

河床縦断形の解析からみた養老山地東斜面における削剥と堆積

Causal connection between denudational and depositional mechanism: an approach based on stream analysis at Eastern Yoro Mountains

*大上 隆史¹

*Takashi OGAMI¹

1.中央大学理工学部

1.Faculty of Science and Engineering, Chuo University

濃尾平野の西縁を画する養老山地、とくにその東斜面には起伏が大きい山地地形が発達している。これらは養老・桑名断層帯の活動に伴う山地の活発な隆起、および東流する河川網の下刻に伴って形成されたと考えられ、山地で生産された土砂が東麓に扇状地群を形成している。扇状地の形態に関して多くの研究が蓄積されており、扇面勾配が集水域面積（≒河川流量）と負の相関を持つことが広く認識されている。さらに、扇面勾配の大きさが土砂流量/河川流量と相関関係を持つことが地形実験によって示されており（Whipple *et al.*, 1998）、実際の扇状地においても扇面勾配が河川流量に加えて集水域の削剥速度にコントロールされている可能性が高い。しかし、それらの関係を具体的に検討するためには、集水域の平均削剥速度や扇状地における堆積速度を定量化する必要がある。それらの値を直接得ることは一般に難しいため、集水域における削剥速度の指標として斜面傾斜や起伏比が計測されてきた。ところが、“Threshold Hillslope（限界傾斜）”を獲得するような険しい流域では削剥速度は斜面傾斜と無関係となることが示されており（Burbank *et al.*, 1996）、起伏比は集水域面積と負の相関をもつ場合が多いため河川流量と切り分けた議論が困難である。一方で、ストリームパワー侵食モデルにもとづいて“平衡状態にある”岩盤河川の河床縦断形の解析手法が発展しつつあり、隆起速度と岩盤の抵抗性に依存する流路の「Steepness（急峻さ）」の概念が導入されている（Wobus *et al.*, 2006）。岩盤強度が一樣であれば、“平衡状態にある”河川のSteepnessは隆起速度（≒侵食速度）の関数となることが期待されており、近年ではSteepnessと侵食速度の関係が実際に検討されつつある（DiBiase *et al.*, 2010）。特に限界傾斜を獲得するような山地では、Steepnessが岩盤河川の下刻速度を表し、河川の下刻速度が山地の削剥速度を規定している可能性がある。そこで、養老山地東斜面の河川群における河床縦断形から流路のSteepnessを試算するとともに、それらと扇面勾配との関係を検討した。

養老山地の東斜面を流下する河川群のうち、養老山地の中央分水嶺に谷頭を持つ25流域を研究対象とした。国土地理院が公開している5 mメッシュ数値標高データにもとづき直交座標系（UTM53N）における10 mグリッドのDEMを発生させ、これを用いて集水域解析を行った。谷頭を起点とする河床縦断形を作成し、それらを χ -標高プロット（Perron and Royden, 2013）に変換した。 χ -標高プロットが直線回帰されるとき、その河床縦断形は“平衡状態にある”とみなせる。また、 χ -標高プロットの勾配は「Steepness」を表す。流路距離および集水域面積を用いて χ を計算するのにあたり、 $A_0=10\text{ km}^2$ とし、定数 $m/n=0.5$ を採用した。 χ -標高プロットにもとづき、流路は大きく3つのセグメントに分けられる。最上流部における χ -標高プロットの勾配は比較的小さく、これらの流路の集水域は $<0.1\text{ km}^2$ 程度である（最上流セグメント）。集水域面積 $>0.1\text{ km}^2$ 程度の山地河川の流路では χ -標高プロットの勾配は大きくなり、その勾配はほぼ一定で直線回帰される（上流セグメント）。上流セグメントは χ -標高プロットで直線回帰されるため“平衡状態にある”流路とみなせる。下流部の堆積域では χ -標高プロットの勾配は小さくなっている（下流セグメント）。養老山地東斜面の山地における河川網の大部分は上流セグメントに属する。そのため、各集水域の流路のSteepnessを、本流の上流セグメントにおける χ -標高プロットの勾配とした。本発表では χ -標高プロットの勾配をそのままSteepnessとした。

対象河川の集水域面積は $0.15\text{--}5.09\text{ km}^2$ であり、それらの平均傾斜は $36\text{--}44^\circ$ 、起伏比は $0.09\text{--}0.45$ である。Steepnessは $35.2\text{--}89.6\times 10^{-3}$ の値をとる。これらの集水域の地形量のうち、起伏比は集水域面積と負の相関関係を示すが、その他は明瞭な相関関係が認められない。ただし、起伏比とSteepnessの関係に着目すると、同程度の集水域面積のクラスター毎に概ね正の相関がある。扇頂から下流に連続する直線的な河床勾配（以下では堆積勾配と呼ぶ）は $0.024\text{--}0.338$ であり、これらはよく知られているように集水域面積と負の相関関係を示す。Steepnessと堆積勾配の関係をみると、同程度の集水域面積のクラスター毎に正の相関関係があるとみなせる。このことは、堆積勾配が集水域面積とSteepnessによって規定されていることを意味する。ま

た, Steepnessが流域の削剥速度を表していることを間接的に示し, 養老山地東斜面における削剥プロセスは“Threshold Slope”パラダイムにもとづく侵食モデル, つまり岩盤河川の下刻速度が流域の削剥速度を律するモデルによって説明できる可能性が高いことを示唆する. すなわち, 集水域における土砂生産速度と集水域面積(≒河川流量)が扇状地の扇面勾配にあらわれていると解釈できる.

引用文献: Whipple *et al.*, 1998. *Journal of Geology* 106. Burbank *et al.*, 1996. *Nature* 379. DiBiase *et al.*, *EPSL* 289. Wobus *et al.*, 2006. *GSA Spec. Pap.* 398. Perron and Royden, 2013. *EPSL* 38.

キーワード: 山地河川、限界傾斜、削剥、 χ プロット、扇面勾配

Keywords: mountain river, threshold hillslope, denudation, chi plot, fan slope