

論 文

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

—可視領域解析による可視・不可視領域からの分析—

本 多 薫 (山形大学人文社会科学部)

門 間 政 亮 (宇部フロンティア大学短期大学部)

1. はじめに

南米のペルー共和国にあるナスカ台地には、動物、植物や幾何学図形などで有名なナスカの地上絵がある。ナスカ台地は、東西幅15~20km, 南北幅15km程の広さがあり、その台地上には、動物、植物、幾何学図形、直線などの地上絵が描かれている。動物、植物は少数であり、1000個以上は直線の地上絵である¹⁾。また、複数の直線が集まる(又はラインが放射される)“ラインセンター”と呼ばれているものがある²⁾。このラインセンターは、山や丘の自然物を利用したものと、マウンド(盛り土)やケルン(石積み)などの人工的に製作されたと考えられるものがある²⁾。特に人工的に制作されたものは、何らかの理由でその場所に置かれたのではないかと、すなわち、ラインセンターは無秩序に配置されたのではなく、何らかの意図でナスカ台地上に配置されたのではないかとと思われる。渡邊は、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ことを明らかにしている³⁾。ここでいうランドマークとは、人々の空間認識を視覚から支えるものを指す⁴⁾。また、ラインセンターに関して、本多はナスカ台地のラインセンターの配置について、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、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⁵⁾。そして、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^{6) 7) 8)}。この移動するために重要と思われる7つのラインセンターの内、山や丘などの自然物を利用したものが6つ、残りの1つはマウンド(盛り土)である。岡田は、「ランドマークは特定の地点を象徴するシンボルである。見る人にとっては空間認知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」と述べている⁹⁾。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位

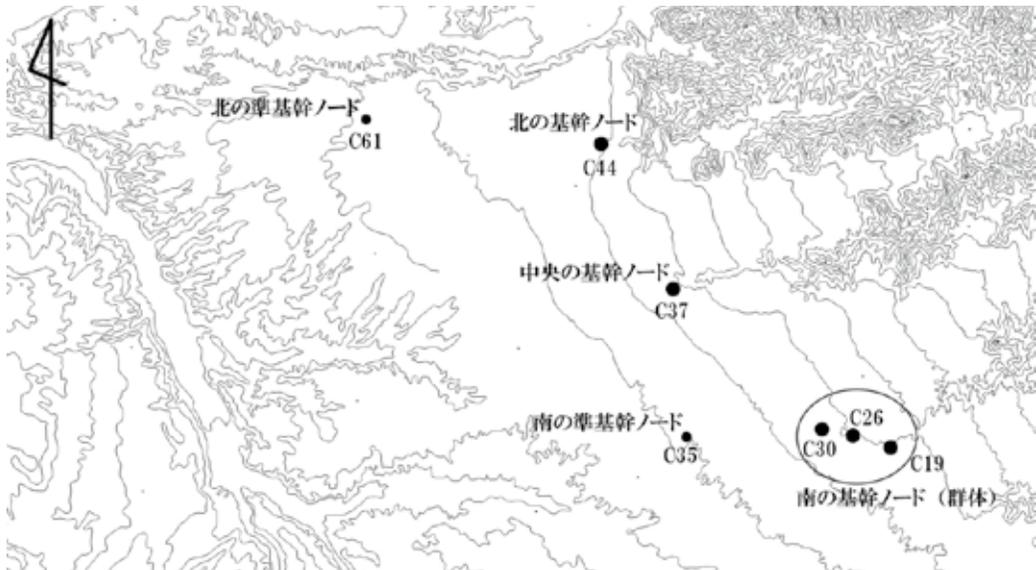


図1 ナスカ台地とラインセンターの位置 (基幹ノード, 準基幹ノード)

置からもい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。このことを検討するためには、各ラインセンターの可視領域の範囲を明らかにする必要がある。

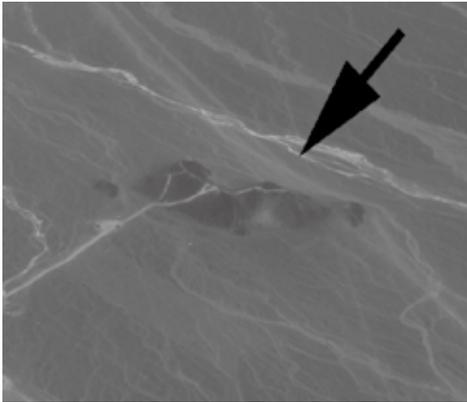
Lynch は、都市の「わかりやすさ」に関する概念を示し、その物理的特性の一つとしてランドマーク (目印) の重要性を述べている¹⁰⁾。都市計画などの分野では、景観や空間的・視覚的構造などの視点から、ランドマークがどの位置から見ることができるかなどについて、可視領域解析を用いた可視・不可視領域の分析を行っている^{11) 12)}。可視領域解析とは、標高データを利用して、ある地点から見える場所を算出したり、ある地点を見ることができる場所を算出する分析手法の一つである。

そこで、本研究では、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、ラインセンターの配置について検討する。

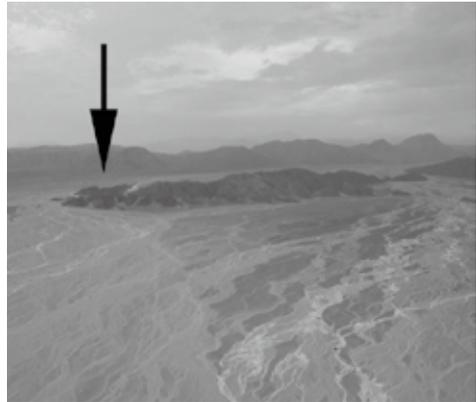
2. ラインセンターと分析方法

2.1 ラインセンター

本多は、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。さらに、ラインセンターがナスカ台地上のネットワークを構成するノード (中継点) に見立て、ナスカ台地の南北をつなぐ上で極めて重要なラインセンターを基幹ノード、基幹ノードにつながるラインを中継する重要なラインセンターを準基幹ノードに分類した⁵⁾。図1に示すように、基幹ノードに分類されたラインセンターは、ナスカ台地の北側のC44、中央のC37、南側のC19、



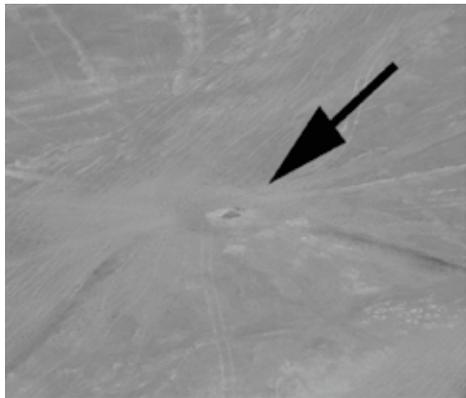
C44 (北の基幹ノード)



C37 (中央の基幹ノード)



C30、C26、C19 (南の基幹ノード群)



C61 (北の準基幹ノード)



C35 (南の準基幹ノード)

図2 各ラインセンター

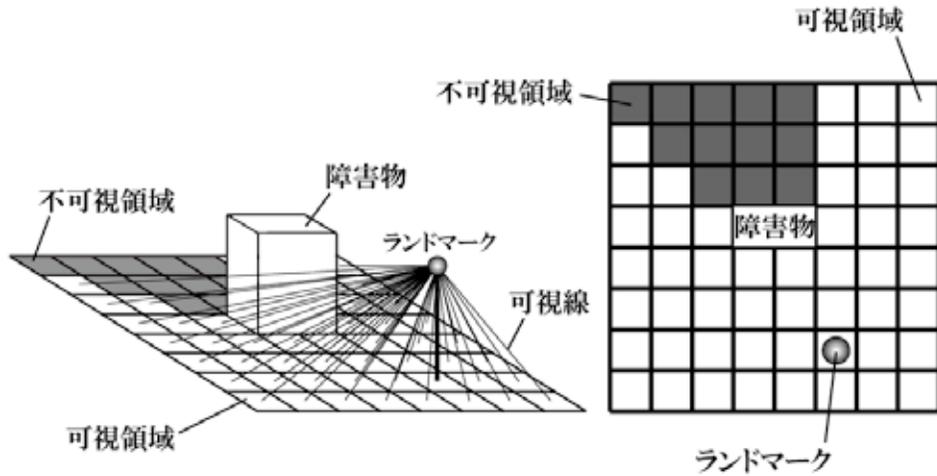


図3 可視領域解析

C26, C30の5つである。また準基幹ノードに分類されたラインセンターは北側のC61と南側のC35の2つである。「C番号」の表記はAveni²⁾が付与した整理番号である。図2に各ラインセンターの写真を示すが、ラインセンターC44, C37, C19, C26, C30, C35は、山や丘の自然物を利用したものである。ラインセンターC61のみがマウンド（盛り土）で人工的に制作されたと考えられる^{註1)}。このラインセンターC61付近の地形は、北西側が平らでなだらかな登りとなっており、東側が一段低くなっている。その一段低くなる手前の頂点（端部）にラインセンターC61は置かれている。

2.2 分析方法

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3に示すように、地面上の地点（観測点）からランドマーク（眺望点）まで可視線を投射し、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ArcGIS PRO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とにより取得したライダー（LIDAR：レーザー測距）データから作成した。使用したライダーデータは、上空から小型飛行機により約1m間隔で取得した、座標、標高（分解能50cm）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。本研究では、ラスタデータの精度や分析対象とした範囲（ナスカ台地の面積）の制約上、セルの一边の長さを5mとし、対象範囲の全てのセルについて可視、不可視の判別を行った。また、眺望とは人間の目で見

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が約150cmであったとされており¹³⁾注2)、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¹⁴⁾を行った。

3. 可視領域解析の結果

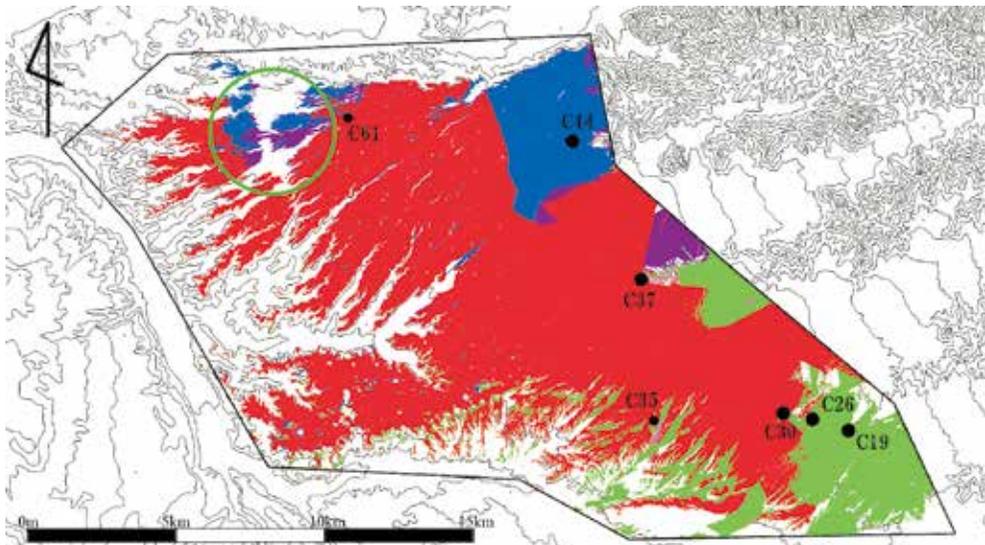
3.1 7つのラインセンターの可視領域の範囲について

ラインセンター C44, C37, C19, C26, C30, C61, C35の7つを眺望点とした可視領域解析による可視領域の範囲の結果を図4に示す。今回の可視領域解析は黒の実線で囲まれた範囲としたが、谷などの台地以外の部分も一部含まれている。なお、南の基幹ノードである C19, C26, C30は、複数の丘の集合体で一つのノードと考えられるため⁵⁾、それぞれの眺望点の可視領域を合算して表示した(緑色)。図4より、ナスカ台地の北西部(緑色の丸で示した箇所)を除いて、ナスカ台地全域からいずれかのラインセンターが眺望できていることが確認できる。特にラインセンター C61のある地点よりも南東部は不可視領域が少ないことがわかる。また、準基幹ノードに分類されたラインセンター C35の可視領域(桃色)は、そのほとんどが基幹ノードに分類されたラインセンター C44, C37, C19, C26, C30の可視領域に包含されている。

次に人工的に制作されたと考えられるラインセンター C61が制作されなかった場合を想定し、ラインセンター C61(眺望点)を除いた可視領域の範囲を分析した結果を図5に示す。図5より、台地の東部中央の2地域(図中のオレンジ色の丸)に大きな不可視領域(空白域)ができることが分かる。

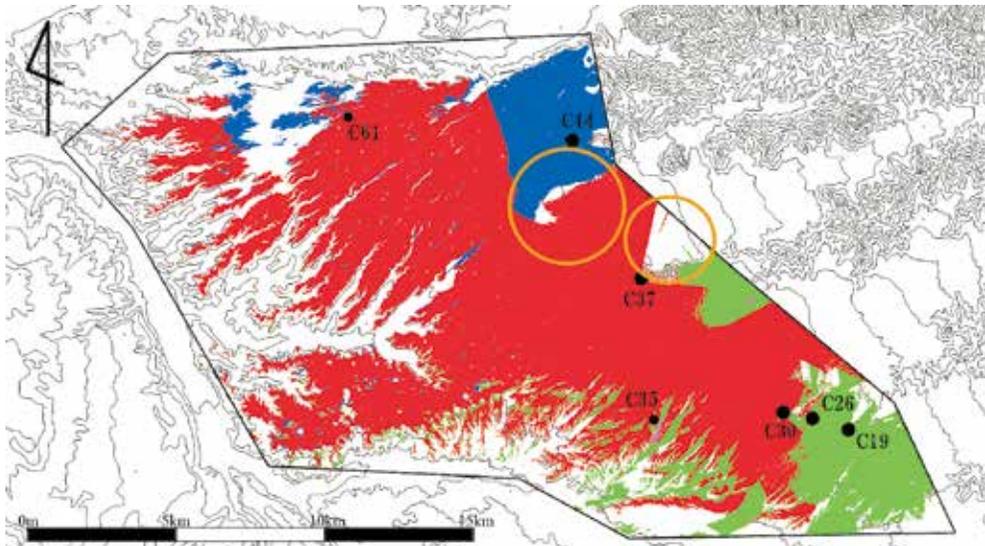
3.2 ラインセンター C61 の配置について

ラインセンター C61の配置について、可視・不可視領域の視点から検討する。図5のオレンジ色の丸で示した、台地の東部中央の2地域を拡大したものを図6に示す。灰色部が C44, C37, C19, C26, C30の可視領域、濃灰色部が C44, C37, C19, C26, C30の不可視領域を補う C61の可視領域である。2.1節で述べたが、ラインセンター C61は台地の北西の地点から東方向に向かう、なだらかな登りから東側が一段低くなる手前の頂点(端部)に置かれている。ラインセンター C61が別の場所に配置された場合を仮定し、ラインセンター C61が実際に制作されている位置を基準として、“東側が一段低くなる手前の頂点(端部)”の端部の直線上に眺望点を500mずつ移動(眺望点の位置 A, B, C, D, E)させ、可視領域解析を実施した(図7)。ナスカ台地の北側を流れるインヘニオ川の周辺には遺跡があり、人々が生活していたと考えられており、北側から人々がナスカ台地に入ったと想定し、台地北側の端に近いほうを眺望点の位置 A とした。そして、台地北側の端から遠ざかる方向に位置 B から位置 E を配置した。また、図6に示す点線と実線で囲んだ分析範囲の不可視領域が眺望点の位置により、どの程度可視領域を補填すること



C44 (青)、C37 (赤)、C19、C26、C30 (緑)、C61 (紫)、C35 (桃)
 黒の実線で囲まれた内側が可視領域の分析範囲

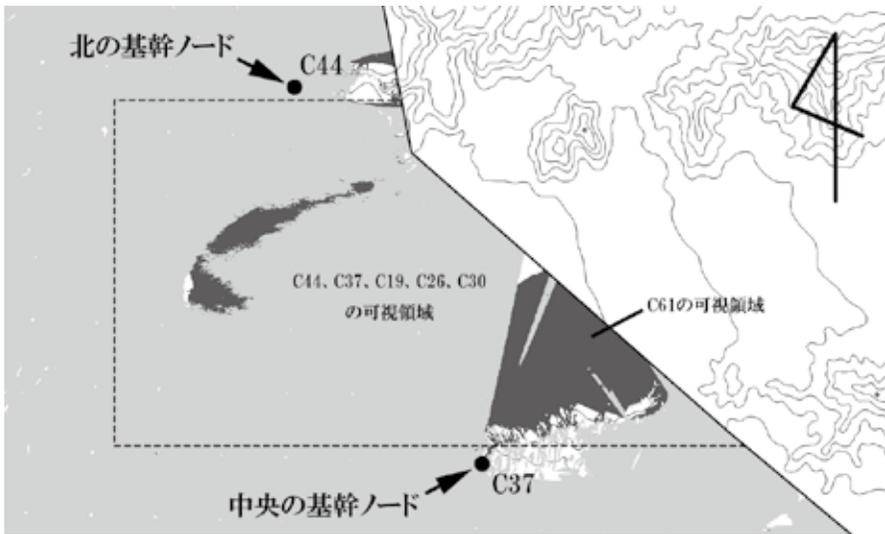
図4 7つのラインセンターの可視領域



C44 (青)、C37 (赤)、C19、C26、C30 (緑)、C35 (桃)
 黒の実線で囲まれた内側が可視領域の分析範囲

図5 C61を除く6つのラインセンターの可視領域

ができるかを確認するために補填率を算出した。その結果を表1に示す。ナスカ台地の北端に最も近い位置 A では、補填率は63.5%と可視範囲が狭まり、位置 B では57.1%と位置 A よりもさらに減少するが、位置 C (76.7%)、位置 D (77.6%) の順に増加し、実際の C61 の位置で最大 (88.7%) となった。しかし、さらに南側の位置 E では補填率は74.0%に減少した。このことから、ライ



C44、C37、C19、C26、C30 の可視領域（灰色）と C61 の可視領域（濃灰色）
点線と実線で囲まれた内側が補填率の計算範囲

図6 補填率の計算範囲（拡大図）

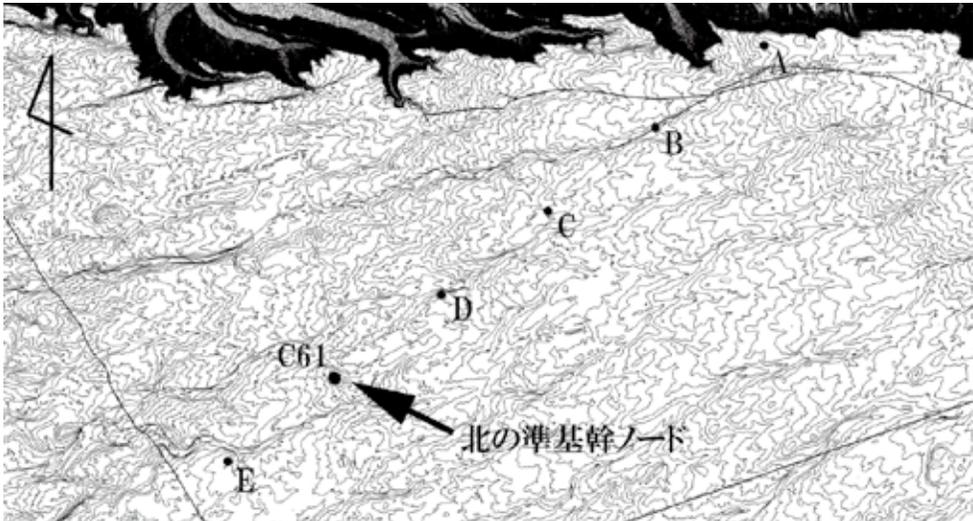


図7 ラインセンター C61を移動させた眺望点の位置

表1 各位置（眺望点）の可視領域の補填率

位置	補填率
A	63.5%
B	57.1%
C	76.7%
D	77.6%
実際の C61	88.7%
E	74.0%

ンセンター C61の配置は、基幹ノードに分類されたラインセンター C44, C37, C19, C26, C30の不可視領域を広く補える場所である。

4. 考 察

ナスカ台地は、東西幅15~20km, 南北幅15km程の広さがあり、220km²に及ぶ広大な面積である。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、そして台地を移動していた。ナスカ台地に描かれた地上絵の製作目的と利用法については、様々な見解が示されてきたが、ラインセンターは“道”として使われたと考える研究者もいる¹⁵⁾。これまでの坂井らの調査によって、ラインセンターは100個以上あることが明らかとなっている¹⁾。渡邊は、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ことを示した³⁾。また岡田は、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と述べている⁹⁾。本多がナスカ台地を移動するために重要であるとした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仮定した場合には、台地上のどの位置からもしずれかのラインセンターを視認できることが必要である。そのため、各ラインセンターのナスカ台地上の可視領域の範囲を分析した。その結果、ナスカ台地の北西部(図4に緑丸で示した箇所)を除いて、ナスカ台地全域から7つの内のいずれかのラインセンターが眺望できることを示



ラインセンターC61 からラインセンターC37 に向かっている途中：洪水で地表面が荒れているが、遠方にラインセンターC37 が見える(矢印)

図8 ラインセンター C61と C37間の歩行による移動の様子

した。特に基幹ノードに分類されたラインセンター C44, C37, C19, C26, C30の5つで、ナスカ台地の可視領域を広くカバーし、ラインセンター C61のある地点よりも南東部は不可視領域が少ないことがわかった。阿子島は、ナスカ台地の北西部は画像や線が多く集中しており、河道跡が少なく土地表面が安定した地域であるが、南東部は河道跡が多く土地表面が不安定な地域であることを明らかにしている¹⁶⁾。また、北西部の土地表面が安定した地域にあるラインセンター C61から、南東部の不安定な地域にあるラインセンター C37に歩行した実験結果では、安定した地域の歩行時は直線を手がかりとして移動していたが、不安定な地域を歩行している際は、遠方に見えるラインセンター C37をランドマークとして利用し移動していたことを確認している(図8)⁷⁾。さらに渡邊らは、南東部の土地表面が不安定な地域にあるラインセンター C37からラインセンター C35を経由して、台地の南端(C36)まで歩行した実験結果から、最終的にはゴールとなるラインセンターに全員たどりついたため、直線同様ラインセンターもランドマークとして機能していたと考えられると述べている¹⁷⁾。南東部は洪水などの影響により直線の地上絵が消えている場所が多く土地表面が不安定な地域ではあるが、7つの内のいずれかのラインセンターが可視でき、台地上の移動および台地の空間認知にランドマークとして利用することが可能であると思われる。また、ナスカ台地の北西部はラインセンターの不可視領域がみられるが、北西部の土地表面は安定した地域であり、ラインセンターにつながる直線の地上絵などを手がかりに移動が可能であると考えられる。

次に人工的に制作されたと考えられるラインセンター C61の配置であるが、ラインセンター C61が制作されなかった場合を想定して、5つの基幹ノードを眺望点として可視領域を分析した結果、台地の東部中央の2地域に大きな不可視領域ができることがわかった。また、ラインセンター C61が実際に制作されている位置を基準として、500m ずつ移動させ、可視領域解析をした結果、実際の C61の位置において補填率が最大(88.7%)となった。可視領域解析の結果からみるとラインセンター C61の配置は、基幹ノードのラインセンターの不可視領域を補い機能する場所に配置されたと考えられる。渡邊はラインセンター C61を含めてラインセンターは台地上で視覚的に際だった場所に設定されていると述べている³⁾。ナスカ台地の北側を流れるインヘニオ川の周辺には遺跡があり、北側から人々がナスカ台地に入ったと考ええると、移動のためのランドマーク(目印)はナスカ台地北端のなるべく近くにある方が視認性は高い。ラインセンター C61の制作された場所は、視認性やナスカ台地北端からの距離といった観点からも妥当な位置であると思われる。今回の可視領域は、地球の曲率を考慮して、理論的にコンピュータ上で計算した結果である。しかし、実際の可視領域は、視力、大気の状態、光環境などにより変化する¹⁸⁾。そのため、他の6つのラインセンターより小型のラインセンター C61が実際に2地域からどの程度、可視できるのかを現地調査で確認する必要がある。この2地域は洪水の影響が大きい場所であり、また東側の端には北米大陸から南米大陸を縦断するパン・アメリカンハイウェイが通っており、現在でも人々が移動する上で重要な地域である。

5. ま と め

本研究では、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と配置について検討した。その結果、可視領域の範囲からみた場合には、基幹ノードに分類されたラインセンター5つはナスカ台地の広範囲から眺望できる配置にある。また、準基幹ノードに分類されたラインセンター2つは基幹ノードの不可視領域を補う、又は可視領域に包含される場所に配置されていることを示した。可視領域の範囲から、取り上げた7つのラインセンターは、台地上の移動および台地を空間認知するためのランドマークとして機能した可能性がある。

今回の可視領域は、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、実際の可視領域は、視力、大気の状態、光環境などにより変化するため、現地調査による確認などの作業を必要とする。また、各ラインセンターの制作時期や使用された時期との関係についても、検討が必要と考えている。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）「アンデス比較文明論」（課題番号26101004）の助成を受けて行われた。

注

- 1) 現地調査によって、ラインセンター C61は人工的に制作された可能性が高いことを確認している。また、山形大学調査チームメンバーの渡邊は、“人工物”としてマウンドやケルン、ストーン・サークルを取り上げ、平坦な場所ではマウンドやケルンが作られているとの Aveni²⁾ の報告を引用したうえで、ラインセンター C61の形成を述べている³⁾。
- 2) 当時の男性の平均身長については、文献等により150～157cmの違いがみられる。本研究では、眺望を分析することから低値を採用した。

参考文献

- 1) Sakai, M. y Olano, J.: Informe Final del Proyecto de Investigación Arqueológica de las Líneas y Geoglifos de la Pampa de Nasca (Segunda Temporada) , Ministerio de Cultura del Perú, 2011.
- 2) Aveni, F.A. (ed.) : The Lines of Nazca, The American Philosophical Society, Philadelphia, 1990.
- 3) 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，第4号，pp.151-163, 2007.
- 4) 津川康夫：地表空間におけるランドマークとその意義，立命館地理学，第9号，pp.17-29,

1997.

- 5) 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, 第62巻4号, pp.234-238, 2011.
- 6) 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, 第10号, pp.33-47, 2013.
- 7) 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, 第12号, pp. 1-14, 2015.
- 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距離と負担との関係 - 歩行時の心拍数を指標として -, 山形大学大学院社会文化システム研究科紀要, 第13号, pp.13-27, 2016.
- 9) 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.
- 10) Lynch, K.: 都市のイメージ (訳者: 丹下健三, 富田玲子), 岩波書店, pp.55-113, 1968.
- 11) 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 - 景観形成計画のためのシステム解析手法に関する研究 -, 日本建築学会計画系論文集, 59 (456), 163-169, 1994.
- 12) 石橋一真, 吉川眞, 田中一成: 山並みの構造把握と分析, 景観・デザイン研究講演集, No. 3, pp.306-309, 2007.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) Aveni, F.A.: Between the Lines: The Mystery of the Giant Ground Drawings of Ancient Nasca, Peru, University of Texas Press, pp.162-173, 2000.
- 16) 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, 第4号, pp.139-149, 2007.
- 17) 渡邊洋一, 本多薫, 門間政亮: ナスカ台地の移動時における直線の地上絵とラインセンターの利用 - ウェアラブルカメラを用いた分析 -, 山形大学紀要 (人文科学), 第18巻第3号, pp.139-154, 2016.
- 18) Conolly, J. and Lake, M.: Geographical Information Systems in Archaeology, Cambridge University Press, pp.228-233, 2012.

Range of Visible Region and Arrangement of Line Centers at the Nasca Pampa: Analysis from Visible and Invisible Regions by Viewshed Analysis

Kaoru HONDA, Tadasuke MONMA

With particular emphasis on the addressing seven line centers of the Nasca pampa of Peru, this study clarified the visibility range of each line center using viewshed analysis and examined the arrangement of these line centers. Results indicated that (1) five of the line centers at the backbone nodes are aligned where they are viewable from the wide range of the Nasca pampa and (2) the other two line centers at the quasi-backbone nodes are positioned at the locations which make up the invisible ranges or are included in the visible ranges of the backbone nodes.