

□ 最近 10 年の活断層調査

名古屋大学大学院環境学研究科 安藤 雅孝

## 1. はじめに

活断層とは、今後も活動を繰り返す可能性がある断層である。一般に、千年から数万年の間隔で繰り返し活動してきた痕跡が地形や地下構造に残されている。それだけに、活断層の情報を適格に取り出すことができれば、地震防災に役立つはずである。

阪神淡路大震災以降、地震調査研究推進本部(事務局文部科学省)が中心となり、活断層調査を進めてきた。本論ではこの10年間に得られた成果とその問題点について述べたい。

## 2. 活断層の動き

地下の断層が、活動を止めた断層か、まだ生きている断層かを見分けるのには、主に地形が用いられる。地震の際に、断層が地表にあらわれると、断層のずれは地形として残される。断層のずれが軟らかい地層内で吸収され、地表にたわみとして現れる場合は、撓曲と呼ばれる。

断層面上のずれは、地震にとって不可欠である。ずれることにより、それまでに蓄積された応力は解放される。1回の地震でのずれの大きさはせいぜい10m以下である。こ

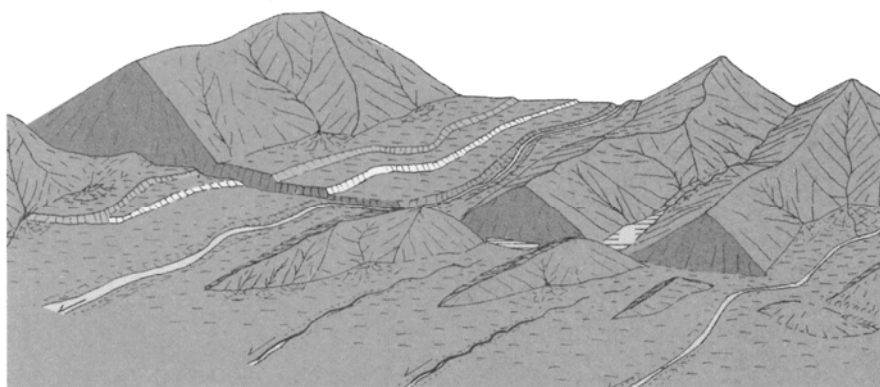


図1. 断層に沿う活断層地形の概念図(地震調査研究推進本部による)

これらの断層のずれは、繰り返し起こる。応力を解放しても、また貯め込んで、再び地震を起こすためである。活断層による特徴的な地形は、図1のような例が知られている。

岐阜県の北部を、北北東-南南西方向に高原川が流れるが、跡津川断層により大きく屈曲させられている(図2)。川は北に向かって流れているが、断層により2.7kmほど東にずれている。1回の地震によって、流路はわずかに食い違うが、繰り返すとずれは大きく明瞭になる。図2の例では、仮に1回の地震で3mずれたとすれば、900回地震が起きたことになる。

このような地形のデータを基に、日本の

活断層の分布や活動度などが、「日本の活断層」(活断層研究会、1992)としてまとめられた。この本の出版後に、1995年兵庫県南部地震が発生し、一躍「活断層」との言葉が世の中に知られるところとなった。

「日本の活断層」には、1,500本の活断層が掲げられている。平均ずれ速度(V)に基づき活動度は、A、B、Cに分けられる。

平均ずれ速度は、1回の地震のずれを平均地震間隔で割ったものである。 $V > 1\text{mm/y}$  はA級、 $1\text{mm/y} > V > 0.1\text{mm/y}$  はB級、 $V < 0.01\text{mm/y}$  はC級の活動と呼ばれる。活動度A、B、Cと発生する地震の大きさには違いはなく、かつ最近100年間は、地表断層を伴った地震は、



図2. 岐阜県北部を北に流れる高原川が、跡津川断層によりずらされている様子  
国土地理院2万5千分の1地形図打保

A、B、Cとも等しい割合で発生している(Matsuda, 1981)。つまり、A、B、Cの断層の数は、1:10:100の割合で分布するはずである。ところが、「日本の活断層」によれば、断層の数は、1:8:5の割合のため、C級の断層の多くは見つかっていないと考えるべきであろう。これは防災上きわめて大きな問題である。

### 3. 活断層調査の意義

日本では、多数の死傷者をもたらす大地震は10年に一回程度の頻度で起きる。地震が発生する場所や大きさ、時間を予測することができない以上、地震が発生する可能性の有無や、地震の揺れの大きさを予測することは重要である。明治以降140年間で日本列島内陸部にはM6.5以上の浅い地震は33回起きた。そのうち10回は既知の活断層上に発生している。一方、M7以上の地震は12回起きているが、そのうち7回は既知の活断層上に発生した。したがって、活断層は、大地震の発生の長期予測のための基本的な情報をもたらすことがわかる。

活断層のデータを基に、次の地震の発生予測ができれば、防災に大いに役立つはずである。しかし、同じ断層上に、歴史上2度地震が発生したとの証拠はほとんどない。したがって、活断層上に起こる地震間隔は、1000年ないしそれ以上であろうと推測される。このようなことから自然に刻まれた地震発生の時期を読みとることが重要である。水平に堆積した地層が断層運動によって切られている場合、地震はこの地層の堆積した後起きたことが分かる。ただしこの種

の地層の堆積期間はかなり長いものが多いので、年代の幅はかなり大きい。

地層の年代は、そこに含まれる炭素の放射性同位元素を用いて決める。

### 4.98 活断層

阪神淡路大震災を起こした兵庫県南部地震は野島断層と六甲断層系に発生した。この断層上に大地震が発生する恐れがあると、兵庫県南部地震以前にすでに指摘されていた。両断層には、活動度が高いにも関わらず、近年地震が起きていないため、地震が起きる可能性が高いと推測された。このような理由から、活断層調査の重要性が認識されるようになった。地震調査研究推進本部では、基盤的な調査観測の一環として活断層のうち、主要な98の活断層(帯)を選びだし、それらを対象として、長期予測を見積もる作業を全国的に始めた(図3、断層のリスト:<http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran3.htm>)。この調査は、平成8年度からが開始され、16年度に終了する予定である。さらに、いくつか調査対象断層が追加されるとのことである。

断層によるずれと、その発生の年代測定を組み合わせることにより、活断層の変位速度、地震発生の間隔、1回の断層のずれの大きさ、最新の活動時期などが推定でき、長期的な地震活動の予測が可能となる。活断層の長さL(km)、断層の地震によるずれD(m)、地震のマグニチュードMは、下記のような経験式で関係づけられる(松田, 1975)、長さや、ずれの量が分かれば、どちらかを用いて推定することが可能である。



図3. 98活断層の分布図。太線は、向こう30年間の地震発生確率が3%を超えた断層

$$\log L = 0.6M - 2.9$$

$$10gD = 0.6M - 4.0$$

上記の式を用いると、断層の長さ  $L$  が 20km ならば、 $M$  は 7.0 で  $D$  は 16m、 $L$  が 80km ならば、 $M$  は 8.0 で  $D$  は 6.3 となる。

このような活断層調査には、発掘調査が欠かせない。このほか、ボーリング調査や地震反射法による探査なども併用されている。

## 5. 地震発生確率

活断層上の地震の起こり方を考えてみよう。地震発生確率は、1) 発生間隔が規則的ならば、階段上に0%から100%に変わる。他方、2) まったくデタラメならば、次の地震は1年後かもしれないし1000年後かもしれない、との不規則になる。実際には、1) と 2) の中間型になるはずである。地震の間隔は、ある程度のバラツキはあるが、しかし平均すれば一定の間隔持つような分布をすると考えられる。このような、現象を記述する統計モデルは、BPT (Brownian Passage Time)、対数正

規分布、ワイブル分布などいろいろあるが、地震の起こり方を考えると、これらの統計モデルには大差ないようである。このため、地震調査研究推進本部では、種々の理由から BPT を採用している。BPT を記述するパラメータとしては、平均間隔  $T$  とその地震間隔のゆらぎを表す  $\alpha$  の2つが必要となる。

## 6. 地震発生確率の問題点

活断層調査から知る過去の地震の情報は、以下のような場合が考えられる。

- 1) 最新の 2 回以上の活動時期が分かっている場合、
- 2) 活動時期が最新の 1 回のみしか分からない場合、
- 3) 最新の活動の時期及びずれの量、長期的な平均ずれ速度が分からない場合、

4) 活動時期が全く知られていない場合など、

上記の場合に対し、種々の仮定を基に、地震発生の確率を推定する。このようにして得られた地震発生確率を基に、今後 30 年間の地震発生確率を求める。ここでは、ばらつきを表すパラメータ  $\alpha$  は 0.24 としている。

内陸活断層の地震発生間隔は長いため、確率は低くなる。図 4 は BPT に基づき求めた、今後 30 年間での地震発生確率である。横軸は最新の地震からの経過時間を示す。最新の地震から繰り返し間隔と同じくらい時間が経過しても、その確率は決して高くない。たとえば、車の寿命を 10 年とし、10 年経過した後に、あと 1 月以内に壊れる可能性はそれほど高くないのと同じことであろう。平均地震間隔 1000 年の断層では、1000 年経過して時点でも 23%、平均間隔 5000 年の断層では 2.3%に過ぎない。発

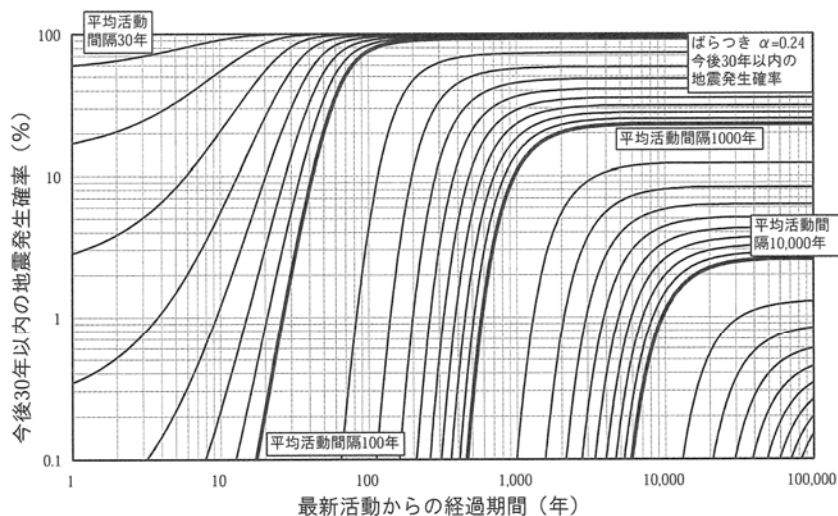


図4. 向こう30年間の地震発生の確率 (縦軸)。横軸は、最新の地震からの経過時間。太線カーブは、それぞれ地震発生間隔が、100年、1000年、10000年を示す。地震調査研究推進本部 (2001) による。

生確率は、さらに時間が経過しても変わらない。すでに飽和しているのである(図4)。したがって、多くの断層の地震発生確率は、1%以下であり、10%を超えることは極めてまれである。このあたりが、正確に伝わらないまま使われているのは問題であろう。

兵庫県南部地震は、野島断層と六甲断層が動いたことにより起きた地震である。野島断層は淡路島西岸で地表10kmほど追跡された。この地表に現れた地震断層は、断層記念館として兵庫県北淡町に保存されている。兵庫県南部地震の断層は、余震分布から40-50km程度と推定されるが、地表に現れた断層はその1/4~1/5に過ぎない。

2004年10月23日新潟県中越地震では、地震断層の一部が地表に現れた。ただし、地表をすばっと切ったものでなく、わずかに地表付近を撓ませただけだった

上記のような例では、発掘調査で現れる地震の回数は少なめに推定される可能性がある。たとえば、神戸市内を発掘調査すれば、1995年兵庫県南部地震の証拠は見つからないので、この地震は“なかった”ことになる。したがって、発掘調査に基づく地震間隔は実際よりも長い値が求められる可能性が高い。

活断層の地震発生確率は大変低い値を示したが、しかし、比較するとその中に確率の高い断層が浮かび上がってくる。図3の太線で表わされる活断層の30年確率は相対的に高いもので、数パーセント以上を示す。

石狩低地東縁断層帯(北海道)

山形盆地断層帯(山形県)

神縄・国府津一松田断層帯(神奈川県)

楡形山脈断層帯(新潟県)

伊那谷断層帯(長野県)

砺波平野断層帯(富山県)

森本・富樫断層帯(石川県)

高山・大原断層帯(岐阜県)

琵琶湖西岸断層帯(滋賀県)

京都盆地-奈良盆地断層帯南部(京都府、奈良県)

山崎断層帯(兵庫、岡山県)

中央構造線断層帯(奈良、和歌山、香川、愛媛県)

布田川・日奈久断層帯(熊本県)

## 7. その他の活断層調査

国土地理院では、人口が集中し大地震の際に大きな被害が予想される都市域とその周辺域について、活断層の位置や性質を示した2万5千分の1「都市圏活断層図」(<http://www1.gsi.go.jp/geotivvw/bonsai/menu.html>)を平成7年より市販している。また、産業総合研究所活断層調査センターでは、日本の全国の活断層を精査し、それらの成果を「活断層・古地震研究報告」として報告し、その成果はウェブサイトにも公開されている

(<http://unit.aist.go.jp/actfault/seika/>)。

海上保安庁海洋情報部では、東京湾、伊勢湾、大阪湾、仙台など沿岸域の活断層調査を実施してきました。その成果はウェブサイトにも公開されている。

(<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIY0/FAULTS/main.html>)。

## 8. 強震動の確率予測図

活断層に発生が予想される地震によって生じる揺れの大きさ(地震動)を地図に示したものの「地震動予測地図」である。地震動予測地図には、1)確率論的手法、2)シナリオ地震の2種類がある。1)は、ある地域で地震が発生する可能性を表現したもので、特定の地震を想定しない。地震によって生じる地震動の強さ・期間・確率などの情報を地図上に表示したものがある。一方、2)は、ある特定の一つの地震に注目し、その地震が起きたときにどれくらいの地震動が生じるかを示したものである。地震調査研究推進本部では、平成16年度を目途に、海溝型地震も合わせて強震動の確率予測図を作成することになっている。

## 9. おわりに

大地震は既知の断層に起こる確率は高い。

特に、破壊的な地震を引き起こすM7以上の地震では、その割合は50%を超えている。しかし、一方、残りの半分は発見されていないことに注意すべきである。

M6.5以上、M7以下の地震では75%はまだ発見されていない断層上に起こる。破壊的な地震を引き起こすのは、既知の断層だけでないことに注意すべきである。特に都市域では、活断層が直下に見つかっていないとしても、潜在断層があるものとして地震防災対策に取り組むべきであろう。

### 【文献】

活断層研究会、日本の活断層、東大出版会、p363, 1980.

地震調査研究推進本部、長期的な地震発生確率評価手法について、45p、平成13年6月1日、2001.

松田時彦、活断層から発生する地震の規模と周期について、地震2、28、267-283、1975.

Matsuda, T. Active faults and damaging earthquakes in Japan-macro seismology, zoning and precaution fault zones, Earthquake Prediction/An International Review, Maurice Ewing Series 4, 1981, Am. Geophys. Union, 279-289, 1981.