

道路ネットワーク空間における空間相関分析

内藤 智之・大佛 俊泰

Spatial Correlation Analysis for Road Network Space

Tomoyuki NAITO, Toshihiro OSARAGI

Abstract : The spatial correlation analysis was proposed in order to analyze urban activities quantitatively. This paper attempts to implement the method based on the Euclidean distance in bi-dimensional space into the road-network distance. We propose a method for applying the spatial correlation analysis to road-network space and discuss the details of computation process. As the numerical examples using actual GIS data, the results of the comparison between the Euclidean distance and the network distance is shown. Also, we present case studies using the variety of computation methods.

Keywords : 空間相関分析法 (spatial correlation analysis),

ネットワーク距離 (network distance), 空間相関関数 (spatial correlation function)

1. はじめに

都市・地域計画においては、現状の都市や地域の状態を把握することは欠かせない。空間的に分布している様々な特性を定量的に把握する方法のひとつとして「空間相関分析法」が提案されている（青木, 1986）。本研究では二次元連続空間（ユークリッド距離）で定義されている従来の空間相関分析法をネットワーク空間に適用するための方法について検討し、分析対象や目的に応じた計算方法のバリエーションについて提案する。また、ユークリッド距離を用いて分析した場合とネットワーク距離を用いて分析した場合の空間相関の違いについて分析事例をもとに検証する。更に、様々な計算方法のバリエーションもとで行った分析結果について考察を試みる。

内藤：〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

情報環境学専攻 大佛研究室

E-mail: naitou.t.aa@m.titech.ac.jp

2. ネットワーク空間相関分析

都市空間内に分布している住宅や商業施設といった建築物は必ず道路に接して立地しており、我々は道路ネットワーク上を移動してこれらの建築物にアクセスしている。すなわち、様々な都市活動の空間分布について、より精緻に分析するためには、都市空間内の距離はユークリッド距離よりもネットワーク距離を用いて定義した方が好ましいと考えられる（奥貫ほか, 2005）。そこで、ネットワーク空間上で空間相関分析を行う方法について検討した。

ネットワーク空間相関分析の具体的な計算手順の一例を図1に示してある。まず(0)分析対象施設 i の建物データをポイントデータに変換し、(1)全てのポイントを最近隣ネットワーク上に移動させる。次に(2)ネットワーク上にランダムにポイント p ($p=1,..,m$) を発生させる。(3)各点 p から空間ラグ τ_q ($q=0,..,n$) をもつバッファを順次発生させる。(4)ポイント p を基点とする各バッファ内

に含まれる集計量 $X_{ip}(\tau_q)$ とネットワークの総長 $L_p(\tau_q)$ を求める。さらに (5) $X_{ip}(\tau_q)$ - $X_{ip}(\tau_{q-1})$ の値を $L_p(\tau_q)$ - $L_p(\tau_{q-1})$ の値で除し、ネットワーク長さあたりの量 $x_{ip}(\tau_q)$ を求める。(6) 空間的自己相関関数の値 $R_{ii}(\tau_q)$ は、ランダムポイント p 毎に得られる空間変量 $x_{ip}(\tau_0)$ と $x_{ip}(\tau_q)$ の相関係数として求めることができる。また、対象施設 j についても同様に変量 $x_{jp}(\tau_q)$ を構成し、 $x_{ip}(\tau_0)$ との相関係数を求めるとき空間的相互相関関数の値 $R_{ij}(\tau_q)$ となる。

3. 計算方法のバリエーション

以上的方法は空間距離をもとにバッファを発生させ、施設数を集計し、バッファ内でのネットワークの総長で集計した空間変量を基準化する方法であるが、分析対象や目的に応じて以下に示す計算方法を用いることも可能である。

3. 1. バッファの設定方法について

空間変量を集計する際のバッファについては、空間距離の他に時間距離に基づく方法が考えられる。前者は道路上のネットワーク距離をもとに一定の距離間隔でバッファを順次発生させていく方法であるのに対し、後者は一定の時間間隔内での移動距離をもとにバッファを発生させる方法である。自動車の利用等を想定した時間距離をもとに分析したい場合には、後者に基づく方がよい。

3. 2. 空間変量の集計方法について

各バッファに含まれる施設の空間変量を集計する際は、単に施設の数を集計する方法の他に、対象施設の床面積等の連続量を集計する方法が考えられる。施設の規模まで含めた分析を行う際には、連続量を用いればよい。

3. 3. 基準化の方法について

バッファ毎に集計した空間変量は、集計ポイント p ごとにバッファの大きさがそれぞれ異なるため、バッファが受け持つ領域の大きさで基準化する必要が生じる。基準化の方法はバッファのネットワーク長で基準化する方法の他に、バッファが受け持つエリアの面積で基準化する方法が考えられる(図2)。バッファがもつネットワーク長で基

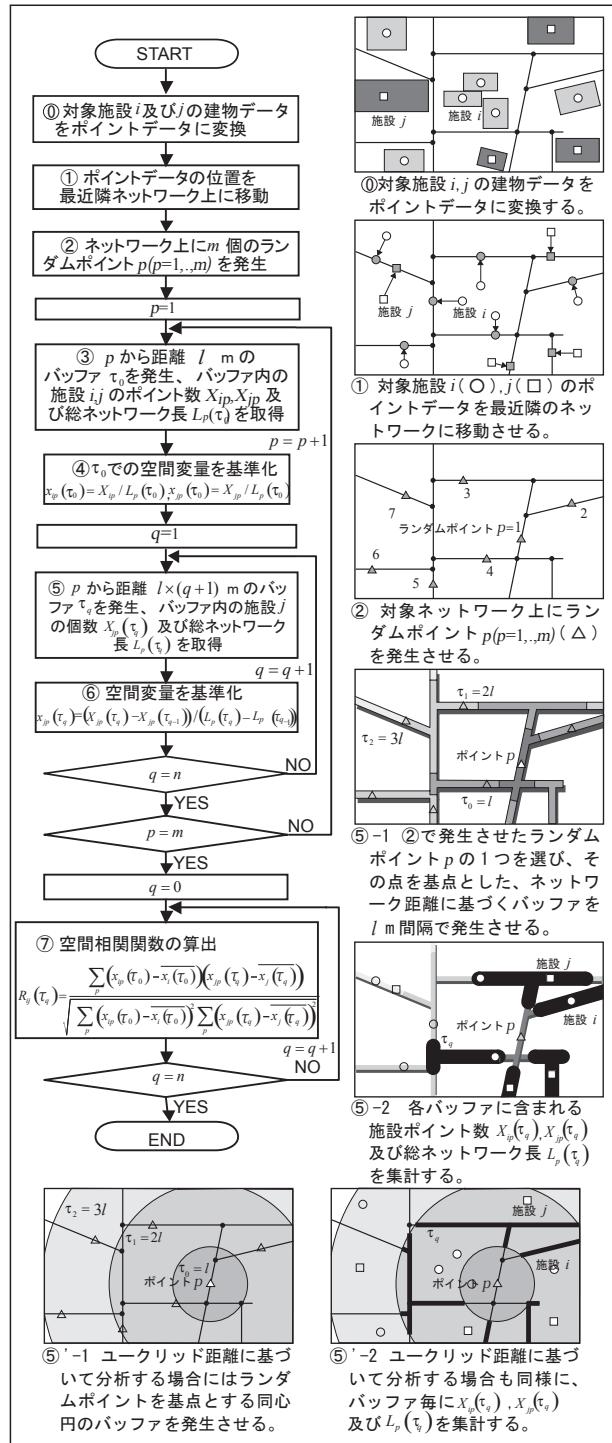
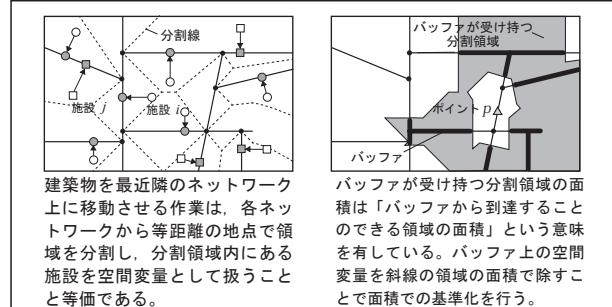


図1 ネットワーク空間相関分析の手順



準化する場合、施設の分布が全く同じ場合であっても、道路密度が異なると基準化した空間変量の値は変動してしまう（図3）。一方、面積で基準化する場合は道路の密度にかかわらず空間変量の値は変化しない。そのため道路の粗密による影響が小さく、異なる密度を持つ道路ネットワークのデータ間で分析する場合には面積で基準化した方がよい。ただし場合によっては、畠や空地などの面積を差し引いた実面積を利用する必要がある。

3.4. 道路が持つ属性を区別した分析について

空間変量を集計する際、道路幅員や用途地域といった道路が持つ属性ごとに区別して値を集計すれば、異なる属性間での分析を行うことが可能である。施設の立地傾向が道路が持つ属性によって影響を受けている場合にはこの方法を用いればよい。

4. ユークリッド距離とネットワーク距離の比較

ネットワーク空間相関とユークリッド空間相関の比較を行った。三軒茶屋を中心とする地域（図4）を分析対象地域として商業施設と事務所の空間的相互相関関数（図6-1）を求めた。ユークリッド距離を用いた場合には、空間ラグの小さい範囲での相互相関の値は高いが、400m付近で急激に減衰している。これに対し、ネットワーク距離を用いた場合は距離減衰が小さいことがわかる。二次元連続空間では隣接する施設間も、ネットワーク空間では迂回してアクセスする必要があるため、このような差異が生じたと考えられる。

次に、主要幹線道路を基盤として施設が立地している有楽町を中心とする地域（図5）について分析を試みた。幅員が8m以上の道路から100m以内にある住宅施設の割合を調べると89.8%と高く、この地域では住宅は主要幹線道路を基盤として立地していることがわかった。そこで、幅員8m以上の道路ネットワークを用いて、住宅の自己相関関数を求めた（図6-2）。ネットワーク距離を用いた場合は1600m付近まで空間的自己相関の値は高く、それよりも遠くになると急激に減衰している。すなわちこの地域では住宅地が面的に

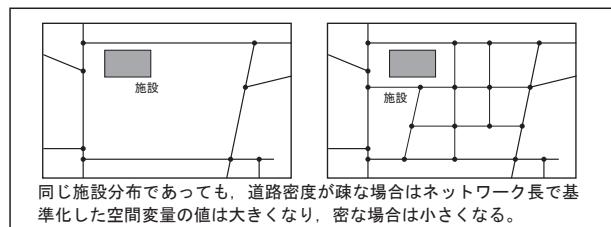


図3 道路密度の違いによる空間変量の変動

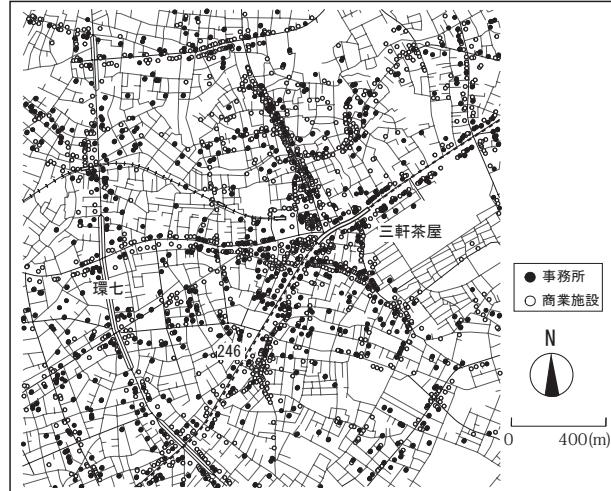


図4 対象地域1(三軒茶屋周辺)



図5 対象地域2(有楽町周辺)

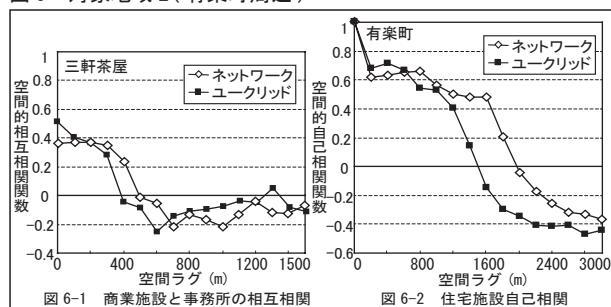


図6 ネットワーク距離とユークリッド距離の比較

に分布していることを示している。これに対し、ユークリッド距離を用いた場合には約1km付近から自己相関の減衰の程度が著しく、ネットワーク距離に基づく結果との違いが現れている。

5. 計算方法の比較

三軒茶屋周辺(図4)を分析対象地域として、施設の集計方法別に空間的自己相関関数を求めた(図7)。住宅施設についてみると、施設数を集計した場合の方が床面積を集計した場合と比較して空間ラグ500mまでの空間的自己相関の値が大きくなつた(図7-1)。これに対し、商業施設については空間ラグが小さい範囲では床面積を集計した場合の方が値は大きくなつた(図7-2)。住宅は主要幹線道路沿いに建つ大規模集合住宅と細街路に密集する戸建住宅が入り組んで立地しているため、床面積で集計した場合では連担性が小さい結果となつた。一方、商業施設は同規模の施設が連続する傾向にあるため、床面積で集計した場合に連担性が高くなつたと考えられる。

また、有楽町を中心とする地域(図5)を対象に、自動車利用者を想定して時間距離に基づいて事務所建築物と住宅施設の相互相関関数を求めた(図8-2)。自動車の走行速度は図8-1のように定めた。空間距離に基づいた分析結果からは事務所と住宅は約2kmの空間的なラグをもつて立地していることが伺えるが、自動車利用者の観点からみると、約4分と約6分の二つの時間的なラグをもつてこれらの施設が立地していることがわかる。

最後に有楽町周辺の地域について幅員8m以上と8m以下の道路を区別して集計を行い、分析結果を図9に示した。まず、事務所建築物の空間的自己相関についてみると幅員8m以下の道路を基準として幅員8m以下の道路をみた場合(以下、「8m以下⇒以下」のように表す)の空間的自己相関の値が1km付近まで高い値となっており、事務所がこの地域では幅員の狭い道路に沿って連担していることがわかる(図9-1)。次に事務所建築物と住宅施設の空間的相互相関をみると、「8m以下⇒以下」および「8m以下⇒以上」の場合の値が2km付近で高い(図9-2)。幅員8m以下の道路に立地した事務所建築物と幅員に関係なく立地する住宅が2kmの空間ラグをもつて立地する傾向にあることが、幅員を考慮しない場合(図8-2)よりも一層鮮明になった。

6. まとめ

本研究ではユークリッド空間で定義された従来の空間相関分析をネットワーク空間に適用する方法を考案し、その有効性について検討した。また、都市施設の空間分布に関するデータを用いて、ネットワーク空間相関分析法を用いた分析事例を示した。

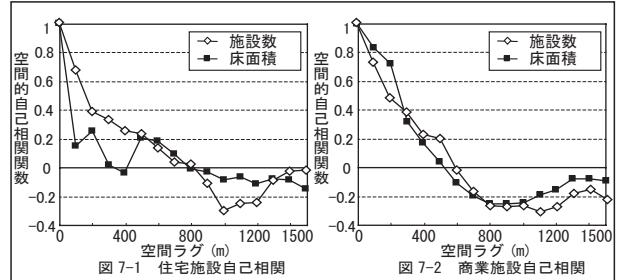


図7 自己相関関数の比較(三軒茶屋周辺)

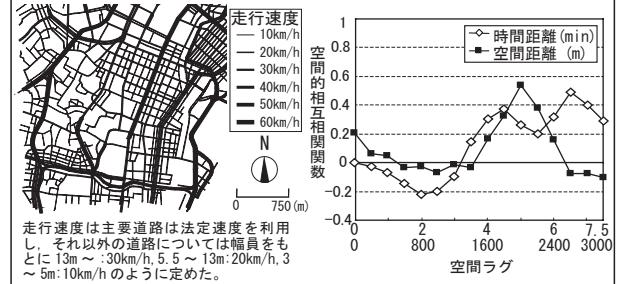


図8-1 道路ごとの走行速度の設定

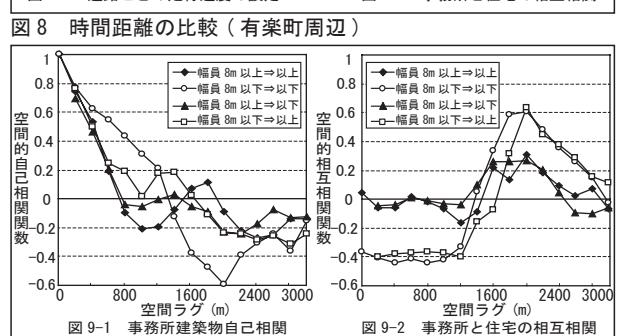


図8-2 事務所と住宅の相互相関



図9-1 事務所建築物自己相関



図9-2 事務所と住宅の相互相関

謝辞

本研究ではGIS上のいくつかの作業について空間情報科学センターにより開発されたネットワーク空間分析ソフトウェア SANETを利用した。記して謝意といたします。

参考文献

- 青木義次(1986) メッシュデータ解析の一方法としての空間相関分析法の提案—その1 メッシュデータ解析の問題点と空間相関分析法の理論. 「日本建築学会計画系論文報告集」, 368, 119-125.
- 奥貫圭一・塩出志乃・岡部篤行・岡野京子・金子忠明(2005) ネットワーク上の空間分析のためのソフトウェア SANET 第3版の開発. 「地理情報システム学会講演論文集」, 14, 337-340
- 内藤智之・大佛俊泰(2008) ネットワーク距離に基づく空間相関分析. 日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1), 939-940