

## 論文の内容の要旨

# 論文題目 Tectonics in east Asia as seen from GPS data (GPS データに基づく東アジアのテクトニクスの研究)

氏名 岩國 真紀子

中国を中心とする東アジアはインド大陸の衝突による大規模な変形の間であり、多くの興味深い地学現象が見られる地域である。この地域の変形を支配する機構を明らかにすることはテクトニクス研究にとって第一級の重要性を持っている。近年この地域では多くの GPS 観測が実施され、地震・火山噴火に伴う局所的な地殻変動ばかりでなく、大陸スケールの変位・変形が明らかにされるようになった。日本列島はユーラシア大陸の東縁に位置しており、インド大陸の衝突の影響が日本まで及んでいると言われており、北西方向に位置するアムールプレートの運動の影響を受けているとの考え方も提唱されている。そこで、本研究では、GPS のデータに基づいて東アジアの変形とそのメカニズムを明らかにすることを目的として、以下の研究を行った。

1. 多数の GPS データを統合して東アジアの詳細な変位速度場を明らかにする。
2. 得られた変位速度場を統一的に説明する新たなモデルを提唱する。
3. モデルから予測されるブロック間の独立性を検証し、ブロックの存在を解明する。

東アジアにおいては既に数多くの GPS 観測研究が実施されているが、それぞれが独自の基準座標系を用いているため、そのままでは全体を概観することが難しい。そこでまず、アジア全体の変形を明らかにするために統一性のある座標系を用いて多くのベクトル場を統合することとした。このための座標系としては ITRF2000 を採用した。まず文献から得られる GPS 変位速度データ中の ITRF2000 の速度が得られている地点で、観測点の速度が ITRF2000 に一致するはずであると考え、残差が最小となるように全体の観測点に微小な速度のオフセットと回転を与えて、すべてのデータの座標系を ITRF2000 に合わせた。さらに、ITRF2000 では nnr-NUVEL1 を採用している

ので、東アジアの変形を見やすくするためにユーラシア安定地塊を基準とするベクトルに変換した。この手法を5つのデータセットに適用し、合計638点からなる統合変位速度場を得た。その結果、1)インドの衝突が中国地域全体を扇形に押し広げるように影響を与えていること、2)四川・雲南地域では変位が急激な時計回りの回転を示す一方、東のサウスチャイナブロックの領域では東向きの剛体運動を示している、明らかなブロック境界が存在すること、3)アムールプレート・スンダブロックが独立した剛体運動を示しているように見えること、などがわかった。

次に、こうして得られた東アジアの変形場を支配するメカニズムについて考察した。これまで東アジアの変形を説明するモデルとしては、大きくわけて二つ、すなわち、剛体ブロック運動モデルと連続体モデルが提唱されてきた。今回得られたGPS変位速度場を詳細に見ると、ブロック運動が卓越しているように見えるものの、ブロック内変形もその大きさは小さいものの無視できないようにも見える。また、ブロックの境界をなす断層帯においては、地質学的な時間スケールでは差動変位があるが、数年という短い時間スケールでは断層浅部は固着していることがわかっているため、断層でのすべり遅れの成分も加える必要がある。

以上を考慮すると、前節で得られた観測点速度  $V_{obs}$  は次式で完全に記述できると考えられる；

$$V_{obs} = V_{block} + V_{dist} + V_{deform} + \epsilon$$

ここで、 $V_{block}$  は剛体変位成分、 $V_{dist}$  はブロック境界におけるすべり遅れ(固着)成分、 $V_{deform}$  は内部変形成分、 $\epsilon$  は観測誤差、である。右辺の初めの二項は *Matsu'ura et al. [1986]* や *Hashimoto and Jackson [1993]* で導入されたブロック・断層モデルと同じ形であり、これらの研究では断層のすべり遅れについては横ずれと縦ずれの2成分を未知パラメータとしている。しかしながら、東アジアの衝突境界では断層に垂直成分のすべり遅れ(tensile crack)を考慮する必要があると考えられる。そこで本研究では、すべり遅れの縦ずれ成分の代わりに垂直成分を未知パラメータとして推定して東アジアの変形場のモデル化を行うことにした。インバージョンの方法とあわせて *Hashimoto and Jackson [1993]* から以下の4点を発展させた。

1. ブロック同士の衝突や境界での拡大変形を考慮して、横ずれ成分と垂直成分を推定した。
2. 最適なパラメータを推定するために ABIC(Akaike's Bayesian Information Criterion)を導入した。
3. 東アジアは広大で球面効果は無視できないので、ブロックの相対運動を推定する際に地球中心を原点とするデカルト座標系を導入した。
4. いくつかの境界の取り方を変えたモデルの中で最適なモデルを選ぶために AIC(Akaike's Information Criterion)を導入した。

得られた最適なモデルのブロックの相対運動から、東アジアの変形の原因はインドの水平方向の衝突変位が支配的であることが明らかになった。しかしながら、アムールプレートを想定したブロックは南へ移動することから、アムールプレートはインドの衝突の影響を受けていないことも明らかとなった。

次に、今回新たに導入した内部変形成分を見るために、残差(観測値 - モデルからの計算値)を内部変形( $V_{deform}$ )とみなして、この残差に *El-fiky & Kato [1999]* によって

導入された最小二乗予測法を適用してひずみ場を求めた．残差から求めた歪では，全体的にずり歪はほとんどゼロになり，東アジアはほぼブロック・断層モデルで説明できることがわかった．しかしながら，タリム盆地の北西部・ヒマラヤ・アムールプレートの南側北緯 40 度の地域，四川・雲南地域などではブロック・断層モデルで説明できない内部変形が残っていることがわかった．つまり，東アジアの変形場はブロック運動・断層でのすべり遅れ・内部変形の足し合わせでほぼ完全に記述できることが明らかとなった．内部変形のメカニズムの解明は今後の課題である．

最後に，先のモデルでは，チベットを除く東アジアはユーラシアプレートから独立に動いているように見えた．またスンダブロックも周りのブロックから独立に動いているように見えたので，これらが互いに独立であるかどうかを，さらに詳細に検討するために F 検定を用いて調べた．検定を行ったのはユーラシアプレート vs. アムールプレート，サウスチャイナブロック vs. スンダブロックとアムールプレート vs. サウスチャイナブロックの 3 組である．その結果，アムールプレートは周りの地域から独立に運動しているというよい，ということがわかった．従って，例えば日本列島の変形場を論じる際にはアムールプレートを基準とする座標系で示した場合とユーラシアを基準とする座標系で示した場合には有意な差が出てくるということに注意しなくてはならない．また，サウスチャイナブロックとスンダブロックも独立に運動する，という結果となった．

以上をまとめると本研究では次のような結論が得られた．

1. 東アジアの変位速度場の統合により，これまでになく詳細な変位速度場が得られた．
2. ブロック・断層・内部変形モデルを導入し，東アジアの変形場を規定する原因がインドの衝突によるものであり，変形場はブロック・断層モデルと内部変形の重ねあわせでほぼ完全に記述できることが明らかとなった．
3. ブロック・プレート同士の運動の独立性を統計的に検証した結果，アムールプレート・サウスチャイナブロック・スンダブロックはすべて周りの地域から独立に運動することが明らかになった．

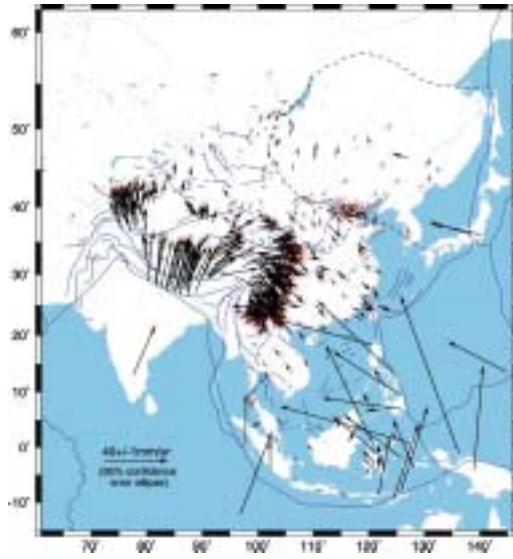


図1：東アジアの統合変位速度場  
(ユーラシア安定地塊基準).

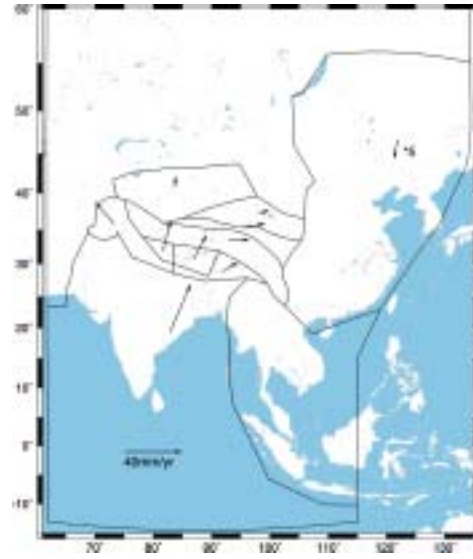


図2：ブロック・断層モデルから推定された東アジアのブロック運動

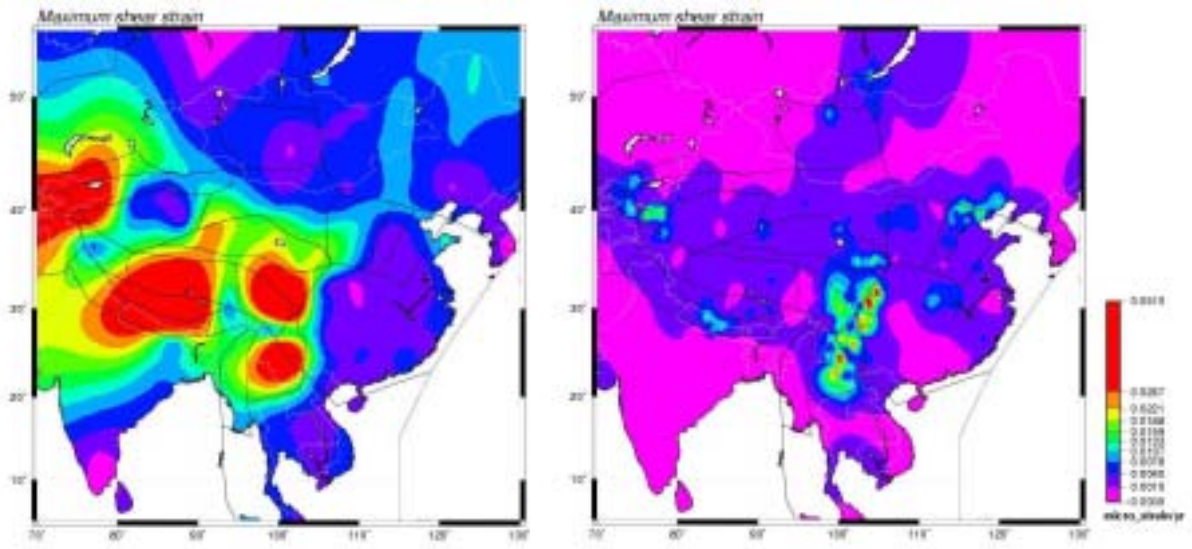


図3：(左)図1の変位速度から推定した最大ずりひずみ成分,(右)残差からブロックごとに推定した最大ずりひずみ成分。