Osaka University Knowledge Archive

Title	Evaluation and Domain of Applicability of Analytical Methods for Optical Solitons in Dispersion Managed Systems
Author(s)	Vincent, Cautaerts
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42059
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【74】

氏　　名	Vincent（ヴィンセント）　Cautaerts（コータルツ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　15455　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	Evaluation and Domain of Applicability of Analytical Methods for Optical Solitons in Dispersion Managed Systems （分散マネージメント伝送系における光ソリトンの解析手法の評価とその適用範囲に関する研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　北山　研一 （副査） 教　授　前田　肇　　教　授　森永　規彦　　教　授　小牧　省三 教　授　池田　博昌　　教　授　塩澤　俊之　　教　授　元田　浩 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伝送系における光ソリトンの解析手法の評価とその適用範囲に関する研究成果をまとめたものであり、以下の4章から構成されている。

第1章は序論であり、まず長距離超高速光ファイバ伝送系において通信品質劣化の要因となる光ファイバの損失、群速度分散および非線形効果について概観し、それらが如何に克服されてきたかを示している。それらのうち、群速度分散と非線形効果を同時に克服するための技術として現在活発に研究がすすめられている分散マネージメントに注目し、マネージメントを施した伝送系を伝搬する光ソリトンである分散マネージメントソリトン（DMソリトン）の基本的振舞いについて示している。ここで、DMソリトンとは分散マネージメントの周期毎に同一の時間波形となる光パルスである。

第2章ではDMソリトンの解析手法を紹介するとともに、著者が新たに得た知見を加え、各解析法を詳細に評価している。まず、適当な初期波形を伝送路に入力し、数多くの周期にわたってパルスを伝搬させることにより、DMソリトンの存在が予想されることを示している。次に、周期毎に得られた時間波形を数値的に平均することにより、DMソリトンの実体を明らかにする方法を示している。ここでは、平均化のための新たなアルゴリズムを提案し、従来の平均化法に比べて容易かつ高速であることを示している。しかし、これは非線形偏微分方程式である非線形シュレディンガー方程式を直接数値計算する手法であるため、DMソリトンの持つ物理的意味を汲み取ることは難しい。そこで、近似的ではあるが種々の物理的考察が可能な変分法による解析について示している。まず、DMソリトンを線形チャープを持つガウス関数で近似し、有限個のパルスパラメータに対する常微分方程式系によりDMソリトンの振舞いを調べている。これよりDMソリトンが平均分散値が正常分散となる場合においても存在する伝送系の臨界パラメータが解析的に求められることを示している。次に、平均化法によって見つかっていたパルスの裾の振動を説明するために、DMソリトンをエルミート・ガウス関数展開で近似する新たな方法を提案し、パルスの裾のダイナミックスを明らかにしている。一方、ガイディングセンター理論は次の2つの場合においてDMソリトンの解析に適用できることを示している。まず、伝送系における分散値の変化が比較的小さく、この変化が通常のソリトンに対する摂動とみなせる場合にはDMソリトンを解析的な表式で表すことができる。次に、非線形性が線形伝送系に対する摂動とみなせる場合には、DMソリトンのスペクトルに関する積分方程式が得られる。ここでは、この積分方程式を効率的に数値解析する手法を提案している。

第3章では前章で示した種々の解析手法の比較検討を行い、その適用範囲を明らかにするとともに、必要な数値計算量など別の観点から見た比較も示している。その結果、解析すべき伝送系が与えられた場合に、どの手法を用いた解析が有効であるかの判断基準を明らかにしている。

第4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

本論文では、長距離超高速光ファイバ伝送系における通信品質劣化の要因である光ファイバの群速度分散および非線形効果を同時に克服するための技術として現在活発に研究がすすめられている分散マネージメントに注目し、マネージメントを施した伝送系を伝搬する光ソリトンである分散マネージメントソリトン（DMソリトン）の解析手法の評価を行うとともに、その適用範囲を明らかにしている。本研究で得られた結果を要約すると、以下の通りである。

(1) DMソリトンの解析手法を紹介するとともに、著者が新たに得た知見を加え、各解析法を詳細に評価している。数値シミュレーションによりDMソリトンの存在を予想するとともに、数値的な平均化法により、DMソリトンの実体を明らかにしている。一方、近似的ではあるが種々の物理的考察が可能な変分法による解析によりDMソリトンの基本的振舞いを明らかにし、またいくつかの有益な結果を解析的に示すことに成功している。さらに、ガイディングセンター理論に基づく解析法を示し、DMソリトンのスペクトルに関する積分方程式の新たな数値解析法を提案している。

(2) 種々の解析手法の比較検討を行い、その適用範囲を明らかにするとともに、必要な数値計算量など別の観点から見た比較も示している。その結果、解析すべき伝送系が与えられた場合に、どの手法を用いた解析が有効であるかの判断基準を明らかにしている。

以上のように、本論文は次世代の長距離超高速光ファイバ通信において注目されている分散マネージメントソリトンの基本的振舞いを明らかにするための解析手法の評価を行うとともに、その適用範囲を明らかにしている。この研究成果は、最適な光伝送システムの設計指針を与える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。