

猿投山北断層のトレンチ調査 —横ずれ断層の活動認定と議論—

鈴木 康弘¹⁾
野澤 竜二郎²⁾

Excavation of the Sanageyama-kita fault –
identification and discussion of faulting events -

-
- 1) 名古屋大学環境学研究科
 - 2) 玉野総合コンサルタント株式会社

愛知県瀬戸市に位置する猿投山北断層のトレンチ調査により、この断層が過去2万年間に4回活動し、極めて安定した活動間隔を持っていることが判明した。トレンチ調査の結果を詳細に取り纏めるとともに、この結果を追認していない地震調査研究推進本部地震調査委員会の見解との関係を論じる。

1. はじめに

愛知県瀬戸市に位置する猿投山北断層は、明瞭な右横ずれ地形を有する愛知県内唯一の特徴的な活断層である。中部地方南部において、これほど明瞭な右横ずれ断層は他にほとんど例がない。こうした猿投山北断層がどのような活動を繰り返しているかを明らかにすることは、広域的なアクティブテクトニクスを把握する上でも重要である。

1995～1997年にかけて、猿投山北断層を含む愛知県内の活断層に関する調査が、愛知県活断層調査委員会(委員長:岡田篤正)の指導の下、集中的に実施された。県の方針によって短期間に調査事業が終了してしまったため、必ずしも確定的な調査結果が得られたわけではないが、これまで不明だった活動性の概要が明らかとなった。

本稿においては、これまで地形地質学的な記載を伴う議論が必ずしも十分に行われていない猿投山北断層のトレンチ調査結果について、既存の調査報告(鈴木, 1999など)を再編集する形で纏める。また、2004年に発表された地震調査研究推進本部の猿投山北断層に関する評価結果とも照合し、活動性について改めて議論したい。

2. 猿投山北断層の概要と既往研究

猿投山北断層は、濃尾傾動地塊(桑原, 1968)の東部に位置し、知多半島から北東へ続く隆起帯の一部である三国山(標高701m)や猿投山

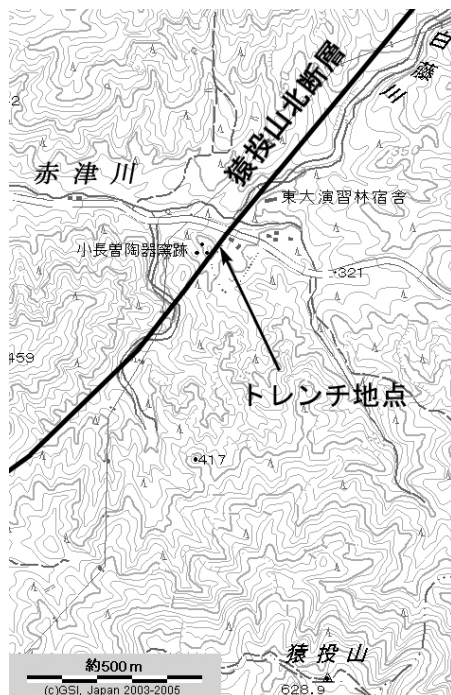


図1：猿投山北断層の位置図（地形図は国土地理院による）

（標高629m）の山麓を走る。この断層は、松沢ほか（1960）、太田ほか（1963）、貝塚ほか（1964）、松田ほか（1976）などにより図示され、岡田（1979）、森山（1987）などによって変位地形や断層露頭が記載された。詳細な位置は、都市圏活断層図（鈴木ほか,2004）によって示されている。

活断層研究会（1991）は、愛知県瀬戸市南部から岐阜県瑞浪市にかけて、河谷の右横ずれや山地の高度の不連続が確認されることから、延長21km、確実度Ⅰ～Ⅱ、活動度Bの活断層として記載した。右横ずれ量は200～250mに及び、北東部では北側、南西部では南側が隆起する逆断層成分を持っている。

猿投山北断層南部一帯は、1995年の時点で2005年国際博覧会会場予定地とされ、会期後には住宅地開発も行われることになっていた。このため愛知県建築部は、猿投山北断層に関する総合的調査を実施した。調査の当初計画におい



図2：猿投山北断層付近の地形（猿投山の西麓上空から北方を望む、鈴木撮影）

て、断層の位置情報を明確にし、公表することが前提とされ、愛知県活断層調査委員会も、結果の確認を行っている。

愛知県が実施した調査内容は、断層線の位置を確認するための高密度電気探査、ボーリング、ピット調査、および活動履歴を明らかにするための、瀬戸市東白坂町（東大演習林内）におけるトレンチ調査であった（図1）。これに加え、愛知県活断層調査委員会（1999）は断層面の角度を明らかにするために、トレンチ調査付近の上盤側で斜めボーリングを実施した。

調査結果の一部は既に、愛知県建築部・玉野コンサルタント（1996, 1997）、野澤ほか（1998）、岡田ほか（2001）によって公表されている。また、地震調査研究推進本部はこれらの成果も参照しつつ、本断層の活動に関する評価結果を公表している（地震調査委員会,2004）。

3. 断層変位地形および断層露頭

猿投山北断層は、活断層研究会（1991）では21kmの長さを持っているとされているが、断層変位地形が明瞭なのはこのうち南半分である（図2）。都市圏活断層図（鈴木ほか,2004）ではこの違いを重視し、北半分は「推定断層」として表現している。

猿投山北断層の南半分では、多くの箇所以最200mに及ぶ右横ずれ谷地形が明瞭に確認され

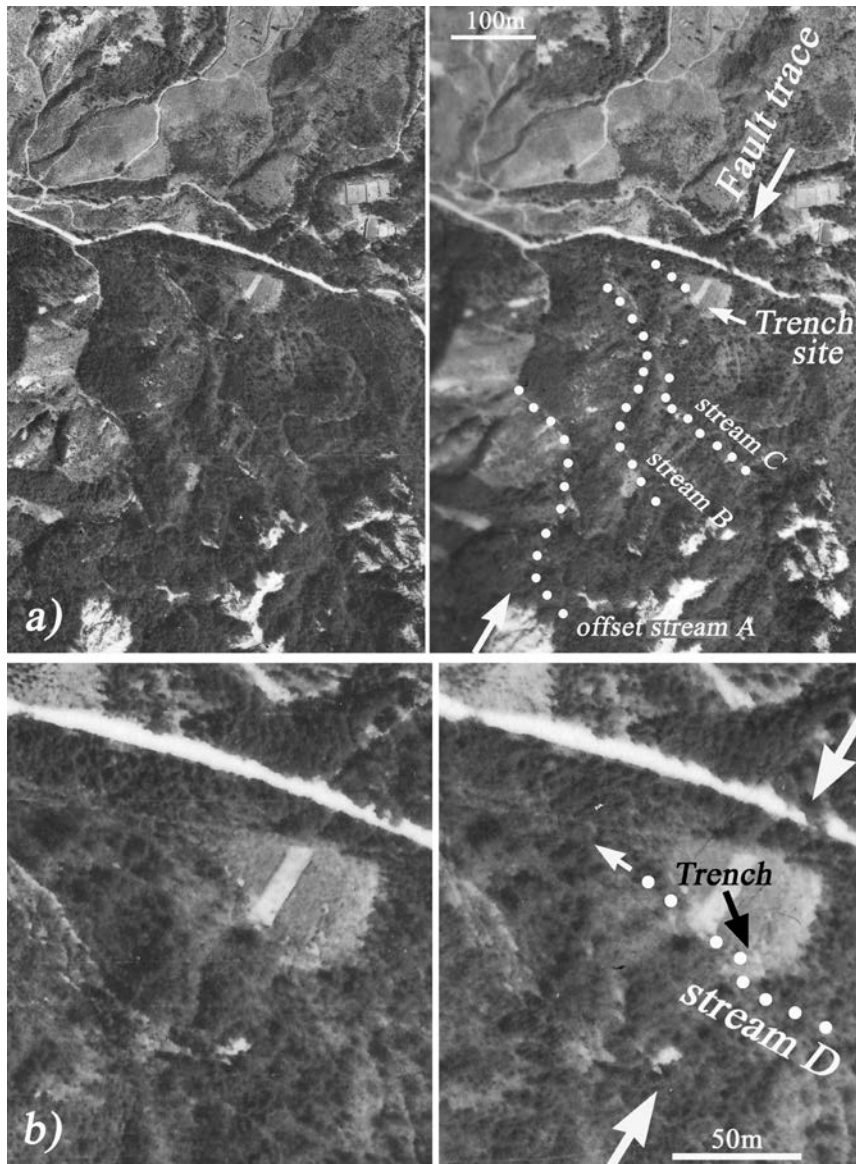


図3：トレンチ掘削地点付近の谷の横ずれ（米軍撮影空中写真に加筆）

る。東白坂地区の赤津川南岸（図3a）では、A～Cの河川が明瞭に右横ずれしている。A、Bの河谷の屈曲量は右横ずれ150m程度である。Cの河谷は、現在はBの下流部と連続し、屈曲量は50m程度であるが、かつてはトレンチ地点付近の河谷へ連続していたと考えられる。この場合、Cの河谷の屈曲量も150m程度となる。トレンチ地点付近の河谷D（図3b）は低位段丘面上を流れているが、10m近く右横ずれしている。

また、赤津川北岸では低位段丘面上には比高50cm程度の低断層崖が認められ、南岸では地形改変のため不明瞭ではあるが、トレンチ地点付近でも低位段丘面は緩やかに撓んでいる。

断層露頭の記載は鈴木（1999）に詳しい。ここでは詳細を繰り返さないが、花崗岩中に幅5～10m程度の断層破碎帯や、幅50cm程度の断層粘土が、猿投山北断層のほぼ全域にわたって確認されている。走向傾斜は $N40^{\circ} \sim 60^{\circ} E$, 60°

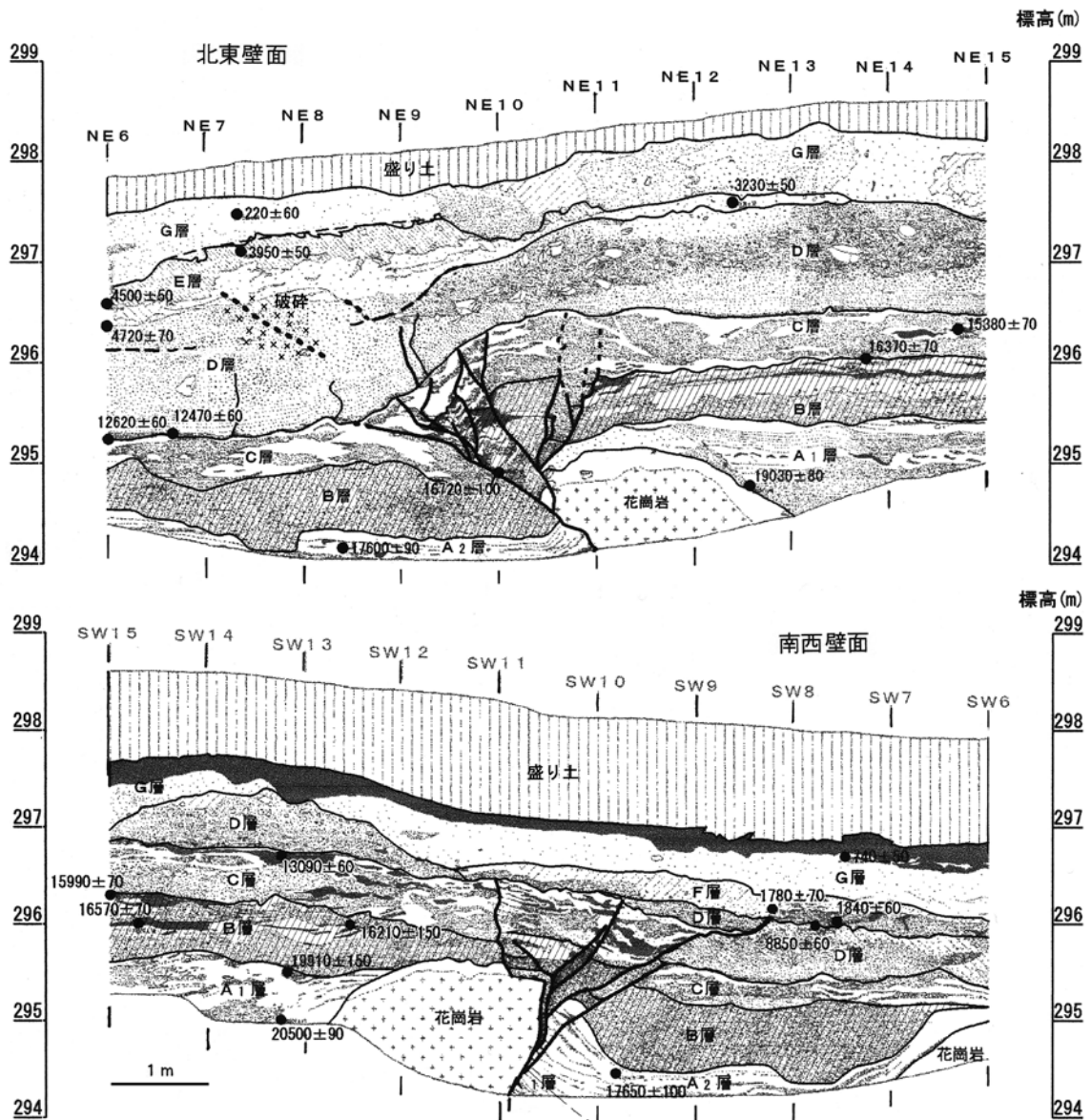


図4：トレンチ壁面のスケッチ（鈴木, 2001）数値は¹⁴C年代（詳細は表1参照）

75° S である。

4. トレンチ調査結果

トレンチ調査は、前述の東白坂地区の低位段丘面上で実施された。前述の通り、面上を開析する河谷Dの横ずれおよび低断層崖が認められることから、この低位段丘面は面形成期以降

に断層変位を被っていると判断される。

トレンチ掘削地点は、基本的に低位段丘面上であるが、その一部は開析谷Dを人工的に埋めた場所にかかっている。一般に、山間地の河川沿いでは比較的粗い堆積物が多く、年代試料を得られない場合が多いが、この地点は右横ずれ変位によって移動してきた尾根によって閉塞され、上流側がダムアップされて細粒堆積物が

sample No.	material	stratum	C-14 age (corrected)	1 sigma	code
N-1	charcoal	E	12,980	50	Beta-101439
N-2	charcoal	B	16,720	100	Beta-101440
N-3	wood	A	17,600	90	Beta-102721
N-4	wood	A	19,030	80	Beta-102722
N-5	wood	B	16,370	70	Beta-102723
N-6	wood	C	15,380	70	Beta-102724
N-7	charcoal	E	3,230	50	Beta-102725
N-8	charcoal	D	12,620	60	Beta-103072
N-10	charcoal	D	12,470	60	Beta-102727
N-11	charcoal	E	4,500	50	Beta-102728
N-13	charcoal	E	3,950	50	Beta-103074
N-14	charcoal	G	220	60	Beta-103075
C-1	wood	A	19,260	100	Beta-102729
S-1	wood	G	7,110	50	Beta-101436
S-2	wood	B	15,990	70	Beta-101437
S-3	wood	B	16,570	70	Beta-101438
S-6	wood	A	20,500	90	Beta-102711
S-8	wood	C	13,090	60	Beta-102713
S-9	wood	A	19,910	150	Beta-102714
S-10	wood	B	16,210	150	Beta-102715
S-11	wood	A	17,650	100	Beta-102716
S-12	wood	F	1,780	70	Beta-102717
S-13	wood	F	1,840	60	Beta-102718
S-14	wood	D	8,850	60	Beta-102719
S-15	charcoal	G	740	50	Beta-102720

表 1 : ¹⁴C 年代測定結果一覧 (鈴木, 2001 を簡略化)

堆積し、年代試料は採取可能(渡辺・鈴木,1999)と判断される。

トレンチ壁面に現れた地層は、最下位に花崗岩が確認され、これより上位は一部湿地性を呈する河成堆積物である(図4)。堆積物に見られる粒度変化および年代値に基づいて、A層～G層および盛土層に区分される。A層は細粒の粘土・砂の互層、B層はやや粗粒の砂礫層、C層は白色の砂～細礫層、D層は砂～礫層、E層はその上を覆う細粒層である。F層は南西壁面のみに確認され、顕著な腐植層を挟む湿地性堆積物である。

各地層の特徴は以下の通りである(トレンチの北東壁面と南西壁面で共通する特徴を記す場合には、便宜的に北東壁面NEのグリッド番号で代表させて説明する)。

トレンチ底面付近には一部風化した花崗岩

が確認される。トレンチ底のNE11付近以西では花崗岩が確認されないが、これは後述する断層によって限られているためである。なお、南西壁面においてはSW6付近に花崗岩の高まりが再度出現している。花崗岩は断層運動に伴う破碎を強く受けている。

A層は、灰白色～灰紫色を呈する粘土と砂の互層で、植物遺体を多く含んでいる。基盤の花崗岩にアバットしている。A層中からは20,500～17,600yBPの¹⁴C年代が得られている(図4、表1)。NE10～11、標高294.5m付近では、A層は断層運動に伴って引きずり上げられている。

SW13付近のA層は東に緩く(逆)傾斜し、その年代(19,910yBP)は断層より西側のA層(17,650yBP)に比べて古い。また、SW12～13付近には、B層基底面によって明らかにA層が浸食された関係が見える。19,000～20,000yBP

を呈する地層をA1層、17600yBP程度の地層をA2層に分けて考えると、A層とB層は傾斜不整合の關係にあり、断層より東側（隆起側）ではA層上部（A2層）が削剥されていると判断される。

B層は、下部においては細礫、上部は腐植質粘土と砂の互層からなっている。概ね水平に堆積しているが、断層付近では明瞭に切断されている。下部の砂礫層は断層下盤側に厚く、SW10～7では下位のA層が作る凹地を埋めるように堆積している。断層の隆起側では上述の通りA層を傾斜不整合で覆っている。B層中からは、16,210～16,720yBPの¹⁴C年代が得られている。

C層は白色粘土と粗砂～細礫の互層からなり、腐植層をレンズ状に挟んでいる。トレンチ中央部付近では断層により明瞭に切断され、南西壁面では上位のD層に衝上している。一方、北東壁面では、C層下部は断層により明瞭に切断されているが、C層上面は平坦で、C層中の断層はD層までは届いていない。C層中からは、15,380～13,090の¹⁴C年代が得られている。

D層は淘汰の悪い砂礫層である。南西壁面のSW9付近において、D層は明瞭に断層によって切断されている。しかしSW10の標高296m付近では、断層によって数十cm以上大きく切断されるC層の真上にあるにも関わらず、この部分のD層の薄層は断層によって切られていない。

北東壁面においては、D層中には明瞭な断層は見出されないが、NE7～9付近には破断面や、下位のC層が貫入する液状化跡の可能性のある構造や、破碎され脆弱化している部分が確認された。D層最下部からは12,620yBP、最上部からは8,850yBPの¹⁴C年代が得られている。

E層は、D層の礫層の上位に載るover bank depositで、下半部は砂や細礫混じりの粘土、上半部は黒ボクである。北東壁面には厚く分布するが、南西壁面には下流側（SW5以西、図4の範囲外）にわずかにしか見られない。NE9付近では傾斜するD層上面にアバットしているが、NE8以西では下位のD層から漸移しており境

界は不明瞭である。E層中からは、4,720yBP～3,230yBPの¹⁴C年代値が得られている。

F層は腐植層を含む細礫～粘土層で、南西壁面のみに分布する。SW8付近では、断層により明瞭に切断されるD層の直上にあつて、F層はこの断層を覆っている。年代値としては1,780～1,840yBPが得られている。

G層は、炭化物を多く含む暗褐色の礫混じり砂～粘土層で、最上部は黒色腐植層である。G層はF層とともに河谷D(図3b)に沿って堆積した新期の地層と判断される。G層の腐植層は、12～13世紀の山茶碗が出土することから、人工的に盛土が施される前の地表を構成していたものと考えられる。

5. 断層活動の考察

5-1. 活動イベント

地層の変形から、以下の4つの断層活動イベントが推定される。

イベントI：北東壁面において、E層上部に見られる黒ボク層がNE6～7付近で撓んでいる。上下変位量は約50cm程度であり、トレンチ掘削地点付近の地表の撓曲変位にほぼ相当する。黒ボク層が撓んでいる位置は、トレンチ下部で明瞭に確認される逆断層の延長部にあたる。D層、E層中の断層変位は不明瞭であるが、不明瞭な破断面や破碎部が認められるため、これを最新活動と判断した。一方、南西壁面においては、SW9付近に、D層を変位させ、F層に覆われる明瞭な断層が確認される。F層以上には何の変位も認められないことから、これが最新活動を示していると考えられる。

活動年代は、北東壁面からは3,230yBP以降、220±60yBP以前、南西壁面からは8,850yBP以降、1,840±60yBP以前となる。両壁面における活動を同じものと推定すると、その年代は3,230yBP～1,840yBPに絞り込まれる。もし仮に両者が異なつたとしても、南西壁面においては1,840yBP以降は断層活動がないことを確実に

示しており、一方北東壁面においては、3,230 ±50yBP以降活動している可能性が高いため、最新イベントの年代は変わらない。

イベントII：北東壁面において、D層はNE9付近で撓曲している。その上下変位量は約1mで、E層の撓曲変位の約2倍である。そのD層にE層がアバットしているように見える。このことからイベントIIが推定される。活動年代は8,850yBP以降、4,720yBP以前の可能性がある。ただし、横ずれを主体とする断層について、上下変位の累積に基づいて断層活動を推定することは適当でない。またアバット構造の認定はNE9付近のみに限られ、明瞭とは言えない。このため、イベントIIの確定度は現時点では相対的にやや低い。

上述の理由で、これより古い活動推定において、上下変位の累積はその根拠としない。専ら、断層の「切った覆われたの関係」および「上下の地層の構造不調和」に基づいて考察する。

イベントIII：A層～C層は複雑に断層変位を被っている。とくにB層上面は著しい断層変位を被っており、NE11、標高295.5m付近や、SW11、標高295.5m付近では陥没し、C層が落ち込んでいる。このような構造は断層の横ずれ変位に伴って生じたものと推定される。B層中の断層面はC層まで到達し、B層の陥没をC層が埋めているが、D層には変位が及んでいない。このためこの変形は、C層堆積後、D層堆積前に生じたものと判断される。これをイベントIIIと呼ぶ。

北東壁面においては、C層中における断層変位量が上方に向かって漸減してD層まで到達しなかった可能性を完全に否定しきれない。しかし、南西壁面のSW10付近では、C層中に約30cmの上下方向の断層変位が認められ、その直上でD層の薄層が全く変位していない。このことから、イベントIIIはD層堆積以前と断定され、その年代は、13,090yBP～12,620yBPと考えられる。南西壁面では、イベントIによるD層までを切る断層と、主にイベントIIIによると思

われるD層に達しない断層面が区別されることになる。

イベントIV：トレンチ基底付近には、N50°E,75°SEの走向傾斜を持つ東上がりの逆断層が見られ、花崗岩がA層上部(A2層)に衝上している。このA2層は断層下盤において引きずり上げられている。南西壁面SW12付近では、断層上盤側でA1層が逆傾斜し、花崗岩の隆起に伴って持ち上げられたことが推定される。上盤側ではA2層が欠落しており、A1層とB層が傾斜不整合の関係にある。このことから、A2層堆積後に断層活動があり、隆起した上盤側でA2層が削剥された後にB層が堆積したと判断される。この活動をイベントIVと呼ぶ。その年代はA2層およびB層の年代から、17,650yBP～16,720yBPの間と推定される。

5-2. 断層面の角度およびネットスリップ量

断層面の傾斜には大きなばらつきがあるものの、トレンチ底部付近の逆断層は南東傾斜であり、とくに南西壁面においては断層下部ほど急角度で、70°～80°となっている。愛知県活断層調査委員会(1999)は東白坂トレンチの東方(断層確認地点から東約20m)において、長さ40mの斜めボーリング(傾斜角度60度)を実施した。その結果、ボーリングコアの29m付近に

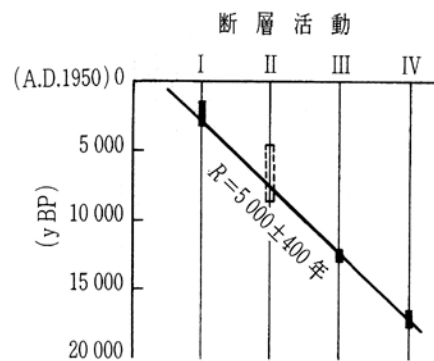


図5：猿投山北断層の活動履歴(野澤ほか, 1998) 破線表示のイベントIIは確定度が相対的に低い。

において断層面を確認し、その結果に基づいて、断層面の地下25m付近以浅の傾斜を77°と推定した。

トレンチにおいて、断層面には断層条線や断層粘土に挟まれた材の化石が多数確認された。断層条線の走向傾斜はN52°E,13°NEで、木片の長軸もこれとほぼ同じ値(N46°~48°E,12°NE)である。これらの値は断層のスリップ方向を示唆していると考えられる。イベントI(およびイベントII)の際の上下変位量が約50cmと考え、スリップベクトルを計算すると、一回のネットスリップ量は約2m程度と見積もられる。

5-3. 活動の周期性

東白坂トレンチにおいて推定された4回の活動を図5に示す。この図に示されるように、平均的活動間隔は5000±400年であり、極めて周期性が高い。なお、最新活動時期は3,230~1,840vBPである。このような繰り返しパターンは、地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(1999)が検討した、他の断層の活動間隔の繰り返しパターンに比べて、有意に異なっている。そのテクニクな意義について検討することは今後の課題である。

6. 地震調査委員会の評価結果に対する議論

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)による猿投山北断層の評価では、上述のイベントIIのみ認めている。その根拠は、「D層の撓曲変形にE層がアバットして堆積している」ことであり、筆者らの見解と同様ではあるものの、横ずれ断層の活動を上下変形に依存して解釈し、切った覆われたの関係から推定される他のイベントは追認していない。

イベントIを追認しない理由は次のように述べられている。「黒ボク層の変形については完全に否定することはできないが、その下位の地層であるE層とD層の境界には断層による

ずれは認められないことから、これはE層堆積以後の断層活動を積極的に示す証拠とはならない。」しかし、この部分のE層とD層の境界は不明瞭(ここだけ破線表示)で、変位の有無は判断できない(誤解を繰り返さないように、本稿の図5ではNE7~9付近の不明瞭な地層境界を削除した)。また野澤ほか(1998)において、この部分が強く破砕されていること、および破断面があることを図示しており、地震調査委員会が言う「証拠とならない」とする根拠は成立していない。

イベントIIIの認定根拠はいわゆる「切った覆われた」の関係であるが、これについて地震調査委員会の評価ではコメントされていない。繰り返しになるが、イベント認定の根拠は、C層まで到達する断層によってB層上面(およびC層)が大きく陥没しているにも関わらず、その上位にあるD層には上下変位がないことであり、このイベントは否定し難い。イベントIVについても傾斜不整合が根拠である。

確かに、愛知県建築部・玉野総合コンサルタント(1997)と鈴木(2001)では、解釈が異なる点があり混乱を生じているかもしれない。前者のイベント認定は主に上下変位量に重点を置き、地震調査委員会が指摘する通り、イベント認定の根拠が十分でない点がある。しかし後者(および本稿)は、これまで述べた通り、「切った覆われた」の関係からイベントを議論したものであり、横ずれ断層のイベント認定の大原則に則っている。

7. まとめ

本稿では、トレンチ調査により猿投山北断層の古地震活動を推定した。その結果、過去約2万年間に4回の活動があり、平均的活動間隔は5000±400年、最新活動時期は3,230~1,840vBPであった。それらの周期性は極めて高く、地震調査委員会が推定した日本全国の活断層の再来モデル(活動間隔のばらつき)とはか

なり異なっている. そのことの持つ意義については今後の検討課題である. なお, 地震調査委員会による本断層の評価結果においては, 別の見解が示されているが, 本稿のイベント認定根拠に対する見解が十分に示されているとは言えない.

謝辞

東京大学農学部附属愛知演習林の芝野博文林長をはじめとする演習林の関係者には, トレンチ調査の便宜を図っていただき, また, 瀬戸市歴史博物館の服部学芸員には出土した土器の鑑定にご協力頂きました.

また, 岡田篤正先生には, 本調査のみならず愛知県内外の活断層研究において, 長年にわたりご指導いただきました. ここに厚く御礼申し上げます.

文献

- 愛知県活断層調査委員会 (1999) : 「平成10年度地震関係基礎調査交付金 猿投山断層帯に関する調査成果報告書」 148p.
- 愛知県建築部・玉野総合コンサルタント (1996) : 「平成7年度 瀬戸市南東部地区開発事業地質調査報告書 第2編 断層調査」 56p.
- 愛知県建築部・玉野総合コンサルタント (1997) : 「平成8年度瀬戸市南東部地区整備事業地質調査 (2) 報告書 第2編 断層調査」 60p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) : 屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯の長期評価について.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (1999) : (改訂試案) 長期的な地震発生確率の評価手法について.
- 貝塚爽平・木曾敏之・町田 貞・太田陽子・吉川虎雄 (1964) : 木曾川・矢作川流域の地形発達. 地理学評論, vol.37, 89-102.
- 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.

- 桑原 徹 (1968) : 濃尾盆地と傾動地塊運動. 第四紀研究, vol.7, 235-247.
- 松田時彦・岡田篤正・藤田和夫 (1976) : 日本の活断層分布図およびカタログ. 地質学論集, vol.12, 185-198.
- 松沢 勲・嘉藤良次郎・桑原 徹・木村敏雄・植村 武・都築芳朗 (1960) : 猿投山南西部地域の地質. 愛知県教育委員会, 愛知県多古窯址群, 附篇Ⅱ. 1-35.
- 森山昭雄 (1987) : 木曾川・矢作川流域の地形と地殻変動. 地理学評論, vol.60, 67-92.
- 野澤竜二郎, 杉村昌広, 鈴木康弘 (1998) : 活断層の地震危険度評価と近傍地盤変形の検討—愛知県猿投山北断層を例として—. 地盤工学会誌, vol.46, no.2, 27-29.
- 岡田篤正 (1979) : 「愛知県の地質・地盤 (その4), 活断層—愛知県と周辺地域における活断層と歴史地震—」 愛知県防災会議地震部会.
- 岡田篤正・牧野内 猛・鈴木康弘 (2001) : 「愛知県の活断層 (その3) 活断層文献調査研究—三河地域—」 愛知県防災会議地震部会. 107p.
- 太田陽子・貝塚爽平・嘉藤芳朗・桑原 徹・白井哲之・土 隆一・土田 純・伊藤通玄 (1963) : 三河高原及びその西縁の段丘群. 地理学評論, vol.36, 617-624.
- 鈴木康弘 (1999) : 猿投山北断層. 岡田篤正・牧野内 猛・鈴木康弘著「愛知県の活断層 (その3)」, 1-27.
- 鈴木康弘・岡田篤正・熊原康博・東郷正美 (2004) : 1:25,000都市圏活断層図「瀬戸」. 国土地理院技術資料, D・1-No.435.
- 渡辺満久・鈴木康弘 (1999) : 「活断層地形判読—空中写真による活断層の認定—」 古今書院, 184p.