

平成 24 年 1 月 27 日開催

立川断層講演会「正しく知って、備えて安心：立川断層」

【講演会 2】

「立川断層が起こした過去の地震を発掘する ー過去を知って未来を予測するー」
独立行政法人産業技術総合研究所主任研究員 宮下由香里氏講演概要

【宮下由香里氏プロフィール】

新潟大学理学部地質鉱物学科卒業、愛媛大学大学院理学研究科修士課程地球科学専攻修了、
大阪市立大学大学院後期博士課程地球学専攻修了、博士（理学）
専門・研究分野：地質学、古地震学、活断層の活動履歴の解明と活動性評価手法の開発



【今日の話の流れ】

皆さんこんにちは。ただ今ご紹介に預かりました産業技術総合研究所（産総研）の活断層・地震研究所センターの宮下と申します。今日はこのように立川断層が起こした過去の地震を発掘する、過去を知って未来を予測するというタイトルで発表させていただきたいと思います。

今日の話の流れですが、山崎先生の話とかなり重複する部分があると思いますが、まず立川断層はどんな断層かということをお話したいと思います。また、活断層の特にトレンチ調査、トレンチというのは日本語に直すと「溝」という意味なのですが、断層を横切るように重機で掘削して過去の断層を発掘調査することを私は主にやっておりますので、具体的に立川断層で調査を行った時の事例をご紹介します。最後に、現段階でのまとめと問題点とそれをどのようにクリアーできるかという話をしたいと思います。



National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

今日の話の流れ

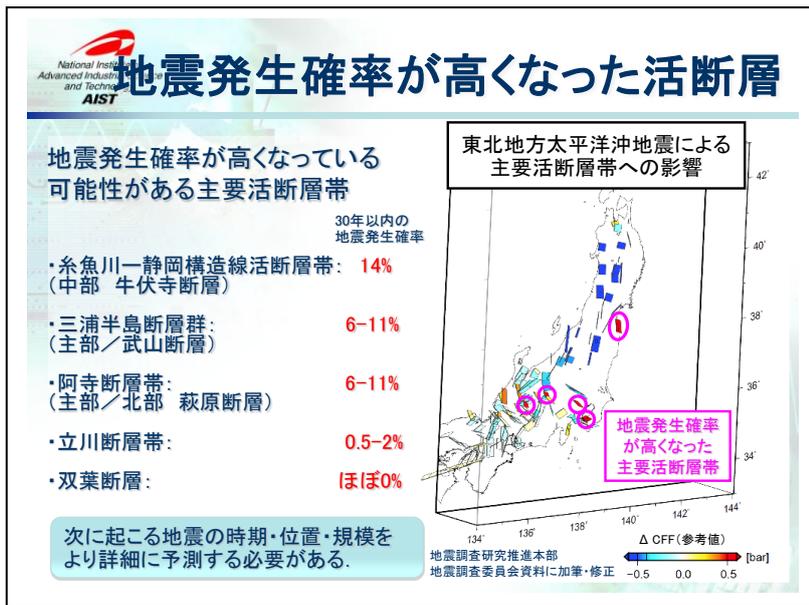
- 立川断層はどんな断層？
- 活断層調査で何がわかる？
- 立川断層のトレンチ(発掘)調査
- まとめと問題点



【地震発生確率が高くなった活断層】

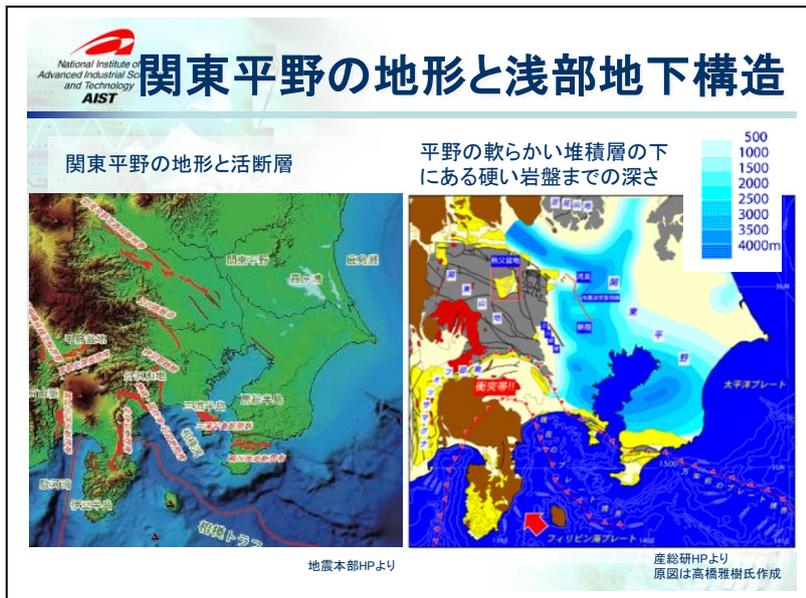
昨年の東北地方太平洋沖地震の影響を受けまして、国の地震研究推進本部が内陸の活断層の中でどの断層で地震発生確率が高くなったかということを計算しましたが、全国の5つの断層で地震発生確率が高まったと言われています。今後30年以内に地震が起こる確率ですが、立川断層帯は0.5~2%という値となっています。30年以内に2%と言われてもびんと来ないかも知れませんが、一人が一生の内に交通事故に遭う確率というのが大体2~3%と言われておりますので、そのぐらいの確率とってください。

この確率が上がった、上がらないに拘わらず、国の評価の中で2%という値は「やや高い」という部類に入ります。このような断層の次に起こる地震の時期や位置、規模はより詳細に予測する必要があると考えております。



【関東平野の地形と浅部地下構造】

少し立川断層から離れますが、関東平野の地形とそこを埋めている地質について簡単にご説明します。こちらの図は関東平野の地形と活断層がどんなところを通っているかということを表しています。関東平野の柔らかい堆積層の下にある硬い岩盤までの深さが色分けで示してあります。関東平野は平野なので平らなところに見えるのですが、実は地下はお椀状になっていまして、例えて言えば硬いボウルの上にゼリーが溜まっている様なイメージとなります。立川断層はちょうどそのお椀の縁に近い部分を通っている断層です。

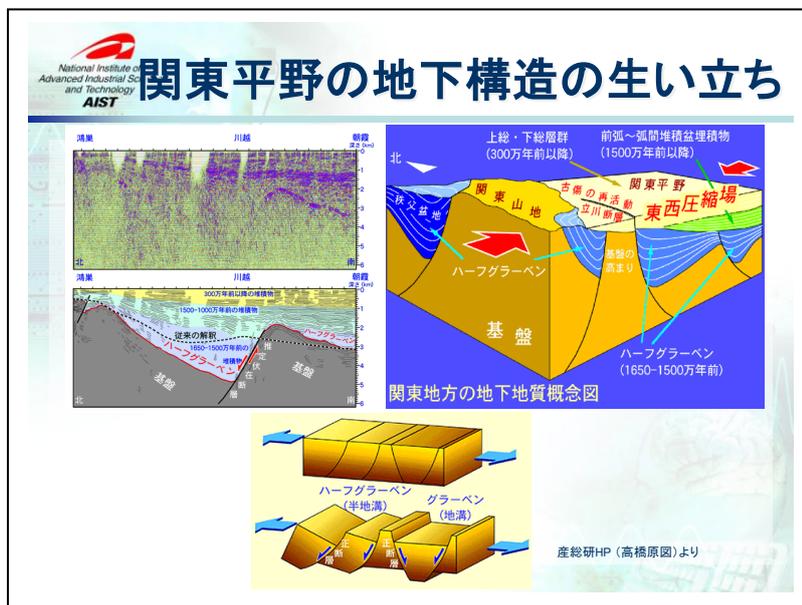


こういう関東平野の地下構造あるいは活断層の生い立ちを考えますと、日本列島というのは 2000 万年前より前まではユーラシア大陸くっついていました。体が伸びた状態で大陸にくっついていましたが、1800 万年前ぐらいから日本海がどんどんできてきてまして、こう腰が折れ曲がるように現在の形に近づいてきたわけです。ちょうど腰が曲がるような位置のところが開く展張場になりまして、正断層がたく

さんできる時期が 1500 万年前ぐらい前にありました。その時に両方が落ちている地質構造を地面の溝と書いて地溝と読みますが、グラーベンと呼んでいます。それに両方が落ちているのに対して片方が落ちているというこの地質構造をハーフグラーベンと呼んでいます。

関東平野の地下には実はハーフグラーベンがたくさんあるということが反射法地震探査の結果から分かっています。これはそのような地震波の反射法探査で作った地下構造の断面図ですけど、ここが鴻巣と川越、朝霞を結んで南北に近いような断面図です。立川断層よりこちら側にあたりますけれども、そこを見てみると、断面図の解釈図をこちらに示してありますが、この片側が正断層で落ちていく、そこに向かって地層が撓んでそこをまた埋めるように地層が溜まっていくというような、典型的なハーフグラーベン構造が見えているということです。

立川断層というのもこのようなハーフグラーベンの片側の断層がより新しい時代、300 万年前より今の日本と同じようになって東西方向の圧縮場に転じてから、昔の正断層から逆に逆断層として再活動して現在に至っているという風に解釈されています。これが立川断層の生い立ちです。



【活断層のトレンチ調査の目的】

次の話題ですが、活断層のトレンチ調査の目的です。ここに「トレンチ調査」と書いたのですが、普段私たちは古地震調査とか活動履歴調査という風呼んでいます。

トレンチ調査は過去に起こった地震の時期、位置、規模を直接掘り出して直接復元して、それが未来にも起こるであろうという考えに基づいて、次に起こる地震の時期、位置、規模を予測するものです。

これは何に基づいているかということモデルとして簡単に示した図ですけど、これは縦軸が一回の地震で起きたずれの量がどんどん積み重なっていくずれの累積量を示しています。横軸は時間だと思ってください。

地震が起こるたびに断層がずれる、しばらく何もなくて、時間が経ってまたずれる。これは同じような規模の地震が同じような間隔で起こっているだろうという大前提に基づいています。ですから同じような繰り返し周期があるということで次が予測できるという考えです。

トレンチ調査というのは、地層の実態を知ることによって、どの時代に活断層が動いたか、最新活動時期を知ることが出来るという意味で優れた方法です。それに対して地震の痕跡が例えばトレンチの壁面で見られれば地震の再来間隔、繰り返しの周期も分かるということでこの2つが分かれば次の予測が

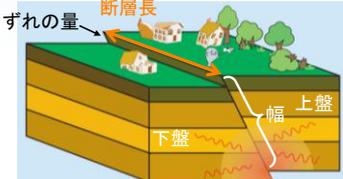
できるという利点があります。

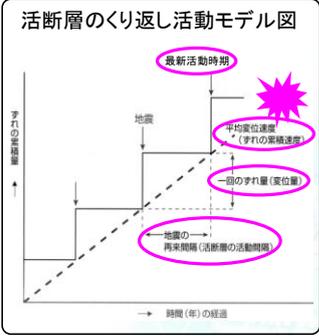


活断層のトレンチ調査の目的

過去に起こった地震の**時期・位置・規模**を復元し、
次に起こる地震の**時期・位置・規模**を予測する。

- ・断層の位置・長さ
- ・最新活動時期
- ・平均変位速度
- ・一回の地震の際のずれの量
- ・地震の再来間隔





活断層のくり返し活動モデル図

【立川断層帯の位置と特徴】

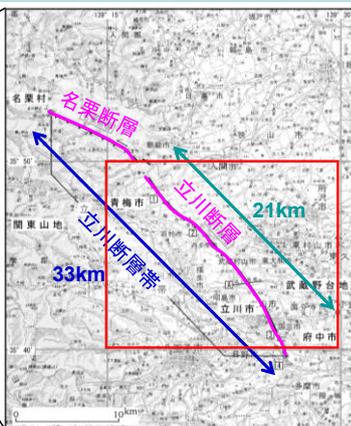
断層の位置ですが、山崎先生のお話ですとその上だけが危ないのではないということでしたが、まず本当に地表でずれたところもあるのではないかと、それほど危ないのかを直接見られるということもトレンチ調査の利点だと思います。そういうことを知るために調査をしました。立川断層帯というのは国の評価で名栗断層と立川断層を併せた 33 km、南側の立川断層は 21 km という長さになっています。断層の向きは北東側が上昇する「逆断層」と言われていますが、左横ずれ成分もあるのではないかと疑いも持たれています。

断層で変形した地形の特徴というのは、崖ができるだけではなくて幅の広い撓曲崖（とうきょくがい）と呼ばれるものを作るのも特徴です。次にこの赤でくくった範囲の地図をご覧ください。



立川断層帯の位置と特徴





- ・長さ約33km, 2つのセグメント
- ・断層運動の向き: 逆断層
横ずれ成分も含む?
- ・断層変位地形の特徴: 撓曲

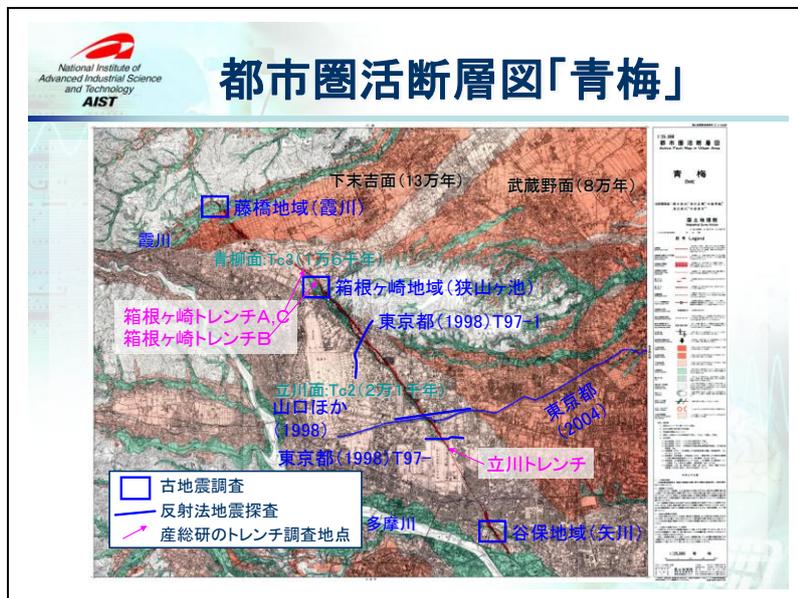
地震本部HPより

【都市圏活断層図「青梅」】

これは「都市圏活動層図」という国土地理院が出している地図の「青梅」の部分を使わせていただいたのですが、先ほどからご紹介がありますように、この青梅の地図の中というのは、昔の多摩川がいろんなところを流れたときに作った河原の跡である段丘がたくさんあります。その出来た時期によって何とか面という名前がついています。だいたい出来た年代が何万年前かということが調べられています。

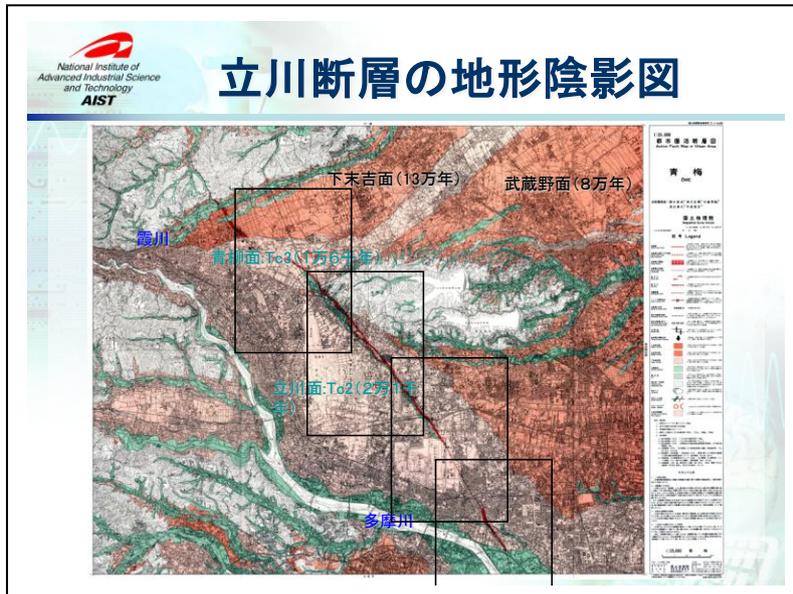
立川断層はこの赤い撓曲崖で示した部分ですが、立川断層はたくさんの地域でいろいろな調査が行われています。主に東京都、国土地理院などで調査がなされているのですが、私たち産総研では2004年度2005年度の2年間に亘って調査を実施いたしました。地形地質調査、ボーリング調査も実施していますが、今日は特にトレンチ調査の結果について紹介します。

トレンチは箱根ヶ崎の狭山ヶ池の付近で3個掘りました。立川市内では自衛隊の基地の中を掘りましたが、こちらは断層で地層が切られているという様子が見られなかったので、今日は箱根ヶ崎での調査についてご紹介いたします。

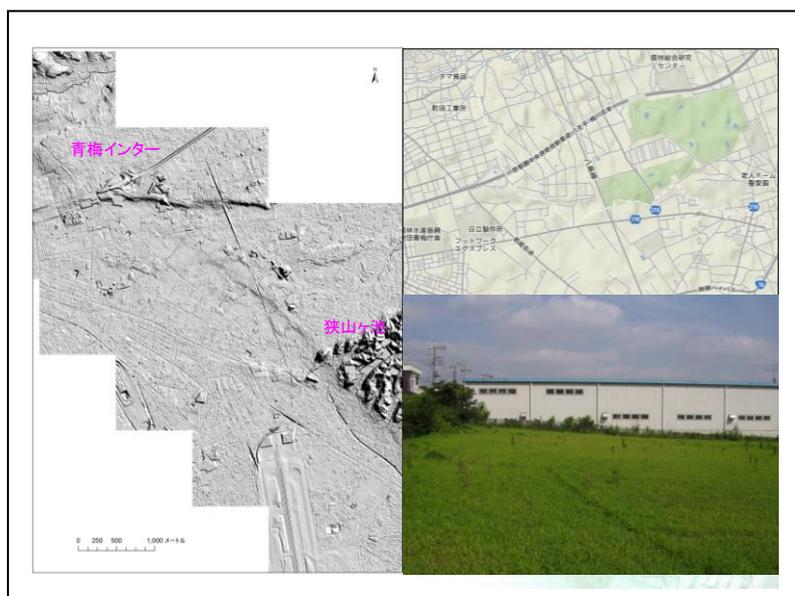


【立川断層の地形陰影図】

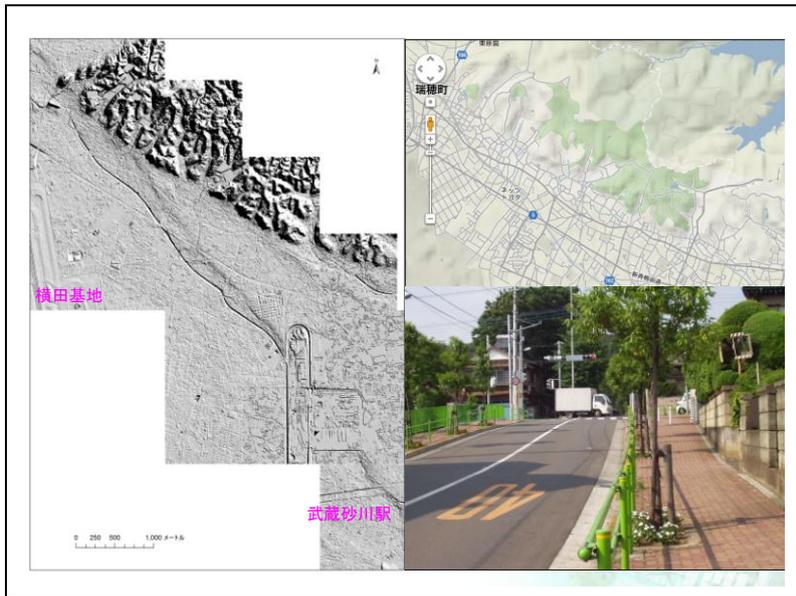
立川断層全長は狭義ですと約 20 km ですが、少し細かく分けてそれぞれ何処を通るのかを見ていきたいと思います。



北から順番にいきます。この地形陰影図はパンフレットと同じ国際航業のラムゼというデータから作っています。右側はグーグルマップから取ってきたものです。同じようなところを示してあるのですが、こういう目立った崖というのは段丘の崖です。先ほどの図面でオレンジの色とか薄いオレンジ色とかで色分けされていた崖がこれに当たります。立川断層の崖というのはここに影となって出ているものです。ここで食い違った場所、青梅インターや狭山ヶ池があります。私たちの調査は後で紹介しますが、この狭山ヶ池あたりで実施しました。このスライドは 16 号バイパスのところから南側に向かって見たこの部分の崖の様子ですが、こういった幅広い撓曲という地形が見られます。

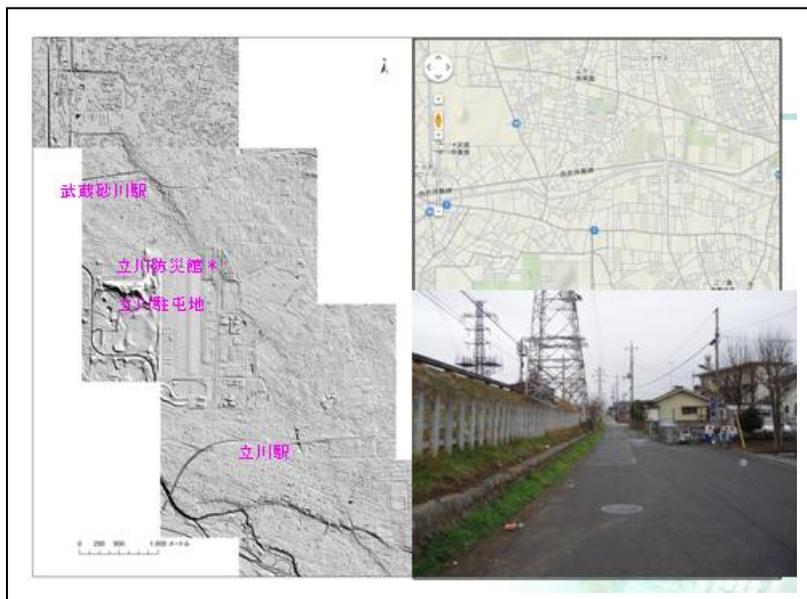


さらに南側にいきます。ここが横田基地、これが武蔵村山のバスが通っている通りですが、その間は非常に崖の幅が狭く、かつ明瞭に見える地域です。このあたりで本当は調査をしたかったのですが、なかなか土地を借りることができなくて、手付かずになっています

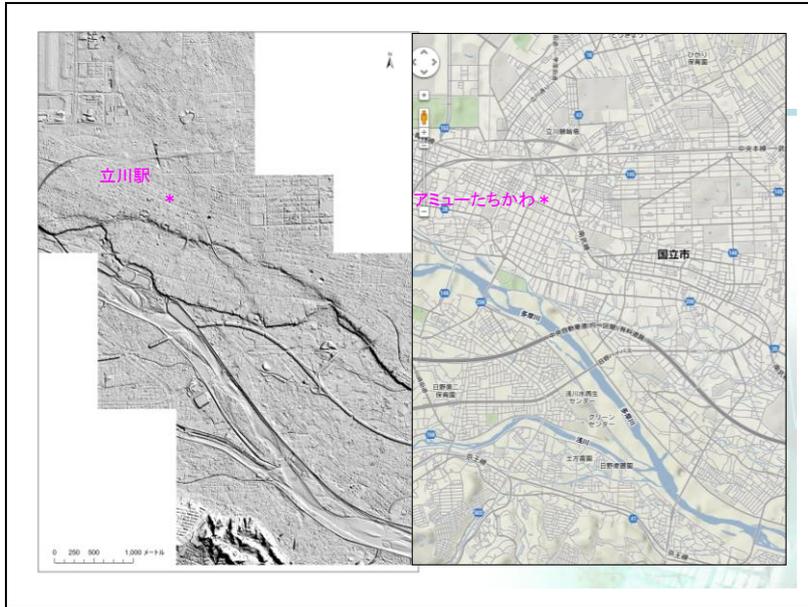


ここが明日の現地説明会のコースにもなっていますが、武蔵砂川駅、玉川上水の付近です。この辺の交差点のところですが、ここも西から東を見ると撓曲崖が見られる。更に南側、武蔵砂川より南側にいきますと、先ほどの話にありました立川防災館の下あたりを通過して、その先がちょっとブロードに断層の崖が分かりにくくなるのですが、このあたりに行くのではないかと考えています。

その先、立川駅の方に伸びていくのですが、これは武蔵砂川駅の南側のところを西から東に見た写真ですが、こういう崖が見られます。



今いる市民会館がちょうどここですね。先ほどの少しこちらに分岐というか枝分かれしてくるのではないかい崖がここにあって、一方こちらではここからこの辺をちょうど今居る辺りを通るちょっと食い違うような崖の様子がわかります。



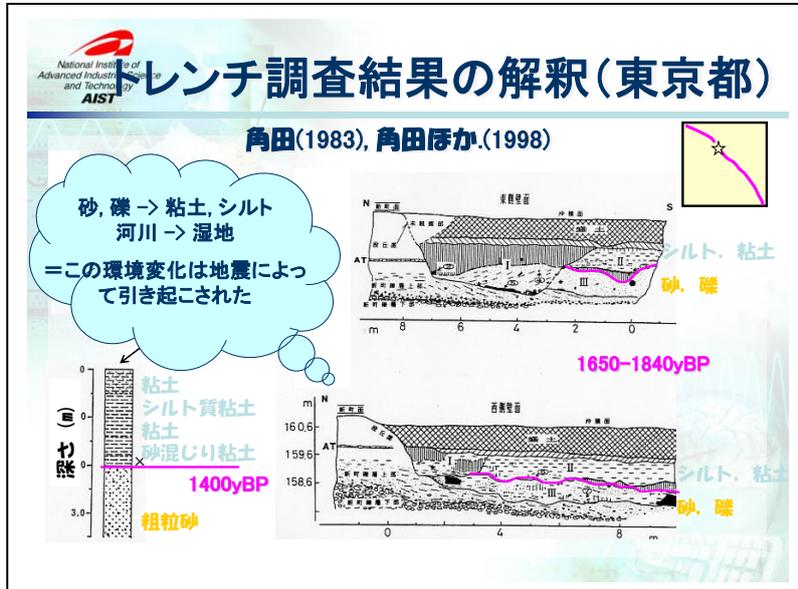
【立川断層の活動性評価】

先ほどの話で問題になっていました東京都と国の評価が分かれている立川断層の活動性についてですが、横軸が立川断層の北から南の方に調査を行った地名です。縦軸はここが現在でここが 20,000 年前で、真ん中がちょうど 10,000 年前ということになっていて、東京都の評価というのは 2,000 年前、1 世紀から 10 世紀に最新活動があって、活動間隔が 5,000 年で今後 30 年ぐらいは全然気にする必要は要らないだろうという評価です。

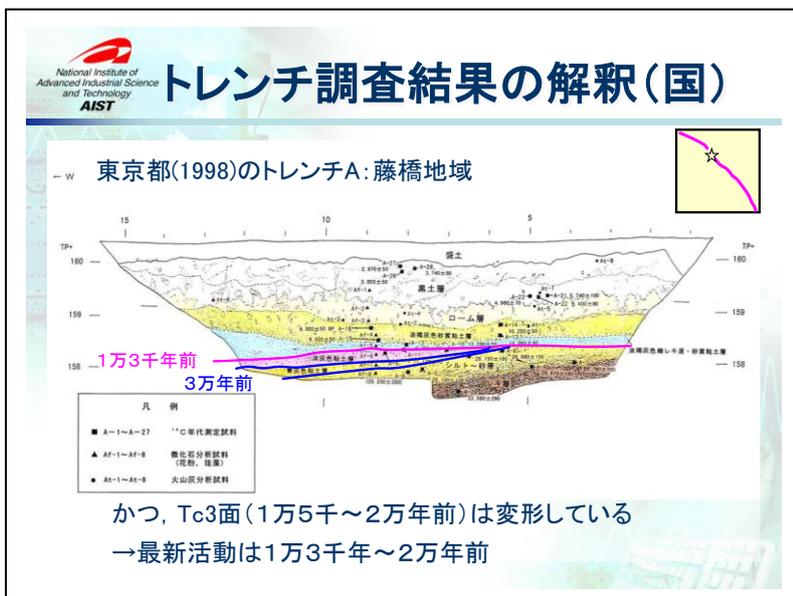
それに対して、国の評価は、最新活動時期が 20,000 年前から 13,000 年前の間、活動間隔は 10,000 年前から 15,000 年前で今はやや危険な部類にはいるのではないかと評価しています。



どちらも都も国も同じ資料を使って評価しているのですが、同じ調査資料を使っていて都が採用しているのは先ほどの山崎先生の話にありました狭山ヶ池でのトレンチ調査を掘った結果ですが、砂とか礫とか川を流れているような地層がここを境にして湿地の地層、粘土とかシルトという地層に変わる。この環境変化というのは地震によって下流側が上昇することによって、川の流れがせき止められていったのではないかということでこれを最新活動時期としているのです。



国の評価は、すぐ横で掘ったトレンチなのですが、この 30,000 年前の傾いている地層が 13,000 年前の地層に覆われている、この間に地震活動あったのだろう。かつこの地形面を作っている段丘面が変形しているのでこの年代の下限を採って 13,000 年前から 20,000 年前の間だろうと判断した根拠です。



【産総研による調査と内容】

そういうことを踏まえまして、私たちはどちらが正しいかを知るため、この狭山ヶ池の横のところで A、B、C の 3 つのトレンチを掘りました。ここは崖がはっきりとわかる場所なのです。掘った順に A B C で名前を付けているのですが、今日その順番に紹介します。



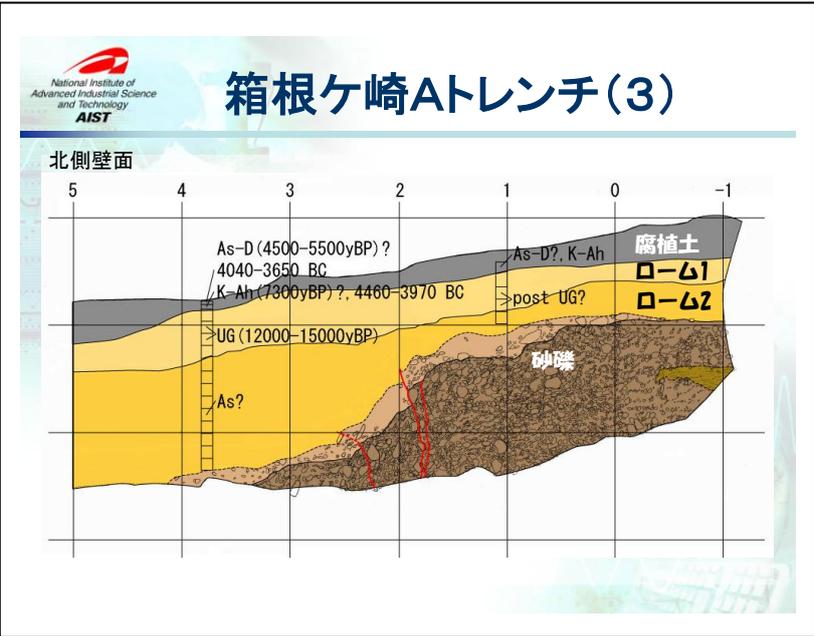
これはAというところ、オオタカの営巣地の森のところなのですが、これは南側に向かって撮っていて左側の方がなだらかに上がっている地形になっています。



ここを横断するように溝を掘りましたが、なだらかな崖になっている地層ができました。一番上が黒土になっていて下がローム層です。富士山の火山灰の堆積物です。その下は昔の多摩川の河川敷だったころの砂礫層ができました。ここで砂礫層が撓みこんでくるのが見えると思います。これに近づいてみると断層がこことここに通っています。



ちょっと見にくいのでスケッチにしますとこのように分けられます。それぞれの地層の年代を測るとこんなふうになってきます。「yBP」とは今から何年前かを示します。4,500～5,500年前の地層はこの辺にあるという意味です。



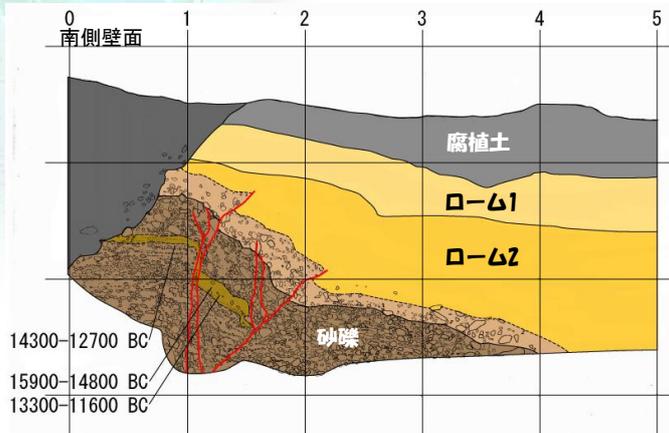
これは今のトレンチの反対側の壁面です。ここも黒土、ローム、砂礫という地層が見えていまして、特にこの砂礫層の中に挟まれてくる砂の地層、この地層がここでなくなっているのが見えると思います。これもこの先でなくなるということで断層はこんな風に通っていることがこの壁面から読み取れます。

箱根ヶ崎Aトレンチ(4)

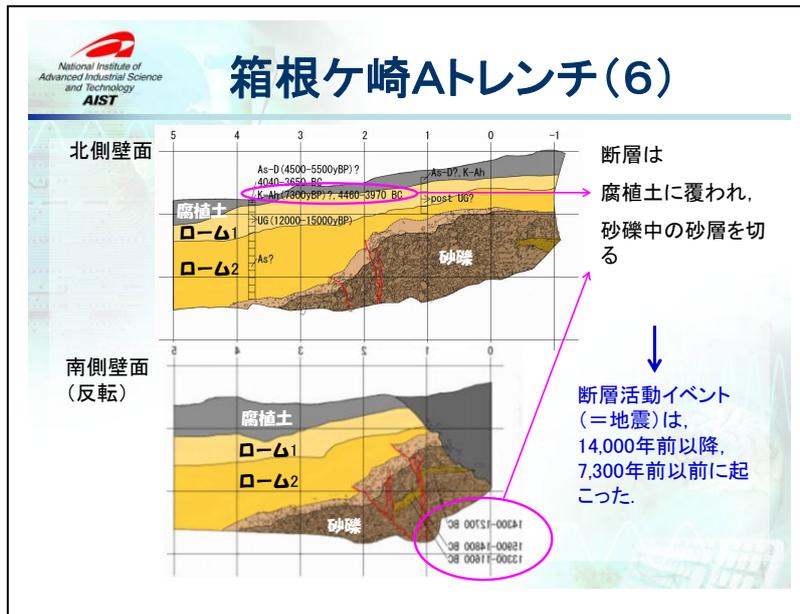


同じようにスケッチにするとこのようになっていて、年代は炭素で測るので木片とか腐植土がないと測れません。ここでは砂層の中の腐植質のところからこんな年代が出ました。

箱根ヶ崎Aトレンチ(5)



今の2つを分かりやすくまとめます。片方の壁面を裏返しにした形にしてあります。ここで、断層というのは腐植土を変形させていないだろう、でも砂礫層とその中の砂層はこう切っているだろう、というところから年代を求めまして、その断層活動イベントすなわち地震というのは 14,000 年前以降 7,300 年前以前に起こったというのがこのトレンチ調査から分かりました。



箱根ヶ崎のもう一つ南側ですね、Bトレンチという狭山ヶ池のちょっと北側の辺りですが、そこは茶畑が広がっていて崖もすごくきれいなところです。狭山茶の分保障をするほどお金はないので、ここを壊して調査することはできなくて、この家の向こう側の畑のところをお借りして調査することができました。



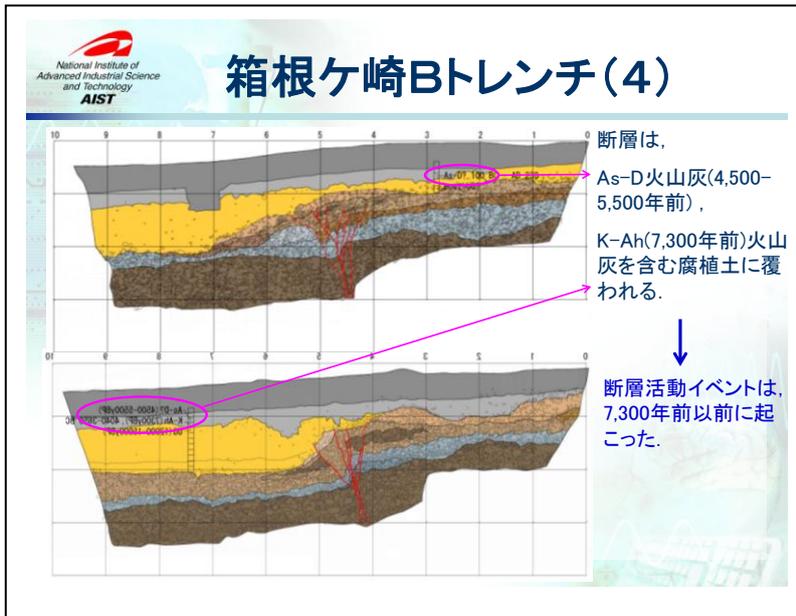
これも全く同じような地層が出てきて、一番上が黒土、次にロームで下が砂礫でした。ここは比較的分かりやすくここに段差があることが見て取れます。例えばこのあたりですと、礫の長いほうの軸が縦方向に配列しているということがわかんと思います。これで断層の線を引くと、こんなところの上に分岐するように開くような形であると分かります。



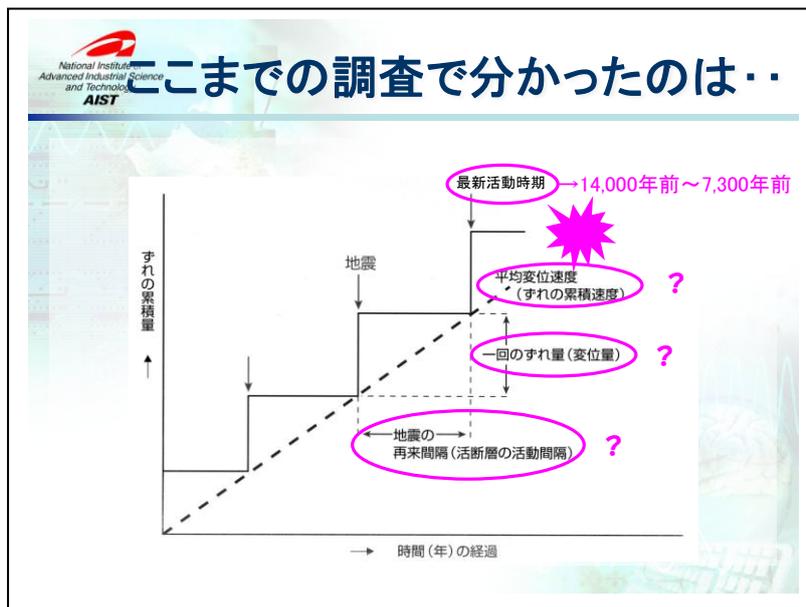
これは同じトレンチの反対側の、裏側の壁面ですが、同じ地層が出ていて断層はちょうどこの砂礫の段差になっているところに断層面として見られます。



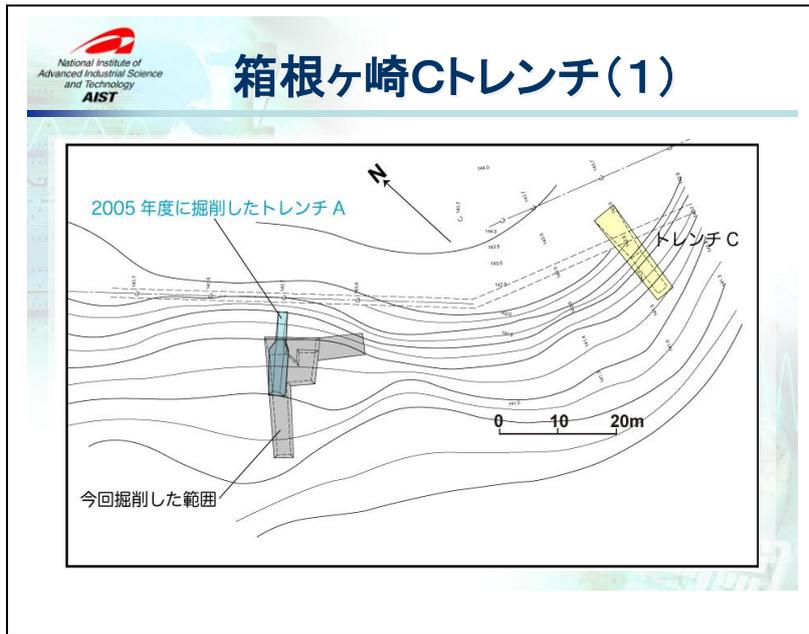
同じようにこれもスケッチにして片方を反転させて並べて見ますと、同じようなところに同じような断層がある。その年代を調べてみるとこちらのトレンチでは7,300年前以前に地震が起こっただろうということが分かりました。



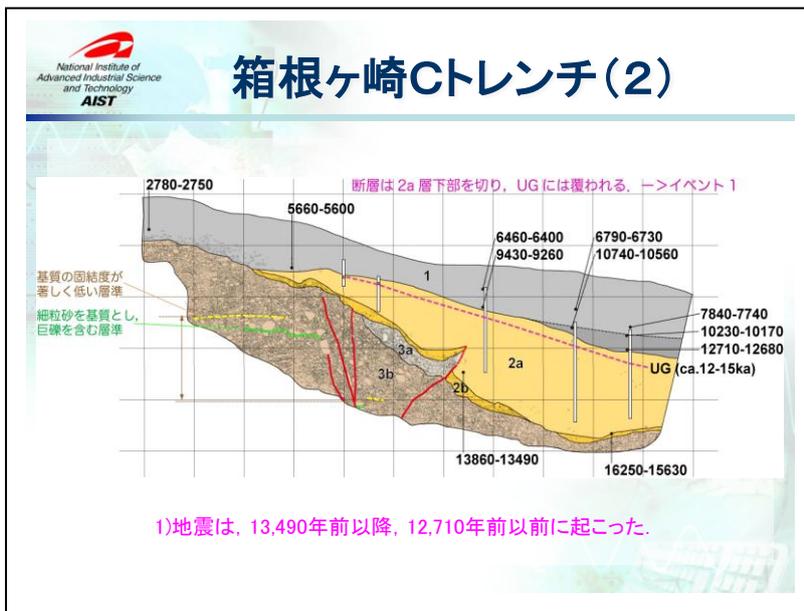
ここまでの2個のトレンチ調査で分かったことというのは、最新活動時期が 14,000 年前から 7,300 年前の間ということだけです。これはもう 7,000 年も間があいてしまって幅があって、将来を評価するには役に立たないということで、更なる調査を次の年にやりました。



実施場所はAトレンチのそのすぐ近くの 50m ぐらい離れたところで、もう 1 箇所トレンチを掘りました。先ほど縦ずれ横ずれを知りたいということがありましたが、この量を知るためにトレンチを拡張して同じような調査もしました。今日はこちら (トレンチC) の話だけをします。

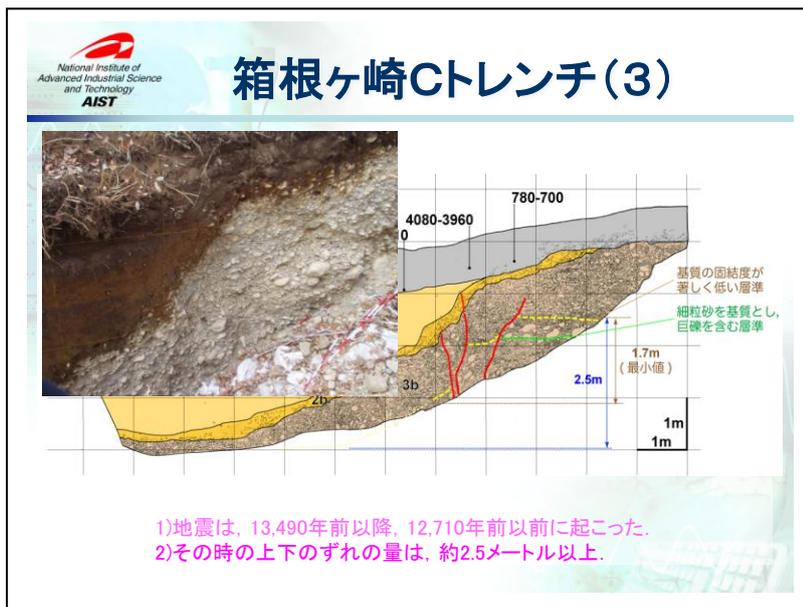


出てくる壁面の地層は同じなのでスケッチだけを示しますが、やっぱり腐植層、ローム層の後に砂礫があって、砂礫のちょうど段差のある肩のところに上に分岐した断層が何条か出てくるといことが分かりました。ここでは年代試料がいくつか採れまして、断層はこのあたりの地層は全部切っているのがここが堆積した後に起こっただろう、で、この地層というのはほとんど変形を、下にある崖に比べて受けてないように見えます。ということでこの地層が溜まった後には地震は起きていないだろうということで判定して、このような 13,000~12,000 年前の非常に狭い範囲に地震活動が起こったのではないかと、絞り込むことができました。



もう1つこのトレンチで良かったことは、これは反対側の壁面ですが、砂礫層の中によくよく見ると特徴的な地層が入っているのです。これで見るとすごく粗粒な大きい礫をごろごろ含むような層準があって、その上に非常にサラサラな緩い砂層が挟まっていた。このセットがどんどん繰り返して出てくるので同じ地層が断層で切られて繰り返しているという様子が観察されました。

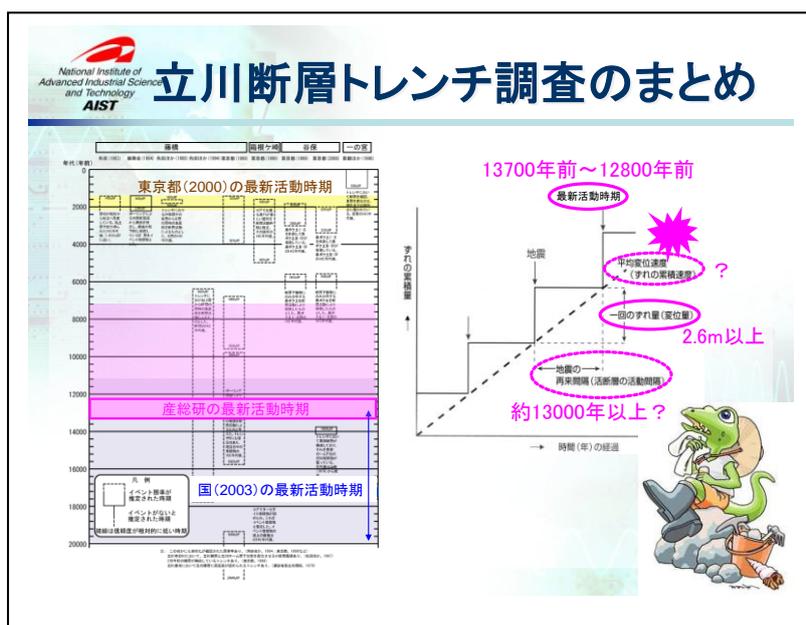
これはこのあたりまでは追えるのですが、この下も掘って確認していますが、もうここより下は掘れなかったです。見えている範囲だけでもこの上下の落差が1.5m以上はあるだろうということが分かりました。上の地層というのは7,000年前から後に変形した様子がないので、少なくともそれより後は地震を起こしていないだろうということで1回の地震の変形の量で2.5~2.6m以上あったと推定しました。



【立川断層トレンチ調査のまとめ】

以上の3つのトレンチの結果をまとめたのがこのスライドです。東京都と国の評価の図に我々の調査結果を重ねた図ですが、産総研の活動時期の調査としては、最新活動時期が2つのトレンチの時は幅が広がったのですが、3つやったことによって絞り込めました。これは国で評価した期間に重なるので、どちらかというと国の評価が正しいのではないかと考えています。

この階段の図でいきますと最新活動時期をよく絞り込めたということと、1回のずれの量は1地点だけなので参考値程度にしかならないのですが、2.5~2.6m以上となりました。断層帯の全体の長さから推定される地震の規模とそんなに合わなくはない、むしろ整合的だろうと考えています。



ただし、地震の再来間隔は1回の地震では分からないので、もう1つ前あるいはもう1つ後の地震が分からないとこの繰り返し周期が全く分かりませんので、その問題がまだ残っています。

先ほどの山崎先生のお話にもありましたが、最新活動時期が違うということは将来を予測するのに決定的に問題になる点です。何で違っているのかというと現段階で考えられる原因といたしましては、東京都が示しているような川の流れが変わったということは実は断層活動ではなく、大雨が降って川の流れが変わればできるのではないかとというのが一つの考え方です。それに対して、今度は逆に私たちの調査の結果について、もし緩やかな撓曲で変形するだけで断層面が出なければ、拾えないという可能性もあるのです。特に1000年より新しい地層、1000年、2000年前の地層というのはあまり細かくトレンチ壁面に出てきていないこともあって、そういう時代の断層活動の痕跡を見落としているのではないかとこの可能性は一つあります。

もう一つあるのは砂礫層をずらすような変形、崖を作るような、断層面で切れて崖を作るような地震とそうでない地震、だらだらとした幅の広い撓曲を作るような地震の両方があるのではないかとこの考え方もあります。これは東京都のホームページから取った図ですが、同じ時期に同じ地震が起こったとしても片方は撓曲変形をして、片方はこう切れるような断層崖を作るような変形の仕方をするので、こういう同じ地震なのに違うところを見ているのではないかと、この可能性もあります。

それに対してこれは海外(トルコ)の活断層の調査の事例ですが、先ほどの階段のモデル図と同じよ

うな図ですが、そもそも同じ規模の地震が同じ時間間隔で繰り返すという仮定が間違っているのではないかと、そもそも論的な問題もあります。そういう問題を一つ一つクリアーしていかないと精度の良い将来予測図はできないと思っています。



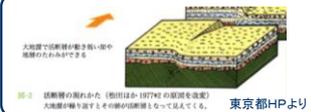
National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

問題点

最新活動時期が違う

考えられる原因

- ・新しい時代の断層活動はない。
- ・新しい時代の断層活動の痕跡を見落としている。
- ・砂礫層をずらすような変形を起こす(=崖を作る)地震と、そうでない(=撓曲崖を作る)地震がある？
- ・大きな地震と小さな地震？

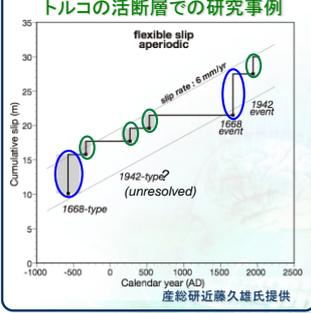


大断層で活断層が動きにくい中で、断層が動かさず、砂礫層がずれやすくなる。

活断層のずれが、(数百年か1000年程度の期間を以て)大断層に集中する。その結果、断層が動かさなくなる。

東京都HPより

トルコの活断層での研究事例



産総研近藤久雄氏提供

そのために必要な調査というのはどういうことかと言うと、一つは調査地点を増やすということで解決できると思っています。1箇所では分からないけれども数箇所でも調査をやっても同じ結果が出てくるとそれは一つの説得力を持つことになります。そういう調査をしたときには、特に私たちが主張する13,000年前よりも後に地震が起こっていないかということを確認する必要があるだろう。それと同じことで、新しい方、古い方に繰り返し周期が一個前、一個後が分からないか、そういう地震の痕跡はないかということを探したい。あとはずれの量ですとか、縦ずれ横ずれ比も明らかにする必要もあるということが次の調査のターゲットになると思います。調査を実施していた感じでは、立川断層ではこういうオーソドックスな特に真新しくない調査方法で長期予測の精度が向上する余地がまだまだあると思っています。ただ都市部ですので、調査用地を確保することがとても難しかったのです。そこだけ何とかなれば、将来予測に向けてまだまだ精度向上が出来るのではないかと考えています。

あとはコンピューターによるシミュレーションは格段に進歩していますので、トレンチで判った何年前に何メートル地層をずらしてみたら今の撓曲変形が作れるなんてことを3次的にやるということが出来るものと思っています。これについては産総研が平成24年度に実施する計画をたてています。

さらに必要な調査

- トレンチ，ボーリング調査地点を増やして，最新活動時期を確認する。
- とくに，1万3千年前以降地震が起こっていないかどうかを確認する。
- 地震のくり返し周期を明らかにする。
- ずれの量，縦ずれ／横ずれ比を明らかにする。

立川断層では，調査用地さえ確保できれば，地道かつオーソドックスな古地震調査で，長期予測の精度が向上する余地がまだまだある。

- + 変形シミュレーション



【もし、立川断層が地震を起こしたら】

もし、立川断層が地震を起こしたら、ということで想定されている地震規模はマグチュード7.4程度で阪神・淡路大震災より大きいものとなります。断層線を挟んで東側が2～3m隆起するだろうと。場合によっては横にもずれるかもしれない。その断層線は一本に限らず幅が広いかも知れない。それがいつかというのも現段階では不明ですが、断層の位置を知って、地震の時の避難経路を確認しておくということが重要になるということと言えます。断層をまたいで親子で違う場所で待ち合わせをしようなんてことはしない方がよいと思います。

もし、立川断層が地震を起こしたら

- M=7.4程度('95年の兵庫県南部地震より大きい)
- 断層線(崖)の東側が，2-3m隆起する(横にもずれるかも知れない)。
- その断層線は，一本とは限らない。
- それがいつかは，現段階では不明。

断層位置を知り，
地震の時の避難経路を確認
しておくことが重要！



【地形が変形する範囲】

最後にこれは参考ですが、地下の断層が動いたときに地表がどのくらい変形するかというのは、砂を箱に詰めてこうぎゅっと圧す実験ですとか、コンピューターのシミュレーションで結構やられていて、それなりの結果がでてます。

それを示した図なのですが、これは横軸が断層の傾斜の角度ですね。縦軸は硬い岩盤の上の未固結の堆積物の厚さとその変形が出てくるゾーンの比です。1 : 1 でしたら 10m に対して 10m 出てくるというのがこの線です。立川断層の傾斜というのは極めて高角だと反射法探査なんかで分かっていますので、このあたりのエリアに入ってくる地層の厚さに対して 1 以下ぐらいのところに着いてきます。例えば未固結の砂礫層の厚さが 100m 自分の家の下にあるよということであれば、断層帯の変形はおおよそ 100m ぐらい以下の範囲に地震のときに変形が起きるよということ、これは一つに目安になると思います。今いろいろなボーリング資料というのは、ホームページなんかで見られるようになっていますので、気になる方はチェックしてみてください。

ご静聴有難うございました。

