回路を組合せ、その周波数特性を補正して用ひてゐる。

7) 指向性マイクロホン

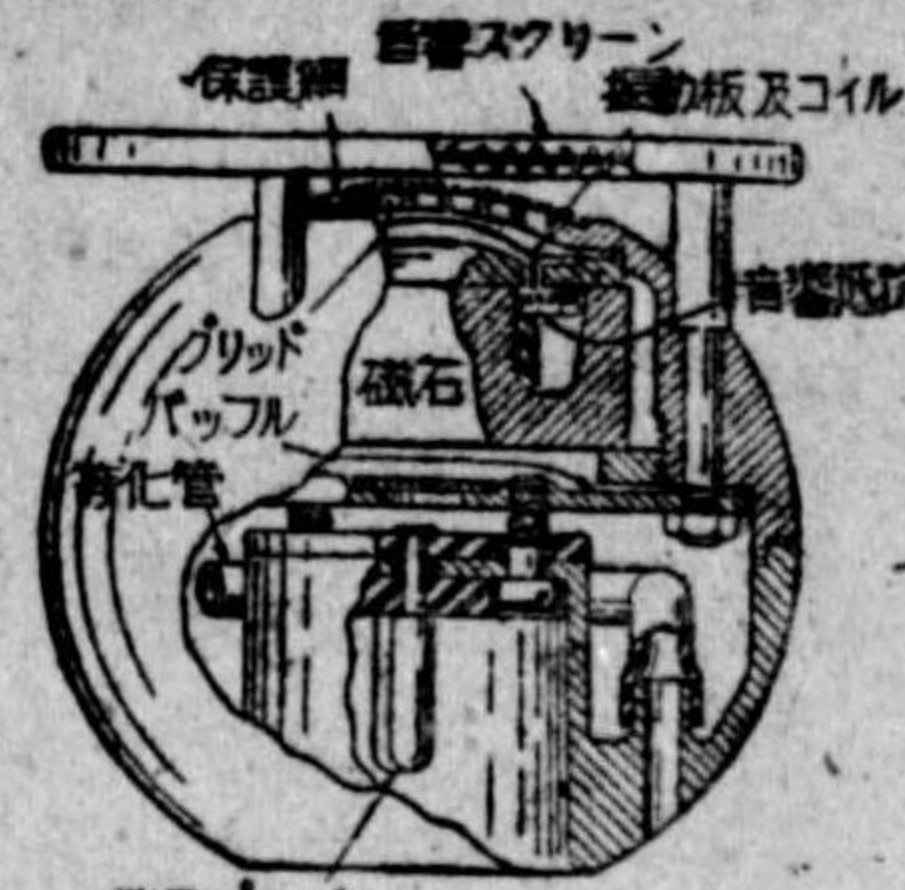
音圧は大きさのみを有し方向を持たぬから、壓力型のマイクロホンは原則として音波の入射方向には無関係の筈であるが、その寸法が音波の波長と同程度以上になると、音波の位相関係或は廻折等の原因により指向性を示すやうになる。第 11-50 圖は振動板の面積約 50 平方センチ・メートルなる炭素マイクロホンの方向性を示す。この種の指向性は圖によつても明らかな如く、周波数によりかなり著しく變化し、好ましい性質ではない。このやうな周



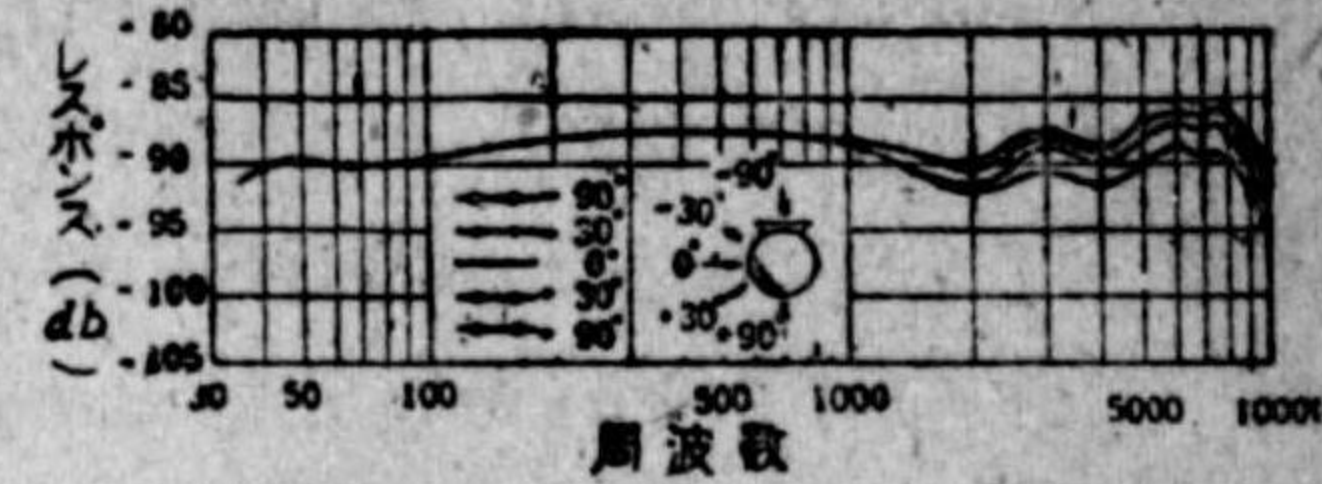
【第 11-50 圖】

波数による指向特性の變化を極力避けるために、種々工夫を凝したものがあつた。これ等のマイクロホンを一括し、指向性マイクロホンとして述べることにする。指向性マイクロホンには無指向性マイクロホン、双指向性マイクロホン、及び単一指向性マイクロホンの 3 種類が考へられる。

(イ) 無指向性マイクロホン 凡ゆる方向から来る音波に對し、一樣な感度を示す如く工夫されたもので、第 11-51 圖はウェスターン會社製 680-A 型無指向性可動コイル・マイクロホンの内部構造を示す。圖により明らかなる如く、略球形をなし廻折の影響を少くしてゐる。また振動板の前面に特殊な音響的スクリーンをおいて、平面内のみならず垂直面内に於ても無指向性になるやうに考へてゐる。即ち振動板の上部より来る音について考へれば、低音は廻折してスクリーンの外部を通過し直接振動板に到達せず、高音はスク



無指向性可動コイル・マイクロホン内部構造圖
【第 11-51 圖】

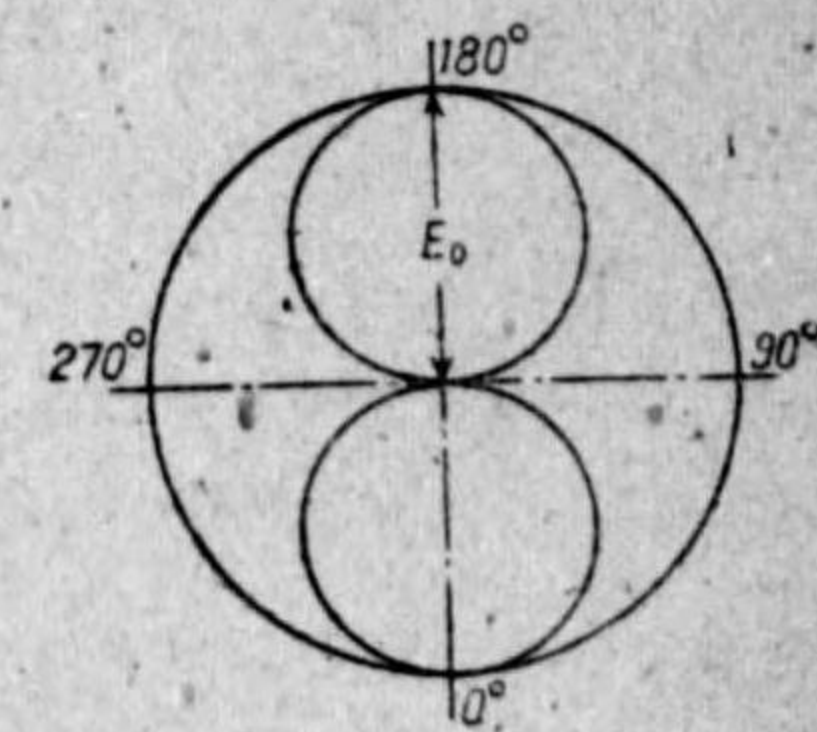


無指向性可動コイル・マイクロホンの感度特性
【第 11-52 圖】

リーンを通過するから、そこで減衰を受ける。横から来る音に對してはスクリーンは全然作用しない。下方から来る音に對してはスクリーンは反射板として作用する。従つて、全體として無指向性になる。この他

マイクロホンの内部に於ても種々改良され、第 11-52 圖に示すやうな良好な無指向特性が得られてゐる。この他に無指向性リボン・マイクロホン、無指向性静電マイクロホン、無指向性圧電マイクロホン等がある。

(ロ) 双指向性マイクロホン E_0 を以て、任意の方向より到來する音波を無指向性マイクロホンで受けた場合の出力とすれば、餘弦函数に従ふ双指向性マイクロホンの指向性は、 $E = E_0 \cos \theta$ で表はされ、その指向特性は第 11-53 圖の如くなる。このやうな双指向性マイ



【第 11-53 圖】

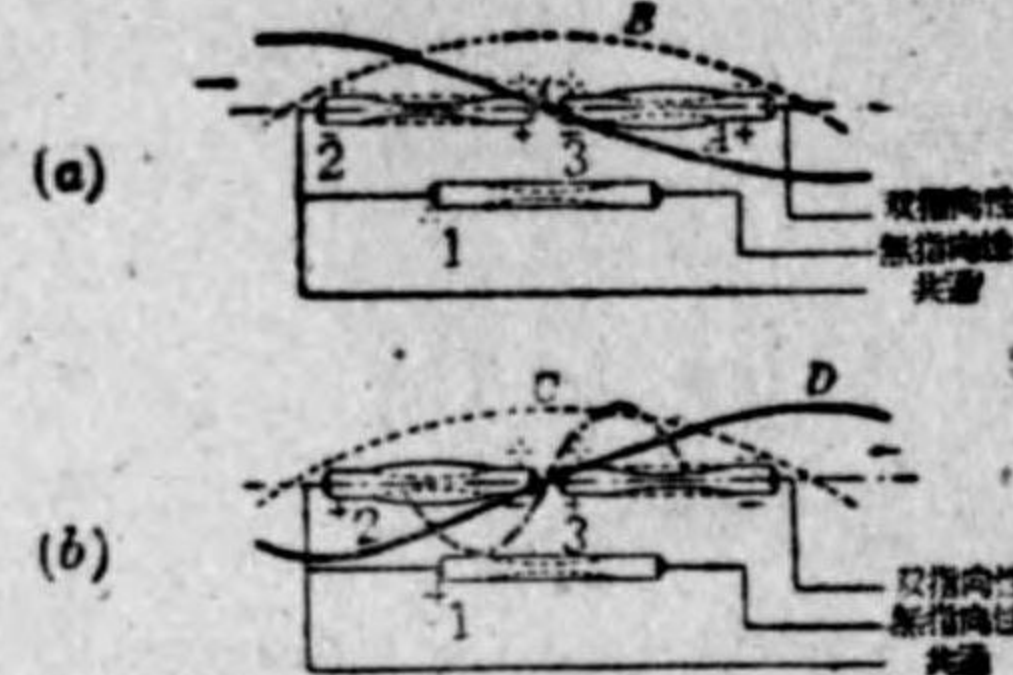
クロホンを用ひ、凡ゆる方向より一樣な可能性を以て進行して来る音波を受けるものとすれば、その摘音能率は無指向性マイクロホンの場合に比し $\frac{1}{3}$ となる。従つて同一残響を許すならば、双指向性マイクロホンでは無指向性の場合に比し、1.7 倍音源から離し得る

利點がある。また 8 字特性を巧みに利用すれば、特定の方向から来る音を避け、目的とする音をよく摘音することも可能である。

オルソンの考案する速度型リボン・マイクロホンは、双指向性マイクロホ

ンの代表的なものであるが、これについては既に述べた通りである。速度型
静電マイクロホンも前述の如く、8字型の指向性を有してゐる。純然たる壓力
型の壓電マイクロホンでも、双指向性及び単一指向性が得られる。第 11-54

圖の如く配置せるものはこれを切換
へ、無指向性、単一指向性、双指向
性の3種類に動作させることができ
る。今その双指向性について述べれ
ば、圖の (a) に於て左方矢印の方向
より進行して來た平面的が或る瞬間
Aの如き壓力分布を生じたとするば、セル 2 及び 3 は差動的に接続さ



圧力型指向性マイクロホン
〔第 11-55 圖〕

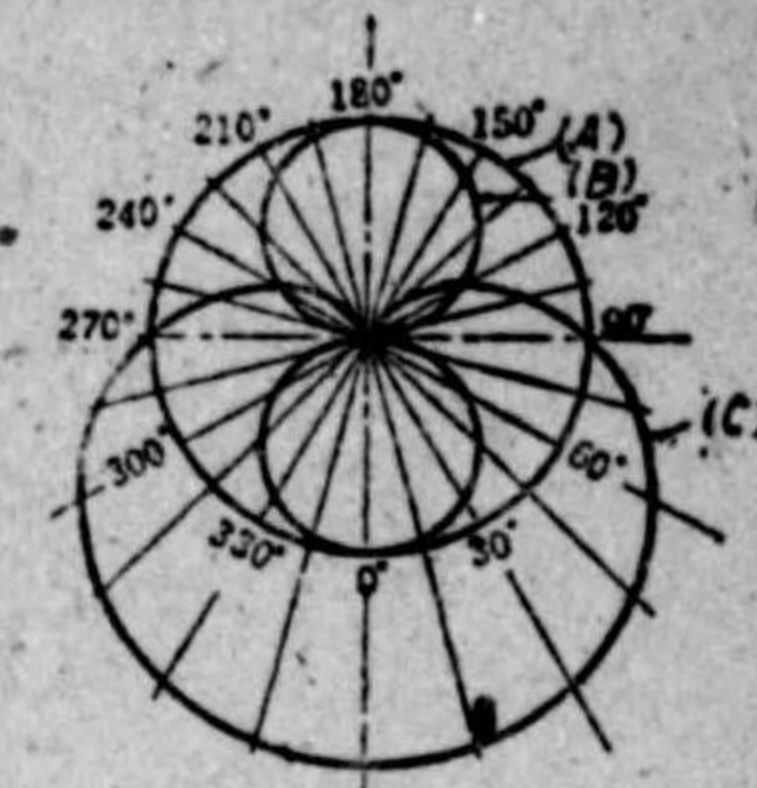
れてゐるから、この場合出力は最大となる。次に $\frac{1}{4}$ 波長後の B の如き壓
力分布に變つたとすれば、出力は零となる。(b) についても同様で、矢印の
如く左右から音波が到來した場合出力は最大となり、これと直角の方向から
來た音波に対しては兩セルの出力は同位相で、しかも差動的に接続せられて
ゐる故零となる。かくしてセル 2 及び 3 の差動接続回路は双指向特性を有す
ることになるが、その出力は一つのセルの中心から他のセルの中心までの間
隔が、半波長に等しいやうな波長の音波に対して最大で、その周波數以下の
音波に対しては出力は周波數と共に減少する故、適當な等化装置と共に使用
する。

(ハ) 単一指向性マイクロホン 双指向性マイクロホンの 8 字型と無指向性
マイクロホンの圓形を組合せると、カーチオイド型の単一指向性マイクロホ
ンが得られる。式を以て表はせば次の如くである。

$$E = E_0(1 + \cos \theta) \dots \dots \dots (21)$$

ここに θ は到來音波の入射角である。但し、これは平面波が來た場合を假定
して居り、球面波の場合はハーバー・カーチオイド型となる。第 11-55 圖は
(21) 式に従ひ、カーチオイド型単一指向特性の得られる模様を示す。この種

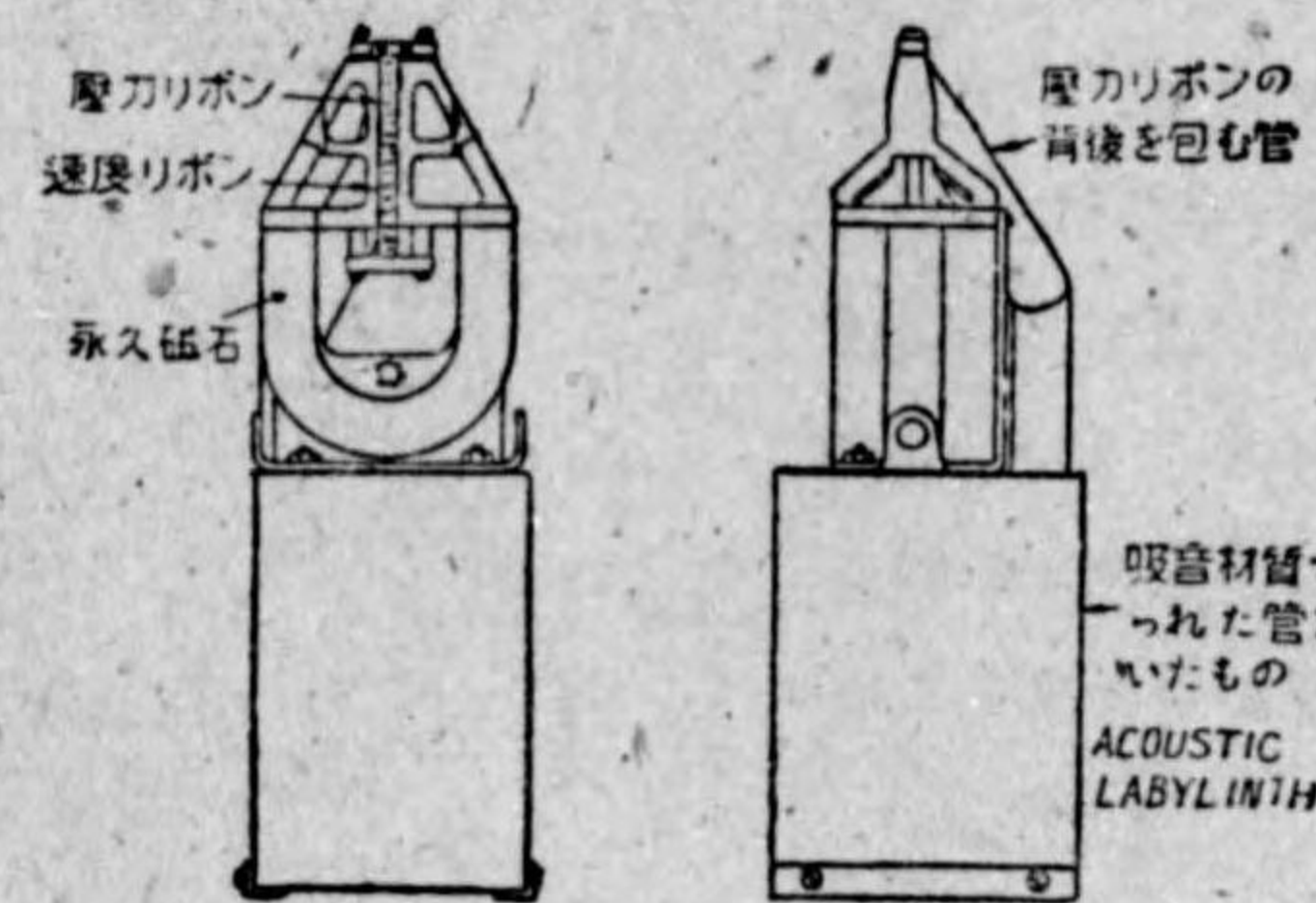
の単一指向性マイクロホンの零度の入射角に對す
る感度を、無指向性マイクロホンのそれと同一で
あるとすれば、能率は $\frac{1}{3}$ となり、前と同様 1.7
倍の距離利得が得られる。単一指向性マイクロホ
ンは劇場等に於て聴衆やオーケストラ等に妨害さ
れることなく、ステージの方面のみ感度を高め得
る利點があり、その他にもスピーカーからの音を
避ける等色々新しい應用がある。



マイクロホンの指向性
〔第 11-55 圖〕

ワインヘルガー、オルソン及びマ・サは第 11-

56 圖の如く、リボン・マイクロホンのリボンを二つの部分に分けて上半部を
壓力型にし、下半部を速度型にして、この兩出力を適當に組合せることによ
つて単一指向性リボン・マイクロホンを得た。このマイクロホンに於ては壓



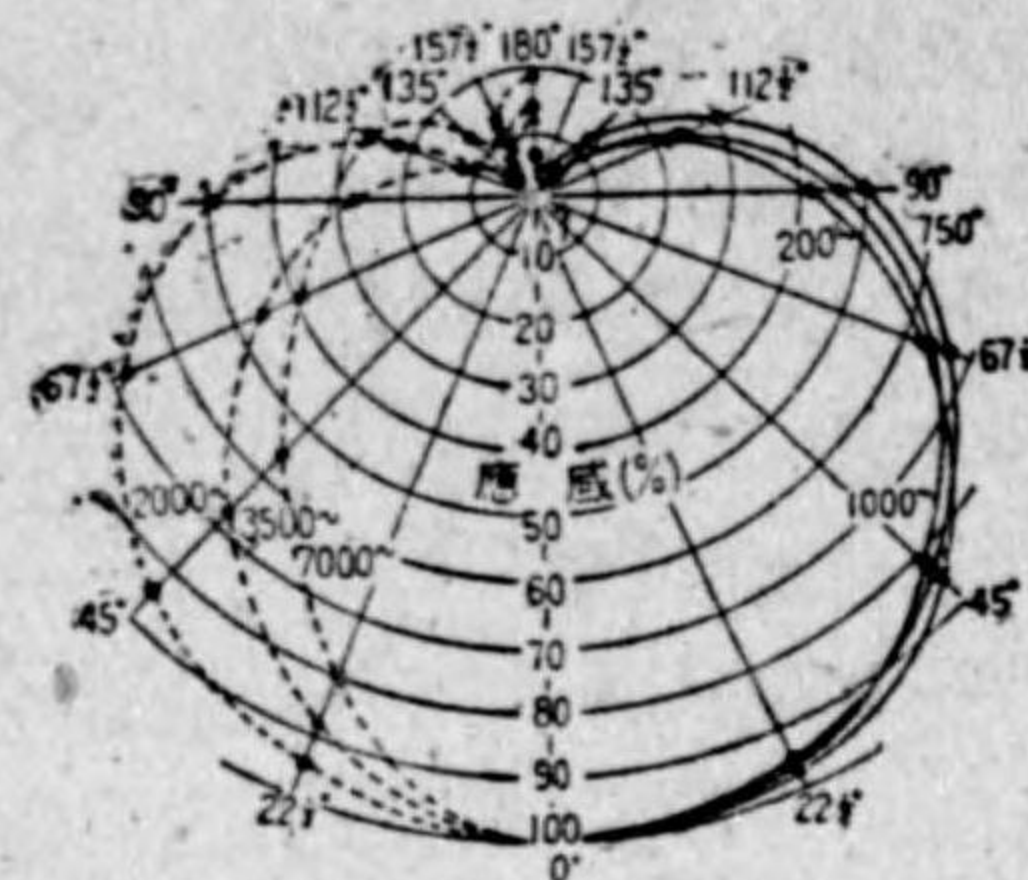
単一指向性マイクロホンの構造



単一指向性マイクロホンの外觀

〔第 11-56 圖〕

力型の部分を小さく造ること、壓力型及び速度型の二つのマイクロホンが極
く接近してゐて、二つのマイクロホンに入る音に位相差のないこと、二つの
マイクロホンの出力が前方からの音に対しては位相差なく、後方からの音に
對しては π だけ違ふこと等が大切な條件である。第 11-57 圖にその指向



単一指向性
〔第 11-57 圖〕



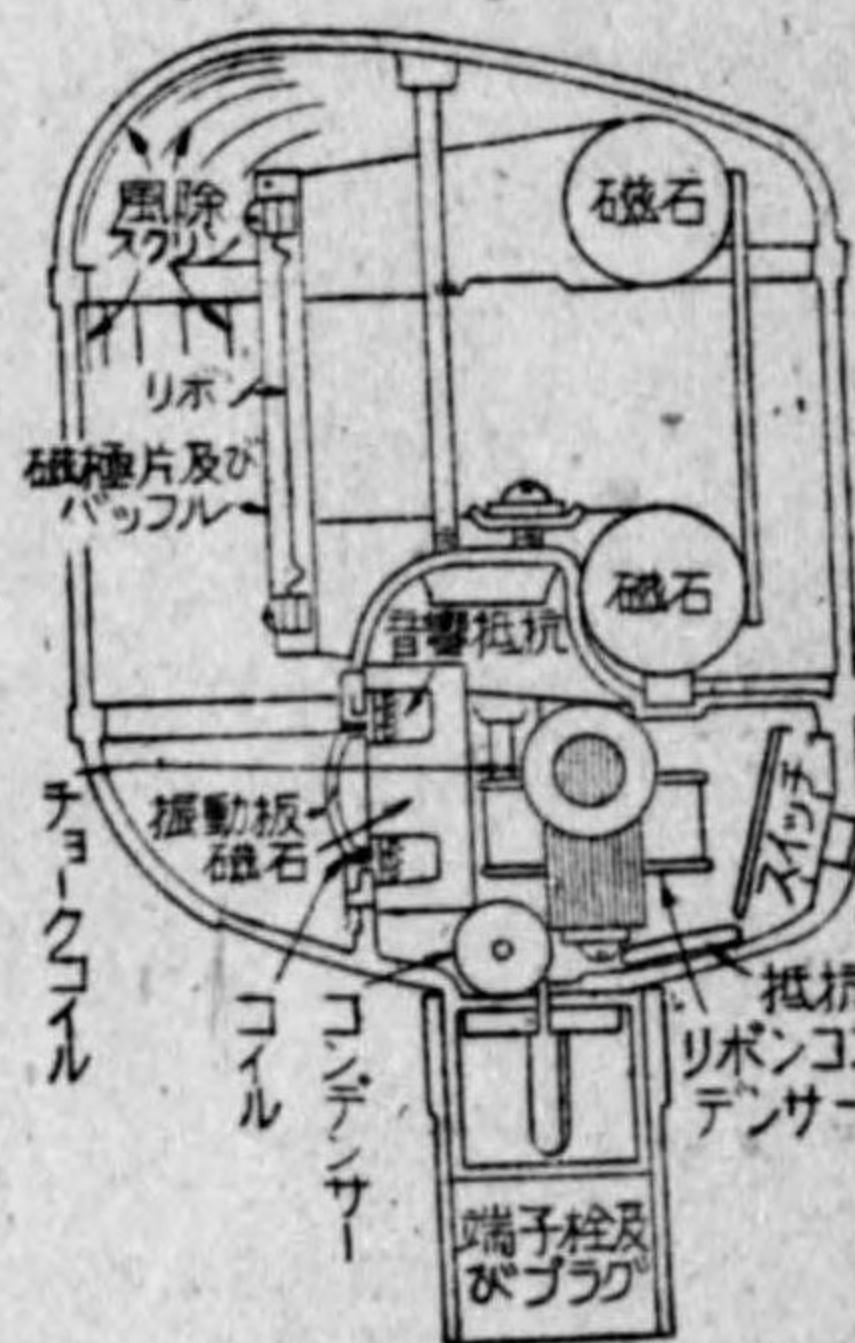
カーディオイド指向性マイクロホン
〔第 11-58 圖〕

特性を示す。

指向性マイクロホンには、可動コイル・マイクロホンと速度型リボン・マイクロホンとを合成したものもある。第 11-58 圖及び第 11-59 圖にその外観及び内部構造を示す。本マイクロホンに於てはスイッチを切換へ、第 11-60 圖の如き色々の特性が得られる。第 11-61 圖の曲線はその特性を示す。

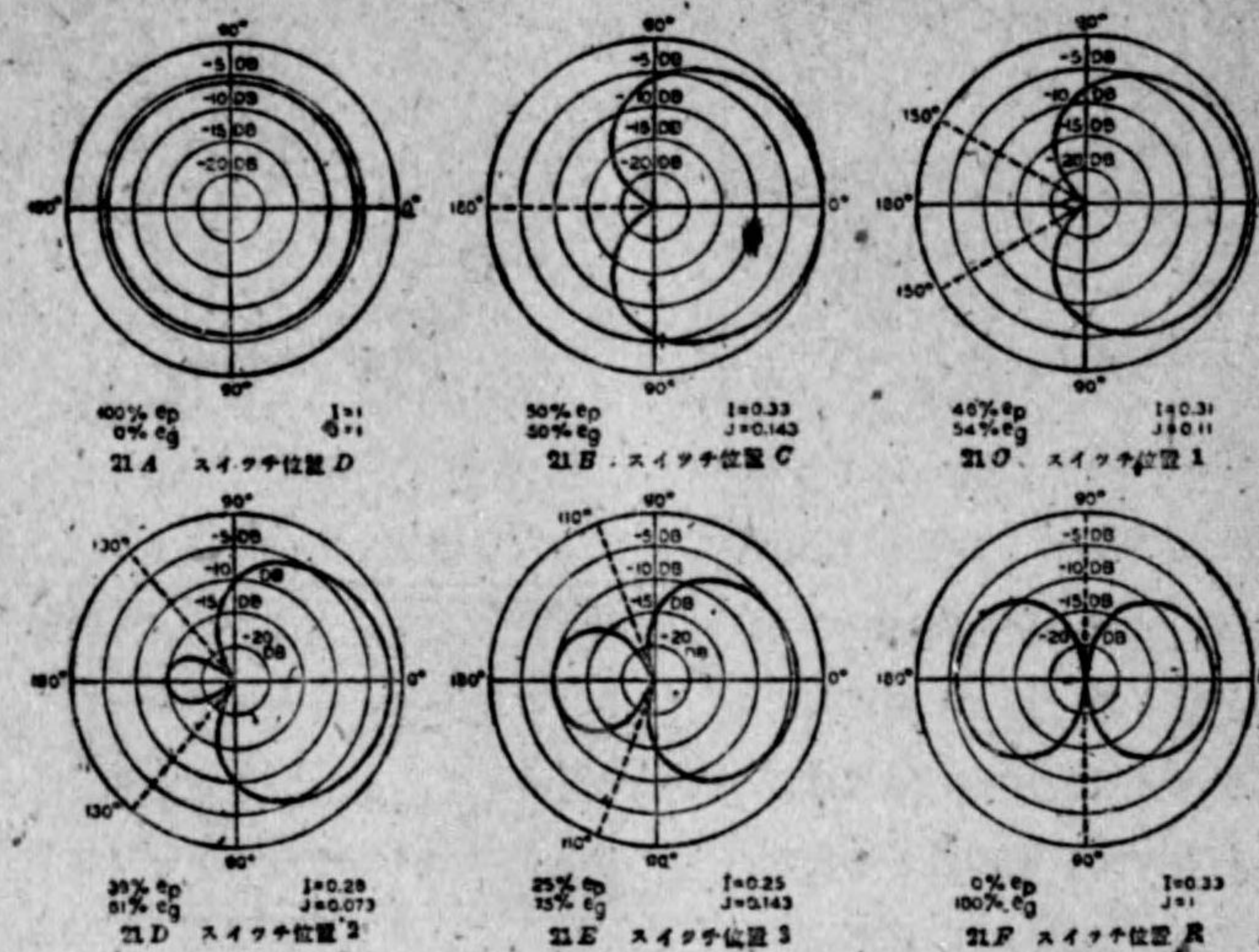
前掲第 11-54 圖に於て、セル 2 及び 3 の組合せに更に無指向性のセル 1 を組合せると、カーディオイド型の単一指向性マイクロホンが得られる。またサウンド・セル型歴電マイクロホンと、速度型リボン・マイクロホンとを直列に組合せたものも造られて居り、優秀な単一指向性を與へてゐる。

単一指向性マイクロホンの中には、上述の如き双指向性と無指向性の確然

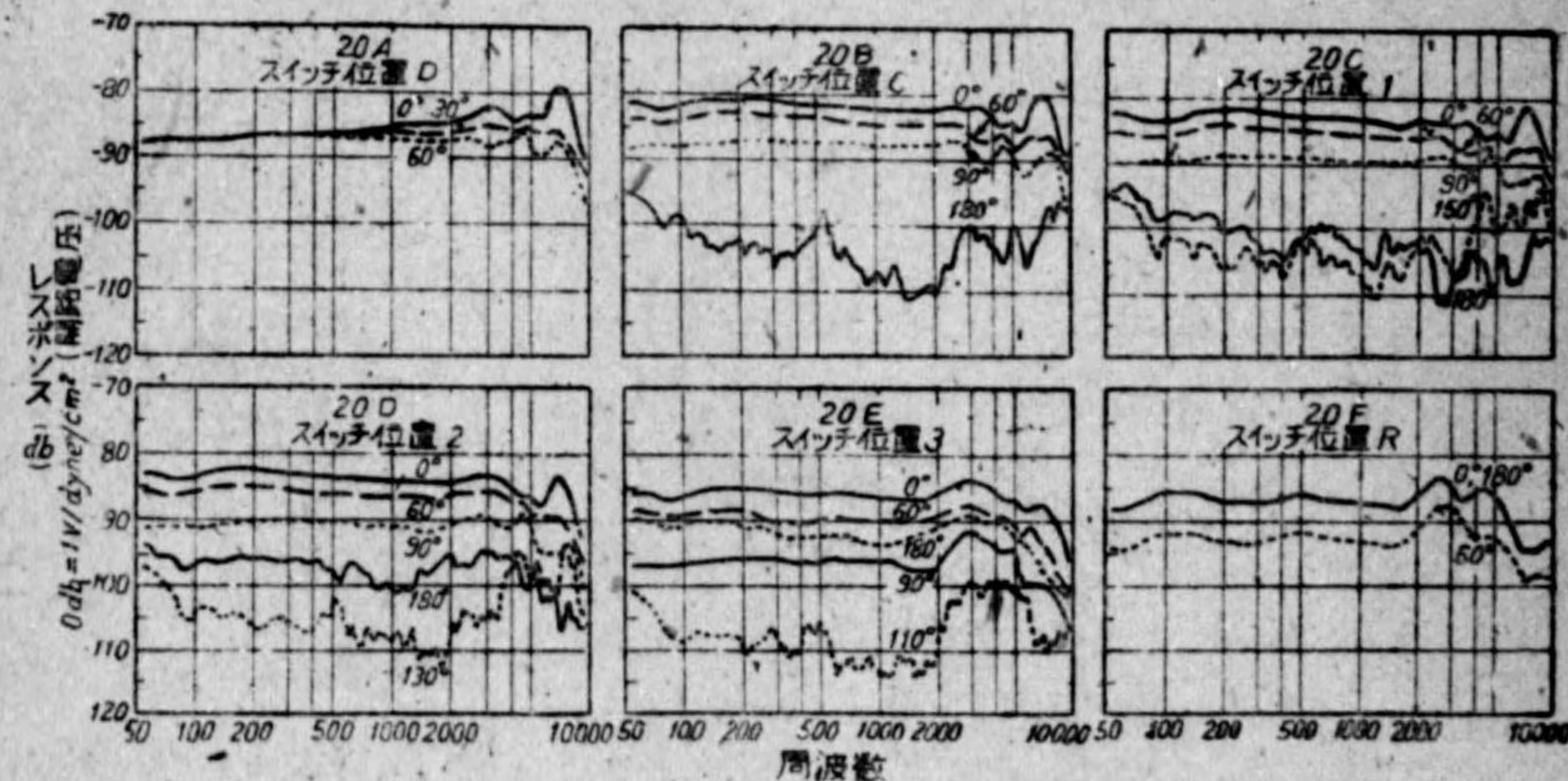


カーディオイド指向性マイクロホン
〔第 11-59 圖〕

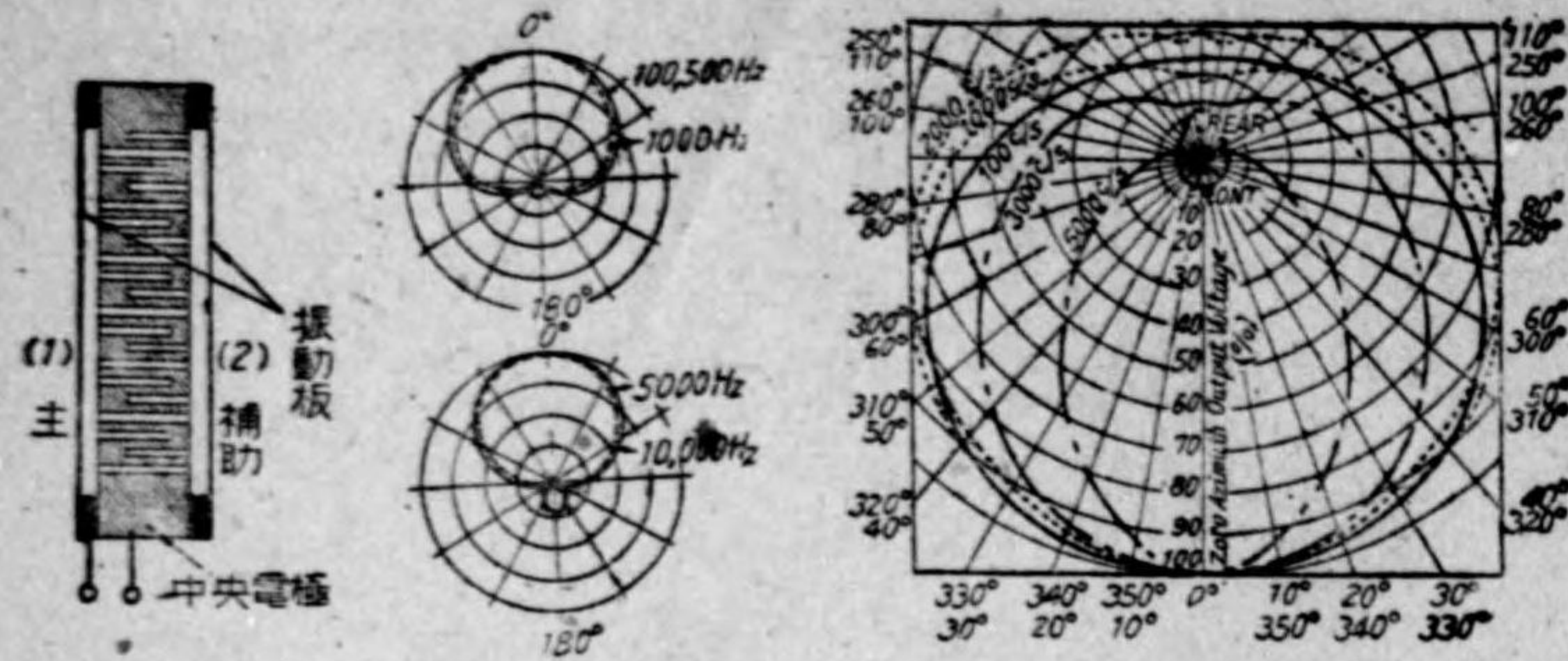
と分れた 2 種のマイクロホンの合成によらないで、特殊構造により単一指向性を得てゐるものもある。即ち同一構造に於て、壓力型と速度型の兩原理を



カーディオイド・マイクロホンの 6 スイッチ位置に対する理想的感度曲線
〔第 11-60 圖〕



6 種の接讀法に於けるカーディオイド指向性マイクロホン代表的製品の音場レスポンス
〔第 11-61 圖〕

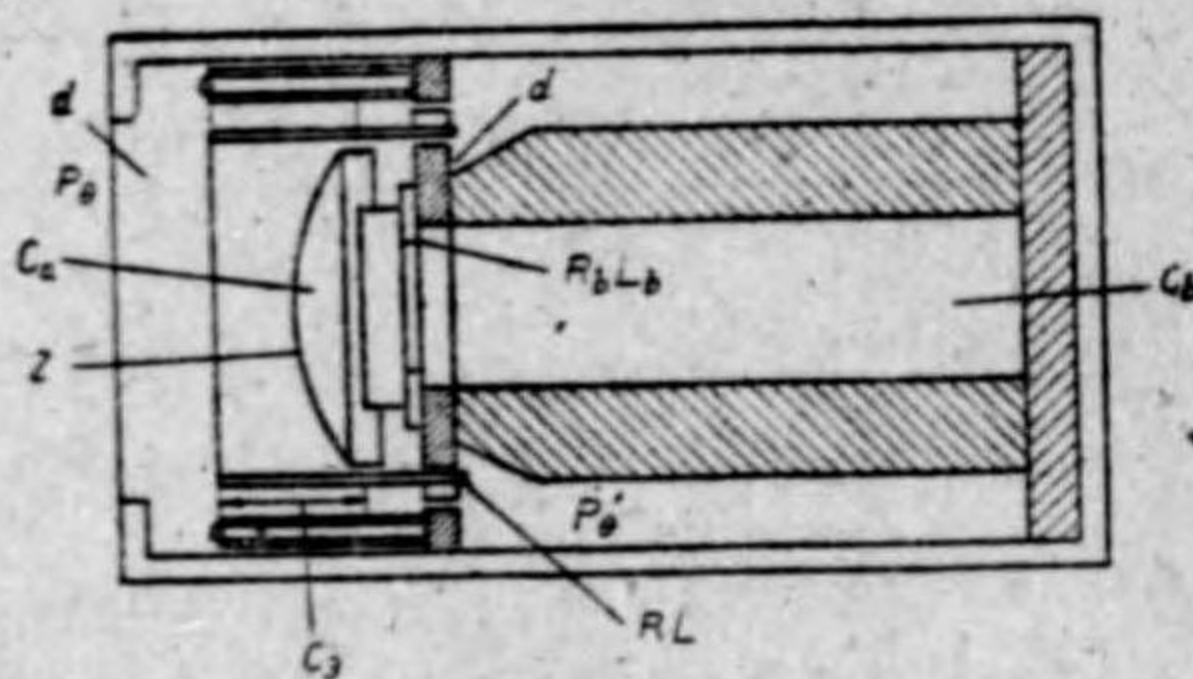


単一指向性静電マイクロホン [第 11-62 圖]

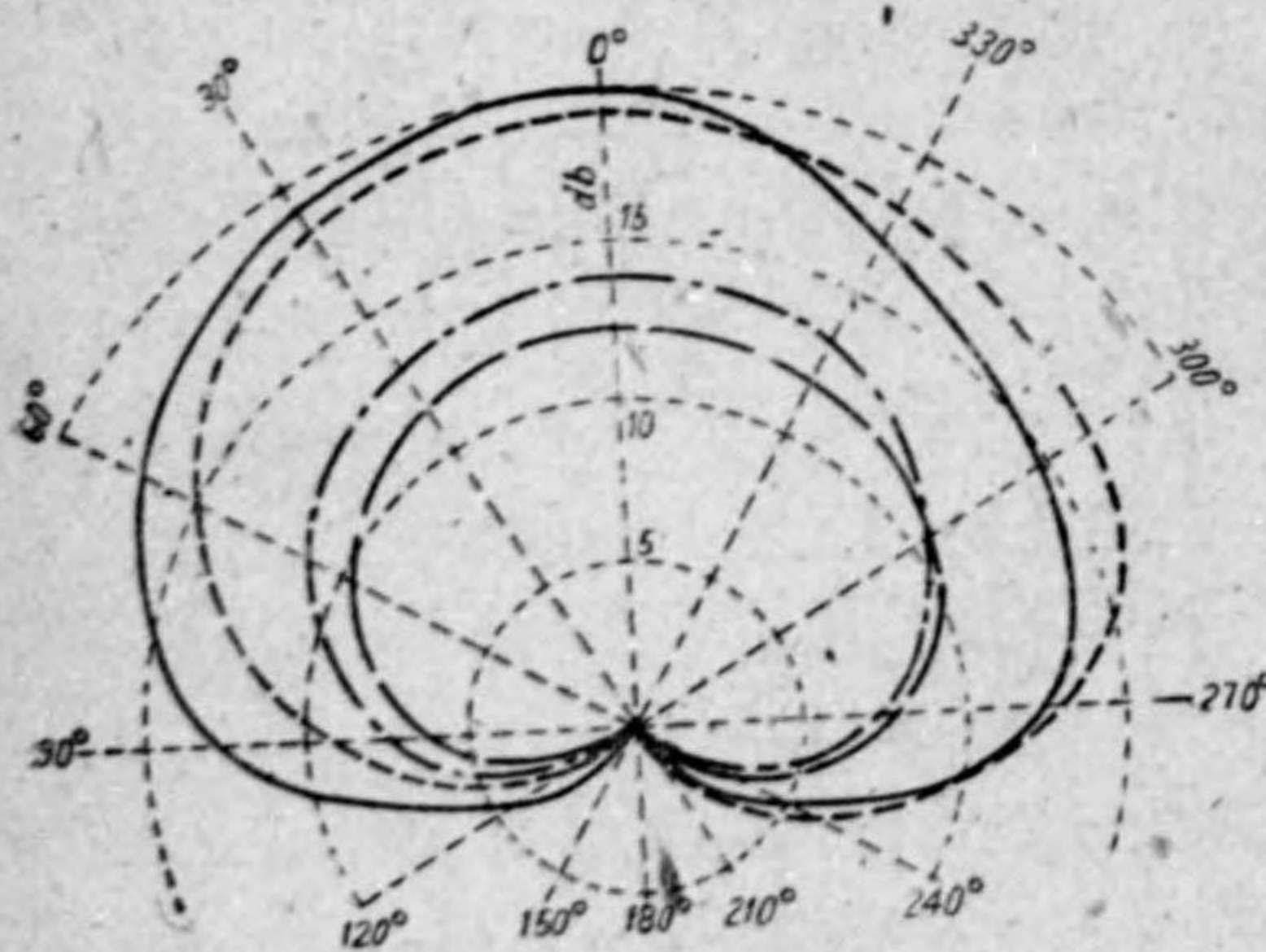
単一指向性静電マイクロホン指向特性 [第 11-63 圖]

単一指向性圧電マイクロホン指向特性 [第 11-64 圖]

備へしめ、所要の単一指向性を保つてゐる。第 11-62 圖に示せるものは、中央電極に多くの貫通せる孔と未貫通の孔とを穿ち、音壓及び音壓傾度の兩者に



[第 11-65 圖]



5000 ~
1000 ~
400 ~
150 ~
[第 11-66 圖]

よる力を利用する如く工夫したもので、第 11-63 圖はその指向特性を示す。

第 11-49 圖に示した速度型圧電マイクロホンは、単一指向性を有してゐる。第 11-64 圖はその特性を示す。

第 11-65 圖及び第 11-66 圖は単一指向性動

電マイクロホンの構造及び指向特性である。

この他特殊指向性マイクロホンには管状指向性マイクロホン及び線型マイクロホン等の考案があり、優秀な指向特性及び周波数特性を有するものが得られてゐる。

第三節 スピーカー(高聲器)

1) 概 説

スピーカーはマイクロホンとは逆の作用をなし、電気的エネルギーを音響的エネルギーに変換する装置である。スピーカーは一般に大氣中に音波を輻射するものであり、受話器と異り相當強力な出力を出すと同時に、原電気振動にできるだけ忠實な再生が要求されてゐる。良好なるスピーカーとして必要な條件は下記の如くである。

イ. 能率のよいこと スピーカーはエネルギーを基準にすべきもので、その性能を論ずる場合、能率が問題となるのはいふまでもないが、一般に他の電気機器に比較すれば著しく能率は低い。よい能率を得るためには増幅器から来る電気的エネルギーを有効に取入れること、損失なくエネルギーの変換を行ふこと、駆動部と音響輻射部との結合が適切であること、外界に對し有効に音を出し得ること等が必要な條件である。普通能率はスピーカーから生ずる全音響出力と、これに加へられた全電気入力との比で示され、これを音響能率といつてゐる。スピーカーの能率を表はすのに、これが或る回路に接続された場合生ずる音響出力の、その回路から取出し得る最大エネルギーに對する比を考へることがある。これを絶対能率といふ。いづれにしても、數パーセント乃至數十パーセント程度である。

ロ. 周波数特性の良好なること 周波数歪の小さかるべきことはいふまでもないが、一般には共振現象を伴ひ平滑な特性は仲々得難い。且つ周波数特性はその試験の方法によつてもその結果は異なる。周波数特性をよくするためにはマイクロホンの場合と同様、スピーカーの種類によりその制御方式を變

へなくてはならない。最近では電気系、機械系及び音響系のインピーダンスを巧みに組合せ、周波数特性の良好なものが多数考案せられてゐる。また複合型と稱し、低音部と高音部とを別々のスピーカーに分擔させ、廣帯域に亘る音響再生を行ふ方法も用ひられてゐる。

(ハ) 振幅特性が良好であること 振幅特性が悪ければ出力側に於ける再生音の波形が歪み、所要音の他に高調波音、低調波音が現はれ、場合によつては和音或は差音等を生ずる。

(ニ) 電氣的インピーダンスの大きさが適當で且つ不變なること

(ホ) 過渡特性の良好なること

(ヘ) 機械的に丈夫で安定なこと

(ト) 必要な指向性を有し、且つその指向特性が周波數によつて變らぬこと 一般に射音部の面積が大きい程指向性は強く、事實上平面波に近い音を出すには射音部の寸法を必要な最低周波數の波長よりも大きくする必要がある。

2) ホーンとバッフル

(イ) ホーン 振動板は一般にあまり大きくなく、従つてそのまま音場に曝したのでは音響負荷も大きくないため能率が悪く、且つインピーダンス不整合のため周波数特性も悪くなる。ホーンはこれ等の缺點を補ふもので、場合によつては同時に所望の指向特性をも與へる。要するに、ホーンは管の斷面積が軸に沿つて變化する音響トランスであつて、比較的高いインピーダンスの驅動系と低いインピーダンスの媒質を整合させるのに用ひられる。ホーンで必要なことは、入口の面積を振動板に比し小さく取つてこれに對する輻射抵抗を大きくし、入口の一定粒子速度に對して周波數に無關係に一定のエネルギーを傳播し得ること、出口の面積を大にし、小なる音源を大きな且つ平面に近いものにする等のことで、エキスポネンシャル型ホーン、圓錐型ホーン等が實用に供されてゐる。

S_0 をホーンの入口の面積、 S を x なる距離に於ける斷面積とする時

$$S = S_0 e^{mx} \dots\dots\dots(22)$$

なる關係にあるホーンが、エキスポネンシャル型ホーンで

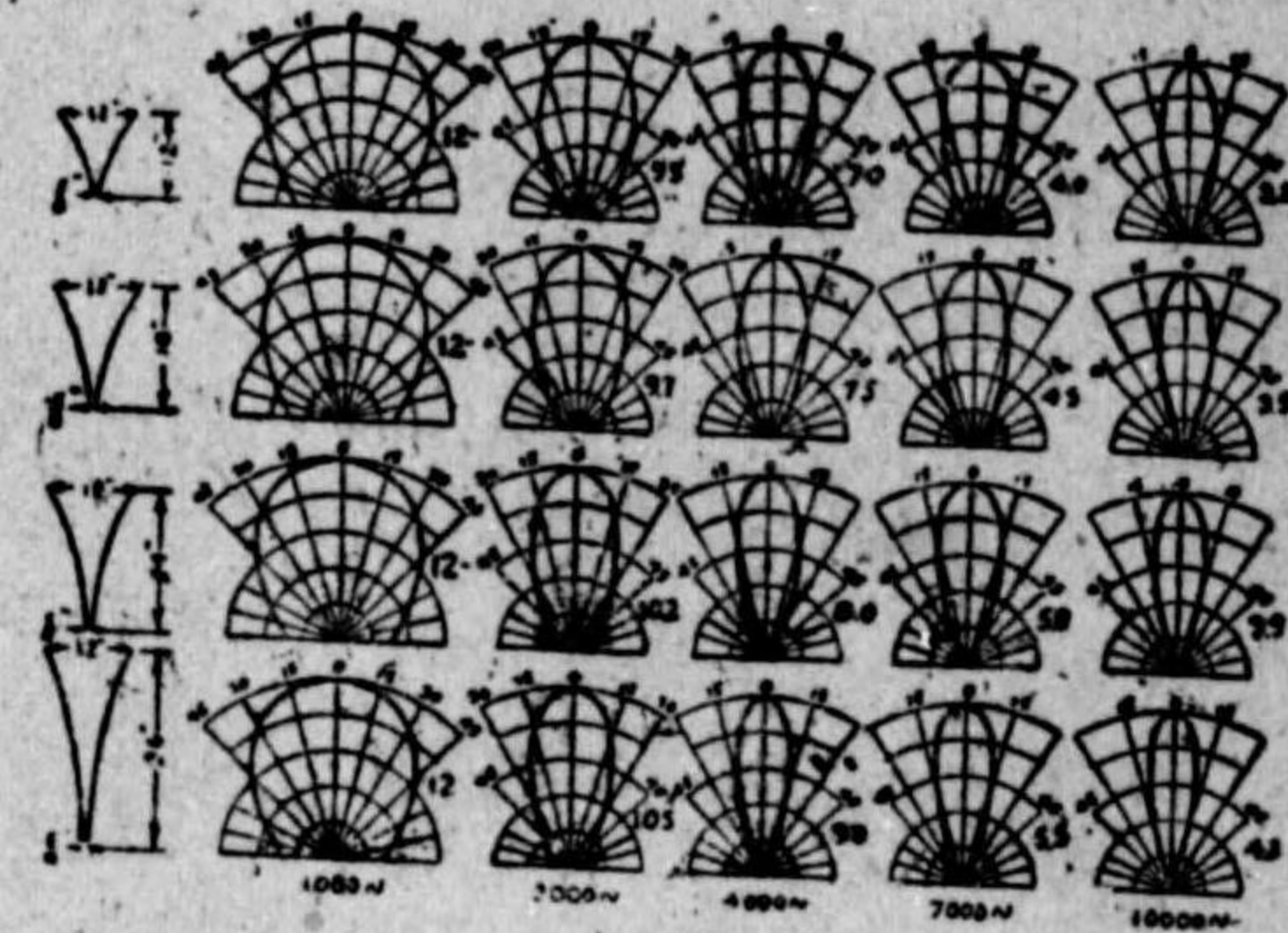
$$S = S_0 (1 + \alpha x)^2 \dots\dots\dots(23)$$

で表はされるものが、圓錐型ホーンである。

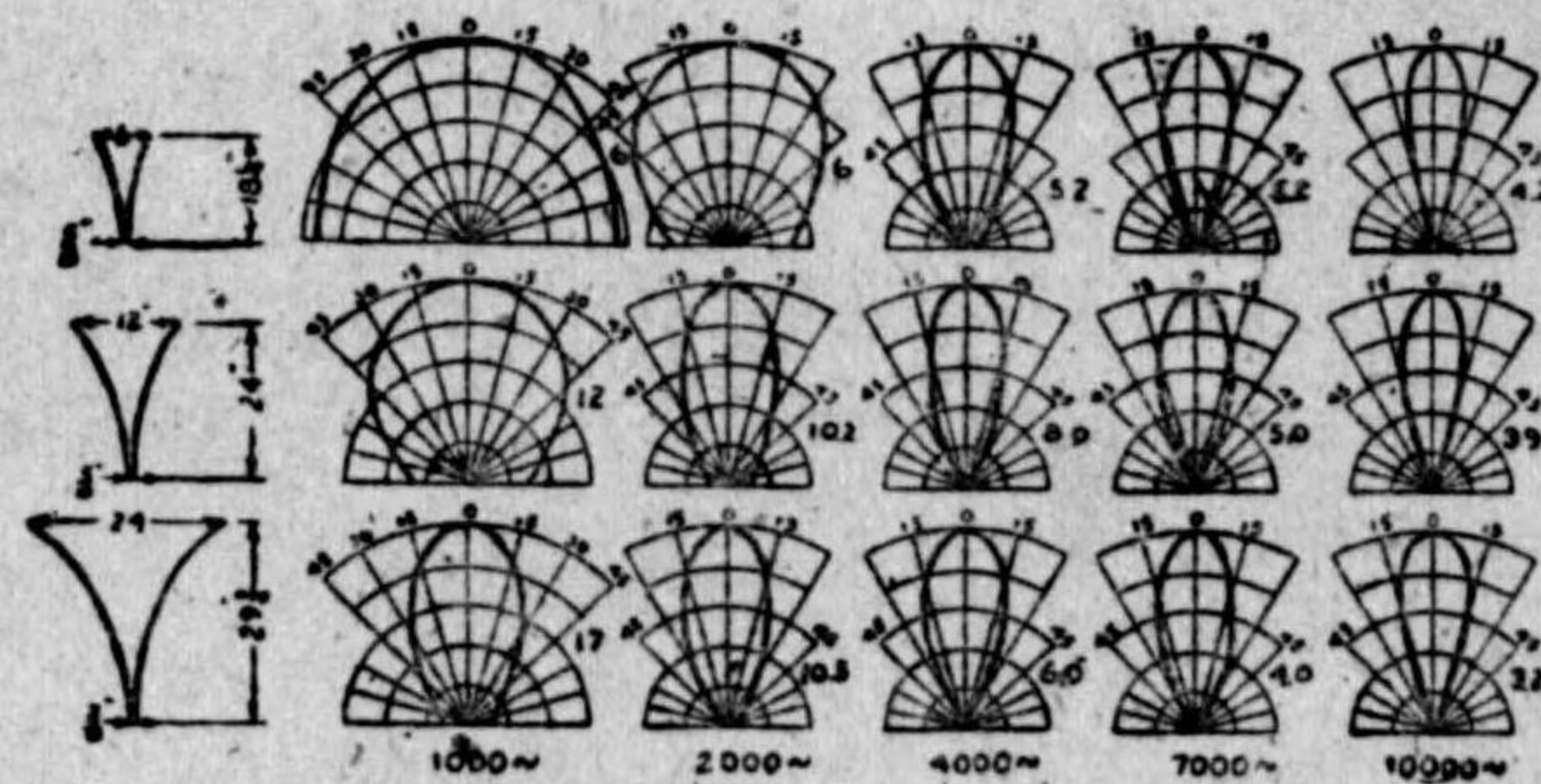
エキスポネンシャル型には遮斷周波數があり、 c を音波の傳播速度とすると、 $\frac{mc}{4\pi}$ 以下の周波數の音波は傳達しないが、それ以上に於ては輻射抵抗は殆ど周波數に無關係に

なる。これに對し、圓錐型ホーンには遮斷周波數は存在しないが、輻射抵抗は周波數と共に増大する。

第 11-67 圖はエキスポネンシャル型ホーンの指向特性を示す。ホーンの形は必ずしも第 11-68 圖の如く直線狀のもの



$m = \text{一定}$ 入口の直径 $\frac{5}{8}$ 吋
エキスポネンシャル型ホーンの指向特性 (1)
〔第 11-67 圖〕



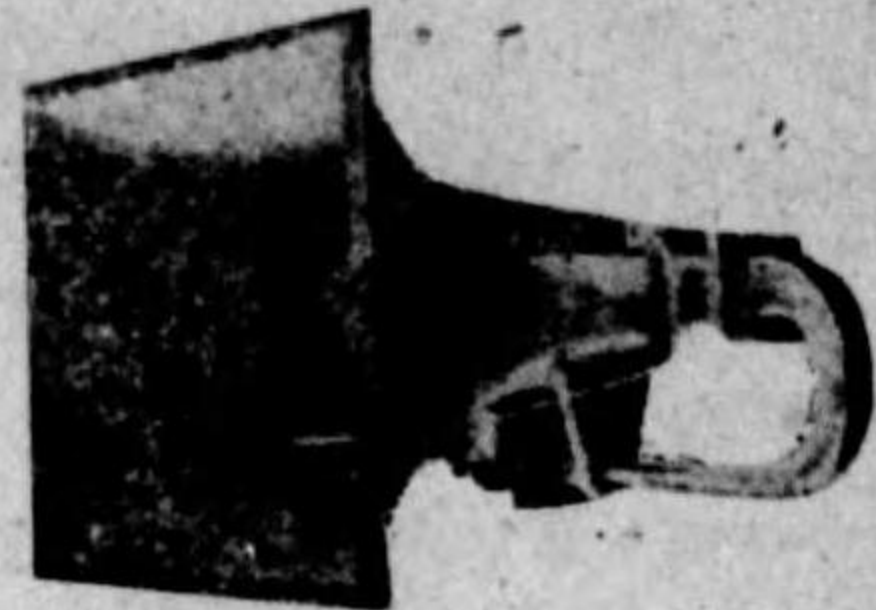
入口の直径 $\frac{5}{8}$ 吋 開口の直径 = 12 吋
エキスポネンシャル型ホーンの指向特性 (2)
〔第 11-67 圖〕

許りでなく、色々のものが考案されて用ひられてゐる。第 11-69 圖は長いホーン



軸長 200 程のエキスポーネンシャル型ホーン

〔第 11-68 圖〕



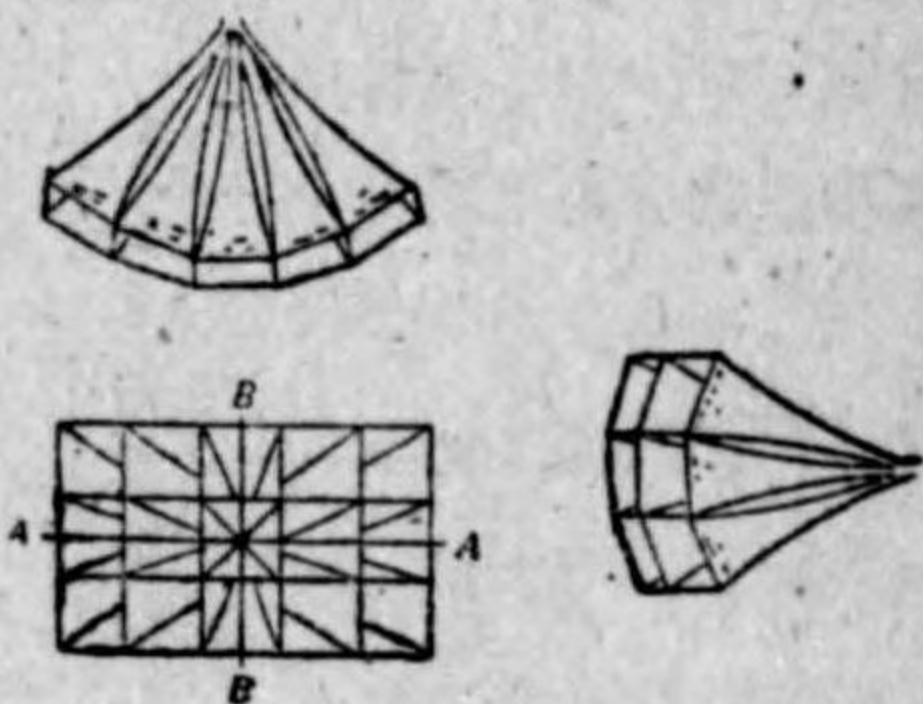
一辺 75.3 程の正方形エキスポーネンシャル型ホーン (遮断周波数 51 サイクル)

〔第 11-69 圖〕

ンを折りまげたもの、第 11-70 圖は一つのホーンに多数のスピーカーを取付け、強い音波を出すための多重ホーン、第 11-71 圖は多重ホーンで、遮断周波数を高めることなく指向特性を拡大す



多重喉ホーン
〔第 11-70 圖〕

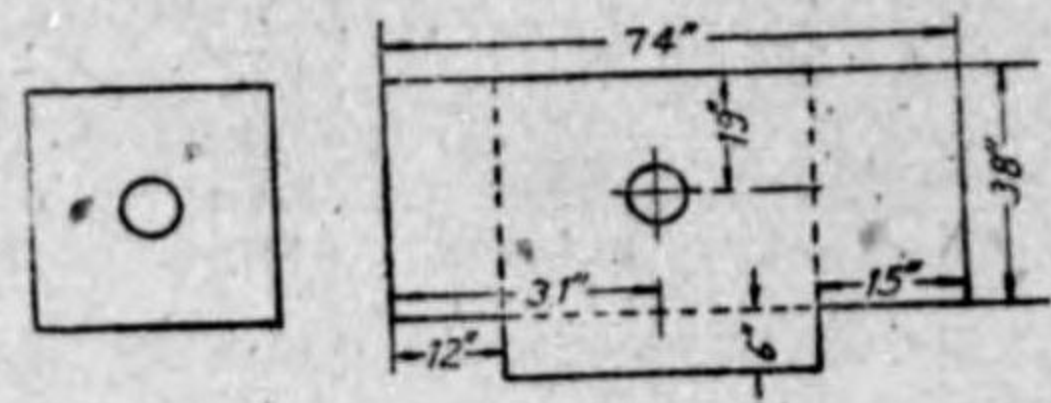


多重ホーン
〔第 11-71 圖〕

るために用ひられ、第 11-90 圖は高音及び低音用の複合ホーンを示す。

(ロ)バツフル ホーンのないスピーカーでは、振動板の前後から出る音波の干渉により出力が減少する。バツフルはこれを防止するため用ひられるもので、例へばコーン型スピーカーの振動板に沿ふて平面板を設け、振動板の前面と後面の距離を所要最低周波音の波長の 1/2 以上になるやうにすれば、出力の減少は救はれ

る。第 11-72 圖及び第 11-73 圖はバツフル・ボードの形状を示す。また指向性



〔第 11-72 圖〕



〔第 11-73 圖〕

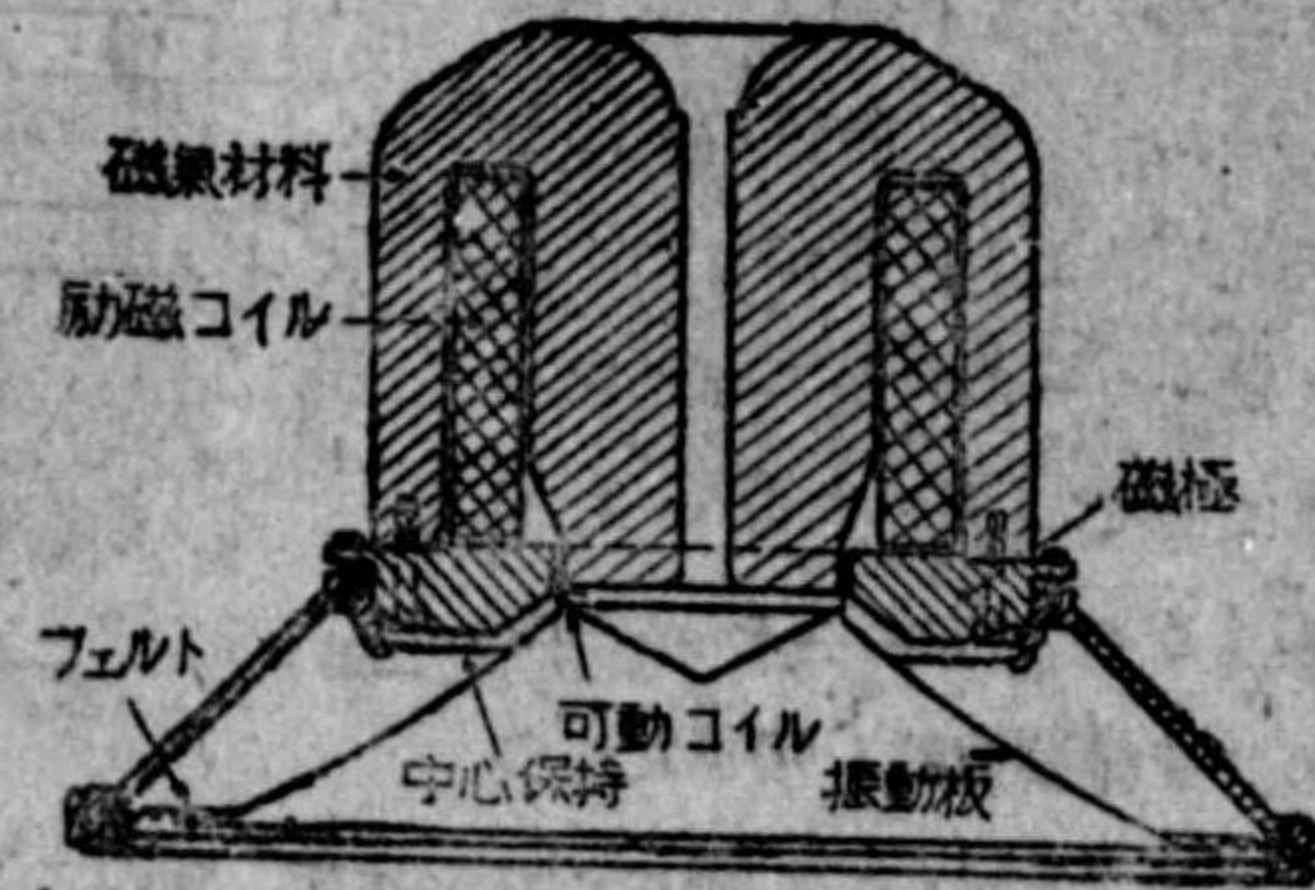
バツフルなるものも屢々用ひられる。これはホーンのやうな形のものであるが、音響トランスの作用はない。

(ハ)キャビネット スピーカーはまたキャビネットの中に収めて使用せられる場合がある。この方法による時は、振動板の前後から出る音波の干渉は避けられるが、共振作用を伴ひ且つ比較的低い音の能率が低下することになる。これを避けるために音響的ラプリンス、或は色々の音響管が取付けられたものが考案されてゐる。

3) 動電型スピーカー

電流の通ずるコイルと磁場との間に作用する機械力を利用するもので、所謂ダイナミック・スピーカーと稱せられ、一般に廣く用ひられる。このスピーカーに於ては、電磁石または永久磁石により強い求心的磁場を造り、その空際に圓形に巻かれた軽量の可動コイルを、適當なダンパーによつて保持せしめる。コイルに音聲電流を通ずる時は、コイルは磁場に直角な方向に振動し、コイルに取付けられた振動板を駆動し音響を發生する。動電型スピーカーにはコーン型のものと同ホーン型のものがある。

(イ)コーン型可動コイル・スピーカー このスピーカーに於ては、音聲コイルによつて紙製のコーンを駆動する。コイル回路のインダクタンスを小さくするために、普通コイルの近くに銅の短絡環を設け、これにトランスの短絡二次回路の作用を與へるやうにしてゐる。高い周波數に於けるコーンの分割振動を抑制し、廣い周波數に亘つて一様に振動させるため、適當なる裝を與へたものもある。またできるだけ高い周波數まで振動板がピストン運動をするやうに、振動板の形を双曲線



大型コーン・スピーカー
〔第 11-74 圖〕

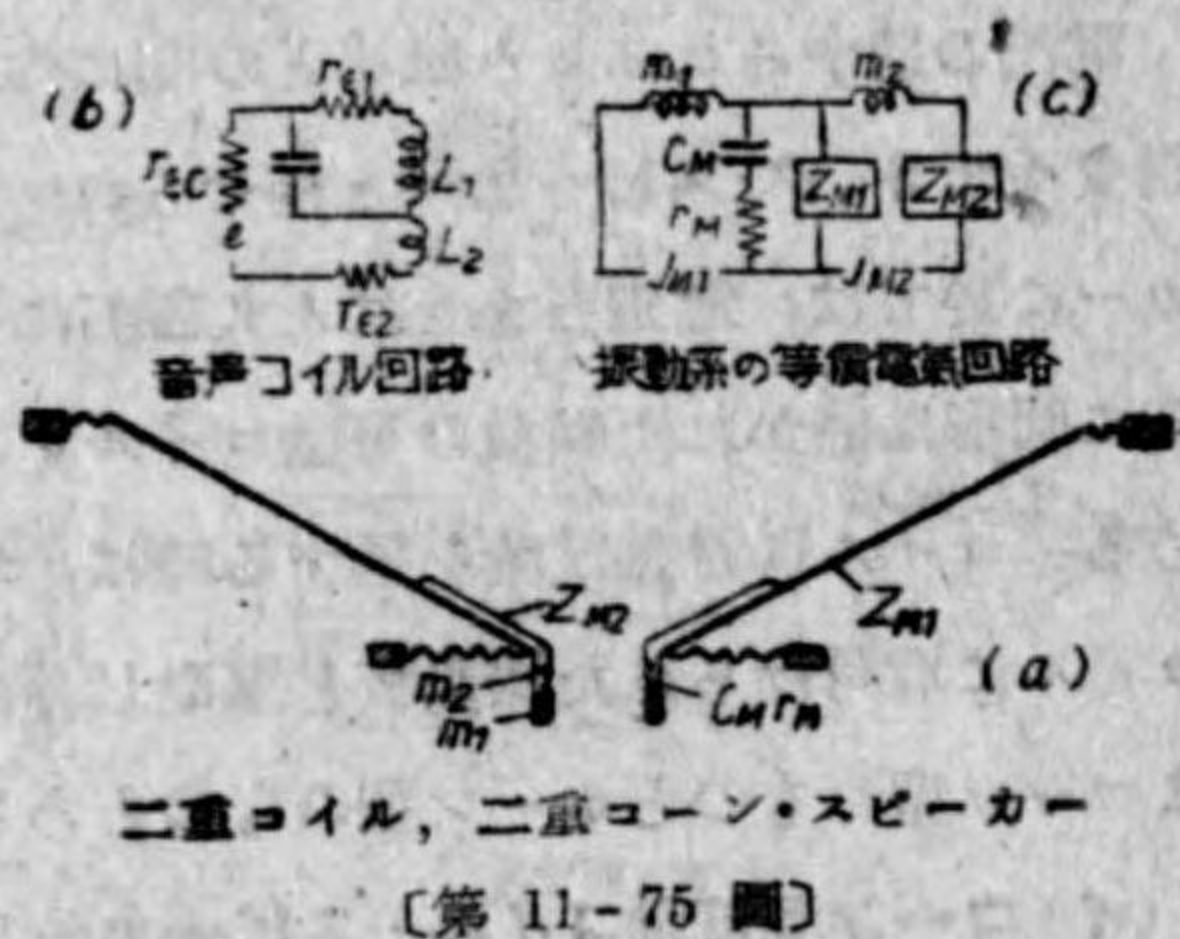
または拋物線の回轉面にして、スティフネスの増加を計つたものもある。

第 11-74 圖に示せるは、大きな振動板を有する大容量可動コイル・コーン型スピーカーの一例で、可動コイルの振幅は非常に大きい。従つて、その磁場の一様性、支持物の弾性限界、機械的強度熱や濕氣による耐力等について考慮が拂はれてゐる。

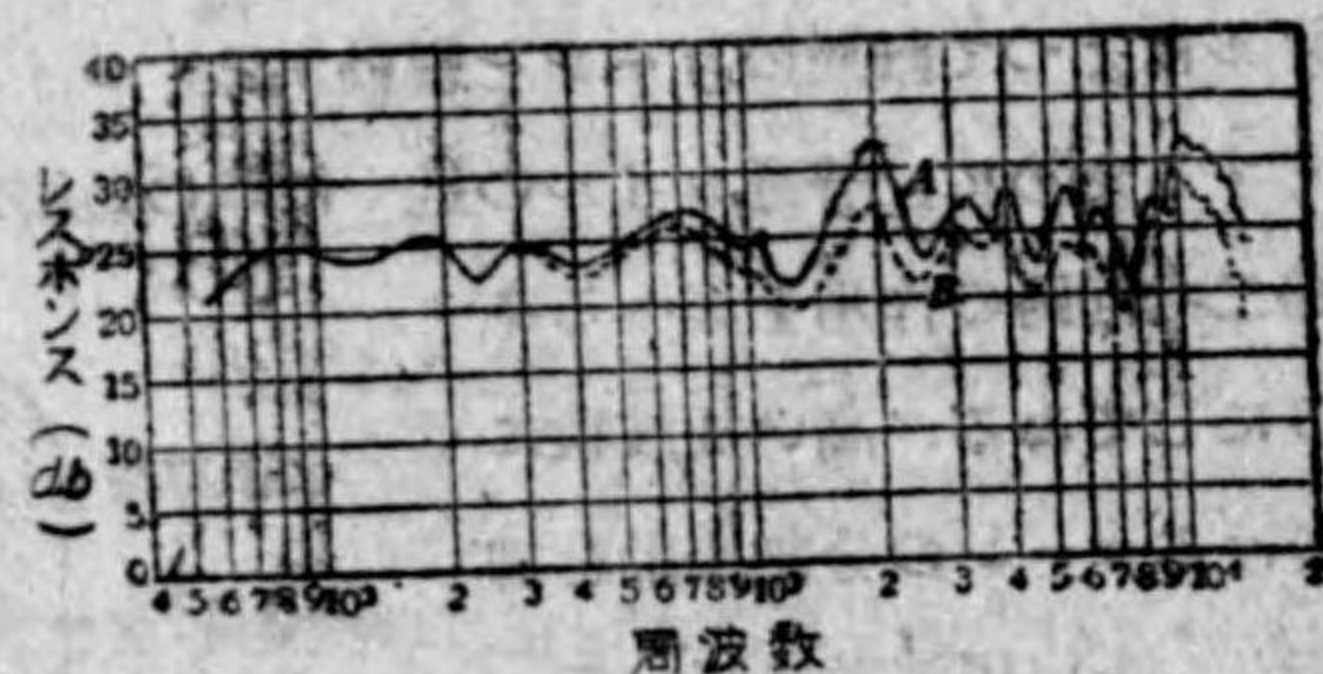
また前述の如く、コーンに鬚を附けると共に、驅動系も數個の質量部分とコンプライアンス部分とに分けて、その電氣的インピーダンスを適當にとつて周波數帯を分擔せしめ、廣帯域に亘つて一樣な特性を與へるやうに工夫したのもある。更にコイル及びコーンの兩方を多重にすれば、一層良好なる結果が得られる。第 11-75 圖及び第 11-76 圖は二重コイル、二重コーンの構造及びその特性の一例を示す。

普通のスピーカーは低い周波數に對しては無指向性に近いが周波數が、上昇すると共に指向性が鋭くなつて來る。第 11-77 圖はコーン型可動コイル・スピーカーの指向特性の一例を示す。圖より明らかな如く、スピーカーの軸から離れた場所

に於ては周波數歪を生ずる。この指向特性を除くため、音響擴散器を用いたものがある。第 11-78 圖はこれを示す。圖のスピーカーに於てはその振動板は頂角 104 度、深さ 6.4 センチ・メートル、半径 10 センチ・メートルのコーンが使用され、擴散器として頂角 50 度高さ 6 センチ・メートルのコーンを用ひてゐる。



二重コイル、二重コーン・スピーカー (第 11-75 圖)



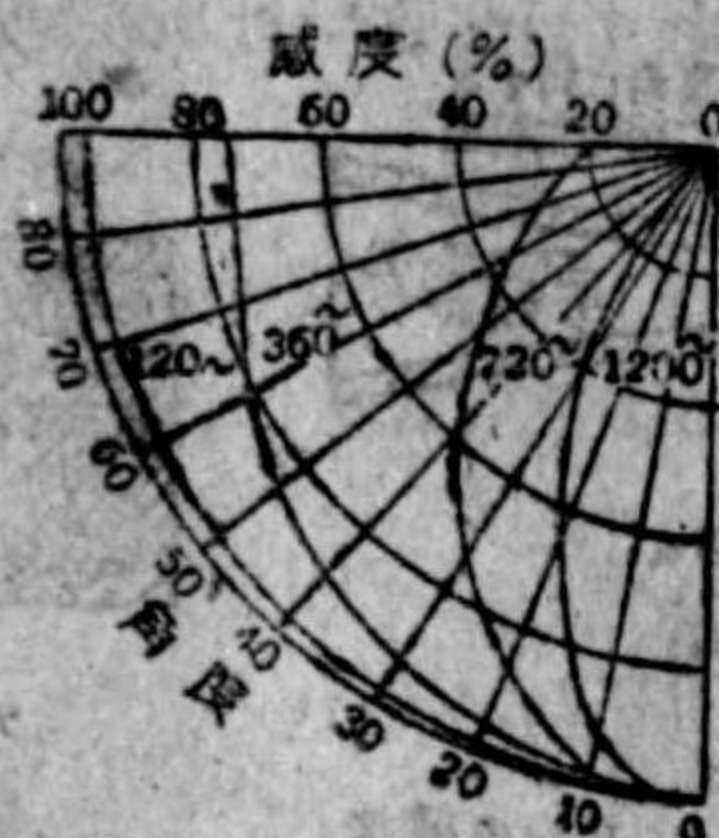
A. 軸上のレスポンス
B. 軸と 30 度の角をなす直線上のレスポンス
二重コイル、二重コーン・スピーカーの周波數特性 (第 11-76 圖)

がある。第 11-78 圖はこれを示す。圖のスピーカーに於てはその振動板は頂角 104 度、深さ 6.4 センチ・メートル、半径 10 センチ・メートルのコーン

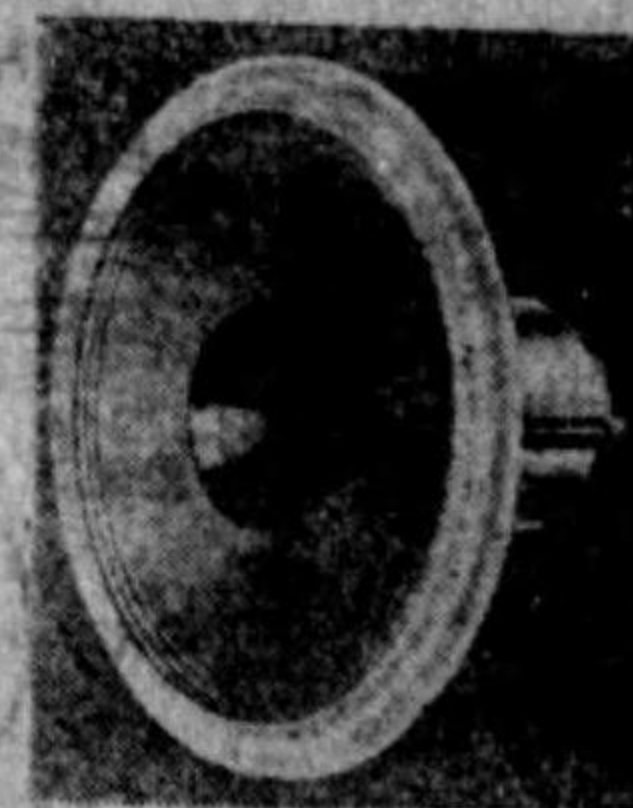
ンが使用され、擴散器として頂角 50 度高さ 6 センチ・メートルのコーンを用ひてゐる。

第 11-79 圖は地中埋込型可動コイル・スピーカーを示し、第 11-80 圖及び第 11-81 圖は、

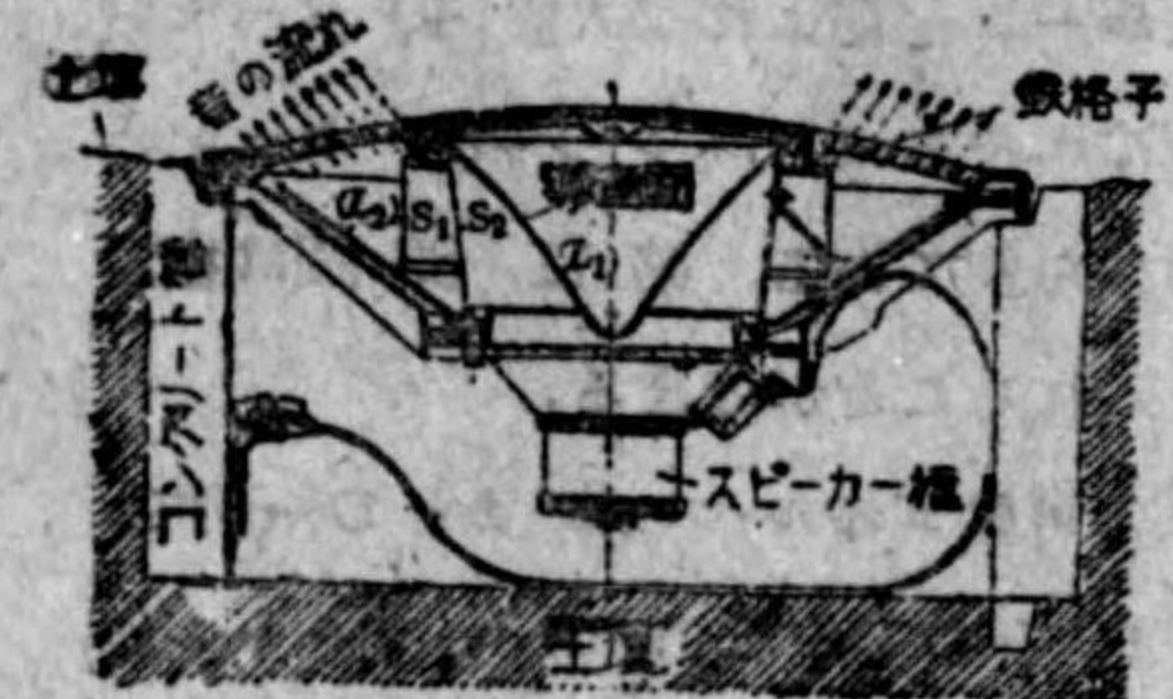
扁平壁掛スピーカーを示すもので、スピーカーをできるだけ目立たなくしたものである。



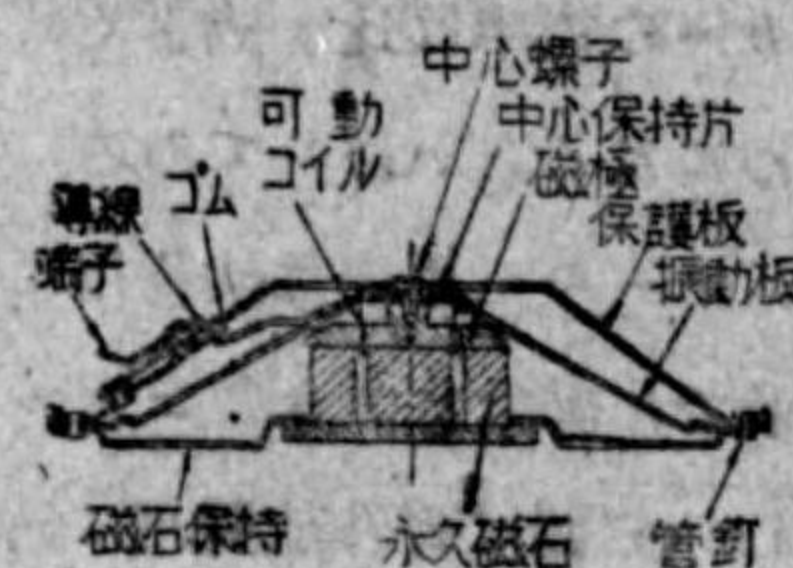
コーン型可動コイル・スピーカーの指向特性 (第 11-77 圖)



擴散器附可動コイル・スピーカー (第 11-78 圖)



地中型可動コイル・スピーカー (第 11-79 圖)



(第 11-80 圖)

(ロ)ホーン型可動コイル・スピーカー

第 11-82

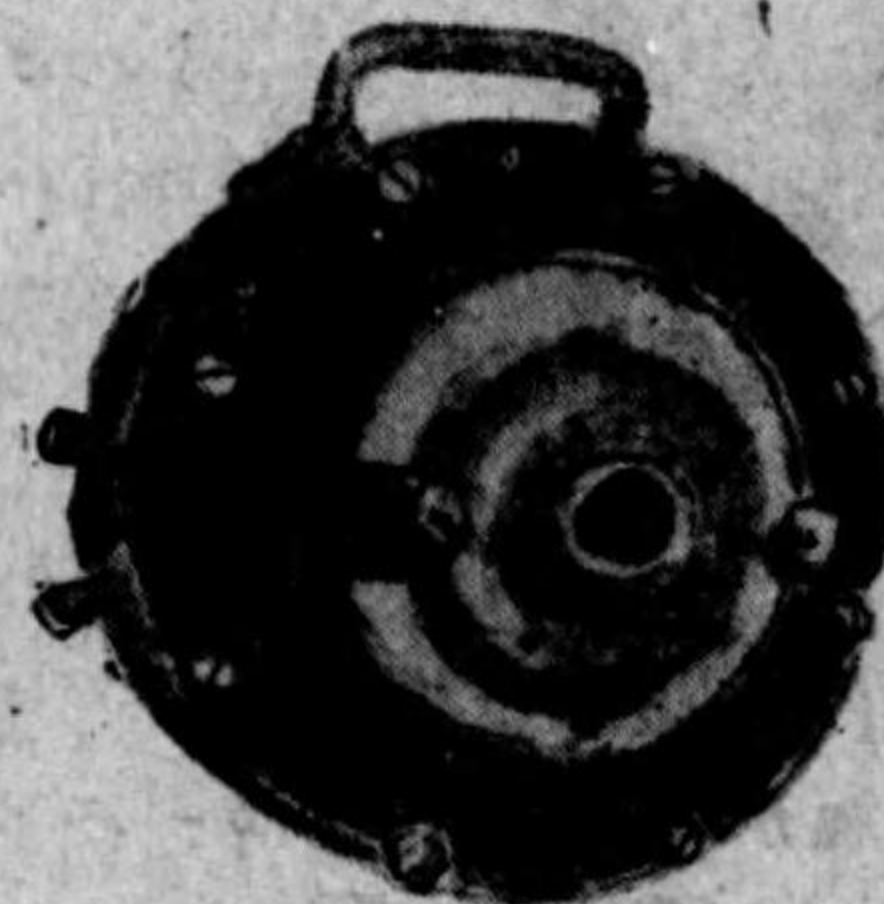
圖-A 及び -B はウエ

テ及びタラスの考案に

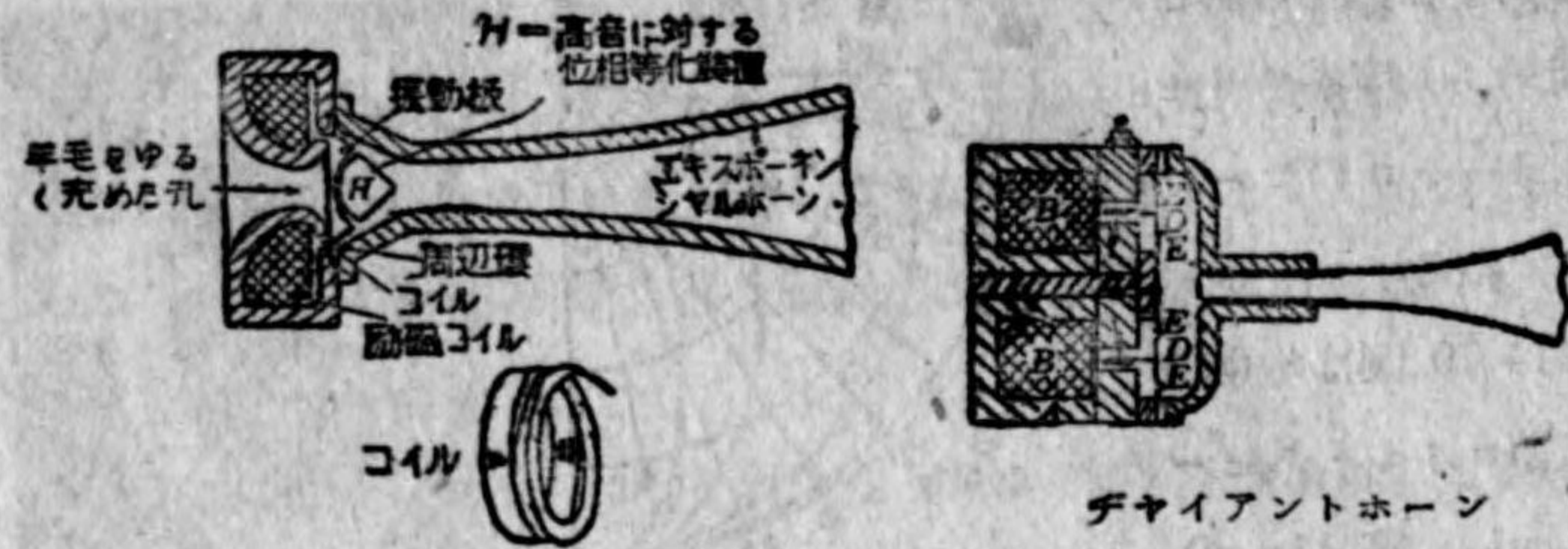
なるもので、振動板は 0.05 ミリ・メートル程のデュラルミン板で作り、中心部は球形に外縁部は複雑な鬚を打出してゐる。コイルは厚さ 0.05 ミリ・メートル、幅 0.38 ミ



扁平型可動コイル・スピーカー (第 11-81 圖)



ホーン型可動コイル・スピーカー (第 11-82 圖-A)



ホーン型可動コイル・スピーカーの構造
〔第 11-82 図-B〕

ダイヤモンドホーン
〔第 11-83 図〕

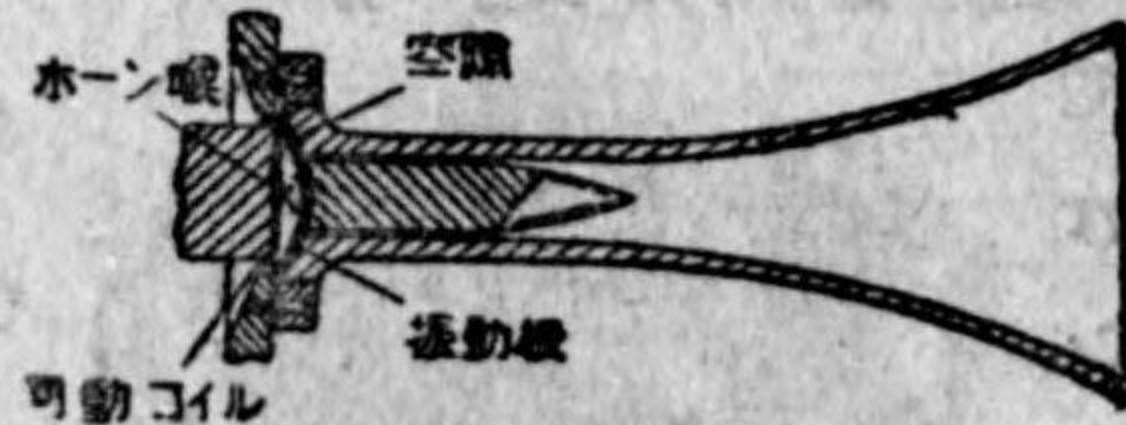
リ・メートルのアルミニウム・リボンよりなり、抵抗は約 15 オームくらいである。振動板の前面には特殊形状の位相等化器が取り付けられてゐる。このスピーカーの能率は比較的好く、適当なホーンを用ふれば大體 40 パーセントくらいになるといはれてゐる。この型はエクスponential・ホーンと組合せ、トーカー用或は放聲用に廣く用ひられてゐる。第 11-83 圖は振動板が環状で、非常に大きなエネルギーを入れることができる。

第 11-84 圖は野外放聲用に用ひられる可動コイル・スピーカーの一例で、入力 20 ワットのもので 50 キロ・メートル四方まで音聲を傳へるといはれる。



強力ホーン型のスピーカー
〔第 11-84 図〕

第 11-85 圖は特に高音用として造られた



ホーン型スピーカー
〔第 11-85 図〕

ものの構造を示す。このスピーカーは 3000 乃至 10,000 サイクルの比較的高い音が能率よく一様に再生される。

可動コイル型スピーカーは能率がよく大なる負荷に耐へるため、大容量ス

ピーカーとして用ひられる。第 11-86 圖はその一例で、直径 77.5 センチ・メートル、奥行 60 センチ・メートル、重量 225 キロ・メートルを有する非常に大きなものである。音聲到達距離は約 20 乃至 35 キロ・メートルで、指向特性もよく、軸の兩側 20 度以上には音聲は傳達せられないといふ。



大容量可動コイル・スピーカー
〔第 11-86 図〕



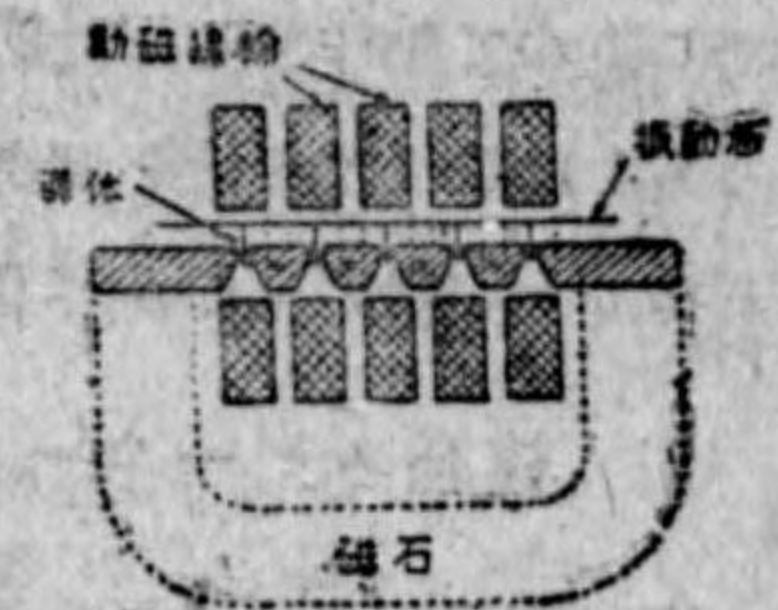
指向性バツフル型スピーカー
〔第 11-87 図〕



指向性バツフル型スピーカー
〔第 11-88 図〕

(ハ) 指向性バツフル型可動コイル・スピーカー 第 11-87 圖及び第 11-88 圖は指向性バツフル型可動コイル・スピーカーを示す。このスピーカーは振動板が大きく、ホーンの長さは短い。本器の能率は甚だよく、1000 サイクル以下では 50 パーセントに及ぶといはれてゐる。音響出力は 5 乃至 10 ワットくらいである。

(ニ) 平板型スピーカー プラットハラー・スピーカーは第 11-89 圖の如き構造を有し、大きな出力を要する場合に用ひられる。本スピーカーは圖に示す如く、コーン型と異なり駆動力が振動板の各部に一樣に働くやうになつてゐるから、大きな振動板が一つの



プラット・ハラー・スピーカー
〔第 11-89 図〕

ピストンとして振動するのであつて、この動作は周波数に無関係である。振動板には裏の附いたアルミニウムを用ひてゐる。能率は25パーセントくらいで、入力800ワットに對し200ワットの音響出力が得られ、ホーンなしで數十キロ・メートルまで音響が達する。

4) 電磁型スピーカー、静電型スピーカー及び壓電型スピーカー

電磁型スピーカーは磁性物質よりなる可動片を磁場においた時生ずる吸引力を利用したもので、コイルに音響電流を加へ、これによつて生ずる磁束の變化に従つて可動片を振動させるものである。電磁型スピーカーにはコーン型、ホーン型、インダクター型等がある。

静電型スピーカーは電荷による静電的機械力を利用したもので、カイル、エーデルマン、マッヘ、スレビアン、フォーグト、ライス、ケログ等の人々により色々のものが考案されてゐる。

壓電型スピーカーでは、ロッシュル鹽の屈曲振動または捩り振動を利用したものが最も多く用ひられ、コーン型とホーン型があるが、一般に共振周波数が高く、従つて複合スピーカーの一部として高音部の再生に用ひられる。

5) 壓搾空氣スピーカー

本スピーカーは壓搾空氣を一方より加へ、これとホーンとの中間に音響電流によつて動作する振動弁を設け、氣流の大きさを變化せるもので、電氣的の入力は單に空氣流を制御するのみなる故、能率よく100パーセント以上に及び、大容量のものが容易に得られる。しかし音質はあまりよくない。

6) 複合スピーカー

廣い周波數範圍に亘る音響再生には、單一のスピーカーによるよりも寧ろこれを二分して各々を別個のスピーカーで再生させる方が、能率もよく良好な特性が得られる。複合スピーカーには複數個のスピーカーに再生周波數を分擔せしめるためのものの他に、複合により特殊な指向性、或は立體音感的

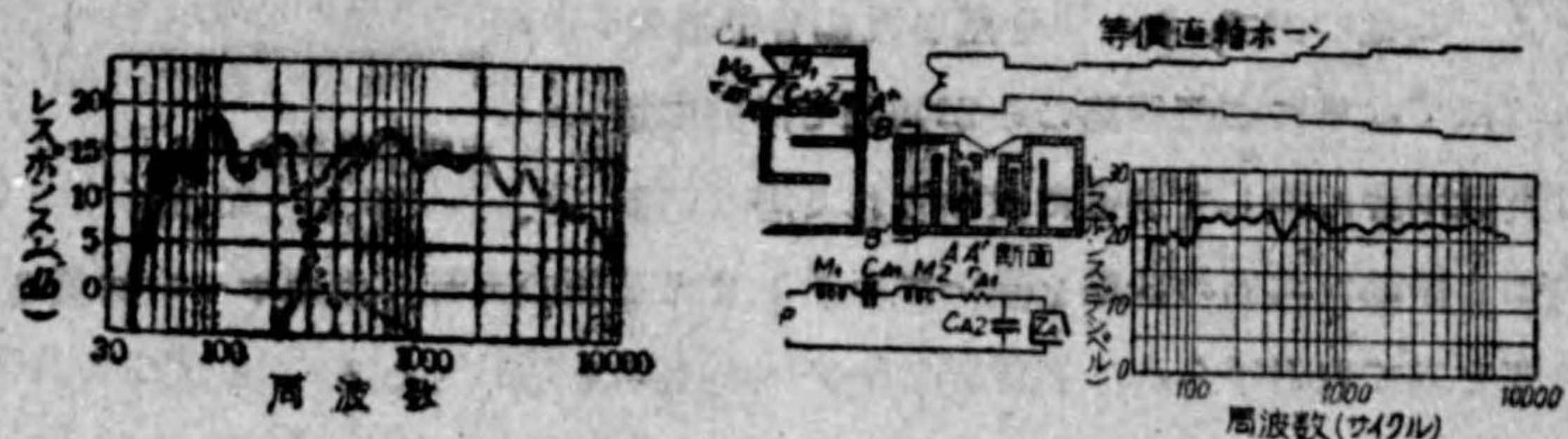
再生を得るための空間複合がある。

(イ) 周波數複合スピーカー 第11-90圖はオルソンの考案に係る單一驅動型複合ホーン・スピーカーを示す。このスピーカーの驅動部分は唯1個の振動板を有する可動コイル型スピーカーで、高周波部分は直ちに振動板の前面にある短い眞直なホーンで前部に放射され、低周波部分は折り曲げられたエキスポート・ネンシヤル・ホーンを通つて前面へ導かれる。即ち低音部分は低域濾波器を経て外方に放射されることになる。高音と低音の分割はホーンの寸法によつて定まるが、完全な分割は困難で一部は重疊される故、この部分の位相をできるだけ一致させることが必要である。第11-91圖はその特性の一例を示す。



オルソンの複合ホーンの構造 [第11-90圖]

本方式は單にその放射部を分割したに止まり振動板は共通であるから、理想的なものではなく、ただ1個の振動板によつて高低兩音部を再生しなければならぬから無理があるのは致し方がない。しかし、比較的小型になし得るところがその長所で、小劇場や講堂等に適する。



複合ホーン・スピーカー周波數特性 [第11-91圖]

單一驅動型複合スピーカー [第11-92圖]

第11-92圖も單一驅動型のものであるが、これではコーン型スピーカーの直ぐ後方にホーンを取付けたものである。

分離驅動型複合スピーカーは、驅動部分が單一なるために蒙る制限をさけ

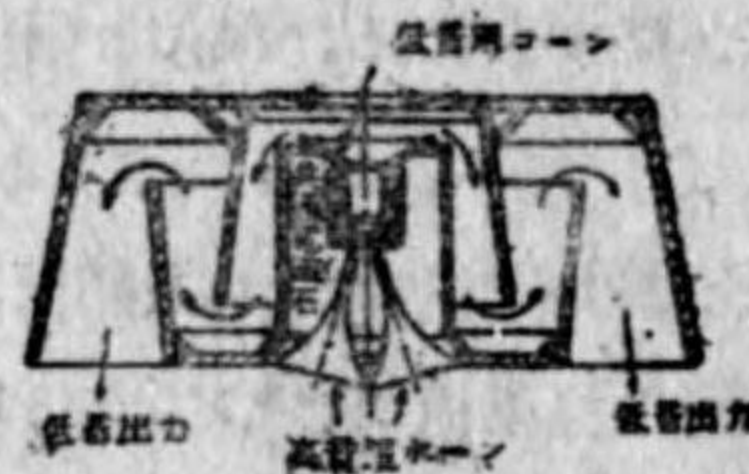
るため、ホーンのみならず更に駆動部分も共に分割して、各スピーカーが夫夫再生範囲に於て最も望ましい状態で動作するやうに考慮したものである。

これには分離した各スピーカーを同軸上に配置せるものと、軸を異にし略同一面に配置せるものがある。第 11-93 圖は同軸型複合スピーカーの一例で、低音再生用の大型可動コイル・コーンの前方に、高音再生用の小型可動コイル・コーンが取付けられてゐる。従つて、その高音部と低音部とは同一方向から到来し、聴取に際し不自然な感じが起らない。また本器の如く、高音と



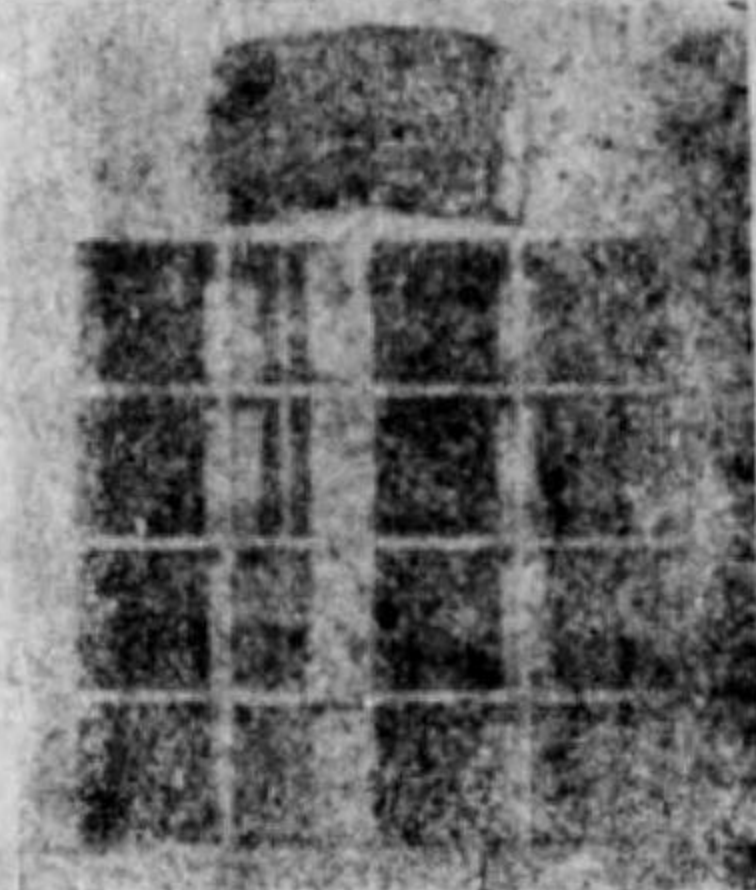
同軸型複合コーン・スピーカー
〔第 11-93 圖〕

低音との駆動部を分離したものでは、一般に混響調の處なく良質の音響再生が行



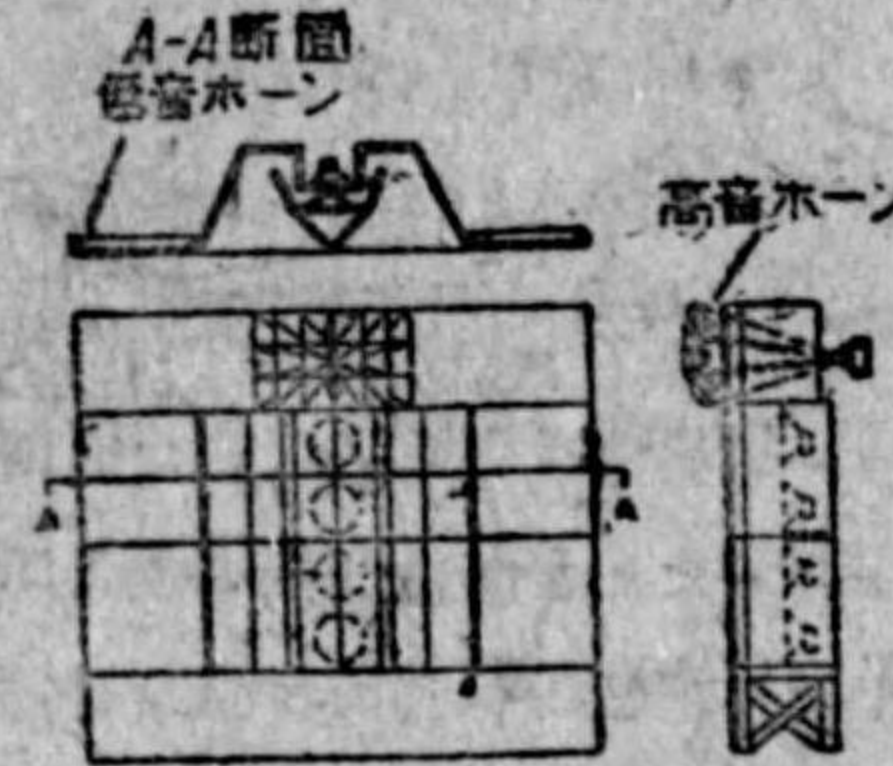
同軸型複合コーン・スピーカー構造圖
〔第 11-94 圖〕

はれる。第 11-94 圖は同軸型複合スピーカーの他の例で、ホーンを用ひた場合である。本器にては單に磁氣回路のみが共通で、振動板は高低兩音に對して別個に設けられて居り、前の如き振動板共通の缺點を除いてゐる。また 2 個の高音再生用ホーンは或る角度を以て取付けられ、高音部の中央への集中を防いでゐる。

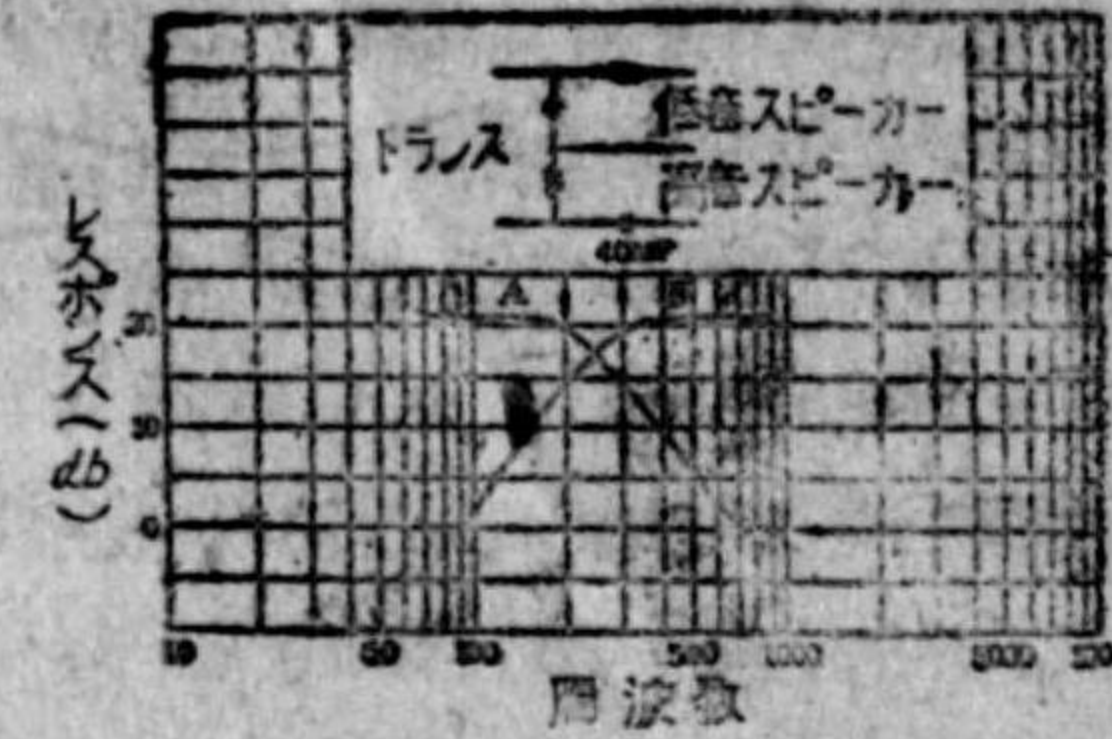


非同軸型複合スピーカー
〔第 11-95 圖〕

第 11-95 圖及び第 11-96 圖に示す複合スピーカーに於ては、全然別個の高音スピーカーと低音スピーカーが軸を異にし、略同一面に配置してある。かかるスピーカーは特に出力の大きいものに多いが、兩スピーカーが同一軸上にないことに基く不自然さは、聴者が十分スピーカーから離れてゐる故、割合に問題にならない。本器に於ける兩スピーカーは分波回路により第 11-

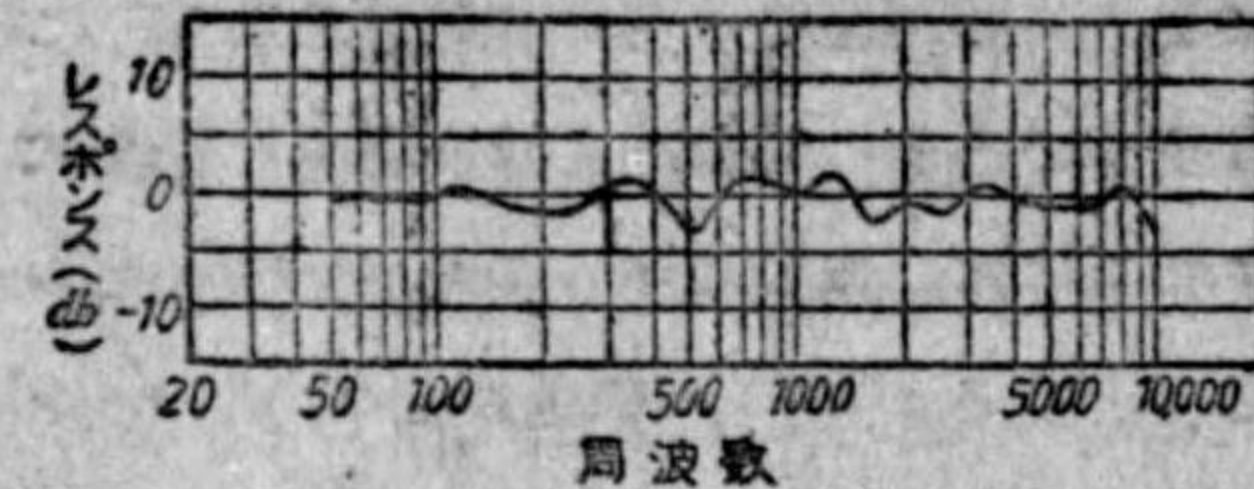


非同軸型複合スピーカー構造圖
〔第 11-96 圖〕



複合スピーカー分波回路
〔第 11-97 圖〕

97 圖に示す如く、250 サイクルを臨界周波數として、高低兩周波數帯を分擔してゐる。



複合スピーカーの周波數特性
〔第 11-98 圖〕

第 11-98 圖はその周波數特性を示す。

(ロ) 空間複合スピーカー

(1) ダイポール・スピーカー 強大なる音響出力を取扱ふ場合、音響的再生作用即ちシンギングが問題になる。即ち一度スピーカーより出た音の一部が再びマイクロホンに入つて來ると、遂に自己振動を起すことがある。また反響により、不明瞭になることもある。例へば野球場等に於て、向側のスタンドの反響のため明瞭度を害されることがある。これ等を防止するためには、單一指向性マイクロホン等を利用し、相互の角度を調節するのが有効である。ベネツケはベルリンのオリンピックに於て、第 11-99 圖及び第 100 圖に示す如く、2 個のスピーカーを約 1 メートル距てて垂直に立て、兩スピーカーよりの音響出力の位相を 180 度異にする如くして兩者



オリンピックに用ひたダイポール・スピーカー
〔第 11-99 圖〕

を干渉せしめ無音帯を造り、スピーカー直下の限られた一圓に主として音響が放射されるやうにし、無音帯を向側のスタンドに向けるやうにした。



ダイポール・スピーカーによる音響反射の除去

〔第 11-100 圖〕

(2) 立體音感的再生法 単一チャンネルのみによる音響再生では音の立體感を與ふことは困難である。理論的には立體感を完全に出すためには、無限に多くの再生チャンネルを必要とするが、ベル研究所では、3チャンネルで優秀な結果を得てゐる。第 11-101 圖は立體音響傳送試験に用ひられた複合スピーカーを示す。



立體音響再生に用ひた複合スピーカー

〔第 11-101 圖〕

第四節 擴聲装置の實際

1) 概説

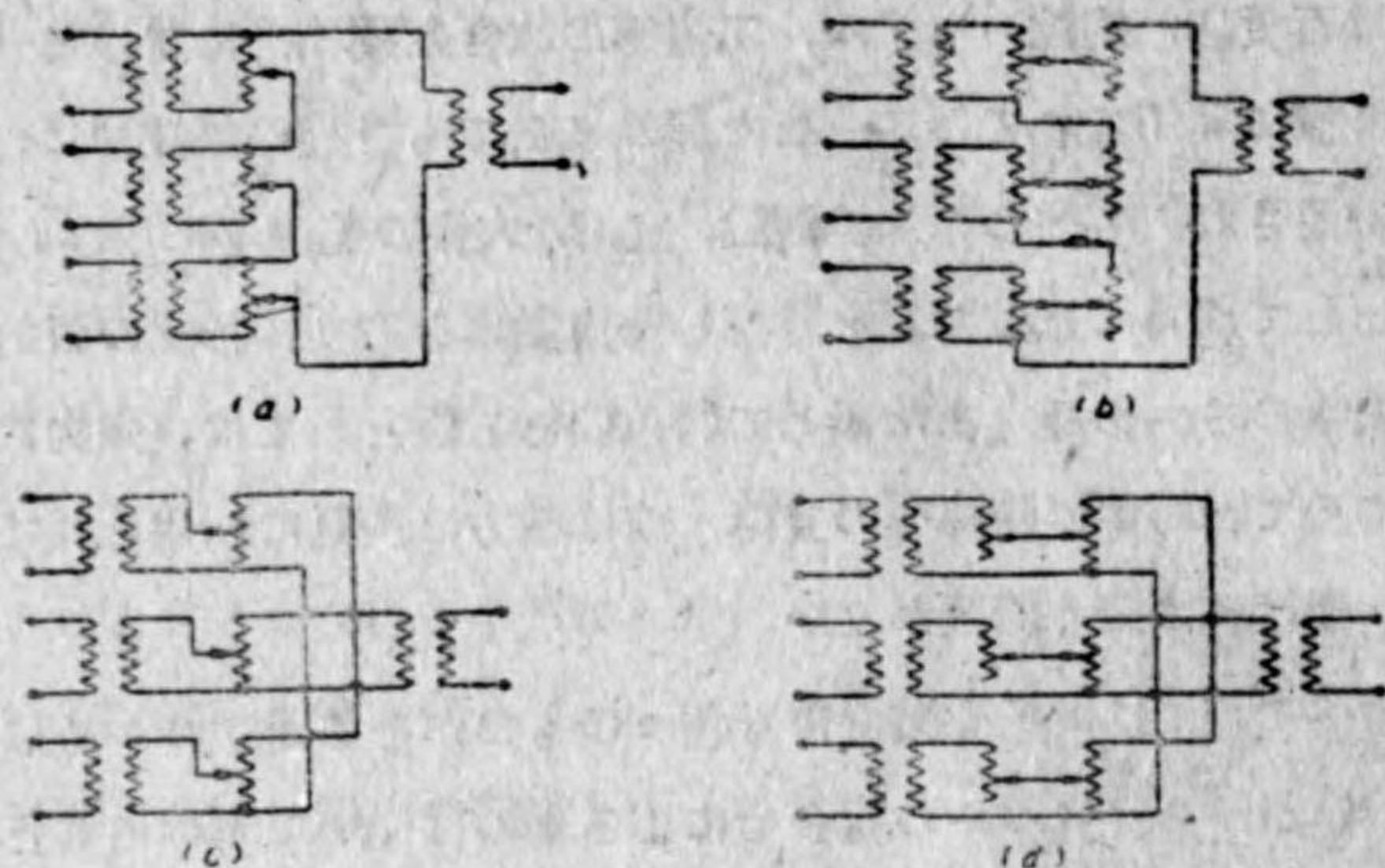
擴聲装置が實用に供されたのは決して古い話ではない。前世界大戦の後半紐育に於て、資金調達の街頭演説に利用されたのが、その始りではないかと思ふ。20 數年後の今日に於ては屋内と屋外とを問はず、大衆の在る所には必ず擴聲装置を用ふるのが今日の常識である。即ち、今日では公會堂、講堂等には殆ど例外なく擴聲装置の設備があり、講演、演説、式典等に廣く用ひられてゐる。また劇場等に於てもこの装置を利用せるものが澤山あり、劇効果を助けてゐる。トーキー劇場の再生装置も見方によつては擴聲装置の利用と考へられないこともない。或は瞬間に於ける列車發着の告知に、乗客の整理

に、或は百貨店、病院、ホテル、工場等の大きな建物内に於ける告知など實に多種多様に利用されてゐる。また屋外に於ても各種の競技場に、廣場に、街頭に利用され、各種の告知、演説、宣傳、大衆の整理等に用ひられてゐる。街頭用としては特に擴聲装置を設備した自動車を造り、移動の目的に副ふやうにしたものさへある。また極めて特色のある例としては、強力な擴聲装置が戦線に於て對峙中の敵陣への宣傳、或は敵方の攪亂に利用されてゐる。その他數へ挙げれば全く際限がない。

廣く考へる時には、擴聲装置にも色々のものがあるが、ここではマイクロホン、増幅器、スピーカーの組合せによるものについて考へることとする。マイクロホン及びスピーカーの個々のものについては、既に第二節及び第三節に於て述べた。擴聲装置に用ひられる増幅器は所謂可聴周波増幅器で、マイクロホン並にスピーカーと不可分のものであるが、これに關しては別に詳細なる説明がある故、ここには重複を避けるためこれを省略することとし、ただミクサーについて一言しておく。ミクサーとは1個の増幅器に對し2個以上のマイクロホンを同時に使用する場合、各マイクロホンの出力を適當に混合したり、或は滑らかに切換へたりする目的に使用される装置で、多くの場合適當な抵抗の組合せよりなる回路網が用ひられる。ミクサーの具備すべき必要條件は次の如きものである。

- (1) 周波數特性の良好なこと。
- (2) 調整用ダイヤルの位置及び他のものの調度如何に拘はらず、入力及び出力インピーダンスが一定であること。
- (3) 入力及び出力インピーダンスは、それに附隨せる回路のインピーダンスに完全に整合すること。
- (4) ミクサーを挿入するため生ずる挿入損失の小さいこと。
- (5) 相互に漏話のないこと。
- (6) 雑音を發生せぬこと。

第 11-102 圖は通常用ひられてゐる様式の一例を示す。



【第 11-102 圖】

なほ音量を調節するのに便なる如く、通常増幅器には音量計が附随してゐるが、非常に大きな場所で放聲する時、果して遠方まで完全に所要な音響輻射が行はれてゐるか否かといふことに對しては常に不安があるので、遠方にマイクロホンを備付け、その出力を整流し、その電壓によつて主増幅器の利得を調整することも考へられてゐるが、かくすれば、電源電壓その他何等かの原因で出力が變動しても、自動的に音量の安定化を行はしめることができる。

2) 指向性摘音

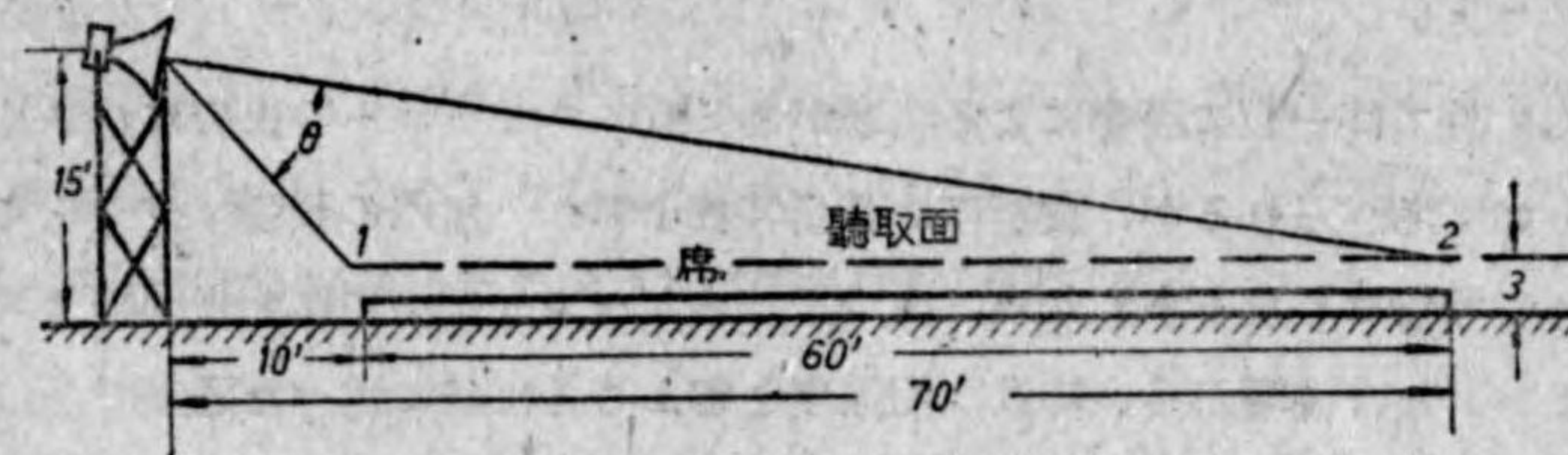
指向性摘音とは、音の入射角度により受音能率が變化する如き摘音法をいひ、これに對して、非指向性摘音に於ては無指向性マイクロホンを用ひた場合の如く、如何なる角度から音が入射しても、その受音能率が一定なる如きものをいふ。今簡單のため立體角 Ω 内に於て、マイクロホンの感度が一定で、その外では感度零であると考へ、且つ音源が立體角 Ω に含まれてゐるとすれば、直接音に對する出力は非指向性の場合も同様であるが、反射音或は騒音、凡ゆる方向から全く一樣に到來するものと考へる)に對する出力は指向性の場合は無指向性の場合の $\frac{\Omega}{4\pi}$ となる。しかるに直接音によるエネルギー

密度は音源からの距離の 2 乗に逆比例する故、同程度に反射音または騒音の摘音を許すならば、指向性摘音の場合は非指向性の場合の $\sqrt{\frac{4\pi}{\Omega}}$ 倍だけ多くマイクロホンを音源より離すことができる。即ち非常にライブな室とか騒音の多い場所で摘音する場合には、良感度の立體角 Ω の小さな、換言すれば指向性の鋭いマイクロホンを使用すれば、よく目的の音を摘音することができ、効果を擧げることができる。

無指向性摘音装置で考へなくてはならないことは、十分なる受音感度を有する立體角の大きさで、この立體角は所要の音源の凡てを含むだけの大きさがなくてはならぬが、同時に妨害音を受け入れない程度に小さくしなければならない。今一つの重要な要求は、その指向性が周波數によつて變化するものであつてはならぬことである。指向性が周波數によつて變化すれば、周波數歪を生ずることはいふまでもない。

3) 野外に於けるスピーカーの動作

一般に野外に於ては、音に對し 1 個の反射面を考へればよい。野外に於ける放聲裝置に對し第一に要求されるのは、必要な面積に亘り一樣な音響エネルギーを與へることである。今第 11-103 圖の場合について考へるに、音を供給する面積のうち最も極端な位置は 1 及び 2 で示す點である。假りに使用



野外劇場の立面圖、スピーカー及び聴取席の配置を示す

【第 11-103 圖】

スピーカーを非指向性となれば、これら 2 點に於ける直接音の強さは 2 點とスピーカーの距離に逆比例する。圖の場合はその差は 13 デシベルに達する。

このままでは音を供給すべき全面積に亘り、満足な再生音を與へることは不可能である故、何等かの方法により、この距離の長短による強弱を補償しなければならない。これには適当な指向性を有するスピーカーを用ひ、その軸を適当に選んで、必要な面積に一樣な音の強さが得られるやうにすればよい。この場合、地面よりの反射は各点で同等であると考へられるから、特に反射の影響は考へなくてもよい。

一つのスピーカーで十分必要面積を掩ふことのできない時は、二つ以上のスピーカーを使用しなくてはならない。

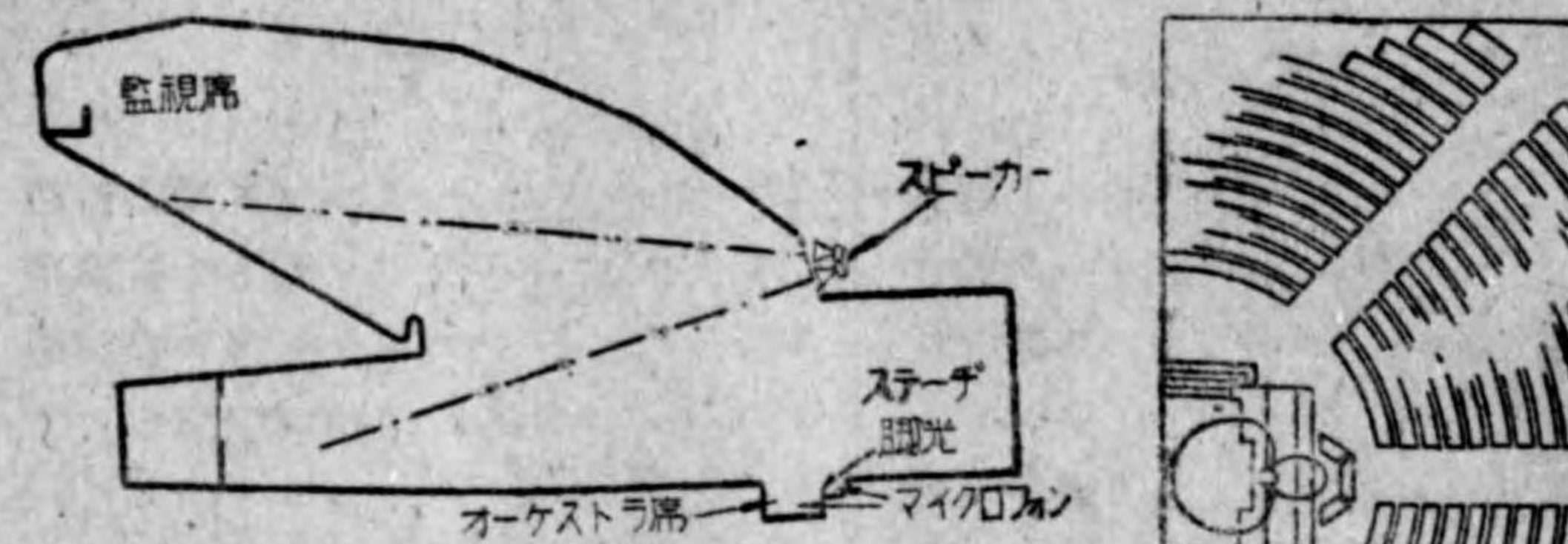
なほ再生音の強さは第1章に述べた如き普通の會話の強さを保つ如く選ばよいが、実際には騒音もある故、十分なる明瞭度を得るためには再生音の強さを適宜増大する必要がある。

4) 劇場、講堂等に於ける擴聲装置

この場合も 3) と同様、最も重要なことは必要な全面積に亘り一樣な音の強さを供給することである。この場合にはスピーカーよりの直接音と、境界面よりの反射音とを併せ考へなくてはならない。しかし実際には音響的設計があまり不良でない劇場に於ては、一般にその反射音のエネルギーの密度は、場内いづれの場所でも殆ど一樣と考へてよいから、野外の場合と全く同一に取扱つてよい。

室内に於ては一般に残響による増響がある故、スピーカーの出力は小さくて済む如く考へられるが、実際には音響特性を考へた室内の残響は少く、このための増響はあまり多くない。従つて、スピーカーの出力は前と同様に考へてよい。なほ残響が多い時は、明瞭度を害ふことは既に述べた通りで、このためには指向性マイクロホンを用ひなくてはならない。第 11-104 圖は劇場内に擴聲装置を取付けた場合の有様を示す。マイクロホンは脚光の部分に隠し、他のマイクロホンを適宜オーケストラ・ボックスに据付け、スピーカーは舞臺上方のアーチ部分に取付ける。一般に舞臺よりあまり遠くない席で

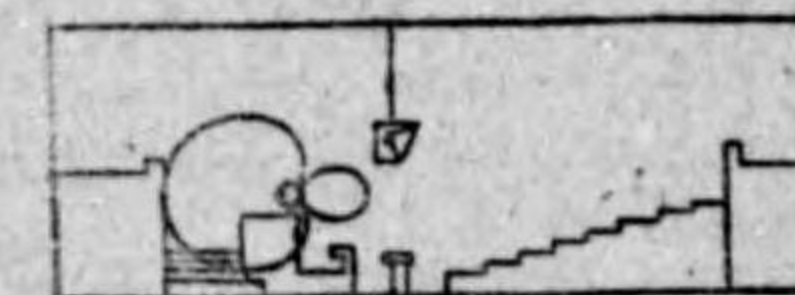
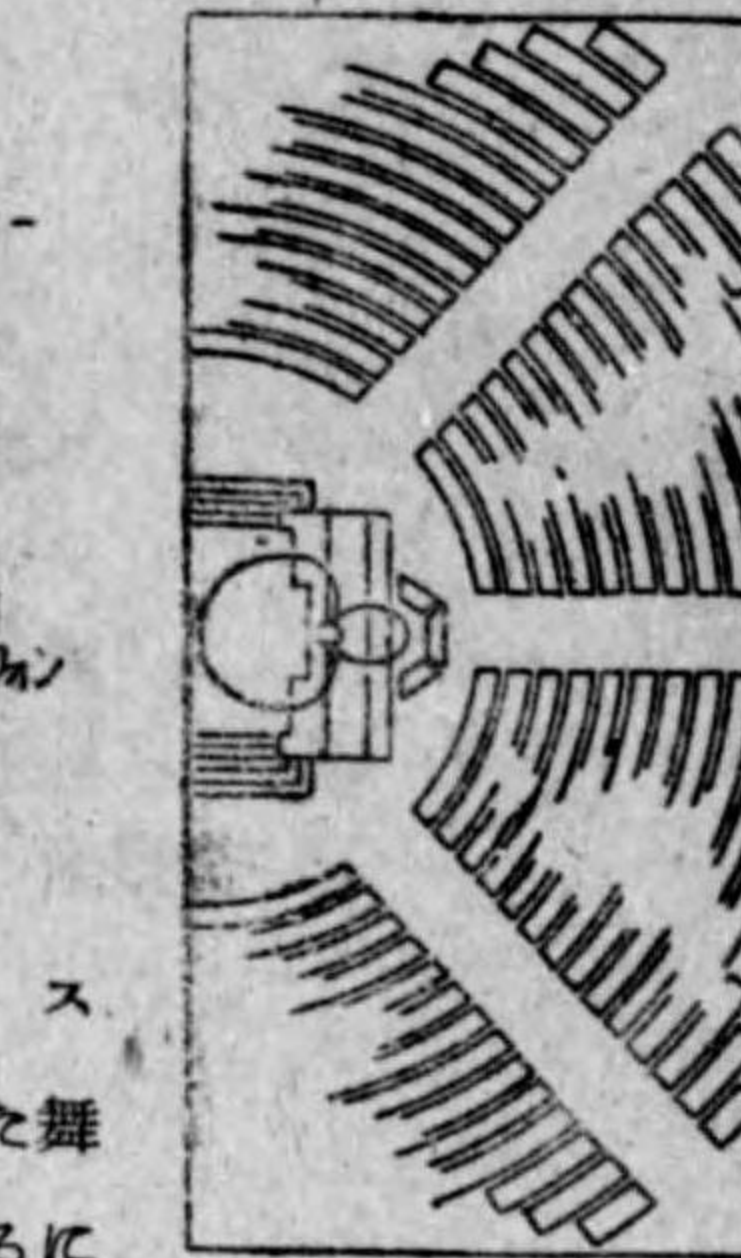
は、舞臺より直接到來する音が十分な強さを有してゐるから、この部分に對しては音聲の増大を圖る必要はない。しかし、舞臺よりの距離が増大するに伴つて原音の強さは次第に減少するから、これを補ふためスピーカーよりの音の強さを後方に行く程指向特性を利用し、適当に大きくなるやうにしてや



劇場に於ける音響増大装置各要素の配置圖

〔第 11-104 圖〕

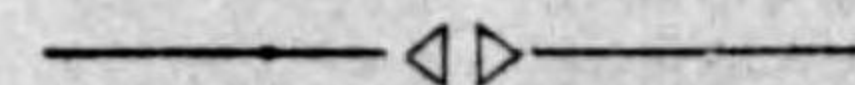
る。なほマイクロホンに指向性のものを選べば、スピーカーよりの饋還をさけることができる。また舞臺上の任意の位置に於ける演技を平等に摘音するには、數個のマイクロホンを取付け適宜これらを切換へて使用しなくてはならない。これ等切換へ或は調整操作を行ふには舞臺を見透すことが必要で、十分なる効果を擧げるためには、舞臺



〔第 11-105 圖〕

上の演技を見渡すに適當な位置を選ばねばならない。劇場の中には立體聴覺再生法を利用してゐるものもあるが、我が國には未だ行はれてゐない。

第 11-105 圖は講堂に於ける擴聲装置の一例である。



索引

ア

- 圧搾空気スピーカー242
- 圧電気マイクロホン220
- 圧電型スピーカー242
- アンテナ(空中線) 7

イ

- 位相歪123
- 1-A 皿型送話器209
- イナータンス189
- インダクター・マイクロホン215
- インピーダンス結合118
- インピーダンス・マッチング
(整合)87, 133

ウ

- ウェーゲル199
- ウェンテ212

エ

- A.E.G. 可動コイル・マイクロ
ホン214
- A 乾電池177
- A 級増幅134
- A/B 級増幅137
- エキサイター 89

オ

- 音響インピーダンス188
- 音響キャパシタンス189
- 音色制御(トン・コントロール)
.....99, 132
- 音聲周波196
- 温度上昇163
- 温度の制限171
- 音波 186
- 音力195
- オルソン214

カ

- 隔離板(セパレーター)168
- 過充電171
- 可聴界限194
- 可動コイル・マイクロホン212
- 可變増幅率真空管 74

キ

- キャビネット237
- 極板167
- 極板の腐蝕173
- 稀硫酸の調合及び補充172

ク

- 空間複合スピーカー245

空気間隙157
 空気乾電池178
 グリッド検波方式 19
 グリッド負バイアス 45

ケ

ケラントール219

コ

コイルの良さ(コイルのQ)..... 7
 高周波増幅器 39
 高周波歪122
 鑽石検波器 10
 交流受信機148
 固定バイアス47,154
 コーン型可動コイル・スピー
 カー237
 コンデンサー・マイクロホン.....216

サ

サイケ213
 再生音201
 再生検波方式 24
 増幅器 27
 サルフェーション174
 残響201

シ

C 乾電池178
 C 電源153
 周波数複合スピーカー243
 周波数変換 52

周波歪123
 指向性摘音248
 指向性バップル型可動コイル・
 スピーカー241
 指向性マイクロホン226
 出力回路 86
 遮蔽グリッド及びプレート回路... 49
 初充電171
 振幅歪121
 自己バイアス法153
 自己放電176
 自動音量調節(A.V.C.) 73
 自動バイアス 47
 充電電流の制限171
 寿命171

ス

水銀蒸気整流管144
 スピーカー(高聲器)233

セ

静電型スピーカー242
 整流回路150
 整流管154
 絶縁163
 全波整流回路150

ソ

双耳作用200
 双鉤型炭素マイクロホン209
 双指向性マイクロホン227
 速度型圧電マイクロホン226

速度型静電マイクロホン224
 速度型動電マイクロホン223
 速度型マイクロホン222
 ソリッドバック送話器208
 ソルトシェーカー型マイクロ
 ホン214
 増幅定数111

タ

タラス212
 単一指向性マイクロホン228
 炭素マイクロホン207
 短絡174
 短絡電流176
 ダイホール・スピーカー245
 多重ホン236

チ

中間周波数 53
 蓄電池167
 運動音量制御(D.A.V.C.) 83
 直線歪123
 チョーク・コイル(塞流線輪) 1
 チョーク・コイル-静電容量結合
 回路 33
 直熱型真空管149
 直流受信機148

テ

抵抗-静電容量結合回路 37
 低周波増幅器 29
 鐵損失162

デシベル114
 電圧増幅器111
 電圧遮降(ステップダウン)144
 電圧変動率163
 デルビル送話器208
 電解液168
 電源トランス161
 電磁型スピーカー242
 電槽168
 電力増幅管111
 電力増幅器111

ト

銅損失162
 動電型スピーカー237
 動電型マイクロホン212
 トランス結合回路 30
 トランス結合増幅119
 トランス・レス受信機164
 トランス・レス真空管164
 ドライバー89, 142

ニ

二次全負荷電圧163

ヌ

ヌットゼン204

ノ

能率170

ハ

ハム・バランス	205
ハム・バランス	149
ハルトマン	215
反響	205
半固定バイアス法	154
半波整流回路	150
バイパス・コンデンサー (側路蓄電器)	2, 154
バイプレーター式 B 電源	152
バッフル	236
バンド・マイクロホン	214

ヒ

非直線歪	122
平板型スピーカー	241
B 乾電池	177
B 級増幅	135
B 電源	150

フ

負饋還	146
負饋還回路	100
複合スピーカー	242
輻射抵抗	188
ブッシュ・プル接続	138
フレッチャー	195
プレート検波方式	16
プレート交番電流	112

へ

平滑回路	150
平滑コンデンサー	158

平滑チョーク (低周波チョーク)	157
並列饋電方式	126
並列パラレル接続	138
ベネッケ	245

ホ

ホーン	234
ホーン型可動コイル・スピーカー	239
傍熱型真空管	150

マ

マイクロマホン	206
マッサ	229
マッチング・トランス	88
マルコーニ	213

ミ

ミクサー	247
------	-----

ム

無指向性マイクロホン	226
無歪最大出力	124

ユ

ユニチョーク	160
--------	-----

ヨ

容量	170
----	-----

ラ

ライス	210
-----	-----

ライス・マイクロホン	210
ラベル・マイクロホン	211

リ

リーガー	220
立体音感的再生法	246
リボン・マイクロホン	214

レ

レイン	195
-----	-----

ロ

漏洩現象	174
ロッシュェル鹽	221

ワ

ワインヘルガー	229
---------	-----

標準ラジオ技術講義

中 卷

定 價 30 圓

昭和16年9月20日初版發行

昭和21年11月20日第4版印刷

昭和21年11月30日第4版發行

著者代表

苦 米 地 實

發行者

小 川 誠 一 郎

東京都神田區錦町1の5

印刷者

楠 末 治

東京都板橋區志村町5

印刷所

凸版印刷株式會社

東京都板橋區志村町5

發行所

株式會社 誠文堂新光社

東京都神田區錦町1の5

會員番號 A119010

電話 神田(代表) 2126

配給元

日本出版配給株式會社

東京都神田區淡路町2の9

ト工77-76

誠文堂新光社

548-H99ㄅ



1200500746290

3

9

終