

流水侵食モデルによる地形発達シミュレーション：非対称山脈における地形と隆起分布との関係

Numerical simulation for topographic evolution with a stream erosion model: Relation between asymmetric topography and uplift rate

鹿倉 洋介 [1]; 深畑 幸俊 [2]; 松浦 充宏 [1]

Yosuke Shikakura[1]; Yukitoshi Fukahata[2]; Mitsuhiro Matsu'ura[1]

[1] 東大・理・地球惑星科学; [2] 京大・防災研

[1] Dept. of Earth & Planetary Science, Univ. of Tokyo; [2] DPRI, Kyoto Univ.

ヒマラヤ、ニュージーランド・サザンアルプス、台湾中央山脈など多くの山脈は、分水嶺からの傾斜が山脈の両側で大きく異なる非対称な形状を示す。このような非対称山脈が形成される理由としては、降水量や岩石強度の不均一、水平方向の運動なども挙げられるが、重要な原因の一つとして隆起速度の非対称性が考えられる。本研究では、非対称な隆起運動によって形成される山脈の地形発達について、流水侵食モデル（例えば、Tucker & Slingerland, 1996, Basin Res.）による数値シミュレーションを基に考察した。

地形は、プレートの沈み込みや衝突等によって生じる隆起・沈降などの内作用と、気候や岩質等によって規定される侵食・堆積などの外作用の和により形成され、一般に内作用と外作用がバランスした動的平衡状態の実現に向かって進むと考えられる。この考えを踏まえ我々は、山脈の地形発達過程について、内作用としては適当な隆起分布を与える一方、侵食作用としては流水侵食モデルによって定量的に計算する数値シミュレーション・コードの開発を行ってきた。この流水侵食モデルでは、ある地点の侵食速度は、流域面積の冪乗と傾斜の冪乗の積に比例する。我々が普段目にする地形を作るには、流域面積の冪指数 m よりも傾斜の冪指数 n の方が大きいことが必要であり、そのため岩質等他の条件が同じであれば、非対称山脈では傾斜が急な方の斜面で侵食速度が速くなる。つまり、侵食速度の非対称が生じる。従って、岩質等他の条件が同じ場合、隆起分布の方が地形よりも大きな非対称性を持つ必要があり、地形分布と隆起分布の間に顕著な乖離が生じることが予想される。

我々は、上述の数値シミュレーション・コードを用いて、切り妻型の隆起分布を仮定した場合に、隆起分布がほぼ対称、即ち隆起軸が中央に近いときは隆起と地形のパターンがほぼ一致するが、隆起分布の非対称性が大きくなるほど両者の乖離が大きくなるという予想通りの結果を得て、それを2004年の合同大会で発表した。その際に得られた重要な知見は、隆起軸の位置と地形の最高点の位置の乖離が、実は対数関数によって関係付けられるというものだった。しかし、2004年の発表では、ある一組の冪指数 ($m=0.5, n=1.0$) についてしか調べていなかった。そのため、隆起軸と地形の最高点の位置が対数関数で関係付けられるといっても、それが一般に成り立つものかは分からなかった。冪指数は山脈ごとに異なる値を持つことが知られている。そこで今回は、冪指数 m, n の組み合わせを様々に変えて数値計算を行い、この結果の一般性を検討した。その結果、1) 隆起軸と地形の最高点の位置が対数関数によって関係付けられるという性質は、通常の冪指数の範囲で成立することが分かった。また、数値シミュレーションおよび解析的手法から、2) 流域面積の冪指数 m が傾斜の冪指数 n に比べて小さくなるにつれ、隆起軸と地形の最高点の位置の乖離は大きくなること、3) 動的平衡状態における地形の最高点の位置は、隆起軸における隆起速度の値には依存しないこと、4) 動的平衡状態における地形の最高点の高度は、隆起軸における隆起速度の n 乗根に比例すること (n は傾斜の冪指数)、なども明らかとなった。

最後に、これまでに得られた計算結果、地質学的な研究、地形的特徴を考慮に入れて、最近300万年間における飛騨山脈の地形発達について考察した。飛騨山脈の地形の軸は飛騨山脈の中で東側に位置するが、今回の計算結果からは、隆起速度のピークの位置はこれよりさらに東に位置することになる。飛騨山脈の岩石の冷却速度は、山脈の東部を南北に走る黒部 - 高瀬断層帯の東側で西側に比べ顕著に速いという結果が熱年代学による研究からも報告されており (Ito & Tanaka, 1999, Jour. Geol. Soc. Japan), 本研究の結果と調和的である。