

空間解析の結果から見た日本の都市空間の特性に関する研究

熊沢 翔太郎

1. はじめに

1.1 研究の背景

日本には東京や大阪のような大都市から、山村集落のような小規模なものまで、様々な規模の都市が存在する。その中で、東京や大阪のような大都市の中心市街地は、欧米発祥の近代都市計画の考えに従って計画されたものが多い。一方で、古来より形成されてきた日本特有の都市空間というものも存在する。それは現在『城下町』、『宿場町』といった名称で広く認知されている。日本の都市の多くは、伝統的集落・町並みの影響を受け、何百年もの年月を経て形成されてきた。それにより日本の都市には伝統的な空間様相を継承しているものが少なくない。しかし、歴史的な建築物のみが文化財として集中的に関心を呼ぶ傾向が強く、街路網や都市形態についてはあまり議論されてこなかった。近年、伝統的都市空間の保全への関心の高まりに伴い、伝統的街路の整備を進める都市計画事業制度として、昭和57年には建設省都市局街路課所管の『歴史的地区環境整備街路事業』（通称：歴みち事業）が創設され、平成8年からは『身近なまちづくり支援街路事業』が実施されるなど、歴史的建造物を支える街路網、都市形態の重要さが見直されている。今後、日本の歴史的風致を形成している地区である、重要伝統的建造物群保存地区（以下：重伝建地区）に対して、歴史的環境を重視し、保存地区と調和した都市計画道路の整備計画等を行う上で、街路網が持つ空間的特性を定量的に把握することは重要であると考えられる。また、このような日本の伝統的都市空間を対象に分析を行うことは、日本特有の都市空間を分析することにつながると考える。

1.2 研究の目的

本論文では、重伝建地区を対象とし、空間解析手法を適用することで、街路形態の空間的特性を定量的に把握することを目的とする。

2. 対象地区

2.1 対象地区の選定

対象地区には、城下町、宿場町等、歴史的な集落・町

並みの保存が図られている重伝建地区の中から、指定範囲の規模（面積）、地区種別、形状等を考慮し10地区を選定した。（表1）

2.2 対象地区の特徴

格子状の都市構造を持っている対象地区は函館、堀内、出水、八女、祇園新橋の五地区である。中でも萩市堀内地区、出水市出水麓は武家町に分類される。武家町の多くは意図的に作られた街路により形成されており、現在も街路の形状にさほど変化が見られない。これらの二地区も比較的街道幅員が狭く、袋小路となっている街路が多いことが特徴である。また、函館市、祇園新橋、八女市八女福島地区では比較的幅員の広い街路が多く見られた。函館市は、明治11（1878）年と明治12年に起きた大火の後、防火対策として区画されたものであり、この付近は整然と整備された坂や道路が印象的である。祇園新橋では、第二次世界大戦中の建物疎開（延焼を防ぐ為に建物を壊して空き地を設ける事）により、白川の北岸に沿って白川南通りが作られた。八女市八女福島地区では、現在も本丸跡、城堀跡の水路、屈曲した道路網、短冊上の地割等当時の面影を残している。しかし、近代化、モータリゼーションの影響で、昭和40年代以降には国道3号のバイパスの完成、九州自動車道八女インターの開設、国鉄（現JR）矢部線の廃止、福島を四角に囲む環状線道路の完成などにより車中心のまちの骨格が形成された。

萩市浜崎地区、長崎市南山手、産寧坂の三地区は地形に影響を受けた都市形態を持っている。萩市浜崎地区は松本川の河口に突き出た、三角形の土地の頂点東に浜崎港が位置し、その三角形を縦に割るように入り切れる街路形態となっており、藩政時代の町割が

表1 対象地区

地区番号	保存地区	地区種別	面積 (ha)	都道府県	都市町村別
1	元町・末広町	港町	14.5	北海道	函館市
2	東山ひがし/主計町	茶屋町	2.4	石川県	金沢市
3	上賀茂	社家町	2.7	京都府	京都市左京区・北区
4	産寧坂	門前町	8.2	京都府	京都市東山区
5	祇園新橋	茶屋町	1.4	京都府	京都市東山区
6	堀内地区	武家町	65.0	山口県	萩市
7	浜崎	港町	10.3	山口県	萩市
8	八女福島	商家町	19.8	福岡県	八女市
9	南山手	港町	17.0	長崎県	長崎市
10	出水麓	武家町	48.8	鹿児島県	出水市

そのまま残されている。長崎市南山手は、海と山に囲まれた地区である。海沿いは幅員の広い幹線道路が通っているものの、山沿いは地形にそって大きくカーブした街路が多く見られる。京都市産寧坂地区は、平安京以前からの歴史が重畳し、今も多くの歴史的遺産を有している。格子状の町割が残されている箇所も見られるが、産寧坂等地形にそって曲がりくねっているものが多いのが特徴である。

3. 空間解析手法

3.1 空間解析手法について

一般的に、道路ネットワークは移動の速さや効率性が重要であり、歩行空間ネットワークでは「途切れのない、つながりのよいネットワーク」であることつまり“連続した歩行空間”であることが重要であると言われている。これらの街路空間を定量的に評価するための手法として、セル・オートマトン法、スペースシンタックス理論に着目する。

また意図した形の複雑な歩行空間は歩行者に先に何かがあるのか分からないという意外性や、発見した時の喜びの経験を与えることを目的としたものと言える。しかし、ただ複雑で抜け出せない心配のあるような構造でなく、ある程度秩序を持った複雑さを持つ必要があると言える。本研究では複雑さを定量的に分析するため、ボックスカウンティング法によるフラクタル性を行う。

3.2 Space Syntax 理論（以下：SS 理論）

街路空間（図1）を対象に、SS理論を適用し街路空間相互のつながり（以下：接続性）の分析を行う。SS理論では、主に Axial Analysis と Convex Analysis の2つの解析手法がある。解析方法は有機的形をもつ大規模都市空間の解析に適している Axial Analysis を用いる。具体的な操作手順及び評価指標を整理・要約すると（表2）のようになる。Axial Analysisには、5種の指標（式1～式5）が存在する。この内 Integration Value（式4、以下：Int.V）は、空間単位

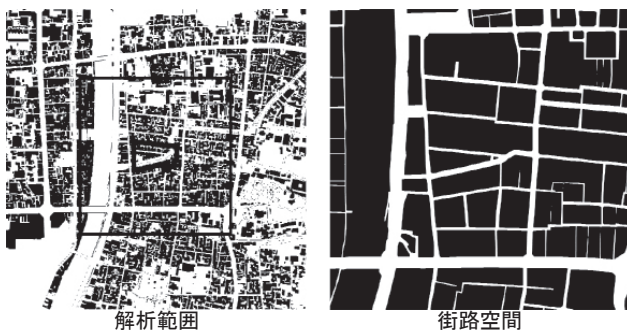


図1 解析画像（京都市祇園新橋）

表2 Axial Analysisに関する評価指標

Axial Analysis に関する指標：	
Axial map の中で、任意の Axial Line から他の Axial Line までに必要な空間を通過する回数 (step) を深さ (Depth) と表現し、これをもとに、その他の全ての Axial Line に対する深さの集計 (Total Depth) を以下の式によって算出する。	
$Total\ Depth = \sum (各Step \times Line数)$	$Mean\ Depth = \frac{Total\ Depth}{k-1}$ (式1) (K=Axial Line総数)
RA は任意の Axial Line の地図内における相対的な深さを表している。この値が大きいと、解析範囲の中で Axial Line は相対的に深く入り組んだところにある。	
$RA = \frac{2(MD-1)}{k-2}$ (式2)	(MD: Mean Depth) (K=Axial Line総数)
RA は K の値に依存し、対象地区の規模による影響を受けるため、規模の異なる地区と比較可能にするために、Dk によって標準化した値 RAA (Real Relative Asymmetry) を次式のように求める。	
$Dk = \frac{2(k(\log_2(\frac{k+2}{3})-1)+1)}{(k-1)(k-2)}$	$RAA = \frac{RA}{Dk}$ (式3)
Integration Value(Int.V) は、RAA をより感覚的に理解しやすいようにするためにその逆数をとったものである。	
$Int.V = \frac{1}{RAA}$ (式4)	
対象地区の Int.V 平均値：(n=地区における空間単位の数)	
$Int.V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Int.V_i = \frac{Int.V_1 + Int.V_2 + \dots + Int.V_n}{n}$ (式5)	

の接続性を最も直接に表す指標である。この数値が高いと、ある空間単位から他のすべての空間に対して、位相的移動距離の合計がより少なくなり、移動効率に優れているとされている。この状態は統合された空間と表現され、空間全体の中心になりやすい。逆に数値が低い場合、位相距離は離れており、分離された空間と表現される。SS理論において、空間同士の距離はその間に介在する空間の数 (Depth) という位相幾何学的尺度で表されている。本研究では Depth の数を設定せず、全領域を対象とした Global (Rn) レベルで解析する。通常 Global (Radius=n, Rn) に設定する場合、Int.V の値は自動車交通の移動効率と強い相関があるとされている。本研究では地区内の Int.V 値の平均値を用いる。一般的に、この数値が高い場合、地区内の線的なつながりに優れ、低い場合、地区内の奥行き性が高いと言われている。

3.3 Cell Automaton 法（以下：CA）

CA を応用し、セルごとの連結性の分析を行うことで街路空間画像（図1）から都市の街路空間の面的な連続性を定量的に評価することが出来る考える。CA とは格子状のセルと単純な規則による計算モデルであり、近傍するセル間の相互作用により時間ステップの変遷によるパターンの変化を見るための手法である。CA は状態、近傍、遷移ルール の3つの基本特性からなる。(1)状態：状態とはセルの特性を表すものであり、本研究では初期値として、“街路空間”と“街路空間以外”の2種類を用いる。地図に2×2mのメッシュを被せ、セルの中の街路空間の割合が50%以上の場合そのセルを街路空間とみなす。セルの状態が“街路空間”の場合そのセルの値を1、“街路空間以外”の場合そのセルの値を0と設定する。(2)近傍：近傍とは、対象セルの状態に影響を与えるセ

ルのことであり、本研究では対象セルとそれと隣接する8セルを扱うムーア近傍の概念を用いる。

(3)遷移ルール：遷移ルールとは近傍セルの状態によって対象セルがどのように変化するかを定義した一連のルールのことである。

①初期値 {STEPt(以下 t)=0 の時)}

(x, y) が街路空間の場合 Pxy(0)=1, (x, y) が街路空間以外の場合 Pxy(0)=0 とする。

②適用規制 (t ≥ 1 の時)

(a)Pxy(t-1) > 0 の場合

t=n の時の P 値は t=n-1 時点の隣接する8セルと自身の値の合計値となる。(式6)

$$P_{xy}(t) = \sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} P_{ij}(t-1) \quad \dots \text{式6}$$

(b) Pxy(t-1)=0 の場合

街路空間以外のセルは t に関係なく P 値は 0 である。(式7)

$$P_{xy}(t) = 0 \quad \dots \text{式7}$$

この遷移ルールは、原科らの考案した指数 CON の概念¹⁾と同様であり、P 値が高いほど対象セルの局所的な歩行空間の連続性は高いと言える。例を(図2)に示す。STEP 数 t が大きくなるにつれ P 値は非常に大きい値をとるため、すべてのセルの中での P 値の最大値を Pmax(t)として(式3)より算出される Qxy(t)を用いることとする。すなわち Q 値は Pmax(t)をとるセルの P 値を 100 に換算した相対値である。

$$Q_{xy}(t) = \frac{P_{xy}(t)}{P_{max}(t)} \times 100 \quad \dots \text{式8}$$

様々な街路形態の歴史的都市を対象とするため、対象地区の平均 Q 値を街路空間率で除し標準化した値(以下：標準化値)を用いることとする。また STEP 数の決定方法については、地形の特徴点を抽出する手法である、Fowler と Little のアルゴリズムを用いることとする。

既往研究²⁾により本手法には以下の特性があることが明らかになっている。①幅員の細い街路よりも幅員の広い街路のほうが評価が高くなる。②幅員が同じ街路の場合、リンク数の多いほうが標準化値が高くなる。③幅員が同じでリンク数も同じ街路空間の場合、リンク密度の偏った方が標準化値が高くなる。④同じ街路空間形態でも、街路空間が途切れていた場合標準化値が低くなる。⑤広場空間の抽出という性格を持っている。⑥街路空間のマイクロな連続性を

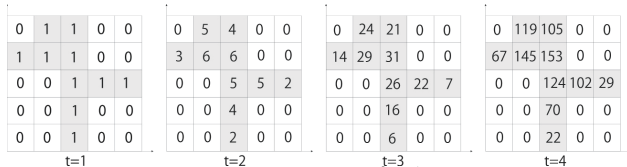


図2 遷移ルール適用例

評価する手法であり、歩行者交通との相関が強い。

3.4 Box Counting 法

本研究では、二次元画像を用い日本の街路空間を対象にボックスカウンティング法によるフラクタル解析を行い、日本の街路空間の複雑さを定量的に把握することを試みる。ボックスカウンティング法とは、画像を1辺が r (単位: pixel) の正方形ボックスに分割し、その時に分析対象を一部でも含むボックスの個数 N(r) を数える方法である。r の値は 2n (n=0, 1, 2...) で変化していき、r と N(r) の対数をグラフにプロットした時、グラフの傾きがフラクタル次元 D となる。これを式で表すと(式9)になる。

$$N(r) = 1/r^D \quad \dots \text{式9}$$

2次元画像におけるフラクタル解析では、D 値は 1 ≤ D ≤ 2 の範囲で値を算出し、対象の形態が複雑であるほど、D 値は 2 に近づいていく。

3.5 空間解析手法のまとめ

スペースシンタックス理論では、街路空間の全体的な構成に着目し、線的なつながり、奥行き分析分析を行う。Depth を Global レベルに設定しているため自動車交通との相関が強い。セル・オートマトン法では対象地点周辺の街路空間の面的連続性分析を行う。局所性を考慮しているため歩行者交通との相関が強い。ボックスカウンティング法では、街路空間の複雑さ、フラクタル性の分析を行う。

4. 解析結果

4.1 空間解析結果による類型化

各対象都市への CA、SS 理論、ボックスカウンティング法それぞれの適用結果を表3に示す。得られた指標を三次元グラフにプロットしたものを図3に示す。また解析結果図の例を図4に示す。

<Group 1>

1. 元町 / 主計町、5. 祇園新橋、8. 八女福島地区の3地区は Q 値、Int. V 値、D 値のいずれも高い値をとった地区であり、街路空間の面的な連続性、線的なつながりが高く、複雑な街路形態をとっていることが示され

表3 空間解析手法適用結果

地区番号	地区名	Box Counting 法	CA	SS 理論	街路空間率
		D 値	Q 値	Rn	
1	元町・末広町	1.7538	1.96	1.809	27.9
2	東山ひがし / 主計町	1.5952	1.27	1.32	14.9
3	上賀茂	1.5531	1.14	0.982	8.5
4	産寧坂	1.5855	1.73	1.146	10.9
5	祇園新橋	1.7105	2.1	1.732	20.7
6	堀内地区	1.5294	0.79	1.30442	8.8
7	浜崎	1.5592	1.25	1.324	10.7
8	八女福島	1.63	1.73	1.697	14.5
9	南山手	1.612	1.99	0.646	11.7
10	出水麓	1.5527	1.23	1.227	10.1

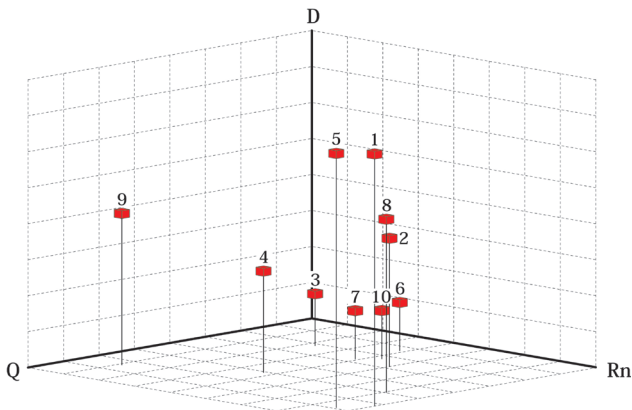


図3 三次元プロット図

た。このことは、防火対策、近代化によるモータリゼーションにより、大規模な区画整理が行われ、自動車交通の効率が向上したことが原因であると考えられる。

<Group 2>

3. 上賀茂、6. 堀内地区、7. 浜崎地区、10. 八女福島
の4地区はQ値、Int. V値、D値のいずれも低い値をとった地区であり、街路空間の面的な連続性、線的なつながり、複雑性が低いことが示された。これらの地区は、神社や寺院を中心に形成された社家町、主に城下や陣屋の周囲に形成された武家町、中世から近世の時代に商品の流通に伴い発生した港町に分類される。強い商業機能を持っておらず、大規模な区画整理が行われなかったため、いずれの地区も藩政時代の町割がそのまま残されていることが一因として挙げられる。

<Group 3>

4. 産寧坂、9. 南山手地区の2地区は、いずれも山間部または山地に隣接する場所に位置している。Int. V値は低い値となり、線的なつながりが低いことが示された。これは、大きくカーブした街路や入り組んだ形状の街路で構成されているためであると考えられる。また、Q値は比較的高い値となった。幹線道路沿いに街路が密集しているためであると考えられる。以上より、これら2地区は線的なつながりは低いものの、面的な街路空間の連続性は高く、奥行き性が高い街路網であると言える。

4.2 地区種別による考察

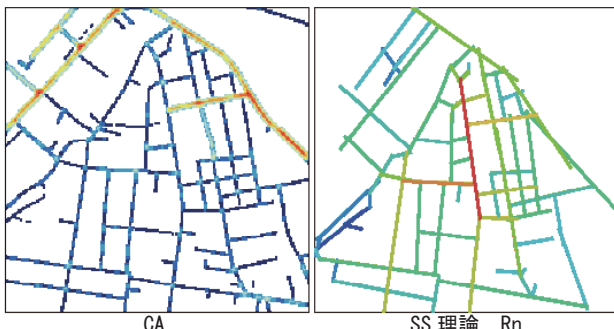


図4 空間解析手法適用例(萩市浜崎地区)

港町である、1. 元町 / 主計町はいずれの解析結果も高い値となったのに対し、7. 浜崎地区では、比較的低い値となった。これは、都市部内に成立されており、函館市が大規模な区画整理が行われたのに対し、萩市浜崎地区は、強い商業機能を持たず、藩政時代の町割がそのまま残されていることが原因として挙げられる。

茶屋町である2. 東山ひがし / 主計町、5. 祇園新橋の二地区は、いずれも町家型の建物が高密度で建ち並び、長方形の街区を持つ小さな格子状の街路形態を持っている。解析結果を見てみると、面的な街路空間の連続性に差異が見られる。これは5. 祇園新橋は重伝建地区を囲むように幹線道路が配置されているのに対し、2. 東山ひがし / 主計町は細かな街路が入り組んだ街路形態をとっているためであると考えられる。これらから、東山ひがし / 主計町は連続性が低く奥行き性の高い街路形態であると言える。

5. 祇園新橋は重伝建地区を囲むように幹線道路が配置されている。

武家町である6. 堀内地区、10. 出水麓は、街路空間率、D値が低い値を示した。Q値の値も低く、街路空間の面的な連続性は低いことが示された。これは街路空間のD値が低いことから分かるように比較的単調な格子状の都市構造に加え、袋小路となっている街路が数多く存在することが原因であると考えられる。

5. まとめ

- 本研究で得られた主な知見を以下のようにまとめる。
- ①大規模な区画整理が行われた地区、都市部内に成立され、より強い商業機能を持つものは、街路空間の面的な連続性、線的なつながりが高く複雑な街路形態を持つ傾向が見られる。
 - ②神社や寺院を中心に形成された門前町、社家町、主に浄化や陣屋の周囲に形成された武家町などは、昔からの町割が多く残り、街路空間の面的な連続性、線的なつながり、複雑さが小さい傾向が見られた。
 - ③山間部に位置する地区は街路空間の線的なつながりは低いものの、面的な連続性は高く、奥行き性の高い街路空間構造を持っている。

参考文献

1) 原科 幸爾・恒川 篤史・武内 和彦・高槻 成紀：本州における森林の連続性と陸生哺乳類の分布，日本造園学会誌，pp. 569-572, 1999-03-30
 2) 熊沢翔太郎・趙世晨：セル・オートマトン法を用いた歩行空間の連続性評価に関する研究，九州大学卒業論文，2012年
 3) 酒見浩平・趙世晨：フラクタル解析を用いた日本の都市空間の複雑さに関する研究，九州大学大学院修士論文，2012年