

氏名	いちかわ ゆたか 市川 温
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3609号
学位授与の日付	平成13年11月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	分布型流域流出系モデルの構成と集中化に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 椎葉 充晴 教授 池淵 周一 教授 寶 馨

### 論文内容の要旨

本論文は、流域流出系の構造に即した形で分布型の流出計算モデルを構成する方法と、基礎式の物理的意義をなるべく損なわずに流れのモデルを集中化し、従来先験的に与えられてきた流域の貯留量流出量関係を状態量と地形量の空間分布特性から導出する手法を示したものであり、序論、第1編～第3編、結論という構成になっている。

序論では、本論文全体の研究の背景と目的を述べるとともに、本論文の構成を示している。

第1編では、流域流出系モデルの柔軟な構成を可能とする新たな地形数値表現形式を提案するとともに、その地形形式に基づく流域斜面系モデルと河道網洪水流モデルの構成について検討している。第1章では、流域の分割作業や流れのモデルで必要な情報を抽出することが容易な流域地形表現形式を提案し、流域地形のモデル化、ならびに地形データセットの分割作業が正しく行われることを確認している。第2章では、第1章で提示した地形表現形式を基盤として山腹斜面系流出モデルを構成し、このモデルを用いて流出計算を行って、観測流量が良好な精度で再現されることを明らかにしている。第3章では、この地形表現形式を、発散型の地形を適切に表現できるよう拡張したうえで、これにあわせて流れのモデルも分流を取り扱えるように工夫している。第4章では、洪水流を dynamic wave モデルで追跡計算する方法について検討し、同モデルの数値解法であるプライスマン法を基礎としつつ、連立方程式の次元を小さくしてから解を求める方法を導出している。

第2編では、人間活動が流域水循環に影響を与えている場として水田とダムに着目し、その水移動機構をモデル化している。第1章では、耕作者による取排水操作と洪水時の氾濫計算を組み込んだ新たな水田流出モデルを構成し、灌漑期と洪水時の水移動過程を連続的に計算できること、年間を通じたシミュレーションを行い、概ね良好な計算結果が得られることを示している。第2章では、はじめに、治水ダムの標準的な操作手順を再現するモデル(基本型ダム要素モデル)を構築している。つぎに、オブジェクト指向型設計手法を活用することによって、基本型ダム要素モデルを基礎として実際のダムのモデルを構成している。この実際のダムのモデルを用いてシミュレーションを行い、年間を通じた全体の放流パターンが再現できることを明らかにしている。

第3編では、物理的基礎に立脚しつつ分布型流出モデルを集中化する手法を示している。第1章では、河道網の流量分布に仮定を設けて kinematic wave モデルを集中化する手法を示し、集中化したモデルの計算結果が分布型モデルの計算結果及び観測結果と同等であること、計算時間を大幅に短縮できることを確かめている。また、河道網の分割個数と集中化誤差の関係を調べるとともに、この集中化手法を拡張し、河道網内に分流が存在する場合にも適用できるようにしている。第2章では、流域地形を三角形要素網でモデル化し、斜面長や勾配などの地形量を計測した上で、流域内に多数存在する斜面要素をクラスター分類して、分布型モデルと同等な結果を得る手法を示している。ここで示した方法によれば、計算量を分布型モデルの約1/20に減らせること、地形量の変動係数がクラスター数の決定基準となりうることを示している。第3章では、斜面流が指数法則型の kinematic wave モデルで表されるとした場合に、斜面流の通水断面積を空間的に積分することで、対象域の貯留量流出量関係を解析的に導出する理論を展開している。そして、その貯留量流出量関係を用いて流出計算を行い、計算結果が分布型のモデルとほぼ一致すること、計算時間を大幅に短縮できることを明らかにするとともに、集中

化の基礎となる流量流積関係式が単純すぎるために、観測値が十分に再現されないことを指摘している。この問題に対して、第4章では、第3章で示した理論を拡張し、より一般的な流量流積関係式を基礎として貯留量流出量関係を導出する手法を開発している。そして、本手法を用いて表面流・中間流統合型 kinematic wave モデルを集中化し、実際の流域に適用して、観測流量が精度良く再現されることを確認している。第5章では、第4章で開発した手法を用いて、圃場容水量を考慮した流量流積関係式を集中化している。この流量流積関係式は、洪水時だけではなく、低水時の流出現象をも表現できるものであり、集中化されたモデルにおいても、降雨終了後の流量が低減していく過程がよく再現されていることを確認している。結論では、論文全体のまとめと、各編ごとの主要な結果を述べている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、流域流出系の構造に即した形で分布型の流出計算モデルを構成する方法と、基礎式の物理的意義をなるべく損なわずに流れのモデルを集中化し、従来先験的に与えられてきた流域の貯留量流出量関係を、各地点の貯水高・地形量の空間分布特性から導出する手法を示したものであって、以下のような成果が示されている。

- 1) 流域の分割作業や流出モデルに必要な情報を抽出することが容易な流域地形表現形式を提案している。また、この形式に基づいて流出モデルを構成し、計算値と観測値がよく一致することを確かめている。さらに、この形式と流出モデルを拡張し、発散地形に対応できるよう工夫している。河道網系については、洪水流を dynamic wave モデルで計算する方法を検討し、同モデルの数値解法であるプライスマン法を基礎として、方程式系の次元を小さくしながら解を求める方法を導いている。
- 2) 人間活動が流域水循環に影響を与えている場として水田とダムに着目し、その流出機構をモデル化している。水田のモデル化では、取排水操作モデルと洪水氾濫モデルを組み合わせて、灌漑期と洪水時の水移動を連続的に計算する新たなモデルを構成し、概ね良好な計算結果を得ている。ダムのモデル化では、ダムの標準的な操作手順を再現するモデルを構築したうえで、オブジェクト指向型設計法を活用して実際のダムのモデルを構成し、全体の放流パターンが再現できることを示している。
- 3) 物理的基礎に立脚しつつ分布型モデルを集中化する手法を示している。まず、河道網の流量分布に仮定を設けて洪水流モデルを集中化する手法を示し、集中化したモデルの計算値が分布型モデルの計算値・観測値と同等であること、計算時間を大幅に短縮できることを示している。つぎに、斜面要素をクラスター分類して集中化する手法を示し、計算精度を保ったまま計算量を分布型モデルの約 1/20 に減らせること、地形量の変動係数がクラスター数の決定基準となりうることを示している。さらに、斜面流の通水断面積を積分して流域の貯留量流出量関係を導出する理論を展開している。この研究では、一般的な流量流積関係式に適用できるよう改良を重ねており、実時間洪水予測から長期流況の再現まで幅広く対応できるものである。

以上を要するに、本論文は、流域流出系の構造に即して分布型の流出計算モデルを構成する方法と、従来先験的に与えられてきた流域の貯留量流出量関係を、各地点の貯水高・地形量の空間分布特性から導出する手法を示したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年9月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。