

運動体の実体写真測定について

京都大学工学部 正員 工博 森 忠次
 京都大学工学部 正員 星 仰
 大阪ガス株式会社 正員 工修 〇端 栄三郎

[1] はしがき

運動体の測定法は、種々の光学的、機械的、電気的方法があるが、ここでは光学的測定法の1つである写真測量法について述べる。写真測量は、従来主として静止体を対象とされがちであったが、近年構造物振動の実験、水理実験、飛行物体の研究などの動体測定においても有効性が認められ、多分野に応用されつつある。

そこで運動体測定に特有の問題とされるボケ、解像力について(実験I)述べ、実験IIでは、ステレオ写真測量による吊橋振動、実験IIIでは、等速直線運動の運動方向などについて述べ、これより得られた運動体測定に関する実験上の注意および成果を報告する。

[2] 解像力とボケ(実験I)

写真像の移動(Image Movement)があれば、写真の解像力が低下し位置測定精度も低下するので、Image Movementの詳細な研究が必要である。Image Movementと解像力の関係は、撮影条件、現像法、観察法などによって変化するので、明確な表現法は、現在みあたらない。なぜなら、Image Movementその他の原因による像のボケ自身ボケ定量化が非常に困難であるからだ。ここでは、カメラに対して相対的に静止した対象物体についての解像可能距離を画面上で $1/R$ とする。物体が動いても解像力が低下しないと思われる時の写真上の移動距離を d とすると、 d と $1/R$ の関係は、次式で与えられる¹⁾。

$$d = a \times \frac{1}{R} \cdots (1)$$

ただし、 a は撮影条件で定まる係数であり一般に航空写真では、 $a = 0.6$ とされている。実験Iでは、流し写真によりボケに対する実験を行い、 a の値を求めたところ1.6となった。

[3] 吊橋振動測定(実験II)

構造物の振動状態は、3次元測定法が少ないが実体写真測定法によればかなりの精度で測定できる場合もある。なぜなら、一般に変位量測定精度は、絶対位置測定精度よりも高精度が望めるからである。すなわち、振動体の振幅測定に際して、変位の上限、下限が同一の写真に写っていれば、写真の標定が十分正確でなくても、振動測定誤差には定誤差の大部分が除去され、ほとんど偶然誤差のみしか生じないことになる。吊橋振動測定(実験II)では、ストロボスコープの発光時刻を光電管によって制御し、ケーブルおよび補剛桁の1次モードを測定した。発光周波数3周/秒、シャッター10～15秒間開放、撮影距離約3m、基線長約0.9m、ほぼ100%重複の収束撮影をし、焦点調節式写真経緯儀²⁾を用いた。その結果、標定について表-1に示すように外部標定要素は、標定する前と後でかなりの変化がある。また基準点の位置誤差も標定前後で撮影方向Yで3～4cmあったものが、標定後では1～2mmに減少した。しかし、表-2から明らかなように、振幅の測定値では、標定の前後で大差なく約0.1mm程度の変化しかない。この結果は、上記理論を裏付けている。

なお、吊橋測定に必要な精度と予想精度および実測より得られた精度は、表-3に標準

誤差を示してある。

[4] 等速直線運動体測定(実験Ⅲ)

単写真による運動体測定について⁴⁾は、すでに報告したものである。ここでは、等速直線運動を實體写真測定した方法と成果の一部を報告する。

実験Ⅰで Image Movement の問題、実験Ⅱでは、ストロボスコープの同調、標定問題などが明らかになつたのでこれらを考慮して、つぎの条件で撮影した。

撮影距離 5m, 基線長 1.2m, 70% 重複平行撮影, 運動速度 75cm/sec, ストロボスコープ 2 台同調して 230R.P.M で発光した。その結果、標定後の残存誤差は、 $M_x = \pm 0.2$, $M_y = \pm 0.0$, $M_z = \pm 0.9$ mm であった。運動方向 $\alpha_0 = 0.6$ をトランシットで求めたものと、實體写真測定より求めたものとの較差は、1° 程度であった。この値は、残存誤差から考えても妥当な値である。なお、単写真での α_0 に対する較差は、 $\pm 30'$ 程度であった。(実験 (I)(II)(III) のカメラは、同じものである)

[5] まとめ

以上の実験結果から、運動体測定についての注意事項と成果を記すとつぎの通りである。

- (i) 撮影距離 Y_m とすると、 $0.188 Y_m$ の像の移動に対する乾板上のボケは、測定上さしつかえない。($\alpha = 1.6$ を用いて計算)
- (ii) 實體写真測定で標定すれば、位置誤差 X, Z 方向で 1mm, Y 方向で ± 3 mm で定められる。
- (iii) 振動振幅測定のように変位の少ないものの測定には、 X, Z 方向で 0.1mm, Y 方向で 0.3mm で定められる。

(iv) 運動体と背面の色調を十分考慮すること。

(v) ストロボスコープの使用は運動体測定に有力であるが、レーンマーク部分の露出不足に注意。

(vi) 測定器具の望定を怠るとともに、高精度測定には歪曲収差補正が必要である。

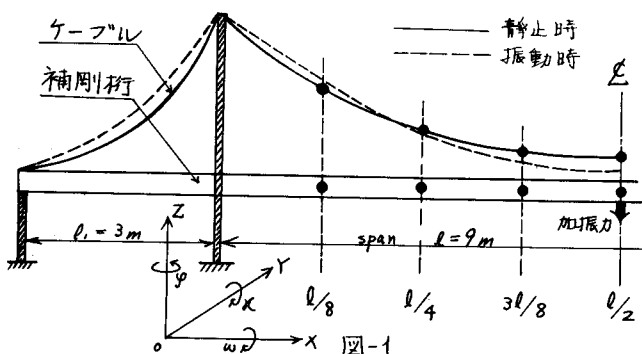


図-1.

参考文献

- 1) G.C. Brock; The Physical Aspects of Aerial Photography. Dover, 1967, pp 130 ~ 137
- 2) 森忠次, 羽鳥紀, 端学三郎; 土木学会関西支部年次学術講演会, 講演概要, 昭和 42 年 11 月.
- 3) W.S. Braunschweig; Bildmessung und Luftbildmessung Photogrammetrie. 1968, 3. pp 188 ~ 191.
- 4) 森忠次, 星 仰, 端学三郎; 土木学会年次学術講演会, 講演概要, 昭和 43 年 10 月.

表-1

カメラ	ΔX	ΔY	ΔW	ΔbX	ΔbY	ΔbZ
左	-2.1'	+8.3'	-2.1'	-0.3mm	+1.7mm	+1.9mm
右	+2.3'	-10.8'	+7.0'	+5.6mm	+0.5mm	-0.2mm

Δ (標定要素) = 標定結果 - 標定値の近似値

表-2 [単位 mm]

標的位置	dX_1	dX_2	dY_1	dY_2	dZ_1	dZ_2
ケーブル	$l/2$	0	0.1	0.2	0.2	21.7
補剛桁	$3l/8$	0	0.1	-0.6	-0.5	17.8
	$l/4$	-0.9	-0.8	0.3	0.4	17.2
	$l/8$	-4.1	-4.1	-2.2	-2.1	3.8
補剛桁	$l/2$	0	0	-0.6	-0.7	22.9
	$3l/8$	0.1	0	0.7	0.8	17.9
	$l/4$	0.6	0.6	-1.1	-1.0	14.1
	$l/8$	0.8	0.8	1.0	1.0	5.6

dX_1 : 標定前の計算値
 dX_2 : 標定後の計算値
 dY, dZ についても同様。

表-3 [単位 mm]

	M_x	M_y	M_z
必要精度	± 0.1	± 0.3	± 0.1
予想精度	± 0.2	-	± 0.2
実測精度	± 0.10	± 0.31	± 0.10