



自作電極寸法表(第図)

電極	a (mm)	b (mm)
No. 1	38.13	8.48
No. 2	47.04	6.12
No. 3	60.04	4.76
No. 4	20 $\phi$	

材質 黄銅

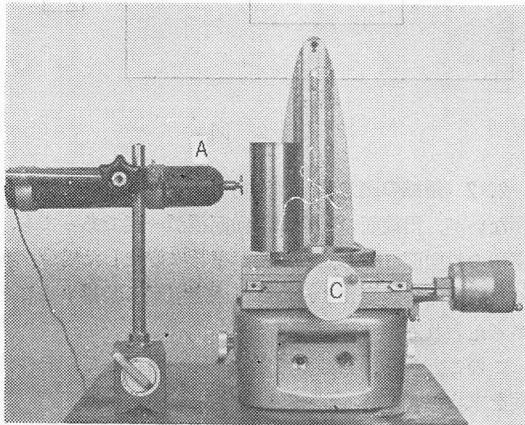
48mm, 30mm, 20mm, 12.5mm, として測定した。

又, 材質の違いによる特性についても, 黄銅, アルミニウム, 軟鋼及び鋳鉄について検討した。

### 3. 実験方法

3.1 測定方式, 測定物の変位量を, 静電容量の変化に変換するため, 次の二つの方式が主として用いられている。すなわち, a) 対向距離を変化する方式, b) 対向面積を変化する方式, である。本実験では, 回転体の変位測定に適しているa)の方式による。

3.2 測定方法, 第4図に示す如く, マグネットスタンドに取付けた電極を, 定盤上に固定し, 一方測定物



第5図

は, 工具顕微鏡の微動載物台に載せて移動した。移動した量は, 載物台移動用のマイクロメーター(感度0.002mm)によって測定した。

測定の手順は次による。すなわち, 1) 電極と測定物を密着し, 隙見によって, 間隙0の点を求めた。2) 電極と測定物の間隙を平衡間隙とし, 微小変位計の平衡を行った。3) オシログラフの振動子による光点(以後光点と呼ぶ)を, 入力オフの状態では, 記録紙巾の中央に来る様調節し, オンの状態では, 平衡位置より, 近づく方向の振れを(マイナス), 遠く方向の振れを(プラ

ス)と定めた。4) 平衡位置より, 測定物を片側測定範囲に相当する距離だけ接近し, この距離を近づく方向の最大変位とし, 光点が記録紙上で, マイナス方向に最大振り巾を示すように, 増巾率を調整した。5) 平衡位置からの変位を, 縦軸(y)とし, 記録紙上の光点の振れを横軸(x)として, キャリブレーション曲線を求めた。

3.3 実験の組分け 次に示す三種の測定条件に組分けした。

I 平衡間隙及び片側測定範囲を一定とし, 測定物が円筒の場合の直径, 材質, 及び電極形状の各因子について, 各々4水準をラテン方格に配置し, これらの因子がキャリブレーション曲線に及ぼす影響を調べた。なお測定条件を第1表に示す。

第1表 実験Iの測定条件

平衡間隙 4.00mm  
片側測定範囲 0.33mm

		測定物直径 mm			
		125	20	30	48
測定物材質	アルミニウム	No. 3	No. 2	No. 1	No. 4
	黄銅	No. 4	No. 3	No. 2	No. 1
	鋳鉄	No. 1	No. 4	No. 3	No. 2
	軟鋼	No. 2	No. 1	No. 4	No. 3

表中 No. は電極形状を示す。(第3図参照)

II 測定物の材質及び電極形状を一定とし, 測定物が平面の場合について, 平衡間隙及び片側測定範囲を第2表に示す様に変え, 安定な測定が出来る範囲で実験した。

第2表 実験IIの測定条件

測定面 幅 102mm 高さ 41mm  
測定物材質 鋳 鉄  
電 極 No.3 (第3図参照)

		平衡間隙 mm					
		0.5	1.0	1.6	2.5	4.0	6.4
片側測定範囲mm	0.05	○	○	○	○	/	/
	0.13	/	○	○	○	○	○
	0.33	/	○	○	○	○	○
	0.83	/	/	/	○	○	○
	2.10	/	/	/	/	○	○

表中, 斜線はドリフトその他の理由により測定不能の条件を示す

Ⅲ 測定物が円筒の場合について、Ⅱと同様に実験した。なお測定条件を第3表に示す。

第3表 実験Ⅱの測定条件  
測定物直径 32φ  
材質 軟鋼  
電極 No. 3 (第3図参照)

	平衡間隙 mm						
	0.5	1.0	1.6	2.5	4.0	6.4	
片側測定範囲 m/m	0.05	○	○	/	/	/	/
	0.13	○	○	○	○	○	/
	0.33	○	○	○	○	○	○
	0.83	/	○	○	○	○	○
	2.10	/	/	/	○	○	○

斜線は、ドリフトその他の原因により測定不能の条件を示す

3. 4 実験のまとめ 平衡位置からの変位 ( $x_i$ ) と、光点の振れ ( $y_i$ ) との関係から、最小二乗法により回帰直線、 $y = \alpha x + \beta$  を求め、次にこの直線のまわりの偏差  $\sqrt{\sum(y_i - y_i')^2/n}$  を求めた。ただし、 $y_i = \alpha x_i + \beta$ 、 $n$  は測定点の数である。

4. 実験結果と考察

Ⅰについて  $\alpha$  及び  $\beta$  の値を第4表及び第5表に示す。

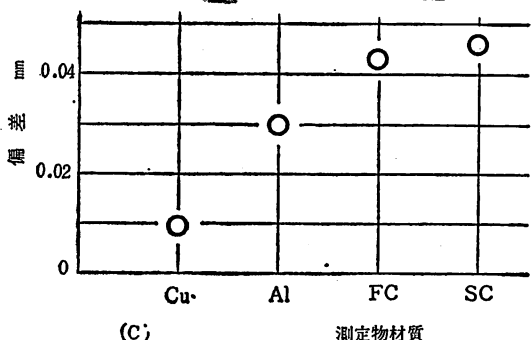
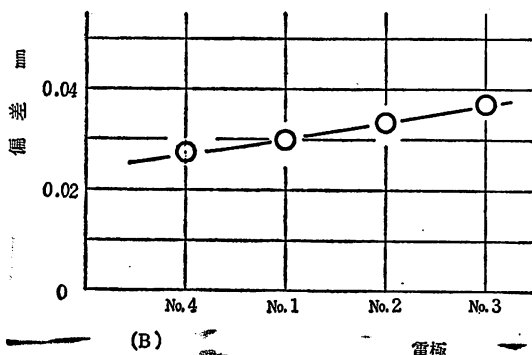
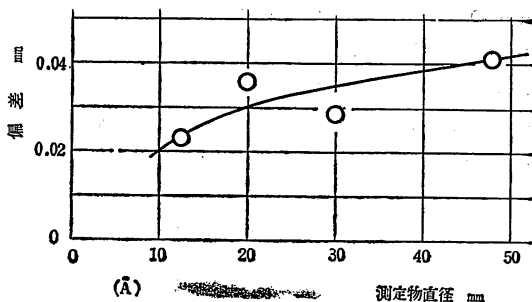
第4表 実験Ⅰの場合の回帰直線  $y = \alpha x + \beta$  における  $\alpha$

測定物材質	測定物直径 mm			
	12.5	20.0	30.0	48.0
アルミニウム	0.0083	0.0084	0.0090	0.0079
黄銅	0.0089	0.0085	0.0091	0.0082
铸铁	0.0081	0.0087	0.0080	0.0087
軟鋼	0.0080	0.0079	0.0084	0.0083

次に第5図に測定物直径、材質、及び電極形状と偏差との関係を示す。第5図(A)によれば、直径と共に偏差が大きくなっている。この理由として、直径が大となれば、有効な対向面積が増すため、一定の測定範囲に対し、平衡間隙が狭過ぎるためと考えられる。一方第5図(B)によれば、電極 No. 4 の場合に偏差が最小であり、No. 3 において最大となっている。しかるに一定の

第5表 実験Ⅰの場合の回帰直線  $y = \alpha x + \beta$  における  $\beta$

測定物材質	測定物直径 mm			
	12.5	20.0	30.0	48.0
アルミニウム	0.0129	0.0645	0.0516	0.0301
黄銅	0.0492	0.0436	0.0620	0.0219
铸铁	0.0239	0.0460	0.0352	0.0420
軟鋼	0.0255	0.0480	0.0366	0.0375



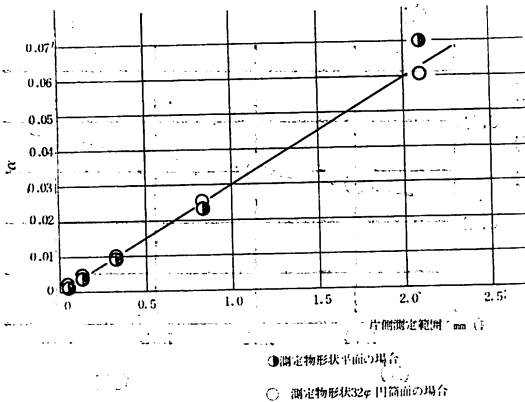
第5図 測定物直径・電極形状 測定物材質と偏差

対向面積に対し、電極巾  $b$  の大なるほど、有効な対向面積が大であることから、直径と偏差との関係についての考察と矛盾する。しかし偏差が大となる原因としては、前述の場合の他、増巾率が大きいために、拡大された、

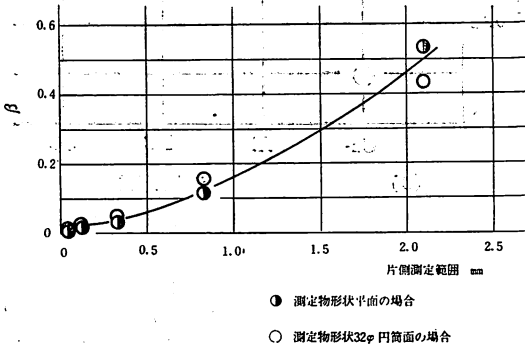
ドリフトや雑音によるものが考えられる。すなわち、電極 No. 3 においては、有効な対向面積が最小となり、従って増巾率が最大であって、後者の理由によって、偏差が最大となったものと考えられる。

測定物の材質に関しては、電極と同質である黄銅の場合偏差が最少であって、アルミニウム、鉄類の順となる。

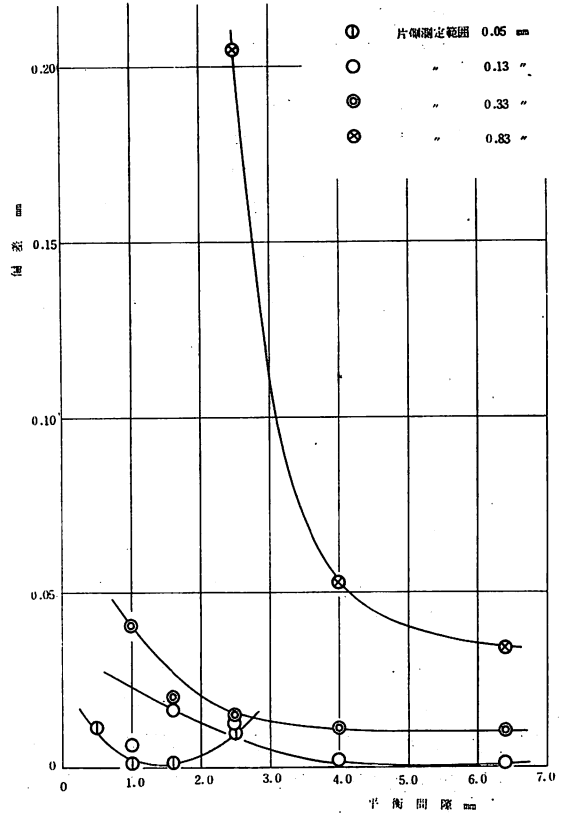
Ⅱ について 片側測定範囲に対する、 $\alpha$  及び  $\beta$  の値をそれぞれ第 6 図・第 7 図に示す。又平衡間隙と偏差との関係を第 8 図に示す。第 8 図によれば片側測定範囲 0.05 mm の場合に明らかである様に、ある平衡間隙において偏差は極小値をとる。この要素を明らかにするため、測定値と回帰直線との関係を第 9 図に示す。図は片側測定範囲一定 (0.05 mm) の場合の、偏差が極少値に近い平衡間隙のもの一例と平衡間隙がこれより狭い場合、及び広い場合のそれぞれ一例を示す。第 8 図及び第 9 図によって片側測定範囲が一定の場合、平衡間隙が狭過ぎると



第 6 図 回帰直線  $y = \alpha x + \beta$  における片側測定範囲と  $\alpha$



第 7 図 回帰直線  $y = \alpha x + \beta$  における片側測定範囲と  $\beta$



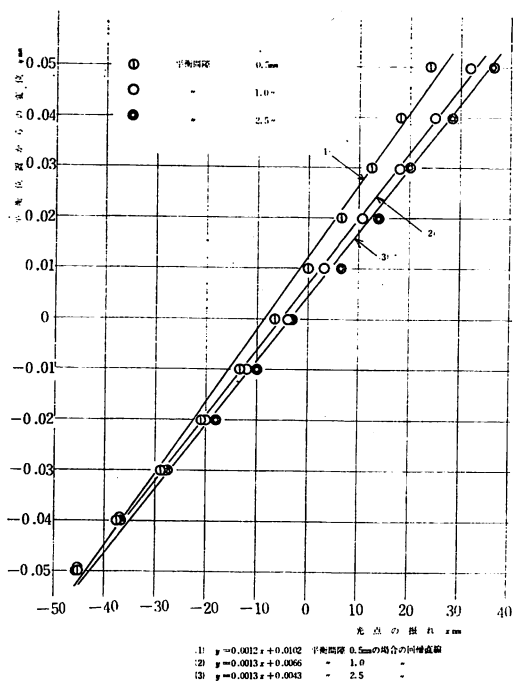
第 8 図 実験条件Ⅱの場合の平衡間隙と偏差

曲線を直線に回帰したために大きな偏差が生じ、広過ぎると増巾されたドリフトのために大きな偏差を生ずることが明らかである。

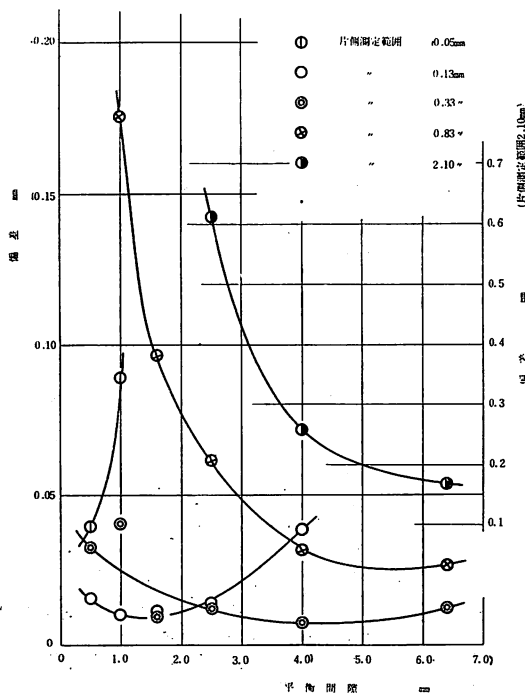
本測定法において、測定の便宜上キャリブレーション曲線の直線性が問題となるが、ある片側測定範囲において適当な平衡間隙、すなわち、偏差が最小の平衡間隙によれば最良の直線性を得ることが知れる。

Ⅲ について 片側測定範囲に対する  $\alpha$  及び  $\beta$  の値をそれぞれ第 6 図及び第 7 図に示す。又平衡間隙と偏差との関係を第 10 図に示す。第 10 図において、片側測定範囲 0.13 mm 及び 0.33 mm の場合に、偏差の極小値が平衡間隙の小さな範囲に移っていることが分る。この理由は測定物形状の差によるものと考えられる。すなわち電極に対する対向面が円筒面である場合には平面の場合に比べ有効な対向面積が狭くなる。従って増巾率を上げるため、ドリフトなどによる偏差が増すものである。又第 8 図と第 10 図との比較によって知れる如く、測定物が円筒の場合には平面の場合と同じ程度の直線性は期待できない。

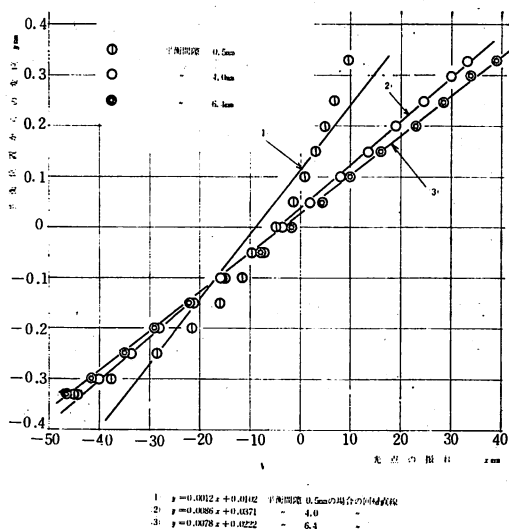
キャリブレーション曲線と回帰直線の関係を示す一例として、片側測定範囲 0.33 mm の場合を第 11 図に示す。



第9図 片側測定範囲 0.05mm の場合の測定点と回帰直線 (実験条件Ⅱ)

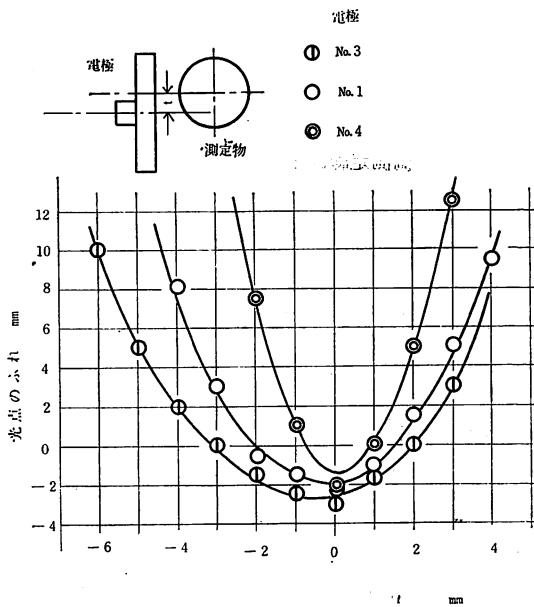


第10図 測定条件Ⅲの場合の平衡間隙と偏差



第11図 片側測定範囲 0.33mm の場合の測定点と回帰直線 (実験条件Ⅲ)

Iにおける実験結果によれば、電極 No. 4 すなわち、円板状の電極によると偏差が最小のキャリブレーション曲線を得るが、電極の対向面と平行な方向の変位が同時に起こる場合には、対向面積が変化し、誤差が最大となることが考えられ、Ⅱ及びⅢにおいては電極 No. 3 を用いた。なお測定条件をⅢと同様にし、平衡間隙において、電極形状の違いによる影響を第12図に示す。



第12図

測定物の仕上面粗さの影響を調べるため、測定物の材質に鋳鉄を用い直径 30mm, 表面粗さを  $H_{max}0.5\mu$  及び  $H_{max}20\mu$  の2種について、電極No.3を用いキャリブレーション曲線を求めたがほとんど差が認められずこの程度の表面粗さの違いは無視出来る。

## 5. 結 言

静電容量変化による微小変位の測定において、適切な電極形状と平衡間隙を採れば測定範囲が広い場合においても、直線性の良い測定が可能であり、しかも、適切な平衡間隙は測定物形状が平面である場合と、円筒面である場合とは異なることが分った。

なお本実験をおこなうに当たり協力戴いた本校機械工場の職員諸氏に感謝します。

## 引 用 文 献

- (1) 後藤・渡辺 機械学会誌 (Vol 66 No.536 P 1171)