

農業水利施設を組み込んだ浸水解析モデル A Flood Simulation Model Considering the Irrigation-Drainage Facilities

○桐 博英* 吉瀬 弘人* 福重 雄大* 中田 達* 木村 延明*

KIRI Hirohide, KICHISE Hiroto, FUKUSHIGE Yudai, NAKADA Toru and KIMURA Nobuaki

1 はじめに

沿岸部の農業地域は、気候変動に伴う台風の強大化や豪雨の激甚化により、浸水被害のリスクが高まっている。農業地域は、水路網が整備されているため、浸水が生じると水路と氾濫域の間で流入出が繰り返されることから、水路網を浸水解析に反映させたモデルが必要である。このため、筆者らは水路を一次元、氾濫域を二次元でモデル化する「農地氾濫モデル」を構築し、9918号台風による八代海高潮の浸水災害を再現しその有効性を検証してきた(桐ら, 2004)。一方、近年の強大化する水災害の軽減に向け、「流域治水」の考え方に基づいた取り組みが進められている。農業排水施設は、農地の宅地転用が進んだ結果、現在では地域の浸水を軽減する役割を担っていることから、浸水解析モデルにおいても排水機場や水門等の操作を反映し、農業水利施設の効果を適切に評価する必要がある。そこで本研究では、農地氾濫モデルに農業水利施設を組み込んだモデルを構築した。

2 モデルの概要

2.1 農地氾濫モデル

農地氾濫モデルの概念図を図1に示す。本モデルでは、解析領域を4つのレイヤー(ブロック、氾濫域、水路、堤防・道路)に分類する。ここで、ブロックは、堤防・道路または水路で囲まれた領域であり、ブロック内部をメッシュ分割し氾濫域を解析する。解析では、水路を一次元不定流モデル、氾濫域を二次元平面流モデルでモデル化し、越流量を受け渡すことで両者を結合させる。氾濫域の解析ではブロックの外縁に法線方向流速を0とするノイマン条件を設定し、ブロック毎に独立に解析を行うことで、浸水の拡大が堤防・道路で制限される状況を再現した。なお、水位が上昇しブロックを跨ぐ水の移動が発生した場合は、水路の場合と同様に堤防・道路の越流量で浸水させる。

2.2 モデルの改良

本研究では、農地氾濫モデルに排水機場、排水ゲートの操作モデルを組み込む。農地氾濫モデルは有限要素モデルを採用しており、Kawahara et al (1982)が開発した Selective Lumping モデルを用いていたが、水位と流速を同じ節点上で評価するため、計算の過程で数値振動が発生し、解析が不安定になるという問題があった。このため、本研究では、気泡関数要素を用いた混合補間モデル(桐ら, 2008)を適用したほか、水路流れの解析で跳水が発生

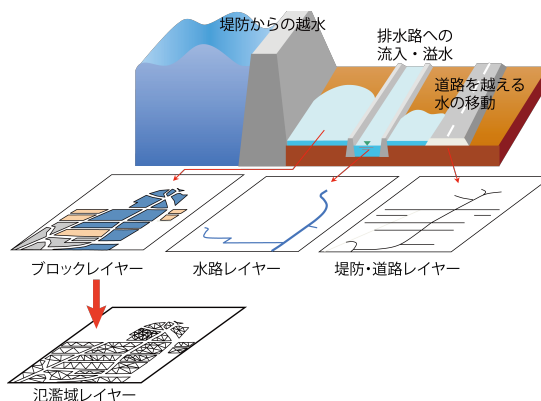


図1: モデルの概要
Concept of Rural Inundation Model

*国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO
キーワード: 浸水解析, 農業水利施設, 沿岸域, 流域治水, デジタルツイン

するような場合の再現性を向上させるため CIP 法を導入した。

2.3 解析データの作成

本モデルでは、地形図をもとにブロック外周に節点を配置し、ブロック内部の三角形要素を自動生成する。また、水路および堤防・道路は線要素とし、水路断面は水路諸元からデータ化し各節点に与えた。なお、氾濫域の標高は、国土地理院発行の DEM から各節点位置の標高を補間し与えるが、ブロック外縁で水路や道路を共有する節点では横越流量の計算のため左右岸の地盤標高を与える必要がある。本モデルでは、氾濫域の要素が水路の左右岸いずれに位置するかは、図 2 に示すように接続する水路要素と節点を共有する要素での節点の並び順をもとに判定した。

3 モデル適用例

構築したモデルの適用例として、9918 号台風の高潮解析を行った八代海沿岸地域を対象に、洪水による浸水を試算した(図 3)。本解析では、排水樋門および排水ポンプの操作モデルを組み込むとともに、降雨による河川流量、潮位変動を外力として河川および水路からの溢水による浸水を再現した。なお、本解析はモデルで計算される浸水の流動を確認することが目的であるため、河川の管理水位を上げて解析を行っており、現実の浸水とは状況が異なる。

解析では、河川および水路から溢水した水が農地に浸水する一方で、域内の地盤標高が高い部分が陸域として判定されているほか、道路で浸水の拡大が遮られている状況が確認できる。なお、今回の解析データ作成には地盤標高に 10mDEM を使用しており、地形図から取得した水路や堤防の位置がずれると標高が周囲と整合せず、思わぬ箇所で浸水が始まる状況が見られた。このため、今後はより高精細なデータの活用と地盤標高の分配方法の検討が必要である。

4 まとめ

内閣府が 2021 年 5 月に公表したデジタル・防災技術 WG 未来構想チーム提言では、「大規模災害においては人命が刻一刻と失われるため、個々人に対するリアルタイム性の高い現状把握と対応が必要である」とした上で、鍵となる取組の一つに「防災デジタルツインの構築」を掲げている。防災デジタルツインでは、都市空間をデジタル上に再現するだけでなく、シミュレータを構築し被害状況の推定・可視化を目標とする。このように、今後の大規模災害への対応においては、広域の予測に加え、個々の施設までを高精細に再現することが求められていくと考えられる。本モデルもデジタルツインへの実装に向けて、データ構築の自動化等、改良していきたいと考えている。

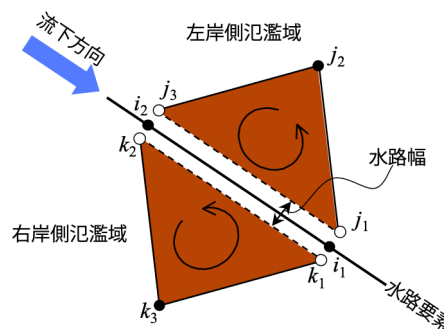


図 2: 水路・堤防の左右岸の判定
Judgement of Left and Right of channel or roads

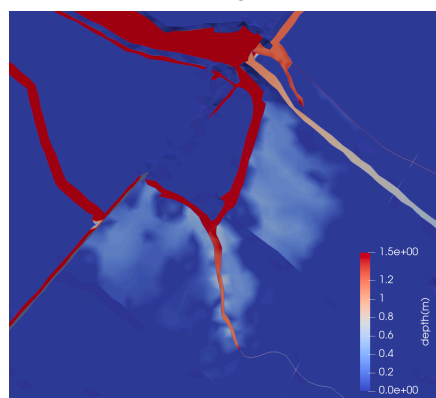


図 3: 浸水解析結果の例
Example of Simulated inundation depth

参考文献

- Kawahara et al. (1982) Int. J. Num. Meth. in Fluids, 2: 89-112
 桐ら (2004) 応用力学論文集, 7(1):423-430
 桐ら (2008) 海岸工学論文集, 55, 376-380.