

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 8 日現在

機関番号： 12601
 研究種目： 基盤研究（B）
 研究期間： 2009 ～ 2011
 課題番号： 21310090
 研究課題名（和文） 複数の空間分布間を分析する手法の開発

研究課題名（英文） Methods for analyzing the relations among the distributions of spatial objects

研究代表者

貞広 幸雄（Sadahiro Yukio）
 東京大学・大学院工学系研究科・准教授
 研究者番号：10240722

研究成果の概要（和文）：

本研究では、複数の空間オブジェクト分布間の相互関係を分析する手法を開発し、その実際の適用を通じて実用性の検証を行った。空間分割構造、ポリゴン分布、点分布の3つの空間オブジェクト分布について、位相関係、階層関係、補完関係、隣接関係という4種類の空間関係を抽出し、可視化する手法を開発した。いずれの手法も、離散構造をグラフとして取り扱い、その中で典型的なパターンを抽出するコンピュータアルゴリズムを用いている。

研究成果の概要（英文）：

This paper developed several methods for analyzing the relations among the distributions of spatial objects. Spatial tessellations, the distributions of polygons, and the distributions of points were discussed in terms of topological relations, hierarchical relations, complementary relations, and spatial proximity. The paper applies the methods to the analysis of real spatial data to validate the significance of the methods.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2009年度 | 5,500,000 | 1,650,000 | 7,150,000 |
| 2010年度 | 7,000,000 | 2,100,000 | 9,100,000 |
| 2011年度 | 2,600,000 | 780,000 | 3,380,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 15,100,000 | 4,530,000 | 19,630,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：社会工学，社会システム，OR，GIS（地理情報システム）

1. 研究開始当初の背景

我が国では、空間情報科学において用いられる空間データは、その質・量ともに、急速に充実しつつある。これには、1) 官民双方から提供されるデータの充実、2) 個人・組織が簡便に利用可能なデータ取得機器の発達、という2つの背景があり、特に2)についてはナビゲーションシステムの援用やレーザースキャナ、ICタグなど、日本の技術水準は世界

的に見ても極めて高い位置にある。また1)についても、民間企業の提供する詳細な住宅データや都市施設データなどは、他国に比類無き水準のものである。この意味において、日本は空間情報科学の国際的な先進国となる可能性を十分に秘めている。

空間データの普及において、ここ数年、特に注目されてきたのは時空間データであった。道路混雑状況やマイクロな気候変動などに

関する、既に実用化されたリアルタイムのモニタリングシステムでは、膨大な時空間データを取得し、その利活用を行ってきた。時空間データの整備と利用は他分野にも大きく広がりつつあり、この流れはさらに加速する様相を見せている。

しかしながら、上述のようなデータ整備が急速に進む一方で、それに対応する分析手法の整備は遅々として進まなかった。そこで申請者らは、分析への需要に対して円滑に対応できるよう、平成18～20年度科研基盤(B)において、先見的に時空間解析手法の開発に取り組んできた。この研究では、点分布とサーフェス分布という限られた分析対象ではあるが、時空間データ自体の固有の性質に着目した新たな解析手法を開発し、適用事例を通じて手法の有効性を検証した。また研究の結語において、手法の発展可能性をいくつか例示し、将来の研究展開の道筋を提示した。

ここで挙げた新たな研究の一つとして、複数の時空間分布間の関係を分析する手法の開発がある。都市における時空間現象という、歩行者や自動車のように連続的に移動するオブジェクト、気温や湿度のように移動を伴わない連続分布、店舗の売り上げや駐車場の利用率のように離散的に変化する数値分布など、多様なものが同時かつ同一地域に、互いに関係し合いながら存在することが多い。時空間データの普及期には、こうした現象の一部だけが時空間データ化されており、複数現象間の関係分析は、實際上、それほど容易ではなかった。しかしながら、近年のデータ取得技術の開発動向を見ると、今後は同一地域内で複数の時空間データが利用可能であるという状況が一般化するものと予想される。従って、こうしたデータに対応する分析手法を現段階から順次開発し、データが整った時点ですぐに分析可能なように準備しておくことが望ましい。

複数の時空間分布間の関係分析は、その基盤として、単一の時空間分布の分析と、複数の空間分布間の関係分析という2つの理論を必要とする。これは丁度、時空間分析が時系列分析と空間分析の両方を理論的基盤として成立しているのと同様である。もちろん、2つの理論が必ず必要である、あるいは反対に、2つを結びつければそのまま新しい分析になる、というわけではないが、高い汎用性と頑健性を持つ理論の構築には、その基盤として堅固な理論的枠組みを据えることが望ましいことは言うまでもない。

申請者らはこの2つの基盤理論のうち、単一の時空間分布の分析については、前述の科研基盤(B)において既に部分的な理論構築を行ってきた。この枠組みは未だ完全に完成したものではないが、点分布やサーフェス分布以外の空間分布についての適用可能性は十

分検討しており、その汎用性は十分高いと評してよい。他方、複数の空間分布間の関係分析については、空間情報科学分野において2つの点分布間の分析手法がいくつか開発されているものの、他の空間オブジェクト分布や多数の空間分布の相互関係となると、その分析手法はほぼ皆無といって良い。複数の時空間分布間の関係分析には、その準備段階として複数の空間分布間の関係分析を行う手法を開発する必要がある、時空間データ取得技術の発展状況を考えると、それはまさに急務である。

2. 研究の目的

以上の状況をふまえ、本研究では、複数の時空間分布間の関係分析を最終的な目標に据えた。その上で、その重要な基盤理論の一つである、複数の空間分布間の関係分析手法の開発を行うことを目指した。

空間分布間の関係の具体例としては、都市内に存在する多様な商業施設分布同士の関係が挙げられる。2種類の商業施設分布を考えると、互いに競合関係にあるもの、競合を取って回避する立地を示すもの、集積効果のために近接立地するもの、機能的あるいは空間的に階層性を持つものなど、その相互関係は様々である。より多種類の分布であれば、個々の関係が複雑に絡み合い、その記述や分析は決して容易ではない。また、商業施設のように点で表される分布だけではなく、道路や鉄道網のようにネットワークとして表されるもの、標高や地価のようにスカラー場として与えられるもの(図示せず)など、同一地域に複数の異なる空間オブジェクト分布が存在するという状況は極めて一般的であり、それらの相互関係はさらに複雑かつ多様である。

このように、一言で複数の空間オブジェクト分布と言っても、その対象は非常に広範に渡り、短い研究期間でその全てを個別に研究対象とすることは、現実的には不可能である。そこでここでは、空間オブジェクト分布の種類にできるだけ依存しない、広く適用可能な汎用性の高い手法を開発した。具体的な適用や検証は、特定の空間オブジェクト分布に限って実施せざるを得ないが、理論開発において適用範囲を十分に検討し、その汎用性をできるだけ確保する。

3. 研究の方法

分析手法の開発を行う研究では、通常はまず分析理論の構築、続いて実証分析による手法の有効性検討、という手順を経る。本研究もこれに倣うとすると、一般的分析手法の理論構築を最初に行い、それを様々な対象に適用するという手順になる。

しかしながら、空間オブジェクト分布の多

様性を考えると、それら全てに適用可能な汎用的手法を研究冒頭から開発することは困難である。汎用性の確保を念頭に置きつつ、手法の適用範囲を徐々に拡大する方が、研究をより円滑に遂行できるものと考えられる。

そこで本研究では、まずは3種類の空間オブジェクト分布を取り上げ、それぞれ理論構築と実証分析を行った。はじめに複数の空間分割構造の関係分析、次にポリゴン分布間の関係分析、最後に点分布間の関係分析である。

空間分割構造とは、行政区や各種公共施設の所轄区、土地利用パターンなどのように、ある地域全体を複数の領域に分割する空間構造を指す。空間情報科学では、空間分割構造は点分布やネットワーク分布などと比べて、特殊な空間オブジェクト分布と考えられることが多い。しかしながら、申請者らはこれまでの研究経験から、空間分割構造の持つ完全被覆性（地域全体を被覆し、全ての地点において構造が同等に定義される）が、分析手法の開発において大きな利点となると考えた。即ち、点分布やネットワーク分布では、オブジェクトの有無に応じて、地点毎に異なる分析手法を用いることが多いのに対し、空間分割構造では大抵、全ての地点を同等に分析することが可能である。このため、分析自体は空間分割構造の方が容易であり、結果的に、最も基本的かつ一般的な空間分析手法の開発に繋がるということが少なくない。実際 Sadahiro and Sasaya (2008)では、複数の空間分割間の関係分析のための基礎理論を論じているが、ここでの理論は、どのような空間オブジェクト分布にも適用可能なものである。また現実世界においても、空間分割構造は数多く存在し、分析手法の適用範囲は非常に広いことから、研究の最初に取り上げる対象としては十分にふさわしいと言える。

二番目に取り上げるポリゴン（面）分布とは、複数のポリゴンの集合として表される分布のことを指す。例えば、半径 400m の円で表されたバス停の利用圏（上図右）、地区公園を表すポリゴンの集合、一定規模以上の小学校の学区などがこれに相当する。ポリゴン分布には、ポリゴン同士の重複を認める場合と認めない場合があるが、本研究ではポリゴン同士が重複しない場合に限って研究を行う。これは即ち、空間分割構造における領域の部分集合に相当し、空間分割構造の一部であると見なすこともできる。

ポリゴン分布を空間分割構造の一部と考えると、その分析には空間分割構造の分析手法を援用すれば十分であるという見方ができる。しかし実際はその反対であり、ポリゴン分布の分析手法の方が、より汎用性の高いものが必要となる。即ち、ポリゴン分布のうち、地域全体をポリゴン集合が完全に被覆するという特殊な場合こそが空間分割分布で

あり、空間分割構造の分析手法が全てのポリゴン分布に対して適用可能なわけではない。従って本研究では、空間分割構造間の関係分析手法の汎用性をより高めるという方向で、ポリゴン分布間の関係分析手法の構築を行った。

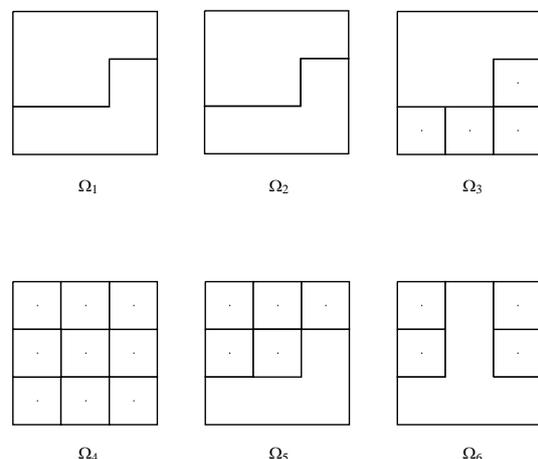
三番目に取り上げる点分布は、公共施設や商業施設の分布のように、広域的に見て点として表現されるオブジェクトの集合である。通常点分布は、空間情報科学では最も基本的な空間オブジェクト分布と見なされるが、空間分割分布とは対象的に、その分析上の扱いは必ずしも容易ではない。その理由の一つは、前述の通り、点自体の存在する地点とその他の地点とで、分析上の取り扱い方を変える必要が生ずることである。それに加えて点分布の場合には、点パターン分析において典型的に見られるように、分析の空間的縮尺の自由度が高く、その設定に恣意性を排除し切れないということも挙げられる。これは既に、最近隣距離法や格子法などの問題点として指摘されていることであり、ここでは敢えて、空間分割構造とポリゴン分布に関する理論構築を終えたのちに、点分布の研究を最終段階で取り上げた。

4. 研究成果

本研究の成果では、前述の通り、3つの空間オブジェクト分布に関する分析手法を開発した。詳細は後述する発表論文に譲るが、手続きは概ね以下のように共通している。

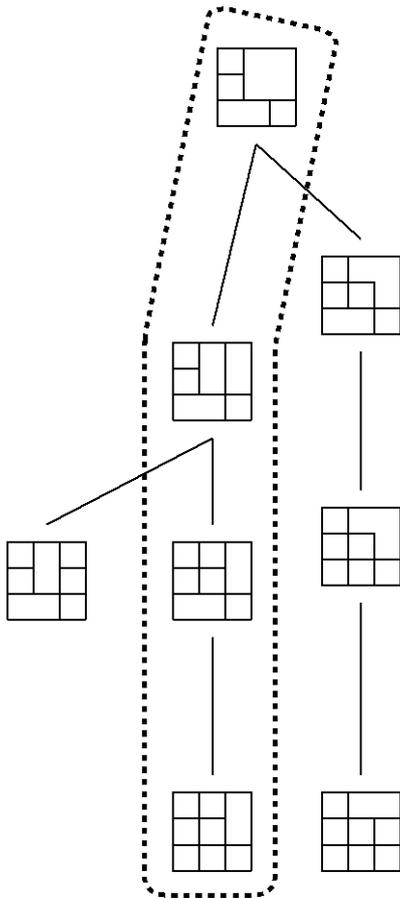
まず第一に、それぞれのオブジェクト分布について、それを構成する最小要素を定める。次に、要素相互間の空間関係を定義する。位相関係や隣接関係など、いくつかの視点が考えられるが、分析の目的に応じて適宜、関係の選択を行う。

空間分割構造の場合、それらを全て重ねた上で、最も詳細な分割構造の構成要素が最小単位となる。下図のような6つの分割の場合、 Ω_4 を構成する全ての要素が最小単位である。

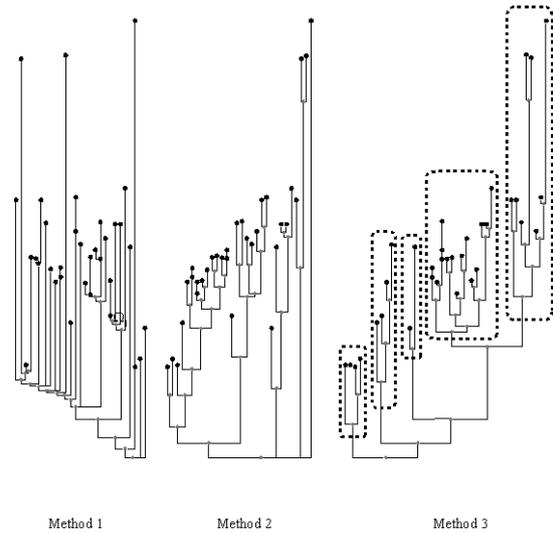


以上の局所的な空間関係を定めた後、広域的な空間関係を記述する。全ての関係はハッセ図によって示すことが可能であるが、それではあまりに表現が複雑になりすぎることから、分析に適した部分構造を抽出する。抽出には何らかのアルゴリズムが必要であり、3つのオブジェクトについて、それぞれ異なるアルゴリズムを開発している。

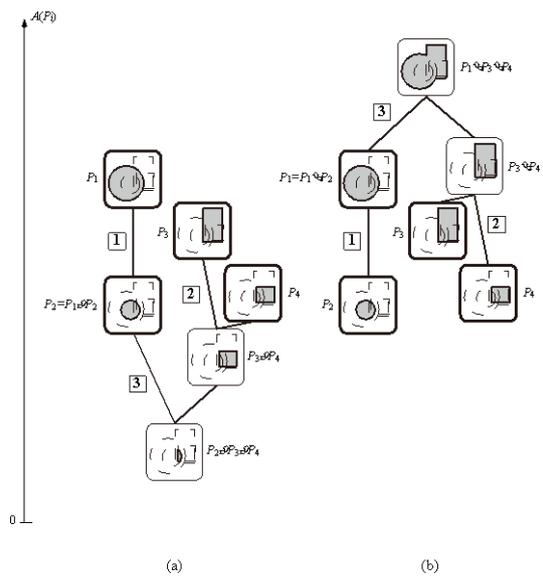
下図は、空間分割構造における包含関係を図示した例である。空間分割構造を構成する各領域間の包含関係をグラフのエッジによって表現することで、分割相互間の関係が明示されている。



さらに大規模なデータに適用した例が下図である。包含関係に基づいて、空間分割構造の類似性という観点からクラスタリングを行っている。右図のうち、点線で囲まれたものが、それぞれ類似グループを表す。



下図は、ポリゴン分布に関する同様の例である。ここでもポリゴン間の位相関係による可視化を行っている。



開発した手法は、それぞれ異なる空間データの分析に適用し、その有効性を検証した。結果は概ね良好であり、手法の一般性と相まって、今後の研究進展が期待されるものであった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)(全て査読付き)

1. Sadahiro, Y. (2012): Exploratory analysis of polygons distributed with overlap, *Geographical Analysis*, , to appear.

2. Sadahiro, Y., R. Lay, and T. Kobayashi

(2012): Trajectories of moving objects on a network: Detection of similarities, visualization of relations, and classification of trajectories, *Transactions in GIS*, , to appear.

3. Sadahiro, Y. (2011): Analysis of the relations among spatial tessellations, *Journal of Geographical Systems*, 13 (4), 373-391.

4. Sadahiro, Y. (2010): Analysis of the spatial relations among point distributions on a discrete space, *International Journal of Geographical Information Science*, 24 (7), 997-1014.

5. 高橋一紀・石川徹・貞広幸雄・浅見泰司 (2012): アーケードが高齢者の雨天時の買い物行動に与える効果についての分析, 計画行政, , 出版予定.

6. 鈴木崇之・石川徹・貞広幸雄・浅見泰司 (2011): 都市施設が居住者のまちへの愛着に及ぼす影響に関する研究, 都市計画論文集, 46 (2), 117-123.

7. 貞広幸雄・岩本晃一 (2011): 配置規定要因分析に基づく施設再配置計画立案支援, GIS - 理論と応用 -, 19 (1), 37-46.

8. 相尚寿・貞広幸雄・浅見泰司 (2010): 用途別の建物床面積と立地傾向の変容傾向による大都市圏駅前商店街の類型化, 都市計画, 45 (2), 23-29.

9. 貞広幸雄 (2010): 複数領域間の空間関係を分析する探索的手法, 都市計画論文集, 45 (3), 127-132.

10. 稲坂晃義・貞広幸雄 (2010): 商業集積形成過程の時系列分析手法の提案と適用, 計画行政, 33 (3), 36-43.

11. 貞広幸雄・貞広齋子・佐藤誠・多田明功 (2010): 人口減少に対応した施設再配置計画立案支援手法の開発 - 距離・容量制約付き集合被覆問題としての定式化と応用, 計画行政, 33 (1), 75-81.

12. 稲坂晃義・貞広幸雄 (2010): 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, 650, 889-896.

13. 貞広幸雄 (2009): 離散地点上に分布する点分布間の空間関係分析手法, 都市計画論文集, 44, 787-792.

[学会発表] (計 3 件)

1. Sadahiro, Y. (2010): Spatial relations among point distributions on a discrete space, Paper presented at the 106th Annual Meeting of the Association of American Geographers, Washington D. C., April 2010.

2. 貞広幸雄 (2010): 領域間空間関係の分析: 手法の提案と地域イメージ解析への適用, 日本地理学会 2010 年度秋季学術大会発表要旨集, 78, 出版予定.

3. 貞広幸雄・貞広齋子・佐藤誠・多田明功 (2010): 施設再配置政策立案支援手法の開発と適用 - メタヒューリスティクスによる複数適正解導出と分析 -, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2010 年春季研究発表会アブストラクト集, 220-221.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

貞広幸雄 (Sadahiro Yukio)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号: 10240722

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

奥貫圭一 (Okunuki Keiichi)
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号: 90272369