数値標高モデルを用いた機械学習によるコロンビアの 地形分類手法の検討

Study of Terrain Classification of Colombia By Machine Learning Using Digital Elecation Model

○西澤 勇祐¹, 松岡 昌志², パチャラバティ タマラ², 岩橋 純子³ Yusuke NISHIZAWA¹, Masashi MATSUOKA², Patcharavadee THAMARUX² and Junko IWAHASHI³

1東京工業大学大学院総合理工学研究科

Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology

²東京工業大学環境・社会理工学院

Department of Architecture and Building Engineering, Tokyo Instutute of Technology

3国土地理院地理地殻活動研究センター

Geography and Crustal Dynamics Research Center, Geospatial Information Authority of Japan

Colombia has a lot of natural disaster and it is usuful to create a terrain classification map for disaster mitigation. However, published terrain classification maps are limited in some regions. Conventional terrain classification method requires a specialized knowledge and takes time. Solving the problems, Iwahashi and Pike (2007) proposed an automated terrain classification method using Digital Elevation Model. However, the result by this method depends on Region of Interest. In Colombia, it enables to evaluate the relationship between terrain classification and Digital Elecation Model numerically based on published maps. This paper performed supervised terrain classification technique that is a combination of machine learning and an published terrain classification maps as the teacher.

Keywords: Terrain classification, DEM, Machine learning, Slope gradient, Surface texture, Local convexity

1. はじめに

コロンビアは自然災害が多く,地形分類図を作成する ことは防災上有用である.従来の地形分類作業には専門 知識が必要とされ,結果に個人差があるほか,作業に時 間を要する.

Iwahashi and Pike¹⁾ は数値標高モデルを画像処理的手法 で地形形態の特徴を表示してグループ分けする事により, 地形分類の省力化と普遍化を行った.しかし,分類結果 が ROI¹ に左右されるほか,対象地域特有の地形を分類で きないといった課題がある.

コロンビアの一部地域では詳細な微地形分類図がすで に存在している.そのため、機械学習手法によって既存 の地域のデータから、その他の地域の地形分類図を作成 することができれば、コロンビア特有の地形を分類する ことが可能になると考えられる.2章ではコロンビアの 既存の地形分類図を示す。3章では、Iwahashi and Pike の 提案する 3 つの特徴量を説明するとともにコロンビアに 対して手法を適用し、得られた分類図を考察する.4章 ではニューラルネットワークによる地形分類の手法の説 明及びコロンビアに手法を適用することで得られた分類 図の考察を行う.

2. 既存の地形分類

コロンビアの首都ボゴタ及び西部の一部について,316 種類のクラスを有する詳細な微地形分類図が存在する. 地形分類手法に用いるため,この微地形分類を防災上最 低限必要なクラスに統合する必要がある. **ま1** 地形公類

No.	地形区分	定義・特徴
1	扇状地	砂礫よりなる半円形の堆積地
2	河成段丘	河川に沿って分布する階段状の地
		形で、谷底平野が侵食の復活によ
		り台地状になったもので、旧河川
		堆積物に覆われる.
3	湖水デルタ	川が湖に流れ込み、土砂が河口付
		近に堆積した地形.
4	盆地・氾濫原な	周囲を山地に囲まれた低く平らな
	ど	地形及び洪水時に氾濫する地域.
5	海成段丘	過去の海面に関連した海成平坦面
		が海岸線に沿って階段状に分布す
		る地形.
6	潮流デルタ	潮流によって内湾側に形成される
		三角州.
7	干潟・氾濫原・	海岸部に発達する砂や泥による低
	湿地など	湿地や海水によって冠水する低
		地.
8	砂州・砂浜	波や潮流の作用によってできる密
		な砂や砂礫の堆積地形.
9	山地	露出地形,火山地形,氷河・周氷
		河地形,シエラ(ノコギリ状の山
		脈).

扇状地や段丘といった地形学上の基本的な分類に加え, 地盤特性を考慮したクラスにするため,ボゴタで得られ ている地質図との対応から最終的に表1の9つのクラス とした.防災上の活用という目的から,地盤増幅率が高 い低地について詳細な分類となるようにした.クラス 1~4を河成地形クラス,5~8を海成地形,クラス9を山地 とし,その分布を図1に示す.



図1 コロンビアの既存の地形分類

Iwahashi and Pikeの提案する特徴量及び分類 手法

Iwahashi and Pike は数値標高モデルか地形分類図を作成 するための特徴量として Slope, Texture, Convexity の 3 つ を提案している.以下に各特徴量の説明を述べる.また, **Iwahashi and Pike** の提案する分類手法をコロンビアに適用 し,得られた分類図を考察する.

3.1 Slope

Slope は数値標高モデルから,各ピクセルの傾斜量を計 算することで得られる.3×3 近傍の一次傾向面の傾斜量 を一般的な GIS ソフトを使用して計算した.

3.2 Texture

尾根・谷密度を表す。地形によって、尾根・谷の分布 密度は異なる。尾根・谷は数値標高モデルでは高周波成 分と見なすことができる。そこで、尾根・谷は高周波成 分に反応する 3×3 近傍の中間値フィルタを使用すること で以下の式で正の値を取るものと見なせる.

尾根・谷: P{ I(x,y) – M(x,y) + P{ M(x,y) - I(x,y) }

ここで, I(x,y):数値標高モデル

M(x,y):メディアンフィルタ処理後の数値標高 モデル

P(x):*x*が正であれば1,0もしくは負であれば0 を返す.

こうして 2 値画像として得られた傾斜変更点を 21×21 の円形の一様重み線型フィルタで処理をすることで得ら れる値を Texture とする. このフィルタは 21×21 近傍の 画素値の平均を中心画素に置き換えるものである.

3.3 Convexity

ここ

凸部の分布密度を表し、局所領域における地表の丸みの度合いを示す.凸部はデジタル画像の二次差分を求める Laplacian フィルタによって正の値を取るため、以下のように求められる.

凸部:
$$P\{L(x, y)\}$$

で、
$$L(x, y)$$
: Laplacian フィルタ

P(x): xが正であれば 1,0 もしくは負であれば 0 を返す.

得られた凸部を Texture と同様に 21×21 の円形の一様 重み線型フィルタで処理をすることで Convexity とする.

3.4 Iwahashi and Pikeによる分類手法

Iwahashi and Pike はそれぞれの特徴量について,指定した ROI 内での統計量を閾値とした次のような分類手法を 提案している. Texture と Convexity について,それぞれ 平均値より上と下の 2 つのグループに分ける(図 2 上段 右).一般的な地形分類では緩斜面ほど細かく分類する 傾向があることから,Slope については,値が平均値より 小さかったグループについて平均値を求め 2 分し,そこ でも平均値が小さかったグループの平均値でさらに 2 分 し,計 8 グループに分ける(図 2 上段左).最後に,こ れらのグループの組み合わせから 16 種類に分類を行う (図 2 下段).



図2 Iwahashi and Pikeによる分類手法

3.5 分類結果

ROI がボゴタ,コロンビア,南米大陸北部,南米大陸 の4種類と,数値標高モデルを解像度90mと250mの2種 類,計8通りの場合について上記の手法により分類図を 作成した.ROIの違いによって分類結果が大きく異なる という問題が確認された.この内,既存の地形分類図と 良い対応が見られる,ROIをコロンビア,数値標高モデ ルの解像度を250mとした地形分類図に対し,既存の地形 分類図に近づくように表1のクラスを割り当てることで 図3を得た.



図3 Iwahashi and Pikeによる分類結果

山地に関しては概ね良好に分類できた.これは,一般 的な地形分類では傾斜量を元に山地を判読し, Iwahashi and Pikeの手法では, Slopeの値の大小のみで山地を分類 しているためだと考えられる.一方で沿岸地域では,海 成地形であるクラス5~8が分類されていない.これは Iwahashi and Pikeの分類手法が,全体の平均値という閾値 以外の区分方法を持たないため,それを超える詳細な分 類ができないためだと考えられる.

4. ニューラルネットワークによる機械学習

上述の Iwahashi and Pike の分類手法には,(1) ROI に分 類結果が依存する,(2)分類できる地形に限界がある,と いう 2 つの問題がある.そこで,それらの問題を解決す るため,機械学習の手法を適用することを考える.アル ゴリズムには,明白な特徴量,教師あり分類,多クラス 分類という問題の性質と,環境構築が容易であったとい う理由からニューラルネットワークを選択した.ニュー ラルネットワークはRのパッケージである nnet²⁰を使用し た.

4.1 データセット

コロンビアの既存の地形分類図がある地域について, それぞれのクラスからランダムにピクセルを選び、3 つ の特徴量を取得した.選択するピクセル数は,クラス 1 ~7に関しては 5000 個、クラス 8 は取得できる最大数で ある 2344 個とし,クラス 9 は占める面積の大きさから 20000 個とした.

4.2 分類結果

ニューラルネットワークによって得られた分類結果を 図4に示す.山地については概ね良好に分類できていた. また,沿岸部においても一部に海成地形が見られた.



図4 ニューラルネットワークによる分類結果

5. Iwahashi and Pikeの分類手法とニューラルネットワークによる分類手法の比較

図 5 に各分類図の沿岸部を拡大したものを示す.各沿 岸部のニューラルネットワークによる分類図ではクラス 5~8 の海成地形に分類されたものが見られる.これはニ ューラルネットワークによる分類が,教師データに含ま れている地形についてある程度詳細な分類も可能である ことを示している.図 5 (a)の既存の分類において内陸の 白くなっている地域は湖やダムといった水域であるが、 ニューラルネットワークではこれらがクラス 6 や 7 に分 類されている.これらの領域における特徴量がすべて 0 であったことから,緩斜面でなめらかな地形と考えられ るクラス 6,7 に分類されたと考えられる.

ボゴタの平地や一部の山地など、うまく分類できなか った地域については、データセットを制作する際にそれ らの地域を重点的にサンプリングすることで分類結果を 既存の地形分類に近づけられると考えられる.また、低 地に関してはより解像度の高い数値標高モデルを使用し た多段階的な処理を行うことで、低地の微細な地形を判 別することができる可能性がある.一方で、今回用いた 3 つの特徴量に大差のないクラスはうまく分類できない.



(a) 沿岸部 1





(b) 沿岸部 2











(c) 沿岸部 3 図5 Iwahashi and Pike 及びニューラルネットワークによる分類結果の比較

このようなクラスは.新たな特徴量を加えた手法によっ て分類できる可能性がある.

6. まとめと今後の課題

コロンビアにおいて既存の地形分類をもとに, Iwahashi and Pike の提案する特徴量から, Iwahashi and Pike の分類手法とニューラルネットワークでそれぞれ地 形分類図を作成した. ニューラルネットワークによる手 法は海成地形など, Iwahashi and Pike の分類手法では分類 できない地形を一部分類することができたが、内陸に海 成地形が分類されるなど、精度の面で改善の余地がある. また、データセット作成時に、各クラスからのサンプリ ング数によって結果が変化するという課題もある. 今後 は既存の地形分類に近づけるために、教師データのサン プリングの仕方を工夫するとともに,低地についてはよ り高解像度の数値標高モデルを使うなど、低地の分類精 度の向上を目指す予定である.また,決定木などの他の 機械学習のアルゴリズムでも分類を試み,最終的に高精

度な地形分類手法を開発したい.

補注

1 Region of Interestの略で、特徴量の平均値を計算する際の解 析対象範囲を示す.

参考文献

- 1) Junko Iwahasshi, Richard J. Pike: Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algprithm and a three-part geometric signature, Geomorphology 86 (2007) 409-440
- 2) CRAN Packeage nnet, https://cran.r-_ project.org/web/packages/nnet/index.html