

第5次加曽利貝塚デジタル三次元測量・ 地中レーダー探査 (GPR) 調査概報

高橋龍三郎・山崎世理愛・岡本 樹・隈元道厚・飯塚真人・
伊藤結華・関根有一朗・田邊凌基・宮崎滯菜・山内将輝・李 承叡

はじめに

加曽利貝塚第5次調査は、千葉市との受託契約に基づき2020年8月3日から8月13日の間に実施した。新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、早稲田大学は学部学生を引率した合宿による夏季の実習調査を全学的に禁止したため、千葉市教育委員会との協議のもと、文学研究科考古学コースの大学院生と共に調査を実施した。

本年度の調査は、以下の項目を解明することを目的に実施した。

1. 昨年までの調査で完結していない北貝塚（縄文中期）の南端部（J10区、K10区）の調査を実施し、貝層の堆積状況を把握すること。それを2017年度、2018年度、2019年度の調査結果と統合し、北貝塚の地形および貝層堆積状況の全体像を明らかにする。
2. 北貝塚と南貝塚（縄文後期）の接合点と目されるJ10区、K10区の様相を把握し、南北両貝塚相互の接合状況を明らかにするための端緒をえる。
3. 北貝塚のうち、1924年に東京大学人類学教室によって発掘調査されたD地点トレンチ、E地点トレンチの位置を確認するために、より精密な測定を行う。
4. 南貝塚のデジタル三次元測量（以下、「三次元測量」と略）と地中レーダー探査（以下、「GPR探査」と略）を開始し、後期貝塚の様相を解明するための端緒をえる。
5. 2020年秋に計画する発掘調査（千葉市埋蔵文化財センター）の事前準備として、発掘予定地区内（中央低地）の測量とGPR探査を行なう。

これらの計画に合わせて調査は順調に進展し予定期間内に無事完了した。

今回の調査では、北貝塚の南端部の未調査区を計測し、北貝塚全体の様相が明らかになった。この部分は貝塚公園内の遊歩道設置との関わりで暫く不明瞭になっていたが、調査の結果、北貝塚の南端部の貝層は、遊歩道を超えて南側に延びていること、またその一部は南貝塚の貝層のごく近くまで及んでいることが判明した。北貝塚は全体的な形状として円形というよりは、南北方向に延びた楕円形、ないしは隅丸の長方形に近い形状であることが判明した。

北貝塚で1924年に実施された東京大学人類学教室による発掘調査（D地点トレンチ、E地点ト

レンチ)は、学史上大変著名なものであり、特にE地点トレンチは土器型式名の基礎にもなった調査区であるが、現在では両方ともに正確な位置が判らないままになっている。2017年度、2018年度の測量、GPR 探査においても幾つかの候補地がしぼられたものの明確な場所を特定できなかったため、今年度は計測の精度を挙げて、細密な調査を実施した。その結果、D地点トレンチに関してはI 9区において有力な場所が把握され、最も可能性の高い地点として措定された。またE地点トレンチに関しても、場所をさらに絞り込んで2、3地点を措定するに至った。

南貝塚の調査は貝塚の北側から東側にかけて貝層が分布する範囲の一部と、中央低地の一部にかけて実施した。これは秋に予定されている発掘調査に備えたもので、1964年度の発掘トレンチの位置と GPR 探査のデータを照合させる意味を持つ。中央低地の調査を優先したのは、今後の千葉市の調査保存計画に合わせたものである。

今回の調査報告は、受託研究の趣旨に即して上記の調査内容を中心に報告する。

(高橋龍三郎)

1. 調査の経緯・体制・経過

1-1. 調査の経緯

加曽利貝塚は国内最大級の貝塚であり、大学や博物館による試掘・確認調査を含め16次30地点余の発掘調査を実施してきたが、全体で12500m²の範囲(全体の8%)に止まり、全体からすると僅かが知られたに過ぎない。地表面で観察できる地形と貝層とは別に、地中の遺構や貝層の残存状況を今までのデータで明らかにすることは不可能であった。そこで貝層を傷つけることなく、地中の状況を把握できる非破壊の方法が模索されてきた。本貝塚で最初に GPR 探査が実施されたのは1980年代後半だが、最初期の技術的制約もあり、貝塚の堆積状況を詳しく知るところまではいかなかった。

2017年に国の特別史跡に指定されたのは、南北貝塚を含む15haの範囲である。2016年度に、城倉正祥准教授(現教授)は北貝塚の東南斜面を三次元測量し併せて GPR 探査を実施し、北貝塚の当該部分に貝層が堆積、遺存していることを明らかにした(第1次調査)。それを継承し、2017年度に高橋は早稲田大学考古学コースの実習を兼ねて夏期休暇中に調査を実施し、北貝塚の東側斜面部から北側斜面において三次元測量を、そしてこの年から始まった千葉市教育委員会が行う発掘調査範囲をカバーする目的で南貝塚の1地点の GPR 探査を実施した(第2次調査)。これらの調査では北貝塚の東側から北側にかけて、主に台地の縁端部から斜面にかけて貝層が良好な状態で遺存していることを窺うことができた。また、南貝塚における GPR 探査により貝層の一部を把握することができた(高橋他 2018)。かつて1924年に東京大学人類学教室によって調査のメスが入られたE地点トレンチの形跡を併せて探査・推定することも目的にしたが、東側斜面一帯には多くの攪乱坑があるとみえ場所を特定するに至らなかった。2018年度の第3次調査は

第5次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報

北貝塚の北側から西側にむけて地点を移動しながら継続し、三次元測量調査は北側部分を中心に約4800m²を測量し、GPR探査は北西から西側部分にかけて探査した。2019年度の第4次調査は、北貝塚の北側部分の斜面地と台地中央部を中心とするGPR探査を実施し、併せて貝塚の西側を中心として三次元測量を実施した。第3次・第4次調査の成果を加えて、4か年の調査により北貝塚のほぼ全貌を明らかにすることができた。

全4回の北貝塚における調査により、貝塚の貝層の範囲や遺構の推定位置、堆積状況などを理解することができ、大きな成果を得た。そのような成果を下に2020年度より、南貝塚におけるGPR・三次元測量調査に踏み切ることにした。北貝塚と同様、貝層範囲や堆積状態の推定や地中に眠る遺構の特定などを目的として調査を行った。南貝塚の調査初年度となった今年度は、千葉市教育委員会における発掘調査範囲を最優先に調査を行った。また、昨年度までではいくつかの候補地を挙げるまでに留まった、D・E両トレンチの特定を目的として本年も北貝塚の一部地点の調査を行った。以下、本稿でそれらの成果を述べていく。

1－2. 調査の体制

例年早稲田大学では、千葉市との受託研究のもと、考古学コース学生の考古学実習を兼ねて調査を行っていたが、本年度はコロナウイルスの影響により大学院生のみで調査を行った。本調査の概要および組織は以下の通りである。なお、役職や学年等は調査当時のものを表記している。

調査組織と体制

調査対象：加曽利貝塚

所在地：千葉県千葉市若葉区桜木2丁目81番1ほか

調査期間：2020年8月3日～8月13日（8月8日を除く）

調査種類と内容：受託研究に基づく学術調査（デジタル三次元測量、GPR 地中レーダー探査）

調査担当：高橋龍三郎（教授）

調査指導：寺崎秀一郎（教授）・田畑幸嗣（教授）

調査補佐：山崎世理愛（助手）

調査会計：関根有一朗（大学院生）

調査参加者：岡本樹、隈元道厚、田邊凌基、李承叡、飯塚真人、伊藤結華、関根有一朗、宮崎滯菜、山内将輝（以上、大学院生）

1－3. 調査の経過

8月2日 事前準備のため、先発隊が現地に到着。調査準備。基準杭の確認及び改測（表2）。本調査ではGPR探査の際の調査区（以下、「レーダー区」と略）の名称をr○区とすることにした（図1・表1）。各レーダー区は目的や地形に即して設定した任意

の長方形を想定している。詳細は後述の「2. 調査の方法」を参照されたい。

- 8月3日 本日より調査開始。午前は r 1 区設定並びに r 3 区の設定。午後は r 1 区の GPR 探査と r 3 区の設定。
- 8月4日 午前は r 3 区の GPR 探査、r 4 区の設定。午後は r 4 区の GPR 探査と r 5 区の設定。測量は1日通して北貝塚東側斜面を調査。
- 8月5日 午前は r 5 区の草刈と GPR 探査並びに r 6 区の設定。午後は r 6 区の GPR 探査と r 7 区の設定。測量は1日通して北貝塚東側斜面を調査。
- 8月6日 午前は r 7 区の GPR 探査並びに r 8 区の設定。午後は r 8 区の GPR 探査。測量は1日通して北貝塚東側斜面を調査。
- 8月7日 午前は r 9 区の設定。午後は r 9 区の GPR 探査と r 10、r 11 区の設定。測量は1日通して北貝塚東側斜面を調査。第1クール終了
- 8月9日 第2クール開始。午前は r 10 区の GPR 探査と r 12 区の設定。午後は r 10 区の GPR 探査と r 13 区の設定。
- 8月10日 午前は r 14 区の設定。午後は r 13 区の GPR 探査と r 15 区の設定。測量は北貝塚西側と南側の盛り上がり部分を調査。
- 8月11日 午前は r 14 区の GPR 探査並びに r 15 区の設定。測量は北貝塚西側斜面を調査。
- 8月12日 午前は r 15、r 16 区の GPR 探査。午後は r 17 区の設定。測量は北貝塚西側と東側を調査。
- 8月13日 午前 r 16 区、r 17 区の GPR 探査。午後はレーダー杭や機材片づけ等撤収準備。調査終了。

(隈元道厚)

2. 調査の方法

2-1. デジタル三次元測量

デジタル三次元測量とは、トータルステーション等を用いて任意の点の座標を測り、それを基に地理情報システム (Geographic Information System、以下「GIS」と略) 上において遺跡の地形の復元を試みるものである。

地形図 (等高線) の描出には、直接法と間接法があり、前者は同じ高さとなる地点を探して、図上に位置を記入し、それぞれを等高線で結ぶという方法、後者は任意の単点の位置と高さを記録し、その数値を基に現地の地形を観察しながら等高線を描く方法である。デジタル三次元測量の場合は、等高線の描出は GIS ソフト上で行なうが、任意の座標を記録し、その数値を用いて作図を行なうという観点からすると、後者の間接法の範疇となろう。

早稲田大学では、近年、岡山大学の新納泉教授による岡山県岡山市造山古墳の測量調査を参考

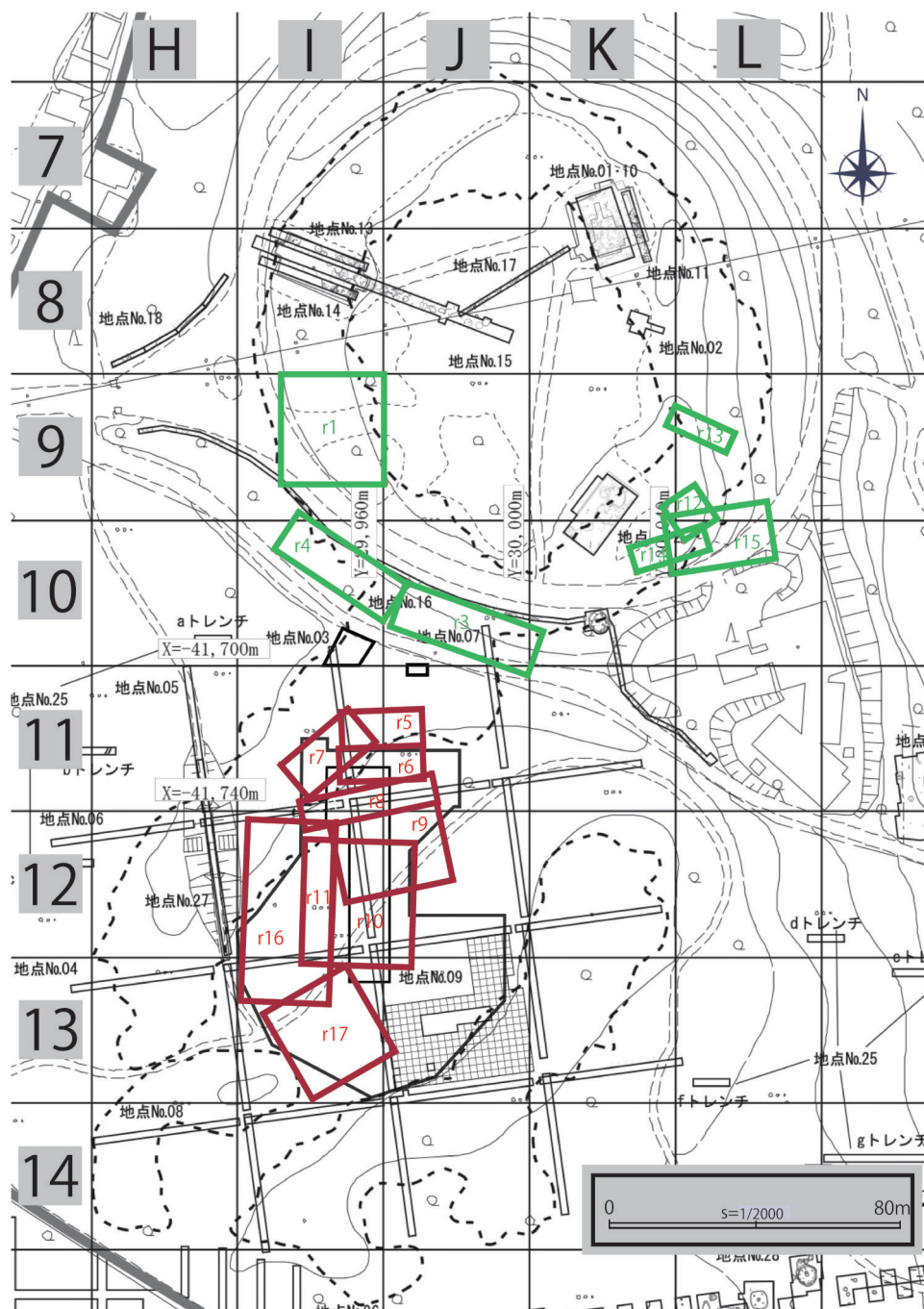


図1 グリッド並びに各レーダー区配置図

表1 レーダー杭座標

区名	杭名	X	Y	Z
r1区	r1-1	-41619.96	29959.975	30.765
	r1-2	-41620.02	29932.035	31.308
	r1-3			
	r1-4	-41649.94	29960.607	30.949
r3区	r3-1	-41689.08	29961.856	31.089
	r3-2	-41702.77	29999.428	30.74
	r3-3	-41690.63	30003.895	31.495
	r3-4	-41676.88	29966.321	31.284
r4区	r4-1	-41658.08	29936.697	30.883
	r4-2	-41668.11	29930.011	30.508
	r4-3	-41687.98	29960.03	31.093
	r4-4	-41678.02	29966.604	31.414
r5区	r5-1	-41712.56	29948.412	30.93
	r5-2	-41722.54	29948.775	30.845
	r5-3	-41721.71	29970.784	30.023
	r5-4	-41711.74	29970.41	30.882
r6区	r6-1	-41731.61	29948.175	30.184
	r6-2	-41730.69	29971.146	29.772
	r6-3	-41721.71	29970.784	30.023
	r6-4	-41722.58	29947.775	30.948
r7区	r7-1	-41736.02	29939.497	30.682
	r7-2	-41720.71	29957.988	30.421
	r7-3	-41711.6	29950.419	31.039
	r7-4	-41726.79	29931.865	30.499
r8区	r8-1	-41744.65	29938.617	29.999
	r8-2	-41737.03	29974.83	29.345
	r8-3	-41729.22	29973.165	29.71
	r8-4	-41736.82	29936.984	30.841
r9区	r9-1	-41743.19	29945.452	29.376
	r9-2	-41764.71	29949.965	28.692
	r9-3	-41758.56	29979.313	29.135
	r9-4	-41737.03	29974.83	29.345
r10区	r10-1	-41782.4	29967.582	28.714
	r10-2	-41748.41	29968.559	29.013
	r10-3	-41747.8	29946.589	29.184
	r10-4	-41781.76	29945.606	28.676
r11区	r11-1	-41747.8	29946.589	29.184
	r11-2	-41747.57	29938.589	29.82
	r11-3	-41781.53	29937.556	28.839
	r11-4	-41781.76	29945.606	28.676
r12区	r12-1	-41665.61	30042.293	31.665
	r12-2	-41659.44	30051.426	30.248
	r12-3	-41650.33	30045.289	31.558
	r12-4			
r13区	r13-1			
	r13-2	-41641.44	30053.914	29.583
	r13-3	-41635.95	30056.393	29.022
	r13-4	-41628.52	30039.995	31.108
r14区	r14-1	-41674.26	30029.386	32.119
	r14-2	-41667.99	30049.481	30.784
	r14-3	-41661.34	30047.425	31.073
	r14-4	-41667.55	30027.331	32.413
r15区	r15-1	-41658.94	30036.769	32.324
	r15-2	-41674.71	30039.114	31.528
	r15-3	-41670.42	30067.571	28.357
	r15-4	-41654.75	30064.977	27.551
r16区	r16-1	-41742.77	29947.085	29.332
	r16-2	-41792.71	29944.935	28.629
	r16-3	-41791.68	29920.93	29.46
	r16-4	-41741.75	29923.113	
r17区	r17-1	-41782.11	29949.606	28.586
	r17-2	-41795.23	29927.181	29.205
	r17-3	-41818.54	29940.804	29.713
	r17-4			

※ r 1, 3, 4 区、r 12～15区は北貝塚、r 5～11区、r 16～17区は南貝塚

に、主に古墳や古代寺院を対象に調査を行なっている。最近の調査事例としては、栃木県小山市に所在する摩利支天塚古墳（城倉他 2020）、群馬県藤岡市に位置する七輿山古墳（城倉他 2020）が挙げられよう。

本年度の測量にあたっては、TOPCON 社製の「Layout Navigator」（以下、「LN」と略）を用

表2 第5次調査使用基準杭

地点	属性	点名	X	Y	Z	備考
北貝塚	4級基準点	KSR-BM-1	-41696.8	30014.13	31.28	
北貝塚		KSR-BM-1-1	-41736.4	29983.24	29.476	
北貝塚	4級基準点	KSR-BM-1-3	-41672.1	30030.45	32.064	
北貝塚		I9-05	-41620	29940	32.064	2020年改測
北貝塚	40mグリッド杭	J9	-41620	29959.98	30.765	2020年改測
北貝塚	40mグリッド杭	K9	-41620	29999.98	30.381	2020年改測
北貝塚	40mグリッド杭	L9	-41620	30040	30.982	2020年改測
北貝塚		N3(L9-25)	-41630	30039.98	31.094	2020年改測
北貝塚		KSRW3	-41655.4	30040.84	32.192	2020年改測
北貝塚		KSRW4	-41659.1	30048.95	30.797	2020年改測
北貝塚		KSRW5	-41639.8	30043.58	31.099	2020年改測
北貝塚		KSRW6	-41631.1	30044.4	30.978	2020年改測
北貝塚		KAR-BM1-22	-41611.2	30004.73	30.514	
北貝塚		KAR-BM1-23	-41595.8	29996.15	30.409	
北貝塚		KSR-BM1-6a	-41710.5	30014.53	30.867	

いて行なった。当該機器は、既知点2点の座標を登録することで、機器自体が後方交会を行ない、自らの座標（X、Y、Z）を割り出す。そして、調査者のミラーを自動で追尾し、かつ座標の登録は遠隔操作で行なうことができるため、1人で測量することが可能であり、効率的に地点の登録を行なうことができる。しかし、トータルステーション等と同様に光学機器であるため樹木などの遮蔽物の影響を受けやすい。そのため、機器の死角となる地点の登録にあたっては、機器を移動させたのちに測量することとなる。こうした機器の据え地点の移動も、先述の特長から、比較的容易に行なうことができる。集積した座標（以下、「点群データ」と略）は、CSV データを基に GIS ソフトである Esri 社の ArcGIS 上で投影し、点群を結んで等高線を引くことによって、客観的かつ精密な地形図を作成することができる。そして、ArcGIS において点群を基に陰影図を描出することも可能であるため、遺跡特有の微地形を視覚的に再現できる点も、三次元測量の特長でもある。また、従来の等高線の測量は、平板やトータルステーションを活用し、その情報を方眼紙に記録していく手法がメインであったが、主観が入りやすく、また測量者の技量に大きく左右される点が問題であった。しかし、三次元測量は、任意に集積した点群を基に ArcGIS 上で等高線を描画するため、客観的で精度の高い地形図を作成することが可能になった。

LN による測量の既知点としても重要な基準杭については、千葉市教育委員会が加曽利貝塚内に設置した4級基準点 KSR-BM1 を使用して、昨年度までの調査で設置したものを主として用い、必要に応じて改測を行なった。基準杭の座標・属性については表2に示した通りである。地形図は、ArcGIS 上で点群データから不規則三角形網（TIN）、数値標高モデル（DEM）を作成し、後者から等高線（Contour）を描出することによって作成した。

2-2. 地中レーダー（GPR）探査

地中レーダー（GPR）探査は、地表の芝生や地面はもちろん、地中の遺構や貝層を傷つけることなく、地中の様相を解明する調査方法として提唱された。GPR 探査とは、電磁波を地中に向けて放出し反射波を測定することによって地中の様子を調査する手法である。上述のように、GPR 探査の重要性及び目的については、その非破壊性に重点が置かれる。本調査手法は遺跡を破壊することなく、過去の発掘トレンチの様相及び貝層の状況の詳細の情報を得るための最も有用な方法である。

探査をする際はまず、トータルステーションを用い、目的や地形に合わせ任意の長方形を作成し（レーダー区）、その4隅に杭を打つ。その後、レーダーを真っすぐ走査出来るように2m 毎に水糸を張るような形で前準備を行い、各測線は50cm ごとに走査を行なった。GPR 探査終了後は、レーダー区の4隅の杭の座標を測量し、その情報に基づき GIS ソフト上に、解析を行ったタイムスライス図（平面図に相当、以下「スライス図」と略）を地図に落とし込む作業を行う。さらに、プロファイル図（断面図に相当）を抽出し、層位の変化や遺跡の内部構造の検討を行う。今回使用したのは、MALA. Geoscience 社製の500MHz アンテナである。

（岡本樹・飯塚真人）

3. デジタル三次元測量の成果

3-1. 今年度の調査目的と範囲⁽¹⁾

第3・4次調査の文研紀要内で行った検討により、E地点トレンチの推定位置をL9区内、D地点トレンチの推定位置をI8・I9区内にまで絞ることが出来た（高橋他 2021）。したがって本年度調査では、該当範囲のより詳細な微地形情報を取得し、レーダーの反応との対応関係を把握することによって、トレンチの位置を確定させる事を目的とした。そこで、LNを2台使用し、昨年度まで2、30cm 間隔で行っていた地形測量を、10cm 間隔で行うこととした。本年度調査の測量範囲は、北貝塚南側の入り口を境として、K9、K10、L8、L9、L10区（北貝塚南東斜面部と呼称）と、I8、I9、I10、J9、J10区（北貝塚南西斜面部と呼称）にわたる。

LNで取得した点群は合計46,601点で、座標系を平面直角座標系 JGD2011-IX に設定して ArcGIS に読み込んだ。図2は測量点群範囲を示す。続いて、昨年度までに取得した点群データも含めて ArcGIS に読み込み、TIN・DEM を生成して Contour（0.1m 間隔）を描出した。図3、図5では、描出された等高線から、トレンチの検討範囲を切り取ったものを提示している。さらに、TIN を標高・Jenks・30クラスで色分け表示した上に、Contour（0.1m 間隔）を重ねたものが図4、図6である。

3-2. 北貝塚南東斜面部の成果

全体として、斜面中央部（L9区中央部）から傾斜がきつくなっていることがわかる。また、南側には丘上の緩やかな高まりが存在する。斜面部における等高線の乱れは、図19に示した箇所を確認された。

3-3. 北貝塚南西斜面部の成果

I9区内の東部中央に高まりが確認された。また、J9区内で南西部にいくほど、落ち込んでいく。J9区からJ10区にかけて、やや広い範囲で等高線が南に落ち込んでおり、等高線の間隔が徐々に広がっていることから、J10区北部よりもI9区東部の方が、傾斜が緩くなっていることがわかる。斜面部における等高線の乱れは、図21に示した箇所を確認された。

（関根有一朗・伊藤結華・宮崎滯菜）

4. GPR（地中レーダー）探査の成果

4-1. 今年度の調査目的と範囲

北貝塚では、昨年度報告でのD・E地点トレンチの推定位置と現地形の観察に基づく判断により、r1区・r12～r14区を設定、探査を行った（表1・図1）。また、南東斜面部の未探査部分であるL10区部分に、r15区を設定し、探査を行った。北貝塚南端部については、1968年に野外施設照明用ケーブル埋設に伴う第5次調査⁽²⁾が実施され、南北に延びる幅約1mの狭いトレンチ（4区Iトレンチ）の発掘が行われている。この調査により北貝塚南端部からは、いくつかの堅穴住居跡やピットの存在が確認されている。本調査では、北貝塚・南貝塚の接合地点の様相の把握を目的とし、r3区・r4区を設定、探査を行った。

南貝塚では、2020年度から千葉市埋蔵文化財センターが開始する発掘調査の範囲並びに、貝塚中央部を調査する目的で、r5区～r11区・r16区・r17区を設定した（表1・図1）。r16区は走査途中に降雨があったため途中で調査を中断し、残りを翌日に行った。そのため、解析ではr16-1区・r16-2区として解析を行なった。

4-2. 北貝塚の成果

【r1区】30×28m、タイムスライス：50-77cm

昨年に引き続きD地点トレンチの探索のため、北貝塚南西部に道路を避けて設定した。南北にわたって広く反応があり、貝層だと考えられる。

【r3区】40×13m、タイムスライス：50-83cm

北貝塚と南貝塚の間にある道路に挟まれた場所に設定した。東西に広く反応が出ており、特にX=0-6m及びX=16-30mで強い反応が見られる。

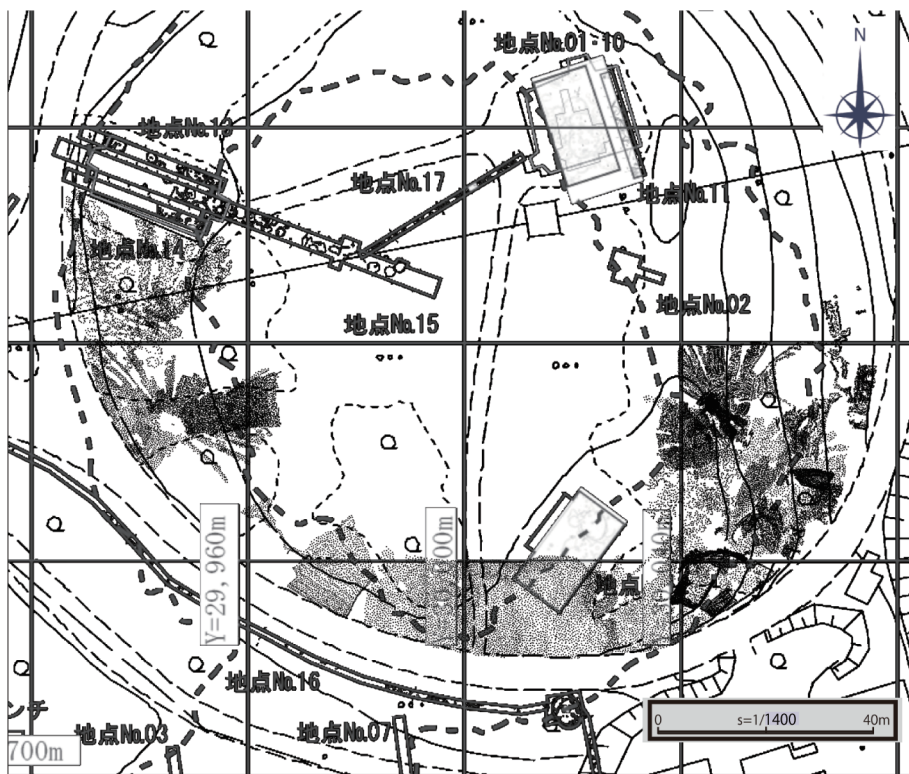


図2 第5次調査測量点群図

【r 4区】36×12m、タイムスライス；68-94cm

r 3区に引き続き、北貝塚と南貝塚の接点を確認すべく、北貝塚と南貝塚の間の道路に挟まれたr 3区西側に設定した。X= 0-2m・Y= 0-3m、X= 0・Y= 8-11m、X= 0-2m・Y=16-22m、X= 2-10m・Y=28-34mと東西に伸びるように強い反応が検出されている。またX= 6-12m・Y=12-16mにも反応が検出された。

【r 12区】11×11m、タイムスライス；67-101cm

北貝塚南東部台地縁辺に設定した。X= 0-7m・Y= 2-11mの範囲に貝層と考えられる強い反応を検出した。

【r 13区】18×6m、タイムスライス；34-67cm

北貝塚東部の台地縁辺部から緩斜面部にかけて貝層を横断するように設定した。X= 6-12m付近に貝層と考えられる強い反応を検出した。

【r 14区】21×7m、タイムスライス；67-100cm

北貝塚南東端に台地縁辺部から斜面部にかけて貝層を横断するように設定した。X= 0-6mの範囲に貝層の端と考えられる強い反応が検出された。

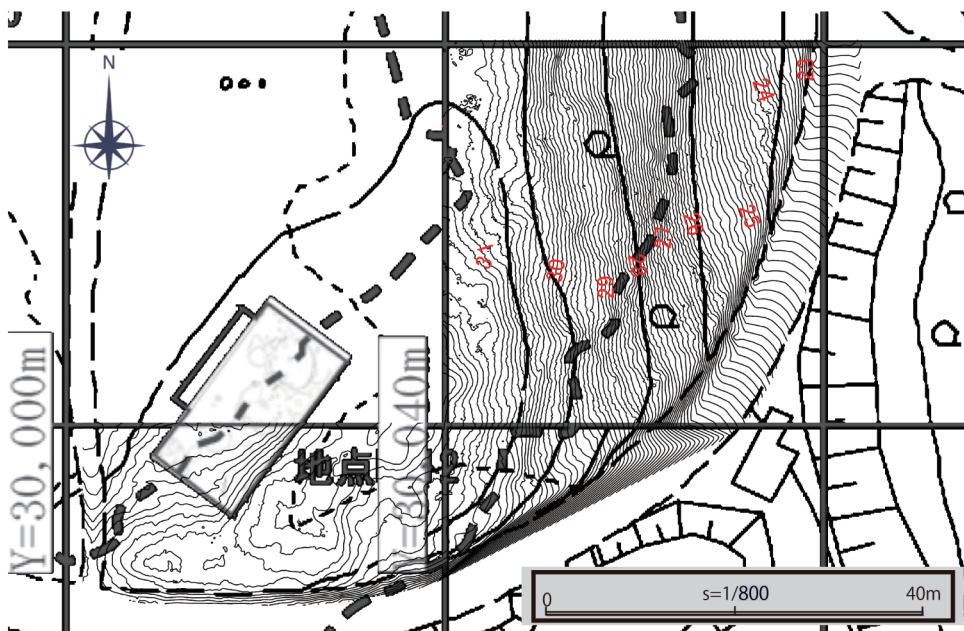


図3 北貝塚南東斜面部 0.1mContour

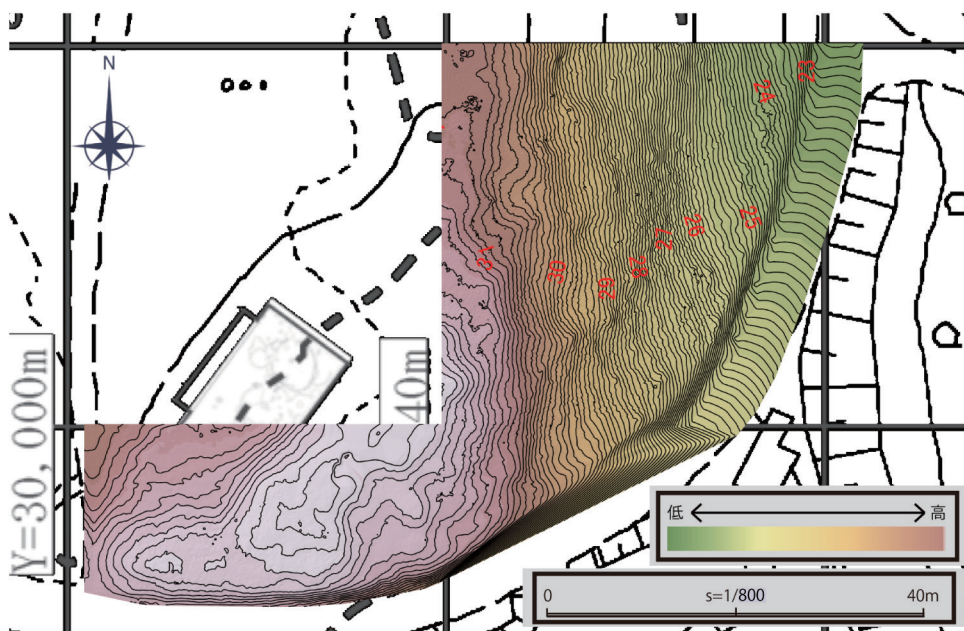


図4 北貝塚南東斜面部 0.1mContour + TIN（標高・Jenks・30クラス）

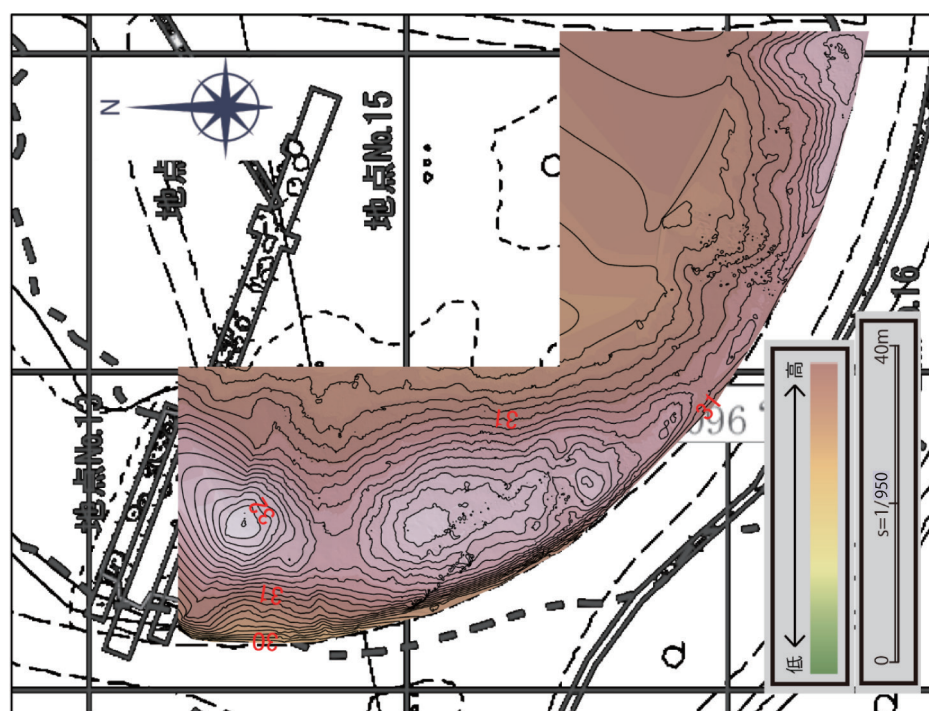


図6 北貝塚南西斜面部 0.1mContour + TIN (標高・Jenks・30クラス)

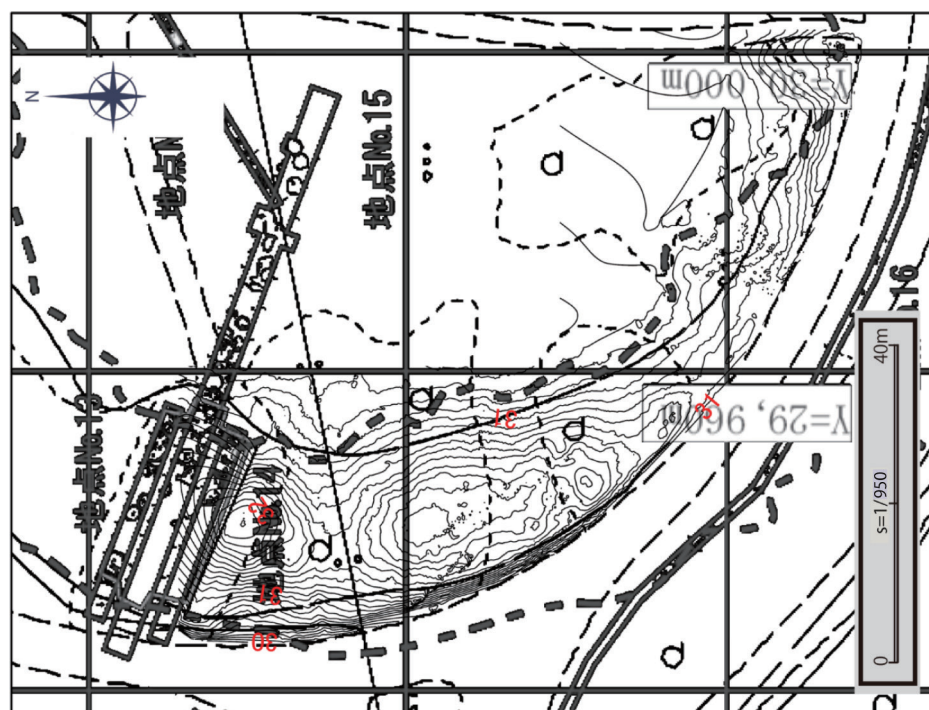


図5 北貝塚南西斜面部 0.1mContour

【r 15区】29×16m、タイムスライス；67-100cm

北貝塚南東端に台地上から斜面下にかけて舗装された道路を避けて設定した。台地縁辺部である $X = 0-4\text{ m}$ 、 $Y = 2-8\text{ m}$ の範囲に強い反応を検出した。また北貝塚斜面下のレーダー区南東端 $X = 2-10\text{ m}$ 、 $Y = 14-29\text{ m}$ にかけて反応が確認できる。

本年度調査分のみのスライス図を掲載したものが図7であり、それに加え前年度までのスライス図を掲載したものが図8である。またr 1区、r 13区を除く各レーダー区のスライス図とプロファイル図を示したものが図9と図10である。r 15区に見られる、まとまった赤い反応は、前年度までの調査で赤く反応した箇所と隣接しており、北貝塚南東部の貝層の端であると考えられる。

北貝塚南端部では、遺構と思しき反応や既往調査のトレンチの反応が確認された（図7）。r 3区の西半に広がる白い反応は、薄い貝層の堆積と考えられる。この範囲の北側にあたる、4区Iトレンチ11グリッド～12グリッド東半の北壁セクションでは、約10～30cmの薄い混貝土層の堆積が確認されており、そこから連続するものであろう。また $X = 26-28\text{ m}$ 、 $Y = 5-7\text{ m}$ の部分には、1964年調査時のVトレンチ4区の北端と考えられる、赤い反応が見られる（図7中①）。 $X = 2-4\text{ m}$ 、 $Y = 0-3\text{ m}$ 部分では、スライス図では楕円形の赤い反応がまとまっており、プロファイル図でも貝層の堆積が落ち窪む形で確認されていることから、住居内貝層の可能性を指摘できる（図7中②）。r 4区からは、遺構と思しき反応が複数検出された。図7中③は、4区Iトレンチ14グリッド内で一部発掘された、59号堅穴住居跡の未発掘部分、ないしそこから続くレンズ状の混土貝層の堆積と考えられる。この住居跡では、覆土上部に混貝土層と混土貝層の堆積が認められ、その部分がレーダーに反応したのだろう（図7中③）。図7中④～⑥は②と同様に、住居内貝層の可能性がある。

4-3. 南貝塚の成果

【r 5区】22×10m、タイムスライス；68-101cm

南貝塚北側に石敷きの道を避けて設定した。 $X = 0-2\text{ m}$ 付近の反応はIトレンチ4区のものと思われる。レーダー区東側で貝層らしき強い反応を検出している。

【r 6区】23×9m、タイムスライス；68-101cm

南貝塚北側にr 5区と北辺を共有する形で設定した。 $X = 4-6\text{ m}$ 付近でIトレンチと思われる直線的な反応を検出している。レーダー区南東側に貝層らしき反応が集中している。

【r 7区】24×12m、タイムスライス；68-101cm

南貝塚北側の斜面に沿う形で設定した。 $X = 18-24\text{ m}$ にかけて青く抜けた反応が確認されている。帯状に貝層らしき反応を検出している。

【r 8区】37×8m、タイムスライス；41-68cm

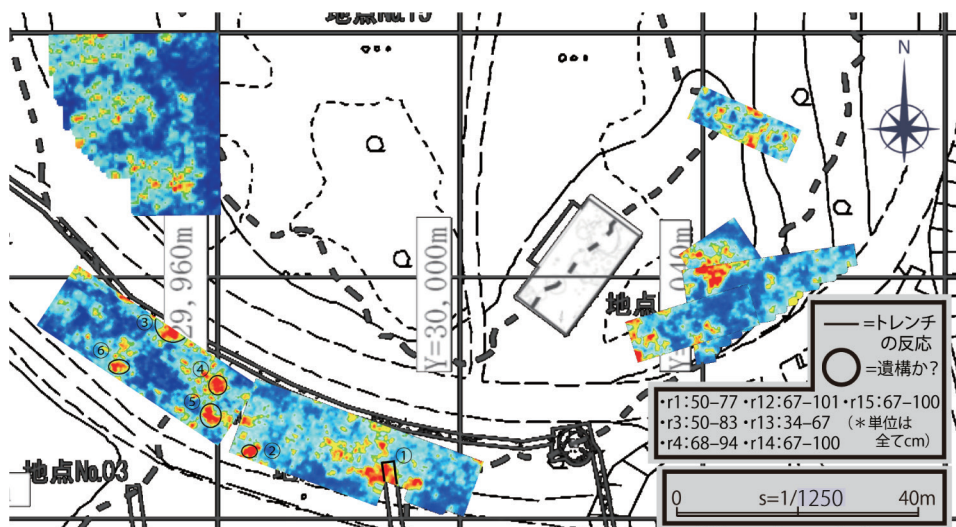


図7 第5次調査 GPR 探査成果図

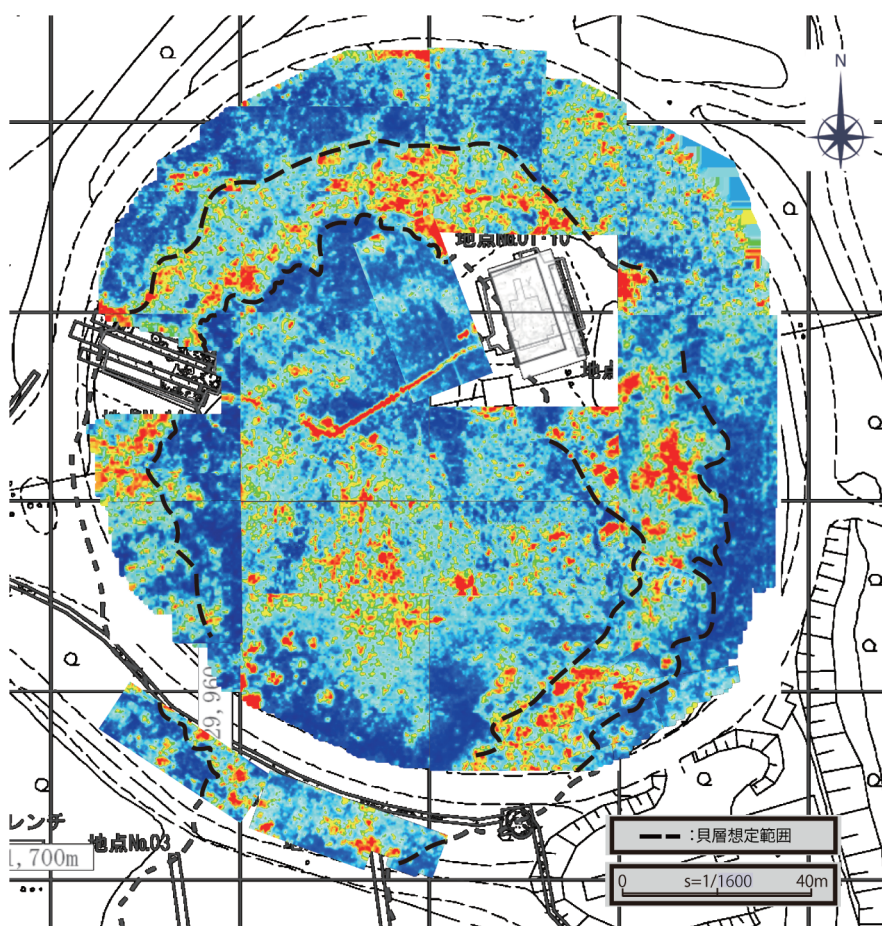


図8 第3～5次調査 GPR 探査成果図

第5次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報

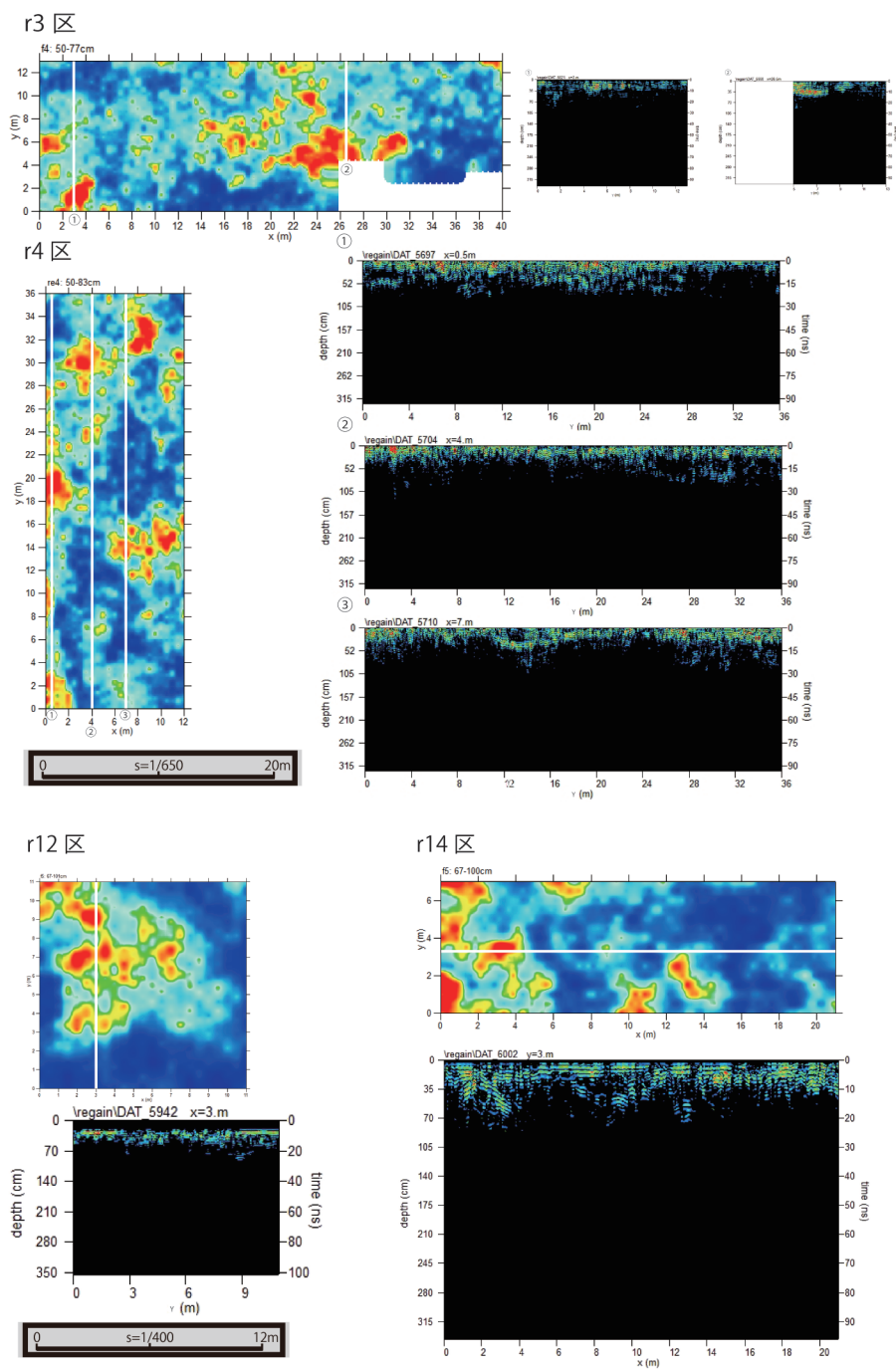


図9 r3、4、12、14区スライス図・プロファイル図

r15 区

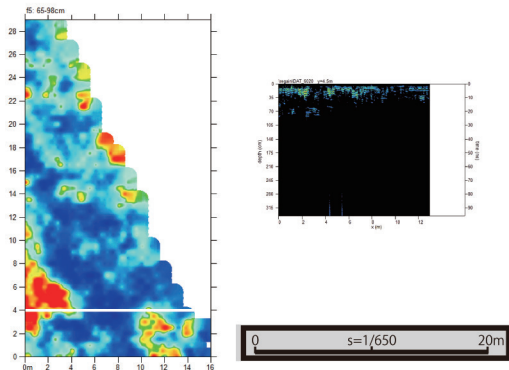


図10 r15区のスライス図・プロファイル図

南貝塚北側に設定した。Y = 4-6 m の範囲で、トレンチに沿って地下埋設された電気ケーブルに強く引かれた直線的な反応を検出しており、遺構に関連すると思われる反応は不明瞭である。

【r 9 区】 30×22m、タイムスライス；67-100cm

南貝塚中央部の平坦部に石敷きの道を避けて設定した。北辺を r 8 区と共有している。

Y = 8-10m 付近の直線的な抜けた反応は I トレンチと思われる。レーダー区東側に反応

が集中しており、Y = 24-30m 付近に強い反応がみられる。

【r 10区】 34×22m、タイムスライス；89-123cm

南貝塚中央窪地中心部に設定した。Y = 8-10m に幅約 2 m の帯状に南北方向へ伸びる反応を検出した。同様に X = 4-6 m に幅約 2 m の帯状に東西方向へ伸びる反応を検出した。前者は I トレンチ、後者は IV トレンチの反応と考えられる。

【r 11区】 34×8m、タイムスライス；67-101cm

r 10区に隣接した南貝塚中央低地西寄りに設定した。r 11-2・r 11-3 の杭を r 10区の杭と共有している。本区画ではレーダー区の全体にわたって反応が点在している。

【r 16区】 50×24m、タイムスライス；50-83cm

南貝塚西側貝層から中央低地にかけて設定した。

「r 16-1 区」 32×24m、タイムスライス；50-83cm

X = 12-24m で貝層と考えられる強い反応を検出した。この強い反応を囲うようにある道状の濃い青色で抜けた反応は地表面の石敷きの道だと考えられる。X = 2-8 m、Y = 18-24m 付近で強い反応が点在する。

「r 16-2 区」 24×18m、タイムスライス；50-83cm

Y = 5-8 m で東西に伸びる帯状の反応は IV トレンチの反応だと考えられる。

【r 17区】 27×26m、タイムスライス；51-85cm

南貝塚中央低地の南部に設定した。X = 0-8 m、Y = 0-14m 付近に強い反応が見られる。

ここからは南貝塚の成果について述べていく。本年の南貝塚における GPR 探査の成果図は図 11 である。まず、中央部の東西南北にかけて細長く続く反応が確認できる。これは 1964 年発掘のトレンチの反応だと考えられる（図 12）。南北方向の反応が I トレンチ 3 区と 4 区の反応で、東

第5次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報

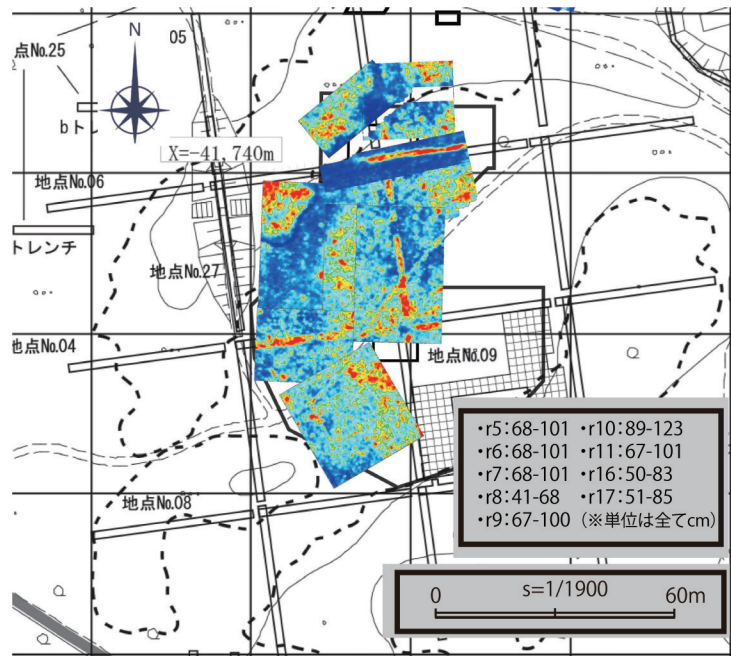


図11 第5次調査南貝塚 GPR 探査成果図

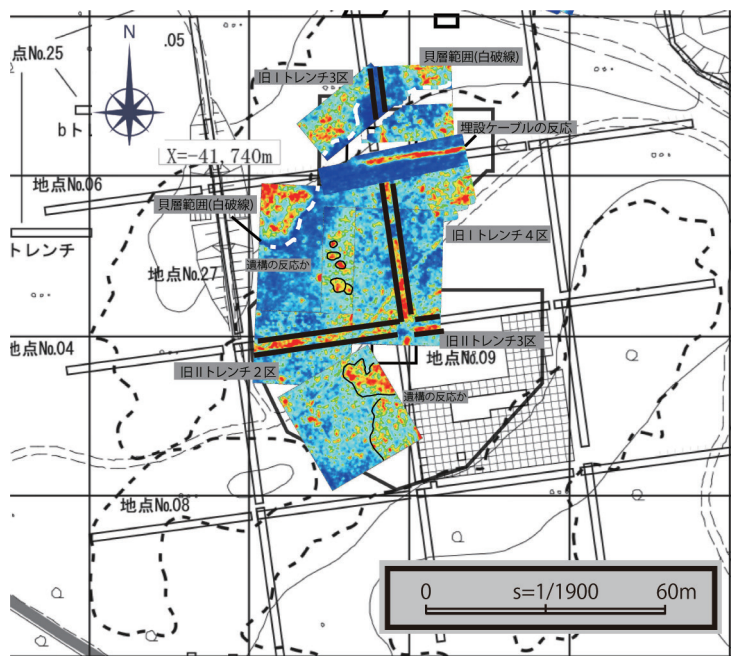


図12 第5次調査南貝塚 GPR 探査成果詳細図

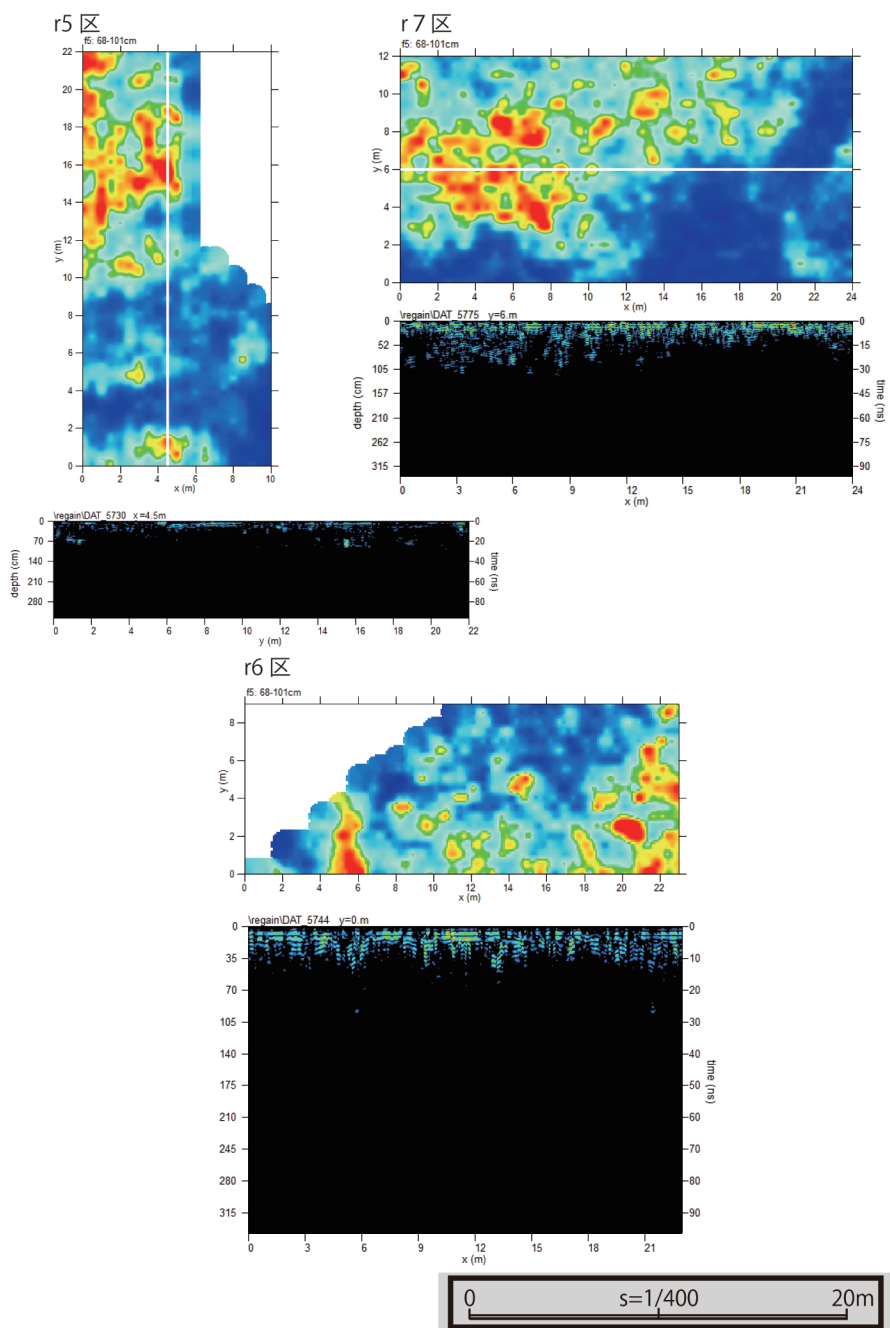


図13 r 5～7区スライス図・プロフィール図

第5次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報

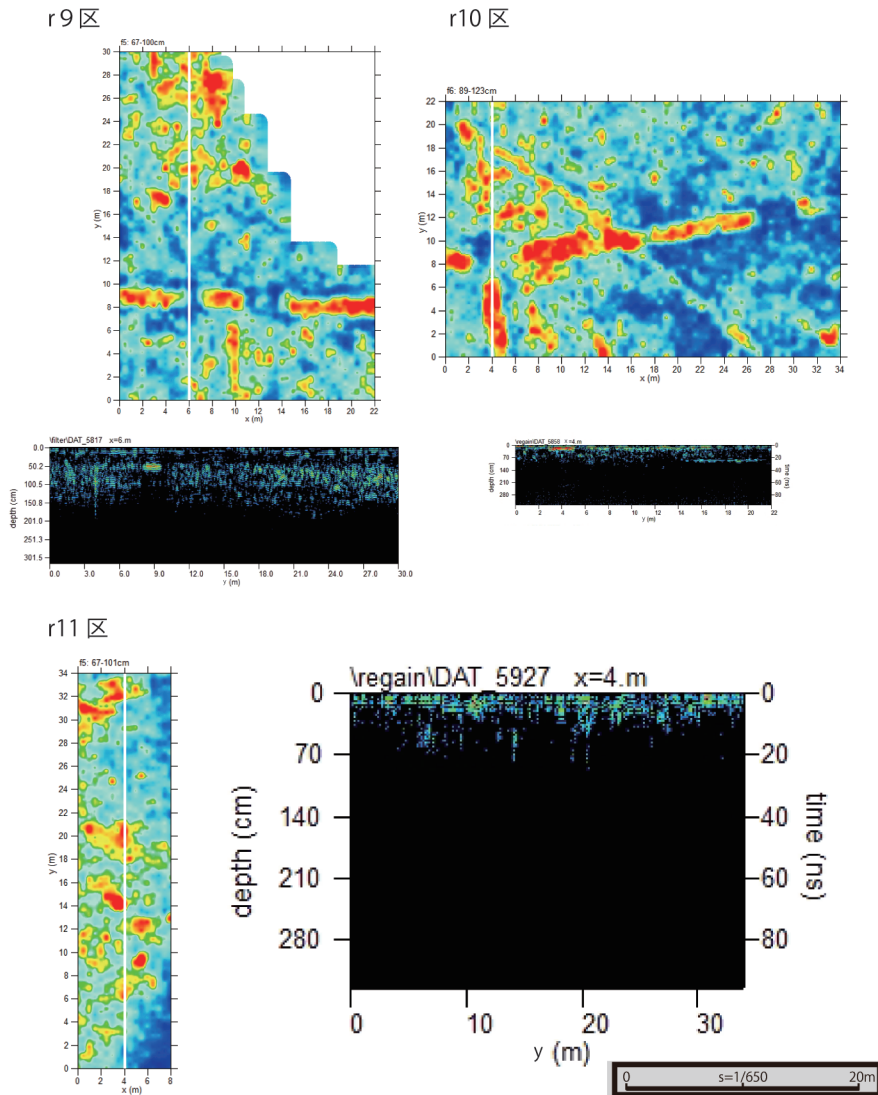
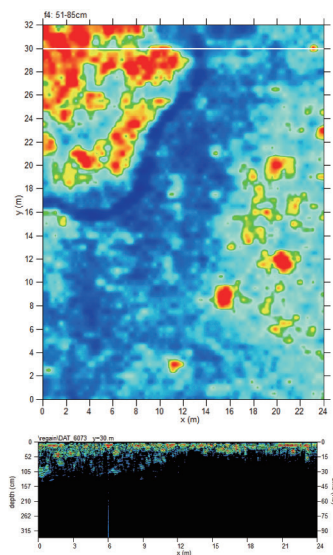


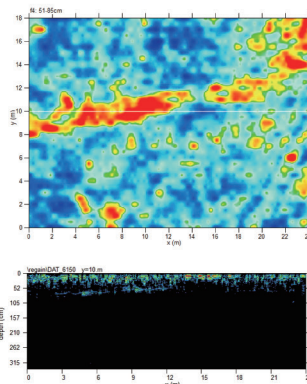
図14 r 9～11区スライス図プロフィール図

西方向の反応がⅡトレンチ2区と3区の反応である。通常の堆積土の範囲ではトレンチは赤い反応を示しており、北部の貝層範囲では青い反応を示している。これはレーダーが誘電率の差により反応を示すという性質があるためトレンチと自然堆積層、トレンチと貝層の差によりこのような反応を示しているということである。レーダーの反応がトレンチに強く反応しているため、トレンチ内の各遺構の細かい反応は得ることが出来なかった。r 11区・r 16区の東側において、赤い2～4mの円形の反応が数箇所見られるため遺構などの可能性がある。1964年発掘調査の結果から、本貝塚の中央部にも住居跡や遺構が存在していることが確認されているため、本区にお

r16-1 区



r16-2 区



r17 区

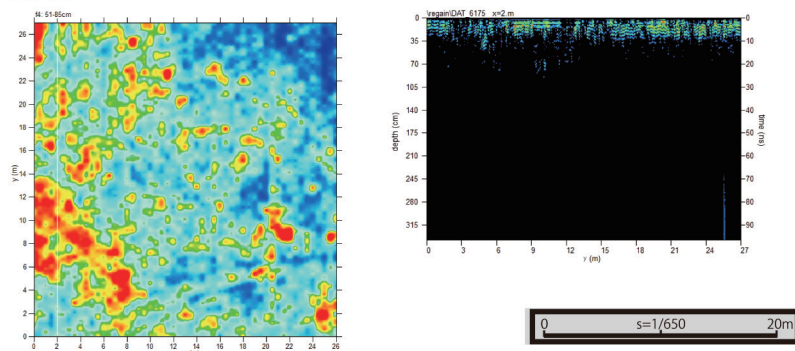


図15 r 16、17区スライス図・プロファイル図

いてもその可能性を帯びた反応となっているのではないかと。もしくは、貝層範囲と似たような反応を示しているため薄い貝層の堆積や、本来の貝層からなだれ落ちてきたような貝層が存在している可能性がある。

また、2017年度調査で捉えた地下埋設ケーブルの続きであろうと考えられる不自然な起伏を確認した。地下埋設ケーブル上を探索すると強く反応し他の反応をうまく捉えることができないため、この部分は他の範囲に影響を及ぼさないように最小限のレーダー区を設定した。その結果、想定通り電気ケーブルの反応が得られた（図12）。本箇所は1964年発掘のIVトレンチの真上かつ貝層にもかかる箇所であり、さらにIVトレンチの2区と3区は住居跡を含めた多数の遺構が確認されている地点であるが、現状、電気ケーブルの影響で地表下の反応をまったく得ることができない。

本調査では南貝塚の中央部にあたる範囲を主たる調査範囲としたため、貝層範囲の反応は図12の白破線部分の2箇所である。本来 r 5 区と r 7 区は貝層の範囲であるが、1964年発掘調査時の I トレンチ 4 区の反応により青く抜けている。また、公園整備のため南貝塚は貝層と中央部の境に石畳を敷いており、貝層と中央部の境を跨いで GPR の走査を行なうことが出来なかったため、南貝塚北部の r 5・r 6・r 7 区は従来の貝層想定範囲より内側で貝層の反応が出ている。

（隈元道厚・田邊凌基・李承叡・山内将輝）

5. 千葉市教育委員会発掘成果との比較

早稲田大学では、2017年度に南貝塚の一部の GPR 探査を行った（南北40m×東西60m）。これは、2017年度より開始した千葉市教育委員会の発掘調査範囲を探索する目的があった。この発掘調査は2017年度～2019年度の3ヵ年にかけて行われ、縄文時代晩期の住居や大型住居の検出、石剣や耳飾りなど重要な遺物の出土など非常に大きな成果を得た。本章では、GPR 探査の結果と発掘調査の結果の相互を比較して考察を行う。

2017年度に行った南貝塚での GPR 探査の結果得られたスライス図が図16である。図17は発掘調査終了時の写真測量図で、両者を重ね合わせた図が図18である。以下にその考察を述べていく。

黒破線で、1964年発掘トレンチに伴う反応を示した。実際の発掘トレンチとレーダーの反応が一致する結果となったが調査区西側では上層に埋設されていた地下埋設ケーブルの影響で反応が見られない。

調査区北西部では白破線で竪穴住居跡と考えられる貝層中の青く抜けている反応を示した。発掘調査ではその一部のみ掘削されているが、それに沿うようにレーダーの反応も見られる。また、図18においては遺構内貝層の反応も確認できた。このように赤い貝層中の中にある青く抜けている反応は形や規模により、遺構と判定できる可能性が大きいということを示唆できる結果となった。また、調査区北東部の土坑と赤い円状の反応が伴う結果となった。レーダーは周囲との相対差で反応が出るため、このように遺構によっても赤や青などその反応が異なる場合がある。これはそれを示す結果であろう。

調査区外及び調査区北部において赤い反応が貝層に伴う。しかし、貝層が長く続く箇所と地点的なわずかな箇所では異なる反応を示している。

調査区東部では、発掘調査時の遺構精査において遺構集中区とされた箇所がスライス図の青い反応と伴っている。その西側において竪穴住居とされている所においては青い反応が四角状を呈し遺構の形をしている。竪穴住居とされている方は中に貝層が伴うためきれいに青抜けしなかったのではないか。

本調査区では、縄文時代晩期の住居跡が2件検出されているが、レーダー探査ではその反応を捉えることができなかった。前述したように、レーダー探査において取得できる反応とは誘電率

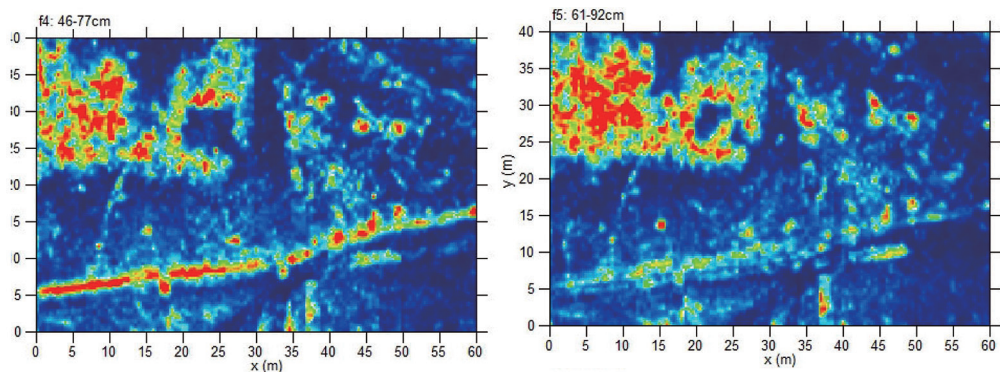


図16 第2次調査 GPR 探査のスライス図



図17 千葉市教育委員会による発掘調査の写真測量図

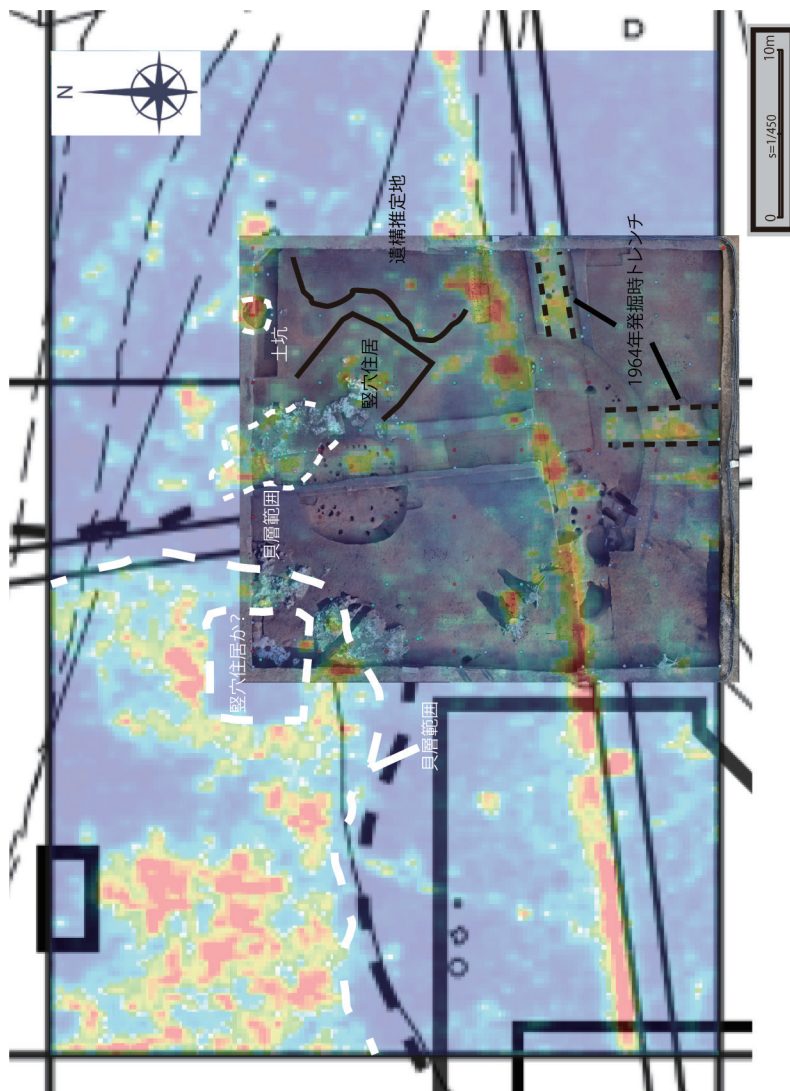


図18 千葉市教育委員会発掘調査と GPR 地中レーダー探査の比較図

の相対差であるため、電気ケーブルや旧トレンチ、貝層などにより反応が確認できなかったのではないかと考える。逆に、貝層内における明確な掘り込みは確認することができた。これは今後の発掘調査やレーダー探査をする上で重要な情報であろう。

(隈元道厚)

6. 1924年調査トレンチ（北貝塚）に関する考察

筆者らは2016年度の調査以来、三次元測量と GPR 探査により得られた成果を基に、D 地点トレンチ、E 地点トレンチ特定の試みを行ってきた（高橋ほか 2019, 2021）。昨年度の検討では、測量・GPR データに加え、当時の発掘状況写真から伺える地形の傾きを基に、D 地点トレンチは2ヶ所、E 地点トレンチは3ヶ所まで候補地点を絞り込んだ。前述のように、本年度調査ではより密な間隔で点群取得を行った事により、より実際の地形に即した地形図を取得することが出来た。そのため今回は改めて、測量・GPR データに加え、1924年調査の主体者である小金井良精の野帳や日誌に記載された情報（小金井 2015、西田 2014）を基に、総合的な検討を行なう。なお本検討にあたり、E 地点トレンチの推定位置である L 8・L 9 区の GPR データを再解析した。

6-1. E 地点トレンチについての考察

小金井の野帳に記された、E 地点トレンチについての言及は以下の通りである（西田 2014）。「三月二十八日（中略）E 地東西 2m 南北10m。表黒土五寸位、貝層一尺位、カシャゴ多し、褐色土一尺位にて赤土となる（中略）宮坂、山内二氏 E に従事（中略）E 地は 2m 10m にて終結し予算等のことを談合」「三月三十一日（中略）E は中止」

この記述で問題となるのは、東西・南北の方向とトレンチの軸長についての記述である。前年度の検討でも考察したように、大山史前学研究所の測量図面にプロットされている台地縁辺部の貝層分布範囲の位置は GPR 探査で得られた貝層分布のデータと大きな齟齬は無く、1924年当初における貝層ブロックの認識と、現在の我々の認識に相違がなかったことが推察される。そのため、東京大学人類学会のメンバーも貝層に架かるように考えてトレンチを設定していたはずである。貝層に対し平行する形でトレンチを設定することは考えにくい、この記述を踏まえ今回の検討では、貝層内で南北に延びる反応についても着目した。次にトレンチの軸長についてだが、八幡一郎による報文中でも、「幅二メートルの溝」という記述がされており（八幡 1924）、短軸の長さについては間違い無いと思われる。一方の長軸については、3月31日の記録から E 地点トレンチの発掘が中止されたことが伺えるため、10m 未満であると考えられる。以上の条件を踏まえたうえで、E 地点トレンチの候補地として挙げられる地点が、図19中に示した①と②である。①は、等高線上でも大きな乱れが確認され、かつ短軸約 2m、長軸約 6m の長方形に青く抜ける反応が見られる地点である。②は、僅かだが等高線に乱れが確認でき、周辺の貝層の赤い反応の中で、北東方向に長方形の青く抜ける反応が伸びている。これらの反応を E 地点トレンチと断定するには判断材料が足りないが、その形状から盗掘坑ではなく発掘区である事は間違い無いであろう。

一方、図19中で明示はしなかったものの、r 14・15区からも矩形に青抜けする反応が複数確認

されている。こうした反応からは、複数のトレンチ・盗掘坑が切りあった状態が反映されている可能性が想定され、この中にE地点トレンチが含まれている場合も十分にあり得るであろう。いずれにせよE地点トレンチの特定については、今後のさらなる精密な調査が待たれる。

6-2. D地点トレンチについての考察

D地点トレンチについても、小金井の野帳を手掛かりとして特定を進めていこう。3月31日の野帳には、「D今日着手、東西一間半、南北二間、緩傾斜、小丘の西に面す」との記述が見られる（西田 2014）。またその後、追加三坪という記述や図面も野帳に残されており、このトレンチの大きさについては東西約2.7m、南北約3.6m 以上であるという事しかわからない。むしろこの記述で重要な点は、「小丘の西に面す」という文言であろう。3章3節でも述べた通り、三次元測量の成果により、北貝塚南西斜面部2ヶ所の高まりがあることが判明した。またr1区では、昨年度報告でも指摘したように、青く抜ける反応が2ヶ所存在する。しかし両者の反応を重ねてみると、この内、北側の青い反応は高まりの一部であり、現地形での落ち込みは確認できない。一方、南側に位置する青い反応は、この2つの高まりの間の落ち込みと対応していることから、D地点トレンチである可能性は高いと思われる（図21）。

（関根有一朗）

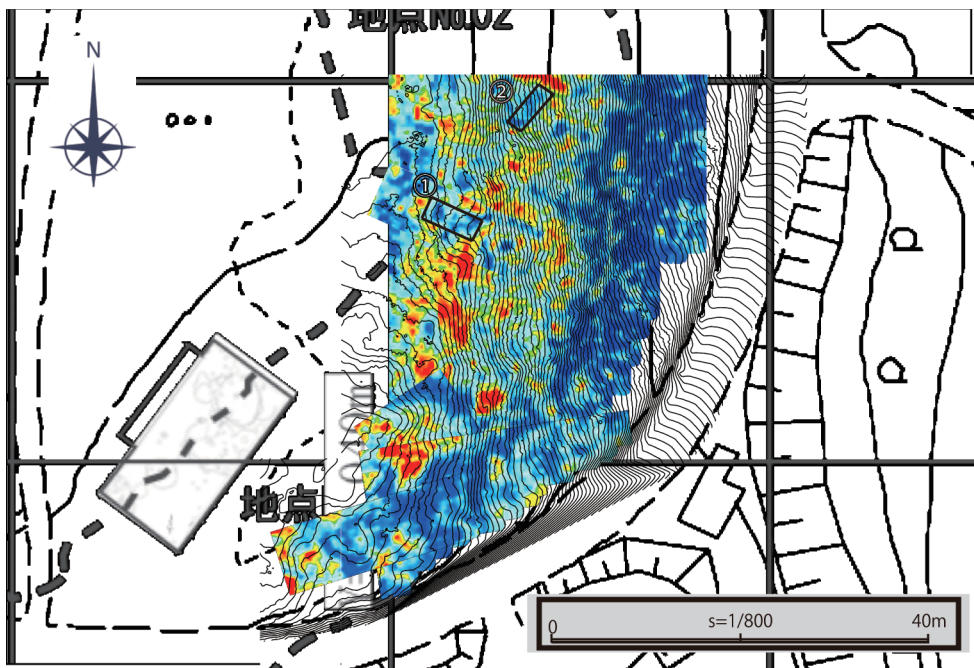


図19 E地点トレンチ推定図

L8,9区

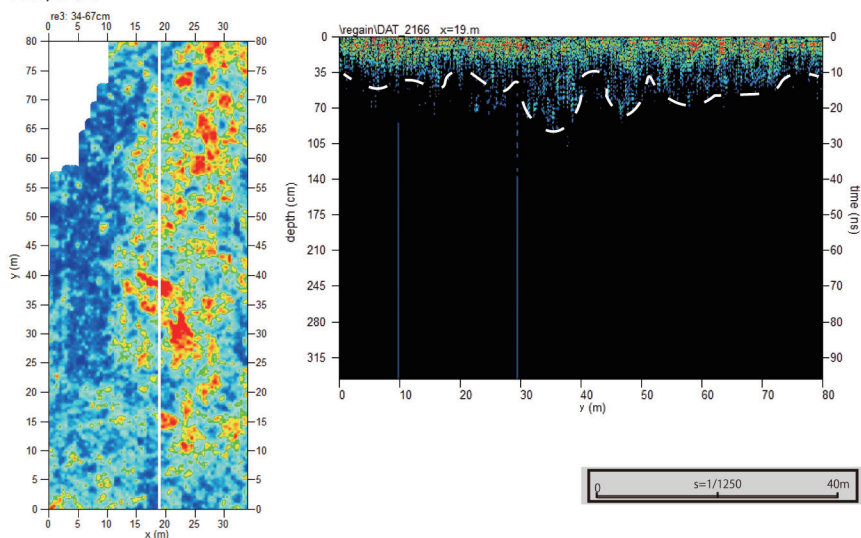


図20 L8,9、r13区スライス図・プロファイル図

7. 総括

- (1) r15区の探査をもって、北貝塚全面のGPR探査が完了した。r15区からは、環状にまわる北貝塚の南東端を検出した。
- (2) 北貝塚南端部では、従来の貝層が若干南に延び、北貝塚の形状がやや南北に細長いことが窺われ、北貝塚と南貝塚が結節することが判明した。またこの地点からは、住居内貝層と思しき反応が複数検出された。
- (3) 南貝塚のGPR探査では、1964年調査時の発掘トレンチの検出及び、その周囲の平坦部において遺構らしき反応を多数検出することができた。

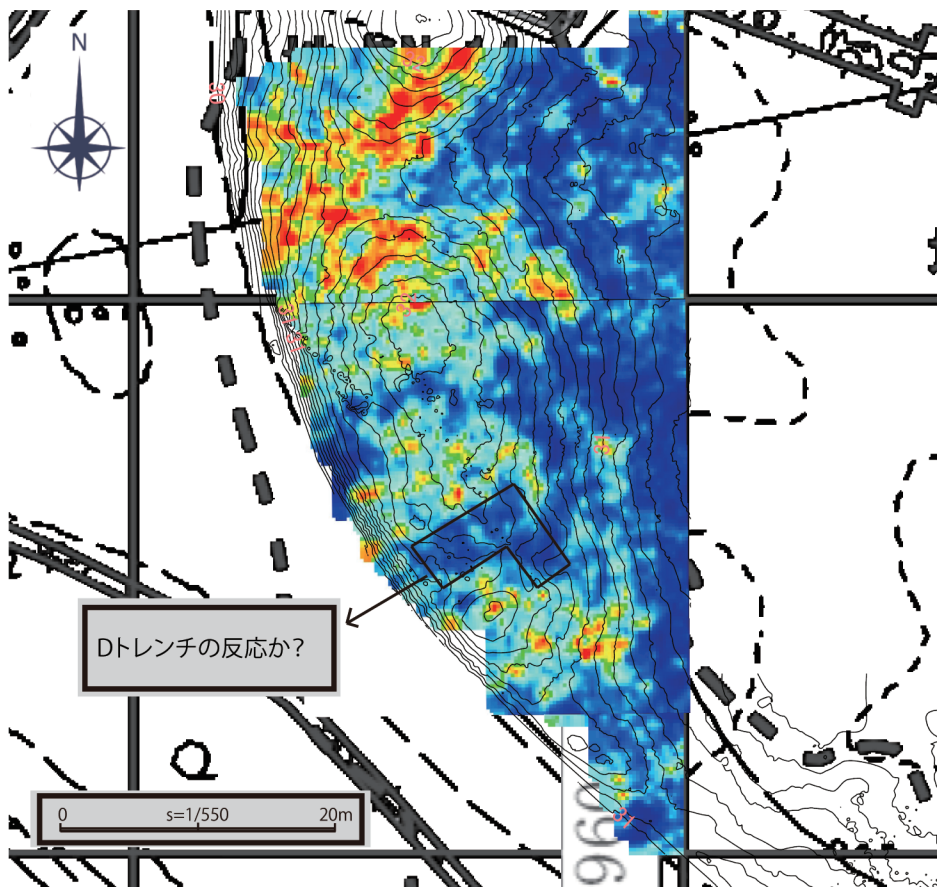


図21 D地点トレンチ推定図

r1区

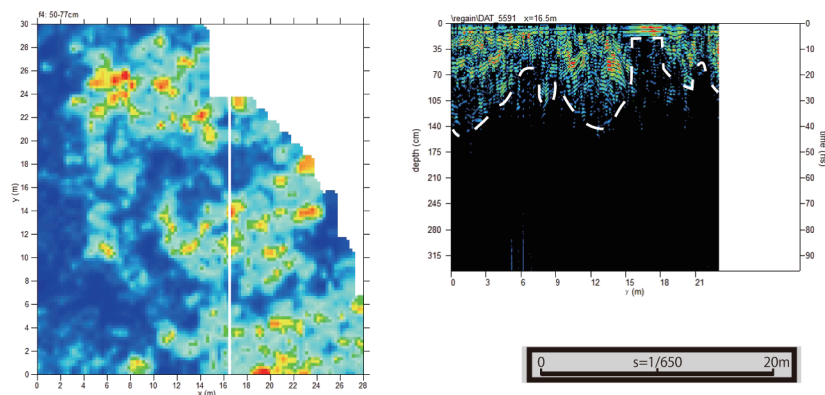


図22 r1区のスライス図・プロファイル図

- (4) r 7 区・r 16 区では一部ではあるが、南貝塚の貝層範囲、堆積の状況を把握することができた。また、北貝塚と同様、貝層は一樣の堆積ではなく、各地点で貝層内遺構の可能性を示唆することができた。
- (5) 2017 年～2019 年に千葉市教育委員会により行われた発掘調査の成果図とレーダー図を比較したところ、遺構の形や旧トレンチ、貝層と反応が合致する箇所を多く確認できた。この考察は今後の GPR 探査や発掘調査において大いに役立てることができるものである。
- (6) 測量・GPR データ、及び小金井良精野帳資料を基に、東京大学人類学教室が発掘調査した E 地点トレンチ、D 地点トレンチの所在について検討を行った。E 地点トレンチについては、候補地を 2 点検出した。D 地点トレンチについては、高い確度でその位置を特定することが出来た。

(隈元道厚・関根有一朗)

おわりに

今回の調査では、北貝塚の南端部の調査を終了し、北貝塚の三次元測量、GPR 探査の全体をほぼ完了することができた。南端部の調査では、貝層が遊歩道の下をくぐってさらに南方に延びている様子が窺われた。ただ J 10 区において明らかに弧線を描きながら東西に方向を変えて継続し、K 10 区、L 10 区の貝層に連結する様相が把握されたので、貝塚の全体はこれで完結することは確実である。

各年度の研究成果を統合して全体図を完成し、微地形および貝層の堆積状態を示し得たのは大きな成果である。南端部の調査により、貝層が南北方向に偏って少し延びることが判明したために、貝塚の全体像は正円形というよりは、南北に偏した楕円形、あるいは隅丸長方形に近い形状であることが把握された。

東京大学人類学教室の D 地点トレンチ、E 地点トレンチの正確な位置の特定については、前回の調査から候補地の絞り込みが進んだ。D 地点トレンチでは I 9 区において、それらしきデータを検出することができた。また E 地点トレンチでは、L 9 区のデータ解析から可能性のある場所を 2、3 か所に絞り込むことができた。しかし、特定にはいたっていない。候補地はかなり狭まったが、近似するデータ値を示す箇所が依然として複数箇所残されたのは、当該地区が各所において長年にわたる幾多の攪乱を受けてきた証拠でもある。参照材料としては小金井良精による記録(小金井 2015)、あるいは小金井の日記類の検討成果(西田 2014)があり、それらを比較参照しながら位置をあらためて検討したが、それに合致するようなトレンチの位置を特定するに至らなかった。小金井の記述の正確さや、小金井の日記類の検討成果(西田 2014)との整合性を含めて、正確な位置の特定は将来の調査に委ねられた。K 10 区、L 10 区の貝層の高まった個所にも矩形に青抜けた個所が確認されており(現在の説明板の裏側)、精密な計測が必要である。

今回の調査では、南貝塚と北貝塚との接合点を含めて両者の重なり具合については明らかにすることができなかった。予想以上に北貝塚の貝層が南方向に延びる状況が明らかにされたからである。少なくとも I 10区、J 10区の北側半分には接合点は認められなかった。したがって、今回の調査では直接の接合部位について調査を実施しなかった。接合部は I 10区の中半位にあると目される。南貝塚の成立過程を把握するためにもこの部分の調査は不可欠である。来年度以降の調査において解明する必要がある。後期貝塚に特徴的にみられる中央低地と、それを取り巻いて貝層が堆積する微高地型の環状構造は、千葉県を中心に最近特に注目されるようになった（高梨 2018）。それらは肉眼でも明瞭に確認できる。しかも、それらは独立した丘状の高まりをもち、高低において決して一様ではなく、起伏に富んだ形状を呈している。南貝塚においてもいくつかの小山のような凹凸が10個所以上見られ、それらの構造的理解が必要である。そのような貝層の起伏は北貝塚でも南西部（I 8区）と南東部（K10区、L 9区）にも確認され、それらとの関連性が問われる。

現在南貝塚の貝層堆積状況は「貝層断面観察施設」においてのみ、観察できる状況にある。厚さ 3 m ほどの高まりにおいて、すべてが貝層で占められることは無く、上下をあるいは中間層において、多量の土砂が介在する状況を把握できる。これらの状況が南貝塚のすべてにおいて展開するのかについては、今後の調査を待たねばならないが、かなり多様な在り方を示すのではないかと考えられる。

今回の調査では r 7区・r 16区の調査で、一部ではあるが貝塚の堆積状況の一端を知ることができたが、この部分は南貝塚の中でも最も層高が高い部分である。それだけに明確な出方をしたものと考えられる。今後、中央低地と並んで周囲の盛土状の起伏を併せて測量し GPR 探査を実施する必要がある。発掘区にあわせて中央低地部で GPR 探査を実施したところ、諸所に小面積ながら強く反応する場所が確認された。それらは樹木根などではなく、何らかの遺構に反応したものと思われる。過去の発掘調査でも中央低地部には遺構が存在することが知られており、注意が必要である。

今回の調査を遂行するにあたり、千葉市教育委員会生涯学習部文化財課長佐久間仁央氏、森本剛氏、須賀真弓氏、青笹早季氏、加曽利貝塚博物館長加納実氏、長原亘氏はじめ博物館の方々には、調査の計画から実施にわたり大変お世話になった。明記して謝意を表したい。

（高橋龍三郎）

註

- （1） 作業進行の関係上、測量予定範囲の一部は、10cm 間隔での点群取得を行う事が出来なかった。そのため今年度の解析作業に際しては、昨年度までの調査で取得した点群を含め解析を行った。
- （2） 既往調査や設定されたトレンチの名称については、総括報告書で使用されている名称に準じた（千葉市教育委員会 2017）

引用・参考文献

- 小金井良精 2015『小金井良精日記 大正篇』クレス出版
- 城倉正祥・石井友菜・川村悠太・呉心怡・谷川遼・高橋亘 2020『群馬県藤岡市七興山古墳の測量・GPR 調査』早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所
- 城倉正祥・石井友菜・谷川遼・田邊凌基・高橋亘・横溝優 2020『栃木県小山市摩利支天塚古墳の測量・GPR 調査』早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所
- 城倉正祥ほか 2017『デジタル技術を用いた古墳の非破壊調査研究—墳丘のデジタル三次元測量・GPR、横穴式石室・横穴墓の三次元計測を中心に—』早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所
- 高梨俊夫 2018「環状貝塚の本質—特別史跡指定に寄せて加曽利貝塚を考える」『貝塚博物館紀要』第44号 1-10頁 千葉市立加曽利貝塚博物館
- 高橋龍三郎・竹野内恵太・井上早季・佐藤亮太・比留間絢香・石井友菜 2019「第1・2次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』64巻 639-657頁 早稲田大学大学院文学研究科
- 高橋龍三郎・山崎世理愛・隈元道厚・比留間絢香・岡本 樹・鈴木宏和・川部栞里 2021「第3・4次加曽利貝塚デジタル三次元測量・地中レーダー探査（GPR）調査概報」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』66巻 641-664頁 早稲田大学大学院文学研究科
- 千葉市教育委員会 2017『史跡 加曽利貝塚 総括報告書』千葉市教育委員会
- 西田泰臣 2014「1924年の加曽利貝塚調査」『Anthropological Science (Japanese Series)』122巻 2号 167-175頁 日本人類学会
- 八幡一郎 1924「千葉県加曽利貝塚の発掘」『人類学雑誌』第39号 209-212頁 東京人類學會