

近畿の第四紀地殻変動と地震活動

藤田和夫 (大阪市立大学理学部地学教室)

1. はじめに

近畿地方の中央部は 複雑な日本列島の中でも 特異な地形をしている。とりわけ敦賀湾を頂点 中央構造線を底辺として びわ湖・大阪湾・伊勢湾を含む三角形の地域は ほぼ南北に近い方向に延びる短かい山地とその間にはさまれた盆地との交互配列で特徴づけられ 私はこれを 近畿三角地帯 (Kinki Triangle) と呼んだ (Huzita 1962)。

このような近畿の地形をつくりあげたのは 第四紀—しかもその後半の地殻変動であることが 最近ますますはっきりしてきたが この変動は現在の地震活動や 測地学的変動と密接な関係があり また 将来の変動の予測にもつながるといって 極めて重要である。近畿中央部は そのような変動に関する資料が最も豊富にそろっているところで 今後ネオテクトニクス研究上 大きな役割を果すものと思われる。このような意味合いを含めて 現在私の考えている近畿の第四紀地殻変動像を表現するものとして 「第四紀地殻変動図—近畿」(以下「変動図」と呼ぶ)を地質調査所から出版していただいたが(本号表紙) 欄外解説では意をつくすことができなかったので この機会に 私の考え方の要点をまとめ 説明書にかえたいと思う。

この地図の特徴は 1) 地質系統を基盤岩と被覆層に大別したこと 2) 段丘面を塗色したこと 3) 基盤を切る断層を重視し 被覆層分布地では 被覆層の構造から基盤の断層位置を推定したこと 4) 微小地震の震央分布図 高位段丘面の埋谷等高線図 断層図の3付図をオーバーレイとしてつけたことなどであるが それらの意味を明らかにすることに重点をおきながら述べることにする。

2. 基盤岩と被覆層

近畿の地質構造の中で 第四紀地殻変動に関して 最も大きな意味をもつのは 完全に固化した基盤岩体と未固結の被覆層の差異である。その境界は近畿では比較的はっきりしていて 中新世以前の堆積岩や深成岩・変成岩類が基盤を構成し その上を薄く しかし部分的には厚く 主として砂礫・粘土層よりなる新生代層が被覆している。そして 基盤岩は大部分山地地域に露出

するのに対し 被覆層は主に盆地を埋めて潜在し またその周辺の丘陵地を構成する。そして これら丘陵地と基盤山地との高度差が著しいにもかかわらず 被覆層の一部が 「山砂利」と呼ばれるように 山地高所に残存分布して 変動を暗示しているのが特徴である。

さてかつての第四紀の地質学的研究は 私も含めて 主として新第三系の研究者が その研究の延長としてとりあげてきたケースが多く 従って第三系の研究手法がそのまま持ちこまれてきたきらいがある。そこでいろいろの問題が発生するが その第1は 第三紀と第四紀の時間内容が非常にちがうにもかかわらず 同じような層序区分が用いられ 頭の中ではその年代感覚を意識しながらも なお第三紀的発想が 第四紀に延長されてしまいやすいことである。

第2に 第四紀の研究は第四紀層の研究であるとして 地層の調査に終始してしまう傾向のあることである。これらの研究者は基盤に達するとさっさときびすをかえしてしまい 基盤は 古期地質の研究者にゆだねられてしまう。第三紀では 後背地の状態は 第三紀層を通じて推測するよりほかはない。しかし 第四紀では後背地が現存していることを 忘れがちである。

第3に 地震現象を第四紀地殻変動の一部としてとらえるならば 地震はすべて基盤岩の中で起っているのであり 被覆層の中で起った地震はないといってよからう。再測量結果に基づく測地学的変動の基準になる三角点も大部分基盤山地の山頂にもうけられている。それから導かれる変形は 基盤岩体の変形にほかならない。

古生層山地は 古生代の研究者だけにまかしてしまっではならない。花崗岩山地も 岩石学の研究対象ではない。基盤岩体も 第四紀になってから変形し また 断層によって変位してきたのである。そして その変動の中で相対的に沈降した部分が堆積盆地になって第四紀層を形成し さらに引き続く変動の中で これらの地層の一部が山地高所に持ち上げられていった。すなわち 基本的な変動は基盤の変動であり 地層はその結果形成され さらにその影響を受けながら 二次的に変形していくのがおもで 特に近畿のように被覆層が薄い所では それはあくまで受身である。

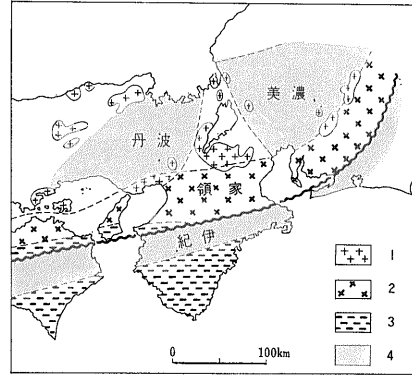
さらに 基盤岩と被覆層の固化の相異は著しい差別浸食の原因となり 地殻変動とともに これが現在の地形形成の大きな要因となっている。このように基盤岩と被覆層の差の重要性は 日本列島全体に通じるものであるが 近畿の第四紀地殻変動を考えるときには 特に注目する必要があるので 「変動図」でもこの二大別を重視してある。そして 基盤岩類の中では古生層・和泉層群・四万十層群のような古期堆積岩と 花崗岩類との相異が 構造的にも 差別浸食という観点からも 意味があるので分類してある。

3. 二次基盤の構造

以上でわかるように 第四紀地殻変動の研究は 古い構造をもつ基盤岩体が 新しく第四紀になってどういふ変形をうけたかという問題に帰着し その形成過程の研究はあまり重要ではない。すなわち いったん古い造構運動を完了し固化した岩体が 第四紀の造構応力に対して どのようなふるまいをするかということが問題になる。横山次郎(1956)はこのような基盤を二次基盤と呼び quasi-cratonic と表現した。しかし 古い構造がまったく意味がないというのではない。むしろ古い大構造は新しい構造を基本的に制約し 古い断裂系は古傷として再活動する。

近畿の二次基盤は きわめて heterogeneous で いろいろのひろがりと深さをもった岩体の集合体である。すなわち 最も基本的なのは 丹波・美濃帯と秩父帯の古生層の間に領家帯がはさまれている帯状構造である。そして 中生代末の酸性火成活動の結果として 近江盆地から六甲にかけて著しい花崗岩の貫入があつて 領家帯の北側の古生層帯は 美濃帯と丹波帯に分断された。そして さらにこの上に和泉岩体と四万十岩体加わったものが 近畿の基盤である。したがって近畿三角帯は 伊勢湾から淡路島にいたる領家帯に 美濃・丹波帯の間にはさまれた花崗岩地域を合わせたものといえる(第1図)。

さて このように基盤岩として一括されながらも いろいろな物性をもつ岩体の集合体である二次基盤が 第四紀の造構応力場におかれたとき どのような変形を起こすかという問題が 第四紀地殻変動研究の出発点であろう。断層も褶曲も地殻上層部に生じたひずみの蓄積と解放過程の具体的なあらわれであるから われわれは基盤の構造から逆に地殻上層部の広域造構応力場を知ることができるわけである。そしてそれは 断層と表裏一体の関係にあり弾性ひずみの解放現象である地震にも つながるであろう。



第1図 近畿の基盤岩体の分布
1:中生代末花崗岩類 2:領家帯花崗岩類 3:和泉層群・四万十層群 4:丹波帯・美濃帯・秩父帯古生層

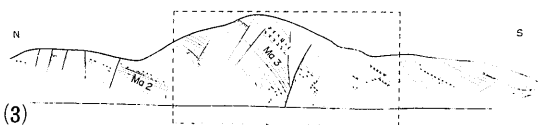
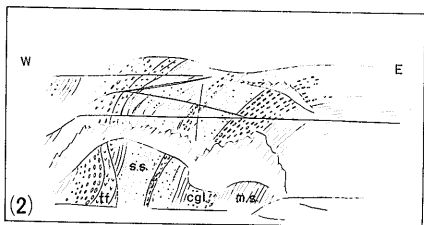
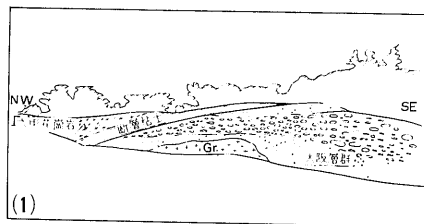
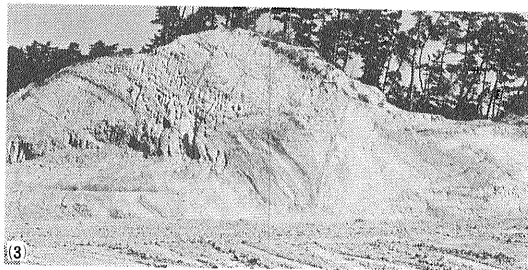
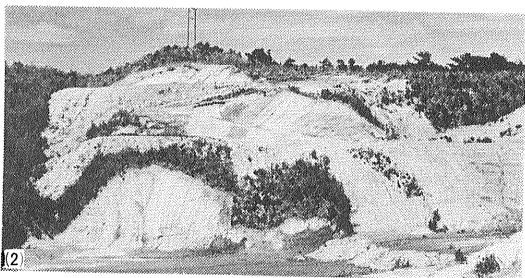
以上でわかるように 第四紀地殻変動の研究は 第四紀における基盤の変形・変位が基本であり 第四紀層の構造の研究で終わるべきものではない。第四紀層の構造は基盤構造の二次的な反映であり 層相は後背地の侵食と盆地の堆積環境を指示する。また その層序の確立は 構造発達史を編む上で重要なはたらきをする。

関東・東北日本は被覆層の分布がきわめて広く かつ厚く 被覆層の構造を通じてのみ 基盤の構造を知るほかはないことが多い。その点西南日本 特に近畿中央部は 基盤岩体が直接広く露出し その中に大阪層群が点々と分布して 第四紀地殻変動研究に絶好のフィールドを与えている。

4. 近畿の断層の実態

第四紀における二次基盤のわずかな変形状態をつかまえることは非常にむづかしい。それはクリノメーターではかられるような規模のものではなく 数10kmの間に数度傾斜するといったものである。しかし 断層は空中写真や LANDSAT/ERTS の映像が活用できる現在 比較的識別しやすい。断層は基盤にひずみが蓄積された結果生じる破断現象であるから 逆に断層からそのひずみを起こした応力場を復元することができる。そのためには断層の性質が問題となるが その判別は露頭観察からだけでは非常にむづかしい。六甲山地には多種多様の断層が発達していて しかも 山陽新幹線六甲トンネルの掘削などによって 深部構造も明らかになっているので まずその実態を紹介したい。

第2図はその代表例である。(1)は芦屋ゴルフ場にかつてあらわれた五助橋断層の露頭で かなり圧碎された花崗岩が 海拔500mの高所に分布する大阪層群下部



第2図 六甲山地の断層諸例
 (1)六甲芦屋ゴルフ場にあらわれた五助橋断層 (1958年)
 (2)神戸市鈴蘭台における神戸層群の撓曲 (1959年)
 (3)六甲南麓芦屋市高塚山の甲陽断層 (1959年)

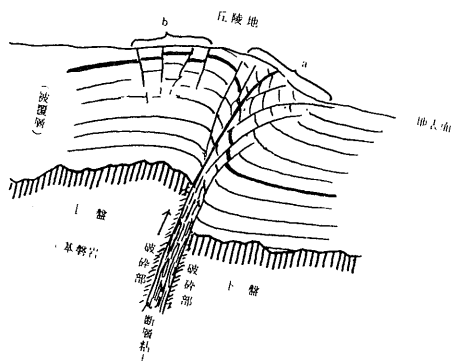
沿いでも実例が多い。このような現象は「低角度の衝上断層」の再検討をうながしている。

(2)は 六甲山地西側の鈴蘭台で露出した中新統の神戸層群の撓曲 (monoclinical flexure) 構造であってほとんど水平であった地層がこの部分で直立し 少し離れると再び水平に復する。このような被覆層の撓曲構造はその下の基盤花崗岩中の断層の存在を明示する。

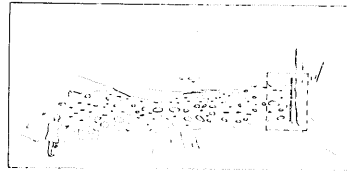
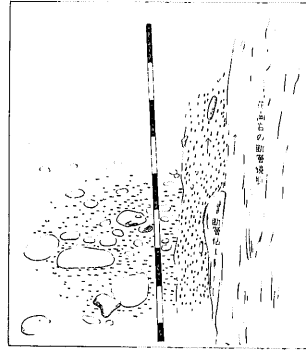
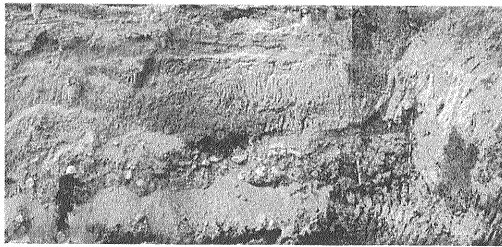
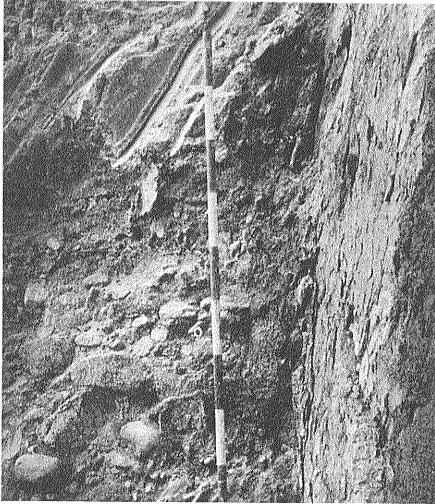
(3)は 六甲南麓の丘陵地にみられた大飯層群を切る甲陽断層の露頭である。主断層から多数のいろいろの角度の副逆断層が分岐している。このような被覆層の断層構造から 第3図のような基盤の断層が推定される。上盤部の被覆層頂部に小規模な正断層が発生しているので 上盤の押し上げによって この部分が引っ張りの状態になったことがわかる。この種の断層には HAFNER (1951) のモデル実験がよくあてはまる。

次に 第4図に示す例は 近畿三角帯内の山地と平地の間に存在する大断層の具体例である。この露頭は山陽新幹線神戸駅構築の際にあらわれた諏訪山断層である。この露頭の示す重要点の第1点は 花崗岩断層面に接する全く固結していない砂礫層が 幅 30cm にわたって引きずられ 礫の長軸が垂直に立っていることである(第4図枠内)。しかも 第5図の明治18年作成の

と思われる礫層上に衝上し 先端部では水平に近づいている。しかし この下を貫通した六甲トンネル内における五助橋断層の位置と合わせると この断層面角はそのまま地下に延長するものではなく 断層面は地下に入ると急速に高角度になるとみられる。このように衝上岩体が 地表付近において たれ下がるようにおおいかぶさる現象は ニューゼーランドのアルパイン断層で最初報告され その後 各地で記載されるようになり gravitational spreading と呼ばれている。中央構造線



第3図 被覆層の断層と基盤の断層との関係を示す概念図

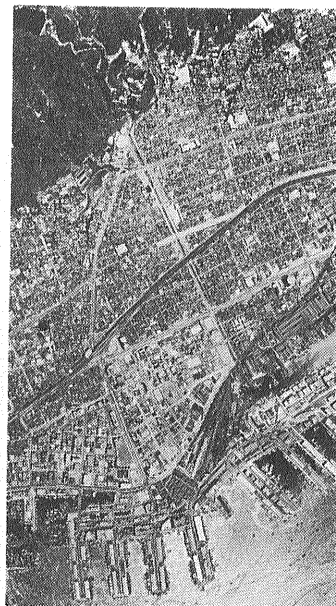


第4図 山陽新幹線新神戸駅建築時に露出した諏訪山断層(1970年)下の点線枠内が左の写真

とになる。これが私のみたなかで 地震断層を除いて 最も新しい断層運動を示す露頭である。

第2点は 露頭では花崗岩が直接生田川砂礫層に接しそれを変位させているが それだけが断層運動を示しているのだろうかという疑問である。新神戸駅の東側のトンネル掘削時には その位置が諏訪山断層と平行に近い走向をとっていたため 100m 以上にわたって断層粘土内を掘ることになり 粘土の厚さは35mに達した。また 圧砕花崗岩が急斜した大阪層群上に衝上している切羽が所々にみられた。このような観察を合わせて総合的な断面図を書くと第6図のようになる。すなわち 断層破壊帯の主要部は 沖積平野下あるいは山麓崖錐下に潜在することになり「露頭をみなければ断層を引かない」式の地表調査ではとらえられない可能性が多い。このような例は生駒山地西麓 比良山地東麓 鈴鹿・養老山地東麓など 近畿三角帯の中では例が多い。

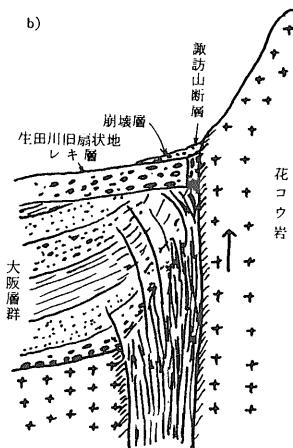
2万分の1地形図にその位置をおとしてみると この礫層が現在の生田川筋が人工掘削される以前の 旧生田川の山麓扇状地礫層であることは確実である。したがって 諏訪山断層は沖積礫層を明らかに変位させているこ



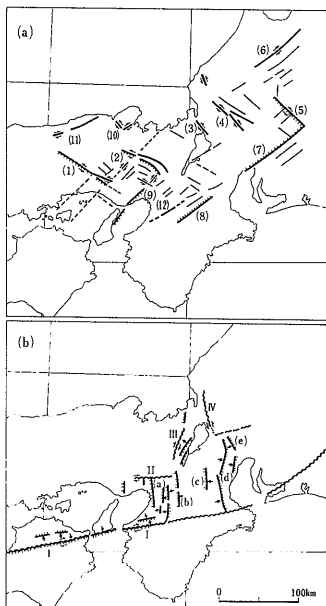
第5図—1 明治18年測量地形図における新神戸駅位置(×印)

かつては垂直ずれ成分の多い近畿三角帯内の断層が目目されてきたが 空中写真の活用時代にはいって 美濃・丹波帯の古生層山地の複雑な水系の中に うずもれていた断層を発掘できるようになった。しかも それらの大部分が それまで日本にほとんど無いと考えられてきた横ずれ断層であることが判明するに及んで 基盤山地のリニアメントが 急速に脚光をあびてきた。これらについては最近多くの紹介があるので 姫路地方の福崎から 津山盆地の北にそびえる那岐山の北側まで 80 km にわたって直線的に延びる山崎断層のみごとなオフセットを示す航空写真を第7図に示すとど

第5図—2 山陽新幹線新神戸駅着工直前の空中写真：生田川が山地から平地へ出る部分に円形の学校校舎が見られる。第4図の露頭は校舎が取りこわされたあとに露出したものである。



第6図 諏訪山断層概念図



第8図 近畿の断層系
 (a)横ずれ断層系
 (1)山崎断層 (2)三峠断層
 (3)集福寺断層 (4)根尾谷断層
 (5)阿寺断層 (6)跡津川断層
 (7)堺風山断層 (8)伊賀断層
 (9)五助橋・諏訪山断層
 (10)郷村・山田断層
 (11)湯村・吉岡・鹿野断層
 (12)大和川断層
 (b)逆断層系と特殊断層
 (a)生駒断層 (b)三百断層
 (c)頓宮断層 (d)一志断層
 (e)美老断層
 I：中央構造線
 II：有馬一高槻構造線
 III：花折断層
 IV：柳ヶ瀬断層

めよう。

5. 近畿の断層系

前章に述べたような断層露頭の諸現象に注意し また被覆層の構造から基盤の断層を推定し また第四紀層との関係や地形表現から 第四紀に入ってから活動したと考えられる「活断層」をえらんだのが 表紙に出した「第四紀地殻変動図—近畿」に示した断層である。さらに これらの断層の大部分は 諏訪山断層の例でもわかるように 第四紀後期になっても活動したものが多いことは確実である。

これらの断層は一見極めて乱雑に発生しているようにみえるが 注意深くその性質を吟味すると 第8図(a)(b)の2つの系統に大別できる。(a)は横ずれ断層系で 矢印で示す動きの方向からみても 北東—南西方向のものと北西—南東方向のものが共役関係にあることがわかる。

これに対して (b)はI～IVの断層を除き 南北方向に近い逆断層で高角度のものが多く 近畿三角帯の中に限定されていることが注目される。そして このような見方で(a)を見なおすと この系統の断層の中でも 新しい横ずれ運動が明瞭なのは丹波帯・美濃帯だけで 近畿三角帯内の断層は水平ずれ成分よりも 垂直ずれ成分の方が大きく (b)に近似する性質をもっている。

さて 基盤に発生している断層は 地殻表層部の破断現象であるから このように系統的に配列する断層系から 断層ができた当時の応力場を推定することが可能である。(a)のグループの横ずれ断層は 地下ある程度深



第7図 山崎断層に沿う枝谷のオフセットを示す空中写真(神戸新聞社提供) 左が西

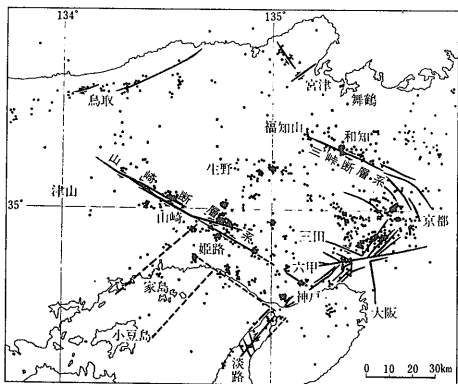
い部分における応力場において発生したセン断面が地表に到達したものである。そして 断層に沿う動きから応力の最大圧縮主応力軸はほぼ東西 中間軸は垂直 最小軸が南北であったことがわかる。(b)のグループの逆断層は最大圧縮主応力軸はやはり東西であるが 中間軸が南北 最小軸が垂直とかわっていて 比較的浅い部分で破断がおこったことを示している。

このような応力場の相違は 最初に述べた近畿三角帯とその周囲をとりまく基盤岩体のあり方を考えるときこの地域にはたらく広域の造構応力は東西方向の水平圧縮応力であるが 古生層岩体は比較的 brittle であってセン断破壊がおこり 花崗岩質の近畿三角帯は比較的 ductile で塑性変形を伴いながら 応力が地表近くに集中し 逆断層の発生につながるとの見方が成り立つ。

6. 微小地震と断層

断層系の研究の進ちよくと平行して 京都大学防災研究所によって 鳥取を中心にして近畿北西部に微小地震の観測網がはられ 1963年以降その資料が集積されてきた。第9図は1965年5月から1968年6月の間におこったM3以下の微小地震の分布であるが 1968年に発見された山崎断層を書き込んでみると それに沿って震央の集中度の高いことがわかり さらにこれに力を得て和知付近の地震の密集地を調べた結果 三峠断層の発見となった (Huzita 1969)。

これを契機に地震学者と地質学者の密接な協力がはじまり 今や近畿は断層と地震の関係を調べる絶好のフィールドとなっている (藤田・岸本 1972)。第10図は尾池和夫によってコンピューターを利用してつくられた1964年～1972年間の微小地震の三次元的分布図であるが 震源の深さが約15km以内に集中し 断層の深さを暗示するとともに花崗岩体部に地震が少なく 古生層岩体の周辺及びその内部の横ずれ断層に沿って多発している

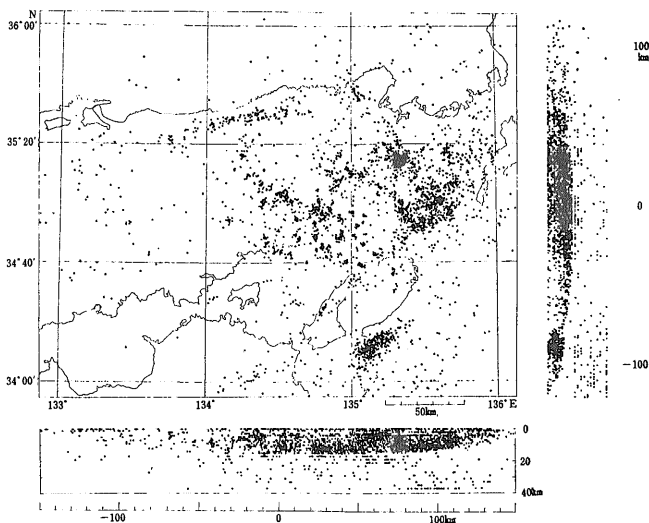


第9図 近畿北西部における微小地震 (1965～1968) の震央分布と断層系 (岸本・藤田)

傾向が明瞭である。さらに注目されることは これらの地震の大部分の発震機構から求められた主圧力の方向が 水平かつほぼ東西のものが多くことで 地質構造から導かれた応力場とよく調和する。市川政治 (1965) によるM4以上の地震の主圧力方向についても全く同様のことがいえる。

さらに興味ある事実が 和歌山地方の微小地震を研究していた塩野清治 (1970) によって発見された。彼によると 和歌山市域に密集する微小地震の震源は極めて浅く 主圧力がほぼ東西方向であるのに対して それより南方に分布する地震は30kmより深いものが多く 主圧力方向が北西—南東と異なっているというのである。すなわち近畿は浅所では東西に圧縮されているが 深所では北西方向に圧縮されているということになる。彼はその後さらに研究を進めて この現象は近畿だけではなく 外帯が南海トラフに直交する方向に押されていることを明らかにした。

以上の地震現象と地質構造との対応は 次のようなモデルで説明することができる。近畿の基盤岩の構成を単純化すると第11図(a)のようになる。すなわち 主として古生層岩よりなる美濃・丹波・紀伊ブロックの間に花崗岩質岩体よりなる近畿三角帯がはさまれているというのが大構造の基本である。そして これら全体が東西に圧縮される時 近畿三角帯の部分に応力集中がおこり 波状変形 (基盤褶曲) とそれに伴う逆断層系が発生する。これに対してより brittle な美濃・丹波ブロックの中ではセン断破壊がおこり 横ずれ断層系ができる。そして 同じ広域応力場にあっても 異なるふる



第10図 近畿北西部における1964～1972年の微小地震の震源分布図 右・下欄は それぞれ南北及び東西断面に全震源をプロットしたものである (尾池和夫原図)

まいをする岩体の境に その調節作用をする割れ目が発生する。 第8図(b)の中央構造線(I) 有馬-高槻構造線(II) 花折断層(III) 柳ヶ瀬断層(IV)などは このような性質をもつものと解釈できる。

微小地震が近畿三角帯に極めて少なく その周囲の古生層岩体の縁辺部に集中している現象も 両岩体の物性に基づく現象とみることができる。 また最近 びわ湖西縁及び柳ヶ瀬断層近傍におこる微小地震の発震機構が横ずれ型でなく逆断層型であることも このモデルで説明できそうである(伊藤・渡辺 1976)。

地震から解析される応力場は 地震発生時の瞬間的な応力状態を与えるものであるが その時解放されるひずみエネルギーの蓄積には 100年あるいは1000年のオーダーの時間が必要である。 これに関連して 中根勝見(1973)によって編集された 60年間の一等三角点の再測量結果に基づく日本列島の定常的な(大地震による影響を除いた)ひずみ状態が 地震の発震機構と極めて調和的であるのは注目される。

8. 断層地塊運動

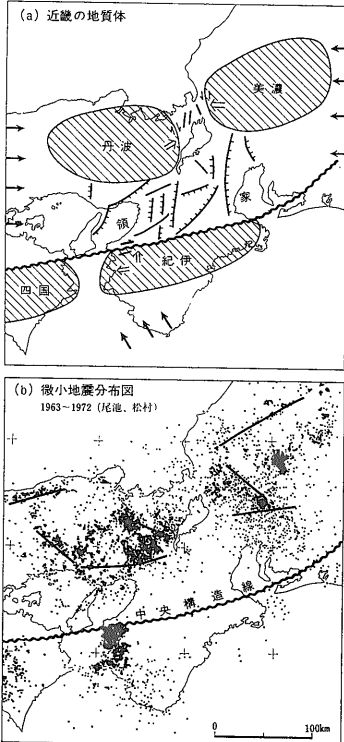
近畿三角帯の中では 断層と地形起伏との関係が密接なことは古くから注目されてきたが 美濃・丹波帯のような一見単調にみえる山地内でも 横ずれ断層でかこま

れたブロックごとに多少の高度差のあることがわかってきた(第12図)。 それは接峯面にも明瞭にあらわれる(HUZITA 1973)。 すなわち 近畿の地形起伏は大部分が構造起伏であり それも断層地塊化しているものが多く しかも大部分傾動地塊という形をとっているのが特徴である。 現在の近畿は断層地塊運動の時代であるといえる。 それではこれら断層地塊がどのような動きをしてきたのであろうか。 それを知ることにより 地塊を境する断層の性質を知ることができるし(断層が動くといわれるが 断層は面であって動くのは両側の地塊が動くのである) 今後の変動の傾向も予測できるであろう。

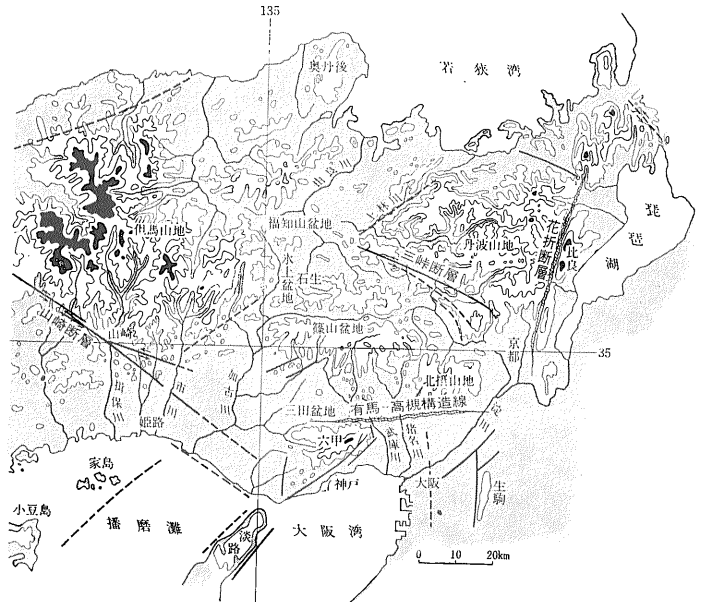
断層地塊にもいろいろな規模のものがあるが その中で最も基本的な数10km オーダーの断層でかこまれたブロックの運動を検討してみよう。 その手法のひとつは近畿の山地頂部に残存する準平原の変形・変位状態を利用する方法であるが これら準平原面にはいろいろの性質のものがあり また残存面積も少なく 広い範囲にわたる基準面として利用することはむずかしい。 いきおい接峯面に頼らざるをえなくなる。

次に着目されるのが 段丘面の中でもっとも広域に分布する 高位段丘面を利用し それをある時期の海水準支配を受けた堆積面とし これを原面として それ以降の変形・変位をみる方法である。 この方法は「変動図」の付図Ⅱに用いられているが その有効性を述べてみよう。

瀬戸内の段丘は 大別して高位段丘・中位段丘・低位



第11図 近畿の微小地震(b)と ネオテクトニクスを説明するための基盤岩体(地質体)配置のモデル(a)



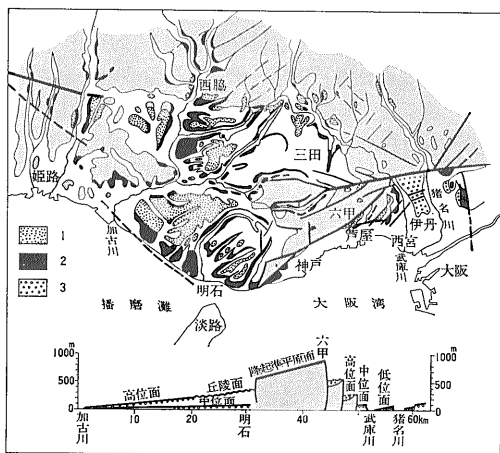
第12図 近畿北西部の構造起伏と断層の分布 等高線間隔は300m 黒色部は900m以上 灰色部は300m以下を示す

段丘に分かれるが これらが主として被覆層の分布範囲内にだけ広く分布するのが特徴で 「変動図」をみれば明瞭である。これは 太平洋・日本海など外洋に面する地域が 強い波浪浸食によって海水面変動に応じて 基盤岩にも波食台を刻んでいったのに対し 穏やかな内海・湖水地域では 基盤岩と被覆層に対する差別浸食が 極端にあらわれた結果とみられる。

このような差別浸食は 近畿の地形発達史を編んでいくと その中で重要な意味をもっていることがわかる。その詳細は藤田 (1976) 藤田・太田 (1976) などを見ていただくことにして そのアウトラインだけを紹介する。

近畿においては 先に述べたように 最高1000mに達する山地と200~300mの定高性を示す被覆層よりなる丘陵との高度差がはっきりしている。丘陵の接峯面は極めて平坦で ある時期の海水基準面支配をうけた準平原面とみななければならない。すなわち 基盤山地の山頂部に分布する準平原面と 丘陵準平原面(丘陵背面とよばれる)の2つの高度の異なる準平原面が共存することになる。さらに重要なことは 高位段丘面(以下高位面とよぶ)とよばれる堆積面が 丘陵背面にほとんど差のないくらい近接して丘陵上に広く分布していることが多いのに対して 次の中位段丘は 隆起した丘陵を刻む河川の流域及び現在の海岸線に沿って分布していることである。その状態は六甲から播磨にかけての地域に典型的にみられる(第13図)。

この現象を私は 次のように説明してきた(HUZITA 1973; 藤田 1976)。近畿の地形発達の原因として 中新世末ないし鮮新世初期に広がった準平原面を採用できる。その後基盤の変形に応じて 沈降部は堆積盆地に隆起部は後背山地に分化していったが 第四紀に入る頃までは 後背地は数100mを超えることがなく 現在よりもはるかに広域にわたって 堆積盆地がひろがっていたことが 第四紀層の分布及び層序からいえる。これは大阪群層の堆積盆地時代といえよう。この間沈降部には 沈降量と海水面変化に応じて地層が形成されていたが 隆起部では隆起運動量は同じであっても 差別浸食がはたらいて 基盤山地と被覆層の部分とは 地形は異なる発達史をたどることになった。すなわち基盤山地は浸食に対する抵抗性が強いので 隆起量に応じて高度を増し 準平原面を持ち上げていった。しかしかつて堆積盆地の一部でありながら その後の地殻変動のために離水して浸食される側に入った部分では 末固結の堆積物が容易に浸食されるため 常に準平原面的な状態(原初準平原面)に据えおかれることになった。



第13図 六甲・播磨・三田地域の地形面の分布と 東西断面 1:高位段丘面(明美面) 2:中位段丘面(西八木面) 3:低位段丘面(伊丹面) 灰色部は基盤 白抜き印は被覆層分布地

隆起運動としては基盤山地部と同じであっても 被覆層分布地は地形的には高くならなかったのである。かくして 二段の準平原面が共存する基礎ができ 山地と平原と堆積盆地が分化していった。

次に 丘陵背面と高位面との密接な関係 及び高位段丘層の多くの部分が比較的細礫よりなる薄層であることを考えあわせると 次のような経過が想定できる。すなわち 上記のような被覆層分布地域の原初準平原面がある時期に急速に沈水あるいははんら原でおおわれることになり 当時の広い沖積平野をつくった。その原因はおそらく海水面変動であると思われるがまだ不明の点が多い。そして この頃から隆起速度が加速され 被覆層分布地域といえども 隆起量が浸食量を上まわるようになり 上昇して丘陵地の形成が開始された。そしてこの“沖積面”は丘陵背面とともに持ち上げられ その後再び冠水することがなかった。これが高位面である。そして 開折されていく丘陵の河川に沿って 次の中位段丘面ができたのである。六甲地域では 第13図断面図からわかるように 全く形成年代の異なる基盤山地の準平原面と高位面・中位面が 調和的に東から西に傾いていることは 高位段丘形成期あたりから 地殻変動速度に大きな転換のあったことを意味する。これは約20~30万年前と推定可能である。

丘陵地域隆起のメカニズムを探ってみると 第2図の甲陽断層や鈴蘭台のフレクチャーにあらわれた基盤の断層と被覆層の構造との関係がいたるところにみられる。上町台地も 生駒山地と同様な大阪平野下の潜在傾動地

塊の上昇部にあたるのが 深層ボーリングや 地下鉄掘削時にあらわれた大阪層群の構造から判明した。すなわち 丘陵の分布・形態・構造は基盤の断層地塊運動と密接に関係し 丘陵は浸食残存部ではなく 基盤の断層地塊の上昇部だったのである。断層地塊運動は 基盤山地内にとどまらず かつての堆積盆地内にも及ぶようになったのはこの時期からである。

これは第四紀前期がゆるやかな波曲運動が主であったのに対して この時期から断層による変位が大きくなり断層地塊運動の時代に突入し 山地・丘陵地の上昇 段丘の形成 堆積盆地の分化・縮少の時代に移行したことをあらわしている。

9. 高位段丘の変形・変位

このように 高位面の形成は第四紀の運動の速度変化の曲り角に位置するもので それを構成する地層は「大阪層群」などの堆積盆地中でできた地層と「段丘層」とを結ぶ missing link の役割りを果たことが期待される。この意味で高位段丘を重視し その分布を中位・低位段丘とともに「変動図」に記入したのである。そして高位面は いいかえると 被覆層分布地の準平原状態の終末期を指示するものであるから その変形・変位状態は 第四紀後半の断層地塊運動時代に入ってからの

変動を推定する資料を与えるであろう。

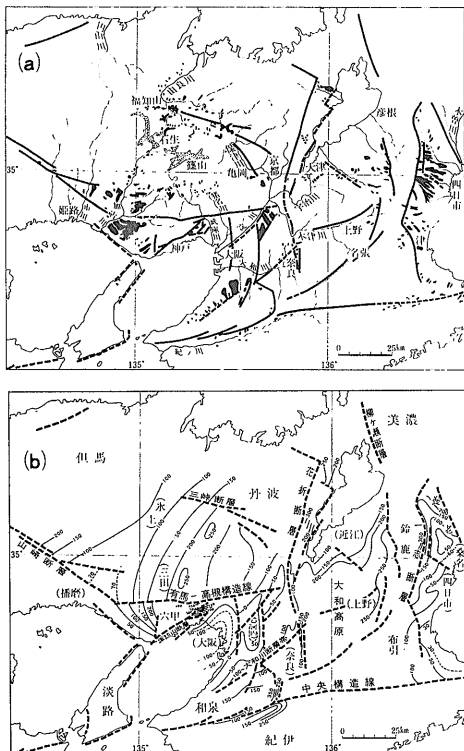
第14図(a)は近畿の高位面の分布 (b)はそれらの海拔高度を示す。もちろん高位面の対比には多くの問題があり これらの段丘の総てが同じ時期にできたとはいえないかもしれない。一部には中位段丘と区別のつかないものもある。しかし これらがあまりかけ離れた時期のものでないことは確かである。また たとえ同じ時代のものであっても オリジナルな傾斜はあつたはずである。しかし 準平面的状態における傾斜であるから その後の大きな変位からみれば無視される程度とすれば (b)の高度分布は 第一近似的に被覆層の下に潜在する断層地塊の高位面形成以降の運動をあらわすものとみてよからう。実際には 適当な考慮を加えながら 丘陵背面及び基盤山地の接峯面をあわせることによって 現在につながる断層地塊運動の全貌がつかめることになる。

しかし 第14図(b)からだけでもその大要はよみとれる。まず点線で引かれた主要断層でかこまれたブロックごとに 高位面の高度分布があまりに変化するのに驚かされる。有馬—高槻構造線以北の丹波帯では 北北東—南南西の軸をもつゆるやかな波状変形を示し それは山地接峯面の変形とも調和している。

有馬—高槻構造線以南の領家帯の変動は著しく 六甲山塊は 大阪湾方向に傾くのではなく 播磨地域を含む三角形の地塊が西方に傾動していることが注目される。これに対して大阪湾地域は 北西に傾く地塊で 六甲南麓における高位面との変位は 300m 以上に達している。大阪平野下では 中・高位段丘層は存在しないとの説が強いが賛成できない。上昇地塊内に位置する段丘層が残っているのに 相対的沈降部である盆地内に地層が全く形成されないか あるいは形成されたとしても浸食されてしまうことは考えられない。現在の大阪湾の周囲の沖積砂礫層の発達に対して 大阪湾内の堆積物が全く礫を含まない泥質物であることを考えるとき 高位段丘層は 大阪盆地内の Ma 10 海成粘土層とその上位の砂礫層に対応すると考えるべきである。その詳細な論議は藤田 (1976) を参照されたい。大阪盆地の点線の部分は この考えに基づいて Ma 10 粘土層の深度をとってある。

近江盆地においても 比良山地とびわ湖盆の間に同様な傾向がみられ 近畿三角帯の西側を占めるびわ湖と比良山地及び大阪湾と六甲山地の対立が 著しいひずみ帯を象徴している。

これに対して近畿三角帯中央部は 南北方向の逆断層と 北東—南西方向の断層の組み合わせによる菱型の傾動地塊が著しく その傾き下がった部分を被覆層が埋め



第14図 高位段丘面の分布(a)と その海拔高度分布(b)

て盆地をつくっている場合が多い。そのうちの興味ある一例を次に示そう。

10. 大和川断層帯に沿うヒンヂ構造

奈良盆地を集水した大和川は 生駒山と二上山との間を先行的に切って大阪盆地に注ぐが この流路は ほぼ断層破碎帯と一致し この部分は大和川断層帯とよばれ北東から南西方向に延びる。第15図のアーツの映像にもあらわれているように その北東への延長は奈良盆地の北西縁に潜在することが地形からも推察できる。また南西への延長は 南北性の断層と組み合わせる複雑になっているが 大阪盆地南部の丘陵地帯に延び 大阪層群中に撓曲帯をつくり地すべり帯となっている。

さらに興味ある事実は 第16図に示すように大和川断層帯より北側では 生駒山地と矢田丘陵とが南北に併走するが いずれも西から東に傾き下る傾動地塊をなし西側に逆断層を伴っている。これに対して二上山以南では 金剛山地が生駒山地などは逆に東から西に傾く傾動地塊となり 東側に逆断層を伴う。そして その西側の狭山丘陵の大阪層群の構造もまた 金剛山地と同様な傾動地塊が潜在することを示している。

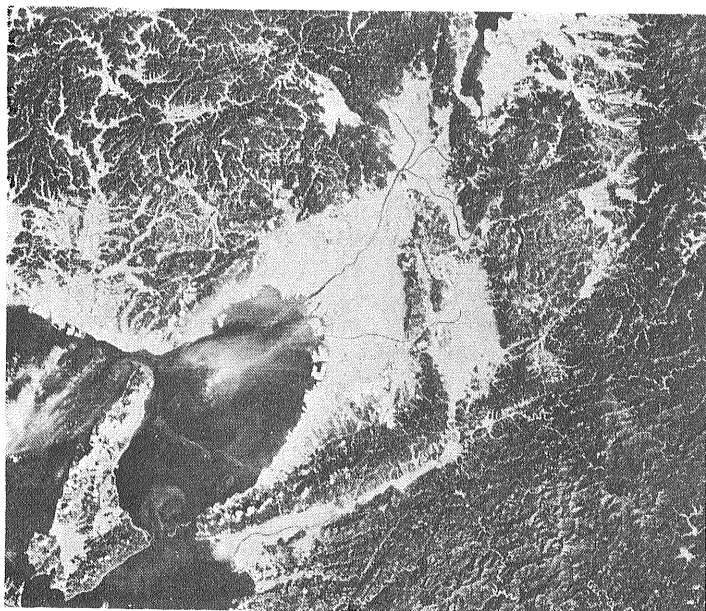
このように大和川断層帯を境として 南北両側の地塊が逆方向に衝上運動をする結果 二上山地域はねじれ変形をし しかもこの地域が溶岩と凝灰岩層よりなる差別浸食の著しい部分であるので 今日のような複雑な地形をつくりあげたとみられる。第16図のE-F線に沿うスケッチは 高度約10,000mの上空からとった航空写真

よりのスケッチで 上記の変形状態がよくでている。なかんづく信貴山より大和川にいたる部分の南に傾き下る斜面は 単なる浸食作用では説明できない。そしてこの斜面上に分布する亀之瀬の二上山系系の溶岩部分が 大和川に向って 古くから間けつな地すべりをおこす遠因は このような変形運動に求められるかもしれない。

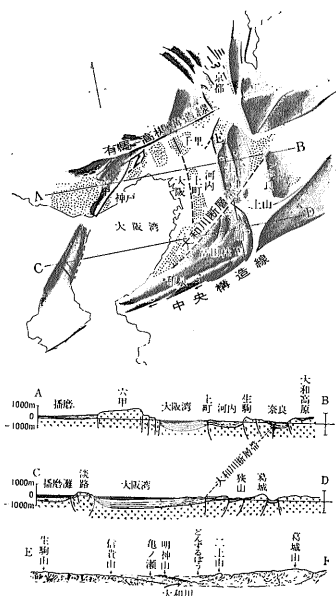
11. 近畿の第四紀地殻変動と地震活動

本稿では 現在につながる地殻変動に重点をおき 構造発達史ないしは地形発達史にふれる余裕はなかった。しかし 現在得られている資料からみると 近畿三角帯を中心とした地域は 第四紀に入る頃から 東西圧縮の応力場におかれてきたことは確実と思われる。そしておよそ20~30万年前と見積られる高位段丘形成期ころより急速なひずみ速度の増加があり 基盤岩体の物性に応じていろいろの型の断層地塊運動が活発化し 今日の高起伏をつくりあげた。私はこの一連の変動を「六甲変動」と呼んできたのである。段丘層と大阪層群の関係は 私のような考え方をすると その間に「六甲変動の最盛期」を挿入する必要はなくなり 逆に段丘時代こそ変動の大きな時代だということになる。

このような観点からすると 「変動図」に示された断層は いずれも東西水平圧縮応力場で発生した断層として説明可能であり 同時に今後も同じ応力場が持続する限り 再活動の可能性を否定することはできない。したがって 「第四紀に活動した断層」を「活断層」とするというブロードな表現をしなければならないのが現状



第15図 近畿中央部のアーツの映像 第16図と比較されたし



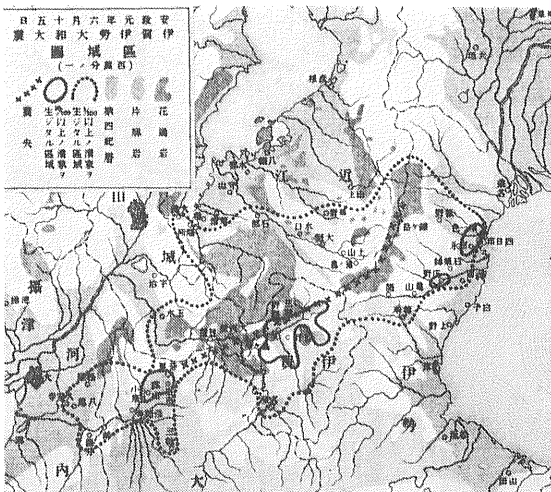
第16図 近畿中央部の傾動断層地塊と大和川断層帯 E-Fは高度10,000mの斜空中写真によるスケッチ

である。しかし どの断層もいっせいに活動することは考えられず どの部分にひずみが蓄積されるのかを知ることができれば 地震予知の第一歩をふみ出すことができるであろう。

現在山崎断層・三峠断層・湯村断層などに沿って微小地震が集中していて最も活断層らしい様相を呈しているが このうち山崎断層について 断層にまたがってずれひずみ計が設置され また 三角網をはって精密測量が開始されている。またそれに少し先立って 山崎断層系と共役関係にあるとみられる六甲の大月断層の観測が予備的に行なわれたが 予期の結果が得られた(田中・藤田 1973)。今後の資料の増加が近畿の断層系の運動の定量的な研究を前進させるであろう。

最後に 微小地震が近畿三角帯内に極めて少ないという現象にふれておきたい。これは微小地震だけではなく 1961~1967年におこったM4以上の地震の分布をみても微小地震の傾向とよく一致している。しかしながら 記録のある過去の災害地震をみると 南海トラフ沿いのいわゆる巨大地震を除くと 逆に近畿三角帯の中に震央のあるものが大部分であることが注目される。そしてその多くが 花折断層から比良山地のひずみ帯と京都・奈良などその南への延長にのるか 木津川断層・大和川断層など北東から南西に延びる断層上にある傾向が強い。

後者の代表例は 1854年7月9日に発生したM6.9と推定される「安政元年夏の地震」で 三重県伊賀・上野地方に大被害をもたらしたので「伊賀・上野の地震」として知られている。理科年表には 「上野付近で壊家2259 死593人 四日市で壊家342 死157人 奈良で全壊700—800 死284人 大和郡市で死157人余 被害範囲



第17図 伊賀・上野の地震(安政夏の地震)の被害地域(今村 1911)

が広く 断層を生じ最大1.5m沈下」と記載されている。

さらにこの地震については 明治になって今村明恒(1911)による詳細な調査記録が残されていて その被害範囲が図示されているが それはあきらかに木津川断層と大和川断層に沿っている(第17図)。さらに今村の記載に基づいて横田ら(1976)が現地調査した結果 上野市野間の北方で 木津川断層直上の崖錐上に溝状の陥没が残っているのが確認された。

また 1596年11月5日のM7.0の地震では 京都市の三条と伏見との間と堺が大被害を受け 大阪・神戸でも倒壊家屋が出たのに対し 奈良・比叡山では被害がなかったところをみると 淀川に沿って北東—南西に走る推定断層の活動と想定されるのである。

末筆ではあるが 執筆の機会を与えられた地質調査所大阪出張所長宮村学氏と 原稿作成を手伝ってもらった宜川美千代さんにお礼を申し上げる。

引用文献

HAFNER, W. (1951): Stress distributions and faulting. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 62, 373—398.
 HUZITA, K. (1962): Tectonic development of the median zone(Setouti)of Southwest Japan since Miocene. *Jour. Geosciences Osaka City Univ.*, 6, 103—144.
 HUZITA, K. (1969): Tectonic development of Southwest Japan in the Quaternary period. *Jour. Geosciences Osaka City Univ.*, 12, 53—70
 藤田和夫・岸本北方(1972): 近畿のネオテクトニクスと地震活動 科学 42 422—430
 HUZITA, K., KISHIMOTO, Y., SHIRANO, K. (1973): Neotectonics and seismicity in the Kinki area, Southwest Japan. *Jour. Geosciences Osaka City Univ.*, 16, 93—119
 藤田和夫(1976): 日本の山地形成論 今西錦司博士古稀記念論文集 1 85—140 中央公論社
 藤田和夫・太田陽子(1977): 第四紀地殻変動—その歴史と展望 「日本の第四紀」(日本第四紀学会20周年記念出版)(印刷中)東大出版会
 市川政治(1965): 日本の地震のメカニズムに関する統計的研究と二・三の問題 研究時報 18 83—172
 今村明恒(1911): 安政元年夏の地震 震災予防調査会報告 77 1—16
 伊藤潔・渡辺邦彦(1976): 琵琶湖周辺における極浅発地震の発震機構と地体構造 昭和51年度地震学会春季講演(220)
 横山次郎(1956): 構造地質学 朝倉書店
 中根勝見(1973): 日本における定常的な水平地殻歪 測地学会誌 19 190—208
 尾池和夫(1974): 微小地震と地殻の活動 自然 29 67—75
 塩野清治(1970): 微小地震観測網から求めた和歌山地方の地震の発震機構(第2報) 地震 23 253—263
 田中豊・藤田和夫(1973): 断層の診断 科学 43 288—292
 横田修一郎・塩野清治・屋鋪増弘(1976): 伊賀上野の地震断層 地球科学 30 54—56