

氏 名	薩 摩 順 吉 さつ ま じゅん きち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 460 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 数 理 工 学 専 攻
学位論文題目	STUDIES ON SOLITONS IN NONLINEAR WAVE SYSTEMS

(非線形波動系におけるソリトンの研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 上 田 顕	教 授 池 田 峰 夫	教 授 大 矢 勇 次 郎
--------	--------------------	-------------	---------------

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は非線形波動を伴う系にみられるソリトンに関する著者の研究をまとめたもので、9章よりなっている。

第1章においては、非線形分散波動系に関する研究の今日までの流れを、現象面と数学的手法の開発・発展の面から、ひろく総括したのち、以下の各章の内容を簡単に紹介している。

第2、第3章は不均一系での有限振幅波としてのソリトンの伝播を記述する方程式の通減摂動法による導出と、ソリトンの伝播特性の摂動による効果の解析にあてられている。すなわち、第2章ではプラズマ中のイオン音波伝播の際の電子波との相互作用を考察し、ある条件下ではランダウ減衰以外に新しい減衰効果を付加する必要があることを示している。

第3章においては、底に起伏がある場合、起伏に沿って伝播する浅水波への起伏の影響を調べ、微小振幅波については局在波存在の一般的条件を示し、有限小振幅波については、それを記述する方程式として2次元の Korteweg-de Vries (KdV) 方程式を導出してソリトンの摂動に対する安定性を論じている。

第4章においては、非線形 Schrödinger 方程式の初期値問題を逆散乱法により調べ、とくに変調波がソリトン列に分裂する条件、束縛状態生成の条件、束縛状態にあるソリトンに対する摂動の影響を明らかにするとともに、数値実験により双曲函数型の初期値問題を詳しく調べている。

第5章においては、広田の方法を拡張し、2次元 KdV 方程式に対して、伝播方向の異なる任意個数のソリトンの相互作用を記述する厳密解を見出し、その2次元効果を調べている。なんら制限条件のない2次元系方程式の任意個数のソリトン解が得られたのはこれが始めてである。

第6章においては、やはり広田の方法を用い、生態系の Volterra 方程式と等価な非線形回路網方程式について任意個数のソリトンの相互作用を記述する厳密解を求めて、ソリトンの衝突の様子などを詳しく調べ、従来の数値実験の結果と比較検討を行っている。

第7、8章においては、ソリトン解を求める解析的方法の構造を調べた結果を述べている。すなわち、

第7章では、ソリトン解として有する方程式の特性である無限個の保存量を Bäcklund 変換 から導出する系統的方法を KdV 方程式について示し、Miura 変換の意味を明らかにしている。ついで非線形 Schrödinger 方程式、変形された KdV 方程式、sine Gordon 方程式についても無限個の保存量を見通しよい形で導出している。

第8章においては、逆散乱法と広田の方法との間にくい違いのあることを、浅水波のモデル方程式に対する任意個数のソリトン解を例にして明らかにしている。

第9章は以上の著者の研究を総括し、今後の研究の方向について著者の見解を述べている。

論文審査の結果の要旨

非線形波動現象における孤立波の発見は前世紀半ばであるが、その重要性が注目され始めたのは、今から10年余り前に、エルゴード問題を調べる目的の計算機実験において、粒子的性格の波束ソリトンが発見されてからである。その後、非線形波動系を記述する漸近的方法として平均化法などが開発されて、流体力学のみならずプラズマ物理・格子力学などの分野でも同様の非線形波の存在が明らかとなり、また数学的にも逆散乱法、通減摂動法、広田の方法が発見ないし開発されて、この方面の研究は著しく進展している。

本論文は、このような情况下で著者が行ってきた非線形波動系にみられるソリトンに関する研究をまとめたもので、得られた主な結果は以下の通りである。

1. 摂動を伴う不均一系でのソリトンの伝播特性を調べるために、通減摂動法によりプラズマ中のイオン音波伝播の方程式を導出して電子波との相互作用を考察し、ある条件のもとではランダウ減衰以外に新しい減衰効果を付加する必要があることを示した。また、底に起伏のあるとき、起伏に沿って伝播する浅水波の方程式を通減摂動法で求め、その伝播に対する起伏の影響を調べた。すなわち、微小振幅波については局在波存在の一般的条件を示し、有限小振幅波については、それを記述する方程式が2次元 Korteweg-de Vries (KdV) 方程式となることを示し、そのソリトン解の摂動に対する安定性を論じた。以上はこれまで直観的に導かれていた結果を通減摂動法を用いて系統的により詳しく調べたもので、この方法の有効性を示した。

2. 逆散乱法により非線形発展方程式のソリトン解を見出すことは広く行われているが、初期値問題はあまり考察されていない。著者は非線形 Schrödinger 方程式の初期値問題を逆散乱法により調べ、変調波がソリトン列に分裂する条件、束縛状態生成の条件、束縛状態にあるソリトンに対する摂動の影響などを明らかにした。

3. 広田の方法を拡張して2次元 KdV 方程式の、伝播方向の異なる任意個数 N のソリトンの相互作用を記述する厳密解を見出し、その2次元効果を調べた。なんら制限条件のない2次元 N ソリトン解が得られたのは、これが初めてである。

4. 同じく広田の方法を用い、生態系の Volterra 方程式と等価な非線形回路網方程式についても、任意の N 個のソリトンの相互作用を記述する厳密解を求め、ソリトンの衝突の様子を解析的に詳しく調べた。この結果はソリトンの概念が生態系にも拡張できることを示したものであり、また非可逆な離散系で

のソリトン解としては始めて得られたものである。

5. 逆散乱法と広田の方法との間に相違あることを，浅水波のモデル方程式の N ソリトン解を例にして明らかにした。

以上要するに，本論文は非線形波動系にみられるソリトンに関して，注目すべき結果を含む新知見を得たものであり，理論上，応用上貢献するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。