

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—

本 多 薫

(文化システム専攻心理・情報領域担当)

門 間 政 亮

(山形厚生看護学校非常勤講師)

1. はじめに

南米のパルー共和国にあるナスカ台地には、猿、海鳥、蜘蛛などの絵で有名なナスカの地上絵がある。ナスカ台地には、動物、植物、幾何学図形、直線など1000個以上の地上絵があるが、動物、植物の地上絵は少数で、750個以上は直線である。また、複数の直線が集まる（又は直線が放射される）“ラインセンター”と呼ばれているものがある（図1）。Aveni¹⁾は、ナスカ台地に62箇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角度、ラインセンターとラインセンターのコネクト関係を調査している。そして、ラインセンターとラインセンターが直線で繋がっていることを述べている。しかし、ナスカ台地全体を調査しておらず、不明な部分が多い。そのため、山形大学人文学部のナスカ地上絵プロジェクトチーム^{注1)}は、高分解能人工衛星画像の分析と現地調査^{注2)}を行い、138箇所^{注2)注3)}のラインセンターの位置を明らかにした。これまでに、ナスカ台地のラインセンターや直線（ライン）の制作目的としては、儀式のた



(写真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

めに配置された³⁾、ラインは“道”として使われた⁴⁾などの諸説があるが、十分なデータに基づいた説得力のある議論は存在しない。

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。そのため、筆者は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、ラインセンターの配置と、ラインセンターとラインセンターの接続関係を検討してきた⁵⁾。その結果、ナスカ台地のラインセンターの配置と接続関係には、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）が見られ、ラインセンターの制作目的の一つは、ナスカ台地の南北を繋ぐ歩行路（“道”）である可能性を示した。しかし、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は不明である。

本稿では、ナスカ台地のラインセンター間の直線上を実際に移動する歩行実験を実施し、ラインセンターからラインセンターに迷うことなく歩行による移動ができるのか、また、心拍の変化の視点から無理なく歩行できるのかを検討する。

2. 実験内容

2. 1 被験者

被験者は24歳から31歳の健康なペルー人男性4名である。表1に示すように、身長165~178cm、体重73~113kgであった。実験前に歩行に影響するような四肢に障害がないこと、これまでに心臓について何らかの指摘を受けたことがなく、心拍が過去および現在において正常であることを被験者の申告に基づいて確認した。

2. 2 歩行するラインセンターの選定

筆者は先にナスカ台地におけるラインセンターと、ラインセンター間を繋ぐ直線^{註4)}の分析から、南北を繋ぐ歩行路が存在した可能性を示した。このラインセンター間を繋ぐ直線を歩行することができるのかを実証するために、まずは台地の南北

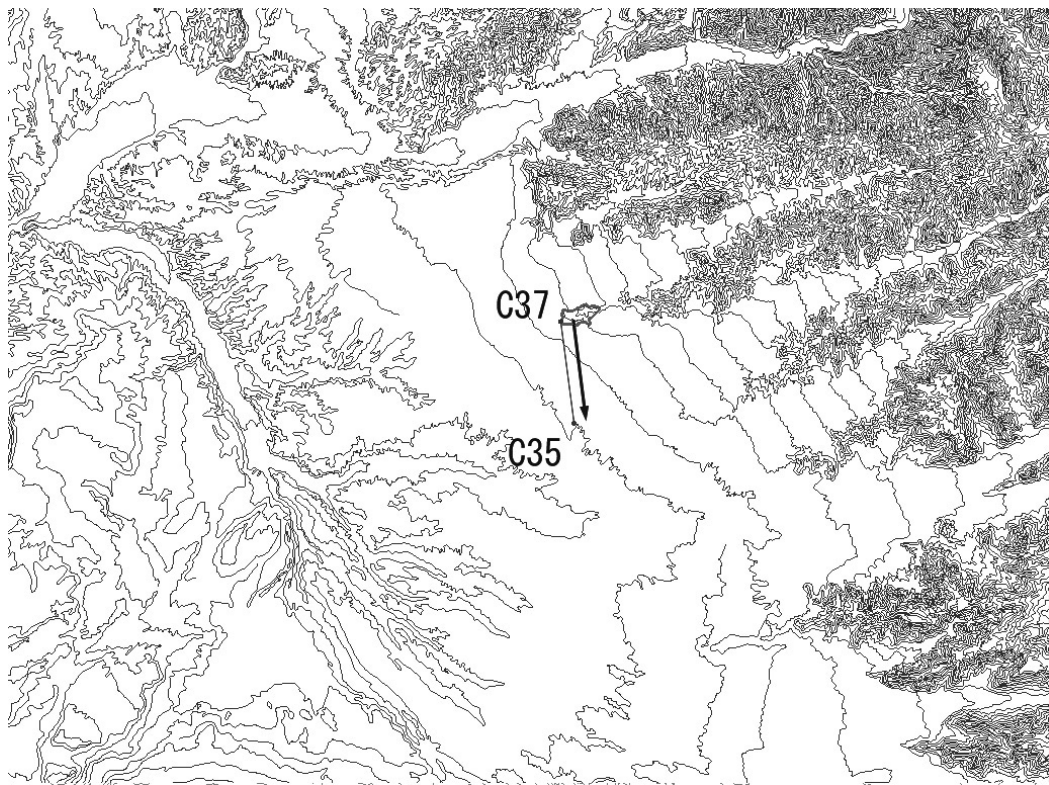
表1 被験者

被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (才)
A	165	90	24
B	168	82	30
C	166	73	31
D	178	113	24

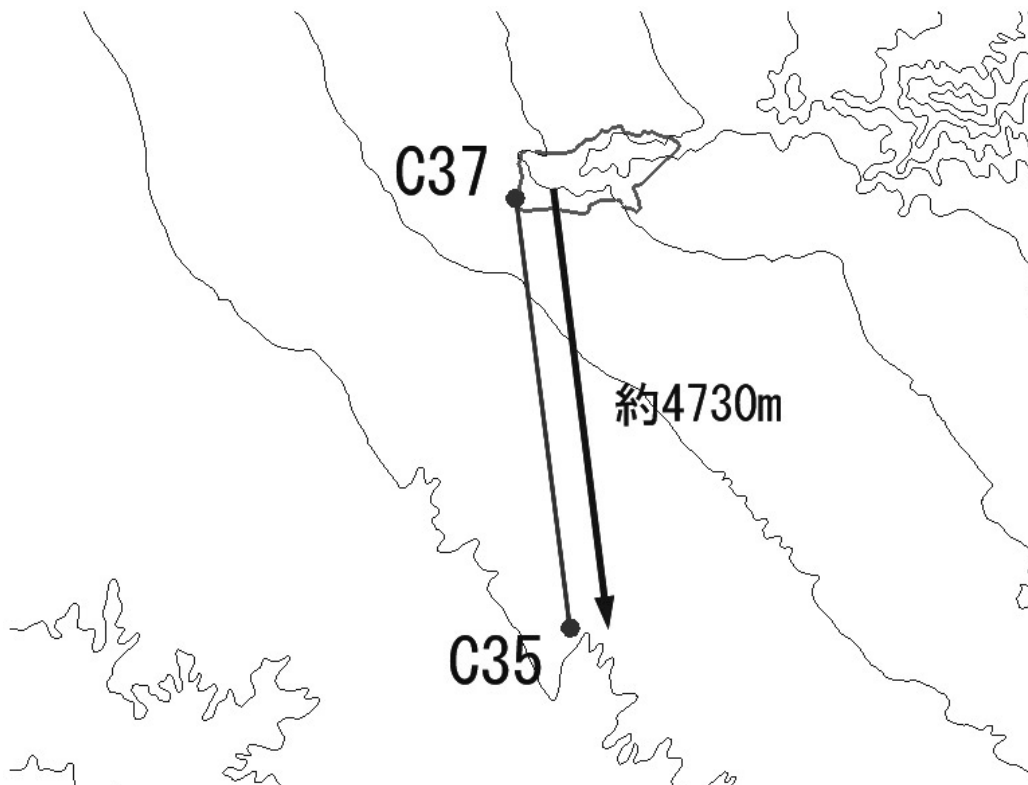
を繋ぐ直線ではなく、多くの直線の中から1ヶ所を取り上げて予備的に検討することにした。阿子島⁶⁾の研究により、ナスカ台地には、洪水等の影響により地上絵が消えている場所と、影響を受けない場所があることが明らかとなっている。安定した南北を繋ぐ歩行路を構築する場合には、洪水等の影響を受けない場所に造ることが考えられる。しかしそうした場合、迂回するなどして道路の距離が長くなり、歩行移動の効率性は低下する。効率性を確保するには、できるだけ真直ぐな道を作ることと、洪水の影響でラインセンター間を繋ぐ直線の一部が消えていても歩行できることが必要である。今回の予備的な歩行実験では、ナスカ台地を撮影した人工衛星画像^{註5)}を分析し、ナスカ台地の中央に位置しラインセンター間の距離が長く、洪水の影響で直線の一部が消えているラインセンター C35 と C37 を選定することにした。ラインセンターの C35, C37 の記号 (番号) は、Aveni¹⁾が取り上げたラインセンターの整理番号である。ナスカ台地の地形図とラインセンター C35 と C37 の位置を図2に示す。ラインセンター C35 と C37 の距離は約 4730m である。また、図3に示すように、ラインセンター C35 と C37 を繋ぐ直線上には何か所も洪水の跡が確認できる。また、ラインセンター C37 から C35 に向かって、約 80m の高度差がある。

2. 3 実験方法

被験者に心拍測定装置を装着後、スタート地点 (ラインセンター C37) に歩行による移動を行った。スタート地点で被験者に対して、「普段歩く速度で、走らず、止まらず歩いてください。」と歩行方法を説明し、直線の上を歩いてラインセン



(ナスカ台地の地形図 (等高線間隔 50m))



(拡大図：ラインセンター C37 から C35 へと歩いた (等高線間隔 50m))

図 2 歩行経路



(円中心がラインセンター C35. 点線が C35 と C37 を繋ぐ直線の位置を示す)
図 3 ラインセンター C35 付近の洪水の跡

ター C37 から C35 まで行くことを指示した。説明後、5分間の立位による安静を取った。次に被験者が落ち着いていることを確認し、歩行を開始した。そして、直線の上を歩行し、ゴール地点(ラインセンター C35)まで移動した。被験者 4 名のうち、2 名には GPS (Global Positioning System) ロガー (SR-Q2100, QSTARZ) を持たせ、歩行時の位置情報 (緯度・経度) を 5 秒間隔で測定するとともに、被験者の後方よりビデオカメラ (DVR518, Vivitar) で歩行の様子を撮影した (図 4)。なお、歩行中に地図を携帯させたり、助言や指導は行わなかった。

2. 4 心拍の R-R 間隔

心臓の働きを観察するのに最もよく使われるのが、心臓を挟んだ体表面に電極を貼り、心臓の活動を電氣的に記録する心電図 (electrocardiogram: ECG) である。心電図には心筋が収縮するときの一連の電気活動が現れるが、血液を左心室から大動脈に送り出すときに生じる大きな電気信

号が発生するのが R 波である。この R 波と R 波の発生間隔の時間 (以下、R-R 間隔という) を抽出し、R-R 間隔の変動から生体負担や自律神経活動を捉えることが可能である。また、1 分間の R 波の回数を数えることにより、心拍数 (拍/分) を算出することができる。心拍数は物理学的作業強度や酸素摂取量と高い相関関係を示すことが示されており、心拍数の増減から物理学的作業強度 (運動強度) を評価することができる⁷⁾。本実験の歩行では、R-R 間隔を測定した。R-R 間隔の測定は、心拍測定装置 (T.K.K.1876a, 64K バイトインターフェース II 型, 竹井機器工業) を使用し、2 個の正電極を被験者の胸部に装着し、もう一方の負電極を下肋骨に装着する 3 電極の CM₅誘導法を用いた。

3. 実験結果

3. 1 歩行速度と歩行軌跡について

表 2 にラインセンター C37 から C35 の約 4730m を歩行した際の各被験者の歩行所要時間

表 2 各被験者の歩行所要時間と平均歩行速度^{注a}

被験者	所要時間 (min)	平均歩行速度	
		(m / sec)	(km / hour)
A	65.40	1.21	4.34
B	47.66	1.65	5.95
C	62.15	1.27	4.57
D	59.18	1.33	4.80
平均	58.598	1.365	4.915

注 a: スタート地点 (C37) とゴール地点 (C35) の 4730m の歩行で要した所要時間と平均歩行速度

と平均歩行速度を示す。所要時間は、47.66min~65.40min と幅があり、平均で 58.598min であった。また平均歩行速度は、1.21m/sec~1.65m/sec (4.34 km /hour~5.95 km /hour) と幅があり、平均で 1.365m/sec (4.915 km /hour) であった。特に被験者 B は他の被験者よりも歩行速度が速い。このうち、最も遅く歩行した被験者 A と、最も速く歩行した被験者 B の歩行軌跡を図 5 に示す。この図 5 は、パン・アメリカンハイウェイ上の自動車を駐車した地点から歩行軌跡が始まっている^{注6)}。被験者 A と被験者 B のスタート地点 (ラインセンター C37) からゴール地点 (ラインセンター C35) までの歩行軌跡を見ると、被験者 2 人の歩行軌跡は合わせりほぼ一致しており、直線上から大きく逸れたり、道に迷ったような軌跡は見られない。また、歩行中のビデオ映像 (図 4) から、逸脱や道に迷った様子は見られなかった。この結果から、各被験者の歩行で要した所要時間と平均歩行時速の差異は、直線上から大きく逸れたり、道に迷ったことによるものではなく、歩行速度の個人差であることがわかる。

3. 2 心拍の R-R 間隔について

表 3 にラインセンター C37 から C35 の約 4730m を歩行した時の各被験者の心拍を示す。心拍の R-R 間隔は、407msec~549msec であり、平均で 496.5msec であった。また、心拍数に換算すると、109 拍/分~147 拍/分であり、平均で 122.0 拍/分である。最も R-R 間隔が短い (心拍数が速い) 被験者 B は、407msec (147 拍/分)

表 3 歩行中の心拍 R-R 間隔の平均値

被験者	R-R 間隔 (msec)	心拍数 (拍/分) ^{注b}
A	549	109
B	407	147
C	507	118
D	523	114
平均	496.5	122.0

注 b: R-R 間隔の時間から算出した値である。

であるが、他の被験者 A, C, D では、R-R 間隔は 507msec~549msec (心拍数 109 拍/分~118 拍/分) と近似した値となっている。図 6 に各被験者の歩行中における心拍の R-R 間隔の変化を示す。図 6 の被験者 B を見ると、歩行開始時には、600msec 前後であったが、歩行を開始すると急激に 500msec 程度に低下し、その後 400msec 前後まで徐々に低下している。そして、ゴールまで 400msec 前後で推移している。他の被験者においても、歩行を開始すると、R-R 間隔が急激に低下するが、その後、ゴールまで一定の値で推移している。特に歩行開始後 1000sec 時点と歩行終了 (ゴール地点) 時点での R-R 間隔の差は小さく、R-R 間隔が低下 (心拍数が上昇) する傾向は見られない。

4. 考察

歩行実験では、ペルー人男性に対して、実際にナスカ台地のラインセンター間の直線の上を歩行させた。しかし、ラインセンター C37 から C35 を繋ぐ直線は、洪水によって直線が消えている場所があり、一部の直線上を移動することができないコースであった。それでありながら、被験者 4 名全員が直線上から大きく逸れたり、道に迷うことなく、ゴール地点 (ラインセンター C35) に到着することができた。「人は移動をする際、外界に存在する様々な情報を利用する。この外界からの情報をうまく利用することで、自分の位置を正確に認知し、目的地までの移動をスムーズに行うことができる⁸⁾。」と言われているが、直線が消えている場所では、何を情報として利用し、移動 (歩行) したのだろうか。図 7 に洪水で直線が消えて



被験者 A



被験者 B

図 4 歩行実験中の様子 (ビデオ映像)

いる場所を示す。この図7を見ると、被験者の視野には、遠方にある直線もしくは直線とラインセンター C35 の丘が見えていることが確認できる。被験者は遠方に見える直線やラインセンターを自分が歩行している直線の延長線上に合致した情報として発見し、指標として歩行したのではないか

と思われる。

今回の実験では、「普段歩く速度で、走らず、止まらず歩いてください。」と説明した。なお、ラインセンター C37 から C35 に向かって、約 4730m の道のりで 80m 程度低くなるゆるやかな下り道であった。その結果、歩行速度は、

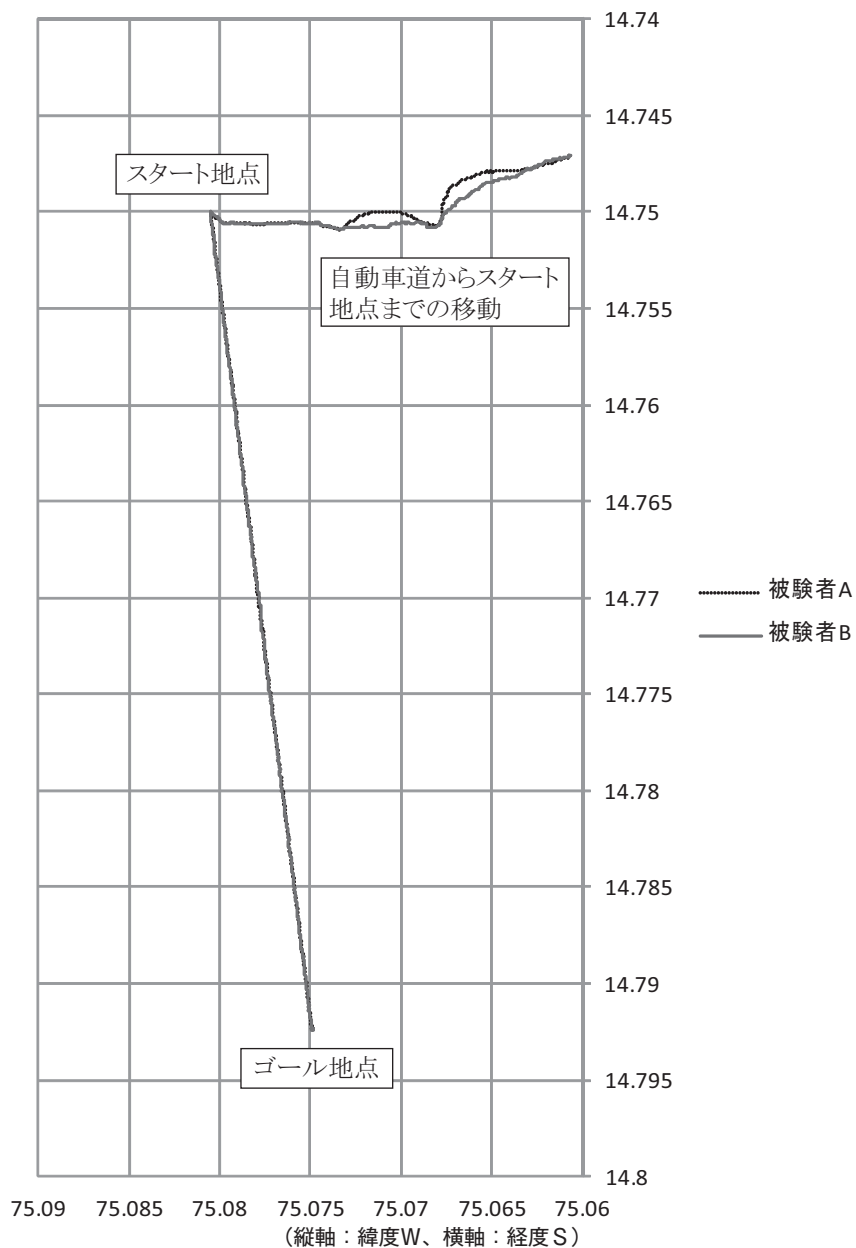
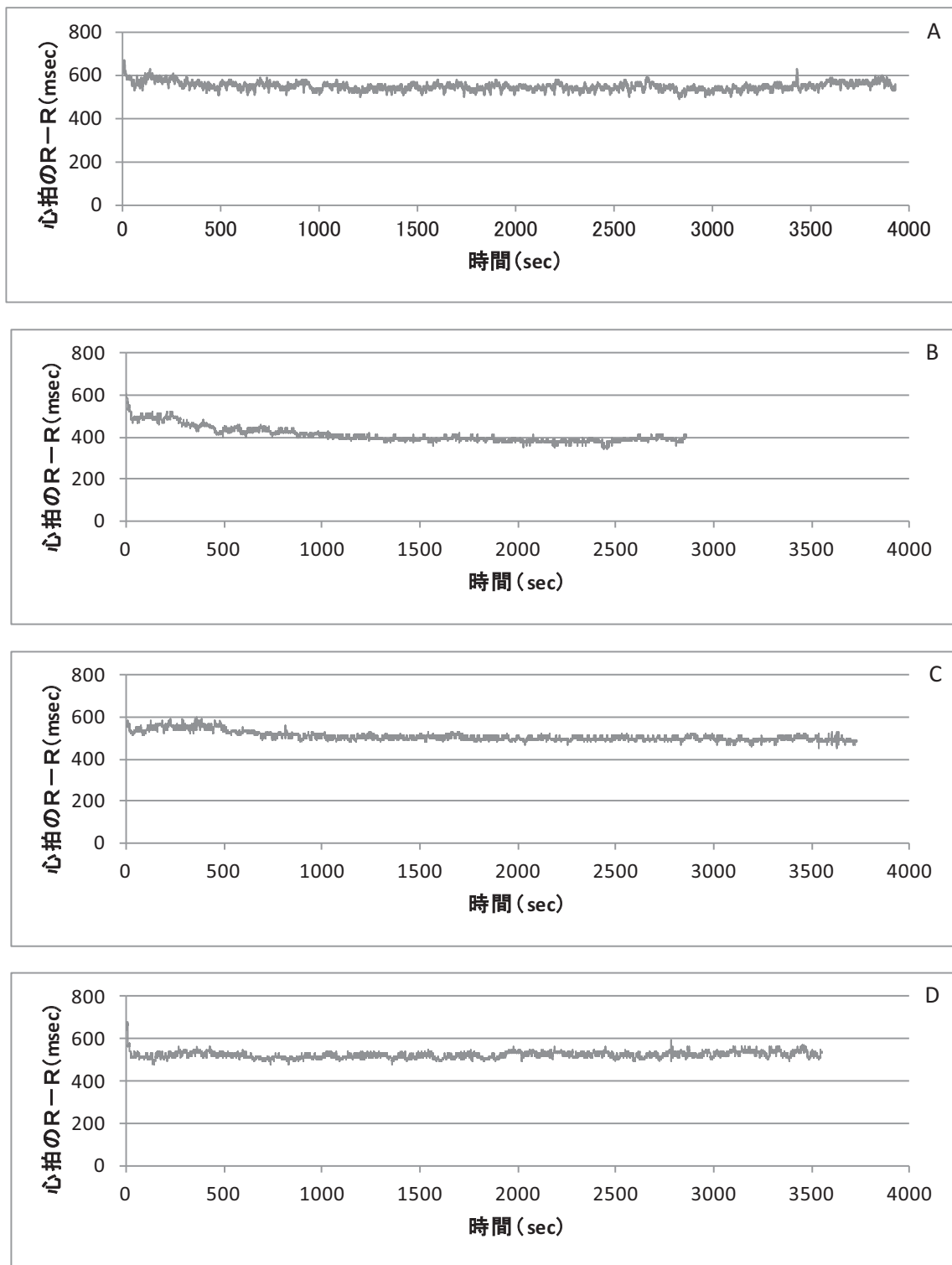


図5 GPS データ（緯度・経度）による歩行軌跡

1.21m/sec～1.65m/sec (4.34 km /hour～5.95 km /hour) と個人差があり、平均で 1.365m/sec (4.915 km/hour) であった。特に被験者 B は他の被験者よりも歩行速度が速かった。欧米人男性の 20～30 歳代の歩行速度は、1.4m/sec～1.6m/sec 程度や 1.39m/sec～1.46m/sec であり⁹⁾¹⁰⁾、今回の被験者（ペルー人）の結果と比較しても歩行速度に大差はない。しかし、欧米人男性の歩行速度データは、舗装道などでの歩行速度であり、歩行

したナスカ台地の地面（図 4 参照）状態から見た場合、および、ゆるやかな下り道であることを考慮しても予想よりも高速で歩行している。このことより、被験者（ペルー人）にとって直線上を歩行することについては、歩きづらいなどの問題は少なかったと思われる。

今回の結果では、被験者 4 名中 3 名は、心拍の R-R 間隔は 507msec～549msec（心拍数 109 拍 /分～118 拍 /分）と近似した値であった。心拍



(スタートからゴールまでの心拍を示す)

図6 歩行中の心拍 (R-R間隔) の変化



(矢印の下が遠方に見える直線)



(矢印の下が遠方に見える直線とラインセンター C35)

図7 洪水で直線が消えている場所

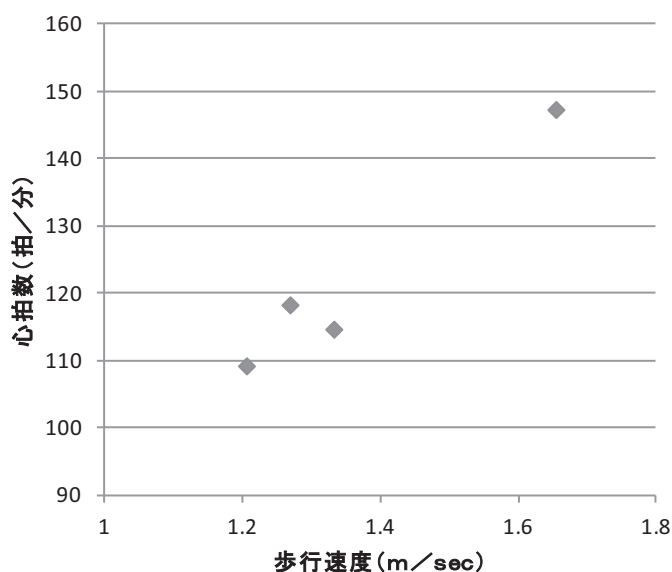


図8 歩行速度と心拍数との関係

数が100拍/分～120拍/分は，“日常生活の強度，普通に歩く，ゆっくり走るなど”の値である¹¹⁾，また，心拍数の高まりは作業強度に比例し，他の呼吸・循環機能と密接な関係を保っている⁷⁾とされている。このことから，ゆるやかな下り道である影響も考慮する必要があるが，ラインセンター C37 から C35 の歩行は，作業強度（運動強度）は大きなものではないと思われる。また，被験者 B は，407msec (147拍/分) で他の被験者との差が大きかった。「歩行・走行運動のような同じ運動様式であっても運動強度が異なると心拍数の変動の様相も異なり，速度に対応する心拍数が現れる」とされている¹²⁾。すなわち，歩行速度が速くなると心拍数が増加する。このことを確認するために，歩行速度と心拍数の関係を図8に示す。図8を見ると，被験者 B のみグラフの右上に位置していることがわかる。被験者 B は他の被験者よりも高速で歩行したことにより，心拍数が高い結果となったと思われる。

歩行を開始すると，R-R 間隔が急激に低下するが，その後，ゴールまで一定の値で推移している。特に歩行開始後 1000sec 時点と歩行終了（ゴール地点）時点での R-R 間隔の差は小さく，R-R 間隔が低下（心拍数が上昇）する傾向は見

られない。「ある一定速度であっても運動時間が長くなると，心拍数は漸次上昇し総心拍数は増大する」と言われている¹²⁾。このことから，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と思われる。今回は，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。しかし，ナスカ台地の南北を歩行で移動する場合には，いくつかのラインセンターを経由する必要がある，歩行距離が長くなるとともにゆるやかな上り道もある。その場合に，どの程度の運動強度になるのか，途中休憩が必要となるのかなどは不明である。

5. まとめ

ナスカ台地のラインセンター間の直線上を実際に移動する歩行実験を実施し，ラインセンターからラインセンターに迷うことなく歩行による移動ができるのか，また，心拍の変化の視点から無理なく歩行できるのかを検討した。その結果，(1)洪水等でラインセンター間の直線が消えていても，ラインセンター間を移動できること，(2)心拍の変化からみた運動強度より，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。今後，ナスカ台地の南

北を歩行で移動する実験等を行い、さらに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「環太平洋の環境文明史」研究項目 A03「アンデス文明の盛衰と環境に関する学際的研究」(課題番号 21101004) の助成を受けて行われた。

注

- 1) 平成 16 年 10 月より、山形大学人文学部では「ナスカの地上絵プロジェクト」を開始しており、文化人類学、地理学、心理学、情報科学の研究者による学際的研究を行っている。
- 2) 現地調査は、ペルー文化庁の調査許可を得て実施している。
- 3) ラインセンターの数は、2011 年度の調査結果にもとづくもので、今後の分析や現地調査等の結果で修正されるため、確定数ではない。
- 4) 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る。また、直線の地上絵は、750 個以上があり、すべてを歩行路(“道”)として解釈することはできない。
- 5) 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。そのため、現地調査で撮影した写真を掲載した。
- 6) 現地付近までは台地中央を縦断するパン・アメリカンハイウェイを自動車で移動し、ラインセンター C37 に程近い地点に駐車した。

文献

- 1) Aveni F. Anthony, (ed.): The Lines of Nazca, The American Philosophical Society, Philadelphia, 1990.
- 2) 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.

- 3) Reinhard Johan: The Nazca Line, A new Perspective on their Origin and Meaning, Editorial Los Pinos E.I.R.L., Lima, 1986.
- 4) Silverman H. and Proulx D.A.: The Nasca (The Peoples of America), Blackwell Publishing, 2002.
- 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, 62(4), 234-238, 2011.
- 6) 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.
- 7) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店, 東京, 1981.
- 8) 中澤啓介, 北望, 高木健士, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一: ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成, 情報処理学会論文誌, 49(1), 233-241, 2008.
- 9) Marjorie H. Woollacott and Anne Shumway-Cook, (ed.): Development of Posture and Gait: Across the Life Span, University of South Carolina Press, 1989.
- 10) Richard W. Bohannon: Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants, Age and Ageing, 26, 15-19, 1997.
- 11) 山地啓司: 心臓とスポーツ, 共立出版, 東京, 1982.
- 12) 永田晟: からだ・運動の科学 (バイオダイナミック入門), 朝倉書店, 東京, 1983.

Transferring Between Line centers at Nasca Upland: A review of a walking experiment considering different walking routes and changes in heart rates

HONDA Kaoru

(Professor, Psychology & Information, Cultural System Course)

MONMA Tadasuke

(Part-time Lecturer, Yamagata Kousei Nursing Vocational School)

We conducted an experiment in which we asked participants to physically walk along a straight drawn line to get from one line center to another on the nasca upland in Peru, South America. Specifically, participants were instructed to travel on foot without getting lost from one line center to another and also walk comfortably while monitoring their heart rates at regular intervals. The results revealed that (1) even if a line drawn between line centers disappears such as from flooding, it is still possible to travel between line centers. (2) Judging from exercise intensity as measured by changes in heart rates, it is possible to traverse the 4730m walking distance without taking a break along the way.