

アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究

実施予定期間：平成 21 年度～平成 23 年度

代表機関：国立大学法人京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻

代表者：井手 亜里

国外参画機関：西安交通大學精密工程研究所

代表者：方 素平

I. 概要

これまで京都大学工学研究科が独立行政法人科学技術振興機構の支援事業において開発した文化財に関する世界最高水準のイメージング技術を最大限に活用し、文化財保存・活用が急務となっているアジア・アフリカ関連組織と国際的な科学技術コミュニティを構築する。文化財デジタル化に関する日本の最先端科学技術を世界へ向けて発信することで、日本発の国際標準技術を創出し、世界文化遺産の保存・活用のための国際研究基盤を構築する。

1. 研究の目的

世界的に知られている文化遺産が数多く所在する京都の地域性を活用し、京都大学工学研究科で5年間にわたって実施された独立行政法人科学技術振興機構の支援事業において、文化財に特化した記録総合システム（大容量画像入力・分析・表示）を開発し、世界最高水準のイメージング技術を確立した。

文化財に関する日本の最先端技術を最大限に活用し、文化財の保存・活用が急務となっているアジア諸国（東・中央・東南アジアを中心）、アフリカ（エジプトを中心）と国際的な科学技術コミュニティを構築する。文化財デジタル化に関する日本の最先端科学技術を世界へ向けて発信することで、日本発の国際標準技術を創出し、世界文化遺産の保存・活用のための国際研究基盤を構築する。

2. ネットワーク構築の実現可能性

西安交通大學と京都大学は、大学間学術交流協定を締結しており、研究者の交流および共同研究を行い、緊密な共同研究体制を構築している。西安交通大學の代表は、京都大学工学研究科で学位を取得した研究者であり、本提案に参加する研究者間には強い信頼関係が既に構築されている。また、本提案については、研究協力機関である陝西歴史博物館を含めて過去5回に渡る相互訪問・学術交流実績があり、包括的共同研究協定締結の準備が整っている。

展開プロジェクトが実施される予定の中国以外の国については、申請者メンバーによる世界文化遺産の保存・修復・活用に関する研究実績（井手：韓国重要文化財デジタル化、モンゴル歴史民俗博物館との共同研究等、銚井：タイ・スコタイ遺跡の保存事業、泉：レバノン・ティール遺跡の発掘調査、平松：ラオス・ベトナム文化財調査研究等）を通して、ネットワークが既に構築されている。

3. 本制度により取組を支援する必要性

数千年、数百年の歴史を持つ文化財の保存・修復には慎重な対応を必要とし、その体制を確立、維持するのに多大な時間を要する。息長く恒常的に取り組むことができる支援が不可欠であり、産業界が主導して進めることは難しい。また、文化財の歴史的価値と先端イメージング技術を理解できる高度研究人材育成においては、大学がその主導

的役割を果たしてきており、継続して研究開発活動が行われるべきである。

文化財デジタル化に関する日本発の最先端技術を世界に向けて発信し、国際標準技術として普及を進め、アジア・アフリカ諸国と日本の科学技術コミュニティの構築を目指す本提案は、科学技術政策上重要な取り組みであり、既存の研究開発プログラムでカバーすることは難しい。

4. 継続性の担保（特に課題期間終了後の取組）

年1回のワークショップを開催し、本提案の研究成果を発表するとともに、文化財に関連する研究教育機関、企業との連携を推し進め、研究体制のより一層の充実を図る。また、プロジェクトを実施する地域の文化財関連産業に研究成果である技術を提供し、文化財保存・修復・活用に携わる人材育成と技術向上に貢献する。これにより、課題期間終了後も研究成果及び国外参画機関を含めた学術ネットワークを維持、発展させることが可能である。

代表機関である京都大学は、文部科学省の「大学国際戦略本部強化事業」に採択され、組織的に国際交流を推進している。本提案についても、京都大学は、教育研究組織である京都大学文化財総合センターを支援組織として、課題期間中また終了後も、グローバルな学術ネットワークを維持・発展させるための国際交流推進の取り組みを組織として支援する。

5. 我が国を中心としたアジア・アフリカ諸国等との政府レベルでの協力関係の強化・構築への発展性

豊かな文化資源を背景に、文化財保護の諸制度を整備してきた日本では、文化財に関する保存研究が高度に発展している。また、世界をリードする分析・イメージング技術を文化財に活用し、文化財の多様な研究領域に対応した研究が行われている。日本同様に歴史遺産が数多く遺されているアジア、アフリカ（エジプト）諸国においても文化財保存の緊急性は増大し、文化財の保全・活用に関する技術とそれを担う人材の育成が課題となっている。こうした現状において、日本の最先端技術を最大限に活用し、文化財保存・活用が急務となっているアジア諸国（東・中央・東南アジアを中心）、アフリカ（エジプトを中心）と国際的な科学技術コミュニティを構築し、世界文化遺産の保存と活用のための共同研究を行うことは、最も友好的な科学技術外交であり、政府間の協力関係の強化・構築に大いに貢献できる。

世界的に危機に瀕している文化財の「今」の姿を適切に保存し、将来に継承することは、我々の課題であり、分析・イメージング技術を活用し、文化財の価値を最大限に引き出すことが求められている。2003年より本格的に始動した国連（ユネスコ）の世界デジタル文化遺産活動に見られるような世界的潮流の中であって、世界文化遺産の保存と活用に大きく貢献する本提案は、科学技術政策上重要な取組であり、政府間の協力の枠組みへの展開が期待される。

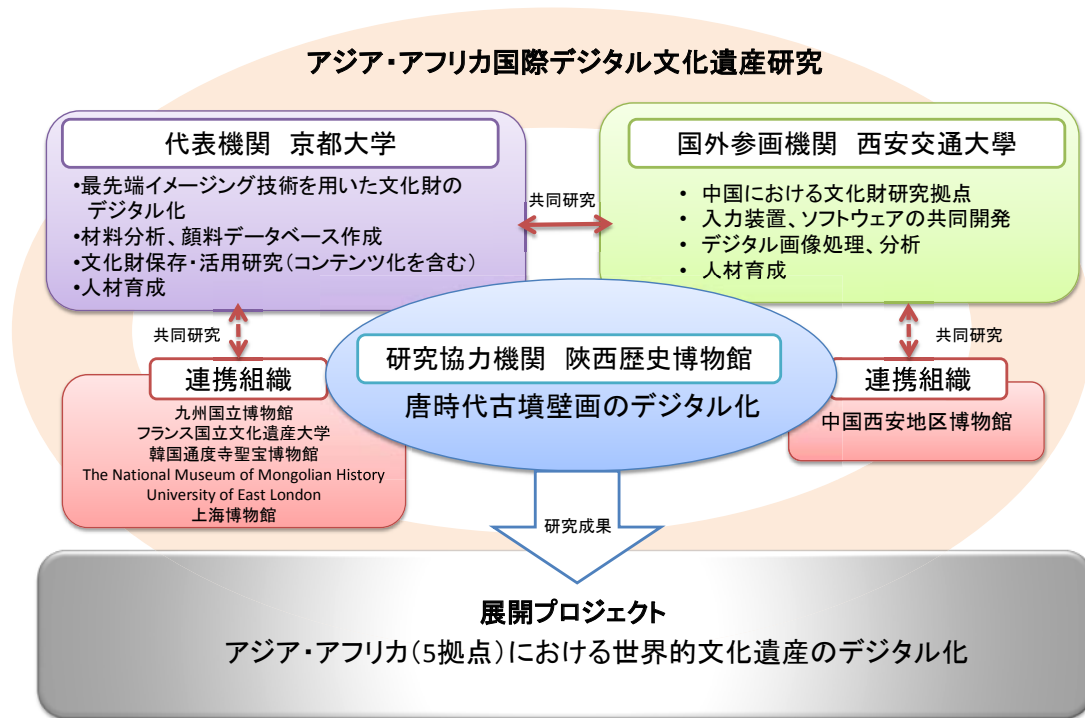
6. 生命倫理・安全面への配慮について

該当なし

7. 研究実施体制

代表機関である京都大学が本提案の研究総括および文化財のデジタル化に伴う画像権利と知的財産管理業務を担当する。各研究項目については、推進研究者を中心に共同研究実施に必要な研究資源、人材の提供を行い、また、科学技術振興調整費支援期間中または終了後に公的あるいは民間からの研究助成費を獲得することで、共同研究体制の継続・維持、展開を確保する。国外参加機関・西安交通

通大学は、本提案の具体的な目標である唐時代壁画のデジタル化において、研究協力機関・陝西歴史博物館との調整、対象文化財調査、日本で設計製作する入力装置の組立設置・装置の一部設計製作、デジタル画像からの材料分析、顔料データベース化（京都大学との共同研究）を担当し、必要な人材を提供する。また、展開プロジェクトを実施する際の中国における拠点として人材育成の役割を担う。



氏名	所属部局・職名	提案課題における役割
◎ 井手 亜里	京都大学大学院工学研究科教授	研究代表者：全体の取り纏め 文化財専用機器設計、高精細入力・分析表示システムに関する研究
平松 幸三	京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究科教授	アジア文化財研究・活用、展開プロジェクトコーディネーション
松久 寛	京都大学大学院工学研究科教授	文化財専用機器設計（振動）に関する研究
鋒井 修一	京都大学大学院工学研究科教授	文化財環境に関する研究指導、文化財環境（湿度、カビ等）に関する研究指導
泉 拓良	京都大学大学院文学研究科教授	文化財保存活用に関する研究、文化財と技術史に関する研究
塩瀬 隆之	京都大学総合博物館 准教授	中央アジア、西南アジアの文化財研究
蔣 庄徳	西安交通大學副学長	西安交通大學関係組織のコーディネーション
方 素平	西安交通大學精密工程研究所副所長	国外参画機関代表者 画像処理、ソフトウェア開発
梅 雪松	西安交通大學精密工程學院教授	画像処理、ソフトウェア開発

8. 各年度の計画と実績

a. 平成 21 年度

・計画

- (1) アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究
平成 21 年度は、課題期間内の到達目標である中国西安にある壁画の調査・試験撮像を実施すると

もに、平成 22 年度以降の文化財のデジタルデータの活用方針について検討する。具体的な項目は以下のとおりである。

- (a) 撮像システム・スキャナステージ一式の設計・製作、LED光源の開発

撮像対象の壁画の状態を詳細に調査・検討した上で、壁画専用の撮像システム・スキャナステージの設計・製作を行い、西安交通大學に開設される共同研究室に設置する。また平成22年度以降に実施する展開プロジェクトに向けた準備として、スキャナの改良・性能評価実験を行い、試作機の設計・製作を行う。

(b) 壁画の高精細デジタル化

デジタル化の事前準備として、壁画の詳細寸法、表面の状態を調査し、文化財の所蔵先である博物館の学芸員(複数の専門)とデジタル化に向けた企画を作成し、作業上の安全性に十分配慮し、かつ、中国と日本の諸規則に基づいてデジタル化の詳細検討を行う。

(c) デジタル画像からの材料分析・顔料のデータベース化

デジタル化した画像データから、分光反射率をシミュレーションし、顔料推定を行う。平成21年度は、日本の古代顔料データベースを使って中国の古代顔料との比較検討を行う。

(d) 超高精細大容量画像の表示

撮像した画像データを接続、加工し、日本で既開発されている大容量画像表示ソフトウェアを使って超高精細画像を表示する。既存のシステム以外の表示手法についても、調査・研究に基づいて検討する。

(e) 超高精細画像の高品質・特殊印刷

大型画像について、その超高精細画像の特質を生かすために高品質・特殊印刷を行い、研究成果の公開・発信に活用する。

(f) 展開プロジェクト実施に向けた現地での調査・研究

平成22年度以降に実施する展開プロジェクトに向けた準備として、平成21年度は、実施予定地である中国(西安以外)・ベトナム・エジプトにおいて、デジタル化対象予定の文化財の調査・研究およびデジタル化に際して必要な許可申請等の準備を行う。

・実績

(1) アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究

平成21年度は、入力装置および関連ソフトウェア・分析技術および表示ソフトウェアを高機能化・改良し、現場において、文化財に特化した記録総合システム(大容量画像の入力・分析・表示)の実証を行うため、課題期間内の到達目標である中国西安にある壁画の高精細デジタル化(平成21年度は対象文化財の調査・試験撮像)を実施した。具体的な実施内容・実績は以下のとおりである。

(a) 撮像システム・スキャナステージの設計・製作、LED光源の開発

撮像対象の壁画の状態を詳細に調査・検討し、壁画専用の撮像システム・スキャナステージの設計・製作を行い、性能試験を含めて完成した。また、より高度な研究開発を目的に、新光源の開発に着手し、照度、温度上昇、周波数分布等を中心に評価実験を行った。新光源の開発は平成22年度も継続する。また、平成21年度に設計・製作された壁画専用スキャナ(3色専用)の研究結果に基づき、より正確な顔料分析を可能とする8色専用スキャナの試作機を平成21年度導入した。平成22年度以降に実施するデジタル画像からの

材料分析・顔料のデータベース化および展開プロジェクトの実施に向けた性能確認・評価を前倒しして行ったことで、課題期間内の目標により早く到達することが可能となった。

(b) 壁画の高精細デジタル化

平成21年度は、西安交通大学に本研究課題の共同研究室を開設し、壁画専用の撮像システム・スキャナステージ一式を設置した。唐時代壁画のデジタル化について中国側の撮像許可が遅れたため、当初予定していた壁画10枚のデジタル化の代わりに、陝西歴史博物館より提供された壁画の試験撮像を実施した。本試験撮像では新たに開発したLED光源を使用した技術検証を実施した。また、デジタル化に必要な先端イメージング技術を理解する研究人材を育成するため、西安交通大学において短期間の教育プログラムを実施した。この教育プログラムの実施は、平成22年度以降の計画を前倒しして行ったものであり、共同研究における円滑な技術移転が期待できる。

(c) デジタル画像からの材料分析・顔料のデータベース化

試験撮像で得られた高精細画像データ(分析領域精度は40ミクロン程度)から、分光反射率をシミュレーションし、材料推定実験を行った。平成21年度は既存の日本の顔料データベースを使って中国古代顔料との比較・分類実験を行い、平成22年度以降実施する本格的な顔料データベース作成に向けて当初計画通り進捗した。

(d) 超高精細大容量画像の表示

分割して撮像した画像データを接続、加工し、日本で既開発されている大容量画像表示ソフトウェアを使って壁画の超高精細画像を表示した。また、既存システム以外の表示方法について、フラッシュベースで文化財コンテンツを表示するシステムを開発した。

(e) 超高精細画像の高品質・特殊印刷

唐時代壁画印刷について中国側の撮像許可が遅れたため、代わりに壁画同様の大型(縦175cm×横85cm)の文化財画像を使用した高品質印刷・特殊印刷を行い、研究成果の公開・発信に活用し、本事業項目の目的を達成した。

(f) 展開プロジェクト実施に向けた現地での調査・研究

平成22年度以降に実施する展開プロジェクトに向けた準備として、中国(西安以外)、韓国、イギリス、エジプトで現地予備調査を行った。ベトナムについては、ベトナム文化スポーツ観光省の文化財政府関係者との会談の機会を設け、展開プロジェクト実施に向けた検討を行った。平成22年度以降に進められる展開プロジェクトの実施予定地を選定し、具体的な撮像対象文化財を決定する。また、平成21年度の成果として、エジプト、韓国、イギリスの研究機関と共同研究実施に向けた学術シンポジウムを開催し、継続的な学術交流が進められている。特に韓国の研究機関とは、共同研究に関する覚書を締結し、平成22年度以降具体的な共同研究を推進する。

b. 平成22年度

・計画

(1) アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究

平成 22 年度は、課題期間内の到達目標である中国西安にある壁画の本格的な撮像を開始するとともに、展開プロジェクトを実施する。具体的な項目は以下のとおりである。

(a) 撮像システム・スキャナステージー式の改良・設計・製作、新 LED 光源の開発

平成 21 年度に設計・製作されるスキャナを用いた研究結果に基づき、新たに 8 色専用の撮像システム・スキャナステージを導入する。平成 22 年度に導入するスキャナは、展開プロジェクトにおけるデジタル化の対象文化財の形状や撮像方法について調査・研究を行い、設計・製作される。また、新 LED 光源の開発は平成 22 年度も継続して行う。

(b) 文化財の高精細デジタル化、画像データベース作成、デジタル画像からの材料分析・顔料のデータベース化、超高精細大容量画像の表示、超高精細画像の高品質・特殊印刷

(c) 展開プロジェクトの実施

平成 21 年度に行う予備調査により、中国（西安以外）、韓国、イギリス、エジプトの中から展開プロジェクトの実施予定地を選定し、具体的な撮像対象文化財を決定する。平成 22 年度は、デジタル化に向けた調査・企画・各種許可申請手続きを行い、試験撮像を実施する。

(d) 国際会議開催、学術ネットワークの構築と国際共同研究の継続と発展

西安交通大學に設立される共同研究室を中国における拠点として、課題期間終了後も継続して文化財のデジタル化を継続・発展するための学術ネットワークを構築する。平成 22 年度は、研究課題の継続と発展に向けた学術ネットワーク構築への取り組みの一環として、平成 21 年度の実績を踏まえ、本研究に参加する研究者によるワークショップを中国で開催する。

・実績

(1) アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究

(a) 撮像システム・スキャナステージー式の改良・設計・製作、新 LED 光源の開発

平成 21 年度に設計・製作されたスキャナを用いた研究結果に基づき、平成 22 年度は 8 色専用の撮像システム・スキャナステージを導入し実証実験を含めて完成した。また、より高度な研究開発に向けたスキャナの改良・高機能化研究を行うため、エジプトにおける展開プロジェクト実施に向けて、デジタル化の対象文化財の形状や撮像方法について調査・研究を行った結果、新たに三次元中型スキャナを設計・製作した。新光源設計開発については、文化財へ与える影響を最小限に抑えるための最適設計を平成 21 年度より継続し、照度、温度上昇、RGB 分布等を中心に性能評価を行い、平成 22 年度は実際の文化財現場において技術の有用性を実証することができた。

(b) 文化財の高精細デジタル化、画像データベース作成、デジタル画像からの材料分析・顔料のデータベース化、超高精細大容量画像の表示、超高精細画像の高品質・特殊印刷

平成 21 年度に開設した西安交通大學内の本研究課題共同研究室において、壁画の詳細調査および試験撮像の研究結果に基づき、撮像システム・スキャ

ナの改良を共同で行った。平成 22 年度は唐代壁画の文化財所蔵先である陝西歴史博物館にて共同研究グループが大型壁画 6 枚のデジタル化を実施した。RGB 撮影に加え、開発したマルチバンド（12 バンド）撮影での高解像度画像（解像度 1,000dpi および 700dpi）取得に成功した。

画像データベース作成、デジタル画像からの材料分析・顔料のデータベース化、超高精細大容量画像の表示、超高精細画像の高品質・特殊印刷については、壁画の高精細デジタルデータを保管している西安交通大學へ技術移転を行うことで可能になった。

(c) 展開プロジェクトの実施

平成 21 年度に行った予備調査より、展開プロジェクト実施国として、エジプト、韓国、イギリスを選定した。3 カ国において共同研究室を開設し、具体的なプロジェクトを実施する等、平成 22 年度は、事業計画を上回る実績と成果が得られた。

(d) 国際会議開催、学術ネットワークの構築と国際共同研究の継続と発展

二国間・多国間学術ネットワークの構築と国際共同研究の継続と発展に向けた取り組みの一環として、本研究に参加する研究者を中心に中国・日本・イタリア・イギリス・韓国から文化財関係の研究者を集め、第 1 回国際会議「アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究」（2010 年 6 月 23 日～25 日）を中国の西安で開催した。会議には、約 80 名の関係者が参加し、今後の協力体制の持続的な発展について総括的な意見交換と相互交流を行った。

c. 平成 23 年度

・計画

(1) アジア世界文化遺産の高精細デジタル化研究

平成 22 年度までの中国（西安）と展開プロジェクト実施国における文化財現場での実績を踏まえて、文化財に特化した記録総合システム（大容量画像の入力・分析・表示）の実証を行い、世界文化遺産の保存・活用のための国際研究基盤を構築する。また、文化財の価値を最大限に活用するための文化財コンテンツを制作し、研究成果を一般に公開する。具体的な項目は以下のとおりである。

(a) 撮像システム・スキャナステージーの改良、新 LED 光源の開発、世界文化遺産現場における開発システムの性能評価実験

(b) 文化財コンテンツの制作・一般公開

(c) 展開プロジェクトの実施

平成 22 年度に選定された展開プロジェクト（エジプト・韓国・イギリス）における対象文化財のデジタル化を完了する。課題期間終了後も文化財現場で継続した文化財のデジタル化を実施するために、平成 23 年度中に人材育成・技術移転における協力体制を構築する。

(d) 国際会議開催、学術ネットワークの構築と国際共同研究の継続と発展

西安交通大學に設立される共同研究室を中国における拠点として、課題期間終了後も継続して文化財のデジタル化を継続・発展するための学術ネットワークを構築する。平成 23 年度は、研究課題の成果を公開し、研究課題の継続と発展に向けた国際的な学術ネットワークの構築および具体的なプロジェクトの実施を目指す。

