景観画像・風景絵画のゆらぎ特徴

川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

概要:本研究では複雑系および画像処理の技術を利用して、景観画像の複雑さを計量的に計測し、景観評価に有用な情報としてこれを提示することを目的とする。具体的には、様々な都市や自然景観、夜景および風景絵画の画像を対象に、2次元フーリエ変換を利用してパワースペクトル曲線を導き出し、その傾き変化から被写体となる景観の性質とゆらぎ特徴の関係について考察する。その結果として、白色ノイズや $1/f$ 、 $1/f^2$ ゆらぎを示す景観の類型や、夜景におけるゆらぎ特徴の傾向等の整理を行った。ただし本研究は実施途中であり、最終的な分析結果や一定の結論を得ているわけではない。そこで本稿では上述した研究の経緯や内容について報告する。

キーワード: 画像処理、景観画像、スペクトル解析、ゆらぎ特徴

1. 研究の位置づけ

本研究は景観画像のゆらぎ特徴を計測し、被写体となる景観の性質との関連を考察するものである。先ず本研究の位置づけを述べる。建築学では、スペクトル解析は音響・振動解析等の時系列解析で応用されるケースが殆どである。これ以外に空間解析として、例えばコンクリートの汚れ画像をスペクトル解析し汚れの特徴を周波数特性の差異で説明した研究^[1]、街路景観をゆらぎ解析し景観特性を定量的に記述した研究^[2]、街路樹の配置をゆらぎ解析し乱雑さ・整然さを評価した研究^[3]等がある。これらの中で、コンクリートの汚れ画像の解析研究^[1]は、汚れの濃淡画像に対してスペクトル解析を試み、パワースペクトル曲線と汚れの特徴について考察している点で方法論としての類似性がある。これに対して、本研究は被写体とする景観事象の枠組みを広げ、特に混乱した都市景観の乱雑さに寄与する要素や伝統的街並み・自然景観の整然さに寄与する要因の発見、時間・距離変化に対するゆらぎの変化の動向等を考察する点で特色がある。

2. 2次元フーリエ変換によるゆらぎ特徴

2. 1. デジタル画像処理の周波数領域

デジタル画像の濃淡を2次元波と捉え、これを周波数領域へ変換して様々な画像処理を施す手法がある。この場合、2次元フーリエ変換を利用し、複数の正弦波に分解して、各周波数（空間周波数）に対する振幅や位相の大きさ（スペクトラム、スペクトル）を検出する。このようにして得られた振幅スペクトルの総和を特にパワースペクトルとよんでいる。

2. 2. パワースペクトル曲線とゆらぎ特徴

空間周波数に対するパワースペクトルの変化から、実画像の特徴を評価する方法が提案されている。具体的には、対数変換した空間周波数（ f ）に対するパワースペクトルの変化の傾きをゆらぎ特徴とし、その傾きの大きさを白色ノイズ、 $1/f$ ゆらぎ、 $1/f^2$ ゆらぎ等の性質を説明している。このゆらぎ特徴は変化の自己相関の性質を示しているため、白色ノイズは乱雑さを、あるいは $1/f^2$ ゆらぎは退屈さを示す感性指標としても利用されている^[4]（図1）。

3. 被写体およびデジタル画像

3. 1. 景観対象

景観対象は、(1)都市景観、(2)庭園、(3)夜景に大別した。都市景観や庭園は国内外を対象とし、その中に現代都市空間や伝統的空間を含めた。また夜景では一部定点の昼景から夜景の変化を含めた。

3. 2. 風景絵画

風景絵画は、(1)西洋絵画、(2)浮世絵風景画、(3)名所

図1 ゆらぎ特徴の指標

図会等を対象とし、西洋絵画には夜景の絵画を含めている。

3. 3. デジタル画像変換

2次元離散フーリエ変換を高速演算する場合、2次元高速フーリエ変換（2次元FFT）が利用される。この場合、処理されるデジタル画像は正方形の画像である制約がある。そこで、上述した景観および風景絵画は512x512(pixel)の8ビット・グレースケール画像とした。特に、オリジナルの風景絵画の縦横比率は一定ではないため、ここでは一律に中心から短辺方向が512pixelとなるように正方形にトリミングしている。以上の条件で、デジタル画像を周波数領域へ変換し、基本空間周波数は1/512(1/pixel)と設定した。

3. 4. パワースペクトル曲線図

景観画像からもとめた空間周波数とパワースペクトルを両対数グラフに整理したものをパワースペクトル曲線とよぶ（図2）。本稿で図示するパワースペクトル曲線は、前述したように基本空間周波数を1/512(pixel)とし、横軸にはその対数値を、縦軸にはパワースペクトルの対数値をプロットしている。また図中にはガイドとして1/fと1/f²の傾きを示している。

4. 景観対象とゆらぎ特徴

研究の初期作業として、様々な景観対象のパワースペクトル曲線を作成し、被写体となる景観の性質とゆらぎ特徴について整理する。

4. 1. 白色ノイズ・1/fゆらぎ・1/f²ゆらぎ景観

白色ノイズから1/f²ゆらぎまでを示す典型的な事例を、その傾きにそって整理した（図3）。提示した事例は六本木ヒルズ・遠景（白色ノイズ）、ボストン市街地・中景（1/f）、京都二年坂・近～中景（1/f～1/f²）、京都鞍馬・近～中景（1/f²）である。ここでは、

図2 パワースペクトル曲線

様々な景観要素を含む大都市景観、同様のファサードで構成された市街地景観、空間変化や自然物を含む伝統的空間、単純な構成の伝統的空間といった順列でゆらぎの傾きが増加し、乱雑さから単調さに移行していることがわかる。

4. 2. 白色ノイズ景観

白色ノイズを示す都市景観事例として、六本木ヒルズ、京都西本願寺と市街地を示した（図4）。いずれも構図の中心となる大規模建築、市街地背景、山並みや空といった様々な景観要素を含む乱雑な都市景観である。

4. 3. 1/fゆらぎ景観

1/fゆらぎを示す都市景観事例として西洋の街並みと京都祇園を、また庭園事例として桂離宮、フランス式庭園を示した（図5）。以上は適度な変化を持つ景観の構図を持ち、鑑賞者にも好印象を与えている。

4. 4. 1/f²ゆらぎ景観

1/f²ゆらぎを示す事例として、都市景観では京都鴨

図3 白色ノイズ・1/f・1/f² ゆらぎ景観

図4 白色ノイズ景観

川と京都鞍馬、また自然景観では遠景の山並みや山辺の湖畔を示した（図6）。いずれも構図が単調でかつ肌理がぼやけている特徴があり、静的で落ち着いた印象の景観である。

4. 5. 夜景のゆらぎ

夜景は首都圏付近の遠景から近景の4事例を示す（図7）。景域によらず全体として $1/f$ ゆらぎを示していること、また高周波数領域から傾きの増加が見られることが共通の傾向として見られる。

図5 $1/f$ ゆらぎ景観

図6 $1/f^2$ ゆらぎ景観

4. 6 昼景と夜景の定点比較

昼景と夜景の定点比較を、都市景観・伝統景観・自然景観を対象とした以下の3事例（六本木ヒルズ、金沢東山、京都大文字）で行った（図8）。昼景から夜景のゆらぎ変化として、六本木ヒルズは白色ノイズから $1/f$ ゆらぎへ、金沢東山は $1/f^2$ から $1/f$ ゆらぎへ、京都大文字は $1/f^2$ から $1/f$ ゆらぎへと変化の傾向が見られる。つまり昼景のゆらぎ特徴とは関係なく、いずれも夜景では $1/f$ ゆらぎに近づく傾向がわかる。

5. 風景絵画のゆらぎ特徴

ここでは都市景観と同様に、様々な風景絵画のゆらぎ特徴を整理する。

5. 1. モネ作風景絵画

モネの風景絵画33点を対象にパワースペクトル曲線を作成した。その結果、白色ノイズ2点、 $1/f$ ゆらぎ16点、 $1/f \sim 1/f^2$ ゆらぎ10点、 $1/f^2$ ゆらぎ5点となった。それぞれのゆらぎ特徴の代表的な作品を図9に示す。特に空気遠近によるかすみがかかった風景が、 $1/f^2$ に近いゆらぎ特徴となっている。

5. 2. 夜景の絵画

夜景絵画の事例として、夕方のカフェテラス アルルのフォラン広場（ゴッホ）、夜警（レンブラント）、大工の聖ヨセフ（ラ・トゥール）の3点を示した（図10）。ゆらぎ特徴は夜景観と同様の傾向を示している。

図7 夜景の ゆらぎ特徴

6. 今後の課題

本研究は実施途中であり、分析や考察等の作業を多く残している。ここでは本研究の今後の課題について整理し、本稿の結びとする。まず本稿では低～高周波数までの全体的なパワースペクトル曲線の傾きに基いてゆらぎ特徴を考察してきた。しかし、丁寧に観察すると低・中・高周波数領域での傾きの変化が一樣でないものが多数あると同時に、パワースペクトル値の振幅の変化に違いが見られる。むしろ、これらに対する詳細な分析が景観や風景絵画の性質をより明確にすると考えている。絵画分析については、描写対象のみならず、作家や年代、描写法等の分析軸で整理する必要がある。感性情報との関連については、心理調査の実施を予定しており、その結果と合わせて比較検証する。また本稿で利用した画像は様々な媒体から収集し加工しているが、今後の分析内容に合わせて再度の画像作成を行うことを予定している。

図8 昼景と夜景の定点比較

図9 モネ作風景絵画のゆらぎ特徴

図10 夜景絵画のゆらぎ特徴

参考文献

- [1] 佐藤良介 他, "2次元フーリエ変換を用いたコンクリート亀裂面の形状解析手法の開発", 日本建築学会構造系論文集 No. 589 (2005), pp. 105-112
- [2] 速水研太 他, "街路シーケンス景観の定量記述手法に関する研究 ゆらぎを用いた街路景観特性記述法の考察及び有効性の検証", 日本建築学会計画系論文集 No. 502 (1997), pp. 155-162
- [3] 瀬田恵之 他, "ゆらぎ理論に基づく街路樹と建物の変化が街路景観の乱雑・整然性及び魅力度に与える影響 —中心市街地における乱雑・整然性に関する研究その3—", 日本建築学会計画系論文集 No. 561 (2002), pp. 181-188
- [4] 武者利光, ブルーボックス B-442 "ゆらぎの世界 自然界の $1/f$ ゆらぎの不思議", 講談社 (1980)

著者紹介

川崎 寧史 : 金沢工業大学環境・建築学部 建築系 921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1