

決定木分析により推定された土石流発生流域の検証

北海道立総合研究機構 ○奥水健一・石丸 聡・川上源太郎

静岡大学 農学部 今泉文寿

1. はじめに

土石流は宅地開発された沖積錐上への流出による家屋倒壊、あるいは流出した大量の土砂による河道の閉塞、土砂・洪水氾濫など、多大な人的被害を引き起こす。土石流は谷口付近で沖積錐を形成することが多いため、沖積錐は土石流の発生を示す重要な地形要素である。したがって、沖積錐の存在とその後背流域の地形条件との関係を明らかにすることができれば、人為的な地形改変や侵食により沖積錐が失われた地域でも土石流の発生リスクの高い流域を把握することが可能になる。

沖積錐の形成に寄与する地形条件については、沖積錐の有無と流域の地形条件との関係性をロジスティック回帰分析や決定木分析することで明らかにできる (Crosta and Frattini, 2004 ; 奥水ほか, 2022)。分析により得られた地形条件に基づき、沖積錐が形成されうる流域を推定することは可能であるが、推定された流域において、実際に土石流がどの程度の確率で発生したかを具体的に検証した研究は少ない。本研究では、2003年に北海道日高地方を襲った豪雨により土石流が頻発した厚別川水系を対象に、沖積錐が形成されうる流域を推定し、実際の土石流の発生状況をもとにその検証を行った。具体的には、隣接する波恵川・日高門別川水系で決定木分析を行い、その結果に基づき沖積錐が形成されうる（もしくは形成されない）と推定された厚別川水系内小流域を対象に、2003年の豪雨で土石流がどの程度の割合で発生したかを調べた。

2. 調査地概要

決定木分析を行った水系は波恵川水系、日高門別川水系である (図-1)。一方で、決定木分析の結果をもとに検証した水系は厚別川水系である (図-1)。3つの水系とも、地質は新第三紀堆積岩類である。流域の最頻傾斜は10~37°である。

これらの地域では2003年の豪雨により多数の斜面崩壊や土石流が発生した (石丸ほか, 2004)。検証地域 (厚別川水系) 近傍のアメダス観測所によれば、2003年豪雨の最大時間雨量は47mmであった。この豪雨のリターンピリオドはアメダス確率降雨計算プログラム (土木研究所, 2009) によると、約130年と算定され、この地域で観測史上最大の豪雨とされている (土木学会水工学委員会, 2004)。



図-1 調査位置図

3. 解析方法

解析は以降に示すStep.1~3の手順で行った。Step.1では、波恵川、日高門別川水系において、沖積錐の有無を目的変数、後背流域の地形因子を説明変数とした決定木分析を行い、沖積錐の形成に寄与する地形条件を明らかにした。沖積錐は、高瀬ほか (2002) に基づき、地形図やDEMを用いて、後背流域の出口付近で扇形を呈する堆積地形のうち勾配が5~22°のものを抽出した。後背流域の地形因子は10mDEMをもとに、以下6つの地形因子 (①最大流域長、②比高、③最頻傾斜、④集水面積、⑤起伏比 (最大流域長方向の比高/最大流域長)、⑥流域末端から100 m上流区間の沢の勾配) を用いた。決定木分析は、ワイカト大学で開発されたオープンソフトウェアであるWeka 3.9.5を用いた。Step.2では、作成された決定木の後背流域の地形条件に基づき、厚別川水系において、沖積錐が形成されうる流域 (もしくは形成されない流域) を推定した。Step.3では、Step.2で推定された流域を対象に、2003年に土石流がどの程度発生したかを調べた。土石流が発生したと認定した流域は、2003年豪雨直後の空中写真の実体視により流域末端に土砂の痕跡があり、かつ、その勾配が土石流の停止勾配とされる5~22° (高瀬ほか, 2002 ; De Haas et al., 2018) の条件を満たす流域とした。なお、対象となる流域の末端が本流に合流し、本流河川の浸食に伴って土石流の痕跡が判別困難である流域は検証から除いた。

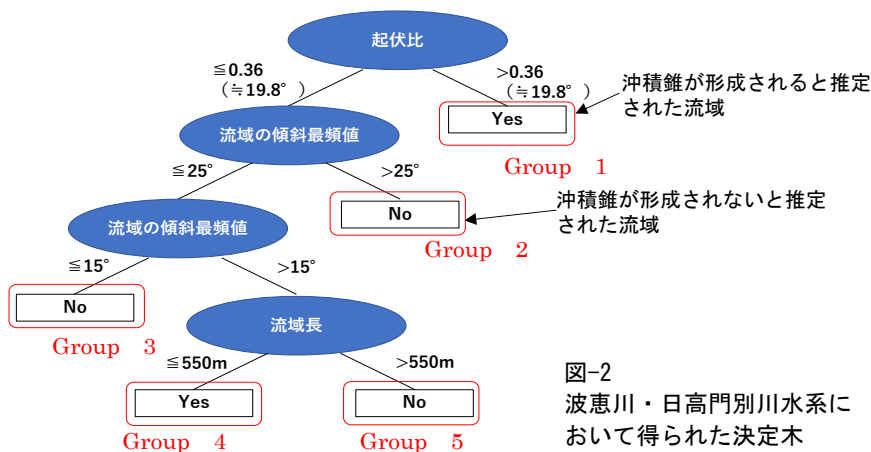


図-2
波恵川・日高門別川水系に
おいて得られた決定木

4. 結果

表-1 厚別川水系において推定された流域数と土石流の発生・非発生数および土石流発生率

		Group1	Group2	Group3	Group4	Group5
沖積錐存在の推定		あり	なし	なし	あり	なし
全流域数		15	36	25	12	13
土石流	発生流域数	10	10	4	6	3
	非発生流域数	5	26	21	6	10
土石流発生率 (%)		67	28	16	50	23

4.1 決定木および沖積錐が形成されうる地形条件

波恵川および日高門別川の90流域を対象に分析し、得られた決定木が図-2である。沖積錐が形成されうる地形条件は、「起伏比 >0.36 (Group1)」、「起伏比 ≤ 0.36 かつ、 $15^{\circ}<$ 流域の最頻傾斜 $\leq 25^{\circ}$ かつ、流域長 $\leq 550\text{m}$ (Group4)」であった。

一方で、沖積錐が形成されない地形条件は、「起伏比 ≤ 0.36 かつ、最頻傾斜 $>25^{\circ}$ (Group2)」、「起伏比 ≤ 0.36 かつ、最頻傾斜 $\leq 15^{\circ}$ (Group3)」、「起伏比 ≤ 0.36 かつ、 $15^{\circ}<$ 流域の最頻傾斜 $\leq 25^{\circ}$ かつ、流域長 $>550\text{m}$ (Group5)」であった。

起伏比が高い条件 (Group1) において沖積錐が形成されやすいことは、齋藤(1972)やWang et al.(2019)と調和的な結果であった。また、Group4のように、起伏比が小さくても、最頻傾斜が $15\sim 25^{\circ}$ の範囲にあり、流域長が短い条件であれば、沖積錐が形成されやすいことがわかった。

4.2 沖積錐の形成・非形成流域の推定と2003年豪雨による土石流発生率

4.1で得られた地形条件を厚別川水系の流域に適用して、沖積錐が形成されうる流域と沖積錐が形成されない流域を推定した。厚別川水系で沖積錐が形成されうると推定された流域 (Group1,4) は27流域、沖積錐が形成されないと推定された流域 (Group2,3,5) は74流域であった (表-1)。

次に、沖積錐が形成されうると推定された流域 (Group1, 4) と沖積錐が形成されないと推定された流域 (Group2,3,5) ごとに、表-1をもとに土石流の発生流域数を見る。まず、沖積錐が形成されうると推定された流域 (Group1, 4) をみると、Group1では全15流域に対し10流域、Group4では全12流域に対し6流域において、土石流の発生が確認された (表-1)。すなわち、土石流の発生率はそれぞれ、Group1が67%、Group4が50%と算定された。Group4の地形条件を有する流域は流域数が12個と少ないため、サンプル数の影響もあるが、半数の流域において、土石流が発生していた。一方で、沖積錐が形成されないと推定された流域 (Group2,3,5) をみると、Group2では全36流域に対し10流域、Group3では全25流域に対し4流域、Group5では全13流域に対し3流域において土石流が確認された。すなわち、土石流の発生率はそれぞれ、Group2が28%、Group3が16%、Group5が23%と算定された。

以上の結果より、沖積錐が形成されうると推定された流域では沖積錐が形成されないと推定された流域よりも土石流の発生率が全体的に高い傾向であることがわかった。この結果は決定木分析により沖積錐が形成されうると推定された流域において、土石流が発生しやすい傾向にあることを示す。

5. まとめ

本研究では、沖積錐の分布と後背流域の地形条件との関係を決定木分析し、その結果に基づき、隣接水系において沖積錐が形成されうる (もしくは形成されない) 流域を推定した。その上で、それぞれの流域において2003年の豪雨で土石流がどの程度発生したかを調べた。その結果、沖積錐が形成されうると推定された流域では沖積錐が形成されないと推定された流域よりも土石流の発生率が高く、半数以上の流域で土石流が確認された。この結果は、決定木分析により沖積錐が形成されうると推定された流域は、実際に土石流が発生しやすい傾向にあることを示す。すなわち、決定木分析は土石流の発生流域を検討する上で有効である。

他方で、沖積錐が形成されないと推定されたにも関わらず、土石流が発生した流域が確認された。土石流の発生リスクの高い流域を決定木分析からさらに高い確度で抽出するためには、これらの流域で沖積錐が形成されないと判定された理由を明らかにするなどの検討を進めていく必要があると考えられる。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 21K05674(代表：興水健一)の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

引用文献：

Crosta and Frattini (2004) : Earth Surf. Process. Landf, 29, p.267-293. De Haas et al. (2018) : Earth-Sci. Rev, 117, 53-75. 土木学会水工学委員会(2004) : 平成 15 年台風 10 号北海道豪雨災害調査団報告書, 181p. 土木研究所(2009) : アメダス確率降雨計算プログラム <https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>. 石丸ほか(2004) : 北海道立地質研究所報告, 75, p.61-70. 興水ほか(2022) : R4 年度砂防学会研究発表会概要集, p.623-624. 斎藤(1972) : 「日本の扇状地」, 古今書院, 280p. 高瀬ほか(2002) : 地形, Vol.23, No.1, p.101-110. Wang et al.(2019) : Water, 11, 638.