

# スペクトル計測に基づく王塚古墳壁画の任意光源下での色再現

朽津 信明

東京文化財研究所

増田 智仁・猪狩 壮文・池内 克史

東京大学

三橋 徹・松戸 堅治

凸版印刷株式会社

## 1 はじめに

壁画などの文化財の研究において、描かれた当時に人々の目にどのように映っていたかということは重要な論点であり、これまでも様々な方法で見えの再現がなされ、議論されている。先行研究では各々の色ごとのスペクトルや、撮影写真などのせいぜい二次元の情報に基づき考察がなされているが、複雑な形状を持つ壁面に直接描かれた古墳や洞窟などの壁画の全体的な見えを厳密に再現するためには、壁面の三次元形状が必要不可欠である。

我々は既に昨年<sup>1)</sup>の文化財科学学会において、フゴッペ洞窟の三次元形状データを用いて、洞窟壁面の線刻画の見えをコンピュータグラフィックス上で再現した研究成果を発表している [1]。これは主に洞窟の形状と黄道に依存して太陽光がもたらす陰影によって、線刻画がどのように見えるかを議論するにとどまっている。そこで本稿では、豊富な色彩を持つ装飾古墳の典型である桂川王塚装飾古墳を研究対象とし、異なる光源環境下における装飾の見え方について議論する。

本稿の構成は以下のとおりである。まず最初に研究対象とする王塚古墳について説明し、本稿で具体的に議論する内容を明らかにする。次に、王塚古墳の内部の装飾の任意光源下での見えを再現する手法について述べ、その結果を提示する。最後に結果から得られる考察を述べ、全体のまとめとする。

## 2 研究対象と論点

本稿において研究対象とする王塚古墳は、現在の福岡県桂川町に6世紀中頃に築造されたと見られる前方後円墳で、内部に極彩色の壁画を持つことから国の特別史跡に指定されている。装飾には、赤・黄色・白・黒・緑・灰色の六色の顔料が確認される [2]。

我々は装飾古墳を構築する上で、内部の装飾を描くことができる環境条件は非常に限られていると考えている。つまり、既に模様が描かれた壁面を用いて古墳を形成したとすれば、装飾は太陽光がもたらす自然光のもとで描かれていたのではないかと考える。一方、古墳を構築した後に装飾を施したとすれば、装飾は灯明などの人工光によって描かれたと考えられる(古墳内部には灯明台と呼ばれる施設がある)が、果たして灯明のもとで六色もの豊富な色彩を正確に識別しながら描けたかについては、甚だ疑問である。これらを実世界で検証するには、古墳を解体したり古墳内部で灯明をともしたりしなければならないが、これは事実上不可能である。そこで本稿では、太陽光と灯明台からの燃焼光での装飾の見えをコンピュータグラフィックス上で三次元的に再現する。

## 3 見えの再現手法とその条件

コンピュータグラフィックス上での三次元の見えを再現するには、対象物の形状と色の情報に合わせて、光源色などの対象物を取り巻く環境情報が必要になる。対象物の形状はレーザーレンジセンサ (Z+F Imager, KonicaMinolta VIVID) によって得られた三次元形状データを処理することによって得られる [3]。また、対象物の色情報は通常デジタルカメラなどで取得するが、こうして得られる情報は、高解像度なものであるが、一つの画素に格納される情報は通常 RGB の三つのチャンネルのみである。より厳密な色情報を取得するためには分光器を使用しなければならないが、これは可視光波長の連続スペクトルをライン上の各点で一度に取得できる反面、計測速度・画素数・感度・焦点距離などの問題のため、デジタルカメラに比べて非常に解像度が低い。本稿ではデジタルカメラ (Nikon D1X) の高密度な情報と、分光器 (Specim ImSpector) の正確な色情報を統合した [4]。環境情報としての光源色については、太陽光はプランクの公式により黒体放射のスペクトル [5] として算出し、灯明は木材を燃焼させて得た光としてスペクトルを得た。太陽光と木材の燃焼光では、実際には装飾を照らす光量が全く異なるが、本稿ではこれらを同等とし、木材の燃焼光と観察位置の距離による輝度の減衰のみを考慮した。その結果を図 1 に示す。

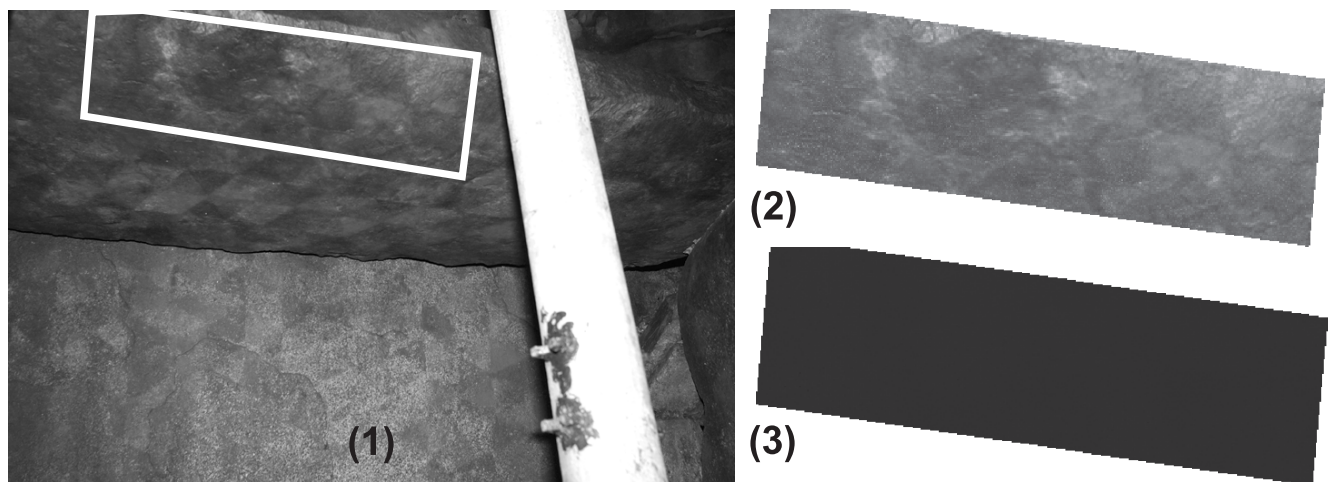


図 1: (1) 古墳内部・石屋形の天井を見上げている様子。矩形のエリアに対して、(2) 太陽光での見えを再現した結果と (3) 灯明での見えを再現した結果。太陽光のもとでは装飾が分かるが、灯明ではもはや装飾が認識できない。

#### 4 結果と考察

本稿では王塚古墳の紋様の中でも代表的な、奥室石屋形内の連続三角紋部分に着目する。図 1 中 (2) は石室天井石が載せられていない状態で差し込む昼間の太陽光の灯りで見えた結果を示す。次に図 1 中 (3) は、天井石が載せられ石室が封印された条件で、石室内に置かれた二箇所の灯明台に人工光が灯された状態で見た結果を示す。本紙面では白黒でしか表示できないものの、図から明らかなように、石室を封印した後に二箇所の灯明だけで壁画を見た場合には、殆どその紋様を認識することができない。これはカラー画像(学会当日に会場で示す)で見ても、灯明だけでは色の識別はほぼ不可能である。これに対し、天井石がない状態で差し込む昼間の太陽光で見えた場合には、白黒画像でも明らかに三角紋の形状を認識することが可能であり、またカラー映像で見れば、各色の識別も十分に可能であることがわかる。むしろ、人間の視覚は環境に適応しながら認識を行うため、コンピュータグラフィックス上で再現された見えは、実際の古墳を観察する時とは異なることが予想されるが、少なくとも太陽光と灯明の間では、色の輝度や色の認識に極めて大きな差異が生じている。すなわち、密閉された古墳の中で灯明を灯して装飾を施すことは困難だったと考えられる。今回の見えの再現実験は古墳の構築方法を推測するにとどまらず、構築された装飾古墳内で何らかの儀式が営まれた場合には、参列者にとっての石室内の見えがどのような意義を持つものであったかなど、検証を進めていくことによりさらなる考古学的知見を与えるものと考えられる。

#### 参考文献

- [1] 朽津信明, 増田智仁, 山田陽介, 池内克史. 三次元計測に基づくフゴッペ洞窟への光の差し込みのシミュレーション. 日本文化財科学会第 21 回大会講演要旨集, pp. 44–45, May 2004.
- [2] 朽津信明, 川野邊渉. 九州装飾古墳の緑と「青」について. 保存科学, 第 39 巻, pp. 24–32, March 2000.
- [3] 池内克史. Crest 池内プロジェクト 概要. 情報処理学会研究報告, pp. 1–8, March 2003. ISSN 0919-6072.
- [4] G. E. Healey, S. A. Shafer, and L. B. Wolff. *Physics-Based Vision Principles and Practice*. Jones and Bartlett Publishers, 1992.
- [5] G. D. Finlayson and S. D. Hordley. Color constancy at a pixel. *Journal of the Optical Society of America A*, Vol. 18, No. 2, pp. 253–264, February 2001.