

令和元年6月10日現在

機関番号：64401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05902

研究課題名（和文）中国甘肃佛教石窟壁画の制作技法に関する多面的研究

研究課題名（英文）Multifaceted Studies on Techniques of Mural Painting at Buddhist Grottoes in Gansu, China

研究代表者

末森 薫 (SUEMORI, KAORU)

国立民族学博物館・学術資源研究開発センター・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） 4,500,000円

研究成果の概要（和文）：中国甘肃省にある麦積山石窟・敦煌莫高窟に描かれた壁画の制作技法・材料の多面的な研究を進めた。麦積山石窟壁画の光学調査では、彩色材料や壁画構造のデータを得たほか、目視では観察しにくい図像を可視化した。また、麦積山石窟壁画片の放射性炭素年代測定では、過半数が既存年代観と調和を示したが、一部は外れる結果となった。そして、敦煌莫高窟の千仏図が有する規則的描写の分析からは、時代ごとの空間の特徴などを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シルクロードの一部である河西回廊沿いの仏教石窟に残される壁画や造像は、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る。古代仏教壁画の制作技法・材料に関する多面的な研究で得られた成果は、制作当時の文化の様相を示す物証であり、制作年代、描写方法に関する客観的データを示すとともに、中国に仏教が伝来した初期における仏教文化の諸相を明らかにするものである。

研究成果の概要（英文）：This multifaceted study targeted the techniques and materials of the mural paintings depicted in Maijishan Grottoes and Mogao Grottoes in Gansu Province, China. By using optical photographic examination, much information contained in the mural paintings was visualized. Also, the characteristics of painting materials and the structure of mural paintings were revealed by using XRF analysis and CT scanning. The results of carbon dating of Maijishan mural fragments showed that the date of the most fragments matches with the date of existing chronology, while the date of some fragments was different from that. Through analyzing the coloring pattern and arrangement of the thousand Buddha image depicted in Mogao Grottoes, the characteristics of cave spaces in each era were revealed.

研究分野：文化財科学、中国仏教美術史

キーワード：中国仏教美術 壁画 技法・材料 麦積山石窟 光学調査 年代測定 敦煌莫高窟 千仏図

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

インドに誕生した仏教は、中央アジアを経由し、中国、日本へと伝播した。中央アジアと中国を結ぶシルクロード沿いには、岩に洞窟を穿ち寺院を模した石窟寺院が造られ、中国甘粛省にも河西回廊を中心に多く残される。その内部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残す貴重な資料であり、これまでも豊富な学術的知見が蓄積されてきた[『中国の仏教美術』水野清一(1968)、『中国美術論集』長廣敏雄(1984)、『中国石窟寺研究』宿白(1996)等]。また近年では、自然科学や先端科学技術の手法を用いた調査・研究を通して、制作技法や材料に関する科学的なデータも提示されている[『丝绸之路石窟壁画彩塑保护』李最雄(2005)、『敦煌壁画の保護に関する日中共同研究』東京文化財研究所・敦煌研究院(2007-2013)等]。

研究代表者は先行研究を基礎として、平成 26、27 年度の科研費補助金(研究活動スタートアップ「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」(研究課題番号:26882058))を受け、中国甘粛省にある麦積山石窟と敦煌莫高窟を対象に、分光特性を用いた壁画の光学調査方法の確立、非破壊分析調査に基づく壁画の材料・技法の同定、規則的な配色を用いた描写方法の解析などの研究を進めてきた。

## 2. 研究の目的

上述の研究を発展させた本研究課題は、自然科学(主に文化財科学)および人文科学(主に考古学、美術史学)の複合的な方法論を用い、古代仏教壁画の制作技法や材料を多面的に検証し、壁画が包含するさまざまな情報を明示・解釈することを目的に進めた。自然科学的手法により、石窟壁画の制作技法や材料、制作年代、描写方法に関する客観的データが蓄積されるとともに、時間軸を持つ人文科学的手法により、時代や地域による壁画制作技法・材料の変遷や図案の用いられ方の違いなど、中国に仏教が伝来した初期における仏教美術の諸相を明らかにすることを想定した。

## 3. 研究の方法

上記の目的に基づき、中国甘粛省にある麦積山石窟および敦煌莫高窟の壁画を主な対象として、下記三つを柱として進めた。

### (1) 光学的手法による壁画制作技法・材料の解明

照射する光、受光する光、照射の方法などを変える光学撮影法は、目視では確認しにくい図像や材料、彩色層の構造、彩色の分布など壁画が有するさまざまな情報を可視化する有効な手段である。本研究では、麦積山石窟において北魏、西魏に比定される壁画を対象として、光学撮影調査を実施し、壁画表面における彩色材料や技法の特性を可視化した。また、可搬型蛍光 X 線分析装置による元素分析、マイクロフォーカス CT システムを用いた壁画片の内部観察により、壁画に用いられた彩色材料、壁画片の内部構造を検証した。

### (2) 放射性炭素年代測定と美術史編年の比較による年代観の再考証

壁画片の下塗り層には、麻や藁スサなどの有機物が含まれている。それらを微量採取し放射性炭素年代測定に供することで、炭素 14 年代を測定することができる。本研究では麦積山石窟の壁画片 11 点より、有機物を微量採取し、各壁画片の炭素 14 年代を得て、その結果を既存の編年体系と比較検証し、麦積山石窟の年代観を再考した。

### (3) 敦煌莫高窟に描かれた千仏図の規則的描写の解析・検証

敦煌莫高窟に現存する中で最も古い窟に位置付けられる第 272 窟には、配列および配色によって規則性を有する千仏図が描かれている。この規則性を備える千仏図は北朝(北涼、北魏、西魏、北周)、隋、初唐に比定される窟に確認され、壁面の大部分を占める窟も少なくない。本研究課題では、現地調査にて北朝および隋に比定される窟を悉皆的に調査し、各時代における規則性を備える千仏図の描かれ方や石窟空間において果たす役割を検証した。

## 4. 研究成果

研究の方法であげた三つの項目ごとに、以下にそれぞれの成果を記す。

### (1) 光学的手法による壁画制作技法・材料の解明

現場での調査に先立ち、各種の彩色材料を塗布して作成した彩色プレパラートおよび麦積山石窟の壁画片 11 点を対象として、彩色材料および蛍光反応の分光測色調査をおこなうとともに、狭域帯の近紫外域、可視域、近赤外域の狭帯域光源や白色偏光光源、モノクロカメラを用いた予備調査を実施し、撮影方法および条件を精査した。そして、2016 年 10 月、2018 年 10 月の二回にわたり麦積山石窟での現場調査を実施し、第 76 窟および第 127 窟の壁画を主な対象として光学撮影調査をおこなった。光学撮影で得られた画像について画像処理を施した結果、目視では確認しにくい図案や、彩色材料の分布を可視化することができた(図 1。雑誌論文、学会発表、)。また、同手法を用いて遼寧省義県にある奉国寺大雄殿に描かれた元代制作の壁画の調査をおこない、壁画表面における彩色材料や修復箇所可視化、目視では確

認しにくい図案の可視化をおこなった（学会発表）。

その他、北朝期窟を対象として、可搬型蛍光X線分析装置を用いて壁画に残る彩色の分析（雑誌論文、学会発表）や、マイクロCTスキャンシステムによる麦積山石窟壁画片の非破壊構造調査（学会発表）を実施し、壁画に用いられた彩色材料の特性や壁画の構造を確認した。



白色偏光照射・正反射光受光

白色偏光照射・正反射光受光

図1 麦積山石窟第127窟南壁西下部 地獄図（部分）

## （2）放射性炭素年代測定と美術史編年の比較による年代観の再考証

東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室の協力のもと、麦積山石窟壁画片11点より微量の有機物を採取し、放射性炭素年代測定に供した。測定結果について、ベイズ推定に基づき年代を絞り込み、推定年代モデルを作成した結果、過半数の壁画片において既存年代観と調和する結果を得られた。一方で、既存の年代観と大きく値が外れている結果も見られた。北魏（386-534）に比定される第148窟の壁画片からは、大分と年代が下る結果が得られ、測定に供した壁画片が元（1271-1368）の頃に重修されたものであることが理解された。また、麦積山石窟の中で最も古い造営のひとつとされる第74窟の壁画片については、既存の年代観よりも大分と早い年代が得られた。この要因としては、壁画制作年代と植物片の植生年代に差がある、異なる年代の植物片が混合して使用された、試料中のターゲットではない由来不明の炭素を測定したなどの可能性が考えられるが、現状では定かではない。なお、5C半ばから6C半ばにかけての14Cの較正年代は複雑な対応関係にあり、より確度の高い年代モデルを得るには、今回測定していない窟を含め、さまざまなコンテキストから試料を採取して測定数を増やすなど、追加の測定による検証を要する（学会発表）。

## （3）敦煌莫高窟に描かれた千仏図の規則的描写の解析・検証

敦煌莫高窟に現存する中で最も古い窟に位置付けられる第272窟には、配列および配色によって規則性を有する千仏図が描かれている。この規則性を備える千仏図は北朝（北涼、北魏、西魏、北周）、隋、初唐に比定される窟に確認され、壁面の大部分を占める窟も少なくない。本研究課題では、現地調査にて北朝および隋に比定される窟を悉皆的に調査し、各時代における規則性を備える千仏図の描かれ方や石窟空間において果たす役割について検証した。検証の結果、礼拝をおこなう空間を創出する上で千仏図が重要な役割を果たしていること、窟形や時代により千仏図の用いられ方には違いが見られることなどを明らかにした。本研究成果については、筑波大学大学院に提出した博士論文『敦煌莫高窟に描かれた規則性を備える千仏図の研究』（図書）にまとめたほか、学術論文（、、、）学会発表（、、）図書（）の各媒体で公表を進めてきた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計9件）

末森薫、岳永強、李天銘、馬千、董広強、松井敏也、八木春生、中国天水麦積山石窟第127窟における壁画の光学調査、伝統技芸と現代科技 東亜文化遺産保護学会第六次国際学術研討会論文集、復旦大学出版社、査読無、2019、pp.551-561。

SUEMORI Kaoru, YUE Yongqiang, LI Tianming, MA Qian, DONG Guangqiang, MATSUI Toshiya, YAGI Haruo, Optical photographic examination of mural paintings in Cave 127 of the Maijishan Grottoes, Tianshui, China, *Traditional Techniques and Modern Technology: The Proceedings of the Sixth Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asia*, 査読無, 2019, pp.569-580.

周怡杉、松井敏也、末森薫、岳永強、董広強、馬千、李曉溪、携帯型XRF装置による麦積山石窟北魏代の壁画に使用された顔料の元素分析調査、伝統技芸と現代科技 東亜文化遺産保護学会第六次国際学術研討会論文集、復旦大学出版社、査読無、2019、pp.611-625。

ZHOU Yishan, MATSUI Toshiya, SUEMORI Kaoru, YUE Yongqiang, DONG Guangqiang, MA Qian, LI Xiaoxi, Portable XRF Study for the Pigments Applied in the Wall Paintings of the Caves in Bei Wei Period at the Maijishan Cave-Temple Complex, *Traditional Techniques and Modern Technology: The Proceedings of the Sixth Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asia*, 査読無, 2019, pp.629-643.

未森薫、敦煌莫高窟の北周代における石窟空間構成 - 図案が示す方向性による解釈 -、世界遺産学研究、査読有、4号、2017、33-62。

DOI: 10.15068/00147052

未森薫、敦煌莫高窟の西魏代における石窟空間構成 - 千仏図の描写設計を中心として -、国立民族学博物館研究報告、査読有、vol.41 no.2、2017、127-193。

DOI: /10.15021/00008441

未森薫、敦煌莫高窟を彩る千仏壁画、季刊民族学、一般財団法人千里文化財団、査読無、58、2017、50-60。

未森薫、敦煌莫高窟北朝前期における石窟造営の展開 - 千仏図の描写設計を中心として -、中国考古学、日本中国考古学会、査読有、16号、2016、279-301。

未森薫、敦煌莫高窟早期窟千仏図の規則的描写法 第二五四窟の空間設計における千仏図の機能、佛教藝術、毎日新聞出版、査読有、347号、2016、9-37。

#### [学会発表](計 11 件)

未森薫、岳永強、李天銘、馬千、董広強、松井敏也、八木春生、河村友佳子、CTを用いた麦積山石窟壁画片の非破壊構造調査(Nondestructive Structural Survey applying CT on Mural Fragments of Maijishan Grottoes, Tianshui, China)、2019 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム、大田 KT 人材開発研修院(大韓民国大田市)、2019年8月29日 - 31日(予定)。

未森薫、劉成、王飛、孫劍、松井敏也、中国遼寧省義県・奉国寺大雄殿に描かれた壁画の光学撮影調査(Optical photographic examination of mural paintings depicted in Fengguo temple, Yixian, Liaoning, China)、日本文化財科学会第36回大会研究発表要旨集、92-93、東京藝術大学(東京都)、2019年6月1日 - 2日。

未森薫、文化財を対象とした光学撮影・画像処理の方法 - 壁画や博物館資料への活用事例、第63回システム制御情報学会研究発表講演会 予稿集、591-594、中央電気倶楽部(大阪)府、2019年5月22日。

2019「建築的空間から見た中国の石窟寺院 - 敦煌莫高窟・天水麦積山石窟を中心として -」未森薫、武庫川女子大学トルコ文化研究センター研究会、武庫川女子大学甲子園会館(兵庫県)、2019年3月15日。

未森薫、敦煌莫高窟に描かれた規則性を備える千仏図 - 彩色がつくる宗教空間 -、国立民族学博物館研究懇談会、国立民族学博物館(大阪府)、2019年2月13日。

未森薫、麦積山石窟調査報告 - 光学調査与放射性炭素年代測定 -、麦積山石窟藝術研究所研究会、麦積山石窟芸術研究所(中国天水市)、2018年10月31日。

未森薫、敦煌莫高窟富有規律性的千佛図像視覚特征研究、「敦煌壁画：形式与風格」學術研討會、敦煌研究院(中国敦煌市)、2018年10月24日。

未森薫、岳永強、大森貴之、尾寄大真、米田穰、中国天水・麦積山石窟壁画片の高精度炭素年代測定(High-precision Radiocarbon Dating with Mural Fragments of Maijishan Grottoes, Tianshui, China)、日本文化財科学会第35回大会研究発表要旨集、128-129、奈良女子大学(奈良県)、2018年7月7日 - 8日。

未森薫、岳永強、李天銘、馬千、董広強、松井敏也、八木春生、中国天水麦積山石窟第127窟における壁画の光学撮影調査(Optical photographic examination of mural paintings in Cave 127 of the Maijishan Grottoes, Tianshui, China)、上海国際文化遺産シンポジウム(第6回東アジア文化遺産シンポジウム)、復旦大学(中国上海市)、2017年8月24日 - 25日。

周怡杉、松井敏也、未森薫、岳永強、董広強、馬千、李曉溪、携帯型 XRF 装置による麦積山石窟北魏代の壁画に使用された顔料の元素分析調査、上海国際文化遺産シンポジウム(第6回東アジア文化遺産シンポジウム)、復旦大学(中国上海市)、2017年8月24日 - 25日。

未森薫、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回大会研究発表要旨集、290-291、奈良大学(奈良県)、2016年6月4日 - 5日。

#### [図書](計 2 件)

未森薫、法蔵館、敦煌莫高窟と千仏図、2020、333(予定)\*科学研究費助成事業・研究成果公開促進費・学術図書(19HP5003)。

未森薫、筑波大学大学院提出博士学位論文、敦煌莫高窟に描かれた規則性を備える千仏図の研究、2018、263。

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。