

山口市・興隆寺 釈迦堂文殊菩薩坐像 台座復元に関する研究 - 分析編 -

Study about Restoration of Shaka-dou Monju Bodhisattva Sitting Statue
Pedestal in KOURYUJI Yamaguchi City – Analysis –

中野良寿¹・永嶋真理子²・平川和明¹・森福洋二³

¹NAKANO Yoshihisa, ²NAGASHIMA Mariko,

¹HIRAKAWA Kazuaki, ³MORIFUKU Yoji

¹山口大学 教育学部, ²山口大学 創成科学研究科 (理学系学域),

³山口大学 総合科学実験センター

¹Faculty of Education, Yamaguchi University, ²Graduate School of Sciences and
Technology for Innovation, Yamaguchi University, and ³Center for Instrumental
Analysis, Yamaguchi University.

1. 要旨

本論文は、山口大学の山口学研究プロジェクト「山口から始める文化財修復と日本画の新潮流」(2016-2018研究代表者:堤 宏守)、「文化財修復の温故知新:日本画の新潮流及び山口型・文化財保存修復研究センタープロジェクト」(2019-2021 研究代表者:中野 良寿)として2016年よりメンバーの研究者が所属する山口大学および山口県を起点に地域において文化財指定がされない等、修復の優先順位が低く見られ、放置されがちな文化財などへの素材分析や補修・修復などを行っており、萩市の南明寺賓頭盧坐像に続き行った修復である。様式編で紹介されているように山口市の興隆寺では釈迦堂の文殊菩薩像獅子台座と岩座が盗難により失われ、その欠損部分を再現的に修復したものである。

論文は様式編と分析編に分けて執筆しており本論の分析編では木材部分の分析を平川和明(木材加工)が行い、中野良寿(絵画)がカラーマッピングおよび研究グループ監修を行い、永嶋真理子(鉱物科学)、森福洋二(成分分析)が顔料成分分析などを行い論述したものである。

2. 仏座の木組構造について

復元する仏座は、釈迦三尊像として安置され

ている文殊菩薩坐像の台座である。釈迦如来坐像を中心に、向かって左に普賢菩薩、右に文殊菩薩が座している。以前に撮影された写真で、失われた文殊菩薩坐像の仏座は、岩台座の上に獅子台座が重なっていることが既に報告されている(上原, 2021)。これらのことから、復元する仏座は普賢菩薩坐像のものと対になる存在で、同様の様式・構造でつくられていることが明らかである。

ここでは、仏座の復元に際して、残存する白象台座と岩台座の木地について触れていく。2つの台座の復元にあたり、各台座の材質について検討をおこなうとともに木組構造の特質性を明らかにする。そのためにまず、品質構造と保存状態を精査する。つぎに木工芸の工法の視点から故障の原因を考察する。最後に復元における材質選定の経緯や制作過程について記述する。

2.1. 品質構造と保存状態

2.1.1. 白象台座について (図1、図2)

品質構造

額縁のように枠部材を四方で組んだ仕口で構成している枠組構造である。その枠内側に甲板を嵌め込み、隅木で固定している。その隅木は接着跡を残して亡失している。また、枠組の

前面と背面では異なる仕口がみられる。白象彫刻のある前面の仕口は隅木もなく釘などの打ち込みもない。これらのことからホゾ組が用いられていると推測する。背面は、枠部材を隅木のみで接合している。枠部材に隅木を接着し、釘で補強しているが、釘は後補によるものか判断がつかない。白象彫刻を施している前面枠部材、背面枠部材の隅木、甲板はそれぞれ二材の摺合接(芋矧ぎ)となっている。

保存状態

- ・ 枠組の前面、背面とも緩みはないが、後補で背面仕口の隅木を木ネジ締めで補強している。
- ・ 後補で枠内部に木ネジ締めで中棧を追加している。
- ・ 後補で左右枠材内側にそれぞれ木ネジ締めで棧を追加している。
- ・ 甲板と枠の接合は遊離している。
- ・ 甲板の矧ぎ目部は遊離している。

2.1.2. 岩台座について (図3、図4)

品質構造

枠組構造で、枠部材の上部で甲板をすみ打付接で固定している。さらに隅木で補強しているが、その隅木は全て亡失している。枠四方の仕口についても、同様に目視ではすみ打付接であると推測できる。枠四方内側の四隅の隅木は全て亡失している。それから、台座の枠組本体の前面、左右面とその上部には彫刻を施すための部材が各所に接着されている。そして、甲板は三材の摺合接でつくられている。

保存状態

- ・ 甲板は三材とも矧ぎ面で遊離している。
- ・ 後補で中棧を木ネジ締めで追加している。
- ・ 隅木は全て亡失し、接着跡のみ残る。
- ・ 前面と左右面とその上部に接着されている部材は亡失しているものや後補で入れ違いになっているものが確認できる。



図1 白象台座 (全体)



図2 白象台座 (裏側内部)



図3 岩台座 (全体)



図4 岩台座 (裏側内部)

2. 2. 仏座の樹種と制作時期について

仏座の材質調査は、彩色が施されていない紫外線の影響からくる経年変化の少ない裏側内部の木肌の目視をおこない、色、肌触り、重さなどで木理の特徴を把握する方法で実施した。岩台座の裏側内部は墨で塗られていたが、部材を亡失している箇所があり、そこから木肌の確認が可能であった。板目の木肌の荒さと柾目に細かいヤニ条をもっているという特徴などから、マツ材またはそれに類する系統の材質であろうと考えた。なお、各台座の木肌から、ともに同一樹種で制作されていることを目視で確認した。

その後、仏座の材質が制作時期と関連する可能性があることから住職の許可を得て、樹種の鑑定を復元後におこなった。国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所において、丸のみ切削片(約5mm)の樹種鑑定の依頼を行い、「現時点での鑑定技術において、供試品はマツ科(Pinaceae)マツ属(Pinus)ストロブマツ亜属(subgen. *Strobus*)ストロブマツ節(sect. *Strobus*)の木材と判断されます。」との結果(5森林機構 第797号 鑑定書 令和6年1月9日)を得た¹⁾。この分類にあたる日本産の種は、「チョウセンゴヨウ」、「ハイマツ」、「ゴヨウマツ」、「ヤクタネゴヨウ」である。外国産の種としては、「ストロブマツ」などがある。ストロブマツに関して日本には明治初期に導入されていることもわかっている(峯村, 1991)。

以前、白象台座の甲板裏側に墨書で「京都市麩屋町下 嘉堂鶴次郎 調製」と明記されていることが報告されていた(上原, 2021)。この墨書にある「京都市」という住所が設立されたのは明治22年であり、「調製」は「注文に応じて必要なものをつくる」という意味がある。これについては、復元プロジェクトチーム内で「調製」を「修復」ととる見解もあることから、樹種鑑定の結果を踏まえても制作時期の特定には至らなかった。

2. 3. 故障の原因と特質性

仏座の故障の原因について木工芸の構造・工法の視点から言及していく。

まず2つの台座の共通項として、甲板を柾に完全に固定し、甲板の伸縮を抑えこむ構造になっていることが挙げられる。春先の空気の乾いた季節と梅雨のように空気の湿った季節では1~2%程度も板幅が変わることもある(佐藤、

1996)。そのため甲板の伸縮の逃げ場がなく負荷がかかっていたと想像できる。さらに、甲板の矧ぎ合わせは接着のみ(摺合接)で雇いサネなどの木組を用いていないことから、伸縮の負荷に負けて矧ぎ面から剥れたと考えられる。

次に各台座について詳細にみていく。白象台座は、柾組が前後で異なる仕口で制作されている。背面側の仕口が特徴的で、柾部材同士は接合しておらず、隅木による接着のみで接合されている。隅木はホゾ組などの接合の強度を保つために補助的な役割として付加するものであるため、主要な仕口に単独で用いることは珍しい。そのため、当然のごとく強度が不十分である。また、その隅木が二材の矧ぎ合わせによってつくられていることも強度を保つという観点から通常では考えられない手法である。そのため後々、矧ぎ切れをおこし柾組に強度上の問題が発生してしまうことは想像に容易い。

そして、岩座については、12mmの薄板で柾が組まれており、後補されるまで中棧がない状態であった。そのため元々の構造としては全体の大きさに対して強度的に貧弱という印象を受ける。岩台座の上に白象台座が重なりその上に普賢菩薩像が座しており、中棧なしの12mm厚の甲板だけではそれらの荷重を支えるには強度が不十分であろう。また、岩彫刻が施されている部材は柾組本体への接着のみで矧ぎ合わせされ、接着剤の劣化により剥がれ落ちている箇所がみられる。彫刻が複雑に入り組んでいるため、彫刻の邪魔をしないようにホゾ加工を1つ1つに施すことは難儀である。それを考慮すると、矧ぎ合わせするのではなく一材で部材を制作し、柾を組み上げる方法が最良であったと思われる。

これらの故障の原因から制作効率、加工精度、強度面を鑑みると制作者の構造・工法の選定に疑問を抱く。前述したように白象台座は、柾組が前後で異なる仕口となっている。柾組構造において制作効率や加工精度を考慮すると、柾四方の仕口を統一した組み方にすることが通常である。さらに、その一方の仕口は隅木のみでの接合という強度面からは推奨されない手法を用いている。岩台座についても全体的に板厚が薄く、その強度面を補う中棧もない。多くの部材が接着のみの接合となっていることも不具合が生じている理由の1つである。これらのことから、この構造・工法を用いた理由を推測するならば、使用する材料に余裕がなく、材料の

制約を受けながらの設計・制作であったのだろうと考える。つまり材料の節約を優先した構造・工法であり、それが故障の主な原因にもなっている。

2.4. 復元における材料選定と製作図面の作成

復元にあたって、まず使用する樹種の選定をおこなった。残存する仏座はマツ材が用いられていることから、同様にマツ材を使用することとし、予算等の関係で復元プロジェクトチームの馬場氏のストックから提供していただく事となった。

提供いただいたマツ材は、種の特定はできていないが、目視や手触りなどから比較的ヤニが少ないマツ材であることが確認できた。部材の制作において厚さが足りない箇所は、可能な限り強度を保つ工法で矧ぎ合わせをおこない対応することにした。プロジェクトの基本方針は、現状復元であるため、残存する仏座を基として、主な木組構造は変更しないこととした。

つぎに復元に必要な資料作成として各台座の採寸をおこなった。これまで述べてきた強度上の問題点を精査し、中棧の追加や構造材の厚さを数ミリ単位で変更するなどの細かい修正を行い、それぞれの製作図(図5、図6)を完成させた。矧ぎ切れを起こしやすい箇所や、仕口の強度が不十分な箇所には適宜、木組をおこなうことで強度の向上を図ることとした。

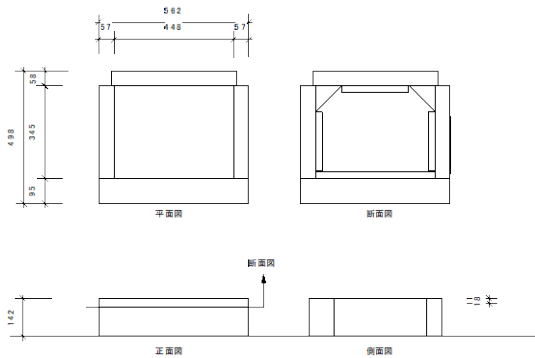


図5 獅子台座製作図

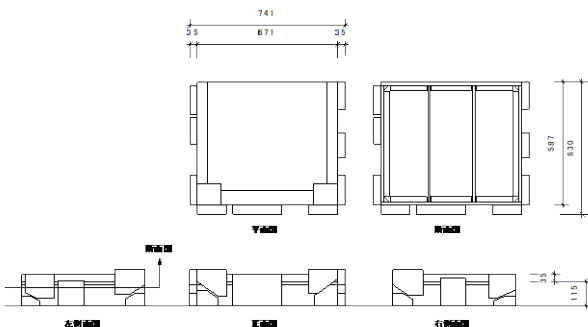


図6 岩台座製作図

2.5. 復元の工程

制作スケジュールの関係から、2021年の8月末までには木地を完成させ、9月から次の彫刻作業へ引き渡す予定となっていた。そのため制作時間に余裕はなかったが、湿度の高い梅雨の終わりを待って8月はじめごろから作業に取りかかった。その際の木材含水率は、木材高周波水分率計による計測で13.8%であった。室内で管理されていたため、自然乾燥としては十分乾燥した木材であった。

木取り後、2週間程度のシーリングを経て必要部材の加工に入り、獅子台座の彫刻面の枠部材と各甲板の矧ぎ合わせをおこなった。枠部材はできるだけ接着後の伸縮による負荷によって矧ぎ切れを起こさないように矧ぎ面は伸縮の少ない桎目同士で矧ぎ合わせた。甲板については接着面のズレ防止と接合強度を高めるために、雇いサネを入れた。また、甲板の伸縮をできるだけ少なくするために、確保した材の中で特に木理の細かい桎目を選び矧ぎ合わせた。枠と甲板を固定して伸縮を抑える構造であるため、伸縮による負荷を最小限にするための措置である。

仕口加工については、後の彫刻加工を考慮しつつ、慎重にホゾなどの木組を選定し加工を進めた。各仕口に可能な限り木組を追加して強度を高めた(図7)。

組み立てや矧ぎ合わせで使用した接着剤は、いずれも2液性の水性高分子イソシアネート系接着剤を用いた。耐水性もあり、酢ビ(白ボンド)より強度も高いとされている。また、マツ材のヤニの影響による接着強度の低下を防ぐために、架橋剤の量を基準より多めに加えることとした。

今回の木地制作は、残存する仏座の構造を基本としつつ、現状から見えてくる強度的な問題点を解決するために、伝統的な木工芸の技法を中心として現代の電動工具による加工も駆使しながら復元制作をおこなった(図8、図9、図10、図11)。



図7 獅子台座の框枠組の仕口



図8 獅子台座 框組



図9 獅子台座 (木地完成)



図10 岩台座の框組



図11 岩台座 (木地完成)

3. カラーマッピングについて

文殊菩薩の台座に当たる白象と岩座から剥がれ落ちた剥落片についての顔料分析を後の章で行なっているが、この剥落片がどのような色で、どこから剥落したのかについて白象と岩座それぞれの面から撮影した画像をグリッドに分け、カラーマッピングの要領で本来の場所を推測することを行いたい。

このマッピングに使うカラーチャートについては一般社団法人、日本塗料工業会が採用している塗料用標準色を用いる。これは表面的な推測であるが、顔料分析を行なった際わかる成分のみでは視覚的に認知することが難しいため、その橋梁としての役目を果たす目的がある。

手法として白象と岩座の各面からの写真を確認する。また、その形状や文様など明確化し、当該の顔料がある場所を推測する。

今回復元したのは脇侍である文殊と普賢で文殊菩薩は獅子にのり、普賢菩薩は白象に乗っている。右側が獅子に乗る文殊菩薩。顔料を採取したのは向かって左側の普賢菩薩の台座である白象台座と岩座である(図12)。

3.1. 白象台座について

白象台座における上面(図13)、正面(図14)、背面(図15)、側面(図16)の画像からそれぞれの彩色の特徴を確認する。白象台座の上部画像からみると、白象台座の前後で白色部分と赤色部分に二分される(図13)。

正面の白象台座の部分については、白象の口の中に紅が塗られており、その口の周りは金箔が貼られている。体の部分は白色顔料で塗られている(図14)。背面は全面と同様に白色で塗られた表面の上から赤色で塗られており、縹模様が描かれていたが剥落が激しかった(図15、16)。側面については白色の部分と赤色の部分

に二分されている（図 16）。白象台座の像全体に塗られた白色顔料については木彫に和紙が貼られた上から塗られている。当初、乾燥と経年劣化のため剥落が激しく、剥落止めの膠を使って定着させた（様式編にて詳しく説明：上原・馬場, 2024）。

正面の図 14 における色彩をカラーチャートで記述する。A1: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87 A2: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87 A3: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87 A4: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87、黒色 KN-25、赤色（濃）K05-30T、金 K27-60L、側面（図 15）については A1: 赤（真紅）K07-40X、青 K75-40L、A2: 赤（紅）K07-40X、赤（紫濃彩）K09-40L、A3: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87、A4: 白色 KN-93、白色（灰色）KN-87。



図 12 普賢菩薩と白象台座と岩座

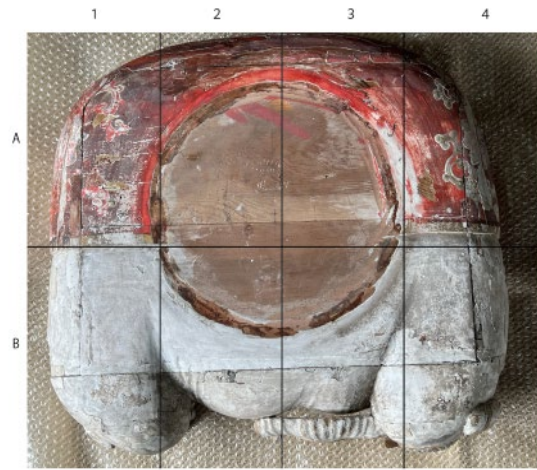


図 13 白象台座上面

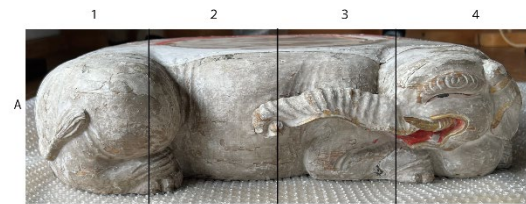


図 14 白象台座正面

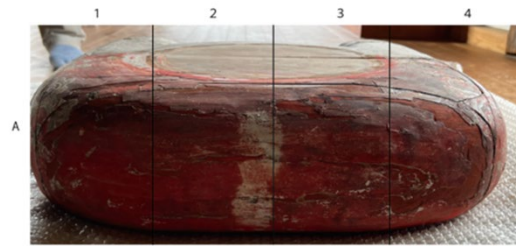


図 15 白象台座背面

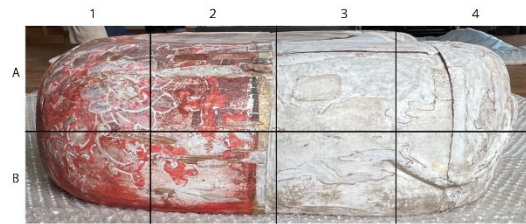


図 16 白象台座側面

3.2. 岩座について

岩座については正面および両側面に量感のある岩が彫られており、その上から岩や苔などの彩色が施されている。後面については木彫によるレリーフ表現はなく、全面と同様の色が平面的に塗られているのみである。上面については表に出ている部分のみ彩色されている（図 17）。

岩座正面の図 18 における色彩カラーチャートで記述する。A1: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、白色 KN-93、A2: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、白色 KN-93、A3: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、白色 KN-93、A4: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、黒 KN-35、白色 KN-93

岩座側面の図 19 における色彩カラーチャートでの記述。A1: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、白色 KN-93、A2: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、白色 KN-93、A3: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、白色 KN-93、A4: 茶色 K05-50F、緑青色 K49-70H、青色 K67-40T、黒(青系) K75-20L、黒 KN-35、白色 KN-93



図 17 岩座上面



図 18 岩座正面

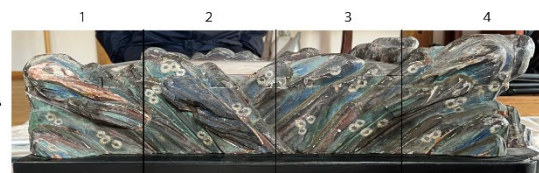


図 19 岩座側面

3.3. 剥落片と剥落元について

剥落片について言及する。図 20 における白

象からの剥落片については視認できる色味として赤色と白色であり、これは上記の図 13 にあるように白色部分と赤色部分に二分された見た目と一致する。また、図 21 における岩座からの剥落片については白色部分と赤色部分に加えて暗緑色の剥落片があり全体に緑青や黒で覆われた岩座全体の一部の暗緑色の部分が剥がれたと理解できる。ただし剥落部分は白象からと岩座からの剥落が混ざってしまった部分もある可能性がある。

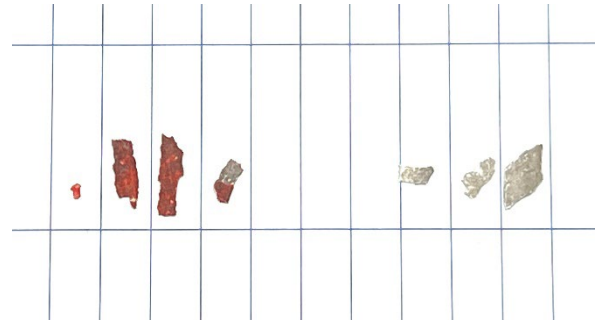


図 20 白象台座からの剥落片

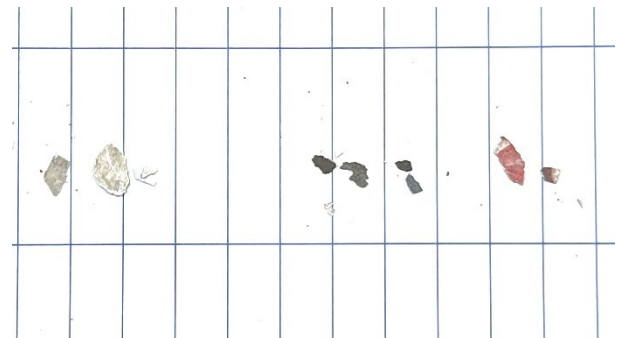


図 21 岩座からの剥落片

4. 走査電子顕微鏡による表面観察と成分分析

山口大学総合科学実験施設センター機器分析施設に設置の走査電子顕微鏡 (SEM、日本電子株式会社製 JSM-6360 LA) を用いて、岩座および白象台座から剥落した小片、岩座より直接採取された微小片～粉末状試料の成分分析 (半定量分析) を行った。半定量分析にはエネルギー分散型 X 線分析 (EDS) を用い、分析条件は加速電圧 25 kV、照射電流 4~5 nA である。半定量分析のスペクトル中にみられる 2.120 keV 付近のピークは、金蒸着由来であり、試料由来ではないことに注意されたい。

4.1. 岩座から剥落した小片

岩座から剥落した小片には、青色 (図 22a、b)、赤色 (図 22c)、緑色 (図 22d) を呈するものがみられた。各小片から得られた半定量分析

結果を図 23 に示す。いずれの小片からもカルシウムと炭素が検出されており、これらはカルシウム炭酸塩を主成分とする貝胡粉に由来すると考えられる(図 23)。カルシウム炭酸塩の存在は、予察的実験で小片に希塩酸を滴下した際に発泡が観察されたことでも支持される。

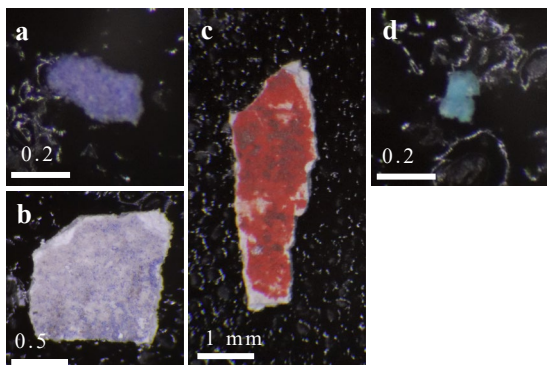
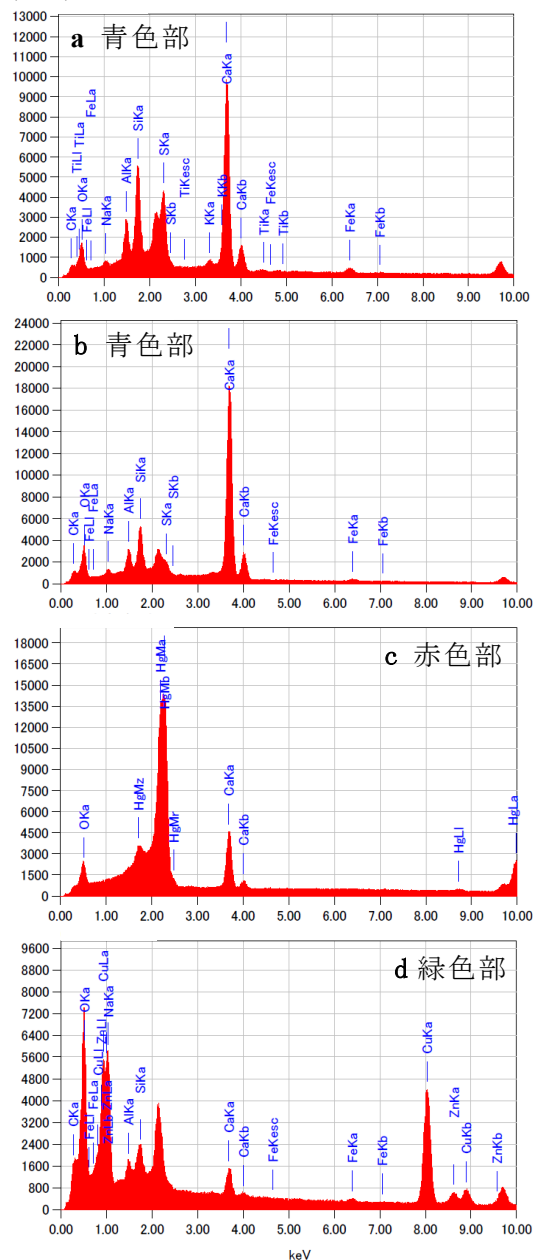


図 22 岩座から剥落した小片

EDS 分析の結果、青色の小片から主にカルシウム、珪素、硫黄、アルミニウム、ナトリウム、カリウムと(図 23a, b)、少量の鉄やチタンが検出された(図 23a)。これらの元素が青色部由来と仮定すると、その構成元素と色の特徴から天然鉱物の場合、青金石[lazurite、化学式： $\text{Na}_7\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{SO}_4)\text{S}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$]と推定される。青金石の理想式はカリウムを含まないが、自然界では青金石中のカリウムによるナトリウムの一部置き換えが知られているため(例えば、Deer et al., 2004)、カリウムの検出は同定結果と矛盾しない。しかし、1828 年にはじめて合成された青色の人工顔料である「ウルトラマリンブルー」($\text{Na}_{6-10}\text{Al}_6\text{Si}_5\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$; Osticioli et al., 2009)も天然鉱物である青金石を模した化学的特徴を持つため、本研究の分析結果(図 23a, b)からは、岩座から採取された小片の青色部に使用された顔料が天然鉱物もしくは人工顔料であるかを断定することは困難である。

図 22 c の赤色の小片から得られたスペクトル(図 23 c)では、約 2.2 keV に半幅幅の大きなピークが観察された。この太いピーク幅は、水銀の $M\alpha$ 線と硫黄の $K\alpha$ 線($\text{SK}\alpha = 2.307 \text{ keV}$ 、 $\text{HgM}\alpha = 2.195 \text{ keV}$)の重複によるものであり、赤色部に硫化水銀が含まれることを示唆する。含まれる元素種と色の特徴から天然鉱物であれば辰砂(化学式： HgS)と同定されるが、今回のケースでは人工水銀朱(HgS)の可能性も等しく考えられる。人工水銀朱の製法は中国最古の練丹術の書物「周易参同契」(紀元 142 年頃成



(a, b) 青色部、(c) 赤色部、(d) 緑色部
図 23 岩座から剥落した小片の半定量分析結果。分析結果 a~d は、図 22 の小片 a~d からそれぞれ得られた。

立)で紹介されており、室町時代末期の「筑前国続風土記」には中国大陸から博多に伝来したことが記されている(鶴田、2002)。さらに 1712 年成立の「倭漢三才図会」では、泉州堺における朱の独占製造について述べられていることから(鶴田、2002)、人工水銀朱が古くから用いられてきたことは明らかである。緑色の小片(図 22d)からは銅、亜鉛、カルシウム、珪素、アルミニウム、ナトリウム、炭素、鉄が検出された(図 23d)。 $\text{CuL}\alpha$ 線(0.930 keV)、 $\text{ZuL}\alpha$ 線(1.012 keV)、 $\text{NaK}\alpha$ 線(1.041 keV)のピークは近接するため含まれる元素種の特定は容易ではないが、 $\text{CuK}\alpha$ 線(8.040 keV)、 $\text{ZnK}\alpha$ 線(8.630 keV)が存在することから、緑色部に

銅と亜鉛が含まれることがわかる。緑色を呈すること、銅を含むこと、図 23 の他試料から得られたスペクトルと比べて炭素のピーク強度が相対的に高い傾向を示すことから、孔雀石（マラカイト）〔化学式： $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ 〕を主成分とする可能性が高い。いわゆる緑青である。

しかし、通常、孔雀石にほとんど含まれない珪素、アルミニウム、ナトリウムが検出されていたことから、石英（化学式： SiO_2 ）や長石〔化学式： $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8$ 〕の微粉末や孔雀石と似た淡緑色の条痕色を示す珪孔雀石（化学式： $\text{Cu}_{2-x}\text{Al}_x(\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $x < 1$ ）が共に含まれるかもしれない。分析の結果、亜鉛は緑色部のみから検出された（図 23 d）。天然の孔雀石が副成分元素として亜鉛を比較的多く含むことを考えると矛盾しない。しかし、岩座では真鍮粉の使用が認められており、緑青とともに真鍮が用いられていた場合、真鍮の微粉末の混入による亜鉛検出の可能性も残される。

岩座から剥落した小片の化学分析結果から、赤色小片に辰砂もしくは硫化水銀、青色小片に青金石もしくはウルトラマリンブルー、緑色小片に孔雀石（緑青）が使用されたと考えられる。

4.2. 岩座から採取された微小片～粉末状試料

図 24 にみられるように岩座には色調の異なる青色～緑色の部分がある。これらを検討するため、図 24 に示す岩座表面の①～⑤の箇所から直接試料が採取された（採取者：馬場良治）。採取された試料は微小片～粉末状である。肉眼でみられた青色～緑色の色彩は、青色と緑色部の割合によって変化するように見受けられる。実体顕微鏡下で観察した結果、試料には青色もしくは緑色のものに加え、青色と緑色が不規則に混在したものが存在する（図 25）。図 24①～⑤の小片から得られた分析結果は、いずれも同じ傾向を示したため、代表的な結果のみを図 25 に示す。



図 24 岩座における試料採取箇所①～⑤

青色試料から得られたスペクトル（図 25a）は、剥落した青色小片から得られたスペクトル（図 23a b）とよく似ており、おもにカルシウム、珪素、硫黄、アルミニウム、ナトリウム、カリウムから成る。このことから岩座から直接採取された試料の青色の顔料は、剥落した青色小片と同様（図 23a, b）、ウルトラマリンブルーもしくは青金石と同定される（図 25a）。採取された青色試料からは、ヒ素（ $\text{As}L\alpha = 1.282 \text{ keV}$ ）と少量の銅が検出された（図 25a）。これは、次に述べる緑色部のわずかな混入によるものだろう。

緑色試料から得られたスペクトル（図 25b）は、青色試料と比べて、銅とヒ素の割合が顕著に増加する。銅に富む点は、緑青の使用が想定される剥落した緑色小片の化学的特徴（図 23d）と一致するが、岩座から採取された緑色試料のみからヒ素が検出されるため、その化学的特徴から花緑青〔酢酸銅と亜ヒ酸銅(II)の複塩、化学式： $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ 〕の使用が推定される（図 25b）。

図 25c に示す青色と緑色が混在した箇所から得られたスペクトルは、上述の青色と緑色試料のスペクトルの中間的な特徴を示すことから、すなわちウルトラマリンブルー（もしくは青金石）と花緑青を含むと考えられる。

4.1 に述べた岩座から剥落した緑色小片には緑青（孔雀石・マラカイト）が使用されていたことを考慮すると、岩座には緑色顔料として緑青と花緑青が使用されていたといえる。

4.3. 白象台座から剥落した小片

白象台座から剥落した小片は主に青色部と赤色部からなる（図 26a）。青色部と赤色部いずれからもカルシウム炭酸塩由来と推定されるカルシウムと炭素が検出された（図 26b, c）。これは下地に貝胡粉が使用されていたことを示唆する。

EDS 分析の結果、青色部からは主に珪素、カルシウム、アルミニウム、硫黄、ナトリウム、カリウム、少量の鉄、マグネシウム、炭素が検出された（図 26b）。一方、赤色部からは水銀と硫黄の強いピークが検出された（図 26c）。これらの結果は、岩座の青色、赤色の剥落小片から得られた結果と類似している。したがって、白象台座には青色顔料としてウルトラマリンブルー（もしくは青金石）、赤色顔料として人工水銀朱（もしくは辰砂）が使用されたとはいえる。

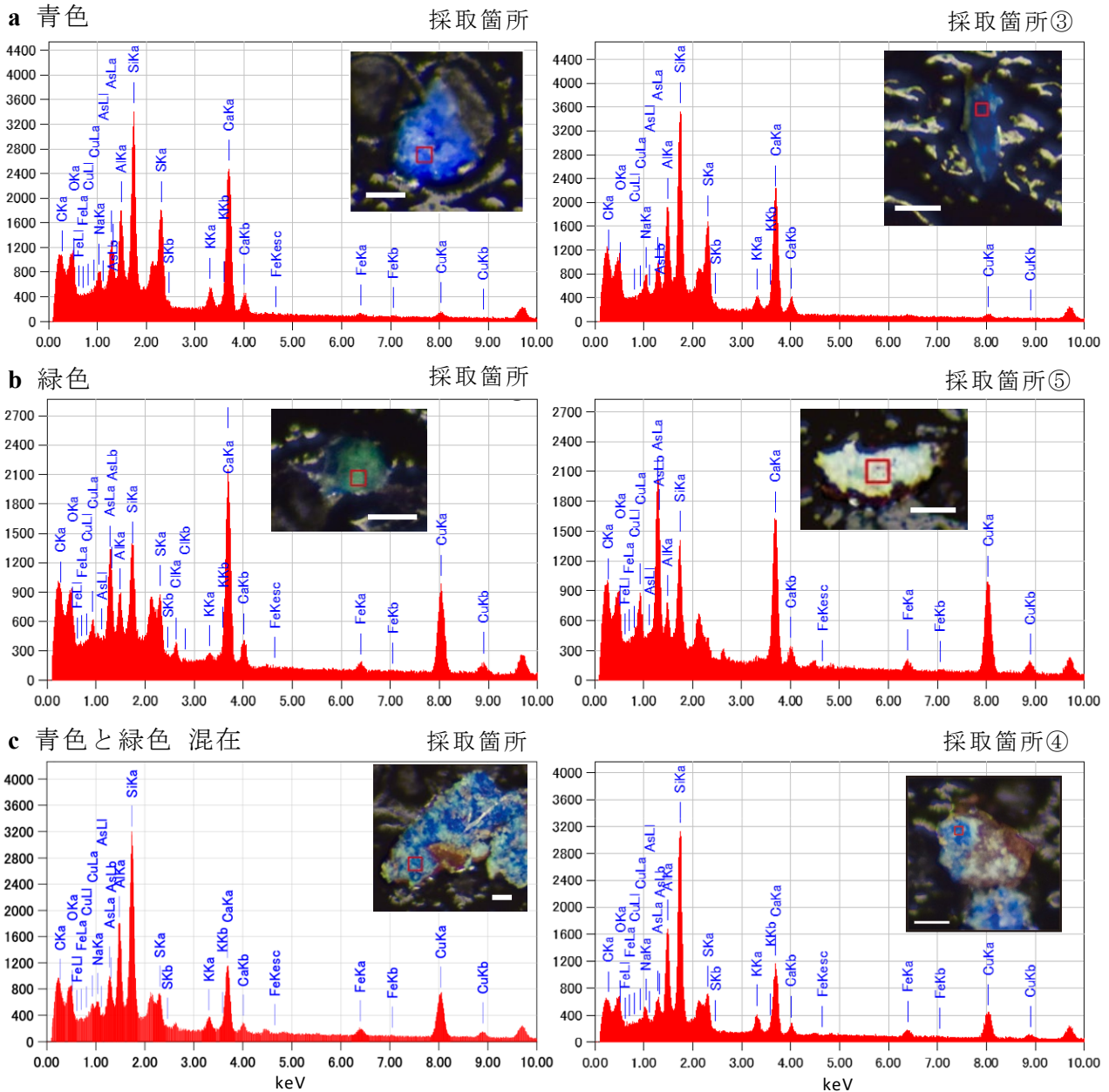


図 25 岩座より直接採取された青色 (a) , 緑色 (b) , 青色と緑色が混在する (c) 箇所の実体顕微鏡写真と半定量分析結果. 実体顕微鏡写真中のスケール (白線) はすべて 0.1mm, 赤枠は分析エリア. 各スペクトル右上の採取箇所は図 24 の①～⑤と同じ.

5.まとめ

本研究題目は上述のように様式編と分析編に分けて執筆しており分析編での各章での分析結果と結論と様式編での分析および考察については、それぞれの専門性の相違により考察結果における時代的な幅があることを指摘しておきたい。これは再現的な修復における様式や表現的確さについて真摯に取り組む場合、様式の歴史的な変遷や特定の素材の造形性についてある程度緩やかな変遷について濃淡を持って扱う性質がある。一方分析編では素材そのものの成分分析を行い、その成分が科学的に解

明され物理的に明確になる一方、色彩や文様などの視覚的情報が剥ぎ取られて分析される傾向がある。また、紛失を逃れた普賢菩薩の台座である白象の彩色における基底材および地塗りに使われた白色部分(胡粉)の劣化が激しく、剥落が進んでいところに剥落止めを施したのは、様式編で述べられているように特殊な膠でありこれは当初の山口学研究プロジェクトで言及された開発膠である。今回のプロジェクトについては失われた台座を再現するとともに、残された台座を調査研究し、剥落部分を修復することも施した。

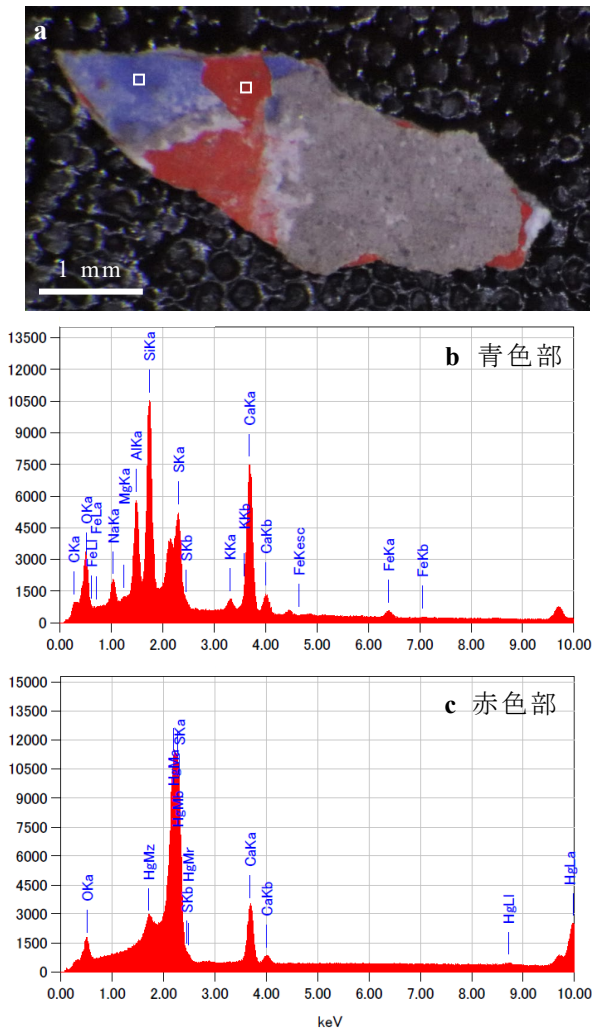


図 26 白像台座から剥落した小片(a)と半定量分析結果 (b, c)。a の口は分析エリアを表し、青色部(b)、赤色部(c)を分析した。

台座の制作時期については様式編および分析編としてそれぞれの角度から検討した結果、この文殊菩薩坐像台座は、視覚的な様式検討において像全体の劣化具合、プルシアン・ブルーや母材の使用など江戸末期(近世末期)までさかのぼり得る要素が想定された。しかし、分析編の分析機器などを用いた検討においては、ウルトラマリン・ブルーの検出や使用樹種鑑定によって、明治期(近代初期)の制作の可能性が出てきた。上記の検討結果を総合すると、この台座の制作時期は、近世末期から近代初期にかけてという、比較的広汎な時期設定でとらえるべきなのではないだろうか。このたびの台座復元の実践共同研究は、これらの考察・検討をふまえながら実施したものとなった。

また本研究グループは2019年に発足した山口大学の山口学研究プロジェクトを発端としており、文理融合の学際的な研究を目的として新たな研究テーマの発掘と調査・研究、地域連携

や社会貢献を目指しており、保存修復の世界はその内容に深く合致するものでもあることを添えて本論を閉じたい。

本論文は、1章と3章、まとめを中野が、2章を平川が、3章を永畷と森福が担当した。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、調査等でお世話になった興隆寺住職の市原修俊氏、写真を提供してくださった河野正夫氏、樹種の鑑定を復元後をお願いした森林総合研究所その他多くの方々にご協力いただきました。厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は山口大学山口学研究プロジェクト「文化財修復の温故知新：日本画の新潮流及び山口型・文化財保存修復研究センタープロジェクト」(2019-2021)及び、山口大学研究推進体「最先端物質から文化・芸術まで科学する物質構造解析研究の展開」によって実施された。

【注】

- 1) 森林総合研究所 木材加工・特性研究領域長 安部久, 5 森林機構 第797号, 令和6年1月9日, 鑑定書

【参考文献】

第2章(平川)

- 上田康太郎・土屋欣也・藤城幹夫, 2000, 『木工』, 朝倉書店。
- 上原一明, 2021, 「興隆寺 釈迦堂 文殊菩薩 獅子台座と岩座の復元 報告書」, 文化財修復の温故知新 日本画の新潮流及び山口型・文化財保存修復研究センタープロジェクト, pp. 2-4
- 上原一明・馬場良治, 2024, 『山口市・興隆寺 釈迦堂文殊菩薩坐像 台座復元に関する研究-様式編-』, 山口大学山口学研究センター紀要「山口学研究」第4巻, pp. 1-8.
- 梅田総太郎, 2001 『木工の伝統技法』, 理工学社
- 大畠誠一, 1993, 「マツ属の分布と温度環境」, 『京都大学農学部演習林報告書』, pp. 22-23
- 佐藤庄五郎, 2001 『図解木工技術～日曜工作から専門まで』, 共立出版株式会社
- 佐藤健, 1996, 「水分変化による木材の寸法と形状の変化」, 『木材保存』, vol. 22, no. 2, pp. 78
- 東京藝術大学美術部保存修復技術研究室

他, 1991, 『特別展観 甦る仏たち 文化財保存修復技術展』, 財団法人 文化財保護振興財団

峯村伸哉, 1991, 「ストロブマツの材質と利用」, 『林産試だより1991年8月号』北海道立林産試験場

<https://zassou-ya.com/plants/g-matsu/>

(最終アクセス日2021. 10. 28)

第3章(永瀧、森福)

日本語文献

鶴田榮一, 2002, 「顔料の歴史」, 『色材』, vol. 75, pp.189-199.

英語文献

Deer, W. A., Howie, R.A., Wise, W.S., and Zussman, J., 2004, “Rock-forming minerals. Volume 4B: Framework silicates: silica minerals, feldspathoids and the zeolites” 2nd ed., Geological Society Publishing House, UK, 982p.

Osticioli, I., Medes, N. F. C., Nevin, A., Gil, Francisco. P.S.C., Becucci, M., and Castellucci, E., 2009, “Analysis of natural and artificial ultramarine blue pigments using laser induced breakdown and pulsed Raman spectroscopy, statistical analysis and light microscopy” , *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 73, pp. 525-531,

<https://doi.org/10.1016/j.saa.2008.11.028>