

石城大学工学部 正員

中井 清

〃 柳田 祐次

〃 〇 前田 都喜春

1. ま え が き

平板測量では、従来の小縮尺で広地域の地図作成を目的とした図化作業にかわり、専ら小区域を対象とした細部まで正確に測量する大縮尺の測図作業が頻繁となった。このため従来とは図の要求精度が必ずしも同一のものではなくなり、大縮尺図におけるアリゲートの活用上の問題点は多岐にわたり、今まで以上に精密化のために努力しなければならない。

そこでこの一環として、まず平板測量において基準点の増設や、近寄り難い地物の位置決定等に広く利用されている図解三角測量について、これにより決定された点に対してどのような誤差が伴うかを目的とした実験では、交角 90° が最適条件であり、特に距離的要因による誤差発生の影響の大きな結果を得た^{*}。しかしながらこれらの誤差に対して、その観測の信頼性を示すその比である精度に関してはいまだ具体的な解に乏しいため、今回交角及び視準距離の組合せを距離方向に増加し、多数の実験モデルによる前方交会法の信頼性について究明した。

実施に際しては前回と同様に、あらかじめ求められた真値に対する視準点の移動量を解析のポイントとした。

2. 実験方法

実施した前方交会法は、交角 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° について、距離は $20 \sim 60$ mの範囲で図-1に示すように実験モデルを3つに分け、方向線の等しい場合、 P_2 をモデル(I)とし、異なる場合、 P_1 を(II)、 P_3 を(III)

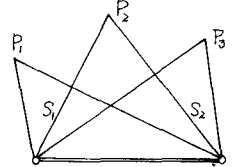


図-1

として表-1の組合せにて行った。これらの諸点は、平坦地に図-

表-1

20 m	30 m	40 m	60 m
20-20	30-30	40-40	60-60
20-30	30-20	40-20	60-20
20-40	30-40	40-30	60-30
20-60	30-60	40-60	60-40

のような実験施設を設け、測点の位置は精密トラバース測量により確定し、縮尺 $1/500$ で原図を作成した。確定トラバースの精度は、

中心から 60 m区域を通る閉合トラバースでは約 2500 分の1、

これに接する 20 、 30 、 40 m区域の結合トラバースは、それぞれ 18000 分の1、 19000 分の1、 18000 分の1、であった。観測は視準板付アリゲートを使用し、これによって起り得る誤差

を2つの方向線による交会誤差のみにとどめるように平板の取扱いは

十分留意した。ことに各測定に於ける基線の標定には望遠鏡付アリゲートで対処した。これにより各実験モデルともそれぞれ10回宛測定し、

この結果をOを原点とする原図に照合し、x, y軸に対する視準点の移動をステレオメーターにより $1/100$ ミリまで正確に読み取り求める偏位量とした。

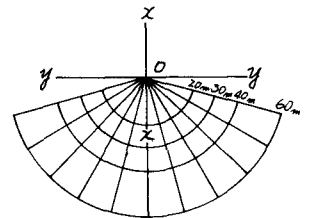


図-2

3. 前方交会法により生ずる誤差

2方向による交会点の誤差は、図-3より PP' を偏位置とすると、次のようになる。

$$\overline{PP'}^2 = \frac{1}{\sin^2 \varphi} (u^2 + v^2) \dots\dots\dots$$

$$\overline{PP'} = \pm \frac{1}{\sin \varphi} \sqrt{u^2 + v^2} \dots\dots\dots(1)$$

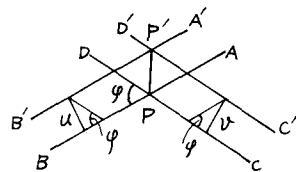


図-3

さうい、 u, v は観測によつて生ずる不定誤差で、この原因として考へられるものは、整準誤差、外心誤差、偏心誤差、視準誤差、標定誤差等である。しかし實際に於ては、整準、偏心、標定などは十分氣をつけて実施したところこれらの誤差は0とみなしてよゝから、誤差として考へられるのは外心誤差と視準誤差だけとなる。

3-1、視準誤差について

アリゲートの視準誤差は、視準ハヤ、視準孔、測針、鉛筆等の、大小に起因する相関的誤差のため方向線長は著しく制限され、一般に考へられている図上の位置誤差を0.2mmとすれば(2)式の関係から方向線長は縮尺にかゝらわらず図上10mm以下に限定される。

表-2

図上誤差	精度
60m	0.159mm 1/755
40	0.106 754
30	0.080 750
20	0.053 754

$$e = \pm \frac{\sqrt{d^2 + f^2}}{2L} \cdot l \dots\dots\dots(2)$$

d : アリゲートの視準孔の直径で使用したものは0.5mm

f : アリゲートの視準ハヤの直径で使用したものは0.3mm

l : 視準線の図上距離(m)

但し、 $l = l'/M$ (l' : 実長、 M : 縮尺=1/500) L : アリゲート両視準板の間隔で使用したものは220mm

しかるに、この誤差は視準線の長さ按比例して生ずるものなので、これを60m 40m 30m 20mの視準距離で、方向線1つの場合の視準誤差を(2)式により計算で表わすと表-2が得られる。

3-2、外心誤差について

使用したアリゲートの視準面と定規線との偏している量は約3mmであるが、これは距離に関せず一定量であるから、縮尺1/500の図上では0.06mmだけ右方へ移動する。したがつて 1/500以上の縮尺による実測上では、ボールの左側縁を視準するか、定規線との隔たりのない望遠鏡付アリゲートを使用すべきである。

表-3 交会法の図上誤差と精度 (計算値)

$S-S_0, \varphi$	30° (=150°)	60° (=120°)	90°
20×20	0150mm 1/377	0084mm 1/653	0075mm 1/751
30×30	0226 374	0130 650	0113 753
40×40	0300 377	0173 651	0150 743
60×60	0450 377	0260 643	0225 743
60×40	0382 369	0221 642	0191 751
60×30	0356 356	0206 616	0178 754
60×20	0336 336	0194 583	0168 673
40×30	0266 372	0154 642	0133 761
40×20	0272 311	0136 624	0118 719
30×20	0222 319	0111 631	0096 736

以上のことより、前方交会法により生ずる誤差は距離に応じた視準誤差と外心誤差を加えたものを(1)式に代入して求めることが出来るが、外心誤差は常に右方向に生ずるので一応これを別に考へ、こゝでは視準誤差だけを計算することとし、2方向の交会による視準誤差を表-3に示した。このように視準誤差は距離に応じて増減をするが、その比である精度は、90°で約700分の1、60°で600分の1、30°で300分の1以上を示し、距離による差異はなく理論的には交角の良否が位置決定に大きく影響している事になる。

4、実験結果

実測結果は、 x, y 、両軸につき最確値と測量精度としての確率誤差を求めると共に、観測値個々のバラツキを直角座標にプロットし、その分布状況を図-4に示した。これらの解析結果から、交角

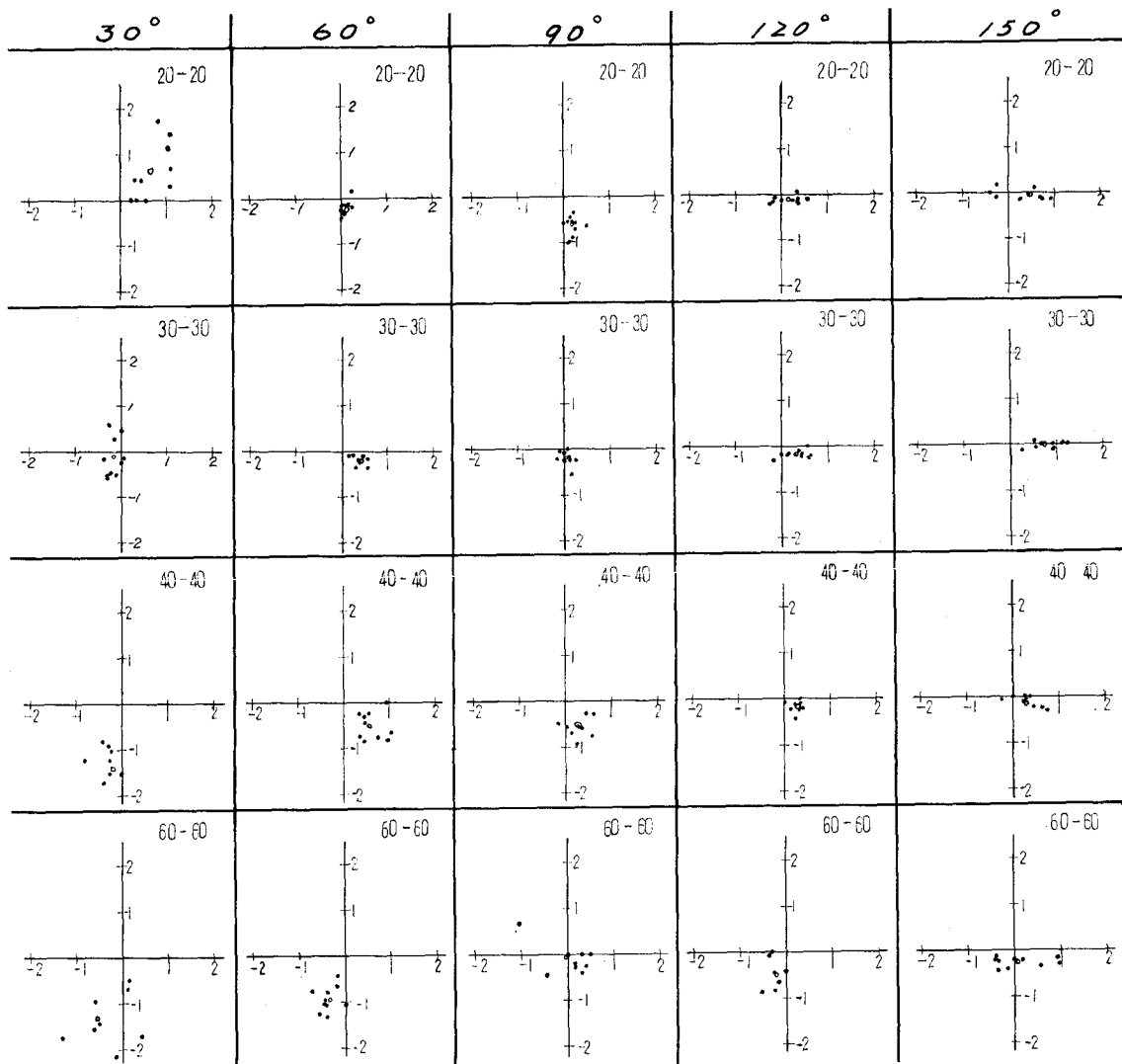


図 - 4

(単位: 図上 mm)

を横軸にとり距離毎の偏位量と確率誤差の相関性を折線グラフにて図-5に示した。図中の実線は先の表-3より得られた理論的な視準誤差であり、これを視準距離別に実長: mm の単位でプロットし実線の偏位量と比較した。

以上の成果から、交角については前回と同様に、矢張り90°が最もバラツキが少なく結果として良好である。角度が小さくなるとバラツキはx軸に沿って表われ、角度が大きくなるとy軸に沿って表われる事は当然と思われる。バラツキと偏位量の関係は、図-5の20m-20mのように90°に向けてバラツキが小さくなるが小であるのに対し、偏位量は反比例の形を表わしている。全体の傾向としては、狭角よりも広角になるにしたがいY₀とPPは小さくなる傾向がつかめた。30°における誤差の分布はx、y軸ともに非常に大きく、最大偏位量22mm、精度1/7を示し、不測の事態が入り易い。

距離については、20m 30mは殆んど変りないが40m、60mと長くなるにつれてバラツキが大きくなる。距離が異なる場合についてもほぼ同様に、40m、60mのように両方の距離が大きくなると偏位

量が大きく、20m 30mの組合せについては偏位 PP の量小さい。普通アリゲートの定限は 60m とされているが、やはりこの付近では目標の見えが悪くなり誤差が大きく表われる。

全観測値の最確値が、視準距離の等しい場合にオス象限及びオス象限に入る比率は75%に達しオス象限及びオム象限に入るのは 0~5%の範囲である。この

表-4

象限	I	II	III
1	1 5%	1 3%	0 0%
2	13 65	18 61	27 90
3	6 30	10 33	3 10
4	0 0	1 3	0 0
	20	30	30

関係とモデルⅡ、Ⅲについて作るとほぼ同様に表-4の結果となる。このことは前方交会法により求めた真は真値より短く決定されていることであり、この種のアリゲートによる目標の見えが位置決定に大きく影響していることになる。また、オス象限で決定される比率がオス象限のそれより2倍以上も多いことと、視準距離の異なるⅡの場合に見るように、右側の方向線が長く左側の方向線が短い場合にその90%がオス象限で決定される事は、視準誤差による目標の見えの外に外に誤差の影響が介入しているものと推察される。

5. おまけ
我々が実験に使用した視準板付アリゲートは表-3に示す計算上の精度にみれば、最適条件下で約1/700位が目標限度となる。この数値を表

表-5 交会法の精度(実測)

φ	30°	60°	90°	120°	150°
20-20	60	226	84	294	164
30-30	415	186	456	236	107
40-40	77	115	175	362	786
60-60	114	169	718	339	633
60-40	162	226	253	299	436
60-30	766	1097	370	253	207
60-20	200	282	1714	544	475
40-30	192	89	284	164	309
40-20	428	131	175	306	1158
30-20	205	210	158	234	103
40-60	240	172	257	398	380
30-60	141	299	1135	292	161
20-60	173	470	214	500	342
30-40	134	263	345	289	124
20-40	100	466	120	653	231
20-30	79	255	127	246	609

5-1に示す実測による精度と比較すると、視準誤の偏位は非常に不規則で大きく表われる傾向があり、エ方向による前方交会法の精度は約400分の1以下であって、距離測量に於ける地味の位置決定ならばこれでよいが基準点の増設や面積測量のための高い精度度を要する場合には、視準板付アリゲートでは誤差が大きく十分な精度とは言えない。一般にこれらの目的のためには1/600~1/1200の精度が必要とされるので、これを満足するためには定規線との隔たりがなく、視準線と長く正確に明視できる望遠鏡付アリゲートを目的に応じて使用すれば、その比は優に1/1000以上に達するものと思われる。これらの具体的な資料については現在実験的に追究中であるので、下次の機会に改めて報告したい。

※中井、獅田、前田：距離測量に於ける前方交会法の誤差について、土木学会中部支部(546.11)

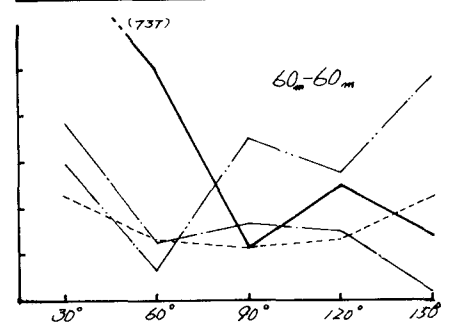
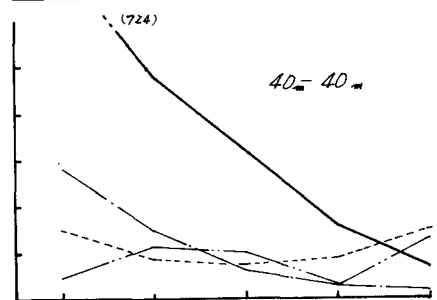
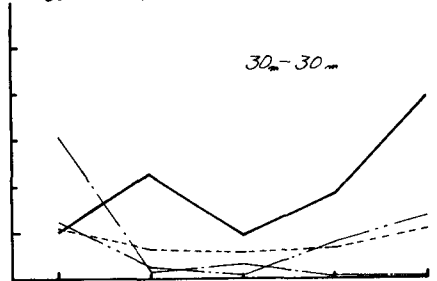
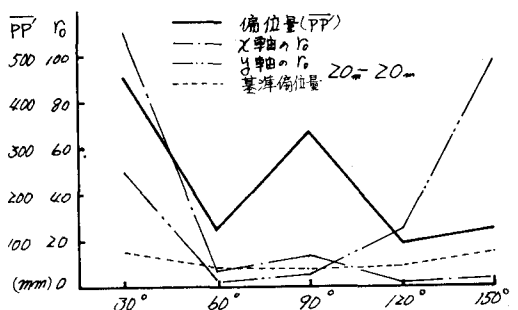


図-5