

井上モデルによる波浪推算結果についての考察

運輸省 第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 正員 森脇敏雄

" 第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 正員○小松 明

" 第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 正員 広瀬宗一

1. はじめに

波浪推算法は、不規則な波を有義波で代表させて取扱う有義波法と、各成分波の合成波としてとらえるスペクトル法に大別される。最近、風波の発生・発達理論の発展とともに、波浪スペクトルに関するエネルギー平衡方程式を数値値に解く数値モデルが種々開発されている。^{1) 2)} 本報告は、これらのうち井上モデル³⁾ による波浪推算プログラムに基づき、最近の気象擾乱に対する推算を行った結果を示すものである。また、風場については、山口ら⁴⁾ の開発した実測風から風場を補間する方法と、Myers モデル等の簡便な方法について比較を行った。

2. 井上モデルの概要

井上モデルは、Hasselmannによるエネルギー平衡方程式をベースとして、エネルギーの授受に関する項としてPhillipsとMiles による風波の発生・発達に関する項及び砕波によるエネルギー消散に関する項を考慮し、基本式として次式を提案している。

$$\frac{dS}{dt} = -C_g \cdot \nabla S + (A + BS) \left\{ 1 - \left(\frac{S}{S_\infty} \right)^2 \right\} \dots (1)$$

ここで、 S は時間 t 、位置 $\vec{x}$ での周波数 f の成分波の二次元スペクトル $S(f, t, \theta, \vec{x})$ 、 C_g は成分波の群速度、 A はPhillipsの共鳴理論に基づく線形的成長率、 B はMilesの不安定理論に基づく指数関数的成長率である。また、 S_∞ は成熟波スペクトルであり、ここではPierson-Moskowitz形のスペクトルを用いている。

井上モデルの特徴としては、(1)式を処理するに当たり以下の二つの手法を用いていることである。すなわち、①(1)式の右辺第一項は空間的な波の伝播を表す移流項であるが、これについては、あらかじめ計算領域の格子点間を移動する際の伝播方向、伝播エネルギーの配分を指定し、計算時間の短縮を図っている。②右辺第二項については、実用上差しつかえない項を加えて近似的解析解を求めている。

なお、方向分布関数 $G(\theta)$ としては、ここでは簡便な $\cos^2 \theta$ 型を用いた。また、逆風による減衰効果としては次式を用いている。

$$S_d(f, \theta_i) = S_0(f, \theta_i) [\exp \{-c_1 \sqrt{S_w} f^4\}]^{k(\theta)} \dots (2)$$

S_0 、 S_d は減衰前・後のスペクトル、 $S_w = \sum \sum S(f_i, \theta_i)$ 、 $c_1 = 56.44t$ (Δt は計算時間間隔)、 $k(\theta)$ は θ ごとに変わる定数である。

以上のモデルに基づいて開発したプログラムを用い、小野川ら²⁾ は大阪湾について波浪推算を実施しているので、プログラムの詳細はこれを参照されたい。

3. 計算結果



図-1 推算波浪の比較地点

Toshio MORIWAKI, Akira KOMATSU, Sōichi HIROSE

波浪推算士佐湾沿岸について台風7916号の波浪を、美保湾沿岸については昭和56年12月の季節風（以下季節風56とする）の波浪を対象として、井上モデルで実施した。実測値等との比較対象地点を図-1に示す。

(1) 風場推算結果

図-2は台風7916号を対象として得られたMyers モデルによる風場と、室戸岬など6ヶ所の実測風により補間した

風場との比較である。台風中心が土佐湾内にある時の風場であり、両者では風向にかなりの差がみられる。

図-3は季節風56について、天気図から傾度風を求めた場合と、西郷など10ヶ所の実測風より風場を設定した場合との比較である。この場合には風向・風速ともに大きな相違はみられない。

(2) 波浪推算結果

台風7916号に対する実測波と推算波の経時変化を比較すると、蒲生田での波高はかなり良く一致しているが、風速の小さい波の成長段階ではやや遅れがみられる。また、高知沖での比較ではこの傾向が顕著である。周期に関してはいずれも推算値が小さい。（図-4 図-5参照）
図-8のスペクトル形についてみれば推算と実測は良く一致している。
これらによれば、成分波の伝播のモデル化、及び

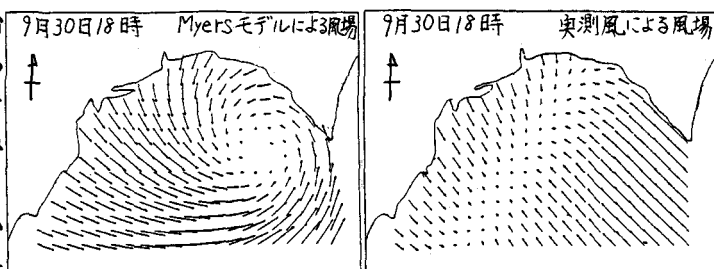


図-2 風場の推算（土佐湾沿岸、台風7916号）

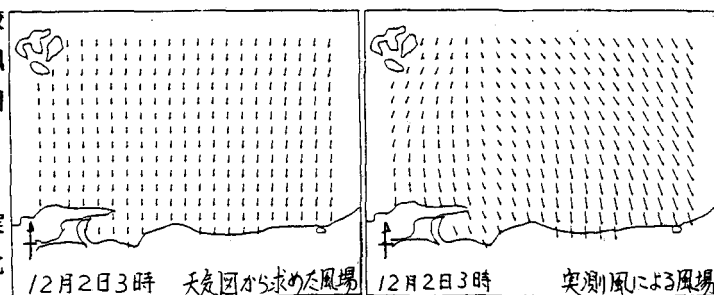


図-3 風場の推算（美保湾沿岸、季節風56）

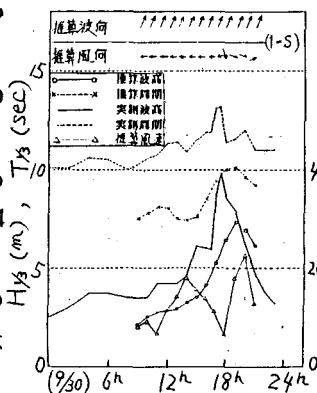


図-4 経時変化
（高知沖、台風7916号）

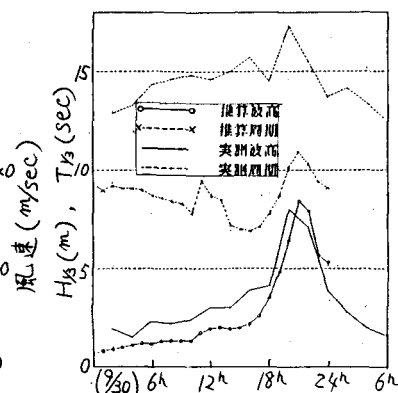


図-5 経時変化
（蒲生田、台風7916号）

風速の比較的小さい場合の発達率に問題があると考えられる。特にうねり成分が卓越する場合にその影響が顕著である。季節風56に対する比較では、鳥取浜田の両地点で波高、周期とも概ね一致している。(図-6、図-7参照) また、図-9のスペクトル形についてもかなり良く一致している。季節風のように風域が一様な場合には推算結果はかなり精度が良いと考えられる。ただし、風速の小さい場合の発達は実測波のそれよりも遅れる傾向はみられる。

(3) 風場推算法の相違による波浪推算結果の変化

表-1は(1)で検討した実測風による補間法とMyers モデル等の簡便法とによる推算波浪のピーク値を示したものである。推算値には特に顕著な差はみられない。これは、土佐湾、美保湾ともに大きく開けた湾であり、部分的な風場が多少異なってもあまり大きな影響を受けなかったためと考えられる。

4. おわりに

以上、本報告では井上モデルによるスペクトル法波浪推算の計算結果について紹介した。この推算法によれば、季節風等については、スペクトル形も含めてかなり精度良く推算できると考えられる。台風時の推算ではうねりが卓越している場合に問題があり、これは、(1)式の指数関数的成長率 B 及び波の伝播計算法の問題と考えられる。風場の推算については、今回の試算ではあまり明確ではないが、局所的な海域あるいは一様な風場に対しては実測風による補

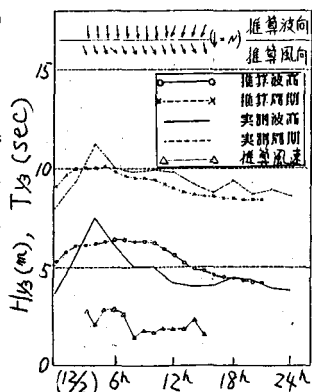


図-6 経時変化
(鳥取、季節風56)

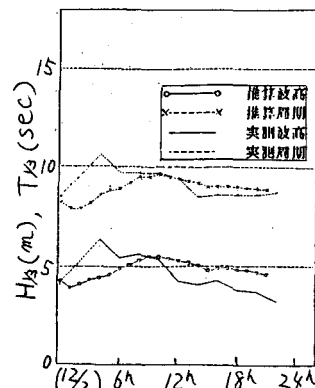


図-7 経時変化
(浜田、季節風56)

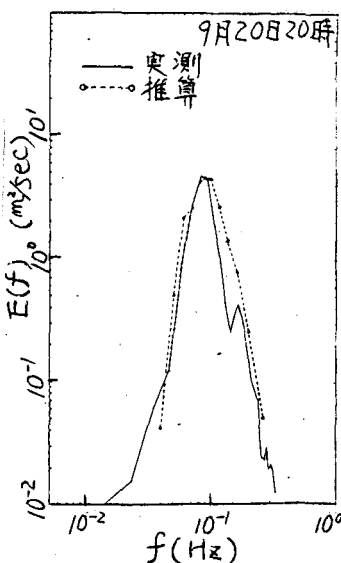


図-8スペクトル
(高知沖、台風
7916号)

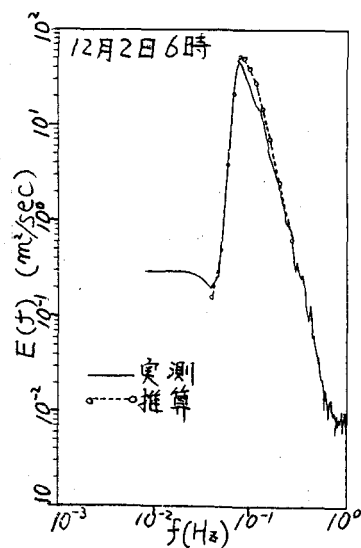


図-9スペクトル
(鳥取、季節風56)

間法が有力である。

最後に、基本プログラムの御提供をいただいた神戸商船大学井上篤次郎教授及びプログラムの開発・計算に御尽力いただいた(財)日本気象協会関西本部鈴木善光氏はじめ関係者の方々に深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 高橋智晴・広瀬宗一・佐々木徹也：沿岸波浪推算法についての考察、第24回海岸工学講演会論文集、pp 117 ~ 121、1977.
- 2) 小野川繁澄・布施谷寛・佐藤孝夫・井上篤次郎：スペクトル法による四国沿岸及び大阪湾内での波浪推算について、第29回海岸工学講演会論文集、pp6 ~ 10、1982.
- 3) Inoue, T.: On the growth of the spectrum of a wind generated sea according to a modified Miles-Phillips mechanism and its application to wave forecasting, Geophy. Science Lab., TR-67-5, NEW York Univ., 1967.

表-1 風場推算法の比較

地 点		高知沖	境
気象擾乱		台 風 7916号	季節風 56
波高 (m)	Myers モデル	7.3 _m 10.1 _{sec} SSW	—
	天気図 推 算	—	3.1 _m 9.9 _{sec} NNE
周期 (sec)			
波向	実測風 補 間	7.6 _m 10.1 _{sec} SSW	3.0 _m 10.1 _{sec} NNE

- 4) 山口正隆・渡辺 健・畑田佳男：大阪湾における海上

風の平面分布特性について、第28回海岸工学講演会論文集、pp168 ~ 172、1981.