

バンドパスフィルターを用いたスキヤニングによる 反射スペクトルの簡易推定

大下 浩司^{1,2}

光ファイバー分光光度計などの分析機器を使用することなく汎用なスキヤナーを用いて反射スペクトルを簡易に推定する方法を検討した。この結果、極大透過波長が450nm・530nm・600nmの各バンドパスフィルターを使用し分析試料をスキヤンして、Windows 付属のペイントソフトを使ってスキヤンした画像 (JPEG) から R・G・B の各値を読み取り、これらの値から各極大透過波長における反射率を算出すれば、反射スペクトルの形状を簡易に推定できることがわかった。しかしながら光ファイバー分光光度計で測定した反射率に比べると、本法により簡易推定した反射率は誤差を生じる場合もあった。このため、本研究で検討した簡易推定の方法には、確度の向上が課題として残される。

1 はじめに

文化財の研究分野において、顔料や染料などの色材を分析する際には、反射スペクトル分析法、三次元蛍光スペクトル分析法、測色分析法、蛍光 X 線分析法などが行なわれる。これらの方法により光に対する色材の反射・吸収・蛍光の特性を調べたり、色相・明度・彩度を測定したり、色材の種類を同定することがある。

例えば、反射スペクトル分析法は、紫外線・可視光線・近赤外線の光を顔料や染料などの色材に照射し、色材が反射する光を測定して、各波長の光に対する反射率から反射スペクトルを得る。この反射スペクトル分析法を活用した顔料や染料の同定に関する研究は幾つか報告されている^{1)~5)}。しかしながら、反射スペクトルを測定するためには、光ファイバー分光光度計のような分析装置が必要であり、十分に普及しているとは言えない。このようなことから分析装置を用いず、汎用なデジタル一眼レフカメラを使用し反射スペクトルを簡易推定する研究も行なわれている⁶⁾⁷⁾。例えば、極大透過波長の異なる6種のバンドパスフィルター (極大透過波長420nm・450nm・500nm・530nm・550nm・600nmの6種) とデジタル一眼レフカメラを用いて色材を撮影し、撮影した写真 (JPEG・RAW) からバンドパスフィルターの極大透過波長における光の反射率を算出し、反射スペクトルを推定した研究がある。そして、著者の既報では、この研究例を参考にして、赤色・緑色・青色の光を透過しやすい R・G・B フィルターとデジタル一眼レフカメラを用いた撮影により、色材の反射スペクトルを簡易に推定する方法を検討した⁷⁾。この方法では、分析試料をイーゼルに立て掛け、それに向けてカメラを三脚に取り付け設置し、分析試料へ光が一様に当たるようにライトスタンドを配置している。このように撮影機材を設置するためには、ある程度の空間が必要であり、この準備には手間を要した。

このことから本研究では、より簡易な方法として、汎用なスキヤナーを用いて反射スペクトルを推定する方法を検討した。本法では、USB ケーブルを介してスキヤナーをパソコンに接続し、原稿台ガラスの上に分析試料を置きスキヤンするだけで良い。しかし、スキヤナーには分光機能がないため、バンドパスフィルターを用いて分析試料をスキヤンすることにした。そして、Windows 付属のペイン

トソフトを使いスキャンした画像 (JPEG) から R・G・B や明るさの各値を読み取り、バンドパスフィルターの極大透過波長 (450nm・530nm・600nm) の光に対する反射率を算出し、反射スペクトルを簡易推定しようとした。

2 実験

2.1 分析試料

分析試料として白色校正板と不透明水彩絵具 (ホルベイン製ガッシュ) を用いた。白色校正板は labsphere USRT-99-020 を用い、不透明水彩絵具は既報で調製したもの⁸⁾ を使用した。ニューエコのりパネ (アルテ・A4・厚さ 5mm) に黒色紙 (キャンソン・ミタント、ステイジャンブラック・160g/m²・A4) を貼り付け、この黒色紙に、白色のジンクホワイトとパーマネントホワイト、黒色のアイボリブラックとジェットブラック、青色のコバルトブルーとウルトラマリンブルー、緑色のターコイズグリーンとビリジャン、赤色のカドミウムレッドとカドミウムレッドパープル、黄色のカドミウムイエローとイエローオーカー、茶色のローアンバーとバーントアンバー、紫色のライラックとコバルトバイオレットの 16 種の不透明水彩絵具を 2cm 角にそれぞれ塗布し、自然乾燥後に分析へ供した。

2.2 撮影機材と撮影方法

本実験には、富士フィルムのバンドパスフィルター 3 種 (BPB45・BPB53・BPB60) を用いた⁹⁾。バンドパスフィルターは、当該波長域の光を透過しこの波長域外の光を吸収する性質がある。そして BPB45・BPB53・BPB60 の各極大透過波長は概ね 450nm・530nm・600nm であり、極大透過波長における透過率は約 50% である。

分析試料のスキャンは、スキャナー機能を備えたインクジェット複合機 (キャノン・PIXUS MX923) に USB ケーブルを介してコンピュータ (パナソニック・CF-SX3・Windows 7 Professional・32bit) を接続し行なった。コンピュータにインストールしたスキャナーのドライバソフト (キャノン・My Image Garden) を用い、原稿の種類: 写真、カラーモード: カラー、原稿サイズ: A4、解像度: 600dpi、データ形式: JPEG、この他は標準に設定して分析試料をスキャンした。スキャン時は、スキャンするための原稿台ガラスの表面に、分析試料の面が接するように置き、原稿台カバーを閉じてスキャンした。

スキャンは、1) バンドパスフィルターを用いない場合と 2) バンドパスフィルターを用いた場合の 2 通りで行なった。1) バンドパスフィルターを用いない場合には、まず白色校正板をスキャンして、続いて不透明水彩絵具をスキャンした。2) バンドパスフィルターを用いた場合には、原稿台ガラス面と分析試料の間に各バンドパスフィルター (BPB45・BPB53・BPB60) を順次挟み込み、白色校正板と不透明水彩絵具をそれぞれスキャンした。

2.3 R・G・B と明るさの各値の取得方法と各波長における反射率の算出方法

スキャンして得た画像 (JPEG) を Windows 付属のペイントソフトで開き、スポイトツールで画像に写った分析試料の任意の測定点を選び、色の編集から R・G・B と明るさの各値を読み取った。1) バン

ドパスフィルターを用いない場合には R・G・B の各値を読み取り、600nm・530nm・450nm の反射率の算出にそれぞれ用いた。2) バンドパスフィルターを用いた場合には、青色の光を透過しやすい BPB45 では B 値と明るさの値を読み取り 450nm の反射率、緑色の光を透過しやすい BPB53 では G 値と明るさの値を読み取り 530nm の反射率、赤色の光を透過しやすい BPB60 では R 値と明るさの値を読み取り 600nm の反射率の計算に用いた。1) と 2) で反射率を算出した波長は、バンドパスフィルターの極大透過波長とした。そして、当該波長の反射率 (%) は (不透明水彩絵具をスキャンした画像から得た R・G・B または明るさの各値) / (白色校正板をスキャンした画像から得た R・G・B または明るさの各値) × 100 の計算式から求めた。このとき、反射率 100% は上述の 1) と 2) で得た白色校正板の R・G・B または明るさの各値とし、反射率 0% は R・G・B または明るさの各値を 0 としている。このようにして計算式から算出した各波長の反射率をグラフ上にプロットし、不透明水彩絵具の反射スペクトルを得た。

3 結果と考察

分析試料をスキャンして算出した 450nm・530nm・600nm の各波長の光に対する反射率をもとに簡易推定した反射スペクトルを描いた (図 1)。図 1 には、1) バンドパスフィルターを用いない場合の R・G・B の各値から算出した反射率を○、2) バンドパスフィルターを用いた場合の R・G・B の各値から算出した反射率を△、2) の明るさの値から算出した反射率を□としてプロットしている。そして、光ファイバー分光光度計で測定した反射スペクトル⁸⁾ を実線で示した。

本研究により簡易推定した反射スペクトルと光ファイバー分光光度計で測定した反射スペクトルを比べると、これらの形状は概ね一致していた。反射スペクトルの形状は、各波長における反射率の相対的な高低差を表している。例えば図 1 の通り、450nm・530nm・600nm の各波長の反射率は、白色の不透明水彩絵具ではいずれも高く、黒色ではいずれも低かった。青色では 450nm の青色の光の反射率が高くなり、530nm の緑色の光と 600nm の赤色の光を吸収するためこれらの波長の反射率は低かった。このように各波長の反射率は、分析試料の色相に相当する波長域の光を反射し高くなり、補色に相当する波長域の光を吸収し低くなる。このため、緑色は 530nm、赤色は 600nm、黄色は 530nm と 600nm の反射率が高かった。そして、茶色の不透明水彩絵具では、黄色と同じように 530nm と 600nm の反射率が高くなり、これらの波長における反射率は黄色よりも低かった。紫色では 450nm と 600nm の反射率が高かった。このようにバンドパスフィルターの使用の有無や反射率の算出に用いた数値 (R・G・B または明るさの各値) によらず、簡易推定し得られた不透明水彩絵具の反射スペクトルの形状には、色相に相当する特徴が認められた。

次に、簡易推定し得られた 450nm・530nm・600nm の各波長における反射率を相互に比べると、1) バンドパスフィルターを用いず R・G・B の各値から求めた反射率 (○) および 2) バンドパスフィルターを用いて明るさの値から求めた反射率 (□) よりも、2) バンドパスフィルターを用いて R・G・B の各値から求めた反射率 (△) の方が、光ファイバー分光光度計で測定した反射率 (実線) に近い値が得られた。しかしながら、この方法 (△) でも、反射率が高く正の誤差を生じる場合や反射率が低く負の誤差を生じる場合もあった。このような誤差を生じる理由として、本研究に用いたバンドパスフィルターは、特定波長の光のみを透過するのではなく、極大透過波長を中心とした 100 ~ 150nm の広範な

波長域の光を透過するため、これがR・G・Bの各値に影響を与え、正負の誤差を生じたものと考えられる。さらには、ペイントのR・G・Bの各値が示す光の波長が不明であったため、ペイントのR・G・Bの各値が示す光の波長を、便宜上、バンドパスフィルターの極大透過波長である450nm (B)・530nm (G)・600nm (R)として反射率を算出したことも誤差を生じた理由として挙げられる。このような誤差を生じる問題の解決は、今後の課題として残される。

4 おわりに

本検討の結果、極大透過波長450nm・530nm・600nmの各バンドパスフィルターを用いて分析試料をスキャンし、Windows付属のペイントソフトを用いてスキャンした画像(JPEG)からR・G・Bの各値を求め反射率を算出すれば、反射スペクトルの形状を概ね推定できることがわかった。しかし、各波長の光に対する反射率の算出には正負の誤差を生じることも明らかになった。本研究ではこの問題を解決するには至っておらず、今後検討を要する。また、分析試料はスキャン可能なものに制限されることから目的に応じて本法の適切な利用が求められる。

本研究の一部はJSPS科研費JP17K01201の助成を受けたものです。関係の皆様にご心より感謝申し上げます。

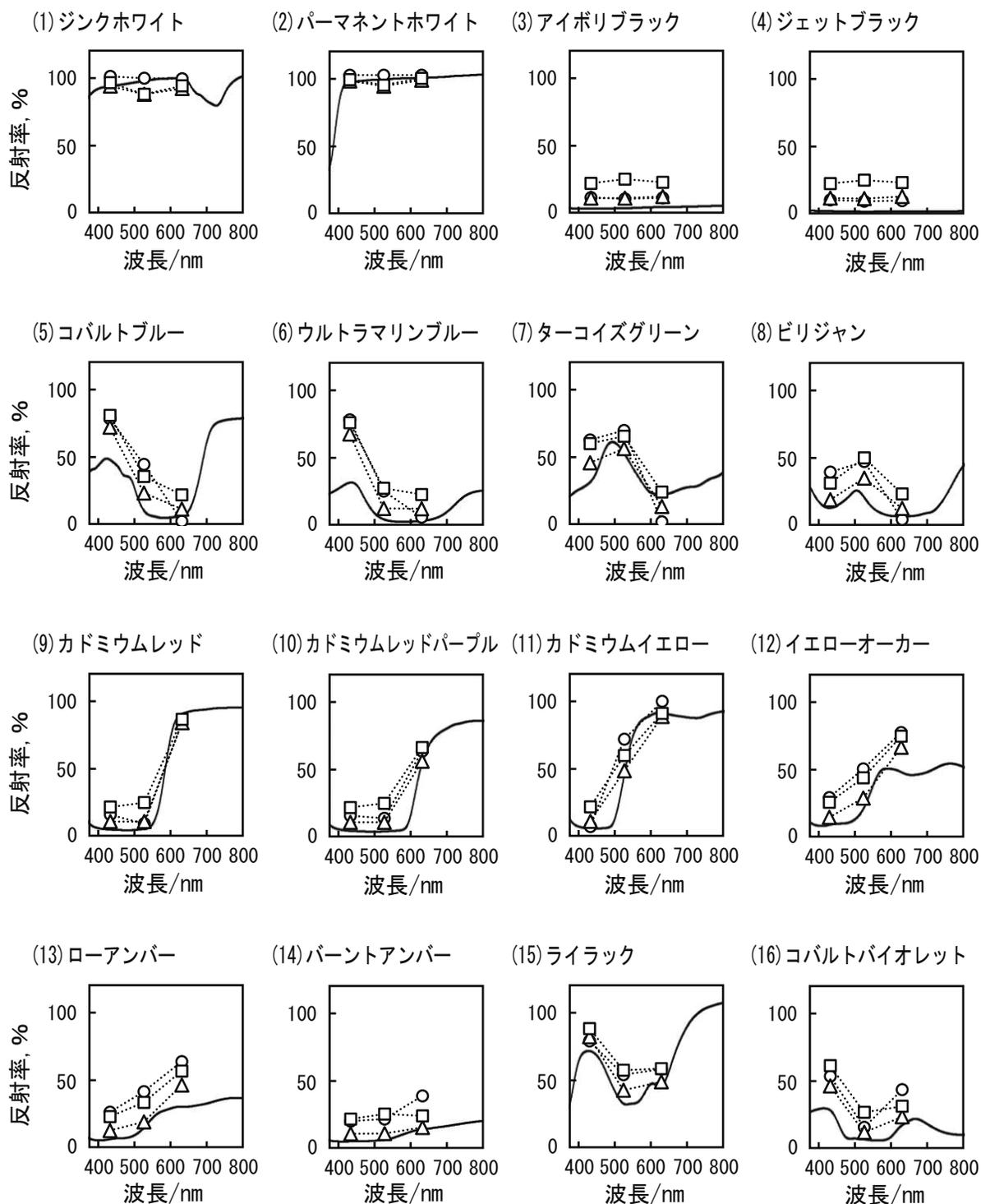


図 1 バンドパスフィルターを用いたスキャンングにより得た不透明水彩絵具の反射スペクトルと光ファイバー分光光度計で測定した反射スペクトル^a

^a 実線は光ファイバー分光光度計で測定した反射スペクトル。○はバンドパスフィルターを用いずスキャンした画像 (JPEG) から R・G・B の各値を読み取り算出した各波長の反射率、△はバンドパスフィルターを用いてスキャンした画像から R・G・B の各値を読み取り算出した各波長の反射率、□はバンドパスフィルターを用いてスキャンした画像から明るさの各値を読み取り算出した各波長の反射率。

文献

- 1) 下山進, 松井英男, 下山裕子: 分析化学, 55, pp.121-126 (2006).
- 2) 吉田直人, 三浦定俊: 保存科学, 44, pp.17-24 (2005).
- 3) 吉田直人, 三浦定俊: 保存科学, 45, pp.141-148 (2006).
- 4) 吉田直人: 保存科学, 46, pp.75-84 (2007).
- 5) 吉田直人: 保存科学, 50, pp.207-215 (2011).
- 6) 吉田直人: 保存科学, 48, pp.51-59 (2009).
- 7) 大下浩司: 文化財情報学研究, 14, pp.27-33 (2017).
- 8) 大下浩司: 文化財情報学研究, 14, pp.17-25 (2017).
- 9) “富士フィルム光学フィルター”, pp.13-17 (富士フィルム).

所属:

- ¹ 吉備国際大学 外国語学部 外国学科 (〒 700-0931 岡山県岡山市北区奥田西町 5-5)
- ² 吉備国際大学 文化財総合研究センター (〒 716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8)