

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82620

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K01136

研究課題名（和文）様々な文化財に使用された彩色材料への赤外線画像による面的調査の検討

研究課題名（英文）Examination of Surfical Analysis Using Infrared Image for Coloring Materials Found on Various Types of Cultural Properties

研究代表者

秋山 純子（Akiyama, Junko）

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・室長

研究者番号：10532484

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、様々な形態の文化財に対して赤外線画像の適用を試みた。歴史資料として高松松平家伝来の「博物図譜」を対象に、ハイパースペクトルカメラで得られた反射スペクトルの分布図と赤外線画像との比較から、赤外線画像が彩色材料の違いを表していることが確認できた。また染織品に対しても赤外線画像の適用の有効性を明らかにした。様々な形態の文化財に対して、彩色材料の面の広がり把握するのに赤外線画像は非常に有効であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では歴史資料や浮世絵などの刷物、染織品等に使用された彩色材料に対して、赤外線画像を使った調査が有効であるか検討した。様々な形態の文化財の彩色材料に対して分析機器による点分析の結果を面の広がりとして把握するのに、安全で簡便に調査できる赤外線画像の利用は非常に有効である。赤外線画像が様々な複合材料で構成された文化財に広く活用できれば、点だけの情報に面の情報を加えることができ、文化財の科学調査に対して大きく貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：In this study, I attempted to apply infrared imaging to various forms of cultural properties. Using the Takamatsu Matsudaira family's "Illustrated Book on Natural History" as historical materials, I was able to confirm that the infrared images show the difference in coloring materials by comparing the distribution map of the reflection spectrum obtained by the hyperspectral camera with the infrared images. In addition, the effectiveness of the application of infrared imaging to dyed textile works was also confirmed. It was found that infrared imaging is very effective in grasping the spread of the surface of the colored material for various forms of cultural properties.

研究分野：保存科学

キーワード：赤外線画像 彩色分析 面的調査

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、美術史的な観点や保存修復に関連した作品の調査で科学分析が導入される事例は増えているが、点分析に終始することが多い。しかし点分析の結果から絵画全体を俯瞰し、絵画の総合的な解釈がなされることは少ない。点分析ではせっかく科学分析をしても情報としては不十分であると考えられる。なぜなら、分析した箇所と他の同系色が同じ材料で描かれているかどうかは点分析では分からないからである。確実に絵画全体の彩色材料を把握するには、面の情報を得る必要がある。面での把握をすることで、点分析の結果をさらに生かすことができると考える。

本研究の動機はある油絵具の変色について調査研究を進めた際に、絵画作品全体の中でどの部分に変色しやすい絵具が使用されているのか、全体的に理解する必要性を感じたことにある。全体を見通せなければ、作品の解釈、保存、修復を見誤る可能性もある。どの部分が本来の色彩と違って変色が生じているのか、修復をする際に脆弱な絵具はどのくらいの範囲に及んでいるのか、文化財全体の面的な情報を得ることは作品の性質、保存性、修復作業等において最も必要な事柄の一つだろう。

また、最近では積極的に文化財を観光資源として「活用」する動きがあり、積極的に文化財を活用していくためには、文化財に負担を与えずに簡便に素早く安全に把握できる面的調査方法の確立が急務であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は様々な文化財に使用された彩色材料の面的調査に赤外線画像を適用し、その有効性を明らかにすることである。これまでの研究で、主に膠と顔料・染料で描かれた絵画作品における彩色材料の面的調査に赤外線画像は有効であると確認することができた。そこで、本研究では歴史資料、染織品に使用された彩色材料に対して、赤外線画像を使った調査が有効であるか検討を行った。赤外線画像の適用事例を増やして、簡便かつ安全な調査法として確立することができれば、文化財を「活用」する際の情報提供に役立てることができると考えられる。そのためには赤外線画像で何がどこまで分かるのかをしっかりと押さえ、様々な文化財に対し赤外線画像の検証を重ねていく必要がある。

3. 研究の方法

(1) 赤外線撮影

赤外線とカラー画像の取得は赤外線撮影用カメラ (PENTAX KP IR : P-TTL フラッシュ内蔵 TTL AE・AF 一眼レフデジタルカメラ) を使用した。赤外線撮影は可視光カット、赤外線透過フィルター (リコーイメージング㈱製 IR フィルター) を用い、カラー撮影は赤外線をカットするフィルター (リコーイメージング㈱製 IR カットフィルター) を用いて行った。

染織品の赤外線撮影は非接触大型画像取得装置 Niiji-H (高精細スキャナ、株式会社サビア製) で撮影した。高精細スキャナは一定の光と間隔で対象をスキャンすることができるため、ゆがみのない画像を得ることができる。

(2) ハイパースペクトルカメラによる測定

赤外領域の反射スペクトルと赤外線画像の見え方を比較するため、ハイパースペクトルカメラ (エバ・ジャパン社製ハイパースペクトルカメラ NH-1S) でスキャンを行い、反射スペクトルを面的に取得した。このカメラで取得できる画素数は $752 \times 480 =$ 約 36 万画素である。各画素において信頼に値するデータが得られる波長領域は 400 nm ~ 1000 nm であり、波長分解能は 5 nm である。内蔵分光スキャニング技術が採用されていることから、外部可動装置を用いて装置本体もしくは調査対象の資料を動かさなくても分析可能である。ハイパースペクトルカメラでは、同じ条件下 (光源やカメラからの距離等) でスキャンするので、画面上で同時に得られた反射スペクトルの形や反射率を比較検討できるのが大きな特徴である。

(3) 蛍光 X 線分析

顔料を推定するため、蛍光 X 線分析 (オリンパス製、デルタハンドヘルド蛍光 X 線分析計 Premium、Rh 管球、分析ソフトウェア: 岩石鉱石モード、型式: DP-4000) を使用した。

(4) 調査対象作品

① 歴史資料 香川県指定有形文化財に指定されている高松松平家伝来の博物図譜 (香川県立ミュージアム保管) を調査した。博物図譜は魚類を集めた「衆鱗図」、鳥類を集めた「衆禽画譜」、植物を集めた「衆芳画譜」「写生画帖」と多岐にわたっている。これらの図譜は非常に精緻に様々な彩色で描写されており、江戸時代に作られた博物図譜の中でも貴重な作品群として位置づけられる。

② 染織品 九州国立博物館所蔵の「黄絹地鳳凰牡丹扇面模様紅型裂」他 2 点の調査を実施した。これは 19 世紀に琉球で製作された紅型で、黄色地に鳳凰、牡丹、扇面の模様が一定の間隔で鮮やかに表されている。

紅型とは、型紙もしくは筒を用いて糊防染した生地に、顔料および染料を刷毛などで刷り込み捺染する技法のことを指す。顔料と染料が同時に存在する彩色方法がとられていることから、赤外線画像でどこまで情報が得られるのか検討する対象とした。

4. 研究成果

本研究の大きな成果は、赤外線画像の確かさを把握するため、赤外線画像の濃淡とハイパースペクトルカメラで得られた反射スペクトルとを比較し、彩色材料の面的な広がりや確認と赤外線画像の有効性について検討したことおよび染織品への赤外線画像の適用を検討したことである。

博物図譜のうち「衆鱗図」の青色と赤色箇所を対象に、ハイパースペクトルカメラを適用してそれぞれの彩色の反射スペクトルを確認し、赤外線画像のモノクロの濃淡と比較検討した事例を示す¹⁾。図1、2は「衆鱗図（第一帖 裏 44）」の画面左下に描かれたホウボウのカラーと赤外線画像である。ホウボウは体の割に大きな胸ビレがあり、鮮やかな青色に縁どられ、内側に青い斑点をもつのが特徴で、図譜ではその様子が良く描かれている（図3）。ヒレの先の部分（①）と斑点（②）の鮮やかな青色は赤外線画像でやや濃灰色に写っていた。ヒレの中で広く塗られた黒色地に赤外線が吸収されることなく灰色の斑点が写っている点が非常に興味深い。ヒレの水色箇所（③）と顔の水色箇所（④）は赤外線画像では白く写っていた。同様にエラ下部（⑤）、エラとヒレの間部分（⑥）と側線下の腹部に近い箇所の斑点の赤色箇所（⑦）について赤外線画像を見ると、⑤と⑥は白く抜けていたのに対し、⑦は淡灰色に写っており、赤外線をわずかに吸収する色材が混合されている可能性があると考えられる。

赤外線画像の見え方と比較するため、840 nm から 1000 nm の波長範囲の反射率の違いを調べた。青色箇所（①～④）の反射スペクトルを比較すると、①と②よりも③と④の反射率が高かった（図4）。この反射率の差が赤外線画像の濃淡に表れていることが分かった。また、エラ付近の赤色箇所（⑤）、⑥）と腹部近くの斑点の赤色箇所（⑦）の反射スペクトルを見ると、⑤と⑥の反射率が⑦よりも高かった。このことから、赤外線画像の濃淡とハイパースペクトルカメラで得られた反射スペクトルの様相が一致していることが確認できた。

この調査によって、面的に反射スペクトルを測定し、赤外線画像と比較したことで、赤外線画像の濃淡が彩色材料の違いを示していることを裏付けることができた。

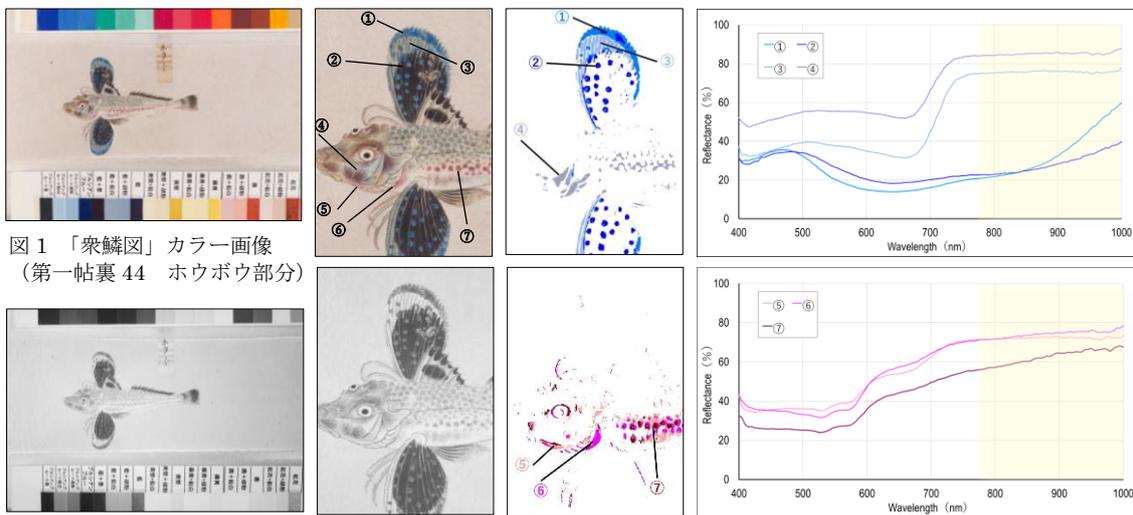


図1 「衆鱗図」カラー画像
（第一帖裏 44 ホウボウ部分）

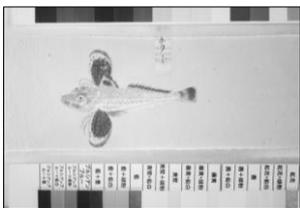


図2 赤外線画像（同上）



図3 拡大画像
上：カラー／下：赤外線



図4 左：反射スペクトル分布図／右：反射スペクトル
上：青色箇所／下：赤色箇所

九州国立博物館所蔵の「黄絹地鳳凰牡丹扇面模様様紅型裂」他2点の染織品について、高精細スキャナを使用し、ゆがみのない高精細なカラー画像と赤外線画像の撮影を行った。赤外線画像を見ると、彩色材料によって見え方が違う様子が窺えた。黄色地は全体に白く抜ける様相を呈した。青、青緑、緑色の箇所はいずれも黒く写っていた。赤色箇所は完全に白く抜けていたが、紫色箇所は灰色を示し、塗られた図像を把握できた。赤外線画像から顔料と染料を区別できるのか確認するため、黄色地と青緑色の蛍光X線分析を行った。その結果、黄色地の箇所からはヒ素が検出され、使用されている顔料は石黄の可能性が高いと推測された。青緑色の箇所からは鉄が検出された。赤外線画像と顕微鏡観察の結果と合わせ、プルシアンブルーの可能性が高いと考えられた。特に緑色の箇所は赤外線画像で黒く写っているため、青色と黄色を混ぜた染料ではなく、顔料が使用されている可能性があることが分かった²⁾。

この調査では染織品に対し、彩色材料の観点から赤外線画像の検討を行った。黄色地に関しては赤外線画像では白く抜けており染料の可能性を示したが、点分析と顕微鏡観察の結果、顔料であることが推測された。このように染織品に使用されている彩色材料は顔料と染料が混在しており、赤外線画像から情報を得るにはさらに調査事例を増やす必要があり、次の研究課題である。

参考文献

- 1) 秋山純子ほか：「彩色のある文化財に対する赤外線画像の有効性に関する研究」『2023 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 札幌 要旨集』 pp.437-440 (2023)
- 2) 秋山純子ほか：「染織品に対する赤外線画像の有効性の検討」『日本文化財科学会第39回大会要旨集』 pp.220-221 (2022)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 1件）

1. 著者名 紀 芝蓮・秋山 純子・犬塚 将英・寺島 海・高木 敬子	4. 巻 63
2. 論文標題 ハイパースペクトルカメラによる博物図譜の 彩色材料と使用方法の評価	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 保存科学	6. 最初と最後の頁 43 53
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 秋山純子、高木敬子、紀芝蓮、千葉毅、犬塚将英
2. 発表標題 彩色のある文化財に対する赤外線画像の有効性に関する研究
3. 学会等名 2023 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 札幌（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 紀芝蓮、秋山純子、犬塚将英、高木敬子
2. 発表標題 ハイパースペクトルカメラによる絵画作品の色と材料の解析 「高松松平家博物図譜（香川県立 ミュージアム保管）」を事例として
3. 学会等名 日本文化財科学会 第40回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山純子、桑原有寿子、和泉田絢子
2. 発表標題 染織品に対する赤外線画像の有効性の検討
3. 学会等名 日本文化財科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山純子、相馬静乃、吉田直人、佐野千絵
2. 発表標題 特定波長域を遮光した光照射下における黄色系染料の変退色挙動
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋山純子
2. 発表標題 彩色材料に関する面的調査法の検討
3. 学会等名 東アジア文化財保存修復学会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山純子、上野進、鹿間里奈
2. 発表標題 赤外線画像を使った彩色材料の検討 顔料と染料を混合した場合
3. 学会等名 日本文化財科学会
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----

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0件

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
---------	---------