

京都大学	博士 (工学)	氏名	Roberto Valmir da Silva
論文題目	Development of a multi-velocity TOPMODEL approach and its application to the Amazon basin (分布型 TOPMODEL 流出解析法の開発とアマゾン川流域への応用)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、大陸スケールの大規模流域における流出解析に広く用いられている TOPMODEL の根本的メカニズムとアルゴリズムを改良することにより、より正確な流出解析を可能とした上で、モデルによるアマゾン川流域の土地利用変化の影響を検証したものであって、6 章からなっている。その概要は以下のようなものである。 第 1 章は導入部であり、本研究の背景、問題設定、研究目的、本論文の構成を述べるとともに、本研究において一貫して用いている TOPMODEL 開発・応用の歴史、その定式化、モデルパラメータの課題についてとりまとめている。特に本論文第 2 章以降において TOPMODEL のモデル構成や係数決定方法の修正を行うため、一つ一つのパラメータについて著者の解釈や考え方が述べられている。 第 2 章では、準分布型モデルといわれる TOPMODEL において、流域における流出成分の遅れを再現する為に定義される距離—面積関数 (Distance—Area Function) から、従来の TOPMODEL で用いられる単一の流速と申請者が提案する分布型流速 (Multi-Velocity) を用いて時間—面積関数 (Time—Area Function) を決定した際のモデルの応答を検証するため、ブラジルの 4 流域に適用し比較を行っている。本検証プロセスを経ることにより、分布型流速の適用が TOPMODEL における流出解析の精度を上げることが具体的な流域における事例を通じて示されている。 第 3 章においては分布型流速アプローチを流域形態や小河道における流れの累積効果などを考慮して適用している。まず導入部分で、Leopard などの研究を引用し、分布型流速を著者の提案する型式にて提示することの妥当性が述べられている。次に実際に用いている GIS ソフト上の TOPMODEL 解析ルーチンについて詳しく解説し、実際にモデルのどの部分について改良を加えたかを明確に示している。また本研究の検証においてモデルを適用するアマゾン川流域について詳しく示されており、計算に用いるべき境界条件が具体的に示されている。またあらかじめ範囲を設定されたモデルパラメータに対してそれぞれ単一流速、分布型流速の場合について 5000 ケースのテスト計算を行い、観測流量との比較によりモデルパフォーマンスの評価が行なわれており、最終的に分布型流速を用いた場合の優位性が示されている。まとめると本章においては主に (1) 分布型流速を用いた水文解析におけるモデル構築、キャリブレーション、検証過程についての体系化および (2) モデルにて計算される地下水流出成分の物理的意義の評価について検討がなされている。本アプローチをアマゾン川流域の長期間流出解析に適用し、分布型流速を用いない場合と比較してオビドス (Obidos) 地点における観測流量と比較した流出解析結果が著しく向上した点について詳しく述べられている。 第 4 章では、表面流出と地下水流出成分を効率的に分離するために、モデルパラメータ、特に TOPMODEL における地下水流出成分を決定する飽和透水係数 K_0 (Saturated Hydraulic Conductivity) 及び飽和透水量係数 T_0 (Hydraulic Transmissibility) のパラメータのとりうる範囲について検討を加えており、特に地下水流出成分の不確実性を減少することにより、モデルにおいて計算される表面流出量の予測精度向上を図るために努力がはらわれている。その結果、流域における最大飽和領域と最大地下水流出を			

京都大学	博士（工学）	氏名	Roberto Valmir da Silva
もとに物理的に妥当なパラメータの値の範囲が明らかにされている。 第5章では、本モデルを用いてアマゾン川支流域における長期における土地利用変化の影響を推定する試みが述べられている。まず1970年代前半の観測降雨と観測流量からモデルの最適モデルパラメータを決定し、ここで得られたパラメータと観測降雨を用いてその後30年間にわたる流出解析を行なっている。モデルによる計算流量と観測流量の差を、モデルによる誤差とその適用限界を評価することにより、降雨の経年的減少と長期間における土地利用変化の影響による流量成分の変化を明らかにしている。 第6章は、本研究の結論であり、得られた成果をとりまとめている。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、流出解析モデルである TOPMODEL において従来空間一様として扱ってきた流速パラメータを、空間一様ではなく小流域毎に決定し、流出過程を支配する物理現象のパラメータの決定プロセスを工夫することによりモデルの適用性を高めたものであって、以下のような成果を上げている。

1. 分布型流出モデルと集中型流出モデルのそれぞれの特徴をあわせ持つ TOPMODEL について、空間的に分布する流速を表現するのに、サブ流域面積を用いる新たな分布型流速決定法を提案した。この方法を用いて、TOPMODEL を改良しアマゾン川流域に有効に適用できることを明らかにした。
2. 上記の流速決定法を用い、全球 0.5 度メッシュの日降雨データと複数地点のアマゾン川流域流量観測データを用いたキャリブレーションを行うことにより、従来の TOPMODEL において不十分であった水文過程の物理学的考察をより強化して、アマゾン川流出量を高精度に予測しうる大流域用の TOPMODEL の構築を行った。
3. この改良型 TOPMODEL のパラメータ同定において、飽和透水係数についてはとりうる値の範囲に制約を設け、より不確実性の少ないモデル定数決定が可能であることを明らかにした。
4. 本モデルを土地利用変化（森林伐採）の著しい上流域に適用し、降雨の経年的減少と土地利用変化が河川流量に与える影響を明らかにした。

以上のように、本論文はブラジルアマゾン川流域における降雨流出過程について従来の TOPMODEL を改良し、さらにアマゾン川の流量変化の要因について明らかにしたものであって、大規模流域の水文流出解析の発展に貢献するものと言え、学術上、実際上、寄与するところが少なくない。よって、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23年7月29日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。