

## 審査の結果の要旨

氏名 谷村 崇仁

本論文は、次世代光ファイバ通信システムを実現する上で必要となる、光ファイバ物理層のモニタリング技術と光送受信器の制御技術について論じたものである。

第1章「序論」では、研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。本論文の背景では、多様なクラウドサービスを実行するためのフレキシブルな光ネットワークシステムが期待されている中、光通信機器のモニタリングと機能制御による光ファイバネットワーク物理層の運用管理高度化が、次世代システムの実現に不可欠な技術課題であることを示している。本論文の目的では、ネットワーク物理層における運用管理の高度化のためには、デジタルコヒーレント技術により取得される豊富な光電場データから、人手による分析なしで、ネットワークの運用管理にとって有用な情報を取り出す技術の研究が必要であることを述べている。

第2章「デジタル化された光電場の状態推定と制御」では、近年のクラウドサービスの多様化が、これを支える光ファイバネットワークのプログラマブル化を要求することを概説し、その際、モニタリング（分析）と機能制御が重要な要素となることを述べている。そして、プログラマブル化した光ネットワークにおいて、人手による処理なしで新たな種類のモニタを追加可能なモニタリング・フレームワークと、容量だけでなく処理遅延も制御可能な光送受信器が、将来光ファイバネットワークにおける自律性の高い運用管理を実現する上での技術課題であることを述べている。

第3章「深層学習を用いた光電場の状態推定」では、受信光電場から伝送路の状態を推定する物理層モニタリング技術全体を俯瞰し、モニタリング機能獲得の際に要する人手による処理と所要データ量の観点から比較した結果、マニュアルによる事前処理が不要で大量データを有効に活用できる深層学習を用い

た方式が、将来の自律的ネットワーク運用管理に最も有用なモデルであることを述べている。これらを実証するため、デジタルコヒーレント光送受信器を用いた実験系において深層学習に用いる訓練及びテストデータを収集し、特定の対象（例として、光信号対雑音比、シンボルレート、変調方式、および残留波長分散量）を受信光から推定するよう、全結合型深層ニューラルネットワーク（Fully-connected deep neural network: FC-DNN）及び畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional neural network: CNN）を、訓練及びテストしている。訓練済み CNN による推定は、従来必要だった特徴量選択などのマニュアル処理なしで、従来手法と同等か上回る推定精度を示した。この結果は、深層学習を用いた方式が、モニタリング機能の設計開発工数を大きく低減し、次世代光ファイバ通信システムの運用管理高度化に資することを示している。

第4章「光送受信器を用いた光電場の制御」では、深層学習を用いたモニタ方式を、光送受信器を介した光電場の制御に適用した場合、とりわけ伝送容量のみならず処理遅延も制御可能な光送受信器を介した場合の効果を実験的に評価している。まず、光送受信器における誤り訂正を含むデジタル信号処理を制御することで、上位層サービスに合わせた伝送容量と処理遅延を提供可能な、アプリケーション指向型の光送受信器を提案し、動作の実験的検証を行っている。次に、与えられた伝送路状態に適合する光送受信器の動作モードを決定する手順を導出し、最後に、深層学習を用いた物理層モニタが推定した伝送路状態に適合する光送受信器の動作モードを決定し、実際にデータ伝送が可能であることを実証している。その結果、深層学習を用いたモニタを用いて、次世代光ファイバ通信システムの運用管理高度化が可能である見通しを得ている。

第5章「結論」では、本論文で提案した方式の主たる成果についてまとめ、さらに今後の課題と展望について議論し、本論文をまとめている。

以上、これを要するに、本論文は、次世代光ファイバ通信システムにおける物理層の運用管理高度化に資する新たな物理層モニタリング技術と光送受信器制御技術を提案し、実験による評価を通して、その効果と有用性を示したものであり、電子情報工学上貢献するところが少なくない。

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。