都市のコンパクト性とスペースシンタックスから見た人の活動の関連性に関する研究

Study on the relevance of human activities as seen from the compactness and space syntax of the city

竹腰　正隆*・西浦　定継**・小林　利夫***
Masataka Takekoshi*・Sadatsugu Nishiura**・Toshio Kobayashi***

Growth control, growth management, and smart growth, which aim at managing urban land use with respect toeconomic, social, and environmental impacts, have been recognized in not only developed but developing counties asa way to harmonize human activity on the impacts. In Japan, the concept of compact city has been widely recognizedand applied at various levels of planning to cope with the problems of declining population, aging society etc. In this paper, we analyzed regional cities and examined the relationship between urban compactness and its road network. We found that the compactness of the city has a difference in Int.V distribution calculated by the space syntax theory.

Keywords: compact city, space syntax, bayesian statistics
コンパクトシティ、スペースシンタックス理論、ベイズ統計

1. はじめに

1－1. 背景・目的

本研究は日本都市計画学会都市計画論文集で報告された「都市のコンパクト性指標とスペースシンタックスによる空間構造との関連性に関する研究 －人口 10 万人以上の都市データからみる評価－」、第 51 号、pp459-465[1)]の研究内容に更に対象都市を追加し、より精度の高い分析を行ったものである。

近年、日本では人口減少や商業の郊外立地、ライフスタイルの変化等が起こっており、低密度な市街地が広がるスプロール化が深刻化している。対応策として、中心市街地に各種機能を集積し、中心市街地の活性化を図るコンパクトシティという考えが広く知られている。

平成 26 年 8 月には都市再生特別措置法が改正され、新たな計画制度として立地適正化計画が導入された。この制度では、住居の誘導を図る「居住誘導区域」や都市機能の誘導を図る「都市機能誘導区域」を設定など各種機能の誘導に焦点を当てた制度になっている。この部分が従来の制度とは異なる部分であり、立地適正化計画の特徴的な部分であると言える。立地適正化計画は「市町村マスタープランの高度化版」とされており、従来に比べて定量的な評価・分析が必要とされている。[2)]

立地適正化計画に関する学術研究では、指標から都市のコンパクト性を評価したものや空間構造からコンパクト性の評価を行ったものがあり、都市機能や交通サービス等で表される都市構造と人々の活動実態の双方から都市を捉えることでより実態に即した立地適正化計画を策定できる可能性が示唆されている。[3)]しかし、指標により表される都市構造と人の活動実態の関係性について研究を行ったものはあまり見受けられない。この二つの関係性を明らかにすることで計画を策定する際の基礎的資料となり、効果的な計画の策定が行えると考える。そこで、本研究では、この二つの関係性を明らかにすることを目的とする。

1－2. 既往研究

本研究に関連する既往研究として、都市構造表指標から都市の評価を行ったものや都市の空間構造から定量的に人の活動の把握を行ったものがある。特に人の活動に関する研究ではスペースシンタックス(以下、SS)理論を用いたものが見られる。SS 理論から求められる指標は自動車交通量や歩行者通行量と相関関係にあることがわかっており、[4)]都市の空間構造から人の活動を把握することが可能になっている。

2. 研究内容

2－1. スペースシンタックス理論

SS 理論とはロンドン大学の Bill Hiller らによって提唱されたものであり、空間構造を定量的に解析する理論である。本研究では Axial Analysis を用い、都市の空間構造の解析を行った。Axial Analysis では、都市空間を Axial Line(AL)と呼ばれるノードの集合である Axial Map へ変換し、AL を頂点、隣接関係を辺とするグラフと見なして解析し、形態的特徴を数値として算出する。本研究では、Axial Analysis に関する指標として Integration Value(Int.V)を評価に用いた。この値が大きいほど対象地域の相対的に深く入り組んだ所にあることになる。

以下に Int.V 算出の流れを示す。まず、対象地域の相対的な深さである Relative Asymmetry(RA)を求める必要がある。

$$RA = \frac{2\,(MD-1)}{k-1} \qquad \text{(式 1)}$$

RA は対象地域の規模によって影響を受けるため、標準化

*　学生会員 明星大学大学院理工学研究科環境システム学専攻（ Meisei University）
**　正会員 明星大学理工学部（ Meisei University）
***　正会員 株式会社 TPI 都市計画研究所（ TPI）

を行うことで他の都市と比較可能にする RRA を算出する。さらに RRA の逆数を取り、感覚的に分かりやすくしたものが Int.V である。

$$D_k = \frac{2(k(\log_2(\frac{k+2}{3}) - 1) + 1)}{(k-1)(k-2)} \quad (式2)$$

$$RRA = \frac{RA}{D_k} \quad (式3)$$

$$Int.V = \frac{1}{RRA} \quad (式4)$$

Int.V は“ある AL から解析範囲内の他の全ての AL への移送距離の合計”に反比例する数値であり、その AL が最も効率のいい場所(移送距離合計が最小)に位置すれば Int.V も最も高くなる。この Int.V が高いほど位相効率上、優位な位置にありアクセス性がいいことを意味する。Int.V の算出では解析範囲（Radius）を設定することで異なるレベルからの算出が可能となっている。本研究では算出される Int.V が歩行者通行量と最も相関関係にある Radius＝3（R=3）の Local レベルからの解析を行った。

2−2. 研究方法

SS 理論から人の活動の把握を行い、既往研究[1)]から求められた都市のコンパクト性との関係性について分析を行う。具体的には、コンパクト性の評価が高評価である都市と低評価である都市を対象都市に選択し、SS 理論による解析を行う。そこから、高評価都市と低評価都市の Int.V の違いについて分析を行い、都市構造と人の活動の関係性を明らかにする。

既往研究[1)]では高評価都市と低評価都市をそれぞれ 1 つずつ選択し、計 12 都市を対象としているが、本研究では 24 都市を加えた 36 都市で解析を行った。また、計画的なコンパクトシティの推進のためには既に整備のされている中心性の高い地域の整備が有効であると考える。そのため、解析範囲には市街化区域に指定されている地域を設定した。市街化区域が複数存在している場合には、最も規模の大きいものを解析範囲とし、複数が近い距離に隣接している場合には連坦性を考慮し複数をまとめて解析範囲とした。

2−3. データ

SS 理論の解析に用いる道路データには BBBike[(1)]から入手したものを利用し解析を行った。BBBike の道路網データと国土地理院の道路網データには大きな違いが見られなかったため、使用しても問題ないと判断した。

3. 解析結果

3−1. SS 理論解析結果

既往研究[1)]を基に各 DID 人口密度毎にコンパクト性の評価の高い都市と評価の低い都市をそれぞれ 3 つずつ選択し、SS 理論による解析を行った。対象都市を表 1 に示す。表の＊は今回、新たに解析対象に追加した都市である。

表 1　対象都市

	高評価都市	低評価都市
20-39人/ha	福岡県 大牟田市	茨城県 筑西市＊
	北海道 釧路市＊	新潟県 上越市
	愛知県 東海市＊	宮城県 石巻市＊
40-49人/ha	愛知県 半田市	栃木県 鹿沼市
	大阪府 泉佐野市＊	三重県 松阪市＊
	愛知県 豊川市＊	岐阜県 多治見市＊
50-59人/ha	神奈川県 小田原市＊	滋賀県 東近江市
	愛知県 春日井市	滋賀県 長浜市＊
	岩手県 盛岡市＊	茨城県 古河市＊
60-69人/ha	大分県 別府市	広島県 東広島市
	大阪府 岸和田市＊	千葉県 野田市＊
	高知県 高知市＊	茨城県 取手市＊
70-79人/ha	兵庫県 伊丹市	愛知県 稲沢市
	東京都 日野市＊	千葉県 佐倉市＊
	兵庫県 明石市＊	愛知県 安城市＊
80-89人/ha	沖縄県 那覇市	埼玉県 坂戸市＊
	千葉県 習志野市＊	大阪府 和泉市＊
	沖縄県 浦添市＊	千葉県 我孫子市

SS 理論による都市の解析を行い Int.V の算出を行った。Int.V を横軸に取ったヒストグラムを作成し、Int.V の分布の把握を行った。その結果を図 1 に示す。図を見るとヒストグラムが左右対称の正規分布に近い形状をしているものと歪んだ形状になっているものを確認することができた。特に歪んだ形状のヒストグラムでは Int.V のピークが左にあり、右に裾を引いた形状のものが多いことが分かる。これは、地域全体にアクセス性が悪く、人通りの少ない街路が多く存在する一方、地域の一部に強い中心性を持った街路が少数存在していることを示している。ヒストグラムの形状に違いを確認することができたが、これらの違いは都市のコンパクト性に関わらず存在していることが分かる。また、解析結果の Int.V の分布に特徴を確認することができた。特徴の見られた解析結果を図 2 に示す。図 2.(1)では高 Int.V が地域の一部にまとまって分布していることが分かる。このような分布の場合、ヒストグラムは左右対称の形状が多い傾向が見られた。一方、図 2.(2)では高 Int.V の分布がまとまっておらず、複数の核を持っていることが確認できた。このような Int.V 分布の場合、ヒストグラムの形状が歪んでいるものが多い傾向が見られた。

3−2. コンパクト性評価による Int.V の分布の違い

高評価都市と低評価都市の Int.V の違いについて分析を行った。分析にはベイズ統計学のハミルトンモンテカルロ法[(2)]を用い、高評価都市と低評価都市の平均 Int.V の推計を行い、それぞれの事後分布を求めた。推計にはベイズ統計学に基づき、事後分布として正規分布を想定し、母数パ

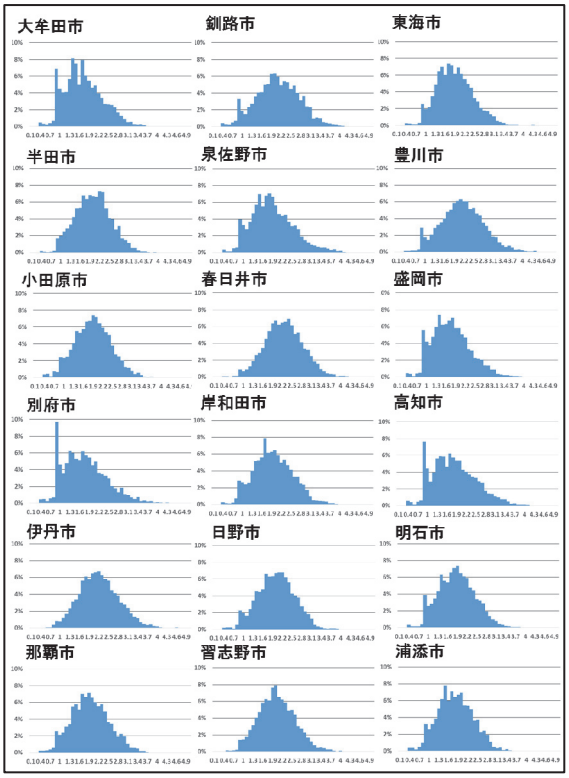

図 1.(1)　Int.V ヒストグラム(高評価都市)

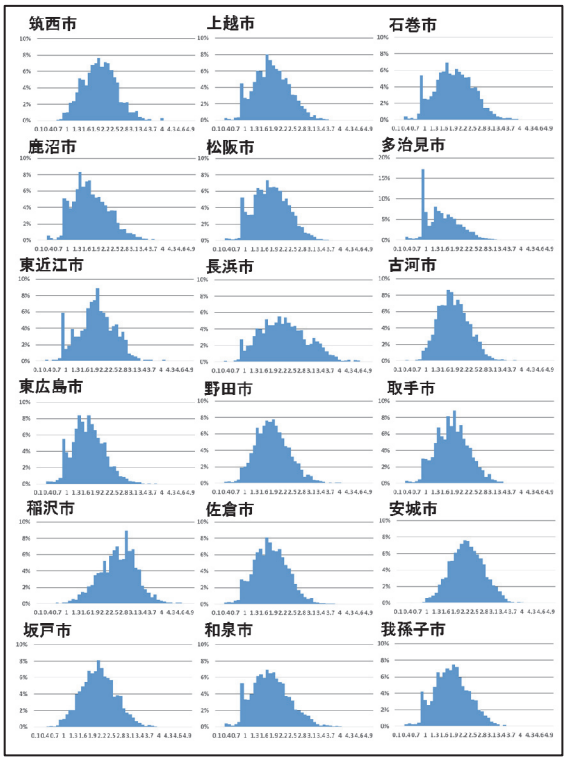

図 1.(2)　Int.V ヒストグラム(低評価都市)

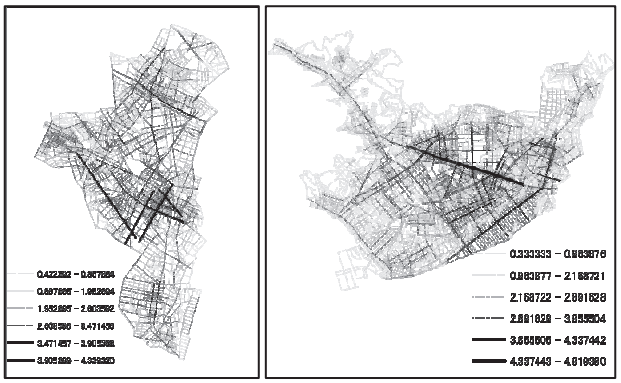

図 2.(1)　SS 理論解析結果（左 : 安城市、右 : 豊川市）

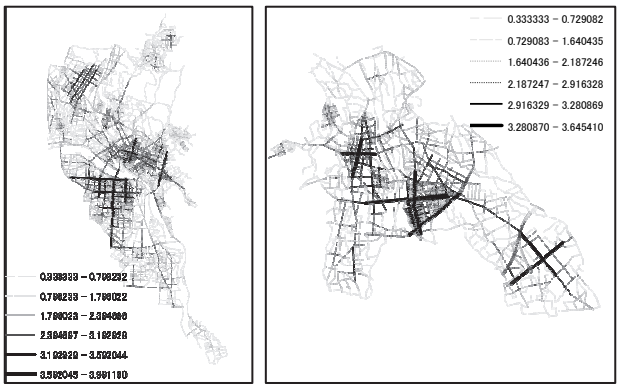

図 2.(2)　SS 理論解析結果（左 : 盛岡市、右 : 鹿沼市）

ラメーターである平均値を推計した。具体的には、高評価都市と低評価都市の Int.V 平均値を母数の標本とし、ハミルトンモンテカルロ法によりそれぞれの事後分布を求めた。推計結果を表 2 に示す。

母平均推計値は共に 1.897 となり違いを確認することはできなかった。母平均推計値の場合、高評価都市では 0.0.39、低評価都市では 0.0.64 となり、Int.V のばらつきに違いが確認できた。また、95%信頼区間からも高評価都市に比べ低評価都市の方が Int.V の存在する範囲が広く、ばらつきが大きいことが確認できる。以上のことから、コンパクト性の評価の高い都市と評価の低い都市では Int.V の分布に違いがあるということが確認できた。

表 2　Int.V 推計結果

	母平均推計値	母分散推計値	95%信頼区間
高評価都市	1.897	0.039	[1.822、1.975]
低評価都市	1.897	0.064	[1.768、2.023]

4. まとめ

本研究では SS 理論を用い、都市構造と人の活動の関係性について分析を行った。その結果、以下の知見を得ることができた。

・　SS 理論による解析を行い、Int.V のヒストグラムを作成した結果、ヒストグラムが左右対称の正規分布に近い形状になるものと右に裾を引く歪んだ形状になる

ものを確認することができた。また、このような形状の違いはコンパクト性の評価に関わらず存在していた。ヒストグラムの形状が左右対称に近いものは、SS 理論の解析結果で高 Int.V がまとまって分布している傾向であることが確認できた。一方、歪んだ形状のものは高 Int.V の分布がまとまっておらず、複数の核を持つ傾向であることが確認できた。

- コンパクト性の評価の高い都市と評価の低い都市の平均 Int.V の推計を行った結果、Int.V 分布に違いを確認することができた。低評価都市の方が Int.V 分布にばらつきが大きく、高評価都市の方が Int.V のばらつきが小さいことが確認できた。このことから、低評価都市ではアクセス性が良く人の活動が活発な場所とアクセス性が悪く人の活動が低調な場所のギャップが大きい都市であるということが言える。高評価都市の場合は Int.V のばらつきが小さいため、アクセス性が良く人の活動が活発な場所とアクセス性が悪く人の活動が低調な場のギャップが少ないとしてあるということが言える。

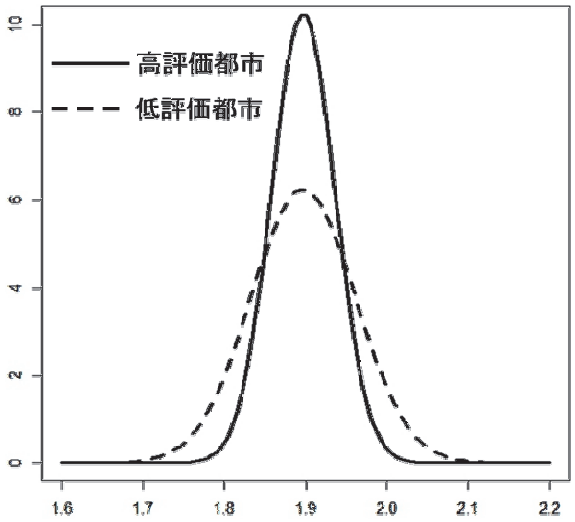

図 3　推計結果を基に作成した Int.V 分布

5. 今後の課題

今後の課題としては Int.V の分布が正規性を示したことの理論的根拠や都市のコンパクト性と Int.V の最適分布の関係性について理論的に解明する必要がある。

[補注]

(1) BBBike とは、Open Street Map のデータを Shp ファイル形式等で配信を行っているウェブサイトである。ここで言う Open Street Map とは、道路情報などの地理情報を誰でも利用可能なフリーの地理情報データの作成を行っているプロジェクトである。したがって、本研究では、BBBike から全ての道路ネットワーク(一般道路、自転車道路、歩行車道を含む)データをダウンロードして使用しても問題ないと判断して解析を行った。
http://extract.bbbike.org/

(2) 本方法は、物理学におけるハミルトン動学を基礎としたマルコフ連鎖モンテカルロ法（MCMC）の一つの方法である。他の MCMC 法に比べて、効率的に収束値を得られる。本研究では、stan を用いて推計を行った。シミュレーション回数を 11000 回とし、最初の 1000 回を破棄した。また、事後分布は一様分布を用いた。

[参考文献]

1) 竹腰　他（2016）「都市のコンパクト性指標とスペースシンタックスによる空間構造との関連性に関する研究― 人口 10 万人以上の都市データからみる評価」日本都市計画学会都市計画論文集、第 51 号、pp459-465
2) 国土交通省（2014）「「都市再生特別措置法」に基づく立地適正化計画概要パンフレット」
3) 石神　他（2015）「人の暮らしや活動に着目した都市構造の評価～立地適正化計画への活用を念頭に～」Annual Report　研究活動報告、pp33-38
4) 木川剛志（2007）「スペース・シンタックスによる建築・都市形態構造の抽出とその比較に関する研究」（学位論文）
5) 田中聖子　他（2007）「神戸市須磨区南部地域の都市空間構造の把握」、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp791-792
6) 荒屋亮　他（2005）「スペースシンタックス理論に基づく市街地オープンスペースの特性評価」日本建築学会計画系論文集、第 589 号、pp153-160
7) 木川剛志　他（2006）「スペース・シンタックスを用いた地方都市の近代化に伴う形態変容の考察」、日本都市計画学会都市計画論文集、第 41 号、pp229-234
8) 木川剛、古山正雄（2006）「スペースシンタックスを用いた地方都市の近代化に伴う形態変容の考察―滋賀県大津市における近代化プロセスを事例として―」、日本都市計画学会都市計画論文集、第 41 号、pp229-234.
9) 木川剛、古山正雄（2004）「都市エントロピー係数を用いた都市形態解析手法―パリの歴史的変遷の考察を事例として―」、日本都市計画学会都市計画論文集、第 39 号、pp823-828
10) 豊田秀樹（2015）「基礎からのベイズ統計」、朝倉出版
11) Brooks, S., A. Gelman, G. Jones, and X. Meng (2011), Handbook of Markov Chain Monte Carlo, Chapman & Hall : Boca Raton, FL d