

合成開口レーダを用いた熱帯氷河下流域における湿地のモニタリング

日本大学工学部 学生会員 ○門間 洋仁

日本大学工学部 正会員 朝岡 良浩

1. 背景

南アメリカ大陸に位置するボリビア多民族国家の首都ラパス市と隣接するエル・アルト市の年間降水量は500mmと世界平均と比べて少ない。降水を補う水資源として利用されているのが、アンデス山脈に存在する熱帯氷河からの融解水である。毎年11月から4月の雨期に気温が上昇し、氷河の融解が発生するため氷河の下流のダムに貯水して水資源として利用している。しかし、アンデス山脈では近年の地球温暖化に伴う気候変動の影響により長期的な熱帯氷河の縮小が報告され、熱帯氷河からの融解水の供給が不安定になっている。熱帯氷河からの融解水を主な水資源とするトゥニ貯水地では将来的に貯水量の減少が危惧されている。

氷河の後退した跡地のU字谷には湿地が形成される。このような湿地の水域の季節変化、あるいは氷河や湿地を含む流域の水循環は十分に解明されていない。衛星リモートセンシングは電磁波を用いて地表面の状態を観測できることから、湿地の水域のモニタリングに有効と考えられるが、光学センサは雲の影響を受けやすく観測できる時期が限定される。一方で、マイクロ波センサは雲の影響を受けにくく、月単位のモニタリングに適していると考えられる。本研究は、Sentinel-1衛星のCバンド合成開口レーダを用いて2014年10月から2015年9月の期間を対象にボリビア熱帯氷河の下流に分布する湿地をモニタリングした。

2. 対象地域

本研究は、図-1に示すトゥニ貯水池集水域を対象に研究を行った。北部から順にコンドリリ川、トゥニ川、ワイナポトシ川の3河川で構成される。トゥニ川はトゥニ貯水地に自然流入するが、コンドリリ川とワイナポトシ川は雨期のみ導水管を介してトゥニ貯水地に流入する。

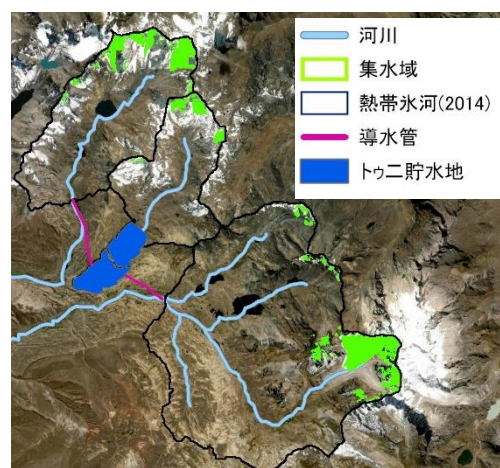


図-1 トゥニ貯水地集水

3. 研究手法

3.1 人工衛星データ

Sentinel-1衛星は欧州宇宙機関(ESA)と欧州連合(EU)によって開発され、Cバンドの合成開口レーダを搭載する地球観測衛星である。Sentinel-1AとSentinel-1Bの2基からなる衛星コンステレーションであり、Sentinel-1Aは2014年4月に、Sentinel-1Bは2016年4月に打ち上げられ、現在も運用されている。Sentinel-1A, Bの衛星画像データはアラスカ SAR 施設(ASF)が運用する ASF Data Search Vertex から入手した。空間分解能は10mである。

3.2 後方散乱係数の算出

合成開口レーダはマイクロ波を地表に対して斜めに照射し、その後方散乱波を受信する。後方散乱波強度は地表面の材質や形状、状態によって異なる。(1)式を用いてデジタルナンバー(DN)から後方散乱係数(β^0)に変換した¹⁾。また、局所入射角による後方散乱変化を補正するために(2)式を用いて後方散乱係数(γ^0)に補正し、その後db値に変換した¹⁾。

$$\beta^0 = \frac{DN^2}{A_\beta^2} \quad (1)$$

$$\gamma^0 = \beta^0 \times \tan\theta \quad (2)$$

キーワード Sentinel-1, マイクロ波リモートセンシング, ボリビア, トゥニ貯水地

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8732

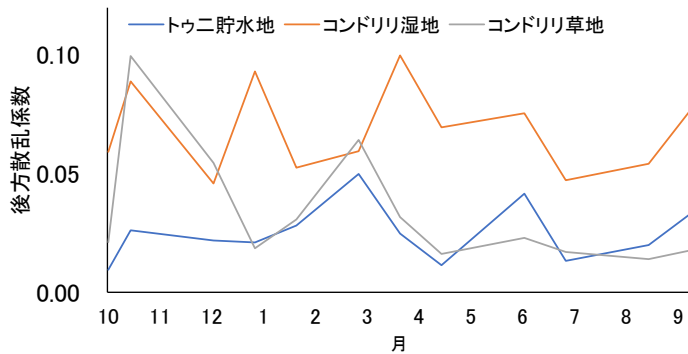


図-2 貯水地、湿地、草地における後方散乱係数の変動

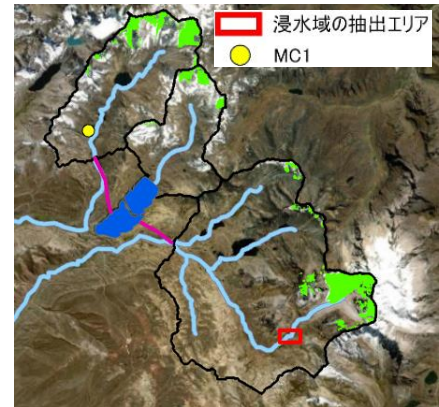


図-3 浸水域の抽出エリア

ここで、 A_β は SAR 画像データに付属する Look Up Table によって与えられるスラントレンジ面の正規化面積である。局所入射角は標高データの SRTM1 秒メッシュを用いて計算した。

3.3 水域の抽出

標高データを用いて傾斜角を算出し、傾斜角が 10° より大きい画素は湿地の水域の対象から除いた。後方散乱係数に閾値を設定して、衛星画像の画素毎に浸域を判定した。閾値は、日高・若林(2021)が水田の湛水域を抽出する際に用いた閾値-12.60db を採用した。

4. 結果と考察

竹内・木内(2015)が光学センサを用いて作成した地被分類を参考に、トゥ二貯水地、コンドリリ集水域の湿地、草地における後方散乱係数の変動を図-2 に示す。トゥ二貯水地の後方散乱係数は 0 から 0.02、湿地は 0.05 から 0.10、草地は 0.02 から 1.0 の範囲で変動する。

雨季の 1 月と乾季の 6 月を対象として衛星画像から抽出した浸域の分布を図-4、湿地の水域面積とコンドリリ川中流域に存在する気象観測点 MC1 で観測された月降水量を表-1 に示す。2015 年の場合、降水量より雨季は 4 月に収束するが、水域の面積は 7 月まで増加する傾向を確認した。

5. まとめ

本研究は Sentinel-1 衛星の C バンド合成開口レーダを用いて湿地の水域の抽出を試みた。水域と降水量を比較したところ、湿地の水域の最大となる時期は雨季の収束後になることを確認した。今後の課題として、後方散乱係数から湿地を抽出する閾値を見直す必要がある。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(20K04712, 代表朝岡良浩)および JSPS 二国間交流事業の支援により実施された。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 船木翔太・朝岡良浩・若林裕之・木内豪・Javier Mendoza (2017): C-band 合成開口レーダを用いた熱帯水河の後方散乱係数特性, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.4, pp.889-894.
- 2) 日高直人・若林裕之 (2021): Sentinel-1 SAR データを用いたインドネシア稲作地の浸水域抽出, 令和 2 年度第 63 回日本大学工学部学術研究報告会, 講演要旨集, 情報工学部会, pp.62-63.
- 3) 木内豪・竹村北斗 (2015): アンデス山脈の高標高帯における湿地の分布・形態の同定と水文学的機能の考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.71, No.4, pp.937-942.

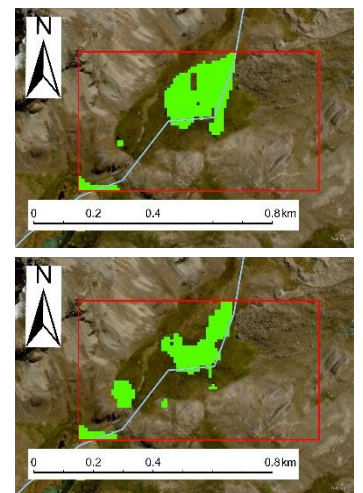


図-4 湿地の水域

上段：1 月、下段：6 月

表-1 水域の面積と月降水量

	面積(m ²)	月降水量(mm)
2014年10月	56,900	32.8
11月	15,600	37.6
12月	16,900	89.8
2015年1月	44,200	153.0
2月	39,600	89.2
3月	45,700	98.0
4月	9,100	80.8
5月	17,600	6.0
6月	35,800	0.0
7月	84,600	5.2
8月	22,900	27.6
9月	11,600	41.6