

電話用炭素送話器の脈動現象の解析

西山 静男* 猪瀬 武**

Analysis of Microphone Oscillation of Carbon Transmitter of Telephone

By Shizuo Nishiyama and Takeshi Inose
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers have observed the microphone oscillation phenomenon occurring in contact resistance type transducers such as carbon transmitter, and tried mathematical analysis of the conditions for oscillation and continuity. After measuring temperature distribution on a diaphragm which is heated at its center, writers have introduced a formula with due consideration for the influence given on the carbon granule resistance, caused by the displacement of moving electrode when center and peripheral parts of the diaphragm get higher temperatures. Writers sought the above mentioned conditions for oscillation and continuity based on the results of the calculation, and the construction of transmitter, and the telephone circuit in which the transmitter is put in operation. According to the construction of transmitter, the oscillation is caused either in constant current circuit or in constant voltage circuit. Even after the oscillation has been given rise, it can be damped off by giving a proper resistance value to telephone circuit. Writers tried comparison between the calculation and the measured values in relation to the oscillation zone.

Then, they analyzed characteristics of transmitter in oscillation and separated the cause of response variation into the variation in mechanical impedance of carbon granule and that of microphone efficiency. In the end, they referred to the relation between the cause of noise due to oscillation and the oscillation phenomenon.

〔I〕 緒 言

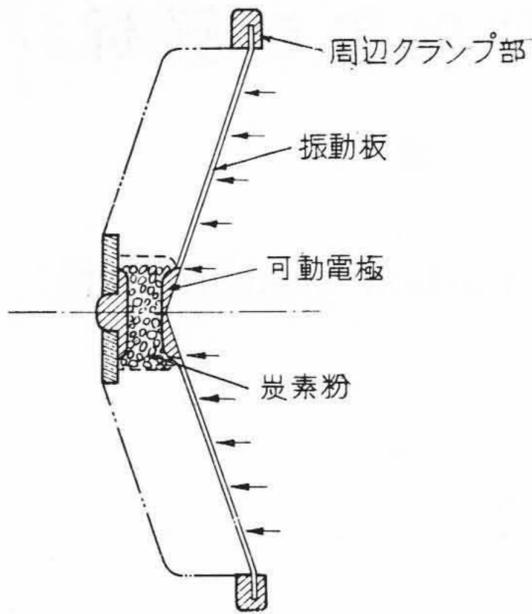
炭素送話器で代表される接触抵抗型電気音響変換器には脈動現象により特性が周期的に変動する性質がある。その脈動の数学的解析は Kretchmer により定電流回路の一つの場合について行われた⁽¹⁾。筆者は数学的解析において振動板中央部および周辺部がそれぞれ独立に温度変化したとき、その熱膨張によつて可動電極が変位させられる率、すなわち後述の相互熱膨張係数を導入して Kretchmer の理論を拡張した。送話器の構造と使用する電話回路とを含めて脈動の発生条件、持続条件を与える一般解を求めた。

まず振動板が中心部より加熱されたときの熱伝導の関係式を求めた。

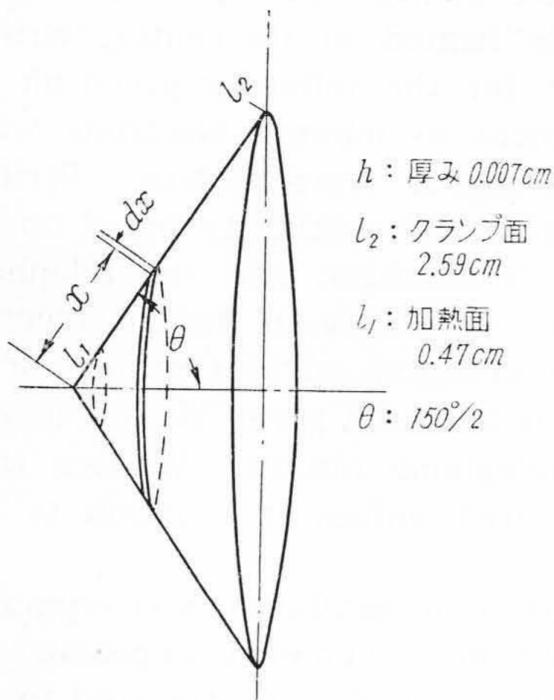
〔II〕 振動板上の温度分布

送話器の形状は集音効果上一般的に第1図(次頁参照)のごとく考えられる。振動板中心部に可動電極を有しその部分より加熱される。振動板としては変成比を高くするために図のごとく円錐形にして周辺部でクランプされているとする。脈動現象は非常に周期が長いので簡単のため振動板上各部の温度上昇の位相差を無視する。ただし周辺部のみはその構造上熱容量が大きく振動板とは位相差が存在すると考えて差支えない。第2図(次頁参照)のごとく振動板の加熱面半径、クランプ面半径、厚みおよび頂角をそれぞれ l_1 , l_2 , h , θ とする(図に記入した数値は4号送話器を円錐形に理想化したもの)、また振動板表面よりの放散率、材質の熱伝導率、比重および比熱をそれぞれ α , K , ρ および c で表わす。図のごとき円錐上の微小体積における熱伝導方程式として次式をえる

* ** 日立製作所戸塚工場



第1図 炭素送話器の一般的構造
Fig. 1. General Construction of the Carbon Transmitter



第2図 理想化した振動板
Fig. 2. Ideal Diaphragm

$$x \frac{d^2\vartheta(x)}{dx^2} + \frac{d\vartheta(x)}{dx} - \frac{2x}{Kh} x\vartheta(x) = 0 \dots (1)$$

ここに $\vartheta(x)$ は円錐の頂点を原点としたとき、半径 x における室温に対する温度上昇とする。また熱伝導は温度上昇が左程高くないため表面ではニュートンの冷却則にしたがい、板内では温度の傾斜に比例すると考えて求めたものである。

中心部 $x=0$ より l_1 の間は加熱面であつて一定温度の ϑ_1 、また周辺温度は ϑ_2 とする。すなわち

$$\vartheta(l_1) = \vartheta_1 \quad \vartheta(l_2) = \vartheta_2 \dots (2)$$

(1), (2) 式を解いて温度分布を求めると

$$\vartheta(x) = \frac{\vartheta_1}{A} \left[\left\{ I_0(\sqrt{\tau} l_2) - \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} I_0(\sqrt{\tau} l_1) \right\} K_0(\sqrt{\tau} x) - \left\{ K_0(\sqrt{\tau} l_2) - \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} K_0(\sqrt{\tau} l_1) \right\} I_0(\sqrt{\tau} x) \right] \dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし } \tau &= \frac{2\alpha}{Kh} \text{ 1/cm}^2 \\ A &= K_0(\sqrt{\tau} l_1) I_0(\sqrt{\tau} l_2) \\ &\quad - I_0(\sqrt{\tau} l_1) K_0(\sqrt{\tau} l_2) \end{aligned} \right\}$$

ここに K_n, I_n は変形ベッセル函数である。 $x=l_1$ と l_2 に挟まれる振動板の両面より単位時間に空中に放散する熱量 q_1 は

$$q_1 = 4\pi\alpha \sin\theta \int_{l_1}^{l_2} x\vartheta(x) dx = a_1\vartheta_1 + a_2\vartheta_2 \dots (4)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{4\pi\alpha \sin\theta}{\tau} B \\ a_2 &= \frac{4\pi\alpha \sin\theta}{\tau} C \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{1}{A} \left[\sqrt{\tau} l_1 \{ I_1(\sqrt{\tau} l_1) K_0(\sqrt{\tau} l_2) + K_1(\sqrt{\tau} l_1) I_0(\sqrt{\tau} l_2) \} - 1 \right] \\ C &= \frac{1}{A} \left[\sqrt{\tau} l_2 \{ K_0(\sqrt{\tau} l_1) I_1(\sqrt{\tau} l_2) + I_0(\sqrt{\tau} l_1) K_1(\sqrt{\tau} l_2) \} - 1 \right] \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

また $x=0$ と l_1 の間に挟まれる表面より放散する熱量 q_2' は $\pi l_1^2 \sin\theta \alpha \vartheta_1$ で表わされるが、さらに固定電極などより放散する熱量はやはり ϑ_1 に比例するので両者を含めて

$$q_2 = a_3\vartheta_1 \dots (7)$$

と表わすことができる。

同様にこの部分に蓄積する熱量 Q_3 は

$$Q_3 = 2\pi h \rho c \sin\theta \int_{l_1}^{l_2} x\vartheta(x) dx = a_4\vartheta_1 + a_5\vartheta_2 \dots (8)$$

$$\left. \begin{aligned} a_4 &= \frac{2\pi h \rho c \sin\theta}{\tau} B \\ a_5 &= \frac{2\pi h \rho c \sin\theta}{\tau} C \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

B, C は (6) 式と同じである。また固定電極、炭素室等に蓄積される熱量は ϑ_1 に比例する故 (7) 式第1項に含めて考えることにする。

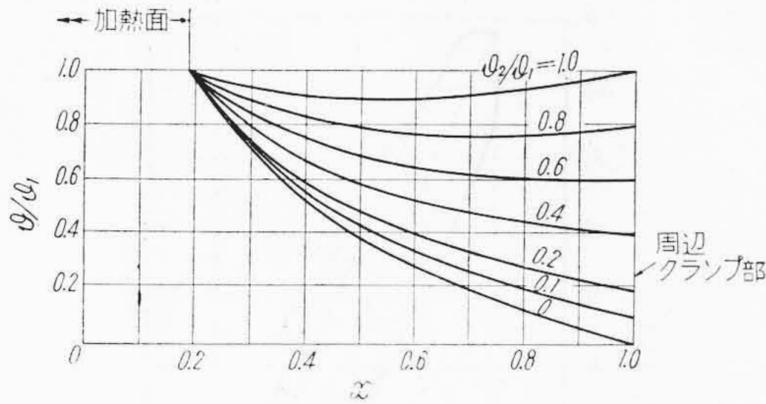
$x=l_2$ において振動板より周辺クランプ部に流入する熱量 q_4 は単位時間には

$$\begin{aligned} q_4 &= 2\pi Kh \sin\theta x \left. \frac{d\vartheta(x)}{dx} \right|_{x=l_2} \\ &= a_6\vartheta_1 - a_7\vartheta_2 \dots (10) \end{aligned}$$

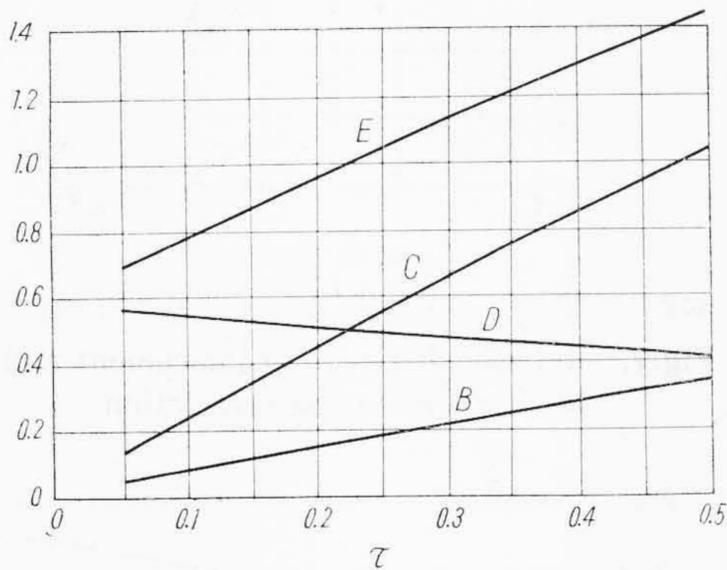
$$\left. \begin{aligned} a_6 &= 2\pi Kh \sin\theta D \\ a_7 &= 2\pi Kh \sin\theta E \end{aligned} \right\} \dots (11)$$

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{1}{A} \\ E &= \frac{1}{A} \sqrt{\tau} l_2 \{ K_0(\sqrt{\tau} l_1) I_1(\sqrt{\tau} l_2) + I_0(\sqrt{\tau} l_1) K_1(\sqrt{\tau} l_2) \} \end{aligned} \right\} \dots (12)$$

今 a_1, a_2, \dots なる係数を実際の材質について検討するに、振動板材料として普く利用されているデュラルミンを例にとつて考える。放散率 α は周囲の性質により非常



第3図 振動板上の温度分布
Fig. 3. Temperature Distribution on the Diaphragm



第4図 分布係数 B, C, D, E の計算値
Fig. 4. Calculated Data of the Distribution Coefficients B, C, D, E

に違つた値をとるが、密閉容器中の放散と考え $10 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ とおく、また伝導率 K は公知のごとく $124 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ とす。第2図のごとき振動板の形状を例にとれば

$$\tau = 0.202 \text{ cm}^{-2} \quad \sqrt{\tau} = 0.45 \text{ cm}^{-1}$$

をえる。これより温度分布を求めると第3図のごとく、 ϑ_2/ϑ_1 をパラメータとして表わすことができる。

(6), (12) 式の B, C, D, E はそれぞれ分布係数であつて振動板の材質、形状により左右される。振動板が変り τ が変化したときの分布係数は第4図に示す。この結果より明瞭なことは分布係数はすべて正実で、したがつて a_1, a_2, \dots などの各係数も (5), (7), (9) および (11) 式よりまた正実なることが証明せられた。

さて、振動板の中心部においてたえず熱が供給されるときの関係は次式で与えられる。

$$q_1 + q_2 + q_4 + \frac{dQ_3}{dt} = J \dots \dots \dots (13)$$

こゝに J は炭素粉の単位時間毎の発熱量である。

同様に周辺クランプ部は常に均一な温度に保たれると考えられ、その熱容量を c_2 、放散率を a_8 とすれば (13) 式と同様な関係式をえる。これらを整理してつぎの連立

微分方程式に示す。

$$\left. \begin{aligned} c_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} + b_1\vartheta_1 + (b_2 - b_3)\vartheta_2 &= J \\ c_2 \frac{d\vartheta_2}{dt} + b_4\vartheta_2 - b_5\vartheta_1 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (14)$$

こゝにあらためて係数をつぎのごとく表示した。

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= a_4 & b_1 &= a_1 + a_3 + a_6 + \frac{a_5 a_6}{c_2} \\ b_2 &= a_2 & b_3 &= a_7 + \frac{(a_7 + a_8) a_5}{c_2} \\ b_4 &= a_7 + a_8 & b_5 &= a_6 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (15)$$

a_1, a_2, \dots は正実なる故新たにえられた係数 c_1, c_2, b_1, \dots はすべて正実としてえられる。

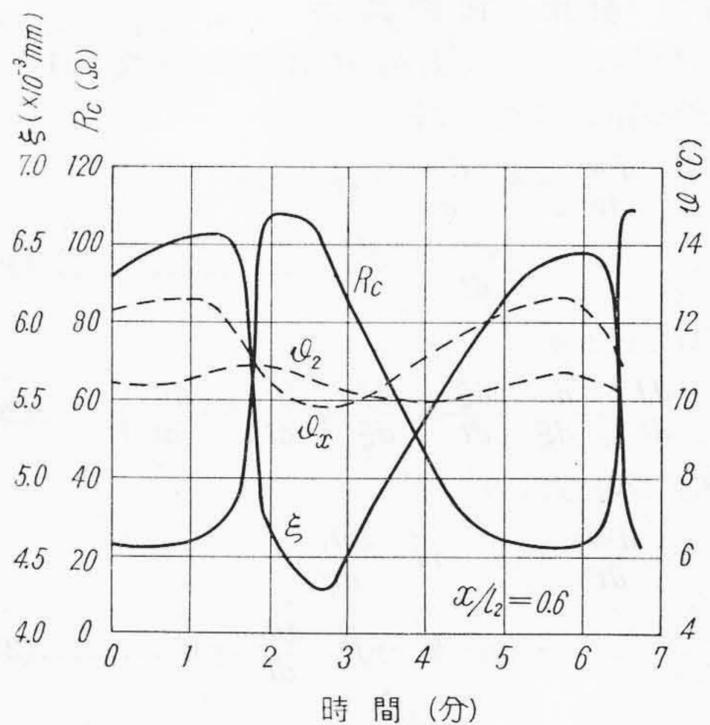
〔III〕 脈動の発生、持続条件

実際の送話器に適用して熱現象より脈動の発振（発生）、持続条件を求める。第5図は脈動中の炭素粉の見掛けの抵抗、可動電極の変位および振動板中心部、周辺部の温度の実測例である。可動電極の変位の測定は後述のごとく静電測定型バイプロメータを用いて行つた。音声によつて可動電極が振動する外に、脈動によつてきわめて長い周期、換言すれば直流の変位が重畳するために特性が変わることが脈動現象の原因である。この特性については第〔IV〕章で詳述する。

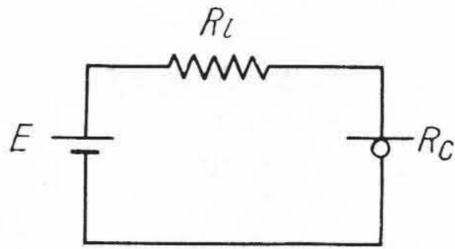
さて炭素粉には直流が供給されているがこれを最も簡単に表わせば第6図(次頁参照)のごとくである。炭素粉中の発熱量は単位時間毎に

$$J = K'' E^2 \frac{R_c}{(R_l + R_c)^2} = \frac{K'' E^2}{R_l} \frac{\alpha}{(1 + \alpha)^2} \text{ cal/sec} \dots \dots (16)$$

$$\left(\alpha = \frac{R_c}{R_l} \right)$$



第5図 脈動中の ξ, R_c, ϑ
Fig. 5. Data of ξ, R_c and ϑ During Oscillation



R_c : 炭素粉抵抗 R_l : 外部回路の抵抗
第6図 電話回路
Fig.6. Telephone Circuit

となり、
こゝに K'' は 0.24 cal/W で表わされる電力の熱当量である。炭素粉の抵抗 R_c は量および相互の接続状態により変化する。特に後者に対してはきわめて鋭敏である。

振動板の中心部および周辺部が ϑ_1, ϑ_2 だけ温度上昇すれば熱膨張により可動電極を静的に変位せしめる。可動電極の変位から見た熱膨張係数すなわち相互熱膨張係数をそれぞれ r, δ で表わす。直線的に扱うる微小変位の範囲では変位 ξ はそれぞれの温度上昇が単独に存在するときの変位の代数和として表わしうると考えられるから

$$\xi = r\vartheta_1 + \delta\vartheta_2 \dots\dots\dots (17)$$

ただし r, δ の符号は電極間隙が近づく方向のときを正とする。

第5図より脈動中の可動電極の変位と抵抗の関係を求めると第7図のごとく履歴現象はあるがおおむね直線関係にあることが了解できる。故に抵抗と変位の関係をつぎのごとく表わす。すなわち

$$R_c = R_0 - K'\xi \quad (K > 0) \dots\dots\dots (18)$$

こゝに R_0 は変位零のときの直流抵抗である。

(1) 発生, 持続条件

脈動中においては $J, \vartheta_1, \vartheta_2$ は時間の函数で (14) 式第1式を時間 t について微分すれば

$$c_1 \frac{d^2\vartheta_1}{dt^2} + b_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} + (b_2 - b_3) \frac{d\vartheta_2}{dt} = \frac{dJ}{dt} \dots\dots\dots (19)$$

(17) 式より

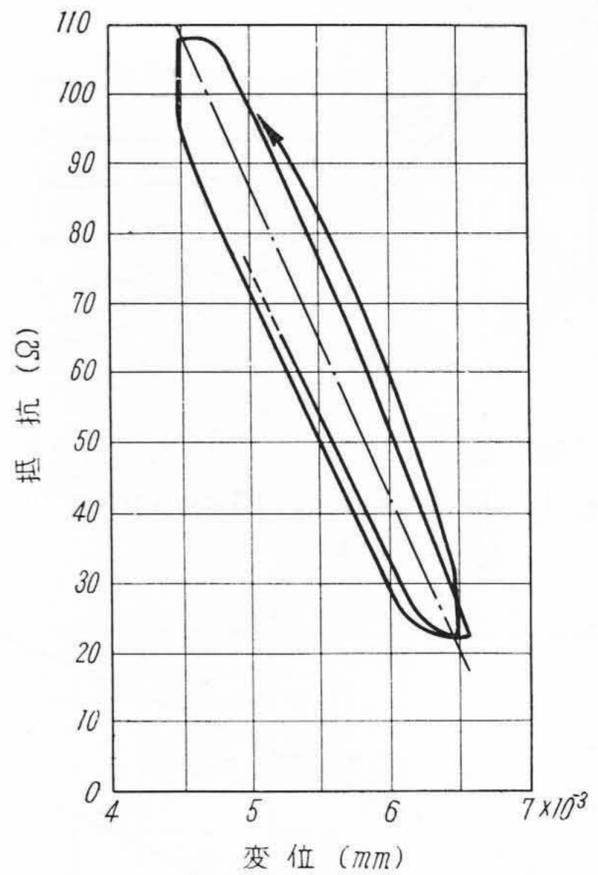
$$\frac{dJ}{dt} = \frac{d}{d\xi} \frac{d\xi}{dt} = \frac{dJ}{d\xi} \left(r \frac{d\vartheta_1}{dt} + \delta \frac{d\vartheta_2}{dt} \right) \dots\dots (20)$$

(19), (20) 式より

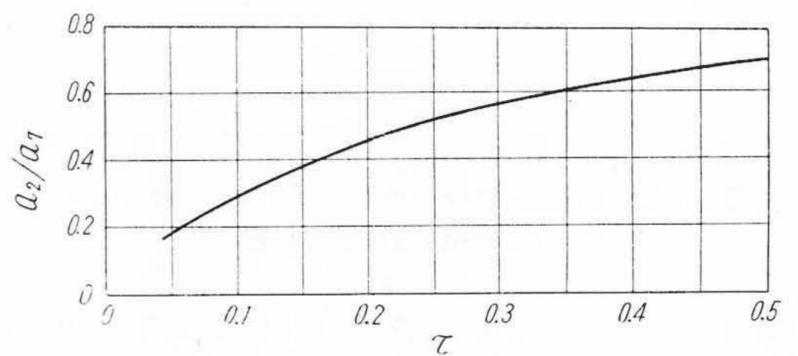
$$c_1 \frac{d^2\vartheta_1}{dt^2} + (b_1 - rj) \frac{d\vartheta_1}{dt} + (b_2 - b_3 - \delta j) \frac{d\vartheta_2}{dt} = 0 \dots\dots\dots (21)$$

ただし $J = \frac{dJ}{d\xi}$

(14) 式第2式および (21) 式より振動型の条件 (発生条件) として



第7図 脈動中の変位と抵抗
Fig.7. Relation between Displacement and Resistance During Oscillation



第8図 a_2/a_7 の値
Fig.8. Data of a_2/a_7

$$\delta j < - \left[\frac{1}{4c_1c_2b_5} \left\{ c_1b_4 - c_2b_1 + c_2rj \right\}^2 + (b_3 - b_2) \right] \dots\dots\dots (22)$$

(5), (11) 式より

$$\frac{a_2}{a_7} = \frac{C}{E} = 1 - \frac{\sqrt{\tau}l_2 \{ K_0\sqrt{\tau}l_1 \} I_1(\sqrt{\tau}l_2)}{1 + I_0(\sqrt{\tau}l_1) K_1(\sqrt{\tau}l_2)} \dots (23)$$

τ について a_2/a_7 を計算すれば第8図のごとくで常に1より小、故に $a_7 > a_2$. (15)式第4式において右辺第2項は正であるから同第3式と比較して $b_3 > b_2$ なる関係が成立する。さてこの結果より (22) 式右辺は常に正である。この結論が常に成立するためには少くとも δ と j の符号は反対であり、しかもその積は右辺で表わされる一定値よりも小なることが必要条件である。

同様に (14), (21) 式より振動が成長するための条件 (持続条件) ととしてつぎの関係をうる。

$$r\dot{J} > -\frac{C_1}{C_2} b_4 + b_1 \dots\dots\dots (24)$$

(24) 式の右辺の各項は正であるから、この条件が成立するためには r, \dot{J} は少なくとも符号は同じでしかもその積は右辺で表わされる一定値よりも大であることが必要条件である。

以上のごとき脈動の発生機構は一つの類推として、反結合回路をもつた増幅器と相似であつて、 $\delta\dot{J}$ が負になることは反結合を生ずるための条件であり、 $r\dot{J}$ が正であることは振動板の温度変化を増幅する作用を有することを示す。

(2) 送話器構造と外部回路の組合わせ

発生、成長条件を示す (22), (24) 式において \dot{J} 以外はすべて送話器の構造に基く定数である。また (16) 式において脈動中は R_l は一定で R_c のみが (18) 式のごとく ξ の函数として変化する。そこで

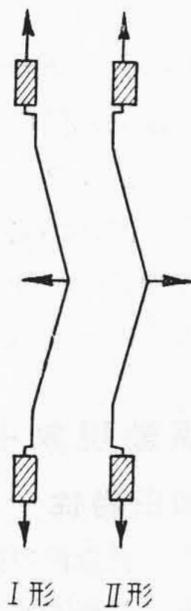
$$\frac{dJ}{dR_c} = K''E^2 \frac{R_l - R_c}{(R_l + R_c)^3} \dots\dots\dots (25)$$

(18), (21), (25) 式より

$$\begin{aligned} \dot{J} &= \frac{dJ}{d\xi} = \frac{dJ}{dR_c} \frac{dR_c}{d\xi} = -K' \frac{dJ}{dR_c} \\ &= -K'K''E^2 \frac{R_l - R_c}{(R_l + R_c)^3} = -\frac{K'K''E^2}{R_l^2} \\ &\quad \cdot \frac{1-\alpha}{(1+\alpha)^3} \left(\alpha = \frac{R_c}{R_l} \right) \dots\dots\dots (26) \end{aligned}$$

電話回路が自動式、共電式のときは定電流回路であつて $R_l > R_c$, 故に $\dot{J} < 0$, 磁石式、携帯式では定電圧回路で $R_l < R_c$, 故に $\dot{J} > 0$ となる。

振動板の形状は変成比を高くするため第2図のごとく円錐にする外、伝送周波数帯域を適当な値にまで下げるため周辺に沿つてコンプライアンスを付け平坦にするなど実際の形状はさらに複雑になる傾向がある。一方炭素粉室は設計上振動板の表裏いずれに設けることも可能である。このように考えて来ると相互熱膨張係数 r, δ の



第9図 振動板の形状
Fig.9. Form of Diaphragms

第1表 組合わせの総合
Table 1. Total Combination

構造		回路		定電圧回路		定電流回路	
				$\frac{dJ}{dR_c} < 0, \dot{J} > 0$		$\frac{dJ}{dR_c} > 0, \dot{J} < 0$	
振動板形状 (オ7図)		I 形	II 形	I 形	II 形	I 形	II 形
炭素室の位置	$r > 0$	発振	$\delta < 0$	$\delta > 0$	$\delta < 0$	$\delta > 0$	
		成長	$J\delta < 0$ ※ ₁	$J\delta > 0$	$J\delta < 0$	$J\delta > 0$	
	$r < 0$	発振	$\delta > 0$	$\delta < 0$	$\delta > 0$	$\delta < 0$	
		成長	$J\delta > 0$	$J\delta < 0$	$J\delta < 0$ ※ ₂	$J\delta > 0$	

符号、大きさは蓋し簡単には決定し難い。これらを総合してたとえば第9図のごとく振動板を分類し、I形では炭素粉室が右側にあれば $r > 0, \delta < 0$, 左側にあれば $r < 0, \delta > 0$, 同様に II形ではそれぞれ $r > 0, \delta > 0$ および $r < 0, \delta < 0$ のごとく分類する。

送話器の構造とこれを挿入する電話回路に関してこれらを総合して持続した脈動を行う組合わせについて、この観点より分類表示すれば第1表のごとくである。表中の ※₁ は後述のごとき4号送話器が定電圧回路で脈動を発生する組合わせであり、※₂ は Kretschmer により解析せられた Z.B 形送話器における脈動発生の原因である。

(3) 発振限界

(22) 式の発振条件を変形してつぎのごとく考える。

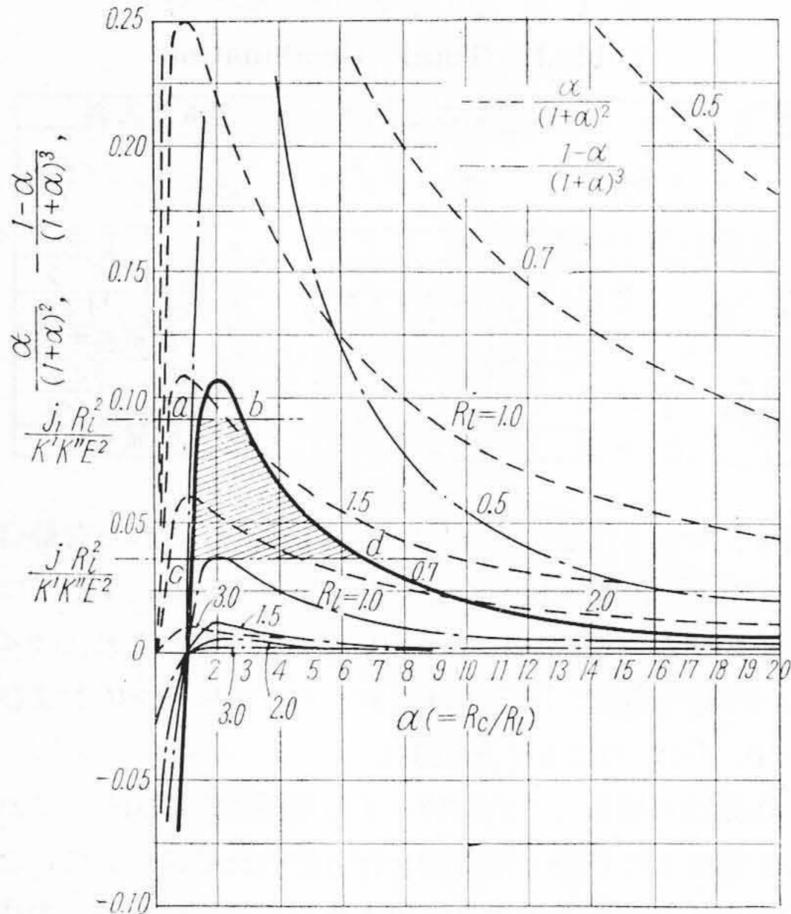
$$\frac{\dot{J}_1}{\dot{J}_2} = -P \pm \sqrt{P^2 - Q^2} \dots\dots\dots (27)$$

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{1}{c_2r} \left(c_1b_4 - c_2b_1 + 2c_1b_3 \frac{\delta}{r} \right) \\ Q &= \frac{1}{c_2r} \sqrt{(c_1b_4 - c_2b_1)^2 + 4c_1c_2(b_2 - b_3)} \end{aligned} \right\} \dots (28)$$

すなわち \dot{J}_1, \dot{J}_2 は (22) 式を零とおいたときの二根である。また $P > \sqrt{(P+Q)(P-Q)}$ なる故二根は同符号、したがつて発振状態では \dot{J} は (22) 式の不等号より $\dot{J}_1 > \dot{J} > \dot{J}_2$, 故に \dot{J} は正負を問わず常に \dot{J}_1 と \dot{J}_2 の中間に挟まれる部分にあることを示している。

電話回路において R_l が一定とし R_c が変るとき J, \dot{J} の変化を第10図(次頁参照)に示す。図は $\alpha = R_c/R_l$ として (15), (25) 式より J, \dot{J} の代りに $\alpha/(1+\alpha)^2, (1-\alpha)/(1+\alpha)^3$ の関係に変えて示したものである。(27) 式で示されるごとき送話器構造より求められる発振条件の \dot{J}_1, \dot{J}_2 が図示のごとくであるものとし、たとえば回路条件より \dot{J} が図の実線に示す曲線 ($R_l = 0.7$ のとき) にあるとき \dot{J}_1, \dot{J}_2 との交点がそれぞれ a, b, c, d とすると発振域は $abcd$ にて囲まれる面積であり、発振限界は ac, bd の上を移動し、かつ \dot{J} は時間とともに変る非線形振動を呈する。

つぎに R_l, R_c の値より発振限界を求める。(27) 式で



第10図 $J\left(\frac{\alpha}{(1+\alpha)^2}\right), j\left(\frac{1-\alpha}{(1+\alpha)^3}\right)$
 Fig.10. $J\left(\frac{\alpha}{(1+\alpha)^2}\right), j\left(\frac{1-\alpha}{(1+\alpha)^3}\right)$

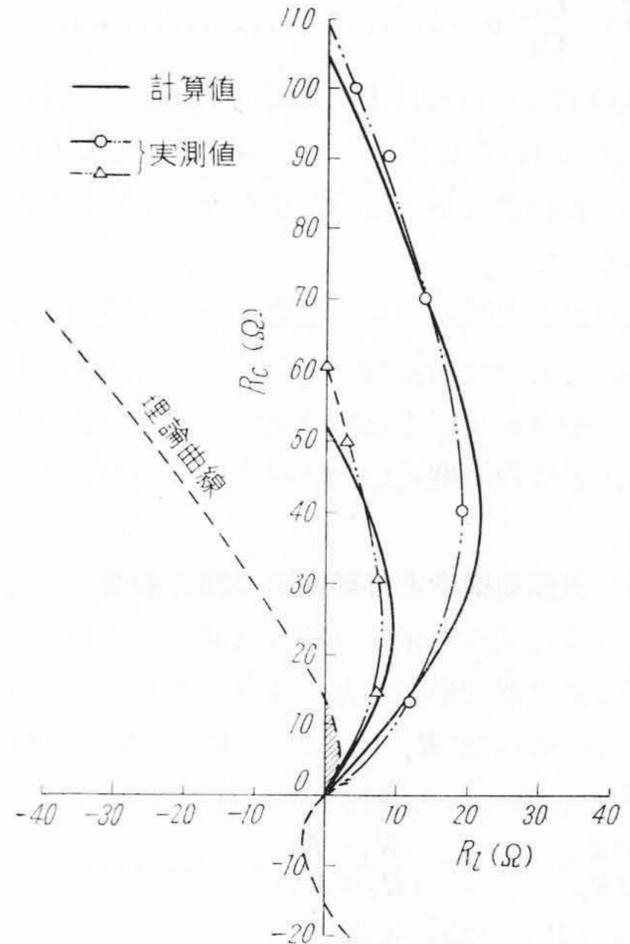
表わされるごとき発振限界における J を定数として取扱い、線形方程式としての取扱いから (27) 式より次式がえられる。

$$\left. \begin{aligned} (R_L + R_c)^3 K + R_L - R_c &= 0 \\ \kappa &= \frac{J}{K'K''E^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (29)$$

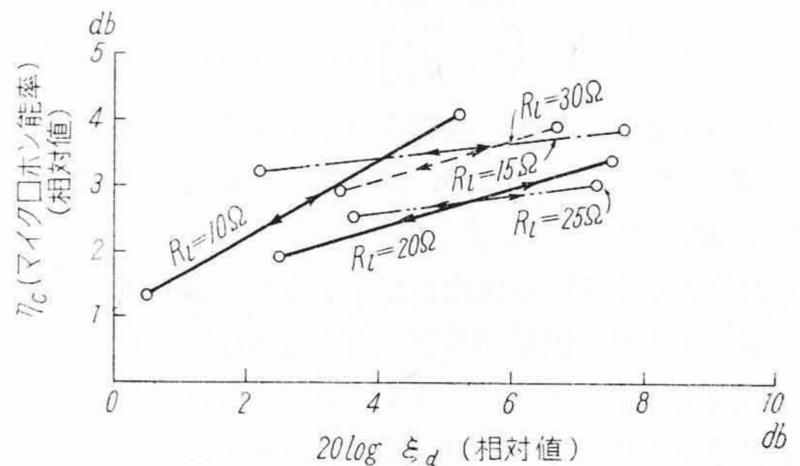
送話器構造より与えられる任意の J に対して (29) 式を満足する R_L, R_c の関係は第11図点線に示す曲線を描く、 R_L, R_c は正数でなければならぬことより曲線の第1現象のみを考えて図のごとき半円形をうる。第10図で、(27) 式で表わされる J_1, J_2 がともにこの曲線と交点をもつときの発振域は第11図で表わされるごとき二つの円に挟まれる三日月形となる。

(4) 実測例

R_L, R_c に関する実測値を4号送話器について求めた。4号送話器の脈動現象は定電圧回路において起り、外部抵抗を適当に選ばば抑制しうることはすでに報告されている⁽³⁾。筆者も追試によりほとんど同じような特性をえた。その結果を第11図に掲げ理論値との比較を行つた。実際に取り扱われる送話器の構造は複雑であつて (27) 式の各定数に数値を求めて当嵌め (27) 式の J を算出することは困難であるので任意の発振限界をあらかじめ求める。本実験においては $R_c=70$ オーム、 $R_L=14$ オーム、 $E=4.2$ ボルト (定格電流 50 mA に相当) として $\kappa=$



第11図 発振限界
 Fig.11. Oscillation Zone



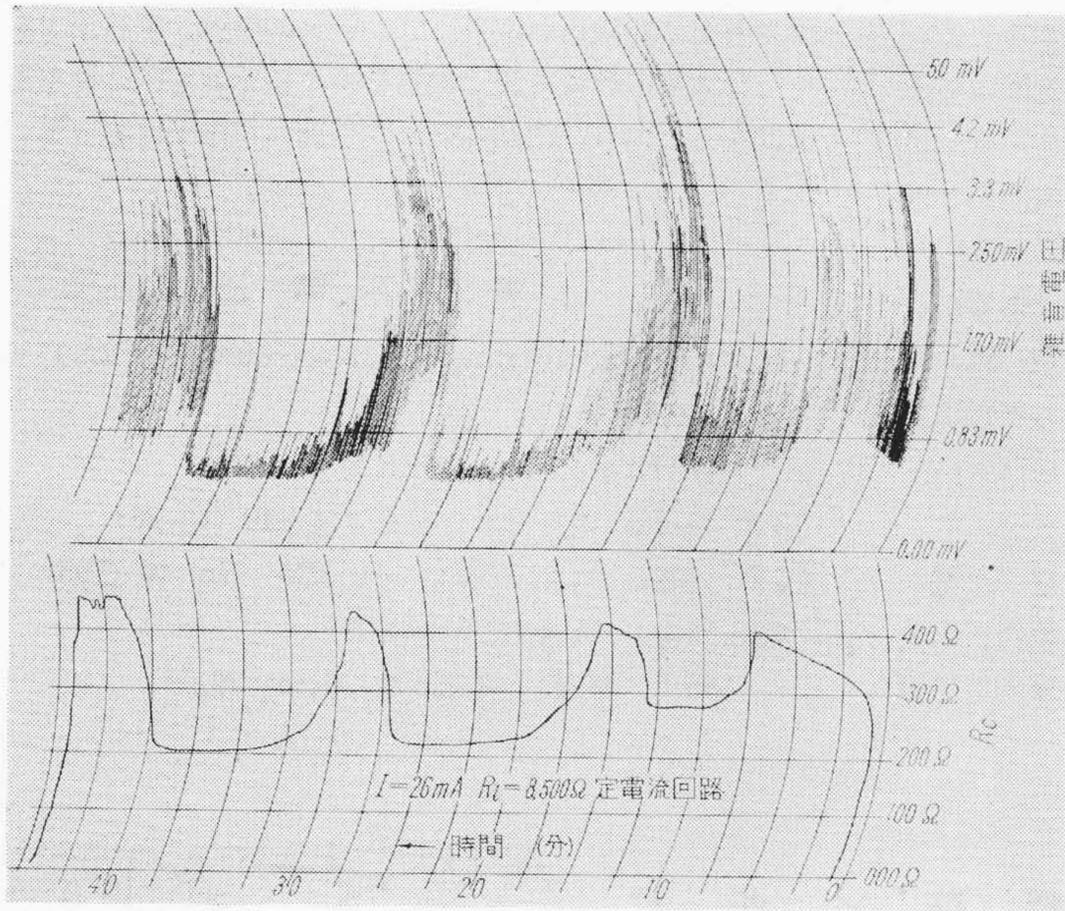
第12図 脈動中の ξ_d と η_c
 Fig.12. Relation between ξ_d and η_c During Oscillation

9.8×10^{-5} をえた。これより $E=4.2$ ボルト、22 ボルトにおける限界を求めた結果は図のごとくで、おゝむね理論と実験の傾向はよく一致している。前述したごとく原点に近い所で発振しない面積が生ずる場合もある筈であるが、それが実在するや否やは今回の実験では過大電流の範囲になり実験できず確められておらない。

〔IV〕 脈動現象中の特性

(1) 炭素粉の加圧特性

(18)式で述べたごとく炭素粉の抵抗はおゝむね電極変位に比例して増減する。これは元来炭素粉は自重のみによるきわめて粗接触に保たれているもので、接触圧力が電極により加圧されることにより特性が変つて来るので



第13図
脈動中の雑音

Fig.13.
Noise Voltage During
Oscillation

ある。

送話器の単位音圧当りの直流-交流変換能率 η_T は

$$\eta_T = \eta_e - 20 \log z + 20 \log \frac{IS_e}{\omega} \dots\dots\dots (30)$$

ただし $\eta_T = 20 \log \frac{e}{E} \frac{1}{P}$

$$\eta_e = 20 \log \frac{e}{E} \frac{1}{\xi_d} \text{ (単位変位当りの変調度)}$$

z : 全振動系の機械インピーダンス

I : 直流饋電流

S_e : 振動板の有効面積

ω : 振動角周波数

e : 交流誘起電圧

E : 直流饋電圧

P : 音 圧

ξ_d : 音圧振動変位

ここで η_e は炭素粉のマイクロホン能率を表わすもので、普通炭素粉の質、量で左右されるものである。上式において定電流回路における脈動現象中は第3項は一定と考えられるので、脈動により炭素粉が加圧された場合送話器の特性が変化する原因は第1項のマイクロホン能率によるか、あるいは機械インピーダンスによる第2項によるものか明確にするために次図のごとく分離した。脈動は外部抵抗 R_L により発振を抑止したりあるいはその振幅を制御することができることは前述の通りである。この振動によつて電極が加圧方向に移動したとき炭素粉の等価ステイフネスは増加する。したがつて脈動中に音圧によつて振動するときは加圧の際は音声振幅 ξ_d は減少し、減圧のときは増加する。第12図はこの脈動中の加

圧、減圧において音声振幅と(30)式にて表わされるマイクロホン能率との関係を示したものである。 ξ_d の測定は既報⁽⁴⁾の方法によつた。脈動によつて送話器は一般に数 db の感度変化を呈することはすでにあきらかであるが、その大部分は機械インピーダンスの増加に原因がある。しかし炭素粉のマイクロホン能率自身も脈動によつて加圧されることによりやゝ低下する傾向を有することを図は明瞭に示している。上記のごとき粉体の加圧特性については別の機会に報告したい。

(2) 脈動による雑音

脈動によつて炭素粉が圧縮されるときは、当然その接触面において滑りおよび接触点の数に変化があり、これが音圧以外の雑音電圧として発生する。第13図はこの関係を示したもので、炭素粉抵抗 R_c の増加に比例して雑音電圧は急激に増加する。 R_c は(18)式のごとく電極変位に比例するものであるから、この測定結果は電極が変位し減圧したときに雑音が烈しく発生することをあきらかにしている。測定は雑音電圧を増幅し、横河製 KR-1 型自動電圧記録器で指示せしめたもので記録器の周波数特性を含んだものであるが、継続雑音、瞬時雑音の関係は十分窺い知ることができる。この結果から送話器の雑音は熱膨張との関係において論じられるべきもので、一般の固体抵抗体のそれとは違つた立場で考察されねばならないことを実証している。

〔V〕 結 言

送話器の構造と電話回路の組合わせにより脈動が発生することを証明し、発振、成長条件を導いた。これより

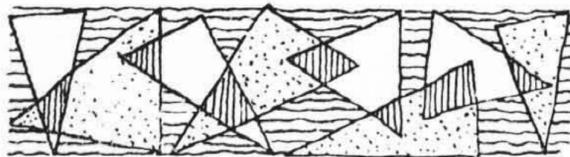
経験せられた各種の実例はすべてこれに適合することを知った。脈動は非線形振動であるが実用上最も問題である所の限界点についてその限界点を定数と置き、線形に取扱つて脈動を抑止しうる外部抵抗を求め、実測値と理論値を比較し理論の適合性を求めた。実際の送話器の熱伝導はきわめて複雑で取扱いはさらに困難ではあるが、この理論により脈動を抑止しうる送話器の構造、電話回路の設定法に関して基準を与えるものであることを信ずる。また脈動による影響を知るために二、三の性質について論じた。

擱筆するに当り本研究の間色々御指導を賜つた電々公社電気通信研究所早坂博士、伊藤氏、日立製作所中央研究所高田主任研究員ならびに日立製作所戸塚工場三木

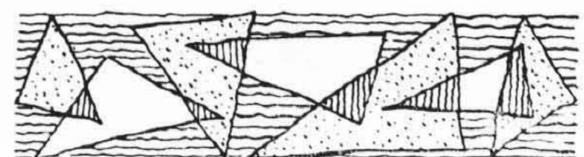
課長および非線形の取扱いについて御指導と御討論を戴いた早大高木教授に深く謝意を表するとともに、種々御援助をえた西口、田島両君に厚く御礼を申上げる次第である。

参考文献

- (1) E. Waetzmann, G. Kretschmer: ENT 5 (1936)
G. Kretschmer: ENT 6 (1936)
- (2) 西山: 電気三学会東京支連 10 (昭 28)
- (3) 伊藤, 山口, 坂本: 通研月報 No. 10 (1951)
- (4) 西山: 電通誌 6 (昭 29)
西山, 猪瀬: 日立評論 6 (昭 29)



特許と新案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その5)

(第32頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
実用新案	421871	蛍光灯用ルーバ-取付装置	亀戸工場	西岡博己	29. 12. 24
"	421873	蛍光灯長寿命点灯装置	亀戸工場	高橋武	"
"	421704	安定利得増幅器	戸塚工場	鬼頭国忠	"
"	421705	磁性材料選別装置	戸塚工場	内藤大三	"
"	421886	防水型可変抵抗器	戸塚工場	内藤大三	"
"	421892	放電装置を自蔵する熱的可変抵抗体	戸塚工場	角七男	"
"	421844	電子管	茂原工場	田島喜平	"
"	421888	熱陰極ガス入放電管	茂原工場	野上邦太	"
"	421889	熱陰極ガス入放電管	茂原工場	江森五郎	"
"	421845	ポリエチレン絶縁鉛被ケーブル	日立電線工場	原田正	"
"	421869	マイカテープ	絶縁物工場	大海金吾	"
"	421893	熱膨脹計用共軸式示差機構	戸畑工場	西尾金吾	"
"	421884	熱的負性抵抗体素子	中央研究所	大和和夫	"
実用新案	421885	熱的負性抵抗体素子	中央研究所	大竹政純	29. 12. 24