7X-01

微分位相幾何学に基づく 静止画における視線誘導方策の視覚分析

柴崎 史典 藤代 一成 慶應義塾大学 理工学部情報工学科



(a) 理想的なリーディングライン

(d) Morse-Smale 複体

(e) 視線追跡結果

図 1: *Still-life with Quince, Cabbage, Melon, and Cucumber* (Juan Sánchez Cotán, 1600) に対し,考えられる理想的な リーディングラインを (a) としたとき, (b) から (d) が各処理で得られる結果, (e) が実際に視線を追跡した計測結果.

1 背景と目的

著名な画家や写真家の作品制作では,作品の主役を強 調しながら,その周囲にも観察者の視線を誘導し,作品の 隅々まで鑑賞させることが意識されている.この手法とし てリーディングラインを構図内に含ませることがあるが, これは明確な線だけでなく,間隔を空けておかれたものの 並びや,主観的輪郭のように,実際には存在しないが知覚 できる形状の輪郭線,さらにグラデーション,筆遣い等を 抽象化したものであることも多い.しかしこのようなリー ディングラインは,美術教育を受けた経験がない観察者に は認識しづらい.さらに作者側も長い制作時間の経過とと もに,作品に目が慣れ,リーディングラインの判別ができ なくなってしまう問題がある.

静止画に対する誘目測度として一般的に顕著度が用いら れているが、このようなスカラ特徴量だけでは視線の流れ は表現されない.そこで本稿ではリーディングラインの視 覚分析手法として、Morse-Smale 複体 [1] を表すグラフの うち、極大点と鞍点だけを連結する部分グラフを用いた、 顕著度の勾配場の抽象化により、リーディングラインを同 定する手法を提案する.図1にその分析例を示す.

2 手法

本節では,提案手法における各処理の詳細と,入力画像 に対する制約およびパラメタについて述べる.

画家や写真家が作品を制作する際, コントラストや描き 込みの緻密さを変化させることで, その作品における重要 な箇所を際立たせることがある.また,このような箇所を 効果的に配置し,リーディングラインを表現することがあ る.本手法では,まずこのようなリーディングラインのも ととなる誘目性の高い箇所を入力画像から抽出するため, 人間の視覚的特性を考慮した画像特徴量である顕著性マッ プを用いた.

人の視線は、大きいものから小さいものへ、明るい所か ら暗い所へ [2] といったように、画像内で誘目性の高い箇 所から低い箇所へ向かって流れる.そこでまず入力画像に 対する顕著性マップを導出した.顕著性マップは等高線を 抽出・表示することによって判読性が増す.次に顕著度の 勾配場を求め、矢印プロットにより、誘目性の分布によっ て誘発されると考えられる視線の流れを可視化した.これ により、局所的なリーディングラインを表現することはで きるが、稠密なグリフ表示は視覚的乱雑さが大きく、大局 的なリーディングラインの表現には適さない.

Visual analysis of gaze direction strategies on static images based on differential topology Fuminori Shibasaki, Issei Fujishiro

Department of Information and Computer Science, Keio University

そこで誘目性が高い箇所どうしを線で接続することに よって,より抽象化されたリーディングラインの表現が可 能であると考えた.グリフ表示の代替案として,勾配場を 考慮した位相データ解析である Morse-Smale 複体 [1] を用 いる.具体的には顕著性マップに対する Morse-Smale 関 数を求め,そこから顕著度の極大点と鞍点だけを繋ぐ部分 グラフを抽出することで,スパースなリーディングライン を分析する.

2.1 顕著性マップ

本稿では、図1(b)に示す顕著性マップの計算に Hou ら が提案した手法[3]を採用し、OpenCV を用いた.また2.3 項で利用する環境では、1,000×1,000 px を超えるような大 きな画像が処理できないため、出力する顕著性マップを入 力画像の解像度に依らず全て256×256 px 以下に縮小した.

2.2 等高線と勾配

2.1 項で求めた顕著性マップから、VTK(Visualization Toolkit)によって得られた顕著度の等高線と勾配場の矢 印プロットを図 1(c) に示す.

2.3 Morse-Smale 複体の部分グラフ

入力された顕著性マップをもとに、その極大点と鞍点を 勾配変化の少ない経路によって繋ぐグラフを可視化する. この処理は VTK をベースに開発された TTK(Topology ToolKit) [4] によって実装した.細かな極大点などすべ ての特異点を検出してしまうと、分析結果が複雑になって しまう問題があるため、選択的にマイナーな特異点を削除 する必要がある.



図 2: 閾値処理による簡略化前の出力結果(左)と,顕著性 マップにおける persistence を示すグラフ(右).右のグラ フをもとに閾値を定め,Morse-Smale 複体を簡略化する.

そこで図2に示すように,停留点の組の重要度を表す persistence [5] に対して閾値処理することで,顕著度にお ける重要度の低い特異点を削除しトポロジーを簡略化し た.図1(d)は,このようにして得られた顕著度の極大点 (赤)と鞍点(白)を繋ぎ Morse-Smale 複体の部分グラフ を作成した結果である.

3 結果

図1に得られた結果と,実際の視線追跡結果,入力画像 に対して考えられる理想的なリーディングラインを比較し たものを示す.図1(e)の視線追跡結果は,プロットに書か れた数字が注視点遷移の順序,プロットの大きさが停留時 間を表している.計測機器としては Tobii Pro スペクトラ ムを,ソフトウェアは Tobii Pro ラボを用いた.顕著度の 勾配を図1(c)のように矢印プロットで可視化するだけで は大局的なリーディングラインの可視化には適さないが, 図1(b)の顕著性マップから求めた Morse-Smale 複体の部 分グラフである図1(d) により,理想的なリーディングライ ンと実際の視線追跡結果に近い経路を示すことができた.

4 結論と今後の課題

本稿では、静止画像において構図がもつリーディングラ インの視覚分析手法に、顕著性マップから抽出した Morse-Smale 複体の部分グラフが有用であることを示した.著者 が知る限り、微分位相データ解析を用いたリーディングラ インの分析例はこれが初の報告である.

今後は、多様な絵画作品から得られたリーディングライ ンを実際の観察者に対する視線追跡結果と比較し、本手法 の妥当性を実証する必要がある.また現段階では、得られ たリーディングラインにおいて、視線誘導の方向が分析で きていないが、これは各極大点の顕著度の差や、顕著性マッ プにおける尾根環の面積をもとに方向を判別できる可能性 がある.さらに作品内に存在する人物の目線や、身振り手 振りといった仕草によって表現される、コンテンツベース のリーディングライン抽出についても検討を加える必要が ある.

謝辞

本研究を進めるにあたり,実装の技術面で多くの助力を いただいた所属研究室の打木陸雄に深く感謝する.本研究 の一部は,令和4年度科研費挑戦的研究(開拓)20K20481 の支援により実施された.

参考文献

- Herbert Edelsbrunner, John Harer, Vijay Natarajan, and Valerio Pascucci. "Morse-Smale complexes for piecewise linear 3manifolds," in *Proceedings of the 19th Annual Symposium on Computational Geometry*, pages 361–370, 2003.
- [2] 秋田 麻早子:絵を見る技術―名画の構造を読み解く,朝日出版社,東京都, 2019 年 5 月,1 章
- [3] Xiaodi Hou and Liqing Zhang, "Saliency detection: A spectral residual approach," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 1-8, 2007.
- [4] Julien Tierny, Guillaume Favelier, Joshua A. Levine, Charles Gueunet, and Michael Michaux, "The Topology ToolKit," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(1):832-842, 2018.
- [5] Julien Tierny and Valerio Pascucci, "Generalized topological simplification of scalar fields on surfaces," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12):2005-2013, 2012.

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan. All Rights Reserved.