

日本列島の東西圧縮と琵琶湖の北方への移動ならびに大阪層群の海成層化との関係
 Relation between EW Compression of the Japanese Islands and Northward Migration of Lake Biwa
 with the Onset of Marine Transgression into Osaka Basin

○深畑幸俊・森祐太郎

○Yukitoshi FUKAHATA, Yutaro MORI

Plate tectonics (PT) tells where active deformation happens, but PT cannot tell how and why it happens. Geologists have intensively studied how deformation happened, but it has generally been difficult to clarify why it happened. In this study, based on a dislocation model for plate subduction, we clarify the causes of many large plains and straits distributed in the fore-arc region of Japan; we also make some predictions deduced from the model. In addition, based on the dislocation model, we consider topographic evolution in western Japan, including the northward migration of Lake Biwa and intervention by marine clay beds in the Osaka group.

1. はじめに

地球科学における根本的問題の一つに造山論がある。造山論とは、山脈や海洋の成因を問う学問分野である。プレートテクトニクスは、造山論の課題のうち、"where"については明快な説明を与える。また、地質学者や地形学者の多年の努力により、"how"については膨大な情報が集積されてきた。しかし、"why"についての成果は、これまでのところ限定的であった。本研究では、日本列島前弧域の多くの大地形の成因 (why) について合理的理解に到達したので報告する。

2. プレート沈み込みに対する dislocation model

海洋プレートが沈み込むことによって島弧-海溝系が形成される。我々は、海洋プレートの沈み込みに伴う力学的相互作用を海陸プレート間の変位の食い違い (dislocation) により表す「プレート沈み込みに対する dislocation model (dislocation model for plate subduction)」(Matsu'ura & Sato, 1989, GJI)を長年にわたり開発してきた。このモデルは、プレート間カップリングの解析で広く使われる Savage (1983)の back-slip model を定常沈み込みの寄与を含むように一般化したものである。同モデルを日本列島周辺域に適用した結果、長波長のフリーエア重力異常 (テクトニクス力による上下変動に対応) を見事に説明することができた (Hashimoto et al., 2004, PAGEOPH)。しかし、なぜ同モデルにより見事に説明できるのか、物理的な理解は全く不十分であった。

Fukahata & Matsu'ura (2016, GJI)は、円形断層に沿う一様な大きさの変位の食い違いがブロック回転を引き起こす一方、無変形に留まることに着目することで、この問題に突破口を開いた。即ち、海洋プレートの沈み込みに伴う変位の食い違いにより、海陸両プレートにそれぞれ逆向きの回転モーメントがかかる一方、遠方では重力平衡が維持されることから、島弧の隆起・海溝の沈降・外縁隆起帯の隆起が生じるのである。この研究により、プレートの沈み込みによる2次元的な直接の影響については基本的に決着が付いた。

Mori & Fukahata (投稿準備中)は、プレートの沈み込みによる3次元的な影響について調べた。まず、海溝軸が一点で島弧側に対して凸に屈曲する場合の変形を計算した。その結果、屈曲の角度が大きいほど屈曲部周辺の島弧側に大きな沈降が生じること、屈曲の角度が小さいほど沈降量の変化率が大きくなることが示された。この数値計算結果は、屈曲部に海洋プレートが沈み込むことで質量過剰が生じること (テーブルクロスとのアナロジーから容易に理解できる)、さらに海陸プレート間に dislocation が与えられていることにより島弧側プレートでは逆に質量欠損が生じることから理解できる。また、海溝が海側に凸の屈曲を持つ場合には、屈曲部周辺に逆に隆起が生じること、スラブが尾根状の地形を持つ場合には、尾根の直上では沈降が生じる一方、尾根の脇に当たる領域では隆起が生じることも分かった。

3. 日本列島前弧域の大地形の成因

上述の「プレート沈み込みに対する dislocation model」に基づき、日本列島前弧域の海峡や大平野、山地等 (Fig. 1) の成因が物理的に理解できるようになった。

まず、海溝軸の屈曲部周辺の島弧側には顕著な沈降が生じることから、下北半島と日高山脈の間の深い海や関東平野の成因は理解できる。

沈み込むフィリピン海スラブは大きな起伏を持ち、特に濃尾平野下および豊後水道下で明瞭な尾根を持つ。伊勢湾から敦賀湾に至る沈降帯および豊後水道は、このスラブの尾根に伴って形成されたものと考えられる。なお、豊後水道は、南海トラフと琉球海溝との屈曲部にも当たっており、沈降が増幅されている。紀伊水道は、スラブの弱い尾根状構造に対応している。一方、紀伊山地や三河高原・木曾山脈は沈み込むスラブの尾根の脇の直上に発達する隆起帯と考えられる。

日本周辺域以外でも、本モデルはもちろん適用可能である。カスカディアや南米チリ北端部では、海溝が緩く島弧側に凸に屈曲しているが、そこでは計算結果で示されたように、海溝周辺の沈降域が島弧側に張り出している。

さらに、このモデルに基づいていくつか予想を立てることもできる。例えば、仙台平野下のスラブはごく弱い尾根状の構造をしているであろう。屈曲部のスラブは質量過剰により厚くなっていると予想される。

4. 西日本の大地形の発達

鮮新世には、瀬戸内海の沈降域が濃尾平野の東まで広がっていたことが知られている。濃尾平野周辺では東海層群が、伊賀や滋賀県南部では古琵琶湖層群が、奈良・京都から大阪湾に至る地域では大阪層群が堆積していた。それらの堆積物は一般に湖成あるいは河成であり、堆積が海域ではなく淡水環境下で生じたことを示している。

このような広域の沈降帯がある中で、琵琶湖は約4百万年前に伊賀上野付近で形成され、徐々に北方へと移動し、現在の位置に至った。大阪層群は約200万年間ほど淡水環境下で堆積を続けていたが、約125万年前から、温暖な高海面期には海成粘土が堆積するようになった。それらの現象についても、「沈み込み帯における dislocation model」を基にして理解できる。

フィリピン海スラブは前述のように大きな起伏

を持つが、その原因は約3百万年前から始まった日本列島の東西短縮のためと考えられる (Fukahata, 2019, PEPS)。つまり、フィリピン海スラブの起伏は、最近の3百万年で発達してきたものと考えられる。フィリピン海スラブの起伏の発達により、西南日本外帯の大起伏化、具体的には伊勢湾—敦賀湾および紀伊水道の沈降帯や紀伊山地が発達した。紀伊山地の隆起と伊勢湾—敦賀湾沈降帯の発達により琵琶湖の北方への移動が、紀伊水道の発達により大阪層群への海成層の挟在が開始したと考えられる。

5. まとめ

- (1) 沈み込み帯の変形の本質は弾性応答であり、dislocation model により理解できる。
- (2) 島弧側に凸の形状を持つスラブの上では沈降が、凹のスラブの上では隆起が生じる。下北半島沖、関東平野、伊勢湾—敦賀湾沈降帯、豊後水道などは前者の例であり、紀伊山地、木曾山脈・三河高原、北上山地などは後者の例である。
- (3) 約3百万年前に始まった東西圧縮によってPHSスラブの起伏が増してきたと考えることにより、琵琶湖の北方への移動、大阪層群の海成層化などが合理的に説明できる。

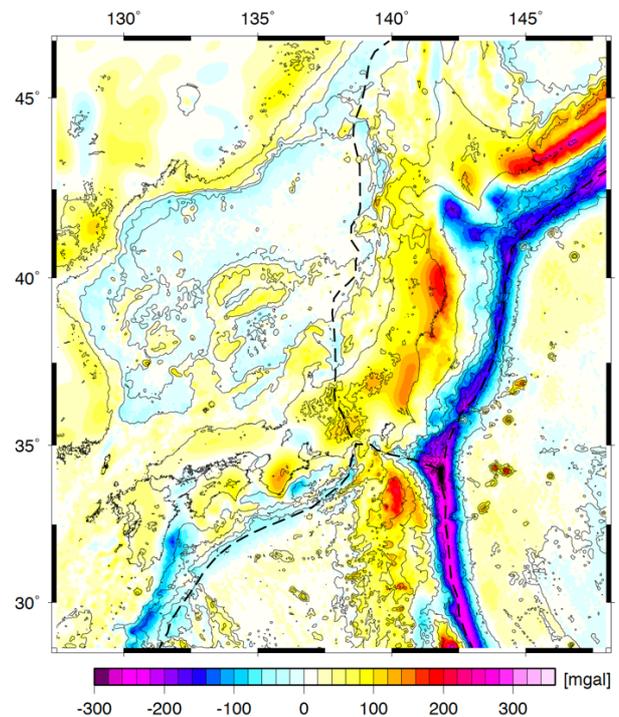


Fig. 1. Free-air gravity anomaly map (color) with topographic contours. The contour interval is 1000 m. The data are from Sandwell & Smith (1997)