柳ヶ瀬断層の最新活動

——滋賀県余呉町椿坂峠におけるトレンチ発掘調査——

地質調査所地震地質部* 吉岡敏和・杉山雄一

中央開発株式会社** 細矢卓志・逸見健一郎・渡辺俊一・田中英幸

Last Faulting of the Yanagase Fault Based on Trenching Studies in Yogo Town, Central Japan

Toshikazu YOSHIOKA and Yuichi SUGIYAMA

Earthquake Research Department, Geological Survey of Japan, Higashi 1-1-3,
Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan

Takashi HOSOYA, Ken'ichiro HENMI, Shun'ichi WATANABE and Hideyuki TANAKA

Chuo Kaihatsu Corporation, Nishi-Waseda 3-13-5, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8612, Japan

(Received June 1, 1998; Accepted October 13, 1998)

The Yanagase fault is a left-lateral strike-slip active fault trending N-S to NNW-SSE in northern Shiga Prefecture and Fukui Prefecture. We excavated seven trenches, namely N, Ma, Mb, Mc, Md, Ms and S trenches, near the Tsubakizaka Pass along the fault in order to know the timing of recent faulting events. An almost vertical fault plane is clearly observed on the walls of the Md, Ms and S trenches. The fault cuts the AT tephra layer (about 25 ka) and is covered by the K-Ah tephra layer (about 7 ka) in the S trench. According to the radiocarbon dates of samples from the trench walls, the timing of the latest faulting of the northern part of the fault is estimated to be 7000 to 7200 years ago. The previous trench study on this fault at about 4 km south of this trench site, indicated that the fault ruptured about 600 years ago. This difference in the timing of the last faulting event may mean that the Yanagase fault is divided into at least two segments.

Key words: Yanagase fault, Trench survey, Active fault, Paleoseismology.

§1. はじめに

柳ヶ瀬断層は、滋賀県伊香郡木之本町木之本付近から福井県南条郡今庄町板取付近にかけて、南北ないし北北西-南南東方向に延びる左横ずれ活断層である (Fig. 1)。柳ヶ瀬断層の全長は約 30 km であるが、北西延長上には山中断層、甲楽城断層が、南東延長上には鍛冶屋断層等の活断層が連続し、全体として柳ヶ瀬-養老断層系を形成する [杉山・他 (1994)]。

柳ヶ瀬断層に沿っては、直線上の谷地形が連続し、古来より北国街道として利用されてきた。柳ヶ瀬断層が地質学的に最初に認識されたのは、山崎・多田 (1927) によってである。杉村 (1963) は、地形・地質学的な根拠か

ら、柳ヶ瀬断層が第四紀に左横ずれ変位を伴って活動していると推定した。その後、武藤・他 (1981) は柳ヶ瀬断層沿いの詳細な地形・地質調査を行い、第四系を切るいくつかの断層露頭を記載するとともに、断層の南部の余呉町下余呉から同坂口で、断層を横切る河谷および尾根に系統的な左横ずれ屈曲が見られることを報告した。

この断層の活動履歴調査としては、これまでに 1992 年に余呉町椿坂地区においてトレンチ発掘調査が実施されている (Fig. 1)。調査は 3 地点で行われ、そのうちの最も南に位置するトレンチで、断層変位を受けた砂礫層上の凹地を埋積したシルト層より 630 ± 80 年 BP から 570 ± 80 年 BP の ^{14}C 年代 (暦年補正後の年代で西暦 1340 ± 48 年から 1364 ± 52 年) が得られた。このことから、この地点の柳ヶ瀬断層は 1325 年 (正中二年) の

* 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-3

** 〒169-8612 東京都新宿区西早稲田 3-13-5

Fig. 1. Active faults in and around the study area.

地震 [宇佐美 (1996)] の際に活動した可能性があることが示された [杉山・他 (1993)]. しかし、断層の活動間隔や地震時の変位量、平均変位速度などについては未だ明らかでない。

地質調査所では、平成9年度工業技術院特別研究「活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究 (活断層調査事業)」の一環として、柳ヶ瀬断層の活動性および活動履歴を明らかにするためのトレンチ発掘調査を実施した。今回の調査では、1992年の調査結果を踏まえ、柳ヶ瀬断層の最新活動の地震像を明らかにすることと、断層の活動間隔や地震時の変位量、平均変位速度を求めることを主な目的とした。調査は1997年8月から同年10月にかけて実施された。

§2. 調査の概要

調査地点は滋賀県伊香郡余呉町北部の椿坂峠の北150~400 mの地点である。この地点は約600年前の活動の可能性が示された椿坂地区のトレンチ地点から約

4 km 北方にあたる。峠の南側は谷頭侵食による急斜面が発達するのに対し、峠の北側には谷底を埋積された浅い谷地形が連続し、峠の部分は風隙状の地形を呈している。

トレンチは断層沿いに合計7カ所掘削した。これらを北から順に N, Ma, Mb, Mc, Md, Ms, S トレンチとする。各トレンチの位置は Fig. 2 に示す。トレンチの規模は、長さ7~20 m、幅2~8 m、深さ2~4 mで、崩壊防止のため各壁面には60~80°の傾斜をつけた。掘削前に実施した地形・地質調査では峠付近に断層露頭が確認され、また、空中写真判読では谷の東側山麓線上にリニアメントと、このリニアメント上に左横ずれ屈曲を示す小河谷が見られた (Fig. 2)。これらのことから、断層は谷の東側山麓線を通過する可能性が高いと判断し、山麓線上に N, Ma, Mb, Mc, Ms の各トレンチを順次掘削した。しかし、これらのトレンチでは顕著な断層が確認できなかったため、断層は当初の予想位置ではなく、より西方の谷底を通過する可能性があると考え、Ms トレンチを西方の道

Fig. 2. Topography of the trench site and location of the trenches. Topographic map is a part of the 1:2,500 topographic map published by Yogo Town. Contour interval is 2 m.

路近傍まで延長掘削した。その結果、トレンチ壁面において谷底の礫層に覆われる明瞭な断層が確認されたため、この断層位置と峠の断層露頭の中間地点で S トレンチを、さらに、Mc トレンチの西方で Md トレンチを掘削した。

§ 3. 結 果

3.1 堆積物の層序区分

トレンチの各壁面には、この付近の基盤岩である美濃-丹波帯中・古生界堆積岩類の破碎帯と、それを覆う

第四系の堆積物が露出した。堆積物は、記載の都合上、挟在する示標テフラ層、分布状況、断層との関係等によって I~VI 層の 6 層に区分し、さらに I 層は層相の違いから Ia 層および Ib 層に細分した。これらのうち、II 層および V 層は断層に沿う本流によって堆積した礫層、Ia 層は本流の氾濫原上の湿地堆積物、Ib, III, IV, VI の各層は斜面ないし支流による堆積物である。また、Ma, Mb, Mc トレンチに露出したチャネル堆積物は、C₁, C₂, C₃ に区分した。示標テフラ層は、III 層に鬼界アカホヤテフラ層 (K-Ah; 約 7000 年前) が、VI 層に始良 Tn テフラ層 (AT; 約 2.5 万年前) が挟在する。地層区分は原則として上下の層序関係を示すが、Ia 層および Ib 層は指交関係であり、Ib 層および II 層も一部指交関係の可能性がある。各層の層相は Table 1 に、堆積物中に挟まれる腐植層および材片の ¹⁴C 年代測定結果は Table 2 に、それぞれまとめた。¹⁴C 年代値はいずれも $\delta^{13}\text{C}$ の補正を行った数値を示す。また、暦年補正は CalibETH 1.5b [NIKLAUS (1991)] において 93_TREE1.14C および 93_TREE2.14C のデータセットを用いて行った。掘削したトレンチのうち、Md, Ms, S の 3 トレンチの 6 壁面で明瞭な断層が確認された。以下にトレンチの壁面の状況を記載する。

3.2 Md トレンチ

Md トレンチでは、トレンチ下部に AT テフラ層を挟む VI 層が、その上位に V, II, Ia の各層がほぼ水平に重なって露出した。トレンチのほぼ中央には、VI 層および V 層を変位させ II 層に覆われる明瞭な断層が認められた。トレンチ壁面のスケッチを Fig. 3 に示す。断層はほぼ垂直な断層面を持つ複数の断層で構成され、幅 30~50 cm の断層帯を形成している。また、南北両壁面の断層帯の最上部には腐植層が挟み込まれている。断層を挟んで両側の地層間には、上下方向の食い違いはほとんど認められず、また断層近辺において地層の引きずり変形もほとんど認められない。さらに、VI 層の層相は断層を境にして大きく異なり、断層の東側が不淘汰な礫混じりシルト層を主体とするのに対し、西側はシルトの薄層を挟む比較的淘汰のよい細礫層を主とする。以上のことから、本トレンチの断層は、横ずれ変位成分が卓越するものであると推定される。断層帯上部に挟まれる腐植層からは、 6220 ± 60 年 BP (暦年補正後の値で BC 5228~5073 年) および 6320 ± 60 年 BP (暦年補正後の値で BC 5324~5147 年) の ¹⁴C 年代が得られた。したがって、本トレンチに露出した断層の最新活動時期は約 7200 年前以降と見られる。最新活動に先立つ活動については、その有無、時期等を壁面から読みとることはできなかった。

Table 1. Description of sedimentary each unit on the trench walls.

key tephra	unit	description
<div> <div>K-Ah faulting event</div> <div> <div>AT</div> <div>VI</div> </div> </div>	C ₁	well-sorted angular to subangular pebble
	C ₂	angular to subangular pebble with intercalating humic soil layers bearing plant remains and wood fragments
	C ₃	angular to subangular pebble with intercalating humic soil layers bearing plant remains and wood fragments
	Ia	sand and pebble with intercalating black humic soil layers bearing plant remains and wood fragments
	Ib	unsorted sand and silt with angular pebble
	II	subrounded to subangular cobble and boulder
	III	light brown silt with angular pebble, intercalating humic soil layers at the S trench
	IV	subrounded pebble to cobble intercalating silt layers
	V	subrounded to subangular cobble and boulder
	VI	unsorted silt with pebble, subangular pebble with intercalating humic silt layers, and subrounded pebble to cobble

3.3 Ms トレンチ

Ms トレンチでは、トレンチ東部に基盤岩が露出し、それにアバットして Ia および Ib 層が厚く分布するのが確認された。基盤岩は非破碎ないし弱破碎で、西に向かって破碎程度が高くなる傾向にある。Ia 層には未分解の植物片を大量に含む腐植層が数枚挟まれる。また、Ia 層の礫層中にも種子等の植物片が大量に含まれる。

トレンチ西寄りの下部には、AT テフラ層を挟む VI 層を変位させ II 層に覆われる明瞭な断層が確認された。断層付近のトレンチ壁面のスケッチを Fig. 4 に示す。断層面はほぼ垂直で主に 2 面認められ、それぞれがさらに上方に向かって分岐している。特に西側の断層を挟んで VI 層の層相が異なり、東側が礫混じりシルト層からなるのに対し、西側は腐植質シルト層を挟む比較的淘汰のよい細礫層からなる。断層の西側の地層は、特に南側壁面において、断層に向かって下方に引きずられるように

変形し、さらにその連続はトレンチ底面において北方に引きずられるように変形している。この引きずり変形の形態から、この断層が左横ずれ変位を持っていることが示唆される。断層を覆う II 層の最下部からは 3490±50 年 BP (暦年補正後の値で BC 1878~1742 年) の ¹⁴C 年代が得られたため、本トレンチの断層は、約 3700 年前以降には活動していないものと考えられる。なお、VI 層と II 層の間には大きな時間間隙があり、その間の断層活動の時期、回数等を壁面から読みとることはできなかった。

3.4 S トレンチ

S トレンチでは、Ia 層から VI 層の各層が露出し、トレンチの中央やや東寄りに明瞭な断層が確認された。トレンチ壁面のスケッチを Fig. 5 に示す。断層はほぼ垂直で幅 10~40 cm の断層帯を形成し、V 層および IV 層を変位させ、III 層下部の腐植層に覆われる。III 層下部の

Table 2. Radiocarbon dates of the samples from the trenches. ^{14}C ages were corrected by $\delta^{13}\text{C}$ and calculated using Libby half-life of 5568 years. Calendar years are dendrochronologically calibrated probable age ranges of confidence levels 68.3% (1 σ). Calibration was carried out using CalibETH version 1.5b [NIKLUS (1991)] with 93_TREE1.14C and 93_TREE2.14C data sets. No adjustment for nonexistent 0 BC was made. fz: fault zone, AMS: accelerator mass spectrometry dating method, conv: conventional β -ray counting dating method.

sample no.	Lab. no.	unit	material	method	^{14}C age	calender year (1 σ)	prob.(%)
YT-Mb-H8	Beta109343	C ₃	humic soil	conv	540 $\pm$ 80	AD 1309-1356	37.9
						AD 1383-1445	62.1
YT-Mb-H9	Beta109875	C ₃	humic soil	AMS	950 $\pm$ 40	AD 1029-1061	31.0
						AD 1078-1125	46.2
						AD 1135-1158	22.9
YT-Mb-W1	Beta109876	C ₃	wood	conv	830 $\pm$ 80	AD 1062-1076	6.7
						AD 1126-1134	4.0
						AD 1159-1284	89.2
YT-Mb-W6	Beta109878	C ₂	wood	AMS	140 $\pm$ 40	AD 1681-1751	44.0
						AD 1804-1822	11.7
						AD 1833-1882	28.8
						AD 1913-1937	15.4
YT-Mc-H3	Beta109881	Ib	humic soil	AMS	1410 $\pm$ 60	AD 596-681	100.0
YT-Mc-W3	Beta109883	C ₃	wood	conv	1020 $\pm$ 70	AD 900-902	1.2
						AD 964-1057	66.8
						AD 1081-1123	21.5
						AD 1137-1157	10.5
YT-Mc-W4	Beta109884	III	wood	AMS	3520 $\pm$ 50	BC 1887-1759	100.0
YT-Mc-W9	Beta111054	III	wood	AMS	4800 $\pm$ 50	BC 3646-3614	29.5
						BC 3598-3521	70.5
YT-Md-H10	Beta111042	fz	humic soil	AMS	16470 $\pm$ 60	out of range	
YT-Md-H12	Beta111043	V	humic soil	AMS	24610 $\pm$ 120	out of range	
YT-Md-W1	Beta110581	fz	wood	AMS	6320 $\pm$ 60	BC 5324-5217	95.5
						BC 5155-5147	4.5
YT-Md-W11	Beta111044	fz	wood	AMS	6220 $\pm$ 60	BC 5228-5194	23.4
						BC 5185-5131	38.0
						BC 5129-5073	38.5
YT-Ms-H10	Beta111045	II	humic soil	AMS	3490 $\pm$ 50	BC 1878-1833	36.5
						BC 1825-1742	63.5
YT-Ms-H11	Beta111046	VI	humic soil	AMS	24480 $\pm$ 110	out of range	
YT-Ms-H13	Beta111047	VI	humic soil	AMS	24700 $\pm$ 100	out of range	
YT-Ms-W14	Beta111048	VI	wood	conv	24950 $\pm$ 180	out of range	
YT-S-H6	Beta111049	III	humic soil	conv	6430 $\pm$ 80	BC 5431-5392	30.4
						BC 5388-5297	69.6
YT-S-H9	Beta111050	V	humic soil	AMS	7550 $\pm$ 120	BC 6454-6231	100.0
YT-S-W3	Beta110259	IV	wood	conv	6270 $\pm$ 80	BC 5279-5198	50.2
						BC 5181-5133	26.7
						BC 5123-5077	23.0
YT-S-W5	Beta110260	III	wood	conv	6190 $\pm$ 80	BC 5228-5043	97.5
						BC 5013-5007	2.5
YT-S-W7	Beta111051	IV	wood	AMS	6260 $\pm$ 100	BC 5281-5067	100.0
YT-S-W9	Beta111052	III	wood	AMS	6170 $\pm$ 50	BC 5214-5160	36.4
						BC 5145-5049	63.6
YT-S-W11	Beta111053	VI	wood	conv	20740 $\pm$ 190	out of range

Fig. 5. Logs of the S trench. Legend is the same as that in Fig. 3.

層の西側のみに分布することや、断層活動直後の堆積物と考えられる III 層下部の腐植層が東に向かって厚くなることから、やや西側隆起の変位成分がある可能性があるが、斜面の横ずれによる見かけのずれでも説明可能である。

3.5 その他のトレンチ

N トレンチでは、トレンチの東寄り下部に弱破碎ないし一部強破碎された基盤岩が露出し、それを覆って VI 層の礫混じりシルト層、V 層の礫層、およびそれらを覆

う崖錐性の堆積物が見られた。VI 層中には AT テフラ層と腐植質シルト層が挟まれる。トレンチ壁面ではこれらの堆積物を変位させる断層は確認されなかった。

Ma~Mc トレンチには、東部に弱破碎ないし非破碎の基盤岩が露出し、その西側に III 層および Ib 層が分布するのが観察された。両者の境界は不規則な形状で、すべり面は認められず、不整合関係と見られる。Ma トレンチ南側壁面から Mc トレンチ北側壁面にかけては、基盤岩と Ib 層および III 層との境界付近に、チャンネルを埋積

して堆積した C_1 , C_2 , C_3 の各層が分布する。また, III 層には, K-Ah テフラ層がレンズ状に挟まれる。Ma および Mb トレンチでは明瞭な断層は認められないが, Ma トレンチ南側壁面において基盤岩に深さ 30 cm 以上, 幅約 10 cm の開口亀裂が見られ, Ib 層の礫層が落ち込んでいるのが確認された。Mb トレンチでは, 基盤岩に深さ約 20 cm の楔形の開口亀裂が認められ, C_3 層上部の腐植層および角礫層が入り込むのが確認された (Fig. 6)。Mb トレンチ東側壁面では, 亀裂は基盤岩の節理に沿って右ステップに雁行配列している。亀裂中の腐植層からは, 540 ± 80 年 BP (暦年補正後の値で AD 1309~1445 年) および 950 ± 40 年 BP (暦年補正後の値で AD 1029~1158 年) の ^{14}C 年代が得られた。

Mc トレンチのほぼ中央下部には, V 層および VI 層を変位させる断層が見られた (Fig. 7)。断層はほぼ垂直な断層面を持ち, 見かけ上, 東側隆起の変位を示す。断層面は VI 層と V 層の境界では明瞭であるが, V 層の礫層中では不明瞭となり, III 層には完全に覆われている。なお, トレンチ埋め戻しの直前に, Mb トレンチ南側壁面と Mc トレンチ北側壁面を接続するトレンチを掘削した。その結果, Mb トレンチで III 層に挟まれる K-Ah テ

フラ層は, 両トレンチ間ではほぼ連続して認められ, その層準は Mc トレンチに露出する III 層の上部にあたる事が確認された。したがって, 本トレンチに露出した断層は, K-Ah テフラ層準を変位させるものではない。

§4. 議 論

4.1 断層の形態と変位様式

トレンチ発掘調査の結果, 断層は, 当初断層と予想した東側谷壁の崖線から約 10 m 西よりの谷の中心部に, はば一直線に並んで出現した。東側谷壁の崖線付近は, 小規模な地割れが確認できたものの, 明瞭な断層は認められなかった。また, Mc トレンチで認められた断層は, Md, Ms, S トレンチに露出する断層に比べて構造が単純で, N トレンチおよび Ms トレンチでその延長が見られないことから, 副次的なものと考えられる。したがって, Md, Ms, S トレンチで見られた谷の中心部を通る断層が, 少なくとも約 2.5 万年前以降におけるこの地点での柳ヶ瀬断層の主断層と考えられる。

トレンチ壁面で認められた断層は, いずれもほぼ垂直な断層面を持ち, Md および S トレンチでは幅 10~50 cm の断層帯を形成している。断層帯の内部には両側の地層から取り込まれたと考えられる礫やシルトが, 本来の堆積構造を残さない程度に引きずり変形を受け, 攪乱されている。

断層の変位量および変位様式については, S トレンチの層相対比から IV 層堆積以降に少なくとも 5 m 程度の左ずれ変位をおこした可能性があるが, 正確な変位量は不明である。上下方向の変位については, S トレンチでやや西側隆起の変位成分がある可能性があるが, Md トレンチでは VI 層と V 層の境界が上下方向にほとんど食い違っていないことなどから, 局所的なものか, ごくわずかの量であると考えられる。なお, 山麓のリニアメント沿いで見られた小河谷の屈曲については, 小河谷上で

Fig. 6. Log of the north wall of the Mb trench.

Legend is the same as that in Fig. 3.

Fig. 7. Log of the north wall of the Mc trench. Legend is the same as that in Fig. 3.

掘削した Ma, Mb, Mc トレンチで断層が確認されなかったため、断層変位によるものではないと考えられる。

4.2 断層の活動時期

先に述べたように、S トレンチ壁面に現れた断層の最新活動時期は、約 7000~7200 年前と考えることができる。また、Md トレンチ壁面に露出した断層も、約 7200 年前以降に活動したものと推定され、S トレンチの結果と一致する。その他のトレンチに露出した断層の活動時期については、具体的に年代を限定することができなかったが、VI 層ないし V 層を変位させ、II 層ないし III 層に覆われており、いずれも S トレンチの結果とは矛盾しない。したがって、今回の調査地域での柳ヶ瀬断層の最新活動時期は、ほぼ 7000~7200 年前に限定されるものと考えられる。

これに対し、1992 年に余呉町椿坂地区において実施したトレンチ調査では、約 600 年前に最新の断層活動があったものと推定され、その活動は 1325 年（正中二年）の地震である可能性が示された〔杉山・他 (1993)〕。今回の椿坂峠での調査でも、Mb トレンチにおいて、基盤岩の開口亀裂に入り込む腐植層から暦年補正後の値で AD 1309~1445 年の年代が得られている。しかし、亀裂に沿う変位は確認されず、この時代に明瞭な変位を伴う断層活動があった証拠は見いだせない。これらのことから、少なくとも今回の調査地点（椿坂峠）と 1992 年の調査地点（椿坂地区）の間で、最新の断層活動時期が異なっていることが明らかになった。しかし、最新活動に先立つ活動については、両地点ともに具体的な情報は得られなかった。そのため、今回の調査で明らかになった約 7000~7200 年前の活動の際に、椿坂地区の断層が活動したかどうかは不明である。

以上のように柳ヶ瀬断層の活動履歴は、少なくとも最新活動時期において、場所により不一致が見られる。このことは、柳ヶ瀬断層が複数のセグメントに分割される可能性を示し、その場合、その境界の 1 つは、椿坂峠と椿坂地区の間の約 4 km の区間にあるものと考えられる。この区間の柳ヶ瀬断層はほぼ連続した 1 本のトレースとして追跡できるが、走向は椿坂峠の南側付近で N 20° W 前後から N 10° W 前後に変化する。地表面の断層形態とセグメント境界は必ずしも一致するとは限らないが、トレンチ調査の結果と合わせて考えると、この走向変化がセグメント境界を示す可能性がある。

さらに柳ヶ瀬断層の変位地形を見ると、断層を横切る河谷に系統的な左横ずれ屈曲が見られるのは、柳ヶ瀬断層最南部の余呉町下余呉付近のみであり〔杉山・他

(1994)〕、椿坂地区以北では、最近の断層活動を示す変位地形はほとんど認められない。このことから、今回の調査によって得られた最新活動時期の不一致は、柳ヶ瀬断層の活動度そのものが場所によって異なることに起因することが示唆される。

5. まとめと今後の課題

今回の調査の結果、調査地点の柳ヶ瀬断層の最新活動時期は、ほぼ 7000~7200 年前に限定されることが判明した。この結果と、約 600 年前に活動したと推定された 1992 年のトレンチ調査結果と合わせると、柳ヶ瀬断層の最新活動時期は場所によって異なり、断層は複数のセグメントに分かれることが明らかになった。しかし、最新活動に先立つ活動については十分なデータは得られておらず、また、断層の平均変位速度や活動間隔等は依然不明である。今後、これらを明白にするとともに、さらに断層の南方や北方の活動履歴についても明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、余呉町役場の永井正彦氏および中河内地区長の佐藤登士彦氏には調査全般にわたりご協力頂いた。また調査用地の地権者の方々には土地の使用についてご快諾頂いた。また、広島大学文学部の奥村晃史助教授および地質調査所地震地質部の佃 栄吉変動解析研究室長による査読のコメントは、本稿を改善する上で大変有益であった。ここに記して深く感謝の意を表する。

文 献

- 町田 洋・新井房夫, 1983, 広域テフラと考古学, 第四紀研究, 22, 134-148.
武藤 章・豊蔵 勇・松浦一樹・池戸正行, 1981, 活断層調査の例—柳ヶ瀬断層, 応用地質, 22, 32-51.
NIKLAUS, T. R., 1991, CalibETH version 1.5b. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2 diskettes and 151 p.
杉村 新, 1963, 柳ヶ瀬断層, 第四紀研究, 2, 220-231.
杉山雄一・栗田泰夫・佃 栄吉・吉岡敏和, 1993, 1992 年柳ヶ瀬断層（椿坂地区）トレンチ調査, 活断層研究, no. 11, 100-109.
杉山雄一・栗田泰夫・吉岡敏和, 1994, 柳ヶ瀬-養老断層系ストリップマップ, 構造図 10, 地質調査所.
宇佐美龍夫, 1996, 新編日本被害地震総覧 [増補改訂版 416-1995], 東京大学出版会, 493 p.
山崎直方・多田文男, 1927, 琵琶湖附近の地形とその地体構造につきて, 地震研彙報, 2, 85-108.