絶対標定における誤差について(II)*

村岡 一 男**

Errors in Absolute Orientation (II)

by Kazuo Muraoka

2. Stereo-comparator の場合

前報 [2, 4] におけると同様に Stereo-comparator によって写真の測定を行ない、独立な測定要素が第1写真の写真座標 (x_{1n}, y_{1n}) と視差 $x_{2n} - x_{1n} = q_n$, $y_{2n} - y_{1n} = p_n$ の場合を想定する。この場合独立な誤差要素 $\delta x_{1n}, \delta y_{1n}, \delta q_n, \delta p_n$ の関数として諸誤差を整理する。Table III についてこれを行えば、 $\delta p_n, \delta q_n$ については同表において、それぞれ $\delta y_{2n}, \delta x_{2n}$ を $\delta p_n, \delta q_n$ と読み換えたものに全く同じになるが、 $\delta y_{1n}, \delta x_{1n}$ については Table VI に示されるようになる。従って b に前項と同じ数値を与えた場合、Table IV に相当する

表のうち $\delta y_{1n}, \delta x_{1n}$ に関する部分は Table VII となる。測定値が絶対値一様な誤差を持つとして誤差伝播の法則を用いて Table V の第2列に相当する値を Table VIII の第2列の如くにする。さらに

$$\delta p = \delta y = \delta q = \delta x = \epsilon' \mu$$

とすれば、同表の第3列の如き値となる。基線長 800 m, $\epsilon' = 10 \mu$ とすれば同表右端列をうる。

IV. 与点誤差について

1. 与点誤差の影響

与点となる測地座標に誤差があるときには、それが

Table VI 座標誤差 Displacement of co-ordinates***

(a) δX

$\downarrow \rightarrow$	δy_{11}	δy_{12}	δy_{13}	δx_{11}	δx_{12}	δx_{13}	
1	0	$-\frac{1}{11b}$	$-\frac{2}{11b}$	$+\frac{20}{33b}$	$-\frac{7}{33b}$	$-\frac{1}{33b}$	6
2	$+\frac{1}{11b}$	0	$-\frac{1}{11b}$	$-\frac{7}{33b}$	$+\frac{26}{33b}$	$-\frac{7}{33b}$	5
3	$+\frac{2}{11b}$	$+\frac{1}{11b}$	0	$-\frac{1}{33b}$	$-\frac{7}{33b}$	$+\frac{20}{33b}$	4
4	$-\frac{2}{11b}$	$-\frac{1}{11b}$	0	$-\frac{10}{33b}$	$-\frac{4}{33b}$	$+\frac{2}{33b}$	3
5	$-\frac{2}{11b}$	0	$+\frac{1}{11b}$	$-\frac{4}{33b}$	$-\frac{4}{33b}$	$-\frac{4}{33b}$	2
6	0	$+\frac{1}{11b}$	$+\frac{2}{11b}$	$+\frac{2}{33b}$	$-\frac{4}{33b}$	$-\frac{10}{33b}$	1
	δy_{16}	δy_{15}	δy_{14}	δx_{16}	δx_{15}	δx_{14}	$\leftarrow \uparrow$

(b) δY

$\downarrow \rightarrow$	δy_{11}	δy_{12}	δy_{13}	δx_{11}	δx_{12}	δx_{13}	
1	$-\frac{20}{33b}$	$+\frac{7}{33b}$	$+\frac{1}{33b}$	0	$-\frac{1}{11b}$	$-\frac{2}{11b}$	6
2	$+\frac{7}{33b}$	$-\frac{26}{33b}$	$+\frac{7}{33b}$	$+\frac{1}{11b}$	0	$-\frac{1}{11b}$	5
3	$+\frac{1}{33b}$	$+\frac{7}{33b}$	$-\frac{20}{33b}$	$+\frac{2}{11b}$	$+\frac{1}{11b}$	0	4
4	$+\frac{10}{33b}$	$+\frac{4}{33b}$	$-\frac{2}{33b}$	$-\frac{2}{11b}$	$-\frac{1}{11b}$	0	3
5	$+\frac{4}{33b}$	$+\frac{4}{33b}$	$+\frac{4}{33b}$	$-\frac{1}{11b}$	0	$+\frac{1}{11b}$	2
6	$-\frac{2}{33b}$	$+\frac{4}{33b}$	$+\frac{10}{33b}$	0	$+\frac{1}{11b}$	$+\frac{2}{11b}$	1
	δy_{16}	δy_{15}	δy_{14}	δx_{16}	δx_{15}	δx_{14}	$\leftarrow \uparrow$

* The contributions from δp_n and δq_n are the same as those from δy_{2n} and δx_{2n} respectively in Table III.

Table VII 座標誤差 Displacement of co-ordinates

(a) $\delta X \times 10^6$

$\downarrow \rightarrow$	δy_{11}	δy_{12}	δy_{13}	δx_{11}	δx_{12}	δx_{13}	
1	0	-1.1	-2.3	+7.6	-2.7	-0.4	6
2	+1.1	0	-1.1	-2.7	+9.8	-2.7	5
3	+2.3	+1.1	0	-0.4	-2.7	+7.6	4
4	-2.3	-1.1	0	-3.8	-1.5	+0.8	3
5	-1.1	0	+1.1	-1.5	-1.5	-1.5	2
6	0	+1.1	+2.3	+0.8	-1.5	-3.8	1
	δy_{16}	δy_{15}	δy_{14}	δx_{16}	δx_{15}	δx_{14}	$\leftarrow \uparrow$

(b) $\delta Y \times 10^6$

$\downarrow \rightarrow$	δy_{11}	δy_{12}	δy_{13}	δx_{11}	δx_{12}	δx_{13}	
1	-7.6	+2.7	+0.4	0	-1.1	-2.3	6
2	+2.7	-9.8	+2.7	+1.1	0	-1.1	5
3	+0.4	+2.7	+7.6	+2.3	+1.1	0	4
4	+3.8	+1.5	-0.8	-2.3	-1.1	0	3
5	+1.5	+1.5	+1.5	-1.1	0	+1.1	2
6	-0.8	+1.5	+3.8	0	+1.1	+2.3	1
	δy_{16}	δy_{15}	δy_{14}	δx_{16}	δx_{15}	δx_{14}	$\leftarrow \uparrow$

Table VIII 統計的座標誤差 Statistical displacement of co-ordinates

	$\delta p_n = \delta p, \delta y_{1n} = \delta y, \delta q_n = \delta q, \delta x_{1n} = \delta x$	$\delta p = \delta y = \delta q = \delta x = \varepsilon' \mu$	Base = 800m $\varepsilon' = 10 \mu$
$\delta X_{1,3}$	$\pm \sqrt{(4.55)^2(\delta p)^2 + (3.61)^2(\delta y)^2 + (3.23)^2(\delta q)^2 + (9.08)^2(\delta x)^2}$	$\pm 11.3 \times 10^{-6} \varepsilon'$	$\pm 9.0 \text{cm}$
δX_2	$\pm \sqrt{(1.56)^2(\delta p)^2 + (2.20)^2(\delta y)^2 + (2.23)^2(\delta q)^2 + (10.83)^2(\delta x)^2}$	± 11.4	± 9.1
$\delta X_{4,6}$	$\pm \sqrt{(7.02)^2(\delta p)^2 + (3.61)^2(\delta y)^2 + (8.81)^2(\delta q)^2 + (9.08)^2(\delta x)^2}$	± 14.9	± 11.9
δX_5	$\pm \sqrt{(1.56)^2(\delta p)^2 + (2.20)^2(\delta y)^2 + (11.28)^2(\delta q)^2 + (10.83)^2(\delta x)^2}$	± 15.9	± 12.8
$\delta Y_{1,3}$	$\pm \sqrt{(8.76)^2(\delta p)^2 + (9.09)^2(\delta y)^2 + (9.85)^2(\delta q)^2 + (3.61)^2(\delta x)^2}$	± 14.7	± 11.7
δY_2	$\pm \sqrt{(10.47)^2(\delta p)^2 + (10.79)^2(\delta y)^2 + (5.40)^2(\delta q)^2 + (2.20)^2(\delta x)^2}$	± 16.1	± 12.9
$\delta Y_{4,6}$	$\pm \sqrt{(6.93)^2(\delta p)^2 + (9.09)^2(\delta y)^2 + (8.81)^2(\delta q)^2 + (3.61)^2(\delta x)^2}$	± 14.9	± 11.9
δY_5	$\pm \sqrt{(6.65)^2(\delta p)^2 + (10.79)^2(\delta y)^2 + (3.30)^2(\delta q)^2 + (2.20)^2(\delta x)^2}$	± 13.2	± 10.5
$\delta Z_{1,3,4,6}$	$\pm \sqrt{(10.16)^2(\delta p)^2 + (17.04)^2(\delta q)^2}$	± 19.8	± 15.8
$\delta Z_{2,5}$	$\pm 19.11 \delta q $	± 19.1	± 15.3

また絶対標定に影響をおよぼす。測地座標に $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ なる誤差があったとすれば、(9)式において X, Y, Z の代りに $X + \Delta X, Y + \Delta Y, Z + \Delta Z$ と置いて計算をすすめることになる。既述のように、 $(\Delta X)^2, (\Delta Y)^2, (\Delta Z)^2, (\delta x)(\Delta X), (\delta x)(\Delta Y) \dots$ 、およびより高次項を省略することにより、与点誤差による標定要素への帰寄を $X'_0, Y'_0, Z'_0, \delta k', \delta K', \delta \Phi', \delta \Omega'$ 、標定後の座標誤差を $\delta X', \delta Y', \delta Z'$ とすれば標定要素は

$$X_0 + X'_0, Y_0 + Y'_0, Z_0 + Z'_0, 1 + \delta k + \delta k', \delta K + \delta K', \delta \Phi + \delta \Phi', \delta \Omega + \delta \Omega' \quad (19)$$

で表われ、標定後の座標誤差は

$$\delta X + \delta X', \delta Y + \delta Y', \delta Z + \delta Z' \quad (20)$$

であり、基準点からのずれは

$$\delta X + \delta X' - \Delta X, \delta Y + \delta Y' - \Delta Y, \delta Z + \delta Z' - \Delta Z \quad (21)$$

である。

例えば第II節の条件が成立する場合には、 $X_0, Y_0, Z_0, 1 + \delta k, \delta K, \delta \Phi, \delta \Omega$ は (16) 式によって与えられ、与点誤差による要素はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} X'_0 &= +\frac{1}{n} \sum \Delta X, Y'_0 = +\frac{1}{n} \sum \Delta Y, \\ Z'_0 &= +\frac{1}{n} \sum \Delta Z \\ \delta k' &= \frac{\sum (X \Delta X + Y \Delta Y + Z \Delta Z)}{\sum (X^2 + Y^2 + Z^2)}, \\ \delta K' &= -\frac{\sum (X \Delta Y - Y \Delta X)}{\sum (X^2 + Y^2)}, \\ \delta \Phi' &= -\frac{\sum (X \Delta Z - Z \Delta X)}{\sum (Z^2 + X^2)}, \\ \delta \Omega' &= -\frac{\sum (Z \Delta Y - Y \Delta Z)}{\sum (Y^2 + Z^2)} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

となる。標定後の座標は(10)式に(22)を代入してえられる。

2. 6点による場合

前節の例の場合において与点の測地座標が誤差を持ち、Table I 中の測地座標が Table IX のように表わされている場合にこの誤差が標定におよぼす影響を考察してみよう。

Table IX の値および(19)を(10)式に代入して、標定後の座標を

$$X + \delta X + \delta X', Y + \delta Y + \delta Y', Z + \delta Z + \delta Z' \quad (23)$$

とる。ただし、 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ は(17)式で与えられ、 $\delta X', \delta Y', \delta Z'$ は次式で与えられる。

Table IX 測地座標 Geodetic co-ordinates

Name of Point	X	Y	Z
1	$-\frac{1}{2} + \Delta X_1$	$-1 + \Delta Y_1$	$+\Delta Z_1$
2	$-\frac{1}{2} + \Delta X_2$	$+\Delta Y_2$	$+\Delta Z_2$
3	$-\frac{1}{2} + \Delta X_3$	$+1 + \Delta Y_3$	$+\Delta Z_3$
4	$+\frac{1}{2} + \Delta X_4$	$-1 + \Delta Y_4$	$+\Delta Z_4$
5	$+\frac{1}{2} + \Delta X_5$	$+\Delta Y_5$	$+\Delta Z_5$
6	$+\frac{1}{2} + \Delta X_6$	$+1 + \Delta Y_6$	$+\Delta Z_6$

$$\left. \begin{aligned} \delta X_1' &= X_0' - \frac{1}{2} \delta k' - \delta K', & \delta Y_1' &= Y_0' - \delta k' + \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_1' &= Z_0' + \frac{1}{2} \delta \Phi' - \delta \Omega' \\ \delta X_2' &= X_0' - \frac{1}{2} \delta k', & \delta Y_2' &= Y_0' + \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_2' &= Z_0' + \frac{1}{2} \delta \Phi' \\ \delta X_3' &= X_0' - \frac{1}{2} \delta k' + \delta K', & \delta Y_3' &= Y_0' + \delta k' + \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_3' &= Z_0' + \frac{1}{2} \delta \Phi' + \delta \Omega' \\ \delta X_4' &= X_0' + \frac{1}{2} \delta k' - \delta K', & \delta Y_4' &= Y_0' - \delta k' - \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_4' &= Z_0' - \frac{1}{2} \delta \Phi' - \delta \Omega' \\ \delta X_5' &= X_0' + \frac{1}{2} \delta k', & \delta Y_5' &= Y_0' - \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_5' &= Z_0' - \frac{1}{2} \delta \Phi' \\ \delta X_6' &= X_0' + \frac{1}{2} \delta k' + \delta K', & \delta Y_6' &= Y_0' + \delta k' - \frac{1}{2} \delta K', & \delta Z_6' &= Z_0' - \frac{1}{2} \delta \Phi' + \delta \Omega' \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

6点を全部用いて標定した場合には(22)式は

$$\left. \begin{aligned} X_0' &= \frac{1}{6} (\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3 + \Delta X_4 + \Delta X_5 + \Delta X_6) \\ Y_0' &= \frac{1}{6} (\Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \Delta Y_3 + \Delta Y_4 + \Delta Y_5 + \Delta Y_6) \\ Z_0' &= \frac{1}{6} (\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3 + \Delta Z_4 + \Delta Z_5 + \Delta Z_6) \\ \delta k' &= -\frac{1}{11} (\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3 - \Delta X_4 - \Delta X_5 - \Delta X_6 + 2\Delta Y_1 - 2\Delta Y_3 + 2\Delta Y_4 - 2\Delta Y_6) \\ \delta K' &= -\frac{1}{11} (2\Delta X_1 - 2\Delta X_3 + 2\Delta X_4 - 2\Delta X_6 - \Delta Y_1 - \Delta Y_2 - \Delta Y_3 + \Delta Y_4 + \Delta Y_5 + \Delta Y_6) \\ \delta \Phi' &= -\frac{1}{3} (-\Delta Z_1 - \Delta Z_2 - \Delta Z_3 + \Delta Z_4 + \Delta Z_5 + \Delta Z_6) \\ \delta \Omega' &= -\frac{1}{4} (\Delta Z_1 - \Delta Z_3 + \Delta Z_4 - \Delta Z_6) \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

となり、これを(24)式に代入することによって $\delta X', \delta Y', \delta Z'$ をえる。(Table X)

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ がすべて互いに独立であるとして、誤差伝播の法則を用いると、

$$|\Delta X| = |\Delta Y| = \nu, \quad |\Delta Z| = \rho \quad (26)$$

なる場合には、Table X より

$$\left. \begin{aligned} \delta X'_{1,3,4,6}, \quad \delta Y'_{1,3,4,6} &= \pm 0.54\nu, \\ \delta Z'_{1,3,4,6} &= \pm 0.72\rho \\ \delta X'_{2,5}, \quad \delta Y'_{2,5} &= \pm 0.46\nu, \\ \delta Z'_{2,5} &= \pm 0.57\rho \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

をうる。

基準点の閉塞への帰寄は(21)を用いて

$$\left. \begin{aligned} \delta X'_{1,3,4,6} - \Delta X_{1,3,4,6} \\ \delta Y'_{1,3,4,6} - \Delta Y_{1,3,4,6} \\ \delta Z'_{1,3,4,6} - \Delta Z_{1,3,4,6} &= \pm 0.78\nu, \\ \delta X'_{2,5} - \Delta X_{2,5} \\ \delta Y'_{2,5} - \Delta Y_{2,5} \\ \delta Z'_{2,5} - \Delta Z_{2,5} &= \pm 0.89\nu, \\ \delta Z'_{2,5} - \Delta Z_{2,5} &= \pm 0.82\rho \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

である。

(27)式と(28)式を比較すると、測地座標の真値から

Table X (I) $\delta X'$

	ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3	ΔX_4	ΔX_5	ΔX_6	ΔY_1	ΔY_2	ΔY_3	ΔY_4	ΔY_5	ΔY_6	$\Delta Z_1 \sim \Delta Z_6$
1	$+\frac{13}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{19}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$-\frac{2}{33}$	0	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{2}{11}$	$+\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	0
2	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{1}{11}$	0	$-\frac{1}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	$-\frac{1}{11}$	0
3	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{13}{33}$	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{10}{33}$	$+\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	0	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{2}{11}$	0
4	$+\frac{10}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{13}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{1}{33}$	$-\frac{2}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	0	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{2}{11}$	0
5	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$-\frac{1}{11}$	0	$+\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	$+\frac{1}{11}$	0
6	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{19}{33}$	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{13}{33}$	0	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{2}{11}$	$-\frac{2}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	0

(II) $\delta Y'$

	ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3	ΔX_4	ΔX_5	ΔX_6	ΔY_1	ΔY_2	ΔY_3	ΔY_4	ΔY_5	ΔY_6	$\Delta Z_1 \sim \Delta Z_6$
1	0	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{2}{11}$	$-\frac{2}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	$+\frac{13}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{10}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$-\frac{2}{33}$	0
2	$-\frac{1}{11}$	0	$+\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	0
3	$-\frac{2}{11}$	$-\frac{1}{11}$	0	0	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{13}{33}$	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{10}{33}$	0
4	$+\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	0	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{2}{11}$	$+\frac{10}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{13}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{1}{33}$	0
5	$+\frac{1}{11}$	0	$-\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	$-\frac{1}{11}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{7}{33}$	0
6	0	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{11}$	$+\frac{2}{11}$	$+\frac{1}{11}$	0	$-\frac{2}{33}$	$+\frac{4}{33}$	$+\frac{10}{33}$	$+\frac{1}{33}$	$+\frac{7}{33}$	$+\frac{13}{33}$	0

(III) $\delta Z'$

	$\Delta X_1 \sim \Delta X_6$	$\Delta Y_1 \sim \Delta Y_6$	ΔZ_1	ΔZ_2	ΔZ_3	ΔZ_4	ΔZ_5	ΔZ_6
1	0	0	$+\frac{7}{12}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{12}$	$+\frac{1}{4}$	0	$-\frac{1}{4}$
2	0	0	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	0	0	0
3	0	0	$+\frac{1}{12}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{7}{12}$	$-\frac{1}{4}$	0	$+\frac{1}{4}$
4	0	0	$+\frac{1}{4}$	0	$-\frac{1}{4}$	$+\frac{7}{12}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{12}$
5	0	0	0	0	0	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$
6	0	0	$-\frac{1}{4}$	0	$+\frac{1}{4}$	$+\frac{1}{12}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{7}{12}$

Table XI 基準点の誤差の影響 (30) 式を考慮した場合の座標誤差 Displacement of co-ordinates taking the effect of the error of control points into consideration by Eq. (30)

	(a) Mono-ocular comparator	(b) Stereo comparator
$\delta X_{1,3}$	$\pm 11.2\text{cm}$	$\pm 10.5\text{cm}$
δX_2	± 10.5	± 10.2
$\delta X_{4,6}$	± 11.2	± 13.1
δX_5	± 10.5	± 13.6
$\delta Y_{1,3}$	± 14.8	± 12.9
δY_2	± 12.0	± 13.7
$\delta Y_{4,6}$	± 14.8	± 13.1
δY_5	± 12.0	± 11.5
$\delta Z_{1,3,4,6}$	± 26.3	± 21.4
$\delta Z_{2,5}$	± 24.4	± 19.0

Table XII 基準点の誤差の影響 (31) 式を考慮した場合の基準点の閉塞 Closure of control points taking the effect of the error of control points into consideration by Eq. (31)

	(a) Mono-ocular comparator	(b) Stereo-comparator
$\delta X_{1,3} - \Delta X_{1,3}$	$\pm 12.5\text{cm}$	$\pm 11.9\text{cm}$
$\delta X_2 - \Delta X_2$	± 12.9	± 12.7
$\delta X_{4,6} - \Delta X_{4,6}$	± 12.5	± 14.2
$\delta X_5 - \Delta X_5$	± 12.9	± 15.6
$\delta Y_{1,3} - \Delta Y_{1,3}$	± 15.9	± 14.1
$\delta Y_2 - \Delta Y_2$	± 14.2	± 15.7
$\delta Y_{4,6} - \Delta Y_{4,6}$	± 15.9	± 14.2
$\delta Y_5 - \Delta Y_5$	± 14.2	± 13.8
$\delta Z_{1,3,4,6} - \Delta Z_{1,3,4,6}$	± 24.4	± 20.5
$\delta Z_{2,5} - \Delta Z_{2,5}$	± 27.1	± 22.4

の偏位より、基準点への閉塞誤差の方が外見上大きく現われることが分る。換言すれば、基準点の閉塞差が大きい場合には、必ずしも対応する点のモデル座標算出のための写真測定の誤差が大きいためのみでなく、基準点の測地座標そのものの誤差が大きい場合が含まれることに注意しなければならない。いま

$$\nu=10\text{ cm}, \rho=20\text{ cm} \quad (29)$$

とすると

$$\left. \begin{aligned} \delta X'_{1,3,4,6}, \delta Y'_{1,3,4,6} &= \pm 5.4\text{ cm}, \\ \delta Z'_{1,3,4,6} &= \pm 14.4\text{ cm} \\ \delta X'_{2,5}, \delta Y'_{2,5} &= \pm 4.6\text{ cm} \\ \delta Z'_{2,5} &= \pm 11.4\text{ cm} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

および

$$\left. \begin{aligned} \delta X'_{1,3,4,6} - \Delta X_{1,3,4,6} &= \pm 7.8\text{ cm}, \\ \delta Y'_{1,3,4,6} - \Delta Y_{1,3,4,6} &= \pm 13.0\text{ cm} \\ \delta X'_{2,5} - \Delta X_{2,5} &= \pm 8.9\text{ cm}, \\ \delta Y'_{2,5} - \Delta Y_{2,5} &= \pm 16.4\text{ cm} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

となる。

座標誤差は(21)によって表わされるので、今までにえられた座標誤差を与える諸表 (Tables III あるいは VI および X) を考慮しつつ議論をすすめていかなければならない。今与点の誤差による影響が(30)式で与えられている場合、相互標定の誤差による影響が Table V あるいは VIII の最右端によって与えられているものとする、これらを統計的に相加えることによって Table XI の如き値をうる。また(22)によって基準点の閉塞は Table XII となる。

Table XIII 与点誤差の影射 Δ The effect of the error of control points

($\varepsilon, \varepsilon' = 10\text{ }\mu$, Base = 800 m, $a = 0.1$)

	Δ	
	(a) Mono-ocular comparator	(b) Stereo-comparator
$\delta X_{1,3}$ に対して	4.4cm	4.0cm
δX_2 "	4.2	4.1
$\delta X_{4,6}$ "	4.4	5.4
δX_5 "	4.2	5.8
$\delta Y_{1,3}$ "	6.2	5.3
δY_2 "	5.0	5.8
$\delta Y_{4,6}$ "	6.2	5.4
δY_5 "	5.0	4.7
$\delta Z_{1,3,4,6}$ "	11.5	6.9
$\delta Z_{2,5}$ "	10.8	6.8

結び 本報告では、写真座標あるいは視差の測定値の誤差が写真の標定におよぼす影響を、極めて簡単なモデルを絶対標定した場合の基準点の閉塞の状況によ

3. 与点誤差の制限

前項では測地座標の誤差の絶対標定におよぼす影響について述べたが、逆に最終所要精度を基にして写真の測定精度およびこれを有効に用いるために与点として用いるべき測地座標の誤差に制限を与える目安を立てることができる。

写真の標定誤差による座標の成分の誤差を $\pm\delta$ 、与点の誤差による同じ成分の座標誤差を $\pm\Delta$ とすると、これらによる全体の誤差は

$$\pm\sqrt{\delta^2 + \Delta^2} \quad (31)$$

である。 Δ による影響の因子を a とし

$$\sqrt{\delta^2 + \Delta^2} = (1+a)\delta \quad (32)$$

とおいたとき、 a による影響ができるだけ少いことが望ましい。(32)より

$$\Delta = \delta\sqrt{2a+a^2} \quad (33)$$

をうる。ここで a^2 の項を省略すれば

$$\Delta \div \sqrt{2a}\delta \quad (34)$$

となる。 δ を定めることにより例えば Table V あるいは VIII によって写真測定に要求される誤差の範囲 ε あるいは ε' を定めることができる。一方、(33)あるいは(34)式によって Δ が定まり、例えば(27)式によって ν および ρ を定めることができる。これによって用いるべき基準点の種類が決定される。

$$a = 0.1 \text{ とすると } \Delta = 0.45\delta \quad (35)$$

となり、基線長 800 m の場合に $\varepsilon = 10\text{ }\mu$, $\varepsilon' = 10\text{ }\mu$ とすると(35)を Table V あるいは VIII に適用して Δ の大きさが Table XIII の如くに求められる。従って(27)式を考慮することにより与点の誤差 ν および ρ の大きさが Table XIV の如くに制限される。

Table XIV 与点誤差の制限 Limitation of the error of control points

($\varepsilon, \varepsilon' = 10\text{ }\mu$, Base = 800 m, $a = 0.1$)

	ν あるいは ρ	
	(a) Mono-ocular comparator	(b) Stereo-comparator
$\Delta X_{1,3}$ に対して	8.2cm	7.4cm
ΔX_2 "	9.6	8.9
$\Delta X_{4,6}$ "	8.2	10.0
ΔX_5 "	9.6	12.6
$\Delta Y_{1,3}$ "	11.5	9.8
ΔY_2 "	10.8	12.6
$\Delta Y_{4,6}$ "	11.5	10.0
ΔY_5 "	10.8	10.2
$\Delta Z_{1,3,4,6}$ "	12.8	9.6
$\Delta Z_{2,5}$ "	17.0	11.9

って論じた。

同じ方法を応用して、与点となる測地座標の誤差が標定におよぼす影響を計算した。また、逆に標定誤差

Table XV 与点誤差を考慮しない場合座標比較器法とステレオコンパレーター法による測定の際の諸誤差の比較 Comparison of errors expected in two methods (mono-ocular co-ordinate comparator method and stereo-comparator method) reduced from Tables V and VIII, where the error of geodetic co-ordinates of control points is disregarded. The table shows the ratio of the former versas the latter.

$\delta X_{1,3}$	$1.08 \times \epsilon / \epsilon'$	$\delta Y_{1,3}$	$1.18 \times \epsilon / \epsilon'$	$\delta Z_{1,3,4,6}$	$1.30 \times \epsilon / \epsilon'$
δX_2	1.02	δY_2	0.86	$\delta Z_{2,5}$	1.41
$\delta X_{4,6}$	0.82	$\delta Y_{4,6}$	1.16		
δX_5	0.74	δY_5	1.05		

を推定することによって、与点の誤差に限界を与えること、いいかえれば与点として用いる測地基準点の種類を選定する基準を与えることができることを例によって述べた。第Ⅲ節において、その第1項の観測方法 (mono-ocular co-ordinate comparator) と第2項の場合 (stereo-comparator) とを比較するために、Table V と VIII において、一様な観測誤差のある場合に座標誤差の大きさの比をとると Table XV の如くなる。同表より見られることは、両者において $\epsilon = \epsilon'$ と仮定すれば、 δX および δY については、両者の特失は相半ばするが、 δZ については、後者の方法による場合の方が極めて小さくなることである。以上のことは与点誤差による影響を考慮しない場合であるが、これを考慮した場合についても、(34)式の制限に基づいて与点誤差が与えられている場合には、両者の比は Table XV と同じになることは当然であり、(29)式で与点誤差が与えられている場合には、Table XI の最右列に与えられている如き値となる。

本報告ではふれなかったのであるが、測地座標を求めようとする点 (新点、あるいは空中図根点) の誤差を、写真座標あるいは視差の測定値および与点誤差の関数として求めることは、(10)式に新点の x, y, z を代入すればよく、これについては何ら特別な問題はないことを付記する。

参 考 文 献

- [1] 村岡一男：解析写真測量における相互標定について (Ⅱ) 誤差 (1), 写真測量, 第3号 (1962), pp. 54—62。
- [2] 村岡一男：解析写真量における相互標定について (Ⅲ) 誤差 (2), 写真測量, 第4号 (1962) pp. 31—40。
- [3] 村岡一男：接続標定における誤差について (Ⅰ) 写真測量, 第4号 (1963), pp. 7—17。
- [4] 村岡一男：接続標定における誤差について (Ⅱ) 写真測量, 第1号 (1964), pp. 11—20。