

都市の Walkability に関する研究

-Urban Network Analysis を用いた評価指標計算に向けて-

○長谷川 隼*¹ 川邊 晃大*²
渡辺 俊*³

キーワード：GIS ネットワーク中心性 土地利用混合度 コンパクトシティ

1. はじめに

現代のわが国は、人口減少や少子高齢化、環境問題をはじめとした多くの課題に直面しており、これらに対応していくために、都市中心部への集中した居住と都市機能の集約を図り徒歩や公共交通での移動の利便性を高めた効率的で持続可能な都市である「コンパクトシティ」の概念が注目され、都市の整備計画にも広く取り入れられている。また、情報化の進展によって人々のライフスタイルは一変し、自宅に居ながら他者とのコミュニケーションや商品の購入等を行うことができるなど屋外空間へ足を運ぶことなく生活を営むことが可能となっており、こうした実空間からサイバー空間への行動の移行はさらなる技術の発展によって加速していくと思われ、都市の賑わいや活性化の観点から今後の都市には自然と人が足を向けたくなるような空間を備えることが必要になると考えられる。

こうした中で、近年都市における歩きやすさを表す“Walkability”という概念が注目されている。Walkability は健康の維持・向上といった観点から注目されることが多かったが、徒歩の移動を中心とするコンパクトシティや都市における賑わい・滞留行動と密接に結びついた概念であるため、都市計画の分野においても取り入れられている¹⁾。

世界的に広く活用されている Walkability を評価する手法として ANEWS という質問紙がある。その内容は調査対象者の居住地周辺の環境が歩行に適しているかを評価するというもので、環境要因として「世帯密度、土地利用の多様性、サービスへのアクセス、道路の連結性、歩道自転車道、景観、交通安全、治安」が取り上げられている。この質問紙の日本における妥当性の検討は井上ら²⁾によって行われており、わが国においてもこれらの評価指標を参考とした Walkability に関する研究が行われている。

Walkability に関する研究の手法のひとつとして、ネットワーク分析による道路連結性や中心性の評価が用いられてきたが、従来の手法には、各ノード、ラインに属性が付加されることなく各ノードおよび各ラインを同等に扱い分析が行われている、人々の行動の起終点である建物が分析対象に含まれていないといった課題が存在していた。こうした課題を解決するため Andres Sevtsuk によって“Urban Network Analysis”（以下 UNA）が提唱され、ArcGIS のツールボックスとして公開された³⁾。UNA の特徴として、建

物を対象とした中心性の分析を可能としたこと、ノード、エッジ、建物に対して属性を付加し重み付けを行うことが可能としたことが挙げられる。

UNA は従来のネットワーク分析手法よりも現実の人々の行動や都市の環境を反映した分析を行うことが可能となっているため Walkability に関する研究に適していると考えられる。しかし、わが国における UNA を用いた Walkability に関する研究成果の蓄積は不十分であり、適用可能であるか否かの検討が十分に行われていない。また、算出した指標をどのように活用可能であるかについての考察もほとんどない。

そこで本稿では、わが国の都市を対象として UNA を用いた中心性の分析を行うことで手法の有用性や課題を明らかにし、Walkability に関する研究に適用可能であるか否かを検討することを目的とする。また、算出された指標の新たな活用方法についても検討する。

2. UNA と中心性について

UNA は ArcGIS10.1 以降で動作し、“Centrality”と“Redundancy”の2種のツールから構成されている。本稿ではネットワークにおける中心性を分析する Centrality を用いた分析を行う。

Centrality は、重力モデル、近接中心性、媒介中心性、直進中心性に独自の指標である Reach を加えた5つの中心性を分析することができる。また、分析を行う際に建物データの重み付けおよび探索範囲の設定が可能となっている。本稿では、5つの中心性のうち Reach、媒介中心性、直進中心性の3つについて分析を行う。各中心性の概念と特徴は次のようになっている。

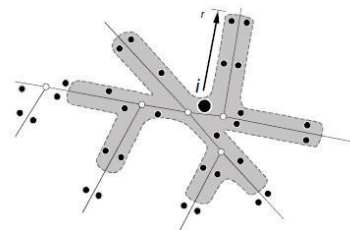


図1：Reach 概念図

（出典：Andres Sevtsuk：“Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville”，MA. PhD Dissertation, MIT, Cambridge. 2010）

① Reach

Reach は指定された範囲内で到達可能な建物の数を捉える指標である。例として図 1 の場合には建物 i の探索範囲 r における Reach の値は 20 となる。Reach の値が高いほど指定された範囲内でアクセス可能な建物の数が多いことから建物の密度が高いと言える。

② 媒介中心性

ある点が他の 2 点間の最短経路上に位置する頻度が高い、すなわちその点を通る最短経路が多いほど中心性が高いとする指標である。ある 2 点を結ぶ最短経路上に位置する点は 2 点間の仲介や情報のコントロールが可能であることから有力であり、より多くの最短経路上にあるほどその影響力が大きいという考えに基づいている。

③ 直進中心性

ある点から他の点への最短経路が直線ユークリッド経路にどの程度近似しているのかを示す指標である。直進中心性が高いほど 2 点間を結ぶ経路が直線に近く他の場所へのアクセスが容易になるため、移動効率が高い場所であると言える。

3. Centrality の実行課程

Centrality による中心性指標の算出は、以下の 6 段階の手順を経て行われる。

- i. 建物として GIS 上で定義されたポリゴンデータの中心点をポイントデータに変換し、変換された各ポイントから最も近い道路に対して ArcGIS 内の Network Analyst 機能を用いて垂線を引き、隣接行列を構築
- ii. 隣接行列に基づいてグラフを構築
- iii. 建物データに重み付けが設定されている場合にはその指標を抽出
- iv. 各中心性の計算
- v. 計算結果の表の書き出し
- vi. マップ上への結果の表示

4. 分析に用いたデータ

今回の分析においてはペDESTリアンデッキ等が整備されたつくば市中心部を対象とするためつくば駅から半径 4km の範囲を対象地とした。また、建物データとして ZmapTOWNII (2011 年作成)、道路データとして数値地図 (国土基本情報) (2014 年作成) を使用した。ZmapTOWNII には建物の階数データが含まれており、GIS 上で計算された各建物ポリゴンの面積と掛け算することで仮想的な建物容積を計算し、Centrality を実行する際の建物ポリゴンデータの重み付けとして使用した。階数データが不足しているものについては、その大半が戸建て住宅であったため 2 階建てと仮定した。表 1 と図 2 に建物・道路データの概要を示す。

表 1：建物・道路データ概要

建物数	ノード (交差点) 数	エッジ (道路) 数
31,068	4,152	4,237

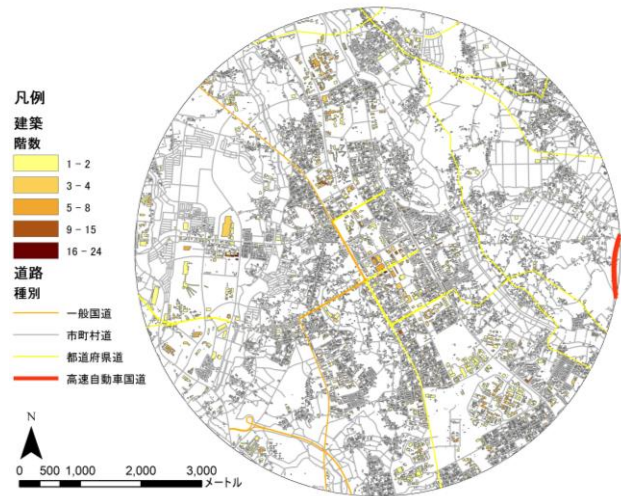


図 2：表示データ概要

5. Centrality の実行結果

分析に際して、探索範囲を徒歩移動圏とみなせる 500m とし、重みを仮想建築容積とした。Centrality を実行し得られた Reach、媒介中心性、直進中心性の計算結果を図 3 に示す。各中心性、特に Reach と直進中心性の値がつくば駅から南北に延びるペDESTリアンデッキに沿って高くなっていることがわかる。建築容積によって重み付けされた Reach の値が高いことはその建物から探索範囲内で到達可能な領域が大きいことを示しており、直進中心性が高いことは移動効率が高い場所であることを示している。よって、これらの建物はペDESTリアンデッキ沿いにあることから歩行者にとっての安全性が高い点、Reach と直進中心性が高いことから多くの領域に効率よく到達可能であるという点から Walkability が高いと考えられる。

表 2 に各中心性の相関行列を示す。各中心性の間に正の相関が認められ、特に Reach と直進中心性の間には非常に強い正の相関が認められた。これは、つくば中心部において駅周辺のように計画的に開発されたエリアは直線状の道路構造に建築が高密度に存在しており、農地のように自然発生的なエリアは曲線上の道路構造に建築が低密度に存在しているという実際の都市構造の特徴を反映しているためであると考えられる。

表 2：各中心性の相関行列 (N=31,068、1%水準で有意)

	Reach	媒介中心性	直進中心性
Reach	1		
媒介中心性	0.684	1	
直進中心性	0.982	0.693	1

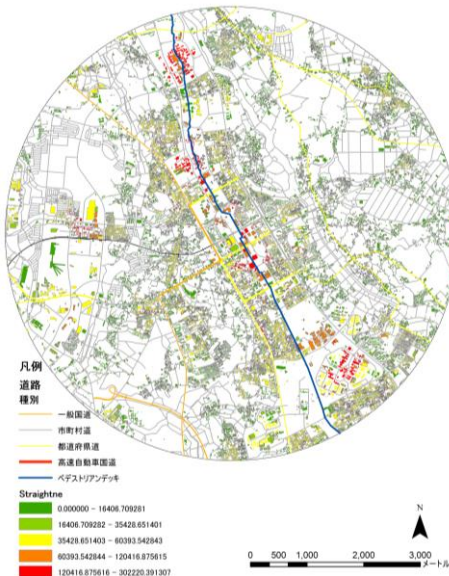
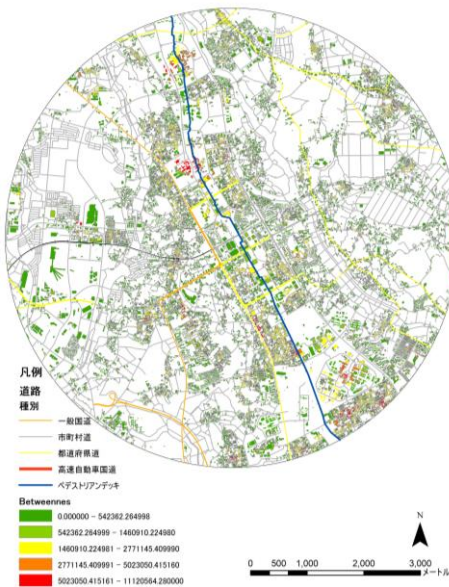
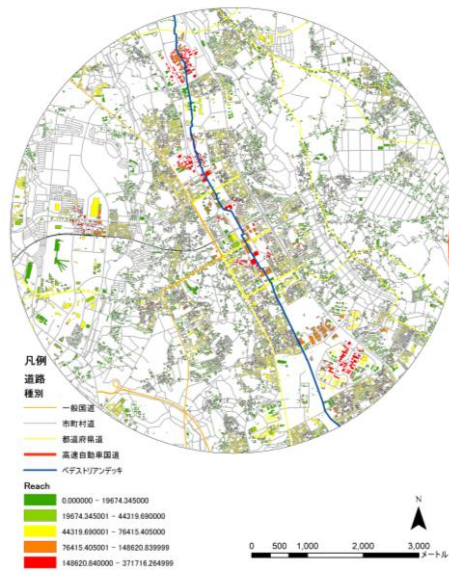


図3：中心性指標（探索範囲：500m、重み：建物容積）
（上段：Reach, 中段：媒介中心性, 下段：直進中心性）

6. 土地利用混合度の分析

本章では、UNA によって算出される指標の新たな活用方法について検討する。Walkability を評価する指標のひとつとして、徒歩圏内で多様な施設にアクセスできるほど徒歩を中心とした生活が営みやすいという考えから土地利用の多様性、混合度が挙げられている。

そこで、建築データに土地利用の用途の属性を付加し、住宅を出発した歩行者にとっての目的地となる商業施設用途と公共施設用途の建築容積を重みとして Centrality を実行し Reach 指標を算出した。これによって各建物からアクセス可能な商業（公共）用途の領域の大きさを計測することができる。土地利用データには国土地理院の数値地図 5000（土地利用）：首都圏を用いた。分析結果を図4に示す。

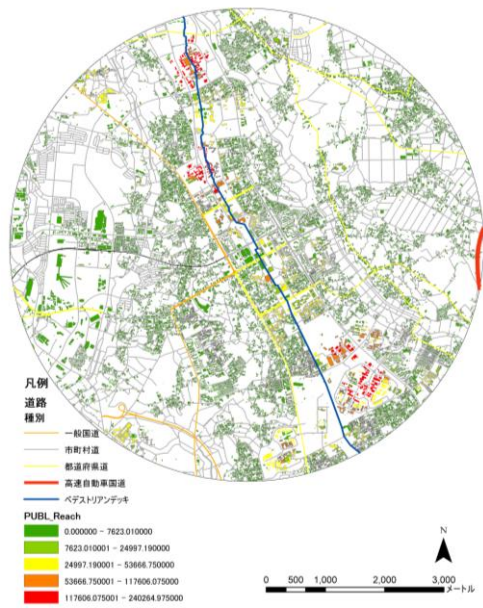
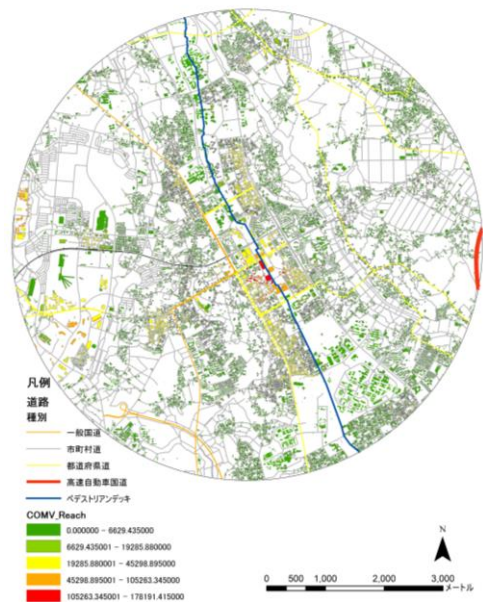


図4：Reach（探索範囲500m、重み：用途建物容積）
（上段：商業施設用途, 下段：公共施設用途）

商業、公共施設ともに5章で算出した Reach 指標と同様にペDESTリアンデッキ沿いで高い値を示した。特に、商業施設建築容積で重み付けした Reach は商業施設が比較的高密に存在するつくば駅周辺で高い値を示し、公共施設建築容積で重み付けした Reach は大学関係施設が集中する筑波大学周辺で高い値を示した。

また、前述した通り徒歩圏内で多様な施設にアクセスできるほど Walkability が高いと考えられることから、各建物における商業施設の建築容積で重み付けした Reach と公共施設の建築容積で重み付けした Reach の混合度を計算することで、アクセス可能な領域の商公混合度を算出した。算出には期待混合度を「商業施設用途：公共施設用途=1:1」とし、都市形態の定量化手法である“Metropolitan Form Analysis”³⁾の Land-Use Mix で用いられる計算式を活用した。結果は図5に示す通りである。主に国道や県道といった主要な道路沿いとペDESTリアンデッキ沿いの建築群において商公混合度が高くなっていることがわかる。

以上の分析から Reach 指標の値が高いか商用用途建築容積で重み付けした Reach 指標の混合度が高いエリアはつくば駅周辺のペDESTリアンデッキ沿いに集中していることがわかった。すなわち、このエリアはアクセス可能な商業・公共用途の領域が大きいかつ双方にバランスよくアクセスすることが可能であるため Walkability が高いエリアであると考えられる。

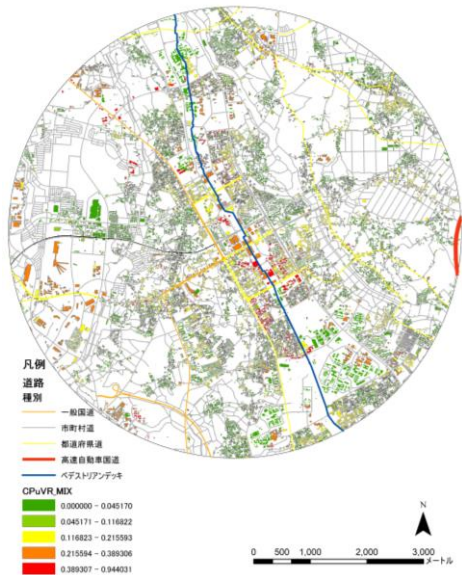


図5：商公 Reach 指標混合度

7. まとめ

本報では都市の Walkability に関する研究の一環として、つくば市中心部を対象とした UNA の Centrality ツールを用いたネットワーク中心性に関する分析を行った。算出された中心性指標の値は実際の都市構造を反映したものとなっており、建築容積を重みとした Reach 指標により徒歩でアクセス可能な領域の大きさを表現することができたこ

とから、UNA をわが国の都市における Walkability に関する分析に用いることの有用性を示すことができた。

また、UNA によって算出された指標の活用方法の検討として土地利用用途の属性を付加した建築データを用いて Reach 指標を計算し、各建築からアクセス可能な商業・公共施設用途の領域の大きさの算出と商業・公共施設用途混合度の算出を行った。この手法の利点として、

- 人々の移動を反映することができるネットワーク分析を取り入れ、さらに人々の行動の起終点である建築を対象に含むことによって実際の人々の目線により近い土地利用混合度を算出できる
- 建築容積を重みとして利用することで複合施設のように階層ごとに用途が異なる建築に対してそれぞれの用途の属性を付加することができ、立体的な土地利用に対応することができる

の2点が挙げられ、UNA で算出された指標の新たな活用方法を示すことができたと考えられる。

一方で、本稿では探索範囲を徒歩移動圏とみなせる500m としたが、徒歩移動圏は歩行者の年齢等の属性によって変化すると考えられるため異なる探索範囲間での比較を行うことが必要となる。また、土地利用混合度の分析においては建築ごとに詳細な用途やジャンルといった属性が与えられたデータを用いるべきであるが、そうしたデータが確認できなかったため敷地に与えられた土地利用用途から建築に属性を付加する方法をとった。この方法で付加された属性は実際の建築が持つ属性と異なる場合があるため、より正確な Walkability を算出するためには精度の高いデータを使用する必要がある。さらに、本稿では Walkability の評価指標として土地利用の混合度に注目したが、総合的な観点から Walkability を評価するためには交通安全や治安といった指標についても検討する必要があるため、これらを今後の課題としたい。

[参考文献]

- 1) Jeff Speck : Walkable City: How Downtown Can Save America, One Step at a Time, Farrar Straus & Giroux (T) , 2012
- 2) 井上 茂, 大谷 由美子, 小田切 優子, 高宮 朋子, 石井 香織, 李 廷秀, 下光 輝一 : 近隣歩行環境簡易質問紙日本語版 (ANEWS 日本語版)の信頼性, 体力科学, Vol.58, 2009, No.4, P 453-462
- 3) Andres Sevtsuk, Michael Mekonnen : “Urban Network Analysis : A new toolbox for ArcGIS”, International Journal of Geomatics and Spatial Analysis, vol.22, no.2, pp.287-305,2012
- 4) Amindarbari, R. and Sevtsuk, A. : Measuring Growth and Change in Metropolitan Form, City Form Lab at the Singapore University of Technology and Design UAA2013 in Sun Francisco, 2013

*1 筑波大学理工学群社会学類

*2 筑波大学大学院システム情報工学研究科 博士前期課程

*3 筑波大学システム情報系 教授