

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9)

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

本研究で開発した同時調整法は基準点の設置に伴う作業を簡略化できる利点のあることが確かめられた¹⁾²⁾。

したがって、これらの同時調整法を有効に利用するために基準点の配置に対する類型化を行った。その結果、本研究で開発した同時調整法は放射型、結合型、GPS型、標尺型の4つに分類され(図-1)、基準点測量に対する種々の環境条件に柔軟に対処しうると思われる。

本報告では、これらの類型化のうち、特にIVの標尺型

について述べることにする。

2. 長さを制約条件にした同時調整法

長さの既知なものを写真と一緒に写し込むことにより、本研究の目的の一つである少ない作業量による簡単な写真測量が可能になるものと思われる。このため距離測定の道具としては、手軽に簡単に利用できる標尺あるいはテープ等が考えられる。

ところで、まず標尺上の一方の端を基準点A、また他端をBとし、点A、Bを結ぶ線分をX軸、点Aにおいて線分ABと直交する方向をY軸とする。次に、基準点Aの座標を任意に(0, 0, 0)とすると、標尺がほぼ水平に置かれているならばB点の座標は(ℓ, 0, 0̃)となる(図-2)。

一方、2本の標尺がほぼ同一平面上にあるならば、もう1本の標尺上の点C、Dに対する3次元座標の近似値のうち、まずZ座標はほぼ0となる。また、平面座標は写真上の位置関係から算出するものとする。

これらを考慮すると、次のようなモデルが考えられ、この形は写真に2本の標尺が写し込まれている(図-1(d))形である。

この形の利点としては

- 1) 使用する機器がきわめて簡単なもので済む。
- 2) 標尺の長さから距離の値を知ることができるため、距離に関する測量を必要としない。そのため、基準点の設置に伴う作業が簡略化できる。

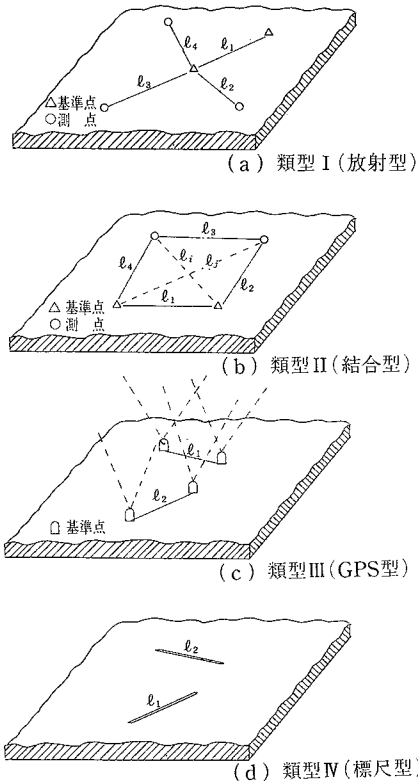


図-1 同時調整法の類型化

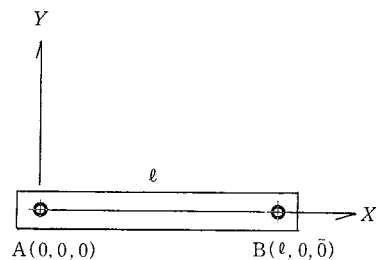


図-2 基準点の簡略化

*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

等である。
また、この類型は標尺の設置状態に応じて、以下に区分される。

- 1) 同一平面に 2 本の標尺がほぼ水平に置かれた場合 (図-3 (a))。
- 2) 2 本の標尺はほぼ水平に置かれているが、各標尺が同一平面内に存在しない場合 (図 3-(b))。
- 3) 1 本の標尺だけがほぼ水平に置かれている場合 (図-3 (c))。
- 4) 各標尺がそれぞれ水平に設置されない場合 (図 3-(d))。

なお、距離と高低差を考慮した同時調整法と同様に、写真座標、基準点および長さ等に対する各補正量をそれぞれ $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i; \Delta \ell_{ij}; \Delta H_i$ とすると、各補正量は最小二乗法の原理に従って次の重み付き関数 G_0 を最少とする値として求められる。

$$G_0 = \{ [p_0(\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2)] + [p_1(\Delta \ell_{ij}^2)] + [p_2(\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2 + \Delta Z_i^2)] + [p_3(\Delta H_i^2)] \} \quad (1)$$

ただし、[] : ガウスの総和記号、 p_0 : 写真座標に関する重み、 p_1 : 長さに関する重み、 p_2 : 基準点の座標に関する重み、 p_3 : 標尺間の高低差に対する重み

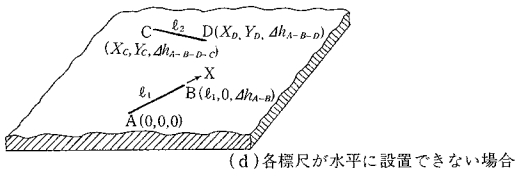
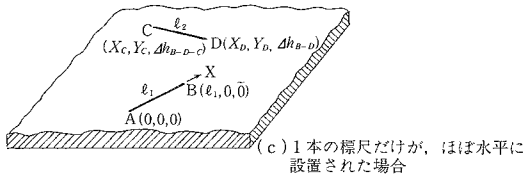
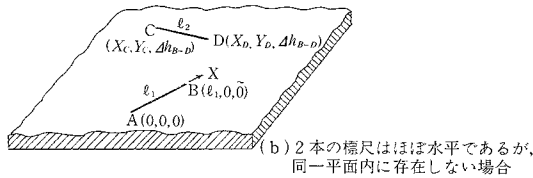
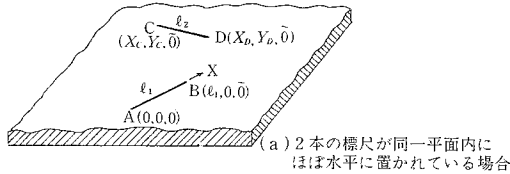


図-3 類型IVにおける標尺の設置パターン

3. テストモデル

本報告で使用する写真は約 1 m の高さからニコン F2 より 2 本の鋼尺が写し込まれるように撮影されたものである (写真-1)。

写真上の A, B は平面上に設置された物体であり、共に表面は平らであり、それぞれの高さは 5.1 および 3.5 cm である。なお、A B および D E 間の距離はともに 200 mm である。

ところで、本報告で使用した写真は非測定カメラで撮影されたものであるため、本報告における結果はセルフキャリブレーション付同時調整法により算出されたものである。

4. 結果

本報告では 4 種類のタイプの標尺型について検討すると同時に設置タイプ 2, 4 に対して放射型を採用した場合についても検討を行った。

それらの各内容は以下のとおりである。

1. 対をなす 2 枚の写真に対して、標尺型によりそれぞれの外部標定要素を算出する。次に、共線条件式より写真上の各点に対する 3 次元座標を求めた場合。
2. 左側の写真に対して、各点に対する高さや標尺型より算出された外部標定要素とを与えて各点の平面座標を求めた場合。

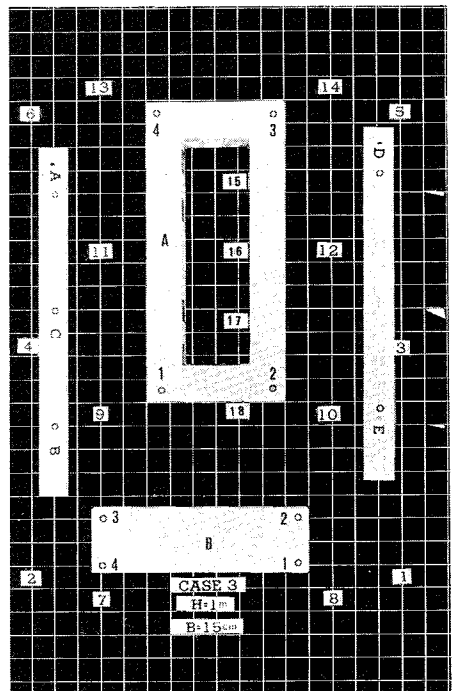


写真-1

研究速報

表-1 放射型による結果

CASE	最大値 (cm)			平均値 (cm)		
	DX	DY	DZ	DX	DY	DZ
2*	0.4	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
2**	0.3	0.4	3.4	0.3	0.3	1.2
4	0.3	0.8	0.0	0.3	0.5	0.0
4**	1.5	1.7	4.5	0.5	0.7	2.0

*: H-GIVEN
 **: H-NOT GIVEN

表-2 標尺型および放射型による結果 (18点)

CASE	TYPE	最大値 (cm)			平均値 (cm)		
		DX	DY	DZ	DX	DY	DZ
1	一对	2.1	0.8	3.9	0.6	0.3	1.4
	单写真	1.4	0.9	—	0.5	0.3	—
2	一对	0.4	0.5	0.4	0.1	0.2	0.2
	单写真	0.4	0.9	—	0.1	0.2	—
	单写真*	0.4	0.8	—	0.1	0.2	—
	单写真**	1.4	4.0	—	0.5	0.8	—
3	一对	0.6	0.5	1.1	0.2	0.1	0.4
	单写真	0.4	0.5	—	0.2	0.1	—
4	一对	1.9	1.1	7.8	0.4	0.2	1.7
	单写真	0.5	1.0	—	0.2	0.5	—
	单写真*	2.0	1.3	—	0.5	0.6	—
	单写真**	4.2	1.9	—	1.2	1.1	—

*: 放射型 (H:GIVEN)
 **: 放射型 (H:NOT GIVEN)

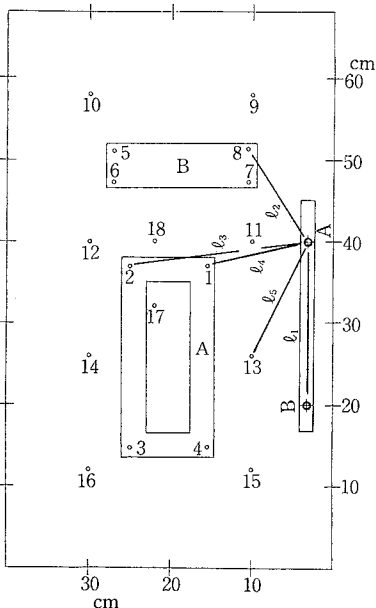


図-4 放射型 (設置タイプ2の場合)

3. 左側の写真に対して、各点に対する高さ放射型より算出された外部標定要素とを与えて各点の平面座標を求めた場合。

4. 上記放射型において、各測点に対する高低差を与えた場合と与えない場合の2とおりについて計算を行った場合。

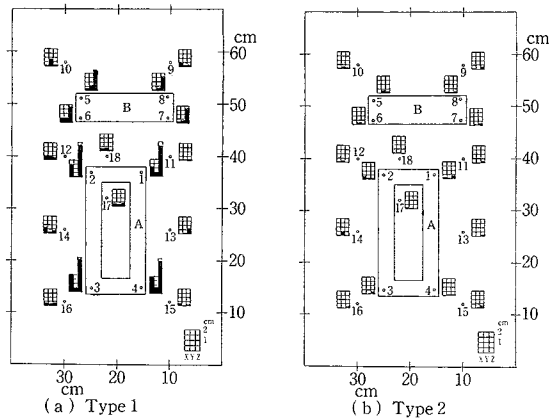
表-1は放射型の結果である。またこの場合の基準点および測点の位置関係を図-4に示す。表-2は基準点中の18点を検証点とした場合の結果である。また、図-5~7は各場合における、各点に対する誤差の大きさを示したものである。

これらの結果、以下のことが理解される。

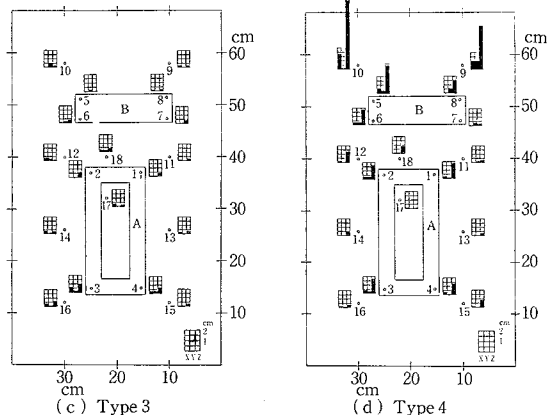
1. 標尺型を採用した1対の写真から3次元座標を求めた場合 (図-5)

設置タイプ1の場合、高さがある点 (A, B上) において、誤差が大きい。これは2本の標尺が同一平面上に水平 (Z=0) に設置されていることに起因するものと思われるが、さらに検討を要する。

また、設置タイプ4の結果は、2本の標尺がともに水



(a) Type 1 (b) Type 2



(c) Type 3 (d) Type 4

図-5 標尺型による誤差の分布 (1対の場合)

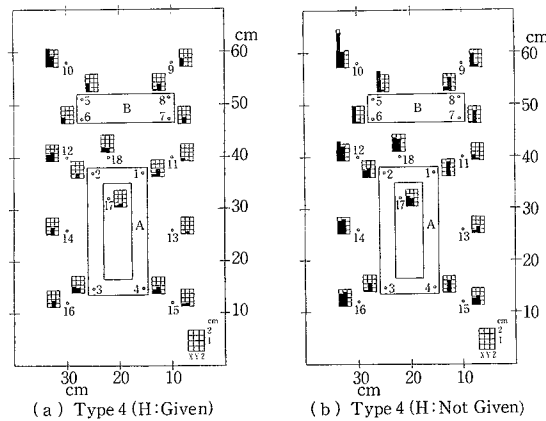
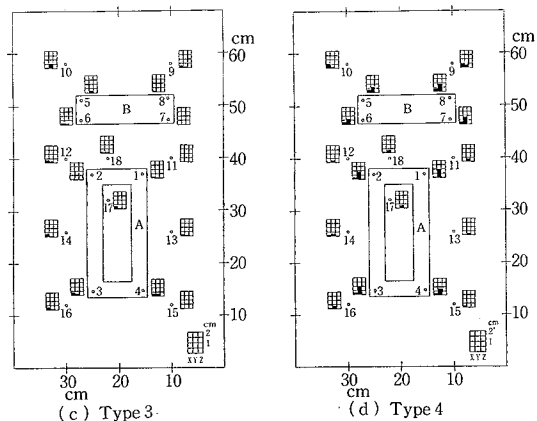
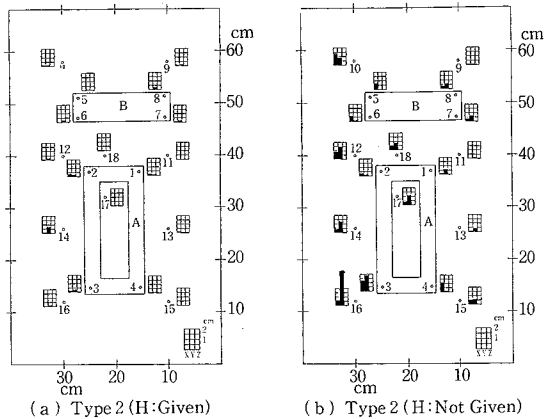
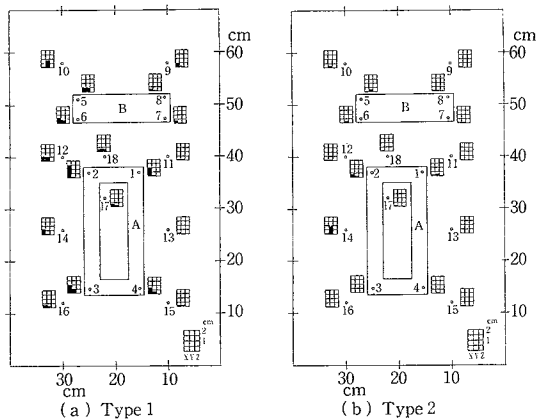


図-6 標尺型による誤差の分布 (単写真の場合)

図-7 放射型による誤差の分布

平に設置されていないことに起因した点D, Eの第一近似値にかなり左右されたためと思われる。

したがって、タイプ2ないし3の設置タイプを採用するのが適当であると思われ、この場合には本報告のように非測定カメラを使用した場合でも、標尺型による同時調整法から得られる結果は十分に満足できるものとなる。

2. 標尺型を採用した単写真から平面座標を求める場合 (図-6)

上記の1対の場合にはかなり大きな誤差を示した場合 (タイプ1, 4)でも、高さとして外部標定要素とを与えることにより算出される平面座標の結果は十分に良い値である。

したがって、単写真として利用する場合には、設置タイプに対してあまり神経質になる必要はないと思われる。

3. 放射型を採用した単写真から平面座標を求める場合 (表-1, 図-7)

放射型による結果のうち、高さを与えない場合にはZ座標の誤差が大きくなるため、高さを与える方法を採用するのが適当であると判断される。

また、図-7より放射型により算出された外部標定要素と高さを与えない場合でも、得られる平面座標は十分に実用的な結果であると思われる。

5. 結 語

標尺型は遺跡・古墳調査および近接写真測量等の大縮尺の写真測量において効果的な方法であると思われる。一方、この標尺型は橋、堤防、道路および建物等の長さがわかるものが写真に写しこまれている場合に対しても利用できるため、標尺型の応用範囲は極めて広く、写真測量における基準点の設置に伴う作業の簡略化において極めて有効な方法であると判断される。

(1988年8月23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4)，生産研究，Vol. 39, No. 3, pp. 35~38, 1987
- 2) 近津博文・春日屋伸昌・村井俊治：地上測量の観測条件を結合した写真測量の誤差調整，写真測量とリモートセンシング，Vol. 26, No. 3, pp. 4-20, 1987