

論文

改造したコンシューマ向けデジタルカメラを用いた墨書の赤外線撮影

野村 正弘

【要旨】 赤外線撮影を博物館現場が容易に導入することができるように、本研究を進めてきた。その結果、“ローパスフィルター”を外す改造を施したコンシューマ向けデジタルカメラに、赤外線透過フィルターを装着することで、十分使用可能なことがわかった。故障時の対応等に懸念はあるものの、非常に安価で赤外線撮影ができることは、博物館における文化財の研究や展示などに貢献できるメリットは大きい。

【キーワード】 赤外線撮影、墨書、デジタルカメラ、コンシューマ、改造

1. はじめに

博物館において資料の写真撮影は不可欠な仕事である。多くの場合、資料の収集保存に関係して、現状を画像として残すことを目的として行われている。もちろん、この場合の撮影は可視光線による一般的な撮影である。

一方、研究や資料保存の観点から、可視光線以外の電磁波（赤外線や紫外線）を用い、資料の撮影を行うケースも出てきている（山本，2006；久保，2007など）。一般撮影や赤外線・紫外線撮影の場合でも、現在はデジタルカメラを使用することがほとんどである。『文化財写真の保存に関するガイドライン』には、レンズ交換式カメラのほうが有利であり、撮影目的に対して画質に問題が無いのであれば撮像素子のサイズにこだわる必要はなく、その目的に対して優先すべき他の機能・性能（例えば携帯性や防水防塵機能など）がある場合にはそちらを使用する方がよいと記述されている（文化財写真保存ガイドライン検討グループ，2012）。

現在、フィルムが急速に収束に向かっていること、画質の大幅な向上がなされたことなどから博物館における写真撮影の多くがデジタル一眼レフ

カメラで行われている。それまでは、博物館現場では画質を優先することからフィルムサイズの大きい中判カメラを使用する傾向があった。この流れを受けて、MamiyaZD/ZDBack 赤外撮影システム（マミヤ・デジタル・イメージング株式会社，2012）やPENTAX 645Z IR（リコーイメージング株式会社，2015）から、中判カメラをベースにした赤外線撮影用デジタルカメラが販売になっている。これらは価格が安価なものでも150万円以上と高額であり、実際に現場で購入するには負担が大きい。また、高画質ではあるものの、日常的に使用しているデジタル一眼レフカメラとは操作性が異なることも、購入を躊躇する1つの要因ともなっている。

そこで、やや古くなったデジタル一眼レフカメラを改造して使用する方法を考えた。デジタル機器の進歩は速く、購入した機器がすぐに旧式になってしまうだけでなく、再販価値（下取り価格や買い取り価格）も急激に下落する。新機種を購入するために下取りをお願いしたが、あまりにも低額の提示で愕然とした人も少なくないだろう。私もその1人で、あまりの低額に、後述のキヤノンEOS 40Dは下取りに出さずサブ機として手元に置いていた。しかし、新型を購入してしまうと

使用頻度は極めて低くなってしまったため、これを改造することにした。当然ではあるが、メーカー保証は得られなくなるだけでなく、メーカーでの有償修理も断られる可能性もある。しかし、前述のように旧型のデジタルカメラの価格は低く、たとえば、EOS 40D の中古価格は2万円を切っている(2015年12月現在)ため、安価なボディが再活用可能ということでコストパフォーマンスは大きいといえる。

今回は、安価かつ操作性に優れる旧型デジタル一眼レフカメラを改造し、実際に墨書の撮影を行った結果、一定の成果が得られたので報告する。なお、同様な改造を行う場合、自己責任であることを申しそえる。

2. デジタル一眼レフカメラの改造

大下・下山(2014)は、FUJIFILM SC フィルター SC72 (720 nm の光の透過率は45%程度)をレンズ前に取り付けた状態で、絞り値3.5、露出時間30秒、ISO感度800程度に調整すれば、汎用なデジタル一眼レフカメラ(ニコンD5100)で赤外線写真が撮影できたとした。

また、大下・下山(2015a)は、赤外線ライトの最大強度波長が920nmである場合、SC72(920nmの光透過率は約92%)～IR86(920nm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と報告している。

このように、コンシューマ向けのデジタル一眼レフカメラを使用し、無改造で赤外線撮影ができるという報告があるが、露出時間30秒は長い。野外で使用する場合、室内のような安定した環境を用意することは困難で、カメラぶれの危険や作業効率の低下が懸念される。

そこで、少し旧型のデジタル一眼レフカメラを改造し、野外でも使用可能できるようにした。画

質は旧型のデジタル一眼レフカメラでも十分であるため、手元にあったEOS 40Dのローパスフィルターを外す改造をした。自分では作業ができないので、インターネット上で探した業者に依頼した。宅配便でカメラボディを送付し、料金を支払うと、作業が完了後に宅配便で返送されてくる。このような業者は、インターネット上で探すと、機種によって料金が異なるが、料金1万円程度から見つかる(2015年12月現在)。ローパスフィルターを外すだけなので、外観や操作性に変化はない。改造済みのボディと取り外したローパスフィルターを図1に示す。

ローパスフィルターを外す作業と書いたが、本来必要な作業は撮像素子前にある赤外カットフィルターを外すことである。この赤外カットフィルターは2枚の光学ローパスフィルターの上に位置しており(図2)、これだけを外すことが困難なため、まとめて(紫外カットフィルターも入っていればそれも同時に)外すことになる。最近は無赤外線レスのデジタル一眼レフカメラが発売されているが、赤外カットフィルターは装備しているそうである。よって、無赤外線レス=赤外線撮影可能とはならないので注意が必要である。

ボディ改造とともに、光源についても検討した。赤外線撮影用品セットという商品の構成をみると、



図1 改造したEOS 40Dと取り外したローパスフィルター

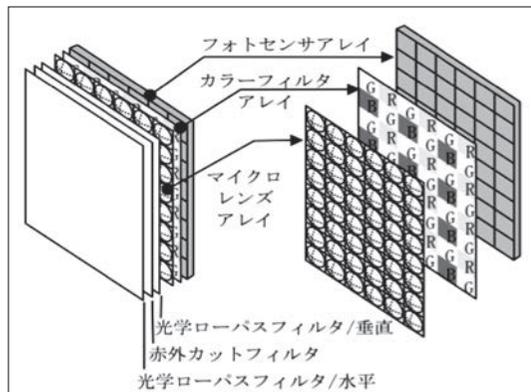


図2 撮像素子回りの構造
蚊野, 2012 より引用



図3 使用したストロボ

光源としてモノブロックストロボが入っている（株式会社パレット, 2010）が、特に、赤外線用にカスタマイズされた商品ではない。このストロボは AC 電源が必要であり、野外での使用では制約がある。野外で使用する場合、必ずしも AC 電源が使用できるとは限らない。そこで今回は、ワイドアダプターがかぶせ式の汎用クリップオンストロボ パナソニック PE-320S を選択した。理論的には、ストロボが赤外線含んだ光線を照射できればよく、レンズの前面に取り付けた赤外線透過フィルターで赤外線のみを透過させて撮影するので、ストロボは特別な改造を必要としない。

しかし、ストロボは紫外線～可視光線～赤外線の波長の光を発生し、中でも紫外線は資料に対する影響がある。瞬間発光であるため影響はほとんど無視できるが、ストロボのワイドアダプターと発光窓の間に赤外線透過フィルター（富士フィルム IR86）を切断して挟み込むことで、紫外線～可視光線の波長をカットした。また、ワイドアダプターを使用することによって、中央部への照射が強くなりがちなストロボの配光を平均化させた（図3）。また、このストロボは単三電池4本で動作し、中古価格も数千円と安価であるという利点もある。

3. 野外現場での撮影

2015年6月に、群馬県吾妻郡嬭恋村の鎌原観音堂（図4）内外に掲示されている墨書板の鮮明化ができないかという相談を群馬大学教育学研究科の井上雄斗氏からもらった。そこで、今回改造したデジタル一眼レフカメラを使用し撮影することになった。それまで、実験的に室内で撮影したことはあったが、実際の現場での使用は初めてであった。

2015年8月11日、堂内外の多数の資料撮影を行ったが、本報告では、各資料の内容に関する詳細な検討が井上雄斗氏によって進行中のため、堂内部の2点の資料について撮影を行った結果のみ報告する。対象資料は長期にわたり堂内に掲示され、線香や焚き火の煙等で褐色に汚れた状態で、肉眼では判読が極めて困難または不可能な木板であった。

堂内には撮影するスペースがないため、許可を得て木板を取り外し、近接する東屋の下で撮影を行った。横長の木板は1コマで撮影するのは困難なため、4コマに分けて撮影した。分割した4コマが正確に接合できるように、カメラをスライドレールに載せ水平に移動ができ、雲台で俯角を調整できるようにした（図5）。そして、被写体の木板が撮像素子と平行になるように、角度を調整し



図4 鎌原観音堂



図5 撮影機材のセッティング状況



図6 スマートフォンで傾斜を測り平行を出す

た。このとき、スマートフォンのアプリケーション「角度傾斜計」(Sakamoto, 2015)を使用した(図6)。

最初に、大正2年の木板を撮影した結果を図版1に示す。可視光線で撮影し、Adobe社製Photoshop CCを用いて、コントラストや明るさを調整したが、明瞭に判読可能な状態にはできない。同じ木板を赤外線で撮影し、処理をすると、鮮明に判読が可能になる。よって、今回の機材による撮影は墨書木板の鮮明化には有効であることがわかる。

つづいて、宝暦?年の木板を撮影した結果を図版2に示す。可視光線ではほとんど判読ができないが、赤外線では、墨が剥落したと思われる部分以外は、鮮明に読み取ることが可能となった。前述のように、4コマに分割して撮影したため、Photoshop CCを使用してモノクロ化・コントラスト調整を行ったのち、マージ機能を使

用して接合した。撮影状態の未調整ファイルをパソコン上で表示すると画像全体が薄赤く色づいた状態が表示される。この色は赤外線の色ではなく、無意味なのでモノクロ化を行っている。

4. 墨書土器での検討

墨書木板以外の資料でもテストを行いたいと飯能市郷土館に相談したところ、同館の尾崎泰弘学芸員が、飯能市で出土した墨書土器の撮影機会を用意してくださった。

墨書土器を撮影した結果を図版3に示す。今回の機材は紫外線もとらえることが可能なので、比

較のために紫外線でも撮影してみた。赤外線で撮影したコマ、紫外線で撮影したコマ、可視光線で撮影して調整したコマの順で墨書が鮮明化されている。他に数点の墨書土器を撮影したが、どれも赤外線撮影が最も判読可能になった。

しかし、鮮明化できず判読可能にならない資料もあった。これは、資料から墨が剥落してしまったことに起因すると考えられる。出土遺物の場合、土中への埋没中の劣化、発掘後の洗浄などという剥落要因が考えられ、今回の機材の問題点ではない。

5. 考察

5.1. 最適なフィルターの選定

上述のとおり、今回の機材で墨書木板や墨書土器を撮影することで、文字の鮮明化が可能であることがわかった。そこで、さらに有効なフィルター条件を検討した。

今回は富士フィルム製の光学フィルターを用いた。中でも IR86 フィルターを中心に使用したが、赤外線透過特性の違いで撮影画像に影響が出るはずであると考え、比較用に IR76 と IR96 を使用し、同一の資料を撮影した。

富士フィルム株式会社 (2011) によれば、IR76 と IR96 とを透過率ゼロの最高値の波長で比較すると、前者は 710nm、後者は 930nm と大きな開きがある。赤外線は JIS Z 8117「遠赤外線用語」によれば、波長が 780nm より長い放射を赤外線と呼ぶことになっており (遠赤外線協会, 2002)、IR76 では 710~780nm の赤色の光を透過することになる。IR86 と IR96 はともに、可視光線を透過することなく、赤外線のみを透過する (富士フィルム株式会社, 2011)。

前出の大正 2 年の木板をフィルターを換えて撮影した結果を図版 4 に示す。IR76 を使用したコマはややコントラストが低い。一方、IR86 と IR96 はほぼ同様なコントラストとなっている。よって、IR86 と IR96 で透過・不透過が異なる 820~930nm 付近の赤外線は撮影にほとんど影

響していないことがわかる。つまり、今回の機材で赤外線撮影を行う場合、IR86 程度の透過率をもつフィルターを選択すれば良いといえる。

5.2. 赤外線 LED 光源の検討

LED には特定の波長のみを放射するものがあり、赤外線を放射するものも存在する (パナソニック株式会社, 2014)。赤外線 LED を用いた撮影に関する研究は、吉田 (2010) の赤外線 LED を照明に使用した赤外線撮影の研究、大下・下山 (2015b) の赤外線 LED ライトを搭載したデジタルビデオカメラによる赤外線撮影の研究などがある。

前述のようにストロボで撮影を進めてきたが、赤外線 LED を照明に使用した撮影も検討を行った。使用した照明ユニットは株式会社秋月電子通商製の AE-LED56V2 である。このユニットには赤外線 LED56 個が搭載されており、DC12V で作動する。これをカメラのホットシューに取り付け、ニッケル水素電池 10 本で点灯させて撮影できるようにした (図 7)。

この照明ユニットを使用して撮影した墨書木板を図 8 に示す。この木板も飯能市郷土館の尾崎学芸員のご厚意によりお借りしたもので、家の設計図が書かれているとのことである。結果を見ると、



図 7 ホットシューに取り付けた赤外線 LED ユニット

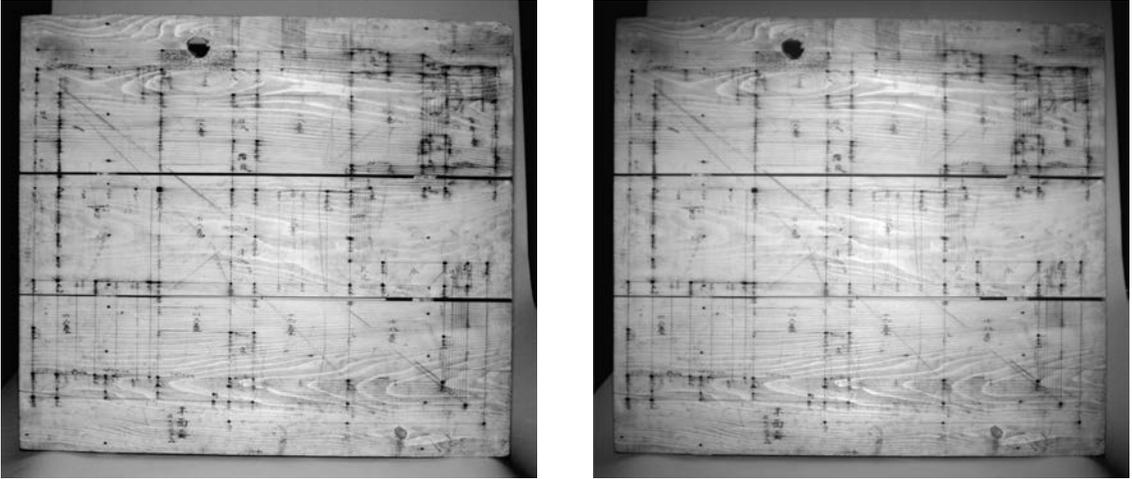


図8 赤外線用ストロボ(左)と赤外線LED(右)による墨書木板の撮影
撮影はともに室内で行った。Adobe社製Photoshop CCでモノクロ化・コントラスト調整を行った。
撮影機材：EOS 40D+EF50mmF1.4、FUJIFILM IR86 フィルターを使用。

ストロボに比べ周辺減光が起こっている。しかし、これはLEDの数を増す、高輝度のユニットを使用する、ユニットの数を増やすなどの対応で解決が可能である。この周辺減光を除けば、ストロボと同等の鮮明化が可能であることがわかる。

光量を増やすためには、高容量の電源が必要となる。これは、単三乾電池4本で作動するストロボに比較してマイナス点となる。また、LEDの場合常時点灯となるため、撮影中、被写体の資料に対し赤外線を照射し続けることになる。資料保護の観点からすると、大きなマイナスである。ストロボでは閃光であり、赤外線LEDとは比べものにならないくらい短時間の照射である。

よって、電源および赤外線照射時間ともにストロボの方が優位である。

5.3. 改造機材のメリット

フィルムカメラと違って、撮影状態が搭載された液晶画面で、即時に確認できる。多数のコマを撮影できるため、撮り直しが容易にできる。また、撮影した画像がデジタルであるがゆえに、明るさやコントラスト調整、トリミングなどが個人のレベルで可能になる。このような一般的なデジタル

カメラのメリットの他に、以下のようなメリットがある。

導入費用が安価で済み、一般的なデジタル一眼レフカメラと同じ操作性で使用できる。よって、導入のハードルが低くなる。さらに、単三乾電池で動作するストロボが使えることで、野外で広く使用できる。ストロボにより早いシャッターが切れるので、手持ち撮影も可能になり、使用シーンが拡大する。

レンズが交換できることによって、撮影対象の広がる。今回改造したカメラはデジタル一眼レフカメラであるため、当然レンズの交換が可能である。しかし、ここで問題となるのは、レンズを交換することによって、赤外線の透過率が変化するのではないかという点である。紫外線撮影ではレンズの硝材やコーティングによって、撮影が困難にある場合がある(佐々木, 2012)。そこで、レンズの構成枚数が多く、通過するコーティング枚数が多いEF28-105mm F3.5-4.5 USMというズームレンズを使用して、赤外線撮影を試みた。これまで使用してきたEF50mm F1.4は6群7枚、このレンズのは12群15枚のレンズ構成である。今回報告したのとは異なる墨書を撮影したが、写

りに変化はなく、赤外線撮影ではレンズ枚数やコーティングには影響されないことがわかった。すべてのレンズをテストすることは不可能であるが、コンシューマレベルに供給されているレンズが使用可能であることは大きなメリットである。

このほかにもメリットがある。コンシューマ向けでも最近のデジタル一眼レフカメラの多くは、ライブビュー機能が搭載されており、赤外線撮影においてもライブビュー機能は有効に働くことである。フィルムカメラによる赤外線撮影では、レンズ前面に赤外線透過フィルターを取り付けると、ファインダーを覗いても被写体を見ることができなかつた。よって、構図およびピント位置の決定はフィルターを装着する前に完了させる必要があつた。しかし、今回試したところ、自然の赤外線をとらえ、暗いながらも、フィルターを取り付けた状態でもライブビュー機能が機能するため、構図変更が可能であつた。ただし、注意しなくてはならないことは、ライブビュー機能を用いて液晶画面で見ている画像と撮影画像が全く同じではないことである。あくまで、簡易確認機能と割り切って使用するならば有効な機能であるといえる。

また、赤外線透過フィルターを取り付けた状態でオートフォーカスが機能するかも試してみた。結果は、機能する場合と機能しない場合があつた。機種によって異なる可能性はあるが、動作するならば補助的に利用が可能である。

6. まとめ

赤外線撮影を博物館現場が容易に導入することができるように、本研究を進めてきた。その結果、“ローパスフィルター”を外す改造を施したコンシューマ向けデジタル一眼レフカメラに、赤外線透過フィルターを取り付けたレンズを装着することで、十分撮影可能なことがわかつた。故障時の対応等に懸念はあるものの、非常に安価で赤外線撮影ができることは、博物館における資料の研究

や展示などに貢献できるメリットは大きいといえる。

デジタル機器の進歩は速く、旧型の機器は中古品として安価に店頭で並んでも、売れていかないケースも多々見かける。しかし、今回改造した1,000万画素を超えたボディであれば、メーカー保証が切れてはいても、十分使用に耐える。このような機器を新たな用途のために改造し、リユース可能にすることは環境保護の観点からも進めて行くべきであると考えられる。

引用文献

- 文化財写真保存ガイドライン検討グループ (2012) 文化財写真の保存に関するガイドライン～デジタル画像保存の実情と課題～. pp. 39. 一般社団法人日本写真学会・文化財写真技術研究会.
- キヤノン株式会社 (2015) CANON CAMERA MUSEUM. <http://www.canon.com/c-museum/ja/> (2015年12月26日検索)
- 遠赤外線協会 (2002) JIS Z 8117 「遠赤外線用語」. <http://kikakurui.com/z8/Z8117-2002-01.html> (2015年12月26日検索)
- 富士フイルム株式会社 (2011) 富士フイルム光学フィルター [FUJIFILM PHOTO HANDBOOK]. http://fujifilm.jp/support/filmandcamera/download/pack/pdf/ff_opticalfilter_001.pdf (2015年12月26日検索)
- 株式会社パレット (2010) 高画質デジタルカメラ赤外線撮影システム. <http://www.paret.jp/ir-camera/estimation.html> (2015年12月26日検索)
- 蚊野浩 (2012) デジタルカメラのしくみと画像処理. 画像電子学会誌, 41-3, 288-295.
- 久保治 (2007) 科学の眼もデジタルへーデジタル近赤外線撮影法一, 『元興寺文化財研究所創立40周年記念論文集』(元興寺文化財研究所 元興寺文化財研究所民俗文化財保存会編), pp. 134, クバプロ.

- マミヤ・デジタル・イメージング株式会社 (2012) MamiyaZD/ZDBack 赤外線撮影システム. <http://mamiya.co.jp/products/infrared/index.html> (2015年12月26日検索)
- 大下浩司・下山進 (2014) 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. 吉備国際大学文化財総合研究センター紀要: 文化財情報学研究, No. 11, 1-8.
- 大下浩司・下山進 (2015a) 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. 吉備国際大学文化財総合研究センター紀要: 文化財情報学研究, No. 12, 1-6.
- 大下浩司・下山進 (2015b) IR LED ライト搭載デジタルビデオカメラを用いた赤外線写真撮影. 吉備国際大学文化財総合研究センター紀要: 文化財情報学研究, No. 12, 7-14.
- パナソニック株式会社 (2014) LED の基礎. <https://www2.panasonic.biz/es/lighting/plam/knowledge/pdf/0901.pdf> (2015年12月26日検索)
- リコーイメージング株式会社 (2015) 赤外線領域の撮影が可能な業務用中判デジタル一眼レフカメラ「PENTAX 645Z IR」を新発売. http://news.ricoh-imaging.co.jp/rim_info/2015/20151127_009960.html (2015年12月26日検索)
- Sakamoto Isamu (2015) 角度傾斜計. <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.Ruta56.SlantGauge&hl=ja> (2015年8月11日検索)
- 佐々木朗 (2012) 紫外線撮影用レンズ考察. <http://www.sasakivn.com/werkstatt/report/uvlens.html> (2015年12月26日検索)
- 山本桂香 (2006) 有形文化財における科学技術の活用. 科学技術動向2006年12月号, 22-34.
- 吉田直人 (2010) 発光ダイオードを光源とした赤外線撮影について. 東京文化財研究所保存修復科学センター研究報告: 保存科学, no. 49, 119-124.
- 謝辞:** 本研究を進めるにあたり、群馬大学教育学研究科の井上雄斗氏には鎌原観音堂における撮影の機会を、飯能市郷土館の尾崎泰弘学芸員には墨書土器および墨書木板撮影の機会をご用意いただいた。記して感謝申し上げます。

原稿受理日 2016年1月13日

Infrared photography of the india ink writings using remodeled digital camera for consumers

By NOMURA Masahiro

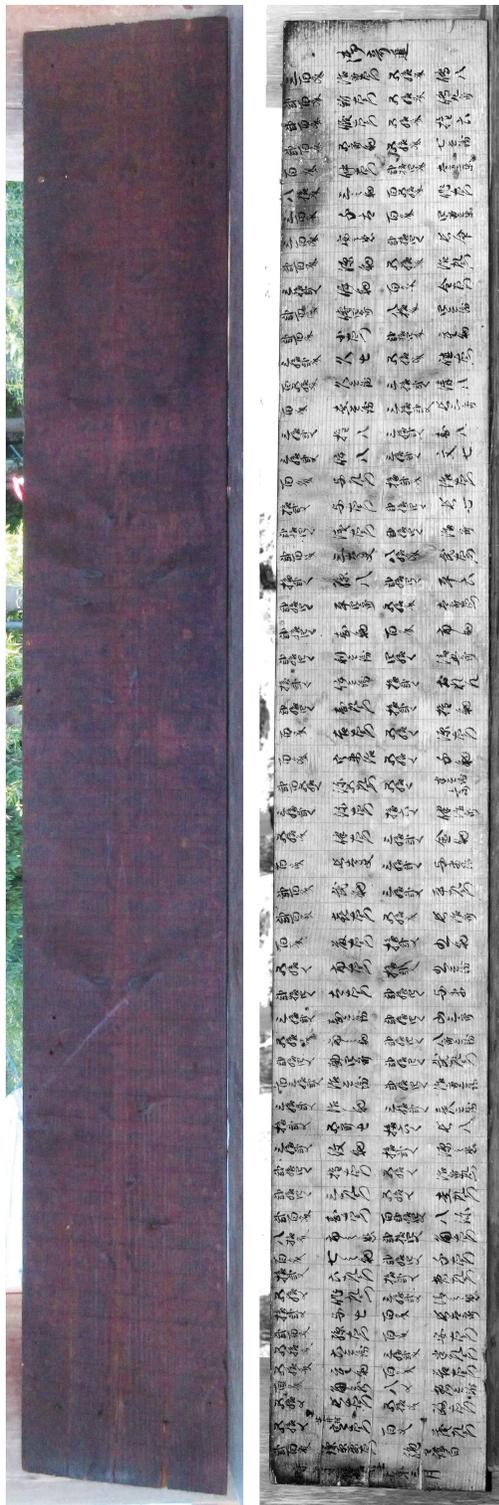
[Abstract] Infrared photography to be able museum scene may be easily introduced, and have advanced the study. As a result, the consumer digital camera which has been subjected to modification with removing the “low-pass filter”, and by mounting the infrared transmitting filter, it was found that sufficient available. Although there are concerns about the failure at the time of the correspondence, etc., that can be a very inexpensive infrared shooting, the benefits that can contribute to such research and exhibition of cultural property in the museum is large.

[Key words] infrared photography, india ink writing, digital camera, consumer, remodel



図版1 可視光線(上)とIR86フィルターを使用(下)して撮影した同一墨書木板

ともに、Adobe社製Photoshop CCにてモノクロ化を行い、墨書が最も見やすくなるようレベル補正を行った。赤外線撮影機材：EOS40D改造ボディ+EF50mmF1.4、FUJIFILM IR86フィルター、IR86フィルター装備ストロボ。



図版2 鎌原観音堂内に掲示してある墨書木板の可視光線撮影(上)とIR86フィルターを使用した撮影(下)

ともに、観音堂内の掲示状態から取り外し、明るい日陰となっている屋外の東屋にて撮影した。赤外線撮影写真は4分割で撮影し、Adobe社製Photoshop CCでモノクロ化・コントラスト調整をしたのち、同ソフトウエアのマージ機能を使用して接合した。
赤外線撮影機材：EOS40D 改造ボディ + EF50mmF1.4、FUJIFILM IR86 フィルター、IR86 フィルター、IR86 フィルター-装備ストロボ。



紫外線撮影

赤外線撮影

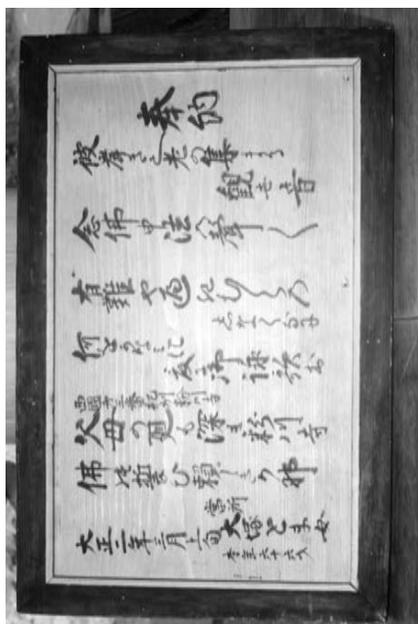
可視光線撮影

図版 3 可視光線撮影・赤外線撮影・紫外線撮影による同一墨書の鮮明化差異

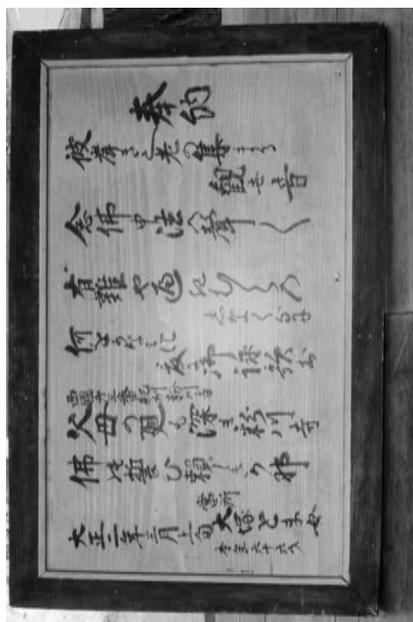
ともに、室内で撮影した。Adobe 社製 Photoshop CC でモノクロ化したのち、同ソフトウェアでコントラスト調整を行った。
赤外線撮影機材：EOS40D 改造ボディ + EF50mmF1.4、FUJIFILM IR86 フィルター、IR86 フィルター・装備ストロボ。
紫外線撮影機材：EOS40D 改造ボディ + Ultra Achromatic Takumar 85mmF4.5、UG1 および BG38 フィルター、一般ストロボ。



可視光線



IR86使用



IR76使用



IR96使用

図版 4 使用する赤外線波長の違いによるコントラストの違い

各波長で撮影した未処理状態で最も近似したコマを1点ずつ選択し、Adobe社製Photoshop CCでモノクロ化を行い、レベル補正で入力レベルがゼロの色域を削除した。EOS40D改造ボディ+EF50mmF1.4、IR86 フィルター-装備ストロボ。