

# 造山古墳後円部の地中レーダー探査結果と今後の展開

北條芳隆, 宮原俊一, 白川美冬 (東海大学)

## 1. 東海大学チームの概要

我々3名は2021年から昨年度まで、日本列島各地の遺跡や古墳を対象に地中レーダー探査を実施してきた。

宮原俊一は以前からも本探査に深い関心を寄せていたため、2017年には富山大学大学院理工学研究部の酒井英男氏に探査機の選定を依頼し、遺跡探査方法の教示を乞うなど事前準備を進めた。2019年度には北條芳隆が分担研究者として参画する新学術領域研究(研究領域提案型)「出ユーラシアの統合的人類史学：文明創出メカニズムの解明」研究代表者松本直子(岡山大学)が採択され、予算措置が図られたため、機材の購入に至った。

購入した機材はNOGGIN Plus 500MHz (Sensors & Software社製)である。本探査機は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・計測することによって地中の鉛直断面図(セクション)と水平断面図(タイムスライス)を作成する仕様である。地中の含水率に見合った伝播速度の調整が容易であり、探査結果を現場で即時可視化できることから、遺跡探査を進めるうえで効率的な機種であると判断し、本機を選定した(図1)。

コロナ禍の影響下、納品されたのは翌2020年9月であったが、ただちに宮原を主担として東海大学校内遺跡(王子ノ台遺跡)など神奈川県下の遺跡を対象に、既掘地点11箇所において検証調査を進め、有効性を確認すると共に、土壌環境等の諸条件に見合う調整作業を進めた。また青森県金堀沢遺跡などでの探査成果を公表した(宮原・松本・北條2023)。現在は大学院生の白川美冬を補佐に加えた3名のチーム編成のもと、各地で実地調査を進めている。2023年3月までの探査実績は以下のとおりである。

長野県弘法山古墳(松本市:2021/11/02実施)、岡山県造山古墳(岡山市:2022/02/06実施)、同県作山古墳(総社市:2022/02/07実施)、愛知県東之宮古墳(犬山市:2022/03/20実施)、長野県棺護山34号墳、北尾根2号・同3号墳(松本市:2022/01/31)同県松島王墓古墳(上伊那郡箕輪町:2023/02/01)、福島県大安場古墳群(郡山市:2023/02/14)、同県傾城壇古墳(安達郡大玉村:2023/02/15)、同県蒲倉古墳群(福島県郡山市:2023/02/15)、沖縄県グスク城址(宮古市:2023/03/12~13)。

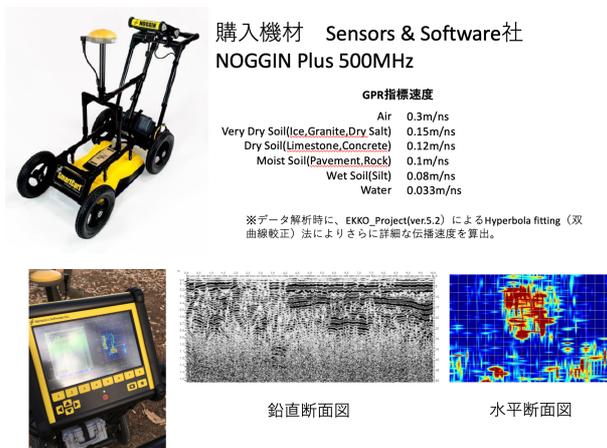


図1 購入機材の仕様



図2 探査風景

探査はすべて降雨量が比較的少ない秋か冬に実施した。長雨の直後は地下の含水率が高まり探査に支障が生じるからである。ただし降雪の直後は地下の含水率の上昇にさほど影響しないことも福島県での調査によって判明した。探査風景を図2に示した。

## 2. 造山古墳後円部の探査目的

岡山市造山古墳は5世紀前半に築造された墳丘長350mを誇る巨大前方後円墳であり、その規模や墳丘の平面プランは大阪府石津丘古墳(伝履中陵)と酷似することなどが注意されてきた。近年では新納泉による詳細な地形測量が実施され、造山古墳の具体的な築造企画案が提示されている(新納2011)。この復元案では、古代中国の後漢代の基本尺を利用したものだとして解釈されている。

ただし造山古墳と石津丘古墳の類似は平面プランだけではない。墳丘自体の軸線方位も酷似するのである。なお石津丘古墳の軸線が、北に隣接する大仙陵古墳(伝仁徳陵-墳丘長480m)と同様に真北から東に約 $30^{\circ}$ (正確には $28.6^{\circ}$ )振れる点については以前からも注意されてきた。2基の巨大前方後円墳は海岸段丘上に立地することから、周辺地形の地性線に平行させた築造とすることにより、大阪湾側に墳丘の側面を向けることが意図されたのであろうと解釈されてきた。しかし直線距離にして154km隔てる造山古墳も同様の方位設定だということになれば、偶然の一致としては片付けられない。客観的な手法のもと3基の古墳の周辺景観を点検する必要がある。

また後円部の中心埋葬については、北條が実施した統計的な分析作業の結果、3基の古墳はすべて墳丘の軸線と平行させる竪穴式石槨であり、かつ内部に長持形石棺を収める埋葬施設であろうと推測される(北條2017)。とはいえ現状において唯一現地確認が可能なのは陵墓から漏れた造山古墳だけである。以上の理由から、この古墳の後円部頂への地下探査が必要だと考えた。

### 3. 探査結果の概要

我々は造山古墳後円部の墳長平坦面に 500 m<sup>2</sup>の探査区（南北 20m、東西 25mの方形）を設定し、地表面より地下 5 mまでの状況を探る探査をおこなった。なお探査区の軸線決定は目視と GPS の位置情報に依拠したため、墳丘測量図上にプロットしてみると、探査区は想定される墳丘軸線よりも 10° 東に振れた。測量基準杭を設置するなど既存の測量図との整合性を担保する時間の余裕のない、簡易な手法をとったことが主因である（図3）。

ただし地下からの反応は良好であった。現地表面から 5 cm 単位で反応状況を区切る水平断面図（タイムスライス）をみると、地表面から 50-55cm のところで探査区の東半部と西半部に異常反応箇所がまとまって現れ、塊状や線状を呈することがわかる（図4）。60-65cm になると東半部の異常反応箇所は正方形を示す反面、西半部は弱まりながら上層と類似した様相を示す（図5）。最も明確なのは 90-95cm で、探査区の東半部南寄りには平面方形ないし隅丸方形を呈する構造物があることは確実視されたので、これを構造物 1 と呼ぶこと

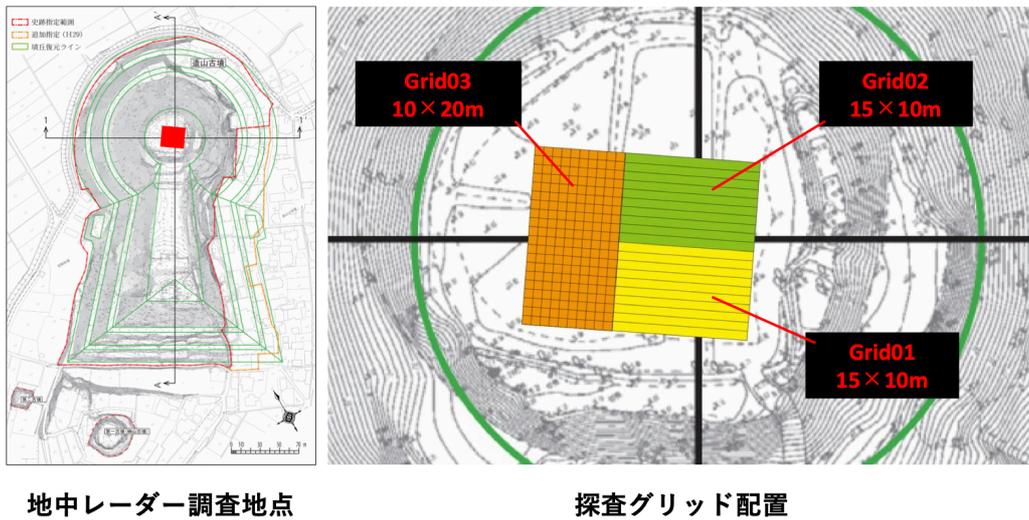


図3 設定した探査区

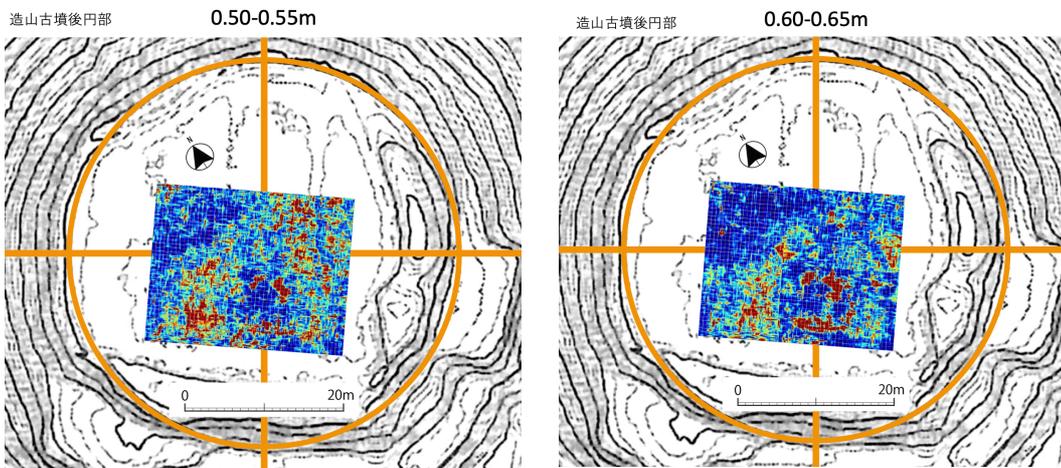


図4 地表下の反応①

図5 地表下の反応②

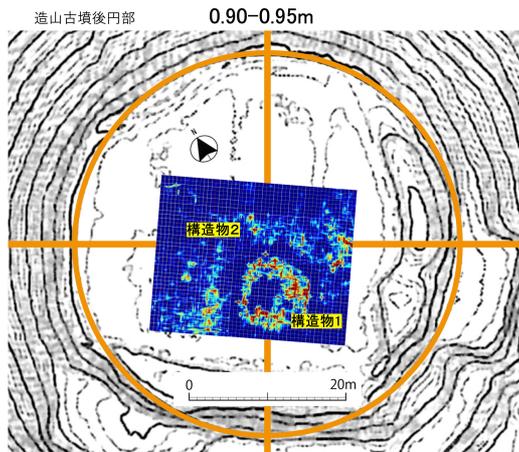


図6 地表下の反応③

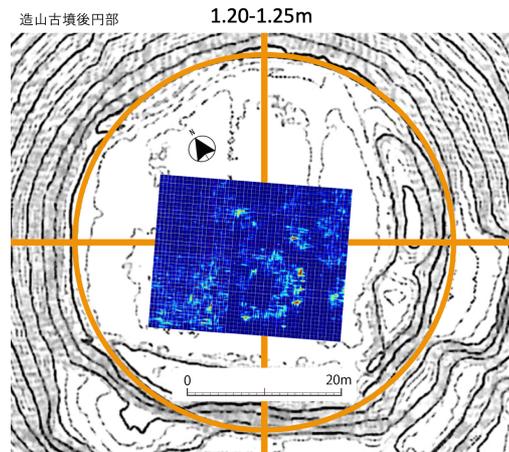


図7 地表下の反応④

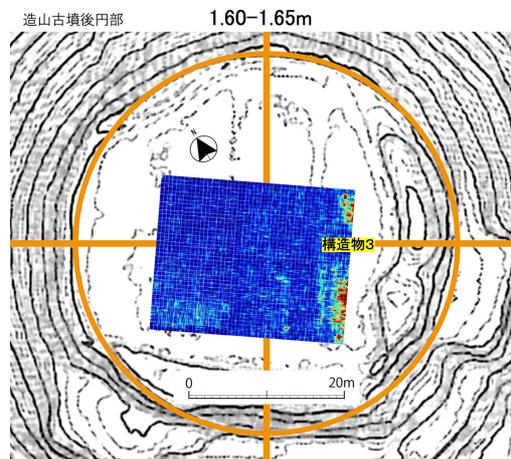


図8 地表下の反応⑤

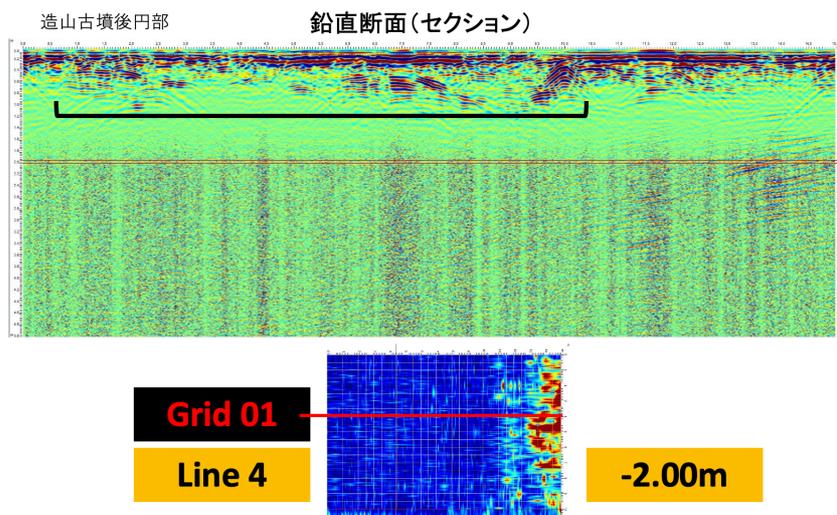


図9 鉛直断面

にする。さらに西半部から北半部にかけては、この構造物1を方形に囲む何かが遺存する可能性が高いと判断できるので、これを構造物2とする(図6)。また地表下1m20-25cmのところでは、先の方角を呈する構造物1の反応は弱まり、構造物2の反応も弱まる(図7)。なお地表下1m50-55cmになると、探査区の東端において南北に延びる別の異常反応が帯状に現れ、1m60-65cmのところでは顕著になる(図8)。この東端での異常反応は1m80-85cmまで認められた。こちらを構造物3と呼ぶことにする。

Grid01の東西方向の鉛直断面図(セクション)をみると、構造物1は地表下80cmに上面があり、地表下1m20cmまでの深度に収まるものであって、40cm程度の高さしかないことを確認できる。構造物2も地表下60cmから1mまでに収まる。さらに地表下2m以下には異常反応箇所が認められないことから、後円部頂付近に盛土が遺存する可能性も低く、現状での盛土の高さは2m前後に収まる可能性すらうかがわれた(図9)。当初の想定とはかなり異なる探査結果であった。

古墳の後円部縦穴式石槨は、墳頂平坦面から墓壙を掘り込んで構築され、床面の深度は2m前後が標準的で、3mを超える事例も珍しくない。そのため1m20cmまでの深度に収まる構造物1や2が、本古墳の後円部埋葬施設であるとは断定しえず、おそらく構造物3と併せ、秀吉による高松城攻めの際に陣地として後円部一帯が大規模に改変された時点で新規構築されることになった戦国期の遺構ではないかとの心証を抱かせるものであった。

言い換えると本来の後円部埋葬施設は後代にほぼ完全に除去されてしまった可能性が浮上したのである。

#### 4. 探査結果の点検

造山古墳の後円部には、遺構の遺存状況を確認するための調査が2022年度から岡山市教育委員会によって実施されている。この調査成果については原田悠希氏の報告で解説されると思うが、同年11月18日には同市文化財課課長、草原孝典氏から写真提供と概要説明を受け、宮原が現地にて調査状況を確認し、先の探査結果との突き合わせを行った。

岡山市の昨年度発掘調査範囲は、我々の探査区北半部と一部重なっており、相互の比較点検が可能である。位置関係は図10に示した。また点検結果を示したものが図11と図12である。先の図5・図6で指摘された構造物2の北辺にあたる地点からは、板石5石の並びが検出された。地表面からの深度も我々の探査結果と一致しており、おおむね1対1での対応関係を導くことができた。

さらに検出された石材は古銅輝石安山岩の板石が主体であったという。この石材は香川県

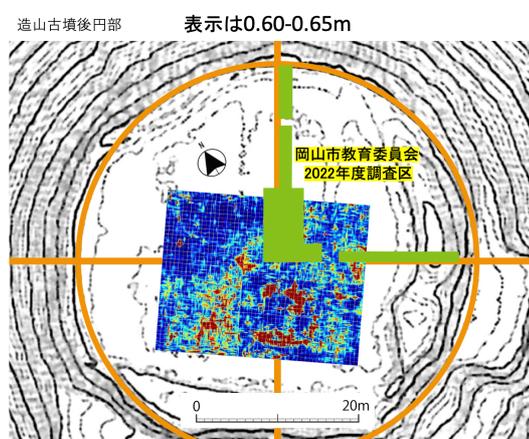


図10 探査区と発掘調査区的位置関係

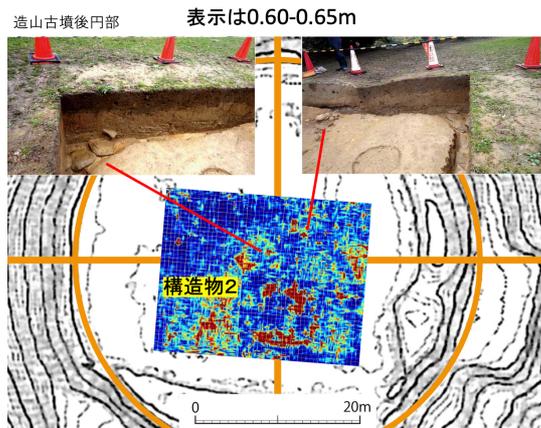


図 11 検出された石列と探査反応の対比①

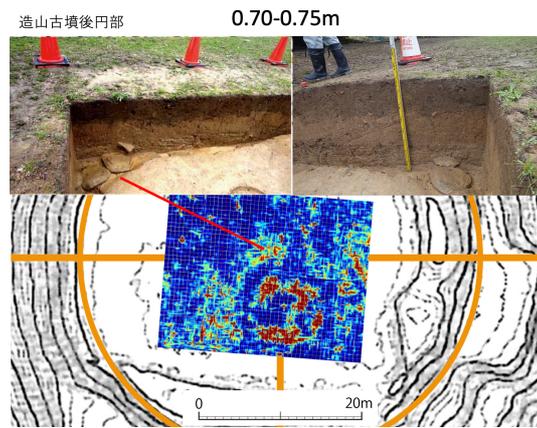


図 12 検出された石列と探査反応の対比②

域で採取されるサヌカイトの一種で、岡山県域の前期古墳の埋葬施設に多用されることが知られている。そうなると構造物 2 は、造山古墳後円部中心埋葬の墓壇外周に配された石列の一端を捉えた可能性が高いことになるだろう。必然的に構造物 1 も、竪穴式石槨の床面付近の残存施設である可能性が再浮上することとなった。

ごく浅い異常反応箇所として把握された構造物 1 と 2 が、もしこの古墳の埋葬施設の床面付近の状況を反映したものと仮定するならば、本来の埋葬施設の上部構造はすでに破壊され現存しないと推測するほかない。石棺が遺存する可能性も低く、どこかに持ち去られた可能性を指摘することになるだろう。

もちろん我々の探査結果にも限界があり、地下の状況を的確に捉えたのかどうかの点検は、探査区南半部の状況如何に委ねられる。今後の岡山市による発掘調査の進展によって、構造物 3 の性格を含めた事実解明が期待される。

## 5. 造山古墳の評価をめぐる今後の予定

我々の探査結果は、光本順氏やジョセフ・ライアン氏ら岡山大学チームが実施した造山古墳への LiDAR 測量成果と重ね合わせ、今後評価をおこなう予定である。

遺跡や古墳と周辺景観との関係を客観的に考察するという課題を実現するために、過去の天体景観を含む周辺景観を正確に再現するシステム arc Astro VR が開発された。本システムは 2022 年末に完成し、国立天文台を窓口公開済みである（「arc Astro VR」で検索すればダウンロード可能）。先月には造山古墳の測量成果をデータセットとして組み込む作業も完了したところである。

現時点における北條の私案を略述する。造山古墳の墳丘軸線は真北から東に  $28.6^\circ$  傾くが、この方位設定は 5 世紀前半代の冬季に北天で輝く北斗七星が直立して映る方位を基準にしたものであり、石津丘古墳や大仙陵古墳も同様の方位決定法を採用したと考えられる（図 13・14）。埋葬施設もこの軸線と平行に設置されたと推定できるのであれば、墳丘軸線

も埋葬方位も、共に新相の方位観念として4世紀初頭に中国側から日本列島に移植された「北辰信仰」に依拠するものだと評価しうる(北條 2017)。一方、墳丘の軸線と直交する角度である真東から 28.6° 南に振れる角度は、この時期の冬至の日の出-夏至の日の入り方位にごく近い。墳丘の側面全体を冬至の朝の陽光が照らすこの角度を重視するのは、縄文文化を起点とし、弥生文化に踏襲された「太陽の出没信仰」とでもいべき埋葬に関わる古相の方位観念である。だから、これら新相と古相の両者を同期・同調させた姿が造山古墳の軸線決定法ではなかったか、との暫定的な私案である。

白川美冬は愛知県域の事例を対象に埋葬方位の点検を進め、4世紀代になっても古相の方位観念が根強く残ることを説明している(白川 2023)。こうした考古天文学的な観点からの考察が今後積極的に導入され、議論の活性化が促されることを期待する。

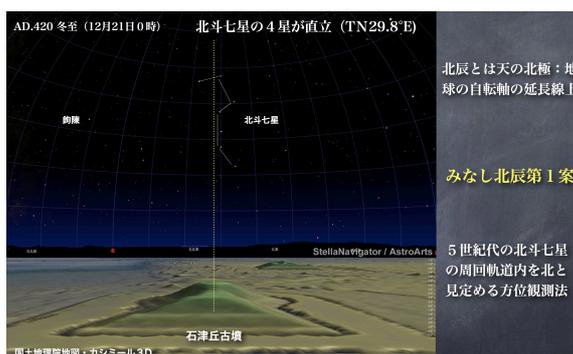


図 13 石津丘古墳の軸線決定法私案

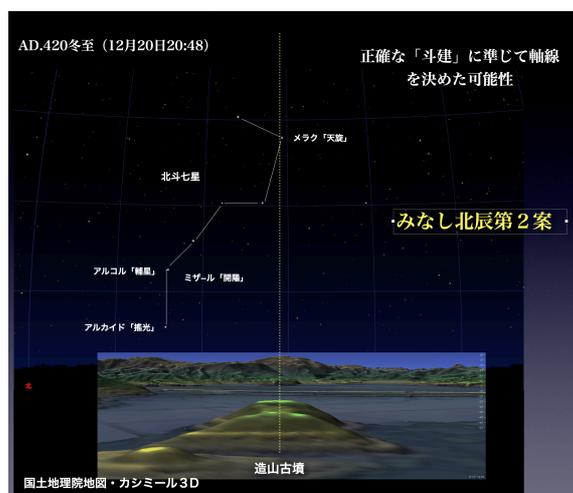


図 14 造山古墳の軸線決定法私案

## 6. 地中レーダー探査の今後

高額な探査機を使用する「掘らずに知る」調査は、決して広く一般化できる調査手法とはいえない。レーダー探査の利用シーンが多岐にわたった今日でも、緊急性を要する工事や大規模事業におけるコスト削減を図ることを目的に用いられており、依然、通常の遺跡調査で用いられる事例は非常に稀である。また、異なる原理(方式)をもつ種々の探査機により、同じ地点を探査した場合の再現性についてもこれを保証した探査事例は皆無に等しい。さらに、画像の解析から主観を排除するにも、より多くの事例の検討が必要とされる。

このようにハード面・ソフト面に課題が多く残されている現状にあって、考古学サイドから発信できる試みとしては、既掘遺構での探査結果と未調査遺構でのそれを比較し、未調査部のレーダーの反応から何が読み取れるか、読み取ったのかを広く公開することと、情報の共有が肝要である。その意味において、造山古墳後円部の地中探査と発掘調査による実証的な点検がもつ意義は大きい。ミュオンを利用した探査結果との突き合わせも重要である。

【引用・参考文献】

岡山市教育委員会 2021『造山古墳群発掘調査概報 2014～2020 年度調査』岡山市教育委員会

新納 泉 2011「前方後円墳の設計原理試論」『考古学研究』第 58 巻 1 号

北條芳隆 2017『古墳の方位と太陽』同成社

白川美冬 2023「埋葬方位研究の行く末」『しだみゆー歴史講演会「寺子屋」文化遺産ストーリーしだみゆーmeeting 考古天文学と古代の景観』

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）―青森県六ヶ所村金堀沢遺跡・長野県松本市弘法山古墳―」『研究紀要東海大学文学部』第 113 号