

Title	Ultra High-Speed Optical Soliton Transmission in Dispersion Managed Fibers
Author(s)	廣岡, 俊彦
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3169410">https://doi.org/10.11501/3169410</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ひろ おか とし ひこ 廣 岡 俊 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 5 4 4 6 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	Ultra High-Speed Optical Soliton Transmission in Dispersion Managed Fibers (分散マネージメントを用いた超高速光ソリトン伝送に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 北山 研一  (副査) 教授 谷口 研二    教授 谷野 哲三    教授 岸野 文郎 助教授 松本 正行

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、分散マネージメントを用いた超高速光ソリトン伝送に関する研究成果をまとめたものであり、以下の6章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究に関連する研究分野における現状と問題点をまとめ、本論文の背景と目的を明確にしている。

第2章では、分散マネージメント光ソリトン伝送系の解析モデルを提示している。分散マネージメント伝送路における光ソリトンの伝搬を記述する非線形シュレディンガー方程式を、ラグランジュの変分法を用いて、パルスの特徴づける有限個のパラメータが満たす常微分方程式に還元し、この方程式より得られる知見をもとに、分散マネージメント光ソリトンのダイナミクスを議論している。さらに、伝送路に擾乱が加えられたときの各パラメータの断熱的な変化を記述する方程式を、摂動法を用いて導出している。

第3章では、分散マネージメント伝送系において波長分割多重ソリトン伝送を行なった場合に問題となるチャンネル間の相互位相変調の影響を定量的に評価している。その結果、強い分散マネージメントを施した伝送系では、分散値の変動によってチャンネルの異なるパルスどうしが衝突を繰り返し、従来のソリトンとは異なり理想的な無損失伝送系においても衝突後に周波数が残留することを示している。しかしそのような相互位相変調に起因する各チャンネルの周波数の変動は、適切な分散マネージメントを施すことによって大幅に低減されることを明らかにしている。

第4章では、1チャンネルあたりの伝送容量を増やす方法として、分散マネージメントを増幅器間隔内で複数回施した、高密度分散マネージメントによる光ソリトン伝送の超高速化を検討する。同一チャンネルにおける隣接パルス間の非線形相互作用を数値シミュレーションによって解析し、ソリトン間の非線形相互作用を最小限に抑えるための、最適な高密度分散マネージメント伝送路の設計を示している。さらに、適切に設計された伝送路のもとで、陸上基幹系の規模での1チャンネルあたり伝送速度160Gbit/sの超高速光ソリトン伝送の可能性を、数値シミュレーションを用いて明らかにしている。

第5章では、分散マネージメント光ソリトン伝送系の特性を改善する伝送制御技術を検討している。まず、平均分散値が零に近い分散マネージメント伝送路において、利得に非線形性を有する媒質によってソリトン成分を選択的に増幅するとともに雑音成分の蓄積を抑制することによって、ソリトン伝送の定常化、安定化を実現できることを示している。次に、分散マネージメント伝送路中のソリトンのパルス幅の周期的変動を小さくするために、ファイバの分

散値を適切にプログラムし、光位相共役素子を用いて分散補償を行うことによって、伝送特性の大幅な改善が図れることを示している。さらに、従来の狭帯域フィルタを用いた伝送制御において問題となっていた雑音成分の成長が、波長分割多重伝送におけるチャンネル間の相互位相変調によって位相をランダムに変調し、雑音のスペクトルを周波数領域において拡散させることによって、大幅に抑圧できることを示している。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果の総括を行なっている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、分散マネジメント技術に基づく光ソリトン伝送系の超高速化を目的として、分散マネジメント伝送路中の光ソリトンの非線形相互作用の解析や、伝送路の設計指針ならびに非線形効果を応用した伝送制御技術の評価、検討を行なっている。本研究で得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 分散マネジメント伝送系において波長分割多重ソリトン伝送を行なった場合に問題となるチャンネル間の相互位相変調の影響を定量的に評価し、その結果、相互位相変調に起因する各チャンネルの周波数の変動が、強い分散マネジメントを施すことによって大幅に低減されることを明らかにしている。
- (2) 1チャンネルあたりの伝送容量を増やす方法として、分散マネジメントを増幅器間隔内で複数回施した高密度分散マネジメントによる光ソリトン伝送の超高速化を検討し、同一チャンネルにおける隣接パルス間の非線形相互作用を最小限に抑えるための、最適な高密度分散マネジメント伝送路の設計を示している。さらに、残留分散スロープを最小限に抑え、分散プロフィールを適切に設計することによって、分散フラットファイバの分散値にばらつきがある場合においても、陸上基幹系の規模で高品質な超高速ソリトン伝送が可能であることを示している。
- (3) 分散マネジメント光ソリトン伝送系において、利得が非線形性を有するデバイスにフィルタを組み合わせた伝送制御を用いることで、雑音成分の蓄積を抑制し、ソリトン伝送の定常化、安定化を実現できることを明らかにしている。次に、光位相共役素子を用いて分散補償を行うことによって、伝送特性の大幅な改善を図ることができ、1チャンネルあたりの伝送容量を著しく増やせることを示している。さらに、波長分割多重伝送におけるチャンネル間の相互位相変調によって雑音成分の位相をランダムに変調し、スペクトルを周波数領域において拡散させることによって雑音成分の成長を抑圧できることを示し、狭帯域フィルタが高密度波長分割多重ソリトン伝送に適した伝送制御技術であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、光ソリトン伝送系において分散マネジメント技術を用いることにより、伝送特性の大幅な向上が実現されることを明らかにしている。これらの成果は、分散マネジメント光ソリトンを用いた超高速光伝送系の具体的な設計に向けての基礎的知見を与えており、光通信工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。