

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：82619

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0019

研究課題名（和文）人類遺産としての先史壁画の保存と公開活用にむけた研究基盤の確立

研究課題名（英文）Establishment of research base for preservation and public utilization of prehistoric mural paintings as human heritage.

研究代表者

河野 一隆（KAWANO, Kazutaka）

独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部・部長

研究者番号：10416555

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、装飾古墳・装飾墓など世界宗教が普及する以前の先史壁画を人類史的に捉えるため、高精度・高精細の計測にもとづく遺構の3Dデジタル・ツインを構築し保存と活用を両立する研究基盤を構築した。まず、インドネシア・南スマトラに所在する彩色壁画墓を対象としインドネシア考古学研究センターと連携して考古学的な基礎研究と保存と活用の基盤となるデジタル・アーカイブ化を推進した。次にラスコー洞窟を中心とした先進事例とも比較研究した。次に北西イベリアに築かれた人類最古の装飾墓の事前調査に着手した。先史壁画の保存と活用の両立モデルの普及をねらってインドネシアやフランスでワークショップを開催して発信した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先史壁画は現地保存を原則とする考古学遺産の中で最も保存と活用の両立が困難で、多くの場合は永続的な閉鎖で対応されてきた。ところが、そのために壁画の保存環境が悪化し、地域住民にも知られないまま休眠し、突発的な災害で破壊されるという悪循環が繰り返されてきた。本研究では、先史壁画遺産のデジタル・ツインを構築して画像解析や機械学習などの要素技術を援用し、調査研究や公開活用の基盤として国際的に共有するためにインドネシアやフランスでワークショップを開催した。本研究の有効性はまずインドネシアで検証され、次に危機に瀕する人類最古の装飾墓を研究対象とすべく事前調査を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, a 3D digital twin of the remains based on high-precision and high-definition measurements was constructed in order to gain a human-historical perspective on prehistoric mural paintings before the spread of world religions, such as decorative tombs and decorative tombs, and to build a research infrastructure for both preservation and utilisation. First, we conducted basic archaeological research on the coloured mural tombs in South Sumatra, Indonesia, in collaboration with the Indonesian Archaeological Research Centre, and promoted digital archiving as a basis for conservation and utilisation. Next, comparative research was carried out with advanced examples, particularly in the Lascaux Caves. Next, a preliminary survey of the oldest human decorative tombs in north-west Iberia was undertaken. Workshops in Indonesia and France were held to disseminate a model for both conservation and utilisation of prehistoric wall paintings.

研究分野：考古学

キーワード：先史壁画 彩色壁画 装飾古墳・装飾墓 洞窟壁画 南スマトラ ラスコー 北西イベリア デジタル・ツイン

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究は、装飾古墳・装飾墓など世界宗教が普及する以前の先史壁画を対象に、高精度・高精細の計測にもとづく遺構の3Dデジタル・ツインを構築し、保存と活用を両立する研究基盤を構築して、人類の歴史遺産として捉える実践的研究である。この研究方法は、日本の装飾古墳を対象に2007～2010年に代表者らが開発し、熊本地震などで有効性が確認された。そこで、海外の先史壁画遺産でもそれを確認すべく、実態がよく知られておらず十分な保護が行われていない先史壁画遺産を検討し、雨季と乾季が繰り返す厳しい環境下で消滅の危機に瀕しているインドネシア・南スマトラに所在する装飾古墳を対象とした。そこで、インドネシア考古学研究センター（ARKENAS）と連携協定を締結し、考古学的な基礎研究と、保存と活用を目的とした応用研究を推進する。出土遺物の形式学的組列を組んで暦年代を与え、高精度・高精細の計測にもとづく遺構の3Dデジタルアーカイブを構築する。国際的な先進事例と比較研究し、原始壁画の保存活用を両立するモデルを国際的に発信する。



インドネシア考古学研究センターとの連携協定

2. 研究の目的

本研究の目的は、先史壁画遺産の調査研究を促進し、保存と公開活用を両立させるデジタル・ツイン研究基盤を構築する。先史壁画遺産は現地保存が原則の考古遺産の中で、特に困難な構造的課題を抱える。発見直後は脚光を浴びるが、間もなく 厳密な環境管理による現地保存の継続、剥ぎ取り（動産化）により理想的環境下で収蔵、 永続的に閉鎖または無策のまま放置のいずれかの選択に迫られる。しかし、現実的には環境保全コストが地方の管理機関に責任が押し付けられ、 となるのがほとんどである。過疎化し弱体化したコミュニティで、人類史上重要な意義を持つ先史壁画遺産をいかに守り伝えていくのか？その中で、本研究班が国内外で培ってきた技術が、いかに貢献しうるのか？本研究を通じて解決すべき課題の核心である。本研究班は、先行研究を通じてデジタル・ツイン研究基盤（プラットフォーム）を構築し、セーフティネットとすることを提言してきた。現実空間の遺跡を高精度・高精細で計測し位置情報が付されたサイバー空間に「双子」のデータを再現する技術である。たとえ保存のため遺跡が永続的な閉鎖を余儀なくされ不測の災害で破壊されても、デジタル・ツインがあれば調査研究のみならず教育普及、修理計画の策定などのデータ基盤として活用できる。先行研究で確立したこの方法論は、世界各地で相次ぐ激甚災害を受けて必要性が認識され、国内外各地で実践されている。したがって、この方法論を通じて、大文明の影響を受けることなく独自に誕生し展開した九州、スマトラ島南部、北西イベリアを対象の4地域を対象とし、その実態解明を通じて人類がなぜ装飾墓を築いたのかを探る上で考古学的、芸術史的に非常に大きな意義を追求する。

3. 研究の方法

本研究では、装飾古墳・装飾墓など、世界宗教が普及する以前の先史壁画を人類史的に捉えるため、その展開過程で最も重要であるインドネシア・南スマトラや北西イベリアの装飾古墳のデジタルアーカイブを行い、その歴史的な位置付けと共に両立が困難な壁画遺産の保存と活用について実践的研究を推進することである。その方法論として、以下の独自手法から導かれた成果をデジタルツイン・ネットワークに統合して可視化する。これによって、先史壁画を地域と研究に生かすデータ基盤を構築する。

3Dモデルによる古墳形状の把握

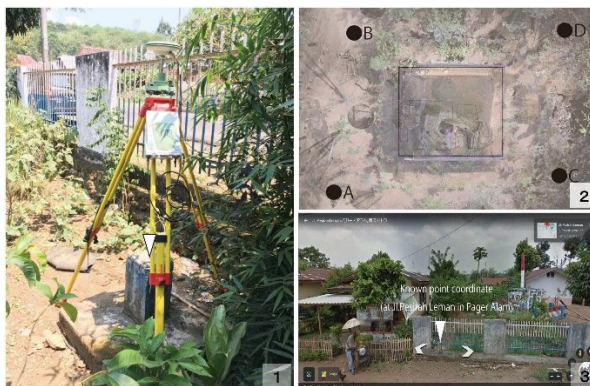
従来は手測りによる実測図と写真撮影のみであるため本研究ではレーザースキャン、3次元写真測量で形状取得し線刻壁画は高精度光学スキャンを行う。

GNSS測量による高精度な位置情報化

遺跡地内の参照点にUTM座標系の位置情報を付与し、地形図や地質図などの主題図と重ね合わせたGIS解析を行う。

画像解析による褪色図文の復元

褪色図文を復元するため無相関ストレッチ画像解析(DStretch)を行い、オリジナルの図文だけを鮮明化する技術である。本課題ではCycleGANsなどの生成AIも援



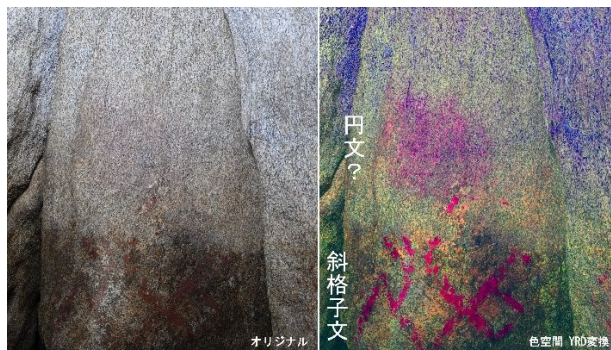
インドネシアでのGNSS測位

- 1: 計測中風景
- 2: 遺構に設置した座標点
- 3: UTM32N座標系の基準点

用し現状と築造当初の壁画を含む 3D モデルを構築する。

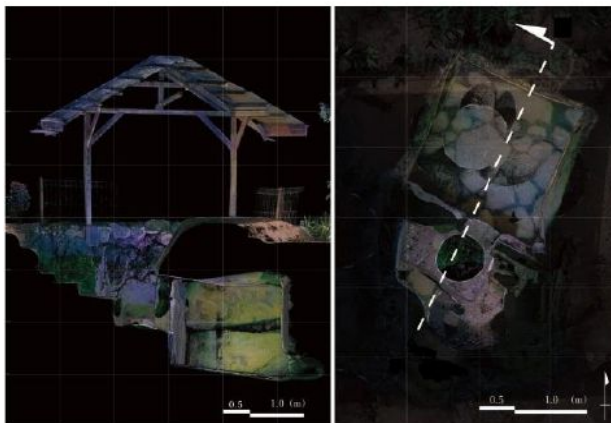
古墳の崩壊危険度分析によるリスクの可視化 斜面に立地した装飾古墳は壁体が大きく傾き崩壊の危機にある。そこで、GIS 分析と併用し構造体に働く力をシミュレーションする。

デジタルツイン・ネットワークの構築 位置情報が付された装飾古墳 3D モデルの空間分布に、C14 年代など正確な年代測定結果を統合して可視化する、4D GIS 解析を行う。



DStretch 画像解析
オリジナル：左 解析後：右

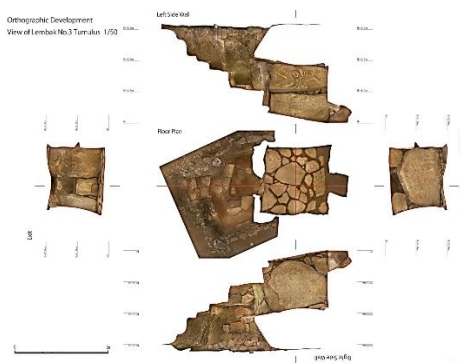
この方法論を南スマトラで実践し、現地の先史壁画遺産の管理機関と協同して先史壁画の調査研究や保存と公開活用を推進する実践的研究を展開した。また、ヨーロッパのフランス・ドルドーニュ地域に分布する洞窟壁画の活用や研究の実際を視察し、洞窟壁画と装飾墓の関連性を追求する。この延長線上に、アルカラ大学のラミレス氏からの紹介を受けて、北西イベリアに所在するドンパテ古墳の先史壁画調査を実施した。本研究で推進してきた、日本やインドネシアの保存・活用事例を紹介するだけでなく、当研究チームで開発した上述の画像解析手法を援用した方法論によって、人類最古の装飾墓を危機から救い、新たに人類史や芸術史上に意義付ける研究交流を推進する。



南スマトラのデジタル・ツイン構築
地下墓室と地上の覆屋：左 墓室の平面プラン：右

4. 研究成果

南スマトラでの実践では、パセマ高原の装飾墓をインドネシア国立考古学研究センター（ARKENAS）と協働で、レーザースキャニング、フォトグラメトリ、GNSS 測位という本研究の方法論を確立した。この調査は地元でも大きな反響を呼び、TV 局のニュースで報道された。その成果の一部は、インドネシア国立考古学研究センター（現国立革新研究庁考古学研究センター）のトリウルジャニ（Triurjani）氏と共に、2022 年 5 月 25～29 日に YouTube 上で開催された学会で発表し、2022 年 11 月に事務局へ論文を提出した（KAWANO Kazutaka, Rr.Triurjani, Diffusion or Domestic development? How explain the emergence of painted tomb in South Sumatra?, Proceeding of the International Congress, Tumuli and Megaliths in Eurasia, International Congress of Archaeology, Proença-a-Nova, Portugal, 25 th -29 th, May, 2021）。また、2023 年 2 月 13 日にインドネシア国立革新研究庁考古学研究センターを藤田が訪問し、同センター長以下研究スタッフと Zoom オンラインハイブリッド会議を開催した。また、フランス滞在中に先史学者であるロラン（Laurent Nespoulous）氏（東洋言語文化大学准教授、フランス東亜研究院、パリ第 1 大学考古学研究所）のご協力を得て、日本考古学ワークショップ（研究班の河野・藤田・山本、ロラン氏に加え、寺前直人専修大学教授）を 8 月 18 日にトゥールで開催した。また、藤田を中心として、ロラン氏を介してヨーロッパのドルメンや支石墓などの装飾墓の彩色壁画研究の第 1 人者である、スペイン・マドリッドのアルカラ大学のプリミティーヴァ・ブエノ＝ラミレス氏と連携して、本研究で推進しているデジタルアーカイブの手法によって、ヨーロッパの先史壁画についての共同研究のための事前調査を行い、次のステップに繋がる大きな前進を達成した。



南スマトラでの調査成果

正射投影画像：上 ラハト TV での放映：下

また、藤田を中心として、ロラン氏を介してヨーロッパのドルメンや支石墓などの装飾墓の彩色壁画研究の第 1 人者である、スペイン・マドリッドのアルカラ大学のプリミティーヴァ・ブエノ＝ラミレス氏と連携して、本研究で推進しているデジタルアーカイブの手法によって、ヨーロッパの先史壁画についての共同研究のための事前調査を行い、次のステップに繋がる大きな前進を達成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1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 河野一隆・宮尾亨・山本亮	4. 巻 第17号
2. 論文標題 文化財画像の主成分分析と機械学習を活用した人文情報学の実践	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東風西声	6. 最初と最後の頁 55-66
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 河野一隆	4. 巻 第103巻第2号
2. 論文標題 装飾墓の比較研究序説	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 考古学雑誌	6. 最初と最後の頁 33-59
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 有
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 河野一隆	4. 巻 -
2. 論文標題 正面から描くか側面から描くか？ - 時を越えたメキシコ壁画行脚	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 特別展図録『古代メキシコ - マヤ、アステカ、テオティワカン』	6. 最初と最後の頁 188-189
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19件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 藤田晴啓
2. 発表標題 須恵器3D-RGBデータの深層学習クラスター解析による型式・年代分類基準の検証
3. 学会等名 第2回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田晴啓
2. 発表標題 UAV/LiDAR点群データの深層学習による未知遺構探査および遺跡保全モデルの開発
3. 学会等名 第2回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 亮
2. 発表標題 3Dマルチ入力・マルチ出力土器分類DLモデルの開発研究
3. 学会等名 第2回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka KAWANO
2. 発表標題 Decorative Tumuli in Japan (Kyushu) and Indonesia (Pasemah)
3. 学会等名 Collaborative Workshop of Decorated Tumuli in Japanese and Indonesian Archaeology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野一隆・宮尾亨・山本亮
2. 発表標題 機械学習と考古学 - 生態系と人の自己家畜化 -
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河野一隆
2. 発表標題 歴史認識論としての文明の構造と変動
3. 学会等名 『社会進化の比較考古学 - 都市・権力・国家 - 』 書評会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮尾亨・山本亮・河野一隆
2. 発表標題 3D計測情報を用いた縄文土器分類の展望
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川健太・板垣正敏・山本亮・藤田晴啓
2. 発表標題 須恵器3D計測データによる分類解析モデルの検討
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田晴啓・市川健太・板垣正敏・山本亮
2. 発表標題 マルチヘッド・マルチタスク3D-2D-CNNモデルの開発
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板垣正敏・河野一隆・藤田晴啓
2. 発表標題 無相関ストレッチおよびCycleGANによる褪色木簡の復元
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本亮・宮尾亨・河野一隆
2. 発表標題 考古資料の三次元計測と活用の現状
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板垣正敏・市川健太・藤田晴啓・宮尾亨
2. 発表標題 縄文土器3D計測データによるクラスタリング解析モデルの検討
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原和好・藤田晴啓
2. 発表標題 縄文土器3D計測データの復元箇所マスキング処理
3. 学会等名 第1回 考古文化財ディープラーニング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazutaka KAWANO, Rr. Triurjani
2. 発表標題 Diffusion or Domestic development? How explain the emergence of painted tomb in South Sumatra?
3. 学会等名 Tumuli and Megalith in Eurasia (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Kazutaka Kawano, Rr Triurjani
2. 発表標題 Diffusion or Domestic development? How explain the emergence of painted tomb in South Sumatra?
3. 学会等名 Tumuli and Megalith in Eurasia (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 河野一隆
2. 発表標題 装飾古墳の謎
3. 学会等名 東アジアの古代文化を考える会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河野一隆
2. 発表標題 古代のアート：見せる埋葬の比較考古学
3. 学会等名 早稲田大学エクステンションセンター (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazutaka KAWANO, Haruhiro FUJITA, Ryo YAMAMOTO et al.
2. 発表標題 Development of Digital Image Restoration Techniques for Cultural Properties Using Statistical Image Processing and Deep Learning
3. 学会等名 Society of Eastern Asian Archaeology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazutaka KAWANO, Masatohi ITAGAKI, Haruhiro FUJITA, Ryo YAMAMOTO, Toshiki TAKEUCHI, Haruhiko OCHIAI
2. 発表標題 Restoring Faded Artworks : Image Restoration Using Statistical Image Processing (Decorrelation Stretch) and Deep Learning (CycleGANs)
3. 学会等名 CAA 2024, Auckland
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 河野 一隆	4. 発行年 2023年
2. 出版社 文藝春秋	5. 総ページ数 272
3. 書名 装飾古墳の謎	

1. 著者名 河野 一隆	4. 発行年 2022年
2. 出版社 同成社	5. 総ページ数 486
3. 書名 王墓と装飾墓の比較考古学	

1. 著者名 河野一隆	4. 発行年 2024年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 237
3. 書名 王墓の謎	

〔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 分担者	藤田 晴啓 (Haruhiro FUJITA) (40366513)	新潟国際情報大学・経営情報学部・教授 (33107)	
研究 分担者	山本 亮 (Ryo YAMAMOTO) (30770193)	独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部・ 研究員 (82619)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 日本考古学ワークショップ(フランス・ツール)	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 先史壁画遺産デジタル・ツインワークショップ(スペイン・ピミアンソ)	開催年 2024年～2024年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------