

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：64401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26882058

研究課題名(和文)中国石窟芸術技法・材料の解明による美術史観再考 麦積山石窟を事例として

研究課題名(英文)Reconsideration of Chinese Grottoes Buddhist Art through Its Techniques and Materials

研究代表者

末森 薫 (SUEMORI, KAORU)

国立民族学博物館・文化資源研究センター・機関研究員

研究者番号：90572511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：中国甘肅省の麦積山石窟および敦煌莫高窟の壁画を対象として、1)壁画彩色材料光学情報の可視化、2)壁画制作材料・技法の非破壊分析、3)千仏図描写法の解析を進めた。1)では、狭帯域LED光源を用いた光学調査法を確立し、壁画表面の光学情報の抽出に有用であることを明らかにした。2)では、X線回折分析、蛍光X線分析、顕微鏡観察により、麦積山石窟壁画片に用いられた彩色材料や技法を同定・推定した。3)では、敦煌莫高窟の北朝期(5～6世紀)に描かれた千仏図が持つ規則的な描写表現を解析し、石窟空間における千仏図の機能を明らかにするとともに、千仏図の変遷より北朝期の石窟造営の展開について一考を提示した。

研究成果の概要(英文)：Targeting Maijishan Grottoes and Mogao Grottoes in Gansu, China, this research conducted three subjects; 1) Visualization of optical information of mural painting, 2) Non-destructive examination on techniques and materials of mural painting, and 3) Analysis of depicting method of Thousand-Buddha painting. As result of 1), the optical survey method applying narrow-band LED light source developed, and usefulness of the method for extracting optical information on surface of murals was assured. As result of 2), materials and techniques used in mural fragments of Maijishan revealed by non-destructive analysis methods of X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), and high resolution microscopic imaging. As result of 3), color patterns of Thousand-Buddha painting in Mogao grottoes were analyzed. Through depicting methods of the painting, the functions of Thousand-Buddha painting inside cave space and evolution process of grottoes in Northern Dynasty in Mogao Grottoes were examined.

研究分野：文化財保存科学、中国仏教美術史

キーワード：文化財科学 中国仏教美術 壁画技法・材料 光学調査 千仏図 シルクロード 麦積山石窟 敦煌莫高窟

1. 研究開始当初の背景

中央アジアと中国を結ぶシルクロードの沿線に位置する中国甘粛省には、多くの仏教石窟寺院が残存する。石窟寺院に残される壁画や造像は、当時の仏教の教義や儀礼、仏教の伝播の歴史などを伝える貴重な資料であり、人文科学分野の研究対象として長年にわたり多くの学術的知見が蓄積されてきた。また、近年では、機器分析や先端科学技術などの自然科学的手法を用いた調査・分析を通して、制作技法や材料に関する知見も明らかにされてきている。

一方で、人文科学と自然科学の双方を繋ぐ領域の研究はまだ発展途上にあり、それぞれが独立して論じられている場合が多いのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、中国甘粛省にある麦積山石窟および敦煌莫高窟に描かれた壁画を主な対象として、人文科学および自然科学の双方の分野の方法を用いる。そして、壁画の制作技法や使用材料、制作方法など、壁画が包含する様々な情報を抽出するための調査・分析を進め、中国仏教石窟の研究に新たな視座や方法論を提示する。

3. 研究の方法

本研究では、下記三つの課題を柱として、研究を進めた。

(1) 壁画彩色材料光学情報の可視化

壁画に用いられた彩色材料の光学特性や資料表面の状態を可視化する手法として、近紫外・可視光域の狭帯域LED光源、波長を制御する各種の光学フィルターを用いた調査法を検討し、麦積山石窟壁画片9点と国立民族学博物館の標本資料の調査に応用した。そして、麦積山石窟にて、本手法を活用した壁画調査を実施した。

(2) 壁画制作材料・技法の非破壊分析

麦積山石窟の壁画片9点を対象として、高精細デジタル顕微鏡を用いた彩色層微細部の観察、蛍光X線およびX線回折による非破壊分析調査を実施し、使用材料や制作技法について歴史的な観点を含めて考察した。

(3) 千仏図描写法の解析

敦煌莫高窟の北朝代に描かれた規則性を備える千仏図を対象として、現場での目視観察を中心として、規則的な配色パターンについて数論的な解析を行った。そして、千仏図を描写する上での設計に着目し、石窟空間における千仏図の機能などを考察した。

また、麦積山石窟、炳靈寺石窟、西千仏洞の北朝代に描かれた千仏図について、目視による描写法の調査を実施し、敦煌莫高窟千仏図との比較検証を行った。

4. 研究成果

本研究で実施した、上記三つの課題について、次の成果を得た。

(1) 壁画彩色材料光学情報の可視化

赤外線カットフィルター・ローパスフィルターを外した CMOS センサーデジタルカメラ (SONY α 6000、撮影範囲 360~1100nm 程度) と近紫外から可視光域の特定波長を照射する砲弾型 LED 光源 13 種、光源側および受光部側に透過波長を制御する各種の光学フィルター (バンドパスフィルター (BPB)・シャープカットフィルター (SC) (Fuji Film)、紫外線透過可視光吸収フィルター (UL-360 (OMG)) を用いた光学調査法を実証的に検討した結果、光源側の波長と受光部側の波長を調整することで、撮影対象が持つ分光特性を面的に視覚化できることが確認された。また、本手法が、博物館資料に付着したカビの観察やカビ種の推定にも有効であることを確かめた (学会発表⑥)。

麦積山石窟壁画片9点を対象に、本手法による調査を実施した結果、各材料が持つ反射や吸収の光学特性や蛍光反応を面的に可視化することができ、使用材料のマッピングや、壁画彩色層の重層構造の確認、壁画表面の付着物の有無の確認等に応用できることを確認した。本研究の成果は、2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウムにて発表した (学会発表③)。なお、本発表を行うにあたり、研究協力者である麦積山石窟藝術研究所の岳永強氏を日本に招聘し、日中共同での発表を行った (学会発表④)。

また、彩色材料 26 種 (胡粉、鉛白、亜鉛華、黄土、藤黄、マシコット、金泥、銀泥、銅粉、真鍮粉、銀朱、辰砂、鉛丹、弁柄、コチニール、天然緑青、緑土、天然群青、藍、ウルトラマリンブルー、プルシャンブルー、ラピスラズリ、エジプシャンブルー、ハンブルー、松煙墨、油煙墨) を膠水でガラススライドグラスに塗布して作成した彩色プレパラートおよび模写絵画を対象として、偏光撮影を採り入れた調査法を検討した結果、偏光状態をつくることにより、彩色材料の分光特性や蛍光についてより精度の高い画像を取得できることが確認された (図1)。本成果について、日本文化財科学会第 33 回大会での発表を予定する (学会発表⑦)。

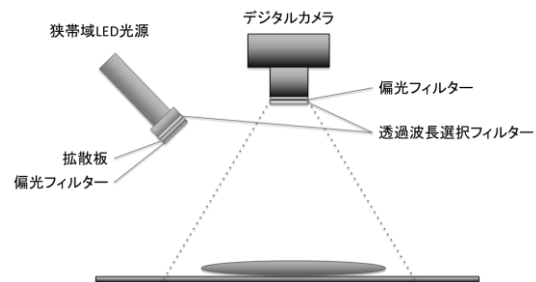


図1: 狭帯域光源を用いた偏光撮影 模式図

(2) 壁画技法・材料の非破壊分析調査

麦積山石窟壁画片を対象に、デジタル顕微鏡を用いた微細部観察、蛍光X線、X線回折による非破壊材質分析を実施した。

顕微鏡観察では、粒子の有無や粒径、粒形、混合物の確認など、彩色層の特性を調査した。その結果、同系統の彩色材料であっても、壁画片によって、調製方法や含有物に違いがあることや彩色材料の変色過程が認められた。

また、蛍光X線分析および微小部蛍光X線分析では、各壁画片の彩色に含まれる主要元素を特定した。そして、それらの元素情報に基づいて行ったX線回折分析により、回折パターンを取得し、各材料の同定を試みた。白色については、これまでカルシウム系の材料ということは分かっていたが、今回の調査で窟により数種類のカルシウム系の材料が確認された。多くの窟で硫酸カルシウム系が検出された他、苦灰石やシュウ酸カルシウムも一部の壁画片において検出された。本成果を日本文化財科学会第32回大会にて発表した(学会発表⑤)。

上述の(1)および(2)の成果を踏まえ、2015年11月に実施した麦積山石窟での現地調査では、北涼・北魏代に分期される各窟の壁画を対象として、狭帯域光源を用いた光学調査法と、可搬型デジタル顕微鏡による目視観察調査を実施し、麦積山石窟壁画に使用された材料や技法の変遷を追う調査を開始した。

(3) 千仏図描写法の解析

敦煌莫高窟北朝期窟に描かれる「千仏図」の彩色の規則性に着目し、描写を行う上での配色パターンを解析した。その結果、千仏図は、規則的に彩色が施されることで、同じ配色で描かれた図像が斜めに連続する視覚効果(「斜行方向」、図2)と、隣り合う図像同士の頭光と身光の配色関係による視覚効果(「頭光・身光の配色」、図3)の二つの視覚表現を有することが確認された。莫高窟北朝期窟に描かれた千仏図は、このふたつの視覚効果を使い分けて描写されており、各窟でその特徴が異なることも確認された。そこで、千仏図の描写設計に着目した考察を行い、石窟空間における千仏図の機能や、千仏図の描写方法および描写設計の側面より、北朝期における石窟造営の展開を明らかにした。本成果は、中国仏教美術考古セミナー2015(学会発表②)および日本中国考古学会2015年度大会(学会発表①)にて発表するとともに、論文としてまとめた(雑誌論文①)。

また、敦煌莫高窟と同じく甘粛省に位置する麦積山石窟、炳靈寺石窟、西千仏洞にも規則性を備える千仏図が描かれており、それらの描写法について目視にて調査を行った。莫高窟に描かれた千仏図と比較したところ、共通点が確認されるとともに、それぞれの独自性が認められた。

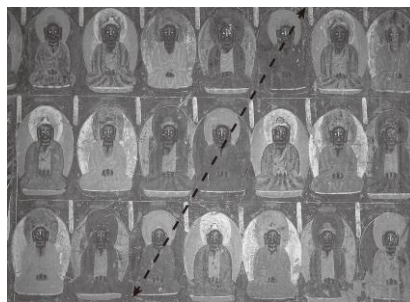


図2 千仏図が有する斜行方向の視覚効果
(図版出典：大沼淳・樊錦詩監修 2002『敦煌石窟
1 莫高窟第二五四・二六〇窟』文化出版局)



図3 千仏図頭光・身光の配色による視覚効果
(図版出典：敦煌文物研究所 1980「図版解説」『中
国石窟 敦煌莫高窟一』平凡社)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 末森薫、敦煌莫高窟早期窟千仏図像の規則的描写法—第二五四窟の空間設計における千仏図像の機能—、佛教藝術、査読有、347号、2016 *ページは2016年6月現在不明である。

[学会発表] (計7件)

- ① 末森薫、「敦煌莫高窟北朝期窟の造営の展開に関する一考察—千仏図像の描写法の変遷を中心として—」日本中国考古学会2015年度大会、2015年12月19、20日、成城大学(東京都世田谷区)
- ② 末森薫「敦煌莫高窟早期窟千仏図像の規則性および機能」、中国仏教美術考古セミナー2015「敦煌莫高窟美術史研究の現在」、2015年8月31日、成城大学(東京都世田谷区)
- ③ 末森薫、八木春生、松井敏也、馬千、董広強、岳永強「近紫外光・可視光線狭帯域光源を用いた天水麦積山石窟壁画片の調査」、2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 奈良、2015年8月27、28日、奈良春日野国際フォーラム 麓(奈良県奈良市)
- ④ 岳永強、王通玲、馬千、董広強、松井敏也、末森薫「锚杆技術在天水麦積山石窟壁画保护修复中的应用(アンカー技術を応用した天水麦積山石窟壁画の保存修復)」、2015 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 奈良、2015年8月27、28日、奈良春日野国際フォーラム 麓(奈良県奈良市)
- ⑤ 末森薫、八木春生、松井敏也、馬千、董

広強、岳永強「中国天水・麦積山石窟壁画の彩色材料に関する非破壊分析調査」、日本文化財科学会第 32 回大会、2015 年 7 月 11、12 日、東京学芸大学（東京都小金井市）

- ⑥ 末森薫、園田直子、日高真吾、高鳥浩介、吉田直人、川越和四、和高智美、河村友佳子、橋本沙知「近紫外・可視光波長域を応用した博物館資料の光学調査法ーカビに由来する蛍光反応可視化を事例として」、文化財保存修復学会第 37 回大会、2015 年 6 月 28、29 日、京都工芸繊維大学（京都府右京区）
- ⑦ 末森薫、園田直子、日高真吾、和高智美、河村友佳子、橋本沙知「狭帯域 LED 光源を用いた偏光撮影による彩色材料光学情報の可視化」、日本文化財科学会第 33 回大会、2016 年 6 月 4、5 日、奈良大学（奈良県奈良市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

末森 薫 (SUEMORI, Kaoru)

国立民族学博物館・文化資源研究センター・機関研究員

研究者番号：90572511