

# 〔報告〕 ハギア・ソフィア大聖堂モザイクの金テッセラの分析 —色彩と組成からの制作年代の推定—

佐々木 淑美\*・佐野 千絵・石崎 武志\*\*

## 1. はじめに

モザイクは、シュメール時代から現代まで続く長い歴史を持つ装飾技法で、地中海沿岸地域の建築の床や壁面、天井に、幾何学・動植物文様や宗教的図柄のモザイクが数多く残っている<sup>1)</sup>。壁面モザイクも舗床モザイクと同様に、粗さの異なる2～3種類のモルタルを下地層とし、最上層のキメの細かいモルタルが乾かないうちに小片（テッセラ）を埋め込み、図柄を描く（図1）<sup>2)</sup>。テッセラは、大理石や貝殻、ガラス、金属箔といった材料を用いるため、比較的耐久性が高いことが特長である。

筆者らは、2006年から継続的にハギア・ソフィア大聖堂（現アヤ・ソフィア博物館、以後「アヤ・ソフィア」と略記）のモザイクの現地調査を実施してきた。アヤ・ソフィアのモザイクについては、これまでに美術史の分野で特に制作年代についての議論が多くみられる。描かれている図像や人物についての図像学的考証がほとんどであり、モザイクの材料・技法の観点からは十分に論じられてこなかった。材料・技法考察は、今後のモザイク研究そして将来実施されるであろう保存修復のための基礎的かつ予備的な知見となることも期待できる。本報では、堂内に残る制作年代不詳のモザイク2点について、分光測色計を使用した色彩分析（図2）とガラスの組成分析の結果から、図像学的考察に加えて材料・技法考察に基づく制作年代の推定を試みる。

## 2. アヤ・ソフィアのモザイクと金テッセラ

### 2-1. アヤ・ソフィアのモザイク

モザイク装飾は、ギリシア、ヘレニズム、ローマと時代が移り変わる中で、キリスト教と強く結びつき発展を遂げ、特にビザンティン時代に最も盛んに制作された。ビザンティン・モザイクは、金地背景を特徴とし、多様な色彩のズマルトテッセラ（色ガラス）や金・銀テッセラ、



図1 モザイクの構成（既往研究<sup>3)</sup>より引用）



図2 アヤ・ソフィア色彩計測調査風景

\*日本学術振興会特別研究員 PD

\*\*東北芸術工科大学

大理石テッセラの規則的な配列と精巧なグラデーション表現によって、幾何学文様や人物図像が緻密に描かれている。

アヤ・ソフィア大聖堂には6世紀から14世紀までに制作されたモザイクが、ドームをはじめとして、柱上部や天井、壁面に数多く現場保存されている。特に、9世紀制作のアプシス聖母子モザイク(図3)と13世紀制作のデイシス・モザイク(図4)は、ビザンティン・モザイクの代表例としてしばしば挙げられる。アヤ・ソフィアは東ローマ帝国の首都であったコンスタンティノポリスの総主教座として、ビザンティン時代のキリスト教信仰の中心的存在であった。皇帝が自らの権威を示す目的で作らせたモザイクも複数残っており、アヤ・ソフィアのモザイクが、当時準備できる最大限の材料と技術、そして技巧に優れた工人によって制作されたことは想像に難くない。

1453年にオスマン・トルコ帝国によって首都コンスタンティノポリスが占拠された際、スルタン・メフメット2世(Fatih Mehmed II, 在位1444-1446, 1451-1481)は真っ先にアヤ・ソフィアを訪れ、モスクへの転用を宣言した。この時、モザイクが破壊されることはなかったが、人物像が描かれたモザイクだけは、時間をかけて少しずつ漆喰で塗り込められていった<sup>4)</sup>。

オスマン・トルコ時代を通して何度も修復が実施された<sup>5)</sup>が、中でも、大規模な修復作業は1573年にセリム2世(Selim II, 在位1566-1574)の命で、建築家ミマル・スィナン(Koca Mimar Sinan, 1489-1588)が実施した修復と、1847~49年にアブドゥルメジド(Sultan Abdülmejid, 在位1839-1861)の命でスイス人建築家ガスパーレ・フォッサータィ(Gaspard Fossati, 1809-1883)らが実施した修復である。フォッサータィらは修復の際に漆喰下のモザイクを発見し、一旦徐覆し修復・記録したのちに再度漆喰でモザイクを被覆した。

トルコ革命(1922~23年)後の1934年には、ムスタファ・ケマル・アタトゥルク(Mustafa Kemal Atatürk, 1881-1938, 在任1923-1938)によってアヤ・ソフィアは世俗化され、翌1935年にはトルコ共和国の博物館に改められ一般公開されることとなった。世俗化にともなって、アヤ・ソフィアではトーマス・ウィットモア(Thomas Whittemore, 1871-1950)率いるビザンティン研究所による大規模な調査・修復が実施された。この時、フォッサータィによって被覆されたモザイクは再発見され、表面漆喰は除覆された。彼らによる調査は、1931~1932年のナルテクス<sup>6)</sup>から始まり、その後は南西玄関モザイク<sup>7)</sup>、デイシス・モザイク<sup>8)</sup>、そして南ギャラリー階のモザイク・パネル<sup>9)</sup>、アプシス・モザイク<sup>10)</sup>、北ティンパヌム・モザイク<sup>11)</sup>において、修復と図像の解釈、そしてそれに基づく制作年代の検討、詳細な現状記録を主としておこなった。これらの作業記録は、アヤ・ソフィア・モザイク研究の代表的な基礎資料として常に参照されてきた。

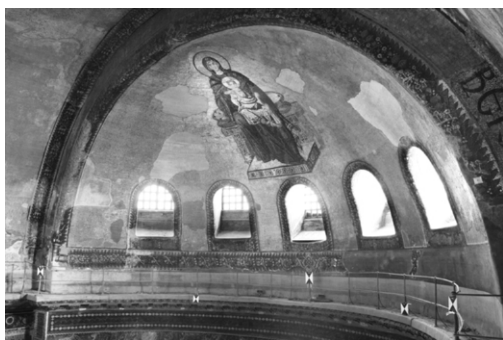


図3 アプシス 聖母子モザイク

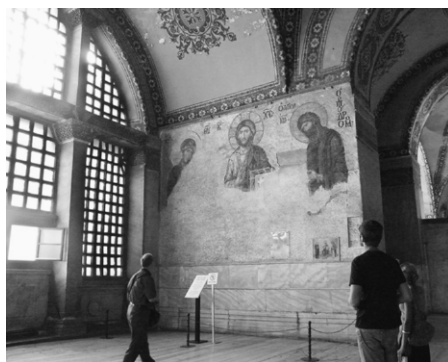


図4 デイシス・モザイク

これらの資料の中で、制作年代の推定根拠として下絵の色彩と角度を伴う布置技法が挙げられている。まず、下絵の色彩は、制作年代の比較的早いモザイクにおいて赤色が多くみとめられるとしている<sup>12)</sup>。しかし、デイス・モザイクのように明らかに遅い時代に制作されたモザイクにおいても赤色の下絵がみとめられるなど、例外も多い。また、イコノクラスム以前(726年以前)のモザイクでは、下向きに角度をもってテッセラが布置されるのが一般的と指摘している<sup>13)</sup>。しかし、ナルテクスにおいて、モザイクの装飾場所が高所であることから、窓から差し込む光の乱反射を狙って下向きに角度をつけて布置していることが確認できており、角度の有無は制作年代以外の要因も考慮する必要があると言える。以上の2点の推定根拠は、資料中においても積極的に制作年代の推定根拠として挙げられておらず、図像学的解釈を補う要素として述べられているにすぎない。また、図像学的解釈においても、一般的に人物像モザイクが制作されるのはイコノクラスム以降とされるが、アヤ・ソフィアでは人物像よりも幾何学模様みの装飾が多く残っている点において、人物像の有無のみで制作年代を絞ることは難しい。

加えて、金テッセラについての材料・技法考察は、土台ガラスの色が琥珀色か緑色、または灰色を帯びていること<sup>14)</sup>が挙げられているのみである。これまでにテッセラの化学分析は、ユネスコ保存修復プロジェクト(1992~2010年)の一環で数点実施されたのみで、十分な検討はおこなわれていない<sup>15)</sup>。

## 2-2. 金テッセラ

先述したとおり、アヤ・ソフィアのモザイクには、ビザンティン・モザイクの代表例が数多くある。ビザンティン・モザイクの特徴の一つに金テッセラの多用が挙げられるが、アヤ・ソフィアのモザイクも例外ではなく、ほとんどのモザイクで金テッセラが用いられている。

金テッセラの起源は、アレキサンドリアとされている<sup>16)</sup>。モザイクに使用される以前には、カタコンベの壁面に金箔を封入した円盤状のガラスが貼り付けられている事例が挙げられる(図5)<sup>17)</sup>。380年のキリスト教公認後、各地でモザイクが制作されるとともに、壁面モザイクの背景に金テッセラが広く使用されるようになった。

金テッセラは、2枚のガラスで金箔を挟む方法で制作される(図6)。2枚のガラスのうち、土台となるガラス(base glass)は、5~10mmの厚さがあり、黄色や緑色、琥珀色などの色がついたものと無色のものがある。金箔を保護する役割ももつ薄い表面ガラス(cover glass)は、0.4~0.8mmの厚さで、炭酸ナトリウムと二酸化マンガンによって漂白されているが完全な無色透明ではない。間に挟まれる金箔の厚さは0.4~1.0ミクロンほどで、純金である場合と銀や鉄、銅などの不純物を含んでいる場合とがある<sup>18)</sup>。この製法はサンドイッチ法と呼ばれ、



図5 金箔ガラス(大英博物館所蔵)

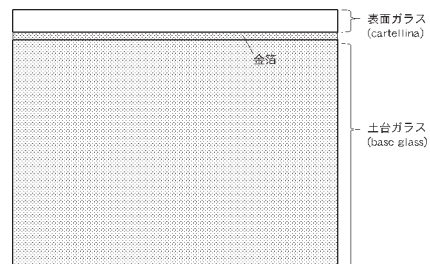


図6 金テッセラの構造

ほとんど変わらず現在まで続けられているが、金箔の貼り付け方など、時代とともに多少の違いが見られる。

まず、金テッセラの使用がまだ部分的であった3～4世紀頃を含め、ローマ時代の金テッセラ制作では、金箔をアラビアガムによって貼り付けていた<sup>19)</sup>。ビザンティン時代になると、ある程度の厚さがある土台ガラスの上に金箔を載せ、粉末状のガラスをその上から振りかけて炉で熱して制作されるようになった。加熱され溶融した粉末状のガラスは、結果として薄い表面ガラスとなり、金箔との接合を果たしている。しかし、この方法で制作された金テッセラは、表面ガラスが十分透明にならず、また土台と金箔、そして表面ガラスが完全に結合しないため、金箔を残して表面ガラスが剥離しやすいという欠点がある。アヤ・ソフィアの金テッセラも表面ガラスの剥落が顕著である。

7～9世紀には、異なる製法も登場した。金箔を土台ガラスの上に置き、その上からガラスの層を載せ熱する点は上述した製法と同様であるが、窯から取り出した後に薄くなるまで鉛の板上で砂岩を用いて表面をこすり、その後蜜蝋で着色している点で異なる。こうして制作された金テッセラでは、薄いガラスの上に金箔を置き、その後土台ガラスを何回も溶融して制作されたと推論できるガラスの層が確認されている<sup>20)</sup>。この製法はヴェネチアでも後に取り入れられ、ある程度の厚さの土台ガラスの上に金箔を貼り付け、その上に吹きガラスの薄い層が載るようになる。

14世紀になると、卵白を使用して金箔を土台ガラスに貼り付け、その上に薄いガラスを載せ、しっかりと固定するよう上におもりを載せて炉で溶融し制作された。

現在はヴェネチアに2件のテッセラ工房がある。そこで制作されるズマルトや金テッセラは17世紀から続く製法によって制作されている。薄い表面ガラスに金箔を載せ、水蒸気で湿らせた薄いガラスのシリンダーを土台となる側に当てて、炉の中で表面ガラスが溶融したら、炉から取り出し、金属のローラーで平らにし仕上げるといった製法である<sup>21)</sup>。

以上に挙げたどの製法で制作された金テッセラも、表面ガラスが均質なものとならない。そのため、表面ガラスの透明度や着色の違い、厚さ、状態（凹凸や層状になっているなど）は、色調や光沢に多様性、つまりゆらぎを生み出している。また、聖堂内での装飾箇所や図像内容、観る人の位置や窓の位置などによって、その種類や設置の角度、間隔、そして大きさも調整されている。

### 3. 金テッセラの分析と年代推定の試み

#### 3-1. 金テッセラの色彩

筆者はこれまでにアヤ・ソフィアの20箇所のモザイクにおいて約3000点の色彩計測を実施してきた。色彩計測には、分光測色計（コニカミノルタ社製CM-2600d）を使用し、テッセラ1つ1つに対し表面に水平になるよう計器を当て測定をおこなった。今回使用した分光測色計は、対象物を基準光源（光源D65）拡散照明・8°方向受光で測定し、その反射光のスペクトルを分析することによって対象物の厳密な色を数値化する機器であり、外的要因に左右されない客観的な色の記録が可能である。測定径は3 mm、10度視野、1度の計測で3回の自動計測を行うよう設定し、得られたデータの平均値を測定結果として採用している。測色結果はSCI（Specular Component Include の略、正反射光を含む）とSCE（Specular Component Exclude の略、正反射光を除く）の2種類で表現される。このうち、本研究では制作者および鑑賞者の意図的選択ではなく歴史的背景によって決定されたであろう材料と色彩との関係を考察する目的であるため、目視観察でみとめる色彩を示すSCEではなく対象物そのものの色彩を示すSCI

を色彩評価の対象として採用することとした。測定結果は専用の計算ソフト CM-S100w Spectra Magic NX Basic でグラフ化し本報に掲載した。

本報では制作年代不詳のモザイクのうち、2階南ギャラリー南東ピアの東面において被覆漆喰が一部除去されているモザイク(図7, 以後「2階徐覆モザイク」と略記)と、地上階南側廊南東隅柱上部のモザイク(図8, 以後「地上階柱モザイク」と略記)で使用されている金テッセラの色彩についてまとめる。なお、金テッセラの表面ガラスはその薄さから色彩にほとんど影響していないことを簡易の実験から確認している。また、現場保存されているモザイクは一樣に風化・劣化しており、表面ガラスの白濁やくもりが少なからず明度を低下させている可能性を考慮したうえで、本報では計測結果をそのまま金テッセラの色彩として扱うこととした。今後劣化による色彩への影響も検討する必要があることを付記しておく。

ギャラリー階の天井および柱上部にはモザイクがほとんど見当たらない。これは、地震等の影響で損失したか、あるいは漆喰の下に未だに隠れているのではないかと考えられている。図7の2階徐覆モザイクは、過去の調査で南ギャラリー天井内部にモザイクが残存しているかどうかを確認する中で発見され一部除覆されたモザイクで、縦35cm×横70cm程度の区画に、赤色や青色、緑色のズマルトテッセラと金・銀テッセラで幾何学模様を描かれている。類似の模様を筆者は堂内でまだ見つけておらず、ギャラリー階特有のモチーフである可能性がある。金・銀テッセラの多くで表面ガラスが剥離しており、暴露状態となった銀箔はほぼ黒変色しているが、金箔は変色していない。金テッセラの大きさは30点計測したところ、平均で縦6.4mm×横6.6mmと均一な寸法と形状で、狭い間隔で布置されており、土台ガラスは濃い茶色である。調査では、表面ガラスが残存している金テッセラ50点を色彩計測した。

ギャラリー階に対して地上階の天井および柱上部はほぼ全域にわたってモザイクが残っている。そのうち、図8の地上階柱モザイクでは、他ではみとめられないテッセラ間からの塩類の析出がみとめられる。赤色や青色、緑色のズマルトテッセラと銀テッセラからなる丸と菱形の模様帯の縁取りはヴォールト天井まで続き、天井の中央には十字架と菱形、花、羽などを組み合わせた模様を描かれている。柱上部は、過去に修復された痕跡がみとめられ、テッセラの上からペイントが施されている場所もある。金・銀テッセラの表面ガラスはあまり剥離していないが、銀テッセラは一樣に黒変色が進行中であった。金テッセラは平均縦6.3mm×横6.7mm(計30点計測)と均一な寸法と形状で、広めの間隔で布置されており、土台ガラスは濃い茶色である。調査では、ペイントが被っていない金テッセラ31点を色彩計測した。

2階徐覆モザイクと地上階柱モザイクの両モザイクの分光反射率は図9, 10の通りである。500~600nm付近の反射率増加が著しく、これは、黄色系発色(530nm付近)の強い金色特有の



図7 2階南ギャラリー南東ピア東面の徐覆モザイク



図8 地上階南側廊南東隅柱上部のモザイク

波形である。また、 $L^*a^*b^*$ 表色系の数値は、 $L^*$ 値が50以上 (50~70)、 $a^*$ 値が5~10であった。 $L^*$ 値は明度を示し、 $a^*$ 値は緑色から赤色にかけての色相を示しており、両モザイクは、比較的明度の高い赤味を帯びた色彩の金テッセラで制作されていると言える。

これまでにドーム・モザイクをはじめとして、ナルテクスやデイシス、南ギャラリー階、地上階のモザイクにおいて実施した調査の結果から、モザイクに使用されている金テッセラの色彩を反射率および  $L^*a^*b^*$ 表色系の数値から分類し (図11)、その使用頻度から各モザイクの制作年代の推定を試みてきた<sup>22)</sup>。また、金箔工場の協力を得て実験をおこない、金テッセラの色彩が金箔の純度に応じて変化することを確認している<sup>23)</sup>。図11の分類基準に従い両モザイクの金テッセラの分光反射率を分類すると、2階除覆モザイクでは、Type 2と Type 5の使用頻度が高く、続いて Type 6と Type 3, 4の使用がみとめられた。また、Type 8,9もわずかに使用されていた (図12)。これに対して、地上階柱モザイクでは、Type 5と Type 8の使用頻度が高く、Type 2, 4も比較的多く使用されていた。Type10のように明らかに明度が低い金テッセラもわずかに混在していた (図13)。

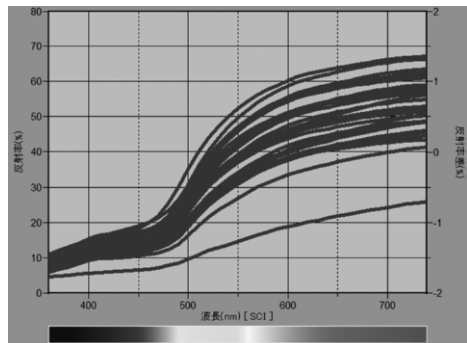
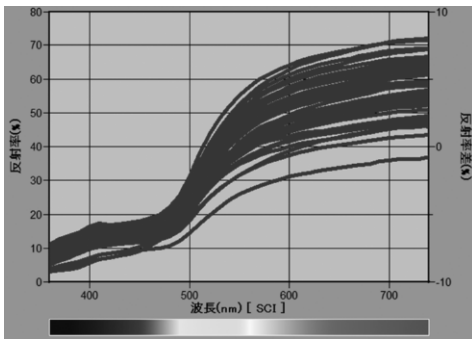


図9 2階除覆モザイクの金テッセラの分光反射率

図10 地上階柱モザイクの金テッセラの分光反射率

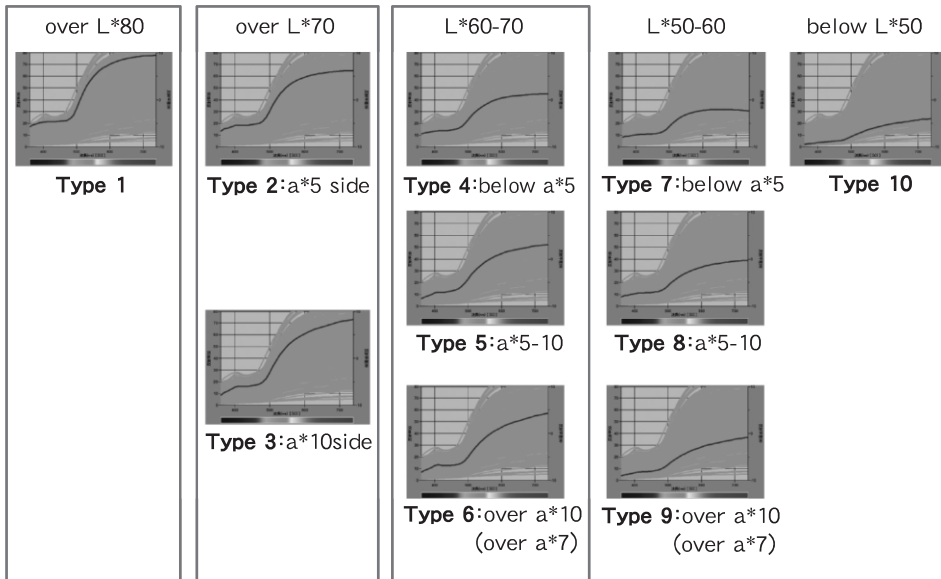
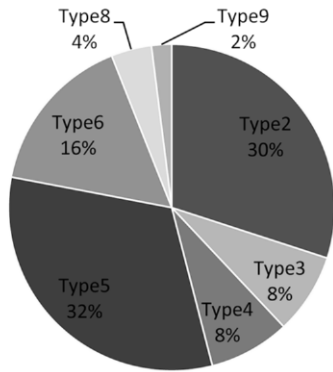
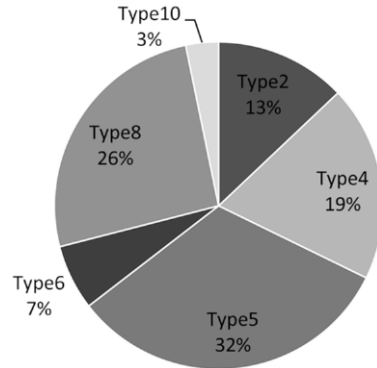


図11 分光反射率波形と  $L^* \cdot a^*$  値による分類基準



計50点



計31点

図12 2階除覆モザイクの金テッセラ使用頻度 図13 地上階柱モザイクの金テッセラ使用頻度

同様の色彩傾向は、2階南ギャラリー階の身廊列柱イントラドスに残る唐草文様モザイクやナルテクスの一部モザイク、そしてドーム6世紀モザイクでみとめられており、それらのモザイクと近い時期に制作されたモザイクである可能性が高い。

加えて、先述した既往研究における制作年代推定の根拠に基づいて検討するならば、両モザイクでは人物像はなく、下絵に赤色と黄色の両方が混在しており、下向きに角度をもって布置されているテッセラも部分的に確認できたことから、両モザイクはちょうど既往研究が指摘するイコノクラスム期を区切りとする転換期に近い時期に制作されたと考えられる。そして、この推定に色彩傾向を加味するならば、同様の色彩傾向をもつモザイク群が早期、つまり6世紀から9世紀に制作されたと推定できることから、本報で扱う両モザイクも6世紀から9世紀の早い時期に制作された可能性が高いと言える。

### 3-2. 表面ガラスの組成

表面ガラスはズマルトとは異なり無色透明のガラスであることから、ビザンティン時代のガラス研究で事例の多いガラス容器との比較が可能であり、制作年代推定の一助となることが期待できる。

そこで、自然剥落した金テッセラ表面ガラスをサンプルとして取得し、日本に持ち帰って分析する許可を得た。本報では、2013年および2014年に2階除覆モザイク（計5点）と地上階柱モザイク（計5点）から採取した合計10点の表面ガラス（図14-23）を分析対象とし、その組



図14 2階除覆モザイクの表面ガラス (SG1)



図15 2階除覆モザイクの表面ガラス (SG2)



図16 2階除覆モザイクの表面ガラス (SG4)

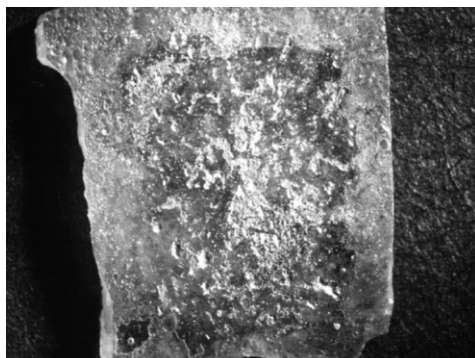


図17 2階除覆モザイクの表面ガラス (SG5)

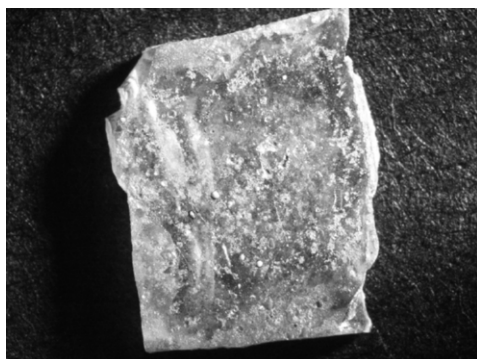


図18 2階除覆モザイクの表面ガラス (GSE2)



図19 地上階柱モザイクの表面ガラス (GSE1)



図20 地上階柱モザイクの表面ガラス (GSE2)



図21 地上階柱モザイクの表面ガラス (GSE3)

成について検討した。

自然剥落した表面ガラスのほとんどは風化している。そのため正確な分析値が得られない場合を考慮し、また極力サンプルへの損傷を避けるために、風化が比較的軽微であると推測される内側面（金箔と接している面）に対して、蛍光X線分析（セイコーインスツルメンツ（株）社製蛍光X線分析装置 SEA5230E を使用）を実施した。測定は金箔のないガラス部分を1試料に対して2箇所、各2回測定し、その平均値を求めた。励起用X線源はMo管球で、管電圧は15kVおよび50kV、管電流は自動設定とした。また、X線照射測定領域は $\phi 1.8\text{mm}$ 、測定時間は300秒で、真空中で測定をおこなった。測定結果は、標準試料を用いて補正したFP法により、





図22 地上階柱モザイクの表面ガラス (GSE4) 図23 地上階柱モザイクの表面ガラス (GSE5)

主成分から微量元素までの全12元素の酸化物重量百分率を求めた。定量結果は表1の通りである。今回の分析ではクリーニングを行わなかったため、風化により定量結果の信憑性が明らかに低いサンプル SG1および GSE3~5は、本報での考察には加えず、データのみでの提示に留める。また、分析全体においてマグネシウムおよびアルミニウムの検出が低く、今後、分析表面のクリーニングをおこない再分析・再定量を試みる予定である。

分析の結果、対象とした全ての表面ガラスはソーダ石灰ガラスであり、主成分である二酸化ケイ素を約71%、酸化カルシウムを約7%、そして酸化ナトリウムを約16%含んでいた。カリウムとマグネシウムはごくわずかにしか含まれておらず、消色剤には酸化マンガンが使用されており、アンチモンは一切検出されなかった。

この特徴は、既往研究<sup>24)</sup>で提示されているローマンガラスの組成と合致する結果である。カリウムとマグネシウムの割合が低いのは、融剤としてナトロン (Natron, 天然のソーダ鉱物) を使用していることに起因し、9世紀以降に融剤として使用が高まる植物灰ではマグネシウムの割合が高くなることから考えても、本報で扱うサンプルはナトロン・タイプ、つまり9世紀以前に一般的であったガラス組成であることがわかる。

また、鉄 (FeO) とアルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の割合も、ローマンガラスのそれと近似している

表1 表面ガラス定量結果 (単位: wt.%)

	SG1	SG2	SG3	SG4	SG5	GSE1	GSE2	GSE5	平均
SiO <sub>2</sub>	80.28	71.15	71.84	70.15	70.02	76.06	69.10	35.60	71.39
Na <sub>2</sub> O	1.66	15.33	14.59	17.56	17.16	13.47	16.19	33.60	15.72
K <sub>2</sub> O	0.65	0.59	0.59	0.87	0.81	0.60	0.66	0.09	0.69
CaO	6.19	5.21	7.35	7.93	8.51	5.98	9.74	15.06	7.45
MgO	0.08	0.05	0.04	0.15	0.07	0.14	0.07	0.24	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.17	5.61	3.95	1.44	1.44	1.46	1.81	4.67	2.62
FeO	0.66	0.37	0.36	0.43	0.42	0.45	0.47	1.22	0.42
MnO	1.05	0.67	0.73	0.77	0.76	0.57	0.63	1.04	0.69
TiO <sub>2</sub>	0.13	0.13	0.15	0.17	0.17	0.13	0.16	0.67	0.15
ZnO	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.28	0.02
PbO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

表2 ソーダ石灰ガラスの一般的な組成 (単位: wt.%, 既往研究<sup>27)</sup>より引用)

Oxide	Levantine II Bet Eli'ezer	Levantine I Apollonia	HIMT Carthage	Egypt II Ashmunein	Roman blue-green Leicester
SiO <sub>2</sub>	74.9	70.6	64.8	68.2	70.7
Na <sub>2</sub> O	12.1	15.2	18.7	15.0	18.4
K <sub>2</sub> O	0.46	0.71	0.44	0.2	0.69
CaO	7.16	8.07	5.24	10.8	6.43
MgO	0.63	0.63	1.29	0.5	0.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.32	3.05	3.18	2.1	2.33
FeO	0.52	0.35	2.07	0.7	0.60
MnO	<0.1	<0.1	2.66	0.2	0.26

(表2)。ただし、コンスタンティノポリスでのテッセラ制作を示す遺跡は発見されておらず、地方から加工済み材料を輸送していたとされ、ガラスに使用された砂の原産地として挙げられるエジプトとレバントのうち、コンスタンティノポリスにはレバントの砂を使用したガラスが多く搬入されていたと指摘されている<sup>25)</sup>。しかし、本報で扱うサンプルは、このレバント・タイプよりもマンガンの含有量が多く、この点においてもよりローマガラスに近い組成であると言える。また、地域や時代に関係なく表面ガラスの漂白に酸化マンガンの使用がみとめられ、特にイタリアや中近東地域の初期ビザンティン・モザイクのテッセラでは高い割合で酸化マンガンが含有されていることも報告されている<sup>26)</sup>。

以上の結果から、2階除覆モザイクと地上階柱モザイクの表面ガラスは、一般的なローマガラスの組成をもっており、9世紀より以前の制作である可能性が高いと言える。そして、この結果は色彩分析の結果とも符合する。ただし、表面ガラスの風化の影響と考察対象とするサンプル数が6点のみであることを考慮すると、今後さらに制作年代がわかっているモザイクから剥落した表面ガラスの分析をおこなうなど、より検討を進める必要がある。

#### 4. まとめ

アヤ・ソフィアのモザイクにおいて最も多用されているのが金テッセラである。本報では、その金テッセラについて色彩による分析と表面ガラスの組成分析から、制作年代の検討を試みた。2階除覆モザイクと地上階柱モザイクの金テッセラは、人物像が描かれていない点や下絵の色、布置角度など早い時期に制作されたモザイクの特徴を具備している。これに加えて、色彩分析および表面ガラスの組成分析の結果から、6～9世紀に制作された可能性が高いことを確認した。今後は、風化の影響を検討するとともに、他モザイクでの分析を進めていく予定である。

#### 謝辞

本研究は、平成24年度学術振興会特別研究員研究奨励費の助成を受けたものである。

アヤ・ソフィア博物館の館長ならびに学芸員の方々の理解と協力を得てサンプルを採取することができた。また、組成分析については、東京文化財研究所の早川泰弘室長ならびに吉田直人主任研究員にご指導いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 佐々木免也：オックスフォード西洋美術事典，1122（1989）
- 2) Isotta Fiorentini Roncuzzi, Fiorentini Elisabetta : Mosaic : Materials, Techniques and History (2002)
- 3) Mosaics In Situ Project : Illustrated Glossary Definitions of terms used for the graphic documentation of in situ floor mosaics, 3 (2003)  
The Getty Conservation Institute HP よりダウンロード可能：  
[http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/glossary\\_mosaics\\_situ.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/glossary_mosaics_situ.html)
- 4) Cyril Mango : Materials for the Study of the Mosaics of St. Sophia at Istanbul, Appendix II, 117-140 (1962)
- 5) Semavi Eyice : Ayasofya, Vol.1-3, (1984, 1986)
- 6) Thomas Whittemore : The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. Preliminary Report on the First Year's Work, 1931-1932, The Mosaics of the Narthex (1933)
- 7) Thomas Whittemore : The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. The Mosaics of the Southern Vestibule (1936)
- 8) Thomas Whittemore : The Mosaics of Hagia Sophia at Istanbul. Fourth Preliminary Report Work done in 1934-1938, The Deesis panel of the south gallery (1952)
- 9) Thomas Whittemore : The Mosaics of Hagia Sophia at Istanbul. The Imperial Portraits of the South Gallery (1942)
- 10) Cyril Mango, Ernest J. W. Hawkins : "The Apse Mosaics of St. Sophia at Istanbul. Report on work carried out in 1964", *Dumbarton Oaks Papers*, No.19. (1965)
- 11) Cyril Mango, Ernest J. W. Hawkins : "The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. The Church Fathers in the North Tympanum", *Dumbarton Oaks Papers*, No.26, 21-37 (1972)
- 12) Cyril Mango, Ernest J. W. Hawkins : "The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. The Church Fathers in the North Tympanum", *Dumbarton Oaks Papers*, No.26, 21-37 (1972)
- 13) Cyril Mango, Ernest J. W. Hawkins : "The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. The Church Fathers in the North Tympanum", *Dumbarton Oaks Papers*, No.26, 3-4 (1972) ; Paul A. Underwood, Lawrence J. Majewski : "Notes on the Work of the Byzantine Institute in Istanbul : 1957-1959 : The Conservation of a Byzantine Fresco Discovered at Etyemez, Istanbul", *Dumbarton Oaks Papers*, Vol.14, 209 (1960)
- 14) Thomas Whittemore : The Mosaics of Hagia Sophia at Istanbul. Fourth Preliminary Report Work done in 1934-1938, The Deesis panel of the south gallery, 38-43 (1952)
- 15) Antonia Moropoulou, Nicolas P. Avdelidis, Ekaterini T. Delegou, C. Gill, J. Smith : "Study of deterioration mechanisms of vitreous tesserae mosaic", *atti del convegno internazionale di scienza e beni culturali. anno 2002, I MOSAICI, cultura, tecnologia, conservazione*, 843-851 (2002)
- 16) Isotta Fiorentini Roncuzzi, Fiorentini Elisabetta : Mosaic : Materials, Techniques and History, 59 (2002)
- 17) Manuela Farneti : *Glossarion tecnico-storico del mosaico/Technical-Historical Glossary of Mosaic Art*, 69-71 (2001)

- 18) Isotta Fiorentini Roncuzzi : “Smalto d’oro e d’argento”, *Il mosaico : materiali e tecniche dalle origini ad oggi*, 80-88 (1984)  
ラヴェンナのサン・ヴィターレ聖堂のデータを参照
- 19) Manuela Farneti : *Glossarion tecnico-storico del mosaico/Technical-Historical Glossary of Mosaic Art*, 71 (2001)
- 20) Isotta Fiorentini Roncuzzi : “Smalto d’oro e d’argento”, *Il mosaico : materiali e tecniche dalle origini ad oggi*, 80-88 (1984)
- 21) Cristina Moldi Ravenna, 77-91 (1996)  
ORSONI's HP : <http://www.orsoni.com/>このほかにも、片方のガラスを水蒸気で湿らせて金箔を貼り付けガラスを当て、炉の中で溶解し接合している工房もある(2007年9月ラヴェンナ工房にてヒアリング)。
- 22) 佐々木淑美, 日高健一郎: ハギア・ソフィア大聖堂モザイクの現状記録と材料・技術考察 現地調査報告 (その1 ドーム・モザイク), *日本建築学会計画系論文集*, 76巻, 661号, 703-709 (2011)
- 23) 佐々木淑美: ハギア・ソフィア大聖堂モザイクの現状記録と材料・技術考察, *文化財の壺*, 24-29 (2010)
- 24) Ian Freestone, M. Bimson, David Buckton : “Compositional categories of Byzantine glass tesserae”, *Annales du 11 congrès de l’association internationale pour l’histoire du verre*, 271-280 (1988)
- 25) Liz James : “Byzantine glass mosaic tesserae:some material considerations”, *Byzantine and Modern Greek Studies*, Vol.30, No.1, 29-47 (2006)
- 26) Mariangela Vandini, Cesare Fiori, Rachele Cametti : “Classification and technology of byzantine mosaic glass”, *Annali di Chimica*, **96**, 597-598 (2006)
- 27) Ian Freestone : “The Provenance of Ancient Glass through Compositional Analysis”, *Material Research Society Symposium Proceedings*, Vol.852 (2005)

キーワード: ハギア・ソフィア大聖堂 (Hagia Sophia); 金テッセラ (gold tessera(e)); 分光反射率 (color reflectivity); 表面ガラス (cover glass / cartellina); 蛍光X線分析 (fluorescent X-ray analysis)

## Gold Tesserae of Mosaics in Hagia Sophia: Color and Composition Analysis

Juni SASAKI\*, Chie SANO and Takeshi ISHIZAKI\*<sup>2</sup>

Hagia Sophia is one of the world's most famous cultural heritage sites because of its unique structural system, coexistence of religions, and various mosaics that were executed from the 6th to the 14th centuries.

In Hagia Sophia, an interesting subject for scholars is the date of the mosaics. Attempts have been made to identify the correlation of materials and dates. Differences among the materials and techniques of each era can be determined by visual observation and measurement of tessera size. The characteristics of mosaics have also been identified by color spectral reflectivity survey. Now 10 samples of cover glass of tesserae from 2 mosaics (at South Gallery and South Aisle) are being analyzed to verify previous considerations. The possibility that both mosaics were executed in an earlier period, such as from the 6th to the 9th centuries, may be pointed out on the basis of analysis of these samples.

---

\*Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science (PD)

\*<sup>2</sup>Tohoku University of Art and Design