

高松塚古墳壁画及びキトラ古墳壁画の材料調査

平成 23 年度調査の概要報告

[高松塚古墳壁画]

1) デジタルアーカイブスキャンニングによる画像記録

壁画の状態を経時的に記録するため、床石と南壁石を除く 11 石に対して可視光と赤外線によるデジタルアーカイブスキャンニングを実施した。画像解像度は 800 dpi (1 pixel が 0.03175 mm) で詳細な画像を記録することができた。また、紫外線を用いた画像取得を目標に、本年度は照射紫外線の波長の選定、照射紫外線量の測定、画像取得のための条件設定などの基礎研究をおこない、胡粉および鉛白などの標準試料に紫外線を照射した際に生じた蛍光画像を取得できるようになった。

2) 蛍光X線分析による壁画面(漆喰・色料)等の調査

高松塚古墳壁画の下地漆喰の劣化原因の調査および今後の修理に有用な情報を得るため、壁画面の主要元素の分布について、携帯型蛍光X線分析装置を用いた基礎調査を継続的に実施している。本年度は新たに東男子群像(東壁 1)、東女子群像(東壁 3)、床石 1、2、3 および天井石 3 について調査をおこなった。今回の測定結果から、鉛は検出強度の差はあるものの全面から検出されることが明らかとなった。しかし日像および月像の下方で検出したような顕著に鉛検出強度の高い箇所は見られない。また東壁 1 は、全体に鉛検出強度がやや低い傾向があった。

3) 分光光度計による基礎実験と改良

可視分光光度計と近赤外分光光度計を壁画の彩色に関する分光学的調査に適用するため、機器の最適測定条件を検討するとともに、種々の顔料試料の標準スペクトルの取得をおこなった。また、測定時においてプローブヘッドから装置本体まで延びるケーブル類の長さに関する不具合を改善した。本年度において基礎的な実験と装置の改良を実施したことにより、次年度より色彩に関する情報を取得する準備が整った。

4) 漆喰の多孔質化のテラヘルツ分光イメージングに関する基礎実験

高松塚古墳壁画が描かれている漆喰は、芴の分解消失や主成分である炭酸カルシウムの溶脱により多孔質化しており、漆喰層の崩落などが懸念される。漆喰層内部の状態はX線、赤外線あるいは紫外線を用いた従来の観察手法では非破壊的に知ることはできないのに対し、電波のようにある程度物体内部に侵入できるテラヘルツ波は漆喰層の状態を断層画像として得ることができるものと期待される。そこで、テラヘルツ分光イメージングで画像

化できる孔隙サイズなどの基礎データを得るため、人工的に多孔質化させた漆喰試料を調製し、テラヘルツ分光イメージング測定をおこなった。孔隙サイズの違いにより、得られる画像が異なり、孔隙サイズが 300 μm 以上では多孔性を画像化することが困難となることが明らかとなった。

5) 漆喰表面へのカルサイト殻形成メカニズムに関する基礎研究

高松塚古墳壁画の表面には漆喰の主成分である炭酸カルシウムの溶脱と再結晶により形成されたと考えられるカルサイト殻が存在している。このカルサイト殻については、その形成により顔料の剥落の抑制という正の効果とカルサイト殻ごと顔料層が剥落するという負の効果の両面が想定される。カルサイト殻の形成メカニズムを解明することは、高松塚古墳壁画の劣化および今後の修復について重要な情報を提示するものと考えられる。本年度は、漆喰試料を挟んで異なる濃度の炭酸ガス雰囲気をつくり、漆喰表面にカルサイト殻が形成されるかどうかを検討した。その結果、一部の試料においてカルサイト殻が形成されたこと、ならびに粒径の大きな顔料層を塗布した試料において比較的大きな結晶粒をもつカルサイトの殻が形成されたことを確認した。実験条件をさらに精度よく設定し、コントロールすることで、より詳細なカルサイト殻の形成メカニズムを解明できるものと思われる。

6) 高松塚古墳墳丘版築土の粒度分析

高松塚古墳墳丘部の発掘時におこなった版築層の土層転写資料（はぎ取り資料）から、各層の資料を採取し粒度分布調査をおこなった。今回は、上位・下位版築のほかに版築状盛土（上位（赤色）版築を覆う盛土）も対象とし、さらに各版築層内の色調の異なる層に着目した。各版築層による粒度分布は、2 mm 以上、250 μm ～2 mm、64 μm ～250 μm 、64 μm 未満に区分し、それぞれの重量を測定しその比率を求めた。版築上盛土資料では、250 μm ～2 mm の中粒砂～極粗粒砂の比率が多いが、63～250 μm の極細粒砂～細粒砂の比率が黄褐色層のほうがやや多く、2 mm 以上の細礫が少ないなど若干の違いが検出された。上位版築層では、2 資料ともに 250 μm ～2 mm の中粒砂～極粗粒砂の比率が多い結果となった。下位（白色）版築層の白色砂混黄褐色では細礫の比率が多く、肉眼観察と矛盾しない結果となった。下位（緑色）版築層では、盛土、上位版築層に比べ 63 μm 未満のシルト以下の比率が多いといえる。

[キトラ古墳壁画]

1) デジタルアーカイブスキャンニングによる画像記録

キトラ古墳壁画の再構成前の状態を詳細に記録するため、可視光線と赤外線によるデジタルアーカイブスキャンニングを実施している。本年度は、白虎、青龍、玄武、寅（十二支）の可視光線と赤外線による画像の取得をおこなった。赤外線によるスキャンニングでは、青龍の泥に隠れている部分については明瞭な画像を得ることができなかった。

2) 蛍光X線分析による壁画面（漆喰・色料）等の調査

高松塚古墳壁画との比較として、キトラ古墳壁画において鉛が検出されるか否か、および使用されている色料を推定するため、高松塚古墳壁画と同様に蛍光X線分析をおこなった。高松塚古墳壁画では、図像のある部分などにおいてきわめて高濃度の鉛を、また図像のない余白部分において微量の鉛を検出したが、キトラ古墳壁画では、図像のある部分および余白部分において鉛は全く検出されなかった。白虎では、爪、口唇などの赤色部分において水銀を検出しており、この赤色顔料が辰砂であるものと推定することができる。また、青龍ではその胴体部分がほとんど泥に隠れており、特定の色調部分を測定することは不可能であったが、銅と水銀を検出していることから、緑色ないしは青色の顔料として銅を含む顔料、たとえば緑青や群青などが用いられていること、赤色顔料として辰砂が用いられていることが推定できる。

3) テラヘルツ分光イメージング

壁画漆喰の内部の状態を調査するため、本年度は白虎と青龍のテラヘルツ分光イメージングをおこなった。白虎および青龍の両者ともに多孔質化が進行していると思われる部分と硬く結晶化していると思われる部分が存在することが推定されたが、多孔質化は高松塚古墳壁画ほどではないことも明らかとなった。白虎の前足部分には捻紙のようなものをあてて上からへら様のもので下書きを写し取ったとされる線がわずかなギャップとして確認されているが、テラヘルツイメージングによりこのわずかなギャップを明瞭に描出することができた。

平成 24 年度調査計画

[高松塚古墳壁画]

- 1) デジタルアーカイブスキャンニングによる画像記録（可視光、赤外）
- 2) 蛍光X線分析（天井石 1 と 4、床石 4）
- 3) 紫外線を用いてスキャンニングした画像の解析手法の開発
- 4) 分光光度計による壁画彩色材料調査（西壁 3 と東壁 3）
- 5) 漆喰表面へのカルサイト殻形成メカニズムに関する基礎研究
- 6) テラヘルツ分光イメージング（西壁 3 と東壁 3）

[キトラ古墳壁画]

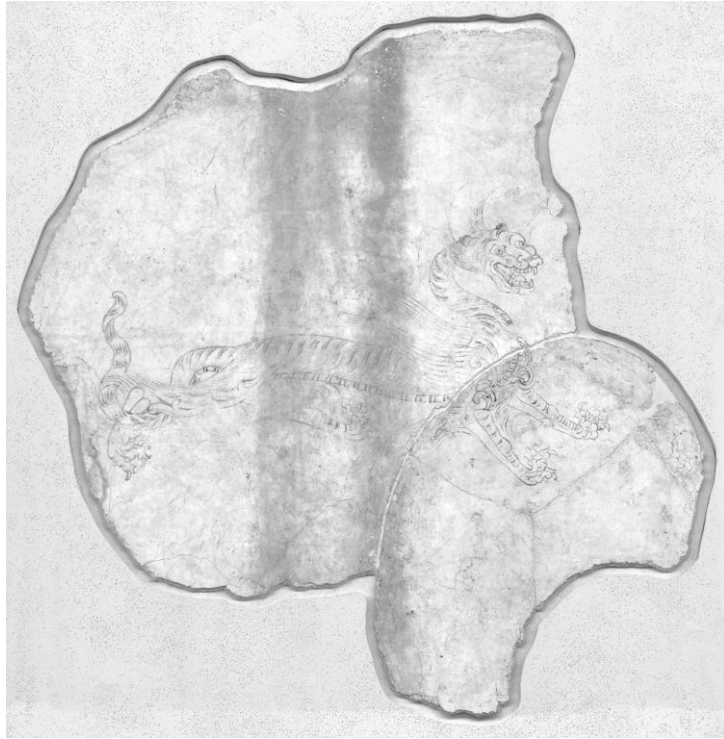
- 1) デジタルアーカイブスキャンニングによる画像記録（可視光、赤外）
- 2) 蛍光X線分析（玄武、十二支寅、天井の一部）
- 3) 分光光度計による壁画彩色材料調査（白虎、青龍、天井の一部）
- 4) テラヘルツ分光イメージング（玄武、十二支寅）



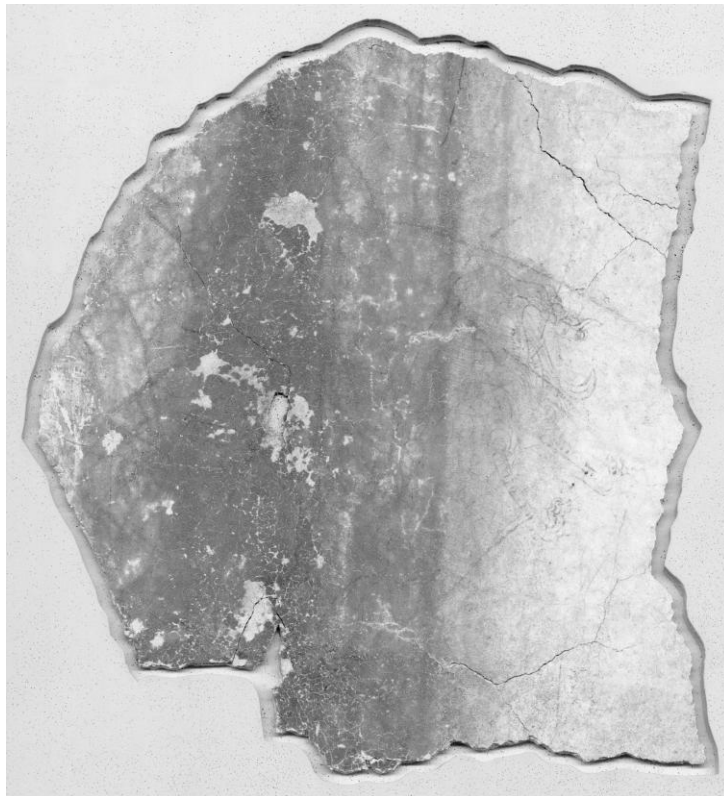
デジタルアーカイブスキャンニングによるキトラ古墳壁画「白虎」の画像（可視光）



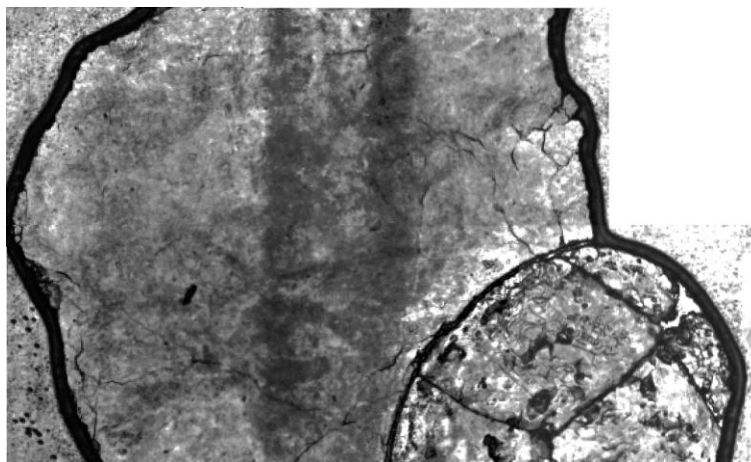
デジタルアーカイブスキャンニングによるキトラ古墳壁画「青龍」の画像（可視光）



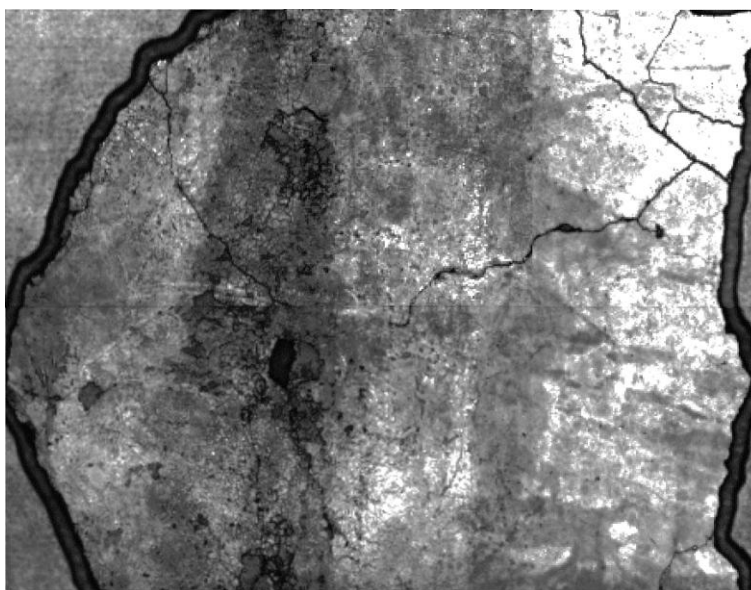
デジタルアーカイブスキャンニングによるキトラ古墳壁画「白虎」の画像（赤外）



デジタルアーカイブスキャンニングによるキトラ古墳壁画「青龍」の画像（赤外）



テラヘルツ分光イメージングによるキトラ古墳壁画「白虎」の画像



テラヘルツ分光イメージングによるキトラ古墳壁画「青龍」の画像