

絵画作品に描かれた星空の同定(1)～パターン認識による評価法～

石坂 千春*

概要

ファン・ゴッホ「ローヌ川の星月夜」(1888年)、同「星月夜」(1889年)、安藤広重「真乳山山谷堀夜景」(1857年)など、星空が描かれている絵画作品はいくつかあるが、描かれている星が同定されていないものも多い。

絵画作品に描かれた星空と、実際の星空を比較し、類似度を数値的に評価するため、「パターン認識」を応用してみようと試みた。本編では、まず、類似度の数値化方法について報告する。

1. はじめに

筆者はこれまで、ファン・ゴッホの絵画作品「ローヌ川の星月夜」(1888年)および「星月夜」(1889年)について、“定説”とは異なる持論を展開してきた[1][2]。これらの2作品は諸説はあるものの、描かれている星についての定説は確定されているわけではない。[1][2]は絵画作品の制作環境(年月日、方角、絵画での表現、手紙での記述等)を状況証拠として、ファン・ゴッホが描いた星を独自に推定したものである。

筆者としては、絵画における星の配置パターンと、持論で紹介した実際の星空のパターンは「似ている」と“思う”のであるが、これはあくまで主観的印象にすぎない。絵画の星のパターンと、実際の星空のパターンとを客観的に、数値的に比較する方法はないだろうか。

あるパターン(配置や図柄など)を、他の複数のパターンから識別し、もしくは一致するパターンを選び出す作業を「パターン認識」[3]という。パターン認識を行えば、あるパターンと基準パターンとを比較し、「似ている」か「似ていない」か、すなわち類似度を数値的に評価できる。

こうしたパターン認識と数値的評価は実際の生活でもさまざまな場面で応用されている。たとえば、手書きの文字を機械で読み取り正しい宛先に配達する郵便自動仕分機や、指紋のパターンを登録されたものと比較する指紋認証システムなどである。

筆者は、パターン認識を星空が描かれた絵画作品

に応用することにより、描かれた星を、実際の星空と比較できるのではないかと思いついた。

本編では、まず、パターン認識と類似度の数値化方法についてまとめておく。

2. パターン認識について

本研究の目標は絵画における星の配置を、基準となる実際の星空と比較し、その類似度を判定することである。

したがって、ここで扱うパターンは、二次元空間に不連続に配置された複数個の点であり、必要なパターン認識は2つの二次元配置パターンの類似度を評価することである。

あるパターン(A)の*i*番目の点の位置はベクトルとして表わすことができる。これを $\mathbf{x}(x_i, y_i)$ とする。一方比較すべき基準パターン(S)の*i*番目の点の位置ベクトルを $\mathbf{s}(s_i, t_i)$ とする。

パターンAとパターンSを比較する指標としては、“距離”と“類似度”がある[4]。

2-1. パターン間の“距離”

パターン間の距離*d*は次のように定義される。

$$d = \left(\sum_{i=1}^n \{(x_i - s_i)^p + (y_i - t_i)^p\} \right)^{\frac{1}{p}}$$

*大阪市立科学館／中之島科学研究所
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ishizaka/>

特に次数 $p=2$ の場合をユークリッド距離と呼ぶ。また、分散によって規格化したものをマハラノビフ距離と呼ぶ。

2-2. パターンの類似度

前節で導入した距離のみによる判定では、パターンAが複数の基準パターンから“等距離”にある、という事態も想定される。そうした場合に、2つのパターン(ベクトル)の余弦を“類似度” e として評価できる。

$$e = \cos(\theta) = \frac{\mathbf{x} \cdot \mathbf{s}}{|\mathbf{x}| \cdot |\mathbf{s}|}$$

なお、ここでは、類似度は絶対値のみ評価の指標とする。

3. パターン認識の例

前節で紹介したパターン認識における判定の指標“距離”および“類似度”について、いくつかの例で確かめてみた。

3-1. 直線状に並ぶ点

10個の点が縦に並ぶパターン(図1)と横に並ぶパターン(図2)を比較する。

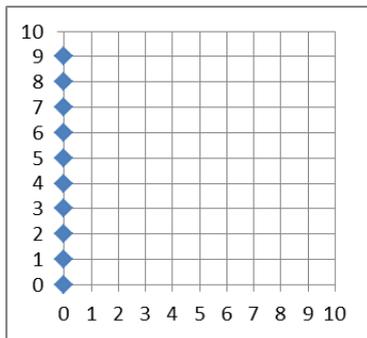


図1. y軸上に10個の点が並ぶパターン

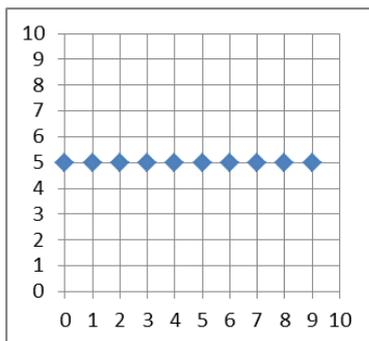


図2. y=5に10個の点が並ぶパターン

表1. x軸上に10個の点が並ぶパターン

縦パターン	x	y
1	0	0
2	0	1
3	0	2
4	0	3
5	0	4
6	0	5
7	0	6
8	0	7
9	0	8
10	0	9

表2. y=5に10個の点が並ぶパターン

横パターン	x	y
1	0	5
2	1	5
3	2	5
4	3	5
5	4	5
6	5	5
7	6	5
8	7	5
9	8	5
10	9	5

この場合、縦と横の違いはあっても、同じパターンと評価するのが妥当だろう。

そのため、双方の重心を一致させ、始点($i=1$)と終点($i=10$)を合わせるような回転操作を計算式に加えるようにプログラミングした。

当然ながら、距離 $d=0.000$ 、 $e=1.000$ (角度 $\theta=0$)となった。

3-2. 「ア」「マ」「ヤ」の比較

3-1節で作成した計算式をカタカナの「ア」(図3)「マ」(図4)「ヤ」(図5)に適用した。カタカナの「ア」と「マ」と「ヤ」はよく似ているが、類似度はどうだろうか。

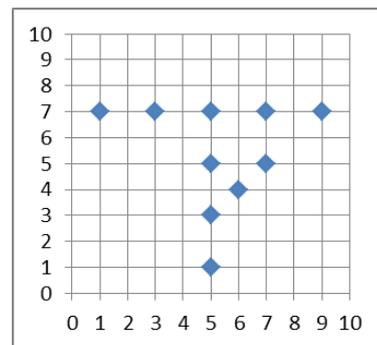


図3. 10個の点が「ア」の字に並ぶパターン

表3. 「ア」の字に並ぶパターン

「ア」	x	y
1	5	1
2	5	3
3	5	5
4	6	4
5	7	5
6	9	7
7	7	7
8	5	7
9	3	7
10	1	7

表5. 「ヤ」の字に並ぶパターン

「ヤ」	x	y
1	6	1
2	5	3
3	4	5
4	2	9
5	7	5
6	9	7
7	7	7
8	5	7
9	3	7
10	1	7

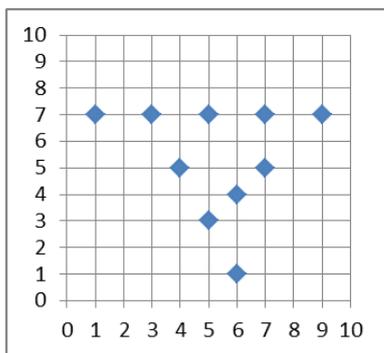


図4. 10個の点が「マ」の字に並ぶパターン

「ア」(図3)と「マ」(図4)のパターン間の距離は 1.414…、類似度は 0.998…(角度に換算すると $\theta = 3.185\dots$ 度)では、であった。やはり非常に似ているといえるだろう。

一方、「マ」(図4)と「ヤ」(図5)の距離は 6.403…、類似度は 0.969…(角度に換算すると $\theta = 14.19\dots$ 度)であった。

「マ」は「ヤ」よりも「ア」に似ている、と評価できた。

表4. 「マ」の字に並ぶパターン

「マ」	x	y
1	6	1
2	5	3
3	4	5
4	6	4
5	7	5
6	9	7
7	7	7
8	5	7
9	3	7
10	1	7

3-3. 「ア」と「イ」の比較

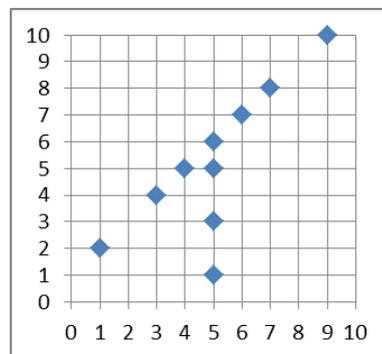


図6. 10個の点が「イ」の字に並ぶパターン

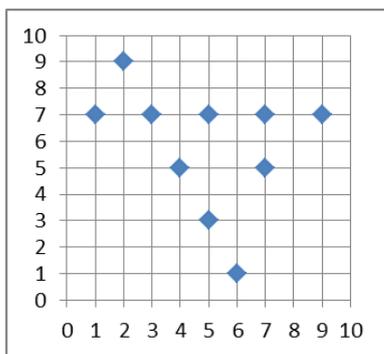


図5. 10個の点が「ヤ」の字に並ぶパターン

表6. 「イ」の字に並ぶパターン

「イ」	x	y
1	1	2
2	5	3
3	5	5
4	4	5
5	5	6
6	5	1
7	6	7
8	7	8
9	3	4
10	9	10

次に、あまり似ていないと思われる「ア」(図3)と「イ」(図6)を同様にパターン認識によって比較してみた。

距離は 7.449…、類似度は 0.959…(角度に換算すると $\theta = 16.45$ …度)であった。さらに類似度が低いことがわかる。

4. 今後の方針

今回紹介したパターン認識は非常に簡単なものであり、本来は誤差の評価も含め、厳密に扱うものである。パターン認識および類似度の計算法・評価法についてさらに調査・改良し、今後、ファン・ゴッホ作「ローヌ川の星月夜」(1888年)、同「星月夜」(1889年)、安藤広重「真乳山山谷堀夜景」(1857年)など、星空が描かれている絵画作品に応用し、実際の星空と比較することで、同定を試みたいと考えている。

文 献

- [1]石坂千春(2012),天文教育2012年1月号,pp.83-92
- [2]石坂千春(2013),天文教育2013年1月号,pp.38-42
- [3]石田健一郎・上田修功・前田栄作・村瀬洋(1998),「わかりやすいパターン認識」(オーム社)
- [4]前川仁(埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報部門),「パターン情報処理」<http://www.cda.ics.saitama-u.ac.jp/~maekawa/lect/pat/y10-5.pdf>