



平成 24 年 10 月 26 日  
内閣府（防災担当）

## 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会（第3回） 議事概要について

### 1. 第3回調査部会の概要

日時：平成 24 年 9 月 13 日（木）10:00～12:30

場所：中央合同庁舎 第5号館3階 特別会議室

出席者：山岡座長、橋本副座長、井出、長尾、堀、松澤の各調査部会委員 他

### 2. 議事概要

「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性」の議論に当たり、鷺谷教授（名古屋大学）から1944年東南海地震時の水準測量について、長尾委員から電磁気学的な先行現象について、井出委員から震源動的破壊過程の研究に基づく地震予測の難しさについて、堀委員から地震発生サイクルシミュレーションから得られた知見について、弘瀬研究官（気象庁気象研究所）から南海トラフの地震発生シミュレーションについて報告を聴取し、委員間で議論を行った。今回の議事の概要は次のとおり。

#### ・報告

（鷺谷名古屋大学教授報告）

- 東南海地震のときに掛川付近で行われていた水準測量で記録された異常な地殻変動について、南側が上がるような傾斜が地震発生に向かって加速して地震に至ったとする指摘があるが、データ解析による知見からデータそのものの統計的な有意性には疑問がある。傾斜変化を認めたとしても、連続的な加速を必ずしも示すものではない。また、データが本当だったとしても、プレート境界の断層すべりとしては解釈しづらい。
- 東南海地震の震源は紀伊半島の南側200kmぐらい離れたところにあり、掛川で前兆が起きて、紀伊半島の南側から破壊が開始するののかについて、震源物理の観点からは非常に大きな疑問がある。
- 当時の測量は二班でやっていたが、そのうちの一班分しかデータがない。もう一班のデータがあれば少なくとも異常の有無については白黒はっきりするが、それが出てこない限りにおいては、このデータに対する解釈は白でも黒でもなく、グレーである。

（長尾委員報告）

- 電磁気学的な現象と地震の関係について、統計的有意性が示されているのは、ほとんどが電離層や電波の研究で、地表観測に関してはそれほど顕著な統計的有意性はない。
- 最大の応力変化時である本震時には電磁異常が観測されない。電磁現象というものは破壊そ

のものではなく、応力集中過程において発生しているという可能性がある。

○電磁異常は前兆あるいは先行現象ではなく地震をトリガーするものである可能性もある。

○電磁現象とマグニチュードとの関係は今のところ確立されていない。先行現象があるということ、それでマグニチュードが予測できるかというのは違うものである。先行現象が統計的に有意であるということと予測可能ということとは別である。

(井出委員報告)

○地震の予測の難しさには幾つかのファクターがある。地震は決定論的カオスであり予測は難しいということがしばしば言われるが、決定論的カオスというのは短時間であれば予測できる。そういう意味では決定的に難しいという理由にはならない。ただし、そもそも決定論的でさえない事実もある。シミュレーションでは、密度や弾性定数、応力、摩擦法則を使うが、密度、弾性定数は見かけ上、小さな誤差で求められるのに対して、応力や摩擦法則というのは基本的にマクロ量で、これを本気でマイクロに扱うには量子統計などが必要になる。そういうところで決定論的に扱えないようなものがある。

○一番問題なのが大地震と小地震には差がないかもしれないということ。ひずみ解放のエネルギーを地震波、破壊、摩擦に分けるという分配に関して、大地震でも小地震でも観測から違いは見えない。また、スリップインバージョンで求めた規模の違う地震の破壊過程は、何倍かすると全部似たようになってしまうということが今までの研究でわかってきている。

○プレスリップについて、観測で見えたという研究もあるが、非常に稀である。シミュレーションでは、いろんな摩擦法則でかなり普遍的にプレスリップが起きる。これは、プレスリップのサイズを規定するパラメータ( $D_c$ )が、数値計算に用いる計算機コストの制限から、大地震のシミュレーションではしばしば大きな値で一定とされるため。小さい $D_c$ を入れれば小さいプレスリップが起きて、大きい $D_c$ であれば大きいプレスリップが起きる。

○実際の断層の構造には、色々なスケールにわたって不均質が存在している。そういう目でシミュレーションすることが大事と考え、 $D_c$ が空間的に一様ではなく大きく変わるモデルで計算すると、本当に地震らしいシミュレーション結果が得られて観測結果とよく合う。

○地震モデルは二つのエンドメンバーで考えなければならない。一つは固有地震的なアスペリティが一個、もしくは均一な構造が一面にあるモデル。この場合、 $D_c$ が決まっているので、それに対応したプレスリップが見える。もうひとつのエンドメンバーは、大きなスケールの構造の中に、中くらいのスケールの構造、さらにその中に小さなものがあり、もっと細かいものがあるというモデル。実際の地震現象はどちらの極端でもなく、間のどこかであって、どこにあるのかというのが、確率的なものを判断するには必要である。今はまだそういう評価に踏み出してなく、こういうことを考えていくことが大事。それがわかった上でもスロースリップや非弾性応答等さらに難しいことはいっぱいある。それで地震の予測は難しいですという結論になる。

(堀委員報告)

○地震発生サイクルのシミュレーションのほとんどはプレート境界の地震を対象とし、既存の弱面があり、プレート境界におけるすべりの時空間変化として地震をモデル化するというところをしている。固着しているところとすべるところの違いがあれば応力が増加し、応力が強度に達したら破壊をする。応力が強度よりも十分小さくなれば停止するというところでサイクルになる。強度の変化の仕方をコントロールする摩擦則には色々なものがあるが、基本的に固着すると強度

が回復し、すべると強度が低下する。基本的に我々は応力も強度も測定することができないが、単純な摩擦則の場合は応力と強度がすべりの履歴によって決まるような枠組みになっている。

- 計算機の能力がかなり上がってきており、非常に多くのシナリオを考えて計算し、それがどのぐらい観測データに合っているかを評価しながら予測をしていくことが現実に行えるようになってきている。色々なパターンを事前に計算で用意しておく、何か変化があったときに、すぐにその場所に対してその後の推移を予測することもできる。もちろん、使用するモデルが現実に近いものを用意できていないと、精度の高い予測には全くなならない。
- モデル誤差はどこまで行ってもつきまとう。シナリオを絞り込むためには観測データの改善が不可欠。過去には余りさかのぼれないため、色々なシナリオを用意し、どのシナリオに近い状況が現在起きているかを調べることで、予測の精度を上げたいと思っている。予測精度を上げるためには、その次の地震の発生時期に関わるような情報を観測データで捉えることが必要。
- 南海トラフのシミュレーションから言えるのは、M8 クラスの地震が起こるような範囲が普段固着しており、かつ、本震よりも一回り小さい中途半端な破壊というのが起きていないことを満たすようなパラメータで計算すると、有意なプレスリップが起きるとのこと。ただし、どのくらいの規模になるかは捕捉できていないので、観測できる地震が確実に起こる保証はもちろんない。
- 大きな  $D_c$  を持った大きなパッチの中に小さい  $D_c$  を持った小さいパッチがあり、それが相互作用をしながら色々な規模の地震を起こすという状況をシミュレーションすると、加速するようなプレスリップというのは起きたり起きなかったりする。同じ摩擦パラメータでずっと計算を流している間に色々なパターンが起きて、小さな地震になる場合もあれば大きな地震になる場合もある。加速して大きい地震になる場合もあれば、そうでない場合もあるという形で、色々なことが起こり得る。これだけ単純なものでも色々なことが起こり得る。

(弘瀬気象庁気象研究所研究官)

- 数値シミュレーションにより、南海トラフ沿いの巨大地震の発生履歴や東海と豊後水道で繰り返し発生している長期的スロースリップを再現した。
- このシミュレーションでは、南海トラフ全域を震源域とする地震が発生する場合と、東海地域を除く東南海・南海地震の震源域で地震が発生する場合を繰り返すが、後者の場合の後の期間に発生するスロースリップの振幅が大きくなっている。東海地域が前回震源域とならなかったことで、現在観測されているスロースリップというのが見えているのではないかと考えられる。豊後水道のスロースリップに関しては、どの地震サイクルでも大体同じように繰り返す。
- このシミュレーションから地震前に期待される出来事としては、深い方とか浅い方から固着の剥がれが生じて、破壊開始点である紀伊半島沖付近でプレスリップが生じる。仮想的な紀伊半島の先の観測点で見ると、地震前1年間で見ると徐々に変化し、約1カ月前にはGPSで観測可能なぐらいの変動量になる。ひずみ変化は検知力ぎりぎりだが、1カ月ぐらい前から何か変化があるということは分かる。
- パラメータの値を変えたケースでは、豊後水道のスロースリップが加速して巨大地震になるというパターンもある。
- 東海地震が単独で発生するパターンはまだ作成できていない。
- このシミュレーションでは、プレスリップは必ず発生することになる。しかし、その規模はパラメータに大きく依存し、そのパラメータの妥当性というのはわからない。

・委員からの主な意見は下記の通り

- 東南海地震時の水準測量については、測量された方の手記に風が強かったという記述がある。水準測量の大敵は風で、風の影響によって見かけ上の大きな差があることはあり得る。
- 電磁気学的な現象については、統計的な有意性はあるが、確率的な現象なので、確率利得がどのくらい上がるのかを議論することが大事。例えばそれがわからないと先行現象研究の費用対効果もわからない。
- 超高層や内部電磁気の専門家は、この研究結果に対して批判的で、そういう専門家と対話のなされていない状況で1つの政策判断をするというのは危険。特に電離層異常は日ごろ良く起こっているものであって、恣意的に取っているのではないかと疑わざるを得ない。
- 電磁気学的な現象について基礎研究としては進めていくことが重要だが、統計的な有意性プラス確率利得という考え方の検証をきちんと行っていくことが必要。また、従来は先行現象であるという考え方もあったが、地震のトリガーということも否定できない可能性がある。その意味では、少し広い視野で有意性を見ていく方が建設的である。
- 南海トラフでは、ローディングされている中で地震が起きていないということが情報としてあり、階層的不均質断層モデルよりも、固有地震的アスペリティモデルに近いということにもなりうる。
- 東北と南海とを二つのモデルの間に置くとしたら、東北が階層的不均質断層モデル側であり、南海は固有地震的な方である。しかし、どの程度固有地震に近いかは分からない。
- 仮に応力分布と強度分布がわかったら、事前に巨大地震にまで発展するのか、途中で止まるのか、ある程度決まっているのではないか。計測できるかどうかは別として、応力と強度分布の比較で、確率的なものではあるが、より起きやすいか起きにくいかは事前に準備があり、ここまで成長したときにさらに大きく成長する準備ができている場合には、より成長しやすいというイメージがある。
- 成長のしやすさについて相対的なことは言える。しかし、断層の動きによって強度が著しく低下するような現象が起こりうることを認めると、絶対的なことは言えない。
- 南海トラフ沿いのプレート境界は不安定性が高いと言え、その内部に複雑な構造があったとしても、全体として不安定性の高い状態の摩擦特性であればべったり固着してしまうので、中に幾ら不均質な構造があっても、それは全体が破壊を始めるまではほとんど姿をあらわさないことになる。
- 余効すべりから加速せずに本震に至るといえるときに、どういう状況が考えられるのか。Dc が小さい場合や、TP が働いた場合等以外に見落としているものが無いか気になる。
- 地震が発生し、余効すべりが起きても、余効すべりであることから加速する必要はない。余効すべりが加速せずに本震に至る場合は、既にその付近の応力レベルがかなり高かったと思っただ方が良い。
- 東北地方太平洋沖地震でプレスリップの加速が見えなかったからといって、南海トラフの地震でプレスリップが見えるのか見えないのかという話とは必ずしも結びつける必要はない。

- 地震の発生履歴やスロースリップを再現する数値計算は、現象を理解するために行われるのはいいことだと思うが、プレスリップのサイズは桁で押さえられていなくて、どうスケールするかなど色々分かっていないことから、予測に使ってはいけない。
- 昭和の東南海、南海地震の再には、その前に潮位の変化などは表れていない。シミュレーションもそういった実際のデータとの比較を入れる必要がある。そういうものが無い結果で、このくらいのプレスリップが起こりそうだとするのは良くない。
- ゆっくりすべりが何回か起こる中で地震を発生させる可能性があるという部分についてはあくまで理解の助けということであって、こういう場合もありますということ。
- 西側への連動性について、シミュレーションの立場から言うと、我々がモデル化しているような弾性体の中に弱面があるという、その摩擦の不均質でというレベルでは、構造探査で出てきているような構造の不均質をダイレクトにモデルに取り込むことができないので、日向灘のような構造があることによってどういうふうに破壊を止めたり止めなかったりということに寄与するかはわからない。
- ソロモンの2010年の地震は、明らかに破壊が構造不均質を超えている。つまり現象としては構造不均質を超えた例はある。

<本件問い合わせ先>

内閣府政策統括官（防災担当）付

調査・企画担当参事官 藤山 秀章

同企画官 若林 伸幸

同参事官補佐 下山 利浩

TEL : 03-3501-5693（直通） FAX : 03-3501-5199