

古墳壁画の保存活用に関する検討会  
装飾古墳ワーキンググループ報告書  
(平成 29 年度・平成 30 年度)



## はじめに

平成 28 年 4 月 14 日・16 日に起きた「平成 28 年熊本地震」では、発災当初より文化財への被害の甚大さが報じられていた。それらは地上に据えられた建築物や石垣などであり、古墳の壁画など石室内部にあって、厚い封土に覆われている文化財の被害は、石室に立ち入らない限り、被害の有無さえ把握できない状況にあった。そこで文化庁と熊本県教育委員会は、平成 28 年度に「大規模震災における古墳の石室及び横穴墓の被害状況調査の方法に関する検討委員会」を設置・実施した。この成果を受ける形で、文化庁は平成 29 年 6 月 12 日に、「古墳壁画の保存活用に関する検討会」の下に、「装飾古墳ワーキンググループ（以下「ワーキンググループ」という。）」を設置した。被災した装飾古墳の管理団体である市町村だけでは現下の状況に十分な対応が困難であることもよる。

ワーキンググループでは東京と熊本で会議を開催し、国、県、被災古墳を抱える地元自治体との間での装飾古墳の被害情報の共有化を図るとともに、奈良文化財研究所、東京文化財研究所などの多方面の専門家の協力をえて、現況や今後の取り組み方についての方向性を検討した。ワーキンググループ各委員の専門性は多岐にわたるが、それぞれの専門性を活かした検証を踏まえ、今後の復旧方策を企画する上での指導助言をおこなった。とりわけ嘉島町所在の井寺古墳は日本を代表する装飾古墳であり、理系を中心とした専門性の高い各種調査を行い、現状で取りうる被災状況の把握に努めた。

本報告が、平成 28 年熊本地震における文化財の被災状況を幅広い方面で共有され、より適切な復旧を進めるための一助となり、今後の古墳等の防災対策のために活用されることを期待する次第である。

古墳壁画の保存活用に関する検討会  
装飾古墳ワーキンググループ 座長  
甲元 真之

古墳壁画の保存活用に関する検討会  
装飾古墳ワーキンググループ報告書  
(平成 29 年度・平成 30 年度)

<目 次>

はじめに

1 平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況と取組について	
(1) 被災装飾古墳の復旧に向けた取組について	1
(2) 史跡釜尾古墳(熊本市)の復旧について	7
(3) 史跡永安寺東古墳・永安寺西古墳(玉名市)の被災状況及び復旧の現状	15
(4) 史跡弁慶ヶ穴古墳(山鹿市)でのチェックシートの利用について	23
(5) 史跡井寺古墳(嘉島町)の復旧について	29
2 史跡井寺古墳の地中レーダー探査等の調査とその成果	39
3 3 次元データによる熊本地震前後の史跡井寺古墳の変状解析	47
4 大規模震災における古墳の石室及び横穴墓等の被災状況調査の方法に関する調査研究事業について	55
5 古墳損傷チェックシートの改訂について	57

おわりに

資料

・平成 28 年熊本地震による被災古墳一覧	64
・古墳壁画の保存活用に係る調査研究について	66
・古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループ委員名簿	68
・古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループの開催経緯	69





## 1 平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況と取組について

### (1) 被災装飾古墳の復旧に向けた取組について

発災から 2 年 10 ヶ月余りが経過した。熊本県では、一連の地震により震源に近い県中央部を中心に、装飾古墳をはじめとする多くの文化財に甚大な被害がもたらされた。発災直後、石室内部の被害状況の把握が困難だった史跡井寺古墳（嘉島町）や史跡釜尾古墳（熊本市）については、熊本県から文化庁へ要請を行い、奈良文化財研究所によって小型モニターカメラによる石室内部の状況の確認、記録がなされた。また熊本県は、文化庁が設置した「大規模災害における古墳の石室及び横穴墓等の被災状況調査の方法に関する検討委員会」とともに被害状況の把握を行い、大規模災害時における必要な調査事項と調査方法や、被災の程度に応じた初期対応の方法等について検討を行った。その成果については、『平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について』として報告がまとめられた（平成 29 年 8 月）。その後、地震で被災した装飾古墳の復旧方法等を専門的に調査研究、検討していくため「古墳壁画の保存活用に関する検討会」に「装飾古墳ワーキンググループ」が付設された。これまで 4 回にわたって、復旧に向けた課題や方法、取組等について議論が行われた。熊本県からは被災古墳の復旧の経過と現状、課題について報告を行った。その概要は、以下のとおりである。

#### ア 古墳の被害状況の確認

被災状況を詳細に把握することが、被災した古墳の復旧を進める上で重要な基礎的データとなる。今回の地震で被災した古墳の中でも釜尾古墳や井寺古墳、今城大塚古墳（御船町）等のように石室内部への立ち入りができず、被害の詳細把握が困難な古墳も認められた。また、井寺古墳では、復旧に向けた取組を進める中で、史跡の指定範囲が石室とそれを覆う墳丘の一部に限られていたため、早急に追加指定をする必要が生じた。そのため、文化庁と熊本県、嘉島町で協議を行い、古墳墳丘の範囲確認と周溝の有無などの調査を実施した。平成 29 年 7 月追加指定の答申がなされたことで、本格的な復旧作業が開始されることとなった。同様に、釜尾古墳は指定地及び周辺は民有地となっており、熊本市が管理団体の指定を



図 1 井寺古墳現地視察

（平成 29 年 6 月）

受けていなかったことから、復旧作業のスケジュールに影響を与えた。

井寺古墳や釜尾古墳の石室内部の被害状況の確認については、前述したとおり奈良文化財研究所によって小型モニターカメラでの確認、記録がなされた。『平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について』で報告されているので参考されたい。なお、嘉島町では再度、小型カメラにより井寺古墳の被害状況の確認を行い、羨道部北側壁で楣石がずれて傾斜している点や、玄室奥壁側の石障の亀裂、北側の石障の刀掛け状突起の脱落等、新たな被害を確認した。

#### イ 復旧方法の検討に向けた取組

被災した井寺古墳、釜尾古墳、史跡塚原古墳群（熊本市）、史跡永安寺東古墳・永安寺西古墳（玉名市）の復旧に向けた取組については、それぞれの市町で委員会を起ち上げ検討を開始している。取組等の詳細については、第4回ワーキンググループにおいてそれぞれの市町から報告がなされた。報告については、第1章第2節以降に掲載されているので参考されたい。そのため、ここでの報告は概略に止めたい。

井寺古墳の復旧を進めるには、入口の扉を開けて石室内の被害を詳細に調べる必要があるが、羨道部入口の天井石が落下しているため安全対策をしないと入れない。まず委員会から、①石室への進入方法、②墳丘の形状に関する調査、③墳丘南側における基盤層について検討することが重要であるとの指摘がなされた。そのため、墳丘の物理（レーダー）探査や、石室内の3次元計測を行い、より具体的な被害状況を把握することとし、奈良文化財研究所による「墳丘レーダー探査」（第2章）、東京大学大石研究室による「石室内レーザ計測」（第3章）がそれぞれ実施された。結果、進入方法は、南壁、北壁が石室中央に向かって傾いている状況から、石室の天井石を外して入るのは危険であると判断された。羨道



図2 レーダー探査作業風景



図3 石室内レーザ3次元計測

部側からの進入が良策であるが、羨道部に流入した土砂を除去することで石室への影響がないか懸念され、さらに慎重に検討し判断する必要が求められた。周溝の有無と、墳丘端を確認し、古墳本来の範囲を把握するための調査を継続することとした。また、ワーキンググループ委員からは、墳丘に生じた亀裂が南側の断層方向に沿っており、石室南側の石材の移動が大きいことから墳丘南側基盤について検討が必要で、電気探査、ボーリング調査等を実施しては、との意見が出された。なお、基盤層や墳丘規模等の参考になる事例として、小坂大塚古墳（御船町）があげられる。小坂大塚古墳、今城大塚古墳は中位段丘面に立地し、基盤層は「託麻砂礫層」である。小坂大塚古墳の周溝は深く、基底部は「砂礫層」上面まで掘削されている。井寺古墳は低位段丘面に立地し、基盤層は「保田窪砂礫層」である。両古墳の土層堆積は類似しており、深さについてはわからないが下層に礫層が存在することが予想できる。

また、地震による被害状況の把握と今後の復旧に向けた取組に有益な情報となるよう、熊本県立装飾古墳館と熊本県立美術館にある井寺古墳石室のレプリカと、被災前の古墳に関する計測データがある史跡オブサン古墳（山鹿市）において、東京大学大石研究室による3次元計測を実施した。

熊本市では、「古墳の復旧方法等に対する意見聴取委員会」を設置し、釜尾古墳、塚原古墳群の復旧について検討を進めている。釜尾古墳では、発災直後から墳丘に亀裂が生じたことから、石室内への雨水の浸入を防ぐためブルーシートによる応急措置を行っている。そのため、現状、盛土の乾燥が進み亀裂の幅が広がっているように見える。また、現状変更の許可をうけ、崩落の危険性が指摘されていた羨道部天井石をジャッキで支えたことで玄室内部への立ち入りが可能になった。目視による調査で羨道から前室で石材の抜けや孕みが多くみられること、土砂の流入は石材が動いたことによること、玄室は比較的安定しているが、一部石材の移動や孕みがみられること、また、玄室西



図4 小坂大塚古墳



図5 3次元計測（オブサン古墳）

側の装飾ある石材が転倒し破損していることが確認された。古墳の構造と被害状況を把握（①整備盛土と墳丘盛土、及び崩落土の状況を確認。②コンクリートドームの位置と範囲を確認。③コンクリートドームの劣化状況を確認。④羨道、前室部分の盛土、裏込めの状況を確認）し、復旧工事計画を立てるために発掘調査を実施した結果、コンクリートドームの損傷はないことが確認された。塚原古墳群では、琵琶塚古墳、くぬぎ塚古墳、石之室古墳の墳丘測量が行われた。石之室古墳では石棺の実測も実施され、その後、りゅうがん塚古墳、くぬぎ塚古墳、三段塚古墳、琵琶塚古墳についてトレーナによる発掘調査を実施しており、今後はこれらの調査データをもとに復旧に向けた取組を進めていく。

永安寺東古墳・永安寺西古墳（玉名市）のうち永安寺西古墳では、地震によって墳丘残存部や保護施設の盛土が崩落した。これは、保存施設内の乾燥を防ぐため設置されていた「雨水取り入れ口」が破損したこと、墳丘土が流失したと考えられる。当該古墳の復元施設は、石室と残存する墳丘をドームで覆うように設置されている。永安寺東古墳は、装飾のある石材が剥落、墳丘に亀裂が発生し、石室天井石からの漏水が確認されている。玉名市では「復旧検討委員会」を設置し、平成30年度に復旧方法等を検討した上で、平成31年度に実施設計、復旧工事を実施する予定で作業を進めている。

天神山古墳（宇土市）では、熊本地震で前方部の墳丘が一部崩落し、その後の豪雨により後円部墳丘の一部が崩落している。民家が近接していることから、法面の復旧や防災工事を行うにあたって主体部を傷めないよう位置確認のための中レーダー探査を実施している。今後は解析結果を参考に、崩落斜面の養生を検討する。

また、玄室を構成する石材が多数崩落する被害が確認された史跡大野窟古墳（氷川町）では「大野窟古墳の復旧方法等に対する意見聴取委員会」による検討を始めている。羨道、剖貫玄門にひびが確認された桂原古墳（宇城市）については、発災直後の観察結果と現状で大きな変化は見られないが、石室内の側壁の迫出しが大きく危険な状況であると思われる。古墳が所在する土地は民有地となっており、現状での復旧は困難である。宇城市による復旧方針や今後の対応については検討中である。現在は、熊本県が協力しな



図6 永安寺西古墳現地調査

がら玄室左側壁手前、奥壁、玄室右側壁手前にパレットを設置し、水の流入や土砂の流出について観察を継続している。

また、昨年8月に史跡塚坊主古墳（和水町）で新たな被害が確認された。地震による墳丘の亀裂が拡大したことが原因とみられ、石室内部に土砂の流入を確認した。

#### ウ おわりに

平成31年1月3日及び1月26日、玉名郡和水町を震源とする震度6弱の地震が発生し、史跡江田船山古墳（和水町）の家形石棺に被害が確認された。文化財被害の確認は迅速且つ適切になされ、熊本地震の経験がしっかりと生かされている。これまでの文化財復旧に向けた取組から見えてきた課題について以下にまとめておきたい。

大規模災害による被災文化財の復旧には、当該自治体だけでは困難な場合もある。また、史跡の指定範囲が不十分で、本格的な復旧作業に支障をきたした事例もみられた。災害の発生は予測できない。熊本地震による被災文化財への対応を教訓に、日ごろから史跡の指定範囲が保護すべき範囲として妥当かどうか検証しておくことが重要である。併せて、史跡地の所有、管理団体の指定の有無なども整理し、自治体が被災文化財を復旧することができる立場になければならない。さらに、過去の修復等の整備の記録をまとめておくこと、また被害状況を客観的に把握するため古墳損傷チェックシートを活用した継続的な観察も必要なことである。現在、被災古墳の復旧について文化庁を中心に東京文化財研究所、奈良文化財研究所をはじめ多くの有識者の指導、助言によって、熊本県及び各市町での取組が進められている。甚大な被害を受けた井寺古墳では、ようやく石室内部への進入ができるよう安全対策等の工事と併行した調査が進められている。これまでの小型カメラでの映像により石室積石の抜けや破断による石材の散乱を確認しており、石室構造には大きく歪みが生じており、現状のままで保存するこ



図7 塚坊主古墳現地調査



図8 古墳損傷チェックシートの  
活用（史跡弁慶ヶ穴古墳）

とは難しい。何らかの対策をとらなければ古墳の本質的価値が消滅しかねず、構造的に危機的状況にあると言えよう。保持されてきた「古墳」そのもののオリジナルの価値と合わせて、史跡の本質的価値を後世に継承する必要がある。

熊本県では、県立美術館開館と同時に装飾古墳室を設置、レプリカによる石室の復原展示を行っている。また、平成4年に開館した県立装飾古墳館では、県内の代表的な装飾古墳をレプリカ展示することで「古墳」そのものは現地で保存しながら、常に石室内を見学できる取組を実践してきた。また、県内の古墳に多用される「阿蘇溶結凝灰岩」（灰石）や顔料に関する研究、石室内の温湿度データのモニタリングを継続的に実施することで温湿度が装飾に与える影響について研究を行い、装飾古墳の保存環境の適正な理解に基づいた一斉公開の実践に繋げてきた。

熊本県のこれまで蓄積してきた取組の経験と実績を活かし、被災古墳の本質的価値を後世に継承できるよう、熊本県では文化庁をはじめ諸先生方の御指導をいただきながら市町村と連携し復旧を進めていきたいと考えている。

（村崎）

## (2) 史跡釜尾古墳（熊本市）の復旧について

熊本市の被災した装飾古墳に対する取組として、釜尾古墳の現状を報告する。まだ復旧途上ではあるが、これまでの取組と今後の課題をいったんまとめることで今後につなげられ、さらに熊本地震やそれ以外の災害で被災した他の文化財復旧に何か参考になる部分があれば幸いである。

まずは釜尾古墳の概要や被災状況について説明したいが、『平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について』

（以下、前回報告）にまとめられたものの繰り返しになるため、ここでは報告の内容が不明瞭にならない程度に簡単に触れておくこととした。

釜尾古墳は熊本市北区釜尾町に所在する。6世紀の円墳で、横穴式石室に双脚輪状文をはじめとした装飾が赤・青（灰）・白の3色で描かれている。墳丘は削られているが、発掘調査により径が約30mになることが分かっている。明和6年に発見、大正10年3月3日に史跡に指定されており、古くから注目された装飾古墳と言える。



図1 被災前の釜尾古墳

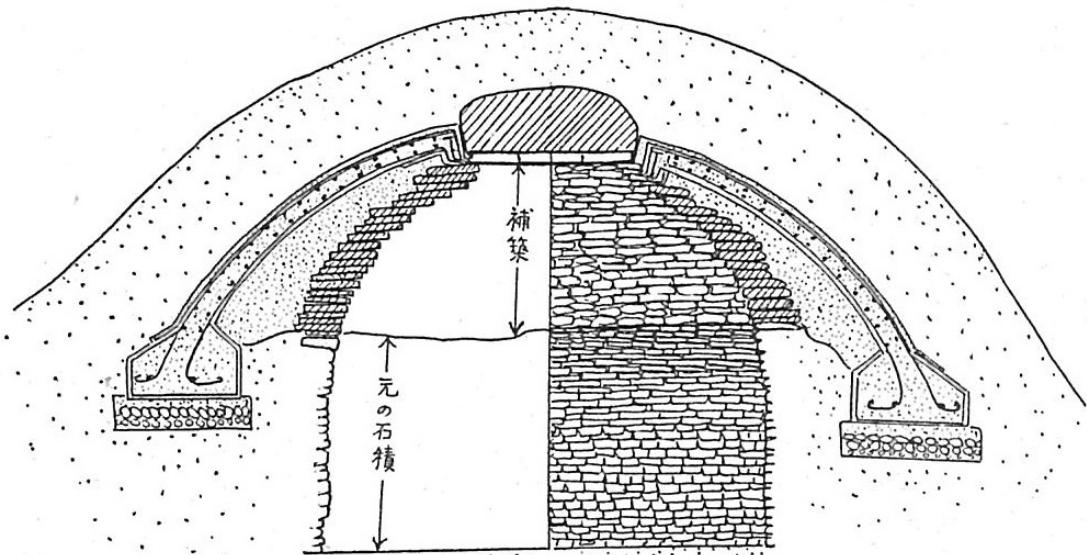


図2 改修状況模式図

（文化財保護委員会（1967）『月刊文化財 10』より転載）

これまでたびたび保存のための工事が行われてきた。現在の墳丘は昭和42年に改修されたもので、石室上部の石材を積み直した上で周囲に石室保護のためのコンクリートドームを建設し、盛土を行ったものである。羨道の入口には鉄扉が取り付けられている。

地震により墳丘に崩落や大きな亀裂が生じ、石室への進入路が塞がれた。また同時に、隣接する神社にも被害が生じている。

### ア 地震後の取組

最初に復旧の取組について現在の状況をまとめると、具体的な復旧方法の検討の前に必要な調査を行っている段階である。調査は被害状況や健全度の確認、古墳の構造的な情報の確認を行っている。被害状況や健全度については、釜尾古墳が墳丘、コンクリートドーム、石室の3重構造になっているため、これらがそれぞれどのような状況にあるかを判断することが、今後の復旧に重要になると考えている。

前回報告の内容と重複する部分もあるが、以下にこれまでの主な取組を時系列的に述べていく。

#### (ア) 状況確認と応急措置

平成28年4月14日・16日の地震後、最初に行ったのが状況確認である。ここで墳丘が大規模に崩

れれていること、崩落土により石室入口の鉄扉が塞がれていることを確認した。その後応急措置として、降雨による更なる墳丘崩落や雨水の石室内進入を防止するために、墳丘全面をブルーシートで養生した。

墳丘の被害はその崩落状況から、大部分が整備盛土に生じたものではないかと想定された。その一方で、崩落の激しさから石室内の状況が非常に懸念された。また、透水性のないブルーシートで墳丘を覆うことについては、墳丘の乾燥化に対する懸念が当初から専門家により指摘されていた。



図3 被災後の釜尾古墳



図4 ブルーシートによる墳丘養生

災害時の緊急対応としてはやむを得ない部分があるが、その後の著しい乾燥化を考えると、今後はその対策も検討していく必要があるだろう。

なお、地震時にはなかったものであるが、古墳の被害状況の確認においては前回報告で示された「古墳損傷チェックシート」が有用であると考えている。チェックする古墳の部位と確認すべき被害の属性が表で示されており、観察ポイントが明確になる。個人により受け取り方が異なる損傷の程度をなるべく客観的に把握する上でも重要であろう。釜尾古墳で言えば、墳丘に被害が多く、石室では玄室よりも羨道、前室で被害が大きそうであることが視覚的に分かる。今後使用事例が増えれば、チェックシート自体も改良されるとともに、文化財の担当者が被害程度の評価や対策を講じやすくなるのではないだろうか。

#### (イ) 石室内の小型カメラ撮影調査

平成 28 年 8 月 17 日、奈良文化財研究所により石室内の小型カメラ撮影調査が行われ、当初からの懸念であった石室内の状況が明らかとなつた。この調査は、あらかじめ入口を塞いでいた崩落土を除去し、さらなる崩落への防護措置を施した上で行った。調査方法は、ポールの先端に光源を接着した小型カメラを取り付け、それを鉄扉に

開けた穴から石室内に挿入するものである。カメラは有線でパソコンと接続されており、動画と静止画を記録した。なお、穴を開けた際に鉄扉の向こう側に流入した土砂の山が見えたため、カメラの進入が遮られないよう念のためもう 1ヶ所、合計 2ヶ所の穴を開けたが、これにより片方の穴からカメラの様子を目視しながらポールを操作できたため、調査に思わぬ利点があった。調査後は穴を塞いでいる。

撮影調査の結果、内部に人が進入できるような空間が保たれていることが明らかとなつたが、一方で一部石材の崩落や土砂の流入が認められ、石室構造にも被害が生じていることが分かった。装飾については詳細な観察が困難であったが、致命的な損傷は確認されず、直接的な被災の程度は少ないものと予想された。

この調査で石室被害の大要が把握できたことにより、その後の作業について具体的な検討ができるようになった。



図 5 小型カメラ撮影調査風景

#### (ウ) 羨道・前室の進入路確保、玄室の確認

平成29年度に入り、熊本市で「古墳の復旧方法等に対する意見聴取委員会」を設置した。委員会で専門家に意見を求めながら小型カメラ撮影調査の成果や現地状況の確認を行い、内部の確認を進めていった。その過程で、下がっていた羨道天井石の支保工を行い、羨道と前室の流入土を撤去した。これにより、玄室まで進入が可能であること、装飾に退色等の劣化は認められないことが確認できた。また、石室内が乾燥化傾向にある可能性も指摘され、その要因として外気の流入や墳丘の水分量の低下等を想定している。



図6 進入路を確保した羨道と前室

なお、釜尾古墳では京都大学や県立装飾古墳館の協力で地震以前から石室の温湿度環境調査を行っていた。そのおかげで例年の温湿度データとともに、年間を通しての石室状況もある程度把握できていた。これが被災後の石室の状況を確認するにあたって非常に役に立っている。

#### (エ) 墳丘測量と石室実測調査

玄室まで進入できるようになったことを受け、平成30年1月に復旧事業の基礎情報として墳丘と石室の測量・実測調査を行った。墳丘測量の際には天候を見計らいながら墳丘養生のブルーシートを全て取り外した。それまでもブルーシートごしに墳丘の乾燥は見て取れたが、この時に墳丘が非常に乾燥化していることが明確となった。

#### (オ) 発掘調査とコンクリートドームの確認

平成30年度には墳丘に十字トレーニングを設けて発掘調査を行い、墳丘の被災状況とコンクリートドームの状況を確認した。その結果、墳丘土の崩落は当初想定されたように整備盛土を中心に生じている様子が観察されるとともに、コンクリートドームの基礎部分以下には本来の墳丘盛土が残存しているこ



図7 墳丘のトレーニング調査

とも明確となった。コンクリートドームは、調査の範囲では亀裂の外傷は認められなかった。コア抜きによるコンクリートの健全度調査も行っており、強度等を測定している。

発掘調査は夏に実施したが、墳丘を除去してコンクリートドームが露わになることから、日射や降雨が石室内の温湿度環境を大きく変え、装飾の保存に影響を与えることが懸念された。そこで作業時以外はトレーニングに断熱材を敷き込むとともにブルーシートで養生を行い、日射と降雨の影響をなるべく受けないように配慮した。

なお、墳丘土の強度が乾燥により非常に弱かったため調査は難航した。

#### (か) 風除室設置と透水シート養生

釜尾古墳は装飾古墳であるため石室内の環境には注意が必要である。また墳丘の状況は石室内の環境に影響を与えるため、そこにも配慮が必要である。これまでの調査で指摘されてきた石室の乾燥化の可能性と墳丘の乾燥への対策として、風除室設置と透水シート養生を行った。

風除室の設置は、鉄扉開閉時等に外気が直接入り込むことによって石室内の環境が変わり、装飾の保存に影響が出ることを防ぐことを目的としている。仮設的な構造であるが、断熱材や防水シートで風除室内の環境変動も抑えるように設計している。

墳丘を養生しているブルーシートは、外部からの水分を遮断する一方で内部の水分蒸発は徐々に進むものであるため、震災直後から墳丘の乾燥化及び、それによる石室内環境の変化が懸念されていた。そこで、ブルーシートに替えて透水性のあるシートを用い、墳丘養生を行った。ただしあまりに透水性が良いと激しい降雨の際に墳丘の崩壊や



図8 入口に設けた風除室



図9 防草シートによる墳丘養生

石室内の水分流入につながる恐れがあることから、それほど透水性が高くない厚手の防草シートを選択した。

これらは確立された方法ではないため、効果の継続的な検証が必要である。墳丘を養生するシートについては透水性だけの問題ではなく、日射の反射率等に対する視点からの意見も委員会でいただいている。

#### (\*) 石室の調査

上記のような石室環境への配慮を行った上で、現在、本格的に石室の被害状況の調査を進めている。実測図や写真をもとにした現況と地震前の比較、詳細な観察、温湿度環境調査、継続的な変位調査等である。また被害状況の調査に加えて、今後の復旧に備えて石室石材や装飾顔料の基礎的な分析も進めている。

#### イ 今後の課題

これまでの調査で、墳丘、コンクリートドーム、石室それぞれの被害状況が徐々に判明してきた。しかし、被害状況や古墳の構造、石材の特性等、復旧の前に明らかにしなければならないことはまだまだ多い。



図 10 地震前のモニタリングの様子

また、横穴式石室の構造的強度をどう評価するかは大きな問題であろう。石室が現状で安定しているかどうかで、復旧方法は大きく変わってくると思われる。加えて、上述してきたように装飾古墳は環境に特段の配慮が必要である。調査や、復旧で工事を行う場合にクリアするべき技術的な問題も多い。

熊本地震の経験を今後の災害に生かすことも非常に大きな課題である。釜尾古墳ではなるべく現時点で良いと思われる方法を探っているが、事業が一段落した際にはこれを検証することが必要である。

また現在思うことは、災害時には平常時の対応が非常に重要になるということである。これは釜尾古墳以外でも実感されている担当者は多いと思うが、被害状況を把握するためには災害前の状態を把握・記録しておく必要がある。そうでないと、地震後の確認の際に以前からの損傷や劣化も地震による被災だと捉えかねない。

装飾古墳では温湿度環境の変化も地震前との比較が重要であるし、装飾や石室は季節ごとに表情を変えるため、それも把握しておくことが大切である。この点では、釜尾古墳は京都大学と県立装飾古墳館により定期的に現地に足を運んでのモニタリングと、データの取得が行われていたことが、上述したように現在非常に役に立っている。

#### ウ おわりに

熊本地震では、被災した多くの文化財の復旧が重要な課題の1つである。古墳、特に装飾古墳の復旧は技術的な困難を伴うことが多いが、装飾古墳ワーキンググループや関係の専門家、文化庁、奈良文化財研究所、県、関係市町村等から御指導、助言、関連情報等をいただきながら、将来に文化財を残せるよう取り組んでいきたい。そして今後も起きる災害に対して、文化財の減災や復旧の方法を考える礎となることができればと思う。

(三好)



(3) 史跡永安寺東古墳・永安寺西古墳（玉名市）の被災状況及び復旧の現状  
ア 両古墳の概要について

永安寺東古墳・永安寺西古墳は、菊池川右岸の玉名平野をのぞむ丘陵末端部に位置する。両古墳とも円墳であるが、中世期以降に周辺及び墳丘が削平されておりその規模は明確ではない。いずれも複室構造の横穴式石室を有し、石室内に彩色（一部割付線を有する）による装飾が認められる。永安寺東古墳が7世紀初頭、永安寺西古墳が7世紀前半に位置づけられる。

両古墳とも、平成4年の史跡指定を契機として保存整備を実施し、その保存・活用をはかっていたが、平成28年4月16日発生の熊本地震本震により被害を受けることとなった。

イ 両古墳の被災状況について

(ア) 永安寺東古墳

永安寺東古墳の被災状況としては、石室石材の破損（剥落・亀裂・浮き等）、石室内への土砂流入により生じた石材間・石材裏の隙間、石室天井石からの漏水による石室床面の穿孔、墳丘保護盛土の亀裂があげられる。このうち、石室石材の破損は、石室内の12石材17箇所に及び、前室部の破損箇所（6石材11箇所）については、すべて彩色を有している。また、石室天井石からの漏水は、現在のところ墳丘保護盛土亀裂部からの雨水流入が主な原因と考えている。

(イ) 永安寺西古墳

永安寺西古墳の被災状況としては、古墳保護施設（パイプトラス構造のドーム状構造物）の破損・漏水、及び保護施設内墳丘残存部の崩落・表土流出があげられる。このうち、墳丘残存部の崩落については、地震発生時に生じたものと考えられるが、表土流出については、地震後の保護施設の漏水による影響が大きいと考えている。

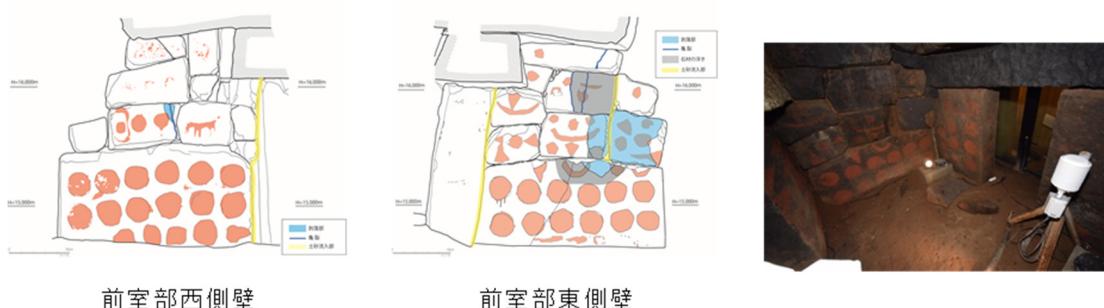


図1 永安寺東古墳前室部被災状況

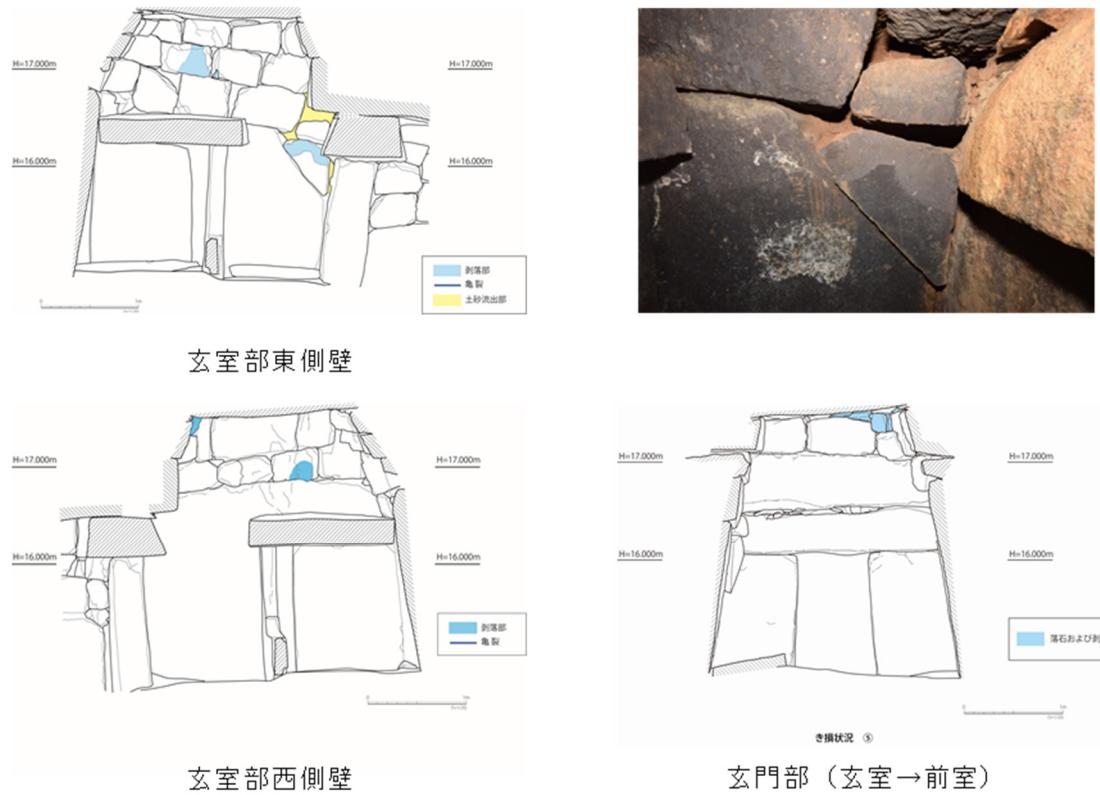


図2 永安寺東古墳玄室部被災状況



図3 永安寺東古墳墳丘被災状況

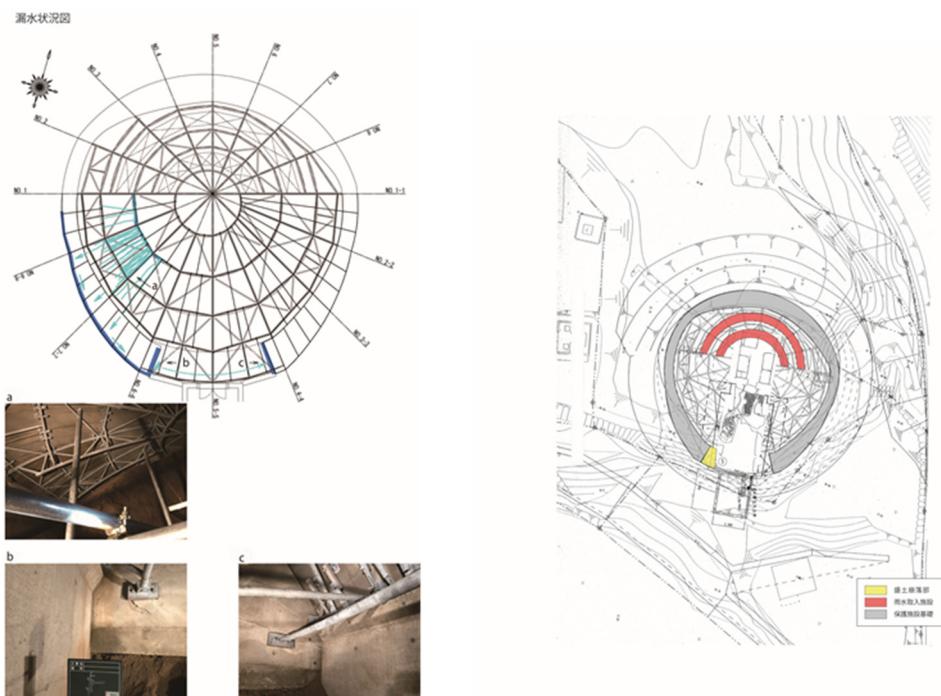


図4 永安寺西古墳保護施設被災状況図

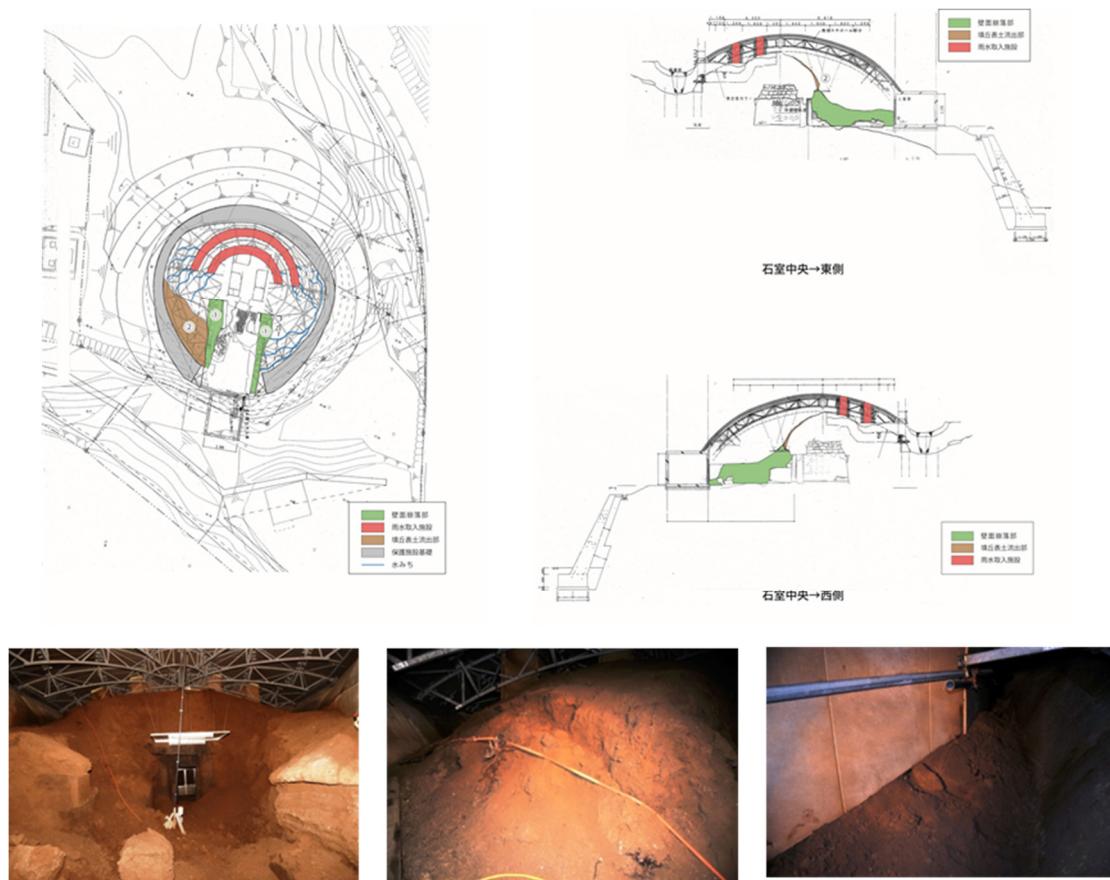


図5 永安寺西古墳墳丘被災状況

## ウ 復旧の現状について

### (ア)復旧工法検討会議の開催について

当初の復旧計画では、平成 29 年度事業において、業務委託による両古墳の被災状況調査及び復旧工法の検討を行い、平成 30 年度から復旧工事を行う計画であった。しかし、工法検討を進める中で、彩色を有する装飾古墳の復旧であり、保存科学、土木工学、考古学の各学識経験者、文化庁、熊本県文化課の参画による復旧工法検討会議を立ち上げ、より専門的な知見により検討すべきとの判断に至り、平成 30 年 5 月に第 1 回復旧工法検討会議を開催した。会議においては、永安寺東古墳の墳丘亀裂部と石室床面及び、永安寺西古墳保護施設への当面の応急処置を行ったうえで、東古墳石室の漏水状況のモニタリングと両古墳の現況把握のための測量調査を実施し、その結果を受けて復旧工法の検討を行うべきとの指導を受けた。また、西古墳保護施設については、施設そのものの再評価を行う必要があるとの指摘も受けた。

### (イ)両古墳の応急処置について

#### ・永安寺東古墳

永安寺東古墳への応急処置としては、石室床面の養生及び、墳丘保護盛土亀裂部への土砂充填を行うこととなった。

石室床面の養生は、無水エタノールにより消毒した不織布の敷設により実施した。しかし、敷設から約 2 ヶ月後に不織布の一部でカビが発生したためその交換を行ったところ、交換の 5 日後に石室石材に白い綿状のカビが大量に発生する事態となった。このため、現在不織布はすべて撤去している。発生したカビについては、確認から約 4 ヶ月を経て、目視上は自然消滅した状況となっている。カビの発生及び消失原因については、現在石室内より採取したサンプルの分析中であり、その結果を受けて検討を行う予定である。なお、石室の漏水については、現在もモニタリングを継続しているが、平成 30 年 7 月 25 日以降確認されていない。

墳丘保護盛土亀裂部への土砂の充填については、隣接地の土砂を篩にかけたものと、古墳南側平野部で採取した粘性土により実施する計画であるが、現状変更の申請中（平成 31 年 1 月現在）であり、その許可後実施する予定である。

#### ・永安寺西古墳

永安寺西古墳への応急処置としては、漏水が発生している保護施設のシート養生及び、崩落・流出した墳丘土の撤去を行った。

保護施設のシート養生については、通常のブルーシートより耐久性の高い埋蔵文化財保護シートにより処置を行った。なお、シート養生後に目立った漏水は発生しておらず、内部の温湿度に大きな変化は認められない。

崩落・流出した墳丘土については、すべて土嚢袋に詰め、西古墳南側の史跡指定地内に保管している。土量は土嚢袋約 200 袋である。

なお、平成 31 年 1 月 3 日に熊本県玉名郡和水町を震源として発生した震度 6 弱の地震（玉名市では震度 4 を観測）により、再度墳丘土の崩落が発生した。崩落土量は土嚢袋約 5 袋であり、熊本地震時の 3 % 程度であった。



図 6 床面養生後（永安寺東古墳）



図 7 不織布カビ発生状況  
(永安寺東古墳)



図 8 石室カビ発生状況  
(永安寺東古墳)



図 9 現在の状況（永安寺東古墳）

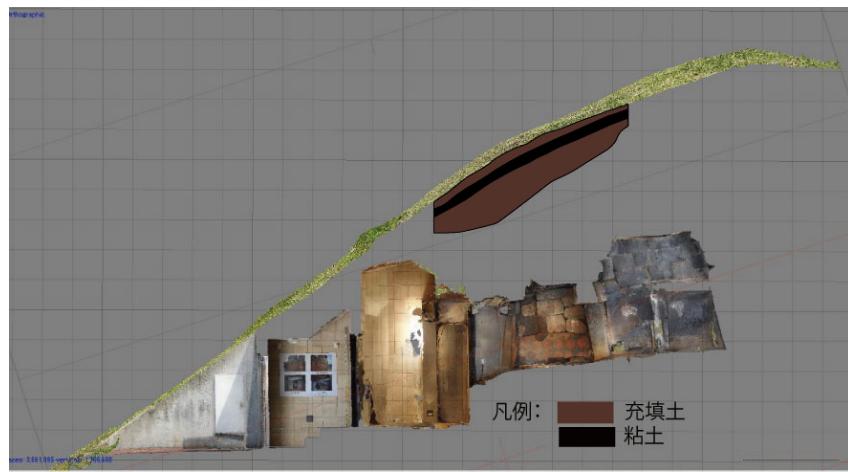


図 10 墳丘保護盛土亀裂部応急処置模式図（永安寺東古墳）



図 11 崩落土砂撤去後  
(永安寺西古墳)



図 12 H31.1.3 地震時崩落状況  
(永安寺西古墳)

#### (ウ) 両古墳の測量調査について

両古墳の測量調査は、直営業務としてデジタルカメラを使用したSfM/MVS (Structure from Motion / Multi-view Stereo) により実施した。しかし、永安寺西古墳保護施設内の多くは非常に狭小であり、光量も不足していることから、施設の約1/3程度で3次元モデルの作成が不可能な状況であった。また、測量精度の問題も生じたため、平成31年度の補助事業において、業務委託によるレーザ測量及び図化作業を実施する予定である。

#### エ 今後の復旧について

##### (ア) 永安寺東古墳

永安寺東古墳については、破損した石室石材、石室内への土砂流入により生じた石材間・石材裏の隙間及び、墳丘保護盛土亀裂部について復旧工法を検討する必要がある。特に、破損した石室石材及び石材間・石材

裏の隙間の復旧については、前室部の破損石材すべてが彩色を有するため、それらに影響を及ぼさないよう工法・材料等慎重に検討する必要があると考えている。墳丘保護盛土亀裂部については、応急処置を実施したうえで、少なくとも平成31年の夏場あたりまでには漏水状況のモニタリングを実施し、その結果に基づき検討する必要があると考えている。

#### (イ) 永安寺西古墳

永安寺西古墳については、平成31年度実施予定の測量調査結果に基づき、保護施設の現状を把握し、併せて施設の再評価を行ったうえで今後の方向性を検討する必要があると考えている。

#### オ 古墳損傷チェックシートの作成について

両古墳に関する古墳損傷チェックシートについては、SfM/MVSによる測量調査終了後に作成する予定であったが、測量が不完全なものとなつたため、現在暫定版としてのチェックシートを作成しているところである。なお、平成31年度実施予定のレーザ測量及び図化作業終了後に再度正式なチェックシートを作成する予定である。

(田中)



#### （4）史跡弁慶ヶ穴古墳（山鹿市）でのチェックシートの利用について

熊本県北部に位置する山鹿市は、阿蘇外輪山から有明海に注ぐ菊池川の中流域にあたり、チブサン古墳をはじめとする装飾古墳の集中する場所として知られている。

平成 28 年熊本地震で、本市は前震が震度 4、本震が震度 5 弱の揺れがあつた。震源地から直線距離で約 20km と比較的離れていたこともあり、幸いなことに被害も甚大というレベルまでは無かった。しかしながら、史跡オブサン古墳、熊本県史跡御靈塚古墳、山鹿市史跡臼塚古墳においては石材の一部が落下するなど少なからず被害が生じ、未指定の文化財（主に鳥居や記念碑、石塔の倒壊、破損など）の被害は、把握しているだけで 100 件あまり発生した。

##### ア 点検シートの有効性

前震発生の翌日、余震が頻発する状況ではあったが、市内各地の指定文化財の被害確認調査を行った。その際の反省点として、点検者によって確認する場所、また着目点が異なるため、報告内容も統一が取れなかつたことが思い起こされる。後の本震の後にも再度点検を行い毀損箇所を発見したが、前震では確認していない場所であったため、どちらの揺れで起つた被害なのか判別できなかつた。誰でも同じ視点で確認する方法を整備することが必要と感じた。

そのようななか、山尾敏孝委員が別紙のようなチェックシートを作成された。平成 29 年 6 月そのテストとして山尾委員とともに熊本県文化課の関係者も交えて弁慶ヶ穴古墳内の点検作業が行われた（表 1）。縦罫に被害の状況（墳丘と石室、保存施設に大きく分けられる）、横罫に被害箇所が記入されている。例えば、羨門の楣石にヒビが確認された場合は、表中の①に丸印を書くという具合である。「何を確認すればいいのか」。このシートにより、これまでの「なんとなく見渡していた」という点検が、「具体的にどこを見る」という明確な目的を持った点検に改善された。さらに、点検箇所が決まっていることから点検者が代わっても点検漏れを防ぐことができる。シートの活用により、今後の古墳内の変化と災害発生時の被害内容をしっかりと把握できることになろう。

##### イ 古墳点検に必要な準備物とチェックシートの改良案

チェックシートを利用した点検を平成 29 年 6 月と平成 30 年 6 月の 2 回実施したが、それを経て感じたことを雑記する。

まず、準備すべきものとして、ある程度の光量を出す照明器具、石室展開図、デジタルカメラ、直近で撮影した写真（プリント）を挙げておきたい。

1回目と2回目との比較により、弁慶ヶ穴古墳の異常個所（ヒビやすき間など）は変化が無いことが確認できたが、1回目の点検で気付かなかつた異状が2回目で確認されたものもあった。これは2回目にはより明るい照明を持っていったことによるものと思われる（充電式、防水、1200 ルーメンの LED 照明）。照明が暗いと、点検作業はもちろん、シート記入もままならないし、写真を撮るのもピントを合わせづらくなる。近年は安価で光量のある照明が販売されているので、ぜひそれらを準備してもらいたい。

次に点検時に気付いたことであるが、点検時の記入作業としてはシートに記入するよりも展開図に直接記入する方が有効であると感じた。シートの表の文字が小さいため、枠を探しづらく、枠も狭いために記入が大変であった。また、シート表に記載されていない場所もあるため、新たな枠を設ける必要があった。図面に直接する記入すると、それらの問題が解消できる。ではチェックシートは必要ないかというと、そうではない。シートはどこを見るのかを把握するため、そしてデータの保管のために有効である。表で比較するほうが図面での比較よりも、その変化をすぐに察知できるのではなかろうか。図面に記入した事項を表に入力する手間が必要とはなるが、「現場での記録は展開図、データの保管や比較はチェックシート」と役割を分けて利用すると点検はより一層意味あるものになると思われる。

点検には写真撮影は欠かせないが、気をつけておきたいのがそのアングルと撮影範囲である。比較するためにはできるだけ同じアングルで同じ範囲を撮影することが必要である。そのためにも直近で撮影した写真を持参しておきたい。災害後の被害報告には、被害前後の写真提示が様々な場面で活躍した。今後の被害とその後の復旧を想定して、惜しみなく古墳外観と石室内全体を撮影しておくことが望ましいと感じている。最良の方法は、レーザによる3次元計測などデータを記録しておくことであろう。現在は SfM (Structure from Motion:多視点画像からの3次元形状復元) という技術もあり、こちらは比較的容易に立体復元が可能であるらしい。SfMは多数の写真を繋ぎ合わせて立体化する技術であるが、それを利用するかは別としても、まずは全体を網羅できるように細かく写真を撮っておくことが重要である。その写真は万が一被害を受けた後にも、必ず役に立つはずである。

チェックシートの表については、古墳の内部構造にあわせてカスタマイズすることも考えられるが、他の古墳と比較することを想定して、山尾委員が考案されたこの様式に統一することが良いと思われる。ただし、先に少し触れたが、記入に自由度を与えるため、自由記述ができるような欄に変更することを提案したい。そのため、各セルの大きさをさらに大きくし、その枠

内に気付いた点を記入できるようにするのはどうであろうか（表2）。今後検討いただければと思う。

#### ウ 早期発見で最小限の被害へ

このチェックシートは、山尾委員が話されていたように、あくまでも被災していない古墳を定期的に点検するためのものである。災害がないときこそ定期的な点検が重要で、そのことが些細な変化にも気付き、万が一被災した場合にもその被害状況を細かい点まで気付くことにつながる。もしかすると、被災直後には気付かないような小さな被害が、時間を経て大きな被害へ拡大することも考えられる。早期発見できれば被害を最小限に留められることを考えれば、この調査の重要性も想像できるかと思う。まずは、石室展開図の作成と全体の写真撮影に取り掛かってほしい。そして、被災していない今の時点でぜひ一度内部の点検を実施してもらいたい。さらに可能であれば、国や都道府県でこの点検調査をシステム化（年1回にシートの提出を求めるなど）し、被害の最小限化と災害への準備を進めてもらえればと考える。

（山口）

## 第1回点検結果

### ・保存施設、前室、玄室、注意事項あり

点検結果		前室		玄室		注意事項	
項目	状況	項目	状況	項目	状況	項目	状況
天井	良好	天井	良好	天井	良好	天井	良好
壁	良好	壁	良好	壁	良好	壁	良好
床	良好	床	良好	床	良好	床	良好
柱	良好	柱	良好	柱	良好	柱	良好
梁	良好	梁	良好	梁	良好	梁	良好
窓	良好	窓	良好	窓	良好	窓	良好
ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好
天井	良好	天井	良好	天井	良好	天井	良好
壁	良好	壁	良好	壁	良好	壁	良好
床	良好	床	良好	床	良好	床	良好
柱	良好	柱	良好	柱	良好	柱	良好
梁	良好	梁	良好	梁	良好	梁	良好
窓	良好	窓	良好	窓	良好	窓	良好
ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好

点検結果		前室		玄室		注意事項	
項目	状況	項目	状況	項目	状況	項目	状況
天井	良好	天井	良好	天井	良好	天井	良好
壁	良好	壁	良好	壁	良好	壁	良好
床	良好	床	良好	床	良好	床	良好
柱	良好	柱	良好	柱	良好	柱	良好
梁	良好	梁	良好	梁	良好	梁	良好
窓	良好	窓	良好	窓	良好	窓	良好
ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好
天井	良好	天井	良好	天井	良好	天井	良好
壁	良好	壁	良好	壁	良好	壁	良好
床	良好	床	良好	床	良好	床	良好
柱	良好	柱	良好	柱	良好	柱	良好
梁	良好	梁	良好	梁	良好	梁	良好
窓	良好	窓	良好	窓	良好	窓	良好
ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好	ドア	良好

表 1

表 2



## （5）史跡井寺古墳（嘉島町）の復旧について

### ア 平成 28 年熊本地震で被害を受けた古墳の復旧に向けての取組について

#### （ア）震災直後の対応

4月 14 日に発生した地震により墳丘に亀裂が入り、羨道の天井石が崩落したことにより扉が圧迫され、内部進入が出来ない状況に陥った。

週末に降雨の予報が出ていたこともあり、大渋滞の中、出勤してきた非常勤職員に亀裂箇所に対するシート掛けを依頼し、震災対応業務に戻り熊本県文化課に毀損状況の写真を送ったりするなどの業務をこなしつつ夜間待機をしていたところ本震が発生した。

その後しばらく避難所及び救援物資対応などに追われ、他の文化財関係の被害状況の把握に取りかかれたのはゴールデンウィーク明けあたりだったかと思う。幸いにして石造物などについては目立った被害は見当たらなかつたものの、町内の寺社等は大きな被害を受け、古文書等の被害状況調査もしばらく行えないような状態であった。

#### （イ）内部調査

墳丘にはシートが掛けられ、石室内部に進入できない状態が続いていたことから被害状況を確認するためにどういった方法があるのかということについて方々に相談していた。

6月に熊本県からの依頼で文化庁と奈良文化財研究所による小型カメラによる内部調査を実施することとなり、内部からの圧迫により歪みが生じた扉のすき間から幅 3 cm 程度のレールの先端に CCD レンズを装着した撮影装置を差し込み、レールを継ぎ足しながら内部に進入していく方法に

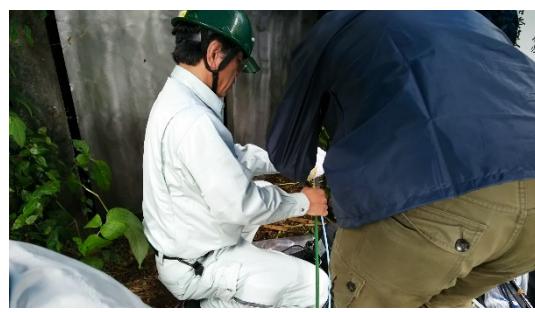


図 1 内部調査の様子（奈良文化財研究所提供）

より動画及び静止画を撮影した。地震後2ヶ月が経ち、回数は減ったものの相変わらず余震が時折発生する中、地震後初めての石室内部の様子に言葉を失った。

羨門から玄門に至るまではあまりはっきりとした状況を把握できなかったものの、石室内は粉塵が空気の対流によって渦巻く中、多くの石材が床面に散乱していた。側壁に視点が移ると積石の目地が大きく開いたことによる亀裂が発生しており、墳丘の亀裂だけではなく石室内にも甚大な被害を受けたことが明らかとなった。

#### (ウ) 墳丘形状調査

井寺古墳は平面図が作成された時点ですでに大きく削平されており、元来の形状がはっきりしない状態であった。復旧にあたって墳丘盛土の復元も必要であると考えていたこともあり、周辺地形の把握に併せて古墳の形状及び発生した亀裂の記録を作成することを目的として航空レーザ測量を平成28年12月に実施した。

撮影当日地震後初めて墳丘全体のシートを取り外して表面が露わになった。震災当時は低草が生い茂っており、春の陽気に映える緑色であった墳丘も8ヶ月間シートをかけ続けたことにより草が枯死し、乾燥しきった表土むき出しの状態がそこにあった。

さらに亀裂の間隔が拡大しており、亀裂を境に南側に向かって山崩れを起こしているように見受けられたことから、熊本県・文化庁にその旨報告し事後策を協議した。

これに加えて、地震被害確認後の毀損届を提出するにあたって指定関連の資料を探したところ町には保管されていなかった。そのため熊本県文化課から提供を受けたところ、指定範囲が石室が存在する墳丘の一部のみに限られていることが判明した。



図2 乾燥した墳丘土

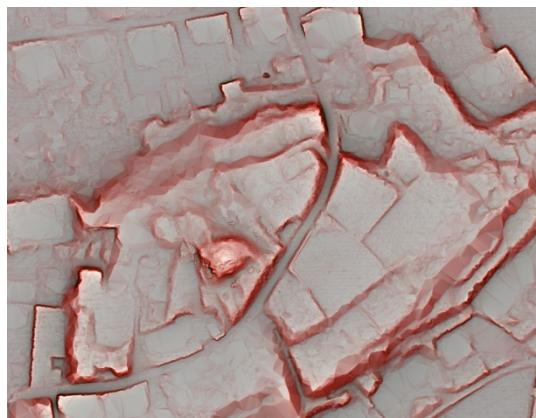


図3 レーザ測量による赤色立体図

地震による墳丘の亀裂は指定範囲外にも及ぶことから次年度において追加指定する予定で事を進めていたが、前記の状態もあり予定を前倒しすることとし、急遽追加指定に関する資料を整え翌年1月に追加指定の具申を行った。5月の答申を受け、史跡範囲は現存する墳丘すべてを包括する状態になったが相変わらず墳丘の形状は不明であった。

墳丘形状の問題に対しては地震以前から取り組まれており、昭和57年に田添夏喜氏による墳丘範囲確認調査が墳丘周辺の8箇所に対して実施された。結果としては周溝や墳裾を捉えることができず結局不明という状況のまま現在に至っていた。

そこで氏が設定したトレンチ断面の観察により古墳が築かれた場所の基本土層の把握と再検討を目的としてトレンチの再掘削を実施した。

墳丘の周辺は先述のとおり削られているため、周溝や墳裾が辛うじて捉えられるのかという淡い期待は悉く裏切られ、表土下30cm程度で小礫を挟むローム状の土層（氏は地山と表記）が見られる箇所もあるなど、調査は難航を極めた。

比較的まともに土層が堆積しているように見えるところにおいても古墳に関係のあるような堆積状況にあるとは言えず、氏の調査地点では古墳の形状を示すものは存在しないと断定せざるを得ない状況であった。

こういった状況にあり墳丘自体を触ることなく墳裾を捉えることは不

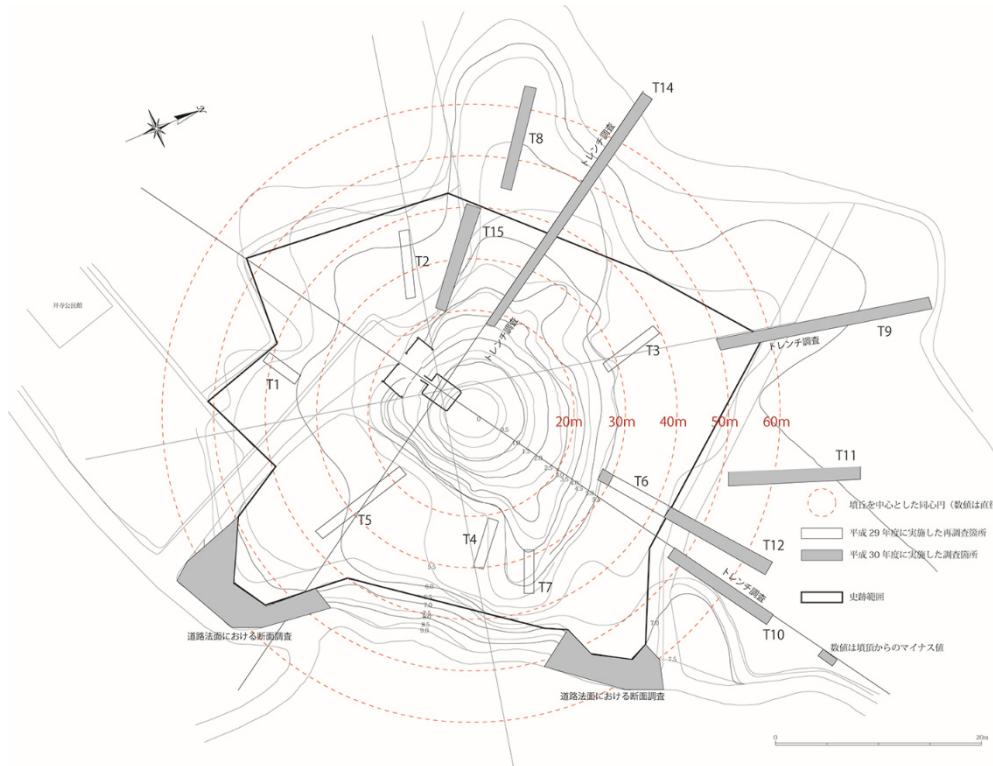


図4 墳丘確認調査用トレンチ設定箇所

可能に近いとの判断に至り、まず墳丘が削られた結果生じた斜面において地山と墳丘盛土の把握に努め、唯一墳丘が残存していると考えられる北側斜面において墳丘中腹あたりから約 30m のトレンチを石室の軸に合わせて設定し、掘削を実施した。

これら掘削に伴う現状変更届の許可が下り、斜面の覆土を除去し、土層の検討を実施した。斜面の下部には他のトレンチで確認できるような小礫を挟むローム層が確認できた。その上層に厚さ 80cm の暗褐色粘質土、厚さ 10cm 黒色土が堆積し、その上に古墳盛土らしき土層が確認できた。

盛土らしき層の下部にある黒色土層はほぼ水平に堆積していること、堆積するレベルが羨道の入口とほぼ同じであることからこの黒色土が墳丘盛土を構築する前の整地面であると判断した。

この斜面での土層検討により、これまでのトレンチで確認された小礫を挟むローム層は、墳丘盛土の構築面から 1 m 近く下にあること、田添氏が設定した地点の多くはその面、もしくはそれよりも下に設定されていたことがわかった。その際の報告書には調査箇所選定に関する経緯が記載されていなかったが、現存する墳丘を避けるようにされていることからなるべく墳丘に影響がないようにとの配慮が皮肉にも裏目に出た形となつた。

斜面における土層検討を踏まえて墳裾を捉えるべく墳丘北側におけるトレンチ調査に乗り出したが、墳裾があると思われる部分は竹林が鬱蒼と広がっており、竹の根による搅乱が著しく、表土付近の土層判別が極めて困難であった。加えて江戸時代末～近代にかけて存在したと思われる家屋の礎石があるなどして搅乱されていたため表面での墳裾を確認することはできなかった。そのため掘削を進めて断面によって墳裾を捉える方針に切り替え、現在においてもその調査を継続している。

### (イ) 石室内三次元計測

石室内部の様子は平成 28 年 6 月に実施された小型カメラによる写真撮影によりおおよそ把握はされていた。ただし動画や静止画であっても具体的にどの部分がどのように変状しているかについては不明な点が残っていた。その後同年 8 月に実施された史跡釜尾古墳での撮影において、



図 5 北側斜面における墳丘断面

入れなくなつた扉に窓を開けてそこからポールの先にカメラをつけて撮影し、奥へ進むにつれてポールを継ぎ足していくという方法に着想を得た。

加えて同時期に熊本県立装飾古墳館で九州文化財計測支援集団（CMAQ：代表 永見秀徳）による3次元計測ワークショップが開催され、環境さえ整えば自分で3次元モデルが作成できるという認識に至った。

また、地震が起きる半年前に偶然、井寺古墳の石室内において3次元モデル作成用の写真を撮影に来ていた筑紫野市教育委員会の草場啓一氏から地震前の3次元モデルのデータを提供いただいた。地震直前の石室の様子を知ることが出来る絶好の資料となった。

扉前からポールを差し込んで多視点撮影を行うための機材を選定し、平成29年度において導入した。機材がそろった5月末の時点でステンレス製扉に穴を開ける作業のために全天球カメラを扉のすき間から挿入し、写真を撮影した。この写真を基に扉内部における崩落石材を避けつつ石室内に直線的にアプローチできる部分を確認し、扉左側の取っ手下あたりがその場所として適当であると判断にいたった。

その後、機材の取り回しを考えて15cm角の穴を切断によって設け、7.5m伸縮が可能な撮影ポールの先にコンパクトデジタルカメラとLED照明を装着して、ラップ率を考えポールを回転させながら撮影し、1回転後少し進んでは回転撮影といったように進め、奥壁付近に到達するまで繰り返した。カメラの角度や向きを変えながら約400枚程度の写真を撮影し、Agisoft社製PhotoScan（現Metashape）で解析を実施した。



図6 SfM/MVSによる撮影と3次元モデル

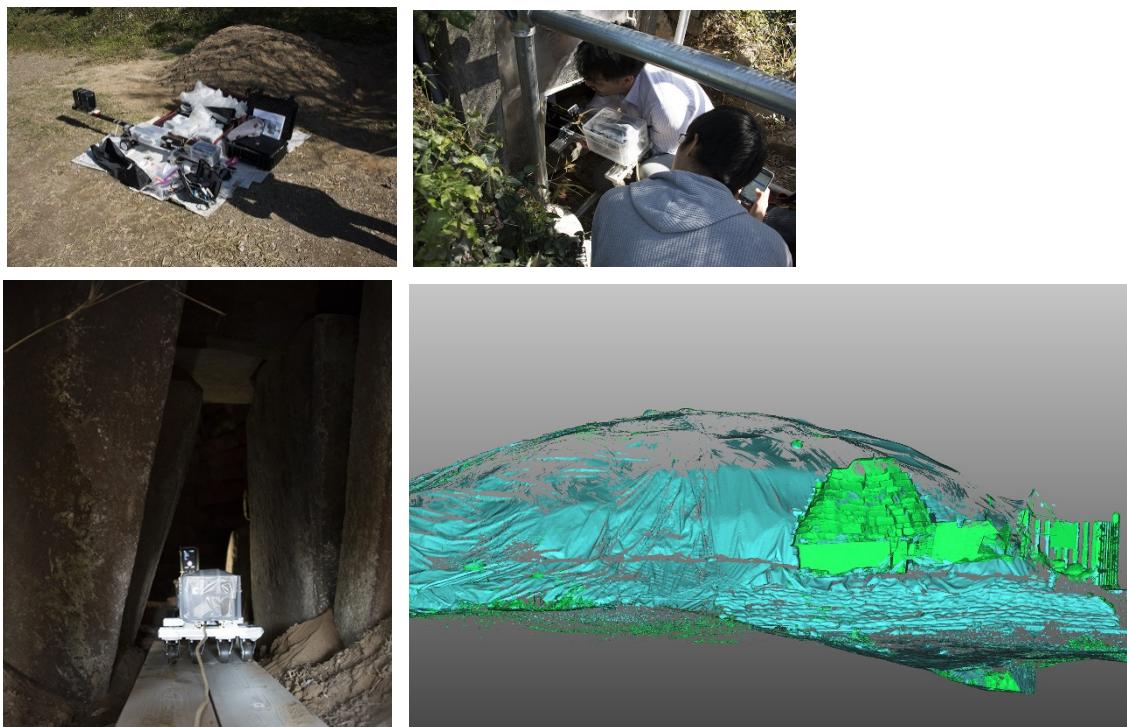


図7 レーザスキャナによる3次元モデル  
 (左上：レーザスキャナと石室内侵入装置、  
 右上及び左下：作業風景、右下：計測結果)  
 (東京大学生産技術研究所提供)

出来上がったデータと草場氏から提供いただいたデータの比較により石室のどの部分が変状したかを立体的に把握することができた。

SfM/MVS (Structure from Motion / Multi-view Stereo) はレーザスキャナによる点群計測とは異なりそれ自体がスケールを持っていないため後の操作で与えてやる必要があるが地震前も地震後のものについてもスケールの基準となるものもなく、これらが何cm動いているかなどの検討をすることは出来なかった。これらの問題については、東京大学大石研究室によるレーザ計測の成果や一連の変状解析によりある程度解消されたと考えている。

この方法が有効であると確信に至ったため、数ヶ月おきに変化を見るための撮影を実施し、解析を行っている。導入後におけるソフトウェアの進展はめざましく、初めは全体を撮影していくながら像を結ぶのは玄室内だけという状況であったが、バージョンアップにより羨道部まで像を結ぶまでになった。このこともあって最近では以前に作成した3次元モデルを現在のバージョンによるソフトによって再解析させてみるという作業を実施

している。撮影方法に問題があることによって欠測する場合をのぞき、概ね良好な結果が得られそうな感触である。

#### (オ) 墳丘レーダー探査

内部の被害状況については前述の撮影や3次元モデルによる様態把握などによりおおよそ把握できてきた。その一方で大きな変状を来たした石室の表面に見えない被害状況、つまり石室の積石で空間に露出していない部分の被害は不明であった。

これを受け奈良文化財研究所により平成29年11月に地中レーダー探査が実施された。

詳細については別項目で説明されるため概略とするが石室の長軸方向で控え積み、または版築による補強構造が見られる一方で石室の小口側では補強があまり行われていないこと、この構造の状態が南北において大きく異なっており、北側では構造がよく保たれている一方で南側ではその構造が崩れているように見えることなどが明らかとなった。

この差異が地震により生じたものであるかどうかについては地震前に探査を実施していないため不明であるが、石室の変状と併せて考えると、構造が保たれていた北側では側壁が内部に大きく飛び出し、崩れている南側では飛び出しは比較的弱いものの目地が大きく開くなど運動方向に差が見られる。地震により動いた際に補強構造により逃げ場が内側の空間に限られていた北側と、構造が崩れていたことによる自由運動状態であった南側との差であると推測された。

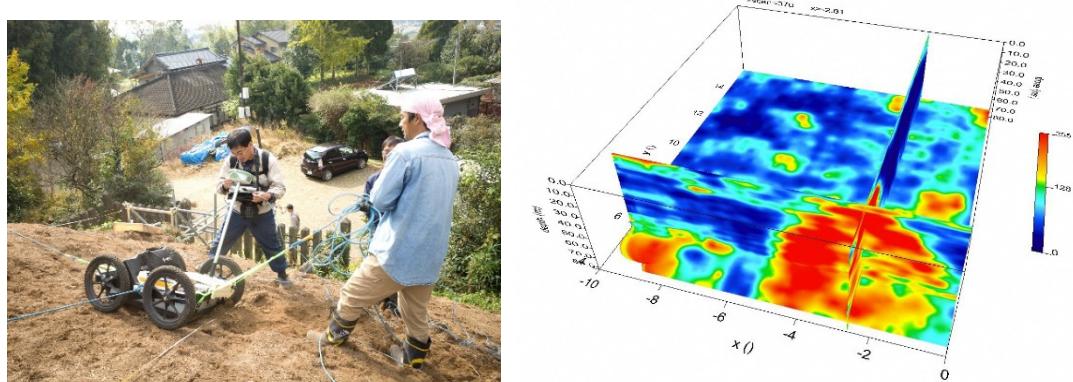


図8 地中レーダー探査の様子と探査結果（奈良文化財研究所提供）

#### (カ) 経年変化記録及び古墳関連文献調査

安政4年に開口して以来、160年にわたって口が開いたままであったこと、西向きに開口していること、昭和20年代に前庭部に扉が設けられるまで出入りがあまり制限されていなかったことなどもあり、石室内部は経年及び人為的な原因により変質していった。地震による変化も併せてどの時点でその変化が生じたのかについて、書籍や写真などを手がかりに石室内部の変化について調査を行った。

併せて古墳と地震についても可能な限り照合を行い、石室内部に影響を及ぼした可能性のあるものをピックアップする作業を実施した。古墳発見のきっかけとして安政4年に地震が起きたなど記載する文献も存在し、その出典となる資料をさかのぼって調査していくにつれ発見の事実と地震との因果関係について疑問を生じることとなった。ただし、原典となる資料はすでに失われているなどしてこれ以上の遡及が困難な状態に陥った。

#### (キ) 温湿度環境調査

地震により石室の空気環境等が変化し、温湿度の変化が起きていないか確認することを目的として町で温湿度ロガーを導入し、平成30年7月（屋外及び奥壁については10月）から継続的な測定を実施している。

平成21年度において熊本県立装飾古墳館により温湿度環境調査が実施されていたのでその結果と照らし合わせることにより、地震前後の環境変化を確認する方法をとった。古墳館は屋外と玄門付近、奥壁石障下部にロガーを設置していたため、扉内部に入れない状態を鑑みつつなるべく近い位置にロガーを設置するように配慮し、屋外・玄門付近のものは有線タイプ、奥壁下については無線タイプのロガーをそれぞれ設置した。7月から10月までのデータを平成21年度のものと比較したところ、地震前と地震後において大きな差異は認められないようと思われる。



図9 温湿度ロガー設置箇所（左：玄門前・右：奥壁前）

#### (ク) 古墳発見時の古文書発見

平成30年5月に熊本被災史料ネットワーク事務局の事務局等である三澤純熊本大学准教授に旧蔵者から古文書の寄贈があり、目録作成のため調査を進めているうち、いくつかの史料において井寺古墳のことについて記載されているということが判明した。

内容は、年号は不明であるものの十四日に御敷（藩が材木提供などの目的に指定する私有地）が崩れて戸のようなものが出頭し、翌日戸を開け放つてみると中に穴があり、人骨や副葬品が出てきたので内部の寸法と副葬品の目録を付けて井寺村の庄屋が郡の惣庄屋へ報告したものと下書きである。

寸法等は詳細にかつ正確に記載されており、後の調査によって作成された実測図に当てはめても何ら遜色のないものであった。加えて京都帝国大学が大正5年に調査した時点ではすでに失われていた石室の内容を克明に記録しており、聞き取りによって復元した石室内部の区画等についても裏付けが取れるなどしている。また、発見のきっかけは地震ではなく土取りの結果、敷が崩れたことを記している。

なお、文献調査の項で触れた発見を記した資料の所在が分からなくなっていることで発見の経緯や年月などが不明になっている問題については、この文書の発見をきっかけとして調査が進展し、従来言われていたとおり安政4年に発見されたことに加え、時期が閏五月十四日であることを記した清書版の写しが藩主の動静を記した古文書中にあることが判明した。

#### イ まとめ

地震後様々な調査を実施し、中には入れないながらも被害状況の把握に努めてきた。そういう資料を提供し、委員会等に諮ってきたが具体的な議論に至るためには内部に進入して詳細調査を行うべきだというところに帰結している。一方で地震をきっかけに新たに分かった事象なども多く見られた。

町としては今後の内部調査を結果を踏まえてどのような復旧の方法をとるか、最終的な帰結点の方向を探っていくことになる。

（橋口）

(参考) 古墳損傷チェックシート (井寺古墳)

点検箇所七の1 古墳の諸元と総合検査結果		古墳の諸元と総合検査結果																					
点検箇所	点検名	井寺古墳	検定年月日	T10.3.10	所有者	文部科学省・農林省	管理団体	黒鳥町	点検者	点検年月日	参考情報												
所在地	上益城郡馬鹿町井寺	南定区 分・種別	國・史跡	所在地	上益城郡馬鹿町井寺	管理者	黒鳥町	管理団体備 定年月日	点検者	点検年月日	参考情報												
検定地の範囲・状況																							
1	井氏の遺跡	01 植栽・ 施設	02 外 部	03 内 部	04 外 部	05 内 部	06 外 部	07 内 部	08 外 部	09 内 部	10 外 部	11 内 部	12 外 部	13 内 部	14 外 部	15 内 部	16 外 部	17 内 部	18 外 部	19 内 部	20 外 部		
2	井氏の遺跡の斜面	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	円錐の遺跡の斜面	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	円錐の遺跡の斜面	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	円錐の遺跡の斜面	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	外観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	外観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	中観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	中観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	内観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	内観	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
21	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
22	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
23	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
25	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
26	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
27	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
28	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
29	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
31	天井	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

## 2 史跡井寺古墳の地中レーダー探査等の調査とその成果

### ア 本調査の狙い

非破壊的な技術を用いて遺跡情報を取得する方法を探査と総称する。

発掘調査によって得られる情報とは異なり、限界もあるが、発掘調査では取得できない情報を含めた地中の情報を迅速に取得できる利点を有しており、発掘調査の事前の情報取得や史跡範囲の確定など、多様な利用が期待される技術である。

井寺古墳は地震による石室石材の崩落、墳丘表面の亀裂といった被災痕跡が認められており、適切な対策を講じるためにも多様な情報収集が必要になっている。既に、石室については嘉島町及び東京大学の調査により、震災前後の比較が可能になる3次元データを取得している。

奈良文化財研究所では、更にこれらの情報に加えて地中の状況を明らかにするため、地中レーダー探査及び周辺の計測を実施した。今回はこれらの調査について報告を行う。

### イ 調査方法

今回は井寺古墳の墳丘部分及び石室の地震による影響を評価することを目的として、地中レーダー探査を行うこととした。平成29年11月27～29日に作業を行った。

古くから開口している石室の存在が明瞭であることから、深さや位置などについてはこれを参考とし、石室前面のコンクリート杭を基準として調査区を設定した。

地中レーダーで用いた機器はX3M (MALA社) である。地中レーダーは、用いるアンテナの周波数に応じて探査可能な深さと解像度が変化する。今回は対象を考え、中心周波数 250MHz および 500MHz のアンテナを使用した。解析はGPR-SliceV7.0 (Geophysical Archaeometry Laboratory Inc.) を用いた。地表面の亀裂については、経時的な変化により痕跡が不明瞭になることが想定されるため、ポールおよびUAV (無人飛行艇) を用いて取得した画像よりSfM (Structure from Motion) で3次元情報を取得した。SfMにもちいた機材は、OM-D E-M1 Mark II (Olympus社)、INSPIRE2 (DJI社) である。解析はPhotoscanProfessional 1.3.3 (AGI-soft社) を用いた。



図1 地中レーダー探査作業風景

また、手持ち LiDAR による周辺地形の計測も実施し、記録を行っている。使用機材は Stencil2 (KAARTA 社) を用いた。取得データは PLY 形式で出力され、樹木の除去や太陽光の反射によるノイズの除去には Cloudcompare2.9 を用いた。

#### ウ 調査についての課題と解決法

井寺古墳の墳丘では、地震による亀裂が石室の南側を中心に多数確認され、また石室上部においては石室石材の崩落と関連すると思われる陥没がみられる。このため、特に石室上部への人間の立ち入りについては危険性が高いと考えられた。このため、地中レーダー探査の実施に際して、通常とは異なる走査手法が必要と考えた。

このため、通常はアンテナについてはそりまたは付属のハンドルを用いて計測線上を歩行することで走査する代わりに、軽量なレーダーアンテナの前後にロープを結び付け、危険性が低い墳丘の両端部より引っ張る方法での探査を行った。この場合、走査時のアンテナの巻き上げの労力が大きくなり、また均等な速度での計測が困難であるが、安全を優先した。計測距離が短いこともあり、当初想定したほどの負荷はなかった（図1）。

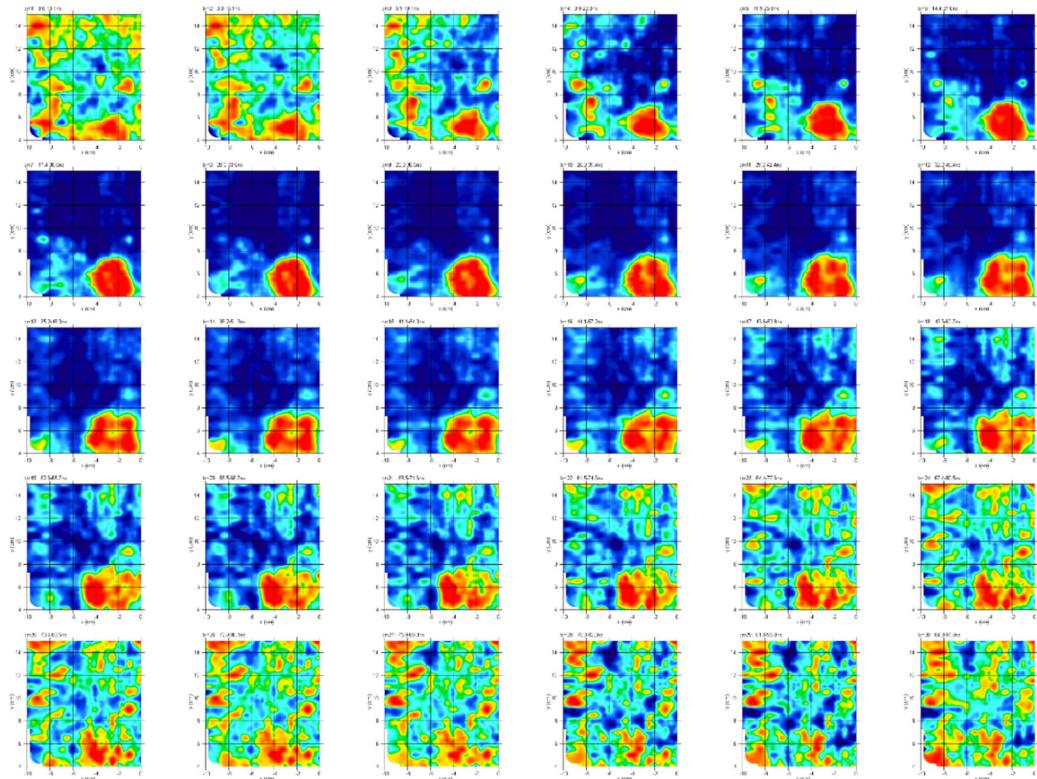


図2 地中レーダー探査成果 (Time-Slice 図)

石室開口部付近の墳丘には亀裂が多く存在し、また史跡整備時のコンクリートや崩落防止用の鋼管が存在しているため、調査を行わなかった。

位置情報の取得は、0.5m間隔に平行に設定した基準線を元に、走査方向についてはヒップチェーンを用いて行った。これにより、測距輪や視認でのマーカーによる計測に比べ、走査方向の距離測定がより適切に実施できた。基準線は石室前面に既設してあるコンクリート製の柵が石室の主軸方向にほぼ直交していることが観察できたため、これを仮の基準として設定を行い、延長上の基準線の交点4点をRTK-GPSにより計測した。

墳丘及びその周辺の状況の記録についても、古墳の被災を考える重要なデータであることから、調査時の状況を様々なスケールにより記録することを試みた。

## エ 地中レーダー探査の結果

地中レーダー探査の結果をTime-Slice及びプロファイル図にて示す(図2～4)。2種類のアンテナの成果があるが、今回は解像度に勝る500MHzアンテナの成果を示す。

取得データはプロファイルとして測線毎に取得されたデータになる。計測データについては、まずBandpassフィルターによる高周波部分のノイズ

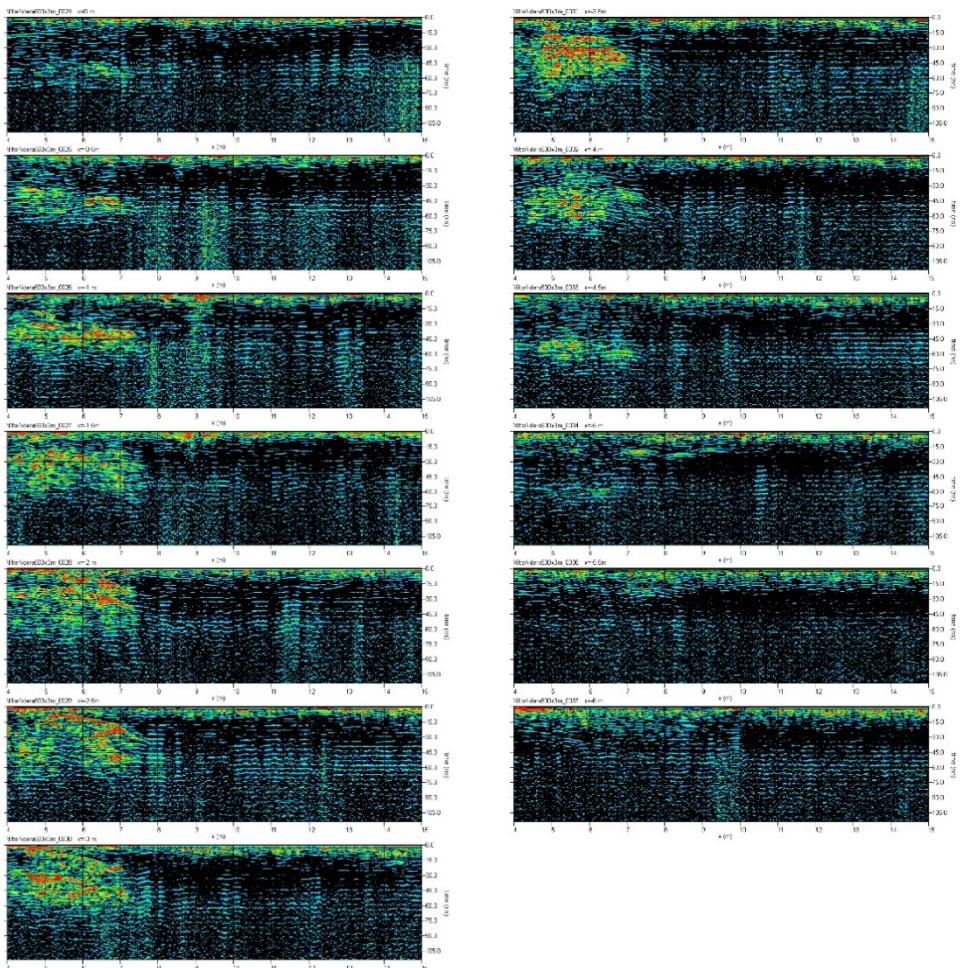


図3 井寺古墳プロファイル（石室主軸（東西）方向）

の除去を行い、続いて background フィルターによる走査方向のノイズを除去し、Time-Slice 法を用いて反射の平面的な分布を可視化した。

加えて、強い反射を有する部分のみを抽出し、3次元でのレンダリングを行い、異常部の形状を出力した。深さについての検討が必要であるが、今後墳丘などの3次元計測データとの相互の成果を比較していくことが必要である（図5）。

これらにより得られた結果の検討から、次の点が指摘できる。

#### (ア) 石室の構築について

地中レーダーにより把握できる地下の異常部の反射は、地中に存在するものの物性に起因している。今回は、土及び石室石材、地震や経時的・人為的な空洞、墳丘構築時の土や石などによるものが想定された。

この中でも、石室に関わるものは、石室の壁を構成する石材のみならず、裏込石等を含めたものとなる。

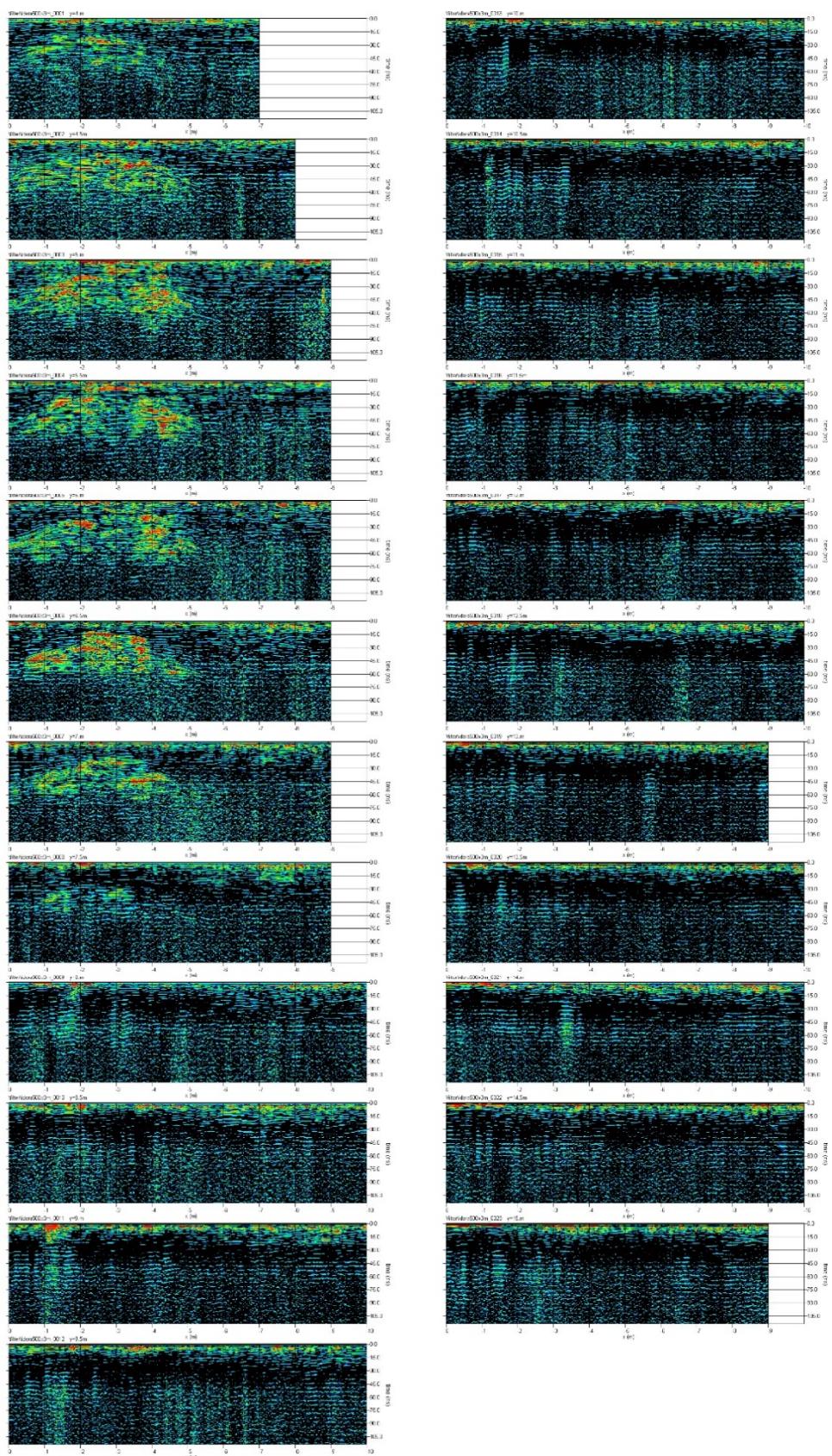


図4 井寺古墳プロファイル（石室主軸横断（南北）方向）

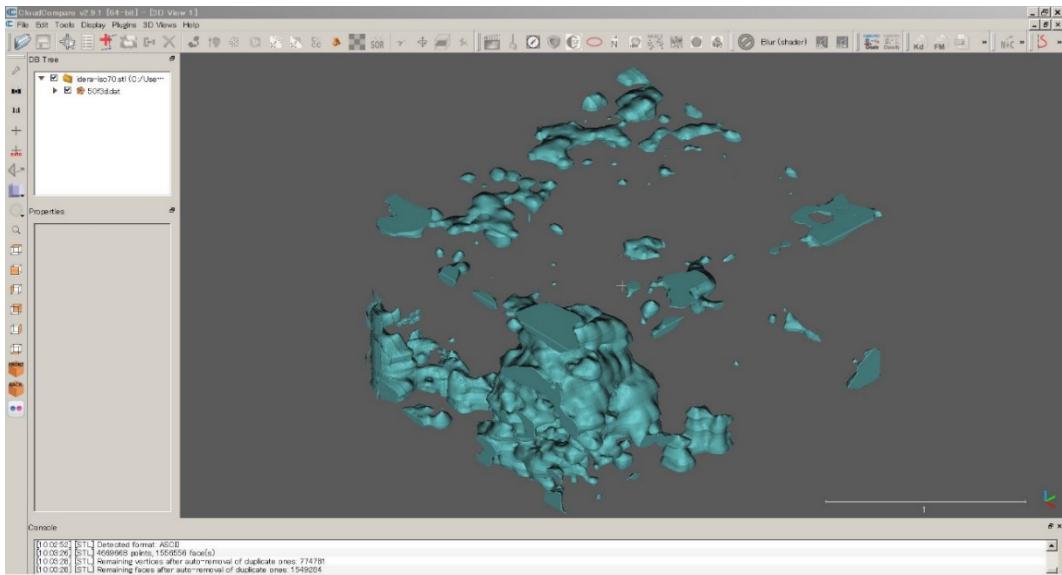


図5 井寺古墳地中レーダー探査成果の3次元モデリング

これらの反応を見していくと、地表及びすぐ直下より石材の反応がはじまり、6.4ns 以深では明確な反射となる。以下、39ns 付近まで平面円形に近い反射が深くなるにつれ大きくなり、それ以降 71.2ns まで南北方向に長い矩形の反射が変わる。

本古墳の石室は下半部が断面長方形で、上半部が穹窿式となり、断面三角形になる肥後型石室である。本探査で得られた地中の情報についても、反射の中心付近から、主軸方向及び直交する方向で計測したプロファイルの観察結果も同様の形状を示している。

注目されるのは、玄室は東西方向（奥壁方向）にやや長い平面形状を有しているのに比して、探査の結果では、反射は南北方向に長い平面形状を呈する傾向にあることである。

詳細な観察を行うと、石室上半部においてはほぼ穹窿状の壁面の持ち送りを反映した形での反射となっており、裏込石などが存在しないか、極めて薄く詰め込まれていることが予想される。

南北方向に長い平面形状を呈するのは下半部であり、石室の両側壁方向については裏込石が厚くこめられていることを示唆している。反面、奥壁方向は、内部から確認できる奥壁面の位置とそれほど差がないことから、裏込石はほとんど存在しないか、薄いと考えることができる。

このように石室側壁については長軸となる横方向に裏込石を厚めに詰めて基礎を構築した後、その上に穹窿状に上部を積んでドーム状の石室を構築したことが明らかとなり、肥後型石室の構築手法についての知見を得

ることができた。

#### (イ)石室及び墳丘の被災について

石室下半部については、特に南東部分において反射の弱い部分が存在する。この原因は不明であり、石室構築時に起因するか、後天的なものかは不明であるが、今後石室内部からの観察との関連や、墳丘表面・石室上半部の崩落と関連して検討を行う必要があるだろう。

石室周辺では、石室南側の地表面のひび割れと対応する状況で線状の反射があり、空隙か異質な土が入っている状況が想定できる。

#### 才 周辺地形調査の成果

周辺地形については、SfM 及び LiDAR データによる情報取得を行った。ここでは、SfM による周辺地形を示す（図 6）。

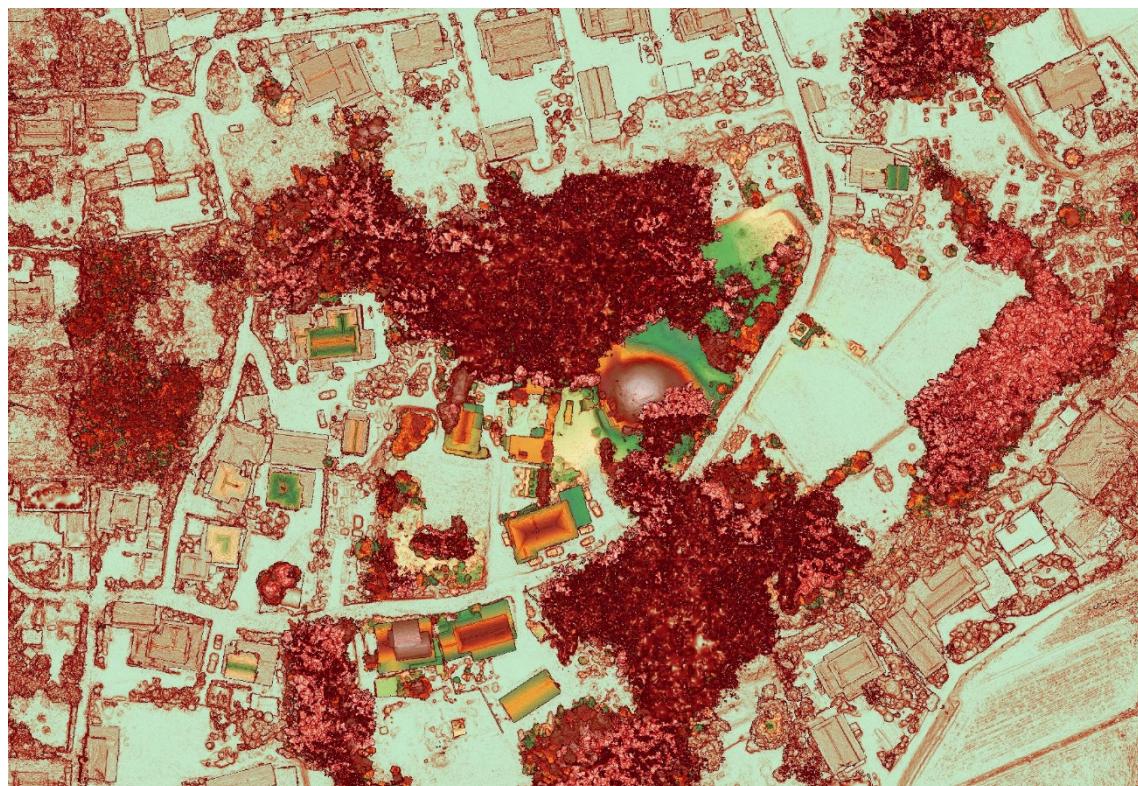


図 6 井寺古墳周辺 3 次元計測データ

## 力　まとめ

今回の探査では、石室を構築する石材や墳丘についての状況を非破壊的な手段で検討する情報を得ることができた。これらの情報は、今後、本古墳の石室の保存に関する重要な情報として活用し、また発掘調査や保護に関する諸活動と連携していくことが期待される。

また、今回は羨道部分については探査することができなかった。今後、より高密度の測線を探査することによって、詳細な地下の異常部の把握や、比抵抗探査などの他の探査手法の検討により、物性などより詳細な検討が可能になると考える。これらの課題を進め、よりよい保存につなげる一助としたい。

(金田・高妻)

### 3 3次元データによる熊本地震前後の史跡井寺古墳の変状解析

本章では、平成28年4月に発生した熊本地震による井寺古墳内の変状について、3次元データを用いて解析した結果を示す。本解析では、写真測量による3次元データ及びレーザ計測データを用いて、正射投影画像による主観的な形状比較を行い、さらに石室石材のデータを個別に分割して地震前後で位置合わせすることによって各石材の移動方向・大きさを定量的に求めて可視化した。

#### ア 写真測量による3次元データ

本解析では、橋口剛士氏（嘉島町教育委員会）がデジタルカメラによって古墳内部を撮影して生成した地震前後の3次元データを用いた（図1、2）。写真を用いた密なステレオによる3次元再構成手法では、スケール情報や必ずしも正しい形状は得られないが、地震前後の変状を視覚的に解析するには十分な精度が得られているものと考えられる。



図1 写真測量による平成27年の3次元データ

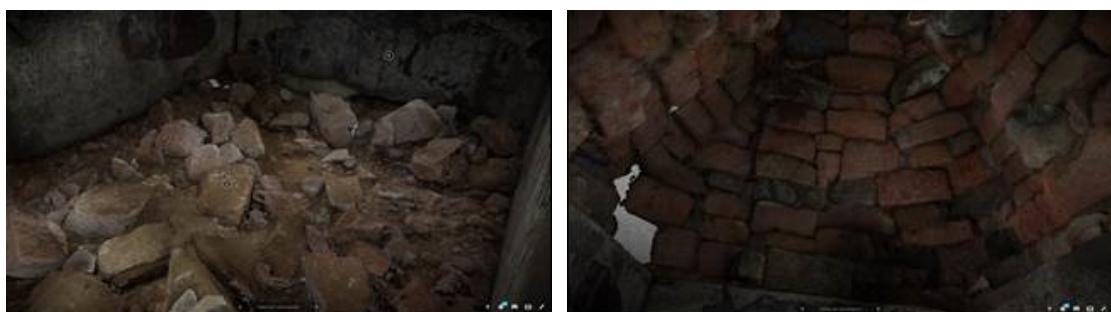


図2 写真測量による平成29年の3次元データ

#### イ スケール及び座標系の統一

前述のように写真測量によって再構成された3次元データにはスケール情報が含まれておらず、また各々異なる（ローカル）座標系で記述されてい

るため、これらを統一する必要がある。地震前後のデータの相対スケール・位置姿勢は、最近傍点探索に基づく ICP (Iterative Closest Point) ベースの位置合わせ手法によって推定した。井寺古墳の石障・側壁石材はすべて異なる方向・大きさで移動しているため、図3に示すように大きな面積を占め且つ移動が比較的小さいと考えられる前障のみを用いて推定を行った。

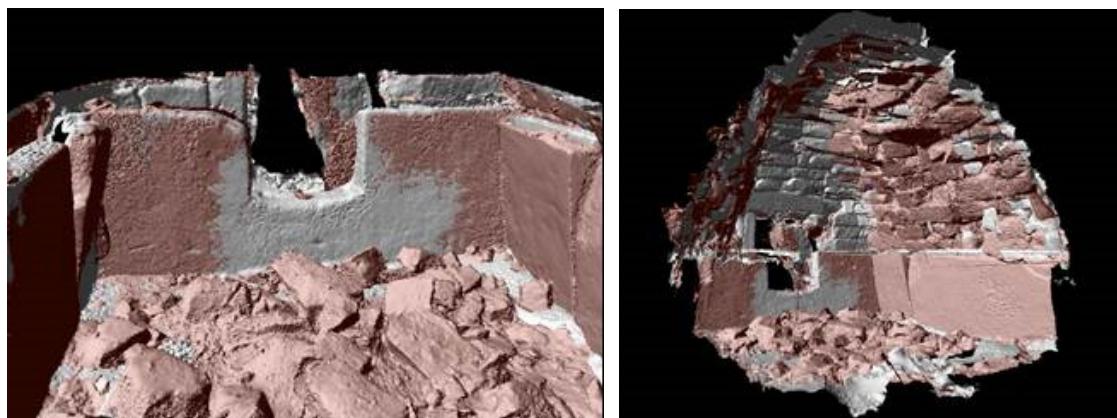


図3 前障を用いたスケール位置合わせ

#### ウ 立面画像による変状の可視化

図4. 1～4. 6は、相対スケール・位置姿勢を合わせたデータを、正射影によって各方向から可視化したものである。石障は比較的移動量が少ないが、他の側壁石材は石障に対して全体的に崩れて下方向に移動していることがわかる。また複数の石材の表面が剥離し、表面形状が異なっていることもわかる。図4. 3は古墳内部から見上げた図であり、全体的に内側、入口側に側壁石材が移動し、天井石も入口側に大きく移動していることがわかる。

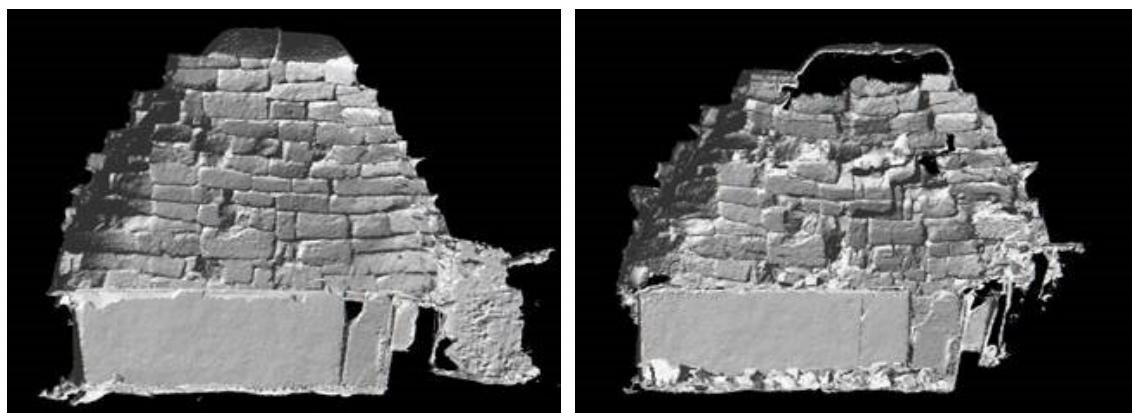


図4. 1 右側面（左：平成27年、右：平成29年）

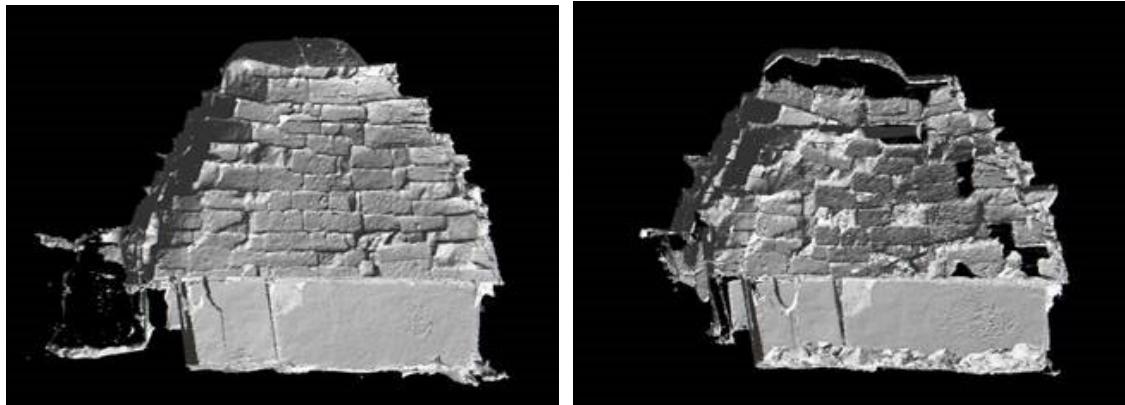


図4. 2 左側面（左：平成 27 年、右：平成 29 年）

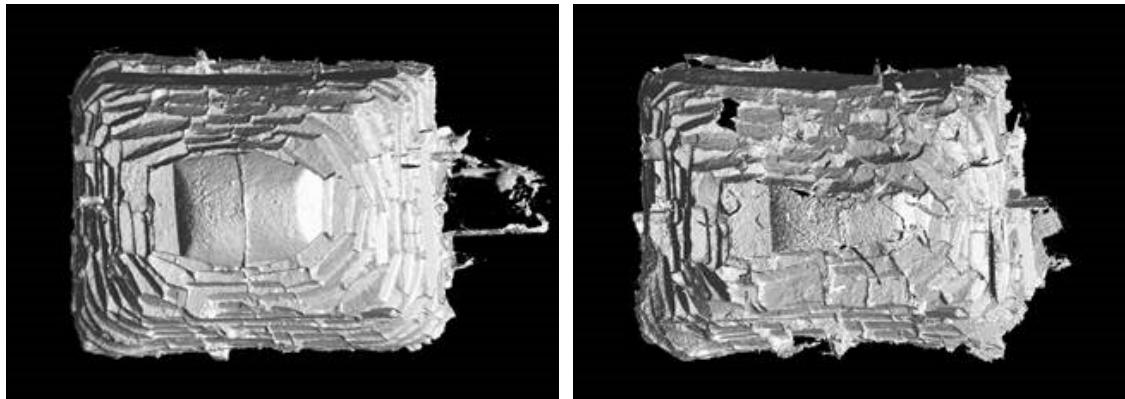


図4. 3 上面（左：平成 27 年、右：平成 29 年）

### エ 各石材の移動方向・量の推定

各々の石材がどの方向にどの程度移動したかを解析するために、3次元データを石材ごとに分割し、地震前後で石材表面の位置合わせを行った。図5及び図6は分割された各石材データを異なる色で表したものである。分割された各石材データが重なるように相対位置姿勢を求めるこことによって、移動量・方向を推定することができる。ただし、前述のように写真測量データにはスケールが含まれておらず、照明条件や対象表面のテクスチャ（模様）によって正しい形状が得られない場合がある。そこでスケール推定と精度検証のために、平成29年9月19日（図7）および平成29年11月21日（図8）にLiDAR（FARO s150）によって石室内のレーザ計測を行った。図9に示すのはスケール位置合わせ後の写真測量データとレーザ計測データである。写真測量データの場合、撮影環境によって詳細な形状が得られていない部分が見て取れるが、おおむね正しい形状が得られていることが分かる。地震前のデータについては写真撮影環境が地震後よりも良いと考えると、比較には十分な精度が得られているものと考えられる。

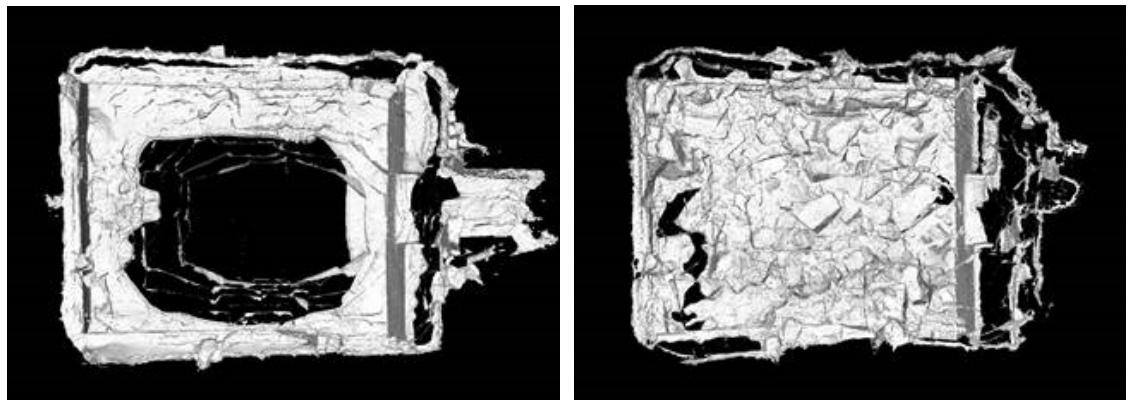


図4. 4 下面（左：平成 27 年、右：平成 29 年）

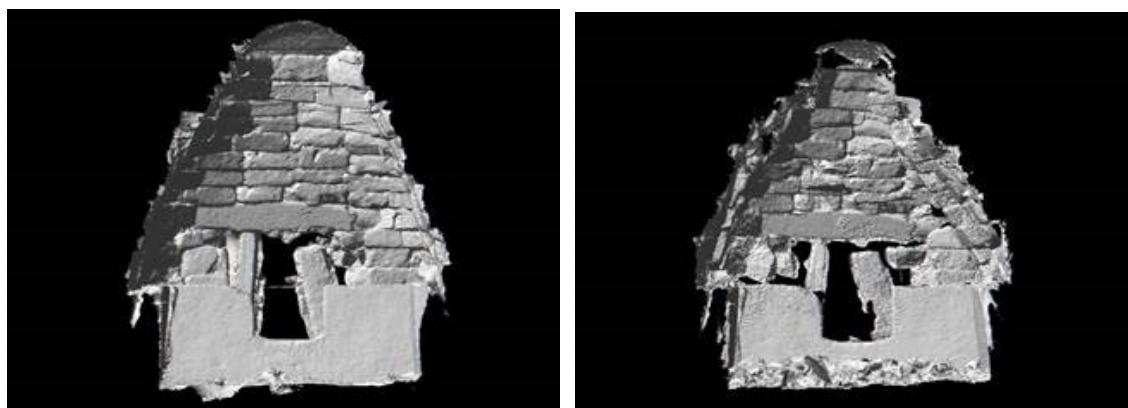


図4. 5 入口面（左：平成 27 年、右：平成 29 年）

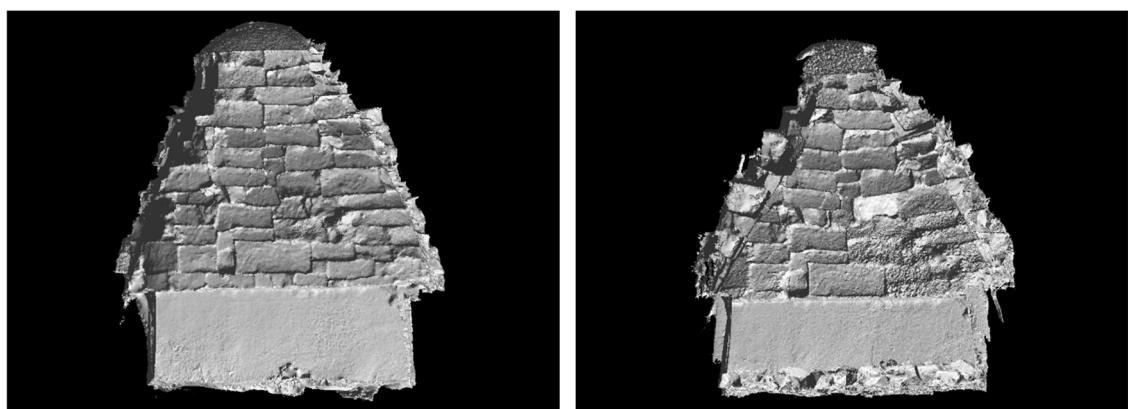


図4. 6 正面（左：平成 27 年、右：平成 29 年）

レーザ計測データに位置合わせした写真測量データをもとに、各石材が移動した方向、大きさを推定し、表現したのが図 10 である。石障の移動が比較的小さいものとすると、奥側の側壁石材は鉛直下向きに、左右の石材は内側下向きに、入口側の石材及び天井石は入口方向に移動していることがわかる。また最大で 40cm 以上移動している石材もある。またデータが表示

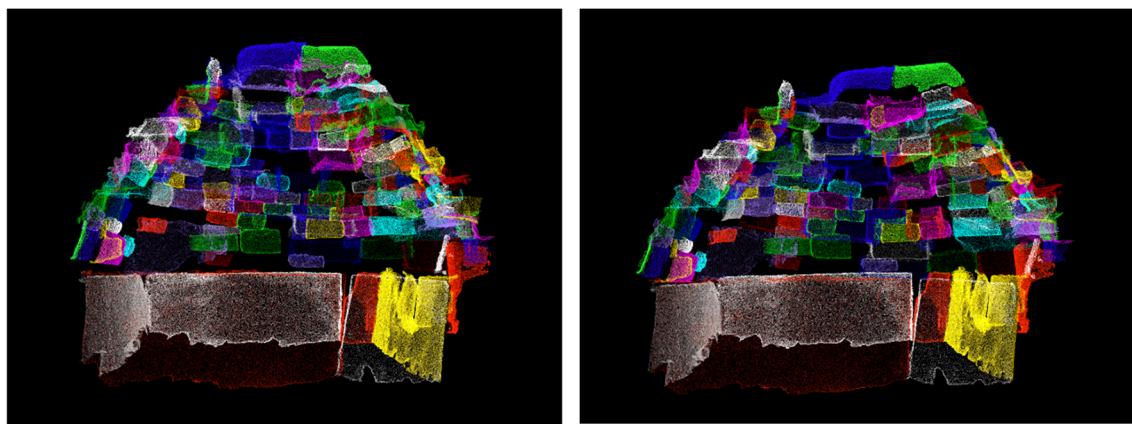


図5 石材データの分割と地震前後の様子（左：地震前、右：地震後）

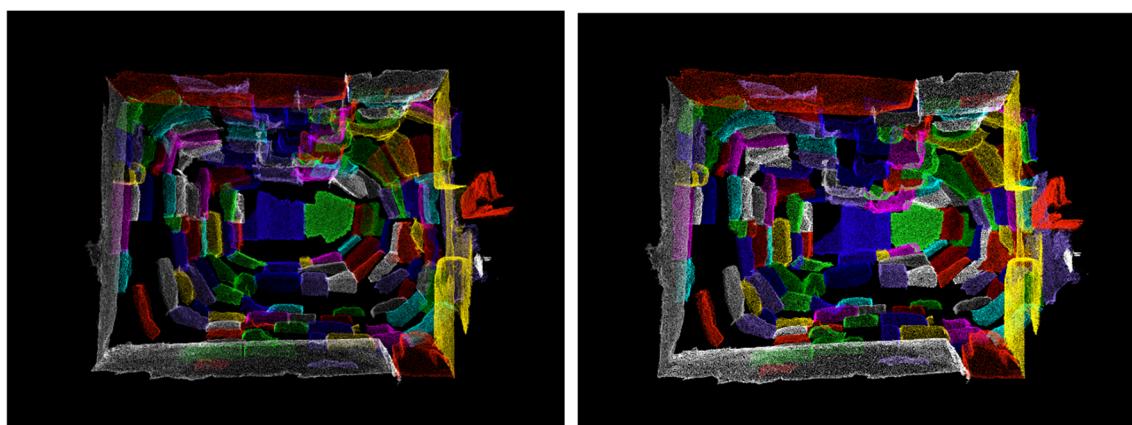


図6 石材データの分割と地震前後の様子（左：地震前、右：地震後）



図7 井寺古墳レーザ計測の様子（平成29年9月19日）

されていない部分は、位置合わせできなかった石材であり、データ精度が不十分であるか、表面が剥離している石材である。



図 8 井寺古墳レーザ計測の様子（平成 29 年 11 月 21 日）

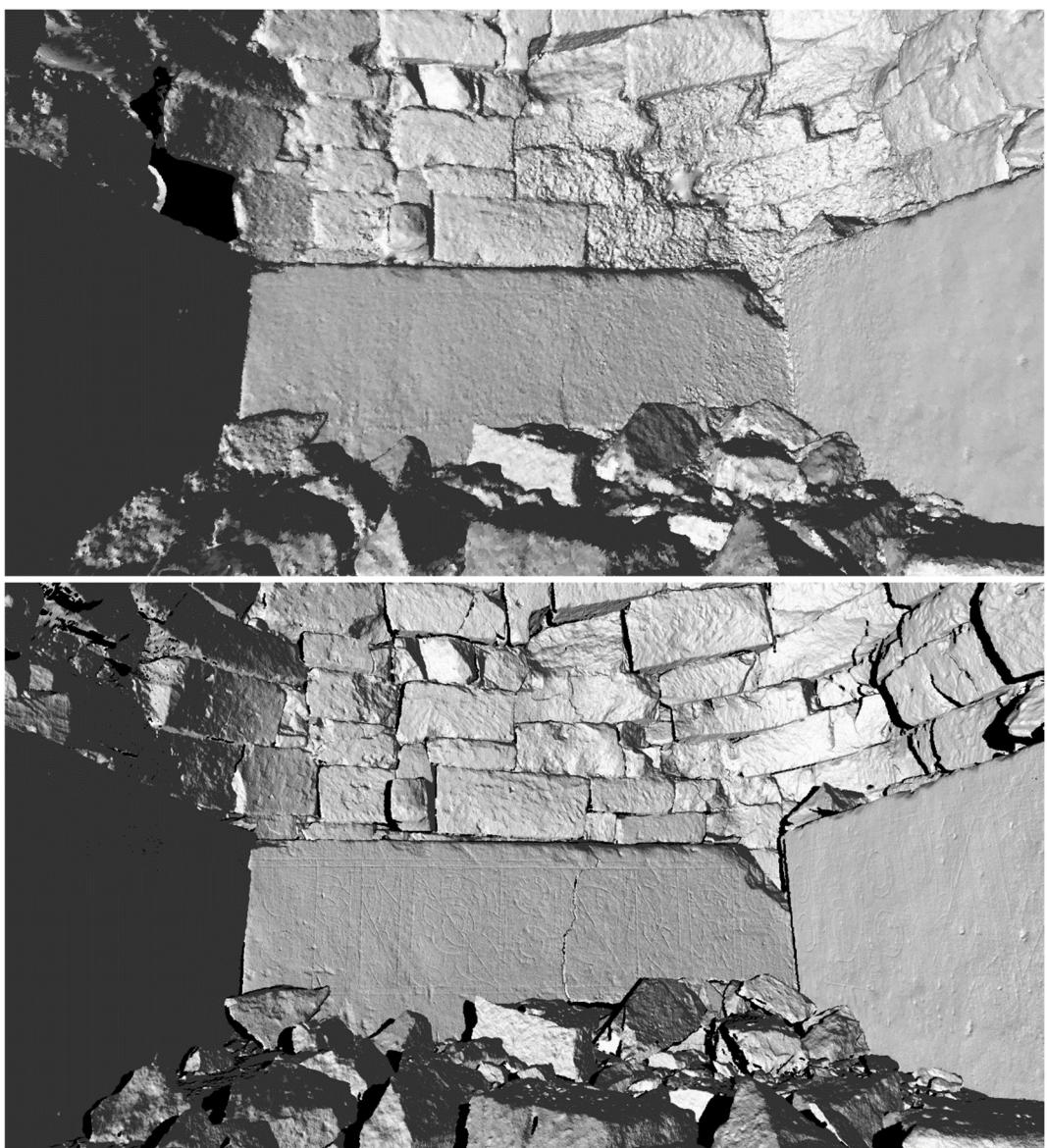


図 9 写真測量データとレーザ計測データの比較

（上：写真測量、下レーザ計測）

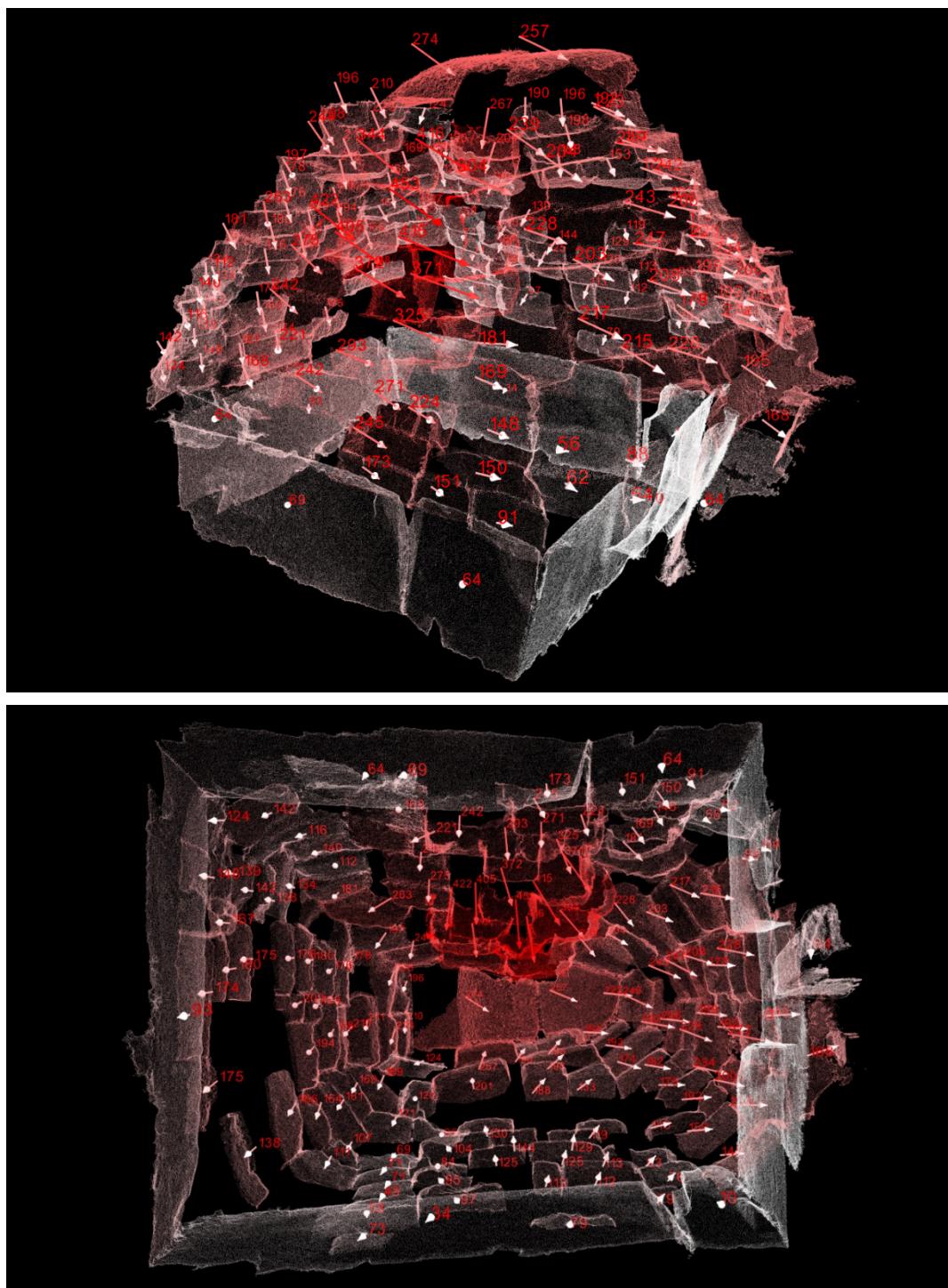


図 10 石材ごとの変状可視化

## エ まとめ

本章では、写真測量による3次元データ及びレーザ計測データを用いて、平成28年の熊本地震前後の井寺古墳の変状解析結果を示した。スケール位置合わせした地震前後の3次元データから立面画像の生成と各石材の移動

方向・大きさを可視化した。また3次元データを石材ごとに分割し、地震前後でそれぞれ位置合わせすることによって、各石材の移動方向、大きさを推定し、可視化した。その結果、積石はそれぞれ奥壁、左右側壁、前壁でそれぞれ異なる方向に移動しており、西側では40cm以上移動している石材もあることが分かった。また奥壁及び東側壁の複数の石材の表面が剥離していることも明らかとなつた。今後はレーダー探査のデータや、周囲の形状データと併せて解析することによって、地震発生時の様子を明らかにしていきたいと考えている。

(大石・石川・鈴木・朽津)

## 4 大規模震災における古墳の石室及び横穴墓等の被災状況調査の方法に関する調査研究事業について

### ア 概要

平成 28 年に発生した熊本地震では、多くの装飾古墳を含む古墳が被災した。その中でも、震源地から最も近くにある史跡井寺古墳は、石室全体が大きくゆがみそれに伴い墳丘において地割れが発生し、石室内でも石材の崩落が発生する等、深刻な被害を生じていることが、小型カメラを用いた石室内外の調査等によって明らかとなった。石室の入口部である石室前庭部において天井石が崩落したため石室内部へ立ち入ることができなくなっていることから、今日においても被災状況を正確に把握することができないため、復旧方針の検討が困難となっている。

全国の古墳の石室や横穴墓等においても、今後の大規模な震災において井寺古墳と同様の事態の発生が想定されるところである。そこで文化庁では、被災地からの要望に基づき、また、活断層付近に立地する全国の古墳の保護や活用を図るため、井寺古墳を調査研究対象として、古墳の石室及び横穴墓等の詳細調査及び復旧方法に係る実証研究を行うこととした。

これにより、被災状況の調査方法及び復旧方法を確立し、被災からの早期復旧ひいては古墳の防災措置を図ることを目的とするものである。

### イ 調査研究内容

#### (ア) 井寺古墳の実証研究

先述のとおり、井寺古墳は平成 28 年熊本地震で最も大きな被害を受けた古墳の一つである。そこで、井寺古墳を対象として、熊本地震が石室構造に与えた影響に関する調査並びに熊本地震による石室内部の環境変化に関する調査を行う。

これらの調査を踏まえ、地震等により古墳の石室や横穴墓が被災した際の復旧方法を検討する。

#### (イ) 大規模震災が古墳石室等に及ぼす影響調査

井寺古墳の実証研究を踏まえ、全国における活断層付近に立地する他の古墳の石室や横穴墓等について、いくつかの事例についてその状況の調査を行う。こうした現状に基づき、古墳の石室や横穴墓等の防災措置について検討を行う。

これにより、今後の大規模震災に備え必要な調査や防災措置を示し、全国の古墳の管理者に対して提言を行う。

## ウ 事業の経過

### (ア)事業の計画

事業は平成 30～31 年度にかけて実施する。平成 30 年度は史跡井寺古墳の実証研究として、被災状況の詳細なデータの収集を行い、平成 31 年度は大規模震災が古墳石室等に及ぼす影響調査を実施する。

平成 30 年度の取組として、具体的には平成 28 年における熊本地震の発生後、石室前庭部天井石の崩落等により、入り口部が閉塞され内部への進入が不可能となっている石室の開口を行い、石室石材や装飾等に関する内部調査を行う。また、それらの調査と並行して、墳丘及び墳丘周辺の状況についてのデータを得るためのボーリング調査を実施する。

### (イ)これまでの経過

平成 31 年 1 月より、石室開口を行うための崩落石材の安定化並びに支持措置、石室内への進入方法の検討、墳丘及び墳丘周辺でのボーリング調査を実施した。これにより、崩落石材の取り外し、前庭部・羨道部の支保工設置と安全確保が完了し、羨道部までの立ち入りと玄室内部の肉眼による確認が可能になった。今後は石室内部の詳細な被災状況調査、環境調査等を実施する予定である。

これらの事業については、文化庁の設置による古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループ並びに嘉島町教育委員会の設置による嘉島町史跡保存整備検討委員会による指導に基づき実施している。また、作業に際しては、熊本県教育庁文化財課並びに嘉島町教育委員会社会教育課の文化財専門職員にも立ち合い等の協力をいただいている。



図 1 崩落石材の取り外し作業



図 2 支保工設置状況

## 5 古墳損傷チェックシートの改訂について

平成 29 年 8 月にとりまとめた「平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について」において、地震も含めた自然災害による古墳への被害が、どこにどのような形で現れているかということを、誰が調査をしても、一律の見方でチェックできるよう、観察ポイントを整理した古墳損傷チェックシートを作成した。このチェックシートを日常的に活用することで、被害が経年劣化によるものか地震被害によるものか把握することができるようになる。

古墳損傷チェックシートは点検調書 3 枚からなり、被災した装飾古墳を対象にして、市町担当者にチェックシートを用いた調査を実施していただいた。その調査を通じ、チェックシート改善に係る所見を示してもらい改訂を進めることとした。以下、担当者からの所見を示す。

- ・記入例や凡例等を示してほしい
- ・現場が暗いため、文字が小さいので、書き入れやすさを検討してほしい
- ・石屋形の欄がないため、追加してほしい
- ・見やすくするために、欄に網掛けにして入力してみた
- ・被害状況のチェックの他に、その被害程度や進行についての所見を入力したい

上記のような所見を受けて、チェックシートの改訂を行った。

- ・表の罫線の種類を増やし、書き入れやすくする工夫をした
- ・石屋形について記入できるように、その他（石屋形等）という項目を追加した
- ・被害程度や進行については、チェックする際のマークなどの工夫で所見が入力できるようにコメントを追記した

この改訂したチェックシートを、現地調査等で活用いただき、古墳の現状把握に利用していただき、より一層の充実を図ることができればと思う。

※ 点検調書内の左右の表記や部位の名称などは、『発掘調査のてびき—各種遺跡調査編』にならう。

## チェックシート（改訂版）その1

点検調書その1 古墳の諸元と総合検査結果																				
フリガナ 古墳名 所在地	指定名称 指定区分・種別	指定年月日 所在地	所有者 管理者	管理団体 管理団体指 定年月日	修理歴 修理者	点検年月日 点検者	その他 参考情報													
指定地の範囲・状況		墳丘																		
墳丘	円墳の頂部	—	01 電裂 ・ 陥没	02 斜面 の 一部	03 外 表 面 部 の 乾 燥	04 空 洞	05 外 光 の 漏 れ	06 墳 丘 全 体	07 石 材 の 縫 み ・ ひ び 割 れ	08 石 材 の 縫 み ・ ひ び 割 れ	09 石 材 の 欠 損	10 石 材 の 縫 み ・ ひ び 割 れ	11 裏 込 め 土 の 流 出	12 石 構 み の ふ く ら み	13 沈 下 ・ 移 動 ・ 傾 斜	14 沈 下 ・ 移 動 ・ 傾 斜	15 層 の 隣 食 等 の 不 具 合	16 鉄 筋 の 腐 食	17 剥 離 ・ 鉄 筋 の 露 出	18 漏 水 ・ 遊 離 石 灰
円墳の斜面部		石室(単室・複室)																		
前庭部	奥造削	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
奥造削		コングリート・鋼材																		
左壁	左壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
奥造削		天井部																		
天井部	天井部	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
天井石	天井石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
左壁	左壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
奥壁	奥壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
右壁	右壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
前壁	前壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
櫛石	櫛石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
袖石	袖石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
天井石	天井石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
左壁	左壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
奥壁	奥壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
右壁	右壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
前壁	前壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
玄門	玄門	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
樋石	樋石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
樋石	樋石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
仕切石	仕切石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
屍床	屍床	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
腰石	腰石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
天井石	天井石	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
文室(奥室、主室)	文室(奥室、主室)	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
後室	後室	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
横石の壁体	横石の壁体	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
右壁	右壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
奥壁	奥壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
左壁	左壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
前壁	前壁	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
その他(石屋形等)	その他(石屋形等)	—	—	—	—	—	—	—	—	—										

\* 被害程度や進行については、チェックする際に使用するマーク(○、◎)等を工夫して入力すること  
\* 左右の表記や部位の名前などは、『光緒朝鮮のてびき－各種運動調査図』にならう

## チェックシート（改訂版）その2

### チェックシート（改訂版）その3

点検調査その3		古墳図面		指定名称		指定年月日		所有者		管理団体		管理団体指定期年月日		点検年月日		点検者		その他参考情報	
フリガナ	古墳名	指定区分	種別	所在地	所在地	管理者	管理者	所有者	所有者	管理団体	管理団体	指定期年月日	指定期年月日	点検年月日	点検者	点検者	その他参考情報		
指定地の範囲・状況		境丘		石室(单室・複室)										コンクリート・鋼材					
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
				空洞	外光の漏れ	石材の全体の変形	石材のひび割れ	石材の緩み・脱落	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ	石柱の傾き・割れ
				斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊	斜面の一部崩壊
				構造・石室図面										構造・石室図面					

※ 石棺などの損傷状況については図面内に記載すること  
※ 線刻、浮影、彩色などの装飾にかかる損傷状況については図面内に記載すること

おわりに

平成 29 年 6 月に設置された「装飾古墳ワーキンググループ」において、平成 28 年熊本地震によって被災した熊本県内の装飾古墳の被災状況の共有化を図ってきた。さらに、地元自治体や関係機関等の協力を得て、現状の把握や今後の取組等について、さまざまな角度から検討を進めてきた。

本ワーキンググループにおける成果の概略を以下にまとめる。

本報告の第 1 章では、熊本県内の装飾古墳の被災状況や、その後の復旧に向けた応急措置、現状把握のための調査などについて、熊本県・熊本市・玉名市・山鹿市・嘉島町の各担当より詳細に報告いただいた。

嘉島町に所在する史跡井寺古墳については、熊本地震震源地の最も近くに所在し、石室全体が大きくゆがみ、それに伴い墳丘において地割れ等が生じていることが、地中レーダー探査や小型カメラ等を用いた石室内外の調査によって明らかとなった。地中レーダー探査及び周辺の計測を行い、地中の石室の壁を構成する石材のみならず、裏込石等の情報を把握し肥後型石室の構築手法についての知見を得ることができた（第 2 章）。また、写真測量データやレーザー計測データを用いた調査では、より詳細な石室の石材ごとの移動方向・大きさを可視化することができた（第 3 章）。これらの情報は、井寺古墳の石室の保存に関する重要な情報として活用を図ることが期待できる。

全国に所在する古墳の墳丘・石室構造等に係る検討について、これまでの検討会等において中心的な話題となっていなかったが、今後の大規模な災害において井寺古墳と同様の事態の発生が想定されるところである。平成 30 年度から文化庁が進める「大規模災害における古墳の石室及び横穴墓等の被災状況調査の方法に関する調査研究事業」を通じて、井寺古墳を調査研究対象とした実証研究が始まったところである（第 4 章）。

さらに、平成 29 年 8 月にとりまとめた『平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について』で示した古墳損傷チェックシートを活用し、各装飾古墳の被災状況に係る確認作業の実践が行われた。それを踏まえ、このシートの改善に係る所見が示され、チェックシートの改訂を進めた（第 5 章）。

熊本地震の発災から約 3 年あまりとなり、各地元自治体では、古墳の復旧に向けた有識者等による委員会等が準備されている。各々の装飾古墳の状況に合わせて、その課題の抽出やそれへの対応が進むなかで、地元自治体の取組に違いが生じる可能性も考えられることから、今後も、国・県が地元自治体と緊密に連携することが必要である。これらの熊本県内の装飾古墳の復旧に向けた方向性・課題等が広く全国に共有され、稀有の文化財としての装飾古墳の保護への取組が万全の体制で推進されることを期待したい。



## 資料

- ・平成 28 年熊本地震における被災古墳一覧 (『平成 28 年熊本地震による古墳の被災状況について』より)
- ・古墳壁画の保存活用に係る調査研究について
- ・古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループ委員名簿
- ・古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループの開催経緯

## 平成 28 年熊本地震における被災古墳一覧

表 1 被災古墳一覧（熊本県がとりまとめた古墳の被災状況・網掛けは今回、視察した古墳）

区分	指定	名称	市町村	所有者	管理団体	被災状況等	
装飾	1	国 釜尾古墳	熊本市	神社		墳頂部に亀裂。墳丘盛土崩落。	
						崩落土が入り口を塞いでいるため、石室内確認不能。	
						墳裾部分の石垣が神社建物に崩れかかる。	
						8月17日、小型カメラによる石室内部確認。	
	2	国 塚原古墳群	熊本市	国・市・個人	石之室	石棺の手前側の側壁が倒れ、手前側の天井石が転落。	
						玄門部分は天井石の落下に伴い破損している可能性が高い。	
						奥側の側壁は立ったまま。天井石は一部破損か。	
						※装飾は奥壁と南側の側壁であるため、天井石の落下に伴い損傷している可能性あり。	
					丸山2号	石棺蓋割れ。ガラス覆い枠損傷。説明版割れ。	
					くぬぎ塚	墳丘に亀裂。	
					三段塚	墳頂部亀裂。	
					りゅうがん塚・花見塚	墳頂部亀裂。	
	3	国 永安寺東古墳・永安寺西古墳	玉名市	市	永安寺東	前室両側面の石材損傷5ヶ所、石材落下2ヶ所、剥離2ヶ所、亀裂1ヶ所。	
						玄室両側面の石材損傷3ヶ所、石材落下2ヶ所、剥離1ヶ所。	
					永安寺西	保護施設内における羨道部及び前室部への土砂流入。	
						玄室部天井石継ぎ目からの土砂及び石材剥片の落下（少量）。	
	4	国 チブサン古墳・オブサン古墳	山鹿市	国・県	市	オブサン	羨門天井石の一部が落下。
	5	国 井寺古墳	嘉島町	国	町	墳丘頂部に亀裂。開口部出口に向かって土の崩落。	
						石室石材崩落。6月22日小型カメラによる石室内部確認。	
	6	国 大村横穴群	人吉市	市	市	横穴墓が存在しない範囲の崖面崩落。 横穴墓に影響なし。	
	7	県 桂原古墳	宇城市	個人		羨道、刳貫玄門にヒビ。玄室の石棚・上部の石材落下及び倒壊。	
	8	県 国越古墳	宇城市	市		前方部最上段の石列崩れ。	
	9	県 宇賀岳古墳	宇城市	市		復元墳丘の石材の剥離及び目地漆喰の落下。 奥壁亀裂？	
	10	県 岩原横穴群	山鹿市	県		樹木倒壊。	
	11	県 御靈塚古墳	山鹿市	個人		石室石材落下。	
	12	県 裂波尾高塚古墳	菊池市	市		石室内詰土の崩落。展示物（楣石）のズレ。	

	13	県	大戸鼻古墳群	上天草市	市・個人	南古墳	入口外側天井コンクリート剥落。外側及び内側扉枠歪み。
							天井・壁補強部分剥離・剥落。
	14	県	長砂連古墳	上天草市	個人	北古墳	外側扉歪み。入口コンクリート部分クラック。
							前室内壁土及び石積み祠崩落。石室石材落下。
15	市	臼塚古墳	山鹿市	市			石障目止め石剥落。
16	町	今城大塚古墳	御船町				玄室石材の落下。前室天井部の崩土。
17	国	大野窟古墳	氷川町	町・個人	町		墳丘崩落。石室内未確認。
							石室石材崩落。

非 装 飾	18	県	檜崎古墳	宇土市	市		擬木柵破損。
	19	県	経塚・大塚古墳群	玉名市	市		経塚古墳 石棺表面が剥離。
	20	県	長明寺坂古墳群	菊池市	個人		1号墳 石室内石材のズレ、落下。
	21	市	スリバチ山古墳	宇土市	個人		標柱半倒壊。
	22	市	天神山古墳	宇土市	個人		前方部南端部崩落。隣接する民家への土砂流入の恐れ。
	23	市	池尾古墳	宇城市	個人		ひび割れ。
	24	市	大道夫婦塚古墳(男塚)	宇城市	個人		ひび割れ。石造物倒壊。
	25	市	大道夫婦塚古墳(女塚)	宇城市	国		ひび割れ。標柱が傾いている。
	26	市	塚原1号墳	宇城市	個人		石室全体が傾いている。
	27	市	塚原平古墳	宇城市	個人		石室入口のドア開閉不可。石材が破損。
	28	市	年の神古墳2号墳	宇城市	市		石室奥壁(露出)倒壊。
	29	市	松橋大塚古墳	宇城市	市		後円部に亀裂。墳丘崩落。
	30	市	女夫塚(雄塚)	宇城市	国		地割れ。
	31	市	生坪塚山古墳	合志市	個人		墳丘亀裂。
	32	市	黒松古墳群1号墳	合志市	共有地		墳丘亀裂。
	33	町	小坂大塚古墳	御船町	共有地		一部崩落。
	34	町	鬼の窟古墳	益城町	個人		天井石崩落。
	35	村	横穴古墳	産山村	個人		入口部崩落。

(『平成28年熊本地震による古墳の被災状況について』より)

# 古墳壁画の保存活用に係る調査研究について

平成22年4月1日

文化庁長官決定

一部改正 平成24年7月2日

一部改正 平成27年3月2日

一部改正 平成29年6月12日

一部改正 平成30年10月1日

## 1. 目的

高松塚古墳壁画及びキトラ古墳壁画の適切な保存活用を行うために必要な事項等を調査研究する。

## 2. 調査研究事項

- (1) 高松塚古墳壁画の保存活用に関する事項
- (2) キトラ古墳壁画の保存活用に関する事項
- (3) その他古墳壁画に関する事項

## 3. 実施方法

- (1) 2. の調査研究を行うため、有識者で構成する「古墳壁画の保存活用に関する検討会」(以下「検討会」という。)を置く。
- (2) 熊本地震に伴う装飾古墳の復旧方策等について専門的に調査研究するため、検討会に装飾古墳ワーキンググループ(以下「ワーキンググループ」という。)を置く。
- (3) 検討会及びワーキンググループの委員は、2. に関する学識経験者等のうちから、文化庁長官が委嘱する。
- (4) ワーキンググループは、検討会の委員のほか専門委員をもって構成する。
- (5) 検討会及びワーキンググループは、互選により座長を選出する。座長に事故があるときは、あらかじめその指名する副座長が、その職務を代理する。
- (6) 検討会及びワーキンググループには、必要に応じて委員以外の学識経験者等の出席を求めることができる。

#### 4. 庶務

この調査研究に関する庶務は、文化資源活用課古墳壁画室が行う。

古墳壁画の保存活用に関する検討会  
装飾古墳ワーキンググループ委員

(平成 30 年 6 月現在)  
(敬称略、五十音順)

大石 岳史	東京大学生産技術研究所准教授
梶谷 亮治	奈良国立博物館名誉館員（美術史学）
朽津 信明	東京文化財研究所保存科学研究センター 修復計画研究室長（保存科学）
高妻 洋成	奈良文化財研究所埋蔵文化財センター長（保存科学）
甲元 真之	熊本大学名誉教授（考古学）
三村 衛	京都大学大学院工学研究科教授（地盤工学）
村崎 孝宏	熊本県教育庁教育総務局文化課長補佐
山尾 敏孝	熊本大学大学院先端科学研究所シニア教授（土木工学）
和田 晴吾	兵庫県立考古博物館長（考古学）

(計 9 名)

古墳壁画の保存活用に関する検討会  
装飾古墳ワーキンググループの開催経緯

- 第1回 平成29年6月30日（金曜日）文部科学省3F2特別会議室
  - ・平成28年熊本地震における装飾古墳の被災状況及びその対応
- 第2回 平成29年12月19日（火曜日）熊本県庁地下大会議室
  - ・平成28年熊本地震における装飾古墳の被災状況及びその対応
- 第3回 平成30年2月20日（火曜日）文部科学省3F1特別会議室
  - ・平成28年熊本地震における装飾古墳の被災状況及びその対応
- 第4回 平成30年8月1日（水曜日）熊本県庁新館2階職員研修室
  - ・平成28年熊本地震における装飾古墳の被災状況及びその対応
- 第5回 平成31年2月19日（火曜日）経済産業省別館2階238号各省庁共用会議室
  - ・平成28年熊本地震における装飾古墳の被災状況及びその対応

[執筆者一覧]

本文

古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループ

甲元眞之（はじめに、おわりに）

村崎孝宏（1（1））

高妻洋成（2）

大石岳史（3）

朽津信明（3）

事務局

奈良文化財研究所 金田明大（2）

文化庁（4、5）

熊本県

熊本市文化振興課 三好栄太郎（1（2））

玉名市教育委員会教育部文化課 田中康雄（1（3））

山鹿市教育委員会社会教育課 山口健剛（1（4））

嘉島町教育委員会社会教育課 橋口剛士（1（5））

協力者

東京大学生産技術研究所 石川涼一、鈴木諒（3）



