

3.1.2.2. 想定震源域および周辺における地殻構造と地震活動の対比等に関する研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

「想定震源域および周辺における地殻構造と地震活動の対比等に関する研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人九州大学大学院理学研究院	教授	清水 洋	shimizu@sevo.kyushu-u.ac.jp
	教授	中田正夫	mnakada@geo.kyushu-u.ac.jp
	助教授	松島 健	mat@sevo.kyushu-u.ac.jp
	助教授	松本 聡	matumoto@sevo.kyushu-u.ac.jp
	助手	松尾のり道	matsuwo@sevo.kyushu-u.ac.jp
	助手	植平賢司	uehira@sevo.kyushu-u.ac.jp

(c) 業務の目的

東南海・南海地震想定震源域および周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担する。長期海底地震観測により得られた正確な地震活動と、これまでに得られている地殻構造との対比を行い、想定震源域における地震活動のより深い理解を図る。また、地震活動より推定される応力場の空間分布と地殻構造との対比および重力異常データ等より、プレート間結合特性に関する研究を行う。

(d) 3カ年の年次実施計画

1) 平成17年度

海底地震観測に参加し海域データの取得を行った。陸域データの集積も行い、海域データとの統合処理と解析をすすめた。また、既存のデータを用い応力場解析を行うための手法の策定、開発及び評価を行なった。

2) 平成18年度

海底地震観測を支援した。陸域データの集積も行い、海域データとの統合処理と解析をすすめた。また、平成17度に評価を行った手法を用い応力場解析を進め、得られた応力場の空間分布の結果と地殻構造との対比によりプレート間結合特性に関する研究を行った。

3) 平成19年度

海底地震観測に参加し海域データの取得を行う。陸域データの集積も行い、海域データとの統合処理と解析をすすめる。また、応力場解析を進め、得られた応力場の空間分布の結果と地殻構造との対比および重力異常データ等によりプレート間結合特性に関する研究のまとめを行う。

(e) 平成18年度業務目的

プレート間結合特性を解明するためには、プレート境界域の応力場がどうなっているのかを知ることが必要である。そこで平成18年度では、平成17年度に検討・評価した応力テンソルインバージョン手法を用いて東南海・南海地震想定震源域および周辺の応力場の空間分布を明らかにすることをめざす。

また、応力場の空間分布を精度よく推定するためには、震源の位置、特に深さの決定精度を向上させる必要がある。発震機構解や応力テンソルを求める上で地震波の射出角や方位角のデータが重要であるが、震源の深さの誤差が大きいとこれらの値の誤差も大きくなるからである。そこで、当該海域の震源を精度良く求めるために、平成18年度も国立大学法人東京大学等と共同で当該海域における海底地震観測を継続し、検測などの地震データ処理を分担する。

(2) 平成18年度の成果

(a) 業務の要約

海陸地震観測データ併合処理解析システムを整備した。想定震源域および周辺の海域における海底地震計のデータ処理を国立大学法人東京大学とともに分担して行った。これらの海底地震データを用いて平成17年度に引き続き当該海域で発生している自然地震の発震機構解を求めた。さらに、これらのデータに応力テンソルインバージョンを適用して、海陸プレート境界域の応力場の空間分布を推定した。

(b) 業務の実施方法

1) 観測点配置に関する調整

国立大学法人東京大学とともに当該海域における地震活動状況および陸上に既設の地震観測網の配置を考慮して研究遂行上最適な観測点配置について検討した。

2) 海底地震計の設置・回収

国立大学法人東京大学が実施した長期観測型海底地震計を設置回収の支援を行った。

3) データ処理システムの整備

海域及び陸域の地震観測データ処理のために、大容量ディスク装置を含む海陸地震観測データ併合処理解析システムを整備した。

4) 陸域観測網データの収集

海域及び陸域地震観測データの併合処理のために、衛星ネットワーク及び地上回線ネットワーク経由でリアルタイムに配信されている日本全国の陸上及び海底ケーブル地震観測点のデータの中から必要な観測点を抽出し、大容量ディスク装置に連続収録した。

5) 海陸データ処理の分担

国立大学法人東京大学とともに、より正確な地震活動の把握をすすめるため、2006年3月1日から6月30日に発生した地震の海・陸の地震データの処理を分担した。震源が決定された地震（九大の処理分）は248個である。

(c) 業務の成果

想定震源域および周辺における地震観測データ処理に関しては、2006年3月1日から6月30日に発生した地震の震源位置を、国立大学法人東京大学と分担して決定した(図1)。図1の深さ断面図から、今回の解析期間においても上盤側(島弧の地殻)と下盤側(沈み込むフィリピン海プレート)双方で微小地震活動が活発であることがわかる。紀伊半島下に向かって下盤側の地震の震源が深くなっているのはスラブの形状を表していると考えられるが、南海トラフ付近およびその南側の震源が深くなっているのは、海底地震観測網の外側で震源決定精度が悪いための見かけのものであると考えられる。

これらの地震の初動の押し引き分布により、平成17年度に引き続き個々の地震の発震機構解を求めた(図2)。震源域直上に長期観測型海底地震計が設置してあることにより、定常観測網では発震機構解の決定がほとんど不可能なM2クラスの微小地震についても平成17年度から発震機構解を求めることができるようになった。平成17年度の解析で、紀伊水道から紀伊半島の海岸線にかけての地域の地震の発震機構解が複雑で正断層型の地震と逆断層型の地震が隣接して発生していることが見出されたが、平成18年度の解析によって、より多くのデータからこの地域で発生する地震の発震機構解の多様性が確認された。ただし、ある程度の地域性も認められ、紀伊水道のスラブ内の地震は、南北圧縮・東西伸張の横ずれ断層型の発震機構解が卓越することがわかった。

このように個々の地震の発震機構解が変化している地域における regional な起震応力場を推定する手法として、Horiuchi et al. (1995)による応力テンソルインバージョン法に着目し、平成17年度にプレート境界域(日向灘)の既存のデータを用いて手法の有効性を調べた。その結果、海陸プレート境界域を複数の小領域に分割し、小領域内に発生する地震の初動押し引きデータを用いて応力テンソルインバージョンを行うことにより、応力場の空間的分布が安定に推定できることが確かめられた。海底地震観測の継続実施により、想定震源域およびその周辺の地震データが徐々に蓄積されてきたことから、平成18年度はこれらの地震データに応力テンソルインバージョン法を適用して、当該地域の応力場解析に着手した。図3が応力テンソルを求めた領域とグリッドの配置である。グリッドは深さ10kmから40kmまで、10km間隔で設定した。また、各グリッドの応力場の推定には、グリッドの上下 ± 10 km以内に発生した地震を選択して用いた。図4に応力テンソルの解析例を示す。現時点ではデータ数や観測点配置が未だ十分ではないため、安定な解を推定できなかったグリッドが多く、例えば深さ40kmのグリッドA-Eではいずれの主応力軸もおおよそ安定しているが、グリッドB-Dでは最大主応力軸の方向は不定である(図4)。

応力テンソル解析によって推定された最大主応力軸の方向を図5に、最小主応力軸の方向を図6にそれぞれ示す。現時点では、最大主応力軸の方向はほとんど推定できていないため、応力場の空間分布の詳細はわからないが、紀伊水道の地殻内(グリッドA-Dの深さ10km)では東西圧縮場になっており、四国の地殻内地震や兵庫県南部地震などの内陸地震の起震応力場と同じである。一方、スラブ内はほぼ東西方向の張力場になっており、上盤側と下盤側で応力場が急変している。スラブ内の張力軸(最小主応力軸)の分布を地震調査委員会による想定震源域の領域図と重ねてみると(図7)、スラブ内の張力軸はスラブの等深度線にほぼ平行になっていることが示された。

(d) 結論ならびに今後の課題

想定震源域および周辺の地震観測データの解析により、当該地域の個々の地震の発震機構解の多様性が明らかになった。これらの地震データに応力テンソルインバージョン法を適用して当該地域の regional な応力場を推定した結果、紀伊水道の上盤側の地殻内においては東西圧縮場となっている可能

性が高く、四国や本州の地殻の応力場と同様であることが示唆された。一方、紀伊半島から四国東部の下に沈みこむフィリピン海プレート（スラブ）の内部は、スラブの等深度線にほぼ平行な張力が卓越していることが明らかになった。今後は、この手法をさらに多くのデータに適用するとともに、使用する震源の決定精度を上げることによって、応力分布の空間分解能を上げることが課題である。特に、プレート境界近傍の応力場の分解能向上が、プレート間結合状態の推定にとってきわめて重要である。震源の精度を上げるためには、3次元速度構造などの不均質構造に関する情報が必要である。さらに、得られた応力場を地震波速度や密度などの不均質構造と空間的に対比することにより、想定震源域のプレート間結合をコントロールする要因を検討する必要がある。

(e) 引用文献

- 1) Horiuchi, H., G. Rocco and A. Hasegawa, Discrimination of fault planes from auxiliary planes based on simultaneous determination of stress tensor and a large number of fault plane solutions, J. Geophys. Res., 100, 8327-8338, 1995.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし。

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

なし。

(3)平成 19 年度業務計画案

(a) 業務計画

長期観測型地震計の設置及び回収航海を国立大学法人東京大学とともに行い、回収した地震計のデータ処理を国立大学法人東京大学とともに行う。併せて陸域データの集積も行い、海域データとの統合処理と解析をすすめる。また、応力場解析を進め、得られた応力場の空間分布の結果と地殻構造との対比および重力異常データ等によりプレート間結合特性に関する研究を行う。

(b) 実施方法

1) 海底地震観測点配置に関する調整：

陸域における既設の高感度地震観測網（陸域観測網）に接続する形で、東南海・南海地震の想定震源域に長期観測型海底地震計を設置するにあたり、その観測点配置について事前に関係機関等との調整を行う。

2) 長期観測型海底地震計の設置・回収：

前年度に東南海・南海地震の想定震源域に展開した長期観測型海底地震計を回収及び設置観測に参加する。

3) 陸域観測網による地震データの収集：

海・陸データの併合処理のため、データ処理システムを用いて、既設の陸域観測網で記録される地

震データの収集を継続実施し、地震活動および応力場の空間分布の把握のためのデータセットを完成させる。

4) 海陸地震データ統合解析：

平成 19 年度に回収する海底地震計のデータと陸域観測網で記録される地震のデータを併合処理するとともに、平成 17 年度以降収集を行ってきたデータセットを用いて、想定震源域の震源分布を明らかにする。また、応力テンソルインバージョンにより前年度に引き続き応力場の推定を行う。

5) 密度構造解析：

想定震源域および周辺の地震波速度構造や重力異常データの収集を行い、これらのデータを用いて想定震源域周辺の密度構造解析を実施する。また、その結果を応力場の空間分布や地震活動、地震波速度構造など対比する。

(c) 目標とする成果

前年度に続き地震データの解析と蓄積を続けて地震データセットを完成させ、これらのデータを処理して想定震源域の高精度震源データベースを構築する。また、このデータベースに応力テンソルインバージョン法を適用し、想定震源域および周辺の海陸プレート境界域における応力場の空間分布を明らかにする。さらに応力場を地震活動や地殻構造等と対比することにより、想定震源域のプレート間結合をコントロールする要因に関する知見を得る。

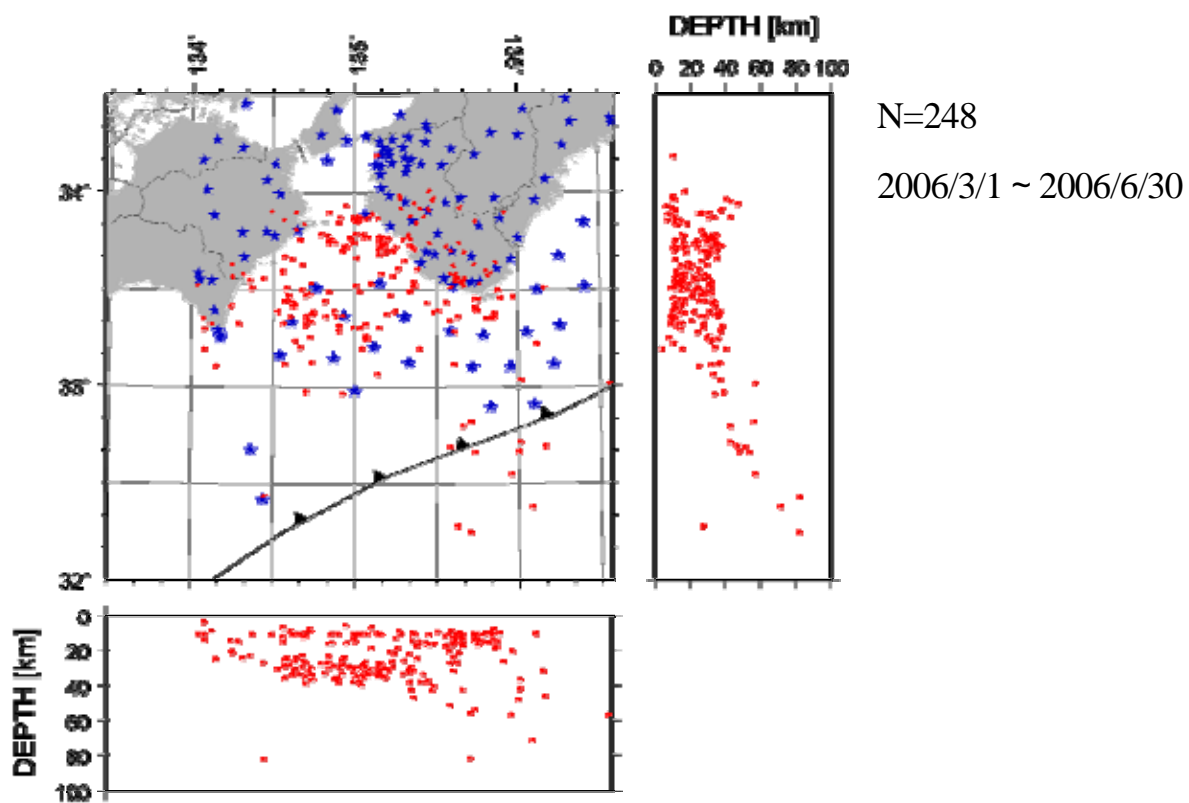


図1 震源分布（赤丸）とデータ処理に使用した観測点配置（青星印）
データ処理期間は、2006年3月1日～2006年6月30日。

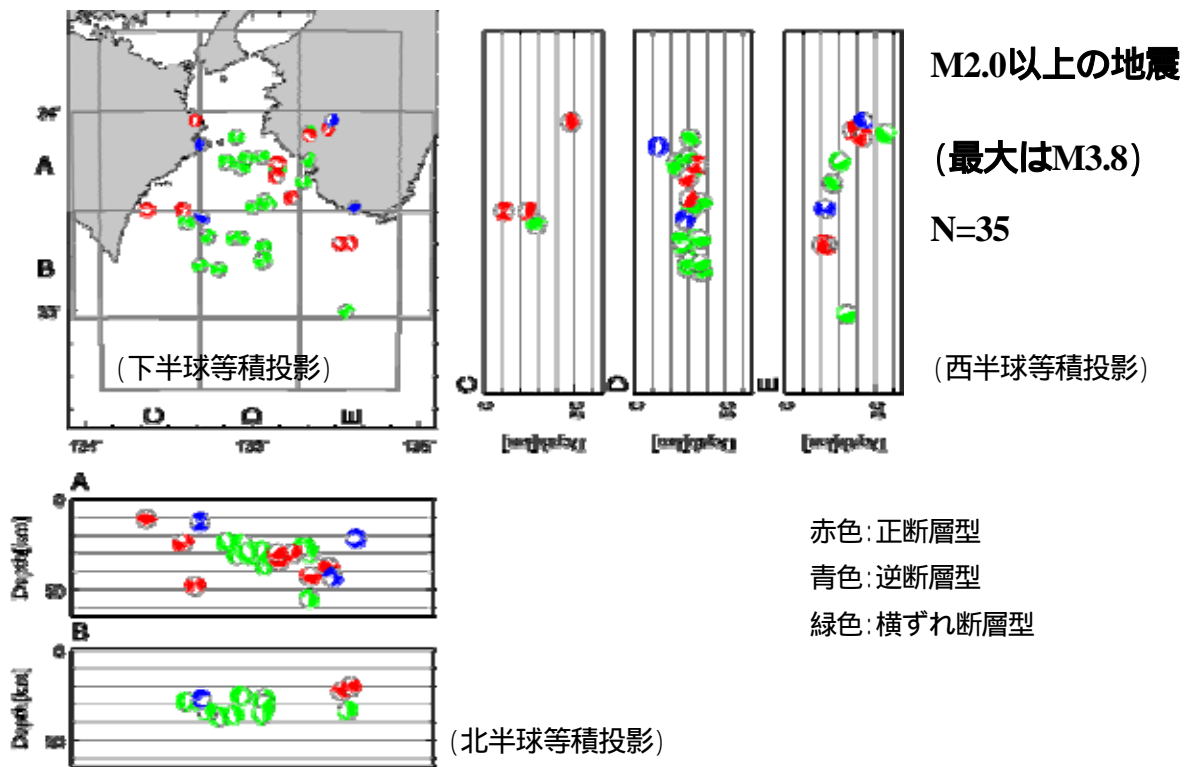


図2 P波初動の極性から求めた発震機構解

赤色は正断層型、青色は逆断層型、緑色は横ずれ断層型の解をそれぞれ示している。
紀伊水道におけるスラブ内の地震は横ずれ断層型の地震が卓越している。

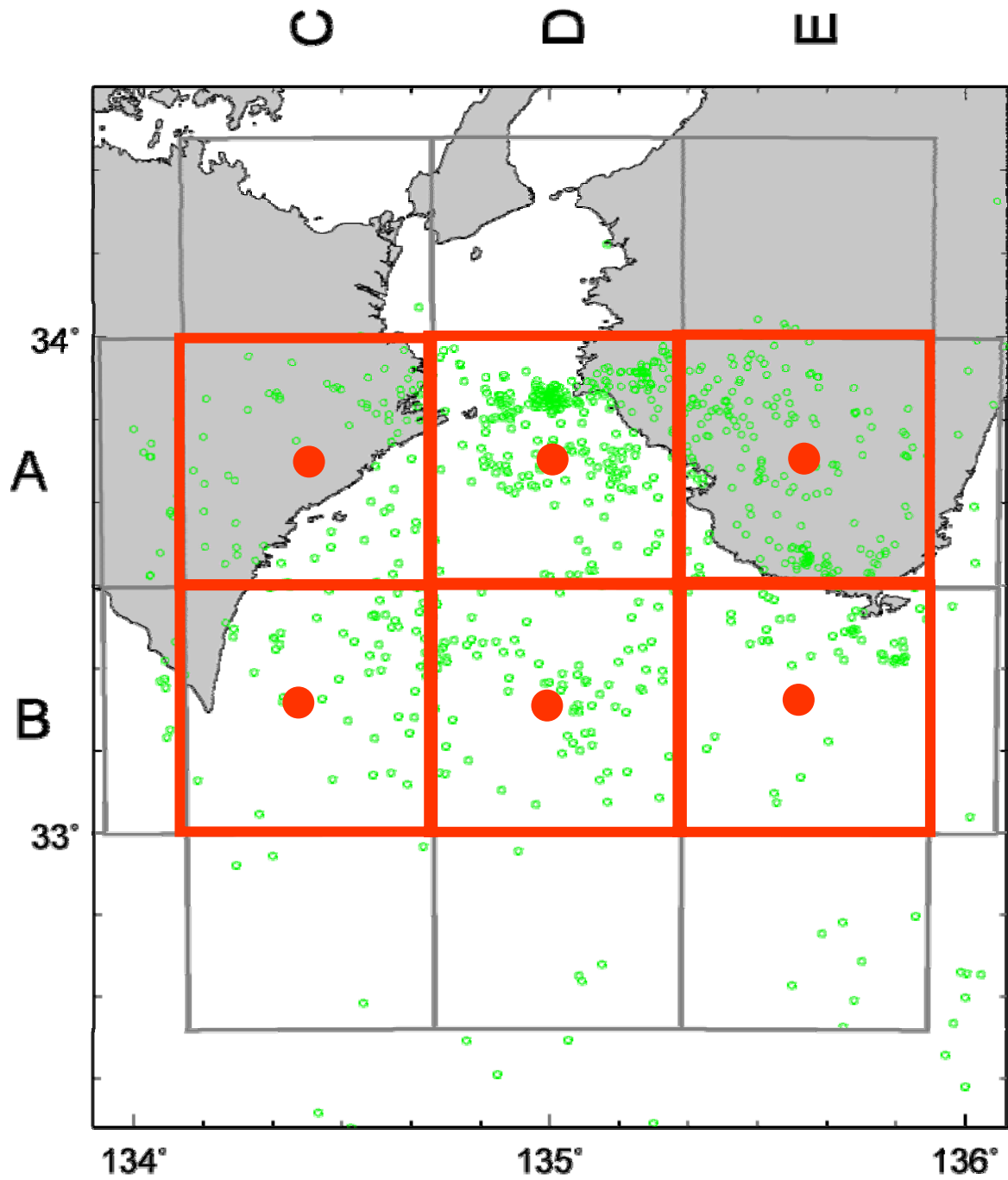
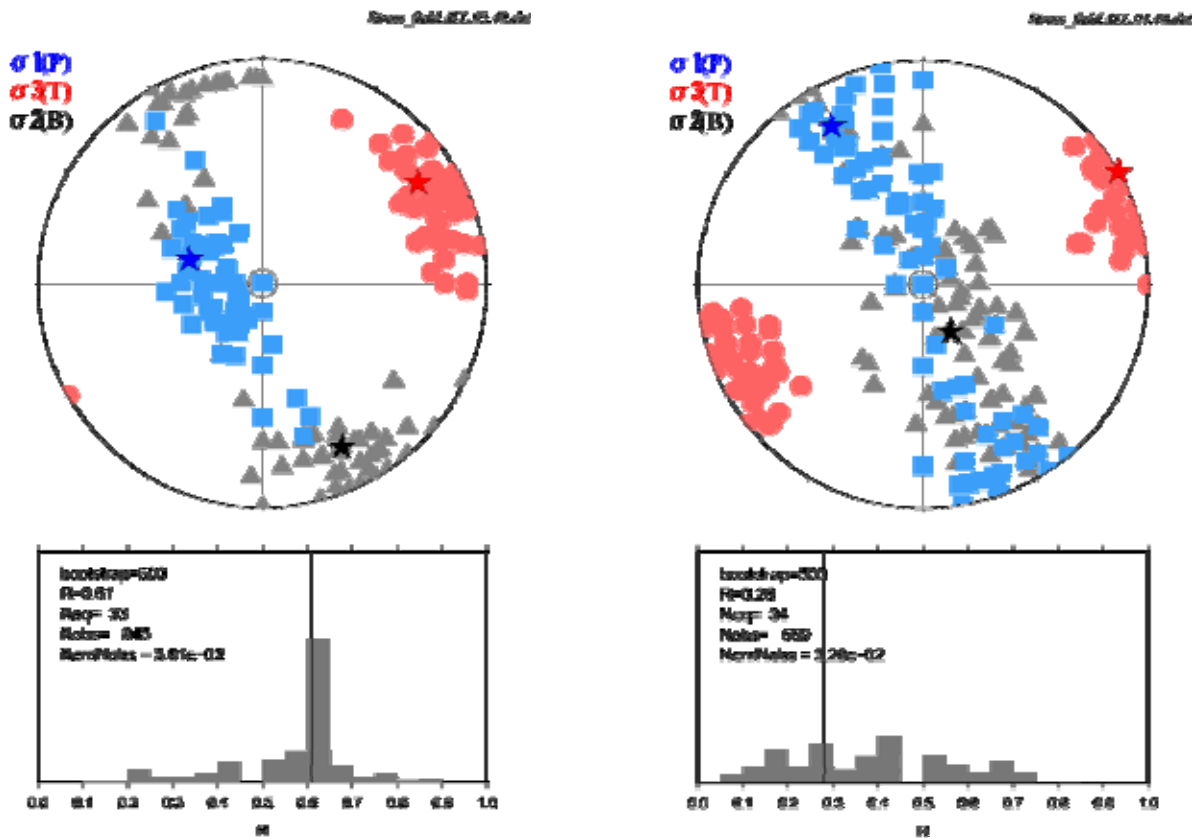


図3 応力テンソルを求めたグリッドの配置図



断面A - E、深さ40 km

断面B - D、深さ40km

図4 応力テンソルの計算例

(左) 断面A - E, 深さ 40 km、(右) 断面B - D, 深さ 40 kmにおける結果。それぞれの結果の、上図は 1 軸(青色) 2 軸(黒色) 3 軸(赤色)の方向を下半球等積投影したもの(星印)。四角、丸、三角印はそれぞれの軸の 80%の信頼区間を示す。下図はRの解(縦線の値)と 80%の信頼区間を示す。

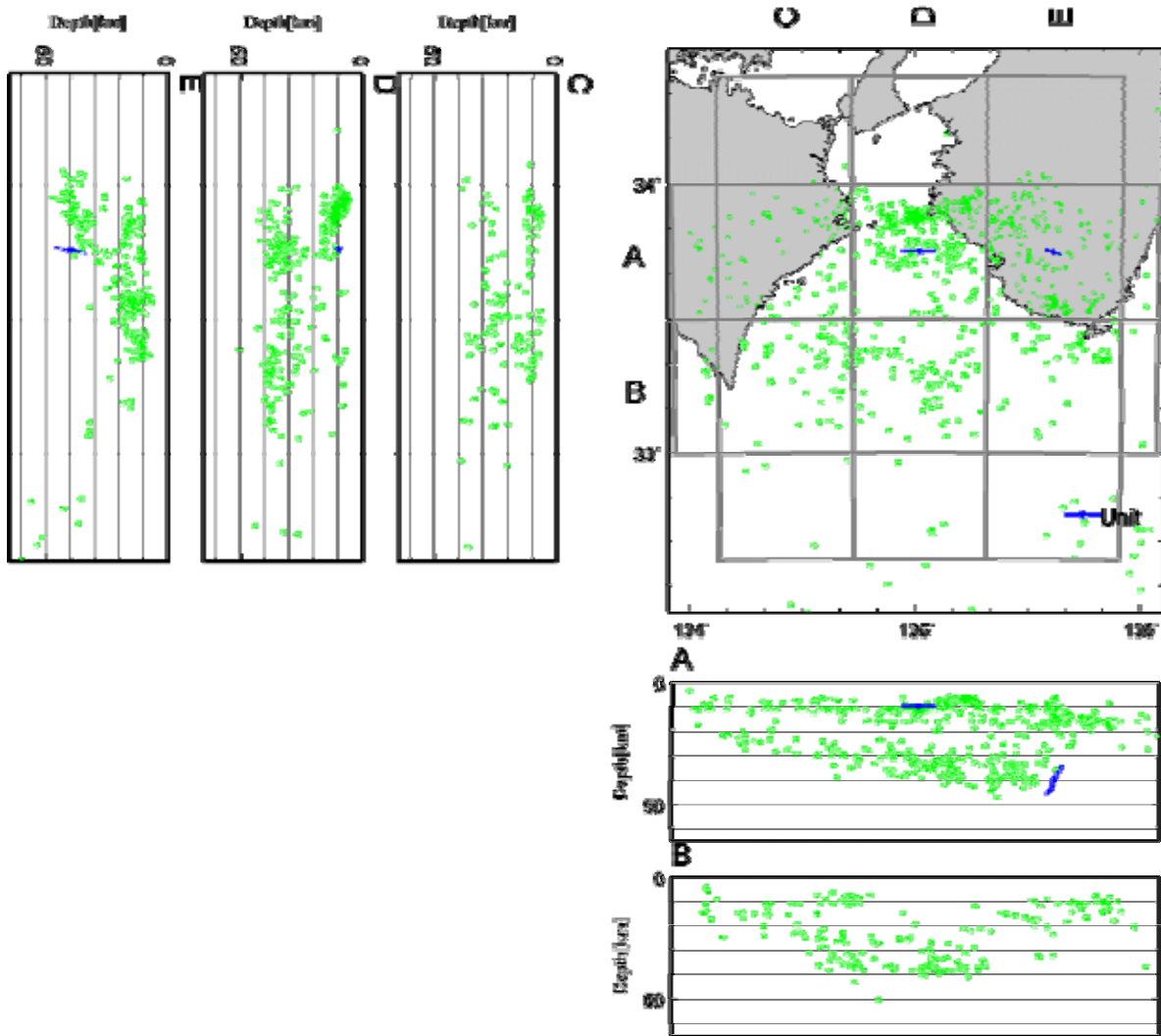


図5 応力テンソルの最大主応力軸 (1)
 青色のバーで 1 の方向を示す。緑色のドットは、震源分布である。

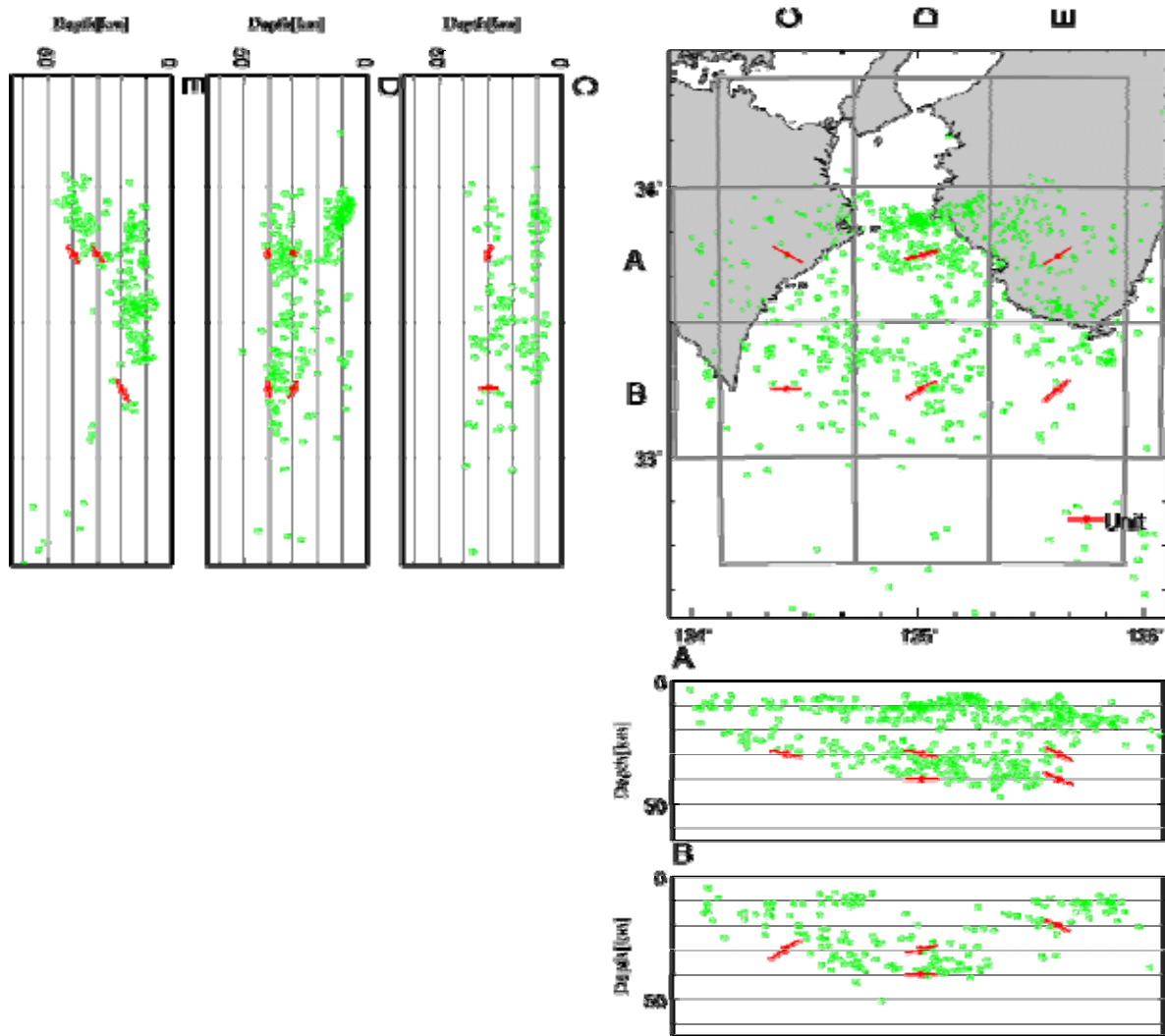


図6 応力テンソルの最小主応力軸（ 3 ）
赤色のバーで 3 の方向を示す。緑色のドットは、震源分布である。

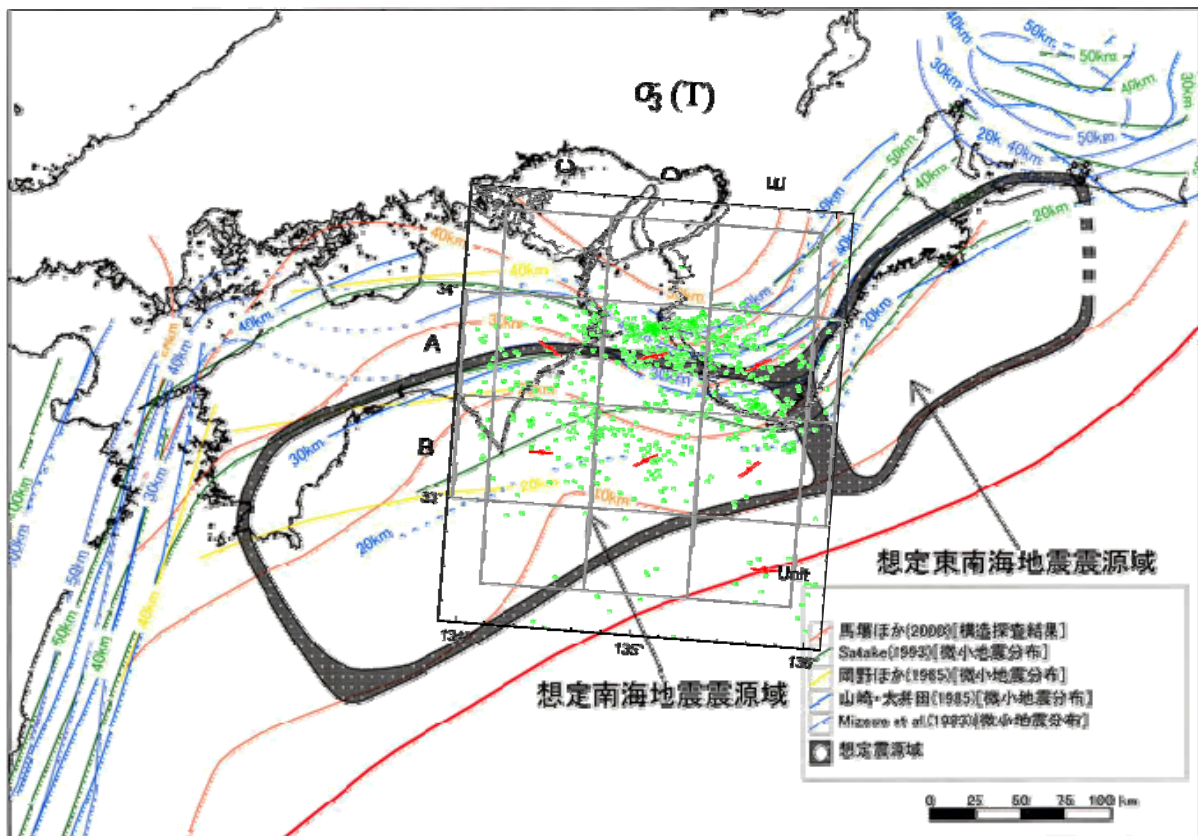


図7 想定震源域付近における応力場（最小主応力）の分布
地震調査委員会によるプレート境界面の推定等深線に応力テンソル解析の結果を重ねて表示。A 断面では、スラブ内の 3 軸はスラブの等深度線にほぼ平行になっている。