

# 博物館の実情に合わせた植物標本デジタル化システムの構築： 北海道博物館における検討

水島未記

Key Words

画像化 (Imaging)、撮影 (Photographing)、植物標本庫 (Herbarium)、  
デジタルアーカイブ (Digital archive)、博物館資料 (Museum material)

## 1 はじめに

植物標本のデジタル化に関しては、世界的には豊富なリソースを持った大型の博物館や標本庫が実践を先行してきた。この傾向は日本国内でも同様だが、近年では中・小規模の標本庫でも持続的に実施可能な方法が提案されている。当館でも、博物館の実情に合わせた植物標本のデジタル化手法について検討し、導入したことから、機材選定にあたっての検討ポイントなどについて整理してまとめ、ここに報告する。

博物館では、さまざまな資料（自然史分野では標本）を収集・保存し、学術研究や展示、教育普及等に活用している。近年は、この資料・標本そのものおよびそのメタデータ、付随するさまざまなデータをデジタル化し、集積したデジタルアーカイブという概念も注目されている。デジタル化されたデータは、実物資料と異なり、劣化や汚損の心配がなく扱うことができるというメリットがある。なおかつ、インターネット等で送信・配信することで距離や場所・時間を限定しないという点で、活用の手段を拡張することができる。この意味で、デジタルアーカイブは、単なる実物の代替ではなく、実物資料を超える可能性を持っていると言える。

デジタルアーカイブは、元々文書や写真資料などの人文系資料、あるいは美術品の分野から始まったが、近年はその対象がさまざまな分野に広がってきており、自然史標本も対象となると考えられる（大西 2017）。が、一般にはまだ認知度が低いと思われる。例えば、柳は、『入門 デジタルアーカイブ』と銘打った著書の前書きにおいて「…デジタルアーカイブの対象となる資料・情報の範囲もあらゆる分野に拡大し…」（柳 2017）と指摘しているが、同書の本編では自然史標本に関しては全く言及されていない。しかしながら、細矢（2020）は、自然史標本やそれに関わるデータに関し

ても、例えば1点のみでは明らかにできないような解析を行うためには、多数のデータを共有し、利用する体制の構築が必要であり、そのためにもデジタルアーカイブが有用であると指摘している。自然史分野においても、デジタル化標本を活用したオンライン学習プログラムなど普及教育への応用、実物にアクセスしなくともリモートで標本調査が可能であることを活かした研究活動への展開など、さまざまな形でデジタルアーカイブの活用が可能であり、実際に行われている（大西 2018；井上 2020；大西 2020）。

植物の腊葉標本（以下、植物標本）は、

- ・平面状の形態であるため、ほとんどの場合には1枚物の文書や写真資料と同様、1方向から・1カットの静止画像化（撮影）でデジタル化が完了すること
- ・台紙の規格がほぼ統一されているため、撮影距離や照明などについて同一条件で連続した画像化（撮影）が可能であること

の2点から、デジタル化およびその公開が比較的容易である。加えて、1カットのデジタル画像でも、一定の解像度や色再現性が確保できれば十分に研究等への活用が可能であるという特徴がある。よって自然史標本の中でも、特にデジタルアーカイブとの親和性が高いと言えるだろう。しかしながら、日本では諸外国と比べて植物標本のデジタル化は遅れている（高野ほか 2020）。

筆者の所属する北海道博物館（以下、当館）では、現在所蔵している植物標本のごく一部、700点弱の写真画像をウェブサイトで公開している（<https://www.hm.pref.hokkaido.lg.jp/study/more/>）。これは、前身の北海道開拓記念館の時代に2001年度の事業として実施された収蔵資料のウェブ公開の一環であり、全収蔵資料（その時点で約14万件）のうち「選りすぐりの」約1万点を公開するという主旨で行ったものである。公開から既に20年が経過しており、当時のデジタルカメラの性能やストレージの容量あたり単価、ネットワークの

帯域幅等の制限により、解像度 (900×1200pixel) ・画質とも、現在の標準から考えると極めて低い。標本の個体の特定が可能という程度のレベルであり、デジタルアーカイブとして研究もしくは教育などの実用に耐えるクオリティではない。また、上記の700点弱を除くと、比較的近年に受け入れた標本を含め、収蔵資料管理データベースのためのカラー写真も未撮影の標本がほとんどである。(データベース導入前、紙の資料カードで管理していた時代には、カードに貼付する写真は長期保存性の観点からカラープリントではなくモノクロを使用していた。) このことから、管理データベース用のための写真撮影と兼ねて、デジタルアーカイブ構築を目指した植物標本のデジタル化およびその活用を進めていくことを計画した。

Takano et al. (2019) および高野ほか (2020) は、低コストで効率的な植物標本のデジタルアーカイブ手法について報告している。この中でまず従来の植物標本のデジタル化について考察し、世界的な傾向としてはMPQ (Maximum Possible Quality=最大限の実現可能品質) を目指す方向で進んできたことを指摘している (高野ほか 2020)。すなわち、人材や予算が豊富な大規模な施設 (標本庫・博物館・大学等) において、最新の専用機材や特注の機材を含めた高価なプロフェッショナル向け機材を使用し、その時点で得られる最高品質の高精細画像を得る、という考え方である。従来の日本の博物館等におけるデジタルアーカイブ構築に関しても、まず大規模館においてMPQを指向して実施されてきた。この方向性は理想的ではあるが、当館を含む中・小規模の博物館が現実の課題として取り組むためにはあまりにハードルが高く、実現できる可能性は極めて低い。

これに対してTakano et al. (2019) および高野ほか (2020) は、小規模または中規模の標本庫に向けた植物標本のデジタルアーカイブ手法として、MAQ (Minimum Acceptable Quality=最低限の許容し得る品質) を指向することを提案している。具体的には、民生用の機器を組み合わせる比較的安価なシステムを構築し、「調達可能な機材と人員で最大限の品質を目指す」 (高野ほか 2020) 方向性である。この方向性に基づいて、兵庫県立人と自然の博物館 (以下、「ひとく」) では、一括寄贈された大規模な植物標本コレクションを短期間で効率よくデジタル化することを目的としたプロジェクトの中で、様々な要素を検討・試行し、独自のデジタル化システムを開発した (Takano et al. 2019; 高野ほか 2020)。以下、本稿ではこれを「ひとくシステム」と呼ぶ。同館ではこのシステムを実際に導入・運用して、比較的 low コストな初期投資で、かつ、プロジェクト開始から2年間で17万5千点と、非常に効率のい

いデジタル化を実現している。

当館でも、これを参考に、植物標本デジタル化システムを導入することとした。しかしながら、その際、ひとくシステムと全く同じ機材構成では不都合な点があることがわかった。そこで、当館の実情に合致したシステムに関して検討し、実際にこれを導入・運用開始した。

## 2 当館の実情と必要な条件

まず、当館における植物標本デジタル化システムの導入検討にあたっては、人的資源・予算等の制限から、ひとくシステムと同様にMAQを指向することとした。デジタル化の方法としては、従来、より高い解像度が実現できるフラットベッドスキャナーによるスキャンが選択される場合が多かった (例えば、徐ほか 2006; 小川 2008; 森口ほか 2012; 秋廣ほか 2018)。一方で高野ほか (2020) は2つの手段を比較した上でデジタルカメラによる撮影の優位性を指摘し、ひとくシステムでは費用対効果の点からミラーレス一眼カメラによる撮影という手段を採用している。当館でもこれを踏襲し、ミラーレス一眼カメラを軸としたシステムを構築することとした。

当初は、照明やカメラ支持機材まで含めたシステム全体を、ひとくシステムと全く同じ機材構成でそのまま導入することを検討した。しかしながら、当館においては、植物標本のデジタル化に関わり、ひとくとはいくつかの点で異なる条件が存在する。

具体的には以下の6点である。

### 【空間的・予算的制約条件】

#### ① 植物標本のデジタル化に使える作業スペースは狭い

ひとくシステムではデジタル化の前処理などの作業スペースを含めて27m<sup>2</sup>を使っているが、当館では使用可能なスペースは限られており、確保できるのはW180cm×L90cm×H76cmの作業台1台とその周辺を含めたW250cm×L150cm (3.75m<sup>2</sup>) ほどの空間に過ぎない。この範囲に収まる撮影システムにする必要がある。

#### ② 機材は常設できない

ひとくシステムでは上記スペースに常設の撮影スタジオを構築しているが、当館では遊休スペースがないため専用の機材を常設することは難しい。上記の作業台およびスペースも共用のものであり、必要な時に機材を展開・設置して使用し、作業が終了したら撤収・収納できるような形態を採る必要がある。設置・撤収は極力迅速にできることが望ましい。

#### ③ デジタル化は担当学芸員が実行する

当館ではデジタル化のために新たな人員の雇用はできず、植物担当の学芸員が直接デジタル化作業を実行す

る。従って、コストとして作業員の人件費は考慮する必要はない。一方で通常業務と並行して行うためデジタル化1点あたりにかかる時間は短いほど望ましいが、全標本のデジタル化終了までの期間は特に限定されない。

#### 【デジタル化の前提条件】

#### ④ 現状でデジタル化の必要な点数はより少ない

現時点でデジタル化の必要な植物標本の点数は多く見積もっても3,000点を少し超える程度であり、ひとはくプロジェクトにおける23万点と比較するとはるかに少ない。

#### ⑤ OCRによるラベルの読み取りは行わない

ひとはくシステムでは、OCRにより標本ラベルからテキスト情報を半自動的に取得するシステムも開発している（高野ほか 2020）が、当館では近年受け入れた標本については別途入力済のテキスト情報が存在する。一方で古い時代の標本は手書きラベルであるためOCRによる認識精度は期待せず、手動で入力するしかない。よって、OCRによるラベルの読み取り機能は不要である。

#### 【派生的な要求条件】

#### ⑥ 機材は他の用途にも使いたい

デジタル化機材（支持機材・照明機材含む）は、植物標本のデジタル化という目的に合わせて用意するが、必要に応じて他の標本の撮影などの目的にも使用可能であることが望ましい。

以上を踏まえ、本研究では、MAQを指向しつつも、当館の実情に合致したデジタル化システムについてあらためて検討することとした。

### 3 条件に合致したシステムの検討

#### (1) 機材の検討過程とその結果

デジタル化システムの構成要素のうち撮影機材は、各館固有の条件に左右されない、共通する基準で選択すべき要素であると考えられる。基準とはすなわち、一定以上の画素数がある、歪みが少ない、視野の端まで解像度を保てるなどである。一方で、カメラ支持機材および照明機材に関しては、使えるスペースや常設の可否など、館ごとの実情により最適解は変わるであろう。

以下、デジタル化システムの各構成要素に関して、本研究における機材選択の検討経緯と選択結果を述べる。

#### 1) 撮影機材（カメラおよびレンズ）

前述のとおり、撮影機材は共通する基準で選択すべき要素であると考えられる。このため、Takano et al. (2019) および高野ほか (2020) が十分に検討した結果であるひとはくシステムの機器構成に準拠し、かつ、機材の世代交代を踏まえた採用機種を検討を行った。すなわち、カメラ本体については、ひとはくシステムでは

ソニーの「α 6300」および「α 6500」であるのに対し、当館のシステムにおいては、後継機種である「α 6600」を採用した。最大解像度はひとはくシステムと同じく6000×4000画素である。レンズについては、ひとはくシステムでは解像度の平坦性と歪曲収差の少なからSAMYANG Optics（韓国）の「SYIO35AF-E35mm F/2.8」を選択していた。同製品は本研究で検討した時点では販売終了となっていたため、同じメーカーで入手可能な上位機種と考えられる「AF 35mm F1.8 FE」を採用した。

#### 2) カメラ支持機材

撮影するカメラを支える支持機材については、ひとはくシステムでは汎用のアルミフレームシステムを使って外注により製作していた。これは、植物標本台紙のサイズとカメラ（センサーサイズAPS-C）およびレンズ（焦点距離35mm）の画角から導かれた約89cmという高さにカメラを固定するように設計された専用の架台である（Takano et al. 2019）。

しかしながら、当館の場合は、上記の条件②から、設置したままではなく撤去・収納できることが必要である。また、植物標本撮影用にサイズを固定した機材は、撮影の都度調節する必要がないという点では便利であるが、逆に、条件⑥の観点からは不都合である。以上から、当館のシステムにおいては、市販されている汎用の調節可能な支持機材を導入する方が適切と判断した。



図1 カメラ支持機材として三脚を用いた試行

市販の支持機材としては、いわゆるコピースタンド（文書や写真などの被写体を上から複写撮影するために、カメラを下向きに固定するスタンド）と、カメラ用三脚のうちでカメラを真下に向けることが可能な製品の、2つの選択肢が考えられる。このうちカメラ用三脚（図1）は、収納性という点で上記の条件②を満たしており、また、条件⑥の多用途性という観点からは、これ以上好適な選択肢はない。しかしながら、三脚を使用する場合は、設置の度に三脚本体および雲台の長さや向きを調整し、撮影標本からカメラまでの距離を合わせ、カメラを鉛直方向下向きに設置するという手間が必要となる。従って、迅速な設置という点で難があり、この点では条件②を十分に満たしていないと判断した。また、3本の脚をひろげるためにスペースが必要であり、条件①の点でも不都合であった。一方でコピースタンド（図2）は元々真俯瞰撮影が目的の機材のためカメラを鉛直方向下向きに固定する構造になっており、高さ（標本からカメラまでの距離）の調節も迅速に行うことができることから条件②に合致している。また、設置面積も小さくて済むことから、条件①の観点でも好適と判断した。

以上を踏まえて一般的な市場で入手可能な機材をインターネット等で探して比較検討したところ、市販のコピースタンドの中でLPL社の「CS-5」と「CS-7」が、植物標本の撮影にも対応可能（標本台紙の中央をカメラ視野の中心に合致させて真上から撮影でき、高さは89cm



図2 コピースタンドの例

以上に調節可能)なサイズであり、かつ、比較的安価であることがわかった。このうち「CS-7」の方は支柱からカメラまでの水平距離も調節することができるため、標本の一部を拡大撮影する際にも対応しやすい。以上より、当館のシステムでは「CS-7」を採用することとした。

### 3) 照明機材

当館で用いている標本台紙のサイズは主にW29cm×H43cmであり、撮影のための照明機材は、この範囲全体を均一な明るさで照らせる必要がある。

ひとはくシステムでは、E26口金用の電球形LEDランプ6灯と、ディフューザー（拡散板）の役割を果たす半透明乳白色のポリプロピレンフィルムを用いて、自然光を模した大面積のバンクライト（面的な光源）を構築していた。ランプとカメラ支持機材の間を仕切るようにW180cm×H186cmの乳白色フィルムを垂直に張ったもので、いったん設置してしまえば設置する位置や向きなどの調整が必要ないため、常設型の照明設備としては適していると考えられる。しかしながら、点光源のランプとディフューザーの組み合わせでは、両者の間の距離を一定以上取らないと拡散効果が得られないため、カメラ支持機材等の規模に比べて大きな奥行きが必要となる。ひとはくシステムにおいては、ランプを乳白色フィルムから50cm後方に配置し、バンクライトシステム全体として94cmの奥行きを確保している（Takano et al. 2019）。

当館の場合は上記の条件①よりそこまでの奥行きを確保することはできず、照明機材全体をよりコンパクトにする必要があった。また、条件②より常設することはできず、必要な時だけ設置・使用し、使用が終わったら速やかに収納できるシステムである必要があった。この2つの理由により、別の形態の照明システムを検討した。

撮影用の照明は、フラッシュのような瞬間光と、常に一定の明るさを保っている定常光の大きく2種に分けられる。植物標本の撮影に関しては、固定した状態での撮影に限定されるため、フラッシュほどの光量は必要ない。また、標本の移動など撮影の事前準備／事後処理にも撮影用の光源がそのまま使えた方が便利である。このことから、ひとはくシステムと同様、当館のシステムでもフラッシュではなく定常光を用いることとした。

写真撮影に用いられる道具類は技術の進歩が文字どおり日進月歩であり、新たな技術が開発され、応用されると、最適な道具の有り様やその組み合わせが劇的に変化することもある。特に照明機材に関しては、白色LED（発光ダイオード）の実用化と性能の向上により、さまざまなタイプの製品が開発され、普及してきている。従来撮影用の照明として多用されてきた蛍光灯が点灯してから光量が安定するまで数分かかるのに対して、LEDは



図3 光源として蛍光灯を用いたパンクライトの例  
 画像はメーカー（LPL社）のウェブサイトより。  
<http://www.lpl-web.co.jp/products/hb754sp.html>

瞬間的に明るくなることから、迅速に作業が開始できるため上記の条件②の面から好適である。LEDは、かつては演色性（色の見え方が自然光に近いかどうかについての指標）の点で難があったが、近年は改良が進み、博物館の展示用照明や撮影用照明として問題がないレベルの製品も多くなっている。適切な撮影のためには、演色性が一定以上高いもの、すなわち演色評価数（Color Rendering Index：CRI）が高い、より具体的には平均演色評価数（Ra）が95程度以上の製品を選ぶべきである。

技術革新に連動して、より便利な道具を求めるニーズに応える形で、それまでなかった発想の新しいカテゴリの道具が考案され、商品化される場合も多い。照明機材の形態としては、蛍光灯等による単独あるいは複数の点光源とディフューザーを組み合わせたパンクライト（図3）はスタジオ撮影用として以前から普及しているが、単純にこの光源をLEDに置き換えた製品も存在する。一方で近年は、LEDならではの機材として、多数のLEDを平面状に並べることで面光源としている製品（図4）も増えている。当館のシステムにおいては、これらのような製品が、上記の条件②に関わり設置・収納が柔軟にできる点、さらに、条件⑥に関わり他の目的にも応用しやすい点の2点で有利と判断した。理論的には、撮影する被写体のサイズより十分に大きな面光源があれば、被写体表面の全体に十分な量の光が届くはずである。

また、LEDの利点として、色温度が調整可能な製品があるということも挙げられる。デジタルカメラはカメラ



図4 LEDを平面状に並べた照明機材の例

側でホワイトバランスを調整可能なため、光源を単独で使用する場合は色温度の違いは大きな問題とはならないが、条件⑥より、今後他の目的で別の光源と組み合わせて使用する場合もあり得ることを考慮すると、色温度調整機能は有用である。

整理すると、本システムの照明機材として必要な条件は以下の点にまとめられる。

- ・LED光源であること
- ・Raが95程度以上であること
- ・十分に大きな面積の面光源であること
- ・色温度の調整が可能であること

この4点を基準に、一般的な市場で入手可能な機材をインターネット等で探して比較検討したところ、FalconEyes社（香港）の「RX-818」が単独で条件を満たしていた。同機種はカタログ上のRaが95であり、演色性が十分に高い。白色の光を出すLEDにはいくつかのタイプがあるが、同機種は複数の色のLEDチップの光を混色して白色光をつくり出すタイプなので、単純な数値以上の演色性が期待できる。メーカーのサポート窓口より取り寄せたカラースペクトル図および演色評価数のグラフ（色温度を5600Kに設定しての測定値）を図5に示す。これによれば、Raが96と極めて高いだけでなく、その値に影響する8色（R1～R8）に関してもあまりばらつきがなく高い値を示している。また、発光面のサイズが46cm×61cmと同価格帯の製品の中では最も大きく、

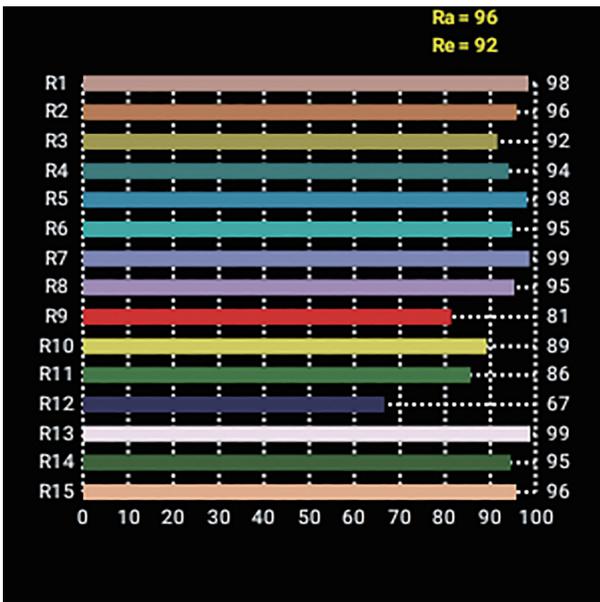
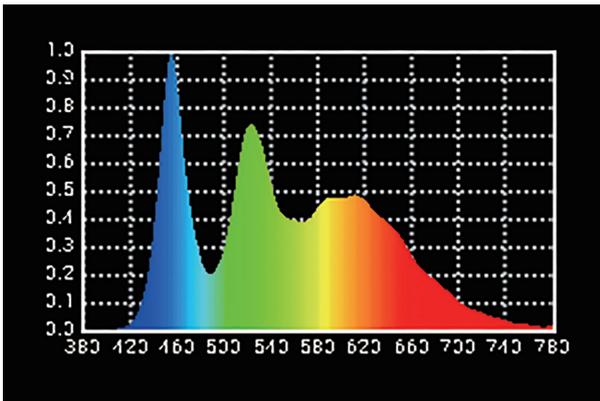


図5 「RX-818」のカラースペクトルおよび演色評価数 FalconEyes社提供。色温度5600K設定での測定値。

この面に2種のLEDを288個ずつ並べた構造となっている。そのLEDも砲弾型LEDではなくLEDチップをそのまま並べた形状である（図6）ことにより広い照射角が得られ、さらにディフューザーも付属しているため、単体で標本台紙全体を均一に照らせることが期待できる。また、電源・コントロールユニットは発光部分と別となっており、発光部分は布などの素材でつくられ重量が軽いことから、設置方法を柔軟に選択できる。加えて、色温度が調整可能（2800K～10000K）である。

以上から、当館のシステムには同機種が最適と判断し、これを採用することとした。このほか、ライトスタンドや発光部分をスタンドに固定するためのロッド、バランスを取るためのウェイト等が必要となった。

## (2) 機材導入後の試行検討

実際に機材を導入した後、撮影を試行しながらより詳細な検討を行った。以下にその結果を記す。

### 1) 照明機材の設置条件の検討

ひととはくシステムでは縦長の標本台紙に対して上辺



図6 「RX-818」の発光面（一部分の拡大）

LEDチップが平面状に並んでいる。ディフューザーを装着した全体像は図8参照。

側（短辺側）から照明を当てているが、大面積のディフューザーで広い範囲から均一な光を照射することで、短辺側からの照明でも全体に十分な量の光が届いているものと考えられる。当館のシステムで採用したバンクライトは面積がはるかに小さいため、短辺側からの照明では長辺側からと比較して照明に近い側と遠い側の照明からの距離の差がより大きくなることから、明るさの均一性が保てない、すなわち、明るさの差が大きくなることが懸念された。発光面の長辺が水平になるような向きに照明機材を設置して標本台紙の横側（長辺側）から照射することで、この距離の差をより小さくでき、明るさの差が減少することが期待された。

当館のシステムにおいては、スペースの都合上、照明は作業機に向かって左側または右側から照射せざるを得ない。この配置で標本台紙の長辺側から照射するには、コピースタンドを90度横向きにして照明と対面させる向きで設置するという方法もあるが、この場合コピースタンドの支柱が邪魔になり、撮影準備位置から撮影位置までの導線がスムーズにつながらなくなることが欠点として考えられた。そのため、L型ブラケットを追加導入することで、コピースタンド自体は正面に向けたまま、カメラの固定向きを90度変えることにした。こうすると、コピースタンドに対して標本台紙を縦位置に置くことになるが、「CS-7」は前述のとおり支柱からカメラまでの水平距離を調節可能（支柱からカメラ台座までが最大18.5cm）であり、これにL型ブラケットを加えると、縦位置でも十分に標本の中心から撮影することができた。

また、ひととはくシステムにおいては、バンクライトと標本を挟んで反対側に高さ30cmのリフレクター（反射板）を設置している。本システムにおいても、同様のリフレクターを用いることで、明るさの均一性が向上する

ことが期待された。リフレクターとしては、やや光沢のある白色の紙が表面に貼られたスチレンボードを垂直に立てて用いることとした。

一方で、本システムで採用したバンクライトは角度や位置を自由に調節できるため、標本に対してどのような位置関係で設置するかによっても、明るさの均一性に影響することが予想された。

以上を踏まえ、照明機材の最適な設置条件について確定させるために、条件を変えて明るさの均一性について比較する試験を行った。比較対象は以下の4つの要素である(図7(1)・(2))。

・照明の照射方向

[台紙の短辺側から/長辺側からの2パターン]

・リフレクターの有無 [有/無の2パターン]

・発光面の標本面に対する角度

[90°/60°/45°の3パターン]

・発光面の標本からの距離 [遠/近の2パターン]

これらを組み合わせた合計24パターンについて、それぞれ標本表面の照明から近い側の点(点A)および遠い側の点(点B)の照度を照度計(TOPCON IM-3)で測定した(図7(1))。その上で、その比率を計算することで明るさの均一度を算出した。

なお、以上の条件のうち発光面の標本からの距離に関しては、発光面の角度が90°の場合は標本からの水平距離を遠近の2パターン設定し、垂直距離は0になるようにした。発光面の角度60°、45°については、それぞれにおいて、おおむね発光面から見て正面の中心に標本台紙の中心が位置するように、すなわち、発光面の中心を通り発光面に対して垂直に引いた線と標本台紙の面との交点がおおむね標本台紙の中心付近に位置するように設置し、かつ、遠近の2パターン設定した。

各条件の具体的なパラメーターと測定結果を表1に示す。明るさの均一性は、照明の照射方向に関しては、当初の予測どおり標本台紙の短辺側からより長辺側からの照射の方が高かった。リフレクターに関しては、設置した方が均一性が高かった。発光面の角度に関しては、全体的に90°から60°、45°と傾けるほど均一性が向上する傾向が見られた。ただし、長辺側からの照射でリフレクター有の場合に関しては、90°も均一性が高かった。発光面の標本からの距離に関しては、角度が90°および60°では近い場合と遠い場合で差がほとんどなく、45°では遠い方が高い傾向があった。

以上の結果より、標本台紙の長辺側から照射し、リフレクターを設置することで適切な光条件が得られることがわかった。設置角度については、90°にするか、もしくは45°にして距離をやや離すことが望ましいということが明らかとなった。実際の運用にあたっては、これを

基準に微調整していく予定である。

## 2) テザー撮影の導入

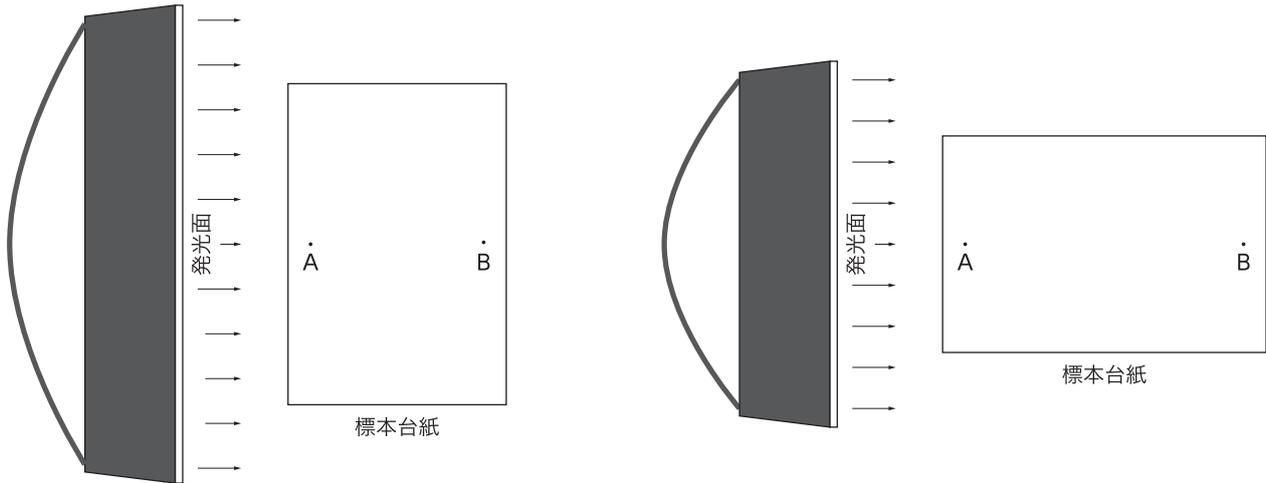
撮影した画像は、露出やフォーカスの適切性、カメラブレがないかなどを撮影直後に確認する必要がある。通常の写真撮影の場合はカメラの液晶モニターで確認するのが普通であるが、画面が小さいため詳細な確認は困難であり、また、今回のようなカメラを高い位置に固定した撮影の場合は視認自体が難しい。一方で、ミラーレスデジタルカメラのほとんどの機種は、パーソナルコンピューター(以下「PC」)やスマートフォン等と接続して画像をリアルタイムで表示させ、かつ、各種撮影設定の変更やシャッター操作もPC側からコントロールする、テザー撮影という機能を備えている。ひとはくシステムにおいてはテザー撮影は導入せず(高野ほか2020)、カメラの外部映像出力機能を使ってHDMIケーブルを経由してディスプレイモニターに画像を表示して撮影画像の確認を行い、シャッターは別に接続した有線のリモートコントローラーで操作していた。

当館のシステムにおいては、検討の結果、テザー撮影を採用することとした。理由としてはまず、撮影画像の確認とともにシャッター操作をPC側で行えることで、別途リモートコントローラーを導入する必要がなくなることが挙げられる。また、USBによる電源供給が同時に行えるため、カメラに接続するケーブルが1本だけで済むことから迅速な設置/撤収が可能となり、上記の条件②の点で望ましい。加えて、カメラのメモリーカードとPCの両方に画像を保存する設定にできるため、こうすることで画像データ保存の冗長性を確保することにもなり、データ消失に備えたバックアップも兼ねることができると。そして、上記の条件③より、デジタル化は担当学芸員が行うため、PCについては専用のものを用意する必要がなく日常の研究活動に使用しているものを流用することで追加コストがかからないという利点もあった。カメラとPCはUSBケーブルで接続するが、カメラの固定位置が高いためカメラ付属のケーブルでは長さが足りず、長さ3mのUSBケーブルを導入した。

以上の検討結果を反映させて構築した植物標本デジタル化システムを図8に、構築に当たって導入した機材等の一覧を表2に示す。

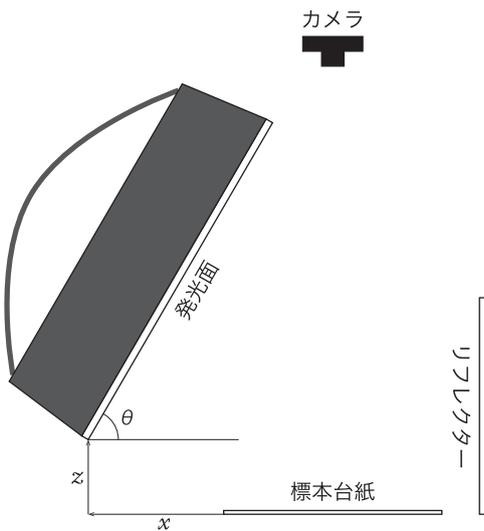
## 3) 付記

前述の照明機材の設置条件に関する比較試験を行った後、ひとはくの高野温子氏より、ひとはくシステムではリフレクターとして反射率のより高い銀色のもの(表面にアルミ箔を貼ったスチレンボード)を用いているとの教示をいただいた。これを受けて当館の条件で銀色のリフレクターを使用して再度比較試験を行ったところ、むしろ白色の方が明るさの均一性が高いという結果となっ



(1) 照明の照射方向および照度の測定位置

上から見た概念図。左は照射方向が長辺側から、右は短辺側から。  
 それぞれ、照明から近い側の点としてA、遠い側の点としてBの照度を測定した。  
 照度計の厚みのため、実際には台紙の表面ではなく約25mm上の照度を測定した。



(2) 照明機材の設置条件  
 正面から見た概念図。

図7 照度の測定位置および照明機材の設置条件

設置条件の4つの要素は以下のとおり。

- ・照明の照射方向：(1) 参照
- ・リフレクターの有無：(2) 参照
- ・発光面の標本面に対する角度：(2) の  $\theta$
- ・発光面の標本からの距離：(2) のxおよびz

表1 照明機材の設置条件による明るさの均一度の違い

照射方向	設置条件				測定結果		
	リフレクター	発光面の角度 ( $\theta$ )	距離 (cm)		照度 (lux)		均一度 (b/a)
			水平 (x)	垂直 (z)	点A (a)	点B (b)	
短辺側から	無	90°	10	0	7,050	1,850	26.2%
短辺側から	無	90°	20	0	6,950	1,820	26.2%
短辺側から	無	60°	15	0	9,800	3,080	31.4%
短辺側から	無	60°	30	0	6,280	1,850	29.5%
短辺側から	無	45°	30	20	6,200	2,770	44.7%
短辺側から	無	45°	40	30	4,220	2,020	47.9%
短辺側から	有	90°	10	0	7,910	4,330	54.7%
短辺側から	有	90°	20	0	5,150	3,140	61.0%
短辺側から	有	60°	15	0	10,960	6,240	56.9%
短辺側から	有	60°	30	0	6,800	3,830	56.3%
短辺側から	有	45°	30	20	6,730	4,810	71.5%
短辺側から	有	45°	40	30	4,460	3,380	75.8%
長辺側から	無	90°	10	0	6,950	3,050	43.9%
長辺側から	無	90°	20	0	4,750	2,060	43.4%
長辺側から	無	60°	20	5	8,680	4,010	46.2%
長辺側から	無	60°	30	5	6,120	2,720	44.4%
長辺側から	無	45°	30	15	7,300	3,490	47.8%
長辺側から	無	45°	40	30	4,160	2,440	58.7%
長辺側から	有	90°	10	0	9,030	6,830	75.6%
長辺側から	有	90°	20	0	6,050	4,810	79.5%
長辺側から	有	60°	20	5	10,140	6,630	65.4%
長辺側から	有	60°	30	5	7,090	4,620	65.2%
長辺側から	有	45°	30	15	8,350	5,570	66.7%
長辺側から	有	45°	40	30	4,650	3,680	79.1%



図8 本研究で構築した植物標本デジタル化システム

た。これはおそらく、当館のシステムの照明は面積が小さいため、金属光沢による直接的な反射光を利用する銀色のリフレクターより、乱反射を起こす白色のものの方が広い範囲に光が届くことが影響していると推測される。

また、試行から実際に運用を始めた当初は絞り優先モードで撮影していたが、その場合、標本ごとの台紙全体に占める植物体の面積の違いが影響して露出（シャッタースピード）が変わり、撮影画像の明るさにばらつき

が出てしまうという問題があることがわかった。そこで、以後はマニュアル露出モードで適正な絞り・シャッタースピードに固定して撮影することとした。

### (3) 解像度および撮影結果

本システムによる撮影範囲は標本台紙のサイズ（W29cm×H43cm）よりひと回り広く、約33cm×約49.5cmであった。撮影で取得される画像が6000×4000画素で

あることから、標本に対する解像度は約300dpi相当になる。

実際に撮影した画像の例を図9に示す。

#### 4 考察

本研究においては、必要な条件を整理した上で機材を選定することで、当館の実情に合致したシステムを構築できたと考える。特に、当館で使用可能な作業スペースに収まり、また、使用する際に迅速に設置し、作業が終わったら迅速に撤収できる機材構成にできた点は重要である。加えて、機材は植物標本専用ではなく、他の種類の標本のデジタル化など、幅広い用途に応用できるシステムとなった。

コスト面では、ひとはくシステムにおける機材導入のための初期コストは撮影機材（アダプター、モニター含む）に約170,000円、カメラ支持機材に約54,000円、照明機材に約90,000円の、合計約314,000円であった（Takano et al. 2019）。本研究によるシステムでは、これが撮影機材に約225,000円、カメラ支持機材に約77,000円、照明機材に約102,000円の、合計約404,000円となった（ケーブル等の細かな消耗品を除く）。コスト差の原因は主としてカメラおよびレンズを前述のとおり後継機種（上位機種）に変更したことである。カメラ支持機材および照明機材に関してはそれぞれ約23,000円、約12,000円の差に収まっており、これは上記の条件①②⑥を満たすために必要な投資と見なせる。全体としては、コンパクトで迅速に設置・収納可能であり、かつ多用途に応用できる柔軟なシステムをリーズナブルに構築できたと考える。

実際に本システムでデジタル化した画像に関しては、

台紙全体に均一に光が回りながらも平板ではなく、ある程度の立体感が得られる照明となったことから、表面の毛の有無なども確認できるなど、十分に高い画質となった。森口ほか（2012）は、ベニシダの標本を材料に、標本全体をスキャンした場合に画像から植物の同定ができる最低限の解像度を400dpi以上と算出している。しかしながら、高野ほか（2020）が指摘しているように、フラットベッドスキャナーによるデジタル化では光を正面から当てるためにコントラストが低下し、植物の細かい形質が十分に再現できない可能性がある。このことも考慮に入れると、本システムで得られる画像に関しては、約300dpの解像度があればイネ科やカヤツリグサ科などを除くとほとんどの場合には同定に必要な植物の特徴がわかるものと考えられる。以上から、MAQを指向するという当初の方針に合致し、限られた予算の中で最大限の品質が得られるシステムを実現できたと考える。

当館のシステムに関して懸念材料を挙げるとしたら、照明機材の耐久性である。これについては長期間運用してみなければ評価できない。ひとはくシステムの照明機材は、同じ規格のランプを複数組み合わせたユニット構造であるため、故障や不具合の際にはランプ1個単位で交換できるというメリットがある。これに対して本研究によるシステムでは、単一製品で成立しているバンクライトを採用したため、故障の際には全体を交換する必要があることは欠点となる。とはいえ、LEDは蛍光灯などに比べて極めて長寿命であるものの、使われている蛍光体などの経年劣化で明るさの減少と色の変化が起こることが知られている。ひとはくシステムの場合でも、長期間経過後の劣化による交換の際にはランプ1個単位ではなく全数の交換が必要になり、初期投資に近いコストがかかる可能性があるため、この点においては決定的な短所とは言えない。

本研究において構築したシステムは、実際に運用を開始しており、他の業務と並行しながら順次撮影を行っている。今後は、引き続き運用しながら問題点や改良可能な点の洗い出しを行い、適宜、改良を加えていく予定である。また、本報では主に機材（ハードウェア）に関してのみ報告したが、Takano et al. (2019) および高野ほ

表2 導入した機材等の一覧

区分	品名	メーカー	型番・規格等
撮影機材	ミラーレス一眼カメラ	ソニー	α6600
	レンズ	SAMYANG Optics	AF 35mm F1.8 FE
	USBケーブル	(汎用品)	USB Type-A - Micro USB Type-B 3m
	USB変換アダプター	(汎用品)	USB Type-Aメス - Type-Cオス 変換
カメラ支持機材	コピースタンド	LPL	CS-7
	L字ブラケット	INPON SmallRig	クイックリリースクランプ 50mm LCS 2503
	カッターマット	プラス	CS-A2 (48-585)
照明機材	撮影用LEDライト	FalconEyes	RX-818
	ライトスタンド	Manfrotto	アルミ ランカースタンド 1005BAC
	撮影機材用ロッド	SMALLRIG	チーズロッド (197mm×径15mm)
	撮影機材用ネジアダプター	(汎用品)	1/4"オス - M12オス 変換 (2個)
	撮影機材用スピゴット	(汎用品)	1/4"メスネジ取付
	三脚用フック	SLIK	エレベーターフック 2 (1/4"ネジ取付)
	撮影機材用サンドバッグ	(汎用品)	(2個)
	撮影用グレーカード	銀一	シルクグレーカード Ver.2



図9 本システムにより撮影した植物標本画像の例  
撮影条件：ISO100、F5.6、1/50（マニュアル露出モード）  
A：撮影像全体 B：一部の拡大（標本のほぼ実物大）。

か（2020）は、機材だけでなく、標本を標本庫から取り出してからデジタル化が完了して収納するまでの作業手順やそのための動線などの運用面、データの損失を防ぎ、確実な保存を可能とする仕組みの構築などのソフトウェア的な面についても報告している。これらについても、ひとはくシステムを参考にしながら、当館の実情に合わせて導入していく予定である。また、デジタル化したデータをどのように公開するのか、公開・活用の面についても館全体の方針の中で検討していく。

技術進歩のスピードは速く、近年特にデジタル機材は製品更新サイクルが非常に短くなる傾向にある。そのため、当館のシステムにおける機材選定はそのまま他館に適用できるとは限らない。しかしながら、本報で述べた必要条件の整理等は、他館での検討の際には十分に適用可能であると考えられる。

## 謝辞

兵庫県立人と自然の博物館には、実際に構築したデジタル化システムを実見させていただき、その際には同館の高野温子氏にご案内いただいた。また、同氏にはシステムの詳細について御教授いただいたほか、脱稿前の本稿に目を通していただき、有益なアドバイスをいただいた。NPO法人フィールドの堀内保彦氏には撮影

機材の選定について御教授いただいた。以上、篤く御礼申し上げる。本研究には、科研費（基盤(B)）「自然史標本の汎用化と収蔵展示技法の体系構築」（課題番号：19H01366、研究代表者：兵庫県立大学三橋弘宗）の一部を使用した。

## 引用文献

- 秋廣高志・猪瀬礼璃菜・近藤将貴・薄井創太・小野朝海・竹内まどか・小野紘平・小嶋正紀・萬代功・兼子伸吾・根本秀一・山下由美・黒沢高秀 2018. 福島大学共生システム理工学類生物標本室FKSEの植物標本のデジタル化および福島県の植物の同定を支援するシステム(福島県版iPis)の構築. 植物地理・分類研究 66 (1):61-69.
- 細矢剛 2020. 自然史情報のデジタルアーカイブと社会的問題への利用 地球規模生物多様性情報機構(GBIF)の機能とそのデータの活用. 中村覚(責任編集). デジタルアーカイブ・ベーシック3 自然史・理工系研究データの活用. pp.112-132. 勉誠出版.
- 井上透 2020. 自然史・理工系デジタルアーカイブの今日的意義. 中村覚(責任編集). デジタルアーカイブ・ベーシック3 自然史・理工系研究データの活用. pp.5-29. 勉誠出版.
- 森口淳樹・山根渉・前田修宏・萬代功・Jeong Yu Neung・井上雅仁・上野誠・松崎貴・林蘇娟・秋廣高志 2012. 植物標本画像の高速デジタル化法の確立と維持管理が簡便なデジタル植物標本館の構築. 分類 12 (1):41-52.

- 小川誠 2008. 高精度植物標本画像のインターネットでの公開. 徳島県立博物館研究報告 18:85-92.
- 大西亘 2017. 地域自然史博物館のデジタル・アーカイブ 一概要. 自然科学のとびら 23 (3):18-19. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- 大西亘 2018. デジタル・アーカイブがもたらす「博物館資料」×「引用先学術成果情報」間のクロスリファレンスの可能性: 自然史博物館標本の事例から. デジタルアーカイブ学会誌 2 (2):71-74.
- 大西亘 2020. 自然史博物館×デジタルアーカイブ オープンサイエンスを拓く一例としての魚類写真資料データベース. 中村覚 (責任編集). デジタルアーカイブ・ベーシック3 自然史・理工系研究データの活用. pp.89-111. 勉誠出版.
- 徐榮倍・趙成皓・李雄・朴宰弘 2006. 韓半島産中井猛之進の基準標本画像データベース構築のためのスキャナーの利用. 分類 6 (1):55-58.
- 高野温子・堀内保彦・青木滉太・藤本悠・三橋弘宗 2020. 植物標本デジタル画像化とOCRによるラベルデータ自動読み取り手法の開発. 植物地理・分類研究 68 (2):103-119.
- Takano A., Horiuchi Y., Fujimoto Y., Aoki K., Mitsuhashi H. and Takahashi A., 2019. Simple but long-lasting, A specimen imaging method applicable for small- and medium-sized herbaria. *PhytoKeys* 118:1-14.
- 柳与志夫 (責任編集) 2017. 入門 デジタルアーカイブ ーまなぶ・つくる・つかう. 勉誠出版.

---

MUSEUM ACTIVITIES

## Development of a Botanical Specimen Digitization System Tailored to the Requirements of Individual Museums: An Examination in Hokkaido Museum

MIZUSHIMA Miki

---

Large-scale museums and herbaria with abundant resources lead the world in implementing digitization of botanical specimens. This tendency is the same in Japan, but in recent years, methods that can be sustainably implemented even in small- and medium-sized herbaria have been proposed.

At Hokkaido Museum, the author considered requirements of a botanical specimen digitization system to suit the museum, then implemented and trialed the system.

There are two types of digitization methods: scanning with a flatbed scanner and photographing with a digital camera. Following Takano et al (2019), the author opted for photography with a mirrorless interchangeable-lens camera.

Among the components of the digitization system, the photography equipment (camera and lens) should be selected based on common criteria: sufficient resolution, low distortion, and consistently high image quality up to the edge of the frame.

It does not depend on any requirements for each museum. For this reason, we selected a Sony ILCE-6600 for this study.

Camera support equipment and lighting equipment requires careful consideration. Optimal equipment selection depends on the requirements of each museum, such as available space and whether permanent installation is practical. For Hokkaido Museum, an LPL CS-7 copy stand for camera support and a FalconEyes RX-818 LED bank light were selected. After implementation, in order to determine the optimum installation angle, testing was conducted to measure the illuminance over various installation conditions of the lighting equipment.

As a whole, by combining commercially-available products, it was possible to construct a flexible digitization system at a reasonable cost. The compact system can be deployed and stored quickly, and is suited to various applications.