

都市・建築空間にはさまざまな幾何学的な秩序が内在している。この空間的な秩序を読み解き、その生成因を明らかにすることは計画学の重要な課題である。距離に基づく幾何学的な秩序の代表的なものに Voronoi 分割がある。均質なサービスが得られる施設が複数存在する場合、人々は特別な理由がない限り、より近くの施設を利用する。この最近隣距離という判断基準に基づく領域区分が Voronoi 分割で、施設間の垂直二等分線がその境界になる。ポストのように単純な機能を持ち、均質に分布している施設の場合は、距離として地図上での直線距離を考えればよいが、より複雑な状況を想定すると、移動に伴う実距離を算定しなければならない。道路網や建築物などの人工物や、地形や地勢などの自然条件を考慮しないと精緻な分析ができない場合がある。

都市・建築空間には移動に対して支障となる障害物が沢山ある。障害物の存在を考慮した実距離に基づく領域分割を一般に障害付ボロノイ図と呼ぶが、本論文は、障害付距離で測定すべき都市・建築空間の事象を統一的に扱う新たな手法を提案し、これまで一般的な解法が不可能とされてきたいくつかの問題に対して、その近似解を提示したものである。

具体的には、Voronoi 分割と双対関係にある Delauney 網に着目する。2次元平面において、障害物以外の領域に Delauney 網を描いた場合、この網目上の2つのノード間の最短経路は、網目を小さくすると障害付距離に漸近する。これを利用すると、不整形な障害物が配置された平面に対しても、障害付距離を近似的ではあるが、確実にかつ簡便に求めることが可能になる。平面上におけるさまざまな障害付問題に対してこの手法を適用すると、複数の母点（あるいは母領域）に対するボロノイ分割や、ウェーバー問題など、距離に依存した圏域策定や最適配置問題が容易に解け、その結果を図示することが可能になる。

本論文では、まず、障害付の平面に乱数を用いて多数の点を発生させ、その Delauney 網を描き、これをランダム・ドローネ網 (rDn) とする。次に、rDn 上において、あるノードから最短距離にあるノードを順次確定して行くと最短経路木が得られるが、この最短経路木に沿う距離をノード間の実距離の近似値と考える。近似距離は実距離より常に大きいですが、その迂回比はノードの数を増加するとある一定の値に収束するので、これを障害付距離として用いる。この近似手法で、実用上大きな支障は生じない。

論文全体は、序章と終章を除き、準備編（第1、2章）、基本編（第3、4章）、応用編（第5、6、7章）の3篇7章より成る。

序章は、研究の背景と目的についての説明で、本論の構成についてまとめている。

第1章では、使用する幾何学的概念や用語を整理し、計算幾何学の観点から、Voronoi 分割、Delauney 網、Dijkstra 法のアルゴリズム等について解説している。

第2章は、関連する既往研究のレビューで、ネットワークの膨張と障害付ボロノイ図、制約付ウェーバー問題等に関するこれまでの研究を概観し、障害付ボロノイ問題を圏域策定と最適配置の視点から位置づけている。

第3章は、障害付ボロノイ図の近似解法の提案で、自由形状の障害物が配置された平面

におけるポロノイ図を  $rDn$  を利用して描くアルゴリズムについて説明している。この解法の妥当性を示すために、 $rDn$  の等方性と  $rDn$  上の最短経路距離とユークリッド距離の迂回比が一定の値に収束することを計算機実験により示している。

第4章は、障害付ポロノイ図の実際の都市・建築空間への適用事例である。ここでは、上野公園における AED(自動体外式除細動)の配置に着目して、それが適正であるかを検討し、改善案を提示している。AED は心臓発作後、できるだけ早く使用する必要があるが、走ってとりに行くことを想定すると、発作を起こした場所と装置が置いてある地点までの障害付距離が発症者の生存率に大きく影響する。上野公園には、池や動物園、美術館などさまざまな障害物があり、最短経路距離と直線距離の乖離が大きいが、こうした事象において実距離を求め、複数の AED が担当すべき圏域を策定するには障害付ポロノイ図が不可欠である。

第5章は重み付けられた領域における制限付き一点ウェーバー問題の近似解法の提案である。一点ウェーバー問題は、ひとつの供給点に対して、複数の需要点を想定した場合に、どこに供給点を置くと最も距離の総和が小さくなるかという問題であるが、これに障害物を導入すると、一般的に厳密解を求めることはできない。しかし、障害物をその属性に応じて距離に重みが付き領域と解釈すると、重み付けた距離に基づく最短経路木を描くことができ、近似的な最適解を求めることが可能になる。この重み付けた領域という考え方は一般化でき、障害物には無限大の、母領域には0の重みを想定することにより、障害物が配置された平面上で、母領域が策定するポロノイ図を描くことができる。

第6章は、第3章の解法の展開で、障害付多点ウェーバー問題の近似解法を提案している。平面上におけるウェーバー問題は、 $rDn$  における  $p$  メディアン問題に変換できるが、これに模擬焼きなまし法を適用すると近似解を求めることができる。その方法を厳密解がわかっているいくつかの問題に適用して、その有効性を確かめている。

第7章は、前章の応用で、大学キャンパスにおける AED の最適配置についてのケース・スタディである。まず、現状の AED 配置を生存率から評価し、次いで、設置台数を変化させたときに、どのように配置するのが最も合理的かについて検討している。その結果として、より少ない数でも現状とほぼ同じ基準値になる配置があることを明らかにしている。

終章は、本論の結論で、研究の成果を整理し、今後の発展の可能性について述べている。

以上要するに、本論文は、ランダム・ドロネ網 ( $rDn$ )に着目し、ノードの数を増やすと、その最短経路木が等方性と安定した迂回比をもつことを利用して、従来では求めることができなかった障害付距離を障害の数や形態に依存しない方法で近似的に求めることが可能であることを示し、これを利用して、障害付ポロノイ図やウェーバー問題の一般的な解法を提案したものであるが、極めて独創的な研究として計算幾何学の進展に大いに寄与するもので、実際の都市・建築空間への適用の可能性の大きさから、汎用性の高い、すぐれた方法論といえる。この手法の出現により、さまざまな事象における圏域策定や最適配置が、より現実的な条件の下で解けるようになり、その適用範囲は広い。これは都市・建築の計画学の分野に新たな方法論を導入するものとして、その意義は極めて大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。