第四編　轉鏡儀測量或は經緯儀測量 (Transit Surveying or Theodolite Surveying)

第一章　概　　說

57　轉鏡儀（Transit）及經緯儀（Theodolite）の主なる用途

轉鏡儀或は經緯儀の構造及び使用法を述べるに先ち、如何なる測量に用ひられるかを調べて見やう。轉鏡儀本來の目的は角度の測定であるから

（1）水平角觀測 (Measurement of Horizontal Angle)

（2）直立角觀測 (Measurement of Vertical Angle)

（3）直線延長 (Prolonging a Straight Line)

此の外附屬裝置に依り數限りも無い測量が出來る。

（4）望遠鏡水準器（Telescope Level）に依る高低測量（Leveling)

（5）視距線に依る視距測量（Stadia Survey)

（6）磁針に依る方位測量（Bearing Determination)

此の外陸上に於ける總ての測量が角度測量の應用として出來るから、轉鏡儀測量即ち陸地測量と云つても差支へない位である。夫で轉鏡儀の事を一名萬能器械（Universal Instrument）とも稱して居る。唯此の編では其の構造、使用法及經緯測量法だけを述べる事とする。

58　轉鏡儀の種類

轉鏡儀（Transit）は America に發達し、水平軸の廻りに自由に回轉の出來るもの、經緯儀（Thodolite）は歐洲に發達した水平軸の廻りに回轉の出

來ないものと區別されて居つたが、近頃新らしい兩方の混合のものが盛に製作されるので、明確に其の區別をする事が出來ない。玆では唯說明の便宜上次の如く區別する。

（1）器械の性質及び構造に依て

（a）轉鏡儀(Transit)
- 正式轉鏡儀（Normal Transit）
- 精密轉鏡儀（Precise Transit）

（b）經緯儀（Theodolite）
- 轉鏡經緯儀（Transit Theodolite）
- 經緯儀（Theodolite）
- 寫眞測量儀（Photo-theodolite）

（c）天文經緯儀（子午儀）（Astronomical Theodolite）

（2）測量の目的に依て

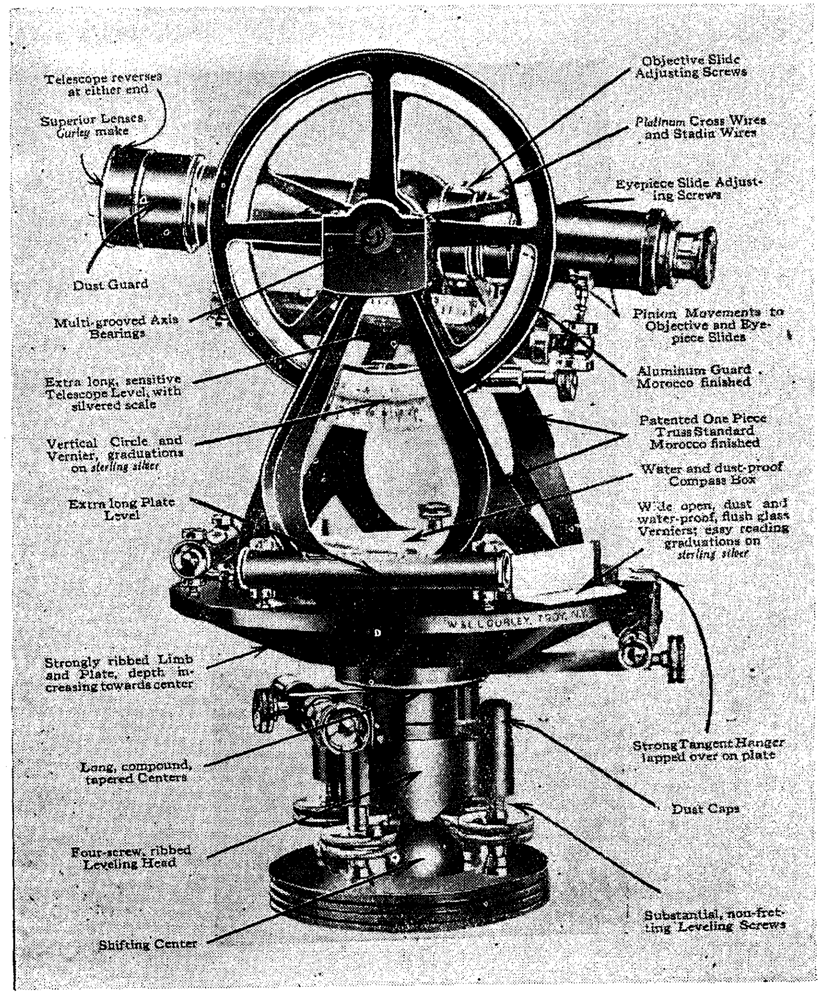
（a）工師轉鏡儀（Engineers Transit）
（b）建築轉鏡儀（Builders Transit）
（c）探檢用轉鏡儀（Explorers Transit）
（d）山嶽用轉鏡儀（Mountain Transit）
（e）鑛山用轉鏡儀（Mining Transit）
（f）測量轉鏡儀（Surveyors Transit）

第二章　轉鏡儀の構造

第173圖は日本の測量器械と最も關係の多い America の Gurley Transit で、同しく第 174 圖は其の斷面である。之を土臺にして轉鏡儀の構造を調べて其比較をして見度いと思ふ。

59　構造の概要

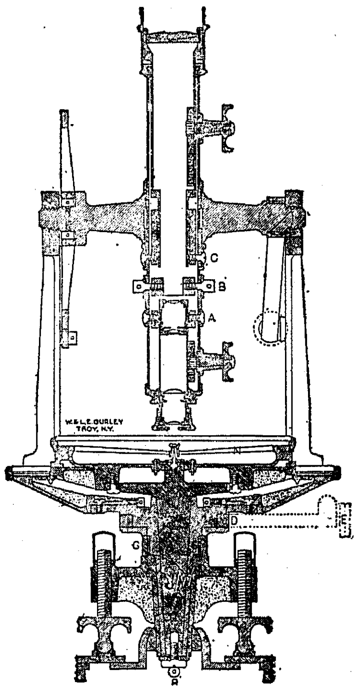
轉鏡儀は約 400 の部分から成り立つて居るが、大別すれば器械（Instru-



第 173 圖

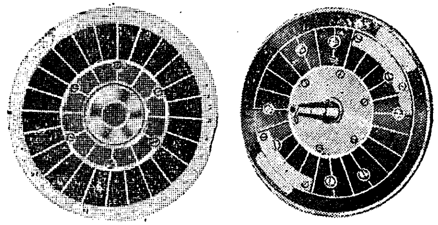
ment)、三脚（Tripod）、及外函（Case）とよりなる。三脚は最も强きを要すると同時に、輕きを要するので框組のが多くなつた。

器械を上部と下部とに分くれば、上部は主要部即ち視準装置で、下部は附屬裝置である。下部は (1) 平行盤 (2) 水準螺旋より成り、其の眞中には器械の中軸 (Central Axis) 即ち垂直軸(Vertical Axis) が貫いて居る。平行盤の上に附く二つの同心圓盤の中、上方のものを上圓盤 (Upper Circular Plate) 又は遊標盤 (Vernier Plate) と云ひ、下方のものを下圓盤 (Lower Circular Plate) 又は分度盤 (Divided Circle Plate) と云ふ。此の上下圓盤の軸を緊付けるのが上緊付螺旋 (Upper Clamp Screw)で、分度盤と平行盤とを緊付けるのを下緊付螺旋 (Lower Clamp Screw) と云ふ。上圓盤の上には互ひに直角の方向に二つの水準器 (Plate Level) が附き、圓盤の水平を司つて居る。



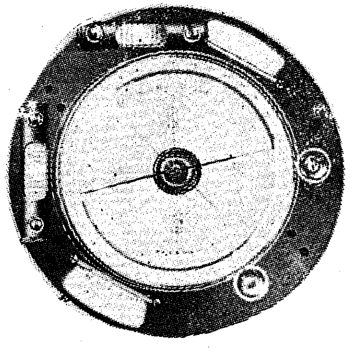
第 174 圖

遠望鏡を載せる装置として、上圓盤から二本の同高の支脚 (Support of Horizontal Axis) を立て、之に横軸又は水平軸 (Horizontal Axis) が取付けられ、其の中央に望遠鏡 (Telescope) が装置されて居る。横軸の一方には垂直分度 (Vertical Circle)を取付け、望遠鏡の下には水準器 (Telescope Level) を取付け高低測量に便して居る。又上圓盤の中央即ち支脚の中央に磁針 (Magnetic Needle) を附けて方位 (Bearing) を測る事が出來る。通



下圓盤　上圓盤(裏面)

第 175 圖



第 176 圖 上圓盤 (表面)

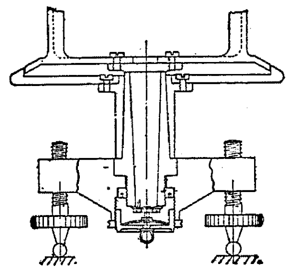
常轉鏡儀の大さを表はすに此の磁針の長さと、遊尺の最小の讀みを以てする習慣である。

60 中軸又は垂直軸の取付

軸の中で遊標盤に附く方を內軸 (Inner Center)、分度盤に附く方を外軸 (Outer Center) といふ。內軸は鐘銅 (Bell Metal) か燐銅 (Phosphor Bronze) で作り、外軸は砲銅 (Gun metal) にて作る。鋼を用ひ度いが磁針の有る關係で使はれない、磁針の無い轉鏡儀には軸を硬鋼(Hardened Steel) で作る。

中軸の配置及取付に三種の區別がある。

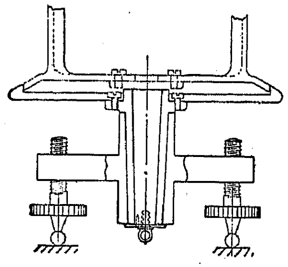
（1） **二重錐形軸** (Double Taper Axis) (第 177 圖) 米國型轉鏡儀に用ひられ、軸は內外共に末細 (Taper) になつて居る。上部の重量が外軸及びソケツトの間で支へられるから磨滅も早く、大型の器械で正確に据える時は此の軸は宜しくない。15 cm 位迄の轉鏡儀に用ひらる。



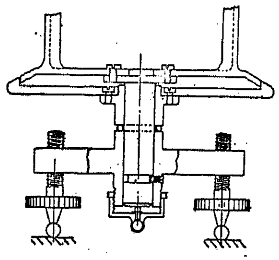
第 177 圖 二重錐形軸

（2） **獨立軸** (Independent Axis) (第 178 圖) 錐狀構造よりも大型の

器械に用ひられ、內軸と外軸とが全く獨立の取付きだから上緊付螺旋も下緊付螺旋も同じ働きをなす。上部の壓力を緩和する爲め軸の下部に發條を入れて重量の大部を之で受ける。



第 178 圖　獨立軸

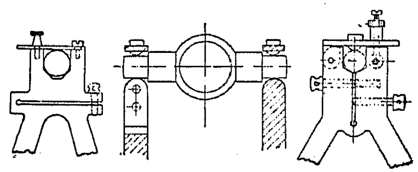


第 179 圖　平行軸

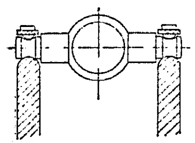
（3） **平行軸**（Parallel Axis）（第 179 圖） 小型のものに用ひられる。製作が容易で、內軸が上下しても隙間が變らず、又內軸と外軸との間に偏心（Eccentricity）の心配も無い。內軸が動き易いから餘り良くない。

61　橫軸の取付

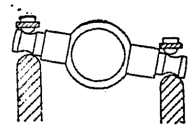
橫軸（Herizontal Axis）は望遠鏡を支持するもので、中軸が垂直に卽ち圓盤（Circular Plate）が水平になつた時水平で無くてはならぬ。橫軸には（1）取外し型（Removable Type）と（2）固定型（Fixed Type）と二通りある。米國型のものは多く固定型で、之は實用上非常に都合が宜いと共に磨滅其他の原因で調整（Adjustment）を行ふ際には不適當である。歐州型には兩方共存在する。小型の 30″ 以下の器械では取外せぬのが多い。取外し型は磨滅の調整をする事が出來、且つ左右の讀みが取れるから利害相半するのである。第 180 圖には此の取外し型の構造の一例を示す。支脚の一方に、推螺旋（Pushing Screw）と牽螺旋（Pulling Screw）を用ひて支脚の一方を上下して調整をする。



第 180 圖　取外し型橫軸



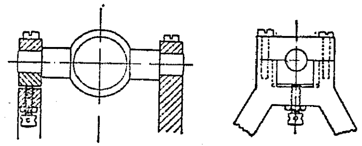
第 181 圖
磨滅した場合



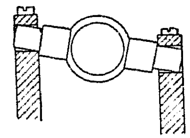
第 182 圖
調整を施した時の影響

軸を推し付けないで之を行ふ爲に軸承（Bearing）の所は多角形となつて居り、從て軸との接觸面積（Contact Area）が少いから磨滅して第 181 圖に示す樣になる。第 182 圖は夫に調整螺旋を施した場合の影響を示す。此の調整方法が精巧でない事は直に詳る。

第 183 圖は固定型の調整螺旋を示す、第 184 圖は同じく之に調整を施したる時の影響を示す。米國型は第 174 圖の樣に、溝付軸承（Multiple Grooved Bearing）に依て居るから此の橫軸調整の量は少しゝか出來ない。



第 183 圖　固定型橫軸



第 184 圖
調整を施した時の影響

62　調整螺旋 (Adjusting Screws)

轉鏡儀では非常に澤山の各種螺旋が使用されて居る。今米國型轉鏡儀を取り、望遠鏡を除く各部の調整螺旋を擧ぐれば

（1）　水準螺旋（Leveling Screw or Foot Screws）　4 個
（2）　緊付及微動螺旋（Clamp and Tangent Screws）（上，下，垂直部）6 個
（3）　水平軸調整螺旋（Support Adjusting Screws）　3 個
（4）　版準器調整螺旋（Plate Level Adjusting Screws）　8 個
（5）　鏡準器調整螺旋（Telescope Level Adjusting Screws）4 or 2 個
（6）　磁針引上螺旋（Magnetic Lifter）　1 個
（7）　方位盤設定螺旋（Compass Vernier Setting Screw）　1 個

（8） 勾配螺旋（Gradienter Screw） 1 個
計 27 or 25 個

此の中で棒螺旋（Bar Screw or Capstan Head Screw）のものが可なり多い。重要な螺旋が何等の蓋ひも無く、粗大な棒螺旋となつて居る事は轉鏡儀の一つの大きな缺點である。

63 轉鏡儀の實例

轉鏡儀は測量器械中の王者である爲各國最も意を用ひて製作して居る。本邦にては時恰も國產奬勵運動に相會し、此際市場に在る器械を國產愛用の立場から概括して見るのも必要な事であらう。元來我國民の所謂『手先の器用な』と云ふ性質が多年の間手工業を支配し、どれ程精密機械工業の樹立に災して居るか判らないのである。今後一般機械工業の發達に伴ひ、大規模の設備、優秀な技術者に依つて此の精密工業を發展させねばならぬ。

（1） **國產轉鏡儀** 第185圖は玉屋製5吋20秒讀みトランシツトである水平分度20′, 遊尺20″、同じく垂直分度30′, 遊尺1′、望遠鏡の擴大率27倍である。

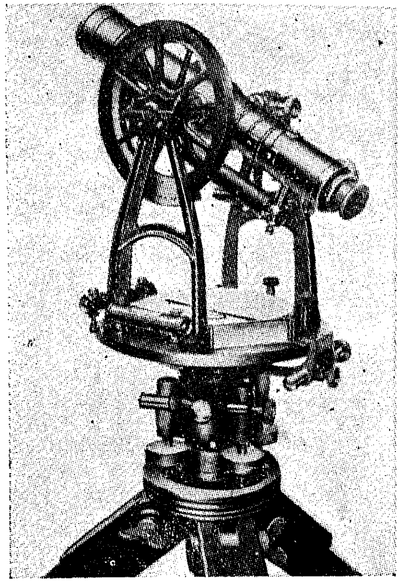
第186圖は玉屋製4吋20秒讀みで、水平分度20′, 遊標讀度20″, 同じく垂直分度30′, 遊標讀度1′, 擴大率26のものである。

第187圖は測機舍製大型フジトランシツトである。水平分度目盛10′、遊標讀度10″, 垂直分度目盛15′, 遊標讀度20″, 擴大率25倍、望遠鏡は內部調節式で米國型に獨逸型を加味した優良品で、第188圖は其の斷面である。

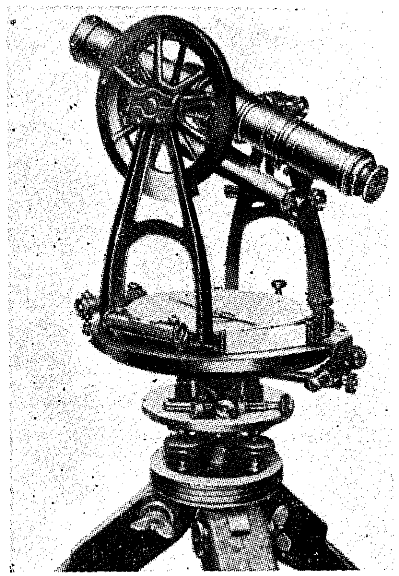
以上の器械は鐵道省或は商工省に於て優良國產品*,** として推選されたも

* 業務研究資料（第18卷別冊 昭和5年9月）內外品使用成績比較調

** 商工省選定『舶來品より優良なる國產品』,（昭和6年3月），工政會出版部



第185圖 5吋20秒轉鏡儀（玉屋製）

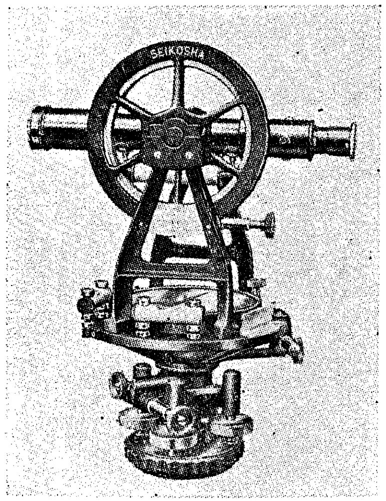


第186圖 4吋20秒轉鏡儀（玉屋製）

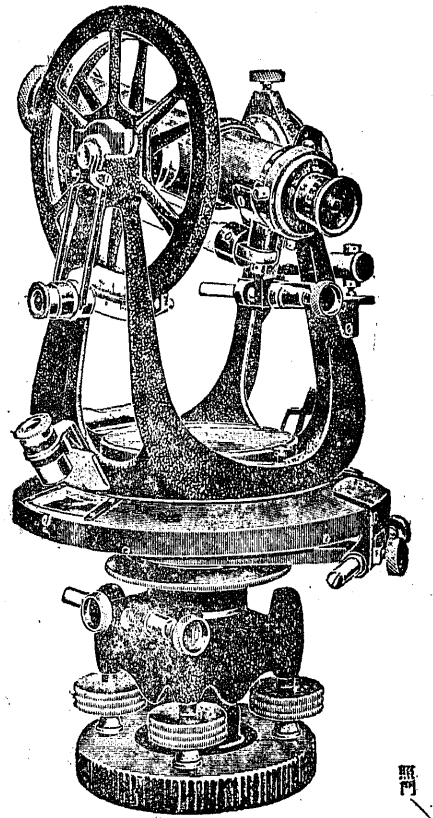
のである。

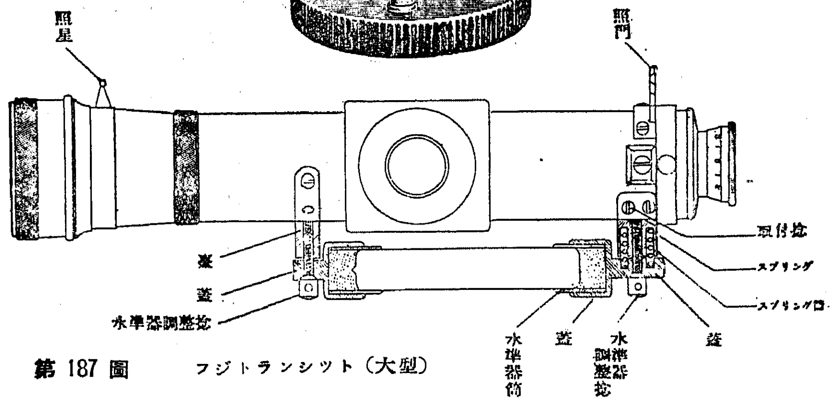
第189圖は新に（1931年）製造された精工舍製米式3吋半轉鏡儀で、小型にも拘はらず內部調整になつて居る。

（2） **外國製轉鏡儀** 本邦に輸入せらるゝ外國製轉鏡儀は、主として米（Gurley），獨（Carl Zeiss, Carl Bamberg, Otto Fennel），英（Watt, Stanley），瑞西（Wild）等で數量に於て米國製が壓倒的である。

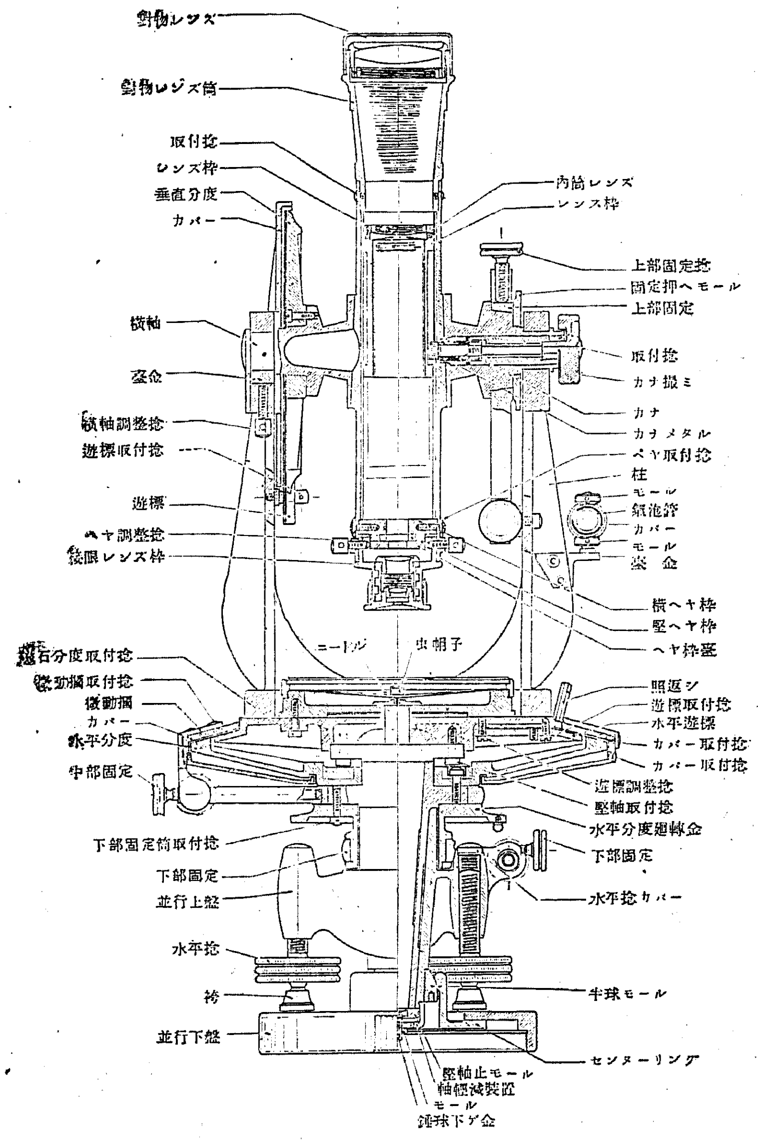


第189圖 米式三吋半Transit（東京精工舍製）

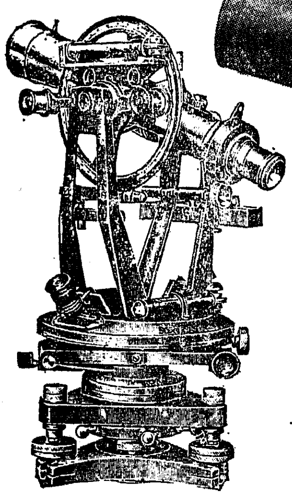




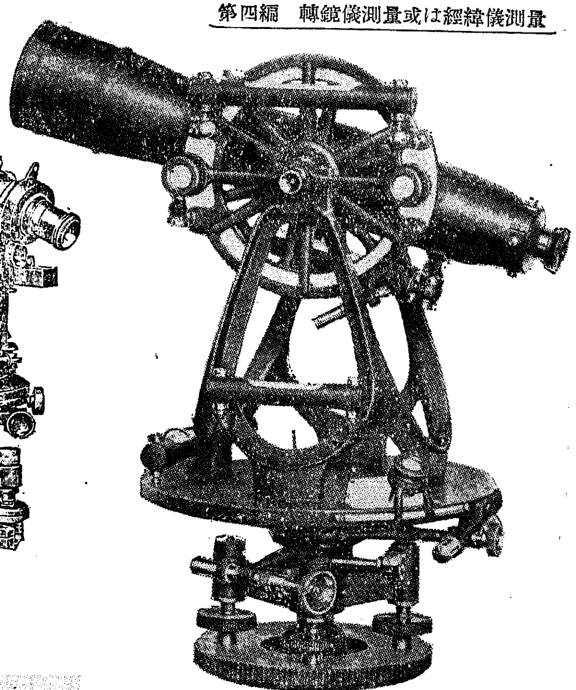
第 187 圖　フジトランシツト（大型）



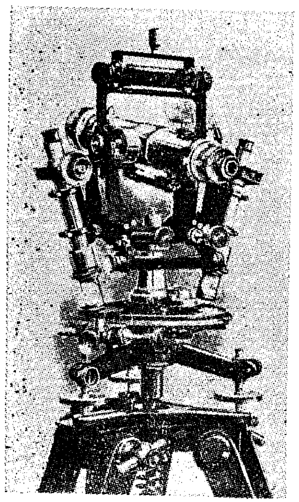
第 188 圖　フジトランシツト分解圖



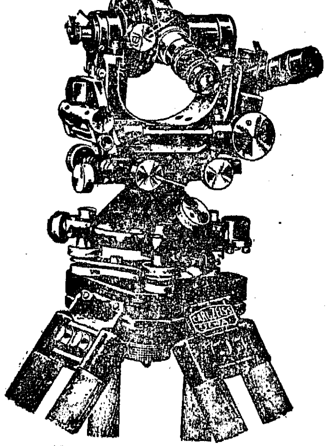
第 191 圖



第 190 圖



第 192 圖

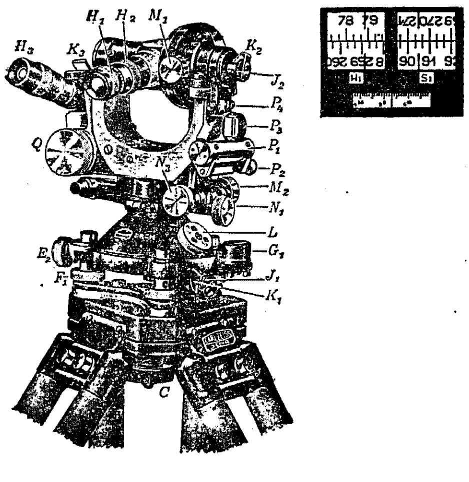


第 193 圖 Theodolite

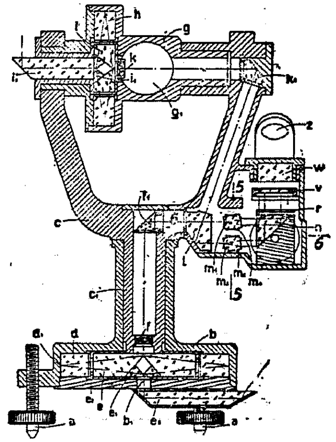
(1) Gurley Transit (U.S.) 第 190 圖は Gurley New Hell Gate Transit である。水平分度目盛 10′, 遊標讀度 10″、垂直分度も同樣、倒像で擴大率 26、此の種の米國製トランシツトは明治年間盛に我國に輸入され、其の使用法に慣れて居るため今尙最も輸入せられて居る。

(2) Watt Transit (英國) 第 191 圖は Watts New Pattern Standard Transit Theodolite で、水平分度、垂直分度共目盛 20′, 遊標讀度 20″, 擴大率 18, 倒像である。我國に輸入されるのは餘り多くない。

(3) 第 192 圖は獨逸 Carl Bamberg の Schrauben-Mikroskop-Theodolite である。水平分度 10′, 顯微鏡に依り 10″, 目測に依り 1″ まで見る事が出來る。倒像で擴大率 20 及 30, 垂直分度及磁石裝置は無い。同社では更に一二等三角測量用として是以上のものを作つて居るが之は三角測量の時に述べる事とする。

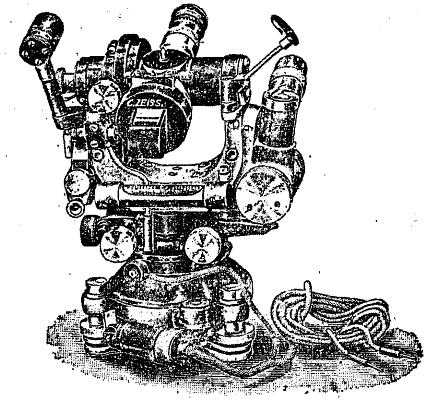


第 194 圖 Beschreibung des Theodolite

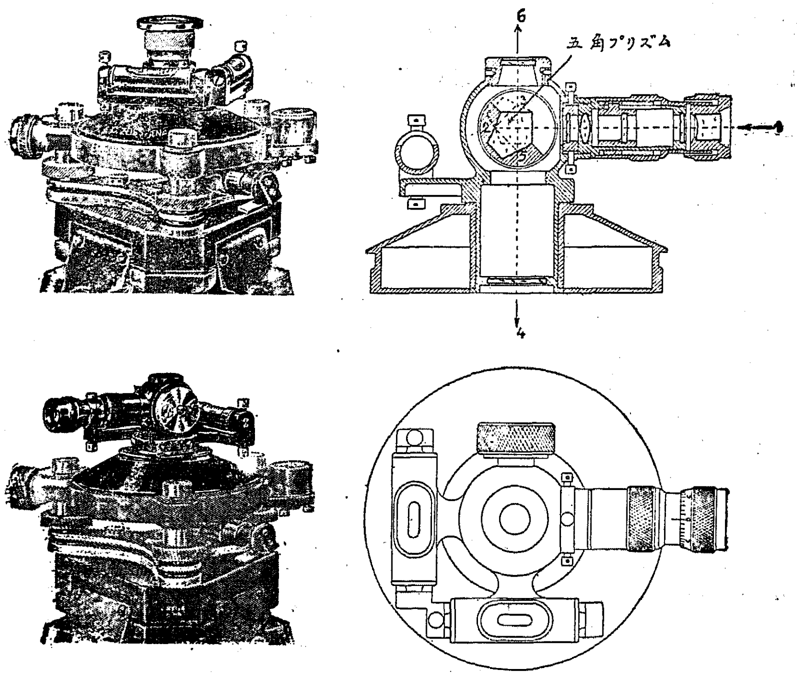


第 195 圖 光路を示す圖

（4） 第193圖は獨逸 Carl Zeiss の Theodolit 1 である。之は在來の轉鏡儀を更に一歩進めた眞の意味に於ける萬能器械で、其の特徴とする所を擧げれば、(a)水平角及直立角共に第194圖の H_3 なる測微鏡 (Mikroskopokular) にて讀む事が出來る。(b) 180° 距たつた兩遊標の讀みの平均が

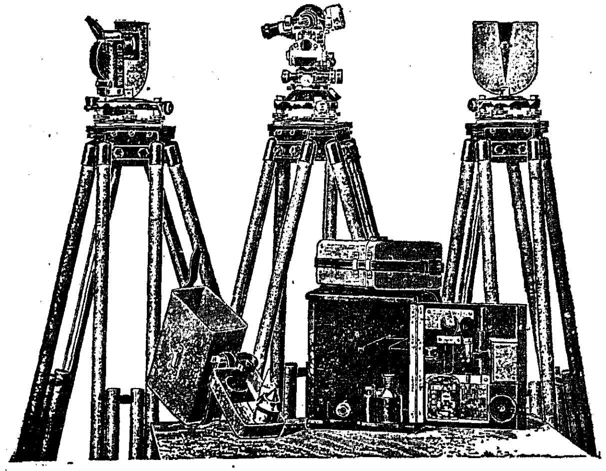


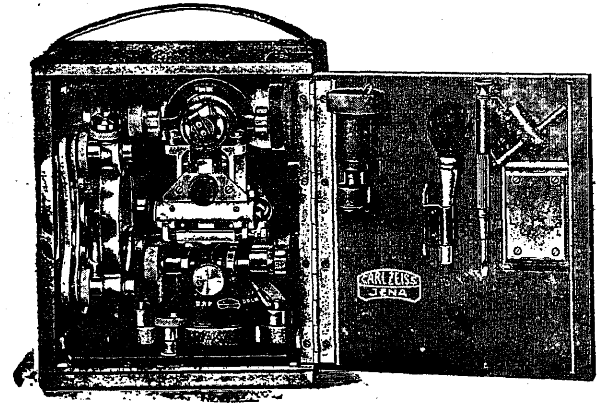
第196圖 照明裝置



第197圖 光學的垂直器

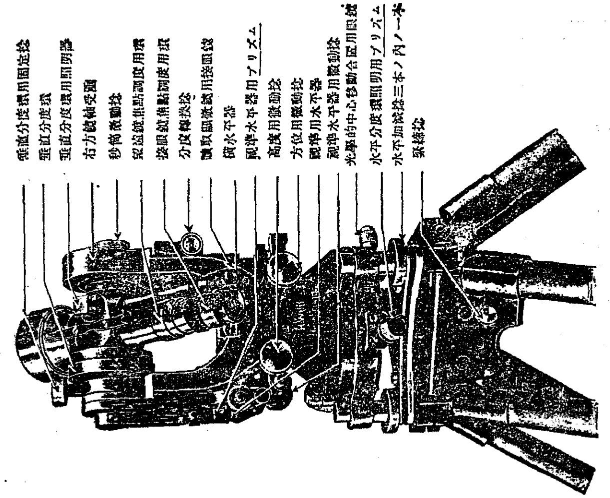
H_3 に讀まれる。之等は第195圖に示す裝置で與へられる。(c) 更に此の器械の附屬裝置として第196圖の如く鑛坑又は夜間用ひ得る樣にオスラム・ランプ 2.5 Volt 0.5 Amp. のものが用ひられ、(d) 普通の下振の代りに正確な光學的垂直器 (Optisches Lot) が使用され、之は地上のみならず、天頂をも見る事が出來る(第197圖)。(e) 此外精密多角測量 (Präzisions-Polygonmessung)用の覘板も備へられてあり (第198圖)、(f) 而も重量僅かに器械 3.8 kg, 三脚 4.0 kg に過ぎない。普通の轉鏡儀の中で最大精巧なものと思はれる。



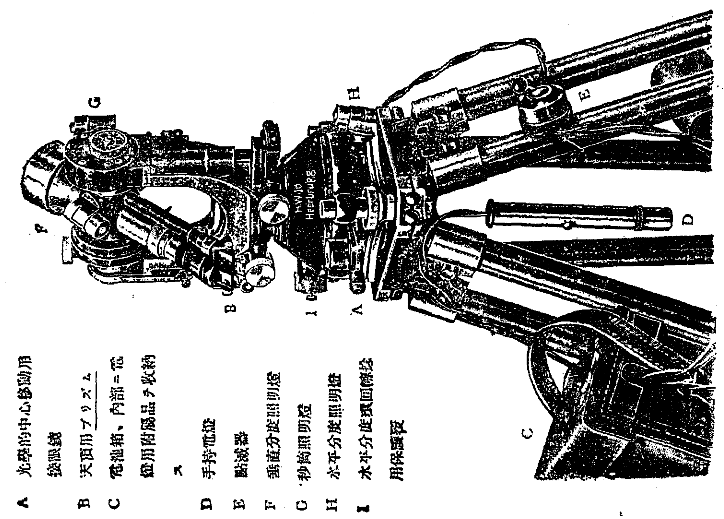


第198圖 多角測量裝置

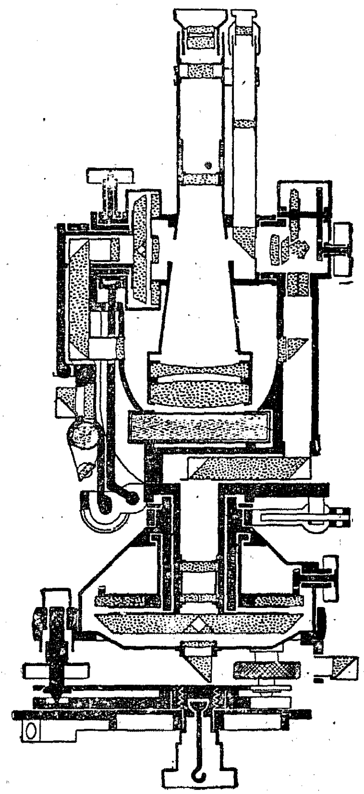
（5） 第199圖から第202圖迄は Wild Theodolite である。本器械の發



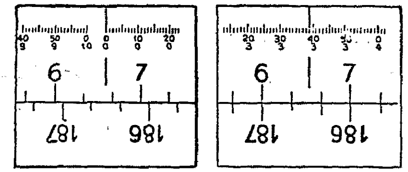
第 199 圖 Wild 萬能經緯儀



第 200 圖 照明裝置取付



第 201 圖 Wild 萬能經緯儀斷面圖



目測 6° 33′ 20″　　6° 33′ 29″

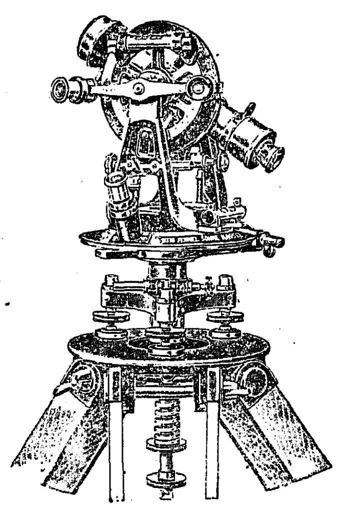
第 202 圖

明者且つ製造家である Henri Wild氏は獨逸 Zeiss 工場の設計課長として多年勤務し、同社各種の測量器械を發明し、現在は瑞西 Heerbrugg にて製作工場を自營して居る。從つて本器械は Zeiss Theodolite の備ふる特徵を皆備へ、大體に於て同樣の働きを有する。唯讀取接眼鏡 (Reading Microscope) が望遠鏡に一層近くに取付けて在り、觀測者は眼を少し外すだけで水平、垂直兩方の讀みを取ることが出來る。直接 1 秒讀みで、丁度 1 秒が 1mm の幅位に見える。重量は器械 4.5 kg, 納函 1.7 kg, 三脚 5.6 kg, 運搬は一人で充分である。第 199 圖は一般構造、第 200 圖は照明裝置、第 201 圖は斷面及光線曲折の有樣を示す。

(6) 第 203 圖は Otto Fennel Theodolite で、水平分度直接 30″, 目測 15″, 垂直分度 1′ である。

(3) 國産及び外國製の比較 現在本邦にて製作される測角器械の多くは

Theodolit		A Nr. 126
Modell		T. II. M. v.
Horizontalkreis	Durchmesser	13,5 cm
	Teilung 360°	$1/12°$
	Ablesung 360°	30″
	Schätzung	15″
	Teilung 400^g	$1/10^g$
	Ablesung 400^g	1^c
	Schätzung	50^{cc}
Vertikalkreis	Durchmesser	10 cm
	Teilung 360°	$1/6°$
	Ablesung 360°	1′
	Teilung 400^g	$1/10^g$
	Ablesung 400^g	1^c
Fernrohr	Öffnung	3,0 cm
	Länge	21,5 cm
	Vergrösserung	20 fach
	Zielweite	∞ bis ca. 2,30 m
Kasten	Breite	23 cm
	Tiefe	25 cm
	Höhe	35 cm
Gewichte	Instrument	5,0 kg
	Kasten	4,0 kg
	Stativ	4,5 kg



第 203 圖 Otto Fennel Theodolite

5吋(＝127m.m.)10秒以下のもで、此の型以上の精度を要求する工事に對しては外國品に依らざるを得ない。精巧なる器械は主に之を獨逸に迎ぎ、輸入數量の最も多いのは米國品である。普通使用の目的に對しては國產品で充分であると思ふ。唯國產品は外國製に比して、(1) 合金の强度少しく劣り、(2) 製作機械に起因する精度少し劣れる樣に思はるゝが、價格は同一物に對して殆んど半額*で、一般的に見て輸入の原因とならないかも知れない。然し一方少しの精度の相違が工事上多大の影響を生ずる事もあるから、須らく製作機械の優秀なるものを設備して、熟練工を養成して外國品を驅逐し去らねばならぬ。國土を愛する所以は國產品を以て其の國土を測るにある。

主要國產品製作所は玉屋商店（東京）、測機舍（東京）、服部時計店(東京)、中村淺吉（東京）で、主要輸入者は玉屋商店（東京）、服部時計店（東京）、Carl Zeiss 東京支店（東京）である。

* 本年 (1932) は金再禁止に依り爲替暴落し、更に外國品は 7 割位高くなつて居る。故に國產品に比して其の價格 3 倍以上である。

第三章 望 遠 鏡

64 望遠鏡の構造

測量用望遠鏡は次の四つの主要な部分から成り立つ。

（1） 對物鏡 (Objective)

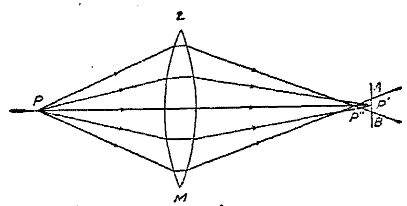
（2） 對眼鏡 (Eye-Piece)

（3） 叉 線 (Cross Hairs)

（4） 鏡 管 (Telescope Tube)

對物鏡は物體の實像を叉線上に生ぜしむるもので、夫を擴大して眼に送るのが對眼鏡である。之等の裝置を保持する管を鏡管と云ふ。此の對物、對眼兩鏡共に管の側面に在る齒輪螺旋 (Pinion Headed Screw) で自由に出入せしむる事が出來、物體が近ければ對物鏡を引出すのである。

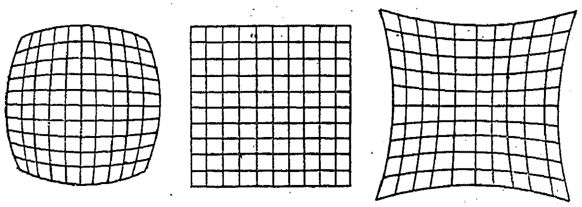
（1） 對物鏡 對物鏡は二枚のレンズ (Lens) を磨り合はした合成レンズ (Compound Lens) である。一枚のレンズで作る時は緣を通る光線と中央を通る光線とは、各屈折の度合が違ふので焦點の位置が種々變化し像が不明瞭になる。之を球面收差又は曲差 (Spherical Aberration) と云ふ (第 204 圖)。依つて實物を碁盤目の平面か金網式のものとすれば、第 205 圖の如く軸から遠い點程影響を受けて歪み (Distortion) を生ずる。



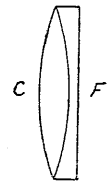
第 204 圖 球面收差

又一枚のレンズは屈折率の强弱に依て光線を分解し種々の色を附ける。像の中央部分は色が集まつて再び白色を呈するが、緣に近づくに從つて色が着

き最外緣は赤色となる。之を色收差 (Chromatic Aberration) と云ひ、是



第 205 圖　像の歪み



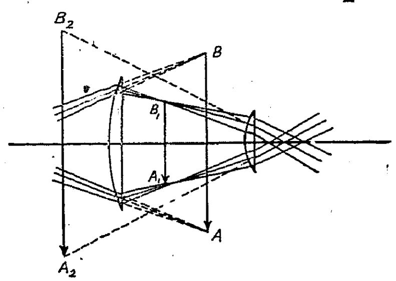
第 206 圖　合成レンズ

又像の不明瞭を來すものである。然し之等は何れも第 206 圖の如き Crown 及 Flint Glass のレンズを組合した合成レンズとすれば除く事が出來る。

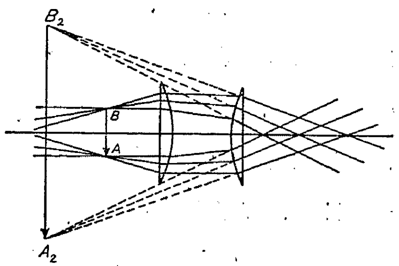
（2） 對眼鏡 (Eye Piece) 對眼鏡も一枚のレンズを用ふる時は對物鏡と同樣の收差を生ずるのみならず、視野 (Sight Field) の減少等が起るから一般に合成レンズを用ひ、時には 3～4 個用ふる。

普通用ひられる對眼鏡に次の二種がある。

（a） Huygens or Campani 對眼鏡　對眼鏡の方に凸面を向けた二枚の平凸レンズより成り、視域レンズ (Object Lens) の焦點距離 f_1 及接眼レンズ (Eye Lens) の焦點距離 f_2 との間に $f_1=3f_2$ の關係を滿足する樣に從て兩レンズ間の間隔が $a=\frac{f_1+f_2}{2}=\frac{2}{3}f_1=2f_2$ になる樣にされて居る。



第 207 圖　Huygens 對眼鏡



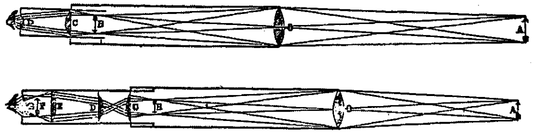
第 208 圖　Ramsdens 對眼鏡

（b） Ramsden's 對眼鏡　之は凸面を互に對向せしめた二枚の等しい平

凸レンズより成り、從て $f_1=f_2$ 又 $a=f_1=f_2$ である可きだが實際は $a=\frac{2}{3}f_1$ になる樣にされて居る。

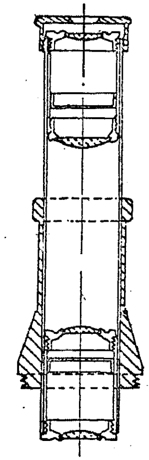
（1） 倒映

（2） 立映



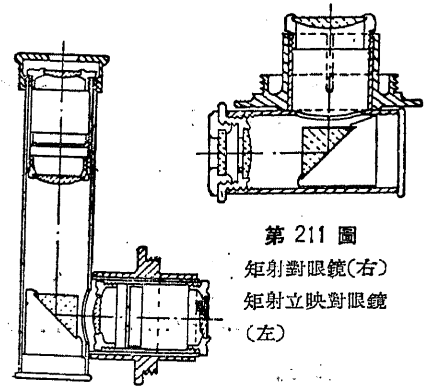
第 209 圖　望遠鏡の光路

（c） 立映對眼鏡 (Erecting Eye-piece) 像を立映せしむる普通の方法は對物鏡と對眼鏡との間に二枚の收斂レンズを入れるのである。立映對眼鏡は倒像 (Inverted Image) のものに比しレンズの數多く、同一の結果を得るに長き望遠鏡を要する事となり、且つレンズに依る光線の損失は相當大なるものとなる。唯像が立映であれば視準に樂であるが、倒映も慣れるとさしたる不便は起らない。歐洲は殆んど倒像なるも米國型は立映のもの多く、從て本邦國產のものも立映が多い。



第 210 圖　立映對眼鏡

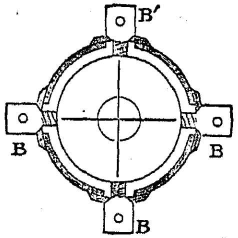
天頂 (Zenith) に近き點を視準し、又鑛山測量にて竪坑底を覗く場合には第 211 圖に示す如き矩射對眼鏡 (Diagonal Eye-piece) を用ひて、望遠鏡に直角の方向から視準する事が出來る。



第 211 圖　矩射對眼鏡（右）　矩射立映對眼鏡（左）

（3） **叉線又は十字線** (Cross Hair) 叉線の配置に就ては、既に第三編にて述べた。叉線は其の環の周圍に附いて居る四つの叉線調整螺旋 (Cross

Hair Adjusting Screw) にて直す。測距線には其の間隔を測距線調整螺旋 (Stadia Hair Adjusting Screw) に依て調整出來るものと出來ないものとある。



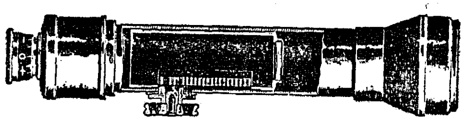
第 212 圖 叉線の配置

此の外望遠鏡には各種の螺旋が甚だ多く、而も之等の調整螺旋が何等の保護も受けずに居るのは轉鏡儀の重大な缺點である。精巧な器械には皆蓋 (Cover) が附いて居る。

(4) **內部合焦裝置** (Internal Focussing System) 以前は望遠鏡で物體を視る時對物鏡を滑動螺旋 (Sliding Screw) を使つて出入させて、叉線との距離を調節して居つたが、之は種々の點に於て缺點を持つて居る。即ち

(a) 絕えず出入させるので望遠鏡の平均が取れない。

(b) 近距離視準の爲め滑子(Slide)を繰出した時、或る程度の垂れ下り (Overhang) が起り、支ふる物が無いから視準線の誤差となつて表はれる。

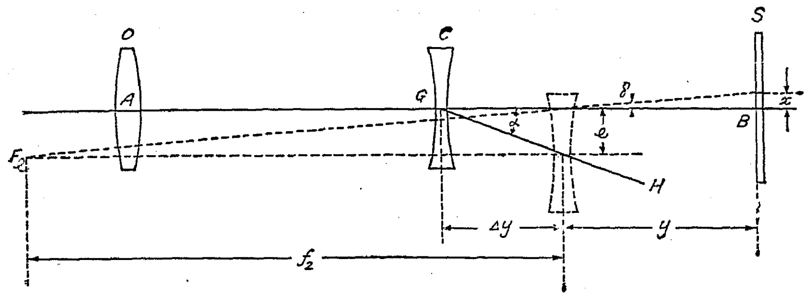

第 213 圖

(c) 內部に水が入り易くなる。

夫で新らしい轉鏡儀では望遠鏡の內部で合焦する裝置をなして居る、此の時の調整螺旋は之を横軸の中に取付けるものが多い(第 213 圖)。此の內部調節原理は 1857 年佛人 Porro に依て發見された。

今第 214 圖に於て

$O=$ 對物鏡 (Objective)



第 214 圖

$S=$叉線面 (Cross Hair Plane)

$C=$內部調節レンズ (Internal Focussing Lens)

$F=$レンズ C の後焦點 (Back Focus)

$f_2=$レンズ C の焦點距離

$AGB=$視準線 (Line of Collimation)

とし、C が視準線の方向と α の角度をなす GH の方向に動き、e だけ外れたとすれば

$$\frac{x}{e}=\frac{y}{f_2} \qquad \therefore\ x=\frac{ey}{f_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(67)$$

$\frac{x}{e}$ の價を一例として擧げて見ると

$E=\infty$	$y=97.8$ mm		$\frac{x}{e}=\frac{1}{5.1}$
$E=50^{\text{m}}$	$y=96.3$		$\frac{x}{e}=\frac{1}{5.2}$
$E=20$	$y=94.0$	$f_2=-500$ mm	$\frac{x}{e}=\frac{1}{5.3}$
$E=5$	$y=81.6$		$\frac{x}{e}=\frac{1}{6.1}$
$E=3$	$y=69.5$		$\frac{x}{e}=\frac{1}{7.2}$

故に內部合焦レンズ C の偏心に依る影響は甚だ少ないことになる。實際に於ては $e=0.07$ mm 以內に作られるから偏心 (Eccentricity) の影響は、0.001 mm 位にしかならない。又此のレンズの爲めに少し明るさ (Illumination) を失ふが、之は對物鏡の口徑を 5% 位增す事に依て補はれる。

65　望遠鏡の檢査 (Testing of Telescope)

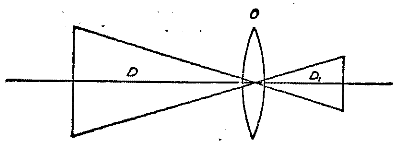
(1)　最小視準距離 (Minimum Sight Distance) 非常に近い距離を視準する際は對物鏡と叉線面を夫に從つて離さなければならぬ。普通の轉鏡儀では對物鏡を動かすから餘り繰り出すと視準線に大きな誤差を生ずる、從つて實際上最小明視距離が定まつてくる。勿論器械に依て違ふが大抵 1.5 m 前後である。

今　F＝對物鏡の焦點距離

D＝物體と對物鏡との距離

D_1＝對物鏡と叉線面との距離

とすれば D と D_1 とは共軛焦點 (Conjugate Foci) をなすから



第 215 圖

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{D}+\frac{1}{D_1} \quad \cdots\cdots(68)$$

$$F=\frac{DD_1}{D_1+D} \quad \cdots\cdots(69)$$

$$D=\frac{FD_1}{D_1-F} \quad \text{及} \quad D_1=\frac{FD}{D-F} \quad \cdots\cdots(70)$$

例として $D=3$ m　$F=210$ mm　とすれば

$$D_1=\frac{210\times3000}{3000-210}=226 \text{ mm}$$

即ち　226−210＝16 mm だけ繰り出せばよい事になる。

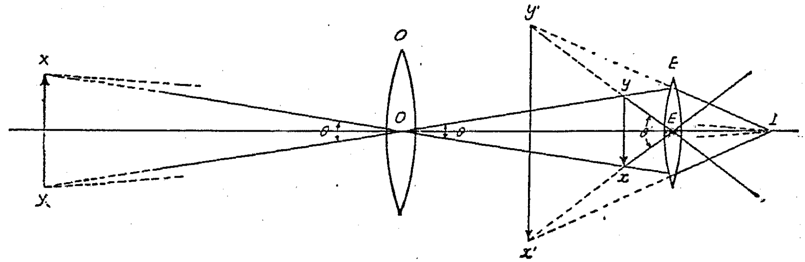
又　$D=1.64$ m　$F=210$ mm ならば

$$D_1=\frac{210\times1640}{1640-210}=\frac{344400}{1430}=241 \text{ mm}$$

即ち　241−210＝41 mm　即ち對物鏡焦點距離の $\frac{1}{5}$ 丈け繰り出しが出來る。

1 m 內外の近距離を視準する必要のある場合は (1) 對物鏡の前に焦點距離の長い凸レンズを附けるか、(2) 歐洲で用ひられる樣に焦點距離の短かいレンズを叉線面の直ぐ前に入れる。

(2)　擴大率又は倍率 (Magnifying Power or Magnification) 望遠鏡の擴大率とは像が肉眼に夾む角度と直接肉眼で視た同一物體の夾む角度との



第 216 圖

比を云ふ。第 216 圖に於て

XY＝ 物　體

$x'y'$＝ 望遠鏡に依る像

O ＝ 對物鏡

E ＝ 對眼鏡

F ＝ 對物鏡の焦點距離

f ＝ 對眼鏡の焦點距離

とすれば擴大率 M は

$$M=\frac{\angle x'Iy'}{\angle XIyY}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(71)$$

普通の測量用望遠鏡では IO の距離に較べて物體迄の距離が非常に長いから $\angle XIY=\theta$ 及び $\angle x'Iy'=\theta'$ と見て差支へない。

故に $$M=\frac{\theta'}{\theta}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(72)$$

又 $\theta'=2\tan^{-1}\dfrac{xy}{2f}$ 及 $\theta=2\tan^{-1}\dfrac{xy}{2F}$

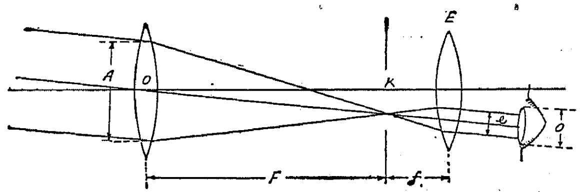
と見做して差支へないから

$$M=\frac{\dfrac{xy}{2f}}{\dfrac{xy}{2F}}=\frac{F}{f}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(73)$$

故に望遠鏡では對物鏡の焦點距離 F を大にし從つて管の長さを大にする事が擴大率を增す所以である。普通測量用轉鏡儀では F は 200 mm 内外、M は 20～30 位である。

擴大率を測るには F 及 f を測つて出すか、又は直接に實驗に依て見出す。卽ち 30～50 m の距離に函尺を立て、一眼は望遠鏡を覗き、他の眼で直接函尺を見た時、肉眼の D の長さが望遠鏡での d に相當すれば、其の擴大率は $\dfrac{D}{d}$ を以て表はされる。

（3） **光度又は光力** (Illuminating Power or Illumination) 望遠鏡の光度とは物體より直接肉眼に達する光の量とレンズを透して來る光の量の比を云ふもので對物鏡の孔徑 (Aperture)、レンズの性質及擴大率に關係する。第217圖にて



第 217 圖

$A=$ 對物鏡の孔徑

$o=$ 瞳孔 (Exit Pupil) の直徑

$M=$ 擴大率

とすれば光度 h は

$$h=\left(\frac{A}{o}\right)^2\frac{1}{M^2}\qquad (o>e)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(74)$$

若し $o=e$ ならば

$$h_{max}=\left(\frac{A}{e}\right)^2\frac{1}{M^2}=\left(\frac{F}{f}\right)^2\frac{1}{M^2}=1\cdots\cdots\cdots\cdots(75)$$

卽ち光度は最大にて自然光度 (Natural Illumination) となる。瞳孔の直徑は戶外で晴れた日には $o=2$ mm 位か、$o^2=5$ mm² であるから

$$h=\frac{1}{5}\left(\frac{A}{M}\right)^2\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(76)$$

h の値は次の表に依て大體之を知る事が出來る。

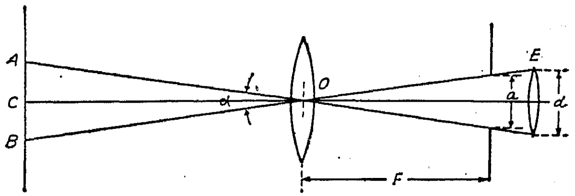
對物鏡の孔徑 A (mm)	20		25		30		40	
擴　大　率　M	20	25	20	30	20	30	20	30
光　度　h	0.20	0.13	0.31	0.14	0.45	0.20	0.80	0.36

對物鏡の孔徑か大であれば之に入りくる光線の量が多くなる爲め光度が增加する。新らしい器械では勉めて之を大にする傾向がある。

光度を示す單位が無いから、之を檢査するには唯比較檢査に依る。卽ち多數の望遠鏡を稍薄暗い所に排列し同一物を視準して其の判明の度合を調べる、光度の大なるものは像が鮮明に見える。

（4） **視野又は視廣** (Field of View) 視野とは望遠鏡に依て見える區域の大さで、對物鏡の光心に於て夾む角度にて表す。第218圖に於て、d を接

眼鏡の孔徑 (Aperture), S を視野とすれば $OE=F+f$ と考へられるから



第 218 圖

$$S=2\tan^{-1}\frac{d}{2(F+f)}=2\tan^{-1}\frac{d}{2f\left(\frac{F}{f}+1\right)}$$

$$=2\tan^{-1}\frac{d}{2f(M+1)}\cdots\cdots\cdots\cdots(77)$$

d は $f(M+1)$ に比して甚だ小さいから

$$S=2\frac{d}{2f(M+1)}\rho=\frac{d}{f(M+1)}\rho\ ,\ \rho=206265''=3438'\cdots(78)$$

故に視野は對眼鏡の孔徑に比例し、其の焦點距離及擴大率に反比例する。又視野は望遠鏡から覗いた最大視角を以て表はす事が出來る。

$$\alpha=\frac{a}{F}\rho\cdots\cdots\cdots\cdots(79)$$

a は對眼鏡の焦點距離 f の半分位であるから、$a=0.5f$ と置くと

$$\alpha=0.5\frac{f}{F}\rho=0.5\frac{\rho}{M}\fallingdotseq\frac{30°}{M}\cdots\cdots\cdots\cdots(80)$$

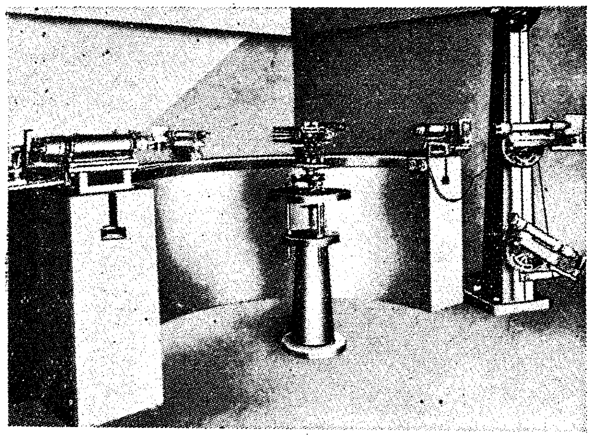
擴大率 M	10	20	25	30	40
視野 α	3°	1°30′	1°10′	1°	0.45′

直接に視野を定める場合には凡そ 100 m 位の距離に在る物體を視準し其の見える境の點 A 及 B を定め、且つ對物鏡迄の距離 CO を測れば

$$\angle AOB=2\tan^{-1}\frac{AC}{CO}\cdots\cdots\cdots\cdots(81)$$

第四章 轉鏡儀の檢査

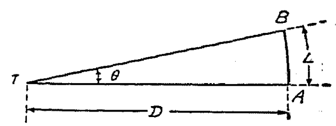
轉鏡儀の基本檢査を精確に爲すには特殊の檢定器 (Collimator) に依らねばならぬ。之は製作工場に於て是非必要なもので、使用者の側では斯の如き器械も必要でなく又多數の時間を費す必要も無いので簡單なる野外檢査(Field Test)に依つて居る。然し 3~4 年に一回は少くとも檢定器にかけて檢査し、修繕を施すべきである。第 219 圖は檢定器の一例である。今茲では野外檢査だけを述べる。



第 219 圖　檢定器(東京測機舍地下室)

66 野外檢査法 (Field Testing of Transit)

（1） **目盛の檢査** 水平分度及垂直分度の目盛は齊一で間違ひがあつてはならぬ。之を檢するには遊標の兩端の目盛線が分度の各所に於て同數の目盛に一致して居るかを見、一致するを正しとする。又次の方法を行つてもよい。第 220 圖の如く適當な基線 D を取り其の一端 T に轉鏡儀を据付けて小角 θ を測設し、B 點を求め之を計算上の長さと比較して誤差を求める。$AB=L$ とすれば



第 220 圖

$$L=\frac{\theta D}{\rho}=\frac{\theta D}{206265''} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(82)$$

L と D は鋼卷尺で出來るだけ正確に測る。個人誤差を避ける爲に人を換へて行ふと宜い。

（２）　**回轉軸（水平分度に對しては內軸）の偏心**　分度圓の中心と回轉軸(Rotating Axis) とは正しく一致するを要する。之が一致せぬ時卽ち偏心(Eccentricity) なる時は、その爲に偏心距離に比例し、分度圓の半徑に反比例する誤差を生ずる。

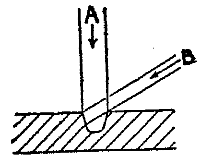
之を檢するには（AB 二個の遊標あるものと假定する）分度の或る箇所に於て A 遊標の讀み a、及 B 遊標の讀み b を取り、次に B 遊標を A に合せて A 遊標の讀み b' を取る。次に分度盤を凡そ 90° 廻轉して前と同樣 c, d, d' を讀み取る。然る時は

$$a+180^\circ=\frac{b+b'}{2}\quad,\qquad c+180^\circ=\frac{d+d'}{2}\cdots\cdots\cdots\cdots(83)$$

であれば偏心は無い。成立しなければ偏心がある。但し測角に當り偏心誤差を生ずるは遊標一箇の場合で、二個の遊標の場合は其の讀みの平均値が正しい角を表はすものである。

（３）　**分度盤兩遊標の間隔檢査**　遊標の數が n 個あれば其の間隔は $\frac{360^\circ}{n}$ なるを要する。遊標 2 個の場合は 180° である。之を檢するには前の場合に於て $b=b'$ ならば兩遊標が正しく 180° なる證である。此の誤差は垂直角には注意を要するが水平角にては測角に誤差を生じない。唯不便を感ずる許りである。

（４）　**遊標の檢査**　遊標の兩目盛線が正しく、旣定角を指すを要する。之は測角の場合消去法が無いから注意を要する。



第 221 圖

其他分度と遊標が等高で無く、讀角の際少し斜の方向から見れば視差 (Parallax) を生ずる事がある。又分度と遊標との刄先 (Knife Edge) の隙が大きい爲に正確に讀まれない場合がある。其の間隔は 5μ 內外が宜い。

（５）　**遊標精度と望遠鏡の擴大率との釣合檢査**　遊標と望遠鏡擴大率とは釣合宜しきを得ること。卽ち遊標が少し移動しても望遠鏡視準線に感じ、反對に視準線が少し移動しても遊標に其の移動が表はれるを要する。望遠鏡の擴大率が過大であれば其光度を減少する（第65節(3)參照）、又遊標の目盛の過小なのは讀むに時間を費すばかりである。

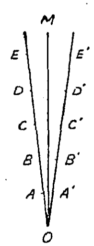
（６）　**望遠鏡氣泡管** (Telescope Level) **の感度** (Sensitiveness) **と望遠鏡擴大率との釣合檢査**　望遠鏡附屬水準器の氣泡 (Bubble) を少し動かした時視準線に直ぐ感じ得る程度の擴大率たることを要する。之は轉鏡儀を高低測量用に用ふる時に必要を生ずる。

（７）　**平盤上縱橫氣泡管の感度と望遠鏡擴大率との釣合檢査**　前の場合と同じく兩者は釣合關係に在るを要する。此の種の關係を檢するには平盤上の縱橫氣泡管を中央に整正し、器械の許す限りの距離に於て明瞭なる一點を視る。次に水準螺旋 (Leveling Screws) を動かして氣泡を多少動かして、再び之を中央に整正水準した後前の視點を視る。此の時前の位置と一致すれば氣泡管の感度と望遠鏡の擴大率とは相互に釣合つて居る事が判る。一致しない場合、横線の方に差異があれば望遠鏡と直角な氣泡管が鈍い事を知り、縱線に違ひがあれば望遠鏡の方向に於ける氣泡管が充分の感度を有しない事を知る。

（８）　**望遠鏡に關する檢査**　對物鏡の光心は望遠鏡を固定して其の滑動內

筒（Slide）を出入せしむる際、常に一定の視準線即ち鏡軸線（Telescope Axis）と一致しなければならぬ。即ち光心に從つて滑動內筒の中心の出入は正しく直線であり、且つ橫軸平面內に在つて、橫軸と直角に動かねばならぬ。此の檢査をなすには、先づ鏡軸線を整正してから次の如く行ふ。

（a） 光心が橫軸に對する垂直平面內に動くや否やの檢査　なるべく平地を選んで 15～30 m の間隔を有する點 5，6 ケ所を定め杭を打ち、其の一つをなるべく器械に近くして、各杭上に視點を精密に定める。其の後望遠鏡を橫軸上に旋回し上盤（遊標盤）を廻轉して（之を望遠鏡の反轉(Reversion)と云ふ）視線を再び第一點に向ける。此の際に以前の各點が皆視線に一致する時は即ち偏差の無い事を表はし、然らざる時は第二の視線を取つて、前の杭點の傍らに第二視線諸杭點を設ける。



第 222 圖

之等の前後の杭點の距離 AA'，BB'………が器械からの距離 OA，OB……に比例して增減すれば、出入正しく直線であり且つ鉛直平面內に在る事を示すが、橫軸と直交して居ないのであるか、或は橫軸の視準線面の交點が器械の中心に無いかの證據である。而して其の隣杭點との距離 AA'，BB'…… の中點は橫軸に直角な垂直面中に在るから、對物鏡滑動內筒を同內筒調整リングに於ける調整螺旋（Objective Slide Adjusting Screw）に依て之を整正して、其の視線を其の中點に合すれば橫軸と直交する樣になる。然し乍ら此の方法に依れば、先に整正した鏡軸線に又差異を來すから、再三鏡軸線及鏡管を整正し、二つながら其の整正宜しきを得るに至るまで行はねばならぬ。但し之は野外では困難である。交點が器械の中心に無きものは野外に於ては直す事不可能である。

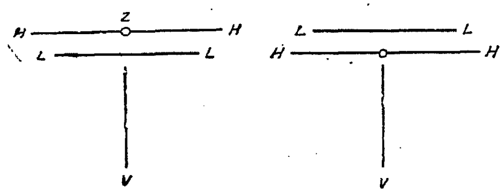
（b） 光心は橫軸を含む平面內を動くや否やの檢査　(a) の檢査同樣に設けた杭點を取り、標尺（Staff）を各杭上に立てゝ、器械の竪軸及橫軸を固定し單に望遠鏡滑動內筒を出入して順次に各杭上の讀みを取る。次に望遠鏡を縱横に反轉して先づ視準線を第一の杭點に立てた標尺に合せて固定し、次に又順次に他の杭點の標尺を讀み前後の結果を比較する。若し先に讀み取つた讀數との各々差が其の距離に比例して變化すれば、對物鏡の光心は直線に出入する證據であつて、即ち視線は相互に直交する兩平面の交線を示すから光心は直線に出入し、從て滑動は直線なることを知る。若し前後の場合の讀みが同一であれば光心は橫軸を含む平面中に運動する。橫軸を含む平面中に無い時は調整螺旋に依て直すが、是又第一整正と同樣困難である。

轉鏡儀を水平角の測定にのみ用ふる時は (a) の檢査のみで充分であるが、竪角（直立角）の測定に用ふる時は (a)，(b) の兩檢査を行ふを要する。

第五章 轉鏡儀の整正
(Adjustment of Transit)

67 轉鏡儀整正の要旨

轉鏡儀には竪軸（Vertical Axis）V，橫軸（Horizontal Axis）H，視準線（Telescope Axis or Collimation Axis）Z 及び水準器軸（Level Axis）Lがあり、是等四軸の間には、次の如き關係が成立するを要する。



(a) 普通の場合　(b) 跨準器の場合
第 223 圖

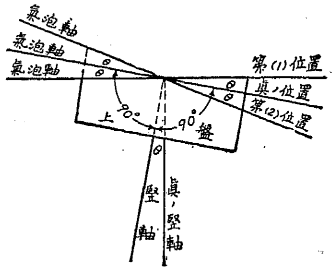
$$Z \perp H,\quad L \perp V,\quad H \perp V, \cdots\cdots\cdots\cdots (84)$$

跨準器 (Striding Level) の場合には之等の三條件は次の如くする事が出來る。

$Z \perp H,\ \ L /\!/ H,\ \ L \perp V,$ ……………………………………(85)

68 平盤水準器の整正 (Adjustment of Plate Level)

此の整正は最も重要で如何なる場合も行はねばならぬ。



第 224 圖 平盤水準器の整正

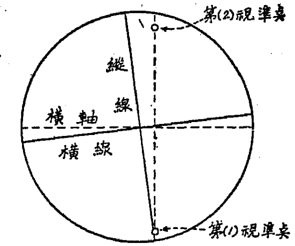
竪軸を垂直にするには、平盤 (Upper Plate) を水平にしなければならぬ。平盤の水平なときその上にある二個の平盤水準器 (Plate Level) の氣泡が中央に在る様に整正しなければならぬ。

先づ平盤水準器を一對の水準螺旋 (Leveling Screws) に平行な位置に持來し、水準螺旋を用ひて氣泡を中央に導く。此の際之と直角の方向の水準器も別の一對の水準螺旋にて中央に到らしめ、次に上盤又は上下兩盤を竪軸の周りに靜かに 180° 回轉して氣泡が尙中央に在るか否かを見る。若し氣泡が中央より移動した場合には、其の移動量 (Shifting Amount) の半分を平盤水準器に附屬する棒螺旋 (Adjusting Bar Screw) に依て直し、他の半分を水準螺旋に依て氣泡が中央に來る樣に整正する。此の整正は繰返して再三行ふを要する。

其の理由は第 224 圖に示す如く、初め水準器軸と竪軸との間に θ だけの誤差があれば、之を 180° 回轉すれば 2θ となる。次に水準器の棒螺旋で半分直せば水準器軸は初めて竪軸と直角となり、卽ち平盤と平行となる。然し未だ竪軸が θ だけ傾いて居るから、之を水準螺旋で直すと初めて竪軸は垂直になる。

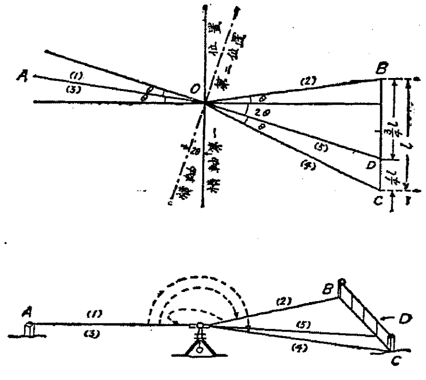
69 叉線の整正 (Adjustment of Cross Hairs)

（1） **叉線の傾きの整正** 叉線の縱線を望遠鏡の橫軸に垂直にし、橫線を夫に平行にするのである。望遠鏡の前方 60～100 m の所に明瞭な點を視準し、總ての緊付螺旋を施して垂直微動螺旋 (Vertical Tangent Screw) のみを用ひて、小角度橫軸の周りに視線を動かす。視線が縱線に沿つて動かなければ、叉線環 (Cross Hair Ring) を緩めて縱線を橫軸に直角になる樣に直す。



第 225 圖 叉線の傾きの整正

（2） **縱叉線の整正** (Adjustment of Vertical Hair) 水平角の測定をなす際に是非必要な整正で、視準線を橫軸に垂直にする爲の整正である。前後約 60～100 m を見透し得る平坦なる地を撰び器械を据え、水準器の氣泡を中央に持ち來す。器械から 60～100 m を距てた明瞭な點 A を視準する。竪軸を固定して望遠鏡を橫軸の廻りに回轉 (Overturn) して A と同一距離に B 點を視準する。次に望遠鏡は倒のまゝで、上緊又は下緊を緩めて竪軸の周りに凡そ 180° 回轉 (Rotation) して第 (1) の點 A を視準し、更に橫軸の周りに回轉して第 (2) の點 B の方を視準して B と合ふか否かを見る。B を視準れば縱叉線は正しい位置に在るが、若し B 以外の C 點を示せば BC を四等分して、C から $\frac{1}{4}$ の點 D を視準するやうに、縱叉線整正螺旋



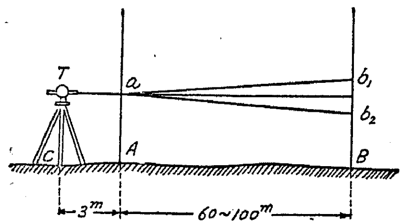
第 226 圖 縱叉線の整正

(Vertical Hair Adjusting Screw) に依て整正する。

第226圖にて視準線と横軸とが直角から θ 丈け違つて居るとすれば、Bを視準した時も矢張り θ だけ違つて居る。次に竪軸の周りに回轉して再び A を視準した時横軸は最初よりも 2θ だけ違つた位置を取り、從つて眞の視準線も矢張り最初から 2θ だけ方向を變へて居る。最後に横軸の周りに回轉して C を視準した時は B の方向と 4θ の角度をなすから、之を四等分して視準線を第二位置の横軸に直角ならしめるのである。

（3） **横叉線の整正** (Adjustment of Horizontal Hair)* 此の整正は直立角 (Vertical Angle) を測る時、視距測量 (Stadia Surveying) 又は高低測量を行ふ際に必要とするもので、其の目的は横叉線を對物鏡の光軸上にあらしめるのである。

（a） 垂直分度に依て整正する法 (第227圖) 平坦なる地に於て C に器械を据え、3m 位を距つる A 點及更に A と 60~100m を距つる B 點とを一直線上に選び、夫々函尺を立てる。垂直分度を 0° にして器械を固定し、A の讀み a を取り、望遠鏡を其儘とにし唯對物鏡滑動螺旋のみを用ひて B 點の讀み b_1 を取る。次に望遠鏡を反轉 (Reverse) して垂直分度を 0° にして、再び前同様 a に合せ、其の儘 b_2 を讀む。b_1, b_2 の中

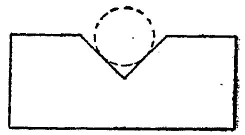


第227圖　横叉線の整正

* 尙横叉線の整正に就ては北海道帝國大學工學部紀要 Vol. 3 No.1 March. 1932. Correct New Formulas to Tracy's Procedure and a New Method of Adjustment of the Horizontal Hair in a Transit—T. Shingo. 參照

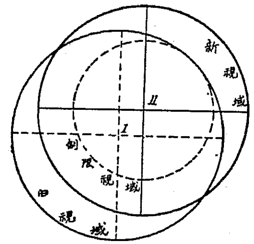
間を視準する様に水平線を整正すれば宜しい。

（b） 支架 (Collar or Support) に依て整正する法　第228圖に示す如き支架をブリキ板で作り望遠鏡の先端近くに設置し、望遠鏡が水平に支へられる様に其の高さを加減して固定する。望遠鏡正の位置で B の函尺の讀み b_1 を取り、次に靜かに望遠鏡を横軸支脚より外し望遠鏡倒の位置にて前同様支架にて支へ b_2 を讀み取る。b_1, b_2 が相重なれば宜いが、然らざる時は $b_1 b_2$ の中央を視準する様に水平線を整正する。



第228圖　支　架

（4） **對眼鏡の整正** (Adjustment of Eye-piece) 叉線を整正した後叉點 (Cross Point) が視域の中央に無い爲め事實上の視域は大に狹まり不便な事がある。此の時には接眼鏡を支持する 4 個の接眼鏡整正螺旋 (Eye-piece Adjusting Screws) に依て叉點が視域の中央に在るやうに整正する。斯の如く接眼鏡を動かしても理論上前の整正を損ふ事は無い (第229圖)。

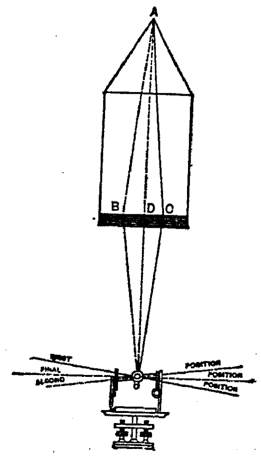


第229圖　對眼鏡の整正

70　横軸支柱の整正 (Adjustment of Support of Horizontal Axis)

横軸を水平に卽ち器械の竪軸に垂直にして、視準線が垂直面内に動き得る様にする整正である。

器械を水平に据付け、第230圖の如く望遠鏡を塔頂又は避雷針の頂の如き高所の點 A を視準し、其



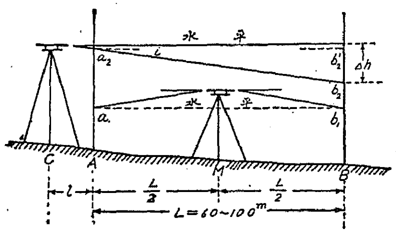
第230圖　横軸支柱の整正

の儘竪軸を固定して望遠鏡を下方に下げ器械と略同高の所に一點 B を視準する。次に、望遠鏡を反轉 (Reverse) して再び A を視準し、望遠鏡を下げて同じく C 點を記す。B と C との中央 D を視準する樣に支柱の一方にある軸承を螺旋で上下するのである。是は少しゝか整正が出來ない事は前述の通りである。

71 望遠鏡水準器の整正 (Adjustment of Telescope Level)

之は望遠鏡附屬の水準器 (Telescope Level) を以て高低測量を行ふ時に必要なもので、視準線が水平な時に附屬水準器の氣泡を中央に在らしめるのである。之は直接法 (Direct Method) 卽ち所謂杭打整正法 (Peg Method) に依る。

(1) 第一法 (第231圖) 相互の距離約 60～100 m なる二點 A, B を選び、其の中央 M 點に器械を据え、平盤を水平にし望遠鏡水準器の氣泡を中央に置き乍ら、A に立てた函尺の讀み a_1 及び B に立てられた函尺の讀み b_1 を取る。次に A 點に極めて近く $l=3$ m 位の BA 延長上 C に器械を据え、再び平盤を水平にして水準器の氣泡を中央に在らしめ乍ら、



第 231 圖

A, B の函尺を視準して夫々 a_2, b_2 を得る。此の時 $a_1\sim b_1=a_2\sim b_2$ であれば宜しいが、若し然らざる時は $\Delta h=\frac{L+l}{L}\{(a_2-a_1)-(b_2-b_1)\}$ に依り Δh だけ上方 (＋の時) 又は下方 (－の時) に取り、望遠鏡を動かしてその點を視準する樣に固定し、此の時水準器の氣泡が中央に來る樣に其の一端の調整螺旋を動かす。

第231圖にて a_2 を通る水平線と B 點の函尺の交りを b_2' とする。A, B 間の高低差を h とすれば $h=b_1-a_1$ であり、又一方 $h=b_2'-a_2$ であるから

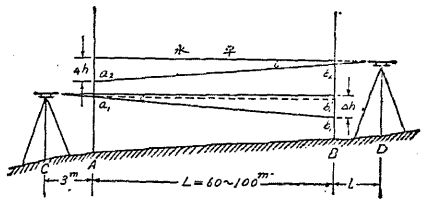
$$b_1-a_1=b_2'-a_2=(b_2'-b_2)-(a_2-b_2)$$

$$\therefore\quad b_2'-b_2=(a_2-a_1)-(b_2-b_1)$$

従て $\Delta h=\frac{L+l}{L}(b_2'-b_2)=\frac{L+l}{L}\left\{(a_2-a_1)-(b_2-b_1)\right\}$ ………(86)

である。

(2) 第二法 (第232圖) 相互の距離 60～100 m なる二點 A, B を選び其の延長上に $AC=BD=3$ m になる樣に C, D 二點を選ぶ。先づ C 點に器械を据付け、平盤を水平にして、望遠鏡水準器の氣泡を中央に置き乍ら A, B 兩點に立てた



第 232 圖

函尺の讀み a_1, b_1 を取る。次に器械を D に据え、同樣にして A, B 二點の函尺の讀み a_2, b_2 を取る。かくて $\Delta h=\frac{L+l}{L}\cdot\frac{1}{2}\left\{(b_2-b_1)-(a_2-a_1)\right\}$ に依て Δh を上方 (＋) 又は下方 (－) に取り、望遠鏡を上下して其の點を視準する樣に固定し、此の時水準器の氣泡が中央に來る樣に其の一端の調整螺旋を動かす。

第232 圖にて a_1 を通る水平線と B の函尺との交點を b_1' とすれば $b_1'-b_1=\Delta h\frac{L}{L+l}$ である。今 A, B 間の高さの差を h とすると

$$h=a_1-\{(b_1'-b_1)+b_1\}=a_1-b_1-\Delta h\frac{L}{L+l}$$

又一方から

$$h=a_2-b_2+\Delta h\frac{L}{L+l}$$

となるから

$$2\Delta h\frac{L}{L+l}=(a_1-b_1)-(a_2-b_2)$$

$$\therefore\quad \Delta h=\frac{L+l}{L}\cdot\frac{1}{2}\left\{(b_2-b_1)-(a_2-a_1)\right\}\quad\cdots\cdots(87)$$

である。

72　直立分度圓の整正 (Adjustment of Vertical Circle)

竪軸が垂直で視準線が水平なる時に直立分度圓の遊標は 0° を示すを要する。若し 0° を示さない時は遊標調整螺旋を用ひて整正し、出來なければ指差 (Index Error) として記して置き、測角の結果を訂正する。

73　轉鏡儀整正に就ての注意

（1） 各整正の目的を考へ測量に當つて必要なる整正のみを行ふこと。即ち平面測量の場合には (a) 平盤水準器の整正、(b) 縱叉線の整正及 (c) 横軸支柱の整正の三つが必要であつて、横叉線及垂直分度の整正は直立角を測つたり高低測量を行つたり視距測量を行ふ時に必要である。

（2） 整正は一回限りで無く何度も反覆して行ひ其の誤差の檢出されざる程度に至ること。

（3） 成るべく見透しの宜い平坦地で風の無い日に行ふこと。

（4） 器械に就ては

（a） 整正螺旋を間違はぬこと。

（b） 整正螺旋は靜かに小量宛廻すこと。殊に棒螺旋に於ては其の必要がある。

（c） 棒螺旋を廻すには必ず備付のピンを用ふること。

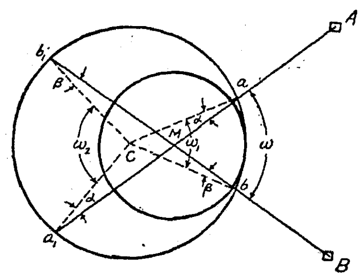
（d） 反轉 (Reversing)、回轉 (Rotation) は極めて靜に行ふこと。

（5） 整正は毎日行ふこと。

（6） 長期に亘つて測量を行ふ場合には、必要なる整正を行ふに適當なる設備を作るがよい。轉鏡儀整正の場合には一直線に 100～200 m を取り其の兩端及び中點に杭を打ち、更に足の位置に杭を打つて支へを作つて置くと大變助かる。

第六章　轉鏡儀の器械的誤差
(Instrumental Errors of Transit)

74　回轉軸の偏心 (Eccentricity of the Rotating Axis)



第 233 圖　回轉軸の偏心

第 233 圖に於て

C＝分度圓の中心卽ち外軸

M＝遊標圓の中心卽ち回轉軸

ω＝測らるべき眞の角度

ω_1 & ω_2＝遊標にて讀んだ角度

とすれば

$$\omega=\omega_1+\alpha+\beta$$

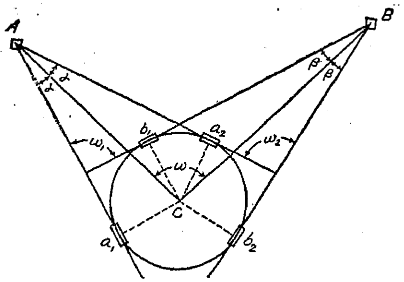
$$\omega=\omega_2-\alpha-\beta$$

$$\therefore\quad \omega=\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\quad\cdots\cdots(88)$$

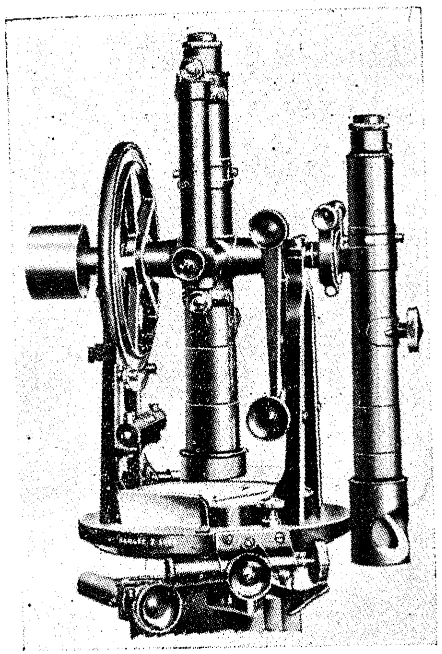
CM を偏心距離 (Eccentric Distance) と云ふ。ω_1, ω_2 は遊標二つの場合は各の讀み、一つの時は望遠鏡正 (Normal) の讀みと倒 (Inverted) の讀みとなる故、兩方の讀みの平均を取れば內軸偏心に依る誤差は消去される。

75　視準線の偏心 (Eccentricity of the Line of Collimation)

第 234 圖に於て



第 234 圖 視準線の偏心



第 235 圖 偏心轉鏡儀

C=分度圓の中心卽ち外軸

ω_1=望遠鏡正の時の角の値

ω_2=望遠鏡倒の時の角の値

ω=眞の角度

とすれば

$$\omega+\beta=\omega_1+\alpha$$

及び $\omega+\alpha=\omega_2+\beta$

之等を加へて

$$2\omega+\alpha+\beta=\omega_1+\omega_2+\alpha+\beta$$

$$\omega=\frac{\omega_1+\omega_2}{2} \quad \cdots\cdots(89)$$

視準線の偏心も望遠鏡正及び倒の讀みを取れば誤差は消去せられる。此の理論は同じく鑛山等で使用する偏心轉鏡儀 (Transit with Side Telescope) にも適用し得る。

76 視準線の誤差 (Error of the Line of Collimation)

第 236 圖に於て

AB=横軸

OZ=竪軸

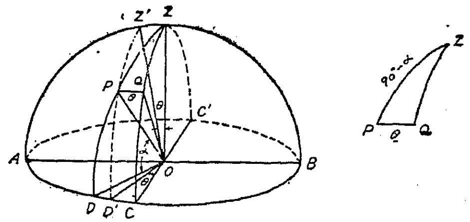
OZ', OP, OD'=傾斜した視準線の位置

$ZOZ'=QOP=COD'$

$=\theta$=視準線の傾斜した角度

OP=視準線の位置

$\angle POD=\alpha$=視準線の直立角



第 236 圖 視準線の誤差

とすれば三角形 ZPQ に於て

$$\sin Z=\frac{\sin\theta}{\sin(90°-\alpha)}$$

Z 及び θ は小さいから次の様に書く事が出來る。

$$Z=\frac{\theta}{\sin(90°-\alpha)}, \qquad \theta=Z\sin(90°-\alpha)=Z\cos\alpha$$

水平角の誤差を E とすれば

$$E=DOC=Z$$

であるから

$$\theta=E\cos\alpha, \qquad E=\frac{\theta}{\cos\alpha}=\theta\sec\alpha \quad \cdots\cdots(90)$$

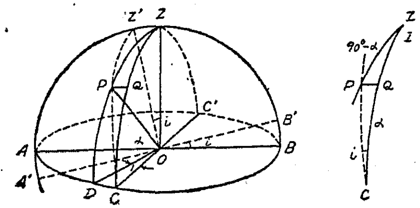
$\alpha=0$ の時最小で $E=\theta$ となる。α の大なるに從つて誤差は增大す。但し望遠鏡を正にして讀み、次に倒で讀めば視準線が丁度反對の傾きを有する樣になるから此の誤差も消去せられる。

第 7 表は種々の α, θ に於ける E の値を示す。

第 7 表

θ	直立角 α							
	1°	2°	3°	4°	5°	10°	20°	45°
10″	0.00″	0.01″	0.01″	0.02″	0.04″	0.15″	0.6″	4″
1′	0.01	0.04	0.08	0.15	0.23	0.93	3.9	25
2′	0.02	0.07	0.16	0.29	0.46	1.85	7.7	50
5′	0.05	0.18	0.41	0.73	1.15	4.63	19.3	2′04″
10′	0.09	0.37	0.82	1.46	2.29	9.26	38.5	4′09″

77 水平軸の誤差 (Errors of the Horizontal Axis)



第 237 圖 水平軸の誤差

第237圖に於て

AB ＝正しい位置に於ける水平軸

$A'B'=i$ だけ傾いた場合の水平軸

i＝傾斜角

OZ＝直立軸

$OZ'=i$ だけ傾いた場合の直立軸

OP＝視準線の位置

とすれば、水平軸の傾斜の爲に視準線軸は CQZ 面の代りに CPZ' を取り從つて水平角に $\angle DOC=I$ の誤差を生ずる。

右側の二つの三角形 PZQ, PQC に於て

$PQ=I\sin(90°-\alpha)$ 及び $PQ=i\sin\alpha$

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

從つて

$$I=i\tan\alpha \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (91)$$

第 8 表は i 及び α を與へて I を示す表である。

第 8 表

i	直立角 α							
	1°	2°	3°	4°	5°	10°	20°	45°
10″	0.17″	0.35″	0.52″	0.70″	0.87″	1.8″	3.6″	10″
1′	1.05	2.10	3.14	4.20	5.25	10.6	21.8	1′0″
2′	2.09	4.19	6.29	8.39	10.50	21.2	43.7	2′0″
5′	5.24	10.48	15.72	20.98	26.25	52.9	1′49″	5′0″
10′	10.47	20.95	31.44	41.96	52.49	1′46″	3′38″	10′0″

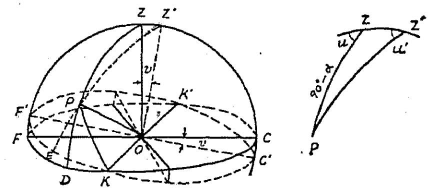
78 直立軸の誤差 (Errors of the Vertical Axis)

第238圖に於て

OZ＝眞の直立軸

$OZ'=OZ$ から v だけ傾いた時の直立軸

v ＝直立軸の傾斜角



第 238 圖 直立軸の誤差

FKC＝眞の平盤の位置

$F'KC'=FKC$ から v だけ傾いた時の位置

PO＝視準線

$\alpha=PO$ の直立角

とすれば ZPE に依つて水平角は表はす可きであるが、ZPD と表はれるから

$$FD-F'E=u-u'=V$$

が直立軸の傾斜の爲に生ずる誤差になる。

右側の三角形 PZZ' から

$$u-u'=v\sin u'\cot(90°-\alpha)$$

u' の代りに u を置換へて

$$u-u'=v\sin u\tan\alpha=V \cdots\cdots (92)_1$$

又 OE 若くは OD に直角に水平軸 AB 及び $A'B'$ を取つて見ると

$$FD+DK=90° \quad 及び \quad DK+KA=90° \quad より$$

$$KA=u$$

從つて水平軸の誤差

$$AA'=K\sin KA=v\sin u$$

此の爲に水平角に及ぼす誤差は第 77 節に依て

$$(AA')\tan\alpha=v\sin u\tan\alpha$$

故に直立軸に依る誤差

$$\underline{V=v\sin u\tan\alpha} \cdots\cdots (92)_2$$

以上 E, I, V の三つの誤差が混合した場合には總計の誤差 R は

$$\underline{R=E+I+V} \cdots\cdots (93)$$

第七章 轉鏡儀の使用法

(Use of Transit)

79 測量器械取扱ひの注意

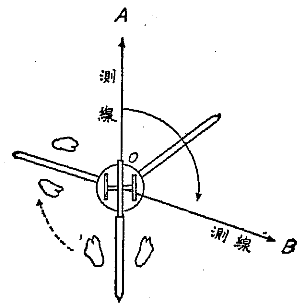
（1） 器械を函より取出し又は格納する場合に稍もすれば望遠鏡のみに手を掛け、是れに依て器械の出入を爲して居るのを能く見受けるが之は最も愼しむ可き事である。此の場合轉鏡儀ならば水平盤の下部に手を掛けて格納す

べきである。

（2） 器械を函に格納する際には總ての緊螺旋を弛めて、靜かに無理しない樣に入れ、蓋を閉ぢ差支無く格納されたかを檢めてから運搬すべきである。

（3） 器械を三脚上に設置する際は脚の頭部と器械の底部とを充分捻じ込み動搖の無い樣にし、又三脚自體に就ては其の頭部と木部とが常に螺旋にて緊定せられ、少しも動搖の起らない樣に爲して置く事。

（4） 据付けには先づ三脚を加減して大體水平になる樣にし、然る後水準螺旋を用ひて上下盤を正確に水平にする。平行板が餘り傾いて居ると觀測中狂ふ心配がある。又成るべく伸縮三脚を使用しない樣に練習すべきである。



第 239 圖 脚の位置の不良なる例

（5） 三脚の脚の位置は距離測量に妨害にならぬ樣に測線の延長上に置かぬこと。延長上に脚があると視準する時脚に突當り水準を損ずる恐れがある（第239圖）。

（6） 器械を三脚に据える時、器械の底部と三脚頭とを捻じ込む場合に器械全體を回轉せずに單に整準裝置 (Leveling Head) のみを廻轉して捻じ込むこと。

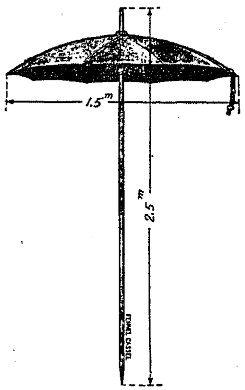
（7） 器械は觀測者が樂に觀測の出來る位に据えること。三脚は普通人の標準で作られてあるから、器械が高すぎると視難い許りで無く、不安定になり轉倒し易くなる。特別に必要の場合には觀測臺を作る。

（8） 測點と器械の中心を下振で合せる時にはいつも風上に居つて風の影響を避ける事。

（9） 器械を三脚に付けた儘或地點から他に持ち運ぶ場合には何れも器械を斜にして肩にかつぐから、此の際振動を永く多く與ふる時は器械の軸部に歪を生ぜしめる。其際は緊螺旋を施して、靜かに鉛直に荷負ふて運び、過激な動搖を與へ無い樣にす可きである。

（10） 器械を或る場所に据えて置いて或る時間使用しない場合には、塵埃除け（Dust Guard）、濕氣除け（Waterproof）を被せて置く事。

（11） 日光の直射は金屬部の膨脹、氣泡の變化回轉摩擦の增加等種々器械の觀測を損ふから成るべく避けること。止むを得なければ傘を用ふること(第 240 圖)。



第 240 圖 測量用傘

（12） 磁針（Magnetic Needle）を有する器械では使用しない時は常に磁針固定捻（Magnetic Lifter）を緊めて振動を與へない事。

（12） 螺旋を過度に緊めない樣にすること。

(a) 水準螺旋を餘り强く緊めると平行仮を損める。

(b) 叉線整正螺旋を强く緊めると其の整正を害する。

(c) 緊螺旋を强く施すと視準叉は讀みが變る。

(d) 微動螺旋も成るべく少し使用する樣に練習するが宜い。

（13） 器械の据付、取扱ひは其の測量の要求する精度に依つて加減す可きで、いつも精密に据え付けるのは望ましい事ではあるが、多く時間を要するから其の目的に依つて定む可きである。

据付誤差は$\frac{1}{10000}$の時 20″ と覺えて置けば宜しい。

第 9 表 距離誤差に依る角度誤差

Error	100m	500m	1000m	1500m	Ratio
1′	0.0291m	0.1454m	0.2909m	0.4363m	$\frac{1}{3440}$
30″	0.0145	0.0727	0.1454	0.2182	$\frac{1}{6880}$
20″	0.0097	0.0485	0.0970	0.1454	$\frac{1}{10300}$
10″	0.0048	0.0242	0.0485	0.0727	$\frac{1}{20600}$
6″	0.0029	0.0145	0.0291	0.0436	$\frac{1}{34400}$

此の外保管並に掃除上の注意としては

（1） 測量器械は使用し終つた時掃除するのは勿論、時には表面のみならず內部の分解掃除を行はねばならぬ。然し之をなすには製作に素人な人が爲すよりも專門工場に依賴するが最も得策である。

（2） 掃除はなるべく塵埃の無い、振動のない一定の溫度を保てる室で、外氣の直接通風を避けて行ふこと。

（3） 掃除終了した後は直ちに調整、檢定をなして、取扱に故障を生じなかつたかを確める必要がある。

（4） 分度面の掃除には最初に軟毛刷毛にて表面の塵埃を全部拂ひ除き、次に小量の時計油（Watch Oil）をたらして、清淨柔軟なる布片で輕く拭ひ淸めること。分度及び遊標は如何なる事があつても、元來取り付けてある軸部から外してはならない。

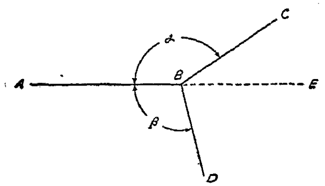
（5） レンズの掃除には最初柔軟な刷毛で表面附着の塵埃を拂ひ去り、次に純粹アルコールを小量軟布片に付けてレンズ表面に固着する曇りを輕く拭ひ取り、更にアルコールの蒸發するのを待つて乾燥した他の布片で之を輕く拭ふのである。

（６）　螺旋の掃除には齒磨揚子に揮發油を注けて、捻子に附着した塵埃、汚油を洗ひ去り之を乾かして、新らしいワゼリン(グリース)を塗ること。

（７）　油は上等の時計油又はクロノメーター油を用ふる事。

80　測角の方法

（１）　**後視と前視** (Backsight and Foresight)　第241圖にて、轉鏡儀が B に据付けられ水平角 $\angle ABC=\alpha$, $\angle ABD=\beta$ 又は AB の延長 E が測量されるとき、A なる點は最初に視準せられる點で、此の AB 線を後視(Backsight) と云ひ、之に對し C, D 等を前視 (Foresight) と云ふ。依て一つの後視に對して數多の前視を取れば之等の爲す數多の角を測る事が出來る。然し此の前視、後視には方向を含まず便宜上の名前であるから、若し初め C を視準すれば BC が後視になる。通常角を表はす爲に文字又は數字が使はれゝば、其の最初の字は後視、中の字は頂點卽ち測點で最後の字が前視を表はす。



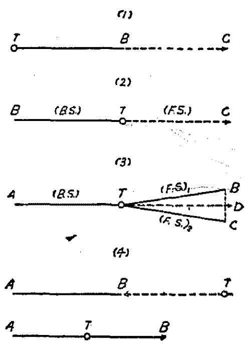
第 241 圖

〔例〕　$XYZ=43°$　　X=Backsight

Y=Vertex or Station　　Z=Foresight

（２）　**直線の延長法** (Prolonging a Straight Line) (第 242 圖)

（ａ）　最も簡單な方法は T に器械を据えて、B を視準して其の線上に C を取る。TC の距離が轉鏡儀の視準距離 (Sighting Distance) に支配されるから餘り長い直線には應用出來ない。距離の長い場合には器械を B に移し C を視準して夫を D に延長して進んで行く (第242(1)圖)。



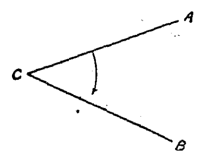
第 242 圖　直線の延長法

（ｂ）　器械を T に据えて B を後視し、望遠鏡を轉鏡して C を前視するものである。(a) に較べて視準距離が二倍になるが、視準線が器械の横軸と垂直をなさず、卽ち縱叉線の誤差がある場合一回の轉鏡に對して其の誤差の二倍だけ方向が狂つて來る。之を續けて行けば直線を延長する代りに曲線を得る。但し此の場合にも少し注意して、奇數番目の測點では後視を望遠鏡正で偶數番目の測點では望遠鏡倒で行へば、縱叉線の誤差に依る狂ひを消去する事が出來る (第242(2)圖)。

（ｃ）　重要な直線を延長する場合には、重複反轉法 (Method of Double Reverse) が用ひられる。之は T に器械を据えて望遠鏡正で A を後視して轉鏡し前視の後 B を定め、更に反轉して望遠鏡倒の儘 A を後視して轉鏡し夫に對する前視 C を求め、BC の中點に D を求め直線 AT を D に延長するのである。器械の整正が完全であつても此の法に依るが最も良い (第242(3)圖)。

（ｄ）　特殊な方法で障害物の爲通常の方法で延長せられない場合には、直線の延長上又は線中の T に器械を据えて AB が一直線にならなければ T を据え換へる。隧道の中心線設定などに用ひられる (第242(4)圖)。

（３）　**簡單なる水平角の測り方**　第243圖に示す一角 ACB を測る最も簡單なる方法は次の如き動作である。



第 243 圖

（ａ）　C に器械を据付ける。

（ｂ）　上緊 (Upper Clamp) を弛めて遊標と分度圓と大體合せ、微動螺旋に依て兩方の 0° を正確に合せる。

（ｃ）　下緊 (Lower Clamp) を弛め望遠鏡を A の方向に向け視準線が大

體 A の方向に向つたら下緊を緊め、附屬の微動螺旋を用ひて叉線の交點を正しく A に合はす。

（d） 上緊を弛めて望遠鏡を廻轉して大體 B の方向に合せ、上緊を緊めて附屬微動螺旋に依て正確に B に合はす。

（e） 遊標面に表はれた角度を讀む。

測角の場合最も困るのは緊付螺旋の使ひ分けである。少しでも外の螺旋を動かすと結果を滅茶苦茶にする。念の爲め今一度書いて見ると

(b) 遊標の設定……………………上緊及び微動螺旋

(c) A の後視……………………下緊及び微動螺旋

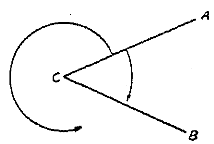
(d) B の前視……………………上緊及び微動螺旋

である。器械に依つては兩螺旋の大さを變へたり、特別な裝置をしたものもある。『Backsight-lower, Foresight-upper』と覺えて置くと都合が良い。

角度を測る方向にも二通りあつて

(a) 右廻り（Clockwise）

(b) 左廻り（Counterclockwise）



第 244 圖

に區別される。通常測量では右廻りに測角する方が都合が良いが、器械又は測量の方法に依ては左廻りが好都合の事もある。特別の斷りが無ければ角度は劣角（Minor Angle）を表はし、多角形にては其の內角（Interior Angle）を表はす。

（4） **倍角法又は反覆測角法**（Repeating Method） 前述の如く Backsight-lower, Foresight-upper を一回以上繰返せば、角度の讀みは次第に大となり倍角を表はすことゝなる。此の複測法は角度の單觀測を同一角に就いて何回もなし、正確な値を出すに用ひられる。初め普通に測つたものは照查

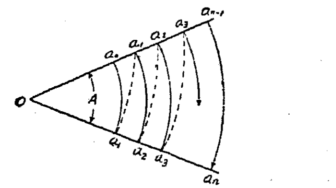
(Check) の爲め野帳に記して置く。

今第 245 圖に於て

a_0＝最初の遊標の讀み

a_n＝最後の遊標の讀み

n＝觀測の回數



第 245 圖

反覆測角法（倍角法）

とすれば

$a_1-a_0=A_1$

$a_2-a_1=A_2$

………………

$a_n-a_{n-1}=A_n$

$a_n-a_0=A_1+A_2+\cdots\cdots+A_n=nA$

$$A=\frac{a_n-a_0}{n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (94)$$

n の値卽ち回數は任意の整數で差支へないが、分度が 60 分法であるから 3 の倍數又は 6 の倍數が都合が宜い。3, 6, 12, 24, 36, 48 等が用ひられる。

例　六回觀測の場合卽ち $n=3$ を二回（第 246 圖）

I 望遠鏡正位、右廻り

1 器械を C に据え遊標を 0° に合せるか又は遊標の示度を讀む、左の點 A を視準する（a_0）

2 上緊を弛めて右の點 B を視準する（a_1）

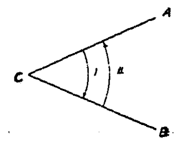
3 下緊を弛めて左の點 A を視準する（a_1）

4 上緊を弛めて右の點 B を視準する（a_2）

5 下緊を弛めて左の點 A を視準する（a_2）

6 上緊を弛めて右の點 B を視準する（a_3）

7 遊標を讀み結果を觀測回數 $n=3$ で割る。



第 246 圖

II 望遠鏡倒位、左廻り

1　遊標を 0° に合せ若くは其の示度を讀み右の點 B を視準する。(a_0)

2　上緊を弛めて左の點 A を視準する (a_1)

3　下緊を弛めて右の點 B を視準する (a_1)

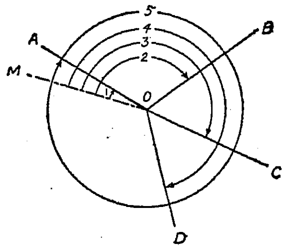
4　上緊を弛めて左の點 A を視準する (a_2)

5　下緊を弛めて右の點 B を視準する (a_2)

6　上緊を弛めて左の點 A を視準する (a_3)

7　遊標を讀み結果を觀測回數で割る。

尙下卷第十五編三角測量の部を參照せられたい。



第247圖　連續測角法(方向法)

（5） **方向法又は連續測角法** (Direction Method or Method of Continuous Reading)　此の方法は數個の角が一點の周圍を包む場合に行はれる。角は任意の基準線 (卽ち B.S.) から順次に測られ初めの基準線に歸つて地平 (Horizon) を包む。角度の合計が 360° から違ふ場合には角の大さに關係なく等分して誤差を配分する。

例　第 247 圖の如く O に器械を据えて、初め A を後視して遊標の讀み 20° を得、順次一回轉して次の値を得たとし、各角の大さを求む。

野帳			計算	
前視	遊標の讀み	角	計算	角の値
B	140° 21′	AOB	(140° 21′)−(20° 0′)	120° 21′
C	160° 32′	BOC	(160° 32′)−(140° 21′)	20° 11′
D	200° 40′	COD	(200° 40′)−(160° 32′)	40° 8′
A	20° 1′	DOA	(380° 1′)−(200° 40′)	179° 21′
				360° 01′

誤差$=20°1'-20°=1'$

各角より差引く可き値$=\dfrac{1'}{4}=15''$

依つて補正したる角度は

$$120°20'45''+20°10'45''+40°7'45''+179°20'45''=360°0'0''$$

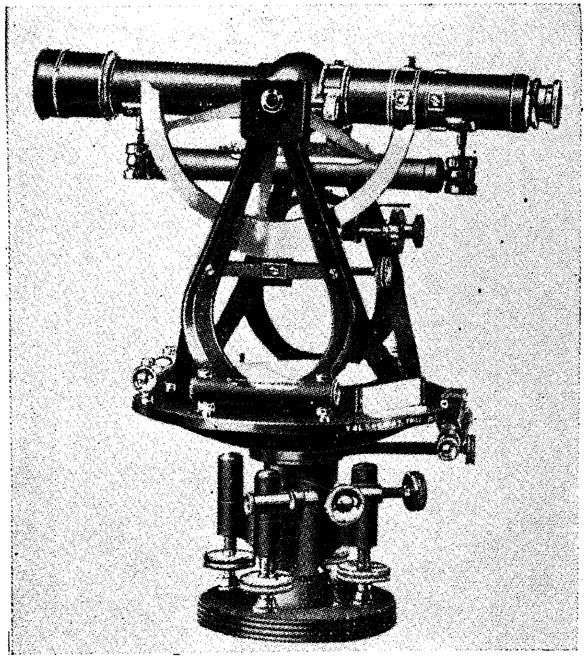
である。

（6） **測角法の比較**　測角の二方法の中、倍角法は單觀測の場合に都合宜く、殊に使用する轉鏡儀が 30″, 20″ と云ふ位に粗く目盛されて居る場合には方向法の到底及ばない程の正確な結果を與へる (6 回觀測で 1 秒程度迄測られる)。依て普通目的に對しては反復法以上正確な方法は無い。一方方向法は 5″, 2″, 1″ 位の測微鏡を有する器械で三角測量又は多角測量をなす時に用ひられる。普通の轉鏡儀で方向法を用ひても遊標の目盛以下の値は出ないから時間の節約以外利益はない。反復測角を行ふ爲には轉鏡儀は內外二軸を要し、且つ望遠鏡を橫軸の周りに回轉せしむる必要を生じ、此の結果器械の安定を害し、剛性を犧牲にするので、器械の型の大となるに從ひ緊付螺旋の滑り、讀みの變化等を生じ、加へて測角の時間も方向法に比して數倍するため 10″ 以上の器械にては專ら方向法に依て測る樣になつて居る。但しレンズ系を改良して望遠鏡を短くした新型の器械では左程安定を害しないから望遠鏡だけは橫軸の周りに回轉される樣になり、種々の器械的誤差を省略し得る樣に工夫されて居る。

（7） **堅角の測定**　特別の裝置を用ひざる限り普通の轉鏡儀では望遠鏡が轉鏡すると云ふ利點の爲に堅角測定の精度を多少犧牲にしなければならぬ。加へて堅角の測定は水平角の如き必要性を有しないから、其の分度も水平分度の如く精密に分けられず、遊標も一個のもの多く、普通の場合は堅角 45° 以上は稀で第 248 圖の如く垂直分度に半圓を用ひて居るのも少くない。米國型の器械では遊標と分度の取付けが水平分度の丁度逆であるから

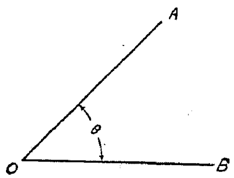
仰角 (Elevation Angle) の場合…………遊標 Counterclockwise

俯角（Depression Angle）の場合…………遊標 Clockwise に讀む。望遠鏡正及び倒で讀みを取れば不完全整正より來る誤差を除く事が出來、遊標二個のものは其の平均を取つて偏心の誤差を消去する事が出來る。



第 248 圖

81　角度の測設法（Laying Off or Locating an Angle）

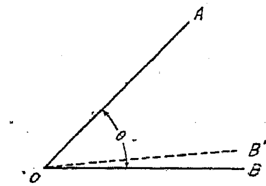


第 249 圖

（1）　**普通の方法**（第 249 圖）　最も簡單に角 $\angle AOB=\theta$ を測設するには第 80 節 (3) の逆を行へば宜しい、卽ち O に器械を据え基準線 OA を視準して正確に水平分度の 0° に合せ、次に上緊を弛めて上盤を廻し分度の遊標が正確に θ を示す時其の視線上に測點 B を取れば $\angle AOB=\theta$ である。

（2）　**反覆法に依る角度の測設法**　單觀測では遊標の目盛以上の精密な角の測設は出來ない、夫で其の場合には反覆法を逆に應用して精密なる測設を行ふ。

第 250 圖にて定直線 OA の一點 O から角 $AOB=\theta$ を正確に測設するものとする。器械を O に据えて遊標の 0° を合せ A を後視し、次に上盤を廻して出來る丈け θ に近き點 B' を求める。$\angle AOB'$ を必要とする精度の範圍まで回數を重ねて反覆法で測り正確な値を出す。$\angle AOB=\theta$ と $\angle AOB'$ との差は僅かであるから測角にて其の差角を見出す事は不可能で、OB' を一定の長さに切り $BB'=OB'\ tan BOB'$ を用ひ枝距に依て設定する。1′ の sin 又は tan は 0.0002909 である。最後に $\angle AOB$ を照査して見て何度も此の法を反覆する。



第 250 圖

例　1 分讀みの轉鏡儀で 30°00′ を 05″ 迄正確に測設すること。

六回反覆による $\angle AOB'$ の値を 180°02′ とし 30″ 迄精密なりとすれば

$$\angle AOB'=\frac{180°02'}{6}=30°00'20''\ (5''\ \text{迄正確})$$

故に $\angle AOB$ に對する補正は 20″ である。$OB'=200\text{m}$ に取れば枝距 BB' は

$$BB'=200\times tan\,20''=20\times0.0001=0.02\text{m}\ \ (\text{但し符號は }-)$$

第八章　野　　業

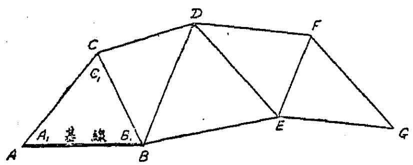
82　經緯測量又は多角測量（Traversing or Polygonal Surveying）

測量の骨組となるべき測點の測量には次の二通りがある。

（1）　三角測量（Triangulation）

（2）　經緯測量又は多角測量

三角測量とは測點を連絡するに三角形を以てし、經緯測量は折測線（Traverse Line）即ち多角形（Polygon）を以てする。測量地域が大體 20 km² 以上であるか、或は特殊の要求から非常に精密に測量する場合には三角測量に依る。三角測量に就ては下卷に譲る事にする。



第 251 圖　三角測量

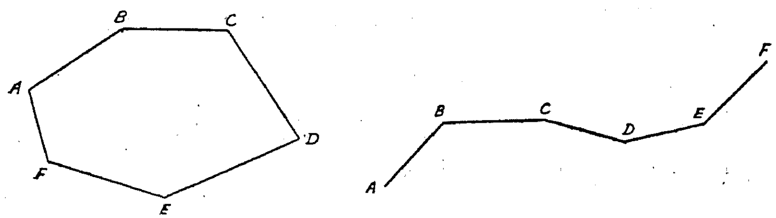
三角測量の原理は第 251 圖に示す如く三角形で土地を蓋ふ様に測點を取り、若干の邊即ち基線（Base Line）を極めて精密に人力の限りを盡して測り、此の基線を基にして他の邊は角度を使つて計算して出すのである。例へば AB＝基線 とすれば

$$\frac{BC}{\sin A_1}=\frac{CA}{\sin B_1}=\frac{AB}{\sin C_1}$$

$$\therefore\quad BC=AB\frac{\sin A_1}{\sin C_1},\quad AC=AB\frac{\sin B_1}{\sin C_1}$$

適當な所で邊を測つて計算からの値と比較して見て其の誤差を知る。邊の計算に *sine* を使ふから角の大さは 30°～120° になる様に測點を選ぶべきである。

經緯測量は障害物の爲めに三角形が用ひられぬ場合、或は小區域、又は特に測線を多角形に取るを便利とする場合に用ひられる方法で、第 252 圖の如



第 252 圖　經緯測量

く閉多角形（Closed Polygon）の場合と開多角形（Open or Continuous Traverse）の場合とがある。此處では專ら此の經緯測量だけを述べる。

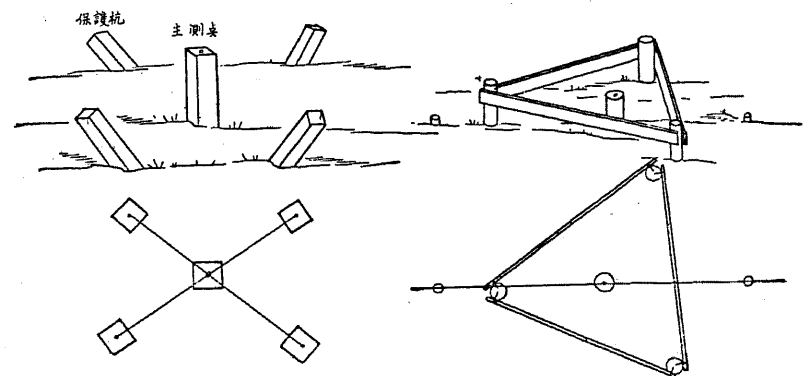
經緯測量の野業に對する所要人員は少くとも轉鏡儀手（Transitman）1 名距離測量手 2 名合計 3 名を要する。測量事項少なき場合は轉鏡儀手が記錄手（Noteman）を兼ねるが、記載事項の多くなるに從ひ別に記錄手を置き、又障害地では測線の見透しを良くする爲に伐開係（Axmen）を 2～5 人置く。其の他杖距係り 2 名、人夫若干を置く事もある。斯樣な一團となつて働くものを測量隊（Surveying Party）といひ、區域及び測量期間に依り數隊を組織する事がある。

經緯測量は其の性質上次の二つの測量に分類される。

（1）轉鏡儀測點（Transit Station）の選定及び其の連絡に關する測量

（2）測點從つて測線を基準とする所謂細部測量（Detail Surveying）

此の中細部測量は前の測鎖法の如く支距其の他に依るもの丶外、任意の目的物の角度を測れるから應用が益々廣い。轉鏡儀測點は普通 5×5 cm 位の木杭を用ひ、特に市街地の如く堅硬な場合は鐵楔を打ち込み、尚測點が失は

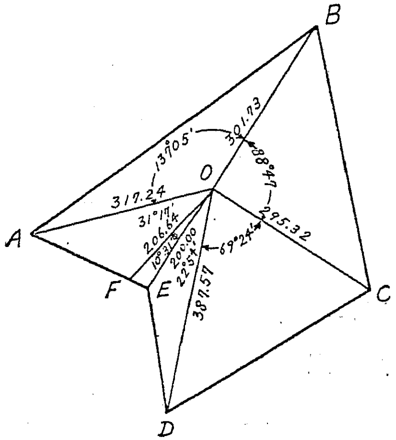


第 253 圖　主測點の保護

れても其の位置を見出し得る樣に保護杭 (Guard Stake) を打つて置く。

83　放射法 (Method of Radiation)

最も簡單な轉鏡儀測量の方法で、唯一點に器械を据付けて周圍の測點と爲す角度及び距離を測つて周圍の測點の位置を決定するのである。第 254 圖で O が轉鏡儀測點で A, $B, C \cdots F$ と爲す角 $\angle AOB$, $\angle BOC$ ……を測り且つ AO, BO ……を測る。此の方法は極めて小區域の測量にしか適用出來ず、且つ各測點の見透しの利く點に器械を据えねばならぬ。單に測點の位置のみを確定する時は此の法でも宜いが、AB, BC……の方向及び距離を計算に依て出す場合は不適當と云はねばならぬ。又測つた角度の小さな場合に、計算した邊の不精密になるのも見逃がせない缺點である。



第 254 圖　放射法

例へば第 254 圖にて先づ小角 EOF の EF に及ぼす影響を調べて見る。今 1 分讀みの轉鏡儀を用ひたとすれば $\angle EOF$ は $10°31' \pm 30''$ 位の範圍に在る。OE 及び OF の距離測定の誤差を無視して $\triangle OEF$ を解けば $\angle OFE = 40\ 41' \pm 40''$ となる。從つて

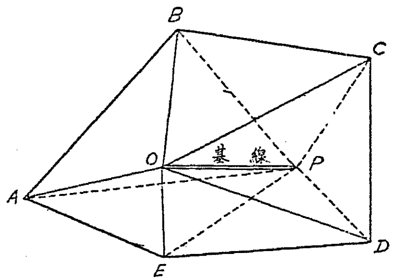
$$EF = \frac{EX}{\sin OFE} = 37.85 \pm 0.03$$

即ち EF は $\frac{1}{1200}$ の誤差を有する事になる。

然るに $\angle COD = 69°24'$ で同じ精度の下で測られたとすると CD の長さは $\frac{1}{20000}$ の精度を有する事になるので、小さな角度を用ひてならぬ事が直ちに判る。

84　交叉法 (Method of Intersection)

基線の兩端に於て角度を測つて點の位置を定める方法で、第 255 圖に於て基線 OP を精密に測定し、其の一端 O に器械を据えて周圍の測點 $A, B, C \cdots$ の基線と爲す角を測り、次に器械を P に据えて同樣の角を測り、其の交點に依て測點 A, B, C ……の位置を確定する。此の方法は單獨に用ひられ事は少く外の法に一緒に用ひられる。此の方法も測點の位置を決定するだけなら宜いが、測線の長さ及び方向を求めるには不適當である。又交叉角が餘り大きくても小さくても共に不精密になる。依て $30° \sim 150°$ の範圍に收まる樣に基線を選ばねばならぬ。然し距離測定は單に基線だけで、作業簡單であるから河海測量で船の位置を求める時には專ら使用される。



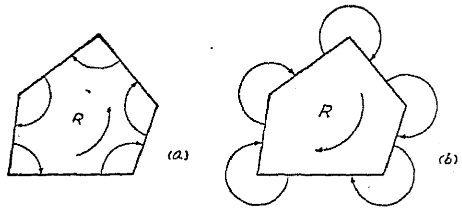
第 255 圖　交叉法

例へば第 255 圖に於て各角が 30 秒の誤差を有するものとして、$\angle OAP = 5°$, $\angle OBP = 45°$ とすれば AO は僅かに $\frac{1}{700}$ の精度なるに引換へ BO は $\frac{1}{7000}$ 精度を有する事になる。

更に例へば AE の長さを求むるには $\triangle AOP$, $\triangle EOP$ 及 $\triangle AEO$ を解く必要あり、結局此の中の $\triangle AOP$ の强さ不足する爲め EA は不精密になる。

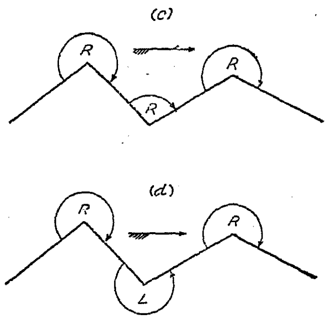
85　角度法 (Direct Angle Method)

各測線が其の前の線となす角を測り之を記帳するのを角度法と云ふ。角度にも內角 (Interior Angle) 及び外角 (Exterior Angle) の區別があり、又多角形の形にも開多角形と閉多角形の區別が生ずるから種々の場合に分れる。



第 256 圖 閉多角形

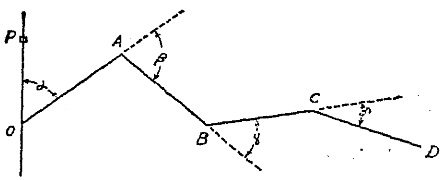
手の働きの關係上時計の向きに角度を測る方が餘程樂であるから、第256圖のやうな閉多角形の場合に (a) 內角を測る時は時計と逆な方向に進めて行く可きで、(b) 外角を測る場合は之と反對に時計の方向に進む。內角を測るか外角を測るかは時と場合に依るが一般に內角の場合が多い。精密に測る場合は各角を反覆法に依るか又は望遠鏡を倒にして前と逆の方向に角を測つて行く。第 257 圖に示すものは開折測線の場合で、(c)時計の向きに測角すれば片側だけになり、(d) 兩側にて測角すれば其の方向が交互に變るから何れの方法でも優劣は無い。



第 257 圖 開折測線

86 偏角法 (Deflection Angle Method)

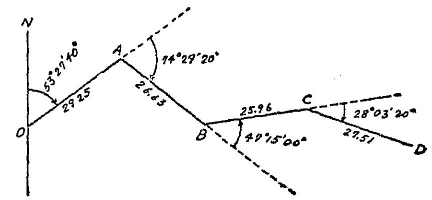
各測線が其の前の線の延長と成す角を偏角 (Deflection Angle) と云ふ。偏角には其の折れる方向に依て右偏角 (Right D.A.) 及左偏角 (Left D.A.) の區別があり、之を R 又は L を以て示すのが普通である。



第 258 圖 偏角法

第 258 圖に於て基準線 OP を作り普通の方法で α を測り A を定める、次に器械を A に据えて既知の O を後視して而る後望遠鏡を轉鏡して B を前視して偏角 β を求める。以下同樣に

して進む。望遠鏡を轉鏡するから縦叉線の整正は最も必要である。精密に測る場合には望遠鏡正及び倒で讀み夫を平均する。此の偏角法は偏角が直角より小なる場合卽ち道路、鐵道、水路の如く一方から他方に進んで閉合しない場合に都合が宜い。閉多角形の偏角を測れば其の合計は 360° である。



第 259 圖

偏角法には必ず方位 (Bearing) を取る事を忘れてはならぬ。第 259 圖に示すのは野帳記載の一例である。

Station at	Station to	Distance	Deflection Angle	Magnetic Bearing	Angle by Bearing	Calcurated Bearing
O	N		$53°27'40''R$	NS Line	$53\frac{1}{2}°R$	$N53°27'40''E$
	A	29.25		$N\ 53\frac{1}{2}°$E		
A	O		$74°29'20''R$	$S53\frac{1}{3}°W$	$47\frac{2}{3}°R$	$S\ 52°03'\ E$
	B	26.63		$S\ 52°$E		
B	A		$47°15'00''L$	$N\ 52°W$	$47\frac{1}{3}°L$	$N\ 80°42'\ E$
	C	25.96		$N\ 80\frac{2}{3}°$E		
C	B		$28°03'20''R$	$S80\frac{1}{2}°W$	$28\frac{1}{4}°R$	$S\ 71°14'40''\ E$
	D	27.51		$S\ 71\frac{1}{4}°$E		

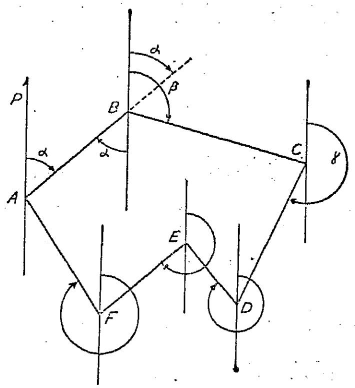
87 折進測法又は全圓法 (Traversing or Full Circle Method)

一定の基準線 (Reference Line) が各測線となす角度を測る方法であつて特に此の基準線が南北線 (N—S Line) 卽ち子午線 (Meridian) である場合之を全圓方位法 (Azimuth Method) と云つて居る。第 260 圖に於て A, B, C……を測點とすれば α, β, γ……を測つて測點の位置を決定するのである。

之に二通りの方法がある。

（１） 望遠鏡を正及倒にして測る法
即ち轉鏡儀で測る場合

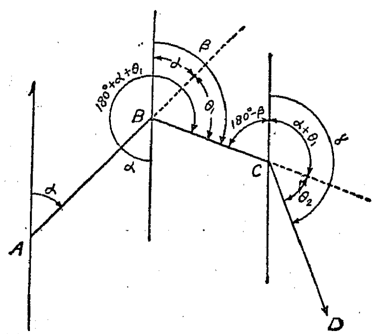
（２） 常に望遠鏡を正にして測る法
即ち經緯儀で測る場合



第260圖 第一法

第一法 第260圖にて器械を A に据え P を後視し B を前視して $\angle PAB=\alpha$ を讀む。次に遊標を α の儘にして靜かに B に器械を据え、此の時は先づ望遠鏡を倒にして A を後視し、轉鏡して望遠鏡を正にする。然る時は望遠鏡は AB の方向にあつて遊標の讀みだけ基準線からの角 α を示して居るから、上緊螺旋を弛めて C を視準し其の讀み β を測る。以下同樣にして進む。

第二法 第261圖に示す如く A に器械を据え前と同樣にして α を讀む。次に遊標を α の儘にして B に移り、望遠鏡正の位置で A を後視する。此の時望遠鏡の方向は AB であるが、遊標が α の儘であるから迴轉して C を前視すれば、其の時の讀みは $180°+\alpha+\theta_1$ で、之れから $180°$ を減ずれば $\alpha+\theta_1=\beta$ を得る。遊標を其の儘にして C に移り B を後視して望遠鏡を回轉し D を視準すれば其の時の讀みは



第261圖 第二法

$$180°+\alpha+\theta_1+(180°+\theta_2)=360°+\alpha+\theta_1+\theta_2=\alpha+\theta_1+\theta_2=\gamma$$

遊標の示度が即ち求むる讀みになる。故に A を 0 番とし以下測點に番號を附ければ、奇數番の場合は $180°$ を減じ、偶數番の場合は遊標の示度が求むる角になる。

88 轉鏡儀折測線の比較 (Transit Traverse Compared)

轉鏡儀折測線の外に羅盤折測線 (Compass Traverse) と云つて各測線の磁方位 (Magnetic Bearing) を取るものがあるが、轉鏡儀には用ひられないから盤儀測量の時に讓つておく。依て以上の轉鏡儀折測線を比較して見ると大體次の如くである。

（１） 角度法は總ての種類の測量に用ひられ、特に測線の數が多からず閉多角形をなす場合に都合が宜い。閉多角形では其の內角の和は邊數を n とすれば $(2n-4)$ 直角であるから完全に誤差を照査する事が出來る。

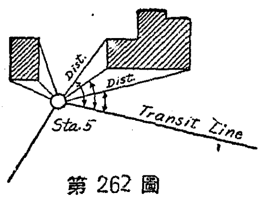
（２） 偏角法は主として道路、鐵道等の如く連續線よりなり、兩端が離れて居るものに用ひられる。間に合せの照査法しか無いから重要な場合、其の兩端は屢々三角測量其の他の方法で決定する。

（３） 折進測法は角度法に比して操作簡單且つ迅速で、測線の方位角が測られ面積計算にも便利であるが、縱叉線が正しく整正されて居なければ誤差を生ずるし、又器械運搬中に遊標が動いては其の根底を失ふから、器械据付の時遊標を調べて見なければならず、面倒だから地勢の不良な所では不適當である。時には偏角法の如く道路、鐵道にも用ひられる。

89 細部測量 (Detail Surveying)

轉鏡儀及卷尺を以て細部を測量する普通の方法は凡そ次の如きものである。

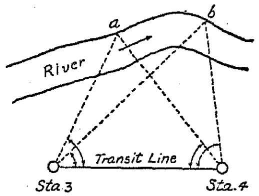
（１） 測點よりの角度及距離に依る法(第262圖) 測點から地物迄の距離が概して近く、見透しが利く時に用ひらる。基準線には測線でも其他の線で



第 262 圖

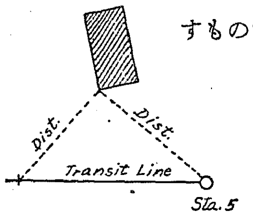
も宜いが、何れの線に依つたかを間違ひなく記帳して置く。測る數の少ない時は見取圖で宜しい。

（２）　二つの測點よりの角に依る法(第 263 圖)　第 84 節の交叉法と同じ原理で位置を決定するのである。近接し難い地物を測る時都合宜く、何等距離測量を要しないのが特徴である。唯點の位置を計算する必要のある場合は不適當である。又交叉角が 0° 若くは 180° に近づくに從つて點の位置が不安定になる。

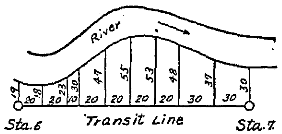


第 263 圖

（３）　二つの測點からの距離に依る法(第 264 圖)　二つの測點若くは中間杭の位置から地點に至る距離を測り、三角形の三邊を知つて點の位置を出すものである。距離が遠いと此の方法は出來ない。斜距法は即ち之れである。



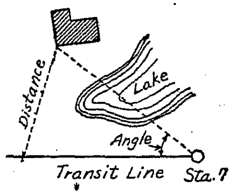
第 264 圖



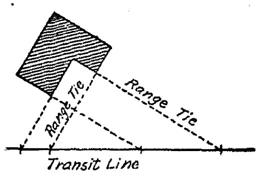
第 265 圖

（４）　測線からの垂線枝距に依る法(第265圖)　通常の垂線支距の場合と同じで、大抵の場合は見透しで直角を決めるが重要な場合には轉鏡儀を用ひる。

（５）　一測點よりの角度及び他の測點よりの距離に依る法(第 266 圖)　之は (2) 又は (3) の變態とも見るべきもので、距離測定の出來ない所を角度で以つて補ふ。



第 266 圖



第 267 圖

（６）　定向繫線 (Range Tie) に依る法(第 267 圖)　測線の近くにある建物等を測る場合に、其の隅から邊の延長を測線に交らして之を繫線に取る事がある。之を定向繫線と云ふ。

第九章　內　　業

90　測線製圖の方法 (Method of Plotting Traverse)

製圖は通常次の二つに區分する。

（１）　正確な方法で行ふ測線の製圖

（２）　之に次ぐ方法にて行ふ細部の製圖

此の中測線の製圖法として次の樣なものが用ひられる。

（１）　分度器に依る法 (Protractor Method)

（２）　正切に依る法 (Tangent Method)

（３）　正弦及び餘弦に依る法 (Sine and Cosine Method)

（４）　弦長に依る法 (Chord Method)

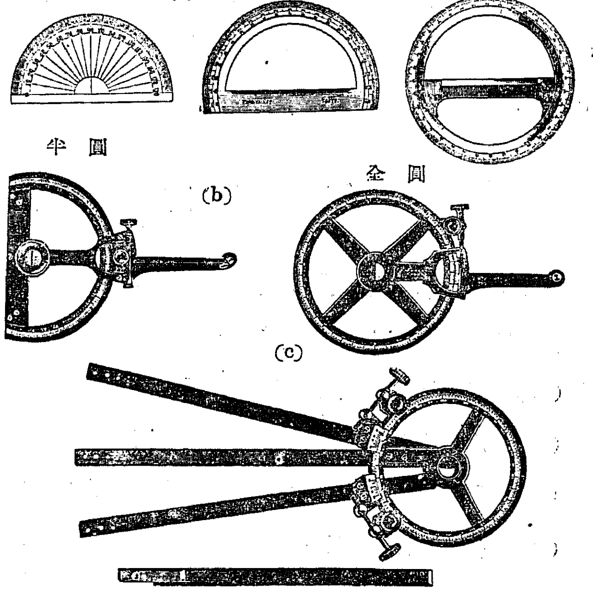
（５）　直角坐標に依る方法 (Rectangular Co-ordinate Method)

91　分度器に依る法

分度器に依て畫くには第 269 圖にて (a) 分度器の中心 O を正しく測點卽ち角度の頂點に合せ、同時に測線及び其の延長に分度器の零線を合せ、求むる角度の所 B に針若くは鉛筆の先で印をつけ、(b) 次に分度器を取除いて OB を結ぶのである。分度器に依る誤差は勿論其の直徑に依て變る。本邦で作られる最大の分度器 (12吋＝30 cm) にても約 $5'$ の誤差を有し、普通に使用する 15 cm のものでは $10\sim15'$ の誤差を有する。遊標分度器 (Vernier

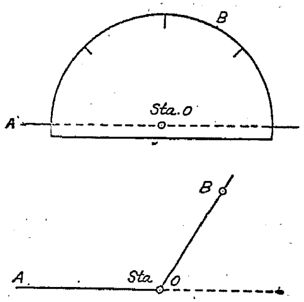
Protractor）を用ふると $1'\sim20''$ 位まで測ることが出來る。

此の分度器法の缺點は一線の方向の誤差が全線に影響し、以後の測點の距離誤差が原點からの距離に比例することである。例へば第270圖にて測線 $ABCDE$

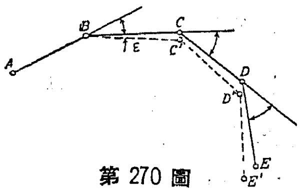


第268圖 (a) 分度器 (b) 遊標付分度器 (c) 三杆分度器

を製圖する時 B に於て $CBC'=\varepsilon$ だけ誤差を生ずる時は以後の測線及び測點は B を中心として ε だけ廻轉した $BC'D'E'$ を示し、CC', DD', EE' の距離は B からの距離に比例して B を中心とした圓周上に移動する。故にこの缺點を除く爲には各測線の方位（Bearing or Azimuth）を取るを要する。斯くすれば各線の方向は子午線（Meridian）との角度で表はされて居るから、一線の方向の誤差は以後の測線の方向に影



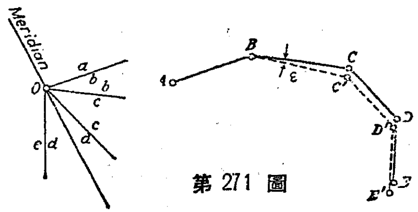
第269圖



第270圖

響しない。唯一線の誤差に依て生ずる測點の距離誤差だけ各測點が移動する事になる。第271圖で B 點にて $CBC'=\varepsilon$ だけ誤差を生じても其の爲に CC' の移動を生ずるのみで、以後の測點の移動は總て CC' に平行で相等しい。

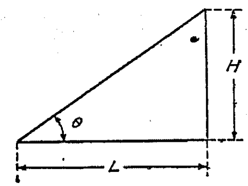
$$CC'=DD'=EE'$$



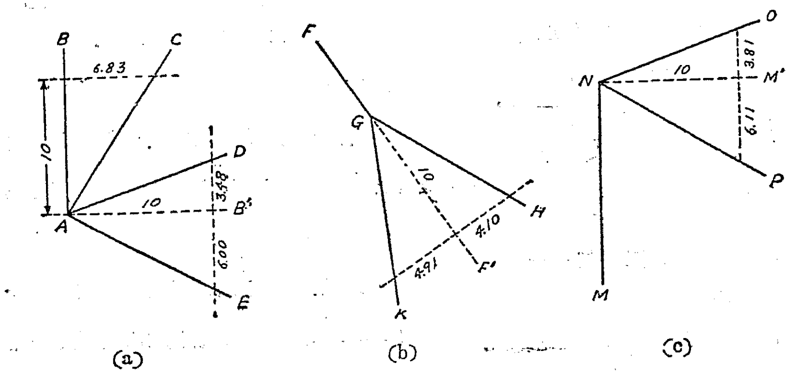
第271圖

92　正切に依る法

平面三角の公式、底邊×正切＝垂線 を利用して角度を畫く法である。第272圖で $L\tan\theta=H$ で、之を畫くには (1) 先づ L を適當の長さ卽ち 20, 30, 40 cm に撰び、(2) 其の一端に正確に垂線を立て其の上に $L\tan\theta$ に等しく取り、(3) 最後に斯くして取つた點を頂點と結ぶのである。正切法は主に偏角に適用せられ、又方位で表はされた角度の製圖にも便利である。但し種々の大さの角を畫く場合には第273圖の例で見る如く $0^\circ\sim45^\circ$ の角を畫くのである。



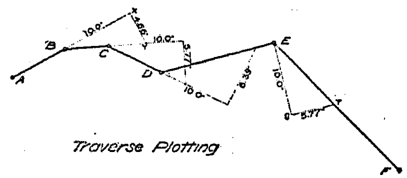
第272圖



第273圖

Required Angle	Angle Plotted	Tangent
$BAC=34°20'$	$BAC=34°20'$	0.683
$BAD=70°49'$	$B'AD=90°-70°49'=19°11'$	0.348
$ABE=120°58'$	$B'AE=120°58'-90°=30°58'$	0.600
$FGH=157°42'$	$F'GH=180°-157°42'=22°18'$	0.410
$FGK=206°09'$	$F'GK=206°09'-180°=26°09'$	0.491
$MNO=249°08'$	$M'NO=270°-249°08'=20°52'$	0.381
$MNP=301°26'$	$M'NP=301°26'-270°=31°26'$	0.611

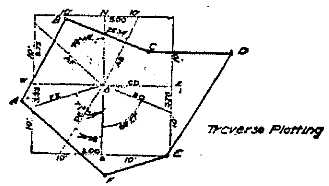
實際に畫く場合には第274圖に示す如く表を作り、之に依て畫くと間違ふ事が無い。此の法の精度は底邊の長さと、垂線の正確さとに依るから、底邊の長い程叉使用する定規の正しい程誤差が少くなる。25 cm の底邊を用ふれば如何程注意をしても $3'$ 位の誤差は生ずるが、之を二倍の 50 cm とすれば約 $2'$ の誤差に減少する。



Plotting Table

Line	Bear.	Dist.	Point	Angle	Tang.	Cot.	Offset
AB	N30°00'E	400.00	A	0°			
BC	N55°00'E	300.00	B	25°R	.4663		4.66
CD	N85°00'E	395.00	C	30°R	.5773		5.77
DE	N45°00'E	780.00	D	40°L	.8391		8.39
EF	S75°00'E	1200.00	E	60°R		.5773	5.77

第 274 圖　正切による法



Plotting Table

Line	Bear.	Dist.	Angle	Tan.	Cot.	Offset
AB	N26°34'E	447.24	26°34'	.5000		5.00
BC	S69°27'E	427.17	69°27'		.3749	3.75
CD	EAST	400.00	90°00'			0.00
DE	S30°58'W	583.09	30°58'	.6001		6.00
EF	S71°34'W	316.22	71°34'		.3333	3.33
FA	N48°49'W	531.49	48°49'		.8749	8.75

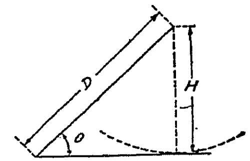
第 275 圖

各線の方向が方位で與へられた場合は、第275圖の如く畫く方が便利である。

叉正切を畫く爲に正切分度器 (Tangent Protractor) を用ひる事もある。

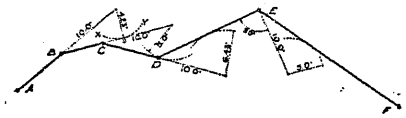
93　正弦叉は餘弦に依る法

第 276 圖の如く $D\sin\theta=H$ の關係を保つ樣にすれば宜い。前と同じく (1) D を 20, 30, 40 cm 位に取り、(2) その一端を中心として $D\sin\theta$ を半徑とする圓弧を畫き、(3) 最後に角度を設定する頂點から此圓弧に向て切線を引けば宜い。實際に畫く時は第277圖の如き表を作る。



第 276 圖　正弦による法

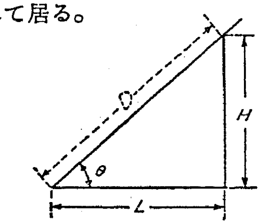
此の法は接線を引く關係上正切法より不精密になるが、容易な爲よく用ひられて居る。



Plotting Table

Line	Bear.	Dist.	Point	Angle	Sin.	Cos.	Radius
AB	N30°00'E	400.00	A	0°			
BC	N55°00'E	300.00	B	25°R	.4226		4.23
CD	N85°00'E	395.00	C	30°R	.5000		5.00
DE	N45°00'E	780.00	D	40°L	.6428		6.43
EF	S75°00'E	1200.00	E	60°R		.5000	5.00

第 277 圖　正弦による法



第 278 圖　正弦及び餘弦による法

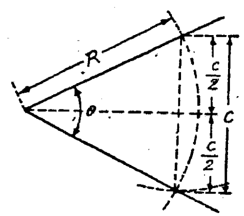
叉第278圖の如く $D\cos\theta=L$ を取り其の一端から之に垂直に $D\sin\theta=H$ を立てゝ結べは正切法と同樣にして θ を設定する事が出來る。正切法よりも面倒であるが斯くして出來た D を調べて見て誤差を照査する事が出來る。

94　弦長に依る法

第 279 圖にて圓弧の半徑 R と其の夾む弦との間には次の關係がある。

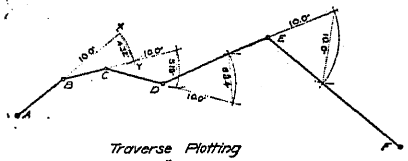
$$\frac{C}{2}=R\sin\frac{\theta}{2}\ ,\quad C=2R\sin\frac{1}{2}\theta\cdots\cdots(95)$$

依て半徑 R の圓弧を畫き、角度を設定せんとする測線と圓弧との交點から $2R\sin\frac{1}{2}\theta$ に等しき半徑で圓弧を切れば、此の交點と頂點を結ぶ線は求むる線である。



第 279 圖　弦長による法

第280圖は其の實例である。此の弦長に依る法は正切法に較べて多少劣る。



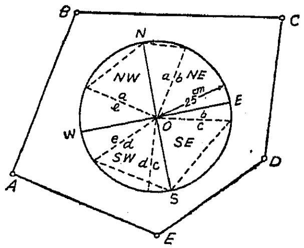
Plotting Table

Line	Bear.	Dist.	Point	½Angle	Sin.	Rad.	Chord
AB	N30°00'E	400.00	A	0°			
BC	N55°00'E	300.00	B	12°30'	.2164	10'	4.32'
CD	N35°00'E	395.00	C	15°00'	.2588	10'	5.18'
DE	N45°00'E	780.00	D	20°00'	.3420	10'	6.84'
EF	S75°00'E	1200.00	E	30°00'	.5000	10'	10.00'

第 280 圖　弦長による法

即ち此の方法の成否は製圖者の兩脚器(Compass)の使ひ加減に依る許りで無く、圓弧も 25 cm 位以上には出來ず、圓弧を畫く時に滑つたり偏心になつたり、更に正切の表を引くより弦長の表を引く方が厄介である。

方向が方位で表はされた場合には第 281 圖の如くに直徑 50 cm の圓周を畫き其の中心から各線の方位を畫き、之れに平行に測線を入れる。



第 281 圖

95　直角坐標に依る法

各測點の坐標或は緯經距 (Latitude & Departure) に依て點の位置を畫くもので、單獨の角の設定には用ひられない。之は測線を畫くに最も正確な、而も製圖の誤差の最も少い方法である。其の利益とする所は

（1）閉多角形では製圖しない前に閉合誤差が分る。

（2）距離を測るに大變容易である。

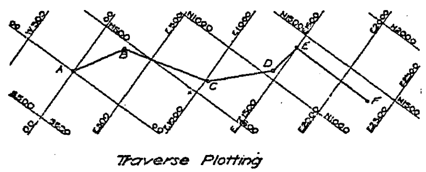
（3）畫かれた點の位置が其の前の點のために影響を受けない。

（4）製圖上の累差が除かれる。

（5）製圖紙への配置がうまく行く。

唯强ひて不利益と云へば製圖に掛る前の計算が少し面倒な位であるが、夫も面積計算と混合して居るので純粹な製圖上の計算と云ふのは極く少ない。

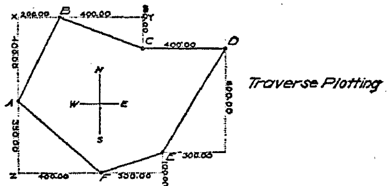
第 282,283 圖共に此の實例である。



Plotting Table

Line	Bear.	Dist.	Sin.	Cos.	N	S	E	W	Sum Lat.	Sum Dept.
AB	N30°00'E	500.00	.5000	.8660	433.02		250.00		N433.02	E250.00
BC	N75°00'E	800.00	.9659	.2588	207.06		772.74		N640.08	E1022.74
CD	N45°00'E	600.00	.7071	.7071	424.27		424.27		N1064.35	E1447.01
DE	N10°00'E	300.00	.1736	.9848	295.44		52.10		N1359.79	E1499.11
EF	EAST	800.00	1.0000	.0000	0.0		800.00		N1359.79	E2299.11

第 282 圖　直角坐標による法



Plotting Table

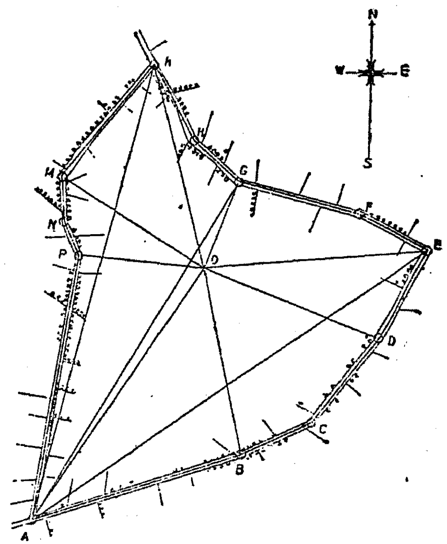
Line	Bear.	Dist.	Sin.	Cos.	N	S	E	W
AB	N26°34'E	447.24	.4472	.8944	400.00		200.00	
BC	S69°27'E	427.17	.9364	.3510		150.00	400.00	
CD	EAST	400.00	1.0000	.0000			400.00	
DE	S30°58'W	583.00	.5145	.8575		500.00		300.00
EF	S71°34'W	316.22	.9487	.3162		100.00		300.00
FA	N48°49'W	531.49	.7526	.6585	350.00			400.00

第 283 圖　緯距及經距による法

96　折測線の照査 (Checks on Traversing)

（1）閉多角形の照査　閉多角形の特徴は完全なる照査法のあることで、其の內角の總和は $2(n-2)$ 直角、從て偏角の總和は 4 直角である事は前述の通りである。依て多角形の中央に近く中心點を取り各測點と結び付くる線を照査に取るか、或は又一つの測點から成る可く多くの他の測點を視準して其の線を照査に取れば其の測量の角度誤差を知る。

例へば第 284 圖に於て多角形 $ABC\cdots NPA$ の始點 A に於て直接必要な AB 及 AP 線の外に AE, AG, AK を照査として其の方位又は角度を取つて置けば、測量を進め E, G, K に至つた時、其の方位が前と等しいか或は內角の條件を滿足して居るかにて照査される。即ち之を表にして見ると次の通りで、全體の測量を完成しない以前に角度誤差を知る。從つ



第 284 圖

	at A	at E	at G	at K
$A\ E$	$N\alpha E$	$S\alpha W$		
$A\ G$	$N\beta E$		$S\beta W$	
$A\ K$	$N\gamma E$			$S\gamma W$

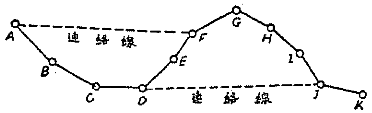
て此の誤差が過大な時には再び始點から測量をやり直す。

又製圖の際に於ける照査の爲には多角形內に一點 O を取り $AO, BO \cdots\cdots PO$ の方向を取り、製圖に際しては例へば AO, BO の交叉に依て O を圖面上に表し、順次進行するに從ひ $CO, DO \cdots\cdots PO$ が O を通過するか否かに依て照査をなすのである。

（2） **開折測線の照査**　開折測線に就ては其の起點及び終點の關係位置が判らない以上、閉多角形に見る如き完全なる照査の方法は無い。通常行はれて居る照査法は次の様なものである。

（a） 方位に依る法　各線の角度を測ると共に 100 m 位の間隔を置いて方位を取れば簡單に照査が出來る、但し磁針は種々の原因に依て其の示す方位を變へるから簡略な照査にしか用ひられない。

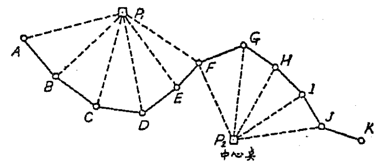
（b） 連絡線又は切斷線に依る法　第 285 圖にて $ABC \cdots\cdots JK$ を連續折測線とすれば AF, DJ の如く之を連絡する線を連絡線 (Connecting Line) 又は切斷線 (Cut off Line) と云ふ。

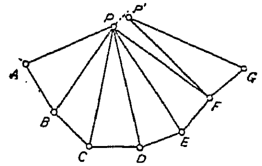


第 285 圖　連絡線による法

連絡線を取り其の方向のみを測れば其の部分の角度誤差を照査する事を得、更に其の距離を測れば距離誤差をも併せて照査せられる。然し距離は測られない場合が少くない。

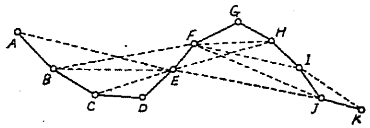
（c） 中心點を視準する法　中心點を取り數ケの測點から之を視準する線を照査に取る法で、200～250 m に一個位の中心點を取ればよい。第 286 圖にて $AB \cdots\cdots FG$ を測線として製圖の時 $AP, BP \cdots\cdots FP$ が一點 P に相


第 286 圖　中心點を視準する法


第 287 圖

會すれば A から F 迄の測線は間違つて居ない事が判る。次の $\triangle FPG$ が第 287 圖の如く P' の位置を示したとすれば、試みに F を中心とし P を過る圓弧を書き、夫が P' 附近を通れば誤差は主として FG 線の方向に在る事が判る。

（d） 圖式三角測量に依る法（第 288 圖）唯一本の切斷線で連絡する代りに小規模の三角測量を行ひ、各測點の關係位置を見出すものである。20 秒讀みの轉鏡儀であれば單に方向法にて之等照査線の讀みを取つて宜い。然し視準が餘り多いと野帳が混雜するから注意を要する。

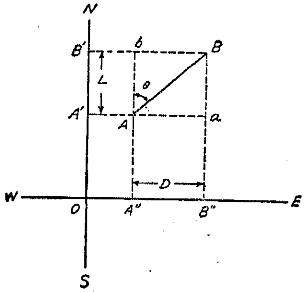

第 288 圖　圖式三角測量による法

（e） 參謀本部三角點を利用する法　參謀本部陸地測量部の三角點は大體 7 km² に一點の割合で設置せられ、其の方向及び相互の距離は同部發行の成果表に出て居るから、之が利用される時は最も立派な照査となる。

97　面積の計算

測鎖測量の時に述べた面積の計算法は當然轉鏡儀測量にも適用し得る。今玆では新らしい面積の算出法として（1）經距及び緯距に依る法、（2）坐標に依る法を述べる。共に閉多角形に適用せられるものである。

（1）**緯距及經距**（Latitude and Departure）　第 289 圖に於て互に直交する二つの基準線 NS 及 EW を取り、任意の直線 AB より夫々垂線を引いた時、NS 線に平行な $A'B'=Ab$ を緯距（Latitude）と云ひ、EW 線に平行な $A''B''=Aa$ を經距（Departure）と云ふ。通常緯距を L, 經距を D で表はす。此の基準線の方向は眞北でも磁北でも又は任意の方向でも宜しい、唯方向を區別する爲のものである。緯距及び經距には平面三角法の場合と同じく便宜上符號を附ける、即ち

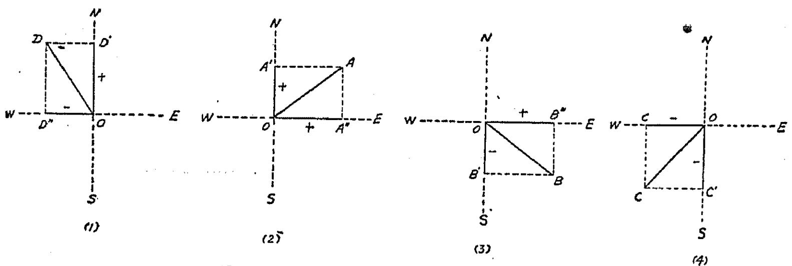


第 289 圖　緯距及經距

緯距 $\begin{cases} N \text{ に向つた時 } + \\ S \text{ に向つた時 } - \end{cases}$

經距 $\begin{cases} E \text{ に向つた時 } + \\ W \text{ に向つた時 } - \end{cases}$

之を圖で表はしたものは第 290 圖である。



第 290 圖　緯距及經距の符號

第 289 圖にて AB が NS 線と爲す角 $BAb=\theta$ を AB の方位角（Bearing）と云ふ。故に直線 AB と其の方位角 θ を知れば其の緯距 L 及び經距

D を容易に算出する事が出來る。

$$L_{AB}=AB\cos\theta \quad \cdots\cdots(96)$$

$$D_{AB}=AB\sin\theta \quad \cdots\cdots(97)$$

$$\therefore\quad AB=\sqrt{(L_{AB})^2+(D_{AB})^2} \quad \cdots\cdots(98)$$

$$\tan\theta=\frac{D_{AB}}{L_{AB}} \quad \cdots\cdots(99)$$

此の外 AB, L_{AB}, D_{AB} 及び θ の中任意の二つが既知であれば、殘りの二つを見出す事が出來る。

	既知	公式	
（1）	$\theta,\ L_{AB}$	$AB=L_{AB}\div\cos\theta=L_{AB}\times\sec\theta$ $D_{AB}=L_{AB}\times\tan\theta$	……(100)
（2）	$\theta,\ D_{AB}$	$AB=D_{AB}\div\sin\theta=D_{AB}\times\mathrm{cosec}\,\theta$ $L_{AB}=D_{AB}\times\cot\theta$	……(101)
（3）	AB, L_{AB}	$\cos\theta=L_{AB}\div AB$ $D_{AB}=L_{AB}\times\tan\theta$	……(101)
（4）	AB, D_{AB}	$\sin\theta=D_{AB}\div AB$ $L_{AB}=D_{AB}\times\cot\theta$	……(102)
（5）	L_{AB}, D_{AB}	$\tan\theta=D_{AB}\div L_{AB}$ $AB=L_{AB}\times\sec\theta$	……(103)

又 AB, L_{AB} 及び D_{AB} の間に次の關係がある。

（6）	L_{AB}, D_{AB}	$AB=\sqrt{(L_{AB})^2+(D_{AB})^2}$	……(104)
（7）	AB, D_{AB}	$L_{AB}=\sqrt{(AB)^2-(D_{AB})^2}$	
（8）	AB, L_{AB}	$D_{AB}=\sqrt{(AB)^2-(L_{AB})^2}$	

（２） **經緯距表又は量地表** (Traverse Table) 前述の通り直線 AB の長さ及び方位角 θ を知れば、其の緯距及び經距を直に計算する事が出來る。依て之を前以て計算して表にしたものが經緯距表又は量地表である。初めて作られたのは航海用として 1791 年 Gohn Gale に依てゞ、後測量にも用ひられる樣になつた。普通に用ひられるものは

諸戸北郎—— 經緯距表

田中矢德、鈴木長利——量地表

Chamber's Seven Figure Mathematical Tables. (Traverse Table)

Gurden,—Traverse Tables

Gurden, R. L.—Traverse Tables: Computed to 4 Places Decimals for Every of Angle up to 100 of Distance. 15th Ed. 23×36.5 cm., pp. vii, 270. (〒 .30) *London.*··13.50

等である。

〔例〕 方位角 11°38′, 水平距離 28.95 m なる時の經距緯距を求む。經緯距表に依り

距　離	經　距	緯　距
20	4.033	19.589
8	1.6132	7.8357
0.9	0.18148	0.88151
0.05	0.010082	0.048973
28.	5.837762	28.355183

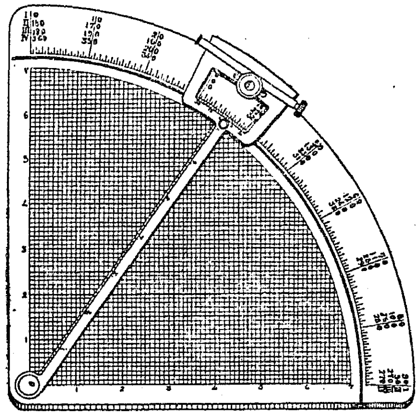
故に經距は 5.838 m, 緯距は 28.355 m である。

經緯距表では表の引き違ひ等があるから、器械的に緯距及經距を出す方法も屢々行はれる。第 291 圖は諸戸式經緯距象限である。

（３） **閉差及精度** (Error of Closure & Accuracy) 閉多角形に於ては

N 方向の緯距の總和 $=S$ 方向の緯距の總和

E 方向の經距の總和 $=W$ 方向の經距の總和



第 291 圖 諸戸經緯距象限

即ち代數學的に云へば

$$\left.\begin{array}{l}\text{緯距の代數和}\ \Sigma L=0\\ \text{經距の代數和}\ \Sigma D=0\end{array}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(105)$$

で無ければならぬ。然し實際の測量では如何しても多少の誤差が生ずるもので、閉多角形の始點 A と終點 A' とが一致しないのが普通である。此の AA' の距離を閉合誤差 (Error of Closure) 或は閉差と云つて居る。

今 緯距の代數和即ち緯距の誤差 $=\Sigma L$

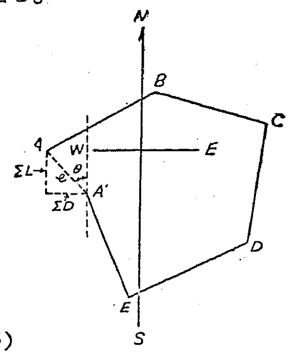
經距の代數和即ち經距の誤差 $=\Sigma D$

閉合誤差 $=e$

閉合誤差の方位角 $=\theta$

とすれば

$$\left.\begin{array}{l}e=\sqrt{(\Sigma L)^2+(\Sigma D)^2}\\ \text{及び}\quad \tan\theta=\dfrac{\Sigma D}{\Sigma L}\end{array}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(106)$$



第 292 圖 閉合誤差

精度を表はす一つの方法は此の閉差と多角形の全長 P との比を取るもので、之を閉比 (Ratio of Error of Closure) と云ふ。

$$\text{閉比}=\frac{e}{P}=\frac{\sqrt{(\Sigma L)^2+(\Sigma D)^2}}{P}\cdots\cdots\cdots\cdots(107)$$

閉比が一定の限度より大となれば測量全體をやり直すか、又は測量者自身

判斷して最も不安心な場所を改測する。

（4） **誤差の配分法** (Balancing the Survey) 緯距、經距を調整し閉差を配分する方法は次の如く二通りある。

（a） 計算に依るもの

（b） 圖解に依るもの

何れにしても偶差を全體に配分するもので、誤差が偏在する時は此の法で調整する事は出來ない。計算に依て配分する方法中にも其の性質に依て次の二つがある。

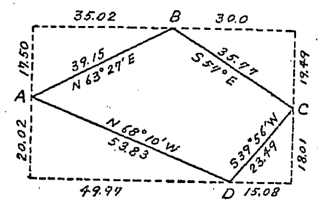
（a） 羅盤法則 (Compass Rule) 折測線の誤差は偶差(Accidental Error) であつて各邊の長さの平方根に比例し、從つて各邊に加へられる補正は其の邊長に比例するものと假定されて居る。又角度の誤差と距離の誤差とが略一致して居ると考へられて居る。夫で各邊の經緯距の誤差を各邊長に比例して分配するのである。

今　任意の邊の長さ$=S$

任意の邊の緯距の更正量$=e_l$

任意の邊の經距の更正量$=e_d$

多角形の邊の全長$=P$



第 293 圖

とすれば

$$\left.\begin{aligned}\frac{\Sigma L}{P}&=\frac{e_l}{S}\\ \text{及び}\quad \frac{\Sigma D}{P}&=\frac{e_d}{S}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(108)_1$$

$$\left.\begin{aligned}e_l&=\frac{\Sigma L}{P}\times S\\ \text{及び}\quad e_d&=\frac{\Sigma D}{P}\times S\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(108)_2$$

〔例題〕 第 293 圖に示す多角形の經距及緯距を訂正すること。

經緯距を計算すれば次の如くになる。

野帳			經緯距計算			
			緯距		經距	
測線	距離	方位	$N(+)$	$S(-)$	$E(+)$	$W(-)$
AB	39.15	$N\,63°27'\,E$	17.50 (17.495)		35.02 (35.028)	
BC	35.77	$S\,57°E$		19.49 (19.495)	30.00 (30.007)	
CD	23.49	$S\,39°56'\,W$		18.01 (18.013)		15.08 (15.076)
DA	53.83	$N\,68°10'\,W$	20.02 (20.013)			49.97 (49.959)
	152.24		(37.508) +37.52	(37.508) −37.50 +37.52	(65.035) +65.02	(65.035) −65.05 +65.02

誤差 $=+0.02\,N$ 及び $-0.03\,W$

$$閉差=\sqrt{(0.02)^2+(0.03)^2}=\sqrt{0.013}=0.036\,NW$$

$$閉比=\frac{0.036}{152.24}=\frac{1}{4230}$$

大體許容誤差の範圍內にあるから次に之を合理的に訂正しなければならぬ。

$$\frac{\Sigma L}{P}=\frac{0.02}{152.24}=\frac{1}{7500}\qquad \frac{\Sigma D}{P}=\frac{0.03}{152.24}=\frac{1}{5000}$$

AB	$39.1\times\frac{1}{7500}=0.005$	$39.1\times\frac{1}{5000}=0.008$
BC	$35.7\times$ 〃 $=0.005$	$35.7\times$ 〃 $=0.007$
CD	$23.4\times$ 〃 $=0.003$	$23.4\times$ 〃 $=0.004$
DA	$53.8\times$ 〃 $=0.007$	$35.8\times$ 〃 $=0.011$
	0.020	0.030

故に上掲の經緯距を括弧の中の數字の如く赤インキで訂正する。

（b）　轉鏡儀法則 (Transit Rule)．折測線測量の誤差が偶差よりなり、且つ測角の精度が距離測量の夫れよりも高い時に用ひられる方法である。夫で各邊の經緯距の誤差を各經緯距の長さに比例して分配するのである。

今　任意の邊の緯距の長さ $=l$

　　任意の邊の經距の長さ $=d$

　　任意の邊の緯距の更正量 $=e_l$

　　任意の邊の經距の更正量 $=e_d$

　　緯距の絶對値の總和 $=P_l$

　　經距の絶對値の總和 $=P_d$

とすれば

$$\frac{\Sigma L}{P_l}=\frac{e_l}{l} \quad \text{及び} \quad \frac{\Sigma D}{P_d}=\frac{e_d}{d} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(109)_1$$

$$e_l=\frac{\Sigma L}{P_l}\times l \quad \text{及び} \quad e_d=\frac{\Sigma D}{P_d}\times d \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(109)_2$$

〔例題〕　第 293 圖の例題を轉鏡儀法則で訂正すれば

$P_l=37.52+37.50=75.02$　　　$P_d=65.02+65.05=130.07$

$\Sigma L=0.02$　　　$\Sigma D=0.03$

$\dfrac{\Sigma L}{P_l}=\dfrac{0.02}{75.02}=\dfrac{1}{3751}$　　　$\dfrac{\Sigma D}{P_d}=\dfrac{0.0\cancel{0}3}{130.07}=\dfrac{1}{4300}$

AB	$17.5\times\dfrac{1}{3750}$	$=0.005$	$35.0\times\dfrac{1}{4300}$	$=0.008$
BC	$19.5\times$ 〃	$=0.005$	$30.0\times$ 〃	$=0.007$
CD	$18.0\times$ 〃	$=0.005$	$15.1\times$ 〃	$=0.004$
DA	$20.0\times$ 〃	$=0.005$	$^{5}0.0\times$ 〃	$=0.011$
		0.020		0.030

依て訂正された値は次の如くなる。

The Total $\left\{\begin{matrix} L \\ D \end{matrix}\right\}$ of any point equals the algebraic sum of $\left\{\begin{matrix} L \\ D \end{matrix}\right\}$ of lines lying between that point and the $\left\{\begin{matrix} \overset{EW}{\text{reference}} \text{ parallel} \\ \underset{NS}{\text{reference}} \text{ meridian} \end{matrix}\right\}$ passing through the origin.

$\left.\begin{matrix} L\ (N) \\ D\ (E) \end{matrix}\right\}$ are considered +

$\begin{matrix} L\ (S) \\ D\ (W) \end{matrix}$ are considered −

Total $\left\{\begin{matrix} L \\ D \end{matrix}\right\}$ are + or − according to whether the corresponding points lie $\left\{\begin{matrix} \text{N or S of the EW. line} \\ \text{E or W \quad " \quad NS. line} \end{matrix}\right\}$.

測線	距離	方位	緯距 N(+)	緯距 S(−)	經距 E(+)	經距 W(−)
AB	39.15	*N* 63°27′ *E*	17.495		35.028	
BC	35.77	*S* 57° *E*		19.495	30.007	
CD	23.49	*S* 39°56′ *W*		18.015		15.076
DA	53.83	*N* 68°10′ *W*	20.015			49.959
			37.510	37.510	35.035	35.035

(c) 第二法則　距離の誤差が常差 (Systematic Error) であり邊の長さに比例し、從つて其の補正は邊長の平方に比例するものと假定すれば、次の羅盤及び轉鏡儀法則を得る。

(i) 羅盤法則　前の符號を其の儘使ひ、尙ほ

多角形の邊の平方の總和 $=P^2$

とすれば

$$\frac{\Sigma L}{P^2}=\frac{e_l}{S^2} \quad 及び \quad \frac{\Sigma D}{P^2}=\frac{e_d}{S^2} \quad \cdots\cdots(110)_1$$

$$e_l=\frac{\Sigma L}{P^2}S^2 \quad 及び \quad e_d=\frac{\Sigma D}{P^2}S^2 \quad \cdots\cdots(110)_2$$

(ii) 轉鏡儀法則　前の符號の外に

緯距の平方の總和 $=P_l^2$

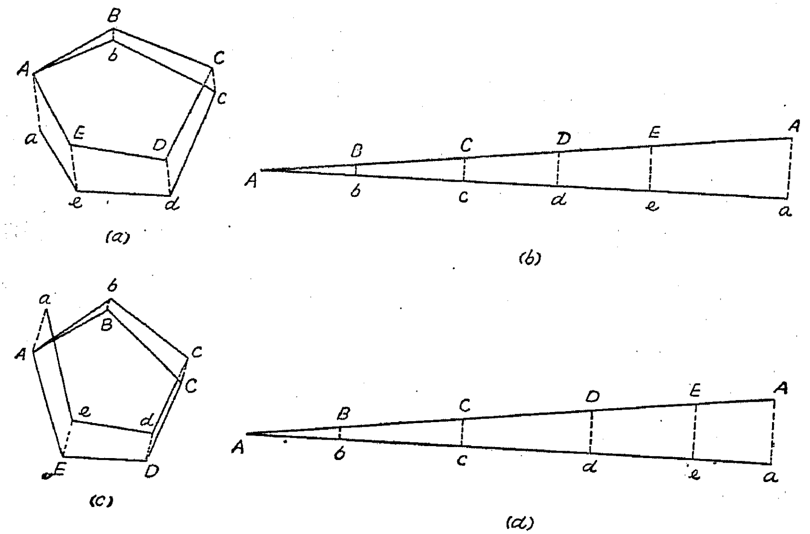
經距の平方の總和 $=P_d^2$

とすれば

$$\frac{\Sigma L}{P_l^2}=\frac{e_l}{l^2} \quad 及び \quad \frac{\Sigma D}{P_d^2}=\frac{e_d}{d^2} \quad \cdots\cdots(111)_1$$

$$e_l=\frac{\Sigma L}{P_l^2}l^2 \quad 及び \quad e_d=\frac{\Sigma D}{P_d^2}d^2 \quad \cdots\cdots(111)_2$$

（5）**圖式法に依る誤差の配分法**　圖式法にて誤差を配分する時は其の誤差が邊の長さに比例するものとして按分比例に割り付けるのである。第 294 圖に於て



第 294 圖　圖式法による閉合誤差の配分法

Aa＝多角形 $ABCDE$ の閉合誤差

$Abcdea$＝多角形周圍の全長 $=P$

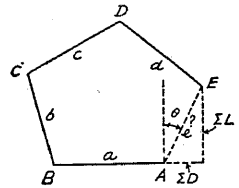
とすれば、先づ (b) 又は (d) の如く $Abcdea$ を横に書き、a より垂線を立て其の長さを Aa 等しくし AA を結び、b,c,d,e 各點から Aa に平行線を引き、b,c,d,e 各點に於ける移動量 Bb, Cc, Dd, Ee を求める。次に (a) 又は (c) にて b,c,d,e を通つて Aa に平行線を書き、各其の上に移動量に等しく取つて B,C,D,E を定むれば $BCDE$ は更正されたる多角形である。又 (b) 又は (d) 圖を用ひずに次の計算から出しても宜しい。

$$\frac{Aa}{P}=\frac{Ee}{Ab+bc+cd+de}=\frac{Dd}{Ab+bc+cd}=\frac{Cc}{Ab+bc}=\frac{Bb}{Ab}$$

$$\left.\begin{aligned}\therefore\ Bb&=\frac{Aa}{P}Ab,\quad Cc=\frac{Aa}{P}(Ab+bc)\\ Dd&=\frac{Aa}{P}(Ab+bc+cd),\quad Ee=\frac{Aa}{P}(Ab+bc+cd+de)\end{aligned}\right\}\cdots(112)$$

（6）**障害物の爲省略せられた邊長及角度の計算法**　障害物の爲に閉多角形の邊を實測し角度を測る事が困難か又は全然不可能の事が屢々起る。夫で之等の場合は未知量が二つ以下ならば、前述の緯距、經距を用ひて計算で出す事が出來る。此の未知量を計算するに當つては觀測値が正確なものと假定するから、其の誤差は當然計算値の中に入り實測に比して不正確になる。依て成るべく斯様な場所に測點を選ばない樣に心掛く可きである。玆では簡單な場合に就て述べやう。

（a）一邊の長さ及び方向が分らない場合　第 295 圖にて $AE=e$ を未知邊とすれば、閉多角形の閉合誤差の場合と同じ理に依て

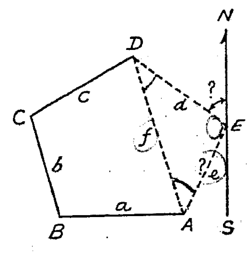


第 295 圖

$$\left.\begin{aligned}AE&=\sqrt{(\Sigma L)^2+(\Sigma D)^2}\\ 及\ \tan\theta&=\frac{\Sigma D}{\Sigma L}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(113)$$

に依て容易に見出される。

（b）一邊の長さ及他の邊の方向が分らない場合　第 296 圖にて $ABCDE$ なる多角形の中 $AB=a$, $BC=b$, $CD=c$ の長さ及び方向及び $DE=d$ の長さだけは實測されたが、$DE=d$ の方向及び $EA=e$ の長さが分らないものとする。



第 296 圖

今 DA を結んで未知部分を切斷すれば、$ABCDA$ の多角形で $DA=f$ だけが未知となるから前の例に依て

$$f=\sqrt{(\Sigma L)^2+(\Sigma D)^2} \quad 及び \quad \tan\theta=\frac{\Sigma D}{\Sigma L}$$

又 $\triangle DEA$ にて AD と AE の方向が分つて居るから

$$\angle DAE = AE \text{ の方位角 } - AD \text{ の方位角}$$

從つて　$\sin\angle DEA=\sin\angle DAE\,\dfrac{f}{d}$

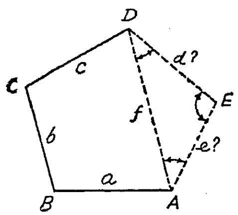
更に　$\dfrac{e}{\sin\angle ADE}=\dfrac{f}{\sin\angle DEA}=\dfrac{d}{\sin\angle DAE}$

$$\therefore\quad e=\frac{\sin\angle ADE}{\sin\angle DEA}f=\frac{\sin\angle ADE}{\sin\angle DAE}d \cdots\cdots\cdots(114)_1$$

$$DE \text{ の方位角 } = DA \text{ の方位角 } -\angle ADE \cdots\cdots\cdots(114)_2$$

として見出される。

（c）　二邊の方向だけ分つて距離の分らない場合　第 297 圖の閉多角形 $ABCDE$ の中 $DE=d$ 及 $EA=e$ の長さだけ分らないとする。矢張り前と同様 DA を結べば $DA=f$ の長さ及び方向が分り、更に正弦法則に依り



第 297 圖

$$\frac{d}{\sin A}=\frac{e}{\sin D}=\frac{f}{\sin E}=\frac{f}{\sin(A+D)}$$

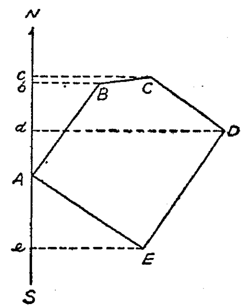
$$\left.\begin{array}{ll} & DE=d=\dfrac{\sin A}{\sin(A+D)}f \\ 及 & EA=e=\dfrac{\sin D}{\sin(A+D)}f \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots(115)$$

（7）　**經緯距に依る製圖**　經距緯距を製圖に應用すれば非常に早く容易に出來、且つ製圖上の誤差を生ずる事がない。此の方法で製圖する時は豫め起點からの合緯距及合經距を表にして置けば大變都合が宜い。

〔例題〕

測　線	方　　位	距　離	緯　距		經　距	
			$N(+)$	$S(-)$	$E(+)$	$W(-)$
AB	$N\,35°\,E$	2.70	2.21		1.55	
BC	$N\,83°30'\,E$	1.29	0.15		1.28	
CD	$S\,57°\,E$	2.22		1.21	1.86	
DE	$S\,34°15'\,W$	3.55		2.93		2.00
EA	$N\,56°30'\,W$	3.23	1.78			2.69
			4.14	4.14	4.69	4.69

第 298 圖に對する製圖表を作つて見ると次の通りである。

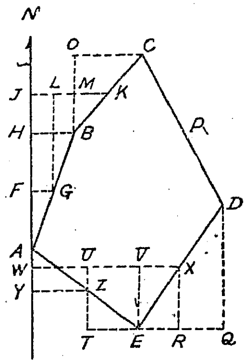


第 298 圖

	起點 A よりの合緯距	起點 A よりの合經距
A	0.00	0.00
B	+2.21 N	+1.55 E
C	+2.36 N	+2.83 E
D	+1.15 N	+4.69 E
E	−1.78 S	+2.69 E
A	0.00	0.00

（8）　**横距又は子午線距離**　(Longitude or Meridian Distance) **及倍横距或は倍子午線距離**　(Double Longitude or Double Meridian Distance) 第 299 圖に示す如く多角形にては普通其の基準線 (Reference Line) を西端に取る。多角形の各邊の中點から此の基準線卽ち子午線に向つて下した垂線の距離を其邊の横距又は子午線距離と云ふ。邊の兩端の横距の和卽ち線の

横距の二倍を倍横距又は倍子午線距離と云ふ。横距は基準線即ち子午線 (Meridian)の東に在れば(+)、西に在れば (−) とするのが普通であるから、子午線を西端に取れば、横距は何時でも (+) となる。



第 299 圖

第 299 圖に於て

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 $JK=JL+LM+MK$

= 第一測線の横距+第一測線經距の半分+第二測線經距の半分

斯くして

任意の測線の經距 $YZ=WX-VX-UV=$ 其の一つ前の測線の横距 − 一つ前の測線の經距の半分 − 其の測線の經距の半分

= 西向經距を (−) とした是等三部分の代數和

實際には分數にならない樣に之を 2 倍して倍横距を作る方が宜い。倍横距は次の如く表はされる。

第一測線の倍横距 = 第一測線の經距

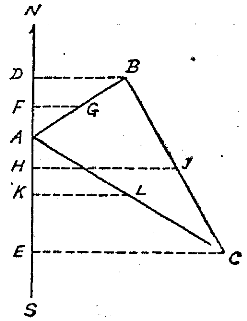
第二測線の倍横距 = 第一測線の倍横距 + 第一測線の經距
+ 第二測線の經距

第三測線の倍横距 = 第二測線の倍横距 + 第二測線の經距
+ 第三測線の經距

任意測線の倍横距 = 一つ前の測線の倍横距 + 同測線の經距
+ 當測線の經距

最後の測線の倍横距 = 最後の測線の經距

(9) 緯經距に依る面積の計算 緯距經距を用ひて多角形の面積を計算するとき、北向緯距を (+), 南向緯距を (−) とすれば、横距はいつも (+) であるから、多角形の面積は時計の樣 (Clockwire) に測線進路を取つたとき (−) で表はされ、之と反對なときに (+) にて表はされる。今最も簡單な場合を取つて見る。



第 300 圖

(**a**) 三角形の場合 (第 300 圖) 西端 A を通る子午線を畫き、他の頂點 B, C 及他の中點 G, J, L から垂線を立てる。

$\triangle ABC=$ ▯$DBCE-\triangle ABD-\triangle ACE$

然るに $\triangle ABD=AD\times\frac{DB}{2}=AD\times FG$

=(第一測線の緯距)×(第一測線の横距)

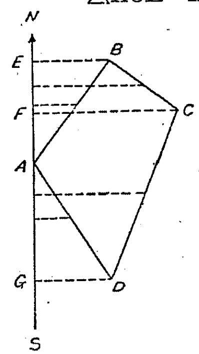
▯$DBCE=DE\left(\frac{DB+EC}{2}\right)=DE\times HJ$

=(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)

三角形 ABC の面積は之等の代數和 (即ち此の場合は −) で表はされる。



第 301 圖

(**b**) 四邊形の場合 (第 301 圖)

▯$ABCD=$ ⬠$EBCDG-(\triangle ABE+\triangle ADG)$

$=($▯$EBCF+$▯$FCDG)-(\triangle ABE+\triangle ADG)$

然るに

$N(+)$　△ABE＝(第一測線の緯距)×(第一測線の横距)

$S(-)$　⏢$EBCF$＝(第二測線の緯距)×(第二測線の横距)

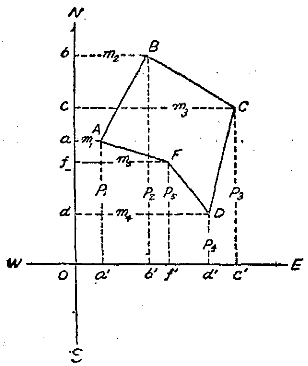
$S(-)$　⏢$FCDG$＝(第三測線の緯距)×(第三測線の横距)

$N(+)$　△ADG＝(第四測線の緯距)×(第四測線の横距)

之等の代數和を求めると $ABCD$ の面積は (－) で表はれて來る。

〔**例題**〕 第 298 圖の場合の面積を求めて見ると

測線	方位	距離	緯距 $N(+)$	緯距 $S(-)$	經距 $E(+)$	經距 $W(-)$	倍横距	倍面積 $N(+)$	倍面積 $(-)$
AB	$N35°N$	2.70	2.21		1.55		+1.55	3.4255	
BC	$E83°30'E$	1.29	0.15		1.28		+4.38	0.6570	
CD	$S57°E$	2.22		1.21	1.86		+7.52		9.0992
DE	$S34°15'W$	3.55		2.93		2.00	+7.38		21.6234
EA	$N56°30'W$	3.23	1.78			2.69	+2.69	4.7882	
			4.14	4.14	4.69	4.69		8.8707	30.7226
									8.8707
									2)21.8519
									10.9259



第 302 圖

(10) 直角坐標に依る面積の計算 第 302 圖に於て多角形 $ABCDF$ の面積は次の様な梯形の差引したものになる。

⬠$ABCDF$＝⏢$cbBC$＋⏢$dcCD$

－⏢$abBA$－⏢$faAF$－⏢$dfFD$

2⬠$ABCDF=(m_2+m_3)(p_2-p_3)$

$+(m_3+m_4)(p_3-p_4)-(m_1+m_2)\times$

Omitted Measurement or Missing Supply

(1) Length of and Bearing of one Side unknown.

(2) Length of one Side and Bearing of another side unknown.

(3) Length of Two Side unknown.

(4) Directions of Two Sides unknown.

$$(p_2-p_1)-(m_5+m_1)(p_1-p_5)-(m_4+m_5)(p_5-p_4)$$

$$=(m_1+m_2)(p_1-p_2)+(m_2+m_3)(p_2-p_3)+(m_3+m_4)(p_3-p_4)$$

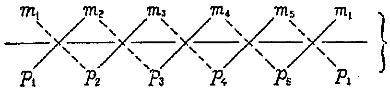
$$+(m_4+m_5)(p_4-p_5)+(m_5+m_1)(p_5-p_1) \cdots\cdots\cdots\cdots (116)_1$$

展開すれば

$$2\text{◯}ABCDF=m_2p_1-m_1p_2+m_3p_2-m_2p_3+m_4p_3-m_3p_4$$

$$+m_5p_4-m_4p_5+m_1p_5-m_5p_1 \cdots\cdots\cdots\cdots (116)_2$$

之は簡單に次の樣な表を作つて求められる。


$\cdots\cdots\cdots\cdots(116)_3$

實線が（＋）で破線の方が（－）である。

又　$2\text{◯}ABCDF=p_1(m_2-m_5)+p_2(m_3-m_1)+p_3(m_3-m_2)$

$$+p_4(m_5-m_3)+p_5(m_1-m_4) \cdots\cdots\cdots\cdots (116)_4$$

第十章　轉鏡儀測量の精度

98　測角に於ける誤差の原因 (Sources of Errors in Measuring Angle)

（1）　器械的誤差

　（a）　整正の不完全

　（b）　構造上の不完全卽ち第四編第六章に示したもの

（2）　器械取扱の誤差

　（a）　轉鏡儀の中心が測點と合つて居ない場合

　（b）　平盤が水平で無い場合

　（c）　三脚が緩んで居る場合

（d）　緊螺旋の利いて無い場合卽ち間違ひ

（e）　器械を亂暴に扱つた場合

（3）　視準誤差 (Errors in Sighting)

（a）　焦點の合はない事卽ち視差

（b）　叉線の中心が測點に正しく合つて居ない場合

（c）　桿の下端（卽ち測點に最も近い所）を視準せずに其上部を視準した場合

（d）　器械が傍を通る車など又は風の爲に振動する場合

（4）　讀角誤差 (Errors in Reading Angle)　單測法では遊標の目盛以下は間違ふものと見る。

（5）　自然誤差 (Natural Error)

（a）　不規則な大氣の屈折

（b）　溫度變化に依る望遠鏡各部の不同な膨脹

（c）　風の爲に生ずる誤差

（d）　太陽熱に依る器械各部の故障

（e）　軟かい地盤に於ける三脚の沈下

（f）　其の他の障害物

（6）　錯誤 (Mistake)

（a）　複遊標にて進む方向の遊標を讀まない場合

（b）　遊標 2 個の時に合した方を讀まなかつた場合

（c）　分度の讀み誤り、例へば 61° を 59° に讀んだり、特に 90° 近くでは此の誤りが多い。

（d）　微動螺旋及び緊螺旋の使ひ間違ひ

（e）　分度の目盛を讀む時度以下を讀まない場合

（f）　遊標の讀みを分度の讀みに加へる時の加へ違ひ

一般に遊標の錯誤よりも分度の錯誤の方が影響が多いから、常に眼で較べて見る事が必要である。

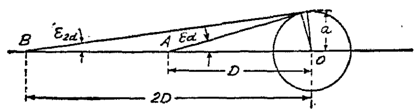
99　誤差の重要程度

距離測量の誤差は直接的で種々の原因が判明するに反し、角度測量の誤差は複雜な裝置に依り間接に測る爲め、種々の條件に依て支配せられ、理論的に取扱はれないものが少くない。例へば器械的誤差や錯誤などが夫である。但し之等の誤差は測量の時消失せしめ得るから、茲では最も重要な次の二項だけに就いて說明をする。

（1）　**据付け誤差**　下振が中心から外れた誤差よりも寧ろ水平盤が傾いて居る誤差の方が大きい。特に山地で前視と後視の高さが異なる時著しい。何れにしても視準距離が短かい時は其の誤差も大きく、遠距離を視準する時は其の影響が少ない。反對に角度を測設する場合には距離の大なる程誤差も增大する。50 m の視準距離で 1 cm 中心が外れても 40″ の誤差しか生ぜず、100 m にては 20″ になる。据付は中心から普通の場合には 1 cm 以內には容易に入り、少し熟練すれば 5 mm 以內に入る。從つて其の誤差も 20″ 以內になるから少し注意すれば心配は無い。

平盤の傾斜に依る誤差は平盤水準器 (Plate Level) の感度に依るから普通 1～3′ 位で、從つて水平角の誤差は普通の土地で 20″ 以內、山地で 1′ 位になる。

（2）　**視準誤差**　据付け誤差と同じく二點間の角度を測る場合には視準距離の遠ざかるに從ひ誤差減少し、一定の角度を測設する場合には之と反對に



第 303 圖

距離の大となるに從ひ誤差が增大する。例へば第 303 圖にて中心 O から a だけ離れた點を視準しても

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_d&=206265\frac{a}{D}\\ \varepsilon_{2d}&=206265\frac{a}{2D}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(117)$$

になる。尙次の表は其の關係を示したものである。

視準距離	1 cm の移動に依る角度誤差	20″ の移動に依る距離誤差	視準距離	1 cm の移動に依る角度誤差	20″ の移動に依る距離誤差
50 m	40″	5 mm	300 m	7″	30 mm
80	25″	8	500	4″	50
100	20″	10	1000	2″	100
200	10″	20			

100　誤差の消去法 (Elimination of Error)

（1）　錯誤 (Mistake)　錯誤は測量に最も忌むべきものである。依て測角を爲す時にも錯誤の起り易い所謂危險點 (Danger Point) を特に注意し、測る時に眼で角の大さを見當を附け、又は磁針等で檢べて見る。距離が遠かつたりすると測點を間違つたりするから豫め旗の色など調べて置くことゝ。

（2）　常差 (Constant Error)　常差を消去する一番宜い方法は一回だけの觀測をやめて、いつも對觀測 (Measurement in Pairs) を行ふのである。對觀測の種類は次の様なものである。

（a）　兩方の遊標を同時に讀む。之は分度の偏心誤差を消去する。

（b）　右廻り (Clockwise) 及び左廻りに讀んで軸の捻れの誤差を除く。

（c）　望遠鏡を正及び倒 (Normal and Reverse) にして測る。之は (1)視準線の偏心、(2) 視準線の誤差、(3) 水平軸の誤差等器械的誤差の大部分を除く事が出來る。

（d）　遊標の零を $\dfrac{360°}{n}$ だけ移動して分度の種々な所で讀む。

唯直立軸の誤差だけは除かれない。

（3）　偶差 (Accidental Error)　何度も觀測して夫を平均するとか、生じた誤差を一定の條件に從つて配分するとかして消去する。

101　測角の精度に影響する條件

（1）　使用器械の構造、分度、望遠鏡擴大力、水準器の感度及び三脚の强さ

（2）　測量地の條件卽ち器械の据付及び安定並びに測量に要する時間

（3）　風、雪、霧、氣溫及び陽炎等の氣象狀態

（4）　測角の方法

（5）　測量者及び補助者の熟練程度

102　測角の精密度

測角の精密度は次の二通りの方法に依て行はれる。

（1）　同一角を何回も測つて平均したり、又は重要な角度は反覆法に依て倍角を出す。重要となる程觀測回數を增し、其の誤差は推差 (Probable Error) として表はされる。最小自乘法の基く假定に近い程其の推差は眞の誤差に近くなる。

（2）　幾何學的に生ずる條件に依て誤差を知る法で、普通に用ひられるのは次の二つである。

（a）　閉多角形の邊數を n とすれば其の內角の和は $(2n-4)$ 直角、外

角の和は 4 直角である。

（b） 一點の周りの總ての角の和は 360° である。

但し之等の條件が滿足されても全く誤差が無いと云ふ事は出來ない。次の例は之を示すのである。

〔例〕 三角形の內角を測つて次の値を得た時の比較

	I 1分讀みの轉鏡儀で測つた場合		II 10秒讀みの轉鏡儀で測つた場合		
1	68°	10′	68°	9′	40″
2	79°	40′	79°	40′	25″
3	42°	10′	32°	9′	40″
	180°	0′	179°	59′	45″

I の場合條件は完全に滿足されても夫は誤差が偶々消失したに過ぎない。一角の誤差は I の場合は 1′. 然るに II の場合は 10″ であるから觀測の精度に大變な差がある。

103 測角の精限

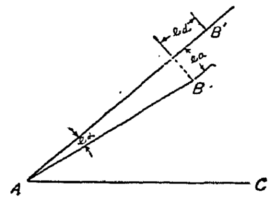
（1） **許容測角誤差** (Permissible Angular Error) 測角の精限を定むるのは頗る面倒なものである。唯測角の誤差は距離の誤差に密接不離の關係を有し、兩者の關係を明にすれば實用上の目的は達し得るから差支へない。次の表は其の爲に作つたものである。

第 10 表 角度誤差と距離誤差の關係

Error	100 m	500 m	1000 m	1500 m	5000 m	Ratio
1′	0.0291 m	0.1454 m	0.2909 m	0.4363 m	1.4544 m	$\frac{1}{3440}$
30″	0.0145	0.0727	0.1454	0.2182	0.7272	$\frac{1}{6880}$
20″	0.0097	0.0485	0.0970	0.1454	0.4848	$\frac{1}{10300}$
10″	0.0048	0.0242	0.0485	0.0727	0.2424	$\frac{1}{20600}$
6″	0.0029	0.0145	0.0291	0.0436	0.1454	$\frac{1}{34400}$
4″	0.0019	0.0097	0.0194	0.0291	0.0970	$\frac{1}{51600}$
2″	0.0010	0.0048	0.0097	0.0145	0.0485	$\frac{1}{103100}$

此の表に依ると、與へられた精度に對する許容角度誤差が分る許りで無く角度と距離との相互の關係を明かにする。

云ふ迄もなく測量に際しては測角の精度と距離測量の精度は同一なるを要する。今第 304 圖にて AC 線より $\angle BAC$ を測り眞の位置 B を得べき時、角度及び距離の誤差に依り B' を得たものとする。



第 304 圖

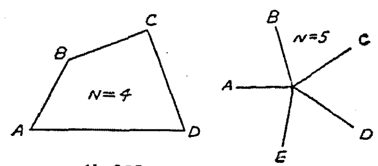
今 e_a＝角度誤差

e_a＝角度誤差 e_a の爲め生ずる距離誤差

e_d＝距離誤差

とすると $e_d = e_a$ になる樣に心掛くべきである。距離測量の誤はいくらでも少くなり得るが角度は夫に及ばないのが普通である。夫の爲か如何か知らぬが、普通の測量では角度の方は馬鹿に力を入れても距離の方から却て誤差の生ずるのを見逃す場合がよくある。

（2） **角の總計に對する誤差** 角度觀測の誤差は大部分は償差であるから多角形の內角又は一點の周りの角度の場合に



第 305 圖

e_a＝一つの角の誤差

N＝角の數

E_s=角の總和に對する誤差

とすれば

$$E_s=e_a\sqrt{N} \cdots\cdots(118)$$

第 11 表は e_a 及び N を與へて E_s を求めたものである。

第 11 表

N	$e_a=60''$	$e_a=40''$	$e_a=30''$	$e_a=20''$	$e_a=10''$	$e_a=5''$
3	104″	70″	52″	35″	17″	9″
4	120	80	60	40	20	10
5	134	89	67	45	22	11
6	147	98	73	49	25	12
7	159	106	79	53	27	13
8	170	113	85	57	28	14
9	180	120	90	60	30	15
10	190	127	95	63	32	16
11	199	133	100	66	33	17
12	208	139	104	69	35	17
13	216	144	108	72	36	18
14	225	150	112	75	37	19
15	232	155	116	77	39	19
16	240	160	120	80	40	20
17	247	165	124	82	41	21
18	254	170	127	85	42	21
19	262	175	131	87	44	22
20	268	179	134	89	45	22

104 經緯測量に於ける許容閉差

前述の如く

緯距の代數和卽ち緯距の誤差 $=\Sigma L$

經距の代數和卽ち經距の誤差 $=\Sigma D$

閉合誤差 $=e$

とすれば

$$e=\sqrt{(\Sigma L)^2+(\Sigma D)^2} \cdots\cdots(119)$$

又次の如く考へる事も出來る。經緯測量の誤差を (1) 距離測定の誤差と、(2) 角度測定の誤差と分けて考へるときは、距離測定の誤差は大體償差と考へられるから

E_d=距離測定に依る閉合誤差

t=鎖又は卷尺の長さ

C=一鎖長に對する償差

P=多角形の邊の總延長

N=多角形の邊數

とすると

$$E_d=C\sqrt{N}=C\sqrt{\frac{P}{t}} \cdots\cdots(120)$$

となる。次に測角の誤差は一角の場合は邊長に比例するから

E_a=測角誤差より生ずる閉合誤差

E_s=測角の總和に對する誤差

とすれば

$$E_a=E_sP=e_a\sqrt{N}P$$

一分の角度誤差に依る距離の誤差は $\frac{1}{3440}=0.0003$ であるから之を入れて

$$E_a=0.0003\,e_aP\sqrt{N} \cdots\cdots(121)$$

依て E_d 及び E_a より來る總誤差を E とすれば

$$E=\sqrt{E_d^2+E_a^2}=\sqrt{C^2\frac{P}{t}+(0.0003\,e_aP)^2N} \cdots\cdots(122)$$

となる。之で大體の見當がつく事になる。

次に閉合誤差より觀たる精度に依て經緯測量を分類すれば

（1） 閉差 $\frac{1}{1000}$ の場合　一分讀みの轉鏡儀を用ひ、見當で向桿を立てれば許容角度誤差は約 $1'30''\sqrt{n}$ 位になる。鎖又は卷尺の檢定したもの又は鋼卷尺を用ひ、3% 迄の勾配は平地と見做して差支へない。目分量で水平に引張り、大體 cm 位迄讀む。地價の廉い山地などの測量には此の位で宜しい。

（2） 閉差 $\frac{1}{3000}$ の場合　同じく一分讀みを用ひて正確にポールを眞直に立てゝ讀めば許容角度誤差は $1'\sqrt{n}$ となる。2% 以下の勾配は水平と見做し、成るべく鋼卷尺を用ひて cm 迄讀む。標準溫度より 8°C 毎に更正を加へ、張力と努めて一樣にする。普通の目的の經緯測量は殆んど此の程度である。

（3） 閉差 $\frac{1}{5000}$ の場合　30″ 讀みの器械を用ひ、正倒二回觀測に依り許容誤差は $30''\sqrt{n}$ となる。總ての勾配、標準より 5°C 以上の溫度又張力の變化 1kg 毎に更正を施し鋼卷尺は cm 迄讀む。市街地測量又は重要な境界線の測量に用ひられる。

（4） 閉差 $\frac{1}{10000}$ の場合　20″ 讀みの器械を完全に整正して反覆法に依て測る。許容角度誤差は $15''\sqrt{n}$ になる。溫度 2°C 以上及び其の他の更正を施す。之は特に重要な場合の測量に用ひられる。