

詳細時空間データを用いた商業集積の拡大方向パターンの可視化

○ 稲坂 晃義^{*1}

キーワード：商業集積，時空間データ，方向統計，ベクトル解析，可視化

1. はじめに

本報告は、既報告論文⁶⁾である「商業集積拡大方向の分析手法とその可視化」の継続研究である。既報において、商業地域における商業店舗の出店動向を捉えた詳細時空間データを方向統計の手法を応用し、それらが成す商業集積の拡大方向の可視化手法の提案を行い、実際のデータを利用し実証分析を行った。

都市生活において、商業施設の出退店による商業地域の再編は同時多発的に様々な場所で起こっている。商業施設は、住民の生活を支える施設であり、また来街者の集客施設でもあることから、街の活性化に最も寄与している施設の一つである。一方で、閑静な住宅街に、商業施設の出店することによって、良好な住環境を維持できなくなる恐れもあるため、商業施設の出退店の動向及び、既存商業集積の拡大方向のパターンは注意深く監視する必要がある。

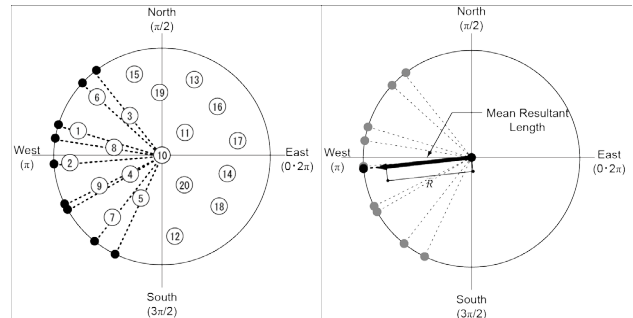
商業集積の詳細な変化やその変遷を分析する方法として、従来よりメッシュデータや町丁目単位のようなある単位で集計されたデータを用いて分析した研究⁴⁾¹¹⁾がある。また、商業集積地の規模の変化をポイントによって抽出し分析した研究⁷⁾⁸⁾など、集計単位を可能な限り詳細にした試みもされている。さらに、セルラーオートマタを用いた土地利用パターンや市街地形態変化のモデルにより、その規模や形態の変化を捉えていたり¹⁰⁾¹²⁾、商業集積拡大の仕組みを定量的に明らかにする試み⁵⁾もされていたりする。

しかしながら、上記のような手法は、集計単位に依存し、同時多発的に発生する局所的な変化を明らかにするには適しているとは言いがたい。このような商業集積の詳細な変化やその変遷を分析する方法については、未だ既往研究の蓄積が十分であるとは言いがたい。

そこで、本報告では、既報で提案した手法を一部改変し、商業集積を表す、詳細時空間データを用いて、商業集積の拡大のパターンを、ベクトル解析手法を応用し拡大の起点や収束点の可視化手法の提案を行うことを目的とする。さらに実際のデータを用いて、手法の有用性の検証のための実証分析を行う。

2. 商業集積の拡大方向の記述・分析手法

2-1. 商業集積拡大起点方向データの作成手法について (図1)



方向統計手法を用いた商業集積拡大起点方向の算出のためのフロー
(1) 円内の番号は点の発生順を表す。
(2) 左図では、10番目に発生した点を基準として、それより過去に発生した点とを結び、単位円の円周上にプロットする。
(3) 単位円円周上にプロットした点と基準点を結ぶ線が成す角度を方向統計手法を用いて平均方向を求める。
(4) また(3)の各単位ベクトルの平均を平均合成ベクトルが求まる。

図1 商業集積拡大起点方向の算出方法
(点10を分析対象とした場合)

商業集積拡大の起点方向データについて、ここでは、方向統計手法¹⁾²⁾⁹⁾を応用し、以下の手順で作成を行う。

いま、ある地域に現存する N 件の商業店舗の時空間データが得られているものとする。このデータは、商業店舗の集合を $SH = \{sh_1, sh_2, \dots, sh_n\} (N = \{1, 2, \dots, n\})$ とし、各店舗には、その出店時刻 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ の値が定義されているものとする。商業店舗 sh_k の位置は、その代表点 (x_k, y_k) で与えられているとする。なお、既に閉店した商業店舗については、現実的にはその情報を入力することが困難であることが多いことから、ここでは分析の対象とはしないものとする。

このデータからまず、拡大する商業集積において、ある時点で出店した商業店舗の出店位置とその時点での既出店舗の位置関係より、その拡大方向を定める。

ある時刻 t_k に出店した店舗 sh_k 周辺の商業集積の状態は、 $SH_k = \{sh_1, sh_2, \dots, sh_{k-1}\}$ と定めることができる。

次に、店舗 sh_k と商業店舗集積 SH_k を構成する各店の位置の差を取ることでベクトル $L_k = \{l_1, l_2, \dots, l_{k-1}\}$ が得られる。そのとき、 L_k が地図上の東を0とした時に示す方向(角度)を、 $\Theta_k = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{k-1}\}$ が得られる。

ここで集合 Θ_k は、店舗 sh_k を中心とした単位円上に分布する方向データと定義する。なお、本報告では、特に断りがない限り、角度は地図上の東方向を0(rad)としたラジアンで計測してものとする。

方向データ Θ_k を、この方向を持った単位ベクトルの集合とした時、平均方向 $\bar{\Theta}_k$ と合成ベクトル長さ R_k 以下

の式 (1), (2) より得る.

$$C_k = \sum_{i=1}^{k-1} \cos \theta_i, S_k = \sum_{i=1}^{k-1} \sin \theta_i \quad \text{より,}$$

$$\bar{\Theta}_k = \begin{cases} \tan^{-1}(S_k / C_k) & S_k > 0, C_k > 0 \\ \tan^{-1}(S_k / C_k) + \pi & C_k < 0 \\ \tan^{-1}(S_k / C_k) + 2\pi & S_k < 0, C_k > 0 \end{cases} \quad \dots(1)$$

$$R_k = \sqrt{C_k^2 + S_k^2} \quad (R_k > 0) \quad \dots(2)$$

ここで得られた $\bar{\Theta}_k$ は、店舗 sh_k 出店時の既存商業集積の方向の方位角度を表す。したがって、この値を商業集積拡大起点方向データと定義する。

合成ベクトル長 R_k より、以下の式 (3) より、平均合成ベクトル長 \bar{R}_k 、また以下の式 (4) より方向分散 V_k を得る。

$$\bar{R}_k = R_k / (k-1) \quad (0 \leq \bar{R}_k \leq 1) \quad \dots(3)$$

$$V_k = 1 - \bar{R}_k \quad (0 \leq V_k \leq 1) \quad \dots(4)$$

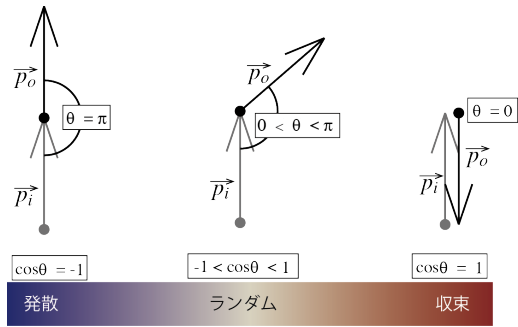
\bar{R}_k を 1 から引いた値として、方向分散 V_k は得られ、線形データの分散値と同様に、その値は [0,1] の範囲で得られる。この値は、方向データの単位円周上でのばらつきを表しており、その値が 0 に近いほど分布が集中しており、1 に近いほどばらついていると言える。つまり、新規出店店舗に対して方向分散値が 0 に近いほど、その周辺の既存商業集積の分布がある方向に偏っていることを示し、値が 1 に近いほどまんべんなく分布している、もしくは複数の既存商業集積同士の間位置すると解釈できる。

2-2. ベクトル解析を用いた商業集積拡大の起点の可視化手法について (図2)

上記の方法で得られた、商業集積の店舗毎の拡大方向の角度を記述した方向データを用いて、その商業集積拡大の起点をベクトル解析の手法を応用した探索手法を提案する。その計算手続きは以下の手順で行う。

先の方法より、商業店舗の集合 SH について、それらが属する商業集積の店舗毎の出店時の既存商業集積の方向の方位角度の値が定義されたデータより、ベクトルの集合 $\bar{P}_n = \{\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_n\}$ が得られ、その中のある店舗 p について、そのベクトル (x, y) で定義されているものとする。また、これらのデータは出店の時刻順に昇順で並んでいるものとする。

ある時点 i において出店した店舗のベクトル p_i と、その周辺の既出店の商業店舗のベクトル集合は



基準点から対象点までのベクトルを p_i 、対象点の向いている方向を p_o とした時、ベクトル p_i と p_o の内積から $\cos\theta (0 \leq \theta \leq \pi)$ を求める。 $\cos\theta = -1$ の時は、ベクトルの向きが同じ方向を向いているため「発散」、 $\cos\theta = 1$ の時は、ベクトルの向きが互いに向き合っているため「収束」、 $-1 < \cos\theta < 1$ の時で特に $\cos\theta = 0$ に近いところは「ランダム」とする。

図2 ベクトルの内積から得られる $\cos\theta$ 値と方向パターンの関係

$\bar{P}_{i-1} = \{\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_{i-1}\}$ で定義される。ここで、ベクトル \bar{p}_i とベクトル $\bar{p}_o \in \bar{P}_{i-1}$ を取り上げた時、この二つのベクトルの内積は、以下 (5) 式で計算でき、式 (6) によって $\cos\theta$ が得られる。

$$\bar{p}_o = (x_o, y_o), \bar{p}_i = (x_i, y_i) \quad \text{より,}$$

$$\bar{p}_o \cdot \bar{p}_i = x_o x_i + y_o y_i = |\bar{p}_o| |\bar{p}_i| \cos\theta \quad \dots(5)$$

$$\cos\theta = \frac{\bar{p}_o \cdot \bar{p}_i}{|\bar{p}_o| |\bar{p}_i|} = \frac{x_o x_i + y_o y_i}{\sqrt{x_o^2 + y_o^2} \sqrt{x_i^2 + y_i^2}} \quad \dots(6)$$

上記計算より、ベクトル \bar{p}_i と集合 \bar{P}_{i-1} の全ベクトルについて、 $\cos\theta$ 値が得られる。その結果を用いて、店舗 p_i の位置における、商業集積の拡大の起点方向を示すベクトルの分布形状が以下の式 (7) によって得られる。

$$C_i = \frac{\sum_{k=1}^{i-1} \cos\theta_k}{i-1} \quad \dots(7)$$

C_i は [-1,1] の範囲の値を取り、1 付近では、ベクトル分布の集中が見られ、-1 付近ではベクトル分布の発散が見られる。さらに 0 付近ではランダムな状況が見られる。すなわち、 C_i の値が 1 付近は、商業集積拡大の起点付近であることを表しており、一方で、-1 付近ではその拡大の際の境界付近であることを表していると言える。

以上の手法を用いて、本報告では商業集積に属する各店の C_i 値を地図上にグラデーションで塗り分け可視化することで、商業集積の拡大の起点となる地点と、および商業集積の境界部、さらに商業集積の規模や分布状況について考察を行う。

3. 新宿区および渋谷区における実証分析

3-1. 対象地域概要と使用データについて (図3)

本報告では、対象地域として、新宿区及び渋谷区を選

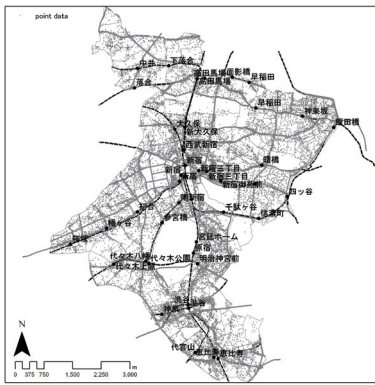


図3 渋谷区・新宿区マップ

定した。新宿区と渋谷区は、東京都区部の西部中心に位置し、それぞれ南北に隣接している。両区内にある、新宿駅、渋谷駅周辺など、多くの来訪者が訪れる大規模な商業集積を複数要している。他方で、その周辺には住宅地とその住民の生活を

支える近隣商店街など、中小規模の商業集積値も多く存在する地域である。このように、商業集積の規模やその対象者が多様であり、その形成過程の際が容易に把握できない地域であることから、本報告の手法の有用性を検証する上で適した対象であると考え、選定した。

使用するデータについては、上記対象地域のアドレス

マッチングされた1990年から1999年の『NTTタウンページデータ』より、独自に作成した、約13万件の商業店舗の出店場所と時刻を記録した時空間データを使用した。

3-2. バッファ距離の設定

本報告で提案した手法は商業集積全体に対して分析を行うものになっている。ただ、実際の都市では、商業施設の出退店は、様々な場所で同時多発的に発生しており、複数の大小様々な商業集積が共存している。そのため、本実証分析において、各店舗についてデータの全体を取り扱うことで、非常にマクロな状況しか捉えられなくなる懸念がある。従って、本分析では、各店舗を中心にある距離のバッファ領域に含まれる周辺店舗の動態を対象に分析を行う。また、バッファの距離帯を複数設定し、そのスケール毎の検証も試みる。

ここでは、各店舗を中心に750m、500m、250m、100mのバッファ内のデータについて分析を行い、集



図4 商業集積拡大起点方向図 (750m バッファ)

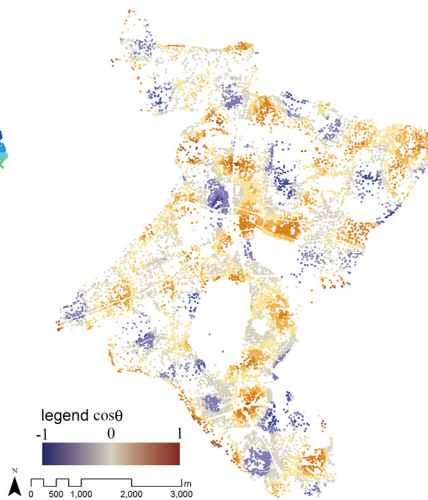


図5 cosθ 値分布 (500m バッファ時) (750m 拡大起点方向図)

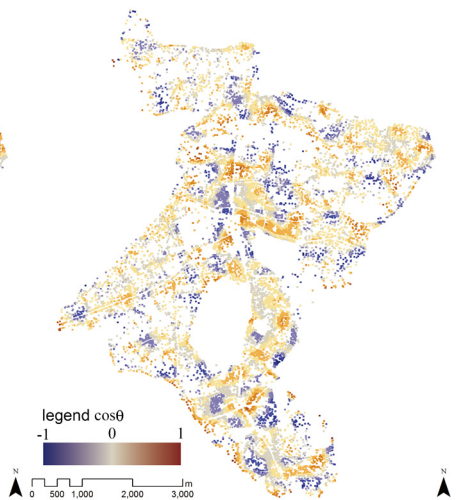


図6 cosθ 値分布 (250m バッファ時) (750m 拡大起点方向図)

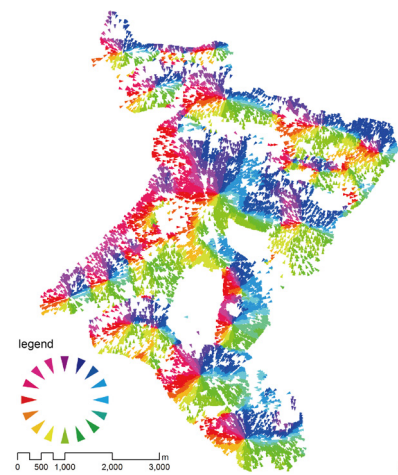


図7 商業集積拡大起点方向図 (500m バッファ)

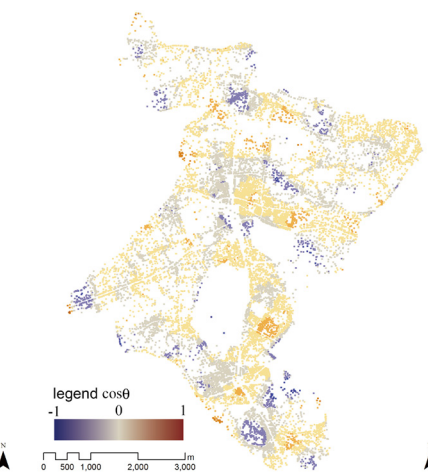


図8 cosθ 値分布 (500m バッファ時) (500m 拡大起点方向図)

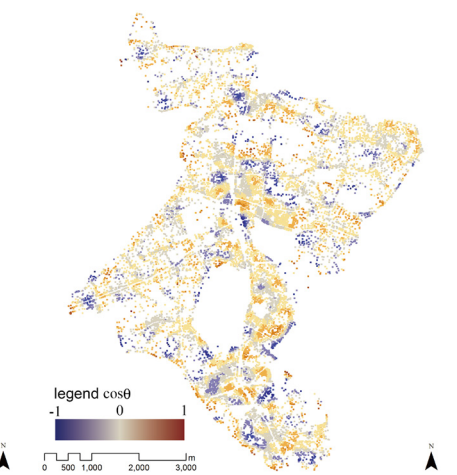


図9 cosθ 値分布 (250m バッファ時) (500m 拡大起点方向図)

積拡大起点方向データを作成した。また集積拡大起点の可視化についても同様に、各店舗を中心に750m,500m,250m,100mのバッファ内のデータについて分析を行い、その結果を可視化した。紙面の都合上、分析結果がより顕著に表れている750m, 500mのバッファを用いた際の集積拡大起点方向データを用いて、500m, 250m バッファを用いた際の集積拡大起点の可視化結果について、それぞれ考察を行う。

3-3. 可視化方法について

図の可視化には、商業集積拡大起点方向 $\overline{\Theta}_k$ 値は、その角度を16方位に区分し、区分ごとにHSV色空間の色相値によって塗り分けた(図4, 7)。 C_i 値分布は、区間[-1,1]を、図2のように、青から赤のグラデーションで塗り分け可視化を行った(図5, 6, 8, 9)。

3-4. 商業集積拡大起点方向データを用いた分析・考察(図4, 7)

図4, 図7より、新宿駅、渋谷駅、高田馬場駅などの主要駅周辺に起点方向を示すベクトルが集中していることが読み取れる。また、図7の500mバッファによる図では、京王線沿線の初台駅、幡ヶ谷駅、笹塚駅周辺や、神楽坂周辺、明治通り・表参道交差点付近など、近隣商店街や主要駅に依存せずに来街者が多く訪れる場所にも集中が見られる。

(i)500m バッファ集積拡大起点の可視化(図5, 8)

商業集積拡大起点の様子を可視化すると、上記と同様に、主要駅周辺は赤色系で塗られており、起点付近を示していることが分かる。また、主要駅と離れた位置にも起点付近を示している場所が点在しており、近隣商店街や来街者が多く訪れる場所も商業集積拡大の起点を示していることが読み取れる。

青色系で塗られている地点の多くは、複数の起点と起点の中間に位置していることから、各商業集積同士の拡大が収束している場所を示していることが分かる。

(ii)250m バッファ集積拡大起点の可視化(図6, 9)

次に、バッファを250mにし、商業集積拡大起点の様子を可視化すると、ほぼ500mで集計した際と同様の結果が見られるが、例えば渋谷駅や新宿駅の主要駅周辺を見ると、駅・線路などを挟んで分割された地域別の差を見ることができる。つまり、250m バッファで集計することで、より細かく地域の拡大起点の差を読み取ることができる。

(iii) バッファサイズによる可視化結果の差異について

バッファサイズの影響については、500mのような比較的大きな範囲を対象とすると、主要駅を中心とした拡大が読み取れるなど、よりマクロな状況を読み取るのに適している。一方で、250mよりバッファサイズを小さくすることで、主要駅及び線路などの地域の分断要素を境にした地域の差を読み取ることができ、よりミクロな

地域の様相を捉えられていると考えられる。

4. おわりに

本報告では、詳細時空間データを用いて、商業集積の拡大のパターンを、ベクトル解析手法を応用し、商業集積拡大の起点や収束点の可視化手法の提案を行った。また実データを用いての実証分析を行った。それにより、拡大の起点や収束点を可視化することができた。

今後、モンテカルロ・シミュレーションを実施し、そこから得られた確率分布より、統計的検定を実施し、さらに詳しくこの手法の有用性について検討したい。

[参考文献]

- 1) Fisher, N.I.: "Statistical analysis of circular data", Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1993.
- 2) Mardia, K.V.: "Statistics of Directional Data", Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Vol.37, No.3, pp.349-393, 1975.
- 3) 青木繁・宮澤鉄蔵・藤本信義・三橋伸夫・鎌田元弘: 中山間地域の商業立地の変容過程に関する考察 農村地域における商業環境の地域的特性に関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, No.520, pp.197-203, 1999.6.
- 4) 青木繁・宮澤鉄蔵・藤本信義・三橋伸夫・鎌田元弘: 商業集積地区の商店立地の変容と住民の購買利用動向に関する考察 農村地域における商業環境の地域的特性に関する研究 その3, 日本建築学会計画系論文集, No.538, pp.125-132, 2000.12.
- 5) 青木はるひ・伊藤香織: 商業集積拡大の仕組みに関する定量的研究—広域渋谷圏を対象として—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), F1, 7118, pp.293-294, 2007.
- 6) 稲坂晃義・貞広幸雄: 商業集積拡大の方向の分析手法とその可視化, 日本建築学会計画系論文集, No.75, Vol.650, pp.889-896, 2010.4.
- 7) 阪本一郎・村松茂樹・高辻秀興・中井検裕: 商業集積地のポイントサンプリングデータを用いた抽出と商業規模の変化, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.26, pp.103-108, 1991.
- 8) 阪本一郎・斉藤千尋・高辻秀興・額田順二・中井検裕: 東京区部における小規模商業地の集積規模の変化と縮小要因に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.27, pp.457-462, 1992.
- 9) 清水邦夫: 方向統計学の最近の発展(<特集>時空間統計), 計算機統計学, 19(2) pp.127-150 2008.1.31.
- 10) 瀧澤重志・河村廣・谷明勲: セルオートマトンとしての都市(その1) CAの応用性と土地利用パターンの形成, 日本建築学会計画系論文集, No.506, pp.203-209, 1998.4.
- 11) 室町泰徳・原田昇・太田勝敏: 都心商業地域の衰退状況と大規模小売店舗の立地動向に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.29, pp.529-534, 1994.
- 12) 渡辺公次郎・大貝彰・五十嵐誠: セルオートマトンを用いた市街地形態変化のモデル開発, 日本建築学会計画系論文集, No.533, pp.105-112, 2000.7.

* 1 東京理科大学工学部第一部建築学科 助教 博士(工学)