

高槻市長 濱田 剛史様

高槻市霊仙寺町二丁目1番1号
関西大学総合情報学部
科学研究教育国際プロジェクト
教授/プロジェクトリーダー 林 武文

ミュオグラフィによる今城塚古墳の透視実験に関する完了報告

平素はミュオグラフィの研究に関しましてご支援ご協力賜り感謝申し上げます。

2019年（令和元年）6月14日付にて史跡今城塚古墳附新池埴輪制作遺跡の現状変更（ミュオン計測用キャビネット設置）について文化財保護法第184条1項第2、及び文化財保護法施行令第5条第4項第1号の規定によりご許可いただきました同古墳の透視実験は、2019年9月20日に開始して2020年3月4日に無事終了しました。今城塚古墳に設置しました装置は、新型コロナウイルスの影響で撤去が遅れましたが、2020年7月10日に完全に撤去いたしました。その後、装置を高槻市上土室にあるSunstarのラークハウス駐車場に移動して鬮鷄山古墳の透視実験中です。

本完了報告書では、今城塚古墳のミュオグラフィ透視実験に焦点を絞り、一連の動きを報告いたします。

1. 本透視実験の組織

本プロジェクトは、関西大学、東京大学、高槻市ならびにハンガリーのウイグナー物理学研究所の共同プロジェクトにより遂行されました。

名称：古墳ミュオグラフィプロジェクト

主な関係者：関西大学 角谷賢二 米田文孝 井上主税 林武文

東京大学 田中宏幸 Laszlo Olah

高槻市 鐘ヶ江一朗 内田真雄

2. 史跡今城塚古墳附新池埴輪制作遺跡の現状変更とその復帰

本透視実験期間中にミュオン計測用キャビネット（W2.33m x D1.64m x H1.49m/約1トン）を今城塚古墳公園内の3か所に順次設置しました。設置にあたりましては、下の土を傷めないようにボンディング鋼板を敷き、その上に本キャビネットを設置しました。図1には、第1次、第2次、第3次の設置場所と測定方向を示します。また、図2には、設置した時の写真と装置撤去後（2020年7月10日現在）の写真を示します。この写真によりま

すと、第1次と第2次の設置場所は、7月10日の時点で草も生え完全に元の状態に復帰しております。第3次の設置場所につきましては、草は刈れていますが、10月25日の時点ではほぼ元の状態に復帰しています。



図1 第1次、第2次、第3次の測定場所と透視方向



設置期間 2019.9.20-2020.11.12



撤去後 2020.7.10 撮影

図2 キャビネットの第1次の設置場所と撤去後（赤い楕円は設置場所）



設置期間 2019.11.12-2020.1.9



撤去後 2020.7.10 撮影

図3 キャビネットの第2次の設置場所と撤去後（赤い楕円は設置場所）



設置期間 2019.1.9-2020.3.4 間で測定、7.10 まで設置



撤去後 2020.7.10 撮影



撤去後 2020.10.25 撮影

図4 キャビネットの第3次の設置場所と撤去後（赤い楕円は設置場所）

3. 得られた結果

本透視実験により得られた今城塚古墳の透視結果の一部を報告します。図5には、第2次の透視図を示します。これによりますと新たな石室などは見つかりませんでした。1596年の慶長伏見地震によってくずれた下部盛土、上部盛土などに相当する地滑りの全体像が映し出されました。

京都大学の釜井俊孝教授と東京大学の田中宏幸教授が画像について議論をして、下記の結論を導いています。その内容をここに共有します。

「今城塚古墳を変形させている、深い地すべりの多くは、translationalな運動形態を有している。一方、後円部北側には、例外的に大規模なrotational slideがあり、石室はこれによって変形・破壊された。だが、透視の結果、墳丘の頂部に大規模な割れ目が発見されたことで、このrotational slideの背後においても、translationalな運動に結び付く墳丘の変形が起きていたことが、明らかになった。このことは、慶長伏見地震の際に、今城塚古墳の基礎地盤の安定性に問題があったことを意味し、地震時の墳丘の地震応答と変形を考える上で興味深い結果である。」

この結論をベースに、田中宏幸教授らにより欧州の地質学関係の論文誌に第1報を投稿した。

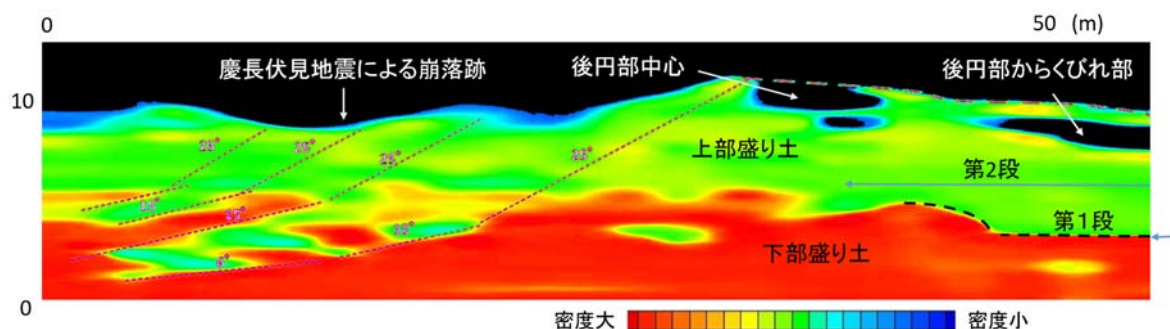


図5 今城塚古墳後円部のミュオグラフィ透視図（第2次の測定結果）

4. 米田文孝氏、井上主税氏、鐘ヶ江一朗氏による考察

第1次、第2次、第3次の測定結果をもとに下記のような議論を展開中です。

(1) 墳長180mを超える大型の前方後円墳を対象として、ミュオグラフィ透視を実施した例はないことから、その研究意義は大きいと考えられます。また、高槻市教育委員会による発掘調査の内容とミュオグラフィ透視による内容を比較検証できました。

(2) 後円部側第1次・第2次の地点で実施した透視の結果からは、別の埋葬施設の存在は確認できませんでしたが、発掘調査で検出されていた慶長伏見地震による盛土の滑落の様子がよく捉えられています。

(3) 前方部側第3次の地点で実施した透視の結果からは、墳丘内部における密度の違いの単位が明らかになりました。この密度の違いは、「盛土の単位」なのか、墳丘内の「墳丘内

石積み」なのか、またはもともと表面を覆い、経年でテラスへ滑落し集積した「葺石」石材なのかはこの実験からは不明です。また、前方部側に新たな埋葬施設の存在は確認できませんでした。

(4) ミュオグラフィ透視の結果、地山および墳丘の単位を確認することができ、墳丘の内部構造やその構築過程に関する情報が得られました。これらのことは、高槻市による発掘調査による成果とも符合しています。

このことからミュオグラフィ透視は、非破壊的方法で地下に埋もれた情報を探る手法の一つとして有用であると考えられます。さらに、将来的には、透視の結果をふまえ、最適な発掘手法を採用するなど、未調査の古墳の調査計画の立案にも役立てることができると考えられます。

5. 公開状況

(1) ハンガリー外交関係開設 150 周年事業「関西大学古墳ミュオグラフィプロジェクト」 今城塚古墳「古墳フェスはにコット」に参加

2019 年、ハンガリーは日本との外交を開いて 150 年になります。その記念事業と高槻市の今城塚古墳でのフェスティバル「はにコット」を融合して、ミュオグラフィの古墳測定装置の展示とミュオグラフィアートの展示を 2020.11.19 に行いました。関西ハンガリー交流会会長向山毅氏、在大阪ハンガリー国名誉総領事栗田裕功夫妻、ミュオグラフィ画家の中島裕司氏、東京大学田中宏幸教授夫妻、同関西大学角谷賢二夫妻、関西大学林武文（報告者）が参加しました。代表の方には、高槻市長濱田剛史氏に次いで会場で挨拶もしていただきました。

「古墳フェスはにコット」では、今城塚古墳公園内に設置している測定中のミュオグラフィ装置を公開展示し、高槻市立今城塚古代歴史館のロビーではミュオグラフィの基礎とアートの展示を行いました。なお、今城塚古代歴史館ロビーでの展示は、2020.11.17 から 12.19 まで行い、多くの来館者の方々に喜んでいただきました。



図 6 今城塚古代歴史館のロビーにてミュオグラフィの基礎とそのアート展示



図7 今城塚古墳公園内で測定装置の公開展示

(2) マスコミへの公開

2020年3月24日産経新聞社の社会部編集委員の竹内義治氏による取材を高槻市鐘ヶ江一朗氏、内田真雄氏、関西大学角谷賢二氏が受けました。その結果、2020.4.21の日経新聞朝刊の文化面に掲載されました。

(3) 学術発表

東京大学田中宏幸氏らにより、第1報として欧州の地理学関係の学術誌に投稿しました⁽¹⁾。報告者(関西大学林武文)および角谷賢二氏らにより、第2報として電気学会に投稿しました⁽²⁾。

6. 今後の透視実験の予定

高槻市に存在する史跡鬮鶏山古墳の透視実験を2020.7.13から開始しました。この古墳は、未盗掘古墳として知られており、学術的にも多くの興味注がられています。今城塚古墳のミュオグラフィ透視と鬮鶏山古墳のミュオグラフィ透視を行うことで、ミュオグラフィを古墳の解析に用いる有用性を確立したいと考えています。また、情報学を駆使した3D-CGやVRなどによる古墳内部の見える化についても検討したいと考えています。

謝辞

高槻市の街にぎわい部ならびに今城塚古代歴史館の方々には、絶大なるご支援をいただき、ここに深く感謝申し上げます。

文献

(1) H.K.M.Tanaka, K.Sumiya, Laszlo Olah: Muography as a new tool to study the historic earthquakes recorded in an ancient burial mounds, Geoscientific Instrument Methods and Data System, 9, pp.357-364(2020)

(2) 林武文、角谷賢二、「ミュオグラフィを用いた古墳の内部調査－高槻市今城塚古墳の透視実験－、電気学会 知覚情報研究会資料、PI-20-049～055, pp.33-37(2-020)

添付資料

- (1) 文献(1)のコピー
- (2) 文献(2)のコピー
- (3) 日経新聞 2020.4.21 文化面コピー
- (4) 冊子「ミュオグラフィの基礎とアート」