

3次元陰影画像のフラクタル解析による空間の連続性と環境認知との関係性

○日大生産工(院) 山田 悟史 日大生産工 大内 宏友

1. はじめに

近年、科学の専門領域間をつなぐ複合領域や学際的・横断的テーマに関する研究成果があがるにつれ、フラクタル、非線形、自己組織化、カオスといった複雑系科学の重要性が社会的な脚光を浴びている。本稿で取り扱うフラクタルは、部分と全体が相似であるという自己相似性であり、自然界に潜在する複雑な構造や性質を表す概念として、1975年 Mandelbrot¹⁾によって提唱されたもので、これまで樹形や海岸線、脳波などを用いて多くの研究がなされている。中でも、フラクタル次元*1を用いた分析手法は、一見不規則な事象や形状の複雑さを定量的な指標として示すことが可能であり、その指標と人間の意識との関係性を明らかにできれば、都市・地域計画の分野においても新たな進展をもたらすものと考えられる。

これまでのフラクタル理論を用いた研究は、幾何学的考察に基づく2次元による分析が主体となっている。しかし本来、自然界に潜在する複雑な構造の解明を目的とするならば、3次元による空間的考察を行わなければ、実行力のある成果は得られないと考えられる。そこで本研究は、特に地域空間における3次元空間情報を含んだ陰影画像のフラクタル性のもつ構造的意味を明らかにすることを目的としている。筆者らの既往研究では、沿岸漁村地域を対象に、分析手法として、3次元陰影画像を用いた可視化モデルの構築¹⁾を行い、フラクタル次元解析用いた一連の分析²⁾を報告している。一方で、計画的な方法論として、アンケート調査より得られた認知領域と、3次元陰影画像を用いた可視領域の分析・考察を行い、さらにフラクタル性³⁾と認知領域構成要素の関係性についても報告している。

これらの成果を踏まえ、本稿は周辺環境と一体となったまちの形態、景観認知による可視領域の広がり、環境認知の三者の関係性についてフラクタル解析を用いた空間の連続性より分析し、イメージの組成とその内部構造について考察する事を目的とする。

2. 分析対象地域及び調査概要

調査対象地域は、房総半島全沿岸域(29地域)、伊豆半島全沿岸域(30地域)である。調査対象者は、地域住民のとらえる環境認知を明らかにするため、圏域図示法^{*1}を用い、被験者は中学生以上の居住者(外来者を除く)とし、現地においてアンケート調査を行った⁴⁾。調査員は、アンケート記入用紙と1/5000白地図を使用し、基本的にアンケート用紙は調査員

表1 分析対象地域及び調査内容

房総半島(29地域)										伊豆半島(30地域)																																																					
1 銚子	9 豊浜	17 白子	25 金谷	30 熱海	38 稲取	46 妻良	54 宇久須	2 外川	10 川津	18 中央	26 菽生	31 網代	39 坂戸	47 西子浦	55 八木沢	3 飯岡	11 大沢	19 富崎	27 竹岡	32 宇佐美	40 須崎	48 雲見	56 土肥	4 片貝	12 鴨川	20 船形	28 佐貫	33 伊東	41 下田	49 石部	57 西浦	5 太東	13 浜波太	21 富浦	29 大貫	34 富戸	42 田牛	50 岩地	58 内浦	6 大原	14 天面	22 高崎		35 八幡野	43 下流	51 松崎	59 静浦	7 岩和田	15 太夫崎	23 勝山		36 北川	44 石籠崎	52 田子		8 御宿	16 江見	24 保田		37 片瀬	45 中木	53 安良里	

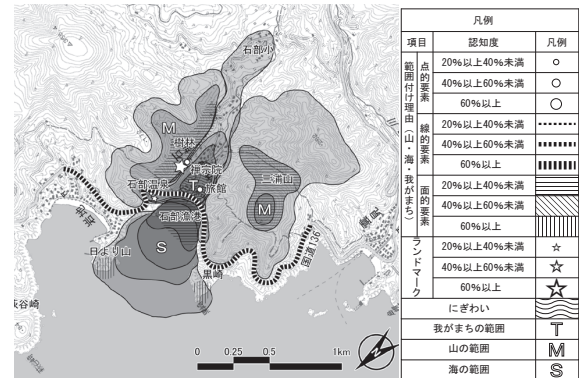


図1 認知領域図(例:石部集落)

が記入、白地図は被験者に記入してもらった。その結果、房総半島で29地域651サンプル、伊豆半島で30地域710サンプルが得られた。分析対象地域と調査概要を表1に示す。以上の調査より得られた認知領域図の一部(例:石部地域)を図1に示す。

3. 可視化モデル

筆者らは「DEM(Digital Elevation Model):数値標高モデル)によるGISデータを用いた3D地形モデル」と「人間の視覚的認知に近似できる逆二乗減衰(ウェーバー・フェヒナーの法則)を適用した光の広がり」をもとに景観認知による可視化モデルの構築を行っている。具体的には、地域住民の認知している「にぎわいの領域」を中心とし、点光源の高さ(1.6m)、光の減衰始点(750m)、光の減衰終点(1800m)、モデルサイズ(3600×3600)といった設定条件のもと、図2に示す可視化モデルを作成している。本稿では可視領域の広がるプロセスにおけるフラクタル次元を分析する。

表2 分析サイズ

No	範囲 (m)	1pixelの大きさ (cm)	No	範囲 (m)	1pixelの大きさ (cm)
17	3600	3,516	8	1800	1,758
16	3400	3,320	7	1600	1,563
15	3200	3,125	6	1400	1,367
14	3000	2,930	5	1200	1,172
13	2800	2,734	4	1000	977
12	2600	2,539	3	800	781
11	2400	2,344	2	600	586
10	2200	2,148	1	400	391
9	2000	1,953			

表3 空間の知覚

距離 (m)	項目	出展
1800	距離のグレーディング	P. THIEL (距離のグレーディング, 1961)
1500	耐えうる歩行距離	G. GRUER (Townscape, 1931)
1350	建築群として	葦原義信 (外部空間の構成, 1962)
1200	人の存在	K. LYNCH (The Image of the City, 1960)
	人の存在	H. BLUMENFELD (Scale in Civic Design, 1953)
	人の存在	高橋鷹志 (空間の知覚的尺度に関する研究, 1961)
	散歩、散策の距離	池ノ上
1000	買い物物の距離	池ノ上
750	距離のグレーディング	P. THIEL (距離のグレーディング, 1961)
600	スカイライン	葦原義信 (外部空間の構成, 1962)
500	手足が判別可能	高橋鷹志 (空間の知覚的尺度に関する研究, 1961)
400	歩行したくなる限界	岡、並木
300	距離のグレーディング	P. THIEL (距離のグレーディング, 1961)
260	あげた腕が判別可能	高橋鷹志 (空間の知覚的尺度に関する研究, 1961)
140	地中海の広場	C. SITTE (広場の造形, 1698)
135	動きの識別限界	
100	建物として識別	葦原義信 (外部空間の構成, 1962)

4. フラクタル解析

4.1. ボックスカウンティング法

本研究で行うフラクタル次元解析は、ボックスカウンティング法*2を用いる。具体的には2値画像に含まれる白色Pixelの数をカウントすることで行われ、1~2のフラクタル次元を示し、値が大きいほど、一般に複雑性が高いとされる。2値画像を一边r画素の正方形で被覆する時、対象とする画素数を含む正方形の個数を画素間隔rごとにN(r)とすると、以下のような式が成り立つ。

$$N(r) \cdot r^D = C \dots \dots \dots (1)$$

ここで、Cは定数であり、この時のDがフラクタル次元となる。また、式(1)を変形すると

$$\log N(r) = \log C - D \log r \dots \dots \dots (2)$$

となる。フラクタル次元Dは、log s と log N(r)の直線の傾きであり、最小二乗法により推定することができる。また、得られた回帰直線が良好な直線性(決定係数が高い)を示す時に解析対象画像がフラクタル性をもつことが確認することができる。

4.2. フラクタル次元

表2に示す分析範囲において可視領域の広がり航空写真のフラクタル解析を行い、空間の知覚4)の各段階(表3)におけるフラクタル次元について分析し、空間の連続性について定量化する。航空写真の年代は1997年~2004年とし、最小の分析範囲において街区形状の判別が可能なものとした。

分析対象のうち、片貝、白子、高崎、勝山、保田の結果を図に示す。航空写真においては、1.8842~1.9085のフラクタル次元Dと0.9934~0.9976の決定係数が得られ、可視領域においては1.6925~1.9807のフラクタル次元Dと0.9996~0.9872の決定係数が得られた。図3に空間の連続性の傾向について示す。

5. まとめ

本稿では空間の連続性をまちの形態と可視領域の広がりフラクタル解析により定量化し、連続性の傾向について提示する事が出来た。今後は全研究対象において分析を行い、多変量解析を用いて環境認知との関係性について考察を行なう。

分析範囲

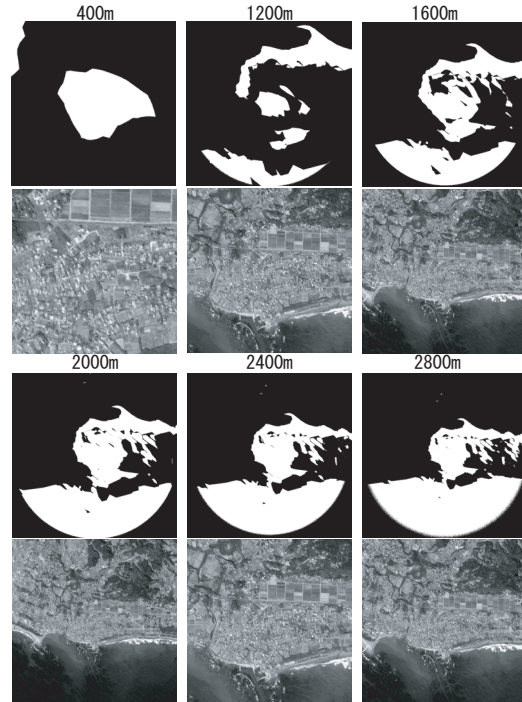


図2 分析範囲(例: 白子)

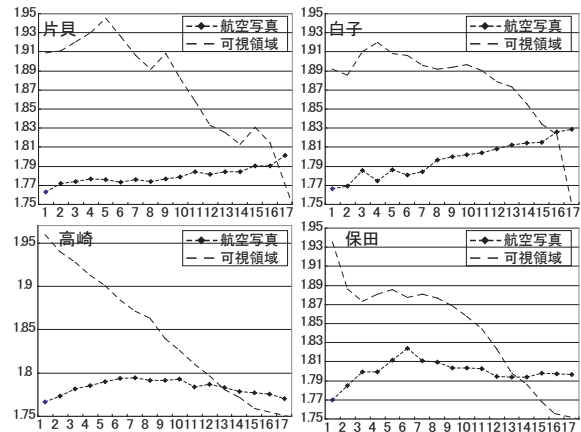


図3 空間の連続性 (X軸-分析NO Y軸-フラクタル次元)

注釈

- *1 この方法は、対象地域をよく認知している被験者に有効であり、自己の住居の周辺地区などの、比較的限定された小地域の空間を対象とした研究に適している。認知の有無や広がりなどの量的側面だけではなく、被験者の内部にある空間の切れ目を示してもらうことにより、間接的にその構造を探ろうとするものである。
- *2 ボックスカウンティング法は容量次元としてフラクタル次元を算出する方法である。容量次元の他に代表的なものとして、相似次元、測定次元、被覆次元などがある。

既往研究

- 1) 根来宏典, 蝶名林秀明, 山田悟史, 大内宏友ほか: 3次元陰影画像を用いた景観認知による可視化モデルの構築, 日本建築学会技術報告集, 第20号, PP. 359
- 2) 蝶名林秀明, 根来宏典, 大内宏友: フラクタル次元解析を用いた景観認知による可視化モデルの複雑性の定量化手法, 日本建築学会技術報告集, 第22号, PP. 549~552, 2005. 12
- 3) 山田悟史, 大内宏友: 3次元陰影画像を用いた可視領域のフラクタル性と環境認知との関係性について-地域の認知特性におけるイメージの組成とその内部構造, 2006年度関東支部審査付き報告集2, pp. 45-48, 2007. 3
- 4) 大内宏友, 坂本龍宣, 砂田哲正, 高橋康征: 地域住民の環境認知における集落の類型に関する実証的研究-環境認知の領域を主体とした実態圏域その2-, 日本建築学会計画系論文集, 第492号, PP. 75~81, 1997. 2

引用文献

- 5) 高橋鷹志: かたちのデータファイル, 彰国社, 1984
- 6) Carl Bovil: FRACTAL GEOMETRY in Architecture and Design Birkhauser Boston, 1996, 建築とデザイン上のフラクタル幾何学,