



Title	Study on Soliton Control in Long-Distance Fiber Transmission and Mode-Locked Fiber Laser
Author(s)	Suttawassuntorn, Waiyapot
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42375
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	すったわーすんとーん Suttawassuntorn	わいやぽっと Waiyapot
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	
学 位 記 番 号	第 1 6 2 3 1 号	
学 位 授 与 年 月 日	平成13年 3 月 23 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 Soliton Control in Long-Distance Fiber Transmission and Mode-Locked Fiber Laser (長距離ファイバ伝送およびモード同期ファイバレーザにおけるソリトン制御に関する研究)	
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 塩澤 俊之	
	(副査) 教 授 北山 研一 教 授 森永 規彦 教 授 小牧 省三 教 授 前田 肇 教 授 元田 浩 助教授 松本 正行	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、長距離ファイバ伝送およびモード同期ファイバレーザにおけるソリトン制御に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的ならびに概要について述べている。

第2章では、本論文で用いた解析手法を示している。具体的には、光ファイバ中のソリトン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、ソリトンパルスの各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、ファイバの分散値を長手方向に変化させて伝送路を設計する分散マネージメント伝送路でのソリトンパルスの振舞いを示している。

第3章では、ソリトン制御（フィルタ、同期振幅変調器）と分散マネージメントを利用したソリトン伝送システムの特性を述べている。分散マネージメントソリトンの場合ファイバ中のパルス幅とスペクトルは変化するため、フィルタと変調器を挿入する位置がエネルギーに関する安定性に影響する。システムの安定性を調べるため、線形化安定性解析を提案し、制御素子を挿入する位置によりその効果が変わることが明らかにしている。さらに、変調器制御を用いる場合にはパルスのチャープがタイミングに関する安定性に影響を与えることを明らかにしている。

第4章では、分散マネージメント能動モード同期ファイバリングレーザのジッタと安定性について調べている。基本的にモード同期ファイバレーザはソリトン伝送制御システム（第3章）と同様に考えられる。つまり、分散マネージメントを用いることにより、タイミングジッタをかなり小さくできることが分かった。しかしながら、過剰な分散マネージメントはエネルギーに関する不安定性と線形モード（幅が広くてエネルギーが小さいパルス）成長を引き起こすことも明らかにしている。また増幅器、フィルタ、振幅変調器の挿入位置もタイミングジッタとエネルギージッタに影響を及ぼすことを示している。

第5章では、位相依存増幅器によって制御されたソリトンについて述べている。位相依存増幅器では自然放出雑音は信号に加わらないことから理想的な増幅器である。周期的に位相依存増幅器が挿入された光ファイバ伝送系におけるソリトン伝送では安定な伝搬状態が複数個存在することを明らかにしている。

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。

論文審査の結果の要旨

本論文は、長距離光ファイバ伝送およびファイバリングレーザにおけるソリトン制御の有効性に関する研究成果をまとめたものであり、以下の成果をあげている。

- (1)ファイバの群速度分散の符号が周期的に反転する分散マネジメント伝送路においては、ソリトンパルス幅やチャープが周期的に変動するため、伝送路のどの位置にフィルタや変調器などの制御素子を挿入するかによって制御の効率や安定性が大きく変化することを見出している。特に狭帯域フィルタによる制御の場合、分散マップ中の正常分散ファイバ中点付近にフィルタを挿入すると、ソリトンパルスのエネルギーが不安定になり、長距離の信号伝送ができなくなる可能性があることを見出している。そして、定常な伝送状態のまわりの線形安定性解析を行い、安定性の変化を定量的に解析する手法を提案している。さらに、分散値が正および負の非ゼロ分散シフトファイバからなる長距離分散マネジメント伝送路を例にとり詳細な解析およびシミュレーションを行い、フィルタによるソリトン制御が不安定になる条件を明らかにしている。
- (2)フィルタや変調器によるソリトン制御の効率と安定性は、長距離伝送だけではなく、モード同期ファイバリングレーザの特性を決定するうえでも重要である。本論文では、分散値が異なる複数のファイバからなる分散マネジメント能動モード同期ファイバリングレーザからの出力パルスの雑音特性を解析している。雑音源としてレーザ共振器中の光増幅器からの自然放出雑音を想定し、(1)で開発した線形安定性解析の手法を拡張して、出力パルスに含まれる時間ジッタおよびエネルギージッタを理論的に求めている。その結果、レーザ中のフィルタおよび変調器の位置の違いによって、時間ジッタおよびエネルギージッタともに大きく変化することを見出しており、低雑音の出力パルスを得るためには、共振器中のこれらの制御素子の位置を適切に選ぶことが重要であることを明らかにしている。
- (3)ファイバ中の光ソリトン伝送制御の一つとして、位相依存増幅器を伝送路中に挿入することを検討し、そのような伝送路中のソリトン伝搬をラグランジュの変分法および数値計算によって解析している。位相依存増幅器は特定の位相を持つ光を強く増幅するため、その条件を満足する位相をもつ特定の振幅のソリトンが安定に伝送されること、また、位相依存増幅器が一定の間隔で離散的に挿入された伝送路では安定な伝送状態が複数個存在することを見出している。

以上のように、本論文は光ファイバ中のソリトン伝送制御に関する多くの知見を得ており、通信工学の発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。