

愛媛大学工学部 正員 山口 正隆
愛媛大学工学部 正員 〇畑田 佳男
愛媛大学大学院 学生会員 日野 幹雄

1. まえおき: 世界各国の波浪推算法の特徴の相互比較を目的として Hasselmann により提案された SWAMP の 7 ケースのモデルテストのうち, 著者らはエネルギー平衡方程式に基づく著者らの数値予知モデルを用いて (1) free propagation および (2) 静止台風, に対する計算を実施した。その後, 著者らは source function の表示や伝播計算法に大幅な変更を加えた新しい数値予知モデルを作成した。本研究では, このモデルを用いて改めて行った SWAMP のいくつかのケースに対する計算結果について述べる。

2. 数値予知モデルの概要: このモデルの source function として, Dobson らによる Miles 機構の表示式, Barnett による非線型波-波干渉項のパラメータ表示式の修正式, 逆風による減衰項が採用されている。また, 風波の発生項は, 微風速に対する P-M スペクトルを与えることにより Phillips 機構を代用することとし, 破波項は方向分布関数が破波により変化しないことおよび無次元エネルギーあるいは無次元吹送距離で表される JONSWAP スペクトルで表された平衡周波数スペクトルを越える周波数スペクトルは存在しないことを仮定して評価された。数値計算は終流伝播方程式と発達・減衰方程式もそれぞれ特性曲線法および解析解を利用して交互に解く時間分割法によった。

3. 一樣風による波浪の発達特性 (Case II): Case II は, 海岸線に対して直角沖方向に $U_0 = 20 \text{ m/s}$ ($U_0 = 0.855 \text{ m/s}$) の一樣風が矩形海域 ($1000 \text{ km} \times 1000 \text{ km}$) に吹送した場合の海域中心線上での波特性, すなわち ideal generation 条件における duration-limited および fetch-limited 状態に対する波特性の計算を行うものである。ここに, 境界条件は流入境界でエネルギー 0, 流出境界では完全吸収とした。図-1 は無次元吹送時間 ($\hat{t} = t g/U_0$) をパラメータとして無次元全エネルギー ($\hat{E} = E g/U_0^3$) と無次元吹送距離 ($\hat{F} = F g/U_0^2$) の関係を示したものであり, $\hat{F} < 2 \times 10^6$ かつ fetch-limited 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。図-2 は $\hat{F}$ をパラメータとして $\hat{E}$ と $\hat{t}$ の関係を示したものであるが, 時間の経過とともに duration-limited の状態から fetch-limited の状態に移行し, 定常状態になっている。また, 周波数に独立な方向分布関数および発達過程のスペクトルは JONSWAP スペクトルにより表示されることを仮定すると, $\hat{F}$ と $\hat{t}$ の変換関係が得られ, これを用いて $\hat{E}(\omega, \hat{t})$ という similarity law が成立するが, 計算結果はほぼこれに似た結果を与えている。なお, 風が吹送し始めた時刻にやや屈曲した部分が見出されるのは, 風速 2 m/s に対応する P-M スペクトルおよび $\cos^2$ 型方向分布関数により方向スペクトルの初期値を与えた影響が残るためである。図-3 は $F = 1000 \text{ km}$ 地点における周波数スペクトルの時間的発達を示したものであり, $\hat{E}$ で決まる平衡値を採用することにより, いわゆる over-shoot 現象が再現されていることが見出される。

4. 斜め風に対する発達計算 (Case III): このケースは吹送距離が非対称である場

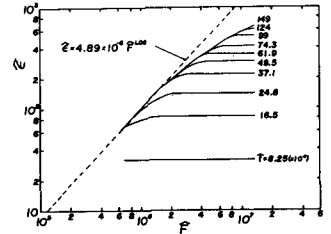


図-1 $\hat{E}$ と $\hat{F}$ の関係

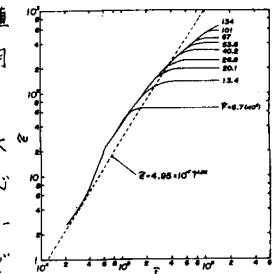


図-2 $\hat{E}$ と $\hat{t}$ の関係

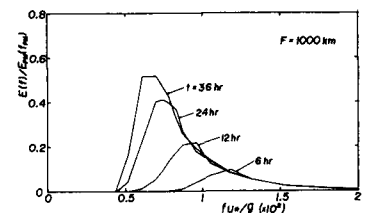


図-3 周波数スペクトルの発達

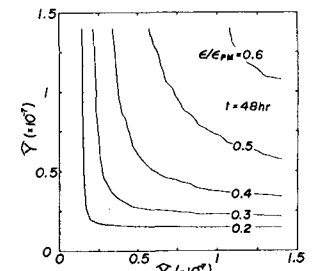


図-4 E/E_{pm} の等値線分布

合のモデルの特性を検討するため、南および西側境界を陸地とした矩形湖の対角線方向に U_0 の風向をもつ $U_0 = 20\%$ の風が吹送する場合の波特性を計算するものである。図-4は無次元全エネルギー E/E_M の等値線分布を示したものであり、陸地境界に近いところでは吹送距離が同一であり、かつ平衡状態が吹送距離により決まるので、等値線は対角線上でほぼ直角に折れ曲がるが、陸地境界から離れるにつれて平衡状態が無次元全エネルギーで決まり、しかも伝播距離の非対称性による伝播環の影響が大きくなるので、対角線から離れるほど同一吹送距離に対して波長が短縮し、等値線はしどいに楕円になる。図-5は E/E_M の絶対値と平均波向で作られるベクトルの平面分布、すなわちカスター図を示したものである。同図においても波特性は対角線に対して対称となるが、対角線から離れるにつれて、伝播距離の非対称性の影響が現われる結果、波向は上部で N 方向、下部で W 方向に、しどいに傾いていく。

5. 半平面風に対する計算結果(Case IV): 矩形湖の半平面 ($0 \sim 500 \text{ km}$) で $U_0 = 20\%$ の風を N 方向 (風向 N) に吹送させる一方、残りの半平面では静穏 ($U_0 = 0 \%$) とした非一様定常風による計算結果から風域を脱けたうねりの特性を検討する。図-6は E/E_M の等値線を示したものであり、風速の急変する前線において等値線間隔の密な部分が Y 軸方向に伸びるとともに、静穏な海域にも波長がうねりとして伝播している。そして強風域の等値線は境界に近いほど風向に対して直角になる。また、無次元平均周波数 f/f_M の等値線を示した図-7とあわせて考えれば、 f/f_M の等値線は E/E_M ほど急変せず緩やかな曲率で静穏域に広がる。このことから、無風域では波高に比べて周期が長くなっていることが推察される。

図-8は N 場合のカスター図を示したものであり、強風域の西側陸地境界付近では波向が N から E よりに変化するし、静穏な海域に隣接する強風域では W 方向に変化している。また、静穏な海域に伝播した波環の方向は風域から離れるにつれて W 方向に変化している。図-9は、山前線に隣接する強風域 A 、山前線に隣接する静穏域 B および山前線より離れた静穏域 C 、における方向スペクトルを示したものである。これらの図によると、強風域から離れるにつれて卓越波向が N 方向から W 方向に変化している。すなわち、 A においては風向に対しやや W 方向に偏った方向分布を示し、 B 地点では図4より W 方向の下半分を取り出した三角形形状を示すが、 C 地点では W 方向に卓越波向をもつ対称な形状分布に若干近づいている。

6. 結論: 以上、本研究では着目するにふさわしい新たに提案された数値予測モデルを用いて JWAMP で与えられた7つの課題から、3つのモデルケースに関する計算結果の特性を述べた。紙数の都合上、他のケースに対する計算結果については講演時に述べるつもりである。

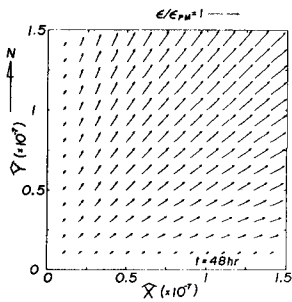


図-5 E/E_M のカスター図

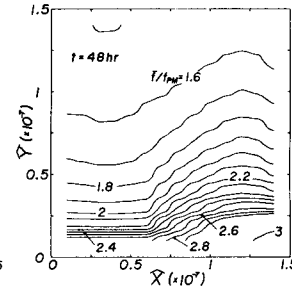


図-7 f/f_M の等値線分布

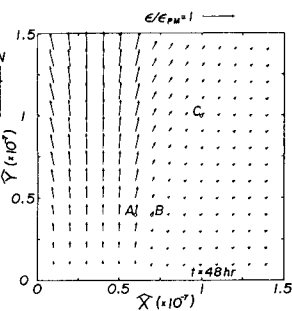


図-8 E/E_M のカスター図

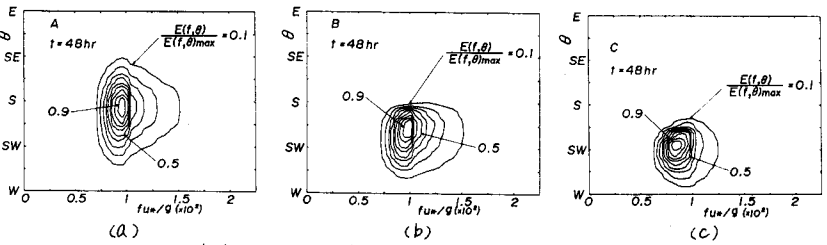


図-9 前線と挟む各地点における方向スペクトル