

終りに臨み本工事に對し御指導を賜つた阿部謙夫氏 を初め先輩諸賢に心からの謝意を表し本稿を終る。
(昭.27. 2.20)

UDC 562.913.15.088.2

測角の1つの誤差について

准員 北 郷 繁

ON AN ERROR OF ANGLE MEASUREMENT

(JSCE May 1952)

Shigeru Kitago, C.E. Assoc. Member.

Synopsis When an angle is measured by means of a transit, on a sunny day, the object will be seen split into two parts, darker and lighter, if the target pole has a width.

In this paper, the author experimentally studied whether or not there appear certain errors in the measurement under the condition mentioned above.

As a result the author ascertained that there were some relations between the residuals and the difference between the lighter parts (or darker parts) which appeared on both target poles which make the angle in question.

要旨 トランシットで角度を測るとき、晴天の場合だと視準されるもの、例えばポールに巾があるなら、そこに多少とも陰影を生じ明暗の2部分に分れるが、このために視準の際に誤差を生じないものかどうかを実験値について調べたものが本文である。そして一角をなす双方のポールに生じた明部(或いは暗部)の差と残差の間に2, 3の関係のある事を確かめた。

のを図-1の実線で示す。この平均に用いた観測値は前記論文で最確値(40° 02' 45")を計算する際に捨てられたものも含むので、点群の分布は45"の値より小さい側に多く、9月2日, 28日の値は極端に小さい。また同図に破線で日照率を示した。この折線が大体実線の平均値と関連して変化し、特に後半の部分では比較的よく合っている。ここにいう日照率とは、

1. 測角の実験

これについては本誌 36 卷4号の筆者「測角の精度に関する実験的研究」を参照されたい。この中で測者を3人としているのは1つの器械についてで、途中で事故のため1人入替つたから合計4人、その観測組合せは6である。

$$\frac{\text{(観測中に直射日光のさした時間数)}}{\text{(観測に要した時間数)}} \times 100(\%)$$

であつて、9月2日, 28日は雨であつたから0%である。この日照率は観測地点から南西1.7kmの所にある札幌気象台のジョルダン及びカンベル両日照計と観測記録から計算したものである。

なおこの実験に使用した規標は、普通に使用されるポールを、強固に樹立された丸太に、垂直に釘付けしたもので、その直径は約3cmであるから、測点に於て約80"の角度をはさむわけである。

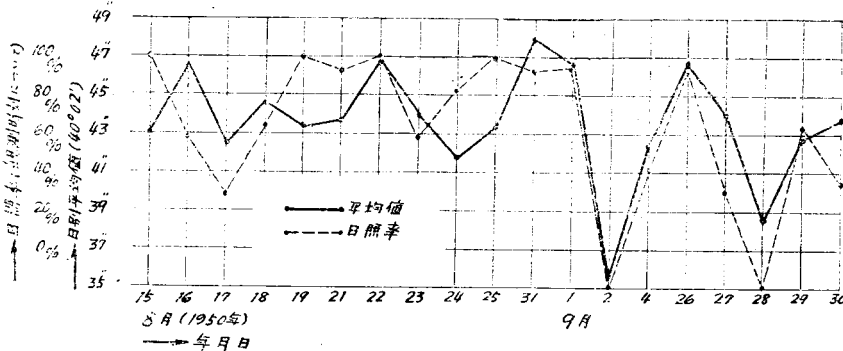
図-1より、観測誤差と晴雨との間にはある関係が存在し、大体日照のない曇天又は雨天の日には、そうでない日に比べて角度が小さく読まれるという事が、云えそうである。

2. 観測値の分布

観測値を1日毎に(重みをつけないで)平均したも

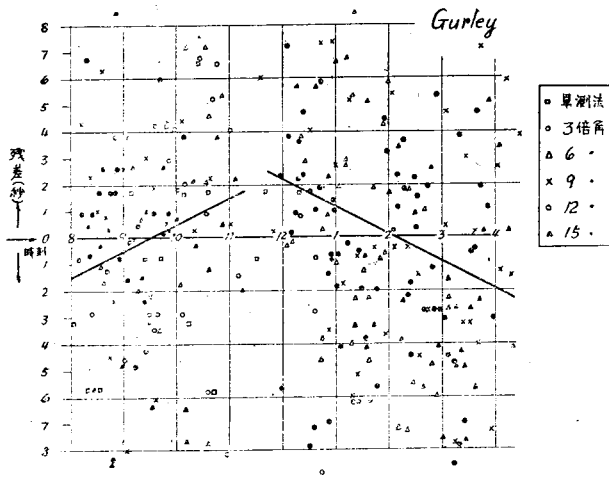
以上は1日を単位として、日照率と観測平均値との関係を調べたわけであるが、今度は時間を単位にとつ

図-1 日照率と観測値



て観測時刻と観測値との間の関係を調べて、具体的に日照がどんな風に観測値に影響するかを見る。ところで1日中の観測値の変化を通覧してほぼ共通に認められる事は、大略午前中(日本標準時、本文では夏時間を用い

図-2 残差の分布 (器械別)



ず)は朝に低く正午に高い観測値を与え、午後には午前程明瞭ではないが、正午に高く夕刻に低い値となる事である。それでこれを図示するために、その日1日の平均値に対する残差を基準にとり、これらにより器械別及び観測者別の残差の時刻による変化を描いて、前者により日照による誤差そのものを、後者により日照による誤差の個人差を見ようとした。図-2~4は器械別、図-5~7は測者別で、前述の実験では n 倍角の3倍毎の読みをとつてあるから、これの正反の平均を図示したもので、例えば9倍角では3ケの点がある事になる。こうしないで n 倍角観測の最終の値をただ1ケだけ図示したのでは点数が少なすぎて全体の傾向がわからないからである。

図-3 残差の分布 (器械別)

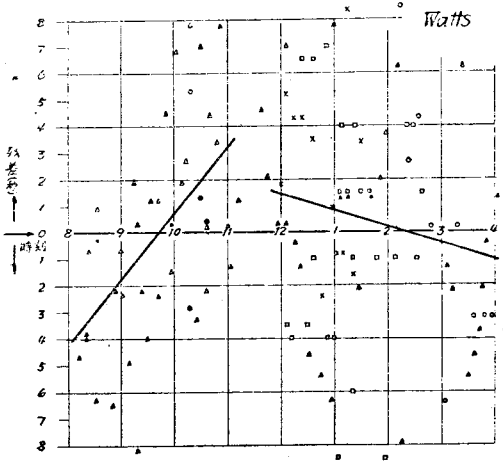


図-5 残差の分布 (測者別)

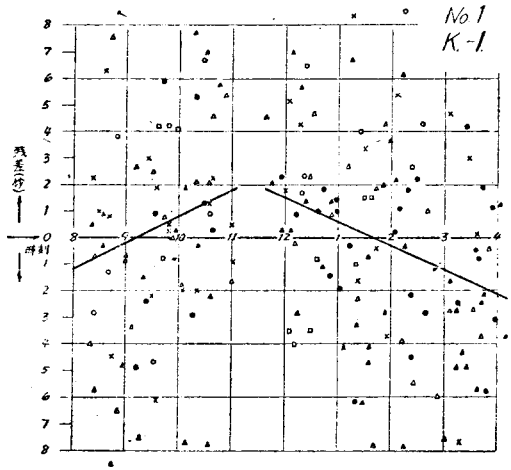


図-4 残差の分布 (器械別)

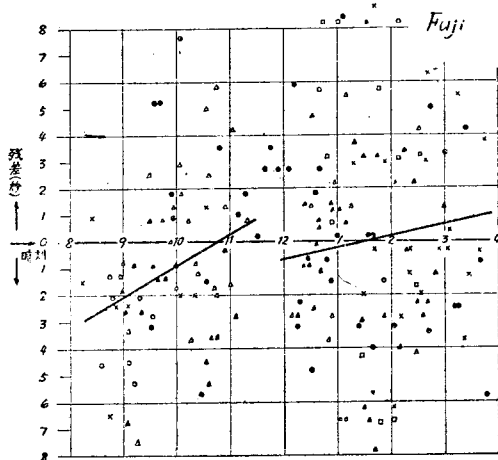


図-6 残差の分布 (測者別)

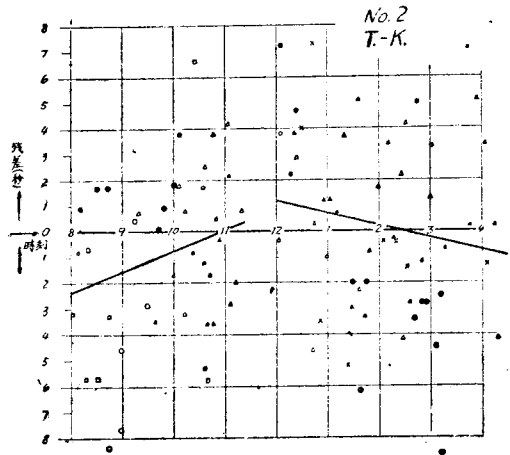


図-7 殘差の分布 (測者別)

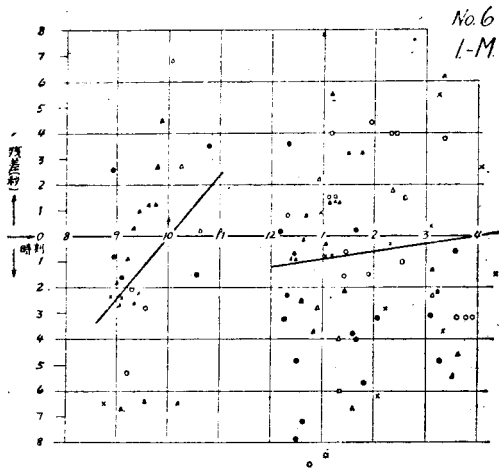


図-5~7 の No. は測者の組合せ番号で、その下の英字は測者名の記号であつて、前者はA遊標と視準、後者はB遊標と記帳を司る。No. 3, 4 は点数が少ないから省略した。

4. 分布の特性

これらの諸図の点群について、午前、午後のそれぞれに直線式をあてはめた。計算は最小自乗法により各係数(α : 方向係数, β : 截片)を一括すると表-1, 2 のようである。これらの特徴を要約すると

表-1 直線式の係数 (器械別)

器械名	午前		午後		観測に従事した測者
	α	β	α	β	
Gurley	1	-1.5	-0.7	1.2	No. 1, 2, 3
Watts	2.5	-4.2	-0.6	1.4	No. 1, 5, 6
Fuji	1.2	-3.3	0.4	-0.7	No. 4, 5, 6

表-2 直線式の係数 (測者別)

測者番号	午前			午後	
	α	β	$X_{(y=0)}$	α	β
No. 1	1	-1.2	$\frac{1.2}{9^{\circ}12'}$	-0.9	1.5
" 2	0.8	-2.4	$\frac{3.0}{11^{\circ}0'}$	-0.5	1.2
" 3	1.3	-1.9	$\frac{1.5}{9^{\circ}29'}$	-1.4	2.0
" 4	1.5	-3.4	$\frac{2.3}{10^{\circ}18'}$	-1.3	3.4
" 5	2.8	-5.5	$\frac{2.0}{10^{\circ}0'}$	-0.7	1.5
" 6	2.4	-4.8	$\frac{2.0}{10^{\circ}0'}$	0.3	-1.2

1) 午前の α は常に正である事、即ち観測値は朝に小さく、正午近くに大きい値となる。

2) 午後の α は、殆んど負であるが、その絶対値の大部分は午前に比べて小さく、更に逆の符号を持っているものもある。即ち午後の観測値の分布は午前程

明瞭でない。

3) この傾向の原因を個人的なもの、即ちポールを縦線で2分する際の判断上の個人差と解するならば、3種の器械の微小な角度に対する感応性を、これらの諸係数で比較する事は、測者がそれぞれの器械について異なる事を考える時、まづ無意味としてよい。

4) 表-3, 図-5~7の個人別のものについては、

表-3 ρ_1/ρ_0 の値 (%)

時刻	8-17		9-1		9-28	
	%	%	%	%	%	%
8	75	97	71	95	63	91
9	64	91	59	88	50	82
10	48	80	44	77	36	70
11	28	61	25	58	21	53
12	9	36	10	38	8	35
1	1	17	1	18	2	20
2	-2	6	-1	8	-1	10
3	-6	2	-5	3	-3	4
4	-11	0	-10	1	-7	1

遊標読定上の個人差が相当強く響いて来る事是否定出来ないが、測者のすべてに共通して残差が時刻と共にほぼ一定の変化を示す所から、これらの図表の暗示する所は個人の感覚上の差異、即ち個人的な誤差と考えて一応差支えないと思われる。

例えば No. 2 に注目すると、この測者の午前の直線が x 軸を切る点は、他に比べて右に寄りすぎている事が認められる。即ちこの測者は概して過小な値を与える様である。それでこれをこの個人の視準に関する1つの特性を示すものと考えられまいか。更に又、方向係数の絶対値の大小はポール上に生じた明暗に幻惑された度合を示すもの、即ち α の大小を以つて個人が日照に影響される程度とみなす事が出来ないだろうか。然し我々の場合観測点数の少ない事、数個のとはなれた点のために、係数が大きく変動する事等のため、今の所可能性を予知する程度にとどめたい。

5. ポールに出来る明暗

ここでは以上の傾向との関連を知るために、日照のある場合にポールに生ずる明暗両部の割合を求める。測点Oに対するポールA, Bの関係位置は図-8のようである。図の x, y 軸の方位は子午線に対するものである。ところでAポールに生ずる明部の、測点Oではさむ角 ρ_1 と、ポール全巾のはさむ角 ρ_0 (約 $80'$) との比は近似的に

$$\rho_1/\rho_0 = \{a(ad-r) \pm ma^2\} / 2[mr^2 + a(ad-r)]$$

ここに a, r は図示の通りで、 m : 太陽光線の方向係数、 $d = \sqrt{1+m^2}$ である。Bポールに対する ρ_2/ρ_0 は座標を原点を中心として θ_0 だけ右廻りに変換すれば、 m の値を変えるだけで同じ式で求められる。 m の値は太陽の方位角 A を求め、これと x 軸の方位との関

図-8 ポールの関係位置

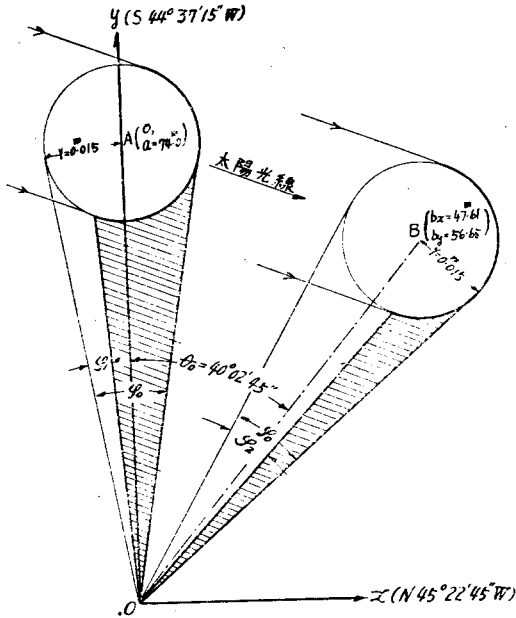
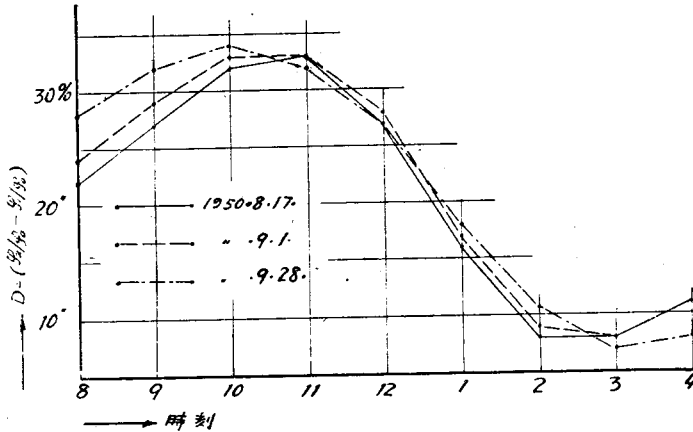


図-9 D の変化



係から平行光線と θ 軸とのなす角が計算されるから、この角の \tan として求められる。A は、緯度 θ の地点で、或る時刻の太陽の赤緯 d 、時角 $H.A.$ が暦から求められる時は、

$$\tan A = \sec \theta \cdot \cot d \cdot \sin H.A. \div (1 - \tan \theta \cdot \cot d \cdot \cos H.A.)$$

として計算される。

これらを 1950. 8. 17., 9. 1., 9. 28. について計算したものを $\%$ で表わしたものが表-3 で、 $D = (\theta_2/\theta_0 - \theta_1/\theta_0)$ の時間的变化を図示したのが 図-9 である。これらの特性は、

- 1) 双方のポールに生ずる明部の差量 (D) は大体 11 時を頂点にして末広がりに変化する事
- 2) D は午前に大きく午後に小さい事
- 3) 午後 1 時以降の $|\theta/\theta_0|$ は問題にならない程小であつて、實際上明瞭な明暗差がない事等である。

6. ポールに出来る明暗による誤差

図-5~7 の直線と 図-9 のそれとは、少くとも午前中は類似点があるように見られる。即ち視準するポールに出来る明部(或いは暗部)の差量の変化と、残差の分布状態は同一傾向を持つと考えられる。これは簡単に、視準の際は明部の中心をねらうと仮定すると容易に説明がつくが、この仮定は甚だ極端であつて、納得のいく説明はなかなかむづかしい。心理、生理上の要素やその時の照度、従つて明暗両部のコントラストの程度等にも関連して来る筈だから、その説明は益々困難と思われる。然し綜体的に見て、このような誤差の存在は否定出来ないと考えられる。これが遠距離になると、明部があたかもポール全部の様に見える事もある

筈でこのための誤差は遠距離のため微小になるが、注意を要する所である。距離、器械、方法に於て規模の相違はあるが、いかなる場合でも日照による視標の視準の難易又は良否は、観測の能率と、誤差の除去から大いに留意すべきである。

7. 結 び

所論の日照による誤差は実質上それほど大でなく、単測法で遊標面に出る程のものではないが観測時の測者の心理的効果、作業の能率等を考慮するならば、観測の時刻を考へて作業順序を計画するか、或いは特に厳密を要する時は曇天の日を選ぶかすべきである。この事は何も耳新しい事ではないが、本文ではこれらの誤差のあることを確めることが出来た。

この研究は文部省科学研究費によつた。

1) この点に関して大前他 3 氏の「陸地測量学」p.199 観測の項に於て観測の「時」を考慮すべき事を述べ、貼標が太陽の全反射を受ける位置で観測すべしとしている。

(昭.26.12.3.)