

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：23902

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：2018～2023

課題番号：18KK0003

研究課題名（和文）世界の紙の伝播とサマルカンド紙の解明に関する調査研究

研究課題名（英文）The research on propagation of the world paper culture and elucidation of "Samarkand Paper".

研究代表者

柴崎 幸次 (koji, shibazaki)

愛知県立芸術大学・美術学部・教授

研究者番号：10315872

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は200年前に途絶えたサマルカンド紙の調査研究を、量的調査として紙の繊維のマクロ画像による解析と、質的調査として、紙の崩落した紙片などの調査から、紙質や同一性、類似性を解明するシステム構築の基礎研究である。これまで、サマルカンド紙は桑の原料による紙と考えられてきたが、実際の調査では11世紀から15世紀など古いものは麻の繊維が多く、その後は綿が多いことが明らかとなった。8世紀の中国西方の古墳からの出土である中国紙の科学的検証も行い、大半は麻であったが桑の繊維が出たことから、同時代に同じエリアで桑原料の紙が確認できたことは、サマルカンド紙においても桑の紙が存在する可能性を残すことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

古代の紙のディープラーニングによる紙の繊維推定は他に研究例がなく、さらに量的な調査を行いサマルカンド紙や紙の伝播の解明につながる方法論の構築ができた。また多くの古い紙繊維のマクロ画像を収集できたことは、繊維推定の重要なデータベースとなりうる。ユネスコ国際会議（2019年）に招聘されサマルカンド紙調査及び紙繊維組成分析について報告したことは、後のウズベキスタンによる研究推進施策のきっかけになっている。またAIを用いた紙繊維組成分類に関してはIEEE Best Poster Awardを受賞した。一般にも日本経済新聞（2023年7月9日）において関連記事が3面に渡り掲載された。

研究成果の概要（英文）：This study is a foundational research project aimed at constructing a system to elucidate the paper quality, identity and similarity of Samarkand paper, which ceased to be produced 200 years ago.

The study involves quantitative analysis of paper fibers through macro images and qualitative analysis of collapsed paper fragments. Samarkand paper was thought to be made from mulberry fibers, but actual investigations have revealed that older samples, from the 11th to the 15th centuries, predominantly contain hemp fibers, while later samples are primarily made from cotton. Scientific verification of Chinese paper excavated from tombs in the western regions of China dating back to the 8th century has also been conducted. Most of these papers were found to be made from hemp, but the discovery of mulberry fibers indicates that paper made from mulberry existed in the same area during the same period. This finding suggests that it is possible that Samarkand paper also included mulberry fiber paper.

研究分野：芸術表現

キーワード：サマルカンド紙 世界の紙の伝播 紙 和紙 データサイエンス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

サマルカンド紙は8世紀後半、中国からサマルカンドに紙の技術が伝播した時代に出現した紙である。羊皮紙に代わる支持体として、コーランやミニアチュールの発展とともにイスラム世界において進化し、500年の時を経て西洋にも伝播した。しかし19世紀には工房の衰退により断絶し歴史や製法は明らかではない。一方、東アジアの製紙技術は、原料の探求や規格化、紙の加工、そこに施される芸術表現とともに発展していった文化であるが、紙の文化は和紙も含め衰退の一途をたどっており、その繊維原料、製法、紙の加工などの歴史の実態は明らかでない部分が多い。

### 2. 研究の目的

(1)本研究は、紙が機械製紙により画一化される以前の手漉き紙としてサマルカンド紙に焦点をあて、世界の紙の伝播を解明するための調査研究であり、“紙と芸術表現”の調査を中心に国際共同研究を行う。また現代の携帯顕微鏡やAIによるディープラーニングを活用し“紙の道”の文化的関連性を結び付けることを目的としている。

(2)古いサマルカンド紙の調査を軸に、紙の伝播につながる数多くの世界の紙に焦点をあて調査する。まずは携帯型顕微鏡での撮影を含む調査により、従来の顕微鏡調査よりも多量の画像データを取得する必要がある。[1次調査]では、年代のわかるコーランなどの写本紙を目視観察と民生用デジタルカメラでの簡易マクロ撮影。[2次調査]では、画像データの解析により、紙に含まれる繊維の特徴などを分析する。[3次調査]では、特徴のある繊維の抜き取り、科学分析により繊維特性、混入物を分析する。さらにこれらの結果を学習用データとして繊維鑑定の正解としてヒモ付けし、ディープラーニングによる画像解析を行う。

### 3. 研究の方法

(1)本研究では、サマルカンド紙がどのような紙であるかを解明する為、ウズベキスタンにおいて研究体制の構築に注力した。研究参加機関とは、[1次調査]と、[2次調査][3次調査]における、調査対象となる古い紙へのアクセスと、可能なかぎり繊維サンプルの提供を求める協議や協定などの覚書を交わす活動を行った。

(2)研究実施計画「ウズベキスタンの紙サマルカンド紙の解明」として、2019年2月、7月に、サマルカンド、タシケント、ブハラ、ヒヴァ等を訪問し、それぞれの機関において、今後の協力に関する具体的な打合せを行った。訪問はタシケントでは、ウズベキスタン芸術大学、ウズベキスタン国立図書館、ウズベキスタン芸術アカデミー、ウズベキスタン国際イスラムアカデミー、ウズベキスタン科学アカデミー東洋学研究所。サマルカンドではサマルカンド大学・図書館・博物館、コニギルメロス工房。ブハラではブハラ国立博物館。ヒヴァではイチャン・カラにて歴史家コムリ(Komiljon Xudayberganov)氏の管理するコレクションを調査した。

2019年9月に、ドイツの五大陸博物館(ミュンヘン)と紙の研究に関する新たな学術研究協定を締結し、同博物館のホータンの中国紙コレクションを調査した。また、ウズベキスタンの文化財と関係が深いサクトベテルスブルクのエルミタージュ美術館及び、国立図書館を訪問し、紙のサンプル調査などの協力依頼と協定締結に関する打ち合わせを行った。

2022年には、古紙の多くのコレクションを持つ、ライプツヒ国立博物館、バイエルン州立図書館などを訪問し、研究主旨の説明と今後の研究協力を依頼した。

(3)2020年3月にウズベキスタンにおいてセミナー及び研究成果の展示などを計画したが、COVID-19の影響により海外渡航が困難となり、3月の開催直前に11月に延期したがコロナウイルスの影響は続き11月の開催も断念し、メール会議等での情報交流のみの実施となった。その後、現地調査において古い紙のサンプルなどを扱う事業は事実上困難となった。よって「サマルカンド紙の解明」及び「中国及び東洋の紙との同時代分析」に関する、海外調査全般に関しては渡航困難が続き、国内で可能な日本の紙の調査や、標品としての綿、麻の紙の試作などによる検証をできるだけ進めることとした。

(4)紙の分析調査のデータベースとデータアップロードシステムの構築を行った。[1次調査]を進めるとともに、海外での画像の収集と送信体制の構築として、多くの紙の繊維画像を収集し日本に転送するWEBシステムを開発した。ただし、インターネットによる画像の転送速度などにより、その確実性と効率は左右されている。ウズベキスタンなどのインターネット環境は、一般的に脆弱なことなどもあり、全てが画像転送により集取できる訳ではないことも判明し、現地での作業も必要であった。

よって、国内で調査可能な紙の解析画像データの入力を行った。

(5)ディープラーニングによる画像解析に関しては、紙の繊維サンプル画像を読み込み、解析準備を整えた。現実的な検証において、繊維の種別を認識する検証を繰り返した。またAIの学習用データベースの増強の為、紙質調査における参考として和紙の繊維画像を学習用データとして学ばせ、紙の伝播の研究に関連し充実させた。貴重なデータの協力先としては、成田山書道美術館が所蔵する9世紀の日本の写本紙などの調査に注力した。特に原料が同じで地域が違うなど、微妙な差がディープラーニングにより検証できるかを継続して実験した。これらは、民生品デジタルカメラを用いたパッチ分類による紙の繊維推定として継続的に研究した。

#### 4. 研究成果

(1)本研究のウズベキスタンでの調査においては、訪問先から貸与された紙の中で特に科学アカデミー東洋学研究所、サマルカンド大学、ウズベキスタン芸術大学の[3次調査]のための紙片(計20点)の科学的検証を行った。当初サマルカンド紙は桑の原料による紙と考えられてきたが、実際の調査では11世紀から15世紀など古いものは麻の繊維が多く、その後は綿が多いことが明らかとなった。またドイツのバイエルン五大陸博物館の8世紀の中国西方の古墳からの出土である中国紙(計12点)の科学的検証からは、大半は麻であったが桑の繊維が若干出たことから、同時代に同じエリアで桑原料の紙が確認できたことは、サマルカンド紙においても桑の紙が存在する可能性を残す結果であった。今後、さらに量的な調査を行い、サマルカンド紙の系譜を解明したい。

(2)2019年11月には、本事業に関連した国際セミナー「紙と芸術表現 “ウズベキスタンのサマルカンド紙、イスラーム写本、ミニアチュールを知る”」を開催した。内容は、ウズベキスタンのサマルカンド紙、イスラーム写本、ミニアチュールに関する調査報告を中心に、和紙、中国紙、韓紙、さらに西洋の紙の歴史をあらためて調査し、世界の紙の伝播地図を再創することを視野に研究を行うプロジェクトの目標を共有した。参加者、研究・運営スタッフ含め150名+招聘者・通訳14名で、計164名であった。

(3)本研究の概要と初期の研究成果は、ウズベキスタン文化庁副大臣 Kamola B.Akilova の推薦により、ユネスコの国際会議“UNESCO INTERNATIONAL CONFERENCE Samarkand city, August 26, 2019”に招聘され、サマルカンド紙調査研究及び紙繊維組成分析について発表を行った。その他、研究メンバーによる成果として、サマルカンド紙の歴史調査のためのAIを用いた紙繊維組成分類として発表し、IEEE Best Poster Awardを受賞した。

(4)2023年9月、12月、2024年2月には、ウズベキスタンを訪れ、ウズベキスタンのミニアチュール研究に関する図書を発行するビジョンを形成した。

(5)日本の紙の博物館機関誌「百万塔」へのサマルカンド紙の調査研究の投稿や、和紙文化研究会において、本研究の活動について講演とリモート配信を行った。また日本経済新聞社 NIKKEI The STYLE 2023年7月9日付の「世界遺産サマルカンド、「青の都」と「王の紙」の謎」として3面に渡る記事が掲載された。

(6)2022年度から、タシケントやサマルカンドにて、サマルカンド紙の起源を探求するための国際セミナーの開催を促進し、現地での実施に協力した。2023年5月には、サマルカンドにて、同国初のサマルカンド紙をテーマとした研究会が開かれた。当初は講演と研究発表を実施する予定であったが、日程が合わずウズベキスタン国立図書館のジャーナルへの投稿での発表とした。

(7)研究期間半ばからCOVID-19の影響が、大きく対面での共同研究は制限されたが、紙の繊維の観察方法など、ハイパースペクトルカメラを搭載する顕微鏡を紙質判別に活用する方法などを開発し検証を行うこと土台をつくることができた。

(8)紙の分析調査としては、データアップロードシステムの学習用データの充実を行った。現在データは約3400件となった。画像解析では、日本の紙と中国紙の比較分析や、文字などが書かれた資料の紙の調査方法を研究した。文字や図入りの資料について、書画材料で書かれた部分を除いて観察するプログラムを充実させた。

(9)ウズベキスタンのミニアチュール研究に関する図書を、2025年を目標に発行する計画を立ち上げた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 柴崎 幸次、神谷 直希、本田 光子、大柳 陽一、阪野 智啓、鈴木 美賀子、岩田 明子、周 業欣、健山 智子	4. 巻 52
2. 論文標題 データサイエンスによる紙の道の解明：量的・質的調査とAI多面的解析に基づいて	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 愛知県立芸術大学紀要 = The bulletin of Aichi University of the Arts	6. 最初と最後の頁 183 ~ 198
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34476/00000910	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 柴崎幸次	4. 巻 174
2. 論文標題 世界の紙の伝播とサマルカンド紙	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 紙の博物館機関誌・百万塔	6. 最初と最後の頁 4 ~ 18
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 Yoshizato Yu, Zhou Yexin, Ohyanagi Yoichi, Iwata Akiko, Shibazaki Koji, Kamiya Naoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Initial study of fiber estimation in macro-images of paper based on patch-based classification using two-stage EfficientNet	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2023	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2666711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Okada Koya, Iwata Akiko, Urano Yuri, Zhou Yexin, Shibazaki Koji, Kamiya Naoki	4. 巻 (GCCE) 2021
2. 論文標題 Initial Study on Multi-Scale Patch-Based Classification of Paper Fibers Based on EfficientNet Using Consumer Digital Camera	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics	6. 最初と最後の頁 pp.301-303
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/GCCE53005.2021.9621763	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 柴崎 幸次、本田 光子、岩田明子他6名、	4. 巻 No.50
2. 論文標題 研究拠点形成事業「現代に生きる“手漉き紙と芸術表現”の研究、サマルカンド紙の復興を中心に	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 愛知県立芸術大学紀要	6. 最初と最後の頁 pp.105-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34476/00000767	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kitamura Tomohiro、Iwata Akiko、Urano Yuri、Zhou Yexin、Shibazaki Koji、Kamiya Naoki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Initial Study on Classification of Japanese Paper by Kozo Name using EfficientNet with Digital Camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) 2020	6. 最初と最後の頁 pp.599-602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/GCCE50665.2020.9291930	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 生田亜裕、大島あみ、浦野友理、柴崎幸次、神谷直希	4. 巻 vol.49, no.1
2. 論文標題 紙の非破壊解析のためのVGG-16を用いたデジタルマクロ画像における繊維組成の自動分類	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 画像電子学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.41-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/GCCE46687.2019.9015416	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 柴崎 幸次、本田 光子、佐藤 直樹、阪野 智啓、鈴木 美賀子、浦野 友理、大柳 陽一、岩田 明子	4. 巻 No.48
2. 論文標題 研究拠点形成事業「現代に生きる"手漉き紙と芸術表現"の研究：サマルカンド紙の復興を中心に」中間報告	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 愛知県立芸術大学紀要	6. 最初と最後の頁 pp.57-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34476/00000699	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 柴崎幸次、大柳陽一
2. 発表標題 データサイエンスによる紙の道の解明 量的・質的調査とA I 多面的解析に基づいて
3. 学会等名 第359回和紙文化研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷直希、吉里友
2. 発表標題 民生品デジタルカメラを用いたパッチ分類による紙の繊維推定の現状と課題
3. 学会等名 第359回和紙文化研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 周 業欣
2. 発表標題 中国伝統的な手漉き紙 「安徽宣紙・富陽竹紙・貴州楮紙・夾江竹紙」
3. 学会等名 日本映像学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴崎幸次
2. 発表標題 The Research on Propagation of paper in the world and Samarkand paper, ~With the focus on the Hand-Made Paper and artistic expression~
3. 学会等名 UNESCO INTERNATIONAL CONFERENCE Samarkand city, August 26, 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴崎幸次、浦野友理、鈴木美賀子、岩田明子、神谷直希、大柳陽一
2. 発表標題 現代に生きる“手漉き紙と芸術表現”の研究～サマルカンド紙の復興を中心に～
3. 学会等名 第333回和紙文化研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴崎幸次、浦野友理、鈴木美賀子、神谷直希、大柳陽一
2. 発表標題 ウズベキスタンのサマルカンド紙、イスラーム写本、ミニアチュールを知る、他
3. 学会等名 国際セミナー 紙と芸術表現 （招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴崎幸次
2. 発表標題 The research for the culture of contemporary Hand-Made Paper and artistic expression. ~With the focus on the revival of Samarkand paper~
3. 学会等名 第3回日本ウズベキスタン学長会議（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴崎幸次
2. 発表標題 特別講演 “和紙素材の研究 日本の和紙と照明”
3. 学会等名 アジア民族造形学会秋期学術セミナー、韓国、ソウル（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

手漉き紙と芸術表現(研究拠点形成事業・国際共同研究加速基金)  
<http://labo.a-mz.com/paper/>

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	神谷 直希  (Kamiya Naoki)  (00580945)	愛知県立大学・情報科学部・准教授   (23901)	
研究分担者	岩田 明子  (Iwata Akiko)  (50830741)	愛知県立芸術大学・美術学部・非常勤講師   (23902)	
研究分担者	本田 光子  (Honda Mitsuko)  (80631126)	愛知県立芸術大学・美術学部・准教授   (23902)	

	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	大柳 陽一  (Oyanagi Yoichi)	愛知県立芸術大学・美術学部・非常勤講師   (23902)	



6. 研究組織（つづき）

	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	周 業欣  (Zhou Yexin)  (81002251)	聖霊女子短期大学・生活文化科・講師    (41403)	
研究協力者	鈴木 美賀子  (Suzuki Mikako)	愛知県立芸術大学・美術学部・非常勤講師    (23902)	
研究協力者	浦野 友理  (Urano Yuri)	愛知県立芸術大学・美術学部・非常勤講師    (23902)	

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1件

国際研究集会 国際セミナー紙と芸術表現 “ウズベキスタンのサマルカンド紙、イスラーム写本、ミニアチュールを知る”	開催年 2019年～2019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
---------	---------