

## 審査の結果の要旨

氏 名 秋葉 拓哉

本論文は、大規模グラフにおける2点間の最短経路や到達可能性クエリを高速に処理するための統一的な手法として、枝刈りラベリング法を提案している。近年のインターネットの普及に伴ってソーシャルネットワークやウェブグラフなど非常に大規模なグラフを扱う必要性が増しており、実用上の重要性が高い問題に取り組んでいる。提案手法は、与えられたグラフに対して索引と呼ばれるデータ構造を前計算することによって個々のクエリの高速処理を可能にする枠組みの一種であるが、索引の構築方法に特徴がある。枝刈り幅優先探索によって、現実的な大規模グラフに対して、索引の高速な構築および、索引サイズを小さくすることを可能にしている。このアイデアは簡潔であると同時に汎用性が高く、さまざまな問題に対して適用可能である。

本論文は以下のように全11章からなる。

第1章は序論である。

第2章は、前準備として、グラフとそれに関する基本的な問題やアルゴリズムに関する予備知識を与えている。

第3章は、グラフのための索引手法に関する既存研究を紹介している。

第4章は、提案手法である枝刈りラベリング法の基本的なアルゴリズムを与え、その正しさを証明している。また、理論的な性質として、提案手法によって生成される索引が極小であること、および既存アルゴリズムで活用している中心的な頂点の存在や小さい木幅などのグラフの特徴を仮定すれば提案手法も効率よく動作すること、などを示している。

第5章は、重みなしグラフにおける最短経路問題に対する枝刈りラベリング法の最適化として、ビット並列ラベリング法を提案している。さらに、実験を通して、提案手法が従来手法に比べてはるかに大きなサイズのグラフに対して適用可能であることを示している。

第6章は、有向グラフに対する到達可能性問題を扱い、枝刈りパスラベリングと呼ばれる枝刈りラベリングの変種を提案し、その正しさを示すと同時に、提案手法がminor-closedなグラフに対して効率よく動作することを理論的に証明している。さらに実験を通して、従来手法と同等かそれを上回る性能が得られることを確認している。

第7章は、道路ネットワーク上の最短経路問題を扱い、枝刈り高速道路ラベリングと呼ばれる枝刈りラベリングの変種を提案し、その正しさを証明している。また、実験を通して提案手法が従来手法と同等またはそれ以上の性能を持つことを示している。

第8章は、時間とともに成長するグラフに対してその履歴から特定時刻における2点間の距離などを求める問題を考え、それに対する枝刈りラベリング法を提案し、実験を通してその有効性を示している。

第9章は、グラフの2点間の上位  $k$  本の最短経路を求める問題を考え、そのための枝刈りラベリング法を提案してその有効性を実験的に示している。また、グラフデータマイニングへの応用を議論している。

第10章は、提案手法の効率とグラフの木幅との間に深い関連があることを実験的に示している。

第11章は、結論を述べるとともに、海外の研究者による追随研究、今後の課題について議論している。

以上要するに、本論文は、大規模グラフの索引構造を構築するための簡潔かつ統一的な手法として枝刈りラベリング法を提案し、その理論的性質を分析するとともに、さまざまな問題に対して提案手法の有効性を実験的に検証したものであり、コンピュータ科学、特にアルゴリズム論分野に対する貢献が大きいものと判断される。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。