

地形実験における山地の成長限界について Limit of mountain growth in the rainfall-erosion and uplift experiment

大内 俊二^{1*}
OUCHI, Shunji^{1*}

¹ 中央大学理工学部

¹ College of science and engineering, Chuo University

隆起と降雨侵食によるこれまでの地形発達実験において、実験地形の発達を規定する隆起速度の閾値が二つ存在することが推定された。隆起速度が小さく下方閾値を下回る場合、流水による侵食が卓越し、実験材料の侵食に対する抵抗性を反映した起伏が形成されて安定するようであった（特徴的起伏段階）。隆起速度がこの閾値を越えると、起伏が成長するようになり崩壊やクリープなど斜面侵食のプロセスが重要になってくる。隆起とともに斜面が成長し、ある限度に達すると崩壊することを繰り返すようになる。崩壊土砂は流水によって運搬・排出され、この斜面と流水のプロセス間のバランスによって隆起速度（すなわち斜面の成長速度）に対応した起伏が保たれるようになる（平衡状態段階）。隆起速度がさらに増大して上方閾値を越えるようになると隆起による起伏の成長が進み、山脈状の地形が発達するようになる（山脈成長段階）と考えた。今回はこの上方閾値と山地の成長限界についての実験結果を報告する。

実験はこれまでと同様、細砂とカオリナイトの混合物からなる上面 60 × 60 cm の砂山を隆起装置で隆起させると同時に人工降雨（約 40 mm/h）による侵食を起こすものであるが、砂山周りの堆積域の幅が 10 cm と狭くなったことと降雨が霧状となったことが異なる。ここでは隆起速度が異なる 2 回の実験（run 25、run 26）を報告する。隆起速度はそれぞれ約 5 mm/h と約 0.4 mm/h である。隆起が速い場合（run 25）、最高点高度も平均高度も隆起とともに急速に上昇するが、平均高度は 40 h 過ぎから上昇速度が鈍り、その後 100 mm（56 h）を越えたところから低下を始めた。最高点高度は、56 h 過ぎから上昇速度が鈍りだし隆起終了（72 h）まで上昇を示した（240 mm まで）が、その後平均高度と同様急速に低下した。150 h 以降は実験終了（1000 h）までわずかな低下を示すのみで、地形もほとんど変わらない状態となった。隆起の遅い run 26 では、隆起とともに上昇した隆起域の平均高度が 200 h あたりから上昇速度を低下させ、100 mm に達した 600 h あたりからは、比較的急速な低下とゆっくりとした上昇を繰り返して長期的には一定の高度を維持するような様相を呈した。最高点高度も 680 h あたりまで（高度約 220 mm）は隆起を反映した上昇を示すが、その後は低下と上昇の繰り返し長期的にはほぼ一定の高度を保つようであった。

今回の主要目的は隆起速度の上方閾値の確認であったが、2 つの run で隆起速度が大きく異なるにもかかわらず、平均高度・最高点高度が似たような高さに達してそれ以上の上昇が抑えられるような変化を見せた。これは、上方閾値以外に実験山地の成長限界が存在していることを示唆している。この山地成長限界は堆積域の幅（10 cm）と砂山構成物質の性質によって規定されると考えられ、今回の実験条件においては、前回までの実験では疑似平衡状態の段階にあると考えられる約 0.4 mm/h の隆起速度であっても、隆起と侵食の平衡状態ではなく山地成長限界に達したと思われる。霧状の降雨が表流水の発生（そして侵食）を少なくして隆起速度の上方閾値を低下させたことも考えられるが、隆起速度から見て、幅が狭い堆積域が山地成長限界を低くしたために、疑似平衡状態に至る前に山地成長限界に達したとしたほうが説明しやすい。隆起速度に近かった平均高度あるいは最高点高度の上昇が減速し出すのは、急斜面が発達し斜面崩壊土砂が直接堆積域の外に出てしまうことが目立つようになってからであった。最高点高度から考えると、0.6 あたりにこの実験条件での限界勾配（角度約 30°）があり、これを超えると大規模な斜面崩壊が頻発して高度の低下が起これ、下回ると隆起が卓越して上昇すると推定できる。堆積域の幅が狭ければ、当然、高度がより低いところでこの限界勾配に達することになる。また、広くて崩壊土砂が直接堆積域外に出ることが難しくなれば、隆起域内に崩壊土砂がいったん堆積することが多くなり、実験域外への砂の排出は表流水による運搬が中心となる。そして、堆積が進む分だけ隆起域の高度も上昇できることになるだろう。今回の実験の 10 cm という堆積域の幅はこれまでの実験（約 60 cm）に比べてかなり狭く、それだけ限界勾配に達する高度が低かったのではないだろうか。ただし、最高点高度も平均高度もこれまでの実験の疑似平衡状態から推定できる高さを越えており、この点については、降雨の性質の違いによって表流水による侵食が弱くなっていた可能性を考える必要がある。この侵食力低下のために隆起速度の上方閾値が下がってしまい、低くなった成長限界に達することがより容易になったのではないだろうか。

キーワード: 降雨侵食実験, 隆起速度の閾値, 山地成長限界, 堆積場, 斜面プロセス, 流水侵食

Keywords: rainfall-erosion experiment, threshold uplift rate, limit of mountain growth, deposition area, slope processes, fluvial erosion