

立川断層について

首都大学東京 都市環境科学研究科 教授 山崎 晴雄

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は原発事故を含む未曾有の東日本大震災を引き起こし、被災された多くの方々が、被災後1年を経ても未だ不便な生活を強いられています。この地震は日本で観測された地震の中では史上最大の規模（マグニチュードM9.0）を持つ地震でした。地震の規模が特別大きいため、地震に伴う地殻変動も東北地方から関東・中部地方までの広い範囲に及びました。

この影響を検討していた地震調査委員会は立川断層を含む5つの活断層で、地震の発生確率が高くなった可能性があると発表しました。これを受けて、指摘された活断層の周辺では、これらの断層からすぐに大地震が発生するのではないかと心配している方が沢山おられる、と聞いています。しかし、心配するだけでは何の解決にもなりません。大事なことは、活断層とはどんなものか、また、その発生確率とはどのように求めるのか、昨年3月11日の地震でこれらの活断層にどのような影響があったのか、等の知識を持てば、いたずらに不安を煽られることなく、可能性のある大地震に対して適切な対応ができるのではないかと考えます。

1. 活断層とは何か

活断層とは大地震を引き起こす可能性のある断層のことです。日本列島には岩石がずれて食い違ったものである断層が無数にあります。多くはもう活動しない化石のようなものですが、中には現在の日本列島にかかる力（地殻応力）を受けて間欠的に断層活動を繰り返すものがあります。これが活断層です。活断層は断層毎に個性は違いますが、同じ活動をある間隔で繰り返す性質があります。つまり、一定の間隔で大地震が繰り返し発生する場所なのです。しかし、地震動は地下深部の震源断層から発生するので、地表付近では強い揺れは広い範囲に広がります。断層の上だけに強い地震動が集中するわけではありません。断層の上にいようと、少し離れていようと揺れの強さは大して変わりません。

また、活断層の活動間隔は数千年以上のものが多く、めったに活動するものではありません。各活断層について、その活動間隔や最後に活動した時期が分かれば、将来の活動時期をおおよそ予想することができます。さらに、断層の長さなどからは発生する地震の規模（マグニチュード）や活動時の断層変位量（断層のずれる量）も予測できます。

2. 地震の発生確率

将来ある時期までに起きるかも知れない地震の発生確率は、活断層の活動間隔（再来間隔）や最新活動時期から求められます。それぞれの活断層では再来間隔は毎回同じと言っても実際にはかなりのばらつきがありますので、図1のような頻度分布を考えてみます。現在の時点が、前回の活動からすでに平均再来間隔に近い時間が経っていたとすると、今後 ΔT 年内に断層運動、つまり地震が起きる確率は $a/(a+b)$ で求められます。 $a+b$ の面積は時間が経つほど小さくなりますので、地震が起きるまで発生確率は毎年大きくなっています。ただ、今後一定期間（ ΔT ）内に地震が発生する確率の値は断層の再来間隔の長さに左右され、再来間隔が長い活断層から発生する地震は、海溝型巨大地震など100年程度の短い再来間隔の地震に比べて、確率値はずっと小さく

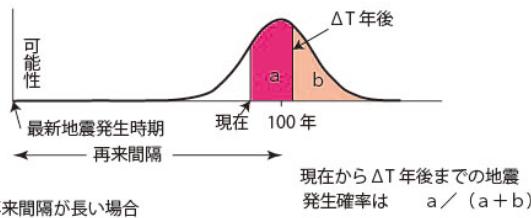
なってしまいます。

3. M9 地震で何が起こったのか

昨年 3 月 11 日の M9.0 の地震では日本海溝に沿って長さ 400km のプレート境界断層が活動し、東北地方を含むその西側の地殻が大きく東へ伸びました。このため、日本列島の地殻内にある各活断層にかかる力(断層を動かそうとする力でクーロン破壊応力: ΔCFF という)が変化しました。この値が 0.5bar(0.5 気圧)を超えた 5 断層について発表があったわけです。

地震発生確率の求め方 (更新過程 BPT 法)

地震の再来間隔が短い場合



地震の再来間隔が長い場合

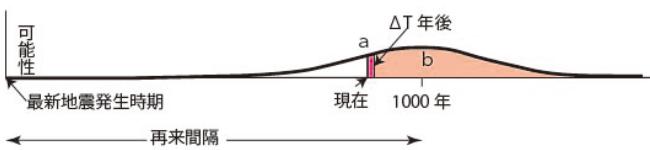
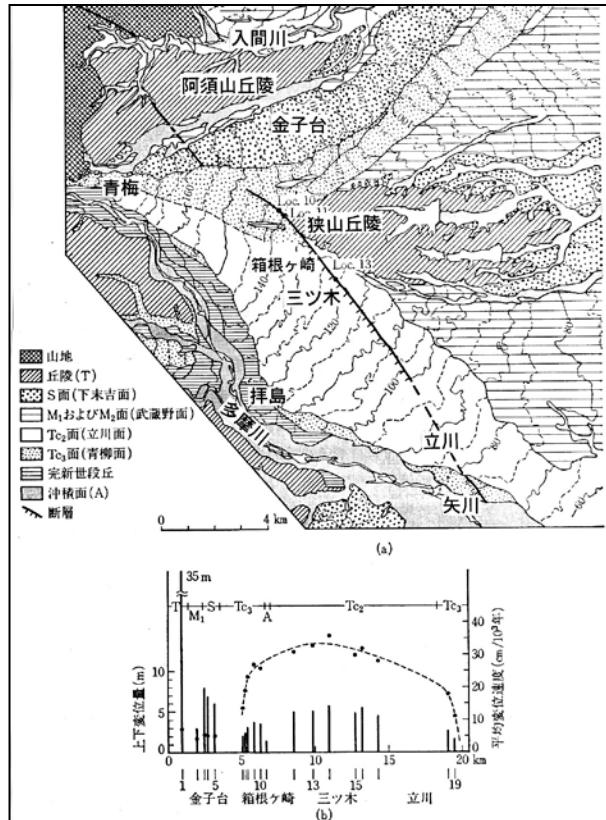


図 1 現在から将来 ΔT 年までの間の地震発生確率の求め方 再来間隔が長いと a は b に比べずっと小さくなるので、確率値も大きくならない。

図 2 立川断層の位置と断層沿いの変位量、変位速度の分布 (山崎, 1978)



クーロン破壊応力は断層面の摩擦強度とそこを動かそうとする剪断応力で決まります。普通は剪断応力が増大して摩擦強度を上回ると断層面がずれるのですが、3月11日以降は東北地方の地殻が東に伸びたため日本列島にかかる圧縮応力が弱まり、東北地方に多い南北走向の逆断層は剪断応力が低下して動きにくくなりました。しかし、南-北ないし北西-南東走向の横ずれ断層は、剪断応力だけでなく断層面の摩擦強度も下がってしまいました。摩擦強度が剪断応力より下がれば断層は動き易くなります。東北地方は地震後も余効変動といって、少しずつですがまだ地殻が東に伸び続けています。横ずれ断層は東北にはほとんどありませんが、関東から中部地方には沢山分布しています。余効変動の進展に連れ、このような断層では動きやすさの指標である ΔCFF の値が計算上順次増大していきました。国の地震調査委員会は、 ΔCFF が規定値を超えた断層についてそれを公表していました。このことは将来の断層活動時期が近づくことになり、図 1 の $a+b$ の面積の減少に相当しますので、地震の発生確率が増加することになります。このため、地震調査委員会は毎年 1 月に公表している主要活断層帯の長期評価のなかに、5 つの活断層 (これらは皆、南-北ないし北西-南東走向の横ずれ断層です: 立川断層は都の評価では逆断層とされていますが) について、地震発生確率が(23 年 1 月に公表した)表の値より高くなっている可能性

がある、という注を追加したのです。しかし、増加量はごく僅かですから、確率値が上がったからと言って、断層が直ちに活動する状態になったと言うわけではありません。

4. 立川断層

では、多摩地域にある立川断層はどのようなものでしょうか。図2に立川断層の位置を示します。この断層は昔の多摩川の扇状地である武蔵野台地を上下方向に食い違わせている活断層です。立川北部を流れていた多摩川の主流路が南に移動して、その跡が2.1万年前に干上がった段丘面(Tc2面)に最大5.8m、南端の国立市矢川付近で青柳段丘(1.6万年前に干上がった旧河床:Tc3面)に2.5m、それぞれ東側隆起が認められます。形成時期の異なる段丘で変位量に有意な差があることから、断層が間欠的に繰り返し活動し、古い段丘ほど断層活動を受けた回数が多いことが分かります。地表では断層による上記の段丘面の食い違いが、明瞭な段差ではなく幅100m以上の緩い坂となって現れています。地形を見ることに慣れていないと、この坂に気づく人は余りいないうかも知れません。

立川断層の将来の活動に関する評価は東京都の調査結果と、それを再評価した国(地震調査委員会)とで異なる結果となっています(表1)。これは再来間隔や最終活動時期に関する解釈が両者で異なるためです。国は安全に関する予測ではより保守的な(安全側の)値を採用するとして、立川断層を左横ずれ断層と考え、M7.4 地震の発生を予想しています(東京都の評価は北東側隆起の逆断層)。これを基にした地震動の予測も行われ、最悪の場合、立川断層の南端部やその南東延長部で震度7の揺れも予想されています。これには断層の破断の進行方向や地盤の強さが大きく影響します(図3)。断層南端の多摩丘陵で震度が大きいのは、丘陵を刻む谷の中に地震動を增幅する軟弱な沖積層が分布しているためです。

地震発生の確率が大きくなつたという発表を受けて、立川断層の周辺では住民の方々の間に大きな不安が広がりました。しかし、これは上記のようないろいろな見解の中から仮定を設け、最悪のケースを想定したもので、個々に見ればかなり不合理な仮定も含まれています。立川断層が位置する武蔵野台地は比較的硬い砂岩や泥岩を段丘礫層が覆っているところで、地震動に対する

表1 立川断層の評価結果に関する
地震調査委員会と都の見解の違い

評価結果	地震委	東京都
平均変位速度	0.28m/千年	
最終活動時期	2~1.3万年	2千年
再来間隔	1~1.5万年	5~6千年
断層長	<u>33km</u>	21km
推定M	7.4	7.0
Tc2面の年代	<u>2~3万年</u>	2.1万年
Tc3面の年代	<u>1.5~2万年</u>	1.6万年
Tc2、Tc3面形成後各1回変位		
運動様式	左横ずれ断層	逆断層

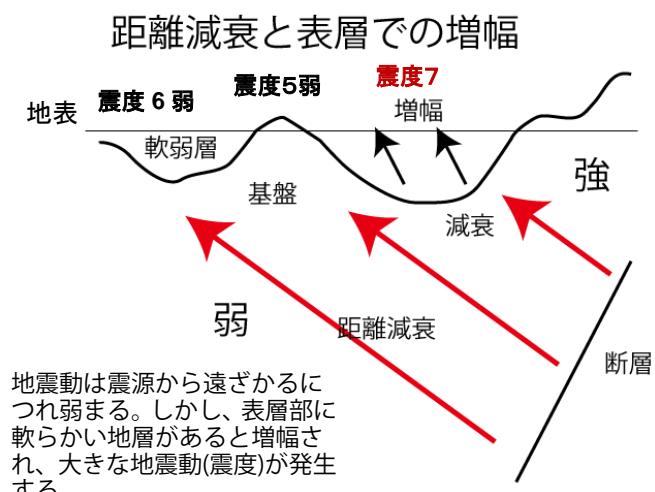


図3 断層と地震動、表層地盤の関係

地盤条件はきわめて良いところです。実際、1923年の関東地震では武蔵野台地には、大きな被害がほとんどありませんでした（図4,5）。ただ、そのことに安心をしてはいけません。現在は当時と社会環境が大きく異なっていることを十分認識する必要があります。桑畠ばっかりだった関東地震時と比べ、現在は人口や住宅の密度がずっと高く、道路にはガソリンを積んだ自動車が渋滞しています。立川断層が活動しなくとも、どこで起きるか分からぬ都市直下地震などにより、昨年の3月11日のように大きな地震動が再び東京や武蔵野台地を襲うことは十分考えられるのです。あの時、もし火災が発生し、渋滞していた車に燃え移るようなことがあつたら、地震に強い武蔵野台地といえども大きな災害を免れなかつたかも知れません。本当に運が良かったのですが、同時に、交通という重要な社会システムが麻痺することの影響の大きさとその結果に恐ろしさを感じました。過密都市東京に住む我々は、震災時に身の回りにどんな危険があるのかを普段から十分考え、そのような危険に対して適切に対処する知識と能力を身に付けておく必要があります。

図4 家屋被害から求めた1923年関東地震の震度分布
(武村、2003)

下町 震度7～6強 武蔵野台地は震度5強

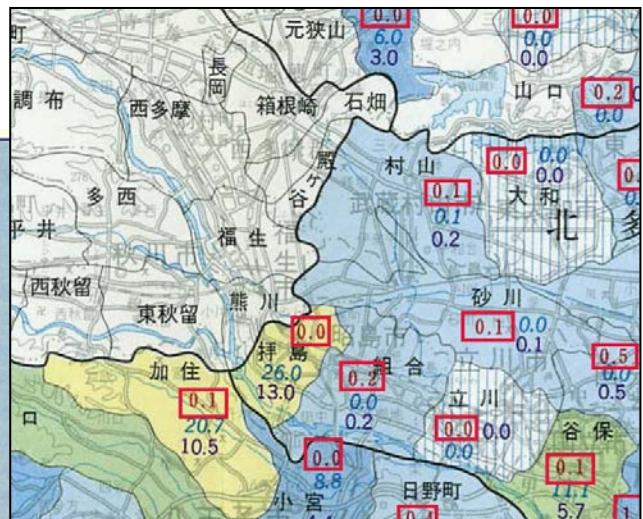
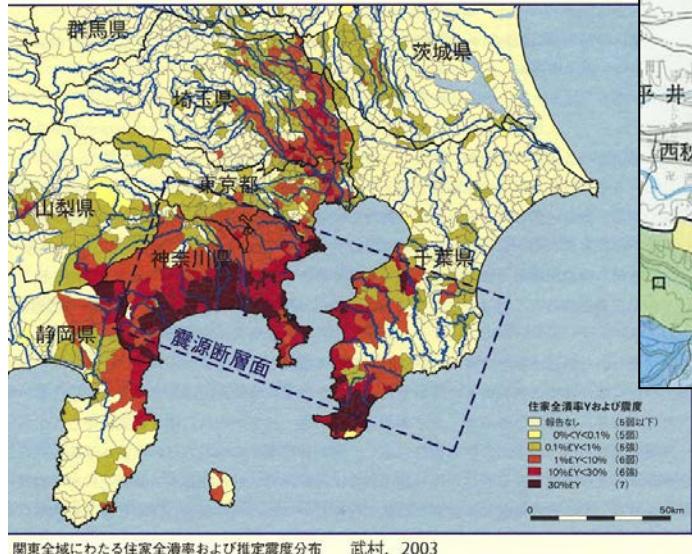


図5 武蔵野台地西部の家屋全壊率（枠内の数字）
震災予防調査会報告(100号乙)を基に東京都防災
会議が作成

台地は全壊率1～0% 丘陵地は全壊率やや増加

5. まとめ

立川断層は2011年3月11日の大地震に伴う地殻変動により、断層にかかる力(ΔCFF)が0.5bar以上増加しました。それを受けた地震発生確率も増加しました。しかし、この値は僅かなもので、立川断層が今すぐ活動するような状態になったと言うものではありません。むやみに断層を心配することはないのです。しかし、M9.0という超巨大地震が発生した後の日本列島では地殻の状態が不安定になり、立川断層に限らずM7以上の大地震や一回り小さい都市直下地震が起きやすくなっていることも事実なのです。ですから、我々は、大地震が起きる恐れがあることを理解した上で、それぞれが自分身近で地震被害を軽減するような対応を行う必要があります。しかし、それは何も特別なことをしろと言うのではありません。自分の生活空間や身の回りを点検し、不安定な所に重いものを置かないとか、家具の転倒を防止する、いざというときの避難口を確保する、火災を起こさないような対応をしておく等のことが、命を守り被害を小さくするために重要なことなのです。