

Landsat-8 データに U-Net を用いた氷河湖抽出

広島工業大学 正会員 ○小西 智久, 小黒 剛成
 広島工業大学 非会員 有田 宗平, 伊藤 征嗣

1. 目的

近年, ヒマラヤの氷が融解し, 氷河湖が拡大していることが問題視されている. 氷河湖の中でも氷河や未固結のモレーンにせき止められたものは非常に脆く, 決壊することで洪水や土石流を引き起こす恐れがある. そのため氷河湖の面積を定期的に把握することが重要である. しかし, 氷河に定期的に踏査して調査することは困難であり, 人工衛星を用いた観測が行われている.

本研究では1970年代後半から崩壊の危険性が指摘されているイムジャ氷河湖周辺において Landsat-8 データに閾値法と U-Net を用いて氷河湖の抽出を行い, その精度比較を行うことを目的とする.

2. 対象地域および使用データ

本研究の対象地域はネパールのクンプ地方に位置するイムジャ氷河湖周辺である. 使用データは2013年10月10日と2020年10月29日観測の Landsat-8 LIT プロダクトであり, パス140, ロウ41である. 観測範囲を図1の黄枠に示す. この内, 赤枠の範囲をテスト範囲とした. 氷河湖は画像北部に集中していることから, 北半分を解析画像として使用した.

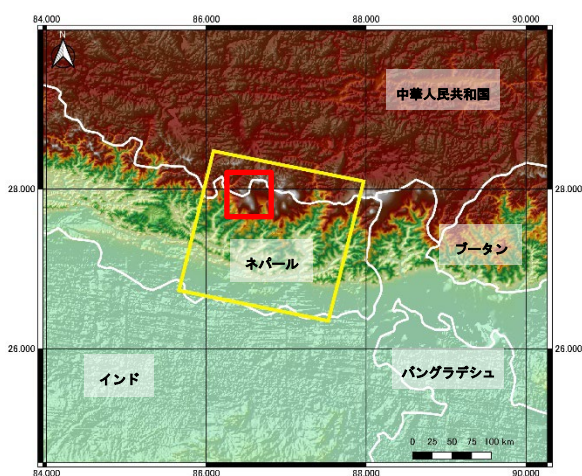


図1 研究対象範囲 (赤枠:テスト範囲)

3. 方法

Landsat-8 データを USGS 運用の Earth Explorer から Level 1T プロダクトをダウンロードした. そして DN 値 (Q_{cal}) を反射率 ($\rho\lambda$) へ変換した.

$$\rho\lambda = \frac{M_\rho Q_{cal} + A_\rho}{\sin(\theta_{SE})} \quad (1)$$

ここで, M_ρ と A_ρ はリスケーリング係数, θ_{SE} は太陽高度である. 続いてこの反射率データに対して閾値法と U-Net を用いて氷河湖の抽出を行った.

3.1 閾値法

閾値法は Bhardwaj ら^[1]の手法を基に行った. まず, A 指数^[1]の算出を行った.

$$A = \frac{(Band\ 9 - Band\ 1)}{(Band\ 9 + Band\ 1)} \times \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)} \quad (2)$$

次にこの A 指数に輝度温度(BT)を組み合わせた B 指数^[1]を算出した.

$$B = A \text{ and } BT \quad (3)$$

B 指数に閾値を設定して氷河湖を抽出した.

3.2 U-Net

U-Net^[2]は畳み込みニューラルネットワークの一種である. その構造を図2に示す. 青色の矩形の左側の数値は画像サイズを表し, 矩形上部の数値は特徴マップの数を表す. U-Net の基本構造は, 図左側のエンコード部と右側のデコード部から構成されている. そして, エンコード部とデコード部を結ぶスキップコネクションにより元画像の情報を出力側に伝搬することで精度の向上を図っている. 入力画像としては Landsat-8 の band 3, 5, 8 の RGB 画像から切り出した 256×256 画素の小パッチを用いた. 272 枚を学習と評価用に使用し, 64 枚をテスト画像とした. モデルの学習におけるバッチサイズは 8, 16, 24, 32, 40 の 5 種類を試した. エポック数は 100 に設定した. 損失関数は Dice 係数を使用し, 最適化アルゴリズム

キーワード イムジャ氷河湖, 畳み込みニューラルネットワーク, ネパール

連絡先 〒731-5193 広島県広島市佐伯区三宅 2-1-1 広島工業大学 TEL 082-921-7421

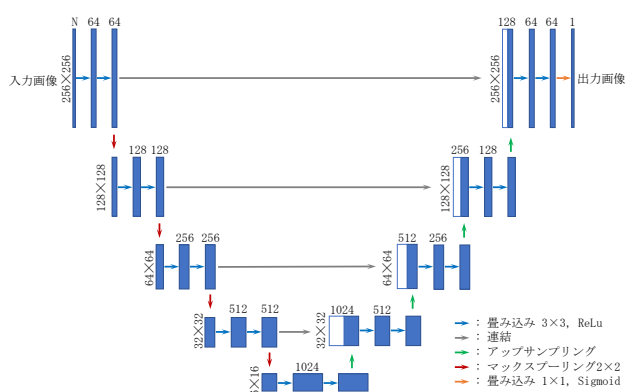


図2 U-Netの構造

(optimizer)はU-Netで多く利用されているAdamを使用した。

3.3 検証方法

氷河湖抽出の検証は2013年と2020年のLandsat-8画像から目視判読により抽出した氷河湖データを用いて閾値設定やモデル学習に使用していない2,048×2,048画素のテストデータのF値により評価した。QGISを用いた目視判読による氷河湖の数は2013年は2,040箇所、2020年は1,727箇所であった。

4. 結果および考察

閾値法では、氷河湖において指数の値を計測し、それをもとに閾値を設定した。氷河湖のA指数は最小0.34であり式(4)により抽出した。

$$MI > 0.34 \quad (4)$$

氷河湖のB指数は2013年と2020年の氷河湖の最低温度と最高温度を計測し式(5)、(6)により抽出した。

$$B_{2013} = MI > 0.34 \text{ and } (273 < T < 293) \quad (5)$$

$$B_{2020} = MI > 0.34 \text{ and } (271 < T < 290) \quad (6)$$

以上の閾値設定により抽出した氷河湖と目視判読により抽出した氷河湖を比較しF値により検証を行った。表1に氷河湖抽出におけるF値の結果を示す。

閾値法を用いた氷河湖の抽出では、F値が2013年は69.15%、2020年は71.67%であった。課題としては、閾値決定に際して各データごとに数値を計測しているため、全てのデータに一律に適用できないことが挙げられる。

U-Netでは、まずモデルの学習・検証用画像とテスト画像を同一のLandsat画像から作成して行った。F値は2013年では87.25%、2020年では82.95%であった。これらは閾値法よりも高値を示した。次にモデルの学習・検証用画像とテスト画像を異なるLandsat画

表1 氷河湖の抽出結果

観測データ	抽出手法	F値 (%)
2013年	閾値法	69.15
	U-Net (学習:2013年)	87.25
	U-Net (学習:2020年)	77.96
2020年	閾値法	71.67
	U-Net (学習:2020年)	82.95
	U-Net (学習:2013年)	72.96



図3 氷河湖抽出画像 (2013年, 白:氷河湖)

像から作成して行った。2020年データから学習を行ったU-Netによる2013年データのF値は77.96%、2013年データから学習を行ったU-Netによる2020年データのF値は72.96%であった。どちらも同一のデータからモデル作成を行った場合よりも10ポイント程度F値が低下した。しかし、閾値法に比べるとF値が高値を示した。図3に2013年データの氷河湖抽出画像の一つの小パッチ(256×256画素)の例を示す。U-Net(学習:2013年)では小規模の氷河湖も抽出できていることが確認できる。

5. まとめ

本研究ではLandsat-8データに閾値法とU-Netを用いて氷河湖の抽出を行った。その結果、U-Netは閾値法よりも高いF値を示した。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP20K05054の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1]Bhardwaj A. et al.: A lake detection algorithm (LDA) using Landsat 8 data: A comparative approach in glacial environment, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 38, pp.150-163, 2015.
- [2] Ronneberger, O., Fischer, P. and Brox, T. : U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, Proc. of the Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI 2015), Vol. 9351, pp. 234-241, 2015.