

フラクタル次元解析を用いた景観評価に関する研究

計画マネジメント・皆川研究室 近野 聖和

1. 研究背景

これまでの日本では、住宅やビルなどの建築物・構造物が次々に建てられ、経済性、利便性を優先してきたために地域全体の調和や美観などが軽視されてきた。その結果、各地域の景観から特色や調和が失われていき、日本の都市に比べ欧米、アジアなどの主要都市の方が街並みは美しいとされている¹⁾。しかし、屋外広告の氾濫などにより景観が損なわれた結果、日本の景観の価値に対する意識が次第に高まり、2005年6月1日には「景観法」が全面施行された。この景観法の制定を契機に、日本の景観の向上の機運とそれへ期待が高まっている。景観法施行後は地方自治体が景観計画を作成し、都市景観や自然景観についてのまちづくりの指針を定めることにより、その地域独自の風景やその土地らしい風景を保全し、景観に活かそうとしている²⁾。

2. 研究目的

良好な景観を形成するにあたり課題とされているのが景観の評価手法である。従来、景観評価は主観的であり基準があいまいなことが多い。そこで、自然界のフラクタルが注目され、フラクタル次元解析を適用させた景観の定量化に関する研究が行われている³⁾。

そこで本研究では、既往の研究⁴⁾により評価されているシーン景観を、フラクタル次元解析によって解析し評価と比較することによって、景観に対するフラクタル次元解析の有効性の検証を目指す。

3. フラクタルと景観⁴⁾

フラクタルとは、数学者ブノワ・マンデルブロによって導入された自己相似という概念であり、自己相似性を持つ図形をフラクタル図形という。自己相似とは任意の部分を拡大すると、他の部分、または全体と形が一致する性質である。フラクタル図形は多数存在するが、どれをとってみても複雑であり、フラクタルは複雑な形の代表ともいうことができる。そのため、他分野では複雑さというキーワードと共によく利用される。フラクタル図形に共通する性質である自己相似性は、複雑な図形を扱うための基本的な性質である。自己相似性を手掛かりにフラクタル図形を解析することが、複雑さを定量化することにつながる。

(1) フラクタル次元

簡単な図形で表せば、一次元は線分、二次元は正方形

のような面、三次元は立方体となる。しかし、次元を自由度とみなすと、フラクタル図形のように複雑な図形では、一次元であり二次元でもあるといった矛盾が生じる場合がある。そこで、既知の次元の概念にも反さず、フラクタル図形にも矛盾が生じないようにあらためて定義された次元を、「フラクタル次元」という。フラクタル次元 D は、全体を $1/a$ に縮小した相似図形 b 個によって全体が構成されているとき、対数を用いると式(1)によって与えられる。

$$D = \log_a b \quad (1)$$

この定義を用いると、フラクタル図形にみられる矛盾を解決することができる。そして、フラクタル次元の最大の特徴は次元が整数以外の値をとりうることである。

次元は数値が大きいほど複雑な図形であるという特徴を持ち、フラクタル次元に関しても同様である。したがってフラクタル次元は、図形の複雑さや込み入り具合を数値として表現していると言える。

(2) フラクタルと景観の関連性

木々の枝の形のひとつを例にしてみてもわかるように、自然界に存在する複雑な構造は似かよって見えるが、どれとして全く同じ形のものはなく、コッホ曲線のように完全な自己相似ではない。このように、拡大して見ると、もとおおよそ同じように見える性質を「統計的に自己相似である」という。すなわち、自己相似という概念を統計的なものにまで拡張することでその適用範囲を大きく広げているのである。拡大されたものと全体とを比較した結果、両者が同じような構造に見えるならば、その構造が人工的なものであろうと自然のものであろうと、統計的なフラクタル、あるいは単に、フラクタルと呼ぶことができる。したがって、フラクタル次元解析によって、「山・川・木」のような自然界の複雑な構造を定量化することが可能であると見られている。

(3) フラクタル次元解析

本研究では、主観的に評価されている景観画像を対象にフラクタル次元解析を行い、定量的な評価の手法としての有用性について検討を行った。本研究では景観の評価において形状に着目した。フラクタル次元解析を用いた既往の研究の多くは形状に着目しており、有用性も確認されているためである³⁾。

本研究ではボックスカウンティング法によってフラクタル次元を算出する。ボックスカウンティング法とは景観の形状評価に適した次元算出方法であり、画像を一边の大きさが r の正方形の小領域に分割し、対象となる図形を含む小領域の個数 $N(r)$ を数えることによってフラクタル次元を求める解析方法である。一边の長さを変化させたときに関係式(2)が成立する場合、 D をフラクタル次元と定義する⁴⁾。

$$N(r) = Cr^{-D} \quad (C: \text{定数}) \quad (2)$$

式(2)の関係を満たす D は最小二乗法により求める。フラクタル次元の妥当性については、求められた $y=Cx^{-D}$ のグラフと計測値($r, N(r)$)の相関係数、直線度もしくは二乗平均誤差によって評価する。相関係数、直線度は1に近い程、二乗平均誤差は0に近い程信頼性が高いと考えられ、本研究ではフラクタル次元が妥当であると確認出来たシーン景観のみ考察を行った。

4. 景観画像の選定

解析対象として選出した景観画像は、以下に挙げた中から選出および引用した。

(1) 横浜市内公園の景観

林による研究⁹⁾から景観画像を引用した。林は、生理指標である唾液中アミラーゼや景観の印象評価分析で採用されるSD法を用いて、都市景観が及ぼすストレス軽減効果について検討しており、横浜市内の公園を対象とした景観の評価を行っている。本研究では、林が評価を行った都市公園の景観画像の中から任意に14枚引用した。なお、アンケート調査によって、景観が人工的・自然的、さらに良好であるか良好でないかに分類されている。本研究でフラクタル次元解析を行った自然的で良好な景観画像、自然的で不良な景観画像、人工的で良好な景観画像、人工的で不良な景観画像の例を図-1に示す。



図 - 1 解析対象景観画像(横浜市内の公園)

(2) 都市景観大賞を得た景観

良好な景観を育むための取組みの一環として、「都市景観の日」実行委員会(財団法人 都市づくりパブリックデザインセンター)が平成3年より、都市景観大賞を実施している⁷⁾。都市景観大賞は良好な都市景観を生み出す優れた事例を選定し、広く一般に公開することにより、より良い都市景観の形成を目指すものである。本研究では都市景観大賞において平成13年から平成22年まで実施された「美しいまちなみ賞」で表彰された地区の中から10地区を任意に選出し、10地区の景観画像について解析を行った。図-2に解析対象景観画像例を示す。

(3) 21世紀に残したい日本の自然100選の景観

公益財団法人である森林文化協会と朝日新聞社が1982年、全国から「21世紀に残したい日本の自然100選」⁸⁾の候補地を公募した。4万5000通の応募の中から候補地は200カ所以上におよび、その中で100地点が選出された。本研究では、100地点の中から10地点を任意に選出し、10地点の景観画像について解析を行った。図-3に解析対象景観画像例を示す。



図 - 2 解析対象景観画像(都市景観大賞受賞地区)



図 - 3 解析対象景観画像(日本の自然100選)

5. 解析手順

本研究では景観の形状に着目するため、フラクタル次元解析を行う前段階として、1024×768pixelの景観画像に対し、2値化処理を行い、景観の形状を抽出した。画像処理の流れとして画像をグレースケール化し、その後2値化処理を施した。2値化処理した画像に対してフラクタル次元解析を行い、フラクタル次元およびフラクタル次元分布を求め、ヒストグラムを作成した。なお、2値化処理において図-4に示すように白を図とした画像と、輝度値を反転させ黒を図とした画像を作成し、その差異を見るため双方の画像の解析領域64×64におけるフラクタル次元を算出した。さらに、解析対象となる図形が完全なフラクタル性を持たない限り、解析領域の変更によって求まるフラクタル次元の値も異なってくると考えられるため、解析領域の変更に伴う次元の差異をみるため、32×32、128×128の領域についても解析を行った。なお、画像処理およびフラクタル次元解析の算出には、画像解析ソフト「Pop Imaging Ver4.00」を用いた。

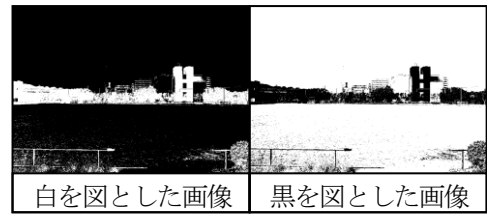


図 - 4 2値化処理後の景観画像の例

6. 解析結果

(1) 解析領域64×64

横浜市内の公園のシーン景観の解析領域64×64における解析結果の例を、図-5に示す。同図に示すように、主観的評価により感性的に良いとされている景観では白を図とした画像と輝度値を反転させ黒を図とした画像のヒストグラム分布に類似性がみられる傾向にあった。一方、主観的評価により感性的に不良と評価された景観は、輝度値を反転させた際のヒストグラム分布に差異がみられた。そこで、ヒストグラムについて白を図とした場合と黒を図とした場合の相関を求めた。相関を求めた結果、良好な景観と評価されている画像のヒストグラムについては、相関がみられる傾向にあったが、不良と評価されている景観に関しても白を図とした場合と黒を図とした場合のヒストグラムに相関がみられるなど、一概に良好な景観であるからヒストグラムに類似性があるとはいえない。また、影などによる暗い景観が複数あったが、フラクタル次元解析の前段階として2値化を行っているため、影などがフラクタル次元に影響してしまうことから、同一のシーン景観であっても撮影条件や画像処理の仕方によって結果も変わると考えられる。

さらに、都市景観大賞受賞地区のシーン景観および21世紀に残したい日本の自然100選より選出したシーン景観を解析し、ヒストグラムの類似性について検討したところ、図-6に示すようにその多くにヒストグラムの類似性がみられた。しかし、横浜市内の公園と同様に、良好な景観であってもヒストグラムに類似性がなく、相関係数が低いシーン景観もみられた。

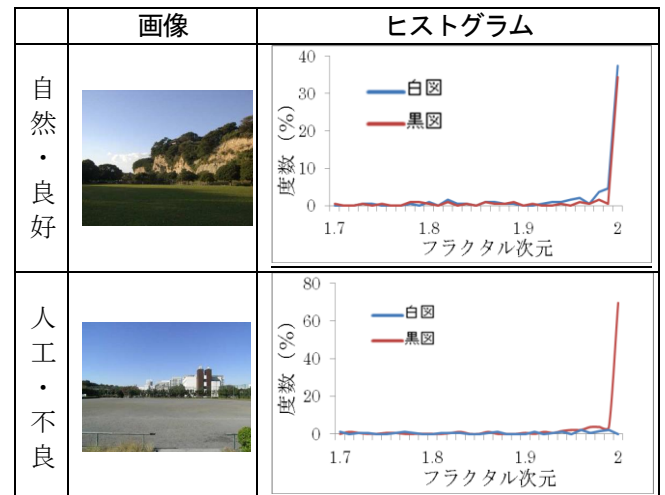


図 - 5 フラクタル次元解析結果(解析領域64×64)

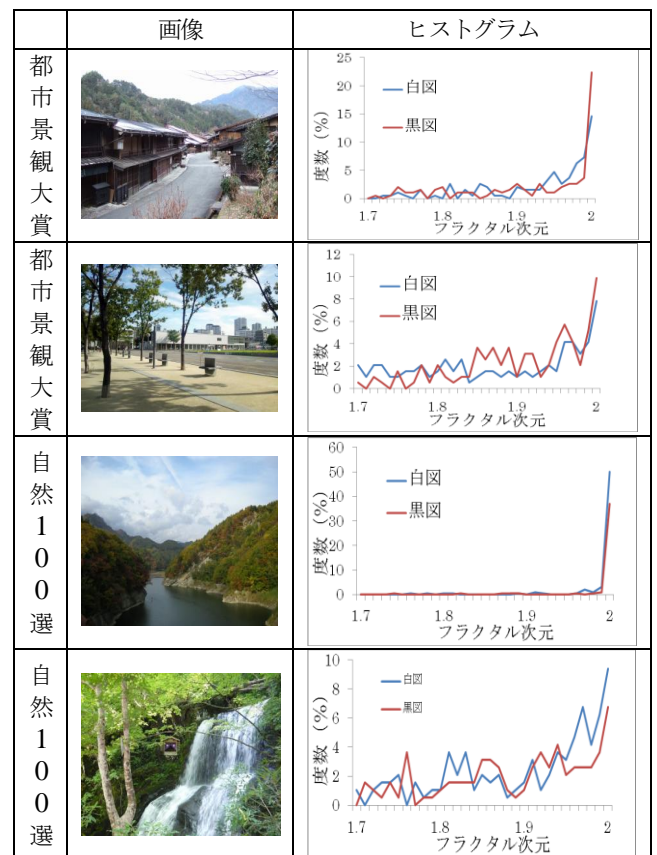


図 - 6 フラクタル次元解析結果(解析領域64×64)

(2) 解析領域 32×32 および 128×128

解析領域 64×64 で得られた解析結果と同様な傾向がみられるかを検証するために、32×32、128×128 の各解析領域におけるフラクタル次元分布のヒストグラムを求めたところ、図-7 に示すように、多くの景観において解析領域を変更することによるヒストグラムの変化はほとんど見られなかった。しかし、図-8 に示すように一部の景観画像においてはヒストグラムの類似性に変化が見られ、相関性を求めてみても解析領域によって大きく変化してしまう。その共通点として圍繞景観のように近景に事物のあるということである。このことから、撮影条件や画像処理さらには解析領域によってもヒストグラムに大きな影響を与えてしまうことがわかった。また、解析領域の変化に伴うフラクタル次元分布の変化として、解析領域が小さいほどフラクタル次元が高くなる傾向が見られた。解析領域を小さくすることによって、シーン景観のより細かなフラクタル次元の変化を拾うためだと考えられる。

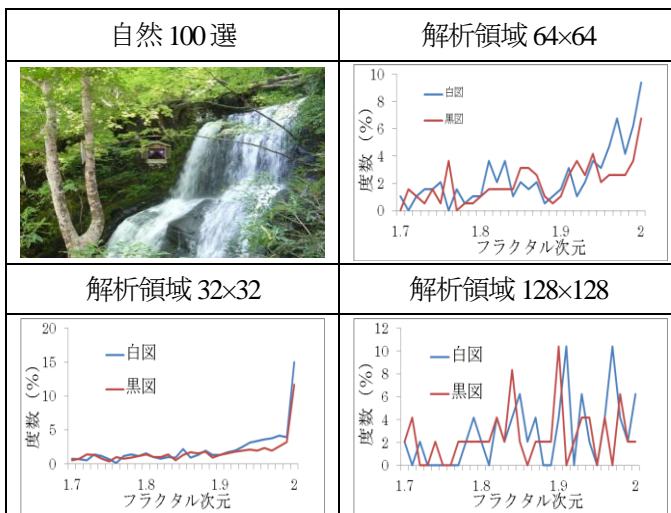


図 - 7 各解析領域のフラクタル次元ヒストグラム

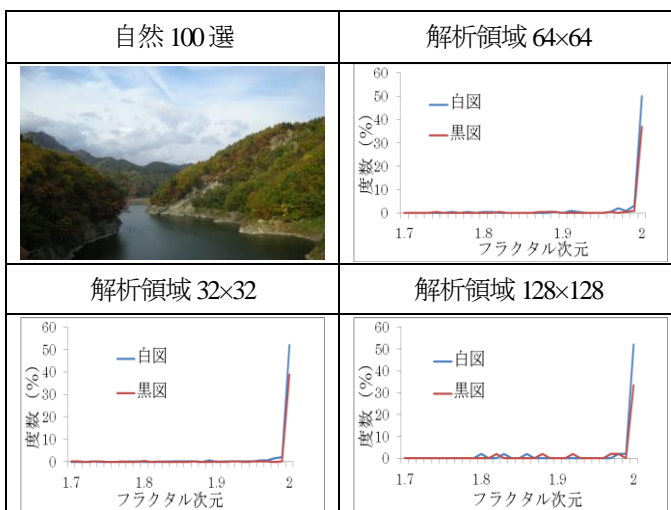


図 - 8 各解析領域のフラクタル次元ヒストグラム

7. 結論

シーン景観をフラクタル次元解析した結果、良好であると評価されている景観では、2 値化処理において白を図とした場合と黒を図とした場合のフラクタル次元分布のヒストグラムに類似性がみられる傾向にあった。しかし、解析画像によっては評価が良好な景観であってもヒストグラムに類似性が無い景観画像や、解析領域の変更に伴って類似性も変わるなど、良好な景観にフラクタル次元分布ヒストグラムの類似性がみられるとは一概には言えない。また解析領域の変更に伴うフラクタル次元分布の差異についてだが、解析領域を小さくするとフラクタル次元が高くなり、解析領域を大きくするとフラクタル次元が低くなる傾向があった。

本研究では、シーン景観の形状に注目し、フラクタル次元解析の景観評価に対する有用性を検討することを目的とした。結果として、陰影などが画像処理に影響を与えてしまうなど、シーン景観の撮影条件や画像処理の仕方、解析領域の設定によって解析結果が大きく変わってしまうため、シーン景観の形状を対象としたフラクタル次元解析の有用性は確認できなかった。また、評価の基準が困難であるという理由により、今回は良好な景観の解析に偏ってしまったため、不良な景観についての解析が不十分である。そのため、SD 法等による不良な景観の選定、撮影条件の設定、2 値化をはじめとする画像処理の細かな設定などを十分考慮し解析する必要がある。さらに、今回は景観の形状のみに注目したが、本研究で選出したシーン景観を含め、景観の評価は形状のみで行われておらず、良好な景観形成および景観評価において必要不可欠である色についても考慮し、十分に検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 社団法人中部開発センター：景観に関する意識調査—中部の景観意識を検証する—, pp.6 pp.7, 2005.
- 2) 谷浦祥子：日本の景観計画の現状と課題
- 3) 佐藤隆洋, 磯打拓也, 斎藤静彦, 松永忠久：フラクタル解析を用いた景観の数値化と適用事例, こうえいフォーラム第 16 号/2007.12 .
- 4) 高安秀樹, 高安美佐子：フラクタルって何だろう
- 5) 高安秀樹：フラクタル 朝倉書店
- 6) 林倫子：唾液アミラーゼを用いた都市景観のストレス軽減効果の評価.
- 7) 公益財団法人森林文化協会「21 世紀に残したい日本の自然 100 選」.
- 8) 財団法人都市づくりパブリックデザインセンター「都市景観大賞」.