

地中レーダー探査による遺跡の捉え方

——記録保存調査への導入とその実際——

How to Interpret The Archaeological Remains through Ground
Penetrating Radar Exploration.

—— Introduction to Emergency Investigation and its Practice ——

宮原俊一

MIYAHARA Shunichi

Abstract

Ground Penetrating Radar exploration aims to obtain information about the archaeological remains without or before digging. Any excavation exposes the archaeological remains to destruction, but with sufficient information before digging, it is possible to avoid unnecessary destruction and ensure that proper excavation is carried out in the correct location. How should we interpret the remains based on the results of GPR exploration?

In this paper, I will explain the verification process and also consider its usefulness and active use in excavation of the archaeological remains, particularly in the emergency investigation.

はじめに

東海大学考古学研究室では、古墳をはじめとする各地の遺跡で地中レーダーによる遺跡探査を実施してきた。長野県松本市の弘法山古墳や福島県郡山市大安場古墳群での探査では、埋葬施設の位置や葺石の広がりを確認することを探査の主目的としていた。しかし、弘法山古墳では、50年ほど前に行われた発掘の調査範囲をレーダー波で確認することとなった。また、大安場古墳群4・5号墳においても、周溝を確認するために近年実施した調査の後に、遺跡保護を目的に埋め戻した土または土囊に対してレーダー波は反応してしまった（宮原ほか2024）。

このように、地中にあるはずのものを探すことを目的に行った遺跡探査では、予期せぬ地中の痕跡までも拾い上げてしまい、期待はずれの結果に終わってしまう場合もある。それは、探査の目的を「どこに、どのようなものがあるのか」としているからであり、例えば古墳での探査で、「どこに埋葬施設があるのか」を遺跡探査の目的に設定した場合、その答えを出すことができなければ、探査は失敗ということになる。

しかし、予期せぬ地中の痕跡もまた、遺跡の中にあっては重要な地中の情報である。地中レーダー探査では、遺構・遺物の古さや遺物の材質を特定することはできないが、埋葬施設であ

れ、ごく最近の発掘調査の痕跡であれ、その大きさや形状という情報は時代の区別なくレーダーの波形として確認することができるのである。地中レーダー探査では、この波形をどのように読み解くかが鍵となる。

そこで本稿では、これまでに筆者が実施してきた地中レーダー探査の結果から、どのように遺跡（遺構）を捉えたのか、または捉えるべきなのかという検証の過程を解説し、さらに埋蔵文化財の発掘調査、とりわけ記録保存調査での有用性と積極的な活用について考えていきたい。

1. 事前調査としての遺跡探査

遺跡の発掘調査に地中レーダー探査をはじめとする遺跡探査を導入する意義を、佐藤源之氏は3つ挙げている。1. 発掘による遺跡の破壊防止、2. 遺跡の分布範囲を予測、3. 発掘できない遺跡を精密に可視化、である（佐藤2016）。そして、この3つの意義は、遺跡・遺構を「発見」することではなく、すでに存在のわかっている場所を、より詳しく測定し、より多くの情報を掘らずに、または掘る前に得ることを目的としている。どのような発掘調査でも、遺跡は破壊にさらされることから、掘る前に十分な情報があれば、必要以上の破壊を防止することもでき、正確な場所で適切な発掘調査を行なうことができるのである。先に古墳探査で例を示したように、予期せぬ地中の痕跡も、発掘調査を前提にした場合はこれが有効な情報になるのである。遺跡探査の目的は、「どこに、どのようなものがあるのか」を事前に知ることだけではないのである。

こうした考えの中、筆者が青森県六ヶ所村金堀沢遺跡で実施した地中レーダー探査の目的は、古墳探査時の目的とは異なるものであった。当地における遺跡探査の目的は、発掘調査が終了し埋め戻した竪穴住居址と未調査の遺構、この両者で探査結果を比較することにより、未調査遺構を発掘することなく竪穴住居址として認定し、その規模や形状を知る、というものであった（宮原ほか2023）。当遺跡に限り、未調査遺構の正確な場所を特定することは簡単であった。それは、平安時代（10世紀）の竪穴住居址が現在でも窪地として残る遺跡だったからである（松本ほか2018）。つまり「どこに」という地中レーダー探査で知るべき情報がすでに用意されていたため、調査を終えた遺構でのレーダー反応と未調査遺構のそれを比較することで、竪穴住居址の規模や形状を推定することが可能だったのである。こうした実験的な試みは、必要以上に遺跡が壊されることのない学術調査の中でのみ許された検証作業であった。

ところで、本稿では発掘調査と遺跡探査を明確に分けている。遺跡の発掘調査とは、土を掘り、土中にある遺構や遺物—埋蔵文化財—を発見しながら、その遺跡がもつ特徴を正確かつ公正に評価できるよう記録する。土を取り除き、場合によっては繊細な作業も要求されるが、直接、遺構や遺物に触れ、これらを取り扱うことができるため、遺跡から過去の歴史を再現するための手段としては発掘調査に並ぶ方法はないが、遺跡の破壊が前提となる。一方、遺跡探査は非破壊的手法で行われる遺跡調査法の総称である。遺構や遺物の影響によって地表に現れる痕跡を、遺跡上空からの写真や衛星画像などで読み解く判読と、地中内部の状況を物理的な手法で探る物理探査の二者に分けられる（金田2012）。物理探査の一手法である地中レーダー探

査は、送信アンテナから電波を地中に発し、地中にある物体や空洞、地層の境界などによって反射した電波を受信アンテナで受け取り、受信信号（レーダー波形）により地中を可視化する方法である。

可視化されたレーダー波の読み解き、つまりその解釈についてもっとも有効な手がかりを与えてくれるのは、発掘調査の成果である。先に触れた金堀沢遺跡のように、同じ遺跡にありながら、かつ隣接した場所であれば、すでに発掘調査がなされた地点の成果と未調査区でのレーダー探査情報を比較することにより、未調査部についても地中の理解（解釈）が容易となるはずである。これを念頭に、筆者はかねてより自身で発掘した遺跡において検証的な探査を実施してきた^(註1)。なぜなら、検証を重ねることが、未発掘地点における地中の様子を知るもっとも手取り早い方法だと考えたからである。以下にこうした検証探査の実例をみていきたいと思う。

2. 発掘調査区と隣接する未調査地点 —今宮遺跡—

(1) 発掘調査による遺跡の概要

東海大学湘南校舎（神奈川県平塚市）内にある今宮遺跡では、新食堂建設に先だち、2000年8月から12月にかけて発掘調査が行われた（宮原2006）。発掘調査面積は約900㎡となり、植栽帯となる調査区全域には、コンクリートブロックを包含する盛り土が50cmから1mの厚さで堆積していた。土層観察用のトレンチでは、盛り土下部に約30cmの厚さで黒色スコリアを含む暗茶褐色土が堆積し、この直下に宝永火山灰（1707年降灰）が確認された。このことから調査区全域では火山灰降灰以前の土層および遺構については良好に残存しているものと考えられた^(註2)。

発掘調査の結果、中世の地下式坑6、土坑（墓）26、集石遺構1、方形竪穴状遺構2、溝状遺構1、小ピット多数が発見された。地下式坑や土坑に伴う遺物は、15世紀後半から16世紀前半を中心とするものであり、地下式坑や土坑からは人骨の出土も確認できたことから、中世の集団墓地（墓域）としての性格をこの遺跡に与えることができた。この墓域をもっとも特徴づけるのが地下式坑の存在であった。中世地下式坑については2007年に全国集成の成果が公表され、神奈川県をはじめとする関東地方における中世地下式坑の様相がわかりやすくなった（佐々木2007）。地下式坑の機能については諸説ある中で、副葬品に相当する遺物が人骨に共存する事例が多く報告されており、これをもって中世の埋葬施設の一形態と捉えるのが自然であろう。今宮遺跡においては地下式坑や墓坑については遺構同士の重複関係がみられず、こうした遺構配置を考えても、一定期間の中で構築された集団墓地のあり方を当遺跡にみる事ができるのである〔図1〕。

発見された6基の地下式坑は全て竪坑とこれにつづく主室（横穴もしくは地下室）から構成されており、主室はローム層中に天井部がつけられている。また、ほとんどの地下式坑は竪坑からの流入土によって主室が埋没しており、これに天井部が崩落したのもあれば、天井部が一部残存し、空洞化した主室も認められた。

以上が今宮遺跡の発掘調査の概要である。本調査は新食堂の建物範囲に限定した調査となったが、調査区外、特に地下式坑や溝状遺構、土坑などの遺構が集中的に認められた西側については、調査区外にも地下式坑をはじめとする遺構が依然残された状況にあると予想された。

そこで、墓域の広がりを確認する上でも地中レーダー探査を実施し、発掘

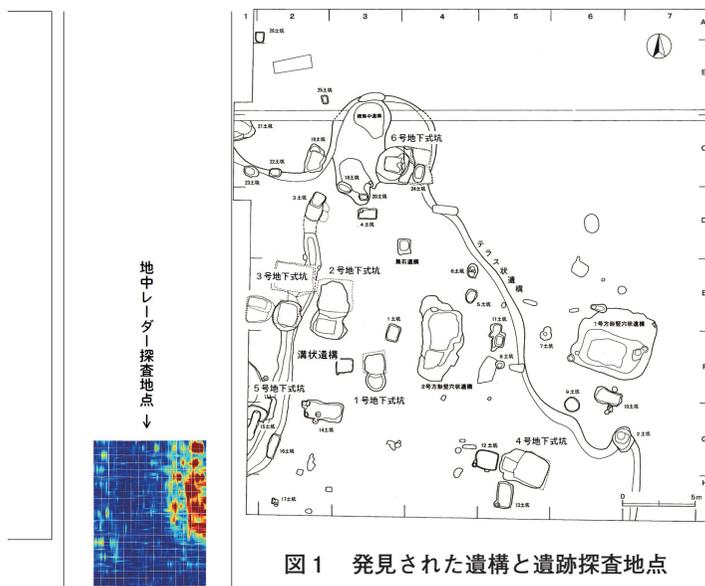


図1 発見された遺構と遺跡探査地点

地点との比較を試みることにした。地中レーダーによる検証探査を行う遺跡として当遺跡を選定した理由は、中世地下式坑が地中に空洞（もしくは流入土・天井崩落ともなう二次的な堆積）をとともなう遺構であることと、遺構としての規模（高さと面積）が大きいと、レーダー波によって遺構の輪郭が明瞭に捉えることができるものと期待したからである。

(2) 未発掘地点における地中レーダー探査

地中レーダーによる検証探査を2020年10月2日に発掘調査区の西側で実施した^(註3)。発掘調査から20年経過したことになるが、探査地とした西側アスファルト路面は発掘当時と変わらず、現在まで埋設管等の掘削をとともなう新たな工事は行われていない。こうしたことから宝永火山灰の上部に堆積する暗茶褐色土や、近世以前に構築された遺構も残存している可能性は高かった。

そこでまず、アスファルト面下の様子をおおよそ把握するため、南北方向1本、東西方向3本、計4本の鉛直断面探査を実施した。その結果、地表下約0.5mに南北方向に伸びるであろう既存の埋設管を確認した。また、地表下1.5m前後で部分的ではあるがレーダー波に反応を認めることができた。これらの結果を参考に、水平断面探査を実施することとした。探査範囲は路面幅に合わせ、東西7.5×10.0m範囲に設定した〔図1左下〕。0.5m測線間隔でグリッドスキャンを実施し、探査深度は2.50mに設定した。走時から深度（地表面下距離）に変換する際に用いたレーダー波の速度は0.080m/nsだが、双曲線較正によって補正した値は0.071m/nsとなり、較正深度は2.30mとなった。

探査の結果、地表下深度GL-0.4mまでは強い反応が現れたが、これは路面となるアスファルトおよび路盤の碎石に含まれる水分が異常に反応したものと考えられる。GL-0.50m前後で埋設管の反応が南北方向に明瞭に現れ、GL-0.65mまで確認できた〔図2-1〕。北側から反応が

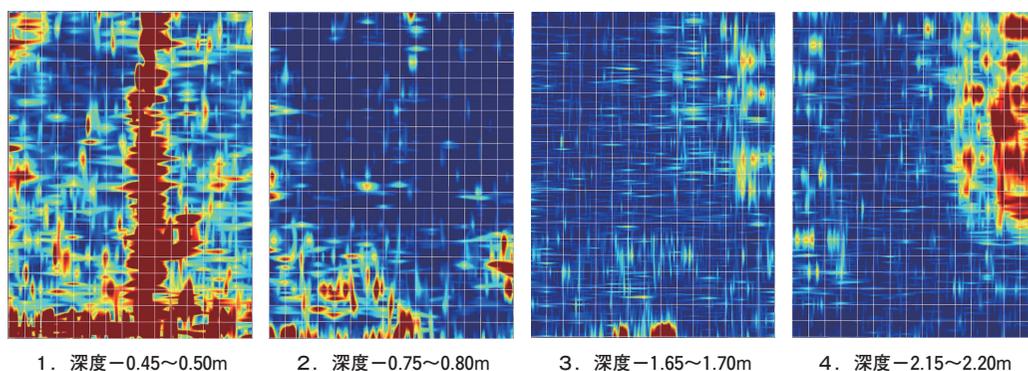


図2 今宮遺跡調査地点での水平断面図

徐々に薄れていくことから、南から北へやや下降する埋設管を捉えたものと判断できる。また、GL-0.50m では探査区南半分で所々に弱い反応が現れ、南西部では GL-0.85m まで連続して見られたが、GL-0.90~1.00m となると、調査区内での反応はほとんど認められなくなった〔図 2-2〕。しかし、GL-1.6m 前後で調査区北東部において反応が現れ〔図 2-3〕、これより下層でも一定の範囲で強い反応を認めることができた。鉛直断面探査で補足した反応体かと考えられる。この反応体は GL-2.15~2.20m で最も強く反応が現れその範囲も明瞭となり、東西幅約 2.0m、南北長約 6.0m の広がりとなった〔図 2-4〕。同地点での反応は、GL-2.20m で徐々に弱まるが、限界深度となる GL-2.30m でも確認することができた。

以上の地中レーダー探査の結果を発掘調査による成果と比較すれば、次のような想定で未調査区の地中を再現することができる。

まず、表層から GL-0.4m で現れた強反応はアスファルトおよび路盤における表層反応によるものと考えられ、これは探査範囲全域におよぶ。深度 0.4m から 0.90m 付近までみられた部分的な反応は、コンクリートブロックを含む盛り土に相当するものと思われる。この盛り土は発掘調査区では南側でより厚く堆積する傾向があり、今回のレーダー探査でも南西部に深くまで反応が認められたことは調査所見とその結果が一致する。さらに、GL-0.90m 以下で反応が見られなくなるのはいわゆる地山であり、発掘調査で暗茶褐色土とした土層を含み、ローム層までの堆積に相当するものと考えられる。宝永火山灰層や腐植土からローム層への移り変わりといった変化は鉛直断面探査でも読み取ることができなかったが、埋蔵物あるいは遺構らしき反応も認められなかった。そして、GL-1.6m になって調査区北東部で弱い反応が現れ、GL-2.15m 前後で明瞭な反応となるが、その範囲は探査区外にも広がるものと思われる。では、この反応体（以下、第 1 反応体とする）をどのように理解すべきか、調査区で発見された遺構を手掛かりに解明してみよう。

(3) 結果の比較による遺構の推定

地中レーダーの探査地点は、今宮遺跡の発掘調査で地下式坑や土坑、溝状遺構が集中する調査区に隣接する標高 46.72m を測るアスファルト路面である。第 1 反応体は、標高 45.10m でそ

の存在が確認でき、最も反応の強い標高44.55mを遺構最下底面と捉えることもできようが、少なくとも44.40mまでは同様の反応が継続して現れた。平面規模だけでも東西2m以上、南北約6mにもおよぶ遺構であれば地下式坑の存在が考えられる^(註4)。調査では地下式坑は6基発見されており、5号地下式坑以外は堅坑とこれに連なる主室から成るものである

この5号地下式坑に関しては、天井部が完全に削平された状態で確認されたことから、主室の側壁や床面の形状から地下式坑と判断した。堅坑は主室同様に削平されており確認できなかった。主室の西半が調査区外となるが、ローム土主体の土が流入土(暗黄褐色土)をはさみ互層となっていることから、天井が削平される以前に天井が一部崩落していたものと考えられる。また、主室底面には人頭大の礫が多数出土したことも、他の地下式坑と酷似していた。主室床面の標高は44.50~44.40mとなり、レーダー波が最も強く反応した標高とほぼ同じであることがわかる。ただし、5号地下式坑はその西半が未調査区にあるとはいえ、第1反応体とはあまりにも距離が離れすぎており、同一遺構とは考えられない。そこで、別の地下式坑の存在を想定した場合、レーダー探査の反応深度から推定し、5号地下式坑と同じく堅穴および主室天井部が削平された地下式坑でなければならない。5号地下式坑については、溝状遺構によって壊されていたとする調査所見から、この溝状遺構の延長上に位置する地下式坑であれば、天井部の掘削を説明できるのである。確かに、第1反応体は溝状遺構の延長上に存在しているため、未知なる地下式坑としてこれを評価することも可能であろう。ただし、その一方で調査・探査の成果は次のような反証も用意することができる。

今宮遺跡で発見された地下式坑の中でも最大規模をもつ3号地下式坑は、幅約2m、堅坑から主室までの軸長は約5mとなる。第1反応体の大きさは幅約2m、長軸約6mとなり、その反応は探査区外にもおよぶことから、さらに大きな遺構の存在を想定しなければならない。地下式坑と判断するにはその規模が大きすぎるのである^(註5)。また、主室床面についても、発見された6基の地下式坑の主室床面の標高が42.2~44.5mの範囲にあり、平均化できるものではなく、いずれも堅坑の深さに左右されるようである。第1反応体の下底面の標高が、5号地下式坑のそれに近いといっても、これを地下式坑の主室底面とする絶対的な根拠にはならないのである。そして、最大の問題が第1反応体の確認地点とその形状である。あたかも、調査区西縁に即して規則的な幅で反応が現れていることから、発掘調査後に新食堂を建設する際の根切り工事で、調査区外にまで余掘りがおよんだ可能性も考えられる。こうした考え方に従えば、第1反応体を即地下式坑(遺構)として認定することはできないのである。

(4) 探査結果の読み解き

以上のように、地中レーダー探査では結果の読み解き方の違いによって、全く異なる解釈を与えてしまう場合もある。最も参考となる発掘の調査結果があるにも関わらず、である。物理探査によってレーダー波が示すのは、土中における誘電率の差によって可視化される土層の境界や地中の空洞、大形の礫などの平面的位置と深さのみである。これらを遺構(または遺物)として認定するには、まずは探査地点における地中の情報を知りうる限り集め、遺跡であれば調査歴を参考に、遺跡を熟知しておかなければならない。遺構を正確かつ迅速に把握するため

にも、本遺跡で試行したような発掘調査とレーダー探査の結果の突き合わせが求められるのである。

そこで次は、明らかに遺構の存在が期待できない建物跡地とこれに隣接する未調査地点との比較をみてみよう。

3. 建物解体跡地と未調査地点 —青柳遺跡—

(1) 青柳遺跡の発掘調査

東海大学は2007年度の事業として、湘南校舎の旧実験棟D館南に売店・休憩所（現：リフレ）を新設することとなった。建設予定地が青柳遺跡（平塚市No17）隣接地に相当することから、試掘調査を実施したところ平安時代の住居址1軒が発見され、工事に先立つ本調査を実施することとなった。また、試掘調査の結果から、青柳遺跡の範囲が大学構内まで拡大し、北側に広げられた。本調査は2007年5月7日から約1カ月の間に実施した。調査面積は357㎡である（秋田2009）。

試掘段階で発見された平安時代の竪穴住居址（9世紀）の他、本調査では2条の道状遺構が発見されたのみであった。道状遺構の敷設時期は不明であるが、最終硬化面より明治時代後半期から昭和初期までの間に位置づけられる陶磁器類が出土した。また、この道状遺構は戦後（1952年）に米軍が撮影した航空写真でも確認することができることから、1960年ごろの大学建設に伴う造成時、またはこの直前まで利用されていた道であったと考えられる。調査では平安時代の住居址とごく新しい時代の道状遺構を確認したのみであり、遺構の分布密度はきわめて希薄であった。遺跡南半の様相については不明であるが、北東に隣接する高間原遺跡（古墳・平安時代の集落遺跡）との関連から本遺跡を理解する必要もある（秋田他1997）。

(2) 新校舎建設予定地における地中レーダー探査

先の調査で遺跡範囲が大学構内に広がった青柳遺跡で、新たに新校舎（20号館）建設が計画された。建設予定地は2007年に発掘調査を実施した地点から約100m東の地点であり、建設予定地のほとんどが解体した従前建物（旧実験棟H館）跡地と重複することから、当地における埋蔵文化財はすでに湮滅しているものと判断された。しかし、建設予定地の南側の植栽帯については、遺跡範囲の拡大にともない新たに青柳遺跡となった地点であり、未調査部分でもあった。そこで、遺構の有無を確認するため、試掘調査を実施することとなった。

平塚市教育委員会と協議の上、試掘調査は南側植栽帯から従前建物範囲にかけて設定することが決まった。そこで、試掘調査に先がけ、地中レーダー探査で地中の情報を可能な限り集め、試掘後の調査所見と比較することとした。その目的は、レーダー探査で得られた成果をどのように発掘調査に活用できるのか、あるいは役に立つものなのかを検証することである。

地中レーダー探査は試掘調査地点を含む東西40m×南北10mの範囲で2020年12月11日に実施した〔図3黒線枠内〕。水平断面図を作成するため、0.5mの測線間隔で探査区を正方分割した。走時としてレーダー波の速度を双曲線較正によって0.075m/nsとした結果、較正深度（地

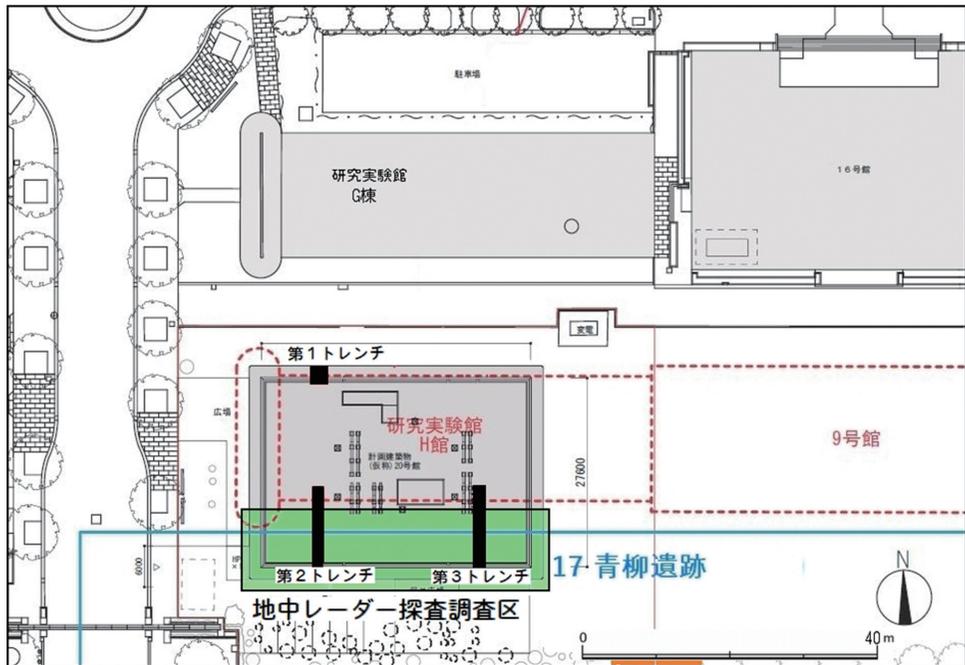


図3 青柳遺跡試掘調査区

表面下距離)は2.4mとなった。

調査の結果、地表下 GL-0.30m まではレーダー探査に特有な地表波による異常反応が探査区全域に現れた。この異常反応は GL-0.40m 前後で徐々に弱まったが、東西方向に長く伸長する強い反応が現れた〔図 4-1〕。幅は約1.5m で調査区西側での反応が強く、深度が増すにつれ東側でも反応が強くなった。一定の幅を持ち、かつ調査区全域に直線的に伸長する反応から、近年敷設された埋設管または溝によるものと判断できた。さらに、この直線的な強反応の1m ほど南側でも同じような反応を確認した。南側の反応についても一定幅で直線的に探査区を横断することから地中埋設管と判断した。このような状況からすれば、探査地点はすでに造成工事に伴う削平がなされたものと判断できたが、南側の埋設管を確認した GL-0.60m 前後で、探査区を南北に二分する顕著な差異がレーダー波に現れた〔図 4-2〕。すなわち、南半では GL-0.60m ほどの深度になると埋設管の反応以外、目立った反応がなくなった〔註6〕。GL-0.85m でもその状況は変わらず〔図 4-3〕、GL-1.10m 以下では埋設管の反応もほぼ消失した。しかし、探査区北半では埋設管のような構造物は確認されなかったが、GL-0.85m でもレーダー波の反応が弱まらず GL-1.0m までは確認できた。GL-1.10m 前後になるようやく北半でも反応が消失したが、探査区を南北に二分する異なる反応を読み取ることができた。ここまで規模の大きな土層の違い(異なる反応)は自然堆積によるものではなく、従前建物の解体範囲をレーダー波が捉えたものと判断した。

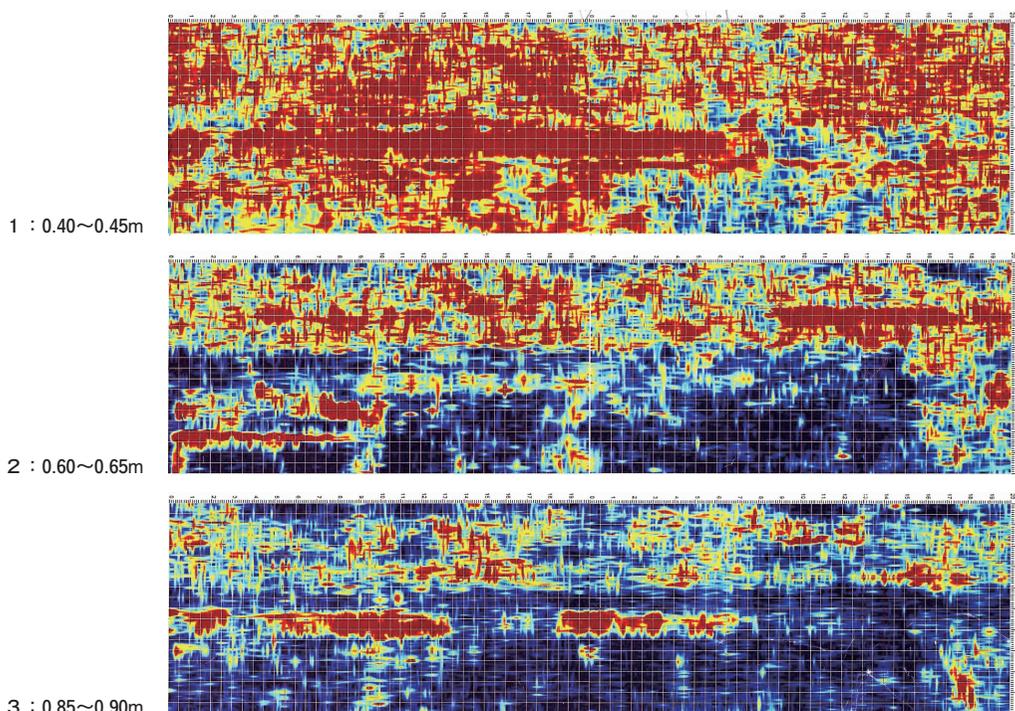


図4 建物範囲と未調査地点での水平断面図

(3) 試掘調査の結果

試掘調査は平塚市教育委員会によって2021年1月26日に行われ、これに立ち会った。試掘区は建設予定地内に3か所設定した。北西側に2.3m×3.3の第1トレンチ、南西側に1.7m×10.0mの第2トレンチ、南東側に1.6m×10.0mの第3トレンチである〔図3 黒色〕。調査の結果、第1トレンチの土層は、1.6m～1.9mほどの盛り土となっており、その直下に地山ローム層を確認した。また、GL-1.70m付近でBO層（黒色ローム帯）とLIH層の境を確認した。

また、南西側に設定した第2トレンチの土層は、トレンチ南寄りにおいて、20cm程度の盛り土下部が縄文時代前半期の堆積層（Ⅲb層）となり、GL-0.25mでローム漸移層（Ⅳ層）、GL-0.50mでローム層上面（LIS層）となった。大半は攪乱により失われており、トレンチ南側では水道管とこれを敷設するための溝を確認した。さらに、トレンチ北側では攪乱が著しく、ローム土を主とする盛り土が顕著に認められた。部分的に残った地山の堆積状況から、当地が北に向かって緩やかに低くなる地形となることが明らかとなった。

第3トレンチの南側では30cm程度の盛り土の下に縄文時代前半期の堆積層を確認した。また、GL-0.45mでローム漸移層（Ⅳ層）、GL-0.80mでローム層上面（LIS層）となった。2トレンチ同様、トレンチ南側で埋設管を確認し、トレンチ北側ではローム土を主とする埋め土が確認できた。部分的に遺存した地山の堆積状況から、旧地形が北に向かって緩やかに低くなることが明らかとなった。

試掘調査の結果、遺構・遺物は発見されなかった。また、当該地は縄文時代後半期堆積層よ

り上層が欠落していることから、大規模に切土造成されていたことが明らかとなった。

(4) 調査結果の比較

以上の試掘調査の結果にレーダー探査での予見を加えてみれば、次のようにレーダー波形を説明することができる。

まず、調査区を横断する強い反応は、水道管（井水管と上水管）を敷設する際に設けられた2本の溝（埋設溝）であることが判明した。レーダー波として現れた直進伸長と一定幅の反応がその判断材料となったが、深度が深くなるに連れレーダー波の反応が西側から東側に移行したのは埋設溝が東に向かって下降しながら敷設されていた状況を反映していたのである。また、第3トレンチで確認した水道管はGL-1.00m前後でその上部が確認でき、一方のレーダー波の反応はGL-1.00mからGL-1.60mまで確認できた。これは水道管敷設の際に掘削された埋設溝の下限を捉えたものとみて間違いはない。

さらに、レーダー探査ではGL-0.60m前後で調査区（探査範囲）の南北で反応の相違を認めることができ、北半の反応については建物解体範囲の盛り土と判断した。試掘調査の結果、従前建物範囲には建物解体後に盛り土による整地がなされていることが明らかとなり、これが第2および第3トレンチの北側で確認できたローム土を主体とする盛り土の正体であった。この盛り土が建物解体範囲全域におよんでいたことは、北西側に設定した第1トレンチの試掘調査所見からも明らかである。

このたびの再開発地点で行った遺跡探査の目的は、遺構の有無を確認することよりも、試掘調査で明らかにされる地中の様子を地中レーダー探査でどれだけ読み取ることができるのかに重点を置いた。知ることができたのは、従前建物の解体範囲と近年敷設された埋設管の位置・深度くらいだが、遺跡範囲で発掘すべき場所、発掘すべき深度を事前に知ることが、調査を進める上でも非常に有意義であり、こうした事例をますます増やしていくべきものと考えている。

4. 遺跡内の切土造成と盛り土—弥杉・上ノ台遺跡—

(1) 発掘調査の概要

東海大学伊勢原校舎（神奈川県伊勢原市）では、校舎建て替えにともなう新設工事を2025年度以降に予定しており、同地における埋蔵文化財の取扱いについて伊勢原市教育委員会に照会した。予定地は旧石器時代から中世の遺跡である弥杉・上ノ台遺跡の範囲内にあり、これまでも隣接する地点で発掘調査が行われてきた（田尾1995、宮原2009）。工事計画では、新病院高層棟および低層棟、健診センター棟など複数の新棟建築が予定されていたが、建設予定地のほとんどが旧病院棟の範囲に相当することから、すでに造成工事による削平を受けており、健診センター棟建設予定地についても造成されたひな壇部分に相当するため、いずれも埋蔵文化財への影響は少ないものと判断された。また、新病院高層棟については、旧病院棟の範囲から外れるものの、上ノ台遺跡における調査の結果から、ローム層（I2）まで削平されていること

が明らかとなっており、遺跡に与える影響はないとの判断だった。しかし、新病院低層棟の予定地（現況では駐車場）については未調査の範囲であり、遺構が残されている可能性があることから、事前に試掘調査が必要である旨、伊勢原市教育委員会より回答を得た。

そこで、伊勢原病院施設管理部署と協議の上、低層棟建設予定地内の試掘調査を実施することとし、補足調査として同地点において地中レーダー探査を実施した。

（２）試掘調査と地中レーダー探査

低層棟建設予定地北側（駐車場）に２か所の調査区を設定し、遺構の確認をおこなった。第１地点は建設予定地西側に設定し（現地標高24.75m）、第１地点から東方約40mに第２地点を設定した（現地標高24.24m）。調査範囲はいずれも2m×5m：10㎡の範囲である〔図5 黒色範囲〕。試掘調査は、2023年11月28日に伊勢原市教育委員会立ち合いのもと実施した。また、補足調査として地中レーダー探査を11月29日に実施した。

第１地点ではアスファルト面直下で碎石を多く含むローム質土が現れ、約20cmの堆積を確認した。これより下層は碎石をまばらに含むローム質土（暗褐色土）が厚く堆積し、地表下GL-約1.30mでは廃材やこぶし大の礫、発泡スチロール等がみられた。さらにこの下層では、灰色に変色したローム質土が約90cm堆積しており、GL-約2.20mで玉砂利を敷きつめたような礫敷面が広がり、この下に黄褐色を呈するローム層を確認した。さらに50cmほど掘り下げたが、上層でみられた礫や玉砂利等は確認できなかった。このことから礫敷面以下のローム層を本地点で確認できる地山の最上層と判断した。

第２地点ではアスファルト直下に砂と碎石を含むローム質土が現れたが（約10cm）、この下にはローム土を主とする厚い堆積がつづき、少量の角礫や廃材が混入している様子が見えられた。ローム主体の土層ではあるが、全体的に暗く、腐植土（黒色土）との混成土と考えられる。第１地点で確認した暗褐色土に近似する。この堆積はGL-約2.40～2.80mで漸移することなく黄褐色の比較的水分を多含する層にまで達したが、依然角礫も認められ、こぶし大のロームブロックも包含する。第２地点では地山の確認はできず、掘削は地表下約3.60mまでとした。

試掘調査を実施した後、第１地点と第２地点の南側で地中レーダー探査を実施した。計測距離は直線66m、深度3.00mまでの鉛直断面探査である〔図5〕。

その結果、地表下GL-1.0～1.3mまでは土層中に強い反応（図中の赤と紺・青の互層）が全体に現れ、これより下層においては反応が徐々に弱くなった。ただし、部分的ではあるが、異常反応がGL-1.6mまで残る地点もあり、土層の堆積（または土の含水率）が一様でないことが明らかとなった。また、GL-2.0～2.2mで弱い反応がほぼ水平に認められ、これより下層では、明瞭な反応は認められなくなった。

（３）結果の比較

試掘調査の結果、第１地点ではローム層を確認した。上層にあるべき漸移層および腐植土が確認できなかったことから層序の特定は困難だが、L1S下部またはB0に相当するものと思われる。ローム層は礫敷の面と明瞭な境をもっており、その上に堆積するローム土主体の層は後

世の盛り土、しかもその内容物から大学病院建設当時の造成に起因するものと考えられた。

第2地点では地山として残るローム層を確認することができなかったが、第1地点での所見から、さらに厚い(深い)盛り土がなされていたものと想定できる。これを裏付ける資料が病院側から提供された。これによると、試掘調査第2地点の東側約50mに建つ実験動物研究センターの建築にともない、1991年4月に実施した2か所のボーリング調査では、現地表(約24.60m)下3~4mで上部盛り土層が、7~10mで下部盛り土層が確認されている。このことから、第2地点周辺においても相当量の盛り土造成が行われていたと考えられる。

レーダー探査で確認したGL-1.0~1.3mまでの強反応は、通常自然堆積(土壌)では、表層から0.2~0.4mで確認できる滞水層の反応と酷似している。おそらく土中の水分(または蓄水しやすい土層)が異常に反応したものと考えられる。第1・2地点ともにGL-1.0m以下にまで達することから、自然堆積とは別種の堆積をここに想定することができる。すなわち、各調査地点で確認した盛り土の上部が反応しているものであり、第1地点から第2地点にかけて一様な水平堆積を見ることなくレーダー波が緩傾斜して反応していることも、自然堆積ではなく人為的な所産による土層と判断できる。部分的ではあるがGL-1.6mまでみられた異常反応については、含水率の異なる土の互層堆積を想定することができる。また、地表下2.0~2.2mで見られた弱い水平反応が、第1地点で確認された礫敷面に相当するものか否かは不明である。東西にわたりおおむね水平に確認できることから、病院建設時の掘削工事の所産と考えることができよう。ただし、第2地点付近でこの反応は希薄となる。このことは第2地点試掘調査で礫敷面を確認することができなかった所見とも一致する。

以上の調査結果から、本地点が大学病院創建当時にローム層にまで達する掘削の後、盛り土

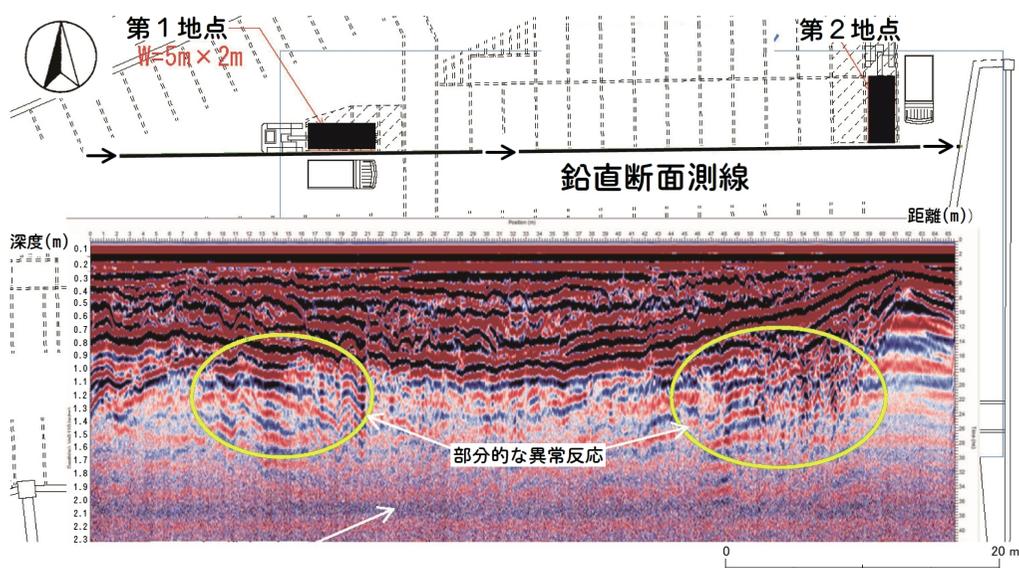


図5 試掘調査地点および鉛直断面図

造成が行われていたことが明らかとなった。このたびは試掘調査に加え、補足調査として地中レーダー探査を実施したが、その結果は双方矛盾することなく、地中レーダー探査で得られたデータの読み解きに、一定の指標を与えるものとなった。

5. 盛り土と地山の境界 —遺跡隣接地—

(1) 切土造成と盛り土を想定した遺跡の地中レーダー探査

老朽化によって建物解体が決まった東海大学湘南校舎ものづくり館は、今宮遺跡の隣接地にあり、解体工事にともない試掘調査を行うこととなった。青柳遺跡同様に、埋蔵文化財の有無および土層の堆積状況を事前に把握する目的で、地中レーダーによる確認探査を試掘調査に先駆けて実施することとした。しかし、探査に有効な調査地点を選定する過程で、建物周囲の敷地が過去の地形図と照らし合わせて1 m以上も削平（切土造成）されていることが明らかとなった。当然、削平後には整地のための盛り土が考えられることから、盛り土と地山の境界を事前に把握することを目的にレーダー探査を実施した（2023年12月20日実施）。

事前に計画した試掘調査地点の2か所で地中レーダー探査を実施した。建物敷地の西側とこれより約40m離れた東側地点である〔図6〕。予定した試掘地点を縦断するように直線10m、地表下2.0mまでの鉛直断面状況を計測した。探査に採用したレーダー波の伝搬速度は0.054m/nsである（較正值）。

探査の結果、西側地点では地表下 GL-0.20m から -0.3m まで反射波または表層の水分による反応が強く現れたが、これより下層から探査最下底面までは埋設物などに起因する目立った反応は認められなかった。一方、東側地点では地表下 GL-0.20m までは地表波による表層反応が強く現れた。仮に表層直下に自然堆積層が存在すれば、No1地点同様に反応は急速に弱まるのだが、当地点ではGL-0.30m以下でいたる所で部分的な強反応が現れた。反応深度は一樣ではなく、反応の大きさや位置についても規則性が認められなかったことから、造成時のコンクリート塊や礫、空洞などが想定されたが、これを明らかにするには試掘の結果を待たなければならなかった。この部分的な反応はGL-1.20m 前後まで認められ、これより下層では同様の反応は認められなかった。

(2) 試掘調査の概要

試掘調査は地中レーダー探査の翌日、平塚市教育委員会が実施した。調査トレンチは、当初の計画通り敷地の西・東側の掘削可能な地点に2 m × 2 m の範囲で設定した〔図6 No.1およびNo.2〕。

敷地西側に設けたNo.1トレンチの土層はGL-0.20m まで盛り土が見られ、この直下は暗褐色粘質土（ローム層）となった。

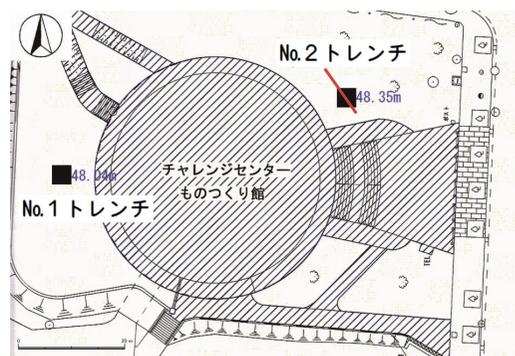


図6 遺跡隣接地試掘調査地点

さらに GL-0.40m で褐色粘質土（ローム層）となったため、同層上面で遺構確認を行った。上層の暗褐色粘質土が斑に広がる状況を確認したが、サブトレンチを設けて確認したところ、斑状の堆積が地形の起伏に起因することが明らかとなった。掘削中、同層において遺構・遺物は検出されなかった。確認したローム層はいずれも L1H 層より下層のものと考えられる。

一方の敷地東側に設けた No2 トレンチの土層は、GL-0.95mm まで盛り土となり、この直下に黒褐色粘質土（Ⅲ b 層：縄文時代前半期の堆積層）を確認した。さらに、GL-1.10mm 付近で上層よりやや明るい黒褐色粘質土（Ⅳ層：ローム漸移層）となった。土層の堆積状況から、旧地形が北東方向に落ち込むものと推察される。掘削中、遺構・遺物は検出されなかった。

試掘調査の結果から、当該地が後世に大規模な切土造成（削平）を受けていることが明らかとなった（註7）。両トレンチでは、盛り土直下の土層に違いがみられたが、少なくとも縄文時代後半期の堆積層より上層は欠落していることとなる。では、この切土造成による地中の様子を、地中レーダー探査ではどのように捕捉していたのであろうか。

（3）結果の比較

No1 トレンチでは表層部での反応のみを確認し、その下層では異常反応を認めることはできなかった。レーダー波の反応は、試掘で明らかとなった 20cm ばかりの盛り土とその直下につづく地山としてローム層の堆積状況を反映したことになる。旧地形の起伏を反映し、褐色ローム層内で暗褐色を呈するローム層が斑状に見られたが、レーダー波では含水率がほぼ同等なローム層間の違いまでは読み取ることができなかった。

一方の No2 トレンチでは、GL-0.30m 以下で部分的な強反応が GL-1.20m 前後まで認められた〔図7 白枠内〕。反応の大きさや層位が一様でなく、様々な要因を想定したが試掘の結果、厚く堆積した盛り土には造成時に行われた地盤の填圧（註8）が各所にみられ、調査区で確認したローム漸移層の上に堆積する黒褐色土もかなりしまった状態だった。土層断面ではこうした填圧部分がブロック状に現れ、土層観察面を移植ゴテで平坦にならすことすら難しかった。レーダ

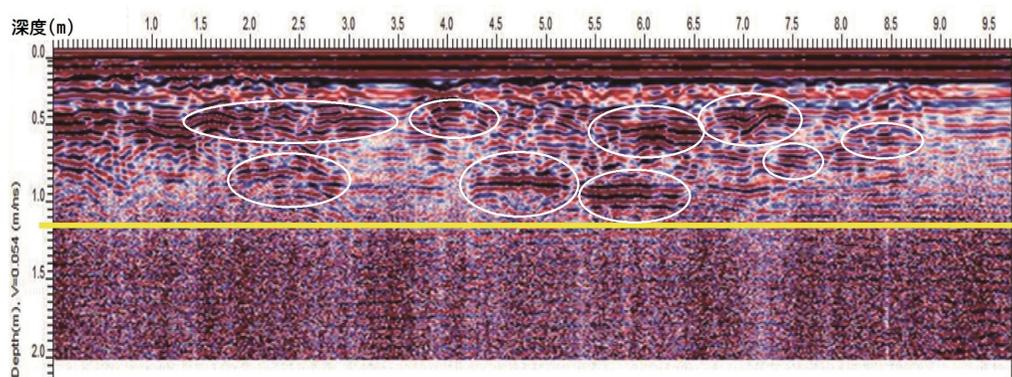


図7 試掘調査地点No.2の鉛直断面図

一波に現れた部分的な強い反応は、こうした不規則な土層の状態を示しているものと思われる。地中レーダー探査による鉛直断面図では、GL-1.20m 以下には填圧の影響が及ばない自然堆積として明瞭に区別することができ、試掘調査でも GL-1.10mm 前後でローム漸移層となり、これより下層には削平が及んでいないとする所見と合致したこととなる。

6. 検証探査と確認探査の実際

ここまで取り上げてきた遺跡では、発掘調査と地中レーダーによる遺跡探査の両者を実施したこととなる。しかし、それぞれの遺跡がもつ性格や異なる遺存状況、あるいは調査地点を別にもうけることで、得られた成果もまた異なるものとなった。

今宮遺跡では発掘調査の結果と未調査地点での探査結果を比較し、未知なる遺構の存在を確かめようとした。また、青柳遺跡では従前建物の解体跡地と、これに連なる未調査地点での遺跡探査と試掘調査の両者を比較した。弥杉・上ノ台遺跡では、広域にわたる切土造成または盛り土を想定しながら、レーダー探査と試掘調査を行い、両者の結果を比較することで双方の結果に矛盾がないこと確認した。さらに、今宮遺跡隣接地では、表土が削平された遺跡の事例として、レーダー探査と試掘調査の結果を突き合わせてみたのである。

ところで、上記の遺跡で行った調査は、大学校舎の建て替えや食堂建築といった開発事業にともなう遺跡調査であり、やむを得ず遺跡が消滅または一部が改変・破壊される場合の「記録保存」を目的として発掘調査または試掘調査が行われた。「記録保存調査」または「緊急調査」とも呼ばれ、明確な課題解決を目的とした「学術調査」とは異なり、開発対象範囲にある遺跡の破壊が前提となるのである。試掘調査は本調査に先駆け、遺構・遺物の有無やその広がりなどを確認し、本調査に要する期間や予算の積算、調査方法などを策定する基準を導き出すための確認調査である（文化庁2010）。今回取り上げた青柳遺跡や弥杉・上ノ台遺跡のように、遺跡内の開発事業であっても、開発地点で遺構・遺物が発見されない場合、本調査にいたらない場合もある。

さて、今宮遺跡と弥杉・上ノ台遺跡についてである。この遺跡では、発掘調査（または試掘調査）が先行して行われ、その結果を地中レーダー探査でどこまで具体的に再現することができるのか、ということを目的に探査を実施した。筆者はこれを検証探査と考え、あくまでも発掘調査の成果が上位にあり、遺跡探査の成果がこれにどこまで追従できるのか、ということを検証するための探査と考えている。一方の青柳遺跡と今宮遺跡隣接地では探査を先行して実施し、地中の情報を知りうる限り集め、その後に発掘ないしは試掘調査に臨んだ。遺跡探査の一般的な活用方法として広く求められている手法である。これを筆者は確認探査と呼び、先の検証探査と分けて考えている。確認探査では探査結果を発掘調査によって確認し、事前に探査で把握できたもの、わからなかったものを見極めることを目的としている。両者の違いは調査精度に起因するもので、遺跡を知るための調査の精度については断然、発掘調査に比すべきものはない。発掘調査で得られたあらゆる遺跡の情報を、地中レーダー探査をはじめとする遺跡探査ではどこまで再現できるのか、何を見るべきなのか、どのように解釈すべきなのかを相互に

点検することが求められるのである。いずれにしろ、検証探査、確認探査ともに遺跡探査の精度を高め、次なる発掘調査や遺跡探査に有用な事前情報をフィードバックすることを目的としている。

今宮遺跡の未調査区で確認したレーダー波の異常反応については、最後まで結論が出せぬままに終わった。答えを知るには発掘調査を待たなければならないのが、現時点における遺跡探査の限界なのかもしれない。しかし、弥杉・上ノ台遺跡では、盛り土造成の痕跡を試掘調査で確認したことから、遺跡の本調査にはいたらなかった。建設予定地の総面積の割合からすれば、狭小な面積の試掘区かもしれないが、発掘調査という確実な方法で地中の様子を見極め、その情報を元に地中レーダー探査を実施することによって、建設予定地全域に広がる盛り土造成が想定できた。これも遺跡探査が果たすべき役割のひとつと考えている。

また、青柳遺跡でみたように、解体した従前建物の範囲や埋設管の位置などは、施工当時の工事計画書で確認することもできようが、現在進行している開発工事も土地に対する累積的な能動的行為である以上、地中の現況を複合的に捉えることは難しい。古い新しいに限らず、地中の情報を複合的に把握する上でも、レーダー探査の果たす役割は大きい。

今宮遺跡隣接地では、古い地形図を見比べることによって1mにもおよぶ切土造成を想定し、遺跡探査の結果もこれを裏付けるものとなった。さらには、造成工事にもなう地盤への填圧が、遺構または遺物のようにレーダー波に反応することを知った。いつか、古墳の墳丘で類似した反応を確認する日もあるかもしれない。

以上、明確に遺構すら発見できなかった探査事例をいくつか紹介した。意味の無い遺跡探査とみる向きもあろう。やはり遺跡探査に求められるのは、「どこに、どのようなものがあるのか」であって、これに応えることができなければ探査の失敗例としてその事例は世に出ることもないであろう。例えば、古墳の然るべき場所で埋葬施設らしき反応が現れたり、集落遺跡の隅で深い溝状の反応が現れたり、遺跡をきらびやかに語ることでできる成果を、掘らずに知ることは確かに魅力的である。

しかし、筆者は少し違う考え方をもっている。遺跡探査の目的は、「どこに、どのようなものがあるのか」を知ること間違いのないのだが、発掘調査を前提に考えれば、「どこまで掘ればいいのか」、「どこを掘らなくていいのか」を知ることひとつ大きな役割なのである。国内で活躍する埋蔵文化財の発掘調査担当者であれば、今回紹介した事例と似た状況にある遺跡に遭遇した経験もあろうかと思う。埋蔵文化財として記録保存調査が行われる遺跡とは、そのほとんどが長年にわたる土地改変が繰り返された場所であり、先史時代の遺構であろうがごく最近の土地改変であろうが、調査担当者は現場でこれを速やかに判断し、発掘調査を進めなければならない。調査の規模によっては、時間も労力も、そして費用も膨大なものとなる場合もある。こうした中で、少しでも担当者の負担を軽減できるのであれば、地中レーダー探査をはじめとする遺跡探査を、積極的に記録保存調査に導入すべきと筆者は考えている。

早い段階から記録保存調査に遺跡探査の有用性を認めていた金田明大氏は、次のように述べている。「遺跡探査の成果については、手法の利点や問題点、そして運用についてはそれぞれの技術者に委ねるとしても、その成果についての解釈については考古学的な知見を有した研究

者、担当者とともにおこなうことが必ず必要である」(金田2016)。この一言は、埋蔵文化財の発掘調査について、近い将来像を的確に描いているものと思う。

おわりに

2010年9月、ブルガリア南部の上トラキア平野に位置するテル・デャドヴォ遺跡で、地中レーダー探査が実施された。その目的は、2008年夏の発掘調査で、遺丘の東側斜面で検出された2本の溝(後期銅石器時代、前期青銅器時代)が、集落遺跡の外縁に相当する遺丘裾部を圍繞する「環濠」となるか否かを確認することにあった。現地で地中レーダー探査を主導した渡辺広勝氏は、遺丘の南側と北側の斜面に計16本の探査側線を設定し、鉛直断面探査によって地中にある構造物の有無を確認した。探査の結果、一定の等高線に沿ったかたちでデャドヴォ集落を大きく取り囲む溝の存在を指摘したのである(禿2014)。正直なところ、筆者は素直にその結論を信じるができなかった。明快な結論ではなく、遺跡や遺構を評価し得たその簡易な手法を信じるができなかったのである。

これが、筆者が体験した最初の地中レーダー探査である。当時、埋蔵文化財の発掘調査担当者として、東京都港区にある近世集団墓地の調査を進めていたこともあり、「掘らずに知る」ことのへの羨望と懐疑が縋り交ぜとなり、その不信感を払拭するためにも遺跡探査に取り組むようになった。

渡辺氏との交信はすでに絶えていたが、後に氏自身が発行した『地中レーダーレポート、遺跡・空洞編』の内容を知った。このレポートには遺跡探査での留意点が列挙されており(註9)、「作業前にオペレーターが心得るべきこと」として次のように記してある。まず第一に、「遺跡のもつ社会的意義を理解する(物理探査、地質技術者は考古学を知らない。考古学者は地質探査工学を知らない。相互理解も必要)」。考古学サイドからこれを変換すれば、物理探査を主導的に行う人材と、遺跡の発掘担当者が相互に情報を共有することが必要であるということになる。

そして、第二に「過去に発掘された類似の遺跡のレポートを調べ、これから調査する遺跡の調査法、パターン・計画・想定を行う(パターン・シミュレーション)」とある。発掘調査にともない刊行される遺跡調査報告書では、あらゆる時代・地域のさまざまな遺跡を知ることができる。発掘調査と遺跡探査の双方の情報が欠落しないよう、どのような遺跡探査の結果であっても、その記録を公開し、次の発掘調査や遺跡探査に活用すべきなのである。

この10年だけを見ても、地中レーダー探査の技術(機器使用における簡便さと汎用性・解析ソフトの操作性)はめざましいほどに進展したと言ってもいい。着手して日の浅い筆者でも、機器の扱いにはすぐに慣れ、さまざまな遺跡の探査を試みている。しかし、今もって苦勞するのはレーダーの波形をどこまで客観的に読み取ることができるか、ということであり、これについては一筋縄でいくようなものではない。誤った情報のみを見てしまうこともある。必要なのは、遺跡を調査した担当者と、遺跡探査の経験をもつ専門家の協力体制に加え、渡辺氏のいうパターン・シミュレーションの蓄積である。

註

- (1) 筆者は遺跡を調査・研究する専門機関：東海大学校地内遺跡調査団に所属しており、本稿で扱う遺跡の発掘調査・試掘調査に関しては、業務内容の一つとしてこれに従事した。しかし、地中レーダー探査に関しては、研究活動の一つとして実施した。
- (2) 遺跡近隣の基本層序では、本来はこの暗茶褐色土の下に黒色土（いわゆるFB層）が堆積し、その下部はローム漸移層となるが、今宮遺跡においては暗茶褐色土下の黒色土がほとんど確認できずに暗茶褐色土から漸移層へと移行することがわかった。つまり、近世以前に漸移層付近におよぶ深さまで削平整地がなされたものと判断した。しかし、このたびのレーダー探査については影響を及ぼすものではない。
- (3) 地中レーダー探査で利用した機器については、従前の報告と同じく、Sensors & Software社製のNOGGIN Plusを使用した（東海大学北條芳隆研究室に帰属する）。調査地点を位置情報として記録できるGPSアンテナと共に探査機をカートに搭載し、これを移動することによって地中の鉛直断面図、正方分割側線を設定することで水平断面図（タイムスライス）を作成することができる。探査結果として収集したレーダー波の解析には、同社が提供するシステムEKKO_Project (ver.5.2)を使用した。また、解析結果を立体化し詳細に分析する際は、Golden Software,LLC社の3次元画像復元ソフトVoxler (ver.4.6)を使用した。
- (4) 地下式坑の側壁はいずれも床面から垂直に立ち上がるが、今宮遺跡で発見された方形竪穴状遺構は側壁が緩い傾斜で立ち上がり、鍋底状の底面を呈する。このことからレーダー波の反応を方形竪穴状遺構を除外することができる。
- (5) もっとも、地下式坑の主室が連結ないしは重複して構築される場合もあり、例えば伊勢原市成瀬第二地区遺跡18号地下式坑は5基の主室が連結し、連結軸長約9mを計る（香川2002）。しかし、今宮遺跡では連結、重複した地下式坑は確認されていない。
- (6) ただし、探査区東端部では部分的な反応が確認できた。しかし、この強い反応も屈曲した水道管の延長にあることが試掘調査の結果から明らかとなった。
- (7) 今宮遺跡と青柳遺跡の間には、現地形では読みとれない谷地形が存在するものと考えられるが、大規模な切土造成によりその詳細は不明であった。
- (8) 転圧（てんあつ）とも表記し、地盤を突き固め強固にすること。工事現場では地盤に含まれる空気を押し出し、密土を高くすることで地盤を強固なものとする。古くは、古墳の墳丘や寺院の土壁にみられる版築（はんちく）もこれと同じ作用をもつ。
- (9) 渡辺氏の発行した『地中レーダレポート、遺跡・空洞編』を筆者は入手することができなかったが、アンソニー・クラーク著・北島功訳1996『考古学のための地下探査入門』にその一部が再録されている。

参考文献

秋田かな子他1997「高間原遺跡—グランド造成に伴う1995年度の調査概要—」『東海大学校地内遺跡調査団報告』7 p.3-41 東海大学校地内遺跡調査委員会

- 秋田かな子2009「青柳遺跡—売店・休憩所新設に伴う発掘調査報告—」『東海大学校地内遺跡調査団報告』15・16 p.3-16 東海大学校地内遺跡調査委員会
- 荒井邦男・鈴木 務・富澤良行1999「地中レーダ探査」p.3-31 『文化財探査の手法とその実際』真陽社
- アンソニー・クラーク（北島功訳）1996「地下探査レーダー」『考古学のための地下探査入門』p.171-179 雄山閣
- 香川達郎2002「地下式坑」『成瀬第二地区遺跡群 下糟屋C地区第1地点』p.92-121 成瀬第二地区遺跡調査会
- 金田明大2012「総論 遺跡探査の方法と利用」『月刊 考古学ジャーナル』No.629 p.3-6 ニューサイエンス社
- 金田明大2016「第1章 地中レーダーによる遺跡探査の有効性」『地中レーダーを応用した遺跡探査—GPRの原理と利用—』p.3-19 東北大学出版会
- 禿 仁志2014「2010-2012年調査の概要」『ブルガリア・デヤドヴォ遺跡の資料分析を通して見る青銅器時代開始期の背景』p.2-74 科学研究費研究成果報告（課題番号：22320163）
- 佐々木健策2007「神奈川県」『全国地下式坑集成資料集』p.303-369 房総中近世考古学研究会・東国中世考古学研究会
- 佐藤源之2012「最先端の地中レーダー（GPR）による遺跡探査技術」『月刊 考古学ジャーナル』No.629 p.26-30 ニューサイエンス社
- 佐藤源之2016「まえがき」『地中レーダーを応用した遺跡探査—GPRの原理と利用—』p. v-viii 東北大学出版会
- 佐藤源之・金田明大・高橋一徳2016「第4章 遺跡調査の具体例」『地中レーダーを応用した遺跡探査—GPRの原理と利用—』p.97-184 東北大学出版会
- 田尾誠敏1995「第II章 調査の概要」『弥杉・上ノ台遺跡—東海大学健康科学部校舎建設に先立つ調査—』p.14-26 東海大学校地内遺跡調査委員会
- 田中保士2008「遺跡の調査と保全」『地質と調査』第3号 p.36-41 土木春秋社
- 亀井宏行2012「①古墳の地中探査」『古墳時代の考古学8—隣接科学と古墳時代研究—』p.183-192 同成社
- 文化庁2010「第三章 発掘調査の準備と運営」『発掘調査のてびき—集落遺跡発掘編—』p.50-56 文化庁文化財部記念物課監修 同成社
- 西村康・足立和成1999「まえがき」p. i - viii 『文化財探査の手法とその実際』真陽社
- 松本建速ほか 2018「青森県六ヶ所村金堀沢遺跡第1次～4次調査概報—埋まりきらない遺跡の研究—」『海と考古学』第11号 p.93-114 海交史研究会
- 宮原俊一2006「今宮遺跡—新食堂棟建設にともなう埋蔵文化財発掘調査報告—」『東海大学校地内遺跡調査団報告』13・14 p.7-51 東海大学校地内遺跡調査委員会
- 宮原俊一2009「第2章 調査の概要」『上ノ台遺跡—東海大学医学部付属病院新病院棟建設に先立つ埋蔵文化財発掘調査報告書—』p.12-18 東海大学校地内遺跡調査委員会
- 宮原俊一・松本建速・北條芳隆2023「地中レーダーによる遺跡探査報告（1）—青森県六ヶ所

宮原俊一

村金堀沢遺跡・長野県松本市弘法山古墳一」『東海大学紀要文学部』第113輯 p.67-81 東海大学文学部

宮原俊一・北條芳隆・白川美冬2024「地中レーダーによる遺跡探査報告（2）—福島県郡山市大安場古墳群・蒲倉古墳群、大玉村傾城壇古墳一」『東海大学紀要文学部』第114輯 p.25-39 東海大学文学部