

京都大学	博士（工学）	氏名	Luis Enrique CHERO VALENCIA
論文題目	Development of a distributed sediment routing model for extreme rainfall-runoff events（極端な降雨流出事象を対象とする分布型土砂追跡モデルの開発）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、分布型降雨流出モデルに土砂流出機構を組み込んだ分布型土砂追跡モデルを新たに開発し、平成 29 年九州北部豪雨で甚大な土砂災害が発生した筑後川上流の赤谷川流域（21km²）およびエルニーニョ・南方振動（ENSO）現象による豪雨により土砂災害が懸念されるペルー共和国のトゥムベス川流域（5,200km²）を対象として、分布型土砂追跡モデルの適用性を検討したものである。本論文は以下の 8 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論である。地形上や土地被覆情報を組み込んだ分布型降雨流出モデルの発展と分布型降雨流出モデルへの土砂輸送機構の組み込みについてこれまでの研究成果を振り返るとともに、ペルー共和国の河川流域においてエルニーニョ・南方振動（ENSO）によって発生する豪雨とそれによって発生する土砂流出予測の重要性を指摘している。水文気象観測情報が不十分な河川流域での降雨・土砂流出を予測することを目的とし、研究の手順として、詳細な地形データを用いた分布型土砂追跡モデルを開発して日本の赤谷川流域（21km²）でその適用性を検証すること、その上で開発した分布型土砂追跡モデルをペルー共和国のトゥムベス川流域（5,200km²）に適用し、ENSO 時の土砂流出予測に応用することを述べている。</p> <p>第 2 章では、本研究で用いる分布型降雨流出モデルについて説明している。降雨流出過程のモデル化はキネマティックウェーブモデルを利用し、飽和・不飽和流を考慮した流量流積関係式を組み込むことで長期間の流量予測も可能な降雨流出モデルを採用した。この分布型降雨流出モデルで用いる基本的な地形データとして数値標高モデルと流下方向モデルを説明し、赤谷川流域を対象として 10m 空間分解能の数値標高モデルによる流域モデルを示すと同時に、トゥムベス川流域では 500m および 1,000m 空間分解能の数値標高モデルを用いることを述べている。</p> <p>第 3 章では、新たに開発した分布型土砂追跡モデルについて述べている。第 2 章で示した分布型降雨流出モデルは斜面流出過程と河川流下過程で構成される。斜面流による剥離と雨滴落下によって生成される土砂生産機構を斜面流出過程に組み込み、斜面流および河川流を通して輸送される浮遊砂を流域全体で上流から下流まで追跡するシミュレーションモデルを構築した。また、上記の土砂追跡シミュレーションを実現する数値計算手法と計算機アルゴリズムを提示している。</p> <p>第 4 章では、空間分解能 10m および 100m の数値地形モデルを用いて分布型土砂追跡モデルを赤谷川流域（21km²）に適用した結果を述べている。空間分解能の異なる分布型土砂追跡モデルでそれぞれ</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	Luis Enrique CHERO VALENCIA
<p>れモデルパラメータを同定して平成29年九州北部豪雨で発生した河川流量と流出土砂量を推定し、他の降雨流出モデルで推定された洪水流量および航空レーザー測量によって推定された流出土砂量との比較を行った。その結果、河川流量推定では両モデルの推定結果に大きな違いは見られませんが、流出土砂量の推定値には違いがみられること、空間分解能 10m の分布型土砂追跡モデルによる流出土砂量の推定値は災害前後の航空レーザー測量によって得られた推定値により近い値を示すこと、空間分解能 10m の分布型土砂追跡モデルによって推定された赤谷川主流の河床高が災害後の航空レーザー測量による標高値とよく対応することを示し、本モデルの適用性を確認した。</p> <p>第5章では、空間分解能 500m および 1000m の数値地形モデルを用いて分布型土砂追跡モデルをペルー共和国のトゥムベス川流域 (5,200km²) に適用した結果を述べ、適切にモデルパラメータを設定することにより同モデルがトゥムベス川流域にも適用できることを示した。また、数値地形モデルの空間分解能が河川流量および土砂生産量にどのように影響するかを分析し、赤谷川流域と同様に河川流量推定では両モデルの推定結果に大きな違いは見られないものの、流出土砂量の推定では空間分解能の違いが影響を及ぼすことを明らかにした。また、土砂流出過程に用いるモデルパラメータの中でチューニングが必要となる4つのモデルパラメータに着目し、空間分解能が異なる分布型土砂追跡モデルごとに年間土砂生産量に対する感度分析を実施した。その結果、浮遊土砂粒径と沈降速度の感度が高いこと、空間分解能によって適合するパラメータ値が異なることを示し、同モデルを現地適用する場合の空間分解能およびモデルパラメータ値の設定指針を得た。</p> <p>第6章では、同モデルを用いて ENSO が発生した年とそうでない年のトゥムベス川流域での河川流量および流出土砂量を推定し、ENSO が発生した年とそうでない年の流出土砂関係式 (河川流量と浮遊土砂濃度の関係式) の違いを分析した。その結果、エルニーニョ現象が発生した場合は、同じ河川流量でも浮遊土砂濃度が高くなる可能性があること、また、同流域の流出土砂量が 10 倍から 100 倍の比率で増加する可能性があることを示した。</p> <p>第7章では、同モデルを用いて ENSO が発生した年とそうでない年のトゥムベス川流域での土砂動態を分析した。ENSO が発生した年にはトゥムベス川流域での年間土砂発生量がそうでない年に比べて著しく大きく、下流の河床高も増大する可能性を示した。</p> <p>第8章は、結論であり、本論文の主要な結果をまとめている。</p>			

氏名

Luis Enrique CHERO
VALENCIA

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、分布型降雨流出モデルに土砂流出機構を組み込んだ分布型土砂追跡モデルを新たに開発し、平成29年九州北部豪雨で甚大な土砂災害が発生した赤谷川流域およびエルニーニョ・南方振動(ENSO)現象による豪雨によって土砂災害が懸念されるペルー共和国の河川流域を対象として、分布型土砂追跡モデルの適用性を検討したものである。主な研究成果は以下のように要約できる。

1) 分布型降雨流出モデルに土砂生産機構、土砂移動機構を組み込んだ分布型土砂追跡モデルを新たに開発し、降雨流出現象および土砂流出現象を同時に再現する数値シミュレーションモデルの開発に成功した。

2) 空間分解能10mおよび100mの数値地形モデルを用いて分布型土砂追跡モデルを赤谷川流域(21km²)に適用し、空間分解能の違いが流出土砂量の推定値に及ぼす影響を分析した。その結果、空間分解能10mの同モデルによる流出土砂量の推定値が災害前後の航空レーザー測量によって得られた推定値により近い値を示すこと、空間分解能10mの同モデルによって推定された赤谷川主流の標高値が災害後の航空レーザー測量による標高値とよく対応することを示し、本モデルの適用性を確認した。

3) 空間分解能500mおよび1000mの数値地形モデルを用いて分布型土砂追跡モデルをペルー共和国のトゥムベス川流域(5,200km²)に適用し、同モデルがトゥムベス川流域にも適用できることを示した。また、モデルパラメータの感度および同モデルの空間分解能がモデルパラメータ値に及ぼす影響を分析し、同モデルを現地適用する場合の空間分解能およびモデルパラメータ値の設定指針を得た。

4) 同モデルを用いてENSOが発生した年とそうでない年の河川流量および流出土砂量を推定し、ENSOが発生した年とそうでない年の流出土砂関係式(河川流量と浮遊土砂濃度の関係式)の違いを分析した。その結果、エルニーニョ現象が発生した場合は、同じ河川流量でも浮遊土砂濃度が高くなる可能性があること、また、同流域の流出土砂量が大きく増加し、下流の河床高が増加する可能性を示した。

以上のように、本論文は、新たに分布型土砂追跡シミュレーションモデルを開発し、我が国およびペルー共和国の河川流域を対象として土砂動態予測シミュレーションを実施して、その適用性を検討したものであり、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、令和3年8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。