
日本刀デジタルアーカイブシステムの開発

Development of Japanese Sword Digital Archiving System

上条 直裕*
Naohiro KAMIJO

高井 雅明**
Masaaki TAKAI

種子田 裕介***
Yusuke TANEDA

山中 祐治****
Yuuji YAMANAKA

吉川 浩史*****
Hiroshi YOSHIKAWA

要 旨

近年、歴史的文化財の保護、継承を目的とするデジタルアーカイブ活動が盛んになっている。特に日本刀は、その美しさを示す特徴の観察、理解が難しいため、これらの特徴を正確に取得し、観賞できるようにした、画像記録および閲覧に対する要請が強い。専門家が日本刀を観察する場合、刀身、照明、および視線の相対姿勢を調整しながら、微妙な色合いや文様を読み取っている。これらの微妙な特徴をも表現できるように、照明角度と視線角度が調整可能なマルチアングル撮像光学系と、正確な色情報を取得するマルチバンド分光撮像系を搭載した日本刀デジタルアーカイブシステムを開発した。本稿では、本システムの機能、構成、およびアーカイブ画像における効果を示す。

ABSTRACT

Digital archiving for the purpose of protection and inheritance of historical cultural properties gains momentum in recent years. Especially a highly expressive digital archiving and browsing system for Japanese swords has been strongly desired because it is difficult to appreciate the beauty of the sword without precise representation of subtle visual features. Inspired by Japanese sword specialists reading the aura of colors and patterns while changing relative posture of illumination, sword and eyes, we develop a Japanese sword digital archiving system with multi-angle and multi-band spectral imaging. The system is capable of recording and displaying the appearance of the Japanese sword with the subtle visual features. This paper describes functions and architecture of the system and effectiveness of archiving images.

* 研究開発本部 基盤技術開発センター

Core Technology Development Center, Research & Development Group

** 生産事業本部 グローバルプロダクツ技術センター

Global Products Engineering Center, Production Division

*** 研究開発本部 環境・エネルギー技術開発センター

Environment and Energy Technology Development Center, Research and Development Group

**** 研究開発本部 デバイスモジュール技術開発センター

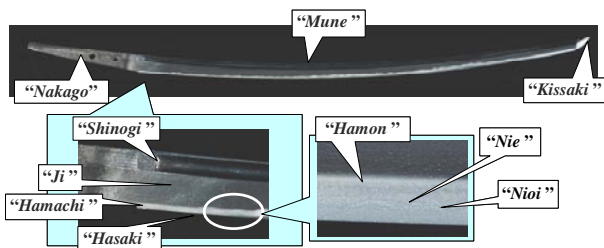
Device and Module Technology Development Center, Research & Development Group

***** リコーインダストリー株式会社 KP事業部

Key-Parts Division, Ricoh Industry CO., LTD

1. はじめに

日本刀は、道具としての機能美、美術品としての造形美を併せ持ち、独特の作刀技法により、その各工程で、姿、地文、刃文に代表される見えの特徴が現れる。日本刀の観察や特徴の理解は非常に難しく、刀ごとの違いや特徴の分類、説明などには専門知識と高度な鑑識眼が必要とされる。日本刀の各部位の名称、特徴の呼称も100を超える多くの専門用語（例えばFig.1）がある^{1,2)}。従来の日本刀の記録は、「押型」と呼ばれる日本刀の上に和紙を重ねて刃文の外形を写し取り、その和紙上に刃文を模写する方法や、専門のカメラマンによる撮影が主に行われており、デジタルアーカイブの視点では、ドキュメントスキャナを用いた分割撮像と画像処理、色補正により実施されてきた。^{3,4)}



Kissaki	: point section of a blade
Mune	: back edge of the blade, opposite the cutting edge
Nakago	: tang ; the unsharpened base of the blade that fits the hilt
Ji	: flat surface of the blade between the hamon and the shinogi
Hamon	: tempering pattern ; the patterns along the cutting edge of a blade
Hasaki	: blade edge
Hamachi	: notch or step-in at the base of the cutting edge where the tang begins
Shinogi	: ridge along the length of a blade between the edge and the back
Nie	: bright crystals of steel in the hamon large enough to be visible without magnification
Nioi	: fine steel crystals that are not visible to the naked eye and that give a misty appearance to the jihada
Jihada	: various steel texture patterns on the ji of a blade

Fig.1 Japanese sword terminology.²⁾

しかし、立体物であり、光沢、微妙な色合い、文様を有する日本刀の撮影は高い技能と経験を要し、

専門家以外では容易に高品位な写真を撮影することが難しく、ドキュメントスキャナによるアーカイブでは、色再現、色調整後の画像と人の有するイメージとに乖離があった。

そこで、専門的な技能を必要とされてきた日本刀の特徴の記録を正確かつ簡易に画像データとして獲得、保存することを可能とし、専門家の視点での日本刀の観察、理解を容易にすることを目的として、日本刀デジタルアーカイブシステムを開発した。

2. システムの概要

日本刀は二口（こう、ふり：刀剣の単位）と同じ物がなく、それぞれがマクロ、ミクロに固有の特徴を有する。

日本刀の見えは、焼入れの工程で生じるマルテンサイト、トルースタイトなどの異なる金属組織の分布により決まり、地と刃の境界、刃文やそれぞれの色合い、微細な沸（にえ）、匂（におい）といった文様が表れる。ただし、不純物や研ぎの工程による表面の粗さ、材料の硬度差により残留する微小突起状のマルテンサイト粒などによる散乱光にも、日本刀の見えの特徴は含まれる。

日本刀は鉄を主成分とし、表面はほぼ鏡面であり、日本刀表面に入射する光のほとんどは正反射方向に伝播することとなる。そのため、二色性反射モデルを前提とした紙上画像など、色材で着色された対象物の色を計測するような、表面反射光を排除して拡散反射光を取得する光学レイアウトでは、表面の微小な凹凸での散乱による微視的な正反射光のみが観察され、鮮明な画像を取得することはできない。

また、人は日本刀の全体と局所の特徴を理解するため、机上に設置して眺め、手で把持し、あらゆる角度で照明にかざし、あらゆる視線角度で観察する。照明角度、視線角度を変えるのは、日本刀の特徴が最もよく視認できる位置、姿勢に調整しながら観察しているからである。

日本刀を観察する際の視線角度、照明角度の変化における日本刀の見えに関わる現象を捉えるため、Fig.2に示す光学系で、日本刀の変角分光反射率を計測した。日本刀の側面に対し $\alpha=23.5$ (deg) で分光計を固定し、日本刀に対し分光計と正反射レイアウトになる方向に照明系を設定した。Fig.3に示すように、 ΔC_{ab} で約2.2の変化ではあるが、 $\beta=29.5$ (deg) のときの色が、 $\beta=32.5$ (deg) での色に比べて青色へ偏重しているのが分かる。日本刀は金属であるため、二色性反射モデルの適用はないが、色においても、観察する相対姿勢の調整が重要であることが推察される。

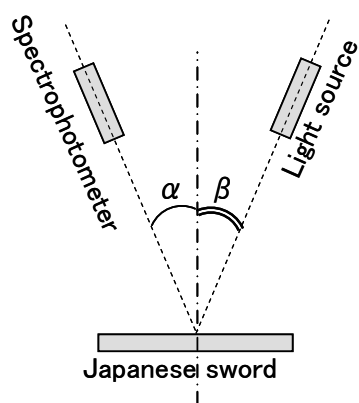


Fig.2 Measurement system of bidirectional spectral reflectance of Japanese sword.

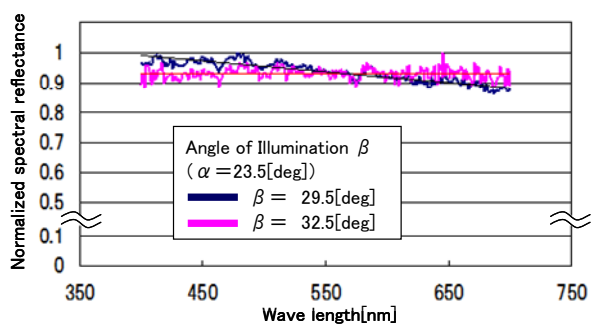


Fig.3 Bidirectional spectral reflectance of Japanese sword.

加えて、正反射光の主光線が目に入射する場合、同位置の刃文などの特徴や微小突起からの散乱光な

どは正反射光の主光線の強い光量に埋没し、独立した情報として観察することはできない。

日本刀のアーカイブ画像を人のイメージに近づけるためには、局所的な特徴が鮮明に抽出できる光学レイアウトで、全体の特徴が確認できる画像を取得することが理想的である。

日本刀デジタルアーカイブシステムは日本刀の特徴を正確に獲得することを目指す。静止画では同一箇所の色情報と光沢、視線を動的に変化させた観察や表裏面の特徴を同時に観察することは不可能である。そのため、画像取得においては以下の仕様を優先的に獲得する。

(1) 正確な色情報の獲得

日本刀の見えに関わる色情報に注力してデジタルデータ化し、各色情報のデータは加工しないで個別に保存する。取得されたデジタルデータから日本刀のカラー画像への再構築は、人（高度な鑑識眼を有する専門家）のイメージを反映できるシステムとして提供する。

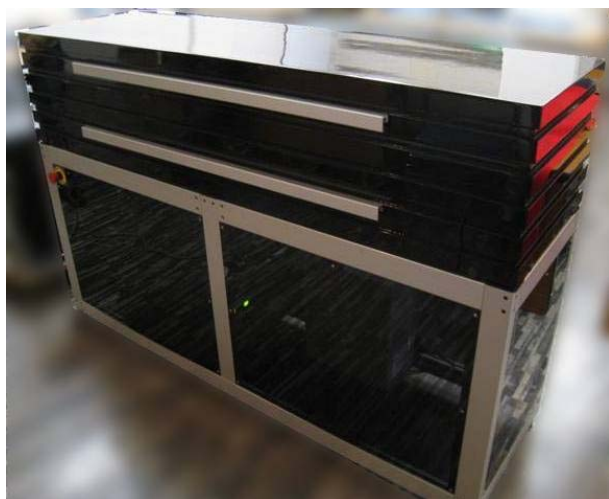
照明系、日本刀、人の目の位置関係による正反射光の主光線の画像への映り込みは、日本刀自体の特徴とは捉えず、積極的に画像として取得しない。

また、表面の写像性を表現する周囲環境の映り込みも同様に撮像対象としないこととする。

(2) 視野角に依存しない画像の獲得

日本刀を目視で観察する際、照明と視線に対して日本刀の姿勢を決め、注視点をずらしていくと、刃文などの特徴が鮮明に確認できる。一点からの広角な撮像により日本刀全体を視野に入れる場合、位置によって視線角度が変化するため、局所的な特徴を取得することは困難である。また、撮像光学系に起因する画像の歪みも問題となる場合がある。本システムでは、日本刀の限定された領域を一方から観察した画像として取得し、位置を移動させて得られる各領域の画像を結合することで全体画像を獲得する。

上記仕様を備えた撮像装置として開発した日本刀デジタルアーカイブシステム（以下、本システム）の全体像を、Fig.4に示す。



(a) Imaging mode



(b) Front door and upper cover open situation

Fig.4 Japanese Sword Digital Archiving System.

上記仕様の達成手段として、本システムは照明角度、視線角度を可変とするマルチアングル光学系により柔軟な構成を実現し、RGBの3色以上のマルチバンド分光撮像系により色情報の正確な取得を実現している。得られた各分光画像は、日本刀個別のデータとして保存される。分光画像を1つの画像に合成することで、人がイメージする日本刀の見えに近い画像再現を目指した。

以下、本システムの構成、個別機能について説明する。本システムの基本仕様をTable 1に示す。

Table 1 Specification of Japanese sword digital archiving System.

Available size of sword	W120 mm×L1200 mm (MAX)
Image sensor	CCD linear sensor 4096 pixels
Resolution	30 μm/pixel
Lighting	Xenon light source
Image acquisition method	Multi band scanning
The number of colors	6
Optical system	Multi-angle illumination and capturing
Translation device of optical system	Linear motor
Imaging time	1 min. (capturing 6 images of 1.2 m sword)
Dimensions	W1650 mm×D530 mm×H1050 mm
Weight	85 kg

3. システムハードウェア

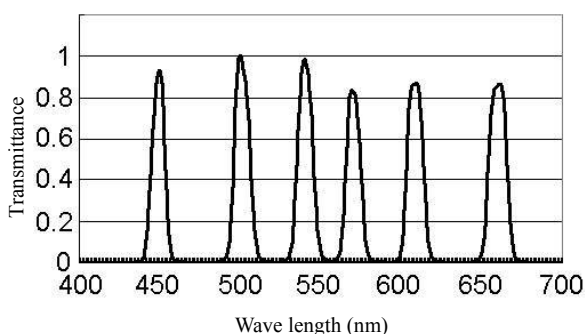
本システムは、撮像光学系と、撮像光学系を移動させる駆動系から成る。撮像光学系は、日本刀の幅方向の線状画像を取得し、日本刀の長さに対応した大きさの画像を撮像する。撮像解像度は1画素あたり30 (μm) である。駆動系は日本刀の長さ方向に撮像光学系を1ラインデータ取得あたり30 (μm) で等速移動する。例えば、1,200 (mm) の日本刀を撮像する際、40,000ラインの画像が形成されることとなる。1ラインあたりの画素数は4,096 (pixel) である。

その他、人に対し安全で、日本刀を損傷することがないように、各種センサ、外装などに配慮した構成となっている。また、美術館での運用を考え、軽量化にも配慮している。

3-1 マルチバンド分光撮像系

本システムでは、日本刀が有する色情報を正確、高精細に取得するため、マルチバンド分光撮像を採用している。

一般的なRGB撮像では、各色のフィルタがブロードな波長分布を有するため、同一色フィルタ内に埋もれてしまう色情報がある。本システムはRGB撮像に代え、Fig.5に示す6波長による分光撮像を実施し、波長に依存する対象物の特性を顕在化する。また、略鏡面反射から主光線を排除して取得する反射光は微弱のため、波長を細分化した各画像に対して撮像系のダイナミックレンジを有効に利用し、撮像、合成することで鮮明な画像が取得可能となる。

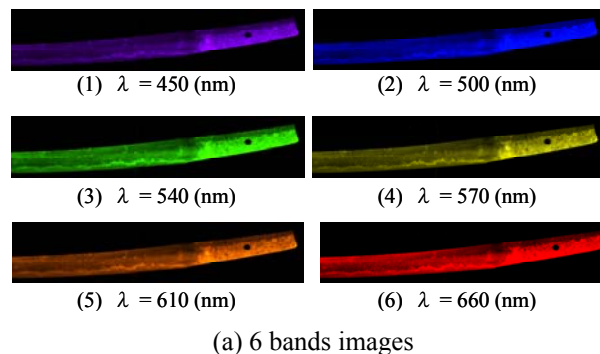


The transmittance is normalized by maximum value of 500 (nm) filter.

Fig.5 The transmittance 6 bands spectral filter.

6分光によるカラー画像の取得方法は、日本刀へ照射する照明の光を6波長に分光し、波長を順次切り替えることで6枚の画像をモノクロ撮像する前分光方式を適用している。照明系の6分光はキセノン光源の出射端でロータリー型チェンジャーに固定されたフィルタを回転、選択し、各波長に限定された照明光を照射し、逐次、画像を取得する。

Fig.6に、6分光画像の合成例を示す。Fig.6 (a)は、各フィルタにより波長を限定した照明光を照射、日本刀表面での反射光をCCDラインセンサで取得しながら走査した画像であり、Fig.6 (b)は、Fig.6 (a)の各分光画像を合成した画像である。Fig.6 (a)の画像は、説明の必要から着色しているが、本来は各波長に限定された対象物からの分光反射光強度のみを示すモノクロ画像となる。それぞれの画像に対応したフィルタの有する波長分布から計算上得られる色を着色し、最終結果であるカラー画像に合成する。



(b) RGB image synthesized 6bands images

Fig.6 Spectral images of Japanese sword.

Fig.7 (a), (b)に、それぞれ一般的なドキュメントスキャナ、本システムで撮像した画像を示す。スキャナ画像ではダイナミックレンジが小さく、色情報が捉え切れていないが、本システムによる画像では刃文が際立って観察されているのが分かる。



(a) Captured by the RGB scanner

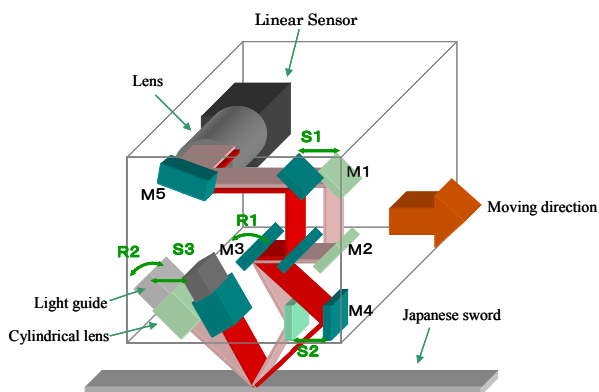


(b) RGB image synthesized 6bands images

Fig.7 Archive image. Figure caption.

3-2 マルチアングル撮像光学系

本システムは、日本刀の種類、設置状態、全体の撮像、特徴的な個所の撮像などに対応し、最適な光学系の姿勢に調整可能とするマルチアングル撮像光学系を搭載している。本システムに搭載した撮像光学系の模式図を、Fig.8に示す。



M1~M5: Mirror, S1~S3: Translation stage, R1,R2: Rotary stage

Fig.8 Imaging optical system.

本システムではラインタイプのライトガイドを用い、日本刀まで照明光を導光している。ライトガイドからの出射光は、シリンジカルレンズを経て日本刀に照射される。日本刀表面での反射光を、ミラーM4で撮像位置を、ミラーM3で撮像の視線方向を、ミラーM1, M2で光路長を調整し、ミラーM5で垂直に光路を折り曲げてCCDラインセンサにより撮像する。

本システムは日本刀を上方から撮像しているため、撮像光学系の焦点位置を日本刀の表面に固定しなければならない。日本刀をコンタクトガラス上に設置して下方より撮像する方式は、刀を一定の姿勢に固定可能であるが、ガラスと刀の間に何も挟めないため姿勢を柔軟に変更できない。

本システムは、日本刀の厚みにより焦点位置を変更する必要があるため、現状、プレビュー画像を確認して高さを調整することとしている。

光学系の調整は以下のフローによる。フロー中の記号はFig.8のものを示す。

- (1) 照明方向
 - ・ 照明角度を決定し、回転ステージR2を回転.
 - ・ 照明角度変更により移動した日本刀上面の照射位置を、直動ステージS3で補正.
- (2) 視線方向
 - ・ 視線角度を決定し、ミラーM3を回転ステージR1により調整.
 - ・ 視線角度変更により移動した日本刀上面の撮像位置を、直動ステージS2によりミラーM4を移動して補正.
 - ・ M3の角度、M4の位置変化により変動した光路長を、1組の折り返しミラーM1, M2を直動ステージS1により移動して補正.
- (3) 高さ変更
 - ・ 高さと同時に照明角度、視線角度を変更する場合は上記(1), (2)の工程による.
 - ・ 高さのみの変更時、照明系は直動ステージS3により、撮像系は直動ステージS2, S1により日本刀上面の照射位置を水平方向のみの移動、撮像位置を水平方向の位置と光路長の補正により調整.

Fig.8のミラーM5は、システムを小型化するための光路折り返し用光学素子である。これにより、Fig.9に示すケーブルベア上のデッドスペースにCCDラインセンサを設置可能としている。

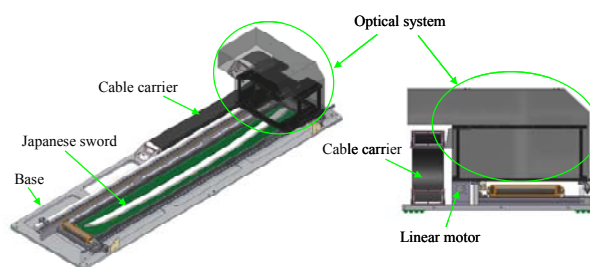


Fig.9 Drive system.

マルチアングル光学系は、Fig.10に示す制御部にて調整する。角度基準は、水平を0 (deg) とし、厚み8 (mm) の刀剣に対応して初期設定しており、照明角度、視線角度、高さを個別に変更しても照明

位置と撮像位置は一致するように全体が制御されている。



Fig.10 Operation screen of Japanese Sword Archiving System.

Fig.12に示すようにゲル状緩衝材を用い、システムの振動等による日本刀の位置ずれを抑制している。

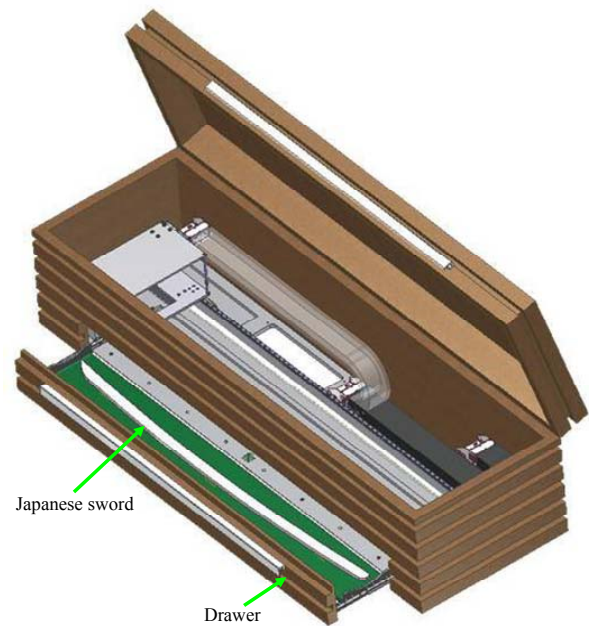


Fig.11 Installation location of Japanese Sword.

3-3 安全対策およびシステム軽量化

本システムが撮像する対象物は危険な刃物でもあるため、人への安全性能が第一に確保されなければならない。本システムは、人が日本刀を保持したままシステムにアクセスする際、構造物や稼働部品に干渉しないよう、日本刀設置スペースを引き出し式にしている (Fig.4 (b), Fig.11)。外装の引き出し、上蓋を閉めることにより、日本刀を密閉することが可能である。ここで外装の材料は、木材 (桐) を使用している。軽量であり、外装を厚くすることで強度を高め、軟材により衝撃を吸収することで安全性を確保している。また、日本刀の引き出し、上蓋の開閉センサのほか、日本刀の姿勢変動や日本刀への落下物などを検知するためのライトカーテンを撮像光学系と日本刀の間に備えている。加えて、日本刀の設置スペースには従来日本刀を机の上に置く際に用いられるフェルト材を使用したステージの他、

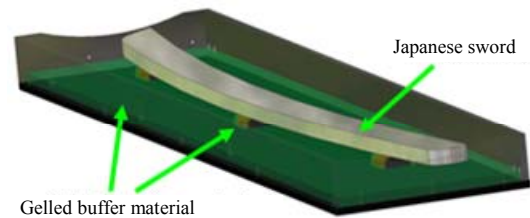


Fig.12 Structure of drawer.

4. システムソフトウェア

本システムは、日本刀の色情報の正確な取得に加え、人がイメージする日本刀の見えを再現する画像表示を実現するため、各分光画像を簡易に調整、合成するソフトウェアを提供する。また、日本刀の姿勢、形状により部分的に十分な反射光量が得られない場合、画像の暗い部分の観察を容易にするため、

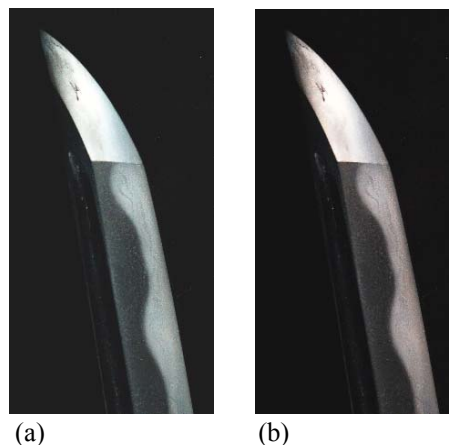
刀ごとに異なる明るさ分布を補正するソフトウェアを搭載している。

4-1 画像合成

本システムにおける日本刀の特徴の観察は、保存された6分光画像を合成して得られるカラー画像で行う。その際、出力デバイスの表示特性、画像を見る者の個人差等を考慮し、任意に色調整を行い、1つの画像への合成を実施する。ここで提供する画像合成ソフトは、コンピュータディスプレイ上での観察を目的とした簡易なものである。

はじめに、各6分光画像の光量比を照明系の波長フィルタの透過率から排除する。次に、6分光画像の画素ごとに等色関数を用いてXYZ表色系、さらにはRGB表色系へ変換する。ディスプレイのプロファイルやフィルタ以外の各光学素子の分光積の影響は、各分光画像の振幅を変更、再合成することで対応している。カラーサンプルを用いた色校正により、各分光画像の振幅の初期値を設定しているが、人のイメージによる任意の色補正を可能としている。色補正は、各6分光画像の光量振幅の割合を変更し、変更された6分光の割合を各分光画像に乗じる。割合変更後に全画像の画素の最大最小値を導出し、画像のダイナミックレンジに規格化して各画像の明るさを決定する。明るさ調整後の6分光画像から、再度、RGB画像を構築する。

Fig.13に色調整前後の画像を示す。Fig.13 (a)は初期設定での合成画像であるが、イメージよりも青色が強く表示されていると認識される場合がある。Fig.13 (b)のように、Fig.13 (a)の赤を強調することで全体として白に近づけられることが確認できる。



(a) Result of color synthesis by default color rate
(b) Result of color synthesis emphasizing red

Fig.13 The effect of color correction.

4-2 明るさ分布補正

日本刀は、反り、厚みなどが各個体、部位により異なるため、光学系に対する相対姿勢が部分的に変動し、取得された画像に明るさ分布を生じる。

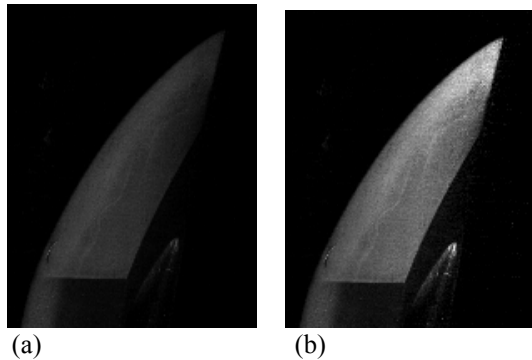
本システムでは、光学系に起因するシェーディングと、日本刀の各個体が個別に有する形状に起因した反射光量ロスを補正するソフトウェアを提供し、画像合成後の日本刀の特徴観察を容易にしている。

本システムの照明は、ファイバーライトガイドにより導光しているため、ファイバーのNAに応じて出射光束が発散し、画像の主走査方向（日本刀短手方向）では、日本刀表面での反射光が、さらに外側に発散していく傾向を持つ。加えて、CCDラインセンサに固定されたレンズのシェーディングにより、画像の辺縁部が暗くなる。これらはシステムの光学系に固有の特性であるため、日本刀の種類によらず一律の除去で対応可能である。

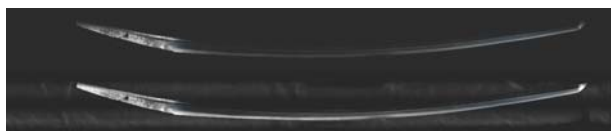
本システムでは、基準となる拡散板により明るさ分布を取得し、光学系に起因するシェーディング補正を実施している。

Fig.14 (a), (b)はシェーディング補正前後の切先の画像であるが、このように光学系に起因するシェーディングを補正するだけで、不明瞭であった刃文の様子が鮮明に浮かび上がり、容易に観察でき

るようになる。また、Fig.14 (c)に示すシェーディング補正前後の全体画像でも、画像辺縁部である刃側の明るさが強調されているのが分かる。



(a) Image deterioration by shading of optical system
(b) Result of shading compensation



(c) Effect of shading compensation in whole image of sword
Upper image: Image deterioration by shading
Lower image: Result of shading compensation

Fig.14 The effect of shading compensation of optical system.

しかし、Fig.14 (c)において、日本刀中央付近の棟の部分の明るさが十分ではない。日本刀の形状、特に反りにより設置姿勢が適切ではない場合、一律なシェーディング補正では補正し切れない明るさの偏りが生じることとなる。

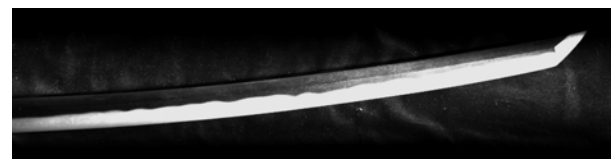
そこで、日本刀の各個体に起因する画像の明るさ分布を補正することが重要となる。個別の形状および姿勢の違いから生じる画像の明るさ分布を、関数に近似して画像全体の大まかな明るさ分布を導出し、明るさの比率で除することで補正する。ここでは、パラメータの自由度からZernike関数⁵⁾を適用する。

Fig.15 (a)に、補正前の合成画像を示す。本システムでは6分光画像撮像前に白色光を照射し、明るさ分布画像 (Fig.15 (b)) を取得している。Fig.15 (b)の明るさ分布画像にZernike関数を近似し、Fig.15 (c)に示す連続的な明るさ分布を導出する。Fig.15 (a)と

Fig.15 (c)から、Fig.15 (d)の対象画像の明るさ補正データを取得し、Fig.15 (a)とFig.15 (d)から、日本刀自体に起因する明るさ分布補正画像Fig.15 (e)を取得することが可能となる。



(a) Brightness distribution due to the shape of the Japanese sword



(b) Image of brightness distribution by white light



(c) Zernike function approximation of (b)



(d) The correction data of brightness distribution

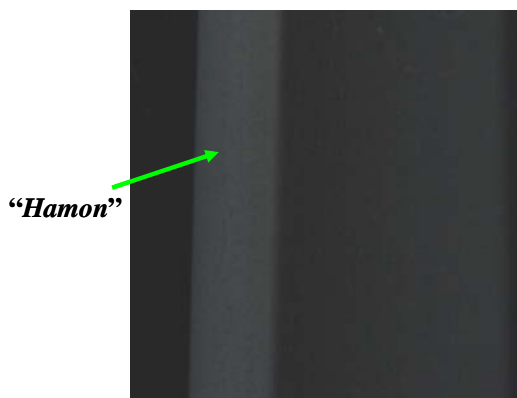


(e) The corrected result of brightness distribution due to the shape of the Japanese sword

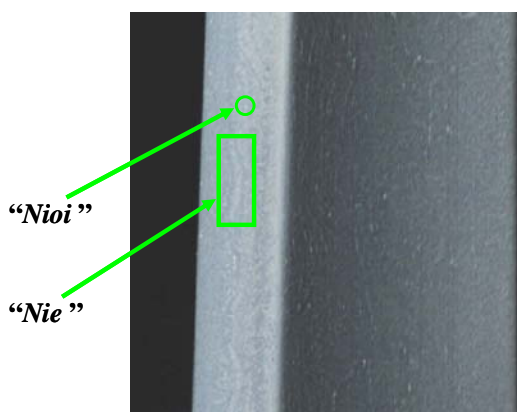
Fig.15 The effect of brightness distribution correction.

5. 開発結果

Fig.16に、人による画像調整の差異を示す。Fig.16 (a)に示す画像は、本システム開発担当者による開発当初の光学系調整後の画像であり、Fig.16 (b)に示す画像は、佐野美術館所属の学芸員による光学系調整後の画像である。学芸員が光学系調整において目安とした、「匂」(Fig.16 (b)中、円で囲んだ実物において肉眼では捉えにくい微小な粒子)、「沸」(Fig.16 (b)中、矩形で囲んだ雲状の粒子の集合)が鮮明に捉えられる状態に調整可能なシステムであることが確認でき、専門家が保有している明確なイメージを基に、着目する日本刀の特徴の説明が可能な画像を取得できた。



(a) Result by non-expert of Japanese sword



(b) Result by expert of Japanese sword

Fig.16 Results of image synthesis using proposed system by expert and non-expert of Japanese sword.

また、Fig.17に、観察する際の人と日本刀との相対姿勢により見えが変化する現象を捉えた画像を示す。Fig.17 (a)は、化粧研ぎという表面を荒らすような文様を加えたため、日本刀自体の刃文が見えにくい状態になっている。一方、本システムのマルチアングル光学系により、照明角度を調整することで、Fig.17 (b)の白円で囲んだ領域のように、本来の刃文が視覚化可能となる。

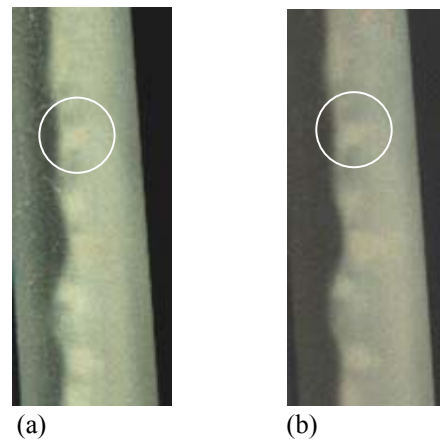


Fig.17 Visibility improvement of Hamon by multi-angle optical system.

目視では観察しながらの相対姿勢調整となるため、複数の人が同一角度、同一方向から同時に観察することは不可能であるのに対し、一瞬の相対姿勢での日本刀の見えを画像として複数の人が共有可能になったことを示す。

これまで、本システムを用いて国宝、重要文化財などを含む長刀、太刀、短刀合わせて150以上のアーカイブを実施してきた。アーカイブされた画像は、展覧会で日本刀と並べて展示することで、ガラスケースで隔てられた日本刀の特徴を間近で観察する役割を果たし、加えて、会場に設置されたコンピュータディスプレイに表示することで、観覧者が自由に画像を拡大して微細な文様を観察し、縮小して姿全体を理解するといったサービスに利用された。

また、アーカイブ画像は図録の発行にも貢献し、特に、「短刀の美；鉄（くろがね）の煌き」では、短刀52口中51口の画像を本システムで撮像した⁶⁾。

本システムに対する評価として、刀工、日本刀研究者などの有識者から、日本刀の刃文に含まれる「沸」、「匂」をここまで鮮明に捉えた画像は従来になかったとの意見をいただいている。一方で、画像に日本刀の「濡れ」、「潤い」が不足しているという独特の表現での課題も提示された。前者は色再現性の高さと同解像撮影の効果、後者は光沢再現性の不足を示すものと考えられる。撮像および色合成、画像再現に対する色と光沢の両立、および、人のイメージとの関係明確化は、画像という媒体に関わる技術全般に共通する課題と認識する。

最後に、アーカイブ活動を通して本システムで偶然、撮像された興味深い画像として、研ぎ師と思われる刻銘の顕在化事例をFig.18に示す。この刻銘は「国宝 太刀 銘 助包(すけかね)」(個人蔵)の「刃区(はまち)」という部位に刻まれたものである。非常に浅く、細く刻まれており、目視での観察は存在が分かっていたとしても困難であり、本システムではじめて確認できた。Fig.18 (a)に撮像光学系の基準となる視線角度での撮像画像を示す。Fig.18 (a)中の白枠内には何も観察されないが、日本刀表面に対し視線角度を4 (deg) 立てたとき、Fig.18 (b)に示すように刻銘の画像が現れ始める。Fig.18 (c)に示すレイアウトは略正反射レイアウトであり、刻銘全体が確認できる。所有者も気付かず、現状、研ぎの記録も見つかっていない。研ぎ師がこの部位に刻銘する慣習の有無など詳細な説明は今後の日本刀研究を待つ必要があるが、本事例のように新たな特徴の発見もデジタルアーカイブの1つの提供価値であると考えられる。



(a) In 41 degrees imaging angle and 51 degrees illuminating angle



(b) In 45 degrees imaging angle



(c) In 50 degrees imaging angle

Fig.18 The example of visualization of characteristics not to be noticed.

6. まとめと今後の展開

リコー保有の光学技術，色計測技術，システム設計・制御技術，画像処理技術を応用し，日本刀デジタルアーカイブシステムの構築を通して，撮像システムの新たな価値を提供できたと考える．これらの技術は自社製品の性能向上を狙い，お客様へのよりよいサービスの提供に貢献するものであると考える．

文化貢献では，現存する日本刀の多くを個人が所有しているため，博物館等で観察，鑑賞できる刀剣は限られている．デジタルアーカイブ活動を継続してデータベースを充実することにより，直接目にすることの難しい刀剣の特徴を，高精細な画像を通して紹介することができればと考える．また，高精細なデジタルアーカイブ画像は，専門家による押型の代替として，また，金属材料分析との融合により⁷⁾，日本刀の見えから刀工や作刀技法，製造された時代，使用されている材料や産地などの解明，分類を中心とする日本刀研究に資すると考える．何より，日本刀固有の美を分かりやすく後世に伝えることで，我が国の伝統的な文化の継承の一助となることを願う．

謝辞

本稿作成にあたり，ご指導，ご助言をいただきました財団法人 佐野美術館 渡邊妙子館長，学校法人 早稲田大学 伊藤公久教授，本システムの能力を最大限引き出し，画像取得にご尽力いただきました佐野美術館 元学芸員 中村麻紀氏，学芸員 志田理子氏に感謝いたします．

本稿は，日本画像学会に帰属の著作権の利用許諾を受け，日本画像学会誌 第51巻 第6号（2012）に掲載の論文⁸⁾を基に作成した．

参考文献

- 1) 日本経済新聞社: 尾張徳川家 名刀展, 大塚巧芸社 (1965).
- 2) M. Ogawa: Art of the Samurai; Japanese Arms and Armor, 1156-1868, Metropolitan Museum of Art, pp.312-320 (2009).
- 3) 井出明ほか: 佐野美術館における刀剣類のデジタルアーカイブ化プロジェクトの概要, FIT2005, pp.373-374, 情報処理学会 (2005).
- 4) A. Ide et al.: Technology for Digitalizing Pictorial Data of Japanese Swords, *Proceedings of the 38th Hawaiian International Conference on System Sciences*, p.102 (2005).
- 5) 久保田広: 光学 (第10刷発行), 岩波書店 (1979).
- 6) 佐野美術館編: 短刀の美; 鉄 (くろがね) の煌き, ニューカラー写真印刷 (2009).
- 7) 伊藤公久ほか: 拡散反射を用いた日本刀の表面形態の観察, 第158回秋季講演大会, p.925, 日本鉄鋼協会 (2009).
- 8) 上条直裕, 伊藤公久, 渡邊妙子: 日本刀デジタルアーカイブシステムの開発: 日本画像学会誌 vol.51, No.6, pp.641-649, 日本画像学会 (2012).