

## 第四章 轉鏡儀測量 (Transit Surveying) 又は經緯儀測量 (Theodolite Surveying)

### 22 概 説

轉鏡儀を以て行ふ測量を轉鏡儀測量と云ふのであるが、凡そ角度の測定にトランシット又はセオドライトを用ひないことは殆んど無い。然らば凡てが轉鏡儀測量になつてしまふ。

此第四章では、器械の構造、使用法、調整方法及び經緯測法等を述べるのである。

### 23 轉鏡儀並びに經緯儀の構造及種類

轉鏡儀も經緯儀も共に、角を測る器械である、其の異なる點は轉鏡儀は望遠鏡が水平軸の廻りに何回でも自由に廻轉が出来るものであるが、經緯儀は只一回轉が出来る丈である。然して經緯儀はヨーロッパ方面で製作せられ、轉鏡儀は主としてアメリカ方面に於て製作せられるのである。

普通は次の様な各種の測定が出来る様に装置してある。

- (1) 水平角 (Horizontal angle)
- (2) 直立角 (Vertical angle)
- (3) 高低測量 (Leveling)

これは望遠鏡附屬の水準器を使用するのである。

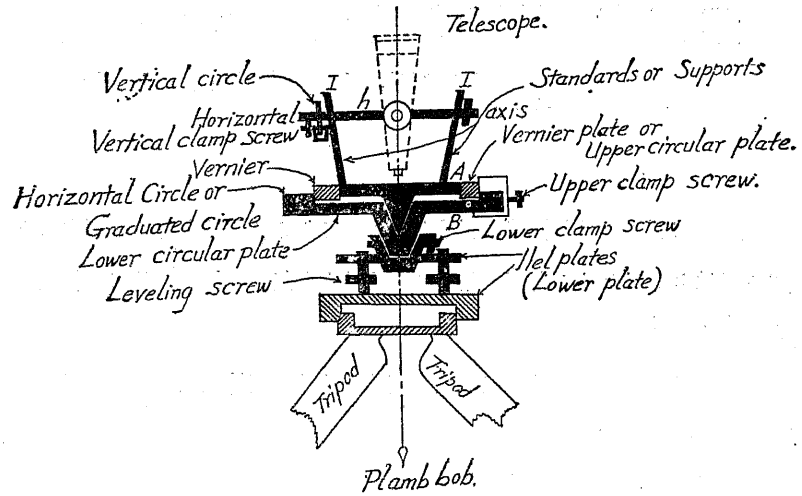
- (4) 視距測量 (Stadia Surveying)
- (5) 羅盤測量 (Compass Surveying)

是等の中で羅盤の装置の無いものもある。

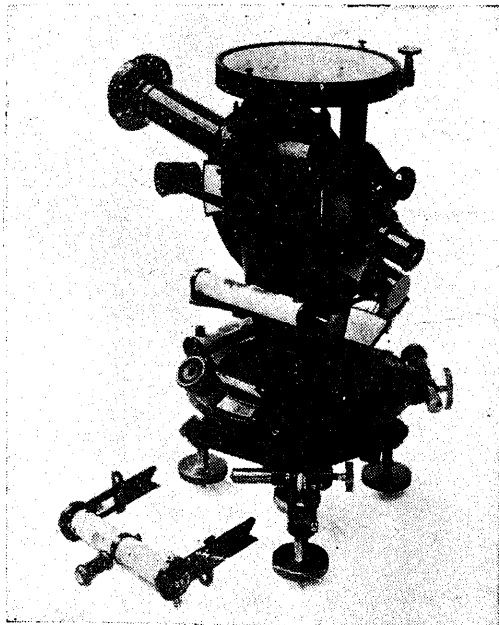
それで構造の主體は、分度圓と望遠鏡である。

第55圖は普通のトランシットの断面圖である。

第 55 圖

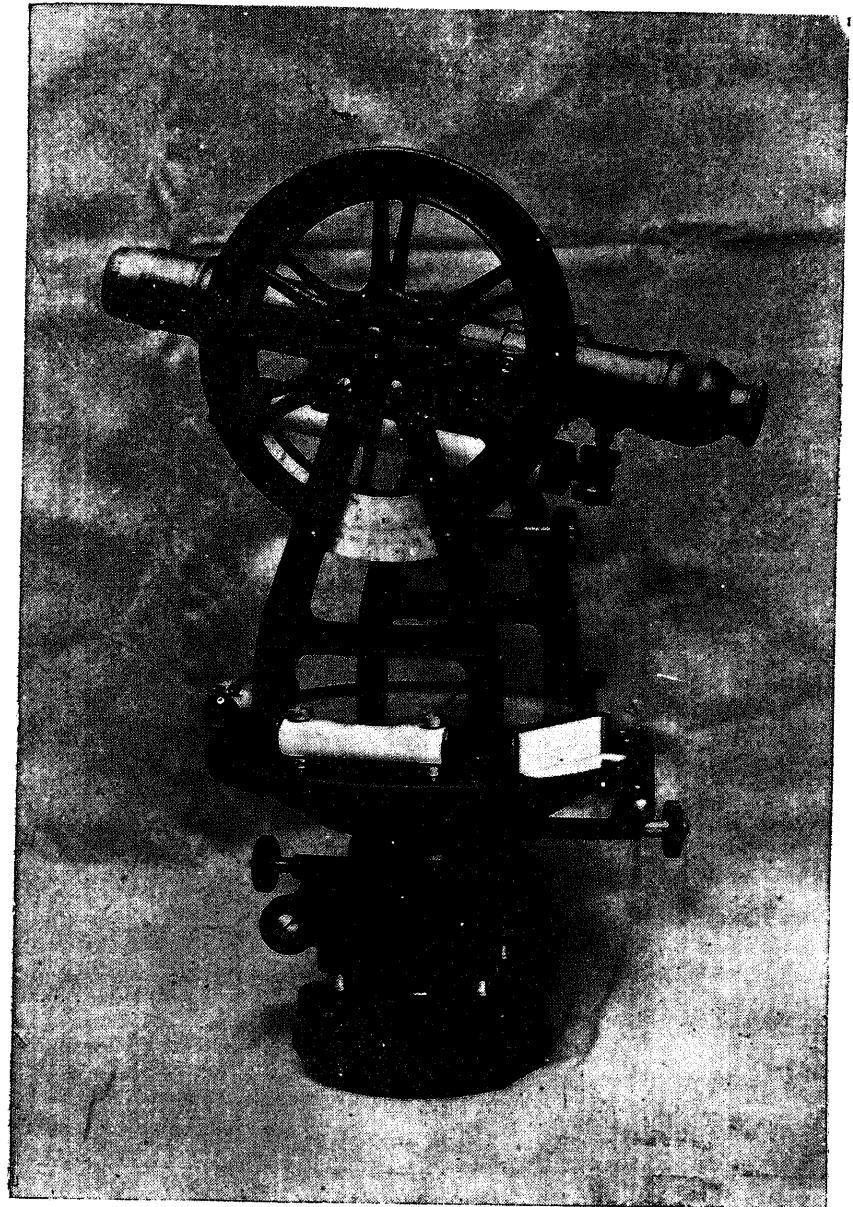


第 56 圖

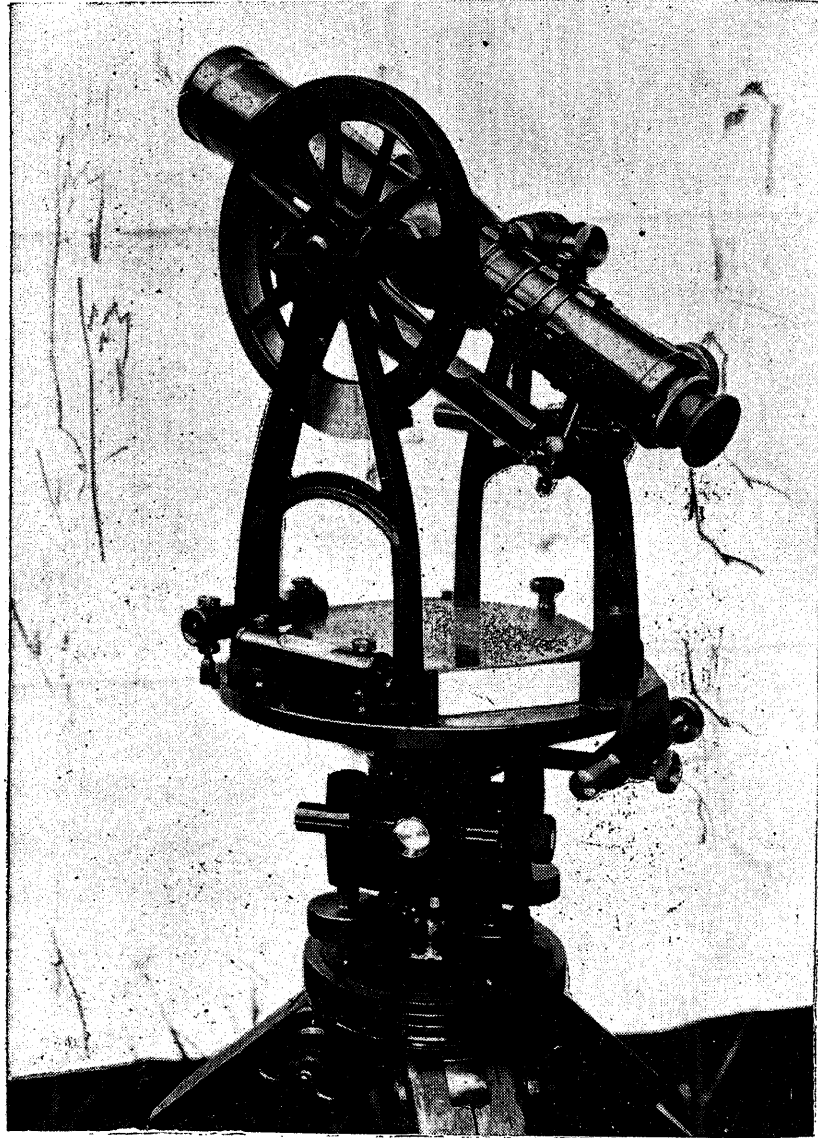


角度測定器として具備すべき條件は、第一精密に測定が出来ること、第二使用中に狂ひを生ずること絶対に無く、耐久力のあること、第三器械の取扱ひ簡便にして測定が迅速に出来ること、第四器械の調整は成るべく簡單なること、理想としては調整せずに、直ちに役立つこと、第五器械は堅牢にて軽く目携帯に便なること、第六價格低廉なること、等である。

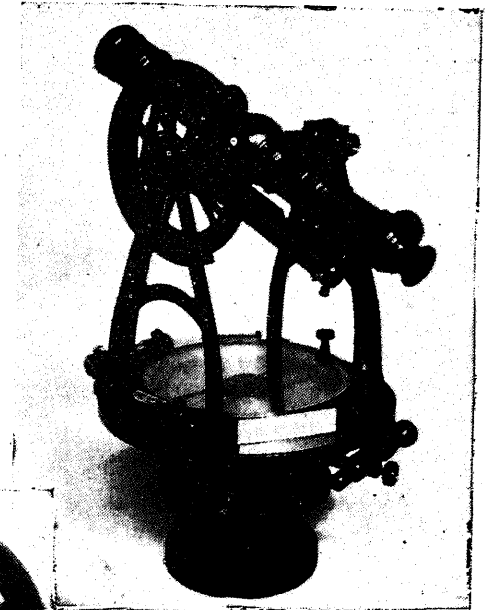
第 57 圖



第 58 圖

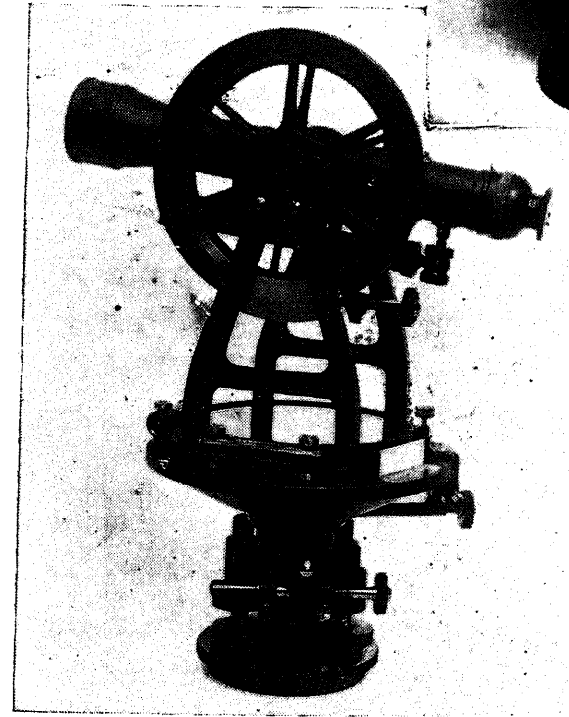


第 59 圖



近來我が國産の器械も、幾多の改良を加へ進歩發展の實を擧げ外國品を凌駕してゐる如き優良なるものもあるが、彼のスイス又はドイツの如きを壓倒して、世界の最優秀品として天下に雄飛せんとするには前途尙ほ絶大なる努力と改良を要する次第である。

第 60 圖



元來我が國民性には、其の特徴の一つとして、精密なる器械製作に對して特に優良なる技術を持つて居るのである。

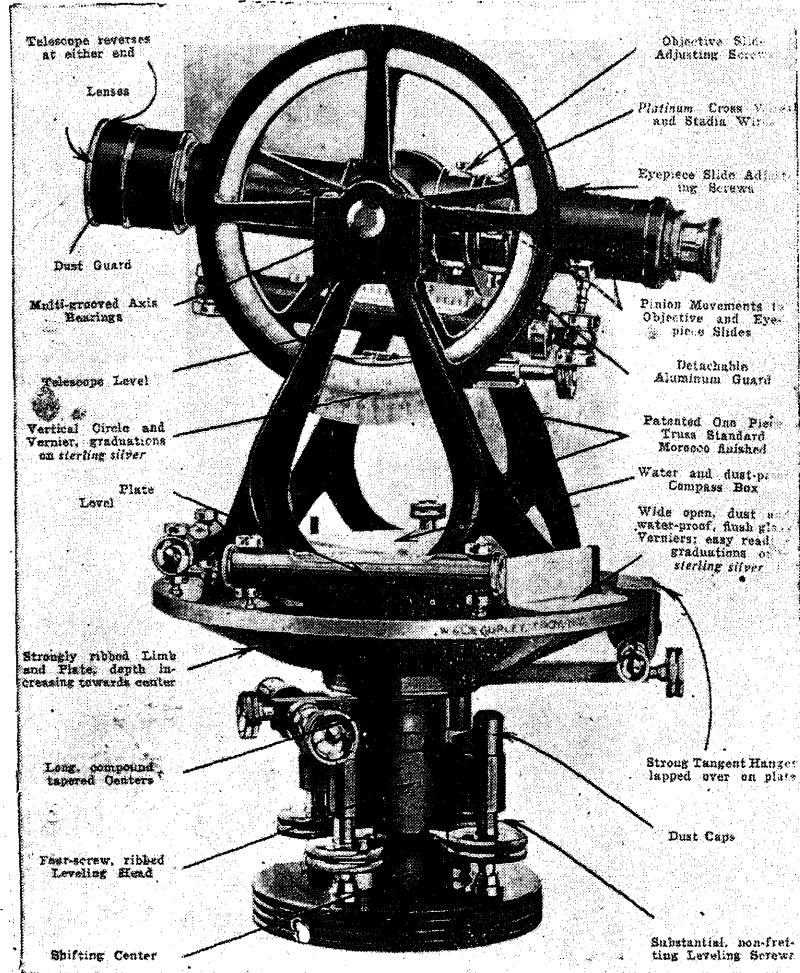
次に代表的のトランシットとセオドライトを擧ぐれば次圖の様である第58圖から第60

圖は國產品である。

第56圖は獨式小型轉鏡緯儀である、分度は30分、遊標は30秒読みである。

第57圖は米式 $3\frac{1}{2}$ 吋トランシットである。分度は30分、遊標は1分読みである。

第 61 圖  
Distinctive Features of Transit



第58圖は米式4吋トランシットである、分度は20分、遊標は20秒読みである。

第59圖は米式5吋トランシットである、分度20分、遊標20秒読みである。

第60圖は米式 $3\frac{1}{2}$ 吋トランシットである。分度20分、遊標20秒読みである。

第61圖は米國產のトランシットである。アメリカ式大量製產の物產で明治の後半期より以來我が國へ輸入されたのは此型のものが多い。

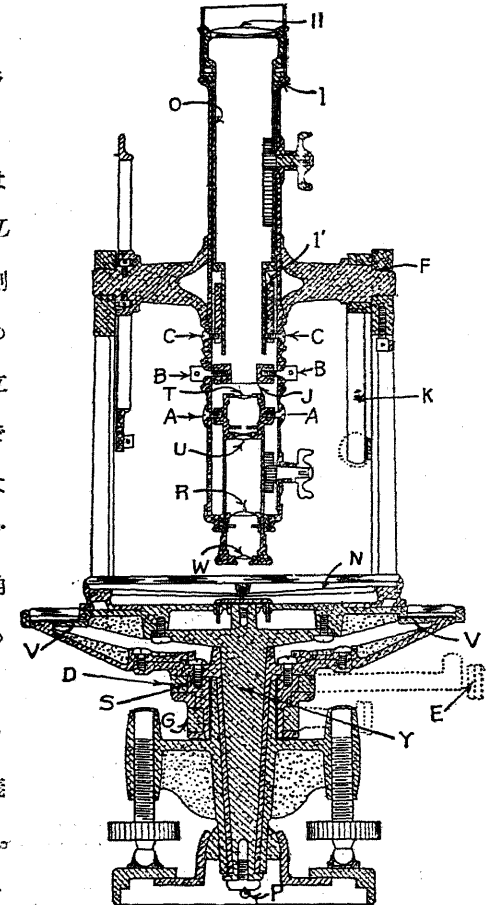
第62圖は前圖の如き型のトランシットの断面である。

第63圖より第66圖迄のものはドイツ、カールツアイスの(CARL ZEISS) 經緯儀である、これは測微鏡が装置してあり、1秒迄讀めるのである。之れで水平角と直角が第64圖のH<sub>3</sub>なる測微鏡で同時に讀むことが出来る、之れは第66圖に示す如き装置によりプリズムを以て光線を選びて角度の目盛を一箇所に纏めるのである。

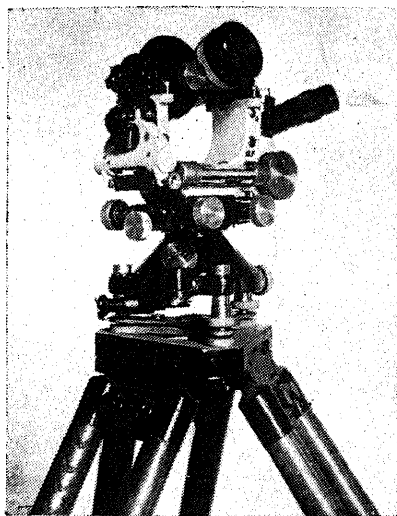
第67圖はドイツ製オットーフェネル(Otto Fennel)の經緯儀である。遊標は10秒読みである。

第68圖第69圖はスウェーデン製ウキ

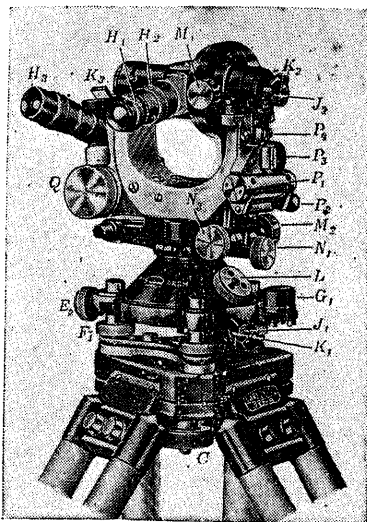
第 62 圖  
Sectional View of a Transit



第 63 圖



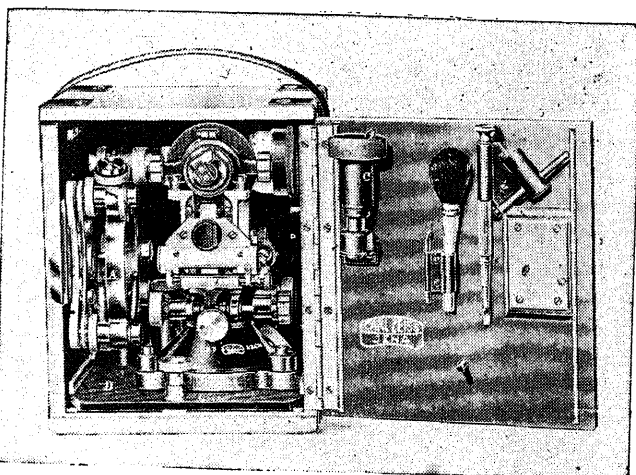
第 64 圖



ルド經緯儀である。

第 65 圖

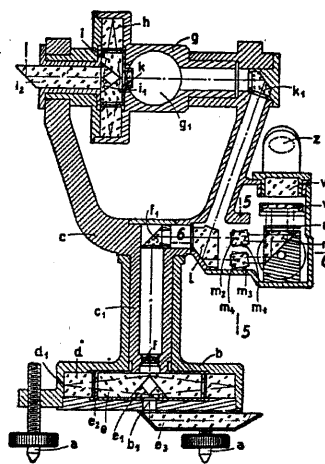
これは測微鏡の装置により、1秒迄完全に讀めるのである、然も測微鏡が望遠鏡のすぐ側にあるから、觀測者は身體を動かさずに直ちに水平角と直立角を同時に讀むことが出来る。



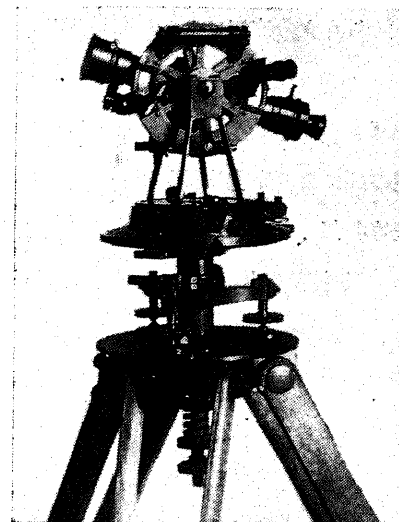
第 69 圖はプリズムを以て光線を導く曲折圖である。

(a) 緊螺旋と微動螺旋 (Clamp Screw and Tangent Screw) 通常トランシット

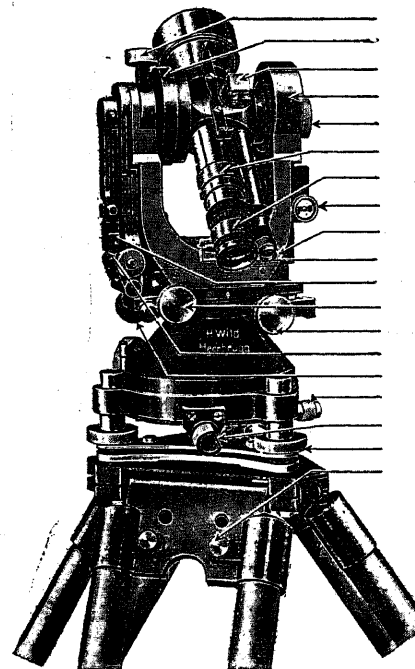
第 66 圖



第 67 圖



第 68 圖



- 垂直分度環用固定捻
- 垂直分度環
- 垂直分度環用照明器
- 右方鏡軸受函
- 秒筒微動捻
- 望遠鏡焦點調度用環
- 接眼鏡焦點調度用環
- 分度轉換捻
- 讀取顯微鏡用接眼鏡
- 橫水平器
- 視準水平器用プリズム
- 高度用微動捻
- 方位用微動捻
- 視準用水平器
- 視準水平器用微動捻
- 光學的中心移動合置用眼鏡
- 水平分度環照明用プリズム
- 水平加減捻三本の内の一本
- 緊締捻

ウキルド萬能經緯儀

分度轉換器 右回轉(時計の針の運行方向)せば水平分度出顯し、左回轉せば垂直分度出顯す。

には三種の緊螺旋が装置してある。

即ち直立分度圓にある直立緊螺旋(Vertical Clamp Screw) と、上盤(遊標盤)と下盤との間にある上部緊螺旋(Upper Clamp Screw) と、次に下盤と平行盤の間にある下部緊螺旋(Lower Clamp Screw) である。是等各部の極めて微細なる運動をせしむる爲めに微動螺旋(Tangent Screw) が附屬してある。それで Clamp Screw を締めなければ Tangent Screw は其の作用をしない様になつて居るのである。

(b) 分度圓 (Graduated Circle)

分度圓に二種ある、第一は 360 度に於ける方法で第二は 400 度に於ける方法である、普通は 360 度式である、今から數十年前に於ては目盛盤の直徑が大なる程精密に目盛が出来ると考へられた結果、直徑 1 米に達する様な形大なトランシットも作られた時代もあつたが、今日は目盛機械(Dividing engine) が發達した爲めに大きいので直徑 30 糎位である、通常 10 糎乃至 15 糎位である。

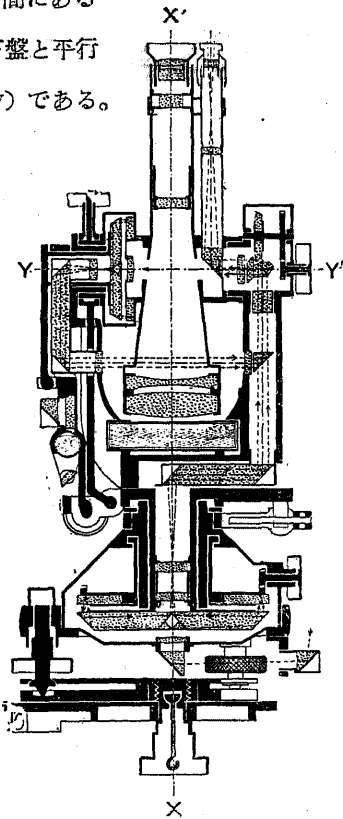
360° 式の度盛の方法に三種ある第 70 圖 (a)(b)(c) の如し。

(b)(c) は小型の器械に用ひられる。

1 目盛は通常  $\frac{1}{2}$  度か  $\frac{1}{3}$  度である、然して遊標(Vernier) によつて更に細い部分を讀むのである、遊標には 1 分 30 秒 20 秒 10 秒讀等がある。更に測微鏡の装置してあるもので 1 秒迄讀めるのである。

第 69 圖

ウキルド萬能經緯儀  
斷面並に光線曲折圖



(c) 遊標 (Vernier)

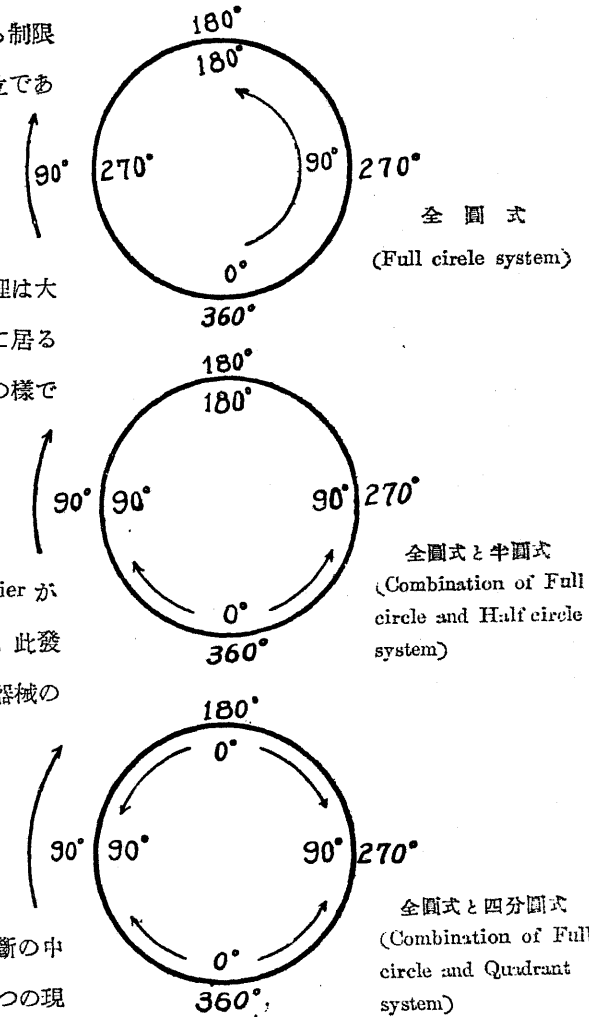
角度の目盛には自ら制限がある、最小 10 分位である、それで更に細い所を讀むのに遊標を使用する此遊標の原理は大概の物理の本には出て居るが大略を述べれば下の様である。

遊標(Vernier) は 1,631 年に佛人 Pierre Vernier が考案した方法である。此發明の結果凡ての觀測器械の目盛に一大革命を來たした。(c)

遊標の主眼とする所は、吾人の肉眼による判斷の中で最も信頼し得る一つの現象に着眼したのである。

即ち第 71 圖 (a) に於て c を ab の中間の點とする時 c が ab の何分の一に相當するかは如何なる良眼を以てするも判斷することは出來ぬが、(b) の場合に於て直線 de と ef が一直線であることや、又 gh と kl が一直線で無いと云

第 70 圖

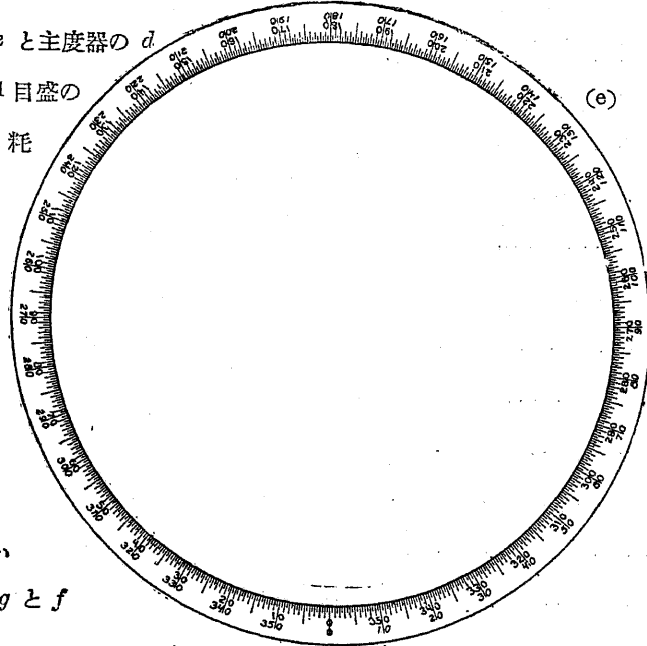
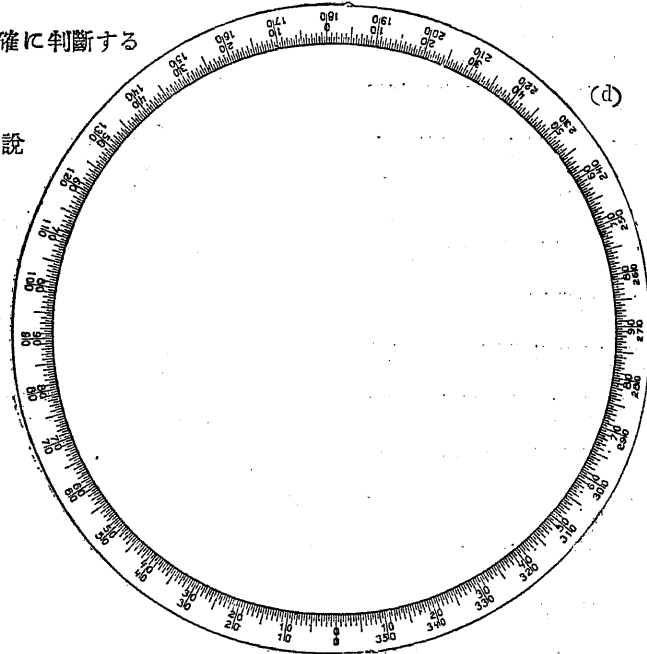


ふ判断は極めて正確に判断することが出来る。

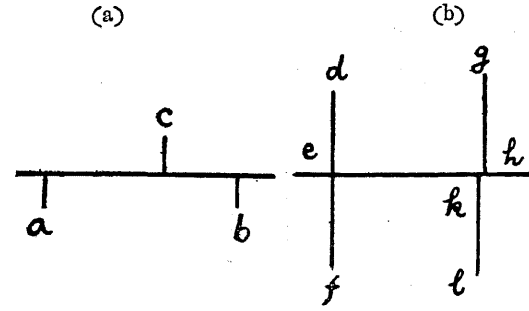
今第72圖に付て説明せん。

圖の下部にあるのが主度器で、上部にあるのが遊標である。主度器の1目盛を糧とす、(a)圖に於ては主度器の9糧が遊標に於て10等分してあ

る、然らば遊標のeと主度器のdとの距離は主度器1目盛の $\frac{1}{10}$ になる、即ち1糧である、又gとfとの長さは2糧となる、されば今遊標を右方即ち矢印の方向へ移動するとする、移動1糧の時にはeとdが一致し、移動2糧の時にはgとf



第 71 圖



が一致する筈である、然して其の際に主度器の0と遊標の0との差が明らかに2糧となる。

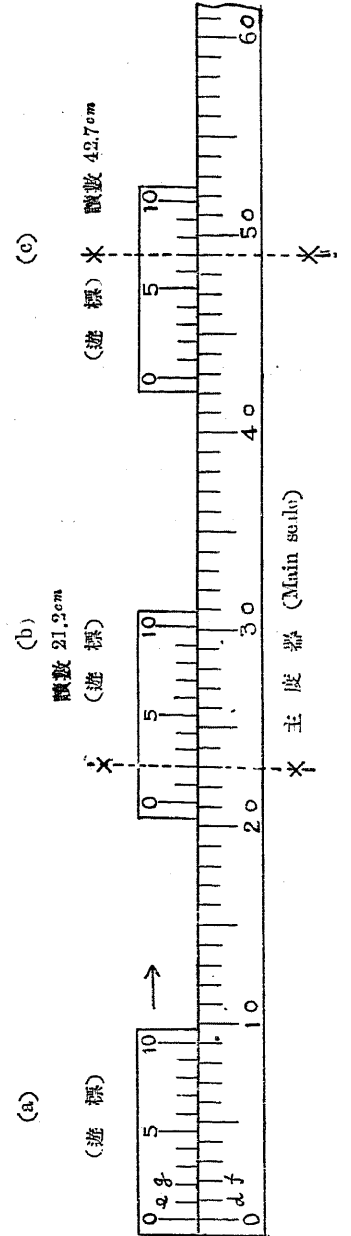
斯様に主度器の9つの目盛を10等分すれば、1目の $\frac{1}{10}$ 迄の細部の読みを探ることが出来る。今遊標を更に右方に移動して(b)圖の如き位置に来たとする、然らば遊標の0の示す主度器に於ける読みは21糧に更に遊標の0との差を求むればよろしい、即ち21糧2

糧となる、(c)の場場は42糧7糧となる。此種の遊標に於て遊標の0と主度器の目盛の差は、進行の方向に於ける一致線を見出せば読むことが出来る、之れを順読み遊標と云ふ。

第73圖に示す如きを逆読み遊標と云ふ。

これは(a)の如く主度器の11目盛を10等分したものを遊標としてあるのである、然らばdとeの差は主度器1目盛の $\frac{1}{10}$ とな

第 72 圖 (順 遊 標 読 法)



る、此場合には 1 耗と假定す、 $f$  と  $g$  の差は 2 耗となる、前同様に遊標を右方即ち矢印の方向へ移動し其の距離 1 耗ならば  $d$  と  $e$  が一致し 2 耗とならば  $f$  と  $g$  が一致する、但し一致點は次第に進行の方向に逆になる、故に逆読み遊標と云ふのである。

次に (b) 圖を見るに遊標 0 の示す読みは 31 耗 2 耗で一致點は逆に戻つて探すのである。(c) 圖は其の読みは 51 耗 7 耗である。

一般に主度器の目盛の  $(N-1)$  箇を  $N$  等分した遊標を作れば 1 目の  $\frac{1}{N}$  迄読むことが出来る、これ順讀遊標である。

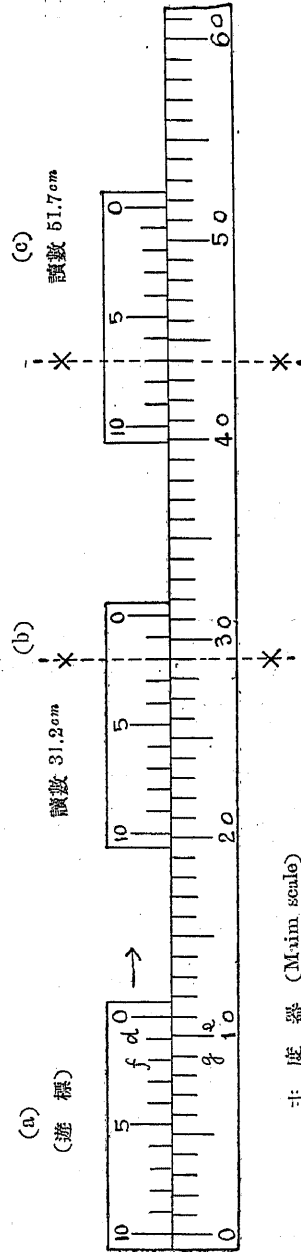
又主度器の目盛の  $(N+1)$  箇を  $N$  等分すれば同様に  $\frac{1}{N}$  迄読める逆讀遊標が出来るのである。

角度を読むにも全く同一の原理に基き遊標を使用するのである、第 74 圖より第 76 圖に到るものは最も普通に用ひられる遊標である。

第 74 圖は 1 分讀みの複遊標 (Double Vernier) である。

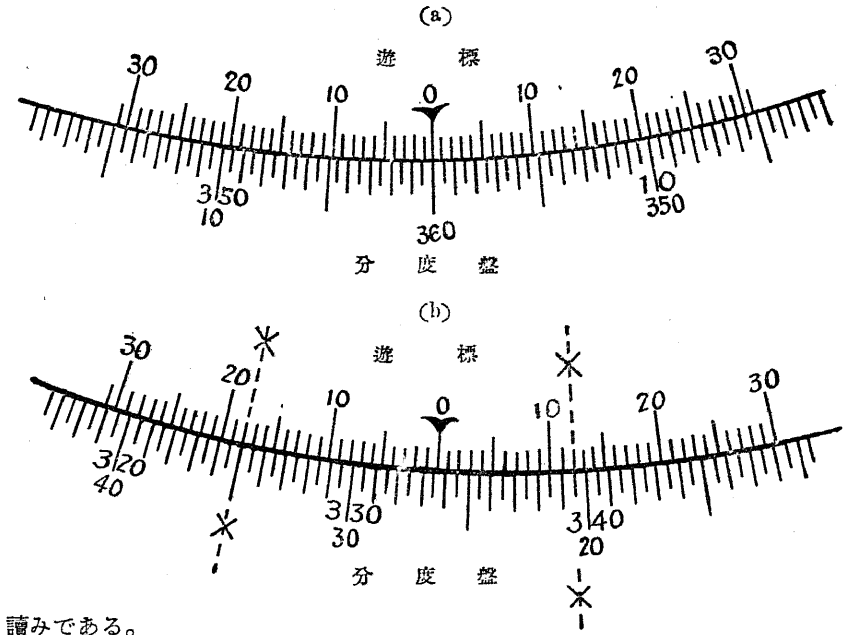
分度盤の最少の目盛は  $\frac{1}{2}$  度即 30 分である、之れを 29 箇集めたものを 30 等分したものを遊標としてある、されば  $N$  が 30 であるから分度盤 1 目の  $\frac{1}{30}$  迄読める、即ち 1 分

第 73 圖 (逆讀遊標)



主度器 (Main scale)

第 74 圖



読みである。

(b) 圖に於て右廻りの場合の読みは  $333^{\circ} 42'$

左廻りの場合の読みは  $26^{\circ} 18'$

第 75 圖は 30 秒讀みの複遊標 (Double Vernier) である。

分度盤の最少の目盛は  $\frac{1}{3}$  度即ち 20 分である、之れを 39 箇集めたものを 40 等分したものを遊標としてある、されば  $N$  が 40 であるから 1 目の  $\frac{1}{40}$  迄読める、 $2^{\circ}$  分の  $\frac{1}{40}$  即ち 30 秒讀みである。

(b) 圖に於て右廻りの場合の読みは  $333^{\circ} 21' 30''$

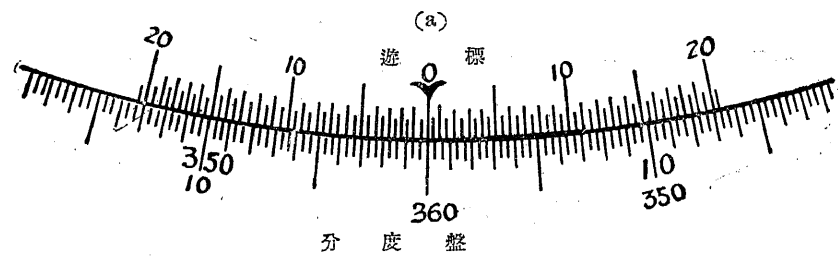
左廻りの場合の読みは  $26^{\circ} 38' 30''$

第 76 圖は 20 秒讀みの複遊標 (Double Vernier) である。

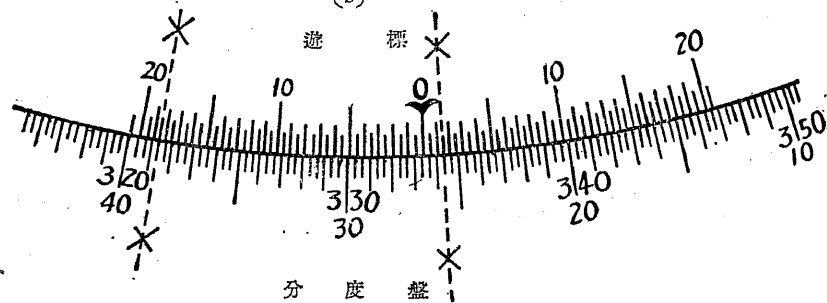
分度盤の最少の目盛は  $\frac{1}{3}$  度即ち 20 分である、之れを 59 箇集めたものを 60 等分したものを遊標としてある、されば  $N$  が 60 であるから 1 目の  $\frac{1}{60}$  迄読める



第 75 圖

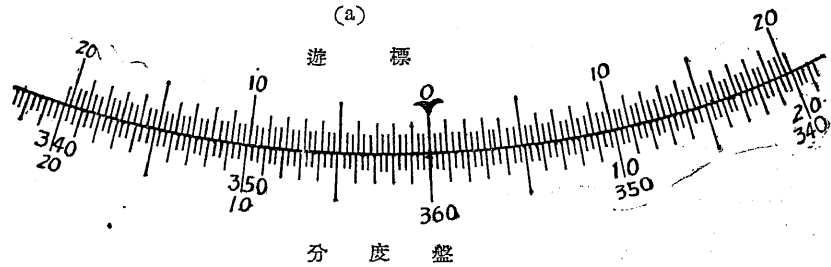


(a)

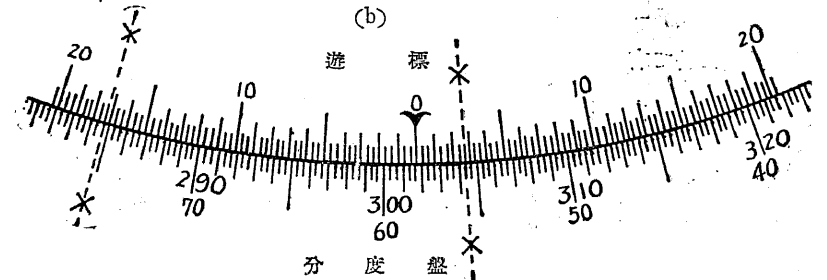


第 76 圖

(a)

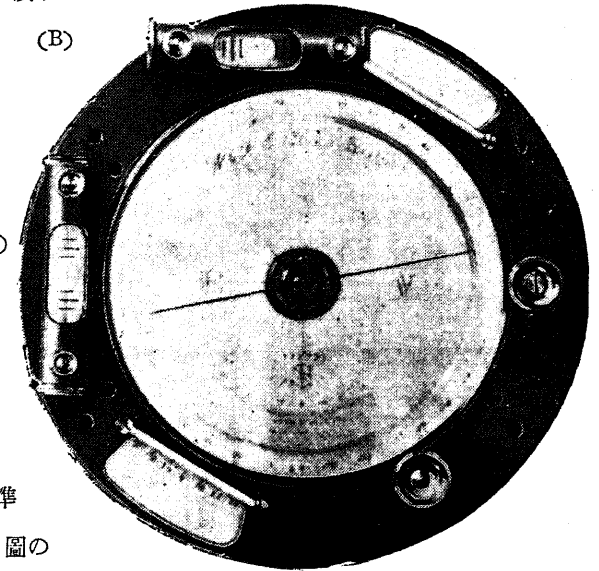


(b)



分度盤

第 77 圖



る、20分の $\frac{1}{60}$ 即ち 20 秒読み

である。(B)

(b) 圖に於て右廻りの  
場合の読みは

$301^{\circ} 42' 40''$

左廻りの場合の讀 (A)

みは  $58^{\circ} 17' 20''$

(d) 水準器と整準

螺旋 (Level and

Leveling Screw)

通常遊標盤に二つの水準

器が装置してある、第 77 圖の

A, B の如く其位置は約 90 度になつて居る。圓盤を水平に導くために整準螺旋がある第 78 圖第 79 圖にあり。

此整準螺旋は 3 箇あるものと 4 箇あるものとあり、ヨーロッパ型は 3 箇でアメリカ型は 4 箇である。

第 80 圖は螺旋が 3 箇の場合に於ける整準の方法を示す圖である、先づ A 水準器を  $a_1 a_2$  なる線に平行ならしむ、そこで  $a_1$  と  $a_2$  の螺旋を同時に矢の方向に回轉すれば、A 水準器の右方が上り左方が下ることになり氣泡は右へ運動を始める、次に  $a_1 a_2$  を各矢印の反對の方向に同時に廻せば、前と反對に氣泡は左方へ動く様になる斯くして A の氣泡を中央に導いたら、次に b 螺旋によつて B 水準器の氣泡を中央に導くのである、b を矢印の方向へ廻せば B の右方が下ることになるのである。

第 81 圖は螺旋が 4 箇ある場合の整準方法を示す圖である、先づ A 水準器を  $a_1 a_2$  に平行ならしむ、然らば B 水準器も亦  $b_1 b_2$  に平行になる、そつて  $a_1$

と  $a_2$  の螺旋を同時に矢の方向に廻轉せれば  $A$  水準器の右方が下り左方が上ることになる、従つて氣泡は左の方へ運動をするのである、次に  $a_1 a_2$  を各矢印と反對の方向に同時に廻せば、前と反對に氣泡は右の方へ向つて運動をする、斯くして  $a_1 a_2$  を適當に動かして  $A$  の氣泡を中央に導く。次に  $b_1 b_2$  の螺旋により  $B$  水準器の氣泡を中央に導くのである。

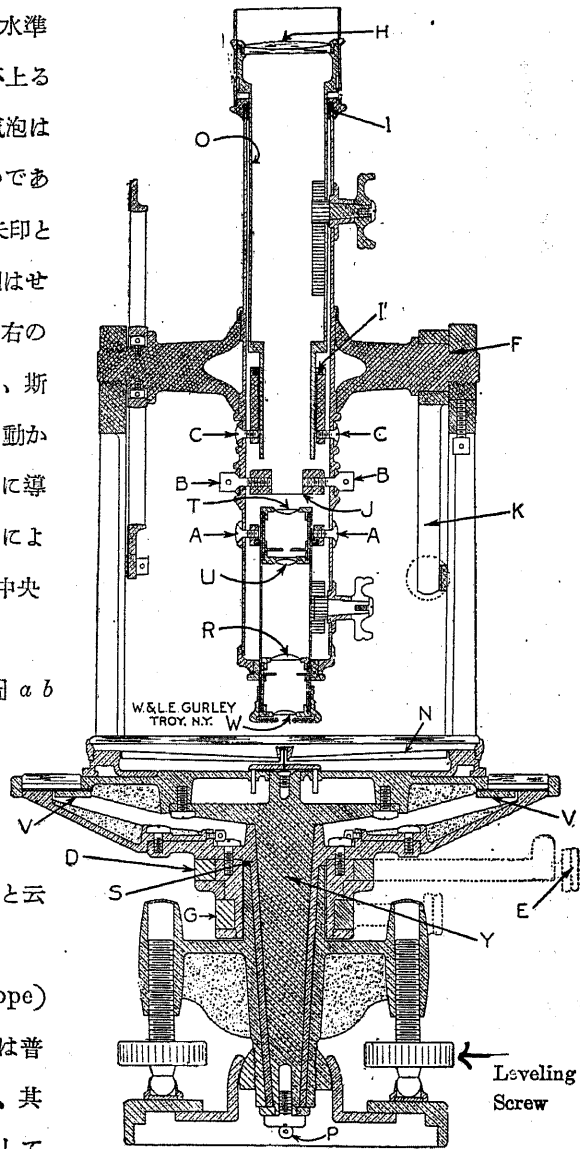
尙水準器には第 82 圖  $a b$  に示す如き螺旋が裝置してある、水準器調整螺絲 (Adjusting Screw of Plate level) と云ふ。

24 望遠鏡 (Telescope)

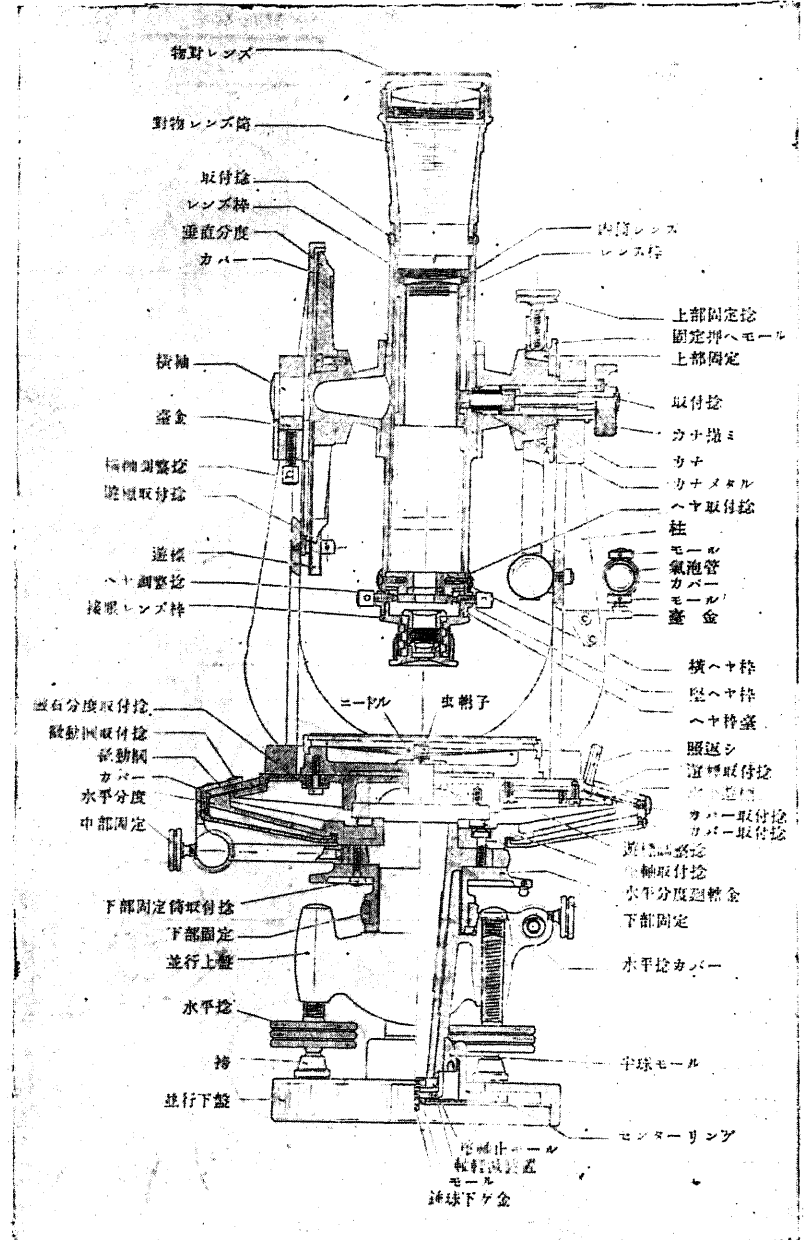
望遠鏡の構造の大體は普通のものとは大差がない、其の構造並びに理論に關して

は普通の物理の本にあるからこゝでは省略する。

第 78 圖



第 79 圖



第78圖第79圖に断面がある。

普通の望遠鏡と異なるところは唯だ第78圖Bに示す如く又線

(Cross Hair) が装置してある點である、蜘蛛

線にて作れるものを又線

(Cross Hair) と云ふ、白金の細き針金にて作れるものを Cross

wire と云ふ、又レンズに十字を刻めるものを Cross line と云ふ。

第83圖に示す如く又線は小なる圓環に張つてある、此圓環は4

箇の螺旋で支へられて

る、圖の B' B' を水平線調整螺旋 (Horizontal hair adjusting Screw)

と稱し、BBを鉛直線調整螺旋 (Vertical hair adjusting Screw)

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

と云ふ。

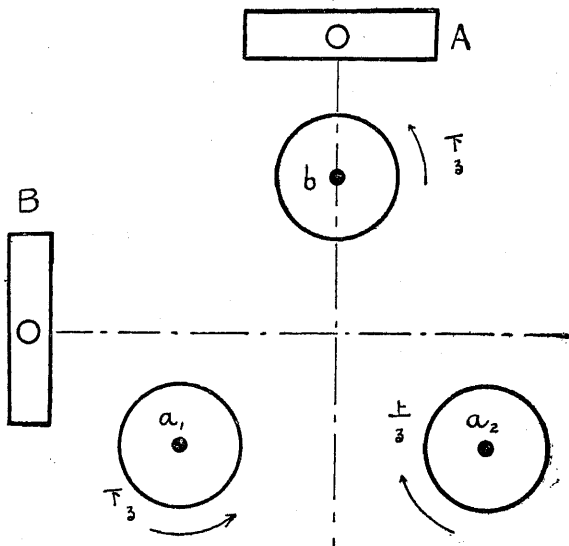
と云ふ。

と云ふ。

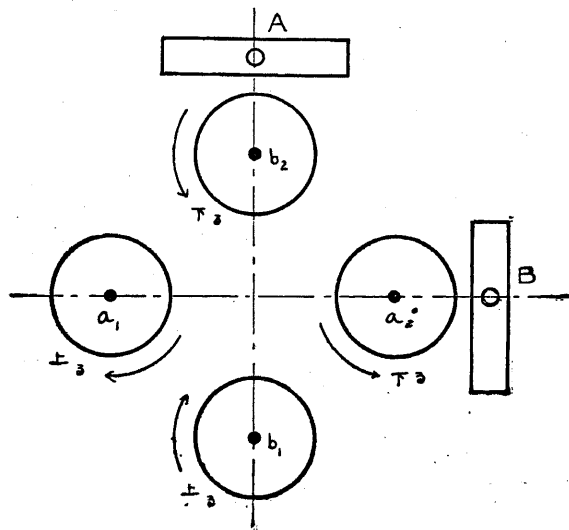
と云ふ。

と云ふ。

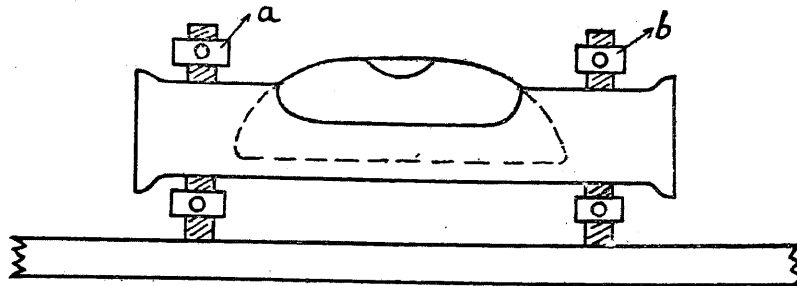
第 80 圖



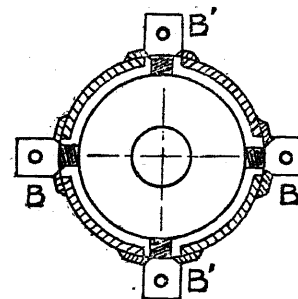
第 81 圖



第 82 圖



第 83 圖



望遠鏡には正像のものと倒像のものがある、正像のものは云ふ迄も無く見易いが、レンズの数の多い爲めに幾分光度が不充分である、又倒像のものは見難いが、光度が前者よりも明るい倒像は観測者が馴れば何等苦痛はない。何れも一得一失はあるが大したことは無い。

此種望遠鏡の増大率 (Magnifying Power) は通常 20 倍乃至 30 倍である。

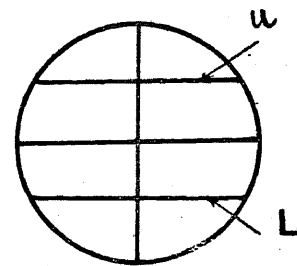
又線の中心と對物鏡 (Objective) の光心 (Optical center) とを結ぶ線を視準線 (Line of collimation) と云ふ。

大概のトランシットには、又線の外に第84圖の如く  $vL$  の二本の線が装置してある、之れを視距線 (Stadia hair) と稱し、上線 (Upper hair) 下線 (Lower hair) と云ふ。

此視距線間の距離は視距線調整螺旋 (Stadia hair adjusting Screw) により調整が出来るものと、又固定して調整が出来ぬものとある。

望遠鏡で視準をする時には先づ接眼鏡移動螺旋 (Eye-piece Sliding screw) に

第 84 圖



より又線が観測者に明視する様に調整し、然る後に對物鏡移動螺旋 (Objective sliding screw) により遠方の目標に焦點を合はせるのである。

又線の面と像の面とが一致しないと視差 (Parallax) を生ず、接眼鏡を調整して視差の生じない様にすることが肝要である。

25 トランシットの検査 (Testing of Transit)

(1) 目盛の検査。

角度の目盛に誤りがあつてはならぬ。目盛の製作は極めて優秀精巧なる機械 (Dividing Engine) を使用し堅固なる基礎の上に於て絶対に振動の生ぜざる装置を施し、温度湿度等の調節を厳密にして行ふこと勿論であるが、絶対に記差なき目盛は如何に人力の最善を盡しても作ることは出来ぬ。現今度量衡に對しては法律の定むるところにより検定を施行されてるが、角度測定器に對しては何等の取締りがない様である。優良國産品保護の上から厳密なる検定の制定は望ましいことである。

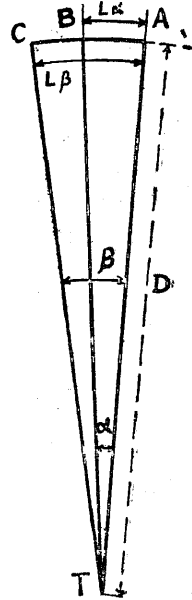
簡単に検査するには、分度圓の各部分を遊標に合はせ、到る所に於て讀みが同一なりや否やを検査するのである。然れ共遊標の方にも誤差があるのであるから其詳細なことは斯様な簡単なことでは出来ぬ。

又次の様な方法もある。

それは第 85 圖の様に基線  $AT$  を設け其距離  $D$  を極めて精密に測る、トランシットを  $T$  點に据付ける、遊標により小なる角  $\alpha$  を讀み、次に  $AB$  の長さを鋼卷尺で精密に測る然して  $L_a$  の計算上の長さとなつた長さとの差を見るのである。 $\beta$  に對する  $L_\beta$  も同様である。

$L_a$  の計算式は次の如し。

$$L_a = \frac{\alpha \cdot D}{206265}$$



第 85 圖

但し  $\alpha$  は秒とす。

一例として三種のトランシットに對して検査した結果を示せば、第 4、第 5、第 6、表の様である。距離  $D$  は鋼卷尺を以て量り、温度、張力、垂弛等に對する更正を施したのである。此中 2 種類は國産のトランシットであり他の一種は外國品である。

第 4 表

距離	50006.11m.m.			100016.85m.m.			150029.93m.m.		
	計算	實測	差	計算	實測	差	計算	實測	差
6'20"	m.m 4.85	m.m 3.50	m.m +1.35	m.m 9.70	m.m 11.30	m.m -0.60	m.m 14.55	m.m 11.50	m.m +3.05
0'40"	9.70	10.00	-0.30	19.39	21.00	-1.61	23.09	27.70	+1.39
1'00"	14.55	12.50	+2.05	29.09	26.70	+23.9	43.64	36.20	+7.44
1'20"	19.40	18.90	-0.50	38.80	36.70	+2.10	58.20	53.60	+4.60
1'40"	24.24	22.50	-1.74	48.49	48.50	+0.01	72.73	68.50	+4.23
2'00"	29.09	28.50	+0.59	58.19	52.00	-0.81	87.23	84.60	+2.69
3'00"	43.64	42.80	+0.84	87.28	86.60	+0.68	130.93	127.00	+3.93
4'00"	58.19	58.60	-0.41	116.38	121.00	-4.62	174.57	176.70	+2.13
5'00"	72.73	70.60	-2.13	145.46	145.60	-0.14	218.20	216.00	+2.20
6'00"	87.28	88.00	-0.72	174.56	178.30	-3.74	261.85	267.50	+5.65
7'00"	101.82	104.00	-2.18	203.65	207.80	-4.15	305.49	308.50	+3.01
8'00"	116.37	116.60	-0.23	232.75	236.20	-3.45	249.13	247.50	+1.63
9'00"	130.92	130.30	+0.62	261.84	263.60	-1.76	392.78	393.60	-0.82
10'00"	145.46	144.20	+1.26	290.94	291.50	-0.56	436.42	432.50	+3.92
11'00"	160.01	159.20	+0.81	320.03	320.00	+0.03	480.07	475.50	+4.57
12'00"	174.56	174.50	+0.06	342.13	351.00	-1.87	523.71	525.70	+1.99
13'00"	289.10	187.50	+0.16	378.22	378.00	+0.22	567.35	564.70	+2.65
14'00"	203.65	202.60	+1.05	407.32	406.50	+0.82	611.00	606.40	+4.60
15'00"	218.20	216.70	+1.50	436.41	434.60	+1.81	654.64	642.00	+5.64

第 5 表

距離	50006.11m.m			100016.85m.m			150029.96m.m		
	計算	實測	差	計算	實測	差	計算	實測	差
0'20''	m.m 4.85	m.m 5.40	m.m -0.55	m.m 9.70	m.m 10.00	m.m -0.30	m.m 14.55	m.m 13.30	m.m +1.25
0'40''	9.70	13.00	-0.33	19.39	24.00	-4.61	29.09	32.30	-3.21
1'00''	14.55	17.50	-2.95	29.09	30.10	-1.01	43.64	45.00	-1.36
1'20''	19.40	19.60	-0.20	38.80	36.00	+2.80	58.20	52.30	+5.90
1'40''	24.24	25.40	-1.16	44.49	47.50	+0.99	72.73	65.80	+6.93
2'00''	29.09	29.70	-0.61	58.19	55.00	+3.19	87.29	79.50	+7.79
3'00''	43.64	45.30	-1.66	87.28	86.50	+0.78	130.93	125.00	+5.93
4'00''	58.19	52.80	-1.61	116.78	117.70	-1.32	174.57	169.50	+5.07
5'00''	72.73	70.70	+2.03	145.46	138.00	+7.46	218.20	204.00	+14.20
6'00''	87.28	83.60	+0.68	174.56	168.50	+6.06	261.85	250.50	+11.35
7'00''	101.82	100.00	+1.82	203.65	195.50	+8.15	305.49	292.70	+12.79
8'00''	116.37	115.00	+1.37	232.75	226.60	+6.15	349.13	336.70	+12.43
9'00''	130.92	138.70	+2.22	261.84	251.00	+10.84	392.78	375.70	+17.08
10'00''	145.46	143.00	+2.46	290.94	284.00	+6.94	436.42	424.70	+11.72
11'00''	160.01	156.20	+3.81	320.03	310.00	+10.03	480.07	464.50	+15.57
12'00''	174.56	173.60	+0.96	349.13	345.00	+4.13	523.71	516.50	+7.21
13'00''	189.10	188.00	+1.10	378.22	376.00	+1.92	567.35	565.20	+2.15
14'00''	203.65	203.00	+1.65	407.32	405.30	+2.02	611.00	604.60	+6.40
15'00''	218.20	215.40	+2.80	436.41	431.50	+4.91	654.64	643.00	+11.64

第 6 表

距離	50006.11m.m			100016.85m.m			150029.96m.m		
	計算	實測	差	計算	實測	差	計算	實測	差
0'20''	m.m 4.85	m.m 2.25	m.m +5.60	m.m 9.70	m.m 1.75	m.m +7.95	m.m 14.55	m.m 2.25	m.m +12.30

0'40''	9.70	3.60	+6.10	19.39	1.70	+17.69	29.09	1.70	+27.39
1'00''	14.55	11.10	+3.45	29.09	13.80	+15.29	43.64	13.80	+29.84
1'20''	19.40	14.10	+5.30	38.80	18.70	+20.10	53.20	25.70	+27.50
1'40''	24.24	21.20	+3.04	48.49	29.70	+18.9	72.73	49.70	+23.03
2'00''	29.09	29.60	+0.51	58.19	46.30	+11.89	87.29	72.70	+14.59
3'00''	43.64	44.70	-1.06	87.28	72.90	+7.38	130.93	117.80	+13.13
4'00''	58.19	52.80	-1.61	116.38	114.70	+1.68	174.57	152.90	+21.67
5'00''	72.73	74.70	-1.97	145.46	136.30	+9.16	218.20	192.50	+25.70
6'00''	87.28	19.70	-4.42	174.56	170.80	+3.76	261.85	248.00	+13.85
7'00''	101.82	107.20	-5.38	203.65	207.10	-3.45	305.49	294.50	+10.99
8'00''	116.37	116.70	-0.33	232.75	221.40	+11.35	349.13	325.20	+23.93
9'00''	130.92	123.80	+7.12	261.84	245.80	+16.04	392.78	365.80	+26.98
10'00''	145.46	143.70	+1.76	290.94	281.70	+9.24	436.42	412.60	+23.82
11'00''	160.01	161.20	-1.19	320.03	310.70	+9.33	480.07	457.60	+22.47
12'00''	174.56	173.80	+0.76	349.13	334.80	+14.33	523.71	499.10	+24.61
13'00''	189.10	185.30	+3.80	378.22	360.90	+17.32	567.35	532.20	+35.15
14'00''	203.65	201.90	+1.75	407.22	397.70	+9.52	611.00	588.70	+22.30
15'00''	218.20	213.80	+4.40	436.41	427.70	+8.71	654.64	629.80	+24.84

(2) 廻轉軸の偏心検査。

分度圓の中心と廻轉軸とは正しく一致することを要す。是れが一致せぬ時、即ち偏心なる場合には、其の爲に偏心距離に比例し、分度圓の半径に反比例する大きさを有する角の誤差を生ずるのである。其の関係は、第 27 で説明をする。

偏心の有無を検するには 180° 隔つた二箇の遊標により、分度圓の或る位置に於て、兩遊標の示度を讀む、次に約 90° だけ廻して再び其の示度を讀みたる時、各遊標の角の移動が相等しければ、即ち偏心が無いものとなる。

而して若し二箇の遊標が、其の移動角に差異ある時には、兩者の讀みの平均値が真正なる角を表はすことになる。

## (3) 分度盤兩遊標の間隔検査。

遊標の数が  $n$  箇あれば、其間隔は  $\frac{360^\circ}{n}$  なるを要する。即ち遊標 2 箇付のものは  $180^\circ$  となる。

これを検査するには、下盤（目盛盤）を固定し、上盤（遊標盤）を廻轉し、遊標の示度が恒に  $180^\circ$  づゝの差異が正しく有りや否やを検査するのである。これが不同の場合には不合格とすべし。

## (4) 遊標精度と望遠鏡の増大力との釣合検査。

遊標と望遠鏡の倍率とは釣合が宜しきを要するのである。

望遠鏡の倍率が過大なる時は、光度は倍率の 2 乗に正比例する故、光度を少ならしむることになり、又遊標の目盛が過小なる時は遊標を読むのに、時間を要する虞れがある。測微器が装置してあり然も倍率大にして、観測並びに読みを採るのに時間を要しないものがよろしい。

## (5) 望遠鏡氣泡管感度と望遠鏡倍率との釣合検査。

望遠鏡附屬の水準器の感度は通常、氣泡の移動 2 耗に對し傾斜角 20 秒位であり望遠鏡倍率は 20 倍乃至 30 倍である。

## (6) 平盤上の縦横氣泡管の感度と望遠鏡倍率との釣合検査。

此兩者も相當に釣合ふことを要す。通常氣泡の移動 2 耗に對し斜傾角 40 秒位である。

## (7) 望遠鏡に関する検査。

對物鏡の光心は望遠鏡を固定して、其の滑動内筒を出入せしむる時常に一定の視準線と一致せねばならぬ、即ち光心に従つて滑動内筒の中心の出入は正しく直線にして、且つ横軸（水平軸）平面内にありて、横軸と直角に動かねばならぬ。

此の検査をなすには、先づ鏡軸線を調整してから、次の如く行ふのである。

## (a) 光心が横軸に對する垂直平面内に動くや否やの検査

成るべく平地を選び 15 米乃至 30 米位の間隔を有する點を五、六箇所定め、杭

を打つ。其の一つを成るべく器械に近くする、而して其の各杭上に視點を定める。然る後に、望遠鏡を横軸上に旋回し、更に上盤（遊標盤）を廻轉して、視線を再び第一點に向ける。

此の時に以前の各點が全部視線に一致すれば則ち偏差のないことになる、然らざる時は、第二の視線を延長し、前の視線杭點の傍らに、第二の視線諸杭點を設けるのである。

是等の各兩隣杭點の距離が器械を遠ざかる距離に比例して増減する時は、則ち出入正しく直線であることを證據立てるのであり、又た、鉛直平面内に在るを示すのである。

然れども横軸と直交せるや否やは不明である。而して其の隣杭點との距離の中點は横軸に直角なる垂直平面中に在るを以て、對物鏡滑動内筒を同内筒調整リングに於ける調整螺旋に依り之れを調整して視線を其の中點に合せしむれば、横軸と直交する様になるのである。

然し此の方法を施せば、先に調整した、鏡軸線に又た差異を來たすから、再三鏡軸線及鏡管を調整して、兩ながら調整其の宜しきを得るに至る迄行ふのである。

## (b) 光心は横軸を含む平面内に動くや否やの検査

前の検査と同様に設けたる杭點を取り、標尺を各杭上に立て、而して器械の縦軸と横軸を固定し、單に望遠鏡の滑動内筒を出入して、順次に各杭上の標尺を読む。次に望遠鏡を縦横に反轉して先づ視準線を第一杭點に立てた標尺に合はせて固定し、以下復た順次に他の杭點の標尺を読み前後の結果を比較する。若し先に読み取つた讀數との各々差が其の距離に比例して變化すれば、對物鏡の光心は直線に出入するの證にして、是れ垂直面に直角なる平面中に動くことを示すものである。即ち視準は相互に直交せる兩平面の交線を示すから光心は直線に出入し、従つて滑動は直線であることがわかるのである。

若し前後の場合の桿高相等しければ、即ち光心は横軸を含む平面中に運動する

ことになる。

26 トランシットの調整方法 (Adjustment of Transit)

凡そ測定器械なるものが、何等調整を施すことなく、直ちに精密なる測定が出来る様な構造であればよろしいのであるが、之れは到底望むことは出来ぬ。

温度や湿度等の變化により、伸縮するのは免れない。

普通のトランシットの調整方法は 5 通りある。

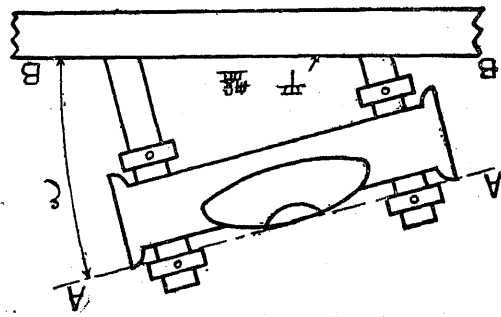
- (1) 平盤水準器の調整 (The adjustment of the plate levels)
- (2) 十字線 (叉線) の調整 (The adjustment of the cross hairs)
- (3) 支柱の調整 (The

第 85 圖

adjustment of the standards)

(4) 望遠鏡附屬水準器の調整 (The adjustment of the telescope level)

(5) 直立分度圓の調整 (The adjustment of the vertical circle)



以下調整方法と其の理由を述べん。

- (1) 平盤水準器の調整 (The adjustment of the plate levels)

此調整は如何なる場合にも必ずやらねばならぬ。

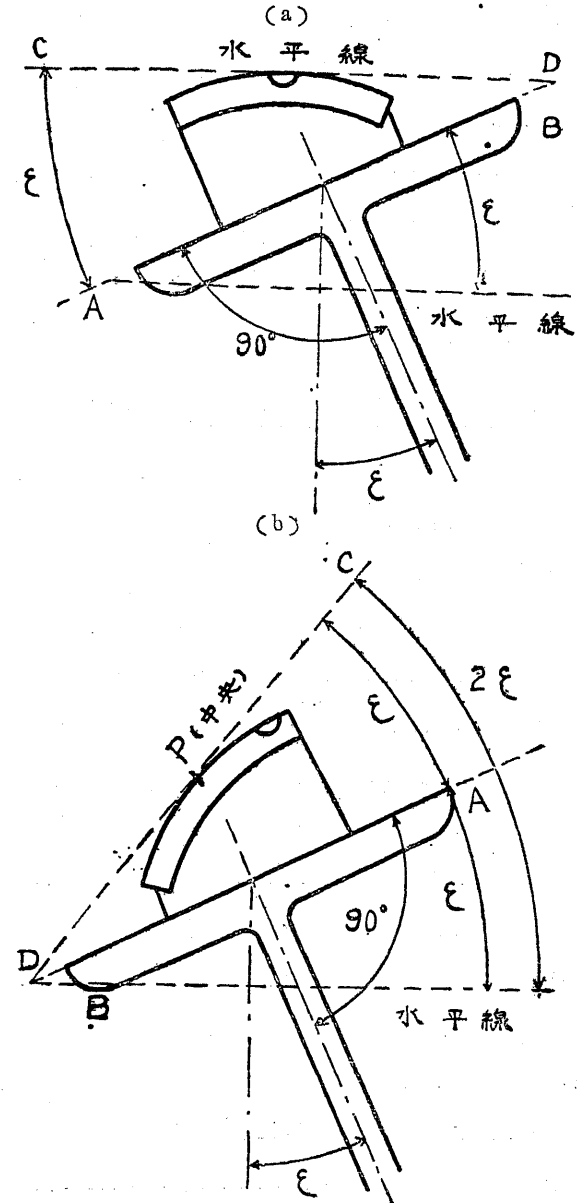
平盤にある 2 つの水準器の気泡が中央に在る場合に、平盤は水平にならねばならぬ。第 86 圖の如く気泡管軸 (Axis of level tube)  $AA$  と平盤面  $BB$  が傾いて居つてはならぬ、両者が平行なるを要するのである。

先づ水準器を最下部にある整準螺旋 (Leveling screw) の直上に持ち來たす、整準螺旋を加減して気泡を中央に導く、次に平盤を靜かに約  $180^\circ$  廻轉する、之れ

第 87 圖

で気泡が依然として中央にあれば、 $AA$  軸は  $BB$  線に平行になつてゐる證となる。若し気泡が移動した場合には、先づ整準螺旋によつて気泡を誤差の半分丈、中央の方へ導く、然る後に管軸附屬の調整螺旋 (Adjusting screw of level tube) をスパナで廻はすことにより気泡を残り半分丈動かして中央に導くのである。

其理由は第 87 圖(a) に示す如く、管軸  $CD$  と、平盤  $AB$  とが平行でなくして其の傾きを  $\epsilon$  とする (a) 圖に於て、気泡が中央に在るものとすれば、管軸  $CD$  は水平になる。次に平盤を約  $180^\circ$  廻轉すれば、(b) 圖の如く



なり  $B$  は左へ  $A$  は右になる、氣泡は移動して圖の如くなる。而して管軸と水平線のなす角は  $2\varepsilon$  となる。されば整準螺旋により  $\varepsilon$  丈調整すれば  $A$   $B$  が水平線に一致し、更に管軸調整螺旋により調整すれば  $CD$  も亦水平線に一致することになる。此調整は一回丈では不充分である。二三回繰り返せばよろしい。

第 88 圖は水準器調整螺旋を加減して居るところである。



第 88 圖

(2) 十字線 (叉線) の調整 (The adjustment of the cross hairs)

十字線の交點は正しく望遠鏡の中心即ち光心に一致して居らねばならぬ。此調整は更に二つになる。

(a) 鉛直線の調整 (The adjustment of the vertical hair)

(b) 水平線の調整 (The adjustment of the horizontal hair)

(a) 鉛直線の調整 (The adjustment of the vertical hair)

水平角の測定をする際には此調整は必ずやらねばならぬ。

先づ器械を大體平らな所に据え付ける、そして前後約 50 米乃至 100 米位充分に見通しが出来ることを要する、そこで平盤水準器の氣泡を中央に導く、器械から約 50 米乃至 100 米離れた塀か或ひは建物の壁に紙を張り明瞭に  $X$  印を畫く、之れを  $A$  點とす。次に望遠鏡を正にする、(Telescope normal)。望遠鏡正とは望遠鏡附屬の水準器 (Telescope level) を望遠鏡の下部へ位置せしめたことを云ふ。第 89 圖は望遠鏡を正にして視準して居るところである。望遠鏡倒と (Telescope inverted or reversed) は此の反對で望遠鏡水準器を上部へ位置せしめたこと

を云ふ。第 90 圖の如し。次に鉛立線の中心を  $A$  點に一致せしめる。かくて上下盤の緊螺旋 (Clamp screw) を凡て締めて動かぬ様にし、然る後に直立緊螺旋 (Vertical clamp screw) を緩め望遠鏡を反轉して望遠鏡を倒にする。第 90 圖の様である。然して前の  $A$  點に到ると同様の距離を有する所に紙を張り、鉛直線の中心の示す位置に器械で視てゐる者から合圖をして  $X$  印を畫かしめる。之れを  $B_1$  とす。第 91 圖の様である。

第 89 圖



第 90 圖

若し建物とか或ひは塀が無い廣場の場合にはトランシットの箱か或ひは標尺の類を利用すればよろしい。次に望遠鏡倒の儘で、上盤又は下盤の緊螺旋を緩め、靜かに水平に回轉して最初の  $A$  點を視準す。かくて緊螺旋を締め。次に望遠鏡を水平軸の廻りに廻轉して望遠鏡正にし第 2 點の方を視準しかくて鉛立線の中心が  $B_1$  に一致せるや否やを見るのである。若し一致して

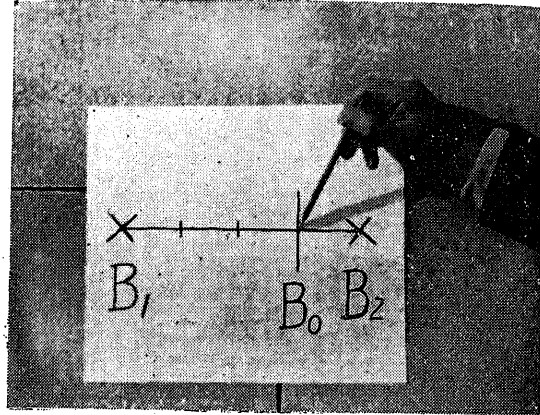


居れば、鉛直線は正しき位置にあることになる。若し一致しない時には合圖をして視線の示す位置に  $X$  印を畫かせる、これを  $B_2$  とす。第 91 圖の  $B_2$  の様である、此  $B_2$  は  $B_1$  の右方になる場合と左方に来る場合とがある。されば最初の



第 91 圖

$B_1$  點はなるべく紙の中央部に畫いた方がよろしい。此  $B_1 B_2$  が誤差の4倍になつて居る。(後で證明する)



此の  $B_1 B_2$  を4等分し最後の點  $B_2$  より  $\frac{1}{4}$  の所へ印しを付けて是れを  $B_0$  とする、第 91 圖の様である。そこで望遠鏡の鉛直線調整螺旋 (Vertical hair adjusting screw) に依り鉛直線が  $B_0$  に一致する様に調整すればよろしい。

最後に誤差が4倍に出て來る理由を證明して見よう。

第 92 圖に於て、 $C$  を器械の中心とし、 $E$  を對眼鏡の位置とする。圖は望遠鏡を上から見た平面圖である。鉛直線が望遠鏡の中心軸と一致せず  $\varepsilon$  丈の誤差あるものとする。(1) に示す如くになつてゐるものとする。

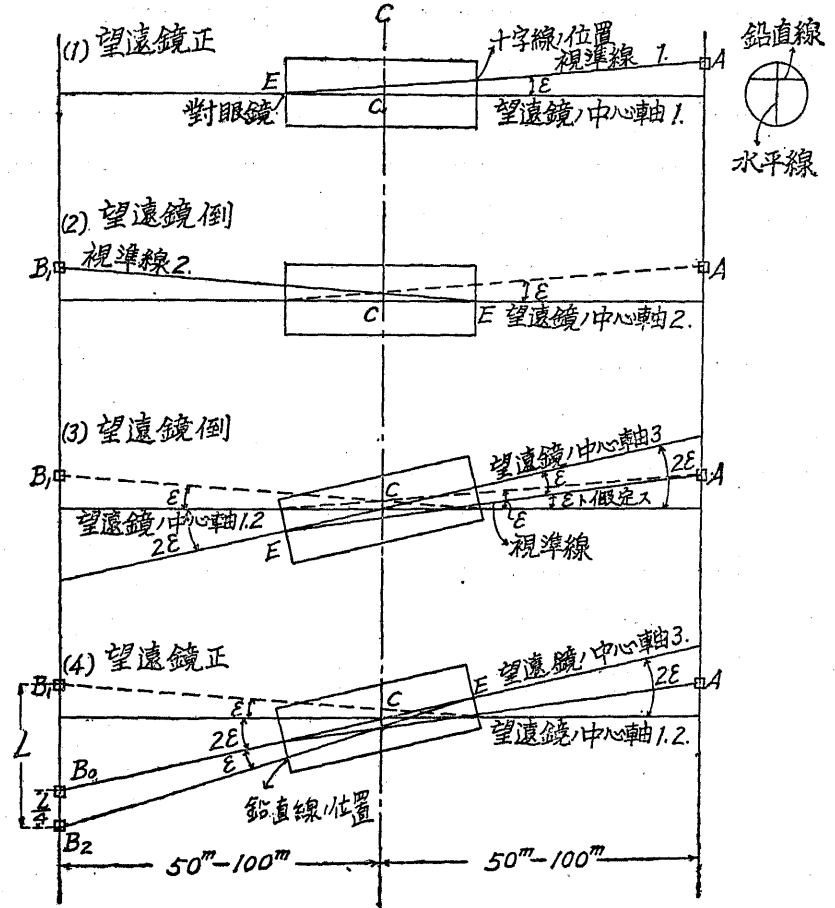
- (1) は望遠鏡正向つて右方を  $A$  點とす。
- (2) は望遠鏡倒で、左方  $B_1$  に印しを付す。
- (3) は望遠鏡倒で右方  $A$  點に視準したところである。望遠鏡中心軸は第(1)の中心軸と  $2\varepsilon$  丈傾くことになる。
- (4) は望遠鏡正で  $B_2$  に視準して印しを付けたところである。そこで  $B_1 B_2$  は誤差の4倍となる。鉛直線を正しき位置に導くには最後の點  $B_2$  より誤差の  $\frac{1}{4}$  點  $B_0$  に一致せしむる様にすればよいことになる。

(b) 水平線の調整 (The adjustment of the horizontal hair)  
此調整は次の様な測定をする時には是非やらねばならない。即ち直直角 (Ver-

第 92 圖

c) 鉛直線調整

$C$  = 器械の中心



tical angle) の測定、視距測量 (Stadia surveying) 及トランシットで高低測量 (Leveling) を施行する場合には此調整を必要とする。此調整方法二通りを述べん。

第一法

第 1 望遠鏡正、50 米乃至 100 米離れる所に紙を張り水平線の中心の示す位置に  $X$  印を附し  $A$  點とす。凡ての緊螺旋を締める。

第 2 望遠鏡正。上盤又は下盤を緩め反對側同距離に、同じく印しを付け、之れを  $B_1$  とす。凡ての螺旋を締める。

第 3 望遠鏡倒。直立緊螺旋を緩め、望遠鏡を水平軸の廻りに反轉し最初の  $A$  點に視準す。

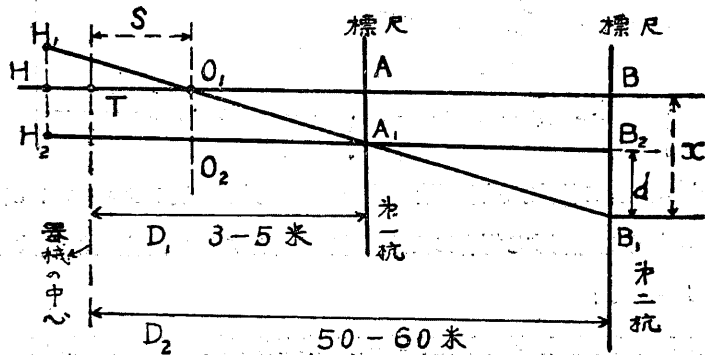
第 4 望遠鏡倒。上盤又は下盤を緩め、第 2 點  $B_1$  の方へ向ける。そこで水平線の中心が  $B_1$  に一致すれば正しき位置にあることになる。若し一致しない場合には、其の視線の示す位置は  $B_1$  の上か或ひは下になる、合圖をして前同様  $X$  印を付ける、之れを  $B_2$  とす。最後の點  $B_2$  から  $B_1 B_2$  の長さの  $\frac{1}{4}$  のところへ印を付け  $B_0$  とし、 $B_0$  に一致する様に水平線調整螺旋 (Horizontal hair adjusting screw) で調整するのである。

第二法

トランシットを据え付ける。3 米乃至 5 米距たりたる點に第一の杭を打ち、50 米乃至 60 米距たりたる點に第二の杭を打つ。そこで第一杭上に標尺を立て、望遠鏡を正にし略ほ水平にして、水平線の示す讀みを取る之れを  $A_1$  とす、次に第二杭上に標尺を立て望遠鏡は前の儘にして標尺の讀みを取る、讀みを  $B_1$  とする。然る後に望遠鏡を倒にして水平に約  $180^\circ$  廻轉し、再び第一杭の標尺を視準し讀みを前

第 93 圖

同様  $A_1$  に一致せしむそれから望遠鏡を動かすこ



となく第二杭上の標尺を視準する。斯くて示す讀みが前同様に  $B_1$  になつて居れ

ば、水平線は正しき事になる。(第 93 圖参照)

若し一致しない場合には其の讀みを取る。今  $B_2$  であると假定する。

而して、對物鏡の焦點距離を  $f$  標尺の讀  $B_1 B_2$  の差を  $d$ 、器械の中心から對物鏡中心點の距離を  $\delta$  とし、 $\delta + f = C$  とす。然して第 93 圖に於ける  $B_1 B_2$  を  $x$  とすれば、 $x = \frac{dD_1}{C}$  である。そこで最初の點  $B_1$  より  $x$  丈け最後の視準點  $B_2$  の方に向つて離れた點  $B$  に水平線が一致する様に、水平線調整螺旋 (Horizontal hair adjusting screw) により調整すればよろしい。

今此理由を説明せん。第 93 圖に於て  $T$  を望遠鏡の中心、 $H_1$  を水平線の位置又は叉點とする。 $O_1$  を對物鏡の光心とする。 $TO_1$  は望遠鏡の主軸である。主軸が第一杭及第二杭上の標尺と交る點を  $A_1 B$  とし水平線の正しき位置を  $H$  とす。

$$\frac{HH_1}{BB_1} = \frac{HO_1}{D_2 - \delta} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{1}{HO_1} + \frac{1}{D_2 - \delta} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(2)$$

(1) より

$$\frac{1}{HO_1} = \frac{BB_1}{D_2 - \delta} - \frac{1}{HH_1} \dots\dots\dots(3)$$

之れを (2) に入れ

$$\frac{BB_1}{D_2 - \delta} - \frac{1}{HH_1} + \frac{1}{D_2 - \delta} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{BB_1}{HH_1} f + f = D_2 - \delta$$

$$\therefore D_2 = \frac{f}{HH_1} BB_1 + f + \delta \dots\dots\dots(5)$$

今  $\frac{f}{HH_1} = k$   $f + \delta = C$  とすれば

$$D_2 = k BB_1 + C \text{ となる。}$$

器械の中心より標尺迄の距離を  $D$ 、標尺の讀みを  $l$  とすれば

$$D = kl + C \text{ となる。}$$

此式は視距測量の原式である。されば第 93 圖に於て

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= k AA_1 + C \\ D_2 &= k BB_1 + C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

(6) より

$$\left. \begin{aligned} AA_1 &= \frac{D_1 - C}{k} \\ BB_1 &= \frac{D_2 - C}{k} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

従つて

$$AA_1 = \frac{D_1 - C}{D_2 - C} BB_1 \dots\dots\dots(8)$$

又大體次の様な関係が成立つ

$$\frac{BB_2}{D_2} = \frac{AA_1}{D_1} \dots\dots\dots(9)$$

(8) (9) より

$$BB_2 = BB_1 \frac{D_1 - C}{D_2 - C} \frac{E_2}{E_1} \dots\dots\dots(10)$$

$$BB_1 = BB_2 + B_2 B_1 \quad \text{なり}$$

$$\therefore BB_1 \frac{D_1 - C}{D_2 - C} \frac{D_2}{D_1} + d = BB_1 \dots\dots\dots(11)$$

$$BB_1 = x \text{ とす。}$$

$$\therefore x = \frac{dD_1(D_2 - C)}{C(D_2 - D_1)} \dots\dots\dots(12)$$

第二杭が第一杭に比して相當遠距離なれば

$$D_2 - C \doteq D_2 - D_1 \text{ と考へれば}$$

$$x = \frac{dD_1}{C} \dots\dots\dots(13)$$

となる。

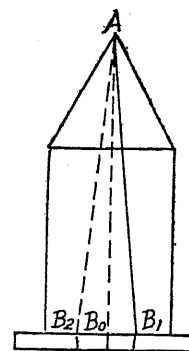
(3) 支柱の調整 (The adjustment of the standard)

支柱 (Standard) の高さは同一なることを要する、然らざれば、視準線は直立面内を廻轉することが出来ぬ。此検査並びに調整は、第 94 圖に示すが如く、高き建物の近くにトランシットを据え付け、先づ望遠鏡を正にし上部の固定點 A を視準し、上下盤の緊螺旋を締めてから、望遠鏡を下方へ向け建物の基礎へ又點の示す所へ X 印を付ける、之れを B<sub>1</sub> とす。次に望遠鏡を倒にし水平に約 180°

廻轉し再び A 點を視準し、上下盤緊螺旋を締めてから、下方を視準する。然して前の B<sub>1</sub> 點と一致すれば則ち支柱は同高なるを示すのである。若し一致せぬ場合には視點は B<sub>1</sub> の右か或ひは左になる。然らば其の視點へ X 印を付ける、之れを B<sub>2</sub> とす。次に B<sub>1</sub>B<sub>2</sub> の中央に X 印を付けて B<sub>0</sub> とす。そこで支柱に装置してある調整螺旋を以て又點が B<sub>0</sub> に一致する迄加減するのである。

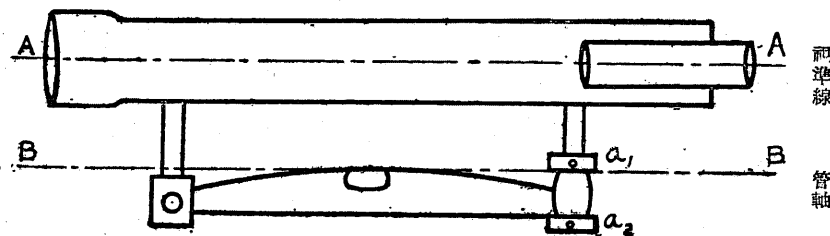
此調整の際に注意すべきことは、A 點は絶対に風の影響を受けない固定せる點なることを要する。避雷針の如きは風で動くから不適當である。

第 94 圖



(4) 望遠鏡附屬水準器の調整 (The adjustment of the telescope level)

第 95 圖

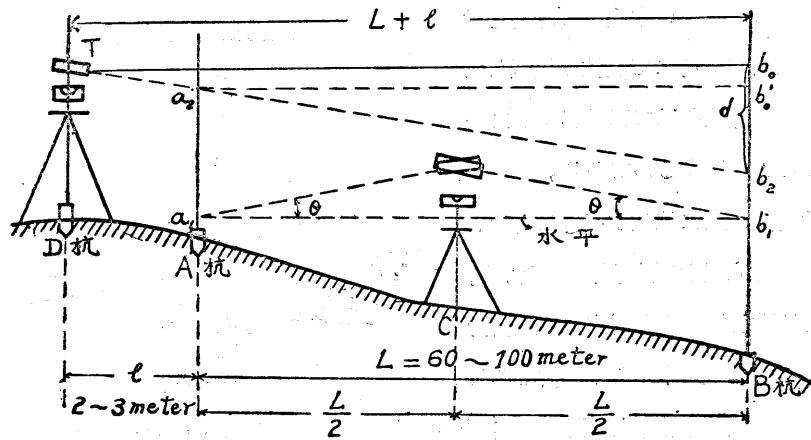


望遠鏡附屬の水準器の管軸 BB (第 95 圖) と望遠鏡の視準線 AA とは平行なることを要する。此調整はトランシットで水準測量や視距測量を行ふ場合には是非必要である。第 95 圖の a<sub>1</sub> a<sub>2</sub> が其の調整螺旋である。此調整方法は 3 本の

杭を打ち込んで行ふが故に杭打調整法 (Peg adjustment) と稱せられる。ダンピ一水準器 (Dumpy level) の調整も此方法に依るのである。

此検査並びに調整方法は第 96 圖に示すが如く先づ  $A_1 B_1 D_1$  の 3 本の杭を打つ、距離は  $AD$  間約 2 米乃至 3 米、 $AB$  間 60 米乃至 100 米とする。トランシットを  $AB$  の中央に正確に据付ける。平盤を水平にする。次に望遠鏡水準器の氣泡を中央に導く。 $A$  杭上に立てたる標尺の讀みを取る、 $a_1$  とす、水平に約

第 96 圖



180° 廻轉し、 $B$  杭上の標尺の讀みを取る  $b_1$  とす。今  $AB$  兩杭頭の高低差を  $h$  とすれば  $h = b_1 - a_1$  となる。何となれば、器械の中心  $C$  は  $AB$  2 點間の中點であるから圖の三角形は二等邊三角形である。されば管軸と視準線と平行でない器械を用ひて測量をしたる場合に、器械を兩點間の中央に据付ければ、此種の不整から生ずる誤差を除去することが出来る。

次に器械を  $AB$  の延長線上の  $D$  點に据付け、氣泡を中央に導き、然る後に  $AB$  2 點上の標尺の讀みを取る。夫々  $a_2 b_2$  とす。

然る時に

(a)  $b_2 - a_2 = b_1 - a_1$  であれば 管軸と視準線とは平行である。

(b)  $a_2 - a_1 > b_2 - b_1$  であれば 平行で無いから調整することを要する。

丁度第 96 圖の如き場合である。

今  $a_2$  を過る水平線を考へ  $B$  點標尺と交る點を  $b'_0$  とする。望遠鏡  $T$  を水平にした際に其の水平線が  $B$  標尺と交る點を  $b_0$  と考へる。

$b_0 - b_2 = d$  とす。然らば二つの  $\triangle b_0 T b_2$  と  $\triangle b'_0 a_2 b_2$  とは相似△であるから  $d : (L+l) = (b_0 - b_2) : L$

$$\therefore d = \frac{L+l}{L} (b'_0 - b_2)$$

然るに  $b'_0 - b_2 = (b'_0 - b_1) - (b_2 - b_1)$

$$b'_0 - b_1 = a_2 - a_1 \text{ ならば}$$

$$\therefore d = \frac{L+l}{L} \{ (a_2 - a_1) - (b_2 - b_1) \} \text{ となる。}$$

されば此場合には、 $b_2$  から更に  $d$  丈上の點迄即ち  $b_0$  に水平線を一致せしめ直立緊螺旋を締める。然る後に氣泡管の一端にある調整螺旋を以て氣泡を中央に導くのである。

(c)  $a_2 - a_1 < b_2 - b_1$  であれば  $b_2$  から  $d$  丈下の點を視準して前同様に調整を施すのである。

(5) 直立分度圓の調整 (The adjustment of the vertical circle)

望遠鏡附屬水準器の氣泡を正しく管の中央に導きたる時即ち視準線の水平なる時に、直立分度圓の遊標が零を示せばよろしい。若し零度を示さざる時は遊標調整螺旋を用ひて調整をする。若し調整装置が無い器械ならば、實地測量の際に之れ丈を加減するのである。

27 トランシットの構造上に於ける誤差

(1) 回轉軸の偏心 (Eccentricity of the instrument center)

分度圓の中心と回轉軸とは正しく一致することを要す。

第 97 圖に於て。

$C$  = 分度圓の中心、

M = 同轉軸の中心 (器械は此廻りに同轉するものとす。)

此 C と M が一致しない場合に、CM を偏心 (Eccentricity) と云ふ。

今此器械で AB 二

第 97 圖

點間の角を測量すれば  
示す角は  $\angle AMB$  即  
ち  $w$  である。然るに  
目盛盤の讀みは  $w_1$  と  
 $w_2$  となる。

圖に於て、

$$w = w_1 + \alpha + \beta \dots$$

$$\dots \dots \dots (1)$$

$$w = w_2 - \alpha - \beta \dots$$

$$\dots \dots \dots (2)$$

(1) と (2) を相加へ

$$w = \frac{w_1 + w_2}{2} \dots \dots \dots (3)$$

是に於て  $w_1$  は第一遊標の讀みであり、 $w_2$  は第二遊標の讀みとする。

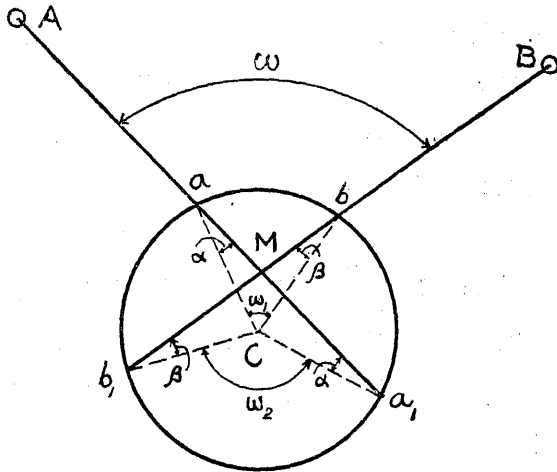
若し遊標一箇の場合には  $w_1$  は望遠鏡正なる時の讀み、 $w_2$  は望遠鏡倒なる時の讀みとする。

第 3 式を見るに、此種偏心より生ずる誤差は  $w_1, w_2$  なる二種の讀みの平均を取れば消去せらるゝを知る。

(2) 視準線の偏心 (Eccentricity of the line of collimation)

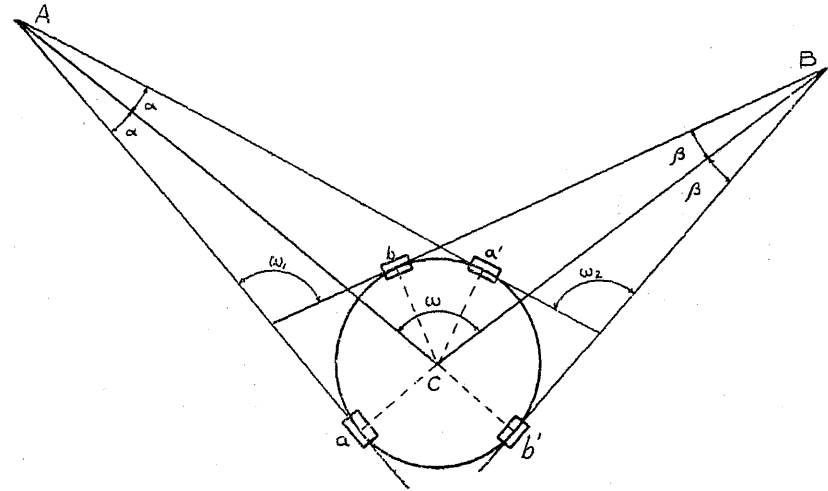
望遠鏡が水平軸の廻りに同轉して畫く視線の平面は、分度圓の中心を過ることを要する。然らざる時に此中心より視線の平面に到る距離を、視準線の偏心と云ふ。第 98 圖に於て

C = 分度圓の中心



Ca, Cb..... = 偏心

第 98 圖



$w_1$  = 望遠鏡正にして測定したる角度。

$w_2$  = 望遠鏡倒にして測定したる角度。

然らば  $w + \beta = w_1 + \alpha \dots \dots \dots (1)$

$$w + \alpha = w_2 + \beta \dots \dots \dots (2)$$

(1) (2) より  $2w + \alpha + \beta = w_1 + w_2 + \alpha + \beta$

$$\therefore w = \frac{w_1 + w_2}{2} \dots \dots \dots (3)$$

第 (3) 式の結果より見るに、此種の誤差は、望遠鏡正倒 2 回の讀みの平均を取れば消去せらるゝを知る。

(3) 視準線が水平軸と直交せざるが爲めに生ずる誤差 (Error of collimation line)

視準線は正しく水平軸と直交して居ることを要する、然らずして  $\epsilon$  なる誤差があれば、視準線は水平軸の延はりに同轉する時に圓錐を畫くことになる。之れが

第 99 圖

爲めに水平角に影響を及ぼすのである。第 99 圖に於て

HH = 水平軸  
OV = 直立軸  
OZ = 視準線  
 $\epsilon$  = 視準線の誤差

差  
OZPZ<sub>1</sub> = 圓錐  
となる

OP を任意の位置  
に於ける視線とす。

$\alpha$  = 視線の直角 (Vertical angle)

Op = OP 線の水平投影とす。

然らば  $\angle AOp$  は視準線 OZ が OV と一致して居らないで  $\epsilon$  丈の誤差があるが爲めに生ずる水平角に対する誤差となる。

$\angle AOp = E$  とす

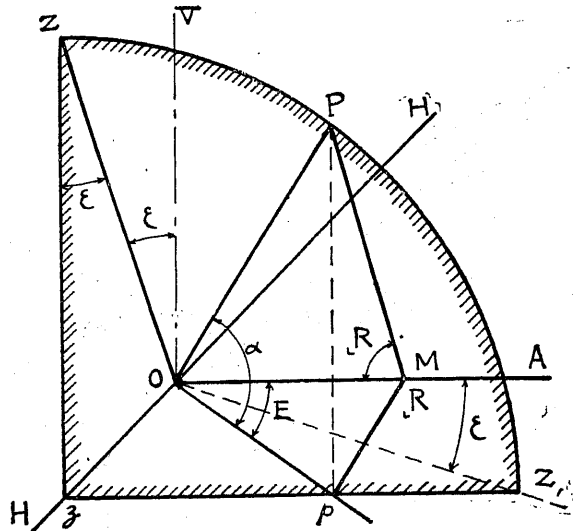
今 P 点を過ぎて水平軸 HH に垂直なる平面 ZzZ<sub>1</sub> を作れば、圓錐面との交りは ZPZ<sub>1</sub> となる。然して圓錐と直立面 VOH 及び水平面 AOH との交切線を Zz 及び zZ<sub>1</sub> とす。

P を通り、OA に垂直に PM を作り Mp を結ぶ。然らば三垂線の理により、 $pM \perp OA$  となる。

次に、 $\triangle POp$  及び  $\triangle MOp$  は直角三角形なるが故に

$Mp = Op \sin E = OP \cos \alpha \sin E$  .....(1)

然るに  $Mp = Oz$   $Zz = OV$



$\therefore OZz = \epsilon$  又  $OZ = OP$

$\therefore Mp = Oz = OZ \sin \epsilon = OP \sin \epsilon$  .....(2)

(1) 及び (2) 式より

$\sin \epsilon = \cos \alpha \sin E$

或ひは  $\sin E = \sin \epsilon \sec \alpha$

$\epsilon$  が小なるときは  $E$  も小なるが故に

$E = \epsilon \sec \alpha$  .....(3)

第 (3) 式に於て  $\alpha = 0$  なるとき  $E = \epsilon$  となり、誤差は最小となる。 $\alpha$  が大となるに従ひ  $E$  も亦大となる。

此種の誤差を見るに、視準線が水平軸に対して右の方に傾けるものを + とす。然らば次に望遠鏡を反轉して前と反對にすれば視準線は水平軸に対して左の方へ傾くことになる、これを - とす。

されば望遠鏡を正倒にして其の二種の讀みの平均を取れば此種の誤差も除去することが出来る。

(4) 水平軸の誤差 (Error of horizontal axis)

水平軸は、直立軸に直交することを要す。若し然らずして  $i$  丈傾いて居るものとすれば、視準線は水平軸の廻りに回轉して傾斜面を作ることになる。之れが爲めに水平角に影響を及ぼすのである。

第 100 圖に於て

HH = 水平軸とす

OV = 直立軸、 $HH' \perp OV$  とす

OZ = 視準線

$\angle HOH' = \angle i = ZO'V =$  水平軸の誤差

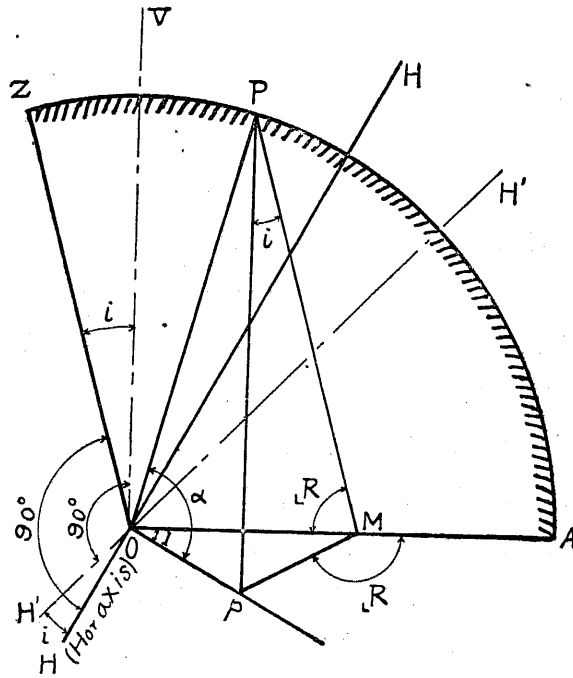
水平軸 HH が直立軸 OV に直交して居れば HH は H'H' と一致し、又た視準線 OZ は OV と一致するが故に視準線は水平軸の周りに回轉して VO

第 100 圖

Aなる直立面内を過る筈である。然るに  $i$  なる誤差があるが爲めに  $ZOA$  なる傾斜面内を回轉することになる。

今  $OP$  を任意の位置に於ける視準線の方角とす。 $OP$  の水平面に對する投影を  $Op$  とす。

$\angle Aop = I$  とす、然らば  $I$  は水平軸の誤差に依つて生ずる水平角に及ぼす誤差となる。



$OA$  に垂線  $PM$  を立てる、 $pM$  を結ぶ、然らば  $Mp \perp OA$  なり

又  $PM \parallel OZ, Pp \parallel OV \therefore \angle pPM = i$

$\angle POp = \alpha$  とす、 $\alpha$  は視準線  $OP$  の直立角である、

$\triangle POp$  及び  $\triangle MOp$  に於て

$$Mp = Op \sin I = OP \cos \alpha \sin I \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{又 } Mp = Pp \tan i = OP \sin \alpha \tan i \dots\dots\dots(2)$$

(1) 及び (2) 式より

$$\cos \alpha \sin I = \sin \alpha \tan i$$

$$\text{或ひは } \sin I = \tan \alpha \tan i$$

然るに  $\angle i$  の小なるときは  $I$  も亦小なるを以て

$$I = i \tan \alpha \dots\dots\dots(3)$$

$\alpha = 0$  なるとき  $I = 0$  となる。

第 (3) 式を見るに此種誤差は、 $\alpha$  の大なるに従ひ大となるを知る。

今望遠鏡正なる時に水平軸が眞の水平に對して傾く誤差を  $+$  とせば、望遠鏡倒なる時に傾く誤差は反對となる之れを  $-$  とす。然らば此場合に於ても望遠鏡正倒二種の讀みの平均を取れば、其の誤差を消去することが出来る。

(5) 直立軸の誤差 (Error of vertical axis)

直立軸が眞に鉛直ならざる時にはこれに直交して居る水平軸も亦水面に對して傾くことになる。従つて視準線は傾斜面内を回轉することになる。此場合に水平角に及ぼす影響は視準線の直立角  $\alpha$  の大なるに従ひ増大するのみならず、方向角  $\beta$  (水平角の) の大きさによりて變化す。

$V$  = 直立軸の誤差に依る水平角の誤差

$$V = v \tan \alpha \sin \beta$$

$v$  = 直立軸の誤差

$\alpha$  = 視準線の直立角

$\beta$  = 水平角

此式によれば此種の誤差は望遠鏡を反轉しても消去することが出来ない。されば製作に注意を要するは勿論器械の取扱を丁寧にして直立軸に異状を起さぬ様にせねばならぬ。

(6) 器械上の誤差を消去する方法。

(a) 平盤水準器の調整が不充分の場合には、次の様なことを行へば手数が省けるのである。即ち先づ氣泡を中央に導き、次に水平に約  $180^\circ$  回轉す、然して下の整準螺旋により氣泡を中央の方へ誤差の半分丈導くのである、こうすれば平盤は水平になつて居るから別に水準器の調整を行はずとも差支へが無いことになる。これで時間と手数を省くのである。

(b) 視準線の誤差と水平軸の誤差を消去するには望遠鏡を正の位置に保つて測角し次に倒の位置に保つて測り其の兩者の平均を取ればよろしい。

(c) 回轉軸の偏心による誤差を除くには、遊標 2 箇の讀みを取り此兩者の讀みの平均を取ればよろしい。

(d) 分度圓の目盛の記差は次の様なことをすれば大體除くことが出来る。即ち目盛盤の色々な部分を使用すること。尙倍角方 (Repeating method) により測角すればよろしい。

## 28 トランシツトの使用法

(i) 實測並びに取扱上に関する注意。

(a) トランシツトの取扱方は極めて静かに行ひ決して粗雑にしてはならぬ。

(b) トランシツトを三脚に付けた儘で運搬する際に、之れを斜めにして肩にかついでならぬ。必ず静かに両手で鉛直に保ち過激な動搖を與へない様にする必要がある。肩にかついで運搬すると器械の軸部に歪を生じ測量の精度を劣等にする原因になるのである。

(c) トランシツトを据付けするには先づ三脚を加減して平行盤を略ぼ水平にし然る後に整準螺旋により水平盤を水平にする。

(d) トランシツト据付の高さは觀測者の身長に應じ、高からず低からず樂に視準が出来る様にする。高過ぎると爪先で立ち、低過ぎると、腰を曲げるが爲めに疲勞を助長することになる。

(e) 視準をする場合には、必ず兩眼を開いた儘にすることを要す。決して片目を閉ぢてはならぬ、然らざれば非常に眼が疲勞して能率をあげる事が出来ぬ。

(f) 器械を或る場所に据え置いて、使用せぬ際には必ず塵埃除け濕氣除けのカバーを被せることを要す。

(g) 磁針の有る器械の場合には之れを使用せぬ時は磁針固定螺旋を緊めて置いて先端(Pivot)との摩擦を防ぎ決して振動を與へぬ様にする必要がある。

(h) 三脚の据付け方は距離測量の妨害にならぬ様にする。

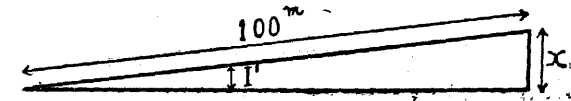
(i) 測量には拙速を尊ぶ場合と、又多少時間を費しても極めて精密を要する場合とがある。其の程度に依り、器械据付け、觀測其の他に最も經濟的に時間を費す様にする必要がある。

(j) 相當熟練をすれば、トランシツトを測點の眞上に然も殆んど水平に据付けるのに極めて短時間にやることが出来るが、一般には時間を要するから、左程精密を要しない場合には、其の程度により多少測點から離れて居ても差支へが無いのである。かくて時

第 101 圖

間の節約が出来る。

角度の誤差 1 分に對し距離 100 米の場合に



其の距離は約 0.03 m である。

第 101 圖に於て

$$x = \frac{2\pi 100}{360 \times 60} = 0.0291 \text{ m である。}$$

$$x = 1000 \text{ m の場合には } x = 0.3 \text{ m となる。}$$

(k) 殆んど水平なる 2 點間の角度測定をする場合には、あまり精密に器械を据付けなくてもよろしい。

今分度圓の直徑が約 16 纏なる場合に一方が約 1 纏ばかり上或ひは下に傾いた場合に水平角に及ぼす最大誤差は約 1 分である。されば急ぐ時には目分量の水平で充分である。

(l) 三脚の螺旋が緩まぬ様に注意すること。

(m) 成る可く太陽の直射を避ける様に心掛けること。

(n) 器械を函に入れる際には、總て緊螺旋を弛めてから靜かに無理をしない様に入れることを要す。

(o) 總べて螺旋はあまり強く締め過ぎぬ様にするを要す。



(p) レンズの掃除は最初柔軟なブラシで表面に附着して居る塵埃を拂ひ去り然る後に純粋なアルコールを少量軟布片に付けて、レンズ表面に固着して居る曇りを軽く拭ひ取り、更にアルコールの蒸發したる後に乾燥せる他の布片にて之れを軽く拭ふのである。

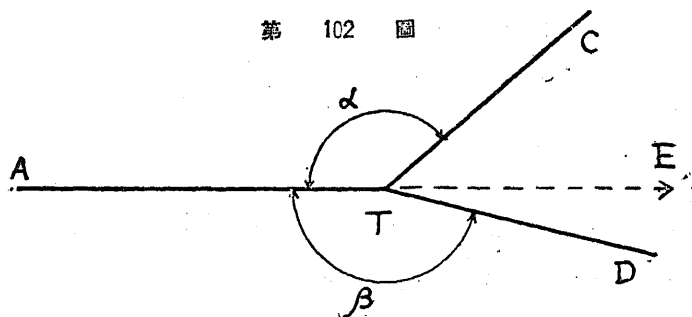
(2) 測角の方法。

(a) 後視と前視 (Back Sight and Fore Sight)

第 102 圖

第 102 圖

圖、點  $T$  にトランシットを据付け、水平角  $\alpha$  又は  $\beta$  を



測定するか、或ひは  $AT$  直線を  $E$  の方向へ延長せんとする場合に、最初  $A$  點に視準し  $TA$  を準據線として測角するものとすれば、 $A$  に對する視準を後視と云ひ、 $CD$  或ひは  $E$  點に對する視準を前視と云ふ。

(b) 直線の延長

第 103 圖 (a)。直線  $AB$  を  $C$  へ延長せんとするに最も簡單なる方法は、 $A$  にトランシットを据付け、 $B$  點を視準し此見通しの延長上に  $C$  點を設ければよろしい。

第 103 圖 (b)

(b) の方法は、 $B$  點に据付けて  $AB$  線を  $C$  方向に延長せんとするものである。左程精密を要せぬ場合には  $A$  に後視し望遠鏡を水平軸の廻りに反轉し、其の見通し線上に  $C$  點を設ければよろしい。若し精密なる結果を必要とする時はトランシットの種々なる誤差を除くために次の様なことをするのである。

先づ望遠鏡を正にして、 $A$  點に後視す、次に望遠鏡反轉して倒にし其の見通し線上に一點を設け  $C_1$  とす。次に望遠鏡倒の儘で再び  $A$  點に後視し然る後に望遠鏡を反轉し正とする、其の見通し線上に一點  $C_2$  を設ける。此  $C_1 C_2$  の中央を  $C$  とせば  $BC$  は  $AB$  の正しき延長線となる。若し  $C_1$  と  $C_2$  が一致すれば誤差の無き證となるが殆んどそんなことは無い。次に  $C$  にトランシットを据付け  $D$  點を求むるのも全く同一方法によるのである。

(c) 最も簡單なる水平角測定の方法。

第 104 圖。  $\angle ABC$  を測定するには、器械を  $B$  點に据付け分度圓の  $O$  と遊標の  $O$  とを合はせ上盤の緊螺旋を締め  $A$  點に後視す。それから上盤を緩め  $C$  點を視準し遊標の讀みを取ればよろしい。此際に角は右廻りの  $\alpha$  であるか、左廻りの  $\beta$  であるかをノートに付けることが必要である。

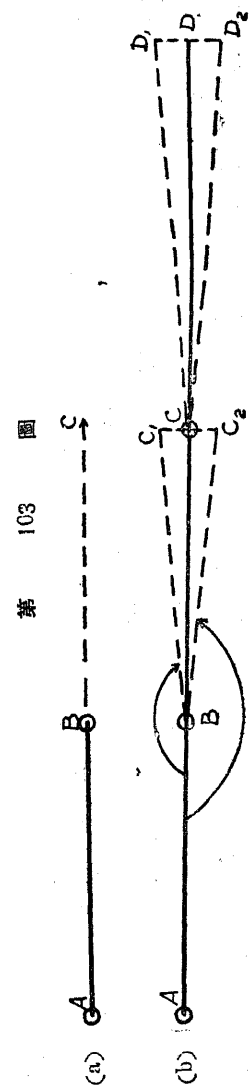
(d) 倍角法又は反覆法。

精密なる測角を必要とする時には倍角法に依るのである。器械は上下兩盤を有し、遊標が 20 秒か又は 30 秒讀みの様な比格的粗き目盛の場合に精密なる結果を望むに適する方法である。

測角の順序は次の様である。第 105 圖、 $B$  點に器械を据付ける。

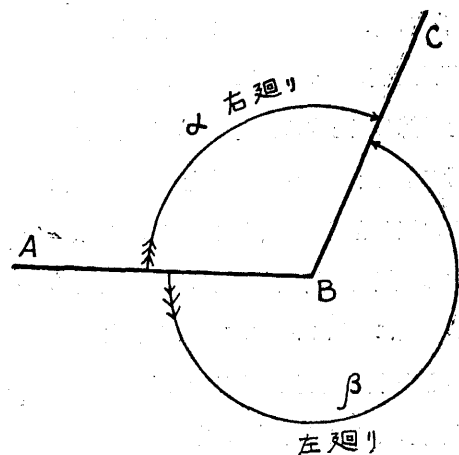
(I) 望遠鏡正、遊標  $0^{\circ} 0' 0''$  か或ひは任意の角、

(1) 左方の測點 ( $A$ ) に視準す、此時遊標は  $0^{\circ} 0' 0''$  か或ひは任意の角。



第 104 圖

- (2) 上盤を緩め  
右方の測點 (C)  
に視準す。遊標の  
読みを取る  $\alpha_1^{(1)}$  と  
す。
- (3) 下盤を緩め  
遊標の読み  $\alpha_1^{(2)}$  の  
儘で A に視準す。
- (4) 上盤を緩め  
C に視準す遊標の  
読み  $\alpha_1^{(3)}$  とす。



第 105 圖

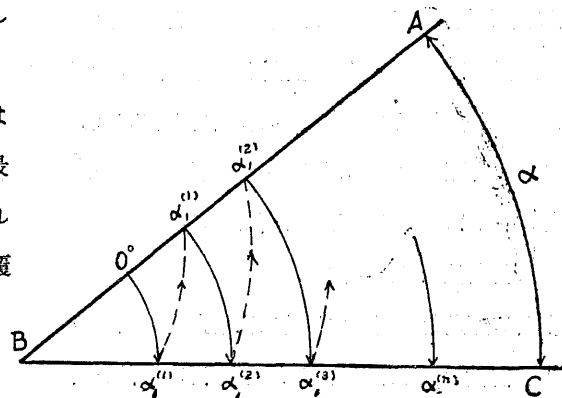
以下同様に繰り返し  
C 點に於ける読みが  
360°に近づくか或ひは  
其倍数になつた時に最  
後の読みを取る、之れ  
を  $\alpha_1^{(n)}$  とす。n を反覆  
したる回数とせば、

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1^{(n)}}{n} \quad \text{となる。}$$

(II) 望遠鏡正、遊標  $O^0 \cdot O' \cdot O''$  か或ひは任意の角。

次に振れ (Torsion) から生ずる誤差を除くために右から左の方へ廻はすのであ  
る。

- (1) 右方の測點 (C) に視準す。



- (2) 上盤を緩め左の方へ廻はし、左方の測點 (A) に視準す。遊標読みを  
取る、 $\alpha_2^{(1)}$  とす。
  - (3) 下盤を緩め遊標の読み  $\alpha_2^{(1)}$  の儘で (C) に視準す。
  - (4) 上盤を緩め (A) に視準す遊標の読み  $\alpha_2^{(2)}$  とす。
- 以下前同様に繰り返し、n 回の終りの読みを  $\alpha_2^{(n)}$  とす。  
然らば  $\alpha_2 = \frac{\alpha_2^{(n)}}{n}$  となる。
- (III) 望遠鏡倒、遊標  $O^0 \cdot O' \cdot O''$  か或ひは任意の角。  
次に、器械上の種々なる誤差、即ち視準線が水平軸と直交せざるが爲めに生ず  
る誤差、水平軸が直立軸と直交せざる誤差、及び視準線の偏心等より生ずる誤差  
を消去する爲めに望遠鏡を倒にして測角をするのである。

- (1) 左方の測點 (A) に視準す。
  - (2) 上盤を緩め右の方へ廻はし右方の測點 (C) に視準す。遊標の読み  
 $\alpha_3^{(1)}$  とす。
  - (3) 下盤を緩め左の方へ廻はし遊標  $\alpha_3^{(1)}$  の儘で (A) に視準す。
  - (4) 上盤を緩め右の測點 (C) に視準す、遊標の読み  $\alpha_3^{(2)}$  とす。
- 以下同様に n 回繰り返し最後の読みを  $\alpha_3^{(n)}$  とす。

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_3^{(n)}}{n} \quad \text{となる。}$$

(IV) 望遠鏡倒、遊標  $O^0 \cdot O' \cdot O''$  或ひは任意の角にし、第 (1) に右方の測  
點 (C) に視準し、以下前同様に n 回繰り返し最後の読みを  $\alpha_4^{(n)}$  とすれば

$$\alpha_4 = \frac{\alpha_4^{(n)}}{n} \quad \text{となる。}$$

(それで最初任意の角で始めた時は最後の角の読みとの差を以て其の測角とする  
のである。)

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \quad \text{となる。}$$

此  $\alpha$  を  $\angle ABC$  とする。

繰り返す數  $n$  は通常 3 である。極めて精密を要する一等或ひは二等三角測量の如き場合には 6 或ひは 9 位を採る。

又左程精密を要せぬ時は前記 (I) より (IV)迄全部行はず、(I) と (III) 丈に止めてもよろしい。

第 7 表に示すは此種測角法野帳の付け方である。

斯様に倍角にする時には分度圓の目盛の記差を一様に分配することが出来るのである。

第 7 表

Measurement of Angle D. direct, R. reversed.  
C. clockwise, C'. counterclockwise.

Instrument Station.	Object Sta.	Telescope		Reading.					No. of Re- pet.	Angle.			Remarks.		
		D. C.	R. C'	Vernier I.		Vernier II.		Mean.		°	'	"			
B	A			0	0	0	0	0							
"	C	/		117	46	0	45	45	50	3	39	15	16.7	( $\alpha_1$ ) 39°15'20''( $\alpha_1$ )	
"	C		/	0	0	0	0	0							
"	A	/		117	46	20	45	40	46	0	3	39	15	20	( $\alpha_2$ ) 39°15'30''( $\alpha_2$ )
"	A		/	0	0	0	0	0							
"	C	/		117	45	40	45	20	45	30	3	39	15	10	( $\alpha_3$ ) 39°15'20''( $\alpha_3$ )
"	C		/	0	0	0	0	0							
"	A	/		117	45	0	45	0	45	45	3	39	15	15	( $\alpha_4$ ) 39°15'20''( $\alpha_4$ )
											61.7	13			
											6	20.56			
											17	20.6			
											15				
											20				
											18				
											2				
											39	15	20.6	( $\alpha$ )	

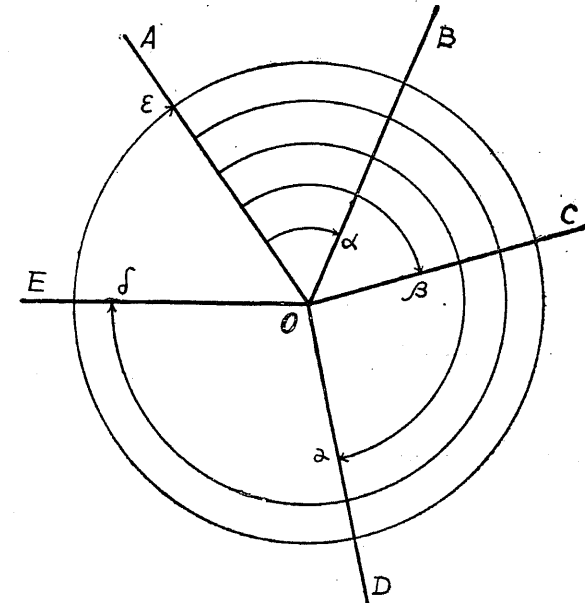
(c) 方向法

これは第 106 圖に示すが如く、一點の廻りに多くの角がある場合に望遠鏡を A

第 106 圖

BCDEA と順次に向けて、各點に於ける讀みを取り、其の差により各角の大きさを決定する方法である。器械は上下兩盤 (two clamps) のものでもよろしいが遊標の目盛は細かい方がよろしい。

即 A に後視し順次に BC ..... に進み  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$  等の讀みを取る、然らば



$$\begin{aligned} \angle AOB &= \alpha & \angle BOC &= \beta - \alpha \\ \angle COD &= \gamma - \beta & \angle DOE &= \delta - \gamma \\ \angle EOA &= \epsilon - \delta \end{aligned}$$

となる。

器械は上下兩盤 (Two clamps) の装置のあるものでよろしいが、遊標は目盛の細かい方がよろしい。5 秒讀みか或ひは 1 秒讀みの様なのがよろしい。

或ひは目盛盤が廻轉しない緊螺旋 1 箇 (One clamp) の器械で度盛は 1 秒位迄讀めるもの、即ち多くは顯微測鏡 (Micrometer-microscope) の装置のあるものを使用する。One clamp の器械なるが爲めに、遊標を任意の點、例へば 0° 或ひは 180° 等に合はせることが出来ない。それで捩れ (twisting action) の誤差を除くために右廻りと左廻りにする。遊標 2 箇ある場合には其の平均を取つて偏心からの誤差を消去する。又視準線と水平軸との誤差、及水平軸と直立軸との誤差、

及視準線の偏心等より生ずる誤差を消去するために望遠鏡を倒にする。

又分度圓目盛の記差を成る可く少なくする爲めに一回の操作を終つたら分度盤を  $\frac{180^\circ}{n}$  丈靜かに讀む位置を變へる (Shift) のである。但し  $n$  は操作の數で通常 3 である。

測角の順序は次の様である。

(I) 1st Set

- (1) 望遠鏡正 A より始め右廻りに進む

即ち  $\rightarrow ABCDEA$

- (2) 望遠鏡正 A より始め左廻り

即ち  $\rightarrow AEDCBA$

- (3) 望遠鏡倒 A より始め右廻り

$\rightarrow ABCDEA$

- (4) 望遠鏡倒 A より始め左廻り

$\rightarrow AEDCBA$

(II) 2nd Set

第 (I) が終つたら分度盤を  $\frac{180^\circ}{n}$  丈位置を變へる。

- (1) 望遠鏡倒 A より始め右廻り

$\rightarrow ABCDEA$

- (2) 望遠鏡倒 A より始め左廻り

$\rightarrow AEDCBA$

- (3) 望遠鏡正 A より始め右廻り

$\rightarrow ABCDEA$

- (4) 望遠鏡正 A より始め左廻り

$\rightarrow AEDCBA$

(III) 3rd Set

以下同様に進み是等の平均を測角とするのである。

又左程精度の高きを必要とせぬ時は、右廻りか或ひは左廻りの一方丈にすればよろしい。

(f) 直直角の測定方法。

直立分度圓の目盛は、一般に水平分度圓の目盛より細かくない。

目盛が全圓式の時には望遠鏡を正倒にして測角して平均すれば、調整の不完から生ずる誤差を消去することが出来る。又遊標が 2 箇ある時には其の平均を取れば偏心より生ずる誤差を消去することが出来る。

29 トランシット測量に於て誤差の生ずる原因

(a) 器械の誤差。

- (1) 調整の不完全

- (2) 構造上の缺陷、即ち分度圓の偏心及目盛の誤り

(b) トランシット取扱上に於ける誤差。

- (1) トランシットの中心を示す下げ振りの中心と測點の中心とが一致せぬ

場合

- (2) トランシットの水平盤が傾いてゐる場合

- (3) 三脚が固定されないでガタガタになつてゐる場合

- (4) 誤つて緊螺旋を動かしたる場合

- (5) 器械の取扱ひ方が粗暴なる場合

(c) 視準の時に起る誤差。

- (1) 視差

- (2) 叉線の中心と測點が一致せぬ場合

- (3) ボールの最下端を視準せずにボールの頭部を視準するが爲めに生ずる

誤差

- (4) 器械の近くを車や隊伍が通過し振動の爲めに器械が移動する場合

- (d) 角度の読み誤り。
- (e) 自然現象の變化から生ずる原因。

- (1) 風又は温度の急激なる變化
- (2) 大氣の不規則な屈折
- (3) 障碍物

(f) 錯誤 (Mistake)。

- (1) 複遊標を読む際に方向の読み誤り
- (2) 遊標二つある場合に其の読み誤り
- (3) 目盛の読み誤り、即 69° と 71° と間違へること或ひは 88° を 92° と読み間違ひ
- (4) 微動螺旋の使ひ違ひ
- (5) 分度圓の目盛を読む時に度の分數を読み落しをすること

例へば 39° 19' 20" を 39° 20" と読み誤る。

遊標の読み誤りよりも度の読み誤りの方が影響が恐いのである。

### 30 トランシット測量に於ける精密限度

(a) 測角の誤差と距離測量の誤差との關係。

トランシットを以て行ふ測量に於て到達し得る精度は、器械の良否、目盛遊標の精粗、望遠鏡の増大率、水準器の感度、地形の狀態、氣象關係、測量の方法、測定者の技倆等により大いに其の程度を異にするものである。

それで如何なる場合に於ても測角の精度と距離測量の精度とは兩者同一なることを要する。

今第 107 圖に於て AB を準據として測量するものとし、C を眞の位置とす。

測量の結果 C' を得たものとすれば

$$\epsilon_a = \text{度角の誤差}$$

$$\epsilon_a = \epsilon_a \text{ による距離誤差}$$

$\epsilon_a = \text{距離誤差}$  となる

然る時に  $\epsilon_a$  と  $\epsilon_a$  は殆んど同一なることを要す。

例へば誤差 1' なる時、其の精度は  $\frac{1}{3,440}$  である、即ち距離 1000m なる時

$\epsilon_a = 0.2909m$  である

(第 8 表)。距離測量に於て此程度の精度は容易に求めることが出来る。測鎖又は布巻尺でよろしい。トランシットは 1 分讀遊標のもの

でよろしい。山林、又は原野に於ける測量は此位で結構である。

精度  $\frac{1}{5,000}$  を要する場合。距離測量には測鎖でもよろしいが鋼巻尺を使用すれば間違が無い。角度誤差は 30 秒である、第 8 表を見るに  $\frac{1}{6,880}$  である。此程度の精度は 1 分讀遊標で充分である。

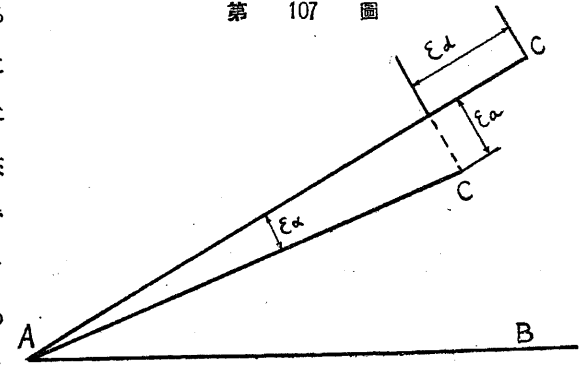
精度  $\frac{1}{10,000}$  を要する場合。距離測量には又鋼製巻尺使用のこと。

角度誤差は 20 秒の時精度  $\frac{1}{10,300}$  である。遊標 20 秒讀みがよろしい。然し 1 分讀みのものを倍角法によれば此精度を得られる。

(b) 數多の角に對する誤差。

三角形或ひは多角形又は 1 點の廻りに數箇の角がある場合に、其の角度誤差の總和は次の如くなる。

第 107 圖



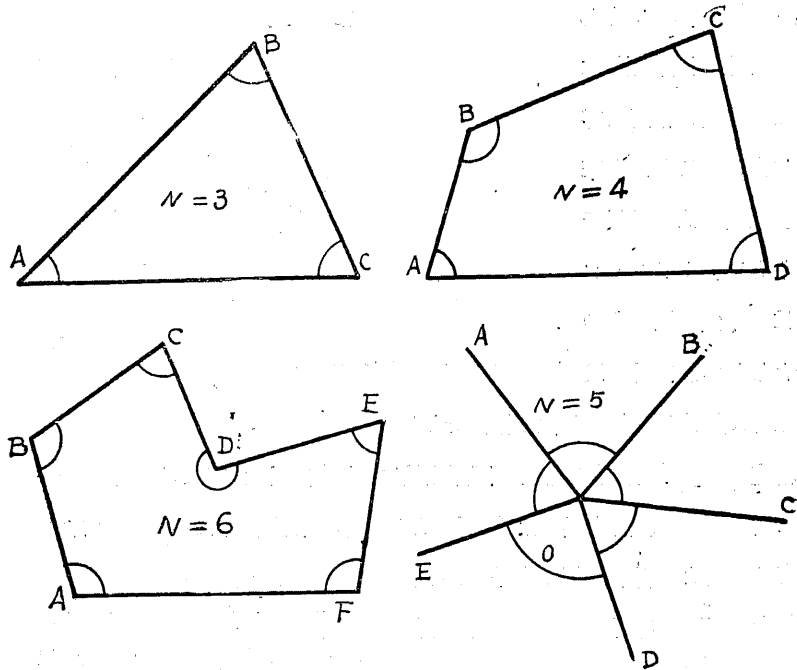
第 8 表

角度の誤差 ( $\epsilon_a$ )	距離 1,000m に於ける長さの誤差 ( $\epsilon_a$ )	精 度
10'	2.9089	$\frac{1}{344}$
5'	1.4544	$\frac{1}{688}$
1'	0.2909	$\frac{1}{3,440}$
30''	0.1454	$\frac{1}{6,880}$
20''	0.0970	$\frac{1}{10,300}$
15''	0.0485	$\frac{1}{30,600}$
5''	0.0242	$\frac{1}{41,200}$

$\epsilon_a = 1$  角に對する誤差

$N =$  角の數

第 108 圖



$E_s =$  角の總和に對する角度誤差

$$E_s = \pm \epsilon_a \sqrt{N}$$

第 9 表は  $N = 3 \dots \dots \dots 20$ 迄  $\epsilon_a$  10秒 20秒 30秒 60秒 に對する  $E_s$  の値である。

(c) 閉合誤差 (Error of closure)。

距離測定の誤差は相當なる注意をすれば償差 (Compensating error) と考へることが出来る。

然らば、

$E_d =$  距離測定に依る閉合

第 9 表

誤差

$k = 1$  鎖長に對する償差

$P =$  多角形の全邊長

$t = 1$  鎖長の長さ

とすれば

$$E_d = \pm k \sqrt{\frac{P}{t}} \dots \dots \dots (1)$$

次に測角の誤差による閉合誤差であるが、之れが或る特別の邊の測角中に於て生ずるものであるか或ひは全周邊の測量中に一樣に生ずるものであるか否やは不明である。然し乍ら相當綿密な注意をすれば邊の長さに比例して生ずるものと假定することが出来る。

今  $E_a =$  測角の誤差より生ずる閉合誤差

$E_s =$  測角の誤差の總和

とすれば

$$E_a \propto E_s P \dots \dots \dots (2)$$

但し

$$E_s = \pm \epsilon_a \sqrt{N} \quad N = \text{角の數}$$

然るに、

或る單位の距離に於て測角の誤差 1 分に依る長さの誤差は  $\frac{1}{3,440} = 0.0003$

$N$	$\epsilon_a = 60''$	$\epsilon_a = 30''$	$\epsilon_a = 20''$	$\epsilon_a = 10''$
3	104''	52''	35''	17''
4	120	60	40	20
5	134	67	45	22
6	147	73	49	25
7	159	79	53	27
8	170	85	57	28
9	180	90	60	30
10	190	95	63	32
11	199	99	66	33
12	203	104	69	35
13	216	108	72	36
14	224	113	75	37
15	232	116	78	39
16	240	120	80	40
17	247	124	83	41
18	254	127	85	42
19	262	131	87	44
20	268	134	89	46

である、同様に或る單位の距離に於て測角の誤差  $\epsilon_a$  分に對する長さの誤差は

$$\frac{\epsilon_a}{3,440} = 0.0003\epsilon_a \quad \text{となる。}$$

$$\therefore E_a = \pm 0.0003\epsilon_a P\sqrt{N} \dots\dots\dots(3)$$

然るに  $E_a$  と  $E_s$  の二つの誤差によつて生ずる誤差の總和は誤差論に依り、

$E =$  誤差の總和 (閉合誤差) とせば、

$$E = \sqrt{E_a^2 + E_s^2} \dots\dots\dots(4)$$

となる。

(4) 式に (1) (3) の値を入れ

$$E = \pm \sqrt{k^2 \frac{P}{t} + (0,0003 \epsilon_a P)^2 N} \dots\dots\dots(5)$$

となる。

但  $\epsilon_a$  單位を分とす

$$\text{例へば } \epsilon_a = 20'' = \frac{1}{3}'$$

$$k = \pm 2 \text{ mm (20 m に對し)} \quad t = 20 \text{ m}$$

$$N = 12$$

$$P = 1,600 \text{ m とせば}$$

$$E = \pm \sqrt{2^2 \times \frac{1,600}{20} + (0,003 \times \frac{1}{3} \times 1,600,000)^2 \times 12}$$

$$= \pm \sqrt{320 + 307,200} = \pm \sqrt{307,520}$$

$$= \pm 555 \text{ mm}$$

$$\therefore \text{精度} = \frac{E}{P} = \frac{555}{1600,000} \doteq \frac{1}{2,900} \quad \text{となる}$$

之れを見るに與へられたる如き條件の場合には、精度は  $\frac{1}{2,900}$  以上なるを要することを知る。即ち大體の見當を付けることが出来る。

(d) 閉合誤差の限度 (Limit of error of closure)。

閉合誤差の限度の大體を示せば次の様である。

市街地測量の場合には距離測量には、目盛 1 耗迄あるもの、鋼卷尺を使用し、

角度は 20 秒読み遊標で倍角法で行へば

閉合誤差の比 (閉比) (Ratio of error of closure)

$$= \frac{E}{P} = \frac{1}{20,000} - \frac{1}{40,000} \quad \text{となる。}$$

最劣等で  $\frac{1}{5,000}$  位である。

農地又は山林原野測量の場合には測鎖又は布卷尺類を使用し 1 節 (link) 以下目分量により、角度は 1 分讀遊標によれば

$$\frac{E}{P} \text{ は凡そ } \frac{1}{1,000} - \frac{1}{5,000} \quad \text{となる}$$

### 31 野 業 (Field works)

#### (a) 踏査選點

野外實測に要する人員は、測角班 3 名乃至 4 名、距離測量班 3 名、支距掛りノート付け共 3 名位である。

測鎖測量の場合と同様に、測量豫定地域を踏査し最も理想的な所に測點を建設する。

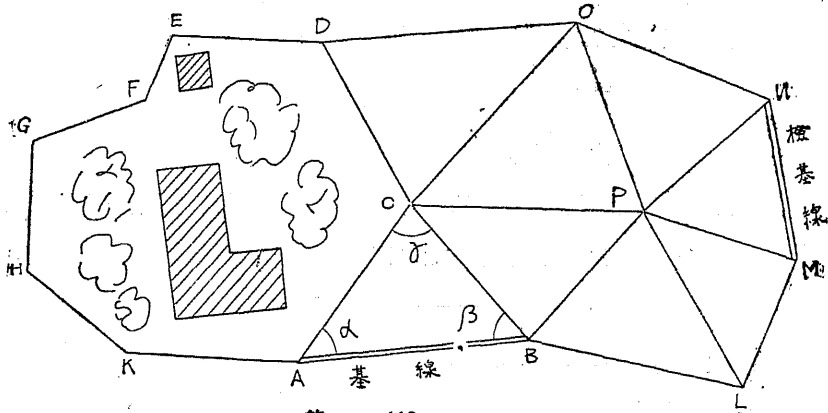
大局の形を決定するのに二つの方法がある、即ち三角形を以て圍む方法と多角形を以て圍む方法である。前者を三角測量 (Triangulation) と云ふ。見通しが出来る場合か、或ひは面積が大なる場合大體 100 萬平方米以上の時には三角測量に依る。測量區域内に障礙物が有つて見通しが不可能の場合には多角形を以て圍むのである。第 109 圖の様である。

三角測量に關しては後章に論ずるが、選點の際に成るべく 1 角の大きさは  $30^\circ$  乃至  $120^\circ$  になる様にすること。三角測量は或る 1 邊の長さを精密に測定する、これを基線と云ふ。然して各角を測り他の邊は計算で出すのである。適當なる邊の長さを實測し計算して出したものと照査するのである。之れを檢基線と云ふ。

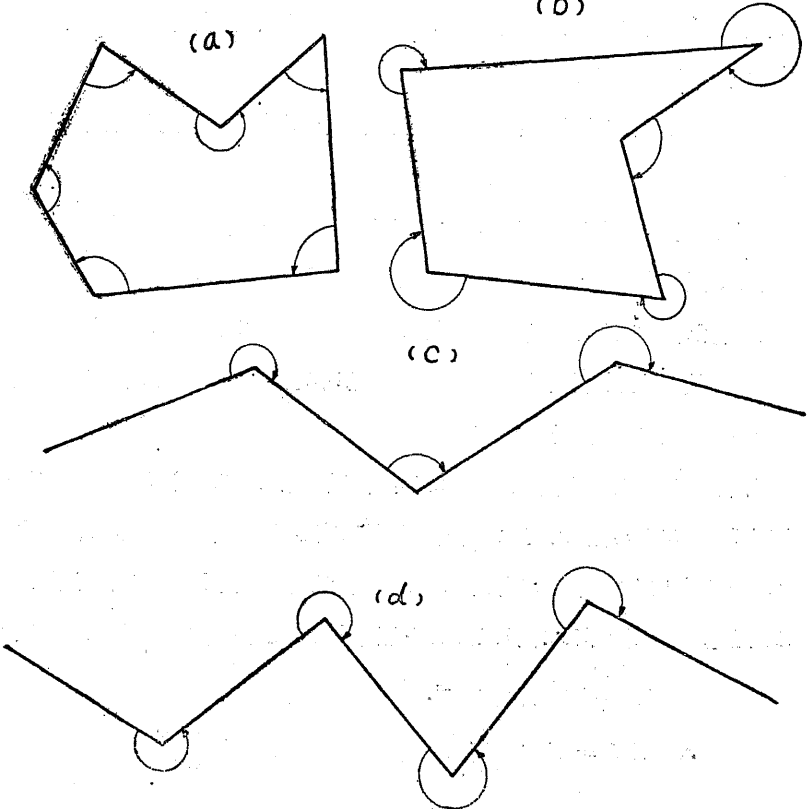
$$\frac{AB}{\sin \gamma} = \frac{AC}{\sin \beta} = \frac{BC}{\sin \alpha}$$

$$\therefore AC = AB \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \quad BC = AB \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}$$

第 109 圖



第 110 圖 (b)



(b) 測量の方法

(1) 最も簡單なる方法

第 110 圖 (a) は多角形の内角を測角するのである。

(b) は外角を測角するのである。

又 (c) は進行の方向に向つて左側を測角し (d) は右側を測角するのである、

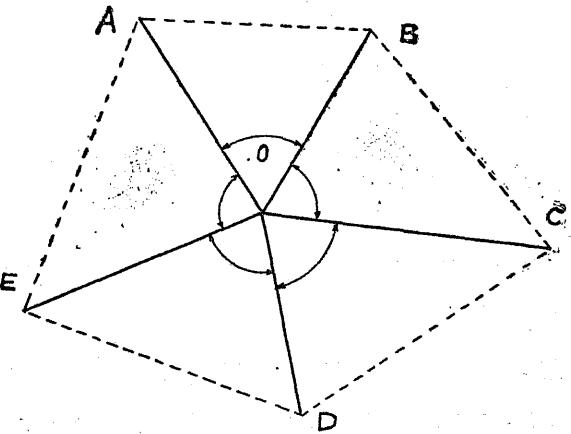
何れも精密を要する場

合には倍角法に依ること

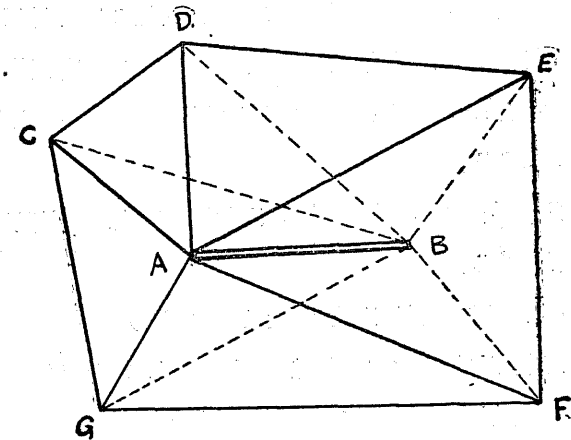
が出来るとは懸念する必要はない。

第 111 圖の如きは、小區域であり精密を要しない場合に行ふ方法である。即ちトランシットを O 點に据付け、各角を測角し次に O から各點に到る距離を測量するのである。第 112 圖は、多角形 ODEFG を決定するために、基線 AB を測定し、次に A 點にトランシットを据付け各點に到る角を測る。次に B 點にトランシットを

第 111 圖



第 112 圖



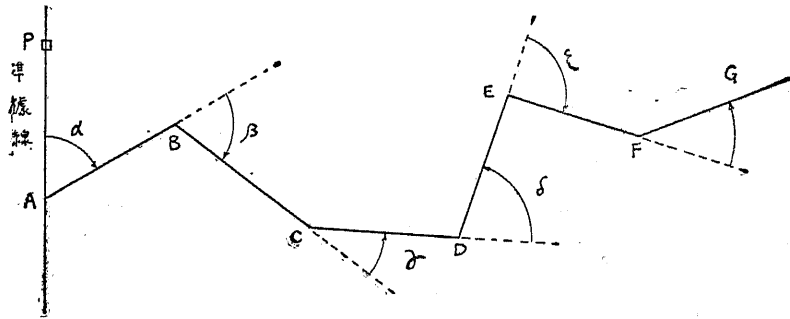


移し再び各點に到る角を測る。そして各方向線交りを求めるのである。

交切法 (Method of intersection) と云ふ。

(2) 偏角測定法 (Deflection Angle Method)

第 113 圖



これは、道路鐵道の中心線又は上水、下水道の中心線の方角等を求むる方法である。

第 113 圖、 $AP$  なる任意の準據線を作る、但しこれは無くてもよろしい。 $A$  にトランシットを据えて  $\alpha$  を求める。次に  $B$  點に器械を据え付け、遊標  $O^{\circ} O' O''$  にする、望遠鏡倒にして  $A$  點に後視す、望遠鏡を反轉して正にし、上盤を緩め角  $\beta$  を讀むのである。以下全く同様にして進行す。

極めて精密なる結果を望む場合には、 $B$  に於て望遠鏡を正にして  $A$  に後視し更に反轉して倒にし、 $C$  を視準し前後 2 回の平均を取り種々なる誤差を消去するのである。

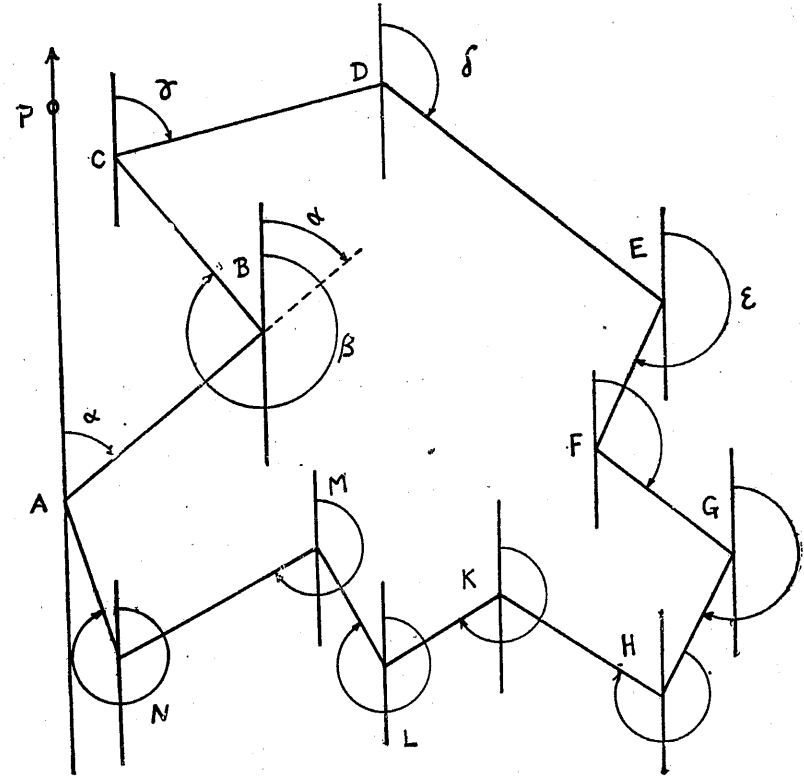
此 Deflection angle method は鐵道又は道路の曲線設置の場合にも用ひられる方法である。

(3) 經緯測量又は折進測量 (Traversing)

此方法は或る一つの準據線 (original line) を假定して各測線が此準據線となす角を測定するのである。

第 114 圖に於て、 $ABCD \dots N$  の多角形を測量する場合に  $A$  點を通る任意の直線  $AP$  を設け各點に於て  $AP$  に平行なる直線となす角を測るのである。即ち  $\alpha, \beta, \gamma \dots$  等を測るのである。

第 114 圖



此測角の方法に二種ある。

第一方法 これはトランシットを以て測るのである。

先づ器械を  $A$  點に据付ける、望遠鏡を正にし、遊標を  $O^{\circ} O' O''$  にする、次に  $P$  點に視準し下緊螺旋を締める。遊標盤を緩め次の點  $B$  を視準す讀み  $\alpha$  を取る。これで  $A$  に於ける測角終りである。次に遊標の讀みを  $\alpha$  の儘にし下緊螺旋を緩めて自由に動く様にして  $\alpha$  の讀みの變化を防ぎ極めて靜かに第 2 點  $B$

に移るのである。

そこで  $B$  に於ける測角は、先づ望遠鏡を倒にする（これは忘れない様に注意すること）次に遊標  $\alpha$  の儘で  $A$  點に後視す。次に望遠鏡を正にする。そうすると望遠鏡は丁度  $A$  點で  $B$  を視準した方向に一致することになる。次に遊標盤を緩め  $C$  點を視準し読み  $\beta$  を取る。以下全く同様に  $\beta$  の儘で  $C$  に据付け望遠鏡を倒にして  $B$  を視準し次に正にし  $\gamma$  を取るのである。斯様にして次々に進んで最後に  $A$  點に歸り倒にして  $N$  に後視、正にして  $P$  點を視準す。そこで遊標が  $O^{\circ} O' O''$  になつて居ればよろしい。誤差あらばそれが許容誤差の範囲ならばよろしい。例へば  $\epsilon_a = \pm 20$  秒  $N = 12$  とすれば

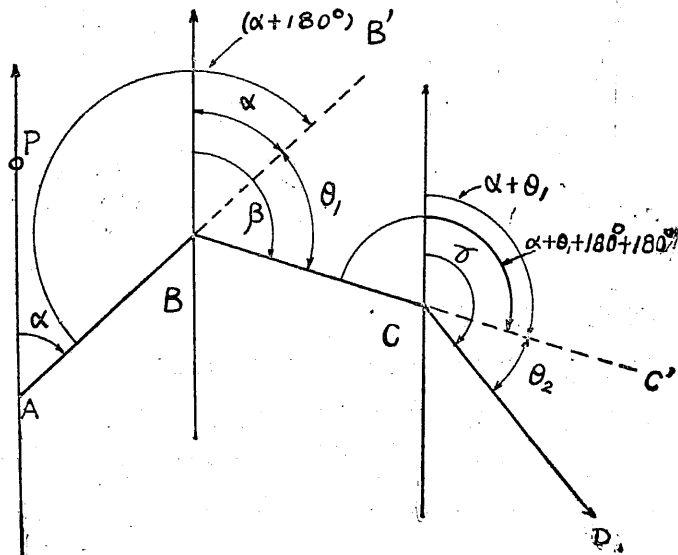
$E_a = \pm 20\sqrt{12} = 69$  秒 以内ならば其の測量の結果を採用してよろしいと云ふことになる。

**第二方法** これは經緯儀の如き望遠鏡が水平軸の廻りに廻轉の出来ない器械を使用する場合

第 115 圖

か或ひは、トランシットを以て常に望遠鏡を正にして行ふ場合の測量方法は次の様である。

先づ  $A$  に器械を据付け遊標  $O^{\circ} O' O''$ 、 $P$  に視準す上盤を緩



め  $B$  に視準す読みを  $\alpha$  とす。

次に  $\alpha$  の儘にして  $B$  點に移る、 $\alpha$  の儘で  $A$  に後視す望遠鏡は常に正である。次に上盤を緩め次の測點の方向へ廻はすのであるが、今途中の位置  $AB$  の延長  $B'B'$  に視準線が一致した場合には読みは  $(\alpha + 180^{\circ})$  となるべきである。次に  $C$  に視準をする。

$$\angle B'BC = \theta_1 \text{ とすれば } \beta = \alpha + \theta_1 \text{ である。}$$

そこで  $C$  に視準した時の読みは  $(\alpha + 180^{\circ} + \theta_1)$  となる

$$\therefore \beta = (\alpha + 180^{\circ} + \theta_1) - 180^{\circ} \text{ となる}$$

次に  $C$  點に器械を移し、 $(\alpha + \theta + 180^{\circ})$  の儘で  $B$  に後視し、 $C'$  方向に廻れば其の読みは  $(\alpha + \theta_1 + 180^{\circ} + 180^{\circ})$  となるべきである。

従つて  $D$  に視準すれば最後の読みは

$$(\alpha + \theta_1 + 360^{\circ} + \theta_2) \text{ となる}$$

然るに  $\gamma = \alpha + \theta_1 + \theta_2$  であるから、第 2 番目の場合には其の遊標の読みが即ち求むる角になるのである。

是れを見るに  $A$  を 0 番  $B$  を 1 番  $C$  を 2 番とすれば 1 番 3 番 5 番の様な奇數番に於ては読みから  $180^{\circ}$  を減じ偶數番目に於ては示す角が即ち求むる角となるのである。

(4) 測角の誤差

三角形、四角形……等の如き、閉多角形 (closed polygon) の場合には、角の誤差は、各其の閉多角形が有する條件を満たす様に各角に平均して分配すればよろしい。例へば三角形の場合内角の和は  $180^{\circ}$  なるべき條件が有る、測角の結果 9 秒の誤差が出たら、角の大小に拘はらず 3 秒宛各角は配分すればよろしい。 $n$  閉多角形の場合には、 $(2n - 4)$  直角の條件を満たす様に分配すればよろしい。

次に開多角形 (Open polygon) の場合には誤差の有無を検す (check) することが出来ぬ。されば重要な測量の際には數回測量を行ふ必要がある。

32 内業 (Office work)

(a) 製圖の方法 (Method of plotting)

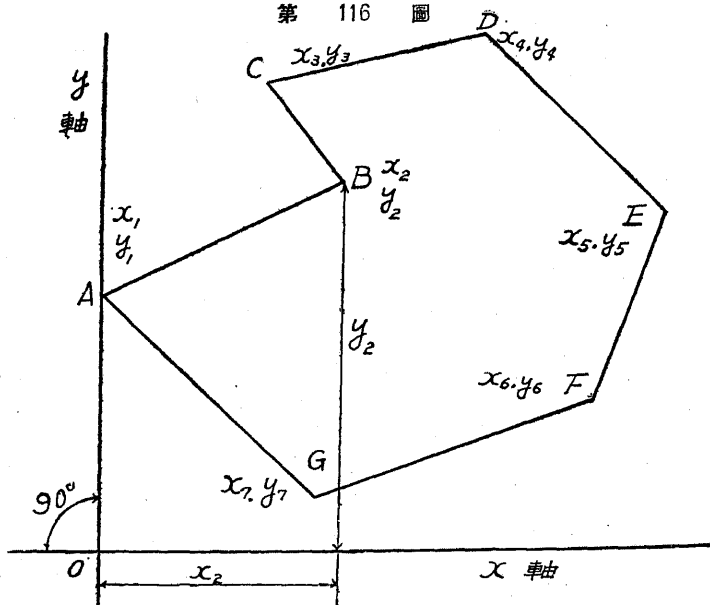
閉多角形なり開多角形なり何れの場合に於ても、先づ骨組を畫く、即ち本線を入れ、然る後に細部の支距を入れるのである。

骨組の製圖方法に種々あるが最も理想的なのは座標方法である。

(1) 直角座標方法 (Rectangular coordinate method)

之れは第 116 圖の様に、任意の直角軸  $xy$  を取り、此軸に對する各點の直角座

標を計算し、然る後にスケールで各點を決定するのである。此方法によれば實測上の誤差並びに製圖上の誤差が製圖紙上に一様に分



布されるが爲めに、最後に閉合誤差 (Error of closure) が出る様なことが無い。

されば、經緯測法 (Traversing) とか或ひは後述の三角測量等の如き場合又は其他の場合に於ても、出来るならば必ず此座標方法により製圖することを忘れてはならぬ。

(2) 分度器による方法 (Protractor method)

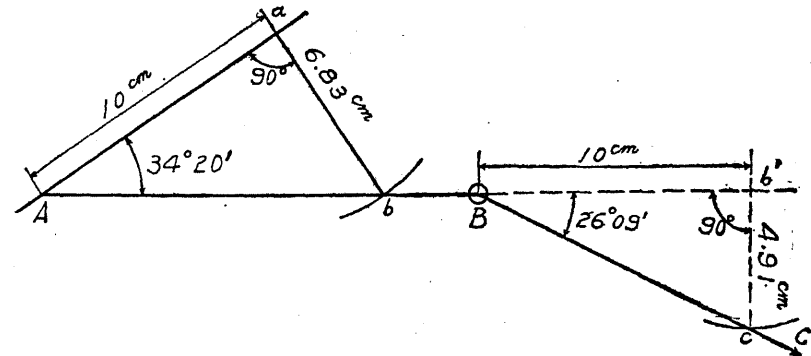
之れは分度器により方向を入れ基點から順次にスケールで距離を入れればよろ

しい、至極簡單である。分度器は 1 分又は 20 秒位の遊標付のものを使用すれば相當精密に畫くことが出来る。然れ共最後に閉合誤差が生ずることは免れることは出来ぬ。

道路鐵道上下水道、等の如き中心線は、此方法による。其の他座標計算をする時間が無いとか或ひは其の必要の無い場合には此分度器方法が便利である。

(3) 切線長による方法 (Tangent method)

第 117 圖



之れは分度器を使用せず製圖する一つの方法である。分度器が無い場合にはよろしい。例へば第 117 圖に於て、

$$\tan 34^\circ 20' = 0.633$$

$$\tan 26^\circ 09' = 0.491 \quad \text{なり}$$

されば  $Aa = 10 \text{ cm}$   $ab = 6.93 \text{ cm}$  にとれば  $\angle aAb = 34^\circ 20'$

$Bb' = 10 \text{ cm}$   $b'e = 4.91 \text{ cm}$  にとれば  $\angle b'B'e = 26^\circ 09'$

となる。

(4) 正弦と餘弦による方法 (Sine and cosine method)

之れも (3) と同様、分度器なしにやる方法である。

即ち Sine と cosine を計算して方向を畫くのである。

例へば第 118 圖に於て

第 118 圖

$\text{Sin } 34^\circ 20' = 0.564$

$\text{Cosine } 34^\circ 20' = 0.826$

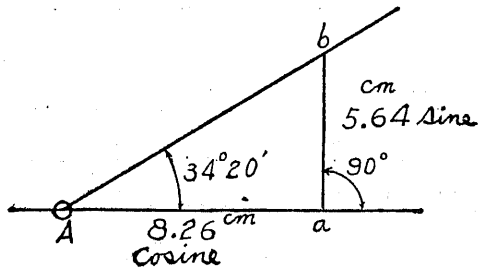
$\therefore Aa = 8.26 \text{ cm}$

$ab = 5.64 \text{ cm}$  に

とれば

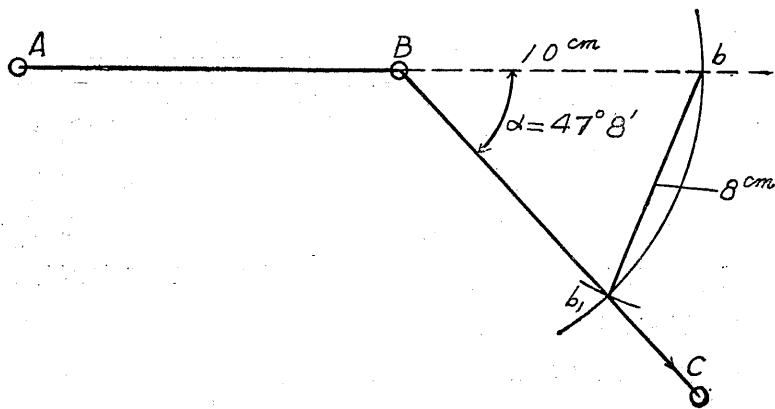
$\angle bAa = 34^\circ 20'$  と

なる。



(5) 弦長による方法 (Chord method)

第 119 圖



これは第 119 圖の如く AB 線に對して  $\alpha$  丈の角をなす直線 BC を畫くのに  $bb'$  なる弦長を計算で求めるのである。前同様分度器の無き時に役立つ方法である。

$$\text{Sin } \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \frac{bb'}{Bb}$$

例へば  $Bb = 10 \text{ cm}$  とせば

$$\text{chord } bb' = 20 \times \text{Sin } \frac{\alpha}{2} \text{ となる。}$$

$\therefore Bb = 10 \text{ cm}$  にとり、B を中心  $Bb$  半径で圓を畫き  $bb'$  の位置を求め

ればよろしい。

例へば  $\alpha = 47^\circ 8'$  なる時  $Bb = 10 \text{ cm}$  ならば

$bb' = 8 \text{ cm}$  となる。

(b) 面積の計算 (Calculation of area)

閉多角形 (Closed Polygon) の面積を計算するに一つの便利なる方法は、經距と緯距による方法 (Method of Latitude and Departure) である。此方法によれば次に述ぶる如き利益がある。

1. 測量の精粗の程度を計算することが出来る。
2. 或る一つの角又は邊の測定を略した場合には計算で出すことが出来る。
3. 製圖に座標方法によることが出来る。

(1) 緯距と經距 (Latitude and Departure)

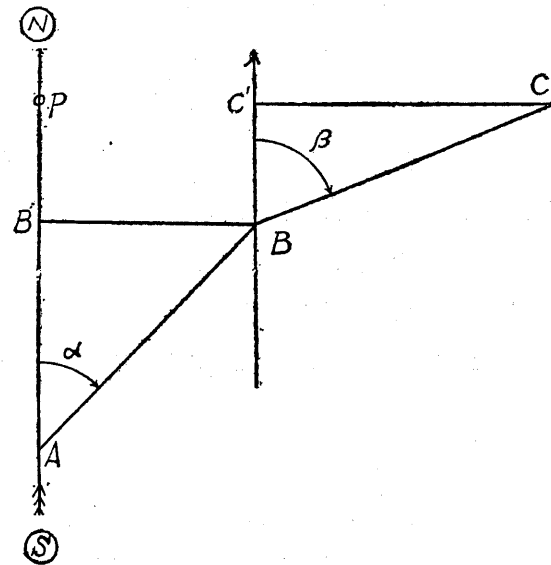
第 120 圖に於て、

第 120 圖

$ABC \dots \dots$  を多角形

$AP$  を準據線とし、 $\alpha$ 、 $\beta$  の測角を行ひたるものとす。各測點より準據線の方へ垂線を下し  $BB'$ 、 $CC'$  とす。

然る時に、 $AB'$ 、 $B$   $C'$  の如き準據線の方の長さを緯距と云ひ、 $BB'$  又は  $CC'$  の如き之れに直角の方向の長さを經距と云ふ。



準據線は任意の方向でよろしい。或ひは磁北を取ることもあり、或ひは眞北を

取ることもある。何れにしても便宜上、圖の如く  $N$   $S$  の文字を用ひ、之れに直角の方向に  $E$   $W$  の文字を用ひ、恰も方位の如く取扱つて計算をする。

$$AB' = \text{測線 } AB \text{ の緯距 (Latitude of course } AB) \\ = AB \cos \alpha = L_{AB}$$

$$BB' = \text{測線 } AB \text{ の經距 (Departure of course } AB) \\ = AB \sin \alpha = D_{AB}$$

$$BC' = BC \text{ の緯距} = BC, \cos \beta = L_{BC}$$

$$CC' = BC \text{ の經距} = BC, \sin \beta = D_{BC}$$

$$\therefore AB = \sqrt{(L_{AB})^2 + (D_{AB})^2} \\ \tan \alpha = \frac{BB'}{AB'}$$

尙計算の便宜上經緯距に符號を付ける。

- 緯距  $N$  に向へる時 +
- 緯距  $S$  に向へる時 -
- 經距  $E$  に向へる時 +
- 經距  $W$  に向へる時 -

(2) 閉合誤差と精度 (Error of closure and accuracy)

今或る閉多角形を一周し、距離と角の測量を行つたものとする。

第 121 圖、 $A$  より出發し  $ABCD \dots \dots A$  に戻つたものとする。

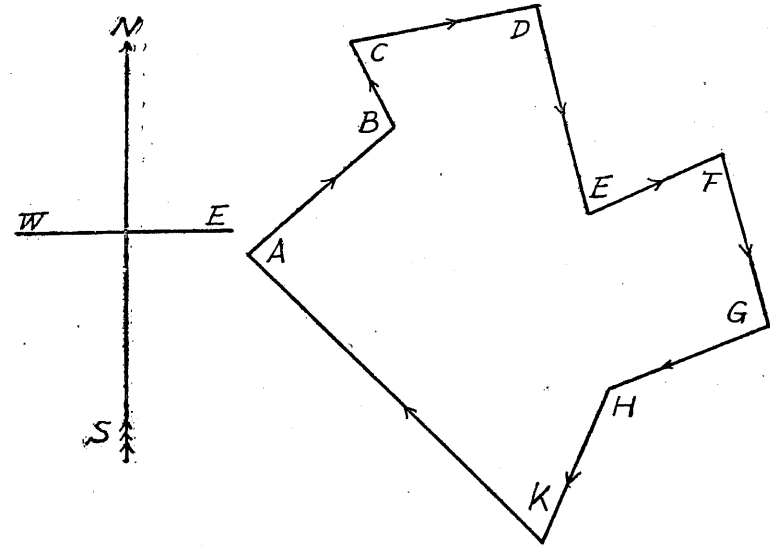
若し距離並びに角の測量に誤差が無ければ、緯距の  $N$  に向へる總和は  $S$  に向へる總和に等しく、經距の  $E$  に向へる總和は  $W$  に向へる總和に等しい筈である。

$$\text{緯距の } N \text{ 方向總和} = \text{緯距の } S \text{ 方向總和}$$

$$\text{經距の } E \text{ 方向總和} = \text{經距の } W \text{ 方向總和}$$

然るに實際の場合には經緯距を計算するに上述の様な關係が成立たずして誤差が出る。

第 121 圖



第 122 圖

今 緯距の誤差 =  $E_L$

經距の誤差 =  $E_D$

閉合誤差 =  $E$

とすれば

$$E = \sqrt{(E_L)^2 + (E_D)^2} \text{ となる。}$$

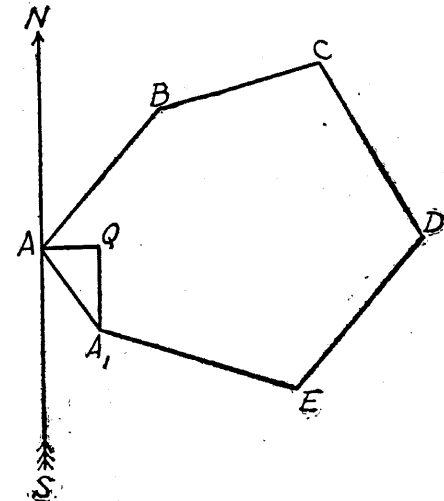
第 122 圖に於て

$A_1$  が  $A$  に一致せぬも

のとすれば

$$AA_1 = \text{閉合誤差}$$

$$= E$$



$$AQ = \text{經距誤差} = E_D$$

$$A_1 Q = \text{緯距誤差} = E_r$$

$$\therefore AA_1 = \sqrt{AQ^2 + A_1Q^2}$$

P を邊の全長とす

此場合に  $\frac{E}{P}$  を閉合誤差の比 (Ratio of error of closure) 又は簡単に閉比と云ふ。

$$\text{閉比} = \frac{E}{P} = \frac{\sqrt{(E_r)^2 + (E_D)^2}}{P}$$

此閉比を以て測量の精粗の程度を知ることが出来る。此閉比は土地状況、測量者の技倆等により差違あるが大體の標準を示せば次の様である。

1. 障碍物の少い平坦な場所即ち市街地測量の様な場合には

$$\frac{1}{5,000} \text{ --- } \frac{1}{40,000}$$

2. 山地等の如く障碍物が多く測量困難なる場合

$$\frac{1}{1,000}$$

3. 緩傾斜地域 即ち (1) (2) の中間に位する地域

$$\frac{1}{1,000} \text{ --- } \frac{1}{5,000}$$

(3) 誤差配分の方法 (Balancing the survey)

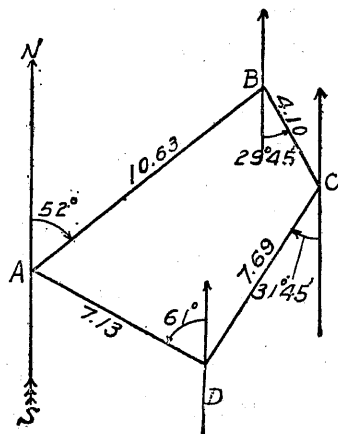
閉比が一定の範囲になつた時には閉合誤差を配分するのであるが、其の配分の方法に關して従來二通の法則 (Rule) がある。

即ち羅盤法則 (Compass rule) と轉鏡儀法則 (Transit rule) である。

(a) 羅盤法則 (Compass rule)

距離の測量より生ずる誤差と測角より生ずる誤差が同一程度と考へるのである。其の結

第 123 圖



果閉合誤差は各邊長に正比例して生ずるものと假定する。従つて經緯距の誤差を各邊の距離に従つて按分比例で分配するのである。一例を示せば次の様である。

第 123 圖に示すが如きトラバース測量に於ける經緯距を訂正せんとす。但し ( ) 内の數字は訂正後の値である。

第 10 表

野 帳			經 緯 距 計 算			
測點	方 位	距 離	緯 距		經 距	
			N (+)	S (-)	E (+)	W (-)
A	N 52° E	10.63	6.54 (6.58)		8.38 (8.34)	
B	S 29° 45' E	4.10		3.56 (3.55)	2.03 (2.01)	
C	S 31° 45' W	7.69		6.54 (6.51)		4.05 (4.08)
D	N 61° W	7.13	3.46 (3.48)			6.21 (6.27)
29.55			10.10 (10.6)	10.10 (10.06)	104.1 (10.35)	10.29 (10.35)

經緯距は共に其の地域の一端から起算して其の各邊に於ける總和を求むる時は同一點に歸着するを以て北に進む總和は南に向ふものゝ總和に等しく東に進む總和は西に向ふ總和に等しい筈である。

然るに上の計算に於て

$$N \text{ の總和} = 10.00 \quad \text{又 } E \text{ の總和} = 10.41$$

$$S \text{ の總和} = 10.10 \quad \text{W の總和} = 10.29$$

$$\text{差 } 10 \text{ 節} \quad \text{差 } 12 \text{ 節}$$

故に是等の差は各距離に従つて按分比例に由て大なるものより減じ小なるものに加へて平均せしむるのである。即ち

緯距に關するもの	經距に關するもの
$29.55 : 10.63 = 10 : 4$	$29.55 : 10.63 = 12 : 4$
$29.55 : 4.10 = 10 : 1$	$29.55 : 4.10 = 12 : 2$

$$\begin{array}{l} 29.55 \cdot 7.69 = 10 : 3 \\ 29.55 : 7.69 = 12 : 3 \\ \hline 10 \qquad \qquad \qquad 12 \end{array}$$

(b) 轉鏡儀法則 (Transit rule)

距離測定の精度が測角の精度より劣る場合に行ふ調整方法である。従つて経緯距の誤差分配を各経緯距の長さに按分比例で分配するのである。

即ち 或る測線緯距に對する訂正 =  $E_L \times \frac{\text{該測線の緯距}}{\text{緯距の總和}}$

これは布巻尺の如き精度の悪い度器を以て距離を測り、20秒読み程度のトランシットを以て測角した場合には此法則がよろしい。

然し乍ら鋼巻尺を以て距離測量をする時には、其の精度は測角の精度よりも遙かに大となるは第 35 節、及び第 4、5、6 表に示す通りである。されば 20 秒読みのトランシットと鋼巻尺を使用した時は寧ろ羅盤法則が適當かと考へられる。

第 11 表に示すは第 124 圖の如き多角形の経緯距計算の實例である。距離は鋼巻尺 1 耗目盛あるものトランシットは 20 秒読みのものである。第 12 表は面積計算である。精度  $\frac{1}{21,491}$  である。

これは邊長に按分比例で分配したものである。

トラバースの計算は第 13 表の様な表式にした方がよろしい。

(4) 横距と倍横距 (Longitude and Double Longitude)

又は子午線距と倍子午線距 (Meridian Distane and Double Merian Distance)。

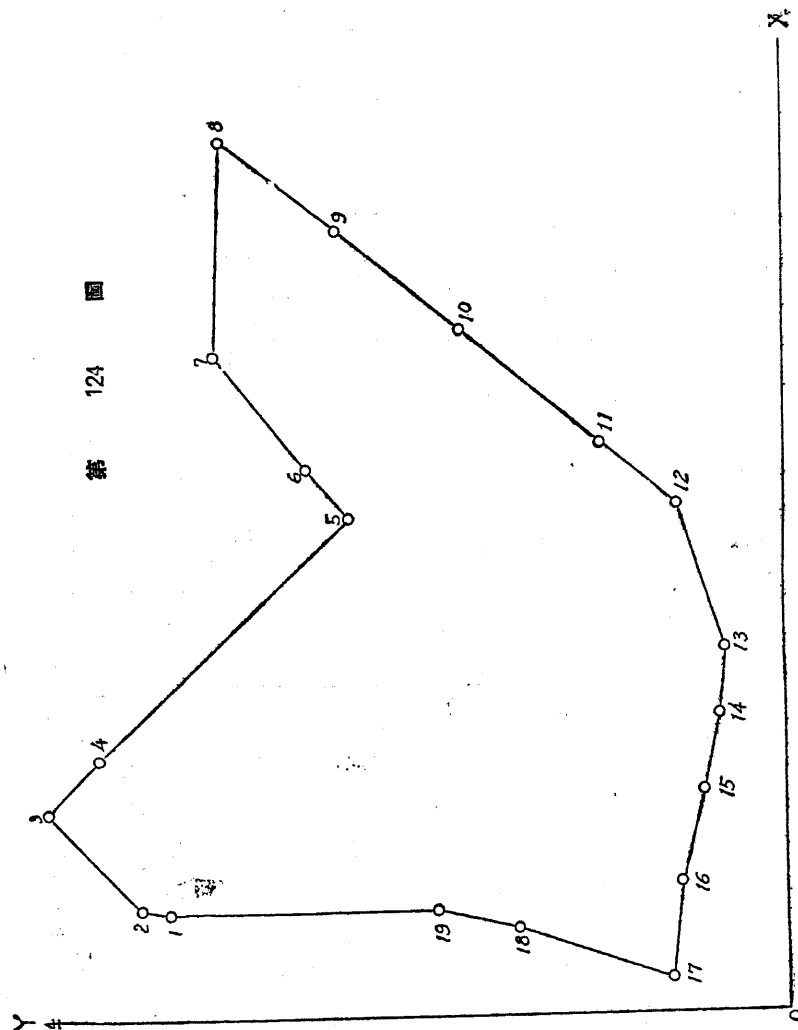
第 125 圖の如き多角形の各邊の中點から準據線に垂線を立てる。これを横距と云ふ。子午線の場合には子午線距と云ひ、計算便宜上の假子午線の場合には假子午線距と云ふ。

然らば

第一測線の横距 (FG) =  $\frac{1}{2} (BH) =$  第一測線經距の半分。

第二測線の横距 (JK) =  $JL = LM + MK$

第 124 圖



$$= (\text{第一測線の横距}) + (\text{第一測線經距の半分}) \\ + (\text{第二測線經距の半分})$$

任意の測線の横距 (YZ) =  $WX - VX - UV$

經 緯 距

測 點	方 位	距 離	對 數				
			距 離	餘 弦	正 弦	緯 距	經 距
1	N 7°59'30"E	13.810	1.1401937	9.9957616	9.1431054	1.1339553	0.2832991
2	N47°19'10"E	64.513	1.8096472	9.8311722	9.8663728	1.6408194	1.6760200
3	S 43°30'10"E	35.308	1.5478731	9.8605422	9.8378344	1.4084153	1.3857075
4	S 43°15'20"E	165.156	2.2178944	9.8623130	9.8358513	2.0802074	2.0537457
5	N48°00'50"E	33.266	1.5220006	9.8253939	9.8711683	1.3473945	1.3931689
6	N50°33'50"E	68.495	1.8356589	9.8021533	9.8883235	1.6378122	1.7239824
7	S 87°41'00"E	102.219	2.0095317	8.6066226	9.9996449	0.6161543	2.0091766
8	S 37° 39'20"W	70.147	1.8460091	9.8985594	9.7859795	1.7445685	1.6319886
9	S 37°47'50"W	76.073	1.8812423	9.8977286	9.7873675	1.7789706	1.6686095
10	S 38°17'00"W	87.649	1.9427470	9.8948457	9.7920769	1.8375927	1.7348239
11	S 37°06'30"W	46.970	1.6718206	9.9017236	9.7805506	1.5735492	1.4523712
12	S 71°24'00"W	73.003	1.8633407	9.5037353	9.9767022	1.3670760	1.8400420
13	N83°47'10"W	33.187	1.5209680	9.0343889	9.9974409	0.5553569	1.5184089
14	N77°23'10"W	36.743	1.5651746	9.3392124	9.9898892	0.9043870	1.5545638
15	N75°25'30"W	45.514	1.6581450	9.4007918	9.9857942	1.0589368	1.6439392
16	N82°47'00"W	46.200	1.6646420	9.0990651	9.9965459	0.7637071	1.6611879
17	N18°49'40"E	78.347	1.8940224	9.9761174	9.5088321	1.8701398	1.4028545
18	N11°36'10"E	40.007	1.6021360	9.9910335	9.3034669	1.5931693	0.9056029
19	N00°00'00"E W	129.897	2.1135992	10.0000000		2.1133992	

合計 1246.506

假令午線をN: 19及N: 1の測點を通過するものと假定して經距及緯距等の計算を行ふ測點中に原點を取れば合緯距及合經距共同一符號にて表はし得ざるを以て原點を測點外に定む。

即ち測點 N: 1 の位置を緯距 300.00m 經距 50.00m として合緯距及合經距の計算を行ふ。

距離は鋼製卷尺 1m.m. 迄讀み得るものを以て六回の測距を行ひ其の中結果の良好のもの三つを取りて平均す。

測角は 20秒 讀みのものを使用し兩遊標の讀數の平均を取る。

計 算

緯 距		經 距		改 正		合緯距	合經距	摘 要
北(+)	南(-)	東(+)	西(-)	緯 距	經 距			
米 13.676		米 1.920		米 13.676	米 1.921	米 300.000	米 50.000	
43.734		47.426		43.734	47.429	313.676	51.921	
	25.610	24.306		-25.610	24.308	357.410	99.350	
	120.283	113.174		-120.283	113.182	331.800	123.658	
22.253		24.727		22.253	24.728	211.518	236.840	
43.432		52.964		43.432	52.967	233.771	261.568	
	4.132	102.135		-4.131	102.140	277.203	314.535	
	55.535		42.854	-55.534	-42.851	273.072	416.675	
	60.113		46.624	-60.112	-46.621	217.528	373.824	
	68.801		54.303	-68.800	-54.299	157.426	327.203	
	37.478		28.338	-37.458	-28.336	88.626	272.904	
	23.285		69.190	-23.284	-69.187	51.168	244.568	
3.592			32.992	3.592	-32.990	27.834	175.381	
8.024			35.856	8.024	-35.854	31.476	142.391	
11.453			44.040	11.453	-44.047	39.500	106.537	
5.804			45.874	5.804	-45.832	50.953	62.490	
74.155		25.285		74.156	25.288	56.757	16.658	
39.89		8.046		39.189	8.048	130.913	41.946	
129.897				129.898	0.006	170.102	42.994	

293.209 395.217 399.983 400.049

$\frac{395.209}{0.008} (-)$   $\frac{399.983}{0.057} (-)$

閉 差 =  $\sqrt{0.008^2 + 0.057^2} = 0.058$

精 度 =  $\frac{0.058}{1246.506} \div \frac{1}{21,491}$







$$\text{梯形 } DBCE = DE \times \left( \frac{DB + EC}{2} \right) = DE \times HJ$$

= (第二測線の緯距) × (第二測線の横距)

$$\triangle ACE = AE \times \frac{EC}{2} = AE \times KL$$

= (第三測線の緯距) × (第三測線の横距)

上の計算で緯距  $N$  の場合を

第 126 圖

+,  $S$  の場合を - とすれば、梯形  $DBCE$  は (-) となり  $\triangle ABD$  と  $\triangle ACE$  は (+) である。従つて是等の代數和が  $\triangle ABC$  の面積となる。

此面積の計算で倍横距を採れば最後に  $\triangle ABC$  の面積の 2 倍が出て来るのである。

(b) 四邊形の場合 (第127圖)

四邊形  $ABCD = EBGDG$

$$- (\triangle ABE + \triangle ADG)$$

= 梯形  $(EBCF)$  + 梯形

$$FCDG - (\triangle ABE + \triangle ADG)$$

然るに

$$\triangle ABE = (\text{第一測線の緯距}) \times (\text{第一測線の横距})$$

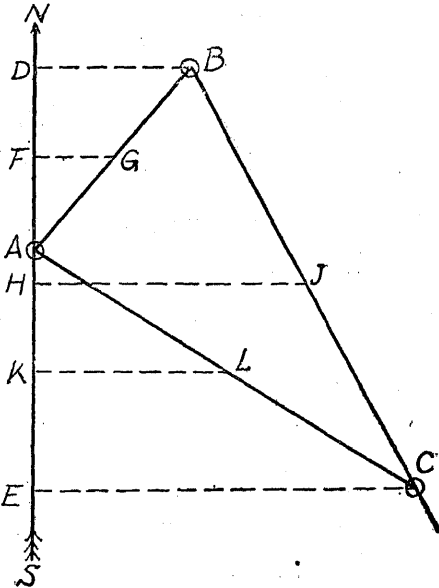
$$\text{梯形 } EBCF = (\text{第二測線の緯距}) \times (\text{第二測線の横距})$$

$$\text{梯形 } FCDG = (\text{第三測線の緯距}) \times (\text{第三測線の横距})$$

$$\triangle ADG = (\text{第四測線の緯距}) \times (\text{第四測線の横距})$$

それで  $\triangle ABE$  は (+)

梯形  $EBCF$  (-)



梯形  $FCDG$  (-)

$\triangle ADG$  (+)

是等の代數和を採れば四邊形  $ABCD$  となる。

同様に倍横距を採れば倍面積となる。

要するに各測線の緯距と倍横距を求め是等の積の代數和が閉多角形の倍面積になるのである。

例 第 128 圖

之れは 5 邊形で各邊長  $a, b, c, d, e$

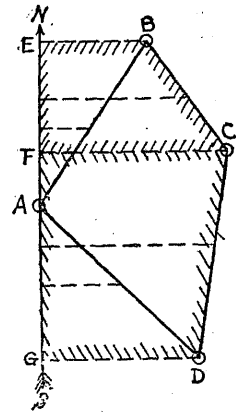
各角  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$  とす。

面積計算の方法は 第 14 表の様になる。

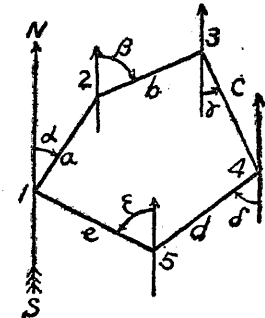
1.  $\begin{cases} a \sin \alpha = D_1 \\ + a \sin \alpha \\ b \sin \beta \end{cases}$
2.  $\begin{cases} \sum_1 = D_2 \\ + b \sin \beta \\ c \sin \gamma \end{cases}$
3.  $\begin{cases} \sum_2 = D_3 \\ + c \sin \gamma \\ - d \sin \delta \end{cases}$
4.  $\begin{cases} \sum_3 = D_4 \\ + - d \sin \delta \\ - e \sin \epsilon \end{cases}$
5.  $\sum_4 = D_5 = e \sin \epsilon$

第 14 表

第 127 圖



第 128 圖



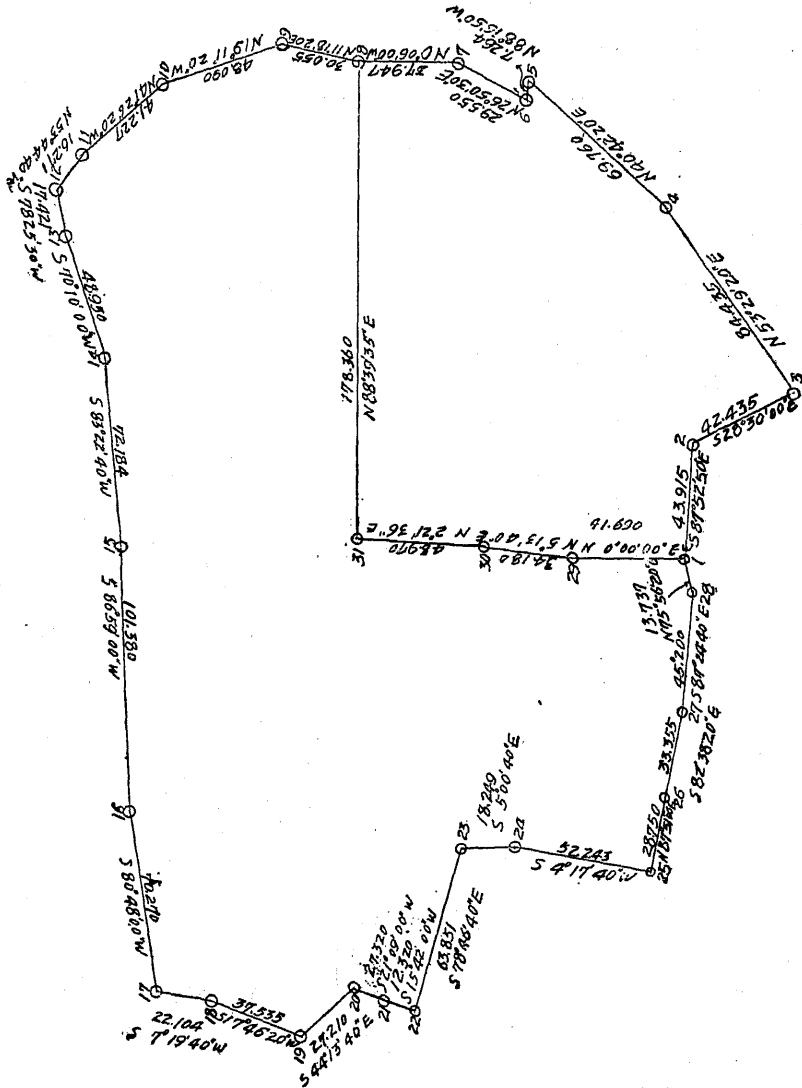
測點	距離	方位角	緯 距		經 距		倍横距	倍 面 積	
			N+	S-	E+	W-		N+	S-
1	a	N α E	a cos α		a sin α		D <sub>1</sub>	a cos α D <sub>1</sub>	
2	b	N β E	b cos β		b sin β		D <sub>2</sub>	b cos β D <sub>2</sub>	
3	c	S γ E		c cos γ	c sin γ		D <sub>3</sub>		c cos γ D <sub>3</sub>
4	d	S δ W		d cos δ		d sin δ	D <sub>4</sub>		d cos δ D <sub>4</sub>
5	e	N ε W	e cos ε			e sin ε	D <sub>5</sub>	e cos ε D <sub>5</sub>	

$\sum N$      $\sum S$

$\therefore \Sigma N \sim \Sigma S = 2A$  (倍面積)

實際の數を入れたものは第 15 表にある。

第 129 圖



第 15 表

測點	方位角	距離 (鎖)	緯 距		經 距		倍面積	倍面積		
			N+	S-	E+	W-		N+	S-	
1	N 35° E	2.70	2.21		1.55		+1.55	3.4255		
2	N 83 $\frac{1}{2}$ ° E	1.29	0.15		1.23		+4.38	0.6570		
3	S 57° E	2.22		1.21	1.86		+7.52		9.0492	
4	S 34 $\frac{1}{4}$ ° W	3.55		2.93		2.00	+7.38		21.6234	
5	N 56 $\frac{1}{2}$ ° W	3.23	1.78			2.69	+2.69	3.7 82		
			4.14	4.14	4.69	4.69		8.8707	30.7226	
								8.8707		
								21.8819		
								10.9409		
										平方鎖

尙實例に付ては第 124 圖と第 11 表第 12 表にある、これは東京市内に於て實測した結果である。

第 129 圖と第 16 表第 17 表は或る工場のトラバース測量の一例である距離は鋼卷尺單位は間、器械は 20 秒讀みのもの

第 130 圖

を使用した。

面積計算には第 18 表の如き表式にした方がよろしい。

直角座標による面積計算

1. 2. 3. 4. の面積は次の梯形になる。

$(a. 1. 2. b) + (b. 2. 3. c)$

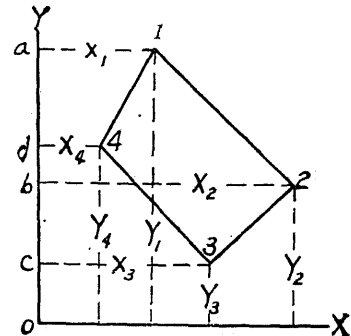
$-(a. 1. 4. d) - (d. 4. 3. c)$

座標の項で表せば

$(1. 2. 3. 4) = (Y_1 - Y_2) \frac{X_1 + X_2}{2}$

$+ (Y_2 - Y_3) \frac{X_2 + X_3}{2} - (Y_4 - Y_3) \frac{X_4 + X_3}{2}$

$- (Y_1 - Y_4) \frac{X_1 - X_4}{2} \dots \dots \dots (i)$



第 16 經緯距

測點	距離	方位	緯距		經距	
			北(+)	南(-)	東(+)	西(-)
1	43.915	S 85° 52' 50" E		1.624	43.885	
2	42.435	S 28° 30' 00" E		37.2 3	20.248	
3	84.435	N 53° 29' 20" E	50.237		67.864	
4	69.760	N 4° 42' 20" E	52.8 3		45.496	
5	7.264	N 88° 16' 50" W	0.218			7.261
6	29.550	N 26° 50' 30" E	26.366		13.343	
7	37.947	N 0° 06' 00" W	37.947			0.066
8	30.055	N 11° 18' 20" E	29.472		5.892	
9	48.090	N 19° 11' 20" W	45.419			15.806
10	41.227	N 41° 26' 20" W	30.906			27.285
11	61.271	N 53° 44' 40" W	9.623			13.121
12	17.421	S 78° 25' 30" W		3.496		17.067
13	48.950	S 70° 16' 00" W		16.608		46.046
14	72.184	S 83° 22' 40" W		8.324		71.702
15	101.330	S 86° 59' 00" W		5.335		101.236
16	70.270	S 80° 48' 00" W		11.235		69.366
17	22.104	S 7° 19' 40" W		21.923		2.819
18	37.535	S 17° 46' 20" W		35.744		11.457
19	27.210	S 44° 13' 40" E		19.4 8	18.979	
20	27.320	S 21° 09' 00" W		25.480		9.857
21	12.320	S 15° 42' 00" W		11.860		3.334
22	63.851	S 78° 46' 40" E		12.426	62.630	
23	18.429	S 5° 0' 40" W		18.179	1.534	
24	52.243	S 4° 17' 40" E		52.096		3.912
25	28.750	N 87° 51' 00" E	1.079		28.730	
26	33.355	S 82° 38' 20" E		4.274	33.080	
27	45.200	S 87° 24' 40" E		2.042	45.154	
28	13.737	N 75° 56' 29" E	3.337		13.325	
	1143.028		237.487	287.437	400.220	400.335

測點	距離	方位	緯距		經距	
			北(+)	南(-)	東(+)	西(-)
1-29	41.690	N 0° 00' 0" E	41.690		0.000	
3)	34.180	N 5° 13' 40" W	34.038		3.114	
31	43.970	N 2° 21' 36" E	48.928		2.017	
8	178.360	N 88° 39' 35" E	4.172		178.311	

表 計 算 表

更 正		合 緯 距	合 經 距	摘 要
緯 距	經 距			
- 1.626	43.889	0	0	測點 1 を原點とし、方位は測點 1. 29 の方向を假子午線とす
- 37.295	+ 20.252	- 1.626	+ 43.889	
+ 50.233	+ 67.873	- 38.021	+ 64.141	
+ 52.880	+ 45.503	+ 11.312	+ 132.014	
+ 0.218	- 7.260	+ 64.192	+ 177.517	
+ 26.365	+ 13.346	+ 64.410	+ 170.257	
+ 37.945	- 0.062	+ 90.775	+ 183.003	
+ 29.471	+ 5.895	+ 128.720	+ 183.541	
+ 45.417	- 15.801	+ 153.191	+ 189.436	
+ 30.904	- 27.281	+ 203.608	+ 173.635	
+ 9.622	- 13.119	+ 234.512	+ 146.354	
+ 3.497	- 17.065	+ 244.134	+ 133.235	
- 16.610	- 46.041	+ 240.637	+ 116.170	
- 8.327	- 71.695	+ 224.027	+ 70.129	
- 5.339	- 101.226	+ 215.700	- 1.566	
- 11.233	- 69.359	+ 210.361	- 102.792	
- 21.924	- 2.817	+ 139.123	- 172.151	
- 35.746	- 11.453	+ 177.196	- 174.963	
- 19.499	+ 18.982	+ 141.453	- 186.421	
- 25.481	- 6.854	+ 121.954	- 167.439	
- 11.861	- 3.333	+ 96.473	- 177.293	
- 12.429	+ 62.636	+ 84.612	- 180.226	
- 18.180	+ 1.536	+ 72.183	- 117.990	
- 52.098	- 3.907	+ 54.003	- 116.394	
+ 1.078	+ 28.733	+ 1.905	- 120.301	
- 4.275	+ 33.083	+ 2.983	- 91.568	
- 2.044	+ 45.150	+ 1.292	- 58.435	
+ 3.336	+ 13.326	- 3.336	- 13.326	

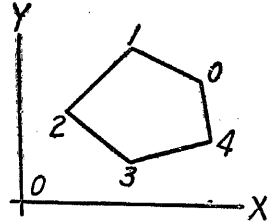
精度： $\frac{\sqrt{0.05^2 + 0.115^2}}{1143.028} \div \frac{1}{9115}$

更 正		合 緯 距	合 經 距	摘 要
緯 距	經 距			
+ 41.675	+ 0.013	+ 41.675	+ 0.013	
+ 34.026	+ 3.125	+ 75.701	+ 3.138	
+ 48.911	+ 2.033	+ 124.612	+ 5.171	
+ 4.108	+ 178.370	+ 128.720	+ 183.541	



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \{ Y_1(X_2 - X_4) + Y_2(X_3 - X_1) \\
 &\quad + Y_3(X_4 - X_2) + Y_4(X_1 - X_3) \} \dots (ii) \\
 &= \frac{1}{2} \{ X_1(Y_2 - Y_4) + X_2(Y_3 - Y_1) \\
 &\quad + X_3(Y_4 - Y_2) + X_4(Y_1 - Y_3) \} \dots (iii) * \\
 &= \frac{1}{2} (X_2Y_1 - X_1Y_2 + X_3Y_2 - X_2Y_3 \\
 &\quad + X_4Y_3 - X_3Y_4 + X_1Y_4 - X_4Y_1) \dots (iv)
 \end{aligned}$$

第 131 圖



第 (iii) 式で計算の例は第 19 表にある。

第 19 表

測 點	方 位	距離	緯 距		經 距		更 正		X	Y	Yの差	倍面積	
			N(+)	S(-)	E(+)	W(-)	緯距	經距				(+)	(-)
0	N 57° W	1.6	0.87	.....	.....	1.34	+ 0.87	- 1.34	20.56	21.36	- 5.36	.....	110.2
1	S 37° W	15.32	.....	12.34	.....	9.23	-12.23	- 9.22	19.22	22.23	+11.36	218.3	.....
2	S 37° $\frac{1^\circ}{2}$ E	4.53	.....	3.11	3.28	.....	- 3.11	+ 3.28	10.00	10.00	+15.34	153.4	.....
3	N 43° $\frac{1^\circ}{2}$ E	13.75	9.97	.....	9.46	.....	+ 9.98	+ 9.48	13.28	6.89	- 6.87	.....	91.2
4	N 26° W	5.00	4.49	.....	.....	2.19	+ 4.49	- 2.19	22.75	16.87	-14.47	.....	329.2

15.33 15.32 12.74 12.76

371.7 530.6  
 371.7  
 2)158.9  
 79.45