

(論文内容の要旨)

本論文は、分布定数系の降雨－流出モデリングにおいて、河川流域のある観測地点を対象として同定されたモデル定数およびモデル構造が、同一流域の他地点および他の河川流域に対してどの程度、移転利用可能かを分析したものであり、異なる気候特性・流域特性を持つ流域を対象として、移転利用の適用性とその限界を明らかにしている。その主な成果の概要は以下の通りであり、6章から構成されている。

第1章は序論であり、観測の不十分な河川流域での水文予測の重要性を述べ、こうした流域の水文予測を実現するために、これまで行われてきた流出予測に関する既往研究を取りまとめている。そのレビューの結論として、異なる物理－気候特性を持つ流域に対する水文モデルの適用性を、相互に比較研究することの重要性を述べ、本文の目的と構成を示している。

第2章では、地球上のあらゆる河川流域を対象として分布定数系の降雨－流出モデルを適用するために、地球上のすべての陸域で利用可能な地形情報を情報源として、分布型降雨－流出モデルに用いる地形情報を生成する流域地形情報加工システムを開発している。これは、従来、わが国の河川流域においてのみ適用可能であった分布型降雨－流出モデルを、世界の任意の流域に対して適用することを実現したものであり、次章以降で用いられる分布型降雨－流出モデルは、本章で開発された流域地形情報加工システムを用いることにより実現されている。

第3章では、分布型降雨－流出モデルのモデル定数の移転利用可能性を分析するために、対象流域下流端の水文情報のみを用いて同定したモデル定数値を流域全体に適用し、流域内部の河川流量の再現性を評価している。その結果、湿潤な条件では、流域内部の複数の地点で異なる規模の洪水に対して、流出モデルによる計算流量の再現性は高いこと、一方で、乾燥した状態を初期条件とする場合の河川流量の再現性は必ずしも高くないこと、モデル定数の空間的非一様性を考慮し、河道周辺の流出が容易に発生するようにモデル定数値を調整することによって、乾燥状態から始まる洪水の再現性が大きく改善されることを明らかにした。これにより、本章で用いた分布型降雨－流出モデルは、湿潤な状態においてはモデル構造、モデルパラメータとも移転利用が可能であること、乾燥状態においては、モデル定数の空間的非一様性を考慮することが重要であることが明らかとなった。

第4章では、我が国で適用性が確認された分布型降雨－流出モデルを異なる気候帯に属する複数の河川流域（スリランカの湿潤流域、タイの乾燥流域、米国中西部の乾燥流域）に適用し、この分布型流出モデルの移転利用可能性を分析している。その結果、比較的勾配が急なスリランカの湿潤流域では、適合するモデル定数値を用いれば、同一の定数値で異なる規模の洪水を適切に再現できることを明らかにした。一方で、勾配が緩く乾燥域にあるタイおよび米国中西部の流域では、規模の異なる複数の洪水を共に再現するモデル定数値を同定することができず、湿潤域と同じモデル構造を持つ降雨－流出モデルでは、適用性に限界があることを見出した。すなわち、比較的急な勾配を持つ湿潤流域では、わが国で適用性の高いモデル構造の移転利用が可能であること、勾配が緩く乾燥した流域では、湿潤流域とは異なるモデル構造が要求されることを明らかにした。これは第3章で得た結果と適合する結果となった。

第5章では、乾燥地域にある緩勾配流域での河川流量の再現性を高め、移転利用可能性を向上させるために、第3章、第4章で用いた分布型流出モデルの流量流積関係式の改良を試みている。具体的には、乾燥状態では不飽和状態での圧力水頭の空間的な変化が流れの状態に大きな影響を及ぼすため、キャンベル式による圧力水頭の表現式を用いて、第3章、第4章で用いた流量流積関係式に圧力水頭の勾配を導入した新たな流量流積関係式を開発し、分布型流出モデルに組み込んでいる。その結果、斜面スケールでは、圧力水頭の空間変化を組み込む効果を確認したが、流域全体を対象とする洪水流量の再現計算では、圧力水頭の空間変化を組み込む場合と組み込まない場合とで、顕著な差は現れないことを見出した。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を取りまとめている。その重要な成果として、わが国で開発された分布型降雨－流出モデルは、湿潤で勾配が急な河川流域に対してはそのモデル構造を移転利用することが可能であること、乾燥した緩勾配流域では、湿潤域と同じモデル構造を適用することが難しく、不飽和域で重要となる圧力水頭の空間変化を導入しただけでは再現性を向上させることは難しいことを述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、分布定数系の降雨－流出モデリングにおいて、河川流域のある観測地点を対象として同定されたモデル定数およびモデル構造が、同一流域の他地点および他の河川流域に対してどの程度、移転利用可能かを分析したものであり、異なる気候特性・流域特性を持つ河川流域を対象として、移転利用の適用性とその限界を明らかにしている。その主な成果の概要は以下の通りである。

1. 地球上のあらゆる河川流域を対象として分布定数系の降雨－流出モデルを適用するために、地球上のすべての陸域で利用可能な地形情報を情報源として、分布型降雨－流出モデルに用いる地形情報を生成する流域地形情報加工システムを開発した。
2. 分布型降雨－流出モデルのモデル定数の移転利用可能性を分析するために、対象流域の下流端の水文情報のみを用いて同定したモデル定数値を、流域全体に適用して流域内部の河川流量の再現性を評価した。その結果、湿潤な状態を初期状態とする洪水の再現性は高いこと、乾燥した状態を初期条件とする場合の洪水の再現性を確保するためには、モデル定数の空間的非一様性を考慮する必要があることを明らかにした。
3. 我が国で適用性が確認された分布型降雨－流出モデルの移転利用可能性を分析するために、本モデルを異なる気候帯に属する複数の河川流域に適用して、その適合性を評価した。その結果、急な勾配を有する湿潤流域では様々な規模の洪水に対して再現性が高く、移転利用が可能であることを明らかにした。一方で、勾配が緩く乾燥域にある流域では、湿潤域と同じモデル構造を持つ流出モデルでは、適用性に限界があることを見出した。
4. 乾燥地域にある緩勾配流域での河川流量の再現性を高め、移転利用可能性を向上させるために、不飽和域の圧力水頭の空間変化を考慮した新たな流量流積関係式を開発した。

以上のように、本論文は、分布定数系の降雨－流出モデリングにおいて、同一流域での異なる対象地点へのモデル定数の移転利用可能性、異なる気候特性・流域特性を有する河川流域へのモデル構造およびモデル定数の移転利用可能性を分析し、移転利用可能となる条件とその限界を明らかにしたものである。この研究成果は、水文観測データが不十分な河川流域における降雨流出予測および洪水災害の軽減に大きく寄与するものであり、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21年7月24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。