

# 日本山岳会ヒマラヤ環境調査隊報告書

「(3) 家屋・橋梁等の測地調査」の部分のみを収録



2008年8月

(社) 日本山岳会 自然保護委員会・科学委員会

## 目次

巻頭写真 エベレスト、イムジャ氷河湖、ローツェ、アマ・ダブラム他

巻頭言 「日本山岳会ヒマラヤ環境調査」報告書に寄せて

	日本山岳会会長	宮下秀樹	10
計画の趣旨と経緯		箕岡三穂	11
参加者一覧、行程表、概念図		編集委員会	13
エベレスト街道の今昔		梅津晃一郎	15
行動の概要 -私のメモ帳から-		山川陽一	16
イムジャ氷河湖下流域のフィールド調査報告(第1隊)			
(1) 人口調査		富沢克禮	23
(2) 氷河湖と環境変化に対する住民の意識調査		平野裕也	27
<u>(3) 家屋・橋梁等の測地調査</u>		西田 進	44 (収録)
(4) 第1隊調査の総括		古市 進	57
第2隊の調査報告			
(ゴミ処理、通信インフラ、ポーター擁護について)		古野 淳	58
隊員個人手記			
日本山岳会ヒマラヤ環境調査隊に参加して		大西 攻	63
環境調査トレッキングに参加して感じたこと		菊池武昭	63
氷河湖を見たい		斉藤友護	64
ヒマラヤと人間社会		田尾陽一	65
エベレスト街道を歩く		高木康雄	65
ヒマラヤ環境調査隊に参加して		富澤克禮	66
イムジャ湖視察とカラパタール登頂の感想		中西 洪	67
ヒマラヤ環境調査で体験したこと		西田 進	68
エベレスト街道、繁栄の光と陰		平野裕也	68
イムジャ湖、チュクンリそしてカラパタール		古市 進	69
エベレストが見えた		箕岡三穂	70
氷河湖以前の環境問題		山川陽一	70
エベレスト街道トレッキング報告		山田 誠	72
ツアーマネージャーからの一言		本多直也	72
総まとめ		山川陽一	74
地球環境温暖化について (記事)		米倉久邦	76
編集後記		箕岡三穂	79

### (3) 家屋・橋梁等の測地調査

測地調査グループリーダー 西田 進

#### 1. 調査グループメンバー

測地調査グループのメンバーは下記のとおりである。

西田 進、大西 攻、菊池 武昭、高木 康雄

#### 2. 調査目的

地球温暖化が進行し、ヒマラヤの氷河が後退している。氷河の末端にはモレーンでせき止められた氷河湖が形成され、氷河湖決壊洪水（GLOF、Glacial Lake Outburst Flooding）のため下流域で家屋やインフラに被害が生じる危険が指摘されている。本調査の目的は、山岳地において容易に使用できる計測器具を用いて、GLOFに対するハザードマップの作成に資するデータを取得することのフィジビリティを確認することである。

#### 3. 調査方法

##### 3. 1 建造物の河川水位からの比高の計測

建造物の河川水位からの比高の計測は、河川水位がどれだけ上昇したら、建造物に浸水するかを決める基本データとなる。山岳地において使用できる簡便な方法として、比高計測機能付きレーザー距離計を使用する方法を考えた。

原理的には、図1に示すように、 $(L_1, \theta_1)$  と  $(L_2, \theta_2)$  を測定して、計算により  $H$  を求めるものであるが、比高計測機能付きレーザー距離計を用いると、 $H$  が直読できる。

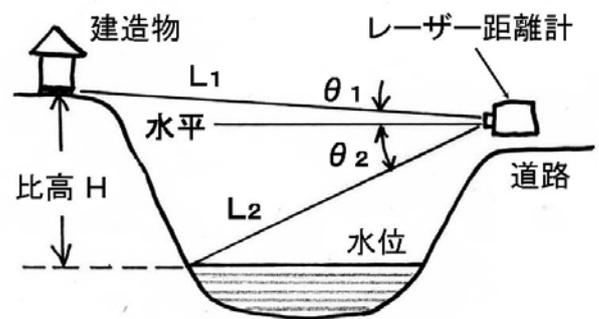


図1 レーザー距離計による比高計測の原理

##### 3. 2 河川断面形状の計測

氷河湖決壊が起こった場合に河川水位がどれだけ上昇するかには、いろいろな因子が関係する。中でも河川断面形状は重要な因子である。河川断面形状を正確に計測することは、平地でも容易ではない。まして山岳地で、簡単な計測器で計測するにはどうすればいいかを考えた。ここでは、比高計測機能付きレーザー距離計とコンパスグラスを用いる方法を提案する。

図2に示すように想定断面が見渡せる基準点から、想定断面に沿って数個の目標点を選び、比高計測機能付きレーザー距離計で水平距離  $D$  と高さ  $H$  を計測し、コンパスグラスで磁北からの方位角  $\phi$  を計測する。白紙に尺度・定規と分度器を用いて  $(D, \phi, H)$  をプロットすると、断面形状が描ける。

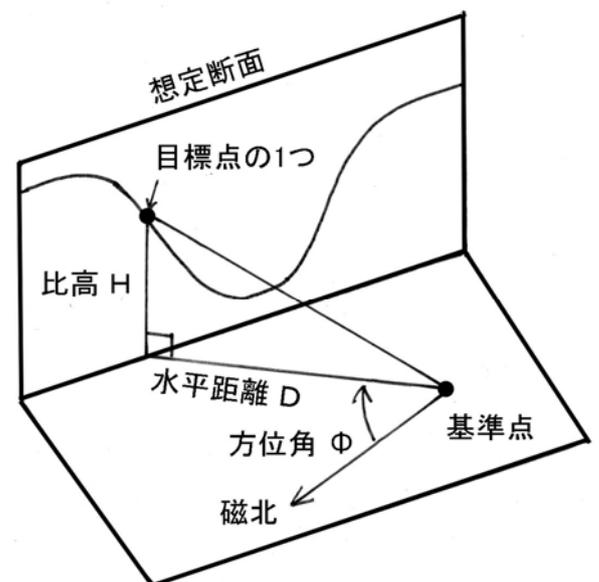


図2 レーザー距離計とコンパスグラスによる河川断面形状計測の原理

### 3. 3 使用する計測器具

#### (1) 比高計測機能付きレーザー距離計

品名 ニコンレーザー距離計 LASER 550A  
原理 レーザー距離計に水準器を内蔵させてもので目標までの直線距離と仰角（または伏角）から高さと水平距離を計算してくれる。ゴルフ用に開発されたもので安価で購入できる。

概略性能 最大直線距離 500m  
直線距離読取り精度 0.5m  
角度読取り精度 0.1度



図3 レーザー距離計

#### (1) コンパスグラス

品名 石神井計器製作所 コンパスグラス HB-3  
原理 内蔵する磁石により、目標の磁北からの方位角を計測する。山の同定に広く使われている。  
誤差 ±2度



図4 コンパスグラス

## 4. 調査結果

### 4. 1 建造物の河川水位からの比高の計測

比高の計測を行った22個所の建造物に対する計測結果を表1に示す。22個所のうち計測基準点の記録を失念した5点を除く17点について基準点の位置を地図上に示したものが図5である。比高を計測した建造物には、民家、ロッジ、カルカ（夏季小屋）、畠、水力発電所、橋が含まれる。計測した比高は6m～60mの範囲にあった。例外として、モレーンの丘を挟んだロッジの比高は-70mであった。これはモレーンが河川に対する堤防となり、河川水位よりも低い所にロッジを作ることができたことを意味している。

22個所の建造物うち写真の撮影を失念した1個所を除く21個所について、状況写真を図6-1、図6-2、図6-3、に示す。基準点から河川と建造物の両方が可視でない場合には、1個所または複数個所を「中継点」として選定し、中継点を移動して、河川と中継点、中継点と中継点、中継点と建造物との個々の比高を計測した後、個々の比高の代数和として建造物の河川からの比高を計算する方法を考えた。図6-3の中の21-1は、その例である。

基準点から河川と建造物の両方が可視でない場合に比高を計測する別法として「参照点」を考えた。複数の場所から見える一般には高い場所を「参照点」に選び、河川と「参照点」からの比高、及び建造物の「参照点」からの比高を計測した後、2つの比高の差分として建造物の河川からの比高を計算することができる。「中継点」と「参照点」の違いは、前者はその場所に立って計測するのに対して、後者はそこに立たずに単に参照目標物としてだけ利用する。実際には行けない岩の上、建物の2階の窓、川向うの地点などが参照点として利用できるので、便利である。図6-3の中の21-1は、「中継点」と「参照点」の両方を使用した例である。

表1 建造物の河川水位からの比高の計測結果一覧表

整理番号	月/日	ネパール時刻	建造物	計測基点 (GPSによる)		比高 [m]	写真 番号	川との位置関係 (右岸R 左岸F)		備 考
				登録 番号	高度 [m]			基点	建造物	
1	4/25	15:54 16:10	民家	5	2628	29	1	R	R	GHART(ガート)付近の家
2	4/26	7:06	ロッジ	6	2634	14	2	L	R	パクディンの橋の向こうのロッジ
3	4/26	7:11 7:15	橋	7	2655	13	3	L		パクディンの橋、橋長 104m
4	4/26	7:27	民家	8	2624	17	4	R	L	左岸の一軒家、両岸迫る
5	4/26	7:48	水力 発電所	9	2662	12 20	5-1 5-2	本流の R	本流の R	出力70KW 発電所と支流の比高 支流と本流の比高
6	4/26	8:44 9:10	民家	11	2724	17	6	R	R	建造物の傍らに行き再測定した結果
7	4/26	9:26	橋	15	2766	12	7			支流モンジョコーラに架かる橋、橋長 125m
8	4/26	11:53	橋	23	2855	42	8	L		橋長 128m
9	4/26	12:12	橋	25	2811	16	9	R		橋長 105m
10	4/26	12:54	橋		2773	46	10	L	L	モンジョ川とイムジャ川の合流点 モンジョ川に架かる橋 橋長 63m
11	4/28		民家			27				プンキテンカの橋の手前の家
12	4/28	12:02	橋	30	3340	5.3	12	R		プンキテンカの橋、橋長 25m、 河川断面測定
13	4/30	7:50	橋	31	3792	26	13	L		パンボチエの橋、橋長 32m、 河川断面測定
14	4/30	8:52	畠			35	14	R	R	一団の畠のうち下流にある畠
15	4/30	8:57	畠			46	15	R	R	一団の畠のうち上流にある畠
16	4/30	9:35	畠			36	16	R	R	上記よりもさらに上流にある畠
17	4/30	10:16	民家・ ロッジ	32	3843	60	17	R	R	ショマレ付近の家
18	5/1	14:38	ロッジ	39	4315	26	18	R	R	街道から離れた川沿いのロッジEVEREST RESORT、ほぼ完成しているが未開業
19	5/2	8:58	夏季小屋 (カルカ)			12	19	R	L	夏季小屋(カルカ)の1つ
20	5/2	9:04	夏季小屋 (カルカ)	41	4482	6	20	R	L	夏季小屋(カルカ)の1つ
21	5/2	14:34	ロッジ	44*	4835	-70	21-1 21-2 21-3	R	R	宿泊したチュクンのロッジ 3つの中継点を経て比高を測定
22	5/7	16:17	民家	73*	3918	49	22-1 22-2	R	R	パンボチエ集落の下流にある「お婆さん の家」、2つの中継点を経て比高を測定

\* 基準点が複数ある場合(中継点がある場合)は、川に最も近い中継点の位置を示す

図5 建造物の河川水位からの比高の計測地点（番号は表1の整理番号に対応、赤線はGPSによる軌跡）

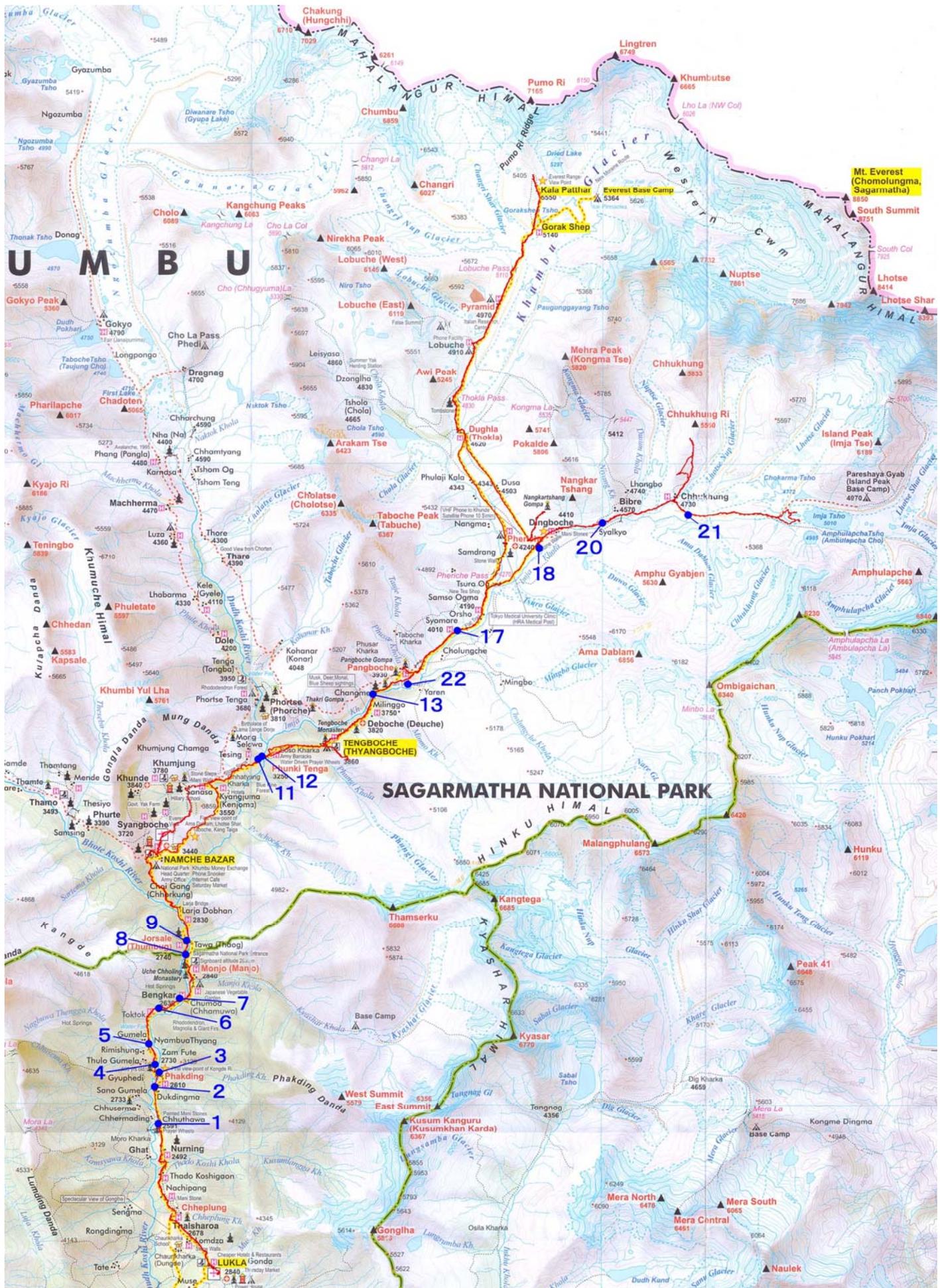
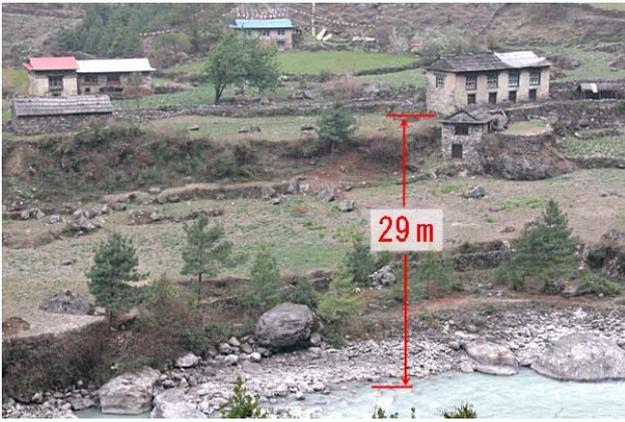


図6-1 建造物の河川からの比高を計測した個所の状況写真(1/3)



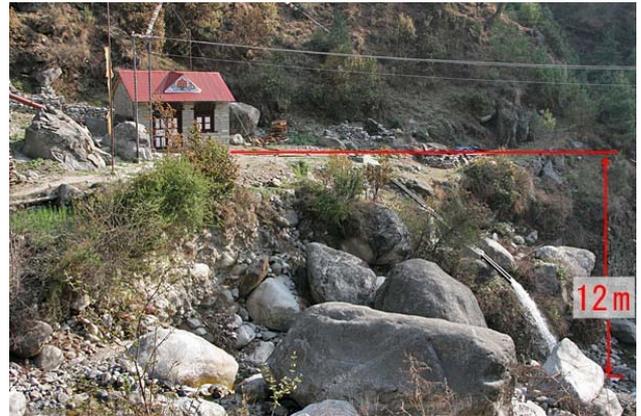
1 ガート付近の民家



2 パクディンのロッジ、3 パクディンの橋



4 左岸の一軒家



5-1 水力発電所(70kW)の支流からの比高



5-2 発電所の支流と本流の比高(向こうが本流)



6 民家



7 支流モンジョコーラに架かる橋



8 橋

図6-2 建造物の河川からの比高を計測した個所の状況写真(2/3)



9 橋



10 橋



12 プンキテンカの橋



13 パンボチェの橋



14 下流にある畠



15 上流にある畠



16 さらに上流にある畠



17 ショマレ付近のロッジ群

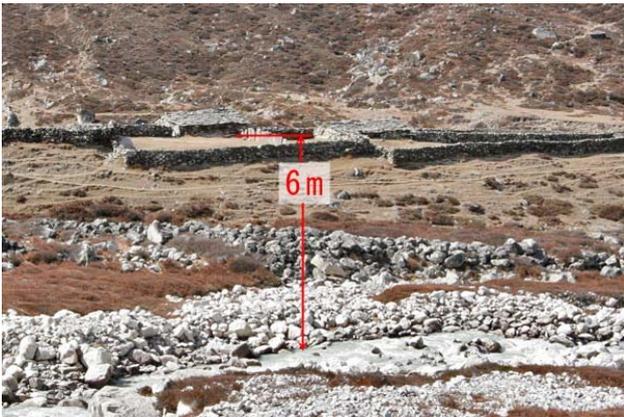
図6-3 建造物の河川からの比高を計測した個所の状況写真(3/3)



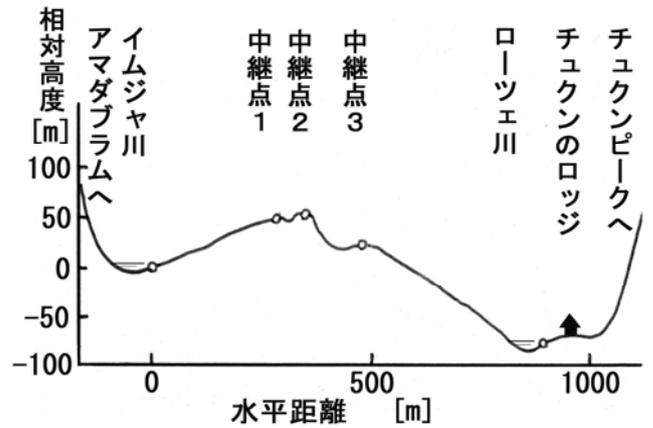
18 ロッジ EVEREST RESORT



19 夏季小屋(カルカ)



20 夏季小屋(カルカ)



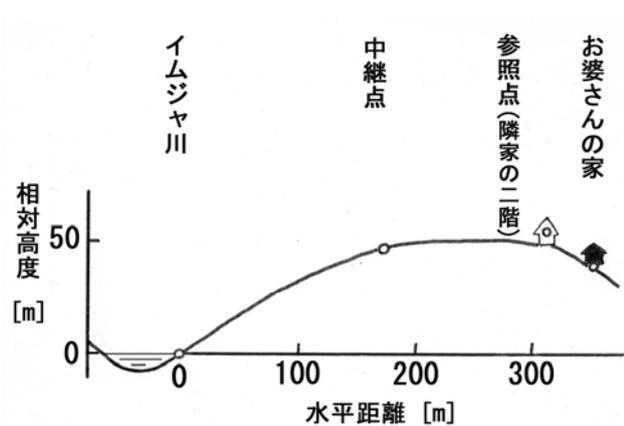
21-1 中継点による比高計測



21-2 イムジャ川の見える中継点



21-3 ロッジの見える中継点から



22-1 目標物としての中継点による比高計測



22-2 中継点からを見る



22-3 お婆さんの家

#### 4. 2 河川断面形状の計測

3. 2で述べた河川断面形状の計測方法に基づき、プンキテンカの橋とパンボチェの橋の2個所で河川断面の計測を行った。この2つの橋を選択した理由は、いずれも最近河川の増水の際に破壊されたことがあり、関心が持たれているからである。

図7は、2つの橋について計測の基準点の位置、断面方向を地図上に示したものである。

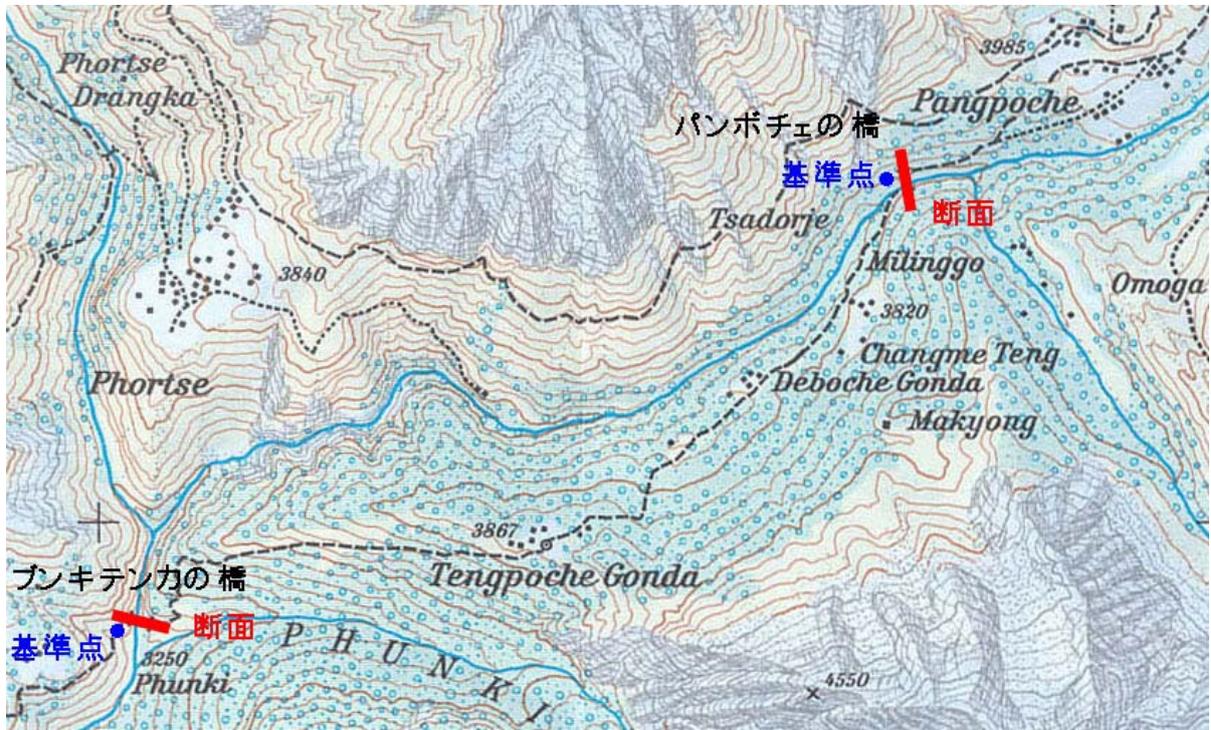


図7 プンキテンカの橋とパンボチェの橋の所在地、基準点、断面方向

##### (1) プンキテンカの橋付近の断面形状

図7は、基準点から見たプンキテンカの橋付近の写真で、10個の目標点を設定したことを示す。



図8 プンキテンカの橋付近の河川断面形状の計測のための目標点の設定

図9は、基準点から10個の目標点の「水平距離」と「磁北からの方位角」を測定したデータから、作図したものである。もし10個の目標点が1つの平面上に乗っておれば、「想定される断面」の直線上に乗るはずであるが、実際は直線の近傍に分散した。目視で断面上に10点を設定することは困難であり、この程度のバラツキはよしとせざるを得ない。

図10は、図9の「断面上の水平距離」と「計測した比高」から、断面形状を推測したものである。基準点から目標点⑥～⑦、⑧～⑨が可視できないため、その部分は想像で描いた。

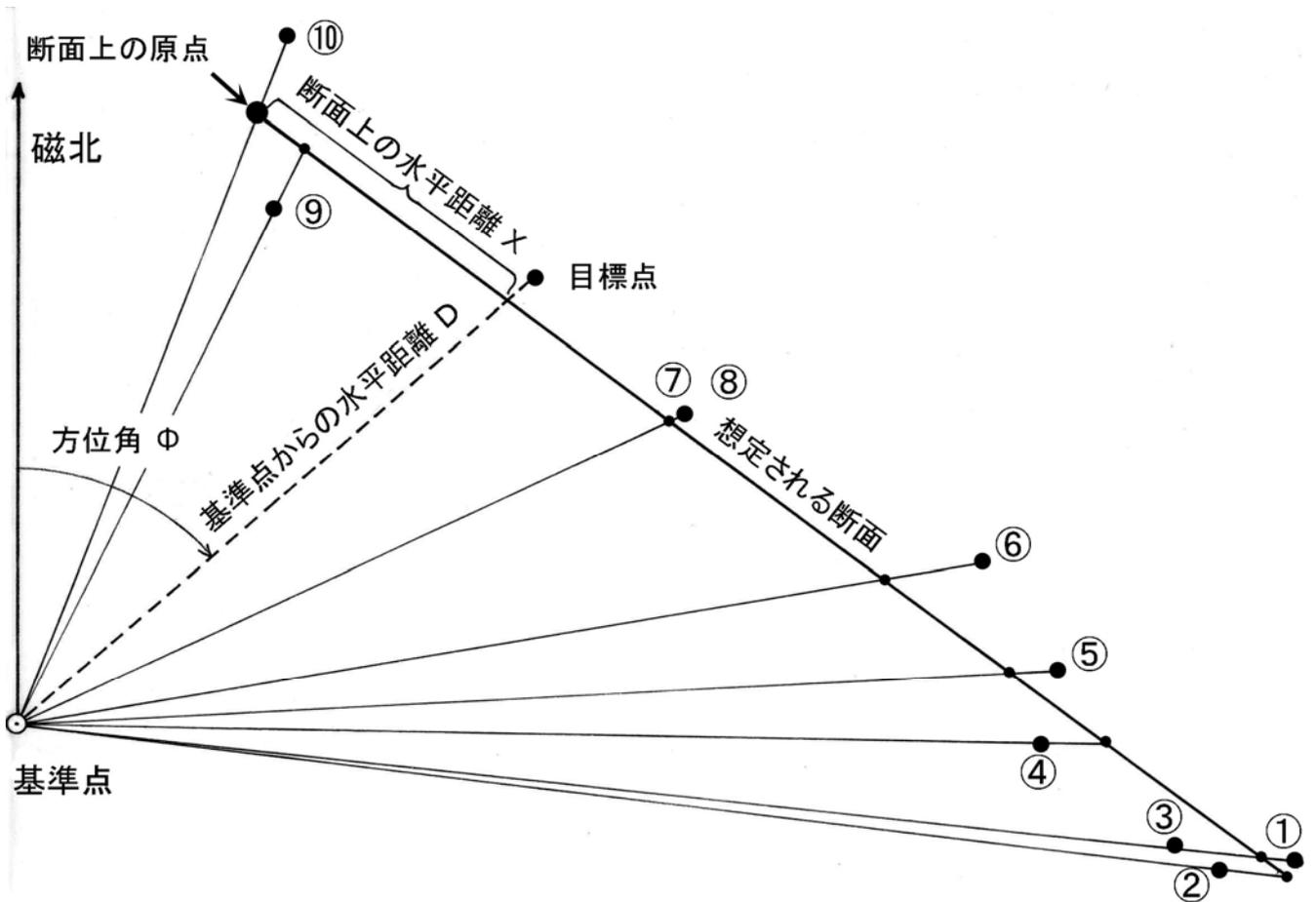


図9 河川断面形状計測の原理と計測点

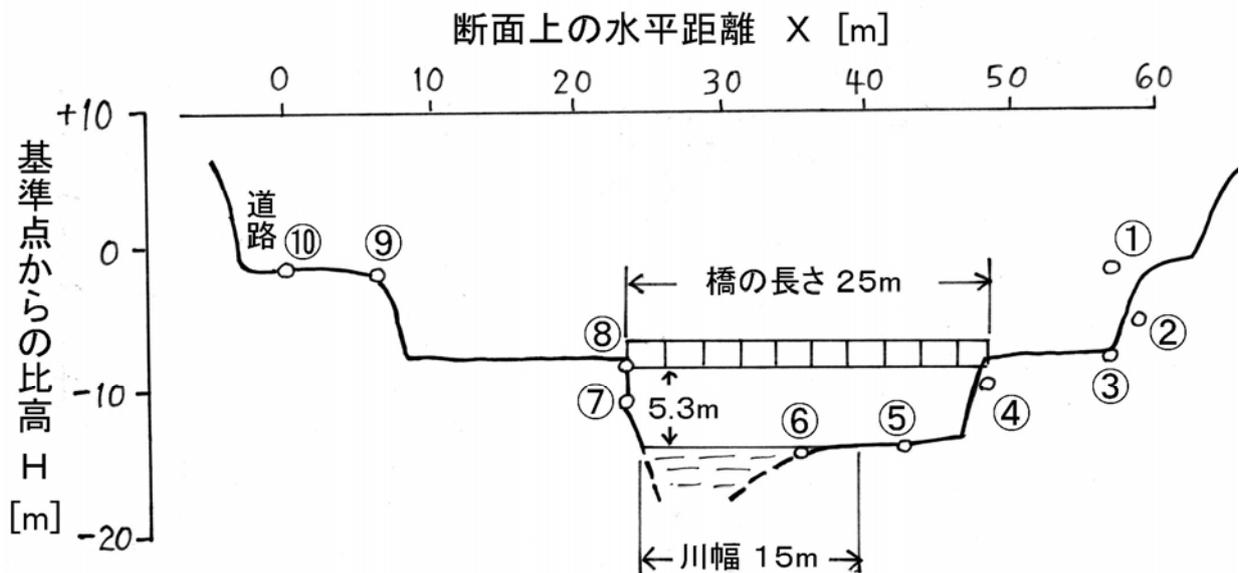


図10 プンキテンカの橋付近の河川断面形状

## (2) パンボチェの橋付近の断面形状

図11は、往路でパンボチェの橋を渡った後で振り返った写真である。図12は、12個の目標点を設定したことを示すパノラマ合成写真である。図13は、前述のプンキテンカの橋の場合と同様の手法で、推測した断面形状である。この場合にも基準点から水面およびゴルジュ上の両岸は可視できず、その部分は想像で描いた。

川幅は、橋の上から撮った写真(図14)から、附録の式(3)により計算した結果、4.5mであることが分った。



図11 パンボチェの橋の全景



図12 パンボチェの橋付近の河川断面形状の計測のための目標点の設定

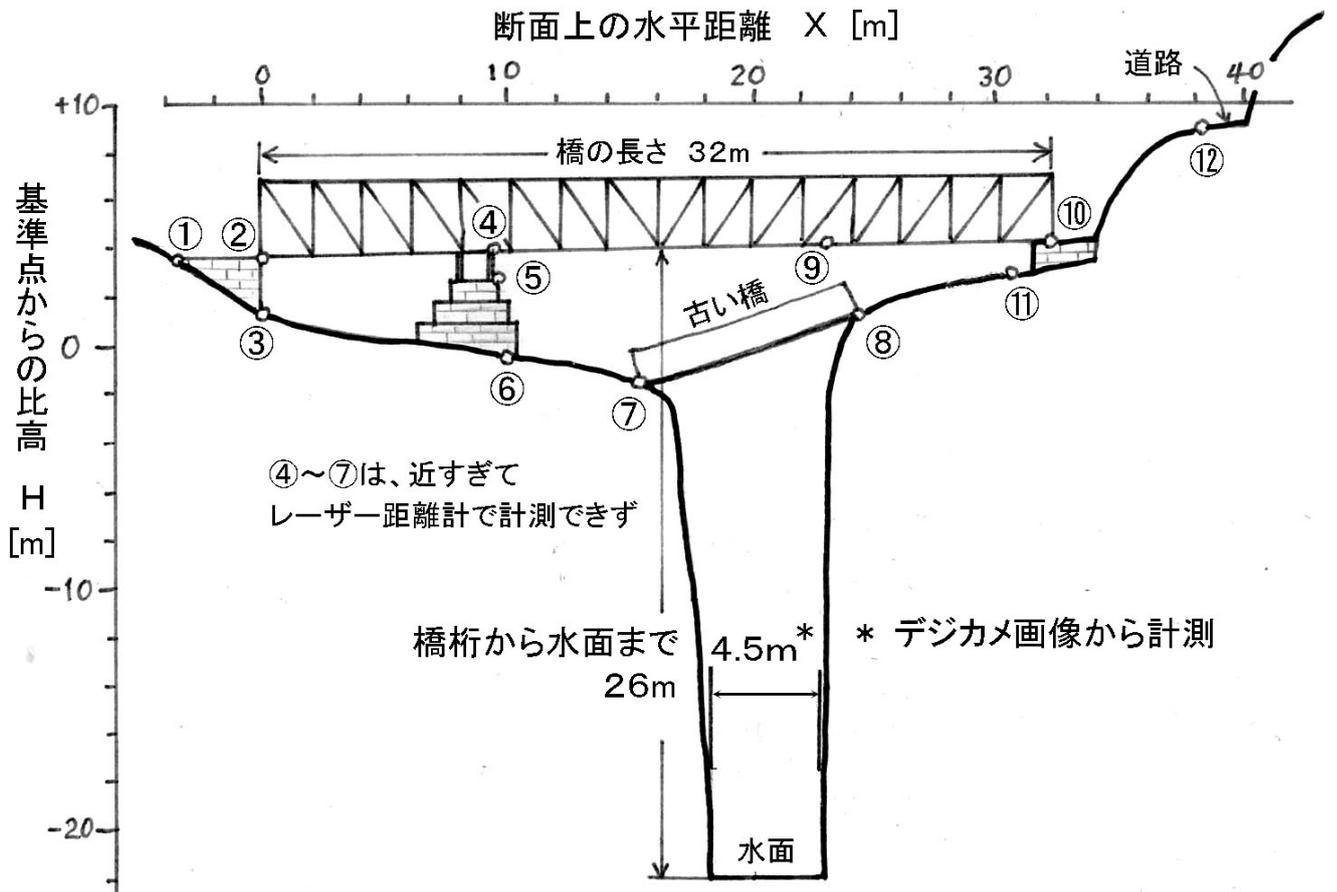


図 1 3 パンボチェの橋付近の河川断面形状

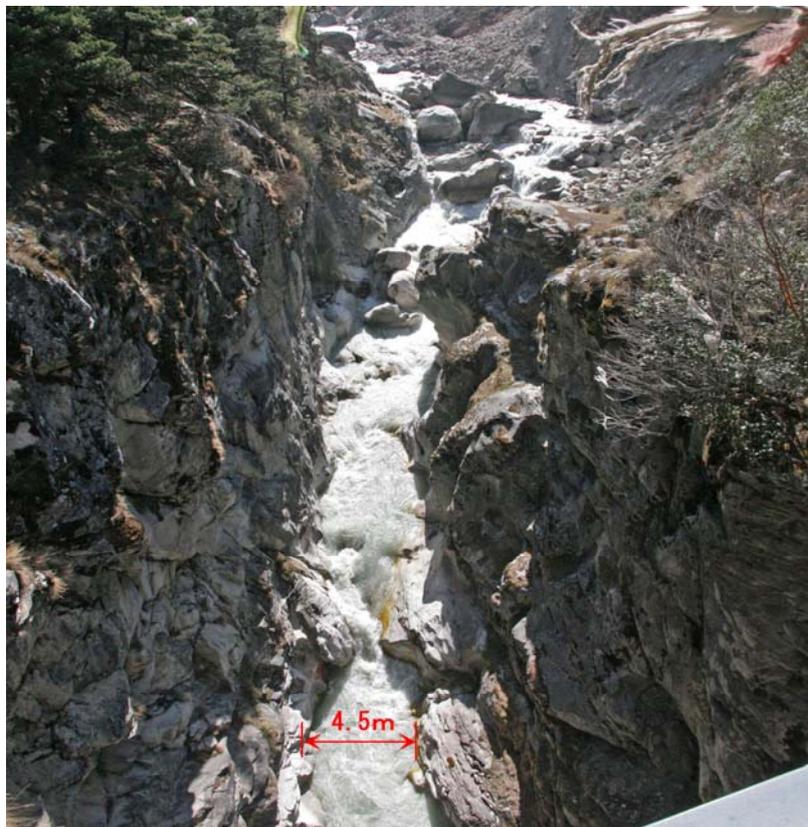


図 1 4 パンボチェの橋の上から撮影した写真から計算した川幅

## 5. まとめ

今回の調査の成果をまとめると、次のようになる。

- (1) イムジャ川（ドウドコシ川）の流域にある 22 個の建造物（民家、ロッジ、カルカ（夏季小屋）、  
島、水力発電所、橋）の河川水位からの比高を計測することができた。
- (2) イムジャ川に架かる 2 つの橋（ブンキテンカの橋とパンボチェの橋）の付近での河川断面形状  
を計測した。
- (3) 今回の調査により、比高計測機能付きレーザー距離計とコンパスグラスという極めて軽量、簡  
便、安価な計測器を用いて、山岳地で測地調査をすることのフィジビリティが確認できた。

最後に、今回の調査の反省を含めて今後の展望を述べると、次のようになる。

- (1) 比高計測機能付きレーザー距離計による建造物の河川水位からの比高の計測に、コンパスグラ  
スおよび GPS を併用すれば、計測基準点のみならず建造物の位置も地図上で決定できる。今回は  
このデータも取得したが、広域の地図では計測基準点と建造物の位置を区別して表示することは  
困難であるので、報告書には記載しなかった。計測基準点から建造物と河川を同時に可視できな  
い場合に、いくつかの中継点を用いる方法は有効である。
- (2) 比高計測機能付きレーザー距離計とコンパスグラスによる河川断面形状の計測には、計測基準  
点の選択が重要である。橋の付近の断面形状を計測する場合なら、まず橋の周りを巡回し、想定  
した断面が可視できる場所を探す必要がある。複数の計測基準点を用いて、可視性を向上する方  
法も考えられる。しかしいずれにせよ、今回の方法では精度はあまり期待できない。あくまでも  
軽量の計測器による簡易手段と考えるべきであろう。
- (3) 今回計測した「建造物の河川水位からの比高の計測」と「河川断面形状の計測」は、氷河湖決  
壊洪水に対するハザードマップの作成に必要な基礎データの 1 つであるが、ハザードマップの作  
成には、氷河湖の水位上昇条件、自然堤防（モレーン）の強度条件などの明確化が重要である。  
今後、ハザードマップの作成に関して総合的な研究が望まれる。

(附録) デジタルカメラで撮影した写真から被写体の寸法を計算する方法

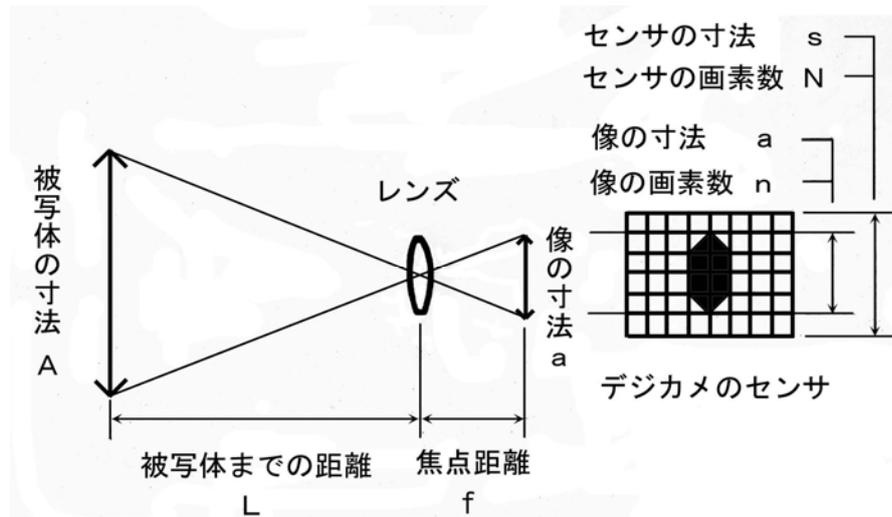


図15 デジタルカメラ（デジカメ）における被写体とセンサ上の像の関係

上の図において、

- $A$  = 被写体の実際の寸法 [m]
- $L$  = カメラから被写体までの距離 [m]
- $f$  = カメラのレンズの焦点距離 [m]
- $a$  = カメラのセンサ上の像の寸法 [m]

の間には、次式が成り立つ。

$$A / L = a / f \quad \therefore A = L \cdot a / f \quad \text{式 (1)}$$

次に、

- $s$  =  $a$  方向のセンサの寸法 [m]
- $N$  =  $a$  方向のセンサの画素数 [ピクセル]
- $n$  = 写真から測定した  $a$  に対応する画素数 [ピクセル]

の間には、次式が成り立つ。

$$a / s = n / N \quad \therefore a = s \cdot n / N \quad \text{式 (2)}$$

式 (2) を式 (1) に代入すると、次式が導かれる。

$$A = L \cdot s \cdot n / f \cdot N \quad \text{式 (3)}$$

図14の写真の場合、

- $L = 26 \text{ m}$  (レーザー距離計による実測値)
- $s = 22.5 \text{ mm}$  (カメラの取扱説明書による)
- $n = 330 \text{ ピクセル}$  (写真から川幅を切り出し、画像処理ソフト Photoshop により計測)
- $f = 17 \text{ mm}$  (写真の画像ファイルのプロパティによる)
- $N = 2544 \text{ ピクセル}$  (デジカメの画像サイズ設定による)

であるから、

$$A = 26 \cdot (22.5 \times 10^{-3}) \cdot 330 / (17 \times 10^{-3}) \cdot 2544 = 4.5 \text{ m}$$

となる。

JAC 自然保護委員会宛ご提供いただきました松竹映画「ミッドナイトイーグル」  
協賛金を、本報告書作成費の一部として充当させていただきました。

発行日：2008年8月14日  
発行人：(社) 日本山岳会  
自然保護委員会・科学委員会  
代表 山川陽一  
住所：東京都千代田区四番町5-4  
サンビューハイツ四番町  
電話：03-3261-4433  
編集人：報告書編集委員会  
代表 箕岡三穂・平野裕也