

2. 水文・水質・気象**■** 2026年8月26日(水) 11:00～12:40 | **■** 第7会場(501教室)**[7-4] 水文・水質・気象④：水文モデル・数値解析**

座長:土原 健雄(農研機構農村工学研究部門)

11:00～11:15

[7-19] 大流域を対象とした多パラメータの分布型流出モデルに対するPSOの適用性評価

*野口 果鈴¹、田畑 俊範³、菱田 祥子²、原田 昌佳³、尾崎 彰則⁴ (1. 九州大学大学院生物資源環境科学府、2. 九州大学大学院生物資源環境科学府（修了生）、3. 九州大学大学院農学研究院、4. 九州大学熱帯農学研究センター)

11:15～11:30

[7-20] SWAT+モデルを用いた農地流域における土砂動態評価：営農条件が水文特性に与える影響

*福井 宏和¹、横地 稔¹ (1. 土木研究所寒地土木研究所)

11:30～11:45

[7-21] RRIモデルを用いた農業用水路における流出解析手法の検討

*中山 美沙希¹、松井 宏之² (1. 宇都宮大学大学院、2. 宇都宮大学)

11:45～12:00

[7-22] 簡略化メタ統計的極値分布を適用した地域頻度解析の評価

*崎川 和起¹、近森 秀高² (1. 農業・食品産業技術総合研究機構、2. 岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域)

12:00～12:15

[7-23] 八郎湖流域における渇水・洪水一体型のシームレス解析モデル構築の試み

*増本 隆夫^{1,2}、宮島 真理子¹、瀧川 紀子¹、森田 孝治¹ (1. サンスイコンサルタント（株）、2. 秋田県立大学生物資源科学部)

12:15～12:40

セッション総括

大流域を対象とした多パラメータの分布型流出モデルに対する PSO の適用性評価

Evaluation of the applicability of PSO to distributed runoff models with numerous parameters for large river basin

○野口 果鈴* 田畑 俊範** 菱田 祥子*** 原田 昌佳** 尾崎 彰則****
NOGUCHI Karin TABATA Toshinori HISHIDA Shoko HARADA Masayoshi OZAKI Akinori

1. はじめに 気候変動に伴う大規模洪水の頻発化に対し、大流域を対象とした高精度な洪水予測手法の開発が求められている。高田ら(2020)が開発した分布型流出モデルは、土地利用別タンクを導入することで計算効率と再現精度の両立を可能とし、大流域を対象とした予測に適する。一方で、パラメータ数が35個と非常に多く、モデルの最適化が困難という課題がある。さらに、豪雨時の予測精度向上のためには、治水・利水ダムの操作過程を反映する必要がある。そこで、ダムの操作過程を加えたモデルに対し Particle Swarm Optimization (PSO) を用いた最適化を行った。これにより、多パラメータかつ大流域を対象とした豪雨時の洪水解析に対する PSO の有効性を検証した。

2. 分布型流出モデル 対象流域を図1に示す。計算時間を短縮するため、パラメータ同定時には筑後川水系荒瀬流量観測所上流域(流域面積1443 km²)を対象とし、同定パラメータの汎用性を検証する際には流域を拡張して、筑後大堰上流域(流域面積2315 km²)を対象とした。分布型流出モデルは流域を1 km メッシュに分割し、各メッシュに森林、市街地、畑地、水田の土地利用別タンク、流域全体に一つの流域地下水タンクを設定した。メッシュ間の河川流量の追跡は、マニングの運動方程式と連続式を構成式とする Kinematic Wave 法に基づいて計算した。また、ダムによる流域の治水・利水管理を考慮するため、図1に示す有効貯水容量1000万 m³以上のダム操作をモデルに組み込んだ。降雨量はティーセン法により流域を分割して各メッシュに入力した。

3. 最適化 PSO は、鳥の群れが効率よく餌を探す行動パターンを模倣した手法である。複数の探索個体が群を成し、過去の探索結果を共有しながら解空間を探索する。本研究では、探索個体数を10個とし、探索回数100回を終了条件とした。目的関数は、荒瀬流量観測所上流域に位置する11地点の流量観測所に関して Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) を算出し、流域面積を重みとした NSE の加重平均値とした。なお、同定期間は平成30年7月豪雨

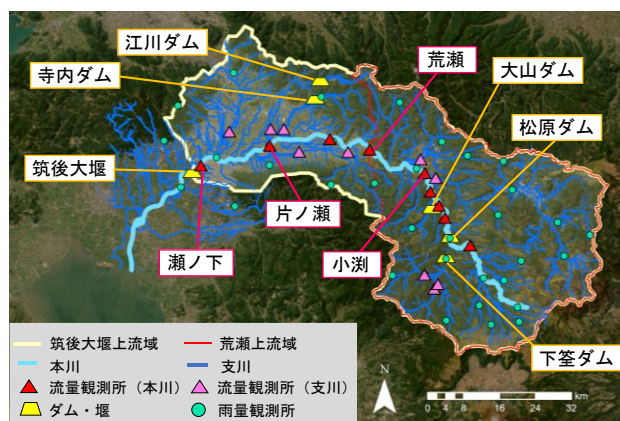


図1 対象流域

Fig.1 Target Watershed

*九州大学大学院生物資源環境科学府(Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University), **九州大学大学院農学研究院 (Faculty of Agriculture, Kyushu University), ***九州大学大学院生物資源環境科学府(修了生) (Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, Alumnus), ****九州大学熱帯農学研究センター (Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University), 最適化, 大規模洪水, 気候変動

を含む 9 日間、検証期間は平成 29 年 7 月九州北部豪雨を含む 10 日間とした。

4. 結果 初期値の乱数の種を変更して最適化を 5 回実行した。その結果、全流量観測所の NSE の加重平均値は 0.73 ~ 0.75 と高い再現精度が得られた。また、5 回の試行間には大きな差がなかったことから、初期値が同定結果に与える影響は小さいことが示された。各観測所の NSE に着目すると、全試行で 11 地点中 9 地点が 0.5 を超える十分な再現精度となり、そのうち 6 地点は 0.75 を超える非常に高い再現精度となった。一方で、荒瀬流量観測所では NSE が 0.5 を下回った。その要因には降雨入力 of 空間分布の表現精度が挙げられる。ティーセン法により流域を分割して降雨量を決定したことで局所的豪雨を十分に表現できず、同観測所周辺には実際よりも過小な降雨量が入力され流量が過小評価されたと考えられる。しかしながら、前述した全観測所の NSE の加重平均値および各観測所の再現精度の高さから、PSO は豪雨時の洪水解析において、本川支川に関わらず流域全体に有効なパラメータの同定が可能であることが示された。次に、対象流域を筑後大堰上流域に拡張して、検証期間で再現計算を行った。ここで、前述のように計 5 回の試行の再現精度は同程度であったことに加え、同定パラメータは試行間でばらつきがあったため、検証は 1 組に絞らず 5 組全てでそれぞれ実施した。その結果、最良となった試行は、全観測所の NSE の加重平均値が 0.78 と非常に高い再現精度となった。さらに、各観測所の NSE に着目すると、同定時に対象でなかった支川の 2 地点では、同定時との土地利用構成の大きな差を要因に再現精度が低下したものの、計 19 地点のうち 15 地点で NSE が 0.5 を超え、そのうち 9 地点は 0.75 を超える高い再現精度となった。図 2 に再現結果の一部を示す。瀬ノ下、片ノ瀬のように、同定時に対象でなかった地点を含む複数地点で高い再現精度が得られた。これにより、同定時の対象流域を拡張しても、同定したパラメータは十分な汎用性を有することが確認された。以上の結果から、大流域を対象とした豪雨時の洪水解析における本モデルの最適化手法として、PSO は有効であることが示された。

5. おわりに 多パラメータの分布型流出モデルに対する最適化手法として PSO の適用可能性を検証した。その結果、豪雨時の洪水解析において、PSO による最適化は有効であることが示された。さらに、大流域を対象としたモデルの最適化において、計算時間の短縮を目的に同定時の対象流域を拡張しても、十分な再現精度を確保できることが明らかになった。

参考文献 高田ら (2020) : 土地利用別タンクを導入した分布型流出モデルの開発と地域開発・気候変動による流出変化の定量的評価, 農業農村工学会論文集, No. 310 (88-1), pp. II_11-II_20

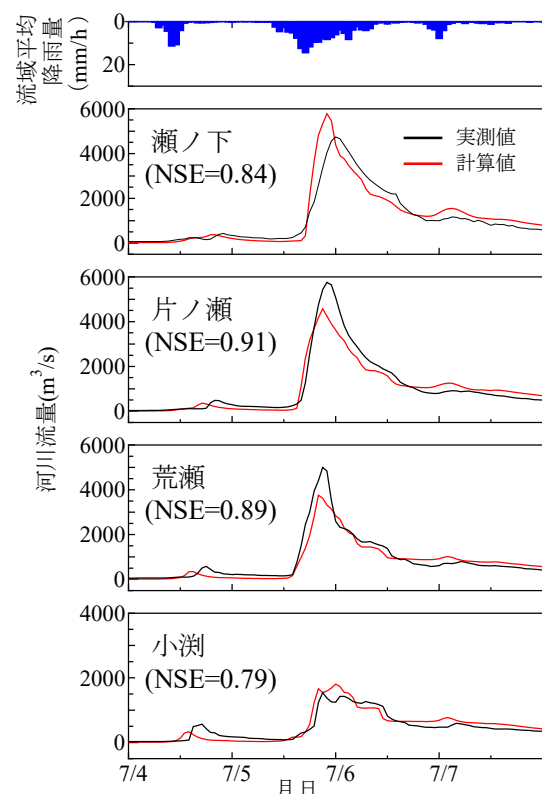


図 2 検証期間の再現結果
Fig.2 The simulated hydrograph during validation period

SWAT+モデルを用いた農地流域における土砂動態評価： 営農条件が水文特性に与える影響

Assessment of sediment dynamics in agricultural watersheds using SWAT+ model: Impact of farming practices on hydrological characteristics

○福井 宏和*

横地 穰*

Fukui Hirokazu

Yokochi Minoru

1. はじめに

農地流域においては耕作や施肥等の営農活動によって土砂や栄養塩が流失するため、周辺河川の水質や生態系への影響について配慮する必要がある。上流域から流出する土砂や養分は河川を通じて下流域の水資源や水生生物に影響を及ぼす可能性があり、その対策が求められる一方で、営農活動には作物生産性の向上や維持という目標がある。このため、作物生産と環境負荷の低減の両立に向けた取り組みを検討する必要がある。

流域の水文環境の評価を行う際、営農管理や流域管理方法の効果を検証するには、物質移動の実態や対策効果をモニタリングする必要がある。そこで本研究では、異なる作物種や営農管理による土砂流出パターンの変化を捉えるため、SWAT+モデルを用いたシミュレーションを行った。SWATモデルは、米国農務省が中心となり開発された水文モデルであり、農地流域の物質移動に関する調査研究に数多く採用されてきている。最近では、収量による作物の生育に関するパラメータのキャリブレーションを行うことによって、作物体による地表被覆の変化が農地流域の水文特性に与える影響についても考慮されるようになってきた¹⁾。本研究は、北日本の網走川の畑作農地流域を対象として、SWAT+モデルを用いた収量キャリブレーションを行い、作物タイプや営農管理が土砂動態に与える影響を検討した。

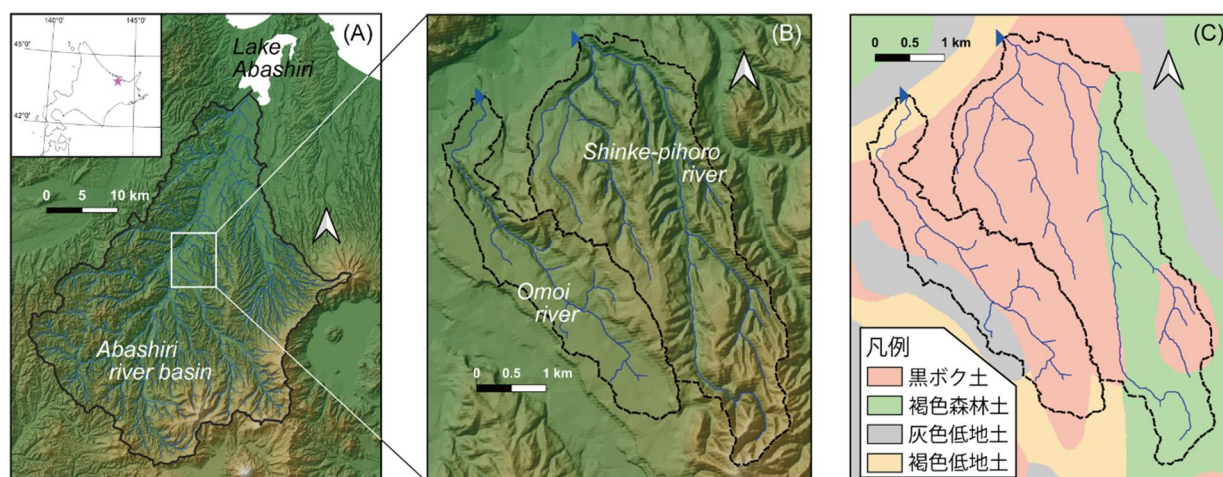


図1 研究対象地 (A)網走川流域、(B)農地小流域陰影図、(C)土壌分類図

Fig1 Study area. (A)Abashiri river basin. (B)Hillshade map for two small agricultural watersheds. (C)Soil map.

*土木研究所 寒地土木研究所: Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute キーワード: 土砂流出、作物タイプ、モデルキャリブレーション

2. 研究方法

研究対象とした北海道東部の網走川流域（図 1）は、河口域及び沿岸域を中心に漁業が盛んな地域である。河口域に流入する土砂や栄養塩が漁業資源に与える影響を軽減するには、上流域における土砂流出削減対策が必要である。その中流域に位置するシンケピホロ川（流域面積 11.0 km²、農地率 36%）とオモイ川（流域面積 4.5 km²、農地率 74%）を対象とした。この周辺は、農地率が流域内の他の地域に比較して高く、主にコムギ、テンサイ、ダイズ、バレイショ、タマネギの栽培が盛んに行われている。また近年は、無降雨期間の長期化や降雨強度の増大といった降雨パターンの変化が観測されている。

SWAT+モデルのセットアップには、基盤データとして国土地理院発行の数値地図基盤情報、土壌分類図、及び土地利用図を参考にした。農地の作付け作物については、2023 年に行った現地踏査と衛星画像から作物種の判読を行った。これに、美幌及び津別観測所における気象庁のアメダスデータを気象条件として入力した。本研究では、作物の生育状況と環境負荷の関係を検討するため、計算にいたるまでのワークフローとして、Piniewski ら¹⁾の方法を採用した。計算には、SWAT+モデル rev61.0.2.61 を用いた。収量キャリブレーションには、農林水産省がまとめた市町村別の統計データ²⁾を参照した。計算結果がこれと大きく異なる場合には、計算ロジックを変更するためにソースコードを書き換えた。

3. 結果と考察

作物生育パラメータのキャリブレーションにより、モデルの収量計算結果は統計データの 2% 以内におさまった。テンサイやバレイショ、タマネギの収量計算では、モデルのコード改変が必要であった。これは、塊根や塊茎、鱗葉の成長に影響を与える作物体内での養分転流に関する計算ロジックが不十分であったためと考えられる。

計算結果から、タマネギ栽培において土砂流出量が大きく、土壌侵食量も土壌ごとに異なった（図 2）。コムギではタマネギに比べて、流出土砂量が 40% 以下になった。また同じコムギでも、秋まきコムギは、春まきコムギに比べて、60% 以下となった。これは、季節によって変化する作物の生育状況が農地流域の水文特性に影響を与えたためであると推察される。

今後も SWAT モデルの検証を行い、農地からの土砂流出抑制対策の基礎資料として活用されるよう引き続き検討を進める予定である。

参考文献

- 1) Piniewski et al. : Enhanced crop calibration for SWAT+: evaluating water, sediment and nutrient impacts across ten European catchments, Environmental Modelling and Software 196 (2026) 106794.
- 2) 農林水産省：作物統計調査，
<https://www.maff.go.jp/hokkaido/toukei/kikaku/database/nougyou/nougyou.html>

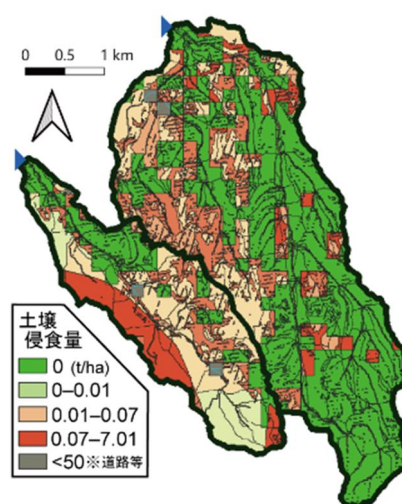


図 2 土壌侵食量の平面分布（農地全面をタマネギ栽培とした場合）

Fig2 Distribution of soil erosion in onion cultivation

RRI モデルを用いた農業用水路における流出解析手法の検討 Method for Analyzing Runoff for an Agricultural Irrigation Canal Using the RRI Model

○中山 美沙希*

松井 宏之**

Misaki Nakayama

Hiroyuki Matsui

1.はじめに

文部科学省、気象庁は、大雨の発生頻度が 1980 年頃と比較して、直近 10 年間（2015～2024 年）は約 2 倍に増加していると示している¹⁾。頻発する大雨は河川の氾濫につながり、甚大な被害を及ぼす。さらに想定以上の大雨により通水能力を超えた量の水が流出してくることで、農業用水路の溢水も発生しており、2017 年の九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨²⁾、令和元年東日本台風³⁾ でそれぞれ被害が確認されている。近年、こうした氾濫被害削減に向けた研究としてモデルを用いた洪水被害の解析や将来予測が行われている。なかでも、降雨流出氾濫モデル（Rainfall-Runoff-Inundation: RRI Model）（国立研究開発法人土木研究所）（以下、RRI モデル）は精度が高く、様々な流出解析で用いられている⁴⁾⁵⁾。しかしながら、河川の氾濫を対象とした研究が多く、農業用水路の溢水を考慮したものは少ない。短時間強雨の増加に伴い、農業用水路の溢水も例外的な現象ではなくなりつつあることから、これに対する解析の必要性が高まっている。そこで、河川の解析に使用されている流出モデルを農業用水路に適用させることを本研究の目的とした。

2.方法

2-1 対象地の概要 栃木県の 6 市町を流れる市の堀用水路は、出水時の排水も流入しているため、大雨の日は溢水が生じ、周辺道路の冠水など住民の生活に影響が及んでいる。なかでも、**Fig. 1** に示した集水域は **Fig. 2** のように水田が多くを占めており、水田による貯留効果があるものの、上流であることから、多量の用水が常に流れている。そのため、大雨の際は溢水が発生しやすい。よって、本研究では、文挟放流工の集水域を対象とした。

2-2 RRI モデル RRI モデルは、降雨流出から洪水氾濫までを流域一体で解析するものである⁴⁾。本研究では水路からの溢水があるか否かを判断するため、水位、流量、氾濫水深が出力される本モデルを使用することとした。

2-3 入力データ 本研究では入力する地形データを数値標高モデル 5 m メッシュ（以下、DEM）、土地利用データを国土交通省が提供している土地利用細分メッシュデータとし

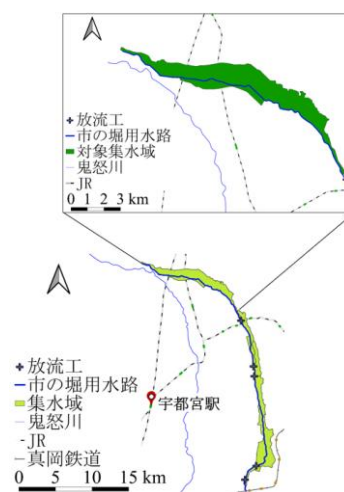


Fig. 1 対象地
Study area

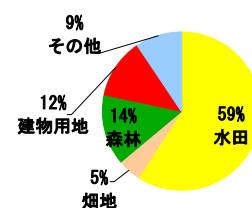


Fig. 2 対象地の土地利用
Land use of study area

*宇都宮大学大学院（Graduate school of Utsunomiya University） **宇都宮大学（Utsunomiya University）

流出特性、流域治水、灌漑用水路、農業流域

た．今回は計算時間の短縮のため，土地利用は水田，畑，森林，建物用地の4つとし，パラメータを設定した．降水量データは，塩谷，高根沢のアメダス観測値を用い，昨年の灌漑期にこの地点で観測した中で最も水位変動の大きかった 2025 年 6 月 13 日 10:00～17 日 10:00 の降雨イベント（総降水量 39.5 mm）を対象とした

2-4 農業用水路の検出 農業用水路は人工物であることから DEM 上では検出されないことが多い．そこで，DEM 上の市の堀用水路に沿って標高 1 m あるいは 3 m 下げることによって検出できるようにし，計算結果への影響を比較した．

3. 結果と考察

3-1 DEM の編集条件ごとの計算結果

DEM 編集なし，DEM を 1 m 下げたとき，同 3 m 下げたときの計算結果と自記水位計で観測した水位を Fig. 3 に示す．DEM 編集なしでは，水位変動がほとんど見られなかった．つまり，そのままの DEM では水路が検出されず，用水路が主たる流路として機能していないことが考えられる．用水路が人工物であることに加えて，市の堀用水路周辺が低平地であることも要因の一つであると考えられる．一方，用水路がある DEM の標高を 1 m あるいは 3 m 下げると雨に対応した水位変動を再現でき，DEM の編集により DEM に反映されていない用水路を表現することが可能であると示された．また，1 m，3 m 下げたもので結果がほぼ変化していないことから，下げ幅はあまり結果に影響しないことを確認した．

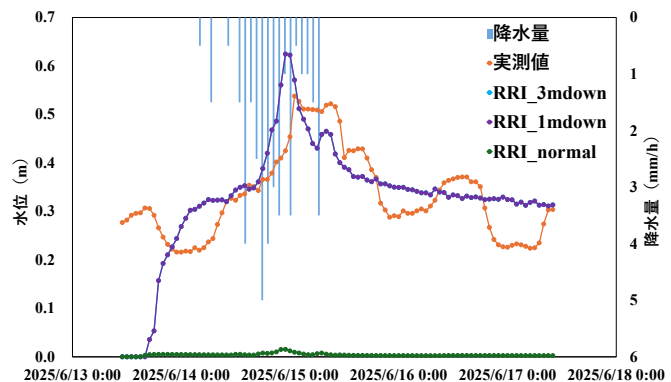


Fig. 3 実測水位と DEM の違いによる計算結果
Calculation results based on differences in DEM and measured water levels

3-2 実測水位と計算結果の比較 上記の結果により，今回比較した3つのうち，標高を 1 m 下げた DEM を用いることで対象現象を表現可能であると判断した．Fig. 3 より，実測値と RRI_1mdown の値を比較すると，立ち上がりの再現には課題が残るものの，ピーク時間周辺の変化は表現できている．一方，対象地域では，夜間に水田への取水を行うため，実測値の中には降水と無関係な水位変動が認められる．この点について，現状の RRI モデルでは水田取水を表現することができない．この水田取水の影響を除外して評価すると，おおむね同程度の水位変動を再現できていることが確認できた．

4. 結論及び今後の課題

標高を下げることで RRI モデル上でも農業用水路が流路として機能可能なことを明らかにした．また，水田取水の再現は困難であるものの，RRI モデルが市の堀用水路における出水時の水位変動をおおむね再現できることを示した．今後はパラメータの再同定による再現性の向上，市の堀用水路全線での解析にも取り組む必要がある．

参考文献

- 1) 文部科学省及び気象庁：日本の気候変動 2025—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—，
(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/pdf/cc2025_honpen.pdf)，2025/3，(2026/04/19 参照)
- 2) 谷口智之，今田舜介，村井隆人，渡祥之（2019）：豪雨時の水田地域における農業用排水路の水位変化と溢水，土水の知，87（6），457-460
- 3) 飯村耕介，池田裕一，小岩大毅（2021）：内水・外水氾濫解析による山間地中小河川の浸水被害に対する支川の影響評価～令和元年東日本台風の永野川皆川城内地区を例として～，河川技術論文集，27，579-584
- 4) 佐山敬洋，岩見洋一（2014）：降雨流出氾濫（RRI）モデルの開発と応用，土木技術資料，56-6，18-21
- 5) 重枝未玲，秋山壽一郎，伊藤翔吾，金屋諒（2021）：令和 2 年 7 月豪雨の胸川流域を対象にした降雨流出・洪水氾濫解析，河川技術論文集（27），93-98

簡略化メタ統計的極値分布を適用した地域頻度解析の評価

Evaluation of Regional Frequency Analysis

Incorporating the Simplified Metastatistical Extreme Value Distribution

○崎川和起*・近森秀高**

SAKIKAWA Kazuki, CHIKAMORI Hidetaka

1. はじめに 近年、水害・土砂災害などの豪雨災害が激甚化・頻発化していることが報告されている。この要因として、気候変動に伴う極端気象現象の増加が挙げられており、国家および地域の持続的な発展に対するリスク要因として認識されている。本研究の目的は、観測データが著しく少ない地域において、水害対策における計画規模の決定に必要な「豪雨の非超過確率」を高精度に推定することである。中山間地域や発展途上国のように観測データが乏しい地域では、推定精度の確保が困難であり、従来の研究では、対象地点の観測データを周辺の複数地点のデータで補完する地域頻度解析（Regional Frequency Analysis：RFA）が活用されてきた。しかし、非超過確率の推定に年最大値法を採用した場合、1地点あたりで利用可能なデータ数が限られており、RFAにより地点数を増加させたとしても、サンプル数増加による精度向上の効果は限定的であった。そこで本研究では、日雨量データから年最大値の非超過確率を推定可能な簡略化メタ統計的極値分布（Simplified Metastatistical Extreme Value：SMEV 分布）の適用を検討した。日雨量を対象とすることで、1地点あたりのサンプル数を大きく確保できるため、RFA 法を適用することにより、利用可能なサンプル数の大幅な増加が期待され、非超過確率をより高精度に推定できる可能性がある。本研究では、SMEV 分布を用いた RFA に基づく非超過確率の推定を行い、本手法の精度および安定性について評価した。

2. 解析資料 解析対象地点として、岡山県内に位置する観測所 30 地点を選定した（右図）。解析資料には、地上気象観測所および地域気象観測システムの日雨量データ（1996～2025 年：30 年間）を採用した。

3. SMEV 分布の概要 SMEV 分布を表す確率分布関数は、次のようにして求められる。日雨量を対象とする場合、解析対象期間内におけるすべての降雨日の日雨量に確率分布を適用し、この確率分布関数を対象期間の年平均降雨日数分だけ累乗して得られる確率分布関数が、SMEV 分布の確率分布関数となる。SMEV 分布は、解析対象期間の全ての年のイベントデータを一括して利用することが可能であり、(1) パラメータ推定の精度および効率性の向上、(2) 年毎のサンプルサイズによる影響の軽減といった利点がある。

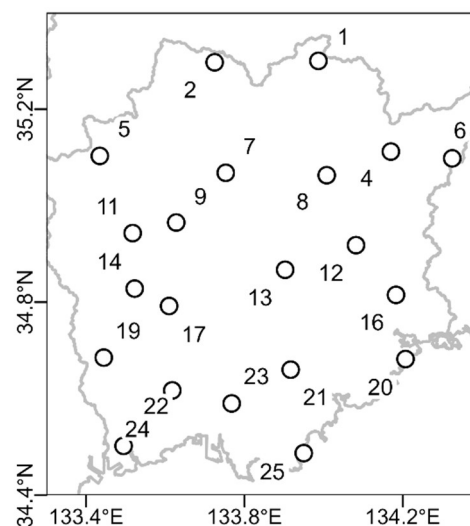


図1 解析対象の地上観測所
Target meteorological stations

* 農業・食品産業技術総合研究機構 National Agriculture and Food Research Organization

** 岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域 Graduate School of Environmental, Life, Natural Science and Technology, Okayama univ キーワード：極値解析，水文統計，メタ統計的極値分布，地域頻度解析

以下に、SMEV 分布の確率分布関数 $H(x)$ を示す.

$$H(x) = [F(x|\theta)]^{\bar{n}} \quad (1)$$

ここで、 $F(x|\theta)$ ：解析対象期間の非超過確率(日雨量)， $\bar{n}$ ：解析対象期間の平均降雨日数， θ ：確率分布パラメータである.

4. 地域分類の評価 解析対象地点を対象に地域分類を行った. SMEV 分布に用いる日雨量および年最大値法に用いる年最大雨量について、各地点で L モーメント比を算出した. 得られた L モーメント比に基づいてクラスタリングを行い、観測地点の地域分類を実施した. 図 2 に、日雨量から求めた地域分類の結果を示す. 検証の結果、日雨量に基づく地域分類は、不調和性および均一性の評価において問題がないことが確認された. また、地形情報を用いた外部評価として、降雨量を規定する要因の一つである標高区分と比較したところ、地域分類の結果は地形的特徴と整合的な傾向を示した.

5. 非超過確率推定の安定性 模擬降雨(岡山観測所)を対象に、SMEV 分布に RFA (地域頻度解析) を適用し、推定された非超過確率の 95%信頼区間を算出することで、推定の安定性を評価した. 比較のために、SMEV 分布を AFA (地点頻度解析: At-site Frequency Analysis) に適用した結果とも比較した. 図 3 に、模擬降雨を対象とした非超過確率の信頼区間を示す. SMEV 分布は解析期間中の全日雨量データを対象とするため、適用する確率分布のばらつきが小さい. この SMEV 分布を RFA によりサンプル数を増加させた日雨量データセットに適用することで、標本のばらつきがさらに抑制され、非超過確率推定の高い安定性が示された. 従来の SMEV 分布を AFA に適用した場合の信頼区間と比較すると、本手法では信頼区間が顕著に縮小しており、RFA により推定の安定性が大きく改善していることが確認された.

6. まとめ 本研究の結果、RFA における地域分類においては、SMEV 分布で用いる日雨量データに基づくクラスタリングが、地形的特徴と整合的な結果を示し、その妥当性が確認された. また、この地域分類に基づいて行った SMEV 分布を用いた地域頻度解析により、極値雨量に関する推定の安定性を向上させることが可能となった.

引用文献：Marra, F., Zoccatelli, D., Armon, M., Morin, E. (2019): A simplified MEV formulation to model extremes emerging from multiple nonstationary underlying processes. *Advances in Water Resources*, 127, 280-290.

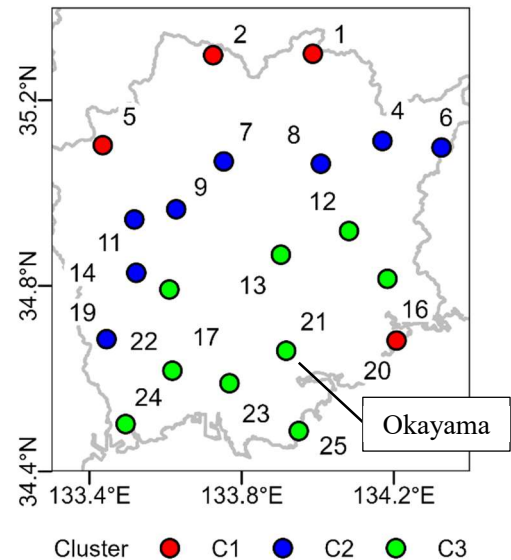


図 2 SMEV 分布における地域分類
Regional Classification for the SMEV distribution.

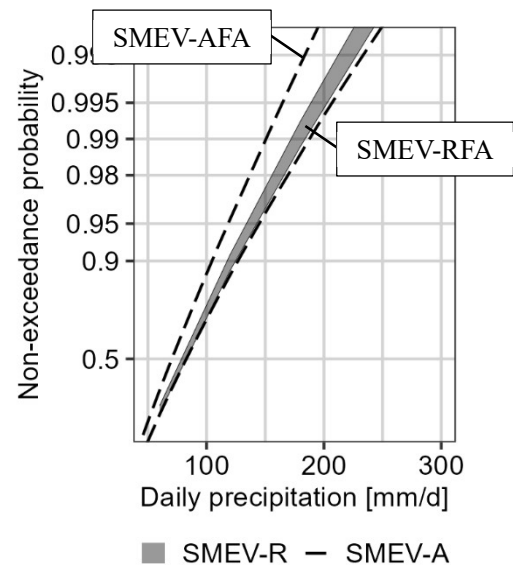


図 3 非超過確率の信頼区間
Distributions of annual maximum daily rainfall corrected in simulated data.

八郎湖流域における渇水・洪水一体型のシームレス解析モデル構築の試み An attempt to develop a seamless and integrated analysis model of both droughts and floods for the Lake Hachiro basin

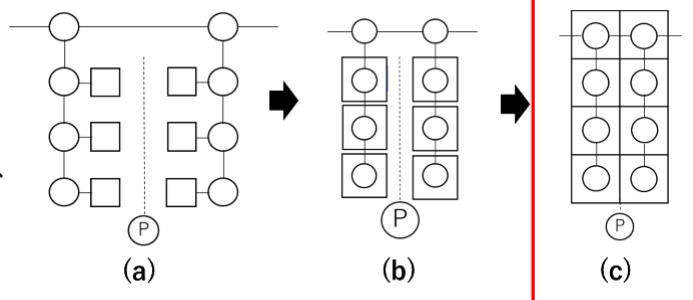
○増本隆夫*, ** 宮島真理子* 瀧川紀子* 森田孝治*

○MASUMOTO Takao*, **, MIYAJIMA Mariko*, TAKIGAWA Noriko*, MORITA Koji*

1. はじめに 昨今、秋田県で豪雨等に伴う氾濫が令和4～7年に連続発生し、三種・馬場目川など農地や農業水利施設等に甚大な被害をもたらした。一方、極端現象としての渇水も同時に発生し始め、その対策検討も急務である。そこで、八郎湖流域を対象に、これまで農地水利用を考慮した分布型水循環モデルと低平農地地域対象の排水解析モデルとして別々に解析されてきた渇水と氾濫を長期連続的に解析可能なモデル構築の試みを報告する。

2. 対象流域の概要 モデル構築のための対象域は八郎湖流域(845km²)である。日本第2の湖面積を持った八郎湖は、干拓により農地(128km²)と八郎湖(調整池、東部・西部承水路を合わせて47km²)に分けられた(Figs.1, 4参照)。後者には用水貯留と洪水調節の機能を担わせ、その八郎湖へは20本の流入河川がある。支川は全て県管理で水位観測点は多数あるが、流量への変換等はなされておらず河川流量の把握は全くできていない。馬場目川や三種川は比較的大きな支川であるが、前述のとおり近年線状降水帯や長期長雨等が原因の大雨で溢水氾濫が発生した。豪雨増加は気候変動の影響ともいわれるが、県による解析で否定はされたものの、住民から直近の馬場目川氾濫は流域末端の防潮水門の操作の影響ではないか等の声も挙がっている。干拓地内の農地は、19箇所の揚水機場から安定した灌漑が行われているが、上流支川は慢性的な渇水状況であるといわれている。低位部には、前出防潮水門に加え、干拓地内に3箇所の大規模排水機場で排水管理、2箇所の用排水機場のゲート操作等で両承水路の灌漑・洪水のための水管理が行われている。流域は、大きく上流の非氾濫域、下流低位部の氾濫域に分割することができ、基幹施設は県農林水産部が直接管理し、同時に、39の灌漑地区(干拓地内の19地区を含む)の水管理は流域内に大小合わせて15余りある土地改良区が行っている。

3. 研究方法と手順 手順: i)モデル作成に必要な各種データ(水文気象、土地基盤・利用、水利施設規模・管理等)の収集、ii)全流域用の分布型水循環モデル(DWCM-AgWU)で用いる流域モデル(①)の作成・適用、iii)非氾濫域における同モデルの検証、iv)氾濫域(固定・可変の設定あり)におけるモデル改良法の提案



○：河道部(幹線・支線排水路) □：水田部 P：用水ポンプ

Fig.2 低平部におけるメッシュと河道の関係
Relation between cells (meshes) and river channels

* サンスイコンサルタント(株) SANSUI Consultant Inc.

** 秋田県立大学生物資源科学部 Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

キーワード：渇水と氾濫、八郎湖流域、シームレス解析、分布型水循環モデル

droughts and floods, Hachiro Lake catchment, seamless analysis, DWCM-AgWU

と流域モデル(②)の作成・適用、v)氾濫域における改良モデルの検証となる。方法(工夫):①氾濫域におけるメッシュは、非氾濫域と同じもの(国土数値情報3次メッシュ)を利用し、本来は水田等へ用水路を使って配水し余剰水を排水路で集めるが(Fig.2(a))、

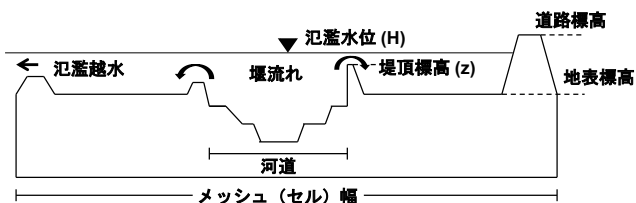


Fig.3 氾濫水の挙動のモデル化
Modeling the Behavior of Floodwaters

同図(b)ように排水路(河道)がメッシュの中心部を通ると仮定すると、同図(c)の流域モデル(②)ができる。②内水氾濫:農地(特に水田)から河道へは堰の流れ(堰幅0.3m/10a)で貯留効果を見るとともに、排水路水位が上昇して畦畔高(Fig.3左岸)を超えると水路から水田等へ溢水しその水はメッシュ内水田等で貯留される。③外水氾濫:河川等の水位が上昇し河川堤頂(Fig.3右岸)を超える場合やメッシュ内の氾濫水位上昇時には(Fig.3左岸メッシュ境界)、堰幅を10倍(1km幅で約300mの溢水堰幅)で氾濫水を流し、一方で一般道路や農道等による氾濫水の貯留効果もみる。④氾濫域の河道規模はメッシュ毎に設定可で、河道間は不等流流れ(Diffusive flow)とする。⑤非氾濫域と氾濫域(固定・可変の設定)の未知数は、前者で等流仮定の流量、後者で連立方程式を解く水位とし、計算単位時間は渇水・洪水とも日単位とする。

4. 結果と考察 長期間の連続解析が目標のため、一連の解析期間を2000年(H12年)1月～2025年(R7年)12月とした。まず、DWCM-AgWUモデルの適用に当たり三種川で独自の流量観測(R2年開始)を行ったが、精度の良い観測結果が得られなかったため、隣接流域で4箇所(米代川流域)の長期観測流量が得られる米代川流域で検証を実施した。その結果、全観測地点の相対誤差の全期間平均は26%と良好な結果が得られた。次に、八郎湖流域の全域が非氾濫域として(下流水位等の影響無し仮定)同モデルを適用した。一方、前述の氾濫域の境界固定での流域モデル(②)がFig.4である。非氾濫域からの流出量は、14河川末端の●として示され、水利管理施設として、3箇所の排水機場(76:北部、82:方口、193:南部)、2箇所のゲート、1箇所の防潮水門施設(●86:12門ゲート)があり、管理ルールに従い運用させる。氾濫の扱いは提案の通りであるが、大氾濫水のメッシュ間移動は河道が連結する方向でのみとしている。3次メッシュを利用する本方法では、河道長は1kmあるいは1.41kmに固定される利点がある。また、東部・西部承水路は、個々の断面を持つ水路と見なす一方で、調整池の34個のメッシュ(Fig.4)は、水位が同時に動く貯水池としている。入力値は、「降水量+灌漑水量」と、下流境界条件としての潮位で、検証は調整池水位と干拓地内の南部・北部排水機場前庭の水位で行う。

5. おわりに 更なる課題は、氾濫域における河道(水路、排水路)のネットワーク構造の検討、氾濫域メッシュの新ナンバリングの自動化技術、氾濫域の境界を移動境界とする考え方、洪水に対する計算単位を日単位でなく短時間にする検討、等の諸点である。

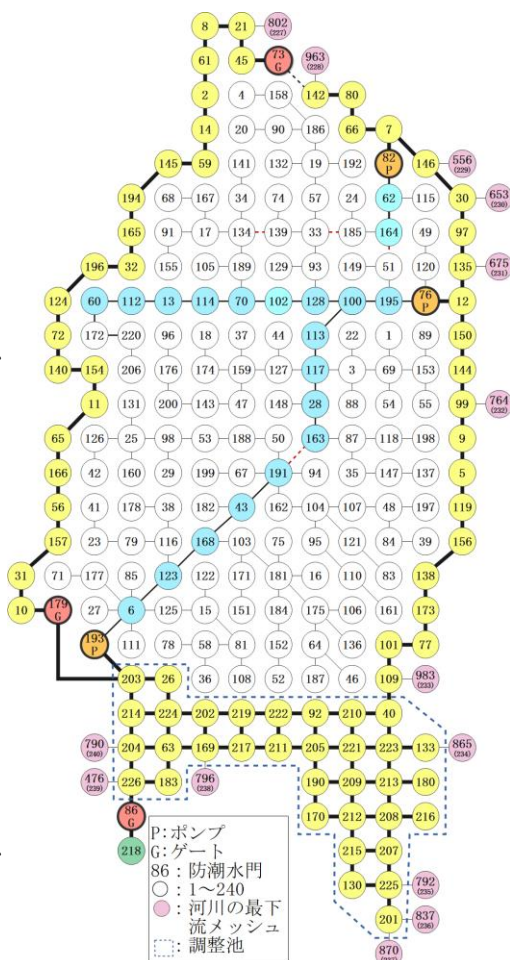


Fig.4 洪水・氾濫解析が可能なメッシュ配列
Mesh (channel) configurations suitable for flood and inundation analysis