

文化財の非破壊分析－黒猫はどこへ消えた？－

下山 進

概要：大気中で非破壊分析が可能なX線分析顕微鏡を使用した元素マッピング画像解析の結果、ゴッホが1890年に描いた「ドービニーの庭」(ひろしま美術館所蔵)には、もともとクロムイエローとプルシアンブルーの混色によって緑青色の「黒猫」が描かれていたことが判った。そして、その「黒猫」はキャンバスに直接描かれたものであった。

キーワード：ゴッホ, ドービニーの庭, 放射性同位元素, 蛍光X線分析, X線分析顕微鏡

Nondestructive analyses of Cultural Properties Blotted out the Black Cat ?

SUSUMU SHIMOYAMA

Abstract: Through element mapping image analyses using a X-ray analytical microscope that enables nondestructive analyses in a non-vacuum environment, it was found that a 'black cat', painted in a green-blue mixture of chrome yellow and Prussian blue originally existed in Vincent van Gogh's *Le Jardin de Daubigny* (1890, Hiroshima Museum of Art), and that this 'black cat' was directly painted onto the canvas.

Keywords: Vincent van Gogh, *Le Jardin de Daubigny* (Daubigny's Garden), Radioisotope (RI), X-ray Fluorescence, X-ray analytical microscope

1. はじめに

フィンセント・ファン・ゴッホの油彩画《ドービニーの庭》には、バーゼル美術館所蔵作品(図1)と、ひろしま美術館所蔵作品(図2)の二枚がある。

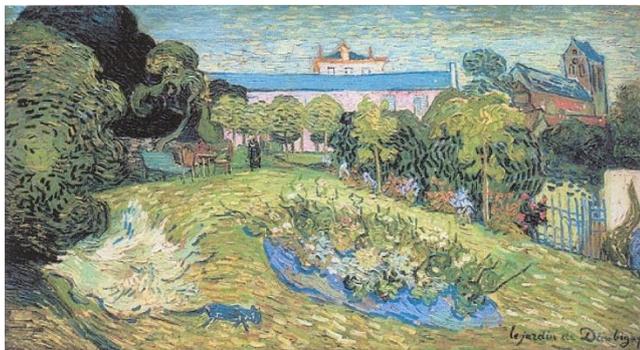


図1 ゴッホ《ドービニーの庭》バーゼル作品

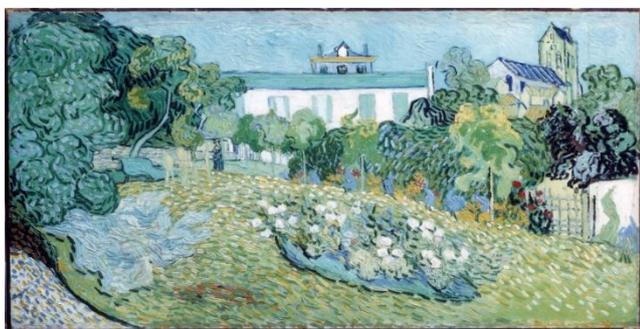


図2 ゴッホ《ドービニーの庭》ひろしま作品

バーゼル作品は左下に黒猫が描かれているが、ひろしま作品の左下に黒猫はいない。そこは、茶褐色に描かれている。黒猫は消されてしまったのか？

油彩画は、画家の主題がキャンバス上に油絵具の重なりと広がりによって表現される。また、油彩画に使われる絵具は、それぞれ固有の主成分元素を持っている。言い換えれば、使われた絵具の主成分元素が重なり広がっている。もし、塗りつぶした絵具層の下に黒猫が描かれているならば、重なって広がる絵具の主成分元素を分別し、分別した各元素の分布状態を観察することによって、隠された黒猫の姿が絵具の主成分元素とともに確認できる。

そこで、ひろしま作品について、まず放射性同位元素(RI)を線源とする蛍光X線分析を行い絵具の主成分元素を特定し、次にX線分析顕微鏡によって特定した元素の分布状態をマッピング像として解析した。

1. RI 蛍光X線分析¹⁾

装置の構成を図3と4に示した。この装置は、AET Technology 製アメリカシウム ^{241}Am 密封環状線源:A, 遮蔽材:B, Amptek 製XR-100CR型ペルチェ効果冷却式小型シリコン半導体(Si-PIN)検出器:C, 同社製PX2CR型プリアンプ:D, およびPMCA-8000A小型マルチチャンネル波高分析器:E, そしてパーソナルコンピュータ:Fから成る。総重量はコンピュータ(F)を除き約1.8kgである。

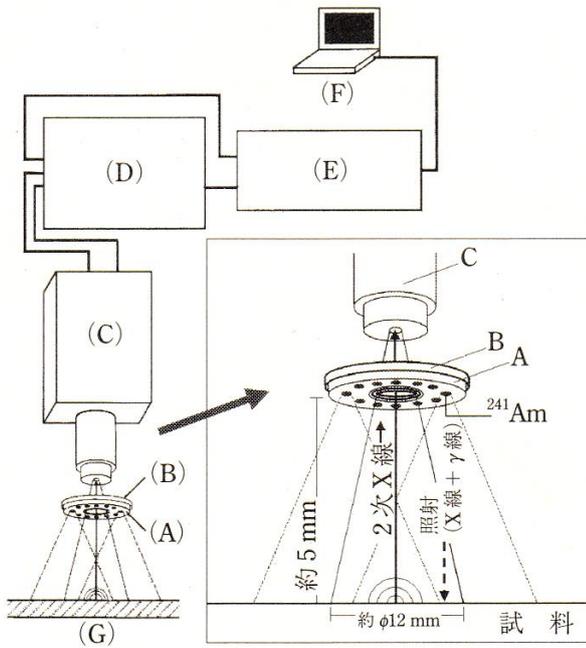


図 3 RI 線源を用いた蛍光 X 線分析装置の構成

洞部に位置するように密着させて取り付けられ、その線源部の下に試料 (G) を置き、試料表面から約 5 mm の空間を持たせて (非接触の状態) で保持する。そして、大気中で線源 (A) から放出される放射線を試料面に照射し、そのとき試料から発生する二次 X 線 (蛍光 X 線) を遮蔽材 (B) の中央空洞部から検出器 (C) の窓 (ベリリウム膜) を通して検出する。この空間距離における試料表面の測定面積は、約 $\phi 12$ mm となる。なお、この装置のエネルギーチャンネル校正は、鉄、銅、鉛、金、銀等の標準物質 (ニコラ製) をそれぞれ用いて行う。

ひろしま作品左下、茶褐色に描かれた部分とその周辺を分析した。測定点は図 5 に示した。



図 5 RI 蛍光 X 線分析装置による測定点

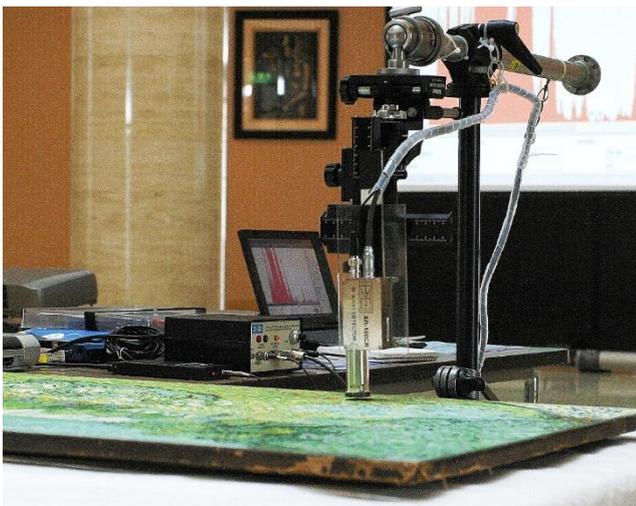


図 4 RI 蛍光 X 線分析装置による調査

線源 (A) は、セラミックスで密封した粒状の ^{241}Am をリング状に配置して内包させ、厚さ 3 mm、外形 $\phi 18$ mm、内径 $\phi 12$ mm の環状に樹脂で成型したもので放射線強度 (数量) は 1.85 MBq であり 13.95 と 17.74 keV の X 線および 59.54 keV の γ 線を放出する。遮蔽材 (B) は、線源から放出される放射線が直接検出器に取り込まれないよう、厚さ 2 mm の鉛板で環状線源の周囲と上部そして中央の空洞部側面を包み込み、さらに厚さ 1 mm の銀製の管 (内径 $\phi 6$ mm) を中央空洞部に施してある。検出器 (C) の先端部の窓 ($\phi 5$ mm) には遮光を兼ねた厚さ 1 mil (25 μm) のベリリウム膜があり、その内部に面積 2.4×2.8 mm、厚さ 300 μm の Si-PIN ホトダイオードがある。この検出器の先端部の窓が線源 (A) を覆っている遮蔽材 (B) の中央空

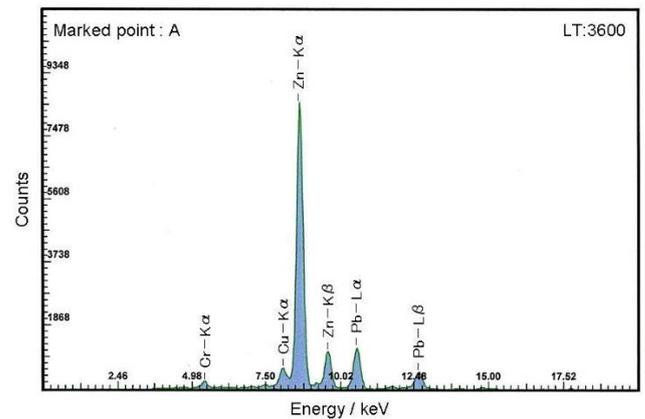


図 6 測定点 A から得られたスペクトル

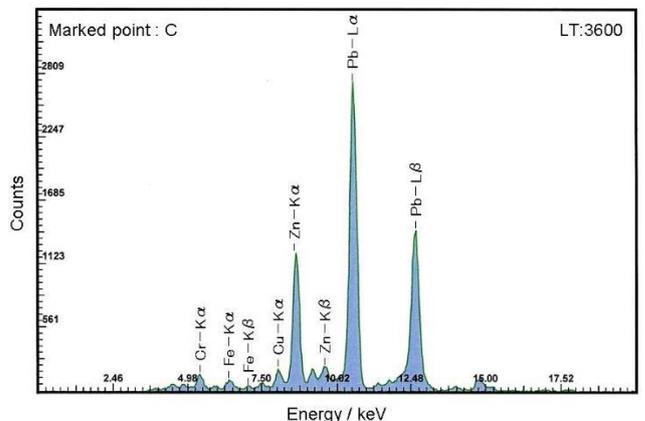


図 7 測定点 C から得られたスペクトル

蛍光 X 線分析の結果、周辺部 (A,B,D,E,H,I,K,L) と茶褐色

色部分（測定点：C,F,G,J）の両者に共通する元素として、クロム、銅、亜鉛、鉛元素が検出され、亜鉛元素の強度は周辺部の方が強く、鉛元素の強度は茶褐色部分の方が強かった。また、測定点 A と C から得られた XRF スペクトル（図 6 と 7）を比較すれば明らかなように、鉛元素の強度が強い茶褐色部分からは周辺部に無い鉄元素が同時に検出された。これらのことから、もし黒猫が描かれているとすれば、それは鉄を主成分元素とする青色絵具「プルシャンブルー」が想定された。

3. X線分析顕微鏡によるマッピング像の解析

RI 蛍光 X 線分析によって特定された各元素のマッピング像を X 線分析顕微鏡 (XGT-5000) によって測定し解析した²⁾。この装置には、ひろしま作品（サイズ：53.3×103.2×2.0 mm）のように大型試料であっても、XYZ 方向にモータドライブできる大型のステージを取り付けてある（図 8）。



図 8 X線分析顕微鏡による非破壊分析装置

茶褐色に描かれている平面の X と Y 軸を 60.416×60.416 mm とし、約 1.8 mm/s の速度で平行移動させながら 100 μm に集光した X 線ビーム (50kV/1mA) を垂直に照射し、重なって広がっている絵具層から、特定した各元素が放出する二次 X 線を約 0.23 mm 移動する毎に計測し分別してマッピング像とし、それぞれの分布状態を解析した。クロム、クロムと鉄、亜鉛、そして鉛元素のマッピング像を図 9 ～ 12 に示した。

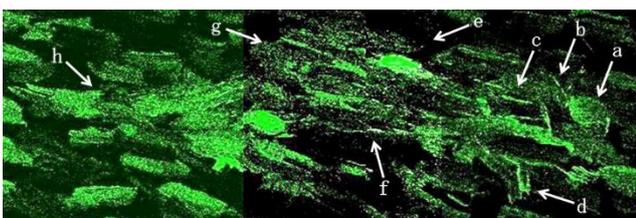


図 9 クロム元素のマッピング像

クロム元素のマッピング像（図 9）から猫の頭 (a)、耳 (b)、首 (c)、前足 (d)、胴体 (e)、腹 (f)、腰 (g) そし

て尾 (h) の形態が観察でき、茶褐色の絵具層の下に黒猫が描かれていることが解った。

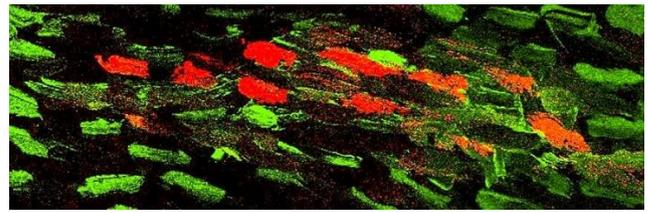


図 10 クロムと鉄元素のマッピング像

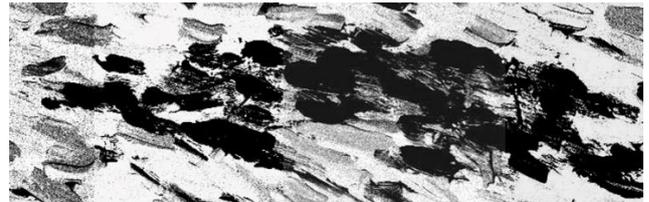


図 11 亜鉛元素のマッピング像



図 12 鉛元素のマッピング像

また、これらのマッピング像から、次のことが解析できた。ゴッホはジンクホワイト（主成分元素：亜鉛）を多用し、黒猫を描く場所は空けて置き（図 11）、そこにクロムイエロー（主成分元素：クロムと鉛）とプルシャンブルー（主成分元素：鉄）を用いて（図 10）濃い青緑の黒猫をバーゼル作品と同様に描いていた。しかし、その黒猫はシルバーホワイト（主成分元素：鉛）をベースとした有彩色の絵具で塗りつぶされ隠されてしまった（図 12）。

参考文献

- 1) 下山 進, 野田裕子, 分析化学, **49**, 1015 (2000).
- 2) 下山 進, 大原秀之, 吉田寛志, 大下浩司, 古谷可由, “ゴッホ《ドービニーの庭》のすべて”, 第 1 部科学調査, p.15 (2008) (ひろしま美術館・吉備国際大学).