

## 内容梗概

本論文は、長距離大容量光ファイバ伝送系の最適設計手法に関して、筆者が関西電力株式会社総合技術研究所、ならびに大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻において行った研究成果をまとめたものであり、以下の6章より構成されている。

**第1章**は序論であり、本研究の背景として長距離大容量光通信研究の現状、および本研究の概要について述べ、本研究の位置づけ、ならびにその意義を明らかにする。

**第2章**では、光ファイバ中の光波伝搬を記述する非線形シュレディンガー方程式の数値シミュレーション手法について述べる。数値シミュレーションに用いる「スプリットステップフーリエ法」の概要について説明し、Mathematica 言語でのコーディング手法について述べる。また光ソリトンの性質を利用した計算精度評価手法、および線形伝送と比較した光ソリトン伝送の特徴について考察した。特に光ソリトン伝送における最適信号強度が、ファイバ減衰定数やカー定数等の物質定数のみで決定され、伝送速度や増幅器間隔に基本的に依存しないことを指摘した。またソリトンの安定性を評価するR値を導入し、シミュレーションによりこれを確認した。この性質はソリトンベースのネットワークを構築する上で有効と考えられる。次に信号の伝送品質の評価手法として、Q値の定義について述べ、伝送パラメータ平面上でQ値を評価する「Qマップ法」について説明する。Qマップ法は非線形性、分散性、増幅器雑音等の影響を考慮しながら最適設計を行う上で非常に有効である。

**第3章**では、Qマップ法を用いた分散補償光ソリトン線路の最適設計手法について述べる。周期的分散補償線路モデルを使って、分散補償量、平均分散、信号強度等の最適値とその許容量について検討した。10 Gbit/s から 80 Gbit/s の線路における分散補償量や平均分散等の線路パラメータを評価するとともに、伝送速度に対するスケールリング則について考察した。また 40 Gbit/s, 640 km 光ソリトン伝送実験を行い、伝送領域が計算機シミュレーション結果と一致すること、また対称型分散補償を行うことで大幅に伝送特性が改善されることを確認した。これらの結果をもとに 40 Gbit/s 伝送技術と偏波多重技術を併用して、通常分散シフトファイバを用いて 80 Gbit/s, 800 km 伝送実験を行い、エラーフリー伝送を確認した。これらの結果からQマップ法による光ソリトン線路設計の有効性を実証した。

**第4章**では、Qマップ法による波長多重光線路の最適設計手法について述べる。近年、実験的に飛躍的進歩を遂げているテラビット級の高密度波長多重線路設計について、Qマップ法の適用性を検証した。波長多重線路ではファイバ非線形性の制約により、光ソリトンに較べてチャンネル当たりの最適信号強度は約 1/10 となり、線形伝送に近い伝送特性となる。この場合でも信号強度は、非線形性による波形劣化と増幅器雑音とのトレードオフで決まっており、Qマップ法による解析は有効である。研究が活発化している 40 Gbit/s/ch の波長多重線路に対して、伝送特性の波長間隔依存性、チャンネル数依存性等について評価し、最適信号強度や分散マージン等の評価を行った。また、ラマン増幅の効果や分散スロープの影響について検討を行い、テラビット級伝送システムの設計条件について考察した。

電力会社固有の光ファイバ設備である光ファイバ複合架空地線 (OPGW) を用いた波長多重伝送フィールド実験を実施し、既存の分散シフトファイバを用いて RZ 符号では、10 Gbit/s、784 km および 40 Gbit/s (10 Gbit/s, 4-WDM)、392 km (増幅器間隔 98.2 km) の伝送に成功した。またその時の最適分散値が、シミュレーション結果と一致することを確認した。また NRZ 符号では、80 Gbit/s (10 Gbit/s, 8-WDM)、588 km (増幅器間隔 98.2 km) の伝送に成功し、線形伝送に近い条件においては NRZ 符号の方が有利となる結果を得た。

**第5章**では、本研究で使用したシミュレーションシステムについて述べるとともに、インターネットを利用したシミュレーション研究システムについて考察した。インターネットを介したシミュレーション相互検証システムにより、シミュレーション結果の信頼性が改善される可能性について指摘した。またインターネット上で効率的に研究を進めるためのグループウェアの設計試作を行った。パーソナルコンピュータ性能の飛躍的向上、シミュレーション技術の進歩、インターネットの発展、Peer to Peer 技術の進展等により、計算機シミュレーションの科学的研究手段としての新たな可能性が拓けてきたことについて指摘した。特に Peer to Peer 技術は、シミュレーション結果の相互検証、および分散的コンピューティングの点から重要である。

**第6章**は結論であり、本研究で得られた結果の総括を行う。