

航空写真の標高測定精度

大島 太市

写真測量の技術は各種方面に利用され、工事中測量にも盛んに利用されているが、写真測量の必要な精度について系統的に研究された論文がない。航空写真より地図を作る場合に、地上に適当におかれた基準点をもとにして一対の写真を撮影と同じ状態にして、図化機で測定する。この論文は航空写真の精度の中で高さという点に限定して、現在わが国で実際に地図作製に使われている代表的な図化機によって行なった実験結果を示した。図化機と測定者の経験による精度の差異を明らかにしたもので、特に大縮尺の場合に必要なアピオゴン補正板を使用した場合と、使用しない場合の効果について述べたものである。

1. ま え が き

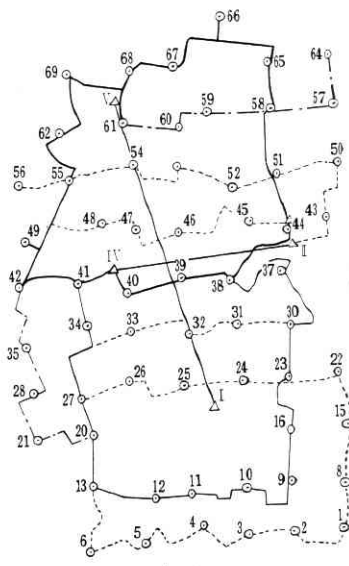
最近航空写真の機械や方法が著しく進歩して、地形図を作製する場合も、それを単に工事の調査に使用するというだけでなく、計画設計にまで使用しようとする段階

にまできている。それだけに航空写真に対する社会的要求も増し、一般の関心も高まってきている。ふつう航空写真測量の精度に対する考え方は、その利用者の立場からは、利用の目的や、その程度によって異なるし、作図者の側からは、撮影状況・使用機械・その処理方式・作図者の熟練度によって異なると思われるが、わが国においては、その得られる精度について、今までに系統的に研究された論文が見当たらない。利用者の側からは、航空写真というのは、どのくらいの精度をもっているものかを知る必要がある場合が非常に多いので、今回は高さという点に限定して現在わが国内で実際に地図作製に使われている代表的な図化機によって実験を試みた。この論文はその研究のうち、図化機と測定者の経験による精度の差異を明らかにし、アピオゴン補正板の効果についての吟味の概要を述べたものである。



△ 標定点
○ 標高測定点

写真 1 測定に使用した密着写真



△ 標定点
○ 標高測定点

第 1 図 標定点および標高測定点網図

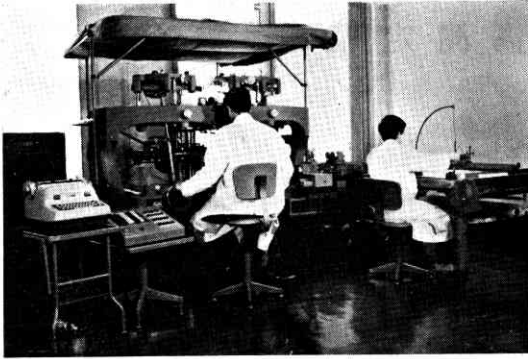


写真 2

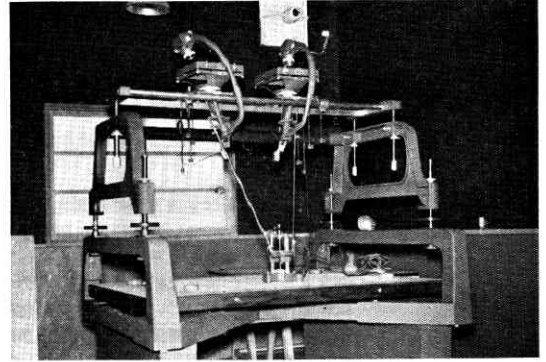


写真 4

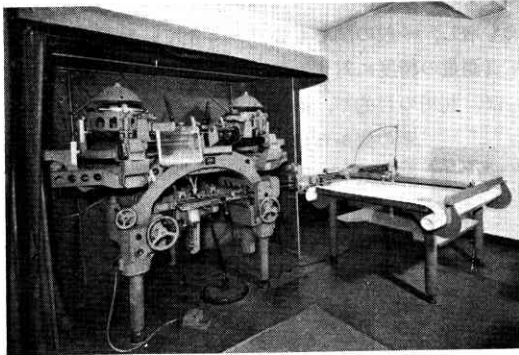


写真 3

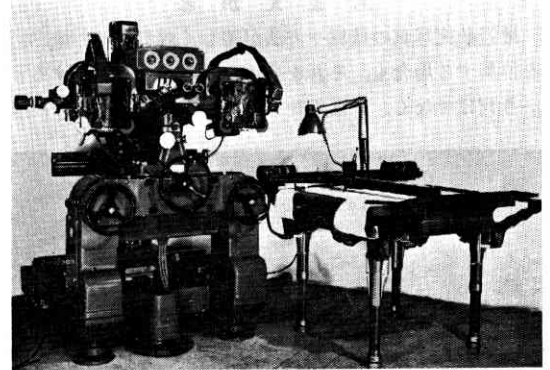


写真 5

2. 実験区域

実験区域は写真1のように、東京の西南部世田谷区の一部を、アジア航測KKが自社のテスト地区として撮影した写真を利用した。現地は比高約10mの比較的平坦な地形で、測定点の配置は第1図に示したようにNo.1からNo.69に到る◎印点で、△印点は縮尺決定のための標定点である。これらの点は、図より明らかに道路沿いに、だいたいグリッドを構成するように選定された。

3. 撮影条件および測定条件

撮影はウィルド製のRC8のアビオゴン・レンズ（公称焦点距離 $f=152.82\text{ mm}$ ）を用い、高度1211mでおこなわれた。したがって写真縮尺は1/7920である。

測定はつぎの4種類の機械でおこない、比較をおこなった。

- 1) オートグラフ A-7 No. 631
東大生研 (写真2)
- 2) ステレオプロットングマシン A-8
パシフィック航業KK (写真3)
- 3) ケルシュプロッター (Emulsion Down Type)
パシフィック航業KK (写真4)
- 4) ニストリフォトステレオベーターII No. 18234
大場土木建築事務所KK (写真5)

上記の図化機の名称は A-7, A-8, ケルシュ, β -II とそれぞれ簡略して文中に記述する。

補正板……アビオゴン用 No. 209, No. 210 である。

投影縮尺	A-7	1/4,000	
	A-8	1/4,000	
	ケルシュ	1/2,000	
	β -II	1/3,333	
接眼鏡倍率	A-7	$\times 10$	
	A-8	$\times 8.5$	
	β -II	$\times 10.3$	
測定月日	A-7	1961年9月1日	補正板なし
		1963年6月7日	補正板使用
	A-8	1963年4月11日	補正板なし
		1963年4月12日	補正板使用
	ケルシュ	1963年5月7日	
	β -II	1963年12月11日	

4. 測定方法

標高測定のためのモデルの標定は β -II、および A-7 補正板なしの場合を除き、各図化機ともに最も経験の深い者がおこなった。対地標定のための与点は第1図にマークされた縮尺決定のための標定点と標高測定点のうち、つとめてモデルの四隅に近い点を抽出して高さの与点とした。標高の測定回数は、測定点No.1より、No.69までの一巡を1回として、これを5回繰り返して測定し、その平均値を水準測量の実測値と比較した。A-7による補正板使用の場合と A-8 およびケルシュの場合は測定者の経験年数によって、測定結果の精度に及ぼす影響を調べ

るために、オペレータの経験が 10 年、5 年、3 年、2 年、1 年という作業者を任意に選んで、それぞれ測定に当たらしめた。測定者の目の個人差は、対地標定の与点の高さを、それぞれ観測前にチェックして、その個人差を規整した。測定結果は A-7 においては、付属の自動座標記録装置の EK-3 で、自動的に記録し、A-8 およびケルシュでは投影縮尺に応じたパララックスをミリメートルで読みとり換算し、1 回 1 回の測定を独立におこなうようにつとめた。

ケルシュの場合、内部定位の機構は Emulsion Down になっているので、これに対する内部定位は測定に使用した乾板がポジティブに焼かれていた関係上膜面を上に乗せる必要があった。この際当然考慮せねばならないガラスの屈折によって起きる投影像の偏位は $K \cdot p = df$

K 比例定数 0.582

p ガラスの厚さ

df カメラの画面距離の補正量

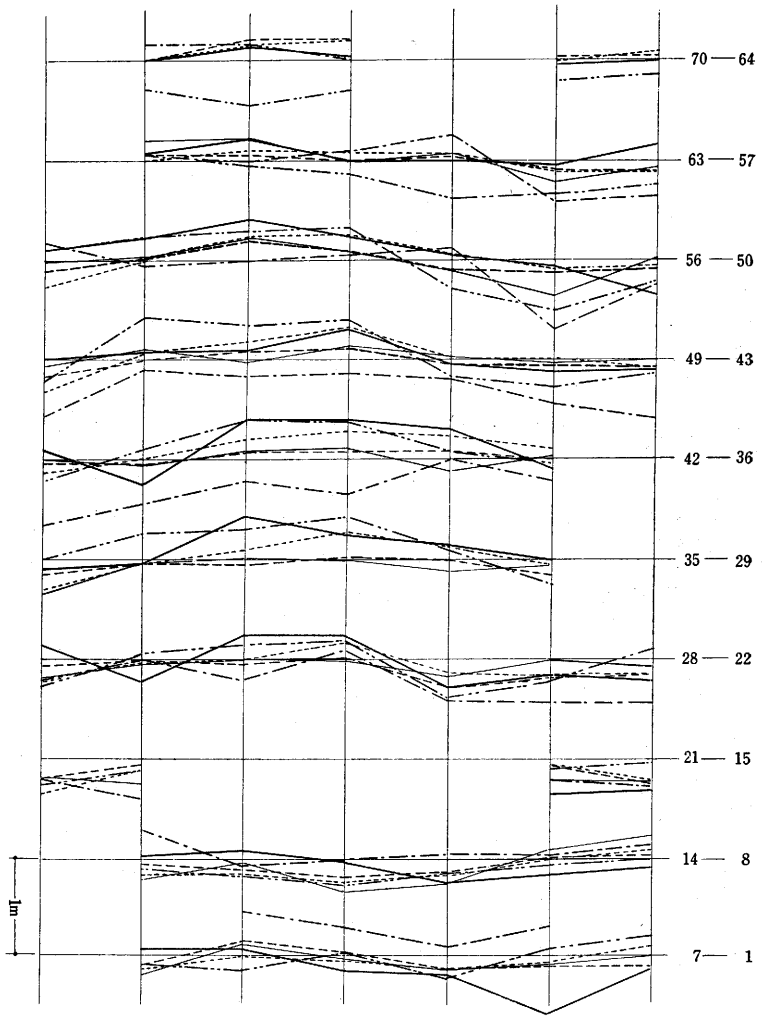
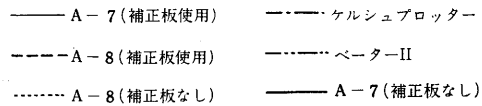
により画面距離を補正して近似的に補正を加えた。

5. 測定結果

第 1 表に一連の測定の自乗平均誤差と撮影高度の比を示したが、それらの良否は必ずしも経験年数の多少に影響されていないようである。A-7、A-8 においては、補正板を使用したときと使用しないときの差が、明瞭に出ており、使用したときの自乗平均誤差の絶対値は、いずれも使用しない時よりも小さい。A-8 の自乗平均誤差が A-7 よりも小さく出ているのは、その機能上若干意外に感じられるが、これは主として A-8 が組立完了して完全調整後、日数があまり経っていないで、機械的条件が比較的高精度を維持しやすい状態にあり、照明装置の明るさが適当で接眼鏡倍率が 8.5 であったので、非常に鮮鋭な像を観測できたことに起因していると考えられる。また A-7 の場合は、これに対して、照明がやや暗く、接眼鏡が 10 倍であったので若干像が不鮮明であったことによるものと考えられる。

自乗平均誤差と撮影高度との比により、図化機の測定精度の概要をつかむことができる。

第 2 図は第 1 図のおおむねグリッドを形成している測定点をグリッドにあてはめて、その点の較差を縦軸にプ



第 2 図

ロットしたものである。使用されたデータは A-7 の補正板なしの場合と β -II は、一人の 5 回測定の平均値と実測値との差、A-7 補正板使用と、ケルシュの場合は 3 人の 5 回測定の平均値と実測値との差、A-8 の場合はそれぞれ 4 人の 5 回測定の平均値の実測値との差である。この第 2 図より実験に供された図化機上における立体模像の歪みを知ることができる。その形についてはケルシュを除いて、各機械ともに立体モデルの中心部が高くなる傾向があり、これは主として撮影レンズの光学的な歪みと考えられる。ただし A-7 と A-8 の補正板使用の場合は若干中心部分の高い傾向は残るが、補正板なしの場合の顕著な中高の形に比較して、その量は小さくなり、特に中心部 (No. 22 点より No. 49 の点の間) に顕著にあら

第 1 表

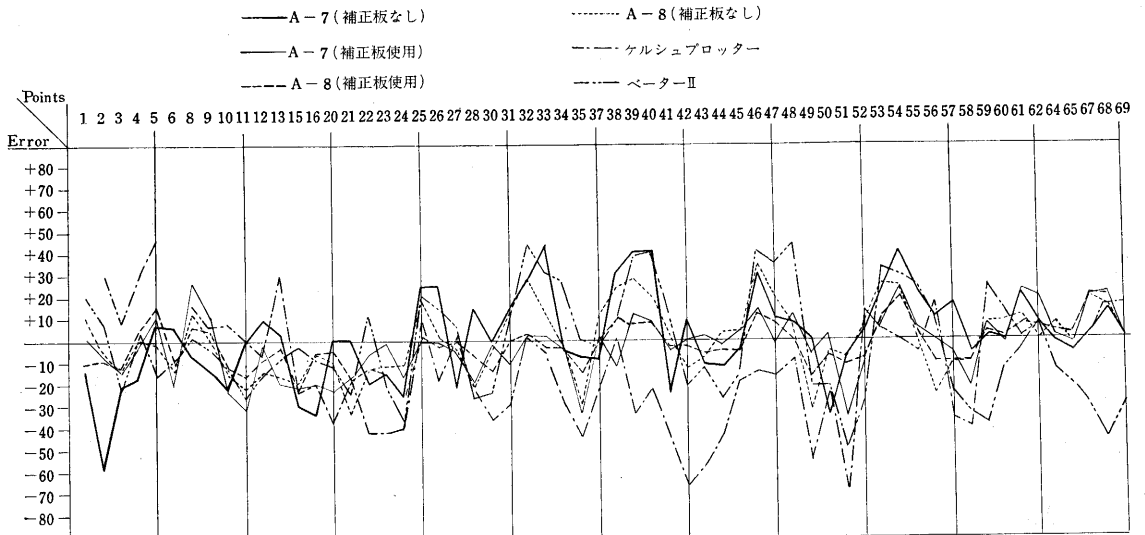
機 械	測定者	自 乗 平 均 誤 差						$\frac{m_b}{H}$	備 考	
		I	II	III	IV	V	平均			
A-7 No. 631	O.T	cm	cm	cm	cm	cm	cm	23.99	1/5049	機械縮尺 1/4,000 アイピース 10 倍
A-7 アビオゴン 補正板使用 No. 631	H.S	18.91	19.05	15.93	18.14	16.34	16.22	1/7466	経験 8 年 3 年 2 年	補正板 No.209 No.210 機械縮尺 1/4,000 アイピース 10 倍
	A.S	13.34	15.09	18.17	17.98	15.95	15.03	1/8063		
	H.T	18.92	16.61	16.21	18.47	15.49	14.36	1/7264		
A-8 No. 1207	M.Y	19.99	19.24	18.84	19.07	19.30	18.66	1/6490	経験 10 年 " 5 年 " 3 年 " 1 年	機械縮尺 1/4,000 アイピース 8.5 倍
	Y.K	19.41	19.43	18.44	19.99	19.15	19.08	1/6347		
	M.S	14.08	13.07	13.13	12.28	9.56	11.62	1/10421		
	M.Y ₂	23.28	23.06	21.74	20.17	20.97	20.62	1/5873		
A-8 アビオゴン 補正板使用 No. 1207	M.Y	12.29	14.02	12.32	12.19	13.44	11.87	1/10202	同上	補正板 No.209 No.210 機械縮尺 1/4,000 アイピース 8.5 倍
	Y.K	17.05	19.45	18.74	14.97	15.86	16.49	1/7343		
	M.S	11.95	9.85	7.37	8.65	8.13	8.45	1/14331		
	M.Y ₂	15.06	14.20	13.87	12.39	12.28	12.45	1/9727		
ケルシュプロッタ	T.K	29.03	26.19	28.77	26.18	26.56	25.62	1/4733	経験 10 年 5 年 3 年	型式=Emulsion Down Type 投影縮尺 1/2,000
	K.S	36.86	36.19	37.88	36.16	33.43	34.20	1/3544		
	K.N	30.32	35.95	42.04	37.24	42.02	36.74	1/3299		
ベーター II No. 18234	T.Y	25.01	26.90	24.45	27.17	27.56	24.71	1/4905		アイピース 10.3 倍 機械縮尺 1/3,333

われている。これは補正板の効果と考えることができる。

ケルシュの場合はモデルの四隅部分が高く、中心部分において中高の形はあるが、全体に低く出ている。これは内部定位の際に乾板の膜面を上セットしているのがガラスの屈折による、投影像の偏位の結果と見なしている。

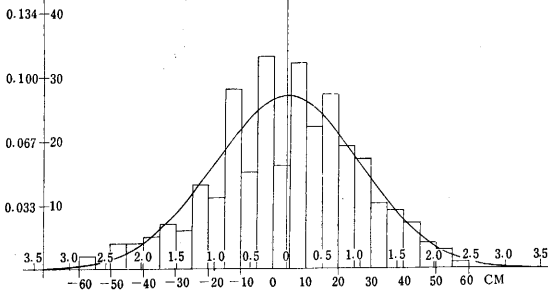
第3図は測定点のモデル上の位置を考慮に入れないで横軸に点・番号、縦軸に各機械による測定の前平均値との較差をプロットしたもので、このグラフにより総合的に各機械の較差の分布の状態を知ることができる。概して

第1表における自乗平均の小さいA-7、A-8の較差のバラつきは小さく、余色装置を用いたケルシュの場合は大きい。これはA-7、A-8の場合は機能的にも安定した測定ができるようになってきていることを裏付けているとみることができる。なお、第4図～第5図は各機械の測定の相対度分布図で、そのおのおの正規分布曲線図を挿入したもので、この分布曲線により、各測定機の精度をつかむことができる。後日他の機械による実験データを加えて総合的に統計的な分析をおこなってみたいと思っている。この実験をおこなうに当たって終始ご指導をいた

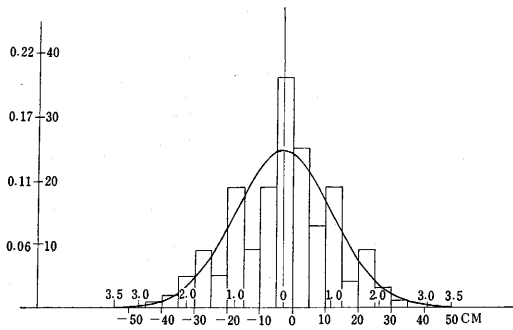


第 3 図

オートグラフ A-7
(補正板なし)

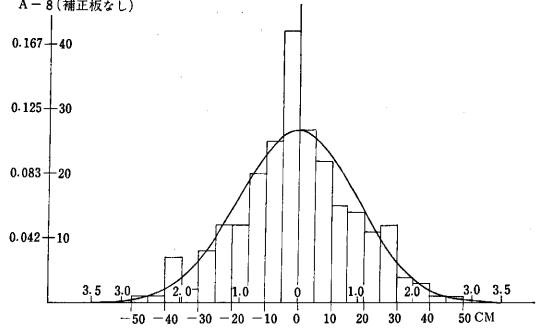


オートグラフ A-7
(補正板使用)

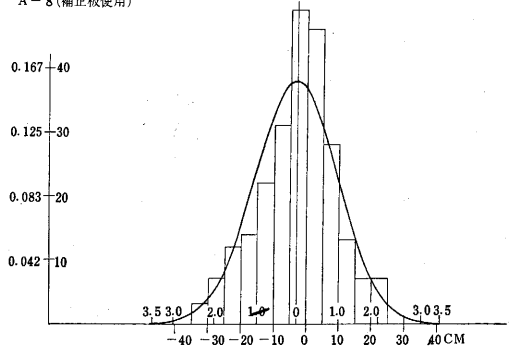


第 4 図

ステレオ
プロットングマシン
A-8 (補正板なし)



ステレオ
プロットングマシン
A-8 (補正板使用)

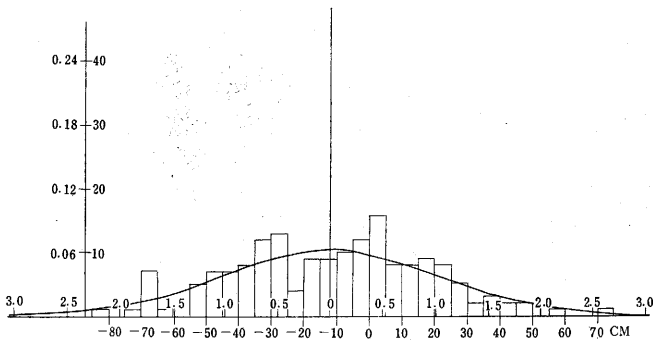
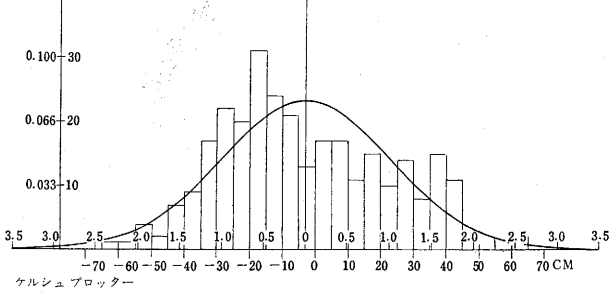


第 5 図

フォーステレオグラフ

ベター-II

ケルシュプロッター



第 6 図

だいた丸安教授、ご援助をいただいたパンフィック航業宇佐美嘉平氏および大場土木建築事務所、さらに写真その他の資料を貸して下さったアジャ航測KK、測定に協力して下さい下さった方々に深謝の意を表する次第である。(1964年4月28日受理)

文 献

- 1) 航空写真の標高測定精度について (I) 写真測量学会誌第1巻第3号, 大島太市
- 2) 航空写真の標高測定精度について (II) 写真測量学会誌第2巻第4号, 大島太市・宇佐美嘉平
- 3) 航空写真の標高測定精度について (III) 写真測量学会誌第3巻第1号, 大島太市・宇佐美嘉平
- 4) "Vertical Accuracy Analysis" by BERNARD J. COLNER Photogrammetric Engineering, July, 1962.

正 誤 表 (5月号)

ページ	段	行	種別	正	誤
1	左	23	本文	~64年)	~64年) 年
7	右	26	"	無限に長い.	無限に多い.