

内部波の伝播過程における非線形現象

Nonlinear Phenomena in Propagation of Internal Waves

山下 啓

Kei YAMASHITA

1. 研究の背景及び目的

密度成層場において、風や、潮流、または、淡水や塩水の流入といった外力が作用すると、内部波が発生する。ところで、沿岸域では、内部セイシュや内部潮汐といった長周期内部波のみならず、数分程度の周期を有する短周期内部波も観測される。こうした内部波は、伝播の際に、広い周波数帯域にわたる成分波間でエネルギーを交換する。

一方、近年の観測機器の発達により、大振幅内部孤立波の存在が明らかにされてきた。大振幅内部孤立波は、大小様々なスケールの波とエネルギーの授受を行ない、変形して、沿岸域に到達する。従って、非線形性の強い大振幅内部波を含む内部波の伝播特性を把握してこそ、水域環境に対する内部波の影響を見積もることが可能となる。

そこで、本研究では、波の強非線形性・強分散性を考慮した非線形波動方程式系を基礎方程式系とする数値解析を実施した。そして、大振幅内部孤立波の非線形相互作用を検討し、また、水底地形に起因する短周期内部波の発生や、砕波点近傍における内部孤立波の変形に関して考察した。

2. 研究の内容

まず、多層流体に対する変分原理に基づく非線形

波動方程式系を基礎方程式系とする、差分法を用いた時間発展数値解析における誤差を定性的に評価し、数値誤差を低減するための手法を提案した。そして、上面が固定水平板、または、自由水面である水槽を用いた水理実験を実施し、水理実験結果と、既存の強非線形モデル並びに本数値解析モデルによる計算結果を比較して、本モデルによる時間発展解析の精度を検証した。また、矩形格子を用いた離散化における、任意形状を有する鉛直壁のための、高精度な境界処理法を提案した。

次に、非線形波動方程式系の定常進行波解を求めるための数値解析手法を提案した。そして、表面孤立波及び内部孤立波の数値解を求め、それらの種々の特性に関して調べた。また、異なる振幅の二つの内部孤立波の追い越しや、内部孤立波の鉛直壁への衝突を対象とした数値実験を実施し、それぞれの物理現象を考察した。更に、一様勾配斜面上、または、潜堤上における内部波の変形や、内部波が砕波点近傍で示す挙動を調べた。そして、陸棚上を伝播する内部波の、短周期内部波への変遷過程やエネルギー特性に関して論じた。

3. 主な結論

内部孤立波の相対波高が中程度の場合に、運動エネルギーが卓越し、波の非線形性が強いこと、また、深水域から浅水域に伝播する内部波のソリトン分裂波の波形特性が、界面と critical level の位置関係により決定されること等を明らかにした。

学位授与日 2014 年 3 月 25 日

東北大学災害科学国際研究所