

汎用デジタル一眼レフカメラを用いた赤外線写真撮影における シャープカットフィルターの影響

大下 浩司^{1, 2}・下山 進^{2, 3}

既報では汎用デジタル一眼レフカメラのレンズ前面に FUJIFILM シャープカットフィルター SC72 を取り付けて赤外線写真の撮影方法を検討した。本研究はそのシャープカットフィルターの影響について SC72 ～ IR96 の計 13 種を検討した。シャープカットフィルターは、ある波長を境にして、それよりも波長の短い光を吸収し、それよりも波長の長い光を透過する。この境となる波長を閾値（透過率が約 50 % 時の波長）とよんでいるが、異なる閾値のシャープカットフィルターに応じて透過する光の波長域を調整できる。本研究ではそのシャープカットフィルターの影響を詳細に検討した。レンズ前に取り付けるシャープカットフィルターを SC72 から IR96 まで計 13 種を順次付け換え、赤外線ライトから油彩画に波長領域 約 800 nm ～約 1050 nm、最大強度波長 約 920 nm の光（赤外線）を照射して、赤外線写真を撮影し比較した。その結果、撮影に使用する赤外線ライトの最大強度波長が 920 nm である場合、SC72 (920 nm の光透過率は約 92 %) ～ IR86 (920 nm の光透過率は約 78 %) のシャープカットフィルターを用い、絞り値を 3.5、露出時間を 30 秒に設定すれば、汎用デジタル一眼レフカメラを改造することなく赤外線写真を撮影できることがわかった。

1 はじめに

文化財の光学調査では、木炭で描かれた絵画の下絵（素描）や木簡や棟札などの木板あるいは古文書などの紙資料に墨で書かれた判読の難しい文字を赤外線写真などで観察できる。しかしながら市販されている赤外線カメラは百万円から二百万円程度と高価なため、美術館や博物館などの現場には普及しにくい。

既報において著者らは数万円程度で購入可能な汎用デジタル一眼レフカメラを用いて赤外線写真を撮影する方法を報告した¹⁾。汎用なデジタル一眼レフカメラは撮像素子前面に紫外線と赤外線をカットし可視光線のみを透過するバンドパスフィルターが取り付けられており、通常の撮影では赤外線写真を撮影することはできない。しかしながらカメラの機種によっては微弱ながら赤外線がバンドパスフィルターを透過する。そのためレンズ前面に可視光線の光を吸収しやすく赤外線の光を透過しやすいシャープカットフィルターを取り付け、レンズの絞り値、カメラ本体の露出時間や ISO 感度の撮影条件を調整すれば赤外線写真を撮影できると考え、その撮影条件を検討した。その結果、1 枚数千円で市販されている FUJIFILM シャープカットフィルター SC72 をレンズ前に取り付け、レンズの絞り値を最小値の 3.5 とし、カメラ本体の露出時間を最大値 30 秒、そして ISO 感度を 800 に設定して、木炭で描かれたアクリル画の下絵を赤外線写真に撮影することができた。しかしながら、透過光の波長域を調整するために用いたシャープカットフィルターを詳細に検討していなかった。

本研究は赤外線写真撮影に用いる赤外線ライトから照射される赤外線の波長領域や最大強

度の波長光に対して、レンズ前面に取り付けるシャープカットフィルターの影響を検討した。シャープカットフィルターはその閾値（透過率が約 50 % の波長）を境にして波長の短い光は吸収され、波長の長い光は透過しやすい²⁾。赤外線写真を撮影する際には赤外線ライトから照射される赤外線の波長に応じて適切な閾値のシャープカットフィルターを選択しなければならない。そのため閾値の異なる FUJIFILM シャープカットフィルター SC72～IR96 の計 13 種をレンズ前面に順次取り付け、赤外線ライトから油彩画に光を照射し赤外線写真を撮影して検討した。

2 実験

2.1 撮影機材と撮影試料

ニコン AF-S DX NIKKOR 18-55 mm f/3.5-5.6 G VR の標準レンズを取り付けたニコン D5100 (CMOS 1620 万画素) のデジタル一眼レフカメラを用いた。赤外線光源には浜松ホトニクス(株)赤外線ライト IR LIGHT SOURCE C1385-02 を使用した。レンズ前面に FUJIFILM シャープカットフィルター 75 mm × 75 mm (SC72、SC74、IR76、IR78、IR80、IR82、IR84、IR86、IR88、IR90、IR92、IR94、IR96 の 13 種) を装着し撮影した。シャープカットフィルターは SC や IR などのアルファベット表記に次いで二桁の数値が併記される²⁾。この数値は、そのフィルターの閾値、すなわち透過率約 50 % の波長を示している。例えば 80 と表記されていれば 800 nm の波長の光透過率は約 50 % を意味する。シャープカットフィルターはその閾値より波長の短い光の透過率は低く、波長の長い光の透過率は高い。すなわち閾値が小さいほどカメラのレンズを通過し撮像素子まで到達する赤外線の波長領域は広がり、閾値が大きいほど撮像素子まで到達する赤外線の波長領域は長波長側へと移っていく。ただしシャープカットフィルターに記載された閾値は、透過率 50 % の目安の波長であり、透過率 50 % を示す実際の波長は、概ね SC72 : 725 nm、SC74 : 740 nm、IR76 : 770 nm、IR78 : 785 nm、IR80 : 805 nm、IR82 : 835 nm、IR84 : 860 nm、IR86 : 880 nm、IR88 : 895 nm、IR90 : 915 nm、IR92 : 930 nm、IR94 : 950 nm、IR96 : 970 nm である³⁾。撮影試料には、麻布を木枠に張り付け白色のシルバーホワイト（主成分顔料：塩基性炭酸鉛）を下地として塗ったキャンバスに、赤外線を吸収しやすい油絵具プルシャンブルー（主成分顔料：フェロシアン化第二鉄）を用いて猫の姿を描いた後、この猫の姿をプルシャンブルー以外の赤外線を透過しやすい有彩色の油絵具で塗り潰した油彩画（縦 16.1 cm × 横 22.6 cm）を用いた（図 1）⁴⁾。

2.2 撮影手順と画像補正

撮影試料とした油彩画をイーゼルに立て掛け赤外線ライトから赤外線を照射し、デジタル一眼レフカメラを用いて赤外線写真を撮影した。カメラの振動を抑えるため、カメラを三脚に固定しニコン ワイヤレスリモコン ML-L3 を用いてシャッターを切った。赤外線写真の撮影は既報に準じ、まずオートフォーカスの状態でシャッターを半押しして油彩画表面にピントを合わせ、その状態のままマニュアルフォーカスに切り替えた後、レンズ前面にシャープカットフィルターを取り付けて撮影した¹⁾。そして ISO 感度を 800 に固定して、シャープカットフィルター、絞り値、露出時間を順次変え撮影条件を検討した。可視光線写真はレンズ前にシャープカットフィルターを取り付けず絞り値 (F 値) を 3.5、露出時間 1/30 秒、ISO 感度 800 に設定し、蛍

光灯照明のもとでオートフォーカス撮影した(図1)。また、撮影した赤外線写真はJPEGデータとして保存した。そのJPEGデータの画像をMicrosoft Word 2007に貼り付け、色をグレースケール、明るさを50%、コントラスト90%に調整した。その調整した画像をもとに撮影条件を比較した。

2.3 赤外線ライトから照射される光のスペクトル測定

赤外線写真撮影に使用する赤外線ライトが照射する光のスペクトルを予め測定した(図2)。その測定にはOcean Optics製のマルチチャンネル型分光器(USB2000-VIS-NIR)、二分岐型光ファイバー(R400-7-VIS-NIR)、RPH-1型遮光ホルダーを使用した。スペクトルの解析にはOOIBase32ソフトを用いた。赤外線ライトに光ファイバーの先端を向け測定した。赤外線ライトの照射波長は約800nm～約1050nm、最大強度の波長は約920nmであった。

3 結果と考察

本研究は、既報と同じ汎用デジタル一眼レフカメラ(ニコンD5100)を用いて油彩画の赤外線写真撮影法を検討した¹⁾。赤外線ライトから照射される光(照射波長約800nm～約1050nm、最大強度の波長約920nm)に対して、レンズ前面に取り付けるシャープカットフィルターの影響を検討するために、FUJIFILMシャープカットフィルターをSC72からIR96まで順次取り付け、赤外線を油彩画に照射しながら撮影した。撮影条件は既報を参考にして絞り値3.5、露出時間30秒、ISO感度800に固定し検討した。その結果を図3に示す。シャープカットフィルターSC72～R92では、表面の絵具層の下に描かれた猫の姿が赤外線写真に撮影できた。SC72からR86までの赤外線写真は明るくコントラストも十分であったが、それらに比べてIR88～IR92では暗くコントラストは不十分であり、IR94とIR96では猫の姿を撮像することができなかった。撮影に使用した赤外線ライトから照射される強度最大の波長(920nm)におけるシャープカットフィルターの透過率は、SC72～R86では約78%～約92%、IR88～IR92では約37%～約70%、IR94～IR96では約0%～約10%である³⁾。このことから、撮影に使用する赤外線ライトの最大強度波長が920nmである場合、閾値(透過率が約50%の波長)の小さいSC72～R86が適しており、それらより閾値の大きなIR88～IR96は適していないと言える。赤外線ライトから照射される光の波長領域やその最大強度の波長に応じて、シャープカットフィルターを選択しなければならない。

次に絞り値と露出時間の撮影条件を検討した。絞り値と露出時間は撮像素子まで到達する赤外線の光量に影響する。まずレンズ前面にシャープカットフィルターSC72を装着し露出時間30秒、ISO感度800に固定し、絞り値(F値)を3.5から22まで順次変えて撮影し検討した。その結果を図4に示す。絞り値3.5では赤外線写真を撮影できたが、絞り値5.6～22では画像は暗く猫の撮像を捉えることはできなかった。絞り値を大きくすると撮像素子まで到達する赤外線の光量が不十分になり撮影できなかったと考えられる。続いて露出時間を1秒から30秒まで順次変えて検討した。その結果を図5に示す。露出時間を長くすれば下絵に描かれた猫の赤外線写真を撮影することができる。露出時間20秒で赤外線写真の撮影は可能であるが画像は暗く、撮像素子まで到達する赤外線の光量が不十分であったと言える。これらのことから絞り値はレンズで設定できる最小の3.5、露出時間はカメラ本体で時間設定可能な最長の30秒が

最適な撮影条件であることがわかった。

本研究で検討した油彩画は既報のアクリル画に比べ絵具層が厚く、赤外線が絵具層を透過しにくいという恐れがあった。しかし、以上の結果の通り、アクリル画と同じ条件（シャープカットフィルター SC72、絞り値 3.5、露出時間 30 秒、ISO 感度 800）で油彩画の赤外線写真も撮影することができた。

4 おわりに

既報では絵具層の薄いアクリル画、本研究では絵具層の厚い油彩画の赤外線写真の撮影条件を検討した。いずれの場合も赤外線写真を撮影することが可能で、絵具の種類や絵具層の厚さによらず本法の汎用デジタル一眼レフカメラを用いた赤外線写真撮影法を適用できることがわかった。撮影に使用する赤外線ライトの仕様（照射される光の波長領域や最大強度の波長）に応じて撮像素子まで赤外線の光が十分に到達できるように適切な閾値のシャープカットフィルターを選択し、レンズの絞り値を小さく（絞りを開けて）、カメラ本体の露出時間を長く設定すれば、汎用なデジタル一眼レフカメラを用いて赤外線写真を撮影することがわかった。今後の課題として、撮像素子まで到達できる赤外線の光量を更に増大するために、レンズ枚数の少ない単焦点レンズを使用するなど、改善の余地は残されている。

文献

- 1) 大下浩司, 下山進: 文化財情報学研究, 11, pp.1-8 (2014).
- 2) FUJIFILM FILTER GUIDE, pp.42-47, FUJIFILM.
- 3) 富士フイルム光学フィルター, pp.5-11, FUJIFILM.
- 4) 下山進, 大原秀之, 吉田寛志, 大下浩司, 古谷可由: “ゴッホ《ドービニーの庭》のすべて”, p.38, (2008), (財団法人 ひろしま美術館, 学校法人 高梁学園 吉備国際大学).



図1 塗り潰す前の猫の描写 (左)⁴⁾ と塗り潰した後の絵画表面をニコン D5100 により撮影した可視光線写真 (右)^{a)}

^{a)} 撮影条件: 蛍光灯照明を点灯した明室にてシャープカットフィルター無、AF、絞り値(F 値)3.5、露出時間 1/30 秒、ISO 感度 800 の条件で撮影。画像色をグレースケールに修正。

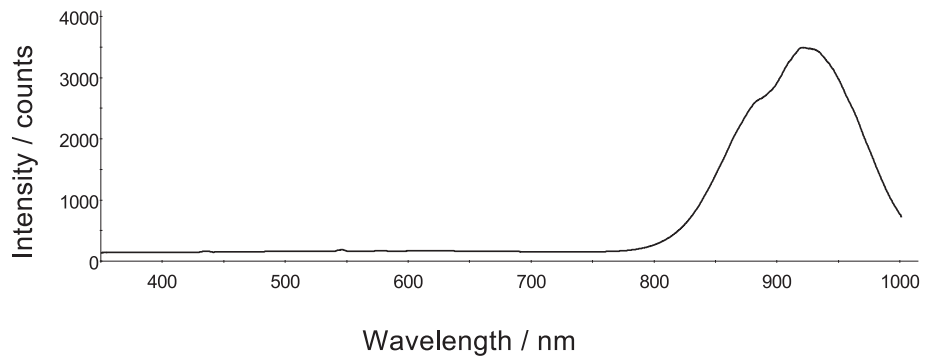


図2 赤外線ライトの発光スペクトル

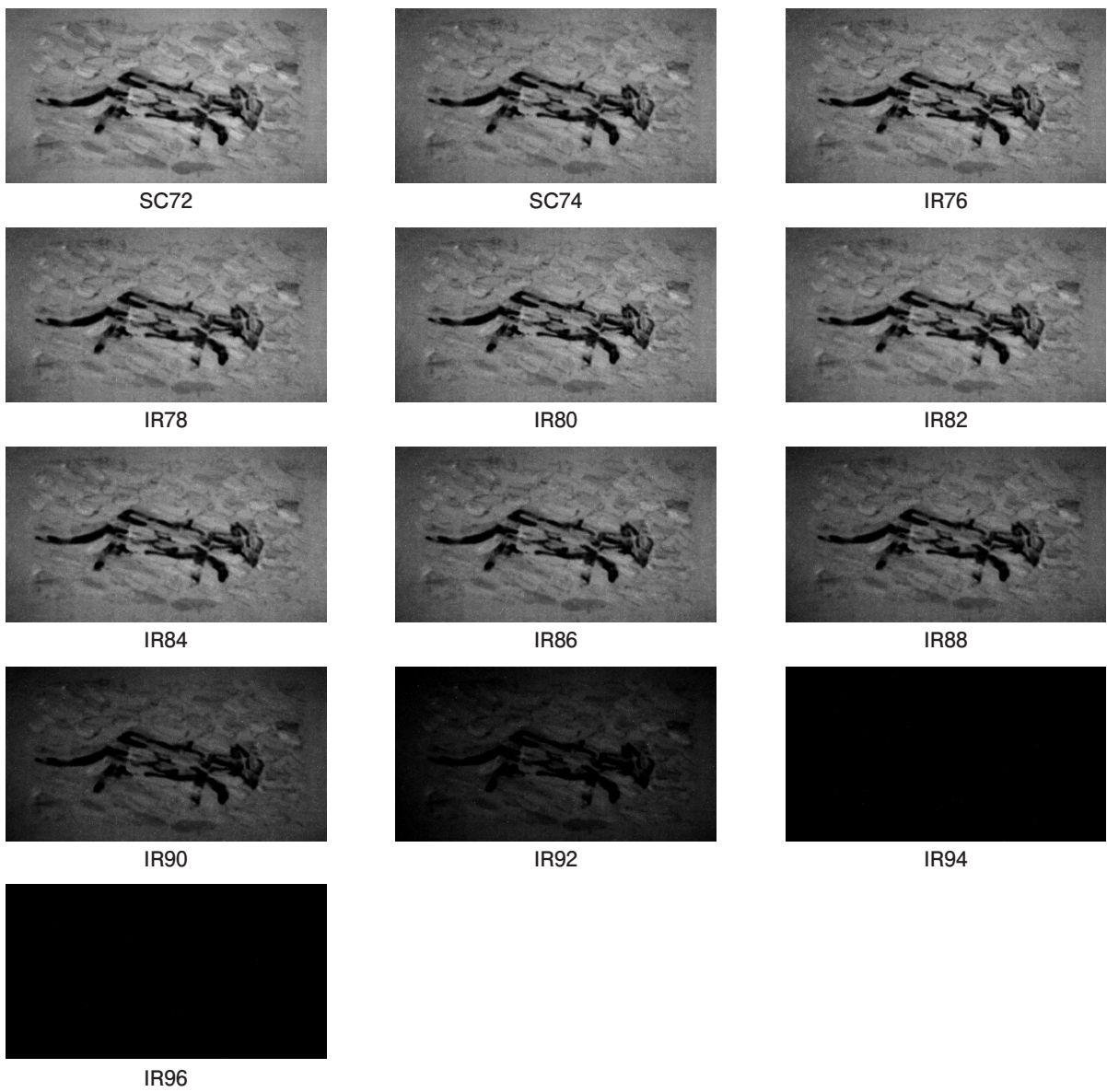


図3 絞り値 (F 値) 3.5、露出時間 30 秒、ISO 感度 800 に固定してシャープカットフィルターを SC72 ~ IR96 に替えて撮影した赤外線写真

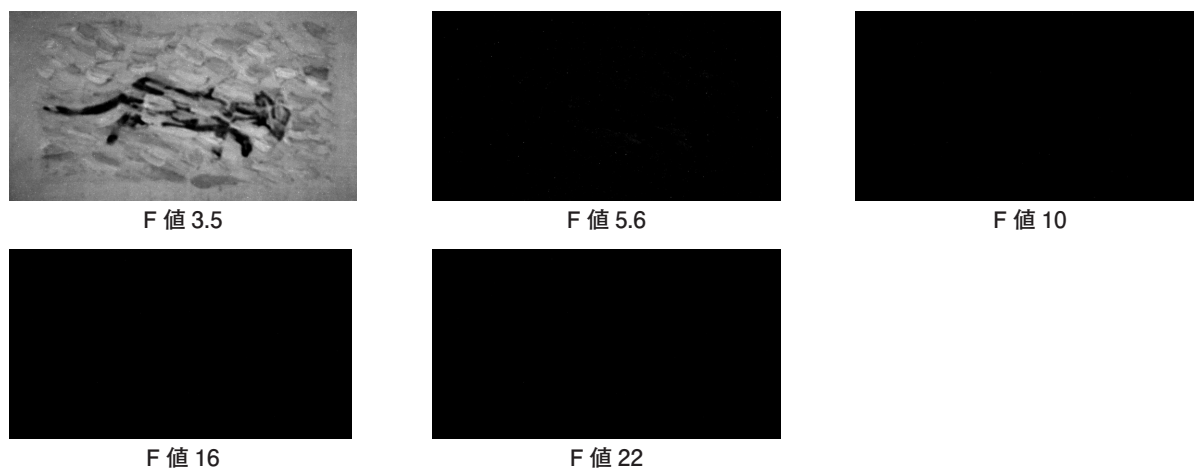


図4 シャープカットフィルター SC72、露出時間 30 秒、ISO 感度 800 に固定して絞り値 (F 値) を 3.5 ~ 22 に替えて撮影した赤外線写真

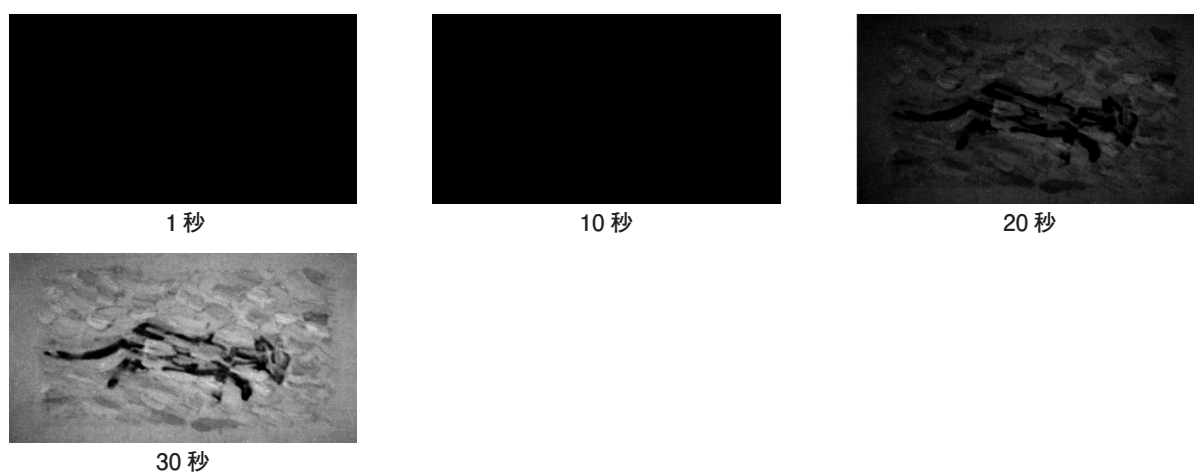


図5 シャープカットフィルター SC72、絞り値 (F 値) 3.5、ISO 感度 800 に固定し露出時間を 1 ~ 30 秒に替えて撮影した赤外線写真

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)

³ 吉備国際大学 文化財学部 文化財修復国際協力学科 (同上)