

第 5 回「緊急地震速報検討委員会」 議事録

1 日時

平成 18 年（2006 年） 7 月 27 日（木曜日） 10:00～12:00

2 場所

気象庁 大会議室（5 階）

3 出席者

委員：阿部委員長、西谷委員、野田委員、翠川委員、溝上委員、大嶋委員、横田委員、松木委員(代理：赤星委員)、田中委員(代理：松宮委員)、芦谷委員、堀内委員、鈴木委員、谷原委員、橋爪委員、池内委員、金谷委員、阿部委員(代理：鈴木委員)、多田委員、土井委員、西出委員、鉢嶺委員、関田委員、齋藤委員
濱田地震火山部長、大竹調査官

4 配布資料

- (1) 第 5 回「緊急地震速報検討委員会」座席表
- (2) 第 5 回「緊急地震速報検討委員会」議事次第
- (3) 「緊急地震速報検討委員会」委員名簿
- (4) 資料 1 「緊急地震速報検討委員会運営要綱 改正（案）」
- (5) 資料 2 「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」中間報告の概要
- (6) 資料 3-1 「緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料」
- (7) 資料 3-2 「これまでに実施した緊急地震速報処理の改善について」
- (8) 資料 4 「試験運用中における緊急地震速報の精度評価」
- (9) 資料 5-1 「今後の緊急地震速報処理の改善について」
- (10) 資料 5-2 「緊急地震速報高度化の今後の取り組み」
- (11) 参考資料「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」中間報告

5 議事概要

◆挨拶

(事務局・西出委員より開会の挨拶)

(濱田地震火山部長より挨拶)

この 4 月から地震火山部長を務めている濱田です。

本日は、阿部委員長をはじめ委員の皆様方におかれましては、梅雨末期の蒸し暑い中、多忙な中でお集まりいただきまして、誠にありがとうございました。

これまでご検討いただいてきた緊急地震速報は、約 2 年余りの試験提供を経て、またもうひとつの委員会である「本運用開始に係る検討会」での検討結果も踏まえて、来週、この 8 月からいよいよ正式に運用に入り、鉄道或いは生産ラインなど先行的なユーザーに緊急地震速報を提供することになりました。また、本年度内を目標に広く一般ユーザーにも情報を提供すべく準備作業を進めているところです。

この検討委員会を立ち上げてから、もう 4 年の歳月が経ちますが、ようやく本運用にこぎ

つけることができましたことは、これまでの委員の皆様のご意見・ご支援による賜物と改めて御礼申し上げます。

前回の委員会は昨年3月に開催しておりますが、その後これまでに観測点で地震波の1次処理を行うための多機能型の地震計の整備がほぼ完了して、全国的に緊急地震速報を提供するためのハードウェアの準備が完成し、また試験提供による事例の蓄積を踏まえて細かな技術的な改良を進めてきました。また、協力していただいている防災科学技術研究所の情報の緊急地震速報への取り込みもできるようになりました。

今日の委員会では本格的な運用を目前に、これまでの技術の改良結果と、現在の状況を取りまとめてご説明しご意見をいただきたいと考えています。

今日、社会的な話題となっているエレベーターの事故やガス瞬間湯沸かし器のトラブルなど、日常我々が利用している施設・機器については、工学の分野では極めて高い安全性・信頼性が厳しく問われています。緊急地震速報は、原理的に精度・活用の限界が存在しますが、提供するシステムとしてはこれまでの開発によりかなり完成度の高いシステムが実現していると思います。しかし、情報の信頼度を高める為の余地が少しでも残る限り、なお改善に努めて参りたいと考えています。

本日は、現在の技術の状況をご理解いただくと共になお一層の改善に向けて率直なご意見をいただくようお願いして、私のご挨拶といたします。

(事務局・西出委員より前回からの委員の異動と本日出席の委員について報告)

前回から(株)NTTDoCoMo、NTTコミュニケーションズ(株)、日本放送協会、内閣府、消防庁、文部科学省、国土交通省道路局、国土交通省鉄道局、気象庁・企画課、地震津波監視課、管理課の地震情報企画官の委員の異動がありました。

(株)NTTDoCoMo・NTTコミュニケーションズ(株)・文部科学省からは、代理の方にご出席いただいております。

尚、皆様方ご存知のことと思いますが、緊急地震速報の実用化に向けてご尽力いただき、本委員会の委員もお願いしてきました、廣井先生が本年4月にお亡くなりになりましたので、謹んでご報告させていただきます。

==== 議事開始 =====

(ここから、議事進行を阿部委員長へ)

◆審議内容、資料の扱いについて

本委員会での審議内容および資料の扱いについて確認し、基本的に公開することで了承された。

◆資料の確認(事務局・齋藤委員)

委員名簿の西谷委員の役職名の訂正、『早稲田大学理工学術院教授』とし、ホームページ等ではそのように掲載する。

【議論】

◆資料1「緊急地震速報検討委員会運営要綱 改正(案)」について事務局(齋藤委員)から説明

- ナウキャスト地震情報→緊急地震速報

◆資料2「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」中間報告の概要について事務局(齋藤委員)から説明

- 「緊急地震速報検討委員会」は、緊急地震速報の処理技術の検討を目的に開催している。
 - 「緊急地震速報の実用化に関する検討委員会」の事務局にも気象庁は参加し、活用に関する検討を行っていた。この検討体制の元、緊急地震速報の実用化が近づいてきたということで、特にこの活用事項の中で、広く一般に向けて情報を提供するにあたって必要な事項の検討を目的に、気象庁で昨年11月に「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」を立ち上げ検討してきた。ここでの検討結果を気象庁に提言し検討結果を報告し了承願うという形で進めている。今年の5月にこの検討会の中間報告がとりまとめられたので、その概要について説明する。
 - 緊急地震速報の提供に関しては、緊急地震速報が適切に利活用されれば、地震等の災害軽減に有効な情報であるというのが基本的な認識である。最終的には、広く国民に提供すべき情報であるという認識である。要するに、一部の例えば、エレベーターや鉄道等に使うだけでなく、広く国民に提供すべき情報であり、それをどう利用できる環境を整えるかを検討しなければいけないというのが、検討の基本認識である。
 - 実際に提供するにあたっては課題がある。例えば、緊急地震速報の特性や限界、「間に合わない」・「誤差がある」ということを利用者は十分に知る必要があると共に、情報を聞いた時にどういう行動を取ればいいのか。間違った行動を取ることによってかえって混乱や事故を発生させたり、増長させたりするおそれがあるということがある。それらの課題解決の検討として、「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」を平成17年11月から開催した。
 - 広く国民に提供すべき情報であるが、現段階での広い提供は混乱のおそれがあることから、混乱を生むことがないと判断されるところに限定して先行的な提供・活用を早期に実現する。
 - 先行的な提供先では、2年半程の試験運用において十分利活用できると判断。
 - 検討会の検討事項1
 - ・ 混乱なく活用が可能な分野への先行的提供
 - ・ 広く国民への情報提供
 - ・ 活用にあたって混乱等が生じるおそれがあることから、活用にあたっての課題を解決してから提供を開始(試験運用は継続・拡大)
 - ・ 先行的な活用のための情報提供
 - ・ 緊急地震速報の活用にあたり、現段階においても混乱等を引き起こすことがないように、情報管理及び限定的な活用が可能な分野
- 平成18年度早期に、緊急地震速報を先行的に提供開始(ただし、不特定多数者への二次的な提供は制限)
- 先行的な活用を行う分野
 - 設備等の制御
 - (例)
 - ・ 列車、エレベーターの自動制御

- ・工場の生産ラインの制御、危険物流出防止装置の自動起動
 - ・住宅におけるガス停止、ドア開放の自動制御
 - ・重要データ保護のための緊急バックアップ
 - ・運転士による列車の緊急停止
- 施設等における安全確保
 (ただし、事前に十分な訓練が実施されていること、不特定多数の者に二次的に伝わるおそれがないことが条件)
 (安全確保の例)
- ・手術中の医師による患者の安全確保
 - ・百貨店・劇場等における施設管理者、防災担当者による防災対応
 - ・工場、工事現場等における従業員の危険個所からの退避
- それ以外の分野
 (提供までに十分な周知・啓発が必要な分野)
 (例)
- ・テレビ、ラジオ、防災行政無線等による放送
 - ・百貨店、劇場、駅等における放送
 - ・学校における教員の先導による児童等の避難行動
 - ・携帯電話やインターネットによる個人契約者への伝達
- 情報の満たすべき要件
- ① 発表は1つの地震に対して原則1回とし、誤報、強い揺れの地域の拡大等、特段に必要な場合を除き続報の発表は行わないこと
 - ② 強い揺れが推定された場合に発表すること
 - ③ 誤報を防止すること
 - ④ 可能な限り迅速に発表すること
 - ⑤ 推定誤差を考慮した適切な表現とすること
 - ⑥ 避難等の対応が必要な地域をある程度限定できること
 - ⑦ テレビ等映像による情報提供に必要な情報を含むこと
- 検討会の検討事項2
 広く国民へ提供する緊急地震速報の発表基準
- ア 発表する条件
 地震波が2点以上の地震計で観測され、最大震度が5弱以上と推定された場合
- イ 発表する内容
 地震発生時刻、地震の震央、震度5弱以上が推定される地域及び震度4が推定される地域
- ウ 続報を発表する場合
- a 震度3以下と推定されていた地域が震度5弱以上と推定された場合に、続報を発表
 - b 新たに震度5弱以上が推定された地域及び新たに震度4が推定された地域を発表
 - c 誤報のみ取り消す
- 検討会の検討事項3
 緊急地震速報の利用にあたっての「心得」
 緊急地震速報を受信するさまざまな場面を想定し
- ① 家庭での受信（テレビ・ラジオ、防災行政無線等による受信）
 - ② 不特定多数の者が出入りする施設（大型商業施設、映画館、競技場、駅、地下街など）

での受信

③ 屋外（道路など）での受信

④ 自動車の運転中における受信

について「心得」案を作成

最終報告までに充実・適正化

● 「心得」（案）の例

【家庭での心得】

○あわてずに、まず身の安全を確保する

・大きな家具からは離れ、丈夫な机の下などに隠れる

・あわてて外へ飛び出さない

・余裕があれば火の始末、扉を開けて避難路を確保する

【不特定多数の者が出入りする施設での心得】

〔施設管理者の心得〕

○パニックを起こさないよう落ち着いた行動を呼びかける

○対応マニュアルを作成、店員等の教育・訓練を行う

（放送の例）

・（報知音）ただいま地震が発生しましたが、当館は耐震化されていますので、落ち着いて係員の指示に従ってください

・（報知音）ただいま地震が発生しました。念のため吊り下げ物の下や倒れそうなものそばから離れて、揺れがおさまるのをお待ちください

● 検討会の検討事項 4

緊急地震速報に関する周知・広報

1. テレビ、ラジオ、新聞等による報道への連携・協力
2. 地方公共団体の広報紙への紹介記事の掲載依頼
3. 広報用ビデオ、パンフレット、リーフレット等の作成・配布
4. 防災担当者や一般住民を対象とした講演会の開催
5. 緊急地震速報に関するホームページの作成・充実
6. 防災センター等の設備を利用した体験型の教育・周知
7. 学校における防災教育教材（DVD等）の作成
8. モデル地域における情報伝達実験等

広く国民への緊急地震速報の提供開始時期が決まった段階における集中的な周知・広報のキャンペーン

9. テレビ・ラジオ等のスポット広告
10. テレビ・ラジオ、市町村防災行政無線等と連携した、一斉情報伝達訓練
11. 各種メディアを利用した政府広報や、市町村防災行政無線による周知・広報等

● 今後のスケジュール

- 平成18年5月 検討会中間報告とりまとめ
緊急地震速報提供に向けた準備
- 平成18年8月1日 先行的な利用分野への提供開始（情報の利用目的、緊急地震速報についての理解、教育・訓練の計画等を気象庁で確認し、支援センターから提供）
広く国民への提供に向けた検討、周知・広報
- 平成18年秋～冬 検討会最終報告（広く国民への提供開始時期を決定）

- 広く国民への提供開始（目標は平成18年度末←準備の状況、周知の状況によるもので決まったものではない、今年度を見据えてやっていきたい）

（阿部委員長）広く国民へ提供開始というのは、来年の何月かはわからないが、これが決まった段階ではもう、直ぐに放送で周知できるような体制がとれているのか？

（事務局）とれているかどうかはまだわからない。それをとれるようなことを見越した上で時期を決める必要があると考えている。

（阿部委員長）感触としてはどうか。3月中というのとは可能か。谷原委員、橋爪委員。

（橋爪委員）今検討しているが、3月は少し厳しいと思う。細かいことだがNHKの場合、ローカル放送もあるので、全国のローカル放送時間にもこの緊急地震速報を放送しなければいけないという状況にあり、その対応等を技術的なことも含めて検討している。

（谷原委員）やるべき情報であると思うが、技術的にはやっとなにか。どういうやり方で出していくのかという部分では、時間的に厳しい状況になっていると思っている。橋爪委員の方からもあったが、民間放送の場合は、1県1局というところが多い。そういうところでは、極端な話はその県は自分の県の情報を早く出す、隣の県よりも自分の県の情報を早く出すということになるので、そういう部分で詰めた部分があると思う。それから、周知広報が逆に進めば、多少荒っぽくても早く出すという意見は出てくると思うので、技術的な問題と周知広報の度合いとの駆け引き、バランスの取り方の中で開始時期というのとは出てくると思う。

（阿部委員長）今の話は、本検討会よりも「本運用開始に係る検討会」の議論は、このような議論を時々していた。

本委員会の目的である、「震源・マグニチュード・震度等の推定手法、精度評価」などについて説明をいただきたい。

◆資料3-1「緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料」について事務局(大竹調査官)から説明

- 現在の緊急地震速報でどのような処理手法が行われているか（緊急地震速報の概要）
- 注目してほしいのは様々な処理手法があるが、これは地震を検知した観測点の数によってそれぞれ手法を切り替えていく。一番もっともらしい震源をそれぞれ採用していくというやり方を採っている。先行的な活用を行う分野には、精度が向上し次第、第1報・第2報…という形で次々と情報提供をしている。
- B-Δ法
 - ・基礎技術で、単独観測点、1点だけの地震波形を用いて、その地震波形の立ち上がりの部分から、実際の地震の震央がどのくらい離れているかというのを求める技術である。
- テリトリリー法
 - ・気象庁は、地震観測網として200点程度の観測点を持っているので、これを使ったネットワーク処理を行うことができる。地震を検知した観測点が1点或いは2点の時にこの方法を用いる。これは地震計のあるところで空間をボロノイ分割して、分割された空間の中で地震が発生すれば、一番近い地震計のところでも最初に地震波をキャッチする。
 - ・逆に言うと、ある点で最初に地震をキャッチしたとすると、分割された担当領域の中のでこかで地震が起きたと推定される。それ以上の情報は得られないので、暫定的にその担当

領域の重心を震源であると仮定する。深さについての情報は得られないので、10km 固定としている。

- ・ただ、これに関しては、島嶼部や沿岸の観測点については、分割された担当領域が非常に大きくなってしまうので、先述の B・Δ法を併用して重心の位置に変更を加える、つまり、担当領域の中でも近い方なのか遠い方なのか調整を加えている。

- グリッドサーチ法

- ・地震計で観測された点が 3~5 点のときに適用される手法。緯度経度には 0.1 度、深さ方向には数個のグリッド・ポイントを地図上に設定して震源を仮定する。3~5 点の地震の検測値を用いて、そこに震源を仮定した場合の残差がどれだけその震源を説明するかを全メッシュで計算し、一番残差が小さくなる場所を震源とする。

- EPOS による自動処理

- ・それ以上に観測点が増えた場合に適用されるいわゆる通常の震源決定方法を用いた自動震源手法。最終的にこの値が求めればこれに切替えている。

- 4 月 21 日の伊豆半島東方沖の地震で予測震度 7 を出した事例

- ・主な原因については、震源位置のずれが影響している → EPOS で決定した自動震源が、直前に発生した小さな地震を採用したために震源が飛んでしまったことと、その部分が地盤増幅率の大きい地点であったことから、大きな予測震度が発表されてしまった。
- ・震度予測の司・翠川の式をプログラミングする時の誤りによるバグもあったが、それを直したとしても、震度 7 は震度 6 強にしか落ちなかった。一番メインの原因は、地盤増幅率の非常に大きな地点に震源を決定してしまったこと。

- ・EPOS 自動震源は必ずしも大きな地震だけのための処理ではないので、小さな地震等が周りで連発した場合に、震源がずれる場合があるが、テリトリ法やグリッドサーチ法は大きな地震の為に作った方式であるので、大変頑健である。EPOS の自動震源の取り込みに関して条件を厳しくした。見かけ速度換算で 2 秒以上ずれている震源については、EPOS 震源であっても取り込まないという処理にした。これについては適用済みである。

- ・(独)防災科学技術研究所で開発された Hi-net 観測点を用いた着未着法による震源についても採用している

- ・Hi-net 震源、着未着法で求めた震源があった場合には、テリトリ法・グリッドサーチ法の結果をその震源で上書きしている。

- ・マグニチュード計算に関しては、気象庁の観測点の変位波形があればそれを優先して使っている。

- マグニチュード計算方法

- ・早い段階での情報発表が必要ということで、P 波の部分の波形を用いて計算したマグニチュード、S 波の後続相を含んだ、全相でのマグニチュードの式を両方作り、理論的な S 波が来たら全相マグニチュードに切り替えるという方式を使って計算を行っている。

- 震度予測

- ・マグニチュードから翠川先生の式を用いて、基盤上の最大速度に変換して、表層の速度に変換して、速度と計測震度の関係式を用いて震度に直すという計算を行っている。

◆資料3-2「これまでに実施した緊急地震速報処理の改善について」について事務局(大竹調査官)から説明

- 試験提供開始後に行った様々な改善点について
- マグニチュードを過大に評価する傾向について
 - ・特に関東のやや深い地震について、震源の位置としてはほぼ妥当に決定されているがマグニチュードを過大評価してしまう事例がみられた。
 - ・関東付近のやや深い地震で、観測点密度が高い地域である。官署型（都市部の地盤が良くない地域に設置されている、例えば地方気象台に設置されている）地震計がマグニチュード計算に参加していると過大評価してしまうようだ。
 - ・地盤の状況が良くないので大きく揺れてしまうことがある。官署型の地震計に対しては、暫定的に坪井の式でマグニチュードを計算するという対策を考えている。本来であれば、観測点補正を加える等の方法を探るべきであるが、今のところサンプル数が少ないため、昔ながらの実績のある坪井の式を使用することにした。
 - ・その他の観測点についても、震央距離で減衰し、深さが効くような式を過去の波形から再計算した。
 - ・結果、非常に良く改善が行われている。問題となった事例において、一元化で求められたマグニチュードと完全に一致はしないが、大分近づいているというかなり良好な結果になっている。それ以外の地域にこの式を適用した場合、計算結果はほとんど変わらないという結果を得られている。
 - ・マグニチュードの推定式に関しては、これからも改善に努めたい。
- マグニチュードの計算式の切り替えタイミングについて
 - ・マグニチュード計算については、迅速性を確保するために、P波部分でのP波のマグニチュード式を用意して計算している。S波が到達したと思ったら全相の振幅で計算する式に切り替えている。一部、途中でマグニチュードを過大に評価してしまう事例があったが、最大振幅が理論Sギリギリのところに来ている事例であった。この場合に震源の位置が少しずれると、まだP波だと思っているのに、本当はS波の相が入っているということになり、計算上過大な値を出してしまう。
 - ・そこで経験的に、S-P時間の70%のところまで全相マグニチュードの式に切り替えることにした。まだPが続いているのに全相の式に切り替えると、値としては落ち込んでしまうのだが、それを防ぐためにマグニチュードが小さくなくても直前の値をしばらくの間保持して、その落ち込みを防ぐというテクニックも使っている。これによりかなりの改善が見られている。
- 島嶼部の観測点でのキャンセル報対策について
 - ・本当に地震を観測したにもかかわらず、島嶼部のために周囲の観測点でトリガせず、キャンセル報を発表してしまう事例があった。いろいろ波形を調査して、本物の地震であれば結構揺れが続くということで、経験的に15秒程度以上揺れが続く場合には、島嶼部で1点しか観測していなくてもキャンセル報の対象とはしないという処理に変更した。6事例（キャンセル報発表）のうち5つについて改善され、非常に改善が進んだ。
- Hi-net データとの統合
 - ・Hi-net 震源データを用いることで、第1報の発信時刻が早くなり、震源位置の精度が改善されている。
- 様々なノイズ対策
 - ・観測点にドアセンサーを設置 → 現地作業中の誤動作を防ぐようにした
 - ・1点処理のノイズ判定強化 → 1点処理による震央推定距離が200kmを超える場合に

は、一旦判断を保留する、というロジックを導入

- ・処理ソフトの改修を行い、間違った操作を行うことできないようにしたり、観測点処理のバグの修正等も行っている。
- ・1点処理のノイズ判定強化をする。
- ・機器ノイズ、異常波形が問題になるので、波形状態監視装置を作り、常時地震波形をモニタリングしている。

◆資料4「試験運用中における緊急地震速報の精度評価」について事務局(齋藤委員)から説明

- 一般向けの条件で精度評価している
- 1. 誤報の発信事例
 - ・評価対象は、平成16年2月25日から平成18年6月30日までの778例。震度4以上を観測した64例、観測ではなく情報で震度5弱以上と推定した15例。
 - ・全て1点の観測データをもとにして出したものである。
 - ・誤報(地震以外の要因によって発信される緊急地震速報)は26例でいた。
 - ・操作手順の誤り、落雷の影響、機器の不良・障害などが原因。
 - ・改善対策を施し、誤報の数は減っている。
- 2. 緊急地震速報提供までの所要時間
 - ・最大震度4以上を観測した64地震についてみると
 - ・地震の検知から第1報発信までは平均5.6秒
- 3. 一般向け緊急地震速報の発表タイミング及び精度
 - (1) 発表タイミング
 - ・内陸の地震では、第1報が間に合わず、海域の地震のみが揺れる前に届いている
 - (2) 震度の推定精度
 - ・震度の予測は、少し大きめに予測している傾向があるかもしれない
 - (3) 主要動到達予測時刻の精度
 - ・予測よりも早く揺れが到達した例が多かったが、Hi-net震源を取り込んだ後は、改善傾向が見られる

(翠川委員) 震度を推定する時に距離減衰式を使って計算されているので、基本的には平均的な値を推定しようという主旨だと思うが、防災上の観点からすると、小さめに予測することを避けるために、やや大きめに予測しておこうという考え方もあるのではないかと。今、説明された資料4の精度評価の5ページ目の表3を見ると、結果的には緊急地震速報で予測された震度の方が、どちらかという大きい方に少しシフトしているように見えるので、この辺りでもよろしいとも思うが、その辺りはどのように考えているのか教えていただきたい。

(事務局) 防災という観点からいくと安全サイドというのが本来の主旨と思うが、一方で、緊急地震速報というのは新しい情報なので、まず信頼性を上げることが大きなポイントと思っている。特に大外れというのが一番我々として辛いもので、防災上の観点から安全サイドに立つならば若干問題があるかもしれないが、我々としては、とりあえず平均的に、ずれたとしても大きくないという線をまず狙いたいというのが今の考え方である。

(翠川委員) 最大速度を計算して震度に変換する式を、私どもの式を使われているが、その後、データを追加して、この式は兵庫県南部地震のデータがほとんどよりどころで、その後、新潟県中越地震でも川口町で震度 7 の記録が採れたとかで追加して、リバイスしている。震度が若干大きくでる式というのは、去年の地域安全学会論文集で発表しているので、そちらの方に置き換えられた方が良くと思う。

(事務局) ソフトウェアの改修が間に合っていないもので、申し訳ございません。今後、新翠川の方の式に入れ替えたいと思う。

(鈴木委員) 誤報の中に雷の発生によるという例があったが、雷は雷で別途観測網があるわけで、そういう情報を含めていち早く修正するという発想はないのか。

(事務局) 今後、気象情報の活用も考えたいが、それ以外に B・Δ という、別の情報を使っても雷の場合にはかなり除去できることがわかっている。もちろん、気象データを使っても、例えば、雷が多数発生しているところでは、ひとつのデータでは出さないということも考えている。

(溝上委員) 松代の郡列アレイに周辺部を含めて、震源の深さはともかく、震源の位置を相当幅広く、場合によっては関東地域も、もし関東地域の NET に支障があれば、松代の高感度を用いてみると。あれは、波の伝搬方向は相当即時に行える。しかもかなり歴史的に、核爆発検知等も含めて気象庁もずいぶん経験を積まれてきている手法だと思うが、これはこれとして補助的に、将来松代の施設を上手く組み込んで改善するというような可能性は残っているのかどうか。

(事務局) 松代の数値をそのまま使うということは、そこが一番最初に来ていなければいけないので、当然難しいと思う。松代で培った様々な手法について、今の系統に更に精度改善ということは当然あるかと思うが、今のところそこまで想定していなかったので、また今後の改良にあたってはひとつの検討材料としたい。

(野田委員) このような特徴を生かして改善策が進んできているが、先程の資料 2 の関係で、続報を発表する場合があるが、どういう方法論なのか、方法論との対応関係で、どういふ場合に続報を発表するのか、何秒後くらいに続報が発表できるとお考えか。

(事務局) 一般向けのところというと、震度 3 以下と思っていたところが震度 5 弱以上になれば続報を発表する。要するに震度 4 以上のところまでは地域を言っているので、まだ何も言っていないところが震度 5 弱になった場合には出すとしている。2 年半程の試験運用のデータを見ても、そういう例は無い。先に説明した、伊豆半島東方沖の間違えた例というのがあるが、実際には無い。出たとしても、そんなにすぐにマグニチュードが大きくなるということはないのではないかと考えている。

(横田委員) マグニチュードが非常に大きな地震に対する今までの事例はあまり無いわけだろうが、最初にマグニチュードが小さめ出て、それが非常に大きな地震になるケースについての、その後の検討・見解についてあれば教えてほしい。

(事務局) 震源については割れはじめの開始点ということで、非常に早い時点で結果がわかるが、マグニチュードについては、断層の破壊過程でエネルギーを放出していくということで、大きな地震に関しては、本当に割れ終わるまで数分かかるような状況になると、即時に最適な値で計算するという事は、非常に技術的には難しい状況になっている。

おそらく破壊がどこまで進むかというのは初期段階でわからないと思うが、今の地震学の考え方では、ひとつのアスペリティが破壊をして、たぶんそのアスペリティが破

壊したということは最初の段階である程度つかめるが、それが隣のアスペリティまで波及するかどうかはわからない。ただ、気象庁の緊急地震速報は何度か計算して、マグニチュードが大きくなったら、その時点でまた次の情報を出すので、今のやり方でも、最初の段階では、最初に割れはじめたアスペリティの大きさくらいのマグニチュードをまず想定して、ピッタリかどうかはわからないが、イメージ的には、次のアスペリティがもし割れはじめたのであれば、その時点で計算されたマグニチュードの数字が上がるだろうから、その時点でもっと大きな地震であるという続報が出る、という形に理想的にやっただとしてもこれが限界なのだと思う。最初の段階で隣のアスペリティまで割れるかどうかは、想定・推定のしようがないと思っている。形としては、当初はこのくらいの地震と思って、実際に地震の現象がそれより上に行った場合は、その時点で次の情報が出るという形が限界なのだろうと思っている。

(横田委員) 技術的にはそうだと思うが、先程の翠川委員のお話で、防災ということを考えれば、少し大きめの値が出てもいいのではないかということ。同じような考え方で、マグニチュードがある程度以上大きくなっていく時には、警報の出し方と受け手の判断みたいなものでこれを利用していくということも必要かと思うのだが。

(事務局) 実はその辺、是非ご意見をいただきたいと思っている。この後の議題の5、今後の高度化の取り組みのところで、非常に巨大な地震で破壊がどこまで進むかわからないような場合について、実はまだ我々は全く方法を持っていないのだが、アイディア的なものを紹介するので、そこでまたご意見いただきたい。

(西谷委員) 本格的な運用を始めるにあたって、気象庁が正確さということにとってもこだわりを持つのは良くわかるが、国民に・社会に、本格運用を始めるにあたって、こういう速報にはある程度の誤差はつきものであるということ割合強調した方がいいと思う。例えば本格運用を始めて、そういう誤差がつきものということを全く言わずにいて、いきなり少し違ったような情報が出たりすると、すごく社会は落胆してしまうということもあるので、気象庁の正確さへのこだわりというのは良く私も承知しているが、多少誤差があるのだということ十分知らせた方が、今後より良い活用がしやすくなるのではないかと、ご検討いただきたいと思う。

(事務局) ありがとうございます。正しくその通りであると思う。私がいろいろなところで、この緊急地震速報の紹介をする時には常にそのことを、まず間に合わない、誤差もあるということ強調しているつもりなのだが、なかなか浸透しないというのが現状かと思う。

とはいえ、先に述べた伊豆半島東方沖の事例の震度7というかけ離れたものが出ると、やはり誤差があるといっている、これは衝撃的なもので、少なくともそういうものは無くしたいと一方では思っている。ただ、そこを強調するのは非常に重要であると思っているので、今後もそういう形でやっていきたいと思っている。

ありがとうございました。

(翠川委員) 活用の話が出たので関連して。結局、最終的な国民に対しての output は、「あと何秒で震度いくつ」という話になるが、そうすると震度5弱というのは何物なのかというのが、本当に国民の皆さんがわかっているのか。

例えば、震度解説表で震度5弱では、「耐震性の低い住宅では壁や柱が破損するものがある」と木造建物については書いてあるが、最近の被害地震を調べると、ほとんど被害はない。これは、「例外的にこういうことも起こります」ということを、例外を

書いているだけである。そうすると、これでは被害があると思ってしまうが、実際には震度5弱では今の建物は耐震性が高いので、被害は起こらない。いわゆる罹災証明の一部損も起こっていない。だから、もし十分な活用ということを考えるのであれば、この際、気象庁の震度階級解説表をきちんと書き直すことをやらないと、本当に皆さんに利用していただけないのではと私は思う。

既に計測震度のデータもたくさんあるし、それに関連する被害データもたくさんあるので、それをきちんとまとめれば、きめの細かい震度階級解説表ができるはずだと思うので、この際は是非ご検討いただけたらと思う。

(事務局) 今、正に、計測震度のデータを多数集めている他に、被害のデータも収集している最中である。市町村の協力を得ながら今進めている。時期については確定していないが、その作業が必要だということを認識して、今やっている。また、先生にも教えていただければと思う。

(阿部委員長) 震度については計測震度が導入されたことによって、震度の方が先に定義されてしまったことで、解説表の方が遅れている。作った時点ではまだ完全ではないと気象庁も言っていた訳で、いずれ見直す当初から言っていた。

◆資料5-1「今後の緊急地震速報処理の改善について」について事務局(大竹調査官)から説明

● 1. 防災科研システムと気象庁システムとのより高度な統合

【現状】

- ・ 気象庁観測網を用いた震源推定処理と、防災科研の Hi-net を用いた震源推定処理はそれぞれ独立した観測点データから行われており、両者の震源推定処理の特徴を踏まえ、どちらの処理結果を情報に採用するか決めている。

【今後の改善方策】

- ・ 両観測網の検測値を相互に利用できるようにし、防災科研の Hi-net データを気象庁のトリトリ法に活用することや、防災科研の着未着法に気象庁データを活用できるようにする。

【期待される効果】

- ・ 防災科研及び気象庁の観測網の両方を用いることで、観測点密度が上がることとなる。これにより、複数観測点での検知時刻が早くなることや、また、南西諸島などで着未着法を用いることなども可能となる。

● 2. 振幅観測手法の改善による M 決定精度の向上

【現状】

- ・ 現在の多機能型地震計では、変位振幅は $100\mu\text{m}$ 単位で観測している。
- ・ 島嶼部の地震や最大震度 4 程度の地震では、少数の観測点でしか $100\mu\text{m}$ を超えないことがあり、M の推定精度が悪くなる場合がある。
- ・ 現在の発信基準 (M3.5 以上もしくは予測震度 3 以上) 程度の小さな地震では、地震検知後の早い時間帯で $100\mu\text{m}$ に成長する事例は少ない。
- ・ 気象庁観測点では速度波形の振幅データは利用していない

【改善の計画】

- ・ 変位振幅の計算開始閾値を下げるができるように、変位振幅の伝送の分解能を上げる。
- ・ 誤報の原因となっている加速度波形異常をチェックするために、速度マグニチュードを求められるように速度波形の振幅も伝送する。

【改善状況】

- ・ 試験的にいくつかの観測点で伝送分解能を向上させたところ、以下の事例のようにマグニチュード計算に使用される観測点が増加し、結果として妥当な値に改善されるようになった。近日中にマグニチュード計算処理の改修を実施する予定である。

【今後の検討課題】

- ・ 得られた速度振幅から、速度マグニチュードを求めて規模の小さな地震の結果として活用できるようにする。
- ・ 防災科研で研究されている「震度マグニチュード」の評価。

【期待される効果】

- ・ 現在よりも早い段階から、気象庁観測点のマグニチュード出力が可能となる。
 - ・ 現状よりも精度よく震度推定が行える可能性がある
 - ・ 現状よりも早い段階で安定したマグニチュードを求めることができる可能性がある
 - ・ 気象庁観測点については、速度マグニチュードと変位マグニチュードの比較を行うことで、ノイズの判定が可能となり、誤報を減少させる可能性がある。
- 3. 震度の推定精度に関する課題への対策
- 3-1. 震源域の即時的な把握ができないことによる誤差の問題

【現状の課題】

- ・ 現在行っている震度推定手法では、マグニチュードから想定される震源断層長を震源距離から差し引くこととしているため、東南海・南海地震のような大きな震源域を持つ地震に対する正確な震度の推定は不可能

【今後の改善案】

- ・ 例えば、震源域が想定されている領域で発生した一定規模以上の地震については、想定地震とみなし、あらかじめ用意しておいた震度予測を元に発表するなど。

3-2. 深い地震の場合の震度予測に対する改善

【現状の課題】

- ・ 司・翠川（1999）の距離減衰式は深さに対しては正に働くため、特に沖合いで発生した地震の場合、M が同じでも深い地震の方が大きな震度予測となる。
- ・ 震度予測結果は地盤増幅度によって若干の違いはあるものの、同心円状に等震度分布が描画されることが多いため、深発地震などで見られる異常震域には十分対応できない。

【今後の改善案】

- ・ 異常震域については、細かい分解能で表現することは困難と考えられるが、当面少なくとも最大震度については大きく外さないような方向で震度予測式の改善を図る。
- ・ 震度予測式については、防災科研などで東北地方などを対象とした深い地震の異常震域を表現する震度予測式なども提案されているので、それらを踏まえ改善を検討する。また、気象庁でこれまで蓄積してきた震度データから定性的な予測可能性等についても検討する。

【期待される効果】

- ・ 現行の震度予測式の補正を行うことで、深い地震でも最大震度を大きく誤ることなく算出できる。
- ・ 異常震域についても一定の精度で地域ごとの震度予測ができるようになる可能性がある。

◆資料5-2「緊急地震速報高度化の今後の取り組み」について 堀内委員から説明

- 緊急地震速報を実用化させることを目標とし、1) リアルタイムで収録されている地震波形データを瞬時に解析、2) 結果を多数のユーザーに配信、3) 地震情報を有効活用するためのシステム開発、を行う。

◇地震波波形処理と提供の研究（防災科研・気象庁(H15～H20/3)）

- 地震波波形処理と提供の研究
- 地震情報収集・提供システムの開発
- 地震情報解析システム及び地震動作確認システムの開発研究
- 受信側の基礎データシステム開発

◇利活用に関する実験・調査（リアルタイム地震情報利用協議会・気象協会・気象庁・防災科研（H15～H20/3)）

- リアルタイム地震情報の利活用の実証的調査・研究（特定非営利活動法人（NPO）リアルタイム地震情報利用協議会に委託）

地震情報の実用化に向け14分野について、実証実験を通じて改善点を抽出する

- 1. 着未着法による震源決定
ノイズや、別の地震のデータが混入すると、殆どの場合、両式を満足する解が存在しない。解が存在しない場合、間違ったデータが混入したと判断し、それを除去するアルゴリズムを加えた。これにより、99%の地震がほぼ正確に処理できるようになった。
- 2. 震度マグニチュードの導入
- 3. 緊急地震速報を制御に使う場合の課題

K-net 観測点の震度別積算回数 (%)。震度 6.0,5.5,5.0,4.5,4.0 以上が観測された回数は、それぞれ、3,27,131,400,952 回である。震度が 6.0,5.5,5.0 から 1 小さい揺れの、発生頻度は、1/44, 1/15, 1/7 になっている。

緊急地震速報を制御に用いる場合の適切な制御の割合
仮定

1. 震度がある敷居値以上になると 95%の確率で制御できる。
2. 震度の推定誤差は正規分布に従う。

P波センサーを用いる場合の適切な制御の割合。

- 1) 200gal を越える地震について制御を行うと仮定
- 2) 200gal を越えた観測回数は、425 回。
- 3) その 5%のP波部分の振幅は 17.9gal 以下。
- 4) 17.9gal 以上が観測された場合に制御を開始するように設定。
- 5) 17.9gal 以上の観測回数は、14994 回。
- 6) P波部分が 17.9gal を越えた回数は 3870 回。
- 7) P波センサーを用いる場合、制御レベルを超える地震は、35.3 回に一回。緊急地震速報等の情報で、P波とS波を区別できる場合には、9.1 回に一回。

一般に、大きい地震は、成長するのに時間がかかる。宮城県沖地震の場合、断層運動は約 20 秒間継続したが、震度マグニチュードは約 4 秒間でほぼ一定となっている。この結果は、4 秒間で正確な震度の予測が行えることを示している。別の多くの地震の結果も同様であり、断層運動の初期段階、即ち、断層が拡大している最中に、最終的な震度の予測が可能である。震度マグニチュードが断層運動の初期段階で推定可能な理由を示す模式図。1) 短周期振幅は主にアスペリティ領域で生成される、2) アスペリティの面積は断層面積の 22%、であ

ることが知られているが、短周期地震動は位相が一致しなく、和はルートで大きくなるため、2 番目以降のアスペリティ領域が破壊しても、短周期振幅はあまり大きくならない。このため、震度マグニチュードは、最初のアスペリティが破壊した時点で、ほぼ決定される。

- 課題

緊急地震速報は、数百万～数千万人に地震情報を流す国家的プロジェクトであると思われるが、東海地震、東南海、南海地震が発生した場合、大部分の Hi-net 観測網データは振り切れてしまい、有効な情報が配信できない可能性が強い。KiK-net のリアルタイム化が必要である。また、これらの地震による、津波、地震動による被害軽減には以下の研究を積極的に行う必要がある。

- 1) 震源域の面的広がりを 1 – 2 分程度で推定するための技術開発。
- 2) 揺れの強さをより正確に推定するための技術開発。

- 緊急地震速報高精度化のための開発、整備、訓練について

- 1) KiK-net リアルタイム化と震度マグニチュードの配信、それを利用した震度推定
- 2) 観測点情報配信と、近傍の観測点の振幅情報を用いた地震動予測
- 3) 震源の面的広がりの即時推定とそれを考慮した震度推定手法の開発
- 4) 3次元減衰構造の補正(誤差 0.47→0.38)
- 5) 発震機構の補正
- 6) 長周期地震動のリアルタイム推定
- 7) 地下構造データベースの整備
- 8) 東海地震発生等の情報の配信と訓練の開始

- Hi-net の観測点は、震度 4 程度で振り切れてしまうという問題
- KiK-net のデータは、振り切れないので、それをリアルタイム化して対応しようと考えている
- 着未着法の原理とその利点の説明
- 震度マグニチュードの定義、利点
- 精度向上と迅速な推定（破壊が完了する前に最終的な震度の推定）が可能になるメリット
- 緊急地震速報を制御に使う場合の課題
- 小さい震度の発生確率は、大きい震度に比べてはるかに大きい
- 誤差が大きいと適切な制御の割合が極めて小さくなる
- P波とS波を区別できるようになれば、適切な制御の割合は高くなると思われる

(阿部委員長) 震度マグニチュードというのは魅力的である、気象庁でも検討の程、お願いします。

(翠川委員) 資料 5-1 で、深い地震の場合の改善、私どもの距離減衰式の基になっているデータは、震源距離が 200km 以内より近いもので、マグニチュードが 8.2 以下で、震源の深さが 120km より浅いものである。それを大幅にはみ出すようなところは、完全に外挿ということなので、はっきり言うと使わないでほしい。この問題は地震動予測地図を書く時にも問題となり、例えばマグニチュード 8.6 の巨大地震を想定した時にどうすれば良いのかという、8.6 を入れるとかなり大きくなってしまふ。そこでは、データが 8.2 までしかないので、8.2 を超える地震については外挿となるので、8.6 で

なく 8.2 にしてしまう。地震動は、それでサチュレイトするという方が自然ではないかという考え方で計算されている。

もし深い地震、400km とかいうのではとんでもないことが起こると思う。深い地震については、150km よりも深いものはそれよりも同じにってしまうとか、何か工夫をされた方がよろしいのではないかと思う。

(濱田部長) 研究する立場からは、いろいろとやりたいということは当然、本人達の希望だろうが、あくまでも、緊急地震速報は防災のためなので、我々もその辺はほどほどにして、深発地震で被害が出るということは極めてまれな訳で、その辺はほどほどに抑えたいと、最終的には考えている。

(野田委員) 海溝型の巨大地震で、非常にマグニチュードが大きい場合の緊急地震速報に関心がある。例えば、南海・東南海地震等で、今の場合は点震源の円状のモデルで推定しているが、一番良いのは、海底地震計をたくさんつけてもらうのがいい。更に、今の地震計の情報から破壊の方向を推定し、推定式の中に入れて、円状の推定式ではなく、例えば楕円状の断層の破壊過程を考慮した震度推定式を考えて推定してはどうか。アスペリティまで推定するのは時間的に非常に難しいと思うので、そういう工夫があっても良い。

遠くで起こった地震でも、すなわち加速度が小さくても、長周期構造物には非常に揺れやすい構造物もある。加速度が小さくても振幅が大きく、ダンピングが小さい場合には非常に長い間揺れる。例えばタンク等がそうなので、特定の場合には震度以外の例えばどういう周期で揺れやすいのかという、卓越周期を周期の推定式を用いて発表しても良いと思う。

(事務局) 検討したい。

(堀内委員) 震源域が非常に広い場合、ラブチャー(破壊)の方向等が非常に複雑で、直ぐには求められないと思う。ただ、ユーザーが一致している、資料 5-2 の最後の 2 番目に書いてある、「観測点情報配信と、近傍の観測点の振幅情報を用いた地震動予測」と書いてある。ユーザーが一致する近傍の観測点でどんなユーザーかというのを使えば、そういったことはかなりキャンセルされて、非常に良い。だから、震源だけでなく観測点情報を使うとかなり活用が改善されると思う。

(翠川委員) マグニチュードが大きい地震というのを、予め正確に予想する、例えば紀伊半島沖で大きな震源をキャッチした時に、これが南海地震なのか、東南海地震なのか、東南海・南海地震なのかというのは誰もわからない。そうすると、実際に破壊が広がっていったのをある程度見極めないとわからないということなので、こういう大きい地震はやはり続報が出るのだと。要するに第 1 報だけではなく、続報が出て徐々に更新されるということを、予め、「これは少し違うものです、情報は今後更新されます」というようなことをやりながら、その情報を更新せざるを得ないのではないか。予めここが起こったら全て南海・東南海地震が起こったという情報を出す方が良いのか、最初はこの辺が起こって、破壊がある程度来て、いろいろな情報が入って情報を更新するというので、より正確な情報を出す方が良いのかということになると、私は後者の方が、混乱が少ないのではないかと思う。大変難しい問題だと思う。

(阿部委員長) 東南海・南海地震は、国家的にも重要である。大きな地震が起きた時に、それが東南海地震だけで止まっているのか、南海地震も同時多発したのかによって、津波予測も違うし、震度予測も違う。東南海だけが単独なのか、両者が一緒に起きたのかと

ということも、翠川委員のお話のように続報で確かめて、先の気象庁のお話で、大きな地震が起きたら、予め計算したパターンで行くというのは少し乱暴なのではないかという印象を持ったが、どうか。

(事務局) 津波は現在、紀伊半島沖で起きた場合には、東に破壊が進むか、西に破壊が進むかわからないので、今は両方が起きたという仮定で津波予報は出している。その部分については、最終的に震度分布等から東南海だけが起きたとわかればその点で、西側の方は少しグレードを下げるということは当然あるだろう。最初はそのような形で出している。

緊急地震速報も同じスキームで考えられないかというのが、先程のご提案であった。先程の先生方のお話の通り、本当は破壊のところまでリアルタイムでモニターして、どちら側に破壊が進行したのとできれば良いのだが、現状ではそこまで、これは全て自動処理で行う必要があるので、簡単にはいかない。今すぐできる方法としては、少し乱暴だが、安全側を見込んで出すというのがひとつのやり方と思っていた。ここは我々として意志決定している話ではないので、いろいろ今後ご相談して、いろいろ方法を考えていきたいと思っている。

(野田委員) 今の翠川委員の指摘でいえば、先程のルールでいえば、続報が出る可能性はかなり高いのではないか。

(翠川委員) 続報が出るということ、1報を出した時に明確にする必要があると思う。

(事務局 (関田)) 津波予報の場合では、最初に予報を出してから、切り替えるまでに10分程度、或いは1時間とかあるかもしれないが、それは津波の伝搬を考えれば十分に時間があると思うが、緊急地震速報では秒単位で情報を出さなければならない。その辺が、果たして自動処理で皆さんが認識できるような形で情報を出すということが可能かどうかということが、若干難しいかと今の時点では思っている。我々の処理もあるし、それを伝えるということも含めて、トータルで今後考えていく必要があるかと思う。

(事務局 (斎藤)) 今までやっていたように、情報を何回も出していくようなタイプでは、続報は織り込み済みであるので、受け手側で処理してもらおう。そこに、点震源データの球状の震源モデルであるので、どこまで広がっていったかということ、技術改良で取り込んでいくということではできれば進むべき道だと思う。今後検討する。本当に一般の人に伝える時に「続報があります」とまで言い切れるかという問題と、断層の広がりよりもS波の伝達の方が早い訳だから広がっていくまでに当然かなりの時間がかかると思うし、震源から遠いところだから強くないかもしれないが、かなり揺れている可能性もある。それをどういうふうに情報に組み込んでいくか活用と絡んで検討しなければいけないと考えている。

(事務局 (濱田)) 気象庁としては、緊急地震速報があつて、その後半自動的に情報、或いは完全にマニュアルで出す情報という、一連の情報を防災情報として出している。それぞれの役割がある訳で、その役割を今後の技術開発によってどういうふうに変えていくかという問題になろうかと思う。全て緊急地震速報に全ての役割を背負わせるということは、技術的にも不可能であるし、一連の中でそれぞれの情報をユーザーがどのように活用していくのかと。極端な言い方だが、長周期地震動でも事前に知らされていても、別にタンクが揺れるのを止めることはできないし、高層ビルが揺れるのを止めることはできないわけだから、ユーザーがどう活用できるかということも含めて

検討しながら改善を進めて行くべきものであって、緊急地震速報だけでクローズして検討すべきものでもないだろうと、私は思う。

(阿部委員長) それでは今日のご審議はここまでにしたいと思います。事務局では、本日いただきましたご意見を整理して、今後の活用のために、いかしていただきたいと思います。

明日はサンケイ・ホールで緊急地震速報の講演会といろいろな緊急地震速報のグッズの展示会があると聞いています。

議事進行を事務局へ返します。

◆事務局より閉会の挨拶

阿部委員長を始め、委員皆様方には本日は貴重なご意見を賜りまして誠にありがとうございました。

本日いただきましたご意見を踏まえまして、必要に応じて関係機関と相談しつつ、緊急地震速報の今後の高度化に反映させるようにしたいと存じます。

また、今後も運用の状況を踏まえて、本検討会を開催し、先生方のご意見を伺いたいと考えています。時期は未だわかりませんが、改めて事務局の方からご連絡させていただきたいと思っておりますのでよろしくお願いいたします。

それでは、これもちまして本日の会議を終了させていただきます。

本日はどうもありがとうございました。