

活断層と内陸大地震の長期予測

東北大学災害科学国際研究所 教授 遠田 晋次



1. はじめに

著者の住む宮城県は、昨年今年と2年連続で最大震度6強の強い揺れに見舞われました。ともに福島県沖を震源とする地震でした。死者行方不明者18,425名を出した2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）から11年。今なお宮城県沖・福島県沖での地震活動は収まる気配がありません。一方で、西日本では南海トラフ巨大地震が懸念されています。内閣府によって最悪32万が亡くなるとの想定もされています。これら海域で発生する巨大地震の脅威は巨大津波です。しかし、地震の恐怖は何といても耐震性の低い建物が倒れる震度7の揺れです。その意味で、10万棟以上の全壊家屋と死者・行方不明者6,434名をだした1995年阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）など、陸域の直下型大地震への備えも軽視できません。兵庫県南部地震を起こした淡路島の野島断層に代表されるように、内陸大地震は地殻の大断裂ともいえる活断層によってもたらされます。

以下本稿では、活断層型の内陸大地震のしくみと特徴を簡単に紹介し、政府発表の地震ハザードマップについて概説します。

2. 内陸大地震の特長

東北地方太平洋沖地震や南海トラフ巨大地震のような「海溝型地震」は、文字通り海溝沿いのプレートとプレートの境界で発生します。地球表面は、プレートといわれる厚さ10～50km程度の岩盤（地殻）がジグソーパズルの様に組み合わせられています。日本列島では、南からフィリピン海プレート、東から太平洋プレートという海洋プレートが、日本列島を乗せる陸のユーラシアプレート（陸のプレート）に沈み込んでいます（図1）。これらのプレートがわずかに年間数cm水平に動くことによって、プレート境界部分に歪がゆっくりと蓄積します。プレートどうしは普段くっついていますが、数十年～数百年間隔でその「タガ」がはずれて、大地震を起こします。

一方で、プレートはガチガチの硬い剛体ではありません。内部にも歪が蓄積され、多数の断裂をともなって変形します。起伏に富む日本列島の地形もユーラシアプレートの一部が長年かけて変形したものです。こ

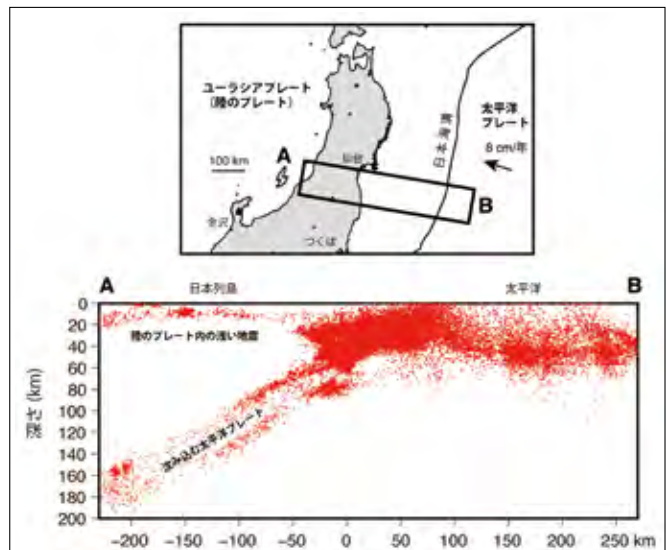


図1 東北を横切る震源分布（断面図）。
気象庁震源データ、2020年1月～2022年10月のM2以上の地震。

の変形を引き起こしたのが活断層で、その活断層が動くたびに地面が揺れるのです。

日本列島には火山も存在します。温泉に象徴されるように地面を掘削すると段々と温度が高くなります。陸域では15～20kmくらいの深さになると岩盤の温度が400～600℃になり一部の鉱物が溶け始めます。そうすると岩盤が水飴のようにドロドロに変形して、歪をためられなくなります。そのため、日本列島内陸では地震の発生する深さは20kmよりも浅いのです(図1)。このように、内陸地震は震源が浅いことから被害が局地的かつ甚大になります。海溝型巨大地震では震度6の揺れの範囲が広がりますが、震度7の範囲は、むしろ内陸地震の方で広がることもあります。

内陸地震の揺れの強さは、活断層からの距離だけではなく、表層の地質にも影響されます。地盤が強固か軟弱かということです。通常は、揺れ(地震波)は断層からの距離の2乗に反比例して弱まりますが、地表付近に軟弱な地層が存在すると、弱まった波が再び強まります。震度7の揺れは、活断層に近くて地盤が軟弱という場合に生じやすくなります。

内陸地震の震源の近さは緊急地震速報にも影響します。緊急地震速報は、P波とS波という速度の異なる2種類の波と、全国約100カ所に設置された地震計網を利用して、強い揺れが襲ってくる前に警報を発するシステムです。東日本大震災とその余震では緊急地震速報が頻繁に流されました。速報後すぐに身構えることで難を逃れた地震もあり、緊急地震速報の有用性が証明されました。東日本大震災では、速報から主要振動の到達まで仙台で15秒、東京では1分も身構える時間がありました。震央と仙台は約150km、東京は約300kmも離れているためです。しかし、内陸地震の場合、震度6以上の地域は震源域の真上にあり、速報よりも強烈な揺れが先にやってきます。机の下に隠れる、建物から飛び出る、といった行動を起こす余裕はありません。内陸地震における対策は不意の強い揺れから命を守ることにつきます。

3. 活断層

地震学ではM7以上を大地震と定義します。実際M7前後以上の地震で著しい被害が発生します。過去約100年間、内陸ではM7以上の地震は約10年に1回発生しています。2004年新潟県中越地震(M6.8)、2007年能登半島地震(M6.9)などでも甚大な被害が生じていることから、M6後半の地震も含めると、直下型大地震は日本列島のどこかで5年に1回程度発生します。

記憶に新しい内陸地震として平成28年4月16日に発生した熊本地震(M7.3)があげられます。この地震では益城町・西原村で震度7を記録しました。熊本市や南阿蘇村でも震度6強を観測し、建物倒壊などが広域で発生しました。その熊本地震では、御船町・益城町・西原村・南阿蘇村にかけて、約30kmにわたって地表に断層が出現しました(図2)。この熊本地震を引き起こした断層は、以前から存在が知られていた布田川断層と日奈久断層でした。

熊本地震で出現した断層のズレは最大でも2m程度です。しかし、この動きを数万年～数十万年間繰り返すと、数十m～数百mもの食い違いになりま



図2 熊本地震で地表に出現した断層。畑が水平に約2m食い違っている。熊本県益城町

す。上下にズレ動く断層の場合、大きな比高の崖ができます。さらに長い間活動すると、盆地・平野と山地の形成に至ります。活断層を探すためには、崖や谷、尾根、段丘の縦方向、横方向のずれなど、大地が動かなければできない地形を探します。布田川断層と日奈久断層のように、既に命名されている活断層は、このように地形・地質調査で事前に発見されたものです。

このような活断層は日本国内で二千以上にのぼります。ただ、これらの活断層は均質に分布するわけではありません。断層の分布には濃淡があり、全体的にはプレート境界から一定の距離を隔てて内陸側に集中する傾向があります(図3)。中部地域から四国にかけて日本最大級の中央構造線活断層帯がありますが、この中央構造線よりも海側には活断層はほとんど分布しません。ただ、運悪く活断層の分布と人口密集地が重なる傾向があります。特に中部地域と関西地域の活断層密度は群を抜いています。

日本の主要都市は、平坦な広い土地と生活・農業・工業用水を求めて海岸平野や内陸盆地内に位置します。そのような平坦な地形は、周辺山地から活断層によって画かれて形成され、主要河川の堆積物が低地を埋めて軟弱地盤となっています。

政府の地震調査研究推進本部(地震本部)によると47都道府県のうち、31府県で震度6強もしくは震度7の揺れが想定されています。特に、断層が市街地中心部直下を通過する都市は、兵庫県南部地震で被災した神戸市以外にも、北から仙台



図3 日本の活断層と過去約100年間の内陸直下型地震の分布



図4 活断層のトレンチ調査。矢印の部分が断層で、断層を挟んで異なる地層が接している。

市、長野市、富山市、福井市、甲府市、名古屋市、岐阜市、京都市、大阪市、和歌山市、福岡市、熊本市です。

二千以上ある活断層のすべてを調査することは不可能です。そのため、地震本部は約百の主要な活断層に絞って調査を実施しています。過去の動きから未来を予測するために、断層の活動史を調べています。断層を横切る深さ2～5mの溝（トレンチ）を掘り、過去数千年・数万年の地層を露出させます（図4）。地層のズレをパズルのように読み解き、地震発生史を紐解きます。このような掘削調査が全国数千箇所で行われ、主要活断層による地震発生確率が求められています。これに地域ごとの地盤情報（揺れやすさ）を加味して、地震ハザードマップとして公表されるようになりました。

4. 地震動予測地図（地震ハザードマップ）と内陸地震

図5左は、地震本部が公表している地震ハザードマップです。これを見ると、関東から静岡、東海、和歌山、高知にかけての太平洋側の地域では、今後30年間に震度6弱以上の揺れが26%以上（紫色）の確率で起こることが示されています。これは南海トラフや相模トラフなどで発生する海溝型巨大地震を想定しているためです。次の南海トラフ地震も切迫していて、今後数十年以内に起きることはほぼ確実です。その点では現実的な予測といえます。

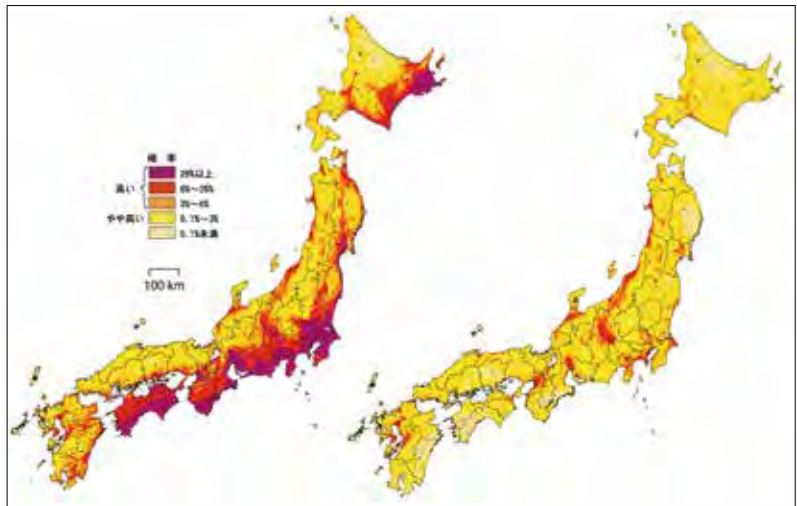


図5 地震本部による地震ハザードマップ（確率論的地震動予測地）。

左) 今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率（全地震）。

右) 今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率（活断層などの浅い地震）。誌面の都合で沖縄県や離島は省いた。

しかし、本稿のテーマである内陸大地震の危険度を理解するには、マップを取り替える必要があります。図5の右図をみて欲しいのです。こちらは、内陸活断層から発生する地震だけに特化した予測図です。この図ではむしろ直下型地震の可能性が高いのは、長野県や新潟県、北陸地域、中京、近畿地域、熊本県、佐賀県、福岡県などの内陸や日本海側です。27年前までは「関西には大地震は来ない」と本気で信じられていた京阪神地域も真っ赤に塗られています。残念なことに、図5左図はポスターとして大々的に宣伝されていますが、右図はいまも報告書内に埋もれたままです。内陸側に住む国民の地震防災啓発のためにも、こちらの図も上手く活用されていくことを望みます。

5. おわりに

熊本地震から6年半が経ちました。その後、福島県沖の地震を除き、幸いにもM7を超える被害地震は発生していません。活断層型の内陸大地震は平均で7年に1回起こってきました（これはもちろん周期的に起こるものではなく、あくまでも平均的な頻度です）。南海トラフ巨大地震も重要ですが、都市を襲う直下型地震のリスクを真剣に考えるときに来ています。