

(1) 実施機関名：

高知大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

燧灘－高縄半島下における中央構造線系の深部構造と断層活動に関する研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア. 列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-2) 地震破壊過程と強震動

イ. 強震動・津波の生成過程

(5) 本課題の5か年の到達目標：

5か年の目標：中央構造線は日本における第一級の活断層であり、現在は斜め沈み込みにより右横ずれ運動をしているが、地質断層は北傾斜していることが示されてきた (Ito et al., 1996)。しかしながらもし中央構造線において大地震が発生するとしたら、その地震断層は北傾斜面なのか、それとも高角の横ずれ断層なのかという問題は、単に断層構造だけではなく、応力場、断層の摩擦係数、強度などを考慮した物理的な検討が必要である。当該地域では活断層に明瞭なセグメント境界が見られ、セグメント境界を越えた連動型の大地震発生の可能性の有無も重要な問題である。この問題も中央構造線の大地震の地震断層が北傾斜面なのか、それとも高角の横ずれ断層なのかによって全く違ってくる。本研究では、燧灘から高縄半島に分布する地殻中部の地震が中央構造線の周辺に発生している事に注目し、主にこれらの地震活動を高密度の観測することによって、断層の活動様式について研究する。この地域は既に行われた2つのGPSのトラバース観測の中間であり、かつ両者の結果は中央構造線を挟んだ特徴がそれぞれで異なっているために、中央構造線の現在のすべりの不均質性の可能性についても把握に努める。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

燧灘から高縄半島地域において地震観測の精度を総合的に向上させるため8点程度のオフライン地震観測点を設置し連続記録を収録する。これにより中央構造線の北傾斜面の深部延長上に近い地殻中部地震発生域を中心に地震の検知能力、総合的な観測精度の向上を目指す。また定常観測網で得られているデータを使って、メカニズム解の決定、多重応力解析による応力場の推定、震源分布の再決定、震源域の $V_p/V_s$ の推定を試み、現状起きている微小地震がどのような向きの断層面が、どのような力によって、どの程度流体の影響を受けやすい環境で発生しているのかについて、たたき台となる情報を得る。

平成21年度は観測点の設置を行う。

平成22年度：観測の継続しデータを蓄積しつつ、定常観測網によるデータとあわせて、地震活動度、震源分布、地震の検知能力などの基礎データを再検討する。

平成23年度：観測の継続しデータを蓄積しつつ、定常観測網によるデータとあわせて、メカニズム解分布の高精度決定、震源域  $V_p/V_s$  の解析を行う。

平成24年度は、特に高い不均質性が考えられる高縄半島付近において、局所アレイ観測を行い中央構造線の潜伏断層面の位置情報を増やす。

平成25年度は、総合的にみて、中央構造線の大地震は、どのような応力場のもとで、どのような断層面が、滑りうるものであるか検討する。

## (7) 平成22年度成果の概要：

### 野外地震観測

昨年度までに開始した野外地震観測点 HT01-HT07 の観測を継続した。今年度新たに HT08（三豊市詫間町箱）、HT09（伊吹島）、HT10（魚島）で観測を開始した(図1)。現在データ蓄積中である。

### 応力場解析の特徴

昨年度得られたこの付近の応力場解析の特徴としては、1) Kawanishi et al. (2009) で得られた山陽地方の東西圧縮と四国の東西圧縮 (Okano and Kimura, 1979) の間に、中央構造線のやや北方にそれに沿って帯状に北西?南東か西北西?東南東圧縮の領域が存在する。これは地質学的に求められた瀬戸内せん断帯と良く似た応力場の配置になっていると言えるが、せん断帯の位置と巾は本研究のものが南よりで巾が狭い。これに関しては課題番号 2101 の報告に比較の図を載せたので参照されたい。2) もうひとつの応力場の特徴としては、高縄半島付近に正断層型の伸長場の存在である。このような伸長場が広域な特徴なのか、局所的な特徴なのか本研究でも重要な課題であるが、課題番号 2101 における検討の結果、四国西部には中央構造線だけでなく、前弧ブロック内にも正断層のメカニズム解、伸長場の応力解が得られており、四国中央部以西には広域に伸長場が見られる可能性が出てきた。本研究の対象領域は、このように二つの種類の応力場の変化要因が混じり合っている領域と言える。

### 横ずれ型応力場と北傾斜面のすべり条件、流体効果

中央構造線の深部構造は北傾斜していると考えられている。一方で高角の横ずれ断層であるという考えもある。そこで応力解析によって四国東部で得られた横ずれ型の応力場のもとで、中央構造線の深部断層の滑り条件を考えてみる（走向：255度固定、傾斜角：10度間隔）(図2)。応力に対する断層の幾何学的配置により、高角であれば静的摩擦係数が 0.7 程度でも滑り条件を満足するが、傾斜角が小さくなっていくと、静的摩擦係数を 6 割程度に下げないと滑ることができない。もし滑りやすい条件を作ることができなければ、応力場に対してもっとも滑りやすい高角の横ずれ断層面を新たに作る課程が進行するかもしれない。

中央構造線付近はヘリウムの同位体比が若干高いと考えられているし (Dogan et al., 2006; Umeda et al., 2006)、深部低周波微動を領域の上方でもあるので、地震断層域に流体が供給され滑り条件が満たされる可能性は考えられる。図3は1999年燧灘群発地震領域を含む地震に対して、和達ダイアグラムによる  $V_p/V_s$  を求めたものである。値はそれほど高くないが1999年群発地震で大きな  $V_p/V_s$  を示す。群発地震が発生したことと、高めの  $V_p/V_s$  がみられるのはこの付近の地震発生層に流体が供給された可能性がある。 $V_p/V_s$  の推定を和達ダイアグラムではなく震源域のみを反映する手法 (Lin and Shearer, 2007) に置き換えることでより深い議論が可能になると考えている。

### この地域の長期広域変動

上のような議論で物理的な滑り条件の研究を進めること可能と考えるが、横ずれ型の応力場のもとで、北傾斜面を滑らせると結果的に生じるすべりは北傾斜面に乗り上げるセンスの滑りであるが、四国山脈から燧灘への急傾斜はむしろ逆センスである。得られた応力場から直接大地震発生を物理的に考えるのは、長期広域の立場からはやや早計である可能性が考えられる。

四国東部において圧縮場で四国西部において伸長場になるような応力場の特徴は、Ikeda et al. (2009) に述べられているように、前弧域の回転に伴う Transpression/ Transextension の形成モデル (図4) と調

和的であるように見える。運動については GPS の Nishimura and Hashimoto (2006) が引用されている。一方別府から四国にかけては中央構造線の近くに顕著な負の重力異常が存在する (Shiota et al., 2002)。これもその東端は四国の中央部に位置しており、Transpression/ Transextension の形成モデルや応力場の分布と整合するよう見える。こちらは Transextension で生じた地溝を低密度物質で埋める必要があるので、ある程度長期的に継続している現象と対応していることになる。Transpression/ Transextension の形成モデルを検討することで、地震断層にかかる法線応力効果の場所による違いやセグメントやそのオフセットの大きさの場所による違いなどが議論可能になってくる。

(8) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :  
なし

(9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

野外観測の継続

野外観測の読み取りを使った震源精度の向上, メカニズム解の精度向上,  $V_p/V_s$  推定

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

久保篤規 (高知大学理学部附属高知地震観測所)

他機関との共同研究の有無 : 有

鳥取大学 塩崎一郎

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 高知大学理学部附属高知地震観測所

電話 : 088-844-8464

e-mail : akubo@kochi-u.ac.jp

URL : <http://www.pslip.kochi-u.ac.jp/keo>

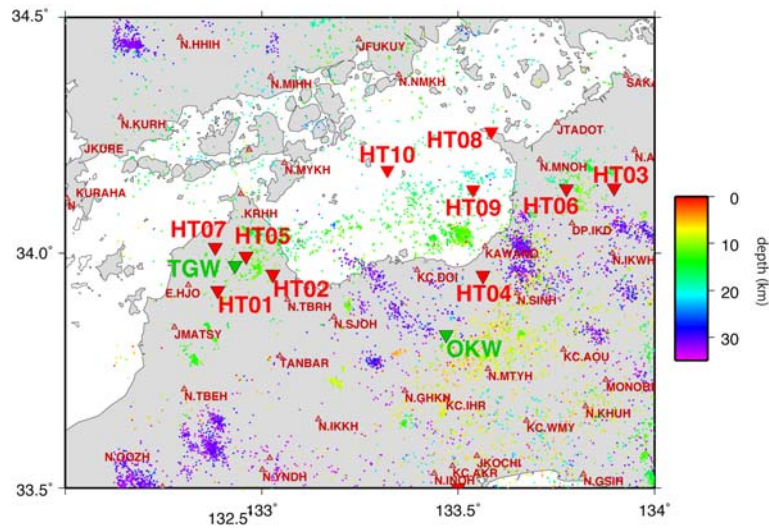


図1 燧灘—高縄半島周辺の地震観測点分布  
 赤▽印が本研究による野外臨時観測点分布 (HT01-HT10),  
 今年度 HT08：荘内半島箱, HT09：伊吹島, HT 10：魚島で観測を開始  
 緑▽印は防災科学技術研究所 F-net 広帯域観測点 (玉川, 大川)  
 小△は気象庁, 防災科研, 大学, 産総研による定常地震観測点.

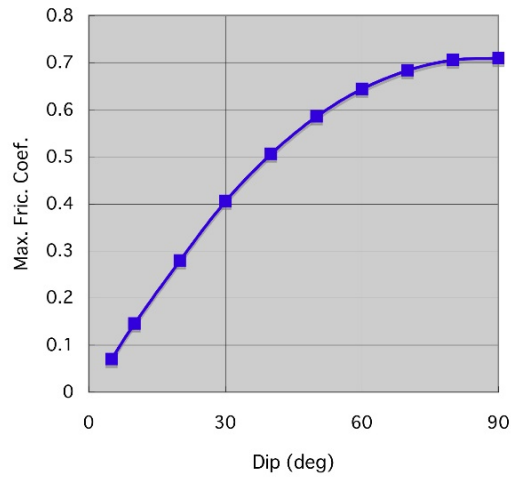


図2 横ずれ型応力場で傾斜した中央構造線を滑らせる条件  
 四国東部で得られた横ずれ型応力場で中央構造線の走向をもち, いろいろな傾斜を持つ場合に, 法線応力と剪断応力の比が計算できる. 既存の断層の再活動であると考え cohesionless とすると, 滑り条件を満足する最大の摩擦係数がそれぞれの傾斜に対して求められる.

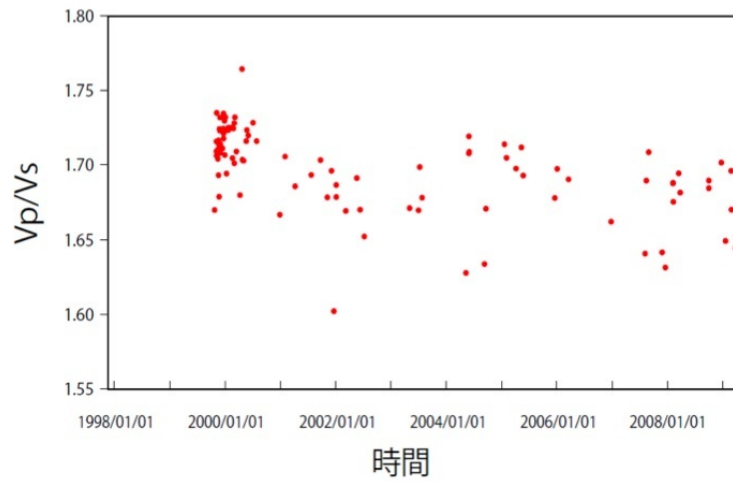
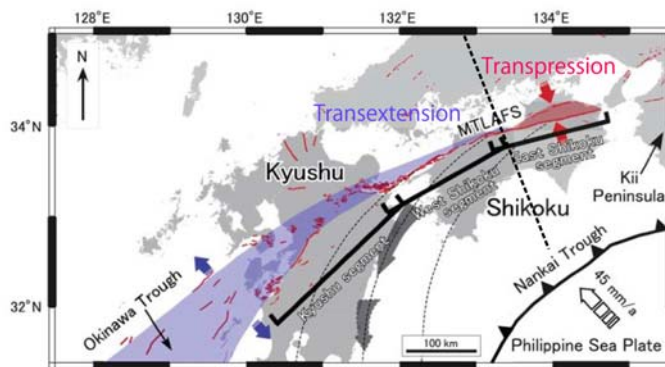


図3 燧灘周辺域の和達ダイアグラムによる  $V_p/V_s$  の時間変化  
 気象庁一元化読み取り値を使った。S-P時間8秒以下のデータを使って個々の地震に対して  $V_p/V_s$  を求めている。  
 1999年燧灘群発地震の際の値がこの地域では最も大きい。



Ikeda et al. (2009)に加筆

図4 中央構造線付近の Transpression/Transexension 形成モデル  
 Ikeda et al. (2009)に加筆した。応力場の遷移域などと調和的である。