

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

近代以降の急激なモータリゼーションの進行により、わが国では車依存の生活が定着した。それに伴い画一的な道路整備、自動車交通優先のまちづくりが進められた結果、都心の快適な歩行空間は徐々に失われてきた。しかし近年、都心部に人を惹きつけ、賑わいを創出するための方法として、歩行空間の重要性が見直されつつある。「連続した歩行空間の形成」により都心の回遊性や快適さを生み出すことが重要となっている中、歩行空間のつながりについて把握し、適切な歩行空間整備に役立てることは重要であるといえる。

本研究では、歩行空間をつながりという観点から分析するため、接続性という指標を新たに定義する。この指標により歩行空間ネットワークのつながりを定量化する方法を示した上で、実際の都市の歩行空間に適用し、各都市の歩行空間のつながりについて明らかにする事を目的とする。

1.2 既往研究

歩行空間に関する研究では、歩道幅員や総延長を扱ったものが多く、空間のつながりや連続性に着目したものはあまり見られない。本研究では、歩行空間をノードとリンクで表したネットワークとして扱い、そのつながりを分析するが、道路ネットワークに関する既往研究として、対象ノードと他の全てのノードとの距離を平均した「ノード間平均距離」を用いた研究がある¹⁾。この指標により、ネットワーク全体のつなが

りのよさが表現できる一方で、ネットワーク内の「どの部分のつながりがよいのか」という、局所的なつながりを評価する方法は提案されていない。本研究では、距離によってつながりの強さを表すことで、局所的なつながりを表現するネットワーク指標を提案する。

2. 接続性指標の定義と性質

2.1 接続性の定義

本研究では、ネットワーク上のあるノードが「どれだけ多くのリンクと接続しているか」によって各ノードのつながりの強さを表す。これを「接続性 (Connectivity)」として定義し、ノード i の接続性 C_i は、次式によって求められる。

$$C_i = \sum_{k=1}^e C_{ik} = \sum_{k=1}^e \frac{l_k}{d_{ik}} \quad (1)$$

l_k : リンク k の長さ

d_{ik} : ノード i からリンク k の中点までの最短距離

e : リンク数

この指標の特徴は、以下の2点にまとめられる。

まず、接続しているリンクの長さによって評価するという点である。これは、リンクを点 (空間) の集合とみなし、接続している点 (空間) の多さによって各ノードのつながりを表現しようとするものである。

次に、距離概念に基づいた指標であるという点である。つまり、2点間のつながりを距離の逆数によって表し、近いほど評価が高くなるように重みづけをすることにより、対象ノード付近のネットワーク密度が高

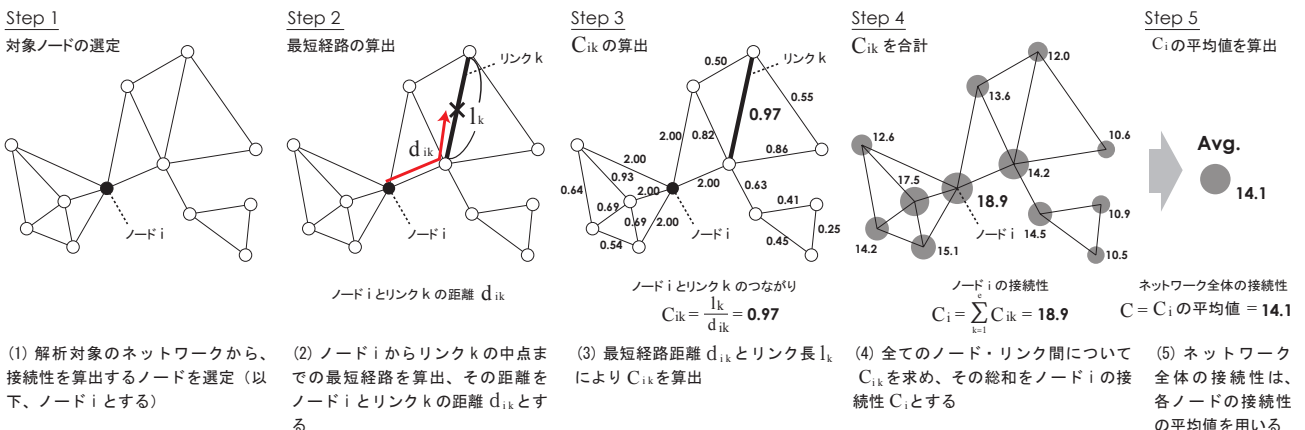


図1 接続性算出の流れ

いほど値が高くなり、対象ノードから遠い位置にあるリンクは値が小さくなって影響を及ぼさなくなるので、対象ノード付近の局所的なつながりを表現することができる。

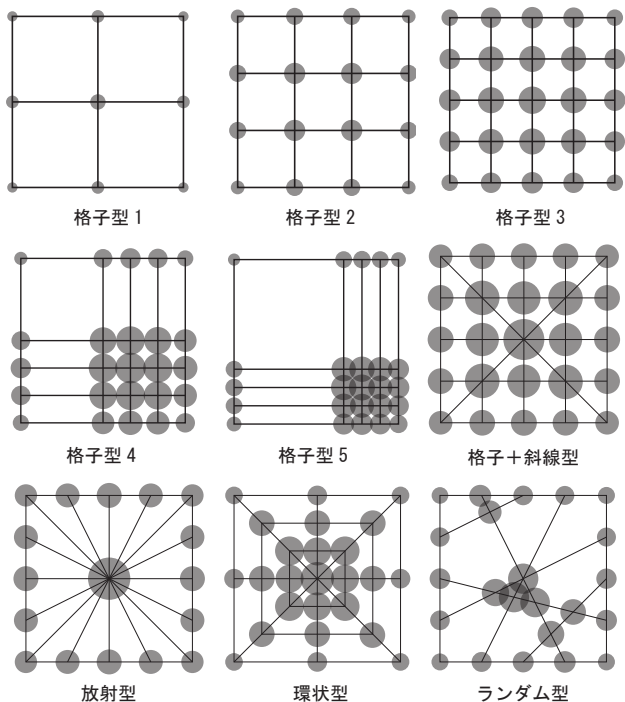
2.2 ネットワーク全体の接続性

指標は各ノードについて算出される値であるため、ネットワーク全体の接続性の評価には、指標をノード数で平均したもの（以下、平均値）を用いる。

また指標は、重みづけしたリンク長を総和したものであり、総リンク長による影響が非常に大きい。そこで、指標値を総リンク長で除した値（以下、標準化値）を用いることにより、ネットワーク形態に着目した比較を行うことができる。都市間の比較では、平均値、標準化値に標準偏差を合わせた3つの値に着目して考察を行っていく。

2.3 指標の性質

定義した指標の性質を把握するため、簡単なモデルを用いて検討を行った。各ノードの接続性の分布を図3に、算出結果を表1に示す。全体的に、総リンク長が増えるに従って接続性も増加する傾向がある。同一の総リンク長である格子型3・4・5を比較すると、リンク密度の偏った格子型4が最も高い接続性を持つ結果となり、均等に分散したネットワークよりも、ある程度密集したネットワークが高く評価されることが分かった。また、形態の異なるモデルを比較すると、環状型やランダム型では接続性は低い結果となり、形態によって接続性が変化することを示している。



※円の大きさは各ノードの接続性に比例

図2 簡易モデルの接続性分布

3. 都市への適用と都市内分布

3-1. 対象都市と歩行空間ネットワークの作成

国内10都市（札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、岡山、広島、福岡）と欧米11都市（ロンドン、パリ、ブリュッセル、バルセロナ、ミュンヘン、ウィーン、プラハ、ベネチア、リスボン、ニューヨーク、サンフランシスコ）の中心市街地26地区を選定し、各地区の歩行空間ネットワークを作成した。対象範囲は、地区の主要な駅や広場を中心に、5分徒歩圏を想定した800m四方の範囲とした。

3-2. ネットワークの作成と指標の補正

ネットワークの作成において3種類のリンク（歩道、横断歩道、その他の道路）を作成し、リンクの種類に応じて補正を行うことで、より実態に即した指標とした。都市によって歩道整備状況が大きく異なる事を考慮し、両側2車線以上の幹線道路にのみ道路両側の歩道上に歩道リンクを作成し、その他の道路（歩行者専用道路など）は道路中央にリンクを作成した。また横断歩道上にもリンクを作成した。ここで、幹線道路には2重にリンクが存在することにより指標値が不自然に高くなる可能性がある。これを避けるため、歩道リンクは通常リンクの半分の評価を持つものとし、歩道リンクの計算値に0.5を乗じた補正を行っている。

また、実際の都市では横断歩道において待ち時間が発生し、距離がより遠く感じられる。つまり、実距離でなく時間距離を用いることが適当であると考え、横断歩道のリンクでは距離が3倍になる（指標式の分母が大きくなりつながりが弱くなる）ように設定し計算を行った^注。

以上の補正を行い指標を算出したのち、逆距離加重

表1 簡易モデルの接続性算出結果

モデル名	基本量			接続性算出結果		
	ノード数	リンク数	総リンク長	平均値	標準化値	標準偏差
格子型1	9	12	6.0	10.3	1.71	1.56
格子型2	16	24	8.0	15.1	1.89	2.34
格子型3	25	40	10.0	19.9	1.99	3.01
格子型4	25	40	10.0	21.1	2.11	4.40
格子型5	25	40	10.0	18.7	1.87	3.55
格子+斜線型	25	48	12.8	25.7	2.01	4.41
放射型	17	32	11.3	22.4	1.98	4.14
環状型	25	48	12.8	22.1	1.73	4.15
ランダム型	23	37	11.0	19.7	1.79	3.89

表2 リンクの種類に応じた指標の補正

リンクの種類	対象道路	指標値	
		距離 (分母)	(分子)
通常リンク	歩車共有道路	1	1
	歩行者専用道路	1	1
歩道リンク	両側2車線以上の道路	1	0.5
横断歩道リンク	横断歩道	3	0.5

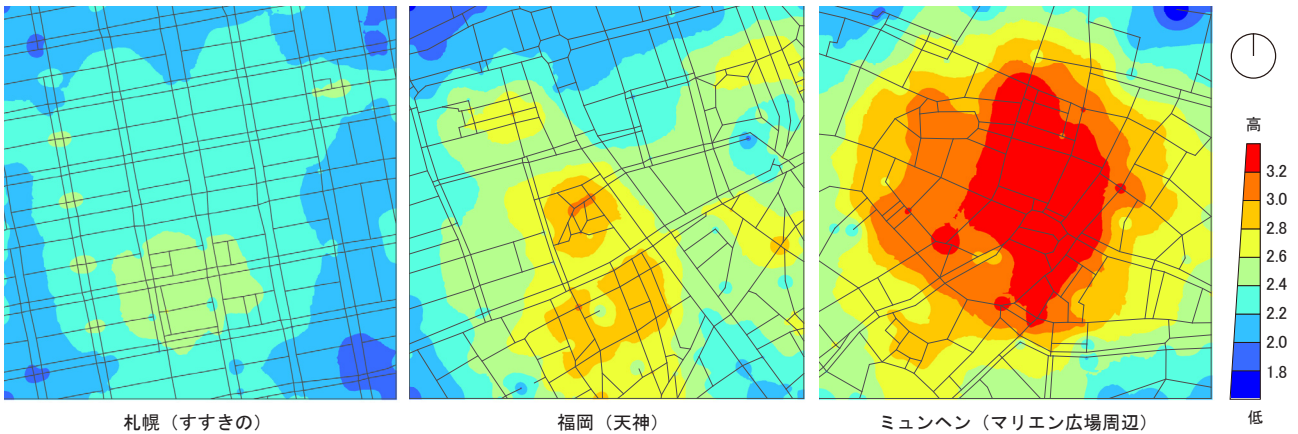


図3 接続性の都市内分布

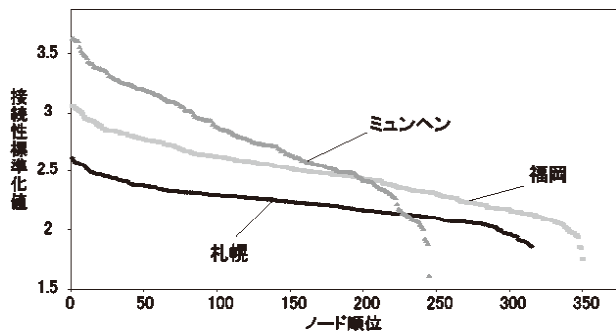


図4 接続性のノード順位

法（乗数2、可変半径、ポイント数12:近隣12個のノードから空白部の値を補完する方法）を用いて接続性の等高線図を作成し、指標値の分布を視覚的に表現した。

3-3. 接続性の都市内分布

同程度の総リンク長を持つ札幌、福岡、ミュンヘンの3都市を例に、接続性の都市内分布（図3）について考察する。

札幌の分布を見ると、全体的に強弱がなく均質なネットワークである事が分かるが、南部のリンク密度の高い箇所の接続性が高く評価されており、つながりの良い部分に反応する指標の妥当性を示している。

福岡の接続性分布を見ると、中央の警固公園付近と南部の今泉付近、北部の新天町付近などに接続性のピークが出現し、接続性の高い部分が離れて存在している事が分かる。これは、対象範囲内に多く存在している幹線道路により、歩行空間のまとまりがいくつかに分断されていることを示している。

一方、ミュンヘンの分布を見ると、中央に接続性の高い部分が集中して存在し、等高線は同心円状に分布している。中心のマリエン広場周辺は歩行者専用地区であり幹線道路が少ないこと、行き止まりが少なく連結したネットワーク形態であることにより、全体的に接続性が高くなったと考えられる。

また接続性とノード順位との関係を見ると（図4）、多くのノードが同程度の接続性を持つ札幌に対しミュ

表3 各都市の接続性算出結果

都市名（地区名）	基本量		接続性算出結果			
	ノード数	リンク数	総リンク長	平均値	標準化値	標準偏差
札幌（すすきの）	315	552	18,055	40.2	2.23	2.73
仙台（仙台駅西口）	193	317	16,221	39.8	2.45	3.50
東京1（新宿駅東口）	355	567	22,290	55.1	2.47	6.48
東京2（渋谷駅ハチ公口）	390	591	21,779	57.1	2.62	7.85
東京3（吉祥寺）	408	600	22,939	57.1	2.49	6.12
東京4（下北沢）	498	686	25,457	67.5	2.65	8.37
日本 横浜（関内）	356	594	22,091	55.6	2.52	6.48
名古屋（栄）	226	376	15,548	36.1	2.32	3.11
京都（四条河原町）	259	412	19,811	51.8	2.62	6.94
大阪（心斎橋）	248	393	20,130	53.3	2.65	5.99
岡山（表町）	469	745	25,291	64.2	2.54	5.94
広島（紙屋町）	283	469	19,492	49.9	2.56	5.88
福岡（天神）	351	543	19,421	47.9	2.47	5.08
欧米 ロンドン（Bank 駅周辺）	420	634	21,723	52.9	2.43	5.09
パリ1（レアール地区）	219	365	17,909	45.7	2.55	4.85
パリ2（シャンゼリゼ通り周辺）	174	284	14,363	33.9	2.36	3.02
ブリュッセル（グランプラス）	240	381	18,049	49.3	2.73	6.69
バルセロナ1（旧市街）	495	740	26,216	72.5	2.77	8.94
バルセロナ2（新市街）	236	391	19,710	53.6	2.72	7.35
ミュンヘン（マリエン広場）	244	370	18,472	51.5	2.79	7.58
ウィーン（シュテファン広場）	249	381	20,454	57.1	2.79	7.19
ブラハ（旧市街広場）	203	309	17,886	49.5	2.77	6.59
ベネチア（サンポーロ地区）	772	933	26,817	69.5	2.59	10.56
リスボン（バイシャ地区）	475	706	23,883	60.6	2.54	9.04
ニューヨーク（タイムズ・スクウェア）	153	271	13,865	35.3	2.54	3.65
サンフランシスコ（ユニオン・スクウェア）	333	554	16,533	37.5	2.27	3.27

※標準化値 = (平均値 / 総リンク長) * 1000

■ 日本 / 欧米の最大値
■ 日本 / 欧米の最小値

ンヘンはノードごとの差が激しい。同規模のネットワークを持つ3都市であるが、接続性の分布には大きな差が見られ、それぞれの都市の特色が表れている。

4. 接続性の都市間比較と分類

4-1. 都市間比較結果

各都市の接続性算出結果を表3に示す。平均値の高い都市はバルセロナ、ベネチア、下北沢など、低い都市はパリ2（シャンゼリゼ通り周辺）、ニューヨーク、名古屋などであり、旧市街の街路網が残る都市では接続性が高く、近代的な街路網をもつ都市では接続性が低くなる傾向がある。全体的に欧州の都市の接続性が高い傾向があるが、これは中心部が旧市街であることが多く幹線道路の通過が少ないためと考えられる。

4-2. 接続性による分類

各都市の接続性の平均値、標準化値、標準偏差を用いてウォード法によるクラスタリングを行い、4つのクラスターに分類した(図5)。

I 均質分散型

接続性が低く均質な分布である都市。多くの幹線道路により歩行空間が分断され全体的に接続性が低くなっている。街区が大きい近代的な格子型街路網を持つ都市が多い。

II 一極集中型

平均値、標準化値が高い都市。幹線道路などの障害

要因の少ない地区が多く属する。

III 平均型

平均値、標準偏差がやや小さな都市。接続性の高低が少なく、やや均質な分布を示している。

IV 多極集中型

平均値、標準偏差が大きい都市。接続性の高低がはっきりしており、つながりの良い部分と悪い部分とが混在する。幹線道路が少なく、行き止まりの多い街路網を持つ都市が多い。

以上のように分類できたが、いずれのクラスターにも日本、欧米の都市が含まれる結果となった。また、クラスターIIの京都とミュンヘンのように、一見異なるネットワーク形態を持つ都市が同様の接続性を持つ場合もあり、形態を考慮した従来の視点とは異なるネットワークの評価が示された。

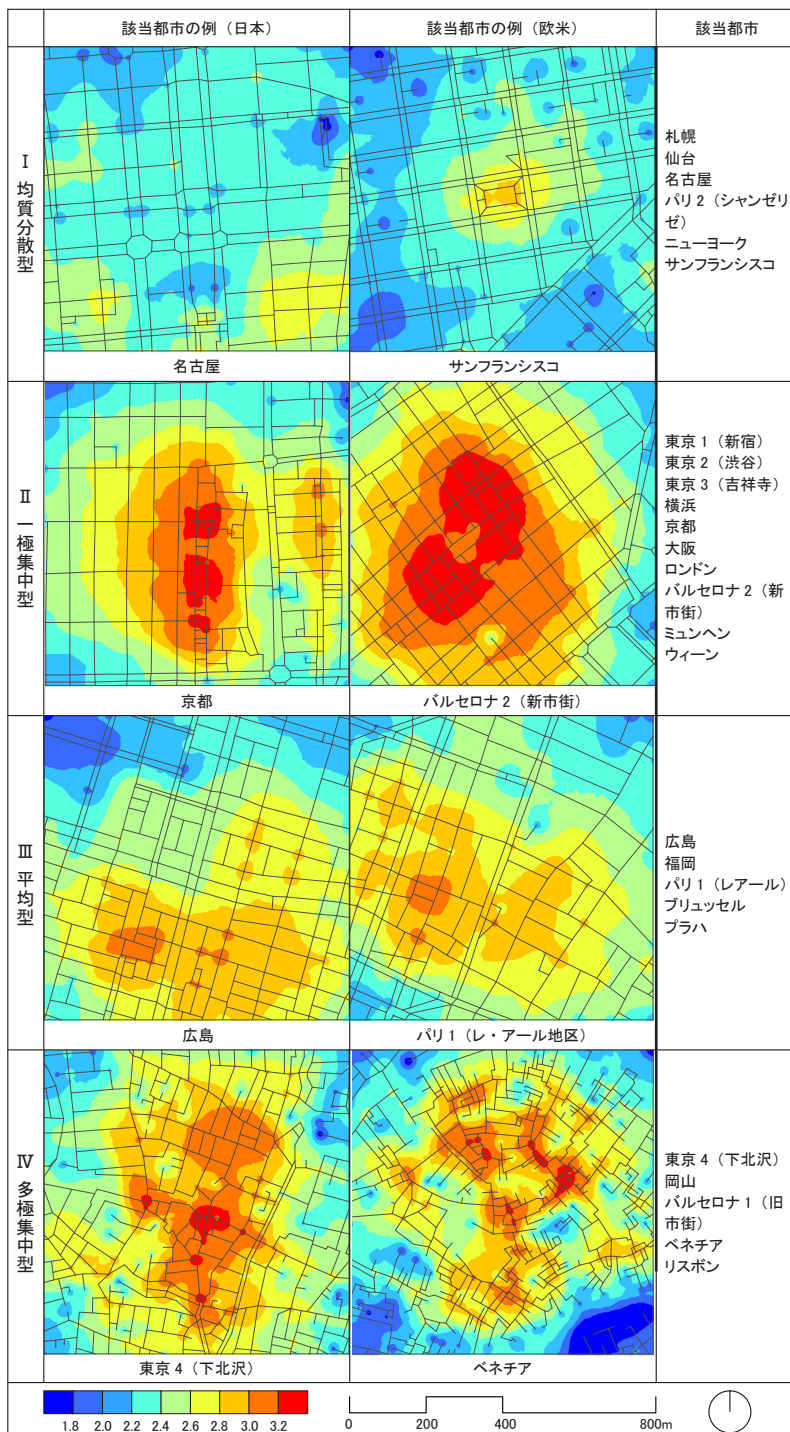


図5 接続性による分類

5. 総括

本研究では、ネットワークのつながりを評価する指標を提示し、国内外の歩行空間ネットワークに適用することで、そのつながりを定量的・視覚的に示すことができた。分析の結果から、ベネチアや下北沢など、歴史的細街路を持つ都市の高い接続性が明らかとなった。

この指標はリンク属性を考慮した拡張が容易であり、幅員や面積などを含んだより詳細な分析が可能である。また問題点として、中心部の値が必然的に高くなること、標準化の方法の妥当性などが挙げられる。指標の拡張とともに、今後の課題としたい。

注

横断歩道は、交通統計より平均的な長さ20m、待ち時間30秒、歩行速度80m/分として移動時間を計算し、3倍の距離がかかるように重みづけを設定した。

参考文献

- 1) 外井哲志, 吉武哲信: ノード間平均距離を用いた都市内道路網の形態評価, 第27回日本都市計画学会学術研究論文集, p. 271-276, 1992
- 2) 中川教夫, ほか4名: 道路線密度を考慮した道路網形態の評価指標の開発, 日本建築学会研究報告九州支部3計画系(35), pp. 317-320, 1995. 3
- 3) 高木幹郎, 谷口汎邦, 金鍾石: グラフ・ネットワーク指数の検討とその適用による地下街街路構成の分析 グラフ・ネットワーク理論と指数の適用による動線計画の分析法に関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, 第422号, pp. 37-44, 1991. 4
- 4) 増田直樹, 今野紀雄: 複雑ネットワークの科学, 産業図書, 2005. 2