

## 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25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20500893

研究課題名（和文）

道路ネットワークデータを活用した都市・地域解析手法の実用に関する研究

研究課題名（英文）

Study on application of methods for regional/urban analysis based on road network data

研究代表者

奥貫 圭一 (OKUNUKI KEIICHI)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：90272369

研究成果の概要（和文）：本研究では、一般の研究者が利用できる都市・地域解析手法を議論し、それを実践するソフトウェアを開発した。とくに道路ネットワークデータを活用することに焦点をあててソフトウェアを開発し、これを世界中の研究者たちに提供した。このソフトウェアを SANET と呼んでおり、具体的な解析手法としては最近隣距離法や K 関数法などといった点分布のパターンを読み解く分析方法、あるいはボロノイ分割法などの圏域分析法などが実装されている。

研究成果の概要（英文）： In this research, we discussed computational methods for regional/urban analysis that are able to be used by researchers in the many research fields, and developed a software for their practical analysis. Especially, we focused on spatial analysis based on road network data, and developed a software toolbox and offered it to researchers all over the world. The software is called SANET, and it implements analytical methods such as the nearest neighbor distance method and K function method and the method with Voronoi diagrams.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：都市・地域解析論

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：地理情報システム, GIS, 都市・地域解析, ネットワーク, 空間統計

## 1. 研究開始当初の背景

(1)阪神・淡路大震災以後、道路ネットワークデータをはじめとする GIS データの整備が進み、とくに道路ネットワークデータは、一般にもカーナビを通じて浸透しており、交通経路探索には十分に利用されている。他方で、交通分野以外の都市・地域解析に目を向けて

みると、道路ネットワークデータを使うべき都市・地域解析手法がほとんど考えられてこず、データの活用が十分には進んでいない。たとえば、施設利用圏を分析する場合、道路ネットワークデータから道路距離を算出することをせず、直線距離で考えることがほとんどである。こうした手法の有効性を裏付け

てきたのは腰塚・小林(1983)などの実証研究である。すなわち、都市または地域における任意の2点について、その間の直線距離と道路距離との間には相関関係があるという知見である。ところが、おおよそ2 km 以下の比較的近い距離になると、この(直線距離と道路距離との間の)相関関係が保証されないことも知られていた。この2 km という数字は、たとえば都市計画においては重大で、多くの生活施設の利用圏がこの範囲におさまってしまう。私たち市民が生活する都市空間が道路ネットワーク空間である以上、道路距離で考える都市・地域解析手法を避けて通ることはできず、国外でも、こうした小地域での分析手法がマイクロエリアデータ分析などとも呼ばれて研究の重要性が説かれている(Buxton,1992)。近年、GIS データとこれを処理するハードウェアさらにはソフトウェアが提供されてきており、道路距離で考える都市・地域解析手法へのニーズはきわめて大きい。

(2)解析手法へのニーズに対しては二つの研究が必要である。一つは解析手法を理論的に考案する研究であり、もう一つは、理論的に考案した手法を実践するための解析ソフトウェアツールを開発する研究である。欧米では、地理的データを分析するためのソフトウェアツールを開発する研究が盛んに行われるようになっており、たとえば、米国 NCGIA (国立地理情報分析センター)、CSISS (空間指向型社会科学研究センター)、ペンシルヴェニア州立大、英国リーズ大学地理学科などが、それぞれ分析ソフトウェアの開発研究を競い合っている。こうした世界的な研究動向を踏まえて、応募者らは、それまでの理論的研究で蓄積されてきた解析手法を実践するためのソフトウェアツールを開発してきた(奥貫ほか, 2006)。ところが、こうして解析手法を実践できるようにしたことによって、実用段階での重大な課題が新たに浮かび上がってきた。

(3)解析を実践するツールを開発したことで初めて、解析によって得られる結果の信頼度が必ずしも高くないことがわかってきた。たとえば、ある都市における犯罪の多発地区を抽出しようとする場合、ある地区で犯罪が多発しているか否かの(空間統計学的手法による)判定において、まったく逆さまの結果が得られることすらあり得る。これまでの研究から、これら結果の信頼度に関係しているものには大きく二つあることがわかっている。すなわち、1) 解析対象領域として入力する道路ネットワークデータのスケール(たとえば、広域スケールか、都市域スケールか、地区域スケールか)、2) 同じく入力データの詳細度(LOD: Levels of Detail)(たとえば、都市間幹線道路だけか、都市内主要道路まで

の道路を含む詳細度か、区画道路までの道路を含む詳細度か)、である。しかし、スケールや詳細度に依存する解析計算結果の信頼度がどれほどのものなのかということは理論的にも実証的にもまだよく解明されていない。この課題は、世界的にも今後研究していくべき重大な先端的課題と認められ始めている(McMaster and Uesery, 2005)。GIS データが整備され、市民レベルで GIS が活用される空間情報社会が到来しつつある現在、解析手法の誤用が多発する危険性もきわめて高まっており、その意味でも早急に取り組むべき課題である。

## 2. 研究の目的

上記の学術的背景を踏まえて、本研究では、まず、道路ネットワークデータを活用することを前提とした都市・地域解析の実践のためのソフトウェアツールを開発し、これを一般の研究者たちに提供し使ってもらいながら、より良いツールをつくりあげていくことを目的とした。また、そうしたツールが提供されるようになると、利用者側から見れば、ツールがブラックボックス化してしまいがちであり、解析方法そのものが抱えているクセをよく考えずに、しばしば誤用してしまう。とくに地理的事象を分析する場合には、地理的スケールの違いを意識する必要があるにもかかわらず、世界的に地理情報の整備が進んでいる中で、必ずしもそうした知識を持ってない研究分野の研究者たちも地理的事象の研究に携わっていることがある。そこで、本研究では、そうした誤用を避けるための理論的追究、さらには、ツール利用の普及をも目的とした。具体的には、1) スケールと解析計算結果の関係、2) 道路ネットワークデータの詳細度と解析計算結果の関係、について、理論的、実証的に検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

上記の目的のため、本研究では、都市・地域解析でしばしば考えられる分布の解析手法について研究を進めた。とくに点パターン分析法と呼ばれる一連の手法の中から最近隣距離法やK関数法と呼ばれる手法をとりあげ、いずれも実際のデータでの検証を含めた研究を理論、実証の両面から進めた。点パターン分析は、近年、犯罪や交通事故の分布解析で一般にも目にされるようになってきている。本研究でも、事故や犯罪のデータをはじめ身近に入手できる都市部のデータを想定して、スケールや詳細度の違いが解析結果にどのような違いをもたらすのか検討した。

さらに、これと並行して、実際に解析を行うためのソフトウェアツールの実装開発を行った。具体的には、国内外における既存の

解析ソフトウェアの検討を行い、これを踏まえて、道路ネットワークデータを活用した解析手法を実践するためのソフトウェアが抱えている課題を議論した上で、国際的に最も普及していると思われる地理情報システムソフトウェア ArcGIS の拡張機能として動作する解析ソフトウェアツールを開発した。その際、都市・地域解析研究の専門家である青山学院大学の岡部篤行教授らに意見を伺いながら、SANET とよばれるソフトウェア開発プロジェクトの中で、本研究の目的を実現することとした。その実装には、(株)パスコの佐藤俊明氏らがボランティア協力してくれ、ベータ版のツールを世界中の研究者に（非営利目的に限って）公開・提供することができている。

#### 4. 研究成果

上記の目的を踏まえて、本研究課題では、主として、都市・地域解析の実践のためのソフトウェアツールの開発と提供、とくに、道路ネットワークデータの利用を前提とした解析ツールについて、実際に研究開発を進めてきた。具体的には、国内外における既存の解析ソフトウェアの検討を行い、これを踏まえて、道路ネットワークデータを活用した解析手法を実践するためのソフトウェアが抱えている課題を議論し、本研究で実現可能な解析ソフトウェアの開発について検討した上で、この開発を進めていくために、国際的に最も普及していると思われる地理情報システムソフトウェア ArcGIS のプラグインとして、解析用ソフトウェアツールを開発した。そのツールは、後述のウェブサイトを通して、非営利の研究目的に限って、世界中の研究者たちに提供されおり、その累計国数は、本課題期間終了時点で、およそ 50 カ国に及んでいる。こうした実際の利用を通じて、世界中の研究者からの要望点、さらには、解析手法が抱えている課題、そして、ソフトウェアツールが抱えている課題が浮かび上がり、それらを解決、改善してきた。その作業は多くの研究者に対して貢献できるレベルにまで達したものと考えている。

ソフトウェアツールの提供に合わせて、必ずしも地理情報の扱いについて十分な知識を持たない研究者たちの利用も視野に入れながら、解析手法やツールの使い方・趣旨を説明する文書・指南書を作成してきた。それらもまたウェブサイトを通じて提供している。ソフトウェアツールの提供とともに、ウェブサイト構築については、代表者が客員を勤める東京大学空間情報科学研究センターに全面的協力を得た。また、実際の分析にあたって注意すべき事柄について、とくに海外からの問い合わせが目立ったことから、それに関連して研究してまとめたワーキング

論文 2 編を英文翻訳して個別に紹介することとした（: MORITA, M. and OKUNUKI, K. 2011. Edge effects in the implementation of the K-function method on a network. Department of Geography, Nagoya University, Working Paper Series 2011-1; MORITA, M. 2011. A study on K-functions at different levels of detail network data. Department of Geography, Nagoya University, Working Paper Series 2011-2.）。

こうして開発を進めてきたソフトウェアツールは、上記のとおり、学会などの機会を利用するなどして、国内外の研究者に使ってもらってきた。本課題期間中には、OS の 32 ビット版と 64 ビット版の登場、ウィンドウズ 7 のリリース、ArcGIS のアップグレード、などがあり、実際に利用してもらう中で、代表者らが事前に想定していなかった問合せが多数寄せられた。日本語版と外国語版でのソフトウェアの振る舞いの違いによるのではないかと思われる問合せなど、多言語対応についても情報が得られた。

本研究を進める上では、まず、従来の都市・地域解析手法についてレビューする必要がある、その作業も成果につながっている。すなわち、国内における既存の解析手法をとりまとめた図書「New Frontiers in Urban Analysis」の一章として出版された。この図書は、国内の主たる都市・地域解析研究者たちの参加によってまとめられたもので、日本での研究実績を国際的に発信していく試みとして貴重であろう。

一方、開発したソフトウェアツールの使い方方を一般研究者に広く示し、誘導するため、実践的な分析例を蓄積することにも注力してきた。具体的には、i) 既存の歴史地理 GIS データを例にとりあげ、これをつかった解析を通して、歴史（地理）分野での応用可能性をアピールすること（アメリカ地理学会などにて発表）；ii) 現代社会における地理的問題に対する解析事例を通して、その解析手法とともにアピールすること（日本地理学会などにて発表）、の 2 つができた。1 点目については、明治期美濃尾張における道路ネットワーク空間の都市システムにおいて、中心地と集落との空間的關係に新たな知見が得られた（図 1）。また、2 点目については、近年になって研究が盛んになっている防災研究の中から、帰宅困難者問題を取りあげ、道路ネットワークデータを活用して帰宅困難者数を推計する実証例を提示した。さらに、保育所の待機児童問題を取りあげ、道路ネットワークを活用して保育所までの近接性を計量的に考えた上で、地域内サービス供給水準の偏りを指摘した。

さらに、都市計画分野で古くからあった基本的な問題について、本課題で開発提供した

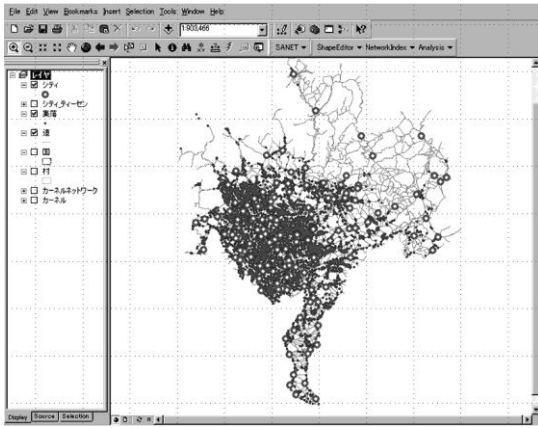


図1. 歴史 GIS データの例

ソフトウェアツールを活用することで、新たな知見を得ることができた。すなわち、2地点間を結ぶ直線距離と道路距離（最短経路の長さ）とに着目し、国内道路網の GIS データを使って、2つの距離の関係を実証的に調べた。2地点間の距離を考えると、その道路距離は直線距離と同じかそれより大きくなるはずである。この道路距離の大きさを左右し得る要素には、地理的スケールと道路網の構造がある。そこで、これらの要素が異なる地域の道路網データをいくつかとりあげて、そこでの2地点間の直線距離と道路距離とを計測することで、地理的スケールや道路網構造などの要素と2つの距離との間にどのような関係が見られるのか実証した。その結果、道路ネットワークデータが詳細道路までカバーしているほど、直線距離に対する道路距離の比とそのばらつきは小さくなる関係が見られた。一方で、空間的広がりの違い（たとえば、都道府県スケールで考えるのか、市町村スケールで考えるのか、といった違い）については、直線距離に対する道路距離の比に対して明確な関係が見られなかった。また、道路線密度が  $15 \text{ km/km}^2$  以上になると、直線距離に対する道路距離の比とそのばらつきがほぼ一定の値を示すことがわかった。一方で、道路網を含む領域の境界位置が直線距離に対する道路距離の比に対して少なからず影響することもわかった。

##### 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1件）

1. 佐藤俊明, 奥貫圭一, 岡部篤行, 岡部佳世, 塩出志乃(2009)ネットワーク空間上における空間的解析ツールの開発, 地理情報システム学会講演論文集, 18, 493-496. (査読無)

〔学会発表〕（計9件）

1. 森田匡俊, 正木和明, 奥貫圭一, 落合鋭充, 小林広幸, 倉橋 奨(2013)大規模災害発生時の大学キャンパスにおける帰宅困難者数の推計, 日本地理学会 2013 年春期学術大会, 於 立正大学, 2013 年 3 月
2. 鈴木克哉, 森田匡俊, 奥貫圭一(2013)直線距離と道路距離との関係に関する実証的研究, 日本地理学会 2013 年春期学術大会, 於 立正大学, 2013 年 3 月.
3. 奥貫圭一(2012)私が出会った Reg Gollidge, 人間・環境学会 第19回大会 ワークショップ 『行動地理学者 Reginald Gollidge — 人間・環境学的視点からの回顧と展望』, 於 横浜国立大学 教育人間科学部 講義棟6号館 201 教室, 2012 年 5 月.
4. 森田匡俊, 奥貫圭一, 谷口真祈子(2012)2変量ローカル・モラン統計量を用いたサービス需給の空間パターンの分析, 日本地理学会 2012 年春季学術大会, 於 首都大学東京, 2012 年 3 月.
5. Okunuki, K. and Mizoguchi, T. (2011) Skinner's GIS Dataset of Early Meiji Japan, Annual Meeting of the Association of American Geographers, 於 シアトル, 2011 年 4 月.
6. 奥貫圭一, 佐藤俊明, 岡部篤行, 岡部佳世, 塩出志乃(2010)ネットワーク空間分析ソフトウェアの開発研究, 2010 年度日本地理学会秋季学術大会, 於 名古屋大学, 2010 年 10 月.
7. 奥貫圭一, 佐藤俊明(2010)ネットワーク空間分析ツール SANET4 の開発研究, ESRI ジャパンユーザ会主催 第6回 GIS コミュニティフォーラム, 於 東京ミッドタウン, 2010 年 6 月.
8. 奥貫圭一(2009)ネットワーク空間上解析ツール SANET の開発, 東京大学 CSIS SYMPOSIUM 2009「空間情報解析の理論と応用」, 於 東京大学 駒場第IIキャンパス内 生産技術研究所 An 棟 2 階コンベンションホール, 2009 年 12 月.
9. 佐藤俊明, 奥貫圭一, 岡部篤行, 岡部佳世, 塩出志乃(2009)ネットワーク空間上解析ツールの開発, 東京大学 CSIS DAYS 2009 全国共同利用研究発表大会, 於 東京大学 柏キャンパス 総合研究棟6階, 2009 年 11 月.

〔図書〕（計1件）

1. 奥貫圭一ほか, New Frontiers in Urban Analysis, (Asami, Y., Sadahiro, Y. and Ishikawa, T. eds.), Crc Pr I Llc. (分担執筆)

〔産業財産権〕

- 出願状況（計0件）
- 取得状況（計0件）

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://sanet.csis.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥貫 圭一 (OKUNUKI KEIICHI)

研究者番号：90272369

(2) 研究分担者なし

(3) 連携研究者

貞廣 幸雄 (SADAHIRO YUKIO)

研究者番号：10240722