

# 写真測量と地上測量とを結合した誤差調整手法の開発(その2)

A Development of Error Adjustment Methods in Combined Photogrammetry and Land Surveying

近津博文\*・村井俊治\*\*

Hirofumi CHIKATSU and Shunji MURAI

## 1. はじめに

筆者らは前報<sup>1)</sup>において三辺測量による辺条件式と写真測量の共線条件式とを同時に調整する方法を開発した。しかし、その調整方法を行うためには平面座標と標高の既知な3つの基準点および各測点間の距離の測定値が必要である。そのため、実用的には距離測定の必要な測線の数が少なくても済む方式の開発が望ましい。

ところで、写真上に基準点が少なくとも3点あれば従来の方法によっても単写真から外部標定要素をかなり正確に知ることができるから、これを外部標定要素の第一近似値として前報の同時調整法を採用すれば、距離測定を実施すべき測線の数がより少なくても外部標定要素と測点の3次元座標を同時に求めることができると思われる。

そこで、本報告では3点の基準点を用いて単写真から算出される外部標定要素の値を第一近似値とする同時調整法を単写真標定付き同時調整法と称し、この方法により求められる測点の3次元座標の精度と距離測定を実施すべき測線の数との関連性を検討する。

## 2. 単写真標定付き同時調整法による結果

前報の同時調整法では、まず測点のX, Y座標を2次元の測量網に対する三辺測量の調整により求めた後、これらの測点と基準点の平面座標を用いて測定対象面を平面とした2次の射影変換式により算出される値を外部標定要素の第一近似値とした。

ところで、写真上に基準点が少なくとも3点あれば従来の単写真標定によっても外部標定要素を知ることができるから、本報告ではこれを外部標定要素の第一近似値とするように前報の同時調整法を改良した。なお、本報告で対象とする三辺網は前報と同じものとする(図-1)。また同様に、表-1は基準点の地上座標、表-2は各測線の測定値を示したものである。

\* 協力研究員 東京電機大学理工学部  
 \*\* 東京大学生産技術研究所 第5部

さて、基準点数を3および地上座標が未知である測点数を2とした場合、すなわち図-1における5点の基準点の内、点A, B, Cを基準点および点D, Eを測点とすると、 $\omega, \varphi, \kappa, X_0, Y_0, Z_0$ の外部標定要素と $X_D, Y_D, Z_D, X_E, Y_E, Z_E$ の各座標の合計12個の未知数に対して、

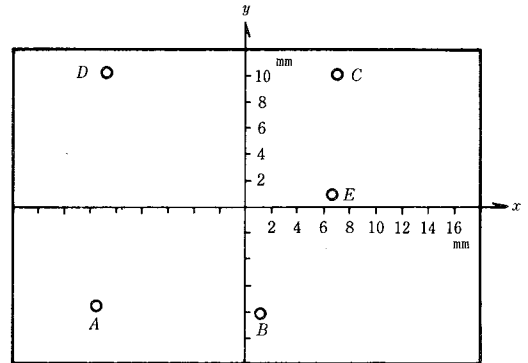


図-1 基準点の配置

表-1 基準点の地上座標

基準点	X (m)	Y (m)	Z (m)
A	-0.100	0.000	0.020
B	0.040	0.000	0.000
C	0.100	0.200	0.020
D	-0.100	0.200	0.030
E	0.100	0.100	0.040

表-2 測線の長さ

No. 測線	測定値 (m)
1 AD	0.200
2 AE	0.225
3 BD	0.246
4 BE	0.123
5 ED	0.224
6 EC	0.102
7 CD	0.200

基準点および測点より 10 個の共線条件式が得られるから、結局測点  $D$  および  $E$  の 3 次元座標を求めるためには少なくとも測点数と同じ 2 個の辺条件が必要となる。ところで、この場合 5 個の点 ( $A, B, \dots, E$ ) を結んでできるすべての測線 ( ${}_5C_2$ ) から基準点とおしを結ぶ 3 本の測線を除いた測線のうち、どの測線に対して距離測定を実施すべきかが一つの問題となるが、本報告では実際に野外等で測量を行う場合を前提に、合理的な三辺網ができる辺の組み合わせを採用する。しかし、実際には同じ測線数であっても合理的と思われる三辺網が幾つか存在することになる。

そこで、本報告では各測線数ごとに得られる幾つかの三辺網について、前報の同時調整法と単写真標定付き同時調整法との 2 通りの方法により調整を行った。その結果を以下の図-2 ~ 5 に示す。なお、測線数が 2 の場合は連立方程式で解いた結果であり、7 の場合はすべての測線を用いて得られる一組の三辺網に対する結果である。また、これら一連の計算において共線条件および辺の条件式に対する重みはそれぞれ 100 および 1 とした。

図-2 は同時調整法と単写真標定付き同時調整法の 2 通りの方法に対する測線数ごとの 3 次元座標の最大残差を示したものである。

図-3 は同様な 2 通りの方法に対する測線数ごとの 3 次元座標の平均残差を示したものである。

図-4 は 2 通りの方法に対する測線数ごとの距離の平均残差を示したものである。

図-5 は 2 通りの方法に対する測線数ごとの収束解を得るまでの逐次近似計算の平均回数を示したものである。

以上の結果から次のことがわかる。

- 1) 測線数が 2 から 6 の各場合における単写真標定付き同時調整法による 3 次元座標の精度は同時調整法による結果よりも良く、さらにその精度は測線数が 3 以上の場合にはその数の大小に左右されない。
- 2) 距離の精度はいずれの方法においても 3 次元座標の精度よりもはるかに良く、また本報告で述べた調整法のほうがすべての測線数の場合において前報の方法による結果よりも良い。

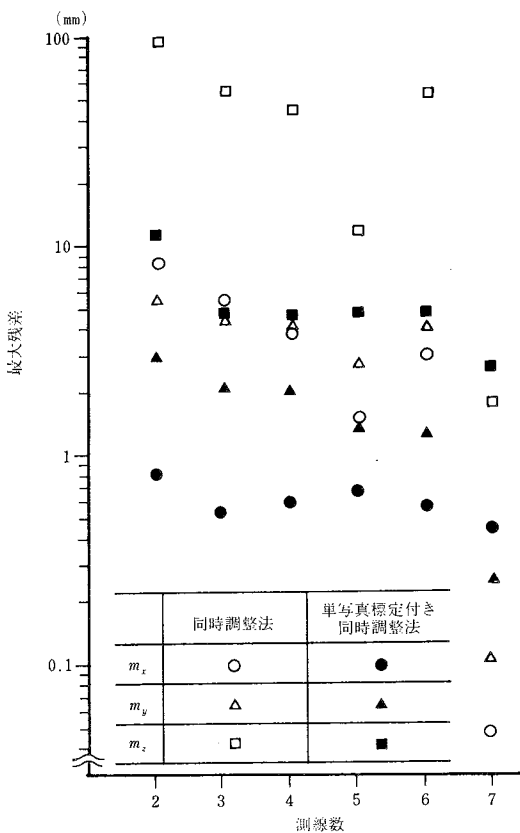


図-2 3次元座標の最大残差

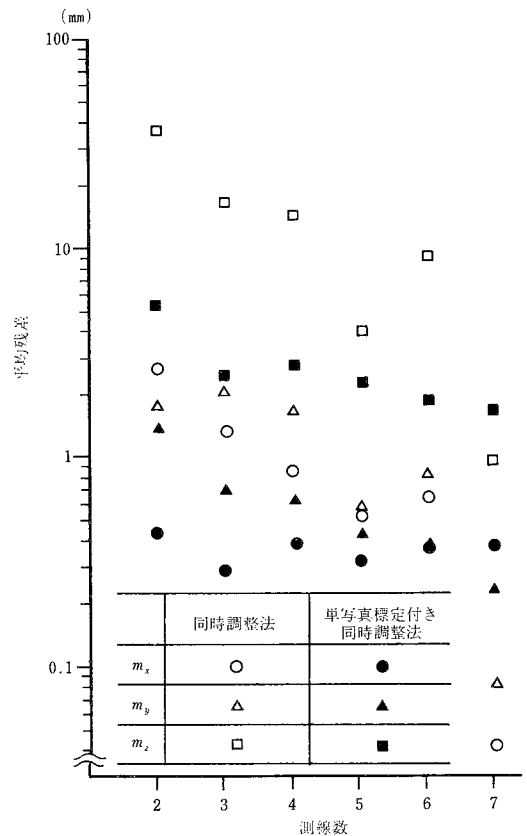


図-3 3次元座標の平均残差

研 究 速 報

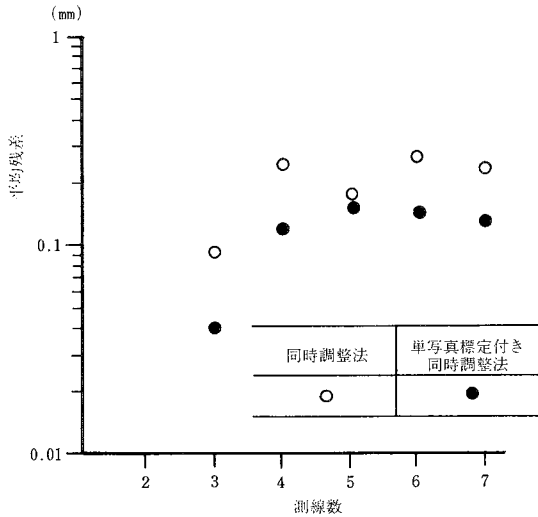


図-4 距離の平均残差

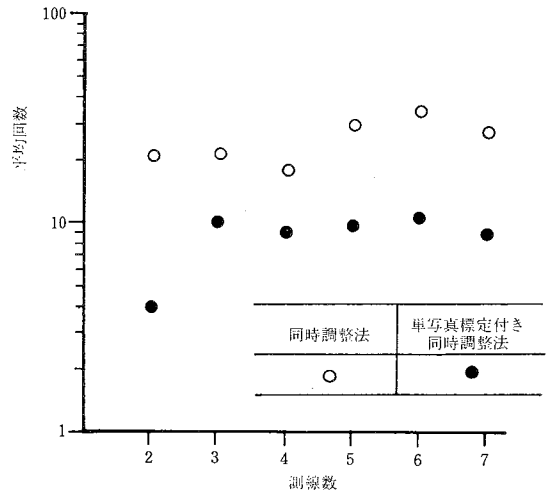


図-5 逐次近似計算の平均回数

- 3) 本報告で述べた調整方法によれば収束解を得るまでの逐次近似計算の回数をすべての測線数の場合において前報の方法による場合の半分以下にすることができる。
- 4) 距離の精度および逐次近似計算の回数等を考慮して総合的に判断すれば、単写真標定付き同時調整法はより有効な調整法であると思われる。

3. 考察および今後の課題

本報告で示した調整方法によれば距離測定の必要な測線の数が少なくとも外部標定要素と測点の3次元座標とを前報の調整方法より精度良く求めることができ、また逐次近似計算の回数を大幅に減らすことができることが確かめられた。

ところで、前報および本報告ともに基準点には誤差はないものとして理論を進めてきた。しかし、基準点の座標も測量により定められた値であることを考慮すると、

厳密には基準点にも誤差が含まれていると考えるのが妥当であると思われる。一方、基準点にも一等三角点のように厳密な測量により座標が定められているものから、四等三角点のようなものまで精度的に種々の等級のものが存在するため、種々の等級の基準点に対して等級に応じた重みを導入する必要があると考える。

そこで、次報において単写真標定付き同時調整法を以下に述べるように改善する必要がある。

- 1) 基準点にも誤差があるとした場合の単写真標定付き同時調整法を誘導する。
- 2) 基準点に対する重み付けの方法を開発する。

(1986年7月25日受理)

参 考 文 献

1) 近津博文, 村井俊治: 写真測量と地上測量とを結合した誤差調整手法の開発(その1), 生産研究, Vol.38, No. 9, 1986, pp.16~18