第十三編　測面器及び寫圖器

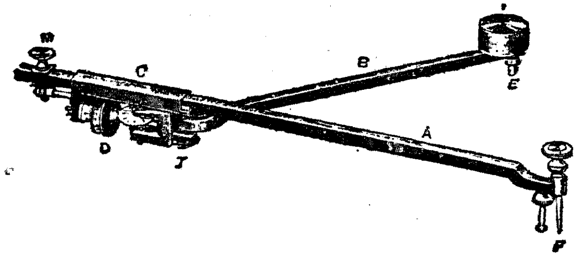
(Planimeters and Drafting Instruments)

第一章　測　面　器

測面器 (Planimeter) とは一定の縮尺で書いた圖面上の不規則な面積を測るに用ふる小型の機械である。測面器には定極、吊盤、轉盤測面器等種々の型があるが、先づ最も普通に用ひられる Amsler 定極測面器 (Amsler's Polar Planimeter) に就いて述べやう。

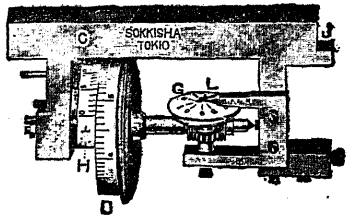
239　**アムスラー定極測面器** (Amsler's Polar Planimeter) **の構造**

本器は 1856 年瑞西人 J. Amsler 氏の發明に係るもので其の構造は第 585 圖の如く、滑走桿 (Tracing Arm or Sliding Bar) A と固定桿(Pole Arm or Radial Bar) B を J にて蝶番としたものである。E は極 (Pole) 即ち固定點 (Fixed Point) で固定針で紙面に固定されてあり、一方 F は測らんとする面積の周圍を滑らす導針(Tracing Point or Pointer) である。D は容易に滑動し得る小さな測輪 (Measuring



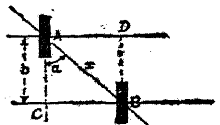
第 585 圖　Amsler's Polar Planimeter(東京測機舎製)

Wheel) で其の軸は A 桿に平行である。此の部分は滑走桿 A に沿つて滑り得る鞘 (Sleeve) C に固定され、此の鞘は M なる固定及び微動螺旋(Clamp and Tangent Screw) に依て桿 A の任意の目盛に合せる事が出來る。第586 圖は其の測輪を含む部分を示し、測輪 D は其の周圍を百等分して目盛をなし圓周の十等分線は 100 位を示す、之には遊標 H を附屬し之に依つて 1 位を判讀する。測輪 D の一廻轉毎に水平車 L の一目盛を動かす卽ち其の一目盛は1000 位を表はす。第586圖の場合の讀みは 1473 である。



第 586 圖 Planimeter の主要部分

240 定極測面器の理論 (Principle of Polar Planimeter)



第 587 圖

測輪 D が通過した距離と車の廻轉數の關係を調べる爲に次の三つの場合を考へる。

(1) 車輪を自身の方向に卽ち A より C に動かす時は b に相當する丈け廻轉する。

(2) 車輪を共の軸の方向に卽ち A より D の方向に動かせば何等回轉を起さない。

(3) 車輪を斜に A より B に向て動かす時は廻轉と滑りとが同時に起り、之を分解して考へれば AC に廻轉し、CB に滑つたと見做されるから正味廻轉した量は

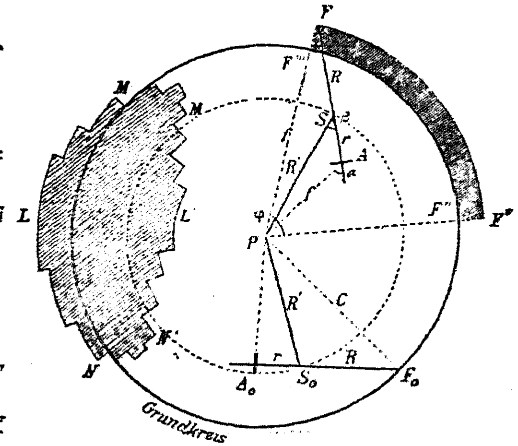
$$b = x\cos\alpha \quad \cdots\cdots(1)$$

で表はされる。此の式は測輪 D が極 E を中心として圓周上を動く場合にも適用され、此の場合には x は圓周上の長さ、α は車輪軸と半徑とのなす

角である。第 588 圖に於て追針 F が半徑 f, 中心角 $FPF'=\varphi$ なる圓弧 FF' を畫く時は車輪の中心 A は同様に極 P を中心として同一中心角の圓弧を畫く。今車輪 A の廻轉半徑 $AP=f'$ とすれば車輪 A の通過せる距離 x は

$$x = f'\varphi \quad \cdots\cdots(2)$$

である。然るに PA と AF との爲す角を α とすれば



第 588 圖 定極測面器の理論

第587圖及び(1)式より

$$b = x\cos\alpha = f'\varphi\cos\alpha \quad \cdots\cdots(3)$$

次に $\angle PSA=\beta$, $PS=R'$, $AS=r$ とすれば第 588 圖から

$$f'\cos\alpha = R'\cos\beta - r \quad \cdots\cdots(4)$$

三角形 PFS にて $PF=f$, $SF=R$ とすれば

$$f^2 = R^2 + R'^2 + 2RR'\cos\beta \quad 卽ち \quad R'\cos\beta = \frac{f^2-R^2-R'^2}{2R} \quad \cdots(5)$$

然るに(3), (4)及び(5)式より

$$b = \varphi f'\cos\alpha = \varphi(R'\cos\beta - r) = \varphi\left(\frac{f^2-R^2-R'^2}{2R} - r\right) \quad \cdots(6)$$

卽ち $\quad Rb = \dfrac{\varphi}{2}(f^2-R^2-R'^2-2Rr) \quad \cdots\cdots(206)$

常數となる部分 $\quad R^2+R'^2+2Rr = C^2 \quad \cdots\cdots(207)$

とすれば $\quad Rb = \dfrac{1}{2}\varphi(f^2-C^2) \quad \cdots\cdots(208)$

(207) 式に於ける C の値は特別なる意味を有し、即ち f' が滑走輪 FA に直角なる時の f の値を示す。即ち第588圖下方に於て $PA_0 \perp A_0F_0$ で $PF_0=C$ である。之は圖からも直接證明される。

$$R^2+R'^2+2Rr=R^2+(f'^2+r^2)+2Rr=f'^2+(R+r)^2=C^2$$

此の C を半徑とする圓を基圓 (Zero Circle) と云ふ。

(208) 式にて

$$\left.\begin{aligned} Rb &= \frac{1}{2}\varphi f^2-\frac{1}{2}\varphi C^2=\text{扇形}PFF'-\text{扇形}PF'''F'' \\ &= FF'F''F''' \end{aligned}\right\}\quad(209)$$

故に次の面積計算の法則を得る。

I　極が圖形の外にある時は φ の代數和は 0 となり、面積 F は車輪の廻轉距離 b に R を掛けたものである。

$$F=Rb \quad\cdots\cdots(210)$$

II　極が圖形の中に在れば φ の總和は 2π となり、面積 F は

$$F=Rb+\pi C^2 \quad\cdots\cdots(211)$$

測輪の半徑$=r'$ 及び車の廻轉數$=n$ とすれば車の周長 $u=2\pi r'$

$$nu=b \quad\cdots\cdots(212)$$

(210)は $F=Rnu \quad\cdots\cdots(213)$

(211)は $F=Rnu+C^2\pi \quad\cdots\cdots(214)$

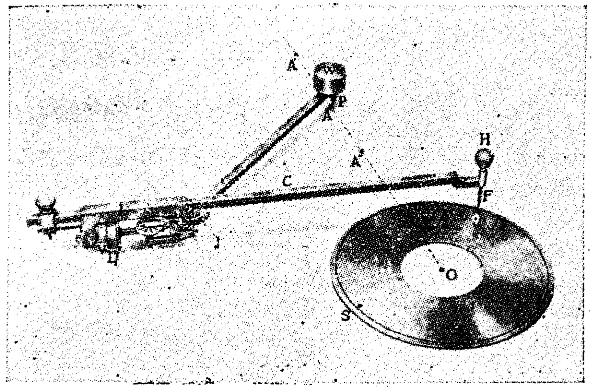
Ru は車の廻轉數 $n=1$ の場合の面積を表はす。若し遊標の一目盛りに對する車の廻轉を單位とすれば　$N=1000n$　從つて　$n=\frac{N}{1000}$

$$F=\frac{Ru}{1000}N \quad\cdots\cdots(215)$$

$$F=\frac{Ru}{1000}N+C^2R \quad\cdots\cdots(216)$$

241　定極測面器の檢査法

測面器の使用に先つて之が檢査を行はねばならぬ。夫れには鞘 C の指標を所定の縮尺を示す線と一致させ一定の面積を數回測定して誤差從つて其の精度を知る。誤差の量を知りたるときは微動螺旋 M で調整するか又は測定した面積に補正を加ふる。檢査には通常測面器檢査器 (Planimeter Tester) を用ゆる。



第 589 圖　測面器檢査器（圓盤型）

之には大體二つの型があり、其の一は第589圖の如く圓盤型 (Circular Disc Type) で周邊に V 字形の細溝よりなる圓があり、其の內面積は正に 100 $\overline{\text{cm}}^2$ あり、細溝の底心に微淺な一凹點 S を設け、導針 F が此の凹點を出發して細溝を一周し、再び之に落入るとき丁度 100 $\overline{\text{cm}}^2$ を一周したもので其の時の讀みを取る。他の型は第590圖の如き物差型 (Scale Type) で滑走桿の長短に依て檢査器の半徑を種々に使用し得るもので 0 點を中心として前記各種の半徑（圖では 2, 4, 6, 及び 8 cm の四種）を示す穴に導針を挿し一廻轉して檢査を爲すものである。此の二つの型は各其の特徵を有する。

第 590 圖　測面器檢査器（物差型）

測面器の檢査法は次の數段に涉つて行はれる。

（1）**一周檢査**　測面器の導針 F が檢査器に依り一定面積の圓を一周した時測輪 D の遊標の讀みが車の廻轉位置に依て異なるか否かを檢査する。

此の爲には車の廻轉出發點を周圍の各所に變更して何回も試みる、又其の時針の進む方向は左右何れでも宜い。

（2） **往復檢査** 初め原點で讀みを取り（1)と同じ狀態で右の方向に廻轉して原點に到らしめ次に左方向に逆廻轉して再び原點に戻り、初めの讀みと同一なるか否かを檢する。若し誤差ありとすれば軸に緩みあるか空滑りのある證據で正しくない。勿論永く使用する時は漸次誤差を感ずるから修理する必要がある。此の檢査も（1)の如く測輪の廻轉位置を換へて2～3回試みる。

（3） **遠近檢査** 固定針の位置を檢査器の中心より遠近二樣卽ち A' 及 A'' 兩點に取換へ其の各位置に於て（1)と同樣の一周檢査を行ひ之の結果何れも正しきや否やを檢査する。之は2回位反覆すればよい。

以上三種の檢査に於て何れも多少の差異を生ずる。其の誤差が全車周の $\frac{2}{1000}$ 以内ならば良好と認め、$\frac{3}{1000}$ 以上は不良とする。但し車全周の $\frac{1}{1000}$ は遊標讀數の一單位に當る。

242 定極測面器の使用法

測輪の廻轉が生命であるから成るべく平滑に廻轉する樣圖紙を平坦に引延し、且つ紙から車が外れず且つ圖形を一周するに都合よい位置に置く。使用に先つて入念に前述の器械の檢査をなし、誤差が分れば滑走桿の長さを加減するか、測輪の讀みに補正を加へる。

測るべき圖形が餘り大きくない場合（大體直徑 25 cm 位迄)は固定針Eを圖形外に置いて導針 F を動かし、圖形が相當大なる時（大體直徑 60 cm 以内）は固定針を圖形の中央に入れて導針を動かし、更に圖形が細長きか或は大なる時は直線で分割し何回にも分けて測る。依て今 (1)固定針を圖形外に出す場合と (2)圖形内に固定す場合とに分けて考へる。

（1） **固定針Eを圖形外に置く場合** 滑走桿Aを出入せしめて測らんとする圖面の縮尺と同一比例の分劃線を第 586 圖の指線 J に微動裝置 M にて正しく合せて固定し、次に本器を圖紙の上に載せて導針Fが圖形の周圍を動くに差支無き位置に固定針 E を置き、輕く壓して錘 I を其の上に載せて其位置を安固にし圖の外周の一點に印を附け F の尖端を其の點上に置き表數盤 D, H, L の讀みを記帳し、F の球頭を摑みて靜に左より右に（卽ち、時計の方向に）圖形の外周に沿ふて原點に歸着した時再び表數盤の讀みを見て記帳し、第二讀數から第一讀數を減じ其の差にAの分劃線上の乘數を掛ける。出發の時測輪の讀みを特に零に直す必要はない。尙指先にて測輪を廻すと車が銹びたりするから注意が必要である。之も3回位反覆して其の平均を取ればよい。

〔例題〕 縮尺 $\frac{1}{1000}$ の圖面に於て滑走桿の乘數 10 m^2 で第一讀數 5625, 第二讀數 6683 なる時の面積を求む

第二讀數　6683
第一讀數　−)5625
$1058\times10=10580\ \text{m}^2$

又第一讀數　9704, 第二讀數　968 にて水平車 H の零を指標 L が一回通過した時は第二讀數に 10000 を加へて

第二讀數　968＋10000＝10968
第一讀數　−)9704
$1264\times10=12640\ \text{m}^2$

此の場合縮尺が $\frac{1}{200}$ ならば滑走桿の乘數 0.4 m^2 であるから前記の面積は各々

$1058\times0.4=423.2\ \text{m}^2$

$1264\times0.4=505.6\ \text{m}^2$

になる。以上で解る通り滑走桿の同一分劃では乘數の比例は縮尺に基く面積の比例になつて居る。

$$10:0.4=25:1=\left(\frac{1}{200}\right)^2:\left(\frac{1}{1000}\right)^2$$

（２）　固定針 E を圖形内に置く場合　器械運用の方法は (1)の場合と同一であるが所要の結果を導く計算法を異にする。即ち測定中水平車の廻轉が前進の場合には第二讀數より第一讀數を減じ滑走桿 A の上面に記載しある加數を加へて後乘數を乘じ、若し廻轉が後進の場合には第一讀數より第二讀數を減じ其の差を加數より減じて乘數を乘ずる。

〔例題〕 縮尺 $\frac{1}{500}$ の圖面に於て滑走桿の乘數 20㎡ 及び加數 20956 にして第一讀數 4813, 第二讀數 8567 なる時の面積を求む

第二讀數	8567
第一讀數	−)4813
差	3754
加數	20956

$$24710 \times 2 = 49420 \text{ ㎡}$$

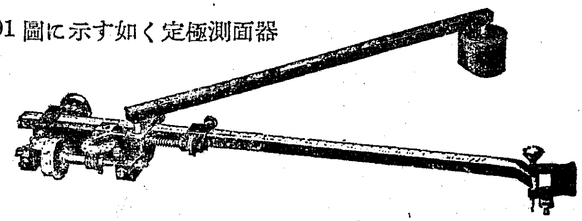
〔例題〕 縮尺 $\frac{1}{1000}$ の圖面にて滑走桿の乘數 10㎡ 及び加數 20687 にして第一讀數 9727, 第二讀數 346 廻轉後進の場合

第一讀數	9727
第二讀數	−)346
差	9381
加數	20687

$$11306 \times 10 = 113060 \text{ ㎡}$$

243　補整測面器 (Compensation Planimeter)

補整測面器は第 591 圖に示す如く定極測面器を改良したものである。定極測面器にては滑走桿の一方側のみしか占められず、從つて測輪の軸が滑走



第 591 圖　補整プラニメーター

桿に平行で無い場合には直に面積の誤差となつて表はれる。此の缺點を除く爲に滑走桿が固定桿の兩側に同樣に動き得る樣になつて居る。即ち測定に際しての特徴は

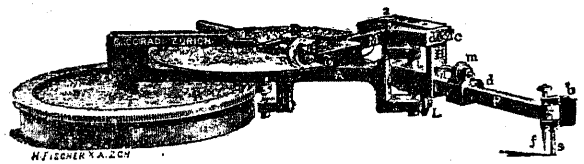
（１）　固定桿を滑走桿の兩側に置き換へて左及び右側で測定し、二回の平均を取れば測輪軸の傾斜に依る面積誤差を修整する事が出來る。尚此の外の特徴として

（２）　固定桿の關節が球窠 (Ball Spindle) で損傷の憂ひもなく又振動する事もない。且つ滑走桿を 180° 展開するを得るので器械の有効範圍を大にする。

（３）　滑走桿に目盛りを有し $\frac{1}{10}$ の遊標迄具へてあり滑走桿の長さ (R) を任意に設定する事が出來、從つて如何なる比例を有する面積をも測定する事が出來る。

244　精密圓盤測面器 (Precision Disc Planimeter)(第592圖)

本器は定極測面器の一種にして、其の測輪 R は圓盤 S の上で廻轉し從つて圖紙の性質如何を問はず（例へば古きもの、皺寄りたるもの又は卷圖の如き）廻轉を害される事無く運動平滑で取扱ひ容易である。



第 592 圖　Precision Disc Planimeter

本器は二個の分離された部分、即ち眞鍮製極盤 (Pole Disc) P 及び測面器の部分より成り、後者は單に極盤の中心に軸承 p を置き導針 f 及び小車輪 L にて圖面上に支へられ、導針が極 (Pole) の周圍を廻轉する時、小軸 r は常に極盤 P の齒溝に働き小輪の軸上に在る Aluminium 製の圓盤 S を廻轉

せしめる。此の圓盤の上面は紙で蓋はれ其の上に鋼鐵製の測輪 R があり、表數盤の裝置は普通と同樣である。測輪の框 M に之を圓盤より外す螺旋が附屬し圓盤の掃除に便し、又框の下にはスプリングがあつて測輪の受くる框の壓力を輕減してゐる。

極盤の直徑 15 cm で極桿 A の長さ 17 cm 及び滑走桿 F の長さ 30 cm. 螺旋に依りて調節する。

測り方は定極測面器と同じ。

精密圓盤測面器の理論は次の通りである。

第593圖に於て

P＝極 (Pole),　　S＝蝶番 (Hinge)

F＝導針 (Tracing Point)

E＝測輪 (Measuring Wheel)

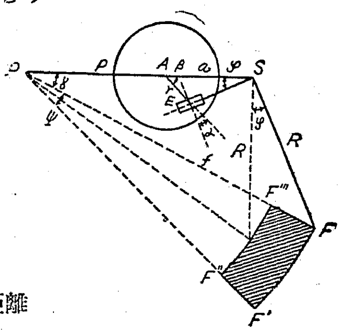
$FS=R$＝滑走桿の長さ

$PS=P$＝極桿の長さ

A＝圓盤の中心

$AE=r$＝圓盤の中心と測輪との距離

$AS=a$,　　$PF=f$



第 593 圖

ψ＝導針が F から F' に動く時極に於て夾む角度

R_1＝極盤 P の半徑

R_2＝小車輪 r の半徑

α＝測輪の軸と AE とのなす角

とすれば圓盤の廻轉角 λ は

$$\lambda=\frac{R_1}{R_2}\psi=K\psi \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\text{但し}\frac{R_1}{R_2}=K \text{ と置く}$$

之が爲めに引起される測輪の廻轉距離 b は

$$b=K\psi r\cos\alpha \quad \cdots\cdots(2)$$

$\triangle ASE$ より　　$r\sin(\varphi+\beta)=a\sin\varphi$　及び　$\varphi+\beta=90^\circ-\alpha$

$$\therefore\quad r\cos\alpha=a\sin\varphi \quad \cdots\cdots(3)$$

(2) 式に代入して　　$b=Ka\sin\varphi\,\psi \quad \cdots\cdots(4)$

更に變形する爲め $\triangle PSF$ を用ひて

$$f^2=P^2+R^2-2PR\cos(90^\circ+\varphi),\quad \sin\varphi=\frac{f^2-(P^2+R^2)}{2PR} \quad \cdots(5)$$

(4) 式に入れて　　$b=\frac{Ka}{2PR}\{f^2-(P^2+R^2)\}\psi$

今 $P^2+R^2=C^2$ と置けば

$$Rb=\frac{Ka}{P}\frac{f^2}{2}\psi-\frac{Ka}{P}\frac{C^2}{2}\psi \quad \cdots\cdots(217)$$

第593圖に依ると此の場合も C は基圓の半徑になる。又 (217)式は

$$Rb=\frac{Ka}{P}\left(\frac{f^2}{2}\psi-\frac{C^2}{2}\psi\right)=\frac{Ka}{P}(\text{扇形 } PFF'-\text{扇形} PF'''F'')$$

$$=\frac{Ka}{P}\times FF'F''F''' \quad \cdots\cdots(218)$$

となり、普通の定極測面器と比較して係數 $\frac{Ka}{P}$ の項だけ新に入つて居る。

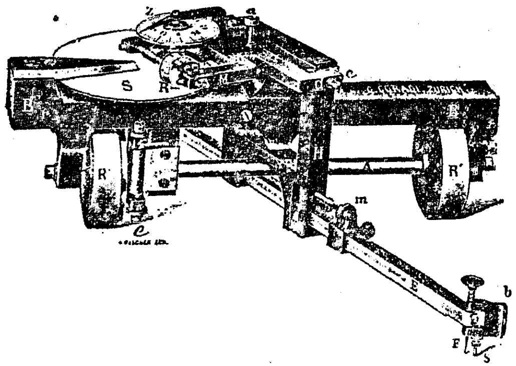
245　轉盤測面器 (Rolling Disc Planimeter)

轉盤測面器は定極測面器と全く異る原理に依るもので、幅狹く細長い區域の面積を出すのに適當する。此の器械では圖面に固定される點が無く紙面を自由に動く事を得る。其の構造は第594圖に示す如く

BB＝橫框 (Cross Frame)─頑丈で重要部分を支持す

A＝廻轉輪軸 (Roller Axis)

$R'R'$=廻轉輪 (Roller)—粗面になり紙面を滑動する。此の半徑を R_1 とする。其の間隔 17 cm



第 594 圖 Rolling Disc Planimeter

R_2, R_3=廻轉輪 R' の廻轉を水平盤に傳へる齒車

S=水平盤(Horizontal Disc) —Aluminium 製で紙片で蓋はれ、垂直軸に取付けられ廻轉輪 R' に R_2, R_3 に依て結合されて居る。

R=測輪 (Measuring Wheel)—圓盤測面器の部分と全く同じ。

E=滑走桿 (Tracing Arm)—長さ 30 cm 左右各 30° 位開き得る。

F=導針 (Tracing Pointer)

m=固定及微動螺旋 (Clamp and Tangent Screw)

轉盤測面器の原理は次の如く、第595圖に於て

A=圓盤の中心, E=測輪

$AS=a$, $AE=r$

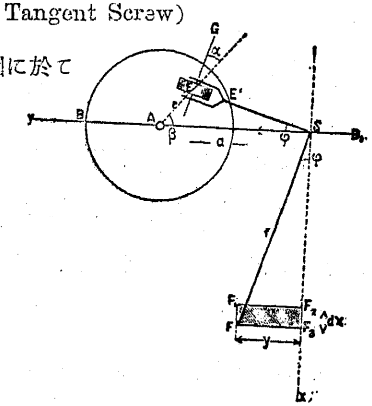
$\alpha=AE$ の測輪軸となす角

$FS=f$=滑走桿の長さ, F=導針

$\beta=AE$ と AS のなす角

R_1, R_2, R_3=前と同じ

とする。 BB_1 に直角の方向に dx だけ導針を動かせば半徑 R_1 の廻轉輪は $d\omega$ だけ廻轉する。即ち



第 595 圖 轉盤測面器の原理

$$d\omega=\frac{dx}{R_1}$$

此の $d\omega$ は齒車 R_2, R_3 に依て水平盤 A に $d\beta$ だけの廻轉を生ずる。

$$d\beta=\frac{R_2}{R_3}d\omega=\frac{R_2}{R_3}\frac{dx}{R_1}=K\,dx \quad\cdots\cdots(1)$$

$$\text{但し } K=\frac{R_2}{R_1R_3}$$

即ち水平盤 A の廻轉角は廻轉輪の動く距離に比例する。

從つて之に依て生ずる測輪 E の廻轉角 db は

$$db=r\,d\beta\cos\alpha=Kr\,dx\cos\alpha \quad\cdots\cdots(2)$$

又△AES より

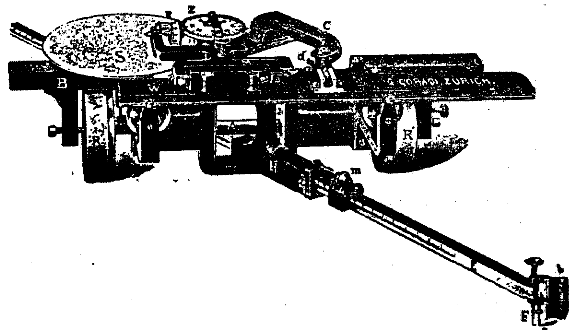
$$\alpha+\varphi+\beta=90^\circ \quad \text{及び} \quad \frac{r}{\sin\varphi}=\frac{a}{\sin(\varphi+\beta)}=\frac{a}{\cos\alpha}$$

從つて $r\cos\alpha=a\sin\varphi$

$$db=Ka\sin\varphi\,dx=\frac{Ka}{f}y\,dx \quad\cdots\cdots(219)$$

一定の縮尺では $\frac{Ka}{f}$=常數 であるから、導針を $F\to F_1$ に動かす時測輪は矩形の面積 $y\,dx$ に比例して廻轉する。

矩形 $FF_1F_2F_3$ を一周する場合 F_1F_2 及び F_3F は相殺し且つ F_2F_3 の如き X 軸の方向の場合には $\alpha=90^\circ$ となるので測輪は何等廻轉をしない。故に圖形を一周して其の讀みを取ることは定極測面器と同様である。實際には $\frac{Ka}{f}$ を 1 或は 100 にして讀みから直に面積を知る

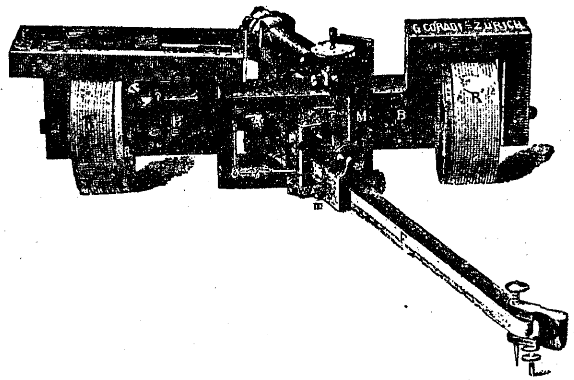


第 596 圖 Rolling Disc Planimeter

事が出來る。第596圖は轉盤測面器の異つた型である。

246　轉球測面器 (Rolling Sphere Planimeter)

轉球測面器も轉盤測面器と略同じ原理であるが唯異る所は水平圓盤と測輪の代りに球面と圓筒面を以て滑りを良くして居る。其の構造は第597圖に示す如く



第597圖　Rolling Sphere Planimeter

$R'R'$＝廻轉輪 (Travelling Roller)——二個共同大で其の間隔 12 cm

BB＝横框 (Cross Frame)——頑丈で重要部分を支持す。

A＝回轉輪軸 (Roller Axis)

F＝滑走桿 (Tracing Arm)——長さ 20 cm 左右各 30° 開き得る。

S＝球軸 (Sphere Axis)

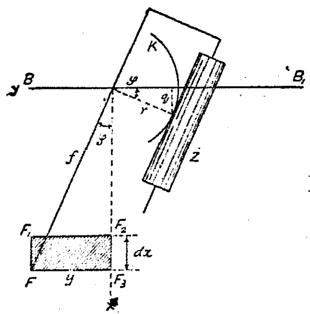
m＝固定及微動螺旋 (Clamp and Tangent Screw)

廻轉輪 R' の廻轉は球軸 S 及び是に附屬する缺球 (Kugelkalotte) K に傳はり之と接觸する圓筒面 Z を廻轉せしめ表數盤に表はれる。此の圓筒面はスプリングに依て缺球に定着して居る。

横框 B の左側にある螺旋を以て缺球を支持する軸を上ぐるときは軸にある小車輪は離れて廻轉輪のみ廻轉する。又 B には制動螺旋 (Brake Screw) があつて廻轉輪 R' に働いて圖面上任意の位置に固定する事が出來る。取扱

ひ法は總て轉盤測面器と同じ。

今第598圖に於て缺球 K の軸 BB_1 を y 軸に、夫に直角なる方向に x 軸を取る。滑走桿 f が x 軸の方向を取る時は缺球 K の極に於て接し、從つて缺球が廻轉しても圓筒 Z は何等廻轉を起さない。然し第598圖の如く滑走桿 f が x 軸に φ だけ傾けば、圓筒は中心角 φ だけ傾き半徑 $q=r\sin\varphi$. (r＝缺球の半徑) なる圓上の一點で接する。此の位置で導針が $F\to F_1$ に進めば廻轉輪 R' の廻轉角は $\frac{dx}{R'}$ (半徑を R' とする) となる。



第598圖

R, R_1＝廻轉輪及び缺球軸の齒車の半徑

とすれば、缺球の廻轉角

$$d\lambda=\frac{dx}{R'}\frac{R}{R_1}$$

從つて缺球の廻轉長

$$db=r\sin\varphi\, d\lambda=\frac{R}{R'}\frac{r}{R_1}\sin\varphi\, dx\cdots\cdots(1)$$

$\frac{R}{R'}\frac{r}{R_1}=K$ と置けば

$$db=K\sin\varphi\, dx\cdots\cdots(2)$$

$\sin\varphi=\frac{y}{f}$ なる故

$$db=\frac{K}{f}y\,dx=\frac{K}{f}FF_1F_2F_3\cdots\cdots(220)$$

即ち轉盤測面器と其の原理を同じくする事が解る。

以上の精密圓盤、轉盤及び轉球測面器は C. Coradi 會社 (Zürich) の專賣に屬し未だ本邦では定極及び補整測面器より外造られて居ない。

247　測面器の精度 (Accuracy of Planimeter)

測面器に依る面積測定の精度は測定面積と使用器械其の他の條件に依て異るから一概には述べ難い。先づ誤差の原因としては

(1)　**器械的誤差** (Instrumental Error)

(a)　滑走桿と測輪軸とが平行で無い爲の誤差

(b)　滑走桿の目盛の誤差

(c)　測輪、遊標、表數盤の目盛の誤差

(d)　測輪の摩擦、不同半徑、空轉に依る誤差

(2)　**取扱ひ誤差及錯誤** (Errors and Mistakes in Handling)

(a)　圖形の出發點に復歸しない場合

(b)　圖形の外周と一致せず外れた場合

(c)　測輪目盛の讀み違ひ

等が主なるものであるが、器械的誤差は至つて少く、精度は取扱ひ誤差に依て支配される場合が多い。尤も器械誤差の主なるものは (a) の測輪軸の誤差で、補整測面器では之を消去し得る事前述の通りである。

種類の異つた器械の精度を簡單に比較するには前記の測面器檢査器を使用する。一般に測面器觀測に依る誤差に就ては先づ之が何に比例するかを知らねばならぬ。最も普通に考へ易いのは誤差が直接測定面積に比例すると假定する。卽測定面積が大となるに從ひ誤差の割合が小になるとするものである。

今　F=測定面積 (cm^2)

ΔF=面積測定の誤差

K=係數

とすれば

$$\Delta F=K\sqrt{F} \cdots\cdots (221)$$

器械的誤差をも考に入れる時は

$$\Delta F=K_1F+K_2\sqrt{F} \quad 又は \quad \Delta F=\sqrt{K_1^2F^2+K_2^2F} \cdots (222)$$

となるが元々實驗式であるから簡單に (221)式を用ひてゐる。

定極測面器の實驗式の一例を示せば

R. Montigel*
$$\left.\begin{aligned}\Delta F&=0.000409F+0.0125\sqrt{F}+0.056\\ \Delta F&=0.0191\sqrt{F}+0.041\end{aligned}\right\}\cdots(223)$$

K. Lüdemann**
$$\left.\begin{aligned}\Delta F&=0.017\sqrt{F}\\ \Delta F&=0.0167\sqrt{F}-0.0094\\ \Delta F&=0.0270\sqrt{F}-0.00151F\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(224)$$

故に普通には $K=0.02\sim0.03$ として差支無い。第 29 表は種々な面積に於ける誤差の割合を示す。

第 29 表

測定面積		測面器使用に依る平均誤差			
F	$\sqrt{F}$	$\pm0.02\sqrt{F}$		$\pm0.03\sqrt{F}$	
cm^2	cm	cm^2	%	cm^2	%
1	1.00	±0.02	2.0	±0.03	3.0
10	3.16	0.06	0.6	0.09	0.9
25	5.00	0.10	0.4	0.15	0.6
100	10.00	0.20	0.2	0.30	0.3
225	15.00	0.30	0.13	0.40	0.2
400	20.00	0.40	0.10	0.60	0.15
1000	31.62	0.63	0.06	0.95	0.10

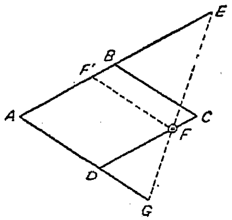
第二章　縮圖器械 (Reducing Instruments)

248　縮圖器 (Pantograph, Pentagraph, Pentegraph)

* Zeitschr. f. Verm. 1926 S. 257—264
** Zeitschr. f. Verm. 1927 S. 305—311

縮圖器は何れも相似三角形の對應邊が比例をなすと云ふ原理を應用したもので次の如き種類がある。

（1） **第一型縮圖器** 1631 年 J. Scheiner 氏が初めて縮圖器を考案した時の型で第 599 圖に示す如き平行四邊形をなし其の接合點は鉸結 (Hinge Joint) になつて居る。



第 599 圖

F=極 (Pole) 即ち固定點 (Fixed Point)

E=象點 (Tracing Point)

G=複寫點 (Copying Point)

Eが移動すれば夫に從つて G 點も移動し常に此三點は一直線上に在る。AG に平行に FF' を引くと $\triangle AGE \backsim \triangle FF'E$

故に　$AE:AG=F'E:F'F$　即ち E,F,G は一直線上にある。又 $EF:FG=EF':F'A$ が一定だから E と G とは常に相似的の移動を行ふ。

今　原圖の縮尺即ち E に於ける縮尺$=\dfrac{1}{m_1}$

縮少せんとする縮尺即ち G に於ける縮尺$=\dfrac{1}{m_2}$

とすれば

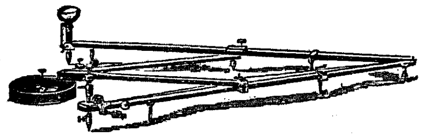
$$EF':FG=\frac{1}{m_1}:\frac{1}{m_2}=AD:DG,\qquad DG=\frac{m_1}{m_2}AD\cdots\cdots(225)$$

及び
$$EG:FG=\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}:\frac{1}{m_2}=EA:FD$$

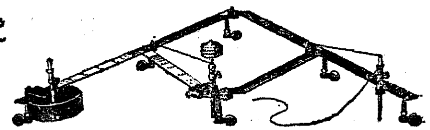
$$FD=\frac{m_1}{m_1+m_2}EA\cdots\cdots\cdots(226)$$

故に縮少すべき圖の縮尺が分れば DF 及び DG を計算して出す事が出來る。普通 $\dfrac{m_1}{m_2}$ の種々の値に對して前記の桿の上に目盛が施してあり、F及び G の滑子 (Slide) を夫に合せ得る。

此の第一型に屬するものは第 600−601 圖に示す如く普通 Pentagraph と云つて居る。素人の使用する擴大器も此の種のものである。

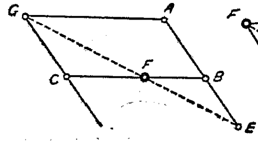


第 600 圖 Pentagraph

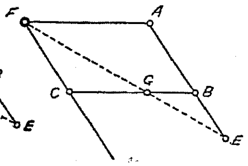


第 601 圖 Pentagraph

（2） **第二型縮圖器** 第二型即ち新型の原理は第602圖及び第603圖に示す如く平行四邊形をなして結合されては居るが、極F、象點E及び複寫點Gが前と異つて配列されて居る。象點Eは兩方共放端 (Free End) の方に在り、第602圖の複寫點 G 或は第603圖の極 F と相對し、象點 E が之等を連結する線上にある。然し第一型と同様 $FE:FG$ は變らないから、象點Eと複寫點 G とは $FE:FG$ の比で相似形の圖を畫く。此の縮圖比例は桿CB及びF（第602圖）或は G（第603圖）を動かして種々に變へられる。



第 602 圖



第 603 圖

第602圖の如き場合には

$$CF=CB\frac{FG}{FG+FE},\qquad AB=AE\frac{FG}{FG+FE}$$

再び $\dfrac{1}{m_1}$ 及び $\dfrac{1}{m_2}$ を原圖及び複寫圖の縮尺とすれば

$$\frac{FG}{FG+FE}=\frac{\dfrac{1}{m_2}}{\dfrac{1}{m_1}+\dfrac{1}{m_2}}=\frac{m_1}{m_1+m_2}$$

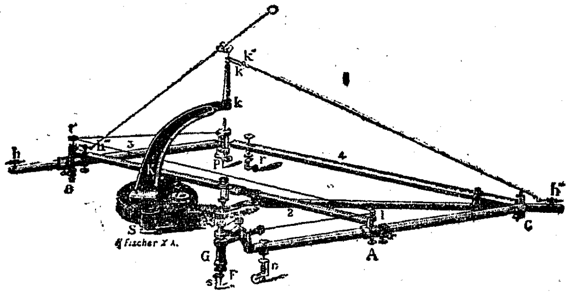
$$\therefore \quad CF=CB\frac{m_1}{m_1+m_2}, \qquad AB=AE\frac{m_1}{m_1+m_2} \cdots\cdots\cdots\cdots (227)$$

同じく第603圖の如き場合には

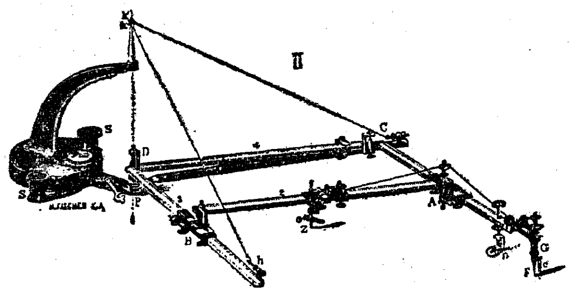
$$CG=CB\frac{m_1}{m_2}, \qquad AB=AE\frac{m_1}{m_2} \cdots\cdots\cdots\cdots (228)$$

となる。

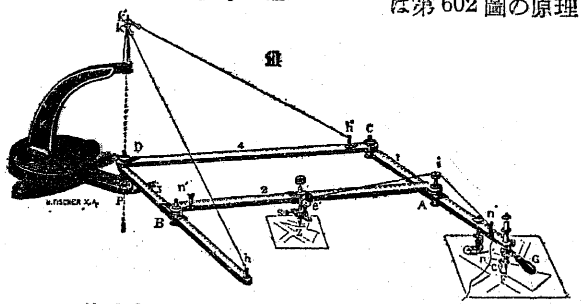
第600－601圖に示した型では構造の關係上大して精度を望めないが、以下に示す吊下型(Suspension Type)では改良されて相當の精度を出す。第604－606圖はG. Coradi會社のI, II及びIII型縮圖器であるが、I型は第602圖の原理に依り、II型は第603圖の原理に依り全體の框を細い針金でKから吊下げ、甚だ平滑に動く。I, II型共に水平調整棒を有し



第604圖 G. Coradi社 Pantograph (I)



第605圖 G. Coradi社 Pantograph (II)

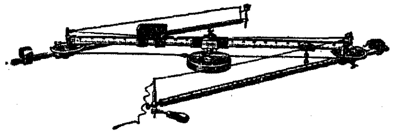


第606圖 G. Coradi社 Pantograph (III)

て居る。此の様な種類を Pantograph と云つて居る。

249 調帯縮圖器 (Eidograph)

之は第607圖に示す如く前述の縮圖器よりも構造が簡單になつて居り、三本の中、中央のを中桿(Middle Arm)、象點を有する桿を象桿(Tracing Arm)及び複寫をなす桿を複寫桿(Copying Arm)と云ふ。何れも中央から左右に各0より80乃至100迄の目盛を有し何れも遊標に依て一目盛の$\frac{1}{5}$を讀む事が出來、猶之に標記せる數字と目分量とに依て$\frac{3}{10}$を讀了し得る。



第607圖 Eidograph

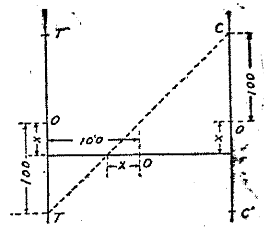
其の原理は第608圖に示す如く $a:b$ に縮圖する場合 X を三桿の遊標の讀みとし

$$\frac{100-X}{100+X}=\frac{a}{b} \quad とすれば$$

$$X=\frac{100(b-a)}{b+a} \cdots\cdots\cdots\cdots (229)$$

例へば $a:b=3:7$ とすれば

$$X=\frac{100(7-3)}{7+4}=40$$



第608圖

第30表 縮小擴大表

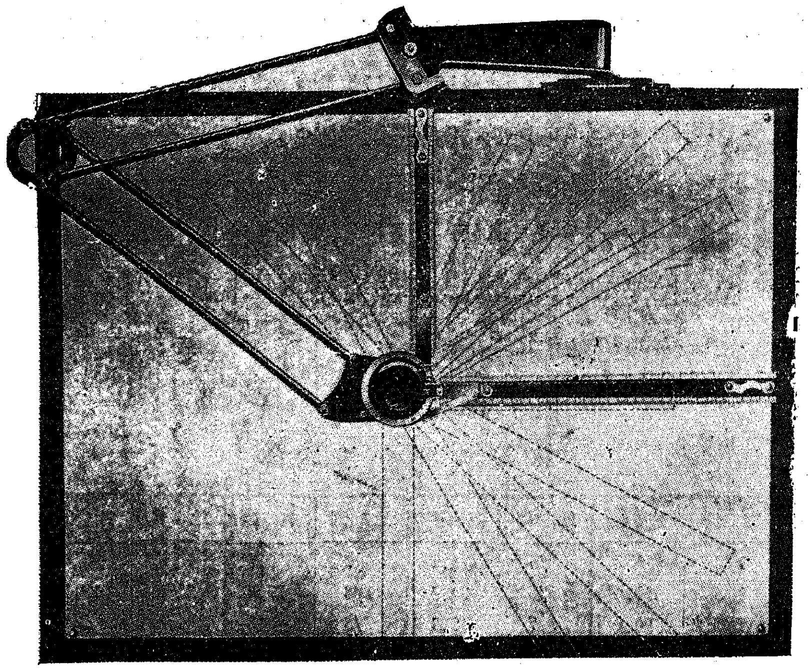
比例	目盛	比例	目盛	比例	目盛	比例	目盛
1/2	33.3	4/5	11.1	6/7	7.7	5/9	28.6
1/3	50.0	1/6	71.4	1/8	77.8	7/9	12.5
2/3	20.0	5/7	9.1	3/8	45.5	8/9	5.9
1/4	60.0	1/7	75.0	5/8	23.1	1/10	81.8
3/4	14.3	2/7	55.6	7/8	6.7	3/10	53.9
1/5	60.6	3/7	40.0	1/9	80.0	7/10	17.7
2/5	42.9	4/7	27.3	2/9	63.6	9/10	5.3
3/5	25.0	5/7	16.7	4/9	38.5		

故に３つの遊標を何れも40を示す樣にすれば宜い。第30表は普通の縮圖比例と遊標の示度Xとの關係を示したものである。

第三章　製　圖　器　械

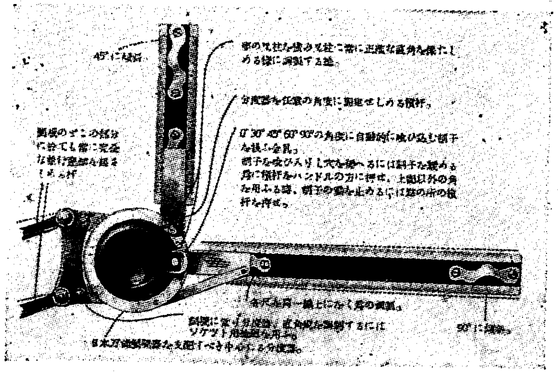
250　萬能製圖器械 (Universal Drafting Machine)

在來の定規と分度器に依る製圖の時間を節約し併せて正確な描寫をなす爲に考案された第609圖の如き裝置で、圖板の上端又は隅に取付け、之に如何



第 609 圖　日本萬能製圖器（中央固定裝置付）

なる方向に於ても平行四邊形をなす管狀竿を取付け、此の先端に分度儀及び互に直角の方向をなす尺度兼定規が取付けてある。分度儀は直徑 10 cm, 1 度



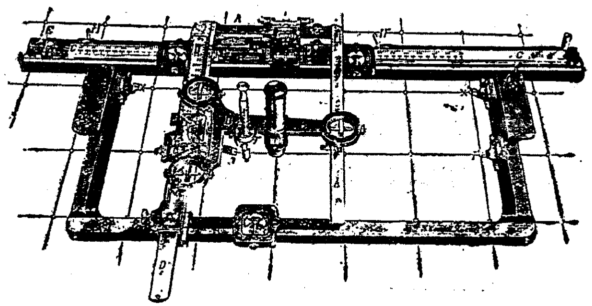
第 610 圖　廻轉定規及分度儀の部分

迄目盛され、定規のなす角度を讀むと共に任意の角度に固定せしめ得る。更に自働停止器の作用に依り普通最も多く使用する 0°, 30°, 45°, 60°, 90° の尺度に自働的に停止し得る爲度數を讀んで停止せしめる必要がない。和製は値段も廉くて都合が宜い。

251　坐標測定器 (Co-ordinatograph)

方向角と距離を與ふれば如何なる折測線の坐標でも測定する事が出來る。然し邊の數が多い場合又は實用上近似値を求める場合等、計算よりも器械的測定に依つて時間を節約し得る場合が多い。坐標測定器は斯樣な場合に用ひられる、但し此處には比較的精巧な型を示す事とする。

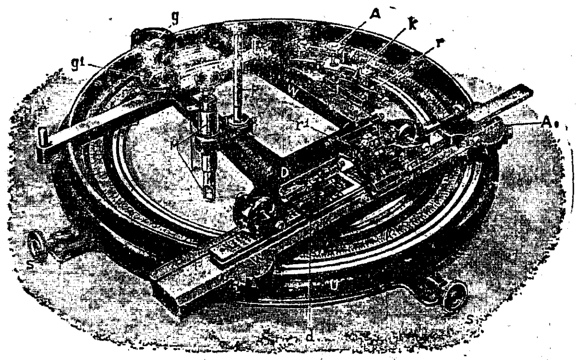
（１）**直角坐標測定器** (Rectangular Coordinatograph)　第611圖は G. Coradi 會社の細部坐標測定器 (Detail Co-ordinatograph) である。長 60 cm, 幅 35 cm の鐵框で圖面を抑へ付け、ii'が測定線



第 611 圖　直角座標測定器

に落つる樣に又 i' が零點に來る樣にする。移動框 A を動かして其の上の M なる印を横線尺度 C の零線と一致せしめ、次に尺度 C と移動框 A とを共に動かして測微鏡の叉點を測定線の零點 i' と合致せしめる。勿論此の時小移動器 B も之を A 上に動かして縦線尺度 D に就いて同樣の事をなす。而る後坐標を求むる點に測微鏡を動かして其の坐標を C,D 二個の尺度にて讀む。

（２）**極坐標測定器** (Polar-coordinatngraph)　第612圖も矢張り G. Coradi の Polar-coordinatograph である。各部の名稱並に作用を示すと



第 612 圖　極座標測定器

U=臺板 (Base Plate)—環狀盤の上に載る。

SS_1=微動螺旋 (Slow Motion Screw)—互に直角の方向に在り臺板を環狀盤上に微動せしめる。

K=分度圓 (Graduation Circle)

W=框 (Frame)

A=緊付螺旋 (Clamp Screw)

D=W上を移動する車

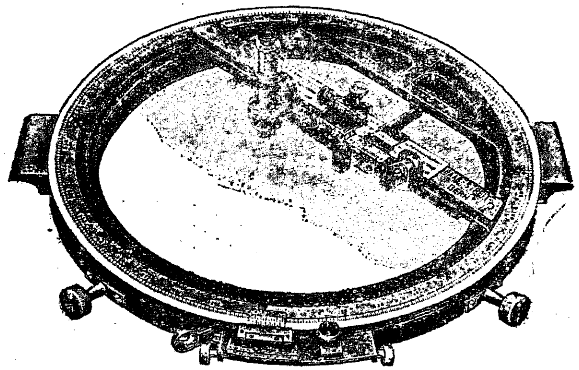
P=尖點 (Pointing Needle)

r_1=測輪 (Measuıing Roller)—0.01 mm 迄讀む

L=尺度 (Distance Scale) —mm 迄目盛りし、滑子 d を附す

M=測微鏡 (Microscope)

第 613 圖も同じ目的に用ひられる。



第 613 圖　極座標測定器