

ネットワーク上における点事象集積の検出法に関する研究

東北大学 ○古郡 美佳

東北大学 正会員 井上 亮

1. はじめに

近年、詳細な位置情報を持つ空間データの整備と公開が進んでおり、これらを活用した小地域単位の空間分析環境が整いつつある。特に社会経済活動に関する分析を小地域で行う際には、道路などのネットワーク形状を考慮した分析が不可欠である。

しかし、空間データの一つである点事象分布データを利用し、その集積をネットワーク上で検出する方法に関しては、これまでに十分に議論されていない。ユークリッド空間上の点事象集積検出法をネットワーク上に拡張した Shiode¹⁾が唯一の提案であるが、その手法では点事象が分布していない領域も含む集積領域を出力する可能性を有する。

本研究では、既存手法の問題点解決を目指し、分析対象ネットワークの各リンクを集積検出の最小単位、接続関係にあるリンクの組み合わせを集積候補領域と設定して分析する手法を提案する。提案手法の有効性を仙台市中心部の店舗立地データを用いて検討を行う。

2. 既存の点事象集積の検出法

ユークリッド空間上の点集積を検出する方法として、Kulldorff²⁾は、ある領域の点事象集積の有無を尤度比で評価する手法を提案した。この手法では、まず点事象の発生がポアソン過程に従うと仮定する。その上で、集積の候補領域を設定し、対立仮説 H_1 「候補領域内の点事象の発生率は領域外より大きい」と帰無仮説 H_0 「候補領域の内外の点事象の発生率は等しい」に対して尤度比を算出する。分析対象領域内を走査して尤度比が最大となる候補領域を検索することで、最も集積が見られる領域を抽出する。抽出された集積領域の有意性は、抽出された領域の尤度比を、Monte Carlo simulation で作成したランダムな点事象分布から得られる最大尤度比の分布と比較して検定する。

Kulldorff²⁾が提案した尤度比に基づく点事象集積検出方法を、ネットワーク上の点事象集積検出に拡張し

たのが Shiode¹⁾である。Shiode¹⁾では、任意の点から一定のネットワーク距離以内のネットワーク上領域を集積候補領域として設定し、分析対象ネットワーク上の走査・尤度比を用いた集積性の判定を通して、最も顕著な集積領域を抽出することを提案している。シミュレーションデータを用いた分析によって、この方法でネットワーク上の集積が検出できること、また、ユークリッド空間上の集積検出方法では誤った集積検出を行うことを例示している。

しかし、Shiode¹⁾の提案手法では、強い集積がみられる領域から距離が近いけれども、点事象が分布していないネットワーク上の領域も、集積領域として抽出される場合がある。ここで、ひたくり多発地点の抽出を例として考える。ひたくりは、通常、人通りの少ない裏通りで多発し、人通りの多い大通りではあまり発生しない。しかし、集積候補領域をある点からネットワーク上の最短距離で設定する場合、多発地域に近いが実際には犯罪が発生していない大通りも集積箇所として一緒に検出される可能性がある(図-1)。

この例のように、ネットワーク距離を用いて集積候補領域を構成する既存手法では、分布している点事象が少ない領域も、集積領域として検出する可能性を有するという限界を抱えている。

3. 提案手法

本研究の提案手法では、分析対象ネットワークの各リンクを集積検出の最小単位とし、接続関係にあるリンクの組み合わせを集積候補領域として設定する。こ

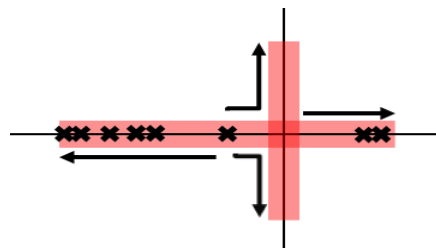


図-1 ネットワーク距離で拡大する集積候補領域¹⁾

キーワード 点事象, 集積検出, ネットワーク

連絡先

〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 電気通信研究所 2 号館 TEL 022-217-6368

これらの集積候補領域に対して尤度比を求め、最も尤度比の高い領域を集積領域として抽出する。なお、点事象が分布していないリンクを集積候補領域に含めると、尤度比は必ず低下するため、分析対象から除外する。

例えば、図-2の点事象分布を分析する場合、点事象が存在しないlink2とlink4を除外して組み合わせを考える。よって、(link1), (link3), (link1, link3)の3通りの集積候補領域に対して尤度比を求め、尤度比最大の領域を集積領域として抽出する。

また、接続関係にあるリンクの組み合わせ数は、分析対象のリンク数が増加すると指数関数的に増加するため、対象領域全体を一度に分析することは不可能である。そのため、ユークリッド空間上での点事象集積を目指した「階層的な隣接地域結合操作に基づく点事象の時空間集積検出法」³⁾を参考に、対象領域を小領域に分割し、各小領域で尤度比の高い集積候補領域を抽出、その後、抽出された候補領域の組み合わせから更に尤度比の高い領域を探索するという操作を繰り返し、対象領域全体での集積領域を検出する手法を提案する。

4. 提案手法の適用

仙台市青葉区内の店舗立地データに対して提案手法を適用し、その有効性を評価する。Open Street Mapの道路ネットワークデータと、座標付き電話帳「テレポイント®Pack!」の居酒屋立地地点データを使用し、集積の検出を行った。提案手法による集積検出結果を図-3に示す。紫色の点が居酒屋の立地点を表し、赤線部が集積領域として検出されたリンクである。なお、検出集積領域の対数尤度比は956であった。分析対象データ、および、検出された集積領域の概要を表-1に示す。

本研究の提案手法により、対象領域内で最も集積が顕著な領域が抽出できることが確認された。抽出されたリンクは、定禅寺通りと広瀬通り、それに交差する国分町通りや稲荷小路など仙台市中心部の繁華街である国分町の主な街路であり、居酒屋の集積地として尤もらしい。ただし、青葉区内の居酒屋集積は、仙台駅前にも存在すると思われるが、提案手法の基礎となるKulldorff²⁾の検出法は、最も有意な集積のみを検出するため、本手法では仙台駅前の集積は検出されなかった。

5. まとめ

本研究では、ネットワーク上の点事象集積検出に關

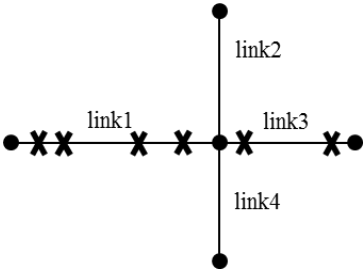


図-2 点事象分布とネットワーク形状 例



図-3 仙台市中心部における居酒屋集積地域検出結果

表-1 データ概要

	全領域	集積領域	集積領域/全領域
リンク数(本)	11368	39	
リンク長(km)	1358	3.06	0.002
店舗数(件)	501	213	0.425

して、各リンクを集積検出の最小単位とし、接続関係にあるリンクの組み合わせを集積候補領域として設定して分析する手法を提案した。店舗立地データを用いた適用では、集積性の高い領域のみを抽出することに成功し、提案手法の有効性が確認された。

謝辞

本研究は、東京大学空間情報科学研究センターの空間データ利用を伴う共同研究（No. 456）による成果であり、座標付き電話帳「テレポイント®Pack!」のデータを利用した。

参考文献

- 1) Shiode, S. 2011. Street-level spatial scan statistic and STAC for analyzing street crime concentrations. *Transactions in GIS*, Vol.15, No.3, pp.365-383.
- 2) Kulldorff, M. 1997. A spatial scan statistic. *Communications in Statistics: Theory and Methods*, Vol.26, No.6, pp.148-196.
- 3) 糟谷志帆, 井上 亮. 2012. 階層的な隣接地域結合操作に基づく点事象の時空間集積検出の提案. 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 21, C-6-3, CD-ROM.