

# 地震調査研究推進本部政策委員会

## 第64回調査観測計画部会議事要旨

1. 日時 平成25年12月2日(月) 13時00分～16時00分
2. 場所 文部科学省 3F1特別会議室(東京都千代田区霞が関3-2-2)
3. 議題
  - (1) 地震・津波の即時予測技術の研究開発の現状等について(ヒアリング)
  - (2) 強震動評価部会及び津波評価部会における調査観測の見直しに関する意見
  - (3) その他
4. 配付資料
  - 資料 計64-(1) 調査観測計画部会構成員
  - 資料 計64-(2) 第63回調査観測計画部会議事要旨(案)
  - 資料 計64-(3) 調査観測計画の見直しについて(論点メモ)
  - 資料 計64-(4) 次期調査観測計画の骨子(案)
  - 資料 計64-(5) 気象庁における地震動や津波の即時予測(気象庁資料)
  - 資料 計64-(6) 防災科学技術研究所における津波の即時予測技術高度化研究(防災科学技術研究所資料)
  - 資料 計64-(7) DONETによる津波検知・予測(海洋研究開発機構資料)
  - 資料 計64-(8) 「リアルタイム津波波源推定に関する研究」の概要(HPCI戦略プログラム資料)
  - 資料 計64-(9) 調査観測計画見直しに関する強震動評価部会からの意見
  - 資料 計64-(10) 津波評価部会における調査観測計画の見直しに関する意見
  - 参考 計64-(1) 新たな地震調査研究の推進について(抜粋)
  - 参考 計64-(2) 調査観測計画の抜粋(関連箇所)
  - 参考 計64-(3) 今後のスケジュール予定
5. 出席者
  - 部会長 平原 和朗 国立大学法人京都大学大学院理学研究科教授
  - 委員 青井 真 独立行政法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット地震・火山観測データセンター長
  - 今泉 俊文 国立大学法人東北大学大学院理学研究科教授
  - 今給黎哲郎 国土地理院測地観測センター長
  - 上垣内 修 気象庁地震火山部管理課長
  - 金田 義行 独立行政法人海洋研究開発機構地震津波・防災研究プロジェクトプロジェクトリーダー
  - 額糺 一起 国立大学法人東京大学地震研究所教授

	鷺谷 威	国立大学法人名古屋大学減災連携研究センター教授
	佐竹 健治	国立大学法人東京大学地震研究所教授
	篠原 雅尚	国立大学法人東京大学地震研究所教授
	松本 良浩	海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官 (仙石 新 海上保安庁海洋情報部技術・国際課長代理)
	佃 栄吉	独立行政法人産業技術総合研究所理事
	長谷川 昭	国立大学法人東北大学名誉教授
	平田 直	国立大学法人東京大学地震研究所教授
説明者	青木 元	気象庁地震火山部管理課地震情報企画官
	林 豊	気象庁気象研究所地震火山研究部第一研究室主任研究官
事務局	磯谷 桂介	研究開発局審議官(研究開発局担当)
	森澤 敏哉	研究開発局地震・防災研究課課長
	澄川 雄	研究開発局地震・防災研究課課長補佐
	吉田 康宏	研究開発局地震・防災研究課地震調査管理官
	矢来 博司	研究開発局地震・防災研究課地震調査研究企画官
	則本 浩佑	研究開発局地震・防災研究課専門官
	森田 裕一	文部科学省科学官
	吉本 和生	文部科学省学術調査官

## 6. 議事概要

### (1) 地震・津波の即時予測技術の研究開発の現状等について(ヒアリング)

資料 計64-(5)に基づき、気象庁における地震動や津波の即時予測について、青木地震情報企画官より説明。主な意見は以下のとおり。

佐竹委員：強震動のところで原因特定型、時間発展型の二つに分けていたが、津波の方も逆解析とデータ同化というのは、基本的に同じような分け方だと思う。その辺りはどう使い分けているのか。

青木地震情報企画官：同じような表現を使用してもよかったが、まだ時間発展型の方は開発ということまで進んでおらず、開発予定段階なので、あまりはっきりと用語としては書かなかった。

長谷川委員：今の原因特定型予測と時間発展型予測をハイブリッドにするという話で、多分そのような方向に進まなければならないと思う。時間発展型の予測の開発の状況は今、予定と聞いたが、津波の方のことだけを言っているのか、それとも地震動も併せて予定なのか。どちらも、どのぐらい進んでいるのかという詳細なところを聞きたい。

青木地震情報企画官：地震動の方は研究に着手している。津波の方は、これからやろうということなので、若干タイムラグがあると思っている。

長谷川委員：実際に地震動の方は、どのぐらい進んでいるのか。

上垣内委員：具体的には気象研の干場さんが行っている。リアルタイムで使える観測点

の密度にかなり依存しており、簡単な方法から、スペクトルまで予想してしまうようなところまで、いろいろ技術的には可能だと思う。ただし当面、気象庁が使っている200点程度の観測点密度で時間発展型を行おうとすると、割と簡単な方法になる。実際に実測されたリアルタイム震度のようなものを、周辺にも波及させるといった、かなり簡便な形であればある程度の目処はついていると思う。あとは観測点密度によって、アレーのような形で使うことで、伝播方法まで同化して先を予測、なおかつ波形の周波数成分まで抽出して、その先を予測するところまで進めることができれば、もっと精度が上がると考えているが、まだ観測点が足りていないというところ。津波はまだこれからである。

長谷川委員：津波も同じだが、結局のところ観測点の密集状態である。東北沖はケーブル式で多点展開されるので、一つの見通しがつくと思うが、地震動が200点では心細い。気象庁が増やすというのはなかなか難しいが、どうすれば増やせるかという問題がある。例えばKiK-netは今の状態でそのまま受けるのは無理だとしても、そういうものを活用する、さらに言うならば民間のものを入れるという方向もあるはずである。そうした意味でどのような方向性、方針を持っているのか。

上垣内委員：気象庁が自ら観測点を増設するのは非常に厳しい状況ではある。あとは、既存の強震波形データのリアルタイム流通という形まで進むことができれば、精度向上に非常に貢献できると思う。前回の調査観測計画部会でもあったが、何を基盤と位置付けるかという議論に直接関わる問題だと思う。

金田委員：津波のデータ同化に我々も取り組んでいるが、観測波形から近場の観測点を推定するという方法がある。気象庁が津波のデータベースを作っているが、データ同化については、そこから適切なものを引っ張るといった考え方も入っているという理解でよいか。

上垣内委員：波動方程式の時間発展で逐次計算していくという形なので、アプローチがデータベース方式とは根本的に異なると思う。

金田委員：それは十分に理解しているが、例えば、観測データと津波データベースのようなものがあつた場合、各観測点の波形が想定される。それをあたかもシミュレーションデータと観測データとの比較のような形で最適解を出すという考え方はないのだろうか。

上垣内委員：それがまさにtFISHで用いている考え方である。そちらについては大体プロトタイプぐらいまではできている。

鷲谷委員：強震動の方も、津波の方も手法の改良を進めているということだが、改良する目標というのが定量的に示されていない。例えば、強震動ならば地震発生後何秒以内に、震度階級で誤差0.5以内で出すなど、津波にしても何分以内に沿岸の津波高何メートル以内の精度で出すといった具体的な数値目標は、気象庁の方では何か持っていないのか。

上垣内委員：まだそこまでは進んでいない。時間発展型は、精度は非常に良いが遅いところが弱点である。津波も同様だが、ある程度観測データがそろわないと精度のよいものできない。やはり早さも追求しなければならないので、資料計64ー

(5)の6番目の図に書いてあるハイブリッドという形にいずれ持っていきたいと思っている。迅速性は、現在のいわゆる一点目で地震波を検知して2秒程度で全国の震度予測ができるという早さのメリットは原因特定型の良いところだが、一方で、揺れの実測値が一切取り込まれない。そこで、時間発展型とのハイブリッドにすることで、時間がたつとともにさらに精度が向上するようにしたい。このハイブリッドのさせ方が非常に重要な点で、ここを今考えているところ。やり方次第で、いかようにでも目標が変わってくるところがあり、正確なところまでは示せない。

鷺谷委員：考え方が本当は逆だと思う。やはり目標があって、それに合わせて手段が検討されるべきという気がする。今はまだ技術がそういう段階ではないという理解でよいか。

上垣内委員：今利用できる観測点で、まずはそれぞれの手法でどこまで追求できるか。次の段階として、それをいかにハイブリッドにして、両者の利点を抽出できるかというところを、今進めているところである。

佐竹委員：鷺谷委員の発言にあった目標について、基本的にこれは緊急地震速報と津波警報が目標だと思うが、津波の方でもう一つ問題になるのは、いわゆる津波地震である。津波地震の警報に対して、どのような観測、あるいはその調査というのを考えているのか聞きたい。

上垣内委員：今回のスライドには入れていないが、3・11の教訓として、第一報の迅速性は非常に重要なので、3分後には第一報を出すということは堅持する。しかし、その際、巨大地震であるか、また、津波地震に対しては、規模の推定の精度が足りない。巨大という表現で出すという手法をとっている。津波地震についても、その3分の段階で気象庁マグニチュードが例えば7.9に決まったが、これは7.9ではなくより大きいということを知覚できるようなツールの一つとして、広帯域地震計の波形をずらりと並べて表示し、長周期成分だけ抽出して表示することで、これは少しいつもの揺れと違うことに気づくということを一応可能にしている。ただ、まだ3分間で津波地震に対しての第一報から精度のいい津波警報が出せるという状況ではないので、まずは過小評価を第一報で避けるというところを先行して技術開発している。

平原部会長：巨大地震ということでは、多分南海トラフの地震が次のターゲットになると思うが、これに特化して評価するという事はないのか。

上垣内委員：次の南海地震で本当に巨大なのが起きたとき、気象庁がどのような津波警報を出すかについて答えると、3分経過した段階で気象庁の出したマグニチュードに比べて、これは明らかに大きいという場合には、9.0で出すことになる。ただし、その際は巨大という表現を使う。人の命を救うためには、第一報で警告するべきだと思うが、それをいつまでも引っ張っておくのはよくないので、15分とか20分経過したCMTが求まった段階や、沖合の津波の観測も得られた段階で、適正な警報に基本的には切り下げる方向である。切り上げはないと考えている。

資料計64-(6)に基づき、防災科学技術研究所における地震・津波の即時予測技術高度化研究の取組について、青井委員より説明。主な意見は以下のとおり。

今給黎委員：緊急地震速報に関連しては、当時、気象庁、鉄道研で行っていたものと、それから防災科研で行っていたものが、緊急地震速報に統合されたが、この津波の即時推定についても、多分、今、防災科研、気象庁、それからJAMSTECでも行っているものがあると思う。最終的に、津波警報にする段階で、気象庁で一つの方法、若しくは複数の方法をうまく統合したものにするということが行われると思うが、現時点で、各研究機関で行われている部分を調整する委員会はあるのか。

青井委員：今、このプロジェクト自体は防災科研の運営費交付金の中で行われている。しかし、各機関がばらばらに行っていると、結局重複があったり、あるいは同時に使えないようなものができる。まさに今の御指摘はそういうことだと思うが、それを避けるために、一つには、こういう運営委員会とかワーキングの下に関係機関や自治体に参加してもらい、早い段階でいろいろな調整を行うということは考えられている。実際、気象庁やJAMSTECといった関係機関で調整を行っているところである。

瀬藤委員：地震観測の方で、どのような機器、センサーを置くのか。特に巨大地震の即時予測に使えるようなタイプについて聞きたい。

青井委員：本日は資料を持ってきていないが、基本的にこのような細長い筒の中に地震計と水圧計を入れる。地震計としては陸域のK-NETとKiK-netで使っているものと同じ、航空電子の加速度計が入っている。それらが3セット入っており、長期にわたって安定して故障せずに観測をするということでバックアップの意味合いと、あとはレンジを変えて取ることによって、レンジを広く取るという工夫も行っている。

瀬藤委員：強震タイプがメインで、広帯域や高感度は入っていないということか。

青井委員：高感度に関しては、Paroという会社の高感度の加速度計が入る。

今給黎委員：資料計64-(6)5番目の図、強震モニターについては、防災科研のホームページでリアルタイムで揺れる状況が見ることができるが、これはあくまでも実測値である。将来的には予測値も出るとのことであるが、現段階で、既に予測値を自分たちで見ることができる実験的なものはあるのか。

青井委員：リアルタイムで連続的に予測値を生み出していく、そういうシステムはまだ我々の内々でも実験段階にはないのだが、先ほどの言葉で言うと時間発展型の予測の手法などについて研究は進めている。

今給黎委員：いずれそれができるようになると、ある意味、防災科研版の緊急地震速報がリアルタイムでホームページで見えるようになるということかもしれないが、そこまではさすがに考えていないのか。

青井委員：それに関しては多分気象庁といろいろな調整をすることになると思う。震度に関してリアルタイムで推定をしながら、出していくというのは法律上の問題などもあるので、できる、できないということとはまた少し違う話になると思う。

上垣内委員：現在でも既に予報許可の審査を通れば、緊急地震速報は一般公開できている。実際、いろいろな業者が業務化しているが、今の基準がやはり全て原因特定型、すなわち一回震源とMを介在させるという方法を前提にしている。将来的に時間発展

型が実用的に活用できるということになれば、気象庁でも取り入れることになると思うし、また、気象庁以外の者も個別のユーザーに応える形で社会にそういうものが活用していけるような枠組みにしていかなければならない。

長谷川委員：開発の体制について、先ほど今給黎委員の質問に対する答えの中で、防災科研の中で開発を始めているというように聞こえたが、先ほどの今給黎委員の発言にあったように、緊急地震速報は神戸の地震が起きた後、オールジャパンの体制で開発をしてきたという経緯があると思う。津波の警報の方は、結局それが立ち上がらなかった。ケーブルなどのセンサーがなかったということもあったかもしれないが、いまや津波警報の次期システムをどれだけ開発できるかということが問われていると思う。そういう中で、今の体制で何とか早急にできるかどうか聞きたい。

則本専門官：現状では本日発表があったように、各機関で行っているところもあり、運営委員会を通じて調整しているということだが、またこうした意見があったので、各機関には、それを踏まえて今後の研究も進めてもらいたいと思う。

平田委員：緊急地震速報に使われる観測点というのは気象庁の説明と、今、防災科研の説明とでは一見異なって聞こえる。つまりHi-netやKiK-netのデータを全て緊急地震速報に直接使っているわけではないと私は理解しているが、その辺りも少し整理してほしい。

上垣内委員：気象庁はHi-netを使っている。堀内さんが開発した着未着法による震源と、気象庁の観測点による震源を今は出来上がりベースでの合体というようなもので使っている。それを完全に融合できるかどうかについては次期EPOS以降になると思う。

平田委員：今の説明は、技術的に完全には合体されておらず、あるところで処理した結果で統合しているということか。技術的に可能であれば両方を統合する方向にあるということであるかと思うが、海底ケーブルについては、東北沖のインラインのケーブルについても原理的には全部原波形のレベルで統合し、津波の警報にする方向で検討しているという理解でよいか。

上垣内委員：そのとおり。

瀬瀬委員：K-NET、KiK-netに関しては、まだ連続観測化されていないトリガー方式なので、直接的に緊急地震速報には取り込めない形になっているが、後ほど、強震動教科部会として連続観測化されるようにという要望を出す予定である。

青井委員：補足させていただくと、強震モニタについては基本的にはKiK-netのデータである。KiK-netというのはHi-netと同じ観測点にあるので、隣に連続の回線がある。しかし、波形を送るには帯域が狭過ぎるので、現地で例えば1秒ごとの加速度最大値、速度最大値とか、リアルタイム震度などを現地で計算して、それを少しだけ細かい帯域を使って、指標ベースで送ってきたものをこのような形で表示をしている。そのような状況になっている。

資料計64-(7)に基づき、DONETを使った津波検知・予測について、金田委員より説明。主な意見は以下のとおり。

平原部会長：恐らくデータは、各機関で取り方が違うと思うが、最終的なデータは提出するときは統一されるのか。

金田委員：これは気象庁にも防災科研にも送っており、基本的にはWINで統一している。

青井委員：今、Hi-netで使っているのと同じEarthLANという仕組みでデータを通そうと思うと、基本的にWINに非常に似たフォーマットになるので、結果としていい方向に働いていると思う。

長谷川委員：資料計64-(7)の23番目の図で、新たな津波ブイシステムというのはGPSアコースティックでの海底地殻変動観測と、それから津波ということだと思うが、現在どのあたりにいて、今後の見通しのようなものを少し教えてもらいたい。

金田委員：現在、実海域の試験を一回行った。センサーの動きによってデータが取れる取れないの部分が少しあったが、そこは一応解決できており、もし津波が来ればすぐデータがとれる。問題は地殻変動の方である。セミリアルタイムで情報発信をするというのがもともとの目的で、その場合に今、基本的に1点なので、いわゆるJAXAも含めたPPPの精度がどこまで上がるかというところが一番のネックになっている。そのため、その辺りの解決を、JAXAも東北大も含めて一緒に取り組んでいる状況だが、少し楽観的に言うと、二年ぐらいで多少データが取れるところを目指している。

佐竹委員：今の話であるが、ブイの位置をGPSで決めるのがメインか。むしろGPSだと、ブイと海底の方が難しい気がする。

金田委員：今二つを一緒に話をしたが、センサーの向きは云々ではなく、下の方の話である。下の方では、やはり少し動くため、ある程度ノイズが入ってしまうと検知しづらいところがあり、そこを今改良している。上の方は、実際にGPSのデータを送る際に、基本的には1点での話なので、それをどうするかというところが精度向上の問題である。

佐竹委員：例えば海上保安庁でアコースティックやるときは、海底のところを、時間を掛けて1日ぐらい回る。したがって、ブイで1点であるとなかなか精度が上がらないのではないか。

仙石委員代理（松本地震調査官）：これは東北大方式なので1点で長時間観測して精度を上げるというタイプだと思う。

金田委員：この辺りはまだ衛星の問題などがある。JAXAの話ではかなりその辺りのPPPの高度化というのは大分見込まれるということである。

平原部会長：多分搬送波を全部送らなければならないので、大変だと思うが。

金田委員：基本的にサンプリングが粗くても連続観測しているということがメリットでもある。

平原部会長：多分これは開発すると大きな武器になると思う。連続で地殻変動が出てくるというのは驚異的ではあると思う。ただ、ブイはまだ1点である。

金田委員：試作機を今作って、第1回の実海域試験が終わって、その反省点を踏まえて、来年また設置をするという流れである。

平田委員：これは前回から私が強調しているように、海底地殻変動の技術開発において、一つの非常にいい例なので、頑張れば決して夢物語ではないという実証となる。まさにその試験をいろいろ行っている段階であり、データ通信などいろいろ開発要素はまだまだあると思う。本日の話題はリアルタイムの緊急地震速報と津波の予測なので、その観点から述べると、先ほどの青井委員や気象庁の説明にもあったように、震源に戻らないで地震波と津波の将来を予測することは非常にいい取組だと思う。しかし、例えば、南海トラフで地震が起きたときに、震源は東海なのか、東南海なのか、南海なのか、遠州灘から九州まで全部割れたのか、一部なのかといった現状把握は、防災上、或いは復旧をする上で非常に重要である。もちろん世界中の研究者が震源過程をいずれは研究するので分かることだが、緊急対応、復旧をする上で、やはり日本の責任ある機関が、例えば10分後、あるいは1時間後、3時間後に、南海トラフで起きた巨大地震でどこまで破壊されたのかという現状把握を行うことは、その破壊によってやって来る津波だけではなく、割れ残った場所があるかどうか、余震を上回るような大きなものがあるかどうかといった次の防災対策において、非常に重要となる。その上で言うならば、例えば地理院のGEONETを使う方法や、海底のケーブルのデータなどで総合的に判断して、今起きたことをきちんと評価する仕組みが今のところはまだできていないと思う。これはもちろん観測が足りないということもあり、観測網をきちんと作らなければならないという議論も必要であるし、今ある技術で、どこまでできるかということもしっかり議論しておく必要があると思う。震源まで戻らないで津波と揺れの予測をするというのはもちろん必要なことだが、同時にとりわけ南海トラフの、せめて東海、東南海、南海の3つの領域が、あるいはもっと西側も含めてどこまで破壊されたかというのを、かなりリアルタイムで、分単位でデータを収集する能力を保持する必要がある。それは関係機関が十分に連携して行うということで、それほどお金をたくさんかける必要はない。もちろんシミュレーションも必要だと思うが、それについては是非この調査観測計画部会のミッションの一つとして、リコメンデーションを出す必要があると思う。

金田委員：私も、気象庁と防災科研の説明を聞いて、いわゆる避難するという意味では非常に正しい考え方だと思うが、一方、今の平田委員の発言のように、どのくらいの規模の破壊が起きたのか等の評価の手法も、やはりオールジャパンで取り組むのが当然必要だと思うので、その辺りについてはまた検討したいと思う。

鷺谷委員：DONET1よりも東側というのは何か整備計画があるのか。

金田委員：これは私より気象庁の方が詳しいと思うが、基本的には気象庁の方で設置しているところがあるので、よほどのことがない限りあそこに設置する理屈が付かない。

鷺谷委員：私が理解しているところでは気象庁のものは地震計だけだったような気がするが、水圧もあるのか。

上垣内委員：5点中3点、水圧計が入っている。

金田委員：DONETを東に伸ばすという要望があるなら伸ばせないことはないが、そこは理屈を付けなければならないというところが出てくると思う。

今給黎委員：先ほどの平田委員の発言について、震源断層の規模を地震直後に評価するのであれば、気象庁の発表の中に入っている地理院のGNSSを用いた即時予測は、少なくとも東北大の研究から言えば、気象庁の津波警報が更新されたのと同じぐらいの段階で、規模は分かるのではないかと思う。先程緊急地震速報の話では、同時多発したときの震源決定という話があったが、余震観測で、震源断層の広がりはかなり見えてくるところがあると思う。要するに東北地方太平洋沖地震の後に、直後の余震の場所で、大きいものはどこか見えたと思うが、例えばM2クラスなどは当時は多分全然分からなかった。今後改善する見込みというのはあるのか。つまり、南海トラフでM8以上、9近いものが起きたときに、余震はどのくらいまで分解能を持って、その直後見られるか。例えば少なくとも、ここには余震域が広がっているからここまで壊れたのだろうということは、気象庁として確実に言えると思っいいのか。

上垣内委員：どこまでは確実に検知できるとは約束ができない。特に余震域の領域が限られていれば、ある程度の自動処理はできると思う。大体観測点の順番、1、2、3番目、こういう順番でかかれば、この余震域だというのが分かるが、巨大地震の場合は、その余震域がとても広くて、自動処理は非常に困難かと思う。しかし、大きい余震については、ある程度捕捉できると思うので、大きい地震、余震の分布で、大体押さえていくというところが今できるベストだと思う。

平田委員：話がそれるが、南海トラフのような非常に大きな地震の場合には、やはり滑りの分布と余震の分布とを両方見て、よく滑っているところでたくさん余震が起きても、それは当然である。しかしながら、それほど滑っていないところで余震がたくさん起きていると、そこは次にもう一回滑る可能性がある。例えば、東北の地震でも30分の間にM7が東西南北で、ほぼ全部取り囲むように起きている。多分30分ぐらいの余震分布を見ると大きな滑り域というのは推定できると思うが、そのときに北側と南側、東側と西側の滑りの分布がどうなっているかは重要な情報であり、とりわけ破壊し残った場所があるか否かということ判断しなければならない場面では非常に有用である。やはり余震の分布と滑りの分布というのは独立に可能な限り求められるようにした方がいいと思うし、今でもできる部分は十分あると思う。

平原部会長：南海トラフの場合は、時間差で起きるというが、その辺りの即時予測がどこまで有効かいろいろなシミュレーションをしなければならないと思う。そういう意味もかねて、特殊な地域かもしれないので、緊急地震速報、それから震源をある程度捉えるということが、次の地震の発生の予測というのをかなり大きくコントロールするところがあるので、注意が必要だというのが、平田委員の意見だと思う。

資料 計64-(8)に基づき、津波予測研究として、京コンピューターを使った研究を行っているHPCI戦略プログラムから、津波のリアルタイムシミュレーションの研究状況について、気象研究所林主任研究員より説明。主な意見は以下のとおり。

金田委員：今、東北の方のグリーン関数の計算が終わり、南海が次のステップであるということか。

林主任研究員：分散のものはまだどちらも作っていないが、線形長波のものは、南海ト

ラフと両方計算が終わっている。

平原部会長：非線形を入れると、どのぐらい何がどう変わっていくのか。

林主任研究員：分散を入れた部分の効果というのは、波長による位相速度の違いを考慮することになるので、このように波長の長い波の後に、波長の短い波が追いかけてやってくるのを再現することができる。少し動画で見てもらいたい。このあたりに短い波が表現できるものと、表現できないものとの違いが出てくる。

金田委員：多分、土佐湾のように長い間来ていると、非線形分散波を使った場合、偶然合うと更に大きな津波が瞬間的に見えることがあるが、浸水域はそれほど変わらないかもしれないという見方か。

佐竹委員：この前の学会で発表されていた内容では、水の中だと波長が短くなると分散が出てくるので、DONETなど、特に小さめの地震から海底水圧計などに記録されたものは分散がかなり効いているが、遡上にはそんなに効かないのではないかという気がする。

平原部会長：非常に大変な計算をして、防災的にはどのぐらいの効果があるのかなと思ったのだが。

佐竹委員：防災というのが、遡上域ということであれば、それがあるか否かは、実際にもう少し検証してみないと分からないが、検証してみる必要があると思うと言いきかと思う。

林主任研究員：私たちの問題意識としては、そもそも波源域を推定するところで失敗するのではないかという心配がある。波源域をきちんと正確に、どちらの方法でも求めることができるのなら、そこからフォワードで計算した浸水の予測値は余り変わらないと思うが、その前の段階でこけてしまうのではないかという心配がある。

佐竹委員：そこは、その段階では結構効くと思う。小さめの地震で効くと思う。

長谷川委員：本日の話題というのは警報である。したがって「京」を使って警報を出すことはあり得ないわけで、そういう意味でいえば、「京」を使ってその辺りの研究開発を行っている。だから、そういう意味で、「京」を使わないで実際の警報に生かすためにはどのようにやるかというのを、それぞれのグループごとに考えて開発に当たっているのだと思うが、例えば「リアルタイム津波ハザードマップシステム」とあって、5秒、75秒と時間が書いてある。この時間というのは「京」を使っている上での話なのか。

林主任研究員：これは、GPUを搭載したワークステーションでのものである。

長谷川委員：実際に警報に生かすためには、どういう考えを持っているのか。

林主任研究員：実際にリアルタイムにこういうデータが入ってきて、例えばこの場合だと、6分間の観測波形が得られて、そこから計算をし始めて、ワークステーションを使う。

長谷川委員：つまり「京」は使わないということか。

林主任研究員：京コンピューターを使わずに2分で求められる。ワークステーションレベルでこの計算までは2分でできるというものを、港湾空港技術研究所は既にプロトタイプシステムとして持っている。

長谷川委員：「京」を使っているからこそ、こういう開発ができるのでということか。

林主任研究員：今のところ、一つの計算システムで予測できるのは名古屋港一か所だけである。「京」を使えば、5時間分の伝播計算は1.5時間掛かるが、1.5時間掛けて、これは「京」の10分の1の機能を使っているけれど、それで高知県全体は浸水予測ができると思う。

長谷川委員：しかし、警報だとしたら「京」は使えないが。

林主任研究員：まさにその次の世代のことを私たちのグループは考えている。

金田委員：今、「京」を使っているのはグリーン関数を計算するのにとても時間が掛かるので、それを避けるために「京」で計算している。それが「京」を使う一番の理由である。もう一つは、ここにあるように、数百、数千ぐらいの、津波の様々なデータベース、シナリオデータベースを作るときに、今、実際の津波の伝播時間が5時間で、計算時間が1.5なので、もう少しフルに「京」を使えばさらに早くなる。よって、できるだけそういうシナリオデータベースを作り込むのに「京」を使用することで、実際に地震が起きたときに、もう少し、それほどでないシステムで使えるような形にしないといけないという認識である。

## (2) 強震動評価部会及び津波評価部会における調査観測の見直しに関する意見

資料 計64-(9)に基づき、調査観測計画見直しに関する強震動評価部会からの意見について瀬瀬委員より報告。主な意見は以下のとおり。

金田委員：四つ目で、地下調査だけではなくて地下構造モデルが必要だというのは当然だが、基本的にP波はできるが、S波に関しては少し変換ということも含めて考えるというそういう意味合いか。

瀬瀬委員：例えば、最近工学寄りの方では微動探査とかいう方式もあるし、S波の反射法探査のようなものもあるので、いろいろな方法で実現していくことが大事だと思う。

金田委員：最終的にはやはりS波が必要だということか。

瀬瀬委員：防災上はそのようであると思う。

佐竹委員：最後のボーリングデータと物理探査データというのはもちろんだが、一言で言えるほどの量ではないほどの量だと思う。これは防災科研や産総研では一部やっているのではないかと思うが、少しその辺りを説明してほしい。

青井委員：ここで言っているボーリングデータというのは、割と浅い建物を建てる前に

掘っているようなもので非常にたくさんある。防災科研の方でも自治体に依頼して、相当数収集はしているが、問題は収集し切れていないということと、古いものに関しては文書しか残っていないために、それをデジタル化してまたクオリティーチェックをする等の部分でかなりの作業が見込まれるということである。

額部委員：是非、国として組織的にやる必要があるということではないかと思う。

佃委員：産総研でも、出口的には強震動の予測のための地下データの収集ということで、特に関東を中心にボーリングデータを集めている。産総研が行っているのは、いわゆる建築基準法の下で得られたデータを砂と泥、建物のための情報をいかに強震動の役立つ情報に変えられるかという部分と、ある意味で、地質学的に意味のある基準ボーリングをして、それを地下のモデル化に役立つような地質学的な言葉に換えてという努力をしている。実際には膨大なデータがあって、関東だけでもかなり時間が掛かってきたということと、日本全国を考えれば、まだまだ集められないデータがたくさんあるし、日々データは増えている。それをどのように収集していくのかは、一つの希望としては、やはり自治体の情報を集めることである。実際、その予測情報を得て、例えば防災に役立つ上で、メリットがあるところは自治体だと思うので、やはり自治体にそのメリットを意識してもらいたいところがある。一方で自治体がそれを使っていいかということ、公的データは公開されているが、ほとんどのデータは民間で取得された建物などの個人情報かもしれないし、あるいは知的財産だとか、いろいろと情報公開を阻む要素がある。公的な公共の情報として、地下の情報は国民の財産だという視点から、学会でそうした地下の情報を公開するよという提言も今年の1月に出たが、社会的にそういったデータが出やすい努力も必要になると考えて、少しずつ前には進めている。少なくとも今の状態は、一研究者の努力で何かできるという状況では必ずしもないというのが実態だと思う。

平原部会長：要するに、まだ眠っているデータがあり、これをどう収集し、共通してデータベース化するかということが課題であるということである。

金田委員：今の佃委員の発言に関連して、例えば、愛知県でもデータベース作りをしており、公開を阻むいろいろな要素がある。ボーリングデータは1点の情報を出すとは非常に問題だが、モデル化してしまったところだと、どこだというのが分からないので、それでクリアしている部分もある。その辺りも少し柔軟に自治体の方に考えて行うというのは多分重要だと思う。

佃委員：基本的にモデル化して、その信頼性を確保するというのが一番大事だと思う。問題は、科学的な根拠のあるものというトレーサビリティが、どういうデータに基づいて作られたかを、明らかにしておくことである。地震波形と同じだと思うが、元データをたどった際、後でトラブルにならないよう、モデル化もちゃんと科学的データのどれに基づいてそれができたのかというのは、やはり明確にしていく努力が必要だと思う。

今泉委員：5つ目の、ボーリングに関して、重点調査で行ったボーリングデータは、ボーリング業者がデータベースを作るために提供するようにとあって、これまで私が関係したボーリングデータは全部提供した。地域によっては、集めたデータベースを有料化して、既に会員制と称してデータを供給しているところもある。それから、NEXCOやJRなどの民間企業は相当量のデータを持っているが、そのデータに関して

は、個人で努力して集めていかなければならないというのが現状である。もう少しその辺りはどこかの機関で収集できるよう考えたらと思う。

平原部会長：一つ目と二つ目については、かなり強い要望だと思うが、これは予算等が関わってくるので、防災科研としては予算を伴うことだとしか言いようがないのか。

青井委員：まず、基盤に位置付けるということについては、実質的に今、K-NET自体、既に基盤観測網に近い扱いを受けていると感じている。観測機器自体も地中のセンサーを除けば、K-NETとKiK-netは、ほぼ共有化する努力もしており、そういう意味では技術的、コスト的にもほぼ基盤観測であるKiK-netと同等のやり方ができている状況にあると思う。それと、連続化については、現地の機器自体は連続に対応がほぼできる状況にある。後年度負担として大きいのは回線費だと思うが、回線費については、信頼性とのトレードオフということになる。今、最も信頼性の高い方法というのは、Hi-netで使っているEarthLANという仕組みを使うことだが、それ以外にもいろいろな方法があるので、それは信頼性とのトレードオフで多様な選択があり得ると考えている。

則本専門官：これは特にK-NETやKiK-netだけの話ではないが、観測網については、特に文部科学省では防災科研の展開しているものを予算要求しているが、やはり毎年、何故これだけ必要なのかということが議論になる。例えば、Hi-netであれば、地震が起きる深さが一つの基準になっていると聞いている。K-NETにしても、KiK-netは今、20キロ間隔ということで位置付け、調査観測にあるが、これがK-NETを加えて、さらに、多少防災科研以外で展開しているものも加えると、かなりの密度で展開されていることになるが、なぜそれだけの密度で必要なのか。また、それが防災上、20キロ間隔でなければならない具体的な理由が、やはり今後予算要求する上でも重要であるし、社会の理解を得る上でも重要だと思う。そういった観点からも少し具体的にそれだけの観測点がなぜ必要かを話してもらいたい。同時に、これはまた最後に何を基盤にする、準基盤にするという話の中で議論が必要だと思うのだが、どのような工夫をして今掛かっているコストをある程度削減して新しいことを進めていくかという、アイデアについても少し議論の中でしてもらいたいと思っている。

額部委員：K-NETに関しては、何キロ間隔という数字に意味があるのではなく、今後、防災上のことを考えれば、それぞれの地点ごとの地盤特性を把握するためには、代表的な地盤条件のものに対して、個別に置く必要があるということが一番重要なポイントである。例えば、阪神大震災のときに、町丁目が1個違っただけで揺れ方や被害の状況に大きく違いが出た。そのような例を挙げて、強震計を配置するということは、地震動災害の軽減には非常に重要なのだと説明することも一つの方法だと思う。それから、経済的な面については、青井委員の説明にあったが、要するに、K-NETに関しては、基盤に入れても、それほど追加の費用が掛かるわけではないということだと私は理解している。

青井委員：連続化についてももう少し補足をしたい。強震観測については、地震が起こったら機械が立ち上がって回線がつながり、自動的にデータが送られてくるというイベントトリガー方式を行っている。回線がつながるまでに大体10秒ぐらい掛かるので、緊急地震速報のように、地震が起こったことを知るような解析をするためには、イベントトリガー方式ではだめだということは明らかだが、それだけではなく、イベントトリガー方式というのは、地震波形の頭がどうしても切れることがある。も

もちろん非常に小さな地震の頭が切れるのは仕方がないが、3・11のような非常に大きな地震でも、徐々に立ち上がっていくような種類の地震もあって、結果として3・11の頭が切れてしまっている地点のデータというのは非常にたくさんある。それともう一つは、イベントが今度終わった後に、ある一定の時間、収束していくと収録が終わるが、収束判定は加速度計なので、加速度でやらざるを得ない。そうすると、長周期地震動のような、非常に継続時間が長くて、長周期だけが卓越するような種類のデータに関しては、まだデータとして非常に意味があるタイムウインドーのところ、収録が終わってしまうことが多々ある。これも割と加速度計でイベントトリガー方式とのセットだと解決の難しい問題で、連続化されれば、当然ずっと長いデータになるので、それは解決するということである。それともう一つは、イベントトリガー方式というのは、地震が起こったときにだけつながるので、地震計の不具合をなかなか把握しにくく、極端なことを言えば、地震が起きてデータが取れないことで、初めて地震計の不具合が発覚するということになる。もちろんそれでは良くないので、日に一回、強制的に接続をして、機器が正常であるかを確認はするが、連続的につながって監視ができるHi-netやF-netと比べると、観測の不具合が発覚しにくく、安定的な運用という意味合いから言っても、実はイベントトリガー方式というのは、かなり不利な状況にあると考えている。

長谷川委員：則本専門官の先ほどの発言で二点、なぜ20キロなのかということと、それから、ほかの機関の観測点もある中で何故それだけの観測点の密度が必要なのかということについて説明したい。まず、一点目については、内陸の地震は、発生層の厚さが場所によって変化するが、大体10キロ、あるいは15キロぐらいだからである。地震発生層の下限に起きた地震をきちんと捉えようとする、地震の深さというのは、自分の震源の位置から上を見たときに、45度以内にならないと深さが押さえられない。したがって、10キロの厚さの波源で起きた地震をきちんと押さえるためには20キロ間隔であるというのが最初の基盤観測網の設定のときの20キロである。二点目については、全部でそうやると、大まかに見ると日本列島の地図の中で1,000点ぐらい観測が必要だった。そのとき既に大学等で観測網を持っていたので、既存の観測網と合わせてみると、1,000点なくても観測できると分かり、500という数値が出てきた。つまり、1,000点をやめて500点にして、既存の観測網を活用して基盤観測網とした。その既存の観測網は基盤のために作られた観測点ではなく、ほかの目的で作ったものだが、それを活用するというので、準基盤という名前にそのときしたのである。したがって、あの時点では、ほかの組織の観測点と合わせて初めて基盤観測網は成り立つということだった。

則本専門官：二つ目の点だが、Hi-netより、どちらかというとK-NETは、20キロということを書いているが、例えば、KiK-netとK-NETと自治体を持っているものと、国交省で持っているものもあると思うが、それらを加えていくと、かなり20キロより狭い間隔になっていくのではないかと思う。

長谷川委員：私が発言したのは、基盤の地震観測なので、KiK-net、Hi-netで20キロ間隔と決めたのはそういうものである。強震動の方は先ほど頼瀬委員の発言通りで、20キロ間隔ではなくて、必要な場所には置いてあるということだと思う。

澄川補佐：毎年、予算調整する中でも、維持すべき観測網がどんどん増えているのではないかとすることが必ず議論になる。私が心配しているのは、例えば、今回、インラインやDONETが27年当初あるいは27年中には完成すれば、これらについても、今後

維持経費が掛かってくる。整備とは違って、経常的に掛かる経費、あるいは継続委員の発言にあったようなリアルタイム化を行えば、回線費用も当然維持経費として掛かる。すなわち、設置については、極端に言えば補正のような機会を捉えて増やしたり、観測計画で必要な観測網という位置付けで整備をして拡充してきたが、その上に維持費というのは経常的に掛かる。維持費が予算の大半を占めるようになってきた中で、観測網を広げることは重要だが、一方で気になるのは、維持管理に取られれば取られるほど更新経費が増加していく状況である。例えば、防災科研を見ても、Hi-netなどの更新費用というのは当然掛かるが、耐用年数を超えた形で何とか維持をしている面もある。必要なものをアピールし拡充した結果、観測網自体は大きくはなったが、結局中身のところはだんだん体力がそがれているという問題にも長期的にはなっていくのではないかと。目先だけでもインライン、DONETなど、常に拡充するにしたいが、維持経費が今後も掛かっていくので、体力以上に大きくするに伴い、最終的に全体としての体力がそがれてしまうような状況に次第になっているのではないかと。この点が個人的には気になる点である。調査観測経費をこのように議論する際に、観測網を広げるという意見は当然あり、その重要性を述べることはやはり必要だが、一方で今のような懸念もあるので、そこをもう少し工夫できないかというのを常々感じている。今後の議論の中でも、そういった観点からの知恵をもらいたいと考えている。例えば、さきほどの長谷川委員の発言にあったK-NETは、当時全体で組み合わせる観測網にしたのは一つの知恵だったのではないかと。現実との折り合いを付ける中で、観測網として理想の姿を示しつつも、理想はここだが、こういったところで科学的には何とか担保できるなどの知恵も併せて議論してもらいたいと考えている。

平原部会長：要するに、この観測計画部会では、予算と関連させながら、まず何が必要かということ議論し、それをどう実現していくかという順番を考えていくということである。

資料 計64- (10) に基づき、先週開催された津波評価部会で調査観測の見直しに関する意見の結果について今村部会長に代わって佐竹委員より報告。主な意見は以下のとおり。

今給黎委員：今、佐竹委員の報告にあったように、ほとんどの部分は5メートルの精度でカバーされていると思うが、こういう要望が出たことに対して、こちらとしてはこれぐらいのスケジュールで、この時期までにこのぐらいのものは出せるということについては、今後、調査観測計画を出す上で言うことはできると思う。

仙石委員代理（松本地震調査官）：海上保安庁の航空レーザー測量は、陸上のものと異なり、航空レーザー測深機というのだが、グリーンレーザーを積んだ測深機が必要である。これは日本にまだ一機しかない。後進の計画は既に進んでおり、二機目が入る予定はあるが、いずれにしても観測量という点では、年間の観測量が非常に少ないので、全国で同程度そろえるというところにはなかなか遠いと思う。しかし、浅海域だと、従来からマルチビーム測量、マルチビーム測深のデータもあり、それが決してレーザーに劣っているわけではない。航空レーザーの有利なところは、船が入れない水深、例えば5メートルより浅いところから波打ち際や、陸上がシームレスに取れるということである。マルチビームと航空レーザーと、それぞれの利点を生かしながらデータを整備して進めていくといいと思う。

今給黎委員：次期調査観測計画の骨子を見たときに、確かに海岸地形、沿岸陸域の地形

データというものについては、エクспリシットに記載されていない。津波の評価というか、まさに浸水等を評価する上で、必要な情報となるかもしれない、地下構造などと同様な意味で、どこかに何らかの形でエクспリシットに書いておいた方が、こちらとしてもそれに対してこういうニーズがあるので、こういうようなものをこれに対して提供しましたという突き合わせができる。津波の関係の記述があるところで、そういうことをエクспリシットに書くことを検討した方がいいかもしれない。

平原部会長：確かにそういう記述はない。津波の即時予測で、推進すべき調査観測というところに地形データを充実させると。

仙石委員代理(松本地震調査官)：海域における地形活断層調査というのも、参考資料(2)の15ページ、基盤的調査観測に位置付けられており、重点的調査観測を推進するに当たっても有効なデータとなることが考えられているとあるが、基盤的調査観測に書かれている海底地形に関する記述というのは、基本的には変動地形とか、主に活断層の検出に関することが書かれていて、津波の評価というのを想定した書きぶりでは当時はなかったと思う。したがって、今後、海底地形のデータというのが津波評価に重要だということであれば、そのように計画を改定するのがよいかもしい。

則本専門官：津波の評価が、今まで目的として明確に位置付けられていなかったのも、松本地震調査官が指摘したとおり、海域における地形というのが活断層を前提に書かれている。今後またこういった津波を踏まえて、こういったものを基盤、準基盤にするという議論もあると思う。

今泉委員：地形データに関してだが、3・11の後に国土地理院が太平洋沿岸の詳細なDEMを作って、それは非常にいいことだと思った。ところが同じようなことで、日本海側にそういう詳しいデータがあるかという、ほとんどないと言っていい状態だと思う。先ほど5メートルDEMは随分整備されたと思ったが、恐らく日本海側の平野の地形等々を津波対策で立てる場合は、もっと詳細なデータが必要ではないかと思う。幾つか私も当たったが、国土地理院が今年度からそういう数値データ、DEMデータに関しては、一元管理をしているということで、これは非常にいいことだと思ったが、掌握しているデータが、実は国土地理院の管轄以外のところに相当まだ埋もれているということが分かった。その一つは、同じ国土交通省の中の河川部がある。河川部は主要一級河川を既にほとんど取り尽くしている。そのデータは国土地理院が残念ながら把握していないというのが現状だと思う。そのようなデータをどこへ出せばいいのか、個人的なつながりで依頼するしかないというのが、まだ現状のようである。したがって、一元管理ではないが、できるだけ同じ省の中で把握したらいいと思う。一級河川というのは、大抵最後に大きな平野を作って流れるから、一級河川沿いのデータというのは、相当基本情報としては役に立つと思う。大半は2メートル若しくは1メートルDEMという詳細なデータを作っているのが現状だと思う。

今給黎委員：データをとっているということについては、当然我々も把握しているが、いわゆるデータを管理するまでには至っていないというのは、確かにそのとおり。