

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目： 基盤研究 (B)

研究期間： 2006～2008

課題番号： 18310102

研究課題名 (和文) 時空間解析手法の一般化と空間情報科学における適用

研究課題名 (英文) Theory and Applications of Spatiotemporal Analysis in Spatial Information Science

研究代表者

貞広幸雄 (SADAHIRO YUKIHIRO)

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：

本研究では、時間の経過とともに変化する空間オブジェクトについて、変化過程を分析する手法を提案し、その適用を行った。最も代表的な空間オブジェクトである、点オブジェクトと空間分割を例として取り上げ、その変化を位相及び計量の両面から記述及び視覚化、変化過程の理解とその要因分析に寄与する方法を提案した。適用結果は良好であり、今後、適用対象の拡大と適用例の積み上げが期待される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2007年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	1,963,000

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

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

空間情報科学において、空間データの取得手段はこの10年の間に急速に進歩してきた。GPSやレーザースキャナー、モバイルPCなど、新たなデータ取得機器は、従来取得が困難であった時空間データの大量供給を実現した。

得られた時空間データの解析には、従来、空間解析手法を複数回適用するという方法がとられてきた。しかしながらこのような方法には、規則性を有する空間オブジェクトの変化を検出できない等の問題点があり、時空間データに適した独自手法の必要性が指摘されてきた。

それに対し筆者らは、時空間を一般の多次元空間として捉え、多次元オブジェクト分布を分析する手法を開発してきた。しかしながら、一般的な多次元空間への適用可能性を担保するには、計算時間の制約上、非常に単純な事象のみを分析対象とせざるを得ず、現実の多様な時空間現象を扱うには不十分であることが明らかとなった。

2. 研究の目的

以上のような背景から、本研究では無用の多次元化を敢えて回避し、時空間固有の性質に着目した新たな分析手法の開発を目的とする。時間次元と空間次元を異なる空間とし

て区別し、それぞれに固有の特性、即ち、時間次元は絶対的な方向性を有すること、空間次元はそれ自体が必ずしも一様ではなく、歪みや断裂等を含み得ること、を念頭に置く。そして、これら固有性に起因するオブジェクト変化に着目し、その分析手法の開発と適用を行う。

3. 研究の方法

時空間解析の対象は極めて広範に渡り、その全てを本研究で取り上げることは、事実上不可能である。そこでここでは、代表的かつ重要なオブジェクトから研究を開始し、徐々にその対象を拡大する。まず始めに、最も基本的な空間オブジェクトである点オブジェクトを取り上げ、その時空間解析手法の開発と適用を実施する。次に、空間分割構造について、その変化を分析する手法の開発と適用を行う。

4. 研究成果

1) 点オブジェクトの変化

本研究ではまず、点オブジェクトについて、時空間解析という観点から分類を行った。点オブジェクトの存在する時空間は、大きく

- 離散空間 × 離散時間
- 離散空間 × 連続時間
- 連続空間 × 離散時間
- 連続空間 × 連続時間

の4通りに分類することができる。また、点オブジェクトの変化は

- a) 生成
- b) 消滅
- c) 離散移動
- d) 離散分離
- e) 離散結合
- f) 連続移動
- g) 連続分離
- h) 連続結合

の8通りに分類することができる。このうち全ての変化が起こりうるのは、空間と時間のいずれも連続である場合に限られ、空間あるいは時間が離散である場合には、f, g, hの変化は起こらない。

通常の都市空間は時空間のいずれも連続であるが、本研究では、時空間データや都市現象の実態において、離散空間を想定すべき場合も少なくないことを鑑み、連続時間、かつ、離散空間及び連続空間の両方について、点オブジェクトの変化を分析することとした。

実際の空間データにおいては、オブジェクト分布とその変化は、複数の離散時点における空間データの集合という形で表現される。従って分析には、このようなデータから上述の変化を推定する必要が生ずる。本研究では、オブジェクト毎に最も可能性の高い変化を推定するためのモデルを仮定し、それに基づ

いて点オブジェクトの変化を推定した。

この手法に、いくつかの拡張を加えた上で、NTT タウンページデータにおける商業施設位置データに適用し、その有効性を確認した。店舗の開設、閉鎖、移転が上記 a, b, c に、支店の開設と合併がそれぞれ d, e に相当する。このうち、a と d, b と e, c と {a, b} をデータだけから区別することは困難であるが、確率モデルによる対応が可能である。

次に、この手法の応用として、店舗の集合である商業集積の変化過程を分析した。商業集積を点の集合によって定義し、全体構造の変化を、規模の変化や、局所的な変化の方向などによって詳細に記述し、それを可視化する手法を提案した。

ここでは、店舗の位置毎に記述・可視化し、全体的な解釈と分析を読者に委ねた。従来この種の分析では、時点毎の集積の形態を可視化し、それを並列的に可視化してその解釈を行うという方法をとってきた。それに対し本研究では、変化過程自体を可視化することで、従来方法では分かり難い変化過程を明示し、時空間解析において新たな知見を与えることができた。

上記の手法はさらに、連続分布の変化に対しても応用可能である。連続分布上の特異点（極大点、極小点）を検出し、その変化を時間軸上で追跡することで、連続分布の空間構造の変化を概観することができる。連続分布の変化は連続であることから、前述の a, b 及び f~h の変化によって全体を記述する。

商業集積の変化に関する前述のデータを、店舗密度分布を表す連続関数に変換した上で、その特異点を抽出、変化の記述を試みた。データは時間次元上は離散であるため、その途中を補間によって補い、変化の推定を行った。

ここではさらに、上記5つの変化に、連続関数の値自体の変化を組み合わせてより詳細に変化を記述した。この結果と、変化の背景にある都市構造の変化と併せて可視化することで、変化要因を推測し、計画立案への示唆を得ることができた。

2) 空間分割の変化

次に本研究では、代表的な空間構造の一つである、空間分割の変化を取り上げた。点オブジェクトと同様、空間分割の関わる時空間は

- 離散空間 × 離散時間
- 離散空間 × 連続時間
- 連続空間 × 離散時間
- 連続空間 × 連続時間

の4通りに分類することができる。

点オブジェクトと比べ、空間分割は複雑な空間構造を有している。そのため、構造の変化を考えるには、静的な空間分割間との関係を

まず記述する必要がある。そこでここでは、空間分割同士の相互関係を

- 同一
- 階層的
- 適合的
- 不適合的

の4つに分類した。これらの定義は、空間分割を構成するポリゴン同士の位相関係に依拠しており、相互に排他的な関係である。これらの関係は、空間分割全体同士と、その部分同士のいずれについても定められ、広域的・局所的双方の空間解析を保証する。

こうした位相関係に加え、ポリゴンの大きさに依拠した相互関係、即ち、面積の大小に基づく相互関係を別途定義し、空間分割間の関係をより詳細に記述する。これにより、実際上に問題となる多様な関係を表現し、複数の空間分割の分類や相互関係の分析などが可能となる。

この手法を、様々な都市施設の利用圏域の分析に適用した。相互間の類似性の評価と、それに基づく分類により、施設毎の利用圏域の類似点と差異が明らかになった。また、局所的な類似や相異を可視化することで、その要因を他の施設等との関係で論ずることができた。

この結果をふまえ、次に、空間分割の変化を解析する手法を開発した。離散的に変化する空間分割については、各時点での変化を、2つの空間分割に定義される関係の変化を用いて記述することができる。この方法を用いて、施設利用圏域の変化を分析し、その有効性を検証したところ、やや限定的ながらも有用な結果を得ることができた。

残念ながら、連続的に変化する空間分割の変化については、このような手法をそのまま適用することができない。連続変化を想定した上で、空間分割間の関係をより詳細に記述する手法を開発し、それらを組み合わせることで全体の変化を表現する必要がある。この点については今後の研究課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 13 件)

1. 相尚寿・岡部篤行・貞広幸雄・太田守重 (2008): 時空間解析における基礎概念と解析事例の体系的整理手法, GIS - 理論と応用, **16** (2), 1-10.
2. 笹谷俊徳・貞広幸雄 (2008): 複数の空間分割間の関係性を分析する手法の提案 - 道州制の区域案を事例に-, GIS - 理論と応用, **16** (2), 59-69.
3. 貞広幸雄 (2008): 同一地域に存在する複数の空間分割の相互関係 - 分析・可視化

手法の提案とその適用-, 都市計画論文集, **43** (3), 97-102.

4. 相尚寿・貞広幸雄・浅見泰司 (2008): 中規模商業集積地における建物立地と建物用途分布の変化の時空間解析, 都市計画論文集, **43** (3), 103-108.
5. 稲坂晃義・貞広幸雄 (2008): 周辺土地利用と地域イメージの相関関係の分析とその可視化, GIS - 理論と応用, **16** (1), 69-76.
6. LEE, J.-E. and Y. SADAHIRO (2006): A Method for the Extraction of a Subset of Points from a Large Set of Points Affecting the Distribution of Surface Data : A Case Study of Market Area and Competitive Power Analysis by Sales Data of Micro Scale Retail Stores, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, **9** (1), 1-12.
7. LEE, J.-E. and Y. SADAHIRO (2006): A Method of Detecting Competitors of a Store and Evaluating their Attractiveness in Micro Scale Retail Environment, *Geographical Review of Japan, Series B*, **79** (5), 59-72.

〔学会発表〕(計 24 件)

1. 相尚寿・貞広幸雄・浅見泰司 (2008): 建物立地と建物用途情報を用いた商店街の時空間変化の解析, 地理情報システム学会平成 20 年度研究発表大会梗概集, **17**, 611-614, 2008 年 10 月 16 日, 東京.
2. SADAHIRO, Y. and T. SASAYA (2008): Analysis of the Relations among Spatial Tessellations, *Poster presented at GIScience 2008, 5th International Conference on Geographic Information Science*, Park City, UT, September 24th, 2008.
3. SADAHIRO, Y. and T. SASAYA (2008): Analysis of the Mutual Relationship among Spatial Tessellations: An Application to Urban Analysis, *Paper presented at the 31st International Congress of Geographical Union*, Tunis, Tunisia, August 13th, 2008.
4. 貞広幸雄 (2007): 一般化空間的自己相関分析: Tobler の地理学第一法則の再考, 日本地理学会 2007 年度秋季学術大会発表要旨集, **72**, 521, 2007 年 10 月 6 日, 熊本.
5. 稲坂晃義・貞広幸雄 (2007): 都市空間における商業集積形成過程の分析手法 その1 成長過程による地域分類, 日本建築学会学術講演梗概集, F-1, 805-806, 2007 年 8 月 27 日, 福岡.
6. INASAKA, A. and Y. SADAHIRO (2007): Spatio-temporal Analysis of Retail Distribution Classification by Clustering Process in Urban Space, *Paper presented at*

the 103rd Annual Meeting of the Association of American Geographers, San Francisco, CA, April 5th, 2007.

7. SADAHIRO, Y. (2007): Analysis of Unidirectional and Spreading Event Occurrences, *Paper presented at the 103rd Annual Meeting of the Association of American Geographers*, San Francisco, CA, April 7th, 2007.
8. AI, H., A. OKABE and Y. SADAHIRO (2007): A New Framework to Classify and Distinguish Spatio-temporal Analysis Methods, *Paper presented at the 103rd Annual Meeting of the Association of American Geographers*, San Francisco, CA, April 6th, 2007.
9. SADAHIRO, Y. (2006): Detection of the Direction and Center of Expansion in Spatiotemporal Point Patterns, *Paper presented at the 53rd North American Meetings of the Regional Science Association International*, Toronto, ON, November 6th, 2006.
10. SADAHIRO, Y. (2006): Direction and Expansion in Spatio-Temporal Point Patterns, *Paper presented at GIScience 2006 (Fourth International Conference on Geographic Information Science)*, Munster, Germany, September 24th, 2006.
11. 相尚寿・岡部篤行・貞広幸雄 (2006): 時空間分析のフレームワークと既存研究レビュー, 地理情報システム学会平成18年度研究発表大会梗概集, 15, 253-256, 2006年10月14日, 東京.
12. INASAKA, A. and Y. SADAHIRO (2006): A Quantitative Method of Analyzing and Classifying the Dynamic Change of Retail Distributions in Urban Areas, *Paper presented at the International Geographical Union 2006 Brisbane Conference*, Brisbane, Australia, July 8th, 2006.

〔図書〕(計 1 件)

13. SADAHIRO, Y. (ed.) (2008): *Spatial Data Infrastructure for Urban Regeneration*, Springer, Berlin, September 2008.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

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

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：10272369

(3) 連携研究者

なし