

2018年6月18日大阪府北部の地震 (M6.1) について

竹本修三 (京都大学名誉教授)

(要旨) 2018年6月18日に大阪府北部の深さ13~15kmでM6.1の地震が発生した。この地震は、海溝型地震ではなく、地殻内断層地震である。当初、近くにある活断層の有馬-高槻断層帯、上町断層帯、生駒断層帯のいずれかが、動いたのではないかと考えた。しかし、その後の政府の地震調査研究推進本部・地震調査委員会や気象庁の調査によれば、この地震が既知の活断層のいずれか1つが動いたためとは言えないが、その発震機構は東西方向に圧力軸をもつ型であり、1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震 (M7.3) と同様に、地殻内断層地震であるとのことである。このことは、今回の大阪府北部の地震が、兵庫県南部地震の余震の1つであったと考えることもできる。国土地理院による「中部・近畿地方の地殻ひずみ(1883年~1994)」によれば、若狭湾を含む近畿地方で東西方向に年間ほぼ 1×10^{-7} の縮み変化が見られる。地殻を構成する岩石の室内実験の結果、岩石はひずみが 1×10^{-4} に達する前に破壊してしまう。地殻の岩石に年間 1×10^{-7} 程度の圧縮ひずみが働いているとすれば、 $1 \times 10^{-7}/年 \times 1000年 = 1 \times 10^{-4}$ となり、早ければ1000年に1度、同じ場所で地殻内断層地震が発生することになる。1995年兵庫県南部地震の前後から、国内で地殻変動の観測技術が格段に向上したが、M7~6クラスの地震で前兆的地殻変動が観測された例は皆無である。大阪府北部の地震(M6.1)のあと、若狭湾を含む近畿地方で何処にM7クラスの地殻内断層地震が発生するかは分からないが、最近約100年間にこの地域は東西方向に圧力軸をもつことが知られているので、東西及び南北方向から $\pm 45^\circ$ に断層破壊面をもつ地殻内断層地震を警戒する必要がある。近畿地方で心配されている琵琶湖西岸断層帯や三方・花折断層帯などは断層走行が南北方向に近いが、若狭湾にある「FO-B、FO-A、熊川断層」は、東西方向の圧力軸から時計回りに約 45° 傾いているので、当然その動きを警戒しなければならない。これと同時に「FO-B、FO-A、熊川断層」と共役関係にある「上林川断層」の東北延長上にも注意を払う必要がある。2005年3月20日の福岡県西方沖地震のように、既知の活断層の延長上でM7.0の地震が起こっているからである。

1. 日本の地震－海溝型地震と地殻内断層地震

Fig. 1 に示すように、日本列島は、海洋プレートである太平洋プレートとフィリピン海プレート、それに、陸側(大陸)プレートであるユーラシアプレートと北アメリカプレートの合計4つのプレートの接合部に位置し、世界でも地殻活動が極めて活発な地域の1つである。太平洋側の海・陸プレートの境界付近では、陸側プレートの下に沈み込む海洋プレートに引きずられて陸側プレートがたわんでいるが、これが跳ね返ったときにM8を超えるような海溝型巨大地震が発生する (Fig. 2)。このような海溝型地震の例として、最近では2011年3月11日に三陸沖北部から茨城県沖までが一度に動いた東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) が知られている。このような巨大地震の場合には、従来の振り型の地震計を用いて決められたマグニチュード (M) では、観測される地震動の波形が頭打ちになってしまい、地震の大きさを正確に表せない。そこで、このような巨大地震の場合には、マグニチュード (M) の代わりに、断層の面積と変位量に剛性率をかけて求められるモーメント・マグニチュード (Mw) という指標値が最近広く使われている。



Fig.1 日本をとりまく4つのプレート。

一方、日本列島内陸部や日本海側では安定した大陸プレートに向かって海洋プレートが押し寄せるために、地殻内にひずみがたまって断層破壊が起こり、地殻内断層地震が発生する (Fig.3)。1891年10月28日に発生した濃尾地震(M8.0)は、これまでに観測された地殻内断層地震の最大のものであるとされている。プレートのせめぎ合いで地殻にたまるひずみは、年間 10^{-7} 程度と考えられている。地殻を構成する岩石は、 10^{-4} 程度のひずみには耐えられずに破壊するので、同じ場所で早ければ1000年に1度、断層地震が繰り返すことになる。

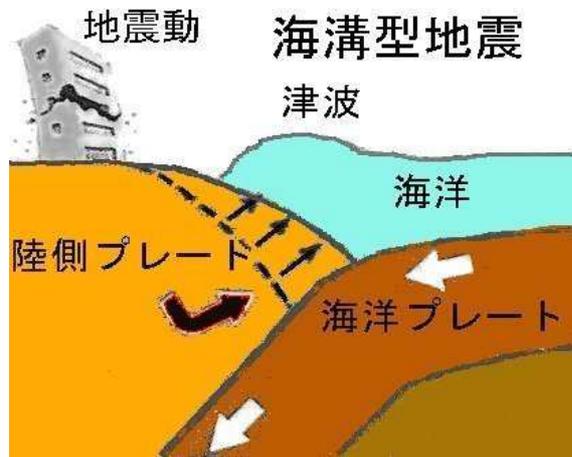


Fig2 海溝型巨大地震。

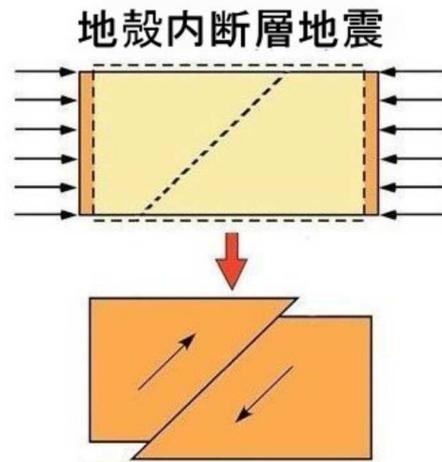
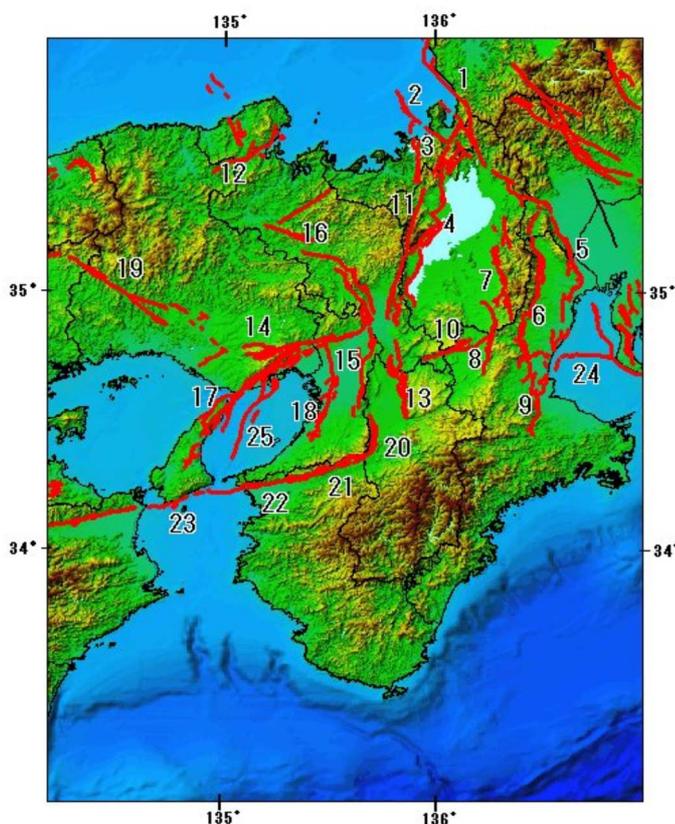


Fig3 地殻内断層地震。

次の Fig.4 には、地震調査研究推進本部のホームページからたどれる近畿・若狭湾の活断層 (https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_kinki/) が示されている。



- ① 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯
- ② 野坂・集福寺断層帯
- ③ 湖北山地断層帯
- ④ 琵琶湖西岸断層帯
- ⑤ 養老-桑名-四日市断層帯
- ⑥ 鈴鹿東縁断層帯
- ⑦ 鈴鹿西縁断層帯
- ⑧ 頓宮断層帯
- ⑨ 布引山地東縁断層帯
- ⑩ 木津川断層帯
- ⑪ 三方・花折断層帯
- ⑫ 山田断層帯
- ⑬ 京都盆地-奈良盆地断層帯
南部(奈良盆地東縁断層帯)
- ⑭ 有馬-高槻断層帯
- ⑮ 生駒断層帯
- ⑯ 三峠・京都西山断層帯
- ⑰ 六甲・淡路島断層帯、
- ⑱ 上町断層帯
- ⑲ 山崎断層帯
- ⑳,㉑,㉒,㉓ 中央構造線断層帯
- ㉔ 伊勢湾断層帯
- ㉕ 大阪湾断層帯

Fig.4 近畿・若狭湾の活断層(地震調査研究推進本部)。

2. 2018年大阪府北部の地震(M6.1)

2018年6月18日07時58分に大阪府北部の深さ13~15kmでM6.1の地震が発生した。この地震は、海溝型地震ではなく、地殻内断層地震である。地震直後には、Fig.4の近畿・若狭湾の活断層のうち、赤で示した活断層（⑭有馬-高槻断層帯、⑮生駒断層帯、⑯上町断層帯）のいずれかが動いたとも考えられた。

しかし、Fig.5に示した気象庁発表による大阪府北部の地震以降の震央分布図(2018年6月18日~7月27日、マグニチュード(M) 1.0以上、深さ0~20km)を見れば、この地震が既知の活断層のいずれか1つが動いたとは言えないことが明らかである。

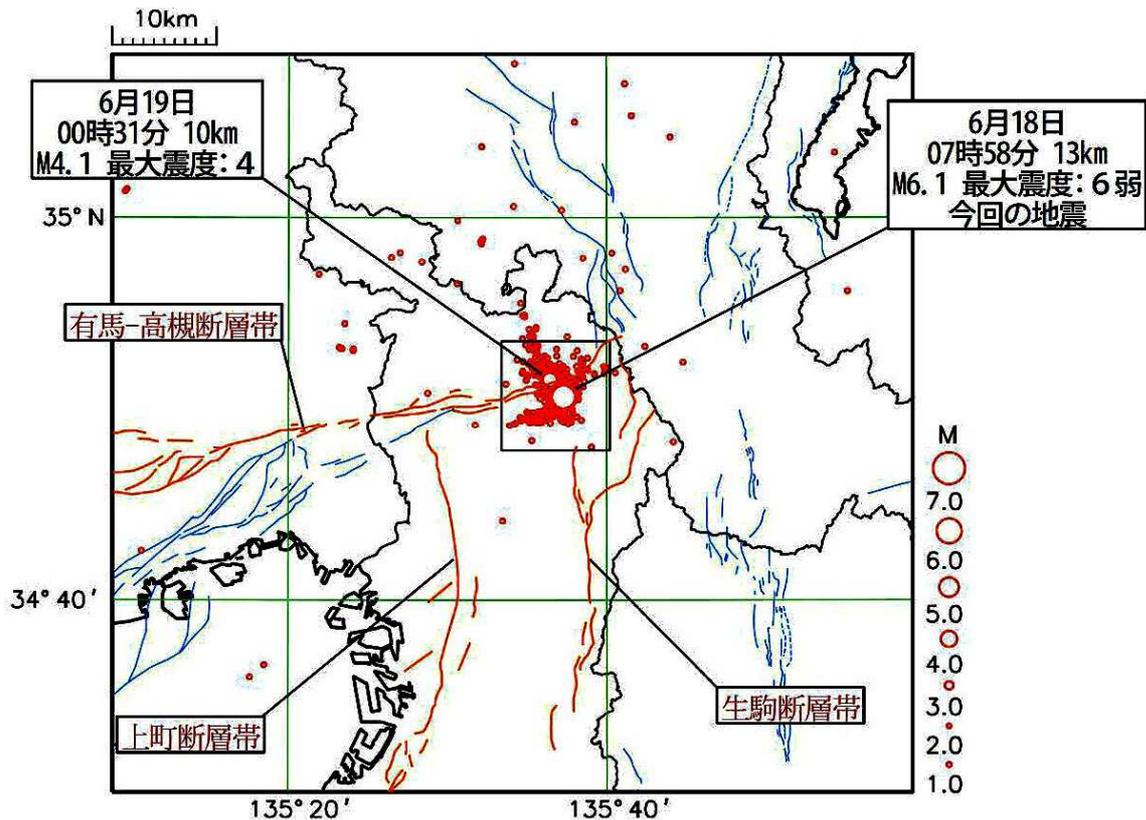


Fig.5 大阪府北部の地震以降の震央分布図(2018年6月18日~7月27日、気象庁)。

2018年6月18日に政府の地震調査委員会の臨時会合が行なわれ、「大阪府北部の地震の評価」(https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2018/20180618_osaka.pdf)が発表された。そこには、以下のようなことが書かれている。

- 6月18日07時58分に大阪府北部の深さ約15kmでマグニチュード(M)6.1(暫定値)の地震が発生した。この地震により大阪府で最大震度6弱を観測し、被害を伴った。
- その後、M6.1の地震の震源周辺で、東西約5km、南北約5kmの領域で地震活動が続いている。18日17時までに発生した最大の地震は、08時08分頃及び16時31分頃に発生したM3.5(速報値)の地震である。
- M6.1の地震の発震機構は東西方向に圧力軸をもつ型で、地殻内で発生した地震である。また、その後の地震活動は、横ずれ断層型と逆断層型が混在している。地震活動域の北側では逆断層型、南側では横ずれ断層型の地震が発生している。

以上の「評価」に加えて、当日の地震調査委員会の臨時会合では、Fig.6に示した気象庁のデータに基づいて、1995年兵庫県南部地震と今回の大阪府北部の地震との関係についても議論されたようである。Fig.6には兵庫県南部地震を含む周辺地域の1995年1月1日~

2018年6月18日の地震活動と共に、2018年6月18日の大阪府北部の震源位置も示されている。2018年6月18日の地震を含む青枠で示した領域では、ほぼ定常的な地震活動が見られたという。

1995年1月17日05時46分に兵庫県南部地震(M7.3)の本震が発生した。そして同日の約2時間後(07時38分)には、本震の北東延長上でM5.4の余震が起こった。さらに、2013年4月13日には、南西延長上でM6.3の余震が起っている。

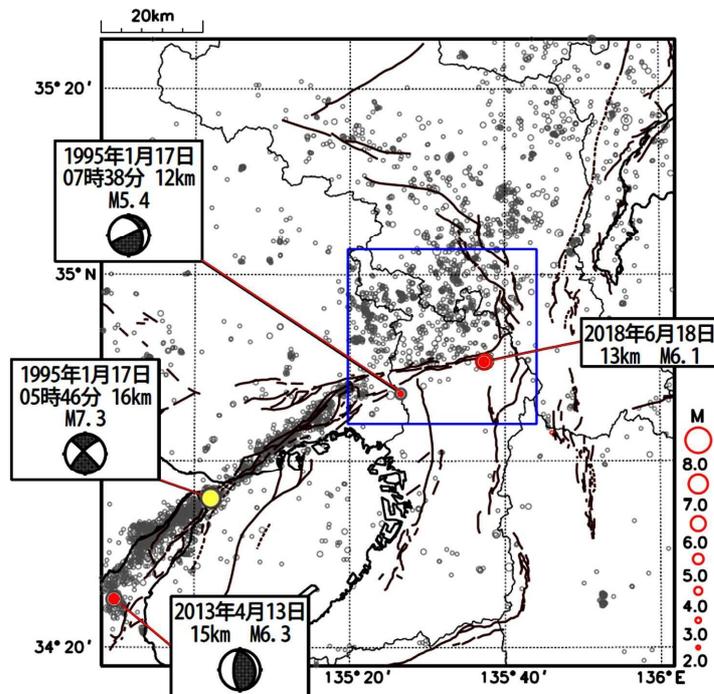


Fig.6 1995年1月17日兵庫県南部地震(M7.3)及びその周辺地域の1995年1月1日~2018年6月18日の地震活動(気象庁)。

国土地理院による「中部・近畿地方の地殻ひずみ(1883年~1994年の約100年間)」(<http://www.gsi.go.jp/cais/HIZUMI-hizumi4-100.html>)によれば、若狭湾を含む近畿地方では東西方向に年間ほぼ 1×10^{-7} の縮み変化が見られる。地殻を構成する岩石の室内実験の結果、これらの岩石はひずみが 1×10^{-4} に達する前に破壊してしまう。地殻の岩石に年間 1×10^{-7} の程度の圧縮ひずみがかかっているとすると、 $1 \times 10^{-7}/\text{年} \times 1000 \text{年} = 1 \times 10^{-4}$ となり、早ければ1000年に1度、同じ場所で地殻内断層地震が発生することになる。

3. 大阪府北部の地震の今後への影響

日本列島太平洋沿岸の海・陸プレート境界に近いところでは、海溝型巨大地震が起き、日本列島内陸部や日本海側では、プレート間の相対運動により地殻内断層地震が起きる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)のあと、日本付近で海溝型巨大地震が警戒されているのは、南海トラフの周辺であるという。尾池和夫・京都造形芸術大学学長は、その著書「2038年 南海トラフの巨大地震」(マニユアルハウス、2015年3月発行)において、次の南海トラフ沿いの海溝型巨大地震は2038年頃が危ないと述べている。このような海溝型巨大地震と今回の大阪府北部の地震のような地殻内断層地震との発生様式の間には顕著な相関は認められないし、日本列島内陸部や日本海側では、南海トラフの巨大地震の地震動や津波による直接の被害は小さいと考えられる。

しかし、南海トラフの海溝型巨大地震の前後に日本海側でも地震活動が活発になること

Fig.6の余震分布から、本震(M7.3)の断層面は、北方向から時計回りに約45°傾いた右ずれ断層であり、阪神・淡路大震災をひき起こした兵庫県南部地震は、東西方向に圧力軸をもつ地殻内断層地震と考えられた。さらに今回の大阪府北部の地震(M6.1)も、地震調査委員会は東西方向に圧力軸をもつ地震であったと結論づけている。このことから、2018年6月18日の大阪府北部の地震は兵庫県南部地震の余震の1つと考えることも可能である。

最近100年ほどの期間で、若狭湾を含む近畿地方では東西方向に主圧力が働いていることが国土地理院の測地測量データから明らかになっている。東西方向に主圧力が働いている場合には、基本的にその方向と±45°ずれた方向に断層面が走ることになる。

がある。例えば、1944年12月7日に東南海地震(M7.9)と1946年12月21日に南海地震(M8.0)の2つの海溝型巨大地震が発生したが、それ以前の1943年9月10日には鳥取地震(M7.2)、後の1948年6月28日には福井地震(M7.1)の地殻内断層地震が起きている。このようなことが繰り返すかどうかは注視していかなければならないが、次のM7クラスの地殻内断層地震が、いつ、どこで起きるかは、まったくわからない。

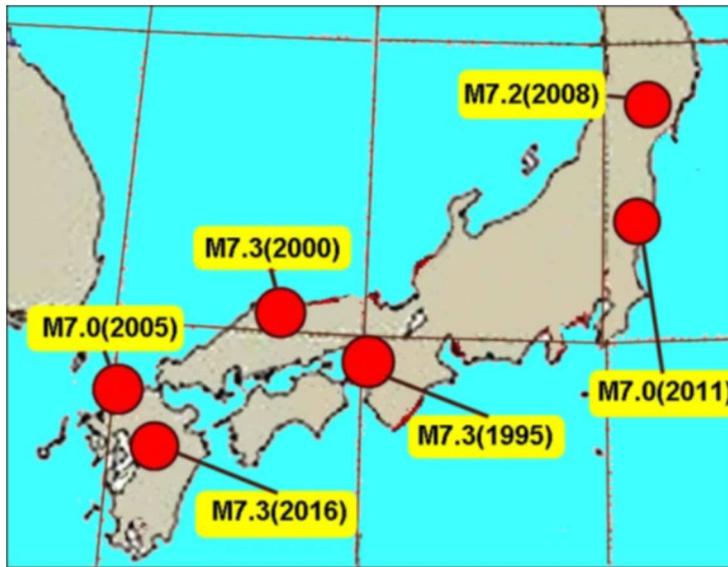


Fig7 1995年以来のM≧7の内陸地震(●)

Fig.7は、1995年兵庫県南部地震(M7.3)のあと、わが国で起こったM7クラスの内陸の地殻内断層地震の震央位置を示しているが、2000年鳥取県西部地震(M7.3)、2005年福岡県西方沖地震(M7.0)、2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)、2011年福島県浜通り地震(M7.0)、2016年熊本地震(M7.3)と、5~3年間隔で広範囲な地域にバラバラと起きている。1995年兵庫県南部地震(M7.3)を含めて、これらの地震の前に、信頼性の高い異常地殻変動が観測されたという報告はない。また、2000年鳥取県西部地震と2005年福岡県西方沖地震は活断層の知られていないところで起こった。以上のことは、既知の活断層

層だけに注目しては、M7クラスの地震を見逃すこともあり得ることを示している。

2018年6月18日の大阪府北部の地震(M6.1)のあと、若狭湾を含む近畿地方でM6~7クラスの地震が次にどこで起きるかが大きな問題であるが、国土地理院が1883年~1994年の測地測量に基づいて、若狭湾を含む近畿地方では東西方向に年間ほぼ 1×10^{-7} の縮み変化が見られるという見解を示していることと、政府の地震調査研究推進本部・地震調査委員会が2018年6月18日の大阪府北部の地震(M6.1)の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ型であると述べているのは参考になる。このほか、多くの研究者が1995年兵庫県南部地震も、東西方向に主圧力が働いていたと考えている。

つまり、最近の若狭湾を含む近畿地方には東西方向に主圧力が働いていると考え、この地域で東西及び南北方向と $\pm 45^\circ$ ずれた方向に断層面が走る地殻内断層地震を警戒しなければならない。京都府などの地方自治体が問題としているFig.4の④琵琶湖西岸断層帯、⑩三方・花折断層帯、⑬京都盆地-奈良盆地断層帯南部(奈良盆地東縁断層帯)などは、断層走行が南北に偏りすぎているように思われる。

この点、注目されるのはFig.8に引用した関西電力(株)(以下関電と略記)が大飯原発差止京都訴訟の関電側準備書面(3)に示した大飯原発周辺の活断層図である。この図で関電は大飯原発に最大の地震影響を及ぼす想定地震として、「FO-B、FO-A、熊川断層」の3つの活断層が連動して動いた場合の想定地震動を計算している。これは、若狭湾を含む近畿地方が、現在東西の主応力場にあるという国土地理院や地震調査研究推進本部・地震調査委員会の見解から考えても、当然の措置である。

しかし、これと同時に、同図に示されている「FO-B、FO-A、熊川断層」と共役関係にある「上林川断層」の東北延長上についても考慮する必要があるが、現在の「上林川断層」の東北端と大飯原発は約20km離れていることから、関電は「上林川断層」の東北延長上について、問題視していない。2005年の福岡県西方沖地震の場合、陸地部分には警固断層という活断層が知られていたが、M7.0の地震はその活断層の西北延長上の海域で起きている。

「上林川断層」の東北延長上で、M7クラスの地殻内断層地震が起きれば、地震動と津波

の影響で大飯原発は壊滅的な被害を受けることになるであろう。関電が「FO-B、FO-A、熊川断層」について、十分検討を重ねたというのであれば、これと共役関係にある「上林川断層」の東北延長上について同様の検討を行わなければならない。

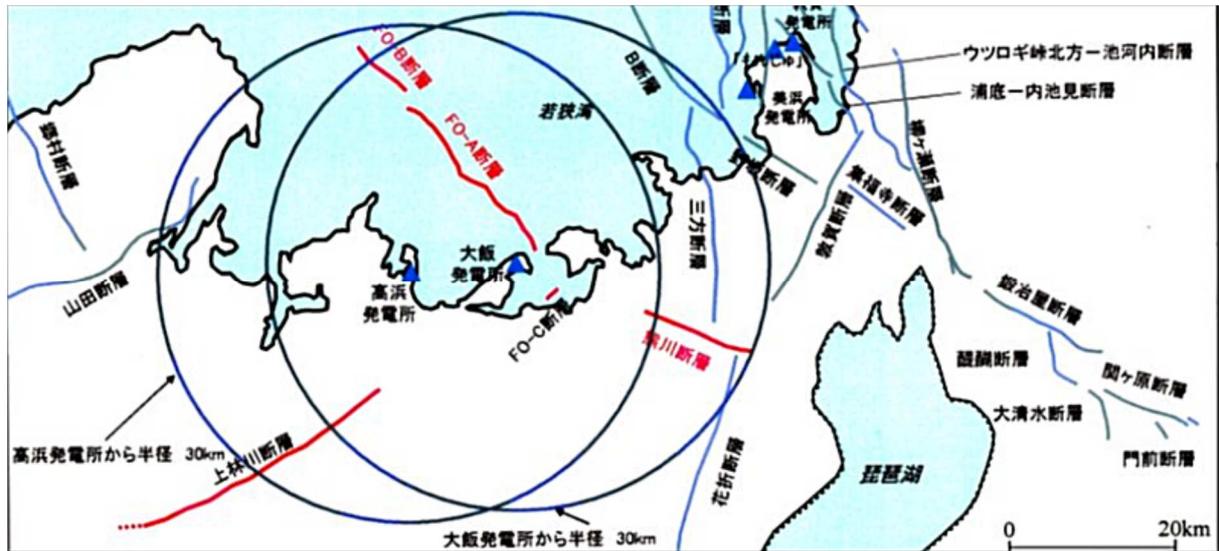


Fig.8 若狭湾周辺の主な活断層の分布(大飯原発差止京都訴訟：関電準備書面より引用)。

4. まとめ

2018年6月18日07時58分に大阪府北部を震源とする最大震度6弱の地震が発生した。気象庁は、この地震規模の速報値として **M5.9** と発表したが、間もなく **M6.1** に訂正された。政府の地震調査委員会は18日に臨時会合を開き、今回の地震に関する評価を公表した。それによれば、地震の発震機構は東西方向に圧力軸をもつ型で、地殻内で発生した地震であるとしている。また、近くには東西に延びる有馬-高槻断層帯のほか、上町、生駒の各断層帯が南北に延びているが、今回の地震を特定の活断層の動きと結びつけるのは難しいとのことである。

東西方向に圧力軸をもつ型の地殻内断層地震としては、1995年1月17日05時46分に発生した兵庫県南部地震 (**M7.3**) が知られており、今回の大阪府北部の地震もその余震の1つと考えることができる。また、国土地理院の測地測量データ(1883年~1994年)によれば、最近100年ほどの期間で、若狭湾を含む近畿地方では東西方向に主圧力が働いていることが明らかになっている。これらを総合して考えると、2018年の大阪府北部の地震 (**M6.1**) のあと、東西方向に圧力軸をもつ若狭湾を含む近畿地方で警戒しなければならないのは、東西及び南北方向から $\pm 45^\circ$ ずれた方向に断層面が走る地殻内断層地震である。



Fig.9 国土地理院の近畿地方にある電子基準点福知山(950329)と彦根(950321)の相対位置。(東西方向に約100km離れて並んでいる)。

その意味で、若狭湾にある「FO-B、FO-A、熊川断層」は、東西方向の圧力軸から時計回りに約 45° 傾いているので、当然その動きを警戒しなければならない。これと同時に「FO-B、FO-A、熊川断層」と共役関係にある「上林川断層」の東北延長上にも注意を払う必要がある。

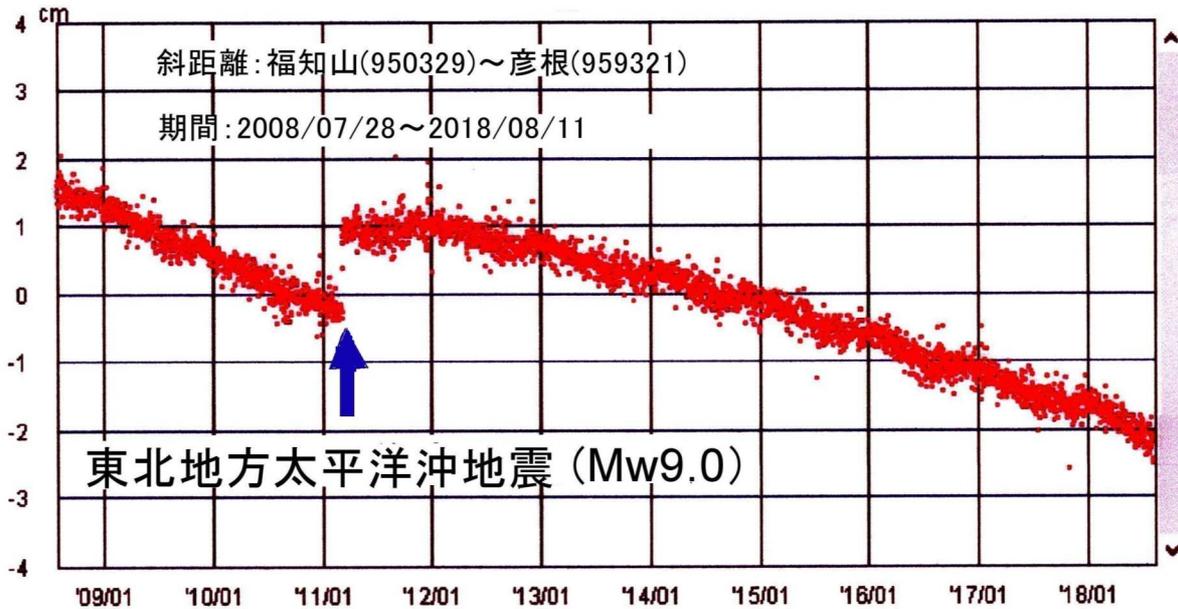


Fig.10 福知山（950329）と彦根（950321）間の10年間の基線長変化。

Fig.9 は、近畿地方にある国土地理院の電子基準点のうち、約 100km 離れてほぼ東西方向に並んでいる福知山（950329）と彦根（950321）の相対位置を示す。また、Fig.10 は、この2つの基準点間の最近約10年間(2008年7月28日～2018年8月11日)の基線長変化を示したものである。

2点間の基線長変化は、その間のひずみ変化を表していると考えてよい。Fig.10 に示した福知山－彦根間の最近10年間（2008年7月28日～2018年8月11日）の基線長変化のなかで、最大のイベントは、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）であった。この遠地の海溝型巨大地震が起きるまでは、福知山－彦根間が年間 10^{-7} に近い7～8mm/年の速度で縮んでいたものが、地震時に1.3cmほど逆に伸びた。その後の約1年間は顕著な伸縮変化がなかったが、その後再び縮み変化が卓越するようになり、4年後の2015年2月頃に地震前のひずみ状態に戻った。しかし、その頃の縮み速度は地震前の半分程度であったものが、地震後7年経った2018年には、年間 10^{-7} に近い縮み速度に戻ったように見える。最近10年間の近畿地方のひずみ場に大きな影響を与えたのは2011年の東北地方太平洋沖地震であったが、その影響も次第に小さくなってきたと思われる。

近畿地方の陸域で最近30年間に起こったM6を超える地震は、1995年の兵庫県南部地震（M7.3）と2013年のその余震（M6.3）、及び、2018年の大阪府北部の地震（M6.1）だけである。これらの地震は、いずれも近畿中部で発生し、東西方向に圧力軸をもつ地殻内断層地震であった。2018年の大阪府北部の地震のあと、近畿地方で次に警戒しなければならないのは、近畿北部の東西及び南北方向と $\pm 45^\circ$ ずれた方向に断層面が走る地殻内断層地震と考えられる。

(2018年8月28日)

大阪北部地震の見解を報告

竹本京都大名誉教授 宇治の研究集会で

「地学教育の展望―来たるべき南海トラフ地震に備えて」と題した研究集会が25日、宇治市五ヶ庄の京都大宇治キャンパスであった。京大の竹本修三名誉教授が、6月に発生した大阪府北部地震について見解を述べた。

竹本名誉教授は、大阪府北部地震について「多くの人が、有馬―高槻断層、上町断層、生駒断層、のどろかが動いたかと思っただけだが、地震の動きを見ると、どこか一つの活断層に結び付けることはできない」と述べた。近畿地方で近年、マグニチュード(M)6.7クラスの大きな地震となった阪神大震災と大阪府北部地震では、東西に主圧力が働いた共通点があるとも説明した。

研究集会は京大防災研究所が開き、南海トラフ地震に備えた地域防災教育や防



防災研究、地学分野の学習を巡る変化などについて研究者らが発表した。

(逸見祐介)

大阪府北部地震について見解を述べる竹本京都大名誉教授(宇治市五ヶ庄・京大宇治キャンパス)