

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：62501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300327

研究課題名(和文)江戸時代から明治初期にかけての絵画・版画・和本の色材と制作技術に関する研究

研究課題名(英文) Study of color material and product technique used for painting, prints, Japanese style books on the Meiji from the Edo period.

研究代表者

小瀬戸 恵美 (Koseto-Horyu, Emi)

国立歴史民俗博物館・大学共同利用機関等の部局等・准教授

研究者番号：80332120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：自然科学的分析により従来、困難であった藍の同定を紙媒体、布媒体の双方において非破壊・非接触で同定可能とした。これにより、江戸中後期による天然顔料～人工顔料への変遷がよりあきらかになるとともに、過渡期には画題により一枚の錦絵のなかにおいても両方の顔料を使い分けていた可能性が明らかとなった。また、赤色顔料については1869年頃に色相が変化することを確認し、同時期にアニリン赤が普及したとされる美術史における時代背景との一致をみた。表面技法の調査を目的とした3次元計測による画像分析においては錦絵の詞書きの判別可能レベルまで精度を向上させることに成功し、PC上での錦絵のデジタル再現を可能とした。

研究成果の概要(英文)：This scientific research shows successful results that it is possible to identify indigo no matter on paper or on fabric by non-destructive and non-contact analysis. It also revealed in the transitional period from using natural pigments to using artificial pigments, not only one of the natural or artificial pigment but also both of pigments were used in among the one of color woodblock print (nishiki-e). Also, make sure the hue of the red pigment of nishiki-e was changed in around 1869 by using spectral reflectometer, and it matched with art historical background that aniline red was popularly used in the same era. By the three-dimensional image analysis for the purpose of investigation of the surface techniques, we succeeded in improving the accuracy to determine precise levels of lyrics writing of nishiki-e. As a result, it is possible to make digital reproduction of nishiki-e on PC.

研究分野：文化財科学

キーワード：文化財 錦絵 色 三次元計測

1. 研究開始当初の背景

絵画などの美術資料については、美術史研究者による「退色や破損など、資料の美術的価値を損ねる恐れがあるのではないか」との懸念などから、自然科学分析の適用資料範囲が限られていた。しかし、近年における文化財科学的手法による調査事例の蓄積や、非破壊分析装置の開発などにより、徐々に自然科学調査の実施例がみられるようになってきた。

日本の絵画などを色材や技術の観点からみると、江戸時代～明治時代初期には、それまでの伝統技術が保持される一方で改良も施され、また海外諸国から天然顔料や人工顔料が輸入されるなど、何度かの画期が認められる。またそれぞれの変化に応じてそれまでにない新たな表現方法があらわれるなど、材料と美術表現の関連性をさぐる上で美術史的にきわめて興味深く、また重要な時期といてよい。しかしこれらは主に美術史研究者の肉眼観察やわずかな文献記録に基づく考察によるものであり、自然科学的分析による裏付け調査はごく一部に留まり、時代を通じての系統的な分析調査は行われていなかった。

2. 研究の目的

歴史資料において、その構成材料を明らかにすることは保存や修復のみならず、資料の歴史的・美術的位置づけをおこなううえでも非常に重要である。本研究では江戸時代から明治初期の美術工芸品、特に錦絵、泥絵、屏風、和本を主な対象とし、その製作技術や材質について、自然科学と美術史学の観点から詳細な検討を行い、年代や製作地による技術の変遷や伝播の過程を解明することをめざす。また画像解析の手法を適用することによって、製作時の色彩復元や技術解明も行うとともに、画像分析については、歴史資料計測に適した光源や資料の表面状態を観察するのに適した解析法の検討などを行う。対象資料は国立歴史民俗博物館（以下、歴博）が所蔵する資料のほか、国内外の関連美術資料、製法や色材に関する文献記録などを対象として総合的に調査し、比較検討する。

3. 研究の方法

対象資料は、日本の江戸時代から明治初期に色材を使って製作された絵画（屏風・画帖・画卷・掛幅・泥絵など）版画（錦絵）和本（画譜・絵本など）である。具体的には歴博所蔵の泥絵、歌川派版木群と錦絵、画譜などである。また比較資料として海外の西洋画・壁画などや、国内外の顔料の原料鉱石・染料の原料素材なども調査対象とする。これらの資料の色材について、ラマン分光法と蛍光X線分析法などの非破壊分析を用いて製作時に使用された顔料・染料の同定を行う。特に、錦絵や屏風等については、版木の彫りや資料の表面状態・色材の使用状況に伴う凹

凸や繊維の微細構造などを画像解析し色材の分析情報と併せることによって、製作時の色彩復元や技術解明を行う。時期や製作地、製作者（流派）の異なる資料についてこれらのデータを蓄積し、また文献調査を並行して実施し総合することによって、年代や製作地における技術変遷の解明をめざす。

主なテーマは以下のとおりである。

（1）絵画資料の色材と製作技法

江戸時代の絵画・版画・和本資料の色材については、美術史研究者の研究（肉眼観察）により、時期によってかなり色感の違いが認められることが指摘されているが、ごく限定された時期・種類のものしか自然科学的分析が行われていない。これらについて、時期を追って系統的に調査することで、年代や製作地、製作者による違いを明らかにしていく。対象資料は歴博所蔵の泥絵、歌川派錦絵版木群、和本ほか、各地の機関や個人が所蔵する資料を広く対象とする。

（2）顔料・染料や膠着材の流通

（1）と関連し、日本とアジア各地・西洋との間での顔料・染料・膠着材など材料の双交流の解明を目的として調査を行う。特に江戸後期は、例えば人工顔料であるプルシアンブルーが当初はオランダ船による脇荷として持ち込まれ、後に中国経由で安価に輸入されるなどという、西洋の人工顔料の日本への輸入やアジア経由での材料の流入が文献記録として残っているので、化学分析とあわせて流通の解明をめざす。これと（1）とを総合することによって、日本とアジア各地・西洋との材料の双交流ならびに文化の双交流と意義を明らかにすることを目的とする。

（3）天然顔料の原料となる金属鉱物の産地推定

伝統的な天然顔料は金属鉱物を原料として製作された。古くは丹羽鉱山が有名ではあるが江戸期には秋田の太良鉱山などが鉛鉱物を産出し鉛顔料を生産したといわれている。本研究では、これらの鉛顔料のほか、不純物として鉛を含む銅・ヒ素系顔料について、鉛同位体比分析を適用する。また銅系顔料については、ヒ素や亜鉛など共存元素の異なるいくつかの種類が存在が指摘されているので、元素組成も分析し、これらの結果を併せて、顔料や原材料の産出地の解明をめざす。

4. 研究成果

（1）絵画資料の色材と製作技法

ラマンイメージング装置により国立歴史民俗博物館（以下、歴博）所蔵の「歌川派錦絵版木群」および、その版木を使用して摺られたものを含む錦絵群や染色生地の色材析によるデータ蓄積をおこなうとともに、分光反射率測定、蛍光X線分析等による補完・確認をおこなった。その結果、従来の装置では同

定できなかった藍の同定を紙媒体、布媒体の双方において非破壊・非接触で同定可能とした。紫外線可視光近赤外線領域における分光反射率測定においては、江戸後期資料を対象としておこなったところ、天然藍とプルシアンブルー（ペロ藍）の判別を可能とするとともに、近赤外線画像の撮影によってプルシアンブルーとその他青色顔料の判別を可能とした。このプルシアンブルーは広重ブルー、北斎ブルーとして西洋で称されるように日本独特の色とされているが、実際は1740年にベルリンで偶然に合成された顔料であり、日本へは1807年、オランダ船の船員の脇荷として長崎へ持ち込まれ、その後、大量生産されたことにより安価な青い顔料として錦絵に使用されており、実際に錦絵に大量に使用されてきたのは1830年前後とされている。本研究で調査をおこなった錦絵群においては、実際に1830年の前後で藍からプルシアンブルーへの変化が確認されている。また、藍、プルシアンブルーの両色材の同定が可能となったことから、江戸中後期による天然顔料から人工顔料への変遷がよりあきらかになるとともに、かねがね考えられていたように藍とプルシアンブルーが個別に使用されていたわけではなく、過渡期には画題により一枚の錦絵のなかにおいても両方の顔料を使い分けていた可能性が明らかとなった。また、緑色色材はプルシアンブルーと石黄（雌黄；オーピメント）の混合式材、赤色顔料の丹は三酸化四鉄であることも明らかとなった。

上記分析に加えて、錦絵における色の变化は青のみではなく、美術史研究者からは1860年から1870年ごろを境に急激に赤色が変化し、従来使用されていた丹や紅花から鮮やかな赤色を呈するアニリン赤（洋紅）が使用されるようになったとされていることを踏まえ、歴博が所蔵する錦絵のうち1566枚の錦絵（1869年以前のもの932枚、1870以降のもの634枚）のデジタル撮影画像をおこない本研究期間中に確立した色の自動補正をもちいて、赤色重心と色相ヒストグラムを算出した。その結果、色相ヒストグラムからは1869年を境に色相0~25°の範囲に色が出現し、色相が変化したことがみとれる。（図1、図2）

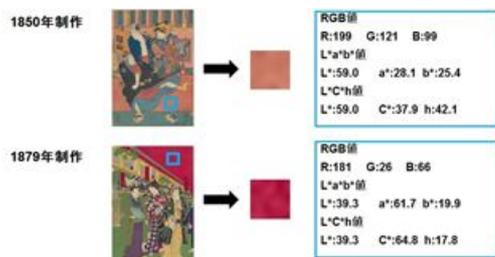


図1．錦絵における赤色の变化

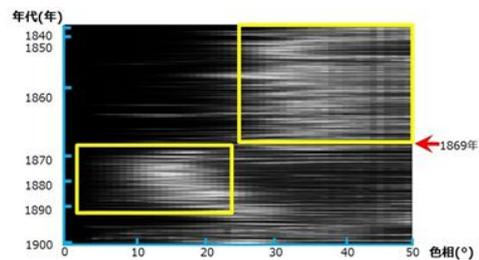


図2．1869年を境とする色相ヒストグラム

もちろん、これ構造同定をおこなっているわけではなく1869年以降の赤がアニリン赤であるかどうかは今後の自然学的測定を待たなければいけないのではあるが、特殊な装置を必要としないデジタル画像の解析から科学的に色の变化が確認されたことは今後、錦絵の研究がおこなわれる上でも大きな一歩であるといえよう。

また、上記のような色材分析と同時に表面技法の調査を目的とした3次元計測による画像分析をおこなった。これは版木を撮影するための治具を用いて360度から光源をあて版木の表面上の凹凸を撮影することにより表面の情報をそのままデジタル上に再現するのであり、本研究期間中に治具の設計からはじまり、条件最適化、描画の自動化などのシステム改善を経て、錦絵の詞書きの判別可能レベルまで精度を向上させることに成功した。（図3）



図3．版木計測による描画部の抽出結果

これを輪郭線のみを描く主版だけでなく、色をするために用いられた色版にも適応しコンピュータ上で合成し、版木に残された色をあてはめ、当初の錦絵の復元が可能である（図4）。現代では色版がどのような順番で摺りに用いられていたかは定かではないので、これらは推定にすぎなく、実際はもっと色材がまじりあって混色をつくり、版木に残る色以上の色彩をはなっていたであろう。だが、このような手法を使用することにより版木はあるものの錦絵が存在しないもののデジタル再現も可能になり、今後の色材の同定が行われれば、当初の色をもつ錦絵を忠実に再現することも可能となる。



図4. デジタル復元された錦絵(左)と現存する錦絵(右)

また、これらの手法と成果をもとに、米国ボストン美術館、スミソニアン博物館フリアギャラリー、アメリカ議会図書館、メトロポリタン美術館、ロシア・エルミタージュ美術館の研究者と討議をおこなった。特にエルミタージュ美術館では同美術館が所蔵する錦絵、巻物、屏風などの日本関連資料の調査結果と総合し、顔料の変遷と本手法の有用性を確認した。

(2) 顔料・染料や膠着材の流通

『文政8年 酉年阿蘭陀船向々様御誂并本方脇荷差出し帳』などの江戸後期の西洋の人工顔料の日本への輸入やアジア経由での材料の流入の文献の記述を精査するとともに、米国、ロシアの関連機関での調査をおこなった。また、日本と東洋、西洋間での顔料・染料・膠着材の実物資料を入手して分析をすすめてきた。しかし、地域による成分の違いを明らかにするためには顔料の主成分や微量元素の定量同定の必要が生じており、誘導結合プラズマ発光分光分析などの機器による測定を継続しておこなっている。

(3) 天然顔料の原料となる金属鉱物の産地推定

江戸末期顔料材料産出鉱山のひとつとみなされる秋田県尾去沢鉱山の抗内調査、製錬所跡調査等、産出地による原料鉱物および採鉱状態の調査を行った。これらの現地調査とともに、原料供給源の候補と考えられる鉱山の鉱山採取資料の調査を進めてきたが現時点では個別調査にとどまり、総合的な原料産地推定の概略図を描くには至っていない。これは、当時と現在の地形と産出鉱山の地理・名称の差異が要因の一つとなっていることも挙げられ、これをいかに解明していくかが今後の研究推進における課題となるであろう。

上述のように、絵画材料の色材についてはラマンイメージング特定による結晶構造をもとにした顔料同定、分光反射率測定による顔料判別や3次元画像分析による錦絵のデジタル再現を可能にするなど一定の成果を得た。しかし、当初目的の一つとしていた膠着

材の同定については、最適手法・最適条件の確定にいたらず、また、流通・産地推定についても、文献による調査や入手した採取資料の自然科学的分析をすすめているものの、未だ道半ばである。だが、これまで自然科学的な調査に消極的であった美術史研究者にもこのような研究手法の有効性を認知してもらうことができ、美術史研究に新たな視点を提供するとともにその深化をはかることができた。本研究を礎とし、今後一層の調査研究およびデータ蓄積をすすめていくことにより、より明確な絵画材料の変遷や製作・流通経路の解明が可能となるのではないかと考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Takuzi Suzuki, Misaki Kan'no, Noriko Yata, Yoshitsugu Manabe: Detection of transition of red colours on Nishiki-e printings from colour-corrected digital images, Journal of the International Color Association, Vol.14, pp55-66 (2015-04-27; Received 2014-11-04, Revised 2015-01-22, Accepted 2015-01-26)

[学会発表](計13件)

Takuzi Suzuki, Misaki Kan'no, Yoshitsugu Manabe, Noriko Yata: Analysis of a red color on Nishiki-e printings, AIC Colour 2013 Proceedings, Volume 1, pp.19-22 (Newcastle upon Tyne, U.K., 2013-7)

鈴木卓治、峯崎麻未、矢田紀子、眞鍋佳嗣: 錦絵画像の色情報から使用色材の変遷を捉える試みについて、日本色彩学会誌、Vol.38, No.3 (第45回全国大会講演予稿集) pp.202-2-3 (2014-5)

Takuzi Suzuki, Mami Minezaki, Noriko Yata, Yoshitsugu Manabe: Analysis of Orange Colors of Nishiki-e Printings, AIC 2014 Interim Meetings Proceedings, pp.197-202 (Oaxaca, Mexico, 2014-10)

菅野美咲、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣: 錦絵画像の色補正の自動化と色分析の試み、映像情報メディア学会2012年冬季大会講演予稿集、1-3 (東京理科大学森戸記念館、東京、2012/12/18)

田屋沙世子、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣: 版木画像からの錦絵再現手法の検討、映像情報メディア学会2012年冬季大会講演予稿集、1-4 (東京理科大学森戸記念館、東京、2012/12/18)

田屋沙世子、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣: 版木計測による錦絵のデジタル再

現、第16回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013) ss4-21(国立情報学研究所、東京、2013/7/31)

増淵佑美、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣：撮影条件の異なる複数枚の画像を用いた歴史資料の高精細画像合成、映像情報メディア学会 2013年冬季大会講演予稿集、13-11(芝浦工業大学、東京、2013/12/19)

田屋沙世子、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣：錦絵のデジタル再現のための重ね摺りされた色の推定モデル、映像情報メディア学会 2013年冬季大会講演予稿集、13-12(芝浦工業大学、東京、2013/12/19)

宮内貴之、鈴木卓治、眞鍋佳嗣、矢田紀子：照度差ステレオ法を用いた錦絵版木の形状計測、映像情報メディア学会 2013年冬季大会講演予稿集、13-13(芝浦工業大学、東京、2013/12/19)

峯崎麻未、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣：錦絵画像群の計量的な色彩分析の試み、映像情報メディア学会 2013年冬季大会講演予稿集、13-14(芝浦工業大学、東京、2013/12/19)

峯崎麻未、鈴木卓治、矢田紀子、眞鍋佳嗣：計量的な色彩分析による錦絵画像群における橙色の変遷の分析、日本色彩学会画像色彩研究会 2013年度研究発表会論文集、pp.24-27(国立新美術館、東京、2014/03/02)

Sayoko Taya, Takuzi Suzuki, Noriko Yata, Yoshitsugu Manabe: Extracting Convex Region of Printing Blocks for Digital Reproduction of Nishiki-e, Proc. Of Joint Conference of IWAIR & IFMIA, CD-ROM, (2015/01/13) Tainan, Taiwan

Sayoko Taya, Takuzi Suzuki, Noriko Yata, Yoshitsugu manabe: A Model for Estimation of Overprinted Colors on Nishiki-e Printings, Proceedings of AIC2015 (Tokyo, Japan, 2015/05/20-22)

出願状況(0件)

取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小瀬戸 恵美(Emi Koseto-Horyu)
国立歴史民俗博物館・研究部・准教授
研究者番号：80332120

(2) 研究分担者

谷口 陽子(Yoko Taniguchi)
筑波大学・人文社会科学部・准教授
研究者番号：40392550

齋藤 努(Tsutomu Saito)
国立歴史民俗博物館・研究部・教授

研究者番号：50205663

眞鍋 佳嗣(Yoshitsugu Manabe)

千葉大学・融合科学研究科・教授

研究者番号：50273610

坂本 稔(Minoru Sakamoto)

国立歴史民俗博物館・研究部・教授

研究者番号：60270401

鈴木 卓治(Takuzi Suzuki)

国立歴史民俗博物館・研究部・准教授

研究者番号：70270402

高島 美穂(Miho Takashima)

独立行政法人国立美術館国立西洋美術館・学芸課・研究補佐員

研究者番号：80443159

大久保 純一(Junichi Okubo)

国立歴史民俗博物館・研究部・教授

研究者番号：90176842