

3.3.11.2 活断層における地震活動特性・発震機構等の不均質性に関する研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目：活断層における地震活動特性・発震機構等の不均質性に関する研究

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
京都大学防災研究所	助教授	澁谷拓郎	shibutan@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	竹内文朗	takeuchi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	片尾 浩	katao@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

(c) 業務の目的

活断層における地震活動の解析（高精度の震源再決定、地震活動度および b 値の空間分布、微小地震の発震機構解の空間分布、等）から、活断層に沿った不均質な地震活動、応力場の特性を抽出し、強震動予測のための震源モデルにおける断層パラメータの推定、特に破壊開始点および主破壊域(アスペリティ)の推定に寄与することを目的とする。

(d) 5カ年の年次実施計画

- 1) 平成14年度： 解析手法の検討、データのコンパイル、処理・解析プログラムの準備、等を実施した。
- 2) 平成15年度： 山崎断層における地震活動特性の解析、および丹波山地を中心とする近畿圏の地震発震機構解のデータベース整備を行った。
- 3) 平成16年度： 山崎断層および琵琶湖西岸断層帯における地震活動特性の解析を行う。近畿圏の発震機構解のデータベースを拡充し、活断層に沿った応力場について詳細に検討する。
- 4) 平成17年度： 琵琶湖西岸地域の地震活動度、 b 値、および発震機構解の不均質分布から琵琶湖西岸断層や花折断層のアスペリティや破壊開始点を推定する。有馬・高槻構造線周辺についても解析を行う。
- 5) 平成18年度： 近畿圏活断層の深部構造モデル（アスペリティ、破壊開始域等）に関して取りまとめる。

(e) 平成16年度業務目的

山崎断層周辺地域と琵琶湖西岸地域の地震を JHD により再決定し、得られた精度のよい震源分布に基づいて、断層近傍の地震や b 値の不均質分布を求める。応力集中が起きていると考えられる低 b 値域＝破壊開始域、および断層間のカップリングが強く定常的な地震があまり発生しない低地震活動域＝アスペリティ、という半経験則を用いて、将来の大地震における破壊開始点とアスペリティの位置などを推定する。丹波山地を中心とする近畿地方について微小地震の発震機構解の追加を行い、活断層に沿った応力場の不均質性について詳細に検討する。

(2) 平成16年度の成果

(2-1)活断層帯の微小地震の活動特性

渋谷拓郎(京都大学防災研究所)

shibutan@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

竹内文朗(京都大学防災研究所)

takeuchi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

(a) 業務の要約

山崎断層周辺地域の28年間の地震と琵琶湖西岸地域の29年間の地震に対してJHDによる震源再決定を行った。得られた精度のよい震源分布に基づいて、山崎断層、琵琶湖西岸断層、および花折断層に対して断層近傍の地震分布の不均質性の評価を行った。山崎断層に対してはb値の水平不均質分布も求めた。

たとえば山崎断層帯の安富断層から土万断層にかかる領域に地震の低活動域が検出された。(1)応力集中が起きていると考えられる低b値域=破壊開始域、(2)断層間のカップリングが強く定常的な地震があまり発生しない低地震活動域=アスペリティ、という半経験則を適用すると、この領域は将来の大地震時にアスペリティになると考えられ、その両端の低b地域が破壊開始点となると推測できる。

(b) 業務の実施方法

はじめに

強震動の予測に用いられる震源モデルにおいては、想定地震断層の位置、長さ、幅、走向、傾斜や地震モーメントなどの巨視的パラメータに加えて、各断層内のアスペリティの位置、大きさ、個数、応力降下量やすべり速度時間関数などの微視的パラメータと破壊開始点や破壊伝播様式などを与える必要がある。

本研究の目的は、活断層における地震活動の解析から、上記のパラメータのうちのいくつかの決定について有用な情報を提供することである。まず、巨視的パラメータのうちの断層の位置、長さ、走向については、活断層図などから読み取ることもできるが、地震分布を用いれば、伏在断層も含めて、長さ、走向、幅、傾斜を推定することが可能である。さらに、アスペリティの位置、大きさ、個数という微視的パラメータについては断層面近傍での地震活動の不均質分布から、破壊開始セグメントについてはb値の空間分布の不均質性から、推定できると考えられる。本研究では、**Joint Hypocenter Determination (JHD)**法により震源精度(とくに深さ精度)を改善したデータを用いて、地震活動やb値の不均質分布からアスペリティの位置、大きさ、個数や破壊開始点の位置を推定する手法についての研究を行う。

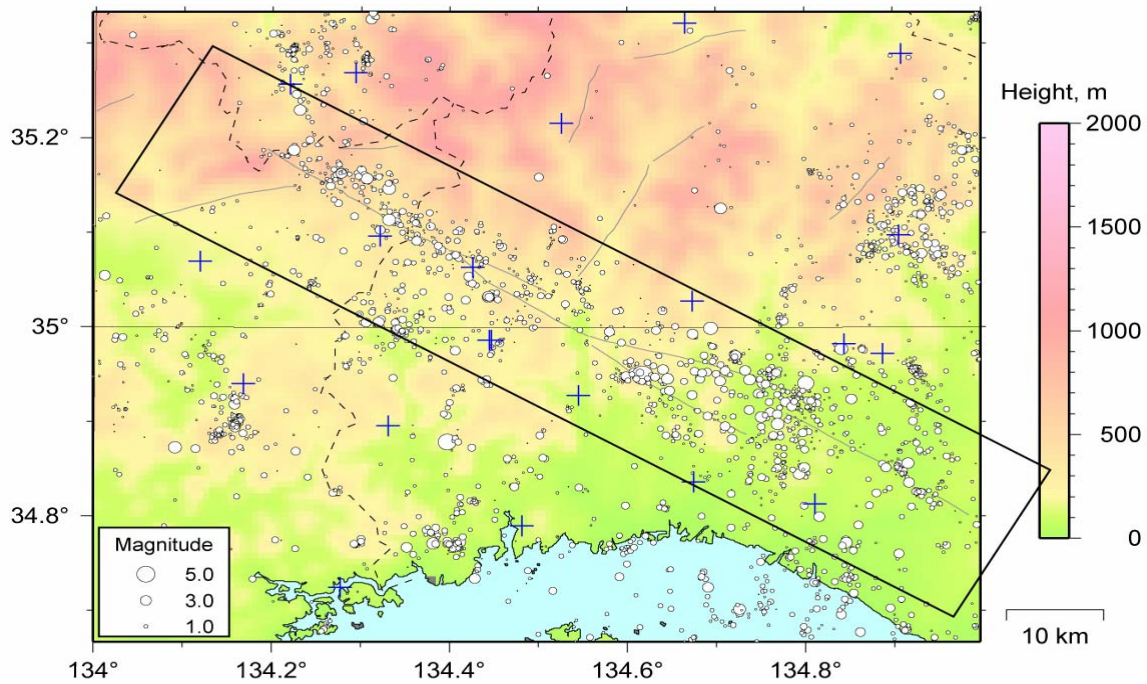


図1 山崎断層周辺地域の1976年6月から2003年12月までの約28年間の震央分布(白丸)。JHD法で得られた観測点補正值と1次元速度構造を用いて再決定し、declustering処理を施した。+は再決定に使用した観測点。薄い実線で活断層を示す。破線は県境。

山崎断層周辺地域における地震活動の解析

山崎断層は、岡山県から兵庫県にかけて北西-南東方向に走る全長約87kmの活断層で、確実度はI、活動度はBと評価されている。北西側から大原、土万、安富、琵琶甲断層というセグメントと、さらに土万断層の南東端部付近から分岐する暮坂峠、三木断層というセグメントとから構成される(活断層研究会, 1), 2))。

本研究では、京都大学防災研究所地震予知研究センター鳥取観測所による1976年6月から1997年9月までの検測値データと気象庁による1976年6月から2003年12月までの検測値データを統合した。その中から抽出した約1,600個の地震にJHD法を適用し、観測点補正值と1次元速度構造を求めた。それらを用いて統合データのすべての地震の再決定を行った。この手法のポイントは、共通する観測点の補正值を介して、近年の高密度観測が過去の震源の絶対精度の向上に寄与できるところにある。余震や群発地震は定常的な地震活動を見えにくくする可能性があるため、declustering (Reasenber, 3))によりこれらを取り除いた。このような処理の結果得られた震源カタログから水平方向と鉛直方向の誤差がともに1km以下の地震を抽出し、震央分布図やいろいろの断面図を作成し、地震の空間分布の不均質性について詳細に検討した。

つぎに、山崎断層近傍の解析領域内に2km×2kmのグリッドを配置し、各グリッドを中心とする半径2kmの円筒内に存在する地震に対してb値を最尤法で求めた。地震数が100に満たない場合は、100になるまで半径を大きくする。このようにして得られたb値の水平不均質分布について、地震の不均質分布とあわせて、詳細に検討した。

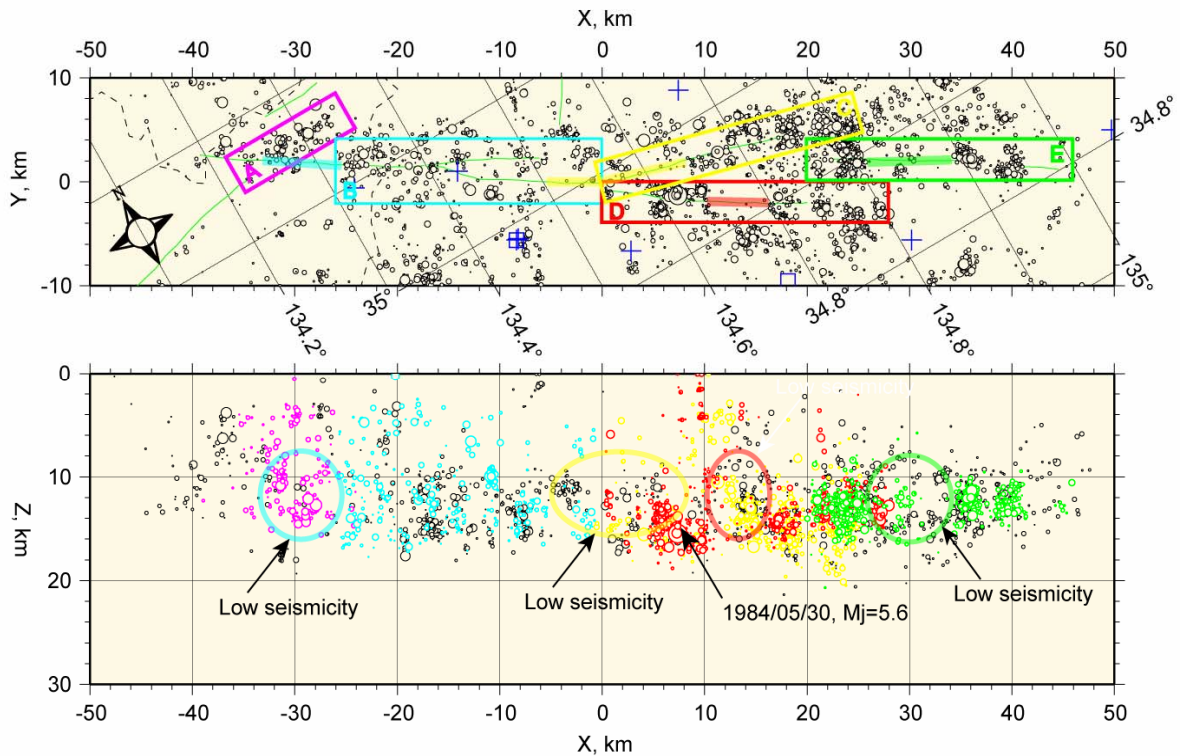


図 2 山崎断層近傍(図 2 における太線四角)の震源分布. (上図)震央分布. 山崎断層に沿う北西-南東走向の地震分布が X 軸に平行になるよう反時計回りに 30° 回転した. A~E を付した四角は本研究で再定義したセグメントの領域を示す. A: 那岐山断層延長部, B: 大原断層と土万断層, C: 安富断層, D: 暮坂峠断層, E: 琵琶甲断層と三木断層. (下図)山崎断層に平行な断面での地震の深さ分布. 震央分布図のセグメントを表す四角内の地震の深さ分布は, 四角と同じ色で示されている.

琵琶湖西岸地域における地震活動解析

琵琶湖西岸地域には、三方・花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯がほぼ北北東-南南西に走っている。三方断層帯は全長約 26km で、ほぼ南北方向に延びており、東側が西側に対して隆起する逆断層である。花折断層帯は全長約 58km で、ほぼ北北東-南南西に延びており、北部と中部は右横ずれ断層で、南部は東側が西側に対して隆起する逆断層である(地震調査委員会, 4))。琵琶湖西岸断層帯は全長約 59km で、ほぼ北北東-南南西に延びており、西側が東側に対して隆起する逆断層である。北北東側から、知内断層、饗庭野断層、上寺断層、勝野断層、比良断層、堅田断層、比叡断層、膳所断層というセグメントからなる(地震調査委員会, 5))。

本研究では、京都大学防災研究所地震予知研究センター阿武山観測所の 1976 年 1 月から 1997 年 9 月までの検測値データと同北陸観測所の 1976 年 6 月から 1997 年 6 月までの検測値データと気象庁の 1976 年 1 月から 2004 年 8 月までの検測値データを統合した。その中から抽出した約 1,800 個の地震に JHD 法を適用し、観測点補正值と 1 次元速度構造を求めた。それらを用いて統合データのすべての地震の再決定を行った。さらに、

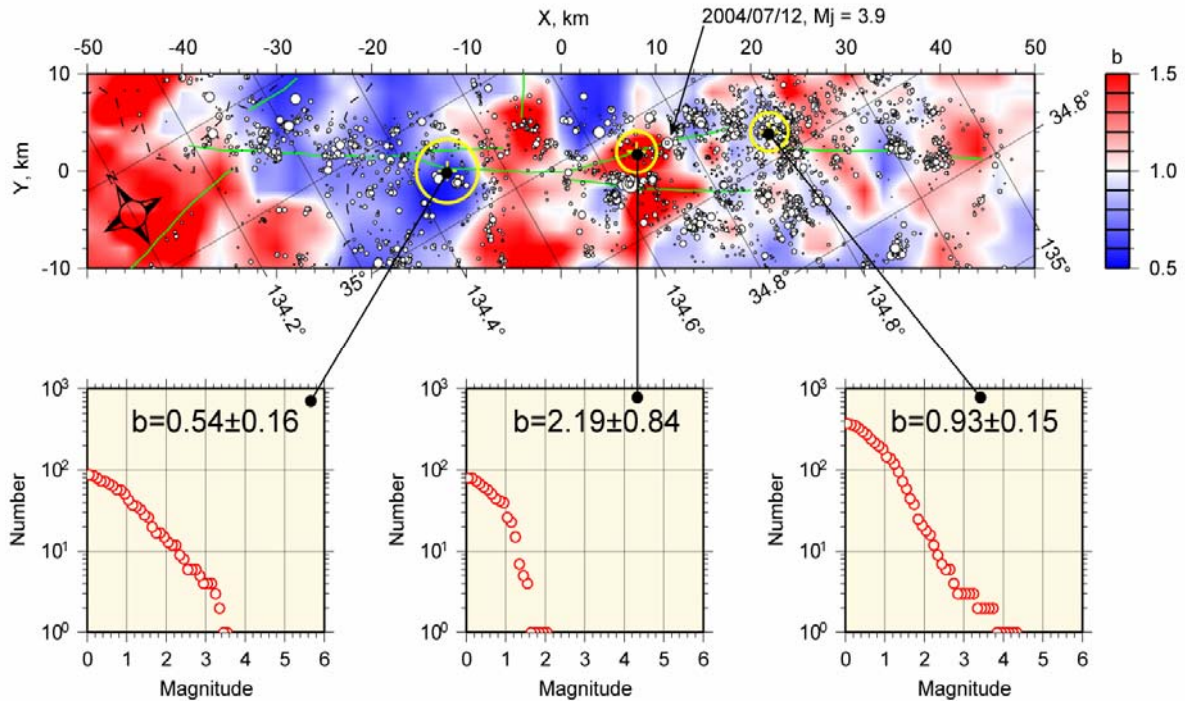


図3 b値の水平不均質分布。b値の低い領域を青で、高い領域を赤で示す。代表的な3グリッド、(X, Y) = (-12, 0)、(8, 2)、(22, 4)におけるマグニチュード頻度分布を下図に示す。各グリッドを中心とする黄色の円は、b値を算出した領域の広がりを示す。

declustering 処理を行った。このような処理の結果得られた震源カタログから水平方向の誤差が 0.5km 以下かつ鉛直方向の誤差が 1km 以下の地震を抽出し、震央分布図やいろいろの断面図を作成し、地震の空間分布の不均質性について詳細に検討した。

(c) 業務の成果

解析結果と考察

山崎断層周辺地域での地震活動解析から得られた震央分布を図1に示す。今回適用した declustering 処理では、余震や群発地震で同一 cluster に属するものは、地震モーメントに換算して足し合わされ、得られたモーメントと等価なマグニチュードをもつひとつの地震に置き換えられる。declustering 処理した震央分布に少し大粒の地震が目立つのはこのような理由による。

山崎断層周辺域(図1の太線四角)の地震を抽出し、断層の走向(北西-南東)の断面における深さ分布を示したのが図2である。この深さ分布からほとんどの地震が深さ 2~18km で発生していることがわかる。このことから強震動予測における断層モデルの幅(深さ方向)の上限は 16km と考えることができる。

図2の深さ分布において楕円で囲って示すように、断層に沿って北西側から、(1)大原断層中央部、(2)土万断層東南部~安富断層西部、(3)暮坂峠断層中央部、(4)琵琶甲断層中央部に地震活動が低い領域が存在する。

得られた b 値の水平不均質分布を図 3 に示す。大原断層と土万断層の北西部は低 b 値である。これに対し、土万断層の南東部から安富断層の西部と暮坂峠断層の北西部にかけてのセグメントは高 b 値となっている。これらの領域で b 値が大きい値を取るの、下段中央のマグニチュード頻度分布に示すように、大きめの地震の欠如によるものである。安富

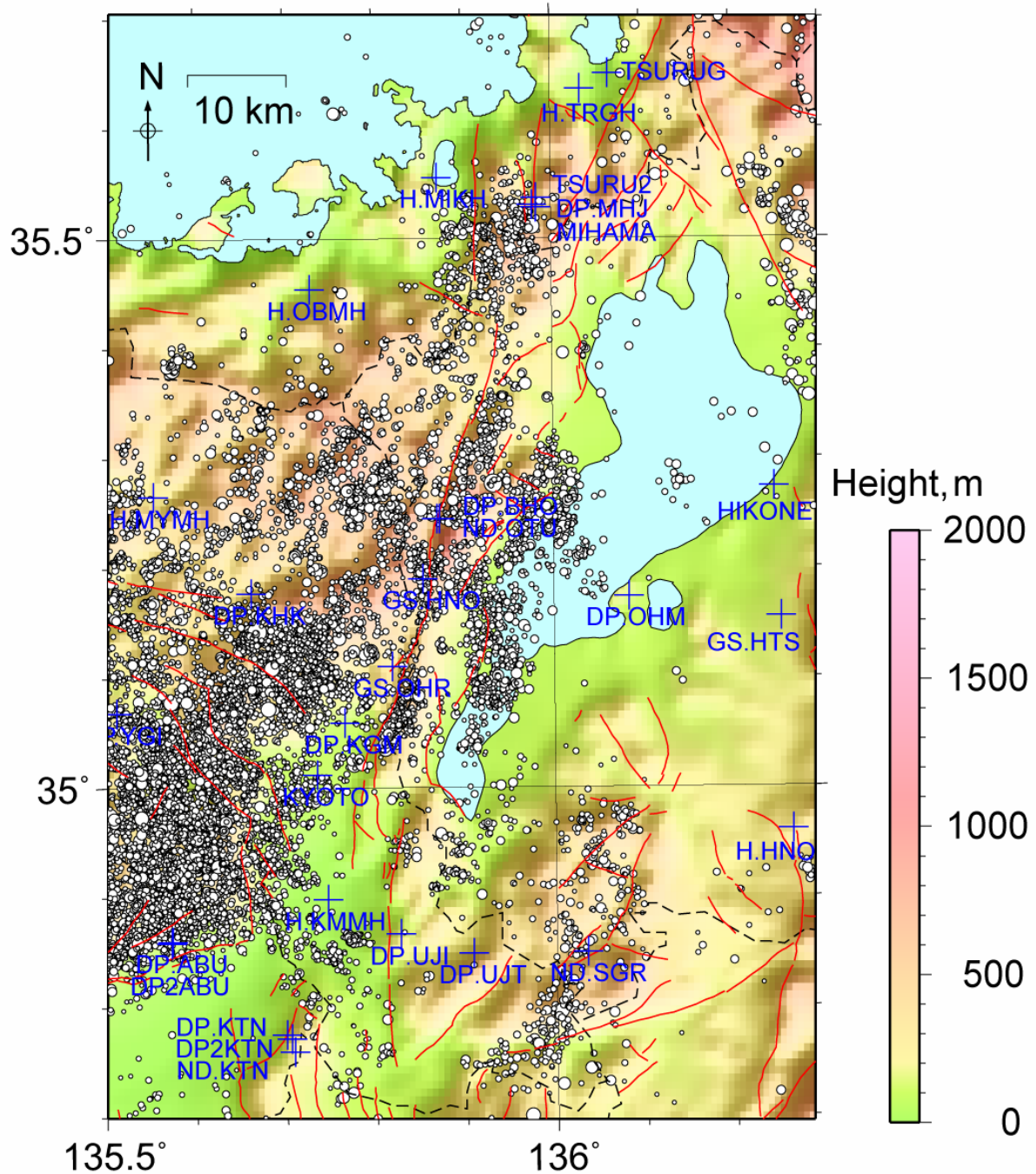


図 4 琵琶湖西岸地域の 1976 年 1 月から 2004 年 8 月までの約 29 年間の震央分布(白丸)。JHD 法で得られた観測点補正值と 1 次元速度構造を用いて再決定し、declustering 処理を施した。青い+は再決定に使用した観測点。赤い実線で活断層を示す。破線は県境。震源決定精度のよい $M_j \geq 1.0$ の地震をプロットした。

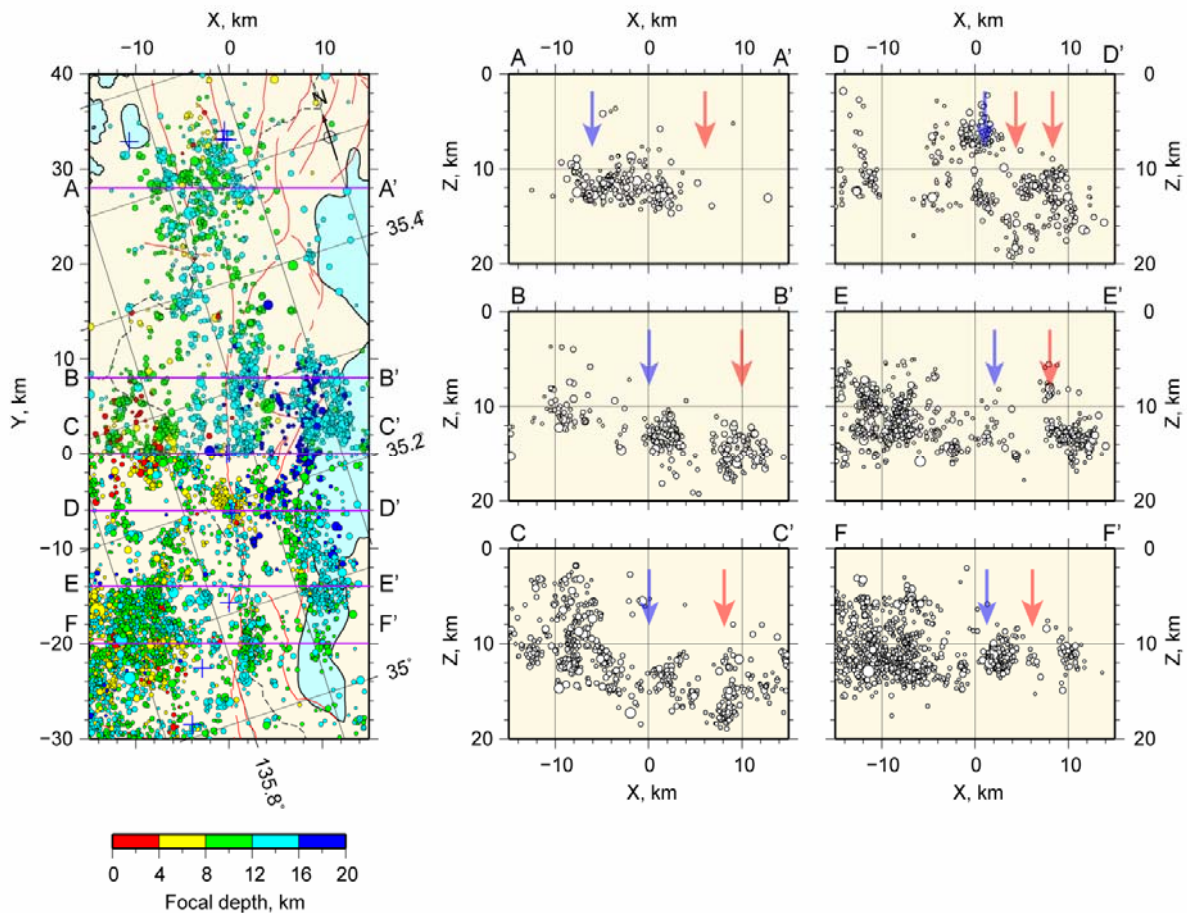


図5 三方・花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯近傍の震央分布とそれらに直交する6つの断面(AA'~FF')での深さ分布。震央分布では震源の深さをカラースケールに示すように5段階に色分けして示す。青い+は観測点、赤い実線は活断層。深さ分布では、各断面の±2kmの範囲内の地震をプロットした。青い矢印は地表での三方・花折断層帯の位置、赤い矢印は琵琶湖西岸断層帯の位置を示す。

断層の高b地域の東端で2004年7月12日に $M_j=3.9$ の地震が発生した。この地震は、 $M_j \sim 4$ にもかかわらず、前震3個と余震13個しか伴わなかった。これらの地震群のb値は0.5(90%の信頼区間は0.26~0.82)と小さい。したがって、土万断層の南東部から安富断層の西部と暮坂峠断層の北西部にかけて見られる高b値域は、低応力状態を示すものではなく、大きめの地震が発生しないほど断層のカップリングが強い高応力状態を示すものと考えらるべきである。安富断層と琵琶甲断層の間の地震活動が活発な領域では、b値は0.93と1に近い値を取る。この地域では1979年10月13日に $M_j=4.3$ の地震が発生した。この地震では90個近い余震が観測された。

次に、琵琶湖西岸地域での地震活動解析の結果を示す。図4は、上で述べた手法で再決定された地震に declustering 処理を施したデータセットの震央分布である。震源決定精度のよい地震(東西方向、南北方向、深さの resolution が0.9以上、東西方向、南北方向の震源誤差が0.5km以下、深さの震源誤差が1.0km以下)のみをプロットした。

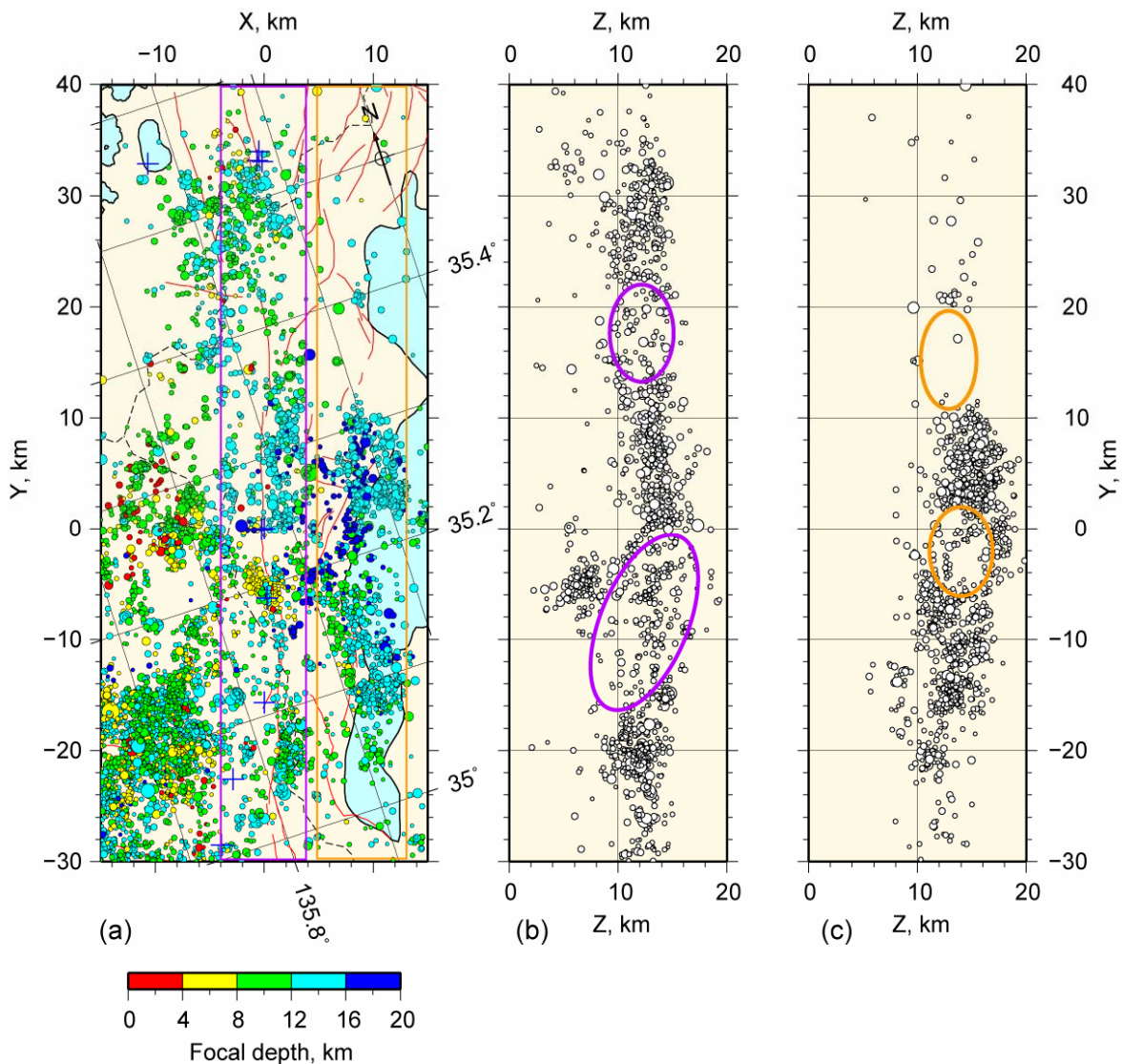


図 6 (a)三方・花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯近傍の震央分布。震源の深さをカラースケールに示すように 5 段階に色分けして示す。青い+は観測点、赤い実線は活断層。(b)花折断層帯の走向方向に沿う断面での深さ分布。震央分布図において紫色の四角で囲まれた範囲の地震をプロットした。(c)琵琶湖西岸断層帯の走向方向に沿う断面での深さ分布。震央分布図において橙色の四角で囲まれた範囲の地震をプロットした。断面図における紫色と橙色の楕円は相対的に地震活動の低い領域を示す。

三方・花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯の近傍の震央分布とそれらにほぼ直交する 6 枚の断面での深さ分布を図 5 に示す。震央分布では地震の深さが色分けして示されている。断面図には三方・花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯の地表での位置が、それぞれ青と赤の矢印で示されている。花折断層帯についてみると、BB'、CC'、FF'断面において深さ 10~14km に存在する地震群は地表トレスより東南東に 2km 程度ずれている。このことは、花折断層が少し東に傾斜していることを示唆する。傾斜角は約 80° と見積もられる。琵琶湖西

岸断層帯では、中央部の比良断層と堅田断層付近に地震活動が見られる。BB'、CC'、DD'断面において深さ 20km 付近に見られる地震がこれらの断層と関係していると考えれば、これらの断層は西に傾斜していることが示唆される。

図 6 には、花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯の走向方向の断面における深さ分布を示す。(b)に示す花折断層帯に沿う深さ分布を見ると、花折峠付近(Y=-5km)の地震群を除くとほとんどの地震が深さ 10~18km で発生していることがわかる。紫色の楕円で示すように、北端部と中部の北側に相対的に地震活動の低い領域が見られる。(c)に示す琵琶湖西岸断層帯に沿う深さ分布では、ほとんどの地震が深さ 10~20km で発生している。中央部の比良断層と堅田断層付近の地震活動は活発であるが、それ以外の断層での地震活動は非常に低調である。饗庭野断層には弱い地震活動が見られる。橙色の楕円で示すように、比良断層と堅田断層のジョイント付近と比良断層と饗庭野断層の間に位置する上寺断層付近に地震活動の低い領域が見られる。これらの低活動領域は、将来の大地震時のアスペリティの候補と考えられる。

(d) 結論ならびに今後の課題

山崎断層帯では、(1)大原断層中央部、(2)土万断層東南部~安富断層西部、(3)暮坂峠断層中央部、(4)琵琶甲断層中央部に地震活動が低い領域が存在する。b 値の不均質分布やマグニチュード頻度分布などと考え合わせると、これらの低活動域では応力が高く、断層のカップリングが強い状態にあると考えられ、将来の大地震時のアスペリティの候補となる。破壊開始点としては、これらの低活動域の両端の低 b 地域が考えられるが、山崎断層帯が東西圧縮の広域応力場にあることを考慮すると、より東西に近い走向をもつ安富断層東端付近がもっとも可能性が高いと思われる。

三方・花折断層帯では、花折断層の北端部と中部の北側に低活動域が見られる。琵琶湖西岸断層帯では、上寺断層付近と比良断層と堅田断層のジョイント部分に低活動域が見られる。これらの低活動域はアスペリティの候補地である。

30 年近い長期間の震源データに対して JHD 法を適用して再決定することにより、過去にさかのぼって、震源の絶対精度を向上させることができた。再決定した震源データに基づき、活断層近傍での地震や b 値の不均質分布を解析することにより、将来の大地震時におけるアスペリティや破壊開始点の推定を試みた。山崎断層周辺地域に関しては当初の目的をほぼ達成できたと考える。琵琶湖西岸地域に関しては b 値の不均質分布について今後解析する必要がある。さらに、より直接的に応力状態を知るために、震源メカニズムの解析研究とのリンクが必要である。

(e) 引用文献

- 1) 活断層研究会：「新編」日本の活断層，東京大学出版会．pp.437，1991．
- 2) 地震調査委員会：山崎断層帯の長期評価について，
http://www.jishin.go.jp/main/03dec_yamasaki/，2003．
- 3) Reasenber, P.: Second-order moment of central California seismicity, 1969-1982, J. Geophys. Res., 90(B7), pp.5479-5495, 1985.
- 4) 地震調査委員会：三方・花折断層帯の長期評価について，

http://www.jishin.go.jp/main/chosa/03mar_mikata/, 2003.

- 5) 地震調査委員会：琵琶湖西岸断層帯の長期評価について，
http://www.jishin.go.jp/main/chosa/03jun_biwako/, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
澁谷拓郎	再決定による震源の精密化と b 値の空間分布のマッピングー1. 山崎断層ー	2004 年地球惑星科学関連学会合同学会	平成 16 年 5 月 10 日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(2-2)活断層帯の微小地震の発震機構

片尾浩(京都大学防災研究所)

katao@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

小笠原知彦(京都大学防災研究所)

oga@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

飯尾能久(京都大学防災研究所)

iio@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

(a) 業務の要約

丹波山地の定常活動を中心に近畿地方北部における微小地震の既存の発震機構データをまとめて解析した。近畿地方北部全体では、P 軸方位は東西もしくはやや東南東一西北西方向が卓越し、断層型は横ずれ断層と逆断層が混在している。丹波山地においては兵庫県南部地震前に東西方向に集中していた P 軸方位分布は、同地震以後も概ね東西方向で変化は無いように見えるが、同地震度 1-2 年間の間、特に震源域に隣接する丹波山地の西南部において、P 軸方位分布が大きくバラけていることが分かった。兵庫県南部地震の発生により地域応力場が変化している可能性が示された。

他に、丹波山地における発震機構データセットの充実に努め、微小地震発震機構と活断層の幾何学的整合性についての解析に着手した。

(b) 業務の実施方法

微小地震の発震機構を調べることは、その地域の応力場やテクトニクス、過去あるいは将来の被害地震の発生機構を知る上でも重要である。本研究では、丹波山地の定常活動を中心に近畿地方北部における既存の微小地震の発震機構データを整理し解析する。

大阪府北部から京都府中部にかけての丹波山地は、微小地震活動の活発な地域である。丹波山地内には有馬高槻構造線、花折断層、西山断層、亀岡断層、三峠断層などの活断層が存在するが、微小地震は小さなクラスターを形成しながら面的にやや広域に広がって分布するのが特徴である(片尾, 2001)。対照的に、周辺の大阪平野、奈良盆地などでは微小地震活動は極めて低調で、特に有馬高槻構造線を境とした南北の地震活動のコントラストは顕著である。

京都大学防災研究所地震予知研究センター阿武山観測所系の微小地震観測網では過去 30 年間に渡る微小地震データが蓄積されている。しかしながらルーチンの発震機構の決定は行なっていなかった。

1990 年代初頭までの M2.5 以上の地震については、飯尾が丹念にまとめた発震機構データセットが存在する。阿武山系観測網 12 観測点のみならず、隣接データ交換で利用できた防災研究所鳥取観測所および北陸観測所の観測網から各々 2 点、東京大学地震研究所和歌山観測網から 3 点、名古屋大学観測網から 1 点のデータを利用している。発震機構を求める方法は、P 波初動の押し引きを読み取り、Maeda(1992)の方法により決定している。このデータは例えば Iio(1996)などの研究成果の基になっている。

一方、Katao et al.(1997)などによる兵庫県南部地震の余震の発震機構の研究の過程でも、丹波山地域における微小地震についての発震機構データが得られている。また、網羅的ではないもののルーチン処理のかたわら、中規模地震の発生前などのイベントに際して

その前後の微小地震の発震機構が求められている。発震機構の決定はやはり Maeda (1992) の方法により、P 波初動の押し引きから求めている。近年、1997 年の気象庁観測網との一元化や、2001 年の Hi-net 観測網データと大学観測網とのデータ交換の実現により、近年解析に利用できる観測点とその空間配置密度が増加している。そのため P 波初動の押し引きデータが多く利用できるようになっている。また、観測点配置上発震機構の求めにくい地域も少なくなっている。しかし、丹波山地内では元々阿武山系観測網の観測点密度が高かったため、観測点の新設はあまり無く、初動の押し引きから解析可能な地震の M の下限は以前とあまり変わらないようである。また、最近は大学の観測網で一般的に用いられている win システム (ト部・東田, 1992) における標準震源決定プログラムである hypomh (Hirata and Matsu'ura, 1987) の出力から、直接 Maeda (1992) のアルゴリズムで発震機構を計算するプログラム pick2mec を開発して用いている。

(c) 業務の成果

昨年度に引き続いて、1995 年以降の発震機構データの充実に努めた。1995～1998 年の期間に着いて 600 個余りの微小地震発震機構を新たに決定し、データセットに追加した。兵庫県南部地震地震後についても相当数の発震機構データを得たことにより、兵庫県南部地震の前後での、発震機構の変化について詳細な議論が可能となってきた。

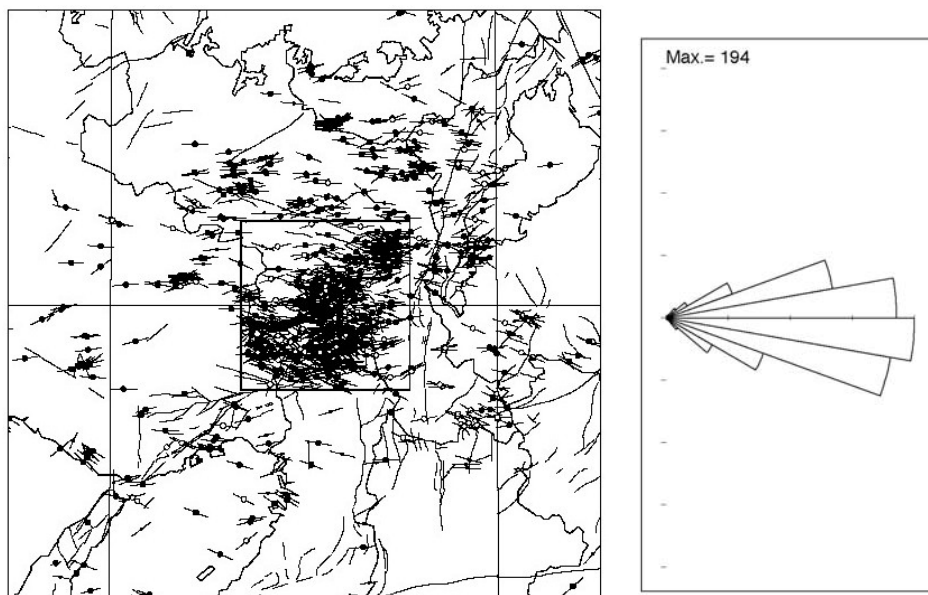


図 1 : 兵庫県南部地震以前 (1987-1991) の P 軸方位分布 (左) と、左図矩形枠内の P 軸方位のローズダイヤグラム。

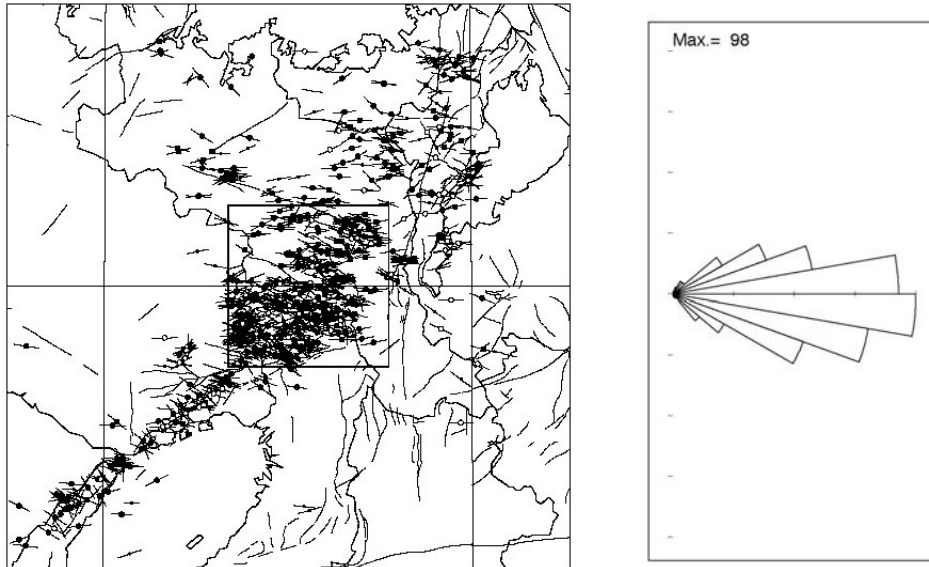


図 2 : 兵庫県南部地震以降 (1995-1998) の P 軸方位分布 (左) と, 左図矩形枠内の P 軸方位のローズダイヤグラム。

図 1 および図 2 に示すように, 丹波山地における P 軸の方位は, 兵庫県南部地震前後の期間でもほぼ東西方向であり変化していないことが分かる。しかしながら, 兵庫県南部地震後の期間を 1995~1996 年と限り, 領域も図 1 の矩形枠の西南部分に限ると, 図 3 のように大きくバラついていることがわかった。同じ西南部分領域の兵庫県南部地震以前の分布は図 4 に示すように, 丹波山地の他の領域と同じくほぼ東西方向に卓越した分布を見せている。西南部分領域は, 兵庫県南部地震の震源域に隣接する場所であり, 同地震の発生をによる地域的な応力場の変化が, 微小地震の発生機構に反映したと考えられる。今後, 理論的な応力場変化との比較などを行っていきたいと考えている。

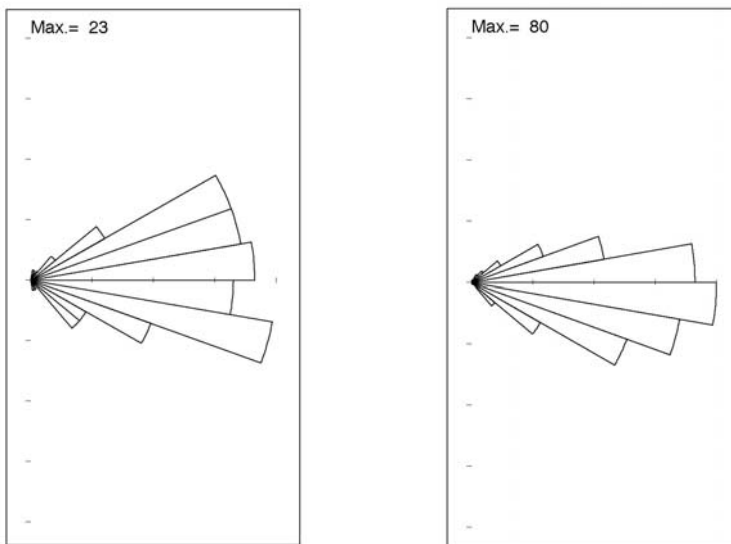


図 3 (左) : 1995 年 4 月~1996 年 6 月の丹波山地西南部における P 軸方位分布。

図 4 (右) : 1987 年~1991 年の丹波山地西南部における P 軸方位分布。

丹波山地には有馬高槻構造線, 花折断層, 西山断層, 三峠断層などの主要な活断層が存

在するが、それらの近傍で発生した中・小規模地震の発震機構は必ずしも活断層の幾何学的形状とは整合的でない例が多い（活断層の走向と発震機構の節面が一致しない等）。今後その整合性を細かく分析する。

微小地震の発震機構の解析が内陸大地震の被害軽減／強震動予測に資する点としてはどのようなことが考えられるであろうか？2000年鳥取県西部地震前の前駆的活動等を例として仮説をたてるとすると次のようなモデルが考えられる。将来活断層に沿って破壊するM7級地震とほぼ同じ発震機構をもつ微小・中規模地震の活動域があれば、それは前駆的な活動域であり、その場所が来るべきM7級大地震の破壊開始点候補とも考えられる。また、その周囲で地震活動の低い場所は、現在完全に固着しており、来るべきM7級大地震においてはアスペリティーとなる場所である可能性がある。例えば花折断層の南端部にあたる京都盆地内では、しばしば有感地震が発生するなど地震活動が活発である。これらの地震のメカニズムは東西圧縮の逆断層が多く見られる。一方、花折断層北部・中部では、1995年の花折峠の地震M5.0に見られるように、東西圧縮の横ずれ断層が見られる。この場合、ほぼ南北走向の花折断層の断層面とは、2つの節面とも一致しない。すなわちこの地域では花折断層は完全に固着し、断層の走向とは無関係に中小の地震が発生していると考えられる。

(d) 結論ならびに今後の課題

今後の研究の進め方としては、

- 1) 兵庫県南部地震直前の3年間は発震機構データは存在しない。当時の観測システムが現行のものと大きく異なるため、波形データの変換を行い兵庫県南部地震前後の変化を見るために重要なこの時期の発震機構データを得る。
- 2) 発震機構解析の基となった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用い、時間的・空間的に区分して系統的に応力変化を調べる。
- 3) 特定の活断層付近の発震機構を詳細に解析する。
- 4) 十分な押し引きデータが得られない極微小地震についても発震機構が求められるよう、振幅情報を利用した実用的かつ簡便な発震機構決定法を開発すると同時に、準リアルタイムでの発震機構（＝応力場）モニタを試みる。

(e) 引用文献

- 1) 片尾 浩：丹波山地の地震活動，月刊地球，号外 No.38, 42-49, 2002.
- 2) Maeda, N.: A method of determining focal mechanisms and quantifying the uncertainty of the determined focal mechanisms for microearthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 82, pp.2410-2429, 1992.
- 3) Iio, Y.: Depth-dependent change in the focal mechanism of shallow earthquakes: Implications for brittle-plastic transition in a seismogenic region, J. Geophys. Res., 101, B5, pp.11,209-11,216, 1996
- 4) Katao, H., Maeda, N., Hiramatsu, Y., Iio, Y., and Nakao, S.: Detailed Mapping of Focal Mechanisms in/around the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake Rupture Zone, J. Phys. Earth, 45, pp.105-119, 1997.

- 5) ト部 卓, 束田信也: win-微小地震観測網波形験測支援のためのワークステーション・プログラム(強化版), 地震学会講演予稿集, No.1, C22-P18, 1992.
- 6) Hirata, N and Matsu'ura, M.: Maximum-likelihood estimation of hypocenter ith origin time eliminated using nonlinear inversion technique, Phys. Earth Planet. Inter., 47, pp.50-61, 1987.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
片尾 浩 飯尾能久	丹波山地の微小地震の発震機構	京都大学防災研究所年報, 47, B, 673-677,	平成 16 年 4 月

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成17年度業務計画案

(3-1)

JHD法を用いた震源再決定に基づき、断層近傍での地震活動度および b 値の不均質分布を調べ、将来の大地震時のアスペリティや破壊開始点を推定する。平成17年度は、琵琶湖西岸地域と有馬高槻構造線周辺地域について解析を行い、各断層の深部構造モデルを作成する。

(3-2)

地震発震機構解の解析に関しては、応力テンソルインバージョンによる応力場の時間、空間変動の推定、および振幅情報を用いたメカニズム解の推定を行う。また、花折断層、有馬高槻構造に沿った発震機構解を詳細に解析し、活断層のジオメトリーとの関係、およびM7クラス地震の破壊開始点候補、アスペリティー位置を推定する。