

パウル・クレーの色彩傾向分析のための数値情報の利用

井上智史

【要約】 本稿では、絵画作品などの色彩傾向を客観的に分析するために、色の数値情報の利用について検討した。パウル・クレーのスケッチや作品を題材とし、色彩傾向を数値情報に基づいて分析する方法の提案と考察を行なった。

【キーワード】 色彩 色彩分析 色彩教育

1. はじめに

今日では、コンピュータによって色を数値で扱うことも以前より一般的になった。美術やデザインの分野における色彩理論と、コンピュータが扱う色情報について、その関連があまり考えられていないなど課題も多い反面、色の数値情報を有効に活用することができれば、絵画などの色彩傾向をより客観的に説明、分析できる可能性がある。

パウル・クレーは、作品制作の方法論に自覚的であった画家の一人であり、その詳細はいくつかの著作にまとめられている¹⁾。また、現在では、それらの手稿が「Zentrum Paul Klee」のオンラインデータベースで公開されており²⁾、その方法論はより参照しやすくなっている。筆者は、以前、水平線と垂直線で画面が分割されたクレーの作品について、線の位置が導出される基準と思われる比率の分析を行なった³⁾。その過程で、クレーの考える色彩についても、著作と実際の作品を併せて検証することが有益なのではないかと考えた。

本稿では、パウル・クレーのスケッチや実際の作品から、色彩の傾向を数値情報に基づいて分析するための基盤の構築を目的とし、クレーの色環に関する数値情報と、作品の色彩に関する数値情報を可視化することを試みた。

2. 数値情報の取得と L*a*b* 表色系

今回は、前述のオンラインデータベース掲載の画像と印刷物から、色の数値情報を取得した⁴⁾。印刷物などは色を忠実に再現してはいないし、実際の作品を色彩計などで計測できれば、厳密な色彩傾向の分析が行えるのかもしれない。しかし、われわれは多くの作品を画集やカタログで参照しその傾向について考えている。であるとすれば、特に色という同定がシビアに考えられている分野であっても、厳密さを犠牲にした上で、量的な分析の可能性を検討するという意味でも、デジタル画像とその数値情報の活用を検討することが有益ではないかと考えた。

今回は、分析のための表色系として、印刷物から色情報を取得することができ、かつ、マンセルとも似た表色系である、L*a*b* 表色系を用いた。L*a*b* では、明度を L* で表し、色相と彩度を a* と b* で表す。+a* が赤方向、-a* が緑方向、+b* が黄方向、-b* が青方向であり、a* と b* を直交軸とする座標系において、原点との角度が色相を、原点との距離が彩度を表すことになる。マンセル表色系における中間明度の色 (v5 の色) をその座標にプロットすると⁵⁾、原点が無彩色の色となり、等色相の色は原点から放射線状に、等彩度の色は原点

井上：パウル・クレーの色彩傾向分析のための数値情報の利用

から同心円状に並ぶことになる(図1)。この図は、マンセルとL*a*b*の対応をわかりやすく確認できると同時に、作品分析のための基準としても有効ではないかと考え作成した。

3. クレーの色環とL*a*b*、マンセルとの対応

クレーは赤、青、黄の3色を一次的な色彩としている。この3色は明らかに絵の具の三原色を元に考えられており、それらの混色による紫、緑、橙の3色が二次的な色彩とされる。そして、計6色からなる色環を基準に色彩の利用について考えている(図2)⁶⁾。

表色系には各種あるが、それぞれにおける色の位置は若干異なる。色相の調和を考える場合、色相環上の関係を基に考えるのが一般的であり、例えば、補色とは色相環上で180度の関係に位置する色のことで色相対比の基準となるが、色相環上の位置が異なれば、その考え方も異なるはずである。特に、色彩理論を学ぶ際によく利用されるマンセルなどの色相環と、絵の具の混色に由来する色相環の差異は大きく、各表色系に基づく調和や配色の理論の共通点や異なる点は、整理される必要があるように思われる。

そこで、前述のL*a*b*の座標(図1)に、クレーの色環(図2)から各色のL*a*b*の値を取得して⁷⁾、プロットすることを試みた(図3)。もちろん、クレーの色環はスケッチであるため、特に彩度などはその意図に正確には表現されていないであろう。だが、このような作業から、マンセルやL*a*b*とクレーの色環の対応の概略をうかがい知ることができ、また数値に基づく分析の基盤を得ることができると考えた。例えば、クレーの色環において青と黄は120度の関係にあるが、マンセルやL*a*b*に対応させると、補色の位置に近い188度の関係となる。逆に、クレーの色環において赤と黄も120度の関係にあるが、マンセルやL*a*b*に対応させると、60度の関係となる。

このような各種表色系の対応を検討しておくこ

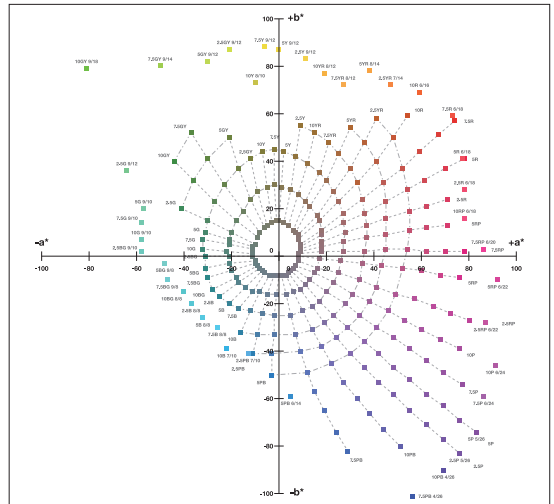


図1 L*a*b*とマンセルの対応



図2 クレーの色環

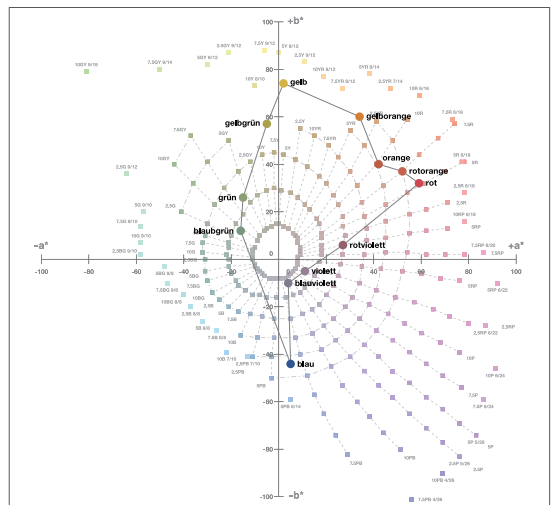


図3 クレーの色環とL*a*b*の対応

とは、絵画作品における色の变化や配色の状態を色環に基づいて検討したり、様々な表色系に基づく調和理論などを比較検討したりする場合に、必要な作業ではないかと思う。

例えば、クレーは白から黒までの明暗の段階や「円周上の色彩運動を表現」する方法として、絵の具を塗り重ねる方法などを図解している(図4)⁸⁾。青から黄までを5段階で表す場合、図の上部のように青と黄の配合が、4対0から0対4まで、棒グラフのような図と足し算で示される。この色の配合の処理は、クレーの色環に即して考える場合、青から始まって、左回りに30度ずつ進むことに相当する。つまり、色環上を等歩度に並ぶ色を作る(等歩度に移動する)ための方法として、原色の割合が考えられている。対して、青から黄までをL*a*b*に即して考えると、全体的には188度の移動に相当し、各色間の角度差は表1のようになる。この角度の差は、30度ずつの変化のように単純な数値間の関係として表すことはできない。しかし、計測数値の誤差を考えると、各色は8度の倍数関係として考えられるようにも思う。また、例えば、緑→黄→赤→青の各色は、赤の位置に疑問もあるが、30度の倍数関係と考えられるようにも思う。このようなことは、各色の角度だけに着目し、円周上に並べてみることでもうかがいしれる(図5)。

以上のような関係の定義には慎重を要するが、もし関係を表すことができれば、クレーの(もしくは絵の具に基づく)考え方をL*a*b*に基づいて再定義できる可能性がある。それは、クレーの理論をコンピュータで計算可能な色として扱える可能性にもつながるように思う。いずれにしても、色彩理論を参照する場合、ベースとなる表色系を検討しておく必要があるだろう。また、このような検証を行うことで、クレーなどの画家が、絵の具による混色に基づいて考えた色彩に関する理論を、今日の色彩環境に基づいて再検討し活用する可能性も広がるように思われる。

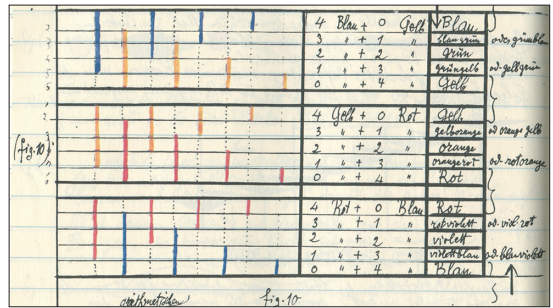


図4 円周上の色彩運動の表現

表1 青を基準にした各色の角度

	青との角度	次の色との角度
青	0	0
青緑	133	133
緑	157	24
黄緑	181	24
黄	188	7
黄橙	216	28
橙	233	17
赤橙	241	8
赤	248	7
赤紫	264	16
紫	301	37
青紫	345	44
青	360	15

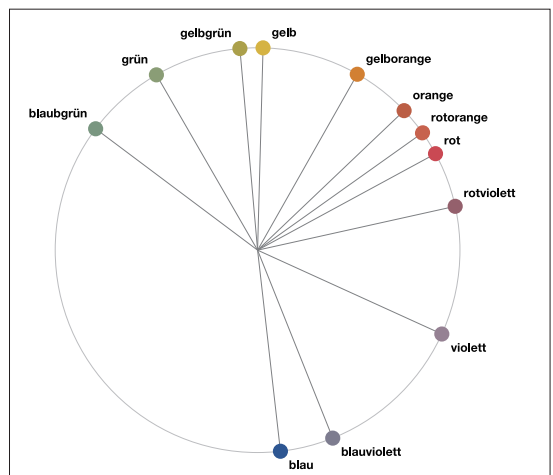


図5 クレーの色環各色のL*a*b*における関係

4. 作品の分析①：Scheidung abends

L*a*b*による数値情報を配色の分析に利用する場合、L*の値が明度を表すことから、まず検討すべきは明度と思われる。L*の値は、マンセルにおける明度とも比例的に対応する。そこで、クレーの作品によく見られるモチーフである、色相・明度・彩度が段階的に変化する平行のストライプが描かれている作品（「色彩の階層化」と呼ばれる作品群⁹⁾）から2つの作品を対象として調査を行った。

Scheidung abends (1922)は、夕暮れ時の空と地表を想起させるように、背景が青から橙まで12段階に変化し、その上に、矢印が分かれ目を指し示すように、上下反対向きに2つ描かれている作品である。一見して補色の関係に近い、色環の直径上付近を移動する色の変化であることが見て取れる（図6）¹⁰⁾。

まず、背景のストライプを基準として数値情報を取得するため、上から順にナンバリングを行い（図7）、その上で、各色の領域ごとに色の数値情報を取得した¹¹⁾。そして、L*の値の変化を、背景は1つの線として、矢印はそれぞれ別の2つの線として、折れ線グラフとした（図8）。

グラフを参照すると、上から8番目の色に向かって徐々に明度が高くなり、9番目以降は徐々に明度が低くなっていく。L*の値がとりうる最大値は100であるため、明度を高明度、中明度、低明度と3段階に分けた場合、中明度と低明度の境目ぐらいから、青の色が開始されているのが分かる。黄から橙の色は中明度付近で終わっている。矢印の明度は、背景色と平行な関係を保っていることが見てとれる。

次に、a*とb*の値から、色相と彩度の変化を座標上に表した（図9）。図2や図3と見比べてみると、この作品の色の変化が、青から原点付近（無彩色）を通過して、黄を通過して橙にいたる変化であることが分かる。クレーの色環に即して考えれば、120度から180度程度の間での変化であり、

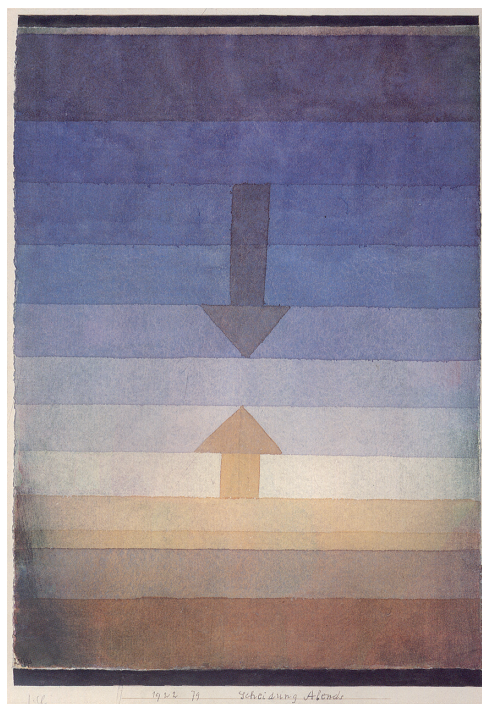


図6 *Scheidung abends*

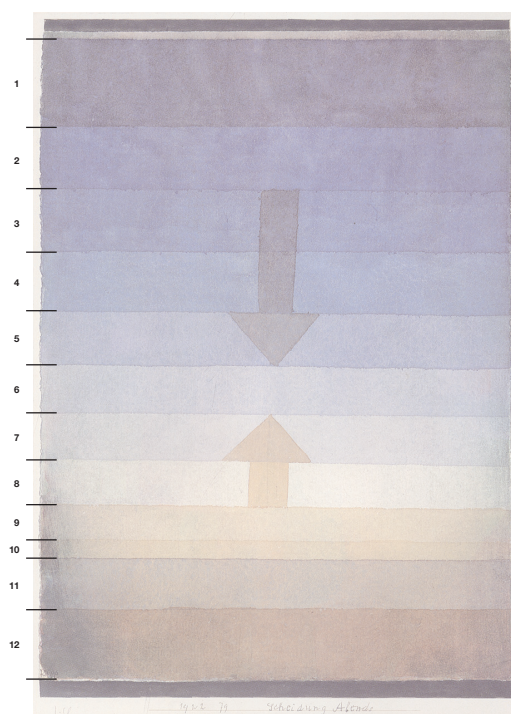


図7 ストライプのナンバリング

マンセルやL*a*b*に即して考えれば、180度から220度程度の間での変化である。

以上のことは、作品を観察することでも得られる考察であるが、グラフなどの表現とすると変化の様子が把握しやすいように思われた。

もちろん、冒頭にも述べたように、印刷物の色は絶対的に正しい色ではないため、上記の考察も絶対的な数値に基づくものではない。しかし、よほど酷い印刷状態やWeb上の画像ではない限り、相対的な色彩関係は数値から把握できるのではないかと思う。もし、印刷物の色が実際の作品と少しずれていたとしても、相対的な関係は維持されると思われるからである。

なお、今回、L*a*b*の値を参照するだけでは、うまくいかなかったこともある。明暗に関して、絵の具を混色もしくは塗り重ねて色の段階を作る方法を、クレーは(図4以外にも)たびたび図示しており、10分の1に薄めた黒の絵の具を、塗り重ねの回数を変えることで、明暗を作る方法などについて言及している¹²⁾。図10は、「層の強化。相対的に一様な造形を目指して」とキャプションが付されているスケッチであるが¹³⁾、絵の具の塗り重ね回数が縦線による棒グラフのように描かれ、スケッチの下には2の累乗数のような数列が書き込まれている。当初は、Scheidung abendsのような作品に使用されている色のL*の値を参照すれば、このような数列に類する変化の規則のようなものを見つけることができるのではないかと考えていた。もちろん、グラフからある程度一定に明るさの増減が行われていることは見て取ることもできるものの、それ以上の数値間の関係性を発見することができなかった。

また、L*a*b*の値と併せて、補足的に各色面の面積比の情報も取得を試みた¹⁴⁾。しかし(色の変化と同様にグラフ化することはもちろん可能だが、色の数値情報以上に、作品を目で見て分かる以上の分かりやすさがあるわけでもなく)、法則性や色の数値情報との相関を得ることができなかった。

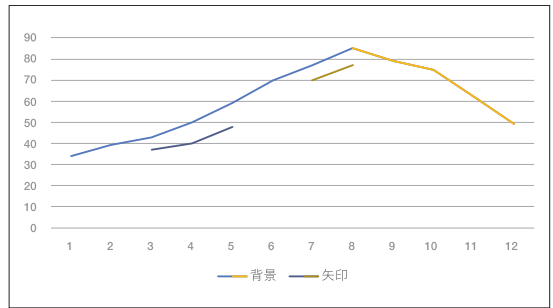


図8 ストライプの色のL*値

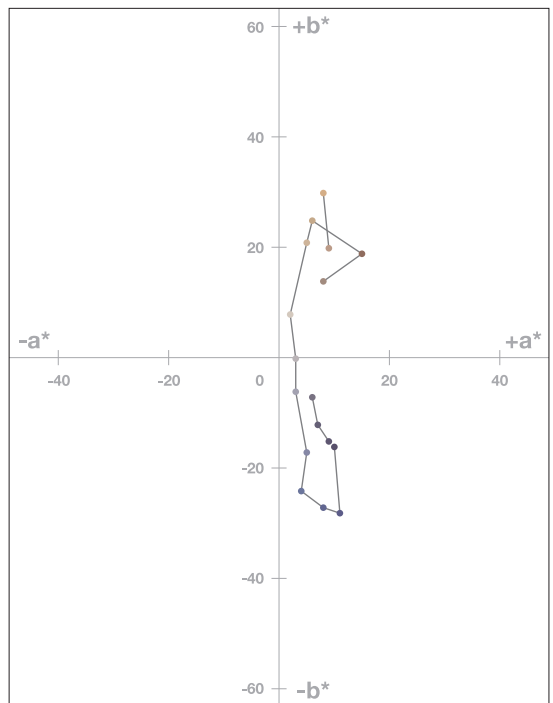


図9 ストライプの色のa*値とb*値

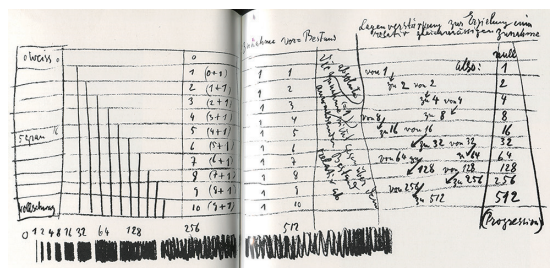


図10 「層の強化」に関するスケッチ

5. 作品の分析②：Doppelzelt

Doppelzelt (1923) は、*Scheidung abends* と同様に、色が段階的に変化する平行のストライプが背景として描かれ、その上に、別の変化をするストライプが描かれている作品である (図 11)。タイトルにもあるようにモチーフはテントである。

作品の分析①と同様に、まず、背景のストライプを基準として数値情報を取得するため、画面左右のそれぞれに上から順にナンバリングを行なった (図 12)。そして、 L^* の値の変化を、画面の左右それぞれで、背景、中央、明るくなっている部分 (画面左では右下の範囲、画面右では左下の範囲) の 3 つと大きく分け、画面の左右で別個に折れ線グラフとした (図 13、図 14)。背景に関しては、画面左右のそれぞれで上から 15 番目の色から、背景の左と右で色の差が大きい (色が分岐している) と思われるので、その部分だけ背景の平均値と背景の左と右で折れ線グラフを分けた。結果として、画面の左右それぞれで、背景の平均値、色の差が大きいと思われる背景の左と右、中央、明るい部分の計 5 本のグラフとした。

グラフを参照すると、画面の左右それぞれで描画の開始位置が異なるものの、概ね、同様の変化をしていることが見てとれる。そして、明るさの変化に加えて、変化のタイミングのようなものが、グラフだと端的に示されているように思う。例えば、背景色は、画面上から中央に向かって徐々に明度を上げ、その後に明度を下げるという 1 回の上昇と下降をするのに対し、中央の色は 3 回の上昇と下降をしている。そして、3 回目のタイミングは背景色の上昇と下降に同期している。さらに、背景の明度の下降のタイミングで、背景の左右で色が分岐し、それはその後の明るい部分への導入となっている。

また、今回は見やすさを優先して、画面左右で別個のグラフとしたが、その 2 つを併せてみれば、画面の左と右が、描画位置を 3 ストライプ分ずらして (右が、3 ストライプ分、先行していると見



図 11 *Doppelzelt*

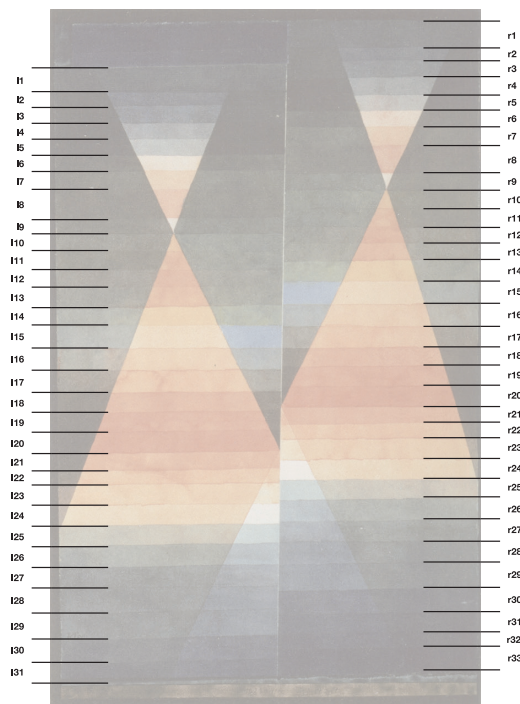


図 12 左右のストライプのナンバリング

るにしろ、追尾していると見るにしろ、後方にあるとみるにしろ)、同じ変化をしていること(音楽でいうところのカノンを形式を持っていること)が把握できるだろう。

Scheidung abends に比べて、どちらも比較的にシンプルな色彩と構成からなる作品だが、それでも、*Doppelzelt* の方がグラフ化の有効度は高いように思われる。グラフ化から読み取れる考察は、いずれも作品を詳細に観察することでも得られる考察ではあるものの、背景色と中央色の変化の同期やタイミング、その平行関係は、グラフの方が把握しやすいのではないだろうか。特に明暗の変化を捉えることが苦手な鑑賞者(明度について詳しくない鑑賞者)には、明暗変化の良い提示方法に思われる。

そのように考えると、このようなグラフを作品と併せて提示したり、参照したりすることは、作品の分析のみならず、詳細な鑑賞を促す方法としても有効なのではないだろうか。この *Doppelzelt* であれば、一見して大まかな明るさの変化だけを意識した上で、もしそれ以上の同期やタイミングが意識されない場合、今回のグラフのような表現が補助になるように思う。また、このようなことから、グラフ化の方法が、明暗の把握が十分にできない色彩の学習初学者に対しても有効なのではないかという仮説も立てられるように思う。

次に、 a^* と b^* の値から、色相と彩度の変化を座標上に表した(図15)。図2や図3と見比べると、この作品の色の変化が、緑や青緑付近から黄や橙付近にいたる変化であることが分かる。クレーの色環に即して考えれば、90度から180度程度にわたる変化であり、マンセルや $L^*a^*b^*$ に即して考えれば、 $90^\circ \pm 30^\circ$ 程度にわたる変化とみることもできる。加えて、背景の左右における色の分岐は(図15からは少し読み取りづらいが)、分岐直前の緑味の色から青味のある色へと、 a^* 軸に対して対称の位置に分岐しており、それが画面下部にある明るい色の変化の、最初(一番上)の色に呼応していることが読み取れる。

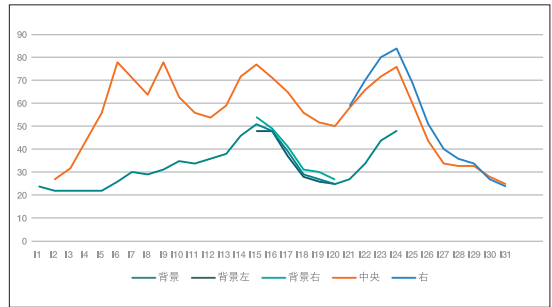


図13 左ストライブの色の L^* 値

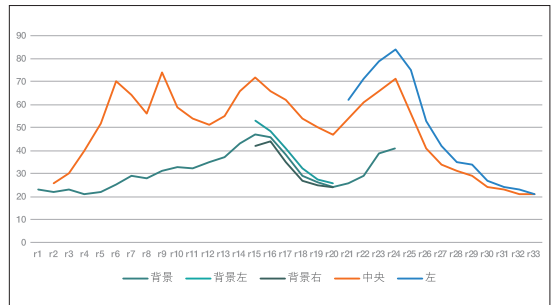


図14 右ストライブの色の L^* 値

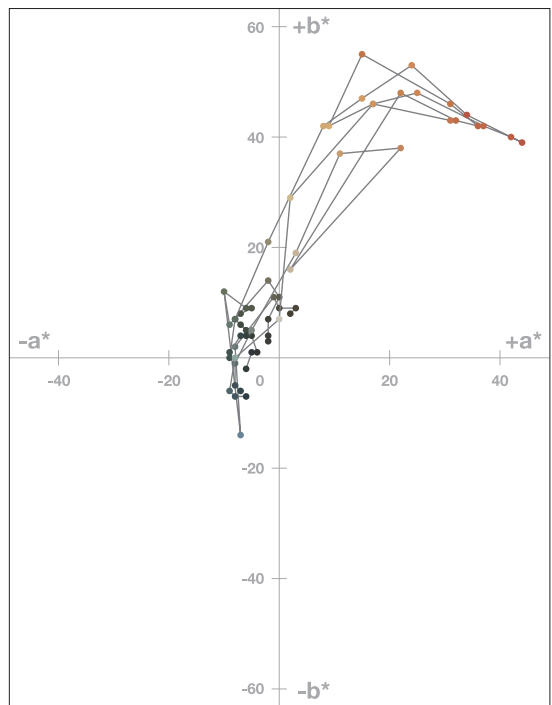


図15 左ストライブの色の a^* 値と b^* 値

また、この作品を一見すると、緑と赤、もしくは青緑と赤橙という補色関係を軸とした色彩関係（色環の直径上の運動）と把握することができるが、それに対して、特にマンセルや $L^*a^*b^*$ の表色系に即して考えると、緑から黄、黄から橙という関係を軸とした色彩関係（色環の弦上の運動）と把握すること、あるいはその両者であると把握することも可能なように思われる（図 15 を作図する際に、色同士を結ぶ線を、原点を通すか通さないかの問題でもある）。今回の考察だけで断定できるものではないが、クレーの著作における弦運動の詳細と実際の作品を照らし合わせて考察する必要があるように思われる。

6. まとめ

今回は、色の数値情報に基づく作品の色彩傾向分析の可能性を探るために、作品の数値情報を $L^*a^*b^*$ 表色系の値に基づいて可視化することを試みた。具体的には、パウル・クレーの作品を分析することを念頭に置き、マンセル表色系や $L^*a^*b^*$ 表色系の色相環と、絵の具による混色に基づいたクレーの色環の対応を検証することで、クレーの作品を分析するための基準を考えた。また、色彩が段階的に変化する作品を対象とし、その明暗変化のグラフ化や色相・彩度の座標位置による表示を試みた。

表色系ごとの色相環の相違に関しては、クレーの他に、ヨハネス・イッテンの色彩論も検討の対象にしたいと考えている。特に、イッテンのダイアード(2色配列)、トライアド(3色配列)、テトラード(4色配列)などは、イッテン独自の色相環に基づいて考案された調和論であるが、カラーデザインなどの本では、マンセルや PCCS に基づく調和論と並列に別個のものとして語られることが多い。今回のように、 $L^*a^*b^*$ 表色系を中間的に利用することで、それぞれの配色理論の類似点と相違点、有用性の範囲などを検証できるのではないかと考えている¹⁵⁾。

グラフ化に関しては、色彩間の変化の関係性を示すには一定の有効性があったように思う。作品を目で見て観察することによって得られる情報と同程度の情報しか得られない、という課題に対しては、一見して色彩関係が把握しやすい今回のような作品ではなく、むしろ複雑な色彩関係を持つ作品も分析対象とすることで、さらなる検証を行うことを予定している。

色相、彩度を座標を用いて表すことに関しては原点との角度や距離に基づく分析なども今後の検討課題である。 $L^*a^*b^*$ は、色差の計算にも適しているため、色空間上の絶対的な位置のみならず、基準色からの相対的な分析などの可能性も念頭におく必要があると考えている。特にクレーに関しては、色環上の運動のみならず、色彩球における運動を対象とするために、色彩球に即した分析方法を検討する必要もあるだろう。

色相間や明度間の関係性・法則性のようなものを数値で表すにはいたらなかったという課題も残った。これは、そもそも関係性や法則性が、 $L^*a^*b^*$ などの数値情報をもとに考案できるのか？という問題でもある。各種の調和論を検討すると同時にその可能性を考えたい。

謝辞

本研究は、「駿河台大学 平成 28 年度 特別研究助成費」の助成を受けたものである。

註および参考文献

- 1) 『造形思考 上・下』(パウル・クレー 土方定一、菊盛英夫、坂崎乙郎訳 新潮社 1973)、『無限の造形 上・下』(パウル・クレー ユルグ・シュピラー編 南原実訳 新潮社 1981)、『教育スケッチブック』(パウル・クレー 利光功訳 中央公論美術出版 1991)、『パウル・クレー手稿 造形理論ノート』(パウル・クレー 西田秀穂、松崎俊之訳 美術公論社 1988)、など。
- 2) 「Paul Klee - Bildnerische Form- und Gestaltungslehre」(Zentrum Paul Klee: <http://www.kleegestaltungslehre.zpk.org/ee/ZPK/Archiv/2011/01/25/00001/>)
- 3) 「水平線と垂直線の特徴とするパウル・クレーの作品における比率の分析」(井上智史 基礎造形025: 日本基礎造形学会論文集・作品集2016 日本基礎造形学会 2017 p.9-16.)
- 4) 印刷物から色の数値を取得する方法は、印刷物の品質管理などに利用される色彩計を用いる、印刷物をスキャニングシエアプリケーションで取得する、印刷物とカラーチップを比較する、などいくつかの方法が考えられる。今回は、スキャニングしたデジタル画像から、Adobe Photoshop を用いて色情報を取得した。
- 5) マンセル値と L^*a^*b 値の対応は、「Munsell Renotation Data」(Rochester Institute of Technology https://www.rit.edu/cos/colorscience/rc_munsell_renotation.php)よりダウンロードできるデータを参照した。
- 6) 「Bildnerische Gestaltungslehre」(<http://www.kleegestaltungslehre.zpk.org/ee/ZPK/BG/2012/01/02/157/>)
- 7) L^*a^*b の値の取得には、Adobe Photoshop を使用したが、その場合、あるピクセルの値を取得する、ある範囲のピクセルの値の平均を取得するなど、いくつかの方法が考えられる。今回のように、平滑的な色面の色を取得する場合、範囲の平均が適していると考えたが、その場合でも、1. 色領域ごとの選択範囲で平均する、2. 数カ所の小さな矩形領域の平均をさらに平均する、などの方法が考えられる。クレーの色環に関しては、比較的塗りにむらがある色面ながらも、単色に塗ることが意図されており、かつ、黒い線や文字が色面内に書き込まれていることから、2. の方法で平均した値を取得した。なお、取得はまず、Adobe Photoshop のヒストグラム機能を用い、その平均値を参照し RGB の値を取得し、その RGB 値からカラーピッカーを用いて L^*a^*b 値を得た。
- 8) 『パウル・クレー手稿 造形理論ノート』、p.178。
- 9) 『パウル・クレー 造形の宇宙』(前田富士男 慶應義塾大学出版会 2012)、p.179。
- 10) *Paul Klee: Life and Work*. Christine Hopfengart, Michael Baumgartner, Zentrum Paul Klee, Bern. 2012. p.148.
- 11) *Scheidung abends*と次の*Doppelzelt*の2作品において、 L^*a^*b 値の取得は、各色領域を選択し、その平均値より算出した(上記7の1.の方法)。
- 12) 『無限の造形 下』、p.429。
- 13) 『無限の造形 下』、p.454-455。
- 14) 面積比は、色の数値情報を取得する際に指定した選択範囲に基づいて、Adobe Photoshop の計測ログの機能を用いて取得した。
- 15) これは、例えば、RGB や CMYK に基づく Adobe Illustrator のカラーガイドという機能や、Adobe Color CC によるカラーホイールという機能にも、トライアド、テトラードという言葉が使用されているが、イッテンと参照する表色系が異なるため、表色系が異なってもその概念がどの程度の範囲で有用なのかを検証する作業にもつながると考えている。

井上：パウル・クレーの色彩傾向分析のための数値情報の利用

Utilization of Numerical Information of Color for Analyze Color Selection in Paul Klee's Works

By INOUE Satoshi

[Abstract] In this paper, the author examined the utilization of numerical information of color to analyze the color selection objectively. Through Paul Klee's sketches and paintings, the author proposed methods for analyzing the colors based on the numerical information.

[Keywords] color, color analysis, color education