

京都大学工学部 学生員 ○谷野知伸
京都大学防災研究所 正会員 中川 一
京都大学防災研究所 正会員 井上和也

1. はじめに

本研究では、1991年のサイクロンによる高潮によって甚大な被害を受けたバングラデシュ国のサンドウィップ島を例に取り、その高潮氾濫解析と、既存のシェルターの配置のもとでの住民の避難行動のシミュレーションを行い、避難システムの検討を行った。

2. 高潮とその氾濫の基礎方程式

海域および島内の氾濫の基礎方程式は、以下に示すような2次元平面流れの式である。

連続式 $\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$

運動量式
$$\begin{cases} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = fN - gh \frac{\partial (h+z_b)}{\partial x} - \frac{h}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -fM - gh \frac{\partial (h+z_b)}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \end{cases}$$

ここに、 h :水深、 u, v : x 及び y 方向の流速、 M, N : x 及び y 方向のフラックス、 z_b :地盤標高、 ρ :海水の密度、 p :平均気圧からの偏差圧力、 f :コリオリのパラメーターで、 $f=2\omega \sin \phi$ 、 ω :地球の回転角速度、 ϕ :緯度、 g :重力加速度、 τ_{bx}, τ_{by} :水底面の x, y 方向のせん断応力、 τ_{sx}, τ_{sy} :自由水面上での x, y 方向のせん断応力である。なお、サイクロンモデルとして藤井・光田のモデル¹⁾を用いた。

3. 避難行動のシミュレーション

ここでは高橋ら²⁾が開発した手法を用いることとする。すなわち、ある格子内に位置する住民グループは避難の各時点で最短経路にあるシェルターに向かって避難するものとする。ただし、このモデルでは最短距離には避難経路の冠水状況、歩行及び疲労による割引率を考慮するものとする。また最短距離、最短経路の計算方法としてWarshall-Floyd法を用いた。

4. 計算領域

計算対象領域は図1に示すようなベンガル湾を包含するバングラデシュ国の沿岸部（広領域）全域である。ここで、高潮とその氾濫の計算は、Inoueら³⁾の方法によって実行する。また、格子サイズは広領域で $\Delta x=1767.0\text{m}$ 、 $\Delta y=1894.0\text{m}$ とし、氾濫域であるサンドウィップ島（狭領域）ではその1/4の値を用いる。なお避難行動をシミュレートする際、避難地ノードとして図2に配置されているサイクロンシェルターを用いた。

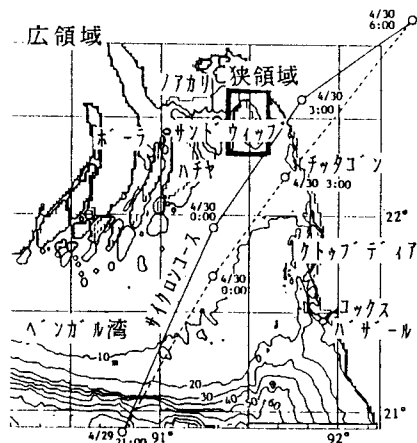


図1 計算領域

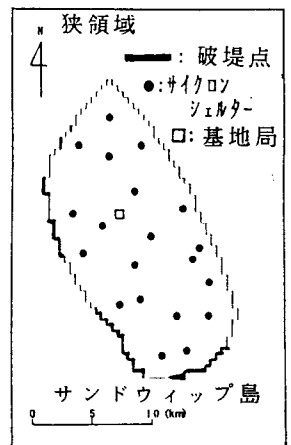


図2 サイクロンシェルターの配置図

5. 計算結果

図3に1991年のサイクロンによる高潮での島内の氾濫の推移を示した。これより同島では、その西側から氾濫が生じ、つづいて北東側から氾濫することがわかる。また、氾濫水深は2m程度となっているが、これらのことは、現地住民の当時の証言とも一致しており、ほぼ妥当な結果が得られたものと考えられる。つぎに図4に住民の避難状況を示す。これは図2に示す破堤点において越流と同時に破堤が生じ、避難命令が基地局から発令されたとし、その伝播速度 U_p を3段階に分けて行った計算結果を示している。この図より、避難命令の伝播速度が大きいほど避難を完了する人数は増え、避難開始を早くすることが重要な要因の一つであることが推察できる。ただ $U_p=5.0\text{m/s}$ の場合と $U_p=\infty$ （一斉避難）の場合を比較すると、島の北西部において、 $U_p=\infty$ では避難に失敗しているが、 $U_p=5.0\text{m/s}$ では避難に成功している地域もある。これは、氾濫の危険性の高い方向へ避難してしまうことによるものと考えられる。本シミュレーション手法により、安全に全員が避難できるための避難命令の発令時期が、評価可能である。

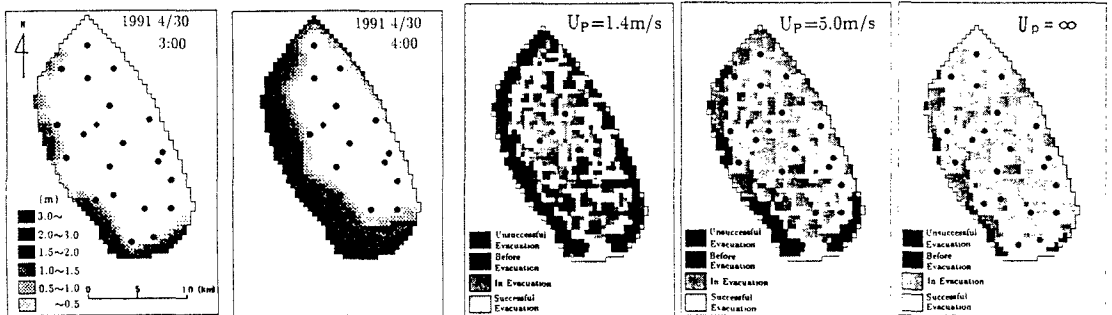


図3 氾濫の様子

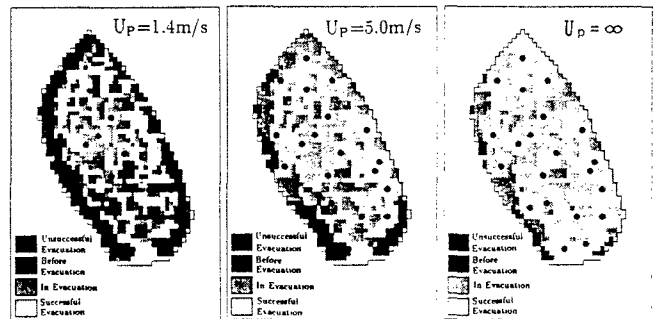


図4 避難状況図 破堤後1時間

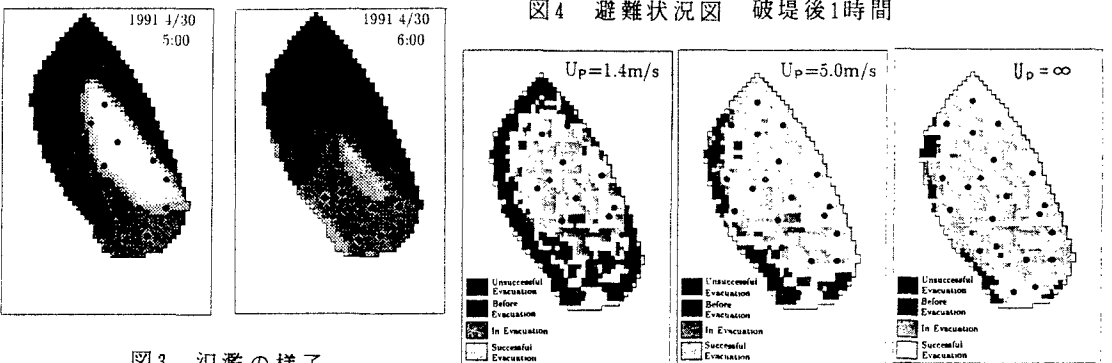


図4 避難状況図 破堤後2時間

6. おわりに

以上より、本シミュレーション手法によって、海岸堤防の規模の設定、追加すべきサイクロンシエルトーの設定位置、避難命令の発令時期などが評価可能となった。これらの成果をもとに、リード及び防災教育等のソフトな面での対策も望まれる。

7. 参考文献

- 1) 藤井健・光田寧：台風の確率モデルの作成とそれによる強風のシュミレーション，京都大学防災研究所年報，第29号B-1，pp.229-239，1986.
- 2) 高橋 保・中川 一・東山 基：洪水氾濫水の動態を考慮した避難システムの評価に関する研究，京都大学防災研究所年報，第32号B-2，pp.757-780，1989
- 3) Inoue, K et al. :3rd ROC-JAPAN Seminar, 1993