

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2006～2008

課題番号：18688014

研究課題名（和文）農業生産基盤への被害の種類を考慮した水災害リスク評価モデルの開発

研究課題名（英文）DEVELOPMENT OF THE RISK EVALUATION MODEL OF WATER DISASTERS CONSIDERING KINDS OF DAMAGE TO AGRICULTURAL FACILITIES

研究代表者

桐 博英 (KIRI HIROHIDE)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究所・施設資源部・河海工水理研究室・主任研究員

研究者番号：60360385

研究成果の概要：

沿岸域の農地における高潮、洪水および津波といった水災害のリスクを評価するため、湛水被害、水利施設の破壊、塩害および土砂流入の被害を推定するモデルを構築した。モデル構築にあたって MINI 要素を用いた有限要素モデルにより、汎濫解析精度の向上を図り、実際の高潮被害と比較して十分な精度で被害を推定できることを検証した。また、解析結果を配信するための Web システムのプロトタイプを構築した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2007年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
総計	11,000,000	3,300,000	14,300,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：高潮、汎濫モデル、沿岸農地

1. 研究開始当初の背景

(1) 沿岸農地の現状

沿岸域に位置する農地は、干拓により造成されるなど地盤標高の低いものが多く、洪水や高潮、津波といった「水災害」の危険にさらされている。農地が被災すると、農家の財産だけでなく農業生産基盤までが奪われるため、復旧作業が次作期に及んだり、周辺の水辺環境が変化したりするなど波及

効果は大きい。

一方、農地の災害は、人的被害や社会インフラへの被害が少ないことから注目度が低く、行政の財政事情の悪化とも重なり、減災に必要な施設の整備が遅れがちな状況にある。さらに、農地の宅地転用により混住化が進行している現在では、洪水の流出率の変化や、農業用の排水施設が市街地の排水を担うケースが増え、農村地域の排水

ニーズは確実に変化してきている。

以上のことから、個々の排水施設や農地海岸の堤防整備を中心とした現在の防災対策には限界があり、今後の農地の防災対策では、適切な整備水準を明らかにし、より一層効率的な整備が求められている。

(2) 農業地域における災害予測手法

農地の広域排水計画は、数値シミュレーションにより行われてきた。しかし、これまでの数値シミュレーションは、排水施設（排水路、ポンプ場）の規模決定が目的だったため1次元解析により行われ、災害時の被害状況を再現できなかった。また、農地と市街地の混住化が進展した現在では、災害危険度を適切に評価し、効率的な防災対策を行うため、以下の点が重要となっている。

- 防災対策を重点化すべき地区の明確化
- 対策シナリオ毎の被害量を明らかにする（対策をとると、どれだけ被害を抑えられるか）
- 地域住民・農家にわかりやすく説明する（ハザードマップの提供）

2. 研究の目的

本研究では、特に水災害を対象とした農地の防災対策の整備計画を支援するため、災害時の被害量を予測できる「水災害リスク予測モデル」を構築する。

本研究の成果は、防災対策を立案する行政の担当者に対しては、限られた予算で効果的に整備を行うための基礎資料を提供する。また、非農家を含む農村地域の住民に対しては、水災害危険地域の情報提供と、農業水利施設が担っている地域の水災害防止の役割の啓蒙に用いることができる。これにより、農業水利施設の維持・管理の重要性を明確にすることができる。

3. 研究の方法

(1) 研究の全体計画

水災害リスク予測モデルの構築のため、農業基盤施設に対する水災害の被害を「湛水被害」、「塩害」、「水利施設の破損」および「土砂堆積」の4種類に分類し、各々について被害推定モデルを構築し、統合する。

本研究開始時において、各被害の判定指標とモデルを構築するうえで残されている問題点は、表1のように整理した。各被害の予測は、「異次元解析のカップリングによるクレークを有する氾濫域の詳細（若手研究B、H15～17）」で開発した、湛水被害を予測するための「氾濫域流況詳細解析モデル」（以下、氾濫モデルという）をプロトタイプとして、各々の被害予測モデルを組み込む。

(2) 各被害推定モデルの研究内容

表1 被害の判定指標と検討が必要な課題

被害の種類	判定指標	検討が必要な課題
湛水被害	湛水深 湛水時間	現地被災状況との詳細な検証
水利施設の破損	水路壁材質 水路形状 最大流速	水路交差部にかかる力の解明
塩害	塩分濃度 継続時間	洪水流と海水の浸入による塩分濃度モデルの構築
土砂堆積	底質の種類 最大流速	土砂堆積モデルの検討

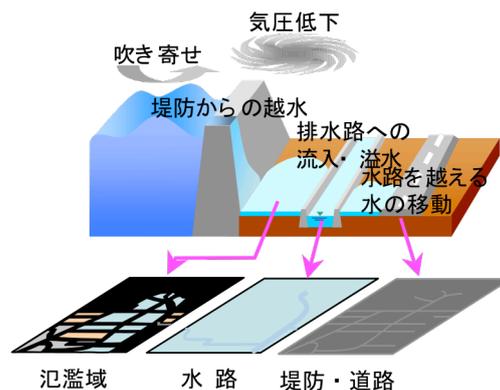


図1 「氾濫域流況詳細解析モデル」の概要

① 氾濫モデル

氾濫モデルの概要を図1に示す。氾濫モデルでは、二次元解析で行われる氾濫現象のシミュレーションと水路流れを一次元不定流モデルによって再現し、両者を統合したものである。これにより、通常の氾濫現象に加え、小河川や幹線水路等を伝って拡大する反乱被害を忠実に再現することが可能になる。しかし、これまで、収集した被害状況データにばらつきがあるなど、検証が充分でなかった。このため、本研究では、リモートセンシング画像を元に算定した農業被害域データを利用した検証を行うとともに、モデルを改良する。

② 排水路破損モデル

排水路の流況は、氾濫モデルに組み込まれた一次元不定流モデルで解析され、水路の破損は、最大流速をもとに判定する。判定基準となる流速値は、設計基準を参照するが、水路の交差部分にかかる力など不明な点がある。このため、水理模型実験を行い、水路破損モデルの指標となるデータを収集し、モデルを改良する。

③ 塩害モデル

スマトラ沖地震津波や八代海高潮後にお

ける被災現場の調査結果から、海水の浸入と降雨の状況により塩害の発生状況が大きく変化することがわかっている。このため、塩害の被害域を推定するには、水災害時の氾濫域の塩分濃度分布を塩害モデルに反映させる必要がある。本研究では、海水の浸入と降雨流出を考慮した塩分濃度を解析するため、拡散モデルを構築する。

④ 土砂流入モデル

土砂堆積モデルは、底質が砂の場合と粘土の場合を想定し、最大流速で堆積域を判定する。先に行った試算では、この手法で土砂堆積域の始端を推定できることが明らかとなった。八代海高潮の事例をさらに精査し、モデルのブラッシュアップを行う。

(3) 効果的な配信手法の検討

水災害の原因となる沿岸域の流れや予想される災害リスクを多くの人に周知できるよう、リスク評価モデルのWeb配信システムの骨格を決定する。

4. 研究成果

(1) 氾濫モデル

有明海の主要干拓地を対象に、高潮が生じた場合の農業生産基盤への影響を評価した。有明海および八代海の旧国営干拓地を中心に、氾濫解析モデルのデータを作成した。氾濫解析においては、地形標高の精度が解析結果に大きく影響を与えるため、本研究では、1級河川周辺域の航空レーザー測量データを入手し、標高データを作成した。これにより、0.01m精度の標高データを作成することができた。一般的に入手が容易で氾濫解析によく用いられる国土院発行の50mメッシュ標高データは、精度が1mであるため、これを用いる場合と比較して大幅に地形標高データの精度を向上させることができた。

氾濫モデルでは流れの解析部分には従来から用いられている同次補間により有限要素定式化手法を用いていた。しかし、同次補間による有限要素モデルは擬似モードが発生し、数値安定性が低くなるという問題があった。このため、水位の補間関数に三角形一次要素、流速の補間には非線形の気泡関数を付加したMINI要素による混合補間モデルへと全面的に改良することで、解析精度および安定性の向上を図った。

本研究で改良した氾濫モデルと1999年18号台風で八代海に発生した高潮における農作物被害域を衛星画像から抽出した結果を比較したのが図2である。衛星画像の濃いグレーで映っている部分が農作物が生育していない領域である。氾濫解析の結果、高潮の湛水深が0.3m以上の領域と農作物が生育していない領域が良好に一致しており、モデルの再現性が確認できた。

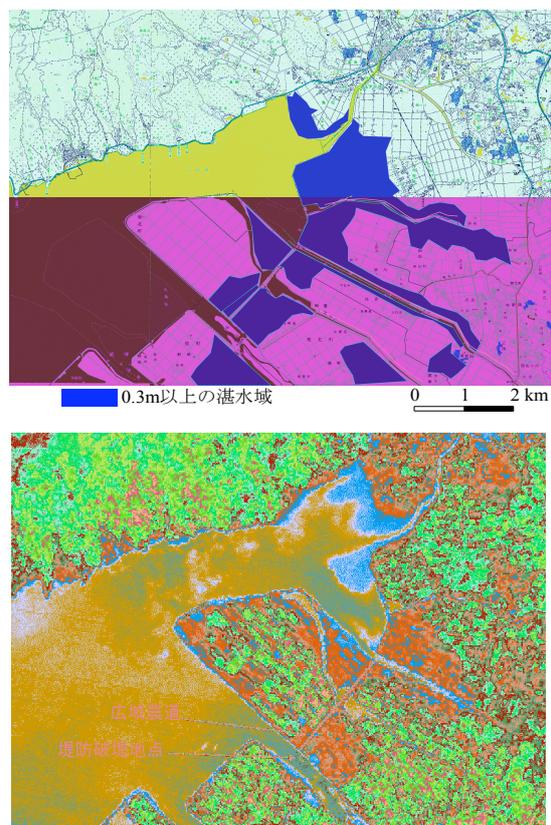


図2 八代海における1999年18号台風に伴う氾濫解析結果の検証(上:解析結果,下:衛星画像による高潮による農作物被害推定域)

完成された解析モデルは空間分解能が高く、計算負荷が大きくなるため、本モデル解析用のPCクラスターを構築するとともに、MPI (Message-Passing Interface) による並列計算を行えるようプログラムを改良した。本研究により、有明海および八代海の主要な沿岸農地において水災害による被害リスクを評価できるモデルとデータセットが完成した。

(2) 排水路破損モデル

水路を伝播し越水する氾濫水の流れは、水路の破損を引き起こす原因となる。このため、水路からの氾濫現象を精度よく解析できるモデルの構築が求められる。

水路被害モデルでは、一次元不定流モデルにより解析を行い、流速を指標にして水路破壊部分を推定する。本モデルでは、災害時の水路流れを解析するため、厳しい水理条件でも解析できることが求められる。このため、線形の擬似気泡関数要素を用いた混合補間法とCIP (Cubic Interpolated Pseudo Particle) 法を組み合わせたモデルを開発し、常流・射流が混在する流れでも解析できるようモデルの改良を図った。またモデルの検証は、水理模型実験の結果との比

較を行った。なお、水理模型実験において、比較的小きなフルード数 ($Fr=1.5$ 程度) で発生する波状跳水によって大きな波が減衰せずに水路を伝播することが分かった。この波状跳水を解析するため、波の分散性を考慮できる Boussinesq モデルと CIP 法を組み合わせたモデルを構築した。このモデルを水理模型実験の結果をもとに検証したところ、波状跳水による波高の上昇は良好に再現できたが、波の減衰が実験値よりも早く、今後の課題として残された。

(3) 塩害モデル

塩害モデルでは、海域の解析精度を高めるため、シグマ指標モデルを構築するとともに、水温、塩分の拡散モデルを導入したモデルを開発した。

(4) 土砂流入モデル

高潮や洪水の氾濫とともに沿岸域の農地へ流入する土砂は、その復旧に時間と労力を要することから、対策が求められている。本研究では、氾濫モデルに土砂の移動限界流速を指標としたモデルを組み込み、土砂流入箇所を推定するモデルを構築した。本モデルの現地適用例として、1999年18号台風での八代海湾奥部の農地への高潮災害を再現し、土砂流入箇所を推定した。土砂流入箇所の推定結果と高潮後の土砂堆積域を比較したのが図3である。その結果、実際に土砂が流入したと考えられる3地点をほぼ推定することができた。本モデルにより、浸水時の土砂流入対策を実施する箇所を特定でき、効果的な減災対策を実施することが可能になる。

(5) 配信システムの検討

解析結果を配信する Web システムとして、一般ユーザーが地理情報を容易に指定することができるよう、米国 Google 社が提供する Google Maps API を用いた解析結果表示システムを検討した。本研究では、プロトタイプとして、有明海内でユーザーが指定する任意の点における潮流変動を解析、表示するシステムを試作した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① 桐 博英, 白谷栄作, 丹治 肇, 気泡関数要素を用いた有明海潮流の有限要素解析, 海岸工学論文集, 査読有り, 55 巻, 2008, pp. 376-380
- ② 桐 博英, 白谷栄作, 丹治 肇, 有明海の高精度潮流推算モデル, 農業工学試験研究成果情報, 査読有り, 2008, (印刷中)
- ③ 桐 博英, 中矢哲郎, 丹治 肇, 高潮災害時における沿岸農地への土砂流入部の予測モデル, 海岸工学論文集, 査読有り, 53 巻, 2006, pp. 1371-1375

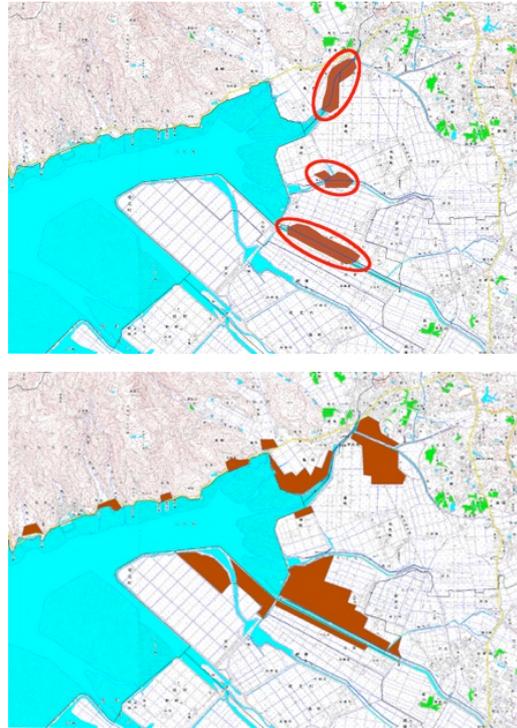


図3 土砂流入箇所の推定結果(上)と土砂堆積域(下)の比較

〔学会発表〕(計1件)

- ① Kiri H., Three-dimensional FEM model of Ariake Sea, 3rd International Conference on Sustainable Development in the Mekong River Basin, 12 Sept. 2008, Thailand Khon Kean.

〔その他〕

配信システム試作版暫定運用サイト
<http://pcf182.nkk-f.affrc.go.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桐 博英 (KIRI HIROHIDE)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・施設資源部・河海工水理研究室・主任研究員

研究者番号：60360385