

氏 名	ローシャン クマール シュレスト Roshan Kumar Shrestha
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2549 号
学位授与の日付	平成 17 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 都 市 環 境 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Multiscale Transformation of Space-Time Rainfall Structure and Its Effect on Distributed Hydrological Prediction (時空間降水構造の多次元スケール変換とその分布型水文予測への影響に関 する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 寶 馨 教 授 椎 葉 充 晴 助 教 授 立 川 康 人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、降水の時空間スケール変換過程をモデル化し、低時空間分解能の降水量データから高時空間分解能データを生成する統計的ダウンスケール手法の開発に成功するとともに、降水の時空間スケール変換過程が河川流量の空間分布に与える影響を分析したものであり6章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の主題である降水のダウンスケール手法およびそれを用いた流量予測の流域水管理に対する重要性を述べるとともに、本論で展開する手法の概要を述べている。

第2章では本論において流量予測に用いる2種類の分布型流出シミュレーションモデルについて述べている。一つは大陸規模大河川を対象として構成された分布型流出モデルであり、もう一つは数千平方 km 程度の流域を対象とする物理分布型流出モデルである。また、本論で用いる降水量データセットについて述べている。この降水量データは、中国淮河流域(132,350km²)を対象として数値気象システムによって生成された空間分解能1.25度の降水量データ(GAME 再解析データ)と地上観測データとを用いて生成された空間分解能10分、時間分解能6時間の降水量データセットである。本章では、これらのモデルおよび降水量データを用いた予測流量の再現性を確認するとともに、水文流出予測シミュレーションの再現性を評価する総合的な指標を新たに提案している。

第3章では、分布型流出シミュレーションモデルの再現精度とモデルへの入力となる降雨の時空間分解能に関する分析を行っている。2章で生成した空間分解能10分の降水量データを基本として、異なる空間分解能を有する降雨データを用いた水文流出シミュレーションを実行し、降雨の空間スケールと流域面積との比率が1対10程度となるとときに流出計算の再現性が高くなることを明らかにした。また、降雨の空間構造をウェーブレット解析によって分析し、対象とする流域面積に関連して必要となる降雨の空間分解能を明らかにした。さらに、降雨の時空間構造と流域面積との関連で、流域分類を実現する手法を提案した。

第4章では、低時空間分解能の降水量データを、高時空間分解能を有する降水量データに変換するための統計的時空間ダウンスケール手法を展開している。まず始めに、ランダムカスケードモデルを基本とするダウンスケール手法に階層統計的配置アルゴリズムを新たに導入し、降水の空間相関構造を保持した降水の統計的空間ダウンスケール手法を開発した。中国淮河流域を対象として1.25度の空間分解能の数値気象モデルによるグリッド平均降水量データから空間分解能10分の降水量データを生成し本手法の有効性を確認した。さらに、時間に関するダウンスケールを実現するために、降雨の概念モデルである移流モデルを組み合わせた時間ダウンスケール手法を開発した。この手法を淀川流域に適用し、レーダー観測によって得られた時空間降雨分布を再現できることを確認した。

第5章では、第4章で提案したダウンスケール手法によって生成した時空間降雨データを、第2章で述べた物理分布モデルに入力し、河川流量予測の再現性とその予測の不確かさについて述べている。複数の降雨シミュレーション値を発生させてアンサンブル予測を行うことにより河川流量の予測値とその予測誤差分散を示し、ダウンスケール手法として、ランダム

カスケードモデルによる方法、階層統計的再配置アルゴリズムを導入した方法、さらに移流モデルを組み合わせた方法の性能を河川流量再現精度の観点から比較・検証した。その結果、階層統計的再配置アルゴリズムと移流モデルとを組み合わせたダウンスケール手法によって生成した降雨を用いた場合に、もっとも河川流量の再現性が高いことを実証した。特に、淮河流域における流出シミュレーションにおいて、小流域での流量予測結果に著しい改善が見られた。これは、気象モデルによる1.25度の空間分解能の降水量データを用いただけでは再現不可能であり、本論で示したダウンスケール手法が水文・気象観測が不十分な地域に対する水文情報提供において有用であることを示している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果と今後の課題についてについて要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、降水の時空間スケール変換過程をモデル化し、低時空分解能の降水量データから高時空分解能データを生成する統計的ダウンスケール手法の開発に成功するとともに、降水の時空間スケール変換過程が河川流量の空間分布に与える影響を分析したものである。その主な成果の概要は以下の通りである。

1. 河川流量の再現結果に現れる流量の時間変動特性を流域面積および河道効果との関連で分析するとともに、水文流出予測シミュレーションの再現性を評価する総合的な指標を新たに提案した。
2. 水文流出予測シミュレーションの再現性を向上させる上でもっとも適当な降雨の空間分解能を流域面積との関連から分析し、降雨の空間スケールと流域面積との比率が1対10程度となるときに流出計算の再現性が高くなることを明らかにした。また、降雨の空間構造をウェーブレット解析によって分析し、対象とする流域面積において必要となる降雨の空間分解能を明らかにした。さらに、降雨の時空間構造と流域面積との関連で、流域分類を実現する手法を提案した。
3. 低時空分解能の降水量データを、高時空分解能を有する降水量データに変換するための統計的ダウンスケール手法を開発し、この手法を中国淮河流域およびわが国の淀川流域に適用して、その有効性を確認した。
4. この統計的ダウンスケール手法と概念的な降雨予測モデルである移流モデルとを組み合わせ、高時間分解能の降雨予測時系列を生成することに成功した。こうして生成した降雨量時系列を入力として水文流出計算を実行し、流出計算結果の再現結果のみでなく、その予測精度を示すことを可能とした。

以上のように、本論文は降水構造の時空間スケール変換過程とその河川流量予測への影響を定量的に評価したものである。この研究成果は、全球スケールの気象予測モデルによる降雨推定結果を流域スケールでの水文予測に役立てることを可能としたものであって、学術上、実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17年3月22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。