

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：25405

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730168

研究課題名(和文) 地方都市の観光需要拡大を目的とした風景画像の定量的評価とメロディー化

研究課題名(英文) Methods for evaluating pictures of tourist destinations and for extracting music

研究代表者

川勝 英史 (KAWAKATSU, Hidefumi)

尾道市立大学・経済情報学部・教授

研究者番号：40351837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、主に高速フーリエ変換アルゴリズムを応用して、次の2つの方法を提案した。つまり、(1)観光地の写真の「心地よさ」を評価し、同時に(2)写真からメロディーを抽出する。

尾道市の観光スポットの写真198枚を用いた実験を行い、この結果を示して市民や学生、美術学科の教員等に意見を求めたところ、直観に合致するとの前向きな意見を得ることができた。この方法をwebページ等実装することにより、「癒しルート」のような従来とは異なる視点から観光ルートを推奨し、訪れた場所の風景を音楽に変換することが可能となる。

研究成果の概要(英文)：This study proposes the following two methods applying FFT algorithm and DFA: (1) a method for finding pleasant photographs of local tourist destinations, and (2) a method for generating music from these photographs.

We define "pleasant image" as the photograph containing 1/f noise components since it has been suggested that the 1/f-noise structure in visual art as well as in music can stimulate the perception of pleasant. We analyze 198 photographs published in the book edited by Onomichi city to find the pleasant photographs. The method for extracting music from the picture is developed as follows: (a) the image is divided into some squares and frequency components are extracted from each square by FFT, and then (b) the frequency components of each square are transformed into musical pitches. Our methods may be available to recommend a sightseeing route which connects the pleasant spots for tourists, and to create the music from photographs of these spots.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ、画像のゆらぎ解析

キーワード：画像のゆらぎ解析 FFT DFA 自動作曲 観光需要拡大

1. 研究開始当初の背景

近年、具体的な作品を対象として、クラシック音楽や絵画などに、 $1f$ ゆらぎ成分が含まれることを示す研究が公表されはじめている(引用文献①, ②)。この $1f$ ゆらぎは、小川のせせらぎ、そよ風、脈拍、あるいは、クラシック音楽などに見出され、人に心地良さ(癒し)を与えるとされている。一方で、 $1f$ ゆらぎと心地良さの関係について、明確な根拠が存在するわけではないことも指摘されている。

応募者は、尾道市が推奨する観光スポット(引用文献③)について、スペクトル解析を応用し198枚の写真を分析した。この結果について、尾道市立大学(以下、本学という)の美術科の教員や尾道市民に意見を求めたところ、直観に合致するとの前向きな見解を得た。

また本研究では、写真からメロディーを抽出する方法を次のように提案する。写真から抽出した(濃淡などの)データは、スペクトル解析の過程で複数の「波」に分解される。これらの「波」を音波として捉え、対応する(周波数に近い)音高に変換することにより、元のデータの列から和音を抽出することができる。例えば、写真を64分割し、それぞれの箇所から順に和音を生成していくと、64の和音から成る(シンプルな)曲を生成することができる。同じ旋律であっても、「音の厚み」などを変更するだけで、異なる作曲家風に演奏することも音楽の分野では知られている。和音を生成した箇所の特徴に応じて、もとの和音の「音の厚み」を変更するなど、音に装飾を施すことにより、生成されるメロディーに写真の特徴を反映させることができる。メロディーの生成方法として、このような方法を採用している研究は応募者の知る限り見当たらない。

2. 研究の目的

地方観光都市には魅力的な観光資源が存在するものの、この魅力をアピールするための手段を次々に講じる必要がある。本研究では、観光地の風景の魅力について、定量的に評価する方法、及び風景画像からメロディーを抽出して再生する方法を提案する。これにより風景の魅力を、測定値やメロディーという新たな側面からもアピールすることが可能となる。

この応用として、「癒しスポット」や「手付かずの自然スポット」などの観光スポットを、地図上に表示するようなホームページを作成し公開することを検討している。提案するシステムをスマートフォンアプリケーションにも実装することにより、観光客自身の手で、風景写真の測定やメロディー化も可能となる。これらのことにより、地方観光都市の観光需要拡大を図る。

3. 研究の方法

(1)平成25年度

主に、フーリエ変換(特にFFT)やDFA(トレンド除去変動解析法)を応用した、写真の測定・分類方法を提案した。一般的に、画像に対してフーリエ変換を適用する際には、2次元フーリエ変換を用いることが多い。これに対して、水平方向のみにフーリエ変換を適用し、パワースペクトルの平均値を求めた上で、ゆらぎ係数を計算する方法がある。応募者も、これまでの研究において主に後者の方法を採用しており、この理由については、次のように述べることができる。つまり、後者の方が計算が容易かつ高速である。また、心地良いと思われる写真を上下反転、あるいは90度回転させたものが、同様の心地良さを与えることは極めて稀であるため、水平方向のみのゆらぎ解析で十分測定可能なのではないかと考えた(しかし十分でない可能性もある)。さらに、フーリエ変換によるゆらぎ解析の際には、フーリエスペクトルの歪みによる精度の低下も考えられる。分析の対象となる写真のサイズや縦横比が、結果に与える影響も考慮する必要がある。以上のような従来方法の課題を検討し、次の2点について考察・提案した。

①ゆらぎ解析の観点からの定量的評価方法

フーリエスペクトルの歪みを考慮し、次のようにしてゆらぎ解析の精度向上を図ることにした。つまり、パワースペクトルの分布に対する近似式 $g(f)$ を提案し(f は周波数)、さらに、 $\log(f)$ に対する $\log(g(f))$ の傾きを線形近似するような方法を提案した。また、直観と合致する数値が得られるように、分析する周波数の領域を限定することも検討した。

②写真の特徴を考慮した定量的評価方法

尾道の写真198枚を分析した際、尾道の特長でもある「坂道」の風景のほとんどが $1f$ ゆらぎに分類された。これに対して本学美術学科の教員から、坂道の写真には奥行きがあり、これが心地良さに影響しているとの意見を得た。このような奥行きに加え、写真の明るさ、サイズ(縦横比)等が、ゆらぎ解析の結果や人間の感性に与える影響についても分析する必要があると考え、これについても検討した。

(2)平成26年度

①画像の定量的評価方法の改良

平成25年度に提案した画像の評価方法では、画像の水平方向の輝度の振る舞いのみに注目しているため、画像の平面上のフラクタル性を検出することには困難が伴う。静止画像のゆらぎ解析には2次元FFTが用いられることが少なくない。本研究では、2次元FFTよりも実装が容易であり、絵画の分析に対しても一定の成果があげられている2次元DFA(引用文献②)を応用した方法を提案した。

また、ハースト指数を求める際、折れ線回帰を応用することにより、短距離の相関と中(長)距離の相関を分離して考察することができる。また、折れ線回帰の形状(凹凸)により、もとのデータの特徴を分類することも可

能である。これらについても検討した。

②画像の特徴を考慮したメロディー抽出方法の提案

ここでは、(静止)画像からメロディーを抽出する方法として、次のような方法を提案した。すなわち、画像を1行目から最終行まで順に走査し、各行において、1次元FFTにより水平方向の輝度の変化に関する周波数成分を抽出する。抽出された周波数成分を音高に変換し、各行ごとに和音を生成する。

この手法の特長として、上の(1)①で述べた1次元FFTを応用した方法により画像評価を実施する際、同時にメロディーを生成することが可能となることがあげられる。

さらに、画像の平面上の特徴を考慮したメロディー抽出が可能となるよう、2次元FFTを応用した方法も提案している。

4. 研究成果

(1)画像の心地よさの定義

心地よさは個人の主観に大きく依存している。このため、万人が認めるような「心地良さ」に対する評価基準を設けることは困難である。ここでは、小川のせせらぎや風の音など自然界に存在する音だけでなく、モナリザなどの絵画の色調、並びにクラシック音楽などにも多く見受けられ、人に心地良さや癒しを与えるとされている1/f ゆらぎに注目した。この1/f ゆらぎの特徴を有する波を周波数軸で捉えたとき、周波数 f に対してそのパワー P (振幅の2乗)が1/f に比例することが知られている。従ってこのような特徴を持つ波に関して、説明変数を $x = \log_{10}(f)$ 、被説明変数を $y = \log_{10}(P)$ として回帰直線 $y = \alpha_f x + \beta$ を求めると、 $\alpha_f = -1$ が得られる。なおホワイトノイズ、及びブラウン(レッド)ノイズの特徴を有する波を分析すると、スケーリング指数 α_f の値は、それぞれ、0及び-2となる。また、波を時系列データとして捉えたとき、DFA アルゴリズムにより求められたスケーリング指数 α_d が0.5, 1, 1.5のとき、もとの波はそれぞれ、ホワイトノイズ、1/f ゆらぎ、ブラウンノイズの特徴を有することが知られている。

(2)画像のゆらぎ解析

次の方法により静止画像のゆらぎ解析を行うこととした。静止画像における横のピクセル数を M 、縦のピクセル数を N とする。また、それぞれのピクセルの色は、(赤, 緑, 青) = (R, G, B) ($R = 1, 2, \dots, 255, G = 1, 2, \dots, 255, B = 1, 2, \dots, 255$)により表現されているものとする。また、画像は次の変換式により256階調のグレースケール画像に変換する。

$$G = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

① 方法1 (1次元FFTを用いた方法)

ここでは、1次元FFTを応用した画像のゆらぎ解析の方法として、次のような方法を提

案した。すなわち、画像を1行目から N 行目まで順に走査し、各行ごとに、1次元FFTにより水平方向の輝度の変化に関する周波数成分を抽出する。全ての行から得られたパワースペクトルの平均値及びこの傾きを求めることにより、画像を分類する。詳細な手順については雑誌論文②に示している。

表1 写真の分析結果

写真の分類	枚数	割合
(a) ホワイトノイズ	7	3.5%
(b) 1/f ゆらぎ	122	61.6%
(c) レッドノイズ	69	34.8%



(a) ホワイトノイズに分類された写真の例



(b) 1/f ゆらぎに分類された写真の例



(c) レッドノイズに分類された写真の例

図1 写真の分類例

ここでは、『尾道散策204選』(引用文献③)に収録されている写真のうち、198枚を上で述べた方法により分析する。求めた回帰直線の係数 α_f の値について、 $\alpha_f \geq -0.75$ のときホワイトノイズ、 $-1.25 < \alpha_f < -0.75$ のとき1/f ゆらぎ、 $\alpha_f \leq -1.25$ のときレッドノイズに写真を分類することにする。この場合の分析結果を表1に示し、(a)ホワイトノイズ、(b)1/f ゆらぎ、(c)レッドノイズに分類された写真の代表例を図1に示している。

表1より、全体のうち61.6%の写真が1/f ゆらぎに分類され、引用文献③に収録された写真の多くが「心地良い」印象を与えていることが確認できる。これに対して、レッドノイズに分類された写真の割合は34.8%であり2番目に多く、ホワイトノイズに分類された写真の割合は3.5%であり最も少ない。

(a) ホワイトノイズに分類された写真の特徴
図1(a)の左に示した写真には、葉の形がは

つきり分かるような植物が手前に広がっている様子が見受けられる。このような場合に、写真がホワイトノイズに分類されることが確認できた。この理由については次のように説明可能である。ホワイトノイズは、不規則に上下する波のことを表す用語である。植物が雑然としている様子が見受けられるような部分においては、水平方向の濃度の変化に規則性が見受けられない。この傾向はこの写真の下部2/3の領域で確認でき、このことはこの写真がホワイトノイズに分類される主な要因であると考えられる。また、図1(a)の右に示したような、桜を撮影した写真にも同様の傾向が見受けられることが確認できた。

(b) $1/f$ ゆらぎに分類された写真の特徴

図1(b)の左に示した写真のように、自然と人工物が調和した写真の多くが $1/f$ ゆらぎに分類された。この $1/f$ ゆらぎは、規則的な波とランダムな波の中間的な特徴を持つことが知られている。この写真における、水平方向の濃度の変化からもこのことが確認でき、 $1/f$ ゆらぎに分類された他の写真の水平方向の濃度の変化にも、同様の傾向が見受けられた。また、図1(b)の右に示したような、両側を高い塀や建物に囲まれた風景は尾道の特長の一つでもある。このような写真の多くが、 $1/f$ ゆらぎに分類されることも確認できた。

(c) レッドノイズに分類された写真の特徴

図1(c)に示した2つの写真は、比較的暗い部分で占められており、特に右側の写真においては、全体的に色の変化があまり見受けられない。レッドノイズは、(1次元)ランダムウォークのような振る舞いをすることも知られている。これらの写真の水平方向の濃度の変化からも、このことが確認できる。また、ここでは示していないものの、個別の建物を撮影した写真は、建物の表面における濃度の変化が乏しいため、レッドノイズに分類されることが少なくない。さらに、全体的に暗い写真も、比較的濃度の変化が小さくなるため、レッドノイズに分類されることも確認できた。

市民や本学の学生、美術学科の教員に、以上のような結果を示して意見を求めたところ、直観に合致するとの前向きな意見を得ることができた。このことは、本研究で提案した静止画像に対するゆらぎ解析の方法が、尾道の写真の分析に有効であることを意味していると考えられる。

② 方法2 (2次元DFAを用いた方法)

尾道市の写真の分析に対して、方法1がある程度有効であることは、上の①でも述べた通りである。しかしながら、図1の(a)「ホワイトノイズ」に分類されたような、植物や桜の写真を見て「雑然としている」と感じる人よりも「心地よい」と感じる人の方が多いはずである。また、定量的な分析の観点からも、これらの写真の表面は、細かい葉や花卉に覆

われている。このため、自己相似性を有していると考えられ、測定の方法によりこれらの写真は「 $1/f$ ゆらぎ」に分類される可能性がある。

方法1では、画像の水平方向の輝度の振る舞いのみ注目しているため、画像の表面上の自己相似性を検出することには困難が伴う。この特徴を検出するために、次のような方法(方法2)も提案した。つまり、2次元FFTよりも実装が容易であり、絵画の分析に対しても一定の成果があげられている2次元DFA(引用文献②)を応用した方法を提案した。

この詳細について、並びに、提案した方法により平面上の自己相似性が効率良く検出できていることについては、雑誌論文①で説明した通りである。

(3) 画像からのメロディー抽出方法

本研究で提案した、画像から和音・メロディーを抽出する方法の概略については、次の(i)から(v)に示した通りである。

- (i) 画像を n 区画に分割する。 $i=1$ とする。
 - (ii) 区画 i の濃淡データをフーリエ変換する。
 - (iii) 分解した「波」のうち、振幅の大きいものから m 個を選択する。それぞれの「波」を音波と見做して対応する音高に変換し、和音を作成する。
 - (iv) $i \rightarrow i+1$ とし、 $i \leq n$ ならば(ii)から繰返し、和音を並べていく。 $i = n+1$ ならば(v)へ進む。
 - (v) 各区画の明るさが小さいほど、テンポを遅くし、和音を構成する音の数を大きくすることにより、明るい箇所は「軽く」、暗い箇所は「重く」演奏することが可能となる。この方法の特長として、上の(2)①で述べた方法1による画像の評価を実施する際、同時にメロディーの生成が可能となることがあげられる。この成果の詳細については、雑誌論文②に記述している。
- さらに、画像の平面上の特徴を考慮したメロディー抽出が可能となるよう、2次元FFTを応用した方法も提案しており、この詳細については、学会発表①にて公表している。

(4) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

1次元FFTを応用した、画像の定量的評価方法、並びに音楽抽出の方法に関しては、雑誌論文②にまとめた通りであり、Best Paper Award (WCE2014) も受賞している。2次元DFAを応用した画像の定量的評価方法の詳細は雑誌論文①に示した通りであり、Merit (IMECS2015) を受賞している。

(5) 今後の展望

本研究で提案した画像の定量的評価による実験の結果を示して意見を求めたところ、直観に合致するとの前向きな見解を得ることができたことは、既に述べた通りである。今後は、提案した方法を、Web ページやスマートフ

オンアプリケーションに実装し、「癒しルート」などの観光ルートを推奨することに応用することを検討している。

この一方で、ここで提案した方法による音楽抽出に関する結果に対しては、「写されている風景が思い描けるような音楽を生成すべきである」などの否定的な意見も少なくなかった。これに対して、抽出された和音間に、画像の特徴を考慮して音を補完し装飾する方法についても幾つか開発を試みた。この方法により生成された曲について、「曲らしい」曲が生成されるほど、「作為性」が疑われる傾向にあるため、「画像にはシンプルな曲を添えるべき」との意見もあった。このような相反する意見に対応するため、研究協力者に意見を求めたところ、次のような助言を得た。つまり、同じ和声進行の曲であっても、音の「厚み」を変化させることにより、印象が全く異なる曲を生成することが可能である。このため、画像の特徴に応じて音の「厚み」を変化させることにより、多様な音楽の抽出が可能となる方法を検討している。予備実験として、100曲のクラシック音楽の楽譜データを分析し、「音の厚み」により作曲家別に曲を分類する実験も行っており、この成果の公表については別の機会に譲ることとする。

<引用文献>

- ① L. Dagdug et al., Correlations in a Mozart's music score (k-73x) with palindromic and upside-down structure, *Physica A*, **383**(2), pp. 570–584 (2007).
- ② E. Rodriguez and L. Dagdug, 1/f noise structures in Pollocks' drip paintings, *Physica A*, **387**, pp. 281–295 (2008).
- ③ 尾道市, 尾道散策 2 0 4 選, 凸版印刷 (2004).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① H. Kawakatsu, Methods for Classifying Pictures and Generating Music by 2D DFA and 1D FFT, *Proc. of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2015*, 査読有, **1**, 2015, 336–339, http://www.iaeng.org/publication/IMECS2015/IMECS2015_pp336-339.pdf.
- ② H. Kawakatsu, Fluctuation Analysis for Photographs of Tourist Spots and Music Extraction from Photographs, *Proc. of the World Congress on Engineering 2014*, 査読有, **1**, 2014, 558–561, http://www.iaeng.org/publication/WCE2014/WCE2014_pp558-561.pdf.

- ③ H. Kawakatsu, T. Homma and K. Sawada, An Optimal Replenishment Policy for Seasonal and Deteriorating Items, *Proc. of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2014*, 査読有, **2**, 2014, 1125–1128, http://www.iaeng.org/publication/IMECS2014/IMECS2014_pp1125-1128.pdf.
- ④ H. Kawakatsu, T. Homma and K. Sawada, A Quantity Discount Problem with One Poultry Farmer and Two Retailers for Ameliorating Items, *Proc. of the World Congress on Engineering 2013*, 査読有, **1**, 2013, 13–18, http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/WCE2013_pp13-18.pdf.
- ⑤ K. Sawada and H. Kawakatsu, Placing a Liaison with Short Communication Lengths between Two Members of the Same Level in an Organization Structure, *Proc. of the World Congress on Engineering 2013*, 査読有, **1**, 2013, 182–185, http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/WCE2013_pp182-185.pdf.
- ⑥ H. Kawakatsu, T. Homma and K. Sawada, An Optimal Quantity Discount Policy for Deteriorating Items with a Single Wholesaler and Two Retailers, *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 査読有, **43**(2), 2013, 81–86, http://www.iaeng.org/IJAM/issues_v43/issue_2/IJAM_43_2_06.pdf.

[学会発表] (計2件)

- ① 川勝英史, 2次元DFA及びFFTを用いた観光スポットの写真に関する定量的評価と音楽抽出, 第16回日本感性工学会大会予稿集(CD-ROM), 1–4, 2014年9月5日, 中央大学.
- ② 川勝英史, 尾道市の観光スポットにおける写真のゆらぎ解析とメロディー化, 第15回日本感性工学会大会予稿集(CD-ROM), 1–3, 2013年9月7日, 東京女子大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川勝 英史 (KAWAKATSU, Hidefumi)
尾道市立大学・経済情報学部・教授
研究者番号: 40351837