

論 文

可視領域解析を用いたナスカ台地における ラインセンターの配置に関する検討

本 多 薫
門 間 政 亮

1. はじめに

南米大陸の西部に位置するペルー共和国のナスカ台地には、猿やハチドリなどの動物の絵で有名なナスカの地上絵がある。考古遺跡であるナスカの地上絵には、動物の絵以外にも、植物や幾何学図形、直線などの絵が数多く描かれている。その中でも、最も多く描かれているのが直線の地上絵である [1]。また、複数の直線の地上絵が放射される「ラインセンター（放射状直線の中心点）」と呼ばれているものがある [2]（図1）。Aveni [3] は、ナスカ台地に62個所のラインセンターがあることを示し、ラインセンターの配置、ラインセンターから放射される直線の地上絵の角度、直線の地上絵が伸びる先などを調査している。そして、ラインセンターとラインセンターは直線の地上絵で接続されていることを明らかにしている。また、本多 [4] は、ナスカ台地を撮影した高分解能人工衛星画像の分析と現地調査（註1）の結果をもとに、ラインセンターの配置と、直線の地上絵によるラインセンターとラインセンターの接続状況を詳細に調べ、情報科学におけるネットワークの特徴（安定性・効率性・信頼性）の視点から分析し、ナスカ台地端の南



（中央の直線が集まっているところがラインセンター）

図1 ラインセンターの例

北をつなぐネットワークが存在することを示した。ラインセンターや直線の地上絵の制作目的に関しては、冬至などの暦を示す説 [5]、巡礼路 [6] などの諸説があったが、その後のデータに基づいた研究の結果、目的の一つとして“道”として制作されたとの説が有力である [7] (註2)。本多ら [8, 9] は、人々がナスカ台地を移動するために重要なラインセンターが7つあることを示したうえで、これらのラインセンターのいくつかを経由することで、ナスカ台地の南北を迷うことなく移動できることを、実際に歩行する実験を行い確認している。

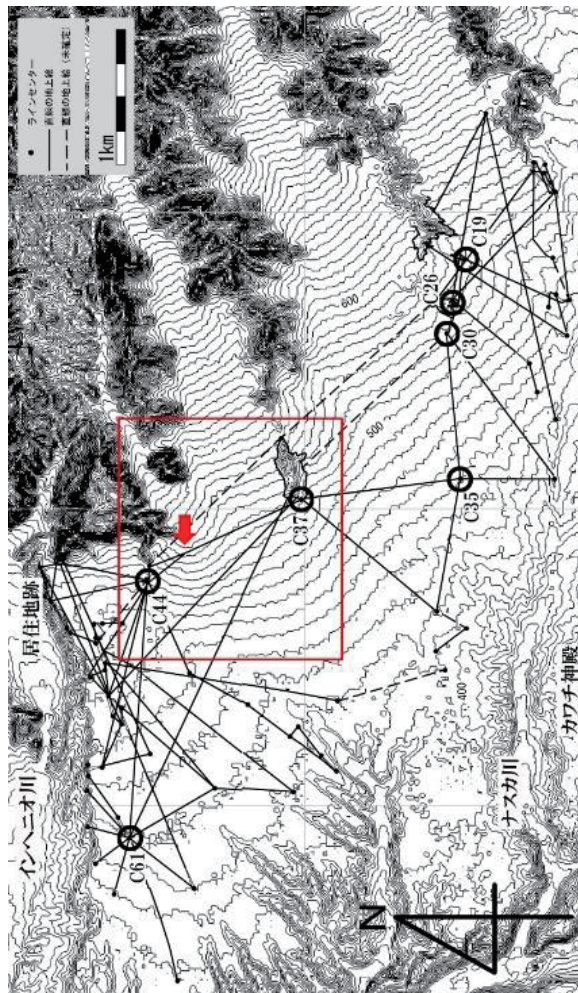
渡邊 [10] は、ラインセンターの特徴としてラインセンターは台地上の視覚的に際立った場所に設置されており、ラインセンターは台地上の移動および台地の空間認知にとって、ランドマーク（参照点）としてきわめて有効に機能していることを報告している。また、Aveni [5] は、ラインセンターはいずれも平地に岬のように突き出した高い場所にあり、そこからだとかかなり遠方まで見渡せると述べている。これらの指摘からも、ラインセンターは、遠方からの視認性が高い場所に置かれているといえる。

ラインセンターとラインセンターは、直線の地上絵でつながれているが、ナスカ台地を移動するために重要と思われる7つのラインセンター間の直線の地上絵を見ると、唯一、ラインセンター C37とC44をつなぐ直線の地上絵が、交差していると思われる個所がある (図2の矢印)。しかし、この場所は洪水の影響により直線の地上絵が途中から消えており、直線が分岐しているのか、それともラインセンターが配置されていたのか不明である。ナスカ台地にある他の複数のラインセンターとそれをつなぐ直線の地上絵との関係から、この場所のみが直線が途中から分岐してラインセンターに接続させたと考えることは不自然であり、その場所にラインセンターが設置され、ラインセンターから複数の直線の地上絵が放射されていた可能性が考えられる。仮にラインセンターが配置されていたとするならば、遠方からの視認性が高く、台地上の移動および台地の空間認知にとって、ランドマーク（参照点）として機能する必要がある。ランドマークの視認性や考古学遺跡の空間分析に関する分析手法のひとつに、地形データを用いて視線ベクトルを放射して、ランドマークの可視・不可視領域に関してコンピュータ・シミュレーションを行う可視領域解析がある [11, 12, 13, 14, 15]。

そこで本研究では、図2に示すナスカ台地のラインセンター C37とC44をつなぐ直線の地上絵を歩行した場合を想定して、洪水の影響により直線の地上絵が途中から消えている地点がランドマーク（参照点）として有効に機能する場所であるのかを可視領域解析を実施して分析する。さらに洪水で消えている場所にラインセンターが配置されていた可能性を検討する。

2. 関連研究

ラインセンターには、山や丘の自然物を利用したものと、マウンド（盛り土）などの人工的に制作されたものがある [4]。特に人工的に制作されたラインセンターは無秩序に配置されたので



(赤枠は図7の衛星画像の拡大部分)
図2 ナスカ台地のネットワーク図

はなく、何らかの意図でナスカ台地上に配置されたのではないと思われる。先に述べた人々がナスカ台地を移動するために重要なラインセンター7つのうち、山や丘などの自然物を利用したものが6つ、残りの1つは人工的に制作されたマウンド（盛り土）である。仮に7つのラインセンターが、ナスカ台地上の移動および台地の空間認知のためにランドマークとして利用されたとした場合には、ナスカ台地上のどの場所からもしずれかのラインセンターを見ることができることが重要となる。このことを検証するため、ナスカ台地の7つのラインセンターをランドマークとして捉え、可視領域解析を用いて各ラインセンターのナスカ台地上の可視領域の範囲を明らかにするとともに、人工的に制作されたラインセンターの位置の妥当性を検討した [16]。各ラインセンターの可視・不可視領域を分析した結果、山や丘などの自然物を利用したC19, C26, C30,

C35, C37, C44の6つのラインセンターでは、ナスカ台地の東側に不可視領域があり、人工的に制作されたマウンド（盛り土）のラインセンターC61は、ナスカ台地の東側の不可視領域を補填することが分かった（註3）。さらに、ラインセンターC61を疑似的に移動させて、シミュレーションを実施したところ、ラインセンターC61が制作されている位置が最も不可視領域を補填する地点であることを明らかとした。この研究の成果は、ナスカ台地のラインセンターを制作した人々は、遠方からの視認性やランドマークとして機能することを考慮して、台地上にラインセンターを配置した可能性を示している。

3. ラインセンターと直線の地上絵の可視領域解析

3.1 研究の課題

ラインセンターC44はナスカ台地に突き出ており、現在ではナチュラル・ミラドルと呼ばれるナスカ台地を見渡せる観光用の展望丘として知られている。また、Aveni [3] が示したラインセンターC37は、「頂上部が白い山」の裾野にある小さな丘に位置するが、ラインセンターC37の丘に連なる頂上部が白い山は、遠方からよく目立つ山である（図3）[17]。このラインセンターC37を含む「頂上部が白い山」全体がランドマークであるという仮説を現地調査にもとづいて確認している（註4）。遠方からラインセンターC37を目指す場合には、Aveni が述べているC37の丘を含めて連なる「頂上部が白い山」全体がランドマークとして機能し、まずは山全体を見て移動し、C37に近づくとき丘と直線の地上絵に誘導されて、C37の位置にたどり着けると考えられる [8]。しかし、C44とC37の2つのラインセンターは約5km離れており、緩やかながらも続く勾配から生まれる高度差に阻まれ、頂点に立ったとしても互いを確認することができない。ラインセンターC44とC37と、それをつなぐ直線の地上絵を人工衛星画像（アメリカの商業衛星QuickBird、地上分解能は最大0.61m）を用いて、ラインセンターC44からC37の方向へ2本の直線の地上絵が伸びており、ラインセンターC37からC44の方向へ1本の直線の地上絵が伸びていることを確認した（註5）。この地点は、C37から約4km、C44から約1.3kmの距離にある。図4に3本の直線の地上絵が交差していると思われる地点（緯度14° 43′ 2″ S、経度75° 5′ 45″ W）



図3 ラインセンター C37の丘に連なる山（左）と C44の丘（右）

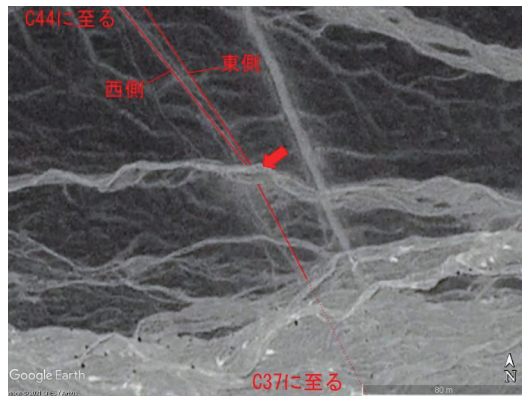


図4 洪水で流された直線の地上絵の集積地点

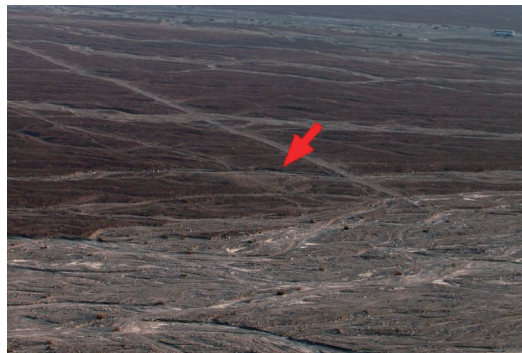


図5 推定地点の航空写真

の衛星画像（Google Earth）を示す。交差していると思われる地点の周辺は洪水で流されており、直線の交点を確認することができない。ラインセンターC44とC37から延びてきた3本の直線を延長した場合に交わると推定される地点(以下、推定地点)に、ランドマークとなるラインセンターなどが配置されていたと仮定した場合に、この地点は視認性の視点から、どのような地点であるのかを調べることは意義があると思われる。この推定地点の周辺を撮影した航空写真を図5に示す。推定地点の周辺は、手前の洪水の跡よりも標高が高くなっていることが確認できる。

3.2 ナスカ台地の地形データと可視領域解析の流れ

可視領域解析とは、標高データである数値標高モデル（Digital Elevation Model:DEM）を用いて、観測点から眺望点の可視、不可視を判別し、可視領域を求める手法である。図6に示すように、地面上の観測点から眺望点まで可視線（視線ベクトル）を投射し、可視線上に障害物がある場合、その地点は不可視と判別される。本研究においては、ESRI社のGISソフトウェアArcGIS Pro(Ver. 2.6.0)を用いて可視領域解析を行った。なお、ソフトウェア上で地球の曲率を計算して可視領域の結果に反映させている。解析に必要なDEMは、上空からナスカ台地をレーザー測量するこ

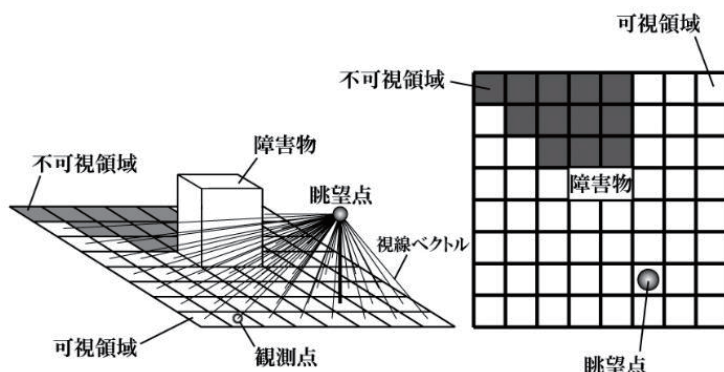


図6 可視領域解析の原理

とにより取得したライダーデータ (LiDAR: レーザー測距) から作成した。レーザー測量の基礎データを表1に示すが、使用したライダーデータは、上空から小型飛行機により1平方メートル当たり2点の密度で取得した、座標、標高（最小高度分解能1mm）の要素を持つベクターデータである。DEMは、格子状に並んだ正方形のセルの集合体であるラスターデータのため、ArcGIS PROを用いてライダーデータから変換を行った。ラスターデータは、分析対象となる3本の直線の地上絵と推定地点周辺の高低差を考慮して、セルを5mメッシュとして、標高値を内挿補間して作成した。東海林ら [18] は、可視・不可視領域シミュレーションにより求められた可視・不可視領域と実際の地形を比べた場合の再現性を検討している。地形の複雑さを表す起伏量（範囲内の最高標高－最低標高）の異なる3地域について例示しているが、本研究での可視領域の解析範囲の起伏量（166.5）に最も起伏量が近似値の青梅地域（起伏量171）を参照した。この地域の再現率を求める回帰式（再現率＝ $-0.0517 \times \text{メッシュスケール} + 96.529$ ）から、5mメッシュ時の再現率を求めると、96.27%であった。高い再現率を有しており、本研究における5mメッシュの精度、および解析結果の妥当性は十分であると考えられる。また、眺望とは人間の目で見えるものであることから、観測点は地表ではなく、目線の高さとなる。当時の男性の平均身長は約150cmであったとされており [19]、目線の高さを考慮して地表から観測点までの高さに140cmの補正を行った [20]。

表1 航空レーザー測量の基礎データ

測量用デジタルカメラ	ADS80（ライカジオシステムズ）
ライダー・センサー	ALS60（ライカジオシステムズ）
距離計算機能	MPiA
測量密度	1平方メートル当たり2点
最小高度分解能	1mm



(黒枠内が可視領域の解析範囲)
図7 推定地点を眺望点とした可視領域 (橙色)

4. ナスカ台地の可視領域解析の結果

4.1 推定地点からの眺望について

推定地点に人が立ち、ラインセンターC44の丘とC37のラインセンターを含む「頂上部が白い山」全体を眺望した場合を仮定して、推定地点を眺望点とした可視領域解析を行った結果を図7に示す。なお、橙色のマーカーが可視領域である。図7を見ると推定地点の北西側に位置するラインセンターC44の丘が可視領域に入っていることが確認できる。また、推定地点の南南東に位置するラインセンターC37の丘に連なる山の白くなっている山頂も可視領域に入っていることが確認できる。これらのことは、推定地点に立つと、C44の丘とラインセンターC37の丘に連なる山の両方を可視できることを示している。以降の可視領域解析の結果は、Google Earthの衛星画像を背景とし、その上に可視領域の結果（橙色のマーカー）を重ね合わせたものである。

4.2 ラインセンターC44とC37の間の直線の地上絵上の眺望について

推定地点は、ラインセンターC44の丘とC37の丘に連なる山が可視領域に入っていることを確認できたことから、次はラインセンターC44とC37の間の直線の地上絵上を歩行して移動したことを仮定して、直線の地上絵に沿って可視領域解析を行った。推定地点からラインセンターC44のある北西側の方向（東側と西側の2本の直線）に5m間隔、および、推定地点からラインセンターC37のある南南東の方向に5m間隔で分析点（眺望点）を設定し、可視領域解析を行った。分析点の間隔を5mとした理由は、ラスタデータのメッシュ幅を5mとして分析しており、最小距離となるためである。

ラインセンターC37を出発して推定地点に向かって直線の地上絵上を移動した場合に、どの地点からラインセンターC44の丘が可視できるのかの可視領域解析の結果（手前75m）を図8に示す。



図8 推定地点から75m地点を眺望点とした場合のC44の丘周辺の可視領域（中継点とC37の間の直線）

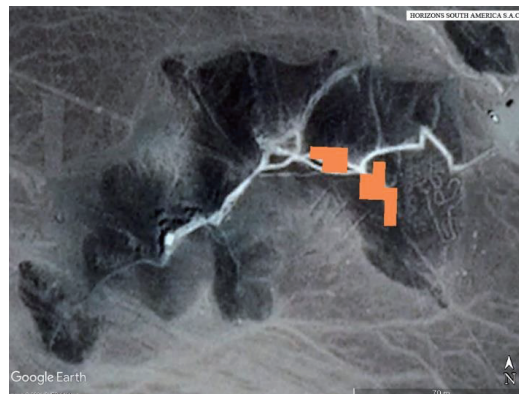


図9 推定地点から70m地点を眺望点とした場合のC44の丘周辺の可視領域(橙色)（中継点とC37の間の直線）

ラインセンターC37を出発して推定地点の手前75mの分析点までは、ラインセンターC44の丘は、不可視領域である。図9にラインセンターC37を出発して推定地点の手前70mの分析点の結果を示すが、ラインセンターC44の丘に可視領域を示す橙色のマーカーが確認できる。同様に推定地点の手前65m～5m（5m間隔で分析）の分析点においても、ラインセンターC44の丘が可視領域であることを確認した。

ラインセンターC44を出発して推定地点に向かって直線の地上絵上を移動した場合に、どの地点からラインセンターC37の丘に連なる山が可視できるのかの可視領域解析の結果を示す。図10は東側の直線の地上絵上の可視領域解析の結果であるが、ラインセンターC44を出発して推定地点の手前75mの分析点までは、ラインセンターC37の丘に連なる山の山頂の白い部分は、不可視領域である。図11にラインセンターC44を出発して推定地点の手前70mの分析点の結果を示すが、ラインセンターC37の丘に連なる山の山頂の白い部分に可視領域を示す橙色のマーカーが確認できる。同様に推定地点の手前65m～5m（5m間隔で分析）の分析点においても、ラインセンターC37の丘に連なる山が可視領域であることを確認した。図12は西側の直線の地上絵上の可視領域



図10 推定地点から75m地点を眺望点とした場合の C37の丘に連なる山周辺の可視領域（中継点と C44の間の直線：東側）



図11 推定地点から70m地点を眺望点とした場合の C37の丘に連なる山周辺の可視領域（橙色）（中継点と C44の間の直線：東側）



図12 推定地点から80m地点を眺望点とした場合の C37の丘に連なる山周辺の可視領域（中継点と C44の間の直線：西側）



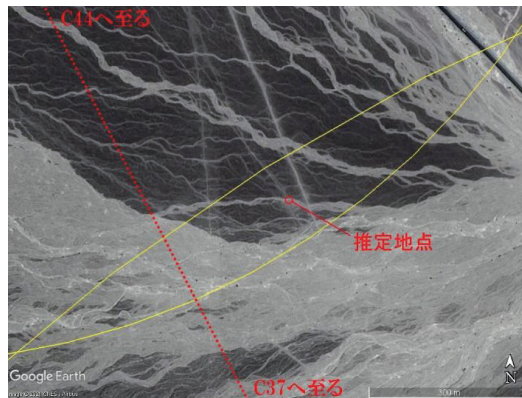
図13 推定地点から75m地点を眺望点とした場合のC37の丘に連なる山周辺の可視領域（橙色）（中継点とC44の間の直線：西側）

解析の結果であるが、ラインセンターC44を出発して推定地点の手前80mの分析点までは、ラインセンターC37の丘に連なる山の山頂の白い部分は、不可視領域である。図13にラインセンターC44を出発して推定地点の手前75mの分析点の結果を示すが、ラインセンターC37の丘に連なる山の山頂の白い部分に可視領域を示す橙色のマーカが確認できる。同様に推定地点の手前70m～5m（5m間隔で分析）の分析点においても、ラインセンターC37の丘に連なる山が可視領域であることを確認した。

以上、ラインセンターC44とC37の間の直線の地上絵上を分析点（眺望点）とした可視領域解析の結果をまとめると、ラインセンターC44を出発して推定地点に向かって直線の地上絵上を歩行した場合には、推定地点の手前70mの分析点からラインセンターC37の丘に連なる山が可視領域内に入る。一方、ラインセンターC37を出発して推定地点に向かって東側にある直線の地上絵上を歩行した場合には、推定地点の手前70mの分析点からラインセンターC44の丘が可視領域内に入る。また、西側にある直線の地上絵上を歩行した場合には、推定地点の手前75mの分析点からラインセンターC44の丘が可視領域内に入る。

4.3 ラインセンターC44の丘とC37の丘に連なる山の両方が可視領域に入る範囲について

可視領域解析の結果から、ラインセンターC44又はC37を出発して推定地点に向かって直線の地上絵上を歩行した場合には、推定地点の手前70mの分析点から前方にあるラインセンターの丘や連なる山が可視領域内に入ることが確認できた。そこで、ラインセンターC44の丘とC37の丘に連なる山の両方が可視領域に入る範囲について確認するために、ラインセンターC44の丘から推定地点までの距離に70mを足した距離を半径とする円、およびラインセンターC37の丘に連なる山から推定地点までの距離に70mを足した距離を半径とする円を描き、2つの円が重なり合った部分を拡大したものを図14に示す（黄色の線が円である）。この2つの円が重なり合った範囲が、台地に立った場合に、ラインセンターC44の丘とC37の丘に連なる山の両方が可視領域に入る範



(黄線の内側が2つのラインセンターの可視領域)

図14 ラインセンター C44の丘と C37の丘に連なる山の両方が可視領域に入る範囲

囲となることが推察される。また、両円の重なり合うほぼ中央に推定地点があることが確認できる。

5. 考 察

当時のナスカ台地周辺に居住していた人々は、ナスカ台地に多くの地上絵を描き、利用していた。ナスカ台地は、東西幅15~20km、南北幅15kmの広さがあり、植物は少なく砂漠の土地である。渡邊 [10] は、ナスカ台地周辺には豊富なランドマークが存在し、台地上の移動および台地の空間認知にとって、ラインセンターが参照点としてきわめて有効に機能していると報告している。また、岡田 [21] は、見る人にとっては空間知覚の手がかりになるものであるから、ランドマークへの視線が阻害されないようにしなければならない、新垣 [22] は、ナビゲーションをするためにはルート全体を再生する必要はなく、その場面に適切な情報さえ検索できればよい、と述べている。これらの指摘から、ランドマークを利用する人々の視認性が高く進むべき方向(情報)が得られることが重要と考えられる。そこで、ラインセンターC44とC37の間を人々が移動した場合を想定して、推定地点と直線の地上絵に沿って可視領域解析を実施し、推定地点は視認性の視点からどのような特徴があるのか確認した。その結果、推定地点は、ラインセンターC37の丘に連なる山とC44の丘の両方が可視領域内に収まることがわかった。また、推定地点を起点として、直線の地上絵に沿ってラインセンターC37の丘に連なる山およびC44の丘の方向に70m前後までの範囲が可視領域内に入ることが明らかとなった。すなわち、推定地点は両者がラインセンターの丘や連なる山が可視領域内に入る“中間地点”であることを示している。

先に述べたが、ナスカ台地にある他の複数のラインセンターとそれをつなぐ直線の地上絵との関係から、この場所のみが、直線の地上絵が途中から分岐してラインセンターに接続されている箇所だと考えるには違和感がある。しかし、仮にラインセンターが置かれていたと考えた場合に2つの疑問が残る。①なぜラインセンターC37とC44をダイレクトに直線の地上絵でつながなかつ

たのか，②ラインセンターが無くても分岐のみでラインセンターC37とC44の間を移動することができたのではないのか，である。

推定地点を上空から撮影した航空写真（図5）からも確認できるが，手前の洪水の跡と比較して標高が高い位置にある。また，衛星画像（図4）を見ると，推定地点に流れた水の跡は，洪水発生時の本流ではなく支流であることが確認できる。ナスカ台地の地形を調査した地理学者の阿子島〔17〕は，地上絵は洪水などの影響を受けづらい安定した土地に描かれていると指摘している。本来，推定地点の場所は，洪水発生時の本流（主に水が流れる水路）よりも高台となっており，洪水の影響を受けにくい土地であるが，想定外の大洪水により水が流れたものと推察される。疑問①であるが，仮にラインセンターC37とC44をダイレクトに直線の地上絵でつないだ場合を図14に示す（赤点線）。なお，この赤点線は，ラインセンターC37から発出する直線の始点とラインセンターC44から発出する西側の直線の始点を，直線でつないだものである。ラインセンターC37の丘に連なる山とC44の丘の両者が可視領域に入る範囲と，赤点線が交わる地点は，洪水発生時に水が流れる本流の場所であることが確認できる。洪水発生時に水が流れる枯川内にランドマークとなるラインセンターなどを制作することを避け，洪水の影響が少ないと思われた推定地点に設置位置を変更したとの仮説が立てられる。

次に疑問②のラインセンターが無くても分岐のみでラインセンターC37とC44の間を移動することができたのではないのかについて検討する。可視領域解析の結果では，ラインセンターC44から直線の地上絵に沿って推定地点に移動すると，推定地点は可視領域に入っているが，目的地であるラインセンターC37の丘に連なる山（白い頂点）は不可視である。一方，ラインセンターC37から直線の地上絵に沿って推定地点に移動すると，推定地点が可視領域に入っているが，目的地であるラインセンターC44の丘は不可視である。渡邊ら〔7〕は，「自分の足元からまっすぐに伸びる直線はもっとも見つけやすいし，たどるのも容易である。しかも，それをたどればラインセンターに到着することができ，そこから，現在地を把握しやすく，次の目的地につながる情報が得られる場所なのである。」と述べている。図7の衛星画像を見ると，ラインセンターC44と推定地点の間は，洪水による水が流れた跡は少なく（衛星画像では地面が黒く映っている），直線の地上絵も破壊されることなく残っている。そのため，仮に推定地点にランドマークとなるラインセンター（丘に連なる山を含む）などが無くても推定地点に辿り着くことは可能と思われる。一方，図7の衛星写真を見ると，ラインセンターC37と推定地点の間は，広範囲に洪水による水が流れた跡があり（衛星画像では地面が白く映っている），現地調査〔8〕においても確認しているが，直線の地上絵が破壊されている箇所は複数存在する。そのため，ラインセンターC37から直線の地上絵のみを利用して，推定地点に正確に辿り着くことは難しいと考えられる。本多ら〔9〕は，ラインセンターC37（Aveniが示した裾野にある小さな丘）に立つと，手前は洪水で直線が消えているが，遠方にラインセンターC44の方向に向かう直線が確認できると報告している。ラインセンターC37からC44に歩行する場合には，まず遠方に見える直線の地上絵を目印として進

むことが可能である。その後、前方に進むべき方向をガイドするランドマーク（参照点としての情報）となるラインセンターが配置されていたならば、迷うことなく安定して推定地点に辿り着くことができると考えられる。図2に示すように推定地点に到着できれば、東側の直線を選択することで、ナスカ台地の北側の居住地の方向に向かうことができ、一方、西側の直線を選択することで、ラインセンターC61に接続され台地の北西方向に向かうことができる。

6. ま と め

本研究では、ナスカ台地の2つのラインセンターをつなぐ直線の地上絵が洪水の影響により途中から消えている地点がランドマーク（参照点）として有効に機能する場所であるのかを可視領域解析を行い、洪水で消えている場所にラインセンターが配置されていた可能性を検討した。その結果、(1) ラインセンターが設置されていた可能性がある推定地点は、ラインセンターC37の丘に連なる山（白い頂点）とC44の丘の両方を可視できること、(2) 推定地点は両者がラインセンターの丘や連なる山が可視領域内に入る“中間地点”であること、(3) ラインセンターC37とC44をダイレクトに直線の地上絵でつなぐと、両方のラインセンターの丘や連なる山が可視領域に入る範囲は、洪水発生時に水が流れる本流の場所であること、などが明らかとなった。これらのことから、推定地点は視認性が高くランドマークとして機能する地点であり、ラインセンターが設置されていた可能性が高いと思われる。課題としては、可視領域は理論的にコンピュータ上で計算した結果から考察したものであるが、可視領域は、視力、大気の状態、光環境などにより変化する。そのため、現地調査での眺望の検証や推定地点の考古学的調査が必要であると考えている。可視領域とラインセンターなどの地上絵の配置との関係が明らかになれば、それらの関係を人工知能に学習させることにより、効率的な探索や位置推定等を行うことができると思われる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20H00041の助成を受けたものです。本研究は、ナスカの地上絵の探索や位置推定等に関わるが、人工知能による探索や位置推定等の適用に関して共同研究者から貴重なご助言を賜りました。ここに感謝申し上げます。

註

- (1) 現地調査は、ペルー文化庁の調査許可を得て実施した。
- (2) 直線の地上絵には、さまざまな幅と長さのものがあ、歩行できないほど幅の狭いものやどこを歩いたのか単純には指定できないほど幅が広いものもある。

- (3) ラインセンターの「C番号」の表記は, Aveni [3] が付与した整理番号である。
- (4) 山形大学調査チームメンバーによる現地調査で確認されている。
- (5) 調査研究で利用した人工衛星画像 (QuickBird) は, Digital Globe / Hitachi Solutions, Ltd. との利用契約により, オンライン公開される論文等では掲載できない。本論文の図では, Google 社が提示している利用方法の一般的なガイドラインに従って, Google Earth の衛星画像を利用した。

参考文献

- [1] 坂井正人 (編): ナスカ地上絵の新展開 人工衛星画像と現地調査による, pp.8-108, 山形大学出版会, 2008.
- [2] 坂井正人, ホルヘオラーノ: ナスカ台地の放射状直線の制作時期をめぐって, 季刊地理学, Vol.62 No.4, pp.239-242, 2010.
- [3] Aveni F. Anthony: The Lines of Nazca, The American Philosophical Society, Philadelphia, pp.41-113, 1990.
- [4] 本多薫: ナスカ台地におけるラインセンター間のネットワーク, 季刊地理学, Vol.62 No.4, pp.234-238, 2011.
- [5] Aveni F. Anthony: Between the Lines: The Mystery of the Giant Ground Drawings of Ancient Nasca, Peru, University of Texas Press, pp.162-173, 2000.
- [6] Helaine Silverman and Donald A. Proulx: The Nasca (The Peoples of America) , Blackwell Publishing, pp.161-192, 2002.
- [7] 青山和夫, 米延仁志, 坂井正人, 高宮広士 (編): 文明の盛衰と環境変動 マヤ・アラテカ・ナスカ・琉球の新しい歴史像, 坂井正人: ナスカの地上絵, pp.121-139, 渡邊洋一, 本多薫: 直線の地上絵は何を語るのか, pp.140-141, 岩波書店, 2014.
- [8] 本多薫, 門間政亮: ナスカ台地におけるラインセンター間の移動について (第2報) - 南北歩行実験による検証 -, 山形大学大学院社会文化システム研究科紀要, No.10, pp.33-47, 2013.
- [9] 本多薫, 門間政亮: ナスカ台地におけるラインセンター間の移動について (第3報) - 最短経路と経路選択からの検証 -, 山形大学大学院社会文化システム研究科紀要, No.12, pp.1-14, 2015.
- [10] 渡邊洋一: ナスカ台地の空間認知, 山形大学大学院社会文化システム研究科紀要, No.4, pp.151-163, 2007.
- [11] 中村裕文: ランドマークが景観に及ぼす影響の定量的分析方法: 光線追跡法を用いた景観影響物の定量的分析, 都城工業高等専門学校研究報告, No.47, pp.48-54, 2012.

- [12] 磯田節子, 両角光男, 位寄和久: ランドマークの可視・不可視領域に着目した大規模建築物の影響評価モデルの検討ー景観形成計画のためのシステム解析手法に関する研究ー, 日本建築学会計画系論文集, No.456, pp.163-169, 1994.
- [13] 楊海軍, 丸山純孝, 土谷富士夫, 水谷敦司: 景観保全の視点からみた森林から人工草地化への影響, 日本緑化学会誌, Vol.24 No.2, pp.80-89, 1998.
- [14] 出口敦, 松浦裕己, 有馬隆文: 遺跡群の視覚的関係と古代の空間分析に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.582, pp.95-100, 2004.
- [15] 小野良平: 伯耆大山における眺望景観からみた信仰の場の立地環境特性, ランドスケープ研究, Vol.83 No.5, pp.491-494, 2020.
- [16] 本多薫, 門間政亮: ナスカ台地におけるラインセンターの可視領域の範囲と配置についてー可視領域解析による可視・不可視領域からの分析ー, 山形大学人文社会科学部研究年報, No.16, pp.31-42, 2019.
- [17] 阿子島功: ナスカ台地の地形分類図と地上絵, 山形大学大学院社会文化システム研究科紀要, No.4, pp.139-149, 2007.
- [18] 東海林克彦, 齊藤馨: メッシュ標高モデルを用いた可視・不可視領域シミュレーションの再現性に関する調査, ランドスケープ研究, Vol.58 No.5, pp.189-192, 1995.
- [19] 大貫良夫, 加藤泰建, 関雄二: 古代アンデス 神殿から始まる文明, 朝日新聞社, pp.154-170, 2010.
- [20] 野呂影勇, 服部等作, 安達幸四郎, 山本敏雄: エルゴノミクスデザイン, 日科技連, pp.117-120, 1991.
- [21] 岡田光正: 建築人間工学 空間デザインの原点, 理工学社, pp.15-16, 1993.
- [22] 新垣紀子: なぜ人は道に迷うのか?: 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴, Cognitive studies, Vol.5 No.4, pp.108-121, 1998.

A study on the location of line centers in the Nasca Pampa using viewshed analysis

Kaoru HONDA, Tadasuke MOMMA

In this study, we conducted a viewshed analysis method to determine whether a potential site functions effectively as a landmark and investigated the possibility that the line centers were located where it disappeared. From the results, it was shown that the estimated site has high visibility and functions as a landmark, and it is highly possible that the line center was situated there.