

水上集落の季節移動とその集合形態に関する研究

－トンレサップ湖のチョンクニア地区を例に－

日大生産工	○我妻 宏紀	日大生産工	大内 宏友
日大生産工	黒岩 孝	日大生産工	小島 陽子

1. はじめに

人間を取り巻く環境は地球上において実に多様であり、それに対応する住居や集落の在り方も多様である。歴史的にその地域の自然環境と一体として成り立つ一見複雑に見える住居の集合としての集落の集合形態に着目し、これらの「隠れた次元」を読み解く手だてとして「フラクタル」はデザイン手法として注目されている。この、フラクタルは、自然物の形態に言及している。それによれば、自然物の形態は多層構造をもっており、部分と全体が相似になっていると説明している。このような形態の複雑さや自己相似性を定量的に表したものがフラクタル次元である。これを用いることによって、一見不規則な事象を定量的に捉えることが可能になるため、建築・都市計画の分野でも応用されつつある。

2. 既往研究と本研究の目的

これまで、大内研究室にて国内外にて「フラクタル」関連の学術論文を発表してきた。広場（アゴラ）における空間の秩序化の研究¹⁾では、西欧市民生活の拠点としてのアゴラにおける建築の配置構成を分析し、アゴラの空間的「秩序」の考察をフラクタル次元解析により行った。広場の入り口からの視認可能領域を対象とするとフラクタル次元は低下していることを明らかにした。この成果は本研究が得た国際的にも新たな知見である。都市の解析において3次元陰影画像を対象とした研究²⁾では、街区における建物の配置や高さ、あるいはその形状とフラクタル次元との間に強い関連性のあることを明かした。本方法は都市空間の構造の解析、あるいは、その形態分類等の分野へ応用できる可能性のあることも明らかにした。歴史的都市鎌倉における研究³⁾では、景観分析をもとに、複数年代の航空写真とGISデータを用いた解析を行った。ここでは、心理・物理相互の変遷を踏まえた分析手法を提示し、各領域と地域住民の景観認知のモデル化を行った。さらに、地域住民の環境認知である「鎌倉らしい領域」「変化した領域」と、実際の街区の建て替え等の物理的な経年変化との関係性について、複数年代の航空写真との比較分析をおこなった。

救急医療の実態圏域に関する研究⁴⁾では、道路網形態のフラクタル次元と救急搬送に基づく実態圏域（搬送範囲）に相関性があることを示し、有効圏域の評価フローの提案を行った。

本研究は、これらの研究を踏まえ、フラクタル次元解析を用いた研究を行う。研究対象地域としてカンボジアの水上集落チョンクニアを選んだ。チョンクニアは湖上に浮かぶ集落でありながら、雨季と乾季という2つの季節によって住居の位置を変え、集落の形態を変える(図1^{注1)}, 図2)。環境に対して変幻自在に対応するこの集落を対象にフラクタル解析を行うことより、季節移動と集合形態の原理を顕在化させることができるのではないかと考えた。ゆえに本研究はチョンクニア集落の季節移動と集合形態を明らかにすることを目的としている。



図1：集落の季節移動（雨季：左、乾季：右）



図2：移動する住居

3. チョンクニアの概要

対象地のチョンクニアは、カンボジアの首都プノンペン¹⁾の北北西、及び古都シェムリアップ²⁾の南のトンレサップ湖にある（図3^{注2)}）。トンレサップ湖は東南アジア最大の湖であり、雨季は乾季の面積の約3倍、水深は約9倍にもなる淡水湖である。トンレサップ湖にはその氾濫原に100万人以上の人々が生活を営んでいるとされ、その人種も、クメール人、チャム人、ベトナム人、中国人と、多様である。トンレサップ湖は古くから、漁場であり、交易の場でもあった。数ある集落の中でもチョンクニアはシェムリアップに近いことから、魚類の集積地及びシェムリアップとプノンペンをつなぐ旅客ターミナルとして機能している。



図3：チョンクニアの位置

4. 研究方法

集落の季節移動や集合の原理を明らかにするためには集落全体の客観的・定量的データの収集・分析が必要である。また、集落を形作っているのは、個々人の住居でもあるので、住居の移動する理由といった主観的な要素を含むデータの収集・分析も不可欠である。本研究では客観的・定量的データの収集・分析を目的にフラクタル次元解析を、主観的要素を含むデータの収集・分析を目的に現地踏査を行った。

5. 現地踏査

5-1. 現地踏査の方法

現地踏査の前に航空写真の分析から疑問点を抽出し、調査項目の検討を行った。現地踏査^{注3)}ではインタビュー調査^{注4)}を行った。インタビュー調査の対象者は、より個人的な意見を聞くために一般家庭に限定し、無作為に2軒の家庭を選んだ。質問項目は以下のようにあらかじめ決めておいた。

- ①各住居における住所の有無
- ②住居の間隔及び隣人との関係
- ③沖から建物までの距離と建物の用途・規模との関係性及び住居の位置を決める要因

④住居の方角、方角を決める要因

インタビューは現地の通訳と共にインタビュワーとして行った。現地の通訳はかつてトンレサップ湖上で就業経験があるジャスミン氏に依頼し、彼の補足説明を受けながらインタビューを行った。

また、インタビュー調査と同時に、定住性建造物の有無を観察によって確認した。

5-2. 現地踏査の結果

表1は調査結果を端的にまとめた表である。これに加え、ジャスミン氏による補足を受け、調査項目を次のようにまとめた。

①住所の有無

乾季の移動と雨季の移動のあと、住居は元いた場所と同じ配置に戻る。

②住居の間隔、隣人との関係

住居の間隔は2～3 m。隣人は親戚であることも多い。移動の多い地区では隣人の名前さえ知らないといった例もある。

③住居の位置

風の影響を受けやすい小さな建造物は、防風効果のあるマングローブが近い、沖の近くに位置する。一方、比較的大型であるレストランなどの建造物は、眺望が良いほうが客に喜ばれるため、沖から離れた場所に位置するのである。

④住居の方角

住居の方角を決めている要因として、漁船の発着のしやすさ、波による揺れの軽減、眺望（乾季）が挙げられた。

⑤定住性建造物の有無（観察による確認）

チョンクニアの東端にある仏教寺院は定住性であった。チョンクニアの宗教施設はこのほかにキリスト教（カトリック）の教会が確認できたが、移動性であった。公共施設としては、警察署、学校があり、いずれも移動性であった。

表1：インタビュー調査の結果

名字	リーチボット	キム
回答者（年齢、性別）	30代女性	60代男性、40代女性
家族構成	未回答	夫婦2人と子供多数
生業	飲食店経営	漁業
築年数	2年	15年
建設者	クメール人	家族
建築構造	木、竹の混構造	木、竹の混構造
方角	東向き（南北軸）	東向き
その方角を決めた理由	日の出と日没が見えるため	波の揺れを緩和するため
住居の立地	南端	北端
その立地を決めた理由	未回答	交通の利便性
隣人との関係、間隔	2, 3m間隔、隣人は知人	引越したばかり

5-3. 考察

今回の雨季の調査によって、雨季はほぼ定位置に戻ることが確認された。これは雨季における集

落の定住性を意味している。この結果はチョンクニアに近接するカンポンブロック村の調査⁵⁾における季節移動仮設集落と通じるものがある。雨季は定位置にもどることが、風や波の影響の軽減のほか、航路の確保を考えて定位置での秩序ある集住が適しているためと考えられる。住居間隔の一定性も同様に言える。一方、定住性の薄い乾季に関しても自然環境や利便性を考慮した配置がなされているが、眺望を考慮するなど、より自由度の高い配置となっている。

定住性建造物は集落の東端にあり、これがランドマークになっているものと考えられる。

6. フラクタル次元の解析

6-1. フラクタル次元の解析手法

フラクタル次元の解析により、画像の複雑さを定量的に求めることができる。本研究ではGoogle Earthの航空写真から、集落の集合形態がわかる画像を、同じ大きさ・高さに合わせて選出した。選出した画像の種類は、2004年乾季チョンクニア、2013年乾季チョンクニア、2013年雨季チョンクニア、チョンクニア付近の定住型集落、近隣水上集落、近隣都市である。チョンクニア以外の画像を選定した理由として、チョンクニアとそれ以外の比較によってチョンクニアの集落の集合形態が特異なものなのか、あるいは周辺地域に通じるものなのかを明らかにするためである。また、雨季と乾季の比較、別年度による比較も行い、形態の普遍性を問う。

本研究ではフラクタル次元の算出にボックスカウンティング法を用いる。ボックスカウンティング法とは、解析対象画像の複雑性（フラクタル次元）を、自然物の不規則な形状に対して有効な次元である容量次元として算出する手法である。具体的な手順は次のようになる。

- ① 対象画像（例：図4^{注5)}）をグレースケール画像に変換する。
- ② (1)の画像を白と黒のみ（モノクロ）で、濃度が0または1の2値画像（例：図5）を作成する。この際、閾値を検討する（本研究では一回目を64、二回

目を128に設定）。

③フラクタル次元を算出する。2値画像一辺 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。

$$N(r) \cdot r = C \quad \dots (1)$$

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

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

となる。フラクタル次元 D は $\log r$ と $\log N(r)$ の直線の傾きであり、最小二乗法により算定することができる。

④以上の操作をピクセル数の異なる複数の画像（256ピクセル、512ピクセル、1024ピクセル、2048ピクセル、4096ピクセル）について行い、フラクタル次元の連続性を求める。フラクタル次元の連続性は、大きな空間から小さな空間までのスケール変化に連続性があることを表している。

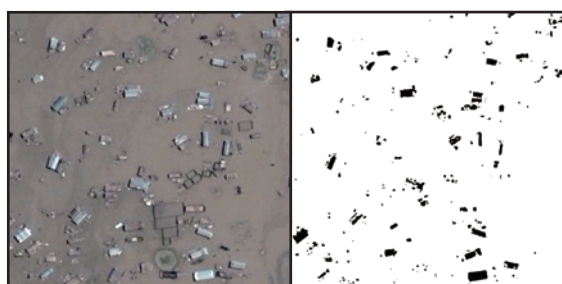


図4(左)：対象画像

図5(右)：二値化後の画像

6-2. 解析の結果

図6は2004年乾季と2013年乾季におけるチョンクニア地区のフラクタル次元を算出した結果である。8枚の画像のいずれにおいてもグラフがほぼ同じ形態をとっていることがわかる。また、2004年と2013年のどちらの画像においてもフラクタル次元に大差がないことがわかる。

図7はチョンクニア地区とその周辺地域のフラクタル次元を算出した結果をグラフ化したものである。最上部に位置するグラフ（以下、Aと表記する）がチョンクニアの海岸線の結果である。海岸線のフラクタル次元は上限の2.0に近く、ピクセル数が変わっ

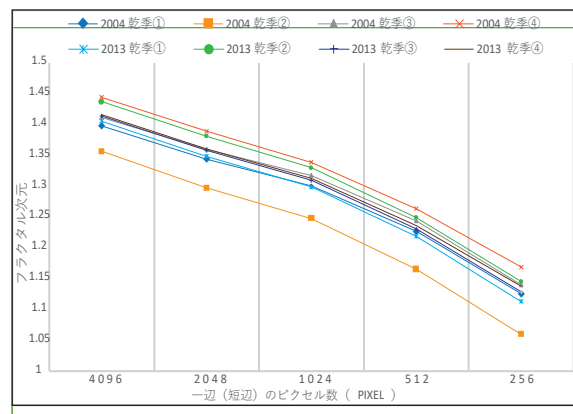


図6：2004年と2013年のフラクタル次元

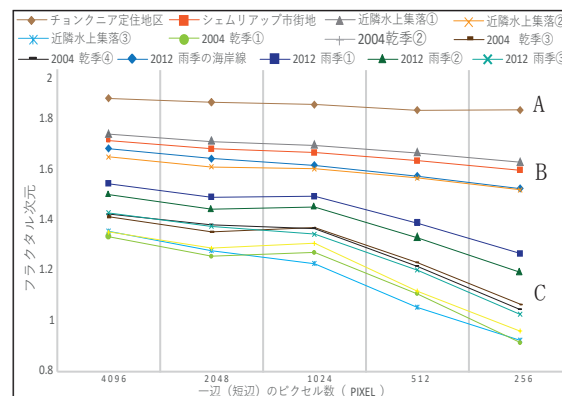


図7：雨季と乾季及び周辺地域のフラクタル次元

てもフラクタル次元の変移は緩やかであることがわかる。最上部の下4本のグラフ（以下、Bと表記する）はチョンクニア地区周辺の集落・都市における結果である。4つのグラフが似た形態をもち、高い次元で変移していることがわかる。最下部に位置する8本のグラフはチョンクニア地区の雨季と乾季の結果と、トンレサップ湖上の近隣水上集落③の結果である。2012雨季③と近隣水上集落③の2つの結果を除く6つのグラフ（以下、Cと表記する）はほぼ同じ形態を持っていることがわかる。

6-3. 考察

図1は8枚の画像のいずれにおいてもグラフが同じ形態をとっているため、同様のフラクタル次元の連続性を持っているといえる。つまり、チョンクニアにおけるスケールの変化には普遍性があるといえる。2004年と2013年の航空写真では集落の集合形態はそれぞれ異なっているが、常に一定のスケール感覚をもって集落を形成しているといえる。

ある土着的な集落とその背景となっている自然環境のフラクタル次元をそれぞれ算出すると、その結果が非常に近くなることがある。これは設計者や居住者が自然界のリズムを集落の集合形態に応用していることを示している。チョンクニア地区の場合、チョンクニアの背景にある海岸線のフラクタル次元（A）とチョンクニア集落のフラクタル次元（CおよびD）を比較することによって集落が自然界のリズムに適応しているかどうかができる。大きなスケール（4096pixel）で見たときの集落はフラクタル次元が高次であることから、複雑性が比較的大きく、自然界のリズムと集落の集合形態が近いと言える。一方、小さなスケール（256pixel）で見ると、つまり個々の住居という観点では、フラクタル次元が最低値の1.0近くなっていることから、複雑性が小さく、背後にある自然環境をあまり反映していないものと考えられる。

チョンクニア地区（C）とその周辺の集落（B）の比較から、チョンクニア集落におけるフラクタル次元の連続性は特異であることが読み取れる。Bでは、チョンクニア集落と同様の水上集落も含まれているが、Cと比較することにより、水上集落であることとフラクタル次元の連続性に因果関係がないことがわかる。つまり、水上集落であることがチョンクニアのスケール変化の特異性を決定づけているわけではないといえる。

フラクタル解析を用いた既往研究⁶⁾では、フラクタル次元は都市化が進むことによって高次元化する可能性のあることが指摘されていた。図2においても都市のフラクタル次元（B）が含まれている。これがチョンクニア集落に比べて高い値がでていることから、都市化がフラクタル次元の高次元化、つまり集落の形態を複雑化させる要因の一つといえるだろう。

う。しかしながら、Bのグラフは都市だけでなく、水上集落も含まれており、都市と同程度に高次の値を取っている。ゆえに都市化が集落の形態を複雑化させる必要条件ではなく、十分条件であるといえる。しかしながらチョンクニアが今後都市化することにより集落が複雑化する可能性もある。

7. まとめ

本研究は、画像のフラクタル次元解析と現地踏査によって得られた知見から、集落の季節移動と集合形態の原理を次のように説明する。

チョンクニアでは、物資の輸送や移動に必要な航路の確保、風や波の影響から家屋を守る必要性、ランドマークの存在、建物の規模と用途が住居間隔を一定に保つことを仕向け、配置を限定した。その結果、集落の雨季における定住性と、スケール変化の連続性（自己相似性）に普遍性をもたらしめた。チョンクニアは、集落から住居に至るまでの自己相似性は低い、チョンクニアは、いつ、いかなるかたちでもチョンクニアであるという、自己同一性をもった集落であるといえる。

以上の考察を踏まえ、今後は乾季の現地踏査を行い、季節移動と集合形態に関するさらなる知見を得ていく予定である。

参考文献

- 1) 大内宏友、山田悟史、木村敏浩、大内節子、松原三人「Study on Changes in Ancient City Agoras Using Fractal Analysis-Using Shaded Image to Describe the Formation of Agora in 300B.C., 150B.C., and 100A.D. -」
Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 10, No. 2, pp. 359-366, 2011 年 11 月, 日本建築学会
- 2) 黒岩 孝、宮本和樹、大内宏友、松原三人「3次元都市空間における街区モデルのフラクタル性に関する研究」環境情報科学論文集, 第16号, pp.329-334, 2002.11
- 3) 山田悟史、新谷伸高、大内宏友「Study on Landscape Recognition that Uses Image Processing Technology by Local Inhabitants in Kamakura.」
Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol.8, No.1, pp.151-158, 2009 年 5 月, 日本建築学会
- 4) 島崎 翔、大平晃司、木村敏浩、大内宏友「道路網形態のフラクタル次元と救急搬送に基づく実態圏域との相関—千葉市におけるケーススタディ—」日本建築学会技術報告集, 第21 巻, 第49 号, pp.1301-1306, 2015年10月
- 5) 豊岡範光、横山大樹、江川直樹、岡絵理子「カンボジア・カンボンブロック村の季節移住仮設集落の空間と住居構造」日本建築学会近畿支部研究報告集, 2008年
- 6) 中原 宏「フラクタル解析による札幌市街地の形状と成長過程に関する考察」SCU Journal of Design & Nursing Vol.4, No.1, pp.33-39, 2010

注

- 注 1) Google Earth 2016
- 注 2) Google map 2016 <https://www.google.co.jp/maps>
- 注 3) 滞在期間は2016年9月1日～9月7日の7日間
- 注 4) 2016年9月3日に実施
- 注 5) Google Earth 2016