

波の方向性を考慮した新しいハイブリッドパラメータ波浪推算モデル

愛媛大学工学部 正員 山口 正隆
 備出雲グリーン 正員 ●日野 幹雄

愛媛大学工学部 正員 畑田 佳男
 愛媛大学工学部 三好 浩人

1. 緒言：スペクトルの概念を用いた波浪推算法は、エネルギー平衡方程式に基づくスペクトル法およびハイブリッドパラメータ法に分類される。このうち、後者は風波とうねりを別個に計算する方法であり、近年2～3のモデルが開発されつつあるが、これらのモデルは波向の特性をせいぜい1個のパラメータで表現するので、変動風域場や複雑な海岸線形状を有する波の場を適切に評価しないことが多い。本研究は従来のハイブリッドパラメータモデルが持つ上述の問題点を克服する新しいハイブリッドパラメータ波浪推算モデル (Directionally-Decoupled Hybrid Parametrical Model・・・DDHPM)を提案するものである。DDHPMは計算時間を節約するため、1地点での波浪推算法として定式化されている。

2. DDHPM の概要 DDHPMは各方向に関しそれぞれ別々に定義された風波のエネルギー（方向別エネルギー）は方向に関して独立(decoupled)であるが、JONSWAP の結果で表されるような理想的発達条件に従って発達し、一方、うねりに相当する成分波は、エネルギーの減衰を受けながら周波数・方向ごとに独立に伝播すると仮定するものである。そして、風波の方向スペクトルは JONSWAPスペクトルおよび $\cos^4\theta$ 型方向分布関数との積で表されると仮定し、また、うねりは前述のように個々の周波数および方向に対して計算することから、DDHPM は与えられた風の場合での方向スペクトルの時空間変化を評価することができる。この場合、最近の研究成果によれば、風波の発達特性は摩擦速度により scalingする方が適切であることが明らかにされつつあるし、また、変動風域場では吹送距離を推定することが困難であることから、DDHPM ではJONSWAP スペクトルのスペクトルパラメータとして摩擦速度および全エネルギーで表示した関係式を使用している。

3. DDHPM に対するモデルテスト (1)一様風による波の発達特性：このケースは海岸線に直角に10m 高度での風速 $U_{10}=20\text{m/s}$ (摩擦速度 $U_s=0.855\text{m/s}$)の一様風が吹送する場合の波浪の発達特性を検討するものであり、なるべく無限に長い海岸線をもつ領域を実現するため、4050 km×1050kmの領域を対象として計算を実行した。図-1は矩形海域中心線上での波の発達特性を無次元吹送時間 $\hat{t}$ をパラメータとして無次元全エネルギー $\hat{E}$ と無次元吹送距離 $\hat{F}$ の関係として示したものであり、fetch-limited な状態では $\hat{E}$ は $\hat{F}$ にほぼ比例し、いわゆるfetch-lawが満足されていることがわかる。一方、図-2に示すようにduration

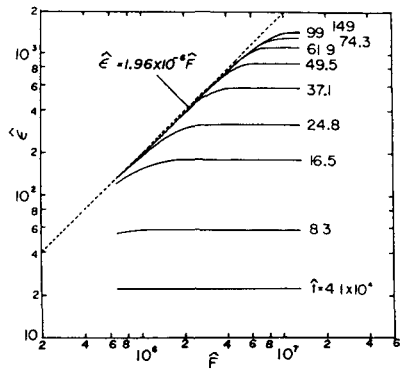


図-1

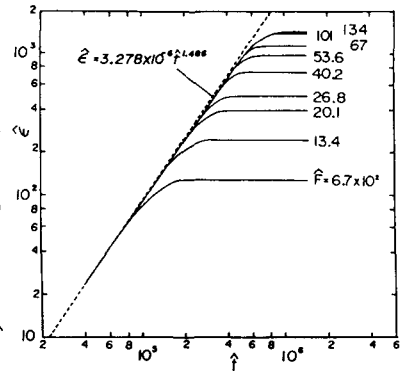


図-2

-limitedな状態からfetch-limitedな状態に移行する波の発達特性に関してモデルの原理上当然ではあるが、

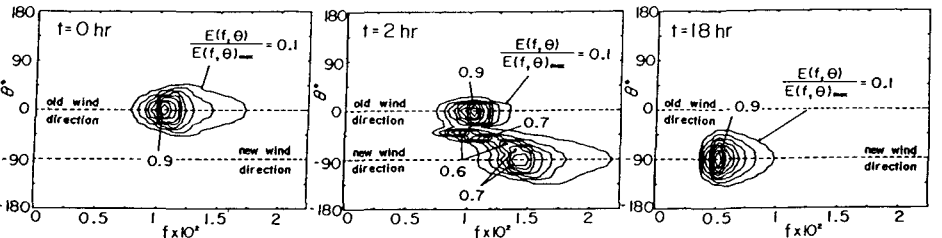


図-3

DDHPM は $\hat{e}$ と $\hat{t}$ の関係、いわゆる similarity-law をも満足している。(2) 風向急変に伴う波浪の発達・減衰特性：このケースでは $U_{10}=20\text{m/s}$ の一様風により half-developed sea (スペクトルのピーク周波数 $f_p=0.124\text{Hz}$) および fully-developed sea ($f_p=0.060\text{Hz}$) にある風波が、 $t=0\text{hr}$ で突然風向を 90° 変化させた $U_{10}=20\text{m/s}$ の一様風的作用を受けて変化する状況を考察する。計算は $2000\text{km} \times 2000\text{km}$ の領域中央地点で実行した。図-3 は half-developed sea の場合の方向スペクトルの時間変化を示したものであり、等値線の値は各時刻の最大値で無次元化されている。この図によれば、 $\Theta=0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲にある方向スペクトルは逆風的作用によって減衰し、高周波側ほど早く新しい風向に回答しているし、18時間後には新しい風向に対してほぼ対称な方向スペクトルとなっている。なお、fully-developed sea の場合も同様な経時変化を示すが、新風向への応答にはかなりの時間がかかる。以上の(1) および(2) に加えて SWAMP で与えられた他の4つの課題に対して DDHPM は合理的挙動を示すことが確認された。

4. DDHPM の現地への適用性 (1) 琵琶湖における波浪追算：ここでは、その空間スケールが 20km 程度である季節風時の琵琶湖における波浪追算結果を述べる。入力として与える風資料は、彦根愛西湖畔など3地点でのデータを線型内挿することによって与えられるが、 10m 高度での値として与えられたこれらを摩擦速度に変換する際に必要とする海面の抵抗係数 C_d に対し光易らの経験式を採用した。図-4 は

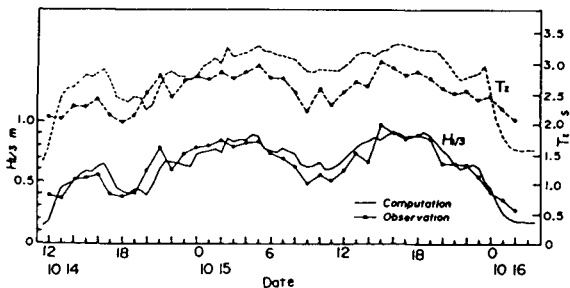


図-4

昭和50年10月14日～16日の季節風時における彦根愛西湖畔での有義波高および平均周期の経時変化を示したものであり、有義波高の計算結果と観測結果はかなり良く一致しているが、平均周期は全期間で計算結果の方が大きい。これは、モデルの定式化に際し、平衡定数あるいはピーク周波数と無次元吹走距離の関係として、琵琶湖での観測結果より小さい値を与える光易らの経験式を使用したためである。こうした傾向は図-5に示した周波数スペクトルにも現れており、両者のスペクトル形やピーク値はほぼ対応しているが、計算結果はピーク周波数を含めて低周波側にややかたよっている。(2) 太平洋における波浪追算：このケースは空間スケールが 2000km 以上に及ぶ広領域を対象として、台風という時空間変動の著しい風の場合での DDHPM の適用性を検討するものである。計算に必要な海上風は気圧分布を Meyer 式で表示した台風モデルにより推定した。図-6 は台風7916号時における高知沖ブイ地点での有義波の経時変化を示したものであり、7916号時では発達期から最盛期にかけて計算結果が観測結果よりやや大きい、台風が高知沖に到達する以前に伝播してくる高波高・長周期のうねりをはじめ観測結果を全般的によく再現している。以上の2ケースに加え、大阪湾、瀬戸内海西部海域および日本海での追算結果と観測結果の比較によれば、DDHPM は季節風および台風時における各種スケールの海域の波浪をかなりの精度で再現するので、新しい波浪推算法としての有用性と実用性を十分有すると結論された。

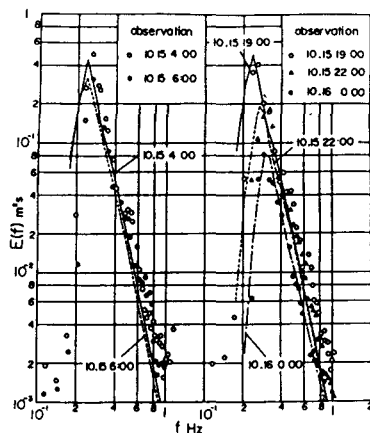


図-5

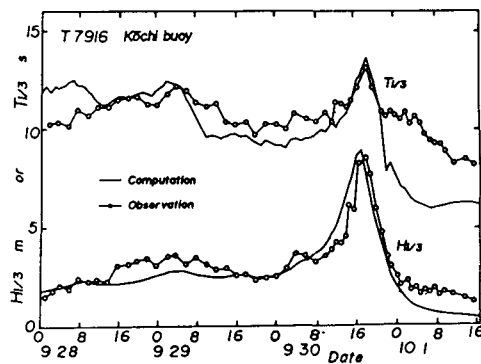


図-6