

# 論文内容の要旨

博士論文題目 グラフの描画問題の計算複雑度に関する研究

氏名 林 邦彦

グラフは構造や関係を表現するための基礎的なモデルであり、データ構造や問題の記述など、計算機科学のさまざまな分野で用いられる。グラフを視覚化すること、つまり平面上に描画することは、その構造を理解するために有効な手段であるが、人手によるグラフの描画はグラフの規模の増大に伴って困難となるため、グラフを自動的に描画する手法が必要とされている。本論文では、いくつかのグラフ族に対する描画問題を定式化し、その問題に対する計算複雑度およびアルゴリズムについて行った研究をまとめたものであり、序論及び結論を含め五つの章から成っている。

第1章では、本研究の目的と意義および背景について述べ、本論文の概説を行っている。

第2章では、根付き順序木の描画問題の一つとして、木構造図の描画問題について考察している。木構造図とは、節点を矩形で与えられる根付き順序木で、プログラム構造などの階層構造の表現のために幅広く用いられている。木構造図の描画手法の一つとして、海野らによって $O(n^3)$ 時間の描画アルゴリズムが提案されており、ここでは海野らと同じ描画を得るより効率的な時間計算量 $O(n\alpha(n,n))$  ( $\alpha$  はアッカーマン逆関数) のアルゴリズムを提案する。

第3章では、根付き非順序木の描画問題について考察している。根付き非順序木は、根付き木のうち子の順序が指定されていないもので、この木に対する描画問題は過去の研究では扱われていなかった。ここではまず、描画に必要な美的制約を与え、その制約の下である幅以下の描画が存在するかどうかを判定する問題を定式化している。整数座標系、実数座標系のいずれの場合についても、この問題がNP完全であることを示し、更に、整数座標系の場合には、各節点の子の数を3以下に制限した場合についてもNP完全であることを示している。

第4章では、一般グラフの動的描画問題の一つとして、予め配置されている矩形の集合に対して、直交順序を保存し、矩形同士が交差しない、という制約の下で、面積最小の再配置を求める問題について考察している。三末らはこの問題に対して $O(n^2)$ 時間の発見的アルゴリズムを提案している。ここではまず、ある面積以下で再配置可能かどうかを判定する問題が、整数座標系でNP完全、実数座標系でNP困難であることを示している。更に、面積最小の再配置を求める $O(n^2)$ 時間の発見的アルゴリズムを与え、このアルゴリズムで得られる再配置面積が三末らの手法による面積以下であることを証明している。また、ランダムな初期配置に対して計算機実験を行い、特に矩形数が多い場合に、三末らの結果に比べて15%~20%の面積で再配置できることを示している。

最後に第5章で、以上の研究成果の結論を述べるとともに、今後の研究課題について述べている。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、計算機科学のさまざまな分野で用いられるいくつかのグラフのクラスに対し、これらのグラフを平面上に自動的に描画することの困難性をグラフ描画問題として定式化し、これらの問題に対するアルゴリズムの提案及び計算複雑度を示すことにより、描画手法の限界を明らかにしたものである。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. 根付き順序木の描画問題である木構造図の描画問題について考察し、過去に提案された木構造図の描画アルゴリズムと同じ描画を得るより効率的なアルゴリズムを提案した。
2. 根付き非順序木の描画問題に対し、描画に必要な美的制約を与え、これらの制約の下である幅以下の描画が存在するかどうかを判定する問題のNP完全性を示した。
3. 一般グラフの動的描画問題である矩形集合の面積最小の再配置を求める問題について考察し、ある面積以下で再配置可能かどうかを判定する問題のNP完全性を示した。さらに、面積最小の再配置を求める発見的アルゴリズムを与え、過去の手法の面積以下の再配置を得ることを証明するとともに、ランダムな初期配置に対して計算機実験で効率的であることを示した。

以上のように、本論文は多くの応用を有するグラフ描画に対し、その計算複雑度を解明するという立場からいくつかの基本的な問題について考察、効率のよい描画アルゴリズムを提案するとともに、これらの問題の計算複雑度を明らかにしたものであり、計算機科学の分野において、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）に学位論文として価値あるものと認める。