

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24241053

研究課題名(和文) 地理情報科学と都市工学の空間情報解析融合技術の戦略的活用

研究課題名(英文) Application strategies of advanced spatial analysis techniques in the fields of geographic information science and urban engineering

研究代表者

鈴木 勉 (Suzuki, Tsutomu)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00282327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：人間の住まう空間に係る基礎科学としての地理学・地理情報科学において開発・応用されてきた空間解析手法と、人間居住空間創造を目的とした都市工学において開発・応用されてきた空間解析手法を融合した新たな空間解析手法・技術を政策立案に戦略的に活用・展開していくことを目的とした。空間解析手法は多種多様なものが考えられるが、本研究課題では、(1)空間統計解析手法の高度化と戦略的応用、(2)配置最適化・ネットワーク解析手法の高度化と戦略的応用、(3)空間シミュレーション技術の高度化と戦略的応用の3つの分野に大別される手法群に着目して、地理情報科学と都市工学の各専門分野における空間解析手法の高度化を追求した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop new spatial analysis techniques by combining spatial analysis methods which have been advanced and utilized in geography and geographical information science, and techniques of urban engineering which have been developed and used so as to create human settlements, and strategically utilize developed techniques for the decision-making process. The research unit is organized with faculties of engineering and geography of the University of Tsukuba as main members in cooperation with young and spirited faculties from other universities and builds up a common platform by sharing ArcGIS site license. This study focuses on following methods and seeks to enhance spatial analysis techniques which can be utilized in both geographical information science and urban engineering: Advancement and strategic application of spatial statistical analysis method, of location optimization and network analysis, and of spatial simulation technique.

研究分野：都市解析

キーワード：地理情報科学 都市工学 空間統計解析 最適配置 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

我々が生活を営む空間の実態を明らかにし、その有り様を追求する学問としての地理学と都市工学は、それぞれ固有の源流を元にし、ながら独自の発展を遂げてきた。地理学における地理情報科学の発展は、情報化技術の大きな進展とともにめざましい展開を見せており、空間解析の理論と技術の蓄積も進められてきた。一方、都市工学における空間解析技術の応用展開も大きく進歩を見せており、都市空間データ整備の充実を背景に実学として多くの試みがなされてきた。しかし、相互の交流は必ずしも活発とはいえず、独自の方法論とツール開発を行ってきている面が強く、相乗効果を期待できる部分があるにもかかわらず、そうした取り組みは不十分であった。

そこで、基盤研究(A)「地理情報科学と都市工学を融合した空間解析手法の新展開」(平成 21~24 年度、研究代表者：鈴木勉)の研究課題を通して、筑波大学の地理系と工学系のスタッフが中心となって、関係大学からも新進気鋭の研究者にも協力を求めながら、広範な分野の教員が連携して、分野融合型の新たな空間解析手法の開発に取り組んできた。基盤研究(A)「地理情報科学の教授法の開発」(平成 17~20 年度、研究代表者：村山祐司筑波大学教授)で整備した地理情報システム ArcGIS サイトライセンスを共通のプラットフォームとした研究共通基盤を共有し、研究者間の交流、情報交換と共有の場の提供、地理情報科学に関する研究教育の推進、情報発信等を行うことを目的とした GIS 研究教育コンソーシアムの活動や、地理情報ポータルサイト Geography Network を通じて、地理学と都市工学における地理情報処理技術の相互共有による相乗効果を伴った研究・教育の水準向上を実現しつつある。

2. 研究の目的

本研究課題は、こうした学術的蓄積を活用して、地理情報科学と都市工学の空間情報解析融合技術を戦略的に活用していくことを目指して、応用志向型の、科学的知見の政策立案への戦略的活用を意図した空間解析手法の高度化の追求を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、地理情報科学と都市工学の各専門分野における空間解析手法の高度化を追求し、分野間相互の適用可能性を探りながら空間解析手法を戦略的に活用することを目的とする。本研究課題では、

- (1) 空間統計解析手法の高度化と戦略的応用
 - (2) 配置最適化・ネットワーク解析手法の高度化と戦略的応用
 - (3) 空間シミュレーション技術の高度化と戦略的応用
- の3つの分野に大別される手法群に着目し

て、地理情報科学と都市工学の各専門分野における空間解析手法の高度化を追求する。そして、分野間相互の適用可能性を探りながら空間解析手法の戦略的活用を進めた。

4. 研究成果

(1) 空間統計解析手法の高度化と戦略的応用
エジプトナイルデルタの農地における防風林による蒸発抑制効果については、まず、エジプトナイルデルタにおいて防風林の樹液流速や辺材面積の実地観測を行うことで単木の実蒸散量の算出を行い、木の持つ主要特性や微気象データとの相関を調べた。これにより単木蒸散量は飽差や下向き短波放射と非常に高い相関があることが明らかとなったため、Penman-Monteith 式による蒸散量の算出を試みた。また、植栽密度の異なる防風林ごとの防風特性を明らかにしている複数の先行研究を参考に、防風林による風速抑制及び蒸発抑制量を概算し、その効果を推定した。その結果、防風林自体の蒸散量が圃場の蒸発散のうちわずか0.28%であったのに対し、蒸発抑制量は20.39~23.77%と多く、防風林による農地の蒸発抑制効果の存在を示唆した。

広域の都市圏を対象とした地価/賃料分布図作成のための方法論の開発については、茨城県の年齢(5歳階級)別人口構成比データを対象として、組成データ(CoDa)のための分析手法を援用した地区の類型化を行った。具体的には、CoDaの性質をもつ標本間の非類似度をAitchison距離を用いて算出し、階層的クラスタ分析を行い、その結果を視覚化した。さらに、年齢別階級の類型も行い、階級間の非類似度をCoDaのための変動係数で与え、同様に階層的クラスタ分析を行った。類型化の結果は概ね直観と整合する結果を得ており、特に幼年・青を同一クラスタとする分析結果は、統計調査とも整合する結果であった。

空間上の点データの集積を検出する方法については、時間・空間に関して点データを適切な単位で集計し、より少ない計算量で集積の検定を行う方法について検討を行った。ネットワーク上における集積領域検出に関しては、ネットワーク上における形状指標を提案し、これを用いて検出される集積領域の形状複雑度を制限する手法を提案し、任意の形状複雑度設定に応じた点事象集積領域の検出が可能となることを、道路などのリンク単位に集計されたデータを用いて、集積領域となるネットワークをリンクの集合として検出することで示した。

(2) 配置最適化・ネットワーク解析手法の高度化と戦略的応用

物流ネットワークデータを用いた食品流通の結節地域の把握と、食品流通における物流拠点の最適配置のモデル分析については、東日本大震災における水産業復興のための段階的な整備の指針となるべく、三陸沿岸を

対象とした広域的な視点からの加工・流通施設の最適な配置とそのプロセスについて検討を行った。まず、加工・流通施設の被災前の立地状況と津波による被災状況について、地理情報システムを用いて把握した。そして、施設配置問題を用いて、水産加工・流通施設の最適な配置場所とその施設がカバーする圏域を導出し、効率性及び公平性の観点から比較を行った。また、同時最適化と逐次最適化のモデル分析を行うことで、段階的な配置プロセスについて検討を行った。更に、優先的に配置するシナリオを想定することで、より現実的な水産加工・流通業の復興プロセスについて検討を行った。結果として、水産加工・流通業に必要な不可欠である冷蔵倉庫の被災状況について、地理情報システムを用いて津波浸水域内に大多数が立地していることを確認した。最適配置の結果については、p-メディアン問題では需要の多い都市に立地する集中した配置パターンが得られた一方、p-センター問題では等間隔に分散した配置パターンが得られた。逐次最適化モデルと同時最適化モデルの比較では、p-メディアン問題では目的関数値の違いが小さい一方、p-センター問題では大きな違いが見られた。また、全国的拠点漁港へ優先的に配置するシナリオに従って逐次的に配置を行う場合、p-メディアン問題では施設数を10個配置する場合には同時最適化と同様の結果となる一方、p-センター問題では逐次最適化よりも目的関数値が更に悪化した。更に、今回の最適配置と被災以前の加工・流通施設の立地との比較について、総水揚量及び水産加工場数、冷蔵倉庫容積との比較を行うと、p-メディアン問題において各データの順位が高い都市に配置されている傾向が見られるものの、それらの順位と逐次最適化の配置順序とは大きく異なること、つまり、効率性を重視するp-メディアン問題では、逐次最適化が有効であり、優先的に配置する候補点をあらかじめ指定しても問題がないことを明らかにした。一方、公平性を重視するp-センター問題では、予め施設数を設定した上で同時最適化を行った方がよいことがわかった。

k番目に近い施設までの距離を用いて施設の立地を分析するためのモデル構築については、施設閉鎖などによって利用者がk番目に近い施設を利用することになる状況を想定し、施設までの距離の平均値や標準偏差などを用いて立地を評価した。また、最も近い施設と2番目に近い施設までの距離の和と差の分布を解析的に導出した。

非高齢者と高齢者における各々の施設までの接近性の計測と、高齢者社会における望ましい施設配置や交通システムの改善のための政策検討については、首都圏を対象に世帯の家族構成と住宅類型による地域の類型化を行い、高齢者のいる世帯の居住形態及び地域別特徴を明らかにした。また、公共交通の利便性や生活サービス施設の充足度を視

覚化し、地域類型との関連性についての分析も行った。その結果、対象地域を4つの地域に分類し、東京都区部を中心とした40km以内の地域と郊外地域で、公共交通の利便性と施設の充足度の差異を把握した。さらに、世帯の家族構成と住宅類型による主成分分析を行い、その主成分得点を用いて地域分類した結果、地域を4つに分類することができ、高齢者のいる世帯（高齢者同居世帯、単身と夫婦のみの高齢世帯）の居住形態及び地域別特徴を明らかにするとともに、東京都区部を中心とした40km以内の地域と郊外地域で、公共交通の利便性と施設の充足度の差異を把握することができた。

(3)空間シミュレーション技術の高度化と戦略的応用

拡張現実を応用した実空間モデリングシステムの開発と、具体的なケーススタディ地区を設定した実空間モデリングシステムを用いた景観シミュレーションについては、筑波研究学園都市を対象に、1970年代に建設された公務員宿舎等に関する形態文法の解明を通じて、その空間構成を明らかにするとともに、同地区の今後の再開発に向けた景観検討の枠組みの提供を行った。導出された形態文法に基づき、ArcGISおよびCityEngineを用いて、筑波研究学園都市の景観シミュレーションシステムの構築した。対象地区のベースマップとしては、国土地理院の基盤地図情報2500と数値地図2500（空間データ基盤）を利用した。つくば市の基盤地図情報2500には、2011年12月21日時点での建物のポリゴンデータが含まれている。それらの概形はかなり細かくトレースされているものの、そのままでは必ずしも適切な形状という訳ではないため、適宜修正するとともに、三次元形状の自動生成に必要な住棟タイプを属性データとして追加した。道路データとしては、茨城県全域の数値地図2500（空間データ基盤）から切り出して使用した。道路データの属性としては、車道と歩道の幅員を追加した。これらはArcGIS上のデータベースとして、解像度25cmの航空写真レイヤや、その他の用途地域レイヤ、廃止計画区域レイヤなどとともに、統合されている。一方で、導出された公務員宿舎の形態文法に基づく空間構成ルールは、CityEngineのCGA言語を利用して記述した。最後に、文節化されたポリゴン（タイル）をそれぞれのテクスチャに置き換えるルールを追加することで、より現実に近い景観に仕上げた。また、各住棟の階数、階高などは全てパラメータとして変更することが可能であり、自動的にモデルが生成されているため、簡便な景観シミュレーションが実現することができた。

空間情報を活用した新しい計画情報生成方法と最適化シミュレーションによる空間的意志決定については、2011年3月に発災した東日本大震災で東北地方沿岸部において自動車利用過多による幹線道路での渋滞や

道路空間内における人車の混在が避難遅延要因となったことが明らかにされていることに鑑み、東京区部を対象に市街地に構成されている建物特徴によって市街地分類を実施し、道路パターン毎に交通ミクロシミュレータを用いて、避難時における道路網の歩車混在による避難処理能力を定量的に評価した。その結果、歩車混在道路延密度の高い道路網においては、徒歩避難率が低い場合においても歩車の道路内混在および錯綜が発生し、自動車の平均速度低下および遅延時間が増加することが明らかとなった。また、道路延長密度が低くても経路が少ない場合においては、道路あたりの流入量が増加し、歩車の遅延が発生すること、さらに、歩車分離および混在道路が接続する交差点密度が高いと、歩車の錯綜機会が増加することによる避難遅延が発生することも明らかとなり、棟数密度や建蔽率といった建築物の観点から見た市街地特性が同じであっても、構成される道路網形態が異なる場合、避難発生量や自動車利用率が同等であっても避難処理能力が異なることが確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計119件)

Lee, S. and Suzuki, T., A scenario approach to the evaluation of sustainable urban structure for reducing carbon dioxide emissions in Seoul, *International Journal of Urban Sciences*, 査読有, 20(1), 2016, pp. 30-48, 10.1080/12265934.2015.1113141

森本健弘, 農林業センサデータからの推計による農業土地生産性の地域的検討, *人文地理学研究*, 査読無, 36, 2016, pp.1-10.

Estoque, R.C. and Murayama, Y., Classification and change detection of built-up lands from Landsat-7 ETM+ and Landsat-8 OLI/TIRS imageries: A comparative assessment of various spectral indices, *Ecological Indicators*, 査読有, 56, 2015, pp.205-217.

川岸卓司・川口明子・小林隆史・大澤義明, 訪日外国人の訪問地集中指標と一極集中是正に向けた分析 ~ 北海道の宿泊地を対象として ~, *計画行政*, 査読有, 38(4), 2015, pp.50-59.

張心笛・石井儀光・雨宮護・大澤義明, 緑視率から見た街路樹削減効果に関する数理的考察, *都市計画論文集*, 査読有, 50(3), 2015, pp.273-278.

Sugita, M., Yoshizawa, S. and Byambakhuu, I., Limiting factors for nomadic pastoralism in Mongolian steppe: a hydrologic perspective, *Journal of Hydrology*, 査読有, 524, 2014, pp.455-467.

堤盛人・村上大輔・嶋田章, 我が国の三大都市圏を対象とした住宅地価分布図の作成, *GIS - 理論と応用*, 査読有, 22(2), 2014, pp.1-11.

Miyagawa, M., Distribution of the sum of distances to the first and second nearest facilities, *Geographical Analysis*, 査読有, 46, 2014, pp.321-333.

Watanabe, S. and Masuya, Y., Spatial Cognition and Intentional Behaviors in the Post-Sedentary Age, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 査読有, 12(2), 2013, pp.285-291.

Inoue, R., Kasuya, S., Watanabe, T., Spatio-temporal cluster detection of point events by hierarchical search of adjacent area unit combinations, *Proceedings of 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, 査読有, 2013. (USB)

熊木洋太・小荒井衛・中埜貴元, 東京とその周辺の地形改変, *地学雑誌*, 査読有, 122(6), 2013, pp.992-1009.

渡部大輔, 水産復興に向けた三陸沿岸における水産加工・流通施設の最適配置に関する研究, *都市計画論文集*, 査読有, 47, 2012, pp.307-312.

岩間信之・佐々木緑・田中耕市・駒木伸比古・浅川達人, 東日本大震災被災地における食品小売業の復興プロセスと仮設住宅居住者の生活環境問題, *E-journal GEO*, 査読有, 7, 2012, pp.178-196.

ほか

〔学会発表〕(計192件)

Suzuki, T., Optimal Median Locations of Multiple Unreliable Facilities, *The 53rd European Regional Science*

Association Annual Conference, August
26-29, 2013, Palermo, Italy.

ほか

〔図書〕(計19件)

El-Kilani R. M. M., Sugita M., Springer,
Irrigation methods and water
requirements in the Nile Delta, in
Satoh and Samir Eds., *Irrigated
Agriculture in Egypt-Past, Present and
Future*, 2016. (in press)

駒木伸比古, 2014年度東京大学空間情報
科学研究センター共同研究報告書, GIS
を用いた名古屋大都市圏の社会・経済地
図に関する地理学的研究, 2015, 24.

Murayama, Y. ed., Springer Science
+Business Media B.V., *Progress in
Geospatial Analysis*, 2012, 291.

ほか

〔その他〕

科学研究費「地理情報科学と都市工学の空間
情報解析融合技術の戦略的活用」ホームペ
ージ

<http://gis.sk.tsukuba.ac.jp/>

筑波大学「空間情報科学リサーチユニット」
ホームページ

<http://gis.sk.tsukuba.ac.jp/SIS-RU/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 勉 (SUZUKI, Tsutomu)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 00282327

(2)研究分担者

村山 祐司 (MURAYAMA, Yuji)
筑波大学・生命環境系・教授
研究者番号: 30182140

大澤 義明 (OHSAWA, Yoshiaki)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 50183760

杉田 倫明 (SUGITA, Michiaki)
筑波大学・生命環境系・教授
研究者番号: 80235887

渡辺 俊 (WATANABE, Shun)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 60212320

堤 盛人 (TSUTSUMI, Morito)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 70292886

雨宮 護 (AMEMIYA, Mamoru)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号: 60601383

森本 健弘 (MORIMOTO, Takehiro)
筑波大学・生命環境系・講師
研究者番号: 20282303

小荒井 衛 (KOARAI, Mamoru)
茨城大学・理学部・教授
研究者番号: 60360971

大津 晶 (OHTSU, Shou)
小樽商科大学・商学部・准教授
研究者番号: 60360971

井上 亮 (INOUE, Ryo)
東北大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 60401303

渡部 大輔 (WATANABE, Daisuke)
東京海洋大学・海洋工学部・准教授
研究者番号: 30435771

駒木 伸比古 (KOMAKI, Nobuhiko)
愛知大学・地域政策学部・准教授
研究者番号: 60601044

宮川 雅至 (MIYAGAWA, Masashi)
山梨大学・医学工学総合研究部・助教
研究者番号: 50400627

小林 隆史 (KOBAYASHI, Takafumi)
東京工業大学・大学院情報理工学研究科・特
任助教
研究者番号: 90466657

李 召熙 (LEE, Sohee)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・特
任研究員
研究者番号: 80572974
(平成24年度まで研究分担者)

(3)連携研究者

中島 秀敏 (NAKAJIMA, Hidetoshi)
国土地理院・地理地殻活動研究センター・研
究室長
研究者番号: 00742298
(平成26年度連携研究者)

中埜 貴元 (NAKANO, Takayuki)
国土地理院・地理地殻活動研究センター・研
究官
研究者番号: 60511962

(4)研究協力者

崔 唯爛 (CHOI, Yuran)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・
博士後期課程

(平成24年度まで研究協力者)

村上 大輔 (MURAKAMI, Daisuke)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・
博士後期課程

(平成24年度まで研究協力者)

為季 和樹 (TAMESUE, Kazuki)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・
博士後期課程

(平成25年度より研究協力者)

嚴 先鏞 (EOM, Sunyong)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・
博士後期課程

(平成25年度より研究協力者)