

九州大学工学部 正員 井島 武士
 九州大学工学部 学生員 田淵 幹修
 九州大学工学部 学生員 ○富吉 従夫

1 緒言

著者のひとりには Willson の与えた風と有義波の関係を用いた数値計算により海洋上の台風域内の波の分布を求めている。その結果 従来から知られている台風域内の波の分布の概念をかなりの確にすることができたが レガレながら計算過程にかなりの仮定を含んでおり また実際の台風域内の波浪分布の実測値が少ないため 計算結果がどの程度一致しているか 図-1 三陸沖台風の進行径路を十分に検討できなかった。幸いにこれらの検討の資料となるいい例として昭和10年9月 当時の海軍の艦隊が三陸沖で遭遇し実測して得た三陸沖台風(仮称)についての波浪分布がある。この台風は実測値の得られた地点では進行速度が70~80 km/hと加速されており またかなり温帯低気圧の性質を帯びて来ていると考えられるが 一個の台風についてほぼ完全な波浪分布が得られているという点で 適当な計算方法を用いることにより 従来の数値計算による台風域内の波浪推定法とその結果の検討の資料として十分評価できるものである。本論文ではこの三陸沖台風について数値計算により波浪推定を行い 実測値との比較検討を行っているので 主として風波について現在得られている結果を報告する。

2 三陸沖台風(昭和10年9月 低気圧番号27)

昭和10年9月25日朝 小笠原島の南東40km付近にあって720mm Hgに発達し 以後図1に示すコースを急激に北上した。この台風が金華山東方200km付近に達した26日9時頃から 北海道南海上で行動中の赤軍第4艦隊がこの台風圏に入り悪状況の中で気象観測を行っている。この時の風や波浪の記録は昭和28年「水路書 誌(812号)」に発表されて 海洋上の台風域の風や波浪の分布の様子を知る貴重な資料となっている。図2 図3はこの時得られた波の分布図である。台風の進行方向は矢印で示されている。図中の数字は当時の波浪階級で 括弧内

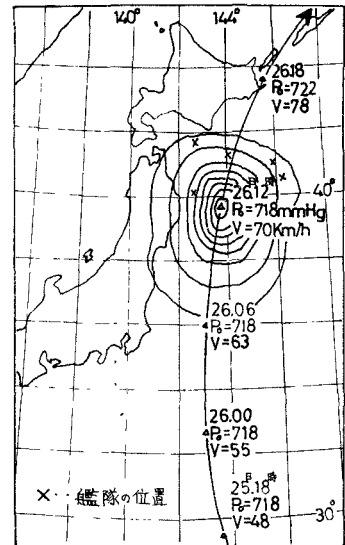
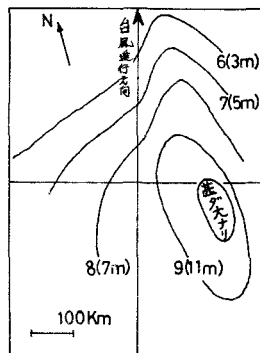
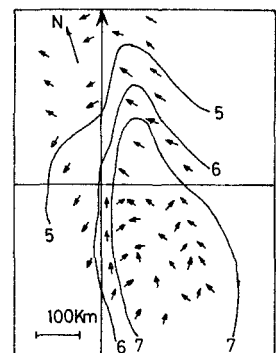


図-2 実測波浪分布



(数字は波浪階級、括弧内は相当有義波高を示す)

図-3 うねりの分布



(矢印はうねりの方向を示す)

に有義波として妥当と考えられる相当波高をメートル単位で示した。報告によると 台風前方から台風圏内に入ると同時に急激に波高が大きくなり 右半円で特に大きく 後面に入った頃からは波高15m以上 波長200~300mの波が続いている。後半円の波の衰えは遅く かなり長い時間大きな波が続き 時間が経るに従い顕著な三角波が出現している。またこの台風の本土への影響としては当時の「気象要覧(中央気象台刊)」によると 宮古測候所報告として 三陸海岸に激浪が襲来した事が報告されている。同書によると 岩手県宮古付近の三陸海岸では午後0時すぎ(時刻は北へ行く程 遅れている)急激に激浪がはじまり その波高は7~8m 波長300mに及び 2~3時間で急速に衰えている。このことは 後述する計算結果ともよく一致している。

3 計算及び結果

風波の計算には深海における風と有義波の関係式として Willson が示した次の二つの式を用いた。

Willson (1955) の式

$$\left. \begin{aligned} gH/\bar{U}^2 &= 0.26 \tanh[0.01(gF/\bar{U})^{1/2}] \\ C/\bar{U} &= 1.40 \tanh[0.044(gF/\bar{U})^{1/2}] \end{aligned} \right\} \text{(I)}$$

Willson (1965) の式

$$\left. \begin{aligned} gH/\bar{U}^2 &= 0.30[1 - \{1 + 0.004(gF/\bar{U})^{1/2}\}^{-2}] \\ C/\bar{U} &= 1.37[1 - \{1 + 0.008(gF/\bar{U})^{1/2}\}^{-5}] \end{aligned} \right\} \text{(II)}$$

上式で H は有義波高 C は有義波周期に対応する波速

$\bar{U}$ は風速 F は吹送距離 g は重力の加速度である。

$$\left. \begin{aligned} \frac{H_b}{H_d} &= \cosh \left[0.66 \left(\frac{F}{F_R} \right)^{0.06} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.25} \tanh \left\{ 3.0 \left(\frac{D}{F} \right)^{0.50} \right\} \right] \\ \frac{L_b}{L_R} &= \cosh \left[1.74 \left(\frac{F}{F_R} \right)^{0.05} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.20} \tanh \left\{ 1.02 \left(\frac{F}{F_R} \right)^{0.04} \left(\frac{D}{F} \right)^{0.32} \right\} \right] \end{aligned} \right\} \text{(III)}$$

F はうねりになるまで

に波が発達しつつ進行した距離で D はうねりとして進行した距離である。 L は波長で添字 F と D は両者の状態での値を意味する。

風減条件は図4に示した実測風を用いる。図中等風速線を実線で表わした部分が実測風の得られている範囲であり 破線部分は計算範囲を十分に取るために 傾度風による計

図-4 風速分布

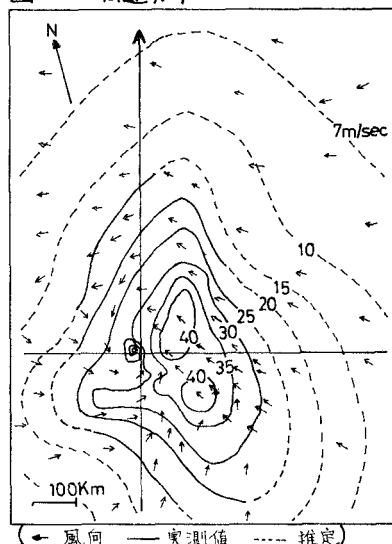


図-5

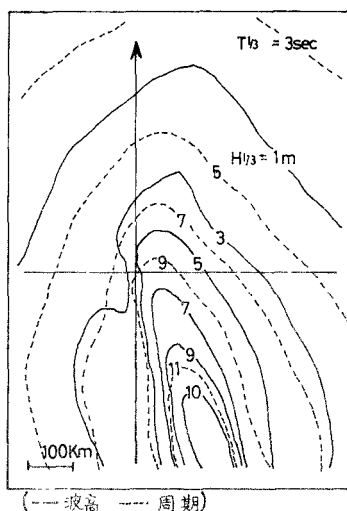
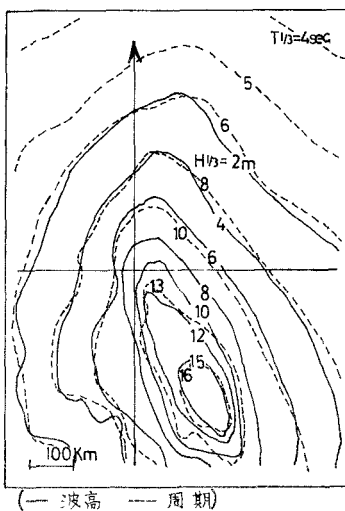


図-6



算値を基準に描いたものである。台風域の風速分布は台風の進行速度の変化や台風の規模や構造の変化緯度等により異ってくるがこれらの要素の影響を分離するのは困難であるので今回の計算では風速分布は変わらないとしている。また台風の進行経路は直線と仮定している。

i) 台風の進行速度一定としての計算

図5及び図6は台風の進行速度を気象要覧により9月26日の平均進行速度 $V = 7.3 \text{ km/h}$ とし、各々式(I)式(II)を用い計算して得た風波の分布である。波高を突線、周期を破線で示している。両方の結果に共通して最大波高域が後面に傾いているがこれは台風の加速の影響を考慮していないためであろう。また式(I)を用いて計算した結果が式(II)の結果よりも全体的に波高、周期ともに値が大きくなっている。これは一定風速($U = 20 \text{ m/s}$)のもとでの吹送距離 F と波高 H の関係を示した図7で分かるように吹送距離が特に大きくない時式(II)の波高の値が式(I)のそれより小さいためである。周期も同じ傾向がある。図8は式(I)及び式(II)を用いて計算した波の波齢と波形勾配の関係である。

ii) 台風の進行速度の変化を考慮した計算

三陸沖台風の進行速度 V は9月24日～26にかけては $V = 0.12 \cdot t^{1.466}$ で表わされる。計算は式(I)を用い台風がほぼ直線で進み始めた25日12時より4時間毎に図4で示す風域から波を出発させて艦隊が台風域にあった26日9時～17時の間2時間毎に台風域の波浪分布を求めた。図9は26日15時の波高分布である。破線はうねりでこの海域はうねりが卓越していることを示す。図10は同時刻の周期である。図9の最大波高域の波はほとんど台風の進行と一致して進んで来た波でその波高、周期、吹送距離等は周辺部と不連続に大きな値を示している。その現われる場所は風速一定とした時の計算値に比べかなり前に出て実測分布図とほとんど一致している。

図-7

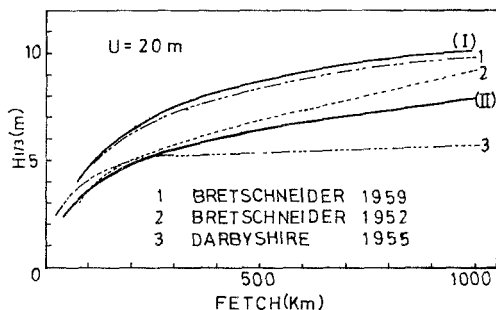


図-8

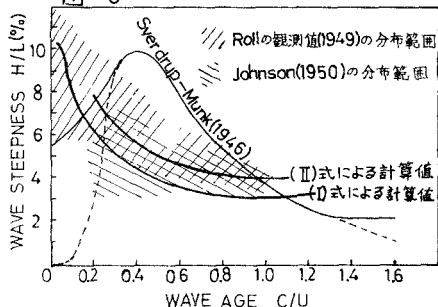
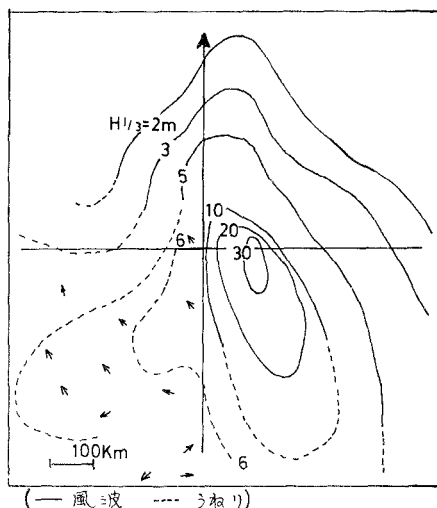


図8は式(I)及び式(II)を用いて計算した波の波齢と波形勾配の関係である。

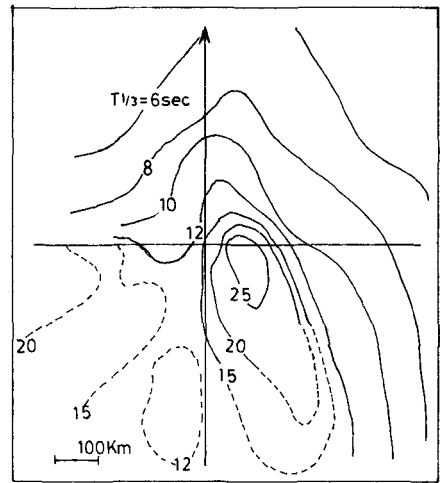
図-9



4 考察

図3の実測波浪分布図は 風波とうねりが共に入っているとみられ 図4のうねりの分布図でもこれらの分離は必ずしも明確になされていないようである。特に図4の波向で風向と一致しているものは風波と見なすのが妥当であろう。台風の前半月では 艦隊が台風圏に入ると同時に波浪が大きくなったという報告からも推定されるように うねりは現われていないと考えられるが 計算結果でも前半月のうねりはほとんど現われていない。最大波高の現われる場所は 実測では台風の進行速度一定の場合の計算結果よりかなり前方に出ている。これは台風の進行速度が速く しかも加速しているため台風の前方に進行する成分波が無く波の速度分散と台風の進行速度の加速の関係で波の持つエネルギーの強い部分が前方に出きたためであると考えられる。この現象は進行速度を変化させた計算では 台風と共に進み周期(波速)の大きい波の存在で説明され 最大波高域は実測値とほとんど一致している。台風の後半月で等波高線が長く後方に流れているのは台風の進行にとり残された波によるものと考えられ 計算値ではこれがうねりとして現われる。後半月では速度変化を考慮した計算において横に伸びるうねりが現われ 実測と一致した波浪分布を示しているが このうねりは波高の値及び継続時間共に三陸海岸を襲った激浪と一致している。このようなうねりは台風の進行速度を一定とした計算では現われなかった。波高の絶対値は実測による波浪分布が波浪階級で与えられており また報告されてくる波高の値も不規則波を艦上で目測したもので 特に有義波との関係ははっきりしない。(特に目測による周期(波長)の推定)は信頼性に乏しく ほとんど有義波周期との比較は不可能である。従って図2の括弧内に示した有義波高も概略の推定値であるが これと計算値を比較した時 周辺部では 特に式(4)の結果は小さく また最大波高は実測値がはつきりしないため比較し難いが 傾向として実測値が小さい。強風域においては 波峰が風に揺ばされてエネルギーが消散したり海水と空気の境界がはつきりなくなるため 異なった風と波の関係も予想され また狭い強風域の場合 波の方向・速度分散による低風速域へのエネルギーの流出も考えられ これらの効果のため実測波高が小さく出るものと思われる。厳密にはこのようになお説明すべき点はあるが しかるながら今回の計算によって 数値計算法による波浪推定法がいくつかの仮定を導入しているにもかかわらず工学的にはかなり満足できる精度で台風域内の波浪分布を推定できることが明らかにされたと考えてよいであろう。

図-10



(— 風波 --- うねり)

参考文献

- 井島武士, 副島毅, 松尾隆彦 (1977) “数値計算による台風域内の波の分布について” 第14回海洋工学講演集
井島武士 (1978) 木工学会誌 58-22 波浪の数値計算” 土木学会物理委員会 他