



山陰地方の活断層の諸特徴

岡田 篤正*

Characteristics of the active faults in the San'in district, western Japan

Atsumasa OKADA *

Abstract

Several active and seismic faults are sporadically distributed in the San'in (northern Chugoku) District in the western part of Honshu, Japan. As the detailed surveys including trench excavations for these active faults have been recently carried out, common characteristics among these faults have clarified as follows:

- 1) The features of the fault morphology in this district are not so obvious, and cumulative offsets are always smaller than a few hundreds of meters.
- 2) All active faults are strike-slip type, in which arcuate ENE-WNW trending ones are dextral, and NNW-SSE trending are sinistral. These are distributed within the active mobile zone between the north side of the Chugoku Mountains and the southern Japan Sea fault zone (SJSFZ).
- 3) Each active fault (zone) is composed of a few to several faults arranged with an echelon segment or accompanies the diverged branch. Although linear or slightly curving trace extends continuously, the total length of each fault is shorter than 25km.
- 4) The fault shattered zone is usually not wide and narrower than a few 10 cm. And these faults do not indicate the reactivity along the pre-existed wide shattered zone.
- 5) The newly developed active fault system has been formed under the stress field with maximum compressional axis of WNW-ESE direction since the middle Quaternary. The maturity of each fault is in the young stage.
- 6) As even indistinct lineament or active fault has potential to produce large earthquake of M7 class in this district, the careful further more detailed surveys are required.
- 7) This centennial is the seismically active period in this district after the quiescent recurrence interval of about one thousand of years.

はじめに

山陰地域は周辺の中国・四国・北九州地方などに比べて、歴史時代における大地震の活動が顕著であり、いくつかの地表地震断層が出現している(活断層研究会, 1980, 1991; 第1図)。こうした地震断層については、トレンチ調査を含む詳しい各種の調査が行われてきたが、歴史時代の活動が知られていない活断層についても詳細な各種の調

査が最近実施され、これらの性格が判明してきた(岡田ほか, 1981; 鳥取県, 1998, 1999)。

しかし、2000年10月6日に起った鳥取県西部地震(M=7.2)は、活断層の存在が従来知られていなかった地域で発生した(第2図)。大学研究者も地震直後から地表地震断層の調査を実施し、震央周辺の空中写真の再判読を行ってきた(堤ほか, 2000; 岡田・堤, 2001)が、産業技術総合研究所や電力中央研究所なども詳しい現地踏査や各種の調査を行い、それらの成果も公表されてきたので、これらの地

* 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻

* Department of Earth and Planetary Science, Kyoto University



第1図 山陰地域の主な地震の発震機構解と活断層

主な活断層 (①更毛断層, ②郷村断層帯, ③山田断層帯, ④雨滝-釜戸断層帯, ⑤吉岡断層, ⑥鹿野断層, ⑦岩坪断層, ⑧鳥取県西部地震域の断層位置, ⑨鹿島断層, ⑩山崎断層帯), 内陸大地震 (M7.3以下) の発震機構解 (上半球投影) は地震断層を伴った1927年以降のみ示す。Gutscher and Lallemand (1999) の北中国剪断帯 (North Chugoku Shear Zone), Itoh *et al.* (2002) の南部日本海断層帯 (Southern Japan Sea Fault Zone: SJSFZ) の位置を図示。

域における活断層相互の比較検討が可能となってきた。

そこで、1927年北丹後地震時に活動した郷村・山田断層、1943年鳥取地震時の吉岡・鹿野断層、2000年鳥取県西部地震域の活断層だけでなく、鳥取県東部を斜断する雨滝-釜戸断層帯や鳥根半島東部を縦断する鹿島断層など、近年詳しい調査が実施されてきた活断層についても、それらの性質を検討し、山陰地域の活断層に共通する現象や特徴について考察する。

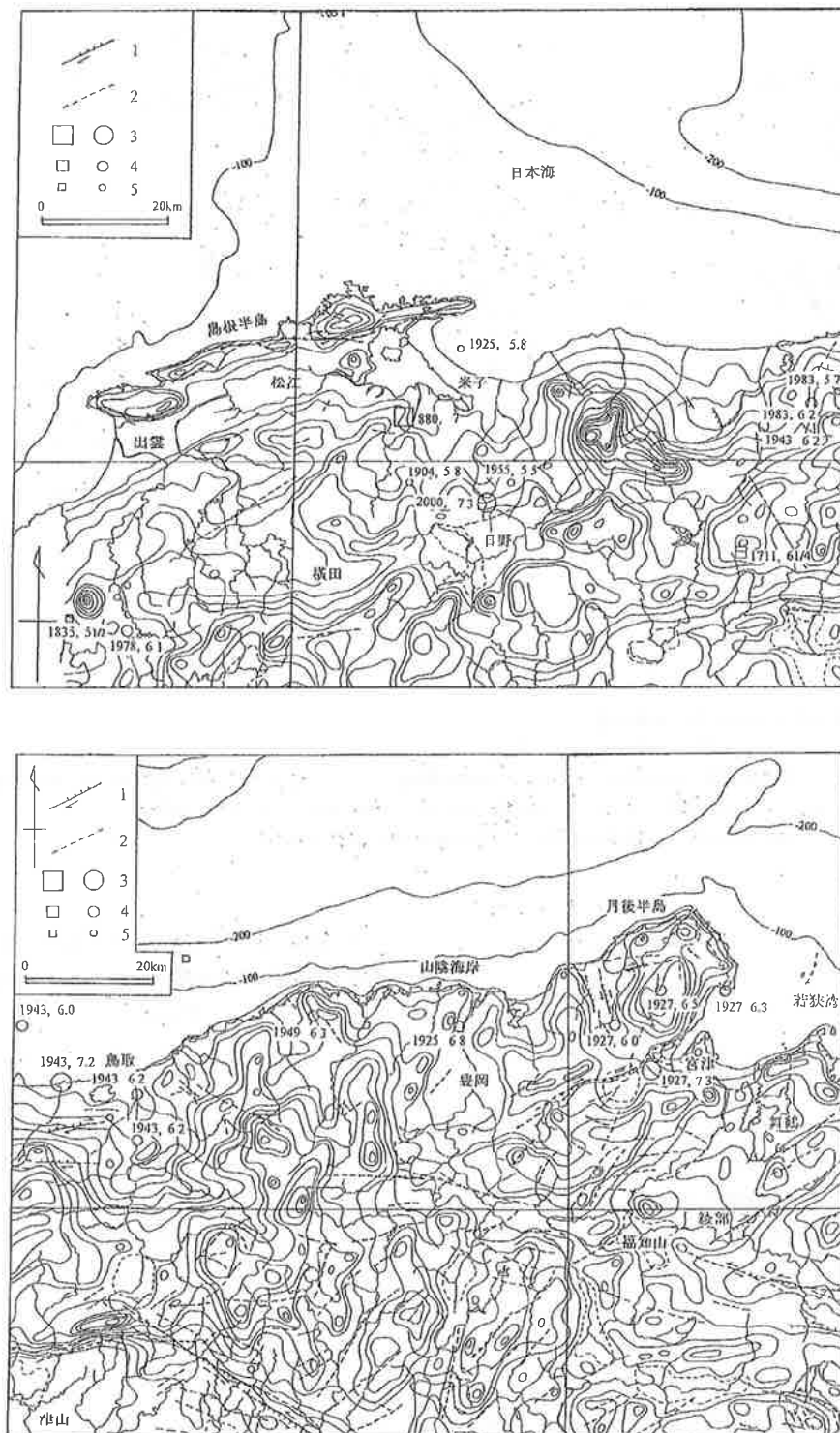
ところで、Gutscher and Lallemand (1999) は主に近年発生した地震の発震機構解と分布などから考察して、山陰地域に沿う北中国剪断帯 (North Chugoku Shear Zone) と名付けた右横ずれ断層帯を提唱している (第1図) が、活断層に関する情報はほとんど取り扱われていない。また、Itoh *et al.* (2002) は南部日本海断層帯 (Southern Japan Sea Fault Zone: SJSFZ) と名付けた右横ずれ活断層帯が、鳥根半島南側から南部日本海を経て越前岬の北側に至る約300kmにわたって東北東-西南西方向へ延びるとみなしている。この両側の陸上部での活断層地形とその間の日本海底で行われた探査結果による活構造について検討して、中央構造線活断層系と対をなす鳥根並行活断層帯の存在を提唱している (第1図)。

上述のように、山陰地域は最近の約150年間には、M7クラス以下の大地震が多発しており、地殻変動が活発な地帯と予想されるが、一方、海成段丘の分布高度や活断層の分布密度・活動性などから見ると、第四紀後期の地殻運動

がとくに顕著であるとは考えられない (小池・町田編, 2001)。こうした特異な地域であるので、丹後半島から鳥根半島までの区間における主な活断層と地震断層の諸特徴を東から西へ次に考察する。

北丹後地震の地震断層の特徴

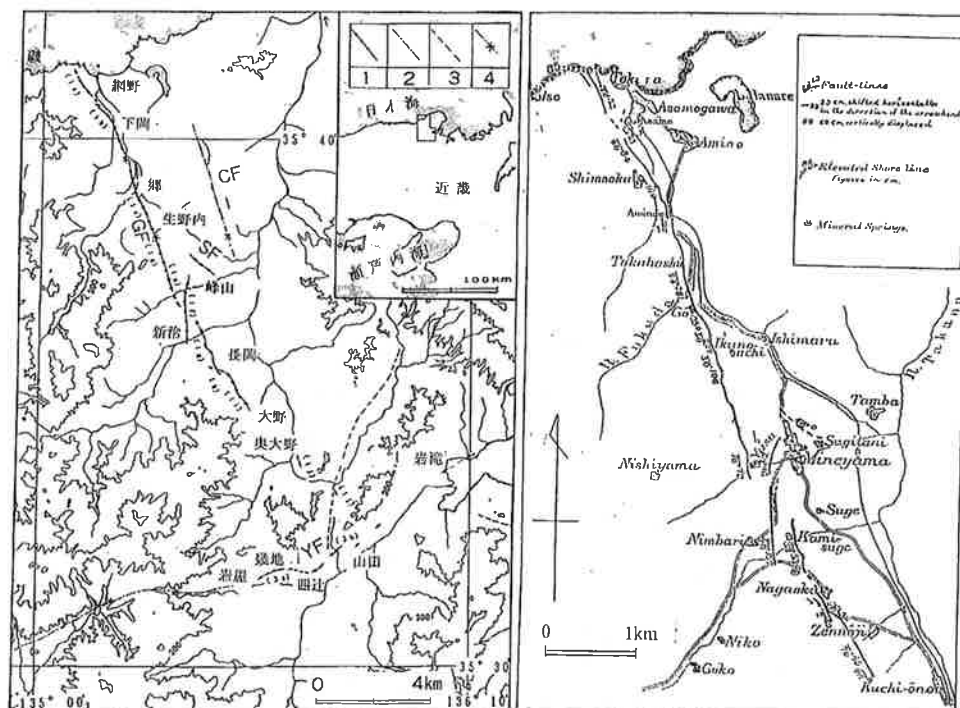
1927 (昭和2) 年3月7日に丹後半島の基部付近 (北緯: 35.53°, 東経: 135.15°) を震央とした大地震 (M=7.3, 深さ: 0km) が起り、甚大な被害が周辺域に生じた (山崎, 1985; 宇佐美, 1987)。この地震は一般には北丹後地震とよばれ、これに伴って、郷村断層帯および山田断層帯で代表される、2系統の明瞭な北丹後地震断層系が現れた (岡田・松田, 1997; 第3図)。この地震は1923年関東地震 (M=7.9) や1925年但馬地震 (M=6.8) に続いて発生したので、社会的関心が高く、多くの機関の研究者が震災地域を訪れて、被害や地震断層の調査を行い、実に数多くの研究成果が公表されている (中村, 1927; Yamasaki and Tada, 1928; 渡辺・佐藤, 1928; 田中, 1928; 山崎, 1985; 岡田・松田, 1997)。近年になっても、地質調査所によるボーリングやトレンチ掘削調査が実施され (佃ほか, 1989a, 1989b, 1993)、段丘面と広域火山灰層との関係も判明した (植村, 1981, 1985) ので、活動履歴・間隔や変位速度などが解明されてきた。とくに、北丹後地震時の地震断層の総括や断層変位地形、さらに地質との対応などから、以下の



第2図 山陰地域の接峰面図と活断層・リニアメント・歴史地震の震央(活断層研究会, 1991ほかより編集)

陸上は岡山(1988)による接峰面の等高線で間隔100m, 海底等深線は100m間隔。

1: 活断層(確実度Ⅰ), 2: 活断層・リニアメント(確実度Ⅱ・Ⅲ), 3~5は歴史地震の震央であり, □は1984年以前, ○は1885~1987年である。3: $M \geq 7.0$, 4: $6.9 \leq M \leq 6.0$, 5: $M \leq 5.9$, 2000年の鳥取県西部地震の震央を加えた。



第3図 北丹後地震の地震断層

左：北丹後地震の地震断層(岡田・松田, 1997). 等高線間隔は200m.

1：北丹後地震の地震断層, 2：既存の第四紀断層, 3：リニアメントと推定活断層, 4：断層露頭, GF(1)：郷村断層帯, SF(2)：杉谷断層, YF(3)：山田断層帯, CF：仲禅寺断層.

右：郷村断層帯と杉谷断層の分布状況(Yamasaki and Tada, 1928)

ような事柄が判ってきた(岡田・松田, 1997).

1. 郷村断層帯

1) 地震断層の特徴

郷村断層帯は雁行状に配列する数本の断層からなり、 $N30^{\circ}W$ 方向に連なる。陸上部での延長距離は明瞭な部分で約14kmであり、南東部はミ型の雁行状配列となって、徐々に不明瞭になる。地震断層は既存の断層にはほぼ沿って発現した。郷村地震断層帯中の個々の断層は変位量の中心がほぼ中央部にあり、その量は両端部に向かって徐々に減少していく。

これら地震断層は他の断層に変位が引き受け継がれるように配列し、全体として郷村断層帯が形成されている。郷村断層帯全体では、網野町郷付近が地震時の左ずれ変位量が極大値(約3m)を示し、これは両端の方向に減少するので、郷付近がこの断層帯としての中心部であろう。上下変位量は約1m以下であり、とくに顕著な極大値はみられなかった。

郷村断層帯の陸上部は上述のように判明したが、余震分布域(渡辺ほか, 1984)からみて、北西の日本海海底方向へ少なくとも長さ約4kmは延長すると推定される。郷村断

層帯は北丹後地震時の中心部を構成するとくに明瞭な地震断層群であり、変位量が大きく、この全線にわたって断層変位が認められた(第1表)。

2) 活断層としての性質

郷村断層帯沿いの変位地形はさほど明瞭でないが、各所に比較的小規模な変位地形が認められる。この横ずれ量と形成年代からみて、平均変位速度はB級の下位からC級の活断層であると認定される(岡田・松田, 1997)。

とくに、郷村(=高橋)断層の郷南東方では、累積性を示す変位地形が認定できる(第4図)。この郷村断層詳細地形図の中央部に位置する郷一生野内の間の尾根や河谷に系統的な左横ずれ地形が認められる。その量は100m程度であり、河谷や尾根などの左ずれ屈曲がそれぞれ5・6本認定される(松田ほか, 1977; 岡田・松田, 1997)。郷村断層沿いでは、1927年北丹後地震時に郷付近で最大変位量が観察され、その南東側の尾根・河谷で上記の左ずれが認められるので、この約100mの値が左ずれ総変位量とみなされる。

3) 断層破砕帯

現地踏査でもトレンチ調査でも地震断層に沿ってわずか

第1表 郷村断層帯の諸性質

断 層 名	郷 村 断 層 帯
長 さ (km)	陸上部の長さ：約14km, 北西海底へ約4km延長する可能性
走 向 / 傾 斜	N30°W / ほぼ垂直
断層変位様式	左ずれ・南西側上がり
平 面 分 布 形	雁行状(ミの字状)配列
累 積 変 位 量 (変位量m)	左横ずれ：100m程度, 南西側隆起：数10m程度
活 動 度 (変位速度)	横ずれ変位B～C級
最大地震規模 (M)	M=7.3
活動履歴(活動間隔)	>6,000年(約10,000年)
1 回 の 変 位 量	横ずれ(左ずれ：最大約3m), 上下(南西側上昇：1m)
普段の地震活動	余震活動
歴史時代の地震活動	1927年3月7日 (M=7.3, h=0km)
活 動 間 隔 (年)	約10,000年
備 考	北丹後地震時に現れた地震断層は地形学的に断層線と認定される全線で動き、変位量は左ずれ最大3m、南西側の隆起は最大1mである。断層線長と変位量からみて、この起震断層帯から起きる最大地震とみなされる。変位開始時期は、活動間隔と累積変位量からみて、第四紀中期以降で説明可能。大規模な断層破碎帯は伴われていない。

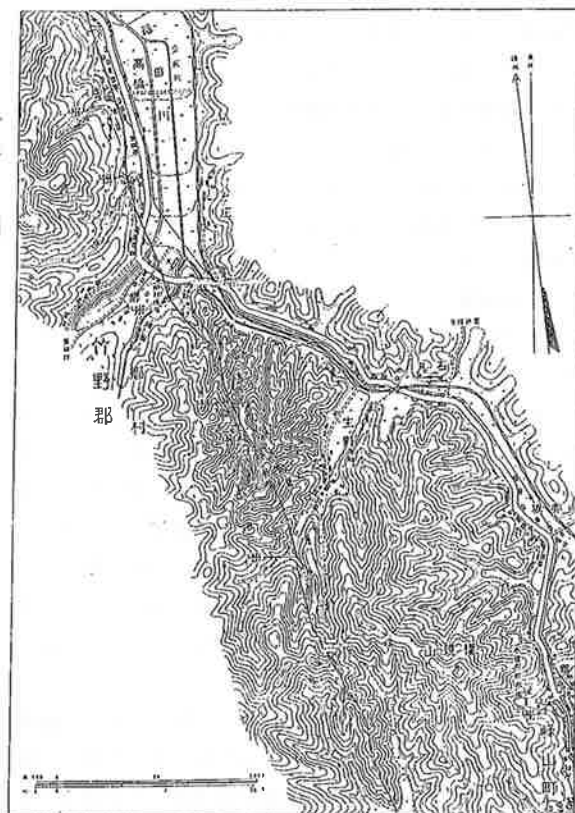
な断層破碎帯は認められるが、その幅は数10cm以下である。比較的新鮮で堅硬な基盤岩石(安山岩)と沖積層とが接する主断層面と幅数cmの断層ガウジが郷小学校北側で行われたトレンチ法面で観察され、ボーリング調査を考えると、断層は花崗岩とそれに貫入した安山岩との境界部に発達している(佃ほか, 1989b)。基盤岩石の破碎は僅かであり、規模の大きな断層破碎帯は伴われていない。

4) 活動間隔

断層活動の間隔はトレンチ調査でも現地踏査でも6000年以上と長く(佃ほか, 1989b)、おそらく1万年程度とみられる(植村, 1994; 岡田・松田, 1997)。こうした性質をもつ活断層が第四紀後期の約50万年間に北丹後地震のような活動(約2mの左ずれ量)を繰り返せば、100mに及ぶ左ずれ変位も説明できる。

2. 山田断層帯

山田断層帯は丹後半島基部に位置する東北東-西南西走向の断層であり、右ずれで北側隆起を伴う。北東から男山断層、“岩滝”、“下山田西方”、“上山田”、岩屋断層、中藤断層からなり、男山断層の北東にある日置断層を含めて考える場合もある(岡田・東郷編, 2000)。



第4図 郷村(=高橋)断層の主要部の変位地形(大日本陸地測量部, 1927; 多田, 1970)

地震断層沿いに作成された詳細地形図であり、郷一生野内の間の尾根・河谷に系統的な左横ずれ地形が認められる。

山田断層帯の現地調査については、上山田地区で行われたトレンチ調査(佃ほか, 1993)のほか、南西部の中藤断層でのトレンチ調査や群列ボーリング(吉岡ほか, 2001)がある。1927年北丹後地震時には、山田断層帯沿いの上山田付近でのみ、明瞭な地表地震断層が出現した。変位量分布や余震分布を検討した結果、北丹後地震は郷村断層の活動により発生したと考えられている。上山田地区で見られた地震断層も、郷村断層の南東延長部に当る部分のみ誘発的に活動したと推定されている(岡田・松田, 1997)。

以下に、山田断層帯の性状や活動について解説する。

1) 断層の特徴

山田断層帯は第3図左に示されるように、京都府宮津市江尻付近から兵庫県出石郡但東町唐川付近まで延び(岡田・東郷編, 2000)、長さは約27kmであるが、日置断層(約6km)を含めると約33kmになる。なお、山田地震断層帯の長さは約3kmとされている(岡田・松田, 1997)。

一般走向は、野田川町四辻を境に、西部(中藤断層、岩屋断層)では東北東-西南西、東部(“上山田”、“下山田西方”、“岩滝”、男山断層)では北東-南西である。東部の日

置断層では北北東-南南西走向を示している。

断層面の傾斜として、岡田・松田(1997)は野田川町岩屋西方の深層風化を受けた花崗岩中の破碎帯が 60° 北傾斜としているが、活断層としての山田断層かどうか判断できない。一方、上山田地区トレンチ(佃ほか, 1993)の壁面で観察された山田断層は北傾斜を示し、上部に向かって次第に緩傾斜になる。

2) 活断層としての性格

野田川町四辻以西の山田断層帯西部(中藤断層, 岩屋断層)では、尾根や河谷群の屈曲から右ずれと認められる。北丹後地震の際に現われた地表変位も右ずれであり、全体的な傾向と調和的である。空中写真判読の結果から、岩屋川支流の河谷の屈曲(幾地で70m)、尾根・河谷群の屈曲(下山田西方で50~100m、幾地西~岩屋北で20~80m、岩屋峠東~虫生北で20~100m)、河谷の屈曲(高隆寺で250m)が認められている(岡田・東郷編, 2000)。なお、北丹後地震の際の地表変位は山田地震断層で右ずれ0.95mであった。

山地上部にある小起伏面と低地面との間にみられる断層崖は比高200~450mに達する。低位段丘面の撓曲崖は難波野や男山東方で5~10m、沖積扇状地面の低断層崖や撓曲崖は国分、下山田、幾地で2~3m、高位段丘面の低断層崖は高竜寺で30mと算出される。

3) 断層破碎帯

岡田・松田(1997)は、野田川町岩屋西方での深層風化を受けた花崗岩中の破碎帯の幅を約3mとしたが、これが活断層としての山田断層かどうかは判断できない。中藤断層では、中藤北東約700mの位置に、クサリ礫層と花崗岩とが接する断層露頭(走向: $N35^{\circ}E$, 傾斜: $50^{\circ}\sim 60^{\circ}N$)があり、幅20cm程度の断層ガウジや安山岩脈が伴われているが、大規模な断層破碎帯は発達していない。

4) 活動間隔

植村(1985)によると、山田断層西部の中藤断層は、山地頂部に認められる小起伏面の上下変位量を280~400m、形成年代を100~200万年前とし、高位段丘面の変位を32~33m、年代を20~30万年前とし、中位段丘面の変位を6.5m、年代を8万年 $\pm$ 2万年前として計算して、変位速度を0.06~0.40m/千年としたが、これらの年代値は推定である。おおよそ活動度は、B~C級程度であると考えられる。

佃ほか(1993)は、上山田地区トレンチの最下部の④層が3150~4500年前の層で構成され、これと地表の変形量が等しいことから、山田断層の活動間隔は4500年以上としている。観察される範囲で断層変位の累積がなく、過去の活動は不明である。

岡田・東郷編(2000)は、空中写真判読の結果から、沖積

第2表 山田断層帯の諸性質

断 層 名	山 田 断 層 帯
長 さ (km)	陸上部の長さ: 約27km, 北東側へ約6km延長する可能性
走 向 / 傾 斜	$N30^{\circ}E/60^{\circ}$ ~ほぼ垂直
断 層 変 位 様 式	右ずれ・北西上がり
平 面 分 布 形	雁行状(ミの字状)配列
累 積 変 位 量 (変位量m)	右横ずれ: 数100m程度, 北西側隆起: 300m程度
活 動 度 (変位速度)	横ずれ変位B~C級
想定最大地震規模 (M)	$M=7.3$
活動履歴 (活動間隔)	>6,000年 (約10,000年)
1 回 の 変 位 量	不明
普段の地震活動	余震活動
歴史時代の地震活動	1927年3月7日 ($M=7.3$) に中央部が部分的に活動
活 動 間 隔 (年)	約10,000年
備 考	北丹後地震時に現れた地震断層は中部の約3kmの区間だけ、変位量も右ずれ最大95cm、北西側隆起最大90cm。郷村断層帯の南東延長部が誘発的に動いたと考えられ、上記変位量と断層線長からみて、この起震断層帯の最大地震は別に起こるとみなされる。変位開始時期は不明である。

扇状地面に低断層崖が見られることを示しているの、約1万年前以降に活動があったと推定される。活動履歴などの研究例が少ないので、活動区間ないしセグメント区分は解明していない。

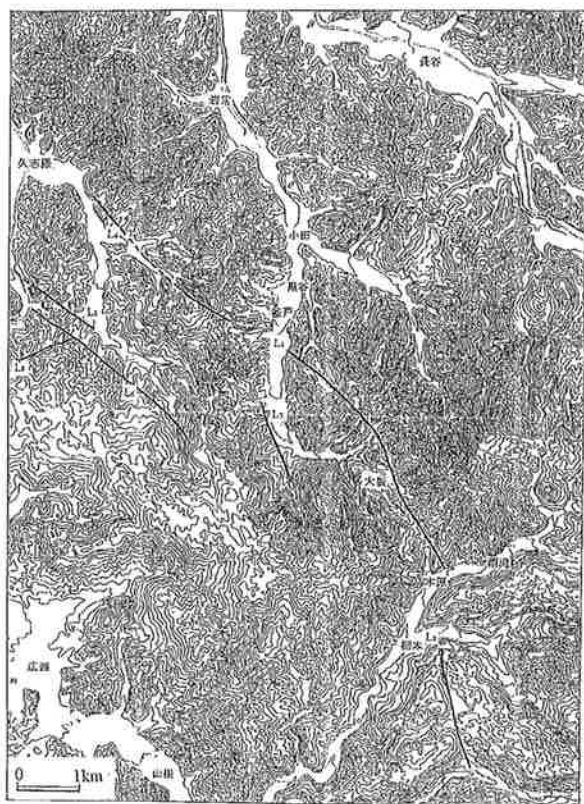
雨滝一釜戸断層帯の特徴

鳥取県(1998)は雨滝一釜戸断層帯の活断層調査を平成9~10年度に実施し、この成果は報告書や予稿集(鳥取県, 1998, 1999)で公表されている。

この断層帯は雨滝一釜戸断層、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(第5図)。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)による指摘とは細部で位置や分布が異なる。これらのうち、雨滝一釜戸断層が中央部に位置し、主要部をなす断層であるが、断層変位地形はいずれもさほど明瞭でなく、延長距離も約11kmと比較的短い。

1. 概 要

縮尺約2万分の1空中写真による判読を実施し、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



第5図 雨滝－釜戸断層帯の平面図

太実線は主要リニアメント、等高線は国土地理院の5万分1地形図による20m間隔である。

行い、9本の活断層の可能性をもつリニアメントが抽出された(第5図)。各リニアメントの活断層としての確実度は、L-1(雨滝－釜戸断層)、L-2でⅡ～Ⅲ、L-3(柄本南方断層)、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いずれも推定または疑いの域を出ない。すなわち、活断層地形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いる。

2. 調査結果

雨滝－釜戸断層沿いの露頭の精査から、大坂地区北方では凝灰岩が幅約2.2mにわたって破碎帯を随伴し、こ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ないが、下位の段丘堆積物は断層で切られており、堆積物中に含まれるシルト層の¹⁴C年代が6,460±402年前であるので、この地点での活動時期は約6,500年前以降と推定され、その上下変位量は75cm以上である。

大坂地区で露頭精査が実施され、東へ傾斜した東側隆起の逆断層(走向・傾斜：N18°W・48°E)が確認された。火山灰分析の結果、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。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切断している。AT下面を基準とすると110cm以上、同じくDKPで200cm程度の上下変位が確認された。

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でそれぞれ少なくとも1回の断層活動があったと推定される。

3. 調査結果のまとめ

トレンチ掘削や現地踏査で、雨滝－釜戸断層帯が以下のように解明された。

1) 活動時期

最新の活動時期は約6,500年前以降であり、約3,600(±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

推定される活動間隔は9,250年～23,200年程度であり、これ以上の限定はされていない。

3) 活動度(平均上下変位速度)

0.05～0.12mm/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程度の上下変位量であるが、これは横ずれ成分を考慮していない。

第3表 雨滝－釜戸断層帯の諸性質

断層名	雨滝－釜戸断層帯
長さ(km)	全体の長さ：約11km, 9本の雁行状配列の断層より構成
走向/傾斜	NNW～SSE/48°E～ほぼ垂直
断層変位様式	左ずれ・東側～西側上がり
平面分布形	雁行状(ミの字状)配列
累積変位量(変位量m)	左横ずれ及び上下の総変位量：100m程度
活動度(変位速度)	横ずれ変位B～C級 (平均上下変位速度0.05～0.12mm/年)
想定最大地震規模(M)	M=7.3+
活動履歴	①最新3,600～6,500年前、②AT以降、 ③DKP以降
1回の変位量	横ずれ(不明)、上下(数10cm程度)
普段の地震活動	微小地震活動(西田ほか, 1991)
歴史時代の大地震	不明
活動間隔(年)	9,250～23,200年
備考	鹿野・吉岡断層とは共役の活断層関係

5) 長期予測

雨滝一釜戸断層帯は過去数万年間に繰り返し活動してきた活断層である。判明した範囲では、活動間隔は約1万年程度と長い。最新活動時期から判断して、断層全体が動いてM6.5クラス以上の地震となる活動が差し迫っているという証拠は得られなかったが、鳥取県周辺では、活断層付近を起源として、M5～6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、雨滝一釜戸断層帯が震源となる可能性も否定しきれない。

6) 断層破砕帯

段丘礫層と基盤岩石が断層で接している露頭や、トレンチ調査地点で活断層の地質状況が観察された。これらの破砕帯は幅数m程度以下である。地形的な累積変位量は最大で約100m程度である。

鳥取地震断層と活断層としての特徴

鳥取地震(1943年, M7.2)時には、右雁行に配列する2本の地震断層(吉岡断層と鹿野断層)に沿って、明瞭な地表変位が表れた(津屋, 1944; 築地, 1948; 西田ほか, 1991; 金田・岡田, 2002; 第6図)。このうち、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、不明瞭ながらも尾根や河谷に変位地形が認められる(第7, 8図)。鹿野断層は2ヶ所でトレンチ

掘削調査が行われ、断層露頭も数ヶ所で観察されている(岡田ほか, 1981)ので、この地震断層・活断層の特徴(第4表)を以下に考察する。

1. 鹿野断層の特徴

1) 最新活動時期の変位量分布

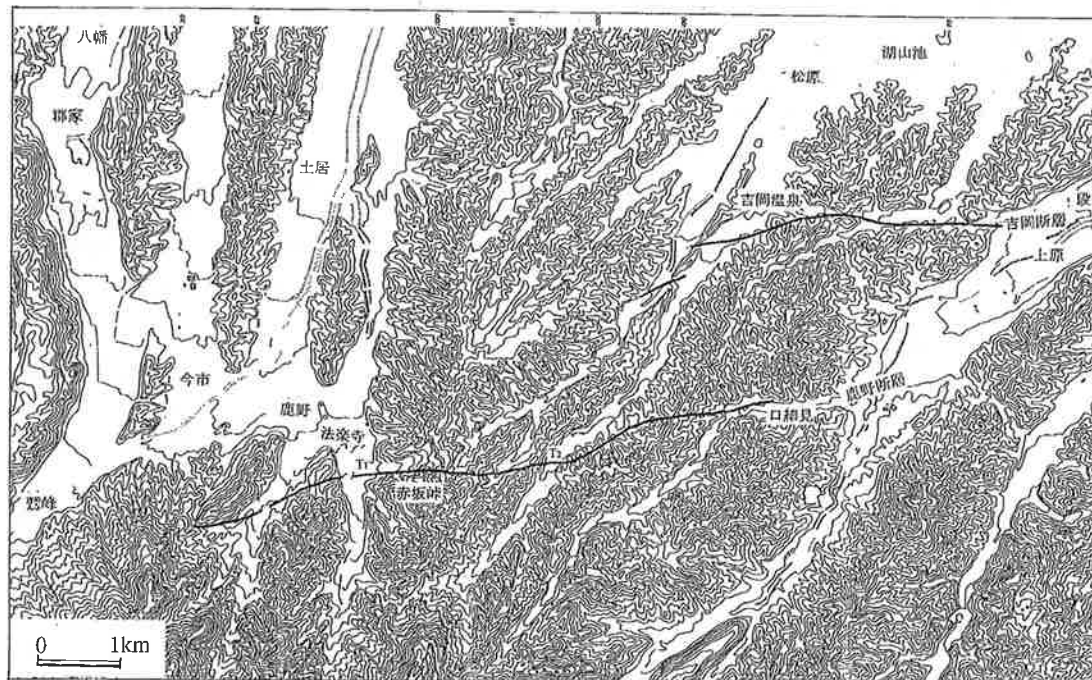
最新活動時期は言うまでもなく、1943年鳥取地震時であり、最大1.5mの右横ずれ量、北落ち約1mの上下変位量が断層西部の鹿野町法楽寺付近で測定されている。これらが1回の最大単位変位量であり、両端に向かって急速に減少する(金田・岡田, 2002)。

2) 活動間隔

1978年に実施した鹿野断層のトレンチ調査では、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、かなり長い間隔をもつことが判明した(岡田ほか, 1981)。

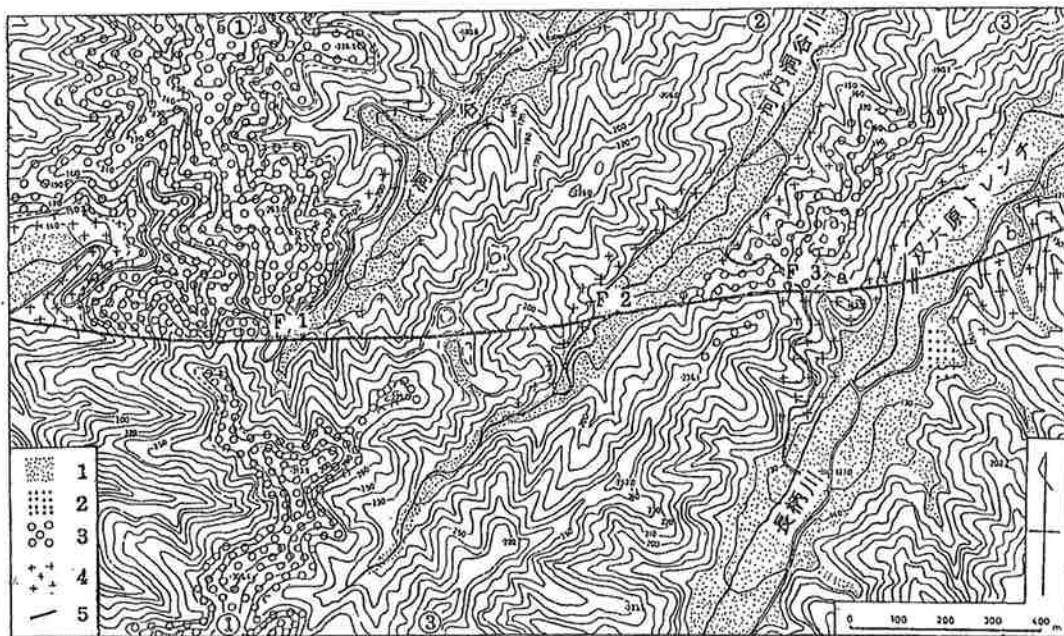
3) 平均変位速度

法楽寺トレンチ地点では、1943年地震時の水平変位量は約1.5mであったが、この地震とこの1つ前の上下変位量はほぼ同じであったので、右ずれ量も同様に約1.5m伴われたとすると、8,000年間には少なくとも約3mの右横ずれ変位が生じた。上記の活動間隔を考慮すると、平均変位速度は0.2～0.4mm/年と求められる。すなわち、7,970年



第6図 鹿野・吉岡断層の平面図

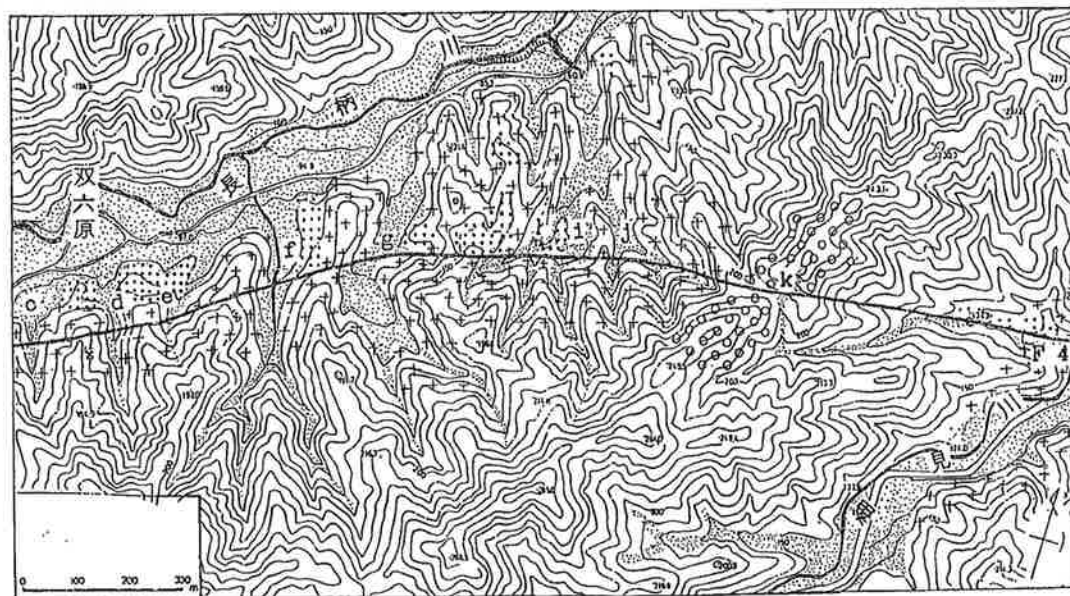
太実線は地震断層、等高線は国土地理院の5万分1地形図による20m間隔であり、T1は法楽寺トレンチ、T2は双六原トレンチの位置。



第7図 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



第8図 鹿野断層中部(双六原から口細見地区)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。凡例は第7図に同じ。

BP前と測定された地層(5層)が堆積した直後に地震が起きたとした場合、変位速度は0.2mm/年となるが⁸⁾、この地層が堆積してから鳥取地震との中間(約4000年BP)付近に1回地震が起きたとした場合には、0.4mm/年の値が得られる。実際には、これらの値の中間をとる確率が高いので、平均変位速度はB級の下位に属するとみなされる。

4) 断層変位の累積過程

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を求めると、0.1mm/年程度となる(岡田ほか, 1981)。

トレンチ調査で求められた値と段丘からの概略値とは似

通っているが、これらが有意なものとする、以下のような現象が考えられる。すなわち、①最近30万年間に、現在に向かって活動間隔が短くなる、または1回の地震時の変位量が大きくなる。②この程度のバラツキは活動間隔の間には存在する。

この断層の発現時期は比較的若いとみなされることから、①は考えやすい。つまり、断層が成長しているためともいえる。この断層により変位した河川の屈曲量は最大130mに過ぎず、これが0.1mm/年の変位速度で生じたものとする、断層の誕生は今から130万年前、0.4mm/年の場合には約30万年前となる。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、比較的新しく誕生した断層といえる。

このような若い断層は成長と共に変位速度を増してゆくと考えられる。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）に比例して増していく。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っている、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、変位速度が時間と共に増してきたと考えられる。

一方、②の可能性も残り、地震発生の間隔に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が、これらの年代推定値を精度よく求めることが従前にはできなかった。長期間のデータから求めた変位速度に基づいて、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が、この場合でも鹿野断層の発現時期は第四紀になってからであり、比較的新しい時期に誕生した断層と言える。

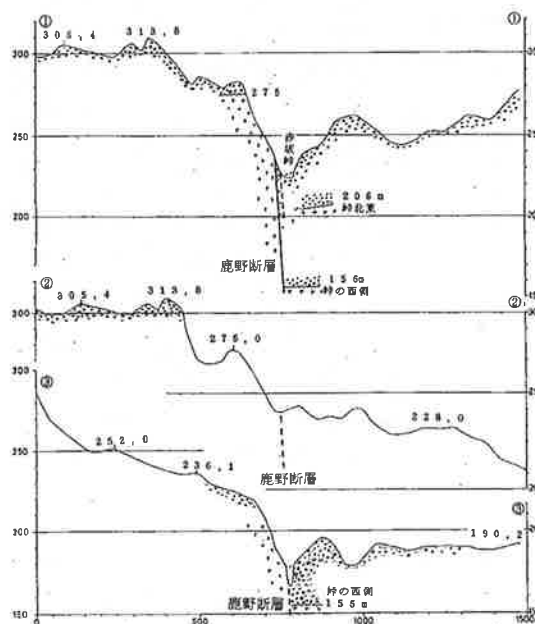
上記のように、鹿野断層の最近1万年程度の変位速度と、数10万年に及ぶ変位速度とが近い値をとることが示されたが、この断層の横ずれ変位や上下変位量の総量は、130m及び80m以下であり、平均右ずれ変位速度も0.4mm/年以下である。

5) 総変位量

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）との境界、及び白兔層中に断層が観察される（第7図；第8図）。これらは地震断層が報告された位置や性状からみて、鹿野断層そのものを示す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砕帯や細粒物質の幅は比較的狭い。

第4表 鹿野・吉岡断層の諸性質

断 層 名	鹿野断層・吉岡断層
長 さ (km)	鹿野断層の長さ：約8km, 吉岡断層の長さ：約5km, 両者を連ねた長さは約15km
走 向 / 傾 斜	$N75^{\circ}E \sim EW / 65^{\circ}N$ ～ほぼ垂直
断層変位様式	右ずれ・南及び北側上がり
平 面 分 布 形	雁行状（ミの字状）配列
累積変位量（変位量m）	右横ずれ：130m程度、 南側隆起：80m以下
活 動 度（変位速度）	右横ずれ変位B級下位（0.2～0.4mm/年）
地 震 規 模 (M)	$M = 7.2$
活 動 履 歴	①1943年, ②4,000～8,000年前
1 回 の 変 位 量	右横ずれ（最大1.5m）、 上下（南側上昇：1m）
普段の地震活動	余震活動顕著
歴史時代の地震活動	1943年9月10日（ $M = 7.2$, $h = 0km$ ）
活 動 間 隔 (年)	4,000年～8,000年
備 考	鳥取地震時に現れた地震断層は地形学的に断層線と認定される鹿野・吉岡断層の全線で動き、変位量は右ずれ最大1.5m、南側隆起最大1mである。断層線長と変位量からみて、この起震断層帯の最大地震が起った。 地震学的に求められる断層線は長い。断層発現時期は、活動間隔と累積変位量からみて、第四紀中期以降で説明できる。大規模な断層破砕帯は伴っていない。



第9図 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'の各断面の位置は第7図に示す。地質の記号は第7図に同じ。

この付近での1回の変位量は右ずれ30cm, 北落ち10-60cmと判明しており(金田・岡田, 2002), これらが総変位量とどのように関係しているかを考察する上で重要な場所となっている。

この周辺での尾根や河谷には右横ずれ状の屈曲が認められ, 尾根筋では北側が低下した高度不連続が認められる(第7図)。右ずれ屈曲量は最大でも130m以下と求められ, 尾根筋の高度不連続から求められる上下変位量は30m程度, ないしそれ以下である(岡田ほか, 1981)。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た上下変位量は56~80mである(第9図)。これらの値から, 横ずれ総変位量は130m以下, 縦ずれ(南上がり)の変位量は30-80cmと推算できる。指標とした変位基準(白兔層の上・下面及び尾根・河谷)の年代は鮮新世以後であるが, より詳しい形成年代は不明である。

鳥取県西部地震の地震断層と活断層

1. 鳥取県西部地震の概要

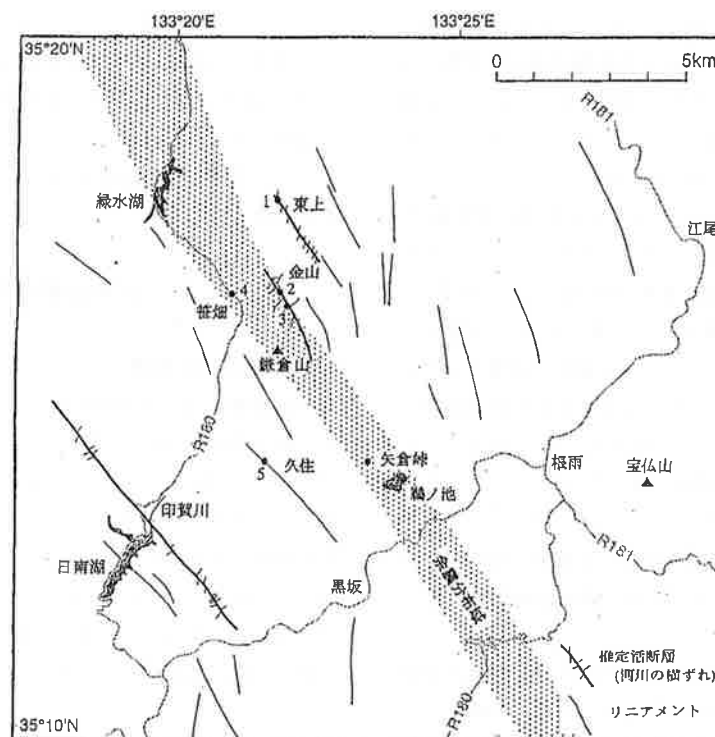
2000年鳥取県西部地震の震央は鳥取県西部であり, 鳥根県との県境に近い地域で発生した(藤井, 2000; 堀川ほか, 2001; 岩田・関口, 2001; 垣見, 2002; 第1図)。気

象庁によると, 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(第10図), 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MJMA7.3, Mw6.6 (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。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(鳥根大学地震災害調査団, 2000a, b, c)。震源域の周辺では, 墓石の転倒や回転から, こうした被害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(第1図)。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(第10図)。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(堀川ほか, 2001; 鷲谷ほか, 2002)。

2. 震源域の地震断層

伏島ほか(2001)は鳥取県西部地震に伴って, 西伯町大河原-笹畑や金山南方などで, 地表地震断層の可能性のある地変が出現したと報告している。この時の本震震央付近に,



第10図 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。

地表面の断裂や変形を幅1kmの帯状地域に5区間で確認した。いずれも北西－南東方向に延び、長さ約6kmであるが、上田ほか(2002)によって地表断層とされた導水管の変形地点まで延びるとすれば、全体の長さは11kmに及ぶ。地表面の断裂は $N40 \pm 25^\circ W$ の走向であり、数cm～10数cmの左横ずれ走向隔離を伴うが、このような変位の向きとセンスは地震学的に求められた震源での発震機構(岩田・関口, 2001)とほぼ一致する。

この地震では地震断層は1つの地表断層として現れるのではなく、1km強の幅をもつ断層帯として出現した。それらを足し合わせると、左ずれ変位量は1mに及ぶ地表地震断層となる。その中で主要断層である西伯町笹畑から緑水湖へと北西方向に延びる谷にしても、明瞭な変位地形ないしリニアメントは認められない。断層変位が数本の断層線に分散して生じ、個々の断層線での変位量が数10cm以下の場合には、たとえ再来間隔が短くても、変位地形は不明瞭であろうとされている(伏島ほか, 2001)。

3. 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が作成された(第10図)。活断層研究会(1991)の「新編 日本の活断層一分布図と資料」によれば、確実度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)とは異なる。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)及び中田・今泉編(2002)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(第10図)。この断層線は顕著な断層崖や断層谷を伴っていないが、河川の系統的な左屈曲が認定できる。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、活断層研究会(1991)の「新編 日本の活断層一分布図と資料」に記載された確実度Ⅱに該当する推定活断層と判断されていた。

大縮尺(約2万分の1以上)の空中写真による判読と現地調査によって新たに、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。これに沿っては、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、その屈曲量は長さに対して大きく、また谷屈曲は必ずしも系統的とはいえない。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。

井上ほか(2002)は鳥取県西部地震の震源域周辺で詳しい空中写真判読を行い、次のような結果を得ている。すなわち、①この地域には、左横ずれを示唆するリニアメント群が存在し、これらは短く断続的に分布する。②これらは想定される震源断層の方向とほぼ一致している。③これらは地表踏査により、多くの断層露頭が確認され、水平に近い条線や第四紀層の変位が観察され、トレンチ調査でも断層の活動時期の究明が行われている。

こうした成果や反射法地震探査・微小地震観測の成果に基づいて、当該地域での断層は次のような性質をもつと推定している。a) 地表でいくつかに分散する横ずれ断層は全体としてフラワー構造を呈しているが、地下では1本に収斂し、震源断層になる。b) これらは未成熟な断層であり、地表付近まで破壊が進行したが、明瞭な地震断層としては地表に出現しなかった。c) 1回前の活動は、AD770－1260年であり、AD880年の「出雲の地震」の可能性がある。震源断層の活動による地表への破壊はその都度異なるが、その活動間隔は比較的短い。d) このような詳細調査をこの地震前に実施しておれば、ある程度の規模をもつ地震について、発生の可能性は指摘できた。

こうした性格をもつリニアメントないし活断層について、それらの詳細な性質を解明するには、活断層研究会(1991)で使用したような縮尺4万分1程度の空中写真の判読では不十分である。こうした従来の写真判読調査だけでなく、この地域の地質現象をふまえた詳しい現地踏査の必要性が指摘される。

鹿島断層の特徴

1. 鹿島断層の概要

鹿島断層は島根半島東部の中央を縦走する活断層であり、東西方向へ約13km延び、この東方では東北東方向へ2本に枝分かれして、さらに約6km延長する。この断層を横切る尾根や河谷は系統的に右ずれ屈曲し、最大150m程度の屈曲量をもつ右ずれ活断層とみなされる(佐藤・中田, 2002; 中田ほか, 2002)。また、この東部では北側の山地が、西部では南側が2・300m相対的に高いので、右ずれの進行方向に隆起する上下変位が伴われている。

2. 鹿島断層の起源

島根半島東部地域の新第三系は東西方向に延びた複背斜をなし、その南翼は突道断層によって断たれている。鹿野・吉田(1985)によれば、突道断層の破碎帯の幅は数10m

以下であり、断層面は $60-90^{\circ}\text{N}$ で、相対的に北上がりの逆断層を示す。この複背斜構造は中～後中新世にかけて形成され、その末期に宍道断層が誕生したとしている。こうした複背斜の構造と宍道断層などは、 $\text{N-S} \sim \text{NNW-SSE}$ 方向の最大圧縮主応力下で形成された可能性が高い(鹿野・吉田, 1985; 鹿野・中野, 1985, 1986)。

鹿島町付近を東西方向へ走る明瞭なリニアメントがいくつか認められるが、橋本ほか(1980)や活断層研究会(1980, 1991)はこれを宍道断層と呼んだ。しかし、宍道断層は多井(1952, 1953, 1973)によって、島根県八束郡鹿島町恵曇から境水道・美保湾に至る地質断層に対して付けられた名称であり、断層の位置や性質が異なるので、佐藤・中田(2002)や中田ほか(2002)では混同を避けるために、鹿島断層の名前を使用している。鹿島断層は宍道断層とはほぼ一致する部分もあるが、とくに東西両側では断層の位置が宍道断層とは異なっており、断層帯として分岐したり、並走したりしている。

3. 活断層としての性質

鹿島断層は中部域の宍道断層を使って運動しているが、 WNW-ESE 方向の最大圧縮主応力下で活動し、右ずれが卓越した動きを伴うことから、元々の応力場とは異なる状況で再活動をしたとみなされる。この発現時期は明確には判明していないが、総変位量は河谷の右ずれ量では150m程度以下と算定される(中田ほか, 2002)。

形成年代が判明した断層変位基準が見られないために、

第5表 鹿島断層の諸性質

断 層 名	鹿 島 断 層
長 さ (km)	鹿島断層の長さ: 約13km, 分岐断層を連ねた長さは約18km
走 向 / 傾 斜	東西, $\text{N}75^{\circ} \text{ E} / 60^{\circ} \text{ N}$ ～ほぼ垂直
断層変位様式	右ずれ・南及び北側上がり
平 面 分 布 形	直線状, 東部で東北東へ分岐
累積変位量(変位量m)	右横ずれ: 150 m程度
活 動 度(変位速度)	右横ずれ変位B級
地 震 規 模 (M)	$M=7.0 \pm$
活 動 履 歴	不明
1 回 の 変 位 量	不明
普段の地震活動	微小地震活動は知られていない
歴史時代の地震活動	不明
活 動 間 隔 (年)	不明
備 考	トレンチ調査が実施されているが、成果は公表されていない。大規模な断層破砕帯は伴っていない。

活動度も厳密には求められていないが、B級程度の活動とみなされている(活断層研究会, 1980, 1991)。

山陰地域の活断層の特徴と考察

丹後半島から島根半島までの山陰地域においては、活断層やリニアメントの発達はいずれもよくなく、A級～B級上位の活断層は知られていない(第2図)。断層崖や断層谷の長さから見て、もっとも代表的な活断層は、丹後半島基部の山田断層(長さ約24km)と島根半島の鹿島断層(長さ約18km; 佐藤・中田, 2002; 中田ほか, 2002)であるが、これら以外の活断層はいずれも延長距離が15km以下と短く、変位地形の表現も悪い。

しかしながら、歴史時代にはM7.3に達する直下型大地震を引き起こした震源～地表地震断層がいくつか知られており、活構造研究や将来の大地震発生を予測する上で重要な地域となっている。山陰地域における活断層の詳細調査が実施され、性質が判明してきたので、これらの地形・地質的な特徴を以下に考察する。

丹後半島から島根半島域における活断層のほとんどは発現時期が第四紀中頃以降と新しい。鹿島断層は中新世末期に起源をもつ宍道断層が再活動した可能性があるが、これ以外に既存の断層の再活動を示す事例は少なく、しかも新期の活断層系が誕生してきたとみなされる。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から始まり、累積変位量が数kmと一般に大きい。古い起源をもつ断層が第四紀後期の広域応力場の基で、以前の様式とは異なる運動をしている場合が多い。すなわち、古い断層破砕帯を使って再活動をしているので、大規模な断層破砕帯を伴っていることが多く、変位地形も明瞭であり、大きな累積変位が認められる。

山陰地域の活断層の特徴は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25km程度以下と短く、多くは15km以下である。b) 横ずれ活断層がほとんどであり、断層線は直線状を呈する。典型的な逆断層や正断層は認められない。c) これらの活断層はいずれも東北東から西南西方向が右ずれ、北北西から南南東方向が左ずれであり、両者の中間方位である西北西～東南東方向が最大圧縮主応力軸と求められる。少なくとも第四紀後期には、こうした広域応力場のもとに置かれていると考えられる。d) 数本の活断層が雁行状に配列し、断層の分岐が多く見られる。e) 個々の活断層の累積変位量は小さく、横ずれの変位総量も数100m程度以下である。f) 平均変位速度はB級下位以下であり、C級の活断層が大半である。g) 個々の活断層の活動間隔は数千年以

上と長い。h)断層破砕帯は数m以内と幅狭く、断層粘土帯(断層ガウジ)も幅が数cm以下と概して未発達である。

- 2) 上に記した諸特徴は、丹後半島から島根半島域まで含めた山陰地域の活断層の一般的な傾向である。これら活断層は第四紀中頃以降から新しく活動を始めたものとみなされるものばかりである。断層線はいずれも雁行状に配列したり、著しく分岐したりしており、活断層の発達過程でみると、初期の発達段階を示し、随伴される断層破砕帯も幅が狭く、未成熟な状態とみなされる。

この地域ではB-C級の活断層が断片的に分布するのみであり、Gutscher and Lallemant (1999) が指摘するような北中国剪断帯が連続的に発達しているとは認められず、応力集中や地殻応力の蓄積がとくに高い地域とは言えない。活断層に沿う変位の累積性(=総変位量)は大きくなく、活動間隔も長いことから、断層活動の開始時期が中部や近畿などに比べて遅く開始したことを示唆している。

- 3) しかしながら、この周辺には明治時代初期の1872年浜田地震(M7.1)、1925年但馬地震(M6.8)、1927年北丹後地震(M7.3)、1943年鳥取地震(M7.2)、2000年鳥取県西部地震(M7.2)などのように、直下型の大地震が近年かなり多く発生している。これ以前の歴史では、880年出雲地震(M=7)まであまり知られておらず、およそ千年の静穏期において近年になって再び活動期になったとみなされる。
- 4) 個々の活断層は数千年から約1万年と長い活動間隔をもつので、同じ活断層が歴史時代に2回活動したことは無いと予想される。しかし、鳥取県西部地震域の中に、約千年前の活動を示唆する活断層の存在が指摘された(井上ほか、2002)ので、有史前期における起震断層の特定や個々の活断層の活動履歴についてはさらに精査する必要がある。
- 5) 鳥取県西部地震の震源にまさに一致する単一の活断層は認められないが、周辺には左横ずれを示唆する活断層やリニアメントがいくつか存在し、これらが全体としてフラワー構造の断面をもつ可能性がある。この地震時に明瞭な一続きの地震断層は出現しなかったが、微弱な変位を伴う、いくつかの地震断層群として現れた可能性が大きい。
- 6) 鳥取県西部地震の震源の深さは10kmを越すが、鳥取地震や北丹後地震の深さは地表付近とされ、きわめて浅い。こうした震源の深さの差が地表地震断層の形態の違いとして現れた可能性がある。地下でかなり成熟して1本の断層に成長していても、地表近くでは分岐した断層となり、一連の断層としてまだ発達していないのであ

ろう。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)地下深部の断層による活動とみなされる。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規模の地震を発生させる能力があることに注目すべきであろう。

- 7) 山陰地域は、このような発現時期の若い活断層が分布する場所であり、日本列島の中でも特異な地域と言える。西南日本弧の日本海側変動帯に組み込まれつつあり、第四紀中期以降から地殻運動が徐々に活発化しているとみなされる。Itoh *et al.* (2002) が指摘した南部日本海断層帯(SJSFZ)もこのような性質をもつ、起原の新しい活断層帯とみなされ、さらに精査が必要である。
- 8) 中国脊梁山地の南縁には、美作衝上(那岐山断層)、三次盆地北側の上布野・二反田断層、山内・船佐断層などが知られ、基盤岩類が逆断層状をなして中新統や第四紀初頭の砂礫層にのり上げている。瀬戸内低地帯の北縁でも、福山・尾道・御調などの断層では、花崗岩類が礫層に衝上している。しかし、これらには新鮮な変位地形は認められず、第四紀後期の活動は無いと推定されている(200万分1活断層図編纂ワーキンググループ、2000；中田・今泉編、2002)。
- 9) 中国地方の中南部に報告されてきた、こうした断層は第四紀初頭頃には活動し、中国山地や吉備高原の隆起運動に参加した可能性が高い。しかしながら、これらは第四紀後期には活動をほぼ停止しているの、その後に応力場が変化したり、活構造上の配置が変化したりして、断層運動の場所の移動や運動様式が変わってきたと考えられる。
- 10) 一方、中部や近畿地方では、累積変位量の大きな明瞭な活断層が密に発達する。これらの地域では鮮新世後期頃から現在のような応力場に組み入れられてきたとみなされる。その中での活断層の場所が少し移動したり、活動の変遷が認められたりするが、大規模な活構造は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。

ま と め

丹後半島から島根半島までの山陰地域にみられる活断層について、共通する特徴を以下にまとめる。

- 1) 変位地形は全体として不明瞭であり、累積変位量はいずれも数百m以下と少ない。
- 2) ENE-WNWとNNW-SSEの方向の横ずれ活断層が卓越する。中国山地の北側から南部日本海の地域までに、こうした活断層の分布が限られている。

- 3) 数本の活断層が雁行状に配列したり, 併走や分岐が顕著にみられる。直線状に連続する断層線も長さは25km以下と相対的に短い。
- 4) 断層破碎帯の発達とは顕著でなく, 既存の大断層が再活動した形跡はない。ほとんどの活断層は新たに破断面を形成しつつあるので, 破碎帯の幅は数十cm程度とごく限られているようである。
- 5) 第四紀中期以降に新たな断層面を形成して, 断層が発達しつつあり, 活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にある。
- 6) WNW-ESE方向からの圧縮場のもとで活断層が発現しており, 不鮮明なリニアメントでも活断層の可能性があるので, 注意して調査する必要がある。
- 7) 1900年代は千年振りに訪れた地震活動の活動期にあたり, 大地震の起こった周辺域は注目すべき時期にあたる。

文 献

- 大日本帝国陸地測量部, 1927, 丹後震災地郷村断層図, 陸地測量部。
- 藤井直之, 2000, 地震予知連絡会情報。地震ジャーナル, **30**, 73-93。
- 伏島祐一郎・吉岡敏和・水野清秀・穴倉正展・井村隆介・小松原琢・佐々木俊法, 2001, 2000年鳥取県西部地震の地震断層調査, 活断層・古地震研究報告, No.1, 産業技術総合研究所活断層研究センター, 1-26。
- Gutscher, M.A. and Lallemand, S., 1999, Birth of a major strike-slip fault in SW Japan, *Terra Nova*, **11**, 203-209。
- 橋本知昌・星野一男・加藤碩一, 1980, 島根東部一鳥取県西部地域の活断層について, 地調月報, **31**, 93-97。
- 堀川晴央・関口春子・岩田知孝・杉山雄一, 2001, 2000年鳥取県西部地震の断層モデル, 活断層・古地震研究報告, No.1, 産業技術総合研究所活断層研究センター, 27-40。
- 井上大栄・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹, 2002, 2000年鳥取県西部地震震源域の活断層調査, 地震Ⅱ, **54**, 557-573。
- Itoh, Y., Tsutsumi, H., Yamamoto, H. and Arato, H. 2002, Active right-lateral strike-slip fault zone along the southern margin of the Japan Sea, *Tectonophysics*, **351**, 301-314。
- 岩田知孝・関口春子, 2001, 2000年鳥取県西部地震震源断層の実体, *SEISMO*, **5**, 5-7。
- 垣見俊弘, 2002, 「活断層地震」と「バックグラウンド地震」のはざまの地震—鳥取県西部地震を例として—, 災害の研究(損害保険料率算定会), **33**, 113-125。
- 金田平太郎・岡田篤正, 2002, 1943年鳥取地震の地表地震断層—既存資料の整理とその変動地形学的解釈—, 活断層研究, **21**, 73-91。
- 鹿野和彦・吉田史郎, 1985, 境港地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 57p。
- 鹿野和彦・中野 俊, 1985, 美保関地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 28p。
- 鹿野和彦・中野 俊, 1986, 恵曇地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 30p。
- 活断層研究会(編), 1980, 『日本の活断層—分布図と資料—』, 東京大学出版会, 363p。
- 活断層研究会(編), 1991, 『新編日本の活断層—分布図と資料—』, 東京大学出版会, 437p。
- 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。
- 小池一之・町田 洋(編), 2001, 『日本の海成段丘アトラス』, 東京大学出版会, CD-ROM3枚・四六全判カラー付図十解説書, 106p。
- 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**, 3-12+添付地図。
- 松田時彦・太田陽子・岡田篤正・清水文健・東郷正美, 1977, 空中写真による活断層の認定と事例, 地震研究所彙報, **52**, 461-496。
- 中村新太郎, 1927, 丹後峰山地震に顕れたる起震線と地弱線(上・下), 地球, **7**, 260-272, 431-440。
- 中田 高・今泉俊文・岡田篤正・千田 昇・金田平太郎・佐藤高行・高沢信司, 2002, 「松江」, 縮尺: 1:25,000, 都市圏活断層図, 国土地理院。
- 中田 高・今泉俊文(編), 2002, 『活断層詳細デジタルマップ』, 東京大学出版会, DVD2枚+解説書, 68p。
- 西田良平・岡田昭明・渋谷拓郎, 1991, 鳥取地方の地震と活断層, 鳥取大学教養部, 231p。
- 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。
- 岡田篤正・松田時彦, 1997, 1927年北丹後地震の地震断層, 活断層研究, **16**, 95-135。
- 岡田篤正・東郷正美(編), 2000, 『近畿の活断層』, 東京大学出版会, 395p.+付図。
- 岡田篤正・堤 浩之, 2001, 鳥取県西部地震の地震断層と周辺の活断層, 梅田康弘代表「2000年10月鳥取県西部地震による災害に関する調査研究」, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究促進費)研究成果報告書, 96-103。
- 岡山俊雄, 1988, 『1:1,000,000日本列島接峰面図』, 古今書院, 71p.+付図。
- 鷲谷 威・西村卓也・畑中雄樹・福山英一・W.L.Ellsworth, 2002, 2000年鳥取県西部地震に伴う地殻変動と断層モデル, 地震Ⅱ, **54**, 523-534。
- 佐藤高行・中田 高, 2002, 鹿島断層の変位地形—一括活動型活断層のモデルとして—, 活断層研究, **21**, 99-110。
- 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, 速報 2000年10月6日鳥取県西部地震, 地質学雑誌, **106**, 口絵XIX-XX。
- 島根大学地震災害調査団, 2000c, 2000年鳥取県西部地震の被害: 速報, 地球科学, **54**, 360-362。
- 多田文男, 1970, 丹後震災地郷村断層図, 地図の友, **12**, 4-5。
- 多井義郎, 1952, 島根半島中央区の層序と構造—島根半島第三系の層序と構造(その1)—, 地質学雑誌, **58**, 573-582。
- 多井義郎, 1953, 島根半島中央区の層序と構造(続)—島根半島第三系の層序と構造(その2)—, 地質学雑誌, **59**, 93-98。

- 多井義郎, 1973, いわゆる宍道褶曲帯について, 地質学論集, 9, 137-146.
- 田中元之進, 1928, 丹後峰山地震調査報告, 奥丹後震災誌, 1-42.
- 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」, 50p.+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.
- 佃 栄吉・杉山雄一・下川浩一, 1989a, 1985年郷村断層(網野町下岡地区)トレンチ調査, 活断層研究, 6, 72-75.
- 佃 栄吉・杉山雄一・下川浩一, 1989b, 1985年郷村断層(網野町郷地区)トレンチ調査, 活断層研究, 6, 76-80.
- 佃 栄吉・杉山雄一・下川浩一, 1993, 1985年北丹後活断層系・山田断層(上山田地区)トレンチ調査, 活断層研究, 11, 22-28.
- 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-, 地震研究所集報, 22, 1-31.
- 上田圭一・宮腰勝義・井上大栄, 2002, 2000年鳥取県西部地震に伴う導水路トンネルの左横ずれ変位, 地震Ⅱ, 54, 547-556.
- 植村善博, 1981, 丹後半島の海岸段丘とくに旧汀線高度を中心として, 「地表空間の組織」, 古今書院, 430-437.
- 植村善博, 1985, 郷村・山田断層系の変位地形と断層運動, 活断層研究, 1, 81-92.
- 植村善博, 1994, 郷村断層系に伴う断層変位地形, 岡田・植村・佃(編)「1927(昭和2)年北丹後地震の地震断層と丹後半島域の活構造」, 断層研究資料センター, 86-92.
- 宇佐美龍夫, 1987, 『新編日本被害地震総覧』, 東京大学出版会, 435p.
- 矢来 博司・中川弘之・飛田幹男・村上 亮, 2002, RADARSAT/SAR データ干渉処理による地殻変動検出の試み-2000年鳥取県西部地震の地殻変動-. 地震Ⅱ, 54, 535-546.
- Yamasaki, N. & Tada, F., 1928, The Oku-Tango Earthquake of 1927, 地震研究所集報, 4, 159-177.
- 山崎晴雄, 1985, 北丹後地震と郷村・山田断層, 阿部勝征・岡田篤正・垣見俊弘(編): 『地震と活断層』, 290-309, アイ・エス・ユー (ISU) K.K., 760p.
- 吉岡敏和・佐竹健治・松井和夫, 2001, 近畿地方北部, 山田断層系・中藤断層の活動履歴調査, 活断層・古地震研究報告, 1, 167-174.
- 渡辺久吉・佐藤才止, 1928, 丹後震災調査報告, 地質調査所報告, 100, 1-102.
- 渡辺邦彦・見野和夫・西田良平・松尾成光・中尾節郎・榎本晋, 1984, 丹後半島地方の地震活動(第1報), 防災研究所年報, 27, B-1, 117-124.

(2002年10月10日受付)

キーワード

山陰地方、活断層、地震断層、鳥取（県西部）地震、横ずれ断層

Key words : San'in district, active fault, seismic fault, Tottori (ken-Seibu) earthquake, strike-slip fault