

論文審査結果の要旨

氏名 高田 陽一郎

本論文が対象とするヒマラヤ山脈からチベット高原に及ぶ地域は、現在も活発な地殻変動が進行している大規模な大陸衝突型造山帯である。ヒマラヤでは、MCT (Main Central Thrust) やMBT (Main Boundary Thrust) などのプレート境界面から派生する大規模な衝上分岐断層が発達し、高ヒマラヤ下のプレート境界面に沿っては、大規模なランプ構造が存在する。地殻の変形はこうした断層の形状とそこでのすべりによって規定されるが、長い時間スケールの地形発達過程を理解するには、その変形運動がまた断層形状を変化させるというフィードバック・メカニズムを定量的に解明する必要がある。本論文は、プレート境界面およびそこから派生する衝上分岐断層の形状変化を支配する物理メカニズムを解明し、それがヒマラヤの地形発達過程に及ぼす影響を定量的に評価することを試みたものである。

本論文では先ず、インドプレートの定常的な沈み込みに伴うリソスフェアの変形を記述する物理モデルを構築した。地殻およびマントルを弾性的リソスフェアと粘弾性的アセノスフェアから成る二層構造とし、隣接するプレート間の相互作用を連続体中の内部境界面に沿った変位の食い違いとして表現した。このプレート沈み込みモデルを用いて、インド-ユーラシア衝突帯の現在の定常的な隆起・沈降運動を計算し、フリーエア重力異常や河岸段丘或いは水準測量データから推定した隆起速度などの諸観測量が調和的に説明できることを示した。さらに、内部変形速度場を計算し、高ヒマラヤ下のランプに沿ったすべりが強い力源として働き、その結果として高ヒマラヤの現在の激しい隆起運動が駆動されていることを明らかにした。

次に、内部変形運動による断層面形状の時間発展を数値シミュレーションした。その結果、(1) 滑らかな形状のプレート境界の場合、その形状変化は10Myr経過後でも殆ど無視できるほど小さいこと、および(2) プレート境界がランプ構造を持つ場合は、断層面形状が顕著に変化することの2点が明らかになった。断層形状の変化を考慮して総隆起量の時間発展を計算した結果、時間と共に総隆起量の増加率が小さくなることが分かった。その原因は、ランプがユーラシア側へと移動するため、元の隆起域が時間の経過とともに沈降域になってしまうこと、また時間とともにランプの落差が減少し、地殻の隆起運動を駆動する力が低下することにある。それでも、高ヒマラヤ下のランプの場合、過去4Myrで10km程度の隆起を引き起こすので、地形発達には十分な影響を及ぼす。

最後に、プレート境界から分岐する衝上断層の形状変化を計算した。その結果、以下のような三つの重要な性質が明らかになった。(1) 分岐断層の平均傾斜角は時間とともに増加する。(2) 分岐点の位置が浅いほど速く平均傾斜角が増加する。(3) 主断層

の分岐点近傍が隆起して、フラット&ランプ構造が形成される。これは、分岐断層の運動が新たな隆起駆動源を形成することを意味しているという点で、重要な発見である。

以上のシミュレーションを通じて明らかになった断層形状変化の定量的特性を踏まえ、以下のような三つのステージから成るヒマラヤの地形・構造発達シナリオを提示した。まず、30Maから15Ma頃にかけてMCTが活動し、大山脈を形成した。MCTは分岐点が深いためにその平均傾斜角の増加が遅く、従って大きな収束量を解消して大山脈を形成することができた。平均傾斜角の増加に伴ってMCT上において水平収束運動を解消することが難しくなった結果、MCTに代わりMBTが10Ma頃から活動を開始した。MBTの分岐点は浅いので、その傾斜角の増加は速かった。そのために、MBTは小さな収束量しか解消できず大山脈を形成するには至らなかった。MBTの活動期間中、MCTの活動によって形成された大山脈は激しい侵食を受け、その標高は著しく低下した。現在、MCT起源の大山脈が侵食された後に、ランプ構造に沿ったすべり運動を駆動力として、8000m近い標高を持つヒマラヤ山脈が形成されるに至った。このシナリオは、地質学的な観測事実とおおむね調和している。

以上のように、本論文は、地質学的時間スケールでおこるプレート境界面の形状変化によってヒマラヤの地形と地質構造発達史が説明できることを示した点に独創性がある。

なお、本論文の一部は松浦充宏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。