

Title	Study on Wavelength-Division-Multiplexed Optical Soliton Transmission in Dispersion-Managed Lines
Author(s)	菅原, 弘人
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42147
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	菅原弘人
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15482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 工学研究科通信工学専攻
学位論文名	Study on Wavelength-Division-Multiplexed Optical Soliton Transmission in Dispersion-Managed Lines (分散マネージメント線路における波長分割多重光ソリトン伝送に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 塩澤 俊之
	(副査) 教授 小牧 省三 教授 森永 規彦 教授 前田 肇 教授 池田 博昌 教授 北山 研一 教授 元田 浩 講師 戸田 裕之

論文内容の要旨

本論文は、分散マネージメントを施した線路における波長分割多重光ソリトン伝送に関する理論的、実験的研究をまとめたもので、以下の6章から構成されている。

第1章では、本論文の背景、目的ならびに概要について述べ、ここで取り上げた研究の位置づけを行なっている。

第2章では、本論文における解析の基礎となる事項を示している。具体的には、光ファイバ中のパルス伝搬を記述する基本方程式にラグランジュの変分法を適用し、パルスを特徴づける有限個のパラメータの変化を記述する常微分方程式系を導出している。また、分散マネージメント伝送路での単一パルスの基本的な振る舞いを示している。

第3章では、波長分割多重光ソリトン伝送方式において、伝送特性を制限する要因の1つである波長の異なるチャンネル間の非線形相互作用による周波数シフト、位置ずれを理論的に解析している。その結果、分散マネージメント技術を用いることにより衝突後に残留する周波数シフトが低減されることを示し、その低減メカニズムを明らかにしている。さらに、この残留周波数シフトを最小にするための光増幅器の配置法や分散マップの設計法の基本指針を示し、最適分散マネージメント伝送路の一例を提案している。

第4章では、残留周波数シフトによる時間ジッタを解析し、第3章で提案した最適な分散マネージメントを用いることにより、時間ジッタが大きく低減されることを示している。また、位置ずれによる時間ジッタが支配的となる現実的な伝送路を考え、波長の異なるチャンネル間の非線形相互作用に起因する時間ジッタを算出している。その結果、時間ジッタ量は伝送路の平均分散値が小さい場合に大きくなることを明らかにしている。さらに、増幅器雑音に起因する時間ジッタと併せて評価し、時間ジッタ量を最小にするための伝送路の最適な平均分散値を提案している。

第5章では、1.1Tbit/s (55channels×20Gbit/s) 高密度波長分割多重光ソリトンの3,020km伝送実験とその結果について述べている。また、本実験で用いられたいくつかのデバイス技術を紹介すると共に、分散マネージメントを用いた波長分割多重光ソリトン伝送の現状について述べている。さらに、本実験結果を理論解析の立場から議論している。

第6章では、本論文で得られた成果を総括して述べている。さらに、波長分割多重光ソリトン伝送の将来についての考察を行なっている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、波長分割多重光ソリトン伝送方式において、分散マネジメント技術を用いた伝送特性改善を目的として、波長の異なるチャンネル間の非線形相互作用に起因する信号の周波数シフト、時間ジッタの解析を行なっている。また、分散マネジメントを用いた1.1Tbit/s、3,020km波長分割多重光ソリトン伝送実験の結果を示し、長距離大容量光通信における本方式の有効性を実証している。得られた結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 波長分割多重光ソリトン伝送において、分散マネジメント技術を用いることにより波長の異なるパルスどうしの衝突に起因する残留周波数シフトが低減されることを示している。特に、理論解析によって周波数シフトの低減のメカニズムを解明したことは、従来から行なわれてきた数値シミュレーションによるアプローチとは異なり、新たに得られた一般的な知見である。このことにより、残留周波数シフトを最小にするための光増幅器の配置法や分散マップの設計法の基本指針が明らかになり、最適分散マネジメント伝送路の一例を提案している。
- (2) 波長の異なるパルスどうしの衝突が伝送システムに与える影響を定量的に評価するために、時間ジッタの解析手法とその解析結果を示している。伝送路を構成するファイバの分散値の変動幅が小さい分散マネジメント伝送路において問題となる残留周波数シフトによる時間ジッタの解析は、すでに他の研究者によって行なわれていたが、本論文ではその解析において不十分であった点を改良し、時間ジッタが1チャンネルあたりの伝送レートに大きく依存するという興味深い結果を得ている。さらに、本論文で提案した最適な分散マネジメントを用いることにより時間ジッタが大きく低減されることを示している。
- (3) 衝突に起因する位置ずれが支配的となるような伝送路を構成するファイバの分散値の変動幅が大きい分散マネジメント伝送路における時間ジッタの解析手法を示している。伝送路でのパルスの振る舞いや衝突の形態が複雑になるこのような伝送路において、従来までに提案されていた手法とは異なる新たな手法を提案している。また、現実的な伝送路において解析した結果、時間ジッタ量は伝送路の平均分散値が小さい場合に大きくなることを明らかにしている。さらに、増幅器雑音に起因する時間ジッタと併せて評価し、時間ジッタ量を最小にするための伝送路の最適な平均分散値を提案している。
- (4) 1.1Tbit/s、3,020km波長分割多重光ソリトン伝送実験とその結果を示している。この結果は、1チャンネルあたりの伝送レートが20Gbit/s以上の伝送実験としては、これまで報告された中で最も長い伝送距離を実現したものである。従来光ソリトン伝送は、波長の異なるチャンネル間の非線形相互作用等の問題により波長分割多重には適さないとみなされていたが、この実験結果によって分散マネジメントを用いることによって、ソリトン伝送方式の長距離大容量伝送が可能であることを実証している。

以上のように、本論文は次世代の長距離大容量光通信において注目されている波長分割多重光ソリトン伝送において、伝送特性を制限する波長の異なるチャンネル間の非線形相互作用の問題に対し、分散マネジメントを用いることによってこの相互作用が低減されることを理論解析により示している。また、本論文は数学・物理の基礎知識を駆使して最先端技術の直面する問題解決のための指針を与えた工学的に極めて独創的な研究であると言え、通信工学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。