

(1) 平成 23 年度新規特別研究課題事前評価【審議】

①測地観測に基づく地殻活動イベントの検知能力に関する研究

○説明者（国土地理院研究担当者） 今回提案させていただきます研究は、測地観測に基づく地殻活動イベントの検知能力に関する研究という研究課題名です。研究制度名としては、国土地理院の特別研究として、平成 23 年 4 月から平成 26 年 3 月までの 3 年間の期間を予定しています。

では、資料の説明に移りたいと思います。資料 1 - 1 の 7 ページ目のポンチ絵をご覧くださいと思います。まず研究開発の背景・必要性ですが、これを一言で言いますと、先行現象はどこまで検知できるのかがモチベーションです。

日本列島は、4 つのプレートがひしめき合うプレート境界に位置しており、毎年のようにプレート境界大地震、内陸直下型地震、火山噴火等の自然災害が発生して、多くの被害を被ってきています。こうした自然災害の発生前にその先行現象と呼ばれるものを捉えることができれば、適切な対策を講ずることで、被害を大幅に軽減することが可能となります。このような自然災害の発生予測や発生に伴う地殻変動の把握や発生メカニズムの理解に向けて、我が国には世界に類をみない高密度な測地観測網が整備されています。これらのデータはリアルタイムで収集されるとともに、解析手法の高度化が実施されていて、現在ではセンチメートルからミリオーダーの地殻変動を捉えることが可能となってきています。

しかしながら、ここで問題となるのは、こうした観測網の整備と解析手法の高度化が実現された現在においても、地震発生前に先行現象に伴う明瞭な地殻変動が観測され、災害の発生予測の成功に至った事例が、日本国内に限らず海外においてもないということです。一方で、近年急速に進歩している数値シミュレーションからは、地震発生前に先行現象が発生する可能性が指摘されてきています。そのため、これまでに先行現象に伴う明瞭な地殻変動が捉えられないのは、実際に本当に先行現象が発生しなかったのか、あるいは先行現象を捉えるための観測網・観測精度が既存のものでは十分ではないのか等を定量的に検証し、先行現象の検知能力を向上させるために最適な観測網・観測精度を検討する必要があると考えています。

このような背景のもとに本研究開発の目的は、地震・火山噴火等の自然災害の軽減を目

指して、先行現象の早期検出及び先行現象の推移予測の精度向上に寄与することです。この目的に向かって本研究の目標は、想定される地震・火山噴火の先行現象を含めた地殻活動イベントの検知能力を検証し、検知可能なイベントの場所と大きさを定量的に明らかにすることを目標とします。

続きまして、ポンチ絵の真ん中の緑の部分、研究開発の内容ですが、行う内容は一言で言うならば、地殻活動イベントの検知能力の検証とそのデータベース化です。ここで「地殻活動イベント」という耳なれない言葉がありますが、地殻活動イベント、先行現象、先行現象というのは、例えば地震とか火山噴火の前にその前兆となるシグナルをあらわすような現象のことで、例えば地震ですと「前兆すべり」と呼ばれる、地震発生前に小さなすべりが発生する現象とか、火山噴火ですと地下のマグマ、「力源」と呼ぶのですが、力源が徐々に膨張したり収縮したり、その力源が移動したりするような現象のことを指して、その先行現象であったり広い意味で地震とか火山噴火の現象を、ここでは「地殻活動イベント」と呼びます。

もう少し具体的にどのようなことを実施するかといいますと、まず日本列島周辺のプレート境界域、活火山地域、活断層周辺の3つの領域を想定して、それぞれの領域で想定される地殻活動イベント、プレート境界面上では地震とかスロースリップ、前兆すべりといった断層すべり。火山地域では力源、マグマの収縮・膨張や移動といった現象。内陸活断層周辺ではその断層面上のすべりであったり、地震に至る小さなすべりに対して、既存の測地観測網で想定される地殻変動及びその検知能力の評価を実施する予定です。

実施内容は大きく4つありまして、1番目は青い線で囲まれた部分ですが、地殻活動イベントによる地殻変動の推定で、具体的に言うと、ポンチ絵にあるように十勝沖の深さ30kmでM5相当のイベント、ここでは地震を想定しますと、現在の研究段階では、既にモデルを与えてやれば地表面でどのような変動があらわれるかが計算できます。例えば十勝沖の深さ30kmでM5相当のイベントが発生したとして計算すると、例えば北海道の襟裳の観測点で5mm、札幌の観測点では3mmといった変動が出ることが理論的に計算できます。そのような計算をプレート境界、もしくは火山地域、活断層地域ですべて計算して、それをデータベース化しておくのが一番目の研究内容です。

2番目としては、赤い線の中ですが、地殻活動イベントの検知能力の検証で、1番目ではモデルによって地表で観測される変動量が計算できますが、今度は実際の観測を考えた場合に、観測にはノイズレベルがあるのですが、そのノイズレベルは測地観測でも、例え

ば GPS とか水準測量とかいろいろな手法がありますが、それぞれによってもノイズレベルは違いますし、同じ GPS の観測であっても観測点によってノイズレベルが違い、それらの各測地観測と観測点でのノイズレベルを検証して、あるノイズレベル以上だったら、変動が検出できるものとして閾値を与えると、今度はプレート境界の現象が検知できるかどうか判断ができます。そして、ここでは地殻活動イベントに対して、どこでどの程度の大きさであったらその現象が検出できるのかを研究して、それをまた同じくデータベース化します。

3 番目として紫の線で囲まれている部分ですが、こちらは過去の地震・火山噴火モデルの検証として、実際に過去に発生した大地震や火山噴火等の断層モデルとか力源モデルが既に公表されていますが、それらを用いて、当時はなかった観測点が現在ではあるので、現在の測地観測網ではどの程度の変動量が期待されるのかを明らかにしたいと思います。例えば地震であったならば、その断層モデルは最終的にこれだけすべったという大きさがあるのですが、それを逆にどんどん小さくしていって、逆に断層すべりがどの程度の大きさまでに成長したときに、その現象が捉えられたのかを検証したいと思います。3 番の過去の地震・火山噴火モデルについても、データベース化したいと思います。

4 番目としては、今述べた 1 番、2 番、3 番のそれぞれの地殻変動の推定であったり、地殻活動イベントの検知能力の検証、過去の地震・火山噴火モデルをデータベース化することです。

これらの研究によって得られる成果は、その緑の部分の右下ですが、1 番目としては、既存の観測網での地殻活動イベントが、どこでどの程度の大きさだったら検出できるのかがわかります。2 番目としては、これら一連の成果をデータベース化しておくことによって、後で活用方針で述べますが、成果の活用を考えています。3 番目の成果としては、これらの検知能力の検証をモデルに与えて観測点での地殻変動を計算して、その観測点にノイズレベルを与えて、どの程度の大きさだったら検出できるのかといった検知能力の検証のプロセスのプロトタイプの開発が挙げられます。

最後に、一番下の黄色の部分、研究開発の活用方針ですが、大きく 2 つを想定しています。1 つ目は、異常変動を検出時の迅速かつ客観的な対応が挙げられます。それは黄色の部分の上の水色で囲まれた部分ですが、既存のモニタリングシステムが既に国土地理院にはありますが、その既存のモニタリングシステムにおいて、例えばある観測点で 3 mm の変動、また別の観測点では 5 mm の変動といった通常とは異なる変動が得られた際に、本

研究で開発したデータベースと照合することによって、その変動のメカニズムがどのようなものであったのかがデータベースと照合することによって、アウトプットによって、例えば現状ではそれを説明するようなモデルはありませんとか、どこかの沖合の深さ 20km で M5 クラスのイベントに相当するものではないか、というアウトプットが得られます。

2 つ目の活用方針としては、今後の観測網の構築、必要な観測・観測精度の提言が挙げられます。それは下の紫色で囲まれた部分ですが、本研究の成果によって既存の観測網でのイベントの検知能力がわかりますが、それでは足りないといった場合、例えばある沖合で M5 クラスのイベントは捉えられるかという場合に、現状の観測網で捉えられれば問題がないのですが、それを捉えたいと考えた場合に、どういった観測がどの程度の精度で必要なかといったアウトプットが得られます。

それは具体的には、例えばどこかの半島の観測点の観測精度を 3 mm とか 2 mm まで向上させれば可能であるとか、ある半島のどここの観測点とまた別の観測点の間に新たに同程度の精度の観測点を追加すれば可能、といったアウトプットが得られると考えています。

以上で、新規研究課題の提案の説明を終わります。

○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ます。

○評価委員 測地分科会の議論内容を紹介します。

この研究は、地震や火山噴火の先行現象として起こり得る現象を監視、またデータベース化して、先行現象の早期検出とか先行現象の推移予測の精度向上を目指すもので、早期検出とか先行現象の推移予測に役に立つことはもちろんですが、それだけではなくて地震とか火山監視のために最適な観測網をどうすればよいかとか、例えば GEONET、新たな点を増やすのは難しいが、臨時観測点をどこに置くか、何かあったときに水準測量はどこで実施すればよいか、そういったことを判断する上にも重要な材料を提供することになる研究ですので、国土地理院として推進すべき研究であると測地分科会では判断しました。

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、委員の皆さんから御意見、御質問をお願いしたいと思います。気がついた事柄で構いません。シークエンス立てる必要はありませんので、よろしくをお願いします。

○評価委員 非常に興味深い研究だと思います。データベースを構築することが非常に重

要なキーポイントではないかと思うのですが、これは単純なりレーショナルデータベースに入れればよいというデータモデルではないと思うのです。ですから、モデルがあって、それに対していろいろな要因とかいろいろな水準測量に関してのデータを蓄積していくようなものだと思いますが、全体でどういった規模で、どういう構造のデータベースなのでしょう。

○説明者 この研究開発の内容で3つのことを実施すると言いまして、それぞれ3つ実施したことが、それぞれのデータベースの大きな構造となっています。1番目の地殻変動の推定のデータベースは、例えばプレート境界ですと、ここでM5の地震が起きると日本列島の地表の今あるそれぞれの観測点では、どの程度の変動量が出るかというデータベースが1つ目です。

2つ目は、1つ目のデータベースをもとにして、今度は計算された既存の観測点のノイズレベルを今回検証するのですが、そのノイズレベルのデータベースがあります。そのノイズレベルに対して、ノイズレベルを幾つにしたときに地殻活動イベントはどの程度の大ききで、どこで発生した場合に検知できるのかというデータベースがあります。

3つ目のデータベースは独立しているのですが、これは実際に過去に発生した地震と火山噴火のモデルがいろいろな研究者によって公開されているので、その1つのデータベースとそのモデルのデータベースで、そのモデルで当時はなかった観測点、当然昔はなかったもので、今の観測点だったらどれぐらいの変動量が出たかという1番目のデータベースに似たようなデータベースで、この3つの大きな構造のデータベースを考えています。

○評価委員 例えばあるところで、ある深さのところ、あるマグニチュードがある規模のものが起これば、任意の地点で大体の変動が予想できるというモデルはもうできているのでしょうか。

○説明者 済みません、もう一度お願いします。

○評価委員 最初の地殻活動イベントによる地殻変動の推定がありますが、これは任意のところで任意の深さで変動が起きたならば、日本の大体のところ、大体このぐらいの変動が起きるということは、かなり正確にモデル化できているわけですか。

○説明者 理論的に断層運動がここでこう起こったら、地表面ではどれぐらいの変動が出るという計算式は確立されています。日本列島くまなく全部どこでも行うというわけではなくて、今回の一番メインのターゲットはプレート境界のプレート境界型地震でして、起る場所は、プレート境界面上で起ることを想定しています。

○評価委員 こういった変形は弾性変形と塑性変形みたいな組み合わせになっていて、地震が起きて、後で余震が起きて、またじわじわ変わっていくことになると思うのですが、その辺までモデル化できているわけですか。

○説明者 今回は弾性変形のみを取り扱い、今おっしゃられた塑性変形とか、地震が起こった後にただらと続くような変動は、今回の研究の範囲には入れていません。

○評価委員 プレートの関係が、弾性的な構造物のモデルとしてかなり解明されていて、それに対するデータベースの蓄積が可能であると理解すればよろしいですか。

○説明者 そうですね、確立されたモデルで、今回は既にあるモデルを使って行うのは3番の過去の地震・火山噴火モデルでして、1番の変動は、実際に自分でモデルを作ってインプットとして理論式に入れて計算して、それをデータベース化するものです。

○評価委員 むしろデータベースというよりは、データ要素があって、仮説を検証していくというプロセスになりますね。3番目のモデル、既存のモデルに対して適合させるという観点では。データベースを作るという言葉で言っているのをもう少し詳しく、こういったモデルに基づいてこういうものを作るというように、むしろ提案していただいたほうがわかりやすいのではないかという気がします。

○評価委員 今のことと関連するのですが、タイトルがそもそも余りよくわからなかったのですが、検知能力というのは、説明だと先行現象の検知能力ですか。

○説明者 先行現象を含めた地殻活動イベントの検知能力です。

○評価委員 具体的に言うと、地震がこれから起こりますではなくて、起こった後で、このイベントというのはどういう意味を持っているのか。要するに起こった後どういう変動をするかを検知するとか、そういう意味ですか。今聞いたらそうでもないみたいだから。さっきの説明とかこの文章を読むと、先行現象だから、起こる前に何か検知して、起こりそうだなみたいなことをやろうとしているのかと思ったら、必ずしもそうでもないですね。ターゲットがどうもはっきりしない。

○説明者 現状ですと、先行現象は地下で起こる現象です。今我々が観測しているのは地表で、例えば地表で変な変動が出たら、恐らくその原因を調べなければいけないんです。この研究では先行現象を実際に捉えるのではなくて、通常とは異なる地表で変動が観測されたときに、その変動を最もよく説明するモデルはどういうものかをあらかじめ作っておくというのがメインです。

○評価委員 今これは全部で何点あるんですか。

○説明者 観測点ですか。GPS ですと日本全国におよそ 1200 点です。

○評価委員 1200 点を一つ一つモデルの中に組み込んでおこうということですか。それとも、例えば 1 点だけで異常が起こった。でも近隣のところで起こっていなかったら、ほとんど地殻変動としての意味を持たないのではないかと、まず最初にそういう形で消すこともできるとかいろいろなことが考えられるはずですよ。だから、どういう手法でまず最初にどんなふうにしていくか、その辺のことがそもそも説明されていないから、地震の予知的なことを少し期待してみたり、いや、そうでないと期待してみたり、その辺が説明の中でよくわからなくて、この研究のねらいどころが率直に言ってよくわからない部分です。

○説明者 検知能力の特に観測点でおっしゃられたような 1 点だけだったら、恐らく先行現象みたいなものではないので、その点でいくと近隣の 3 点とか 5 点とかその辺も検証するのですが、最低でも 3 点とか 5 点以上で変な変動が観測されていないと、実際の変動ではないだろうと判断しようと思っています。

○評価委員 その場合、先ほどの何かモデルの、プレート間のずれを行うようですが、南海地震でも東南海地震でも、当然震源地震は必ずしも 1 点とは限らずかなり幅を持ちます。それからマグニチュードもかなり幅を持つ。その組み合わせは相当なものになって、しかもそれが数点ずつ。多分そのぐらいだと本当は数点ではなくて数十点ぐらいの中で、どういふ変動があったら異常だとわかるかどうかを行おうとすると、相当システム的に行っていないといけない感じがするのだが、その辺が手法としてよくわからない。

分科会では、その辺のことは考えていますか。

○評価委員 その辺の議論も少しあったのですが、例えば地震の先行現象を考えると、想定されている、南海地震の震源域のある一部分で少しプレスリップが少しすべりだす。それがどこでどの程度起こったら検出できるようになるか。それを起こりそうないろいろなケースで計算しておいて、どこでどう起こると、どのあたりでどの程度の変動が出るのか。それが実際に検出できるレベルであるかどうか。そのようなデータベースを確立しておいて実際に備えるという研究です。

○評価委員 そうすると今想定される、ある地域で M5、6、7 ぐらい、それから何点ぐらいで震源域がとどこも変わりますよね。その組み合わせは、日本の今想定される海溝に近い付近とかでどのぐらいの組み合わせになっているか。それを想定されて、ある程度これで起こるとそれに合うところを抽出して、合うかどうかをパッとやっていかないといけないですね。どのぐらいの規模、どのぐらいの数を考えているのですか。

○説明者 それはポンチ絵の緑の部分の左下の赤字で囲まれたところで、左側にノイズレベルとありまして、右側に既存の観測網があります。これは北海道の例ですが、十勝沖で、グリッドが40掛ける20個あり、合計で800グリッドあり、その800点それぞれの1点1点で地震が起きたとして、実際の検証を先行して行って見た結果です。ですから、十勝沖だけでも800グリッドありまして、その800グリッドで地震の大きさは、下はたしかM6.0から8.0まで0.1刻みですので、20通りです。グリッド800掛ける20通りで16000通りです。

○評価委員 こういう検知能力というか検知に関して、最初に異常かどうかというのは、ここの赤枠に書いてある左側の実際1つの点が相当散らばりますよね。散らばっているときに、あるときにポーンとずれて、少なくともそこでは異常値みたいなものはやる気になれば検出できます。そのあたりは既に検討されているのですか。そういう研究は既に進んでいるのですか。

○説明者 それは当研究室ではなくて別の研究室で、ノイズレベルを軽減するような解析手法の開発を行っています。本研究では実際に得られる時系列データから、ノイズレベルが観測点ごと各観測ごとに、どの程度かという検討も行う予定です。

○評価委員 出てくる結果がどのぐらい変位したかという定量的なデータで、それからノイズレベルがある種のフィルターになって、不確定要因のモデルだと思うのですが、先ほど合体としての地殻があるモデルとお聞きしたのですが、通常であればそういったものを分析するときに、最近だとUMLという統合モデル化言語で例えばユースケース図とかアクティビティ図に基づいてクラス図を作って、どういったクラスが関係していて、そのインスタンスとしてどういう結果が出てくるというモデルを我々はよく作るのですが、そういったアプローチがとれるのであれば、どういったクラス図になるかというモデルがあると非常にわかりやすく、対外的にも説得力があると思うのです。そういったアプローチは何か検討されていないのでしょうか。

○説明者 今おっしゃるUMLですか。

○評価委員 UMLです。Unified Modeling Languageと言って、オブジェクト分析設計手法では標準的に広く使われている手法です。大学でも大体教えます。

○説明者 私はそのUMLというのは存じ上げていないので、ちょっと勉強させていただいて、適用可能でしたら適用してみたいと思っています。

○評価委員 最近、標準化関係のいろいろなドキュメントはかなりUMLで記述されるよ



うになっていますので、ぜひこういったものを使われたほうが対外的には説得力が出ると  
思います。これは図的に表示されるものなので、直感的にもわかりやすいものになってい  
ます。

あとこれはデータベースですが、例えば UML で分析して、XML のデータベースで最近  
は管理することがかなり行われてきたりしていますが、そういったアプローチは取り得る  
のでしょうか。その辺も少し検討していただければと思います。

○説明者 データベースの部分は私専門ではないので、そこは自前で行うのではなくて外  
注で実施しようと考えていまして、その辺のアイデアがありましたらいろいろと教えてい  
ただきたいと思います。

○評価委員 データベースの中身と現象のメカニズムがわかった上で検出なのか、現象を  
とりあえず捉えて後で解釈するか、そこが多分違うと思っています。今現在はデータを捉  
えて、後で解釈するという考え方です。その場合、地理院は GPS が中心で、ほかの幾つ  
かのデータもあると思うのですが、水準測量とか傾斜計中心で。でも、本当にこの現象を  
解釈するためには、この辺のデータだけではなくて、下に書いてある他省庁のデータを横  
断的に使わないと解釈が難しいのではないかという気がするのです。省庁の縦割があるの  
ですぐにはできないかもしれません。そもそも密度が GPS ほどではないとか、そこら辺  
の問題と可能性を教えてください。

○説明者 この研究では理論的に計算しておくので、そうした観測点も一緒に含めて計算  
しておくことは可能で、実際の活用のときに、例えばどこでどういふ変動が出たらこうい  
うメカニズムだろうというところで、実際の運用を考えたときに、国土地理院ですと自分  
たちのデータですのでリアルタイムでデータが入るのですが、他省庁のデータですとリア  
ルタイムで手に入れることができないので、実態を考えたときには少し難しいのですが、  
この研究の中で他省庁のデータというか観測点があることを考慮して、この研究を行うこ  
とは想定しています。

○評価委員 最後はその結果の信頼性とか、たまたま出たものが一般に応用していくため  
には、地震関係の方と部署がたくさんかかわっているわけなので、できれば横断的に検証  
されるともっと信頼性がよいと思います。

○評価委員 1つだけ。先ほどのノイズですが、ノイズを構成する要因は、ある程度分析  
するとか、分析する予定があるのでしょうか。

○説明者 それはまた別の研究室で、ノイズとしてどのようなものがあるとか、それを軽

減するためにはどうしたらよいかを研究している研究室がありますので、この研究ではノイズの原因に関しては、実施する予定はありません。

○評価委員 多分ノイズを分析することによって、いろいろな要因がわかってくると思うのです。そのノイズがさらに分析できるものなのか、それは本質的にノイズなのかというアプローチがある面僕は重要ではないかという気がします。ですから、ノイズは別のところでやっているというのは余りエレガントとは言えないような気がします。

○評価委員 今のことに関して、この次に測地でもう1つ別の研究が紹介されるのですが、それはある意味では実際に観測したものから、ノイズがまざっているのをいかにノイズを減らして、より短期間のデータからきちんとした情報を取り出すかという研究で、ある意味ではこの研究とあわせて。今議論している研究は、実際に地下で何かが起こったときに、どの程度の変動がどこであり得るかをきちんとしておこうということに対して、もう1つは実際に取られたデータからどの程度ノイズが落とせて、どの程度の変動まで捉えられるかというのをきちんと行っていくということで、ある意味では組み合わせとして結構いいのではないかと考えています。

○評価委員 時間も時間なのですが、こういう検知能力に関するやり方は、研究方法としては一般にはとられないです。要するに事前にモデルを、しかも率直に言うと無数ですよ。無数のものを用意しておいて、何か現実にあったとき、その無数のものから何が一致してくるかを探し出すというのは、無数だからほとんど無限にできないということになる。そうすると何か特定のモデル、震源とかマグニチュードとか幾つかのモデルをある間隔で作っておく、そういうような基本的な設計をしておかないといけないことになる。

そのあたりは分科会でどのぐらいの、例えば南海地震といったらどこに震源を幾つぐらい置いて、どのぐらいのマグニチュードを作っておいて、そしてそのときにどのぐらいの範囲がどのぐらい動くかということ、この赤の中の十勝沖みたいなものをたくさん作っておくことになる。南海沖地震が想定されるだけで、幾つぐらいのそういうモデルというかデータベースが作られるのか、そういう説明ができていないとお金をつけるといっても、通常は多分お金をつけるような計画までなっていませんということで除棄されるはず。だから、その辺をもう少しちゃんとどのぐらいのモデル数にして、どのぐらいのことを行いますということを計画してこない、というような気がするのですが、そのあたりは指導していただけるのですか。

○評価委員 そもそもこの研究の場合に対象となるのが、1つはプレート境界型が中心だ

という話が出ましたが、それ以外にも例えば火山活動とか、それから内陸地震もあって、それが火山だと 32 の活断層、それから活火山が 13、それからプレート境界型の地震を想定して行く。確かに1つの地震の中で、それを最大幾つまで出すかという議論までは測地分科会では行っていませんが、全体の枠でこの程度であるという議論までは行い、それでも確かに多いことは事実で、それでもまだまだ多いなという議論は行っていたので、できる範囲内であるという判断をしたわけです。

○総括研究官（国土地理院） フィージビリティの話だと思うのですが、確かにある地震と言ったときに、マグニチュードや起きる場所だけで、どこでも起きるとしてしまうと、これは確かに無限になってしまいますが、プレート境界というある面の中に限定されていて、そこで起きる地震のメカニズムもプレート境界の地震ということで、これはいわゆるメカニズムも、ある場所を特定すればある一定のメカニズムになる。

そうしますと先ほど話があったように、例えば十勝沖で言いますと、せいぜい 16000 グリッドに震源を置いて計算する。南海・東南海という場所においても、多いといってもせいぜい数十万グリッドに置いて。失礼しました、マグニチュードを入れて数十万通りのものを計算することになりますので、これは十分有限であり、それから計算も一種繰り返しで次々として出していけばできるものですから、十分フィージブルと考えて提案させていただいています。

○評価委員 ちなみに、これは幾らぐらいのお金をかけて行くという提案ですか。

○説明者 3年間のトータルとして 5000 万円程度です。

○評価委員 それは妥当なのですか。

○評価委員 一応測地分科会ではよいだろうと思っています。

○評価委員 1モデルというか、今の十勝沖で1カ所の震源だということを言われたのですが、それは私にとってはすごい限定的な震源域の決め方で、南海地震がどこで起こるかわかっていれば、今みたいな観測網をたくさん置く必要はないわけです。要するにトレンチに沿ってどこで起こるか必ずしもわからないことがあるし、十勝沖でもそうです。必ずしも場所というのはこうある範囲の中でトレンチならトレンチに沿ってということで、10km、20km ずれてくるというのはごくありふれて、しかもマグニチュードはそのたびに違うということになると。そのあたりのことをちゃんと設計した上で、1モデルを実施するのにどのくらいかかるということがなければ、地理院は金が必ずしもないのだろうと思うのですが、それでも文部科学省よりはあるということで潤沢に使えるというならそれは

構わないですが、科研費だってこんなことだったらほとんど採択しない、幾らかかるかわかりませんということになるから。その辺を。

○評価委員 例えば南海地震なら南海地震のモデル、南海地震に限れば、その中では確かに数は多いですが、計算機の中で同じプログラムをただ動かすだけですので、それは実際少しずつ動かして、全部どういうパターンになるかという計算をただ計算機が行うだけなので、それほど今の状態から言って無理なことではないと考えます。

○評価委員 でも、データベースとしてそれを常に持っているということです。いわゆる層として持っている。震源域がどこで、マグニチュードが幾つで、どの範囲がどのくらい動くというのをメッシュデータなり何なりとして常に持っている。それにあるところが起こったら、どれに相当するかをマッチングさせてみるということを行いたい、そういう意味です。そうすると、その都度計算機の中で計算させながら行くと、そういうことですか。

○説明者 どこで現象が起こったら、どのぐらいの変動が起こるというのをデータベースの中で毎回計算しておくのではなくて、あらかじめ計算しておいた結果をデータベースに登録しておく。

○評価委員 それがすごい枚数になるはずだということで、それとマッチングさせようとすると、この赤で書いたところは、十勝沖でM5相当、釧路沖ではM6相当のイベントは検知可能という表現をしたのですが、これは大ざっぱに言うと幾つぐらいのデータベース。縦にマグニチュード、横に位置、幾つぐらいの中から検知が可能だというのがずっと出てきたのか、その辺がよくわからなかったのです。

○説明者 この図をどう作ったかといいますと、北海道にある観測点、正確な数は覚えていないのですが、200点ぐらいの観測点がありまして、その200点の観測点1点1点のノイズレベルが、例えば一定で3mmであった場合にはどういう結果になる。5mmであった場合にはどういう結果になる。観測点ごとにノイズレベルが違った場合にはどういう結果になる。いろいろな場合がありまして、これはその1つを表示しています。

○評価委員 測地分科会はその辺も検討されていると思うのですが、どうもわかりにくいというか、理解しにくい部分があります。

○評価委員 場合の数が非常に限られていると思うのです。日本列島の地下三次元構造の中で、どこでも起こる。そしてメカニズムもどっちのほうに何がすべるかわからないという状態ではなくて、基本的にはプレート境界、あるいは有限の活断層、深さもある程度限られているし、メカニズムも限られているし、基本的には一次元の問題だと思います。端

から端までとにかく行うのは、そんなにべらぼうな場合の数ではないだろう。ただ、それがどれぐらい実際の数で、それがコストにどう反映されているのかその辺の説明はわかりませんが、我々としては、これは十分フィージブルな問題だなという感覚は専門家としては持っています。

○評価委員 この種の研究が価値がないという意味ではない。ただ、行っていくにおいてもう少し具体的に方法なり研究計画のフレームワークをしっかりとさせていかないと、そもそも3年後成果がどのくらい出ましたかというときに、当初予想されていた、みんなが考えていたものに比べて、大したことはなされなかったということになると大変ですよという感じがするのです。

例えば今の赤で書いた部分が、かつての十勝沖のようなところで実際に何回か起こっています。データがあったのかなかったのかわかりませんが、そういうものに合わせて実際どのくらいの適合度があったのかなかったのか、少し話してくれるとわかりやすかったと思うのです。十勝沖ではM5だと検出できますというのは仮想のものです。この3番の過去の地震・火山噴火モデルを用いるというのは、その辺の検証をしながら行うということですか。こういうのは検証できなければ、ほとんど意味がないです。

○評価委員 さっき言ったようなプレート境界というのは大体確定していて、しかも何かイベントが起こる深さもかなり限られている。こういう沖のイベントですから、そもそもそんなに検知能力、分解能がないですから、グリッドを細かくしても余り意味がないということと言うと、ある程度限られた数のケースで、こういう変動が見えるはずだということをそろえておけば、ある程度使いものになるのかなという感触です。

○評価委員 わかりました。

ほかに何かありますか。

なければ、時間も大分オーバーしていますので、この課題についてはこのぐらいにしたいと思います。

## 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

○説明者 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について御報告いたします。資料1-2になります。研究内容に関してはポンチ絵を用いて説明させていただきたいと思います。資料1-2の5ページ目、ポンチ絵の図をお開きください。

このポンチ絵の図にはNo. 1、No. 2と番号が振られています。基本的にはこの番号に沿って説明させていただきたいと思います。

一番初めにNo. 1の図をご覧ください。上端左端の図になります。No. 1の図に示されるように駿河トラフから南海トラフにかけての地域では、巨大な海溝型地震が繰り返し発生してきました。今後30年以内に東海・東南海地震、南海地震が発生する確率は60～70%と推定されています。このため、早急な対応が必要と考えられています。

この地域の地震の特徴としては、東海・東南海地震が起きた後に、南海地震が発生するという連動型地震であると言えます。現在では、海溝型地震が起きると、地震が起きた後も「余効すべり」というすべりがプレート境界で発生することがわかっています。したがって、東海・東南海地震が発生した後に余効すべりがプレート境界で発生し、それが南海地震を誘発した可能性が指摘されています。このために連動型地震であるこの地域に関して、東海・東南海地震が起きた後から南海地震が起きる前までに、どのようなプレート間のすべりが発生していくのかを追跡・監視していくシステムの構築が必要と考えられています。

次にNo. 2、No. 3の図は海溝型地震の発生の様子を模式的に示した図になります。No. 2に示されるように、沈み込む海洋プレートと陸側プレートの間に固着域、プレートとプレートがくっついた固着域という領域が存在します。No. 2の図で赤い線が書かれていますが、そこが固着域になります。この固着域のために、沈み込む海洋プレートに陸側プレートが引きずり込まれていくことが起きています。黒い矢印が書かれていますが、これはどういう地殻変動が起きているかを模式的に示した図になります。

やがて時間が経ちまして海溝型地震が近づいてくると、No. 3の図に移りまして、赤い固着域で固着のはがれが生じ、やがて海溝型地震の前の先行的なスリップが発生し、その後固着域が破壊して海溝型地震が発生すると考えられています。

海溝型地震の発生前の固着域の変化、先行的なプレート間すべりによって生じる地殻変動は、GPS観測網によって検出できる可能性があると言及されています。このため海溝型地震の前の先行現象を捉えるための監視を行うシステムの構築が必要と考えられています。

このような背景のもとで、なぜ国土地理院がこの研究を実施するかですが、No. 2、No. 3の図では固着域、赤い領域が異なっています。このために黒い矢印で示した地殻変動のパターンもNo. 2とNo. 3で異なっています。すなわちプレート境界のどの場所にどのくらいの大きさで固着域が存在すると地表がどのくらい変形するか、わかっています。

したがって、地表の変形を詳細に調べることによって、プレート境界のどこでどのくらいの大きさで固着域が存在するかということを定量的に推定することができます。このために国土地理院の GPS 観測網で捉えた毎日の地殻変動のデータが大変重要になってくることとなります。

このような背景のもと本研究では、GEONET による地殻変動データを利用して、東海・東南海・南海地震の想定震源域の固着の状態を推定し、固着域の位置・大きさ・その時間変化をモニタリングすることを目指します。

No.4 の図を見ていただきたいと思います。No.4 の図は国土地理院の GPS 観測網によって捉えられた地殻変動の一例を示しています。この国土地理院の GPS 観測網の GPS 点 1 点を取り出して模式的に示したのが No.5 の図になります。No.5 の図は横軸が時間、縦軸が地表面の地殻変動ということですが、No.5 に示されますように、誤差を含みながら毎日の地殻変動が観測されています。

次に No.6 ですが、現在西南日本の地震への対策として現在行っていることは、GEONET 観測データの数カ月間の変動量から、数カ月間の平均的なプレート間の固着状態を推定しています。しかし、この手法では数カ月間の平均的な固着状態が推定されるということで、もう少し時間分解能を高めたいということです。

No.7 ですが、このために本研究では、日ごとのデータから日ごとのプレート間の状態を高頻度に推定するプロトタイプのシステムを開発することを目指します。このプロトタイプのシステムが開発されると、No.4、No.5 で示された毎日の地殻変動のデータから、No.8 に示される、横軸は時間、縦軸は地下のプレート間のすべりですが、地下のプレート間のすべりを毎日の地殻変動のデータから毎日推定することができるようになります。

図の 8 に①、②、③のそれぞれに対応する状態を漫画的に示したのが No.9 から No.11 になります。①の期間では固着域が推定されていて、②の期間になるとプレート間の先行的なすべりが固着領域の端で発生し、③番の時期になると先行的なプレート間すべりがさらに大きくなる。こういったことを本研究で作成するプロトタイプのシステムで追跡することを目指しています。

あわせて、現在までの西南日本のプレート間固着の時空間変化も推定していきたいと考えています。本研究によって達成されることは、No.12 に示していますが、固着域の位置、大きさを高精度に推定することができるようになります。また、プレート間固着の推定の時間分解能を上げることができます。

このような研究成果に基づき、GEONET 観測データによるモニタリングの高度化、連動型地震発生予測の向上、地震先行現象の早期検出により地震災害の防災・減災に貢献したい、ということを目指して掲げています。

新規研究課題資料 1 - 2 の 1 ページをお開きください。GEONET の観測データの時間の変化からプレート境界の日ごとの固着状態を短時間で推定することができる手法を開発する。具体的には、前日までの計算結果を再利用して計算時間を短縮する手法と、効率的なフィルタリング処理手法の開発等を行う。次に、東海、南海地震の連動性に関する既存のシミュレーションの代表的な結果を用いて、東海・東南海地震発生前後から南海地震発生までの過程をこの手法で捉えられるかどうかを検証する。その後、西南日本のプレート境界の固着状態の GEONET 観測開始以降から現在までの時空間変化を推定する。

並行して、日ごとの推定を自動的に行い、推定結果の図示及び提出資料の作成を行うシステムのプロトタイプ構築を行うことを研究内容として掲げています。

時間が過ぎましたので、これで終わらせていただきたいと思います。

○評価委員 どうもありがとうございました。

それでは、分科会からお願いします。

○評価委員 この研究は、GPS の連続観測データで、現在も数カ月単位ぐらいでは地下の固着状態の変化が何とか捉えられているわけですが、それを 1 日単位ぐらいで捉えようとする研究で、結局誤差をどう処理するか。要するに誤差の処理とか、より計算を短時間にして、フィルタリングをうまく行って、きちんとそちらの開発によって日々のデータから固着の変化を見出すことを目指したいということです。

こちらは本当にデータから、地下の状態の変動をいかに出すかということで、かなり厳しいところはあるのですが、意欲的にやろうということで、また 1 つ前に説明がありました、最初に地下でこういうことが起これば、こういう変動が起こるという研究が片やあり、こちらは実際に得たデータから地下の変動を捉えようという研究なので、そういう意味でセットとしてもおもしろいということで、これも測地分科会としては推進しようということにしました。

○評価委員 どうもありがとうございました。

では、委員の方の御意見、御質問をお願いします。

○評価委員 単純な質問ですが、No.5 の図で、これは毎日毎日かなり変動があって、その平均値がずれていくという感じのデータですか。



- 説明者 はい。模式的に作ってみたデータです。
- 評価委員 例えば毎日毎日そういう周期的な、ある面ノイズみたいなものがあるとしたら、それは1つの要因として取り上げて、それを例えば除去したデータというものが多分作れると思うのですが、そういったアプローチは取られないのでしょうか。
- 説明者 No.5のデータを使うのですが、推定結果はNo.8に示すように誤差が小さい結果が出てくる、そういうフィルタリング処理を行っています。
- 評価委員 No.5の周期的なデータに関しては、ほぼ分析はできていると考えればよいわけですね。No.8が得られるということは。それとも、これはただ単に平均値ということなのでしょうか。
- 説明者 カルマンフィルターを用いるとトレンドを抽出することができます。この手法は基本的にカルマンフィルターに基づいて行っている手法で、そのためにトレンド成分だけが検出された結果がNo.8になる。したがって、誤差の小さいものが得られるということになります。
- 評価委員 パワースペクトルから推定しているという感じになるわけですね。
- 説明者 似たような感じになります。
- 評価委員 それから、固着域というのはだんだん基本的には増えていって、それが減るときは地震が起きていると考えればよいのですか。
- 説明者 海溝型地震が発生した後に、余効すべりがプレート境界で起きまして、その後に固着状態が回復していくと考えられています。そして回復した固着状態が次の地震が近づくにつれて、その周囲で固着のはがれが生じる可能性があるというシミュレーション結果の指摘になります。
- 評価委員 今までのそういったデータを分析すると、そういう状態ということですね。基本的には地震が起きて、そのプロセスの中で固着域が減少するモデルになっていると考えればよいのですか。
- 説明者 そういうモデルになっています。
- 評価委員 素人なので全然わからないのですが、固着というのが、当然それは固着して動いていない状態で、はがれるという瞬間の現象と思ってもいいんですよね。瞬間ではなくじわじわ少しずつはがれるわけですか。
- 説明者 多分じわじわといくのかなと考えています。
- 評価委員 ここに書いている、翌日はがれることもあれば、2年後にはがれることもあ

って、この固着がいつはがれるのかがすごく重要なのですが、今これは予測しようとしているのですか。

○説明者 海溝型地震の前に、固着域のはがれとか先行的なプレート間のすべりの発生があったとした場合、それを追跡、監視していくシステムを作りたいということになります。

○総括研究官（国土地理院） 例えば南海地震の固着域は、現在の時点では全部完全にくっついている状況です。地震の前になっていくと、その一部分が少しはがれてすべり始める。それがだんだんすべってくっついている領域が減って、だんだんすべっている領域が広がっていく状況になってきますと、地表で観測される地殻変動にもパターンが違ってくる状況になります。地表で観測されている地殻変動を見ていることによって、地下で固着域がだんだん減っていくという状況、もしくはすべっている領域がだんだん広がっていくという状況、まさに漫画のNo.9からNo.10、No.11というような、すべりの領域が広がっていくプロセスを検出しようというのがこの研究の目的です。

○評価委員 その上の空間ポイントの精度が必要なのか、固着というのは広い範囲にわたっているのか、このGPSのポイントは何点もあってそれをカバーしているのか。

○説明者 比較的良好に答えは出せまして、ほかの研究と比べても、ある程度信頼のできる結果が得られると考えています。

○評価委員 先ほどの私の考えがむしろ違っていたことが今わかりました。No.9、10、11というのは固着域が増えているのではなくて、むしろ減っている図ですね。すべりが起きているということですね。だから、この固着域が減るのをどう観測するかということが大きな課題になっていると考えればよいわけですね。それをGPSの点から取り出していると考えればよいわけですね。

○説明者 そういうことです。

○評価委員 No.1ですと海の上のデータがかなりあるわけですが、これはどうやって出すのでしょうか。

○説明者 海に地殻変動が観測できれば、モデリングはさらによくなると考えられます。しかしながら、現在GPS観測点は陸上にしかありません。そこで陸上の地殻変動から、その原因となるプレート間の固着の場所、大きさを逆に推定することを行っています。

○評価委員 かなり精度よく推定できるわけですか。

○説明者 余りに陸地から離れたところでは少し難しい点も出てくるのですが、基本的にはある程度きちんとした結果、ほかの研究者とも調和的な結果が得られることがわかって

います。

○評価委員 その海洋部分についても、固着域がすべりが生じて減っているということまでわかる。

○説明者 そういったことを検出可能ならば、検出したいと考えています。

○評価委員 ということは、まだそれはできていないということですか。

○説明者 本研究の期間を通して、そういった目標に邁進していきたいと考えています。

○総括研究官（国土地理院） 時間をかけると、No.6に書いてある数カ月のデータをためて、平均的なものから固着の状態を推定することは現在でもできています。国土地理院では、東海地震の判定会であるとか地震調査委員会に、東海地域の固着状態がどうなっているかについて、例えば3カ月置きにどういう状態が変わっているかという資料は出して、それで専門家に見ていただいています。ですから、本研究の重要なところは、それを毎日でもその変化がわかるように追跡できる手法を開発するというところですよ。

○評価委員 わかりました。そういったより正確なモデルを作るということですね。

○評価委員 今のことに関して、検出に要する時間云々というこの変換点ですね、トレンドに対して急に変わる。でも、毎日固着状況を行うとすれば、別にここだけ調べるのではなくて、すべての点でどう固着状況があるかというのを毎日毎日計算すればよいのではないですか。なぜここだけ取り上げるのかは、ひずみがあるから、この部分では急に変わりました。こっちもこう変わりました。それを計算すると、ここで固着状況がこんなに変わりましたということがわかるわけで。だから、動いていないところも当然計算に入ってくるわけですね。その辺の説明がよくわからなかったということが1つです。つまり何か変動があったときだけ行うとするならば、毎日ではないでしょう。毎日行うならば必ずしも変動の部分だけ取り上げて、説明する必要はないのではないかというのが1つ。

もう1つは、これは前にも言ったのですが、もちろん南海トラフ沿いのことを研究するのはよいのですが、当然プレートバウンダリーというのは、北米プレートとユーラシアプレートはフォッサマグナで接しています。そのあたりの固着状況はどんな計算をされて、どんな状況になって、どんな動きになっているのかということはどうかが行っているのですか。海はデータがあればよりよいわけだが、陸域だけで行うということですね。陸域でプレートバウンダリーがあるところで、どうしてやらないか。基礎研究だったらそっちもしっかりとやったらどうですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） ほかの研究としては、地殻変動研究室で内陸のひず

み集中帯の研究を行っていきまして、まさにフォッサマグナとかその周辺の陸地、陸域での地殻変動の研究は行っています。

それから、御指摘の中にあっただかと思いますが、例えば東京付近なども地殻変動は比較的大きいところですが、そこについては 1923 年の大正の関東地震がありました。その地震については、今政府の公式的な 30 年以内の発生確率にしますと、0～1%ということで確率はかなり低いということになっています。一方、東海・東南海・南海地震に関しては 50%以上で、80%を超えているところもあります。しかも経済的な被害想定額としては、最大 80 兆円を超える試算もあつたりしますので、そちらが切迫していて、しかも被害も大きいことが予想されるということで、そちらを先に重点的に進めるということを考えています。

○評価委員 今の内陸でやっているというのは、方法論的にどうか手法は大体同じようなことをやっているのですか。それともかなり違う手法で独立して。先ほど来、別の研究室でやっているからこちらではやりませんということが率直に言って非効率なので、もっと連携しなさいという意見が多分出てくるのだらうと思うのですが、その辺は同じような方法でやっているのですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 一部共通しています。例えば原因となる地下の断層すべりがあつたら、それに関してそれをもとに地表の地殻変動が計算できる。そういった断層モデル、あるいは地表で地殻変動が観測されたときに内部の原因を探るという逆解析、インバージョンの手法を使うという点では、これらの研究と基礎原理は共通ですが、ひずみ集中帯は主に観測を中心にしておりまして、GPS 及び水準測量を高密度に観測することによって、そのターゲットに合ったような調査研究の仕方をしていきます。内陸はプレート運動と違い、数年間で数ミリという非常に小さい地殻変動しか出ませんので、そこに特化した観測手法を使って観測をするというのが主眼点です。こちらはプレート運動 1 年間に数センチですので、比較的シグナルも大きいので、そういった点では若干違うアプローチをしています。

○評価委員 数ミリ、数センチというのは水平距離、それとも高さで。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 両方ともです。水平の方が大きいですが、どちらも研究で使用します。

○評価委員 ベクトルとしてという意味ですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） おっしゃるとおりです。1 年間に数センチがプレー

ト境界で、内陸は上下、あるいは水平にしても数ミリになります。

○評価委員 素人的な基礎的な質問ばかりで申しわけないのですが、No.8ですべりが非常に増大している。それがただ単に線形ではなくて、あるところから急に立ち上がっているとか、場合によっては飽和するとか、そういった現象が多分あるのではないかと思うのですが、そういったカーブと固着域の増大はかなりわかっているわけですか。

○説明者 済みません、質問の意味が。

○評価委員 このNo.8のいろいろな、ただ単に比例して変位が増えていくわけではなくて、多分急に増大するとか、飽和して逆にすべりが減少するとか、そういった問題から固着域みたいなものを推定するのではないかと思うのですが、そういったデータはかなり整っていると考えてよいわけですか。

○説明者 そう考えています。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 補足しますと、大きな地震が起こった後に、これと逆で減衰する場合がありますのですが、それは対数関数的に減衰するという経験則があったりします。このように増加する場合も同様でして、さらに最近、豊後水道でスロースリップが起こっていて、昨年あたりからこのグラフのように今まで平らだったものが急にすべりだして、2003年の場合にはそれが1年数カ月後に、同じようなカーブで減衰、対数関数的にもとに戻ったという経験があったりして、そういった過去の経験も生かしながらシグナルを捉えていくということになっています。

○評価委員 そういったものは学会で論文みたいにまとめられているわけですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） おっしゃるとおりです。実際に幾つかの論文を執筆しておりまして、論文賞を受賞しておりそういった面では実績はございます。

○評価委員 もう1つものすごく単純な質問で、今は数カ月の平均値をとって計算できているわけだから、その平均値だって日々の値を積み重ねてやっているわけなので、何か毎日出すのも求めて使っているだけなのではないかと思っ、どこの技術問題が一番大きくてそこを工夫しなければいけないのか、この資料には余り書かれていないのですが、それを教えていただけますか。今までできなかった一番の原因は何ですか。日1日の変動を細かく高精度の時間データを出すというのは、何が一番技術問題なのですか。

○説明者 毎日のデータから毎日の状態を推定するには、莫大なデータを一括して扱わなければなりません。そういう莫大なデータを効率的に処理する手法がなかったために、行われてこなかった。行われていても、そんなに大きな領域を広げて応用することはできて

いなかったというのが実情だと思います。

○評価委員 データの量が多いのは、今の計算能力ではそんなに大きな問題ではないような気がして、技術的な新規性をもう少しはっきりしたほうがよいと思います。例えば、はやりのクラウドコンピュータを使うとか、どこを一番開発するのか、そういうのがよく見えなかったのです。

○評価委員 今のことに對して、もし違っていたら言っていただきたいのですが、私の認識では、今まではある意味この計算の中に時間が入ってなかった。つまり3カ月前のデータと現在のデータを比較して、これだけ変動しているから、それを空間分布をもとに、空間でどこがどのぐらい動いたということをやればよかったです、日々のデータからずっと求めていくには、その中に時間ごとにそれぞれ、どこでどう変動しているかというのをに入れて行っていないと。要するにインバージョンを実施するわけですが、その中に時間のタームを入れてずっとインバージョンしていかないといけないというのが一番大きなところだと私は考えているのですが、いいですか。

○説明者 そのとおりだと思います。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 補足しますが、時間発展インバージョンという技術を使います。これは結果である地殻変動から、原因である断層のすべりを推定するという逆解析ですので、通常は非常に解析時間がかかります。ですので、3カ月のデータを1つにして単純化した上でインバージョン、つまり逆解析を行っているというのが今までのやり方です。けれども新しいやり方は、3カ月のものを1つにしないで、すべてのデータ、日ごとのデータをすべて使った上で逆解析をする。つまり時間発展、時間を考慮したインバージョン、時間発展インバージョンを効率よく行うというのがこの主眼であります。

○評価委員 先ほどカルマンフィルターで推定するとおっしゃったのですが、カルマンフィルターの考え方だと、これは長時間のノイズを減らして計算するわけなので、短時間で答えを出すというのとは矛盾するような面があると思うのですが、その辺はどうなのでしょう。

○説明者 済みません、質問をもう一度お願いします。

○評価委員 私も余りよくわかっていないのですが、カルマンフィルターの推定、例えば統計的制御理論という分野があるのですが、ある面短時間で推定することと、長時間でノイズをとって推定するというのは、本質に相反するところがあると思うのです。この辺に對して何かアイデアを持って検討されていると理解すればよろしいわけですか。

○説明者 計算時間の短縮に関しては。

○評価委員 いや、計算時間の短縮ではなくて、そもそも予測というものの考え方です。

○地殻変動研究室長（国土地理院） 補足します。カルマンフィルターは今まで使ってきた方法ですが、それだとおっしゃるとおり時間がかかってしまうので、それを改良したスクエアルートフィルターの開発を進めておりまして、それを使えば時間も短くなるめどがある程度立っていると聞いています。

○評価委員 今までの質問と関連するのですが、これは日々のデータを使うときには、前するときにも出ていたのですが、このノイズというかこの振れの位相が、北海道とかどこかでずれてきて、例えば前日の朝9時から今日の9時までの1日間でのずれで行えば基本的には同じ計算ができます。でも9時でとめると、場所によっては位相の途中でとめて丸1日の変化がわからないことがあるとか、そういう問題があるのではないかということが考えられたというか、1日の場合のモデルのことを計算するとき問題ではないかということがあったのですが、その辺はクリアできるのですか。

○地殻変動研究室長（国土地理院） まさに御指摘の点は重要な点でして、GEONETの解析戦略でF3とR3とQ3と3種類あります。F3というのは日ごとのデータで、1日の周期みたいな見かけ上のノイズがかなりきれいに取り去られたデータですが、2～3週間後にしかデータが出てきません。

一方、Q3という一番早いものと3時間後に地殻変動データが出てくるので、それはおっしゃったように1日の中のいろいろなノイズが見えてしまいます。ですから、そういったF3とQ3を使い分ける必要があります。シグナルが、つまり余効変動が大きな、余効すべりが大きな場合にはQ3でも使えるのですが、シグナルが小さい場合にはS/Nの問題でノイズに埋もれてしまいますので、そういった場合に慎重にF3の解を使うとか、そういうように使い分ける必要があると思います。

それから、同時にノイズを小さくする研究は、我々の同じ仲間の研究者が行っていますので、そこと密接な連携をした上で、ノイズレベルでも下げながらこの研究を進めていきたいと思っています。

○評価委員 ほかに何かありますか。

なければ、大分時間も過ぎましたので、この課題はこのぐらいにして次の課題に移らせていただきます。よろしいですか。

### ③ 公共的屋内空間における三次元 GIS データの基本的仕様と効率的整備方法の開発

○説明者 公共的屋内空間における三次元 GIS データの基本的仕様と効率的整備方法の開発について説明をさせていただきます。資料 1 - 3 の 5 ページ目にポンチ絵がございます。これを使って説明したいと思います。

最初に背景・課題について説明します。近年、都市部においては、地下街や駅などの屋内空間では屋外と区別されずに人間活動が一体的に行われています。

例えば火災時の避難計画について検討する場合には、屋内における避難誘導と、はしご車などによる外からの救助が一体的に行われるよう考える必要があります。洪水についても屋外における対応によって、どこから地下街等に水が流入するかは変わってきます。このため避難計画を策定する際には、屋内外一体となる三次元 GIS データが必要になると考えています。

屋外については、空中写真測量や航空レーザー測量により、広域的な三次元 GIS データの整備が進められていますが、屋内については技術的課題によりデータ整備が進んでいない状況にあります。

三次元の GIS データは、二次元のもの比べて情報量が多く、また屋内における測量は屋外に比べて手間がかかるなど、屋内三次元 GIS データの整備にはコストがかかる。広域的な整備を単独で行うことは難しく、施設毎に整備したものをつなぎ合わせて利用することが現実的であり、仕様や整備方法の標準化が必要になると考えたものです。

現状では、二次元の GIS データについては具体的な標準仕様が定められており、データ整備も進んでいますが、三次元の GIS データについては、ISO に基本的な考え方は示されていますが、共通的な仕様が我が国でまだ定められていません。また三次元データの整備手法についても、とても確立された状況とはいえないことが課題となっています。このような状況から、研究的にデータが作られた例はありますが、屋内外一体的に使えるような一定規模以上の三次元 GIS データは作られていないと考えています。

この研究の目的と内容は、避難計画策定などのベースとして使えるような三次元 GIS データの基本的な仕様と、効率的にデータを整備するための手法を開発するものです。国土地理院は公共測量における助言、指導などを行っていますが、研究の成果をそこで活用することによって GIS データの整備、更新や利活用を促進しようと考えているものです。

具体的な研究開発の内容については、ポンチ絵の中央をご覧ください。現状は三次元



GIS データの整備は余り進んでいませんので、CAD データなどの既存資料を極力活用して効率的に整備する方法を開発しようというものです。

まず最初に、既存の CAD データなどに使えるものとしてどのようなものがあるかを調査しその評価を行います。それから個別の施設ごとではなく、屋内外の複数の施設を広域的に結びつけて一体として使えるようにするためには、最低限、何を標準化しなければならないか。こういうことについて検討したいと考えています。この検討結果から基本的なデータ仕様を定め、屋内空間における三次元 GIS データを試作する計画です。

この試作では、設計図面と実際に施工された施設の差や、欠けている情報の補い方について検討します。例えば記載されていない方位の推定方法や、資料間で不整合がある場合の接合方法などについて検討しながらデータを作っていくことになると考えています。

最後に、試作した三次元 GIS データについて、直接測量の成果と比較して精度検証を行う計画です。特に用いたデータや接合の仕方、推定方法の違いが精度に与える影響について分析し、必要な精度を確保するために守るべきことと簡略化できることを整理し、基本的な仕様案とデータ整備のためのマニュアル案にまとめたいと考えています。

この研究成果によって期待される効果ですが、マニュアル案は公共測量における助言、指導などの際に活用され、屋内空間における三次元 GIS データの整備や更新が促進されると考えています。また、整合性のとれたデータが整備されることで、データの利活用が促進されると期待しています。さらに駅や地下街などの公共的屋内空間におけるデータ整備が進められると、国土地理院が進めようとしている場所情報コードの整備と連携して歩行者ナビなどの実現を支援するものと考えています。三次元 GIS データはナビにおける背景地図に当たる役割を担うもので、これらによって高度な地理空間情報社会の実現を目指すものです。

概要は以上ですが、課題提案書の 8 番以降について若干補足説明をさせていただきます。既存データの調査・分析、仕様やデータ作成方法の検討、マニュアル案の作成は私が行います。一方、データの試作や精度検証のための測量など機械的作業は外注で行う計画です。

期待される成果や活用方針は先ほど説明しましたが、11 番の※印に場所情報コードについての補足説明があります。場所情報コードとは、「場所」を識別するために、緯度経度方向各 3 m と高さ（階層）で区切られた空間にコードを振るもので、国土地理院が現在進めようとしている施策です。

なお、研究を進める際には、国土技術政策総合研究所や大学などと情報交換や意見交換

を行いたいと考えています。

簡単ですが、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、地理分科会の評価結果をお願いします。

○評価委員 この研究の一番大きな目的は、御存じのように二次元の GIS については基本法が施行されたり、基盤地図情報が一定のマニュアルに従って、ルールに従って全国的に作られている状況になっていまして、これについては各自治体からの都市計画基本図であるとか、公共測量に従って出てきた図面を使ってどんどん整備していく段階において、基本的に問題はなく今データ整備が進められている状況だと私は認識しています。

次に必要なのが三次元のデータになってきていまして、特に地下空間とか地下道の部分については、二次元のデータばかりではなくて、高さ情報も含めた三次元的なデータについても、今後は効率的に進めなければいけないということになってきていると思います。

今説明があったように、二次元については公共測量作業規程等によって規定されているわけですが、三次元については、データの作成の仕様についてまだ明確な定義がないということで、この間お聞きしたところによりますと、公共的な建物をサンプルとして、三次元のデータを作成し、それをどういう方法に従って作っていけば、これまでにできている二次元のデータと効率的にリンクしていくことができるかということを検証しようとして理解しました。

ただ、CAD のデータを使うということで、私がそのとき少し申し上げましたのは、CAD のデータは非常に精度の高いミリオーダーの図面でありまして、それに対して今現状で使われている電子的な GIS のデータは、オーダーが数十センチとかメートルというオーダーなので、そのあたりをどううまく整合性をつけてリンクしていくかということについて、きちっとした検証をこの実験で行っていくことが重要なことではないかと思います。

従いまして、二次元のデータから次のステップへ行く三次元の世界へ広げていくための基礎研究としての評価としては実施していくべきテーマではないかと判断しました。

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、意見、質問を御自由にどうぞ。

○評価委員 私は余りよく知らないのですが、現状の地下街の GIS は、私が見るのはインターネットで地図を探して、地下街のどこそこの店がどこにあるのかを探す、どう行けば

よいかを調べる、そういう形でしか私は見たことがないのです。それだと地上と地下街という程度に分けてあるだけで、地下街の中の高さとかそういうデータを私は見たことがないのです。例えば浸水の際に、どう水が入ってくるということに利用しようと思えば、当然地下街の中でもいろいろな高さがどうなっているとか、そういうことが重要だと思うのです。現在そういうのも組み込まれた GIS というのはないのですか。

○説明者 研究として、大学等でデータを作られていた例はあるようです。東京駅でも作られたという話も伺いました。なお、これまで作られている三次元 GIS データは、単独の建物などを対象としており、屋外や他の建物と一体として整備した例は見えていません。避難計画の場合、例えば屋内への流入水の動向を検討しようとする、屋内空間と屋外を一体として考える必要があり、屋内外や周辺の建物を一体とした GIS データをどのように作るべきかという研究は、まだそれほど行われていないのではないかと考えています。

○評価委員 既に三次元についても ISO で基本的な考えは示されているということですが、具体的に ISO の何番のことはここに書けないのですか。そのほうが具体的でよいと思うのです。ただ単に ISO で示されているというのでは、余り具体性がないと思うのです。

○説明者 平易と考えこのような書き方をしたのですが、内容を確認して書き方を検討したいと思います。

○評価委員 それから、CAD データ等を活用してということですが、先ほど分科会でも議論になったという話がありましたが、これは CAD データを前提にすると、地下街とか建物の設計時に CAD データを提出しろという話になると思うのです。最近、三次元テレビとかで三次元の情報入力装置というのは結構進歩していると思いますので、むしろそういったものを取り上げるとか、あとこういったデータも、一元的に同じデータフォーマットで管理するのは余り現実的でないような気がするのです。ですから、そういったデータについてもある種の分類基準を考えると、そういったことが必要ではないかと思いますが、どうでしょうか。

○説明者 国土地理院があちこちからデータを集めてデータを作ろうと考えているわけではなく、いろいろな者がばらばらに三次元の GIS データを作ると、整合が取れず一体として使えなくなりますので、整合性を確保するために最低限守ってもらいたいことを基本的な仕様の案としてまとめたいと考えています。

使用する既存資料を CAD データに限定する必要はなく、使える資料は最大限活用して、効率的に作成する方法を開発したいと考えており、既存資料で足りない情報をどのように

補うかについても検討する計画です。

○評価委員 私も既存のデータの相互運用が現実的には重要だろうと思いますので、その辺に対して新しいアイデアを出すことが大きな課題ではないかという気がします。

○評価委員 地下の三次元データというのは、地下の位置は経度であらわして、高さは絶対高度であらわすとか、階数であらわすとか幾つかありますよね。どんなことが考えられているのですか。

○説明者 屋外の GIS データと一体として扱えるようにするため、緯度経度でもよいのですが、範囲が限られるので現時点では公共測量の平面直角座標系の X、Y、Z で表すことを考えています。例えば高さ方向をビルの階数で表すと、他の建物における高さと比較できなくなるため、屋外と共通の座標系においてメートル単位などで表すことを考えています。

○評価委員 X、Y、Z という直交座標系を使うという意味ですか。緯度経度の X、Y、Z ではなくて、直交座標系の X、Y、Z という意味ですか。メッシュだと X、Y、Z というのは直交座標系とは限らなくて。今言っているのは X、Y、Z が直交座標系であれば、地表とは非整合です。地表は多分地理院は、場所情報コードでも経緯度メッシュを使うでしょう。多分経緯度である点をあらわしていくみたい。そうすると地下は、入り口あたりにある点を決めた後は、直交座標系を使うとすればそこで変換していかなければいけないことになります。だから、基本的仕様をどう考えていくかは、その場合の X、Y、Z、直交座標系であらわしたほうがよいのか、いや、地下もやはり経緯度に直していく。むしろ直さないといけないぐらいになります。直交座標系で測ったものを経緯度に変換した形で表現していくのか。そのあたりのことを行おうとしているのかどうかがよくわからない。この基本的仕様というのは、どんなことで。

それからもう 1 つは、例えば直交座標でも何でもよいのですが、何センチメートルだか何ミリメートルだか知りませんが、そのあたりまで表現しようとしているのか、そういうことを行うのが基本的仕様という意味ですか。それを聞きたいのです。

○説明者 基本的仕様をどのように定めるかについて検討しようと考えていますので、まだ細かな詰めは行っていませんが、対象が建物や地下街といった範囲でそれほど広域的ではないので、現時点では緯度経度よりは公共測量の平面直角座標系の方が使いやすいのではないかと考えています。御指摘の点も含めてそれぞれの座標系の課題と長所を整理し、仕様案にまとめていきたいと思っています。

○評価委員 分科会で検討されたのかもしれませんが、大きい建物とか大きい地下空間で、どこかの入り口をX、Y、Zの原点にすると、出口はそれで引いたときに緯度経度と合わなくなります。結果としては変換しないといけないことになります。だから、そういうことを検討するということですか、そうではないのですか。その辺の基本的仕様というのは、何を意味しているのかということがわからなくて、何を今検討しようとしているのか。項目、何ですか。

○説明者 屋内の位置が建物毎に異なる任意座標系では、屋外の公共測量成果などつながりませんので、屋内についても公共測量の座標系で表す必要があると考えています。出入りする際にそれぞれの座標に変換するのではなくて、公共測量で共通に使用している座標系により一体として扱えるようにしたいと考えています。必要な項目は利用目的によって変わり、今回は避難計画の策定を念頭に置いています。基本的仕様の検討においては、利用目的によらず共通する項目を対象に、データが相互に利用されるために最低限守るべきことは何かを整理したいと考えています。

○評価委員 もう1つ三次元のある1点を何かあらわすだけならば、経緯度でも直交座標でも何か決めていけばよいのですが、僕の言っている項目というのは、例えば柱の位置とか階段とか何かというのは、三次元のこのデータの中に必ず入れるとか、入れないとか、そういうことを含めているのかどうなのか。要するに、この公共的屋内空間における三次元GISという場合に、ただの位置だけだったら三次元の位置を示せばよいだけです。そうではなくて項目というのは、その空間の情報として、項目としては何を意味しているのかというあたりをやろうとしているのかしていないのか、そのあたりが説明の中でよくわからなかったのです。

だから、災害とか、私としては弱者、障害者の人にとって便利な三次元空間を用意したほうがよいのではないかとということもあると思いますが、そういうときに取り上げるべき三次元の位置を示すべき何かの項目を、ある標準的なものを決めようとしているのですか、どうですかということを知りたかったということです。

○説明者 説明不足で申しわけございません。屋内空間における避難計画を想定していますので、床面、壁、天井、階段、壁と区別する出入りできるドア、エレベーター等建物や利用目的によらず共通する項目を整理したいと考えています。例えば、同じ床面でも材質などにより区別することも考えられますが、最低限共通のものとする必要のない項目については仕様に定めない方がよいと考えています。

○評価委員 弱者などの考慮のことを書いてありますが、具体的に障害者の人たちの組織とも連携して研究を進められているのでしょうか。

○説明者 避難計画の策定に必要なデータ仕様を検討したいと考えていますので、避難計画を策定する施設管理者との連携を考えていましたが、避難する障害者との連携までは考えていませんでした。しかし、避難する際にも三次元 GIS データは有用と思いますので、検討にあたっては、より幅広い方々の意見を伺いたいと思います。

○評価委員 アクセシビリティに関しては文字数もいろいろあります。それから、そういったことを行っている専門の企業があって、そういった企業の人と連携して進めるほうが社会的にはアピールすると思います。

○評価委員 具体的に基本的仕様案を最低限必要なものを標準化するということが、研究の成果物としてはどういうふうに提示される形になるのですか。

○説明者 研究の成果は、基本的仕様案とデータの作り方についてのマニュアル案にまとめたいと考えています。

○評価委員 仕様案というのは、ビジュアル化できているものということですか。

○説明者 まとめ方について細かく決めていませんが、三次元 GIS データの必要最低限の項目について、例えば床面や壁をどう定義するのかなどについてテキストでまとめることを考えています。

○評価委員 例えば東京駅ということで、三次元のビジュアル化した画像として見られるということではないわけですか。

○説明者 最終成果ではありませんが、マニュアル案やデータ仕様について検討するため、データを試作し、検証することを考えていますので、何らかの GIS データは作成する計画です。

○評価委員 今のお答えの中にありましたが、こういうのを行うとき当然具体的に、例えば東京駅の地下街という話が出ましたが、具体的な場所で作ってみて試作していかないとなかなか実際基準というのは作れないと思うのです。そのときに、現在既に例えばここここでやってみようとか、計画段階でそういうのは言いにくいかもしれませんが、ある程度固まっているのでしょうか。

○説明者 資料を提供して頂けそうな管理者と、まだコンタクトなどをとっておらず、具体的な場所は絞り込んでいません。

○評価委員 たしか2、3年前ぐらいに銀座でユビキタスのそういった障害者も含めて、

地図情報をどうやって使うかという利用実験みたいなことを行ったと思うのです。そういった成果とか、やはりこういったものは利用シナリオみたいなものを設定して、そのためにはこういうような情報が必要だという話の持って行き方をするほうが非常に説得力が出ると思うのです。そういった方法を考えていただいたほうがよいのではないかという気がします。

○評価委員 ほかにありますか。

なければこの課題はこのぐらいにして、次の課題に移らせていただきます。御苦労さまでした。

#### ④ 航空レーザーデータを用いた土地の脆弱性に関する新たな土地被覆分類の研究

○説明者 本日は、航空レーザーを用いた土地の脆弱性に関する新たな土地被覆分類の研究ということで御説明いたします。具体的な説明については5ページの1枚のポンチ絵で説明させていただきます。

まず研究の必要性及び背景ですが、斜面崩壊などにかかわる土地の脆弱性の把握については、近年でも昨年7月に山口県で発生した土石流と書いてありますが、最近でも、広島県の庄原とか鹿児島県でもいろいろと崩壊の事例が出ておりまして、こういった多数の死者が出ているように重要な行政上の課題となっています。

斜面崩壊等、災害が発生する場所については、地形や地質だけではなく植生も関連していることが指摘されています。具体的には木を伐採してから少し経った後ぐらいの土地は結構崩れやすいという話があったりするのですが、そういったところは、例えば樹木がある程度そこから回復して茂ってくると、樹高が高くなるとか植生がそれなりに密になるということで、そういったところに反映されると考えているのですが、そういったところの情報を活用した調査研究というのは今まで余り行われてきてなかったことが現状としてあります。

加えまして、近年航空レーザーによる詳細な地表面データの収集が進んできていることがありまして、こういった課題を克服できつつある状況にあると考えています。

本研究の内容ですが、概要としては、土地の脆弱性の把握などに有用な、植生にかかわる土地被覆分類手法を構築するとともに、土地被覆分類データを土地の脆弱性評価に活用する手法を提示するということです。使用データはここに書いてあるような、航空レーザ

ーデータをはじめとしたデータを使うことを想定しています。

研究手法については大きく3つに分かれています。1つは土地被覆分類手法の構築で、構築された手法に基づいてデータを作成し、土地の脆弱性に関する調査分析を行って、最終的にはその2つの手法をまとめたマニュアルを作成するという流れになっています。

それでは、それぞれの部分について具体的な説明をいたします。まず土地被覆分類手法の構築については大きく分けて2つありまして、1つは土地被覆分類の試行ということで、航空レーザーデータから、樹高と植生の疎密度による分類を行います。加えて、航空レーザーデータというのは、樹木の常緑・落葉とか、あと針葉とか広葉という分類はできませんので、そういったところはリモートセンシングの力も借りながら細分化を検討していきたいと考えています。

同時に、現地調査ということで、現地でどのような樹木の茂り方をしているかという調査に入って、実際の森林の状況と上で行った土地被覆分類の対応を比較検証することによって、土地の脆弱性の把握に資する土地被覆分類手法を構築することを想定しています。これで1つの手法が構築されます。

次に、この手法を用いて、新たな土地被覆分類手法によるデータの作成及び土地の脆弱性に関する調査分析ということです。具体的なテストサイト、土砂災害とか発生しているようなところですが、そういうところについて、この方法によって作成した土地被覆データと地形地質データの組み合わせにより、実際の災害発生場所との関連について分析・検証を行うことを想定しています。

具体的には、地形と地質について災害の発生の可能性を評価がされたとして、それに加えて、この植生の樹高とか疎密度を反映したデータを加えることによってどれだけその評価が向上するか、そういったことについて検証を行っていくことを想定しています。

これについても実際に行った内容をまとめて、先ほどの分類手法の構築の手法とこの分析手法の2つのマニュアル化をすることを、その次に想定しています。

最後、この成果について波及効果ですが、土地の脆弱性に関する信頼性の高い情報を提供し、マニュアルの作成、普及により地方自治体のハザードマップ等の高度化に貢献したいと考えています。

研究の概要としては、少々短いですが以上です。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、分科会の評価をお願いします。



○評価委員 この研究は、テーマに「航空レーザーデータを用いた」ということが頭についていますが、ここが一番の要点だと私どもは感じています。というのは、土地の脆弱性に関するいろいろな研究は、これまで衛星のデータを使って被覆分類するという、あるいは地質図を使って実施するという従来からかなり古い時代からやっておられる、もちろん防災面も含めてということなのですが、先ほど説明がありましたように、直近で航空機レーザーが新しい技術として導入されて、地理院でもかなりの平方キロ、国土の10分の1程度とお聞きしたと思うのですが、レーザーデータを収集しているということです。

このレーザーデータは、樹木の高さとか密度を推定することができる技術なわけです。これを従来の衛星データ等と共用して、さらに新たな脆弱性の判定をする。そして各自自治体の防災計画、ハザードマップの作成などに活用してもらおうという内容、趣旨だったと思います。そういう意味では、新たに出てきた航空機レーザーデータ、これも地理院の作業規程にも載りましたので公共的に使われている手法だと思います。これを使ってそういう方面に活用していく研究の端緒であると理解しました。

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、御質問をお願いします。

ちなみにこのレーザーだと樹高は測れるということですが、葉を透過して反射してくるのですか。そういうタイプのレーザーを使っているのですか。

○説明者 レーザーについては、御指摘いただいたとおり、例えば幹の上で反射してくるものもありますし、葉を透過して下から反射してくるものもありますが、そういったデータについて、その双方を使っていきたいと考えています。上だけ押さえるということだと、単純に樹上のデータを作ることになってしまいますし、透過したものだけでは単純にDEMを作ることになってしまいます。DEMの研究が過去からいろいろと行われているのですが、今回着目しているところは、樹高とって木の上ではね返ってきたところに注目したり、ここでは樹木の疎密度と言っていますが、レーザーの透過したものの状況を解析して、その森林の状態を解析したりするようなものと考えています。

○評価委員 ちなみにこれは航空機からレーザーを発射して、その反射を受け取るような意味での一種のレーザーのレーダーを使うということですね。そうすると地表まで透過するレーザーがあるということならば、地形図を作るのもこの方法で作れるという意味ですか。

○説明者 地表面のデータというのは、得られた航空レーザーデータ、いろいろなところではね返ってくるものを解析することによって作成されていると聞いていますので、そういうことかと思います。

○地理地殻活動研究センター長（国土地理院） 補足させてください。葉を透過するレーザーというのがあるわけではなくて、正確に言うと葉の隙間を透過するのです。ですから、葉が密に茂っているとそこで反射したものしか捉えられない。植生が密であれば地面はわからないのですが、多くの樹林では下まで何らかのパルスが透過する場合もある。だから、密度は低くなるが、幾つかのデータは地表面を捉えたものは得られるということです。

○評価委員 そういうことですね。長波長か何か地形までわかるようなレーザーが開発されたのかと思って。わかりました。

○評価委員 これは最終的にはマニュアルとして取りまとめることになるのですが、これは誰のためのマニュアルかというのが少し問題になるかと思うのです。例えば地質が問題のようなところを一般的に公開してしまうと、その住民は不安を覚えるでしょうし、宿泊施設の方は余りそういったものを公開したくないだろうとか、そういったものも感じられるわけですが、その辺はどうお考えになっていますか。

○説明者 データの出し方等についても、検討課題かと思っています。この研究自体は、例えば学会とかを通じて成果については発表という形で出していきたいと考えています。

○評価委員 今後の課題ということですね。わかりました。

○評価委員 分科会ときには、植生だけで土地の脆弱性を判定すると誤解してしまったのですが、今回その地形・地質データの組み合わせによりという形で、前回の誤解は解けたわけですが、具体的には最終的にはそれはどのように組み合わせていくか、植生に反映させるために使うのか、それとも組み合わせのものを入れられるような形で提示していくのか、そこら辺をお教え願いたいと思います。

○説明者 手法については、地形とか地質の組み合わせ方が幾つかあると思うのですが、1つ想定しているのは、例えば地形とか地質、ある条件になったときにこの地質だったら何点ぐらい。点数で評価すると危険になりますよというところで、地形とか地質の評価がある程度できる。それに加えて、今回の植生を使った土地被覆データの追加によって、今まで言った危険度、点数みたいなものは、どれぐらいプラスになるかマイナスになるか。この植生データを付加することによって、従前関係があると言われていた地形とか地質の評価がもともとあったところで、どれぐらい可能性があるのかという、高度化と言うと言

い方は簡単かもしれませんが、そういったことをすることを想定しています。

○評価委員 コメントですが、変な言い方ですが、今日の4つの中で一番研究手法と成果が見えやすいという感じがしています。特に土地の脆弱性の問題は防災面で非常に社会的に関心が高いところですので、このクオリティを上げるのは非常に期待される場所だと思います。実際に新しい手法で災害が発生したところの検証を細かくやっていただいて、マニュアルのクオリティを上げていただきたいということで、大変期待している研究というコメントでございます。

○評価委員 それとは別にお聞きしたいのですが、これができれば土地被覆というのは、土地利用分類ができるということですね。家屋とか、畑の中の玉ねぎ畑、果樹園というのも分類できるような感じですね。脆弱性というと斜面崩壊に注目しているとなれば、山地の樹木、斜面の部分だけですが、なぜもう少し広げるようなことを考えなかったのかということですか。

○説明者 今回テーマとして扱わせていただいたのが航空レーザーデータでありまして、もちろん建物なども航空レーザーで見えないことはないのですが、最初に説明したように、本研究の対象としようとしているところは土砂崩壊があるところで、しかも従来、特に林野の分野で言われていた、樹木が生えていると根が張ることによって土の流出が抑えられて崩壊が起きにくくなる。そういうことが結構概念的にあちこちで言われていることを踏まえて、今回レーザーデータがある程度観測の実績が上がってきたということは、そういう方向性の研究を行うタイミングとしては非常に妥当ではないかと考えています。

一方で、土地被覆とか土地利用、特に果樹園といった土地利用系のデータの取得を、例えば航空レーザーとリモートセンシングデータで実施する部分についてはかなり課題もあるかと思えます。御指摘いただいたとおり重要な研究テーマかと思えますが、今後検討していくことにさせていただきたいと思っています。

○評価委員 この手法、過去からのデータ履歴をとっていると、日本の国土がどう変わってきたかは非常によくわかると思います。今後もこのデータベースを蓄積していくと、そういった面でも、今後の日本の国土の利用に関しても非常に大きなメリットが出ると思います。そういった広範な利用法が考えられると思うのですが、それはこの研究ではうたわないと考えておいたほうがよいわけでしょうか。

○説明者 利用の方法と申しますと、どういったことでしょうか。

○評価委員 これは脆弱性ですから、防災ということ意識している研究だと思うのです。

これらの結果の付随的な利用法も触れてもいいのではないかという気がしました。

○地理情報解析研究室長（国土地理院） 補足しますと、地理情報解析研究室で特別研究以外に競争的資金も取ってしまっていて、環境に関係する応用の研究は私が研究代表者で行っています。先ほどお話ししましたように、樹木の葉の茂り具合とかがわかりますので、そういった情報からその地域の生物多様性を評価するとか、リーフエリアインデックス（LAI）から温暖化に対する抑止効果を評価するような研究は行っています。今回は研究のターゲットを余り広げ過ぎても良くないので、従来の土地被覆分類にレーザーの植生三次元情報を加えることによって、土地の脆弱性に着目したところに絞りました。多面的な利用方法については、地理情報解析研究室で行っているほかの研究とも連携しながら進めていきたいと考えています。

○評価委員 崩壊そのものだと地形・地質、それから集水域面積というか実際に崩壊が起こる上の水が集まるかどうかの面積とか、いろいろなことが絡まって崩壊に達するから、植生の寄与する割合はそんなに高くないというのが従来の研究から出ている。しかも樹種が入っていないです。落葉樹、広葉樹、混交林という樹種構成、それはとれるのですか。

○説明者 ご指摘のあったようなものについては、リモートセンシング技術で可能な範囲でフォローしていきたいと思っています。

○評価委員 むしろ崩壊のというと正確な地形表現、地質の表現、それから植生が加わってということで、こういうことをやろうとしたら、もちろんそれも大事ですが、もう少し利用範囲を広げるような基礎研究を行ったらどうかということが委員から出たということだから。そういう意味ですよ。だから、むしろ絞り過ぎではないですか。これはもっと広く使えるような基礎研究をしたらどうかという意見です。これはコメントです。

○評価委員 アピールしたほうがよいのではないかということです。

○評価委員 僕は逆ですけどね、絞ったからよいと思っています。

○評価委員 分科会の際に私も全く同じ意見を申し上げて、昔私は地すべり地帯を抽出するときに、地下水があるかないかというのをリモセンのデータから推測したことがありました。それで地すべり地域の推定を行ったことがあって、実は今日彼にその論文を渡したところですよ。そういうことも含めて、実施したらよいのではないかということは分科会の際にコメントしておきました。

○評価委員 植生の土地被覆分類手法、新たな土地被覆分類手法によるデータ、新しい地図を作るというのはわかるのですが、その地形・地質とあわせて実際災害との関連を分析

する。そのときに1つ、地質というのは本当の表層地質です。例えば地質調査所、今は産総研になっていますが、そういうところとの関係は、多分地質そのものは国土地理院より向こうのほうがいっぱいデータはあると思うのですが、そういうのは割と自由に使えるのですか。地形に関しては、国土地理院は本元ですからこれは問題ないとして、地質はどうかなのかなというのが気になりました。

○説明者 地質図についても、研究を通じて入手できるところは入手していきたいと思っています。御指摘いただいたとおり、国土地理院として強いところは地形のデータですので、ここを中心に。ただ、御指摘いただいたようにいろいろと関連する要因もありますので、取り入れられる範囲でそういったところで扱っていきたいと考えています。

○評価委員 産総研とか昔の地質調査所で扱っているほうは基盤地質が主です。崩壊に関係すると風化層を含めたもので、それは地理院であれば土地条件図あたりが案外効いてきている。基盤の地質を入れても風化の状態が違うので、そこはそれなりに考える必要がある。地質はデジタルデータ化を余りされていないです。本当はちゃんと地質もデジタルデータ化しておいたほうがよいのだらうと思いますが、部局が違うので何とも言えません。

○評価委員 脆弱性では、必ず何かの原因があって脆弱が発生するわけですから、今回は豪雨を想定しているような気がするのですが、具体的な対象地域とか対象事例を想定されているのですが、前の研究の場合は既に2～3カ所行われているわけですから、その継続なのか、あるいは全然別のところを考えるのか。

○説明者 御指摘のとおり、以前の研究で例えば新潟の出雲崎とか愛媛の新居浜についてはデータを取得していますので、そういった災害が起こるところで、人がそれなりに近いところに住んでいるところについて、しかも航空レーザーの話ですので、先ほど申し上げたとおり森林とかそういったところに注目して行っていきたいということがありますので、そういったところを中心に扱っていきたいと考えています。

○評価委員 ほかにありますか。

なければ、これで4つの課題について説明と質疑応答を終らせていただきたいと思います。

## (2) 講 評

○評価委員 それでは、今委員の方々にいろいろ意見をいただきました。基本的にはそれ

それぞれの説明の後、分科会での評価と委員からの質疑応答の中に出っていますが、①から④まで追加的なのというか、基本的にどういうところを注意されたほうがよいという立場でコメントさせていただきます。

①番の測地観測に基づく地殻活動イベントの検知能力に関する研究。基本的には、この研究は進めることが望ましいという意見です。ただその場合、研究計画といいますが、研究のフレームワークがまだラフなところがありますので、できれば年次計画的な形で研究計画を立てられて進められたいということです。特にモデルの部分を明確にさせながら、実用に耐える形の成果を出せるようお願いしたい。

②番目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。この研究も、基本的には進めることが好ましいという意見です。ただその場合、日単位の問題、あるいは課題が必ずしも明確に説明されていませんでした。技術的にどういう課題、問題があるかということを確認しながら、それを克服することを対外的に説明できるような形で研究を進めたほうがよいだろうということです。

③番目に、公共的屋内空間における三次元 GIS データの基本的仕様と効率的整備方法の開発です。これも二次元データの整備が今進められて、今後三次元データが必然的に整備される必要があるということで、この研究を進めるのは望ましいです。ただその場合に、特に公共的屋内空間で地下などを想定している部分もありますので、既存の屋外のデータと整合性があるような形で研究成果が出るようにといいますが、あるいは検証ができるようなところまで進められたいということです。特にこれに関しては、地理院内部の研究者だけで研究を進めるというよりは、外部との連携を深めるという意味では、研究グループ的な外部の人々を含めた、これは民間企業も含めてですが、委員会的なものを設置して進めたほうがむしろ効率的に進められるのではないかというコメントがありました。

④番目の航空レーザーデータを用いた土地の脆弱性に関する新たな土地被覆分類の研究ということで、先ほどの説明のときのコメントにもありましたが、航空レーザーデータを用いた土地の分類というのは非常に広い応用性を持つということでは、崩壊に絞り過ぎている点があるのですが、崩壊に関して進めるとすればモデル地域を明確化して、しかも植生は日本は北海道から九州まで非常に広い類型に類型化されるので、一般性が出るような研究を進めて欲しい。やった地域だけたまたま合いましたというわけではなくて、広く応用できるような研究を進めて欲しいということ。それから、もちろん崩壊ですから地形・地質その他のデータを丁寧に集めて、それらを総合的に加味した計算、崩壊予測の作業を

して欲しいという意見が出ました。

したがって、①、②、③、④いずれも、今回提案された研究は進めてほしいというのが委員の意見です。

私からはそんなところですが、何か補足していただけるなら。

よろしいですか。それでは(2)の講評はそういうところにしたいと思います。