

台風域内の波の分布について

九州大学工学部 正員 井島武士

九州大学工学部 正員 松尾隆彦

九州大学工学部 学生員 副島 毅

九州大学工学部 学生員 財前 進

1. まえおき

台風域の波の分布については、従来 Bretschneider, 宇野木, 坂本-井島等の推定方法があるが、何れも観測値に基づくもので、台風の進行速度の影響あるいは波高と周期分布の推定について不明確の点が少ない。特に台風が海岸に接近し、地形と水深の影響を受ける場合については、その効果は殆んど不明である。これらの点を解明する一つの方法として、電子計算機を用いて種々のモデル台風に進行速度を与えて、波の分布を推定する試みを行う。ここではその第一段階として海洋上の波の分布を計算した結果を簡単に示し、引続き海岸部での波の計算を行う予定である。

2. 台風域内の風速分布

台風域内では台風中心に対して同心円の形で風速と風向が分布する。中心対称風と台風の移動によって生ずる場の風の合成として与えられるものとする。中心対称風では風速 U_1 は中心からの距離 r のみで決まり、次の様に表わされる。

$$U_1 = C_1 F(r) \quad (1)$$

$$\text{但し } F(r) = \sqrt{\frac{\rho_a \gamma_0}{\rho_a r}} e^{-\frac{\gamma_0}{2r}} - \frac{1}{2} r$$

$$C_1 = 0.6 \text{ (無次元定数)}$$

上式で ρ_a は空気の密度で $120 \times 10^3 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ とする。 ρ_a は台風中心気圧と台風域外の気圧との差を mb で示す。 γ_0 は台風中心から最大風速の起っている点までの距離、 r は中心から考える場所までの距離、 $\frac{f}{2}$ はコリオリの係数で $\frac{f}{2} = \omega \sin \varphi$ (ω は地球自転の角速度で $2\pi \times 10^{-5} \text{ rad/sec}$, φ は考える点の緯度) である。 $F(r)$ は摩擦を考えない時の極度風速で、海面上では摩擦のためその 0.6 倍の風速となると仮定し、 $C_1 = 0.6$ とする。(1) で与えられる風速 U_1 は、台風中心の同心円の切線に対して 30° の傾きをなして吹き込むとする。次に場の風、は風速 U_2 と風向は台風の進行方向と同じである。

$$U_2 = C_2 \frac{F(r)}{r} \times V \quad (2)$$

上式で V は台風の進行速度である。

実際の風は U_1 と U_2 のベクトル和となるからその大きさと U は次の様になる。

$$U = C_1 F(r) \sqrt{1 + M^2 - M (\sin \theta - \sqrt{3} \cos \theta)} \quad (3)$$

$$\text{但し } M = V / \cdot (\gamma_0)$$

$$\tan \beta = \frac{\sqrt{3} + 2 M \cos \theta}{1 + 2 M \sin \theta} \quad (4)$$

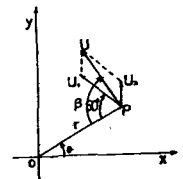


図 - 1

図-1 は台風中心を原点とし y 軸方向に進行する台風について点 P における

上述の関係を示すものである。この様な風速分布を伊勢湾台風について当てはめると、 $a = 75 \text{ km}$, $\gamma_0 = 75 \text{ km}$ となり、風速分布は図-2 のようになる。(但し $M = 0.3$, 従って $V = 13.5 \text{ m/sec} \approx 48 \text{ km/hr}$ の場合である。

3. 計算法

次の假定の下に計算を行う。

- (1) 台風域内の浪の進行方向はその点の風向と一致する。
- (2) 有義波として取扱う場合、考える地点を通過する波は各方向からの波が互に作用し合っ変形することはない、従って考える地点を通過するも、とも大きい波高がその点における卓越波高を示すものとする。
- (3) 台風の規模と進行方向、及び速度は一定である。
- (4) 風速と有義波の関係については Wilson (1965) による次式を仮定する。

$$\frac{gT}{2\pi} = 2K_1 \left[1 - \frac{1}{\{1 + K_2 (gF/U^2)^{1/2}\}^2} \right] \quad (5)$$

$$\frac{gH}{U^2} = K_3 \left[1 - \frac{1}{\{1 + K_4 (gF/U^2)^{1/2}\}^2} \right] \quad (6)$$

ここで、 $K_1=0.685$, $K_2=0.008$, $K_3=0.30$, $K_4=0.004$

ある点 a において群速度 C_a , 波高 H_a をもつ波が風速 U_a を受けて距離 Δx を進行して点 b に到達したとき、この波の群速度 C_b , 波高 H_b は次式で計算される。

$$C_b = C_a + \frac{5}{3} K_3 \frac{1}{(1-X)^2} X \frac{g}{U_a} \Delta x \quad (7)$$

$$H_b = H_a + K_3 K_4^2 \frac{Y^2}{1-Y^2} \Delta x \quad (8)$$

$$\text{但し } X = 1 - \frac{1}{K_1} \frac{C_a}{U_a}, \quad Y = 1 - \frac{1}{K_3} \left(\frac{gH_a}{U_a^2} \right)$$

(5) 風浪は $X=0$ または $Y=0$ の状態においてうねりとなりその後には風の影響を受けず進行方向を変えないで波高及び波長は次式に従って変るものとする。

$$\frac{H_F}{H_0} = \cosh \left\{ 0.66 \left(\frac{F}{F_0} \right)^{0.06} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.25} \tanh \left\{ 3.0 \left(\frac{D}{F} \right)^{0.30} \right\} \right\} \quad (9)$$

$$\frac{L_0}{L_F} = \cosh \left\{ 1.74 \left(\frac{F}{F_0} \right)^{0.05} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.20} \tanh \left\{ 1.02 \left(\frac{F}{F_0} \right)^{0.14} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.32} \right\} \right\} \quad (10)$$

即ち最初の波高 H_F , 波長 L_F , その波の通過した距離 F , 浪の進行した無風域の長さ D によって、その点のうねりの波高 H_0 , 波長 L_0 が与えられるもので、これは Bretschneider によるうねりの算定図表を式で表わしたものである。

図-3 は図-2 の台風についての計算の結果、海面上の各点から発生する浪の進行経路を海面に対して静止した座標に示して示したもので、経路上に波高と周期及び到達時間を示している。

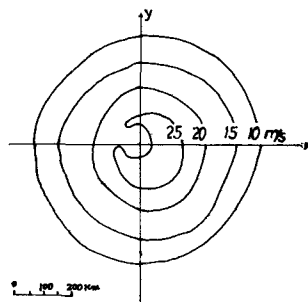


図-2

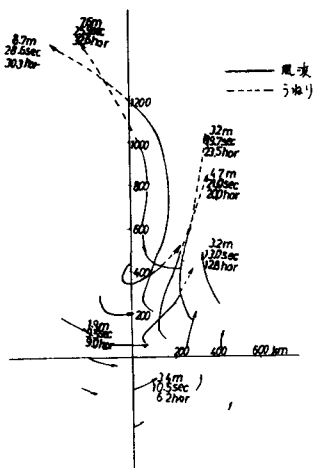


図-3

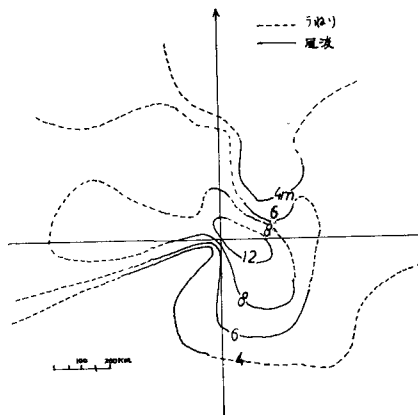


図-4 波高分布図

この計算結果は静止した海面に突然台風が発生し進行した場合に相当するもので、必ずしも定常状態に入った台風域内の浪とは断定されない。これを求めるために第2次計算として、上記計算結果を初期値（初期浪高及び周期）とする波の発達を再び計算し、更にこれを初期値として、計算を繰返せば、定常状態を得ることができる。こうして風浪としての第3次計算までを行い、引続き $x=0$ または $y=0$ の状態に入った波についてうねりの計算を行い、台風域内の予め定められた領域内を通過する最も卓越した波を取ってその分布を示したものが、図-4、図-5である。

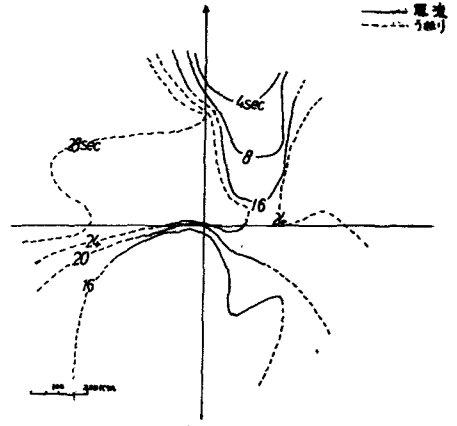


図-5 周期分布図

図-4、図-5は、図-2の台風についての例であり

、台風中心を原点とし台風と共に移動する座標系について、実線は風浪の卓越する領域、破線はうねりの卓越する領域を示すものである。

4. 結果

上記の方法を伊勢湾台風、秋田台風等の主要な10ヶの台風をモデルとし、($r_0 \cdot \Delta P = 5500 \sim 10000 \text{ km mb}$), $M=0.005$, (0.005m) 0.5について計算を行い、それぞれの台風域内での最大浪高 H_{max} 及び T_{max} を台風域内の最大風速 U_{max} 及び中心示度の深さ ΔP , 及び最大風速と中心との距離 r_0 , 台風の進行速度 V , 空気密度 ρ , 重力の加速度 g によって無次元化した結果を図-6に示している。これによると、無次元化した最大浪高及び周期は $g \cdot r_0 \Delta P / \rho V^4$ と共に滑らかに変化し、 8×10^3 の付近で最大値を示し、この値が増加すると共に一定値に近づき（台風の進行速度が小さい場合）、反対の場合には急速に0に近づくことが分る。言いかえると、台風の進行速度が小さい時は、 H_{max} , T_{max} に対する台風の進行速度の影響はほとんど現われないで、(気圧深度/中心半径)の3乗根、4乗根に反比例する。

尚、この外に台風域内の波の分布について詳細の資料が得られているので、詳細の計算方法と共に近い将来まとめて報告する予定である。

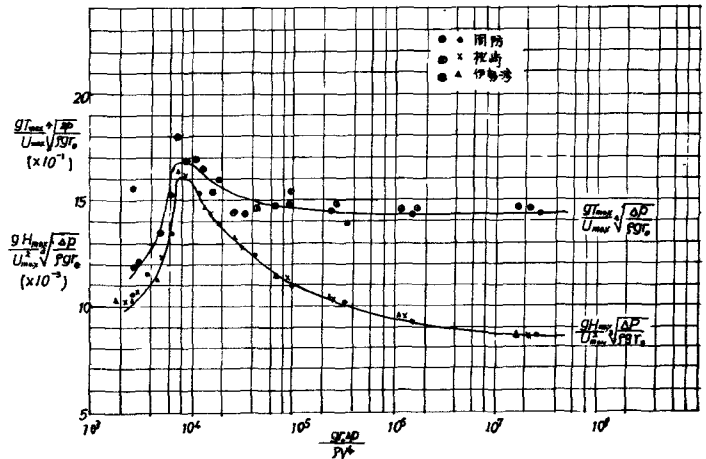


図-6