

令和元年6月14日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02967

研究課題名(和文)空間解析における新たな汎用的空間スケール表現の開発

研究課題名(英文)General representation of spatial scale in spatial analysis

研究代表者

貞広 幸雄 (Sadahiro, Yukio)

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号：10240722

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：空間解析においては、空間スケールが重要な役割を果たす、どのような解析手法にも空間スケールの概念が内包されており、解析結果は常に空間スケールに依存する。ところが従来の空間スケール表現は、格子網による集計や、K関数法における円の半径など様々であり、汎用性がないことから、同一のスケールで解析結果を比較することが困難であった。そこで本研究では、探索的空間解析のための新たな空間スケール表現を開発し、解析結果を空間スケールの関数として表す方法を開発した。具体的には、元の空間オブジェクト分布に対して様々な平滑化を適用し、その結果をスケールによって微分することで、解析結果をスケールの関数として表現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した空間スケール表現の方法は、極めて広範な空間解析手法に適用可能であり、既存手法の改良や新たな手法の開発などに大きく寄与することが出来る。また、空間解析は空間現象を対象とする様々な研究分野の研究者が行うことから、研究領域という意味においても広範な貢献が期待できると考えている。

研究成果の概要(英文)：Spatial scale plays a critical role in spatial analysis. The concept of spatial scale is involved in any analytical method, and thus the results of analysis depends on spatial scale. However, since there does not exist a general representation of spatial scale, it is impossible to compare the results of spatial analysis between different methods. To resolve this problem, this study developed a general representation of spatial scale. Based on spatial smoothing, the results of analysis is represented as a continuous function of scale.

研究分野：空間情報科学

キーワード：空間スケール 空間解析 平滑化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

空間解析では、空間スケールとは解析の空間解像度を指し、全ての解析手法に内包された概念である。解析結果は空間スケールに依存するため、通常は様々な空間スケールで空間解析を行い、その結果を比較・評価する。異なる解像度の空間データを解析すれば、解析の空間スケールも自ずと異なるが、同じ解像度の空間データであっても、解析手法自体において解像度を制御することができる。しかしながら既存の空間解析手法では、空間スケール表現が手法ごとに異なるため、解析結果の手法間での比較が困難であるという問題点を有していた。

2. 研究の目的

本研究では、上記の問題点を解決するために、探索的空間解析のための空間スケールの系統的表現・解析手法を開発し、その適用を通じて有効性を検証した。

3. 研究の方法

空間スケールの表現として最も分かりやすい平滑化について、様々な空間解析手法への適用可能性を検討し、実際の適用を行った。次に、格子網に基づく空間集計についても、様々な空間解析手法への適用可能性を検討し、実際の適用を行った。しかしながら後者では、解析結果が空間スケールだけではなく格子網の位置にも依存することから汎用性が低く、扱いが煩雑になることから、最終的な検討対象からは除外した。

4. 研究成果

平滑化を空間スケールの分離表現に用いた空間解析の例を以下に2つ示す。

(1) 2つの点分布の類似度比較

いま、図1のような一次元空間上での N 種類の点分布を想定する ($\Gamma = \{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_N\}$)。点分布 Γ_i は n_i 個の点から成り、 j 番目の点の位置ベクトルを \mathbf{z}_{ij} と書く。

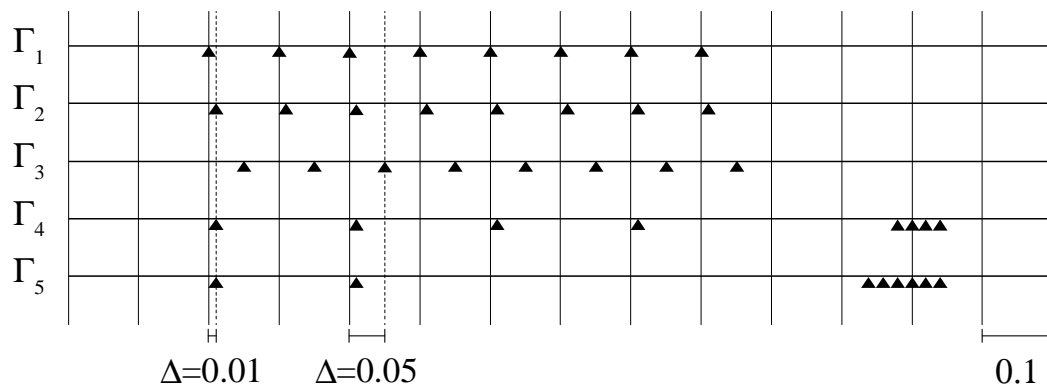


図1 一次元空間上の点分布

これらの点分布を、カーネル幅 h のカーネル関数によって以下の式に基づいて平滑化する。

$$F_i(\mathbf{x}, h) = \sum_j e^{-\frac{|\mathbf{x}-\mathbf{z}_{ij}|^2}{2h^2}}. \tag{1}$$

さらに、類似度関数を以下のように定める。

$$S_{ik}(h) = 1 - \frac{1}{2} \int |f_i(\mathbf{x}, h) - f_k(\mathbf{x}, h)| d\mathbf{x}, \tag{2}$$

すると、図1の例で Γ_1 と他の分布との類似度は図2aのような空間スケールパラメータ h の関数として表される。

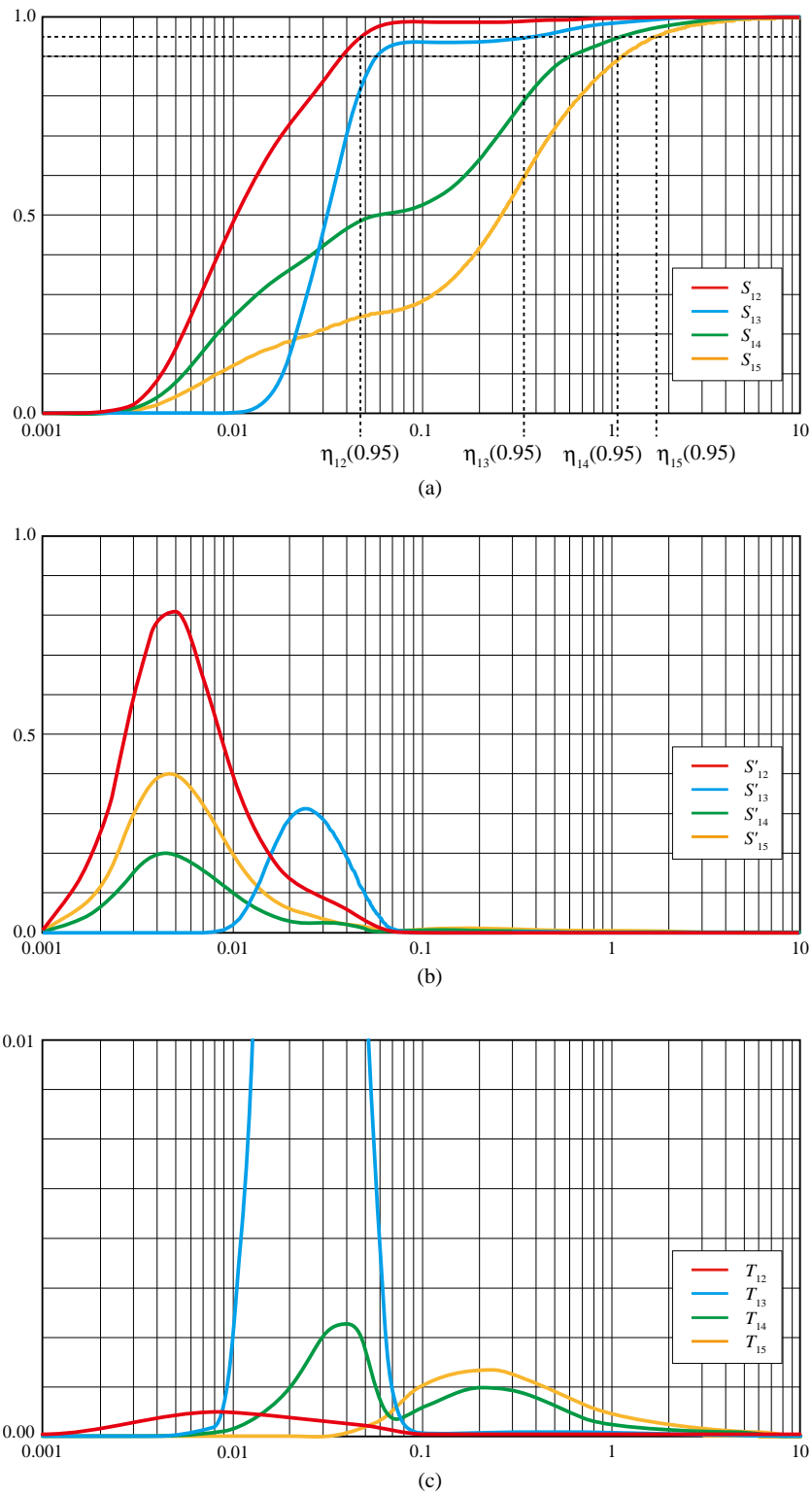


図2 パラメータ h と(a) 類似度関数 $S_{ik}(h)$, (b) 類似特性関数 $S'_{ik}(h)$, 及び(c) 相対類似特性関数 $T_{ik}(h)$ の関係

類似度関数 $S_{ik}(h)$ を微分すると空間スケール毎の類似度指標である類似特性関数 $S'_{ik}(h)$ がえられ, さらにこれに h を乗ずると相対類似特性関数 $T_{ik}(h)$ となる. これらはいずれも点分布間の類似度を空間スケールの関数として定量的に表現する連続関数である.

(2) 点分布の空間的乖離

いま, 面積 T の領域 R において K 種類の点分布を想定する. i 種の点分布における j 番

目の点及びその位置を P_{ij} と z_{ij} と記す. i 種の点と全ての点の数をそれぞれ N_i と $N=N_1+N_2+\dots+N_K$ とする.

これらの点分布を平滑化関数 $\phi(\mathbf{x}, z_{ij})$ を用いて

$$D_i(\mathbf{x}) = \frac{N_i \sum_j \phi(\mathbf{x}, z_{ij})}{\int_{\mathbf{y} \in R} \sum_j \phi(\mathbf{y}, z_{ij}) d\mathbf{y}}$$

(3)

と連続関数化し, 位置 \mathbf{x} における解離度を

$$s(\mathbf{x}; \mathbf{D}) = \sum_i \left\{ \frac{D_i(\mathbf{x})}{\sum_j D_j(\mathbf{x})} \right\}^2$$

$$= \frac{\sum_i \{D_i(\mathbf{x})\}^2}{\left\{ \sum_j D_j(\mathbf{x}) \right\}^2}$$

(4)

と定義する. これを \mathbf{x} で積分すると, 全域における解離度指標を得る.

$$S(\mathbf{D}) = \frac{\int_{\mathbf{x} \in R} D(\mathbf{x}) s(\mathbf{x}; \mathbf{D}) d\mathbf{x}}{\int_{\mathbf{x} \in R} D(\mathbf{x}) d\mathbf{x}},$$

(5)

これも(1)と同様, 平滑化関数 $\phi(\mathbf{x}, z_{ij})$ の定義に応じて点分布の空間的解離度を空間スケールの関数として表現するものである.

(3) 全ての空間スケール表現の集約

本研究ではさらに, 全ての空間スケール表現の集約についても取り組んだ. 図3は点分布の様々な平滑化表現を示す.

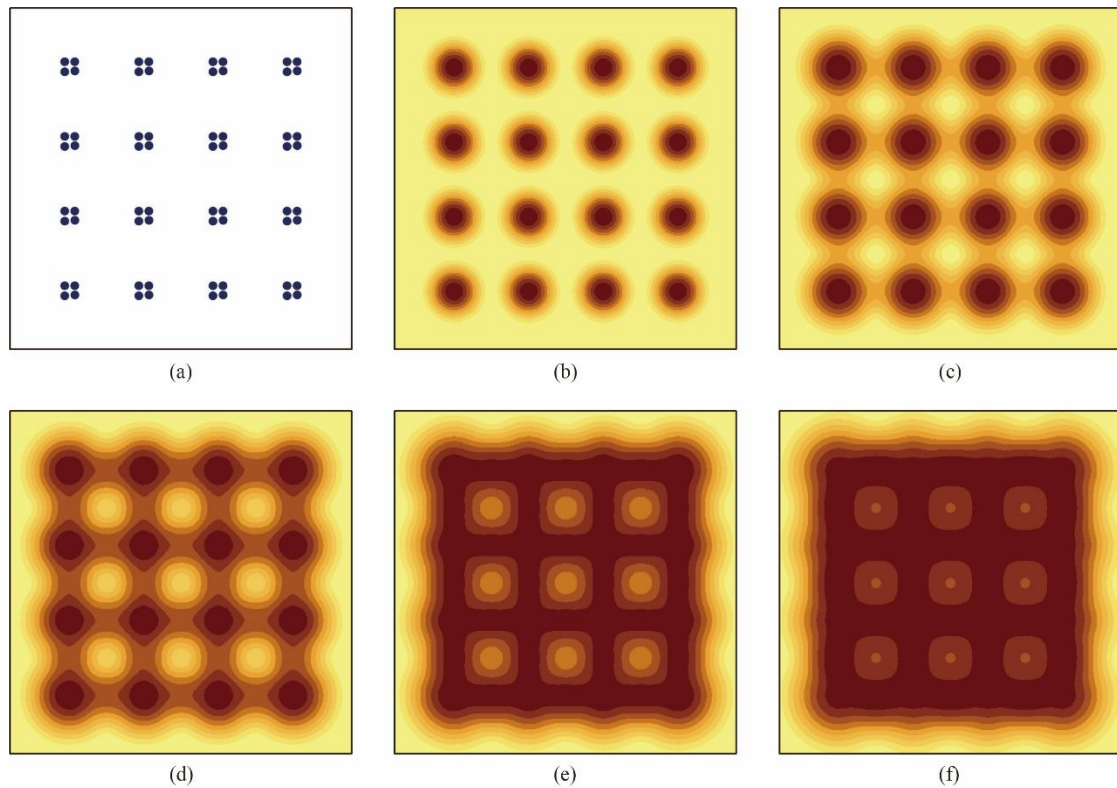


図3 点分布の様々な空間スケールにおける平滑化

これらを全て集約する方法を開発し，その適用を行った．図4にその一例を示す．

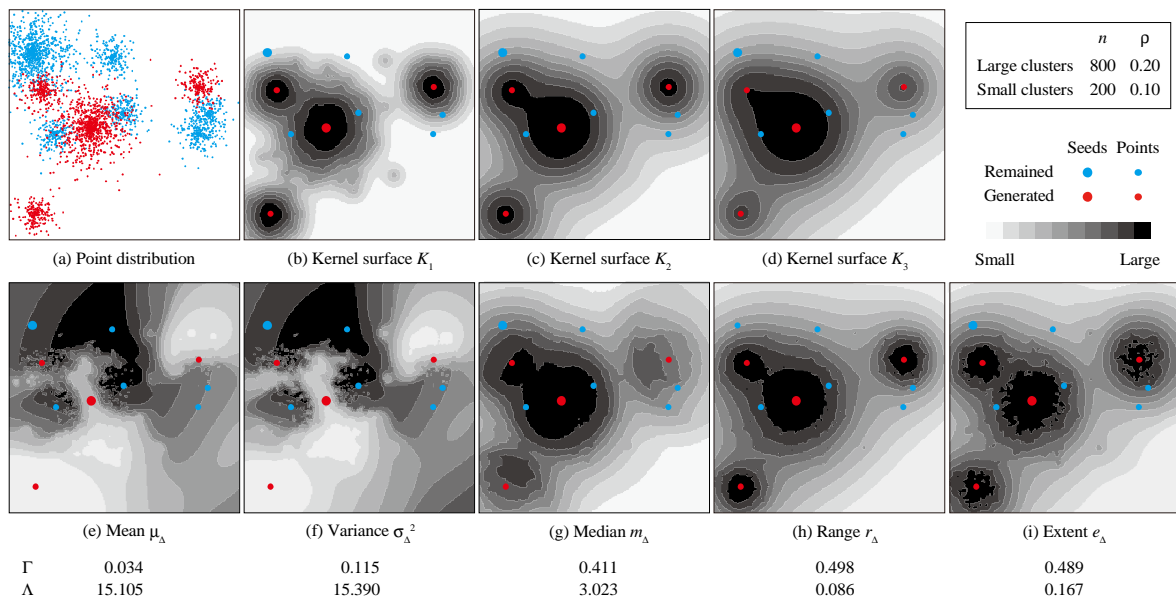


図4 点分布に対する全ての空間スケール表現の集約例

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- 1) Sadahiro, Y (2019): Statistical analysis of spatial segregation of points, Computers, Environment and Urban Systems, to appear.
- 2) Sadahiro, Y (2019): Analysis of the appearance and disappearance of point objects over time, International Journal of Geographical Information Science, 33 (2),

215-239.

- 3) Nurunnabi, A, Y Sadahiro, R Lindenbergh, and D Belton (2019): Robust cylinder fitting in laser scanning point cloud data, *Measurement*, 138, 632-651.
- 4) Sadahiro, Y and Y Liu (2018): A scale-sensitive approach for comparing and classifying point patterns, *Journal of Spatial Science*, <https://doi.org/10.1080/14498596.2018.1492466>.
- 5) Sadahiro, Y (2018): Descriptive measures of point distributions summarized with respect to spatial scale in visualization, *Cartographica*, 53 (3), 185-202.
- 6) Sadahiro, Y and Y Wang (2018): Configuration of sample points for the reduction of multicollinearity in regression models with distance variables, *The Annals of Regional Science*, 61, 295-317.
- 7) Nurunnabi, A, Y Sadahiro and DF Laefer (2018): Robust statistical approaches for circle fitting in laser scanning three-dimensional point cloud data, *Pattern Recognition*, 81, 417-431.

〔学会発表〕(計7件)

- 1) Nurunnabi, A, Y Sadahiro and R Lindenbergh (2017): Robust cylinder fitting in three-dimensional point cloud data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-1/W1, 2017, Paper presented at ISPRS Hannover Workshop, Hanover, Germany, June 2017,
- 2) Tsuruda, M and Y Sadahiro (2017): Study on the system for congestion of the sightseeing facility, Paper presented at The 10th Asia GIS Conference, Hong Kong, China, January 2017.
- 3) 貞広幸雄 (2017): 空間スケール横断型の点分布記述指標群, 地理情報システム学会平成29年度研究発表大会, CD-ROM, 仙台.
- 4) 森岡渉・貞広幸雄・岡部篤行 (2017): 電話帳データを用いた時系列ホットスポット分析, 地理情報システム学会平成29年度研究発表大会, CD-ROM, 仙台.
- 5) 小池束紗・貞広幸雄 (2017): 建物名称に含まれる地名の空間分布について, 地理情報システム学会平成29年度研究発表大会ポスターセッション, CD-ROM, 仙台.
- 6) 森岡渉・貞広幸雄・岡部篤行 (2017): 電話帳データを用いた時系列ホットスポット分析, 地理情報システム学会平成29年度研究発表大会ポスターセッション, CD-ROM, 仙台.
- 7) 山方大志・貞広幸雄 (2017): 学力及びその分散を最適化する学区設定方法の研究, 地理情報システム学会平成29年度研究発表大会ポスターセッション, CD-ROM, 仙台.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

6. 研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者
なし