

石橋財団コレクションの超高精細スキャンングプロジェクトについて

Ultra-High Resolution Scanning of the Ishibashi Foundation Collection

(株) サビア + 新畑 泰秀

SABIA Inc. + SHIMBATA Yasuhide

アーティゾン美術館の前身、ブリヂストン美術館が、2010年頃から所蔵作品のポジフィルムによるイメージ管理からデジタル画像による管理への移行を本格的に開始したのは2010年頃からであった。美術作品の撮影を専門とするカメラマンにより、デジタル・カメラでの撮影を徐々に始めたが、この機に様々なあたらしい機材を用いての画像記録を試みることになった。そのひとつとして、フィルム・カメラでもデジタル・カメラでもない、スキャナーによる高精細画像の撮影を試みることになり、当時より美術館博物館の所蔵品のデジタル・データ保存を研究し、実践しつつあった(株) サビアによる高精細スキャンングをテスト的に行った。2014年9月19日に、3点の絵画作品、すなわちコロアの《オンフルールのトゥータン農場》、ゴーガンの《馬の頭部のある静物》、そしてカイユボット《ピアノを弾く若い男》を同社の機器によってスキャンングを行い、フィルムカメラやデジタルカメラでは得られない高精細な画像を得られることを確認した。このスキャンングによって得られた高精細画像は、ブリヂストン美術館で「ウィレム・デ・クーニング展」(2014年10月8日-1月12日)が開催された折に、展示室の一室で、パナソニック株式会社の協力を得て、同社のタフパッド4Kタブレット(20型)をもって来館者に公開した。

このスキャンングの成果をさらに綿密に精査し、その画像が様々な機会に利用できることを確信した結果として、石橋財団

は2016年4月15日から29日にかけて、石橋財団アトリサーチセンターにて、財団コレクションより重要絵画作品100点の(株) サビアの機器による超高精細スキャンングを実施することになった。このプロジェクトは、石橋財団ブリヂストン美術館と(株) サビアの共同プロジェクトとして実行された。監修を京都大学大学院 工学研究科 機械専攻先端イメージング工学研究室教授井手亜里(当時。現名誉教授)がつとめ、株式会社サビアからは奥村幸二、ジェイ・アリ・トック、谷口正明、真柄亮太、角美枝、大木よう子、青井誠也が、ブリヂストン美術館からは、新畑泰秀がプロジェクトを進めた。

(株) サビアは、京都大学で開発された文化財用高精細大型スキャナー技術をベースに2007年に設立された組織。4K技術を含む、最新のデジタル技術を駆使し、国内外の文化財・美術品のデジタル化からアーカイブ化・コンテンツ化までを一貫してサポートするデジタル・アーカイブ・ソリューションカンパニーとして、文化資産の保存と魅力の発信に取り組んでいる。この時は、(株) サビアの超高精細大型スキャナー「Sabia Art Scanner-X」と「Sabia Art Scanner-H」を用いて、光学1,000dpiでの撮影を行った。文化資産の撮影に特化した「Sabia Art Scanner」は、高輝度LEDによる均一照明、非接触非破壊、短時間での撮影を可能とし、忠実な色再現、高い寸法精度を実現した。また光源を調整することにより写真では再現

額スキャン

Item	Description
対象数	85
ローデータサイズ (GB)	38.74 GB
使用スキャナ	LIAM-X
解像度	228 dpi
結合用オーバーラップ	~ 20 cm
最大スキャン幅 (1スキャンあたり)	83 cm (7,500 pixels)
最長スキャン (1スキャンあたり)	200 cm (18,000 pixels)
最大スキャン幅	4.0 m
最長スキャン	2.0 m
スキャンング技術	低解像度による両照明撮影
対象作品	石橋財団所蔵絵画作品より100点

超高精細スキャン

Item	Description
対象数	104
ローデータサイズ (GB)	1749.26 GB
使用スキャナ	LIAM-H
解像度	1010 dpi
結合用オーバーラップ	~ 8cm
最大スキャン幅 (1スキャンあたり)	18cm (7,300 pixels)
最長スキャン (1スキャンあたり)	210 cm (83,500 pixels)
最大スキャン幅	4.0 m
最長スキャン	2.0 m
スキャンング技術	超高精細による 1.両方向照明による撮影、2.片方向照明による撮影、3.近赤外線による撮影
対象作品	石橋財団所蔵絵画作品より100点

できない質感までも再現している。スキャニング作業で得られる画像マテリアルは、中小の作品で50K、大きな作品でも最低30K表示に対応する高精細画像となった。したがって、最初は4Kでの利用になるが、将来技術の向上とともに8K、あるいはそれ以上の画像再生可能な機器が発売された時にもこれら画像は使用可能である¹。

本稿は、このプロジェクトの過程と、スキャニング方式および手順、画像の後処理、サンプルスキャン結果と実施時の写真を含むプロジェクト全体の概要を示すものである。スキャニングの対象となったのは、所蔵品のうち西洋および日本の近代絵画の重要作品を中心とし、主要作品100点が選ばれた。選ばれた対象作品は、2つのカテゴリーに分けてスキャニングが行われた。ひとつは、200dpiに設定し、額縁のスキャニングを行った。3D形状である額縁を撮影するべく、被写界深度を深く保つために、この解像度に設定した。撮影計画を練る段階で、額縁も重要であると判断し、額縁も撮影することになった。他方のカテゴリーでは、1,000dpiを超える解像度での撮影を行った。この解像度では、作品の詳細に至るまで捉えることを第一の目的とした。この高解像度での撮影で得られた画像は、4Kや8Kといったディスプレイにも対応できるコンテンツ制作にも役立てられる。額縁スキャニングを両方向による照明で撮影したことに対し、超高精細スキャニングでは、1. 両方向照明による撮影、2. 片方向照明による撮影、3. 近赤外線による撮影、の3パターンで撮影を行った。従来、この3パターンは別々に行ってきたが、今回より効率良く撮影するために、両方向照明による撮影と、近赤外線による撮影を同時に行うことで、より効率的な撮影を行うことができた。結果、全体的にはスムーズに撮影は進み、12日間のプロジェクトとなった。2日間は準備やテスト、キャリアレーションを行い、10日で撮影を終えた。

註

- 井出亜里、Jay Arre Toque、村山雄亮、Pengchang Zhang「文化財専用大型超高精細スキャナ」、『日本画像学会誌』、第51号第6巻、2012年、623-629頁；井出亜里「文化財計測用公開度スキャナ：その後の展開」、『映像情報メディア学会誌：映像情報メディア』、第64巻第6号、778-782頁、2010年6月；井出亜里「2-4. 文化財専用超高精細大容量画像の入力・分析・表示総合システム構築」、『映像情報メディア学会誌』、第61巻第11号、1562-1566頁、2007年。

手順:

超高精細スキャナパラメーター

スキャナ	LIAM-H		
解像度 (dpi)	1010		
カラーチャート	IT8		
色差 (dE)	Focus Level	片照明	両照明
	7mm	1.36	1.38
	10mm	1.35	1.32
	15mm	1.32	1.33
	20mm	1.34	1.30
	25mm	1.34	1.32
	30mm	1.30	1.32
	35mm	1.31	1.37
	40mm	1.29	1.35
	45mm	1.31	1.35
	50mm	1.28	1.40
	55mm	1.29	1.35
	60mm	N.A.	1.42
光源タイプ	Nichia Visible/ CCS NIR		
光源設定	VIS: Dual, 2 lines per side; Single 4 lines on the home side///NIR: Dual 2 lines per side		
電流 (A)	VIS=2.0/ NIR=0.86		
電圧 (V)	VIS=19.7/ NIR=22.9		
光源角度	VIS=50°; NIR=60°		
カメラ	VIS=TLC-7300UCL/ NIR=TLC-7300UCL		
コントローラー&PC	3 Axis Gray box/ Dell Precision Tower5810		
フィルター	VIS=UV/IR cut: NIR=IR76		
レンズ	VIS=Apo Rodagon 105mm/ NIR=Apo Rodagon 105mm		
レンズ口径	VIS=8/ NIR=8		
チューブ	VIS=40+24; NIR=40+24		
Working Distance (cm)	50.7 (48.3+2.8) 100 on scale @7mm/0.486mLaser		
光源までの距離	VIS=9.5cm; NIR=8.5cm @35mm		

低高精細スキャナパラメーター

スキャナ	LIAM-X
解像度 (dpi)	228
カラーチャート	IT8 Chart (v.R120804)
色差 (dE)	1.68
光源タイプ	amano
光源設定	synmetric 8line
電流 (A)	3.1
電圧 (V)	12.9
光源角度	45°
カメラ	takenaka7500 No.0366
コントローラー & PC	2axis controller, sabia Optiplex7010
フィルター	IR/UV cut
レンズ	Apo-60
レンズ口径	8
チューブ	なし
Working Distance (cm)	93.8
光源までの距離	19cm, 23cm

図解:

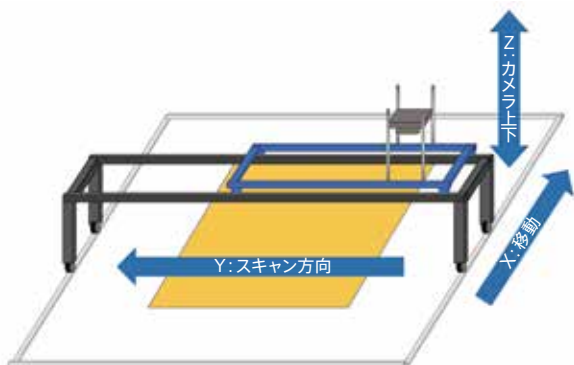


図1: スキャナは3方向に動作する。Y方向はカメラヘッドがオブジェクト上に移動する走査方向。X方向はレール上のスライド方向。Z方向はスキャンごとに最適なフォーカスを確保するために、作品との距離を調整するためのカメラヘッド軸。

スキャン順序:

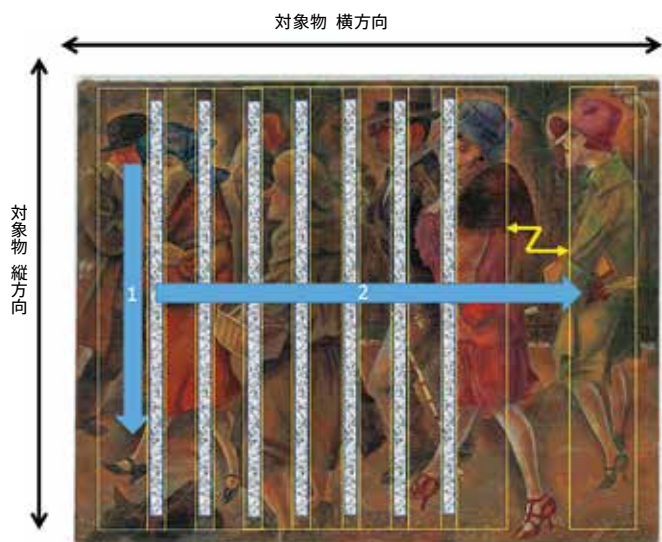


図2: 作品撮影のための一般的なスキャン順序を示す。当プロジェクトでスキャンすることができる最大サイズは、1スキャン当たりの最大走査長が約2m×1mである。200dpiのスキャンで20cm、1,000dpiのスキャンで8cmを結合幅として、X軸に沿ってスライドさせて進む。

画像処理手順:

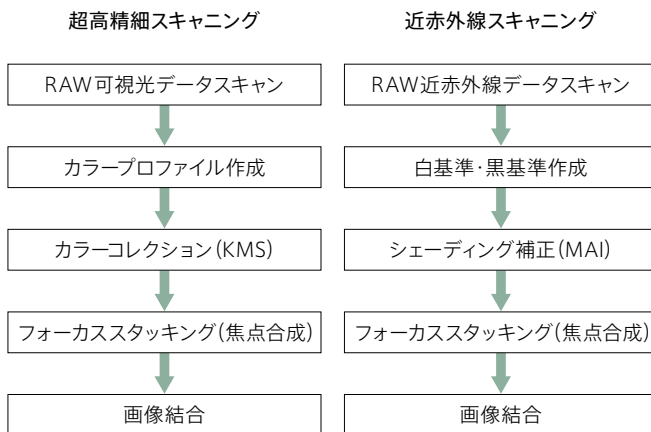


図3: 生データから画像データ処理のフローチャート。すべての画像は、任意の色処理を行うことなく、非圧縮のTIFFファイルで取得される。当プロジェクトで取得された画像は3種類あり、これらは両方向照明によるスキャン、片方向照明によるスキャンおよび近赤外線スキャン。画像は3種類だが、画像処理は2パターン行う。近赤外線画像のみ別の方法で処理され、可視光スキャンモードでは、同じ方法で処理される。カラー画像については、IT8チャートデータを使用して、カラープロファイルが生成される。このプロファイルは、ガンマ補正されたデータを生成するためにKMS(カラーマネジメントシステム)で использоваться。一方、近赤外線の画像では色が可視領域を超えて存在しないため、近赤外線の画像の処理は、配光ムラを補正するシェーディング補正のみ行う。カラー画像用のカラーマネジメント及び近赤外線に対するシェーディング補正後、複数の焦点レベルでスキャンされた作品は、フォーカスタッキングを結合前に行う。それ以外については、KMS処理及びシェーディング補正後に結合する。

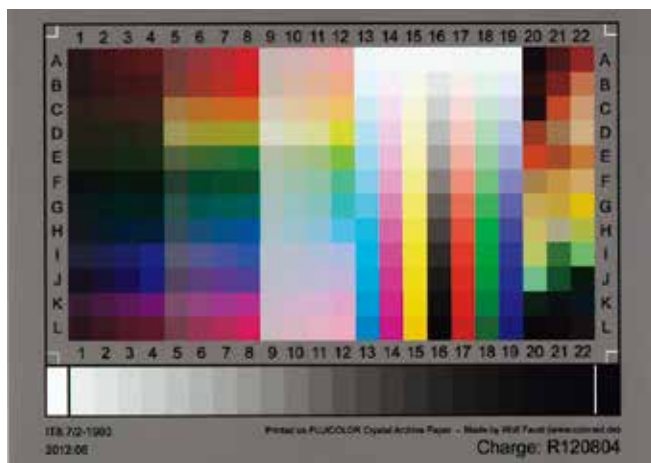


図4: IT8カラーチャート

画像結合:

画像は、PhotoshopのPhotomergeの機能を使用して結合されている。以下はこのプロジェクトで画像を結合するために使用される一般的な手順を示している。7つの基本的なステップがある。

1. Photoshopを開く→File→Automate→Photomerge

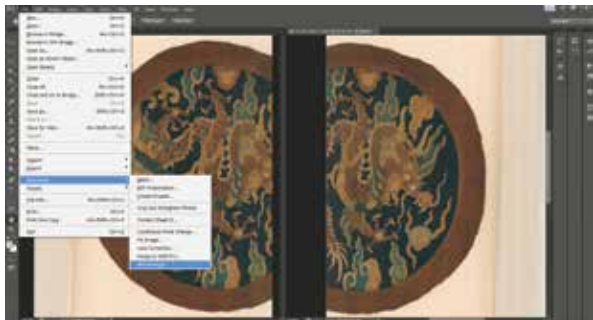


図5

2. ①レイアウトから「Auto」を選ぶ。②「Add Open File」を使って結合するファイルを選ぶ。(注:PCのパフォーマンスを最大にするために、すべての画像を一度に結合するのではなく、画像2-3枚を結合して徐々に進める。③「Blend Images Together」のチェックを外す(注:これはPhotoshop画像の色を変更しないために行う)。④「OK」。



図6

3. 前項では画像を整列させた。次からが実際の結合処理である。
①レイヤーパネルの結合に必要なレイヤーを選ぶ。②「Edit」→「Auto-Blend Layers」を実行する。

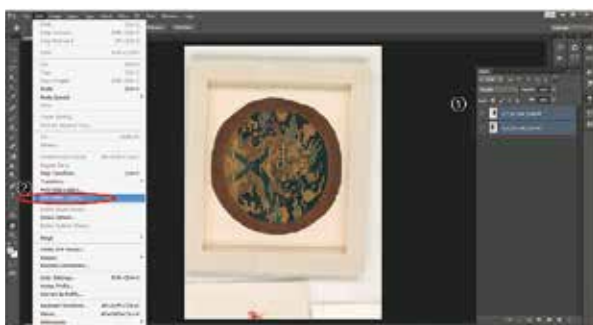


図7



図8

4. 「Auto-Blend Layer」がウィンドウに現れる。
①「Panorama」を選ぶ。
②「Seamless Tones and Color」のチェックを外す(注:Photoshopが色の変更を行わないために外す)。
③「OK」で実行する。

5. 上記の処理が終わったら、チェックを行う。必要に応じて、各種機能を使って調整する。

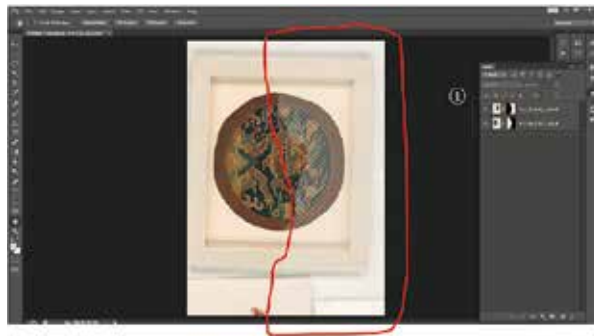


図9

6. チェックを終えたら、「Flatten Image」を実行し、画像を統合する。



図10

7. 目的に応じた画像形式で保存する。画像は4GB以下であれば、デフォルトでTiffになっている。4GBを超えるファイルサイズの場合、PSBとして保存される(注:レイヤーを残したまま途中のデータを保存するオプションもある。結合画像に問題が見つかった場合、これらのデータが役に立つこともある。それゆえ、すべてのプロセスデータを保存する。ただし、保存用ハードディスクに充分空きがある場合に限る)。

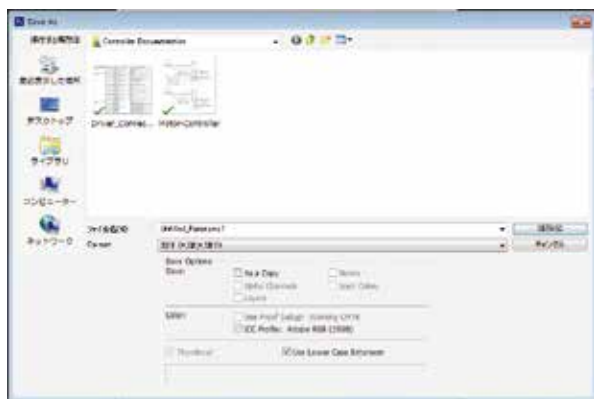


図11

結果:

可視光撮影(VIS) VS 近赤外線撮影(NIR)

対象作品:

ゲオルゲ・グロス《プロムナード》

1926年

油彩・カンヴァス

100.3×125.7cm



図12: 可視光と近赤外光を並べて比較した。前述のように、これらの画像は同時に撮影された。右のものは近赤外画像で、左側のは可視光画像。近赤外画像には2つのバージョンがあり、上部の画像は後処理としてシェーディング補正した元の画像、下部の画像は、検出された特徴を簡単に参照できるように明るさとコントラストを増加させたもの。

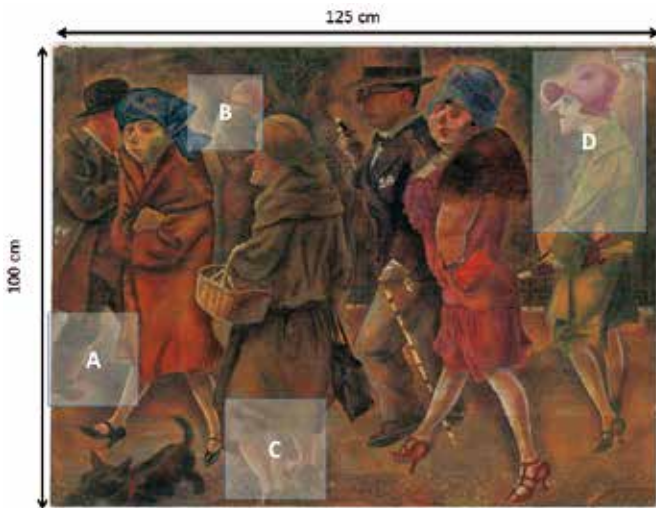


図13: 画像の中で明らかな下地が検出されているいくつかの領域を示している。

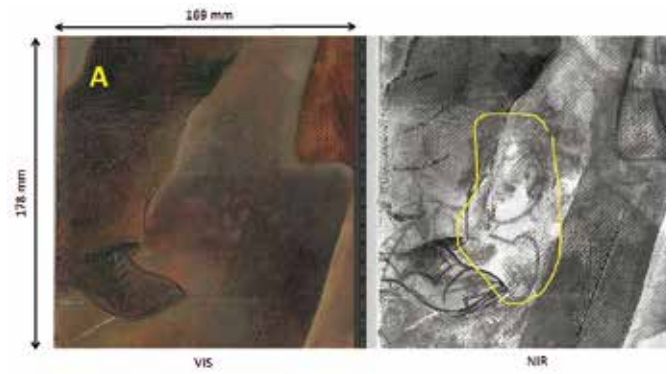


図14: Aのエリアでは絵の男の靴をうまく区別できない特徴を示している。近赤外画像により、明確に詳細に明らかにすることができた。

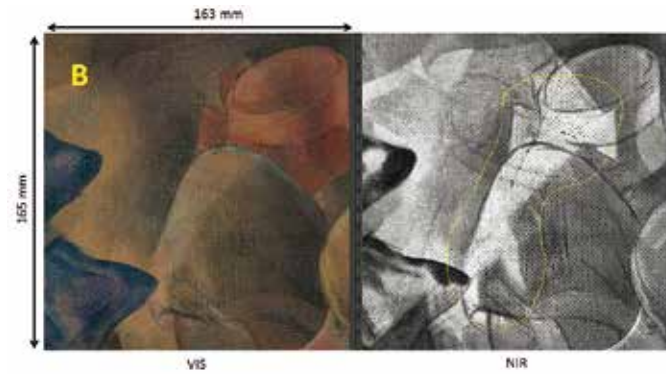


図15: Bエリアの画像では、絵画の女性のバッグに手を差し伸べる手が、近赤外画像から明らかになった。可視光画像からも、かすかなシルエットを見ることができる。

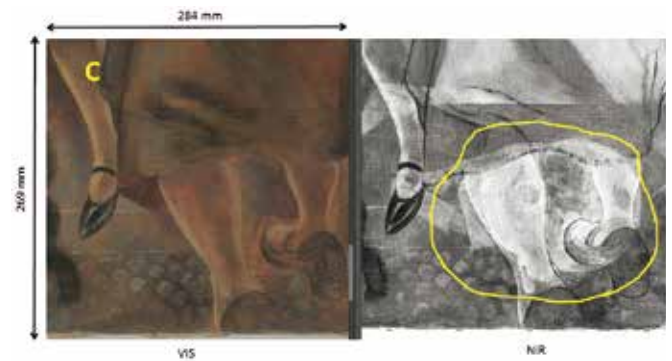


図16: Cエリアからは、絵画の老婆の足の下に、大きな円形が描かれていることが発見できる。



図17: 上の画像は、これまでに検出された最も興味深い近赤外での画像を顕著に示している。これは、帽子をかぶり横を向いた男の顔を示している。

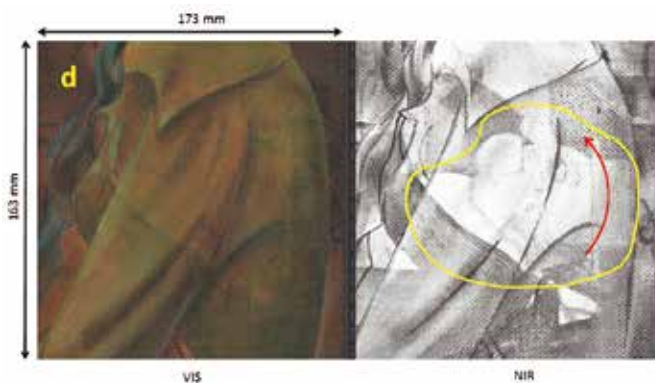


図18: 上の画像では、図17で検出された画像のコントラストを変えて、より見やすくなるように示している。この男の顔は、絵画上の実際の向きに対して、横向きに描かれている。



図19: これは、前図の拡大図である。検出された絵から90度反時計回りに回転させ、オリジナルの絵の下に発見された画像を、明確に見えるようにした。

ここで説明した画像は、可視光撮影からは見ることができない近赤外撮影からのみ検出することができたほんの一部の例である。絵画のさらなる調査により、より多くの状態を新たに見つけることができる可能性がある。

両方向照明によるスキャン VS 片方向照明によるスキャン

画像は、PhotoshopのPhotomergeの機能を使用して結合されている。以下はこのプロジェクトで画像を結合するために使用される一般的な手順を示している。7つの基本的なステップがある。



図20、21: 上記の両照明と片照明のスキャンの比較を示している。カンヴァスの絵画に3Dのような構造で、入射光が反射している。

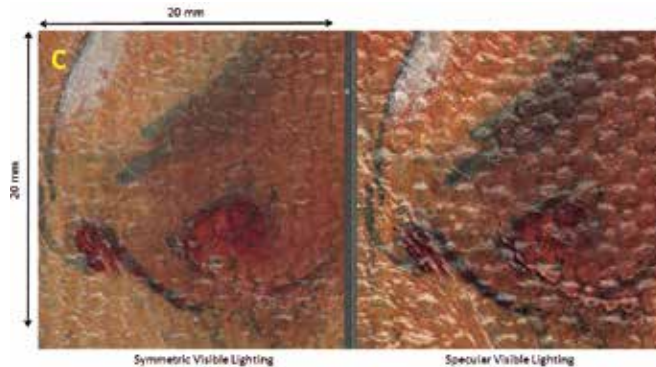


図22、23: 画像は、両照明と片照明スキャンの比較を示している。カンヴァスの絵画に3Dのような構造で、入射光が反射している。両照明の場合には、上部からの光による影と底から来る光による影が相殺される。片照明の場合、表面のテクスチャが強調表示される。作品の表面に少し光沢があるので、カメラ軸に沿って光を反射する点に加えて、片照明のハイライトは全体の絵を通して見ることができる。

対象作品:

ジャン・フォトリエ《旋回する線》(fig.2)

1963年

油彩・カンヴァスに貼られた紙

59.9×73.1cm

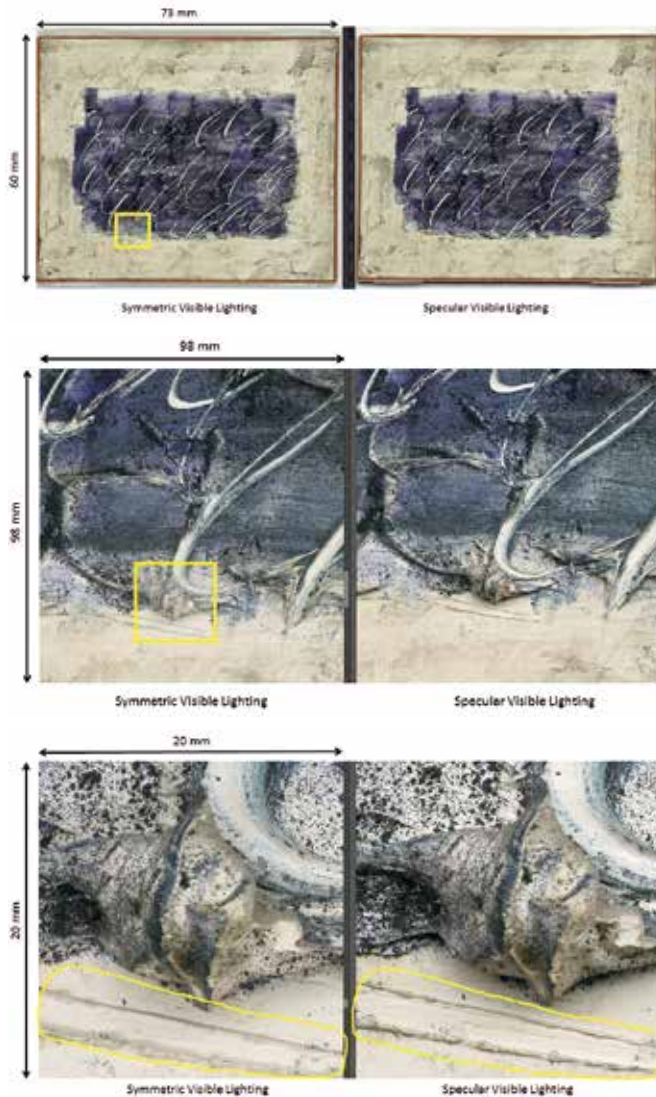
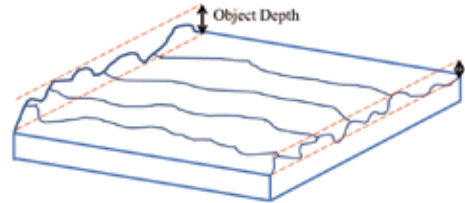


図24-26:もう1点のサンプルをここで提示する。こちらの画像では光沢はないが、より3D形状に近い。前述の例とは違い、白飛び等は見られない。しかし黄色で囲まれている部分の影からも、片照明の効果が見受けられる。

フォーカスタッキング(焦点合成)

約1,000dipの高解像度でスキャンを行った。これほどの高解像度では、焦点深度が非常に浅く、1mm以下になる。全体の作品を通して、最適なフォーカスを当てて画像を生成するためには、フォーカスタッキングスキャンを行う必要があった。これは、作品の表面の凹凸に起因している。図17では、このプロジェクトに適用される画像の焦点合成の概略図を示す。



Object Depth = the distance between the lowest point to the highest point on the object surface

Focus depth = combined depth of focus with respect to different focusing plane

For a good scan image:

Focus depth > Object Depth

図27:フォーカスタッキング(焦点合成)

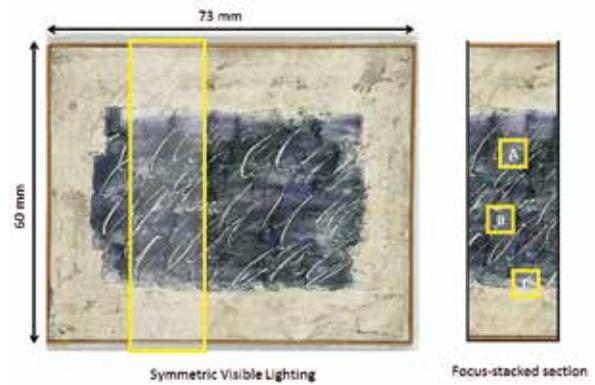


図28:フォーカスタッキングを必要とした絵画作品のうちのひとつを示している。上記の3点について、よりクローズアップしてみるため、印をつけた。



図29:選択された絵画上の領域Aを示している。作品の絵の具の厚みのため、最適なフォーカスの画像を生成すべく、3つの層を必要とした。

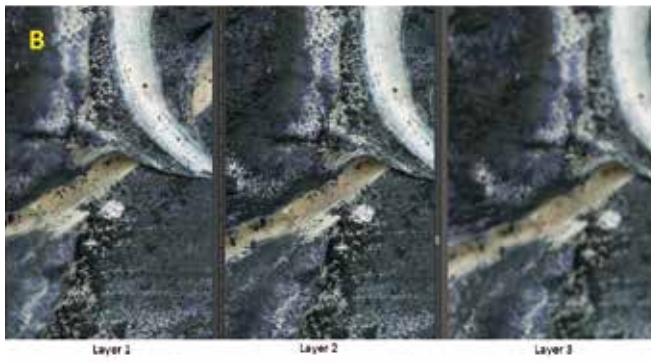


図30: 選択された絵画の領域Bを示している。別のケースでは、十分にフォーカスされた画像では、2つの層からスタッキングを達成することができた。

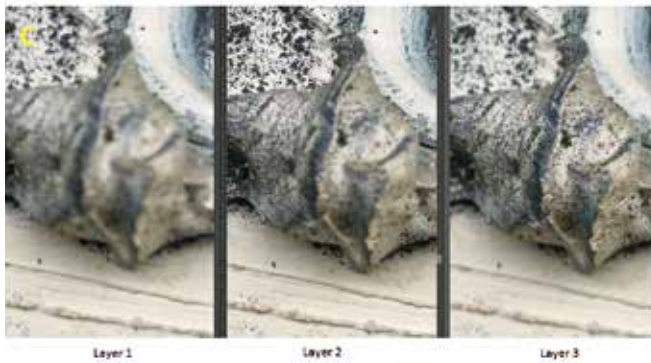


図31: 選択された絵画の領域Cを示して。最適なフォーカスのとれた画像を生成するために、3つの層を必要とした。最適な画像を取得する場合には、最上層と最下層の距離を決定することが重要である。



図32: 上画像は、焦点結合を説明するために選んだ第二の例である。作品がほぼフラットであったため、この場合は、2層のレイヤーを使用した。今回の主な原因は、カンヴァスのたるみである。今回の撮影では、水平な形での撮影を行ったため、特に大きな絵画の場合には、カンヴァスの重量により絵の中央付近でボウル状にたるみがちだ。カンヴァスの張りが充分なされている場合、この現象は最小限に抑えられる。ただ、古い作品の場合はより起こりやすいため、焦点結合が必要になってくる。

結び:

今回の高精細スキャンニングにより得られた画像の対象は、石橋財団所蔵品のうち、西洋近代絵画、日本近代洋画、日本古美術等の主要所蔵作品約100点である。今回のスキャンニング作業で得られた画像マテリアルは、中小の作品で50K、大きな作品でも最低30K表示に対応する高精細画像となった。したがって、最初は4K、8Kでの利用になるが近い将来16Kあるいはそれ以上の画像再生可能な機器が発売された時にもこれら画像は使用可能である。

画像は、様々な機会に利用される。まず、作品状態記録として保存管理され、作品の経年変化の記録を目的として使われる。高精細スキャンニング時に赤外線イメージも撮影されているので、これらを含めたイメージは既存の作品データベースとリンクさせて様々な用途に対応できるようにする。

これまでにもすでに幾度かの機会に使用された。すなわちブリヂストン美術館が2015年に休館に入ってから新美術館開館までの期間に、作品は2016年に竣工した町田の石橋財団アートリサーチセンターに移動・収蔵されることになり、この時の作品状態調査で適宜使われた。一方で、石橋財団は、2017年にパリのオランジュリー美術館で開催された「ブリヂストン美術館の名品—石橋財団コレクション展」(2017年4月5日から8月21日まで)に、コレクションより約70点の作品を貸し出した。こ

このプロジェクトで得られた画像は、その作品状態調査をする際に利用された(図33)²。高精細画像をもって、作品がアートリサーチセンターを出る時、パリ会場で作品が運び込まれた時、展覧会が終わった時、そして日本に返送されて来て再びアートリサーチセンター収蔵された時、その時々作品状態確認で、このプロジェクトで得られた画像は大いに力を発揮した。

また、本プロジェクトについては、2018年5月29日から6月2日まで、ヒューストンのマリオット・マークス・ヒューストンで開催された米国文化保存学会第46回アニュアル・ミーティングにおいて発表を行い、アメリカを中心とする美術館・博物館関係者、修復家、研究者に説明を行った(図34、35)³。

註

2. *Paris/Tokyo: Chefs-d'œuvre du Bridgestone Museum of Art, Collection Ishibashi Foundation, musée d'Orangerie, Paris, 5 avril-21 août, 2017.*
3. *Material Matters, AIC (American Institution for Conservation of Historic and Artistic Works), 46th Annual Meeting in Houston, at Marriott Marquis Houston, May 29-June 2, 2018, Program, p. 116.*



図33



図34



図35

プロジェクト風景:



図36, 37: スキャナ組立



図38, 39: 作品設置

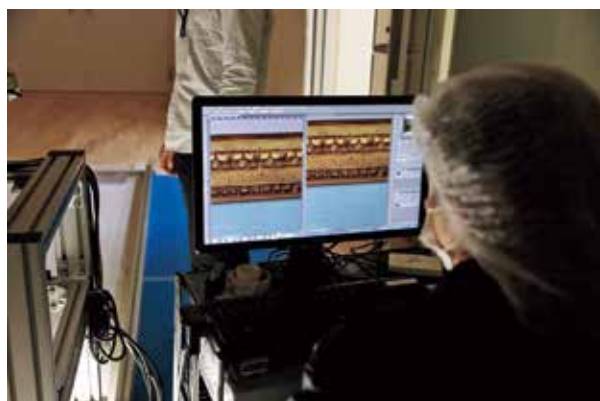


図40, 41: 額縁付作品画像スキャン

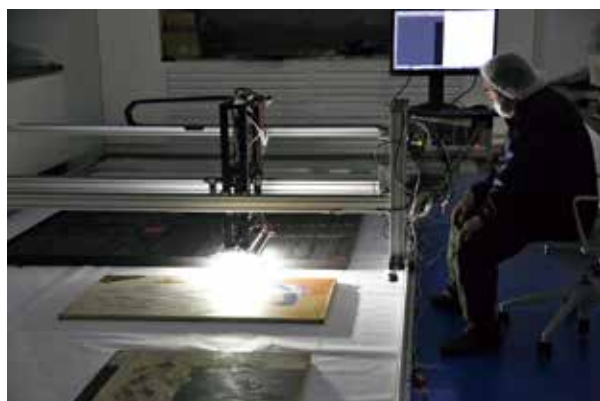


図42, 43: 超高精細スキャン