

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：12606

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12833

研究課題名（和文）ヴァールの評価方法の確立と視覚表現

研究課題名（英文）Establishment of Valeur's evaluation method and its visual expression

研究代表者

古澤 龍（Furusawa, Ryu）

東京藝術大学・学内共同利用施設等・非常勤講師

研究者番号：50648087

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：今まで感性として扱われてきた絵画用語であるヴァール（鑑賞環境を含めた相対的な見えの強さ）の定量化を試みた。まずはビットマップ化した画像データの位置や色差による定量化アルゴリズムの基礎を考案し、作品発表等を通してその妥当性の検証を行った。また鑑賞環境によるバイアスを補正する必要があるため、環境要素の一つとして照明が絵画の見えにどのような影響を及ぼすのか、実験によって関係性の一端を明らかにした。画面の質感（素材感）が比較的に見えにくい低い照度環境においてはバイアスがかりづらく、明るい環境においては画面の素材によって大きくバイアスを受ける可能性があることがわかった。

研究成果の概要（英文）：We tried quantifying “Valeur” (the relative strength of the appearance including the viewing environment) as known as painting term. It has been treated as sensitivity until now. First, we devised the basis of a quantification algorithm based on the position and color difference of bitmapped image data and verified its validity through work presentation etc. Also, due to the necessity to correct the influence of viewing environment on Valuer, psychological experiments have revealed a part of relationships as to how the illuminance, which is one of the environmental factors, affects the appearance of paintings. In the low illumination environment where the texture of the painting is relatively difficult to see, the influence on “Valeur” is small. On the contrary, it was found that in a bright environment, it is greatly affected by the material of the painting.

研究分野：メディア表現

キーワード：ヴァール 色彩 デジタルイメージ テクスチャ 視覚表現 視覚心理 鑑賞空間 感性評価

### 1. 研究開始当初の背景

絵画用語の中でヴァール（色価）という言葉がある。美術教育のデッサン指導などにおいて、ある対象を描く際、対象の輝度幅を画面内の紙の白（もしくは白の絵具）から最も黒く塗りつぶした範囲にスケールを合わせ、マッピングしなおすことを「ヴァールを合わせる」という表現を用いてきた。言い換えれば対象の距離や奥行きを描き出す中で画面上の一部分に表現すべき位置感を、色に変え描き出すことであり、明度のみならず色相や彩度、また、マチエール要素など、調和関係などが影響を及ぼすため、対象の部分が手前に出て見えるか奥に沈んで見えるか、判断出来ることには、経験と技術を要した。このヴァールについての研究には、色を取り巻く様々な研究（物理・生理学的、認知科学、絵画技法、美術史）を網羅した上で、視覚心理学にのっとった被験者実験をベースにした研究が必要になるなど、領域が多岐にわたるため具体的なヴァール評価の研究はされていない。

本研究ではヴァールの定義を「鑑賞環境を含めた相対的見えの強さ」とした上で、これまで感性として扱われてきたヴァールを、コンピュータを用いて定量化していく。

研究の経緯として、事前研究として①古澤の科研費研究「映像投影と絵画のイメージの合成によるテクスチャの空間特性の研究と視覚表現」と、共同研究者の大原・柳川は②画像上の全てのピクセルの色・位置情報の相互的関係性を考慮した独自のヴァール評価の研究がある。

デジタル化した画像データから得られる一次情報である潜在ヴァールを大原・柳川のヴァール可視化のアルゴリズムにより算出し、実際の展示環境のノイズやテクスチャなどの二次情報であるバイアスの補正を古澤が担当することで、ヴァール評価の研究を統合的に進めていく。

### 2. 研究の目的

平面作品の鑑賞環境における照度の変化に応じた奥行き認知の変化に基づく絵画的空間性の推移の研究と、それを応用とした視覚表現の確立を目指す。まず画像の保持する視覚情報を①色彩輝度情報に②テクスチャ情報に分解する。①色彩輝度情報は、デジタル画像としてヴァール評価アルゴリズムを用いた画像分析を行う。②はデジタルとして扱えない、紙の質や、光沢など、展示環境において情報量の変わる情報であり、テクスチャが強いほど平面性を強調した見えとなる。絵画的空間性においては②と①の情報量バランスにより最終的な空間性が生じる。そのバランスを決定する要因の一つに鑑賞環境における照度があると仮定し研究を進めていく。

### 3. 研究の方法

実験の計画→被験者実験→結果分析→補正データの作成→アルゴリズムのアップデート

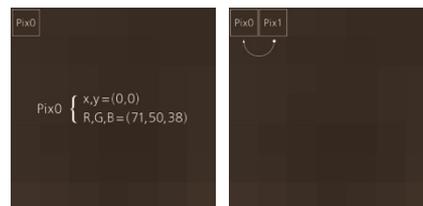
を繰り返しながら、アルゴリズムの高精度化を図る。統合的ヴァール評価を実現する過程を以下の二つの要素に分類する。①潜在ヴァール：デジタル化した画像データのみから演算するヴァール、②バイアス：展示環境に応じたバイアス・ノイズ情報による潜在ヴァールの変化。①に根ざした実験研究を主に大原・柳川が進め②は古澤が進め最終的に統合することで、デザインや視覚表現で実用可能なアルゴリズムの整備を目標とする。最終年度にアルゴリズムを用いた視覚表現をデザインの視点からと、絵画など視覚メディア論的側面から実践し、成果を展示形式で発表する。

### 4. 研究成果

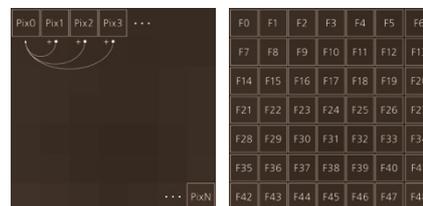
(1)潜在ヴァールの算出アルゴリズムについて

まず前提として、デジタルメディアにおいて全てのイメージはピクセルという単位で表現することができる。画面上にあるすべてのピクセルは「色」と「位置」という固有値を保持しており、全体の関係性の中で相互的な力を持っている。1つのピクセルの変化が与える影響は微々たるものだが、それらの集合が次第に大きな力を持つことで全体の印象を形成していく。我々は、その力の正体である（潜在）ヴァールこそがイメージを構成する上で最も重要な要素であると考えている。

プロジェクトの軸となるのは、この潜在ヴァールを評価するアルゴリズムである。これを用いることにより人間の印象に則した感覚量の算出を可能にする。具体的な計算方法に関して以下に記述する。



[fig. 1-1]、[fig. 1-2]



[fig. 1-3]、[fig. 1-4]

①画面上にあるすべてのピクセルは「色」と「位置」という固有値を保持している。[fig. 1-1]

②まず基準となるピクセル“Pix0”がピクセル“Pix1”に対して持つ潜在ヴァールの値を計算式「色差/距離<sup>2</sup>」によって算出する。[fig. 1-2]

③この計算を全てのピクセルに対して行ない、算出した値を足し合わせていくことで、“Pix0”が画面全体の中で持つ潜在ヴァールの値を導きだすことが出来る。

[fig. 1-3]

④このアルゴリズムを全てのピクセルに対して行なうと、画面全体の潜在ヴァルールを数値として算出できる。  
[fig.1-4]

この方法で左の静物写真 [fig. 2-1] の潜在ヴァルールを算出し、右の画像 [fig. 2-2] はその強弱を濃淡によって可視化したものである（黒い部分ほど、ヴァルールが強くなる）。色彩と位置の複合的な情報からなる画像の持つ印象を一次元化し表現することが可能となる。



[fig. 2-1]、[fig. 2-2]

## (2) 潜在ヴァルールのアルゴリズムを基にした新たな視覚表現の研究

潜在ヴァルールのアルゴリズムを用いた表現研究の成果である《Color Conversion》シリーズと《Area Conversion》シリーズを「& (アンパサンド) がカタチをひらくとき」(川崎市市民ミュージアム、2016年8月4日-9月25日)にて展示発表した。以下に成果の詳細を記述する。

### ① 《Color Conversion》シリーズについて

潜在ヴァルールのアルゴリズムによって定量化されたヴァルールをもとに色彩を再構成していくという《Color Conversion》という試みを行った。ここで言う「Conversion (変換)」とは、単に画像編集ソフトの特殊効果のようなものではなく、あくまで人間の感性に即した結果を得るための操作のことを指している。

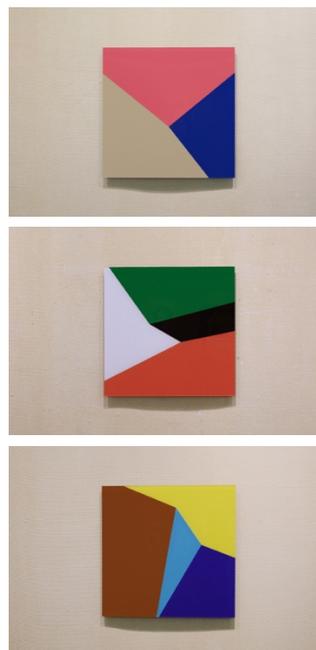
例えば、赤い背景に緑色の円があったとして、別の青い背景にも同じ強さに見える色の円を配置するといった行為のことである。しかし、この行為はまだ人の手によっても十分可能である。では、緑色の円に加え、赤い背景にその他の色の円が次々と置かれていったとき、青い背景には何色の円を加えていけば画面上の全ての関係性が同じ見え方を保つことができるのか。さらにそれが写真などの複雑なイメージとなった場合はどうだろうか。おそらく人の手によって微細な部分までを全てコントロールしていくことは不可能である。また、置かれた円のうち、どれか一つの円の大きさ、位置が変化しても、画面全体の見え方に影響を及ぼすことになるため、隣接する色同士を比較するだけではこの操作を行うことは出来ない。今回のように画面上全てのピクセルの関係性を扱う画像変換には、我々のヴァルールの考え方が必要となってくる。

### ② 《Area Conversion》シリーズ

色の見えの強さはその面積や形、隣り合う色によって相対的に変化するが、《Area Conversion》では、そういった色彩と面積の関係性による造形感覚に着目した試みである。まず任意のグリッド画像から使われている色ごとに視覚的な強さであるヴァルールを計算し、「強い色は小さく」「弱い色は大きく」といったように面積を調整していくことで、画面内のすべての色面が同じ視覚的な強さを持っているという均衡状態を作り出している。結果的に現れている色面はどの色にも偏りがない状態になっているので、例えば「赤い画面」や「青い画面」のような特定の色の印象がないイメージとなっている。



[fig. 3] 《Color Conversion》シリーズ



[fig. 4] 《Area Conversion》シリーズ

### ③ 展示発表の成果

これらの作品制作を通じて潜在ヴァールを用いた新たな表現の可能性について実践するとともに、このアルゴリズムの妥当性自体についての検証、また背景の壁の色から受ける影響や鑑賞する距離によるイメージの見え方の変化など、環境バイアスの研究で得ている成果との関連付け等、今後の課題点なども多く得ることが出来た。

### (3) 環境バイアスについての研究

#### ① 環境バイアスについて

環境バイアスとは、潜在ヴァールに対して実際の展示環境が視覚対象の持つ潜在ヴァールに影響を与える要因として定義している。例えば、絵画を額縁に入れるのか、そのまま展示するのか、また絵をかける壁の色を白にするのか黒にするのか。そのような展示環境に際して対象の展示物の取り巻く環境に対する選択は非常に多い。そしてそれらの一つ一つの選択は作品の見え方に少しずつ影響を与えている。環境バイアスの要素は①壁の色との関係。②額縁のフレームの色とサイズの関係。③作品サイズとビューポイントからなる視野角の関係。④照明の演色性や照度の影響。といった要素が挙げられる。このなかで照明の明るさが絵画の見えに与える影響に着目し心理実験をベースにした研究を行った。

#### ② 照度に応じた絵画の見えに関する研究

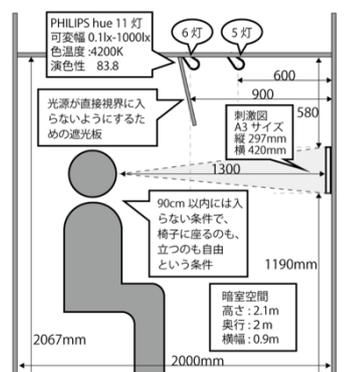
##### ②-1 実験概要

絵画をはじめとする、光源を必要としその光源の反射によって視覚体験が実現する平面作品の場合、照明の影響は作品の鑑賞環境を作る上で最も重要な要素の一つといえる。

しかし絵画鑑賞時の照明環境については作品保護を基準とした推奨基準はあれど、具体的な色温度の設計や照度については作家側から指定がない限り展示を行う学芸員の主観的な判断によって決められているのが現状である。照明が具体的に絵画の見えに与える影響について現状類似研究はない。この分野において具体的な影響関係が明らかになれば展示管理者だけでなく、作家側にとっても作品に応じた鑑賞環境を考慮する指針になる可能性がある。

今回の実験では、照度の変化により絵画の①「テクスチャーの見やすさ」と②「絵画空間の見やすさ」がどのように変化するのか、被験者によるアンケートを中心とした実験調査を実施した。

その結果、照度が明るくなるに従い質感性は比例して見やすくなり、空間性については一定の照度まで比例して見やすくなるが、それ以降は見やすさは下降するという結果が得られた。空間性のピークは人によって大きく異なるが、質感性が強く見える照度レベルに至ると空間性が見え方はピークよりも落ちていく、という関係性が明らかになった。



[fig. 5] 実験環境

実験期間：2017年1月18日-1月27日

実施場所：東京芸術大学芸術情報センター

実験設備：1m×2m 四方、高さ 2.5m 暗室内に調光可能な照明を設置。

被験者は暗室の中で座り、対面する壁に配置された視覚対象の刺激図を見ながらアンケートに応じる。

視距離：90cm～150cm ほど

照明：Philips Hue11 個（照度：0.1lx - 1000lx、色温度：4200K、演色性：83.8）

照度の 14 段階：

0.1lx, 0.25lx, 5lx, 1lx, 2lx, 4lx, 8lx, 15lx, 30lx, 70lx, 150lx, 300lx, 600lx, 1000lx の 14 段階。

画面の中央で調光。多少の誤差を含む

被験者：視覚機能に疾患のない 20 代～30 代一般男女、東京芸術大学美術学部絵画科に所属する学生等 19 人。

##### ②-2 実験手順及び評価方法

まずは 10 分ほど 20lx 程度の暗い部屋で目をならしてもらう。照度は 14 段階あり（[fig. 5] 実験環境を参照）、明るさを変えるごとに①「画面内の空間性（奥行き）の見え」、②「テクスチャーの見え」の 2 つの項目を 5 段階（1=見えない感じない。2=かすかかに見える感じる。3=じっくり見れば見える感じる。4=見える感じる。5=強く感じる、強く見える。）で評価してもらう。

実験前に、被験者は一度 14 段階の照度環境を暗い方から全て見てもらい、それから試験を開始した。試験では被験者に現状の照度下で空間性・質感性見えについて点数を口頭で回答してもらう。一つの照度下での評価を終えたら次の照度に変化させ、再度回答してもらう。照度はランダムをベースにしたプログラムで変化させ、Lv3-12 までの照度は二度回ってくるように計 24 回を基本セットとして試験を行った。落差の強い変化と隣合う Lv への変化は極力避けるように調整した。また、照度変化が 5 段階以上離れる場合には被験者に目がなれるまで時間を置くように指示を出した。テスト終了後に一通りデータのチェックを行う。同じ照度レベルの 1 回目と 2 回目の回答データが大きく異なる、または照度順に並べた際の回答データの推移が大きく安定しない場合は、前後の明るさの影響を受けたものとして追試験を数回行った。

全回答を終えたら評価点の平均値を出し、照度レベルに応じた空間性と質感性のデータ

推移を得た。

### ②-3 視覚対象について



[fig. 6] 上から図 A, 図 B, 図 C

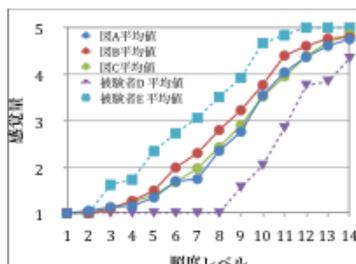
A3 横サイズ、ワトソン水彩紙という表面の凹凸が激しくざらついた印象を与える紙にインクジェットプリント、さらに厚み 15mm の木製パネルに貼ったものを用いた（被験者には素材情報は明かさずにテストを行った）。

プリントしたイメージは三つ用意した。[fig. 6] 画像 A は画面中央に正方形の画像が三つ重なった状態にある。また正方形は奥に行くほど小さくなり、さらに薄暗いグレーのイメージが付いている。奥行きの手がかりとしては「重なり」「相対的大小」の要素が入り、さらに色調がつくことによってより具体的な空間性が四角形の間隙に発生する。

[fig. 6] 画像 B と画像 C は画面の中央にアイレベルを入れた風景写真を用いた。どちらも木々が連なり、それによる「相対的大小」、また地面の「キメの勾配」、さらに豊かな階調は「空気遠近法」、それらの要素が奥行きを発生させる。画像 B と画像 C の違いは画面の暗さである。画面 B は中間域のグレー階調が中心なのに対して、画像 C は黒で潰れた箇所を多く含む、暗部の階調に偏っている。

### ②-4 [結果] 質感性について

質感要素については全ての被験者が、照度が明るくなるのに比例して見えやすくなるという結果が得られた。事前の予想として、画面の色調が明るい順（図 A > 図 B > 図 C）に照度が暗い状況でも見えやすくなるだろうと見込んでいたが、結果としては画像ごとの差はあまり見られなかった。



[fig. 7] 図ごとの質感性見えの評価の平均値

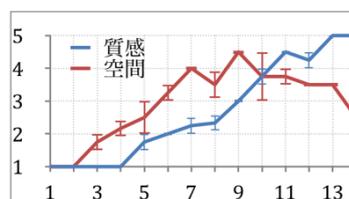
[fig. 7] は図 A、B、C ごとの質感の評点平均値と、被験者 D と E の図 A、B、C 全ての回答

の質感性の評点平均をマップしたものである。被験者 D のように平均以上に暗い環境でも見える人や、逆に被験者 E のように一定以上の明るさにならないと見えてこない人など、個人差は大きく見られた。

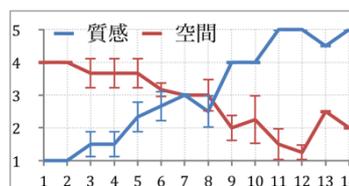
今回はワトソン紙で統一してテストを行ったが、キャンバスや和紙などの様々な支持体と油彩や水彩、鉛筆などのメディアの組み合わせによって、画面表面の質感は千差万別である。照度に応じた質感性見え方に差があると予想できるため、今後は素材を変えて比較実験を行いたい。

### ②-6 [結果] 空間性について

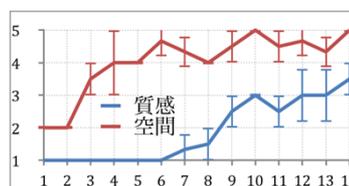
空間性について、照度変化に対する推移の傾向は大きく三つに分けられた。



[fig. 8-1] 被験者 281。画像 A の回答（山形タイプ）x 軸は照度レベル、y 軸は感覚量



[fig. 8-2] 被験者 244。画像 C の回答（比例タイプ）



[fig. 8-3] 被験者 241。画像 A の回答（反比例タイプ）

①山形タイプ：一定のレベルまで照度に比例して見えやすくなり、それ以降の見やすさは下降する。（全結果に対して 6、7 割） [fig. 8-1]

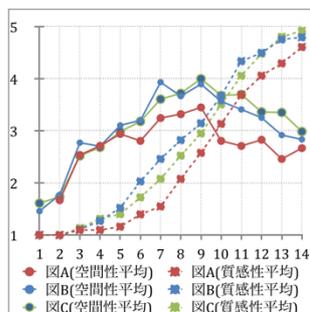
②比例型：照度が明るくなるに従い見えやすくなる。（1、2 割） [fig. 8-2]

③反比例型：照度が明るくなるに従い見づらくなる。（1、2 割） [fig. 8-3]

傾向の差については、空間性の認識の違いと暗さへの順応性の違いによるものと分析できる。空間性の認識については、今までその概念を意識したことのない人もいれば、また感じ方も人によって異なることから、結果にばらつきが出たものと考えられる。特に暗い時の空間性についての捉え方として、画像の暗い色調部分が暗闇と同化した見え方をする場合に、見えないものとするか、画面の奥へ抜けるような空間性として捉える解釈をするかで結果に差が生まれたようである。後者の場合に③反比例タイプの結果が得られた。②

比例タイプについては、空間性の認識が分からず、照度変化によって画面の色調が見えやすくなる変化に引っ張られて回答した場合や、「明るくなれば見えやすくなる」という先入観により影響を受けた結果と考えられる。

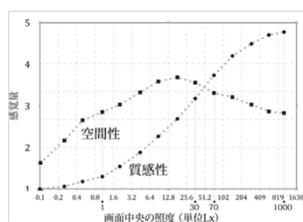
ここでは最も多かった山形タイプのデータにフォーカスしてみる。



[fig. 9] 山形タイプの回答の平均データ (x 軸は照度レベル、y 軸は感覚量)

[fig. 9]は比例タイプ、反比例タイプのデータを省き、山形タイプのデータのみから図ごとに平均データを出したものである。質感同様、図ごとの大きな差は見られなかった。各図とも空間性の見やすさは照度レベル 8-9 (15-30Lx) にピークが見られた。

## ②-7 [結果] 質感性と空間性の関係について



[fig. 10] 照度変化に応じた空間性と質感性の見えの推移モデル

[fig. 10]のような関係性のモデルが得られた。照度が明るくなるに応じて質感性は比例して見えやすくなり、空間性はある照度まで (15-70lx によって結果にブレがある) は比例して見えやすくなるが、それ以降の照度では減衰する。また重要な点は低照度環境 (10lx 以下) では質感性よりも空間性の方が優位となっており、それがある照度で逆転する。これは質感性が強く見えることによって、画面の定位性が強く発生してしまい、通常画面の奥へ (空間的に見て) 導かれる絵画的空間性が見えが遮られるためだと分析している。

高齢になるほど低照度下の視力は弱まることから、テスト対象の年齢層によって結果は大きくずれることが予想される。年齢ごとの平均値を出すにしても、個人差が多く見られるためより大人数の被験者の実験を行う必要がある。今回の実験ではあくまで照度の実数は重視せず、照度に応じた空間性・質感性の見えの推移とそれらの関係性を重視している。

## (4) まとめ

環境バイアスの一つである「照度」が視覚対象の見えにどのような影響を与えるか、その関係を明らかにできた。しかし、潜在ヴァールの可視化アルゴリズムを補正する条件式として組み込むほど明確に関係性を明らかにできてはいない。

今後は、質感の差に応じて「照度変化に応じた空間性と質感性の見えの推移モデル」に変化があるのか検証すると共に、他の環境バイアスについても研究を進めながら、「ヴァール評価の確立」の実現を目指すと共に、視覚伝達の過程を検証しながらこの研究で得た知見をベースにした新たな視覚表現を研究していく。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

chameleon project 2016 第二回発表会

「ヴァールの定量化とそれをういた視覚表現の可能性」

[図書] (計 3 件)

「武蔵野美術大学助手研究発表 2015」 | 武蔵野美術大学 美術館・図書館 [同' 16]

AMC Journal vol.2(東京藝術大学・芸術情報センター紀要)

[展示] (計 4 件)

「DenchuLab.」2015年9月20日 - 27日 | 旧平橋田中邸 (東京)

「助手展 2015 武蔵野美術大学助手研究発表」2015年11月24日 - 12月19日 | 武蔵野美術大学 美術館・図書館 (東京) [同' 16]

「& (アンパサンド) がカタチをひらくとき」2016年8月4日 - 2016年9月25日 | 川崎市市民ミュージアム (神奈川)

[その他] ホームページ等

<http://yanagawa-ohara.com/>

<http://invisiblelayer.ryufurusawa.com/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

古澤 龍 (FURUSAWA Ryu)

東京藝術大学・芸術情報センター・非常勤講師

研究者番号: 50648087

### (2) 研究分担者

柳川 智之 (YANAGAWA Tomoyuki)

武蔵野美術大学・視覚伝達デザイン学科研究室・助手

研究者番号: 40715059

### (4) 研究協力者

大原 崇嘉 (OHARA Takayoshi)

武蔵野美術大学・視覚伝達デザイン学科研究室・助手 (2015年度退任)