

レオナルド絵画の定量的考察

並木晴香 青山友香* 田中沙恵** 友永万結***
同志社大学文化情報学研究所 *武蔵野美術大学 *資生堂美容技術専門学校

本研究の目的は、画家の特徴をできる限り客観的につかむ方法を探ることである。従来、絵画の真贋判定は各研究者の主観によって行われていたが、それらの結果は再現性が無く研究者によって異なることもしばしばであった。本研究では絵画に描かれた人物の顔を画像処理ソフトによって切り出したものをデータとして取扱い、複数の手法を用いて計量的に分析した。この分析方法や出力結果から、博物館や美術館での検索システムへの活用方法を考察する。

The quantitative analysis of Leonardo da Vinci pictures

Haruka Namiki *Yuka Aoyama ** Sae Tanaka ***Mayu Tomonaga
Graduate School of CIS *Musashino Art *SHISEIDO BEAUTY
Doshisha University University ACADEMY

The purpose of this study is to investigate a method to get the characteristic of the painter as possible objectively. Conventionally the original or an imitation judgment of the picture was performed by the subjectivity of each researcher. Those results did not have plasticity and were often different by a researcher. We used the thing which cut the face of a person drawn on the picture by image processing software as data and analyzed it for a measurement with plural technique. We consider a method to utilize this analysis method and an output result by the search system in museums and art museums.

1. はじめに

ルネサンス期を代表する芸術家として名高いレオナルド・ダ・ヴィンチ(1452-1519)はその生涯のなかで、多岐にわたる分野で偉大な功績を残した。中でも彼の絵画作品の中には、それが本当にレオナルドの真筆なのかどうかの判断が研究者によって分かれるものが存在し、その判定の理由もそれぞれの研究者によって異なっている。ある絵画が誰によって描かれたものであるかの判断は、その画家が有名であればあるほど複雑である場合が多く、文献資料やその画家自身の他の作品、また同時期の画家たちとの関連性などの様々な情報を得ることが絶対必要条件である。しかしいくら情報を収集しても、それらをもとにした判断にはどうしても主観が入り込むため、同じ資料のもとに立っていても諸説が生まれるのは避けることが困難な事態であるといえるだろう。そのような状態を鑑みて、画家の特徴をできる限り客観的につかむ方法を探るために作品、特に今回は描かれている人物の顔を画像データとして扱い、複数の手法を用いて計量的に分析することで、分析対象作品についての多面的な考察を試みた。

さらに、今回出力した結果の活用法として、美術館や博物館での検索システムについて考察してみたいと思う。現在の検索システムでは、画家名や作品名を入力したり、時代や地域、素材で絞り込みをするようになってきているものが多い。しかしそのシステムでは、ユーザーの持つ

おぼろげな記憶の作品について調べたい場合や、特定の作品ではなく「こんな感じの絵を探したい」という漠然とした感覚で作品をピックアップしたい場合には、思うように検索できないことが予想される。そのような状況において、本分析での手法を用いた検索システムの在り方を述べてみたい。

2. 分析対象

今回の分析に用いた作品は、レオナルドの真筆とされている作品 9 点¹(データ A 群)、真筆かどうかにはまだ諸説あるとされる作品 4 点(データ B 群)、レオナルドの周辺人物やレオナルド工房によるものとされる作品 5 点(データ C 群)の計 18 点で、そこに描かれている人物 35 人の顔を分析対象とした。それぞれのデータごとに作品をおおよその年代順に並べて番号を割り振り、さらに人物をデータ上で区別するために、キリストは“c”、マリアは“m”、ヨハネは“j”、天使は“a”、これ以外の人物についてはその頭文字を使用してデータ名の最後に小文字で表記した。したがって、数年前にウフィツィ美術館より運ばれ東京国立博物館において展示された「受胎告知」の場合は、A 群に属している 4 番目の作品であるため、キリストの誕生を告げる天使

¹ 「キリストの洗礼」はレオナルドの師アンドレア・デル・ヴェロッキオの作品であるが、左端にいる天使はレオナルドによって描かれたということは確実とされているため、今回の分析ではレオナルドの真筆として分類した。

は”A-4-a”、対してお告げを受けるマリアは”A-4-m”となっている。

また、レオナルドの作品だけではその特徴を見出しにくいと考え、同時期に活動し、レオナルドとの関係性や影響が見受けられる画家 7 名を取り上げた。今回取り上げたのは、レオナルドと並んでルネサンス期を代表すると称せられるミケランジェロ・ブオナロッチィ(1475-1564/データ Mi 群)とラファエロ・サンティ(1483-1520/データ Raf 群)、フィレンツェに工房を構えレオナルドの師であったアンドレア・デル・ヴェロッキオ(1435頃-1488/データ Velo 群)、レオナルドと同じくヴェロッキオ工房に従事していたロレンツォ・ディ・クレディ(1459頃-1537/データ Cre 群)、ロンドニンにある「岩窟の聖母」(B-4-a・c・j・m)の両脇部分の祭壇画を描いたプレデイス兄弟のひとりアンブロジオ・デ・プレデイス(?/データ Pre 群)、さらにレオナルドと直接仕事をしたとされ、その作品にはレオナルドの影響が見受けられるベルナルディーニ・ルイーニ(1482頃-1532/データ Lui 群)とジョヴァンニ・アントニオ・ポルトラフィオ(?/データ Vol 群)である。そしてそれらの画家の作品の中から、レオナルド作品と同じ条件のもとでデータを取得できる作品のうち、関連性があるとされる作品 17 点を選択し、そこに描かれている 31 人の顔を分析対象に加えた。これらの画家についてもレオナルドの際と同様に、データ群の名前と番号、描かれた人物名からデータ名をつけている。

今回は、肌の明暗に注目して分析をおこなうため、レオナルドの作品とされるもののうち素描やデッサン画は対象から除外した。なお、彩色画である「最後の晩餐」は表面の剥落が激しいため、また「聖ヒエロニムス」と「東方三博士の礼拝」は他の作品に比べて未完の部分が多いとされているため、今回の分析対象には含まなかった。

3. 分析方法

今回の分析では、分析対象とする作品を 2 つの異なる媒体から取得した。ひとつは、レオナルドの油彩、テンペラ、素描などその全ての作品が掲載されている作品集 [1]を用いて、そこから全て同じ条件において画像のスキャンをおこなった。もうひとつは、ルネサンス期に活動していた画家の作品を幅広く集めた DVD [2]から、FastStone Capture を使って、表示させた作品をキャプチャし、それらを画像データとして取得した。なお、複数の作品を扱う場合、すべての作品を同じ条件のもとで撮影し、画像データを得ることが必要となる。しかし、全作品について本物から直接データを取得することは不可能なことから、できる限りの条件を揃えることができるように画像や DVD の元データが複数にわたらないようにした。

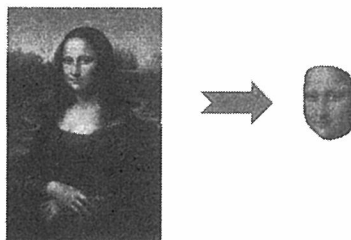


図 1 GIMP2 を用いた画像切り出しの例

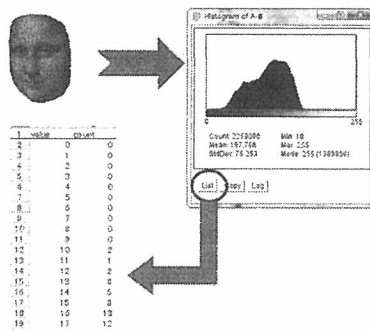


図 2 ImageJ を用いたヒストグラム取得の例

以上の方法で取得した画像の元データを画像処理ソフト GIMP2 に取り込んで、顔の部分のみを切り出した(図 1)。その切り出したデータを画像処理ソフト ImageJ で読み込み、輝度値のヒストグラムとその 256 階調データを数値化したものを出力した(図 2)。

今回、人物の顔を分析対象としたのは、複数の作品を扱うにあたって人物画を対象とする場合「顔」という部分のみが必ず描かれる共通項であるということと、そこには単なる明暗だけではなく、画家の特徴がにじみ出るところだと判断したからである。

今回、画像データを計量的に分析するために、以下に示す 5 種類のデータ処理による分析手法を用いた。

- 手法①：ヒストグラムの数値データから変数を求めて、R による主成分分析
- 手法②：手法①のデータを更に加工し、R による主成分分析
- 手法③：「梅花壺式 Ver.1.0」[3]を用いた楕円フーリエ展開による主成分分析
- 手法④：手法③から図形の再構築をおこなない、その構成点による主成分分析
- 手法⑤：手法②のデータから距離行列を求め、SplitsTree4 による NeighborNet

まず手法①・②をおこなうための前処理として、取得した数値データのうち 255(白)の値は GIMP で画像処理をした際のレイヤー部分であり、本来の画像以外の部分となるため削除した。そ

の後、データごとの四分位値から導いた 3 つの変数を出し、そのデータを用いて R による主成分分析をおこなったものが手法①である。また手法②では、そのデータの中で各ヒストグラムの裾野を処理し、同様に R にて主成分分析にかけた。

手法③では、上記の分析でも使用した 256 階値からレイヤー部分の値を除いたデータを用い、図 2 で示したようなヒストグラムの形状をそのまま計量分析するための処理をおこなった。これは空間形状分析といわれるもので、ここではヒストグラムの輪郭線をグラフと考えて、データの最後から 3 つの値を使って平均化することによりそのグラフを上下反転させ、閉じた図形を作成する。そしてこの閉じた図形について楕円フーリエ展開を実装させたアプリケーション「梅花壺式 Ver.1.0」を適用し、フーリエ記述子を出力することによって、統計ソフト Past により主成分分析をおこなった。また手法④では、楕円フーリエ展開をおこなった後で図形の再構築処理をすることによりその構成点を出力することが可能となるため、それを用いることで Past の Eigenshapes にて手法③とはまた異なる主成分分析をおこなった。なおこの図形の再構築処理をしたデータでは、Thin-Plate Analysis をすることも可能であった(図 3)。この Thin-Plate Analysis は、手法③で述べたような方法を実際に図形として処理をし、その左右反転させた形状を再構築させたものである。そして、ここでおこなった 2 種類の Past による主成分分析結果から得られる主成分得点(今回は第 1 主成分から第 3 主成分まで)を用い、データの中で基準とする作品を選択したうえでその基準点からの 3 次元ユークリッド距離を求めて、その値を基準点から近いものからリストアップされるようにソートをかけた。これを、本論の最初に述べた検索システムに使用することを考案した。

上に述べた R による主成分分析(手法①・②)と Past を用いた主成分分析(手法③・④)との最大の

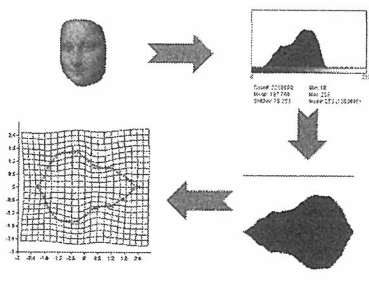


図 3 Thin-Plate Analysis によるヒストグラム図形の再構築

違いは、前者がヒストグラムのリストにて得られる数値データ(図 2 におけるエクセルデータ)を

用いているのに対して、後者はヒストグラムの形状そのものをデータとして得ている点にある。一見するとなんの違いもないように感じられるが、後に示すように、その結果は異なる形で出力されるのである。

そして最後に、各データの距離のみから系統的な考察をおこなうために、R による分析で用いた裾野の処理済みデータから距離を求め、R にて距離行列を取得することによって系統学ソフトである SplitsTree4 にかけて、NeighborNet を出力した(手法⑤)。これによって、上記でおこなってきた主成分分析とは異なる方法にて結果の視覚化をおこなうことができたといえる。なおこれらの分析には、作品集からのデータ(Book)と DVD からのデータ(DVD)の 2 種類が存在しているものと、どちらか 1 種類だけのものがある。それについては、以下の結果で触れることとする。

4. 分析結果

先の手法によって分析をおこなった結果、以下のような散布図が得られた。

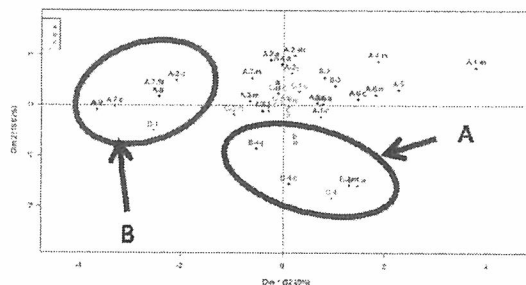


図 4 R による主成分分析(手法①・Book)

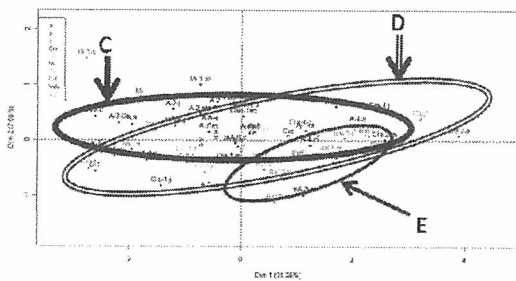


図 5 R による主成分分析(手法①・DVD)

ヒストグラムの値をそのまま数値データとして処理をして、手法①によって分析した結果のうち、レオナルド作品しか含まないのが図 4 で、他の画家の作品も含まれているのが図 5 である。図 4 の散布図をみると、大半のデータが特に特

徴を示すことなくかたよっているなかで、楕円で囲った2つのグループを注目することができる。Aのグループは、本分析においてもポイントとすることが多かった、ロンドン・ナショナルギャラリー所蔵の「岩窟の聖母」とその脇の祭壇画を示しており、特に細かな分類ができなかった他の作品群をレオナルドの手によることを裏付けるひとつの理由だと位置づけたとすれば、このA群はレオナルドの特徴があまり表れていない作品であると考えられる。またB群には真筆とされている作品の中でも、後期作品とされる作品が集まっており、1500年代に入ってからレオナルドの作品には、これまでの作品と違う特徴をみることができると考えられる。なお、レオナルドの真筆であるという点について諸説がみられる「音楽家の肖像」(B-1)は、一節ではレオナルドの弟子であったボルトラフィオの作ではないかと言われている作品である。この説を前提としたとすれば、この作品がレオナルドの影響を受けているものとして同じグループに入れてもいいのではないと思われる。

一方、他の画家を含めた結果(図5)をみると、ラファエロ(グループE)を筆頭に画家ごとにグルーピングすることが可能であると考えられる。そのなかでレオナルドの作品(C)とロレンツォ・ディ・クレディの作品(D)はどちらも大きく横に広がっているのが分かる。この2人には、共に

ヴェロッキオ工房で学んだという共通項があることから、その特徴がよく表れた結果であるといえる。

次に、手法①と同様のデータを用いながら、さらに数値処理を加えた手法②によって得られた結果(図6)は、その分布の形状は異なるものの、図で示したように2つの特徴のあるグループ(F、G)をみることができると考えられる。この2つのグループは手法①での結果でみた2つのグループと対応しており(F→A、G→B)、異なる処理の仕方でも同様の結果が得られたことを表している。これはDVDデータ(図7)においても同じ事を述べることができ、ラファエロのグループ(I)は図5のグループE、同じく同一画家の作品がかたまっている例としてグループHのルイーニ、グループJのヴェロッキオが挙げられる。これらの分布の仕方は図5と異なるが、そこから読み取れる内容は変わらないといえる。

ヒストグラムの形状から主成分分析をおこなった手法③によるこの結果(図8)では、画家の分布だけでなく作品そのものの構図や色に注目をした。細かい分布のために、なかなか読み取りにくい部分もあるが、一重の四角で囲んだものが女性1人だけで、二重の四角で囲んだものが男性1人だけで描かれている作品である。すると、作品の色がよく似ているレオナルドの「ラ・ベル・フェロニエール」とクレディの「ヴィーナス」(L)や構図が似ているレオナルド「ジネブラ・デ・ベンチ」とラファエロ「一角獣を抱く婦人」(M)が近似していることが分かる。これらのことは、後述する検索システムへも関係してくるといえる。またこの結果においても、レオナルドとクレディの幅広い分布を指摘することができる。なお、グループMとしたところにはラファエロの「アニョーロ・ドーニの肖像」(Raf-7)が見られるが、このグループに関しては描かれているのが女性であるという点に注目したため、このグループには含んでいない。

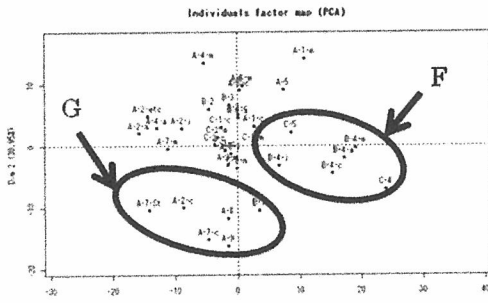


図6 Rによる主成分分析(手法②・Book)

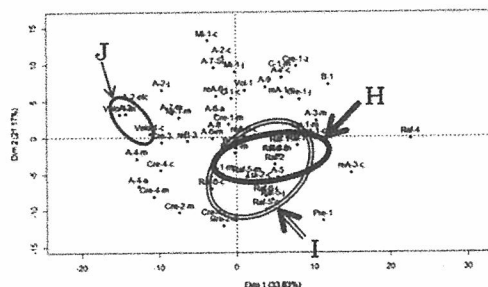


図7 Rによる主成分分析(手法②・DVD)

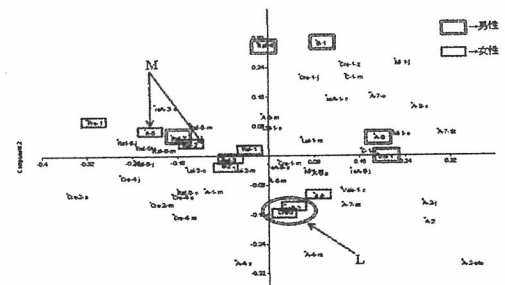


図8 Pastによる主成分分析(手法③・DVDのみ)

ヒストグラムの形状を再構築したデータによる分析の結果を図9に示す。ここでも画家ごとのグループ分けが適用できるが、これまでの結

果と違う点として、レオナルドの作品がかなりかたまっていることが挙げられる。しかし他の画家に比べればやはりばらつきは多く、クレディもあまりかたまっていないため、これまでの結果と同じ傾向にあることがわかる。

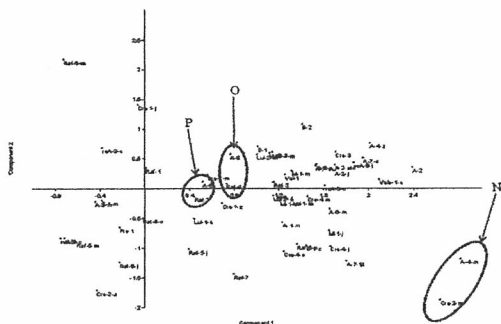


図9 Pastによる主成分分析(手法④・DVDのみ)

この結果での特徴として、どのデータについてもひとつの作品の中に登場する人物が大きく離れるということは稀で、比較的近いところに分布しているという点がある。しかし聖母子がテーマとして描かれている作品では、聖母とキリストのデータが同じ軸線上にあっても近似することはあまりなく、多少距離がみられることが多い。むしろ、

グループ N: レオナルド「受胎告知」のマリアとクレディ「受胎告知」のマリア(図10)

グループ O: レオナルド「洗礼者ヨハネ」とラファエロ「砂漠の聖ヨハネ」

グループ P: レオナルド「モナ・リザ」とラファエロ「一角獣を抱く婦人」といった同様のテーマで描く作品が近似しているということは、注目すべき点であるといえる。

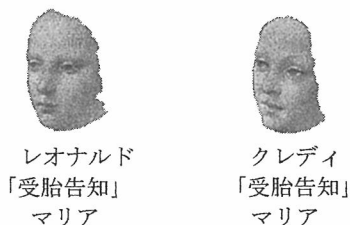


図10 グループNの画像データ

最後に、手法②と同様の処理をしたデータによるネットワークをみると(図11)、最初の結果でみたようにロンドン・ナショナルギャラリーのグループ(Q)と後期作品のグループ(R)が存在していることがみとれる。また散布図ではひとまとまりになっていた他のデータも、同じ作品同士の関連や、女性の肖像画とマリア、幼子

として描かれたキリストとヨハネなど、見た目の共通点のあるものが近い関係にあることも読み取ることができる。

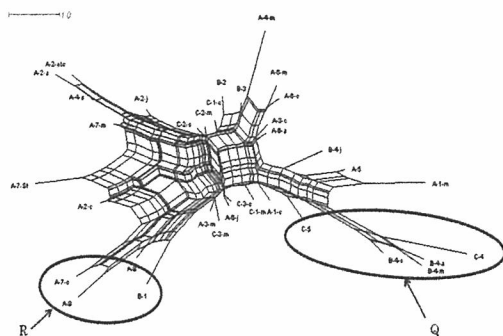


図11 Splits Tree4によるネットワーク(手法⑤・Bookのみ)

5. 考察

今回の分析をおこなった考察として、まずレオナルドの作品のみを扱ったBookのデータでは、いずれもロンドン・ナショナルギャラリーの「岩窟の聖母」と、その脇を彩る祭壇画のグループと第2 フィレンツェ時代以降の作品とのグループを確認することができた。前者についていえば、レオナルドはその生涯で、この作品を含む2点の「岩窟の聖母」を制作している。先に制作された、現在パリのルーブル美術館所蔵となっている作品は、教会からの依頼で制作したものだったが依頼者側の指示に従うことなく描きあげたために受け取りを拒否されたものである。結局裁判にまで発展した結果、妥協案としてこの2点目の「岩窟の聖母」が制作されたが、先の作品がレオナルド主導によるものだったのに対し、後者の作品はデ・プレディ兄弟主導によるものとされており、前者に比べてプレディの影響が強いとされている。したがって、そのプレディが描いた脇の祭壇画と後者の「岩窟の聖母」が同じグループとなるのは、その作品におけるプレディ色の強さを表しているといえるのである。

またレオナルド以外の画家を加えた分析、特に手法③や手法④におけるヒストグラムの形状をそのままデータとして扱う空間形状分析では、人間が複数の作品を見たときに「これらの作品は、違う画家のものだけど似ている」と感じるものがそのまま散布図としても出力されており、図形を計量的に測定することが人間の感性とかなり近い結果を出すことができたのではないと思われる。美術作品をデータとして扱うことには非常に注意を払わなければならないことであるが、そのような条件をしっかりと満たしたうえで今

回のような分析をおこなうことは、これからの文化情報学的研究において意義のあることであると考えられる。

6. 検索システムへの活用

最初に述べたように、この分析は博物館や美術館での画像検索にも用いることができると思われる。画像検索システムに関してはすでに様々な研究が行われており[4] [5]、また実社会において有効に活用されているものがたくさん存在する。しかし、それでも検索システム、特に日本の博物館や美術館におけるそれはいくつかのキーワードをこちらから入力しなければならず、しかもそれは曖昧なものであればあるほどヒットしないことが多い。また、ある程度知識をもって検索する際には全く不自由なものでも、特定のキーワードや作品に関する有益な情報を持っていないユーザーにとっては、検索しようにもできない状況が多いように見受けられる。

そこで、あらかじめ基準となる作品を定めておき、本研究の手法③の処理の中で Past から求められる主成分得点を用いて、基準作品からのユークリッド距離を求めてソートをかけることで基準作品に近似するものから順にリストアップさせることができる。実際に手法③で用いたデータをもとにおこなってみたところ、レオナルドの代表的作品である「モナ・リザ」を基準作品とし、Past で出力される主成分得点の第1～第3主成分を用いてユークリッド距離を求めてソートをおこなうと、「聖アンナと聖母子」のマリアや「ラ・ベル・フェロニエール」といった作品やクレディの「ピアッツアの聖母」のマリアが上位にリストアップされる結果となった。もちろん、このシステムを実際に動かすには、今回の研究では手動でおこなった顔の切り出しを自動で正確におこない、また基準作品を定める規則など検討が必要な技術がたくさんあるため今すぐ実現させることは困難であるが、キーワードを用いない「イメージ検索」が可能になれば、それは非常に活用できるシステムなのではないかと考えられるのである。

7. 謝辞

本研究をおこなうにあたり、遠からず完成版が公開される予定のアプリケーション「梅花壺式 Ver.1.0」を提供・協力してくださった藤本悠氏、そしてあらゆる面でサポートし、様々なご指導をしていただきました同志社大学文化情報学研究科の矢野環教授、村上征勝教授に心より感謝申し上げます。

なお本研究は、同研究者らが同志社大学文化情報学部3回生時に、プロジェクトの講義でおこなった研究をさらに発展させたものである。

8. 参考文献

- [1] フランク・ツォルナー：レオナルド・ダ・ヴィンチ 全絵画作品・素描集. TASCHEN. 2004年.
- [2] Leonardo e Milano, l'Emilia Romagna, Italian Renaissance Archives DVD, BOX3: DVD3, SCALA Archives, 2009
- [3] 藤本悠：楯円フリーエ奇術師を用いた空間形状分析の検討. 大阪: 第5回若手による技術研究発表会 発表資料
- [4] 西山晴彦, 松下温: 画像の構図を用いた絵画検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.101-109, 1996
- [5] 吉田香, 加藤俊一: 絵画検索システムにおける印象語に関する考察, 電子情報通信学会技術研究報告.TL, 思考と言語, Vol.100, No.480, pp.9-14, 2000