

(1) 平成26年度新規特別研究課題事前評価

①干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究

○委員長 では、最初に「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究」から始めていただきますので、よろしくお願いします。

○説明者 それでは、地殻変動研究室から1つ目の課題提案について御説明させていただきます。

お手元にあります資料番号1-3、パワーポイント資料で本研究テーマの概要を、簡単ではございますが、説明させていただきます。

本研究は、「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究」と題しまして、平成26年度から30年度までの研究開発を計画しております。

スライド2をご覧ください。2011年3月に発生いたしました東北地方太平洋沖地震以降、日本列島の応力のかかり方には大きな変化が起きており、地震や噴火が誘発される懸念が高まりつつあります。例えば、内陸断層にかかる力のかかりぐあいを計算いたしますと、幾つかの断層では地震発生が促進される状態に変化していることが知られております。

続きまして、スライド3をご覧ください。一般に、噴火や地震の発生エネルギーとなるマグマの蓄積や断層へのひずみが地下で進行いたしますと、それに伴い、わずかではありますが、地盤が変形することが知られております。その規模は年間数mm～数cmという微小なものですが、もしこのような微小な変動を的確に捉えることができれば、地下の状態を詳細に推定でき、それをもとにした発生可能性の評価に貢献できることが期待されます。

本日は、測地関係の研究提案を3件させていただきますが、後に説明いたします3件目の研究が、地下の状態をいかに詳しく推定するかを研究のターゲットとしているのに対しまして、本件及び2件目の研究課題におきましては、地表の動きをいかに正確に測るかがターゲットとなっております。さらに、後者2つの研究課題に関しましては、提案2件目の研究課題が現象発生直前のダイナミックな動きを正確に測ることを目標としておりますのに対して、本研究のターゲットは、噴火、地震が発生する前の数カ月、数年もしくはそれ以上のタイムスケールで進行するわずかな地盤変動を捉えていこうとするところにそれぞれの研究課題の狙いがございます。

いずれにしましても、本研究で問題としております微小な変動を正確に捉える必要性は火山学や地震学の専門家の方々の声に多くありまして、それらのニーズを土台として本研究課題を提案させていただいております。

スライド4です。しかしながら、このような微小な地盤変動をターゲットにした監視におきまして、既存の測量技術だけでは国土監視へのニーズに十分応えることができないのが現状です。

例えば、水準測量やGNSS測量はmmオーダーという高い計測精度での地盤変動測量が可能ですが、地上に観測点を設置しなければならず、計測可能な範囲には限界がありません。

一方、干渉合成開口レーダー——干渉SARと一般的に呼ばれますが——は、衛星から地上に照射されるレーダーの反射信号を処理して計測しますので、地上観測点の設置の必要がなく、面的な観測が可能です。しかし、その計測精度は数cmにとどまっております、ターゲットといたします微小な変動を正確に検出することが困難となっております。

国土の変動を網羅的に把握するために、面的な観測が可能で、かつ微小な変動を捉えることのできる計測精度を有した新しい測量技術が必要とされます。

スライド5をご覧ください。このような背景のもと、干渉SAR時系列解析と呼ばれる手法が近年急速に発展しております。これは、従来の干渉SARとは異なり、多数のSAR画像を用います。SAR特有の性質を利用しながら、多数の画像を処理することにより、安定した値を取り出せる精度劣化の少ない画素だけを抽出して変動を計測していく手法です。こうした処理によりましてmm精度での面的な地盤変動計測を達成し、さらにその時間変化を追跡できるという特徴がございます。干渉SARの面的観測の長所を生かしつつ、GNSSや水準測量に匹敵する高い計測精度で測量が可能となるわけです。

それを模式的に示しましたのが、スライド6です。面的観測により幅広い空間スケールのさまざまな地盤変動を対象としながら、mmオーダーの計測精度で微小な変動を捉えることが可能となりまして、従来の技術だけでは捉えることが難しい変動も監視できることが期待されます。

しかしながら、一方で、本手法の国土監視への実利用には幾つかの技術的課題も残されております。

スライド7です。国土の地盤変動監視を対象といたしましたとき、従来の標準的な時系列解析には大きく2つの課題が挙げられます。

1つは、計測点密度の劣化です。現状の手法では植生の影響を強く受けるため、山間部での計測が困難となっております。

もう一つは、大気や電離層の影響による計測精度の劣化です。現状では、時系列解析における大気や電離層付近の誤差低減技術が十分確立されておられません。

これらの弱点は、植生が発達し、大気擾乱が激しく、また電離層の影響を強く受けるLバンド帯というマイクロ波によるSAR観測が主体となっております日本においては無視できない課題となっております。

スライド8です。このような背景のもと、本研究では、微小な規模の地盤変動の面的検出におきまして、主要な誤差要因となる植生、大気、電離層の影響を低減するための技術開発を行い、国土の地盤変動監視に適した干渉SAR時系列解析に発展させることを第1の目標といたします。

第2に、開発した技術をもとに、国土地理院における国土の地盤変動監視で実利用可能

な解析システムを構築することを目標といたします。

具体的な研究内容につきましては、スライド9をご覧ください。技術開発の柱は3本となります。

1つは、植生の影響を低減するため、従来用いられてきた計測点抽出の指標とは異なる新しい手法を開発いたします。

2つ目に、大気の影響低減のために、先行研究の成果であります数値気象モデルを用いた低減技術を時系列解析に組み込むための開発を行います。

3つ目に、電離層の影響低減のために、現在進行中の特別研究で開発される予定のGPS電離層モデルを利用した低減技術を組み込みます。

技術開発においては、特に2013年度に打ち上げ予定のALOS-2において実用的な性能が発揮されるように、実データによる検証とそれに基づく手法の調整を実施いたします。

これら技術開発を統合的に組み込んだ解析システムを構築していきます。事業等での実用性を重視し、GUI操作で、専門的知識なしでも簡便かつ効率的に実行可能となるようなシステム開発を想定しております。

なお、本研究は、来年度からの研究を提案しておりますが、これは2013年度、今年度に打ち上げ予定のALOS-2（だいち2号）の実データを用いて効率的かつ効果的な研究開発が可能となることを考慮しております。

最後に、スライド10です。本研究において想定される成果としては、年間数mm程度で進行する微小な地盤の変動を面的に計測する実用的な技術が確立し、その時間推移を監視できるようになります。また、解析システムの構築によりまして、専門的技術を用いずに干渉SAR時系列解析を効率的に実施可能となります。

これにより、高精度地盤変動測量事業における地盤変動監視での活用や地盤変動データに基づく地殻活動の推定への活用が期待されます。そして、これらの情報は、火山噴火予知連絡会や地震予知連絡会等の各専門機関での地殻活動の評価等に利活用されると想定されます。

また、波及効果といたしまして、本研究の成果は、火山や地震に伴う地殻変動だけではなく、地盤沈下や地すべりなどのさまざまな地盤変動監視にも広く応用が可能です。国土の地盤変動監視技術として基盤的役割を将来担うことも期待されます。

簡単ではございますが、以上で説明を終わらせていただきます。

○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、干渉SARの精度を向上させて、永続散乱体に準ずるような精度で、統計処理によりまして、山岳地域でもそういう精度で地殻変動を面的に捉えようとするものです。

ちょうど時期的にALOS-2の打ち上げに合わせて計画された研究計画でもあります

し、地盤変動の推移監視には非常に有力な手段となり得る研究であると考えますので、推進したいという結論です。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは、今の両方の説明と報告を受けて、委員の方々から意見あるいは質問を受けたいと思いますので、よろしくお願いします。順不同といたしますか、忌憚なく御意見、御質問をしていただければと思います。

私から質問があるのですが、これは年数mmという表現をしておりますが、年内というか、SARの干渉画像を得られる最低の期間はどのぐらいになりそうですか。

○説明者 ALOS-2を1つターゲットとしておりまして、まだその運用計画がきっちり固まっておきませんので、確たることは言えないのですが、年間数回から10回程度、同一地域を干渉ができるような観測をしていただけるとお聞きしております。

○委員長 そうすると、通常、昨年と今年度を比べてというような話がSARについてはありましたけれども、もう少し短いインターバルで地域の変動みたいなのを押さえられる可能性はあるということですね。そうすると、火山と地震——地震というのは、一般地盤というか、あるいは地殻ですが、内部スケールも動きも違うような気がするのです。火山の場合は、火山体という比較的小さなスケールで、しかも動き出すと案外早く、1週間ぐらいでわーっと動いたりするような動きとか、あるいは1月ぐらいで動くとか。地震の方は、大分たまっていて、ぱかっといくみたいな感じで、大分押さえ方が違うと思いますし、大分前には地すべりの抽出なんかでもSARが使えないかみたいなことをやっていたのですが、火山、一般の地盤といいますか地殻変動、それから地すべりあたりを抽出する上での違いみたいなものがありそうな感じもするのですが、そのあたりはどのように考えているのかということ。

○説明者 まず、地震と火山の違いですけれども、地震の場合には、固着という概念を使いますけれども、断層面同士がくっついている状態で、年数mmとか、非常に小さな変動が進行しているだろうと考えられています。火山の場合も、スケールとしてはほぼ同じような動きをする場合がございます。例えば2011年1月に霧島が噴火した時には、大体1年前ぐらい前から年間数cmのような微小な動きがありました。それはマグマ溜りの地下での膨張、マグマの充填が考えられるわけですが、今回の手法におきましては、そういった発生から数カ月前、1年前といった徐々に蓄積していくエネルギーをしっかりと監視していこうというのがターゲットになっております。その場合におきましては、特段やり方としては変わらず、同じ精度で地盤の変動の抽出が可能であろうと考えております。また、1週間前にダイナミックに動く変動に関しましては、この委員会における2件目の課題でターゲットになっていると思います。

2つ目にありました地すべりでございますが、まさに御指摘のとおりで、地すべり性の斜面のすべりと申しましょうか、そういった変動は干渉SARで今までもうまく捉えられていたものがあります。本手法を用いれば、これをもう少し精度高く、そしてうまくいけ

ば時間変動みたいなものも見られれば非常に意味のあることになるのではないかと期待しております。

○委員長 どうもありがとうございました。

ほかにはどうでしょうか。

○委員 スライド4を見ているのですけれども、従来水準測量とかGNSSとの比較というのでしょうか、テスト領域のようなものを設けて、従来水準測量とかGNSSできちんとはかられた結果とこれを比較対照するというようなことは考えておられますでしょうか。

○説明者 はい。実際に実データを使って精度を検証していきたいと思っておりますが、我々はGEONETという連続のGNSS観測がございます。このデータがグラウンドトゥルスとしては非常に有効でございますので、これを使って精度検証をしていくことを考えております。

○委員 素人的になるかもしれないのですけれども、従来水準点とかGNSSとこれを組み合わせて総合的にやることになると思うのですが、SARを使うと、多分、日本全国一遍にデータもとれるだろうと思うのですけれども、その場合に、一括でかなり精度高い処理をやるためにかなり膨大なデータ量になるとか、いろいろ処理も必要でしょうから、そのための計算量もかなり膨大になるのではないかという気もするのですが、そういったことで、重点的に何かをやるとか、まずは火山とか地震に対してやるのだとか、そういった方針はあるのでしょうか。

○説明者 テストサイトは幾つか立てていこうと考えています。その有効なテストサイトといたしましては、1つは火山がターゲットになろうかと思えます。通常状態で比較的変動がある火山が日本には幾つかございまして、例えば伊豆大島などは膨張を続けておりますし、北海道の有珠山は噴火した後の火口が年間数cm沈み続けているのです。こうした変動しているところと変動していないところを見比べながら手法の有効性を検証できます。また、解析者としては、比較的ローカルな領域に絞って、計算量の観点から効率よくテストできますので、そういった火山をターゲットにしていこうと考えております。

○委員長 ほかに。

○委員 御説明をどうもありがとうございました。

スライド10の波及効果のところを拝見しております、一番最後のところで、人工構造物の変動監視もされるということも挙げておられるのですが、この点をもう少し具体的に御説明いただけますでしょうか。人工物というのは非常に興味を持ちました。

○説明者 本研究におきましては人工物を取り出そうというところまでは想定しておりませんが、こういった手法がきちんと実用的に確立されれば、そういった波及効果もあるということでお示したものです。ここでは標準的な時系列解析と表現しましたが、特に欧州で活発に発展してきた技術です。地殻変動より人工構造物の変化を捉えようという使い方を比較的活発にしております。例えば、橋などの変動をこういった手法で監視い

たしますと、橋状に並ぶ画素の1つに変動を示すものが出てくるような場合もありまして、実際に行くとはびびが入っていたという実例もあるようですし、評価書の方に書いてありますけれども、トンネルを工事すると、そのトンネル工事をした道路だけが年間数mm沈下している様子が捉えられるというような使い方をするのです。ですので、こういった技術が日本国内でもある程度ハンドリングできるようになれば、そういった波及効果も十分あり得るだろうという意味で書き記させていただきました。

○委員 今、社会インフラの劣化が非常に問題視されているので、ぜひそういった方面にも将来的に研究を展開されたいと思います。どうもありがとうございました。

○委員長 ほかに。

○委員 以前の大气擾乱減少のための研究成果である数値気象モデルなども応用してということで、総合的な取り組みになっていいなという評価です。

ただ、表面の極めて微小な動きを捉えようということなので、疑問に思うところは、噴火や地震要因ではない動きも当然出ますよね。今おっしゃった人工構造物作成にかかる動きというのももちろんあると思いますけれども、こういう研究の成果として一般に期待されるのは、もちろん噴火や地震の発生可能性を事前に捉えるということはあるでしょうけれども、もう一つは、地盤の変化です。例えば先日の茶畑の突然の地すべりみたいな。ああいうものに対する関心が非常に高まってくると思うのです。そのあたりのカバーはどうかということと、波及効果をアピールするときにはそのあたりの成果も期待されるのではないかと思いますので、そのあたりのお考えと姿勢を伺わせてください。

○説明者 本研究を始めるに当たりまして、ニーズの1つとして地震、火山ということで御説明いたしましたけれども、本手法の適用範囲は非常に広くて、まさにおっしゃるとおり、茶畑の地すべりというのも捉えられるターゲットの1つと考えております。今回トライしてみますこの技術開発において、そういった地すべり性の変動がどこまでとれるのか、どこまで空間スケールの小さいものがとれるのか、また、植生域、山間部でもとれるのかといったところの評価をしていきたいところだと思っております。

○委員長 ほかに。

○委員 ありがとうございます。1つ技術的な問題で、時系列というと、今はALOSを想定しているのですね。ALOSの観測周期は1年、40日間か、その辺の期間でとれているので、そうするとどのぐらいの枚数の画像がどのぐらいの時系列の間隔でとれるか、それによってSARの干渉にするかしないかというのは、タイミングというものはあるのではないかと思いますけれども、その辺の技術的な問題はどうか想定されているのですか。

○説明者 まず、ALOSは今は運用が止まってしまっていて、その運用の止まってしまったALOSに関しましては最短46日ごとの観測でしたけれども、ALOS-2、次になるものは最短で14日になります。ただ、基本的に運用計画はJAXAで決めますので、私の方で確たることは言えないのですが、年間数回から10回程度の同一地域の観測が行われると聞いております。

○委員 そうすると、画像をどうやって選ぶのか。必ずしもこういうのは自然に干渉されるとは限らないので。

○説明者 ALOS-2の場合には、干渉ができるような観測をいたします。その回数が年数回から10回程度となります。

○委員 スライド9になりますけれども、この辺の内容を見ていると、いろいろなノイズみたいな要因があって、それを明確にしていって最終的な精度を求めるみたいなことが課題ではないかという気がするのですが、逆に言うと、その辺をどのようにモデルを作って、検証していって、明らかにするかということが最終的な課題になるのではないかという気がするのです。それによって実際の精度が確かめられて、ほかの要因もきっちり把握することになると思うのですが、個別の要因についていろいろわかってきても、最終的なものをどう評価するかというのは、実際の実験みたいなことで確かめる以外には多分ないと思うのです。そのデータをとることによって、むしろこういったモデルを明確にしていくというような研究とってよろしいのでしょうか。

○説明者 まず、ノイズをどのように特定していくか、最終的にどこまでの精度を検証するかということですが、スライド9の右上でご説明しているように、実際にALOS-2のデータが多く確保されて時系列解析ができるぐらいになってきて、植生なり大気なり電離層なりの技術開発したものをそこに適用して、どこまでの誤差低減になっているのか、正確な地盤変動がとれているのかということを実データとの比較で確かめていくということです。

○委員 これは実用的に、例えば5年後ぐらいには今のGNSSとかなり連携して使えるぐらいになるとか、そういった見通しは持っておられるわけですか。

○説明者 本研究は、5年間ということで、ALOS-2の打ち上げにかなり同期して立ち上げておりますけれども、技術開発をしながらALOS-2から実際に得られるデータをすぐさまタイムリーに事業等で使っていく、そこで問題が生じれば、その問題点を研究側ですくい上げてさらにフィードバックさせていく、そういったタイムリーなフィードバック機能がうまく効くように設計はしております。

○委員 では、そういった形でモデルは大体できているとってよろしいわけですね。

○説明者 大方標準的なやり方はあります。

○委員長 ほかにありませんか。

○委員 お伺いしたいのは、過去のALOSのデータにこの手法を適用していくことによって、時系列に関しては撮影というかデータ取得の期間が長いからそれほど細かくないにしても、精度としては高い精度のものが得られると考えてよろしいのでしょうか。

○説明者 本研究の手法におきましては、ALOS-2だけではなくて、過去のアーカイブデータ、おっしゃったALOSのデータもそうですし、海外のSAR衛星も幾つかございまして、それも適用可能です。また、将来打ち上がるであろうSAR衛星にも適用可能ですし、非常に幅広い適用範囲を持っていると考えております。

○委員 過去のデータについては、現在既に現象が起こっているものが多いので、そういったもので検証していくチャンスがふえるというのは非常に有意義ではないかと思えますので、その辺もよろしくお願ひしたいと思えます。

○委員長 ほかにありませんか。

今の過去のものから検証するみたいなこともあります、もう一つは、火山体をモデルにしたみたいなことでしたよね。富士山が入っていないのですけれども、富士山は今一番関心を持たれている火山だと思うのです。どうして省いたのですか。

○説明者 省いたという意図はないのですけれども、一つは、変動がある火山がテストとしてはやりやすいということで先ほど挙げさせていただいたのですが、富士山もテストサイトの一つです。大気の影響低減というテーマを設けておりますけれども、まさに富士山というのは大気の影響が非常に強いのです。2年前に私がここで評価を述べさせていただいた結果でもありますけれども、まさにこういったアプローチによって富士山の微小な変動が捉えられるのかどうかというのは1つターゲットになってくると思っています。

○委員長 ほかにありませんか。

一般的にはこの研究を進められたいということだと思いますけれども、最終的なことは全体の講評のときに申し上げたいと思えます。

それでは、これはこれで終わらせていただきます。