

平成15年度 石狩平野北部地下構造調査 第6回委員会

議 事 録(概要版)

日 時	平成 16 年 3 月 10 日 (水), 13:30 ~ 15:30
会 場	札幌市消防局会議室
出席者	<p>石狩平野北部地下構造調査委員会委員</p> <p>笠原 稔 北海道大学大学院理学研究科教授 (委員長) 笹谷 努 北海道大学大学院理学研究科助教授 (副委員長) 鏡味 洋史 北海道大学大学院工学研究科教授 岡田 成幸 北海道大学大学院工学研究科助教授 岡 孝雄 北海道立地質研究所主任</p> <p>札幌市消防局 宇田 澄功 防災部長 御園生和義 防災計画担当課長</p> <p>事務局 瀬野 輝光 札幌市消防局防災部防災課計画運用担当係長 瀧山 忍 札幌市消防局防災部防災課職員</p> <p>説明員 池田研一, 松浦一樹, 岡田信, 谷和幸, 萩野克彦 大西正純, 東中基倫</p>

御園生	平成 15 年度第 6 回石狩平野北部地下構造調査委員会を開催させていただきます。
笠原委員長	今年は 3 年間の計画の最後の年ですので、一応のまとめができることをねらい、第 6 回目の委員会を開催したいと思います。それでは事務局から調査の取りまとめについての説明をしていただきます。
事務局	<p>微動アレー調査につきましては今年度の 5 点、昨年度までの 30 点の札幌市内各地におけるデータの解析をしております。反射・屈折法地震探査につきましては、本年度実施いたしました白石区東米里から北区屯田にかけてのデータ、それから昨年度の豊平川沿いのデータ、また、石狩市から北区にかけての既存反射データを再解析しております。</p> <p>これらのデータや重力解析などで総合解析を行いまして、3 次元モデルを作成し、地震動シミュレーションを行いましてモデルの妥当性の確認もしております。また、来年度の計画案についても作成しております。細部については説明員の方から説明いたしますので、よろしく願いいたします。</p>
説明員	<p>反射法地震探査の説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 反射断面の解釈は前回ご報告したとおり。東に向かうにつれて各地層が徐々に傾斜を増していく結果になっている。 ・ 測線西側で検出された逆断層は、既存資料を参照すると、北方の背斜翼部に位置する既存ボーリング茨戸 SK-1 付近の逆断層とズレのセンスが同じである。また石狩低地の褶曲構造が南北方向に卓越するということからみても、茨戸 SK-1 付近の逆断の南への延長部を捉えた可能性がある。 ・ 今年度の反射断面の解釈結果に基づいて、昨年度の反射断面を再解釈した。 ・ 本年度と昨年度の反射断面から立体視した図を作成した。これはパンフレットにも使いたい。 <p>屈折法地震探査の説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 前回ご報告したとおり、反射法地震探査の結果（層構造の形、速度）を参考にして作成したモデルで、計算した走時は観測走時をほぼ説明することができた。 <p>既存反射データの再解析結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 前回ご報告したとおり、既存資料に基づいて、逆断層を表示した。 ・ 既存資料に引かれている断層線を北東に延長すると、逆断層が示されている既存ボーリング茨戸 SK-1 付近にくるが、ズレのセンスは逆である。 ・ この逆断層に関するの文献は、16 年度も引き続きさがしたい。 <p>微動アレー探査の説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本年度 5 点の解析結果、昨年度までの 30 点の再解析結果を示す。 ・ 解析に際しては、岡先生の資料などを参考にして、第四系基底深度と当別層基底深度を拘束した。基盤についても反射測線近くの微動点では、反射結果を参考にして深度を拘束条件として入れて解析した。 <p>既存重力データ解析結果の説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 解析に用いたデータは、地質調査所、日本重力 CD-ROM のブーゲー重力異常。 ・ ブーゲー異常から求めた三次の傾向面では、東南東方向に徐々に下がっていく傾向が見られた。これは石狩平野全体の基盤構造を表している可能性があるので、このような傾向面を差し引くと、そのような基盤情報

説明員	<p>をなくしてしまう恐れがあると考え、ブーゲー異常そのものを使って解析をした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブーゲー異常とコントロール点における基盤深度との線形近似式を用いてブーゲー異常から基盤深度を求めた。 ・このようにして求めた重力基盤深度とコントロール点における既知の基盤深度との差を、重力基盤深度から差し引いて最終的な基盤深度分布を求めた。 ・調査地域の中では、コントロール点の基盤深度情報のみを使って作成した基盤深度分布とほぼ同じ形になっているが、周辺部においてコントロール点が疎な地域では、新たに基盤深度データが追加されたというような形になっている。 ・コントロール点が疎な山地部の既存ボーリング SW-7 蟠溪では、地表から孔底まで小樽内川層が分布し基盤は出ていないが、孔底深度を基盤深度とみなしてコントロールデータとした。 ・同じく山地部の既存ボーリング 49MAJK3 でも、地表から孔底まで小樽内川層が分布し基盤は出ていないが、解析結果が孔底深度よりも深い所になったので、孔底深度をコントロールデータとして用いていない。 ・最終的な重力基盤を考慮した基盤深度分布の中で、重力モデリングを東西方向の断面において行った。 ・山地側では、火山岩をイメージして周囲よりも高い密度のものをモデルに組み込み、計算結果は観測値をほぼ説明できた。 <p>総合解析の説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・反射測線近傍では、深い所ほど S 波速度が速くなるということを考慮して、S 波速度層の境界面を結んでいくとほぼ地質の境界面と似たような形になった。東西断面が 5 つ、南北断面が 4 つについても結果を示す。 ・S 波速度層の第 1 層なら第 1 層だけを結んでいく、第 2 層なら第 2 層だけを結んだらどういう形になるかという同一速度層区分の結果も示す。 ・地層がかなり沈み込んでいくような所では、同一速度層区分では地層の深度変化ほど大きな変化は見えていない。 ・地層別の S 波速度と分布深度の関係図を見ると、全体的には同一地層の中でも分布深度が深くなれば、S 波速度も大きくなっていくという傾向を読み取ることができる。 ・同一速度層の中でも多少速度にばらつきがあるので、地震被害想定に用いるモデルの速度としては平均値の方がいいのではないかということで、分布深度の区間長に重みを置いて、S 波速度層第 1 層から第 7 層まで平均値を計算した。第 1 層が 380m/sec、第 2 層が 700m/sec、第 3 層が 1,060m/sec などとなった。工学的基盤というのが 400m/sec とか 700m/sec とか言われているので、ここに関しては第 1 層と第 2 層の境界が一つの工学的基盤と考えることもできる。 ・札幌地域での P S 検層などのデータや反射速度解析から得られた P 波速度と測線近傍（ほぼ 1km 以内）での微動 S 波速度のデータなどから、P 波と S 波の速度の関係を線形近似した。 ・地質モデル：各断面の地層区分を基に第四系基底等深度線図を作成した。コンターはデータが得られている地点の少し外側くらいまでとした。 ・岡先生の資料から前回抜けていたボーリングデータも入れた。 ・当別層（西野層）基底等深度線図、基盤等深度線図、鳥瞰図も説明。 ・物性値モデル：同一速度層区分に基づいて、S 波速度層第 1 層から第 6 層の下面について、等深度線図を作成した。
-----	---

説明員	<p>・第1層下面を除いて、豊平川右岸の低重力域付近で深くなる傾向が出ている。</p>
岡委員	<p>私の図を引用しているのですが、8頁の材木沢層の俊別太美背斜という標高数字の部分ですが、これは背斜ですから数字が低くなっては困るのです。-600ではなくて-400なのです。 重力の解析では山地での基盤情報は何か入っているのですか。</p>
説明員	<p>SW-7 盤溪では、さきほどご説明したように基盤はでてこないのですが、孔底深度をコントロールデータとしています。</p>
笹谷副委員長	<p>山側の密度の情報というのはないのですか。2.4g/cm³を火山岩類の密度として入れていますが。</p>
説明員	<p>これは他の資料から持ってきたものです。 山側の方は火山岩がかぶっているので、基盤がどういう入り方をするのか解らないということで、ブーゲー異常の観測値とモデルで作った基盤というのは全く傾向が違って合わないのです。基盤よりも浅い所に火山岩がある程度入っているのだろうと考えられますが、その形状に関しては情報を持ち得ないのです。ですから火山岩がかぶっている所に関しては、重力ポテンシャルデータから基盤深度を推定しても、確実に基盤深度を確定させるのは難しいと考えます。唯一コントロールポイントに使えるのは既存ボーリング SW7 蟠溪です。その孔底深度より深い所に定山溪層群が来ているであろうということなのですが、その深さに関しては解りませんが、とりあえずその孔底深度を基盤深度としたということです。</p>
笠原委員長	<p>重力のモデル計算で、山側で 2.5g/cm³の基盤を少し上げたのは、コントロールポイントがあるから少し上げているということですか。</p>
説明員	<p>重力異常は西側の山地の方でかなり高くなっています。堆積層の中で主に決めたブーゲー異常とコントロール点での基盤深度との近似式を用いて、ブーゲー異常から基盤を求めるとかなり基盤が浅くなるのですが、コントロールポイント一つ入れて少し抑えています。ただしその深度に関してはかなり不確実性を含んでいるものとなっています。実際には重いものがある、重力が高くなっていますので、その分に関しては火山岩などを考えないと観測重力自体は説明できないということです。</p>
笠原委員長	<p>それでもモデル計算では観測値までは上がってないわけですね。それを上げるにはもっと重くするしかないですね。</p>
説明員	<p>そうですね。それとあともう一つ問題がありまして、傾向面解析で妥当な傾向面を決められなかったのですが、全体としてどのような傾向をもっているかというものを差し引くことができてないと思います。 より深い所でいったいどのような状況になっているのが、やはりこれも解らない、ただし、これくらいの空間で考えた場合には、ある程度重いものが入っていると考えました。</p>
笠原委員長	<p>同じことが東側でも言えるのだけど、あの意味はどういうふうに説明されるのですか。</p>

説明員	<p>調査地域の南東側にコントロールポイントが何点ありますが、そこでの基盤深度が少し浅く見積もられているので、そのあたりが原因かと考えます。ポテンシャルデータから言えることは、もう少し基盤が深いのではないかということです。</p> <p>モデリング結果図の縦軸の目盛り間隔は 10 ミリ gal です。東側での理論値と観測値のずれについては、16 年度に反射法地震探査をかけて基盤深度が決まってくれば、合ってくる可能性は十分にあります。</p>
笠原委員長	<p>S 波速度と深度との関係をプロットした図はおもしろいのですが、基盤についても追加してください。</p>
説明員	<p>追加します。</p>
笹谷副委員長	<p>反射法の方で下の方に何も反射面がなければ、そこでは P 波速度も決まらないし、S 波速度も低周波数側の微動のデータがどこまであるかによるし・・・。</p>
笠原委員長	<p>上の堆積層途中よりは精度が悪いということですね。</p>
笹谷副委員長	<p>相対的にはですね。プロットするのはいいけれど。望来層などの速度が深くなるにつれて増加するという傾向が平均的に見えますね。この増加の程度というのは圧密のようなものでリーズナブルに説明できる範囲のものですか。</p>
笠原委員長	<p>実際に圧力をかけた時の速度変化を調べている人もいますね。</p>
説明員	<p>泥岩などで見たことはありますが、これまで深い所までの圧力をかけたものはあまりないのではないですか。 深度 1,000m というとは 250kg/cm² ですね。</p>
笠原委員長	<p>同一地層と想定される場所でのこれだけの速度変化というのは何なのだろうということになってきますね。岡さんに聞きたいわけですが、少なくとも数 100 万年前のある時期に堆積したものは、ものとしては処理条件はほぼ同じですね。東西で、こちら側で空隙が多くて反対側ではそうではないという差はないでしょう。</p>
岡委員	<p>埋没していく時、または上昇してきた場合は、どこまで埋没したかということ問題で、上昇してきてもまた元に戻るとかということはないと思うのですが。新しい地層、例えば材木沢層などは 1,000m、1,500m までいったものと、400m、500m 位までのものとはかなり違います。</p>
笠原委員長	<p>各層の速度のばらつきよりも、深さの差の方が圧倒的に大きいと見るべきなのか。</p>
岡委員	<p>同じ地層だと思っても、一度埋没したことがあるものとそうでないものとは、同じ時間で溜まったものでも、見ただけでも違いはあります。</p>

笠原委員長	岡田先生が以前言っていた工学的基盤という意味で言うと、四紀層の所が今度の微動探査でも何層かに分けられた分布があるわけですね。深いところを注目していますが、浅い所の深さを強調した分布図というのを1枚作ってみればそれはそれで傾向があるかないかを言えるのではないですか。
説明員	一番浅いところの380m/secのあたりですが、地震被害想定の際には浅い所のボーリングデータをたくさん集めて、そこからまた別の設定の仕方をするというふうに聞いていますので、これをそのまま使ってやるわけではないと思います。
岡田委員	第1層380m/secの等深度線図はかなり使えるデータだと思います。
笹谷副委員長	この層の平均が約400m/secというのは現実とは全然合っていないですね。もっと浅い所は100m/secとか200m/secとかになるから。
説明員	<p>そうだと思います。</p> <p>地震動シミュレーションの説明概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今年度も札幌市全域で観測されている青森県東方沖地震を使って、物性値モデルに対してモデルの検証を行った。 ・最初に、物性値モデルはそれぞれの層の中では速度が同一（平均値）なので、それが実際の微動で求められたモデルとどの程度違うのかを確認するために両者を比較した。 ・実際に地震動解析を行った所では、微動探査から得られた生のS波速度は平均速度の約20%位の範囲にほとんど収まっていて、両者の計算結果を比較するとほとんどの場合、伝達関数(Transfer Function)も変わらず、波形の方も変わらなかった。 ・第1層のS波速度が大きく異なる地点では、伝達関数や波形に違いが見られるが、観測波形との比較では、平均値モデルの方が生の解析速度モデルよりも近いという結果になった。 ・このようなことで、平均値モデルの方を使ってモデルの検証を行った。 ・昨年度とほぼ同じような整合性は全地震観測点で得ることができたが、札幌市震度計2だけは、前回と同じように多少観測波形よりも増幅率が低めであった。
笠原委員長	理論波形と観測波形がどこまで合えばよいのですか。
笹谷副委員長	頭の所がまあまあだと、それ以上は見えてはいけません。
笠原委員長	増幅の度合いがどの程度再現されているかということプロットしてみるとわかりやすいですね。観測値と計算値の最大値をプロットしてみればいいでしょう。
笹谷副委員長	最大振幅ではなくて、やるならばS波の頭の所のピーク to ピークだとか・・・。
笠原委員長	むしろその方がいいですか。

<p>笹谷副委員長</p>	<p>最大値だと後ろの方でとっている場合があるから。</p>
<p>岡田委員</p>	<p>この波形を見る限りでは、最初はピークで合わせたかもしれませんが、トータルとして大事なのは初動より最大振幅だと思うのですが。</p>
<p>笹谷副委員長</p>	<p>そういう意味で言ったら、例えばこれは波形を 10 秒少しまでしか表示していませんが、後ろの方が揺れているなど全部見なければいけないので、さらに大きくなっている可能性はあります。例えば札幌より石狩の方に近い所は長周期が見えているから、それはまた別な話です。</p>
<p>笠原委員長</p>	<p>今は一次元までしかやってないので、だから S 波の頭しかみていないが、それはそれで良いということです。</p>
<p>笹谷副委員長</p>	<p>これを見ると最初のひと波の方がだいたい大きいように見えるのですが、もしも最大値が 10 何秒か後の所であったならば、S 波の最初のひと波の方に戻して、その部分での増幅率というものを見て、最大値は黙っていれば計算した時間の中の最大値を取っている。</p>
<p>笠原委員長</p>	<p>しかし今言われたように、S 波の頭のひと波ということを前提にして比較すれば、とりあえず一次元の増幅率の評価としてはいいのではないですか。最終的には三次元シミュレーションをやって、長時間揺らせて反射との共鳴が起きるか起きないかとかをやらなければいけないわけですが、それは先として、一次元の今回の評価では、波の合い方と最初のひと波で最大振幅をどのくらい観測値に近づいていくかというのをプロットしてみないと解りにくいわけです。</p>
<p>笹谷副委員長</p>	<p>理論的に計算した場合は、例えば伝達関数（トランスファファンクション）で S 波の第 1 波だけ見ますということとはできないのです。すべてトータルだから。だから波形の頭の所だけ見てくださいという言い方をしているのです。</p> <p>前から言っていますが、ここでの地震動シミュレーションは、構造が一次元のシミュレーションでどこまで説明できるかということなのです。後ではそのようなことができるようになることが一番望ましいと思いますが。</p> <p>ですから、笠原先生のおっしゃるように、横軸に観測点をとって、縦軸に理論と観測の S 波第一波のピーク to ピークの比をとってやって、それがどういうふうにばらつくかということをやればいいのです。</p>
<p>岡田委員</p>	<p>この波形を見る限りにおいては、伝達関数（トランスファファンクション）ほどの違いはないような気がします。</p> <p>この構造を評価するのに条件を緩くすればもっと合ってくるのではないですか。</p>
<p>笹谷副委員長</p>	<p>第 1 波だけにすれば後ろの方は特に揺れなくなるから頭だけは見やすくなる可能性はあります。でも、やりすぎのような気もするのでそれが難しいのです。</p>

鏡味委員	微動の生の結果（S波速度構造）の伝達関数（トランスファファンクション）は、平均モデルの数倍大きいのは、表層を軟らかくしているからということですか。
笹谷副委員長	そうなのですが、あの周波数範囲であれだけ大きくなるのは、表層だけではなく深部の構造も影響しているのです。第1層の約200m/secの所に入力して応答計算しても、1ヘルツより低周波だと2倍しか出てきません。
笠原委員長	平均値モデルと解析結果そのままの微動モデルとでは違いがあるということ、最初の3つの例で検証したわけですね。
笹谷副委員長	そうではなくて、検証して、多くの場合はほとんど差がないということ、を言ったのです。
笠原委員長	ほとんどの場合合っているから、そうすると全面的に推定された層厚のデータがあって、各層の平均値が求まっているから、好きな所の計算はたちまちできますということですね。
笹谷副委員長	先ほど岡田先生が言われた工学的基盤というものの中身が、現実には観測値に効いてきているわけです。しかし今の平均的モデルの方では平均化されたものしかないの、合う所もあって良いし、合わない所もあって良いと言っています。どの程度で良いかという点については、2倍以下であれば良いと私は思います。
笠原委員長	極端に言えば30%前後の差でしかないのだというのなら、それで非常に解りやすい定理になります。
岡田委員	対数表示で合うかどうかくらいの評価ですね。被害があっても10倍くらいでやっと差がでるのではないですか。2倍や3倍というのは全然問題はないと思います。
笹谷副委員長	わかりやすい表示は、横軸に観測点の番号を振って、縦軸に比をプロットして、平均値の所に線を引いてくれれば良いのです。
鏡味委員	観測点の位置図に合わせて、観測すればこんなに違うのだと、その違いが構造でどう説明できるのかと、それが無いと解りにくいですね。
笠原委員長	そういうことですので、是非ご検討ください。
岡田委員	反射断面の立体視の図ですが、かなり苦労されて解りやすくなっているのですが、まだイメージしにくいのではないかと思うのです。どこか一つの解りやすい面を透けるような形で表現できないでしょうか。
笠原委員長	反対側から見た絵というのが欲しいですね。 それでは15年度の報告書はこれでほぼいいのですか。

説明員	一部まとめとかまだできていない所はありますが、図表や文章はほぼ完成しているものとして、一度目を通していただいてご指摘をお願いしたいと思っております。また、不足分や今日、ご指摘のあった箇所については、でき次第お送りします。
鏡味委員	等深度線図は非常に解りやすいのですが、コンターでデータ点 1 個しかない小さい目玉ですね、こういうものが本当に意味があるのか、コンターを書くのとまた出てきてしまうのか。
笠原委員長	コンターの引き方を報告書に書いておいてください。
説明員	わかりました。
御園生課長	それでは、平成 16 年度の調査計画案のご審議をお願いします。
説明員	<p>平成 16 年度は、平成 15 年度十勝沖地震によって液状化などの被害を受けた札幌市東南部の清田区、厚別区、白石区をほぼ南北方向に縦断する約 13km の測線を設定して、反射法・屈折法地震探査を実施する計画としています。発震点間隔はこれまでの 100m から 150m と少し粗くします。他地域の地下構造調査でも、同じように 150m でやられている所もあります。受振点間隔はこれまでと同じように 25m 間隔といたします。</p> <p>あとは総合解析ということになります。現地調査は地震探査のみということで、その位置図が最後の頁でございます。現地踏査によって、厚別川に沿った測線で今のところはできるのではないかと考えています。ちょうど微動点 13 のすぐ東横あたりからずっと南下して、調査範囲ぎりぎりくらいまでというような測線を考えております。</p> <p>屈折法では、場合によっては札幌市から出て江別市の方に発震点を設けて、低重力域のあたりもカバーしようと考えています。</p>
笹谷副委員長	屈折は起震車による百叩きですか。
説明員	そうです。
笠原委員長	それでは平成 15 年度の石狩平野北部地下構造調査の委員会をこれで終了させていただきます。1 年間本当にありがとうございました。