

# 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) —最短路と経路選択からの検証—

本 多 薫

(文化システム専攻心理・情報領域担当)

門 間 政 亮

(人文学部学術研究員)

## 1. はじめに

ペルー南海岸のナスカ台地には、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。しかし、動物、植物は少数で大部分を占めているのが直線(ライン)である。また、地上絵には複数のラインが集まる(又はラインが放射される)“ラインセンター”と呼ばれているところが複数ある(図1)。山形大学人文学部のナスカ地上絵プロジェクトチームによる調査<sup>注1)</sup>の結果、138箇所以上のラインセンターがあることが判明している<sup>1)</sup>。

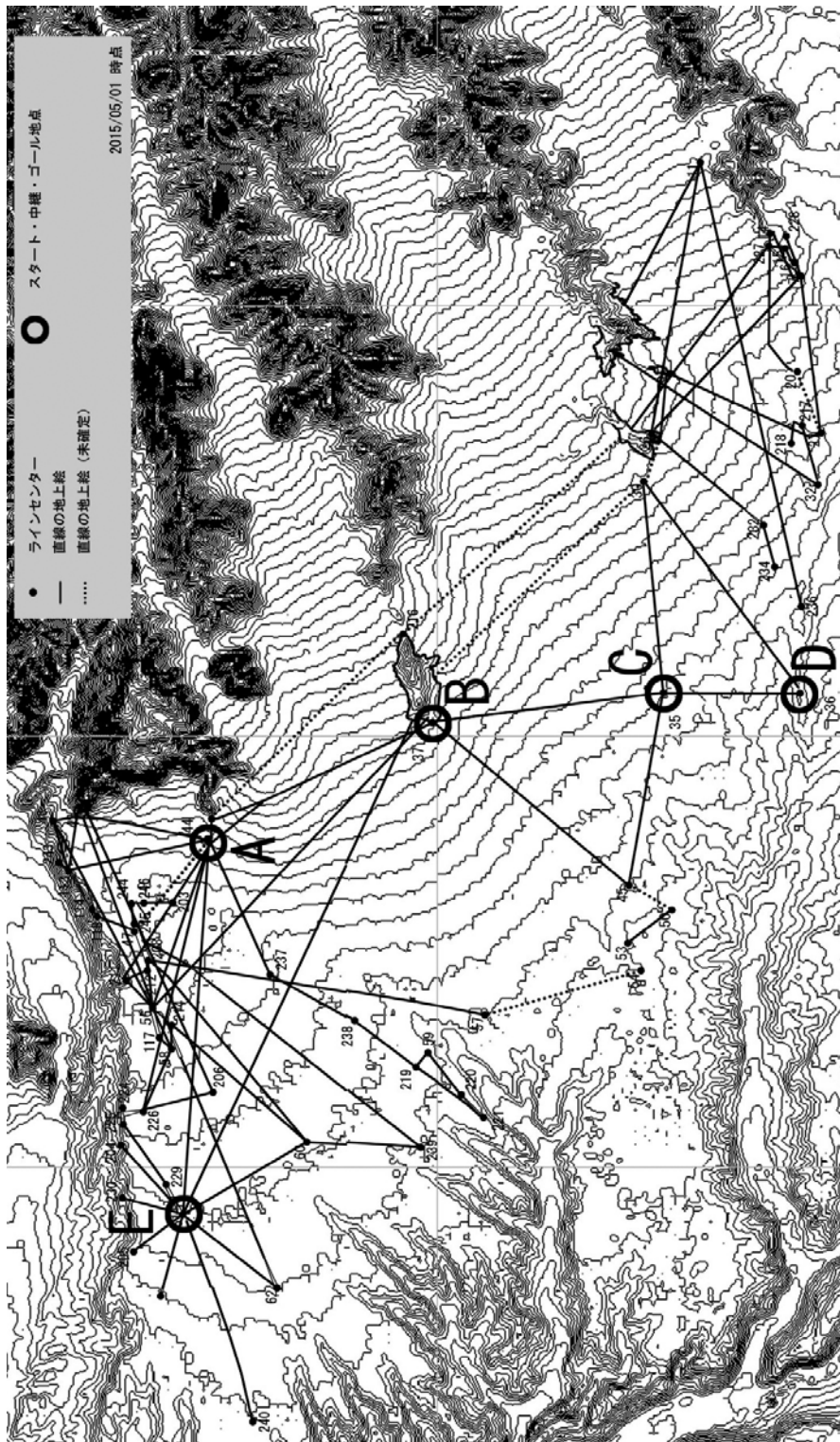
ラインセンターの制作目的は明らかになってい

ないが、筆者の先行研究による人工衛星画像の分析などから、複数のラインセンターを経由して台地の南北がつながれていることを明らかにしている<sup>2)</sup>。また Aveni は、ラインセンター間の直線の地上絵が道であり、これらの道を通して、ナスカ台地を移動していたという考え方を示している<sup>3)</sup>。人間社会の中で人間の行動や情報の交換などがスムーズに行われるためにネットワークが形成されるが、ナスカ台地の南北がラインセンターと直線でつながっていることを考えると通信路(歩行路)ではないのかと発想された。このため、ナスカ台地に南北をつなぐ道(情報科学では“情報を伝達するネットワーク(通信網)”)があったのではな



(円の中心がラインセンター、複数の直線が集まっている)

図1 ラインセンターの例



(ナスカ台地の地形図 (等高線間隔10m)) 注2)  
 図2 ナスカ台地のネットワーク図 (ラインセンターの位置)

いかとの仮説を立て、検討してきた<sup>2)</sup>。直線の地上絵には、さまざまな幅と長さのものがあり、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り、すべてを歩行路（“道”）として解釈することはできないが、本当にラインセンター間の直線を歩行路として、歩行することができるのか確認する必要がある。筆者は、これまでに2回の歩行実験を実施し、ラインセンター間を歩行による移動が可能であるのかを検証した<sup>4) 5)</sup>。第1報<sup>4)</sup>では、1か所のラインセンター間のみを取り上げ、予備的な実験を実施した。その結果、(1)ラインセンター間を移動できること、(2)4730m程度の移動では途中休憩を取らなくとも歩行できる距離であること、などを示した。また、第2報<sup>5)</sup>では、ナスカ台地の南北をつなぐ4か所（図2のラインセンターA、B、C、D）のラインセンターを取り上げ、複数のラインセンターを経由し、ラインセンター間で迷うことなく歩行による移動ができるのかを検討した。その結果、(1)南北歩行実験で取り上げた4箇所の区間のすべてにおいて、目的のラインセンターに到着できたこと、(2)洪水等の影響を受ける場所においても、歩行路として構築が可能であること、などを示した。ナスカ台地の南北を歩行で移動する場合には、単にラインセンター間を歩行により移動できたことを示す以外に、歩行路としての効率性（最短経路と経路選択）の検討が必要である<sup>6)</sup>。ナスカ台地の北西の端からネットワークを経由して南端に歩行することを考えた場合に、北西の端からラインセンターE、B、Cを経由してラインセンターDに至る経路が最短経路となる（図2）。しかし、ラインセンターEとB間は、最もラインセンター間の直線の距離が長いとともにラインセンターEはマウンドであり、これまでに検証してきた丘などを利用したラインセンターと歩行条件が異なると考えられる。また、筆者のネットワーク構造の検討<sup>2)</sup>から、ラインセンターAとBは基幹ノードであり、ラインセンターCとEは準基幹ノードとの分類を行っている。

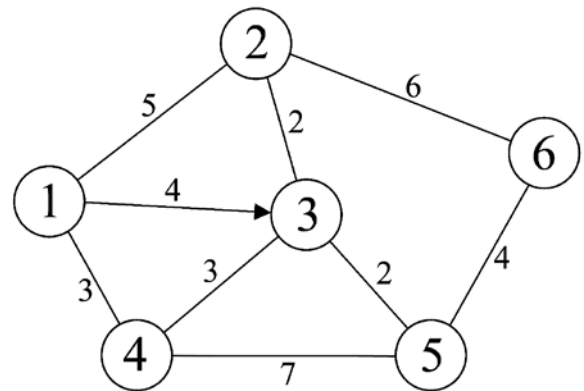


図3 ネットワーク構成図

そのため、ラインセンターAとE間についても検討する必要がある。

よって本稿では、ラインセンターEに着目し、提案したネットワーク図における最も直線の距離が長いラインセンターEとB間、基幹ノードAとE間の2つのラインセンター間の経路を取り上げる。そして、歩行で移動する実験を行い、ラインセンター間を歩行による移動ができるのかを確認するとともに、ネットワークの効率性（最短経路と経路選択）について検討する。

## 2. ネットワークとグラフ理論

ネットワークの構造は点（装置）とそれを結ぶ線（伝送路）によって表すことができる。図3のようなネットワーク構成図を描いたとき、点を「ノード」、任意の2点をつなぐ線を「リンク」と呼ぶ。また、ノードとノードをつなぐリンクには、向きが無く双方向の「無向グラフ」と、一方方向に向きがある「有向グラフ」がある<sup>7)</sup>。ネットワークにおける最適な経路を検討し、効率的な情報や人、物などの流れを考える場合には、グラフ理論における最短経路（最短距離）と経路選択（経路変更）などのネットワークの効率性の分析が必要となる。例えば、図3でスタート地点を①としてゴール地点を⑥とした場合の最短経路は、ノード①→③→⑤→⑥である（距離は4 + 2 + 4 = 10）。また、図3のスタート地点を⑥としてゴール地点を①とした場合には、ノード③と①間には有向グラ



ラインセンター E (C61)



ラインセンター B (C37)



ラインセンター A (C44)  
(矢印がラインセンターの位置を示す)

図4 歩行実験で使用したラインセンター

フであるために③から①には進むことができない。そのため、経路を変更しながら最適な経路選択をした結果、最短経路はノード⑥→②→①となる（距離は $6 + 5 = 11$ ）。

### 3. 実験内容

#### 3.1 被験者

被験者は、実験で使用したラインセンター間の歩行経験がない、21歳から38歳の健康なペルー人男性3名である。実験前に歩行に影響するような四肢の障害がないことを、被験者の申告に基づいて確認した。

#### 3.2 歩行するラインセンター

歩行実験（第1報、第2報）<sup>4) 5)</sup>では、図2に示すラインセンターのA (C44) と B (C37) 間、

B (C37) と C (C35) 間、および C (C35) と D (C36) 間が歩行により移動が可能であるかを検討した。本報では、未検証であるラインセンターの E (C61) と B (C37) 間、および A (C44) と E (C61) 間を取り上げることにした。カッコ内の C35, C36, C37, C44, C61の番号は、Aveni<sup>3)</sup>が付けたラインセンターの整理番号である。

ラインセンターには、自然の山や丘を利用したものがあるが、人工的に制作されたと思われるマウンドや石積みもある。今回の実験で取り上げたラインセンターの外観を図4に示す。ラインセンターのAとBは、自然の丘を利用したものであるが、ラインセンターEはマウンドであり、石が置かれているものである。また、ラインセンター間の距離<sup>註3)</sup>は、EとB間で約11,240m、AとE間で約7,600mである。

表 1-1 実験 1 の実施日時と天候（E（C61）→B（C37））（2013年）

実験実施日	スタート時刻	天 気	視 界*	被 験 者
10月01日	午前 8 時12分	晴れ	良好	a
10月04日	午前 8 時09分	晴れ	良好	b
10月09日	午前 7 時42分	晴れ	良好	c

\*：ビデオ映像からも、ナスカ台地周辺の丘や山を隠すような雲や霧などの発生はなく視界は良好であったことを確認した。

表 1-2 実験 2 の実施日時と天候（A（C44）→E（C61））（2013年）

実験実施日	スタート時刻	天 気	視 界*	被 験 者
10月11日	午前 7 時27分	晴れ	良好	a
10月14日	午前 7 時29分	晴れ	良好	b
10月17日	午前 8 時41分	晴れ	良好	c

\*：ビデオ映像からも、ナスカ台地周辺の丘や山を隠すような雲や霧などの発生はなく視界は良好であったことを確認した。

### 3.3 実験方法

#### 3.3.1 歩行実験 1（ラインセンター E と B 間）

ラインセンター E 付近には車用道路がある。ペルー文化省から許可を得て、この道路を使い、自動車でラインセンター E の付近まで移動した。その後、歩行によりスタート地点（ラインセンター E）まで移動した。実験 1 は、スタート地点で被験者に対して、「ラインセンターからラインセンターまで、いつもの速さで歩きます」、「歩いている時は喋らないこと」と歩行方法を母国語のスペイン語で説明し、実験を開始した。まず、実験助手が歩行する方向を指でさし、次のラインセンターまで行くことを伝えた後、「Vamos!（スタート）」と声をかけ、歩行を開始させた。実験助手は被験者の十数 m 後方を追従した。ラインセンター B に辿りついた時点で「Pare!（ストップ）」と声をかけ、歩行を停止させた。歩行中に地図を携帯させたり、実験助手による助言や指導は行わなかった。GPS（Global Positioning System）ロガー（eTrex30, Garmin）により、歩行時の位置情報（緯度・経度）を約10秒間隔で測定するとともに、実験助手がビデオカメラ（HDR-PJ590, SONY）で歩行の様子を撮影した。表 1-1 に実

験日時と天候を示す。3日間ともに天気は晴れ、ナスカ台地周辺の丘や山を隠すような雲や霧などの発生はなく視界は良好であった。スタート地点 E のスタート時刻は、午前中である。

#### 3.3.2 歩行実験 2（ラインセンター A と E 間）

実験 2 についても実験 1 と同様の手順と方法で、ラインセンター A からラインセンター E まで歩行させた。表 1-2 に実験日時と天候を示す。3日間ともに天気は晴れ、ナスカ台地周辺の丘や山を隠すような雲や霧などの発生はなく視界は良好であった。スタート地点 A のスタート時刻は、午前中である。

## 4. 実験結果

#### 4.1 歩行実験 1（ラインセンター E と B 間の歩行）

表 2 にラインセンター E と B 間を歩行した際の各被験者の歩行所要時間と平均歩行速度を示す。表 2 より、所要時間は、126.2min ~147.2min と幅があり、平均で134.06min であった。また平均歩行速度は、1.29m/sec ~1.50m/sec（4.64km/hour ~5.40km/hour）と幅があり、平均で1.416 m/sec（5.096km/hour）であった。図 5 のライ

表2 実験1の各被験者の歩行所要時間と平均歩行速度（E（C61）→B（C37））

被験者	所要時間 (min)	平均歩行速度 <sup>注4)</sup>	
		(m/sec)	(km/hour)
a	126.2	1.50	5.40
b	147.2	1.29	4.64
c	128.8	1.46	5.24
平均	134.06	1.416	5.096

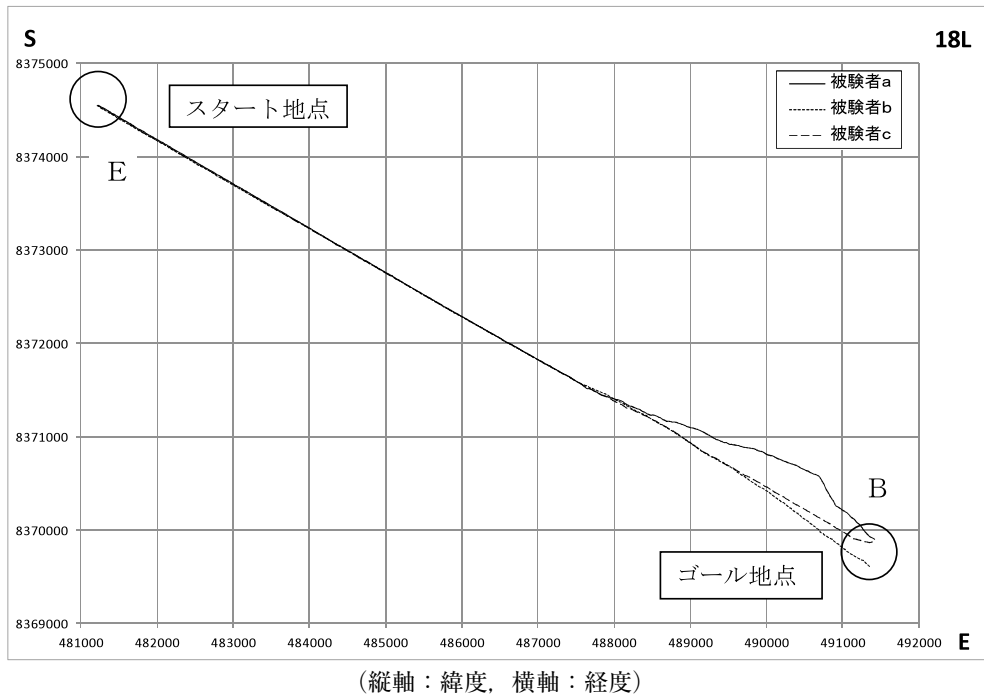


図5 実験1のGPSデータ（緯度・経度）による歩行軌跡（E（C61）→B（C37））

ンセンターEからラインセンターBまでの歩行軌跡を見ると、全行程の三分の二までは全被験者の歩行軌跡は合わさりほぼ一致している。全行程の三分の二を過ぎた位置から徐々に被験者3名の歩行軌跡に差異が見られる。しかし、被験者3名ともにラインセンターBの丘に到着できたことが確認できる（図4参照：ラインセンターBは丘全体がラインセンターである）。図6にラインセンターEからBへの歩行中のビデオ映像の一例を示す。図6（上）はラインセンターEとBの中間地点であるが、ラインセンターBへの直線上を被験者が歩行している。図6（下）はラインセンターEからBにかけての後半であるが、洪水でラインセンターBに向かう直線が消えている。しかし、遠方にラインセンターBの丘が正面に見えており、被

験者が丘に向かって歩行している。

次にラインセンターBからEの復路に関して、確認を行った。図7にラインセンターBからラインセンターEのある方向を撮影した写真を示す。目視および写真からラインセンターBからラインセンターEに向かう直線およびラインセンターEを見つけることはできなかった。

#### 4.2 歩行実験2（ラインセンターAとE間の歩行）

表3にラインセンターAとE間を歩行した際の各被験者の歩行所要時間と平均歩行速度を示す。表3より、所要時間は、95.7min～112.3minと幅があり、平均で104.56minであった。また平均歩行速度は、1.13m/sec～1.34m/sec（4.06km/hour～4.77km/hour）と幅があり、平均で1.218



ラインセンターE（C61）とB（C37）の中間地点：  
直線に沿って歩いていることが確認できる



ラインセンターE（C61）とラインセンターB（C37）の後半地点：  
洪水で直線が消えているが、遠方にラインセンターBが見える（矢印）

図6 ビデオ映像（ラインセンターEからラインセンターB）

表3 実験2の各被験者の歩行所要時間と平均歩行速度（A（C44）→E（C61））

被験者	所要時間 (min)	平均歩行速度 <sup>注4)</sup>	
		(m/sec)	(km/hour)
a	105.7	1.20	4.32
b	112.3	1.13	4.06
c	95.7	1.34	4.77
平均	104.56	1.218	4.384





ラインセンターB（C37）の地点からラインセンターE（C61）のある方向を撮影：  
洪水でラインセンターEの方向に伸びる直線が確認できない、  
また遠方にラインセンターEは見えない。

図7 写真（ラインセンターBからラインセンターEの方向）

m/sec (4.384km/hour) であった。図8のラインセンターAからラインセンターEまでの歩行軌跡を見ると、全行程で全被験者の歩行軌跡は合わりほぼ一致している。また、ラインセンターAからEまでの直線は、ほぼ一直線であることが確認できる。図9にラインセンターAからEへの歩行中のビデオ映像の一例を示す。図9（上）はラインセンターAとEの中間地点であるが、被験者がラインセンターEへの直線に沿って歩行している。次に図9（下）はラインセンターEの到着地点の様子であるが、ラインセンターEの石積みの高さは、被験者の身長と比較して低いことがわかる。

次にラインセンターEからAの復路に関して、確認を行った。図10にラインセンターEからラインセンターAのある方向を撮影した写真を示す。目視および写真からラインセンターEからAに向かう直線およびラインセンターAを見ることができた。

## 5. 考 察

ナスカ台地に人の移動や情報を伝達するネットワークが存在したという仮説を立ててラインセンターのネットワーク構造を検討し、南北をつなぐ歩行路（ネットワーク）が存在した可能性を示した<sup>2)</sup>。またAveniは、ラインセンターの間の直線を通して、ナスカ台地を移動していたという考え方を示しているが<sup>3)</sup>、検証したのかは明らかにしていない。そのため、筆者はラインセンター間をつなぐ直線を歩行することができるのかを検証するために、歩行実験を実施してきている<sup>4) 5)</sup>。その結果、複数のラインセンターを経由し、ナスカ台地の南北を歩行により移動できることを明らかにした。ナスカ台地のネットワーク図（図2）を見ると、ナスカ台地の北西の端から南端に歩行する場合、北西の端からラインセンターE、B、Cを経由してラインセンターDに至る経路が、ネットワークの効率性の観点から考えると最短経路である。しかし、ラインセンターEとB間が歩行



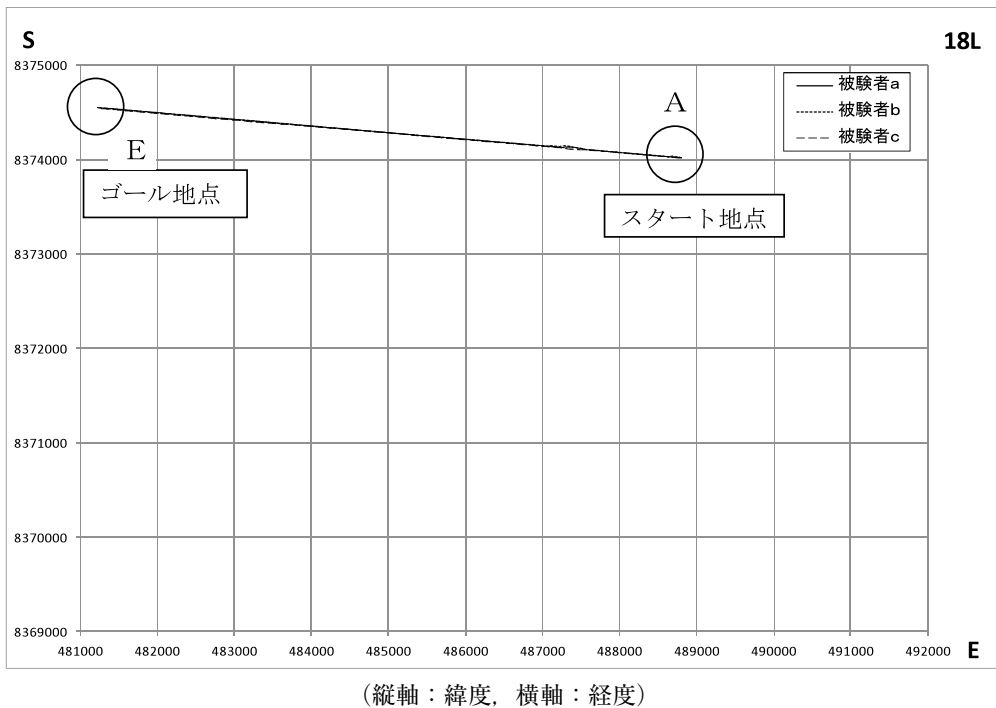


図8 実験2のGPSデータ（緯度・経度）による歩行軌跡（A (C44) → E (C61)）

できるのか実証のための歩行実験を行っていなかった。

歩行実験1（ラインセンターEとB間の歩行）の結果、全行程の三分の二までは全被験者の歩行軌跡は合わさりほぼ一致しているが、それ以降徐々に差異が見られた。しかし、被験者3名ともにラインセンターBの丘に到着できた。歩行軌跡に差異が見られた箇所は、洪水でラインセンターBに向かう直線が消えており、遠方に見えるラインセンターBの丘に向かって歩行していた。渡邊<sup>8)</sup>は、ラインセンターが台地を認知する上での参照点や移動の際のガイドラインになることなど、移動には有効な指標になることを述べている。また、筆者は第2報<sup>5)</sup>において、ナスカ台地は、障害物がなく見通しのよい道路空間であり、遠方に見えるラインセンターや直線を有用な情報として発見し、指標として歩行したとの考察を行っている。歩行実験1の結果から、ラインセンターBからEへの歩行は、スタート地点（ラインセンターB）において、ラインセンターEに向かう直線およびラインセンターEを見つけることはできず、

歩行は困難であると思われた。今回の歩行実験1と第2報<sup>5)</sup>の結果を合わせて考察すると、迷うことなくラインセンター間を歩行するには、条件1：「スタートするラインセンターにおいて、直線が確認でき、歩行すべき方向が明確であること」、条件2：「洪水等で直線が消えている場所において、遠方に直線やラインセンターが確認できること」の2条件が必要であると考えられる。

今回の歩行実験1から、ラインセンターEからBの方向には歩行できることが確認できた。また、第2報<sup>5)</sup>で実施した歩行実験の結果より、ラインセンターB、Cを經由してラインセンターDに歩行できることが分かっている。従って、ナスカ台地の北西の端からラインセンターE、B、Cを經由すると、ラインセンターDに最短経路で移動することが可能である。しかし、ナスカ台地の南端にあるラインセンターDからC、Bを經由して、ラインセンターEに歩行することを想定した場合、歩行実験1の結果より、ラインセンターBからEに歩行することができない可能性が非常に大きい。ネットワークを構築する場合の基本は最短経路であ



ラインセンターA（C44）とE（C61）の中間地点：  
直線に沿って歩いていることが確認できる



ラインセンターA（C44）から歩きラインセンターE（C61）の到着地点：  
ラインセンターEの石積みを確認できる（矢印）

図9 ビデオ映像（ラインセンターAからE）

る。仮に最短路が何らかの事情で確保できない場合には、経路選択（迂回）が行われる。図2のナスカ台地のネットワーク図を見ると、ラインセンターBからAを経由してラインセンターEに向かうという経路選択（迂回）が考えられるのではないだろうか。筆者のネットワーク構造の検討<sup>2)</sup>

から、ラインセンターAは基幹ノードとして機能しており、安定性・信頼性が高いラインセンターである。そのため、迂回路として利用したと考えることも不思議ではない。また、「有向グラフ」を考えた場合には、必ずしも往路と復路で同じ経路を通る必要はない。では、ナスカ台地の南端のライ



ラインセンターE（C61）の地点からラインセンターA（C44）のある方向を撮影：  
ラインセンターAの方向に伸びる直線が確認できる（矢印）、  
また遠方にラインセンターAの丘が見える

図10 写真（ラインセンターEからラインセンターAの方向）



ラインセンターB（C37）からラインセンターA（C44）の方向を撮影：  
手前は洪水で直線が消えている部分があるが、遠方に直線が見える（矢印）

図11 写真（ラインセンターBからA）

ンセンターDをスタート地点として、ラインセンターC、Bを通り、ラインセンターAを迂回してEに向かう移動を考える。まず、ラインセンターDからC、ラインセンターCからBについては、上述した迷うことなくラインセンター間を歩行できる条件として、条件1と条件2を満たしており、歩行は可能と考えられる。次にラインセンターBからAへの歩行による移動が可能であるのか検討する。図11にラインセンターBからラインセンターAの方向を撮影した写真を示す。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Aの方角に向かう直線が確認できる。この直線を目印に歩行して行けば、途中からラインセンターBが見え、進路補正しながらたどり着けると推察でき、条件1と条件2を満たすと思われる。最後に、ラインセンターAからEの歩行であるが、今回の歩行実験2の結果から、迷うことなく歩行による移動ができることが確認できている。奥野ら<sup>9)</sup>は、「ネットワークは、意識的に計画され、一挙に構築されたものではない。その多くは、過去からの長い時間をかけて人々の必要に合わせて部分的に計画され、なん度となく修正され、今日の大規模かつ複雑な姿へと発展してきたものある。」と述べているように、ナスカ台地においても長い年月をかけ修正されながら、条件1と条件2を満たすようにネットワークが形成されたとしても不思議ではない。

ナスカ台地には、洪水等の影響を受ける場所と受けない場所がある<sup>10)</sup>。通信網や道路網などのネットワークを構築する場合には、効率性の視点から「最短経路」と「経路選択」が検討されるのが一般的である。しかし、ナスカ台地の南北をつなぐ効率的な歩行路を建設しようとする、洪水等の影響を受ける場所を通る必要がある。今回の実験結果から、ナスカ台地の南北を移動する場合には、双方向（無向グラフ）を確保できない箇所が存在するため、往路と復路で使用するラインセンターとそれをつなぐ直線が異なる可能性があることを示した。

## 6. まとめ

ラインセンターEに着目し、筆者が提案したネットワーク図の最も直線の距離が長いラインセンターEとB間と、基幹ラインセンターAとE間の2つのラインセンター間の経路を取り上げた。そして、歩行で移動する実験を行い、ラインセンター間を歩行による移動ができるのかを確認するとともに、ネットワークの効率性（最短経路と経路選択）について検討した。その結果、(1)ラインセンターEからBは歩行が可能だが、ラインセンターBからEには歩行できないこと、(2)ネットワークの効率性の視点から、ラインセンターBからEへは、ラインセンターAを迂回して歩行したと考えられ、往路と復路で使用するラインセンターとそれをつなぐ直線が異なる可能性があること、などを示した。今後、他のラインセンター間をつなぐ直線の方向（有向グラフ）や最短経路、使用された時期との関連など、検討したいと考えている。

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) ラインセンターの数とラインセンター間の直線は、今後の分析や現地調査等の結果で修正されるため、確定ではない。なお、現地調査は、ペルー文化省の調査許可を得て実施している。
- 2) 分析に使用した高分解能人工衛星画像（QuickBird画像）は、DigitalGlobe社ならびに日立ソフト社との使用契約により、本稿には掲載できない。
- 3) ラインセンター間の距離は、人工衛星画像から測定したものであり、数十mの誤差が含まれている可能性がある。
- 4) 各被験者の平均歩行速度は、GPSデータの

歩行軌跡から推定した歩行距離を用いているため、誤差が含まれている可能性がある。

## 文 献

- 1) Sakai Masato y Jorge Olano: Informe Final del Proyecto de Investigación Arqueológica de las Líneas y Geoglifos de la Pampa de Nasca (Segunda Temporada), Ministerio de Cultura del Perú, 55-59, 2011.
- 2) 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，234-238，2011.
- 3) Aveni F. Anthony (ed.) : The Lines of Nazca, The American Philosophical Society, Philadelphia, 1990.
- 4) 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—歩行実験による歩行経路と心拍の変化からの検討—，山形大学大学院社会文化システム研究科紀要，第9号，1-12，2012.
- 5) 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，33-47，2013.
- 6) 野口正一，吉岡良雄：ネットワークの基礎，オーム社，東京，1991.
- 7) R.G. バサッカー，T.L. サーティ（矢野健太郎，伊藤正夫共訳）：グラフ理論とネットワーク基礎と応用，培風館，東京，1970.
- 8) 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，151-163，2007.
- 9) 奥野隆史，高森寛：点と線の世界—ネットワーク分析—，三共科学選書5，三共出版，東京，1976.
- 10) 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，139-149，2007.

## **Transferring between line centers at Nasca Upland (3rd Report) : Inspection of shortest path and routing**

HONDA Kaoru

(Professor, Psychology & Information, Cultural Systems Course)

MONMA Tadasuke

(Researcher, Faculty of Literature and Social Sciences)

An experiment was carried out entailing walking in a straight line from line center to line center at the Nasca lines in Peru. In addition to confirming whether or not it is possible to walk from one line center to another, we also evaluated the network efficiency (shortest path and routing) of the Nasca uplands. Results showed that: (1) it is possible to walk from line centers E (C61) to B (C37), but not from B to E; and (2) the possibility exists that the line centers and the straight lines connecting them differ between the outgoing and return routes.