

# ブータン・マンデ川流域における氷河湖の面積拡大速度に関する研究

B202094 古田 孝行 指導教員 内藤 望 講師

キーワード：氷河湖，ブータン，氷河湖決壊洪水（GLOF），人工衛星画像，幾何補正

## 1. 背景と目的

近年の地球温暖化に伴い世界各地の氷河が融解，縮小している．特にヒマラヤ山脈では，氷河の融解水が堰き止められてできる氷河湖の拡大が注目されている．氷河湖が拡大した末に決壊すると大規模な洪水が発生する．これを氷河湖決壊洪水（GLOF）と呼ぶ．GLOFは多量の土石を含む洪水なのでみかけ密度が大きく，破壊力も大きい．持続的な洪水でないため，流れ下るにつれて急激に減衰するとは言え，発生源から数 10 km～時に 200 km以上の下流地域にまで被害が及ぶ．実際に，ブータン・ヒマラヤでは近い将来に GLOF を引き起こす危険が高い氷河湖として，24 個の氷河湖がリストアップされている [1]．ただし，この危険度評価は 1990 年代における氷河湖の規模のみに基づいており，氷河湖の拡大速度の違いについては全く考慮されていない．

本研究ではブータン・ヒマラヤ中部マンデ川流域の氷河湖を対象に，複数年の人工衛星画像から面積拡大速度を算出した．この流域には 7 個の危険な氷河湖が密集していると評価されながら [1]，現地調査が困難な地域でもあるため，詳しい研究がされていない．本研究では，この 7 個の氷河湖における面積拡大速度を，他の氷河湖における研究例 [2] と比較検討することを通じて，危険度評価に役立てることを目的とした．

## 2. 使用データと研究方法

地形図としてはインド測量局発行 1960 年代の 5 万分の 1 地形図を使用し，人工衛星画像は CORONA 衛星画像（1967 年 2 月 28 日），SPOT 衛星画像（1993 年 12 月 11 日）を使用した．

対象とした氷河湖は，図 1 の白丸で示すおよそ北緯  $27^{\circ} 53'$  ～  $28^{\circ} 03'$  ，東経  $90^{\circ} 16'$  ～  $90^{\circ} 27'$  の範囲のマンデ川流域に密集する 7 個の氷河湖である．これらの氷河湖はいずれも文献 [1] で危険度が高い氷河湖として指摘されているもので，14 番～20 番の番号が振られている．

地形図に記載されている地形と合致するよう人工衛星画像に幾何補正を施したうえで，氷河湖の輪郭をトレースし，その面積を求めた．このようにして得られた面積拡大速度を，ブータンおよびネパール国内で特に GLOF の危険度が高いと認識されている 6 個の氷河湖における研究例 [2] と比較検討した．

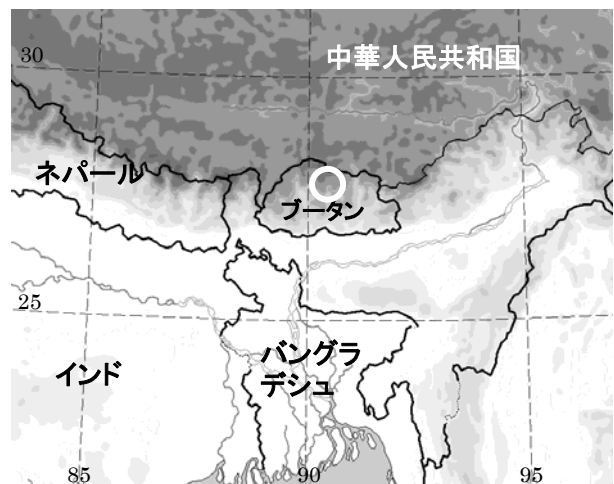
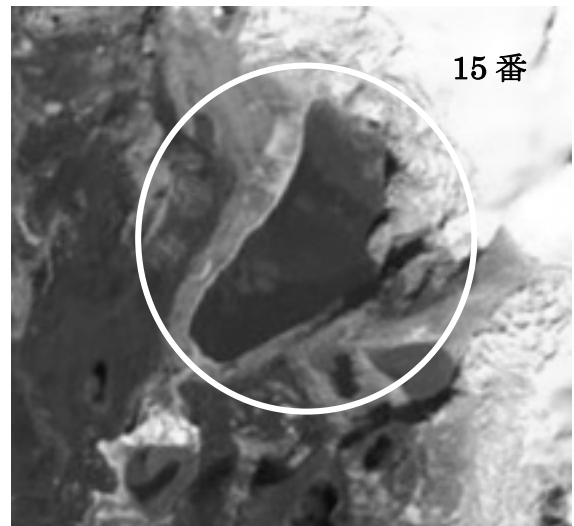
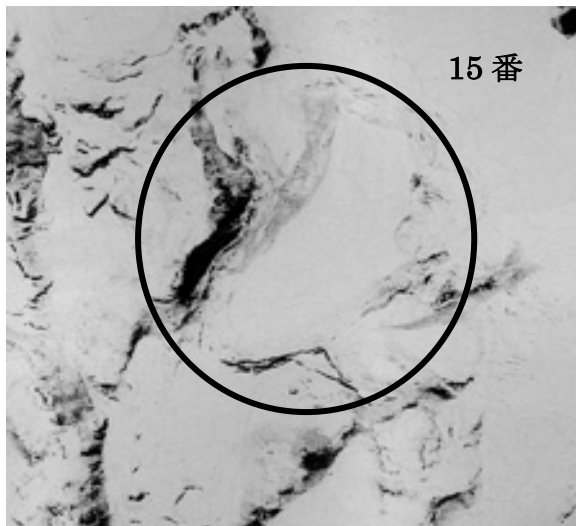


図 1. ブータン周辺の概念図

## 3. 結果と考察

図 2 は地形図をもとに幾何補正を施した CORONA 衛星画像と SPOT 衛星画像の例である．この幾何補正画像では 15 番の氷河湖を対象としている．



© CNES, 1993, SPOT IMAGE Distribution

図2. 幾何補正後の衛星画像の例 [左, CORONA 衛星画像 右, SPOT 衛星画像]  
(氷河湖の番号は文献 [1] より)

表1は対象氷河湖全7個の1967年, 1993年における面積と, 1967年~1993年における面積拡大速度を求めた結果である. 今回解析した7個の氷河湖は全て拡大していることがわかる. ただし15番, 18番以外の氷河湖の拡大量については衛星画像の解像度に伴う誤差を考慮すると有意ではないかもしれない. またブータンおよびネパールで特にGLOFの危険が高いとされる6個の氷河湖の面積拡大速度は0.01~0.03k m<sup>2</sup>/年であり [2], 本研究で最も速い拡大速度を示した15番の氷河湖と比較しても1桁大きい. よって, 今回解析した7個の氷河湖の危険は, 相対的にはさほど切迫したものとは言えないだろう. ただし, 拡大速度がある段階から急加速する可能性もあるため今後も最低限の注意は払う必要があるだろう.

表1. 対象氷河湖の面積および面積拡大速度  
(氷河湖の番号は文献 [1] より)

氷河湖	面積 (k m <sup>2</sup> )		面積拡大速度 (k m <sup>2</sup> /年)
	1967年	1993年	1967~1993年
14番	0.218	0.227	0.00032
15番	1.129	1.194	0.00252
16番	0.234	0.247	0.00048
17番	0.377	0.378	0.00006
18番	0.782	0.826	0.00168
19番	0.227	0.230	0.00010
20番	0.347	0.359	0.00045

#### 4. 今後に残された課題

ヒマラヤ地域には, 未だに拡大速度の解析がない氷河湖が多数残っているため, さらに解析対象の氷河湖を増やす必要がある. また, 今回は1993年までの解析しかできなかったが, 最新の衛星画像を用いて2000年代における拡大傾向を調べる必要もあるだろう.

#### 引用文献

- [1] Mool, P. K. 他: Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods, Bhutan, ICIMOD, UNEP, 227pp, 2001.
- [2] Komori, J. 他: Variation and lake expansion of Chubda Glacier, Bhutan Himalayas, during the last 35years, Bulletin of Glaciological Research, Vol. 21, 49-55, 2004.