

屈折変形計算法の相互比較に関する研究

愛媛大学工学部 正員 山口正隆
愛媛大学大学院 学生員 ○旭置武志

1. はじめに：数十km以上の広大な海岸域における波浪変形計算や数km範囲の海岸域における多数回の波浪変形計算を行う場合、計算効率や精度の高い屈折モデルの適用が第一段階の検討として必要である。水深および流れが同時に存在する場合の屈折変形の数値モデル(規則波、微小振幅波)は、特性曲線法によるものと差分法によるものに分類されるが、前者は波向線上の波特性の変化を追跡することから、計算時間をやや要し、格子点上波特性を得る場合空間内挿による誤差を生じるなどの問題点がある。一方、後者には計算時間は短い、低次の差分法の使用により精度的にやや劣るなどの問題点がある。そこで、本研究では計算が簡単で精度がよく、汎用性や安定性の高い屈折モデルを開発するという立場から、定常で水深変化および流れが同時に存在する場合を対象として作成した4種類の差分法に基づく屈折モデルと3種類の特性曲線法に基づく屈折モデルを使用して、種々のモデル地形に対する数値計算を行い、計算結果の考察から各モデルにおける特質や長所・短所を見出すための検討を行う。ついで、大潟海岸を対象とした長期波浪追算結果を入力条件として与えた場合の波浪変形計算を実施し、数年単位の碎波点沿岸方向エネルギーフラックスの沿岸分布を推定する。

2. 数値モデル：屈折モデルの基礎方程式は波数の保存則および非回転条件、ドップラーの関係式、wave actionの保存則またはエネルギー平衡方程式である。差分法モデルでは、定常状態を仮定した場合に得られるこれらの方程式を中央差分法、Friedrich差分法、Dalrymple差分法、2段階Lax-Wendroff差分法で解くことによって、波数、波向および波高の空間変化を算出する。また、側方流出境界あるいは陸上境界隣接格子点では片側差分法もしくはbox差分法による計算を行い、流入側方境界には平行等深線地形を仮定して得られる波特性を入力する。一方、特性曲線法モデルでは波数成分方程式とwave actionの保存則またはエネルギー平衡方程式をRunge-Kutta法で解き、波の進行方向および沿岸方向に関する2回の線形内挿を通じて格子点上の波特性を得る。また、流れのない場合には、波向線方程式と波向線間隔方程式を予測子修正子法により解く通常の波向線法モデルも使用する。斜め入射波に対する適用にあたっては、平行等深線地形を沿岸方向に追加して、差分法モデルと同様の条件を満たすように配慮する。

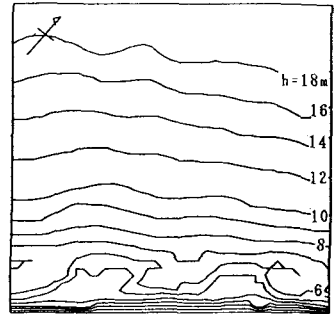


図-1

3. 計算結果および考察：図-1は大潟海岸地形の等深線分布を示す。この地形は1970年以前の測量結果と海図を参照して作成した一種の現地

モデル地形であり、必ずしも現実の大潟海岸を表すものではない。図-2～図-6は入射波向60°の場合のFriedrich差分法、2段階Lax-Wendroff差分法、Dalrymple差分法、エネルギー平衡方程式を用いた特性曲線法および波向線法の各屈折モデルによる波高・波向分布をそれぞれ示したものである。2次の精度をもつ2段階Lax-Wendroff

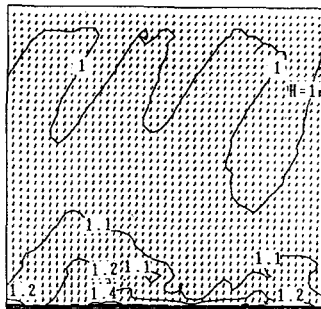


図-2

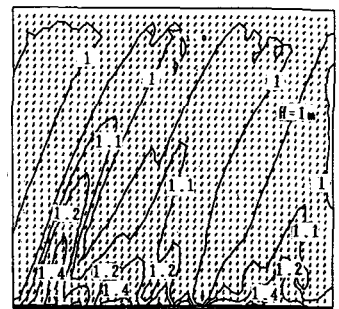


図-3

差分法やDalrymple差分法と特性曲線法および波向線法の各モデルによる等波高線はおおむね同じ場所に出現し、相互に類似したかなり複雑な分布を示すのに対して、岸沖方向に1次の精度しかもたないFriedrich差分法モデルは他のモデルより平滑化された分布を与える。また波向分布に関しては、各モデルの計算結果における差は小さい。ついで、 $\theta=45^\circ$ および $\theta=90^\circ$ (直角入射)の場合も $\theta=60^\circ$ の場合と同様の特性

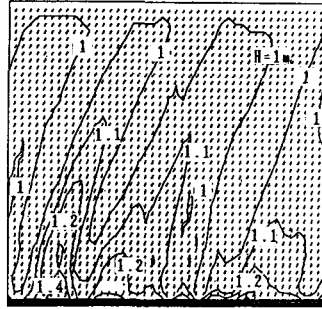


図-4



図-5

をそれぞれ示すが、沿岸方向にみて左方逆方向の波向をとりうる直角入射の場合、指向性の強いDalrymple差分法は解を与えなかった。一方、 $\theta < 45^\circ$ の場合にはDalrymple差分法モデルおよび特性曲線法モデル以外のモデルは適用不能であるし、特性曲線法モデルでは入射角の減少とともに追加すべき平行等深線領域、したがって計算時間が増大する。数値計算によれば、大潟海岸地形に対するDalrymple差分法モデルの適用可能な入射波向は $20^\circ \sim 80^\circ$ であり、他のモデルに比べてはるかに広い。以上のことから、数値計算の精度および入射波向に対する広い適用範囲を考慮すると、Dalrymple差分法と2段階Lax-Wendroff差分法を併用した差分法屈折モデルの使用が推奨されよう。

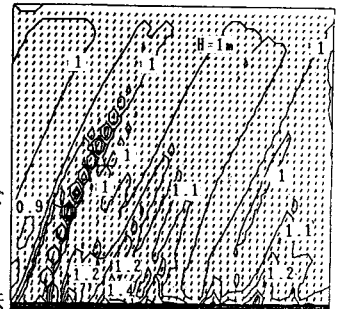


図-6

4. 沿岸方向エネルギーフラックスの推定:大潟海岸を対象とした1982年から1989年までの8年間にわたる長期波浪追算結果を2時間ごとに入力条件として与えた場合の波浪変形計算をDalrymple差分法と2段階Lax-Wendroff差分法の併用モデルによって実施する。図-7は大潟海岸の位置と1982年~1989年の方向別波・高波出現率図であり、大潟海岸では、NNW方向からの波が卓越する。図-8は波浪変形計算に用いた水深10m以浅の大潟海岸の等深線分布と砕波点における年平均沿岸方向エネルギーフラックスの沿岸分布を示す。これによると、エネルギーフラックスは正負の変動を伴いながら東方(座標原点方向)に向けて漸増する挙動が見出される。

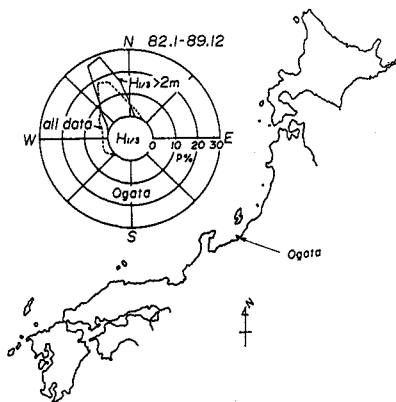


図-7

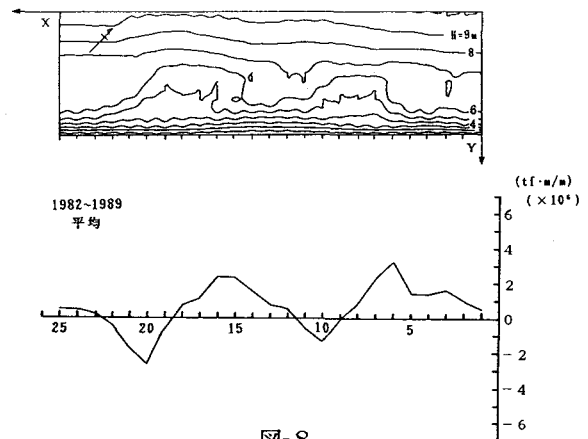


図-8