

# 四国における活断層研究の現状と課題

土木学会四国支部あんぜん四国検討委員会 地質部会

高知大学理学部

岡村 真

愛媛大学教育学部

高橋 治郎

西日本ボーリング工業㈱

福澤 久

○備四国総合研究所

長谷川 修一

## 1. はじめに

地震は地下の岩盤中の力学的な弱面(断層面)に沿う剪断破壊(ずれ)によって発生する。このうち、大きな地震は、プレート境界や内陸の活断層の断層運動(ずれ)によって発生する。つまり、大きな地震は決まった場所で発生する。

活断層とは、最近の地質時代(一般に第四紀:170万年前以降)に繰り返し活動し、将来も活動すると推定される断層とされる。したがって、過去に地震を発生させた痕跡である活断層は、地震発生の場所と地震の規模に関する有力な情報となる。地下の岩盤には、無数の断層があるが、活断層はこのうちのごくごく一部である。

そこで土木学会四国支部地質部会では、平成7年度に四国の活断層に関する既往の調査・研究資料に関する文献調査を実施し、四国の地震防災上今後評価が必要とされる活断層の候補を選定し、またこれらの活断層から発生すると想定される地震および四国における地震動予測の基礎資料を作成した。

なお、これらの検討結果は既存の公表研究資料に基づくもので、今後本格的な調査を行い、精度・信頼度の高める必要がある。したがって、これをもとに予備検討を実施する場合には、資料の精度・信頼度を十分ご配慮いただきたい。

## 2. 四国の地震の発生環境

宇佐美(1989)の地震資料などによれば、四国地方に大きな影響を与えた地震は大きく以下のグループに区分できる(図-1;長谷川・斎藤, 1993)。

- (1) 南海トラフで発生するM8級の巨大地震
- (2) 日向灘で発生するM7~7.6の地震
- (3) 伊予灘周辺で発生するM7程度の地震
- (4) 和歌山県西部、徳島県東部の地震
- (5) 内陸活断層による直下型地震

このうち、(1)~(3)はフィリピン海プレートの沈み込みによる地震で、(4)(5)はユーラシアプレート内の地震である。

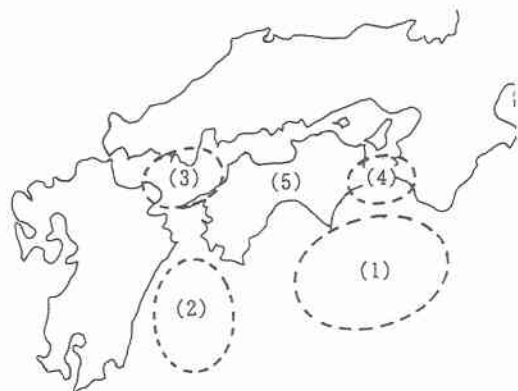


図-1 四国周辺の地震発生地区(長谷川ほか, 1993)

### (1) 南海トラフで発生するM8級の巨大地震

南海トラフ沿いでは、フィリピン海プレートの沈み込みによる低角度衝上断層運動によって、90年~150年間隔でM=8級の巨大地震(南海道地震)が発生し、四国各地に大津波、地盤の液状化、斜面崩壊等の甚大な地震災害を与えている。南海地震時では、ほぼ四国全域にわたり、震度階V以上の強震におそわれ、太平洋側では震度階VIに達する。安政南海地震(1854年:M8.4)では、高松でも震度階VIと推定されている。また、南海地震時には、室戸岬が1~2m 隆起し、高知市付近が沈降する地殻変動を伴う。

最近の南海道地震は、1946年の昭和南海地震で、次の南海地震は、今後数十年のうち、早ければ20~30年後に発生すると指摘されている(安藤, 1992)。また、兵庫県南部地震によって西南日本は、次の南海地震へ向けての活動期に入った可能性が高いと考えられている。

### (2) 日向灘で発生するM7~7.6の地震

高知県足摺岬沖から日向灘で発生するM=7~7.6級の地震も、南海地震と同様にフィリピン海プレートの沈み込み右横ずれ低角逆断層によるものと考えられる。しかし、ここはサブダクションゾー

ンの屈曲部に相当するため、南海地震と比較して、規模は約1桁小さく、逆に発生間隔は数10年と短い。四国南西部で地震動と津波による被害が発生している。

### (3) 伊予灘周辺で発生するM7程度の地震

広島県の安芸灘から愛媛県の伊予灘にかけての地域では、深度30～70kmの上部マントルで地震がよく発生する。これらの地震はフィリピン海プレートの沈み込みの先端部に位置し、正断層型の地震と考えられている。直下型だが、内陸の活断層ではなく深い地震のため、震央付近でも震度階V程度(一部はVIになる可能性あり)である。

### (4) 和歌山県西部、徳島県東部の地震

和歌山県西部、徳島県東部の地震は最大でM=6.8で被害も小さい。徳島県で震度階V程度。

### (5) 内陸活断層による直下型地震

四国において内陸活断層による歴史地震の記録は発見されていない。しかし、1991年徳島県市場町におけるトレンチ調査結果によれば、中央構造線父尾断層は断層帯に取り込まれた土器片の時代から、中世以降の活動が推定されている(岡田, 1992)。この断層運動による地震を直接示す歴史資料は見つかっていないが、1596年慶長伏見大地震(M=7.6)の可能性が指摘されている。歴史資料に残されていない中央構造線活動(=大地震)の解明は今後の重要な課題である。

なお、これまでの活断層に関する調査研究によって、日本の内陸に分布する活断層には以下の特徴があることが明らかにされている(例えば、松田, 1992)。

- ① 間欠的に活動し、地震を発生させる。
- ② 反復して活動し、変位が累積される。
- ③ 活動間隔が千年、万年に1回と長い。
- ④ 活断層ごとに固有性(変位の方向、変位量、活動間隔)がある。
- ⑤ 活断層の規模と地震の規模が比例する。
- ⑥ 活断層の広域的分布に規則性がある。

## 3. 四国の活断層に関する主な資料

これまでに公表された主な活断層図は以下の通りである。

### ① 新編日本の活断層(活断層研究会, 1991)

主に4万分の1空中写真を判読して活断層の可能性のあるリニアメントを確実度Ⅰ～Ⅲに分けて、20万分の1地勢図に図示したものである。本文献は、活断層の可能性のあるリニアメントおよび文献断層をできるかぎり抽出する方針で編集されている。このため、活断層でないものも含まれているので(長谷川, 1992; 高橋, 1995)、現地調査による確認が不可欠である。

確実度Ⅰ: 活断層であること確実なもの

確実度Ⅱ: 活断層であると推定されるもの

確実度Ⅲ: 活断層である疑いのあるリニアメント

### ② 1/50万活構造図「高知」(地質調査所, 1982)

空中写真判読および現地調査によって、断層を第四紀後期に活動した活断層と、第四紀前期に活動した断層とに区分し、より確実な活断層のみを抽出している。

### ③ 日本第四紀地図(第四紀学会, 1987;)

編者の判断によって一部追加、削除しているものの、基本的に地質調査所発行「1/50万活構造図」に基づき、活断層の可能性の高いものを図示している。

### ④ 日本地質アトラス「日本活構造図」(地質調査所, 1992)

基本的に地質調査所発行「1/50万活構造図」に基づいているものの、新編日本の活断層などの資料により一部追加、削除している。

### ⑤ 中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ(地質調査所, 1993)

中央構造線活断層系のリニアメント、断層露頭、地形面等を、1～2kmの幅で、縮尺25,000分の1の地形図に図示したもので、活断層の位置、断層付近の地盤状況等を把握することができる。

## 4. 四国の地震防災のうえで考慮すべき活断層候補の抽出

四国の地震防災のうえで考慮すべき活断層候補を、これまでに公表された活断層図に基づき、抽出した(図-2)。その結果、以下の文献活断層(文献による活断層)は、ほぼ確実な活断層もしくは活断層の可能性が指摘されており、今後より詳細な調査によって、その実在性、地表トレース、活

動度、活動履歴、要注意度、発生する地震の規模等を解明する必要がある。この他の文献活断層は、活断層の可能性を指示する具体的な証拠が提示されていないため、活断層として積極的に評価することは現時点ではできない。これらについても、現地調査等による確認が必要である。また、平野部および海域の活断層については、音波探査等による調査を進め、活断層の確認、活動履歴の解明のための研究を充実させる必要がある(例えば、岡村, 1995)。

(1) すべての活断層図に確実な活断層として表示されている断層

- ①中央構造線活断層系：鳴門、上浦、神田、父尾、井口、三野、池田、寒川、畑野、石鎚、岡村、小松、川上・北方、伊予の各断層

平均変位速度：A（一部B）級

活動履歴：父尾および岡村断層では、完新世における複数の活動がトレンチ調査等によって確認されている(岡田, 1992, 1993)。

- ②長尾断層

平均変位速度：B級

活動履歴：第四紀の活動が地質学的に推定され、第四紀後期の活動が地形学的に推定されているが、完新世の活動は確認できない(Sangawa, 1978; 遠田ほか, 1993)。

- ③鮎滝断層

平均変位速度：C級

活動履歴：第四紀の活動が地質学的に推定され、第四紀後期の活動が地形学的に推定されているが、完新世の活動は不明である(Sangawa, 1978; 小林ほか, 1986)。

- ④岡田断層

平均変位速度：B級

活動履歴：第四紀後期の活動が地形学的に推定されているのみ(Sangawa, 1978)。

- ⑤上法軍寺断層

平均変位速度：C級

活動履歴：第四紀後期の活動が地形学的に推定されているのみ(Sangawa, 1978)。



図-2 四国の主な文献活断層(活断層研究会(1991)を地質調査所(1982, 1992)に基づき一部改変)

(2)「新編日本の活断層」では、確実度Ⅱとされているが、「1/50万活構造図高知」、「日本第四紀地図」、「日本地質アトラス活構造図」の中では活断層と表示されている場合がある断層

⑥ 鮎喰川断層系：宮前、南山断層、下名、網付森断層

平均変位速度：不明

活動履歴：右ずれ活断層と地形学的に推定されている(活断層研究会, 1991)。

リニアメントは断層を反映しているが、活断層には疑問あり(村田, 1995)。

⑦ 行当岬断層

平均変位速度：B級一部C級

活動履歴：海成段丘面の高度差から第四紀後期の活動が地形学的に推定されている(吉川ほか, 1968)。

#### 4. 活断層から発生する地震の規模について

##### (1) 活断層から発生する地震の規模の推定方法

活断層から発生する地震の規模については、松田(1975)による地震の規模 $M$ (マグニチュード)と地震断層の長さ $L$ (km)と変位量 $D$ (m)との関係(松田式)から推定するのが一般的である。松田式の元となった相關図にはパラッキも大きいものの、以下の式に基づき、地表活断層の長さ $L$ (km)あるいは一回当たりの変位量 $D$ (m)から地震の規模 $M$ が推定されている。

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

$$\log D = 0.6 M_D - 4.0$$

一般には、一回当たりの変位量 $D$ (m)は不明な場合が多いので、活断層の長さ $L$ (km)から推定することが多い。ただし、中央構造線活断層系のように四国だけでも延長165kmに達する長大活断層は、いくつかに分割して地震を発生させる可能性が高いと考えられている。しかし、一度に活動する区間(セグメント)の認定は、現在活断層研究の第一級の研究課題となっており、確定していない。

##### (2) 四国の内陸活断層から発生する地震の規模の試算

「新編日本の活断層」において表示された断層の長さから、松田式に基づき、四国の内陸活断層から発生する地震の規模について、試算した。ただし、中央構造線活断層系については、岡田(1992, 1993)のセグメント試案(図-3)から、試算した。なお、鮎喰、岡田、上法軍寺の各断層は、地表での延長が短いため、松田式の適用に問題があるので、参考値として考えていただきたい。

##### ① 中央構造線活断層系

岡田(1991)のセグメント試案から

鳴門・神田・引野・父尾・井口の各断層(54km)、 $M_L = 7.7$

三野・池田の各断層(52km)、 $M_L = 7.7$

石鎚・寒川・畑野の各断層(27km)、 $M_L = 7.2$

岡村・小松の各断層(20km)、 $M_L = 7.0$

川上・北方の各断層(20km)、 $M_L = 7.0$

伊予断層(15km)、 $M_L = 6.8$

松田(1990)による最大期待地震規模 $M_{max} = 8.0$

② 長尾断層： $L = 23$ km(新編日本の活断層)として、 $M_L = 7.1$

③ 鮎喰断層： $L = 4$ km(新編日本の活断層)として、 $M_L = 5.8$

④ 岡田断層： $L = 3.5$ km(新編日本の活断層)として、 $M_L = 5.7$

⑤ 上法軍寺断層： $L = 3$ km(新編日本の活断層)として、 $M_L = 5.6$

##### ⑥ 鮎喰川断層系

宮前断層( $L = 7$ km)が単独で活動するとして、 $M_L = 6.2$

南山断層( $L = 9$ km)が単独で活動するとして、 $M_L = 6.4$

下名断層( $L = 9$ km)が単独で活動するとして、 $M_L = 6.4$

網付森断層( $L = 10$ km)が単独で活動するとして、 $M_L = 6.5$

松田(1990)による特定断層として、 $M_L = 7.3$

⑦ 行当岬断層： $L = 15$ km(新編日本の活断層)として、 $M_L = 6.8$

| セグメント           |                    | 断層名                     | 場所        | 長さ<br>(km) | 走向        | 変位速度<br>(級別と<br>m/10 <sup>8</sup> 年) | 形態的特徴                                                | 地震活動<br>(歴史地震・機械観測)                                                                   |
|-----------------|--------------------|-------------------------|-----------|------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 大区<br>分         | 小区<br>分            |                         |           |            |           |                                      |                                                      |                                                                                       |
| III<br>紀伊<br>西  | III a              | 五条谷断層                   | 五条～粉河     | 30         | N70°E     | A                                    | 五条北方で南北逆断層に移行。西方のIII bとの間に幅約1kmのステップ。断層線多少湾曲。        | 歴史時代の被害地震は地殻下の可能性大。和歌山付近の小～微小地震の北縁の境界をなす。                                             |
|                 | III b              | 根来断層                    | 粉河～紀淡海峡   | 40         | N80°E     | A<br>(1～3)                           | 山麓線を縁どる。西部は沖積面や海底のため、詳細不明。                           |                                                                                       |
| IV              |                    | 油谷断層～海底活断層群             | 紀淡海峡～鳴門海峡 | 30         | N65°E     | (A)                                  | 海底活断層群を形成。東端は友ヶ島水道～分岐                                | 下記の歴史地震時に動いた可能性もある。                                                                   |
| V<br>四国<br>北東   | V a                | 鳴門・神田・引野・父尾・井口の各断層      | 鳴門～脇町     | 54         | N75°E     | A<br>(6～9)                           | 雁行状に配列。鳴門と神田の断層間は変位地形不明りょう。淡路島西部の南北性断層と対。            | 1596年9月5日(M=7.5)慶長伏見地震時に動いた可能性大。                                                      |
|                 | V b                | 三野・池田断層                 | 脇町～伊予三島   | 52         | N75°E     | A<br>(7)                             | V aとの間に幅約1kmのステップ。西端は低位段丘の間に3kmの間隔。                  | 上記の歴史地震時に動いた可能性もある。西部で微小地震活動あり。                                                       |
| VI<br>四国<br>中央  | VI a               | 石鎚・寒川・畑野の各断層            | 伊予三島～新居浜  | 27         | N75°E     | A<br>(5～8)                           | 石鎚断層の東部は不明りょうになり、代わりに北側を活断層が並走。VI bとの間に幅約1.5kmのステップ。 | 最新の活動は1800年前以降であるが、歴史地震との関係は不明。                                                       |
|                 | VI b               | 岡村・小松断層                 | 新居浜～小松    | 20         | N75°E     | A<br>(5～7)                           | 西端に数本の活断層が発達し、VIIとの間に走向の急変がみられる。                     | VI aとの間に微小地震活動あり。                                                                     |
| VII<br>四国<br>北西 | VII a              | 川上断層                    | 丹原～川内     | 20         | N50°～80°E | B                                    | 桜樹屈曲部は右ずれを伴う逆断層。走向が各所で相当異なる。                         | VII bとの間の重信川低地下に微小地震活動が観測されている。                                                       |
|                 | VII b              | 伊予断層                    | 砥部～双海     | 15         | N55°E     | B                                    | 北東端は走向が急変し、数本に分岐。南西端は海底活断層との間に幅1～2kmのステップ。           | 中央構造線大奇屈曲部に微小地震活動。しかし、そこは活断層ではない。                                                     |
| VIII            |                    | 伊予灘～別府湾海底活断層群           | 伊予灘～別府湾   | 110        | N60°～70°E | A～B                                  | 雁行ないし並走する正断層性の活断層群よりなる。個々の長さは10数km以下と短い。             | 1649年3月17日(M=7.0)伊予灘地震<br>1596年9月4日(M=7.0)豊後地震                                        |
| IX<br>九州        | 数多くに細分されるが、その分割は省略 | 湯布院・布田川・緑川・日奈久・出水などの各断層 | 大分～出水     | 200        | N45°E～EW  | B                                    | 東西性の正断層群と北東～南西方向の右ずれ断層が共存。                           | 1703年12月31日(M=6.5)湯布院地震<br>1975年4月21日(M=6.4)大分県中部地震などの歴史地震が多く発生。微小地震の発生も顕著で活動的な地帯をなす。 |



西南日本の活断層図（活断層研究会<sup>1)</sup>の図を簡略化し細部を修正）。MTL 活断層系はⅠ～Ⅸに沿う断層であり、黒星は大区分の、白星は小区分のセグメント境界を示す。

図－3 中央構造線活断層系のセグメント試案(岡田, 1993の一部省略)

## 5. 活断層と地震防災の考え方

### (1) 南海地震の重要性

南海地震は約100年に1回の確率で発生し、数10年のうち必ず発生する。これに対して、日本で最大級の内陸活断層である中央構造線活断層系にしても、千年に1回程度である。ただし、全域が一度に動くわけではないので、四国全域では千年に数回地震を発生させる可能性がある。また、長尾断層に至っては、万年に1回程度の確率である。

このように考えると、まず南海地震を想定した対策を優先させるべきと考えられる。また、地域によっては数10年に一度の日向灘地震や伊予灘周辺の地震等を想定しなければならない。

### (2) 内陸活断層と防災対策

内陸の活断層は普段はじっとしているが、千年から数万年に1回のペースで活動し、大地震を発生させる。しかし、ほとんどの活断層は、最近の活動履歴に関する情報に乏しいため、現在どの活断層が危険度が高いのか、ほとんど評価できないのが実情である。

活断層がいつ動くかはわからないが、どこにどの程度の地震を発生させる活断層があるかは、調査すればある程度わかる。したがって、地域の活断層の実態を把握することがまず必要であろう。さらに、中央構造線のような重要な活断層は、トレンチ調査等による活動履歴の解明から危険度を評価して、防災計画に反映させる必要がある。なお、研究者のデータは、防災を直接意図して作製されたものではない。このため、できれば公的機関が縮尺1/10,000程度の活断層分布図を作製し、その内容と精度を示したうえで公表・周知することも今後検討する必要がある。

また、地震が発生したとき、その被害は地盤条件に大きく影響される。したがって、地盤図を整備し、地震だけでなく種々の災害予測図の作製も今後の課題であろう。

活断層は無視することも、過度に反応することも問題である。内陸活断層については、活動履歴等から危険度をできる限り解明し、グレード別に耐震設計や防災計画に反映させるのが望ましいと思われる。また、ライフラインをはじめ、内陸活断層を避けて生活することはできない。したがって、重要施設に万全を期す一方、被害想定に基づく復旧対策や都市計画などソフトを中心とした対策が現実的ではないだろうか。

### 参考文献

- 安藤雅孝(1992):南海道地震は近い?、地震防災フォーラム'92, p10-21.  
 地質調査所(1982):1/50万活構造図「高知」.  
 地質調査所(1992):日本地質アトラス「日本活構造図」.  
 地質調査所(1993):中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ.  
 長谷川修一(1992):讃岐山脈南麓における中央構造線沿いの大規模岩盤すべりと第四紀断層運動.  
 地質学論集, No. 40, p. 143-170.  
 長谷川修一・斎藤実(1993):環境地質学—四国地方を例として—, 平成4年度香川県土質工学会テキスト, p. 10-20.  
 活断層研究会(1991):新編日本の活断層, 東京大学出版会, 437p.  
 小林浩治ほか(1986):讃岐平野南部の活断層—點滯断層—. 活断層研究. No. 2, p. 55-63.  
 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, Vol. 28, p. 269-283.  
 松田時彦(1990):最大地震規模による日本列島の地震分帯図, 地震研究所彙報, Vol. 65, p. 289-319.  
 松田時彦(1992):活断層の活動予測, 地学雑誌, Vol. 101, p. 442-452.  
 村田明広(1995):點喰川断層系と上葦川断層. 徳島大学総合科学部自然科学研究. Vol. 8, p. 27-38.  
 日本第四紀学会(1987):日本第四紀地図, 東京大学出版会.  
 岡田篤正(1992):中央構造線活断層系の活動区の分割試案, 地質学論集, No. 40, p. 15-30.  
 岡田篤正(1993):中央構造線活断層系の分割と古地震活動, 土と基礎, No. 41, p. 7-12.  
 岡村真(1995):中央構造線活断層系のイメージング. 月刊地球. Vol. 17, p. 536-540.  
 Sangawa, A. (1978): Geomorphic Development of the Izumi and Sanuki Range and relating Crustal Movement. Sci. Rep. Tohoku Univ, 7th Series. Vol. 28, p. 314-338.  
 高橋治郎(1995):松山平野及び周辺部の活断層. 愛媛大学教育学部紀要第Ⅲ部, Vol. 16, p. 3-12.  
 遠田晋次ほか(1993):四国、長尾断層のトレンチ調査. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, p. 686.  
 宇佐美龍夫(1989):新編日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 434p.  
 吉川虎雄ほか(1964):土佐湾東岸の海岸段丘と地殻変動. 地理評, Vol. 37, 627-648.