

(1) 平成25年度終了特別研究課題終了時評価

②プレート境界の固着状態及びその変化の推定に関する研究

○委員長 次の議題の②に移らせていただきます。②のプレート境界の固着状態及びその変化の推定に関する研究、これも地理院から説明いただいてということをお願いします。

○発表者 それでは、プレート境界の固着状態及びその変化の推定に関する研究ということで御報告させていただきます。資料2-3を使って説明させていただきます。

スライド1番をお願いします。研究期間は平成23年から3年間行われ、予算は3516万8000円使われております。

次に、ページをめくってスライド2番をお願いします。本研究の背景ですが、東海・東南海地震が発生した後に、プレート境界で余効すべり（前兆すべり）が発生し、南海地震の発生につながった可能性がございます。このような前兆すべりを検出するには、高い時間分解能でプレート境界の固着域の状態を監視する手法が必要となっておりま。このスライド2に示されますように、地表の変動を測ることによって、地下のプレート境界の固着、すべりの状態を推定することができます。そのようなシステムをつくりたいということになります。

次に、スライド3番をお願いいたします。本研究の目的は、海溝型地震に至る先行現象を早期に検出することを目指し、地震発生予測の向上に貢献することを掲げております。そのために目標といたしまして、1番、地殻変動データから西南日本のプレート間の固着状態を推定・監視する手法の開発を行います。2番目、解析を自動で行い、固着状態を監視するシステムの開発を行います。3番目、現在までの西南日本のプレート境界の固着状態の時空間変化の推定を行うことを考えて、目標としております。

それでは次に、スライド4番をお願いします。本研究の内容が4項目掲げられております。それぞれの項目に関しまして以下説明させていただきます。

スライド5番をお願いします。スライド5番は(1)解析時間の短縮を行いました。この図に模式的に示されますように、横軸が時間、縦軸が推定滑りですが、従来は毎回最初から計算を行っていました。それに対して本研究では、新しいデータのみ解析することをできるようにし、そのために解析時間を短縮することができるようになりました。具体的には2週間程度かかっていた計算が1日で終わるというケースがあります。

次に、ページをめくっていただきましてスライド6番をお願いします。本研究の内容の

(2) として、前兆すべり検出可能性の検証を行いました。このスライド8番では、気象研の弘瀬博士のプレート境界のすべりのシミュレーション結果から計算される地殻変動に誤差を与えたデータを作成し、そのデータを逆解析して、地下のプレート境界のすべりを推定した結果を示しています。この図で陸側プレートが海洋プレートに対するすべりを示しております。スライド6番で一番左側は南海地震発生前の40日～65日前になっております。真ん中が地震発生前15日～25日、一番右が発生前10日～3日になっておりまして、紀伊半島の沖合で南海地震の発生前に起きました前兆的なすべりを逆解析で推定することができ、南海地震に至る前兆的なすべりを捉えられる可能性がこの研究から示されております。

次に、スライド7番をお願いします。監視システムの構築ということで、地殻変動データの生成からプレート境界面上の固着・すべりの推定を自動で短時間に行えるシステムが開発されました。また、このシステムには推定結果のさまざまな可視化が行える機能をつけてございます。

次に、スライド8番をお願いします。スライド8番で監視システムの構築ということで、この監視システムの構築の結果、さまざまな可視化が効率的にできるようになっております。スライド8番で観測と計算の比較図や時系列の比較図、三次元可視化図、モーメントの変化図、すべり分布の図、そういったさまざまな可視化がこの開発されたシステムによって効率的にできるようになってございます。

次のスライド9番をお願いします。(4) 西南日本の固着状態ということで御報告させていただきます。

スライド9には1999年～2001年までの推定された固着状態が示されております。この図に示されますように、東海・東南海・南海付近でプレート境界で陸側と海側のプレートがよくくっついているのが見てとれます。プレート境界面上でよくプレートがくっついた領域で、将来の地震発生のためのエネルギーが蓄えられているということになります。

次のページをお願いします。次に西南日本の固着状態、先ほどお見せいたしました、それはずっと同じかというと、違いまして、先ほどの定常的な固着状態からのずれが生じております。その結果を示したのがスライド10番になります。スライド10番で、左上が1997年～2000年まで、左下が2000年～2003年まで、右上が2003年～2006年、右下が2006年～2009年で、この図に色が示されている領域で、陸側のプレートが海洋プレートに対してはね上がるというスロースリップ現象が起きていることになります。スロースリップとは、地震

波を出さずにプレート境界で時間をかけてすべりが発生する現象のことになります。

そのようにして見ますと、スライド10番で1997年～2000年にかけて、豊後水道でゆっくりとしたスロースリップが発生しております。また、2000年～2003年にかけては、紀伊水道、東海で若干色が見られ、この地域のプレート境界上ですべりが発生しているのが見てとれます。また、右上の図、2003年～2006年では豊後水道ですべりが、また東海でもすべりが発生しております。2006年～2009年にかけては、豊後水道でのすべりがまた発生しております。このような定常的な固着状態からのずれを横軸時間で並べ直したのがスライド11番になります。

スライド11番で、横軸時間でとっておりますが、検出された豊後水道のスロースリップは、1997年1月ぐらいから1年間かけてマグニチュード7.1のエネルギーを放出しております。また、豊後水道では2003年に1年間かけてマグニチュード7.1程度のエネルギーを解放しております。また、豊後水道では2009年ぐらいから1年ほどかけてマグニチュード7程度のエネルギーを放出しております。それに対して紀伊水道のスロースリップは、この解析期間、1997年～2009年にかけては1回しか起きていない。大きさ的にはマグニチュード6.4、継続時間は1年間ほどになっております。また、東海のスロースリップもこの期間で1回しか起きておりません。5年間ほどかけてマグニチュード7程度のエネルギーを放出しております。このように、地域によってスロースリップの頻度、継続時間、規模が非常に多様であることが明らかにされつつあります。

次に、スライド13番をお願いします。まとめとして、1番、解析時間の短縮が行われました。2番目、南海地震前のプレート間のすべりを捉えられる可能性があることが確かめられました。3番目、地殻変動から半自動でプレート境界の状態を監視するシステムが作成されました。4番目、網羅的に西南日本のスロースリップを検出することができました。その結果、スロースリップの多様性が現在明らかにされつつあります。

時間がまだよろしいようでしたら、次のページをお願いいたします。スライド14ですが、活用ということです。開発されたシステムは、駿河、南海トラフの沿いのプレート境界の固着状態の効率的な監視に活用される見込みになります。また2番目といたしましては、長期・中期・短期的なプレート間固着状態を各種防災関連の会議に提出し、地震活動の評価に活用されると見込まれております。

まだ時間がございましたら、次に達成度の分析、スライド15番をお願いします。（1）有効性の観点からの分析では、以下の視点で有効な手法及びシステムが開発されました。下

に4点ございますが、これは時間の関係上省かせていただきます。2番目、効率性の観点からの分析ですが、プレート境界上の固着やすべりの推定プログラム及び可視化のプログラムは、国土地理院で開発済みのプログラムをひな形として改良することにより、効率的に開発されてございます。

次に最後、スライド16番ですけれども、今後の課題といたしましては、現在の解析ではブロック運動を取り入れておりません。また、海域の解像度が悪いということが言えます。また、他地域の影響が考慮されていません。特に東北地方太平洋沖地震の影響などが考慮されていません。このため、これらの問題に対応するために、来年度から特別研究「広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着と滑りのモニタリングシステムの開発」に引き継がれる予定となっております。

最後に、資料2-2をお願いします。資料2-2に成果公表のリストが出ております。このような形で成果が公表されてございます。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは、測地分科会の結果からお話を伺います。

○委員 成果の概要は、地殻変動データからプレートの固着状態やその変化を短時間で求められるように解析プログラムを改良しました。さらに解析を自動で行うようにして、固着状態を監視するシステムを構築しました。そして、このシステムを用いてシミュレーションデータをもとに、南海地震発生1カ月程度前から前兆すべりを検証できる可能性があることがわかりました。また、実際のデータから西南日本のプレート境界の固着とすべりの推移を推定しました。

当初目標の達成度ですけれども、GEONETデータを用いて西南日本でのプレート境界の固着状態を高精度かつ連続的に推定できるシステムの構築が当初目標だったわけですが、今回の研究でこの推定に要する時間を大幅に短縮し、地震発生に至る先行現象があれば、こういうのが早期に検出できる可能性を示すことができました。

成果公表発表は、先ほどもありましたように、資料2-2にありますように、非常にすばらしくて、ネイチャーを含む国際誌に4編、研究報告書が3件、学会発表が4件あります。すごいいい成果です。

成果活用の見込み、GEONETデータをもとにシステムを用いて解析すると、西南日本など、プレート間の固着状態の時間変化についての地震予知連絡会の資料作成を行うこととともに、ウェブ等に公表できる可能性があります。

達成度の分析ですが、地殻変動データからプレート境界の固着状態の変化を短時間で推定できるようになったので、大地震発生前の前兆的なすべりを推定するには有力な手段となり得ます。その意味で当初の目的は達成されております。

残された課題と新たな研究開発の方向で、プレート境界以外のブロック的な運動は取り入れられておらず、まだまだ改良の余地があります。今後また特別研究「広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着と滑りのモニタリングシステムの開発」に引き継がれる予定だということなので、期待しております。

その他ですけれども、非常にレベルの高い成果を上げているのですが、ちょっと気になるのが、非常に優秀な人の個人的な能力に依存している部分が多くて、今後、国土地理院のシステムとして、必要なときに誰でもこのシステムが使えるという形になかなかないということ、そこがちょっと気になるということです。

総合評価として、結局、これは1にするか2にするか、大分迷ったのですけれども、研究レベルとしては本当に高いです。論文の成果もすごく上がっています。ただ、先ほど最後に言った、例えば担当者がどこかの大学にぽんと引き抜かれるとかということが起こったときに、このシステムが本当に引き継げるのかとか、そういうことがちょっと気になるということです。そこが誰でもできるような状態になっていないということなので、ちょっと辛いのですけれども、2としたのが現状です。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは、委員の方の御意見、御質問を受けたいと思いますので、どうぞ。

ちょっと質問をいいですか。スライド12がネイチャーでみたような感じですね、東北の。これは起こった後の状態ですが、起こる前のこのあたりのスロースリップなり固着状態は計算されるとどういうふうな形で、それで地震とどういうふうな関係になっていたかはわかっていますか。

○発表者 それに関しては、国土地理院から幾つか論文が出ておりまして、私は2012年にGGRに論文として掲載されております。

○委員長 そうすると、例えばスロースリップが豊後水道のところで何回も起こっているのですが、ここでは急激に「ぱん」とはねるような地震は起こっていないですね。

○発表者 はい。

○委員長 スロースリップでエネルギーが解放されてしまうみたいな。そうすると、スロースリップが起こっていたときと地震との関係はどういうふうにつけられているのかは、

ちょっと説明の中ではよくわからなかったです。だから、現象としてはスロースリップとか固着状態はこうですよということですが、スロースリップが起こると地震が起こるのか、スロースリップで解放されてしまうと地震は起こらないのか。そのあたりの関係はどんなふうになっていますか。

○発表者 現在、多くの人が考えているのは、スロースリップの発生領域と地震発生領域は、場所的にセグメント化されているのではないかと、場所が違うのではないかとということが言われております。そして、場所が違うためにスロースリップが起きると考えております。ただ、地震とスロースリップの2つの関係といたしましては、場所が違っていても、スロースリップが起きると、その周辺域でプレートが動きたくるように応力が変化します。したがって、スロースリップから大地震がトリガーされる危険性はあるのではないかと考えられていると思います。

○委員長 その辺の問題は多分まだあって、例えばこれで紀伊半島とか、あるいは東南海の南のほうの固着状態の積算値みたいなのがはっきり示されていないですね、固着状態。スロースリップが起こったすべりの状態はわかったのだけれども、20年、30年、あるいは50年ぐらい何となくある意味固着状態というか、あるいはひずみみたいなものですね。そういうのがどういうふうになっているのかは、この中ではわかるのですか、この計算では。

○発表者 スライド9番ですけれども、スライド9番でプレート境界の固着の強さが示されています。そして、固着が強いところにどんどんひずみエネルギーが蓄えられていって、それが将来の南海地震、東海地震でエネルギーが解放されると考えています。そして、この状態がずっと続いていたかという、そうではない。この状態を定常状態と考えたときに、それからずれたプレート境界のすべりがスライド10番に示されています。ですから、スライド10番と9番をあわせたものが実際のプレート境界の固着状態になると理解していただければと思います。

○委員長 私だけでもあれですから、どうぞ。

○委員 大変興味深く、またすばらしい研究だったと思います。ありがとうございました。

定常的な固着状態の話が今ございましたけれども、定常的な固着状態を把握するため、ここのスライド9では約2年間の観測結果だとは思いますが。実際に定常的を判断するのに2年間で十分なのかというのと、スライド10であります、固着状態からのずれが定常的な状態を判定した期間とずれた期間についても書かれているのですが、それは定常的な状態をそれぞれの期間で推定してやって、そこからのずれなのかどうなのかがちょっと疑問だ

ったところですよ。

○発表者 まず1点は、固着状態の推定に1999年～2001年のデータを使ったわけですが、その期間には比較的西南日本では大きな地震、あるいは地震後の余効変動が余り混入していないと考えております。どこを定常状態にとるかは難しいところもあるのですが、本研究ではこの期間にしたということになります。

そして、固着状態からのずれの質問ですけれども……。

○委員 定常状態からのずれで出しているわけですね。その定常状態は1999年～2001年の状態が定常状態ということで、それ前後の期間もそれを基準としてずれを算出しているということでしょうか。

○発表者 はい、そうです。

○委員 もう1点ですけれども、まとめのところで、半自動でプレート境界の状態を監視するシステムが作成されたということですが、これは今おっしゃられたような定常的な状態からのずれを逐次表示していくようなシステムと捉えるわけですか。

○発表者 はい、そういうことになります。

○委員 具体的に半自動で監視するためにずれを検出するにはどのぐらいの観測期間が必要で、これの状態を自動的に、例えば認識していくことは、本当にリアルタイムの時刻タイムということではないと思うのですけれども、どのぐらいごとにこの状態が変化していくようなことがわかるのでしょうか。

○発表者 本研究では、毎日のデータを使って、毎日のプレート境界の状態を計算できるようになっています。時間分解能ですから1日になります。

○委員 これは、例えば公開のことはまだ触れられていなかったと思うのですけれども、今後の予定は、具体的にこのデータは予知連とかそういったところに公開をしていって、一般公開はさすがになかなかしないということでしょうか。

○発表者 そう考えております。

○委員 大変貴重な研究だと思います。ありがとうございます。

○委員 非常に専門的な高度な内容で、ネイチャーなんかにも取り上げられて、これは素晴らしいと思います。

担当者御自身、非常にすぐれたスキルをお持ちになっているわけで、私も職業能力開発総合大学校の顧問をしているので、人材開発とかそういうスキルの伝承とかは非常に関心があります。担当者として、御自分のスキルを、後継者を育成するとか周囲の人にそうい

うスキルを伝達するとか、あと情報もなるべく公開するほうがいいと思うのですが、そのためにも何かそういうスキルを伝達することが非常に重要ではないかと思います。そういったことに関して何かお考えとか、こういう努力をしてきたというのが何かございましたらば、ちょっとお伺いしたいと思います。

○発表者 将来的には、誰でも使えるような形に持っていきたいと考えております。

○委員 例えば、そのために地理院の内外でそういう人材を育成することは非常に重要だと思うのです。そういったことに対して御希望とか、マネジメントされている方がいられると、ちょっと言いにくいかもしれないとは思いますが、何かそういった御感想とか御希望とかお持ちであれば、そういったことをお伺いしたいと思います。

○発表者 答えになっているかどうかはわかりませんが、将来的には地理院の内部の方には開放して使っていただくことを目標にはしています。

人材の育成ということですが、非常に優秀な方々が地理院の内部でいらっしゃいますので、いろいろとそういう方たちとディスカッションを進めながら、スキルの伝授といったことを行っていきたいと考えております。

○委員 ありがとうございます。御本人だけではなくて、地理院のマネジメントの方にも、こういう非常に高いスキルの方の技能の伝承といったことについてお伺いできればと思うのですが、いかがでしょうか。

○地理地殻活動研究センター長 発表論文のところにもありますとおり、地理院でやっている研究は、一人だけでやっているものではありませんので、基本的に各研究室の中で複数の人間が一緒に、特にシステムを開発するようときには一緒にやっております。

ただ、その中で、先ほどの分科会からの報告にもありますとおり、研究者のスキルが高いものですから、そういったスキルでいろいろパラメータを設定したりして、半自動といっているのは、半分の部分がそういうところですが、そういったところが誰でもできるようなシステムにそういった部分を入れていくことを、この後の研究になりますが、続けていきたいなど。ですから、一人でこつこつとやる部分もちろんあるのですが、基本的にはグループで研究を進めているということで、その中でスキルを広げていくことは期待しているところでございます。

○委員 たしか前に研究マネージャーの制度みたいな話があったかと思うのですが、多分そういったことも関係すると思うのです。その辺、ぜひ人材育成を工夫していただいて、優秀な方のスキルを伝承していくこともいろいろ工夫していただければと思います。

○委員 何か結論めいたことになってしまうのですけれども、研究評価という視点で考えると、今回の研究は、当初の目的・目標の設定から成果に至るまで、極めてすぐれたものであると思います。特に成果については物すごい成果だと評価していいと思います。なおかつ、次の特別研究へバトンタッチもできるというところで、総合評価としては、分科会からの御指摘はありましたけれども、私は1の十分目標を達成できたという評価を委員会としてはすべきだと思っておりますので、一言申し上げておきます。

○委員 大変興味のあるお話、ありがとうございました。特別研究の広域地殻変動の次のステップに移動していくというお話が最後の残された課題のところにあったのですが、今回、プレート境界の固着状態に注目されたのですが、この発展形は、一般の内陸部にあるような断層というものも含めて今後は進めていくということなのか。広域というのはどういうふうにお考えになっているかをちょっと伺いたかったところです。

○発表者 広域といたしましては、日本列島全体を視野に入れたものにしたいと考えております。

○委員 それは、プレートに注目しての日本列島全体ということの理解でよろしいでしょうか。

○発表者 日本列島では、プレートの沈み込みによる変動だけでなく、断層域での固着状態ですとかそういったものがありますので、ブロック運動、内陸の活断層の運動、サブダクションにおけるプレート境界のすべり、そういったものを全て考慮した解析を行っていると考えております。

○委員 そういう回答が得られるのは大変すばらしい。内陸にも重なるところがたくさんあって、今発電所の問題とかもいろいろありますので、そういう地域にこの研究も応用していただきたいなと私の感想を申し上げました。

○委員 大変貴重な御研究成果をどうもありがとうございました。非常に成果がすばらしいので、もう一步聞きたいことがございまして、スライド16として、3番目に残された課題ということで、他地域の影響ということで、東北地方の太平洋沖地震の影響を考慮されることをお書きになられておられますが、現段階でどういうふうにこういう部分で考慮されて研究を進められるのでしょうか、お考えを聞かせてください。

○発表者 1つには、東北地震の後に大きな横変動というか、地震が終わった後も地面が動き続けています。それを説明するモデルとしては、プレート境界面上での地震後のすべり、それとマントルみみたいな粘弾性物質の流動による変化、その2つが主に考えられてい

ます。現在のところは、地震が終わった後のプレート境界上のアフタースリップを考慮した解析を行ってはいるのですけれども、それだけでなく、マントル物質の粘性による影響の見積もりをしていきたいと考えております。

○地殻変動研究室長 ちょっと補足します。この特別研究の範囲内では、この場合は西南日本ですけれども、地域ごとにモデル化をして計算する枠組みでやってきたと。来年度から始まる新規の特別研究はこの地域だけではなくて、例えば西南日本とか南海トラフを見るときも、東北の影響をちゃんと考慮しましょうと。日本全体をちゃんとモデル化して断層能も考慮したモデルにしていこうというのが趣旨でございます。

○委員 ぜひその次の段階の研究成果をお聞きしたいなと思います。先ほどの御説明をお聞きして、期待したいと思います。どうもありがとうございました。

○委員長 そもそもこの研究では、2011年の3・11以降のデータでこの地域の解析はしていないのですよね。しているのでしょうか。

○発表者 3・11の後の解析です。3・11の後の解析は、先ほど先生もおっしゃられましたように、スライド12番……。

○委員長 いや、これは東北地方のアフターですね。西南日本のほうに関しては、その前のデータで解析していますね。

○発表者 はい、そうです。

○委員長 そういうことですね。

○発表者 そういうことです。済みません。

○委員長 だから、東北の地震の後のあれだとすれば、それ以降のデータでちゃんとやらないとということですね。

○発表者 はい、そうです。

○委員長 ほかになければ、それでは、この課題はこのぐらいにさせていただきます。