

鳥取県西部地震の地震断層と周辺の活断層

岡田篤正・堤 浩之（京都大学理学研究科地球物理学教室）

1. 鳥取県西部地震の地震断層

2000年10月6日に起こった鳥取県西部地震は、従来顕著な活断層が知られていなかった地域で発生した。筆者らは、地震直後に地表地震断層の調査を行うとともに、震源周辺の空中写真の再判読を行った（堤ほか，2000）。また、鳥取県域の活断層について調査されてきた成果（岡田ほか，1981；鳥取県，1998，1999）を整理し、それらの結果に基づいて、今回の地震を発生させた震源断層と活断層の関連について考察する。

1) 鳥取県西部地震の概要

今回の地震は鳥取県西部、島根県との県境に近い地域で発生した（藤井，2000；図1）。気象庁によ

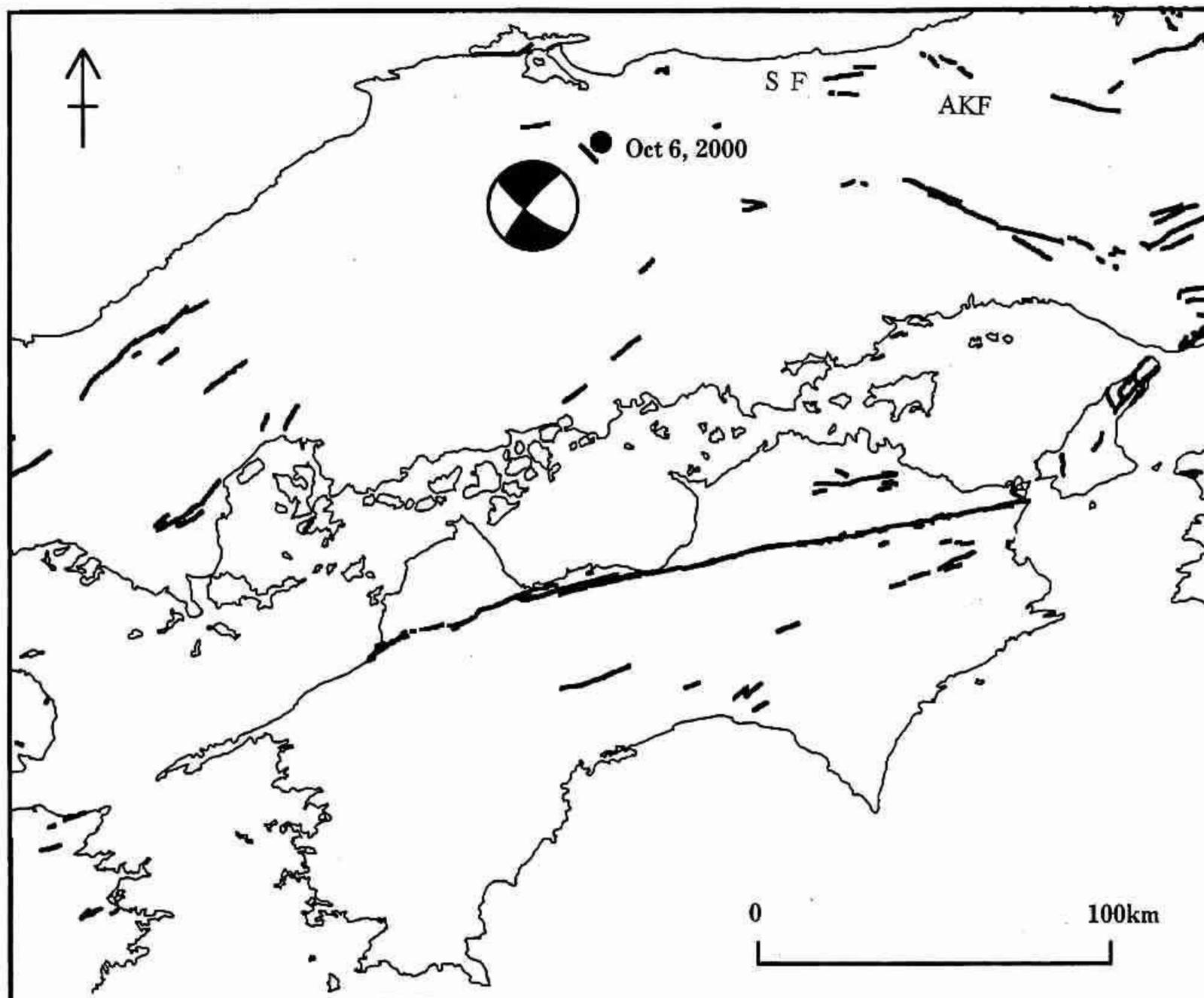


図1 中国・四国地域の活断層と2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震の震央位置（堤ほか，2000）。活断層は200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ（2000）に基づく。震源解は気象庁による。SF：鹿野断層，AKF：雨滝-釜戸断層

ると、震央は西伯町と溝口町の境に位置する鎌倉山付近に決められており(図2)、震源の深さが約11kmの内陸直下型地震である。マグニチュードはM_{JMA}7.3, M_w6.6 (Harvard)と求められている。100人以上の負傷者が出たが、死者は報告されていない。震源域には比較的小規模な斜面崩壊が多数認められた(口絵写真)。弓ヶ浜半島部では、人工的な埋立地に液状化現象が多数発生した(島根大学地震災害調査団, 2000a; 2000b)。震源域の周辺では、墓石の転倒や回転から、そうした変位をもたらした震動方向が求められている(小玉ほか, 2001)。

本震の発震機構は北東-南西と北西-南東方向のほぼ垂直な節面を持つ横ずれ型である(図1)。余震の分布から、北西-南東走向の断層面に沿って左ずれが起こったと判断される(図2)。この地域では1989年以来、マグニチュード4~5の地震が7つ発生しており、これらは10月6日の地震の余震分布に非常に近い方向に並んでいた(京大防災研究所地震予知センターHP)。

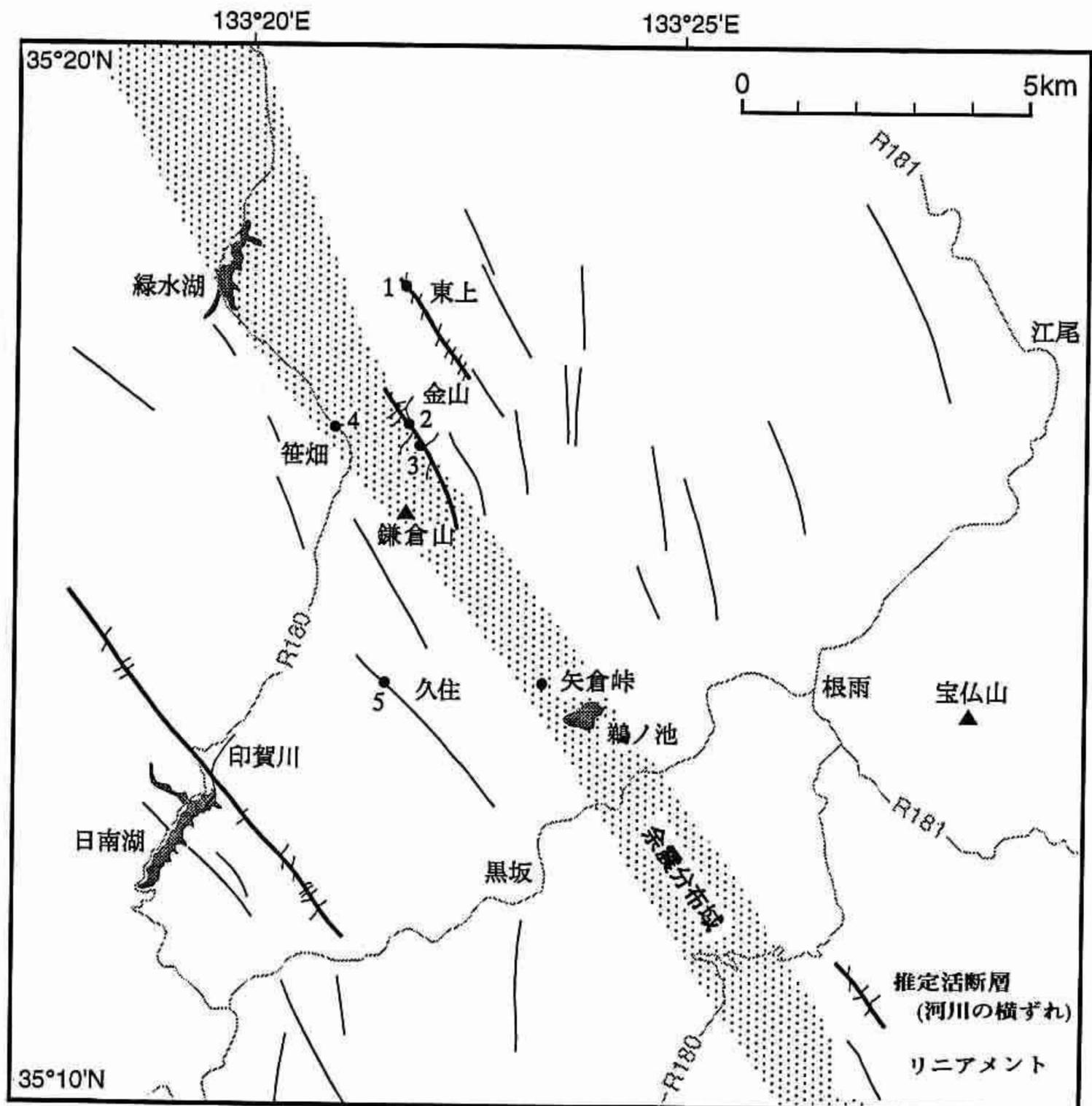


図2 鳥取県西部地震の震源域周辺の活断層・リニアメント分布図(堤ほか, 2000)。縮尺約4万分の1及び2万分の1空中写真判読により作成。余震分布域は防災科学技術研究所による余震分布図を簡略化した。

2) 震源域の活断層

地震後、震源域の空中写真を再判読し、活断層と顕著なリニアメントの分布図を作成した(図2)。活断層研究会(1991)の「新編 日本の活断層—分布図と資料」によれば、确实度Ⅲのリニアメントが記載されていた(「85 高梁」図幅、断層番号「⑥鎌倉山南方」)が、その走向は今回の地震の余震分布から推定される震源断層の走向(北西—南東)とは異なり、これは東北東—西南西方向であり、地震後に行った空中写真の再判読でも、このリニアメントを活断層と認定できる根拠は見当たらなかった。

一方、最近刊行された「200 万分の1 日本列島活断層図」(200 万分の1 活断層図編纂ワーキンググループ、2000)では、震央の南西約3kmの位置に、余震分布に平行な北西—南東走向の長さ約8kmの推定活断層を認定していた(図2)。断層線は顕著なリニアメントを呈していないが、河川の系統的な左屈曲が認められる。しかし、その多くがdown-hill方向の屈曲であること、屈曲量が印賀川の流路のずれを除いて、いずれも数10m程度であり、変位の累積性がはっきりしないことから、「新編 日本の活断層—分布図と資料」の确实度Ⅱに該当する推定活断層と判断されていた。

この他に新たに、鎌倉山の北東方に北西—南東走向の長さ約3kmのリニアメント(推定活断層)が認定された。このリニアメントに沿っては、多数の谷がdown-hill方向に左屈曲しているのが認められるが、その屈曲量はリニアメントの長さに対して大きく、また谷屈曲は必ずしも系統的とは言い難い。さらに北東方の東上付近に発達する同方向の長さ約2kmのリニアメント(推定活断層)に沿っても、down-hill方向に谷の左屈曲が系統的に認められるが、リニアメントとしてはあまり明瞭ではない。これらのリニアメントが活断層であるか否かの判断はより詳細な調査を必要とするが、すでに認定されていた日南湖北東方の推定活断層と比較した場合、确实度がさらに低いものであると判定される。

これらの推定活断層以外にも、北西—南東走向の明瞭なリニアメント(長さ4km以下)が数多く認められる(図2)。しかし、いずれのリニアメントも最近の地質時代における活動を示す地形学的証拠を伴っておらず、活断層とは認定されない。また、リニアメントの分布と余震の分布には明瞭な相関は認められない。

今回の地震に伴って、西伯町笹畑周辺で地表地震断層の可能性のある地変が認められたとの報告が地質調査所よりなされている(2000年10月10日地震予知連絡会資料;伏島ほか、2001)が、笹畑から緑水湖へ北西方向に延びる谷に沿っては、明瞭なリニアメントは認められない。

2. 鳥取県域周辺の活断層の特徴

1) 鹿野断層の特徴

鳥取地震時には、雁行状に配列する吉岡断層と鹿野断層に沿って、明瞭な地表変異が表れた(津屋、1944;築地、1948;西田ほか、1993)。鹿野断層は東北東—西南西方向に約8km、吉岡断層はほぼ東西方向に約5km連続し、不明瞭ながら尾根や河谷に変位地形が認められる。

鹿野町と鳥取市の境界に位置する赤坂峠や、鳥取市南西方の口細見には、花崗岩(白亜紀後期)と白兔層(火山麓扇状地礫層と推定される鮮新統)及び白兔層中の断層が観察される(図3;図4;図5)。これらは位置や性状からみて、鹿野断層の露頭と判断されるが、走向・傾斜はそれぞれ $N75^{\circ}E$ ・ $70^{\circ}N$ 、 EW ・ $65^{\circ}N$ を示す。これらの断層には幅1cm内外の粘土帯が、幅数10cm程度の断層角礫帯が伴われるのみで、活断層沿いの断層破碎帯や細粒物質の幅が比較的狭く、規模(変位総量・延長距離・1回の変位量など)も大きくない。

これらの周辺の尾根や河谷には右横ずれ状の屈曲が認められ、尾根筋には北側低下の高度不連続がみられる(図5)。屈曲量は最大でも130m以下であり、高度不連続は30m程度以下である。花崗岩とその上に載る白兔層との不整合面を変位基準にしても、上下変位量は56~80mである。これらから、横ずれ・縦ずれの変位量が推算でき、指標とした変位基準の年代値から、変位速度の概数も求められる。

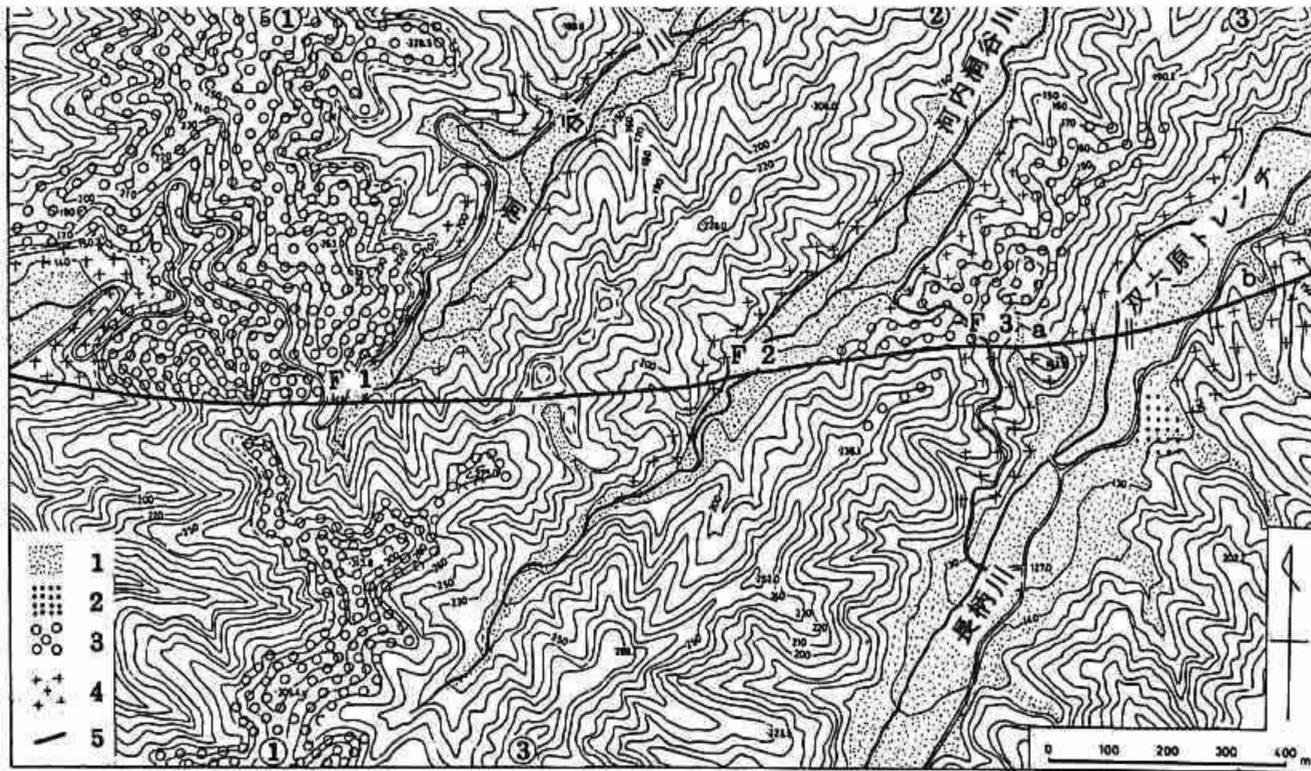


図3 鹿野断層中部（赤坂峠から双六原地区）の地形図と地質概略図（岡田ほか，1981）．基図の等高線は10m間隔で，国土基本図（縮尺5千分の1）に基づく．1:沖積層，2:段丘礫層，3:白兔層，4:花崗岩，5:鹿野断層

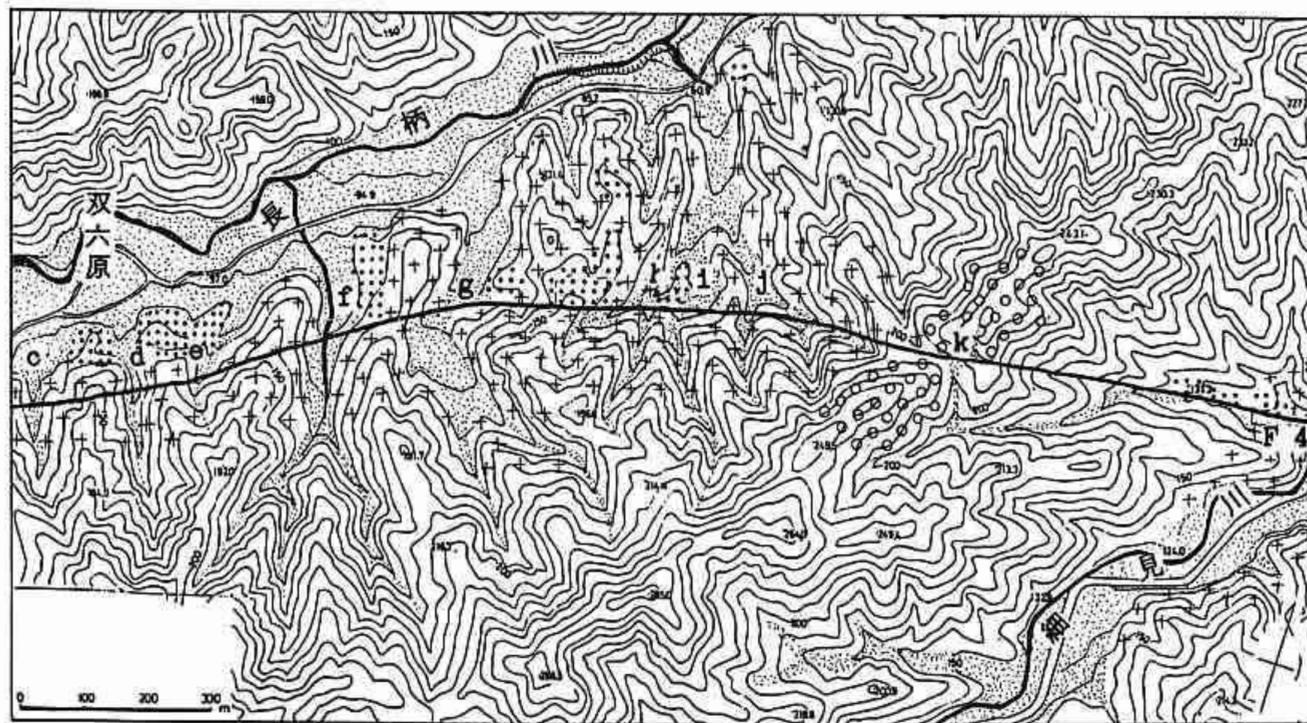


図4 鹿野断層中部の地形・地質縦断面図（岡田ほか，1981）．基図の等高線は10m間隔で，国土基本図（縮尺5千分の1）に基づく．凡例は図3に同じ．

また，1978年には鹿野断層のトレンチ調査が行なわれた（岡田ほか，1981）．この調査によって，この8000年間に2回，1943年鳥取地震程度の大地震が鹿野断層沿いで起きたことが明らかにされた．活動間隔は4,000～8,000年であり，かなり長い間隔であることが判明した（岡田ほか，1981）．

このトレンチ調査地点においては，1943年地震の際の水平変位は1.5mである．この1つ前の地震も同様に，1.5mの横ずれ変位を伴ったとすると，8,000年間に3mの変位が生じたことになる．繰返し間隔が各地点ごとに一定と仮定すれば，平均変位速度は0.2～0.4mm/yrとなる．すなわち，7,970yBPの年代が得られたB5層が堆積した直後に地震が起きたと仮定した場合，変位速度は0.2mm/yとなり，B-5層が堆積（7,970yBP）してから，鳥取地震とのちょうど中間（約4000yBP）に1回地震が起きた

と仮定した場合、 0.4mm/y の値が得られる。実際には、これらの値の間をとるものと考えられる。こうした平均変位速度はB級の下位に属するものである。

尾根や河谷の屈曲は最高位段丘面（約30万年以降）の形成とみなされ、その屈曲量と年代から、鹿野断層の平均変位速度は 0.1mm/y 程度と求められる（岡田ほか，1981）。

これらの値は似通っており、これが有意なものとする、以下のような原因が考えられる。①最近30万年間に、現在に向かって地震繰返し間隔が短くなった、または1回の地震の際の変位量が大きくなった。②この程度のバラツキは地震繰返し間隔の間に存在する。

この断層が比較的若いことから、①は考えやすい。つまり、断層が“成長”していくためともいえる。この断層により変位させられた河川の屈曲量が最大130mに過ぎず、このずれが 0.1mm/year の変位速度で生じたものとする、断層の活動の開始時は今から130万年となる。東北日本・中部日本の主要な活断層が第四紀前期から活動を開始したことを考えると、比較的新しい断層といえる。

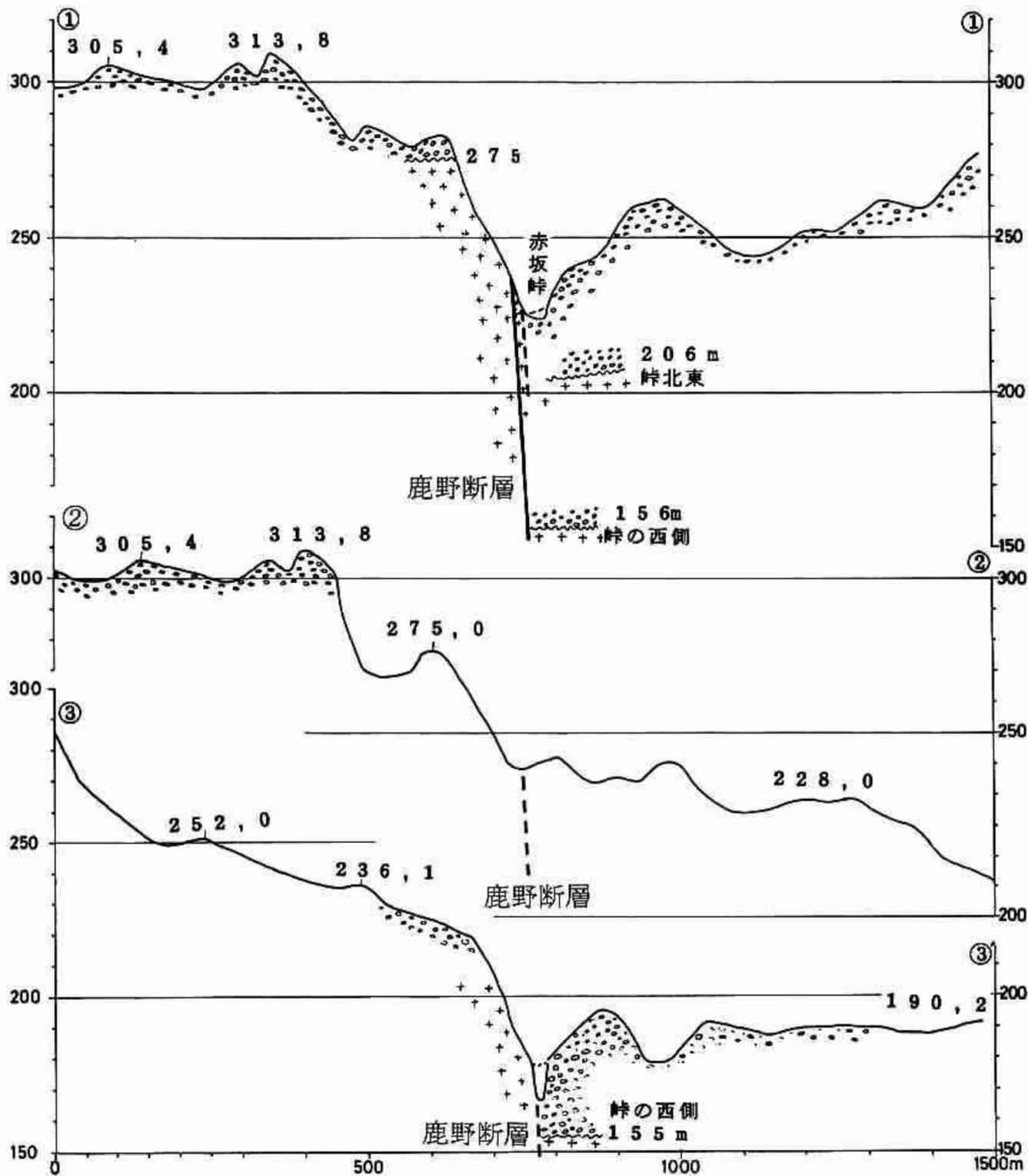


図5 鹿野断層を横切る地形・地質の南北断面図（岡田ほか，1981）。①-①'，②-②'，③-③'の各断面の位置は図3に示す。地質の記号は図3に同じ。

このよう若い断層が成長と共に平均変位速度を増すと考えられる。もし地震時の応力降下量が常に一定ならば、1回の変位量は断層の幅（または長さ）に比例して増す。

鹿野断層に沿う微小地震の深さは、断層の両端に何かって浅くなる。この“舟底型”を示す微小地震の分布は、断層が徐々に水平および垂直方向に成長していくことを表しているようにもみえる。変位速度が時間と共に増してきたとの考えも否定できない。

一方、②の可能性も残る。鹿野断層の例をもし普遍化し得るものなら、地震間隔のバラツキはあり得る。一般に10万年、100万年の地形・地質データから求めた変位速度は、より短い最近の資料から求めた値に比べ低くなることが多い。上記の結果は、長期間のデータから求めた変位速度を基に最近の変位速度を推定する際には、バラツキの上限として3倍程度みつめる必要があることを示唆する。

上記のように、鹿野断層の最近1万年程度の変位速度と、数10万年に及ぶ変位速度とが近い値をとることが示されたが、この断層の横ずれ変位や上下変位量の総量は、130m及び80m以下であり、変位速度も0.4m/千年以下である。

2) 雨滝一釜戸断層の特徴

鳥取県は科学技術庁交付金制度を利用して、雨滝一釜戸断層系の活断層調査を平成9～10年度に実施した。この成果は報告書（鳥取県，1998）や予稿集（鳥取県，1999）で公表されている。

この断層は雨滝一釜戸断層、栃本南方断層、上山高原の断層や付随するリニアメントなどからなる。鳥取県東部に位置し、北北西－南南西方向に約11km延びる活断層系であり、活断層研究会（1991）とでは細部で位置がやや異なる。このうち、雨滝一釜戸断層が中央部に位置し、主要な断層である。しかし、断層変位地形は全体としてもさほど明瞭でなく、延長距離も比較的短い。

a) 概要

空中写真判読では、調査地域において地形分類・地形面区分及び断層変位地形・リニアメントの判読を行い、9本の活断層の可能性のあるリニアメントを抽出した。各リニアメントの確実度は、L-1（雨滝一釜戸断層）、L-2でⅡ～Ⅲ、L-3（栃本南方断層）、L-4（上山高原の断層）でⅡ、その他でⅢであり、活断層としての可能性は推定または疑いの域を出ないことが明らかになった。すなわち、活断層地形としては、いずれも不明瞭であり、しかも幾つかの雁行状に分布する活断層に分かれて発達する。

b) 調査結果

雨滝一釜戸断層沿いの断層露頭 f16 について露頭精査を実施した結果、大坂地区では凝灰岩が幅約2.2mにわたって破碎帯を形成しており、破碎帯の南端を境として南側が大きく落ち込み、全体として南落ち逆断層となっていることが判明した。ここでは、2層ある段丘礫層のうち、上位のものは断層による変位を受けていないが、下位の段丘堆積物は断層に切られており、堆積物中に含まれるシルト層¹⁴ C年代が6,460 ± 402年前であることが明らかになった。このことから、断層露頭 f16 地点での活動時期は約6,500年前以降と推定された。また、その上下変位量は、少なくとも破碎帯の落差である75cm以上といえる。

断層露頭17についても露頭精査を実施したところ、東へ傾斜した東側隆起の逆断層が確認された。断層面の走向・傾斜は、N18°W・48°Eであった。火山灰分析を行った結果、この露頭では大山倉吉軽石層（DKP：約5万年前）、始良Tn火山灰層（AT：約2.5万年前）が見出されたが、断層はDKPより下位の砂礫層からATより上位の腐植土層までを切断していることが確認された。ATの下面を基準とすると、上位は110cm以上、同じくDKPでは200cm程度の上下変位であった。

地層の変形程度や、断層を挟む地層の分布状況からみると、DKP堆積以前と堆積以降にそれぞれ少なくとも1回は断層活動があったと推定される。

c) 調査結果のまとめ

2ヶ年の調査結果で、雨滝一釜戸断層系について、以下のような評価ができるようになった。

(1) 活動時期

最新の活動時期は約 6,500 年前以降、約 3,600 (14 C) 年前以前である。その他の活動時期に関する資料として、AT (約 2.5 万年前) 堆積以降に少なくとも 2 回あった可能性が高い。また、DKP (約 5 万年前) 堆積以降に 3 回の活動があり、DKP 堆積以前にも活動した可能性がある。

(2) 活動間隔

確認できた範囲から推定される活動間隔は、9,250 年～ 23,200 年程度であり、これ以上の限定はできなかつた。

(3) 活動度 (平均上下変位速度)

0.05 ～ 0.12m / 1,000 年であり、上下変位は B 級の最小値から C 級である。

(4) 単位変位量

数十 cm 程度であるが、これには横ずれ成分を考慮していない。

(5) 長期予測

南滝一釜戸断層系は過去数万年間に繰り返し活動した活断層であることが判った。判明した範囲では、活動間隔が非常に長いと推定され、最新活動時期から判断して、断層全体が動いてマグニチュード 6.5 クラス以上の地震が起きるような大規模な活動が差し迫っているという証拠は得られなかつた。

しかし、鳥取県周辺では、活断層付近を起源として、マグニチュード 5 ～ 6 クラスのやや規模の小さい地震が数十年に一度の割合で発生しており、南滝一釜戸断層系が震源となる可能性も否定しきれないとした。

(6) 断層破碎帯

段丘礫層と基盤岩石が断層で接している露頭や、上記のようにトレンチ調査で活断層の露出が観察された。しかし、これらの破碎帯は幅数 m 程度であり、大きなものではない。地形的な累積変位量も最大でも数 100m 程度であり、変位速度も B-C 級である。

3. この地域の活断層の特徴と鳥取県西部地震域の活断層

この地域のもっとも代表的な活断層である、鹿野断層や南滝一釜戸断層でさえも、以下にまとめられるような特徴 1) 2) をもつことが判明してきた。また、鳥取県地域における活断層の発現時期は第四紀中頃以降と新しく、しかも新期の新期の活断層系を発生させてきている。中部や近畿地方の活断層の発現時期は少なくとも第四紀初頭に始まることや、累積変位量が大きく、大規模な断層破碎帯を伴うことなどに比べて、著しく対照的である。

鳥取県域の活断層の特徴を以下にまとめることができる。

1) 活断層の全体的な特徴として、a) 断層線は 10km 程度と短い。b) 活断層は雁行状に配列し、累積変位量が小さい。c) 横ずれの変位総量も数 100km 以下であり、変位速度も B 級以下で小さい。d) 個々の活断層の活動間隔も数千年以上と長い。e) 断層破碎帯の幅は数 m 以内と狭く、断層粘土帯も幅数 cm 以下と概して未発達である。

2) 上記の諸特徴は、丹後半島から島根県域までを含めた山陰地域の活断層の一般的な傾向である。これらは第四紀中頃以降から活動を始めたもので、断層線は雁行状に配列して活断層の発達過程では初期の段階を示し、断層破碎帯も未成熟とみなされる。この地域では B-C 級の活断層が分布するが、地殻応力の蓄積はとくに高いとは言えない。活断層に沿う変位の累積性が大きくないことは、活動の開始時期が中部や近畿などに比べて遅く、活動間隔も長いことを示唆している。

3) しかしながら、江戸時代後期の 1872 年浜田地震 (M7.1) や、1943 年鳥取地震 (M7.2) 以降、この周辺には直下型の大地震がかなり多く発生しており、一般的に長い活動間隔をもつ活断層が分布する地域の割には、近年は活動期になっていると思われる。

4) 鳥取県西部地震の震源にまさに一致する活断層は認められないが、周辺には左横ずれ活断層を示唆するリニアメントは存在する。この地震時に明瞭な一続きの地震断層は出現しなかつたが、微弱な変

位を伴う、幾つかの地震断層群として現れた可能性がある。震源域を中心に幅広い地帯に分散してみられる活断層やリニアメントが存在し、地表ではそれらが動いたようである。なお、これらと周辺の比較的小規模な活断層との関連については、地質調査所や電力中央研究所などが詳しい現地調査を現在も実施しており、今後の重要な調査課題となっている。

5) 鳥取県西部地震の震源断層は、まだ地表には一連の活断層として姿を表していない（到達していない）地下深部の断層とみなされる。このような断層は成長初期の段階であり、こうした断層でも比較的大きな地震を発生させる能力があることが判明した。山陰地域はこのような活断層が分布する場所に該当し、西南日本弧の日本海側変動帯として、第四紀中期以降に地殻運動が徐々に活発化しているとみなされる。

6) 一方、中部や近畿地方のような明瞭な活断層が密に発達する地域は鮮新世後期頃から変動帯に組み入れられ、その中での活断層の場所の移動や変遷はあるものの、全体として大規模な活構造が内帯の全域に発達しており、山陰地域とは著しく異なる地体構造域となっている。

参考文献

- 藤井直之 (2000) : 地震予知連絡会情報. 地震ジャーナル, 30, 73-93.
- 活断層研究会 (1991) : 新編日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会, 437 頁.
- 小玉芳敬・矢野孝雄・岡田昭明・松山和也 (2001) : 2000 年鳥取県西部地震速報—墓石の回転を中心にして. 地理, 46-2, 39-47.
- 200 万分の 1 活断層図編纂ワーキンググループ (2000) : 200 万分の 1 日本列島活断層図. 活断層研究, 19, 添付地図.
- 岡田篤正・安藤雅孝・佃 為成 (1981) : 鹿野断層の発掘調査とその地形・地質・地震学的考察. 京都大学防災研究所年報, 24B-1, 105-126.
- 島根大学地震災害調査団 (2000a) : 2000 年 10 月 6 日鳥取県西部地震の被害状況について. 日本地質学会 News, 3(12), 2-5.
- 島根大学地震災害調査団 (2000b) : 2000 年鳥取県西部地震の被害 : 速報. 地球科学, 54, 360-362.
- 伏島祐一郎・吉岡敏和・水野清秀・井村隆介・小松原 琢・宍倉正展 (2001) : 2000 年 10 月 6 日鳥取県西部地震の際に生じた地表の変位. 北淡活断層シンポジウム 2001 発表要旨集, 63-64.
- 鳥取県 (1998) : 平成 9 年度地震関係基礎調査交付金 雨滝—釜戸断層系に関する調査成果報告書. 50 頁+資料付図.
- 鳥取県 (1999) : 雨滝—釜戸断層系に関する調査. 第 3 回活断層調査報告会予稿集, 科学技術庁, 159-168.
- 築地 明 (1948) : 鳥取地震に於ける活断層と地形とに関する若干の観察. 地理学評論, 21, 239-247.
- 堤 浩之・隈元 崇・奥村晃史・中田 高 (2000) : 鳥取県西部地震震源域の活断層. 月刊地球, 号外 31, 81-86.
- 津屋弘達 (1944) : 鹿野・吉岡断層とその付近の地質—昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震に関する地質学的考察—. 地震研究所彙報, 22, 1-31.