

出現最大を想定した高潮・高波のハザードマップ作成

熊本大学工学部環境システム工学科 学生員○益田恭典 野田晃一郎 正会員 滝川 清 田淵幹修

1. 序論

台風 9918 号の上陸に伴って発生した、不知火海沿岸域における高潮災害は、従来の既往最大、あるいは生起確率に基づく設計基準の考え方では、防災対策上不十分であるという教訓を残した。このとき発生した甚大な被害は、高潮のみならず、高波の影響が重なったことが明らかとなっている。¹⁾したがって、高潮と高波・潮汐との相互関係を考慮することで、地点毎の想定し得る出現最大水位を予測する必要がある。

本研究は、数種モデル台風を選定し、高波・潮汐等を考慮した高潮の数値計算を行う。これにより得られた各対象地点の出現最大水位を提示し、これを以ってハザードマップとする。

2. 高潮及び高波の数値計算

高潮の数値計算の基礎式について、式(1)は海底から水面まで鉛直方向に積分した連続の式であり、式(2)は質量保存則・運動量保存則を用いた高潮の運動方程式である。

連続の式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

運動方程式(x 方向)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(UM) + \frac{\partial}{\partial y}(UN) \\ & = fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho} \frac{\partial P_o}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(\overline{LD} \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{LD} \frac{\partial U}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} \right) \end{aligned} \tag{2}$$

ここに M,N,U,V: x, y 軸方向の線流量及び流速。
 f: コリオリ係数, P_o: 海面の気圧, τ_s: 海面剪断応力。
 τ_b: 底面剪断応力, η: 基準水平面からの水位変動。
 h: 静水深, g: 重力加速度, D: 全水深 (D=h+η)。
 \overline{L} : 水平拡散係数, S: radiation 応力。

ここで、高潮と潮汐と波の相互作用とは、図-1 に示すように、潮汐条件の下で高潮の気圧低下と吹き寄せに伴って水位が上昇して風波が発達し、これらが互いに関連しあいながら変形することにある。発達した波浪は、海底

摩擦等の影響を受け、浅水変形により波の速度(群速度)

をし、それにより波高・波形が変化し砕波に至る。砕波変形による radiation 応力(起流力)によって、さらにまた水位が変化することになる。図-1 中の①~③は、上記の高潮の運動方程式の下線①~③に対応している。

離散化においては、微分可能性を前提とした基礎方程式の差分化は行わず、流れ場に

固定された格子網の各々のコントロールボリュームに対して、質量と運動量保存則の概念を直接適用して離散化方程式を導出しているため、巨視的な物理法則が成立する積分形の基礎方程式に根拠を置いている。水理量は、すべての格子点で定義し、時間的にも空間的にも全て中央差分とすることで、離散化方程式本来の物理的意味を確保し、計算の安定と精度の向上を図った。²⁾

計算領域は、有明・八代海を中心に東西方向に 180km、南北方向に 240km とした。なお、外界の影響を考慮するため、西に 140km、南に 80km の仮想海域を計算領域に含めており、ここでは水深を 70m と一定にした。また計算格子間隔は 200m である。本手法では潮汐も考慮するため干潟の干出、水没、陸上遡上の計算も行った。これは水深がある値(10cm とした)より小さくなると干出したとみなす。また隣り合う格子点の水深が、考える点の地面高より 10cm 以上の場合、水没として考えた。また、風の推算には傾度風モデルを用いた。

3. モデル台風の選定

モデル台風には、北進タイプである 5915 号(伊勢湾台風)、東進タイプである 9119 号(リング台風)、9918 号(BART)の 3 つとした(表-1 被災状況)。

一般的に、台風時に沿岸で発生する高潮や波は、台風の勢力(中心気圧、暴風半径)、台風のコースに影響を受ける。そこで、モデルとする台風の進路を平行移動させた仮想の台風のコースを設定し(図-2.3.4)、台風がこれらのコースを通過した場合に八代海域の最大水位がどう

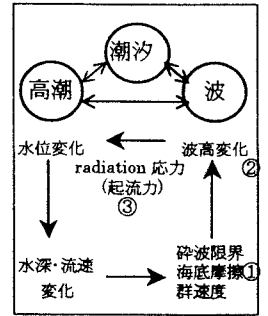


図-1 高潮と波の相互作用

なるかを検討した。また、満潮時刻と上陸時刻の時間差の影響を考慮するために、9918号に限り前後2時間をずらし計算を行った。

表-1.各モデル台風の被害状況

台風	月日	呼称	被災地域	死傷者
5915	9. 26	伊勢湾台風	東海地方	70929人
9119	9. 27	リング台風	熊本地方	1561人
9918	9. 24	BART	熊本地方	1146人

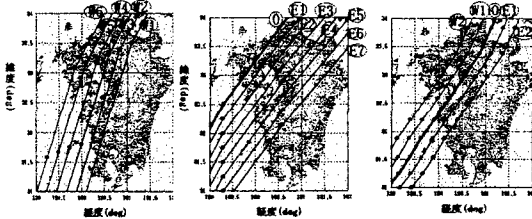


図2 台風 5915号 図3 台風 9119号 図4 台風 9918号
--- 仮想コース --- 仮想コース --- 仮想コース

また主な対象地点は、八代海周辺では松合、八代、竜ヶ岳、水俣の4地点としている。

4. ハザードマップの形成

図-5 は八代海域において、台風 5915 号が6つの仮想コースを通った場合の最大水位を等水位線で表したものである。等水位線間隔は 0.3m で、色が濃いほど水位が高いことを示しており、湾奥部（松合地区）が最も水位が上昇していることが分かった。また、図-7 は6つの各仮想コースにおける、松合地区の水位の経時変化を表しており、図-2 と比較すると、台風が対象地点より西側を通過する場合（W4）に、水位がより高くなる結果（T.P.6.2m）となった。また、最も西側の仮想コース

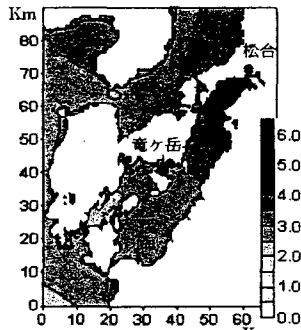


図-5 台風 5915 号の仮想コースにおける最大水位の等水位線図

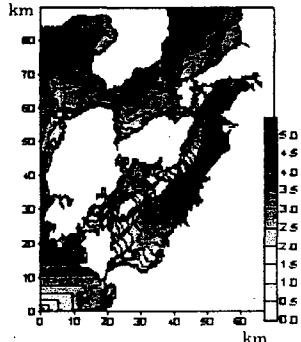


図-6 台風 5915 号の仮想コースにおける最大波高の等波高線図

（W6）の場合、竜ヶ岳では予想できる最大波高（図-9）がその時の水位（図-8）より、1.5m 高くなる結果となった。

本研究では、高波や潮汐の相互作用を考慮した高潮の数値解析を行い、図-5,6,7,8,9 のような各対象地点の出現し得る最大水位・波高およびその時間変動を提示し、これらを合わせてハザードマップとする。

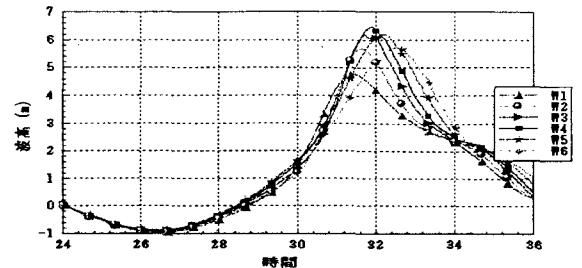


図-7 台風 5915 号の各コースにおける松合地区の水位の経時変化

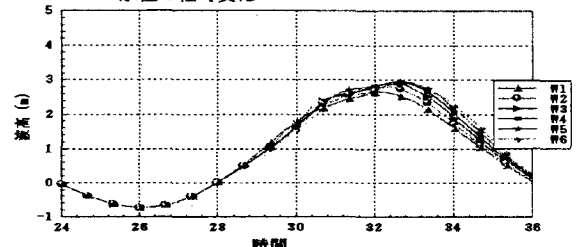


図-8 台風 5915 号の各コースにおける竜ヶ岳の水位の経時変化

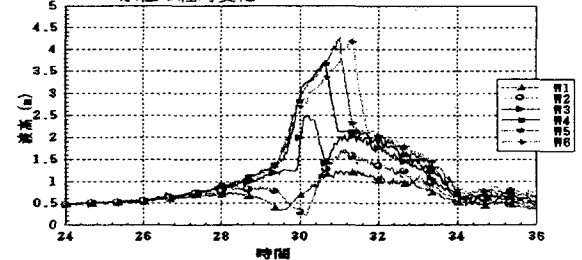


図-9 台風 5915 号の各コースにおける竜ヶ岳の波高の経時変化

5. まとめ

図-8,9 から分かるように、出現最大水位のみでなく波高についても考慮する必要がある。

高潮・高波・潮汐の相互関係の必要性、ハザードマップの詳細、及び他の2つのモデルについての詳細は講演時に述べる。また、有明海域についても同様の計算を試みる。

参考文献

- 1) 滝川清・田淵幹修・山田文彦・井手俊範(2000)：台風 9918 号による不知火海海岸の被災特性，海岸工学論文集，第 47 巻（1），pp.291-295.
- 2) 西濱繁樹(2001)：流体運動に関する平面二次元数値計算法の開発と応用，修士論文，pp.2-5.