

## 金属糸装飾のある15世紀イタリア錦の 絹繊維における経年変化の科学的研究

榎本 都・佐藤昌憲

### 1. 緒 言

繊維文化財に使用された繊維の材質を同定し、経年脆化の状況を把握することは、保存管理や製作年代の推定などに重要である。著者らは繊維文化財の研究に際し、各試料の既存の収藏品調書の内容を精査し、従来の文献的考察と共に科学的分析方法を併用し、試料とその経歴との比較検証を重ねている(世良 都ら:1991, 1992)。

ここで報告する試料(写真1;p.33参照)は15世紀イタリアのピロード錦であり、これと同一品または同類品がフィレンツェのBargello美術館を始め、欧州の数箇所の博物館にそれぞれ収蔵されており、その精緻な技術と洗練された様式から、文化財的価値の高い品例である。各博物館とも材質及び年代同定(15—16世紀)に関して、ほぼ同様の記述をしており、本試料についても既存の収藏品調書との比較から時代的に妥当な脆化状況である。特に本試料を選んだ理由は、部分的に金属が使用されているため、金属フィラメントで巻かれて表面が保護されていた芯糸と、表面が環境に晒されていた本体の織り糸とが一定の経年後、脆化形態上どのような差が生じているか興味を持ったからである。

### 2. 実 験

#### 2-1 試料

##### 2-1-1 試料の収藏品調書

品 目:織布

種 目:ピロード錦

製 作 地:イタリア フィレンツェ?

製作年代:15世紀後期

素 材:絹, 金属糸

寸 法:経(耳方向)60cm, 緯49cm

保存状態:全体に均一な脆化の進行。経糸の摩耗及び劣化による損傷部に補強修復が施されている。ピロード部分の保存状況は良好。染料は全体的に経年による自然な褪色。

収 蔵 地:Séra Collection (Paris, France) 収藏品番号 Inv. 91003

## 2-1-2 試料の外観様式及び状態

写真1に示すとおり、試料の文様は2本の流線の反復交叉からなる楕円が対角線状に配置されており、各楕円の中に柘榴の実、花、枝葉がシンメトリーに王冠で束ねられている。14-16世紀にルッカ、フィレンツェ、ミラノ、ヴェネチアなどで盛行していたイタリアの絹織物では、文様として枝葉の交叉や立湧の構図、あるいは柘榴の図柄が、その実の色や形状から豊堯、ヴァイタリティ、繁栄などの象徴として好んで使用されていたことが、欧米の博物館収蔵品の多数の品例から窺える (Cox:1914; Devoti:1974; Errera:1927; Markowsky:1976)。

写真1の試料の右端に織耳の一部が存在することから、写真の上下方向が経糸、左右方向が緯糸と判定できた。試料の左端は部分的に切断されているが、図柄の反復構成から推定して織幅は約57cmとなる。

試料の織組織は赤、淡茶の2経糸(経毛)による経ピロード織で図柄部分を浮き出し、一方、地織は5枚経縹子で緑の経糸が淡緑茶の各4緯糸を沈めて浮き糸とし、多く表出することにより縹子効果である光沢を与えている。花芯や実の弾けた図柄部分には、織布の裏側から金属糸を輪奈状( $\phi=2-3\text{mm}$ )に表出させた装飾が見られる(山田:1958, p.149-150, p.162-163から織物組織に関する技術用語のみ一部参照)。

試料は現在では四辺が1cm以内裏側に折り込まれているが、以前は2cm前後折り込まれていたものを、後年、折り込み直したものと考えられる。写真1でも明白なように、その差1cmの部分は各色の染料の保存度が高く、経年褪色の観察対象としても興味深い。ピロード織の図柄部分が比較的良好な保存状態にあるのに対し、地織部分の経糸は脆化による単糸切れがかなりの部分で生じており、経方向に刺した修復糸で補強されている。左端の経方向14箇所には鋏跡が存在することから壁布や家具などの室内装飾として長期間固定されていたものと推察される。

本試料と同品または同類品が次の各博物館に収蔵されている。

Musée des Arts Décoratifs (Paris) Inv. No. 3646A

The Art Institute of Chicago (Chicago) Inv. No. 95872

Museo del Bargello (Firenze) Inv. No. 112

Musée Historique des Tissus (Lyon) (Cox:1914, 参照, Pl.1 No.9, Page 136 左図)

Kunstgewerbemuseum der Stadt Köln (Köln) Inv. No. S. S. 55

Musées Royaux d'Art et d'Histoire (Bruxelle) (Errera:1927, 参照, Pl. No.132, p.140)

## 2-2 試料糸の採取及び特性

試料を詳細に観察したところ7種類の糸が使用されていたので、それぞれA~Gとした。

A糸: 試料の左端(切断されて織耳がない辺)の上から約20cmの部分の解けていた糸を約3cm採取した。

B, C糸: A糸と同じ部分から同分量採取した。

D, E, F系：試料の下部左端より約2cmから10cmまでの間の解けていた部分から、それぞれ約5-7cm採取した。なお、F系は緯糸で裏側に用いられている。

G系：左端より2cm, 下端より11cmの交叉するあたりの裏側で、外れ落ちかけていた金属糸7cmを採取した。CCDカメラの250倍映像により、金属糸の状態を観察した後、金属フィラメントを一部剥して芯糸を採取した。

表1 試料糸の特性  
Table 1 Characteristics of sample threads

糸の種類	A	B	C	D	E	F	G
織糸構成	経糸	経糸 (経毛)	経糸 (経毛)	緯糸	緯糸	緯糸	芯糸(1)
呈色(2)	淡緑	赤	淡茶	淡緑茶	淡緑茶	淡黄茶	黄茶
撚方向	S	S	S	Z	Z	無または微S	不定(3)
撚の強さ	甘	甘	甘	極強	強	無または微甘	不定(4)
撚数 (T/cm)	3.5	3-3.5	5	不定(5)	不定(5)	0.5-1	不定(6)
単糸数 (本)	1	1	1	1	1	3	1
撚糸の太さ (mm)						0.2	
単糸の太さ (mm)	0.09	0.13	0.12	0.3-0.45	0.2	0.07	0.22
単糸の単繊維数(本)(7)	40	48	46	240	120	18	160
単繊維の太さ (μm) (8)		7-16		8-17		13-27	8-16

(註)

- (1) 金属糸の芯糸
- (2) 経年による自然褪色が原因で、色相は一定でない。
- (3) 恐らく芯糸は無撚りで、金属フィラメントを巻き付ける工程で芯糸が振れて撚りが生じたと考えられる。  
数箇所糸について観察した結果、無撚り、S及びZ撚りの芯糸が存在した。
- (4) 註(3)の観察結果から撚りの強さは多様であった。
- (5) D及びE糸とも試料採取の度に撚りの強さが極端に異なり、一定の計測値が得られなかった。
- (6) 註(3), (4)に基づく。
- (7) 脆化及び採取時の単糸切れのため、各単糸の平均的な計測値を示す。
- (8) 太さの最小値と最大値の範囲を示した。

## 2—3 装置

CCD カメラ及び走査型電子顕微鏡は前報（世良：1991）に記したものと同一である。

## 3. 結 果

CCD カメラ及び走査型電子顕微鏡により各糸を観察し、繊維の種類、形態と脆化状況について、以下のような所見を得た。

### 3—1 CCD カメラ（写真2；p. 34参照，倍率400倍）

糸の種類	写真番号	所 見
A	(1)	単繊維数の少ない緩やかなS撚りの単糸。各単繊維は円筒形状の均質な長繊維で光沢が強い。切断された単繊維がかなり混在している。部分的に微かな“より”が認められるが、天然よりか、糸の織り癖によるものかは不明。淡緑色の呈色は全体的に褪色し、彩度は不均等である。
B	(2)	緩やかなS撚り単糸。単繊維は円筒形状で均整感の高い長繊維。A糸と比較して単繊維切れがほとんど見られない。A糸と同様に部分的に緩やかな“より”が見られる。赤色の呈色は色相が均質で、褪色が比較的少なく鮮やかさが保たれている。
C	(3)	A，B糸と表面形態が極めて類似し、円筒形状の単繊維。B糸と同様に単繊維切れはほとんど生じていない。淡茶色の呈色は明度，彩度共に均質で，褪色や緩やかで光沢を保っている。
D	(4)	単繊維数の多い極めて強いZ撚りの単糸で，強い撚りのため更に部分的にZ状螺旋が生じている。各単繊維は円筒形状の長繊維で，強撚糸の外周部に一部単繊維切れが見られるが，試料糸の撚りを戻してみると，単繊維束内部では単繊維切れは生じていない。繊維束内部は淡黄茶の呈色であるが，外周部には淡緑色の単繊維が混在している。経年により経糸の単繊維が摩耗などにより混入したものか，あるいは繰糸の後，単糸を強撚糸にするための工程で淡緑色糸を絡ませたものか不明で，淡緑色の単繊維には部分的に淡黄茶の呈色箇所もある。
E	(5)	比較的単繊維数が多く，強いZ撚りの糸。各単繊維は円筒形状の長繊維で単繊維切れは少ない。呈色状態はD糸と同じ。
F	(6)	少ない単繊維数で無撚り糸3本を引き揃え，平行に1本として使用。各単繊維は他の糸と比較して扁平で，太さ及び形態の均等性が低く，全体

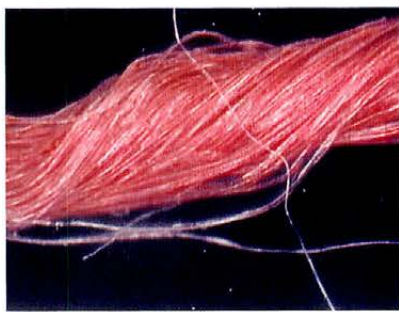


写真1 試料としたビロード錦

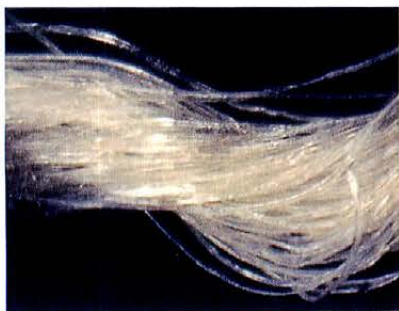
Photo.1 The velvet brocade used in this investigation



(1)



(2)



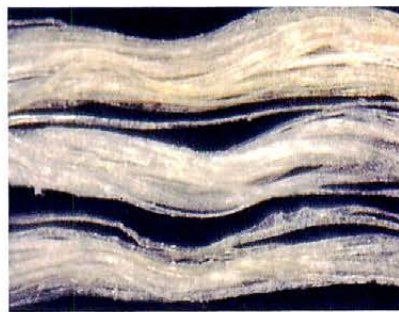
(3)



(4)



(5)



(6)



(7)

写真2 CCDカメラによる試料糸の写真(×400)

Photo. 2 Photographs of sample threads by CCD camera (×400)

- (1)A糸
- (2)B糸
- (3)C糸
- (4)D糸
- (5)E糸
- (6)F糸
- (7)G糸

- (1) threads A
- (2) threads B
- (3) threads C
- (4) threads D
- (5) threads E
- (6) threads F
- (7) threads G

的に楕円筒形状の長繊維。他の糸と比較すると透明感が少なく、光沢も弱くてやや白濁している。単繊維切れは少ない。全体的な表面形態で粗硬感が認められる。

- G (7) 均質的で緩いS撚り単糸。この写真の箇所以外で単糸に無撚りやZ撚りのものが混在する部分がある。各単繊維は円筒形状で太さは均一であり、単繊維切れはあまり生じていない。金属フィラメントで稠密に巻かれていた部分では黄色の呈色が鮮やかに保たれており、光沢も良い。

### 3-2 走査型電子顕微鏡

各試料糸の中で特徴のあるB, D, F, G糸について観察所見を述べる(写真3~6; p. 37, 38参照)。

糸の種類	写真番号	所見
B	3 (1)	円筒または楕円筒形状の単繊維。部分的に摩耗などにより壁層部が剥かれて変形したように見える単繊維の混在(写真中で左から2本目, 3本目)や, 多くの単繊維の壁層部に脆く剥がれたような堆積物の付着が見られる。
B	3 (2)	円筒形状または偏平な楕円筒形状(断面は扇型や貝殻型などの不揃いな変形楕円形)で, 直線状あるいは緩やかな曲線状の単繊維。写真中で下から3本目の単繊維のように, 形質的に疲弊感のあるものが混在する。
B	3 (3)	部分的に角張った小判型の楕円形断面。試料作成時の切断によって生じたと考えられる陥没したような破断部には, 繊維軸方向に配列したフィブリル構造の空隙化が観察できる。外壁層は著しい量の堆積物が被覆している。全体的に弾力性, 柔軟性の低下が起っていると推定される。
D	4 (4)	円筒及び一部楕円筒形状の均質な単繊維で, 太さはやや不揃い。各単繊維は堆積物の厚い被覆が認められる。表面形態からは極端なフィブリル化などの脆化状況は見られないので, 弾力性の著しい低下や繊維の痩せは起っていないと考えられる。
D	4 (5)	断面は貝殻型または不定多角形に近い。単繊維は変形楕円筒形状で均質な太さと形態をしている。各単繊維は織り癖によると考えられる緩やかな曲線を描いている。外壁層部には多量の堆積物が付着しているため, 一部分では膨潤したような形態の単繊維も混在している。
D	4 (6)	蛤貝の様な形態の断面。断面を観察すると繊維表面のフィブリル構造の

空隙化だけではなく、外壁層に見られる堆積物の付着状態からも全体的な脆性劣化が認められる。外壁層には単繊維の表面形状に沿って堆積物が厚く被覆している。

- F 5 (7) 単繊維の表面形態は全体的に不揃いな楕円筒形状で、太さは他の糸と比較してかなり太く、不揃いでしかも部分的に痩せている。単繊維の大部分に繊維軸方向と平行に凹部が存在し、そのあたりを中心として堆積物が厚く被覆している。
- F 5 (8) 極めて扁平な変形楕円筒形状の単繊維で、痩せたようなものも存在。断面形態も他の糸と異なり、楕円形状の長径幅が広い。外壁層は堆積物で厚く被覆され、その一部では間隙部が生じたり、剝離したりしている。全体的な荒廃と特徴的な粗硬感が認められる。
- F 5 (9) 扁平な西洋ナシ型の断面で、その空隙化したフィブリル構造から全体的な脆性劣化が観察できる。単繊維幅（長径）は他の糸と比較して約二倍である。繊維表面及び凹部に堆積物が厚く被覆している。
- G 6 (10) 円筒や楕円筒形状の単繊維。堆積物の付着状況は均一ではなく、比較的清浄な表面も存在する。繊維軸方向に亀裂のある単繊維も混在。
- G 6 (11) 単繊維は全体に均質な形態をしており、断面は貝殻型や変形楕円型で比較的均整感が高い。各単繊維には極端なフィブリル化や荒廃は生じていない。また他の糸と比較して外壁層部には著しい量の堆積物は認められない。
- G 6 (12) 犬歯型や花びら型の断面。試料作成時の断面破断部からフィブリル構造の空隙化や全体の脆性劣化が、外壁層の清浄さとは関係なく進行している状況が観察される。

---

(註) 3-2項の全体にわたり、繊維学会編：1982、の走査型電子顕微鏡写真 (p. 117, p. 119) 及び皆川：1981、の走査型電子顕微鏡写真 (p. 64, 67) を部分的に参考にした。

#### 4. 考 察

4.1 調査した7種の試料糸の材質については、CCDカメラ及び走査型電子顕微鏡の観察結果を総合して家蚕 (*Bombyx mori* L.) 糸であることが明らかになった。その根拠としては、まず、全般的に繊維の断面形状が三角形に近く、繊維側面に綿の“天然より”や、靱皮繊維(亜麻など)の節が存在せず、更に、動物繊維(羊毛など)の特徴的断面(円形)とも異なり、側面にスケールが存在しないことなども挙げられる。



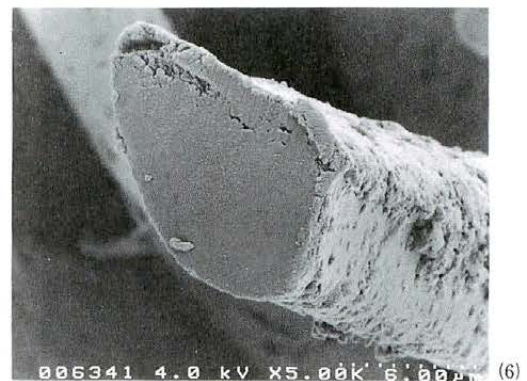
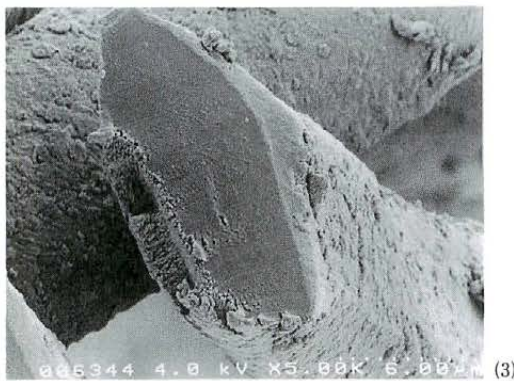
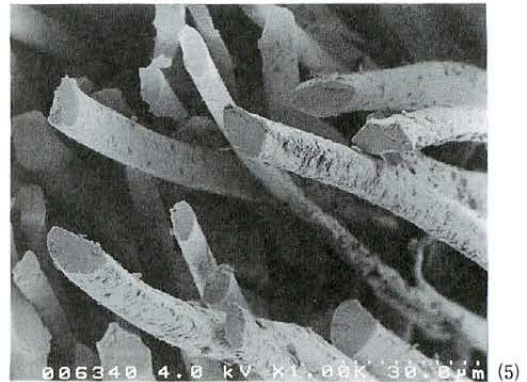
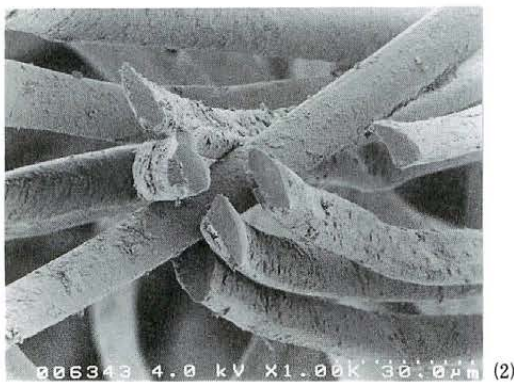
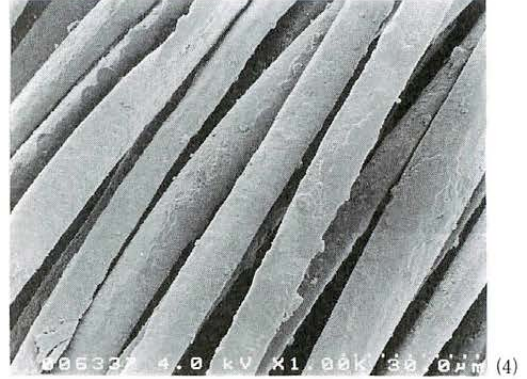
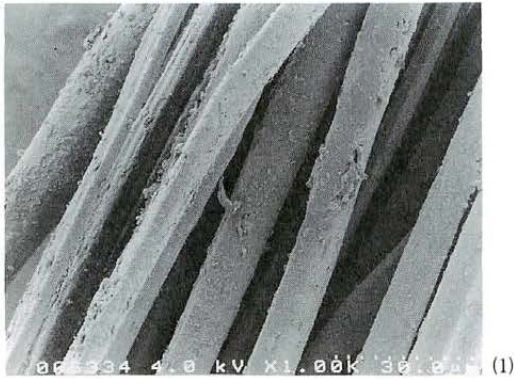


写真3 B糸の走査型電子顕微鏡写真  
Photo.3 Scanning electron micrographs  
of threads B

写真4 D糸の走査型電子顕微鏡写真  
Photo.4 Scanning electron micrographs  
of threads D

- (1) 表面 (×1000)
- (2) 断面 (×1000)
- (3) 断面 (×5000)
- (1) side view (×1000)
- (2) cross section (×1000)
- (3) cross section (×5000)

- (4) 表面 (×1000)
- (5) 断面 (×1000)
- (6) 断面 (×5000)
- (4) side view (×1000)
- (5) cross section (×1000)
- (6) cross section (×5000)

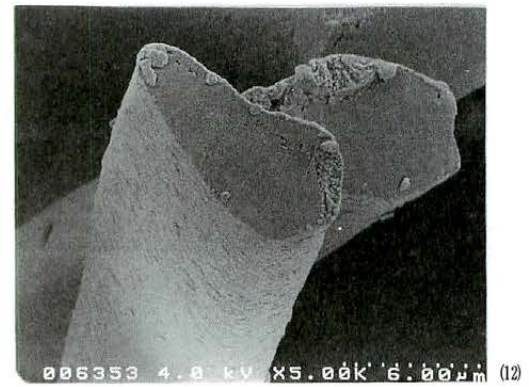
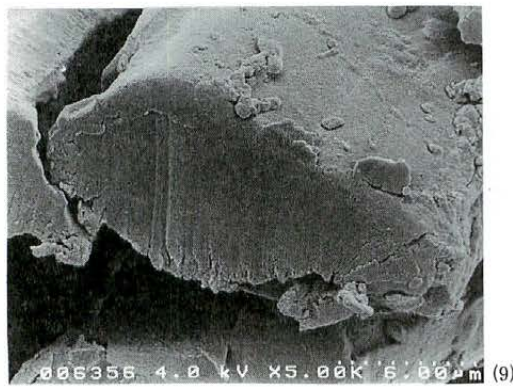
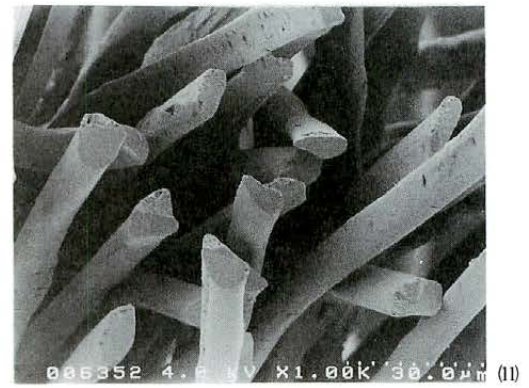
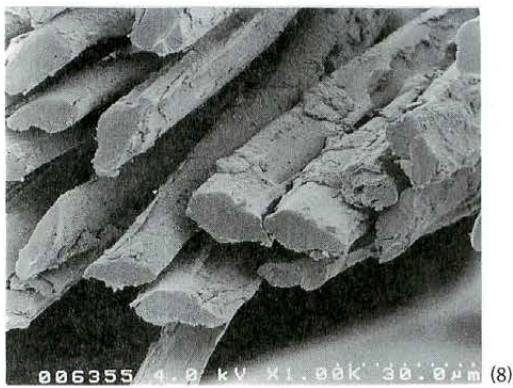
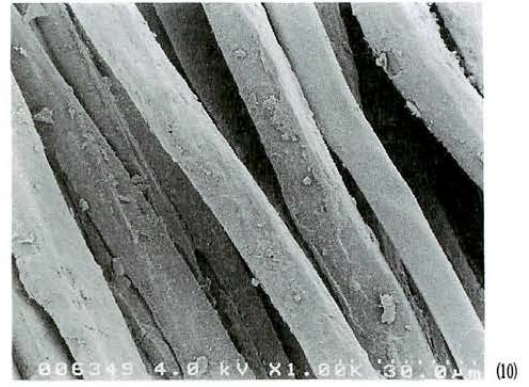
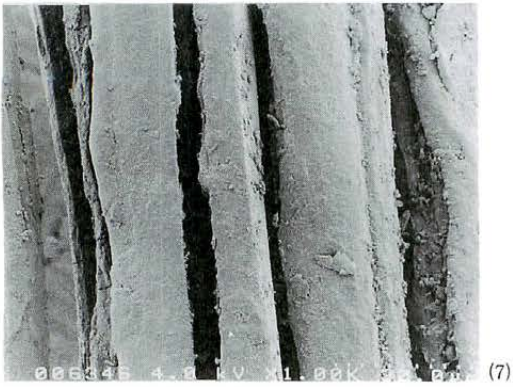


写真5 F糸の走査型電子顕微鏡写真  
Photo.5 Scanning electron micrographs  
of threads F

写真6 G糸の走査型電子顕微鏡写真  
Photo.6 Scanning electron micrographs  
of threads G

- (7) 表面 (×1000)
- (8) 断面 (×1000)
- (9) 断面 (×5000)
- (7) side view (×1000)
- (8) cross section (×1000)
- (9) cross section (×5000)

- (10) 表面 (×1000)
- (11) 断面 (×1000)
- (12) 断面 (×5000)
- (10) side view (×1000)
- (11) cross section (×1000)
- (12) cross section (×5000)

一部の繊維断面には、扁平で、狭角の狭い二等辺三角形に近い形状のものが観察されるが、これは、通常、一本の絹糸の部分によっても見られる多様性である。また、もし野蚕糸であれば繊維断面が狭角の狭い二等辺三角形に近い形状のものばかりである筈である。

なお、試料の中でF糸については材質感、繊維の表面形態などに関し、少し疑問があったので、念のため、ビウレット反応を試み、赤紫色の呈色により絹であるとの確証を得た。さらにF糸以外の6種の糸は練り絹（精練糸）であるが、F糸は2章、3章に述べた特徴から生糸（未精練糸）であると断定した。錦の表面に多く現れる経糸には練り絹を用いて表面特性としての光沢性を持たせる一方、裏面に用いる緯糸（F糸）には生糸の特性である粗硬感と可塑性を活用し、織物全体に固定性と安定性を与える支持体としての役割を担わせている。この様に適切な材料の選択の仕方一つを見ても、当時の十分に配慮された精緻な製織技法を窺い知ることができる。

4.2 金属フィラメントによって表面を環境的变化から保護されていた金属糸の芯糸と、表面が環境に晒されていたその他の糸との間には、当然堆積物の量に著しい差があった。芯糸については堆積物がほとんど無いのに対し、その他の糸では堆積物が多く、特にF糸では顕著であった。これは生糸表面のセリシンが親水性で、かつ膠着性をもち、表面形態的にも堆積物の沈着しやすい構造を持つためであろう。

一方、断面の観察からはフィブリン部分において、芯糸を含む各試料糸とも脆性劣化の進行度に著しい差はなく、ほぼ同程度の空隙化が生じていた。言い換えると、ある程度繊維の晒された環境的条件が異なっても、同じ期間の経年の間で絹タンパク質の非晶部分や結晶部分の分解状況はほぼ等しい。この試料の場合、約5世紀の経年ではフィブリル構造の顕著な崩壊までには至っておらず、非晶部分の部分的崩壊による空隙化が生じている段階であることが解った。このことは著者らが先に研究した植物性繊維の劣化の場合（世良 都ら：1991）に、環境的条件の差が大きく影響していたことと異なる点である。

なお、試料の結晶構造の分解の程度を更に詳細に検討するため、各試料糸の走査示差熱量分析を予備的に試みたところ、F糸の分解温度が他の糸に比べて約10度低く、劣化が一層進行していることが解った（榎本、坂部、小西、佐藤、未発表）。この劣化の原因が生糸の性質によるものか、織組織上のF糸の役割によるものかは、今後の研究課題である。

## 5. まとめ

製織年代が経験的にほぼ確実に推定できるイタリア産のピロード錦を研究材料とし、それを構成する各糸の中で、環境的条件が異なる場合（金属糸及び織り糸各種）と繊維の形質が異なる場合（生糸と練り絹）について、経年による劣化の進行状況と形態変化の異同について研究した。絹については表面が金属で覆われていた芯糸と、覆われていなかった他の糸とではタンパク質の劣化状態に著しい差がないことが解ったが、絹の精練の有無による劣化状況の相違については更に検討が必要である。

言うまでも無く一枚の文化財繊維品であっても、試料糸の採取箇所によって環境状態などに差がある場合も考えられるので、結果を出すには十分な注意が必要である。また文化財の研究に際し、博物館学的な立場からは、できるだけ非破壊的な研究方法によることが望ましいのは当然であるが、採取した極少量の試料を分析することにより、今回のような一層精緻な成果を得ることができたことを考慮すると、今後も博物館学的研究と科学的研究方法の両面からの総合的研究が必要であろう。

## 謝 辞

本研究に関し、多くの技術協力を賜った(株)ユニチカリサーチラボに対し深く感謝する。また館蔵品や、その調書に関する調査でご協力頂いた Musée des Arts Decoratifs, Paris の館員の方々に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 世良(榎本)都, 佐藤昌憲(1991) 17世紀ジェノヴァ・レースの材質及び経年変化に関する保存科学的研究. 考古学と自然科学 24: 47-62
- 榎本 都, 佐藤昌憲(1992) 15—19世紀・西洋金属糸の保存科学的研究. 考古学と自然科学 25: 31-50
- 繊維学会編(1982) 繊維の形態 朝倉書房 東京
- 皆川 基(1981) 絹の科学 関西衣生活研究会 大阪
- 山田 都一(1958) 衣服繊維・材料学 コロナ社 東京
- Cox, R. (1914) “Les Soieries d’Art”, Librairie Hachette et Cie, Paris
- Devoti, D. (1974) “L’Arte del Tessuto in Europa”, Bramante Editrice, Milano
- Errera, I. (1927) “Catalogue d’Etoffes”, Vromant et Lamertin, Bruxelles
- Markowsky, B. (1976) “Europäische Seidengewerbe”, J. P. Bachem KG., Köln

## **Scientific studies on the aging of silk fibers in a brocade, having metal-thread ornaments, fabricated in Italy in the 15th century**

Miyako ENOMOTO-SERA and Masanori SATO

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology,  
Matsugasaki, Sakyo-ku, kyoto 606, Japan

The aim of the present authors who have been continuing the studies on textile cultural properties is not only to check precisely the contents of the existing inventory, but also to identify the materials by using modern scientific methods such as electron scanning microscope.

This report is concerned with studies on a velvet brocade (60×49 cm) fabricated in Italy in the 15th century. The exquisiteness of fabricating techniques and a refined design of the sample imply that the brocade is of very high quality. This qualification is further supported by the fact that the same or similar kind of brocades are proudly owned by several European museums including Bargello Museum in Florence, Italy. The description of inventory of such brocades in their catalogues are almost identical from the view-point of materials used and the period of fabrication.

The studies were mainly focused on the elucidation of the different state of aging of silk fibers, because the sample brocade was fabricated by using seven kinds of silk fibers including a core-fiber covered with metal filament.

The investigations were mainly performed by using a CCD camera (up to 400 times magnification) and a scanning electron microscope (500-5000 times magnification). Though a part of the core-fiber surface, which has been exposed to environment for centuries, situated at a chink of metal spiral, has turned to brown color, another part of the core-fiber surface covered with metal filament has been kept intact and still showed the original brilliant yellow color. The observation of the side and the section of fibers by scanning electron microscope revealed that the material used is silk (*Bombyx mori* L.). Observation by electron scanning microscope showed that the surface of fibers except the core-fiber were covered with remarkable amount of impurities. All photographs of the section (5000 times magnification) showed crevices due to the degradation of amorphous parts. There was no great difference between the degraded state of the sections of core-fiber and those of other fibers. In other

words, the aging of silk fibers has equally proceeded irrespective of the different environmental conditions.