

Title	Temporal Multiple Soliton Complexes Transmitted and Generated in Dispersion Managed Systems
Author(s)	毛, 雪松
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48448
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	モウ セツ ショウ 毛 雪 松
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 1 9 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	Temporal Multiple Soliton Complexes Transmitted and Generated in Dispersion Managed System (分散マネージメント系におけるマルチソリトンの伝送と発生に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 助教授 丸田 章博 (副査) 教 授 北山 研一 教 授 谷野 哲三 助教授 松本 正行

論 文 内 容 の 要 旨

This dissertation treats temporal multiple soliton complexes transmitted and generated in dispersion managed (DM) systems including transmission line and lasers, which are based on the research the author carried out during his Ph. D. course at the Department of Electronics and Information Systems, Graduate School of Engineering, Osaka University.

The dissertation is organized as follows :

Chapter 1 is a general introduction, where background and recent progress in the field of bi-soliton transmission, harmonic mode locking and pulse bunching realized in stretched pulse fiber ring laser are presented. The problems in current researches and the purpose of this study are presented. The organization of the whole work is also given.

Chapter 2 presents research model of all-optical DM transmission system and passively mode locked stretched pulse fiber ring laser, and establishes mathematical model (nonlinear Schrödinger equation (NLSE) for transmission system and Ginzburg-Landau (G-L) equation for stretched pulse fiber ring laser) of them for simulation work. Average group velocity dispersion (GVD) of the DM transmission system is so low that the third order dispersion (TOD) effects cannot be neglected when considering subpico-second pulses. Hence, TOD is included in the NLSE as a perturbation term.

Chapter 3 firstly shows the TOD effects on single and coupled Gaussian pulses. Then, averaging method is proposed for reducing dispersive wave created by TOD, and obtaining uni-soliton and bi-soliton pulses under TOD perturbation. Supposing uni-soliton is a bell-shaped single Gaussian pulse preserving a parabola phase, a group of differential equations is obtained by variational methods for theoretically predicting pulse center shift amount introduced by TOD. Theoretically predicted value accords simulation value quite well. Properties of uni-soliton and bi-soliton obtained with and without TOD are also compared.

Chapter 4 shows the possibility of producing equidistantly distributed pulse sequence with two pulses within one

roundtrip in passively mode locked stretched pulse fiber ring laser from initial random noise. The reason of producing two pulses within one roundtrip is shown by investigating the first five hundred periods of free propagation of initial noise. In the first stage, one pulse is formed. The pulse is not stable so that it radiates energy during propagation. The radiated energy is amplified to form another pulse. Then, contribution of gain bandwidth and nonlinear gain coefficient are studied by fixing all parameters except gain bandwidth and nonlinear gain coefficient, respectively. Gain bandwidth stabilizes pulse spacing, while nonlinear gain accounts for the number of pulses appeared within one roundtrip. Transition regions, namely, the region where different number of pulses are observed when laser operates at different time, along nonlinear gain coefficient axis are found.

Chapter 5 shows the possibility of producing bi-soliton from low peak single Gaussian pulse in stretched pulse fiber ring laser. In order to bind equidistantly distributed pulses to form bi-soliton, nonlinear gain coefficient is increased nearly ten times larger than that used in harmonic mode locking situation, and a new parameter named as high order nonlinear gain is introduced to account for gain saturation effects. Then, high order nonlinear gain coefficient is studied. It is divided into two parts : asymmetric bi-soliton region and symmetric bi-soliton region. In asymmetric bi-soliton region, pulse spectrum center locates at positive and negative side, corresponding to the same pulse in essence. In symmetric bi-soliton region, pulse spectrum center converges to 0. Symmetric bi-soliton has exact anti-phase relation, while asymmetric bi-soliton has no constant phase difference.

Chapter 6 gives the conclusions of the thesis by summarizing the overall results.

論文審査の結果の要旨

本論文では、分散マネージメント系におけるマルチソリトンの伝送と発生に関する研究を行っている。分散マネージメントを行った伝送系については、光ファイバの三次分散を考慮した伝送路において、パルス間隔が不変なパルス対である双峰ソリトンが伝搬可能であることを示し、ファイバ・パラメータに対する双峰ソリトンの存在領域を数値シミュレーションによって調べている。分散マネージメントを行った発生系については、ストレッチパルス・ファイバリングレーザにおける高調波モード同期パルスと双峰ソリトンの発生過程を数値シミュレーションに基づいて詳細に調べ、これらのマルチソリトンが形成される条件、およびマルチソリトンの特徴づけるパラメータの、発生系のパラメータに対する依存性を明らかにしている。得られた結果を要約すると、以下の通りである。

- ・三次分散を考慮した分散マネージメント伝送路においても、双峰ソリトンが伝搬可能であることを数値シミュレーションにより示している。また、伝送路を構成するファイバのパラメータに対する双峰ソリトンの存在領域、双峰ソリトンの特徴づけるパラメータのファイバ・パラメータに対する依存性、雑音を付加した場合の双峰ソリトンの安定性などを調べている。特に、双峰ソリトンの伝搬速度に対する三次分散の影響については、理論解析と数値シミュレーションによって精査している。
- ・ストレッチパルス・ファイバリングレーザにおいて、雑音から高調波モード同期パルスが発生（セルフスタート）する様子を数値シミュレーションによって調べている。従来、安定なパルス発生を行うには、ファイバリング中を単一のパルスが周回する基本モード同期を用いることが必要であった。一方、ファイバリング中を複数（ N 個）のパルスが同時に周回する高調波モード同期では、パルスの繰り返し周波数を N 倍にできる利点がある。本論文では、狭帯域増幅特性の帯域幅と非線形利得係数に対する高調波モード同期の安定性について詳細に調べ、帯域幅に対するパルス間隔の安定性、非線形利得係数と発生するパルス数との関係を示している。また、ある非線形利得係数に対しては、初期雑音に応じて、発生するパルスの個数が異なることを示している。発生するパルスの個数が 1 ないし 2 となる非線形利得係数に対して、2 つのパルスが発生する場合には、振幅およびパルス幅が異

なった2つのパルスが発生することを示している。

- ・高次の非線形利得がファイバリング中を周回するパルスに影響を及ぼすようなストレッチパルス・ファイバリングレーザにおいては、微弱なガウス形パルスを初期値として用いると、双峰ソリトンが発生することを数値シミュレーションによって示している。ここでは、ストレッチパルス・ファイバリングレーザにおいて、基本モード同期によってファイバリング中に単一のパルスが発生することはよく知られているので、その単一パルスを初期値として、双峰ソリトンの発生の様子を調べることを想定している。本ファイバリングレーザで得られた双峰ソリトンと伝送系を伝搬する双峰ソリトンは、その特徴が類似しており、本レーザの双峰ソリトン発生用光源としての有用性を示している。また、高次の非線形利得係数が双峰ソリトンの特徴づけるパラメータに与える影響について精査している。その結果、非線形利得係数の大きさによって、時間的に対称な波形の双峰ソリトンが存在するパラメータ領域と非対称な波形の双峰ソリトンが存在する領域が存在することを示している。

以上のように、本論文は分散マネージメントを行った伝送系と発生系におけるマルチソリトンの伝搬および発生を数値シミュレーションによって調べ、系のパラメータに対するマルチソリトンの存在範囲やマルチソリトンの特徴づけるパラメータの、系のパラメータに対する依存性を明らかにしている。本論文では、工学的な見地から見て、分散マネージメント系とマルチソリトンの関係を理解する上で非常に評価の高い成果が得られている。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。