

R-4 受話器磁気回路の解析

二 見 二 郎*

Analysis of the Magnetic Circuit R-4 Receiver

By Jirō Futami
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The precise mathematical calculation of the permeance of flux paths through air is practically impossible. Such computation, however, may be carried out by making simplifying assumptions regarding the flux paths.

R-4 Receiver consists of D.C. magnetic circuit containing permanent magnet and A.C. magnetic circuit involving reversible permeability by voice coil.

Formula of its magnetic force is as follows:

$$f = \frac{1}{2} \left\{ \phi_{am}^2 \frac{1}{P_{am}^2} \frac{dP_{am}}{dx} + \phi_{am} \phi_{ai} \left(\frac{1}{P_{am}^2} \frac{dP_{am}}{dx} + \frac{1}{P_{ai}^2} \frac{dP_{ai}}{dx} \right) + \phi_{ai}^2 \frac{1}{P_{ai}^2} \frac{dP_{ai}}{dx} \right\}$$

ϕ_{am} : flux of D.C. magnetic circuit at air gap

P_{am} : permeance of D.C. magnetic circuit across the air gap

ϕ_{ai} : flux of A.C. magnetic circuit at air gap

P_{ai} : permeance of A.C. magnetic circuit across the air gap

This formula is solved by the method of step-by-step integration along the D.C. and A.C. magnetic circuit.

The result of theoretical calculation and experiment obtained by the writer is as follows:

1. Demagnetizing factor of the D.C. magnetic circuit is

$$N = \frac{4\pi H}{B-H} = 0.48 \quad (\text{armature air gap} = 0.15 \text{ mm})$$

2. A.C. magnetic circuit is given by

$$0.4\pi ni = R_g + R_i = 0.078 + \frac{1.93}{\mu_{r1}} + \frac{2.28}{\mu_{r2}} + \frac{3.87}{\mu_{r3}}$$

where R_g : Reluctance across the air gap and magnetic shunt

R_i : Reluctance of the iron cores

μ_{r1} , μ_{r2} and μ_{r3} : Reversible permeability of outer pole, center pole and armature

3. Useful flux of D.C. magnetic circuit is 25% and must be adjusted with A.C. demagnetizing.

〔I〕 緒 言

鉄心を含む磁気回路は磁束と起磁力の関係が直線的でなく、形状も複雑で磁場を完全に数式的に表現出来ないものが多い。R-4受話器は磁石による直流磁場に音声線輪による交流磁場が重畳している磁気回路で、同心円型

である。これは実験的にはよく検討されているが動作原理は有極継電器、磁石電鈴にも共通のものであるから計算によりどの程度解析出来るか取り上げてみた。

磁気回路を起磁力、磁気抵抗の考え方で、磁路を簡略化して見積り磁石から見た磁気回路と音声コイルから見た磁気回路に分けて計算した。

補足的に行つた実験結果と比較検討し、計算はやゝ複雑になるが相当よく解析出来る事が判つた。

* 日立製作所戸塚工場

〔II〕 研究の方法

(1) 磁気回路の計算方法

(a) 吸引力表示式に直流磁気回路と交流磁気回路が重畳し材質を示す項と形状を示す項が入る状態を示す。

(b) 磁路の計算、各部のパーミアンスを求める。

(c) 磁石の動作点推定、階段積分法による。

(2) 実験方法

(a) 実際の受話器に於ける磁束測定

直流磁束はアーマチュアと中心ポール端面で空隙を変えてサーチコイル引抜法で測定した。

交流磁束は音声コイルに電流を流し転換法によつた。

(b) 直流磁束分布の測定

永久磁石組込みの状態では測定不能であるから同形同大の電磁石とし転換法により測定した。

(c) 実際の受話器磁気回路の着磁の状態と特性

中心ポール等材質の磁性を変えて作った試料につき着磁を変えて力係数、電力感度等の特性を測定した。

〔III〕 磁気回路の計算

(1) 吸引力表示

一般に吸引力はアーマチュア空隙の磁束を一定とすれば(1)式にて与えられる。(1)

$$f = \frac{dW_m}{dx} = -\frac{1}{2} \phi_a \frac{dF_a}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

但し W_m : 磁気回路のエネルギー

ϕ_a : 空隙の磁束

F_a : 空隙に要するアンペアターン

電磁型受話器は磁石による直流磁場に音声コイルによる交流磁場が可逆導磁率にて重畳している。故に(1)式は(2)式となる。

$$f = -\frac{1}{2} \phi_a \frac{d}{dx} (F_{am} + F_{ai}) \dots\dots\dots(2)$$

但し F_{ai} : 音声線輪より見た空隙に要する A.T.

P_{ai} : 音声線輪より見た空隙のパーミアンス

ϕ_{ai} : 音声線輪より見た空隙の磁束

F_{am} : 磁石より見た空隙に要する A.T.

P_{am} : 磁石より見た空隙のパーミアンス

ϕ_{am} : 磁石より見た空隙の磁束

(2)式を変形すると(3)式(4)式のようになる。

$$f = \frac{1}{2} \left\{ \phi_{am}^2 \frac{1}{P_{am}^2} \frac{dP_{am}}{dx} + \phi_{am} \phi_{ai} \left(\frac{1}{P_{ai}^2} \frac{dP_{ai}}{dx} + \frac{1}{P_{am}^2} \frac{dP_{am}}{dx} \right) + \phi_{ai}^2 \frac{1}{P_{ai}^2} \frac{dP_{ai}}{dx} \right\} \dots\dots(3)$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ F_{am}^2 \frac{dP_{am}}{dx} + F_{am} F_{ai} \left(\frac{P_{ai}}{P_{am}} \cdot \frac{dP_{am}}{dx} + \frac{P_{am}}{P_{ai}} \cdot \frac{dP_{ai}}{dx} \right) + F_{ai}^2 \frac{dP_{ai}}{dx} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

この式は磁石から見た磁気回路と交流磁気回路が吸引力に寄与する状態を示すものである。第一項はネガティブステイフネスで第二項が我々の問題とする力係数に関する項である。若し $P_{am} = P_{ai} = P_a$ で磁気回路に漏洩がなければ

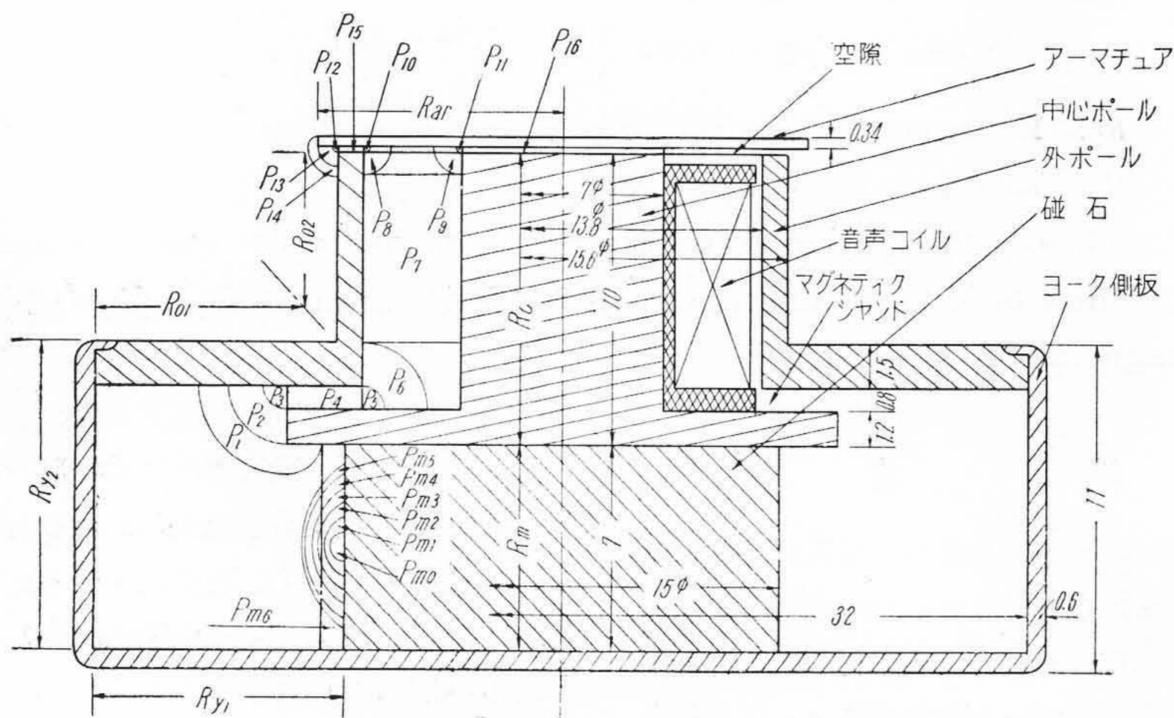
$$\frac{dP_a}{dx} = -\frac{\mu S}{l^2}$$

故に

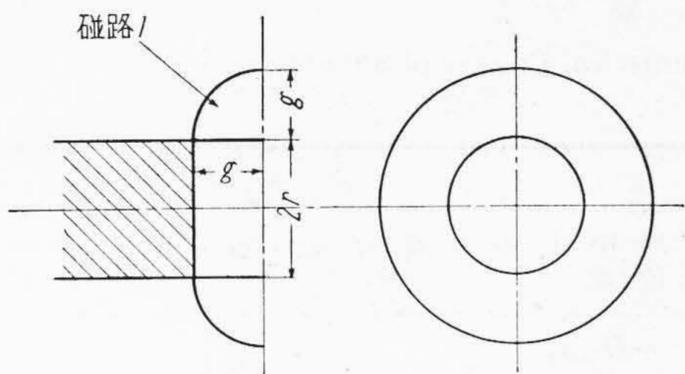
$$f = \frac{1}{2\mu S} (\phi_{am}^2 + 2\phi_{am}\phi_{ai} + \phi_{ai}^2) \dots\dots\dots(5)$$

(2) 磁路の計算(1)(2)(3)(4)

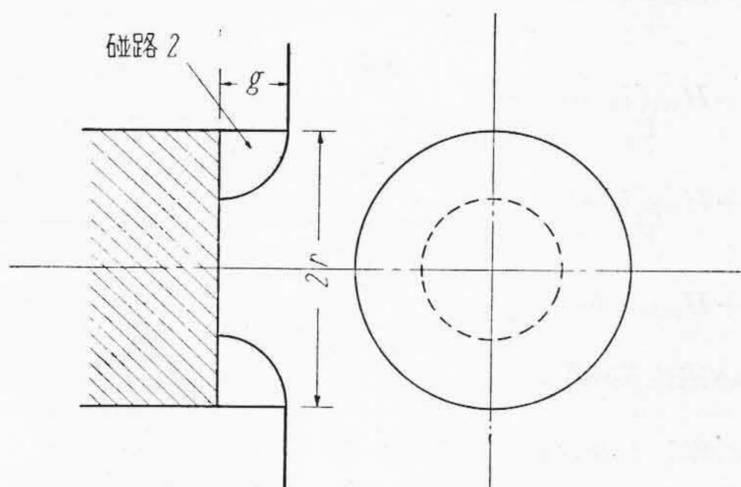
R-4 受話器の磁気回路を第1図に示す。この磁路の計算式は、第2図から第5図に示す磁路に分解して誘導する。



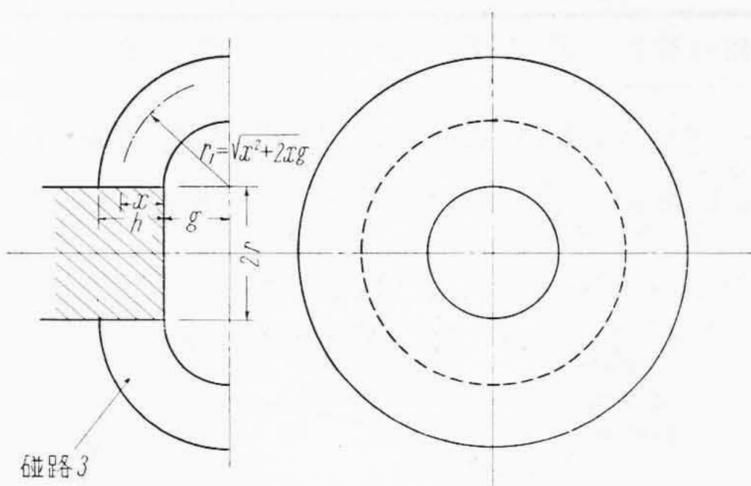
第1図 R-4 受話器磁気回路 Fig. 1. Magnetic Circuit of the R-4 Receiver



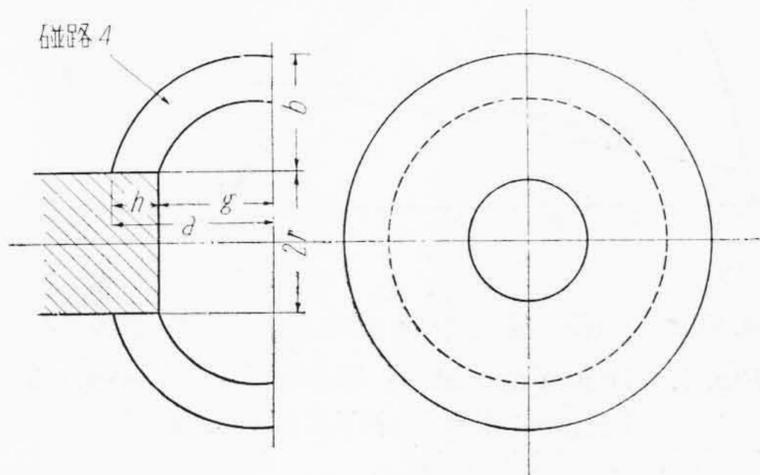
第2図 磁路1 同筒形鉄心辺部の磁路
Fig. 2. Path 1 Fringing Flux between Edges of the Circular Plunger



第3図 磁路2 円筒形鉄心辺部の磁路
Fig. 3. Path 2 Fringing Flux between Edges of the Circular Plunger



第4図 磁路3 円筒形鉄心周辺の磁路
Fig. 4. Path 3 Fringing Flux of the Circular Plunger



第5図 磁路4 円筒鉄心周辺の楕円状磁路
Fig. 5. Path 4 Elliptic Path by Fringing Flux of the Circular Plunger

(A) 磁路1 第2図より

$$V = \pi \int_0^g (r + \sqrt{g^2 - x^2})^2 dx - \pi r^2 g \dots (6)$$

$$l = 1.22g \dots (7)$$

故にパーミアンスは

$$P = \frac{2\pi(r + 4g/3\pi)\pi g^2/4 \cdot \mu}{(1.22g)^2} = 3.3\mu(r + 0.425g) \dots (8)$$

(B) 磁路2

第3図より (A) 磁路1 と同様にして

$$P = 3.3\mu(r + 0.575g) \dots (9)$$

(C) 磁路3

(a) 第4図よりパーミアンスは

$$P_{(x,\theta)} = \int_0^h \int_0^{\pi/2} \frac{2\pi(r + \sqrt{x^2 + 2xg} \sin \theta) dx}{\sqrt{x^2 + 2xg} d\theta} \dots (10)$$

$$v = r \log \left(1 + \frac{h\sqrt{h^2 + 2hg}}{g} \right)$$

とおき $v > h$ ならば

$$P_{(x,\theta)} = \frac{2\pi\sqrt{v^2 - h^2}}{\cos^{-1}(h/v)} \dots (11)$$

(b) g が小で磁路が $h+g$ を半径とする円と考えるときは

$$v = r \log \left(1 + \frac{h}{g} \right) \text{ とおき } v > h \text{ ならば}$$

$$P_{(x,\theta)} = \frac{2\pi\sqrt{v^2 - h^2}}{\cos^{-1}(h/v)} \dots (12)$$

(D) 磁路4

第5図により磁路は楕円の弧として計算する。

$$a = g + h \quad b = \sqrt{h^2 + 2hg}$$

$$V = 2\pi \int_0^a \left(\frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} + r \right)^2 dx - 2\pi r^2 a$$

$$= 2\pi ab \left(\frac{4}{3} b + \pi r \right) \dots (13)$$

$$l = \frac{64(1+2n)^4 - 16(1+2n)^2 - 3}{128(1+2n)^3} \dots (14)$$

但し $h = ng \quad n \leq 1$

以上が主なパーミアンス計算に用いる式でその他のものは直接簡単に計算出来る。

(3) 階段積分法⁽²⁾⁽⁴⁾

階段積分法による計算方法を第1表に示す。この表と第7図(次頁参照)磁石の特性とより逐次に計算する。

[IV] 計算及び実験結果

(1) 磁石による直流磁気回路の計算結果

(A) 磁石の漏洩パーミアンスの計算

各区域のパーミアンスの記号は第1図に示してある。 P_{m1} の計算には(8)式を用いる。 P_{m2} から R_{m5} までは(13), (14)式により先ずその区域の体積を求め区域境界の弧を求め平均して区域平均のの長を求めてパーミアン

第 1 表 磁石についての階段積分法

Table 1. Illustrating in Symbols of the Arithmetical Process of Step-by-Step Integration along a Magnet

区域 番号	磁束 ϕ	断面積 A	磁束密度 B	磁位差の増加		磁束の減少		
				反磁場 H_m	反磁場が一定と見做し得る区域長 l	区域中央の磁位差 V	漏洩磁束 $\partial\phi = V \times P$	漏洩パーミアンス P
1	ϕ_1 $-\partial_1\phi$	A_1	B_1	H_{m1}	l_1	$+H_{m1}l_1$ V_1	$\partial_1\phi$	P_1
2	ϕ_2 $-\partial_2\phi$	A_2	B_2	H_{m2}	l_1+l_2	$+H_{m2}(l_2+l_1)$ V_2	$\partial_2\phi$	P_2
	ϕ_3 $-\partial_3\phi$	A_3	B_3	H_{m3}	l_2+l_3	$+H_{m3}(l_3+l_2)$ V_3	$\partial_3\phi$	P_3
4	ϕ_4 $-\partial_4\phi$	A_4	B_4	H_{m4}	l_3+l_4	$+H_{m4}(l_4+l_3)$ V_4	$\partial_4\phi$	P_4
	ϕ_5 $-\partial_5\phi$	A_5	B_5	H_{m5}	l_4+l_5	$+H_{m5}(l_5+l_4)$ V_5	$\partial_5\phi$	P_5
5	ϕ_6	A_6	B_6	H_{m6}	l_5	$+H_{m6}(l_5)$	$\partial_5\phi$	P_5
極磁束 = $\phi_6 = \phi'$						極磁位差 = V'		

備考 [II] (2) によつて求めた極間パーミアンスは ϕ'/V' に等しくなければならない。

第 2 表 磁石の漏洩パーミアンス

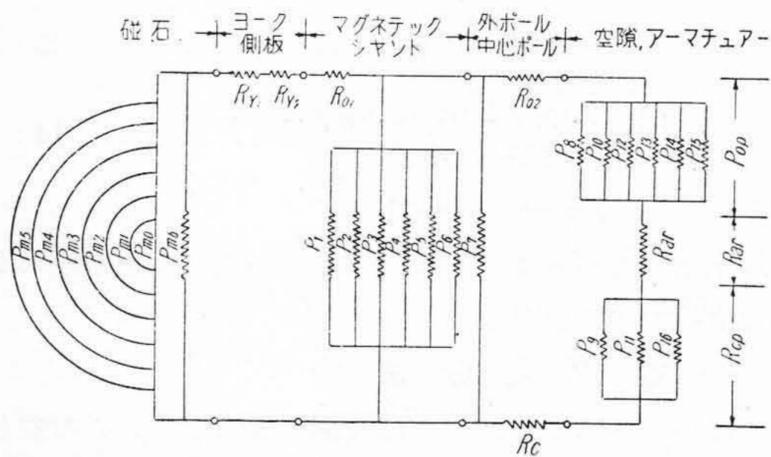
Table 2. Leakage Permeance of the Magnet

磁路の番号	P_{m0}	P_{m1}	P_{m2}	P_{m3}	P_{m4}	P_{m5}	P_{m6}
パーミアンス	1.27	2.26	1.02	0.678	0.51	0.442	0.66
区域の長さ (cm)	0.10	0.10	0.10	0.100	0.10	0.060	0.14

第 3 表 マグネチックシャントのパーミアンス

Table 3. Permeance of Magnetic Shunt

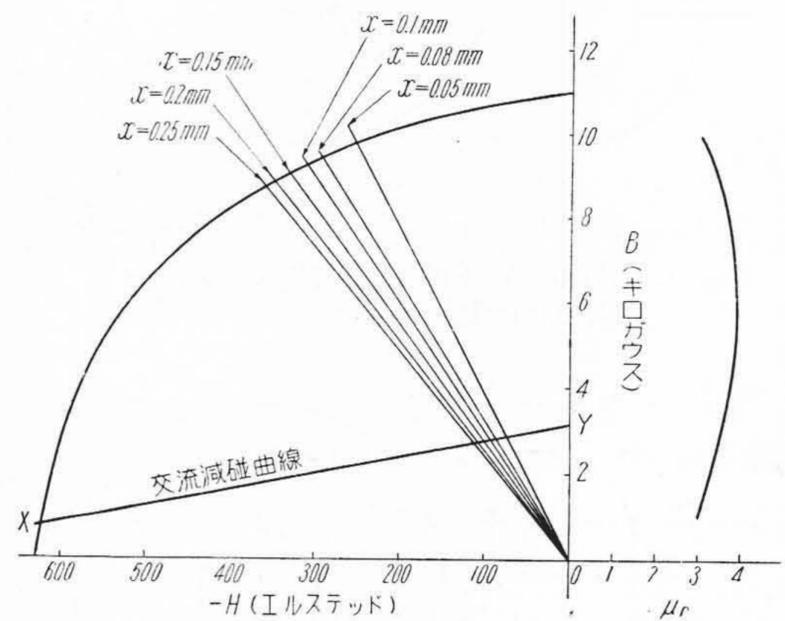
磁路の番号	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	計
パーミアンス	1.78	6.28	3.26	16.75	2.43	7.50	38.0
使用した式	(8)	(11)	(8)		(9)	(11)	



第 6 図 直流磁気回路の等価回路
Fig. 6. Equivalent Circuit of the D.C. Magnetic Circuit

スを算出する。 P_{m6} は中心ポール底面よりヨーク側板へ直接漏洩するパーミアンスである。計算結果は第 2 表のようになる。

(B) マグネチックシャントの部分のパーミアンス
パーミアンスの記号は第 1 図に示してある。計算結果を第 3 表に示す。



第 7 図 NKS 磁石の減磁曲線と可逆導磁率⁽⁶⁾
Fig. 7. Demagnetization Curve and Reversible Permeability of NKS-1 Magnet⁽⁶⁾

(C) 中心ポール、外ポール間のパーミアンス
第 1 図より $r_1=0.35$, $r_2=0.69$ なる同心円筒のパーミアンスである。

第4表 アーマチュア空隙に対する全磁極パーミアンス
Table 4. Total Permeance of the Pole Pieces to Air Gap of the Armature

区 域 名 称	記 号	空隙mm					
		0.05	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25
マグネチックシャントのパーミアンス	P_{ms}	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
中心ポール、外ポール間のパーミアンス	P_7	6.57	6.6	6.62	6.7	6.73	6.80
	P_8	8.8	7.38	6.77	5.68	4.86	4.73
	P_{10}	2.29	2.29	2.3	2.31	2.32	2.33
外ポールからアーマチュアに到る磁路のパーミアンス	P_{12}	2.58	2.59	2.59	2.59	2.60	2.61
	P_{13}	6.2	5.55	4.76	3.5	2.37	1.92
	P_{14}	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
	P_{15}	83.15	51.95	41.56	27.7	20.78	16.62
外ポール、空隙パーミアンス合計	P_{Op}	104.11	70.85	59.07	42.87	34.02	29.3
中心ポールからアーマチュアに到る磁路のパーミアンス	P_9	4.52	3.9	3.49	2.92	2.58	2.52
	P_{11}	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19
	P_{16}	76.96	48.1	38.48	25.65	19.24	15.39
中心ポール、空隙パーミアンス合計	P_{Op}	82.64	53.17	43.14	29.8	23.0	19.1
空隙の全リラクタンス	R_g	0.0216	0.0329	0.0401	0.0569	0.0728	0.0865
全磁極パーミアンス	P	90.79	74.96	69.56	62.94	58.44	56.35

$$P_7 = \frac{2\pi\mu h}{\log r_2/r_1} \dots\dots\dots(15)$$

第1図の P_7 の高さ h はアーマチュア空隙の変化により若干変化する。それは $h=0.542+x$ であたえられる。

アーマチュア空隙 x (第1図参照) が 0.05 mm から 0.25 mm まで変化するときの P_7 (第6図参照) の値は第4表のようになる。

(D) アーマチュア空隙のパーミアンス

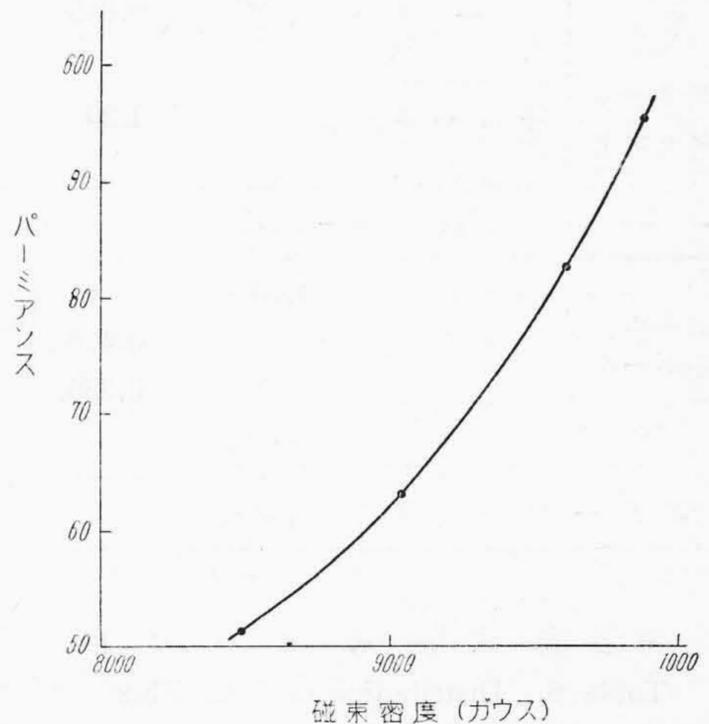
パーミアンスの記号は第1図に示してある。 P_8, P_9, P_{13} は(12)式、 P_{10} は(9)式、 P_{11}, P_{12} は(8)式にて計算する空隙 x にて各式の g をおきかえれば x を変数とした式となる。 P_{14} は(8)式と(12)式による。 P_{15}, P_{16} は主要部で計算に問題ない。計算結果を x を変えて第4表に示す。

以上の結果を取纏めると直流磁気回路は第6図のようになる。

(2) 階段積分法による動作点の決定⁽²⁾⁽⁴⁾

第1表に従つて第2表磁石の漏洩パーミアンスの値により磁石の磁束密度を仮定して逐次計算すると第8図のようになる。磁石の減磁曲線は第7図のものを用いた。

第8図の曲線と第4表の全磁極パーミアンスより各空隙の場合の磁石磁束密度が求まる。これにより第7図のように各空隙 x_{mm} の動作点が決定出来る。但しこれでは単に形状のみによる反磁場係数が求まるもののみで磁極の飽和は計算されていない。この磁束密度では磁極は飽和して使用出来ない故に交流減磁曲線 XY のように交流減磁して磁化の状態を調整する。空隙 0.15 mm 磁



第8図 階段積分法による磁束密度とパーミアンスの関係

Fig. 8. B-P Curve by Step-by-Step Integration along the Magnet

束密度 2,750 ガウスとして XY 直線に沿つて階段積分法により計算すると第5表(次頁参照)のようになる。この表のようにして磁石のみでなく磁極の飽和、磁性の良否を考慮に入れた計算が出来る。この結果アーマチュア磁化は 3.6 エルステッドとなる。

(3) 直流磁束分布の測定

(A) 電磁石による測定

(a) 磁化特性

着磁の強さの影響を推定するために各空隙に対し、アンペアターンを変えて磁化特性を測定した結果を第9図

第 5 表 交流減磁により調整した後の磁束計算

Table 5. Calculation of the Flux Adjusted by A.C. Demagnetizing

磁路名称	区域番号	Φ マックス ウエル	A cm ₂	B ガウス	磁位差の変化			磁束の減少	
					H _m エルステッド	l cm	V	ΔΦ = V × P	P
磁石	1	4,860 -13	1.768	2,750	100	0.1	10	12.7	1.27
	2	4,847 -45	1.768	2,740	100	0.1	+10 20	45	2.26
	3	4,802 -31	1.768	2,714	105	0.1	+10.5 30.5	31	1.02
	4	4,771 -28	1.768	2,700	110	0.1	+11 41.5	28.2	0.678
	5	4,742 -27	1.768	2,680	115	0.1	+11.5 53	27	0.51
	6	4,715 -27	1.768	2,666	120	0.06	+ 7.2 60.2	26.6	0.442
	7	4,688 -51	1.768	2,650	125	0.14	+17.5 77.7	51	0.66
マグネチック シャント	ヨーク 側板	4,637	0.615	7,550	0.85	1.85	- 1.57 76.13		
	外ポール 底部		1.20	3,860	0.65	0.65	- 0.4 75.7		
	P _{ms}	-2,877						2,877	38
外ポール、 中心ポール 間		1,760	0.416	4,250	0.67	0.57	- 0.38		
		-50.5	0.385	4,570	0.55	0.57	- 0.31 75.0	50.5	6.7
空隙アーマチュア		1,255					75.0		

第 6 表 直流磁束の分布

Table 6. Distribution of D.C. Flux

磁束名称	受話器		計算値	
	磁束 (マックス ウエル)	%	磁束 (マックス ウエル)	%
磁石全磁束	4,950		4,860	
磁石漏洩磁束	80	1.6	220	4.5
マグネチックシャント 磁束	2,900	58.6	2,880	59.3
外ポール、中心ポール 間磁束	760	15.3	505	10.4
アーマチュア磁束	1,210	24.5	1,255	25.8

に示す。着磁した状態では飽和していて交流減磁により磁化曲線の曲りはじめの点に磁化を調節すると、力係数を大きくすることが出来ることを示している。図に於て

×印●印は実際の受話器の中心ポール面でxを変えて測定した値である。

(b) 磁束分布

実際の受話器の磁化の強さ相当の励磁をあたえて転換法により各部の磁束を測定し計算値と比較して見ると第6表のようになり、両者はよく一致している。

(B) 空隙を変えた場合のアーマチュア磁束

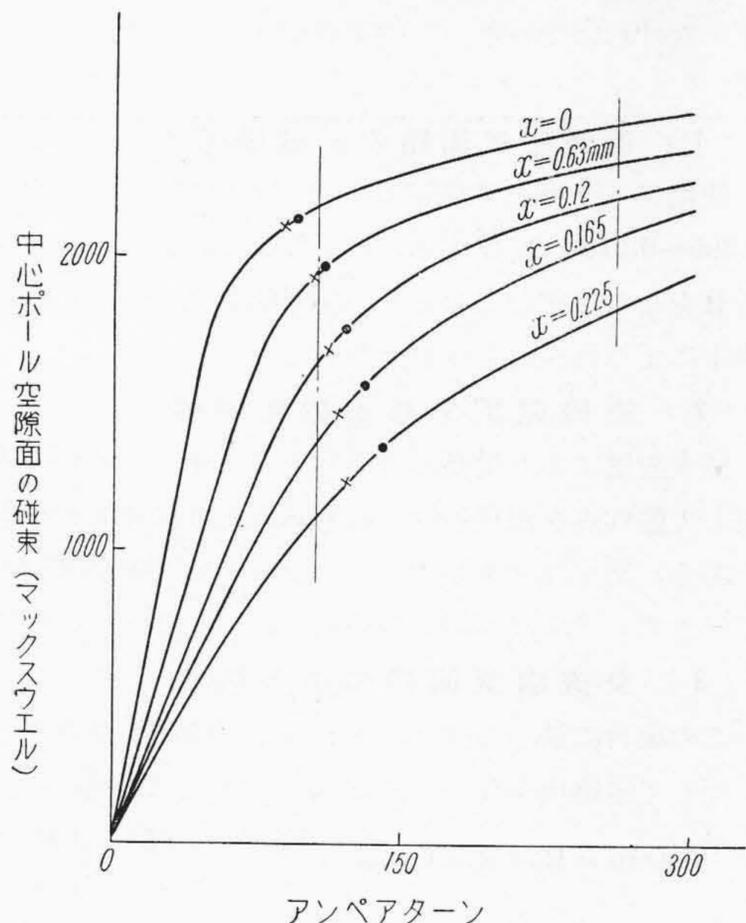
アーマチュア空隙を変えて実際の受話器と計算結果を比較すると第10図のようになり空隙 0.1mm から 0.17mm ぐらいまでは一致するがその他は差が大きくなる。

これは動作点の推定を磁気飽和を考えず空隙、漏洩パーミアンスのみで第7図のようにしたためである。

鉄心のリアクタンス、飽和は第5表の方法により計算可能でありこれにより動作点も補正出来る。

(4) 音声線輪より見た交流磁気回路の計算

パーミアンスの値は直流磁気回路の場合と同じであるが音声線輪から見たリアクタンスの総計は違つて来る。



第9図 直流磁気回路の磁化曲線

Fig. 9. Magnetizing Curve of D.C. Magnetic Circuit

(A) 空隙のリラクタンス

(a) アーマチュア空隙のリラクタンス

第4表の空隙の全リラクタンス R_g である。

(b) マグネチックシヤントの部分のリラクタンス

マグネチックシヤントのパーミアンス P_{ms} は第4表に求めているがヨーク側板、磁石がそれぞれの μ_r を以て並列回路として入っている。純鉄の μ_r を 200 一定として計算すると

$$R_m = \frac{l}{\mu_r S} = 0.107 \dots\dots\dots(16)$$

但し $\mu_r = 3.7$

$$R_\gamma = R_{\gamma 1} R_{\gamma 2} = \frac{1}{2\pi h \mu_r} \log \frac{r_2}{r_1} + \frac{l_{\gamma 2}}{\pi(r_2^2 - r_1^2) \mu_r} = 0.0199 \dots\dots\dots(17)$$

P_{ms} と $R_m + R_\gamma$ を併列回路として全リラクタンス R_{ms} を求めると

$$R_{ms} = 0.021 \dots\dots\dots(18)$$

(B) 鉄心内部のリラクタンス

(a) 外ポール、中心ポールのリラクタンス

$$R_{02} + R_c = \frac{l_{02}}{\pi(r_2^2 - r_1^2) \mu_{r1}} + \frac{l_c}{\pi r^2 \mu_{r2}} = 0.0096 \dots\dots(19)$$

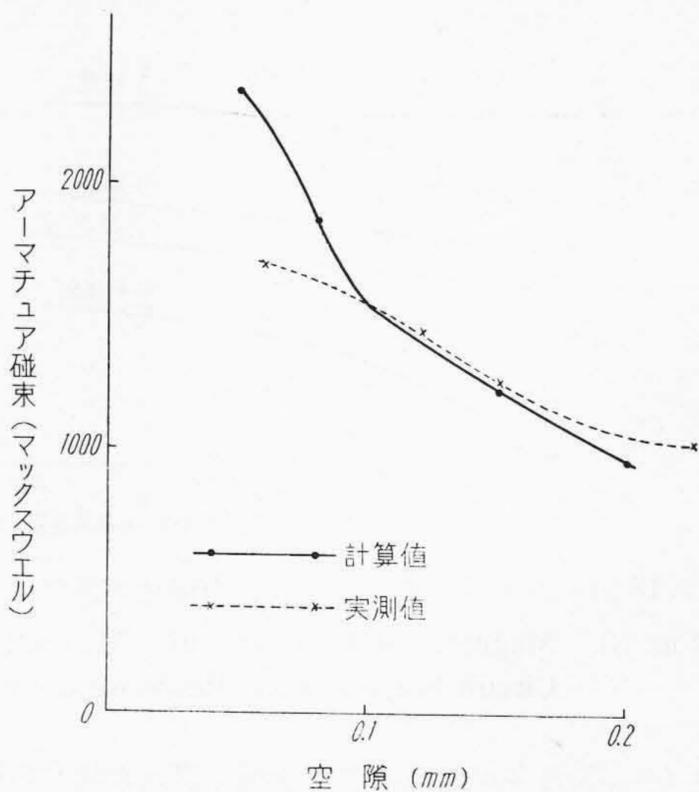
但し $\mu_{r1} = 200$ $\mu_{r2} = 1000$ 一定とする。

(b) アーマチュアのリラクタンス

$$R_{ar} = \frac{1}{2\pi h \mu_r} \log \frac{r_2}{r_1} = 0.0097 \dots\dots\dots(20)$$

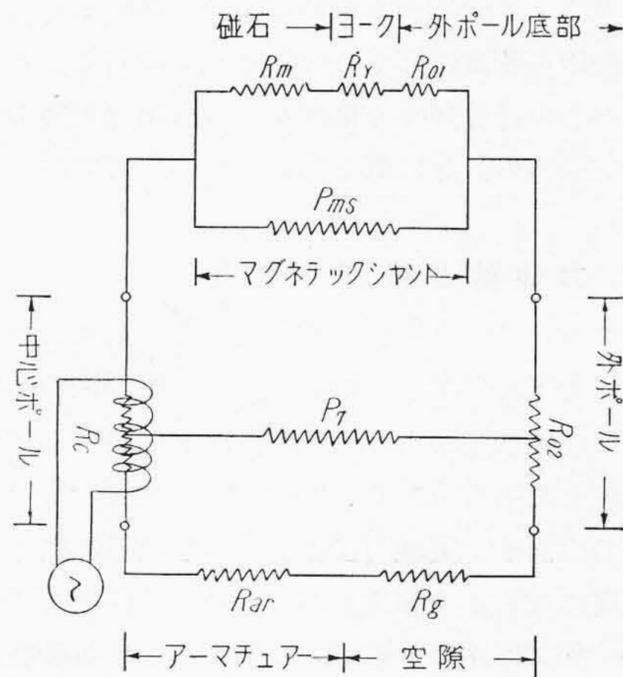
但しパーメンダの μ_r は 400 一定とする。

この等価回路を第11図に示す。音声コイル 500 ター



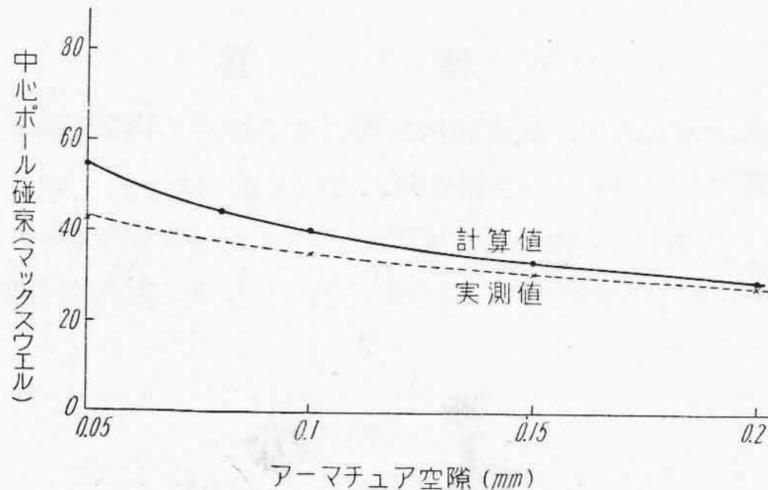
第10図 $\phi_{am} - x$ 曲線

Fig. 10. $\phi_{am} - x$ Curve



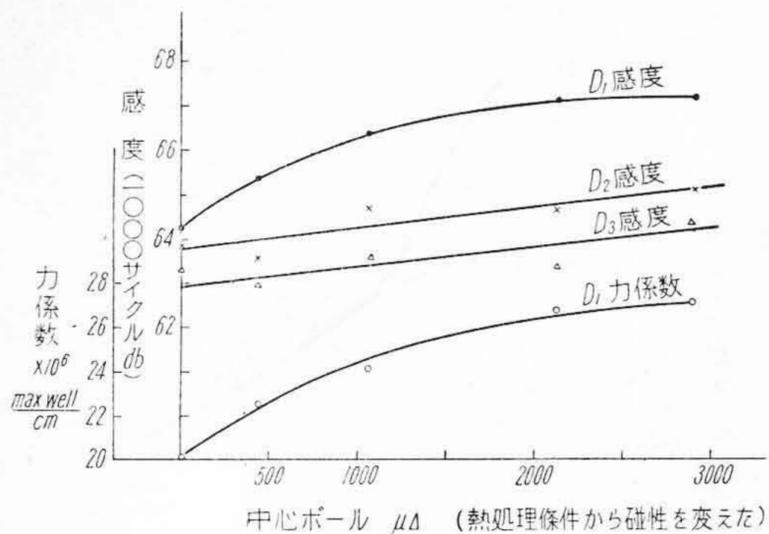
第11図 交流回路の等価回路

Fig. 11. Equivalent Circuit of A.C. Magnetic Circuit



第12図 $\phi_{ai} - x$ 曲線

Fig. 12. $\phi_{ai} - x$ Curve



第 13 図 磁気回路磁性と感度、力係数の関係
 Fig. 13. Magnetic Character of Magnetic Circuit-Force Factor, Response Curve

ンコイル、電流 2 mA として、空隙を変えた場合の磁化特性を第 12 図に示す。計算値と実測値は大體一致している。

この計算値には中心ポールリラクタンスと外ポール底部リラクタンスを無視し純鉄の μ_r を 200 として計算した。直流磁束密度に応じた μ_r は磁気測定により可能であるからこの計算値より精度をあげる事は可能である。交流磁気回路の計算は直流磁気回路の計算に比して簡単である。

(5) 力係数と感度の測定

外ポール、ヨーク側板の熱処理条件を変え、中心ポールの材質を変えた試料で特性を測定し第 13 図の結果を得た。この曲線は中心ポールの磁性増分導磁率で試料の差を代表させたものである。 $\mu_d=0$ は未焼鈍のものを仮定したものである。実験方法は先ず D_1 なる振動板により最大感度になるよう調節し電力感度と力係数を求めた。次にその磁気回路はそのまゝにしておいて振動板のみを D_2, D_3 と取換えて測定した。 D_1 の曲線はよく傾向を示すが D_2, D_3 の曲線はばらついて来る。これにより交流減磁による調整の特性に及ぼす影響が如何に大きいか分かる。

〔V〕 結 言

直流磁気回路に交流磁場が重畳する場合の磁気回路の計算方法を R-4 受話器を例にとつて述べた。

この方法でも相当よく実際に一致するが全変位 0~0.2 mm にわたり解析するには磁気飽和を考慮し動作点を補

正しなければならない。結果を列記すると次のようになる。

(1) 直流磁気回路の反磁場係数

使用アーマチュア空隙 0.1~0.2 mm で反磁場係数は、0.396~0.518 に変化する。但し実際にはパーミアンスの計算をより正確なものとし、磁気飽和による鉄心の磁位降下により修正しなければならない。

(2) 直流磁束分布と磁化特性

最大着磁により受話器は飽和している。これを交流減磁して動作点を磁化特性の曲り角あたりにするのが調整である。磁束はマグネチックシヤントで 60% 漏洩し、アーマチュアには 25% が使用されている。

(3) 交流磁気回路の磁化特性

この場合に鉄心のリラクタンスが空隙のリラクタンスに対して省略出来ない。磁化特性の式は (21) 式となる。

$$0.4\pi ni = R_g + R_i = 0.078 + \frac{1.93}{\mu_{r1}} + \frac{2.28}{\mu_{r2}} + \frac{3.87}{\mu_{r3}} + \dots \dots \dots (21)$$

空隙リラクタンス R_g は空隙 0.05~0.2 mm の変位に対して 0.0426~0.0938 に変化する。鉄心のリラクタンス R_i は 0.019 一定と見做したが純鉄の μ_r 特性も検討を要する。

以上の検討により磁石の動作点、直流磁束分布、交流磁化の特性の推定が出来磁気回路の計算により磁気材料の磁性、マグネチックシヤント⁽⁵⁾空隙等の複雑な要因を一つだけ変化させて特性に対する影響を解析出来る事を示した。

終りに臨み御教示御鞭撻を頂いた戸塚工場三木研究課長、多賀工場辻田課長及び研究の方針を与えていただいた本社田口電子工業開発部員に心より感謝の意を表するものである。

又日本電信電話公社増沢氏、篠原氏より種々御助言、御援助を頂いており厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) H.C. Rotor: Electromagnetic Devices
- (2) S. Evershed: J.I.E.E. Vol. 58, 820 (1920-5)
- (3) 辻田正一: 日立評論 Vol. 23 (昭 15-6)
- (4) 辻田正一: 日立評論 Vol. 24 (昭 16-10)
- (5) 増沢健郎: 電試記念論文集 291 (昭 24-3)
- (6) 海老原、青野: 扶桑金属 Vol. 3 No. 1 別冊 (昭 26-1)