

粒子法を用いた力学モデルにもとづく付加体の発達条件についての考察

Conditions for growth of accretionary prism examined using a particle based model

堀 高峰 [1]; 阪口 秀 [1]

Takane Hori[1]; Hide Sakaguchi[1]

[1] IFREE, JAMSTEC

[1] IFREE, JAMSTEC

付加体がどのような条件で発達するかということについては、従来から様々な研究が行われてきた。沈み込み帯における観測量（沈み込み速度、堆積層厚さ、堆積層の構成物質等）の相関を調べたり、反射法地震探査の結果である構造断面と表面形状からその発達過程を考えたりといったことが行われている。しかしながら、地質学的な時間スケールで進行する付加体発達という過程を、現在観測できるデータだけから理解することは困難であると思われる。

そこで本研究では、付加体発達過程についてできるだけ単純な数値モデルを構築し、そのシミュレーション結果にもとづいて、付加体発達の必要条件を考察した。実際の沈み込み帯では、堆積層内に含まれる流体の働きや化学変化による物性変化など、様々な要因が関係していると考えられている。しかしここでは、堆積層を粒状体の集合としてモデル化し、できるだけ単純な力学的相互作用（粒子間の法線力に比例する摩擦力のみ、ただし摩擦力より剪断力が小さければ粒子同士は相対変位をしない）のもとで、付加体がどのような条件で発達するかを調べた。水平に一定速度で移動するプレートの上に、重力下で多数の粒子を一定レートで供給して堆積させ、鉛直のバックストップに向かって移動させた。

その結果、非常に単純化した力学的モデルでも、付加体の形成過程は複雑なプロセスを含んでいることが明らかになった。そして付加体が発達するためには、堆積層の流動性が低いことが必要であるとわかった。また堆積層の表面形状は、プレート運動によって水平移動する堆積層がどのように上昇運動をし、それが水平方向にどう分布するかで決まることになる。以下ではシミュレーションの結果にもとづいて、流動性の違いが付加体発達や表面形状にどのように影響するかについて述べる。今回のシミュレーションでは、堆積物（粒子）を供給するレートだけが異なる場合を比較した。

供給レートが低い場合、堆積する量（粒子数）が少ないため、堆積層はあまり圧密を受けていない状態でバックストップに達する。低密な状態では粒子間の法線力が小さいので、粒子間の剪断力が摩擦力を越え易く、粒子同士の相対運動が起き易い。つまり全体として流動性が高くなる。そうすると、底面付近ではプレートと共に水平に移動しつつ、バックストップで上昇し、斜めに崩れるという大きな回転運動が起こる。新たに供給される堆積層は、全体として剪断変形しながらその回転運動に巻き込まれていくことになり、付加作用が起きにくく、高角な斜面が狭い範囲で発達する。ただし、この運動が永久に続いて相似形で発達するわけではなく、ある程度バックストップ付近の堆積物の量が多くなると上昇率が低下する。重力に逆らって上昇運動を起こしにくくなるとともに、高密化して流動しにくくなるためと考えられる。

一方供給レートが高い場合は、最初から堆積量が多いため、自重による圧密によって高密化して流動性が低いと同時に、重力に逆らって上昇運動を起こしにくい。このように変形しにくい状態であっても、底面はプレートと共に水平運動をし続け、バックストップではその水平運動が妨げられるため、剪断変形させようとする外力が堆積層に働き続ける。結果として、堆積層全体では流動することができず、底面に近い所だけで剪断力が摩擦力を超えて、局所的な変形（すべり）が生じる。すべり面（いわゆるデコルマ面に相当）より上の堆積層は、沈み込むプレートから切り離されて付加することになる。このように、付加が生じるには堆積層の流動性が低い必要があると言える。

最後に、付加が起こった場合の変形過程について述べる。付加することになったすべり面より上の堆積層では、剪断の影響が小さくなり、水平圧縮が卓越することになる。もともと自重で比較的高密だった堆積層が、水平圧縮も受けて高密化が進み、さらに流動性が低くなる。この場合には流動による上昇運動はほとんど起きない。水平圧縮を受け続けることで、間欠的に逆断層運動を起こすことによって、表面を広い範囲で徐々に上昇させることになるのである。このため低角な斜面がバックストップから離れた遠方まで発達することになる。

今後は粒子間の凝着とはがれといったより複雑な力学的相互作用を考慮したモデルで、付加体発達過程の考察を進めていきたいと考えている。