

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：82111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23700

研究課題名（和文）洪水・渇水を連続的に解析できる低平地対応型の水循環モデル開発

研究課題名（英文）Development of a seamless hydrological model for seamless calculation between flooding and drought

研究代表者

皆川 裕樹（MINAKAWA, Hiroki）

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・主任研究員

研究者番号：70527019

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本課題は、低平地域特有の水の流れを考慮した洪水状況と、通常時～渇水時までを連続的に解析できるモデルの開発を目指した。ベースとなる分布型水文モデルは1kmメッシュ単位で標高等の情報を整備し、河道の流れ方向を自動で決定する。ここで、下流低平部に不定流モデルを新たに導入し、さらに水田地域にある主要排水路の情報を加え、農業用施設による人工的な流れの情報を反映させた。水文モデルによる山地からの流出量が下流の河道に入力され、両者が連動して連続的に解析することに成功した。一方、観測流量と比較した結果、ピークのタイミングが良く合っていたものの流量が過小評価となっており、誤差原因の解明と改善の余地が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

洪水から渇水までを連続的に解析することを目指した本研究の進捗により、農業用水を中心とした流域水管理手法の開発のために必要な情報が提供可能になる。具体的には、将来の気候変動等を念頭においた潜在的な洪水・渇水のリスクの評価や、農家や施設管理を担う土地改良区が欲する豪雨時の災害予測情報、また、施設設計のための用・排水計画の必要情報等が挙げられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a new hydrological model that can continuously calculate between flooding and normal, drought situation. Additionally, the model also aimed to get a function for considering flow situation in low-lying area. It was based on an existing distributed hydrological model developed by our team. Then, information on the main drainage line for agricultural area were added to reflect an effect of artificial flow in paddy area. Next, in the model, unsteady flow algorithm was newly introduced in the downstream area. Runoff from the mountain area was calculated by original model, and it was input to the downstream river channel as upstream boundary condition.

As a result, the new model satisfied the continuous calculation between flooding and normal period in target basin. However, peak of calculated discharge was underestimation compare with observed data. It is necessary to improve the model to use basin water management of the basin.

研究分野：農業水文学

キーワード：流域水管理 一体解析 洪水 渇水

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

将来は豪雨や少雨といった極端現象の増加が予測されており、気候変動への対応は国土強靱化基本計画の方針にも示されている。農業分野においても、水害を防ぐ目的で農業用ため池管理保全法案が成立するなど、豪雨対策は重要な課題である。一方で、日本の水利用の約7割を占める農業水資源の確保といった渇水対策も注目すべき課題であり、この両方に対する気候変動リスクを評価する必要がある。関連研究では、農業用水への影響を評価した事例(工藤ら、2016)や、豪雨強大化に伴う農地湛水の被害リスク評価法(皆川ら、2018)が提案されている。また、田んぼダム(吉川ら、2009など)のように、水田を活用した豪雨対策も示されてきた。一方、数ヶ月程度のスパンで発生する渇水と、短期間の事象である洪水・氾濫は、必要情報や操作対象施設、時間スケールや計算方法等が異なるため、別々のモデルを構築して分割して解析されている。実際は、洪水氾濫と渇水は近隣地区で同時期に発生する可能性もある他、ダムやため池の貯水状況、山地土壌の湿潤度合い、水田の湛水状況といった諸条件も計算結果に大きな影響を与えることから、これらの相互影響を連続解析することが望ましい。農業分野では、申請者らによってタイ国を対象として開発を試みた農業水利用と氾濫プロセスの一体解析シームレスモデル(Vongphet et al., 2015)があるのみであり、日本領域における解析手法の開発と適用が望まれる。

### 2. 研究の目的

本課題では、農業水利用と共に低平地域特有の水の流れ(背水の影響、排水管理、農地湛水等)を考慮した解析が可能な水循環モデルを開発することを目的とする。これにより、洪水氾濫から渇水までを連続的に解析可能になり、渇水時の利水調整や洪水時の背水施設管理等、流域を一体的に管理するために必要な情報を提供可能にする。また、将来の気候変動等を念頭に、流域内に存在する潜在的な洪水・渇水のリスク評価を行うための解析ツールとしての活用を目指す。さらに同手法を核として、河川/農地等の水文情報の配信システムを高度化させ、農業用水ユーザーである農家や施設管理を担う土地改良区が欲する直近から少し先までの渇水・洪水リスクを配信するなどの防災減災対策への貢献や、適切な施設管理計画の検討に必要な情報を提供するなど、流域水管理手法の開発への展開が期待される。

### 3. 研究の方法

タイ国に適用したシームレスモデルを出発点とし、そのアルゴリズムを見直して発達した灌漑排水施設を備えた日本流域への適用を検討する。まず、人工的な水の流れである農業用排水路等の施設情報の取り込み方法を検討し、河道情報に落とし込む。この情報を元に計算用の河道を発生させ、排水路情報を考慮する。また、これまでオフラインで計算情報を共有していた部分を改良し、分布型モデルの中で通常時と洪水時の計算を統合した連続解析を実施するためのアルゴリズムを構築する。そのアルゴリズムに沿って、流量に加えて水位の計算値を出力可能な計算手法を適用し、その結果を観測値と比較して検証する。

### 4. 研究成果

低平農業地域である新潟県西蒲原地区を対象に、農業排水路情報の取り込みを試みた。まず同地区において河道ラインや10mDEM情報等のGISデータを入手し、1km×1kmの計算用メッシュを整理・構築した(417メッシュ)。モデル上の河道流向と河道長の構築には山崎ら(2009)の手法を適用し、ラスタ化したDEM情報からメッシュ内の低標高部を探索して現実に近い情報を得ることができた。その際、同地区内で洪水時に人工的に排水を制御するために整備された放水路(幹線排水路)の情報を日本水土図鑑より取り込み、河道として扱った。同時に、GIS機能によって標高情報を整理し、上記の河道自動発生段階で排水路流れが考慮できていることを確認した。次に、下流の背水などの影響を考慮するための河道流れの検討を行い、その計算に不定流モデルを組み込むこととした。これにより、低平地特有の流れとともに水害リスクにとって重要な情報となる水位の計算値を出力可能となった。この時、各メッシュ(面)からの排水量は既存モデルによって事前に計算した結果を、各河道に横流入として与えることとした。これらの処理によって解析の準備を整え、2011年7月末に発生した新潟・福島豪雨を対象に解析を実施し、同地区で既に構築していた既存水循環モデルの流量結果と比較した。その結果、当初段階では最下流の河川で流量が発生しない課題が露見した。精査すると、使用した10mDEMでは低平部の河床標高が上下流

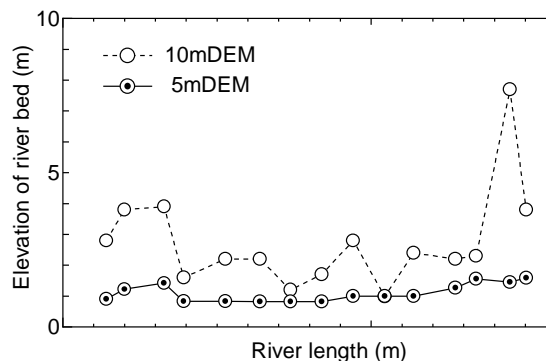


図1 使用DEMによる標高値の違い  
(西蒲原地区 新川下流域)

で逆転している部分が多数有り(図1)それが影響していることが推察された。この点を解消するため、より詳細な標高データである5mDEMを活用し、河床標高を再取得して与えた。同時に、流量を水位に変換するために重要となる河道断面情報についても5mDEMから自動的に取得する手法を導入した。具体的には、河川ライン上に一定間隔で直交線を作成し、直交線上の標高断面を得て河道断面プロファイルを作成する。そこから水域幅を算定し、当該メッシュの河道幅とした。これらにより計算結果は当初から大幅に改善させることができ、目指すモデルの基礎部分を開発できた。

次に、この基礎モデルにおいてオフラインで計算したメッシュからの流入を一連で計算するよう設計を試みた。対象地として、後背山地を抱える最上川上流域を選定し、これまでと同様に地形情報を元にした河道を発生させ、必要データを整理した(図2)。次に、同流域を、山間部を中心とした非氾濫域と、低平地域と見なせる氾濫域に分類した。非氾濫域は既存モデルの計算領域と設定し、氾濫域では河道番号を特定して開発した不定流計算モデルを適用した。非氾濫域の河道流出量は、氾濫域との境目の上流端において、上流境界条件として入力されるよう設計した。同時に、氾濫域のメッシュで発生した斜面流出量も横流入として与えるよう設定し、既存河道のキネマティック流出計算と新たに設定した不定流計算がメッシュIDによって自動的に切り替わり、連続計算できるモデルを開発した。この開発モデルを、2013年7月の出水イベントに適用し、本川上にある菖蒲地点において流量及び水位の検証を試みた。計算実行の初期は計算がストップする課題が見られたが、この原因は、入力する河道長が数十mと極端に短い地点が含まれることにあった。そこで、計算の発散が起きないように、河道長を1000m程度に調整して検証計算を継続した。また、計算を安定させるために時間刻みを短く取ったため、計算負荷が大きくなった。

流量の計算結果より(図3上)開発モデルの流量は観測値と既存モデルの波形をよく再現できていたが、図中に2点ある大きな出水ピーク時は再現性が落ちた。計算期間中の総流量においても、既存モデルと比較すると約0.7倍となり、過小評価されていた。同時に出力した水位の結果については(図3下)流量と同様にピークの立ち上がりはよく表現されていたが、ピークが過大となった。これは、流量を水位に変換する際に必要となる河道断面情報の精度に依存するもので、現在設定している簡易な情報では水位に変換したときに十分な精度の結果が得られないことが示された。河道情報の取得は、通常は測量図面等を手して可能な限り正確な値を設定するのが一般的であるが、広域を対象とした本研究では情報の取得と整理に多大な時間がかかるなど、大きな負担がかかる。初年度に検討したように、詳細な5mDEM情報から河道断面プロファイルを取得し、自動的にある程度の精度を持って断面情報を得る手法を適用するなどの工夫が必要である。また、水門等の施設操作等による人為的な影響を取り込みと、河川・水路からの溢水によって発生する氾濫解析の組み込みまでは検討できず、残された課題となる。このように、本研究で目的とした洪水時と通常時の一体解析モデルのプロトタイプ開発の目標は達成されたものの、計算結果や残された課題が複数存在することが明らかとなったため、これらの解決に向けて開発モデルの更なる改良を予定している。

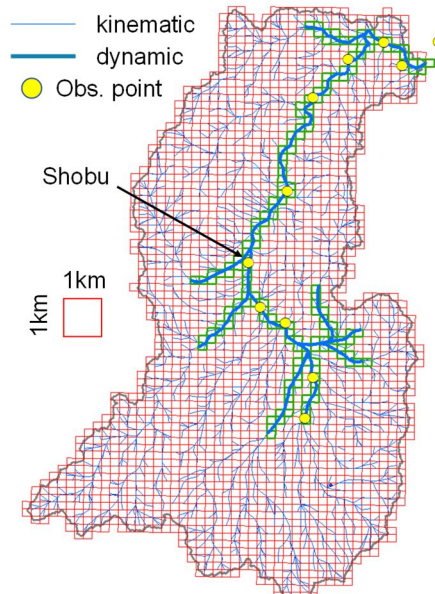


図2 モデル適用地区(最上川上流域)

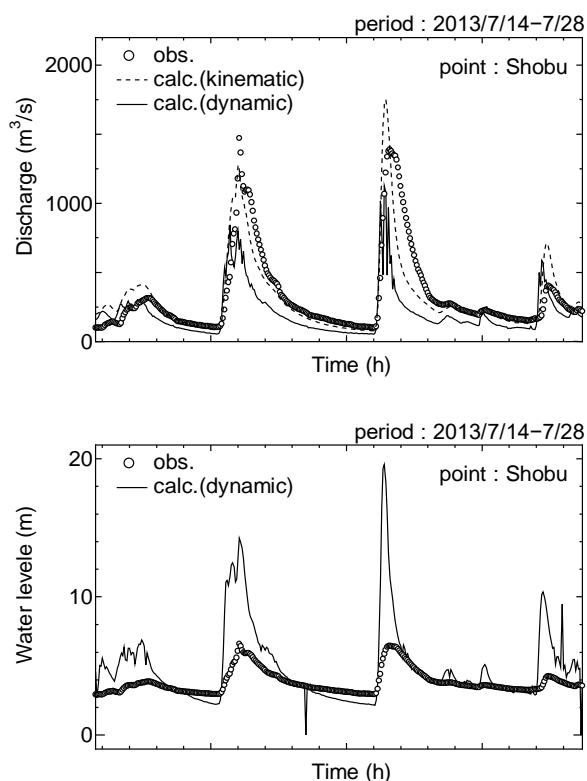


図3 最上川菖蒲地点における計算結果の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------