

衛星画像によるモホス文明の土木構造物の復元

東京大学 学生会員 ○岡田 尚樹
立正大学 正会員 小川 進

1. はじめに

考古学においては現地調査が重要な意味を持つ。しかし、1回で調査できる範囲は限られているため、得られるデータは離散的な点データとなってしまう。しかし、文明の全体像を掴むためには面的な分析が必要となってくる。

本研究では、現在のボリビアを中心とするアマゾン川流域に栄えたとされるモホス文明に対して、衛星画像を用いてモホスの人々が造った人造湖の抽出を行った。これにより、人造湖の空間分布を把握し、それらの重心を計算することにより、文明の中心地を推定する。

2. 研究対象概要

モホス文明は、5千年以上前にアマゾン川上流地帯に栄えたとされる文明であり、現在のボリビア、モホス大平原を中心とした地域に分布したとされている。図1に本研究の対象地を示す。モホス文明の人々は高度な土木、農業技術を持っていた。その痕跡としてモホス平原に数多く発見されている人造湖は、長方形をしており、その多くは長軸が北東を向くように造られている。モホスの人々はこの人造湖で魚やカタツムリの養殖を行ったと考えられている¹⁾。図2に人造湖を示す。それ以外にもモホスの人々が生活を営んだとされる人工の丘「ロマ」やロマ同士を結ぶ「テラプレン」も発見されている。

3. 研究方法

3.1. 使用データ

アマゾン川流域は大量に存在する雲や焼畑によって発生する煙によって、良好な可視画像を得ることが難しい。そこで、雲や煙によって影響されないSAR画像を主に用いた。衛星画像の範囲は図1に示す約840×710kmの範囲である。

3.2. 人造湖抽出

人造湖を抽出する手順を以下に示す。まず、リサイズしたSAR画像に対して、局所的なノイズを抑制するため

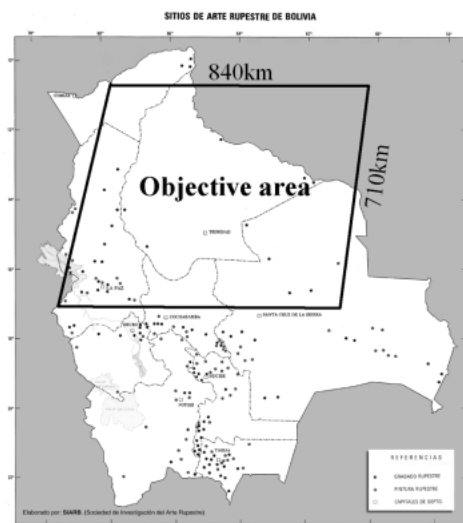


Fig.1. Objective area

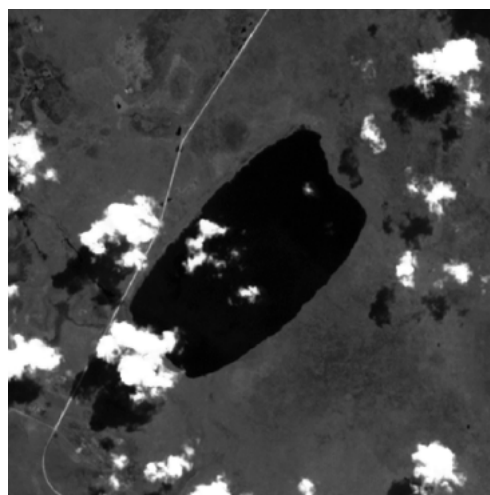


Fig.2. Artificial lake

に3×3のウィンドウで平均化処理を行う。人造湖は暗い特徴として表れるので、つぎに画像全体の画素値の平均値の0.6倍を閾値として2値化を行う。この画像に対して、収縮処理と膨張処理を行って人造湖の候補を残したまま細かいノイズを取り除く。最後に、残った人造湖の候補に対してラベリングを行い、面積3000ピクセル以上、凹

キーワード SAR, 人造湖, モホス文明

連絡先 〒277-8561 千葉県柏の葉5-1-5 東京大学大学院新領域創成科学研究科 TEL : 04-7136-4307

凸係数 23 以下の候補を人造湖として残し、それ以外のを削除した。

3.2.1 ラベリング

ラベリングは、2 値化画像に対して連続している画素すべてに同じ番号を付け、異なる連続成分には別の番号を付ける処理である。これは、画像上を走査してラベルのついていない画素が存在した場合、その画素にラベルをつけ、さらにその画素に連結している画素に同じラベルを付ける、という操作を繰り返すことによって行われる。凹凸係数は、物体の凹凸度を表す特徴で以下の式で求めることができる²⁾。

$$SF2 = \frac{(PERI)^2}{AREA} \times \frac{1}{4\pi} \quad (1)$$

ここで、 $SF2$ ：凹凸係数、 $PERI$ ：連続成分の周囲長(m)、 $AREA$ ：連続成分の面積(m²)である。凹凸係数は真円で最小の 1 となり、形状が複雑になるほど大きな値をとる。

3.3. 河川網抽出

河川網の抽出手順を以下に示す。太い河川と細い河川は別々の方法で抽出し、最後に 2 枚の画像を合成して出力とする。太い河川に対しては、まず画像全体の平均値の 0.65 倍を閾値として 2 値化を行う。つぎに、人造湖抽出と同様に収縮処理と膨張処理を施して細かいノイズを除去する。最後にラベリングを行い、密度を計算し密度が 0.12 以下の物体を太い河川として残す。細い河川は、まず各画素に対して 21×21 のウィンドウで分散を計算して、平均値から標準偏差を引いたものを閾値として 2 値化を行った。つぎに、細かいノイズを除去するために、孤立点除去処理を行い、さらに各画素に対して、3×3 ウィンドウ中に 4 個以上画素が無ければノイズとして削除する処理を行った。細い河川候補が切れ切れになっているので連続性を高めるために膨張処理を施した。この画像にラベリングを施して、面積 1300 ピクセル以上、凹凸係数 110 以上を細い河川候補として残す。現段階でも河川でない物体が残っているため、2 値化処理後の画像と論理積を取り、再び同様の処理を行って、面積 60 ピクセル以上、凹凸係数 30 以上の対象を細い河川として抽出する。

3.3.1 密度

連続成分の面積を、その連続成分に外接する矩形の面

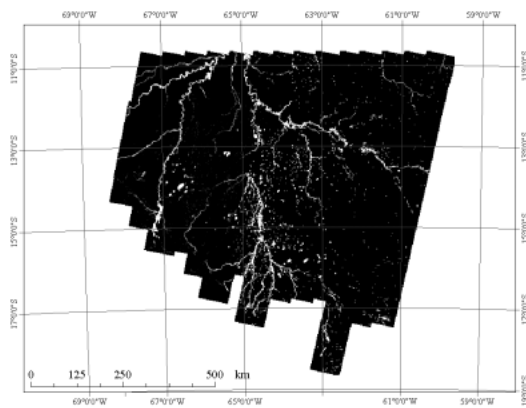


Fig.3. Mosaic image

積で割ったものを密度とした。

4. 結果

人造湖および河川網の抽出を行い、モザイクした画像を図 3 に示す。人造湖の分布を調べた結果、Trinidad よりやや北東よりの Baures 近郊に中心があることが分かった。抽出の際、人造湖と周囲の画素値が近いと上手く抽出できない場合があった。河川網の場合は、細い河川で複雑に蛇行している部分が膨張処理を行った際に結合してしまい、河川と認識されずに削除されてしまう事例があった。また、除去しきれなかった細かいノイズ同士が膨張処理の際に結合して、細い河川として抽出されてしまった。

5. 結論

本研究では、現在のボリビアを中心とするアマゾン川流域に栄えたとされるモホス文明に関して、SAR 画像を用いて人造湖の抽出を行った。これにより、人造湖および河川網の抽出を行うことができた。この結果から、対象地における人造湖の分布を調べて、その密集地を探索し、文明の中心地を推定することができた。

参考文献

- 1) 実松克義：衝撃の古代アマゾン文明－第五の大河文明が世界史を書きかえる，pp177-179, 182-186, 講談社，2004.
- 2) 高木幹雄・下田陽久：新編画像解析ハンドブック，pp1534-1535, 東京大学出版会，2004.