

蒔絵万年筆資料のマルチ アングル画像撮影ならびに 展開図作成のための技術開発

Development of the Technique for Multi-angle Image Capturing and Rollout
Image Composition of Maki-e Fountain Pens Collection

鈴木卓治

SUZUKI Takuzi

- ①はじめに
- ②万年筆資料について
- ③超大画像自在閲覧技術と準3次元表示
- ④万年筆のマルチアングル画像の撮影と準3次元コンテンツの制作
- ⑤展開図の作成
- ⑥展開図の改良
- ⑦おわりに

[論文要旨]

国立歴史民俗博物館が開催する企画展示「万年筆の生活誌—筆記の近代—」(2016年3月8日(火)～5月8日(日))のために、館蔵資料43点を含む58点の蒔絵万年筆資料のマルチアングル画像を撮影し、展開図を作成した。本稿では、資料への負荷を抑えつつ図録掲載等の要求に耐える品質を有する展開図画像を得るための、万年筆資料のマルチアングル画像撮影ならびに展開図作成の技術開発について述べる。スリットカメラの原理に基づき、万年筆を一定角度で回転してマルチアングル画像を撮影するための専用の治具を制作した。マルチアングル画像からの展開図画像の作成について、万年筆の回転角と得られる展開図画像の誤差との関係について検討し、5度刻みのマルチアングル画像から、 μm 単位の誤差の展開図画像を作成できることを示した。展開図画像の作成にあたって、万年筆の太さは均一でないで画像の幅が必ずしも回転角に比例せず、単純に一定の幅で切り出した画像を合成したのでは重複や欠損を生じる。そこで簡単な画像処理によって万年筆の太さを求め、幅が回転角に一致する補正画像を生成したところ、重複や欠損のない画像を得ることができた。また、クリップのようにまわりから著しく飛び出している部分があると、画像から正確に半径を求められない部位が生じ画像が乱れる問題について、クリップの位置をマスク画像で与えることによって解決を図った。本稿で述べる展開図作成の技術は、類似の資料のデジタル化の促進に寄与することができよう。

【キーワード】 蒔絵万年筆、マルチアングル画像、展開図画像、画像処理、デジタル資料

①……………はじめに

国立歴史民俗博物館(以下歴博と略記)が開催する企画展示「万年筆の生活誌—筆記の近代—」(2016年3月8日(火)～5月8日(日)、以下「万年筆展」と略記)[1]のために、館蔵資料43点を含む58点の蒔絵万年筆資料(表1、一部ペンシルを含む)のマルチアングル画像を撮影し、展開図を作成した。本稿では、資料への負荷を抑えつつ図録掲載等の要求に耐える品質を有する展開図画像を得るための、万年筆資料のマルチアングル画像撮影ならびに展開図作成の技術開発について述べる。

博物館資料のデジタル化は、資料の保存と活用を両立するための有用な方法として定着しつつあるが、資料の撮影画像や計測データからデジタルデータを得るための技術については、博物館であつかう資料が多種多様であることもあり、それぞれの現場で試行錯誤的に試みられているのが現状である。本稿で述べる展開図作成の技術は、参照可能な情報として、類似の資料のデジタル化の促進に寄与することができよう。

②……………万年筆資料について

19世紀に実用的な万年筆がアメリカで完成すると、日本でも明治時代の終わりごろから国産化がすすんだ。万年筆の胴体に使われたエボナイトは、硬くかつ成型が容易という利点の半面、紫外線に弱く汗等に反応して変色する弱点があり、エボナイトの表面を保護するために漆が用いられるようになり、さらに色漆・蒔絵・螺鈿細工等による装飾を施した美しい蒔絵万年筆が作られ国際的に好評を博した[2:p.48]。

万年筆展では、民俗学をベースにさまざまな観点から万年筆をとりあげたが、職人の優れた技を来館者に知らせる上で、蒔絵万年筆資料をより分かりやすくかつ美しく展示する工夫が必要となった。

万年筆は小さい資料である。今回撮影した資料(表1)では、長さは12.3～17.4cm、太さは直径0.9～1.9cmの範囲に収まる。微小な細工が施されたものゆえ、展示においては極力資料に接近した観覧を実現したいが、来館者が実物資料を直接手に取って見る方法は資料保護の観点から許されない。そこで、万年筆展の展示プロジェクト委員会では、蒔絵万年筆の高精細デジタル画像を撮影してこれを自由に閲覧できるコンテンツを制作することになり、筆者がその実務を手がけることになった。

③……………超大画像自在閲覧技術と準3次元表示

超大画像自在閲覧システムは、一辺が数万画素以上の超大画像を「どこでも」「任意の大きさで」閲覧する機能をもつソフトウェアである。歴博では、2000年の「超拡大!江戸図屏風」[3]以来、博物館資料の超精細画像を撮影してデジタル化し、超大画像自在閲覧システム byobu.exe を用いて閲覧する「超精細デジタル資料」を積極的に制作している。2000～2014年度の15年間でのべ63種類⁽²⁾の超精細デジタル資料が制作され、この間に開催された企画展示・特別展示・館外共催展示74件⁽³⁾のうちほぼ半数(39件)で利用された。開発から16年経過した現在においても歴博の展示における

表1 マルチアングル画像を撮影し展開図を作成した時絵万年筆

No.	資料番号	名称	長さ [cm]	太さ [cm]	所蔵者	製造者	展示図録[2] 掲載ページ
1	F-481-35	キジ	13	1.3	本館蔵	ブラチナ	110
2	F-481-34	昇り龍	13.5	1.4	本館蔵	ブラチナ	108
3	F-481-33	古銭	13.3	1.4	本館蔵	ブラチナ	111
4	F-481-31	松と帆掛け舟	13.5	1.4	本館蔵	ブラチナ	104
5	F-481-29	梅に鶯	13.1	1.4	本館蔵	ブラチナ	109
6	F-481-30	紅葉山水	13.5	1.3	本館蔵	ブラチナ	102
7	F-481-25	雀	14	1.4	本館蔵	セーラー	97
8	F-481-23	鶴	12.3	1.2	本館蔵	セーラー	96
9	F-481-18	鷹(ペンシル)	12.7	0.9	本館蔵	パイロット	77
10	F-481-16	鶴	13.7	1.2	本館蔵	パイロット	81
11	F-481-14	桜山	14	1.2	本館蔵	パイロット	80
12	F-481-13	花	13.4	1.3	本館蔵	パイロット	74
13	F-481-12	うずら	12.7	1.3	本館蔵	パイロット	73
14	F-481-11	熱帯魚	13.4	1.3	本館蔵	パイロット	71
15	F-481-9	金魚(ペンシル)	12.4	1.1	本館蔵	パイロット	70
16	F-481-8	扇面	13.3	1.3	本館蔵	パイロット(ナミキ)	59
17	F-481-7	闘鶏	13.3	1.3	本館蔵	パイロット	69
18	F-481-6	鳥と朝顔	13.4	1.3	本館蔵	ダンヒル・ナミキ	62
19	F-481-5	鶉	13.3	1.2	本館蔵	パイロット(ナミキ)	60
20	F-481-4	熱帯魚(ペンシル)	12.5	1	本館蔵	パイロット	72
21	F-481-2	雀と花	13.2	1.4	本館蔵	ダンヒル・ナミキ	61
22	F-532-2	秋草	13.5	1.3	本館蔵	パイロット	63
23	F-532-6	滝山水	13.8	1.3	本館蔵	ブラチナ	103
24	F-532-4	桜と楽鳥(ペンシル)	12.5	1	本館蔵	パイロット	78
25	F-481-28	双龍	14	1.3	本館蔵	セーラー	98
26	F-475-3	竹(ペンシル)	12.5	1	本館蔵	パイロット	79
27	F-475-1	鶯	13.2	1.1	本館蔵	パイロット	84
28	F-475-2	桜山	13.2	1.1	本館蔵	パイロット	83
29	F-481-26	秋草	14.1	1.4	本館蔵	セーラー	99
30	F-481-27	鳥	14.1	1.4	本館蔵	セーラー	100
31	F-523	蛙	16.4	1.9	本館蔵	パイロット(ナミキ)	56
32	F-481-1	楼閣山水	17.3	1.9	本館蔵	パイロット	87
33	F-481-3	勝虫	17.3	1.9	本館蔵	パイロット	88
34	F-481-21	月夜に兎	17.2	1.9	本館蔵	NAMIKI	93
35	F-481-22	菊と蝶	17.2	1.9	本館蔵	NAMIKI	94
36	F-532-5	四神・赤	14.9	1.7	本館蔵	パイロット	90
37	F-532-5	四神・黒	14.9	1.7	本館蔵	パイロット	91
38	F-481-10	朱蜻蛉	12.1	0.9	本館蔵	パイロット	76
39	F-481-15	黒蜻蛉	13.4	1.2	本館蔵	パイロット	75
40	F-486-28	キャップレス 螺鈿	14.1	1.3	本館蔵	パイロット	95
41	F-481-17	金魚	13.2	1.1	本館蔵	パイロット	82
42	F-481-32	梅に鶯	13.4	1.4	本館蔵	ブラチナ	107
43	F-481-24	滝山水	14	1.4	本館蔵	セーラー	101
44	—	扇面	13.4	1.3	ユーロボックス蔵	ダンヒル・ナミキ	92
45	—	金魚	14.3	1.4	ユーロボックス蔵	パイロット	89
46	—	銀唐草漆仕上げ	13	1.2	ユーロボックス蔵	パイロット(ナミキ)	58
47	—	リス	13.4	1.3	ユーロボックス蔵	パイロット	66
48	—	秋草にメジロ	13.3	1.3	ユーロボックス蔵	パイロット	67
49	—	千鳥	13.6	1.4	ユーロボックス蔵	ブラチナ	105
50	—	面尽くし	13.7	1.2	ユーロボックス蔵	ブラチナ	106
51	—	日蓮佐渡遠流	14.3	1.6	ユーロボックス蔵	無銘	112
52	—	瑞雲	17.2	1.9	個人蔵	パイロット	85
53	—	双龍	17.4	1.9	個人蔵	無銘	113
54	—	黒波	17.4	1.9	個人蔵	パイロット	86
55	—	楽鳥	13.3	1.3	個人蔵	パイロット	64
56	—	楽鳥	13.3	1.3	個人蔵	パイロット	65
57	—	御大札記念	13.5	1.3	個人蔵	パイロット	57
58	—	金鶏鳥	12.3	1.2	個人蔵	パイロット	68

※No.は撮影順。名称は展示図録[2]に従う。

中核のひとつとして機能しており、さまざまな内容のコンテンツに対応するため、byobu.exeの改善と機能拡張が継続的に行なわれている。

図1は、企画展示「男も女も装身具—江戸から明治の技とデザイナー—」（2002年7月23日（火）～9月1日（日））[4]のために開発した、準3次元表示と呼んでいるコンテンツの例である。はじめに、江戸時代の女性の代表的な髪形を示したかつら資料をターンテーブルの上に置き、少しずつ回転させながらデジタルカメラで撮影した。各資料につき2度おきの画像180枚を撮影した。つぎに、これらの画像に角度情報を加えてマルチアングル画像とし、180個の超精細デジタル資料を制作した。最後に、byobu.exeを改造して、かつら資料の回転を指示するためのインターフェイス（スライダーならびにボタン）を追加し、指定した角度に対応するデジタル資料を順次切り替えて呼び出すようにした。これで、これまでの画像の拡大と移動の機能に加えて、資料の回転という自由度が加わったことになる。Image based rendering [5]のごく素朴な事例とみることもできるが、morphing等の補完はむしろ一切行わないように（表示されるどの画像も実際の資料撮影画像となるように）作成した。

今回、“万年筆に接近してあらゆる角度から観覧できる”ように、この準3次元表示を万年筆資料に適用することとした。

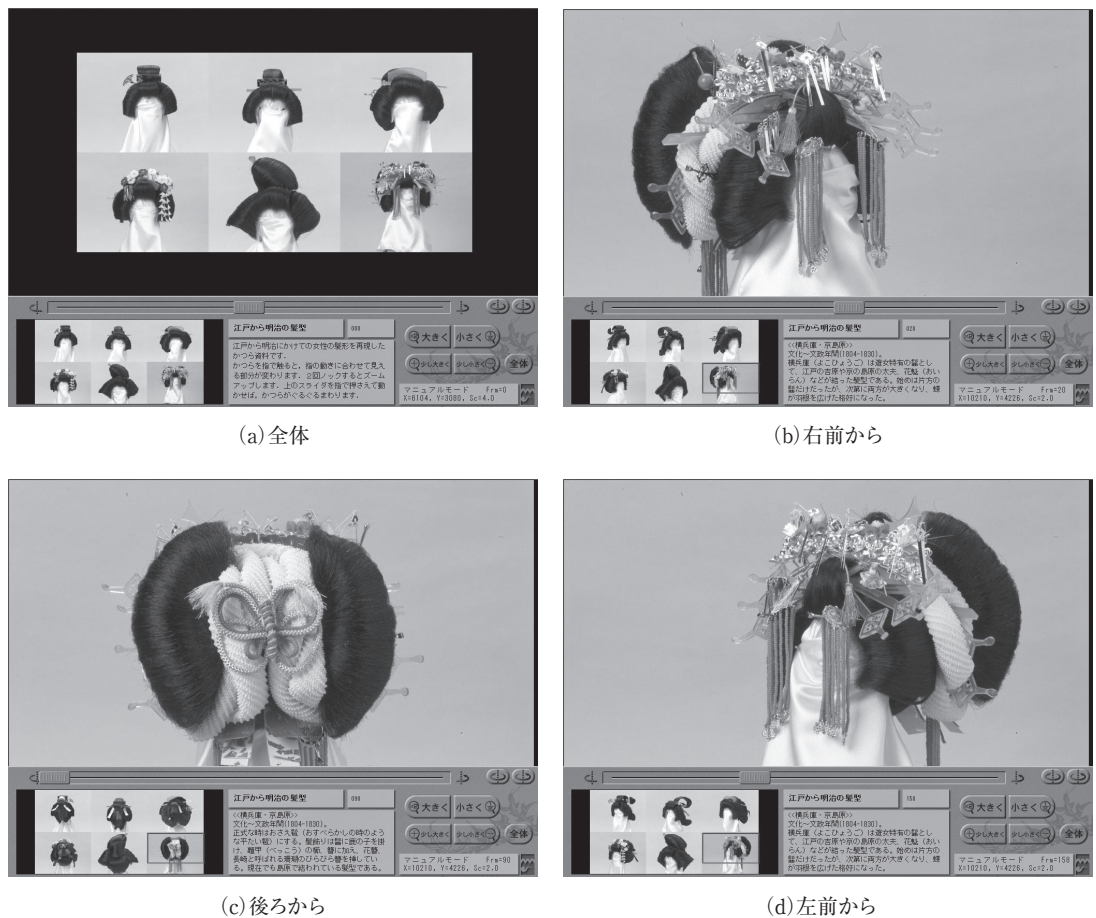
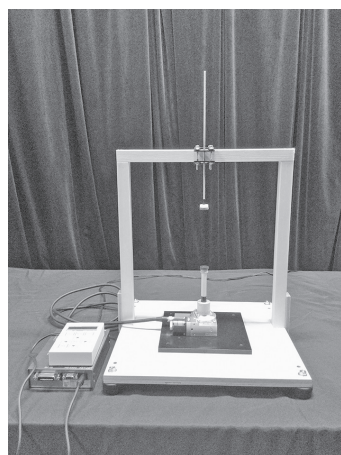


図1 準3次元表示の例

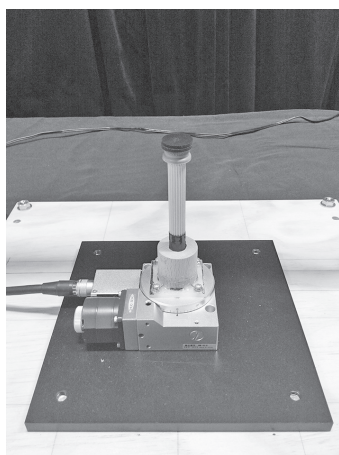
④……………万年筆のマルチアングル画像の撮影と 準3次元コンテンツの制作

万年筆のマルチアングル画像を撮影するために制作した治具を図2に示す。下側は回転ステージになっており、ステッピングモータを用いて1/100度単位で正確に角度を指定して回転させることができる(図2(b), 2(c))。上側からねじで万年筆を固定する機構とし、ボールベアリングを万年筆の押さえに使うことで捻りの力が極力万年筆にかからないようにした(図2(d))。また、ステージおよび押さえと万年筆が接する箇所には硬質のスポンジを用い、万年筆を確実に固定するとともに、万年筆が傷つかずかつ滑らないようにした(図2(e), 2(f))。回転ステージは前章でかつら資料の回転に用いたターンテーブルから取り外して使用し、他の部位もホームセンター等で入手できる部材を組み合わせて制作した。本治具の制作費は、回転ステージを除けば、1万円未満である。

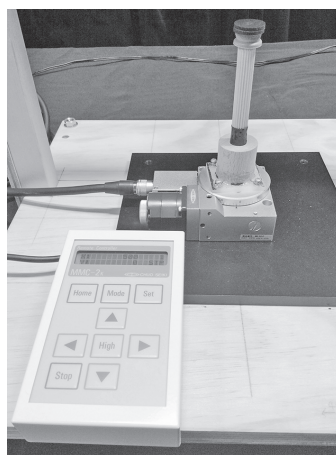
回転時の像のブレを防ぐため、万年筆を固定する際に、万年筆の中心軸を求める作業を丁寧に行なう必要がある。今回は、カメラのフォーカシングスクリーンに引かれた直線を手がかりに、ファ



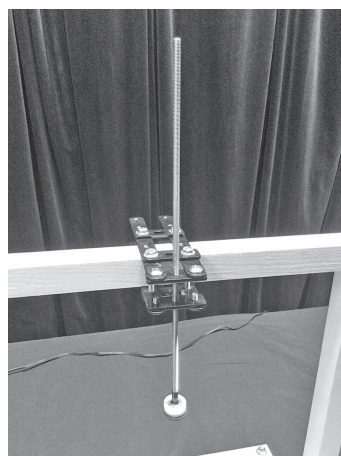
(a) 全体



(b) 下部



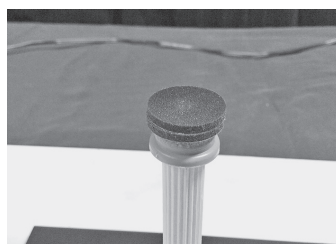
(c) コントローラによる制御



(d) 上部



(e) スポンジ(上部)



(f) スポンジ(下部)

図2 万年筆撮影用の治具

インダーを覗きながら資料を回転させ、中心軸のブレが目視で観測されなくなるまで資料の固定位置を調整することを繰り返した。万年筆自体が変形している場合もあり、正しい中心軸が求めにくい資料もあった。万年筆を押さえる機構にXYステージを組み込むなどして、画像処理技術と組み合わせ、正確な中心軸を自動的に割り出す技術の導入が考えられるが、治具があまりに大掛かりなものになってしまい、製作コストや利用頻度を考慮すると現実的ではないと判断した。

万年筆の撮影環境を図3に示す。黒地の上に光沢のある樹脂面をもつ蔦絵は、周辺の環境光がそのまま映り込んでしまうので、これを避けるため暗幕で周囲を覆った。また、万年筆表面の微妙な凹凸をとらえるため、照明は上からストロボ光で与えるようにした。カメラはNikon D810を用い、文化財写真専門のプロカメラマン（本館職員）が撮影を行なった。

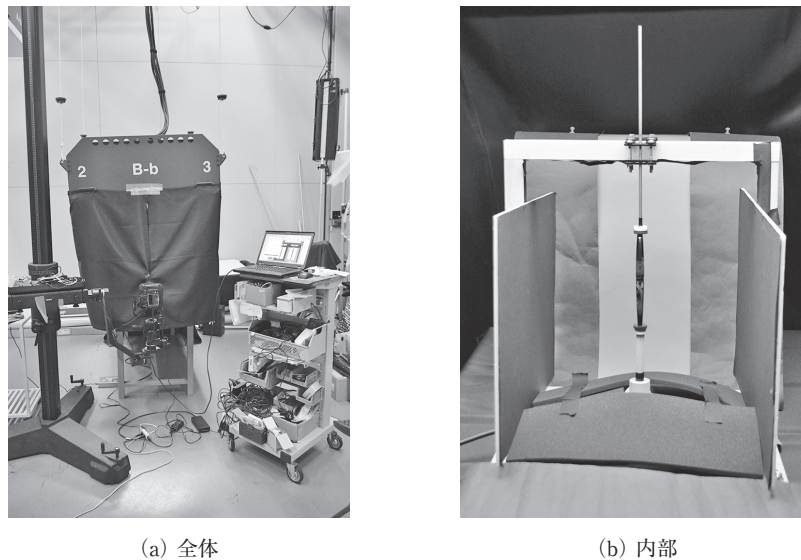


図3 万年筆の撮影環境

横4,912×縦7,360画素の画像を5度刻みで72枚の画像を撮影し、トリミング処理を行なった1,600×7,360画素の画像を以後の処理の元データとした(図4)。58本の万年筆の撮影にはのべ4日間を要した。今回の撮影では、万年筆の撮影と回転の作業を自動化しなかったため、作業ミスの回避が困難であった。また間隔をおかず点灯するストロボライトの負担を予測できておらず、機器の動作の不具合による撮影作業の中断を余儀なくされた。改善を要する問題である。

大型の万年筆資料では、万年筆を固定するときのがたつきに起因すると見られる段差の発生が確認できた(図5(a))。これは、上側のねじやボールベアリングの部分にある遊びの部分が、資料の重量に耐え切れず顕在化したものであり、この部分の構造に改良すべき問題があることを示している。また、ペンシルのように先が細いものや両端が丸く仕上げられているものではスリップが避けられず、作成した展開図にずれを生じる場合があった(図5(b))。これも改善すべき問題である。

マルチアングル画像を元に制作した万年筆の準3次元コンテンツの画面を図6に示す。映りこんでいるスポンジの除去は手作業で行なった。美しい蔦絵や螺鈿の微細な細工をすべての方向から高精細に熟覧することが可能となった。

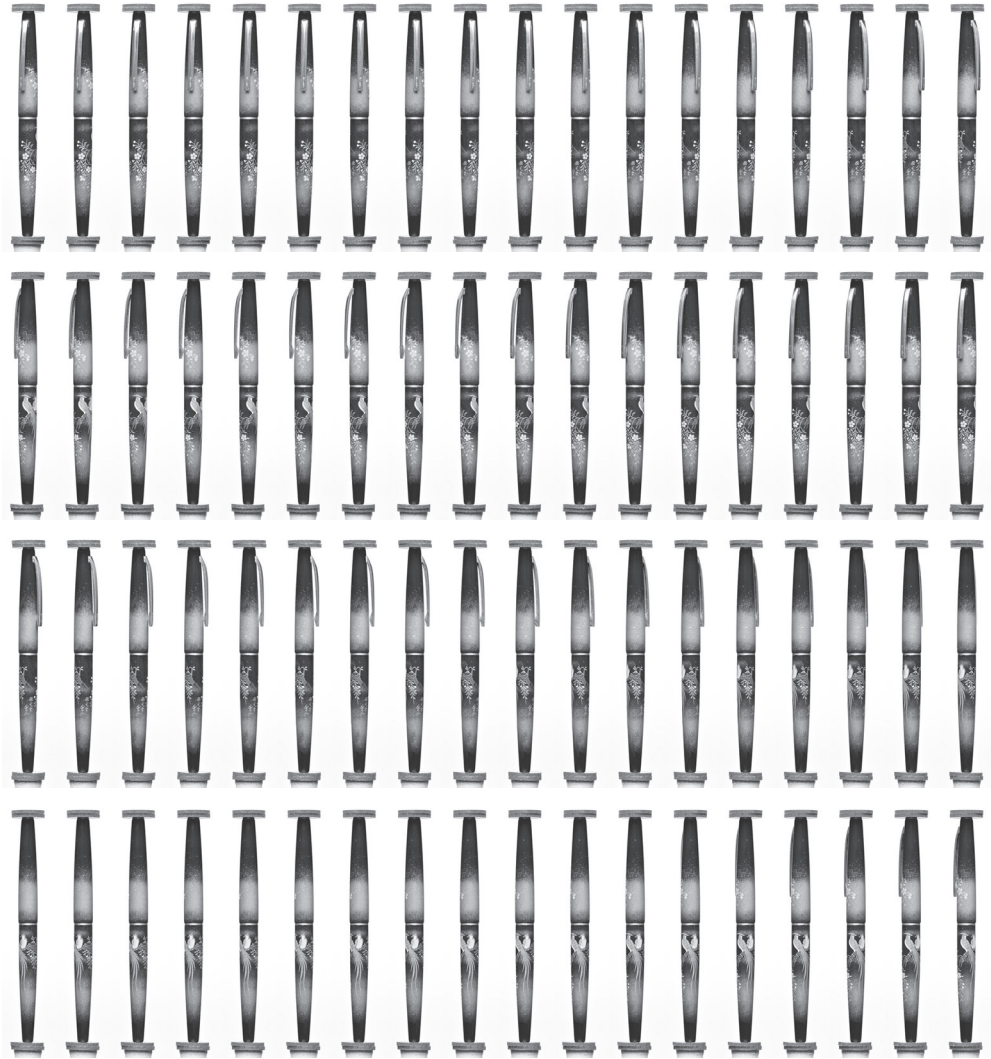
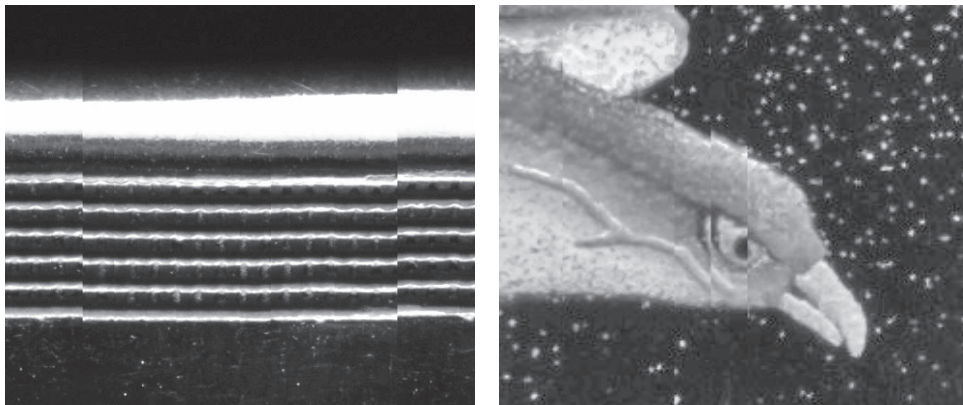


図4 撮影した万年筆の例 (72枚)



(a) がたつきに起因する段差

(b) スリップに起因するずれ

図5 治具に起因する展開図画像の不具合

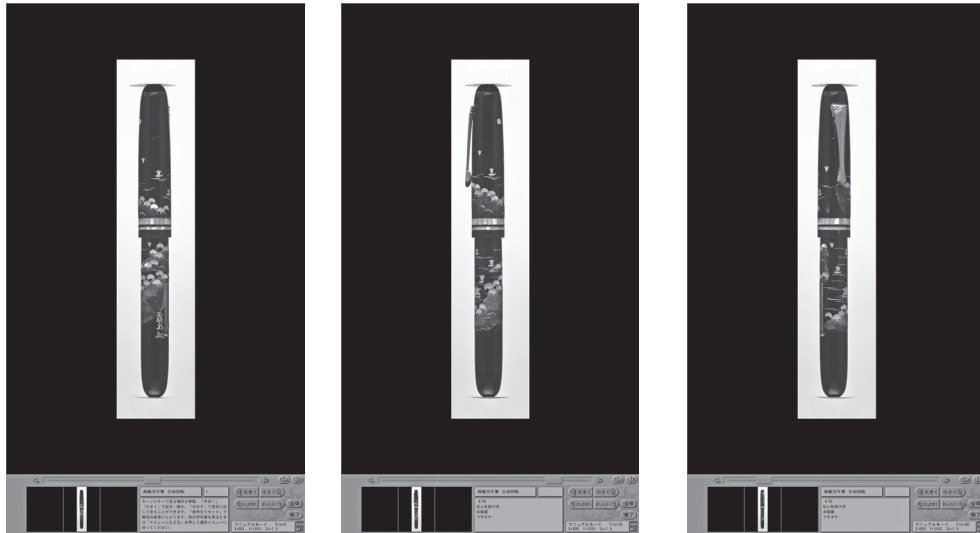


図6 万年筆展で提供した万年筆資料の準3次元コンテンツ

⑤……………展開図の作成

万年筆に描かれた図柄を展示図録に納めるため、展開図の作成が求められた。展開図は土器等の文様を記録するために撮影されることがあり、小川による縄文土器の展開図の撮影 [6] が著名である。小川は銀塩フィルムを用いて撮影を行い、大型の縄文土器を安全に撮影するために、撮影資料の周囲をカメラが周回して撮影を行なう独自の撮影機器を開発する等の工夫を凝らしている。最近では桐山ら [7] によって、デジタルカメラを用いた縄文土器の展開図の撮影が試みられている。

図7 (a) は、Photoshop に備わっているパノラマ写真の生成機能である Photomerge を用いて、30度刻みのマルチアングル画像から作成した展開図の例である。一見正しくできているように見えるが、たとえば鳥のつがいの部分を拡大する (図7 (b)) と、もとの画像 (図7 (c)) からは大きく変形していることがわかる。また、隣り合う画像の重複部分の結合において、画像の幅やつなぐ順番を細かく指示しないと思い通りに結合されず、今回の展開図の作成には Photomerge の機能は利用できないことがわかった。

通常、展開図の撮影にはスリットカメラという特別な構造をもつカメラが用いられる (図8)。すなわちごく狭いスリットを通して画像を銀塩フィルムに導き、フィルムの移動スピードと撮影資料の回転速度を調整して望みの画像を得る。撮影対象を角速度 ω [rad/s] で回転させ、フィルムの速度を v [m/s] で移動させるとき、 $\omega r = v$ を満たす、 r [m] を半径とする仮想スクリーン上の像がフィルムに静止画像として記録される。この場合、スリットの幅をなるべく狭く設定することが、鮮明な展開図を得るために必要となる [6]。

桐山ら [7] の撮影はデジタルカメラを用いており、詳しい手法は論文には述べられていないが、「…約1,000枚の撮影をする…」あるいは「…500枚の写真の、中央縦方向の細長いストリップをつなぎ合わせて…」等の記述から、図9に示すように、マルチアングル画像の各画像から細く画像を切り出し接合していること、および切り出す幅を十分細く (回転角換算で1度未満に) することで、スリットを細くすることと同じ効果を得ていると推察される。しかし、光による劣化を考慮すると、



図7 Photomergeで作った展開図ともとの画像との比較

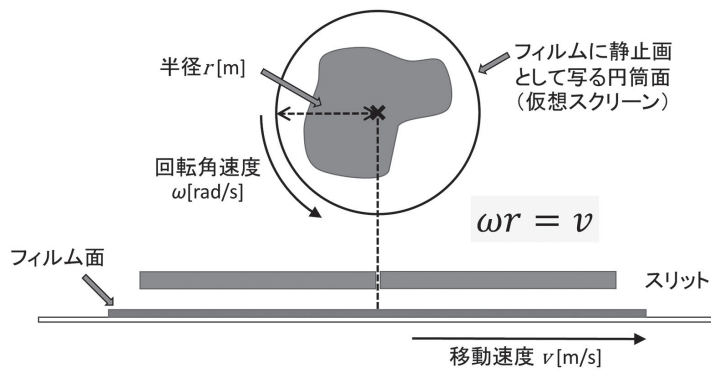


図8 スリットカメラの原理図

万年筆資料に対して同様の方法をとるのは資料に過大な負担を与える恐れがある。また、撮影した大量のデジタル画像の処理も容易ではない。(桐山らは画像の撮影・切り出し・接合を自動的に行なう専用の撮影システムを制作している [7]。) そのため、より少ない枚数から鮮明な展開図を得る方法が必要となった。

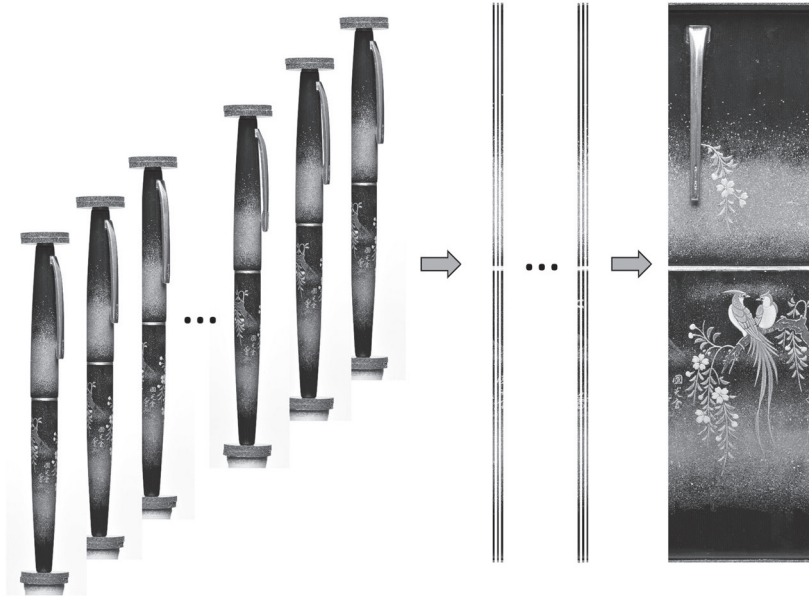


図9 細く切った画像を接合して展開図を作る手順

図10は、資料を θ [rad] ずつ回転させながら撮影し、その角度に相当する幅 d [m] の画像を切り出すときの求め方を示したものである。半径 r [m] の仮想スクリーン上の画像を撮影素子上に記録するときの幅は $d = 2r \sin(\theta/2)$ となる。仮想スクリーンの半径は、万年筆資料の場合、その太さに合致するように決めれば、縦横の縮尺が合うことになる。このやり方は仮想スクリーンを円に内接する多角形と考えていることになるから、 θ が大きくなるほど誤差(弧と弦の差の最大値)は大きくなるが、その値は $r(1 - \cos(\theta/2))$ であり(図11)、たとえば θ を5度とすれば、誤差は半径の

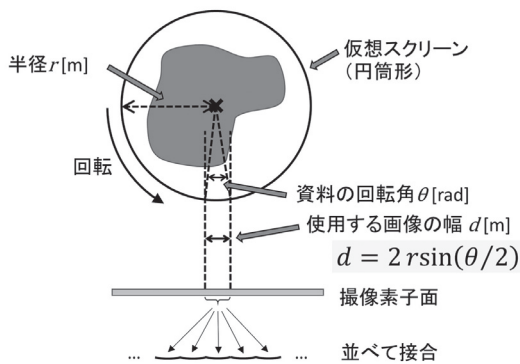


図10 マルチアングル画像から回転角に比例する画像を切り出すときの考え方

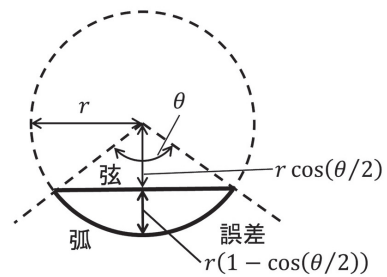


図11 撮影誤差の検討



表2 回転角と半径に対する
相対誤差との関係

回転角 (度)	相対誤差 (%)
120	50.0%
60	13.4%
30	3.4%
15	0.9%
10	0.4%
5	0.1%



(a) 図4のマルチアングル画像から作成した展開図

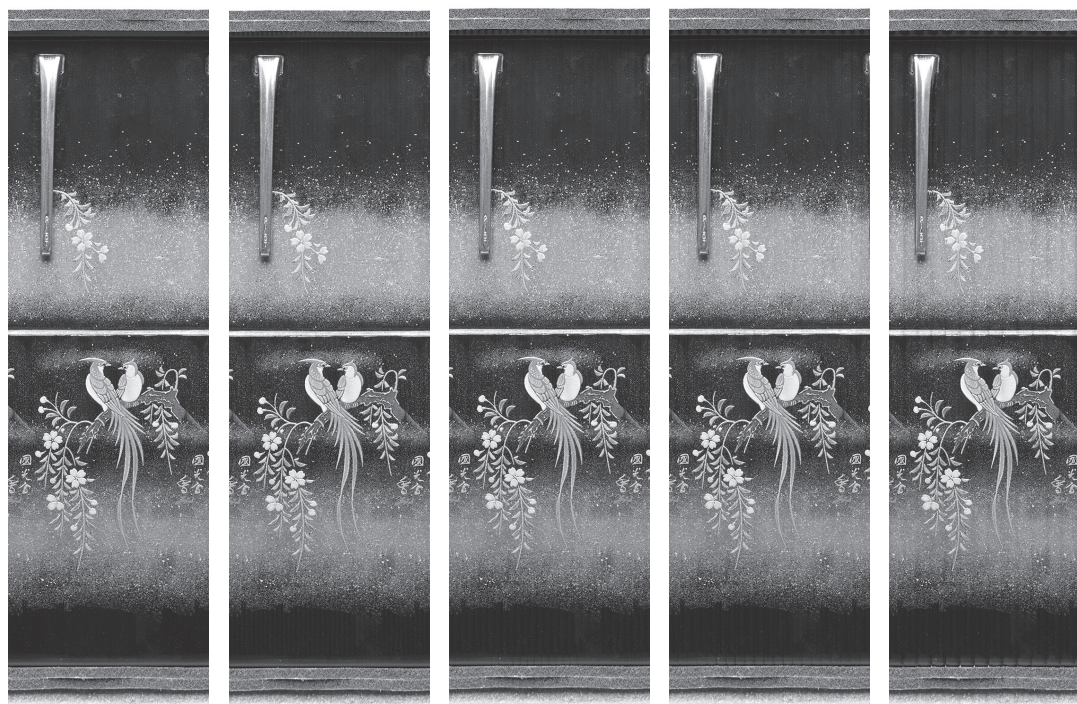
(b) (a)の拡大図(部分)

図12 作成した展開図画像の例

0.1%に留まる(表2)。万年筆の直径は5~10mm程度であるから、その0.1%は5~10 μ mとなり、無視できる差といえる。

図12は、図4のマルチアングル画像(5度刻み、72枚)から作成した展開図画像である。結果は良好であり、鳥の図柄も正しい幅のものが得られている(図12(b))。

使用する画像の角度刻みと展開図との関係の例を図13に示す。この例では20度刻みあたりから角度による照明の変化が目立ってくるが、別の万年筆ではそれほど目立たない場合もあった。絵柄の歪みも目視では判別がつかず、少ない撮影枚数で十分に利用できる展開図画像が得られることがわかった。



(a) 5度刻み

(b) 10度刻み

(c) 15度刻み

(d) 20度刻み

(e) 30度刻み

図13 回転角度の刻み幅と展開図との関係

⑥……………展開図の改良

A. 半径の違いを考慮した画像の補正

図14(a)は万年筆のキャップの部分と胴体の部分とで(回転体とみたときの)半径(太さ)が大きく異なる例である。この例では、キャップのほうの半径に合わせて仮想スクリーンを設定し展開図を作成した(図14(b))が、拡大すると胴体部分の画像が乱れており、切り出した画像の幅が太すぎて重複を起こしていることがわかる(図14(c))。

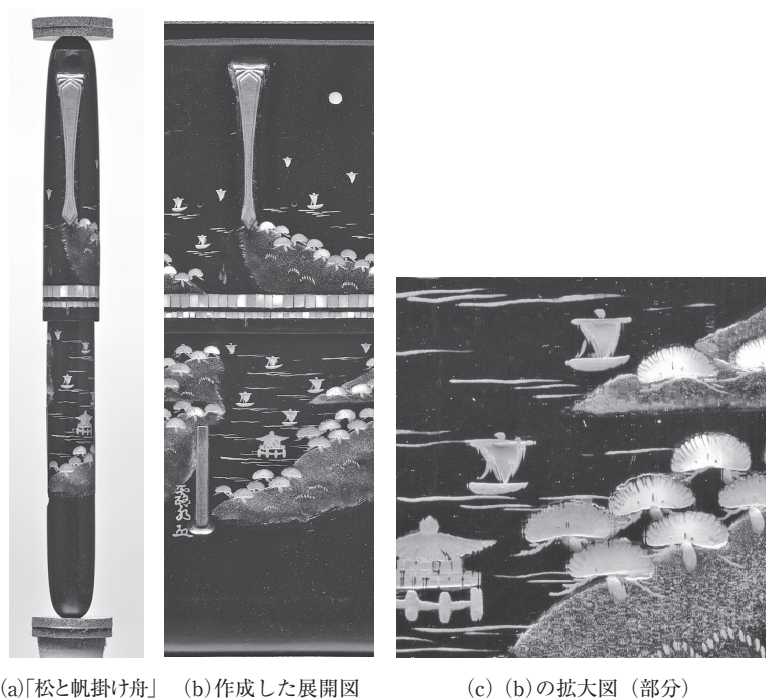


図14 太さが大きく異なる部分を持つ万年筆の例

そこで、簡単な画像処理を用いて、次の手順で万年筆の半径を正確に求めることを試みた。

- (1) 万年筆の画像(図15(a))を2値化する(図15(b))。正面方向の半径を求めるためにその90度手前の画像の2値化画像を用いる。
- (2) 2値画像の各列の黒い画素(万年筆のシルエット)の列の中心の座標値を求め、そこから万年筆の中心軸座標を推定する。
- (3) 2値化画像の各列について、左側からスキャンして最初に黒になる画素と中心軸との幅を半径とみなし(図15(c))、共通の投影面(円筒)に投影した補正画像(図15(d))を作成する。
- (4) 各補正画像から角度分の画像を切り出して接合する(図16(a))。

結果は良好であり、図14(c)で発生していた画像の乱れは解消された(図16(b))。

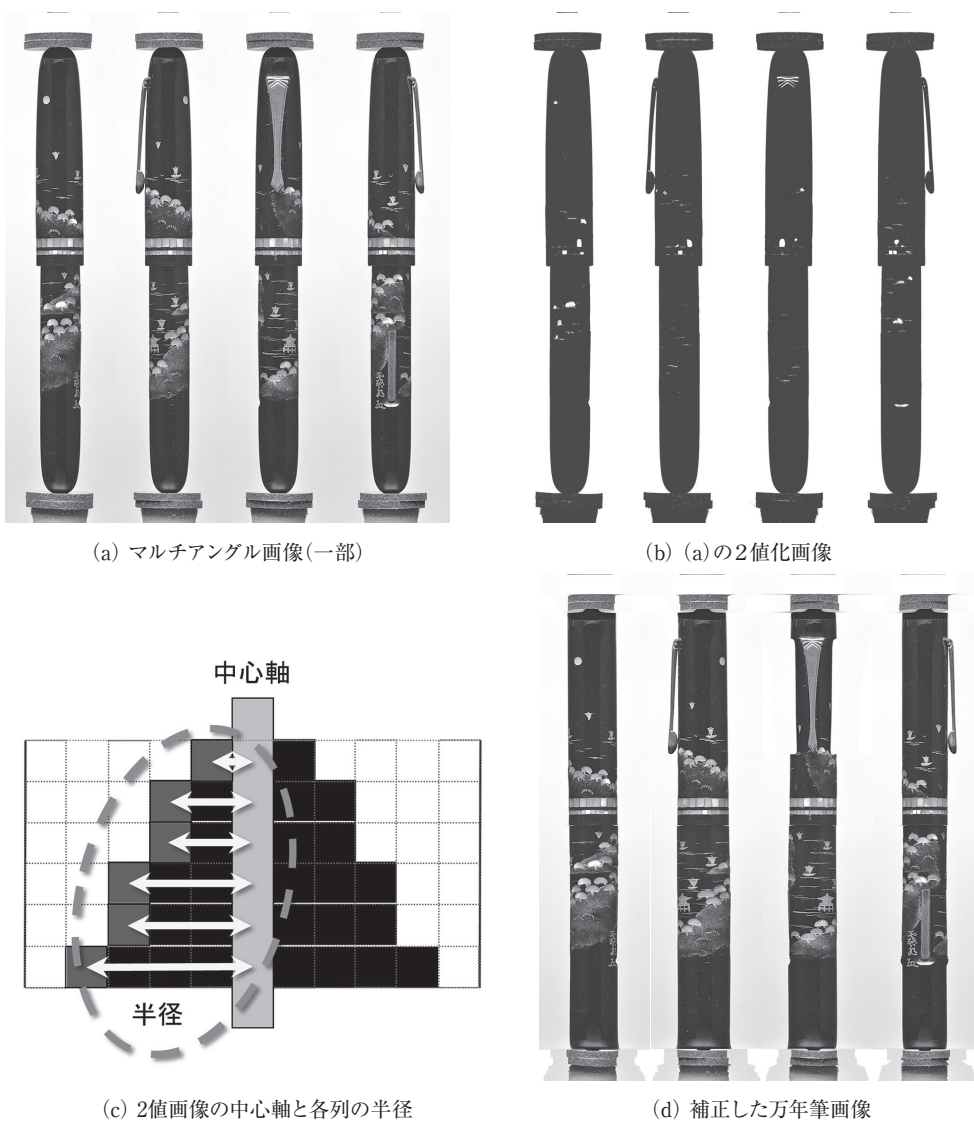


図15 万年筆画像の補正

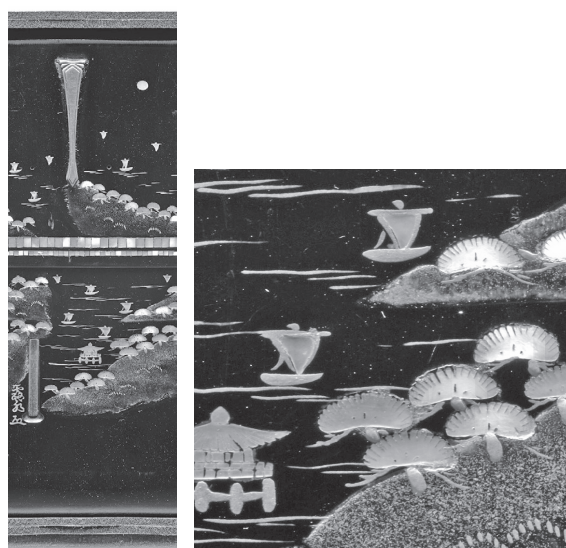
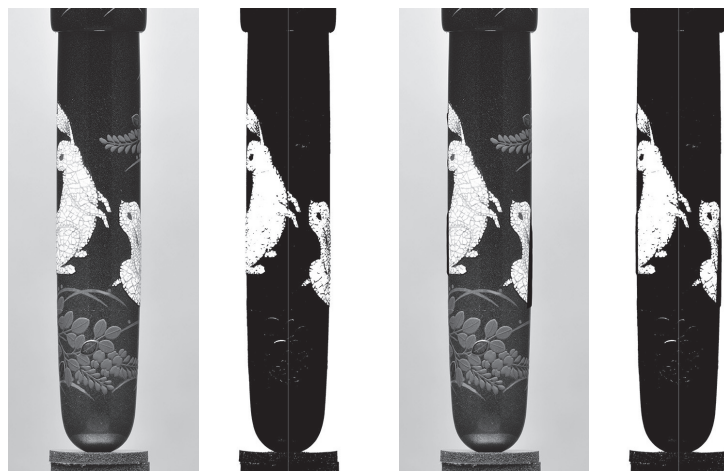


図16 補正された万年筆画像から作成した展開図

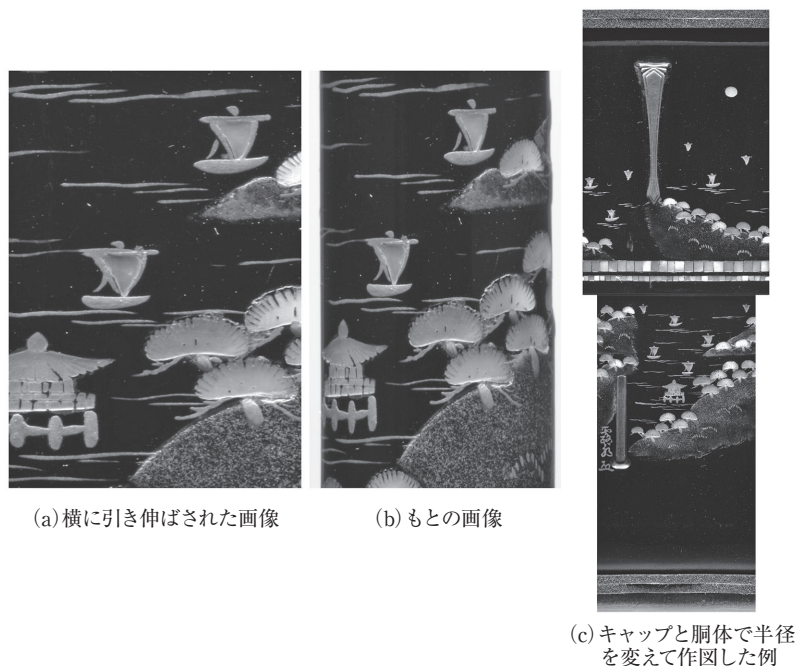
図17(a)は、今回展開図を作成した蒔絵万年筆の中で唯一、兎の白が災いして2値化画像が万年筆のシルエットとして使用できなかつた(図17(b))例である。今回はもとの撮影画像に人手で輪郭線を書き加えて(図17(c))2値化画像を作り直す(図17(d))ことで対応した。

図14のような万年筆においては、キャップのほうの半径に合わせて展開図を作成すると、胴体部分(細いほう)の図柄がやや横に引き伸ばされた形で展開図が作られてしまう(図18(a))。たとえば図柄が上下でつながっている場合はこの作成方法がよいと思われるが、逆に上下で図柄を別々に考えてよい場合は、キャップと胴体の部分で半径を変えて作図を行なう考え方もあり得る。その場合展開図はたとえば2つの幅の異なる長方形を上下に重ねたものになるであろう(図18)。



(a)「月夜に兎」 (b) (a)の2値化画像 (c) 輪郭線を補った画像 (d) (c)の2値化画像

図17 2値化画像から太さ情報をうまく求められない例とその対策



(a)横に引き伸ばされた画像

(b)もとの画像

(c)キャップと胴体で半径を変えて作図した例

図18 キャップと胴体の径が異なることを反映させた展開図の例

B. 極端に半径が異なる部分で発生する画像の乱れへの対応

クリップのようにまわりから著しく飛び出している部分があると、画像から正確に半径を求められない部位(たとえばクリップの左右部分;図19(a))が生じ、画像が乱れる(図19(b))。そこで、クリップ部分を指定するマスク画像(図20)を与え、上から1ピクセル行ごとに、その行がマスクを含むかどうかを調べた。マスクを含む行については、マスク部分の太さ情報はそのまま残し、非マスク部分は円筒になると仮定して最小自乗法により中心と半径を求めて太さ情報を修正した(図21(a))。これによりクリップの周辺で重複が生じていた部分は解消された(図21(b))。ただし、クリップ部分は太さが激しく変化するため、画像のずれを解消しきれない部分が残る場合がある。また、非マスク部分が円筒すなわち等しい半径をもつという仮定が妥当かという問題も残る。解決法としては、自動撮影システムを開発し、カメラと回転台を統一的に制御して回転角度を柔軟に変更して撮影することや、レーザー計測等で万年筆の半径をより精密に計測することが考えられるが、計測対象が文化財であることを考慮すると、より資料に負担をかける方向での改善は考えにくい。今後の課題である。

⑦……………おわりに

万年筆資料の展開図画像を得るために、専用の撮影治具を制作し、展開図作成プログラムの開発を行い、美しい展開図画像を得ることができた。図22にそのいくつかを示す。万年筆展では、展示した58点の蒔絵万年筆すべてについて、準3次元コンテンツと展開図コンテンツを制作し、来館者の利用に供することができた。(図6, 23, 24, 25)。

今後の課題として、マルチアングル画像撮影用の治具については、

- (1) がたつきを起こさないようにより堅牢に作ること、
- (2) 中心軸を簡便かつ正確に合わせるための機構の工夫、
- (3) 資料にストレスを与えずかつスリップを起こさない固定方法の検討、

撮影方法については、

- (4) カメラの制御と資料の回転を統一的に制御するシステムの構築、
- (5) 撮影枚数を極力減らしつつ画像の乱れを防ぐため、部位によって撮影する中心幅を適切に変えて対応する撮影方法の検討、

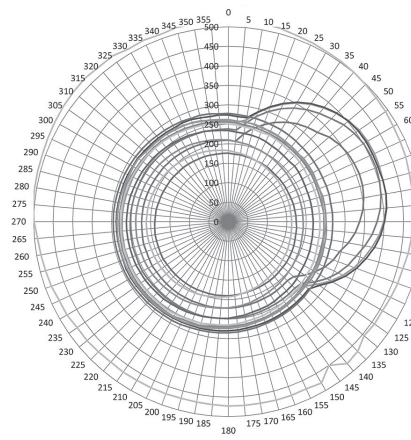
展開図の作成については、

- (6) 太さ情報をより簡便かつ正確に求める方法の検討

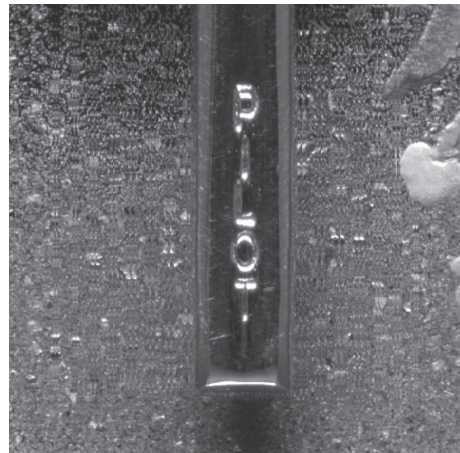
が、それぞれ挙げられる。

本研究は本館研究部民俗研究系小池淳一教授ならびに管理部博物館事業課勝田徹専門職員との協業による成果である。超精細デジタル資料の制作には、資料担当の教員と緊密にディスカッションを重ね、資料に対する理解を深めることが不可欠である [8]。これからも経験を重ねて博物館資料のデジタル化に継続して取り組んでいきたい。

なお本稿の内容の一部は、画像電子学会画像ミュージアム研究会 [9] ならびに日本色彩学会画像色彩研究会 [10] において口頭発表を行なった。



(a) 2値画像から推定した万年筆の太さ情報



(b) 画像の乱れが生じている例

図19 クリップの周辺で太さが誤って計算される例

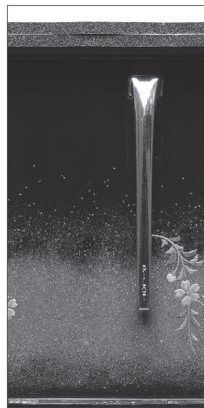
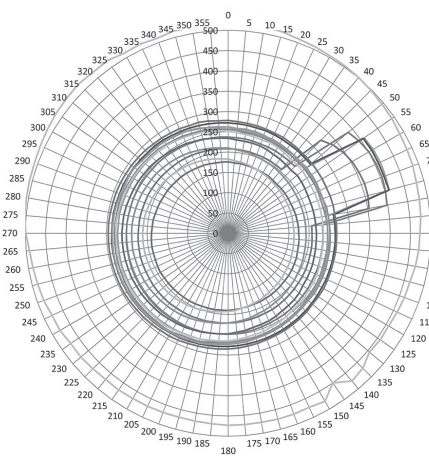
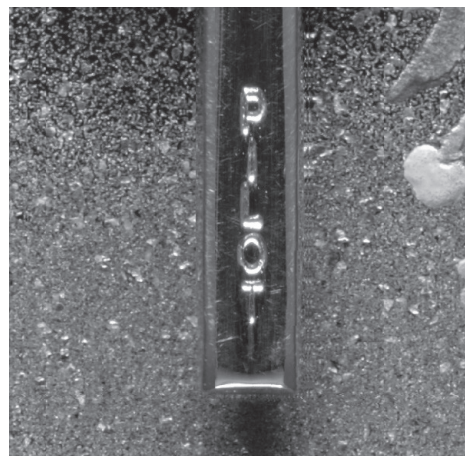


図20 著しく形状が異なる部分を指定するマスク画像



(a) マスク画像によって修正された太さ情報



(b) 乱れが修正された画像

図21 マスク画像によって太さ情報が修正された例



(a) 「昇り龍」



(b) 「鷹(ペンシル)」



(c) 「蛙」



(d) 「月夜に兎」



(e) 「菊に蝶」



(f) 「キャップレス 螺鈿」

図22 さまざまな万年筆とその展開図
※文章末, 最終ページにおいて, カラー図版掲載



図23 万年筆展で提供した万年筆資料の展開図コンテンツ

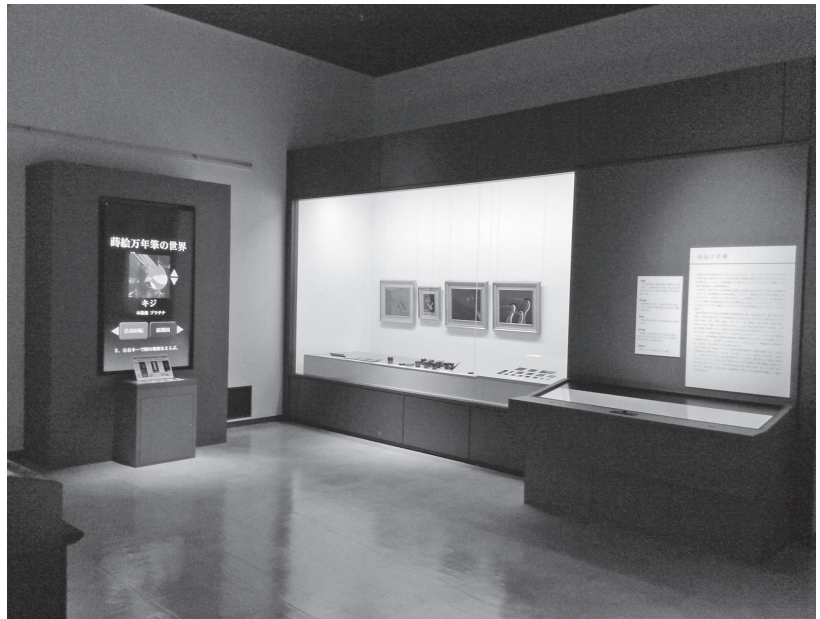


図24 万年筆展におけるデジタルコンテンツの演示のようす

画面は押さないで！（タッチパネルではないので動きません。）

「蒔絵万年筆の世界」 操作のしかた

メニュー	自由回転	展開図
<ul style="list-style-type: none"> ●上下キーで万年筆を選んでください。 ●左右キーで「自由回転」か「展開図」を選んでください。 ●「万年筆を選ぶ」キーを押すと、プログラムが起動して万年筆の画像が表示されます。 	<ul style="list-style-type: none"> ●上下左右キーで表示位置を変えられます。 ●「まわす」キーで万年筆を左右に回すことができます。 ●「大きく」「小さく」キーで拡大縮小ができます。 ●「表示をリセット」キーで元の場所・大きさに戻ります。 ●「メニューにもどる」キーでプログラムを終了してメニューに戻ります。 	<ul style="list-style-type: none"> ●上下左右キーで表示位置を変えられます。 ●「大きく」「小さく」キーで拡大縮小ができます。 ●「表示をリセット」キーで元の場所・大きさに戻ります。 ●「メニューにもどる」キーでプログラムを終了してメニューに戻ります。
<p>ここでは使えません</p>	<p>ここでは使えません</p>	<p>ここでは使えません</p>

図25 デジタルコンテンツの操作説明

註

(1)—— 歴博において企画展示の主体となる委員会。館内外の研究者・専門家等をメンバーとして企画展示ごとに編成され、数年(おおむね3年)かけて主旨・構成・出品資料等を検討し、展示を構築していく。

(2)——たとえば同一の資料で修復前と修復後でそれぞれ超精細デジタル資料を制作した場合は、のべ2種類と

カウントした。

(3)——たとえば人間文化研究機構連携展示のように、異なる内容の展示を組み合わせる複数会場で開催したものは、展示タイトルとしては同一でも、会場ごとに別の展示としてカウントした。

参考文献

- [1] <http://www.rekihaku.ac.jp/exhibitions/project/old/160308/index.html>, 企画展示「万年筆の生活誌－筆記の近代－」, 国立歴史民俗博物館 WWW サイト, 2016年11月18日確認。
- [2] 展示図録「万年筆の生活誌－筆記の近代－」, 192p., 国立歴史民俗博物館, 2016。
- [3] <http://www.rekihaku.ac.jp/exhibitions/project/old/000721/index.html>, 「科学技術が拓く新しい歴史学」21世紀夢の技術展, 国立歴史民俗博物館 WWW サイト, 2016年3月5日確認。
- [4] <http://www.rekihaku.ac.jp/exhibitions/project/old/020723/index.html>, 企画展示「男も女も装身具－江戸から明治の技とデザイナー－」, 国立歴史民俗博物館 WWW サイト, 2016年3月5日確認。
- [5] Shum, Heung-Yeung, Chan, Shing-Chow, Kang, Sing Bing: Image-Based Rendering, Springer, 408p., 2007.
- [6] 小川忠博: 展開写真の原理と応用, 総覧 縄文土器 (小林達雄編), pp.1271-1272, アムプロモーション, 2008.
- [7] 桐山孝司, 木村稔, 千葉毅: パーソナルファブ리케이션を活用した縄文土器の展示, 画像電子学会第12回画像ミュージアム研究会, pp.11-16 (2014-02-28).
- [8] 鈴木卓治: 博物館資料の魅力を伝える映像情報メディア技術応用, 連載「異業種での映像情報メディア利用」第9回, 映像情報メディア学会誌, Vol.69, No.8, pp.915-918 (2015-11).
- [9] 鈴木卓治: 万年筆資料の展開図を得るための撮影および画像処理に関するある試み, 画像電子学会第13回画像ミュージアム研究会 (第7回視覚・聴覚支援システム研究会), pp.29-37 (2015-09-26).
- [10] 鈴木卓治: 万年筆資料の展開図画像の画質改善のためのひとつの工夫, 日本色彩学会画像色彩研究会 2015年度研究発表会論文集, pp.22-31 (2016-02-27).

(国立歴史民俗博物館研究部)

(2016年2月5日受付, 2016年8月1日審査終了)

Development of the Technique for Multi-angle Image Capturing and Rollout Image Composition of Maki-e Fountain Pens Collection

SUZUKI Takuzi

The National Museum of Japanese History (NMJH) held a special exhibition “Fountain Pens: Their History and Art in Japan” from Tuesday March 8 to Sunday May 8, 2016. In preparation for this exhibition, we took pictures of 58 maki-e fountain pens, including 43 pens in the possession of the NMJH, from all angles to compose their rollout images. This paper describes the technology developed to acquire multi-angle images of fountain pens and compose their rollout images in a quality high enough to be used for pictorial records while preventing damage to the original materials as much as possible. By using the principle of the slit camera, we developed a special jig to rotate a pen at a set angle for each photograph to acquire multi-angle images. In order to compose a rollout image from the multi-angle images, we discussed about distortion between the real object and its rollout image at each rotation angle. A rollout image with distortion at the micrometer (μm) level could be composed from a set of images taken at every five degrees of rotation. However, a simple composition of the slit images each of which is extracted from the multi-angle images could result in a rollout image with gap and overlaps, because fountain pens were not uniform in thickness, and the width of the slit images are not always in proportion to the rotation angle. Therefore, we measured the thickness of each pen through image analysis and corrected the images to acquire images of the same width at each rotation angle. As a result, we could produce rollout images without gaps or overlaps. Another problem was that image analysis could not accurately measure the radius of a pen with something projecting from it, such as a clip. Binary images including the area of the projection are used to solve this problem. The technology to compose rollout images described in this paper can contribute to the digitization of similar materials.

Key words: Maki-e fountain pens, multi-angle images, rollout images, image processing, digitized materials



(a) 「昇り龍」



(b) 「鷹(ペンシル)」



(c) 「蛙」



(d) 「月夜に兎」



(e) 「菊に蝶」



(f) 「キャップレス 蝶鈕」

図22 さまざまな万年筆とその展開図