

# デジタル化を前提とした大型カメラによる精密撮影技術に関する報告

—南葵文庫国絵図の撮影—

吉 田 成

谷 昭 佳

はじめに

今回、超高精細デジタル画像の制作を目的として、大型史料を八×十インチ判カラーフィルムで精密に撮影するプロジェクトに取り組んだ。プロジェクト全体の目的は、①大型史料の撮影技術の開発、②撮影されたフィルムの高精細デジタル化、③ウェブ公開・デジタルミュージアム等多角的な利用のための技術開発等であり、筆者らが特に深く関わったのは、目的の一番目、すなわち国絵図等大型史料の撮影技術の開発である。

なお、本プロジェクトの概要に関しては、共同開発者である(株)堀内カラーの川瀬敏雄氏が、「歴史学のためのウェブサイト 第四回経験交流会」(ウェブシンポジウム2002)において報告したが、ここでは写真撮影担当の立場から報告する。

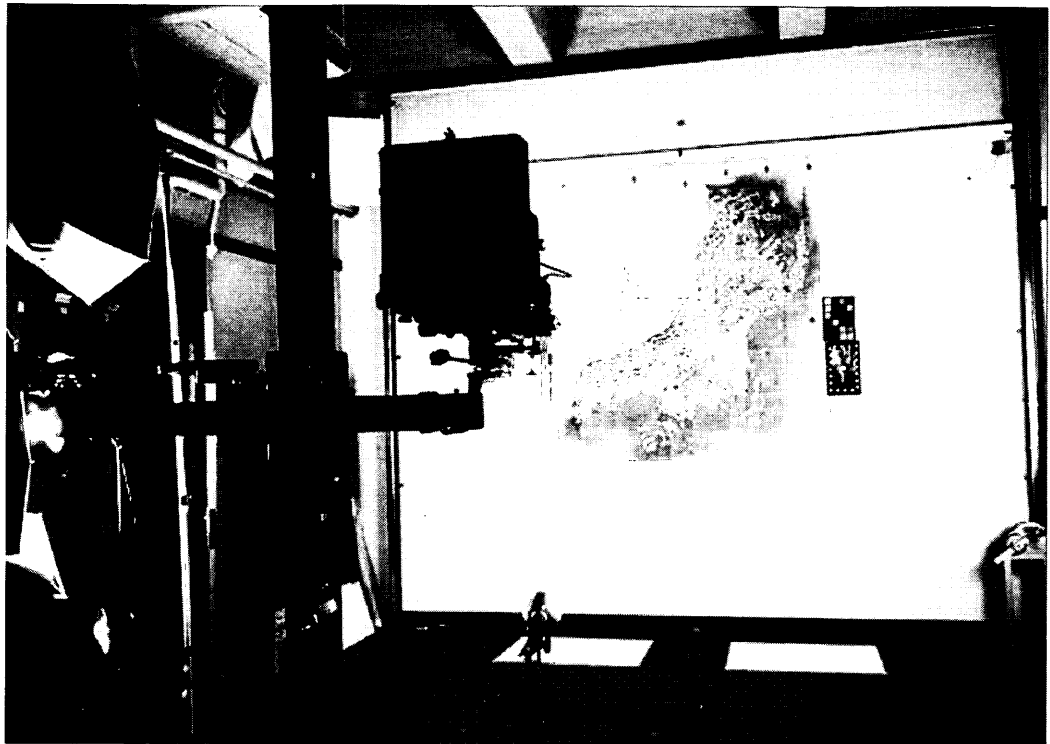
## 一 プロジェクトの体制と撮影史料

プロジェクト全体の体制は、東京大学史料編纂所附属画像史料解析センター古写真研究プロジェクト、東京大学情報学環歴史情報論講座、東

京大学大学院人文社会系研究科・文学部COE・象形文化研究拠点、東京大学総合図書館(情報基盤センター図書館電子化部門)、(株)堀内カラーによって行い、撮影技術の開発に際しては、筆者らと(株)堀内カラー・アイサポーターセンターとの共同で行った。また、撮影した史料は東京大学総合図書館所蔵南葵文庫国絵図三十七点(南葵文庫国絵撮影史料リストを参照)である。

## 二 プロジェクトのポイント

- プロジェクトのポイントとして以下のことに留意して作業を行った。
- ① デジタル技術による補正を必要最小限にとどめる撮影技術の開発。
  - ② ノイズを最小限にとどめる撮影方法の検討。
  - ③ 最小文字が十分に判読できる解像度・精度の保持。
  - ④ 色や寸法の指標のあるデータ制作。
  - ⑤ 原史料に忠実な高精細・高精密撮影。
  - ⑥ 効率的な撮影技術の開発。
  - ⑦ 撮影技術の普及と一般化。



史料編纂所スタジオにおける南葵文庫国絵図撮影風景

### 三 事前準備

#### (一) 機材の検討

超高精細デジタル画像を制作するためには、正確な撮影をすることが最も重要である。そのために、使用する機材について詳細な検討を行った。

- ① 製版用レンズ等、精密な複写撮影に適したレンズについて検討した。<sup>(1)</sup>
- ② フィルム面の平面性を保持するために、八×十インチ判用バキュームホルダーを準備した。
- ③ デジタル化を前提にしたカラーチャートについて検討した。
- ④ デジタルシャッターが必要であると考<sup>(2)</sup>えたが、高額なため、今回は使用を断念した。

#### (二) 撮影技術の検討

カメラと史料とを正対させるための方法として、レーザー光線の利用等についても検討した。レーザー光線による方法は精度を高めるためには適した方法と考えられるが、使用する機材やセットが特殊になる。撮影技術の普及と一般化という観点から、レーザー光線の利用は不向きであると判断し、実際の撮影では後述する方法を採用した。

#### (三) 史料の事前調査

撮影以前の準備として、①対象史料の採寸、②劣化状況の調査、③最小文字サイズの調査、④描写(彩色等)の調査を行った。

#### (四) 目標精度の検討

史料の事前調査の結果、フィルム上での倍率を $\frac{1}{10}$ 〜 $\frac{1}{13}$ に設定した。

これは、史料の最小文字サイズの三ミリがフィルム上でも十分に解像でき、分割撮影の枚数を最小限に抑えられるよう考慮した撮影倍率である。

#### (五) 撮影場所の検討

本プロジェクトでは、できるだけ所内で撮影するノウハウの蓄積を心がけた。所内で撮影できない大きさの史料は、東京国立博物館大スタジオを借用して撮影することにした。<sup>(3)</sup>

### 四 撮影技術

#### (一) 一般の複写と本プロジェクトにおける撮影技術の相違点

本プロジェクトの撮影技術も、一般的な歴史資料の撮影技術と基本的には同じである。<sup>(4)</sup>最も大きな相違点は、各項目の精度を極限まで追求することである。デジタル化を前提とする撮影は、撮影後に様々な処理が可能なので、従来の撮影と比較して、「いい加減な撮影をしても後で何とかなる」と考えやすい。しかし高画質のデジタル画像を求める場合には、デジタル化以前の撮影の完成度が高い事が大前提となる。例えば、撮影時の歪みをデジタル技術で補正すれば画質は低下する。また分割撮影の際、ライティングにわずかなムラがあるとデジタル処理による接合に大きな問題となる。さらに、必要以上の加工変更処理は、歴史資料の改竄に繋がる恐れがある。その意味では、第一次デジタルデータとしては、できるだけロー (RAW) データの作成・管理を心がけ、マスターデータと運用データを明確に区別することが重要と考える。

#### (二) 撮影セットの設営 (史料編集所スタジオ)

##### ①メッシュターゲットの作成

実際の撮影に入る前に、スタジオの壁面にメッシュターゲット<sup>(5)</sup>を作成した。その目的は、撮影時にカメラと史料とを正対させ、撮影範囲を確認し、分割撮影の指標とし、さらに撮影後に画像の歪みを確認するため等である。使用した道具は、下げ振り、<sup>(6)</sup>下げ振り用糸 (黄色)、定規等である。垂直線、水平線の求め方としてはピタゴラスの定理を応用した。この方法を採用する場合の留意点としては、使用する糸が伸縮しにくいことである。また、垂直線を求める際には、すべて下げ振りを用いて正確な垂直を求める。使用する下げ振りは、壁面からわずかに浮かせた状態で吊り下げられるものを使用する。<sup>(7)</sup>

次に、スタジオ壁面中央の垂直線からスタジオ床面に伸びる正確な延長線を引く。この場合にもピタゴラスの定理を応用する。今回は、撮影倍率 $1/10$ と $1/13$ の間でカメラを前後させる関係から、カメラ位置を移動させた際にもカメラと壁面との正対が崩れないようにする<sup>(8)</sup>目的で、九〇センチの間隔をあけた中央線と平行する線をさらに一本引いた。

##### ②カメラのセット

カメラのセットの手順を以下に箇条書きする。  
○カメラを、ピントグラス上での倍率が $1/10$ と $1/13$ になる辺りに仮設置する。

○一本の下げ振りを、レンズの真下付近から吊り下げ、もう一本の下げ振りをカメラ後板の中心付近から吊り下げる。

○前後二つの下げ振りの先端が、床に引いた中央線上に重なるよう、カメラ位置を調整し、カメラと壁面とが平行になるようにセットする。

○カメラが床に対して垂直に立つように、水準器、傾斜計等を用いて慎重に微調整する。この際、カメラの前板と後板との両方に水準器、傾斜計を当てて計る。

○カメラの高さはメッシュターゲットの中央の高さにセットする。<sup>(9)</sup>

○ピントグラスを見ながらカメラの向きを微調整し、ピントグラスのセンターとメッシュターゲットのセンターとを合わせる。

○二つの下げ振りが、床の中央線上に乗っているかを確認する。少しでもずれていたら、上述の作業を根気よく繰り返して、カメラを壁面に對して正対させる。

○最後にピントグラス上で、中央と四隅のピントのズレがないことを確認する。

### ③ライティング

スタジオの形状と撮影する史料の大きさの関係から、六灯のライトを壁面に向け約六〇度の角度で照射するセッティングを基本とした。また壁面の形状と色の関係から、照度が低下する個所があった。それらを解消するため壁面に白紙を貼り、バウンスさせ照度の均一化を図った。さらに、色温度計を使用し、色温度に差が生じないようにチェックしながらライトのバランスを図った。

### ④テスト撮影

本番撮影に入る前に、テスト撮影をした。テストでは、製版カメラに使用されるアポクロマトレンズ<sup>10</sup>(以下、アポレンズと称する)と通常撮影用レンズ<sup>11</sup>の二種類のレンズを使って実験を行った。またテスト撮影では、ピントグラス上で全体のピントを確認した際、どのように調整を行っても一部ボケる箇所があった。その原因は複数考えられるが、その一つとしてカメラの強度に問題があると考えられた。そこでカメラ(トヨフィールド八×十インチ判)の後板に頑丈な蝶番、前板にはステーをつけてカメラ自体の強度を高め、さらに前板と後板とをアルミ製の棒で繋いで補強することにした。

また絞り値は、露出計での指示値がF22であったが、史料の表面に凹凸があることから、被写界深度を深くするためにF32を選んだ<sup>13</sup>。なお、

テストには以下のものを撮影した。○マクベスカラーチャート(二四色・一七六色)およびコダック社製カラーコントロールパッチ、同グレイスケールを、画面の中心にセット○壁面メッシュターゲット<sup>14</sup>○インクジェットプリンターから出力した精密方眼。○土佐之国絵図

さらに、四×五インチ判カメラによる分割撮影も同時に実験した。その理由は、本プロジェクトの目的の一つが、撮影技術の普及と一般化にあったからである<sup>17</sup>。

### (三) テスト結果の検討

○ピント：全面にシャープなピントが得られていた。

○露光：適正と考えられたが、後のデジタル処理のことを考慮して、本番では $\frac{1}{3}$ 絞りアンダーになるよう絞り込むことにした。

○色再現：仕上がりフィルムをカラー鑑賞用ビューアーで点検し、ほぼ正しい色に表現されていることを確認した。

○画像の歪み：今回のテストでは、アポレンズよりも通常撮影用レンズの方が画像の歪みが少ないことを確認した。また、画像のシャープネスも通常撮影用レンズの方が良好であったので、本番では後者を使用することに決めた<sup>18</sup>。通常、こうした精密な複写撮影には製版用アポレンズが望ましいとされているが、近年は精度の高い製版用アポレンズの入手は困難になってきている。今回は、撮影技術の普及と一般化の観点からも通常用撮影用レンズを選択した。今後は、こうした撮影に最適なレンズについて検討する必要がある。また、フィルムの伸縮による画像の歪みは確認されなかった。なお、画像の歪みのチェックは、透明な精密方眼フィルムをテストフィルムの上に乗せて行った。画像の歪みやシャープネスの点検には十倍ルーペを使用した<sup>19</sup>。

○撮影倍率：フィルム面積に対して、史料がやや小さめに撮影されている

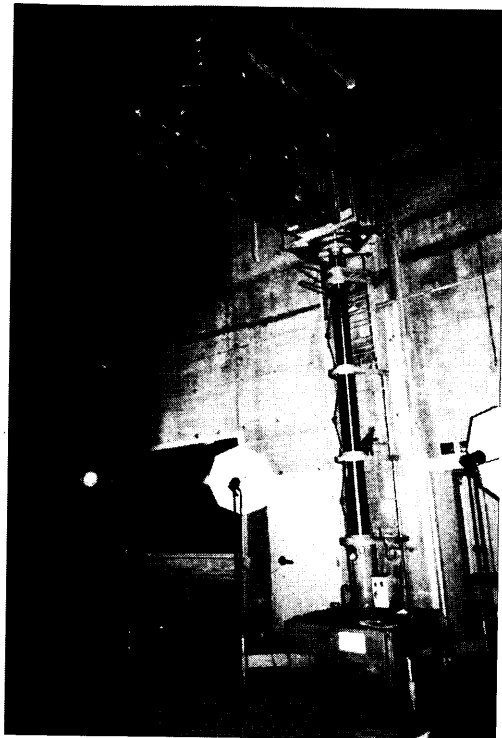
南葵文庫国絵図撮影史料リスト

史料編纂所撮影

番	国絵図名	架番号	史料サイズ (単位: mm)			倍率別撮影カット数		
			長辺	短辺	最小文字	10:1	13:1	11:1
1	奥州図 (会津領) 西	BJ68	2700	2080	5		1	
2	同 東	BJ68	2680	2020	5		1	
3	三河国絵図	BJ95	2008	1870	4		1	
4	伊賀国絵図	BJ85	1700	1471	3.5	1		
5	和泉国絵図	BJ82	2185	1321	4	1		
6	同 国絵図	BJ83	2254	1500	3	1		
7	河内国絵図	BJ79	2840	1550	6		1	
8	同 国絵図	BJ84	2844	1202	6		1	
9	大和国絵図	BJ44	2226	1490	4	1		
10	同 国絵図	BJ45	1775	1168	4	1		
11	丹波国絵図	BJ61	2105	1589	7	1		
12	同 国絵図	BJ62	2284	1600	6	1		
13	丹後国絵図	BJ56	2088	1571	8	1		
14	同 国絵図	BJ57	2280	1485	8	1		
15	因幡国絵図	BJ58	2212	2027	3		1	
16	同 国絵図	BJ59	2017	2078	4	1		
17	阿波国絵図	BJ90	1802	1462	4	1		
18	土佐国絵図	BJ91	2594	1529	4		1	
19	同 国絵図	BJ92	2604	1353	4		1	
20	伊予国絵図	BJ93	1823	1726	5	1		
21	同 国絵図	BJ94	1922	1795	5	1		
小計						13	8	0

東京国立博物館撮影

番	国絵図名	架番号	史料サイズ (単位: mm)			倍率別撮影カット数		
			長辺	短辺	最小文字	10:1	13:1	11:1
22	近江国絵図	BJ99	4960	3408	5			6
23	常陸国絵図	BJ51	3190	1839	9			2
24	越中国絵図	BJ71	3663	2280	3.5			2
25	同 国絵図	BJ72	3450	2160	5			2
26	越前国絵図	BJ73	4771	3653	5			6
27	同 国絵図	BJ74	5024	4103	5			7
28	能登国絵図	BJ64	3358	1444	4			2
29	同 国絵図	BJ65	3600	1500	4			2
30	加賀国絵図	BJ66	3000	1950	3.5			2
31	同 国絵図	BJ67	3100	1890	3.5			2
32	若狭国絵図	BJ52	2957	1992	5			2
33	同 国絵図	BJ53	3064	2247	5			2
34	摂津国絵図	BJ80	2546	2410	5			4
35	同 国絵図	BJ81	2700	2579	5			4
36	伯耆国絵図	BJ54	3688	2354	3			4
37	同 国絵図	BJ55	3534	2258	3.5			2
小計						0	0	51
合計								72



撮影用ハイドロタワー

たので、本番では、フィルム上での倍率を正確に $1/10 \sim 1/13$ になるよう、撮影距離を計算することにした。

○精密撮影を試みた結果、本所スタジオ壁面の一部が歪んでいることが判明した。

○ライティング：デジタル式露出計で計測した結果、四隅と中央とは0.1絞りの誤差があったが、フィルム上ではほとんど確認できなかった。また計測上、色温度にも若干の誤差があったが、フィルム上では、ほとんど確認できなかった。

○フィルムのホルダーへの入換えの際には、静電気によるホコリの付着に十分注意しながら作業をする必要があることが分かった。

○四×五インチ判の撮影は分割枚数が多く、精度においても、作業効率においても、八×十インチ判が有利であった。

○史料の安全な取り扱い、壁面へのセット方法を検討した。

#### (四) 本番撮影

二〇〇一年一月一五～一九日までの期間において、南葵文庫国絵図のうち二点を、本所スタジオにおいて撮影した。撮影した史料については南葵文庫国絵図撮影史料リストを参照されたい。

#### (五) 撮影セットの設営(東京国立博物館大スタジオ)

大型の原稿に限らないが、平面の被写体を撮影(複写)する場合には、種々の理由から、いわゆる俯瞰撮影が有利である。その最大のメリットは、原稿とカメラとの正対が正確にできることにある。安全性等の理由から、史料を俯瞰して撮影することに否定的な考え方もあるが、ある大きさ以上の史料は、壁に掛けるよりも床面に置いて撮影した方が安全な場合もある。本プロジェクトでは、ある大きさ以上の史料については、所内での撮影が不可能であると判断し、東京国立博物館の大スタジオを借用して俯瞰撮影することにした。<sup>(3)</sup>なお、撮影に際しては、カメラや照明装置の転倒、小物の落下等に細心の注意を払った。以下にその撮影方法について述べる。

#### ①東京国立博物館大スタジオの事前調査

東京国立博物館での撮影前に、以下の項目に関して事前調査を行った。

○撮影用ハイドロタワー(以下、タワーと称する)の安全性の確認。

○タワーのカメラ取り付け部の形状確認及び採寸。

○有効天井高の計測。史料とカメラの距離関係から撮影倍率を<sup>(1)</sup>に最終決定。使用レンズを<sup>(2)</sup>決定。

○有効床面積の計測。<sup>(20)</sup>

#### ②俯瞰撮影時のカメラ固定

八×十インチ判カメラを俯瞰撮影できるように、安全に固定することは容易ではない。はじめに、補強材とクランプユニット等を組み合わせ

てカメラを固定するカメラスタンドを作り、タワーの覗き穴に固定した。しかし、雲台自体の強度不足により、カメラを下向にした状態で完全に固定することはできなかった。そこで雲台をワイヤーで上方に吊り上げて固定し、重量負担を軽減させて安定させた。

次に、カメラと雲台を固定する接点の強度が問題となった。一つの巻きネジだけで接着固定させるため、カメラの重さに十分に耐えるものはなかったからである。そのため、カメラを直接タワーの覗き穴に密着させることで、安定させた。この様に問題箇所を一つずつ解消していくと、最終的には一番弱いところ一点に負荷がかかる結果となった。今後は、雲台の強度不足の解決法として、ギヤー式の雲台の使用が考えられる。また、カメラと雲台の固定については、雲台に予めカメラを受け支える補強アングルの取り付け等が必要である。

### ③タワーの補強とセーフティネット

借用したタワーは、非常に頑丈なものであったので、撮影中に転倒する危険性はほとんどないと判断した。しかし、作業者の体重を六十kgとして、カメラ等の重さをプラスすると、一〇〇kg近い先端加重となり、タワー先端部(カメラ装着部)の揺れの制御が大きな課題となった。また今回の撮影では、タワーの高さを4.5mまで上げて撮影することになるので、万が一の転倒防止対策を講じる必要があった。以上の理由から、スタジオの梁とタワーとを登山用のロープで繋いで補強した。なお、作業中に撮影用アクセサリー等の小物が落下しないよう、タワーの周囲を目の細かいネットで覆った。

### ④ライティング

照明装置は、当初の計画では六灯であったが、それでは史料中央付近が光量不足となり、均一で十分な露光量を得ることができなかった。分割撮影のため史料の異動スペースが必要となり、ライトのセット位置が

遠くなるからである。通常のライトスタンドを使用して、高さをいっばい上げて六灯で全体のバランスを得ようとした場合、ライトの照射角度を低くすることによってある程度は調整可能だが、その反面、見かけ上の解像度が低下する。史料の折れや虫食いの状態によっては、影が出易くなる。また、タワーの揺れの問題から、多重露光は不可能な状況であった。このような問題を解決するために、ライトを当初予定の六灯から一〇灯に増やすことにした。その結果、四五度の照射角度を保ちながら概ね十分な光量と均一な照度を得ることが可能となった<sup>(2)</sup>。また、安全面からライトスタンドを紐で固定して、転倒防止策を講じた。

### ④撮影台

最大七分割の撮影を行うための可動式撮影台として、一八〇cm×九〇cmの撮影箱を六個組み合わせることで、大きさと形を自由に変形できるものを使用した。このことよって、分割撮影に際し、史料の折り目等の形状を崩すことなく、史料を移動させることが可能となった。撮影台の異動に関しては、史料の大きさと撮影倍率の関係から割り出した有効撮影域を元に、撮影台の異動を明示した設計図を予め作成した。この際に、分割撮影の重複部を十分にとるよう心がけた。その理由は、レンズ中心投影による見かけ上の史料形状の変化を軽減させるためである。また床に貼った縦横のセンターガイドラインと可動式撮影台側頭部に貼ったメジャーを使い、設計図に従った二次元方向の動きで、分割部のセンターポイントがカメラレンズの中心となる様に位置決めを行った。なお、史料の下敷きをグレーにすることよって、史料に反射する光を抑え、全体に落ち着いた印象を得ることができた。

### ⑤本番撮影

二〇〇一年二月五〜九日までの期間において、国絵図一六点を撮影した。ここでは大スタジオで分割撮影を行ったため、作業が一層複雑にな

り、かつ作業するスペースも大きくなった。そのため、撮影時には各セクションで役割分担を決め、流れ作業で撮影にあたった。

また、ここでは最大七分割の撮影となったが、デジタルシャッターを使用することができなかったため、最初にピントを合わせ、絞りをセツトした後、ピントの確認等は一切行わずに最後まで撮影を続けなければならなかった。<sup>(22)</sup>

なお、タワーが微妙に揺れるため、作業者はホルダーの引き板を抜いた後、息を数秒間止めて、揺れが完全に収まるのを待ってからシャッターを切った。撮影した史料については、南葵文庫国絵図撮影史料リストを参照されたい。

### まとめ

昨今は、デジタル技術の進歩が目覚しく、古文書や絵画史料等もデジタル化される傾向にある。その中でも今回撮影したような大型史料は、撮影及びデジタル化することの意義は大きいといえよう。以下にその理由を列挙する。

- ① 国絵図等の大型史料は、スペースの問題や原本の保存上の問題等から、開いて全体を閲覧することが困難である。その点、一度撮影してデジタル化してしまえば、利用が非常に簡便になる。
- ② 任意の箇所の拡大表示が容易である。すなわち高精細デジタル画像を制作すれば、モニタ上で史料全体を見ることができると同時に、必要に応じて任意の箇所を拡大できる。このことは大型史料の場合には特にメリットといえよう。
- ③ デジタル化して利用することにより、原本の使用頻度を抑えることができる。原本の利用と保存という相反する目的を満たす方法の一つとして、写真撮影とデジタル化とを位置付けることができる。

④ 史料の公開・普及が促進される。通常、大型史料の公開・普及は容易ではないが、デジタル化することにより、容易となる。

以上のように、大型史料の撮影・デジタル化には大きな意義があると思われる。今日、高画質のデジタルカメラの開発も進んでいるが、現在のところ超高精細デジタル画像を制作するためには、カラーフィルムで撮影した写真をスキャニングしてデジタル化するのが、最良の方法であるといわれている。質の高いデジタル画像を得るためには、従来以上に高度な撮影技術、およびカラー管理や画像の歪みの調整等、高度なデジタル処理技術が一体となる必要がある。このような点においても今回は、外部の技術者と共同研究した意義は大きく、相互にとってブラッシュアップ効果が大きかったといえる。この経験を基にして、今後も一層の技術開発を行うと共に、高度なデジタル処理が可能となるハードとソフトの充実が望まれる。

最後に、大型カメラのレンズの解像力についてご指導下さった日本大学芸術学部光画像計測センターの川向秀和先生に感謝し、厚く御礼申し上げます。

### (注)

- (1) 大型カメラ用レンズの解像力テストを実施することも検討したが、テストできる研究機関がほとんどなく、実施が困難であることがわかった。
- (2) 絞り値の微調整、分割撮影時における絞り値の維持、カメラ後方からのシャッター及び絞りのコントロールのため。
- (3) 約二七〇×二一〇cmよりも大きい史料(最大五〇二×四一〇cm)は、東京国立博物館大スタジオにおいて分割撮影を行った。
- (4) 『研究者のための資料写真の撮り方』理工学社(一九九一年六月)鈴木昭夫・吉田成他著を参照。
- (5) 垂直線二五センチ刻み十一本、水平線五〇センチ刻み七本。



- (6) 建築等に用いる先の尖った分銅。
- (7) 水平線は、定規を使用したためか、垂直線に比べて高い精度を得ることができなかった。
- (8) ピタゴラスの定理に加えて、平行を確認するためにT定規を併用した。
- (9) 今回は高さ一九四センチにレンズのセンターをセットした。
- (10) APO-NIKKOR 305mm 1:9 (株)堀内カラーから借用した。
- (11) Synnar-S 68/360 Schneider-Kreuznach
- (12) 八×十インチ判のカメラは、カメラ自体の重量が重く、またレンズも重いので、カメラの前板と後板との平行を維持することが難しい。また今回の撮影では、一度に約四〇〜一〇〇枚の撮影を行ったので、フィルムホルダーの出し入れによっても、前板と後板との平行が崩れてしまう可能性が高かった。
- (13) スタジオ内部を暗黒にし、オーブンシャッターにして、ストロボを二回発光させ、露光を行った。
- (14) マクベスカラーチャートは、デジタル化におけるプロファイルの作成、およびその後のカラー管理において、非常に重要である。
- (15) 画像の歪みの確認用。
- (16) 画像の歪みの確認用。
- (17) 八×十インチ判カメラは極めて特殊であり、プロカメラマンの間でも使用できる者が非常に限られる。
- (18) テストで使用した製版用レンズは、ボード加工に問題があったので、加工をやり直せば異なる結果が出た可能性もある。
- (19) 撮影倍率が約 $\frac{1}{10}$ なので、現物とほぼ同じスケールで観察できる。
- (20) 分割撮影のため史料の異動面積を考慮する必要があった。
- (21) 今回の撮影では、絞りF 22・ $\frac{1}{3}$ でストロボを一回だけ発光させて露光した。被写界深度の関係からF 32以上としたかったが、タワーの揺れを完全に止めることができないため、ストロボを二回発光させることができなかった。
- (22) カメラの強度が十分だったことと、タワーへの固定がしっかりしていたので、結果的には十分な精度を得ることができた。