

# 山室姫塚古墳の研究

ーデジタル三次元測量・GPR 調査報告書ー

2016年7月

早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所

# 山室姫塚古墳の研究ーデジタル三次元測量・GPR 調査報告書ー

## 目次

目次・図版目次・例言

はじめに.....	1
1. 調査の経緯・体制・経過（城倉正祥・根本佑）.....	1
1-1 調査の経緯.....	1
1-2 調査の体制.....	1
1-3 調査の経過.....	1
2. 既往の調査成果（城倉）.....	3
3. GNSS・トラバース・水準測量（城倉）.....	3
3-1 GNSS.....	3
3-2 トラバース・水準測量.....	4
4. 測量方法・地区割・GPR 探査区の設定（城倉）.....	4
4-1 デジタル三次元測量の方法.....	4
4-2 大地区設定と座標空白地.....	5
4-3 GPR 探査区の設定.....	6
5. 測量の成果（城倉）.....	7
6. GPR の成果（ナワビ矢麻・石井友菜）.....	7
6-1 GPR の目的と設定.....	7
6-2 各探査区の概要と成果.....	7
7. 墳丘の分析（城倉）.....	10
7-1 墳丘企画研究の現状と課題.....	10
7-2 新納泉と沼澤豊の方法論と研究成果.....	13
7-3 山室姫塚古墳の定量分析.....	15
7-4 分析成果と沼澤説の比較.....	19
おわりに（城倉）.....	21
【追悼文】・註・引用文献・図表出典一覧.....	22-23

## 図版目次

図 1	山室姫塚古墳測量・GPR 調査の作業風景 .....	2
図 2	山室姫塚古墳の既存の測量図 .....	3
図 3	山室姫塚古墳のトラバース W 路線と基準点の位置.....	4
表 1	山室姫塚古墳の基準点一覧 .....	5
図 4	山室姫塚古墳の（測距した）点群と空白地の性質.....	6
図 5	山室姫塚古墳の測量成果（10cm 等高線） .....	8
図 6	山室姫塚古墳の測量成果（10cm 等高線+20cmSlope） .....	9
図 7	山室姫塚古墳の GPR 成果（10cm 等高線+Time Slice 平面図） .....	11
図 8	各 GPR 探査区の Profile 図 .....	12
図 9	山室姫塚古墳の平面・側面観の対応（上）と点群ヒストグラム（下） .....	16
図 10	山室姫塚古墳の三次元鳥瞰図（上）と立体構造の模式図（下） .....	17
図 11	沼澤豊：山室姫塚古墳<12 等分値企画論>の旧案・新案比較図.....	20

## 例言

1. 本報告は、早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）の学生を中心として、東アジア都城・シルクロード考古学研究所の研究課題の一環として行った、山室姫塚古墳の測量調査報告である。

2. 測量・GPR 調査は、2016 年 2 月 25 日（木）～3 月 24 日（木）に実施した。本書の執筆・図版作成は、調査参加者のうち、城倉ゼミの大学院生を中心に行った。各自の執筆・作成分担は、本文目次・図表出典一覧に明記した。編集は執筆者全員で行い、城倉が総括した。

3. 調査に際しては、以下の方々に、ご指導・ご協力を賜った。

平山誠一（山武市教育委員会）、奥住淳・堀越則子（芝山町教育委員会）、堀越静夫（故人／芝山町）、小林孝秀（松戸市立博物館）、萩原恭一（千葉県立中央博物館）、白井久美子（千葉県立房総のむら）、佐藤康二（埼玉県教育委員会）、青木弘（埼玉県埋蔵文化財調査事業団）、諫早直人・金田明大・鎌倉綾・中村一郎（奈良文化財研究所）、山藤正敏（東京文化財研究所）、千葉史・横山真（株式会社ラング）、野口淳（明治大学）、三井猛・梅田由子（有限会社三井考測）、亀井宏行・阿児雄之・宮前知佐子（東京工業大学）、河合望（早稲田大学高等研究所）、平原信崇（早稲田大学会津八一記念博物館）、松永修平・山崎太郎（早稲田大学大学院生）、今城未知（総合研究大学院大学大学院生）、服部太一・谷口聡史（慶應大学大学院生・学部生）、竹田瑛（考古調査士）、石井敏一（学生保護者）、江越絢可・及川倫徳・小川典子（早稲田大学 OB・OG）。

※順不同、所属は 2016 年 3 月当時。敬称は省略させていただきました。

※調査に際して、ご指導・ご協力いただいた全ての方々に心より感謝を申し上げます。

## はじめに

早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）は、東アジア都城・シルクロード考古学研究所の研究課題の一環として、国内外で測量・GPR・発掘調査を実施し、成果を概報の形で公表してきた（城倉ほか 2012・2013a・2014a・2014b・2015a・2015b・2016）。特に、遺構の調査研究では衛星画像の分析・デジタル三次元測量・GPR の 3 手法、すなわち、発掘前の非破壊調査で顕著な成果を蓄積してきた。

千葉県山武市に位置する山室姫塚古墳は、終末期方墳の駄ノ塚古墳に先行する時期の県内最大級の大型円墳である。現在までに発掘歴はなく、1991 年に千葉県教育委員会が報告した測量図が存在するのみである（千葉県教育委員会 1991）。埋葬施設の位置・構造も不明で、その点でも GPR が有効と判断された。以上の状況を鑑みて、山室姫塚古墳のデジタル三次元測量・GPR 調査を計画・実施した。

## 1. 調査の経緯・体制・経過

## 1-1 調査の経緯

本調査は、早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）有志で実施した。なお、芝山町教育委員会からは、教員宿舎を無償で提供いただいたので、自炊で調査費を抑えることができた。

山室姫塚古墳は、千葉県指定物件であるため、山武市教育委員会の平山誠一氏に相談をした上で、地権者の高野神社、区長の石井和成氏のご了承をいただき、千葉県教育委員会に「指定山室姫塚古墳現状変更等許可申請書」を 2016 年 1 月 5 日に提出した。その後、1 月 19 日付で千葉県教育委員会の許可（千葉県教育委員会教文指令第 1004 号）をいただき、山武市教育委員会からも 1 月 25 日付で正式な許可証（教生第 345 号の 1）をいただいた。調査は、2016 年 2 月 25 日（木）～3 月 24 日（木）の期間に実施し、2016 年 4 月 5 日に「指定姫塚古墳現状変更等終了届」を千葉県教育委員会に提出して調査を終了した。

## 1-2 調査の体制

調査の体制は、以下の通りである。

【対象】 県指定史跡：山室姫塚古墳（平成 4 年 2 月 28 日指定）（註 1）。

【所在地】 千葉県山武市松尾町山室 914-2。

【期間】 2016 年 2 月 25 日（木）～3 月 24 日（木）。

【面積】 5069.5m<sup>2</sup>。

【主体】 早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）、早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所。

【担当】 城倉正祥（准教授・所長）。

【指導】 近藤二郎・高橋龍三郎・長崎潤一・寺崎秀一郎（教授）、田畑幸嗣（准教授）。

【学生隊長】 小林和樹（早稲田大学学部生）。

【参加者】 伝田郁夫（大田区教育委員会）、ナワビ矢麻（早稲田大学大学院博士後期課程）、渡辺玲（早稲田大学大学院修士課程）、石井友菜・根本佑・谷川遼・辻明希（早稲田大学学部生）、鈴木英里香・石下翔子（昭和女子大学大学院修士課程）、柴田彩貴（昭和女子大学学部生）、小山侑里子（駒澤大学学部生）、金井彩（女子美術大学学部生）。

## 1-3 調査の経過

調査の経過は、以下の通りである。

【2016.2.22】 事前調査日。奈文研から届いた GNSS 機材の確認。城倉が、山武市教育委員会：平山誠一氏と現地打合せ。トイレ設置箇所、伐採箇所の確認。

【2.25】 大学より機材搬入。教員宿舎の整備。

【2.26】 墳丘清掃。墳頂部付近の測量杭 NT65・NT66 を発見。W 路線（W1-16）の杭を設置。W 路線の結合トラバース。区内水準の開始。W1-3 の GNSS 観測。観音寺の水準点（MA8）から W1 までの水準移動。

【2.27】 区内水準作業。DS1-3 の杭を設置して、墳丘を A・B・C 区に分割。

【2.28】 区内水準完了。開放で基準点を設ける（K1-9）。

【2.29】 A 区から測量（座標の観測作業）開始。A 区墳頂部からテラス面までを測量。萩原恭一氏が現場視察。

【3.1】 測量作業。A 区テラス面から墳裾までを測量。

【3.2】 測量作業。A 区テラス面から墳裾までを測量。白井久美子・横山真・千葉史・野口淳氏が現場視察。

【3.3】 測量作業。A 区完了。河合望・三井猛・梅田由子氏が現場視察。

【3.4】 雨天のため午後から作業開始。レイアウトナビゲーターを試す。諫早直人・小林孝秀氏が現場視察。

【3.5】 測量作業。B 区測量開始。B 区墳頂部からテラス面までを測量。A 区の死角を補足。

【3.6】 測量作業。B 区テラス面から墳裾までを測量。

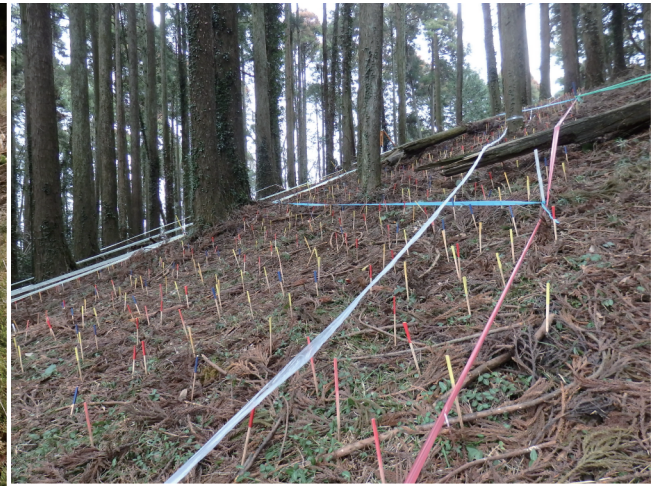
【3.7】 雨のため、宿舎で測量データの整理。

【3.8】 測量作業。B 区テラス面から墳裾までを測量。

【3.9】 測量作業。B 区テラス面から墳裾までを測量。午後 1 時半に、雨のため作業終了。



①GNSSによる世界測地系の測量



②測点の密度 (地区割テープと測点ピンポール)



③TSを用いた間接測量作業

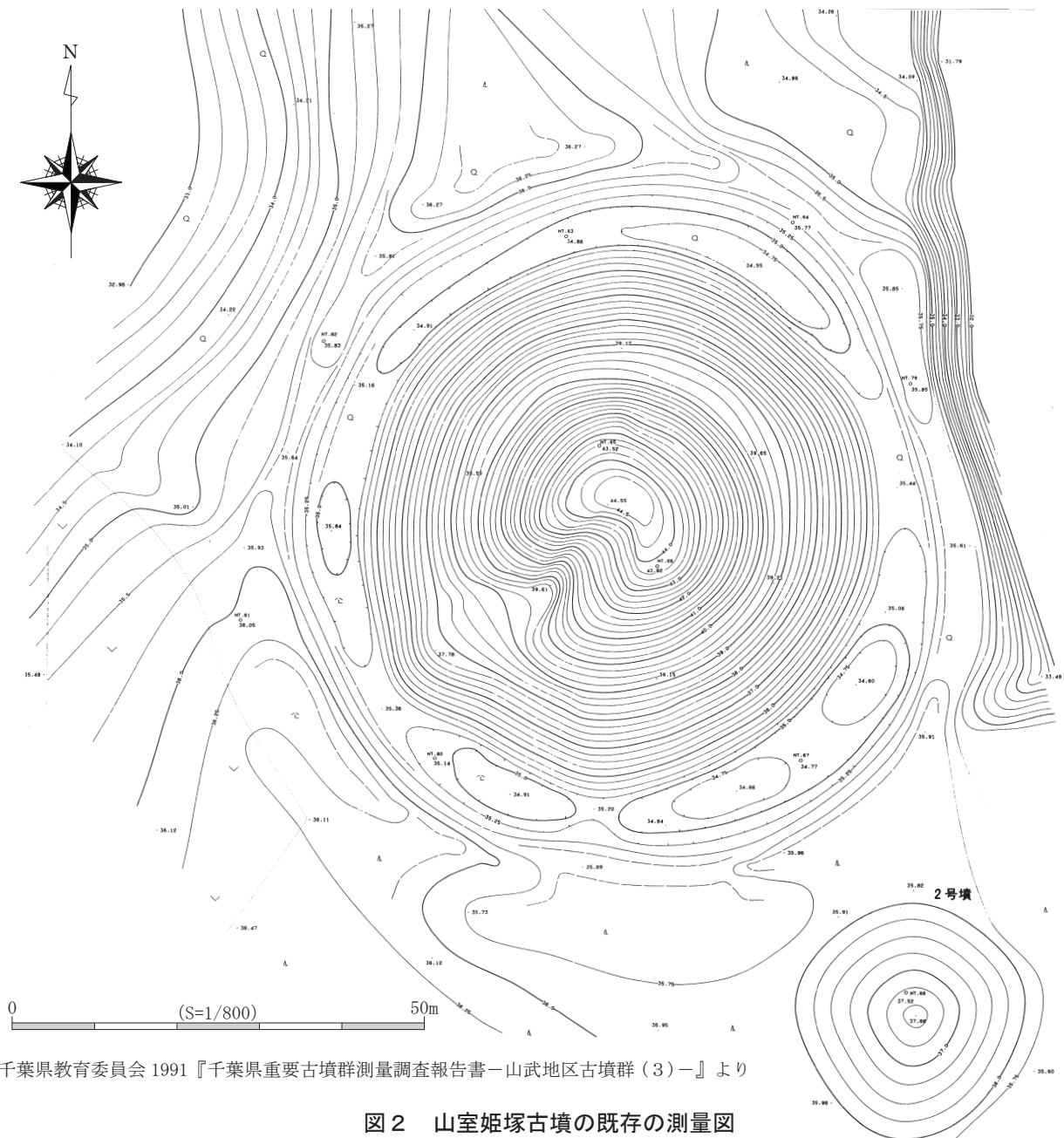


④MALA社 ProEx (250MHz) を用いたGPR作業の様子

図1 山室姫塚古墳測量・GPR調査の作業風景

【3.10】 測量作業。B区完了。C区測量開始。C区墳頂部からテラス面までを測量。開放で基準点を設ける (K10-15)。  
 【3.11】 測量作業。C区墳頂部からテラス面まで、及びテラス面から墳裾までを測量。  
 【3.12】 測量作業。C区墳頂部からテラス面まで、及びテラス面から墳裾までを測量。B区の死角を補足。江越絢可・及川倫徳・小川典子氏が現場見学。  
 【3.13】 測量作業。北西の周溝部分の測量を完了。開放で基準点を設ける (K16-21)。松永修平・山崎太郎氏が現場参加。  
 【3.14】 雨のため、宿舎で測量データの整理。  
 【3.15】 測量作業。C区の大きな攪乱部分を中心に測量。竹田瑛・服部太一・谷口聡史氏が現場見学。  
 【3.16】 測量作業。C区テラス面から墳裾までを測量。C区の死角を補足。青木弘氏が現場視察。  
 【3.17】 測量作業。C区墳頂部からテラス面まで、及びテラス面から墳裾までを測量。佐藤康二氏が現場視察。

【3.18】 早稲田大学文学部の科目登録ガイダンスのため、休み。  
 【3.19】 雨のため、休み。  
 【3.20】 測量作業。C区完了。墳丘部分は測量完了。  
 【3.21】 測量作業。墳丘南側の周溝部分を測量。GPR探査区 (RA・RB・RC) 設定。RA区のGPR探査。  
 【3.22】 測量作業。墳丘南側・東側の周溝部分を測量。GPR探査区 (RD・RE) の設定。RB・RC区のGPR探査。GPR探査区の杭座標を測量。亀井宏行・阿児雄之・宮前知佐子氏が現場視察。GPR解析方法の指導を受ける。  
 【3.23】 測量作業。墳丘南側・東側の周溝部分は、測量完了。GPR探査区 (RF) 設定。RD・RE区のGPR探査。GPR探査区の杭座標を測量。  
 【3.24】 RF区のGPR探査。GPR探査区の杭座標を測量。測量杭・カラーピンポール・スズラン・機材の撤収。宿舎清掃をした上で撤収。大学に帰着して調査終了。  
 ※なお、山室姫塚古墳のデジタル三次元測量・GPR調査の作業風景は、図1に写真で示した。



千葉県教育委員会 1991『千葉県重要古墳群測量調査報告書—山武地区古墳群(3)—』より

図2 山室姫塚古墳の既存の測量図

## 2. 既往の調査成果

山室姫塚古墳は、千葉県山武市松尾町山室に所在する。木戸川中流域右岸の台地上にあり、対岸北側には、殿塚・姫塚古墳が位置する。17基で構成される大塚古墳群の盟主墳で、千葉県教育委員会の行った過去の測量調査(千葉県教育委員会 1991)の報告によれば、直径64~66m、高さ9.1mで県内最大級の大型円墳とされる(図2)。発掘調査歴はなく、埋葬施設は不明である。しかし、墳丘上段南西側に「盗掘坑とみられる痕跡」がある(千葉県教育委員会 1991)。周溝は全周するが、その幅は一様ではなく、外側に「周堤」がある。埴輪は表採されておらず、年代は6世紀後半~7世紀前半(平山 2003)とされる。

山室姫塚古墳に関する知見は、非常に限られている。

終末期の大型円墳という非常に重要な遺構と思われるが、内容はほとんど不明である。まずは、デジタル三次元測量・GPRの非破壊調査により、基本情報を取得する作業が必要である。

## 3. GNSS・トラバース・水準測量

### 3-1 GNSS

早稲田大学文学部考古学コースの測量調査では、毎回、1級基準点より平面直角座標系IX系(JGD2000)をトラバースによって移動して基準点を設置していた。しかし、今回は、早稲田大学と奈良文化財研究所の連携研究の協定(「デジタル技術・非破壊的手法を用いた文化財の多角的調査研究」2014.5.1~2017.3.31、代表:金田明大・中村一郎・城倉正祥)

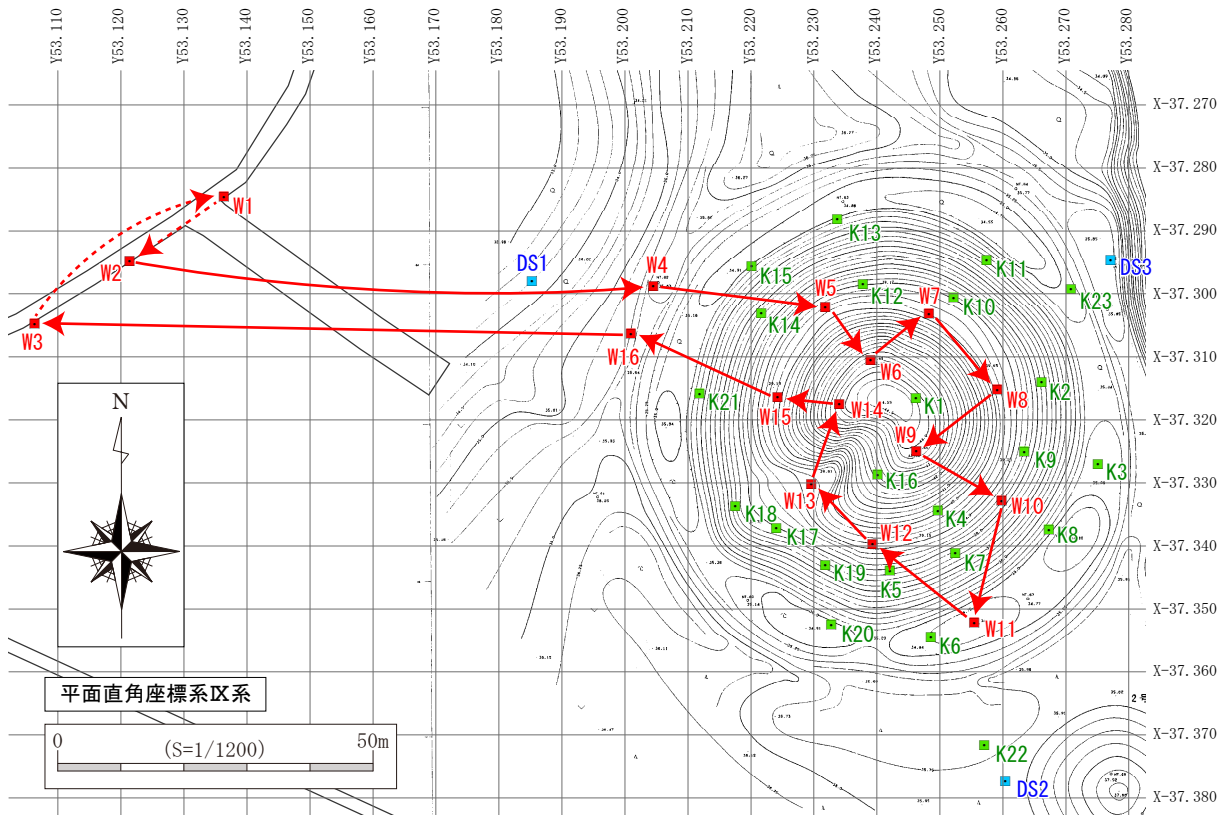


図3 山室姫塚古墳のトラバースW路線と基準点の位置

に基づき、奈文研より GNSS 機材を借用して観測を行った。

GNSS (Global Navigation Satellite System) とは、複数の人工衛星から、現在地の座標を観測する手法である。今回は、奈文研の Leica RTX1230 を用いて、W1・W2・W3 の道路杭の観測を行った。座標の観測を行った上で、座標点相互の角度と距離を TS で観測し、誤差の補正を行った。その作業により XY を決定、後述する水準移動によって標高を決め、W1-3 の座標を設定した。GNSS により、従来の方法に比べて非常に早く正確な座標を設定することが可能になった。

### 3-2 トラバース・水準測量

W1-3 の GNSS 観測成果を踏まえて、測量のための墳丘基準点を設けるため、トラバース測量を行った。観測には、Leica TCR805 とプリズム GPR1 を使用した。【W 路線】(図3)

(W1-W2-W4-W5-W6-W7-W8-W9-W10-W11-W12-W13-W14-W15-W16-W3-W1) の観測で、夾角に 9 秒の誤差が生じ、均等補正を行った。距離では X 方向 - 0.013m、Y 方向 - 0.007m の誤差が生じ、距離に応じた補正を行った。

以上のトラバース作業の後に、千葉県管理の水準点 MA-8 (松尾町山室 333-1 観音寺、標高 21.333m)

より W1 まで往復の原点移動を行った。往復の誤差は 8mm、補正をした上で、W1 の標高を 31.644m に設定した。更に、W 路線内の区内水準を行い、基準点の XYZ の設定を終了した。なお、墳丘地区割のための大地区設定杭 (DS1-3)、樹木の死角を測距するための開放杭 (K1-23)、GPR 探査区四隅の杭 (R1-28) は、プリズム SMP222 を用いて直接 XYZ の観測を行った。以上の観測成果による山室姫塚古墳の基準点一覧は、表 1 に示した。

## 4. 測量方法・地区割・GPR 探査区の設定

### 4-1 デジタル三次元測量の方法

早稲田大学が行っているデジタル三次元測量の方法は、前稿 (城倉ほか 2015b) で詳述した。今回は、TS 4 台を使用して、座標の測距作業を進めた。なお、樹木の死角となる部分は、自動追尾の測距作業を 1 名で行うことができる Layout Navigator (LN-100) を使用した。TS・LN で測距した座標は、毎晩、宿舎で Excel を使って整理し、CSV に変換、ArcGIS にインポートして点群を表示する。その成果を、毎日、クラウドの共有 Drive にアップして、各自はスマートフォンを現場で確認しながら作業を進めた (註 2)。なお、測量手簿・日誌は PDF 化し、デジタル写真と一緒に Drive 管理しているため、調査資料は全てデジタルデー

表 1 山室姫塚古墳の基準点一覧

点名	X	Y	Z	点名	X	Y	Z
W1	-37284.742	53136.357	31.644	K17	-37337.338	53224.061	37.913
W2	-37294.969	53121.369	33.243	K18	-37333.863	53217.531	37.303
W3	-37304.899	53106.268	34.654	K19	-37343.231	53231.837	37.128
W4	-37298.904	53204.536	35.704	K20	-37352.709	53232.757	35.037
W5	-37302.297	53231.809	39.484	K21	-37315.986	53211.834	35.467
W6/NT65	-37310.678	53239.013	43.380	K22	-37371.831	53257.070	35.481
W7	-37303.292	53248.300	39.659	K23	-37299.471	53270.859	35.061
W8	-37315.385	53259.148	39.558	R1	-37349.520	53248.092	—
W9/NT66	-37325.122	53246.222	43.657	R2	-37350.769	53238.176	—
W10	-37333.040	53259.808	38.247	R3	-37340.132	53247.228	—
W11	-37352.372	53255.505	34.549	R4	-37341.259	53237.294	—
W12	-37339.898	53239.314	38.907	R5	-37356.728	53238.740	—
W13	-37330.398	53229.596	39.102	R6	-37355.034	53251.630	—
W14	-37317.739	53234.074	43.742	R7	-37339.771	53250.217	—
W15	-37316.620	53224.226	39.731	R8	-37341.267	53237.291	—
W16	-37306.518	53200.980	35.631	R9	-37334.777	53260.054	—
DS1	-37298.124	53185.241	33.405	R10	-37325.748	53264.447	—
DS2	-37377.587	53260.394	35.813	R11	-37323.761	53260.045	—
DS3	-37294.791	53277.128	35.830	R12	-37332.772	53255.768	—
K1	-37316.728	53246.199	44.051	R13	-37316.590	53232.290	—
K2	-37314.239	53266.146	37.430	R14	-37309.287	53234.000	—
K3	-37327.187	53275.092	35.060	R15	-37297.877	53185.290	—
K4	-37334.596	53249.707	39.829	R16	-37305.180	53183.580	—
K5	-37344.118	53242.063	37.717	R17	-37336.126	53223.756	—
K6	-37354.721	53248.604	34.635	R18	-37324.900	53246.111	—
K7	-37341.350	53252.445	37.603	R19	-37318.644	53242.970	—
K8	-37337.586	53267.354	34.993	R20	-37329.870	53220.615	—
K9	-37325.222	53263.419	38.219	R21	-37374.502	53255.657	—
K10	-37300.793	53252.189	38.765	R22	-37326.095	53242.617	—
K11	-37294.823	53257.421	36.021	R23	-37325.054	53246.480	—
K12	-37298.686	53237.834	39.048	R24	-37373.462	53259.520	—
K13	-37288.329	53233.762	35.055	R25	-37300.164	53277.740	—
K14	-37303.189	53221.676	37.064	R26	-37328.157	53249.200	—
K15	-37295.814	53220.111	35.085	R27	-37325.301	53246.399	—
K16	-37328.894	53240.167	42.102	R28	-37297.308	53274.939	—

タである。調査研究のデジタル化により、作業効率が上がり、報告書作成まで非常にスムーズになった。

#### 4-2 大地区設定と座標空白地

デジタル三次元測量の作業においては、作業の利便性から古墳を任意の単位に分割する。今回は、千

葉県教育委員会が測量した際の基準点 NT.65 (W6)、NT.66 (W9) を結んだ線、及び DS1-3 を結んだ線で区割りされる3地区をA・B・C区とした(図4)。本調査では、地権者・山武市教育委員会より、伐採をしないでほしいとの要請を受けたため、樹木が繁茂する周溝より外側部分は対象外とした。しかし、W6-DS1



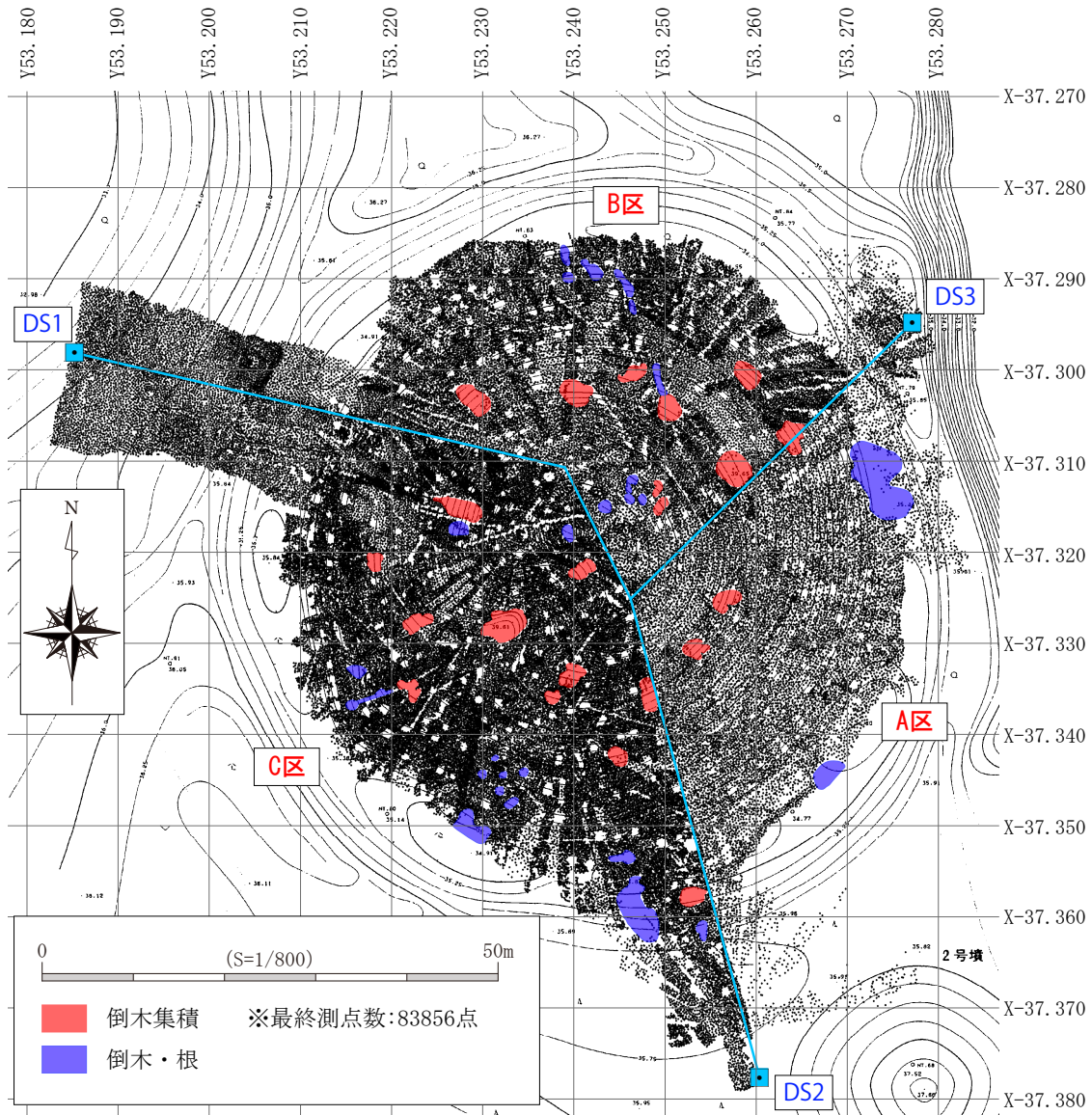


図4 山室姫塚古墳の（測距した）点群と空白地の性質

ライン、W9-DS2ライン、W9-DS3ライン沿いは伐採の必要がなく見通しが確保できる場所だったため、この3箇所に集中して周溝外まで測量を広げ、GPRもこの区域に絞って行うことにした。

以上の大地区分けの後、作業単位となる小地区分けを地形に沿って設定し、測距作業を進めた。なお、当地域は「山武杉」の産地であり、本古墳も植林が盛んに行われていた場所である。現在も地区の方々に整備が行われており、墳丘の各所には倒木を集積した場所が多くある。また、現在の倒木や根などで測量が不可能な場所もある。図4には、その座標空白地についても性格を明示した。

#### 4-3 GPR 探査区の設定

測量作業の目処が立った調査終盤、3月21～24日の4日間でGPR作業を行った。倒木集積等が多い

本古墳で全面的GPR作業は難しいと思われたため、地点を絞ってGPR探査を行うことにした。目的は、①埋葬施設（と思われる構築物）の確認、②テラス・周溝（に堆積する水分量の多い土層）の確認、の2点である（佐藤ほか2016）。そのため、まず考古学コースが保持するGPR機材（MALA社ProEX）250MHzのアンテナを用いて、埋葬施設と思われる反応を探索した。本地域では、墳裾に埋葬施設をもつ「変則的古墳」が一般的で、山室姫塚古墳も南側墳裾に横穴式石室を持つ可能性が高いと考えた（周溝・テラスの箱式石棺も変則的古墳の特徴である）。山室姫塚古墳の上段西南側には、「盗掘坑」とされる大きな凹みもあるが、この場所に埋葬施設が存在する可能性は低く、その規模から考えても盗掘坑とは思えなかった。そのため、周溝底面から円弧を描くように250MHzアンテナを引きながら、墳丘を登っていき、モニタで反応が

強く見られる部分にピンポールを明示した。結果的に、図7のRA区・RB区に強い反応が伸びる場所があり、この2箇所を埋葬施設の位置と想定し、集中してGPR探査することにした。

また、テラス・周溝の検出のためには、遺構に出来るだけ直交し、周溝外まで延長できる地点が必要で、必然的にDS1-3のライン沿いにRC・RD・RE区を設けることになった。さらに、墳丘上段南西側の「盗掘坑」とされる場所の確認も必要と思われたので、RF区を設定した。以上、A-F区の地区を設定し、250・500MHzのアンテナを使用して探査を行った。GPR成果については、6章で詳述する。

## 5. 測量の成果

本測量調査により測距した座標は、ArcGISを用いて解析を行った。測距ミス等のノイズは、毎晩除去しており、最終的な測距座標数は、83,856点だった。2012年に等高線測量を行った殿塚・姫塚古墳の測点が21,794点、2014年の龍角寺50号墳が27,375点だった点から考えると、測距数は飛躍的に増加した。今回の5069㎡の調査対象地で単純計算すれば、1㎡あたり16.5点の測点となり、かなりの密度で測距したことがわかる(図1②・図4)。

等高線を描くためには、ここまでの密度は必要ない、あるいは細かく測距するのであれば、3Dスキャナーを用いるべきとの意見もある。本測量の目的は、等高線を描出する点にあるわけではない。墳丘を輪切りにする等高線が重要なのではなく、墳丘の定量的分析に必要な詳細なSurface情報を取得する点が重要と考えている。なお、3Dスキャナーの使用も有効だが、下草や落ち葉に覆われた墳丘の表面情報を取得するには、1点ずつ確認しながら測距せざるを得ない(飛行機やDroneを用いた航空測量も同じ問題がある)。

一方、アナログな等高線を描く作業がなければ、考古学の専門の人間が調査する意味がないという意見もある。これは、遺物の三次元計測と同じ問題で、デジタルは遺物・遺構を多角的に調査する1つの手段にすぎない。定量的な分析が必要な墳丘研究において、従来の平面的な等高線測量では分析の手段に限られる。研究対象物の特性に応じた多角的分析こそが学問的手段だと考える。

さて、取得した83,856点の座標は、ExcelからCSVに変換し、ArcGISにインポートする。点群をJGD2000の座標系に表示した後、TIN - DEM (20cm

メッシュ) 一等高線 (10cm 間隔) を描いたのが図5、10cm 等高線に20cmメッシュのDEMから作成したSlopeを合成したのが図6である。なお、測距した点群の範囲は図に明示し、過去の測量図は (NT.65=W6、NT.66=W9) を基準として、ArcGISでジオリファレンスして合成した。

墳丘の分析は後述するので、全体の観察成果に言及しておく。まず、墳丘は2段築成で非常に保存状態が良い。測量調査中に、墳頂部で神社の祠の基礎と思われる新しい石敷を確認した。ちょうど上段南西側が大きく削れている部分の軸線上に位置しており、この攪乱は参道として整備されたものと考えられる。掻き出された上段の土は、下段を舌状に張り出させており、まさに参道の形状を呈している。後述するようにGPRの反応も埋葬施設の存在などは示しておらず、盗掘などを目的とした痕跡ではないと判断する。

この部分を除けば、全体はよく残っており、特に北側のテラス面が明瞭に観察できる。墳裾・周溝もきれいな円弧を描き、DS1ライン、DS2ライン沿いに見ると、周溝の外側に「外堤」状の高まりが巡る。本古墳は、2号墳との間の東側崖部分の切り込み状の痕跡から、二重周溝を想定する意見もある(沼澤2000a)。確かに後述するRC・RE区のGPRの反応を見ると「外堤」外側にやや幅広の反応があり、二重周溝の可能性もある。その場合は、「外堤」ではなく、「中堤」ということになる。発掘調査で確認ができない現状では確定は難しいが、二重周溝の可能性を考えておく。

## 6. GPRの成果

### 6-1 GPRの目的と設定

本調査の使用機材は、早稲田大学文学部考古学コースが所有するMALA社製ProEXの250MHz・500MHzアンテナである。RA-RE区は250MHz、RF区のみ500MHzアンテナを使用した。GPR作業の期間は、地区設定を含め4日間である。解析はGPR-Sliceを使用し、filter処理をかけた図を基に解釈を行った。区内の高低差が大きいRC・RD・RE区に関しては、測量から標高データを算出し、地形補正をかけた上でTime-Slice (平面図)、Profile (断面図) を出力した。なお、解析結果は図7・8に示した。

### 6-2 各探査区の概要と成果

【RA区】墳丘南側裾部、13m × 16m、埋葬施設の検出。

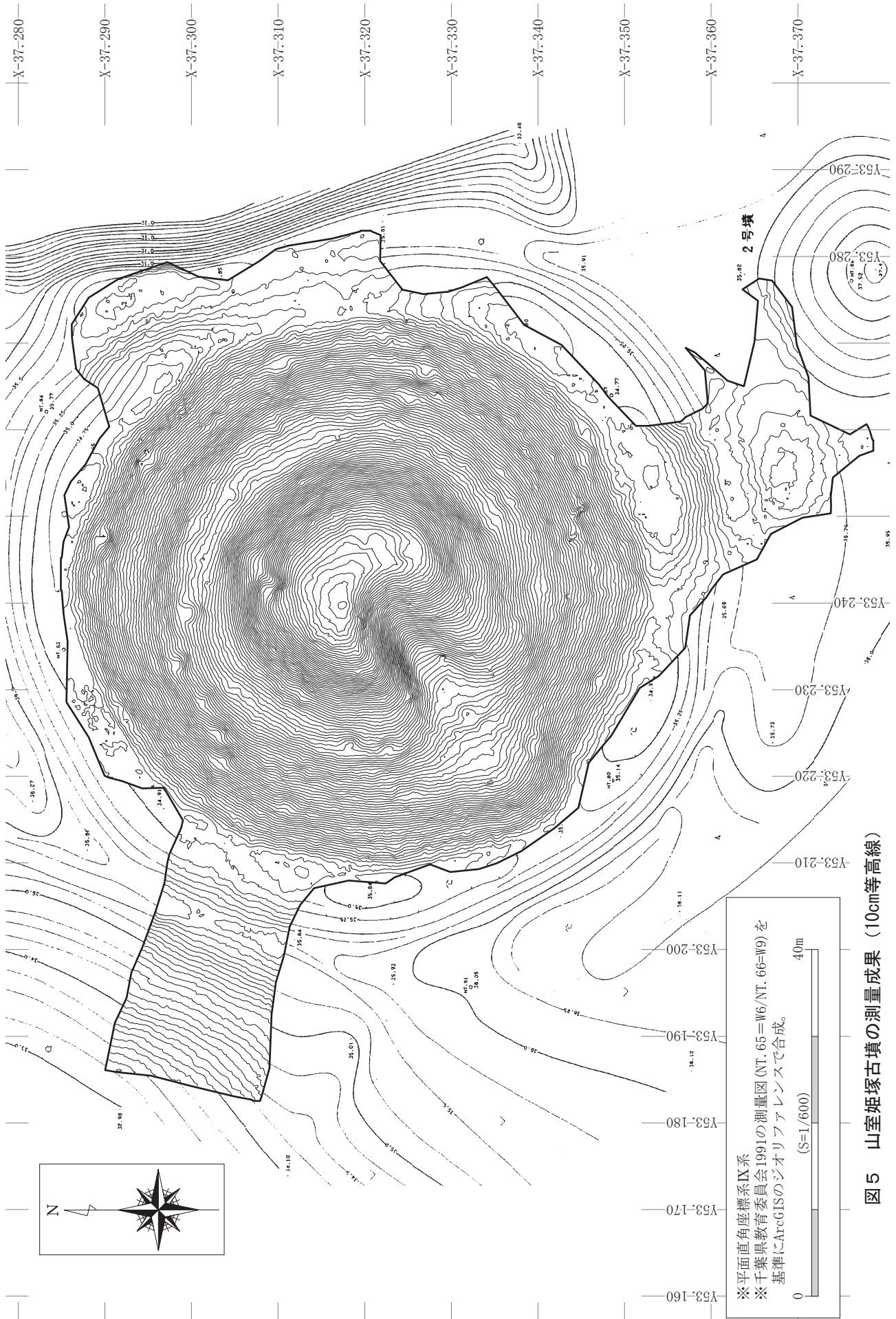


図5 山室姫塚古墳の測量成果 (10cm等高線)

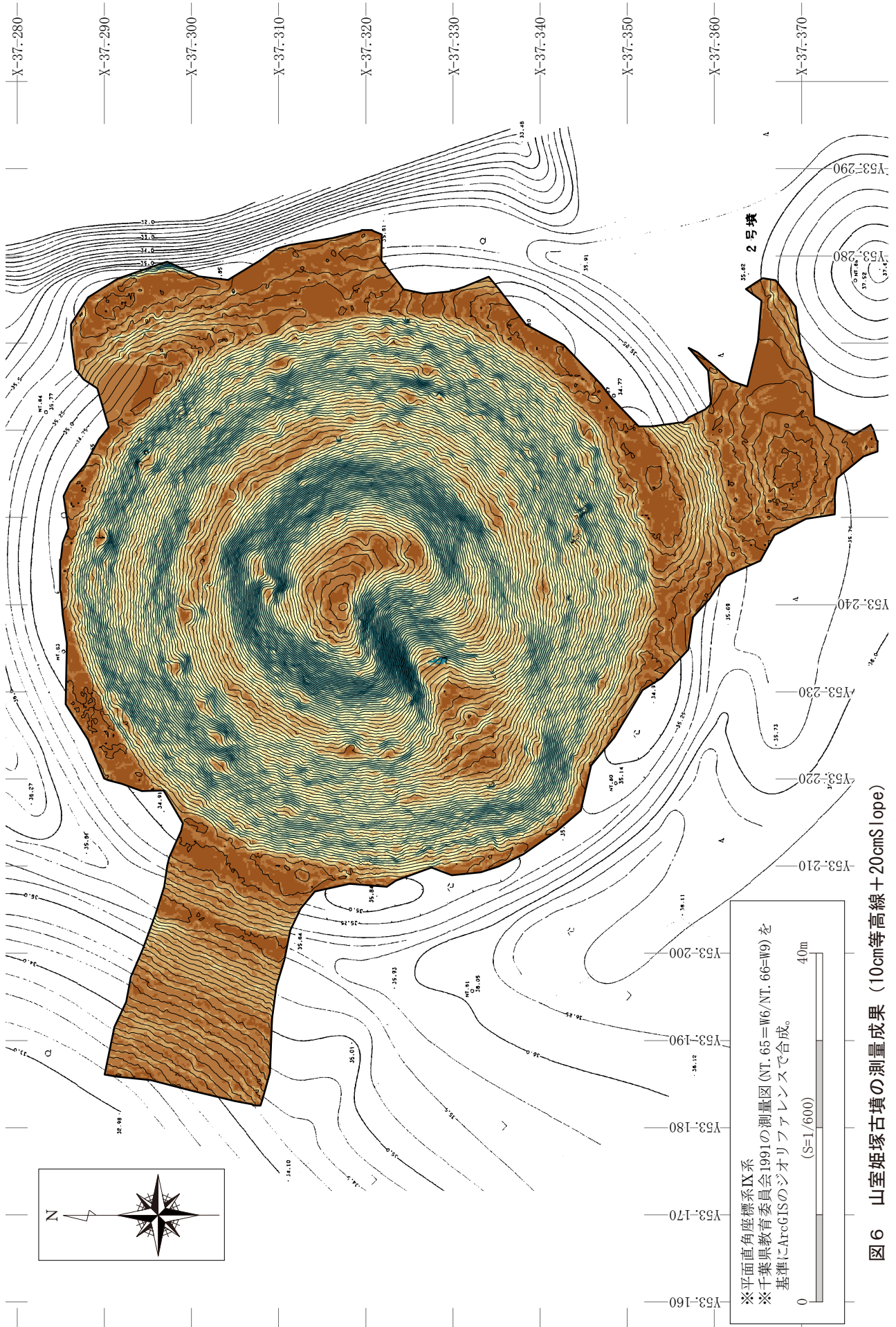


図6 山室姫塚古墳の測量成果 (10cm等高線+20cmSlope)

地表下約 30ns から、南側に開口するコの字状の反応が見られた。墳丘における位置、反射波の強さから、横穴式石室と考える。しかし、天井石の反応は確認できなかった。天井石の崩落、あるいは被覆粘土による電波の減衰などが考えられる。コの字状の反応の南側にある反応は、石室と考えられる反応より深度が浅い点 (34-46ns) や反射波の形状から、盗掘坑の可能性もある。

【RB 区】墳丘東側テラス、10m × 5m、埋葬施設の検出。

地表下約 20-30ns 付近から 90ns にかけて、やや強い反応が確認できた。この反応は幅 1m × 長さ 5m と大きく、墳丘の等高線に直行する形でテラス面に位置する。RA 区で検出した反応に比べ反応がやや弱い点や、テラス面の範囲を超え下段斜面まで反応が及ぶ点などから、埋葬施設であるとは断定はできなかった。

【RC 区】墳丘西側墳頂～西側周溝、50m × 7.5m、周溝・墳裾・テラスの検出。

X16-20m の範囲にかけて、地表下 30ns 付近よりやや強い反応を把握できた。この反応は「中堤」に当たる部分であり、「中堤」の盛土と堆積土との境界面に反射した可能性が推定できる。また、この反応を挟むようにした、より深い部分からも強い反応を読み取れる (X10-14m、X21-27m：地表下 60ns-)。この 2 つの反応は周溝に堆積した含水率の高い埋土とその上部に堆積した層との境界を示す可能性がある。しかし、反応の開始が 60ns と深い点から、これが直接周溝を反映する反応であるかは疑問である。

墳丘面については、X35-43m 付近、地表下 30-70ns にかけてやや強い反応が見られる。この反応はテラスの位置とおおよそ合致しているため、テラス面に堆積した含水率の高い土に反応している可能性がある。

【RD 区】墳丘東側墳頂～北東側周溝、4m × 40m、周溝・墳裾・テラスの検出。

RD 区の範囲内には多くの倒木の集積があったため、区を二分割して探査・解析を行った。RD 区内で最も明確な反射は、X17-23m、地表下 30-90ns の範囲で確認できる。この反応はテラス面に堆積する土に起因するとも推定できたが、やや位置がずれるため性格が不明である。X29-36m、地表下 45-60ns にかけて、凹状の反応もある。周溝の反応の可能性はあるが、断定は難しい (RD 区は倒木の集積等も多く、アンテナのエンコーダーが空回りするなど、実際の位置を反映していない可能性も考えられる)。

【RE 区】墳丘南側墳頂～墳丘南東側周溝、4m × 50m、周溝・墳裾・テラスの検出。

X3-7m の地表下 25-45ns、及び X17-23m の地表下 20-45ns にかけて、やや強い反応が把握できた。両者は周溝堆積土の反射波に起因する可能性がある。反応は地形の等高線に沿うように存在する点からも、周溝の反応であると推定できる。RC 区の反応より地下浅部で反応が見られる点も特徴的である。本古墳においては流土などの堆積は多くないと推測されることから、RE 区における反応は周溝と考えるのが妥当であろう。墳丘面においては突出した反応は確認されなかった。

【RF 区】墳丘上段南西側の攪乱、25m × 7m、攪乱部分の確認。

強い反応は散見されるが大規模で明確な形をもつものは見られなかった。X4-6m の地表下 70-90ns には、双曲線が確認できるがやや小規模である。RB 区と同様、テラス面に存在する何らかの埋蔵物であると考えられるが、反応がテラス面の等高線に沿う点や規模などから異質である。地域住民に聞き込みをしたところ、この大きな窪みが過去に墳頂への参道として使われていたという証言を得られた。参道に伴う構造物である可能性も考えられる。

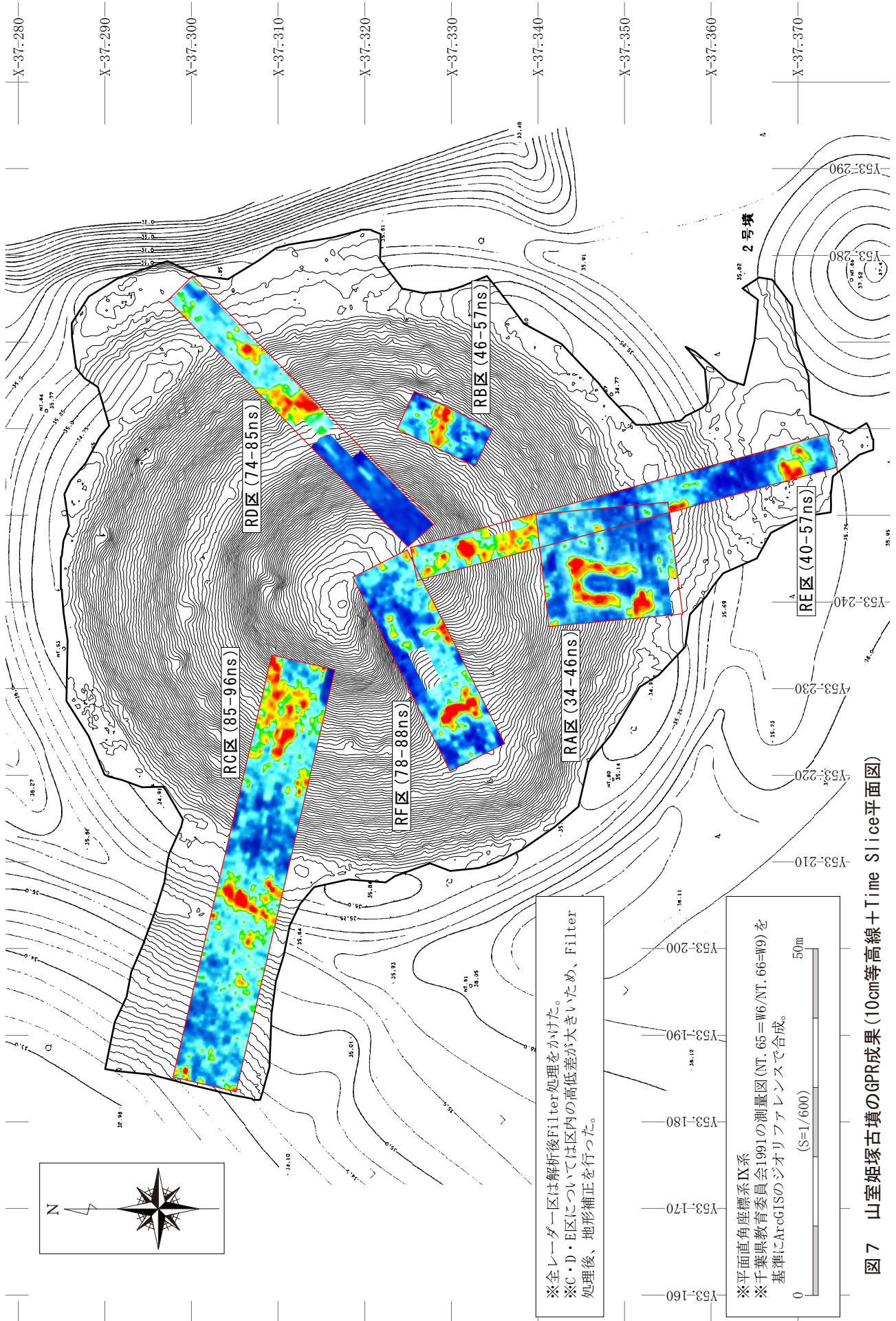
## 7. 墳丘の分析

### 7-1 墳丘企画研究の現状と課題

山室姫塚古墳のデジタル三次元測量・GPR 調査の成果を踏まえて、墳丘の定量的な分析を試みる。その前に、墳丘企画研究の現状と課題をまとめる。

現在の墳丘企画研究の現状と課題については、北條芳隆が整理している (北條 2011)。上田宏範の後円部 6 等分値、宮川渉らの 8 等分値企画論 (上田 1969・石部ほか 1979) の系譜を引く沼澤豊の 24 等分値企画論を評価 (沼澤 2000a) した。その上で、デジタル三次元測量に基づく側面観から導きだした基本単位で設計を論じる新納泉の分析 (新納 2011) を対比し、その認識の差異を「共同作業」によって解消すべきと提言した。甘粕健・西村淳などの尺度研究を踏まえ (甘粕 2004・西村 1987)、歩などを介在させた基本単位を導き出し、墳丘の立体構造とその設計原理を考究する方向性が沼澤と新納の研究で示されたといえる。

両者の差異は、その基本単位をどのように導き出すか、その方法論にある。沼澤の後円部墳裾を基準と



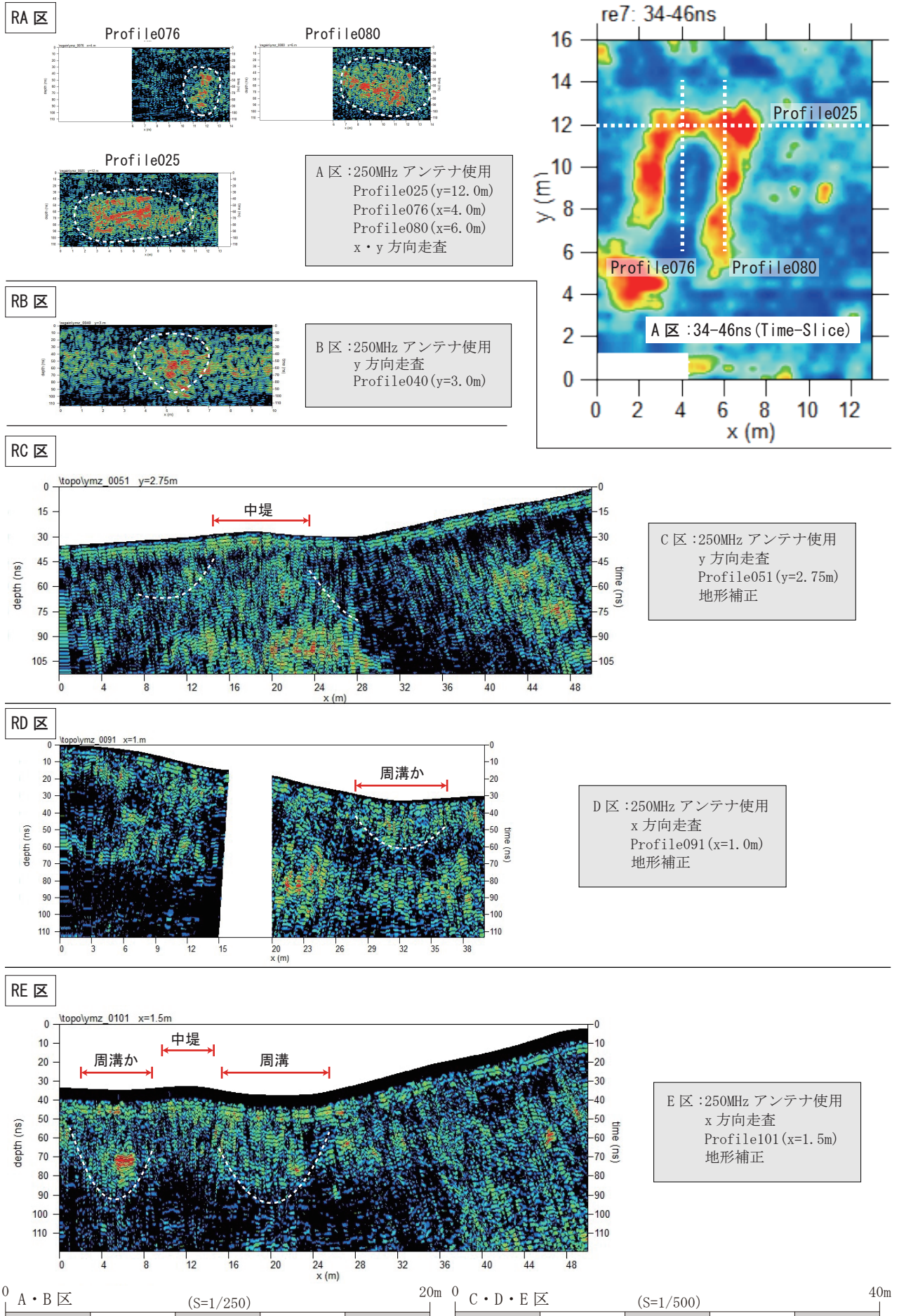


図8 各GPR探査区のProfile図

して24等分値する方法論は、墳裾自体の曖昧さが課題として残る。実際に、葺石の基底部が残っている古墳を除くと、発掘した古墳においても、墳裾と周溝底面を峻別することは難しい。例えば、設計線と思われる地割線が検出されている人形塚古墳（白井ほか2006）においても、内円弧は上段裾に一致するが、外円弧は周溝を削り出すラインに一致しており、古墳の見かけ上の墳裾は周溝底面となる。この点は、沼澤も墳裾作出技法の2者を指摘し、「墳裾面を周溝の肩（上端線）にあるとみるか、裾（下端線）とみるか」で大きな違いがでるため、他の計測点との一致状況をみて慎重に判断する必要があると指摘する（沼澤2006）。

以上、等分値企画論の根底となる墳裾（墳端）を特定する作業は、実は容易ではない。この問題点を踏まえた上で、新納は墳丘のデジタル三次元測量データを定量的に分析し、特に側面観の段築構造から基本単位を抽出し、立体的な設計原理を考究する方法を示した。GISを用いた三次元空間上で、墳丘の立体的な構造把握が可能になったことで、墳丘企画研究は新たな研究段階に入ったと言える。「推定」墳裾から基本単位を導き出す等分値企画論に対して、「三次元計測された墳丘」という限定的な資料ではあるにしても、定量的な計測手段によって基本単位を導き出している点が、既存の平面測量図を分析対象とする方法論との大きな違いである。実際に、菅田御廟山古墳の分析を行った新納は、「その位置を確定することができないために、墳端については一定の誤差があることを前提に議論する」と述べており、定量的な分析による確度の高い計測点から論理を組み立てている点が分かる（新納2015）。今後、航空レーザー測量や三次元デジタル測量の計測座標の公開やデータベース化（等高線測量図ではなく、座標CSVデータのDB化）が進めば、墳丘企画研究は飛躍的に進展すると思われるが、現状では、墳丘企画研究を目的とした学術調査などは非常に限られている。まずは、基礎的な事例研究の蓄積が必要である。

## 7-2 新納泉と沼澤豊の方法論と研究成果

前述したように、現状では新納の設計原理の分析成果が最も精度が高いと思われるので、その方法論と成果を箇条書きで整理し、本分析の出発点とする。

### 【新納2011】

①造山古墳のデジタル三次元測量の成果から、GIS分

析を行った。②定量的な分析によって、測量図から計測値を求める際の誤差や恣意性を克服した。③造山古墳の三次元計測側面プロット図を作成した。④点群座標から各段の標高分布図（ヒストグラム）を作成し、1段目と2段目のテラスの標高差から6.25mという基本単位を導きだした。⑤造山古墳の段築の比率は、下から（1）:1:3で、基本単位は6.25mである、⑥この時期の1尺を0.231mとすると、27尺、4.5歩になる。⑦後円部の半径は基本単位の16倍。テラス幅は基本単位に一致する。⑧後円部の斜面の傾斜は、高さ10mに対して水平距離22m、つまり、1:2.2を基本として修正処理を行っている。⑨基本単位は立面・平面に共通し、特に、後円部の平面形が段築テラス幅である基本単位の倍数で構成される。

### 【新納2015】

①菅田御廟山古墳の航空レーザー測量図を分析した。②販売されている等高線図のデータと画像処理ライブラリの生成画像を合成して分析し、テラス幅8.40m（6歩）の基本単位を導きだした。③テラス幅6歩を1とした時に、後円部半径は15倍の90歩、外側から2:1:2:1:6:3の比率となる。各段の高さは、下から1:1:3（5歩：5歩：15歩）、傾斜は6歩に対して2.5歩上がる1:2.4の比率となる。④墳丘長の設計値292.5歩に対して、要請される300歩という墳長を実現するため、実施設計において後円部外周を主軸方向に7.5歩延長したことで、歪みが現れた。⑤一方、前方部の基本単位は、テラス幅10.5m（7.5歩）、前縁から2:1:2:1:4:2の計12単位。各段の高さが下から1:1:2（6歩：6歩：12歩）、傾斜は7.5歩に対して3歩上がる1:2.5。すなわち、傾斜は後円部よりも緩い。⑥後円部では半径90歩の15等分値、前方部では90歩の12等分値が基本単位になっており、全体に統一的な方眼を設定して構築を行う手法は取られていない。⑦長さの基本単位は古墳毎に異なっており、1古墳においてすら部位によって異なる基本単位を持っていた。⑧従来の6・8・12等分値設計を後円部に当てはめて確認し、その適合率が低い点を確認。従来の測量図を用いる方法論の限界を指摘した。⑨歩を使用した基本単位によって、長さや高さの比率を決めて、前方後円墳が立体的に設計された点を明らかにした。

以上、新納泉の方法論と分析成果は、現段階の墳丘企画研究の到達点と言える。三次元計測や航空レーザー測量が可能にした精度の分析である。古市・百舌鳥古墳群の航空レーザー測量図の公開が進む中（古



市古墳群世界文化遺産登録推進連絡会議 2015・堺市 (2015) で、今後、研究は更に進展すると予測される。

一方、地域や時代が変わっても新納の方法論が応用できるかは、まだ GIS の分析事例が少なく、不明である。特に後期・終末期の墳丘における三次元計測作業を進める必要がある。早稲田大学文学部考古学コースでは、終末期の前方後円墳：龍角寺 50 号墳の三次元測量を実施し、やはり、高さやテラス幅に基本単位が存在する可能性が高い点を確認した（城倉ほか 2015b）。今回、対象とする山室姫塚古墳は、千葉県最大の終末期円墳で、沼澤の研究の出発点となった論文（沼澤 2000a・2000b）にも分析事例として登場する重要な古墳である。本古墳の三次元計測に基づく定量分析の成果は、沼澤の等高線測量図を用いた等分値企画論と比較が可能で、その整合性を確認出来る点でも学術的に重要な対象だと判断した。両者の比較は、7-4 で詳述するので、ここでは、円墳の企画論からスタートした沼澤の研究の方法論と成果を整理しておく。

沼澤は、2000 年以降、墳丘企画に関する論考を数多く発表しており、本論に関連するものだけでも非常に多くの成果がある（沼澤 2000a・2000b・2001・2004・2005・2008・2009・2010・2011a・2013 等）。しかし、12・24 等分値企画論のエッセンスは、自身の著作で簡潔にまとめられている（沼澤 2006）。ここでは、著作から方法論と成果を整理してみる。

#### 【沼澤 2006】

①千葉県の円墳の分析から、6 等分値・8 等分値企画論に合致する事例を確認し、畿内大型前方後円墳の事例から 6 と 8 の最小公倍数である 24 等分値企画論を提唱する。②墳裾を基準とする 24 等分値の方式は一定とし、1 単位の長さを（歩数）調整すると考える。1 尺は古墳時代を通じて変わらず、0.229m。これを古墳尺と呼ぶ。③大型円墳・前方後円墳の分析から、24 等分値の 1 単位あたり 1/4 刻みの歩数調整が行われ、直径ではその 24 倍の 6 歩ずつの差のある序列を想定した。また、畿内の 3 段築成の前方後円墳の後円部では、第 3 段裾が 7 単位目になる原則が存在する点を「発見」し、墳裾の位置を復元的に推定できるようになったとする。④発掘された古墳の断面の検討から、24 等分値企画論が平面だけでなく立面においても整合性を持つ点を指摘し、大型前方後円墳の「斜面構成」（テラスと斜面の関係）の変化を明らかにした。⑤千葉県の円墳と栃木県の「基壇古墳」の比較から、

墳裾作出法の 2 者を認識した。前者は「施工基準面」に 12 単位目の墳裾が位置し、その外側を周溝として掘り下げる技法である。後者は「施工基準面」に引かれた 10 単位目から外側を周溝として掘り下げ、周溝下端線が 12 単位目となる工法である。以上のような工法があるため、墳裾の特定は非常に難しく、墳裾の判断は他の計測点との一致状況から判断しなければならない点を強調する。⑥すべての古墳は、24 等分値の企画に基づき「方格図法」に基づいて設計された。

以上、沼澤は千葉県の円墳の分析からスタートして、6・8 等分値が「包摂」される 24 等分値企画論を全国的な事例分析から追及した。全ての古墳の設計が「同じ原理で説明できる」という沼澤の研究は、設計理論としての厳格さに「持ち味」がある一方で、個々の事象の解釈に際する「余地」の範囲が狭い点が特徴である。問題なのは、24 等分値論の根幹となる墳裾の認定自体、上記③⑤が示すように、企画論を前提とした「推定」部分が強くならざるを得ない点にある。さらに、1 単位あたり 1/4 刻みの歩数調整を想定することで、直径や墳長が 6 歩刻みの序列に制約されることになり、墳丘規模を近い序列に引き付けて解釈せざるを得ない場合が生じる点も問題である。これらの作業上の問題点に、24 等分値企画論が墳丘の分析に有効な方法にも拘わらず、一般的な分析方法として採用されていない理由があるのではないだろうか。必ずしも墳裾の位置に固執することなく、三次元計測など高精度な測量図に基づく定量的な手法で、客観性の高い計測点を追及し、立体的に墳丘の設計を考究する点が重要だと考える。

新納・沼澤の優れた研究方法・成果を整理し、現在の研究課題を確認してきた。最後に、尺度の問題を整理しておく。古墳に使用された尺度の研究については、中国公定尺との共通性を指摘した甘粕健の先駆的な研究がある（甘粕 1965）。最近の研究動向を見ても、最古の大型前方後円墳である箸墓古墳以降に導入された 1 尺 0.23m 前後の尺度が、少なくとも中期まで使用されていた点は、沼澤・新納の研究でも明らかになっている。一方で、甘粕は伸びが少なかった南朝系の尺度が倭の五王の朝貢によって流入し、5 世紀中葉以降、0.25m 前後の尺度が使われるようになったと指摘する。さらに、尺長の伸びが顕著だった北朝における東魏尺（0.345m）が、（高句麗・新羅・百済の北齊への遣使を機会に）三国との冊封体制が成立した 570 年頃に倭国に流入したとする。すなわち、高麗尺である。

これについては異論もある（小泉 1977a・1977b）が、大宝令の「雑令」の記載〈凡度十分為寸十寸為尺一尺二寸為大尺一尺十尺為丈〉〈凡度地五尺為步三百歩為里〉から、高麗尺に起源を持つ令大尺（0.35m 前後）が7世紀段階には広く民間に普及しており、唐大尺に起源をもつ令小尺（0.30m 前後）は、和銅6年（713年）の改定以降に使用されるようになったと現在は想定されている。この点は、藤原宮・平城宮の分析から、井上和人・小澤毅らが論証している（井上 2004・小澤 2003）。『令集解』の高麗尺5尺が今尺6尺に相当するという記述からすれば、和銅の改定による寺院・都城などの土木事業の造営現場の混乱を「歩」の尺長調整（令大尺0.35m × 5尺 = 1.75m ≒ 令小尺0.3m × 6尺 = 1.8m）で避ける政策がとられたと思われ、7世紀段階においては、0.35m 前後の尺度が民間で広く使用されていた可能性が高い。

その意味で、終末期古墳と呼ばれる大型の方墳・円墳の使用尺度の考究は、非常に重要テーマである。また、東国においては、埴輪祭祀終了後に1～2世代の前方後円墳の造営が認められており（龍角寺浅間山古墳と近い時期の造営が想定される50号墳もこの時期である）、592年から始まる推古朝の地域政策・仏教政策を考えるうえで、重要な論点である。この点は、早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所が研究課題とする中国都城（城倉 2013b）や、シルクロードの都市遺跡の分析（城倉ほか 2016）にも通じる。墳墓・寺院・都城の設計と造営尺の分析研究は、相互に深い関連をもつ研究課題と考える。

### 7-3 山室姫塚古墳の定量分析

では、山室姫塚古墳の三次元デジタル測量・GPR調査の成果を踏まえた分析に入る。新納の研究によって、側面観から定量的に導き出した「基本単位」から、平面企画を読み解く方法論の有効性が示されているので、本論でもその方法論を採用する。一方、山室姫塚古墳の企画については、沼澤豊の優れた分析成果もあり（沼澤 2000a）、その成果を引用しつつ、本分析との整合性もチェックする。

まず、図9中段には、山室姫塚古墳の側面観を示した。ArcGISにインポートした点群を、シェープファイルとして書き出しマップに追加、そこからTIN・DEM・10cmContour・20cmSlopeを作成する。ArcGISでは、円弧の中心を求める作業が扱いづらく、8万点を超える座標の回転に時間もかかるため、

1/600のスケールに10m格子線を表示したデータをAIに出力し、Illustrator上で円形ツールを使って円弧と中心点を割り出した。2段築成の本古墳だが、0点の移動は認められず、中心点を共有する墳頂・段築・墳裾の円弧は、測量図に収まりよく設定することができた。次に、上段南西の大きな攪乱を避けて、北東部の残りの良い墳丘半身を選択するため、回転中心点を円弧の中心に固定し、プレビュー機能を参照しながら回転し、最も残りの良い半身座標を抽出するための角度（ $-42^{\circ}55'22''$ ）を導き出した。再び、ArcGISの点群に戻って、シェープファイルの座標群を回転、中心点からNorth部分を半裁してSouth部分の座標を除去した。更に、周溝外側立ち上がりよりも外部分の周辺地形を図を見ながら削除した。最終的に残った点群を属性テーブルから選択し、回転移動した座標をテキストで出力、CSVに整えてから再度ArcGISに、 $X=Y$ 、 $Y=Z$ で読み込んで側面観を作成した。最後に、図9上の平面図を参照しながら木材の集積などの空白を避けてABCの3カ所の点群を抽出し、Excelでヒストグラムを作成したのが図9下である。

ヒストグラムを見ると、上段と下段の比率が非常に近く、両者が高さ5m前後になる点があった。一方で、上段の方がわずかに上下幅が広い点も確認でき、龍角寺50号墳と非常によく似たヒストグラムである点を確認した。高さに関しては、3段築成の大型前方後円墳の第2段などを分析するのが望ましいが、それ以外の中小古墳の場合、復元的に考える必要がある。墳頂からは土が流出し、墳裾には流土が溜まる。また、排水のために外側に緩やかに傾斜するテラスは、流出によって本来の位置よりも低くなる。つまり、本来的には1:1の高さで作られたとしても、見掛け上の高さは下段の方が低くなるのが予想される。50号墳の分析では、段築の緩やかな部分の中心と点群の集中地点との差0.25mを流出量と仮定し、機械的に計算して1:1の比率を導きだした。今回のヒストグラムの分布は、下段が5m弱、上段がほぼ5mで、復元的に把握するならば、5mを若干超える各段の高さ、1:1の比率が予想された。これに関しては、沼澤 2000aが算出している上段高（5.25m）が非常に適合的に思えた。なお、沼澤が下段高を4mとするのは、1991年の測量の高さ9.1mという結果に基づくと思われる。今回の測量図で見ても墳頂には44.5m、周溝底面には34.4mの等高線があり、現状でも比高は10m以上ある。確かに側面観で見ると、テラス面がほぼ水平で

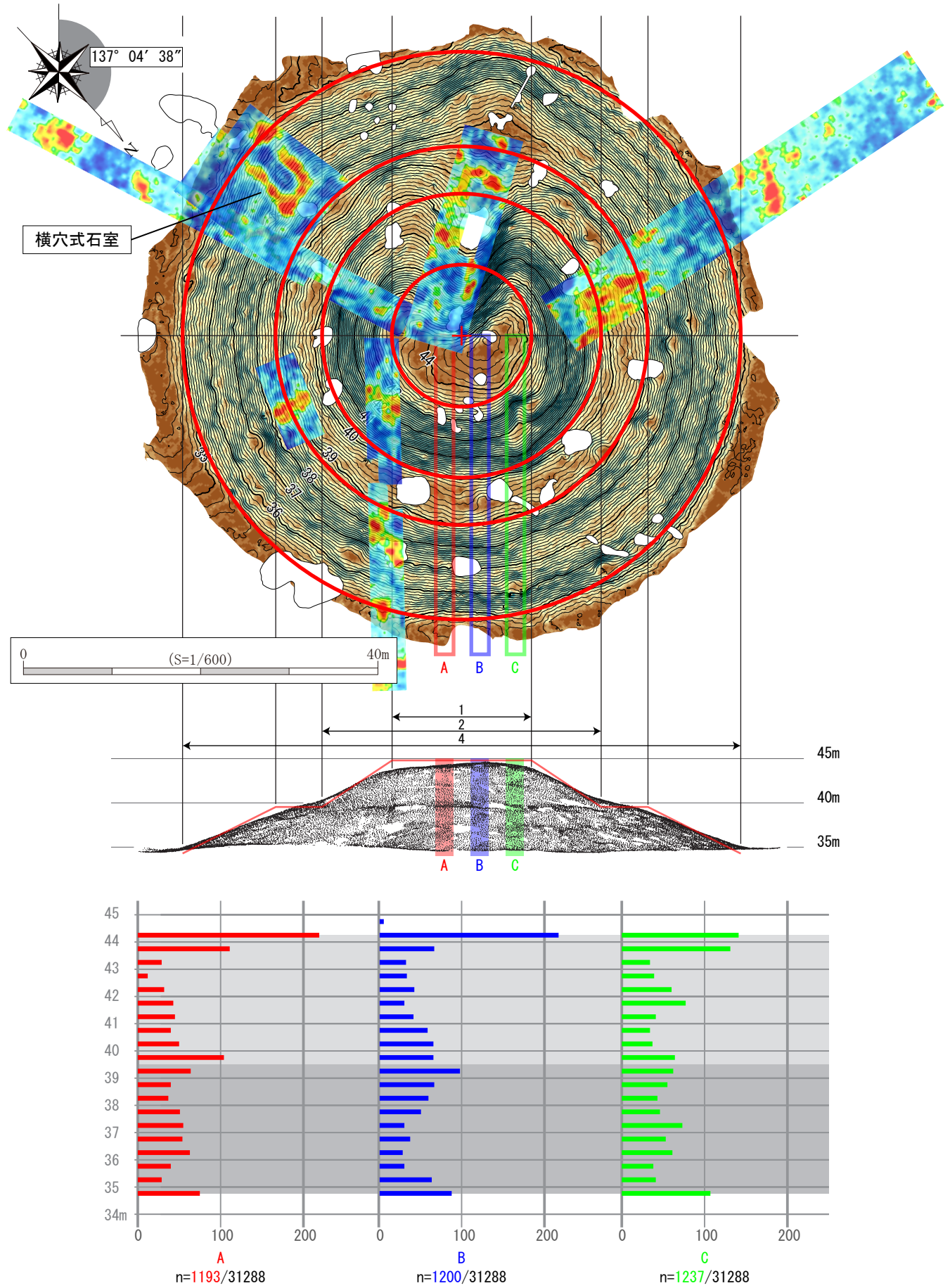


図9 山室姫塚古墳の平面・側面観の対応（上）と点群ヒストグラム（下）

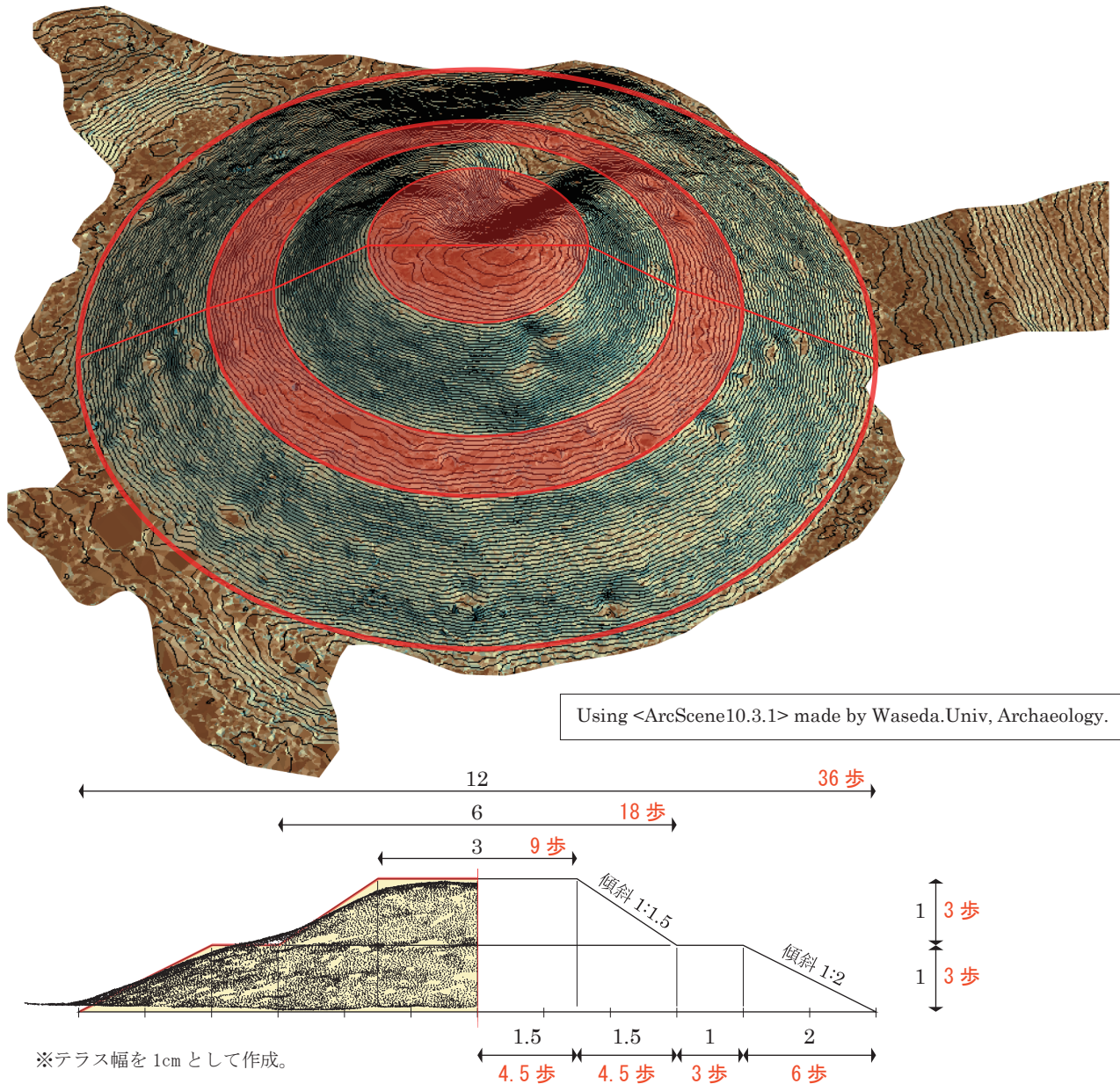


図10 山室姫塚古墳の三次元鳥瞰図（上）と立体構造の模式図（下）

あるのに対して、周溝底面は旧地形を反映して一定ではない（起伏のある旧地形をテラス面までの盛土量を変えることで水平まで修正している）が、側面観・ヒストグラムで確認しても上下段が 1:1 に近い点は明らかである。

側面観の分析をひとまず置いて、平面の分析からも相互チェックを行うことにした。本古墳は非常に残りが良く、1991 年の測量成果を踏まえて、沼澤は 2000a の論文で、南北 67m・東西 63m の数値を導きだし、墳丘北側裾部の土の流出状況を踏まえて、東西 63 m の直径を採用した（沼澤 2000a）。今回の調査測量図でも、図 9 上のように 63m の円弧を描くと、測量図の墳裾ライン（10cm 等高線+20cm Slope によって極めてクリアに判別できる）にほぼ一致する。沼澤

2000a の O 点と墳裾円弧は、極めて精度が高い点を確認できる。これを円弧 c と呼んでおく。一方、大きな攪乱坑を除き、これも残りの良い上段裾の円弧を引いた（円弧 b）。さらに、墳頂平坦面も復原的に円弧 a を引いたところ、円弧 a : 円弧 b : 円弧 c が、1:2:4 の整数比になることが観察できた。新納の研究によって、直径の円弧の等分値のあり方が、複数タイプある点が明らかになっている（菅田御廟山では半径が 15 分割・直径では 30 分割される）点を踏まえれば、墳裾円弧の 12 等分値の設計というよりは、2 段築成が生成する 3 つの空間的平坦面（墳頂・テラス・墳裾面）の比率がきれいな整数値になるように設計されており、中心点から a、b、c までの円弧の距離が整数比に設計されたと考える。すなわち、平面的な作図だけで

設計がなされていたのではなく、 $a \cdot b \cdot c$ の空間的円弧がピラミッド上に積み重なっていた時の比率が、上から1:2:4になる精美な比率が設計の根底にあったものと思われる。設計者の頭の中にあっただのは、図10上の鳥瞰図が示すような整然とした比率の3重円弧が織りなす重層構造である。

一方で、これらの円弧は当然、各段の高さと論理的整合性を持つはずだが、墳丘の計測値の中で最も短くなる（つまり、基本単位に近くなる）のが各段の高さとテラス幅である。両者の関係性は新納の研究で既に明らかになっているが、50号墳の分析でも、各段の高さの2倍がテラス幅となっていた。その視点でテラス面を観察すると、沼澤2000aが指摘する短いテラス幅は、今回の測量図に落としてみても下段肩部分は整合的だが、上段裾がかなり外側で合致していない点を読み取れた。デジタル三次元測量、特に今回のような非常に密な測点を取っている場合、墳丘のSurface情報が非常に精細に表現でき、10cm等高線と20cmメッシュのSlopeを合成すると、テラス平坦面の範囲が非常にクリアに表現できる。図9上の平面図で観察すると墳丘北東側のテラス面が良く保存されており、幅5.25mほどである。これは、各段の高さともほぼ一致し、何よりも沼澤が指摘した上段の高さ5.25mに合致する点は、偶然とは思われなかった。そのため、上下段高、及びテラス幅は5.25mでほぼ一致する可能性が高いと結論付け、この長さこそが本古墳の設計に際する基本単位であろうと予測した。

図9上には、上記の分析によって描出した円弧、及び側面観との相関を示した。墳丘の下段真南、裾部に開口する横穴式石室と想定されるGPRの反応にも極めて整合的な位置である。さて、ここまでで分かった点を列挙すると以下となる。

- ①墳丘の上中下3段の平坦面は、1:2:4の円弧の関係にある。それぞれ墳頂肩（円弧a）、上段裾（円弧b）、墳裾（円弧c）である。なお、上下段の高さの比率は、1:1である。極めてシンプルな比率が観察できる。
- ②円弧cは、1991年図面による沼澤2000a復原と同じ直径63mである。
- ③上下段の高さ、およびテラス幅はほぼ同じ長さとなり、本古墳の基本単位は5.25mである。

今、上記の比率を踏まえた上で、墳丘の立体的設計模式図を作ったのが、図10下である。上下段高・テラス幅を1とすると、外側から0点に向かって2:1:1.5:1.5で平面は設計される。新納が、超大型古墳

で導き出したテラス幅を1とする比率の設計と、極めて整合的な状況を呈する。この割合から斜面の傾斜を表現すると、下段斜面は2の幅に対して1上がる1:2（2割）の傾斜である。一方、上段は非常にきつく1.5の幅に対して1上がる1:1.5の比率である。土木工学でいう「1割5分勾配」で、45°はかなりの急角度である（現在でも、墳頂に登る際の傾斜は、非常にきつい）。この理論的な設計企画に、現在の側面観を左側に当てはめたが、墳頂肩、テラス肩の流出、上下段裾への流土の堆積状況を想定しても、極めて自然である。以上、本古墳は、

- ①上下段の高さの比率— 1:1。
- ②上中下3段の平坦面の円弧の比率— 1:2:4。
- ③上段斜面傾斜— 1:1.5。
- ④下段斜面傾斜— 1:2。

という極めてシンプルで、整然とした比率に基づいて設計されていたと考える。

以上を踏まえた後に、次は使用尺度が問題となる。この時期の尺度については、甘粕健によって1尺長0.35m前後が想定されている。7世紀後半段階で一般的に使用されていた令大尺の存在を考えると、終末期古墳には1尺長0.35m、5尺1歩の土地尺が用いられていた可能性は高いと考える。なお、終末期前方後円墳：龍角寺浅間山古墳と共通した設計原理をもつ50号墳でも、0.35mの尺度は適格的だった。

上述した上下段高・テラス幅を1とした墳丘各部の比率は、現状の高精度測量から導き出したもので、誤差はかなり小さいと考える。また、その比率自体、つまり設計の原理はどんな尺度を想定しようとも、変更する必要はないと思われる。しかし、墳丘の設計を考究する上で造営尺の問題は、避けて通ることのできない重要テーマである。ここでは、尺度についても踏み込んで考えてみたい。なお、沼澤が1991年図面から導き出していた直径63m、上段高5.25mは、本分析とも完全に合致しているため、まずは、この数値を出発点に尺度について考察してみる。

本古墳においてテラス幅（=上下段の高さ）が基本単位となっている点と考えると、墳丘の半径は6倍、直径は12倍、沼澤の12・24等分値に適合的な数字となる。つまり、本稿の基本単位は、沼澤の1区（12等分値の2単位区）と完全に一致している。そのため、まずは沼澤古墳尺で計算してみたい。円墳では、12等分値の1区（2単位区）を半歩刻みで歩数調整するというのが沼澤の議論の骨子であるので、5.25m

は1歩でキリよく割り切れる必要がある（小型規格では、1単位1/8歩刻みの微調整があると指摘するので、2単位区であれば1/4歩まで検討する必要がある）。沼澤が指摘する古墳尺は0.229m、6尺1歩で1.374mである。3歩なら4.122m、3.25歩なら4.466m、3.5歩なら4.809m、3.75歩なら5.153m、4歩なら5.496m。沼澤2000aの12等分値の1区（2単位区）=5.25mの数値を高精度な測量で追認した今回の基本単位だが、古墳尺では上手く割り切れない。

一方、甘粕が指摘する0.35mの高麗尺ではどうだろうか。『令集解』の高麗尺5尺が今尺6尺に相当するという記述から、5尺を1歩で換算すると、0.35m×5尺=1.75mになる。1.75m×3歩=5.25mで、基本単位は3歩に一致する。一方、沼澤2000aと本分析が導きだした直径63mは、1.75m×36歩=63mで、これも完全に合致する。終末期円墳である山室姫塚古墳は、基本単位を高麗尺3歩で設計された可能性がある。以上から、歩数で各計測点の比率を示すと、上下段の高さの比率—3歩：3歩、上中下3段の平坦面の円弧の比率—9歩：18歩：36歩、平面形は墳裾から0点に向かって6歩：3歩：4.5歩：4.5歩、ということになる。

#### 7-4 分析成果と沼澤説の比較

以上、本調査の成果では、非常にシンプルな平面・立面の比率、及び0.35mを1尺長、1.75mを1歩長とする尺度、5.25m（3歩）を基本単位とする設計を指摘した。何度も言及しているように、本分析では沼澤2000aの復原線と極めて近い結論に到達した。1991年図面を使用した分析にも拘わらず、沼澤の墳丘分析の精度の高さは特筆すべきものがある。一方で、本論では沼澤の12・24等分値説を追認したわけではない。結論的には、24等分値企画論とこの時期の「古墳尺」の使用を否定する結果となっている。以下では、本報告のたどり着いた分析結果と沼澤分析を比較し、その結論が異なる点を明示する。

なお、本論では沼澤の墳裾24等分値企画論に基づく「墳丘構造の分析」に関する有効性を否定するつもりは全くない。実際に、本分析では墳丘の直径が、結果的には基本単位の12倍となる比率で設計された点が明らかになっており、その意味では沼澤2000aの分析は、ほぼ山室姫塚古墳を正確に位置付けたと言ってもいい。しかし、墳丘各部が一定の比率に基づいて設計されている＝墳裾を基準とした円弧の等分値が設

計の基本となっている、という論理が成立するわけではない。本稿での分析結果からすると、設計の原理は地域や時代によって変容している可能性（新納は1古墳の中でも後円部と前方部の設計原理に差異がある点を指摘している）を考慮に入れる必要があると考える。

さて、山室姫塚古墳については、沼澤が「円墳築造の企画性」（2000a）で分析し、その後、「円墳の規模と序列」（2000b）で解釈を変更している。この間、新しい測量や発掘など調査の進展があったわけではない。2000aと2000bの12・24等分値企画論に基づく分析も同じだが、「古墳尺に基づく歩数調整」の視点が導入されたことで、復原図が変更された。墳丘自体に関して言えば、非常に軽微な解釈の変更に見える。すなわち、墳丘長を63mから61.65m（沼澤説の45歩）に変更した点、及びそれに伴って12等分値の1区が5.25mから5.14mに変更された点、この2点である。墳丘測量図の分析から生まれた変更ではなく、「解釈に基づく1.35mの直径の変更」、実はこれが非常に重大な問題となる。

まず、図11では沼澤の復原線（2000a・2000b）を今回の測量成果に落とした図面を提示した。何よりも誤差なく円弧を転写する必要があるため、ArcGISを用いた。まず、沼澤論文の当該図版を1200dpiでモノクロ2値化してPDFにした。その後、NT65・NT66をW6・W9を基準として、ArcGISのジオリファレンス機能を用いて今回の測量図に合成した。円弧などはスキャンの段階で歪む可能性もあるので、合成図をAIに出力した後、沼澤中心点を基準として、上図は直径63m、下図は直径61.65mの円弧を作成し、12等分値の円弧を赤で、24等分値で各段に対応するものは青で描出した。測量図は今回の10cm等高線+20cmSlopeで、埋葬施設のGPR成果のみ合成した。また、上図には沼澤の断面図を縮尺を同一にして配置し、円弧に対応させて微調整した。本図は、沼澤の復原線を誤差なく提示できている。

まず、上図を見てみる。直径63mの円弧は、上段西南の攪乱に伴う墳裾の流出、墳丘北側斜面の崩落に伴う流出を除くと、緑・黄色と茶色の傾斜変換線の境界に一致している点が見える。断面図では、この墳裾ラインから周溝が掘り込まれて、見掛けの墳裾は更に外側に生じる表現となっている。12・24等分値の円弧は、墳丘の現状にかなり整合的で、沼澤2000bの記述に合わせて12等分値を「1区（2単位区）」として表現すれば、0点から1.5区目（3単位目）は墳

※GA・GBは、Georeference pointA,Bを示す。  
 ※旧地形図に作図された原図を正確に転写するためGISのジオリファレンス機能で、NT65,66を基準に合成→復原0点を新測量図に転写。

沼澤旧案 (2000a)

**【沼澤復原2000a】**  
 ※直径63m。  
 ※12等分値5.25m(1区)。  
 ※4区目：下段肩。  
 ※3.5区目：上段裾。  
 ※テラス幅、1/2区と狭い。  
 ※墳頂肩：1.5区目。  
  
 ※下段高：4m。3/4区。  
 ※上段高：5.25m。1区。  
  
 ※内溝幅：2区。  
 ※中堤幅：1区。  
 ※外溝幅：1区。

**【2016調査との整合性】**  
 ※テラス幅、下段高を除き、整合性が高い。  
 ※1991図面ながら、極めて精度が高い。

沼澤新案 (2000b)

**【沼澤復原2000b】**  
 ※直径61.65m(45歩)。  
 ※12等分値5.14m(1区)。  
 ※4区目：下段肩。  
 ※3.5区目：上段裾。  
 ※テラス幅、1/2区と狭い。  
 ※墳頂肩：1.5区目。  
  
 ※下段高：4m。3/4区。  
 ※上段高：5.25m。  
  
 ※内溝幅：2区。  
 ※中堤幅：1区。  
 ※外溝幅：2区。

**【2016調査との整合性】**  
 ※テラス幅、下段高の差異は、変化なし。  
 ※石室が墳裾企画線より外側となる。

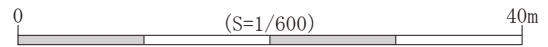


図11 沼澤豊：山室姫塚古墳<12等分値企画論>の旧案・新案比較図

頂平坦面の肩、4区目（8単位目）はテラス肩に上手く合致している。上段裾を3.5区目（7単位目）と見て、幅狭なテラスを想定する点は、新しい測量図を見れば合致しない点が見られるが、3区目（6単位目）は完全に合致している。この地域に通有の変則的古墳の特徴を有し、墳丘南側周溝に開口する横穴式石室と思われるGPR反応の位置と墳裾ラインも整合的である（さんぶ考古資料刊行会1999・経僧塚古墳発掘調査団2010等）。前述したように本論での復原も、上段裾・下段高以外は沼澤の12・24等分値企画論と共通している。しかし、本稿の成果が沼澤12等分値企画論に適合的なのは、テラス幅を1とした時の、2:1:1.5:1.5という半径の比率の合計が6であることに起因すると思われる。

以上、測量図をしっかりと読み解き、墳丘の立体構造を分析した沼澤2000aは極めて精度が高い。一方、2000bの論考では、12・24等分値企画論がアプライオリの前提となり、1尺0.229mの古墳尺を基準とし、24等分値の1単位を1/4刻みで「歩数調整」する序列が論じられるようになった。本来は墳裾の位置こそが基準となる設計理論であるはずが、①墳丘各部の一致度から墳裾を推定する方法、及び、②歩数調整に基づく序列から直径を推定する方法、が採用されることになった。沼澤2000bのP21第2表のランキングに基づけば、山室姫塚古墳の直径63mに近似する直径は、42歩（252尺・57.54m）、45歩（270尺・61.65m）、48歩（288尺・65.76m）であり、その中のどれかを採用しなければ、理論が成立しないことになる（直径45歩は、2単位区＝1区の1/4刻みの歩数調整になるので、1単位では1/8刻みの変則的ランキングとなる）。そのため、測量図の分析から導きだされた63mという直径ではなく、解釈から生まれた理論値で実体から離れた45歩（61.65m）という直径が採用されることになった。その差、1.35mである。図11下を見れば明らかだが、中心点はわずかに北東に移動し、墳丘の東側に墳裾ラインを合わせようとしている点が見られる（東墳裾ラインはほぼ動いていない）。そのため、西・南側部分に関しては、実体の墳裾から大分内側に入りこむことになった。つまり、1.35mの移動は西側部分の円弧を縮小する作業で解決されており、誤差が全体に配分されているわけでもないため、歪みが非常に大きくなっている。結果、南側埋葬施設のGPRの反応が墳裾ラインよりも外側に出ることになり、矛盾を抱えた復原となった。

もちろん、千葉県人形塚古墳での地割線が示すように、設計線として引かれた外側円弧が、周溝の掘削開始地点を示す場合もあり、設計線自体は墳丘の内側に入ってくる可能性もある。しかし、その場合は、「施工基準面」と「墳裾面」がどの高さにあるのかを、発掘などによって証明しなければならない（沼澤2008等）。そもそも2000aと2000bの差異は、「歩数調整」という論理が付加されたことによる変更である点は、2000bにも明記されている。

以上、沼澤2000a段階における墳丘の精度の高い分析成果が、2000bの「歩数調整法」に基づく墳裾推定という作業によって、実際の遺構の状況と「乖離」した点を、2016三次元測量・GPRの成果から明らかにした。12・24等分値に基づく墳丘の分析は、墳丘が基本単位に基づく比率で設計されている以上、有効な手段である（テラス幅などを基準とした場合に、各計測点間の比率、その直径・半径の合計が6や8の倍数になることが多いからと思われる）。しかし、「墳裾を基準に等分する」という方法が古墳時代を通じて行われた設計原理と結論付けるのは、難しいと思われる（その設計方法の存在自体を否定するものではない）。また、古墳時代を通じた尺度で「歩数調整」が行われる「前提」に基づいて墳裾を推定する沼澤の方法論も、本分析事例から考える限り、問題を内包していると考える。もちろん、沼澤の墳丘に関する深い洞察力と観察力は高く評価すべきで、6・8等分値企画論を包括する方法論の提示をした点は非常に重要である。しかし、今後の研究の方向性として、必ずしも「墳裾を基準とした等分値論」に固執することなく、定量的な分析に基づく精密な計測点によって基本単位を抽出し、墳丘各部の比率から立体的に設計を考えていく作業こそが重要だと考える。また、古墳時代を通じた1つの設計論理を明らかにするというよりは、地域や時代における多様性（尺度や設計の差異）を各古墳単位で検証し、それらを統合しつつ新たな古墳時代像を模索する必要があると考える。

おわりに

早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）の測量・GPR調査も、①高田2号墳、②殿塚・姫塚古墳、③龍角寺、④龍角寺50号墳、⑤山室姫塚古墳、と今回が5回目となった。古墳の墳丘企画の分析、あるいは寺院の伽藍配置の復原において、三次元計測とGPRの組み合わせが非常に有効である点を確認してきた。



また、測量精度も回を重ねる毎に向上しており、調査方法のデジタル化も進展してきた。さらに、印波・武射地域の古墳～古代遺跡を中心とした地域研究も、地元自治体と連携しつつ深化している。

一方で、墳丘企画の研究分野においては、更に大型で残りの良い古墳のデジタル三次元測定の必要性を痛感している。地域研究を重視する姿勢を持ちつつも、墳丘の設計原理などの普遍的な課題を考究する際には、大王墓との関連が強く、地域への波及力が大きい条件の良い大型墳の調査が必要である。早稲田大学としてより広いフィールドへの展開を計画的に進めていきたい。さらに、早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所の研究課題として進めている中国都城と中央アジアの都市遺跡の調査研究に、日本でのGIS・GPRの方法論を発展的に応用したいとも考えている。遺跡・遺構の歴史的価値を、非破壊的手法でどこまで考究できるのか、早稲田大学として挑戦していきたい。

#### 【追悼文】

早稲田大学文学部考古学コース（城倉ゼミ）の調査を、地元芝山で支えてくれた堀越静夫さんが、2016年4月26日に急逝された。測量・発掘にも参加いただき、調査中は、私も学生もご自宅に何度もお邪魔して、楽しい時間を過ごさせていただいた。若い頃に単身赴任で行かれたアフリカの話に懐かしそうに語っていたやさしい笑顔は、今でも忘れることができない。本当にありがとうございました。ご冥福を心よりお祈りいたします（城倉正祥）。

#### 註

- (1) 本古墳は、「大塚姫塚古墳」「山室姫塚古墳」などの呼称が用いられてきたが、山武市教育委員会の名称に従い「山室姫塚古墳」に統一する。
- (2) LNは、スマホの画面上で操作し、測点が画面に表示されるため、小地区割さえすれば確認のピンポールは必要ない。一方、自動追尾ではない旧型のTSを4台稼働している状況では、各機種測点座標をリアルタイムで共有することが難しく、「ピンポール作業」の手間がかかる。TS・LNをBluetoothなどでリアルタイムで同期する方法を模索中である。

#### 引用文献

甘粕 健 1965 「前方後円墳の研究—その形態と尺度について

- 」『東京大学東洋文化研究所紀要』第37号  
 甘粕 健 2004 『前方後円墳の研究』同成社  
 上田宏範 1969 『前方後円墳』学生社  
 石部正志・田中英夫・宮川 渉・堀田啓一 1979 「畿内大型前方後円墳の築造企画について」『古代学研究』89号  
 井上和人 2004 『古代都城制条里制の実証的研究』学生社  
 小澤 毅 2003 『日本古代宮都構造の研究』青木書店  
 経僧塚古墳発掘調査団 2010 『武射経僧塚古墳 石棺編報告』  
 小泉袈裟勝 1977a 「東洋尺度史の諸問題」『日本歴史』第351号  
 小泉袈裟勝 1977b 『ものさし』法政大学出版局  
 堺市 2015 『百舌鳥古墳群測量図集成』  
 佐藤源之・金田明大・高橋一徳編 2016 『地中GPRを応用した遺跡探査』東北大学出版会  
 さんぶ考古資料刊行会 1999 『新坂遺跡』  
 城倉正祥ほか 2012 「千葉県芝山町高田2号墳の測量調査」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』第57輯  
 城倉正祥 2013a 「千葉県芝山町高田2号墳の発掘（第2次）調査」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』第58輯  
 城倉正祥 2013b 「日中古代都城における正門の規模と構造」『技術と交流の考古学』同成社  
 城倉正祥ほか 2014a 「千葉県芝山町高田2号墳の発掘（第3・4次）調査」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』第59輯  
 城倉正祥ほか 2014b 「千葉県横芝光町殿塚・姫塚古墳の測量・GPR調査」『古代』第132号  
 城倉正祥 2015a 「下総龍角寺の測量・GPR（Ⅱ期1・2次）調査とその意義」『仏教文明の転回と表現』勉誠出版  
 城倉正祥ほか 2015b 「千葉県栄町龍角寺50号墳のデジタル三次元測量・GPR調査」『Waseda Rilias Journal』NO.3  
 城倉正祥ほか 2016 「キルギス共和国アク・ベシム遺跡の発掘（2015年秋期）調査」『Waseda Rilias Journal』NO.4  
 白井久美子ほか 2006 『千葉東南部ニュータウン35』千葉県教育振興財団  
 千葉県教育委員会 1991 『千葉県重要古墳群測量調査報告書—山武地区古墳群（3）—』  
 新納 泉 2011 「前方後円墳の設計原理試論」『考古学研究』第58巻第1号  
 新納 泉 2015 「誉田御廟山古墳の設計原理」『日本考古学』第39号  
 西村 淳 1987 「畿内大型前方後円墳の築造企画と尺度」『考古学雑誌』第37巻第1号  
 沼沢 豊 2000a 「円墳築造の企画性」『研究連絡誌』第56号  
 沼沢 豊 2000b 「円墳の規模と序列」『研究連絡誌』第59号  
 沼沢 豊 2001 「墳丘断面から見た古墳の築造企画」『研究連

絡誌』第 60 号

沼澤 豊 2004 「古墳築造企画の普遍性と地域色」『古代』第 114 号

沼澤 豊 2005 「前方後円墳の築造規格に関する研究」『考古学雑誌』第 89 巻第 2・3・4 号

沼澤 豊 2006 『前方後円墳と帆立貝式古墳』雄山閣

沼澤 豊 2008 「千葉市人形塚古墳のいわゆる設計線について」『研究連絡誌』第 69 号

沼澤 豊 2009 「山武地区の大型円墳」『古代房総の地域社会を探る（1）—武射郡・山辺郡を中心として—』房総古代学研究会シンポジウム 資料集

沼澤 豊 2010 「中小古墳における形態と規模の規格性」『研究連絡誌』第 71 号

沼澤 豊 2011a 「古墳設計論の成果と展望」『東邦考古』第 35 号

沼澤 豊 2013 「武蔵国造と房総の首長」『技術と交流の考古学』同成社

平山誠一 2003 「138 山室姫塚古墳」『千葉県の歴史—資料編・考古 2（弥生・古墳時代）—』千葉県

古市古墳群世界文化遺産登録推進連絡会議 2015 『古市古墳群測量図集成』

北條芳隆 2011 「墳丘築造企画論の現状」『墳墓構造と葬送祭祀』古墳時代の考古学 3 同成社

#### 図表出典一覧

図 1 調査時の撮影画像から、根本・城倉作成。

図 2 （千葉県教育委員会 1991）P 7 第 4 図を改変して、伝田・城倉作成。

図 3～6 測量成果をもとに、ArcGIS を用いて小林・渡辺・城倉作成。

表 1 測量成果より、小林・城倉作成。

図 7・8 探査成果をもとに、GPR Slice を用いて石井・ナワビ・城倉作成。

図 9 測量成果をもとに、ArcGIS を用いて渡辺・城倉作成。

図 10 測量成果をもとに、ArcGIS を用いて城倉作成。

図 11 測量成果をもとに、ArcGIS で測量図を作成。そこに（沼澤 2000a）P12 第 16 図の円弧、P47 第 42 図の断面図、および（沼澤 2000b）の P18 第 17 図の円弧をジオリファレンス機能で合成して城倉作成。

## 報告書抄録

ふりがな	やまむろひめづかこふんのけんきゅう でじたるさんじげんそくりょう じーびーあーるちょうさほうこくしょ			
書名	山室姫塚古墳の研究ーデジタル三次元測量・GPR調査報告書ー			
副書名	早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所 調査研究報告 第1冊			
編著者名	(責任編集) 城倉正祥			
	(編集) ナワビ矢麻・伝田郁夫・渡辺 玲・小林和樹・石井友菜・根本 佑			
発行機関	早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所			
所在地	〒162-8644 東京都新宿区戸山1-24-1 早稲田大学文学学術院 (城倉個人研究室内)			
(遺跡名)	所在地		コード	
山室姫塚古墳	千葉県山武市松尾町山室914-2		市町村	遺跡番号
			122378	なし
北緯	東経	調査期間	調査面積	調査原因
34度36分44秒	140度25分19秒	2016. 2. 25～3. 24	5069. 5㎡	学術調査
(遺跡名)	種別	時代	遺構	備考
山室姫塚古墳	古墳	古墳時代	円墳	なし

---

### 山室姫塚古墳の研究 ーデジタル三次元測量・GPR調査報告書ー

2016年7月発行

編集	城倉正祥・ナワビ矢麻・伝田郁夫・渡辺 玲 小林和樹・石井友菜・根本 佑
発行	早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所 〒162-8644 東京都新宿区戸山1-24-1 早稲田大学文学学術院
印刷	株式会社正文社 〒260-0001 千葉市中央区都町1-10-6

---