

中国山地西部、徳佐盆地およびその周辺部に分布する活断層の 変動地形学的検討

山内 一彦*・白石健一郎**

I. はじめに

中国山地西部では北東—南西方向のリニアメントの発達が顕著であり、その山地地形は中新世中期以降の北東—南西系断層の活動をともなう曲隆によって形成されてきたと考えられている(藤原、1996)¹⁾。これらのリニアメントについては、活断層であるか否か、これまで様々な見解があった(貝塚、1950²⁾; 今村ほか、1959³⁾ など)。活断層研究会(1991)⁴⁾ は、中国地方には活断層の分布が少ないとし、中国山地西部の北東—南西系断層の多くを「活断層の疑いのあるリニアメント(確実度Ⅲ)」とした。それに対し、中田・今泉編(2002)⁵⁾、高田ほか(2003)⁶⁾ などはその中のいくつかが活断層であることを指摘している。しかし、個々の断層の活動性等はほとんどわかっていなかった。

最近、地質学や応用地球科学の方面から、山口県中央部に分布する大原湖断層帯(系)(金折ほか、2006⁷⁾ など)、徳佐—地福断層(森岡ほか、2007⁸⁾; 佐川ほか、2008⁹⁾ など)、迫田—生雲断層(佐川ほか、2008⁹⁾ など)の調査・研究が進められている。第四紀層を変位させる断層が確認され、これらは、活動

度は低いものの活断層であることがわかってきた。また、その大半は第三紀以前に形成された地質断層が第四紀後半になって再活動しているものであると推定された(金折、1999¹⁰⁾、2005¹¹⁾; 金折・遠田、2007¹²⁾ など)。しかし、これらの研究はリニアメント判読や露頭・トレンチ調査を中心におこなわれており、河谷の屈曲等の変位地形は傍証的なデータとして扱われ、変動地形学的な検討は十分でない。また、全国的にみても、活動度の低い活断層における変位地形の検討例は少ない。そこで、筆者らは、山口県中央部の徳佐盆地とその周辺部における活断層の変位地形について、空中写真の判読作業を中心に詳細な調査をおこなった。本研究では、従来であれば研究対象外とされるような微細な地形まで抽出した結果、断層変位地形と考えられる地形が予想以上に多く認められたので、以下に記載するとともに、変動地形学的な検討を試みてみたい。

II. 研究方法

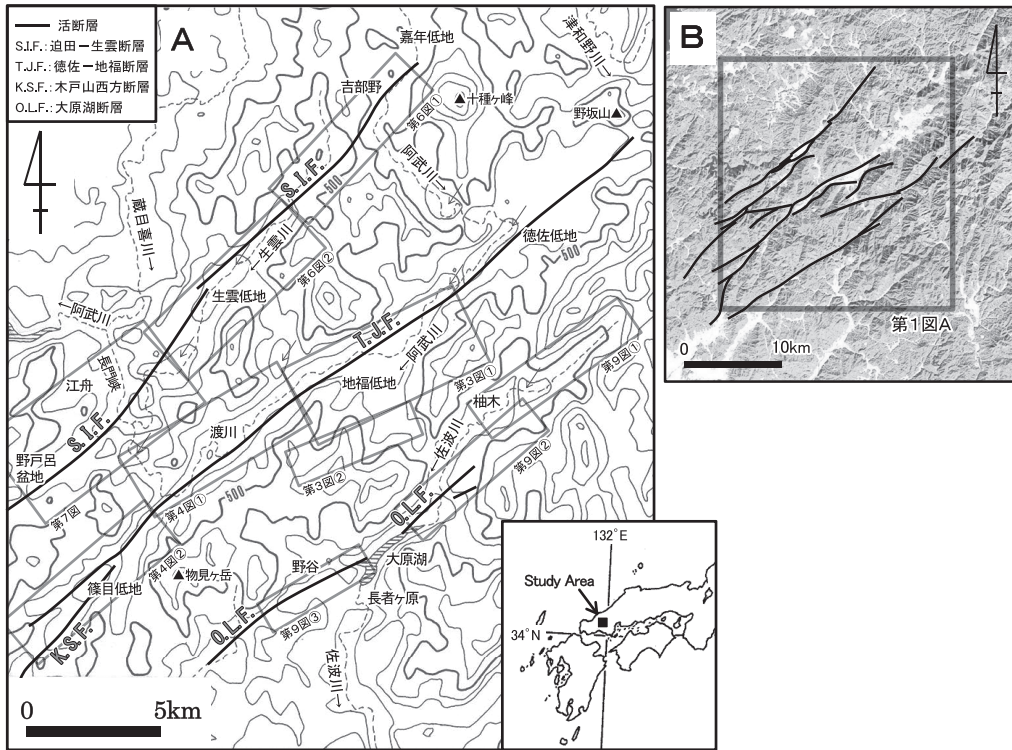
本研究の調査対象地域は、阿武川の長門峡より上流域および佐波川の長者ヶ原より上

* 山口県立岩国高等学校

** 山口県立防府高等学校

キーワード：活断層、断層変位地形、徳佐盆地、中国山地西部

Key words：Active Fault, Tectonic Landform, Tokusa Basin, Western Part of the Chugoku Mountains



第1図 接峰面図および活断層分布図

A: 接峰面図。等高線は100m間隔。500m以下の谷を埋めた。活断層は西村ほか(2012)を編集。B: 活断層分布図。ランドサット画像©RESTCに加筆。実線は本研究で認定・再認定された活断層。

流域に設定した(第1図)。

段丘面の区分にあたっては、2万分の1、1万5千分の1および1万分の1空中写真を判読し、国土地理院発行の2万5千分の1地形図や関連自治体が作成した5千分の1および千分の1の地図を利用した。また、野外調査によって地形や露頭の観察をおこなった。本地域は段丘の分布が複雑であるため、段丘面の高度や連続性はもちろんのことであるが、特に段丘面の開析度や堆積物の特徴を重視し、テフラなどの新たな年代資料も加えて段丘面区分を再検討した。

活断層の認定に際しては、段丘面区分で使ったものと同じ空中写真と地形図を判読し、野外調査もあわせて実施した。本地域の

活断層は活動度が低く、その変位地形も微細なものが多いことが予想されたので、特に1万分の1空中写真を用い(場合によってはそれをさらに拡大し)、まずは屈曲した河谷をできるだけ抽出した。具体的には、まず既存文献の断層露頭・トレンチ調査の報告を考慮しながらリニアメントを判読し、次にそれに沿う地形を詳細に読み取った。読み取った河谷は屈曲量が10m前後の微細なものも含み、屈曲がシャープでない河谷、屈曲の位置がリニアメントから少し外れる河谷も取り上げた。空中写真から読み取ったリニアメントと屈曲した河谷は2万5千分の1地形図に慎重に転写した。屈曲量が20m程度以上の河谷は、地形図の等高線の形状からある程度屈曲

を読み取れることが多いので、写真から読み取った屈曲と地形図から読み取った屈曲が一致していることを確認しながら転写した。屈曲量が10 m前後の小河谷については、等高線の形状からは屈曲が読み取りにくいので、特に慎重に転写した。空中写真判読で判断に迷うような小河谷については、できるだけ現地でも屈曲を確認して地形図に転写した。段丘面等の変位も同様の方法で地形図に転写した。このような作業をおこなった結果、特に認められたのがup-hill方向に屈曲する小河谷であった。その数はリニアメントの分布しない地域に比べて優位に多く、屈曲は相対的に右へずれるという特徴を有していた。さらに、リニアメントに沿う最終間氷期以降の河成段丘面にも同傾向の右ずれが認められたので、それらをリニアメントに沿った断層活動によって形成された断層変位地形であると判断した。また、このようなわずかな右屈曲を示す小河谷や尾根、鞍部列や三角末端面等の地形を追跡して活断層の分布について再認定した。

III. 調査地域の概観と各断層の従来の研究

1. 調査地域の概観

調査対象地域は中国山地西部の脊梁を成す西中国山地の西端にあたり、大起伏～中起伏山地から構成される。これらの山地は北東―南西方向の構造性の河谷に隔てられた地壘山地の特徴を持っている(西村, 2012¹³)など(第1図)。

徳佐盆地は阿武川上流部の北東―南西方向の河谷に発達した狭長な盆地で、徳佐低地・地福低地・渡川低地(仮称)・篠目低地

などに細分される(第1図)。盆地内に徳佐層・地福層と呼ばれる厚い湖成層が分布すること、津和野川との分水界に野坂山などの第四紀火山が噴出していることなどから、本盆地にはかつて火山性堰止湖(古徳佐湖)が存在し、それ以前の河川(古阿武川)は現在とは逆に盆地内を北東流して津和野川に排水されていたと考えられている(加藤ほか, 1966¹⁴; 河野・高橋, 1966¹⁵; 小畑, 1991¹⁶)など。徳佐盆地の両側には、生雲川と佐波川が平行して南西流し、生雲低地などの狭い谷底平野をつくっている。この2つの河川は、いずれもかつての阿武川の支流(三谷川と朴川)を争奪した河川である(山内, 2003¹⁷)など。本地域の段丘面区分については、これまでに加藤ほか(1966)¹⁴、河野・高橋(1966)¹⁵、小畑(1991)¹⁶、川崎(1995)¹⁸、山内(2003)¹⁷などによって3～5面に区分され、広域テフラなどを用いて一部の段丘面の形成年代も推定されている。しかし、段丘の分布が複雑なことなどから不明な点が多く、検討は十分でない。

2. 調査地域の活断層に関する従来の研究

本研究で取り上げる活断層は、徳佐―地福断層、迫田―生雲断層、および大原湖断層帯(系)の木戸山西方断層と大原湖断層である。これらの活断層は、いずれも地質断層として地質図(松浦ほか, 2007¹⁹; 西村ほか, 2012¹³)などに示され、断層破碎帯の露頭が数か所で報告されている(高橋, 1981²⁰; 金折, 1999¹⁰; 金折ほか, 1999²¹)などの、『新編日本の活断層』(活断層研究会, 1991)⁴では大原湖断層が確実度Ⅲの「活断層の疑いがあるリニアメント」として、『活断層詳細デジタルマップ』(中田・今泉編, 2002)⁵では迫田―生雲断層の一部と大原

第1表 既存文献に報告されている本地域における断層露頭・トレンチ調査結果等

図	地点 ¹⁾	報告されている文献	調査の区分	記載内容
2	Loc.3	佐川ほか (2008)	トレンチ調査	第四紀層 (砂礫層・シルト層など) を変位させる重力性の断層を確認
	k, m, o	金折 (未公表資料)	断層露頭調査	基盤岩中の破砕帯を確認
4-①	j, l, n, q	高橋 (1981)	断層露頭調査	基盤岩中の破砕帯を確認
	l	金折 (1999)	断層露頭調査	篠目川河床において断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認
4-②	r, w	高橋 (1981)	断層露頭調査	基盤岩中の破砕帯を確認
	s	森岡ほか (2007)	断層露頭調査	断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認
	u	森岡ほか (2007)	断層露頭調査	砂礫層 (第四紀層) と基盤岩をともに切る断層を確認 南側が約 20 cm 上がる
	u 付近	森岡ほか (2007)	トレンチ調査	砂礫層 (第四紀層) と基盤岩をともに切る断層を確認 南側が約 70 cm 上がる
	x	森岡ほか (2007)	断層露頭調査	砂礫層 (第四紀層) と基盤岩をともに切る断層を確認 北側が 1 m 以上上がる
	y	金折 (未公表資料)	断層露頭調査	基盤岩中の破砕帯を確認
6-①	a	金折ほか (1999)	断層露頭調査	阿武川河床において断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認
	b	佐川ほか (2008)	断層露頭調査	断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認
6-②	c, e	佐川ほか (2008)	断層露頭調査	断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認
	e 付近	佐川ほか (2008)	ボーリング調査	基盤岩中の深度が南東側で約 7 m 高くなっていることを確認
	f	佐川ほか (2008)	トレンチ調査	第四紀層 (砂礫層・シルト層など) を切る断層を確認
7	l*	相山・金折 (2011)	断層露頭調査	生雲川河床において基盤岩中の破砕帯を確認
	n, p, r, s	相山・金折 (2011)	断層露頭調査	基盤岩中の破砕帯を確認
9-②	d	小松原ほか (2004)	トレンチ調査	断層ガウジが観察される基盤岩中の破砕帯を確認

1) 既存文献で報告されている調査のうち、本研究の断層トレースから外れている地点のものについては取り上げていない。*: この断層露頭の詳細な位置は相山・金折 (2011) には図示されていないが、(株) ダイヤコンサルタントの相山光太郎氏に現地にて直接教えていただいた。

湖断層が「推定活断層」として図示されているに過ぎなかった。しかし、最近の研究で、数か所の断層露頭・トレンチ調査において第四紀層を変位させる断層が確認され、第四紀層中の試料の¹⁴C年代測定値よりいくつかの断層の最新活動時期も推定されている。以下、それぞれの活断層について従来の研究の概要を述べる。文中の活断層の長さは佐川ほか (2008)⁹⁾による。なお、既存文献における断層露頭・トレンチ調査等の報告を第1表にまとめて示した。段丘変位の報告については、第3表を参照されたい。

1) 徳佐一地福断層

(地質断層としての) 徳佐一地福断層は長さ約 35 km で、山口市阿東徳佐上から同市阿東篠目までは徳佐盆地に沿って北東—南西方向に走る断層である (佐川, 2008)⁹⁾。金折ほか (1999)²¹⁾などは、いくつかの連続性を欠くリニアメントが雁行状に配列しているが、活断層の詳細な位置は一部

を除いて明らかになっていない。最近、森岡ほか (2007)⁸⁾は断層露頭・トレンチ調査、変位地形などから、本断層南西部を、南東側隆起成分を持つ右横ずれの活断層であると推定した。また、最新活動時期は 6,700～5,200 年前とされた (佐川ほか, 2008)⁹⁾。佐川ほか (2008)⁹⁾はトレンチ調査や変位地形などから、本断層北東部も活断層であるとし、最新活動時期を 10,800～3,400 年前と推定した。

2) 迫田一生雲断層

(地質断層としての) 迫田一生雲断層は長さ約 30 km で、山口市阿東嘉年下から萩市佐々並長小野まで北東—南西方向に走る断層である (佐川ほか, 2008)⁹⁾。金折ほか (1999)²¹⁾などは、1997 年の山口県北部地震は本断層の活動によって発生したと推定し、本断層に沿って長さ 3～5 km のリニアメントが雁行状に配列するとしているが、活断層の詳細な位置は一部を除いて不明である。最近、佐川ほか (2008)⁹⁾は、本断層

北東部における地質諸調査および変位地形などから、本断層を右横ずれの活断層であるとし、14,500～8,500年前に断層活動があったと推定した。相山(2009)²²⁾および相山・金折(2011)²³⁾は、断層露頭および変位地形などから、分岐する本断層南西部の南側のセグメントは南東側隆起成分を持つ右横ずれの活断層であるとした。水平および鉛直平均変位速度も算出し、活動度B～C級としている。

3) 木戸山西方断層

木戸山西方断層は、山口市宮野上から北方に延び、同市阿東篠目で徳佐一地福断層と合流する長さ約13kmの断層である。本断層の走向は概ね北東一南西方向であるが、中部(宮野上杖坂北方～住吉付近)では北北東一南南西となる(森岡ほか、2007)⁸⁾。本断層に沿って数か所で第四紀層を変位させる断層露頭が報告されるとともに、数か所で変位地形が確認され、本断層は北西側隆起成分を持つ右横ずれの活断層であるとされた(玉村・金折、2001²⁴⁾;金折、2003²⁵⁾;森岡ほか、2007⁸⁾)。金折ほか(2006)⁷⁾は、本断層南西部におけるトレンチ調査から最新活動時期を約3,500年前以降と推定している。また、本断層北東部の断層露頭からは、最新活動時期を約5,400年前以降とする成果も得られている(森岡ほか、2007)⁸⁾。

4) 大原湖断層

大原湖断層は長さ約22kmで、大原湖(ダム湖)北東から山口市宮野上まで北東一南西方向に走る断層である(水野ほか、2003²⁶⁾;金折ほか、2006⁷⁾など)。金折ほか(2003)²⁵⁾は本断層にほぼ沿ってB～Cランクのリエアメントを判読しているが、水野ほか(2003)²⁶⁾は、本断層は全体的に変位地形が不明瞭であ

り、活断層であることを示す証拠に乏しいとしている。小松原ほか(2004)²⁷⁾のトレンチ調査においても第四紀層に変位は認められなかったが、比較的最近の地質時代の活動を示唆する軟らかい断層ガウジを伴う破碎帯が確認された。金折ほか(2006)⁷⁾の調査においても第四紀層の変位は見つからなかったが、金折(2005)¹¹⁾などは本断層を活断層としている。

以上のように、最近の研究により、本地域に分布する活断層の後期更新世以降の活動性や性状等はかなり明らかになってきたが、断層変位地形については各断層につき数か所が断片的に取り上げられている程度で検討は十分になされていない。活断層の詳細な位置や平均変位速度等も一部を除いて明らかになっていない。

IV. 断層変位地形の記載

本調査では徳佐一地福断層、若小幡断層(新称)、渡川断層(新称)、長門峡断層(新称)、木戸山西方断層(北東部)、迫田一生雲断層、生雲中断層(新称)、野戸呂断層(新称、従来の迫田一生雲断層の一部)、柚木断層(新称)、大原湖断層の10本の活断層が再認定され、これらに沿って多くの断層変位地形が認められた(第2～9図²⁹⁾および第2、3表)。以下、各断層の変位地形等について述べる。なお、文章中の本地域の段丘面は、上位からH、M、L1、L2面である(第2図)。また、生雲中天子付近にわずかにみられる古い丘陵を「天子丘陵面」とする。段丘面の形成年代等については後のV章で述べる。

1) 徳佐一地福断層(第3図①、第4図)

徳佐一地福断層はN20～65°Eの走向を持

第2表 断層を横切る河谷の屈曲に関する資料

断層名	区間	長さ (km)	断層露頭等 ¹⁾	総河谷数 (A)	右屈曲河谷数 (B)	Aに対する右屈曲河谷の割合 (%)	up-hill な右屈曲をする河谷の数	屈曲していない河谷数 (C)	左屈曲河谷数 (D)	河谷の偏形度 ²⁾
徳佐一地福断層	徳佐下鍋倉～生雲東分三谷市	7		39	31	79	4	4	4	0.69
	生雲東分三谷市～御堂原	6	○	33	21	64	0	6	6	0.45
	生雲東分御堂原～篠目見付	9	○ ◎	41	23	56	6	11	7	0.39
若小幡断層	地福上用路東方～南界	6		31	18	58	6	7	6	0.39
渡川断層	地福下若小幡～生雲東分千頭	8	○	44	32	73	32	7	5	0.61
長門峡断層	生雲東分渡川～川上中野戸呂	6		47	28	60	5	11	8	0.43
	大野岳北西～篠目奥叶 (大野岳西方の分岐断層)	4		28	17	61	5	5	6	0.39
木戸山西方断層 (北東部)	篠目中郷～宮野上杖坂北方	5	○ ◎	35	21	60	3	6	8	0.37
迫田一生雲断層	嘉年下火打原～生雲西分矢柱	8	○	50	29	58	3	15	6	0.46
	生雲西分矢柱～生雲中中村	5	○ ◎	20	14	70	11	5	1	0.65
	生雲中本郷～川上江舟	7		58	41	71	13	13	4	0.64
生雲中断層	生雲西分中河内～生雲中栃崎	6		36	26	72	9	8	2	0.67
野戸呂断層	生雲中寺田南東の山腹	2		20	12	60	0	4	4	0.40
	生雲中天子上～川上上野戸呂	8	○	62	41	66	34	12	9	0.52
	川上下野戸呂～上野戸呂 (野戸呂盆地南東縁の分岐断層)	2	○	21	16	76	0	4	1	0.71
柚木断層	柚木川上～柚木	8		56	41	73	1	11	4	0.66
	地福下南界～俄河内川上流部	5		30	17	57	3	7	6	0.37
大原湖断層	柚木戸根～野谷笹ヶ滝	6	○	45	25	56	8	9	11	0.31
	野谷笹ヶ滝～上野谷	7		44	27	61	13	9	8	0.43

1) ○：露頭調査やトレンチ調査において、基盤岩中に破碎帯が報告されている区間。◎：露頭調査やトレンチ調査において、第四紀層を切る断層が報告されている区間。2) (B-D) / A

ると推定されるが、変位地形は乏しく調査対象地域外でもあるため、この区間については本研究では取り上げない。また、筆者らの調査では、本断層の鍋倉以北においては変位地形がほとんど皆無であった。

2) 若小幡断層 (第3図)

地福低地南東縁を成すリニアメントに沿って多くの断層変位地形が認められた。本研究ではこのリニアメントを活断層と認定し、新たに「若小幡断層」と名付けて記載する。若小幡断層の走向は概ねN50～70°Eであるが、地福下若小幡付近の中部ではN20°Eとなる。変位地形については、地福上用路付近のb-b'で山麓緩斜面上に比高数mと思われる低崖が連続する。この低崖は北落ちで河

川側が低いものであるが、極めて直線的であり、東端は三角末端面に続くので断層運動により形成された可能性が考えられる。用路～若小幡ではup-hillな屈曲6本を含む約15本の小河谷が右屈曲している。屈曲量は30～100mである。この付近では断層トレースに沿って数か所で三角末端面がみられる。本断層は俄河内川上流部まで延びていると考えられるが、朴川より南西側は断層トレースが不明瞭で変位地形も疎らになるので推定活断層とする。

3) 渡川断層 (第3図①、第4図①、第5図)

若小幡付近から徳佐一地福断層の南東側を並走し大野付近で同断層に合流する、多くの断層変位地形を伴う分岐断層が認められる。

第3表 段丘の断層変位に関する資料

断層名	地名	変位が報告されている文献	変位を受けている地形 ¹⁾	水平変位量 (m) ²⁾	平均水平変位速度 (m/1000年) ³⁾	鉛直変位量 (m) ⁴⁾	平均鉛直変位速度 (m/1000年) ³⁾	図・本文中の記号
徳佐一地福断層	徳佐中下市	佐川ほか (2008)	L2 面	R3	0.1 ~ 0.12			第2図 Loc.3 付近
	地福上店屋	佐川ほか (2008)	L1 面			SE0.7*	0.018 ~ 0.023	第3図 a
	生雲東分渡川	(本研究)	M 面			SE0.5	0.0037 ~ 0.0058	第4図 f
	生雲東分渡川	(本研究)	H 面	R80	0.23 ~ 0.32			第4図 h
	篠目中郷	(本研究)	L1 面	R15	0.38 ~ 0.5			第4図 t
	篠目中郷	森岡ほか (2007)	M 面			SE2.3**	0.017 ~ 0.027	第4図 v
渡川断層	生雲東分渡川	(本研究)	L2 面の開析谷 (5 本)	R5 ~ 10	0.17 ~ 0.4			第4, 5 図 p
	篠目中郷	(本研究)	L1 面	R15	0.38 ~ 0.5			第4 図 x
木戸山西方断層 (北東部)	篠目中郷	(本研究)	M 面の開析谷 (1 本)	R30	0.22 ~ 0.35			第4 図 y
	生雲西分中河内	佐川ほか (2008)	M 面	R15	0.11 ~ 0.18			第6 図 d
迫田一雲断層	生雲中本郷	(本研究)	L1 面	R15	0.38 ~ 0.5			第6 図 g
	生雲中天子下	(本研究)	L2 面の開析谷 (2 本)	R5 ~ 10	0.17 ~ 0.4			第6, 8 図 h
野戸呂断層	生雲中天子下	(本研究)	L1 面	R10	0.25 ~ 0.33			第7, 8 図 i, j
	生雲中開作	相山 (2009)	L1 面	R10	0.25 ~ 0.33	SE1.8	0.045 ~ 0.06	第7 図 m***
	川上下野戸呂	(本研究)	M 面と M 面の開析谷 (2 本)	R20	0.15 ~ 0.24			第7 図 o
	川上下野戸呂	相山 (2009)	L1 面			SE1.7	0.043 ~ 0.057	第7 図 q***
柚木断層	徳地柚木河内谷	(本研究)	M 面	R15	0.11 ~ 0.18			第9 図 a
	徳地柚木河内谷	(本研究)	M 面	R15	0.11 ~ 0.18			第9 図 b
	徳地柚木小対	(本研究)	M 面			SE0.5	0.0037 ~ 0.0058	第9 図 c

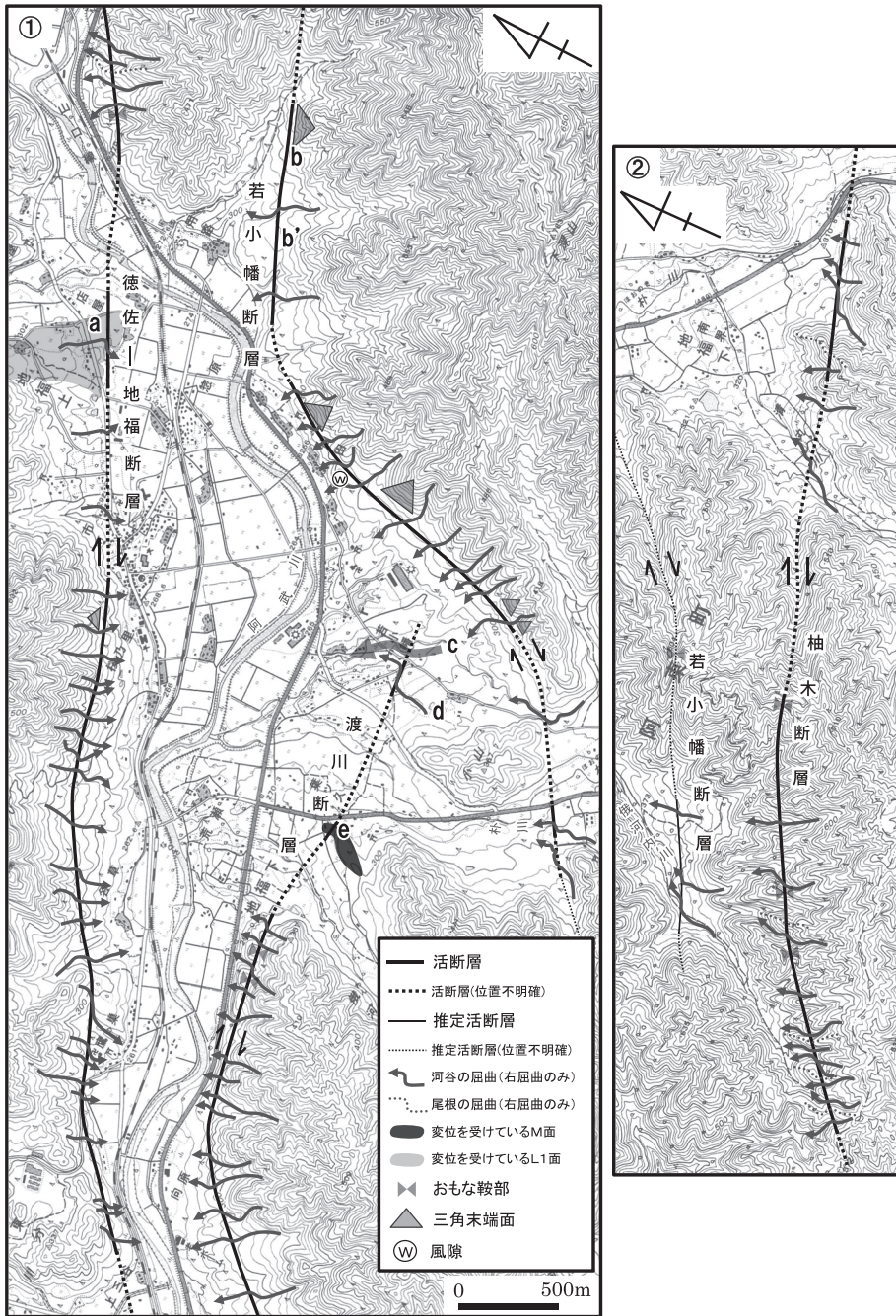
1) 段丘面は本研究の区分による。鉛直変位量に関係する変位地形は、付近の河川の影響を受けていないと考えられる段丘面の逆向き断層層のみ。段丘開析谷の屈曲は、付近の河川の影響を受けていないと考えられる up-hill な屈曲のみ。既存研究で報告されている段丘変位のうち、本研究の断層トレースから外れているものについては取り上げていない。2) R: 右横ずれ 3) 各段丘面の形成年代を、H 面: 250 ~ 350 ka, M 面: 85 ~ 135 ka, L1 面: 30 ~ 40 ka, L2 面: 25 ~ 30 ka として平均変位速度を算出した (V 章参照)。4) SE: 隆起方向 *: 筆者らの簡易測量による。**: 筆者らの簡易測量による。この逆向き断層層については、地形判読に使用した空中写真 (昭和49年度撮影) と現在では少し地形が異なっており、断層層の北側に盛土され地形が改変されているものと思われる。筆者らは改変前の地形を推定して断層層の比高の簡易測量をおこなった。***: これらの変位地形の詳細な位置は、相山 (2009) には図示されていないが、(株) ダイヤコンサルタントの相山光太郎氏に現地直接教えていただいた。

本研究ではこれを活断層とし、新たに「渡川断層」と名付ける。渡川断層は N40 ~ 55°E 走向の部分が多いが、北東部では約 N90°E となる。本断層の北東端は位置が不明確であるが、小規模な谷底平野 (c) が 50 m 程度右に緩く屈曲していること、L1 面の開析谷 (d) が約 140 m 右に屈曲していること、e では M 面の先端に幅約 30 m の鞍部状の地形があり、これは断層破碎帯の可能性があることなどから、断層トレースを地福低地南縁付近に推定した。本断層は若小幡付近で若小幡断層に合流しているようである。本断層に沿っては、渡川の L2 面の開析谷 5 本 (p) を含む小河谷約 30 本が 5 ~ 160 m 系統的に右屈曲してい

る。これらはすべて up-hill 方向の屈曲である。下杉原付近では鞍部列もみられる。

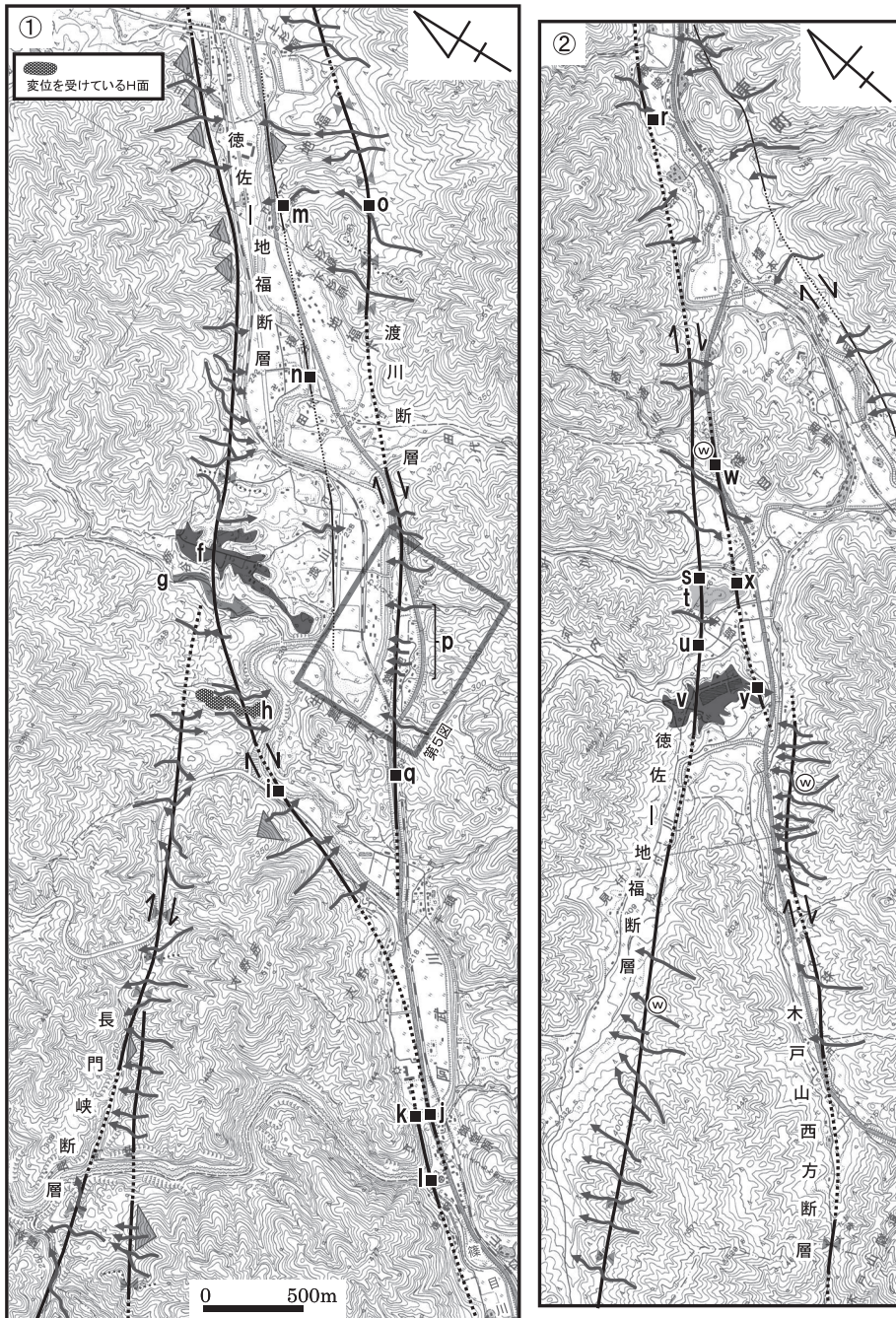
4) 長門峡断層 (第4図①、第7図)

渡川付近で徳佐一地福断層から分岐し野戸呂盆地で野戸呂断層に合流する、多くの断層変位地形を伴う断層が認められる。本研究ではこれを活断層とし、新たに「長門峡断層」と名付ける。長門峡断層は N65 ~ 80°E の走向を持ち、さらに大野岳北西で 40 ~ 60°E 走向の断層が分岐する。本断層および分岐断層に沿っては、up-hill な屈曲 10 本を含む約 45 本の小河谷が 10 ~ 130 m 右屈曲している。第4図①および第7図の範囲外であるが、分岐断層に沿って約 200 m 右に屈曲する小河



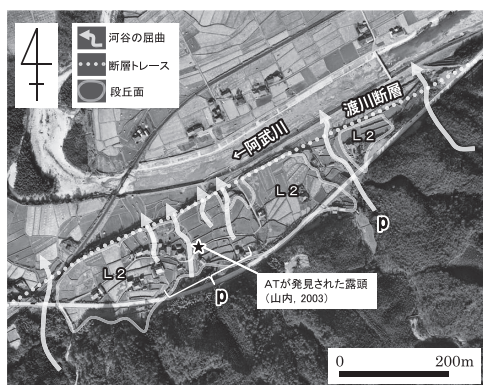
第3図 地福低地およびその周辺部の断層変位地形

国土地理院発行2万5千分の1地形図「徳佐中」および「大原湖」の一部を使用。図の位置は第1図に示す。①と②の縮尺は同じ。微細な尾根の屈曲は省略した。



第4図 渡川低地～篠目低地およびその周辺部の断層変位地形

国土地理院発行2万5千分の1地形図「徳佐中」、「生雲中」、「長門峡」および「大原湖」の一部を使用。図の位置は第1図に示す。①と②の縮尺は同じ。凡例は第3図に同じ。



第5図 断層変位地形の判読例①(渡川地区)

国土地理院発行1万分の1空中写真C CG-74-13 C2B-51(昭和49年度撮影)の一部を使用。図の位置は第4図①に示す。

谷もある。断層トレースに沿って数か所で三角末端面もみられる。

5) 木戸山西方断層(北東部)(第4図②)

中郷付近で徳佐一地福断層から分岐する木戸山西方断層(北東部)は、N35~45°Eの走向を持つ断層である。本調査において、断層露頭x(森岡ほか、2007)⁸⁾がある地点でL1面の約15mの右ずれが確認された。ただし、これには河川の侵食の影響が含まれている可能性がある。中郷~文珠^{もんじゅ}においては、断層露頭y(金折、未公表)があるM面の開析谷が約30mのup-hillな右屈曲をしている。その南西では約10本の小河谷が10~130m右に屈曲している。

6) 迫田一生雲断層(第6図、第7図)

相山・金折(2011)²³⁾などは、迫田一生雲断層は南西部で2本のセグメントに分岐するとしているが、本研究では南西部の北側のセグメントと北東部を「迫田一生雲断層」として記載する。南西部の南側のセグメントは新たに「野戸呂断層」と名付けて後述する。

迫田一生雲断層はN30~65°Eの走向を持つ。本断層はステップが多く、特に生雲中

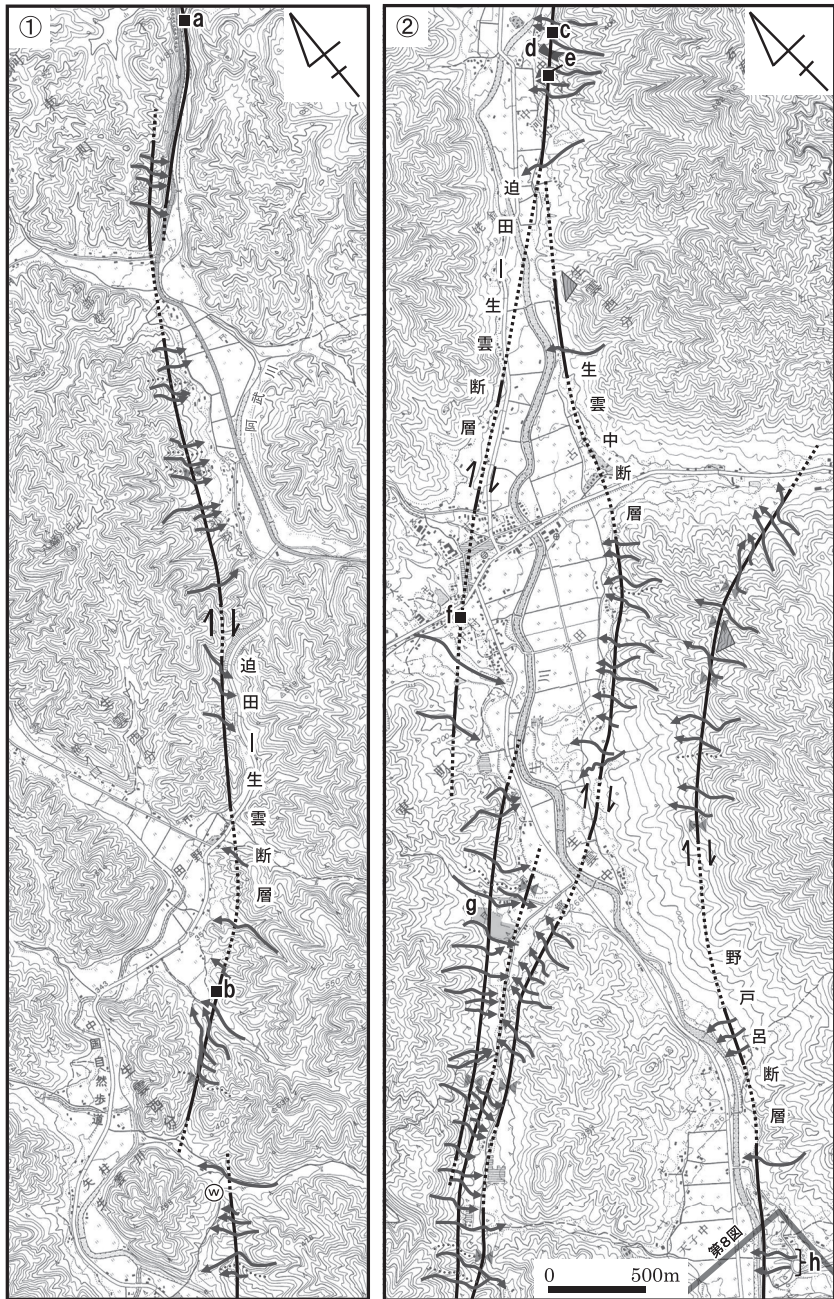
本郷付近^{ほんごう}においては細かくステップしており、後述の生雲中断層や野戸呂断層も含め数本の断層が雁行配列する。河谷の屈曲については、吉部野低地(仮称)から江舟低地(仮称)までの約18kmの間で、断層を横切る約80本の小河谷が右に屈曲している。屈曲量は10~130mである。このうち、生雲西分^{にしぶん}中河内^{なかがわち}や本郷付近の約20本の小河谷はup-hill方向に屈曲する。段丘面の変位では、本郷のgでL1面が約15m右にずれているように見える。本断層は徳佐一地福断層と同様に佐々並長小野付近まで延びているが、江舟低地より南側では変位地形は少なくなり、調査対象地域外でもあるため、本研究ではその区間については取り上げない。

7) 生雲中断層(第6図②、第7図)

生雲低地において、迫田一生雲断層の南東側に多くの断層変位地形を伴う分岐断層が認められる。本研究ではこれを活断層とし、新たに「生雲中断層」と名付ける。生雲中断層は走向N30~70°Eで、中河内付近で迫田一生雲断層から分岐し、栃崎付近で再び合流する。本断層に沿っては、小河谷約20本に系統的な10~80mの右屈曲が認められる。そのうち寺田付近の約10本はup-hill方向に屈曲している。

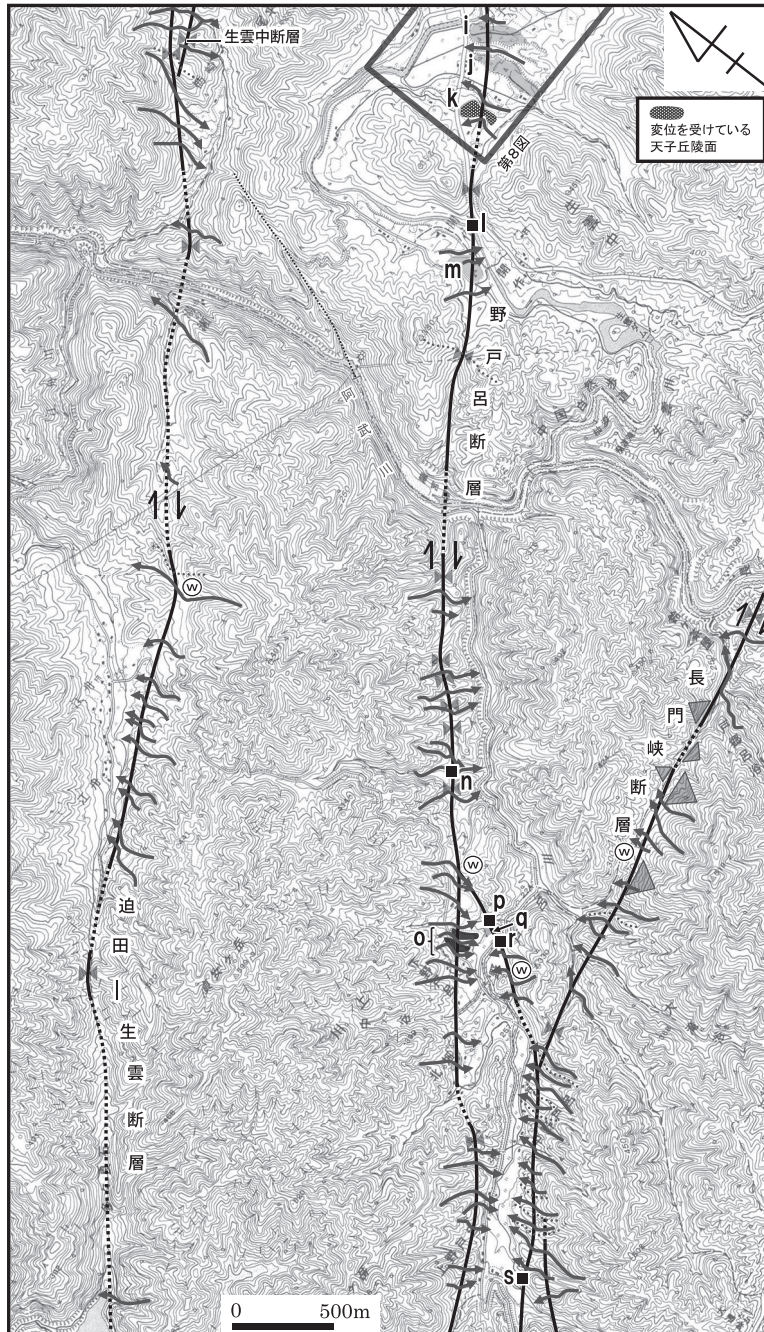
8) 野戸呂断層(第6図②、第7図、第8図)

野戸呂断層は概ねN35~60°Eの走向を持つが、北東端では約N80°Eとなる。河谷の屈曲については、寺田南東の山腹を走る本断層に沿って小河谷約10本が20~80m右屈曲し、鞍部列もみられる。天子~野戸呂では、本断層に沿う小河谷約40本が系統的に5~100m右屈曲しており、天子付近のL2面の開析谷2本(h)を含むそのほとんどがup-hill方向の屈曲である。開作付近では生雲川



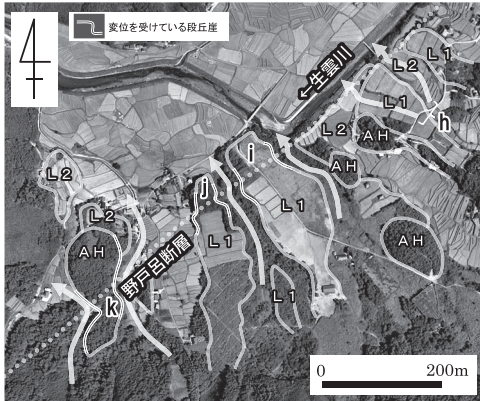
第6図 吉部野低地～生雲低地およびその周辺部の断層変位地形

国土地理院発行2万5千分の1地形図「十種ヶ峰」、「徳佐中」および「生雲中」の一部を使用。図の位置は第1図に示す。①と②の縮尺は同じ。凡例は第3図に同じ。



第7図 野戸呂盆地・江舟低地およびその周辺部の断層変位地形

国土地理院発行2万5千分の1地形図「生雲中」および「長門峡」の一部を使用。図の位置は第1図に示す。凡例は第3図に同じ。



第8図 断層変位地形の判読例②(天子地区)

国土地理院発行1万分の1空中写真C CG-76-11 C21-11(昭和51年度撮影)の一部を使用。図の位置は第6図②および第7図に示す。凡例は第5図に同じ。AHは天子丘陵面。

の谷が本断層を挟んで300m程度右に屈曲している。野戸呂川左岸では鞍部列もみられる。さらに、野戸呂盆地の南東縁を成す分岐断層に沿った小河谷15本には、屈曲量が20～120mの右屈曲が認められる。段丘面等の変位については、天子付近のiとjでL1面が10m程度、kで天子丘陵面が50m程度右にずれているように見える。iではL1面が断層線の南東側で約0.3m高くなっている。野戸呂盆地のoではM面相当の小段丘面と開析谷がともに約20mの右ずれを生じている。本断層は野戸呂盆地からステップしながらさらに南西に延び、佐々並上長瀬付近にまで達しているが、変位地形は少なくなる。しかしながら、相山・金折(2011)²³⁾は佐々並日南瀬において断層面に沿って河床礫がもみ込まれた断層露頭を発見している。

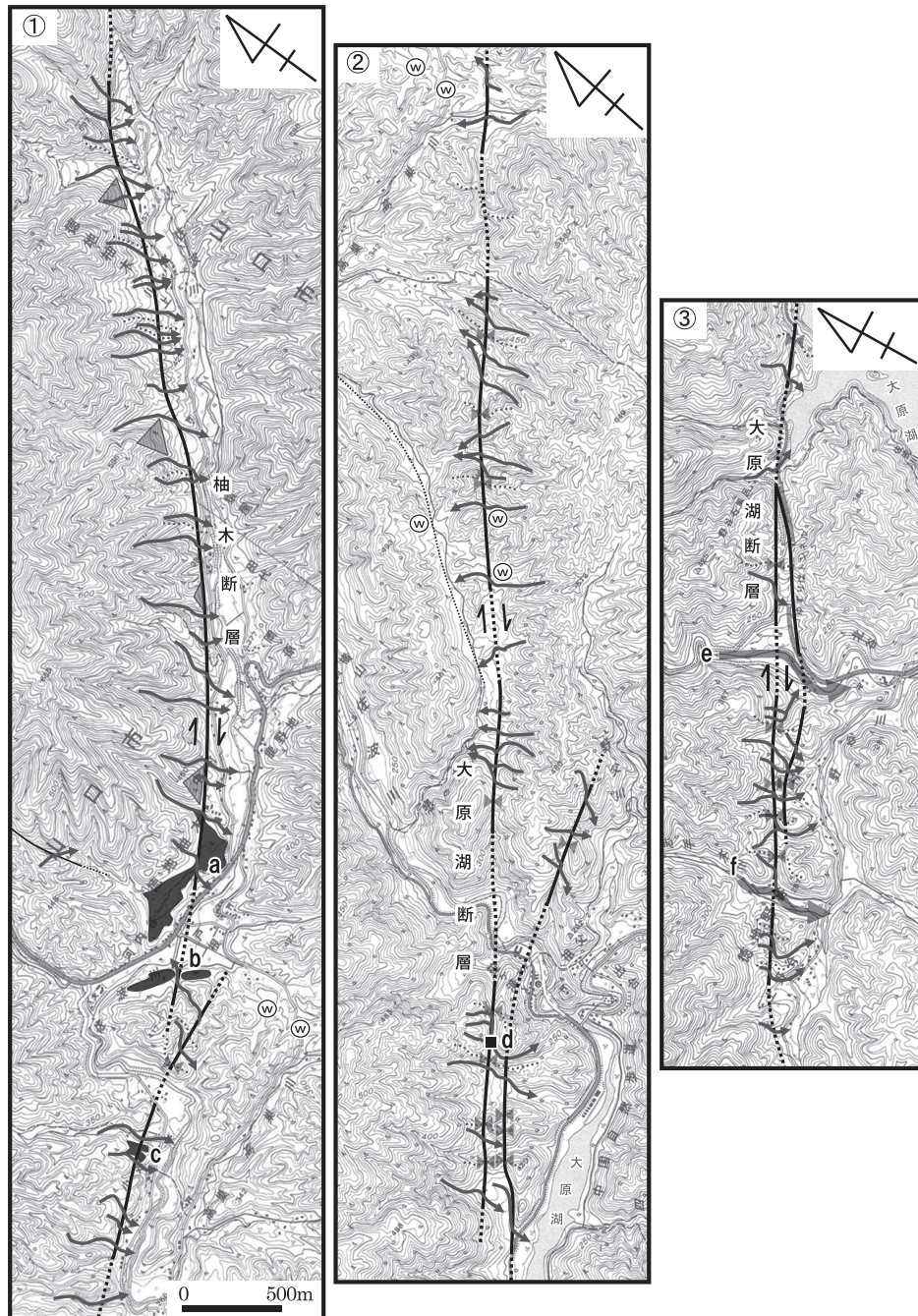
9) 柚木断層(第9図①、第3図②)

大原湖断層の北方を走るリニアメントに沿って多くの変位地形が認められた。本研究ではこのリニアメントを活断層とし、新たに「柚木断層」と名付ける³⁰⁾。柚木断層はN45

～75°Eの走向を持つ。河谷の屈曲については、徳地柚木川上～柚木および地福下南界～俄河内川上流部の計約13kmの間に、断層に沿って約55本の右屈曲する小河谷が認められる。屈曲量は10～130mである。段丘面の変位については、河内谷のaおよびbにおいてM面がいずれも15m程度右にずれているように見えるとともに、断層線の南東側が3m程度高くなっており、これらは断層運動による変位である可能性が考えられる。小対のcではM面が断層線の南東側で約0.5m高くなっており、これは逆向き断層崖であると考えられる。したがって、本断層は南東側隆起成分を持っている可能性がある。なお、本断層の北東部は山口・島根県境の仏峠付近で右ステップし、吉賀町柿木村椀谷付近まで延びているようである。その区間では小河谷の屈曲は少ないが、中規模の河谷数本が60～500m程度右に屈曲している。

10) 大原湖断層(第9図②・③)

大原湖断層は、走向N40～55°Eの直線状の断層である。本断層は河内谷付近で柚木断層から分岐しているように見える。大原湖北では、本断層に沿ってup-hillな屈曲8本を含む約25本の小河谷が10～230m右に屈曲しており、鞍部列もみられる。佐波川の流路は笹ヶ滝付近で本断層を挟んで280m程度右に屈曲している。大原湖北西岸では明瞭な三角末端面が連続するが、断層トレースは新期の崖錐性堆積物に覆われている部分などが多く不明瞭である。大原湖の南西では約15本の小河谷に10～130mのup-hillな右屈曲が認められ、鞍部列もみられる。e、fの谷もそれぞれ190m、80m程度右に屈曲しているように見える。上野谷より南西側では変位地形は少なくなる。なお、本断層の鉛



第9図 佐波川上流域の断層変位地形

国土地理院2万5千分1地形図「椀谷」、「徳佐中」および「大原湖」の一部を使用。図の位置は第1図に示す。
①～③の縮尺は同じ。凡例は第3図に同じ。

直の変位センスは、調査対象地域内についてはデータが得られず推定できなかった。

V. 考察

1. 段丘面の形成年代

本地域の段丘面は上位から H、M、L1～4 の 6 面に区分された。以下、段丘面の形成年代等について考察する。主要な段丘である M 面および L1・2 面の分布と Loc. 位置は第 2 図に示している。文章中の火山灰の名称および噴出年代は町田・新井 (2003)³¹⁾ による。なお、徳佐盆地内の段丘と堆積物および盆地周辺部の河川争奪現象の詳細については別稿で報告する予定である。

M 面は、段丘面がやや開析され、構成層は砂礫、砂、シルト、粘土などからなる。砂礫層はやや風化した礫を主体とする。徳佐層や地福層 (河野・高橋、1966¹⁵⁾ など) と呼ばれる厚い粘土層などからなる湖成層の大部分は本面構成層に相当する。形成年代については、地福下南界 (Loc.8) において構成層最上部に阿蘇 3 テフラ (Aso-3、約 120 ka? または 135 ka? 頃噴出) に対比される可能性が高いテフラ³²⁾ が挟まれることに加え、徳佐中貞行における 68 m ボーリング (Loc.1) の徳佐層最上部の泥炭層と粘土層の境界部分に阿蘇 4 テフラ (Aso-4、85-90 ka 噴出) が挟まれ (市谷ほか、1996)³³⁾、付近の本面の離水と Aso-4 の降下がほぼ同時期と推察されることなどから、85～135 ka 前後と推定する。なお、最近、約 0.6 Ma のフィッシュン・トラック年代が算出されていた 100 m ボーリング (Loc.2) の深度 68 m のテフラ (竹村ほか、1991)³⁴⁾ が阿蘇 1 テフラ (Aso-1、250-270 ka 噴出) であることが判明した³⁵⁾。

このことなどから、古徳佐湖の形成 (深度 85 m の徳佐層の堆積開始) は 300 ka 前後である可能性が高いと考えられ、M 面構成層は約 100 ka～300 ka の約 20 万年間で堆積したと推定される。また、今回の筆者らの調査により、徳佐盆地周辺部で見られる生雲川および佐波川による河川争奪はいずれも M 面形成期前後に発生した可能性が高いことがわかった。本地域の水系はそれ以降ほぼ変化がないものと推察される。

L1 面は、段丘面の開析があまり進まず、構成層は未風化の礫を主体とする層厚の薄い砂礫層からなる。形成年代については、構成層の風化度・色調が L2 面のものとあまり違いがないこと、数か所で表土中に挟まれる始良 Tn テフラ (AT、26-29 ka 噴出) が報告されている (松尾、1981³⁶⁾; 山内、2003¹⁷⁾) が、いずれも表土の下部に挟在すること、徳佐下鍋倉 (Loc.4) の本面構成層中に挟まれる植物片の ¹⁴C 年代測定値が 34,160 ± 270 y. B.P. (Beta-329328) を示した³⁷⁾ ことなどから、30～40 ka 前後と推定する。

L2 面は、段丘面の開析が進まず、概ね未風化の礫からなる層厚の薄い砂礫層により構成されている。本調査において、地福下の Loc.5, 6 で本面構成層に挟まれるテフラが AT であることがわかった³⁸⁾。また、これまでも本面構成層からしばしば AT が発見されている (松尾、1981³⁶⁾; 川崎、1995¹⁸⁾; 山内、2003¹⁷⁾)。したがって、本面の形成年代を 25～30 ka 前後と推定する。

L3 面・L4 面は L2 面の下位に分布することから、形成年代は約 20 ka 以降であると思われる。

H 面は、徳佐盆地内では渡川付近に極わずかに分布する。段丘面は侵食されてやや丸み

を帯びている。構成層はクサリ礫からなる砂礫層で、H面は中期更新世の形成と考えられる。また、地福下鷹の巣 (Loc.7) などには同様のクサリ礫からなる地形面を持たない砂礫層がみられ、H面構成層に対比される可能性がある。これらの堆積物には阿武川の旧支流である佐波川上流部からの砂岩礫やチャート礫などが全く含まれない。また、Loc.7では現在の阿武川とは逆の東北東へ向かう古流向を示すインブリケーションが認められるので、H面は少なくとも古阿武川が北東流していた古徳佐湖形成以前、すなわち300 ka 前後以前の形成である可能性が高い。

天子丘陵面は、生雲中天子付近にわずかにみられる丘陵状の地形である。風化・固結が著しく進み前期～中期更新世と考えられる砂礫層から構成される。天子丘陵面の詳しい形成年代は不明である。

2. 断層変位地形の検討

本研究では、空中写真の判読作業を中心に、微細な地形まで抽出し詳細な調査をおこなった結果、多くの断層変位地形と考えられる地形が認められた。そのおもなものは小河谷の右屈曲であった。今回、断層を横切るすべての右屈曲する河谷の屈曲量を2万5千分の1地形図上で測定し、屈曲量別の割合を求めた。それによると、屈曲量が50 m未満の河谷が全体の70%を占めていた。100 m未満のものまで広げると93%にまで達し、100 m以上のものはわずか7%に過ぎなかった。断層別では、大原湖断層が大きい屈曲がやや多い(100 m以上のものが21%) ことを除き、大きな違いは認められない。このように、本地域の断層に沿う右屈曲する河谷は、小さく屈曲するものが大半を占めることがわかった。しかしながら、阿武川左岸を走る渡川断

層、生雲川左岸を走る迫田一生雲断層の中河内付近、生雲中断層の寺田付近、生雲川および野戸呂川左岸を走る野戸呂断層、野谷川左岸を走る大原湖断層の野谷付近をはじめ、本地域では up-hill 方向に右屈曲する小河谷が集中的に並んでいるところが多数認められる。また、そのようなリニアメントに沿う最終間氷期以降のM面、L1面などにも同傾向の右ずれが十数か所で認められ、尾根の右屈曲、鞍部列、三角末端面などの地形もみられる(第3表および第3～9図)。そして、これまでの研究で、そのようなリニアメントに沿った数十か所の露頭・トレンチ調査において破砕帯や第四紀層を変位させる断層がすでに報告されている(第1表)。したがって、II章でも述べたように、微細なものを多く含むこれらの地形はリニアメントに沿った断層活動によって形成された断層変位地形であると判断される。微細な変位地形が多いのは、後でも述べるが、断層の活動度があまり高くないことに起因すると考えられる。

一方、田力ほか(2012a)³⁹⁾は山地域の横ずれ活断層の確実度を判定する一方法として、「河谷の偏形度」⁴⁰⁾を提案し、『新編日本の活断層』(活断層研究会、1991)⁴⁾で確実度I～II、あるいは『活断層詳細デジタルマップ』(中田・今泉編、2002)⁵⁾で確実な活断層とされている断層は、概ね偏形度が0.3程度以上であるとしている。本研究ではこの方法を用いて、本地域の活断層に沿う河谷の偏形度を算出した。得られた結果は第2表の通りである。本地域の活断層の多くは、活断層研究会(1991)⁴⁾や中田・今泉編(2002)⁵⁾などでは活断層の記載のないリニアメントであり、露頭・トレンチ調査などから活断層と認定されていた。しかし、微細な屈曲も抽

出し河谷の偏形度を算出した結果、すべての断層で0.3以上を示し⁴¹⁾、既存文献の確実度Ⅰ～Ⅱあるいは確実な活断層並みの値が得られた。これは、本研究における活断層の分布の認定を支持するデータのの一つであるとともに、本研究のように詳細な空中写真判読等により微細な地形も抽出することは、活断層調査において有効的な手法の一つであることを示すものである。

3. 断層の平均変位速度

本地域では、相山(2009)²²⁾が迫田一生雲断層の一部(本研究の野戸呂断層を含む)で求めた以外は、断層の平均変位速度は明らかになっていなかった。しかし、今回本地域の段丘面の形成年代が推定されたので、段丘面の変位や段丘開析谷の屈曲量から各活断層の変位速度を算出することができた。その結果は第3表の通りである。各断層の右ずれの平均変位速度は、徳佐一地福断層が0.1～0.5 m/1000年、渡川断層が0.17～0.4 m/1000年、木戸山西方断層(北東部)が0.22～0.5 m/1000年、迫田一生雲断層が0.11～0.5 m/1000年、野戸呂断層が0.15～0.4 m/1000年、柚木断層が0.11～0.18 m/1000年である。すべての断層が0.1～0.5 m/1000年の中に入り、B級下位となった。断層による違い、あるいは場所による違いなどは特に認められない。各断層の鉛直の平均変位速度は、算出地点が少ないが、徳佐一地福断層が地福低地では0.018～0.023 m/1000年、渡川低地では0.0037～0.0058 m/1000年、篠目低地では0.017～0.027 m/1000年、野戸呂断層が0.043～0.06 m/1000年、柚木断層が0.0037～0.0058 m/1000年である。値に多少ばらつきが出たが、C級あるいはそれ以下となった。各地点の値の大小から何らかの傾向は特に見いだせない。また、このば

らつきが生じた理由は、現段階では不明である。今回算出された水平および鉛直の平均変位速度は相山(2009)²²⁾が算出した値(水平:0.38～0.05 m/1000年、鉛直:0.15～0.02 m/1000年、活動度はともにB～C級)と大差なく、本地域の活断層は水平ずれ断層の性格が強い斜めずれ断層であること、断層の活動度はあまり高くないことが改めてうかがえる。また、最終間氷期以降のM面やL1面に縦ずれ変位も認められるので、中国山地西部の断層運動を伴う曲隆は、本地域においても後期更新世以降も継続しているといえることができるが、縦ずれ変位量は小さく、中国山地の隆起量は日本の他山地に比べ少ないという第四紀地殻変動研究グループ(1968⁴²⁾、1969⁴³⁾、小畑(1991)¹⁶⁾などの指摘に調和的である。これらに関しては、田力ほか(2012b)⁴⁴⁾が本地域北東の弥栄断層帯で最近指摘したのと同様に、中国山地西部は活断層の密集地域であり、活断層が5～10 km程度以下の間隔で並走するため、蓄積する地殻の歪みが多く活断層に分配されて解放され、本地域においても個々の活断層の累積変位が小さくなっている可能性が考えられる。

4. 本地域のプリアパート盆地

相山・金折(2011)²³⁾は野戸呂盆地において活断層の詳細な位置を推定し、横ずれデュプレックスを呈していると判断して、同盆地をプリアパート盆地とした。一方、金折(2005)¹¹⁾などは徳佐低地や地福低地がプリアパート盆地である可能性を示唆しているが、これまで活断層の詳細な位置ははっきりしていなかった。(ただし、これらのプリアパート盆地は鮮新世以前の断層の左横ずれ運動によって形成されたもので、断層が現在のような右横ずれに反転してからは、これら

の盆地は閉塞しつつあると考えられている。)しかしながら、今回の調査により本地域の活断層の詳細な位置がかなり明らかになった(第2~9図)。それによると、地福低地、渡川低地および生雲低地も北西縁と南東縁の大部分が大まかには直線あるいは緩いなめらかな曲線となっており、2.5 km 程度以下の間隔で雁行配列あるいはステップする右横ずれの活断層が走る。また、その活断層は低角度で分岐・合流するものが多く、そのため盆地地形は紡錘形ないしはいびつな平行四辺形のような形をしている。このような断層の分布や盆地の形状などから、地福低地、渡川低地および生雲低地は野戸呂盆地と同様の閉塞しつつあるプリアパート盆地である可能性が高いと考えられる。徳佐低地や篠目低地も盆地縁に活断層あるいは推定活断層が走り、同様のプリアパート盆地である可能性がある。

VI. まとめ

(1) 本研究では、空中写真の判読作業を中心に、微細な地形まで抽出し詳細な調査をおこなった結果、多くの断層変位地形が認められた。そのおもなものは小河谷の右屈曲であった。また、断層に沿う最終間氷期以降のM面、L1面などにも同傾向の右ずれが認められた。

(2) 本地域の河谷の偏形度は、すべての断層において0.3以上を示し、既存文献の確実度I~IIあるいは確実な活断層並みの値となっている。

(3) 本地域の活断層の右ずれの平均変位速度は0.1~0.5 m/1000年でB級下位、鉛直の平均変位速度は0.045 m/1000年以下でC級以下となった。このことから、本地域の活断

層は水平ずれ断層の性格が強い斜めずれ断層であること、断層の活動度はあまり高くないことが改めてうかがえる。

(4) M面やL1面に縦ずれ変位も認められるので、中国山地西部の断層運動を伴う曲隆は、本地域においても後期更新世以降も継続しているということが出来るが、その隆起量は日本の他山地に比べ少ない。

(5) 地福低地、渡川低地および生雲低地は、野戸呂盆地と同様のプリアパート盆地である可能性が高いと考えられる。

なお、本研究では断層変位地形の記載および検討に重きを置いたため、本地域の各活断層の関連性、断層運動と地形発達との関係などといった重要な考察は不十分となった。それらについては今後の課題としたい。

〔付記〕本研究を進めるにあたり、山口大学の金折裕司先生、(株)ダイヤコンサルタント(元山口大学大学院)の相山光太郎氏には、現地に行き先を案内していただき、学会発表時には講演要旨の粗稿や図面に目を通していただき、多くの御教示をいただくとともに、未公表資料を提供していただいた。山口大学の楳原京子先生には、投稿前に原稿を閲読していただき、多くの貴重な御指摘・御意見をいただき、本稿は大幅に改善された。元山口大学大学院(元小郡町立小郡中学校)の松尾征二先生には、現地に行き先を案内していただき、第四紀層等について多くの御教示をいただいた。京都大学の竹村恵二先生には、未公表資料を提供していただいた。(株)京都フィッシュン・トラックの檀原 徹氏には、専門分野から貴重な情報や御教示をいただいた。以上の方々から感謝の意を表します。本稿は日本第四紀学会2011年大会および平成23年度山口地理学会2月例会において発表したものの一部を、大幅に加筆・修正したものである。

本研究には財団法人山口県ひとつくり財団のひとつくり財団研究・研修助成事業助成金(代表者:山内一彦)の一部を使用した。

注

- 1) 藤原健蔵「中国地方の侵食平坦面、その多元的発達」、(藤原健蔵編『地形学のフロンティア』、大明堂、1996、所収)、47-70頁。
- 2) 貝塚爽平「中国地方西部の地形」、東京大学地理学研究1、1950、87-98頁。
- 3) 今村外治・楠見 久・中野光雄・吉村典久・岡村和夫「三段峡・八幡高原地域を主とするいわゆる断層谷の地質学的研究」、(『三段峡・八幡高原総合学術調査報告』、広島県教育委員会、1959、所収)、64-83頁。
- 4) 活断層研究会『新編・日本の活断層一分布図と資料一』、東京大学出版会、1991、438頁。
- 5) 中田 高・今泉俊文編『活断層詳細デジタルマップ』、東京大学出版会、2002、DVD2枚+68頁。
- 6) 高田圭太・中田 高・野原 壯・原口 強・池田安隆・伊藤 潔・今泉俊文・大槻憲四郎・鷺谷 威・堤 浩之「震源断層となりうる活断層とリアメントの検討—中国地方を事例として—」、活断層研究23、2003、77-91頁。
- 7) 金折裕司・田中竹延・柳田 誠・山口大学断層テクトニクス研究グループ「山口県中部、大原湖断層系の性状と活動性」、応用地質47、2006、218-231頁。
- 8) 森岡達也・佐川厚志・金折裕司・田中竹延「山口県中部、徳佐一地福断層南西部と木戸山西方断層北東端の性状および活動性」、応用地質48、2007、35-47頁。
- 9) 佐川厚志・相山光太郎・金折裕司・田中竹延「山口県中部、徳佐一地福断層と迫田一生雲断層の性状および活動性」、応用地質49、2008、78-93頁。
- 10) 金折裕司「中国地方西部におけるカタクレアサイト帯の再活動と断層ガウジの形成」、月刊地球21、1999、22-29頁。
- 11) 金折裕司『山口県の活断層—地震災害の減災をめざして—』、近未来社、2005、119頁。
- 12) 金折裕司・遠田晋次「中国地方西部に認められるプレート内山ロー出雲地震帯の成因と地震活動」、自然災害科学25、2007、507-523頁。
- 13) 西村祐二郎・今岡照喜・金折裕司・亀谷 敦『山口県地質図 第3版 (15万分の1) および同説明書』、山口地学会、2012、167頁。
- 14) 加藤哲也・中田 高・成瀬敏郎「阿武川上流域の水系変化」、地理科学6、1966、65-77頁。
- 15) 河野通弘・高橋英太郎「山口県徳佐盆地の第四系と段丘について」、山口大学教育学部研究論叢 (自然科学)15、1966、113-125頁。
- 16) 小畑 浩『中国地方の地形』、古今書院、1991、262頁。
- 17) 山内一彦「中国山地西部、徳佐盆地周縁における河川争奪」、立命館地理学15、2003、31-47頁。
- 18) 川崎輝雄「阿武川上流域における地形発達史」、日本地理学会予稿集47、1995、102-103頁。
- 19) 松浦浩久・尾崎正紀・脇田浩二・牧本 博・水野清秀・亀高正男・須藤定久・森尻理恵・駒澤正夫『20万分の1地質図幅「山口及び見島」』、産業技術総合研究所地質調査総合センター、2007。
- 20) 高橋英太郎「阿武郡阿東町内阿武川流域の榎野川構造線の位置」、山口地学会誌9、1981、3-4頁。
- 21) 金折裕司・小林健治・安野伸泰・割ヶ谷隆志・山本哲朗「1997年山口県北部地震 (M6.1) の震源断層と家屋被害」、応用地質40、1999、220-230頁。
- 22) 相山光太郎「平均変位速度の見積もりと地震規模評価：迫田一生雲断層」、第157回日本地質学会西日本支部例会および2008年度支部総会プログラム、2009、13-13頁。
- 23) 相山光太郎・金折裕司「山口県中北部、迫田一生雲断層に沿う活断層と野戸呂プリアート盆地」、日本応用地質学会研究発表会講演論文集2011、2011、175-176頁。
- 24) 玉村修司・金折裕司「山口盆地北縁部を構成するリアメントと活断層」、日本応用地質学会研究発表会講演論文集2001、2001、19-22頁。
- 25) 金折裕司 (代表)『平成14年度原子力安全基盤調査研究 (原子力安全基盤調査研究 (地質断層の再活動性と地震テクトニクスに関する研究)) に関する報告書』、山口大学、2003、72頁。
- 26) 水野清秀・下川浩一・佃 栄吉・小松原琢・新見 健・井上 基・木下博久・松山紀香・金折裕司「山口県大原湖断層帯の活動性に関する地質調査 (序報)、活断層・古地震研究報告3、2003、175-184頁。
- 27) 小松原琢・水野清秀・下川浩一・田中竹延・柳田 誠・松本宏彰・小笠原洋・松山紀香「山口県大原湖断層帯東部、大原湖断層および仁保川断層のトレンチ調査」、活断層・古地震研究報告4、2004、209-219頁。
- 28) 三海俊則・金折裕司「島根県南西部～山口県北東部、柿木断層とその周辺断層」、日本応用地質学会研究発表会講演論文集2004、2004、291-294頁。
- 29) これらの図において、断層トレースが不明確な部分は点線でまし位置を推定しているが、その部分は断層がステップしている可能性もある。
- 30) この断層は三海・金折 (2004、前掲28) の「柿木断層」に相当するものであると思われるが、徳地柚木地区で変位地形が多く見られるので、

- 本研究では「柚木断層」と呼ぶことにする。なお、三海・金折(2004、前掲28)は、徳地柚木川上等において数か所の断層露頭を報告しているが、その詳細な位置は図示されておらず、記載されている断層ガウジの走向は柚木断層のものとはかなり異なっている。
- 31) 町田 洋・新井房夫『新編火山灰アトラス』、東京大学出版会、2003、336頁。
- 32) このテフラは川崎(1995、前掲18)がAso-4と推定していたものである。テフラの分析・鑑定は(株)京都フィッシュン・トラックに依頼した。
- 33) 市谷年弘・鈴木毅彦・三次教夫・星見清晴「山口県徳佐盆地における68mボーリング資料からの阿蘇4テフラの検出」、鳥取県立博物館研究報告33、1996、39-45頁。
- 34) 竹村恵二・北岡豪一・堀江正治・里村幹夫・横山卓夫「山口県徳佐盆地の地下構造と堆積物」、地質学雑誌97、1991、15-23頁。
- 35) 京都大学・竹村恵二氏の未公表資料である。
- 36) 松尾征二「阿武郡旭村及び阿東町の洪積世火山灰層」、山口県の自然5、1981、12-18頁。
- 37) ^{14}C 年代測定は(株)地球科学研究所に依頼した。測定方法はAMSである。
- 38) テフラの分析・鑑定は(株)京都フィッシュン・トラックに依頼した。
- 39) 田力正好・水本匡起・松田時彦「山地域の横ずれ活断層の確実度を判定する一方法」、日本活断層学会2012年度秋季学術大会講演予稿集、2012a、76-77頁。
- 40) 右横ずれ断層の場合の計算式(田力、2012a、前掲39): (右屈曲する河谷数-左屈曲する河谷数) ÷ 屈曲していない河谷を含めた断層を横切る総河谷数
- 41) ただし、大きい河川の右岸にdown-hillな右屈曲をする小河谷が並ぶ場合は、偏形度が高く出る傾向があるようである。
- 42) 第四紀地殻変動研究グループ「第四紀地殻変動図」、第四紀研究7、1968、182-187頁。
- 43) 第四紀地殻変動研究グループ『第四紀地殻変動図』、国立防災科学技術センター、1969、6頁。
- 44) 田力正好・中田 高・堤 浩之・後藤秀昭・吾妻 崇・松田時彦・水本匡起・松浦律子「弥栄断層帯の断層変位地形—中国地方西部の活断層密集地域に分布する断層長の長い活断層」、日本地球惑星科学連合2012年大会予稿原稿、2012b、www2.jpgu.org/meeting/2012/session/PDF/S-SS35/SS35-P30.pdf