

## プレート境界面から分岐する衝上断層の時間発展：ヒマラヤのテクトニクスへの寄与

### Development of a thrust fault branching from a plate interface : Its effect on tectonics in Himalaya

# 高田 陽一郎[1], 松浦 充宏[2]

# Youichiro Takada[1], Mitsuhiro Matsu'ura[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・理・地球惑星科学

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ., [2] Dept. of Earth & Planetary Science, Univ. of Tokyo

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。地球史上で何度も繰り返された大陸衝突に伴う造山運動のメカニズムを解明する上で、チベット - ヒマラヤ地域の研究は非常に重要である。

インドとユーラシアは衝突して以降も 50Myr 以上にわたって収束運動を続け、その結果としてヒマラヤ山脈が形成された。インド - ユーラシアの現在の収束速度は約 50mm/yr であるが、その内の約 20 mm/yr はインドプレートの沈み込み運動によって解消されている。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断層が発達している。MCT は 30Ma 頃から 15Ma 頃まで、MBT は 10Ma 頃頃からごく最近まで活動していたことが知られている。地殻の変形運動はこうした断層の形状と運動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しなければならない。今回我々は、プレート境界面から分岐する衝上断層の形状変化を支配する物理メカニズムを解明し、それがヒマラヤの構造・地形発達過程に及ぼす影響を定量的に評価した。

隣接するプレート間の相互作用は、一般的に連続体中の内部境界面に沿った変位の食い違い運動として合理的に表現することができる。この基本的理解に基づいて、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運動を記述する物理モデルを以下のように構築した。まず地殻・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モデルで表現し、次にインドとユーラシアのプレート境界面およびそこから派生する分岐断層に対応する内部境界面をモデル中に設定し、最後にその内部境界面に一定速度の変位の食い違い運動を与えた。

我々はまずこのモデルで、一般に衝上分岐断層を伴うプレート境界面の形状が内部変形場をどのように規定するのかを明らかにした。次に、このモデルに内部変形運動に依るフィードバック効果を取り入れ、断層面形状の時間発展を数値的に計算した。具体的には、或る時間ステップに於ける断層全体の微小なすべり運動が作る断層面上の各点での変位ベクトルを計算し、それを各点の元の座標に加えて次の時間ステップに於ける断層面の位置とする。この操作を繰り返すことで、断層面形状の時間発展を数値計算することが可能である。

数値シミュレーションの結果、以下の三つの重要な性質が明らかにされた。1) 分岐断層の平均傾斜角が時間とともに増加する。これは、分岐断層下盤側の「くさび」が主断層に沿ってほぼ一樣な速度で運動して分岐断層面を押し込むが、地表近くではこの運動ベクトルと分岐断層面のなす角が大きいために、断層浅部の方が深部より速く押し込まれるためである。傾斜角がある程度以上大きくなれば、収束運動を効率的に解消することができなくなり、やがて分岐断層は活動を停止することになる。2) 分岐点の位置が浅いほど速く平均傾斜角が増加する。これは、地表での「くさび」の押し込み量が同じだとすると、分岐点が浅いほど断層の平均傾斜角の増加は大きくなるためである。このことは、分岐点が浅い断層ほど、その活動期間内に小さな収束量しか解消できないことを意味する。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する。

シミュレーションを通じて明らかになった分岐断層の形状変化の定量的特性を踏まえると、30 Ma 以降、ヒマラヤの構造・地形は以下の過程を経て発達したと考えられる。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と考えられる。平均傾斜角の増加に伴って水平収束運動を解消することが難しくなった MCT は、やがてその活動を停止した。次に、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い。従って、MBT は小さな収束量しか解消できずに現在その活動を終えつつあり、大山脈を形成するには至らなかった。

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るので、MCT の活動停止後には標高が著しく低下するはずである。では、現在のヒマラヤに存在する 8000 m 級の山々はどのような原因で形成されたのであろうか？我々は現在の高ヒマラヤ下に存在するランプ構造の形状変化を計算することでこの謎を解いたが、本大会では時間の都合上この結果については詳述しない。