

論文の内容の要旨

本論文では、理論計算機科学の一分野である計算幾何学におけるラベル配置問題を扱っている。地図上には、建物や道路などの対象物に注記(ラベルと呼ばれる)が記入されており、地図上に描かれたものは幾何図形と考えられ、ラベルは長方形で表現される。したがって、ラベル配置問題は平面に与えられた図形の集合に重ならないなどの条件を満たすように、長方形のラベルを配置する問題と言える。

点集合に対するラベル配置問題は大きく分けて、サイズが固定されたラベルを重ならないようになるべく多く配置するというラベル数最大化問題と、ラベルに共通して使用する拡大率を最大化するというラベルサイズ最大化問題がある。どちらの問題も一般には NP 困難と言われる難しい問題であることが知られている。

近年、携帯端末などの普及により、デジタル地図の利用が進み、地図に対して描画範囲の移動、拡大縮小、回転などの操作ができるようになってきた。また、航空管制システムのように対象物が動いている場合もある。それらを紙の地図に対して、動的な地図と呼んでいる。動的な地図に対するラベル配置問題の研究も行われているが、まだ現実に現れる問題に十分対応できているとは言えない。

本論文では、現実に現れる実用的な問題に即したモデル化・定式化を行い、それを解くアルゴリズムを提案している。また、計算量理論を用いてアルゴリズムの解析を行い、理論的な保証も与えている。主に2つの問題を扱っており、その一つは回転する地図において、最大の拡大率とそれを達成するラベルの位置を求めるという、回転する地図に対するラベルサイズ最大化問題である。ラベルの形や配置場所によって問題が何種類かに分類されるが、そのほとんどにおいて、多項式時間で解くことが出来るという結果を得た。回転を許さない場合には NP 困難な問題であるが、回転を許すことによって、問題がやさしくなるという興味深い結果となっている。もう一つの問題は、ラベルが重なっても配置しなければならない場合において、一か所に重なるラベルを減らすという問題であり、点重なり最小ラベル配置問題と名付けている。この問題は航空管制システムを基にモデル化したものであり、近似アルゴリズムを提案している。

これまでラベル配置問題は主に静的な地図を対象に考えられてきたが、本論文では、現実に現れる実用的な問題に即して、動的な地図を対象にラベル配置問題のモデル化を行い、理論保証のあるアルゴリズムの提案を行っている。計算幾何学においてはこれまでも動的な対象物に対する研究は行われてきているが、今後ますます、非常に多くの幾何情報を動的な場面や高次元において扱っていかねばならない。また、コンピュータの高速化により、モバイル端末でもリアルタイムで計算可能な状況になってきている中で、動的な計算幾何学の理論的研究の重要性が増している。このような観点からも、本研究で得られた知見の効果は大きいと考えられる。

論文審査の結果の要旨

本研究では、理論計算機科学の一つの分野である計算幾何学におけるラベル配置問題を扱っている。ラベル配置問題とは、平面上の幾何図形の集合が与えられたとき、幾何図形に対する文字や記号の情報を長方形で表し、その長方形（ラベルと呼ぶ）を定められた条件に従って、配置する問題のことである。ラベル配置問題の最も重要な応用として、地図へのラベル配置が挙げられる。一般には NP 完全や NP 困難である問題が多く、特別な仮定を置くことによって多項式時間のアルゴリズムが得られているような問題である。モバイル端末の普及により、地図に対して表示される範囲の移動や回転、拡大縮小などが可能となっている。このような操作が可能であったり、表示されている対象物が動いていたりする地図は動的な地図と呼ばれている。本研究においては、動的な地図における点に対してラベルを配置する問題を研究対象とし、実社会で現れる実用的な問題を解くための新しいモデル化を行い、その解法を提案し、計算量理論を基にアルゴリズムの解析を行っている。扱っている問題の一つは、回転する地図において、最大の拡大率とそれを達成するラベルの配置位置を求めるといふ、回転する地図に対するラベルサイズ最大化問題であり、この問題に対する多項式時間アルゴリズムの提案をしている。また、ラベルが重なっても配置しなければならない場合において、一か所に重なるラベルを減らすという問題である、点重なり最小ラベル配置問題に対しては近似アルゴリズムを提案している。これらの結果は、理論的にも興味深いものであり、実社会に実際に現れる問題を定式化しているという意味でも、得られた知見は意義のあるものと言える。

本論文では、まず第 1 章で研究背景と研究目的を明らかにしている。ラベルを配置するという問題は様々な分野において現れ、問題設定も様々なものがある。それらを概観し、どのような結果が得られているかの概略を述べている。

第 2 章では、地図に対するラベル配置問題の定義や各種のモデルを説明し、静的な地図に対して考えられている、ラベル数最大化問題やラベルサイズ最大化問題などの問題の種類やそれらに対する既存研究の結果をまとめている。さらに、静的な場合を踏まえ、すでに行われている動的な地図への拡張に関する既存研究やそれらの問題点などを整理し、解かなければならない動的な地図にはどのような問題があるかを精査し、本研究の位置づけが述べられている。

第 3 章では、回転する地図に対する点ラベルサイズ最大化問題を扱っている。ラベルの形や平面上の点のどこにラベルを置くかによって場合分けを行い、それぞれに対して解法を提案し、アルゴリズムの解析を行って時間計算量を求めている。一般にラベルサイズ最大化問題は NP 困難であるにも関わらず、回転という操作を加えることによって、ほとんどの場合が多項式時間で解くことができるという理論的にも興味深い結果を得ている。

第 4 章では、点重なり最小ラベル配置問題を扱っている。通常のラベル配置問題では重

なってしまうラベルは1つを残して、他のラベルを削除するが、航空管制システムなどでは、航空機の情報を消してはいけないので、重なっても削除することはできない。そこで、重なる度合いに対して新しい定義を行い、それに基づいて、新しい問題の定式化を行っている。この問題に対しては、2つの近似アルゴリズムを提案している。一部は動いている点に対しても適用可能なものとなっている。

第5章では、以上の各章を総括し、研究のまとめを行っている。

本論文では、実社会に実際に現れる問題に対して、どのような解を得ることが望ましいかを十分に考えた上でモデル化し、それに対する解法を提案し、計算量理論から解析を行うことにより理論的保証を得ている。理論計算機科学の分野では高度に抽象化された理論に対する研究も重要であるが、現実に即した問題に理論的枠組みから取り組み、それを解決するという工学としての立場に立った研究も重要である。本研究は、そのような立場に立ったものであり、情報工学としての有用性が認められる。また、科学技術の発展により、ますます、可視化する対象も複雑になるとともに、動的な場合への対応や高次元の対象物を扱うことが求められるようになってくる。そのためにも、高次元の動的な幾何学的対象物に対する理論の整備が不可欠であり、本論文はそのような計算幾何学の発展に寄与するものであると考える。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有すると認める。