

日本大学生産工学部 正員 塚 毅

西川 肇

藤井 寿生

本文は前回(第26回土木学会)において2級国化機ダブルプロジェクターについて発表した、今回はその国化機の精度について検討したものである。高級国化機の精度は一般に平面位置、高さともに撮影高度の $\frac{1}{20,000} \sim \frac{1}{10,000}$ で、地上測量のトラス測量以上のものである。高級国化機についてはそれでよいが、低級、特に光学機構による国化機の精度は正しい評価が得られないのが現状である。そこで光学機構を解明し、計算式によって解いた値と測定による誤差との比較により精度を得ようとするものである。

ダブルプロジェクターの各方向の回転角は

$$\left. \begin{aligned} k &= 7.94664 \text{ }^\circ \\ \omega &= 0.46880 \text{ }^\circ \\ \varphi &= 0.39284 \text{ }^\circ \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (1)}$$

ここに N : 回転数

(1) 式より計算することができる。

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{h \{ x(\cos \varphi \cdot \cos k - \sin \varphi \cdot \sin \omega \cdot \sin k) + y(\cos \varphi \cdot \sin k + \sin \varphi \cdot \sin \omega \cdot \cos k) + f \sin \varphi \cdot \cos \omega \}}{-x(\sin \varphi \cdot \cos k + \cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot \sin k) + y(\cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot \cos k - \sin \varphi \cdot \sin k) + f \cos \varphi \cdot \cos \omega} \\ Y &= \frac{h \{-x \cos \omega \cdot \sin k + y \cos \omega \cdot \cos k - f \cos \varphi \cdot \cos \omega \}}{-x(\sin \varphi \cdot \cos k + \cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot \sin k) + y(\cos \varphi \cdot \sin \omega \cdot \cos k - \sin \varphi \cdot \sin k) + f \cos \varphi \cdot \cos \omega} \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (2)}$$

(2) 式の射影変換方程式により (1) 式の正しいことが証明された。

ダブルプロジェクターにおいて比高の測定は浮標を用いて投影距離を求め次式により撮影高度を計算することにより求めている。すなわち

$$H = Z - m_k \quad \text{----- (3)}$$

である。

ダブルプロジェクターにおける投影機構は Fig-1 のとうりになる。図より明らかとうり次のような計算式が求まる

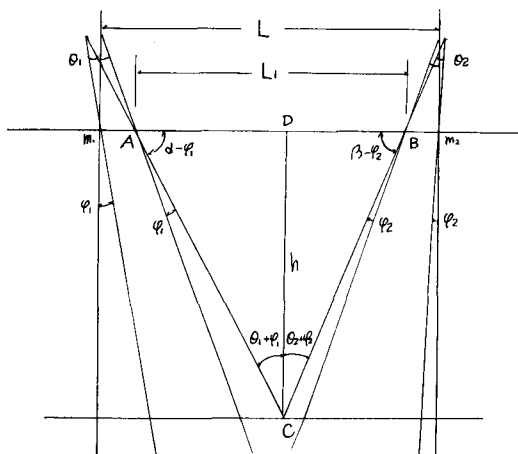


Fig-1

$L_1, \theta_1, \theta_2, \varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta$ は既知であり、ここに $\alpha = (90^\circ - \theta_1), \beta = (90^\circ - \theta_2)$ 、

$L_1 = (L - x_1 - x_2), \theta_i = \tan^{-1} \frac{x_i}{f}$ 、 φ_1, φ_2 は対応する主真側に動くときを正として投影距離を求める次のようになる。

$$\frac{L_1}{\sin \angle ACB} = \frac{BC}{\sin \angle BAC} = \frac{AC}{\sin \angle ABC}, \quad AC = \frac{L_1}{\sin \angle ACB} \times \sin \angle ABC = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2 + \varphi_1 + \varphi_2)}$$

$$BC = \frac{L_1}{\sin \angle ACB} \times \sin \angle BAC = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_1 + \theta_1)}{\sin(\theta_1 + \theta_2 + \varphi_1 + \varphi_2)}$$

$\triangle ADC$ において

$$\frac{AC}{\sin \angle ADC} = \frac{h}{\sin(\alpha - \varphi_1)} = AC, \quad h = AC \times \sin(\alpha - \varphi_1) = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \theta_2) \cdot \cos(\varphi_1 + \theta_1)}{\sin(\theta_1 + \theta_2 + \varphi_1 + \varphi_2)}$$

$$h = \frac{(L - x_1 - x_2) \cdot \cos(\varphi_2 + \theta_2) \cdot \cos(\varphi_1 + \theta_1)}{\sin(\theta_1 + \theta_2 + \varphi_1 + \varphi_2)} = \frac{(L - x_1 - x_2) \cdot \cos(\varphi_2 + \tan^{-1} \frac{x_2}{f}) \cdot \cos(\varphi_1 + \tan^{-1} \frac{x_1}{f})}{\sin(\tan^{-1} \frac{x_1}{f} + \tan^{-1} \frac{x_2}{f} + \varphi_1 + \varphi_2)} \quad \dots (4)$$

ただし (4) 式はダブルプロジェクターにおいて縦視差を完全にしただけの時に成立するのである。

f : 焦点距離 (mm)

x_1 : 写真座標 (mm)

L : 主点間隔 (mm)

写真のダブルプロジェクターでのそうてんの不完全さによる誤差は (4) 式により計算することができる。Table-1 はその計算値である。(習志野市附近の航空写真を使用し、ダブルプロジェクターにおいて、相互標定、絶対標定を行ったときの φ の値を代入して求めた。)

この結果によると、写真面の平面座標の $1,000^{(mm)}$ の動きは投影距離約 $200^{(mm)}$ にあたり、又投影面においては平面座標 $350^{(mm)}$ の動きである。

すなわちこの動きは比高に換算すると $1/7,000$

図化縮尺においては最大約 $35^{(mm)}$ の誤差になる。又一方 φ の動きの誤差も 1 秒につき写真面の平面座標の $1,000^{(mm)}$ に相当する。そこで写真面座標のそうてんのズレ $1/10$ 程度約 $35^{(mm)}$ の比高の違いがでてくるわけであり、参考までに浮標の動きも 2 日盛 $1^{(mm)}$ が投影距離の $1^{(mm)}$ に相当し、これは比高約 $7^{(mm)}$ になる。以上の解析により、写真面の座標の読み取りは計測する前の移写に大きく左右される。

x_1 (mm)	x_2 (mm)	Z (mm)	h (mm)
0.4435	8.2790	23.550	42.8255
1.0520	7.6845	23.620	42.9305
1.6860	7.0525	23.820	42.9032
2.2345	6.5085	23.580	42.8528
3.3783	5.3730	23.580	42.8631
3.6305	5.1065	23.840	43.0289
2.8805	5.8395	23.400	42.9801
2.5945	6.2335	23.620	42.8612
2.0685	6.7005	23.630	42.6644
1.6405	7.0885	23.600	42.8865
3.0685	5.9085	23.050	42.1419
3.0115	5.7125	22.840	43.0557
3.5815	5.1595	22.860	43.0649
2.7700	5.9595	22.780	42.9955
2.8045	5.9180	22.000	42.9612
3.0835	5.6955	22.050	42.9898
3.4565	5.2355	21.380	43.3135
3.9160	4.7575	20.950	43.4828
4.1925	4.4965	19.650	43.4044
4.2915	4.4005	19.600	43.1789
4.4015	4.3068	21.100	43.2943
4.1905	4.5005	21.600	43.3908
3.9700	4.7525	21.900	43.1582
3.9035	4.8200	21.800	43.1452
3.9655	4.7585	22.400	43.1477

Table-1