

国宝源氏物語絵巻「柏木（二）」における 色と美の変化についての感性的研究

細見 心一⁽¹⁾、長谷川 美和⁽²⁾、辻田 忠弘⁽¹⁾

⁽¹⁾甲南大学大学院自然科学研究科情報・システム科学専攻
神戸市東灘区岡本8-9-1

⁽²⁾神戸女子短期大学初等教育学科 神戸市中央区港中町4-7-2

(受理日 2005年4月7日)

要旨

本論文は国宝源氏物語絵巻「柏木（二）」の制作当時から現在に至る約900年の間に变化したと思われる絵画の魅力について、現代人の感性（年齢は20代に限定）を使い、自然科学的に追求することを目的とし、SD（Semantic Differential）法による感性的な分析と色彩の観点からの考察を行ったものである。

SD法の実験ではAdobe Systems社のPhotoshop7.0.1による画像編集を行い、9枚の実験絵画を用意し、モニターを使い印象評価を行った。用意した実験絵画は原本1枚・修復絵画1枚・復元絵画1枚・モーフィングによる合成絵画6枚である。また、日本人の心の中にある美についての評価軸を決定するために、源氏物語絵巻以外の国宝絵画20枚によるSD法実験を行った。さらに、和紙やろうそくの効果について調べるため、原本・修復絵画・復元絵画を和紙に印刷しSD法実験を行った。

次に、色彩の観点からの考察では国宝源氏物語絵巻「柏木（二）」が約900年の間にどのように変化したかを調べるため、復元絵画と原本について色差・配色・CMYKの分析と考察を行った。

SD法の分析を行った結果、「柏木（二）」の復元絵画では極彩色で雅やかな美を、原本ではわび・さび・幽玄のある美を被験者が感じていることがわかった。さらに、この絵画についている傷・ムラのある変色・絵具の剥落がこの絵画を見る者の想像力をかきたて、わび・さび・幽玄の印象をさらに出していることを定量的に分析した。

また、色彩分析の結果から、「柏木（二）」は時が経つごとに、絵の具が色あせることなく、より明度の低い暗い色に変わり、そして幽かに残る制作当時に近い色と変色が進んだ色が混在することにより、元の極彩色で雅やかだった状態や時の流れを想像させるのではないかと考えられる。

つまり、時の経過とともに失われていく極彩色で雅やかだった印象やその歴史を想像させる傷・ムラのある変色・絵具の剥落の効果プラス、絵の具が色あせることなく、より明度の低い暗い色で青の無いまっただ配色になるという色彩の変化により、この絵画を見るものを静かに引き込んでいくようなわび・さび・幽玄のある美へと「柏木（二）」が変化したことを定量的に分析することができた。

1 源氏物語と源氏物語絵巻について

源氏物語は京の都を中心に、その内外を舞台として展開された王侯貴族たちの華麗かつ陰影に満ちた生活と、愛憎に悩む光源氏や薫ら主人公達の葛藤を描いた叙情小説であり、紫式部によって書かれ、11世紀の初めころ完成した。

源氏物語絵巻は、この紫式部の源氏物語をもとに、平安時代12世紀前半に白河天皇の発案によって制作されたと考えられ、図1.1のように詞書と絵で構成されている。絵巻の絵師が誰であったかははっきりとわかっていない。



図1.1. 国宝源氏物語絵巻

本研究では、国宝源氏物語絵巻の「柏木(二)」(図1.2.)の段をとりあげた。この図は一条の柏木の邸の中である。中央で横になっている人物が柏木であり、その右隣にいるのが夕霧である。そして左にいるのが柏木に仕える女房達である。



図1.2. 国宝源氏物語絵巻「柏木(二)」



図1.3. 引目鉤鼻

この絵の物語は、死を直前に迎えた柏木が、柏木の親友であり、また源氏と葵の上との子である夕霧に、源氏の妻(女三宮)との不義の一部始終を告白しているところである。

枕に寄りかかる柏木の青白い顔には、図1.3のように引目鉤鼻と呼ばれる大和絵独自の描法で切れ長の目と小さな鼻と口が描かれており、眼の表情を表すのに、一本の細長い線を引き、目頭のあたりにかすかな瞳の点をしたたらせて、一見無表情の中に、柏木の心の懊悩が刻まれている。さらに、夕霧と画面左に描かれた数人の女房たちの着物には、図1.4のようなかさねの色目の配色美を競った装いを披露し、雅やかな印象がある。かさねの色目とは平安時代の独特の配色方法で、日本特有の文化を形成してきた重要な要因である季節感を意識したものである。

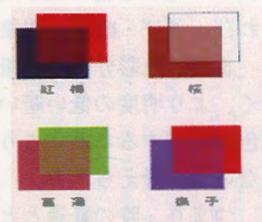


図1.4. かさねの色目

2 3つのSD法実験

「柏木（二）」の制作当時から現在に至る約900年の間に変化したと思われる絵画の魅力について調べるために、まずAdobe Systems社のPhotoshop7.0.1.による画像編集を行い、原本を含む9枚の実験絵画を用意し、SD法による印象評価を行った。次に、日本人の美についての評価軸を決定するために、源氏物語絵巻以外の日本の国宝絵画20枚によるSD法実験を行った。さらに、和紙・ろうそくを使いSD法実験を行った。ここでSD法とは、印象評価を数値化する代表的な統計的手法で、被験者に刺激を与えて、対極にある感情表現の対によって測定を行い、その結果について因子分析を行うことで、内包的性質を発見する方法である。

2.1 実験概要

被験者は甲南大学理工学部の20代の色彩に対して健全な日本人学生12名であり、絵画を表示するモニターには20インチのフラットモニターを用いた。

実験に用いる感情表現は次のように選定した。

1. 現代形容法辞典を用い、1010語の形容詞から協力者のもと、218語にまで絞る。
2. 218語の形容詞から、反対語対照語を用いて対になる形容語をつくり、60組の対立的な形容語のペアをつくり、選別の結果46組の形容語のペアに絞る。
3. 46組の形容語から30個のペアに絞っていきそれらの形容語を“評価性（絵画の評価に関する形容詞）”、“活動性（絵画の特徴に関する形容詞）”、“情緒性（絵画を見たときの情緒に関する形容詞）”の3つのグループに分類し、各グループ10組づつに当てはめた。表2.1が最終的に分類した感情表現である。

表2.1. 実験に用いた感情表現一覧表

評価性	活動性	情緒性
親しみやすい—親しみにくい	明るい—暗い	おもしろい—つまらない
すばらしい—みすばらしい	あたたかい—つめたい	好ましい—いやらしい
良い—悪い	重い—軽い	うれしい—かなしい
貴族的な—庶民的な	堅い—もろい	かっこいい—おろかな
上品な—下品な	濃い—薄い	しゃれた—やぼったい
立派な—貧弱な	力強い—弱々しい	にぎわしい—さびしい
高価な—安価な	新しい—古い	美しい—醜い
深みのある—うわべだけ	活発な—落ち着いた	たのしい—つまらない
自然な—不自然な	さわがしい—ものしずかな	楽な—苦しい
清潔な—不清潔な	派手な—地味な	きれい—きたない

実験方法は、一つの絵画をモニター表示し、左右に対になった感情表現群30対のうちからランダムで1対（例、良い：悪い）選出され表示されるようにした。被験者はその感情表現を+3から-3の7段階（例、+3：非常に良い、+2：まあ良い、+1：やや良い、0：どちらでもない、-1：やや悪い、-2：まあ悪い、-3：非常に悪い）に分けた尺度から1つ選択するようにした。

2.2 SD法実験1：柏木（二）の実験絵画9枚による実験

実験のために作成した9枚の実験絵画の一覧表を表 2.2.1 に図 2.2.1 に実験絵画9枚の概要図を示す。それぞれの実験絵画の説明を以下に示す。

表 2.2.1. 実験絵画一覧表

	実験絵画
1	原本
2	修復絵画
3	復元絵画
4	復元75%原本25%のモーフィング
5	復元50%原本50%のモーフィング
6	復元25%原本75%のモーフィング
7	復元75%修復25%のモーフィング
8	復元50%修復50%のモーフィング
9	復元25%修復75%のモーフィング

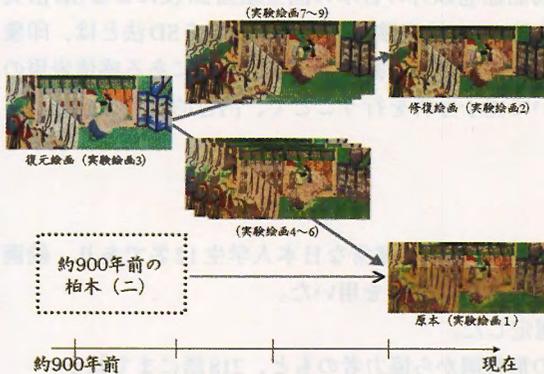


図 2.2.1. 実験絵画の概要

実験絵画1は原本とした。次に、実験絵画2として修復絵画（図 2.2.2）を作成した。絵画の修復とは傷や色落ちしている部分に手を

加え、絵画の状態を良くすることである。修復方法は、Adobe Systems社のPhotoshop7.0.1を使い、図 2.2.3 のように、傷のついている部分を十分に拡大し、傷のついていない部分を参考にし、傷の修復を行った。また、手前にいる女性の着物の柄と几帳の柄は損傷が激しいので、図 2.2.4 のように、源氏物語絵巻の他の段を参考にし、制作当時と同じ柄と思われるものを使った。



図 2.2.2. 修復絵画



図 2.2.3. 修復絵画作成手順1



図 2.2.4. 修復絵画制作手順2

次に、実験絵画3として修復絵画の上から色を塗り復元絵画（図2.2.6）を作成した。絵画の復元とは、絵画を制作当時（「柏木（二）」では約900年前）の元の状態に戻すことである。国宝源氏物語絵巻の復元は、X線写真、蛍光撮影法、蛍光X線分析を用い日本画家により復元模写を行っている徳川美術館の国宝源氏物語絵巻復元プロジェクトや赤外線写真を用い制作当時の色を再現している東京大学総合研究博物館・デジタルミュージアムのデジタル修復など様々な方法で行われている。本研究では、修復絵画の上から色を塗るという方法でこの絵画の復元を行った。表2.2.2に色再現に用いた輝度、RGB値を示す。図2.2.5のように「源氏物語の色」から物理的に輝度とRGB値を測り、色再現を行った。それ以外の色は日本画家 加藤純子作「復元模写 柏木（二）」を参考に「標準色票」「日本の269色」を使用し、輝度とRGB値を調べ、色再現を行った。

表2.2.2. 色再現に用いた輝度とRGB値

復元箇所	輝度	R	G	B
柏木直衣	167	181	181	174
夕霧指貫	111	92	103	125
夕霧直衣	181	173	142	140
女房右から二人目	67	193	43	41
女房右から一人目	154	208	171	122
女房上から二人目	155	202	148	68
畳	141	98	156	123
几帳(右)	150	232	134	40
几帳(左)	232	215	208	196
壁代	166	166	166	175
額帽	73	38	99	42
柱	190	231	169	165



図2.2.5. 測定した輝度とRGB値



図2.2.6. 復元絵画

図2.2.7から図2.2.10に修復絵画から復元絵画を作成するまでの途中経過を示す。



図2.2.7. 畳の色を塗る



図2.2.8. 着物の色を塗る



図2.2.9. 障子、屏風の色を塗る



図2.2.10. 中央の背景の色を塗る

さらに、この絵画から受ける印象の移り変わりをより詳しく調べるために、この絵画が全体的にまんべんなく傷んでいったと仮定して、復元から原本へのモーフィング(図2.2.11～図2.2.13)、復元から修復へのモーフィング(図2.2.14～図2.2.16)を行い、その間の絵画3段階をそれぞれ作成し、実験絵画4～9とした。約900年前を復元した絵画と現在の絵画の合成を行い、例えば、600年前、300年前、150年前と思われる絵画の状態を再現した。



図2.2.11. 復元絵画75%原本25%



図2.2.14. 復元絵画75%修復絵画25%



図2.2.12. 復元絵画50%原本50%



図2.2.15. 復元絵画50%修復絵画50%



図2.2.13. 復元絵画25%原本75%



図2.2.16. 復元絵画25%修復絵画75%

以上の実験絵画9枚についてSD法の実験を行った結果、表2.2.3のデータが得られた。表中の数字は感情表現(+3~-3)の尺度の平均を示している。例えば、原本のz2は1.00であり、やや素晴らしいという結果を表し、原本のz19は-2.17であり、まあものしずかなという結果を表している。ここで、色付けした、Z10、Z17、Z30の印象が、原本と復元絵画では、7段階評価で“やや不清潔(-1.00)→まあ清潔(1.73)”、“非常に古い(-2.67)→まあ新しい(2.27)”、“ややきたない(-1.25)→ややきれい(1.18)”に変化していることから「柏木(二)」の絵画をある程度復元できたと考える。

表2.2.3. 被験者全員の実験結果データ

z	←	→	原本	復元	修復	原本75 復元25	原本50 復元50	原本25 復元75	復元25 修復75	復元50 修復50	復元75 修復25
1	親しみやすい	親しみにくい	0.08	0.82	1.25	0.33	-0.17	1.33	1.17	1.17	1.17
2	素晴らしい	みすばらしい	1.00	0.09	-0.17	-0.67	-0.58	1.00	0.25	1.08	1.42
3	良い	悪い	0.83	1.00	1.33	1.08	0.75	1.25	1.75	0.75	1.00
4	貴族的な	庶民的な	0.92	1.64	0.08	0.00	-0.58	0.67	0.42	-0.25	0.58
5	上品な	下品な	0.67	1.91	1.25	-0.17	0.58	1.33	1.17	0.83	1.33
6	立派な	貧弱な	-0.58	0.82	0.33	-0.75	-1.00	1.50	0.67	1.25	1.42
7	高価な	安価な	2.50	-0.27	1.33	1.75	0.92	-0.58	1.33	-0.67	-0.58
8	深みのある	うわべだけ	2.58	-1.27	1.75	2.33	1.33	-1.25	2.08	-1.17	-1.08
9	自然な	不自然な	1.33	0.18	1.58	1.42	0.50	-0.67	2.08	0.25	-0.50
10	清潔な	不清潔な	-1.00	1.73	0.42	-1.83	-0.50	1.75	0.58	1.83	2.08
11	明るい	暗い	-1.25	2.27	0.17	-1.08	-0.08	2.33	-0.17	1.50	2.17
12	あたたかい	つめたい	-0.50	0.18	0.75	-0.33	-0.50	0.00	0.75	0.42	0.92
13	重い	軽い	0.92	-1.64	1.42	1.58	0.08	-1.33	1.58	-0.42	-1.08
14	堅い	もろい	-1.92	-0.27	-0.08	-0.92	-0.83	0.08	0.42	0.58	0.50
15	濃い	薄い	0.17	0.91	1.67	0.25	-1.08	-0.67	1.25	0.25	0.33
16	力強い	弱々しい	-0.25	-0.64	1.50	-0.33	-1.50	-0.25	0.67	-0.25	0.58
17	新しい	古い	-2.67	2.27	-0.92	-2.75	-1.17	2.08	-1.42	1.42	2.17
18	活発な	落ち着いた	-1.92	1.73	-1.25	-0.67	-1.42	0.25	-1.33	0.25	0.75
19	さわがしい	ものしずかな	-2.17	-0.36	-0.83	-0.92	-1.25	0.08	0.17	-0.08	0.50
20	派手な	地味な	-1.42	1.64	-0.67	-1.25	-0.75	0.83	-0.42	0.58	1.58
21	おもしろい	つまらない	0.67	0.00	0.33	1.08	0.33	0.92	1.33	0.08	0.50
22	好ましい	いやらしい	1.17	1.18	0.92	0.42	0.75	1.17	1.25	0.75	1.08
23	うれしい	かなしい	-1.92	0.64	-0.67	-1.75	-1.08	0.58	-0.67	0.83	0.25
24	かしこい	おろかな	0.58	0.27	1.17	-0.08	0.58	0.83	1.00	0.92	0.92
25	しゃれた	やぼったい	-0.67	0.64	0.33	-0.25	-0.17	1.58	-0.08	0.25	1.33
26	にぎわしい	さびしい	-2.50	0.36	-0.67	-1.58	-0.67	0.58	-0.75	0.50	0.50
27	美しい	醜い	0.17	1.82	0.50	-0.75	-0.17	1.33	0.75	1.17	1.17
28	たのしい	つまらない	0.08	-0.09	-0.17	0.25	0.17	1.33	0.92	0.08	0.83
29	楽な	苦しい	-1.50	0.82	-0.50	-1.33	-0.67	1.58	0.08	1.25	1.17
30	きれい	きたない	-1.25	1.18	0.42	-1.58	-0.33	1.58	0.33	1.75	2.00

2.3 SD法実験2：日本人の美についての評価軸の決定

先ほどのSD法実験1のデータを分析するために、源氏物語絵巻以外の絵画によるSD法実験を行い、絵画における日本人の美についての評価軸を求めた。実験に用いた絵画の条件は2つあり、それは、国宝に指定されていることと、極彩色で雅やかさ、もしくはわび・さび・幽玄が強調されていることである。国宝絵画308点のうち20点を選定し、その20枚の絵画(図2.3)について実験を行い、その美について評価軸(共通因子)を探った。実験概要は先ほどと同様である。



図2.3. 実験に用いた絵画

2.3.1 極彩色・雅やかさとわび・さび・幽玄の説明

本研究では、下記に示す日本人の心にある美意識に注目した。

- 極彩色とは、非常に濃く派手でけばけばしく目立つ色彩である。
- 雅やかさとは、俗世のこせこせした風を離れ、あたかも古代人の世界見るような、おお

らかさ、上品さ、優美さが感じられる様子である。

- わびとは、茶道を大成した千利休が追及した境地といわれ、飾りやおごりを捨てた、ひっそりとした枯淡な味わい。
- さびとは、芭蕉の俳句の理想的境地とされ、古びて枯れた閑寂な趣を意味し、限りなく変わりゆく無情さの中に、価値を見出し、自然と一体となった美である。
- 幽玄とは、室町時代からの芸術観であり、目には見えなくても、その奥に人間が感じる事が可能な美の世界である。今そこにある姿の美しさだけを楽しむのではなく、そこに隠された姿の美しさを想像することで、深い感動を与える美である。

2.3.2 20枚の国宝絵画における因子分析

20枚の国宝絵画における因子分析・因子得点の計測を以下の式を用いて行った。

K個のコンセプト、L個の尺度、M人の評定者の偏差積率相関係数rを求める式。

$$r_{i,i+1} = \frac{\sum_k \sum_m (X_{klm} - \bar{x}_i)(X_{k(i+1)m} - \bar{x}_{i-1})}{\sqrt{\sum_k \sum_m (X_{klm} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_k \sum_m (X_{k(i+1)m} - \bar{x}_{i-1})^2}}$$

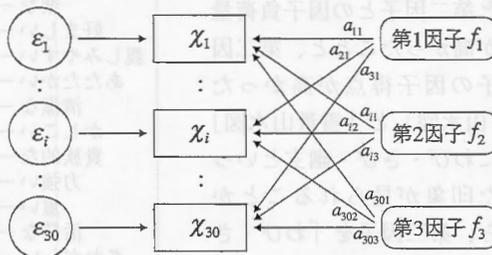
X：評定値

因子負荷量a（主因子法による因子分析）を求める式。

$$x_1 = a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + a_{13}f_3 + \varepsilon_1$$

$$x_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + a_{i3}f_3 + \varepsilon_i$$

$$x_{30} = a_{301}f_1 + a_{302}f_2 + a_{303}f_3 + \varepsilon_{30}$$



$$R = AA' + D^2$$

$$Z = F_a + UD$$

R: rを成分とする相関行列

A: 主因子解 a_{im} を成分とする行列

D: 独自因子スコアに重みとしてかけられる対角行列

Z: データ X_{ij} を成分とする行列

U: 独自因子スコア行列

F: 因子得点行列

因子軸の回転 Varimax 法

$$I = \frac{1}{N} F_a' F_a$$

$$V = AT$$

ただし $TT' = I$

$$R = VV' + D^2$$

$$Z = F_v V' + UD$$

因子得点bを求める式。

$$b = \sum_{j=1}^l (a_{ji} \cdot \bar{X}_{kl})$$

	第1因子	第2因子	第3因子	共通性
χ_1	a_{11}	a_{21}	a_{31}	$\sum a_{1k}^2$
:	:	:	:	:
χ_i	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	$\sum a_{ik}^2$
:	:	:	:	:
χ_{30}	a_{301}	a_{302}	a_{303}	$\sum a_{30k}^2$
因子の負荷量の2乗和	$\sum a_{j1}^2$	$\sum a_{j2}^2$	$\sum a_{j3}^2$	
寄与度	$\sum a_{j1}^2 / p$	$\sum a_{j2}^2 / p$	$\sum a_{j3}^2 / p$	

2.3.3 20枚の国宝絵画における因子分析・因子得点結果

表2.3.3.1に20枚の国宝絵画における因子分析結果を示す。第一因子の因子負荷量が高かった感情表現には黄色で色付けを、第二因子の因子負荷量が高かった感情表現には緑で色付けを、そして第三因子の因子負荷量が高かった感情表現には青で色付けを行った。

しゃれた・明るい・派手な・上品な・にぎわしいといった感情表現群と第一因子との因子負荷量が高いことと、第一因子の因子得点が高かった「夏秋溪流屏風」や「桜図」に極彩色で雅やかな印象があったことから、第一因子を「極彩色・雅やかさ」と考えた。そしてさびしい・落ち着いた・ものしずかな・自然な・深みのあるといった感情表現と第二因子との因子負荷量が高かったことと、第二因子の因子得点が高かった「山水図」と「雪景山水図」にわび・さび・幽玄といった印象が見られることから、第二因子を「わび・さび・幽玄」と考えた(図2.3.3.1)。第三因子についてはここでは考えなかった。

表2.3.3.1. 20枚の国宝絵画における因子分析結果

尺 度	因子負荷量			h ²
	第1因子	第2因子	第3因子	
しゃれた—やぼったい	0.855	0.252	0.202	0.836
たのしい—つまらない	0.853	-0.183	0.014	0.762
明るい—暗い	0.841	-0.207	0.195	0.789
すばらしい—みすばらしい	0.838	0.287	0.057	0.787
立派な—貧弱な	0.782	0.065	0.066	0.620
良い—悪い	0.774	0.273	-0.297	0.762
派手な—地味な	0.771	-0.389	0.131	0.763
うれしい—かなしい	0.732	-0.317	0.076	0.642
美しい—醜い	0.725	0.324	0.072	0.636
きれいな—きたない	0.722	0.317	0.296	0.709
高価な—安価な	0.685	0.252	-0.338	0.648
上品な—下品な	0.683	0.476	-0.029	0.694
にぎわしい—さびしい	0.677	-0.616	-0.242	0.896
おもしろい—つまらない	0.668	0.065	-0.067	0.455
楽な—苦しい	0.647	-0.256	0.016	0.485
好ましい—いやらしい	0.627	0.339	-0.408	0.675
親しみやすい—親しみにくい	0.589	0.145	-0.220	0.417
あたたかい—つめたい	0.577	-0.299	-0.263	0.491
清潔な—不清潔な	0.541	0.338	0.451	0.610
かしこい—おろかな	0.536	0.379	-0.062	0.435
貴族的な—庶民的な	0.514	0.187	-0.119	0.314
力強い—弱々しい	0.508	-0.185	-0.031	0.294
重い—軽い	-0.350	0.093	0.110	0.144
活発な—落ち着いた	0.500	-0.711	-0.098	0.765
さわがしい—ものしずかな	0.562	-0.682	-0.328	0.889
自然な—不自然な	0.356	0.586	0.086	0.477
深みのある—うわべだけ	-0.145	0.413	-0.343	0.309
濃い—薄い	0.070	-0.401	0.109	0.178
堅い—もろい	0.288	-0.370	0.198	0.259
新しい—古い	0.410	-0.208	0.712	0.718
寄与度	11.784	3.884	1.787	17.455
% of C	67.5%	22.3%	10.2%	100.0%



夏秋溪流図屏風



源氏物語図屏風



山水図



雪景山水図

図2.3.3.1. 極彩色・雅やかさ、もしくはわび・さび・幽玄の因子得点が高い絵画

図2.3.3.2に縦軸に第一因子の極彩色・雅やかさを、横軸に第二因子のわび・さび・幽玄をとった日本人の美についての評価軸における国宝絵画20枚の因子得点の散布図と表2.3.3.2にその表を示す。

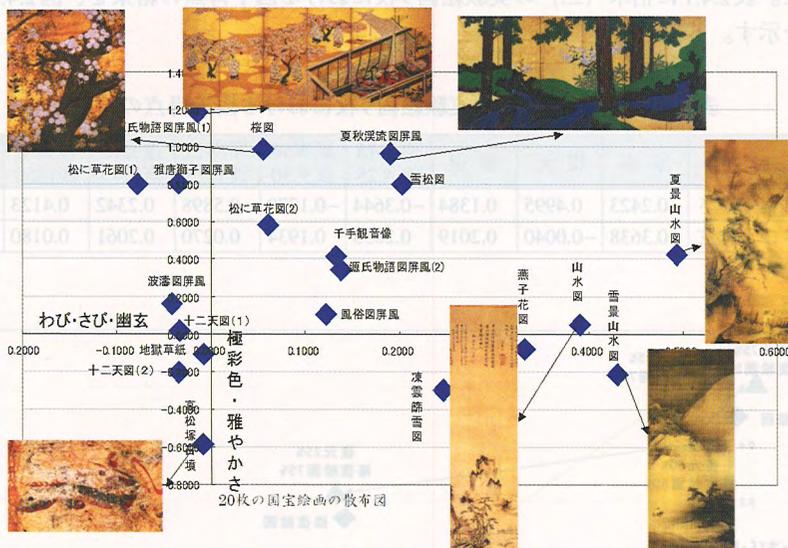


図2.3.3.2. SD法実験2で求めた美についての評価軸

表2.3.3.2. SD法実験2の因子得点結果

わび・さび・幽玄のある絵画（夏景山水図・雪景山水図・山水図）と、極彩色・雅やかさのある絵画（源氏物語図屏風・桜図・夏秋溪流屏風）、そして極彩色・雅やかさがない絵画（高松塚古墳）が明確に分かれていることから、この評価軸が柏木（二）の実験絵画9枚を分析するための評価軸として妥当であると判断し、次の分析で用いた。

	燕子花園	夏秋溪流図屏風	雅唐獅子図屏風	国宝源氏物語図屏風(1)	雪松図
極彩色・雅やかさ	-0.0824	0.9650	0.8038	1.1874	0.8003
わび・さび・幽玄	0.3318	0.1905	-0.0344	-0.0137	0.2025
	夏景山水図	源氏物語図屏風(2)	雪景山水図	凍雲篩雪図	波濤図屏風
極彩色・雅やかさ	0.4271	0.3421	-0.2133	-0.2972	0.1622
わび・さび・幽玄	0.4935	0.1378	0.4302	0.2464	-0.0414
	高松塚古墳	桜図	山水図	松に草花図1	松に草花図2
極彩色・雅やかさ	-0.5879	0.9877	0.0476	0.8003	0.5835
わび・さび・幽玄	-0.0085	0.0556	0.3911	-0.0778	0.0609
	千手観音像	十二天図(1)	十二天図(2)	地獄草紙	風俗図屏風
極彩色・雅やかさ	0.4162	0.0185	-0.2051	-0.1087	-0.1068
わび・さび・幽玄	0.1328	-0.0334	-0.0342	-0.0077	0.1220

2.4. 柏木（二）の実験絵画9枚における因子得点の結果

SD法実験2の日本人の美についての評価軸をもとに、SD法実験1の柏木（二）の因子得点の計測を行った。つまり、SD法実験2で求めた因子負荷量の値を使い、因子得点の計測を求めた。表2.4.1に柏木（二）の実験絵画9枚における因子得点の結果を、図2.4.1にその散布図を示す。

表2.4.1. 柏木（二）の実験絵画9枚における因子得点の結果

	原本	復元	修復	原本75 復元25	原本50 復元50	原本25 復元75	復元25 修復75	復元50 修復50	復元75 修復25
極彩色・雅やかさ	-0.2423	0.4995	0.1384	-0.3644	-0.1770	0.5898	0.2342	0.4123	0.6185
わび・さび・幽玄	0.3638	-0.0040	0.2019	0.2633	0.1934	0.0270	0.2061	0.0180	-0.0144



図2.4.1. 柏木（二）の実験絵画9枚における因子得点のグラフ

この結果より、原本と復元絵画を比較すると時が経つごとに「極彩色・雅やかさ」が0.495下がり、「わび・さび・幽玄」が0.6061上がることがわかった。また復元絵画と修復絵画を比較すると、「極彩色・雅やかさ」が0.3611下がり、「わび・さび・幽玄」が0.2019上がり、これは色の変化によることがわかった。つまり、傷や絵具の剥落の効果により「極彩色・雅やかさ」が0.1344下がり、「わび・さび・幽玄」が0.4042上がることがわかった。

また、復元絵画から原本までのモーフィングと復元絵画から修復絵画までのモーフィングでも同様の傾向が見られた。

2.5 SD法実験3：和紙・ろうそくを使った実験

絵画におけるモニター表示と和紙の印象の違いについて調べるため、原本・修復絵画・復元絵画を和紙に印刷し、SD法の実験を行った。プリンターはCanon Pixus BJJ9000のインクジェットプリンターを使用した。原本・修復絵画は墨運堂1000年和紙を使用した。復元絵画には雲母（キラ）を使用したバンコ株式会社の越前和紙を使用した。さらに、暗闇

の中、和紙に印刷した原本・修復
絵画・復元絵画を図2.5.1.のよ
うな和ろうそくで見ながら図2.5.2.の
ようにSD法の実験を行った。この実
験では暗順応させるため、暗闇で
20分間、目を慣らし実験を行った。
モニターを用いなかったこと以外
は先ほどと同様の形態で実験を
行った。図2.5.3.に和ろうそくを照
明に使った復元絵画の写真、図2.5.4.
に和ろうそくを照明に使った原本
の写真、図2.5.5.に和ろうそくを照
明に使った修復絵画の写真を示す。



図2.5.1. 和ろうそく



図2.5.2. 和ろうそくと復元絵画



図2.5.3. 復元絵画



図2.5.4. 原本



図2.5.5. 修復絵画

2.5.1 和紙・ろうそくを使ったSD法実験の因子得点結果

SD法実験2の日本人の美に対する評価軸をもとに、SD法実験3の和紙・ろうそくを使った実験結果の因子得点の計測を行った。ここでもSD法実験2で求めた因子負荷量の値を使用している。表2.5.1.1.にその結果を図2.5.1.1.に散布図を示す。

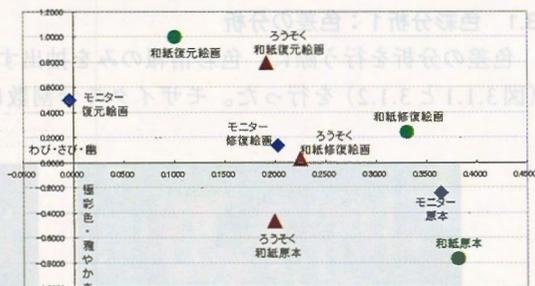


図2.5.1.1. SD法実験2で求めた美についての評価軸におけるSD法実験3の因得点

表2.5.1.1. SD法実験3の因子得点

	和紙実験原本	和紙実験修復絵画	和紙実験復元絵画
極彩色・雅やかさ	-0.7687	0.2402	0.9971
わび・さび・幽玄	0.3812	0.3303	0.1005
	ろうそく和紙実験原本	ろうそく和紙実験修復絵画	ろうそく和紙実験復元絵画
極彩色・雅やかさ	-0.4674	0.0288	0.7954
わび・さび・幽玄	0.1992	0.2249	0.1914

モニターと和紙の印象を比較すると、「わび・さび・幽玄」が原本では0.0182上がり、修復絵画では0.1054上がり、復元絵画では0.0909上がった。また、和紙に雲母を使うことで「極彩色・雅やかさ」が0.4076上がった。

このことから、モニターでこの絵画を見るよりも和紙に印刷されたものを見る方が、それぞれの美が強調されるということがわかった。また、図2.5.1.2のようにそれぞれの復元絵画と修復絵画と原本を、モニターでは青、和紙では緑、ろうそくでは赤の矢印でつなぐと、モニターと和紙では「わび・さび・幽玄」の変化が見られるが、ろうそくでは「わび・さび・幽玄」の変化が見られないことがわかった。

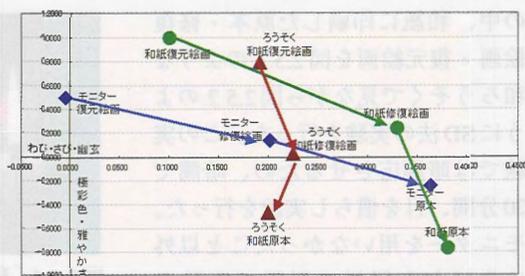


図2.5.1.2. 復元絵画・修復絵画・原本の印象の変化

3 3種類の色彩分析

SD法の実験では国宝源氏物語絵巻「柏木(二)」が約900年の間に極彩色で雅やかな印象からわび・さび・幽玄のある印象へと変化してきたことを示したが、色彩の観点からどのような変化が起こったのか調べるため、図3の復元絵画と原本について色差・配色・CMYKの分析と考察を行った。

3.1 色彩分析1：色差の分析

色差の分析を行う際に、色彩情報のみを抽出するため、復元絵画と原本のモザイク化(図3.1.1と3.1.2)を行った。モザイクの分割数は20×45の900区分(1区分：10.8×



図3.1.1. 復元絵画のモザイク画像



図3.1.2. 原本のモザイク画像

10.8mm)とし、900個の色差について測定を行い、その色差のデータマッピングを行った。

色差の測定には、表色系の均等色空間であるCIELABを用いた。CIELABとは2色間の座標上の幾何学的な距離と視感を一致させた表色系で、 L^* は明るさ、 a^* 、 b^* は色相と彩度を示す色度で、CIELAB色空間上で示される二つの色($L1^*$ 、 $a1^*$ 、 $b1^*$)、($L2^*$ 、 $a2^*$ 、 $b2^*$)の間の色差は次の計算式による。

$$\Delta E_{ab}^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*, \Delta a^* = a_1^* - a_2^*, \Delta b^* = b_1^* - b_2^*,$$

均等色空間CIELABの求め方は、まずRGB表色系のR・G・BからXYZ表色系のX・Y・Zを求める。

$$X = 2.7689R + 1.7517G + 1.1302B$$

$$Y = 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B$$

$$Z = 0.0565G + 5.5943B$$

次に、 $X \cdot Y \cdot Z$ からCIELABの $L \cdot a \cdot b$ を求める。

$$L^* = 166(Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500\{(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}\}$$

$$b^* = 200\{(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}\} \quad X_0, Y_0, Z_0: \text{完全拡散反射体（基準白色面）の三刺激値}$$

表3.1.1.に色差の一覧表を示す。

表3.1.1. 色差の一覧表

行	列	復元			原本			$(L1-L2) \cdot (L1-L2) + (a1-a2) \cdot (a1-a2) + (b1-b2) \cdot (b1-b2)$	色差
		L1	a1	b1	L2	a2	b2		
1	1	61	1	9	53	5	20	201	14.17745
1	2	58	1	8	52	4	19	166	12.8841
1	3	58	1	9	52	3	19	140	11.83216
1	4	56	1	9	54	4	19	113	10.63015
1	5	64	2	9	57	5	22	227	15.06652
1	6	70	2	6	62	8	24	424	20.59126
1	7	66	1	3	59	5	23	465	21.56386
1	8	77	-2	8	69	5	29	554	23.5372
1	9	58	-23	10	62	-5	29	701	26.4764
1	10	51	-13	3	53	5	24	769	27.73085
1	11	44	-6	-3	50	6	22	805	28.37252
1	12	34	-1	-7	50	7	23	1220	34.9285
1	13	33	-2	-8	50	6	22	1253	35.39774
1	14	33	-2	-9	47	5	20	1086	32.95451
1	15	31	4	-3	45	6	20	729	27
1	16	30	35	24	35	19	22	285	16.88194
1	17	56	10	16	56	7	27	130	11.40175
1	18	59	6	22	54	5	25	35	5.91608
1	19	57	5	22	55	5	26	20	4.472136
1	20	55	6	21	46	6	22	82	9.05385
2	1	79	1	7	72	8	30	627	25.03997
2	2	79	1	7	74	6	29	534	23.10844
2	3	78	0	7	75	5	29	518	22.75961
2	4	78	1	7	72	6	29	545	23.34524
2	5	78	1	7	70	8	28	554	23.5372
2	6	65	2	7	66	9	26	411	20.27313
2	7	69	1	7	62	6	23	330	18.1659

図3.1.3.に色差10段階ごとにマーク付けを行ったデータマッピング図を、表3.1.2.にその説明と割合を示す。表3.1.3.に各色ごとの分析結果を示す。

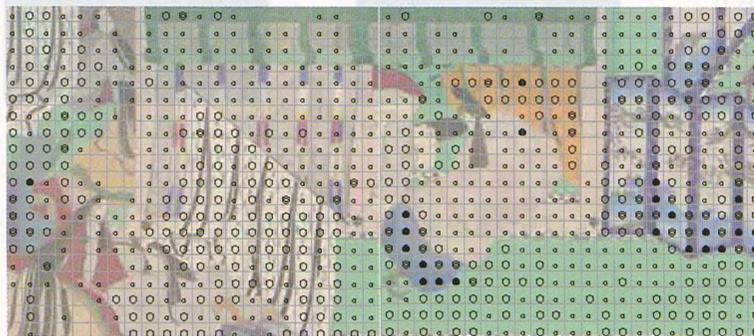


表3.1.2. 色差の割合

マーク	色差	割合
	~10	11.70%
○	10~20	48.70%
○	20~30	31.90%
◎	30~40	5.30%
●	40以上	2.40%

図3.1.3. 復元絵画と原本の色差のデータマッピング図(2)

表3.1.3. 各色ごとの分析

	黄緑	緑	青	赤	黄	白	オレンジ	紫	全体
	量	帽額	夕霧指貫・屏風の柄	女房着物	女房着物	壁代・屏風の柄	几帳	夕霧着物	
平均値	20.4	13.4	34.9	9.3	7.0	21.2	23.9	17.4	19
最大値	31.1	33.5	57.5	13.4	10.2	32	37.9	19.4	65.7
最小値	11.5	5.5	21.1	6.3	3.7	10.1	3.0	12.4	2.0
標準偏差	2.2	8.1	8.8	1.9	1.8	4.5	6.8	1.6	8.1

データマッピングを行った結果、量は色差が10～30あり変色の仕方にムラがあり、障子や屏風は色差30以上の箇所が多く、夕霧の指貫は色差30以上と変色が激しく、女房の赤の物は指貫さが10以下でありほとんど変色していないことがわかった。また、全体の約9割が色差10以上で変色の程度には最小値2.0～最大値65.7とムラのある変色をしており、また色の種類により変色の程度に差があることがわかった。

3.2 色彩分析2：配色の分析

制作当時と現在の配色を比較するため、モザイク化した復元と原本の画像について、カラーマネジメント機構を搭載した画像チェック・解析ツール用ソフトRY SYSTEM社のDPEx（図3.2.1）を使い、色差の測定で用いたCIELABの明るさL*を除いたa*b*の分布を出力した。このグラフは横がa軸で縦がb軸である。ここで、+aは赤方向、-aは緑方向、+bは黄方向、-bは青方向を示している。

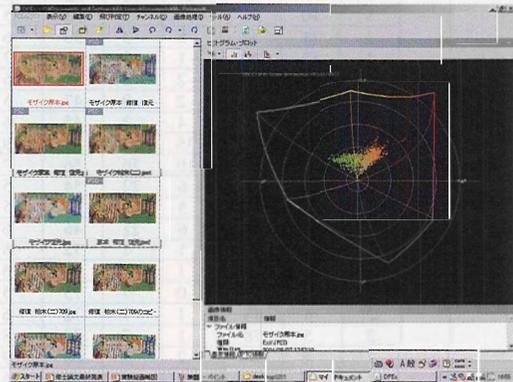


図3.2.1. DPEx画面

図3.2.2に復元絵画のa*b*の分布、図3.2.3に原本のa*b*の分布を示す。原本は復元と比べ、 $b < 0$ の値が無くなっており、青い部分が損傷していることがわかる。また、分散を比較すると、復元はaの値が179.3、bの値が138.0、原本はaの値が120.2、bの値が34.2であり、明らかにばらつきが少ないことがわかった。

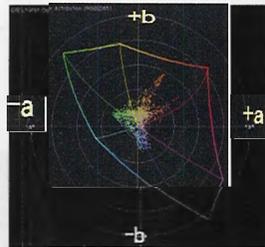


図3.2.2. 復元絵画のa*b*分布

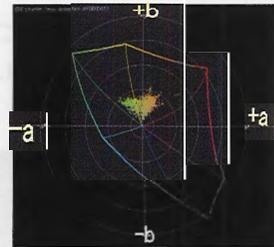


図3.2.3. 原本のa*b*分布

3.3 色彩分析3：CMYKの分析

絵具の顔料の変化を分析するために、図3.3.1と図3.3.2のようにモザイク分割した中から傷や混じりけのない特徴的な色を抽出し分析を行った。色の表現には、色料の三原色+黒のCMYKを用いた。CMYKは、それぞれC：シアン（青）、M：マゼンタ（赤）、Y：イエロー（黄）、K：ブラック（黒）を表している。



図3.3.1. 復元絵画の抽出箇所



図3.3.2. 原本の抽出箇所

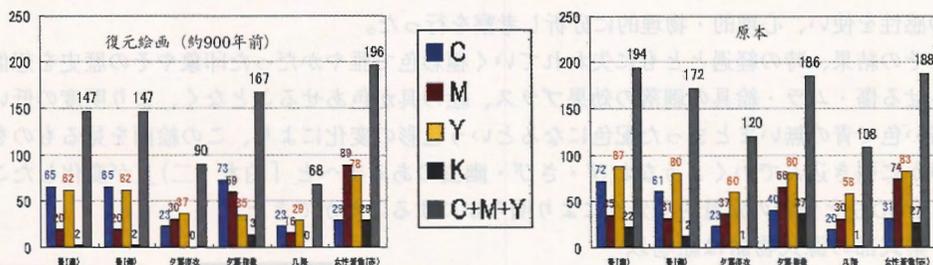


図3.3.3. 復元絵画と原本におけるCMYKの比較

図3.3.3に復元絵画と原本のCMYKの棒グラフを示す。復元絵画と原本を比較したところ、C、M、Yの合計がほとんど減少していないことから時が経っても色あせていないことがわかる。また、原本においてKの値が増加していることから時が経つと暗い色に変わることがわかる。よって、この絵画は時が経つと彩度が下がり色あせるのではなく、明度が下がりより暗い色に変わるとうことがわかった。

3.4 考察

SD法実験3のろうそくの下での絵画は全体的に赤暗く見え(図3.4.1)炎のゆれでちらつく。また、ろうそくの灯りのみだと、視感度のピークが短波長側により、名所視と比べて長波長側の赤が暗く見え、色の認識力が落ちる(図3.4.2)。そして、色の微細な差を認識しにくいSD法実験3のろうそくの下ではわび・さび・幽玄の変化がでなかった。



図3.4.1. ろうそくの下での復元絵画と原本

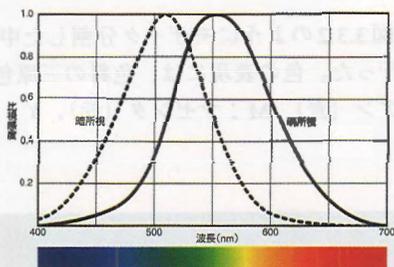


図3.4.2. 明所視と暗所視の比視感度曲線

以上より、次の2点を考察した。1点目は、時が経つと彩度が落ち色あせるのではなく、明度が下がりより暗い色でまとまった配色になるという変化がわび・さび・幽玄を出すと考えられる。2点目では、色差のデータマッピング結果からわかる変色のムラは、幽かに残る制作当時に近い色と変色が進んだ色であり、それらが混在することで、900年前の極彩色で雅やかだった状態や時の流れを想像させると考察した。

4 結論

本研究では、「柏木(二)」の制作当時から現在までの美と色彩の変化について、現代人の感性を使い、心理的・物理的に分析し考察を行った。

その結果、時の経過とともに失われていく極彩色で雅やかだった印象やその歴史を想像させる傷・ムラ・絵具の剥落の効果プラス、絵の具が色あせることなく、より明度の低い暗い色で青の無いまとまった配色になるという色彩の変化により、この絵画を見るものを静かに引き込んでいくようなわび・さび・幽玄のある美へと「柏木(二)」が変化したことをSD法と色彩の定量的な分析により明らかにすることができた。

紫式部の源氏物語は絵巻以外に屏風、扇、色紙(図4.1)などで源氏絵として絵画化されている。源氏物語の研究は、人文科学の立場から哲学者、美学者、美術史家、芸術評論家、芸術家、それに鑑賞者の相互に関連しあう言説が主流である。そこに、定量的な感



図4.1. 源氏絵

性情報や色彩情報を用いた自然科学的な研究が加わることによって、新しい発見があると考え、今回の国宝源氏物語絵巻の研究を行い、その実験結果について情報処理学会で評価を受けた。今後、人文科学と自然科学による両面からの研究をさらに発展させていきたい。

謝辞

本研究の一部は文部科学省オープン・リサーチ・センター整備事業(平成16年~平成20年)による私学助成を得て行われた。

参考文献

- [1] 岩下豊彦「SD法によるイメージの測定 その理解と手引き」川島書店(1996) p166-172
- [2] 徳川美術館編「源氏物語絵巻」徳川美術館(1995) p34, p46
- [3] 小松茂美編「日本の絵巻1 源氏物語絵巻 寝覚物語絵巻」中央公論社(1987) p114, p121
- [4] 財団法人徳川黎明会・財団法人五島美術館監修「折本 日本古典絵巻館 特別配本 国宝源氏物語絵巻」貴重本刊行会(1994)
- [5] 吉岡幸雄「日本人が創った色」日本放送出版協会(2001)
- [6] 清水好子 吉岡幸雄「源氏物語の色」平凡社(1995)
- [7] 細野尚志「標準色票」日本教文社(1968)
- [8] 永田泰弘「日本の色269色」小学館(2002)
- [9] 近江源太郎「色彩心理入門」日本色研事業株式会社(2003)
- [10] 大熊篤二「色盲色弱度検査表」(株)半田屋商店(2001)
- [11] 土井康孝「情報技術を用いた浮世絵師写楽の役者絵の目の印象に関する研究」甲南大学紀要理工学編50号 p1-26(2003)
- [12] 植木雅昭, 深野淳, 西河俊伸, 細見心一, 水内保宏, 辻田忠弘「フェルメール絵画における色の感性的研究」社団法人 情報処理学会研究報告 2003-CH-60(7), pp. 49-56.
- [13] 深野淳, 植木雅昭, 佐藤万寿美, 砂川徹夫, 辻田忠弘「テレビ会議システムを活用した高大連携による新しい情報教育に関する一考察」甲南大学紀要理工学編50号(2) p99-118(2003)

Research of Sensitiveness by Changing Colors and Beauty in “KASHIWAGI II” Picture Scroll of Tale of Genji

Shinichi Hosomi, Miwa Hasegawa, Tadahiro Tsujita

Graduate School of Natural Sciences, Konan University
Okamoto 8-9-1, Higashinada-ku, Kobe 658-8501, Japan

(Received April 7, 2005)

Summary:

This paper is a study of sensitiveness in “KASHIWAGI II” Picture Scroll of Tale of Genji, to mathematically search after the changing colors and beauty.

First, I experiment with three types of SD method. In the first experiment, subjects in their twenties look at nine pictures that I prepare, presented on a monitor, and answer questions. These pictures consist of an original, a restoration of the picture's state, a restoration of the color, and six composite pictures. In the second experiment, subjects look via a monitor at 20 national treasure pictures which do not include Picture Scroll of Tale of Genji and answer questions, to determine an axis of evaluation of a Japanese sense of beauty. In the third experiment, subjects look at the original, the restoration of the picture's state, and the restoration of the color that are printed on Japanese paper and answer questions to research the effect of Japanese paper and candle.

Next, I analyze the original and a restoration of the color, to clarify the difference of the color, the coloration, and the rate of CMYK between them.

Results of the SD experiments show that the subjects feel the restoration of the color to be colorful and *Miyabi*, and they feel the original to be *Wabi*, *Sabi*, and *Yugen*, which are characteristic of Japanese beauty. In addition, I make clear that an irregular discoloration, the loss of color and the wound on the original make them feel more *Wabi*, *Sabi*, and *Yugen*. A result of the color analysis shows that the color of the original has not faded but has become dingy, and the irregular discoloration makes subjects feel the history.

In conclusion, this paper shows that the irregular discoloration, the loss of color and the wound on the original that make subjects feel the history, plus the changing of the color have brought “KASHIWAGI” *Wabi*, *Sabi*, and *Yugen*.