

研究ノート

アンデス文明形成期の建築活動にみる水利用と災害の記憶

——ペルー北海岸ネペーニャ下流域におけるドローン三次元測量データからの検討——

Water Use and Remembrance of the Catastrophe Integrated into the Architectural Programming
During the Andean Formative Period

:Spatial Analysis of UAV Based 3D Model in the Lower Nepeña Valley on the North Coast of Peru

宮野元太郎*
MIYANO Gentaro芝田幸一郎**
SHIBATA Koichiro

Water has always been the critical lifeline, but at the same time, it's been the serious menace for the human being. In northern coastal Peru, people cultivated the riverbed and terrace along the valleys from the Andes, where the rare stable water source in the severe dry environment. However, those were the places which turned to floodplains once the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) occur. Using UAV (Unmanned Aerial Vehicle, or Drone)-based aerial digital 3D model, developed by photogrammetry application, along with field survey, we studied their architectural programming and use of landscape during the Andean Formative Period in the lower Nepeña Valley. The model illustrates a possibility that Andean people integrated their generations of memories of catastrophic events into the spatial programming, as the strategy to cultivate and survive in the floodplain.

キーワード：古代アンデス文明、形成期、自然災害、ENSO、建築計画、ドローン、フォトグラメトリー

1. はじめに

人間が生存していく上で、水は必要不可欠なものであると同時に脅威でもあり続けてきた。水は日常生活や耕作に欠かすことはできないものである。しかし異常気象による河川の氾濫や地震による津波などの水害は人びとの生命を脅かし、ときに社会組織全体を壊滅させる力を持つ。建築防災技術が発達した現代日本にあってもその脅威は衰えることはなく、2011年の東日本大震災の津波や2012年の九州北部豪雨による氾濫は甚大な被害をもたらした。では、古代アンデス文明が形成される過程において、建築防災技術が未熟ななか、人びとはどのように日常生活や農耕のために水を利用し、いかに水害に対応したのだろうか。そして、過去の災害の記憶・教訓は果たして後の建築活動に反映されていたのだろうか。

本研究は、自然災害が古代アンデス文明の形成に与えた影響を明らかにすることを最終的な目標として見据えている。これは、著者らがペルー北海岸ネペーニャ谷下流域において展開している、アンデス文明形成期における神殿建築の後背地研究の一環として行われているものである。とくに本項では、予備調査として実施した、ドローンによるデジタル航空測量とフォトグラメトリー技術により生成した三次元モデルを利用した、河川を中心としたネペーニャ谷下流域の地形と建築の分布についての分析の成果を示す。

2. 本研究の位置付け

1) 水利用について

アンデス文明は、アマゾン川の源流地帯からアンデス山脈と高地平原、海岸砂漠を越えて太平洋岸に至る、東西に極端に変化する自然環境を背景に形成された文明である。とくに極度に乾燥した砂漠が続くペルー北部からチリ北部の太平洋岸にかけて、河川流域やオアシスを中心に様々な地域社会が形成されてきた。限られた耕作適地の効率的利用や日常生活のための、水源へのアクセスや灌漑などの水利技術の獲得は、大規模定住や社会の複雑化、そして文明の盛衰に大きな影響を与えた [e. g., Mithen 2012]。古代アンデス文明においても、オアシスや河川の利用、灌漑水路など水利建築技術の獲得、またそれらを維持管理する社会構造の存在などは、文明形成の過程を考える上で重要な要素となる。

アンデス文明における灌漑農耕技術の獲得は、石期にまで遡るとされる。最初期の灌漑農耕の痕跡として挙げられるのは、ペルー北部サーニャ谷中流域の支流のひとつニャンチョク谷の例である。この谷では住居や水路の跡が発見されており、ニャンチョク伝統とも呼ばれるこの集落では、ラス・ピルカス期にあたる前 3,400 年から、おそらくは 4,500 年前から、小規模な水路が建設されピーナツやカボチャなどが栽培されていたと考えられている [Dillehay et al. 2005]。現在のところ、これはアンデス最初期の農耕を背景とした定住の例であるとされるが、ここで水利技術の獲得は重要な役割を果たしている [Dillehay et al. 2005]。

またアンデスでは、極度に乾燥した環境においても、水利技術を導入して農耕を行っていた例が挙げられる。世界で最も乾燥した土地とも呼ばれるチリ・アタカマ砂漠でも、オアシスや伏流水を利用した灌漑農耕の痕跡が確認されている。アンデス山脈からアタカマ砂漠に流れこむ水流は、その麓で砂層の下へ潜り込み、地下水脈として西へと流れてゆく。その地表は水流のない乾燥した砂漠であるが、ところどころで地下水脈が地表に湧出し、オアシスを形成する。アタカマの人々は、これらオアシスや地下水脈を水源とした灌漑農耕を行い、砂漠での生活を支えていた。例えば、前 1,000 年から前 600 年頃のラマディタス遺跡では、水路を備えた灌漑農耕が行われていた [Rivera 2002, 2005; Staller 2005]。アタカマ砂漠にはボリビアの高地とチリの海岸地帯を繋ぐ交易ルートがあったことが知られているが、ラマディタス遺跡はこの交易ルートを繋ぐノードとして機能したと考えられている。この砂漠の地における水利技術は、この交易ルートを支えていたとも言えるのである。

2) ENSO と水害

アンデス文明が形成される過程において、水利技術の獲得は重要な要素であったと言えるが、しかし同時に、アンデス山脈の太平洋側における水利用は、常に ENSO (エルニーニョ・南方振動) による異常気象が引き起こす水害の危険性と隣り合わせであった。

乾燥した土地が続く太平洋岸において灌漑設備を開発して農耕を行う場合、流水や地下水の利用ができる河川流域で行うことが考えられる。しかしこの河川流域は、氾濫原ともなり得る場所なのである。海岸地帯では、ENSO を原因とする大雨が河川を氾濫させ、灌漑水路や耕作地を破壊することがある。十年に一度起こる、といった「通常」規模の ENSO が引き起こす洪水被害であっても、河岸は削られ、被害を受けた耕作地が元の姿に回復するには数十年を要するという [Manners et al. 2007; Goldstein et al. 2010]。さらには、百年、数百年に一度というような、いわゆるメガ・ニーニョとも呼ばれる規模の異常気象が起きることもある。これら大規模な気象変化が引き起こす河川の氾濫は、耕作地だけでなく、地域社会全体に再建不可能なほどのダメージを与えることがある [Dilhay and Kolata 2004]。

ENSO が引き起こす水害は、規模の大小や周期こそ一定なものではないが、ほぼ確実に発生するものであり、河川流域＝氾濫原を耕作地として利用する人びとは、必ずその被害と再建のプロセスを体験することになる。では、その体験は後の建築活動に活かされていたのだろうか。アンデスの人々はどのようにこの災害に対応したのだろうか。水源に近い氾濫原は耕作地として利用されたとして、住居や公共建築はどのような場所に建設されたのだろうか。繰り返す災害の記憶から、人々は何らかの対応策を得たのか、そしてそれは古代アンデスの社会にとってどのような意味があったのか。これらの視点から、測量調査結果を見ていきたい。

3) 形成期後期の神殿後背地の調査

本研究は、2016 年より開始された、ネペーニャ谷下流域における形成期神殿の後背地研究を基盤として着手されたものである。著者ら 2 名の研究者および 2 名の現地助手が、2016 年～17 年の 2 シーズンにわたり、実質 3 週間程の間フィールド調査にあたった。ネペーニャ谷下流域に点在する複数の遺跡およびワカ・パルティエダ遺跡とセロ・ブランコ遺跡の後背地において、ドローンを用いた航空測量と踏査を併せて行い、帰国後フォトグラメ

トリー技術を用いたデジタル三次元モデル化と分析を行っている。

ネペーニャ谷下流域においては、芝田が 2002 年より断続的に発掘調査を行っており、とくに形成期中期から後期にかけての神殿を中心とした社会について研究を行っている [芝田 2011]。後背地研究は、とくにこれら 2 つの神殿をつくった社会の、居住地や埋葬地そして自然地形など後背地などの利用に着目したものである。

この中で、2016 年のフィールドワークでは、後背地の踏査およびドローンの試験飛行を兼ねた予備調査を行った。この段階で作成された地図と踏査結果から、ネペーニャ谷の地形、とくに河川から河岸段丘上へと登る谷の高低差と、建築物の配置になんらかの関係性があることが考えられた。これは、当時の建築活動と後述する河川の氾濫と高低差利用に関係性する可能性を示すものであった。

偶然ではあったが、この予備調査を行なった直後の 2017 年 3 月、ENSO の影響からペルー北部は豪雨に見舞われた。多くの河川が氾濫し、大規模な水害が襲い、調査地であるネペーニャ市や近隣のサン・ハシント市も、大きな被害を与えた。氾濫後の 8 月に調査地域を訪れた際には、遺跡や周辺の地形への影響も観察された。そして、大雨と河川の増水による水害のインパクトは、氾濫原となった河川沿いの土地と、より高い場所にある河岸段丘上では、異なるものであったことが観察された。ここで、河川の氾濫を考慮に入れて測量調査を展開することで、形成期中期から後期にかけての建築活動と土地利用を明らかにすることが考えられた。

3. 調査手法：ネペーニャ谷下流域におけるドローン航空測量と現地踏査

本研究は、ドローンを用いた三次元測量調査と現地踏査を併用して展開している。空撮デジタル画像をもとに、フォトグラメトリー技術を使用してデジタル三次元モデルを生成し、調査地域における地形や遺跡の配置などの空間分析を行っている。測量対象が砂漠や耕作地に露出したマウンド状のものであるため、ドローンを用いた三次元測量に適しており、比較的短期間の間に広範囲をモデル化することに成功している。また、ドローン空撮と踏査を並行して行うことで、これまで確認が困難であった遺跡の配置や、遺跡周辺の表面観察による時期の同定が可能となっている。

1) ドローンによる航空撮影

近年、商業用から軍用に至るまで、様々な産業で注目され現場に投入されているドローンは、考古学のフィールドにおいても積極的に利用され始めている。ドローンは無人もしくは遠隔操作で飛行する航空機の総称で、本来無人爆撃機までその範疇に入ってしまうが、考古学調査で一般に使用されるのは、複数の回転翼を備えた小型のモデルである。高精度なジャイロ（慣性）センサーを搭載しており、ラジコン・ヘリコプター等従来の機材と比較して容易に操縦することができる。さらに、低空での飛行・ホバリングが可能なドローンの性能を生かし、搭載したデジタルカメラで航空撮影することができる。

航空撮影自体は、地形を含めた遺跡全体を俯瞰で収めるには有効な手段であり、考古学のフィールドでも古くから用いられてきた。高高度から撮影すれば巨大な都市遺跡全体を収めることができ、低高度から撮影すれば発掘区の状態を記録することもできる。ドローン技術が発達する以前には、ラジコン・ヘリコプターや熱気球、凧を使った撮影などが行われていた。筆者も 1990 年代には KAP (Kite Aerial Photo) システムを自作し、チリ・アタカマ砂漠のラマディタス遺跡をはじめ、アンデスのいくつかの遺跡で空撮を行った。

ただし航空撮影は、多くの考古学調査にとって、必ずしも積極的に導入されるものではなかった。航空撮影から得られるデータは基本的に写真データであり、とくに銀塩カメラの時代にはそれはたいてい紙媒体であった。巨大な灌漑農耕跡や都市遺跡全体、広範囲の地形を確認する調査でもなければ、遺跡を俯瞰する写真データの使い所は限られていた。同時に、上空から撮影するというコンセプトゆえに、機材の調達や行政の許可など、導入のためのハードルは低くはなかった。航空機も航空測量機材も、一般的には大きく重く繊細で操作に熟練を要し、そして高価だった。落下させれば、高価な機材だけでなく、遺跡と研究者の信用を一度に破壊する危険性を持っていた。コストパフォーマンスやリスクを考えると、積極的に導入するものでもなかったといえる。

その航空撮影が近年、ドローン技術と関連デジタル技術の発達より、新たな調査手法としてより積極的に導入されるようになってきた。ジャイロセンサーや GPS が搭載されたドローンは、より安全になり、導入費用も比較的安価に抑えることができるようになった。搭載されるデジタルカメラは高解像・小型化された。さらにフォトグラメトリーと GIS の技術の発達により、取得した写真データからデジタル三次元モデルを生成することを可能

にし、航空測量にデジタル三次元測量としての価値を持たせた。

2) フォトグラメトリーによるデジタル三次元モデル化

フォトグラメトリーは、デジタル写真を元に自動的に三次元モデルを生成する技術である。重複して撮影された複数枚のデジタル写真があれば、その視差を解析して三次元のポイントクラウド（点群データ）を生成し、さらには元の写真からテクスチャ（表面）も作成することができる。考古学の分野では、主に土器や石器などの遺物をモデル化の際に利用されている。しかし、フォトグラメトリーでモデル化できるものは小さな遺物に限ったわけではなく、建築物や土地全体などより大きな対象を捉えことも可能である。つまり、ドローンから撮影したデジタル写真があれば、遺跡全体を三次元モデル化できるのである。

さらに、生成される三次元モデルは、デジタルデータであるため GIS 空間に投入させることができる。一旦 GIS 空間に投入されれば、より広範囲の数値地図と合成したり、発掘データなど様々なメタデータと併せることで、デジタルの仮想空間内でより積極的な分析を行うことが可能となる。現在、多くの考古学のフィールドでドローンとフォトグラメトリーが利用されており、例えばエジプト考古学の現場では、アブシールのピラミッドなどがデジタル三次元モデル化されている [Kawae et al. 2016]。

ただし、フォトグラメトリーは写真をもとにモデルを生成するため、写真に写らないものはモデル化されないという原則がある。例えば、植生に覆われた遺跡などで、ドローンを使用してその上空から撮影した場合、植生の影になる遺跡や地表をモデル化することはできない。LiDAR (Light Detection and Ranging) などレーザーを用いたものであれば、植生を予め除去して三次元スキャンモデルを生成することが可能であるが、フォトグラメトリーはこういった使用には適さない。もしくは、予め伐採するなどの準備が必要となる。

ネペーニャ谷下流域における調査対象は、河岸段丘上の砂地や、露出したマウンドであったため、とくにこの制限を受けることはなかった。一部、サトウキビ畑に覆われた地形を測量する必要があったが、この場合も伐採された農道の表面を撮影することで対応が可能であった。この意味でも、ドローンとフォトグラメトリーを用いた航空測量は、作業効率の上でもこの調査に適したものであったと言える。

3) ネペーニャ谷調査における測量調査

ドローンは、DJI 社の Phantom3 Standard モデルを、故障時の予備機も含め 2 機用意した。4 つの回転翼を持つ機体は、最大 16m/秒で飛行することができ、自動で姿勢を制御するジンバルに懸架された 1/2.3 インチ 1200 万画素の解像度をもつデジタルカメラが搭載されている。より高解像度の上位機種もすでに存在していたが、後にフォトグラメトリーによりデジタル三次元モデル化を行うことを想定し、この解像度のモデルを選択した。広範囲の地形測量をカバーする枚数のデジタル写真を合成する場合、作業を行うコンピュータに相応の負荷がかかるため、作業が困難となるためである。専用のコントローラーと、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを連動させることで、高度や速度、距離などの飛行データや、カメラからの画像をリアルタイムで確認できる。GPS を搭載し、コントローラーとの通信が断絶した場合や、機体に何らかの故障を感知した場合には、自動で離陸地点に帰還する機能をもつ。一本のバッテリーで可能なフライトは 20 分程度のため、広範囲の撮影には複数本のバッテリーを用意する必要があった。

撮影時の高度や撮影枚数の設定は、撮影対象となる遺跡や地形の規模や起伏の大きさによって変化させており、一定のものではない。遺跡の詳細な凹凸も三次元で復元したい場合には高度 10~20m 程度から、大まかな地形の起伏のみをとらえる場合には高度 50~60m 程度から撮影している。三次元モデル化のためには撮影範囲を重複させて連続撮影する必要があるが、撮影枚数が多く（重複範囲が大きい）、低い高度で（被写体との距離が近い）撮影すれば、より精度の高い三次元モデルが期待できる。しかし、精度が高くなればなるほど演算の負荷も高くなるため、一般のコンピュータでは処理に時間がかかり過ぎることもあり、作業効率を考慮する必要がある。現在のところ、どの程度の枚数をどの程度の高度で撮影すればどの程度の精度の三次元モデルが得られるのか、また、そもそもどういった分析ではどの程度の精度があるべきか、といった明確な指標が存在するわけではない。研究者それぞれの研究目標に合わせて、柔軟に運用されているのが現状である。

また、ドローンによる撮影時には、遺跡の頂上や角など指標となるポイントを、トータルステーションによる三次元測量を併せて行なっている。デジタル写真による合成のみでは歪みが発生する場合があります、補正が必要となるためである。今回使用したフォトグラメトリー・ア

アプリケーションでは、測量点にあらかじめターゲット用のマーカーを設置しておけば、合成時に自動で補正を行ってくれる機能がある。ただし、今回の地形測量時には、強風によりマーカー用紙が煽られて適切に撮影されていないケースが多かったため、手作業で座標入力を行なっている（本稿に紹介している三次元モデルでは、微細な地形分析などは行わないため、未補正のまま作成したモデルを使用している）。

今回使用したアプリケーションは、AgiSoft 社の PhotoScan 及び PhotoScanPro である。PhotoScan では、撮影されたデジタル写真からカメラ位置と角度を自動で検出させるフォトアライメント作業を行なったのち、重複して撮影された箇所からポイントクラウド（点群）を生成、さらにメッシュおよび必要に応じてテクスチャの作成を行い、モデルを作成する。

各工程で重要となるのが、モデルの生成精度に影響を与える各種の設定値である。ただし、この設定値については、とくに奨励される数値があるわけではなく、対象となる建物や地形の大きさや、生成されたモデルの使用用途に必要な精度によって、異なってくる。徒らに精度をあげると、コンピュータに負荷がかかり過ぎて処理ができなくなるため、適切な数値を選択する必要がある。今回の作業でも、比較的小規模なマウンド状遺跡と、後背地を含む複合遺跡では、各々異なる設定値を使用している。

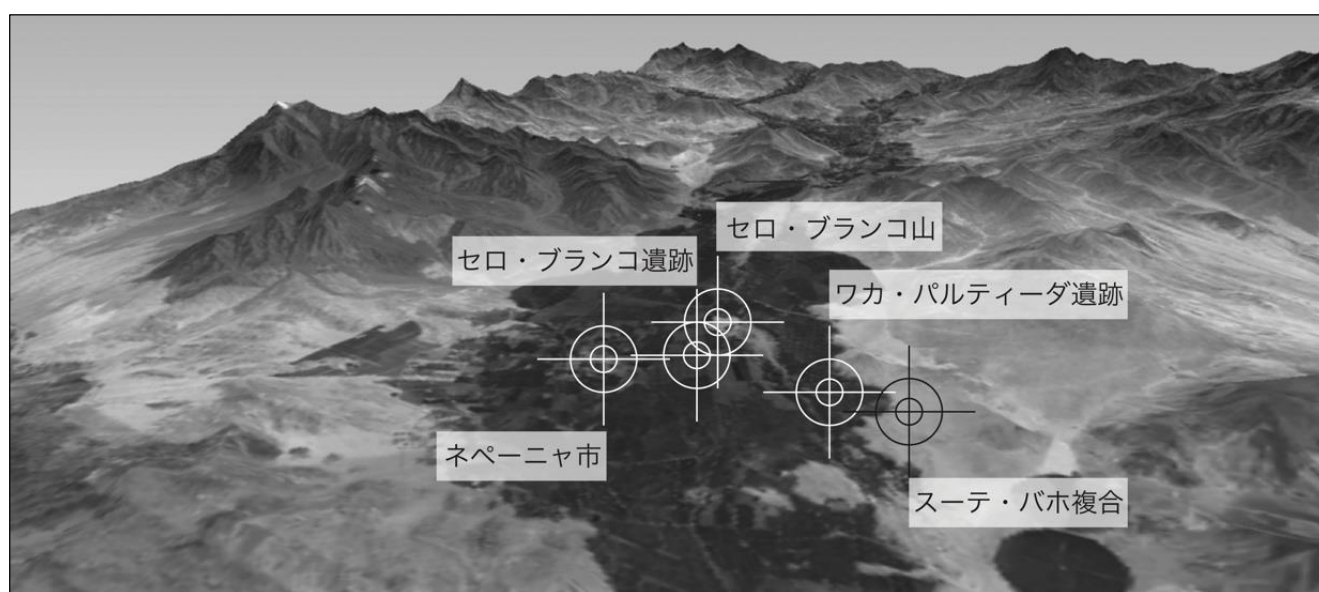
フォトグラメトリー技術が考古学研究の分析に有効な点として、生成されるデジタル三次元モデルの汎用性が

あげられよう。モデルは、シンプルなポイントクラウドやメッシュデータに過ぎない。ゆえにその汎用性は高く、モデル生成段階で十分な精度さえ担保していれば、その後 GIS や CAD を用いた様々な空間分析に対応できる。つまり、最初に生成されたモデルをもとに、何度でも、どのような研究にも使用できる、ということである。

本研究では、現段階は自然災害と建築活動に着目しており、ネペーニャ谷下流域の遺跡の分布と、ワカ・パルティエダ遺跡とその後背地としての河岸段丘の地形、およびネペーニャ川の氾濫原などの位置関係を明らかにするための分析を行っている。そのため、QGIS を用いて断面図を作成し、その高低差や建築プログラムを明らかにする作業を行なった。今後ネペーニャ谷周辺の氾濫による地形や遺跡への具体的な影響を分析する予定であり、そのために、QGIS 上で水流分析などを行なっていく。また、必要に応じてトータルステーション測量によるターゲットの座標値を反映させるなどし、より精度の高い三次元モデルを生成し直していく予定である。

4. 結果と考察

2016 年と 17 年のフィールドワークでは、ネペーニャ谷下流域の両岸、現在のネペーニャ市の周囲約 6 km 四方の範囲内である。このエリアは、地形としてはネペーニャ谷の北岸の河岸段丘から谷の川床、そして南岸の河岸段丘までをカバーしている（図-1 参照）。エリア内には、ワカ・パルティエダ遺跡およびセロブランコ遺跡とその



(図-1 ネペーニャ谷下流域の形成期神殿とその後背地)

後背地のほか、耕作地の中に多数のマウンドが遺されている。これらの遺跡の所在については、プローが 60 年代から 70 年代にかけて行なった調査の報告があり、サンプルではあるがスケッチも残されており、参考とした [Proulx 1968, 1973, 1985]。尚、プローの報告には各遺跡の時期同定も一部含まれるが、本調査では 2002 年以降同地域において集中的な発掘調査を展開している芝田が踏査時に表面観察を行い、改めて発掘による土器編年に基づいた時期同定を行なっている。

1) 川床から河岸段丘へ:

ワカ・パルティエーダ遺跡とスーテ・バホ複合の立地

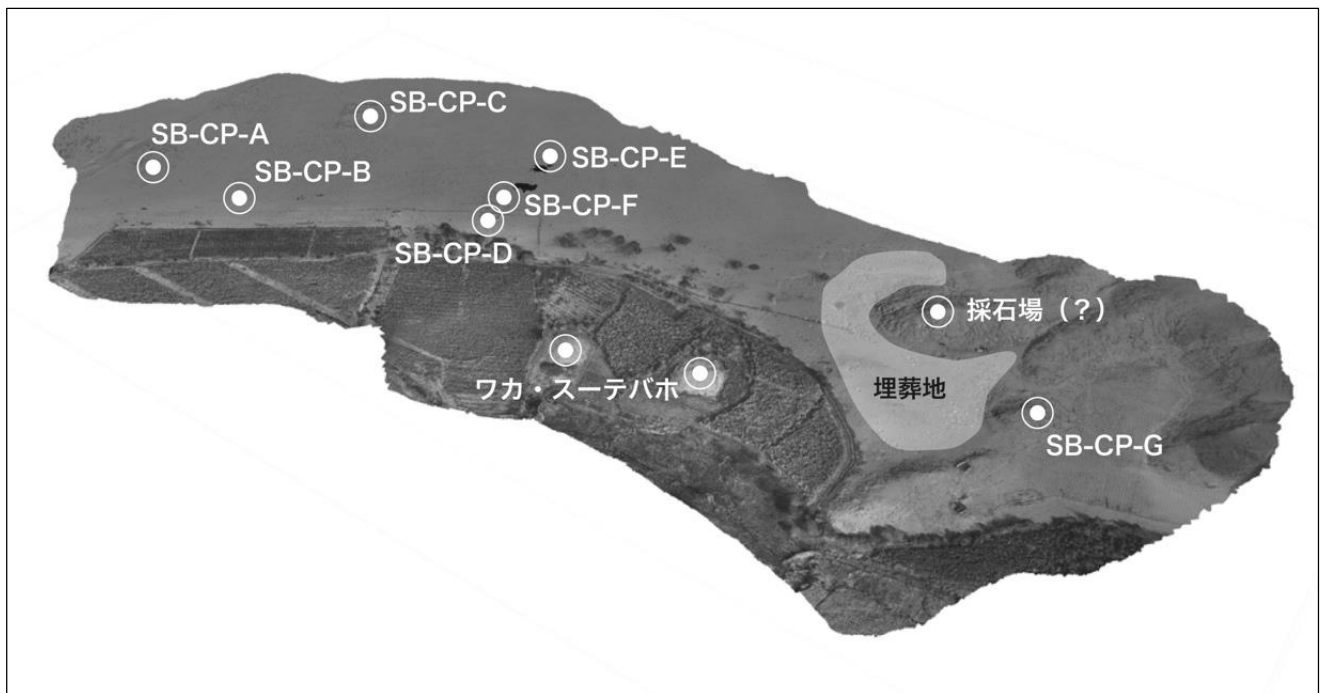
本調査では、形成期のものと思われるマウンドなど、多くの遺跡について航空測量を行い、デジタル三次元モデル化まで行なっている。その中でも、本研究にとって興味深いのが、谷の南岸にあたるワカ・パルティエーダ遺跡とその後背地に見られる建築群の同定であり、さらにそれらの立地についてである。

ワカ・パルティエーダ遺跡は、ネペーニャの川床から 300m 程南側の現代の耕作地の中に位置している。数 m の高さに伸びるサトウキビ畑に囲まれたこの遺跡は、それでも基壇上部を植生の上ののぞかせる。ここからさらに 500m 程南下した辺りで河岸段丘にあたり、ここで耕作地は終わる。この河岸段丘上は、植生のない砂漠と岩山が

連なっている。ここに、今回いくつかの建築群からなるスーテ・バホ複合を確認した (図-2 参照)。

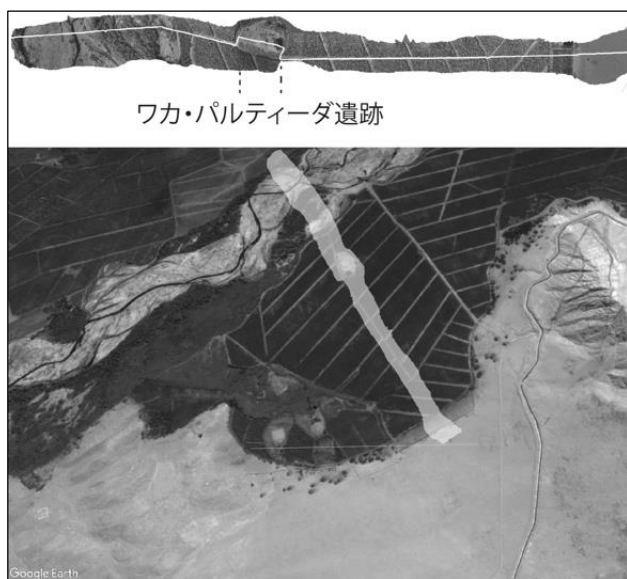
スーテ・バホ複合の名前はこの土地の名前に由来している。現代の耕作地が途切れる段丘崖の麓には、2つのマウンドからなるワカ・スーテバホがある。このワカ・スーテバホより数 m の段丘崖を登ると、荒涼とした砂漠と岩山が広がっており、この砂漠と岩山のエリアに、複数の遺跡が点在している。スーテ・バホ複合には、居住地もしくは公共施設と思われる複数の石積みの方形の構造物や、石壁が付設された岩山、岩山に囲まれた埋葬地跡と思われる白骨の散乱する盗掘坑の広がるエリアなどが含まれる。今回の踏査では、形成期後期から末期のものと思われる土器片が確認されている。これらの遺跡のうち、とくに方形の構造物についてはプローの報告にも確認されている [Proulx 1985]。

この予備調査段階では、測量と踏査を行なったのみであるため、これらスーテ・バホ複合の各遺跡ワカ・パルティエーダ遺跡との直接の関係性への明確な言及は困難である。しかし、ワカ・パルティエーダ遺跡からわずか数百 m 離れた河岸段丘上に、基壇状の神殿建築とは全く異なるタイプの、北岸のカイラン遺跡に見られるような方形の建築群が点在していることについて、今後の調査へ向けた作業仮説を構築する上でも、その立地などを分析しておく必要がある。



(図-2 スーテ・バホ複合のデジタル三次元復元図)

ここで、スーテ・バホ複合のある河岸段丘から、ワカ・パルティエダ遺跡のある現代の耕作地を経て、さらに川床に至る断面図を作成すると、各遺跡の立地が確認できる。尚、スーテ・バホ複合と川床との間には、現在耕作地が広がっており、直接地表を測量することは叶わなかったため、伐採されている農道に沿ってドローンを飛ばして撮影することで、その高低差を追った (図-3 参照)。



(図-3 スーテ・バホ複合～ネペーニャ川断面モデル作成のための飛行経路と撮影エリア)

ネペーニャ川の現代の川床から、スーテ・バホ複合までは距離にして約 1 km、高低差は約 15m である。川床から 2m ほど上がったところにはワカ・パルティエダ遺跡がある耕作地があり、700m ほど続いたのちに傾斜が急になり河岸段丘上のスーテ・バホ複合に至る。傾斜としてはわずかなものではあるが、川床から耕作地へ、耕作地から河岸段丘へ段階的にその高低差が変化していることが観察された (図-4 参照)。

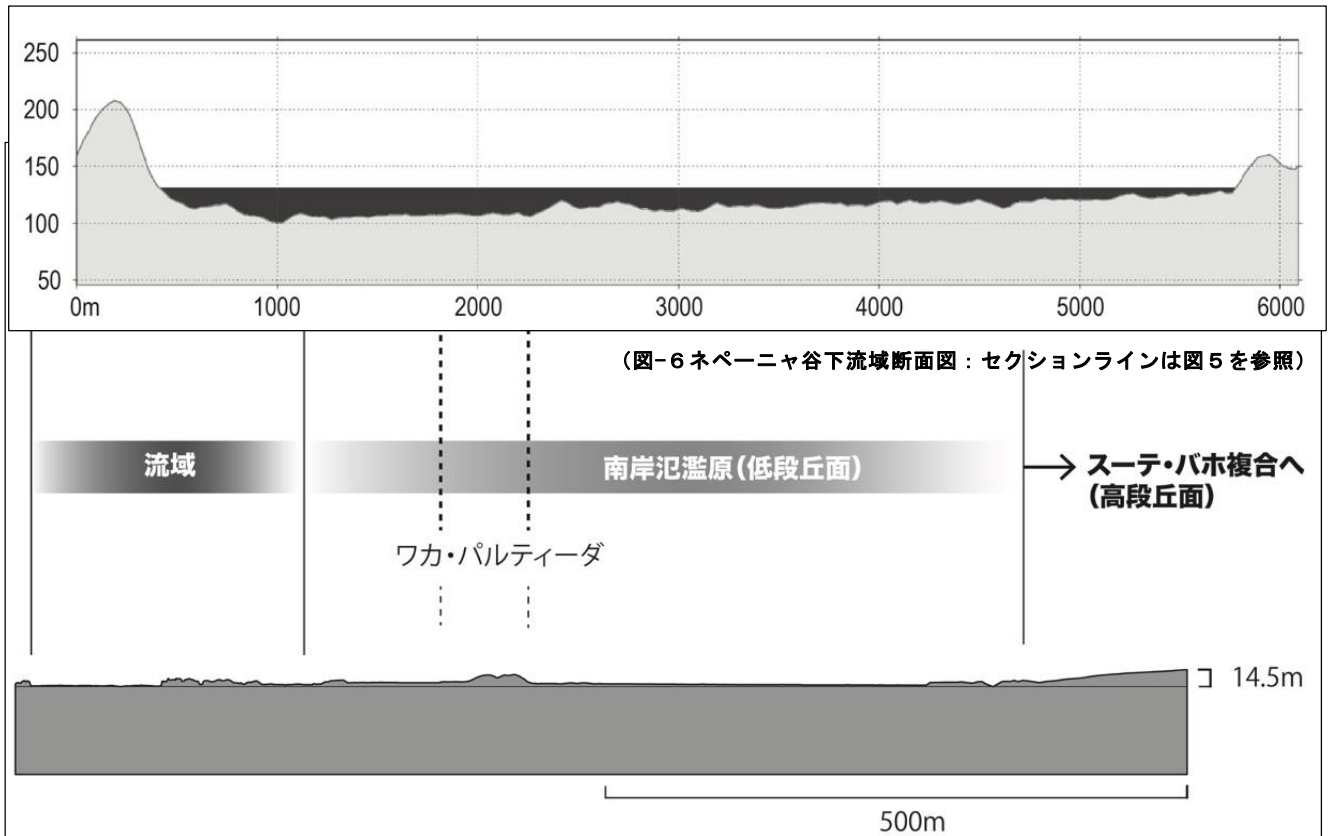
ワカ・パルティエダ遺跡は、普段は川床よりも若干高い位置にあるが、その周辺が現代にも耕作地に使用されていることから分かるように、ネペーニャの水流に程近く、農耕には適している土地である。同時に、ENSO の影響などによる河川の増水時には影響を受ける危険性を持つ氾濫原である。

対して、スーテ・バホ複合の広がる砂漠地帯は、水流から程遠く、また 15m の高低差があるためか、灌漑技術の発達した現代にあっても耕作地としては使用されていない。しかし同時に、河川の増水時にも氾濫の影響を受ける可能性は低いと思われる (ただし、後背にある岩山

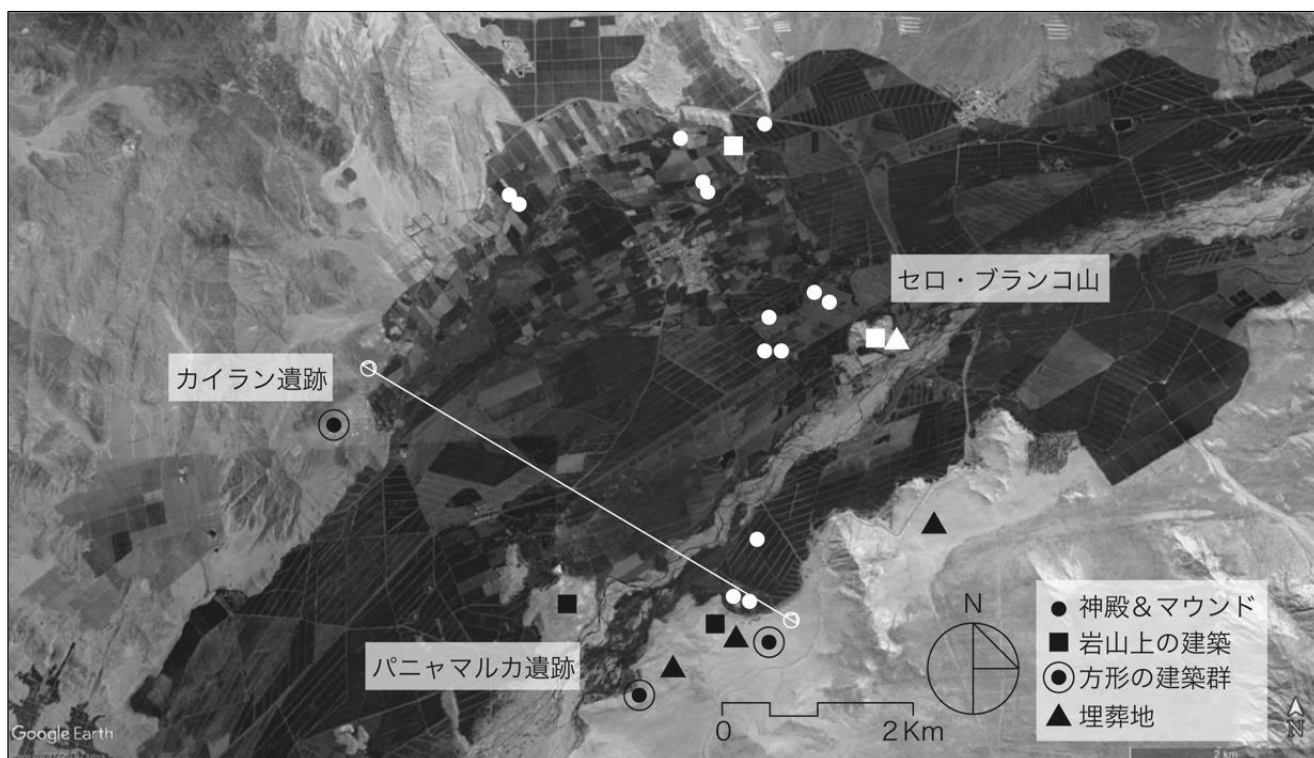
への降雨による影響はあるため、2017 年の氾濫の際の影響と思われる水流跡が、同夏の調査時に観察された)。

2) 川床から河岸段丘へ： ネペーニャ谷下流域の遺跡の分布

この河川から氾濫原、そして河岸段丘へと至る高低差と建築の分布について、今回ドローンにより航空測量されたマウンド状の遺跡や、すでに調査報告のあるいくつかの遺跡を衛星写真上にプロットしたものが図-5である（図-5 参照）（尚、図 5 にプロットされた遺跡について



(図-4 スーテ・バホ複合～ネペーニャ川の三次元モデルと断面図)



(図-5 ネペーニャ谷下流域の遺跡分布)

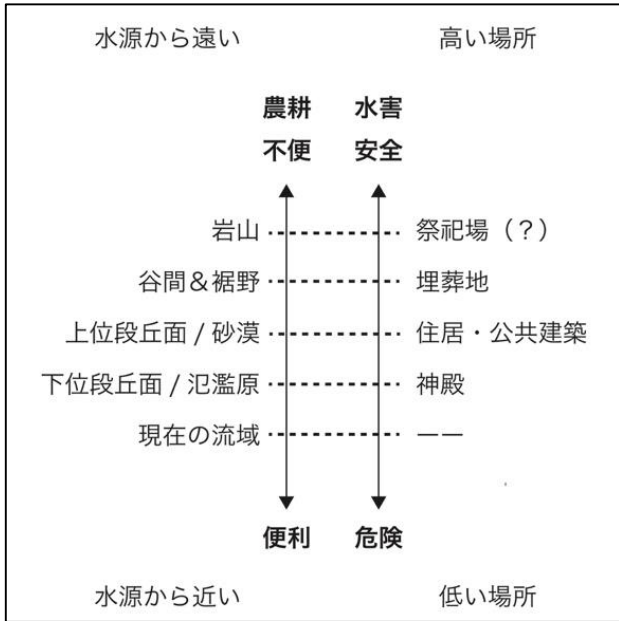
では、必ずしも全てが形成期中期から後期のものと同定されている訳ではなく、また、先行研究から既に別の時期の建築と同定されているものについても、谷全体の土地利用を推定する上で参考になることを考慮し、プロットされている)。

ここで観察されるのは、少なくとも今回の調査で確認した限りでは、マウンド状の遺跡が全て氾濫原に建築されているということである。このマウンド状の遺跡には、ワカ・パルティエダ遺跡やセロ・ブランコ遺跡など、すでに形成期の神殿と同定できている遺跡や、また今回の踏査から形成期のものと想定されたマウンド群が含まれる。対して、方形の建築群や埋葬地などは、氾濫原よりも高い場所に場所に建築されている。

この氾濫原は、現代のネペーニャ川の本流に近い高さであり、現代においても広く耕作地として利用されていることから、灌漑水路の建設が比較的容易なエリアであると考えられる。同時にこの氾濫原は、メガ・ニーニョなど、異常気象による大規模な河川の氾濫が起こった際には、水害を被る可能性のある高さにある。ここに建築されている形成期の神殿、また神殿と思われるマウンド状の遺跡についても、当然その影響を受けることが想像される。

これに対して、今回確認されたスーテ・バホ複合遺跡や同じく方形の建築群で知られるカイラン遺跡などの立地について、数値地図から作成した断面図を参照すると、河岸段丘の上に建設されていることが観察される(図5,6参照)。スーテ・バホ複合の岩山の沢や、セロ・ブランコ山の沢には多くの埋葬地が確認されているが、これらについてもネペーニャの氾濫原から高い位置に設定されていることが伺える。また、現在のところその建築プログラムは不明ではあるが、SB-CP-G など、河岸段丘よりもより高い岩山の上に建設されている遺跡も点在している。

5. 今後の調査へ向けて



(図-7 土地利用と建築活動)

今後の調査へ向けた仮説として想定しているのが、高低差と河川からの距離を意識した土地利用と、建築活動の関係である。より低い土地は水源にほど近く、高低差もあまりないため、灌漑設備も整備し易い。このネペーニャ谷下流域のエリアでは比較的灌漑農耕に適している場所といえよう。しかし同時に、河川の氾濫時には氾濫原となり大きな水害を被る可能性がある場所でもある。この水源に近く低い土地には、神殿建築は配されるが、住居や公共建築、埋葬地などは配されていない。対して、河岸段丘上は、水源からより遠く、またより高いあるため灌漑農耕には比較的向いていないといえよう。しかし同時に、河川の氾濫の影響は受ける可能性はより低くなる。この水源から遠く高い場所には、神殿建築と思われるものは確認されていないが、住居や公共建築、埋葬地が配されている可能性が考えられる(図-7参照)。

ただしこの仮説は、ドローンによる航空測量と踏査という限られた調査から得た、現在の地形と遺跡の分布から想定したものである。今後の調査において、スーテ・バホ複合遺跡の方形構造物について発掘調査を行い、その建築プログラムとワカ・パルティエダ遺跡など形成期神殿との関係をより明らかにする必要がある。同時に、北岸から南岸に至るまで複数箇所をボーリング調査を行い、過去の河川の水流や氾濫原の様子をより明らかにした上で、建築物の立地と氾濫の関係について再検証する

必要がある。これらの調査により、水利用と災害と建築活動の関係について、より明らかにしていきたい。

【謝辞】

本調査は、JSPS 科研費 16K03161 の助成を受けて実施されたものである。ドローン航空測量関連機材の運用実験および練習にあたっては、兵庫県立嬉野台生涯教育センターに便宜を図って頂いた。現地調査においては、Nelly Martell 氏、Delicia Regalado 氏、Verónica Hung 氏、Alonso Hung 氏、Raul del Prado 氏にご協力頂いた。ここに感謝の意を表する。

【参考文献】

Dillehay, T. D., H.H. Eling, and J. Rossen
2005 Preceramic irrigation canals in the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(47):17241-4.

Dillehay, T.D., and A.L. Kolata
2004 Long-term human response to uncertain environmental conditions in the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (12) 4325-30

Goldstein, P.S. and F.J. Magilligan
2011 Hazard, risk and agrarian adaptations in a hyperarid watershed: El Niño floods, streambank erosion, and the cultural bounds of vulnerability in the Andean Middle Horizon. In *CATENA Soils, Sediments, and Geoarchaeology*, edited by Michael M. Benedetti, Carlos E. Cordova, Timothy Beach, 85, Issue2:155-167

Kawae, Y., Yasumuro, Y., Kanaya, I., Dan, Hiroshige, and Chiba, F.
2016 *Abusir 3D survey 2015, Prague Egyptological Studies* XVII(2016) 3-11

Manners, R.B., F.J. Magilligan, and P.S. Goldstein
2007 Floodplain Development, El Niño, and Cultural Consequences in a Hyperarid Andean Environment. *Annals of the Association of American Geographers* 97, no. 2(2007):229-49

Mithen, S.

2012 *THIRST: Water and Power in the Ancient World*.
Weidenfeld & Nicolson, London. 『乾きの考古学—水をめぐ
る人類のものがたり』、赤澤威・森夏樹訳、青土社

Proulx, Donald

1968 *An Archaeological Survey of the Nepeña Valley,
Peru (Research Reports No. 2, Department of
Anthropology)*. University of Massachusetts, Amherst.
1973 *Archaeological Investigations in the Nepeña
Valley, Peru (Research Report No. 13, Department of
Anthropology)*. University of Massachusetts, Amherst.
1985 *An Analysis of the Early Cultural Sequence in the
Nepeña Valley, Peru (Research Report No. 25, Department
of Anthropology)*. University of Massachusetts, Amherst.

Rivera, M. A.

2002 *Historias del Desierto: Arqueología del Norte
de Chile*. Editorial del Norte, La Serena.

2005 El Formativo en el Área del Desierto de
Atacama: El Proyecto Ramaditas. In *Arqueología del
Desierto de Atacama: La Etapa Formativa en el Área de
Ramaditas/Guatecondo*, edited by Mario A. Rivera, pp.
89-102. Ediciones Universidad Bolivariana, Santiago.

Staller, E. J.

2005 Agricultura de Irrigación en el Período
Formativo del Desierto de Atacama. In *Arqueología del
Desierto de Atacama: La Etapa Formativa en el Área de
Ramaditas/Guatecondo*, edited by Mario A. Rivera, pp.
89-102. Ediciones Universidad Bolivariana, Santiago.

芝田幸一郎

2011 『ペルー北部中央海岸ネペーニャ谷からみたアンデ
ス形成期社会の競合モデル - 神殿、集う人々、旅する指導
者』東京大学大学院総合文化研究科博士論文, 東京.