

# ALOS によるナスカ地上絵の同定

高久 克也\* 小川 進\*\*

キーワード：画像処理、考古学、リモートセンシング、SAR

## 1. はじめに

### 1-1 研究背景

#### 1-1-1 ナスカ

ナスカは、南米のペルーの首都リマの南部約400kmに位置する。ナスカ近傍のパンパと呼ばれる乾燥した平原には、地上絵が描かれている。この地域は、年間降水量が1mmにも満たない砂漠地帯である。現地語で「つらく過酷な」という意味の「ナナスカ」がナスカの語源であるとされている。ナスカの街は、近くで鉱山が開発された約70年前に建設された。人口は3万人前後で、多くは白人、先住民、黒人の混血である<sup>[1]</sup>。

ナスカ地上絵はいまだに多くの謎に包まれている。これまで多くの研究者が地上絵の解明に力を注いだ、明確な解答は得られていない。プレインカが栄えた時代である紀元100~600年は、ナスカ文化として知られている。ナスカ文化には、巨大な地上絵を描く技術、土器の彩色、織物の模様、羽飾りなどの他、地下水路、ミイラ、頭蓋骨のトロフィーなど、驚くべき遺物が多い。

またナスカ文化の人々は、カワチ地域に30以上の建築物やピラミッドを築き、その建設的に精密な仕上げ技術は優れている。彼らは円錐形の日干しレンガ（アドベ）を使用することで、地質の変化に耐えられるように築いた。残念ながら今日では、これらの痕跡しか残っていない。

#### 1-1-2 ナスカ文化

ナスカ文化の中心地はイカとグランデ・ナスカ川で、カニエーテ川からヤウカ川に至る、約350kmにわたって広がる。祭祀の中心地はカワチやナスカ地上絵が描かれる平原地に置かれていた<sup>[2]</sup>。

ナスカ文化の多彩色土器は、顔料彩色による焼成前着色技法が使用された。陸上動物、魚類、海獣、栽培植物

がモチーフとなっており、最盛期には10ないし12色もの顔料が使い分けられた。

頭蓋骨のトロフィーは、大人の男女や子供を含めて、頭蓋骨を飾る習慣があったため作られた。口元が縫い合わされ、額に穴があけられ、紐のようなものを通して下げられていた。頭蓋骨は敵の軍人やその家族のものとしてとされている。これを所有することにより、故人の勇敢な力が宿ると考えられていた。

また、ナスカ文化が栄えた土地は、乾燥がひどく、河川水もナスカ川の中流域で姿を消して伏流水となり、下流域で再び現れる。このため耕作地が限られ、北部海岸のような大規模な複合社会を生み出せなかった原因の1つとなった。しかし後期に地下水路が開発され、中流域にも耕作地が拡大した。

#### 1-1-3 地上絵

ナスカの地上絵は、動物や植物を描いたものが30以上発見されている。大きさは30~285mで、図柄はトリ、シャチ、サル、クモ、イヌ、人間など多様である。これらの動植物は、ナスカで発見された土器などにも描かれていることから、ナスカ文化において儀式的な意味があるとされている。さらに多く発見されているのが、直線、台形、三角形、ジグザグ、螺旋といった幾何学図形である。特に直線にいたっては700本以上確認されている。地上絵の線は、30cmほどの幅で酸化作用のために黒くなった小石を除き、その下の明色の土が見えるようにし、その色の対比を利用して線を表している。

地上絵は1939年6月22日、アメリカ人の考古学者ポール・コソック（Paul Kosok）によって正式に発見された。その後地上絵の研究は、ドイツ人の天文学者マリア・ライヘ（Maria Reiche）に引き継がれ、1946~1998年まで続けられた。平原内には地上絵を書く際に使用されたと思われる木の棒が残っており、C14年代法で測定した

\* 横浜国立大学大学院環境情報学府環境生命学専攻

\*\* 東京大学空間情報科学センター

結果、年代は前190～後660年頃となった<sup>[3]</sup>。

地上絵が描かれた理由は様々である。ポールコソックやマリア・ライヘが支持している「天文カレンダー説」は、地上絵の直線と太陽が昇る方位との関係から、暦を割り出したという説である。「気球説」は、ナスカ人が気球に乗って地上絵を上空から眺めて楽しむために描かれたとされる説である。1975年に古代ナスカの紡織技術で作られた気球が、植物のアシで作られたゴンドラに人間2人を乗せて飛ぶ実験が行われ、成功している。また、平原内の細長い四角形や三角形は、UFOの離着陸に使用された滑走路であるという説もある。この説は多くの研究者らから否定されたが、一般の人々には大きな話題となった。ほかにも多くの説が存在するが、いまだに明確な解答は得られていない。

また1994年12月17日、ユネスコの世界文化遺産に登録された。しかし、地上絵の多くは年々消えつつある。この地域には雨がほとんど降らず、雨水による侵食がないため、地上絵はほとんど消えることなく残っていたのだが、近年、エルニーニョ現象などの影響で降水量が急激に増えている。また人為的な開発により地上絵の一部が失われたこともあり、保護が求められている。

#### 1 - 1 - 4 衛星考古学

1972年、地球観測衛星 Landsat が打ち上げられ、最初に発見された遺跡はナスカの地上絵である。これをきっかけに、様々な遺跡に関する調査が考案されたが、当時の人工衛星の解像度では大きな発展は望めなかった。

コンピュータのデジタル画像技術が向上し、衛星に搭載されるセンサの精度が向上するに従い、地表の状況がより明確になっていった。また、赤外線や合成開口レーダによる画像データが利用できるようになり、砂漠や森林の下に埋もれた遺跡なども探索できるようになった。さらに、スペースシャトルに搭載したレーダにより、密林の陰から古代運河が、サハラ砂漠の下から数10万年前の河川の痕跡が発見された<sup>[4]</sup>。

#### 1 - 2 研究目的

ナスカ地上絵が1939年6月22日に発見されて以来、多くの研究者が解明作業を行った。しかし、未だに明確な解答は得られていない。また、地上絵は浅い溝を掘られただけであるため、踏み入れるだけで地上絵が破壊されてしまう恐れがある。さらに、1994年にユネスコの世界文化遺産に登録されたことにより、現在は立ち入り禁止となっている。よって、500km<sup>2</sup>にもおよぶ広大なナス

カ平原で、十分な現地調査を行うことは困難である。

衛星考古学では、衛星データを利用することにより、広範囲の情報を瞬時に取得することが可能である。よって、ナスカ平原のような広域で、立ち入ることのできない地域を調査できる。本研究では、ALOS/PRISMを使用し、ナスカ地上絵の抽出を試みた。また、ALOS/PALSAR, SRTM-3地形データと合成し、地上絵の意図を考察した。

## 2. 方法

### 2 - 1 理論

#### 2 - 1 - 1 ALOS

陸域観測技術衛星「だいち」(Advanced Land Observing Satellite) は、2006年1月24日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打ち上げた地球観測衛星で、地球資源観測衛星1号「ふよう」(JERS-1)と、地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)によって蓄積された技術をさらに高性能化したものである。主要な目的は地図作成、地域観測、災害状況把握および資源探査である。

ALOSには、2.5mの高分解能で地形データを読み取るパンクロマチック立体視センサ(PRISM)、土地利用の観測を行う高性能可視近赤外放射計2型(AVNIR-2)、天候条件や昼夜に影響されずに観測可能なフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR)の3つの地球観測センサが搭載されている。

#### 2 - 1 - 2 PRISM

PRISMは可視域を観測する光学センサで、地表を2.5mの分解能で観測することができる。PRISMのデータは高精度の数値標高モデル(DEM)を作成するために使用される。標高を含む地形データを取得するために3組の光学系を持ち、衛星の進行方向に対して前方視、直下視、後方視の3方向の画像を同時に取得する。

それぞれの光学系は軸外し3枚鏡のプッシュブルーム走査方式で構成されており、直下視では70km、前方視と後方視は35kmのそれぞれ観測幅を持っている。前方視と後方視の放射計は地心方向に対して±約24°、衛星進行方向に対して傾けて取り付けられる。これにより高精度の地形データを高頻度で取得することが可能となる<sup>[5]</sup>。

## 2 - 1 - 3 PALSAR

PALSAR は地球資源衛星 1 号 (JERS-1) に搭載された合成開口レーダ (SAR) の機能・性能をさらに向上させたもので、天候や昼夜に影響されない能動型のマイクロ波センサである。PALSAR は高分解能観測モード、観測角を可変し 250 ~ 350km という広い観測幅を有する広観測域モード (ScanSAR) を持っている。これは、これまでの SAR と比較して 3 ~ 5 倍の観測幅となる。

SAR によって得られる情報には、アンテナから照射したマイクロ波が対象物で散乱し、アンテナ方向へ戻ってくる強度である後方散乱係数が含まれている。この散乱係数を解析することで、地質・地形の状況、地表の土壌水分量、森林におけるバイオマス量、海洋の波の状態などを推定することができる。土壌水分量の場合、土粒子の比誘電率と水の比誘電率には大きな差がある。このため、土壌に含まれる水分の量が多くなると、それに伴って土壌全体の比誘電率は大きくなり、後方散乱強度は強くなる。この結果、画像内で土壌水分量が多い地点は明るい特徴を示す<sup>[6]</sup>。

## 2 - 1 - 4 SRTM

Shuttle Radar Topography Mission は、スペースシャトルに搭載したレーダにより、全世界の立体地形データを作成することを目的とした装置である。C バンド (観測周波数 5.3GHz) の立体地形データが 2 種類公開されており、1 つは SRTM-1 (約 30m)、もう 1 つは SRTM-3 (約 90m) である。2000 年 2 月 11 ~ 12 日に実施され、これにより両極を除く地上の陸地の約 80%、全人口密集地の約 95% の標高データが取得された<sup>[7]</sup>。

## 2 - 1 - 5 クランプ処理

クランプ処理は、2 値画像の認識や図形の計測の前処理として、互いに連結する画素のグループに対して同じ番号 (画素値) を与え、連結しない画素のグループには異なる番号を与える処理である。

準備として、入力 2 値画像を  $F = \{f_{ij}\}$ 、出力画像を  $L = \{l_{ij}\}$ 、 $\lambda$  を番号を表す変数、サイズ  $M$  の配列  $T(M) (M > 0)$  を作業で用いる番号表とする。 $F$  の画素が 0 のとき、 $L$  の対応する位置の画素値も 0、 $F$  の画素値が 1 のとき、 $L$  中の対応する画素値に 8 連結する 1 画素の集合に対して 1 以上の同じ番号が付与された画像 ( $L$ ) が得られる。手順を以下に示す。

- (1) 番号表  $T$  を 0 で初期化する。 $\lambda \rightarrow 0$  とし、画素 (2,2) からラスタ走査を行う。ラスタ走査とは、画像の最上行の左から右へ、1 行ずつ下方向に順次処理する走査である。
- (2) 注目画素  $(i, j)$  とするとき、 $f_{ij} = 0$  であれば  $l_{ij} \rightarrow 0$  として(4)へ。 $f_{ij} = 1$  のとき、(3)を実行する。
- (3) 注目画素を図 2 - 2 における  $x_0$  とする。図中の  $x_1$  から  $x_4$  はラスタ走査の際に既走査の画素であり、すでに画像中で番号が付与されている。 $x_k$  における番号を  $l_k$  と表す。番号表  $T$  中の  $l_k \{k:1,2,3,4\}$  の位置を調べ、書かれている非 0 の要素を取り出す。この際、異なる非 0 の要素数  $n$  は 2 であり、それらを小さいほうから  $L_1, L_2$  とする。 $n = 0$  のとき、新しい番号を作成し、それを画像に与える。また番号表にも登録する。 $n = 1$  のとき、8 連結している 1 画素にすでに番号がつけられており、その番号を注目画素にも与える。 $n = 2$  のとき、この画素ですでに番号が与えられた 2 つの画素が連結している場合であり、この画素には一方の番号 (例えば  $L_1$ ) を付与する。また、 $L_1$  と  $L_2$  には本来同じ番号がつけられるべきであるため、番号表にそのことを記録する。
- (4) 全画素の走査が終了するまで、(2)以下を繰り返す。
- (5) 番号表中の  $T(c)$  には、番号  $c$  が集合と 8 連結していれば、それがわかった時点で、その置き換えられるべき番号が書かれている<sup>[8]</sup>。

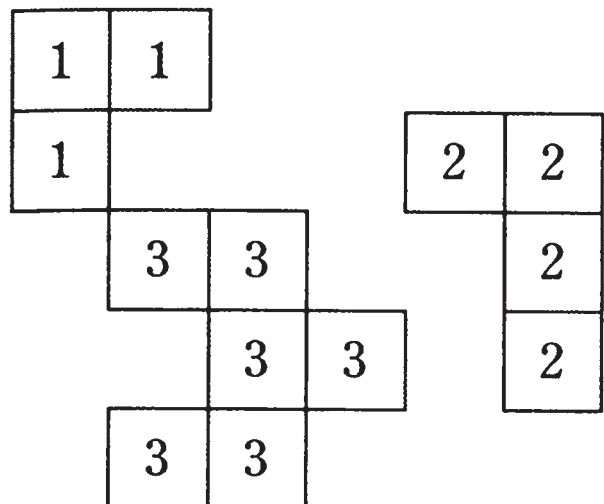


図 2 - 1 番号付けの例

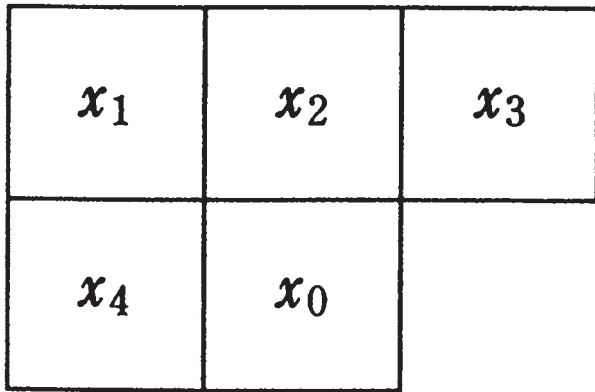


図 2 - 2 番号付けに用いるマスク

2 - 1 - 6 膨張処理・収縮処理

図形を抽出するための2値化では、図形に穴があいたり、途切れたり、図形周囲に突起やへこみが生じる。注目した画素の8近傍を見て、その中に1つでも図形画素があれば、その注目画素を図形画素に変える処理が膨張処理である。逆に注目画素に1つでも背景画素があれば、注目画素を背景画素にする処理が収縮処理である。

膨張処理は、例えば図 2 - 3 のように  $p_2$  が図形画素であれば、注目画素  $p_0$  を注目画素にする。数式的に表現すると、

$$S = \sum_{n=1}^8 p_n = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 \geq 1$$

であれば注目画素を  $p_0 = 1$  とする、ということになる。この操作を、幅  $w$ 、高さ  $h$  として、注目画素  $p_0$  の座標が  $x=1 \sim (w-1)$ 、 $y=1 \sim (h-1)$  の範囲で全て行う。図 2 - 4 の処理の手順を以下に示す。

- (1) 注目画素が  $(x,y) = (1,1)$  のとき、注目画素は図形画素なので変わらない。
- (2) 注目画素を  $(x,y) = (2,1)$ 、 $(3,1)$ 、 $(4,1)$ 、 $(5,1)$  と動かしても、これらの画素は全て図形画素なので、注目した画素の値は変わらない。
- (3) 注目画素を  $(x,y) = (6,1)$  にすると、注目画素の左と左上が図形画素なので、 $(6,1)$  を図形画素と同じにする。
- (4)  $(x,y) = (1,2)$  の画素の場合、すでに図形画素なので値を変えない。
- (5)  $(2,2)$  の画素では右下、下、左下、左、左上が図形画素なので、注目画素は図形画素にする。
- (6)  $(3,3)$  においては、注目画素を含めその8近傍も背景画素なので、注目画素は背景画素のままである。
- (7) 以上を繰り返すことにより、図 2 - 4 の薄いグレーのように、背景画素の一部は図形画素となる。

この一連の操作を続けると、中央の背景画素も図形画素になってしまう。実際の図形では、図形の中の穴を図形画素で埋めない場合があるため、この処理を何回適用するかはその度に決める必要がある。

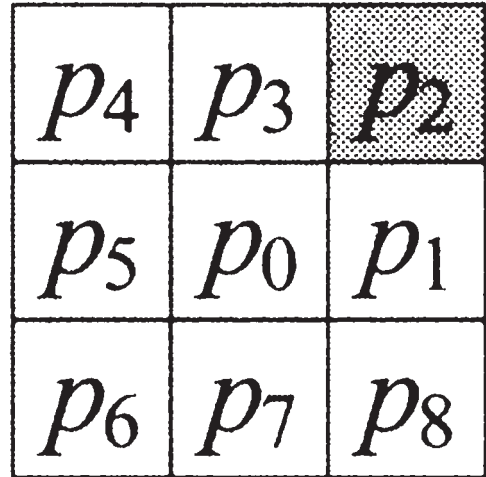


図 2 - 3 注目画素と8近傍

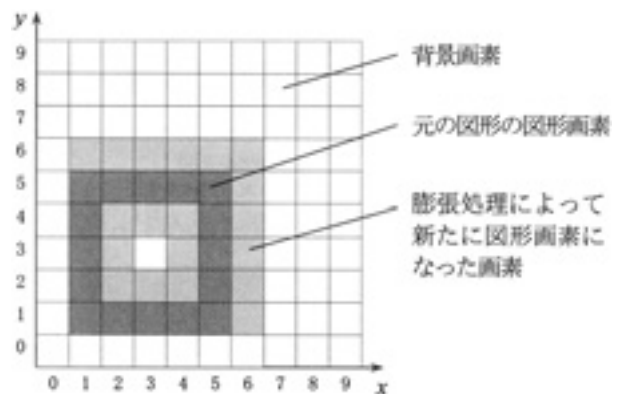


図 2 - 4 図形の膨張処理

収縮処理を図 2 - 5 について行う場合、

- (1)  $(x,y) = (1,1)$  は下、左下、左、左上、右下が背景画素なので、注目画素は背景画素になる。
- (2) 例えば  $(x,y) = (2,2)$  の場合、この画素は図形要素であり、その8近傍は全て図形要素であるため、そのまま残る。背景画素の値を0、図形画素の値を1とすると、注目画素  $M$  は次式で与えられる。

$$M = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5 \times P_6 \times P_7 \times P_8 = 0$$

これを全画素について行くと、図 2 - 5 の×が付いている図形画素は、背景画素に変更される。



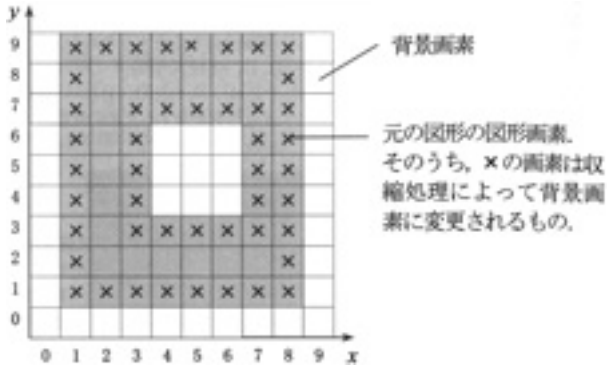


図 2 - 5 図形の収縮処理

## 2 - 2 解析方法

### 2 - 2 - 1 使用データ

本研究で使用したデータは以下の通りである。

(1) ALOS/PRISM (2006年6月1日撮影)

中央部には交差する比較的明るい直線 (10km) が存在する。その周囲には暗い線が確認できる。北部中央付近には交差する2つの三角形 (500m)、北東部には台形の幾何学図形 (650m) が2つ存在する。

(2) ALOS/PALSAR (2006年7月26日撮影)

ナスカ平原には、周囲に比べてやや明るい画素の線がいくつも確認できる。

(3) SRTM-3 (2000年2月取得)

南緯15°西経75°付近と、南緯15°西経76°付近のデータを使用した。図2-8中の0m地点は欠損値である。

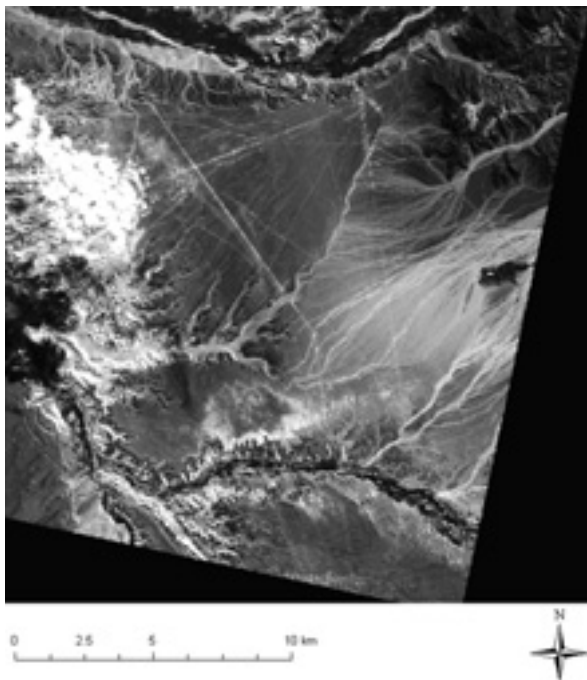


図 2 - 6 使用データ (PRISM)

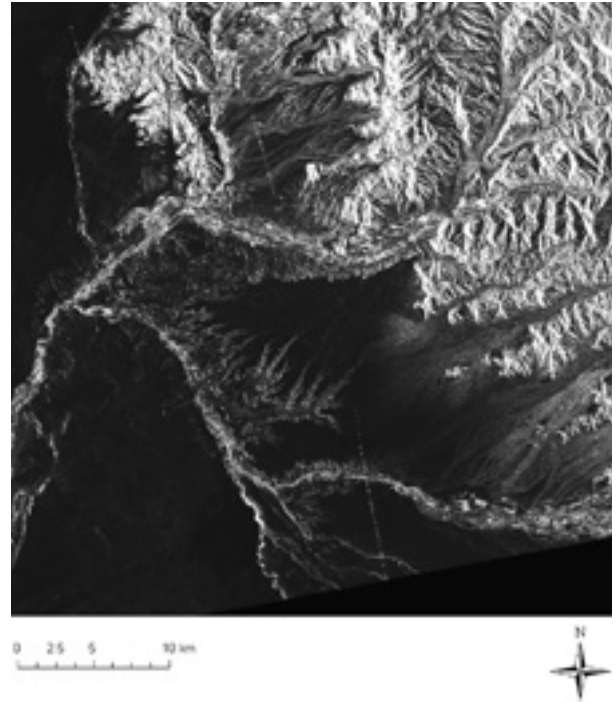


図 2 - 7 使用データ (PALSAR)

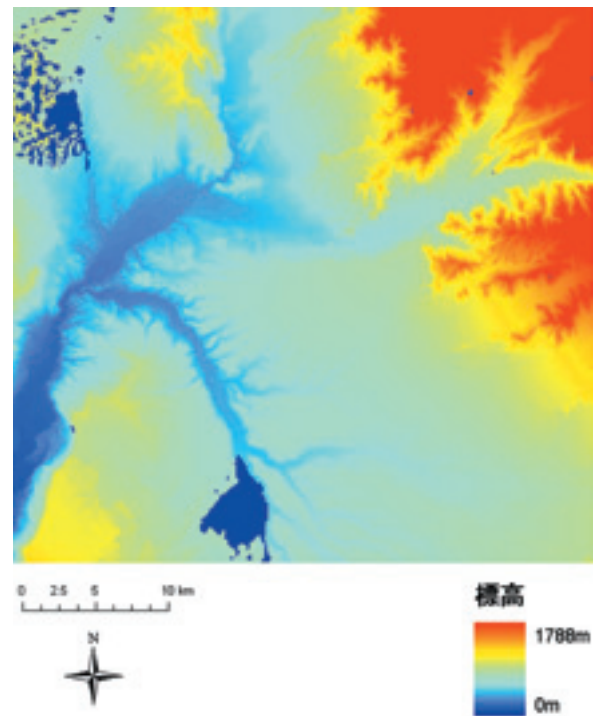


図 2 - 8 使用データ (SRTM-3)

### 2 - 2 - 2 方法

(1) 地上絵の抽出

・最尤法

PRISM 画像を最尤法により雲、道路、パンパ、明線、暗線、ケブラーダに分類した。地上絵の幾何学図形は暗線として分類された。次に、分類後の画像の明

線、暗線のピクセル値を対象に2値化処理を行い、明線、暗線の2種類の2値化画像を作成した。

・クランプ処理、膨張処理、収縮処理、合成処理

2値化したPRISM画像の近傍ピクセルをグループ化するために、各画像に対しクランプ処理を行った。今回は8近傍のピクセル値を対象とした。さらに画像に含まれる微小領域を削除した。微小領域は9ピクセル以下を対象とした。次に、抽出された線および図形に含まれる微小領域を除去するために、膨張処理および収縮処理を行った。その後、地上絵以外の対象を除去した。最後に明線、暗線、幾何学図形の画像を合成し、地上絵の抽出画像とした。

## (2) 地形データとの照合

・2値化

PALSAR画像に対しスタティスティカル・フィルタを使用して、画像内のスペックル・ノイズを軽減した。次に、地上絵の存在する領域内の明線を対象に2値化処理を行った。

## (3) 照合

SRTM-3地形データから20m等高線画像を作成した。最後にPRISMの抽出画像、PALSARの2値化画像、ならびにSRTM-3地形データの等高線画像をオーバーレイし、照合した。

## 3. 結果

### 3 - 1 地上絵の抽出結果

明線の抽出画像を図3 - 1に示した。明線の情報はやや失われてしまったが、地上絵以外の対象をほとんど除去できた。暗線の抽出画像を図3 - 2に示した。2値化の際、同じピクセル値の範囲を持つケブラーダやガリーの領域が共に抽出された。その影響で、クランプ処理の際に暗線の一部が対象と見なされ、失われてしまった。幾何学図形の抽出画像を図3 - 3に示した。目的の幾何学図形が抽出され、処理後も形状は正確に保たれた。図3 - 4には図3 - 1、3 - 2、3 - 3の合成画像を示した。暗線の情報は失われてしまったが、明線および幾何学図形はうまく抽出された。



図3 - 1 明線の抽出画像



図3 - 2 暗線の抽出画像

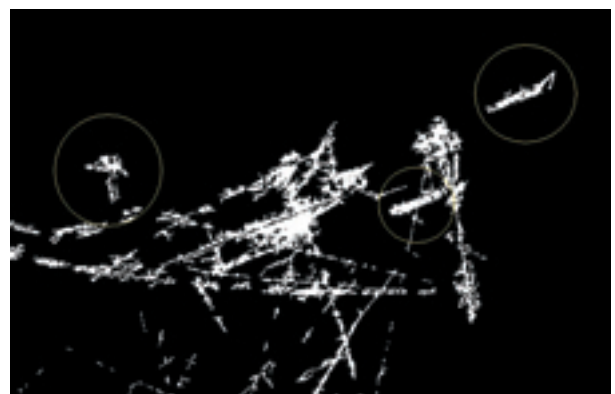


図3 - 3 幾何学図形の抽出画像





図3 - 4 地上絵の合成画像

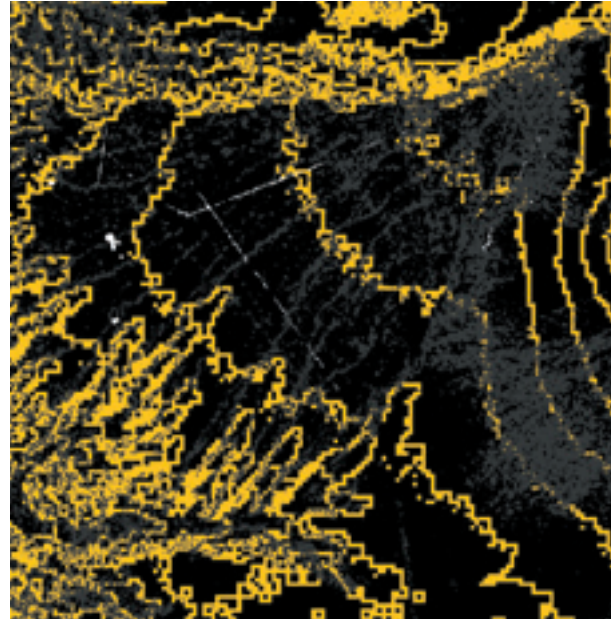


図3 - 6 明線の合成画像

### 3 - 2 地形データとの合成結果

SRTM-3地形データにおいて、ナスカ平原の北東部が高く、南西部が低くなっていた。ALOS/PALSARの2値化画像を図3 - 5に示した。北東部から南西部に向かう線が多く見られた。明線の合成画像を図3 - 6に示した。北東部へ向かう明線は斜面に平行に、南東部へ向かう明線は垂直になっている。暗線の合成画像を図3 - 7に示した。暗線は北東から南西へ向かうものが多く、その大部分がPALSAR画像の線と一致している。幾何学図形の照合画像を図3 - 8に示した。抽出された幾何学図形は、どれも斜面に平行になっている。また交差する2つの三角形の1つは、斜面に垂直な方向を示している。



図3 - 5 ALOS/PALSARの2値化画像

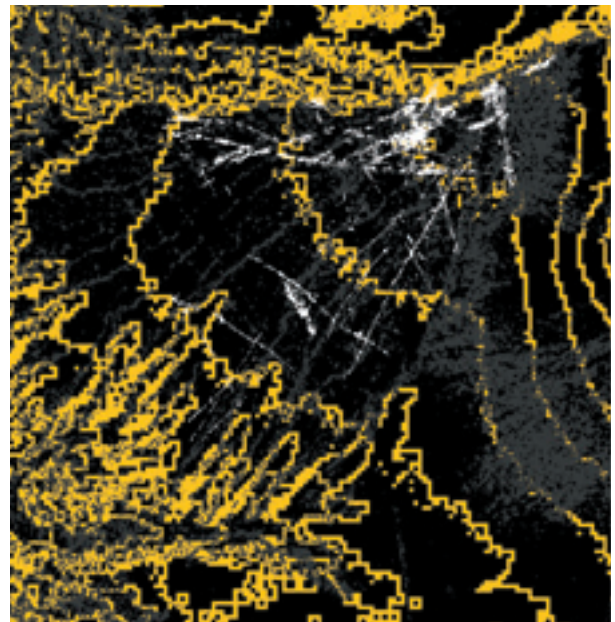


図3 - 7 暗線の合成画像

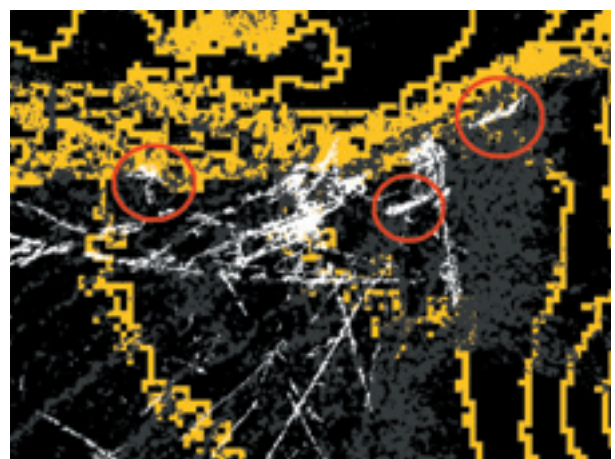


図3 - 8 幾何学図形の合成画像

#### 4. 考 察

ナスカ地上絵の抽出を試みた。しかしこの平原には、暗線と同じピクセル値の範囲を持つケブラーダやガリーが広く分布しており、抽出するのは困難であり、ケブラーダ、ガリーとの明確な区別はできなかった。また、地上絵は部分的に消えている箇所が多くあり、抽出した線が途切れてしまう。よってピクセル値以外の条件も試み、抽出方法を改善していくことでよりよい抽出が期待できる。

また20m 等高線画像と抽出画像のオーバーレイ画像から、PALSAR 画像の明線と地上絵の線は一致しているものが多く、標高の高い北東部から、低い南西部に向かっていく。また PALSAR 画像は、土壌含水量が多いほど、土壌全体の比誘電率が大きくなり、明るい画素を示す特徴を持っている。したがって地上絵は、周囲の山脈から得られる地下水脈の位置と方向を示している。事実、ナスカでは40以上の地下水路が確認されている。この地下水路は、アンデス山脈から地下を通る水を利用するために作られたとされている。この地下水路は、現在も農業に使用されている。雨がほとんど降らないナスカにおいて、地下水は貴重な資源なのである。

#### 5. 結 論

本研究では、ALOS/PRISM を使用し、ナスカの地上絵の抽出を試みた。また、ALOS/PALSAR および SRTM-3地形データと照合することで、地上絵の意図を考察した。

この平原には、暗線と同じピクセル値の範囲を持つケブラーダやガリーが広く分布しており、抽出するのは困難である。また、ケブラーダ、ガリーとの明確な区別はできなかった。さらに、地上絵は部分的に消えている箇所が多くあり、抽出した線が途切れてしまう。したがってピクセル値以外の条件も試み、抽出方法を改善していくことでよりよい抽出が期待できる。

地形データとの照合から、PALSAR 画像の明線と地上絵の線は一致しているものが多く、標高の高い北東部から、低い南西部に向かっていく。また PALSAR 画像は、土壌含水量が多いほど、土壌全体の比誘電率が大きくなり、明るい画素を示す特徴を持っている。よって地上絵は、周囲の山脈から得られる地下水脈の位置と方向を示している。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、千葉大学大学院の永岡淳一氏にはプログラミングの協力していただきました。写真の提供をしてくださった本研究室の石井寿樹氏、東京大学大学院の岡田尚樹氏、筑波大学大学院の山浦大和氏にもご協力いただきました。ここに謝意を表したい。

#### 参考文献

- [1] NHK 「探検ロマン世界遺産」取材班, ナスカ地上絵と謎の巨大建築, pp23 - 44, 日本放送出版協会, 2005.
- [2] アネタ・デウスト, ホセ・ミゲル・ヘルセル・アルゲダス, イボカンボのガイド 神秘と不思議・ナスカの地上絵, イボカンボ, 2002.
- [3] 関雄二, 青山和夫, 岩波 アメリカ大陸古代文明事典, pp154 - 158, 岩波書店, 2005.
- [4] 坂田俊文, 宇宙考古学 人工衛星で探る遺跡と古環境, pp31 - 35, 丸善株式会社, 2002.
- [5] リモートセンシング技術センター, 陸域観測技術衛星, <http://www.alos-restec.jp/>
- [6] 大内和夫, 合成開口レーダの基礎, 東京電機大学出版, 2004.
- [7] 宇宙航空研究開発機構, SRTM とは, [http://iss.jaxa.jp/shuttle/flight/sts99/mis\\_srtm.html](http://iss.jaxa.jp/shuttle/flight/sts99/mis_srtm.html)
- [8] 高木幹雄, 下田陽久, 新編 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 2004.
- [9] アンソニー・F・アヴェニ, ナスカ地上絵の謎 砂漠からの永遠のメッセージ, 創元社, 2006.
- [10] 楠田枝里子, ナスカ 砂の王国, 文藝春秋, 2006.
- [11] 安居院猛, 長尾智晴, C言語による画像処理入門, pp47 - 52, 昭晃堂, 2000.
- [12] 安居院猛, 関根註明, 佐野元昭, C言語による画像処理演習, pp108 - 120, 昭晃堂, 2005.
- [13] 坂井正人, アンデスの地上絵の変貌 身体と空間をめぐって, 同成社, 2005.
- [14] 増田義郎, 吉村作治, インカとエジプト, 岩波書店, 2002.
- [15] 関雄二, アンデスの考古学, pp122 - 140, 同成社, 1997.
- [16] 実松克義, 衝撃の古代アマゾン文明, 講談社, pp.142, 2004.
- [17] シモーヌ・ヴェスパール, ナスカの地上絵, 大陸書房, 1983.
- [18] 河西朝雄, C言語, ナツメ社, 2006.
- [19] 宇宙航空研究開発機構 地球観測利用推進センター, ALOS ユーザハンドブック, 宇宙航空研究開発機構 地球観測利用推進センター, 2005.
- [20] 宇宙航空研究開発機構, ALOS について, [http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/about/about\\_jindex.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/about/about_jindex.htm)
- [21] ESRI ジャパン株式会社, Leica Geosystems,



http://www.esrij.com/support/erdas/faq/faq.jsp  
 [22] 福井秀典, 衛星データによるナスカ地上絵の同定, 立正

大学地球環境科学部環境システム学科 平成18年度卒業論文, 2007.

## 要 旨

ナスカ地上絵は、ペルー南海岸のグランデ・ナスカ川の支流に挟まれた、500km<sup>2</sup>にも及ぶ広大な乾燥平原に展開する、地表面の幾何学図形および動植物の図像である。地上絵の多くは黒く酸化した地表面を削り、下層の白く明るい面を露出させることによって描かれている。描くさいに用いられたとされる木の棒の測定によると、年代はBC190～AD660年頃とされている。また近年、アメリカの資源探査衛星 Landsat により、全長50kmにも及ぶ巨大な幾何学図形が発見された。さらに坂井（2006）により、新たな地上絵が数百確認された。

本研究では、ALOS/PRISM を使用し、最尤法によるナスカ地上絵の抽出を試みた。また、ALOS/PALSAR, SRTM-3地形データと照合し、地上絵の意図を考察した。その結果、巨大な地上絵の一部が抽出された。また、地上絵の方向性と地下水の方向性に相関が見られた。したがって、地上絵は周囲の山脈から得られる地下水脈の位置と方向を示している。今後、ピクセル値以外の条件も試み、抽出方法を改善していくことでよりよい抽出が期待できる。

## Identification of Nazca Lines with ALOS Images

Katsuya TAKAKU\*, Susumu OGAWA\*\*

\* Yokohama National University

\*\*Rissho University

Abstract: The Nazca Lines are located in the Nazca Desert, an arid plateau that stretches between the towns of Nazca and Palpa on the *pampa*, Peru. Many of the lines were drawn by digging the black oxidized surface and exposing the lower white bright surface. According to the date measurement of sticks used for drawing, these ages range from B.C. 190 to A.D. 660. In late years, the huge geometric configuration extended to 50km long was discovered by Landsat. Also, hundreds of new lines were found by Sakai (2006).

In this study, our aim was identification of the Nazca lines with a satellite image. They were extracted with an ALOS/PRISM image from the maximum likelihood procedure. Additionally, extraction images were checked up with ALOS/PALSAR and SRTM-3 topographic data. Then, a part of the biggest geometric configuration was shown. The lines coincided with the groundwater flow, while the pictures indicate the location of seepage from the groundwater.

Keywords: ALOS, Binarization, Contraction, Expansion, Nazca Lines, SRTM-3