

高潮氾濫数値シミュレーションモデルの伊勢湾・長島輪中への適用

京都大学 防災研究所 正会員 土屋 義人
 〃 〃 山下 隆男
 神戸製鋼所 〃 〇 杉本 浩

1. 緒言 河川・海岸堤防の欠損による洪水・高潮氾濫災害の予測法を確立するひとつの手段として、最近氾濫数値シミュレーションが用いられるようになった。本研究では、高潮数値計算と氾濫数値計算とを接続した高潮氾濫数値シミュレーションモデルを、伊勢湾台風時の伊勢湾湾奥の長島輪中へ適用し、モデルの特性を検討した。

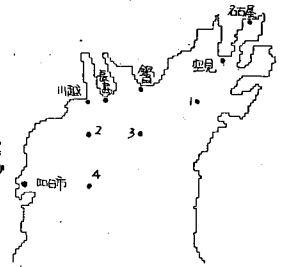
2. 数値モデル 高潮および氾濫数値計算ともに単層モデルとし、前者は図-1に示すように、空間をそれぞれ $\Delta x = 1\text{ km}$ および 250 m の広・狭領域に分割し、後者は $\Delta x = 50\text{ m}$ の氾濫域として、この領域についての同時接続計算を行う。(a)基礎式は、次式のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} \frac{\partial (UN)}{\partial x} + \frac{\partial (VN)}{\partial y} &= -g(h+\eta) \left(\frac{\partial (h+\eta)}{\partial x} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) + \nu_H \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} + fN \\ \frac{\partial N}{\partial t} \frac{\partial (UN)}{\partial x} + \frac{\partial (VN)}{\partial y} &= -g(h+\eta) \left(\frac{\partial (h+\eta)}{\partial y} \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{sy} - \tau_{by}) + \nu_H \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} - fN \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

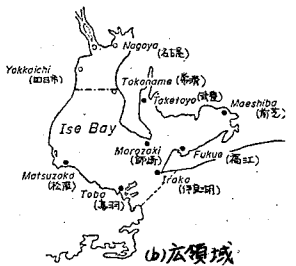
ここに、 $U = \frac{1}{(h+\eta)} \int_{-\eta}^h u dz$, $V = \frac{1}{(h+\eta)} \int_{-\eta}^h v dz$, $N = (h+\eta)U$, $N = (h+\eta)V$, η : 水位変動, ρ_0 : 海面および海底せん断応力, f : Coriolis係数, ν_H : 水平渦動粘性係数および g : 重力の加速度である。(b) この基礎式と差分法により、数値的に解く。すなわち、時間について Leap-frog 法、空間について中央差分を用い、40 ステップに1度、松野法を併用した。

(c) 台風モデルは藤田の式を用い、モデル定数は $C_1 = C_2 = 0.6$, $r_0 = 75\text{ km}$ とした。図-2に伊良湖における風速ベクトルおよび気圧の時間的変化を示した。(d) 高潮計算における広・狭領域の接続は、広領域の1メッシュおよび狭領域の4メッシュとオーバーラップさせ、広領域から狭領域への水位変動および流量フラックスの変換は面積による重み付けにより、また逆の場合は接続格子内の平均値により行った。

一方、高潮狭領域と氾濫計算領域との接続は、破壊時にクム破壊時の Ritter の式と適用し、その後は両接続格子点間の水位差を流速と規定した。(e) 高潮計算の間境界条件は、図-1(b)の破線上で、伊良湖における気圧の観測値を水柱換算して与え、固定境界では両計算とも完全反射とした。(f) 氾濫計算における氾濫水の先端条件は、限界浸水深 $\eta_c = 0.000/\text{m}$ を設定し、これを越える水位についてドライベット上にフロントが侵入することとした。(g) また、底面摩擦の評価は Manning の粗度係数と地物により与えることとした。すなわち、水田・畑地では $n = 0.025$ 、宅地・道路では $n = 0.04$ と設定した。

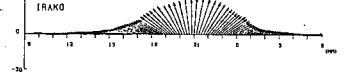


(a) 狭領域

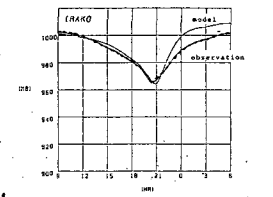


(b) 広領域

図-1 高潮計算領域(水位系)



(a) 風速ベクトル



(b) 気圧

図-2 気象外力の特性

Yoshito TSUCHIYA · Takao YAMASHITA · Hiroshi SUGIMOTO

3. 数値計算の結果 高潮計算領域の水深は、昭和39年の海図から読み取り、氾濫領域は、現在の長島町の地図および地盤高(TPL)を図-3に示すように与えた。時間ステップ Δt は、広領域(5sec)、狭領域(2.5sec)および氾濫域(0.1sec)とした。気象外力は伊勢湾台風を対象とし、潮流解析は省略した。図-4は高潮偏差の計算結果の一例と、実測値(破線)とを示したもので、石巻港での偏差はかなり小さく計算されており、これはforerunner時からその傾向がみられ今後検討を要する点のひとつである。図-5は最大偏差直前の湾内の流況図を示したもので、狭領域において反時計回りの大きなセルが形成されていることがわかる。一方、図-6は伊勢湾台風による被災時の長島における輪中堤の破堤長と破堤時刻と当時の報告書からまとめたもので氾濫計算においてはこれを参考にして、破堤時刻は

9月26日21時とし、破堤長および破堤箇所はこれに従った。なお、松ヶ島および大島地区の2箇所の破堤も、国道1号線の北側に移し、道路の盛土による二次堤防の効果を調べることとした。図-7は破堤後15分および75分後の氾濫水の流況および浸水深を示したもので、同時破堤の場合には約15分で輪中南部全域が浸水し、約1時間で全域が浸水するが、国道1号線の二次堤防としての機能は極めて大きいことがわかる。なお図中、太い境界線が破堤箇所を示す。

4. 結 語 以上のように、高潮およびその氾濫数値計算と同時に連続して実行する数値モデルを示した。今後はモデルの改良を行うとともに、これを災害予測モデルへと拡張していく必要がある。

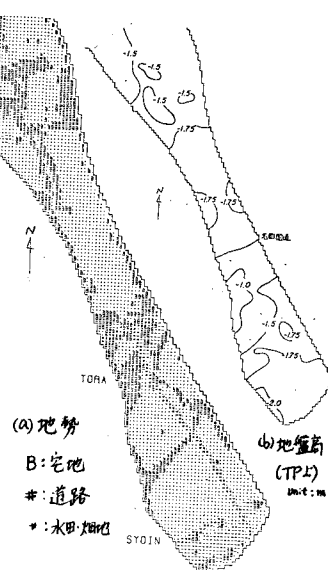


図-3 氾濫計算領域

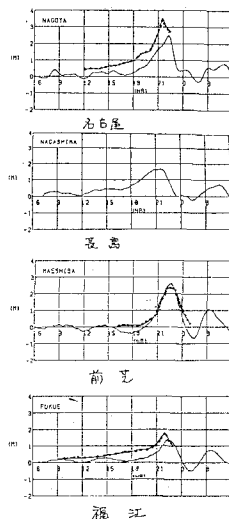


図-4 高潮偏差の計算結果 (破線は実測値)

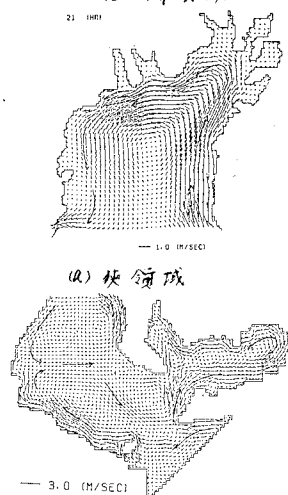


図-5 高潮計算の流況(9月26日21時)

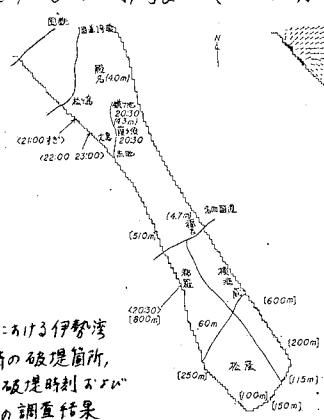


図-6

長島における伊勢湾台風当時の破堤箇所、破堤長、破堤時刻および浸水深の調査結果

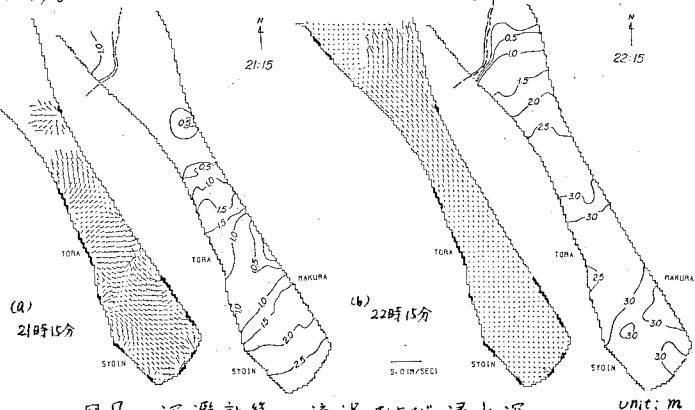


図-7 氾濫計算の流況および浸水深