

氏名	楊 明聡		
学位の種類	博士 (社会工学)		
学位記番号	博 甲 第 9 4 3 4 号		
学位授与年月日	令和2年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Static Resource Allocation in Space-division Multiplexing & Elastic Optical Networks (空間分割多重およびエラスティック光ネットワークにおける静的な資源割当)		
主査	筑波大学 教授	博士 (工学)	張勇兵
副査	筑波大学 教授	工学博士	吉瀬章子
副査	筑波大学 教授	博士 (理学)	繆瑩
副査	筑波大学 教授	博士 (理学)	繁野麻衣子
副査	国立情報学研究所 教授	工学博士	計宇生

## 論文の要旨

審査対象論文は、エラスティック光ネットワークにおける資源の効率的な割当手法に関する研究であり、新しい光デバイスやマルチコア光ファイバの特性を活かし、エラスティック光ネットワークを設計・運用する際に生じる様々な課題に対して、整数計画モデルを用いて理論的構造を明らかにするとともに、高速かつ精度よくネットワークを構築するヒューリスティックアルゴリズムを提案し、その有効性を示している。

第1章では、研究の背景と目的を説明し、そして、既存研究を紹介している。ここで、エラスティックネットワークは、従来の波長分割多重(WDM)ネットワークより波長周波数資源を効率的に利用できる上、複数変調方式の選択やマルチコア光ファイバの利用などにより、超大容量データ伝送を実現する技術であることを述べ、これまでの研究成果を紹介している。次に、これまでの研究の問題点を述べ、本研究の研究成果をまとめている。

第2章では、エラスティック光ネットワークにおけるネットワークの構築問題を扱っている。必要とされる周波数資源と光デバイスであるトランシーバの合計コストに関する問題を整数線形計画問題に定式化している。その問題の困難性により、最もよい光通信経路および変調方式、周波数資源割当の決定、いわゆる最適解を求めることが難しいため、その緩和問題を考え、そして、ヒューリスティックアルゴリズムを提案している。提案アルゴリズムはまず光波長パスからなるバーチャルネットワークを考え、次に変調方式の選択および波長割当を考えるとという二段階に分けることにより計算量を減らす工夫をしている。その結果、実用的規模のネットワークにおいて、従来方式より顕著に優れていることを確かめている。

第3章では、マルチコア光ファイバを用いることにより空間分割多重エラスティックネットワークを構築する問題を考えている。ここで提案される光通信経路の決定手法は、光波長の経路とマルチコア間で満たすべきクロストーク条件とを同時に考慮しており、経路とクロストーク条件とを別々に考える従来手法とは異なっている。また、コア選択の際、コア間干渉を防ぐクロストーク条件を考え、干渉コアを使用しない従来手法とも異なっている。シミュレーション実験により、提案手法は従来の手法より優れていることを確めている。

第4章では、空間分割多重エラスティックネットワークにおいて、空間粒度および通信経路、変調方式の決定と周波数の割当により、必要とされる周波数資源および波長スイッチ、レーザー装置の合計コストを最小化する計画問題を考えている。その問題の複雑さを減らすため、元の問題を波長周波数割当問題と他の資源割当問題に分けて逐次的に解決する手法を提案している。これらの問題を解決するヒューリスティック手法を提案し、シミュレーション実験により、実規模のネットワークモデルにおいては、ヒューリスティック手法で得られる結果は理論解に近く、良い性能をもたらすことを示している。

第5章では、本研究の結果全般に対する考察及び今後の展望について述べられている。

## 審査の要旨

### 【批評】

審査対象論文では、まず、エラスティック光ネットワークにおいて、伝送経路や変調方式、周波数資源、波長スイッチなどを考慮に入れ、必要とされる波長資源およびトランシーバの合計コストを最小化する問題を整数計画問題として定式化し、その問題を解くヒューリスティック手法を提案している。また、シミュレーション実験で提案アルゴリズムの有効性を明らかにし、また、その解は整数計画問題を緩和した問題の解に近いことを示している。次に、空間分割多重エラスティック光ネットワークにおいて、マルチコア光ファイバおよび伝送経路、周波数資源、変調方式を考え、ファイバコア間に生じるクロストーク（信号干渉）条件を満たす効率的な周波数資源割当アルゴリズムを提案し、従来方式より必要とされる周波数資源が少ない解を短い計算時間で得られることを示している。さらに、周波数資源コストのほか、光スイッチおよびレーザー装置などの光デバイスコストを考慮に入れ、ネットワーク全体の構築コストを最小化する計画問題を考え、その問題を解くヒューリスティックアルゴリズムを提案している。これらは当該研究分野ではじめての試みである。提案アルゴリズムは、光パス経路や変調方式の決定やマルチコアの選定、周波数資源の割当など、多くのスケジューリング問題を段階的に分けることにより、計算量を減らす工夫をしている。シミュレーション実験で提案アルゴリズムの有効性を検証し、良い結果が得られることを示している。以上の研究成果は当該研究分野に大きく貢献していると言え、博士論文としての十分な水準に達していると判断する。

### 【最終試験の結果】

令和2年1月27日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。