

男性肖像画における顔の立体感および肌の質感に対する空間周波数解析の可能性

鳥居 さくら

神戸松蔭女子学院大学人間科学部

Author's E-mail Address: torii@shoin.ac.jp

Possibility of Spatial Frequency Analysis of the Three-dimensional Appearance and Texture of Facial Skin in Male Portraits

TORII Sakura

Faculty of Human Sciences, Kobe Shoin Women's University

Abstract

顔画像を空間周波数解析することにより、その顔の性別や年齢の推定が高い精度で可能であることが示されている。本研究では、絵画技法の異なる洋画と日本画の男性肖像画を解析対象として、顔の部分空間周波数解析することで、絵画の表現上の違いを数値で表わすことが可能であるかを試みることにした。6点の肖像画—ゴッホの自画像、ラファエロ作ユリウス2世の肖像、伝源頼朝像、雪舟の自画像—を解析対象とした。開発したプログラムを用いて各肖像画の空間周波数のパワー値を求め、その値を比較した。その結果、日本画の低空間周波数帯域のパワー値が洋画の値より小さかった。ゴッホの自画像では高い空間周波数帯域のパワー値が特に大きい値を示していた。低い空間周波数帯域のパワー値は顔の立体感、高い空間周波数帯域のパワー値は肌の質感を反映している可能性が示唆された。

A spatial frequency analysis of facial images has shown that a highly accurate estimation of the gender and age of the face is possible. This study, on the subjects of Western and Japanese male portraits, attempts to discover whether it is possible to express the difference in representation, through the performance of spatial frequency analysis on parts of the face. I performed an analysis on six portraits: self-portraits of Goya, Rembrandt, Van Gogh, and Sesshu Tōyō; "Portrait of Pope Julius II" by Raphael; and a portrait of Minamoto no Yoritomo. Using the developed program, I determined the spatial frequency power value of the portraits and compared the results. I found that, in the low spatial

frequency band, the power values of the Japanese paintings were lower than those of the Western paintings. In the high spatial frequency band, the power value of Van Gogh's self-portrait was particularly large. The findings suggest that the power values of the low spatial frequency band reflect the three-dimensional appearance of the face, while the power values of the high spatial frequency band reflect the texture of the skin.

キーワード：画像解析、顔画像、日本画、洋画

Key Words: image analysis, facial image, Japanese painting, western painting

1. はじめに

描かれた人物を鑑賞することのほうが、実際の人物を見ることより心を動かされる場合がある。動くことのない絵画上の人物から、人はどのような情報を読み取っているのだろうか。

顔から得られる情報は年齢や性別の情報だけではなく、どこの地域の出身であるかといった人種の情報、目立っているといった印象の情報や、その時どのような感情状態であるかに関わる表情の情報など多岐にわたる。絵画で描かれた人物像は、デジタルカメラなどで撮影された顔画像と異なり、画家の心象や筆致を経て表現されたものであり、知覚したものが誇張されて表現されている可能性がある。例えば印象派の絵画では、画家はパレット上で色を混ぜるのではなく、絵の具を細かく併置して、いわば網膜の上で色を混ぜるような視覚混合という方法を用い、光の色彩や光そのものを主題にしたとされる（諸川、1998）。知覚するときと同様の過程をキャンバス上で再現することにより、知覚世界をあらためて認識することをねらったと考えられる。

ところで、画像には色や形などの要素があるが、その中に空間周波数というものがある。空間周波数とは画像の決まった幅の明暗変化の波の数で表わされるもので、波の幅が太いほど低い空間周波数成分を有し、波の幅が細いほど高い空間周波数成分を有していると定義される（Fig.1）。ある画像を視覚刺激としたとき、その視覚刺激の色はRGBすなわち赤・緑・青の組み合わせで表現できるように、視覚刺激の明暗変化は空間周波数の組み合わせから構成されている（飛松、2010, 2012）。

顔の特性を認識する際、顔画像を構成する空間周波数成分のある帯域が特性の認識に関係していることが指摘されている。例えば、年齢の認知は“顔画像全体の幅”に対し16cycle以上の高周波数成分に依存し、性別の認知は16cycleまでの低周波数成分に依存していることが示されている（吉田・利島、2007）。また日本人男女の顔画像の空間周波数パワー値のクラスター分析と実年齢との相関の結果を総合したところ、顔画像の空間周波数1～512 cycle/image-width（以下c/iw）は、大きく5つの帯域、すなわち、1～8 c/iw、9～16 c/iw、17～50 c/iw、51～90 c/iw、91～512 c/iwに分類され、1～8 c/iwは頬、あご、額など顔の広い領域の明暗に基づく顔全体のハリ感やくぼみ感、9～16 c/iwは目、鼻、口、眉といった顔の主要なパーツそのものの存在、17～50 c/iwは大ジワやたるみと顔のパーツの境界線、51～90 c/iwは小さなシワ、91～512 c/iwは毛や毛穴、肌の質感、細かな凹凸など微小な形態の特徴

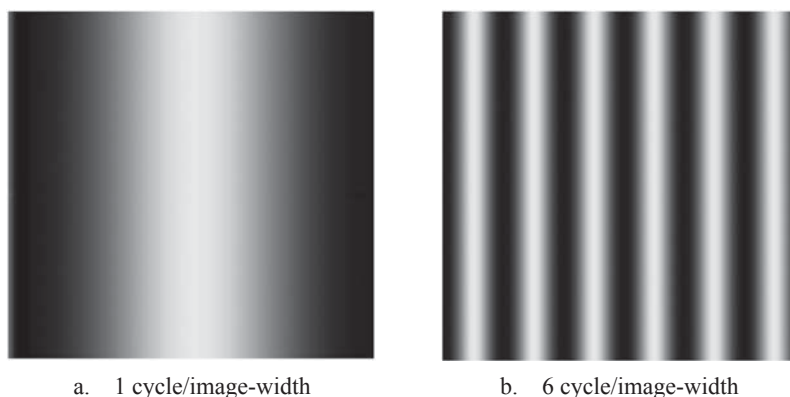


Fig.1 白黒の縦縞正弦波格子
aのほうがbより低い空間周波数成分を有する.

が反映されていることが示された（鳥居・多田、2014a）。

目立つ顔と目立たない顔の空間周波数のパワー値の違いを検討した研究では、顔の示差性評価の推測をするために選択された空間周波数のパワー値は、男女で共通する 5 c/iw 以外に、男性顔画像では $1, 4 \text{ c/iw}$ などの比較的低い空間周波数、女性顔画像では 117 c/iw などの比較的高い空間周波数であり、顔の示差性と関係する空間周波数のパワー値があることが示された（鳥居・多田、2014b）。

さらに印象の強い造形物にはなんらかの物理的特徴が存在すると想定し、空間周波数解析を用いて造形物の分析を試みた（鳥居、2014）。印象の強い造形物として、女性の肖像画－モナ・リザ、真珠の耳飾りの少女、陽光を浴びる裸婦、寛政三美人－とピリケン像、そして比較対照の顔として女性の平均顔を解析した。その結果、印象の強い彫像や絵画はある帯域の空間周波数のパワー値が高い傾向があり、空間周波数のパワー値は印象の強さを反映している可能性が示された。

これらのことから本研究ではあらたに洋画と日本画の違いに注目し、絵画の表現上の違いを数値でとらえることが可能であるかを、洋画と日本画の空間周波数のパワー値を比較することにより検討することとした。解析対象とする男性肖像画は洋画を4点、日本画を2点の計6点を選定した。1点目はRaffaello Santi（1483-1520）作「ユリウスⅡ世の肖像」（1512年ごろ）である。ラファエロはルネサンスを代表するイタリアの画家である。サイズは $108.7 \times 81 \text{ cm}$ 、ナショナル・ギャラリー所蔵である。2点目はRembrandt Harmensz. van Rijn（1606-1669）作「自画像」（1659年）である。レンブラントは17世紀を代表するオランダの画家である。サイズは $52.7 \times 42.7 \text{ cm}$ 、スコットランド国立美術館所蔵である。3点目はFrancisco de Goya（1746-1828）作「自画像」（1815年）である。ゴヤはスペインの宮廷画家である。サイズは $51 \times 46 \text{ cm}$ 、王立サン・フェルナンド美術アカデミー所蔵である。4点目はVincent van Gogh（1853-1890）作「坊主としての自画像」（1888年）である。ゴッホはオランダ出身

の後期印象派の画家である。サイズは 61×50 cm、フォッグ美術館所蔵である。5点目は「伝源頼朝像」である。12世紀末の似絵の名手藤原隆信(1142-1205)の作と伝えられている。サイズは 143×112.8 cm、神護寺所蔵である。6点目は雪舟(1420-1506)作「自画像」(模本)(1490年)である。雪舟は室町時代に活躍した禅僧、水墨画家である。サイズは 59.1×28.2 cm、藤田美術館所蔵である。

2. 方法

対象とする顔画像：男性肖像画6点、すなわち、ラファエロ作「ユリウス二世の肖像」、レンブラント作「自画像」、ゴヤ作「自画像」、ゴッホ作「坊主としての自画像」、「伝源頼朝像」、雪舟作「自画像」を用いた。すべて Wikimedia Commons に掲載されているパブリックドメインの画像を用いた。

顔画像の修整：6枚の画像は、画像処理ソフトの Photoshop を用いて、顔の部分だけを切り取り、髪と首を取り除き、 $1,024 \times 1,024$ 画素のグレイ画像に変換し、左右の瞳孔ができるだけ一定の位置になるように大きさと位置を調整した。顔の部分の平均輝度が128になるよう輝度を調整し、背景は輝度128の均一なグレイとし、解析するための修正画像を作成した。

顔画像の空間周波数パワー値の算出：6枚の修正した顔画像に対し、MATLAB R2009a 対応の自作ソフトで高速フーリエ変換 (FFT) による空間周波数解析を行い、 $1 \sim 512$ c/iw のパワー値を得た。このデータを用いて、横軸を空間周波数、縦軸をパワー値とした図を作成した。

空間周波数抽出画像の作成：各画像の低い空間周波数成分と高い空間周波数成分の特徴を視覚的に理解しやすくするために、MATLAB R2009a 対応の自作ソフトを用い、低い空間周波数抽出画像は $1 \sim 16$ c/iw を、高い空間周波数抽出画像は $17 \sim 512$ c/iw のみを抽出した顔画像を作成した。

3. 結果と考察

6枚の顔画像について、元画像、解析するために修正した顔画像、低い空間周波数帯域すなわち $1 \sim 16$ c/iw を抽出した画像、高い空間周波数帯域すなわち $17 \sim 512$ c/iw を抽出した画像を示した (Fig. 2~7)。さらに修正画像を空間周波数解析し求めたパワー値の推移を折れ線グラフで表したものを Fig.8 に示した。横軸は空間周波数 $1 \sim 512$ c/iw を対数表示し、縦軸は各空間周波数のパワーの和を求めた値を対数表示した。

パワー値が大きいほどその空間周波数の明暗変化が強く、パワー値が小さいほどその空間周波数の明暗変化が弱いことを意味している。以下にそれぞれの肖像画について考察する。

3.1. ラファエロ作「ユリウス二世の肖像」

ユリウス二世は1513年に没したため、この肖像画はユリウス二世が亡くなる1年ほど前、60歳のころに描かれている。ユリウス二世の白く長い顎髭や白い衣は、一本一本の毛髪や布の襞を忠実に表現しており、「この肖像は彼が生きているかのように思わせ、それを見る人を



Fig.2 ラファエロ作「ユリウスII世の肖像」



Fig.3 レンブラント作「自画像」



Fig.4 ゴヤ作「自画像」



Fig.5 ゴッホ作「坊主としての自画像」

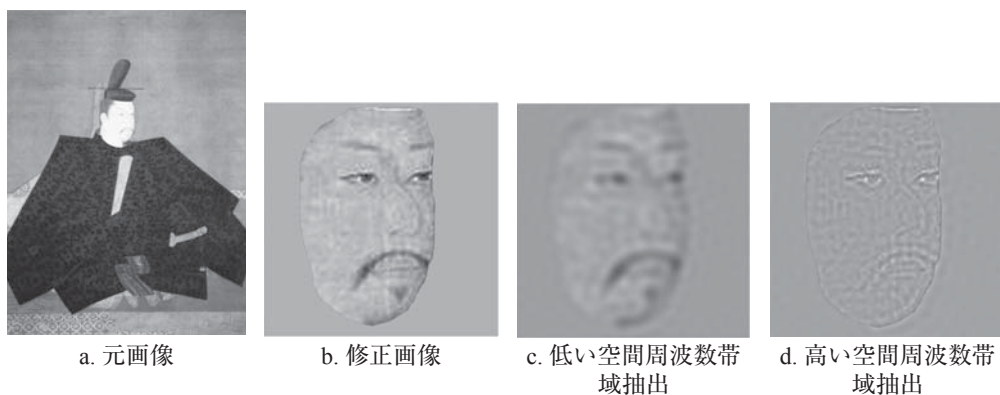


Fig.6 「伝源頼朝像」

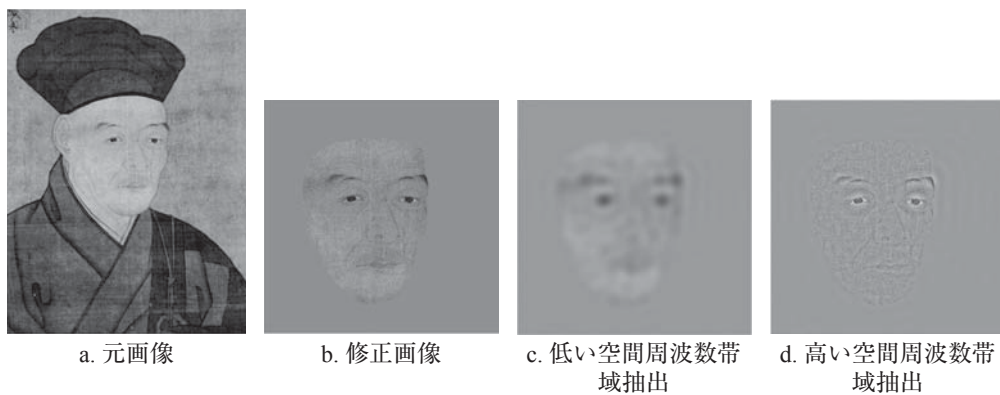


Fig.7 雪舟作「自画像」(模本)

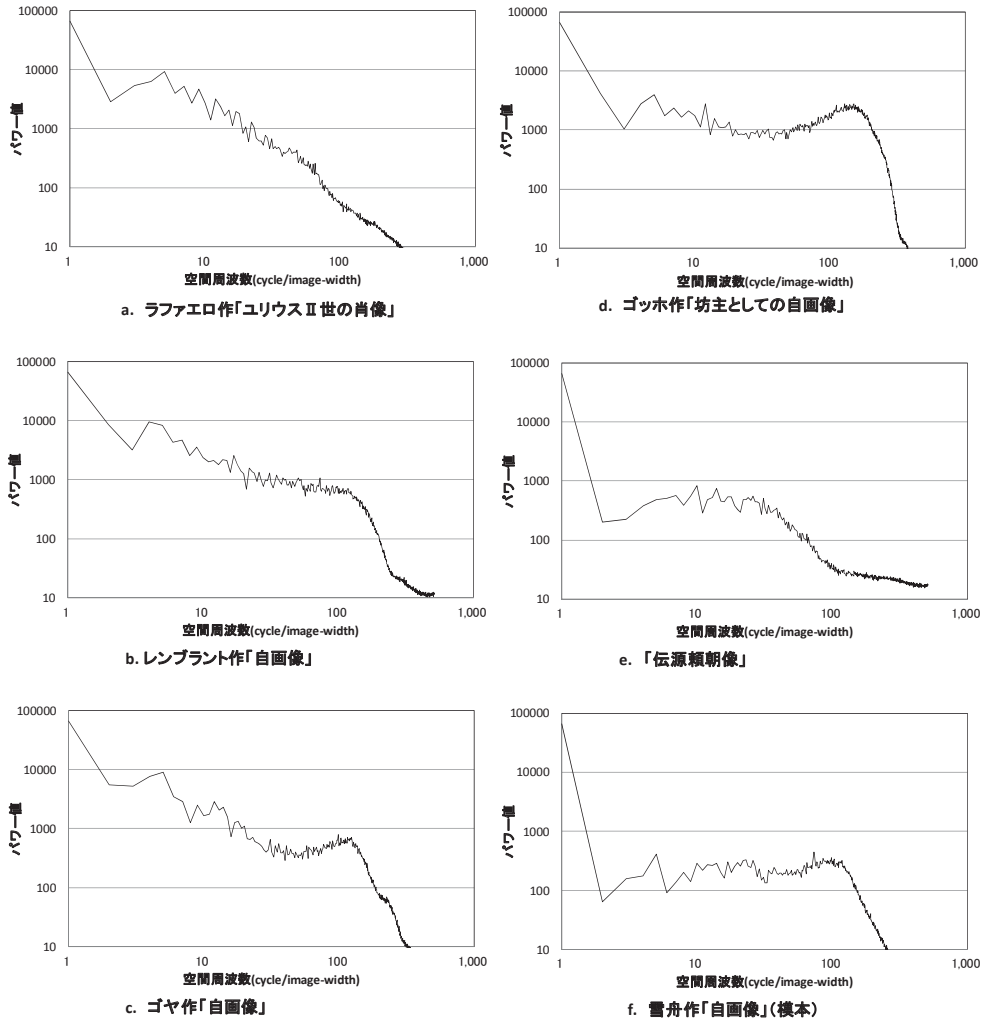


Fig.8 男性肖像画における空間周波数パワー値の推移

x, y 軸とも対数表示.

怖がらせた」と記述される（上村、2008）。しかし、顔の部分のみを取り出して空間周波数解析すると、60～512 c/iw の高い空間周波数帯域のパワー値が小さいことがわかる（Fig.8a）。つまり、顔の部分の細かいシワ、シミ、毛穴の影などは省いて描かれているように思われる。この肖像画が描かれたのがユリウス二世 60 歳のころなので、シワ、シミ、広がった毛穴などは当然顔面に存在しただろう。ラファエロの技術からすればそれらを描くことは容易だったと想像されるが、描かずに、あるいは、描けずに仕上げたと考えられる。2～12 c/iw の低い空間周波数帯域はレンブラントやゴヤの作品と同様、空間周波数パワー値が大きく、顔の大きい凹凸が光と影ではっきりと描き分けられており、絵画全体のなかでのユリウス二世の存

在感を確実に示している。

3.2. レンブラント作「自画像」

この絵は暗闇のなかで顔の部分のみに光があたっているように描かれている。この技法について神吉（1992）は次のように解説している。光と闇の絵は明暗法あるいは明暗描法と呼ばれ、16世紀末から17世紀はじめに生きたミケランジェロ・メリジ・ダ・カラヴァッジオが始めた。限定された光を導入して、それが照らし出す対象を描くため、光と影のコントラストが非常に激しくなる。ルネサンス期においては画面そのものに統一を与えるために視線の消失点を求め、求心的構図を作ったが、光と闇の画面で注意が促されるのはハイライトが当たっている部分となる。17世紀のパロックの画家レンブラントはこの明暗法に強い影響を受けたとされる。本研究で対象としたレンブラントの肖像画においても、背景は非常に暗く、髪の毛や体幹が見えないくらい漆黒の闇として描かれている。それに対して、顔面、特に額が明るく、上方からスポットライトが当たっているかのようである。解析対象となる顔の部分は非常に明るい部分と、目元や鼻の下から口元にかけての暗い部分とが混在している。Fig.3dは高い空間周波数帯域を抽出した画像だが、細かいシワや毛穴など肌の表面の凹凸が忠実に描かれていることがよくわかる。レンブラントの技法は独創性に富んでおり、絵筆の尻で絵具層を引っ搔いて巻き毛を表現した、あるいは、目鼻の周囲に細かいタッチを入念に用いて皮膚を生々しく再現したと記されている（高橋、2003；三浦、2003）。ただし、部分的に細かい明暗変化がぼかされて消された箇所があり、それは目元や鼻の下から口元にかけての暗い部分と一致していることが読み取れる。

Fig.8bの空間周波数のパワー値の推移を見ると、レンブラントの肖像画の4 c/iwにおいて、6つの肖像画から得られたパワー値のなかで最も大きい値を得ている。これは額の明るさと、目元と鼻の下から口元にかけての暗さとの明暗変化を反映したものであろう。150～200 c/iwの高い空間周波数帯域では、ゴッホ作「自画像」より低い値ではあるがレンブラントの「自画像」は比較的大きいパワー値を得ており、これは生々しい皮膚を表現するための細かな明暗変化が反映されたものと考えられる。

Livingstone（2004）はレンブラントの自画像36点を検討し、レンブラントは視覚の焦点を正確に結ばない立体盲であったと報告している。自画像における右目は正面を向いているが、左目は外側にずれていたことを示した。レンブラントが片目で見えて認識していたことはかえって絵画制作時に利点となり、三次元の世界を二次元に描く技術が高くなったと考察している。本研究で取り上げたレンブラントの「自画像」を見ても（Fig.3）、目のくぼみや頬のふくらみなど顔の大まかな立体感とともに肌のきめも写真で撮影したかのように正確に描かれている。

3.3. ゴヤ作「自画像」

ゴヤはスペインの宮廷画家だったが、1792年46歳の時に病気のため聴覚を失い、それまでの封建的な定型の画風から近代的な画風へと変化した。有名な「裸のマハ」と「着衣のマハ」は1797～1803年ごろに描かれている。今回取り上げた自画像は1815年69歳の時に描かれ

た作品である。

ラフな服装の自画像は傾いており、身体の上着や背景は暗く、顔から胸元にかけて明るい光が当たっている。背景が暗く、顔に光が当たっているという点ではレンブラントの「自画像」と似ており、1～20 c/iw や 90～512 c/iw における空間周波数帯域のパワー値もレンブラントの「自画像」と同じような値をとっている。ただし、20～90 c/iw の空間周波数帯域のパワー値がレンブラントの「自画像」より小さく、ラファエロの「ユリウスⅡ世の肖像」と近いパワー値を得ている。細かいシワやシミ、毛穴の影などが細かく描かれていないことによるものと考えられる。Fig.4d の高い空間周波数帯域を抽出した画像を見ると、レンブラントの「自画像」ほど細かい線が描かれていないことがわかる。

3.4. ゴッホ作「坊主としての自画像」

ゴッホはオランダ出身のポスト印象派の画家である。精神的に不安定であり、有名な耳切り事件は1888年の年末に起こしている。今回取り上げた「坊主としての自画像」は耳切り事件の前、1888年9月に描かれたものである。ゴッホが書き残した手紙は821通に及ぶが、その中で124回もレンブラントの引用がある(田中、2003)。同じオランダ人ということもあったが、彼の内省的な性格に合っていたのではないかと記されている。レンブラントが描いた自画像は100点近いが、ゴッホもまたレンブラントにつぐ多さで40枚もの自画像を描いている。「坊主としての自画像」の背景は鮮やかな緑白色で、光のあたっているゴッホ自身の肌色部分の明るさを引き立てている。

空間周波数のパワー値を見ると(Fig.8d)、3～6 c/iw の目鼻立ちの明暗変化などに関係すると思われる低い空間周波数帯域では、他の洋画3点と比較し空間周波数のパワー値は小さいが、55 c/iw 以上の高い空間周波数帯域になると今回の絵画の中で最も大きいパワー値をとり続けている。この高い空間周波数帯域のパワー値の大きさが非常に特徴的である。

「坊主としての自画像」では、頬や額の肌の部分が短い棒線を平行に並べる描き方で描かれている。これは肌に見られるシワやシミを表わすための線ではなく、描いたときの絵筆の跡が残ったものだと思われるが、この跡こそが、ゴッホが色と形と線で表わしたかった光の世界(田中、2003)なのだろう。他の絵画とは一線を画す独特の表現法であり、それが高い空間周波数帯域で大きいパワー値を得たという解析結果に表れたと考えられる。

3.5. 「伝源頼朝像」

「伝源頼朝像」は藤原隆信(1142～1205)作と伝えられている。「伝源頼朝像」は日本における肖像画の最高傑作と言われる。この肖像画は、目・鼻・口などの造作を極力単純化した線描で表わそうとし、線描はかなり繊細化しており、鍛え抜かれた細い墨線が生み出す造形は見事であると評される(宮島、1994)。他の洋画4点と比較すると、「伝源頼朝像」は絵画全体において身体が占める割合が大きく、顔は小さめである。顔の立体感や肌の状態が忠実に再現された画というより、高貴さも含めたその人らしさが墨線一本で潔く表現された画といえる。

空間周波数のパワー値の推移を見ると、洋画4点と比較して44 c/iw くらいまでの低い空間周波数帯域では日本画である「伝源頼朝像」と雪舟の「自画像」のパワー値は非常に小さい(Fig.8)。その2点を比較すると、1～44 c/iw は雪舟の「自画像」より「伝源頼朝像」のほうがパワー値が大きいが、45～209 c/iw は雪舟の「自画像」のほうが大きくなっている。「伝源頼朝像」は低い空間周波数帯域におけるパワー値が洋画と比較して小さめではあるものの、雪舟の「自画像」より大きい値をとっており、日本画のなかでは目・鼻・口などの顔の造作がしっかり描かれた絵画だといえる。

3.6. 雪舟作「自画像」(模本)

雪舟は室町時代の禅僧であるとともに水墨画家である。71歳の年の冬、つまり1490年に自らの肖像を描いて弟子の秋月に与えたと記されている(佐藤、2003)。

この「自画像」では、額の横ジワ、上瞼のくぼみによるシワ、下まぶたのたるみに伴うシワ、鼻から唇の横にかけて現れる鼻唇溝、耳元からあごにかけてのたるみの線など、老化にともなうシワやたるみの線が墨線で明瞭に描かれる。空間周波数パワー値の推移をみると(Fig.8f)、1～40 c/iw は他の画像5点と比較し最も小さいパワー値だが、小さい値ながらも100 c/iw にかけてそのパワー値を維持している。40 c/iw からパワー値が漸減していく「伝源頼朝像」とは異なる推移を見せている。

4. 総合考察

洋画と比較した日本画の特徴をフェノロサ(1853-1908)は1882年に美術真説という講演で述べている(フェノロサ, 1988)。それによると日本画の特徴は、1. 写真のような写実を追わない、2. 陰影が無い、3. 鈎勒(こうろく、輪郭線)がある、4. 色調が濃厚でない、5. 表現が簡潔である、とされている。本研究で解析した肖像画では、ラファエロ、レンブラント、ゴヤの作品は写実的であった。さらにゴッホの作品を加えた洋画4点は、陰影があり、輪郭線がなく、色調が濃厚で、表現が複雑であった。対する「伝源頼朝像」と雪舟の「自画像」はフェノロサの述べた日本画の特徴をすべて備えていた。実在の顔は三次元の立体であり、それを二次元上に写実的に表現するためには陰影を用いて立体感を出す必要がある。空間周波数解析では、洋画の肖像画4点における1～16 c/iw の低い空間周波数帯域はすべて日本画2点よりも大きい値をとっていた。洋画と日本画の立体感の表現の違いがパワー値においても示されたと考えられる。一方、17 c/iw 以上の高い空間周波数帯域では、洋画と日本画でパワー値が交錯していた。おおまかに見ると、ゴッホの「自画像」が非常に大きいパワー値をとり、そしてレンブラントの「自画像」、ゴヤの「自画像」が同じくらいの大きいパワー値で続き、次に雪舟の「自画像」となる。ラファエロの「ユリウス二世」は小さいパワー値であり、最も小さいパワー値だったのは「伝源頼朝像」であった。「ユリウス二世」と「伝源頼朝像」は位の高い人物の肖像画であり、今回取り上げた肖像画がたまたまそうだっただけかもしれないが、位の高い人物だからこそ老兆を示す肌の上の細かなシワやシミ、毛穴の影などの現実即した汚い部分は意識的に排除された可能性がある。画像処理でいうソフトフォーカス

をかけた状態で描いたといえよう。それに対して、自画像を描く際には、自分の姿なので画家は描く対象に敬意を払う必要などなく、リアルさを追求するため肌の状態を忠実に描くことができる。もしくは、位の高い人には画家も容易に近づくことができないので、肌の細かな状態を画家が見ることができなかつた。だから肌の細かな状態を描くことができなかったとも考えられる。

以上のことから、16 c/iw までの低い空間周波数帯域においては、日本画と洋画の違いが明確に表れ、顔面の立体感を描こうとする洋画のほうが大きいパワー値をとること、17 c/iw 以上の高い空間周波数帯域においては、日本画や洋画に関係なく、肌の状態を細かく描く場合には大きいパワー値が得られることが示された。

参考文献

- フェノロサ, アーネスト・F. 美術真説 山口静一編訳 フェノロサ美術論集 中央公論美術出版 1988
- 神吉敬三 1992 遠近法への反逆と挑戦—ピカソの目をめぐって— 佐藤忠良・中村雄二郎・小山清男・若桑みどり・中原佑介・神吉敬三 遠近法の世界史—人間の眼は空間をどうとらえてきたか— 平凡社 Pp.273-324.
- Livingstone, Margaret S., Conway, Bevil R. 2004 Was Rembrandt Stereoblind? *New England Journal of Medicine* 351 (12), 1264-1265.
- 宮島新一 肖像画 吉川弘文館 1994
- 佐藤康弘 2003 日本絵画と自画像—江戸時代まで— 三浦篤 (編) 自画像の美術史 東京大学出版会 Pp.131-162
- 諸川春樹 西洋絵画史入門 美術出版社 1998
- 高橋達史 2003 自画像の需要と画家のイメージ 三浦篤 (編) 自画像の美術史 東京大学出版会 Pp.65-94.
- 田中英道 画家と自画像 講談社 2003
- 飛松省三 2010 後頭葉 視覚野, *Clinical Neuroscience*, Vol. 28, 1156-1160.
- 飛松省三 2012 事象関連電位を用いた顔認知機構の解明, *BRAIN and NERVE*, Vol.64, No.7, 717-726.
- 鳥居さくら 2014 空間周波数の特徴から印象の顔画像を記述する試み—ビリケン像と美人画からの一考察— 立命館文学 636, 75-86.
- 鳥居さくら・多田明弘 2014a 顔画像の空間周波数特性による年齢の推定と男女の判別 電子情報通信学会和文A誌 J97-A (10), 657-664.

鳥居さくら・多田明弘 2014b 顔画像における示差性と空間周波数特性との関係 日本顔学会誌 14 (1), 33-40.

上村清雄 ラファエッロとジュリオ・ロマーノ—「署名の間」から「プシュケの間」へ—
ありな書房 2008

吉田弘司・利島保 2007 顔による年齢・性別認知の空間周波数特性, 心理学研究, Vol. 78,
No.1, 33-41.

(受付日: 2014. 12. 10)