

首都直下地震モデル検討会（第４回）
議事録

内閣府政策統括官（防災担当）

首都直下地震モデル検討会（第4回） 議事次第

日 時：平成 24 年 7 月 9 日（月）13:30～15:36

場 所：中央合同庁舎 5 号館防災 A 会議室

1. 開 会

2. 議 事

- ・検討対象とする地震について
- ・その他

3. 閉 会

○藤山（事務局） それでは、定刻となりましたので、ただいまから「首都直下地震モデル検討会」第4回会合を開催いたします。

委員の皆様には御多忙の中、御出席いただき誠にありがとうございます。

本日は今村委員、大原委員、岡村委員、武村委員、福和委員、古村委員、翠川委員が御都合により御欠席になります。

また、本日は最新の研究成果に関して御説明いただくため、東北大学の中島准教授、国土地理院の西村主任研究官、産業技術総合研究所の宍倉海溝型地震履歴研究チーム長に御出席いただいております。

それでは、お手元に配付しております本日の資料を確認させていただきます。

議事次第、座席表、委員名簿、次回開催予定。

そのほかに東北大学中島准教授提供資料。右肩に非公開資料と書いております。

同じく国土地理院提供資料、産業技術総合研究所提供資料。そのほかに非公開資料1、非公開資料2、机上資料となっております。

机上資料につきましては、委員の皆様方だけにお配りしております。

資料はよろしいでしょうか。

それでは、以降の進行を阿部座長にお願いしたいと思います。阿部座長、よろしくお願いいたします。

○マスコミの方はいませんね。

まず、議事に入ります前に議事要旨、議事録及び配付資料の公開について申し上げます。

これまでと同様に、議事要旨は速やかに作成し、発言者を伏せた形で公表。議事録につきましては、検討会終了後1年を経過した後、発言者を伏せた形で公表することとしたいと思います。よろしいでしょうか。

なお、本日の会議終了後の記者ブリーフィングは行いません。

それでは、議事に入りたいと思います。最初は相模トラフにおけるフィリピン海プレートと北米プレートの境界についてでございます。では、事務局より資料説明をお願いいたします。

○（事務局） 非公開資料1で前回議論いただいた結果のものを、イメージ的におおむねこういう範囲かということで少し整理させていただきました。

1ページが海上保安庁さんの方から提供いただいている海底地形の資料でございます。

その資料に前回 JAMSTEC と海上保安庁両者から説明いただいた、おおむねのフィリピン海プレートと北米プレートの境界に当たるとすると、こういうところではないかというところを緑の線とブルーの線に入れております。

その結果、大体この赤い範囲で境界を考えたらいいのではないかとということで整理させていただいたものを、その上にハッチで赤を入れているところでございます。まだ詳細についてはこれからの検討ですが、境界そのものはやや北側にあると思っていけない

か。ただ、いずれにしるクエスチョンを書いておりますが、この辺りについては明瞭なものは見えない部分でございます。

それから、フィリピン海プレートの深さのもの、それから、今後議論していくことになりますフィリピン海プレートの北限がどういうところにあるのか。その線も仮に入れております。

3 ページ以降はそれぞれ前回説明いただいたものを整理していますが、3 ページそのものは、もともとトラフ軸としてどういうものが考えられたのかみたいなたくさんの資料を入れております。JAMSTEC の調査の結果のもの、海上保安庁による調査の結果のものを参考に入れております。

11 ページですが、これは別途、海底活断層のデータを整理してみると、こういうところに明瞭な海底活断層が見えるということで、このトラフ軸を引くに当たり、境界をつくるに当たり少し資料の収集をいたしましたので、それも併せて見たいと思います。机上に相模トラフの活断層の位置・形状、●●先生のもの、ブルーと赤のスライドと言うんでしょうか、シートを置いております。●●先生の方から非公開の部分で今日の資料のために提供いただきました。机上に置いてございますが、帰るときに回収したいと思いますので、まだ非公開だそうですので、見ていただくだけでということですのでよろしくお願いします。

これを見ながら、陸域にどういうふうに上がっているのかということについて見ていただければと思います。明瞭な段差ができたりいろいろしているところがございますが、一番この辺りで沈み込んでいる境界と思えるものについては、前回、海上保安庁の方からもありましたけれども、幾つかの候補のところは見えるが、明瞭な境界と思えるところはなかなか見つからないという御指摘がありました。

同じような形で、ここからは見えにくい資料でございまして、ここにあるラインと、こちらにあるラインが見える層で、ここでジャンプをしているそうですが、地形的にはこういうはっきりしたのが見える。

もう一つは、ここにはっきりしたのが見えていて、●●さんの話に出てくるかもしれませんが、ここは前回の関東地震の際に逆断層でこの部分が隆起しているので、ここに何らかの活断層があって潜り込むような形のもの、潜り込んでいるかどうかかわからないけれども、逆断層が存在するらしいということが見える。明瞭な境界はこの辺りにないので、どこに引くかとか、どういうふうに見るかはそちらの方でいろいろ検討されたらどうだろうか。

言い方を変えると、ここに衝突している中で衝突していて、こちら側に沈み込んでいる部分と、衝突のところでどうしても生じた逆断層があるようですねというのが1つの印象のようでした。

それから、もう少し東の方に行ってみますと、明瞭な境界は前回 JAMSTEC と海上保安庁両者の方から御説明があったとおり、境界と思えるものはどうもこの辺に1つあるようだ。

ここはフィリピン海側の構造帯と思えるので、この辺りまではこういう感じで沈み込んで、プレート境界が存在するようだ。

問題はこのゾーンですが、このゾーンには地形的に繰り返しフィリピン海プレートが潜り込んでいると思えるような証拠になる地形は、ほとんどよくわからないというのが地形的に見た形だそうです。JAMSTEC からはこの辺りに入れたらどうかとか、海上保安庁さんの方からここにあるんだけれども、ただ、これは余り固いままではなくて、速度的にも遅くて、構造的にもどちらのものかわからないということが言われています。ここに何らかの潜り込んでいる証拠のものは余りよく見えない。むしろここで見えるのはすべて太平洋プレートの沈み込みを伴う、繰り返し太平洋プレートが沈み込んで津波を起こしたと思えるような地形が見えるということで、このゾーンが仮にあったとしても余り明瞭でないので、むしろ津波をきちんと検討するのであれば、このゾーンについてはこちらにどんとぶつかる、太平洋プレート側の大きな津波を考える、そちらのテクニクスを考えるべきではないかというのが地形的に見られる状況だそうです。

そういう意味で、地形的にはこの辺りまでしかはっきり見られないようであるというのは、地形から見える形状だそうです。

参考に机の上にその辺りを置いておきますので、見ていただければと思います。特に東のこのゾーンは、明らかにフィリピン海プレートというよりは太平洋プレートの形状による大きな隆起があって、逆側に下がっている形状になっているようですので、日本海溝に近い方には少しはクエスチョンということで、検討をする際にはそういう目で今後検討していきたいと思います。

以上、前回の結果と、その間に得られました海底地形から見られる状況について説明させていただきました。

○それでは、御質疑をお願いいたします。今日は欠席の委員が大変多うございまして、私付近からこちらなんですけれども、こちらの端の方もいないという状況ですので、特にまた地質地形が御専門の先生もおられませんですから、できるだけ積極的に御質疑に御参加ください。

先ほど回収すると言ったのは、このことですか。

○（事務局）この浮き上がって見える3次元のものがまだ非公開らしいので、先生のパソコンの中にある試作版をもらったという感じで了解をとっておりませんので、回収したいと思います。

○赤青メガネで立体的に見えるというのはアナグリフと言うんですけども、普通のあれですね。都市の写真でもこういう加工ができるんです。私、前に見たときは御茶ノ水の辺りで見たら、ちゃんときれいに本郷の台地と低地の境というのがよくわかりました。

こんな●●先生のような難しいところを我々が見ても、何のことだか全然わからないですね。特にこのA3のは大事なところなんでしょうけれども、要するにこの付近は境界が見

えないということで、むしろ太平洋プレートの動きに伴うような構造をしているというのが先ほどの説明ですね。

よろしかったら●●さん、●●さん、●●さん辺りから御質問でもありましたらお願いします。

○相模トラフの中の構造なんですけれども、あれは文科省の神縄・国府津－松田重点でたしか結果が得られていると思うんですが、いかがですか。それはまだ出てこないんですか。

○出ていると思います。

○前々回か何か、私が配った資料の中の東京湾の断面図と称しているものの西側は、実は神縄・国府津－松田断層の佐藤さんの記録も入っているから、それを見るとあるはずですよ。このA、Bというのが神縄・国府津－松田断層の重点で佐藤さんたちがやった。一応佐藤さんは線を引いていますが、分岐した断層もある。A、Bの半分より右側のところに幾つか複数のスプレイフォールトがあるという解釈にはなっています。

その断面で見えているのは堆積層が実は見えているだけだから、Aと書いてあるところは伊豆半島の東岸についているので、決してAから沈み込んでいるわけではないので、これは余り適切な図ではないんですけれども、それで拡大すると幾つかの分岐したような断層がありますね。

○反射断面に見えるということですか。

○（事務局）この非公開資料4と、JAMSTECの整理資料と、海上保安庁は古いものですが、7ページの左に断面が幾つか見られています。

前回、彼らの説明では堆積層が厚くあって、境界と思えるものが続いているところ、どこに見るかというのは難しいんですけども、基盤上のところは何となく来ているんですけども、その先が例えば7ページ右上で見ると、プレート境界断面というものを相模湾断層の真下ぐらいまで引いているんですが、断層の変形の前縁というので見るようなスプレイフォールトっぽいものは上に上げていますが、その先は点々になってよくわからなくて、特に境界があるかよくわからないが、あえて境界という形で引いてみると、候補地は7ページの左側の深いところですよというのは海上保安庁側の整理で、JAMSTEC側はもう少し東側にあると思っていいのではないかと思います。

断層はスプレイフォールトとか神縄・国府津につながるような部分については明瞭に、そこにつながるものはスプレイフォールトっぽく見えているという感じでしたね。●●さん、そんな感じですか。

○そうですね。

○右上、FaとかFbというのが神縄・国府津につながるんですね。

○（事務局）そうです。

○この図で示された真鶴海丘の方にある西傾斜の逆断層ですが、これはやはり存在すると見ていいのかどうかということについて、先ほど●●さんから振られましたけれども、最近、相模湾の西側の海岸、真鶴から伊東の辺りを調査すると、いくつか隆起痕跡が見つ

ってきました。ですので、ああいう断層を考えてもいいのかなと思っています。過去 2,000～3,000 年の間に 2～3 回分ぐらいの隆起の跡というのが伊東から真鶴で見つかります。真鶴は大正関東地震でも隆起をしているんですけども、大正関東で隆起の記録がない伊東の辺りでも見つかったので、相模トラフのプレート境界の動きとは別に、そういった断層の存在もあるのかもしれないと最近考えている状況です。

○（事務局）海上保安庁さんはいないですね。

○●●さんの言っている断層とは違うんですか。

○（事務局）同じです。

○逆断層ですね。

○（事務局）地形的に先ほどの●●先生の机上にもありますが。

○2 ページ目でしょう。

○（事務局）1 ページ目に赤い線を引いております。どうもちょうどこの縦に引いているこの辺りに相当するということで、地形的には明瞭に逆断層が見える。逆断層の地形をしているようです。それから、海上保安庁などのいろんなものでも西上がりの何らかの反射面が見えるので、あると思っていいのではないかという話です。

文科省が前回引いたときは、真鶴海丘のところの南側に線を引いて、それを更に西の方に伸ばして、伊豆半島の根っこの辺りにぶち込んでいましたが、そちらには明瞭に見えないでして、絵的にはむしろそれを切って、そのまま北に伸びるという逆断層の存在の方がよりよく見えるようだというので、その北側に更に伸ばしている。真鶴海丘を通して更に北側に伸びる。そういう断層がよく見えるなというのが地形的な観点からだそうです。

○大正ときに初島が隆起したと伺っているけれども、そうするとそれはメインの断層の国府津－松田が動いてしまうと、多分、初島は隆起できないと思うんですが、その西傾斜の断層が大正のときに動いたということですか。

○（事務局）動いたのではないかと。仮にそうだとすると、そこがあったのではないかとというのが地形的には伺える。

○この委員限り非公開資料 1 の 2 ページ、これでいかがでしょうかというような図なんですか。

○（事務局）文科の海溝型分科会の方でも同じ議論をさせてもらっていますが、この辺りどこに行くかは別ですけれども、こういうところにあると、ここから先はわからないのではないかとということと、もう一つ、ちょっと小さいですが、ここに先ほどの逆断層があるので、その逆断層と、今回の境界としてはこういうところにあるようだけれども、もう一つ、同時にこの逆断層が過去も動いている。これはまだ完全に境界になっていないですが、そういうところがあるのではないかと。この先は境界として余り見ないで、太平洋プレート側の動きの方でこのゾーンは評価した方がいいのではないかみたいな形で一応整理をして、一応、文科の会議の方に持って行って、また意見を聞いて、もう一度こちらにフィードバックしたいと思います。

○よろしいでしょうか。

それでは、事務局資料の説明はここまでといたします。

続きまして、関東地方の地震テクトニクスに関する研究について、東北大学の●●さん、お願いします。

○●●です。よろしくお願いします。

今日はこのようなタイトルで、私がここ何年か研究してきました関東地方のテクトニクスと、それに関連して M7 クラスの地震の幾つかについて、その発生機構のモデルが、こんな感じで起こったのかということがわかってきましたので、その御紹介したいと思います。

今日お話する内容ですけれども、まず関東地方のテクトニクスのレビューを含めてするんですけれども、一番最初に 1885 年以降に発生した M7 程度の 5 つの地震について簡単におさらいした後、フィリピン海プレートの形状とフィリピン海プレート、太平洋プレートの接触域の話。その次にフィリピン海プレート内の蛇紋岩化と M7 クラスの地震ということで、今日のお話はこの 2 番がメインになります。

3 番目にフィリピン海プレート内の起震応力場と、1922 年の浦賀水道地震との関係を簡単に議論した後、最後に想定東京湾北部地震の震源域と速度構造との対応関係について御紹介いたします。

まず最初に南関東における M7 程度の地震ということで、地震調査委員会の方では過去、右側にあります 5 つの地震、1894 年、1895 年、1921 年、1922 年、1987 年の 5 つの地震がランダムに発生したという仮定の下で、首都直下の地震の発生確率を想定しております。

しかしながら、多くの研究で報告されていますように、左側の図をごらんいただきますと、縦軸が地震のマグニチュード、横軸が年になっていまして、大正関東というのはここになります。そうしますと右側で注目しております 5 つの地震というのは、ここで黒の丸で囲みました 4 つと、1987 年の地震 1 つということで、これで 5 つのうち 4 つが関東地震の前に発生していた地震となります。

今日のお話ではこのうち新しい 3 つ、1921 年、1922 年、1987 年について、地震波の不均質構造と発生比との対応について御紹介したいと思います。

まず最初にフィリピン海プレートの形状と、フィリピン海プレート、太平洋プレートの接触域について簡単に御紹介します。

左側の図は、我々が推定してきましたフィリピン海プレート及び太平洋プレートの形状となります。黒の線が太平洋プレートの等震度線になりまして、ピンクもしくは紫に見えますが、その線がフィリピン海プレートになります。関東地方というのは太平洋プレートの上にフィリピン海プレートが沈み込んでおりますので、2 枚のプレートが沈み込んで非常に特異な地域ということが知られておりますが、この 2 枚のプレートが沈み込むことによって上にありますフィリピン海プレートと、その下にあります太平洋プレートがお互いに接触しているであろう領域というのが、この速度構造もしくはこの形状から決定することができまして、その領域が灰色で示した領域となります。

このそれぞれのプレートの形状もしくは接触域の推定につきましては、地震の速度構造だけではなくて、地震活動とか特徴的な波、変換波の走時等を総合的に調べまして、このような形を提唱しました。

そうしますと、このフィリピン海プレートの北限というのは三重会合点からずっと北東に向きまして、大体陸地では水戸の付近でその北端がありまして、その後はぐっと西に振れて内陸地方に入っていくという形になっております。

これをごらんいただくとわかりますように、関東地方の下というのは広い範囲でフィリピン海プレート及び太平洋プレートの接触域が広がっておりますので、この2つのプレートの相互作用が関東地震の地震活動を理解する上で、非常に重要であることがわかります。

今、フィリピン海プレートと太平洋プレートが接触しているという御説明をしましたが、それについて、その証拠となるような観測事実を1つだけ御紹介したいと思います。

こちらは太平洋プレートのプレート境界で発生しております相似地震もしくはプレート境界地震と言われる地震の分布になります。これをごらんいただきますと、青の線が太平洋プレートの深さで、一番海側が40km、60km、80kmという形で20km間隔でコンターを引いております。これをごらんいただきますと、宮城県の牡鹿半島付近から福島、いわゆる東北地方では赤の印が太平洋プレートの境界の地震となりますが、この下限の深さというのは大体太平洋プレートが50kmのところまで地震が発生しております。

しかしながら、関東地方に南下していきますと、それがぐっと深くなりまして、東京湾の北部から茨城県の南部にかけての領域では、この地震発生プレート境界地震の深さの下限というのが大体80kmくらいまで、急に30km程度深くなっている。このようなプレート境界地震の発生というものは、プレート境界の温度と密接に関係することが知られておりますので、この結果というのは太平洋プレートの温度というのは関東地方の下で局所的に、東北に比べて温度が低いということを示唆する結果となっています。

次に、今日のお話のメインになります、フィリピン海プレートの蛇紋岩化の話をしたいと思います。

こちらに示してあります図は測線AとCという、右側に小さい地図がありますが、AとCの2本の測線に沿うS波の速度構造となります。

まず、上のAの図で特徴をごらんいただきますと、この図には背景となりますカラーはS波の速度を表しておりまして、赤い色が速度が遅くて、青色が速度が速い領域を示します。また、黒の点は通常の微小地震の活動。白い星がありますが、これは先ほど少し御説明しましたいわゆるプレート境界地震ということで、沈み込むプレートの上部境界で発生している地震を白の星で示してあります。

また、黒の線が浅い線と深い線2本ありますが、浅い黒の実線がフィリピン海プレートの上部境界を表しまして、深い方の線が太平洋プレートの上部境界です。その各実線の下に少し見づらいですが、黒い破線がそれぞれ引いてありますけれども、これは沈み込むプ

レートの地殻の厚さを7kmと仮定した場合のプレートの中のモホ面、地殻とマントルの境界を点線で表しております。

この図をごらんいただきますと、基本的に沈み込むプレートというのはマントルの部分というのは速度が速い、すなわち青色でイメージされていることが多いんですけども、このA図の楔状の一番先端、この部分というのは速度が非常に遅い領域になっております。この先端部分の三角形の領域の速度が遅い領域というのは、少し形状は異なりますが、その南のCという断面でも見るすることができます。

ここで我々は非常に特徴的な構造、つまりウェッジの先端部分の速度が遅いということで、この領域がマントルが蛇紋岩化しているのではないかと解釈しております。

この図をごらんいただいてわかりますことは、蛇紋岩化域の西縁、この図でいきますと左側の端というのは非常にシャープで、かつ、ほぼ鉛直の形状をしていて、ここでは詳細は御説明はしませんが、幾つかこのような特徴的な地震活動、微小地震というものが、この蛇紋岩化域の西縁に沿っているということが知られております。

一方、ここで先ほど最初に御説明しました5つのM7クラスの地震のうち、1897年に発生しました千葉県東方沖地震の震源を赤の星印、その1日間の余震を白の点丸で示しております。これをごらんいただきますと、千葉県東方沖地震というのは楔状の低速度域、蛇紋岩化していると解釈していますが、その西の端で発生した地震であり、余震もほぼその西の端に沿って発生していることがわかります。

今はAとCという断面図をごらんいただきましたが、次の図ではフィリピン海プレートの中の速度、具体的には太平洋プレートの上部境界から10km上に沿う、こういう領域に沿う速度の分布というものを地図、マップでお見せします。

この左側の図がフィリピン海プレート内部の速度構造となります。色は先ほどと同じで速度構造で、黒い小さい丸はフィリピン海プレートの内部で発生している地震となります。ここには過去に発生した幾つかの大きな地震の震央とメカニズム解を示してありまして、左上の黄色い星印というのは、1921年の茨城県南部の地震の震央となりまして、これは石橋1975から持ってきました。

まずこの1921年の地震と不均質構造との関係をお話させていただきますと、1921年の地震というのはフィリピン海プレートの内部で発生した地震であると言われております。また、ここに書いてありますとおり、メカニズム解は横ずれ成分を多分に含むメカニズム解となっております。

また、石橋らの結果によりますと、少し見にくいですが、ここに白い星印が1つありますが、これが1921年の地震の最大余震となります。したがって、本震の位置と最大余震の位置をつなぐような広がりで行くと、約30kmの北北西、南南東方向に向くこの領域というのが、21年の地震の震源域ではないかと言われていたところでした。

もう一つ南側に1987年、M6.7、千葉県東方沖地震がここで発生しておりまして、その1日間の余震というのが青い丸で示してあります。これを見ますと、やはり千葉県東方沖地

震というのは右横ずれのメカニズム解でして、余震というのもこの蛇紋岩化域の西の端に非常にきれいに並んでいるという特徴があります。

したがって、1921 年もしくは 1987 年の地震と不均質構造との関係で考察しますと、この 2 つの地震というのは蛇紋岩化域、フィリピン海プレートのマントルが蛇紋岩化している領域の西の端に沿って起こった地震であるのではないかとすることができます。

次に、ではここの西の端で地震が起こるということは、そこである程度の変位速度、定常的な食い違いがあることが期待されるんですけれども、それについて簡単に見積もった結果を御報告したいと思います。

こちら左の図は、フィリピン海プレートの上部境界におけますさまざまな地震活動の図を重ねたものです。青い薄い色つきの領域というのが 1923 年の関東地震の震源域。その東側に四角で書いてあります 23 年の地震の最大余震の震源もしくは 1703 年の元禄関東の震源域等も含まれておりますが、ここで注目していただきたいのは灰色の丸もしくは四角で書きましたフィリピン海プレートの上部境界での相似地震、微小繰り返し地震と言いますが、この地震の分布です。Ⅰ～Ⅴと 5 つの領域を四角で囲ってありまして、ⅠとⅡは茨城県南部の非常に深い、深さでいきますと 50～60km 程度で見られる活動。Ⅲ～Ⅴというのは浅い領域で、プレートの深さでいきますと 20～30km 付近で発生している領域です。

先ほど 1 つ前の図で御説明しました蛇紋岩化域の西縁を見ますと少し薄いですが、このピンクの直線を書いてあるところが蛇紋岩化域の西縁となりまして、ここで注目していただきたいのは南側、九十九里の付近にありますⅢとⅤという相似地震の活動です。これをごらんいただきますと、この上に数字が書いてありますが、これは相似地震の繰り返し間隔から推定したプレート境界のすべりとなっておりまして、Ⅲの領域では大体年間 1.5cm ぐらいプレート境界がすべっている。一方、その東側のⅤという領域では大体 0.9cm ということで、この相似地震分布を見ますと蛇紋岩化域西縁の西と東で、少しプレートの境界のすべり速度が違うことがわかります。

それを表に示したのが右側の上の表となりまして、相似地震の方からは蛇紋岩化域の西側の方が 0.5～0.9cm 程度早いということが言えます。一方、これとは独立なデータとして、房総沖では約 6 年周期でスロースリップイベントが発生しておりまして、そのスロースリップイベントの領域というのは、紫の丸で囲った領域となります。

これまでの解析によって、1 回のすべり量は大体 10cm ぐらいと言われておりますので、これを 6 で割ることによって大体年間 1.7cm ぐらい平均的にはすべっているというのが、このスロースリップ領域です。このスロースリップ域の相手となります東側には地震活動が一切ありませんので、すべりの分布というのはわからないんですけれども、少なくともこの 1.7cm よりも小さい、この蛇紋岩化域の西縁を挟んだ相対速度の変化というのは 1.7cm 以下であるということが言えますので、上の表で示しましたように 0.5～0.9cm 程度左側の方が、西側の方が早くすべり込んでいると考えてよろしいかと思います。

このように蛇紋岩化域の西縁に沿って $0.5\sim0.9\text{cm/yr}$ 程度の食い違いがあったとします。そこで1つ仮定をしてみますと、まず 87 年の千葉県東方沖地震というのは最近の地震ですので、そのすべり量というのは $30\sim60\text{cm}$ 程度と求められております。

一方で、年間この 1cm 弱の食い違いがあるとすると、この領域では過去にも地震活動があったと考えられるんですけども、過去のデータにさかのぼってみますと 1923 年の関東地震の余震と本震の約 30 時間後に発生地震というのが、どうもフィリピン海プレートの中で 1987 年の地震と同じような場所で起こったのではないかということが指摘されております。

したがって、1923 年の地震が1つ前の地震だというふうに仮定しますと、この 1923 年から 1987 年までの 64 年間で $0.5\sim0.9\text{cm/yr}$ でためていたすべり欠損が大体 $30\sim60\text{cm}$ になりますが、そのためていた分というのは 1987 年の地震で解放したすべり量とほぼ一致することになります。

この関東地震の1つ前の地震というのはデータが全くなくてよくわからないんですけども、この2つの地震が同じアスペリティの繰り返し地震であるとする、この領域では 60 年とか 70 年程度の間隔で M7 クラスの地震が発生する可能性があるのではないかと思います。

今まで御紹介してきました地震について簡単にまとめますと、まず最初に 1921 年にこの場所で茨城県南部の地震が発生します。そうしますと、フィリピン海プレートの左側、西側の本体部分が先に進む形になりますので、浅い側で 1923 年に関東地震、その 24 時間後にその東側で最大余震が発生して、最大余震が発生した直後に千葉県東方沖で M7.1 の余震が発生したという形で考えますと、この関東地震を挟んだ前後のこの付近での M7 クラスの地震活動というのが非常に定性的にはありますが、説明することができるということになります。

もう一つ、実は 1922 年に浦賀水道地震というものが星印のところで発生しております。次のスライド 2 枚で、これについて簡単に御説明します。

これは我々が調べましたフィリピン海プレートの中の地震について、どのような力、応力場の下で地震が発生したのかということを表した図で、左側が P 軸、右側が T 軸となります。

ここでごらんいただきたいのは、特徴としまして青の T 軸をごらんいただきたいんですけども、これは引張の力がどちら方向に働いているのかということを示した図になりますが、千葉県から茨城県を通るような B と C では、T 軸というのは沈み込み方向を向いているんですけども、D と E という領域では、少しそれが時計回りに回転して、このような形で T 軸が立っているという特徴があります。これはどうも黒で書きました関東地震のアスペリティがあるんですけども、その直下で応力の変化が起こっているように見えます。あと、1922 年の浦賀水道地震というのは白い星印のところになります。

この変化を示すために、私たちは簡単な計算をしてみました。これは今、関東地震のアスペリティのところが固着しているという仮定で、底がくっついていて、その周りはずるずるすべっているという仮定の下で、このフィリピン海プレートの中の応力分布を計算してみました。

こちらは結論だけを御説明しますが、まず左側の c の図というのはアスペリティの下の地震の P 軸、圧縮軸と T 軸、青が引張軸の分布になります。これが観測なんですけれども、上のモデルから期待される同じような σ_1 、 σ_3 という応力の圧縮と引張の軸というのは真ん中の図に示すようになりまして、この赤と青の分布をごらんいただきますと、観測とモデルが非常によく一致している。併せて今度は 1922 年の浦賀水道沖地震というのは P 軸というのがここにあります、これは赤の丸、左側の図でいきますと赤の丸に対応するところですが、観測、モデル、この 1922 年の地震の応力、P 軸の位置がほぼ一致しているということで、この 22 年の地震というのは関東地震のアスペリティの固着と関係した地震である可能性が高いと考えられます。

最後、フィリピン海プレート上の地震活動、いわゆる東京湾北部の地震ですけれども、今、注目していますのは要するに関東地震の深い側、ここで地震が発生する可能性があるかどうかということだと思いますが、地震活動の方からいきますと、ここにはプレート境界の地震がほとんどありませんので、ここでどのような状態になっているのかというのは地震の方からは推定できないことになります。

そこで、地震波の速度がどうなっているのかということをごらんいただきますと、上の図はフィリピン海プレートの境界より 5 km 浅い側での速度、P 波、真ん中が S 波、右が V_p/V_s になります。下にあります断面、Line=A、B、C というのは一番右側の図にあります A、B、C という南北方向に向けてとった測線の上が P 波、下が S 波の構造になります。

これをごらんいただきますと、この左側の P 波の結果で S と書いてあります白いハッチがかかった領域がありますが、この中央付近というのがいわゆる東京湾北部に対応します。この領域を通る測線というのが真ん中の Line=B となりますので、下の図の真ん中をごらんいただきたいんですけども、この断面図をごらんいただきますと左側から右側に向かって下がっていく水色の線が関東地震のアスペリティとなりまして、その深部に白で点々で S と書いてありますが、ここがいわゆる東京湾北部に相当するような場所になります。

ただし、この速度をごらんいただくとわかるんですけども、この S という領域は上盤側の速度が赤い領域になっておりますので、ここは陸側の地殻とフィリピン海プレートが接しているところになります。一般的には接している上盤側がマントルであれば、そこが蛇紋岩化しているかどうかとか、幾つかの条件から地震が起こる可能性があるかどうかということを評価している研究が過去にはあるんですけども、この場合、上盤側がきっと地殻と接していることになりますので、地殻とプレートが接している状態では一般的には速度構造からはそこに地震発生するポテンシャルがあるかどうかというのは、なかなか決

断できないということです。残念ながら速度構造の方からはここについての知見はこれ以上得られませんので、もう少し違った視点から調べていくことが必要ではないかと思っています。

今日の話をまとめさせていただきますと、幾つかお話ししましたが、重要な点としましては5つの M7 クラスの地震のうち、1921 年茨城県南部と 1922 年浦賀水道、1987 年千葉県東方沖地震、この3つの地震については蛇紋岩化域の西縁もしくは関東地震のアスペリティへの応力蓄積過程の一環として発生した可能性が高いということになりますので、これらについてはある程度その発生メカニズムがわかってきたのではないかと思います。

したがって、関東直下、首都直下の地震を調べる上では、この太平洋プレート、フィリピン海プレートの相互作用をもう少しきちんと検討していくことで、より精度の高い評価ができるのではないかと思います。

以上です。

○ありがとうございました。

それでは、御質疑をお願いします。

○例えばフィリピン海プレートの東端部の蛇紋岩化（2）というスライドがあるんですが、こけはSのスピードがマッピングされていますが、 V_p/V_s で言うとなんくらいになるんですか。

○ V_p/V_s で言いますと、赤い領域は V_p/V_s が一般的に高いんですが、その一部が 1.9 ぐらいです。この赤の領域全体が V_p/V_s が高いという特徴は得られていません。おおむね 1.9 ぐらいのところが多い領域で分布していることはわかります。

○地震波の構造から蛇紋岩化されているというのはよくわかったんですが、PT 条件は合うのでしょうか。

○ここに注目した温度シミュレーション等はされていないんですが、その南とか北の状況を考えますと、蛇紋岩が安定の領域だと思います。この深さまでであれば。

○大丈夫なんですね。

○PT でいけば多分大丈夫です。

○ちょうどこの絵で、赤い点線のところというのがよくわからないのですが、候補というわけではないんですか。

○これは御説明を忘れましたが、この領域というのは Okada&Kasahara, 1990 という論文でサイズミックギャップだと指摘されているところです。これまで何でここがサイズミックギャップなのかわからなかったんですが、この図見ますと蛇紋岩化域の西縁が少し南側に張り出しているところですので、ここは蛇紋岩化域の中だというふうに考えれば、この南と北で M7 クラスの地震が起こって、この真ん中はサイズミックギャップというのは理解できるかなと思います。

○その次のページで変位速度の話があったと思いますが、これが混乱してしまったんですけども、どういう変位速度を見ているのですか。蛇紋岩化域の縁を見ているのか。SSEなんていうのはプレート境界ではないのですか。

○そうです。これはすべてプレート境界で、フィリピン海プレートの上部境界での変位速度です。

○横ずれからそれを出すんですか。

○プレート境界で相似地震が起こっておりますので。

○相似地震はプレート境界の地震なんですね。

○全部プレート境界です。

○その次のページの食い違いというのは、横ずれのものです。

○これはプレート境界での食い違いが横ずれの食い違いと一致するという仮定です。横ずれの領域での地震はこういう形で変位速度を求めることができませんので、プレート境界の速度をそのまま横ずれの領域に適用した場合という仮定です。

○事務局はよろしいですか。質問は●●さんから。

○（事務局）●●さんたちとの解析と併せて、どんな感じなんでしょうか。

○前回に私の方で示したトモグラフィーの結果だと、定性的にSは遅い太平洋プレートの上のフィリピン海スラブの速度ですけれども、そこがPもSも遅いというのは同じなんです。前回、私の方で御説明したのは V_p/V_s はかなり大きいので、つまり1.9より大きかったので、そこにはもはや普通の岩石では説明できないから、もっと脱水された水が結構ある。蛇紋岩になっているのは割と限定的ではないかということちょっと申し上げたんです。

ただ、そのときに空間的な広がりがどこまであるかという絵はちゃんと見せませんでしたので、これをもう一回見ながら、こういう絵に対応したものをつくる必要があると思いますので、そういう資料にはなっていませんが、少しこの領域は広いかなという気もするんですけども、大体、西の端は一致しています。東の端が全部、西の端の1921年の星印のところに南北にあるような領域、東側全体が蛇紋岩化しているかということは、もう少し検討した方がいいかなと思いますが、大局的には一致しております。

○（事務局）仮に蛇紋岩化しているとすると、ここではこの中の地震を起こさないで、フィリピン海プレートと上の北米プレートとの境界についても、地震としての発生は可能性は低いのではないかと考えていいということですか。それとも境界としては存在するんですか。

○マントルが蛇紋岩化していると解釈してしまして、それがすぐ上のフィリピン海プレートの地殻にどういう影響を与えているのかというのは、正直この構造からわからないということなんです。この図をごらんいただきますと、例えばこういう領域ですね。この辺ではプレート境界の活動がありますので、下側でマントルが蛇紋岩化しているからと言って、その直上のプレート境界で地震が起こらないということは言えないかなと思います。

○先ほどAでお示しした 4.5 と書いてあるところがありますね。それがS波の速度ですね。その下に地震活動があって、今、指している辺りに点々があるのは一応マントルだと思っているんですね。

○点々と言いますと。

○その右側の。

○それはプレートのモホ面だと思っています。

○それよりも上はフィリピン海プレートの地殻なんですね。そこにはマントル物質はないのでカンラン石はもともとないので蛇紋岩化はできませんから、あるとするとモホ、点々よりも下で太平洋プレートよりも上が蛇紋岩化しているわけだから、太平洋プレートとフィリピン海プレートの間では、この解釈が正しいとして蛇紋岩化して、蛇紋岩は地震を起こせないというのを正しいとすれば、そこは地震発生する能力はないということは言えるけれども、フィリピン海プレートとその上は違う話です。

それでいいですね。

○はい、そうです。ありがとうございます。

○あとは、今日の●●さんのお話はフィリピン海プレートと、その上の部分は前回、私が申し上げたのは結構微妙なところで、東京湾の北部辺りは深さが 30km ぐらいで微妙にそれより上に島弧のマントルがある。そういう解釈をして神谷・小林の蛇紋岩に近いようなものを一部想定しました。だけれども、今の●●さんの御説明は、そこはもう島弧の地殻に直接接しているから蛇紋岩はないと言ったふうに聞こえたけれども。

○そうですね。ここは陸のモホの深さというのが幾つかのモデルはあるんですけども、ちょっとよく私もわかっていないところだと思っていまして、白で点々で書きました領域というのは、深さでいきますと大体 30km から 30 ちょっとを超えるところですので、今、●●さん言われましたように、もしかすると上盤がマントルになっている可能性はあると思うんですけども、私は大部分は地殻ではないかと思っていますので、ただ、ここはきちんとデータを見ればある程度分離できる可能性はありますので、私としても少し調べていきたいと思うところです。

○それでは、どうもありがとうございました。

●●さん、同じような絵をつくるとおっしゃいましたけれども、すぐできるんでしょうか。

○まず●●さんみたいな、あんな広い範囲は出ないけれども、少なくとも我々のあの三次元のトモグラフィーで、あそこにマッピングしたものがどこにあるかぐらいはすぐに出るかなと。何とか夏休みの宿題ぐらいに。

○もう少し急いでくれると。どうもありがとうございました。

続きまして、相模トラフ沿いのカップリングについて国土地理院の●●さん、お願いします。

○地殻変動解析に基づく房総スロースリップイベントと関東南部のプレート間カップリングというタイトルでお話させていただきます。

スライドの数が多過ぎましたので、適宜省略しながらお話をさせていただきます。

まず最初に、房総半島沖のスロースリップイベントにつきまして、GPS の観測から明らかにになってきたことをお話したいと思います。

GPS の観測が始まってから、房総半島では過去 4 回スロースリップイベントが起こっておりまして、ここに示しましたように 1996 年、2002 年、2007 年、2011 年と同じような房総半島のちょうど東側、ここで言いますと千葉大原という観測点が大体最大の変位量で、大体地表での変位で 1 cm から 2 cm 強ぐらいの地殻変動が生じているということが観測されています。

この図は茨城県の八郷というところと房総半島の SSE が一番大きく地殻変動が出る勝浦あるいは千葉大原の 2 か所の時系列、基線長を示したものです。一番西側が GPS の観測が始まった 1994 年初頭から 2011 年の現在までの約 17 年分ぐらいの時系列を示しておるんですけども、基本的にトレンドは右肩下がりでして、これはすなわち茨城県に対して千葉の辺りが短くなっている。基線上として短縮しているということを表しているんですけども、ときどき上に伸びる時期がありまして、それがスロースリップイベントとして認識されているわけです。

ただ、1 つこの後で出てくるんですけども、注目していただきたいのは、時々伸びているわけですが、長期的なトレンドとしては全体の伸びを解消するほどの伸びはスロースリップイベントではなくて、長期的な 17 年間の平均としてみると、千葉の東海岸においても基線長は縮んでいるという傾向があるということが 1 つポイントです。

このようなスロースリップイベントは GPS だけではなくて、地震活動あるいは陸上の傾斜計などでも観測されておりまして、少なくとも GPS で観測される以前の 1991 年であるとか、あるいは 1983 年であるとか、その辺りにも同じような SSE が起きたであろうということが言われています。

ここでは GPS の方からプレート境界面上でのすべりを推定した結果をお話します。解析は時間発展インバージョンというものをを用いまして、フィリピン海プレート上面は気象研の●●さんとかのモデルを使って推定しています。

これが過去 4 回のすべり分布をコンターで示したものでありまして、大体場所は房総半島のちょうど東海岸から、更に東側の沖合にかけてなんですけれども、規模が 4 回過去大体同じぐらいと言っておりますが、実は結構違います。このコンターはそれぞれ 4 cm のコンターと書いているんですけども、1996 年のイベントはかなり小さめでありまして、去年起こった 2011 年のイベントはかなり大きめであるという特徴があります。

また、場所も大体は同じなんですけど、例えば 2007 年のイベントは 20km の等深線よりも明らかに北側にはみ出しておりまして、場所も微妙に異なっているという特徴がございます。

ただ、モーメントの時間発展、横軸が継続時間でどのようにモーメントが増えていくかというのを縦軸で表していますけれども、大体主要な活動は 10 日から 2 週間前後で終結しておりまして、そういう意味では非常によく似ている。モーメントマグニチュードにすると 6.4~6.7 のそれぞれのイベントなんですけれども、モーメントそのもので言いますと 6×10^{18} というのが一番小さな 1996 年のイベントでありまして、2011 年については 17×10^{18} ですから 3 倍ぐらいの大きさの違いはあるということが言えます。

ただ、これは GPS の結果だけでして、実は沖合の方はよく分解能がないのでわかりません。例えば傾斜計を使った同じイベントに対するモデル化でありますと、陸上の方だけでも、これは防災科研による傾斜計を使った断層面の推定ですが、陸上の方だけでも断層面でも説明できる、陸上のデータは説明できるという結果も得られています。ただ、GPS の方から入れると若干沖合の方まで広がるかもしれないということです。

以上で SSE の話を終わりました、今日の話の主題であります定常的な地殻変動の方に話を移りたいと思います。

こちらの図は関東地方の GPS による地殻変動の、特にイベントが起きていない時期、2007 年 9 月から 2011 年 2 月という平穏な時期の速度ベクトルを、いろんなプレートを固定してみた図になります。

一番左側の図はユーラシアプレート固定と言われているプレートを固定した図になりまして、こうやって見ると関東地方の辺りというのは全体的に西向きが卓越してしまっていて、なかなかこの辺りのリージョナルな地域的な変動を見るのには適しておりません。東北日本が属していると言われておりますオホーツクプレートを固定した図が右側の図になりますけれども、そうして見ますと北関東の方では変動ベクトルが非常に小さくなっていて、房総半島とか三浦半島、関東南岸では北北西向きのベクトルが見られる。伊豆諸島なんかも北北西に動いていまして、これがいわゆるフィリピン海プレートが沈み込んでいて、ちょうど関東の南、相模トラフから沈み込んでいるというのを見るのに適している図になります。

こういう陸側のプレートを固定した絵というのはよく見るんですが、今度は海側のプレートを固定してみるとどうなのかというのが、こちらの 2 枚の図です。左側はフィリピン海プレートを固定して見た図でありますけれども、そうしますと当然ながら伊豆諸島の方はフィリピン海プレートに乗っていると言われておりますので、ベクトルが小さくなります。陸側のプレートの方が海側に押し寄せているような絵になるんですけれども、ここで注目していただきたいのは、房総半島の先端のこの辺りのベクトルです。この辺りのベクトルがちょうど伊豆諸島とほとんど同じ大きさであるということです。

これというのは、すなわち房総半島の先端はこういう地殻変動だけから見ると、むしろ陸側のプレートというよりは海側のプレートに乗っていると同じぐらいの運動をしている。非常にこの相模トラフでのプレート間カップリングが強いということを表しているわけがあります。

あともう一点、ここの辺りを見るのに注目してほしいのは、ちょうど伊豆諸島とか房総半島の先端では、東向きに系統的な成分が乗っているということです。これはフィリピン海プレート本体に対して若干この辺りが東向きの運動ベクトルを持つということを表しておりまして、実は伊豆諸島の背弧側で拡大が起こっているというふうに思いますと、こういうベクトルをうまく説明できることになります。

今、言ったものを若干モデル化して示した図がこちらの絵なんですけれども、こちらは関東地方の GPS の速度ベクトルをそれぞれの剛体的なブロック運動を青い矢印で、プレート境界が固着していることによる弾性変形を赤い矢印でモデル化したものです。この辺りの地殻ブロックを例えば関東ブロックであるとか伊豆のマイクロプレートであるとか、あるいはフィリピン海プレート本体と伊豆の前弧はちょうど伊豆諸島の西側で若干拡大をしているというモデルを入れてやりますと、青い矢印は関東ブロックに対する周辺の相対的なベクトルになっているんですが、ちょうど相模トラフ沿いでは基本的に沈み込んでいるプレートというのは、フィリピン海プレートとは若干動きの違う伊豆の前弧のブロックでして、収束方向は北北西の方向になります。

先ほどちょうど伊豆半島の東岸の話が、逆断層があるという話が出てきておりましたけれども、こういう GPS のデータから基づくブロックモデルにしますと、この伊豆側というのはほとんど今、北側には動いていない状況になります。それに対してちょうど伊豆大島を含むようなところは楔状に北に入り込んでいますので、この伊豆半島の東岸での相対運動というのは、やや逆断層成分を含むような横ずれ運動になると GPS からは考えられます。

あと、このスライドはその話をメインにつくっていないので、後の方で余り出てきませんけれども、ここの境界はそれなりに GPS の方から見るとひずみ、すべり欠損をためておりまして、ただ、活断層と若干違うのは、横ずれの運動のセンスとしては逆断層というよりは横ずれのセンスになるというところが若干違っているところです。

すべり欠損の図の説明に移りたいと思います。現在の地震調査研究推進本部による相模トラフの長期評価に関しては、大正型の震源域と言われているところと、大正型を含むような元禄型の震源域という、2つの震源域が考えられています。それに加えて最初に御説明したように、房総半島の東側ではスロースリップイベントが起きて、定期的にある程度のひずみを解放していると考えられます。

GPS のモデル化については説明を省略しますが、現在観測されている GPS データからフィリピン海プレートの上面での固着の度合いを推定したのがこちらの3枚の図でありまして、左の2枚は名古屋大学の鷺谷先生が推定された図。右側は国土地理院が推定した図になります。

基本的にこの3つの図はすべりの推定方法についてはほとんど同じなんですけど、何が違うかといいますとプレートの等深線、幾何形状を若干変えて推定している。こちらのモデルに関しては Ishida (1992) のモデル、こちらのモデルに関しては Sato et al. (2005) のモデル、右側のものについては Hashimoto et al. (2004) いわゆるキャンプモデルとい

うものですけれども、ただ、プレートの形状を多少変えても、基本的には大正型の震源域というのはある程度の大きいすべり欠損があるという場所に相当しておりますし、一番すべり欠損が大きいところは房総半島先端、ちょうどこの辺り、大正型の震源域とスロースリップが起こる場所のちょうど中間辺りに最大のすべり欠損が来ているというのが、この3つの研究で共通のパターンであります。

スロースリップが起こっている場所辺りは、ちょうどすべり欠損が若干ピークよりは小さくなる辺りに位置しております、それより東側の元禄型震源域の東側に関しては、モデルによってすべり欠損がないというモデルもありますし、若干のすべり欠損があるというモデルもあるというのが現状です。

私どもの方でも、このような同じような解析を最近行いました。従来のものは大体2000年より前の地殻変動、GPS データを使ったものが多かったんですけれども、最近ということで東北地方太平洋沖地震の前の4年間のデータを使って、すべり欠損を推定したのがこちらの図になります。色が赤っぽいところほどすべり欠損が大きくて、ひずみをためているという場所になりますけれども、我々の解析結果でもやはり相模トラフの大正型震源域からずっと東の方まで、すべり欠損が大きい領域というのが続いている結果になりました。

最近、●●さんのお話にもありましたように、東京湾北部の地震というのが注目されているわけですが、このすべり欠損の解析からはプレートの深部の方ではそれほど大きなすべり欠損は出てきません。このプレートの等深線が今、5 km 間隔で示してあるんですけれども、大体深さ 25km ぐらいがこれだとすべり欠損の下限域ぐらいになりますので、東京湾の北部ではそれほど大きなすべり欠損はないというふうに、この結果からは言うことができます。

今のは GPS のデータ4年分だけの平均的なものを見てきたんですけれども、次に14年間の平均的な地殻変動というものを見てみたいと思います。

なぜここで14年間というものを出したかと言うと、房総の特に東側では先ほども言いましたように、スロースリップイベントというものが6年おきに発生していることが知られておりまして、この領域周辺でどういうふうにひずみが、長期的に見てたまっているのかというのを見てみたいと思ひまして、こういう解析をしました。

左側が今まで見てきた4年間の割と短期間の速度ベクトルでありまして、右側は1997～2011年という長期的にとった速度ベクトルであります。この両者に有為な差があれば、例えばスロースリップの発生域でひずみがある程度解放しているということが言えるのでありますけれども、この両者を見比べてみたときに、2つ重ねていますが、そうすると赤いのが短期間のもので、黒い矢印が長期間のものです、房総半島の東側でも両者が非常によく似通っておりまして、そんなにスロースリップが発生していても、この房総半島の東側でひずみを大きく解放しているようには見えないというのが、今回の結論です。

ですので、これは14年分の平均と4年分の平均のそれぞれでプレート境界のすべり欠損を推定したものです。左側が14年分のものでありますけれども、この左側と右側を比べてみて

も余り差がないということで、結論といたしましては房総スロースリップイベントというのは、ある程度この辺りのひずみを解放しているとは思われるんですが、それが例えばトラフ軸の方ですべてのひずみを解放しているというふうには思えなくて、房総スロースリップイベントの辺りでも長期的に見るとひずみがたまっていて、この辺りでもそういう巨大地震に向けたひずみの蓄積が進んでいるということが言えると思います。

一応、モデルでは太平洋プレートのカップリングの推定もいたしております。この左側の図は4年間分の太平洋プレートの沈み込みに伴うカップリングで、右側は14年分のカップリングです。14年分の方を見ますと、いわゆる福島県沖とか茨城県沖の北部の方ではややひずみがたまっているような状況が見えておりますけれども、基本的には千葉県よりも南側の方ではそれほど、ただ、分解能とか精度の問題はあるんですが、GPSのデータからそれほどすべり欠損が太平洋プレート上面でたまっているようには見えないというのが、我々の結果になります。

ここで若干、GPSのデータがどのぐらい誤差を持っているのか、プレート境界のすべり欠損に対して分解能を持っているのかということをお見せいたしますけれども、上の方はチェッカーボードのレゾリューションテストでありまして、丸いところが、左側の図が与えたすべりで、それをGPSデータの観測点位置を使って誤差を出して戻したものが右側の図でありますけれども、このように東京湾の下とか、陸の下に関してはある程度データが戻るんですが、沖合の東側の方、千葉県の東方沖では与えたパターンがほとんど戻りません。ということは、ちょうどスロースリップの辺りの領域ぐらいまでは、陸上のGPSデータからもある程度すべり欠損のあるなしというのは言えると思いますが、東側の領域に関しては陸上のデータからほとんど何も言えないということを表しております。

下側の図は単純にすべり係数の誤差が大きいところを網かけで示したものでありまして、誤差が2 cm以上のところをハッチをかけているわけですが、これで見ましても陸域の下とか、陸域から近いところに関しては、ある程度の精度を持ってすべり欠損が推定されているんですが、東側の房総の沖合の方に関しては、余りこの結果だけを信用することはできないということが言えると思います。

以上のように、GPSの結果からいろいろなことを申してきましたけれども、若干やはり今のような誤差を含めましても、モデルに関して問題があるというのがこの図であります。左側の図はGPSデータの観測値と今、言ったすべり欠損のモデルを比較したものでありまして、黒いのが観測値、白い矢印が計算値なんですありますが、その残差をとったのが真ん中の図です。こういう残差をとった図で系統的なものが消えていけば、大体モデルとしてはいいということになるんですが、房総半島の先端この辺を見ますと、系統的に北向きの残差が残っています。これというのはモデルが完全にはこのデータは説明できていないということを表しています。

こういうことが何で起こるのかというのをいろいろ考えているんですが、まず1点はこの辺りの地殻の構造なんかによって、既存のこういうバックスリップモデルではう

まく説明できないようなことになっている。要するに変形が非常に普通の弾性体で計算するよりも大きい変形が起こっていることを1つ示していると思っています。

もう一点は、房総半島先端では変動地形などから、経年的な隆起というものが明らかになっているわけですが、その隆起レートというのは房総の先端だと年間5mmというかなり大きなものなのですが、こういう経年的な隆起を起こすメカニズムというのは、今の測地のデータのインバージョンには入っておりません。ですので、そういうものも本来ならば計算に含めていかなければ、この辺りのすべり欠損に対しても精度のいい推定ができないんだというふうに思います。

以上のことのまとめになりますけれども、GPS のデータから大正型の震源域の固着度はある程度強くて、すべりの収支というのを考えますと、大体大正型の震源域に関しては200～400年ごとに繰り返す大地震によって蓄積されたひずみが解放されると考えられます。

一方、元禄型の震源域につきましても、GPS のデータからは浅い方に関してはほぼ完全に固着していると思われます。この固着状態が時間変化しないとすると、房総半島の先端より東側の領域ではすべりの収支を合わせるためには、元禄型地震では非常に大きなすべりを想定しなければいけない。というのは、現在の推本のモデルだと元禄型地震の繰り返し周期が2,200年となっていますので、それをそういう頻度でしか地震が起こらないとすると、非常に大きなすべりが必要であるということになります。

房総半島スロースリップ域の周辺でも、長期的にはある程度地殻ひずみが蓄積していると考えられます。

ただ、房総半島の更に東側の固着状態に関しては、陸域の地殻変動からは推定不可能でありまして、固着していてもおかしくないですが、ちゃんと調べるためには海底地殻変動等による調査が必要になるということです。

東京湾北部に関しては、大きなすべり欠損は推定されておりません。固着度は小さいと考えられます。

最後に、こういう地殻変動のモデリングについては、まだ経年的な変化などを説明できていない部分もありますので、今後もモデルの構築を高度化していく必要があるということです。

以上で発表を終わります。

○どうもありがとうございました。それでは、御質疑をお願いします。

私から1つ。解像度は悪いと思うんですが、相模トラフ沿い付近はどう推計できるでしょうか。

○沖合ということですか。

○沖合です。東日本大震災のようなことを考えると、津波地震が起こるか起こらないかはここで検討しなければいけないんですが、それに関して何か言及できるようなことはあるのでしょうか。

○少なくともこの結果を見ましても、これは特に海溝沿いで例えばすべり量をゼロにするとか、そういう条件は何も置いていないんですが、普通にやると海溝沿いでは、かなり強いすべり欠損がたまっているという結果になります。

確かに沖合の方は若干解像度が悪いんですけども、先ほど GPS の生データで見ましたように、房総半島の先端の速度の動きというのが海のプレートとほとんど同じだということを考えますと、ここで例えばクリープをしているような領域が海溝沿いにあるということは、なかなか考えづらくて、やはりこの辺りから固着している、浅いところから固着していると考えた方がいいのではないかと思います。

○ありがとうございました。

それから、元禄のところが理解しにくかったんですが、60m のひずみ欠損は 2,000 年で 60m ということですか。

○そうですね。●●さんが多分この後お話をされるんだと思いますが、年間大体 3 cm ぐらい元禄のこの辺りでもたまっていると考えられますので、それが 2,200 年たまり続けると 66m ということになるので。

○3 cm で 2,000 年で 60m。

○（事務局）太平洋プレートに近いところですが、先ほど海底地形から見ると余りフィリピン海プレート、ちょうどそれより東ぐらいになるのでしょうか、余りそういうものによる地形変形が見えないので、余り考えなくてもいいのではないかという指摘を受けました。勿論、地球物理的にはもう少しちゃんと調べる必要があるんですが、これでいくと色は塗っていますけれども、先ほどの分解能から見ると余りよくわからないという感じですかね。

○そうですね。特に房総の SSE より東側はほとんど陸上のデータだけでは何も言えない。これはたまたま色が塗られていますけれども、ここはあってもいいし、なくてもいいということになります。

○（事務局）それは言い方を変えると、次の太平洋プレートのカップリングの方の房総沖の辺りには、ほとんどカップリングはどちらを見てもないように見えるんですが、それも分解能がない。

○これも非常に分解能が悪いです。ただ、太平洋プレートの方は運動方向が西向きですので、この辺が固着すると若干陸がこちらですので、陸地が動いてくれるセンスにはなるので、実は太平洋プレートの方がまだ見分けがつきます。

フィリピン海プレートはほとんど北向きに行っていますので、この辺がくっついていてもその影響が陸地の方ではなくて北の方にしか出てくれないんです。ということで、特にフィリピン海プレートのすべり欠損に関しては、陸上のデータからの分解能が非常に悪くなると思います。

○（事務局）もう一点だけ確認のためにですが、先ほどスロースリップのところはそれなりに固着しているので、次に大きなものが起こるとすべりがないと見るのではなくて、何らか一緒に動くと思った方がいいという理解でよろしいでしょうか。

○そうですね。スロースリップだけで全部このひずみが解放し切っているということは、どうもなさそうだと思います。場所が本当に例えば一番スロースリップが大きくすべっているところでは、ある程度解放しているとは言えるのかもしれませんが、ある程度広い領域で見たときに、例えばこの緑の範囲全部がスロースリップで全部解放しているとは思わない方がいいということです。

○1つよろしいでしょうか。素人質問で恐縮ですが、今の結果でいくとフィリピン海プレートの上面、今、考えられているところにおいてはカップリングしていないので、大きなひずみがたまっていないという考えでよろしいのでしょうか。

○そうですね。GPS のデータも短期間の、数年とか 10 年とかそのぐらいの期間でしか言えないわけですが、その期間に関してはそれほど東京湾の北部では大きいひずみがたまっているようには見えない。ただ、それが過去にたまっていたかどうかはわからないというのが 1 つ注意点ではあります。

○その前の図で、誤差の評価といって上の左を与えて、実際に戻ったのが右だから房総スロースリップのところはいいけれども、それよりも外側、東側は解けていないですよと言って、それでこれは動きが南北だからよく解けていないけれども、太平洋プレートの動きは東西だから大丈夫だろうとおっしゃったけれども、それはこういうものをやってみればきめんなので、やってそういうことをおっしゃったのか。

○これと同じことをやっているんですけれども、勿論、太平洋プレートも陸から遠いので、そんなには戻りません。そんなには戻りませんが、若干これよりはましという程度で、かなり悪いというのは事実です。

○それは東北のときも同じで、かなり任意性があると思った方がよくて、これだけから太平洋プレートのカップリングがあるかないか言うのは、ちょっと言い過ぎではないか。

それに対して東京湾北部はよく解けているというのは、基本的には陸のネットの下にあるからで、それを知った上で質問ですが、長期の変化というのは少なくとも GPS のデータがある限りは、ほとんど変化はないというのが全体としてのメッセージだったように聞こえたんですけれども。

○そうですね。関東地方はそうです。

○わかりました。

○それでは、どうもありがとうございました。

それでは、今日の最後のレクチャーお待たせしました。相模トラフ沿いで発生するプレート境界付近の地震について、産総研の●●さんから講義をしていただきます。では、お願いします。

○お待たせいたしました。スライドを 1 枚追加したので新たに移し替えました。

私の方からは過去の地震の履歴などについてお話させていただきます。

まずは 1703 年元禄関東地震の断層モデルについてです。元禄地震に関してはこれまでさまざまな断層モデルが示されておりますけれども、その中において一番古いもので笠原

ほか(1970)、いわゆる笠原モデルがありますが、この場合ですと相模湾のあたりに 1923 年大正関東地震と同じ断層を置き、それプラス房総半島の南東のところにもう 1 枚断層を置いています。Matsuda et al. (1978)の松田モデルですと、それに加えて更に房総の東沖合にも断層を置き、3 枚の断層で示している。このように房総の沖合に断層を置くという 3 枚の断層モデルは、ほかにも相田モデルや村上・都司モデル、実倉モデルがありますけれども、最近では吉田モデルというちょっと変わったものもあります。房総の沖合に 3 枚めの断層が必要かどうかというのは、基本的には津波で評価しているのですが、私どもはこれを最近また再度評価し直したのでご紹介します。

まずは元禄地震の断層モデルを考えるとときには拘束条件として地殻変動があるのですが、この図の上の方が元禄の地殻上下変動です。これは右の写真にあるように、主に段丘の地形から推定されます。ここは元禄で隆起してできた段丘で、下が大正の段丘です。下の方の写真にあるのは三浦半島城ヶ島の生物の隆起遺骸です。ここに見える 2 つの筋に化石化したフジツボなどがくっ付いています。平均海面上 1.45m の高さにある下の筋が大正のときの隆起痕跡で、2.25m の高さにある上の筋は 1 個前の元禄の隆起痕跡で、こういったものを頼りに地殻上下変動を復元したのがこの上の図です。

下の図の大正関東地震時の地殻変動についてはよく御存じのように、測地でこのように上下変動がわかっていますが、両者を比べると元禄の特徴は、三浦半島の方は元禄も大正も大体同じような隆起があるのですけれども、房総半島に関して言えば元禄では南端で大正よりも倍以上、場所によって 3 倍ぐらいの大きな隆起がある。一方で房総半島中部の保田や小湊などでは沈降しているというのが大きな特徴になっています。

地殻変動について今のところわかっている範囲は三浦、房総半島なのですが、先ほどちょっと話題に出た大磯から伊豆の方にかけて、いわゆる相模湾の西の方というのは実はまだよくわかっていない状況です。この図で元禄の隆起は 2m より小さいという表現を使っていますが、大きく見積もっても 2m を超えることはないだろうという程度しかわかっていなくて、ひょっとしたらゼロかもしれないし、マイナスの可能性もあるということです。

ここでスライドを 1 枚加えました。資料にはないんですけれども、先ほど相模湾の西側で隆起していますよと私が言ったのは、最近、伊東で隆起海岸跡を発見したからです。写真でこういったいわゆるノッチと呼ばれている地形は、かつて海面付近で侵食されたくぼみの地形で、現在の海面から 3.5m の高さがあり、ここにはフジツボとかヤッコカンザシといった生物遺骸がびっしりくっ付いています。これらは現在年代測定をしているところです。その下にも、1.5m ぐらいの高さのところにももう一つ、同じような地形があるということで、ここでは少なくとも 2 回分の隆起が見られます。つまり伊東辺りでも過去に急激な隆起があった証拠が最近見つかりつつあります。

この後、元禄のモデルを示しますが、こちらの隆起というのは今のところはまだ元禄地震と関連するのかどうか不明ですので考慮には入れていません。

次に津波に関してですが、元禄と大正の津波の高さを示した図を見ますと、大正の青い棒グラフと元禄の赤い棒グラフとで、相模湾の辺りというのは大体同じぐらいの高さですが、房総の主に外房の方に行くと元禄の方が津波が非常に大きいというのが特徴です。先ほど元禄モデルで沖合に断層が必要かどうかというのを最近もう一度見直していると言いましたが、元禄の浸水域を確認する上で、九十九里浜の方は特に大きく浸水したと言われているので、現地でこのような下の小さい写真が載っている供養碑というものを調査し直しています。元禄地震の津波で亡くなった方を弔う供養碑の位置を、このように右側の地図上に示しているのですが、供養碑があるからと言ってそこが津波の到達点とは限りません。そこで本当に供養碑が津波の到達点を示しているかどうかを現地に行って聞きとり調査などから調べると、少なくとも赤丸で示した供養碑はちゃんと津波がここまで到達したことが確認できました。それらの位置からみて、当時の海岸線からおおよそ3 km 浸水したというのがわかっています。

このような元禄地震に伴う地殻変動と津波といった情報に基づいてモデルをつくっていくのですが、まずは地殻変動に基づいて考えていきますと、我々はフィリピン海プレートの上の形状に基づいて断層をこのように設定してみました。これはこれまで論文で公表されている Sato et al. (2005) とか武田ほか(2007)、Tsumura et al. (2009) といった成果によるフィリピン海プレート上面の分布図をコンパイルして、その上にこういった小断層を乗せてみて、それらのすべり量を検討して元禄と大正でそれぞれ計算してみたというのがこの図になります。元禄の地殻変動の特徴は先ほど示したように、南端で大きく隆起するというので、それを説明する上で南端付近に約 10m の大きなすべり量というのが推定できます。逆に大正ではその辺りは余りすべらないということがわかります。

次に津波ですけれども、津波は先ほどの元禄の九十九里の浸水がちゃんと説明できるということで、地殻変動から推定したモデルに、さらにこの 11 番という断層を沖合に置いてみます。この断層の位置は非常に任意性が高いもので、とりあえずプレートの沈み込むトラフ沿いに適当に置いてみたというものです。これに 10m ぐらいのすべりを与えてみるとどうなるか検証してみたのがこの浸水シミュレーションの結果ですけれども、沖合の 11 番の断層がない場合とある場合とでは、あった場合の方が先ほどの供養碑のところまでは浸水しそうだということがわかりました。まだ十分には説明できていないですけれども、少なくとも 11 番の断層がないと九十九里浜には全然浸水しませんよというのがわかったということです。ですから、こういった沖合の部分の断層の評価というのが重要で、まだまだこれからモデルの検討をしなければいけません。今後はさらに伊豆諸島とか遠地での津波記録に基づいた検証をしていく必要があります。

次に履歴の話になりますけれども、このように先ほどの元禄のモデルに基づいて、右上の図にあるように断層を 3 つのブロックに分けてみました。A、B、C というセグメントにして、それぞれの破壊領域がいつ動いているかということをまとめたのですが、A の領

域というのは主に大正関東地震のときにすべっている領域で、プラスB、プラスCといったものが元禄のときにすべった領域です。

従来は段丘の編年といって房総半島にある一段一段の段丘の年代を精査していくと、Aの領域というのは大体400年に一度ぐらいの頻度で動いて段丘ができていることがわかります。そしてときどきB、Cの領域が動いている。厳密にはCは評価できていないのですが、段丘の年代から見て少なくともBの領域が動くのが2,000~2,700年に1回であると、これまでは考えられてきました。

Aの領域の活動間隔というのはいわゆる大正型地震として、地震本部も200~400年間隔と評価していて、段丘の証拠からみると大体400年間隔です。最近公表されたShimazaki et al. (2011)でも三浦半島の津波堆積物から400年間隔と報告されています。先ほどの●●さんの方で報告がありました測地の結果との兼ね合いで考えていくと、この領域のすべり欠損速度が大体年間約2cmぐらいということですので、大正型の地震で400年に1回、5mから10mくらいすべると考えれば、大体収支は合います。

ところが、このBの部分についてみると、先ほど示した履歴のように、いわゆる元禄型の地震は2,000~2,700年間隔で、平均すると2,300年ぐらいですので2,300年に1回、10mすべると考えています。その領域が年間3cmというすべり欠損速度ですと、先ほど●●さんから説明があったように1回当たり60mとか80mすべらないと収支が合いません。実際のところ、元禄地震の地殻変動を説明するには10m程度のすべり量で十分に説明できるので、地形地質の証拠と測地観測結果との間で矛盾があることになります。Bの部分が仮にもっと短い間隔で頻繁に動いていると考えれば、こういった矛盾は解消できるはずなのですが、従来は段丘の証拠から2,300年に1回しかすべらないだろうということでした。ところが、それが最近になって違うかもしれないということがわかってきました。どうということかと言いますと、今までは元禄型と定義される地震でできた段丘というのは、外房も内房の辺りも全部一面に分布していて、それら全体が2,300年に1回ずつ隆起してきていると考えてきたものが、最近の調査結果からすると内房と外房で段丘の年代が違うかもしれないということがわかり始めてきました。従来は外房にも内房にも同じ段丘があって、同じ時期に房総半島全体が隆起したと思っていたものが、両方で年代が違うということは、内房だけ大きく隆起する地震とか、外房だけ大きく隆起する地震とか、そういった地震があってもいいのではないかということになり始めてきたのです。

例えばこの図でみると、内房側の館山で大きく4回分の元禄型を示す段丘があると考えられていて、その上から2番目のものが4,400年前という年代だったのに対し、外房側は上から2番目の段丘の年代が実は5,300年だったということです。このように段丘の年代が一致していない。そういうことから、外房だけが大きく隆起する、つまりBの領域だけが動くような地震があってもいいのではないかという考え方が出てきたということです。

そうすると、先ほどの履歴の図でみると、Bの辺りというのは2,300年に1回だったのが、この間にB単独かC単独かB+Cの連動か、まだここまでははっきりとはわからないけ

れども、とにかくこのエリアでAの破壊を伴わないタイプの関東地震があってもいいのではないかという解釈が出てきたということです。

ただ、これはまだ段丘のデータが1地点か2地点程度しかないものですから、これをもうちょっとちゃんと調べて、実際いつ、どれぐらいの隆起の広がりがあったのかというのを今後明らかにしていかないと、はっきりしたことは言えません。それを明らかにする目的で今年度、産総研として地形地質調査をしていく予定ではあるのですが、現時点でこういった解釈ができるのではないかという仮説を示せるようになってきました。

房総半島の津波堆積物の方はどうかという話を次にしますが、房総半島南端では以前から藤原ほか（1997）などによる津波堆積物の報告があります。そこでは残念ながら最近数千年といった履歴はわからないのですが、7,000～9,000年前という限られた時期の津波堆積物が見つかっています。左の柱状図にあるようにT2とかT3というのが津波の痕跡なのですが、これらの履歴が大体100～300年間隔です。段丘が400年間隔でAの領域が活動した証拠を示しているのに対して、ここは100年、300年というもっと短い間隔になっているというのは、もしかしたらB、Cの領域が単独で破壊するタイプの地震による津波を含んでいるから、ここは見かけ上頻繁になっているという解釈も可能かなと最近考えております。

外房だけが大きく隆起するような地震というのが本当にあり得るのかというのを今、検証しているわけですが、例えば今後の調査予定地点として候補になるのは外房の鴨川という場所です。この場所も段丘があって、隆起の痕跡で一番高いところは標高18mという高さにあるので、過去6,000年から7,000年の間に大きく隆起しているのは間違いありません。ところが図の青丸で書いた地域では、最近の歴史資料の調査で元禄地震のときは沈降したという記録が見つかっております。つまり鴨川の辺りは元禄では沈降している。大正の関東地震でも0.7～0.8m程度の隆起で、それほど大きくは隆起していません。ということは、やはり単純な大正型、元禄型のタイプの地震による地殻変動の累積だけでは説明できないような、別のタイプの地震による隆起がこの地域にはあるということを示しているだろうと考えることも出来ます。

更に、もっと房総半島全体で見ていくと、この図は房総半島における完新世最高位の段丘、いわゆる縄文海進のときの6,000～7,000年前の段丘の高さをこのように分布で示しています。南端がもっとも高く30mの高さにありますが、元禄や大正の地震のときに余り隆起していない房総半島の北東の方でも意外に高いことがわかります。特にこの茂原という辺りでは、元禄地震のときも大正地震のときもほとんど隆起していませんが、かつての海面の証拠を示す化石が10mもの高さにあって、6,200～6,300年という年代を示しています。つまり意外と外房から九十九里の辺りというのは隆起が大きく累積しているのです。一方でここにちょっと書きましたが、房総半島北西部の東京湾の北部の方に関して言うと、実は隆起の累積は余りないように見える。実際に段丘の証拠も東京湾の北部沿岸には見られません。

九十九里の方の話ですけれども、九十九里が実際に隆起しているという証拠は、最近は Tamura et al. (2010) という論文でも示されていて、図がわかりにくいかもしれませんが、青枠で囲った A というのは横軸が年代、縦軸が標高ですけれども、かつての海面を示す地層の証拠がある年代で時々がくんと高度が下がっているということを示しています。つまり九十九里にも間欠的な隆起があるというのがわかり始めてきました。しかも隆起量が南ほど大きくて北へ傾動しているというのも見えてきています。この地域は先ほど言ったように元禄の変動の証拠がほとんどないし、大正の隆起もほとんどない地域。ということは、従来の相模トラフ沿いの断層だけでは説明できない、何か別のタイプの地震性の隆起があるだろうということが考えられます。

実際、先ほど説明した九十九里のすぐ南の夷隅地域にも幾つか隆起の痕跡というのはあって、岩石海岸の波食棚の地形でも、間欠的な離水を示すような証拠が 2～3 レベルで見つかっています。それらを写真と断面図でお示します。

次にお示しするのは完全な試行実験ですけれども、九十九里が隆起するような断層すべりってどんなものだろうと考えてみました。一応これは例えばの話でつくってみたモデルですが、元禄や大正の断層よりもやや北側のプレート境界の深い方に断層を持っていて、かつ、房総スロースリップの領域をちょっと避ける形で考えてみたというものです。

左側の方のモデルですが、スロースリップのすべり角の方向に合せてみるとこんな感じ です。これだと九十九里の北の方が沈降してしましますが、実際には北の方も長期的に隆起しているので実態と合いません。そこですべり角は無視してなるべく夷隅から九十九里南部が大きく隆起するようにして、一方で東京湾北部は隆起の累積がありませんから、それらに合うような形にするとこんな形かなという感じです。実際にこのような地震があるのかわかりませんが、試行モデルの一例として、こういったものを示してみました。

まとめますと、元禄地震に関してはまずは房総沖まで破壊しているだろうということが言えます。外房沖の断層については、この部分のみが割れるような、ここではあえて外房型と言いましたけれども、そのような地震の存在を示唆する段丘の証拠が最近になってみ つかり始めています。その外房型の破壊域も今のところは B、C の 2 つの領域に分けてい て、一体でいつも動くというわけではなく、それぞれが別々に割れてもいいわけです。更 には九十九里の方も隆起するイベントが別にもあってもいいかもしれないと考えています。あとは東京湾北部の辺りですけれども、今のところ変動地形学的には隆起痕跡は見つかっ ていないということです。

東京湾北部については隆起の累積がないからといって、その直下がすべるような地震が ないかと言うと、必ずしもそういうわけではなくて、例えばここの辺りの直下というのは 首都直下プロジェクトの地下構造断面などを見ると、フィリピン海プレート上面の傾斜が かなり低角で水平に近いので、そうするとそこがすべっても隆起は余り生じないというこ とになりますし、あとは●●さんも指摘されたように、そもそも隆起が累積して段丘が残 るということ自体が、先ほどの単純なすべり欠損と地震時のすべりだけでは説明できない

部分でもあります。段丘の成因なども含めて今後いろいろと考慮すべきことがあるといえます。

我々としては今後、黄色枠で書いたように、房総半島東部～南部沿岸の古地震調査を継続してやっていこうと考えております。

以上です。

○どうもありがとうございました。それでは、御質疑をお願いいたします。

何で段丘が残るんですか。

○これは諸説ありますが、その1つとして沈み込むプレート上面の形状が関係していることが指摘できます。特に房総の南端は Tsumura et al. (2009) で示されたように、海山みたいな盛り上がり、凸の部分が沈み込んでいるという証拠が出されていますが、何かそういうプレート上面の凹凸の形状が効いている可能性があります。

○だけれども、御前崎の日本平の逆傾斜とか、あそこも海山ですかね。よけいなことを言っただけです。

○大変面白い話で、特に私のような素人にはよくわかったんですが、Bの領域で何回かM7.5ぐらいの地震が起きたとすれば、普通の地震だったら何らかの被害なり記録なり、房総半島の先の方は安房ですね。安房というのは鎌倉時代とかで言うと京都に近い方なので、どちらかと言えば入口で比較的发展している方ですね。なぜ余り記録なりイベントを記述するようなものがないのでしょうか。ちょっと単純な疑問なんです。

○関東というのは、もともと歴史記録が江戸時代より前になると非常に乏しいというのがあります。ただ、最近では例えば1498年の明応の東海地震によると思われていた南関東の津波被害が、実は相模トラフ沿いの地震で起こっていたのではないかという説も出ているので、そういう視点で見たらひょっとしたらこういった相模トラフ沿いのBやCの領域の断層破壊で明応の津波が説明できるかもしれない、そういう視点も必要なのかなと思っています。それは1つの候補ですが、いずれにしろそういう歴史記録で対応する地震というのが中世になるとなかなか難しいというのが関東です。

○●●委員、どうぞ。

○この絵で九十九里浜の特徴を表すには、すべらすところはスロースリップの領域になってしまうのですか。

○スロースリップのところまですべらせてもいいんですが、今ここではあえて避けています。とりあえず房総半島北東部を隆起させるには、その真下ですべらせればいいので、スロースリップの北側にあたる大体ここら辺かなという感じで置きました。

○この形のモデルだとスロースリップ領域は避けてつくれるかもしれないと。

○かもしれない。ただ、実際のところ拘束していくのは難しいです。すべり角とかいろいろ試行しているんですけども、かなり任意性が高いので、過去の隆起パターンを段丘の高さから復元していくという作業をしていかないと拘束できないかなと考えています。

○九十九里の地震を起こすメカニズムって何なんですかね。

○そこはまだわからないですね。

○勝手に置かないと説明がつかないんですけれども、プレート境界もないし、何でしょうね。

事務局の方はよろしいですか。

○（事務局）1点、東京湾北部の辺り、隆起の累積なしのいわゆる解釈的な部分は、明瞭なものが見えていないだけですか。

○個々のイベントを記録した隆起の痕跡というのは見つかりませんね。ただ、縄文海進のときの海岸線の跡というのはわかっていて、その高さを考えると過去6,000年間で隆起はほとんど累積していないことになります。勿論、いったん隆起したけれども、地震後に沈降してもとに戻ったと言ってしまうえば済んでしまう話ではあるんですが、少なくとも房総半島南部のような一回一回のイベントが見られるということはないですね。

○（事務局）裏返して、ずっと沈降し続けているということを主張する必要もないと。

○それもないですね。だから結局は現在見ているのは最終的に残った過去6,000年のトータルの変動の結果でしか見ていない。その間に隆起したり沈降したり、もちろんずっと安定していたかもしれないけれども、そこまでは今のところ分解能がないということです。

○それでは、どうもありがとうございました。

もう一つ、短いものが残っております。時間になりますので手短にお願いいたします。

○（事務局）次回にということで、簡単にこれまでの宿題と言うんでしょうか、いわゆる本物の首都直下の方の巨大地震でない方の検討でございますが、それを整理しておきたいと思います。

1つはお手元に資料を置いてございませませんが、東京都の計算とこちらの部分で何か違いがあるのかという御指摘、違いを整理しておけという指摘がございました。その違いの整理を今、始めているところです。何が違ったんだろうか。これは乱数系列によって、乱数の取り方によって実は平均的な震度といいますか、パワーが震度にして ± 0.3 ぐらい変わることがあります。今、さほどこれほど大きな乱数系列の差がとられないようになっているといいますが、こういうこともあるので乱数の選び方については少し注意をしながら点検をしたい。

こういうことを含めてCの値を整理しているんですけれども、今回、我々の方で計算した5 km と 2.5 km を距離減衰で見たらどうなるのか。一応、工学基盤上に戻したおおむね700m/秒ぐらいのところに戻した距離減衰の様態を右側に示しました。上が5 km で下が2.5 km です。類似なんですけど、実は平面的な全体の絵から見てもわかりますとおり、全体2.5 km にするとやや小さくなっております。こういうことがどういうことから起こるのかみたいなことも、整理する必要があるかなというのが1つです。

波形が少し違ったのでという御指摘がございまして、波形を用意しました。現在我々の方で見たところに、左側に5 km、右が2.5 km のものですが、多少の違いはございますけれども、特段5 km と 2.5 km で特に変な波があるというふうには見られない。特に5 km のと

きに 2.5 で割ると 2 秒ぐらいの波が重なりやすいのではないかと。言い方を変えると 2.5 の小断層に乗せると 1 秒ぐらいの波が重なりやすいのではないかとということになります、多少でこぼこはありますが、この程度でこぼこになります。スペクトル 2 秒が出ていますが、左側、全体のでこぼこから見ると特に 2 秒がずば抜けて大きい。

○東京都でやったときは、結構きれいに出了ので場所にもよるでしょうが。

○（事務局）それは見ました。それに比べるとでこぼこがこの程度で、乱数の選び方としてそういうものがあるのかもしれませんが。ということで、全体をもう少し点検しながらということだと思います。

もう一つが、非公開資料 2 です。活断層で発生するマグニチュード 7 以上の強震動断層モデルについてというので、今、断層モデルは中防のこれまでの 2006 年中部近畿をする際に改めてもう一度整理をした部分の方式と、今の地震調査委員会の方式、必ずしも全く今というわけでもないところもありますが、それらの差がどうなっているかということで整理しております。

2 ページにグラフで書いたもの。同じ断層の長さがあったとして、こちらの方はやや M_w が大きめに求まるという式になっています。全体の過去のいろいろな解析例から見ると、こちらの中防の方はやや右側に寄ったグラフ。地震調査委員会の方は左側に寄ったグラフを使って、なぜ真ん中を使っていないのかと言われるとあれですが、何となくそういうふうになっている。

数の置き方とか、断層の深さのことを、3 ページに断層上端の深さを見ていますが、2006 年は近畿の方をしたので深さ 4 km、それより浅いというのではないではないか。あるいは地震基盤プラス 2 km のうちの深い方としています。関東の方では 5 km としたので、この断層の上端を地震基盤プラス 2 km にして、それに加えて 4 km、5 km との比較をするようにしてございますが、ここをどうするかというのを検討したいと思います。

地震調査委員会の方では、断層は基盤の深さプラス 2 km しないで基盤の深さを置いてございます。その代り、強震動生成域が真ん中ぐらいに来ている。こちらは強震動生成域は 2 列目に置くとしているので、強震動生成域のところはおおむね同じようなところになるような感じにはなっているのかとは思いますが、こういう差があるということでございます。セグメントの置き方が各セグメントごとで強震動生成域の置き方が今、違います。各セグメントごとに 1 ～ 2 個置く。2006 年以降はセグメントを分けると真ん中に 1 つでいいのではないかとというふうに整理しているという差があります。

5 ページ以降、それら断層ごとの最近の深さのものを整理しました。一応、異なるポイントが少し整理できましたので、この資料を基に地震調査研究推進本部の事務局の方とも相談しながら、最終的なモデルがどうあるべきかということを整理事、次回ぐらいに大体こういうもので計算したいんですが、どうでしょうかという案をまず断層モデルについては整理したいと思います。

それから、強震動の計算そのものを、サイズを変えることによって全体のパワーダウンの話とか、もともとパラメータの話とかございまして、それについてはもう少し整理して、計算の仕方をどうするか、東京都の違いがどこにあったのかみたいな形で整理をしたいと思います。

もしお気づきの点とか調査するにおいて、こういうことを調べたらということがございましたら御意見等いただければと思います。

以上です。

○特に質問おありの方はいますでしょうか。非常に細かい技術的なポイントですから、関心おありの方はメール等で事務局にお問い合わせもしくはアドバイスをすれば、事務局も助かると思います。

それでは、特にないようでございますので、これですべての議題を終了いたしました。事務局、お願いします。

○藤山（事務局）　、ありがとうございました。

本日、研究成果について御説明いただいた先生方、どうもありがとうございました。

次回ですけれども、配付しています資料に記載しておりますように、2週間後の7月24日火曜日の午前中10時から12時、場所はこの場所で全く同じになっております。よろしくお願いいたします。

いつものとおりでございますが、資料の送付を希望される方は封筒にお名前を記入していただき、置いていただければこちらの方から送らせていただきます。

これをもちまして、本日の検討会を終了させていただきます。どうもありがとうございました。