

## シークエンス景観画像のフラクタル解析による尾瀬ヶ原の経年比較

Annual comparison of Oze national park using fractal analysis of sequence landscape

國井 洋一\*

Yoichi KUNII

**Abstract:** The image sequences from a person walking through a natural park, which is a protected area that includes natural, semi-natural, and humanized landscapes that are of natural interest, representing the integration of human activity with nature, and fractal analysis was used to create a sequential landscape for this paper. Moreover, GPS positioning was also recorded during the walks, and the distance from the start point and the altitude were recorded. Such processing was conducted in both August 2009 and 2013, and the landscapes from these two instances were compared. As a result, the complexity of the landscape for certain objects and overall could be expressed by using two kinds of fractal analysis. In particular, the differences between these two landscapes or for each position could be quantitatively determined. Therefore, a quantitative analysis of the sequential landscape in Oze National Park was conducted. On the other hand, these two sets of image sequences were taken using two devices, which were a camcorder and iPad Mini tablet. The observation using the tablet was more efficient than the camcorder. In addition, the results of our fractal analysis between each device showed they were strongly related. Consequently, the changing landscape in Oze National Park could be quantitatively expressed

**Keywords:** *natural park, sequence landscape, image analysis, correlation coefficient*

**キーワード:** 自然公園, シークエンス景観, 画像解析, 相関係数

### 1. はじめに

日本における山岳性自然公園は、散策中に様々な眺望や景観を楽しむことができる貴重な資源である。そのような現地の様子を記録する方法として、歩行中の眺望をデジタルカメラ等により撮影する手段が考えられる。特に、最近には様々な装置の進歩により、静止画像だけでなく動画も簡単に撮影できるようになり、歩行者の視点からの眺めをシークエンス景観として記録することが容易となった。シークエンス景観の分析における動画の利用には、車窓からの景観特性の考察<sup>1)2)</sup>や、農村地域における景観評価構造の検討<sup>3)4)</sup>等、シーンの分類およびSD法を用いた景観評価実験を実施している事例が多くみられる。その一方で、動画として記録されたシークエンス景観を自律的に解析する方法としては、画像処理技術によって撮影対象物の複雑さを算出するフラクタル解析が用いられている。フラクタル解析は、景観画像を人の主観によるところなく、画像処理のみで客観的に定量化できることが大きな特徴であり、走行中の自動車における車窓景観<sup>5)</sup>や、回遊式日本庭園における歩行景観<sup>6)</sup>に対しても解析を実施した事例がある。フラクタル解析を自然公園のシークエンス景観に応用した事例としては、尾瀬国立公園において夏季と秋季の2時期のシークエンス景観に対して適用した研究<sup>7)</sup>があり、シークエンス景観の定量的な解析手法として示されている。また、フラクタル解析によって得られたシークエンス景観に対する定量指標と人の主観評価とを比較調査した研究<sup>8)</sup>により、景観に対するフラクタル次元と人の印象との間における関連性が示唆されている。このように、フラクタル解析は自然公園における景観を客観的に示す指標として有用性が認められているといえる。そのため、本研究ではフラクタル解析を用いることにより、自然公園の経年による景観変化を客観的に捉えることが可能になるものと仮説を立てた。

一方、前述のとおり動画を撮影するための装置は、近年簡便なものが多く出回っている。数年前まではビデオカメラの使用が一般的であったが、最近ではスマートフォンやタブレット端末の普

及により、高画質な動画を容易に撮影できるようになった。さらに、そのような装置は位置情報の取得も可能であるため、シークエンス景観においては重要な情報となる動画を撮影した位置も同時に記録しておくことが可能である。

以上の背景より、本研究では2009年に尾瀬国立公園にてビデオカメラにより歩行中のシークエンス景観を撮影した動画に加え、2013年の同時期に同じルートのシークエンス景観をタブレット端末によって撮影した。これにより、撮影した両年の動画像に対するフラクタル解析を実施し、両者を統計的に比較することでシークエンス景観の経年変化を把握することを目的とした。さらに、装置の違いによる調査結果への影響についても考察することとした。

### 2. 調査概要

本研究における調査対象ルートは、図-1に示した通り尾瀬国立公園の尾瀬ヶ原に木道が敷かれている区間1「山の鼻」～「牛首」、区間2「牛首」～「竜宮」、区間3「竜宮」～「見晴」の約5.5kmとした。このルートは、尾瀬国立公園の中でも勾配が緩く、かつルートの全てが木道で歩きやすいことから来訪者が多い。本研究ではこのルートを歩行しながら、進行方向に対する動画撮影およびGPS測位による位置情報の取得を行った。調査日時については、表-1に示したとおり両年の8月とした。

両調査時の観測者の外観を写真-1に示した。写真のとおり、2009年の調査はビデオカメラとGPSアンテナとを装備して実施したが、2013年においては代わりにタブレット端末(iPad mini)と、小型で手首に装着するタイプのGPSレシーバ(XGPS150)を用いた。これにより、調査に用いる装置が大幅に軽量化され、観測者の物理的な負担軽減が図られ、さらに動画撮影と位置情報取得が同じ装置により行われるため、時刻を同期させる処理が不要となった。観測者はこれらの装置を装着し、前述のルートに対する歩行中の動画撮影ならびに位置情報取得を実施した。

\*東京農業大学地域環境科学部造園科学科

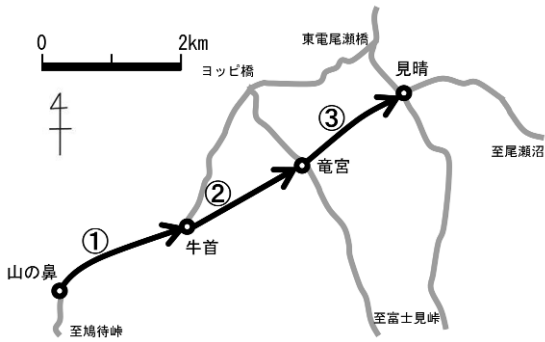


図-1 尾瀬国立公園における調査対象ルート

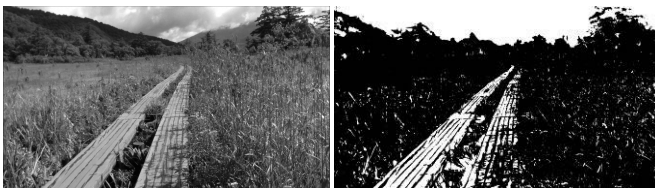
表-1 尾瀬国立公園における調査概要

表-1 尾瀬国立公園における調査概要		
2009年	調査日	2009/08/12
	調査時間	9:00~11:00
	天候	晴れ
	撮影機材	GZ-HM200 (Victor)
	GPS	GIR1600 (Sokkia)
2013年	調査日	2013/08/27
	調査時間	9:00~11:00
	天候	曇り
	撮影機材	iPad mini (Apple)
	GPS	XGPS150 (Dual Electronics)

### 3. データ処理

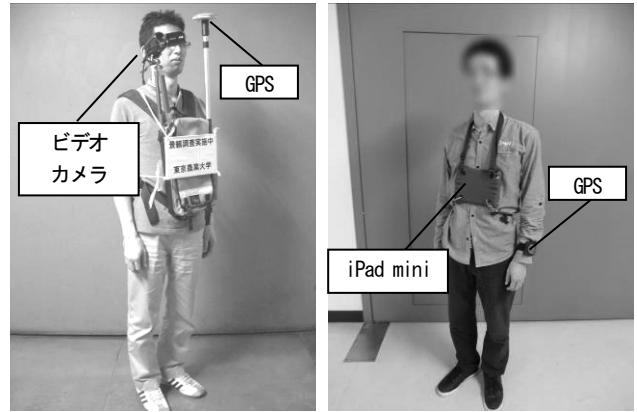
本研究では撮影した動画からフレーム画像を抽出し、抽出した画像に対してフラクタル解析を実施した。フラクタルとは特徴的な形を持たない図形や現象、構造などの総称であるが、これらの対象物に対する複雑さを定量的に表現する概念がフラクタル次元であり、フラクタル次元を算出するための解析手法がフラクタル解析である。すなわち、フラクタル解析は撮影した景観に対する複雑さを求めるための画像解析手法である。本研究におけるフラクタル解析には、画像を白黒2値化してから処理を行うボックスカウンティング法<sup>9)</sup>と、グレースケール画像を利用するグレースケール法<sup>10)</sup>の2種類を用いた。

ボックスカウンティング法は、画像中において着目する対象物を2値化によって抽出した後処理を施す手法であり、特定の対象に対するフラクタル次元を得ることができる。本研究で対象とした尾瀬国立公園は、主に木道、草本、葉、幹、枝といった要素により景観が構成されているが、本研究ではそれらを緑色の要素と茶色の要素に分類し、抽出した画像を構成しているRGB値より、それぞれの要素を抽出して2値化処理を行い、ボックスカウンティング法によるフラクタル解析を実施した例を示した。なお、ボックスカウンティング法で得られるフラクタル次元は1~2の実数で表される。



(a) 原画像 (b) 緑抽出2値画像 (フラクタル次元=1.921)

図-2 ボックスカウンティング法によるフラクタル解析



(a) 2009年 (b) 2013年

写真-1 調査時における観測者の装備

一方、グレースケール法は、グレースケール化された画像に対して直接処理を施す手法である。すなわち、グレースケール法では特定の対象に特化せず、画像全体に対するフラクタル次元が得られる。そのため、画像内の景観全体に対する複雑さが示されることとなる。図-3にはグレースケール化した画像に対してグレースケール法によるフラクタル解析を実施した例を示した。なお、グレースケール法で得られるフラクタル次元は1~3の実数で表される。

以上の解析によって得られた各フレーム画像に対するフラクタル次元のデータと、同時刻に得られたGPS測位データを合わせ、調査ルートにおけるシークエンス景観の分析を実施した。

### 4. 検証結果

#### (1) 位置とフラクタル次元との関係について

図-4に両年の各区分における山の鼻からの累積歩行距離と標高およびフラクタル次元との関係、表-2には全区分に対するフラクタル次元の統計量を示した。

全区分を通じて、両年の間において緑フラクタルの推移には変化があまり見られないことが確認できる。これは、緑に着目した場合の景観には、夏季においては調査期間内での変化がほとんど無いことを表しているといえる。また、3種類のフラクタル次元の中で、もっとも大きい変化を示しているのは茶フラクタルであるが、調査を実施した夏季においては景観に茶要素が少ないため、微少な変化がフラクタル次元にも影響している。しかしながら、両年の茶フラクタルの推移自体は、概ね同様の傾向である。その中でも、図-4中のA地点などは他と異なる傾向を見せているが、この地点は写真-2に示したとおり抛水林が見られる箇所であり、年による繁茂や枯死の具合などがフラクタル次元に影響しているものと推測される。また、グレースケールフラクタルも緑と同様に両年でほぼ同様に推移しているが、B地点は、写真-3に示したように木道が移設された箇所であるため、これによって生じた



(a) 山の鼻付近 (フラクタル次元=2.324) (b) 牛首付近 (フラクタル次元=2.203)

図-3 グレースケールフラクタル次元の例

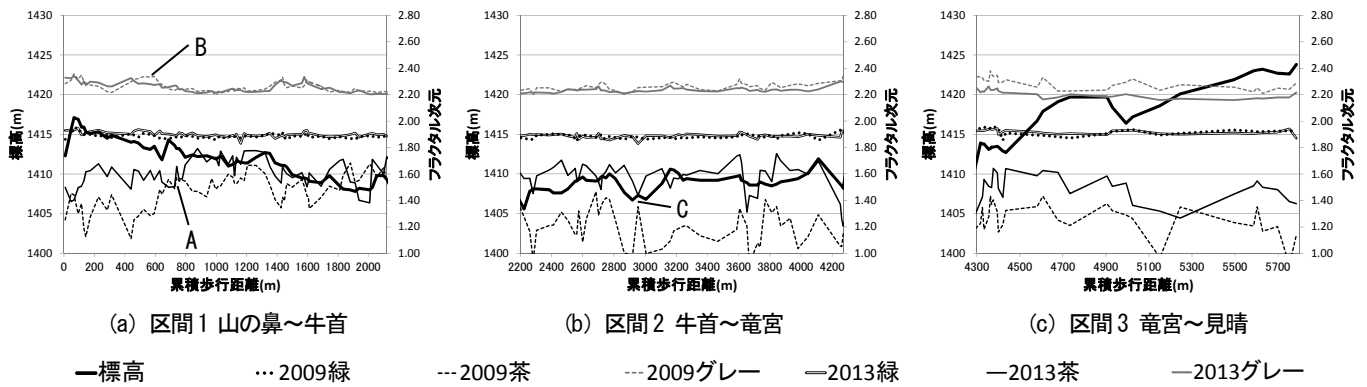


図-4 各区間における累積歩行距離とフラクタル次元との関係

表-2 全区間に対するフラクタル次元の統計量

(n=143)

	2009緑	2009茶	2009グレー	2013緑	2013茶	2013グレー
最大値	1.960	1.697	2.390	1.948	1.792	2.342
最小値	1.784	0.764	2.196	1.829	1.207	2.159
平均値	1.890	1.310	2.257	1.900	1.577	2.239
標準偏差	0.021	0.192	0.036	0.021	0.114	0.037



(a) 2009年



(a) 2009年



(a) 2009年



(b) 2013年



(b) 2013年



(b) 2013年

写真-2 A地点でのフレーム画像

写真-3 B地点でのフレーム画像

写真-4 C地点でのフレーム画像

景観の差異がフラクタル次元に表れているといえる。

景観の変化以外の要因による傾向の相違として、C地点は木道がカーブしている点であるため、同じ点からの撮影画像にもかかわらず写真-4のとおり異なる景観が写し込まれている。そのため、緑フラクタルや茶フラクタルが両年で異なる傾向を示しているものと考えられる。

## (2) 各フラクタル次元の相関について

つぎに、本研究では各フラクタル次元同士の相関性について調査した。表-3~6は各区間における両年のフラクタル次元に対する相関行列であり、さらに両年間に於いてt検定を実施した。なお、有意では無いと判定された項目間においては、曲線的な相関の有無についても確認を実施したが、いずれの項目間においても有意な相関は見られなかった。両年の相関を示している網掛けの部分に着目すると、各区間において両年のグレースケールフラクタル同士が特に強い相関となっていることが確認できる。また、

全区間通しての結果からは、3種類のフラクタル次元すべてにおいて両年間の相関は1%有意水準を満たしている。これらのことから、本研究での対象ルートにおいては、全区間を通して景観に大きな変化は無いことが確認できる。

一方、区間毎の相関行列をそれぞれ比較すると、区間1では両年間の相関がすべて有意水準を満たしており、景観の変化が小さいことが統計的にも極めて高い可能性として示された。しかしながら、区間2では2013年の緑フラクタルが他のいずれのフラクタル次元とも相関が弱いという特徴が見受けられる。これは、区間2の特徴として池塘とよばれる池沼が多く存在するが、池塘の周辺は独特の植生が広がっており、それらの繁茂の具合が緑フラクタルにも影響しているものと推測される。

## 5. 考察およびまとめ

本研究では2009年と2013年の両年において、尾瀬国立公園の

表-3 区間1 山の鼻～牛首におけるフラクタル次元の相関行列  
(n=65)

	2009 緑	2009 茶	2009 グレー	2013 緑	2013 茶	2013 グレー
2009 緑	1					
2009 茶	-0.361**	1				
2009 グレー	0.645**	-0.672**	1			
2013 緑	0.377**	-0.385**	0.465**	1		
2013 茶	-0.336**	0.293*	-0.464**	-0.317*	1	
2013 グレー	0.466**	-0.676**	0.765**	0.502**	-0.523**	1

\*\* p<.01, \* p<.05, (ns) not significant

表-5 区間3 竜宮～見晴におけるフラクタル次元の相関行列  
(n=28)

	2009 緑	2009 茶	2009 グレー	2013 緑	2013 茶	2013 グレー
2009 緑	1					
2009 茶	0.112 (ns)	1				
2009 グレー	0.512**	0.506**	1			
2013 緑	0.481**	0.221 (ns)	0.578**	1		
2013 茶	0.060 (ns)	0.509**	0.138 (ns)	0.233 (ns)	1	
2013 グレー	0.496**	0.274 (ns)	0.704**	0.512**	0.228 (ns)	1

\*\* p<.01, \* p<.05, (ns) not significant

対象ルートにて歩行中のシーケンス景観を撮影し、それぞれのフラクタル解析の結果より経年変化把握の可能性について検討を行った。結果として、フラクタル次元をGPS測位から得られる累積歩行距離と対応させて確認することで、両年間における変化点を見つけ出すことができた。また、ルート全体のフラクタル次元から両年間の相関を分析することで、区間毎の景観変化について定量的に把握することができた。しかしながら、本研究で対象とした夏季の尾瀬国立公園は、湿原で一面緑となる景観の箇所が多いため、微少の景観変化も抽出しやすい環境であるといえる。また、写真-4でも示したように、同じ位置でも観測者が向いている方向によってフラクタル次元に差異が生じるといった課題も見受けられた。

一方、両年における観測は、それぞれ異なるデバイスを用いて実施したものであった。両デバイスによる動画は画角や画質等がそれぞれ異なるが、それらによる本研究での観測に対しての大きな支障は見受けられなかった。また、フラクタル解析においても、両年間の相関が強い結果となるなど、ある一定の景観であれば求められるフラクタル次元も安定的であることが確認された。これにより、景観のフラクタル解析においては使用するデバイスを柔軟に選択できる可能性が高まったといえ、今後さらに効率的な調査方法が検討可能になったといえる。

以上により、本研究では自然公園におけるシーケンス景観に対する経年変化の定量的把握とその効率化について示した。今後はさらに年数を経てサンプルを増やし、また他の季節やルートなどにおいても応用性を追求すべきであると考えられる。

謝辞: 本研究は科学研究費補助金 (No.25870765) の助成を受けて実施したものである。

表-4 区間2 牛首～竜宮におけるフラクタル次元の相関行列  
(n=50)

	2009 緑	2009 茶	2009 グレー	2013 緑	2013 茶	2013 グレー
2009 緑	1					
2009 茶	-0.063 (ns)	1				
2009 グレー	0.415**	0.183 (ns)	1			
2013 緑	0.155 (ns)	-0.245 (ns)	0.185 (ns)	1		
2013 茶	-0.371**	0.299*	-0.320*	-0.048 (ns)	1	
2013 グレー	0.457**	-0.055 (ns)	0.750**	0.257 (ns)	-0.512**	1

\*\* p<.01, \* p<.05, (ns) not significant

表-6 全区間におけるフラクタル次元の相関行列  
(n=143)

	2009 緑	2009 茶	2009 グレー	2013 緑	2013 茶	2013 グレー
2009 緑	1					
2009 茶	-0.176*	1				
2009 グレー	0.561**	-0.163 (ns)	1			
2013 緑	0.493**	-0.026 (ns)	0.443**	1		
2013 茶	-0.393**	0.387**	-0.334**	-0.209*	1	
2013 グレー	0.000 (ns)	0.063 (ns)	0.471**	0.165*	-0.061 (ns)	1

\*\* p<.01, \* p<.05, (ns) not significant

参考文献

- 1) 柳田健太, 小野良平, 伊藤弘, 下村彰男 (2004): 都市近郊鉄道における車窓からの景観の特性に関する研究: ランドスケープ研究 67(5), 643-646
- 2) 雨宮護, 横張真, 渡辺貴史 (2001): 沿道土地利用の違いからみた街路樹の修景効果の解明: ランドスケープ研究 64(5), 787-792
- 3) 竹内稔, 藤本信義, 三橋信夫 (1995): シークエンス景観と連続シーン景観の評価構造分析 農山村地域における景観評価に関する研究 その1: 日本建築学会計画系論文集(475), 119-128
- 4) 内海志泉, 浅川昭一郎, 愛甲哲也 (2000): 北海道美瑛町の農村地域におけるシーケンス景観の評価: ランドスケープ研究 63(5), 783-788
- 5) 石田真二 (2006): 北海道における道路のシーケンス景観の定量的評価に関する研究 シーニックバイウエイルートにおける試行: 都市計画 41(3)別冊, 都市計画論文集, 463-468
- 6) 國井洋一, 加藤萌優美 (2009): フラクタル次元および高さや角度変化を用いた園路上の景観評価手法の開発-小石川後楽園・六義園を事例として-: 東京農業大学農学集報, 54(3), 182-191
- 7) 國井洋一, 古谷勝則 (2010): フラクタル解析を用いた尾瀬国立公園におけるシーケンス景観の定量分析: ランドスケープ研究 73(5), 585-588
- 8) 國井洋一, 古谷勝則 (2011): 尾瀬国立公園のシーケンス景観に対する定量指標と主観評価の関連性について: ランドスケープ研究 74(5), 633-636
- 9) 佐藤喜一 (2003): 自動的なスケールの選択を伴うボックス・カウンティング法による2値画像のフラクタル次元の高精度な推定: 計測自動制御学会論文集, 39(11), 1002-1009
- 10) 吉沢達也, 曾根光男, 高木幹雄 (1990): フラクタル次元と低次統計量とを用いたテクスチャの自動分類: 情報処理学会論文誌, 31(7), 1027-1037