

(1) 平成21年度終了特別研究課題事後評価及び平成22年度終了特別研究課題

終了時評価【審議】

① 測地基準系精密保持手法に関する研究

○説明者（国土地理院担当者） 資料1-1をごらんください。研究課題事後評価表。

1の研究課題名。本課題は測地基準系精密保持手法に関する研究ということで、研究期間は平成17年4月から22年の3月まで、5年の期間で実施したもので、今回は事後評価をいただくことになります。成果の中身につきましてはパワーポイントで説明させていただきたいと思いますので、資料1-3をごらんください。

スライド2の背景から説明させていただきますと、御存じのとおり、国土地理院構内にはVLBIとか、GPSとか、非常に重要な宇宙測地基準局があるわけですが、実は、先行研究によって重要な基準局に大体1cmぐらいの季節的な上下変動が見られて、それが周辺の水田のかんがい用の地下水のくみ上げによるものだということがわかってきたことが背景にあります。

めくっていただきましてスライドの3。簡単にメカニズムを説明しますと、地理院では、右の図にありますように4本の井戸で水位観測をしておりますが、その水位とGPSで見た上下変動が非常によく一致する。左側の図で黒線がGPSで、そのほかが井戸の水位で、重ねてありますが、非常によく一致することがわかったということで、地下水位と地盤の上下変動が相関を持つということで、地下水の帯水層が間隙水圧に応じて弾性変形をするモデルで大まかには説明できることがわかったということがこの研究の背景にあります。

スライドの4枚目ですが、このように重要な宇宙測地基準局があるつくばで大きな変動があるというのは基準系としては問題でありまして、その影響を定量的に評価して軽減する方策を考えたいということで、つくばの上下変動の季節変動や経年的変動を定量的に測定すること、そして変動機構を明らかにすることを通じて、宇宙測地基準局としてふさわしい位置精度を確保することを目指しております。

下に1から4まで項目を挙げましたが、まず、上下変動機構をしっかりと解明すること、また、宇宙測地基準局間の上下変動の機構を、水準測量を主に用いて精密に計測すること、また、「安定地層固定型」と書いていますが、季節的な変動の影響をなるべく受けない基準局をつくるということ、4の経年的地盤変動を中長期的にモニタリングする手法を確立すること、このような四つの目標を立てて研究を実施してまいりました。この四つの目標に対

しては、目標は十分に達成できたということでございます。

以下、各項目ごとに成果の概要を紹介させていただきますが、時間の関係もありまして、抜粋して紹介させていただきます。

まず、1の上下変動機構につきましてはスライドの6をごらんください。実は、このような上下季節変動というものは、表層 190mより浅い部分については地盤沈下計という装置を用いて計測されております。そのように計測が実際にある 190mより浅い地層の変化と、それより深いところの地層の変化を分けてモデル化することで、すべての地層の変化をあわせた全層圧モデルを構築することを目標に研究を実施しました。

①の表層 190mの層圧変化、これは実測があるものですが、そのモデル化につきましては、下の図にありますように 20m井、190m井の水位変化に比例して地盤が上下変動すると仮定しますと、下の右の図にあるとおり残差がほとんどなくモデル化できるということで、モデル残差は±2mm程度で、分散の96%を説明するという高精度にモデル化できることがわかったということでございます。

次にスライドの7ですが、②の 190m地盤より深い層の変動のモデル化ということで、これについては実測はございませんで、何らかの方法で推定する必要があるわけですが、これはGPSの絶対変動を用いて、一方で190m井の水位を入力として、190mより深い部分に実際に帯水層はあるわけで、深さの違いを周波数応答を考慮してモデリングしたところ、右上の図にあるように、青線で示したのですが、ピーク・ツー・ピークで1cm程度の地盤の変動が見られることがわかったということでございます。

これでは説明できない残差が、左の下の図にあるように1cm程度の振幅で見られるわけですが、これにつきましてはモデルの不備というより、GPSの変動を用いておりますので、GPSの地面から反射されてくる電波によるマルチパスによるものだとしてモデル化すると非常によく一致することがわかったということで、モデルとしてはこれでいいのではないかという結論が得られました。

次に2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測ですが、スライドの9をごらんいただけますでしょうか。この図はVLBIと電子基準点という二つの宇宙測地基準局について190m地盤を基準にした水準の結果でございますが、青で示したVLBI基台のほうは、他の宇宙測地基準局に比べて季節的上下変動の振幅が小さいこと、また、右上がりになっており隆起傾向にあることがわかりました。季節的上下変動の振幅が小さいということは、VLBI局が地下深くまで基礎があるということで説明がつくわけですが、隆起傾向につ

いては、まだ原因が特定されておりませんで、引き続き監視が必要であることがわかったということでございます。

次に3の安定地層固定型基準点の開発ということで、スライドの12をごらんいただけますでしょうか。これにつきましては、先ほど申し上げました既存の地盤沈下計のインフラを用いてGPSのみで190mを基準とした地面の変動が監視できるように、そういう基準点をつくるということで、左の図にありますように、190m地盤に固定された地盤沈下計の内管に延長パイプを取りつけてGPS基準点としたというものでございます。マルチパスと結露等のノイズ対策を施しまして、右の図にあるとおり、水準観測、地盤沈下計観測とも非常によく一致する高性能のGPS基準点が構築できたということでございます。

最後に4の経年的地盤変化の中長期的モニタリングということですが、スライドの14をごらんいただけますでしょうか。これにつきましては、まずモニタリング手法を確立しました。その一例として、2005年につくばエクスプレスが開業したわけですが、その沿線開発に伴う宇宙測地基準局の上下変動の様相変化があるかということで分析しました。期間を3期間に分けて、表層190mの層圧変化について線形トレンドの時間変化を見たものでありますが、ほとんどエラーバーの中におさまっておりまして、この期間におきましては表層190mにおいて利水の変化による地盤沈下等は見られないことが確認できたということでございます。

めくっていただきましてスライドの15、中間評価コメントへの対応でございますが、この課題は中間評価をいただいておりますので、そのときに、必ずしもつくばにこだわる必要はないのではないかという御指摘をいただきました。これにつきましては、基準局としては国際的にも継続性が非常に重要な要素で、変動を定量的にモデル化すれば基準局として引き続き使えるということになっておりますので、本研究はそのために必要な資料として成果が取りまとまったという位置づけでございます。

最後にスライドの16ですが、成果の活用としては、このような監視手法ができたということで、宇宙測地基準局の変動を引き続き監視していく。VLBIにつきましては、VLBI 2010という国際的な仕様の変化に合わせてつくば局の今後を検討しているところでありまして、そのようなところに反映させていく。また、VLBI局とGPS局の相対変動につきましては、現在特別研究として実施しておりますVLBIとGPSの結合手法高度化の研究に反映させて、最終的には測地基準系の構築へ反映する。また、先ほど少し紹介しましたマルチパスについての知見については、今後発展させて、電子基準点における

影響評価手法を開発していくところに持っていきたいと考えております。

以上、成果の概要を御説明申し上げましたが、資料1-1に戻っていただけますでしょうか。めくっていただきまして6の成果公表状況でございますが、さらにめくっていただきまして資料1-2に成果公表リストをつけております。研究報告書5件、発表論文査読つき1件、査読なし3件など、十分な成果の発信ができたのではないかと考えております。

最後、8. 達成度の分析ですが、必要性、有効性、効率性の観点から分析した結果、必要なアプローチを実施した、有効性の観点からも、有効な分析を行った、効率性の観点からも、他機関からデータの提供を受ける等して効率的に研究を実施したということで、それぞれ満足できていると考えております。

以上で説明を終わらせていただきます。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、分科会の評価結果を説明いただいて、それから質疑応答をさせていただきますので、よろしくお願いします。

○評価委員 評価結果ですが、研究内容及び達成度につきましては、もともとこの研究の目的、先ほどの説明で四つありましたが、上下変動機構の解明、宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測、安定地層固定型基準点の技術開発、経年的地盤変動の中長期的モニタリング、そのいずれも達成されていると判断しました。また、成果も、英文の査読つき論文も出ておりますし、十分である。

ただ、成果活用の見込みはあるのですが、今後に残された問題がある。それはどういうことかといいますと、今回、VLBI、GPSの基準点の変動の原因、あるいは実際どういう変動が起こっているかということは明らかにされたのですが、例えばGPS点だとなんか日本のGEONET点の一番の基準になっている。そこがこういう変動を起こしているということで、日本全体の座標値の維持の高精度化にどのように今回の成果を取り入れたらいいか。

あるいは国際的にもつくばの基準点というのは非常に重要な点ですので、そこがこういう変動をしている。非常に重要な点だから、ここは地盤が悪いからほかのところに移せばいいと簡単にはいかないのですが、明らかに大きな変動があるところを基準点としてしまっているんで、それに対してどういう対応をするのが一番いいのか、今後きちんと考える必要があるということです。以上です。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、委員の方から御意見、御質問を受けたいと思います。気のついたところよろしいので、御意見、御質問をお願いします。

○評価委員 スライド9のVLBI観測局が隆起傾向にあるというのは、GPSというのは人工衛星からの測定ですから、地球が変形しているということになるわけでしょうか。

○説明者 これは水準測量で、190m地盤からの水準ではかった非常に局所的な変動で、そういう広域の変動ではなくて、VLBI局舎がちょっと地下水で浮いてきているとか、そのような非常に局所的な変動だと考えております。

○評価委員 地球の問題というわけではない。

○説明者 そうです。構造物の変形というか、そういうことだと思います。

○評価委員 ほかに何かありませんか。

○評価委員 スライドの16で、マルチパスについての知見で今後の電子基準点における影響評価手法を研究するということですが、これは具体的にアイデアといいますか、そういうものは既にあるのでしょうか。

○説明者 マルチパスにつきましてはいろいろな原因があるわけですが、今つくばで示したのは、地面から反射されるGPSの電波によるマルチパスが原因になっているのではないかと、この定量的なモデル化、今回行ったのは受信機のS/Nの情報にマルチパスの情報が含まれているということで、それを用いた結果、非常に良好な結果が得られたということがあります。

それ以外に、実は地面の湿りぐあいというか、地面の誘電率によって反射係数が変わってマルチパスが変化することがありますので、そちらのモデルからのアプローチもありますので、両方を試したいと思っております。

○評価委員 無線ですと、例えばエコーキャンセリングという技術があるわけですが、そういうものは検討されていますか。

○説明者 受信機レベルでできる部分もあるのですが、これは受信機レベルでは対応できないマルチパスのようなようですので、このような方法をとるのが妥当かなと思います。

○評価委員 反射などの空間的なパターンがかなりわかってくれば、それに基づいて補正ができると思うのですが、受信機というより、周辺の情報を的確につかむということになるのではないかという気がするのですが、そういうアプローチはされていますか。

○説明者 ぜひ周辺の環境も取り入れたアプローチをやっていきたいと思います。

○評価委員 ほかにはどうですか。

ちょっと伺いたいのですが、190m、深いところとよく対応するという形になっていますね。これは水位と直接対応させているのですが、水位というのはどういうことを意味しているのですか。

○説明者 これにつきましては、水位というより間隙水圧で、圧力が変わることによって帯水層が膨張・収縮するということで、たまたま間隙水圧と水位変化がつり合いますので、水位の変化で間隙水圧の変化を見ているというふうに解釈しております。

○評価委員 水圧が高くなると地盤が持ち上がるとか、低下するとか。

○説明者 そういうことです。

○評価委員 もう一つは、スライド 15 ですか、もう少し安定した場所にとというのは前にこの委員会で指摘されたことだと思いますが、水位の変化は、年で変化していますから、季節変化ですね。雨量とかが関係するのだらうと思うのですが、仮に地震などがきた場合にはモデルは崩れてしまいますね。直下型地震みたいなものだと、帯水層その他。そういうときに対応させるには、やはりしっかりした基盤のところに置いておかないかという気がするという意味で、ここをしばらく使うとしても、筑波山のような花崗岩の基盤がしっかりしたところにもう 1 基置いて、予備に持っていたほうが地理院としてはいいような気がするのですが、どうですか。

○説明者 確かにおっしゃるとおり、基本は安定したところに置くということですので、現在 V L B I 2010、先ほどちょっと触れましたが、つくば局を今後どうするか検討しておりますので、そこでこの情報をインプットしていろいろやっていくことになるかと思えます。

○評価委員 ちなみに、深いところに基礎を置くと上下変動が比較的うまくとらえられるとか、捨象できるようになっているようですが、この規模の、まさに宇宙局に相当する高精度のものを 1 基設置するにはどのぐらいかかるのですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） V L B I の場合だと、安くて 10 億円とか、数十億円単位になります。G P S だけだと 1,000 万とか 2,000 万という単位になります。

○評価委員 地理院のお金からすると 10 億は、何とか大型プロジェクトとして取ってこられるのではないかと。国家のことですから、首都圏の地震ももうそろそろみたいなことを考えられていますよね。そういうときに、だめになりましたということになると恥ずかしいので、そのあたりも今後、測地分科会も含めて、検討してもらったほうがいいのではないかと気がしますが。

ほかに何か御意見。

○評価委員　そういう大きなお話ではなくて、安定地層固定型、改良がうまくいったということですね。これ自体はそんなにコストのかかる作業ではなかったわけですか。

○説明者　これは井戸を掘るのが非常にお金がかかるということで、実はつくばの移転のときに掘った既存の井戸があって、改良自体は1,000万程度で周りの建物も含めてできたということです。しかも、先ほど御説明したとおり、実は190mでは足りなくて、つくばで完全に安定な基準点をつくるというと500mまで掘らないといけない。それを新たにつくるとなると、1億弱のコストがかかるかと思います。

○評価委員　どうぞ。

○評価委員　この研究の中間は聞いていなかったのですが、こういう変動が起きているというのはびっくりしたというのが正直なところですが、スライドの15にも書いてあるのですが、研究で得られた知見というのは、他の電子基準点、千何百点あるわけですね、その正確さを担保することにおいても、現状、電子基準点がどういう状況にあるのか、この研究でわかった範囲で、周囲の環境とか、地下水とか、地質とかを調査して、担保して、ここは非常にそういう意味で誤差が大きいとか、危ない点であるというようなことを調べるべきではないでしょうか。

これだけ頑強につくってあるものでも地下水位の変動でこれだけの影響があるということに対して、通常の千何百点ある基準点がどういう場所につくられているのか、建っているものはしょうがないですが、改めて精度の担保性を検証する必要があるのではないかなと思いました。

○説明者　ありがとうございました。おっしゃるとおり、どうしても安定な場所という観点だけではつukれない、全国的に均質に分布するとか、設置場所の制限もありまして、例えばつくばでも、つくば周辺でもこのような変動が見られたり、ちょっと沈下していたり、そういう点がありますので、データベース化は必要かなと思います。

○評価委員　ほかにありませんか。

地球上、完全に安定な場所というのはない。むしろ季節変化が起こるようなところは歴史的に変わり得るわけですね。もっと長期的に変わるようなところは、急激に変わったときにはそれなりに対応がつくけれども、季節的に変わると、何かあったときにモデルが崩れてしまうような変わり方をするので、そのあたりを注意していただきたいと思います。

なければ次の課題に移らせていただきます。

② 日本列島の地殻活動メカニズム解明の高度化に関する研究

○説明者 資料2-1をごらんください。今回終了時評価を受けます研究課題名は、日本列島の地殻活動メカニズム解明の高度化に関する研究です。研究期間は平成20年4月から3年間で、今年度、平成23年3月に終了予定です。4番の成果の概要、当初目標の達成度、成果活用の見込みに関しては、6ページからのスライドを用いて説明したいと思います。

6ページ、スライド2をごらんください。まず背景ですが、現在国土地理院が運用しますGPS連続観測網、GEONETによって、日本列島の地表における日々の地殻変動が監視されております。その地表での変動のメカニズムは何かといいますと、大部分がプレート間カップリングによるものだと考えられております。ここで「プレート間カップリング」という言葉はどういうことを意味するかといいますと、言いかえると地下のプレート境界の固着状態、つまり沈み込むプレートが陸側のプレートとどの程度固着しているのかをあらわします。例えば下の図にありますように、地表での変動が大きい場合には地下でのカップリングが強い、逆に地表での変動が小さい場合にはカップリングが弱いと考えられます。

続いて7ページ、スライド3をごらんください。こうした地表での地殻変動から地下のプレート境界の固着状態を知ること、これをプレート間カップリングを推定すると呼ぶのですが、こうした研究はこれまで多くの研究者によって実施されてきております。しかしながら、これまでの研究では研究者ごとに解析領域、期間、また解析手法が異なっていて、それぞれを単純に比べて日本列島全域としての地殻活動メカニズムを解釈したり、領域間の相互作用を検討することは困難でした。また、GEONETによって地表の変動は日々監視されているものの、変動のメカニズムである地下で何が起きているのかについては監視されていませんでした。

本研究では、このような背景を踏まえ、スライド4にありますように、日本列島全域を対象として、同じ期間、同じ手法を用いて、1番目として、プレート間カップリングの空間分布の把握、2番目として、プレート間カップリングの時間変化の推定、3番目として、プレート間カップリングの推定システムの構築を行いました。そこには行った三つの内容と概要を書いてありますが、時間の関係上、説明は省かせていただきまして、続く8ページ、9ページからそれぞれの成果について詳しく説明いたします。

ページをめくっていただいて8ページ、9ページをごらんいただきたいと思います。8ページ、9ページは成果の1番目、プレート間カップリングの空間分布の把握についてです。繰り返しになりますが、プレート間カップリングの推定とは、地表の状態から地下の状態を推定することです。さらに言いますと、8ページのスライド5でいいますと、左側の図、GEONETによる地表の地殻変動から、右側の図、プレート境界の固着状態を推定するということです。

日本列島の地殻変動の大半はプレート間カップリングで説明されますが、説明し切れない変動も若干あることがわかっています。プレート間カップリング以外の変動は何かといいますと、例えば地震時の影響といった明瞭な変動は事前に取り除いて推定しております。ただし、地震に引き続いて起こる余効変動というものがありますが、それに関しては取り除いていません。

そのほか、例えばスライド5の左側の図で、九州地方では変動が南東方向を向いておりますが、この地域ではプレート間カップリング以外の影響、それは何かといいますと、九州地方では沖縄トラフの拡大に伴うブロック運動の影響が強く、本研究では日本列島全域と言っておりますが、九州から南西諸島に関してはプレート間カップリングの推定を行っておりません。以上のことを念頭に置いていただきまして、成果の詳細について説明していきます。

8ページ、スライド6が小領域での解析結果。日本列島を六つに分割して推定した結果です。9ページ、スライド7が中領域、日本列島を三つに分割して推定した結果です。スライド8が大領域、日本列島全域で推定した結果です。スライド6から8まで、それぞれの図においてコンターが引いてありますが、コンターはプレート間カップリングの大きさをあらわします。

日本列島においては太平洋プレートもしくはフィリピン海プレートになりますが、これら沈み込むプレートが陸側のプレートとどの程度固着しているかをあらわしています。例えば、この二つのプレートが全く固着していない場合には0%、完全に固着している場合は100%となります。また、関東地方は太平洋プレート、フィリピン海プレート、二つのプレートが沈み込んでいまして、コンターを重ねて表示していますが、太平洋プレートは暖色系の色、ここではオレンジ、フィリピン海プレートは寒色系、ここでは緑で表示しています。

では、推定したプレート間カップリングの特徴を簡単に説明したいと思います。推定し

たプレート間カップリングは、左上にありますように 1997 年 1 月から 2000 年 1 月までの 3 年間の平均的なものです。小領域、中領域、大領域、いずれの解析においても太平洋プレート上では根室沖から十勝沖にかけてほぼ 100% のカップリング、宮城県沖を中心にはほぼ 100% のカップリングが推定されました。南下しまして、フィリピン海プレートでは、房総半島周辺で最大 80%、東海から紀伊半島沖にかけて 80% を超える大きなカップリング、四国沖では 100% のカップリングが推定されました。

今回、小領域、中領域、大領域と三つの空間スケールでプレート間カップリングを推定しましたが、それぞれにメリット、デメリットがあります。そのメリット、デメリットを 9 ページのスライド 8 の下にまとめてありますが、まず小領域ですと、細かい変化の把握や地域特性の把握に有効ですが、端の影響を大きく受けるという欠点があります。中領域では、端の影響が一部回避されるとともに、小領域間の相互作用の把握に有効であると考えています。最後に、大領域では端の影響が回避され、日本列島全体としての大局的な把握には有効ですが、細かい変化が欠落してしまうという欠点があります。ですので、定常的に地下の状態を監視するには、小領域で細かい変化を見つつ、中領域で地域間の相互作用を見ていくことがよいと考えております。

次に 10 ページ、11 ページをごらんください。成果の 2 番目、プレート間カップリングの時間変化の推定です。10 ページが中領域での解析例、11 ページが小領域での解析例です。

まず 10 ページ、スライド 9、10 の中領域での解析例について説明いたします。スライド 9 は 1997 年 1 月から 2000 年 1 月までの 3 年間の平均変動速度から推定したプレート間カップリングです。これは今説明しました 8、9 ページのものと同じであります。これをここでは 10 年前の推定結果と呼びます。これに対して下側、スライド 10 は、2007 年 1 月から 2010 年 1 月までの 3 年間の平均変動速度から推定したプレート間カップリングを表示しています。ここではこれを最新の推定結果と呼びます。

スライド 9 の 10 年前の推定結果の特徴は 8 ページ、9 ページで述べたとおりですが、スライド 9、10 年前に比べて、スライド 10 にあります最新の推定結果で異なる点は、太平洋プレート上において十勝沖でカップリングが未回復、青森県沖から岩手県北部沖でカップリングが回復していること、そして宮城県沖から福島県沖でカップリングが小さくなっている点が挙げられます。

それぞれの理由については、十勝沖では 2003 年にマグニチュード 8.0 の十勝沖地震が発生し、それ以降 5 年ほどたっていますが、カップリングがいまだに回復していないと考え

られます。青森県沖から岩手県北部沖では 1994 年にマグニチュード 7.7 の三陸はるか沖地震が発生してしまし、10 年前にはまだカップリングが未回復であったのに対して、最新の結果ではほぼ回復しつつあるものと考えられます。最後に、宮城県沖から福島県沖にかけては 2008 年の福島県沖の地震、茨城県沖の地震、それぞれの地震時の影響は取り除いているのですが、余効変動を含んでいるためにカップリングが小さく推定されると考えられます。

太平洋プレート上では明瞭な変化が推定されましたが、フィリピン海プレート上ではほとんど変化がないように見えます。中領域の推定では変化が明瞭に見えないのですが、続いて説明します小領域の解析では、フィリピン海プレート上でも若干の変化があることがわかりました。

11 ページ、スライド 11、12 をごらんください。こちらは小領域での解析例です。スライド 11 は東海地方においてスロースリップ発生領域でプレート間カップリングが未回復の場所があることを検出しました。東海地方では、2000 年秋ごろから 2005 年夏ごろまでスロースリップと呼ばれるゆっくり地震が発生していました。スライド 11、真ん中の図、赤丸で示した部分、矢印が南東方向を向いている場所です。この赤丸で示した部分、左側の図、10 年前のスロースリップ発生前の期間には 20mm のコンターがあるのに対して、右側の図、最新のスロースリップ終息後の期間には 10mm 程度のコンターで、カップリングが回復していないことがわかりました。

次に、スライド 12 では 2008 年 7 月 19 日に福島県沖の地震（マグニチュード 6.9）の発生約半年前からプレート境界面上でのゆっくりとした断層すべりを検出いたしました。定常的と考えられる変動成分を除くことで、左側の図にありますように、地震発生の約半年前から通常とは異なる変動成分が観測されていたことがわかりました。そして、この通常とは異なる変動成分は、右側の図にありますように本震時の断層面に近接するプレート境界面上での断層すべり、その大きさがモーメントマグニチュード 6.4 に相当するすべりであったと推定されました。

12 ページに移りまして、スライド 13 は成果の 3 番目、プレート間カップリングの推定システムの構築についてです。GEONET のルーチン解、F3 解は、毎週月曜日に更新されます。この更新にあわせてデータ取得、データ解析、プレート間カップリングの推定、図作成、資料作成までの一連の作業を自動で行うシステムの構築を行いました。ここで言う図の作成というのは、例えば 8 ページから 10 ページのプレート間カップリングの図で、

資料作成というのは、その下のスライド 14 にあります提出資料の例にあるような資料です。このシステムの完成により、定常的にプレート間カップリングの推定、つまり地下の状態のモニタリングが可能となる見込みであります。

以上が成果の説明になりますが、最後にスライド 14 で成果の活用について説明いたします。本研究の一番の成果は、地殻変動のモニタリングからプレート間の固着状態をモニタリングして、定常的に公表できるシステムを整備したことにあります。既に東海地方についてはプレート間カップリングの推定についての一連の作業を自動化し、その成果を毎月開催されている判定会に、スライド 14 の下に示すような資料の提出を行っており、地殻活動の監視に貢献しております。東海地方以外についても順次自動化を行うことで、地震予知連絡会の議論や、地震調査委員会での地震活動評価に貢献されていくものと考えております。また、こうした成果はウェブページを通じて公表・発信も行っていく予定であります。

以上が成果の説明になりますが、2 ページに戻っていただいて、6 番の成果公表状況がありますが、研究報告書 5 件、査読つき論文 1 件、口頭発表 9 件を公表しております。これ以外に、本研究の成果は国の地震調査研究に関連する会議に国土地理院資料として提出しております。詳細は 4 ページ、5 ページの成果公表リストをごらんください。

同じく 2 ページ、8 番の達成度の分析。必要性、有効性、効率性、それぞれの観点から、本研究は当初想定した必要性、有効性、効率性を満足する成果が得られていると考えます。

最後に、9 番目、残された課題と新たな研究開発の方向性ですが、本研究では、プレート間カップリングの時空間分布を理解することを目的に研究を実施し、大局的なプレート間カップリングの空間分布と時間変化を明らかにしました。一部の領域において実施した時間分解能の高い解析手法を用いることで、より詳細なプレート間カップリングの時間変化をとらえることが可能であることがわかりました。これらのことを踏まえて、時間分解能の高い解析手法を用いて詳細なプレート間カップリングの時間変化をとらえることを目的とした研究開発が、来年度からの特別研究課題において実施される見込みであります。

以上になります。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、分科会の評価結果の説明をお願いしたいと思います。お願いします。

○評価委員 今回の成果、まず当初目標の達成度ですが、基本的には目標を達成されているし、成果も上がっているという判断をしました。ただ、先ほどの説明にもありましたが、

例えば日本列島、北海道から九州まではいいのですが、琉球弧が入っていないということ、それから、地殻変動の原因をすべてプレート間カップリングという潜り込みで、どれだけ引きずり込まれているかということに持っていつているわけですが、伊豆半島がぶつかっているとか、日本海の東側からも東日本のプレートと西日本のプレートがぶつかっているとか、そういう影響をどのように取り入れるかということも今後の課題として残っているということでもあります。

特に、今回つくり上げたシステムで、自動的にプレート間カップリングの場所による違い、あるいは時間的変化の図をつくったりすることができるようになって、実際に東海地方に関しては地震予知連絡会とか地震判定会などにも使っておられるということで、さらに、今までの単に表面の地殻変動がどう変わっているかということを示すだけではなくて、それをもとに地下でどういう変化が起こっているか、ほぼ自動化で示せるような形になってきているので、これは非常に重要な研究である。その意味でも、ますますこれを進めて有効に使っていただきたい。ウェブページにデータを出すことも考えておられるということで、ぜひそういうことも実現していただきたいということです。

成果としては十分上がっていると判断をしました。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、委員の皆さんから質問や御意見を伺いたいと思いますので、よろしくお願いします。

○評価委員 測地分科会の講評はおっしゃったとおりですが、1点、気になる点があります。スライドでいいますと13ですが、GEONETのF3解ができてから、こういう作業はほとんど自動的に答えが出る。ただ、F3解というのは日々の座標値なので、かなりばらつきがあるわけですね。今回の解析に使われたのを見ると、3年間のデータからの平均的な変位速度ですね。そうすると、日々の座標値がばらついていても、そこをフィッティングすることによってかなり精度よくデータが求まっている。

地震とか火山というイベントだったら、シグナルが非常に大きいので、F3解そのものでも十分シグナルが入っているのですが、プレート境界の沈み込みの影響というのは、もともとシグナルが小さいですね。だから日々の座標値をそのまま使ったのではとんでもないことになっている可能性もある。その辺をどのぐらいまで間隔を狭めてやろうとしているのか、ここには見えないのですが、今回は3年間のデータでやっていますが、これからどこまでそこを短くしてモニターしていくかというのがわからないので、教えてください。

○説明者　今回は3年間でお見せしたのですが、実際は1年間まで縮めて、日々更新されることで1年間の平均というものを計算していきまして、このシステムで当面は1年間の平均をとってプレート間カップリングを推定するという成果を公表していきたいと考えております。

さらに、1年間から、日々ですから、1日ごとのデータから推定も可能ですが、それにはまだクリアしなければいけない課題がありまして、そういうことを含めて来年度からの特別研究では、今回は1年間の平均ですが、それをどんどん時間間隔を狭めて、究極的には1日、もしくは、もう少し細かいのまでいけるかどうかわかりませんが、そういうことをターゲットにした研究が来年度から実施される予定です。

○評価委員　そうすると、一つ前の研究課題で、つくばをモニターしていると、つくばのようなちゃんとしたように見えるところでも年周変化とかが結構ある。ほかのGEONETの点、すべて何かで変動していると思います。それを何年もデータをとるから見えてくるのだけれども、1年だと、年周変化も入っているだろうし、どんどんどんどん細かくしていくと、そういうものを全部シグナルとしてプレート間カップリングに押しつけてしまいますよね。そのときどういう答えが出てくるか、ちょっと危惧されるのですが。

○説明者　それに対する答えは今は持ち合わせていないのですが、それを来年度からの特別研究で3年間かけてクリアしていくものだと考えています。

○地殻変動研究室長（国土地理院）　御指摘はごもっともでありまして、私たちとしても、地震とか火山現象があったときに、できるだけ迅速に、短時間で精度の高い地殻変動を出していく、公表していくのが責務だと考えておりまして、まさにおっしゃるとおりです。

けれども、今のところは、ばらつきがありますので、長い間の平均をとらないとミリメートルまではいかない。一つ一つのデータで見ますと1cm以上のばらつきがある場合もあったり、特に夏場は二、三センチばらつきがある場合もあるし、局所的に、伊豆半島などはもうちょっと大きい誤差があったりする。そういうところについては、宇宙測地研究室とか観測センター、地殻変動研究室も含めて、協力しながら別途研究を行ったりすることで、できるだけノイズの少ない、地殻変動だけの情報を出すようにしたいとは考えております。

ただ、すぐにそれを解決できるかという点、なかなか難しく、幾つもの一般研究、特別研究を複合的にやっていくことによって、おっしゃるとおりの方向にしていければと考えております。

○評価委員 ほかに何か。

○評価委員 ウェブページを通じた成果の公表・発信ということですが、これは主に研究者向けということでしょうか、それとも一般に対してもわかるような形で公表するというのでしょうか。

○説明者 一般の方にもわかりやすいページにしていきたいと思いますが、初めは、僕も専門家ですので、一般の方がどういうところがわからないのかわかりかねるので、どんどんブラッシュアップしてわかりやすいページにしていきたいと考えています。

○評価委員 このスライドで出ているようなデータだけ出されても、一般の方はわかりませんと思います。ですから、これがこういう格好をしていればこういう影響があるとか、こうなると危ないとか、そういう情報をつけたほうがいいと思いますし、そのためには、カップリングが実際のプレートが沈み込むところの深さどのぐらいのところではどうなっているとか、そこの温度とか圧力はどうなっていて、そこの材質はこういうもので、どのぐらいの力がかかるとそこが破断するとか、そういうモデルをつくっておいて説明するとわかりやすくなるのではないかと思います、そういう方向はとられないのでしょうか。

○説明者 最終的にはそのような形になっていけばいいと思いますが、今すぐには無理ですが、今ある図をそのまま載せるのではなくて、この図をどういうふうに見たらいいか、これがどういうふうになったら、例えば地震が起こりやすいとか、起こりにくいとかいう注釈はつけたいと思います。

○評価委員 ぜひ今後の研究課題としても、そういうことも含めて、一般の人にわかりやすいようにするというところにウエートを置いていただければよろしいのではないかと思います。

○評価委員 ほかに何かありますか。

ついでですが、先ほどの3年間というのは、移動平均的に2000年から2003年、2001年から2004年とずるずる動かしていけば、去年までの3年分、ことしまでの3年分と動かせますね。切る必要はないですね。移動平均的な形でとったような研究というか、トライはしてみましたか。

例えば1997年から2000年まで、次は2007年から2010年までとなっていますが、1998年から2001年までという3年がとれますね。そうやってずるずる動かしていこう。

○説明者 その推定も行いました。今回は時間の関係上、わかりやすく10年前と最新ということで抜き出して成果を報告させていただきました。

○評価委員 そうすると、聞きたいのですが、その間に地震が起こっているところがある。つまり、カップリングというように地震を除いていますということだけれども、そもそもそういう場合のカップリングの意味、例えばカップリングがどのぐらいになったら地震が起きますよというのは、これでは出てこないですね。集積みたいなものが出ていないから。

○説明者 今おっしゃった、どれぐらいになったら地震が発生するかというのは、わかるというのですが、例えばスライド9で北海道のところに80というコンターがありますが、80%カップリングしていて、大きいのですが、これが地震の前に100%になるかという、恐らくならないと思っているわけです。

これは、初めに御指摘にあったように、時間スケールをどれぐらいにとるかということで、例えば地震発生前にカップリングが強まるとしても、その時間スケールが1年なのか、1日なのか、数時間で見たときにはそう見えるかもしれないけれどもということで、今すぐ数時間でカップリングが80から100に変わるのをとらえられるかという、今はとらえられない状況にありますので、これから時間方向の精度を高めた解析によってそれがとらえられるかもしれないと考えています。

○評価委員 多分、このカップリングというのは、計算の方法からすると、加速度的なというか、その時間、その時期のものですよね。それが集積して、どのぐらいになったらどうなるとか、例えば岩石の強度をオーバーするとか、地殻の強さをオーバーするとか、この地域だとこのぐらいでカップリングの集積、要するにひずみに変えていかないと無理ですよね。その辺をもう少し展開していかないと、この図を公表して一般国民にわかるようにといっても、そもそもカップリングの意味がわからないし、研究者はわかると思いますが、惑わすだけみたいなことになりかねないから、その辺は重々注意してほしい。

もう一つ、具体的に、例えば11ページのスライドの11で、海側は、これは計算でしょうがないといえましょうがないけれど、ずるずるずれるみたいな。あるところで強くなって、内陸のところから以降は動かなくなってしまうから、カップリングしないというような。これは、プレートが下にずっと沈み込んでしまって、ここから向こうはプレートの影響がないということを指しますか。

○説明者 この矢印は地表の変動ではなくて、地下のすべりを書いているのですが、それを地表に投影して。

○評価委員 これは地下のプレート境界における陸域の動きを表現するという意味ですか。

○説明者 プレートというのは下に沈み込んでいますが、その面のすべりを地表に投影

して書いています。

○評価委員 面のすべりというのは、プレート自身が動くのか、プレートと競っている陸地側が動いているのか、陸地側の動きを表現しているのですか。

○説明者 こういうふうに2枚面がありまして、こちらが沈み込む側で、こちらが陸側ですが、カップリングがない場合は沈み込む側が。

○評価委員 するする行ってしまいますね。

○説明者 はい。ここに表現しているのは、上側の陸側のプレートが引きずり込まれているという。

○評価委員 この矢印は陸側の動きということですね。そうすると、内陸域で陸側の動きがなくなっていますということは、プレートがマントルに向かって落ちていくような形で行ってしまっていて、陸域のほうは動きませんという意味。

○説明者 そうです。深いほうでは陸側のプレートは沈み込むプレートに対して引きずられていない。

○評価委員 引きずられていないけれども、水平方向の動きでしょう。ここであらわしているのは、ベクトルであらわしているけれども、直角に下に引っ張られたら点になっているわけではなくて、水平方向の動きとしてベクトルを表現している。どういう表現をしていますか。

○総括研究官（国土地理院） 海側のプレートが深くまで潜り込んでくると、陸側のプレートは海側のプレートとくっついていないので、引っ張られないので、引っ張られれば矢印が出ますが、引っ張られていないので、動いていないので矢印が出ない。そういう表現です。

深いところでは海側のプレート、陸側のプレートはくっついていない。ですから陸側のプレートは海側のプレートから引っ張られる部分がないので、ずっと下のほうへすべっていつてしまっているもので、こちら側には動きは見えない。だけど浅いところではくっついているので、引っ張られた分がありますので、それが矢印として出てくるということです。

○評価委員 この矢印は水平方向の動き。

○総括研究官（国土地理院） 斜め状に接地していますので。

○評価委員 水平成分ではなくて。

○総括研究官（国土地理院） 水平成分です。

○評価委員 水平成分ですね。だから、ここから奥ではまさにプレートが下に行ってしまう

ってということですよ。そこの部分を表現しているということですが、GEONETと
いうか、陸上は当然、海側から押されて動く部分もありますね。プレート境界の部分だけ
でなくて、もっと上のほうは陸が動きませんか。

○総括研究官（国土地理院） それは、くっついているところで引っ張られて陸側が動い
ているわけです。ここで見えているのは、くっついている二つの面の、この上での動き
を。

○評価委員 上のほうの地表での動きはどういうふうに。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 6 ページの下のスライド2にございます。プレート
が沈み込むことによって陸の電子基準点が左方向に動いている様子が書かれております。

○評価委員 このところで陸上との残差みたいなものはどういうふうになっていますか。
それは計算していない。

○説明者 陸上の観測されている量と計算した量でどれぐらい差があるかということす
か。

○評価委員 これは地下でしょう。プレート境界部分での動きと、その上方のGEONE
Tはどういう関連があるかということです。

○説明者 それは、スライド2をごらんいただきたいのですが、東北地方を拡大した絵が
ありまして、日本列島に矢印が書いてありますが、これが地表での観測量です。

○評価委員 では、スライド11の矢印は何をあらわしているのですか。計算した値ですね。

○説明者 そうです。

○評価委員 計算した値と、GEONETの実際の動きはどのぐらいのずれがあるのです
か。ということを聞いてみたかった。

○説明者 それは、およそ数ミリ程度あります。そもそも地表で観測される変動量は数セ
ンチ程度ですが、それに対して残差というのは数ミリ以下です。

○評価委員 では、プレートバウンダリーの動きが直接上に反映してくるので、地殻が弾
性的に動いているという動きはほとんどないということですか。

○説明者 はい、そうです。

○評価委員 そういうことも含めて説明してくれないと、一般の人はほとんどわからない
ですよ。

ほかに何かありますか。

○評価委員 今のに関連して、私が先ほど申し上げたのは、こういうのをわかりやすくす

るためには、地理院さんだけではだめかもしれない。むしろ地球物理とか地質の専門家を
入れて、もっと深いところからちゃんとモデル化しないと、なかなか難しいのではないかな
という気がしたわけです。

地理院としてもそれはやっていかないと、トータルな成果としてはうまく表現できない
のではないかと思います、その辺はどのように考えておられますか。これから、例えば
どこかとタイアップするとか、独自で、中のほうのプレートなどの理論とか検証まで含め
て地理院としてやろうとされているのかですね。

○説明者 組織として、どこかの研究所とあわせてウェブページを通して公表していくと
いうのは僕には考えづらいのですが、個人的に、研究者のコミュニティーがありますので、
協力してウェブページをつくって公表していくというのはあるかと思います。

○評価委員 地理院長さんはいかがお考えでしょうか。

○院長（国土地理院） 初めてですので、私自身もよくわかっていないのですが、わかる
ようにしていくことが大事だと思います。だから、この研究は基礎的な研究ですが、ほか
の方にわかっただけのように、できれば大学のお力をかりたりしてやっていきたいと
思います。

○評価委員 よろしいでしょうか。

○評価委員 どうぞ。

○評価委員 次年度の特別研究につながる形で、成果も今回上がっているの、高く評価
しています。今こういう雰囲気になっていて、水を差すようですが、僕は、成果の活用で
ウェブページ云々ということを書き込んだのと、今お答えになった、言ってしまったなど
という感じがあって、こういう極めて専門的な研究を一般国民を対象にウェブ上でというの
は相当大胆な発言になって、今、何でも情報はそういうふうにして伝えろという風潮にあ
るので、つい研究者の方もそう言うってしまう傾向があると思うのですが、これはそう簡単
なことではなくて、専門家でない人に妙に生の情報を出してしまうことによって逆の効果
が生まれる。それがオーバーエステメートになったりアンダーエステメートになったりと
いうことで、違う受け取り方をされることがあるので、今やられている研究は専門家集団
である連絡会とか調査委員会に出すデータであるというのが第一義で、こういう研究をし
ているということは国民に知ってもらう必要があると思いますが、この成果を軽々にウェ
ブ上で公開して一般国民の方もわかるようにというのは、相当慎重に手順を踏んでからお
っしゃったほうがいいのではないかなという感じはいたします。

この委員会でも、黙っていると多分やれやれというふうになってしまうので、そこは慎重に対応すべきが情報公開なのではないかと、私自身は委員の一人として感じていますということだけコメントしておきます。

○院長（国土地理院） 今おっしゃっていただいたとおりだと思います。こういう研究をやっているということ、そして、この研究の内容が、個別の細かいデータとしてではなくて、研究成果がこういう意味を持っているということを一般の方々によくわかっていただくように、ウェブなどで公表するのが正しいと思います。最新のデータは専門家に見ただいて、国民に誤解が生じないような形で、ちゃんと精査した上で、出せるものは出していくという形にするのだろうと思っておりませんが、それにしても、わかりやすい形にするにはどうすればいいか、よく考えていきたいと思います。

○評価委員 どうぞ。

○評価委員 私も、ホームページに公開を望むということを書いたわけですが、だれでもわかるようにとまでは考えていなくて、今は地表でこういう変動が出ているというのはちゃんと公開されていて、こういう変動が出ているということは地下でこういうことが起きている、そこまで自動的に計算できるようにほぼなっているということで、それなら、地下で今この程度引きずり込まれているというのも出せる範囲で出していただきたい。特に、我々が大学で学生に教えたりするのに、そういう最新のデータを活用できると授業もずっとよくできますので、そういう意味で公開していただきたいということで、だれでもわかるようにというのは、そう簡単なことではないと思います。

○評価委員 ほかに何か。

○評価委員 実は私も先ほどからウェブのことが気になっていまして、後の地理分科会のほうでもウェブ公開というのがあって、地理分科会のところでやっているのはいいかなと思ったのですが、これはデータが一人歩きすると住民の人たち、国民の人たちに不安を持たせるような方向に行ってしまう危険性があるデータではないかと思うので、生のデータを出すというのはちょっと難しいかなという気がします。人々が見て、いろいろな判断に使われるようなものであればいいのですが、不安をあおるような方向に行くデータが一人歩きしてしまう危険性があるのかなと思いました。

○評価委員 ほかに。

なければ、この課題はそんなところにします。

③ 正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究

○説明者 お手元の資料3-1、終了時評価表をごらんください。本研究、正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究でございますが、これは平成20年度から22年度の3年間を研究期間として遂行されております。本研究の目標はSAR干渉画像の高度利用を目指した技術開発にございまして、大きく分けて二つの課題を進めてまいりました。4. 成果の概要につきましては別紙のスライドで御説明いたします。

スライド2をごらんください。SAR干渉解析は、今や面的に地盤変動を計測する標準ツールの一つとして定着しつつあります。しかし、正確かつ迅速に変動を把握するには、まだ幾つかの障害が残されております。その主なものに大気中水蒸気による位相遅延誤差及び変動量抽出に関する技術的問題がございます。下の図はその問題が発生しているそれぞれの様子です。

続きましてスライド3をごらんください。まず一つ目の障害、大気遅延誤差でございますが、この原因は主に大気中の水蒸気にあります。干渉SARは2回の観測で得られるマイクロ波の位相の差を計測するものです。しかし、大気中に水蒸気がございますとマイクロ波の進む速度に変化が生じて、それに伴い位相のずれ、すなわち遅延が発生いたします。これが見かけ上の地盤変動誤差を生んでしまい、干渉解析の正確性を劣化させています。場合によっては、スライド2でお示したような十数センチの誤差を生んでしまっております。

続いて二つ目の障害についてです。干渉SARは位相のずれを計測する技術でございますが、波の性質上、ゼロから 2π の範囲のずれしかわかりません。それゆえ、干渉SARで得られる地盤変動は 2π の繰り返しの表現になっております。図で見ると色の繰り返し表現になっております。しかし、これでは変動量を把握しにくく、また、その後の定量的な解析にも支障を来すため、不連続な位相を連続的につなげて、センチの世界に焼き直す処理を行います。これを位相連続化処理と言います。

しかし、二次元になりますとノイズなどが原因となって、位相をつなげていく経路によってはセンチの世界への変換に失敗が起きてしまいます。それがスライド2にお示している例でございますが、このような背景のもと、本研究では、これら問題点に対処してS

AR干渉画像の高度利用を促進するために二つの技術開発目標を立てました。1点目に、SAR干渉画像に適合した位相遅延分布の計算手法の開発、2点目に、位相連続化のための高度処理システムの開発です。以下、それぞれの課題についての成果概要を簡単に述べさせていただきます。

スライド5をごらんください。誤差の主要因である水蒸気ではありますが、その分布は空間的に不均質な場合が多く、その影響の低減は容易ではありません。それゆえ、誤差の低減には大気状態を詳細に反映したデータをもとにした遅延量計算が必要です。そこで本研究では、天気予報にも使用されます数値気象モデルデータから大気状態の情報を取り出し、低減処理を行う手法を開発いたしました。

数値気象モデルは、スライド6にお示ししますように、さらに高分解能化して、SARデータに適合させた低減処理ができるように工夫を加えております。

それでは、本手法を適用した結果をスライド7で御紹介いたします。これは富士山周辺のSAR干渉画像です。左の図が通常の解析で得られた干渉画像ですが、富士山に最大13cmもの変動が見られます。しかし、この時期にセンチ単位の地殻変動は確認されておらず、地盤変動量はゼロセンチ、すなわち真っ青な画像になっているはずです。これは見かけの変動、誤差になります。

一方、右の図の本研究で開発した手法では、真ん中の図の従来の低減手法と比べても誤差が有意に抑えられて、富士山では誤差が2cmにまで低減されております。

スライド8は、スライド6でお示した気象モデルの高分解能化の効果が有意に確認できるケースもあることを示しております。

スライド9は、横軸に標高、縦軸に誤差量をとって、両者の関係から低減の効果について調べたものです。結論といたしまして、特に標高の高い領域、山岳部での低減処理の有効性が確認できております。

画像全体の標準偏差の大小を指標として手法の有効性を調べたものがスライド10でございますが、多くの場合で低減効果が認められ、新たな誤差低減処理の一つとして本手法が有効に機能し得ることを示しております。

続きまして位相連続化処理に関する研究の成果についてです。スライド12にお進みください。位相の繰り返しを連続的につなげていく位相連続化処理でございますが、二次元データでの処理は非常に難しく、ことに高解像度画像の位相連続化処理は技術的に困難で、失敗も多いのが実情です。これまでは空間解像度を下げるなどして問題を回避してきまし

たが、これでは計測の正確性を劣化させます。そこで、本研究では高解像度を維持した位相連続化が可能な処理システムの開発を行いました。

スライド 13 をごらんください。本課題の研究成果は多岐にわたっておりまして、本資料では GUI 化、グラフィック上で操作をするという側面から代表的成果の一例を説明しています。位相連続化を行う際は位相を展開していく経路を人間が編集する必要がありますが、従来はこの編集を、左の図にありますようにコマンドライン上で一つ一つピクセル（画素）の位置を入力しながら行っており、この操作性の悪さが高い解像度の処理を困難にして、解析の迅速性を劣化させておりました。これは大量のデータを正確・迅速に処理する必要がある国土地理院の測量事業にとっては大きなマイナスとなっていました。

そこで本研究では、高度処理のために開発・改造したプログラムや発案した機能を GUI 操作化する技術開発に重点を置きました。右の図が開発した機能の一例でございますが、マウス操作で簡単に伝播経路を編集できるようになり、高解像度画像の編集も、正確に、かつ迅速に行うことが可能になっております。

そのほかにも、位相伝播経路の編集に不可欠な操作を GUI 上で行う機能を多数開発しております。その主なものをスライド 14 に示しております。これまでは商用・無償のソフトを問わず SAR 干渉解析ソフトというのは GUI 操作が貧弱なものばかりでございましたが、本開発により、世界に先駆けて本格的な GUI 操作ベースで、かつユーザーフレンドリーな位相連続化専用ソフトが開発されたことになります。

この位相連続化処理の高度化に伴い、スライド 15、16 に示すような、その結果を応用した機能も開発することができました。一つは等値線付き変動量図を作成・表示する機能でございますが、これにより先ほど説明した色の繰り返し、縞々の画像だけではなく、より定量的に、そして視認性に優れた変動図の迅速な提供が期待されます。

また、スライド 16 に示す断層近傍の複雑な変動を正確に反映させたデータ抽出機能は、震源断層のモデル化の高度化にも資すると期待されます。

スライド 17 をごらんください。これら研究の成果の活用についてです。まず第 1 に地盤変動測量事業での利用が見込まれます。実は一部の機能は既に利用を開始済みでございますが、今後開発した機能を既存の SAR 解析ソフトへ実装していくことで、地盤変動監視や緊急時における防災情報提供などの高度化・効率化が期待されます。

また、本研究で開発した高解像度を維持した位相連続化の処理技術は、現行の ALOS データ、より高空間分解能となる予定の次期 SAR 衛星（ALOS-2）における解析にも

応用できることが期待されます。

以上をまとめますとスライド 18 のようになりますが、2 課題とも当初設定した目標どおりの水準である技術開発に成功しております。また、位相連続化の研究に関しましては、開発した技術成果を応用した機能も追加し、目標を上回る成果も生んでおります。

それでは、再び終了時評価表へお戻りください。6. です。これら研究成果ですが、別紙のリストにお示したように、研究報告書 6 件、発表論文 1 件、口頭発表 13 件となっており、その成果をこれまで国内外の当該分野に発信してまいりました。

7 の成果活用については、先ほどスライド 17 で御説明したとおりです。

8. 達成度の分析です。各課題ごとに記載しております。必要性の観点からの分析ですが、大気遅延誤差の研究に関しては、数値気象モデルの利用、レイトレーシング法による高精度な計算の実現により、低減処理で必要とされる複雑な大気状態を反映させた計算手法の技術開発に成功し、その目標を達成しております。位相連続化処理の研究に関しては、GUI 操作ベースのソフトウェアの開発により、正確性・迅速性を欠いた従来のコマンド上での操作を大幅に向上させることに成功しており、目標を達成しております。

有効性の観点からの分析ですが、大気遅延誤差の研究に関しては、本研究で開発した大気遅延誤差の低減処理手法が実データにおいても有意に低減効果を発揮し、本研究のアプローチが有効であったことが確認できております。位相連続化処理の研究に関しては、高解像度を維持した位相連続化処理が可能になったことを受けて、幾つかの応用機能が開発できたこと、また、地盤変動監視業務等の高度化が可能になった点で、本開発は有効であったと考えられます。

(3) 効率性の観点からの分析ですが、大気遅延誤差の研究に関しては、国土地理院所有の気象データを使用するなど、コスト面等の削減・抑制に努め、効率的な研究を遂行してまいりました。位相連続化処理の研究に関しましても、GUI 化に重点的に投資することで、研究コストを抑えつつ高度処理システムの開発を効率的に実施いたしました。また、将来の事業への展開を強く意識した開発を心がけ、現場との双方向の連携をとって効率的な研究にも努めてまいりました。

最後に 9. の今後の課題でございますが、一つは、現在独立に動くソフトウェア、プログラムを、既存の SAR 解析ソフトに順次実装して、一体化して動くようにし、事業への展開を図っていくことにあります。また、大気遅延誤差の研究から得られた知見を生かした誤差低減の研究・取り組みをさらに進めて高度利用化を目指す必要があると考えており

ます。

簡単ではございますが、成果について御説明させていただきました。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは分科会から評価結果をお願いします。

○評価委員 今回、SAR干渉画像の気象モデルを用いて位相遅延のより正確な推定を行って結果をより精密にすることと、位相連続化して結果をより見やすくするシステムの開発、どちらも当初目標を達成されていると考えます。成果公表として英文の査読中がありますが、これだけの研究がされているのだったら、手法そのものだけでも十分書けるのではないかと思います。できれば書いていただきたいと思います。

達成度として、特に今回の方法で山岳地域の誤差が非常に小さくなっているということで、これは実際に火山地域、今も霧島で起こっていますが、ああいう変動を見たりするのに非常に役に立つだろうということで、なかなかいい研究であると思います。

それから、SARの誤差として、気象要素は大分今回のでやられたのですが、電離層のほうもこれから考えていただきたい。それからもう一つ、これだけ連続化のいいシステムをつくられたので、もうちょっと手を入れて、国土地理院外の研究者でも使えるようにしていただけないだろうかという希望を持っております。

研究内容としては十分な成果が出ていると考えます。以上です。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、委員の方の意見、質問を受けたいと思います。どなたか。

○評価委員 富士山のところで誤差13cmが2cmということでありましたが、2cmというのは、もともとゼロというところが2cmではないかと思うのですが、そうしますと12ページのスライド15でどのぐらい。2cmを超えるものは大体大丈夫と考えてよろしいのか、誤差をどのぐらい見込めばよろしいのかお聞きしたいと思います。

○説明者 今の御質問に答える一つの資料としては、スライド9などがあるかと思います。スライド9をもう一度御説明させていただきますと、横軸に標高、縦軸に位相変化をとって、低減処理がない場合の位相を赤線で、今回の手法を適用したものをピンクや青の点線で示しております。標高の低いところを見ていただくとわかるかと思いますが、1～2cmぐらいのばらつきは、気象モデルを使っても低減することが困難です。逆に言いますと、2cmもしくは3cmぐらいのところまでは落とし込めるようになったのかなと認識しております。さらなる技術開発ももちろんのこと、精度の信頼性に関する研究もさらに進め

ていく必要があると認識しております。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 今のに補足させていただきますと、SARの計測精度はGPSより劣りまして、一言で言えば数cmということであります。大気モデルで補正するといっても、天気予報に使っているものと同じということは、天気予報以上の精度は出せない。天気予報も完璧ではありませんので、誤差をゼロにすることはできないということでございます。気象条件がいい場合には、数mmの精度というのもこれまでもあったのですが、大抵の場合は数cmの誤差は残ってしまいます。

○評価委員 ほかに何か。

今のことに関して、気象モデルというのは、7ページの空間分解能が10km（5km）、時間分解能が3時間、これを使ったという意味ですか。

○説明者 はい、そのとおりでございます。

○評価委員 これは1辺が5kmということですね。富士山あたりは、かなりの部分をすぽっと覆ってしまうような感じになるのですが、それを一つの数値で補正していくことになりますね。気象モデルの分解能がもっと高まったら、もう少し高くなりそうですか。

○説明者 まだばらつきが残っている一つの原因は気象モデルの誤差が大きいことと思います。SARデータに比べると数値気象モデルの空間分解能が足りないのが現状です。もともと気象庁が配布しているものは、ここに書いてありますように10kmのもので、これをさらに我々が細かくしております。初期値の誤差がどんどん拡大していつているということも局所的には見られると思います。ですから、今後気象モデルが高精度化されれば、精度が向上していくと期待はしております。

○評価委員 どうぞ。

○評価委員 干渉の位相で 2π ごとにとという話ですが、こういう分野は、位相の縞からそれを定量化するという技術はかなり一般化しているのではないかと思います。例えば弾性学などですと、光弾性などで実際の応力分布というものをかなり正確に出すというのが古典的に確立されていると思いますし、伝播のいろいろなところで位相から出しますから、ノイズの原因であるとか、先ほども話がありましたが、エコーキャンセリングみたいな話とか、そういうところでも使われていることを知っているのですが、地理情報特有の新しい手法が何か出ているのでしょうか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） それに関しましては、おっしゃるとおり数値計算とか光学分野でいろいろな手法が開発されております。私たちとしては、ニューラルネット

ワークを利用したコンプレックス・バリュード・ニューラル・ネットワークスという本があるのですが、この中にまさに合成開口レーダーのための位相アンラッピングをする全く新しい手法、日本独自の方法だと思っていまして、それが使われております。これについて私たちも利用させていただきたいということで研究協力を行いまして、やりとりして、実際につくられたプログラムも私たちが利用させていただいたりして研究を進めてまいりました。

そのおかげもあって、独自の方法で、かなり精度の高い方法が出せたわけですが、こういう分野の専門家と連携することによって、私たちが予想もしなかったことが幾つかわかってまいりました。例えば、レジデュー、先生は「特異点」と呼んでおられるのですが、いい特異点と悪い特異点があることがわかって、それを区別することによって成功に導く方法とか、そういうものもこの中で取り入れております。

○評価委員 多分、連続のところは問題ないわけで、特異点をどう扱うかに特徴が出ると思います。ですから、むしろそういうところを強調して報告されたほうがアピール力があるのではないかという気がします。

それから、G U I を使ったから非常に効率化されたというのですが、コマンドラインを使うよりは、G U I のほうがヒューマンインターフェースは良好なので、効率がよくなるのは当たり前だと思うのですが、それだけではアピール力がないと思います。ですから、G U I を使ったことで、1点1点コマンドで数値を入れていくというのは大変な話ですが、それを例えばポインティングデバイスなどで大ざっぱにぱっとやると非常に効率がよくなったとか、多分そういうことではないかと思うのですが、単にG U I というだけでなく、もうちょっと具体的に説明していただきたいような気がします。

○説明者 御指摘ありがとうございます。一つの回答といたしましては、今回の技術開発ですが、もちろん研究のために使う技術も重要ですが、国土地理院としては測量事業でいかに使うかということを重要な観点として考えております。研究レベルであればコマンドラインでも何とかできますが、実際に測量事業を行う非専門家の人たちが扱っていかなければいけないという面を考慮いたしますと、G U I に重点化して研究開発した要素は十分にあったと認識しております。

○評価委員 例えば、こういうデータでXMLを使うようになると、むしろコマンドでやるほうがいい場合も結構あるわけです。ですから、専門家から見るとコマンドがよくて、素人だとG U I がいいという単純な話ではなくて、G U I を使うとどういう人に対してい

いのかとか、どういう状況でいいのか、もうちょっと分析した内容として出していただきたいような気がします。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 御指摘ありがとうございます。それがスライド 14 に凝縮されております。スライド 14 の左上にありますとおり、能登半島は上下逆になっていますが、世界中の干渉 SAR の解析者はこういうふうに解析しているわけです。レーダーコーディネートと言っています。ところが、我々、地震のほうに使用すると、左下のようには正立していないと見づらいわけです。ほかの地図、プリズムとかアブニールの画像も同時表示する機能を持っているのですが、そういうのと比べながら、しかもマウスを移動するとアブニールの画像の全く同じ緯度・経度のところに同時表示できるようになっていまして、それがどうなっているか見比べながら正立でできるというのが大きな点。

それから、真ん中にグラフが 3 本ありますが、これも 2π に相当する 12 cm ですが、それがプラスだったらどうなるかというのが赤で、マイナスだったらどうなるかというのが青になっているのですが、明らかに間違っているというのがわかる、ここのところを直せばいいというのがわかる。こういうグラフ表示ができる。グラフをつくりたいところに線を持って行って、斜めに線を引いてグラフ表示とやると出るとか、こういう点がまさに、定量的に、しかも信頼度の高い位相連続化を実現する GUI の核になっているところでございます。

○評価委員 わかりました。これをもうちょっとわかりやすくブレイクダウンしていただければよろしいかと思います。

○評価委員 ちょっと聞きたいのですが、今のところに関しては、断層のように弾性変形をした場合にはよく出てきますね。火山灰が堆積した堆積層の厚さを追いかけるような場合、現地で百何点ぐらいでやって、それで分布図を書くようなことで、SAR で厚さの分布図を書けそうですか。

○説明者 基本的には地表面の反射を見るので、厚さを見るというのはできません。

○評価委員 火山灰が降る前の図と、火山灰が降った後の図の中では干渉が出てこない。

○説明者 干渉するには、ちょっと地表面が変わる、この「ちょっと」というのが重要でして、火山灰のように余りにも地表面の特性が変わると、そもそも干渉しなくなります。ただ、干渉処理の前の段階、SAR の白黒の写真の段階では、例えば火山灰があるときとないときとで散乱強度が変わりますので、その違いを見て、定性的にはありますが、前後で比較するということは可能かと思います。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 補足しますと、火山灰の場合にはやわらかいですが、Lバンドのマイクロ波の場合は透過してしまいますので、写らないと思います。

○評価委員 火山灰が7,000万トンみたいな表現をしているのですが、本当はどのぐらいなのか知りたいところで、空中写真で測量すれば出てくるだろうとは思いますが、なかなか大変なので、こういうのですぐに出てくるとおもしろいかなと思いました。

それから、日本の場合はいろいろ、気象の資料なども手に入るのですが、東南アジアとか発展途上国に技術移転をしようというときには、これは日本のようなところでなければ適用できませんということだと。東南アジアのどこかの国に技術援助しようというときには応用できそうですか。

○説明者 気象モデルに関しましては、スライド6にも書いてございますが、海外のデータも対応して計算できるように開発いたしております。

○評価委員 ほかにはどうでしょうか。

なければ、この辺で休憩させていただきたいと思います。

〔暫時休憩〕

○評価委員 では再開いたします。

④ 地理空間情報の時空間化とその応用に関する研究

○説明者 この研究は3年間の研究で、研究の概要につきましては資料4-3を使って説明したいと思います。

まずスライド2で研究の背景を書いてありますが、新しく地理空間情報活用推進基本法ができまして、地理空間情報に関して位置精度の高度化とか更新頻度の向上、それからさまざまな分野での利活用が求められております。そのような背景の中、地物に時間情報を持つことで、地物単位の高頻度な情報管理とか、指定した時間断面における空間データの作成が行えるようになるとういう分野で貢献できると思い、このような研究を始めました。

スライド3で研究の目標と内容を書いてありますが、研究の具体的内容は四つありまして、一つは時空間化のデータ仕様の検討、それから、それに基づいたプロトタイプのデータセットの構築、それからWeb-GISでの実装、それから、そのデータを使った景観・土地利用変化の解析という内容になっております。

スライド4と5で時空間化された地理空間情報のメリットについてポンチ絵を書いておきます。スライド4の左のほうは、ある時間断面について、従来の地理情報では全面的にデータをつくっていたのですが、最近では主要な道路とかの更新情報があればその項目だけ優先して更新しているということで、時間精度の違ったデータが混在するような形になってきております。そういう視点では、各地物単位ごとに時間情報を持ってデータ管理して、時間シームレスな一つのデータセットとして、その中から任意の時間のデータを切り出して使うほうが、データ管理がしやすいのではないかと考えました。

それから、スライド5にありますように、それぞれの部局で解析に使えるようなデータをつくっておりますが、そういうものを位置の情報と時間の情報をキーに統合することで、例えば地形図のような、一つの背景地図としても使えるデータセットにすることができるのではないかとということもメリットとして考えました。

本研究の従来の研究にない特徴をスライド6に書きましたが、一つは被覆系のデータを取り上げていること、時間情報にあいまい性を持たせてデータ整備側が時間情報を取得しやすくしたこと、単に土地利用とか地形、等高線とかを背景地図の情報として表示させるだけではなくて、解析可能なデータセットとして一元化してつくったことなどが特徴として挙げられるかと思っております。

研究の流れをスライド7に書きました。赤い部分が直営で行ったもので、白い部分が外注ですが、研究費用の大半はデータセットの試作とシステムの開発に充てて、データ仕様の検討、それから、解析を通じて仕様の変更等の検討についていろいろと試行錯誤しました。そういう部分を直営で行っております。その中で学識経験者とか自治体にヒアリングなどもしております。

スライドの8と9が時間情報の持たせ方の考え方ですが、ここでは交通網とか建物のように発生・消滅があるデータについては、発生・消滅型のデータとしてスライド8にあるような時間情報の持たせ方を考えました。これは京都大学の畑山先生の考え方を踏襲しておりますが、ここでは発生開始（SS）と、発生完了（SE）、消滅開始（ES）と、消滅終了（EE）の四つの時間を持たせることを考えています。

SEというのが道路でいえば供用開始日、ESというのは供用停止日ということになります。県道以上の道路であれば、これは官報等を使うと日付まで押さえることができる情報になりますが、SSとかEEは日付まで押さえることは難しいので、こういう情報については画像情報などを活用して、確認できる画像情報の撮影日を入れることができるよう

な形であいまい性を持たせています。また、時間情報の取得が困難な場合には、S SとS Eが同じ時刻でも、論理的に矛盾がなければ問題ないようなデータ構造にしております。スライド8の下にあるように、四つの時間を入れることができる各地物ごとに固定長のデータ構造としております。

一方、スライド9の土地利用とかDEMのように必ず存在する地理空間情報については被覆型としてとらえていますが、当初は変化した日付を入れることを考えておりましたが、実際にデータをつくって解析をしたりする試行錯誤の中で、スライド9の右にあるようなあいまい性を持たせた時間情報のとり方を考えました。土地利用がAからBに変わるときに、 T_{true} というところで実際には変わったとしても、その日付を時間情報として押さえるのは難しいので、Aという土地利用が最後に確認できる画像情報の日付 t_1 と、Bという土地利用が新しく発生したことが確認できる最初の画像資料 t_2 の二つの日付を入れて、その間に変化したというあいまい性を持たせるようなデータ構造にしました。

ここでは、スライド9の下にありますように、二つの時間を8桁で入れて、その後、変化した土地利用を入れるということを変化のあるたびに繰り返すという可変長型のデータ構造にしています。被覆型のデータ構造の持たせ方というのは、過去の論文などではそういう考え方はなく、オリジナルの考え方であります。

そのような考え方に基づいて、スライド11にありますように、実際にデータを試作しました。試作したデータは、ここではつくばの例を紹介します。本来はすべてのデータセットが時空間化の対象になると思います。しかし本研究では、高頻度で更新されることで解析上意味がある情報とか、背景地図として必要な情報という視点で、交通網、土地利用、地形、建物、水系を選択しました。

ここでは試行錯誤してデータをつくっていますので、2年間、違ったデータ構造で作っておりますが、平成20年度につくったデータはつくば市の研究学園都市を含むかなり広い面積を約40年間つくりました。平成21年度は、青で囲っている範囲、15km²で、TXの沿線で土地利用の変化が非常に激しいところを選びました。こちらの時間範囲は約10年間で、衛星画像等を駆使して1年単位ぐらいで変化を押さえるようにしています。データセットは地理情報標準に準拠したJPGISのXML方式で整備しています。

実際にこのデータセットから任意の時間を切り出して2万5千分の1地形図に似たような表示ができるように描画するシステムを開発しましたので、開発したシステムの画面をスクリーンのほうでごらんください。下に時間バーがありますので、この時間バーを移動

させることによって、それに応じた時間情報を引き出して描画するようになっています。

それから、この時間情報には、先ほど時間のあいまい性という話をしましたが、例えば建設中の道路は「建設中」と表示するように選ぶこともできますし、時間のあいまい性に関連しては、ユーザーがどういう時間情報で処理するかを選ぶことができるようになっています。

それから、土地利用のほうはポリゴンに記号を発生させていますが、例えば土地利用図的に色をつけて表現することも可能です。それから、それぞれの地物に時間情報を持たせていますので、ユーザーはそれぞれの地物がどういう頻度で更新されているかということも把握することができるようなデータになっております。

スライド 13 で描画の例、スライド 14 でそれぞれの地物にどういう時間情報を持たせているかを表示した例が書いてあります。

ただし、このようなデータは作成するのにどれぐらいの人日数がかかるかということのスライド 15 で計算しておりますが、既存の 2 万 5 千分の 1 地形図の更新と比べると人日数はかなりかかっているというのが実情であります。

そこで、実際に時空間データセットを活用する上で、電子国土 Web システムで情報配信するシステムを開発しました。それがスライド 16 になります。スライド 16 では、一つのデータベースであるアーカイブデータから任意の時間を切り出して描画して、描画したデータを時系列フォルダー管理することで、電子国土のシステムにカレンダー機能のようなものをつけて、そこを選ぶことによってユーザーが任意の時間の背景地図を選んで、それに上乗せ情報を付けて配信できるようなシステムを開発しました。ここでは「時空間電子国土 Web システム」と呼んでおります。

このシステムにつきましては、現在の電子国土のデータが小タイルごとに修正時間情報を持っていますので、国土変遷アーカイブ、時系列の地図情報閲覧サービスという中でこの機能と似たような機能のものを実装することを予定しております。

それから、このようなデータを使ってどういう解析ができるか、現在研究途中ですので、いろいろな解析をしておりますが、スライド 17、18 で一つの事例を御紹介します。ここでは TX の沿線につきまして、研究学園駅からの円バッファを発生させて、その土地利用がどう変わっているか分析した結果をスライド 18 につけております。

スライド 18 の下のほうを見enいただきますと、左側がバッファ 200 から 300m、右側がバッファ 900 から 1000m になりますが、TX の開通が 2005 年ですが、いずれも 2003 年か

ら土地利用の改変がかなり行われていることがわかりますが、駅に近いほうのバッファでは、2005 年以降を見ていただくと、土地利用が変化した面積が少なくなっていると同時に、変化後の土地利用が何らかの土地利用に安定してきているのに対して、900 から 1000m のほうのバッファでは、変化している土地利用の面積もそれなりにありますが、変化後も造成中地で、まだ改変が進行中であるという様子もうかがうことができます。このようなデータを使うことによって都市の細部構造まで含めた解析ができるようなデータになっております。

スライド 19 でまとめですが、地理空間情報を時空間化するための仕様を検討しましたが、ここでは発生消滅型と被覆型とでデータの持たせ方を変えて、かつ、時間情報にあいまい性を持たせたデータ構造というのを新たに提案いたしました。それから、Web-GIS にカレンダー機能をつけて、時系列的に背景データを配信するシステムを開発しましたが、このシステムについては次期国土変遷アーカイブの中で同様の機能が実装される見込みになっています。それから、試作したデータセットにつきましては、電子国土Webシステムで、研究終了後、公開する方向で考えております。

資料 4-1 に戻りたいと思います。2 ページの 7 まで説明しておりますので、8 以降を御説明いたします。達成度の分析ですが、必要性、有効性、効率性の面から十分な達成度を示していると考えておりますが、特に強調しておきたいのは、この研究の実施に当たっては、いろいろな時空間GISの研究をしている研究者がいらっしゃるのですが、そういう人たちと連携しながら進めることによって効率的に進めることができました。特につくば市のデータセットにつきましては、筑波大と連携して、実際にデータを筑波大で使っていていろいろな時系列解析をやっていたいたのですが、その結果は参考資料につけてあります。

今後の新たな研究開発の課題としては、コストがかかりますので、いかに効率的かつ低廉に行えるかという技術開発が必要だと考えております。

私からの説明は以上でございます。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、分科会の評価結果の説明を、お願いします。

○評価委員 地理分科会の評価の概要について御説明申し上げます。

従来のGISというのは時間軸はレイヤーに付すというか、例えば航空写真ですと、撮ったそのときに時間が、面全体としてとられるということで、個別の対象物には時間とい

うものがないわけですが、今回の研究は、発生消滅型のデータ、交通網とか建物、それから被覆型のデータ、土地利用とか地形に独自の時間情報を持たせたというところが非常に大きな特徴だと思います。さらに、時間情報にあいまい性という理論を取り入れまして、整備側が時間情報を取得しやすいようにしたというところが、この研究の非常に大きな特徴点だと思います。

その目的に沿って、さきほども説明がありましたが、つくばエクスプレスの開通前後における土地利用の変化について具体的な考察を行われたということで、当初の計画目標は達成されているのではないかと思います。

それから、成果の公表状況につきましても、研究報告が2件、査読ありの論文、投稿中ですが、口頭発表10件ということで、十分な発表がなされているのではないかと思います。

それから、活用としては、カレンダー機能を付与したシステムが次期の国土変遷アーカイブで実装されるという先ほどの御説明、それから電子国土のWebシステムにもこれが終わった後掲載されるということですので、活用される見込みがあるのではないかと思います。

ただ、残された課題といいますか、最後に言うておられましたが、これはごく一部のところでやっているのですが、時間軸がついたGISというのは非常に有効に活用できると推測されますが、これを国土全体に広げるとなるとどれぐらいのコストがかかるのかということ是非常に重要な問題ではありますが、例えば地方自治体が必要とするような精度と縮尺においてどれぐらいの効率性をもって準備をすればいいのかということ、今、三大都市圏はそういうデータがそろっているということですが、これを全国に広げていくということに対しては、手法とそのコストについては今後十分検討していく必要があるのではないかと思います。

全体的には十分な目標を達成されていたのではないかと考えております。以上でございます。

○評価委員 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、御意見がありましたらお願いします。

○評価委員 スライドの12にJPGIS準拠のXML方式とデータの形式が記述されているのですが、これは具体的にどういうものなのでしょうか。

○説明者 国土地理院で、実際に地理情報標準に準拠する形でのデータ形式としてJPGISというプロファイルを用意しているのですが、それに準拠するXMLで表示したデー

タで、通常地理院が出している地理空間情報と同じようなフォーマットで整備しているということになります。

○評価委員 これは、いわゆるメタデータに相当するものなのか。

○説明者 メタデータではなくて、データのフォーマットそのものです。

○評価委員 S V G (Scalable Vector Graphics) で書かれているようなもの。

○地理地殻活動研究センター長 (国土地理院) S V Gではありません。XMLの、J P G I Sという形式で定めたものです。S V Gとは違うものです。

○評価委員 でも、ベクターはS V Gが国際標準なわけですから、それに変換するようなことを考えないとまずいと思います。

○地理地殻活動研究センター長 (国土地理院) S V Gを使って地図表現することについても、地理院の別の部署でも検討はしておりますが、ここでの研究では従来の地理情報標準に定めたXMLで書いております。

○評価委員 ベクターだけでも、S V Gではないということですね。

○地理地殻活動研究センター長 (国土地理院) そうです。

○企画部長 (国土地理院) 地理情報標準で、これはI S Oの定めている標準を使っているということで、I S Oは幅広いですので、その中で日本に必要な部分を取り出してプロファイルをつくったものです。ですから、これも国際標準といえば国際標準でございます。

○評価委員 前にG XMLなんていうのをやっていましたから、そのときにいろいろつくられて、7199などもできたのですが、余り使われていないのが実情で、ベクターで変換できれば構わないわけですから、いいのですが、こういうフォーマットで普及させようとしているわけですね。例えば行政機関などに使うことを推奨するのであれば、これをつくってくださいという形になると思うのですが、国際的には、グーグルが何を使っているか知らないですが、W e b上で使うのであれば、具体的にはH T M LでW e bができていますから、その上で使われるものは多分W 3 Cのが有力になっていくと思います。そういう意味では、W e bで広範囲に使われるようになるためには、ある程度コンセンサスを得た標準にしていかないと、普及も難しいし、製作コストもかかるし、一部の人しかつくれないということになると思います。

ですから、J P G I S自身を標準的なものにしていくという努力とか、これを普及させるような仕掛けをやるとか、そういうことが必要ではないかという気がします。

それから、これは地物に対して全部時間属性をつけていくという形になるわけですね。

その辺の動向というのは、地理院が世界で先頭を切ってやっていると言っていいのでしょうか。それとも、ほかのところにもあって、それと比較しながらやっているということになっているのでしょうか。

○説明者 世界的にリードしているかどうかわかりませんが、例えばカーナビの情報など、時間情報を持って地理空間情報を配信している例はございます。

○評価委員 それは地理院のに基づいている。それとも、また別に。カーナビは独自のフォーマットを持っていますね。

○説明者 カーナビは別のISOのTCで決められているフォーマットがあって、それに準拠していると聞いております。

○評価委員 そうです。かなりカーナビに特化されたものになっていますが、そういうものとの連携なども考えて進められていると考えてよろしいわけですね。

○説明者 そうですね。それから、時間の情報の持たせ方に関しては、地理情報標準の中で時間スキーマというものがあるのですが、そこを担当した人にも意見を聞きながら、そういうものと矛盾していないということは確認しながら研究を進めております。

○評価委員 ISOが、いつだかの時点を基準にして、秒単位で全部とっていったって、それを年月とかに変換するようなやり方が標準であったという気がするのですが、その辺はISOに基づいているわけですね。

○評価委員 もう少し具体的なことで聞きたい部分があるのですが、8ページのスライド8、発生消滅型データ、この一番下のユニークIDというのが、多分道路ごとにナンバをつけているのでしょうか。この道路は、いっぺんに全部が完成するのではなくて、途中で完成して供用して、もう少し延長して全部完成ということになる。そのときには別の道路になるのですか。どういう処置をすることになるのですか。

○説明者 そういう場合には、時間ごとに、ここまで伸びたらそこで一たん切って、それぞれのデータが個別に分断された面情報、もしくは線情報として持つような構造になっています。

○評価委員 国家予算で、途中でなくなって延長しなかった場合もあったり、いろいろありますが、適当にその辺は処理できるようになっているということですね。

それから、被覆型のデータ、これも、AとBは同じ大きさの区画が想定されていますが、区画が細かくなったりされますね。そういうときには、ユニークIDというのは区画に対してつけているのでしょうか。IDは違った数値になるのですか。どういうことに

なる。

○説明者 分断されたりした場合には、枝番をつけるような形で、もとのリレーションはわかるような形で整備しております。

○評価委員 そういことですか。一応一連のものがある。

そのあたりが一応完成したとして、先ほど言われましたが、つくばあたりをやって、そこそこのお金がかかったのですが、実用的に、三大都市圏なり、少なくとも県庁所在地あたりまで広げたいわけですね。山林地域に広げるのはなかなか大変だろう。こういうやり方で、地理院のお金なり国家のお金として、どのぐらいで三大都市圏とかは完成しそうですか。

○説明者 既存の2万5千分の1地形図の修正と比べてどのくらい経費がかかるのかということを入人数で比較した程度しか行っておりません。

○評価委員 これからは基盤地図情報というのはデジタルで入ってきますね。何年ぐらいからのものを集めようとしているかにもよるのですが、その前からだと2万5千分1地形図なり空中写真あたりから独自に読んでいかなければならないとなると、かなり労力、お金もかかるということで、その辺のめどを立てるようなことも検討していく必要があるでしょうね。分科会でそのあたりも少し検討してもらいたいような気がします。

○評価委員 そのあたりも報告書には書いておいたのですが、今後のコストの問題が一番大きな課題ではないかと書かせていただいています、最後のほうに、全国展開する場合の手法及びコストについては今後の検討課題だというふうに評価させていただいています。

○院長（国土地理院） これは、時間情報を入れるとしたらこういう入れ方がある、こういう入れ方をしたらこういう使い方ができるということをシミュレーションとしてやってみたところでありまして、このとおり地理院がずっと広げていくというわけではありません。御指摘があったように、全国展開を仮にするとしたらどんな課題があるのか、よく詰めてから、本当にやるのかどうかを考えていかなければいけないと思っております。

基盤情報で入れているのは、ここまで精度のあるデータではなくて、いつ測量したかという情報は入っております。それだけでも使えることは使える。あるいは、今分析したやり方を応用して同じようにやることはできるので、これそのものというより、この結果を踏まえた現実の使い方を考えていくのだろうなと思っております。

○評価委員 どうぞ。

○評価委員 今の院長の説明でよくわかったのですが、そうすると、例えばいろいろな地

域開発をするとか、建物を建てるとか、そういう場合、これに合わせるような形で申請していただいて、即地図に反映できるようにするのが理想だと思います。そういうことまで考えられているのでしょうか。

○院長（国土地理院） それが申請者に対してどの程度の負荷になるのかということと、ある建物だけそういう情報がそろっていて役に立つのかということもありますので、それも含めて考えていかなければいけないと思っています。

○説明者 今の質問に私の知っている範囲で回答いたしますと、今回つくったデータに関しては、建物につきましては実際に完成した日付まで押さえることは難しかったので、衛星画像で判断して発生開始とか発生終了を押さえております。ある意味で被覆型のデータに近いような形で、衛星画像でどの間に発生したかというのを、大体1年ぐらいの単位で押さえております。具体的完成日は建築確認申請みたいなのところにはいかなと情報を集めるのは難しいと思います。ただ、道路のほうは、官報などを調べたりして実際に2万5千分の1地形図などの修正を行っていますので、そちらの部分では応用ができると思います。

それから、ヒアリングをいろいろな市町村で行ったのですが、実際に由利本荘市で時空間GISを導入していました。そこでは都市計画図をつくるときに建築確認申請のデータを使って、確認申請の日付を発生開始日として入れていて、でき上がった後に、登記の担当課でいつでき上がりましたという情報が入ってくるので、その日付を発生完了日として入れていました。ですから、そのようなシステムでやろうと思えば市町村レベルであればできます。しかし、全国レベルということになると、やはり衛星画像とかを使って、ある程度あいまい性を持たせた形でやらないと難しいのではないかと考えております。

○評価委員 そういう意味では、例えば申請などをウェブ上でしていただいて、そのデータはXMLで蓄積されてデータベースになっていくと思いますが、それを上手に活用すれば地理情報のXMLデータと連携させて一元的に管理していけるのではないかと思います。そういうやり方がかなり可能性があるのではないかと思います。

そういうやり方のときは、例えばUML（Unified Modeling Language）というのがあるのですが、XML関係の仕様書はそれで作られているのが多いので、そういうやり方も使えるのではないかと思います。

○評価委員 どうぞ。

○参事官（国土地理院） さっき基盤地図情報のお話が出たのですが、基盤地図情報は、一番の課題は、いかに更新をちゃんとやっていくか。今出ていた、例えば道路の供用した

データを集めるとか、土地の再開発のデータを集める、そういうふうにして更新のシステムをつくっていかうとしているわけです。これだけでも大変なことなので、だから、個人的な見解になりますが、まずは、基盤地図情報の電子国土基本図でもいいのですが、更新情報で更新していくときに時間のデータを組み込んでいく、徐々にそういうのがふえていくという感じで、さっき院長がおっしゃったように、一気にどこかをやるとか、そういうものではないのかなという気がします。ただ、データを決めておくという意味は一つあると思います。

○評価委員 どうぞ。

○評価委員 素人質問になるのですが、昔々、極端なことを言うと明治時代の地図のデータもここに入れることはできるのですか。例えば防災などで、この地域がいつごろ田んぼが埋め立てられて宅地になったのかとか、実際にお金がどのぐらいかかるかは別として、そういうことも調べられるようなシステムにすることも可能なのですか。

○説明者 原理的にはできますが、やろうとするとかなりの費用がかかるのではないかと思います。実際につくばで試作したときに、研究学園都市の開発が始まった1970年代から時空間データをつくりましたが、結果としては更新のインターバルは5年くらいになりました。2000年から後のデータに関しては、高分解能の衛星画像が上がっていますので、そういうものを使ってほぼ1年ごとのデータをつくることができました。もしつくるとしたら、例えば明治の地形図がありますが、その後は大正とか昭和の初期になるので、明治時代のデータを時空間化することはできますが、情報としては明治時代の任意の時間でデータを切り出しても、データそのものは全く変わりませんという形になります。

本研究でイメージしているのは、あるときに時空間データセットをつくって、その後は一連の時間シームレスのデータとして、更新情報だけをきちんとメンテナンスしていくと、例えばある時期より後は一連のシームレス時空間データセットになって、任意の時間を切り出すと直近の状況を、地物によって更新頻度は違いますが、最適なもので表示されますというものです。

○評価委員 結局、残っていないデータをより細かくするというのは、実際には難しいということですね。

○説明者 今、国土地理院で、明治時代からの過去のデータについては「国土変遷アーカイブ事業」としてデジタル化して使えるような形で整備していますので、一元化された時間シームレスなデータではないですが、国民の皆さんが使えるような環境で整備されてき

ています。これらの時系列地理情報についてどのような高度利活用ができるかという研究は、この研究が始まる前に、時系列国土情報の利活用の特別研究として地理情報解析研究室で研究してきました。

○評価委員　ほかにはありませんか。

今話が出た明治からの、数年前は景観復元みたいなことで、かなり世の中が盛り上がったことがあったのですが、いつここが埋め立てられて、地震のときにどういう災害が起きやすいかみたいなことは、特定地域、東海地震パターンとか首都圏と決めればつくりやすいですね。防災関係であれば、ある目的ではっきりできるので、明治ぐらいからの土地利用変遷みたいなものはつくれるようですが、この課題は相当広い、網羅的な課題ですね。地理空間情報の時空間化とその応用に関する研究。課題としては非常に重要で、おもしろい内容をたくさん持っているのですが、テリトリーが広過ぎるところがあって、もう少し課題を絞り込むような形で、幾つかに分解してといいますか、連携をとりながらやらしてもらえばいいのですが、課題を明示化して発展的にやらしてもらったほうがいいような気がします。

というようなことですが、ほかにありますか。

なければ、時間の関係もありますので、この課題はこのぐらいにします。

⑤ 合成開口レーダーによる地すべりの監視に関する研究

○説明者　研究課題名は、こちらにありますとおり合成開口レーダーによる地すべりの監視に関する研究ということで、実施年度は平成 20 年度から今年度まで、3 年間となっております。詳しい内容につきましては資料 5－3 のパワーポイントに沿って御説明いたします。

まずスライド 2 ですが、研究の背景として、合成開口レーダー、先ほどから説明が何回かありますが、地震とかに伴う面的な変動を把握するのに非常にすぐれていることが知られています。一方、平成 19 年の能登半島地震、同じような地震に伴う変動があるのですが、地震に伴う広域的なものを取り除いて絵をつくるとこういう感じになりまして、A から、例えば F までにあるような細かい局地的な変動が見られる。これは実は地すべり地形とよく合っていて、細かい変動を分離することによって地すべりみたいなものが見られるのではないかというのが研究の発端になっております。

もう一つは、一番下に馬蹄形状に出ている絵がありますが、ここは地すべり地ではないのですが、地すべりに見えた形の変動がここであったということで、何かわからないものが見えるのではないかとということも研究の動機になっております。

次にスライド3に移りますが、本研究の目的は、衛星による高解像度SARデータから地表変状を読み取る手法の開発となっておりまして、ここに書いている三つの目標を掲げております。

研究のフィールドにつきましては、スライド4にある3ヵ所を取り上げております。

その具体的内容についてはスライド5に書いてあるとおりですが、能登半島につきましては平成19年に大規模な地震があったということで、あちこちで局地的な変動がありました。残りの月山と東成瀬につきましては全国的に著名な地すべり地で、毎年のように結構大きな変動があるということで、この2ヵ所を取り上げております。

目標及び手法につきましては、先ほど申し上げた目標が三つありまして、それが②と③と④の頭に書いてありますが、その処理をやる前の前処理も必要ですので、そういう四つの事項について、ここに書いてある各項目を実施しております。

実施項目と各地域の対象をつけたものが次のスライド7になりまして、スライド7でそれぞれの地域についてどういうことをやったか整理させていただいております。これから先のスライドにつきましては、この赤で示したところを中心に御説明いたします。

まずスライド8、能登半島の事例ですが、各地域に共通するのですが、目標に向けた前処理ということで、空中写真及び航空レーザ測量データを取得いたしまして、これから地すべりの判読と地形的特徴の把握をいたします。これがSAR干渉画像と突き合わせる原データになりまして、そのSAR干渉画像というのがスライド9に書いたような絵になります。この二つの対比をとることにより、SAR干渉画像判読カード作成等の原資料となります。

スライド10に示したSAR干渉画像判読カードというのが本研究の成果の一つですが、このカードは、地すべり地形とSAR干渉画像の対応をわかりやすく解説したものとして作成いたしました。具体的内容につきましては、この資料の14ページと15ページ目にありますので、ごらんいただければと思います。

次にスライド11ですが、能登半島の事例につきましては、先ほど申し上げたとおり、地すべりとして知られていなかったところに地すべりみたいな変化があったということで、もう少し深く掘り下げてみようということでボーリング調査と電気探査を行いました。

結果として、擦痕のような既知の地すべり地に見られるような明瞭な証拠は確認できなかったわけですが、初めてすべった場所と推定されることもありまして、よく知られている地すべり地とは異なって、痕跡を残さないようなものがひょっとしてあるのではないかとということで、今回の結果だけでは地すべりの発生は否定されないと考えております。

次にスライド 12、月山の事例ですが、月山も空中写真とか航空レーザ測量データの入手等、能登半島と同じような処理をしていますが、大きく違うのは、ここについては 2009 年 2 月に、七五三掛というところですが、大規模な地すべりがあったということで、GPS 観測が行われています。GPS 観測データと SAR 干渉画像、及び航空レーザ等で得られた地形分類を組み合わせたものを検討いたしました。

その検討結果、スライド 13 に示す内容ですが、2009 年 2 月にかなり大規模な地すべりが起こっておりまして、その後、3 月、4 月にかけて地すべりが大規模に継続しています。一方、5 月以降は変動量がかなりおさまってきておりまして、そういう傾向が、例えば 3 月から 5 月の SAR 干渉画像でかなり色の変化が大きくて、変動も大きいことがうかがえる。5 月から 8 月については変動量もおさまってきて、色も落ちついてきているように見える。GPS 観測データでも同じような変化をしていますので、SAR 干渉画像で地すべりの盛衰のようなものをある程度把握することができることがわかりました。

月山の事例につきましては、さまざまな観測が ALOS の PAL SAR で行われておりますので、観測の組み合わせによって東西方向と上下方向に準ずるような分離を行ってみました。その結果がスライド 14 にある内容です。上下成分はそんなに濃い色は出ていないのですが、東西成分のほうは、中心付近にかなり濃い青の変化が出ておりまして、これは、西側に全体が動いたという傾向を示しています。実際、スライド 13 にありますように、七五三掛の地すべりというのは東西でいえば西向き成分が強くなっておりますので、SAR 干渉画像で地すべり性変動の監視ができる可能性が示せたのではないかと考えております。

次にスライド 15 ですが、東成瀬の事例ということで、これについては現在解析を進めている最中ですが、ここの特徴としては、この場所、狼沢といいますが、年 10 cm から 30 cm 以上の大きな地すべりを毎年起こしているところで、平成 18 年から 19 年の段階では 30 cm ぐらいの変動があったのですが、平成 20 年から 21 年については 10 cm ぐらいと、対策の効果もあって徐々に最近は変動をおさめつつあるように見えるところです。実際に SAR 干渉画像を重ね合わせますと、真ん中の上の画像になりますが、平成 19 年ではかな

り大きな範囲で結構大きな動きがあったのが、平成20年から21年ではその範囲がかなり狭まっていることが判読することができます。こういう地すべりの活動の範囲とかそういうものについても、ある程度SARでとらえられることがわかっております。これについては、現在解析を進めている最中です。

というわけで、全体のまとめですが、スライド16にございますように、当初の目標ということで、画像判読マニュアル作成に係る目標、モニタリング手法の提示、そして地すべり機構の検討というのがありまして、それぞれ、今まで申し上げたような成果を出しております。そういうことを踏まえまして、おおむね当初の目標を達成できたものと考えております。

続きまして、研究の成果ということでスライド17以降を説明いたしますが、本研究により、変動の時系列的把握を含む地すべり変動のモニタリングについてSAR干渉画像が有効であることが実証され、その成果の防災行政への活用が徐々に進められているという実績がございます。一つは、この研究自体で「SAR干渉画像判読カード」というのを出力しておりますので、そういうものを公開しているという、我々自体がということもあるのですが、加えて、国土地理院の事業としては、スライド18にありますように、SAR干渉画像による監視ということで、地すべりを対象に本年から始めているということもございまして、国土地理院外でいえば、東北地整新庄河川事務所でやっている七五三掛の地すべり対策のGPS観測に関連して、地理院が出した情報に応じて観測点の設置とかをやったという実績がございます。

研究の内容及び実績についてはただいま御紹介したような内容で、続きまして、2ページに戻りまして、成果公表状況以降を説明いたします。成果公表状況につきましては、研究報告書等、こちらに書いているような成果を残しております。

成果活用の見込みにつきましては、今申し上げたような成果活用が図られているところでございます。

達成度の分析につきましては、必要性、有効性については、そういう活用を通じて十分な達成度を示していると考えますし、効率性の観点からも、関係機関と連携をとりながら実施したり、そういうデータを効率的に活用しているということで、十分な達成度を示していると考えております。

残された課題についてですが、ALOS/PALSARもここに書いているように限界がございますので、いろいろな地すべりをこれから見ていくというところでは課題も残っ

ているのですが、ALOS-2が今後上がるという計画もございますし、そういうことを踏まえて、関係機関とも連携しつつ、この研究を深めていきたいと考えております。

以上で説明を終わります。ありがとうございました。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、分科会の評価結果をお願いします。

○評価委員 それでは、地理分科会のこの研究に関する評価の概要を御説明します。

「だいち」を使って地殻変動を出すというのは既往でよくやられていた研究ですが、たまたま平成19年の能登半島地震のときに、能登半島というのは非常に地すべりが多いところで、かつては私もちょっと地すべりを研究したことがありまして、本当によくすべるところですが、地すべりの起きた場所について、平成19年の能登半島地震で、観測したSAR画像から、微小な部分の変動というのが地すべり地域とよく合っているという知見が得られたことから、SARの画像から地すべりの地域、あるいはこれからすべるであろう地域が予測できないか、こういう可能性を秘めておこなわれた研究で、実際にSARの画像と地すべりが起きたところが一致しているかどうか検証されたということだと思います。

もう一つは、専門家以外にもSARの画像の判読を容易にするための「SAR干渉画像判読カード」というのを独自につくられたというところで、素人の人にはSARの画像を見てこれがどうなっている、こうなっているというのは確かに判読しにくいと思いますが、わかりやすいカードをつくっているというところがこの成果だと思います。

達成度的には、地すべりのモニタリングについては既に国土地理院で定常監視が開始されている意味では、事業化という具体的な成果を得られていると思います。

それから、成果公表状況ですが、先ほど言われましたように、報告書2件、査読論文2件等々、十分あるのではないかと思います。

それから、例えば山形県の事例では、東北地方整備局がSARの画像を解析したところの地すべり地域にGPSの観測点を設置して観測を開始しているということでも、成果が活用されていると見られると思います。

それから、SAR干渉画像判読カードも、実際に活用され始めているところですが、分科会の時にも聞いたのですが、まだ専門家の方がこの独自のカードを見ているだけで、素人と言ったら失礼かもしれませんが、の方がこのカードを見て本当に有効に判読できるかどうかということについては、まだ検証されていないということでしたので、SARの専門知識がない人でもこのカードを使ってどういう判読ができるのか、広い範囲で調査をす

る必要があるのではないかということを申し上げておきました。

それから、地すべりというのは非常に小規模なところが多いわけですが、SARの画像ですと、それほど小規模のところは現在では判読できないわけですが、後継機のALOS-2が分解能が上がるということです、それが上がった後はぜひそういうところも検証していただきたいと申し上げておきました。

それから、分科会で聞いたのですが、前回もちょっと話題になったと思いますが、深層崩壊の予兆に関してもこの手法が、ほかの行政機関からも関心を持たれているということで、そういう面についても今後発展的に解析をしていく必要があるのではないかと思います。

全体的な観点からすれば、当初の目的から十分な成果は得られているのではないかと判断をいたしました。以上でございます。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、委員の方から意見、質問等を受けたいと思いますので、よろしく願います。

例えば能登半島の事例、8ページのスライド8、地形分類がされていて、幾つかのブロックに分かれていて動きがあるようですが、SARの分析からは、動いた距離、別な言い方をすると、等値線で動きを表現できるような精度を持ちそうですか。

○説明者 8ページに示した図は、航空レーザー測量データという標高を取得するための、結構精度が高い取得方法ですが、それから取得した地形に基づいて分類を行ったものでありまして、矢印は基本的に地形を読んで入れているものでございます。合成開口レーダーという技術は、ある地物がありましたら、それを東方向、西方向、上から見て距離の変化を得るという技術ですので、矢印で書いた、例えば南方向の移動というものは原理的にわからないというところがあります。ですから、この地形分類で示したようなものを情報として把握したいという場合は、地形とかを判読する必要があるということだと思います。

一方、定量的把握ができるかという問題ですが、先ほど申し上げたような問題から、例えば9ページに色がついた画像がありまして、青から始まって青まで、ある場所が地すべりで変化したといたら、1周期大体11.8cmで、11.8cm動いたということにはなるのですが、その場所が11.8cm動いたということではなくて、衛星とその場所の距離が11.8cm変化したという意味ですので、衛星から見た方向にすれば11.8cmになりますし、直角に近い動きをして11.8cmに見えたということであると、実際の動きはかなり大きい

ということになります。

ただ、例えばスライド13の図の左右を比較していただければと思いますが、非常に大きな変動が起きている場合は、ここに書いているような色の変化も、例えば赤とか黄色とか、かなり大きな変化をしますし、右の図にありますように徐々におさまってきますと色の変化の幅が小さくなるということがありますので、そういう比較によって、例えばこの時期とこの時期を比べて、この時期は変動の量がおさまってきているのではないかと推察することができるということだと思います。

○評価委員 SARのあれは、先ほどの地震の変動のところでも出ていますね。断層を境にして等値線であらわすようなことを考えるみたいなことをやっていますが、なぜそういうことを聞いたかという、こちらは、スライド9を見てもわかるように、何メートルメッシュか、区画ごとに色がついていますね。等値線ではなくて、波ではなくて、区画ごとに黄色や赤や青がついているけれども、赤いところが動きが大きいでしょうみたいなことはわかるけれども、そういうところから動きの数値を計算して出して、等値線のような形で、どのぐらい動いているのかということまでやるようなことを考えたほうがよろしいのではないかということですが。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 御指摘の点につきましては、スライド9について等値線であらわすことは可能です。この時点でやっていないのは理由がありまして、これは終了時評価になっておりますので、研究期間が3月までであるということで、今後、我々の等値線化する技術をこちらに応用していただいて、これを等値線化したり、判読カードのほうも、よりわかりやすい等値線と変動量線をあらわすようにしていくということで、今後連携して進めていきたいと思っております。

○評価委員 同じ研究機関なのだから、こっちはこっち、あっちはあっちで、数値化できませんとやってもしょうがないので、その辺こそちゃんと連携してやってもらいたいなという気がします。

どうぞ。

○評価委員 私も同じことを考えていたのですが、それが可能であるとする、専門外の人に対して、ここが地すべり地なのだと判読させるためのポイントはどこなのかな。ある意味、だれでもわかってしまうのではないかという気がしたのですが。ここがこれだけ動いているというのがあわせるのであれば。

○説明者 確かに、ある場所が、例えば地震があつて、それと変わっている変動がありま

すという、何か起こったのだらうと、多分だれが見てもわかると思いますが、一方、先ほどまでの御説明にありましたとおり、SAR干渉画像のノイズというか、局地的な変異をもたらす理由は気象条件とかさまざまなものがありまして、これが地すべりだと確定するためには、例えば5ページの一番下の図のように、はっきり地すべりみたいなパターンが見えるとか、ここでは具体的にお示ししていないのですが、5ページの真ん中の図で例えばAからFの残りの五つなどは、地すべりの地形の分布図と一致しているわけですが、地形図とかを読んでそこが一致しているということがわかるとか、さまざまな証拠が地すべりでこれが起こっているのだらうということをサポートする材料になるのではないかと考えております。

○評価委員 そうすると、例えば低いほうが隆起し、高いほうが下がるというようなことを判読して、これは地すべりだとか、そういうことを入れておられるのですか。

要するに、画像判読マニュアル作成、このマニュアルというのが具体的にどういうことを書いておられるのか、もうちょっと知りたいということなのですが。

○地理情報解析研究室長（国土地理院） 私から補足しますが、資料の14ページ、15ページに判読カードの見本を2部ほどつけてあります。ここでは、まず上のほうにLIDARで撮った詳細な等高線図と、等高線図の判読で得た地すべりの地形分類図と、実際に航空写真で実体視できる画像をつけていて、下には衛星画像の干渉SARのデータに等高線図を重ねたものをつけていまして、備考のところに干渉縞が明瞭であるとか、視線方向の色変化がどうなっているとか、特徴を書いて、どうしてこれを地すべりと判断したか、しなかったか、そういう情報が書いてあります。

それから、判読カードとは別ですが、今、測地部で実際に事業としてモニタリング的なことをやっていて、実際に干渉縞が出ているのですが、これが地すべりかどうかよくわからないというものが地理情報解析研究室に相談に来ています。地質図とか等高線図を総合的に判断して、これは地すべりの可能性がありますよとか、地すべりではないけれど変動が起きているようですとか、これはノイズを見ているようで地すべり変動ではないのではないとか、判断した結果を測地部にお返しするようなことはしております。

なので、判読カードをつくって、判読カードを見慣れた人でなくてもわかるようにはしていますが、一方で必ずしも一般国民向けなのではなく、この判読カードは、SARの画像の判読は素人かもしれないけれど、地すべりの判読はある程度できる人をターゲットにしているとお考えいただければいいかと思います。

○評価委員 地震とか火山の場合には場所によっていろいろな方向に変動しますから、仮にSARでとらえられない方向があってもちゃんと見える方向もあるのですが、地すべりの場合には、一つの地すべり地帯について変異方向が大体決まっていますね。たまたまその方向がSARでは検出できない方向であった場合には、ほとんどモニターできないですね。そういう理解でいいですか。

○説明者 それはそのとおりです。

○評価委員 成果を公表するときに、そのことも含めて、SARで地すべりが見えるといっても、見えないものもあることも明らかにしないと。地震とか火山の場合とちょっと違うのではないかという気がします。

○地殻変動研究室長（国土地理院） まさにおっしゃるとおりで、この研究を進めるための分科会があって、私もアドバイスをしたりしているのですが、すべての地すべりがとらえられるわけではない。直角方向に動かれたら感度ゼロですからね。それと、干渉しない場合が確率的に半分ぐらいあるわけです。きょうのデータを解析して必ず干渉するかというと、そうではないということで、判読カードには、干渉しない、あるいは直角方向で感度がなくてとらえられないということもちゃんと盛り込んでくださいねということで、盛り込まれておりまして、できないということも、はっきりわかるようになっております。

○評価委員 ここで紹介されている事例は、山岳地帯といいますか、人が住んでいないところですが、人が住んでいるところでもこの技術は使えるわけですね。

○説明者 それは基本的には同じかと思います。

○評価委員 その場合に、先ほどの話に関係するのですが、こういう情報を公開してしまったら、そこに住んでいる人は非常に深刻な問題になるわけですね。そういう問題に対しては検討されているのでしょうか。

○説明者 SAR干渉画像判読カードというのは、SAR干渉画像の読み方を提示するようなカードでありますので、そういうところを対象にすることになれば、そういうことを検討する必要があるかと思います。

○評価委員 この問題に限らず、地理情報は、住宅地とか人口密集地域などにこういう情報が出ると結構社会的な問題が出ますので、公開する一つの基準といいますか、ガイドラインのようなものが必要になってくるのではないかと思います。特にウェブに対してはね。そういう面の検討もこれからは非常に重要になってくるのではないかと思います。何かプランを立てられているのでしょうか。

○地理情報解析研究室長（国土地理院） 特に国土地理院としてのプランがあるわけではないのですが、今回の判読カードを作成した3ヵ所については、能登半島の事例を除いて既存の地すべり地ということで、明らかに地すべりだとわかっているところで、それがモニタリングにどう使われるかということで判読しています。したがって、その部分については公表することに関しては特段の問題はないと思っています。

問題となるのは、全国をモニターしたときに、今まで検出できなかったところで何か変動があった場合かと思います。その場合については、測地部からこういう情報をもらったときに、一応コメントは返していますが、公表するかどうかは研究連絡会議の分科会とかにも相談しますし、我々も地すべりそのものについてのプロフェッショナルではないので、これについては国総研の砂防系の研究室と連携しています。彼らは深層崩壊の検出に非常に興味があるので、いろいろ情報交換をさせてもらっています。どれを公表する、しないということは、現場のことを把握している人たちと相談しながらやっていくことになるかと思っています。

○評価委員 どうぞ。

○測地部長（国土地理院） 先ほどから何度か出てきましたが、事業的に地すべり地を見ているのは私どもの部ですが、日本全国、作業量的にとっても見切れないということで、実際に見ているのはこの3ヵ所でございます。

それから、この研究のターゲットそのものが、ほとんど人が住んでいなくて、だれも地すべりが起こったとわからないのに、衛星で見ると実は起こっていたというのをとりあえずターゲットにしているので、先生が心配されるようなレベルまでいくには随分時間がかかるかと思います。

○評価委員 これは別の問題であって、技術のほうはどんどん進めていただいて結構だし、でも、これからいろいろ問題になってくると思いますので、地理院としてそういう方針を持っていくことが必要ではないかと感じたわけです。

○評価委員 これは、時間間隔はどのぐらいまで。ALOSの作成ぐあいというか、どのぐらい可能ですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） あくまでも干渉ですから、46日が最短になります。それ以上短くはなりません。ALOS-2になりますと、確実な数字は覚えていませんが、十数日になって、短くはなります。

○評価委員 そうすると、その間の動きをとらえる気になればとらえられる。可能性とし

ては、そういうことが展望できるということですね。

○地殻変動研究室長（国土地理院） そのとおりです。

○評価委員 ほかにありますか。

なければ、これで①から⑤までの事後評価及び終了時評価の一般的な議論を終わらせていただいて、委員のみの講評に向けての意見交換をしたいと思いますので、まとまりましたら御連絡申し上げます。

（２）講 評

○評価委員 それでは、講評ということでさせていただきます。

まず、①から⑤まで既に分科会で評価されています。それをこの委員会でも承認するというので、皆さんそれなりの成果を上げて、よかったという形ですが、それにプラス、発展的に考えてほしいという立場で講評させていただきます。

①の測地基準系精密保持手法に関する研究に関しては、今までの基準点は厚い沖積層の変動を受けて、補正が高精度でできるようになったけれども、これからの 100 年、長期を考えると、基盤岩石の上に、より安定したところに基準点を設けるようなことを検討したらどうかということが出ました。しばらくは並行して観測を行うことを考えて、ゆくゆくは、基準点でどういう動きが出るか予測はできませんが、基準点の安定した状況を見ながら、移行するなり何なり検討されたらどうでしょうかということが委員会としては出ています。

2 番目の日本列島の地殻活動メカニズム解明の高度化に関する研究、これは、非常に精度のいい癒着の状態が速やかに計算できるようになって、有効な情報を与えるようになった。ただ、地殻変動の中でも関心事の地震がいつくるかということに関しては、癒着の状態だけではなくて、累積性のようなものが検討できるようになるといいのではないかな。そういう方向に研究を発展させていただきたいという意見が出されました。

3 番目の正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究、これも非常に精度よく補正ができるようになったという意味で、開口レーダーの利用が信頼性を持つものになったということですが、もう少し事例をふやして信頼性を高めることを考えたらどうか。特に気象情報で、季節変化とかそういうときにいつでも対応できるようなことを検討したらどうかということが出ています。

4 番目の地理空間情報の時空間化とその応用に関する研究、これに関しましては、このタイトル自身が非常に多岐にわたる内容を含んでいるということがありまして、民間とか自治体でどういう需要があるのかというあたりをリサーチして、焦点を絞るなり、幾つかに分割して研究をさらに発展させたらどうか。基本的に時空間化というのは非常に重要で、地理情報の活用にとっては必要なことだろうということですが、そのあたりで発展させてはどうかということ。

5 番目の合成開口レーダーによる地すべりの監視に関する研究、これも実際におもしろい事例が出されているけれども、3 番目の合成開口レーダーの干渉画像の高度利用と結びつけて、数値化あるいは定量化する方向でモニタリングできるようにすると、より実用性が高まるのではないかという意見が出ましたので、ぜひ新たな研究課題として発展させていきたいというのが委員会としての講評です。

ほかに何かつけ加えていただくことがありましたら。

では、以上で講評を終わらせていただきます。