

デジタル写真測量の氷河測量への応用可能性に関する研究

B203055 齋藤 義博 指導教員 内藤 望 講師

キーワード：写真測量，氷河測量，ブータン・ヒマラヤ，測量誤差，カメラキャリブレーション

1. 研究の背景と目的

近年の温暖化に伴う氷河の融解，縮小により，海面の上昇や氷河湖決壊洪水などが心配されている。しかし現実にはどの程度の水量が融解し氷河体積が縮小しているのかを把握するためには，氷河の大きさを複数回測量して比較せねばならない。しかし一般的に，氷河測量は多大な時間と労力を必要とし，このことが氷河縮小量の把握にとって最大の障壁となっている。一方，ヒマラヤに多いD型氷河（下流域が砂礫や岩石で覆われている氷河）では，氷河表面上の目印となる石や岩が多いため写真測量に適していると考えられる。高解像度のデジタル・カメラを用いた写真測量技術を氷河測量に応用することができれば，現地で測量に要する時間と労力を大幅に軽減でき，多数の氷河についての測量，調査が可能となる。そこで本研究では，デジタル写真測量の氷河測量に対する応用可能性，具体的にはその測量誤差を評価することを目的とした。

2. 使用したソフトと写真

写真測量解析ソフト Photo Modeler Pro5 (EOS Systems Inc.)を使用した。解析対象は，ブータン・ヒマラヤのトルトミ氷河（図1）で2002年10月2日に3つの基点からステレオ撮影された写真である。撮影に使われたカメラは Olympus Camedia C-4040 ZOOM (413万画素)で，各基点からそれぞれズームを最大広角および最大望遠に設定して撮影されている。また Photo Modeler Pro5 による写真測量解析結果の誤差評価のための比較データとして，写真撮影と同時に実施されたトータルステーション測量データを使用した。

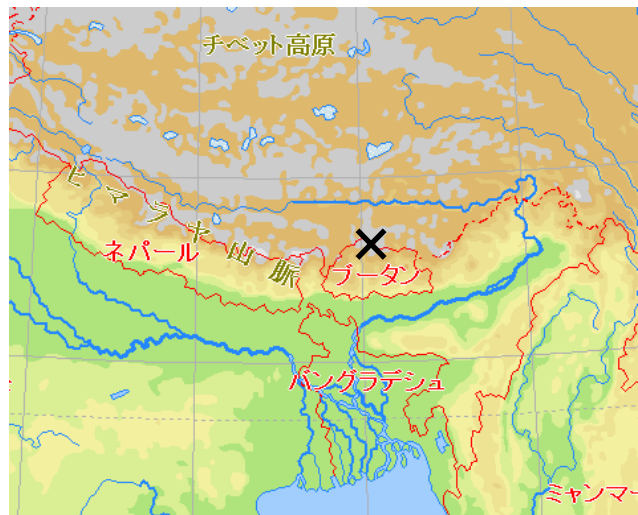


図1. 対象としたトルトミ氷河の位置 (×)

3. 研究方法と結果

3. 1 カメラキャリブレーションによる誤差評価

まず，カメラやレンズの特性値を確定するために，専用紙を撮影することでカメラキャリブレーションを行った。複数回キャリブレーションを行ったところ，その結果にわずかな誤差が生じた。そのため，このキャリブレーション誤差が測量結果にどの程度影響するかを検証した。

3枚の氷河ステレオ写真上に，最大広角の場合は13点，最大望遠の場合は15点の測点を設置し，Photo Modeler Pro5によって各測点の三次元座標を解析した。この解析作業を，異なるキャリブレーション結果に対して同様に行い，計算される三次元座標にどの程度の誤差が生じるかを調べた。その結果，誤差は1/100 mm オーダーに過ぎないことが判明した。よって，キャリブレーション誤差は無視しても問題ないことがわかった。

3. 2 氷河測量における誤差評価

次に、Photo Modeler Pro5 による氷河測量の誤差を評価するため、トータルステーションで測量されている測点を氷河ステレオ写真上で同定して、両測量結果を比較した。写真上で同定でき解析可能な測点は3点である（図2）。この3点をPhoto Modeler Pro5で解析するにあたっては最下流に位置するカメラ基点Lの位置座標と2つの測点（St. 11, St. 14）間の距離を固定入力した。そして出力された解析座標を、トータルステーションの座標系と方位や鉛直方向が合致するように、座標系の回転を施した。このようにして得られた最終的な3測点および3基点の両測量法による三次元座標およびその誤差を表1に示す。Photo Modeler Pro5を用いた写真測量結果は、トータルステーション測量との間に鉛直方向で最大約4 m、水平方向および三次元的には最大約40 mの誤差を生じている。基点から測点までの距離は約500~700 mなので、約6~8%の誤差に相当する。

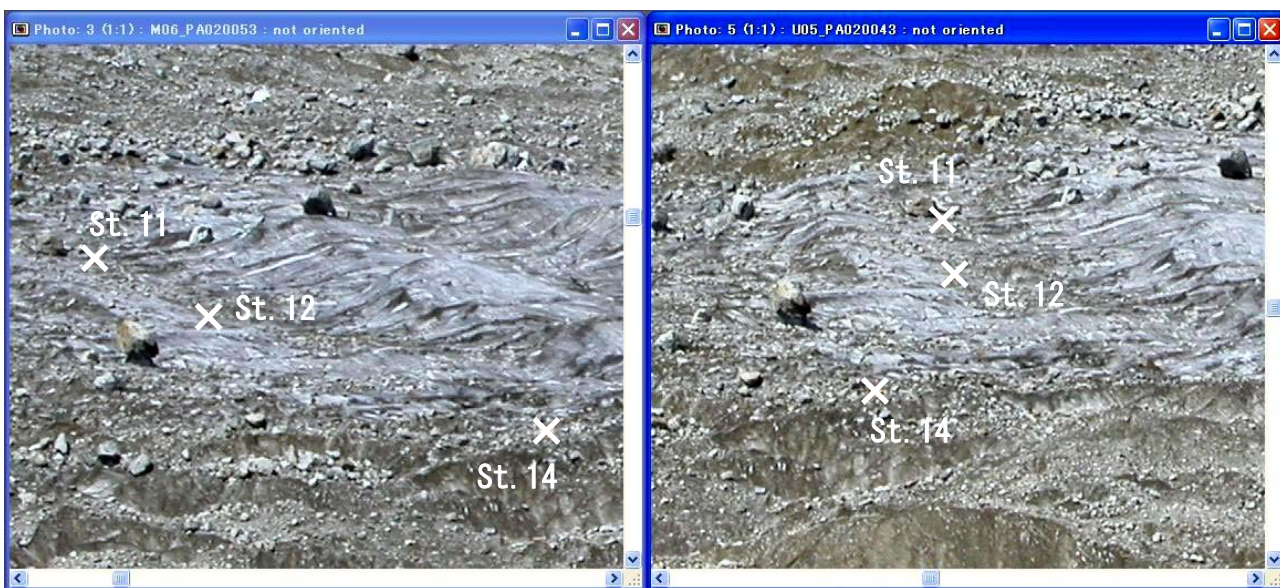


図2. 写真上に同定でき Photo Modeler Pro5 で解析できたトータルステーション測量の3測点。
左は基点M, 右は基点Uから撮影された写真の拡大画像。

表1. 2つの測量法による三次元座標とその間の誤差。

(X : 東向き, Y : 北向き, Z : 鉛直上向き, $\Delta 2$: 水平方向の誤差, $\Delta 3$: 三次元的誤差)

	トータルステーション測量結果			Photo Modeler Pro5解析結果			誤差				
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\Delta 2(m)$	$\Delta 3(m)$
基点L	-934.82	-69.58	4562.39	-934.82	-69.58	4562.39					
基点M	-848.07	13.29	4559.59	-850.95	-5.34	4561.46	-2.88	-18.63	1.87	18.85	18.94
基点U	-768.87	127.26	4559.90	-777.80	98.37	4561.31	-8.93	-28.90	1.41	30.24	30.28
St.14	-1191.16	365.12	4503.81	-1170.53	331.27	4507.38	20.63	-33.85	3.57	39.64	39.80
St.11	-1333.43	451.83	4498.94	-1310.43	421.75	4502.60	23.00	-30.08	3.66	37.87	38.04
St.12	-1297.43	432.27	4498.57	-1274.93	401.16	4502.03	22.49	-31.11	3.46	38.39	38.54

4. まとめ

Photo Modeler Pro5 による写真測量の解析結果は、水平方向の誤差と氷河の年間流動距離、そして鉛直方向の誤差と氷河表面レベルの年間変動量がそれぞれ同じオーダーになってしまい、このままではとても氷河測量に応用できないことがわかった。しかし、より解像度の高いカメラを使えば、ターゲットをより確実に識別でき正確に測点を設置できるため、誤差はもっと小さくなると思われる。または、光学的により高度な望遠レンズを使うことによっても、実質的に写真の解像度を高めることができるだろう。