

河口部の地形を考慮した 高潮氾濫解析モデル

HIGH TIDE FLOOD FLOW ANALYSIS MODEL THAT CONSIDERED THE LAY OF EMBANKED LAND

太田和彦¹・熊谷健蔵²・松田如水³・嶋田宏⁴

Kazuhiko OTA, Kenzou KUMAGAI, Z Yosui MATSUDA, Hiroshi SHIMADA

¹正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社中部本社 (〒451-0046 愛知県名古屋市中区牛島町2-5)

²正会員 博士(工) パシフィックコンサルタンツ株式会社大阪本社 (〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13)

³工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社九州本社 (〒819-0007 福岡県福岡市西区愛宕南1-3-7)

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社中部本社 (〒451-0046 愛知県名古屋市中区牛島町2-5)

The people need the preparation of a high tide hazard map that seeks refuge from high tide flood, induction as the soft measure, that adds the upgrade of infrastructure. In recent years, people are requesting to reduce human damage from the high tide disaster more. However, great time is needed to the upgrading of a security infrastructure. Constructing the high tide flood model that considered the lay of the land characteristic of the low plain of the coast area that is weak to a high tide disaster in this research.

We carried out the method examination that is able to do the high tide flood prediction close to a real phenomenon more. Although similarly river of flood calculation uses two- dimensional unsteady flow models, a model examined the model construction by finite element method. Furthermore, the model that takes the rainfall to the flood field was made, as it is possible in the problem of the inner drainage in the low ground that was enclosed in a high tide embankment and also river embankment.

Key Words : High tide flood, Hazard map, Inner drainage, Flood flow analysis

1. はじめに

我が国は山地が国土の約7割を占めており、大規模都市は河川の氾濫等によって形成された平野部や海岸線に沿った低平地に集中している。これらの低平地は洪水や高潮に対して脆弱であり、昭和以降においても、昭和9年の室戸台風を始め、昭和20年の枕崎台風、昭和25年のジェーン台風、昭和34年の伊勢湾台風等の来襲により多大な生命、財産が失われてきた。昭和31年に海岸法が施行され、高潮堤防等の海岸保全施設の整備が本格的に開始され始めたが、全国の保全対象海岸に対する整備率は未だ40%台にとどまっているのが現状である。さらに、昭和30年代に整備された海岸保全施設の老朽化が既に進行していることから、新規施設の整備とともに既存施設の補修も必要な状態となっている。

また、都市への過度な人口集中や、過去の災害に関する記憶の風化等も原因となり、高潮や洪水に対して脆弱な地域にも都市化が進展しているのが現状である。特に日本の3大都市圏を抱えている東京湾、伊勢湾、大阪湾は南側に湾口を開く地形となってお

り、台風時に高潮が発生する危険性の高い地域であると共に、地盤沈下等により高潮の危険性増大が問題となっている。

平成11年の海岸法の一部改正により、国が定める海岸保全基本方針を柱として、各沿岸域において海岸管理者が、海岸保全基本計画を策定してきた。これまで防護中心であった海岸事業に対し、環境、利用というキーワードも合わせた整備が求められるようになるとともに、沿岸市町村及び住民と一体となった計画立案が進められている。この中で、高潮、津波といった海岸災害に対する人的被害を軽減する方策として、ハザードマップを作成し、海岸災害に対する教育と、安全な避難・誘導ルートを示すことが必要となってきた。

本研究では、従来局所的な河口水位解析に用いられてきた有限要素法による二次元不定流モデルを基に、沿岸部の低平地に対して、より詳細な氾濫解析が実施できるようにすることを目的として、海岸堤防で囲まれた地形や河川堤防の特性を考慮し、内水問題、河川堤防の地形、排水機場等が表現可能なモデル構築を検討した。

2. 氾濫解析手法

(1) 高潮氾濫等を扱う既往の研究事例

河川においては、平成13年度に改正された水防法により、概ね直轄河川の全てと一部の補助河川となる水防警報河川について洪水ハザードマップの作成を義務づけている。館¹⁾らは、岐阜県大垣市東部揖斐川流域の輪中地形の氾濫原において、小河川及び排水路を考慮した中小河川の氾濫計算に内水の影響を考慮した氾濫解析を実施している。本研究でも同様に、内水の取扱い手法として計算格子に降水量を与える手法を用いた。また、川地²⁾らは都市域の氾濫解析モデルの開発として、都市域に存在する道路、建造物、中小河川などの要素をモデルに反映し、解析手法を検討している。本研究では、地形の反映手法として比較検討されている非構造格子モデルを採用し、従来河川で用いられている矩形のデカルト座標系のモデルに比して精度の向上が可能と考えられる三角形の有限要素によるモデル構築を検討した。

(2) 構築モデルの概要

本研究では、海域及び河川を対象とする外水及び氾濫原内部で発生する降雨等の内水を取り扱うモデル構築を行った。河川については、流量をハイドログラフにより与え、河道内の流れも2次元不定流として氾濫原と同時に計算した。また、海の外水位については、沖合の境界部において高潮時の潮位波形を外水位として与えることにより、外水の流れを同時に計算するモデルとした。また、内水については、計算格子に降雨を時系列的に与えることにより、氾濫の時間変化に応じた降雨の影響を加えることで、氾濫による流れと降雨による内水を同時に解析できるモデルとした。

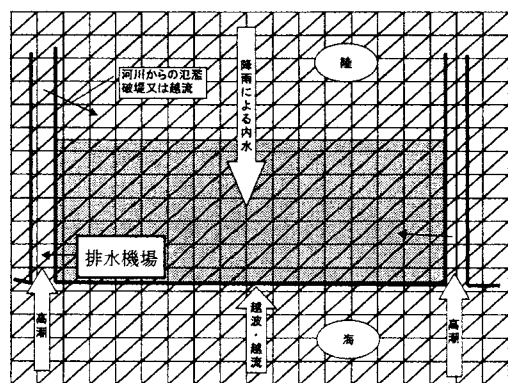


図-1 解析モデルの概要

本研究では地形モデルの作成は地形図及び、三角形要素モデルの座標系で表現し、複雑な地形や境界を取り込みやすく、さらにレーザースキャナ等の任意の座標を有するデータによるモデル構築を容易にすることが可能なモデルとなるように配慮した。

図-1に解析モデルの概要を示す。排水機場等の付加については、今後の課題となっている。

3. 氾濫解析モデルの作成

(1) モデル海岸の概要

検証モデルとした山口県山陽町埴生地区は、山口県の南西部、周防灘が南側に開いた湾の奥に位置している。背後には中国山地がなだらかな丘陵となっており、海岸は帯状の低平地となっている。そのため、土地需要は埋立てや干拓により供給され、埴生地区の西側には埴生干拓、王喜干拓等の田地や海上自衛隊小月基地等が埋立て造成されている。干拓地は概ね昭和41年までに完成している。

(2) 地形モデルの作成

埴生地区は、地区の中央を流下する前場川を中心に、図-2に示すように、東西に延長が約2kmの海岸線を有する。丘陵地から低平地になるところに海岸線と並行して国道190号があり、国道を挟むように市街地が連なっている。特に住居が集中している地区は前場川左岸河口部の埴生漁港の背後である。干拓地の堤防は国道より約700m程度沖合に出ている。

地形モデルは、海域を最大200mピッチでノードを設定し、陸域については20mを基本ピッチとし、流れを阻害する構造物周辺や河道内については最小で6mピッチ程度の計算ノードを設けた。

破堤部分は、堤内のピーク水位時に破堤し堤防高が低くなるよう設定した。

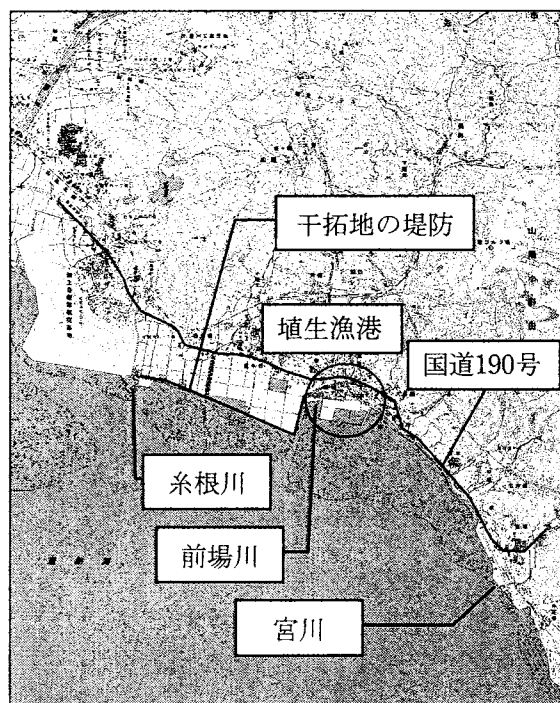


図-2 対象モデル海岸地形図

非構造格子で、任意に計算ノードを設定できることから、河川堤防、海岸堤防等の高潮時に防護ラインとなる微地形が連続的に設定可能となる他、道路等の堤防状の微地形も連続的に表現されている。ま

た、氾濫原については地盤高の低い氾濫危険地域を密にモデル化している。計算モデルの陸と海域及び河道部の接点を図-3に示す。

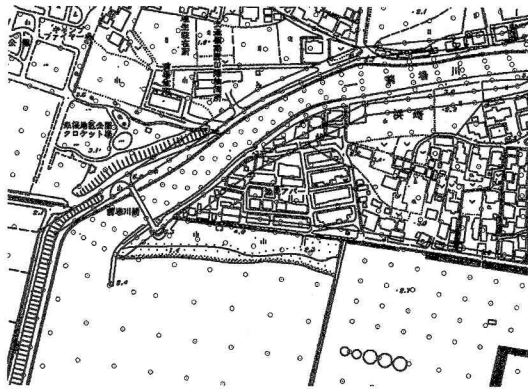


図-3 計算モデル拡大と実地形

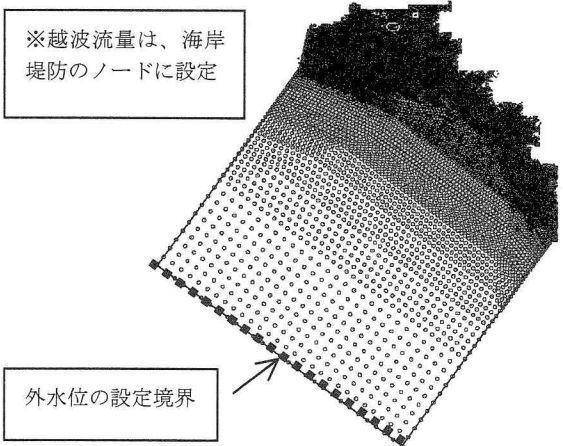


図-4 全体の計算モデル

(3) 計算外力の設定

高潮計算に用いた外力は、山口県が現在防護基準のモデル外力仕様としている台風9918号により設定された諸元規模を用いた。

a) 潮位

高潮計算に用いる潮位は、朔望平均満潮位(H.W.L.)を基本とし、潮位偏差は表-1に示す山口県のモデル台風設定値を用いた。

b) 波浪条件

氾濫計算に用いる波浪条件は台風9918号のモデル波高を用い、越波を考慮するため、海岸堤防の越波流量の12時間ハイドログラフを合田の算定図表より設定し、氾濫原に流入する越波流量を決定した。

c) 外水位条件

検討地点での台風9918号による高潮実測潮位がないため、天文潮位も含めて外水位変動を0時間でH.W.L. (T.P.+1.80m)、6時間で高潮のピーク(T.P.+4.40m)が出現し12時間で元の潮位に戻るというピーク間を直線で結んだ潮位変動モデルとした。

d) 河川流量

検討地点には中小河川が3河川流入しており、河川からの浸水が想定される。台風9918号時の実績降

雨から算出した洪水ハイドログラフにより河川のモデル上流端より流量を与えている。

表-1 設計潮位諸元

地点名(港名)	増生地区
朔望平均満潮面 H.W.L. (C.D.L.)	3.95m
朔望平均満潮面 H.W.L. (T.P.)	1.80m
換算 T.P.-C.D.L.	2.15m
偏差	2.60m
設計潮位 (C.D.L.)	6.55m
設計潮位 (T.P.)	4.40m

4. 計算結果

図-5.1から図-5.3では、氾濫開始後の時間の経過と共に海岸保全施設の外側に位置する漁港施設内から浸水するが、次に河川を遡上した高潮と洪水の流下による影響により河川堤防から堤内地に浸水する状況がわかる。氾濫後2時間30分で堤内地は満水状態に近くなり、河川からの氾濫も加わり高潮のピークである6時間まで同様の浸水状態が継続する。

海岸堤防の破堤は、外水位のピーク時6時間で設定しているが、内水位が高い状態となっていることから、破堤が内水位の増加に大きく寄与した状態とはなっていない。

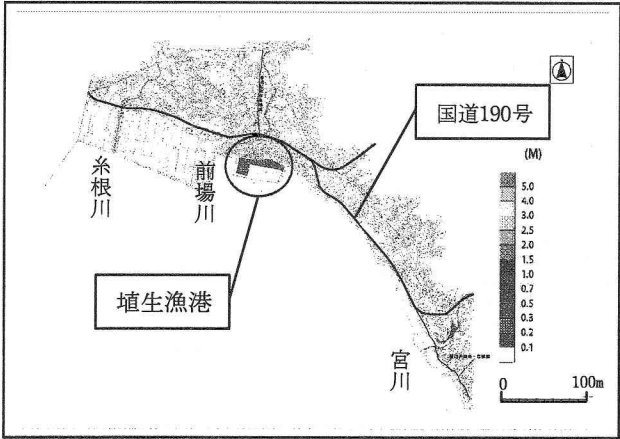


図-5.1 計算結果(氾濫開始後1時間10分)

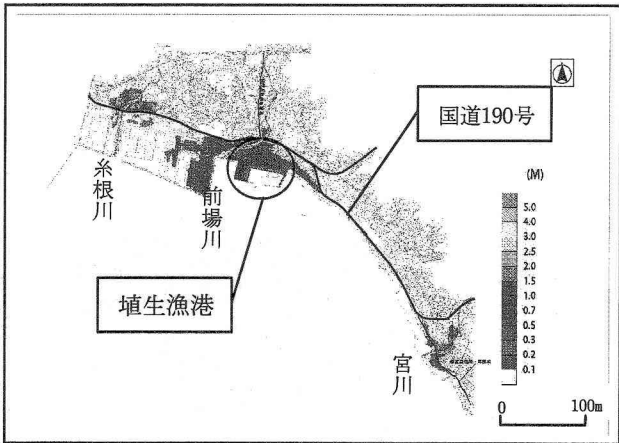


図-5.2 計算結果(氾濫開始後2時間)

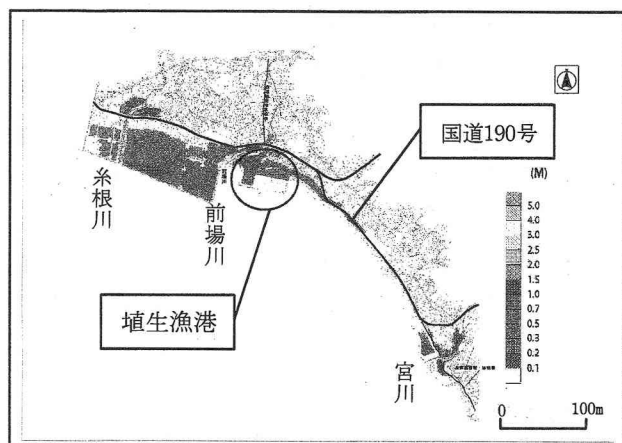


図-5.3 計算結果（氾濫開始後2時間30分）

本モデルによる計算では、河川堤防が位置と高さを連続的に表現することになるため、高潮による河道内の水位変化及び河川堤防からの越流の再現精度が高くなると考えられる。

5. 計算結果の表現手法

高潮、津波、洪水に対するハザードマップは、地域の微地形を考慮し、住民の避難行動をより現実的なものとするため、地域住民の参画により作成されることが望ましい。そのためには浸水計算結果については、浸水の状況、時系列的な変化が住民の視点から見て理解しやすい表現となることが望ましい。

本研究では地形データを、汎用三次元キャドソフトを用いて作成したことから、計算結果を再度キャドソフトに取り込むと共に、ソフトの付加機能を用いて簡易的な三次元のコンピュータグラフィックスでの表現及び、浸水の時系列変化をアニメーションで表現することを試みた。図-6にアニメーションの1シーンを示す。

計算結果の水位と実際の建物を空中写真及び住宅地図を参考に三次元にモデル化することで、住居周りの浸水の高さと位置が住民により視覚的に受け入れられる表現とすることができた。

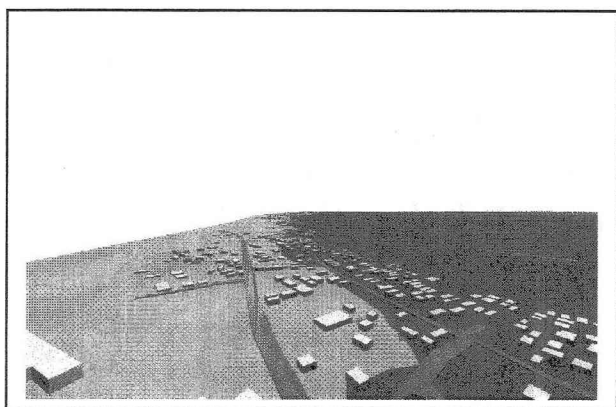


図-6 計算結果のCGアニメーション化

6. 結論

（1）微地形の再現性について

本研究では、より現実に近い氾濫現象を再現することを目的とし、非構造格子のモデルと有限要素法による氾濫解析を試みた。その結果、実際に発生した高潮の浸水現象と、計算による氾濫過程がほぼ一致することが確認できた。これにより既往の直交座標系による氾濫計算に比して微地形の現象が表現可能となると考えられる。

破堤の現象については、対象地域の氾濫原が狭隘であったため、破堤以前に湛水位が高くなり破堤部からの浸水の過程が明確に現れなかった。しかし、破堤部延長が任意の幅で設定可能となるので既往モデルに比して精度の向上が図れたと考えている。

今回は、モデルとした高潮の実際の浸水過程が観測されていないことから、時系列的な浸水の再現について検証はできていないことが課題である。今後堤内水位の時間変化が把握されているフィールドでの検証が必要である。

（2）地形モデル作成について

今回の計算地形モデル作成においては、従来の河川氾濫解析と同様に、平面図と平面図上のコンター、標高点を使用すると共に、河川の縦断面図、横断面図、海岸保全施設標準断面図等を用いて計算ノードの高さを決定している。より微地形を再現する場合にはより精度の高い標高データを用いる必要がある。その目的のため、レーザースキャナによる標高データを用いることを前提に非構造格子による地形のモデル化を採用した。しかし、特定の施設の高さ、例えば胸壁等の厚みのない施設の位置と高さがレーザースキャナでは捕捉できない可能性があるため水理現象を適切に表現するための工夫が必要となる。

（3）CGによる計算結果の表現について

三次元キャドに付加するGIS機能を用いることで、地形データの作成が容易となると共に、三次元CGの作成、アニメーションが簡便かつ経済的に作成できた。今後、の住民説明への一手法として簡便なCG等による表現を用いることで、浸水の現象をより現実に近い感覚で理解してもらうことが可能になると考える。

謝辞

本研究を進めるに当たり、資料提供をいただきました山口県土木建築部河川課、山口県山陽町の関係者の方々に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 館、武富、川本、金木、飯田、平川、谷岡：内水を考慮した氾濫解析モデルの構築と検証、河川技術論文集、第8集、2002年6月
- 2) 川池、井上、林、戸田：都市域の氾濫解析モデルの開発、土木学会論文集、No. 698/Ⅱ-58, 1-10, pp. 1~10, 2002. 2