

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380081

研究課題名(和文)山地河道の水理特性の時空間分布解明

研究課題名(英文)Spatial and temporal distribution of hydraulics at mountain channels

研究代表者

浅野 友子 (Asano, Yuko)

東京大学・農学生命科学研究科・講師

研究者番号：80376566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円、(間接経費) 4,170,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動により日本では豪雨の増加による洪水の規模や頻度の増加が懸念され、国土の60%以上占める山地域での土石流など、急激な水・土砂の流出メカニズムを理解し予測する必要がある。そこで、本研究では、A) 山地河道での洪水時の流量、水深、流速データの取得、B) 洪水時の山地河道の水理特性と河道形状の関係の解明を行なった。山地河道では洪水時に水深が急激に大きく増加する一方、流速はそれほど大きくならないこと、水理特性は平水時にはステップ部やプール部など河道区間により異なるが、豪雨時には河道全体の形状に依存するようになることを示した。グリーンレーザを用いた水面下も含む新たな3D測量技術の開発を行なった。

研究成果の概要(英文)：Predictions have shown that climate change may increase the occurrence of large storms and consequently increase the frequency and magnitude of floods in the Japanese archipelago. We have to be able to predict the vast increase in water and sediment discharge during large storms at mountain area which consist more than 60% of Japanese land. The objective of our study was A) to obtain discharge, water depth and velocity during storms at mountain channel and B) to clarify the relationships between hydraulics and channel morphology during flood at mountain channels. We showed that at mountain channel, water level rise was quick and large but flow velocity does not increase as much. Hydraulic characteristics were different between step and pool during low flow. During large storm, however, hydraulics became depending on morphology of whole channel including step and pool. New survey methods for submerged channel bed using green wavelength terrestrial laser scanner was developed.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：山地河道 階段状河床 河道抵抗 水深 流速 グリーンレーザ 河床構造 流量

1. 研究開始当初の背景

気候変動等により、日本列島では大規模な降雨の増加による洪水の規模や頻度の増加が懸念されている。国土の60%以上を急峻な山地、森林が占める日本では、土石流や鉄砲水などの山地の急激な水・土砂の流出メカニズムや、急激な水・土砂流出が河川生態系に及ぼす影響などを理解し予測する必要がある。山地河道の水理特性は山地の急激な水・土砂の流出をコントロールするにもかかわらず、実態のデータが少なく、水・土砂の流出予測が難しい現状がある。

2. 研究の目的

本研究では山地河道の水理特性を明らかにする。特に次の2点を明らかにする。

- (A) 洪水時の水理特性の時間変化の解明
- (B) 河道の形状、河床材料と水理特性の関係解明

3. 研究の方法

(1) 多様な山地河道で洪水時の水量、水深、流速データの取得

調査地は、東京大学樹芸研究所青野研究林、および東京大学秩父演習林である。いずれも急峻な山地にある階段状の河道である。

流量、水深(流積)、流速のうち、山地河道において観測可能な項目の2つ以上を同時に短い時間間隔で計測する(図1)。河道の形状やアクセス路の確保、電源の有無等によって、最適なシステムを検討する。河道の横断測量を行なう。得られたデータを用いて3つの項目を計算し、洪水時の流量、水深(流積)、流速の変化を把握する。またこれらのデータから洪水時の河道抵抗(例えば Manningの粗度係数)やフルード数の変化などを明らかにする。上下流に位置するステップ部とプール部で計測をおこなう。

(2) 地形と洪水流出波形の関係

洪水時の流出波形に対する斜面と河道の寄与を明らかにすることを目的に、流域内に水位計を13~17カ所設置し1分間隔で計測を行なった(図2)。詳細な地形データ(5mメッシュDEM)を用いて地形解析を行ない、

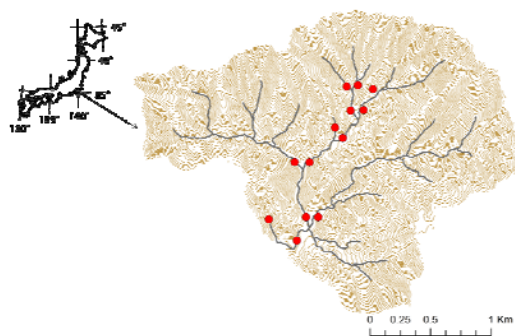


図2 調査地の位置と地形

それぞれのメッシュについて水位観測地点までの斜面と河道それぞれの流路長、流路勾配等の地形指標を計算した。

(3) 河道の形状を把握する新たな手法の開発

水面下も含めた河道形状を詳細に把握する手法を確立する。本研究ではキネクトセンサーやグリーンレーザを用いる3D測量技術を用い、水面下の地形測量手法を検討する。

4. 研究成果

(1) 洪水時の流速、水深、および河道抵抗の急激な変化の把握

総降水量288mmの降雨中の洪水流は上下につながるステップ部とプール部で異なることを示した。ステップ部では水深上昇が大きい一方で、プール部では流速の急激な上昇によって同じ量の水を流していた(図3)。

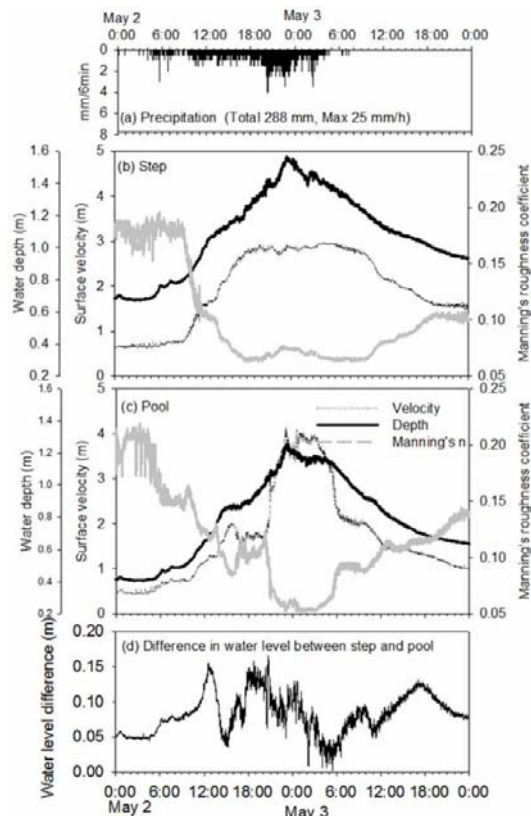


図3 降雨時の水深、表面流速、マンニングの粗度係数の変化

ステップ部、プール部両方においてマンシングの粗度係数は水深 1.1m 程度までは水深増加に伴い急激に減少するが、水深 1.2m 以上になると、マンシングの粗度係数の変化が小さかった。また、水深上昇時はステップとプールでマンシングの粗度係数があまりかわらなかった。このことから流量が増加するに従い、ステップ部とプール部の水面勾配が一様になり、抵抗が局所的な河道形状に依存する状況から、河道の全体の形状に依存するようになることが示唆された。

(2) 斜面と河道が洪水流波形に及ぼす影響の解明

水位観測結果から 20 の降雨イベントについてピーク到達時間（最大雨量記録時と最大水深記録時の差）を計算した。計算した地形指標とピーク到達時間を比較したところ、多くの強度の強い降雨時に河道の長さが短いほどピーク到達時間が短い傾向が明瞭であった。一方、斜面の長ささとピーク到達時間の間には明瞭な関係がみられなかった。これらの結果から、ピーク到達時間の場所による違いには河道の長さや勾配の違いが大きく寄与している一方、斜面の長さや勾配の違いの影響は小さいことが明らかとなった。

(3) 河床地形の詳細な把握手法の開発

① キネクトセンサーを用いた水面下の地形計測

山地河道の水理特性を解明するためには、河道の河床構造を詳細にとらえることが必要である。3次元測量技術の進歩はめざましく手法も確立されつつあるが、依然としてセンサーが高額であること、数～数十 cm の水面下にある河床の測量に適応した例は少なく手法も確立されていないことなど課題がある。Kinect センサー（Microsoft Xbox 360用のコントローラ）は、安価（14800 円）で高い解像度を持ち、計測可能距離は約 5m までと短い LiDAR センサーと似た 3次元データを取得することができるため小河川の水深測量に有効であると報告されている。本研究では Kinect センサーを用いて山地小河道の水面下にある河床構造の把握が可能かを検討した。その結果、水深 10cm 程度までは、誤差 6%以下で計測できることを示した。



図4 Kinect センサを用いた小河道地形計測

② グリーンレーザを用いた水面下を含む河床構造の把握

グリーンレーザを用いると水面下を含む河床地形の測量が可能であることがわかってきたが、実用化のためには計測可能な条件や、最適な計測方法、手法の限界などを知る必要がある。そこでまずはグリーンレーザを用いた水面下の地形測量を複数回行い、実測値と比較しつつ基礎的な情報を収集した。計測は水が濁っておらず、波立ちもできるだけ少ない状態で行なうことが望ましいことが明らかとなった。また、水面下のデータについては特別な補正が必要であることもわかった。水深 60cm 程度、断面平均流速最大で 0.5m/s 程度では、流速や水深が計測精度に与える影響は単独では大きくないが、水深が深く流速が早い場合に、誤差が少し大きくなる傾向が示された。以上の結果から、泡立っている部分の下など一部計測ができないカ所もあるが、計測の工夫によって水面下の河床構造が期待している精度で捉えられる可能性を示した。



図5 グリーンレーザ用いた河道地形計測の様子。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 8 件）

- ① 浅野友子 (2014) 日本の山地流域の降雨流出データ・収集データの概要と観測の課題、水文水資源学会誌, 27(1) 19-28. (査読有り)
- ② Miura N. & Asano Y. (2013) Green-wavelength terrestrial laser scanning of mountain channel, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W2, ISPRS Workshop Laser Scanning 2013, 11-13 November 2013, Antalya, Turkey, p187-192. (査読有り)
- ③ Asano, Y. and Uchida, T. (2013) Dynamic changes in flow depth, velocity and resistance during floods at steep mountain stream, Advances in River Sediment Research, Fukuoka et al. (eds), CRC Press Taylor & Francis

group, London, ISBN 978-1-138-00062-9, 737-742. Proceeding of ISRS2013, 2013.(査読有り)

- ④ Niwa, S. Uchida, T. and Okamoto, A.(2013) Calculation technique for evaluation of bed variation in mountain rivers: Effects of methods describing erosion and deposition processes, *Advances in River Sediment Research*, Fukuoka et al. (eds), CRC Press Taylor & Francis group, London, ISBN 978-1-138-00062-9, 2003-2011. Proceeding of ISRS2013, 2013.(査読有り)
- ⑤ Uchida, T., Okamoto, A., Hayashi, S., Suzuki, T., Fukumoto A., and Yamashita, S., Tagata, S. (2013) Hydrophone observations of bedload transport in mountainous rivers of Japan, *Advances in River Sediment Research*, Fukuoka et al. (eds), CRC Press Taylor & Francis group, London, ISBN 978-1-138-00062-9, 1749-1756. Proceeding of ISRS2013, 2013.(査読有り)
- ⑥ 浅野友子・星野晋一郎・内田太郎・秋山浩一、山地河道における水の流れとマンニングの粗度係数の実測、砂防学会誌、2012,165: 62-68 (査読有り)
- ⑦ 浅野友子・内田太郎・渡邊良広・井上広喜・辻和明・鴨田重裕 (2012) 東京大学樹芸研究所青野研究林における山地河道の水理・水文観測、砂防学会誌 第65巻 第3号(通巻302号 65-69).(査読無し)
- ⑧ Asano, Y. and T. Uchida (2012), Flow path depth is the main controller of mean base flow transit times in a mountainous catchment, *Water Resour. Res.*, 48, W03512, doi:10.1029/2011WR010906. (査読有り)

[学会発表] (計 13 件)

- ① 浅野友子・内田太郎(2014)山地流域における水・土砂動態解明に向けての2つの空間問題、第125回日本森林学会大会講演要旨集 T13-01, H26年3月29日 大宮ソニックシティー
- ② 五味高志(2014)流域水系ネットワークにおける地形的特徴と土砂流出特性: レビュー、第125回日本森林学会大会講演要旨集 T13-01, H26年3月29日 大宮ソニックシティー
- ③ 浅野友子、内田太郎、小菅尉多林 浩、敦 浩、敦 賀屋研次郎 賀屋研次郎(2014)山地河川でのピーク到達時間と流域地形の関係、平成26年度砂防学会研究発表会 R1-15, B-42, H26年5月29日、朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター
- ④ 平岡真合乃、五味高志、保坂俊明、内山佳美(2014)3D レーザースキャナを用いた斜面から溪岸における地形変化量評価の試み、R1-13, B-38, H26年5月29日、

朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター

- ⑤ 内田太郎、蒲原潤一、友村光秀、佐藤 蒲原潤一、友村光秀、佐藤 悠、浅野友子(2014)山地流域の流出特性と地形の関係、R5-21、B-208、平成26年度砂防学会研究発表会 R1-15, B-42, H26年5月29日、朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター
- ⑥ 浅野友子・内田太郎(2013)山地河道における降雨時の水の流れとマンニングの粗度係数の実測、日本森林学会大会発表データベース Vol.124(2012)I15 2013/3/25~28, 岩手大学
- ⑦ 内田太郎・浅野友子・林真一郎・岡本敦・友村光秀 (2013) 山地流域の流出特性に関する比較研究、日本森林学会大会発表データベース Vol.124(2012)I17 2013/3/25~28, 岩手大学
- ⑧ 藤原菜生子・浅野友子(2013)Kinect センサーを用いた山地小河道の河床構造の把握、平成25年度砂防学会研究発表会概要集 B:Pb-75,平成25年5月29~31日、静岡市民文化会館
- ⑨ 内田太郎・林真一郎・岡本敦・友村光秀・佐藤悠・浅野友子(2013)山地流域の流出特性に関する比較研究、平成25年度砂防学会研究発表会概要集 B: R1-01 平成25年5月29~31日、静岡市民文化会館ほか
- ⑩ Marino Hiraoka, Takashi Gomi, Shigeru Mizugaki, Tomoki Oda, Shusuke Miyata, Yoshimi Uchiyama (2013) Hydrogeomorphic Processes and Sediment Yields in Headwater Catchments based on Field Observation international symposium on sediment disasters under the influence of climate change and tectonic activity (3rd), Scheduled at 26th and 27th September, 2013 Venue: Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, Kyoto, Japan, Sponsored by Japan Society of Erosion Control Engineering
- ⑪ Asano Y., and Uchida T. Measuring flow and Manning's Roughness Coefficient at small mountain stream, 2011 Fall Meeting, AGU, 2011/12/5~12/9, San Francisco. USA
- ⑫ 浅野友子、内田太郎、山地源流域における降雨時流出の空間分布、第123回日本森林学会、2012/3/26~29, 宇都宮大学
- ⑬ 内田太郎、浅野友子、森林流域の流出機構に関する概念の構築にむけて、第123回日本森林学、2012/3/26~29, 宇都宮大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/asano/Index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

浅野 友子 (ASANO, Yuko)
東京大学、農学生命科学研究科・講師
研究者番号：80376566

(2)研究分担者

内田 太郎 (UCHIDA, Taro)
国土技術政策総合研究所・危機管理技術研究センター、主任研究官
研究者番号：60370780

五味 高志 (GOMI, Takashi)

東京農工大学・(連合)農学研究科 (研究院)・准教授
研究者番号：30378921

(3)連携研究者

()

研究者番号：