

II-14 冬 期 季 節 風 に よ る 波 の 数 値 計 算

九州大学工学部 正 員 井 島 武 士
九州大学工学部 学 生 員 副 島 毅
九州大学工学部 正 員 松 尾 隆 彦
九州大学工学部 学 生 員 ○ 田 淵 幹 修

1 はしごき

冬期における日本沿岸の波浪を支配する気象条件は、いわゆる北西季節風である。この季節風を誘発する温帯低気圧は寒冷前線線上を移動する非定常な波動低気圧であり、また大陸高気圧の勢力や地形等の周辺条件に支配される度合いが大きい。熱帯低気圧(台風)の風域を知る時にとったようなモデル化は困難で、現在のところ各々のケースについて地上天気図の等圧線配置から傾度風として風の分布を算出し、これを風域条件として用いなければならない。

今回は、有義波に基づく数値計算による推算法によって波浪の性質を解明してきた一連の研究に続いて、日本海を取り上げ、日本海沿岸波浪を推算した結果の一部を報告する。

2 計算手続

詳しい計算手続は、井島武士「水工学シリーズ 波浪の数値予測」等に既に詳述しているのでここでは概略を記すにとどめる。

日本海は、海岸線を直線におきかえてモデル化し、日本海全域を1度間隔の格子でカバーした座標系を作る。(FIG. 1) 風速・風向は格子の各交点について求めておく。

(a) 風速・風向の算定

海上風は地上天気図の等圧線より次式によって傾度風速 V_g を求め、海面摩擦係数 $C=0.7$ を乗じたものとした。

R を等圧線の曲率半径、 $(\partial p / \partial r)$ を気圧傾度とするとき

$$V_g = R \omega \sin \varphi \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{1}{\rho_a (\omega \sin \varphi) R} \left(\frac{\partial p}{\partial r} \right)} \right) \quad (\text{低気圧性}) \quad (1)$$

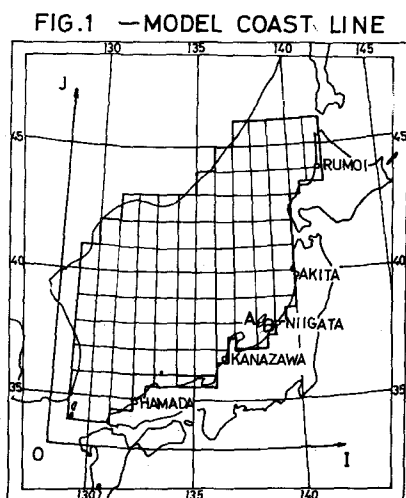
$$V_g = R \omega \sin \varphi \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\rho_a (\omega \sin \varphi) R} \left(\frac{\partial p}{\partial r} \right)} \right) \quad (\text{高気圧性}) \quad (2)$$

ここで ω は地球の自転の角速度 ($\omega = 7.29 \times 10^{-5} \text{ rad/sec}$)、 φ は緯度(この計算では 40° とする)、 ρ_a は空気密度 ($\rho_a = 1.20 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$) である。

風向は等圧線の切線と $\alpha = 20^\circ$ の傾斜角をもって低気圧帯を左に見るように吹く。

(b) 風と波の関係

風を受けて発達する波は有義波理論に従うものとして Willson (1965) の式を用いる。波高を H 、波速を C 、風速を U 、吹送距離を F とするとき



$$\frac{gH}{U^2} = K_1 \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + K_2(gF/U^2)^2)^2} \right\} \quad (3)$$

$$\frac{C}{U} = 2K_3 \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + K_4(gF/U^2)^2)^2} \right\} \quad (4)$$

$$K_1 = 0.30, \quad K_2 = 0.004, \quad K_3 = 0.685, \quad K_4 = 0.008$$

また次のうねりの条件式のいずれかを満たすときは一点は発達せず減衰を始めるものと考えられる。

$$\left. \begin{aligned} 1 - \frac{1}{K_1} \left(\frac{gF}{U^2} \right) &< 0, & 1 - \frac{1}{2K_3} \left(\frac{C}{U} \right) &< 0 \\ \frac{H}{L} &> \frac{1}{10}, & \text{偏角} &> 90^\circ \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

風を受けるうねりの計算法については現在検討中である。

(c) 波の計算

この波の計算法では 風波の進行方向は風向の変化に従って変化するという仮定をする。また格子内のある一点での風速・風向は 格子点での値を場所的、時間的に平均して求められる。天気図は6時間毎に与え、従って風速・風向は6時間毎に計算されている。波は2時間毎に各格子点より出発させ、風速変動に対応できるように(3)(4)式を変形した式を用い 逐次波を進行させながら計算を進める。(5)式によりうねりに変わったときは今回は計算を打ち切った。また、ある一定距離へだけ進むに要する時間は 群速度 C_g が連続的に変化するので積分の形で求める。即ち

$$\Delta t = \int_{F_0}^{F+\lambda} \frac{dF}{C_g U \times K_3 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + K_4(gF/U^2)^2} \right\}^5} \quad (6)$$

ここではシン普森公式を用いて Δt の近似解を求める。

3 計算例

紙数の都合で一例のみを取り上げる。この計算例は昭和39年11月30日21時～12月3日21時のもので、この時の気象条件は FIG. 2 に示すように日本附近が典型的な冬型気圧配置となっている。FIG. 3 は新潟東港における海岸風の観測値と計算値の時間的変化をみたもので、FIG. 4 は FIG. 1 の天気図に対応する風域図である。FIG. 5 は計算で得た風波をプロットして時間的変化を見たものである。全体的に初めの方で計算値が観測値に比し小さいのは、ひとつには沖から計算を始めた波が到達していないためである。計算結果では大陸附近で生じた波が日本沿岸に達するには30数時間以上を要する。また特に秋田港で早い時期程大きい波が観測されているのは 11月30日9時秋田沖にあ

FIG. 2(a) -WEATHER MAP

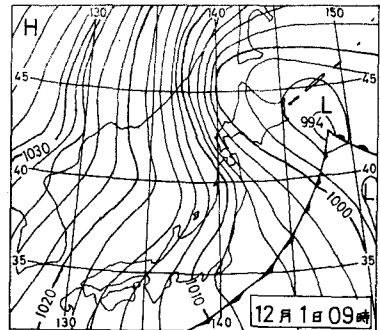


FIG. 2(b) -WEATHER MAP

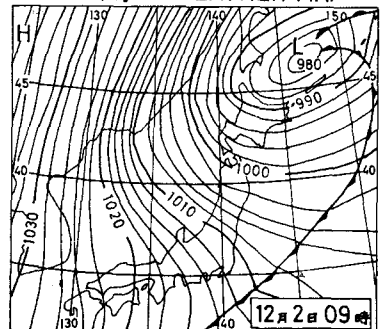
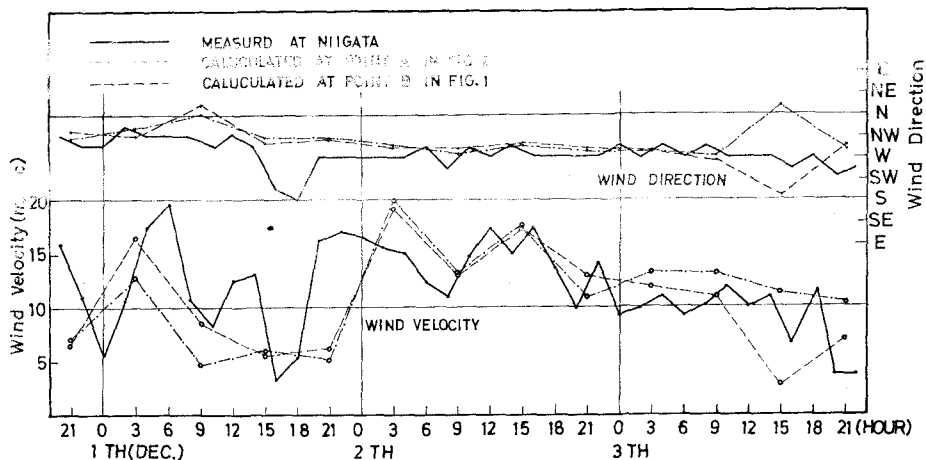


FIG.3 —TIME VARIATION OF MEASURD
AND CALUCURATED WIND AT NIIGATA



り翌1日には三陸沖に抜けた 前線を伴う低気圧の影響が
続いているためと思われる。

このように 日本海を通る低気圧の影響を考慮せず、北
海道北方で低気圧が発達して西高東低の気圧配置となった
条件を与えた場合 日本海沿岸では北海道渡島半島西海岸
で最も早くまた最も大きい波が生じ、渡島半島より北の海
岸ではフェッチが小さく、また南に行く程風速が小さくな
って最大波高は小さくなる傾向が得られている。

4 あとがき

この波浪推算法の精度を最も左右するのは風の算定であ
るが 本例から見てもわかるように西高東低の気圧配置に
よる北西季節風については 傾度風速の式を用いてかなり
妥当な結果を与えるものと考えられる。しかし 寒冷前線
附近の風については過小な値を与える場合があり、また
海岸地形による局地的突風の発生についても 各地域ごと
に調べておく必要がある。

今後波浪に及ぼす影響の面から分類した気象条件につい
て波の推算を行い、実測値によって補正、改良して 天気
図から日本海沿岸の波の予報が出来るように作業を進める
つもりである。

FIG. 4(a) —WIND FIELD(m/sec)

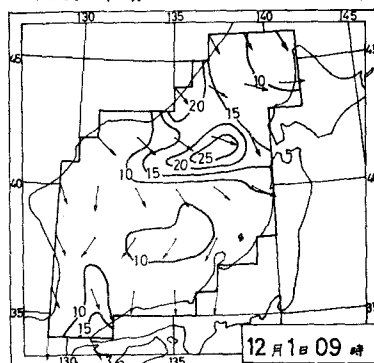


FIG. 4(b) —WIND FIELD(m/sec)

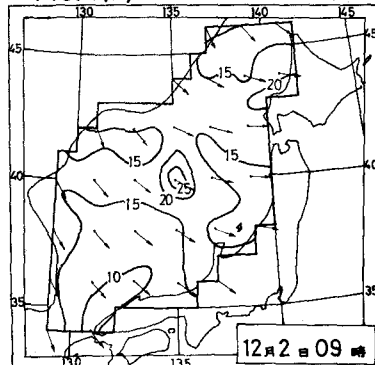


FIG. 5 — TIME VARIATION OF WAVE

