

(1) 平成26年度新規特別研究課題事前評価

③広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発

○委員長 次の③に移らせていただきます。「広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発」、これも地理院から説明を受けて、分科会の報告を受けた後、皆さんの意見を伺いたいと思います。

では、お願いします。

○説明者 それでは、資料3-3を使って説明させていただきたいと思います。

資料3-3をご覧ください。「広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発」ということで話させていただきます。

スライド2をご覧ください。下の図に示されますように、陸側のプレートと海洋プレートの境界には、プレート同士がくっついた固着域という領域が存在します。この固着域は将来の地震発生領域になるため、この固着域の状態がどのようになっているのかを詳細に調べることは、地震の発生予測にとって必要不可欠なことになります。そして、この地下の固着状態を調べるには、地表の地殻変動のデータが必要不可欠になってまいります。このために、国土地理院では、全国に1,000数百点のGNSS観測点を設け、地表の動きを毎日監視しております。

次のページをお願いします。本研究の背景としましては、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響によりまして、現在、東海地方でプレート境界の固着状態がどのようになっているのか推定することが難しくなっています。

また、海溝型地震の長期的な地震発生予測の現状ですが、限られたデータに基づいて行われているため、不確定な要素が大きいと指摘されています。このために、シミュレーションや固着状態のモニタリングを通じた改良が現在求められています。

3番目に、国土地理院では、プレート境界の固着状態とその変化を効率よく推定する手法と解析システムの開発を実施してきました。

このような背景のもと、現在の固着状態推定における問題点が3つございます。

1番目は、広域的な影響を考慮した解析が困難。これは東北地方太平洋沖地震を念頭に置いております。

2番、マイクロプレートの影響が考慮できていない。

3番、陸域から離れた海溝付近の固着状態の推定精度が極めて低い。

この3つの問題のために、固着状態の精密な監視や海溝型地震の長期的な地震発生予測には、現在の固着推定の精度は不十分であると考えられ、固着状態推定手法の改良が求められています。

次に、スライド4をご覧ください。スライド4に示されますように、左側は東北地方太平洋沖地震が起きる前の地殻変動を示しています。右側が東北地方太平洋沖地震が起きた

後の地殻変動を示しておりまして、この2つを見比べてわかるとおり、地震を挟んで地殻変動の状態が大幅に変わってしまっているのが見てとれます。このために、東海地方のプレート境界の固着状態が現在どうなっているのかの把握がよくできない状態になっているという問題点を今抱えているということになります。

次に、1つスライドを飛ばしまして、スライド6をお願いします。問題点の2番は、マイクロプレートの運動を考慮していないということです。この効果がプレート間の固着状態の推定に悪影響を及ぼしています。このスライド6の左の図が従来のモデルですが、日本列島はマイクロプレートから成り立っています。したがって、左の図ではなく、マイクロプレートを取り入れた右の図のようなモデルを構築し、それをもってプレート境界の固着状態の推定を行う必要があると言えます。これが問題点の2番になります。

次のページをお願いします。次に問題点の3番、海溝付近の固着状態の推定精度が悪い。これは海底地殻変動のデータを取り入れる必要を示唆しています。このスライド7で、左側はテストのためにプレート境界上に与えました仮想的なすべり分布を示しています。右側が解析で推定されたすべり分布を示しています。この図を見てみますと、海溝付近で与えられたすべり分布が再現されていないのがよく見てとれます。

次に、海底地殻変動のデータを取り入れたらどうなるかというのをスライド8に示しています。スライド8で、左側の図にちょっと大きな黒い丸印が描かれています。これが海底地殻変動の観測点の位置を示しています。左の図で示した色は、プレート境界上に仮想的に与えたすべり分布を示しています。右の図は、解析によって推定されたすべり分布を示しています。そのようにして見ますと、右側の図では海溝付近での与えられたすべり分布を比較的良好に再現しているのが見てとれます。

次のページ、スライド9をお願いします。

本研究の目的として、1番目、海溝型地震の長期評価の改善への貢献を考えております。

2番目は、巨大地震の余効変動発生下における固着状態のモニタリングを行えるようにしたいと考えております。

これらの目的を達成するために、目標といたしまして、丸の1、巨大地震の余効変動の影響を考慮して、プレート境界の固着状態をより正確に把握できるようにする。

2番目は、プレート境界の固着状態の推定にマイクロプレートの影響を考慮した推定ができるようにする。

3番目は、海溝付近の固着状態を評価できるレベルに分解能を改善するといったことを掲げています。

これらの目標を達成するために、固着状態推定手法の改良が必要となってきます。

次に、スライド10ですけれども、スライド10には、固着状態推定手法の改良点が赤い文字で示されています。3点ございます。

1点は、主要なプレート境界全体の効率的な解析を行えるようにすること。

2点目は、マイクロプレートの運動を取り入れられるようにすること。

3点目は、海底地殻変動データを取り入れられるようにすること。

このような改良を行いまして作成したプログラムを用いて、半自動でプレート境界の固着状態を解析できるシステムの開発を行います。

それと並行いたしまして、粘弾性緩和の影響の見積もりも行いたいと考えております。この粘弾性緩和に関しましては次のスライドで御説明いたします。

この研究で半自動でプレート境界の固着状態を解析できるシステムを開発した後に、主要なプレート境界全体の固着状態の推定を行い、主要な固着状態の場所やひずみの蓄積率を明らかにできると考えております。

次のページをお願いします。スライド11になります。先ほど粘弾性という言葉が出てきたので、それについて説明いたします。

マントル物質は粘性と弾性の性質（粘弾性）を持っており、地震によって崩れたバランスを回復しようとして地震後に流動し、その結果、地表が変動することになります。この地表の粘弾性変形を推定し、プレート境界の固着状態の推定にどのぐらいの不確定さを及ぼすかを見積もることをこの研究で行おうと考えております。

次に、スライド12を見てください。スライド12では、解析手法の改良点を模式的に示しております。このスライド12の左側上に現状と書かれていまして、現状では地域ごとに解析を行っている、マイクロプレートの運動は取り入れていない、また陸域データしか使っていないという現状ですが、これを改良いたしまして、改良後に主要な領域を同時に解析できるようにする、マイクロプレートの運動も考慮する、そして海底地殻変動のデータも使用するようになります。その結果、出力といたしまして、高精度なプレート境界の固着・すべり状態の時空間変化を推定することができることとなります。

次のページをお願いします。スライド13で、開発システムの出力イメージを模式的に示しております。ここに示されましたように、本研究で開発されたシステムを用いて、まずマイクロプレートの運動が推定されます。そして、主要なプレート境界の固着とすべりの状態が同時に時空間変化として出力されることとなります。

この研究成果とその活用といたしましては、スライド14をお願いします。

1番、改良された固着状態推定手法のソフトウェアを組み込んだ固着とすべりの状態のモニタリングシステムが開発されました。それは国土地理院における地殻活動モニタリングに活用されることが期待されます。

2番目、プレート境界の固着状態が精度よく求まるということで、長期的な地震発生の評価に貢献できると考えております。また、地殻活動評価の判断材料として各種防災関連の会議に活用されることが期待されます。

以上になります。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは、分科会からお願いします。

○委員 この研究は、プレート境界の固着とすべりの状況について、現状で可能なデータ

解釈を積み上げて、できる限り正しくモニタリングするシステムをつくらうとするものです。差し当たり、東北地方太平洋沖地震の変動が他のプレート境界域にどのような影響を与えているかということが問題になりますが、今後、他の巨大地震が発生したときなどにもこのシステムは当てはめることができるものですので、ぜひ推進したいということです。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは、委員の方から質問、意見ををお願いします。

○委員 マイクロプレートというものを前提にした研究だと思うのですが、このマイクロプレートというのは既にかなり客観的な存在として位置づけられているのでしょうか。それとも、まだかなり仮説の段階として取り上げるというようなのでしょうか。

○説明者 日本列島がマイクロプレートで構成されているという点では意見は一致していると思います。ただし、そのマイクロプレートがどの場所にあるのか、その境界はどこにあるのかといった点は、研究者それぞれによって違うと見ております。

○委員 ということは、私もこの辺は素人でわからないのですが、現在のところは、区分されているもの自身、客観的なデータに基づいてやっているというよりは、かなりの仮説を包含した形で、こういう形であればいろいろ説明がつくといった感じでこういうデータはできているわけですか。

○説明者 日本列島には活断層が非常にたくさんあるわけですが、その主要な活断層領域がマイクロプレートの境界になっているのではないかとすることでモデリングされる例が多いと考えています。

○委員 逆に言うと、マイクロプレートがどうなっているかということも、この研究を通じて精度よく把握されていくと考えていいわけですか。

○説明者 はい、そのように考えています。

○委員 それは非常に重要なポイントだと思います。どうもありがとうございます。

○委員長 ほかにはどうでしょうか。

○委員 今に関連しまして、マイクロプレートを取り入れたモデル例がスライド6に示されておりますけれども、幾つかのモデルをいろいろ組みかえながら固着状態の推定をやっていくことになるわけですか。

○説明者 はい、そうです。

○委員 これに関して、どのモデルが適正、あるいは適合性がよいという検証はどのような形で行われるのでしょうか。

○説明者 それは、活断層分布、それからデータへのフィッティングのよさ、そういったものを通して調べていこうと考えています。

○委員長 ほかに。

ちょっと教えてもらいたいのですが、スライド5、東北地方太平洋沖地震前の固着の状態はこうで、地震後はこうなって、この変化は本当かという表現になっていますね。これは、従来のユーラシア大陸、北米大陸とか、そういう大きいプレートのまま計算する

とこうなりますということですか。

○説明者 この図に関しては、左側が東北地方太平洋沖地震の前に出てきた地殻変動を用いた固着状態の推定結果で、プレートはフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界です。これはコンターで描かれていますが、若干説明ということで、例えばこの左の図で0.06と書かれた領域は、年間6cmの速さでフィリピン海プレートに陸側プレートが引きずり込まれている領域を示しています。そうしてみますと、東北地方の地震の前後で地殻変動のパターンが大きく変わるために、推定された固着状態も大きく変わってしまうという結果になっています。これは、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響で地殻変動のパターンが変わってしまったために出てきた変化であり、そういうことをこのスライドで説明したかったということです。

○委員長 「この変化は本当？」と書いてあるけれども、先ほどの質問と同じけれども、これはどういう形で検証されていますかということですか。要するに、計算上は出てきます、こうなりました、本当かどうかはどうやって検証するのですかということですか。その検証の方法を考えようということですか。その辺がよくわからなかったということです。

○説明者 この検証に関しましては、まずこの変化は本当かという点では、本当でないと考えています。それをどうやって検証するかということに関しましては、東海地方だけではなく、東北地方まで含めた広域的な解析を行って、それで東北地方の地震の影響を取り除いた東海の固着域の推定を行う必要があると考えております。

○委員長 それを今から計算し直しましょうということですか。その辺がよくわからなかったものですから。いや、大体言わんとしていることはわかりましたので。

ほかには何か。

○委員 御説明、どうもありがとうございます。

モニタリングシステムという1つのシステムを開発されるということですが、システム開発をした場合には、そのシステムの妥当性とか信頼性とか有用性といったものを検証する必要があると思うのです。そういったものはどのようにされるつもりでしょうか。

○説明者 国土地理院では、今までプレート境界の固着状態の推定をいろいろとやっております。そういった基礎要素といいますか、そういったものをまとめて1つのシステムにするので、基本的には過去のデータに裏打ちされたシステムができると考えております。

○委員 そうすると、過去のデータに基づいたもので、そのままずっと継続されたデータを用いたシステムをつくられているということで、妥当性はそこで担保されるということでしょうか。

○説明者 一応、研究テーマとしては過去のものも推定します。私が先ほど言いましたのは、過去に国土地理院で固着状態の推定のやり方をいろいろと行ってきております。そういった過去のものが蓄積されておまして、その評価は比較的妥当な評価になっているので、それらを寄せ集めた今回のシステムは基本的には信頼に足るものになると考えており

ます。

○委員 どうもありがとうございます。

○委員 スライド11の辺ですけれども、粘弾性というのが固着現象に対してかなり影響を持っているということですね。こういったデータは、地球物理学からはかなりいろいろデータがあると思うのですけれども、マンツルの物質というのは、深さがどのぐらいで、温度がどのぐらいだったら粘弾性はどうかといったデータは大体把握されているわけですか。それとも、そういうもの自体も推定するようなことをやるわけですか。

○説明者 粘弾性を一緒に推定する手法があるのですが、今回の研究ではそこまでは行きません。あらかじめ、粘性係数はこのぐらいの範囲にありますよという情報を使って、最低の場合、最高の場合でどのぐらい粘弾性の変形が起きるかというのを見積もって、それが固着状態にどのぐらい影響を及ぼすのかというのを見積もっていきたいと考えております。

○委員 実際、地震なんかは、プレート境界で両方とも粘弾性を持っているものが大きくずれる現象ですよ。そういう意味では一種の摩擦みたいなこと、スリップすることになると思うのです。粘性というのは流体みたいなものだろうと思うのですけれども、そういったものが入ると性格が全然違ってしまうのではないかと思うのです。ですから、粘弾性の見積もりで予測の精度もかなり差が出てしまうのではないかと思うのですけれども、そういったことに対してはある程度評価はされているわけですか。

○説明者 今現在、そこまでは評価していないのですけれども、粘性率で大きく答えが変わります。その粘性率ですけれども、具体的な幅がある程度見積もられていますので、その幅の中でどのぐらい固着状態の推定に影響を与えるかというのを調べていくことを考えています。

○地殻変動研究室長 補足いたしますけれども、粘弾性というのは、プレート間の固着を推定する上ではノイズになるのです。本当は、あらかじめわかっていたら、これを取り除いてしまいたいけれども、非常にゆっくりと進む現象で、しかも固着とかプレート境界すべりによる地殻変動と見分けをつけるには非常に長い年月を要するということがありますので、この期間中にそこまでというのは難しい。ただし、ある程度、どのぐらいの粘性を持っているかという範囲は特定できるから、それでこれぐらいの範囲になるだろうと。固着の推定における不確定さをそれで押さえていこうというスタンスで組み立てているものです。

○委員長 ちなみに、先ほどのスライド5とかを見ると、年に2cmみたいな形でずれている、あるいは固着しているみたいなことですが、このぐらいの地殻の強さだと最大どのぐらい持ちこたえて、アキュムレーションとか累積固着の状態がどのぐらいになるとはね上がるみたいなことを考えておられるか、考えがあったら教えてもらいたいのですけれども。

○説明者 この地域では100年から150年ぐらいの間隔で地震が起きております。そ

の中で固着域が、例えば年間2 cmぐらいあるとしたら、100年で200 cm、2 mすべる、そういった大ざっぱな推定ができることはできます。

○委員長 2 mぐらいたまったら反発しそうだということですか。それだとちょっと小さ過ぎるような気もするのですが。

○説明者 例として挙げただけですけれども、基本的には地震の発生周期がございます。その発生周期の間にどのぐらいひずみがたまるかということを調べるには、現在の固着状態が100年、150年の間続いたとしたら2 m、3 m、4 mたまるのだということ推定して、その大きさで地震が発生する。ですから、地震の規模がそれによってある程度推測できることとなります。いつはね返るかというのは、過去の履歴を調べて、経験的に、平均的には何年間の周期で起きているのだということ調べて、それをもとに、現在の固着状態のひずみの蓄積率を掛けて、地震が起きたときにどのぐらいの規模の地震になるのかを推定することができるかと考えております。

○委員長 ただ、東北のときには、あのはね上がりから言うと、数m程度の固着ではないですよ。みたいなことだと、このモニタリングをするときの意義というのは、事実としてこのぐらい固着しているのではないかと計算できますということだけれども、結果としては、どのぐらいのスピードで固着するとはね上がるのかという問題と、累積がどのぐらいになるとはね上がるかという2つぐらいのモデルがあるだろうと思うので、そのあたりのことを念頭に置きながらやった方がわかりやすいような気がします。すべりのモニタリングシステムの開発というのは何を目的にしているかという、モニタリングの数値解析が正しいか正しくないかを検証しますというような言い方でされているのですけれども、実際にモニタリングをすること自身の意味は、どのぐらいのスピードでそこが固着して、あるいは累積がどのぐらいになるとどうも地震が起きそうだみたいな、地震発生予知との関連の中で捉えられた方がより実用的だと思うのです。そういう意味では、モニタリングは、この場合はスピードですけれども、あとは累積がどのぐらいになるかみたいなことをもう少し視野に入れながらこの研究を進めた方がより幅が広がるのではないかとこの感じを受けました。

○説明者 固着状態の推定に関しましては、まず将来の地震発生がどこで起きるかという視点で重要だと思います。それから、何年たったら耐えられなくなって地震が発生するかということは今のところ余りよくわかっておりませんが、ひずみの蓄積率といったものを知ることによって、どのぐらいの規模の地震が起き得るかということはある程度推測できると思います。

先ほどの東北地方太平洋沖地震の例ですけれども、あれは海溝の近くで非常に大きなすべりが生じています。したがって、陸域のみで推定していました固着領域が海溝領域には及ばなかったために、想定とは非常に異なった大規模な地震になってしまった。それを見逃してしまったということになります。海溝付近でプレートの固着が非常に強かったということも多く地震学者は知らなかった。そのために予想に反した大規模なものになって

いる。東北地方の固着状態をいろいろな方が推定されていて、それらの方のモデルで、もし一遍に固着域がずれた場合は、M7ではなくて、もう少し大きい地震になるだろうということと言えたのですが、東北地方に関しては、宮城県沖地震みたいなのが東北地方の典型的な地震であって、アスペリティが一遍に壊れるのではなくて、少しずつ壊れていく領域ではないかという先入観があったという点もありました。

○委員長 海域のGPSデータがないというのは大分前から指摘されていて、海域の方向の変位の予測はなかなか難しいというのは、この研究会というか、地理院が研究開発するようになって、当初からそういうことだった。そういう意味では、難しい部分を陸域のデータからいかに推定するかみたいなことがあるので、これはなかなか難しいというか、そういうことは、皆さん、多くの場合承知していると思うので、精度を高めるような形での努力は必要だろうと思います。

ほかには。

○委員 時間依存インバージョンの解の出力の時間のステップみたいなのはどの程度予想されていますか。固着のモニタリングだから、そんなところどころ変わるものではないと思うのですが、大体年単位とか、どのぐらいのタイムステップを考えておられるか。

○説明者 差し当たっては1週間ぐらいを念頭に置いています。計算機性能との兼ね合いもあって、どのぐらい短い間隔にできるのかというのはわかりません。今のところは、1週間あるいは1月ぐらいの間隔で推定していけるようなシステムにしたいと考えております。

○委員長 これは、何か緊急事態というか、地域が測定できれば、あるいは予測できれば、その地域に関してはかなり短い間隔で、通常は比較長くとか、そういう対応ができるのでしょうか。

○説明者 はい、そうです。

○委員長 ほかにありませんか。

なければ、この課題はこのぐらいにさせていただきます。