

変動するヒマラヤの氷河・氷河湖を追う

藤田 耕史

地球温暖化の影響で、ヒマラヤの氷河も後退を続けている。氷河変動の観測では衛星画像や衛星データが有力な手段だが、地上でのフィールド調査もまた、必要不可欠な観測手法だ。地上を歩くことでしかみえてこない科学的真実がある。

Nature Digest — ここはかつて「水圏科学研究所」とよばれた伝統ある世界的な研究機関ですね。

藤田 — ええ、英語名も昔とは変わってしまいましたが、フィールドワークの伝統と精神は残っていると思っています。

ND — 科学の歴史をみると、冒険と背中合わせの部分があります。リアルなものへの飽くなき遡及、そのために肉体と精神と頭脳の究極を追い求める科学者。観測機器や技術は進歩しても、なお、人間個人にゆだねられている制限条件は多く、その点でも、羨望と尊敬の対象となる研究分野ですね。

藤田 — 昔は大学山岳部出身者ばかりでしたが、山岳部の衰退とともに山の未経験者が増え、いまでは、院生を1人でフィールドに送るなど、怖くてできない。でも、せっかくこの分野に入ってきた学生ですから、一人前のフィールドワーカーに育つよう、いろいろな経験を積んでもらえたらと思っています。

ヒマラヤの氷河・氷河湖

ND — 今回調べられたヒマラヤの地域は、どんな所なのですか。

藤田 — 2004年のことになりますが、ブータンのルナナとよばれる地方で、高精度のGPSを背負って、観測をしてきました。ここは、*Nature* 2009年10月22日号¹でも紹介された氷河および氷河湖のある場所です。東側から順に、ルゲ氷河、トロトミ氷河、ラフストレーン氷河などが並んで下り降りていて、それぞれの下流部に大きな氷河湖があります。

ご存じかもしれませんが、このルゲ氷河湖の南側のモレーン（氷河土砂が堆積した土手）が1994年10月7日に決壊しました。ポ川に大規模な洪水が発生し、下流の旧首都プナカにある地方政府の役所兼寺院が破壊され、死者が21人も出ました。

ND — 広域のようすを調べるとなると、衛星写真を利用すればすむと思いますが……。

藤田 — もちろん衛星データは有力な観測手段ですし、私たちも利用しています。ところが、衛星観測といっても万能ではなく、当然のことに、衛星や搭載された観測装置によって誤

差も違います。衛星データが、地上の氷河の何をどの程度反映したもののかは、やっぱり、実際に現地に行って調べなければわからないのですね。

逆にいえば、現地調査でわかった事実と衛星データとをきちんとかんがえ付けることができれば、そうしたリモートセンシングの技術やデータを、現実に役立つものとして有効に活用できるわけです。その点でも、いまなおフィールドワークの重要性は変わらないのです。

ブータンでの詳細な地形調査

ND — 地上調査と衛星観測を結び付けることで、例えばどんなことがわかりましたか。

藤田 — ルナナ地域での研究成果²ですが、まず、衛星による標高データと実際の標高との差が明らかになりました。私たちが使っている衛星などによる標高データは、ASTERとSRTMというものですが、高度に関しては、いずれも約11メートルの誤差をもっていることがわかりました。このことは、これまでに他の研究者も出していました。ヒマラヤという起伏の激しい地域で検証されたのは初めてでした。

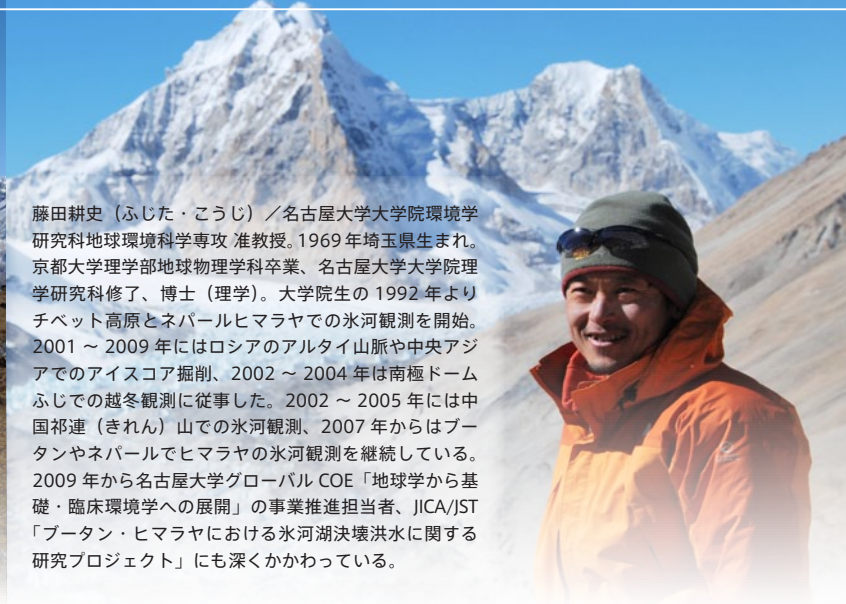
二番目の成果として、私たちは、地形を5つに分類して、それぞれの標高を比較しました。①池や氷河湖、②氷河そのもの、③川床、④モレーンの山の背部分、⑤丘の傾斜面の5つです。表面が比較的平らな①と②と③は、高い精度で標高のデータが得られます。これに対して、モレーンの頂部や急斜面の標高データは、誤差が大きくなります。

したがって、衛星データを利用する際、これら5つに分類すれば、それぞれのデータの確かさも含め、正しい現状把握につながるわけですね。

三番目の成果として、1994年に決壊した際の流出量を推定することができました。これも過去に他の研究者が発表していますが、元の文献をあたると根拠となる数字がきちんと計測されたようすがなかったりするなど、確たる値を提示する必要を感じました。私たちはより確かな数字を示せたと考えています。



ヒマラヤ・ブータンのルナナ地方。東側（写真の右側）から順に、トロトミ氷河、ラフストレーン氷河、ベチュン氷河が並んで下り降りている。それぞれの下流部には大きな氷河湖があり、これらの決壊が下流域に洪水を起こす危険性ははらんでいる。衛星データを正確に利用するには、いままお、現地での調査・測定は必須の条件だ。



藤田 耕史（ふじた・こうじ）／名古屋大学大学院環境学
研究科地球環境科学専攻 准教授。1969年埼玉県生まれ。
京都大学理学部地球物理学科卒業、名古屋大学大学院理
学研究科修了、博士（理学）。大学院生の1992年より
チベット高原とネパールヒマラヤでの氷河観測を開始。
2001～2009年にはロシアのアルタイ山脈や中央アジ
アでのアイスコア掘削、2002～2004年は南極ドーム
ふじでの越冬観測に従事した。2002～2005年には中
国祁連（きれん）山での氷河観測、2007年からはブ
ータンやネパールでヒマラヤの氷河観測を継続している。
2009年から名古屋大学グローバルCOE「地球学から基
礎・臨床環境学への展開」の事業推進担当者、JICA/JST
「ブータン・ヒマラヤにおける氷河湖決壊洪水に関する
研究プロジェクト」にも深くかかわっている。

四番目として、これまでは、1994の決壊の理由として、上流部の池があふれてルゲ氷河湖に流れ込んだという説が提案されていましたが、私たちは、決壊前後の衛星画像を詳細に調べ、また現地調査の際にも詳しく調べた結果、ルゲ氷河から氷河湖に向かってU字型に湾曲している部分の所で、北側のモレーンが崩れて開いたことを突き止めました。

五番目の成果は、実際面で有効と思われる成果です。氷河湖の崩壊というのは地震と同じで、「いつ起こるのか」を予測することは簡単ではありません。もちろん、網羅的に現地調査をすればよいのですが、ヒマラヤの氷河湖というのは何千もあるのです。それをいちいち全部調べ続けるのはほとんど不可能です。しかし、「どの部分で起こりそうか」ということは、ほぼわかるのでは？という提案をしました。

ND — 氷河湖をせき止めているモレーンが薄く細くなっている部分が危ない、というわけですね。

藤田 — いいえ、そう単純ではありません。実際、これまでも、衛星画像からそうしたモレーン部分を抽出し、危険個所がいくつある、とかいった話が公表されてきました。ところが私たちが詳しく調べてみると、例えば薄く細くなっている部分でも、湖面に対してモレーンの外側にある河床が高い場所とか、モレーンの傾斜が緩やかだとか、決壊する危険性が少ないところもあることがわかったのです。また、流れ出る水位の標高と下る先の標高との差が小さければ、危険性は低くなるわけです。

つまり、決壊の危険性というのは、湖水が流出する可能性のある場所で、傾斜が急で標高差が大きいことだといえるわけです。このような視点で、ルナナ地方で4つの個所について、それぞれの場所の傾斜を提示しました。現在実施中のJICA/JSTプロジェクトの中では、このアイデアをより広域に適用すべく解析を進めています。

きついい言

ND — 雪氷学、氷河変動という基礎科学そのものと思

えない学問の研究者が、災害という現実的なテーマに結び付いたのには、何かきっかけがあったのですか。

藤田 — 私の研究テーマは「氷河変動」でして、1990年代から、途中、南極での越冬観測を挟んで、チベットやネパールで氷河の調査を進めてきました。ヒマラヤにおける氷河変動の観測³とモデリング⁴が、本当の専門分野です。

私たちの研究室には10年ほど前に^{あけた}上田豊先生（名古屋大学名誉教授、2007年に退職）を中心とする「ブータン好き」のグループがあって、1998年からブータンでの氷河観測を継続していました。ただ、観測の担い手であった若手が就職などで長い期間のフィールド調査に集まりにくくなり、2004年の一区切りとなる調査の時に私が手を挙げたというわけです。でも、最初は氷河の変化を調べるのが中心でして、氷河湖には直接タッチしませんでした。ところが、観測を終えて戻ったティンブー（ブータンの首都）で、ブータン側の責任者であるドルジ・ワンダさんから、きついい言をもらいました。「君らはデータが取れてハッピーかもしれないが、結局君らの調査の何がブータンの役に立つんだ？」って。

ブータンの人々が基礎科学に対する理解が少ないといえれば、それはそうだと思います。でも、氷河湖の問題に対しては「そのうち役に立つかも」などと悠長なことをいってられない。今回のように決壊の危険場所を詳細に指定できたことは、ワンダさんへ1つの回答になったかな、とも思いますし、現在進めているプロジェクトで、より発展させていきたいと考えています。

ND — 科学の最も大事な原点の1つである山岳フィールド研究の伝統を、今後もつないでいてください。どうもありがとうございました。 ■

聞き手は、松尾義之（サイエンスライター）。

- 1 Nayar, A. *Nature* **461**1042-1046 (2009)
- 2 Fujita, K. et al. *Journal of Glaciology* **54** 220-228 (2008)
- 3 Fujita, K. et al. *Journal of Glaciology* **43** 583-588 (1997)
- 4 Fujita, K. *Earth and Planetary Science Letters* **276** 14-19 (2008)