

## 論文内容の要旨

論文題目 点・線・面を生成元とする有向ネットワークボロノイ図の生成とそれを利用した解析手法およびそのツールの開発に関する研究

氏名 佐藤 俊明

本研究の目的は、道路網のようなネットワーク空間上で、そのネットワークの方向性や地物の幾何学的形状を考慮した空間解析手法およびそのツールの開発を行い、実データを用いた解析を通して、その有効性を示すことである。

第1章では、既往の研究レビューおよび本論文の目的と意義を示した。

従来の空間解析手法では、解析対象となる空間を均質な二次元平面であると仮定し、解析に用いるパラメータとして直線距離を用いるものが多かった。しかし、都市空間での人や物の移動は道路網などに規定される。そのため都市解析においては、直線距離ではなく、経路距離を用いたネットワーク空間上の解析手法の方が、より現実空間に即した解析が可能となる。また、近年、縮尺が1/2,500のような詳細なネットワークデータの整備やパソコンなどのハードウェアの発達により、以前では実現が困難であったネットワーク空間上の解析手法も実用的となってきた。このようなことから今日では、ネットワーク空間解析手法の開発やこれらを用いた研究も徐々に増えてきた。

ところで、これまでのネットワーク空間上の解析手法を用いた研究は、その対象空間であるネットワーク空間の進行方向が、双方向であると仮定していることが多かった。しかし都市空間においては、人や物の移動は、道路網などの規制情報で規定されることがある。その一つである一方通行規制は、双方向の場合と比べて経路距離が大きく異なる可能性があるため、一方通行規制がかかる市街地などに対して、双方向空間であると仮定した解析を行うことは、より現実空間に即した解析を行うという意味においては、適切な解析を行っているとは言い難い。

また、従来のネットワーク空間解析では、その解析対象となる地物を点としてみなすことが多かった。しかし、都市空間において、店舗などの分布は、主要道路のような線的な施設や公園などの面的な施設による影響を大きく受けていることはありうるため、このような線的施設や面的施設に対する空間解析手法の開発も重要な課題である。

なお、有向ネットワーク空間を考慮することや線的または面的施設に対する空間解析に関しては、概念的には古くから存在するものである。しかし、これらのことに対応した解析プログラムを開発する際、必要となる詳細な処理に関する文献や、実際にツールを開発して解析を行った例は極めて少ないといえる。概念的に認識されている手法の中には、実装する段階で、そのアルゴリズムが現実的であるとは限らないものもあるため、実装化の考察やツールの開発を行い、実際のデータを用いて検証することは重要である。

以上のことを踏まえ、本研究では、第2章から第5章にかけて、様々な解析に応用が可能な、点、線および面に対するネットワークボロノイ図(以降、NVD)の生成アルゴリズムを考え、これらを応用した点分布解析が可能な新たな手法の提案を行い、これらのツールを実際に開発し、それぞれ実データを用いた解析を

行って、その有効性に関して考察を行った。

第 2 章では、圏域解析において最も利用される手法の一つであるボロノイ図を有向ネットワーク空間に拡張した場合、生成に必要なアルゴリズムを考え、それによるツールの開発を行った。

まず、有向 NVD には母点への到達最短経路域を示す内向き NVD と母点からの最短経路域を示す外向き NVD があることを述べ、これらの定義を示した。次に、有向 NVD を生成するためのアルゴリズムを示した。従来の概念的に存在する有向グラフボロノイ図(有向グラフ VD)と、本論文による有向 NVD の処理で異なる点は、有向グラフ VD の場合は、その対象がグラフのノードまでであるが、有向 NVD はネットワーク上の全ての点を対象とすることである。そのため、有向グラフ VD を生成した後に、リンクの両端のノードが異なるボロノイ領域に属するボロノイブリッジにおいて、このリンクが無向リンクの場合は、母点からの等経路距離点でこのリンクを分割して別々のボロノイ領域とし、有向リンクの場合は、このリンクの進行方向の端点までが同一のボロノイ領域になるという処理を行う必要があることなどを述べた。次に、前述のアルゴリズムをもとにしたプログラムを作成し、実際の道路データを用いて無向 NVD と有向 NVD との比較を行った。その結果、今回の事例では、無向 NVD と有向 NVD では、ボロノイ母点数が増えるにつれ、ある程度までその差分が大きくなることや、少なくとも一方通行を考慮するとしなければ得られるボロノイ領域が大きく異なる可能性があることなどを確認した。

第 3 章では、線および面を生成元としたネットワークボロノイ図に関して、その生成アルゴリズムを考え、それによるツールの開発を行い、本ツールと実際のデータを用いた応用解析を行った。

まず、線の施設に対する NVD(線 NVD)および面的施設に対する NVD(面 NVD)の定義を示した。なお、この際、NVD の利点の一つである有向ネットワークを考慮した線 NVD の定義を行った。また面 NVD に関しては、面を構成する外側の辺を母線とした線 NVD とみなすことが可能で、その定義は NVD と同一として示せることを述べた。次に、線 NVD を生成するためのアルゴリズムを考え、実際にツールを開発した。更に、実際の有向ネットワークデータ上で、主要道路に対するひたくり犯罪地点の分布を調べるために、本ツールを用いて、主要道路に対する無向線 NVD、内向き NVD および外向き NVD を生成し、この結果を用いてモンテカルロシミュレーションによる最近隣距離法の応用解析を行った。この結果、今回の事例では、内向き線 NVD では、主要道路付近でひたくり犯罪が発生しているといったことが確認された。

第 4 章では、線のまたは面的施設に対する点分布性状を把握することが可能な新たな手法の提案とそのツールの開発を行った。

都市解析において、鉄道駅やランドマークなどのような長期的に変わらない空間基盤的な施設(基盤施設)は、コンビニエンスストアやファストフード店などのように短期的に盛衰する施設(非基盤施設)の分布に影響を与える可能性が強いことから、基盤施設に対する非基盤施設の分布性状を把握することは重要な課題である。このような解析を行う場合、従来の条件付ネットワーク最近隣距離法(条件付 NND 法)が有効であるが、この手法は点的施設同士の分布性状を示すのものであった。しかし、都市空間では主要道路のような線的な基盤施設や広場などの面的な基盤施設も存在するため、このような基盤施設に対する解析手法を開発することは重要である。そこで、本章では、こうした線のや面的施設に対する点分布性状を定量的に把握するための新たな空間解析方法として、線または面に対するネットワーク最近隣距離法(線 NND 法および面 NND 法)の提案とそのツールの開発を行った。

まず、従来の条件付 NND 法と本手法の異なる点は、本手法では基盤施設上にも非基盤施設が存在することがありえる点で、この点を考慮した計算式を導き出した。次に、計算式に従った線 NND 法による解析ツールを開発した。また、このツールと実際のデータを用い、主要道路に対するコンビニエンスストア、ひったくり犯罪地点、駐車場の三つの非基盤施設の分布性状を求めた。この結果、今回の事例では、コンビニエンスストアは主要路線上に極めて多く立地していること、ひったくり犯罪地点は必ずしも主要路線で多く発生しているわけではなく、一方通行を考慮した場合、主要路線近辺に発生していることなどが確認できた。

第 5 章では、ネットワークボロノイクロス K 関数法 (NVCKF 法) の提案とそのツールの開発に関して述べた。

従来の条件付ネットワーク最近隣距離法などは、基盤施設に対する非基盤施設の分布性状を大まかに把握するには便利な手法である。しかし、これらの手法は、非基盤施設が基盤施設からどれくらいの距離にどのように分布しているかを詳細に把握することもは不可能である。この部分を補うために従来の手法にはクロス K 関数法やネットワーククロス K 関数法がある。しかし、これらの手法も、基盤施設に対してあまり関係が少ないと思われる遠方の非基盤施設に関しても計算対象とするため、その影響が結果に現れる可能性があることが指摘されている。平面空間上では、この点を改良するために、解析対象をボロノイ領域に限定し、遠方の影響を取り除くことによって、より近隣の分布性状を把握することが可能なボロノイクロス K 関数法が提案されているが、本章では、この手法をネットワーク空間へ拡張することによる新たな手法の提案とツールの開発を行った。

まず、基盤施設が点的なものである場合の点 NVCKF 法と、線的なものである場合の線 NVCKF 法の定義を行い、期待値曲線と、棄却域曲線を求める式を示した。次に、本手法によるツールを開発し、実際のデータを用いて、点 NVCKF 法および線 NVCKF 法の解析を行った。その結果、今回の事例では、警察署に対する車上ねらいの犯罪地点の分布は、点 NVCKF 法を用いると、警察署からやや離れた場所に発生しているといったことが確認できた。

第 6 章では結論として、本論文で開発した手法およびツールを用いた解析結果は、従来の解析手法では得ることのできなかつた結果であり、これらの結果から新たな知見を得る可能性があることから、この意味において、本手法は有効であることなどを述べた。また、今後の研究の方向性と拡張性に関して述べた。