

令和 2 年 5 月 17 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18461

研究課題名（和文）ヴァーチャル・リアリティ・モデルによるカッパドキア岩窟聖堂の編年構築の試み

研究課題名（英文）Reconsidering the Chronology of Wall Paintings of Rock-cut Churches in Cappadocia through Virtual Reality Models

研究代表者

菅原 裕文（Sugawara, Hirofumi）

金沢大学・歴史言語文化学系・准教授

研究者番号：40537875

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：ヴァーチャル・リアリティ（以下VR）・モデルでは聖堂の構造、各部の形状、測量値、図柄、図像の配置、色彩が正確に再現される。本研究ではVRモデルを準一次資料として活用し、考古学・建築史・美術史の研究手法を援用しつつ、カッパドキアにおける岩窟聖堂壁画の編年を精緻化することに取り組んだ。

本研究では岩窟を掘削する際にできた鑿・手斧による掘削痕に着目して、これを石工の様式と再定義し、VRモデルを用いてそのパターンを分析した。その結果、時代・地域ごとに掘削痕が異なること、画家と石工の間に一定の協働関係があることが判明し、編年の精緻化することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の編年構築法は年代の特定が困難だった全てのモニュメントに応用可能であり、美術史・建築史・考古学・文化財科学を学際的に融合させた好例となる。VRモデルは可視データの集積であり、最新の研究成果を随時反映できるため、美術史・建築史・考古学・文化財科学に不可欠の研究資料・手段になる。ゆえに、本研究には来るべき研究環境の変化を見据えた3Dドキュメンテーションとしての意義もある。本研究で製作されたVRモデルは将来的に複数の学問領域に跨る地理情報システムで一括管理し、広く共有する。

研究成果の概要（英文）：The Virtual Reality (Hereafter VR) model accurately reproduces the structure of the cathedral, the shape of each part, the surveyed values, the design, the arrangement of the images, and the colors. In this research, this study utilized the VR model as a quasi-primary material, and applied the research methods of archeology, architectural history, and art history, and worked on refining the chronology of the wall paintings of the rock-cut churches in Cappadocia.

In this research, we focused on the chips created by the chisel and hatchet when excavating caves, redefined this as masonry's own style, and analyzed the pattern using a VR model. As a result, it became clear that chisel chips were different for each period and region, and that there was a certain cooperative relationship between painters and masons, and the chronology of wall paintings in Cappadocian churches could be refined.

研究分野：西洋美術史

キーワード：西洋中世美術史 ビザンティン美術史 キリスト教美術史 聖堂壁画 カッパドキア ヴァーチャル・リアリティー 写真測量法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界遺産のカップドキアには 1500 以上 (壁画が残る聖堂は内 250 強) の岩窟聖堂が残り、ビザンティン美術史を辿るには不可欠な地域である。これまで同地の聖堂の編年は専ら壁画の様式判断に依り、編年の精度は半世紀が限界であった。他方、聖堂の残存数に対して建築史的研究は些少であり、建築史による編年は未だ構築されていない。また現時点までに絵画様式による年代比定以上に精度の高い科学的分析 (C14 測定・顔料分析) の結果は出ていない。

筆者はかねてからヴァーチャル・リアリティ (以下 VR)・モデルによるカップドキア岩窟聖堂の文化資源的な活用法を模索してきた。VR では聖堂の構造、各部の形状、測量値、図柄、図像の配置、色彩が正確に再現される。そのため、VR はこれまで有効な研究成果の発表手段や未公開・修復中の聖堂の代替公開手段のみならず文化財保護に対する教育普及への寄与も期待されてきた。しかし、VR モデルの長所に着目して一次資料に準じる研究手段として活用した研究はなされていなかった。

2. 研究の目的

VR モデルはこれまで専ら研究成果の発表手段として用いられてきたが、本研究では VR の長所に着目して研究資料・手段として活用する。その上で、美術史・建築史・考古学の複眼的な観点から、混乱が見られたカップドキア岩窟聖堂の編年を精緻化し、新たに統一的な編年を構築することを目的とする。以下 3 項目を編年構築のための補足的な目的とする。

- 基準作例の聖堂を選定し、建築部位・意匠のセリエーションを構築する。
- 聖堂各部の比率を算出してカノンの有無を探る。
- 建築部位と図像・装飾の組み合わせの傾向を年代別に整理する。

従来の絵画様式による年代比定では、制作年が特定できない聖堂について半世紀単位の編年設定が限界だった。本研究では上記の考古学・建築史・美術史の観点を加味して、10 年単位にまで編年の精度を高めることに挑む。本研究を通じて、カップドキアやビザンティンに留まらず、あらゆる時代・地域のモニュメントに普遍的に応用できる新たな方法論の開拓も目指す。

3. 研究の方法

時代区分：カップドキアで修道文化が栄えたのは中期ビザンティン (9~12C) である。G. de Jerphanion, *Une nouvelle province de l'art byzantine: les églises rupestres de Cappadoce*, 4 vols., Paris, 1925-1942 は、これを 初期 (6~9C 後半)、アルカイック期 (9C 末~10C 前半)、過渡期 (10C 後半)、盛期 (11C)、末期 (12~13C) と区分した。本研究もこれを踏襲する。

編年の精度を四半期単位まで高めるため、今回の応募では対象とする時代を 過渡期に限定する。過渡期はビザンティンがカップドキアをイスラムより奪回してから半世紀が経過した安定期にあたり、コンスタンティノポリスとの交通が活発化した時期でもあるため、過渡期の壁画はアルカイック期の残滓である地方様式、盛期に主流になる首都の様式のいずれかに属する。それゆえ、この時期に属する聖堂に関しては、上記 a-c による年代比定が困難な場合でも、絵画様式の先行研究を援用しつつ編年を検討しうる。また過渡期前後の作例も補助的な指標として扱うものとする。

建築様式：今回の応募では、対象を単廊式バシリカのプランを持つ聖堂に限定する。これらのプランを今回の応募で研究対象として選択したのは、プラン自体がシンプルであるため、

- ・カップドキアのみならず帝国全土・全時代で作例が最多であり、普遍性があること、
- ・付柱や軒蛇腹等の建築意匠に着目しやすく、カノンの抽出も容易と目されること、
- ・VR モデル作成に必要な写真の撮影が容易、かつモデル完成時の欠損が無いこと、以上 3 つの条件による。また、単廊式を南北平行に並べた二廊式バシリカも対象に含める。

平成 29 年度：初年度には以後 2 年の研究基盤を整えた (図 1)。

1) 基準作例の VR モデル作成 (以下、記号は研究概念図に対応)。

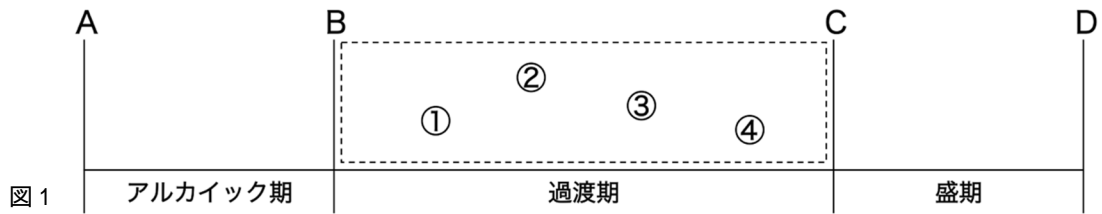
A	アイヴァル・キリセ	913 - 920	アルカイック期
B	大鳩小屋	964/965	} 過渡期
C	アギア・バルバラ	1006/21	
D	カラバシュ・キリセ	1060/61	盛期

2) 絵画様式より過渡期に属する聖堂 4 例を選定する (図 1 及び 2-)。

3) 過渡期前後も含め、建築部位・意匠のセリエーションを構築する。VR では付柱や軒蛇腹等、意匠の形状に加え、幅や厚みもデータを取る。予算上、基準作例以外はこれまで撮影した写真で形状を把握するに留めるが、絵画様式による年代を参考にグループ化しておく。

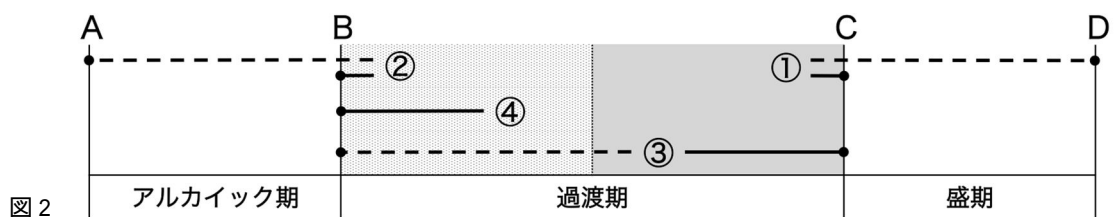
4) VR モデルによりカノンの算出を試みる (例として、聖所の奥行：身廊の奥行、アルコリウムの幅：身廊の幅、etc.)。

5) 建築と図像・装飾の組み合わせを年代順に整理する。基準作例以外は上記3に準ずる。



平成30年度：過渡期4聖堂の編年を検討する（図2）。

- 1) 過渡期4聖堂のVRモデル作成し、前年度計画3~5(研究目的a-c)と同じ作業を行う。
- 2) 建築部位・意匠のセリエーション、カノン、建築と図像の組み合わせという観点から過渡期4聖堂の編年を検討する(下図実線は近似性の強さ、点線は弱さを表す)。判断に迷う場合、絵画様式の研究成果を適宜参照する。
- 3) 基準作例との近似性の強弱、相互の相関性から、過渡期4聖堂の制作順が明らかになることも見込まれる。その場合、過渡期4聖堂の制作順に則して研究目的a-cを更新する。



令和元年度：前年度に構築した編年、および編年構築の理論の検証を行う。

- 1) 過渡期の聖堂1例をVRモデル化し、前年度に構築した編年に位置づける。
- 2) 制作年代に未だ定見を見ない聖堂1例(アルカイク期~過渡期、あるいは過渡期~盛期)をVRモデル化し、前年度に構築した編年に位置づける。
- 3) 上記2項目が成功した場合、「研究目的」a-cを更新し、編年のさらなる精緻化を目指す。不首尾に終わった場合、本研究の編年構築法を見直し、改善策を検討する。

4. 研究成果

本研究において有効だったのは考古学と建築史の手法である。すなわち岩窟を掘削する際にできた鑿・手斧による掘削痕に着目して、これを石工の個人様式と再定義し、VRモデルを用いてそのパターンを分析した。ここでは当初の計画を変更して、ギョレメ屋外博物館内にあるいわゆる「ユランル・グループ」と総称される11世紀後半の聖堂群(ユランル・キリセ、アギオス・バシリオス聖堂、サクル・キリセ)、オルタヒサル地区に残存する11世紀後半の2聖堂(アリ・レイス・キリセシ、ジャンバズル・キリセ)を対象とした。なお、ギョレメ屋外博物館のユランル・グループの壁画については、先行研究により同一画家(あるいは工房)により手がけられたこと、サクル・キリセの壁画がカッパドキアにおける修道文化の幕引きとなったマンツィケルトの戦い(1071年)以前に描かれたことが指摘されており、オルタヒサルの2聖堂の壁画については、本研究が絵画様式により同一画家(あるいは工房)と新たに判定したことも付言しておきたい。

掘削痕の分析の結果、壁画を描くことが計画されていた壁面を平滑に均す仕上げの仕方(鑿・手斧の振るい方)に石工個人の癖が顕著に現れること、時代・地域によって石工による掘削痕が異なること、石工には壁画を施す壁面が予め伝えられており、画家と石工の間に一定の協働関係があることが判明した。この分析結果を受けて、上記5聖堂の壁画について、その他の基準作例との絵画様式を比較して編年を再検討したところ、1060年頃を上限にしてジャンバズル・キリセ、アリ・レイス・キリセシ、サクル・キリセ(1071年以前)、ユランル・

キリセ、アギオス・バシリオス聖堂の順番で製作されたとの結論に至った。この研究成果は 2019 年 3 月に開催された日本ビザンツ学会第 17 回大会（於駒澤大学）において「カッパドキア岩窟聖堂における工匠集団特定の試み—美術史・建築史的研究における 3D モデルの活用」として報告された。本研究により、これまで美術史では着目されてこなかった絵画以外の要素、すなわち考古学・建築史的な要素が編年構築に有効であることが証明された。さらに VR モデルが美術史研究において準一次資料として活用可能であることも示すことができた。

先述したように、筆者は 2015 年以來フォトグラメトリ・ソフトにより岩窟聖堂内部の 3D モデルを製作し、壁画の研究・保存・修復に役立てる方法を模索してきた。カッパドキアの壁画は長らく放置されていたため、落書も含めて大小の傷や欠損が数多く残る。もちろん、屋外博物館内で公開されている岩窟聖堂では、こうした損傷は鑑賞の妨げにならないほど修復されている。しかし、その他の聖堂では上引の G. de Jerphanion が記録した 20 世紀初頭よりも状況はむしろ悪化していると言わざるをえない。美術史的な視点から見た写真測量法の利点は、その VR モデルの生成原理から三次元形状と表面の図像の位置関係の整合が完全に取れていることである。さらに静止画・動画とは異なり、モデル製作後に様々なデータを付加することが可能である。この VR モデルの特性を活かして、筆者は VR モデル上でのデジタル修復・復元を試みた。

確かに個々の聖堂を丹念に修復し、聖堂そのものの延命を図るのが上策だろう。しかし、同時に修復には予算、時間、労力の限界が常に付きまとう。ギョレメ屋外博物館では、壁画の保存環境を保全するため堂内の見学時間を 2 分と制限した上、現在は一般公開されていない聖堂すらある。また 2019 年 2 月現在、屋外博物館の目玉の一つであるカラニルク・キリセも閉鎖された。入場制限に踏み切ったとはいえ、現実問題として各聖堂の修復の目処は立たず、博物館が来館者に提供するコンテンツは年々減少している。

ギョレメ屋外博物館が岩窟聖堂の 3D モデルを作成したならば、次のメリットが得られ、喫緊の課題は解消とは言わずとも軽減はされうる。(1) 実際の修復よりも安価かつ容易に複数のコンテンツを製作する。(2) モニュメントを損なうことなく詳細な情報を提供する。(3) 正確な三次元情報により将来的な修復作業への検討材料、あるいは指針を得る。(4) 代替的な公開手段として聖堂の定期的なメンテナンスを可能にすること。

筆者はさらに上述したデジタル修復・復元シミュレーションの過程をも記録した 3D モデルをコンテンツとして提供・活用することを提案した。メンテナンスや修復により聖堂を一時的に閉鎖したとしても、こうしたコンテンツさえあれば、来館者は堂内の情報を得られるだけでなく、堂内でどのような作業が進行しているか、その閉鎖の理由にも納得できるだろう。あるいは修復が完了した後もこれを現在から過去の姿へと遡及的に上映すれば、来館者はその聖堂がどのような作業を経て現状に至ったのかを理解することができる。博物館がいかに文化遺産と向き合っているのか、来館者を啓発するという教育的な効果も見込まれる。

本研究の副産物でもある VR モデルの活用法については、樋口諒氏とともに 2019 年 9 月にスペインで開催された CIPA 国際大会で Photogrammetry Using Virtual Restoration of Wall-Paintings of the Rock-hewn Churches in the Göreme Valley, Cappadocia and Its Value for the Museum's Contents と題して報告した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 菅原裕文、樋口諒	4. 巻 22
2. 論文標題 写真測量法によるカッパドキア・ギョレメの岩窟聖堂の3Dモデル作成とヴァーチャル修復の手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 文化資源学研究	6. 最初と最後の頁 59-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 菅原裕文	4. 巻 20
2. 論文標題 カッパドキアにおけるキリスト教聖堂群の文化資源的な活用に向けて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 文化資源学研究	6. 最初と最後の頁 27-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菅原裕文、樋口諒
2. 発表標題 カッパドキア岩窟聖堂における工匠集団特定の試みー美術史・建築史的研究における3Dモデルの活用
3. 学会等名 日本ビザンツ学会第17回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原裕文
2. 発表標題 カッパドキア研究の現在と展望 -- 美術史研究におけるヴァーチャル・リアリティーの可能性 --
3. 学会等名 早稲田高等研究所セミナーシリーズ（新しい世界史像の可能性）公開講演会「モノをめぐる歴史のこれまでとこれから」
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	樋口 諒 (Higuchi Ryo) (70827196)	金沢大学・国際文化資源学研究センター・招聘研究員 (13301)	