# 西アジアのテル型遺跡に関する フィールド調査の技術的革新と展望 ―イラク・クルディスタンの調査事例から―

西山 伸一・常木 晃・渡部 展也・辰巳 祐樹

Innovation and Prospect of the Field Methods for Analyzing Tell-type Sites in Western Asia: A Case Study from Iraqi Kurdistan

Shin'ichi NISHIYAMA, Akira TSUNEKI, Nobuya WATANABE and Yuki TATSUMI

2015年までに UAV (ドローン) を利用した空撮技術は、西アジアの考古学調査において広く導入され始め た。UAV による遺跡や遺構のデータ取得の手法は、今後の西アジア考古学のフィールド調査に大きな革新をも たらすものと考えられている。本稿では、テル型遺跡における SfM、および GNSS を利用した UAV 測量、さ らに地中探査(磁気および GPR 探査)を加えたフィールド調査の事例を紹介し、その調査手法の課題と展望を 考察する。事例として現在西アジアで最も精力的に考古学調査が展開している地域の一つであるイラク・クル ディスタンからのものを紹介する。結論として、考古学側が明確な目的意識をもつことで、UAV や地中探査な どの技術は、テル型遺跡の集落構造や性格の解明だけでなく、セトルメント・パターン研究にも大きな貢献をも たらすことを主張する。

キーワード: イラク・クルディスタン、UAV (ドローン)、SfM (Structure from Motion)、GPR (地中レー ダー探査)、テル型遺跡

By 2015, UAV was widely employed in archaeological fieldworks in Western Asia and subsequently become one of the fundamental devices used in fieldworks. Together with SfM programs and high resolution GNSS, the UAV aerial survey is facilitating a drastic change in fieldwork strategies in Western Asia and other regions of the world. This paper introduces the field methods, the UAV and geophysical survey methods, employed in the Slemani province of Iraqi Kurdistan and discusses the issues and prospects for these methods. The conclusion would be that if archaeologists use these methods with clear aims in mind, they can provide hints of the structures and functions of tell-sites as well as contribute to the understanding of regional settlement patterns in question.

Key-words: Iraqi Kurdistan, UAV, SfM, GPR, tell-type sites

# はじめに

西アジアにおける考古学調査の手法に近年大きな変化が 起きている。いわゆる UAV (Unmanned Aerial Vehicle)1) の導入である。また UAV で撮影した画像に SfM (Structure from Motion:多視点画像による 3D 形状復元) のソフ トウェアを使用することで遺跡や遺構の 3D モデルを作成す ることも一般的になろうとしている。これらは、多くの考古 学者にとって数年前には思いもよらなかった現象である。

本稿では、イラク・クルディスタンの調査で2015年か ら導入されている「テル型遺跡 | に対する UAV と地中探 査を組み合わせた調査方法を紹介するとともに、その課題 や展望を議論する2)。

ところで、UAV を利用した考古学調査は、遺跡の表面 や地表下の遺構に予察を与えてくれる手軽かつ効果的な記 録および解析手法として2014年頃から考古学の世界で注 目されはじめたといえる。UAV を使用した調査事例は西 アジア以外で、南北アメリカ大陸、ヨーロッパ、オースト ラリアなどから報告されている (e.g. Casana et al. 2014; FUB 2014; Smith et al. 2014; Wernke et al. 2014; Whitely 2015a, 2015b; Ştefan and Ştefan 2016)。 また、2016年3 月のアメリカ考古学会(Society for American Archaeology) の会誌 (The SAA Archaeological Record) では、UAV

についての特集が組まれたほど (SAA 2016)、UAV の考古学での利用は世界的規模で広まっている。日本でもやはり 2014 年頃から UAV と SfM を組み合わせた遺跡や遺構記録の研究が発表され始めており、3D スキャニングの技術と合わせて考古学への利用が研究されている (e.g. 金田 2014: Kaneda et al. 2015)。

しかし、これらの手法はまだ実験的なものも多く、2016年の段階で西アジアにおける事例はまだ限られているのが現状である (e.g. Smith et al. 2014; Roosevelt 2014)。今後、各調査団とも試行錯誤しながら手法をさらに発展させてゆく段階にあるといえるだろう。本稿で紹介するのも一つの手法であり、まだ十分開拓する余地のある技術である。

他の地域同様、西アジアにおいても発掘を行う遺跡調査は、対象とする遺跡の選定に始まり、次いで遺跡とその周辺の地形図を作成する。この地形図をUTMなどの座標にのせ、遺跡に方眼(グリッド)をかけた後、発掘区を現地に設定して発掘を開始する。この地形図を作成する際に、現地に信頼のできる詳細な地図や、地理上の座標点などが見当たらない場合には、手間取ることが多い。また遺跡が広範囲にわたり、形状が複雑な場合にも地形図の作成に時間がかかることがある。この課題を解決する一つの手段がUAVとSfMの導入である。

UAVによる空撮は、かつての凧、気球、ラジコンへリなどによる空撮の時代からすると、はるかに容易かつ安価なものになっている。UAVにより出土した遺構を詳細に記録・観察することが可能になっただけでなく、SfMにより3Dモデルの作成も容易となった。実際、クルディスタンでは、日々の調査記録として発掘終了後に毎日UAVで現場を空撮する調査団もあると聞く。

また UAV の空撮写真は、本稿で述べるように SfM や GNSS (全地球航法衛星システム: Global Navigation Satellite System)を使用するとこで、調査の基本となる地形 図 (微地形図)を作成できるだけでなく、遺跡の地表面に残るさまざまな痕跡や出土した遺構の記録と観察にも応用できる。さらに 3D モデルの作成から調査成果のプレゼンテーションにも貢献できるのである。

クルディスタンで使用するこの技術に地中探査を併用した手法が、テル型遺跡の調査においてどのような変化をもたらすのかを以下にみてゆくことにする。

本稿では、まずテル型遺跡の調査方法の背景(第1章)について述べた後、イラク・クルディスタンにおける考古学調査の概要(第2章)について言及する。次いで私たちが実施しているテル型遺跡の調査手法のうち地中探査(第3章)、および UAV を利用した調査(第4章)について紹介する。最後に地中探査と UAV を利用したフィールド調査の課題と展望を述べることとする。

### 1. テル型遺跡の調査方法の背景

テル型遺跡は、西アジア考古学の中心を占める遺跡である。特に新石器時代から鉄器時代にかけてはこのタイプの遺跡を対象とした発掘調査が行われてきた。従来、テル型遺跡の調査方法は、各調査団によってそれぞれ独自のものが生み出されてきた。それが、1970年代にプロセス考古学の影響が西アジア考古学にもおよび、定量的データを収集するという傾向がフィールド調査にも見られるようになってきた(e.g. Johnson 1973; Whallon 1979)。その成果の一つとしてイスラエルを含む南レヴァント地方で登場した発掘マニュアルがあった(e.g. Dever and Lance 1978; Blakely and Toombs 1980; Herr and Christopherson 1998)。

テル型遺跡の調査は、複雑に積み重なるレイヤー(層)のお互いの相関関係を考慮しつつレイヤーに含まれる遺構や遺物の特性を分析することが根幹である。また、この分析のためにはさまざまな人間活動の痕跡を可能なかぎり定量的データとして取得することが発掘調査の基本であると多くの考古学者は認識している。しかし、定量的データをいかに取得し、それらをどのように解釈し報告するかは、フィールド調査の技術が向上し、定量的データの量が増大するにつれ、課題となっている。主として数字で表現される定量的データは、主観的に収集されたデータよりもより客観性をもつと受け止められる傾向がある。この場合、考古学者の「経験」に基づくフィールドでの予測や判断は、「主観的」とみなされ、少なくともそれを裏付ける定量的データの提示が求められるのが一般的である。

しかし、それでは考古学者の経験に基づく予測や判断は、ほとんど役に立たないのであろうか。いやむしろ、フィールド調査の技術が向上すればするほど、大量の定量的データに解釈を加えるのは考古学者の側であり、そこには「経験値」が重要な要素としてあると考える。この「経験値」は、時間と資金の限られている海外調査において、何を記録し何を記録しないかの「記録」の取捨選択においても重要な要素として適応されるのである。したがって、本稿で述べている地中探査やUAVによる測量調査などは、新たな定量的データを考古学者に提供してくれるが、それをどのような目的で使用し、どのように解釈するかはあくまで考古学の側にあることを忘れてはならない。

一般に、テル型遺跡の調査方法は、上述の南レヴァント地方の事例を除けば、考古学者の間でおおやけに意見交換や議論されることは少なかった。テル型遺跡の調査方法は、各調査団がそれぞれ試行錯誤して練り上げてゆくものであり、容易には他の調査団とシェアされてこなかった傾向がある。そのため取得されるデータの「質」において当然ながら差がでてくることとなったが、出版される成果は

データがいかに取得されたかを詳細に記述することはまれであった。そのためデータの「質」について読者は検証する手段がなかったといえる。それゆえ、本稿では、テル型遺跡の調査手法について実践例を紹介し、その課題と展望を示すこととする。

一般にテル型遺跡の調査は、1980年代頃まではマウンド 自体の発掘に時間が費やされ、遺跡周辺にはあまり目が向 けてこられなかった。ところが、地中海地域、特にギリシ アを中心に発展した、オフサイト (Off-site) 考古学 (Cherry 1983, 2003) が西アジア考古学に影響を与え始めると踏 査方法に変化がおきた。オフサイト考古学は、従来無視さ れてきた遺跡の周辺に目を向け、そこでの人間活動の痕跡 を研究する分野である。これにより、テル型遺跡ではな い、開地型遺跡 (open-site) や遺跡周辺の水路、道路、耕 作地なども考古学調査の対象となっていった。この潮流を まとめあげ、西アジアにおける景観考古学を確立したのが トーニー・ウィルキンソン (Tony J. Wilkinson) である。 彼は、地理学、地質学、水文学の手法を援用しつつ、テル 型遺跡とその周辺の空間を一体としてとらえ、人間活動と 自然環境の変化を複合的に見る革新的な研究方法を提示し た (e.g. Wilkinson 1990, 2003; Wilkinson and Tucker 1995)。これにより、西アジア考古学においてテル型遺跡 は、もはや周囲の景観や環境から独立した閉ざされた空間 ではなく、周辺の自然環境や景観と交流する人間活動の拠 点であったとの認識が確立された。ウィルキンソンの教え や研究に影響を受けたものたちは、テル型遺跡周辺におい て人間活動の復元を含めた詳細な踏査を実施した(e.g. Ur 2010)。 さらに 1995 年に機密解除されたアメリカ軍事偵察 衛星コロナ (CORONA) などの衛星画像を利用したリ モートセンシング、およびGIS (Geographic Information System: 地理情報システム) を援用する新たなセトルメン ト・パターン研究が始まった (Philip et al. 2002; Ur 2003; Casana and Cothern 2008; Altaweel 2008) o

このように過去30年ほどでテル型遺跡を巡る調査手法は、テル自体の発掘だけでなく、周辺に残る人間活動の痕跡や自然環境の変化を考慮にいれるものへと変化してきた。つまり、テル自体の「集落レベル: Settlement Level」と周辺環境を含めた「地域レベル: Regional Level」の二つのレベルで遺跡を考察するようになっている。それによって遺跡のデータ取得も、発掘だけでなく、遺跡自体や周辺地域からのデータも必要となっているのである。以下で紹介するクルディスタンでの事例は、主に集落レベルのものであるが、将来的には地理学、地形学、水文学などの情報も収集し、地域レベルでの集落のコンテキストを考察する予定である。

(西山伸一)

# 2. イラク・クルディスタン地域での考古学調査2.1. イラク・クルディスタン地域の考古学

イラク・クルディスタンは、イラク共和国の北東部に位 置し、現在クルディスタン自治政府(Kurdistan Regional Government: KRG) のもと政治的には半独立のような形 で統治されている。治安が安定していることもあり、現在 西アジアで最も精力的に考古学調査が展開している地域の 一つである (大津・下釜 2014; 小高 2014; 柴田 2014)。こ のクルディスタンは1920~1960年代にかけて数々の欧米 の調査団が活動していたが (e.g. Garrod 1930; Læssøe 1959; Braidwood et al. 1960, 1983; Solecki 1971)、政治的 理由により考古学調査が半世紀余り中断していた。しか し、2009年頃から多くの外国調査団が活動を開始するこ ととなり、2016年までで50以上の調査団がアルビール (Erbil)、スレーマニー (クルド語: Slēmanī、アラビア 語:Sulaymānīyah)、ドホーク (Duhok)、ソラーン (Soran)、ガルミヤン (Garmyan) の各地区で調査を実施 している (Kopanias et al. 2015; Kopanias and MacGinnis 2016)。日本以外では、ドイツ、アメリカ、フランス、イ ギリス、オーストリア、スペイン、イタリア、オランダ、 ギリシア、ポーランド、デンマーク、ポルトガル、ハンガ リー、ルーマニアといった国々の調査団が活動しているこ とからその活発さが理解できよう。

21世紀になって再開されたイラク・クルディスタンの考古学調査で特徴的なのは、発掘調査とならび衛星写真、航空写真を利用したリモートセンシングの技術を活用した考古学踏査が盛んである点である(e.g. Altaweel et al. 2012; Ur et al. 2013; Morandi Bonacossi 2015; Catanzariti and Baccarin 2015; Giraud 2015; Pfälzner and Sconzo 2015; Kepinski and Tenu 2015)。UAV についても各調査団が導入しており(例えば、オランダ・デンマーク調査団のラニア平原の踏査[http://www.nino-leiden.nl/projects/rania-plain-survey];ドイツ調査団によるドホーク県の踏査[https://jasonherrmann.net/research/ehas/])、将来的にはUAV による調査成果も発表されると考えられる。

リモートセンシングに加えて、遺跡の地中探査もクルディスタンでは盛んに行われている。主に使用されているのは磁気探査と GPR(Ground Penetrating Radar:地中レーダー)探査であり、対象とする遺跡も新石器時代のベスタンスール(Bestansur)遺跡から、青銅器時代のクナーラ(Tell Kunara)やクルド・カブルスターン(Kurd Qaburstan)などの都市遺跡、鉄器時代ではギルディ(ギルドーイ)・バーザール(Gird-i Bazar)遺跡やカラティ(カラーイ)・ディンカ(Qalat-i Dinka)遺跡、イスラーム時代ではアルビール城(Erbil Citadel)など幅広い時代の

遺跡について実施されている (cf. Kopanias et al. 2015)。 地中探査は、クルディスタンでも集落や建造物の構造を知るための手段として重要な役割を果たしているといえよう。 このようにイラク・クルディスタンでは、これまで培われた西アジアの最前線をゆく調査手法が積極的に導入されていることになる。

# 2.2. 筑波大学調査団による UAV と地中探査の活用

筑波大学は2014年からスレーマニー県での考古学調査を開始し、その活動箇所は、県北部のペシュダール(Peshdar)平原から、県南東部のシャフリゾール(Shahrizor)平原、さらに県西部のチェムチェマル(Chamchamal)地区の3カ所にわたる(図1)。このうち、ペシュダール平原に位置するテル・カラート・サイード・アハマダン(Tell Qalat Said Ahmadan)遺跡(以下「カラート・サイード・アハマダン遺跡」)で発掘調査を行っている(長谷川2014;常木2016;常木ほか2015,2016; Tsuneki et al. 2015,2016)。それまでペシュダール平原では本格的な考古学調査は実施されておらず、同遺跡の調査を通じて、ザグロス山脈域の新石器化過程を知るための資料を得ることを目的としている。これまでの2シーズンにわたる調査

で、テルの南側スロープで先土器新石器時代から銅石器時代までの長期にわたる先史時代文化層が発掘され、またスロープ裾部分およびテル頂上部で鉄器時代 II 期の大規模な石組遺構と大型建物址が検出されている。

同遺跡の調査にあたり、UAV による取得データに基づ いて地形測量図や3Dモデルの作製と、磁気およびGPR による地中探査を実施した。UAV は、衛星画像に比べて はるかに解像度の高い画像データを取得することができ、 そこからは正確な地形測量図や 3D 画像を作成することが できる。例えば図2は、トータルステーションを用いて測 量しそれをトレースしたカラート・サイード・アハマダン 遺跡の測量図であり、図3はUAVで取得したデータに基 づいて作成した同遺跡の測量図である。両者の精度差は一 目瞭然といえよう。そればかりでなく、トータルステー ションの測量図はベテランの考古学者3名で半日かけて データを取ったものだが、UAV でのデータ取得は現場で 15分にも満たない。マンパワーの面でも、精度の面で も、UAV が圧倒的に優れている。さらにそこから作成し た3D画像(図4)からは、扇状地末端を利用した遺跡立 地など多くの有効な情報を得ることができるのである。



図1 イラク・クルディスタン地域における筑波大学調査団の活動地域(西山伸一作成)



図2 トータルステーションを使用して作成したカラート・サイード・アハマダン遺跡の地形図

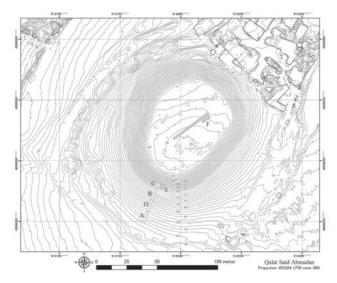


図3 UAVを使用して作成したカラート・サイード・ アハマダン遺跡の地形図 (渡部展也作成)

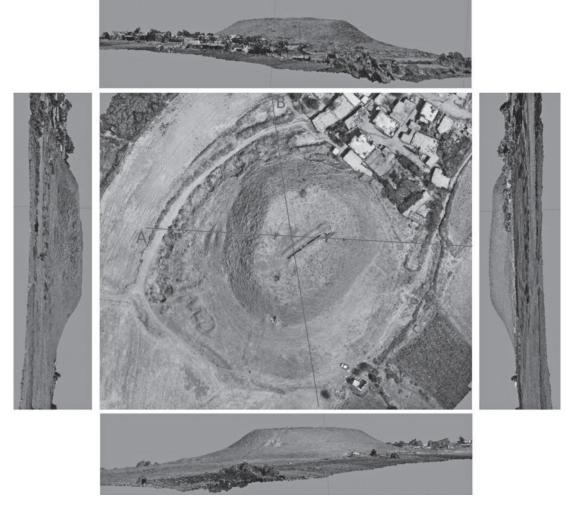


図 4 カラート・サイード・アハマダン遺跡の 3D モデル図 (渡部展也作成)

またカラート・サイード・アハマダン遺跡の調査では、上述したように南側スロープ裾部分およびテル頂上部で鉄器時代II期の大規模な石組遺構と大型建物址が検出されている。地中探査のうち GPR 探査によって、この石組遺構と大型建物址の広がりの概況を知ることができた。そこから、鉄器時代に大規模な石組遺構がこの遺跡を二重に囲繞していたことが推測された。つまり鉄器時代にこの遺跡は通常の村落レベルの集落ではなく、防御機能を持った前哨基地、あるいは何らかの公共施設を有する拠点集落であったと推測されている(Tsuneki et al. 2015: 41-46)。

このように、UAVと地中探査の双方を活用することにより、これまでの発掘調査だけでは望めない様々なデータを遺跡から得ることが可能となり、新たな次元の調査研究に挑める可能性が生じている。

衛星写真を使用したリモートセンシングによる地形・地 理データの取得は、概して植生に乏しく見通しが良好な場 所が多い西アジアでの考古学調査に非常に有効であると考 えられる。近年のクルディスタンの調査では衛星写真を解 析し、マクロの視点から遺跡の位置や分布傾向を把握する 手法が効果的に展開されている。筑波大学調査団では、衛 星写真だけでなく UAV を用いて写真を撮影し、そこから 地形・地理データを取得した。この手法によればミクロ的 な遺跡データを取得するこが可能であり、遺跡の調査研究 に新たな次元をもたらすと考えられる。また UAV を利用 した遺跡の調査研究は、調査期間やマンパワーの制約に対 しても非常に有効な手段となることが理解されよう。磁気 や電磁波などを活用した地中探査もまた、植生の乏しく見 通しの良い場所でより威力を発揮するために、とりわけ近 年のクルディスタンの考古学調査で活用されている。地形 図や遺跡平面図の作製、発掘された遺構の復元、また大規 模遺跡での集落構造の把握などには、UAV を利用したテ ル型遺跡の計測と地中探査の組み合わせが有効であり、西 アジアにおけるフィールド調査手法の一つの大きな変革と なる可能性を秘めている。

(常木 晃)

3. カラート・サイード・アハマダン遺跡における地中探査 地中探査は、発掘前の予備調査として行われることが一般的で、遺跡の性格や遺構の形状・規模を予測することが でき発掘調査の効率化をはかれる利点がある。また遺跡全体の構造を知ることで、発掘調査を最小限に抑えることも 可能で、遺跡保存の観点からも有効であることが知られて

西アジアにおける地中探査は世界の他の地域と比較して も長らく一般的ではなかったが、1990年代から徐々に成 果が上がり始め、現在では西アジア各地で広く実施される ようになった (Wilkinson 2003: 40)。1990 年代以降に成果が盛んに報告されたのはトルコやシリアの大型の集落遺跡であった (e.g. Matney and Algaze 1995; Summers and Summers 1998; Gondet and Castel 2004)。西アジアで最も多く利用されているのは磁気探査であり、上記のトルコやシリアの都市遺跡でもその有用性が示されてきた(Becker et al. 1994; Peregrine et al. 1997)。

クルディスタンでも多くの磁気探査が行われている。これまでピットや建造物群などの痕跡と考えられる磁気異常の集中する範囲や、大規模な直線形を成す磁気異常の存在などから、遺跡の中で遺構の集中する場所や、城壁などの比較的大型の構造物の推定が可能となっている(e.g. Kepinski and Tenu 2016; Radner et al. 2016; Schwartz 2016)。

しかし、これらの地中探査の成果は、より平面規模の小さな遺構(例えば部屋や住居)の平面プランが明確に推定されるには至っていない。発掘調査によって地中の状況が明らかになっている例が少ないため、実際の地中の堆積状況や遺構の有無、またその残存状態などの証拠と比較検証してその理由を追及することは現時点では困難である。したがって、今後クルディスタンにおいて地中探査を用いて遺跡調査を有効に行うためには、地中探査結果を発掘調査結果と比較できる事例を増加させ、その問題となっている事象を明らかにしなければならない。また、その事象によっては、さらには地中探査の中でも磁気探査法が最適であるという前提も見直す必要があるかもしれない。

そのケーススタディの一つとして、本章では、カラート・サイード・アハマダン遺跡において実施した地中探査の結果と発掘成果を比較することによって、同遺跡での地中探査の成果と課題を示すことにする。

### 3.1. 磁気探査、および GRP 探査の成果

この遺跡では、地表下 1.2 m 程度までの深度にある集落 構造の推定を主目的として、2014 年夏にテルの南側斜面 部及び頂上部に調査区を設定し、磁気および GPR 探査を 実施した。テルの北東斜面部は現在の村落によって一部破 壊されており、西斜面部には現代のゴミ捨て場として利用 されている大きな窪みが存在している。このように地表面 がかく乱され金属片の多く存在する状況では、磁気探査、 GPR 探査のどちらにおいても大きな探査ノイズが生まれ 遺構の推定は極めて困難であると思われたため、探査は実 施しなかった。

一方、南斜面部には草木はほとんど生えておらず、現代の耕作痕も認められず、機器の移動や測定にも適しているといえた。また、頂上部には草が生えており、現代のゴミ捨て場となっている窪地が散見されたが、除草作業、及び地表面上の視認が可能な限りの現代の空き缶などのゴミの

撤去作業を行った後に探査を実施した。

磁気探査には Geoscan 社製フラックスゲート FM256 を用い、GPR 探査には Sensors & Software 社製 PulseEK-KO\_Pro 500 MHz を用いた。それぞれ磁北を軸として南北方向の測線上を 50 cm 間隔で設定し、それらの測線上で探査を実施した。

テルの南側斜面部で実施した磁気探査結果(図5)からは、斜面裾部の探査区の南端にかかる位置において、テルを廻るように南側斜面部に帯状の磁気異常が認められた。この異常はテルの裾部を廻るように広がっているように見られる。また、探査区の北側、試掘坑 D 区北端にかかる位置においても同様の磁気異常が認められた。これらはそれぞれ-3 nT 程度、-5 nT を超えない程度の異常だが、探査区の西側に集中して認められる現代の鉄製品によると考えられる磁気異常を除けば、この南斜面部においては相対的に最も大きい磁気異常である。しかし、これらの異常のうち斜面の北側に認められるものは、探査区の北東には続いておらず、斜面裾部に認められるものも、探査区外に広がっている可能性はあるものの、明確にテルを廻っているとまでは言い難い。

GPR 探査の結果からも、地表下約50 cm の深度において、磁気探査と同様に斜面裾部においてレーダーの反射面が斜面に沿ってテルを廻るように帯状に認められる(図6)。これは6 m 程度の間隔をもって二重に廻っているようで、さらに、その北側10 m 程度の地点においても同様の反射体が認められる。これらの反射帯の平面位置は同年度に発掘調査が実施された試掘坑D区南端や、A区の南側を通っているように窺える。一方で、磁気探査結果で探査区北側に認められていた磁気異常の存在する地点においては、GPR 探査では何も認められていない。

発掘結果からは、D区の南端にステップを有する大規模な石組遺構が検出されている(Tsuneki et al. 2015: Fig. 7.4)。ステップ最上段は地表下 1 m 程度から検出されているが、その深度ではレーダーの減衰が大きく GPR 探査ではその反射は認められない。しかし、遺構の規模及び平面位置を考慮すると、D区南側に位置するステップ上段部とレーダー反射帯の一つの位置が対応しており、この遺構はテルの南側全体を囲っているものと推定できる。斜面南東部でこの反射が明確に認められるのは、表土の堆積は東斜面の方がより小さいという、遺構の深度の差によると考えられる。

A区の南側を通るように認められる反射帯も、発掘調査によって検出された地表下 50 cm 集石遺構(Tsuneki et al. 2015: Fig. 7. 2)と同様のものとして考えることができる。これは約  $30\sim40 \text{ cm}$  四方の石を用いた  $1\sim2$  列程度の集石で、発掘調査ではその規模の小ささから防壁とは考え

られていないが、GPR 探査結果からは、少なくともこのような遺構が断続的にではあるがテルを廻っていると推定でき、さらにその南側にも類似した遺構が廻っていると考えられる。

また、磁気探査で異常が認められたにもかかわらず GPR 探査で明確な反射の認められなかった地点に隣接する D 区北側では、地表下 30 cm 程度の表土直下からの鉄 器時代の大規模な掘削があったことが明らかになっている (Tsuneki et al. 2015: Fig. 5. 1)。D 区の土壌堆積状況と同様に、この地点も大規模な土壌の改変が行われていたと予想でき、磁気探査で認められた磁気異常はこれに関連するものなのかもしれない。

その他、発掘調査ではB区及びC区において鉄器時代 以前の遺構や遺物が確認されている(Tsuneki et al. 2015)。しかし、これらの居住層の地表面からの深度の問 題から、地中探査では推定できなかった。

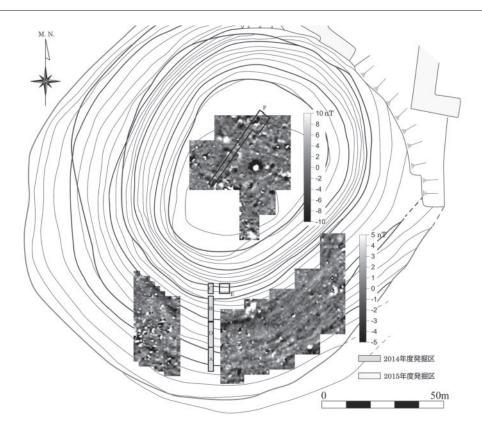
テル頂上部においても、磁気探査では様々な磁気異常が認められた(図 5)。しかし、その多くが数十nT を超える、平面的に点的な磁気異常であり、これらは鉄製品などの近年の廃棄物であると推定でき、探査前には地表面に廃棄物が散見されたことからも、遺跡に関するものとは考え難い。その他に建造物の壁部と考えられる平面的に直線形を成す磁気異常も $-7\sim-3nT$  程度で認められるものの、先に挙げた磁気異常が大きいため、明確なプランは推定できない。少なくとも、南東方向に軸を有する建築物が存在していることが磁気探査結果から推定できる。

また、GPR 探査では、直線形の平面形を成す、顕著な反射が地表下 50 cm 程度の深度で全域に散見された(図 6)。これらの位置に遺構壁の基礎石と考えられる大型の石が存在していると推定できた。これらの反射の位置の一部は磁気探査で壁部と考えられる位置に対応しているが、ほとんどが磁気探査では明確な異常として捉えられなかった地点に認められる。

2015年の発掘調査の結果、GPR 探査の解釈によって遺構が存在すると推定された試掘坑内の全地点において、幅1mを超える石積みの厚い壁を持つ建築遺構が検出された。テル頂上部の遺構の残存状態が良好ではないのであろう、探査結果のみからは明確な平面プランは窺えないものの、この結果を踏まえ、頂上部には、その大部分を占める大型構造物が建設されていたことが推定できた(Tsuneki et al. 2016)。

#### 3.2. 地中探査の有効性と限界

カラート・サイード・アハマダン遺跡が頂上部に大規模 建造物と数重に廻らされた石積み遺構を有する特殊な遺跡 であることが推定できたことが、地中探査を遺跡調査に応



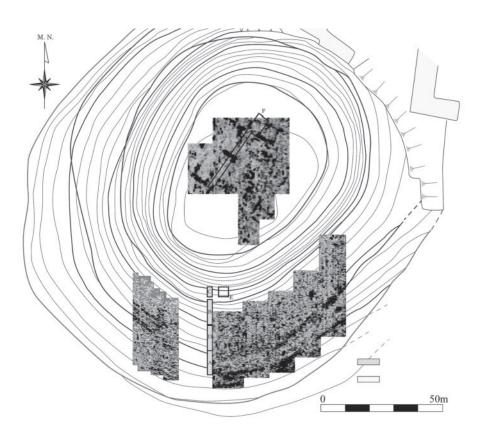


図 6 カラート・サイード・アハマダン遺跡におけるレーダー反射図 (地表下約 40-70 cm の深度における疑似平面図)

用したことによる考古学的な成果といえよう。しかし、上述したように探査結果には問題の残る部分もいくつかあった。ここでは、発掘結果と比較した2種類の地中探査の成果や問題から、クルディスタンのテル型遺跡における地中探査のケーススタディとして、両探査の有効性や限界についてまとめたい。

磁気探査では、石材を用いた遺構に対して、磁気探査では地表下約50cm程度の深度に存在する30~40cm四方以上の石を用いた建造物の磁気異常は明確に検知できた。しかし、周辺の廃棄物などによる磁気ノイズの影響が大きく、正確な平面プランまでは推定することは困難であった。測線間隔などの探査精度や探査機器の分解能を向上させたとしても、廃棄物の除去を徹底しなければより良い成果は得られない。また、地表から深い地点では同様の遺構からの異常は認められなくなり、石材を用いた遺構の探査の場合、南斜面部の例から、少なくとも500MHzアンテナを用いたGPR探査より探査限界は浅いといえる。

GPR 探査では、石材を用いた遺構から明確な反射が見て取れ、少なくとも 50 cm の深度ではその平面プランも非常に明確に推定できた。しかしながら、500 MHz アンテナを用いた場合は、地表下 1 m 以下に存在する石積み遺構からの反射は見て取れず、さらに探査深度を求めるには、探査分解能は下がるものの、より低周波数のアンテナを用いる必要がある。

一方で、磁気探査で異常が認められたにもかかわらず、GPR 探査では反射が確認できなかった南斜面の D 区北端周辺のような箇所もある。また、探査区全体を通して、土層の差異は GPR 探査ではほとんど捉えられていなかったため、堆積土壌の差異から土坑の推定を行うことは不可能だといえる。したがって、丁寧に固められた面を持たない限り、泥レンガやピゼ壁などの検出も困難となるかもしれない。

また、頂上部には様々な磁気異常が存在したため、磁気探査によって正確な遺構の平面プランを推定することはできなかったが、GPR探査では、廃棄物や散乱した石などを除いては、ノイズとなる反射は認められなかった。それにもかかわらず、遺構が存在すると推測される地点からも反射が認められず詳細な平面プランは推定できなかった。これは、上述した堆積土の差異に対する両探査の特徴が明瞭に表れた結果であり、テルの頂上部は後世の土坑等により大きく攪乱を受けていると解釈できる。このように、磁気探査を行う際には堆積土壌の差異が顕著に認められるため、土坑などの検出に適している一方、表土からの攪乱坑の影響も大きい。こうした、攪乱を受けた遺構や攪乱坑そのものに対してどのように解釈するかも、今後の地中探査の課題となるであろう。

#### 3.4. 小結

これまで西アジアにおいて実施されてきた地中探査は、 そのほとんどが磁気探査であるが、地中探査には手法や機 器それぞれに、探査対象、分解能、深度、汎用性などの点 において限界があり、それらを理解した上で適切に利用し なければ、最適な成果が得られるとは限らない。

本章で言及した探査対象や探査状況の他、実際には耕作 痕などによる探査地の地表面の凹凸や植物の繁茂状態な ど、土壌の磁性、また地中の水分の含有状態も大きく探査 結果に影響を与えるため、本来地中探査を行う場合、これ ら全てを考慮して探査法を選択する必要がある。しかし、 西アジアの多くのテルの表面の探査環境は、夏季の場合、 植生が少なく、比較的地表面が見やすいという点で類似し ている。カラート・サイード・アハマダン遺跡の事例は、 磁気探査だけではなく GPR 探査もテル型遺跡の探査に適 しているという点や、むしろ、石材を用いた遺構の正確な 探査には GPR 探査を用いるべきだということを示している。

今回示した地中探査の有効性とその限界は一遺跡におけ る事例ではあるが、こうしたデータを積み重ね、様々な探 査成果の比較検討から、より適した探査方法、解釈方法を 追及することで、地中探査の成果をより遺跡に残された遺 構の実態に近づけることができるだろう。その際に、地中 探査によって獲得されるデータはあくまで物理現象を通し て見た際の地中の一側面であることを常に念頭に置き、探 査結果から読み解くことのできる事象とそうではない事象 を正確に理解することが大切である。こうした過程を経 て、地中探査の解釈結果は「当たりはずれ」のある予想と は異なる科学的、また実践的な推定結果として位置づけら れ、考古学的データとして信頼されるものとなり得る。そ して将来的には発掘調査の実施されていない遺跡について も、遺跡の規模だけではなく遺構の性格や平面プランを含 めた集落内構造にまで踏み込んだ議論が可能となるであろ う。

(辰巳祐樹)

# 4. UAV を利用した微地形および遺跡・遺構の計測調査

上述の通り、考古学におけるリモートセンシングの活用が昨今再び注目を集めている。1900年代の前半には航空機の普及と写真技術の融合、そして第一次世界大戦における上空からの偵察や地図作りを経て航空写真撮影が有効な技術として確立されるなかで、かなり早い段階からリモートセンシングは考古学の分野で活用されてきた。その後、人工衛星が打ち上げられ1970年代には衛星画像の考古学的応用も登場するが、論文数の推移についての図7のグラフが示す通り、本格的な活用は高分解能衛星の登場以降であるといえよう。

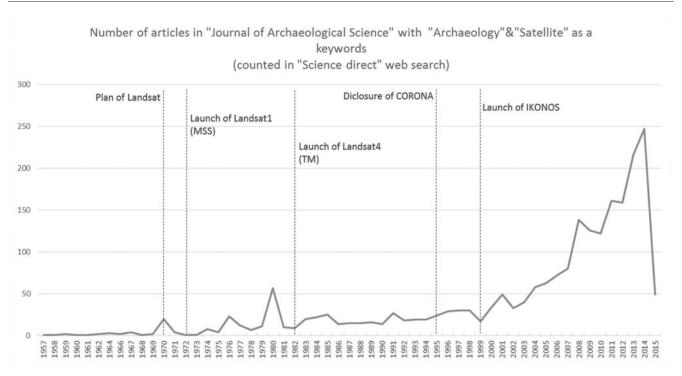


図7 「Archaeology & Satellite」をキーワードとした Journal of Archaeological Science に掲載された論文ヒット件数の推移

このグラフが示すイコノス (IKONOS) 以降の急な関連 論文の増加は、考古学の主な観察対象のスケールに衛星画 像から判読できる対象物のスケールが近づいたということ を意味する。確かに考古学におけるリモートセンシングの 大きな利点は俯瞰的視野を持つことができるということで あり、セトルメント・パターンや周辺環境との対応などを 分析する強力なツールである。しかし一方でランドサット (Landsat) などの中分解能衛星画像 (15~30 m) では、 大型遺跡はともかくほとんどの遺跡・遺構は確認できな い。つまり、これらの衛星画像においては立地の対応まで は観察できたとしても、「具体的に」どのように環境の中 で遺構が展開し、関連しているのかという細部までは把握 できない。このギャップを埋めるデータが高分解能衛星画 像であり空中写真であったといえよう。ただし、現在商用 衛星で最も高い分解能を有するワールドビュー3(Worldview-3) (直下視 31 cm) でも、遺構の細部まで見えるわ けではない。航空機の空中写真は幾分詳細ではあるが、概 ね遺構の形状が分かるレベルという点では同等である<sup>3)</sup>。 それでも図7の関連論文の急増が示す通り、応用範囲が大 きく広がったことは明らかである。

昨今普及の目覚ましい UAV では、簡便に空中撮影が可能であり、考古学においても大いに活用されている。イラク・クルディスタンにおいても例外ではなく、外国隊の全てが UAV を持ち込んでいるとのことであった(2016 年 9 月現在)。リモートセンシングの分野においても UAV の

インパクトと有効性は高く評価されており、ISPRS(国際写真測量リモートセンシング学会:International Society of Photogrammetry and Remote Sensing)においても2011年には既にInternational Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics(UAV-g)というカンファレンスが開かれている。リモートセンシングの観点からは、UAV はこれまでにない分解能で、自由に(飛行コースや撮影日時)、安価に空中からの写真撮影が可能な新たなプラットフォームの登場を意味したのである。スケールが変わり見えるものが細かくなるという単純な違いではあるが、天体望遠鏡の登場、顕微鏡の登場の例を持ち出すまでもなく、分解能の向上は本質的な分析手法の変化に結びつくこともある。本章では、UAVを中心とした遺跡計測の要素技術、実践、そして将来的な応用可能性について述べる。

# 4.1. 要素技術と組み合わせ

UAV の応用目的は大きく、動画・静止画による遺跡・発掘の記録映像の撮影と、撮影画像からの図面計測に分けられる。もちろん、どちらも有効な応用方法であり、両方行うことも可能である。ただし、一般的に計測用の写真(特に発掘グリッドの中の遺構の記録など高低差の小さい遺構)には垂直写真が向いており、記録映像用の場合は斜め写真(動画)が向いているという映像の取り方の違いがあるため、一度の撮影で双方の目的を満たすことができる

かどうかは条件による。

UAV による計測と(地)図化は大きく、GCP (Ground Control Point) の設置と計測、UAVによる撮影、画像 SfM による処理、GIS データとしての調製という流れで行 われる。相対座標の中で、あるいは縮尺のみ保持した三次 元モデルの生成は、撮影画像中に縮尺を示す定規を映しこ んでおけば可能である。しかし、地図として絶対座標を付 加しようとする際には、画像中に絶対座標で XYZ が既知 の点が複数必要となる。この絶対座標を与えるための点が GCPであり、この精度が最終的な図面の幾何精度に影響 を与える。基本的に GCP には、分解能と同等以上の精度 が望まれる。GCPは画像内で位置を正確に同定できるこ とが重要であり、航空測標を設置して行う方法が最も安全 である。従って、事前に対象地域に偏りなく航空測標を設 置したうえで、UAV により空中写真撮影を行うことにな る。得られた画像のセットを画像 SfM ソフトにより処理 することで、三次元モデル (点群)、DEM (Digital Elevation Model)、そしてオルソ画像(地図投影の座標付き画 像)が得られる。DEM やオルソ画像については、得られ た三次元モデルから別途 GIS ソフト等をもちいて生成す ることも可能である。特に DEM 生成時の点間の内挿方法 を選択したり調整したりする際には、外部の GIS ソフト をもちいることが多い。

# 4.2. GCP の計測と GNSS

これまでもUAVに限らずリモートセンシングではGCPの計測をGNSSにより行ってきた。これは、多くの場合は計測対象地域が広く、トータルステーションなどで計測するよりも効率的であることが大きな理由である。特にUAVにおいては分解能が高く、1 cm から3 cm ほどとなることが一般的である。このため、要求されるGCPの精度も理論的には1 cm を切ることが理想的である。しかし、現実的には mm 単位の計測は困難であり、また考古学において作成する遺跡図面を考えても数 cm の誤差は許容されると考えていいだろう。実際、高価な高精度測位GNSSにおいても精度1 cm を切ることは現実的には困難である。

GNSSによる GCP 収集は一般的な方法ではあるが、一方で高精度の GNSS 機材は高価であるという欠点があった。しかしここ数年で研究・普及が進みつつある。つまり、1 周波の GNSS モジュールをもちいた高精度計測手法では、安価ながらも数 cm の精度が実現できるのである。筆者も現地において実験を行い、平均 3 cm 以内の精度が達成されたことを確認した。実験では、2 箇所の基準点に対し、3 日間から5 日間に分けて 1~30 分程度(1 秒おきに計測)の幅で5・6 回計測した(図8)。得られたデータ

に後処理を行い、高精度測位が可能であった結果のみ抽出 し、それらの値の比較を行った(表1)。その結果、各回 の平均座標の標準偏差は水平方向で3cm 以内、標高(垂 直方向)で4cm以内となった(図9)。また、計測時間を 変えた場合について標準偏差がどのように変化するかにつ いても実験を行ったが、一度計測が安定した後では、1~7 分まで大きな変化は認められなかったが、計測時間が短い と取得計測値の中に占める高精度測位が可能な点の割合 (%) が減少することが分かった (表2)。この結果は、 GCP を収集するうえで、一点について3分程度の計測で も 3 cm 以内の精度が期待できることを示している 4)。こ の実験結果はパレスチナ自治区ベイティン(Beitin)遺跡 で行ったものであるが、上空が開けた同等の条件下にある クルディスタンにおいても同様であると思われる。ただ し、実験はやや不安定な携帯用三脚をもちいた短時間の計 測で行っている。ここでいう精度は実用上の目安としての ものであって、完全に固定した条件下で長時間の連続計測 を必要とする GNSS およびアンテナセット自体の正確な 精度検証結果ではないことを付記しておく。



図8 計測実験風景 (パレスチナ自治区・ベイティン遺跡)

計測日	X	Υ	Elevation	計測時間(分)	高精度測位の%	X 偏差	Y偏差	Z偏差
8月9日	173275.0021	147749.9915	879.6936	28	98.5	0.0038	0.003772	-0.00228
8月9日	173275.0032	147749.9901	879.6868	24	94.8	0.004936	0.00233	-0.00908
8月10日	173275.0028	147750.0139	879.739	9	97.5	0.004549	0.026171	0.04312
8月10日	173274.9986	147749.9991	879.7202	6	98.6	0.000298	0.011421	0.02432
8月11日	173274.9847	147749.944	879.6398	1	71	-0.01358	-0.04369	-0.05608
標準偏差	0.0078	0.0262	0.0377					

表1 2つの基準点における計測結果の変化 (上:基準点 A 下:基準点 B)

計測日	X	Υ	Elevation	計測時間(分)	高精度測位の%	X 偏差	Y 偏差	Z 偏差
8月9日	173289.953	147749.9967	880.072	34	96.3	0.009157	0.001205	-0.02383
8月10日	173289.9475	147750.0024	880.0961	21	83	0.003575	0.006858	0.000267
8月10日	173289.9502	147750.0078	880.0981	48	98.6	0.006316	0.012292	0.002267
8月11日	173289.9366	147749.9835	880.1147	1	71	-0.00729	-0.012	0.018867
8月14日	173289.9427	147749.9877	880.0965	7	97	-0.00115	-0.00778	0.000667
8月16日	173289.9333	147749.9949	880.0976	5	92.7	-0.01061	-0.00058	0.001767
標準偏差	0.0078	0.0090	0.0137					

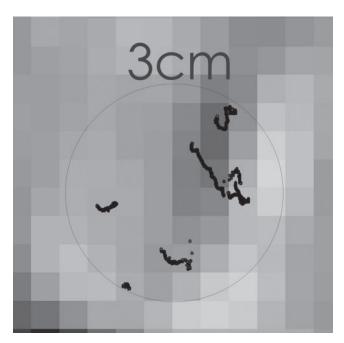


図9 基準点Bにおける全高精度計測点群のプロット

この1周波 GPS(Global Positioning System:全地球測位システム)をもちいた計測方法では、精度を維持できる条件として基準局から移動局までの距離が1 km 以内などの制約があるが、UAV 計測で対象とする一般的な範囲を考えると、多くの場合問題とならないであろう。この1周波 GNSS は考古学における微地形・遺跡の計測セットにおいて強力なデバイスとなると思われる。

# 4.3. UAV

既に市場には様々なUAVが登場しており、また安全性や安定性も初期に比べると大幅に向上している。飛行コースの設定などは、使用する国や地域の情勢や法律によっても異なるため、一概にどの機体が良いとも言えないが、計

表2 計測時間の違いによる精度の変化

約 25 分の計測値							
	X	Υ	Elevation				
	173289.9502	147750.0023	880.0887				
計測時間	X偏差	Y 偏差	Z 偏差				
1分	0.0136	0.0188	-0.0260				
7分	0.0075	0.0146	-0.0078				
5 分	0.0170	0.0074	-0.0089				

測においては航空機からの空中写真測量同様、垂直写真のコース撮影が基本となる。従って、画像間のオーバーラップや取りこぼしを避けるためにも、こうしたコース撮影設定可能な飛行コースを設定できるアプリケーションとそれに対応した自律飛行が可能な機体が望ましい。私たちは、フライトコントローラーとしてピックスホーク(Pixhawk)を、GCSソフトウェアとしてミッション・プランナー(Mission Planner)使用しているが、UAVの向上は日進月歩なのでより簡単で効果的なデバイスが登場しているかもしれない。

もちろん大きさや製品によるが、目安としては回転翼機では、飛行時間は15分ほど、固定翼機では45分ほどが飛行時間となる。広い範囲を撮影するときは固定翼機、狭い範囲を低空でじっくり撮影する際は回転翼、という使い分けが可能であるが、最近ではVTOL機(Vertical Take-Off and Landing:垂直離着陸機)も登場しており、将来的にはどちらのニーズも満たす機体が現れる可能性もある。

クルディスタンにおいては、一般的なテル状遺跡では回転 翼機 (DJI F550: Hexacopter [6枚羽根のUAV]、10000 mAh) で1回のフライトで撮影が可能であり、シャフリゾール平原最大級のヤーシーン・テペ (Yasin Tepe) 遺跡 (約55 ha) であっても4~5回のフライトで遺跡全域の撮影が可能であった。つまり800 m×700 mほどの規模であれば、回転翼機の低空飛行でも対応可能という結果となる。

### 4.4. 画像 SfM

取得された数百枚の画像のペアを処理し、三次元モデルを生成するために使われるものが画像 SfM ソフトウェアである。市販のものからオープンソースのものまで様々なものが入手可能である。詳しい原理については割愛するが、大きくは「画像内特徴点の抽出および画像間対応の検出」「カメラの内部・外部標定」「画像間の対応点同定による点群生成」のためのアルゴリズムに分けられる。また、処理枚数が増えると、あるいは枚数が少なくとも画像が数百 MByte と大きいと、演算能力の高いコンピュータが必要となる。比較的価格の低いデバイス構成なかで、この処理用コンピュータのみは安価とまでは言えない点は残念である。

UAV および SfM をもちいた計測と精度検証については 幾つか報告がされている (石黒ほか 2014: 近津ほか 2016)。 石黒らはカタログ精度約1cmのRTK (Real Time Kinematic) 測位で計測した GCP をもちい SfM で 処理した DEM と、同じく RTK 測位で計測した地形断面 とを比較検証し、標高の標準偏差4cm、最大で約8cmと いう値が得られたと報告している。近津らは、高度 50 m および100mからUAVで撮影した画像を複数の画像 SfM ソフトで処理した結果について報告している。その 中では、1cm 前後の水平精度が得られること、また処理 ソフトによって精度および画像のオーバーラップ率の影響 が異なるなどのそれぞれの特徴があることが報告されてい る。総じて精度は数 cm 以内と高いが、一方でソフトによ る違いや10cm近い誤差が報告されている点はやはり注 意を要する。他にも画像が全体的に湾曲するボウルエフェ クトなども知られており、三次元モデルにはこうした検出 しにくいエラーが内包されるケースもある。ソフトの多く

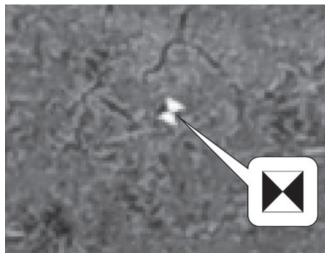


図10 取得画像中の航空測標

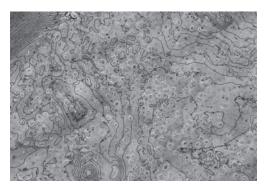
が全自動に近いだけに、一般のユーザーはこうしたエラー に気づきにくいため、これらの検出や計測の再現性についてのさらなる検証が待たれる。

# 4.5. イラク・クルディスタンでの実践例

イラク・クルディスタンでは、UAV によるテル型遺跡 の計測を2015年5月から実施している。これまで、ヤー シーン・テペ、グルディ (グルド-イ)・トゥレ (Grd-i Tle)、カラート・サイード・アハマダン、ログルダーン (Logrdan)、チャルモ (Charmo) (ジャルモ (Jarmo) の クルド語呼称)、トゥルーカカ (Tulukaka) 等の遺跡で計 測を実施した。1周波 GNSS による高精度計測で取得した GCPを基に図化したヤーシーン・テペ遺跡の検証結果に ついて報告する。計測にあたっては、3cm×3cmおよび 5 cm×5 cm の航空測標を GCP として、これらをなるべく 偏りなく設置した (図10)。設置したGCPを1周波 GNSSにより一点あたり3分から5分計測し、後処理によ り処理を行った。結果からは平均的なばらつきは概ね 3cm 以内に収まっていることが確認された。これらの GCPのうち17点をもちいて画像SfM処理を行い、三次 元モデルと DEM、そしてオルソ画像の作成を行った。

検証用の GCP を十分に収集する余裕がなかったが、処 理に使用しなかった4点のGCPを検証点として確認する と画像中の航空測標の中心と完全に重なっており、5cm 以内の精度が達成されているものと考えられる。画像 SfM をもちいたカメラパラメータ計算時の RMSE (残差 平方和) は GCP の整合からみる平均誤差は約 18 cm と推 定された。画像中の GCP とその座標値との重なりに比べ ると18cm はやや大きい印象を受ける。誤差を大きめの 20 cm とすると、図面の線を 0.3 mm で描画したとして縮 尺 1/600 が達成できる精度であり、もし検証点が示す誤差 である 5 cm 以内を採用すれば 1/150 の図面に相当する。 テル状遺跡は、1) 基本的に段階的ななだらかな傾斜の変 化を示し上空からの死角が少ない、2) 範囲が広い場合で も 50~60 ha と回転翼機の航続距離に適合的である、3) 立木のような植生も少ないという、UAV と SfM を組み合 わせた計測の対象として理想的であるといえる。ただし、 植生については草本であっても密な場合は高さを拾ってし まうため可能な限り刈り取りが終わった季節に撮影するこ とが望ましい (Tsuneki et al. 2016)。

画像中ではレンガなどの遺物もかなり明瞭に確認する事が可能であった。Tsuneki et al. 2016でも報告した通り、UAVからは土壌の色の違い、地形の分類、遺物の散乱状況などから発掘区設定における様々な予察的情報を得ることが可能であった(図11)。



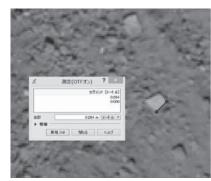




図 11 盗掘穴の検出例 (左)、画像中のレンガ検出と長さの計測 (画像内計測値は 0.264 m) (中)、 1 m スケールの計測結果 (画像内計測値は 1.008 m) (右)。

また、標高データより等高線を生成する過程で、盗掘穴も明瞭に検出された(図11左)。この盗掘穴の検出は予期しないものではあったが、遺跡の破壊状況を知るためのひとつのデータとしても有益であると思われる。

#### 4.6. 小結

以上、本章では、UAVを中心とした計測と関連する要素技術の紹介および実践例を中心に紹介した。このUAV、1周波GNSS、画像SfMのセットの統合的利用は、大縮尺地形図および遺構記録のための時間、価格、人員というコスト改善が見込めるだけでなく、発掘のための予察、空間アーカイブのデータ作成手法としても有効であった。本報告あるいはTsuneki et al. 2016で示した通り、UAVから生成されたデータは、発掘を進めるうえでの具体的な足がかりを与えてくれるとともに、踏査と極めて近い感覚で現地の俯瞰を可能としてくれる。発掘の事前・最中・事後における様々な情報を集約する基本データとして、今後さらに重要性が増していくものと思われる。

特に高分解能画像・DEMの特徴を生かした判読と応用は、「これまでの手法の代替」ではなく、これまで存在しなかった新たなデータであり情報である点を強調しておきたい。例えば、こうした遺跡および周囲の詳細な空間情報が増加することは、昨今の情報のネットを介したアーカイビングとリンクすることで、考古学 GIS に新たな分析手法につながる可能性が高い。ともすれば考古学 GIS は、広域の遺跡分布の分析ツールあるいは一遺跡の独立した空間データベースという位置づけで使用されてきた。しかし、本報告で述べたような UAV による空間データはこの間を埋め、遺跡およびその周辺を含めた微地形遺跡立地分析を可能とする。この事は、考古学 GIS が個々の遺跡の空間的な「個性」にまで踏み込めるようになったことを意味している。そのうえで広域の遺跡分布とも連携することで、遺跡周辺の地形・遺構の構成というミクロから地域性

というマクロまでをシームレスに観察する分散統合型の考 古学データプラットフォームとしての将来像が期待される。

最後に、課題についても整理しておきたい。まずは計測結果の精度についてであるが、これまで精度検証を行った先行研究の多くが高い精度が達成できることを示している(近津ほか 2016)。しかし、異なるカメラをもちいた時や、GCPの精度や配置が不適切なときなど、一見すると三次元モデルが生成されていても、幾何的に歪みが生じていることがままある。異なるカメラによる画像でも処理できることが画像 SfM の一つの利点とされているが、必ずしも常に正確な結果が得られるわけではないという事には注意が必要である。こうしたエラーについての再現性や、「不適切」の閾値などが体系だって示されていないのが現状であり、今後の検討課題であるといえるだろう。

もう一つは、デジタルで記録保存するという事自体につ いての理解である。いかに適切に計測が実施できたとして も、データは現実の遺跡・遺構の「形状・テクスチャの み | が「劣化保存 | されたものであることに変わりはな い。現場における計測の効率化は同時に現実の対象物と相 対する時間を縮めることと裏表の関係にあるといえる。こ うしたある意味「リアル」で「バーチャル」な効率的記録 保存が可能となることで、安易な遺跡の破壊が進行や調査 の簡略化にばかり焦点が集中することに注意は必要であろ う。また、3D レーザースキャンの応用においてもすでに よく言われることであるが、計測の精緻化とデータ量の関 係も無視できない。計測の精緻化は同時にデータ量の増大 を意味する。特に膨大な3次元点群は数~数十Gbyteに なることも珍しくない。徒にデータ量を増やすことなく適 切な記録を行うためには、どのような目的でどこまでの精 度・精緻さで計測するかというコストとのトレードオフの 理解と決定が必要となる。

(渡部展也)

#### 5. テル型遺跡調査の課題と展望

以上、私たちがクルディスタンのフィールド調査で利用する調査手法について紹介してきたが、それぞれの手法に長所も短所もあることが明らかとなったと思う。しかし、地中探査と UAV を利用した測量調査を組み合わせることで、発掘調査だけでは得られなかった集落の性格や構造に関するデータが得られるのである。より具体的な成果は、今後明らかにしてゆく所存だが、ここでは、それぞれの手法の課題をまとめ、将来の展望を示しておきたい。

地中探査に関しては、探査対象の状況(地表面の植生や 凸凹状態、土壌の磁性や水分含有量など)、器材の分解 能、深度、汎用性の限界、ならびにデータの分析方法など によって成果が変わってくる。さらに対象とする遺構の建 材が焼成煉瓦、日干煉瓦、あるいは石組みなのかによって も成果に違いがでてくる。クルディスタンの調査でも各調 査団の成果を比較しながら、どのような手法がどのような 遺跡の状況の場合に有効なのか、検討してゆくことが必要 となるであろう。カラート・サイード・アハマダン遺跡の 場合は、磁気探査よりは GPR 探査で遺構の痕跡がより明 確に観察できた。しかし、この遺構がどの時代のもので、 遺構同士がオーバーラップしていないのかどうかは、発掘 調査で確認するしかない。幸い、いくつかの壁らしきもの に関しては、GPR 探査のものと合致することが判明した が、今後、発掘調査の範囲を広げて検証することが大切で ある。

将来的には地中探査の成果をUAVで計測した詳細な地 形図に重ね合わせることで、より正確な集落構造を予測す ることができると考える。またそれにより地域レベルの研 究でいえば、セトルメント・パターンの1つの点でしかな かった遺跡について、単に遺跡の規模だけからではなく集 落構造からその性格を推測することが可能となるのではな いだろうか。

一方、UAVを利用した調査では、UAV、GNSS および SfM のセットによる計測・分析から、遺跡の周辺を含めた地形図からやがては遺構の記録までも、時間、価格、人員を削減したコスト改善が見込めることが明らかとなった。3年ほど前に発表されたトルコでの UAV と GNSS を利用した遺跡測量のための器材は 200 万円をゆうに超える価格であったが(e.g. Roosevelt 2014)、これが現在では撮影用カメラやコンピュータを含めて数十万円以下の価格でも実施が可能となっている。

また単にコスト改善だけでなく、第3章でも強調しているように UAV を利用した調査で得られる高分解能画像・DEM は、これまでになかった「新たなデータ」なのであり、このデータからテル型遺跡の調査研究に関するさまざまな戦略を確立することが可能となる。例えば、正確な遺

跡の微地形図に、地中探査の成果、さらに地表面の遺物分布のサンプリング成果や、地表面に残るさまざまな痕跡を書き込むことで、発掘前に集落構造を推測することが可能となる。これに発掘調査の成果を合わせることで、以前よりも迅速かつ正確に集落の性格や機能にアプローチできるようになるだろう。なお、前述したようにクルディスタン地域で、UAVは活用され始めているものの、まだ私たちのように地形図を作成し、それをもとに遺跡を研究する事例はまだ報告されていないように思う。しかし、今後UAV、GNSS、およびSfMのセットが広まるについて、私たちのような事例も増えてくると予測される。

昨今 UAV を利用する調査が急速に広まっているのは、 なによりも器材が以前のものと比較して安価であること と、操作の簡便性によるところが大きい。しかし、重要な のは、やみくもに記録し、データを収集することではな く、目的意識をもって調査をすすめることである。これは 過去に遺跡の記録や分析の手法としてリモートセンシン グ、GIS、3D レーザースキャニングなどの技術がフィー ルド調査の分野に登場してきた際にも唱えられたことでも ある。新しい技術は、つねに魅力的でそれによって何かが 新しく判明するのではないかと期待させるものがある。し かし、実際には、その技術の利用目的が何で取得したデー タから何を読み取ろうとするのかが重要なのであり、それ こそが調査団の枠を超えて研究者の間でオープンに議論し てゆく必要があると考えている。UAV を利用した調査と 地中探査の組み合わせは、テル型遺跡の調査方法を劇的に 変えてゆく可能性を秘めたものである。だからこそ、 フィールド調査の方法を再検討し、情報を交換・共有する ことで、より良質のデータが取得でき、長期的に見れば学 界全体の研究レベルの向上があるのではないだろうか。

(西山伸一)

# おわりに

本稿では、イラク・クルディスタン地域での調査を事例にあげ、地中探査と UAV を中心とする測量調査からみたテル型遺跡の調査方法について紹介し、議論してきた。テル型遺跡の調査は、かつて遺跡自体の発掘調査が主体であった時代から、遺跡とその周辺景観を視野にいれた地域レベルの調査と遺跡内を対象とする集落レベルの調査の双方のレベルで学際的な調査を進めていくことが求められるようになっている。ここで紹介したのは後者のレベルであったが、将来的には地域レベルの事例も示してゆきたい。

本稿で紹介した調査手法のうち UAV を利用した測量調査は、世界的に急速に広まっている。このような新しい技術は、長所と短所を性格に理解した上で、目的意識をもって活用することが重要と考える。また UAV の調査と地中

探査を組み合わせることで、テル型遺跡をより詳細かつダイナミックに研究することが可能となる。

従来テル型遺跡は、その調査方法については南レヴァント地方などの少数の事例を除きこれまであまり議論されることがなかった。UAVによる空撮・測量調査、地中探査、詳細な表面調査、および発掘調査を合わせることで、これまでよりも詳細かつ短期間で集落構造を把握でき、ひいては集落の性格にまで踏み込むことが可能になると思われる。そのためにも研究者間での議論・検討が不可欠である。我々が対象とするスレーマニー県の遺跡のうち、2016年9月に発掘が開始されたヤーシーン・テペ遺跡の調査は、上述の技術を検証するパイロットケースとしても始動している。今後その成果を公表することでテル型遺跡の調査手法をより具体的に提示できればと考えている。

(西山伸一)

#### 謝辞

イラク・クルディスタン地域での調査実施にあたっては、クルディスタン地域政府文化財総局アプーバクル・ゼイナッディーン総裁(Abubakir Zeineddin)、スレーマニー文化財局のカマール・ラシード・ラヒーム局長(Kamal Rasheed Raheem)、同局発掘調査部門サーベル・アフマド・サーベル部長(Saber Ahmad Saber)、スレーマニー国立博物館ハーシム・ハマ・アブドゥッラー館長(Hashim Hama Abdullah)などから毎年変わらぬ全面的サポートをいただいていることに深く感謝申し上げます。中部大学工学部の海老沼拓史先生からはGNSSに関するご指導を、また2名の査読者の先生方からは有益なご意見をいただいたことに御礼申し上げます。

資金面に関しては科学研究費補助金・新学術領域研究(研究領域 提案型)「西アジアにおける現生人類の拡散ルート―新仮説の検証― (課題番号 24101002)」(代表:常木晃・筑波大学教授)、および中部 大学教育研修費等の支援を受けました。

#### 註

- 1) いわゆる「ドローン (Drone)」。計測分野ではドローンは無人攻撃機を連想させることもあるため、より中立的なイメージを持つ UAV という用語が使用されることが多い。
- 2) 本稿は、第21回日本西アジア考古学会大会(2016年6月:立 教大学)で開催されたミニセッション「イラク・クルディスタンの考古学とその展望:ペシュダール平原からシャフリゾール 平原まで」での発表が基礎となっている。
  - 当日のプログラムは以下のとおりであった。

# 趣旨説明(常木晃)

- 1. ペシュダール平原とチェムチェマル地区の先史時代(常木 星)
- 2. ペシュダール平原とシャフリゾール平原の鉄器時代(西山伸一)
- 3. テル型遺跡の地中探査(辰巳 祐樹)
- 4. UAV を利用したテル型遺跡の分布調査 (渡部 展也)
- 5. 考古学と地理情報科学からみたテル型遺跡の調査手法(西山 伸一・渡部 展也)
- 3) もちろん低空を飛べばより詳細な写真を撮影できるため、例外 もある。ここでは、一般的な地図作製用の航空測量用の写真、

- あるいは RAF のアーカイブ等にみる歴史的航空写真の多くを意図している。
- 4) ただし、これは計測が安定した状態で電源を切らず、また上空に 遮蔽物が無い状態における計測点間の移動を想定した場合である。

#### 参照文献

- Altaweel, M. 2008 *The Imperial Landscape of Ashur: Settlement and Land Use in the Assyrian Heartland.* Heidelberger Studien zum Alten Orient 11. Heidelberg, Heidelberger Orientverlag.
- Altaweel, M., A. March, S. Mühl, O. Nieuwenhuyse, K. Radner, K. Rasheed and S. A. Saber 2012 New Investigations in the Environment, History, and Archaeology of the Iraqi Hilly Flanks: Shahrizor Survey Project 2009-2011. *Iraq* 74: 1-35.
- Becker, H., J. Fassbinder and F. Chouker 1994 Magnetisch und Elektrische Prospektion in Munbāqa/Ekalte 1993. *Mitteilungen der Deutschen Orient-Gesellschaft zu Berlin* 128: 65-80.
- Blakely, J. A. and L. E. Toombs 1980 The Tell el-Hesi Field Manual. The Joint Archaeological Expedition to Tell el-Hesi 1. American Schools of Oriental Research, Excavation Reports. Cambridge, MA, American Schools of Orinetal Research.
- Braidwood, R. J. and B. Howe 1960 Prehistoric Investigations in Iraqi Kurdistan. Studies in Ancient Oriental Civilization 31. Chicago, The University of Chicago Press.
- Braidwood, L. S., R. J. Braidwood, B. Howe, C. A. Reed and P. J. Watson (eds.) 1983 *Prehistoric Archaeology along the Zagros Flanks*. Oriental Institute Publications 105. Chicago, The Oriental Institute of the University of Chicago.
- Casana, J. and J. Cothren 2008 Stereo Analysis, DEM Extraction and Orthorectification of CORONA Satellite Imagery: Archaeological Applications from the Near East. *Antiquity* 82: 732-749.
- Catanzariti, A. and C. Baccarin 2015 Qara Dagh Regional Archaeological Project. In K. Kopanias, J. MacGinnis and J. Ur (eds.), *Archaeological Projects in the Kurdistan Region in Iraq*, 37. The Directorate of Antiquities of Kurdistan.
- Cherry, J. 1983 Frogs around the Pond: Perspectives in Current Archaeological Survey Projects. In D. Keller and D. Rupp (eds.), Archaeological Survey in the Mediterranean Area, 375-416. BAR International Series 155. Oxford, BAR.
- Cherry, J. 2003 Archaeology beyond the Site: Regional Survey and its Future. In J. Papadopoulos and R. Leventhal (eds.), Theory and Practice in Mediterranean Archaeology: Old World and New World Perspectives, 137-160. Cotsen Institute of Archaeology, Advanced Seminars 1. Los Angeles, Costen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles.
- Christopherson, G. L. and L. G. Herr 1997 *Madaba Plains Project: Archaeological Survey Manual*. http://www.casa.arizona.edu/MPP/surv\_man/mppsurv\_man.html. (2016年10月10日閲覧).
- Dever, W. G. and H. D. Lance 1978 *A Manual of Field Excavation: Hand-book for Field Archaeologists*. Cincinnati, Hebrew Union College.
- Garrod, D. A. E. 1930 The Palaeolithic of Southern Kurdistan: Excavations in the Caves of Zarzi and Hazar Merd. *Bulletin of the American School of Prehistoric Research* 6: 9-43.
- Giraud, J. 2015 Sulaimania Governorate Archaeological Survey. In K. Kopanias, J. MacGinnis and J. Ur (eds.), Archaeological Projects in the Kurdistan Region in Iraq, 48. The Directorate of Antiquities of Kurdistan.

- Gondet, S. and C. Castel 2004 Prospection géophysique à Al-Rawda et urbanisme en Syrie au Bronze Ancien. *Paléorient* 30/2: 93-109.
- Herr, L. G. 2011 Excavation Manual: Madaba Plains Project (2011 revised edition). URL: http://www.madabaplains.org/umayri/excavation-manual.html. (2016 年 10 月 10 日閲覧).
- Johnson, G. A. 1973 Local Exchange and Early State Development in Southwestern Iran. Museum of Anthropology University of Michigan, Anthropological Papers 51. Ann Arbor, Museum of Anthropology, University of Michigan.
- Kaneda, A., Y. Ahmad Nawabi and H. Yamaguchi 2015 Application of Structure from Mortion [sic] in Japanese Archaeology. In Y. N. Yen, K. H. Weng and H. M. Cheng (eds.), *The International Archive of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W7, 2015: 25<sup>th</sup> International CIPA Symposium 2015, 31 August-04 September 2015, Taipei, Taiwan, 235-239. http://www.int-archphotogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-W7/235/2015/isprsarchives-XL-5-W7-235-2015.pdf (2017 年 1 月 10 日閲覧).
- Kepinski, C. and A. Tenu 2015 Upper Tanjaro Archaeological Survey. In K. Kopanias, J. MacGinnis and J. Ur (eds.), Archaeological Projects in the Kurdistan Region in Iraq, 51. The Directorate of Antiquities of Kurdistan
- Kepinski, C. and A. Tenu 2016 Two Seasons of Excavations at Kunara (Upper Tanjaro): An Early and Middle Bronze Age City. In K. Kopanias and J. MacGinnis (eds.), *The Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions*, 139-145. Oxford, Archaeopress.
- Kopanias, K., J. MacGinnis and J. Ur (eds.) 2015 *Archaeological Projects in the Kurdistan Region in Iraq*. The Directorate of Antiquities of Kurdistan.
- Kopanias, K. and J. MacGinnis (eds.) 2016 The Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions. Oxford, Archaeopress.
- Læssøe, J. 1959 *The Shemshāra Tablets: A Preliminary Report*. Det Kongelige Danske videnskabernes selskab. Arkæologisk-kunsthistoriske meddelelser Bd. 4, Nr. 3. København, Munksgaard.
- Matney, T. and G. Algaze 1995 Urban Development at Mid-Late Early Bronze Age Titriş Höyük in Southeastern Anatolia. *Bulletin of the American Schools of Oriental Research* 299/300: 33-52.
- Morandi Bonacossi, D. 2015 Land of Nineveh Archaeological Project. In K. Kopanias, J. MacGinnis and J. Ur (eds.), Archaeological Projects in the Kurdistan Region in Iraq, 27. The Directorate of Antiquities of Kurdistan
- Peregrine, P., A. Bell, M. Braithwaite and M. Danti 1997 Geomagnetic Mapping of the Outer Town. *MASCA Research Papers in Science and Archaeology* 14: 73-84.
- Pfälzner, P. and P. Sconzo 2015 The Eastern Habur Archaeological Survey in the Dohuk Region of Iraqi-Kurdistan, First Interim Report. *Zeitschrift für Orient-Archaeologie* 8: 90-122.
- Pfälzner, P. and P. Sconzo 2016 From the Banks of the Upper Tigris River to the Zagros Highlands. The First Season (2013) of the Tübingen Eastern Habur Archaeological Survey. In K. Kopanias and J. MacGinnis (eds.), *The Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions*, 323-332. Oxford, Archaeopress.
- Philip, G., D. Donoghue, A. Beck and N. Galiatsatos 2002 CORONA Satellite Photography: An Archaeological Application from the Middle East. Antiquity 76: 109-118.
- Radner, K., A. Ašandulesei, J. Fassbinder, T. Greenfield, J. Herr, J. Kreppner and A. Squitieri 2016 In the Neo-Assyrian Border March of the Palace

- Herald: Geophysical Survey and Salvage Excavations at Gird-i Bazar and Qalat-i Dinka (Peshdar Plain Project 2015). In K. Kopanias and J. MacGinnis (eds.), *The Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions*, 353-367. Oxford, Archaeopress.
- Roosevelt, C. H. 2014 Mapping site-level microtopography with Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite Systems (RTK GNSS) and Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry (UAVP). *Open Archaeology 2014* 1: 29-53. https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/opar.2014.1.issue-1/opar-2014-0003/opar-2014-0003.pdf (2017 年 1 月 10 日閲覧).
- SAA 2016 = Society for American Archaeology 2016 The SAA Archaeological Record, Vol. 16/2: Special Issues: Drones in Archaeology. http:// www.saa.org/Portals/0/SAA/Publications/thesaaarchrec/SAA\_Record\_ March2016.pdf(2017 年 1 月 10 日閲覧).
- Schwartz, G. 2016 Kurd Qaburstan, A Second Millennium BC Urban Site: First Results of the Johns Hopkins Project. In K. Kopanias and J. Mac-Ginnis (eds.), The Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions, 385-402. Oxford, Archaeopress.
- Smith, Neil G., L. Passone, S. al-Said, M. al-Farhan and T. E. Levy 2014 Drones in Archaeology: Integrated Data Capture, Processing, and Dissemination in the al-Ula Valley, Saudi Arabia. *Near Eastern Archaeology* 77(3): 176-181.
- Solecki, R. S. 1971 Shanidar, the First Flower People. New York, Knopf.
- Ştefan, D. and M. M. Ştefan 2016 The Drones are coming. What to Choose? Low and Medium Altitude Aerial Archaeology on Limes Transalutanus. *Journal of Ancient History and Archaeology* 3/2: 25-35.
- Summers, G. and F. Summers 1998 Kerkanes Dağ Project. In R. Matthews (ed.), Ancient Anatolia: Fifty Years' Work by the British Institute of Archaeology at Ankara, 177-194. Oxford, British School of Archaeology in Ankara
- Trigger, B. G. 2006 *A History of Archaeological Thought, Second Edition*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Tsuneki, A., K. Rasheed, S. A. Saber, S. Nishiyama, R. Anma, B. B. Ismail, A. Hasegawa, Y. Tatsumi, Y. Miyauchi, S. Jammo, M. Makino and Y. Kudo 2015 Excavations at Qalat Said Ahmadan, Slemani, Iraq-Kurdistan: First Interim Report (2014 Season). Al-Rāfidān 36: 1-50.
- Tsuneki, A., K. Rasheed, S. A. Saber, S. Nishiyama, N. Watanabe, T. Greenfield, B. B. Ismail, Y. Tatsumi and M. Minami 2016 Excavations at Qalat Said Ahmadan, Slemani, Iraq-Kurdistan: Second Interim Report (2015 Season). *Al-Rāfidān* 37: 89-142.
- Ur, J. A. 2003 CORONA Satellite Photography and Ancient Road Network: A Northern Mesopotamian Case Study. *Antiquity* 77: 102-115.
- Ur, J. A. 2010 Tell Hamoukar, Volume 1. Urbanism and Cultural Landscapes in Northeastern Syria: The Tell Hamoukar Survey, 1999–2001. Oriental Institute Publications 137. Chicago, The Oriental Institute of the University of Chicago.
- Ur, J. A., L. de Jong, J. Giraud, J. F. Osborne and J. MacGinnis 2013 Ancient Cities and Landscapes in the Kurdistan Region of Iraq: The Erbil Plain Archaeological Survey 2012 Season. *Iraq* 75: 89-118.
- Wernke, S. A., J. A. Adams and E. R. Hooten 2014 Capturing Complexity: Toward an Integrated Low-Altitude Photogrammetry and Mobile Geographic Information System Archaeological Registry System. Advances in Archaeological Practice 3: 147-163.
- Whallon, R. 1979 An Archaeological Survey of the Keban Reservoir Area of East-Central Turkey. Memoirs of the Museum of Anthropology University of Michigan 11. Ann Arbor, University of Michigan, Museum of

Anthropology.

- Whitely, T. G. 2015a Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Documenting and Interpreting Historical Archaeological Sites: Part I-Attack of the Drones. *Technical Briefs in Historical Archaeology* 9: 34-40.
- Whitely, T. G. 2015b Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Documenting and Interpreting Historical Archaeological Sites: Part II-Return of the Drones. *Technical Briefs in Historical Archaeology* 9: 41-48.
- Wilkinson, T. J. 1990 Town and Country in Southeastern Anatolia, Vol. 1: Settlement and Land Use at Kurban Hüyük and other Sites in the Lower Karababa Basin. Oriental Institute Publications 109. Chicago, The Oriental Institute of the University of Chicago Press.
- Wilkinson, T. J. 2003 Archaeological Landscapes of the Near East. Tucson, University of Arizona Press.
- Wilkinson, T. J. and D. J. Tucker 1995 Settlement Development in the North Jazira, Iraq: A Study of the Archaeological Landscape. Iraq Archaeological Reports 3. Warminster, Aris and Phillips.
- 石黒聡士・熊原康博・後藤秀昭・中田 高・松多信尚・杉戸信彦・ 廣内大助・渡辺満久・澤 祥・鈴木康弘 2014「UAV による空 撮と SfM-MVS 解析による地表地震断層の地形モデル作成とそ の精度: 2014 年 11 月長野県北部の地震を例に(UAV 小特集: 最新法規から応用技術まで)」『日本リモートセンシング学会誌』 36 巻 2 号 107-116 頁。
- 大津忠彦・下釜和也 2014「イラク・クルディスタンの考古学―課題と可能性―」『筑紫女学園大学・短期大学部人間文化研究所年報』25号 1-18頁。
- 小高敬寛 2014「イラク・クルディスタン、スレイマニヤ県における考古学調査の近況」『西アジア考古学会通信』36号 8頁。
- 金田明大 2014「UAV と SfM による遺跡の三次元計測」『日本文化 財科学会大 31 回大会研究発表要旨集』372-373 頁 日本文化財 科学会。

- 柴田大輔 2014「クルディスタン・イラク発掘調査への道」『2012-2016 年科学研究費補助金・新学術領域研究(研究領域提案型) 現代文明の基層としての古代西アジア文明 Newsletter』3 13-15 頁。
- 近津博文・小高明彦・柳 秀治・横山 大 2016「UAV 写真測量における三次元モデリングソフトウェアの性能評価」『写真測量とリモートセンシング』55巻2号 117-127頁。
- 常木 晃 2016「筑波大学のイラク・クルディスタン地域における 考古学調査」『2012-2016 年科学研究費補助金・新学術領域研究 (研究領域提案型) 現代文明の基層としての古代西アジア文明 Newsletter』7号 1-6頁。
- 常木 晃・西山伸一・A. サーベル・長谷川敦章・辰巳祐樹・宮内優子 2015「肥沃な三日月地帯東部の新石器化・都市化一イラク・クルディスタン、カラート・サイド・アハマダン遺跡調査(2014年)」『平成26年度 考古学が語る古代オリエント:第22回西アジア発掘調査報告会報告集』26-33頁 日本西アジア考古学会。
- 常木 晃・西山伸一・A. サーベル・渡部展也 2016「肥沃な三日月 地帯東部の新石器化・都市化一イラク・クルディスタン、カ ラート・サイド・アハマダン遺跡調査 (2015年)」『平成27年 度 考古学が語る古代オリエント:第23回西アジア発掘調査報 告会報告集』30-37頁 日本西アジア考古学会。
- 長谷川敦章 2014「イラク・クルディスタン自治区スレイマニア県 における予備的調査」『2012-2016 年科学研究費補助金・新学術 領域研究(研究領域提案型) 現代文明の基層としての古代西ア ジア文明 Newsletter』4号 17-22頁。

西山 伸一 中部大学人文学部 Shin'ichi NISHIYAMA College of Humanities, Chubu University

常木 晃

筑波大学大学院人文社会科学研究科

Akira TSUNEKI

Graduate School of Humanities and Social Sciences, University of Tsukuba

> 渡部 展也 中部大学人文学部 Nobuya WATANABE College of Humanities, Chubu University

> > 辰巳 祐樹

筑波大学大学院人文社会科学研究科一貫制博士課程

Yuki TATSUMI

Graduate School of Humanities and Social Sciences, University of Tsukuba