

波の非線型性と考慮した非定常海流の数値モデル

愛媛大学工学部 正員 山口 正隆
愛媛大学大学院 学生員 細野 浩司
愛媛大学大学院 ○学生員 川原 博満

1. まえがき：従来の海流の数値モデルは微小振幅波理論に基づく波特性の表示式によって定式化されているが、砕波帯を含む浅水部では、波の非線型性が強く影響するので、砕波帯近傍の動力学的現象をより明確にするためには波の非線型性を考慮した海流モデルを展開する必要がある。そこで、本研究ではクノイド波理論に基づいて波特性を表示した波浪変形および海流の数値モデルを提案し、平行等深線地形および任意海底地形に対する結果と、微小振幅波理論に基づく以前のモデルによる結果と比較・検討する。

2. 数値モデル：着者らによる線型モデルと同様、波浪変形は、波数の保存則および非回転条件から導かれた波数成分に対する支配方程式とエネルギー平衡方程式の数値積分から計算される。この場合、エネルギー平衡方程式におけるエネルギー消散項として底面摩擦と考慮するとともに、砕波によるエネルギー消散をBattjesの段波モデルおよび砕波指標による方法の2通りで評価した。一方、平均水位および海流の計算は鉛直方向に積分した連続方程式および質量輸送も含む運動量方程式によって行われる。そして、各方程式に現われる群速度、ラディエーションスト

レスなどの波の平均量や水粒子速度としてChapleearが計算した第1定義によるクノイド波の第2次近似解を用いる。具体的な計算法としては、広範囲なパラメータの値に対するこれらの平均量の表を用意しておき、各計算段階で現われるパラメータに対し内挿計算を行い、中間値と推定する方法を採用する。この方法によれば、内挿計算の導入によりコンピュータが複雑になるが、基本的には線型モデルとはほぼ同じ計算の流れになる。

3. 計算結果および考察：図-1は微小振幅波理論の値と無次元化したエネルギーとH/Dの関係と $T\sqrt{g/D}$ をパラメータとして示したものである。この図によると、H/Dが小さく $T\sqrt{g/D}$ が大きいほどクノイド波理論によるエネルギーは微小振幅波理論によるものより小さくなる。つまり、このことから微小振幅波理論は波特性を過大評価することになる。図-2～図-5は平行等深線地形を対象とした非線型モデル（砕波指標モデルあるいは段波モデルにより砕波減衰を評価）および線型モデル（砕波指標モデルにより砕波減衰を評価）による計算結果を比較したものである。まず非線型モデルによると、砕波点に至る過程その波高増大率が線型モデルより大きいので、砕波点は沖

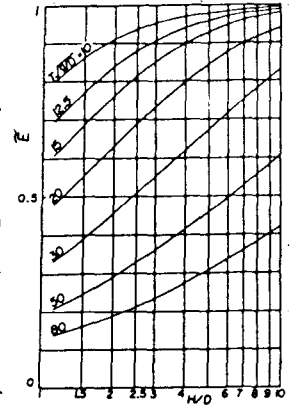


図-1

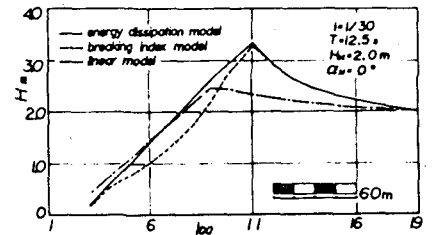


図-2

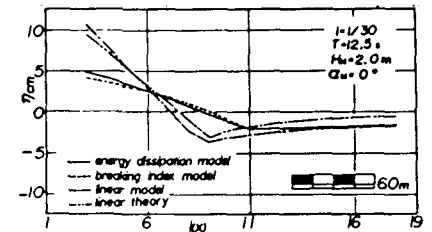


図-3

よび線型モデル（砕波指標モデルにより砕波減衰を評価）による計算結果を比較したものである。まず非線型モデルによると、砕波点に至る過程その波高増大率が線型モデルより大きいので、砕波点は沖

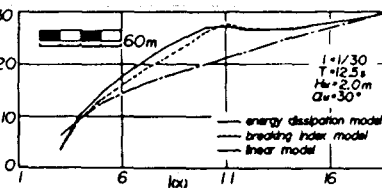


図-4

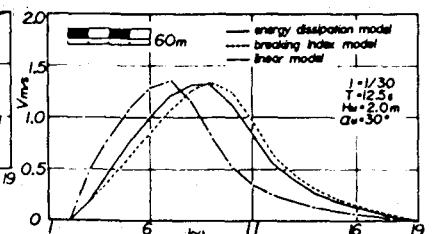


図-5

側に移動するとともに、碎波帯内での波高はより急激に減少する。そして非線型モデルによる set-down の最小点も沖側に移動するし、set-up も微小振幅波理論による結果の 1/25 程度しか生じない。また、短波モデルによる波高減衰は碎波指標モデルによるよりかなり急激であるが、set-up の特性にそれほど差は生じない。屈折に伴う波向変化は、微小振幅波理論では、汀線に向って単純減少するのに対して、クノイド波理論では水深減少に伴って波向が減少したのち、碎波点に向って増大し、碎波帯では微小振幅波理論より急減する。一方、沿岸流の最大値も碎波点の移動に伴い沖側に移るけれども、沿岸流の分布形および総対値はほぼ対応しているのは興味深い。以上のことから平行等深線地形を対象とする場合、波の非線型性の影響は波高、波向および平均水位変化に強く現われることがわかる。次に、図-6、図-7 および 図-8 は Noda による対称凹型地形に対して、前述の 3 つのモデルにより計算された海床流分布図であり、いずれの結果においても領域中心線と対称軸とした循環流が沖合と汀線近傍にそれぞれ左右対称に存在しているが、非線型モデルによる流速の総対値は、線型モデルのものよりもかなり小さいし、碎波点が沖合に移動することに対応して、循環流中心もより沖合に位置している。また、図-6 および 図-7 を比較すると、領域中心線上に見られる離岸流の値は碎波指標モデルの方が多少大きい。図-9、図-10 および 図-11 は沿岸砂州のある地形に対して、3 つのモデルにより計算した海床流分布である。まず、図-11 に示す線型モデルの結果によれば、浅瀬中心線に関して汀線近くにまよおよぶ一対の循環流が形成されており、両浅瀬中間にあたる領域中心線上では沖に向って流出している。一方、非線型モデルによれば、循環流は浅瀬付近に限られており、岸側では、より複雑な形をした循環流が形成され、流速もかなり小さくなっている。このように、非線型モデルと線型モデルとではかなり流況の異なる結果が得られた。さらに、2 つの非線型モデルを比較すると流速

流向の差はほとんどなく、似たような流況となっている。

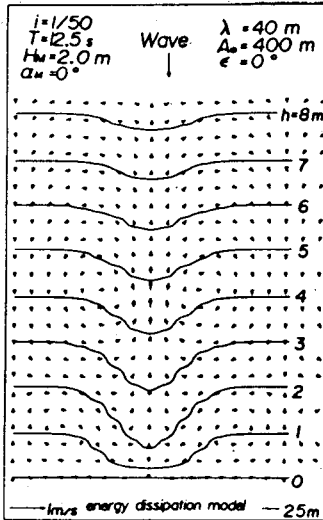


図-6

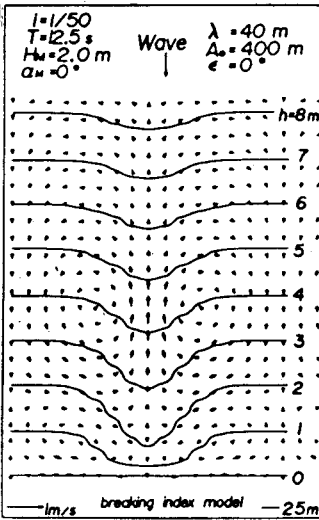


図-7

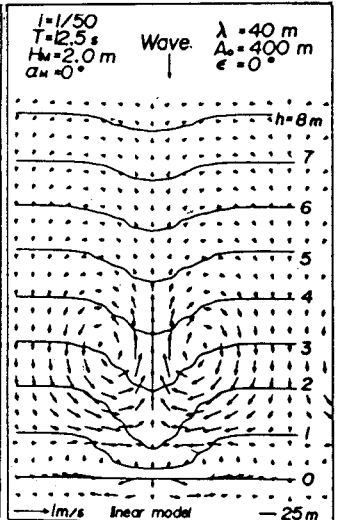


図-8

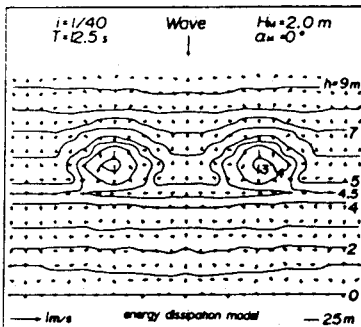


図-9

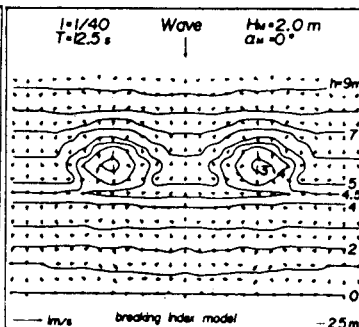


図-10

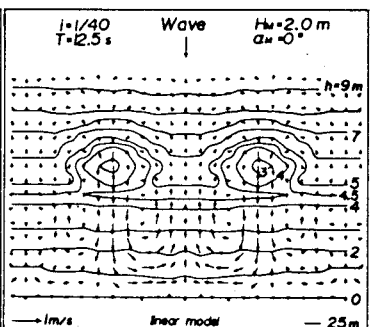


図-11