

ブータン・ヒマラヤにおける氷河湖の面積拡大速度に関する研究

B201059 嶋田幸太, B201062 白井祐毅 指導教員 内藤望講師

キーワード：氷河湖, ブータン・ヒマラヤ, 人工衛星画像

1. 研究目的

近年の地球温暖化に伴い、世界各地にある氷河が融解、縮小している。特にヒマラヤ地域の氷河では、かつて氷河が拡大、前進した時期に氷河が運搬してきた土砂の堆積物であるモレーンが、氷河の融解水を堰き止める現象が多く見られる。堰き止められてできた湖を氷河湖と呼ぶが、この氷河湖は氷河の縮小と共に、年々拡大する傾向にある。拡大した末にモレーンが決壊すると、大規模な洪水を引き起こし、下流地域に莫大な被害をもたらす。このような自然災害を氷河湖決壊洪水と呼び、近年はヒマラヤ全域で約3年に1回のペースで発生している。ヒマラヤ地域の中でも、ブータンには、このような氷河湖が全部で2674個あると報告されており、そのうちの24湖は5年から10年の間に決壊する恐れがあるとされ、特に危険な氷河湖と考えられている。特にブータン北部ルナナ地方においては、これまでに判明しているだけで過去3度、氷河湖決壊洪水が発生している。その時期は1957年、1960年、1994年である。1957年、1960年の氷河湖決壊洪水の詳細なデータはないが、1994年10月に発生した氷河湖決壊洪水では、プナカという比較的大きな町を含む下流地域に多大な被害を与え、死者は21名に達した。

このような氷河湖決壊洪水による被害を予防、最小限にするためには、氷河湖の形成、拡大機構の解明が必要である。氷河湖の拡大機構を考える基礎情報として、氷河湖の面積拡大速度を定量的に算出することは重要である。そこで本卒業研究では、新旧の人工衛星画像を解析することにより、ブータン北西部の氷河湖の面積拡大速度を算出することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 対象とする氷河湖

ブータン北西部のモ川 (Mo Chhu) 源流の北緯 $28^{\circ} 10' 06.00''$ 東経 $89^{\circ} 51' 21.10''$ に位置するシムタブギ氷河湖 (Simthabugi Tsho) とその近くの固有名を持たない2つの氷河湖の計3湖を対象とした。固有名のない氷河湖のうち1つは、シムタブギ氷河湖と共に、ブータン国内で特に危険な氷河として挙げられた24湖に入っており、Mo_g1235 というコード名がついている。本研究ではこの氷河湖を Mo_g1253 氷河湖と呼ぶ。なおシムタブギ氷河湖にもコード名 Mo_g1234 がつけられてはいるが、固有名を優先する。今回対象としたさらにもう1つの氷河湖にはコード名もつけられておらず、本研究ではこの氷河湖のことを無名氷河湖と呼ぶ。これら3つの氷河湖に関しては、現地調査も含めて具体的な研究はこれまで一切行われていない。

2.2 使用する人工衛星画像

本研究に使用した人工衛星画像は、1962年10月25日、1970年12月3日のCORONA衛星画像2シーン、および1993年12月3日のSPOT衛星画像の、合計3シーンである。CORONA衛星は当時の米国軍事偵察衛星で約2mという高い分解能を持っている。一方、SPOT衛星画像の分解能は10~20mである。CORONA衛星画像は、モノクロではあるが、1960~70年代の衛星画像の中では最も高い分解能を持つので使用した。SPOT衛星画像の分解能も本研究の目的には充分であり、またカラーであるために氷河湖を探索しやすい。図1に、対象氷河湖周辺の1970年のCORONA衛星画像と1993年のSPOT衛星画像を示す。



© CNES, 1993, SPOT IMAGE Distribution

図 1. ブータン北西部における 1970 年 12 月 3 日の CORONA 衛星画像 (左) と、1993 年 12 月 3 日の SPOT 衛星画像 (右)。白円はシムタブギ氷河湖、南西側の黒円は Mo_g1235 氷河湖、北東側の黒円は無名氷河湖の位置を示している。

2. 3. 人工衛星画像の幾何補正と氷河湖の面積測定

現在、ブータンにおける高精度の DEM は存在しない。そのため本研究では人工衛星画像の幾何補正にインド測量局による 5 万分の 1 地形図を利用した。地形図をスキャナーで読み取った後、Adobe Photoshop CS ソフトを用いて、各人工衛星画像を地形図に合うように変形した。そして氷河湖の輪郭を読み取って、5 万分の 1 地形図のスケールを基準に、その面積を求めた。

3. 結果と考察

3 氷河湖の面積測定結果および面積拡大速度を、表 1 に示す。Mo_g1235 については、1962 年の段階ではできたばかりの状態のように見え、1970 年の段階にははっきりと出現が認められたのだが、いずれも輪郭を同定するのが困難なために面積が測定できなかった。1962～93 年の面積拡大速度 $0.00448\text{km}^2/\text{年}$ とは、1962 年に氷河湖が誕生したと仮定して計算した参考値である。

表 1. 対象氷河湖の面積測定および面積拡大速度計算結果。

氷河湖	面積 (km ²)			面積拡大速度 (km ² /年)		
	1962 年	1970 年	1993 年	1962～70 年	1970～93 年	1962～93 年
シムタブギ氷河湖	0.189	0.213	0.308	0.00300	0.00413	0.00384
Mo_g1235 氷河湖			0.139			(0.00448)
無名氷河湖	0.015	0.017	0.055	0.00025	0.00165	0.00129

この結果により、3 氷河湖とも全て拡大していることが確認できた。しかしこれらの面積拡大速度は、ヒマラヤで知られている他の 6 氷河湖の拡大速度に比べると極めて小さい値である。ただし、Mo_g1235 氷河湖以外の 2 湖については、1962～70 年より 1970～93 年の方が大きな拡大速度であることが分かる。つまり徐々に加速化しているかも知れず、いずれ急速に拡大して決壊の危険度が高くなる可能性がある。よって今後も監視し続ける必要がある。

4. 今後の課題

分解能や天候といった条件が揃う人工衛星画像のセットを用いることで、氷河湖面積の拡大速度が比較的容易に検出できることが分かった。今後、同様の手法により多数の氷河湖について調べることで、現地調査の困難なヒマラヤにおける氷河湖決壊洪水の危険度評価に役立てていくことが重要だと思われる。