

地震動予測地図の工学利用について —工学利用検討委員会の提言へ向けて—

防災科学技術研究所 地震動予測地図工学利用検討委員会
委員長・亀田弘行（地震防災フロンティア研究センター）

1. 地震動予測地図工学利用委員会の目的

独立行政法人防災科学技術研究所では、地震調査研究推進本部地震調査委員会が進めている地震動予測地図の作成に資するため、特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」を平成13年度より行っている。これと並行して、地震動予測地図を有効に活用するための討議の一環として、所内に地震動予測地図工学利用検討委員会（以下、工学利用委員会と略称）を平成14年6月に設置した。同委員会の目的は、地震動予測地図を工学目的に活用できる分野とその方法を具体的に検討することである。防災科学技術研究所内に設置された委員会であるが、その結果は、政策委員会の「成果を社会に活かす部会」（部会長：廣井 脩）に提言され、同部会の検討事項として討議される。

2. 地震動予測地図の工学利用討議の意義

「地震動予測地図の作成」においては、（1）地震発生の不確定性を反映した地震動分布（確率論的地震動予測地図）、および（2）特定の震源メカニズムを想定した場合の地震動分布（シナリオ地震による地震動予測地図）の2種類の表現形式を取ることとして作業が進められている。両者とも、従来工学分野で多数の試みがなされ、ノウハウが蓄積されてきているが、工学目的の開発では、それぞれ目的別に手法が検討され、応用されることが多い。それは工学という実用的な目的行為においては当然のことであるが、個別に開発された手法が持つ普遍性は必ずしも明確ではない。

こうした状況のもとで、地震調査研究の一環として進む地震動予測地図は、地震学の最新成果に基づく知見を共通基盤として生かそうとする、理学分野からの働きかけの意味を持つもので、これが工学的活動とどう結びつくかを議論することは、地震ハザード評価の分野に新たな展開をもたらす可能性がある。工学分野からも、この議論を真剣に受け止めることが重要と考えるものである。

このような観点から、工学利用委員会は、地震動予測地図が工学的に持ちうる意義と活用可能性を検討し、そこから導かれる提言をとりまとめることを目標に活動を行ってきた。ただ、提言は、既製品として提供される地震動予測地図をそのままどう使うかということではなく、工学的活用というエンドユーザーの需要を満たすために、地震動予測地図の作成法やそこから提供されるべき情報の内容に対する提言と、それらが達成されればこういう活用が可能というユーザーへの提言からなる。

昨年の地震動予測地図ワークショップにおいては、工学利用委員会における検討の途中

経過を報告した。その後1年間の活動から、提言の内容を整理し、現在報告書を作成中である。

以下本文では、工学利用委員会の最終結果に至る内容の骨子を解説する。

3. 工学利用に関する討議の要点

地震動予測地図の工学利用の検討開始に当たり、討議の要点を以下のように整理した。

- a. 工学利用に必要な地震動情報の多様性
- b. 地震動と地震力の相違
- c. 確率論と確定論の確執の克服
- d. 多様な工学的実践をサポートするものであること

それぞれが意味するところについては参考文献をご覧頂きたい。こうした観点を浮き彫りにできるような討議を計画し、検討を重ねてきた。

4. 工学利用委員会の活動経過

4.1 委員会討議の概要

工学利用委員会が発足した平成14年6月から平成15年11月までは、地震動予測地図が持つ意義と地震動予測地図作成への要請事項を明確にすることを目的として、工学利用の可能性を持つ事例の掘り起こし、工学的ニーズの明確化、地震動予測地図作成手法への要請、不確定性評価のため確率論を用いることの意義、結果の発信法、いかにすればユーザー指向の内容とできるか、などの観点から討議を行った。その後はまとめに入り、委員会としての提言をまとめるべく、現在報告書の作成作業中である。

工学利用委員会の討議でこれまで取り上げた課題を整理すると以下のようなものである。

これまで検討した課題

- a. 地震動予測地図作製に関する課題
 - ・地震調査研究推進本部の概要及び活動状況（推本・前田補佐）
 - ・地震動予測地図作成プロジェクトの概要（藤原委員）
 - ・活断層での地震発生確率の評価法（東大・島崎教授）
 - ・距離減衰式（藤原委員）
 - ・地震動予測地図の公開システム（藤原委員）
- b. 地震動予測地図の工学利用に関する課題
 - ・建築サイドの利用の立場から（福和委員）
 - ・震災ポテンシャル評価のための曝露人口指標（能島委員）
 - ・地震リスク評価への展開（石川委員）
 - ・ライフライン災害リスクマネジメントから見た地震動予測（当麻委員）
 - ・原子力施設の確率論的安全性評価手法—地震 PSA（蛭沢委員）
 - ・学校の耐震化推進における地震動予測地図の役割（東大・久保教授）

- ・シナリオ型地震動予測の工学的応用事例（阪神高速道路公団・長沼課長）
- c. 学会の活動・国際的視点
 - ・日本建築学会における地震荷重検討（高田委員）
 - ・土木学会における設計地震動・地震荷重評価の動向（当麻委員）
 - ・米国における地震動予測地図プロジェクト（翠川委員）
 - ・ISO 関連での設計地震動の考え方（井合委員）

4.2 外部からの意見を吸収するための活動

4.2.1 地震動予測地図工学利用ワークショップ（平成15年10月29日：防災科学技術研究所研究交流棟にて／参加者157名）

工学利用委員会では、できる限り多くの人々に委員会活動の内容を報告し、意見を得る討議の場を持つことが重要と考え、以下のような4部構成からなる公開ワークショップを実施した（プログラムは付録2参照）。

- i) 地震動予測地図の作製手法について
- ii) 地震動予測地図の工学利用について
- iii) 特別講演（東京大学名誉教授・柴田 碧博士）
- iv) まとめ

このうち、i)、ii)では、それぞれの課題推進のリーダーの位置にある研究者と工学利用委員会のメンバーのそれぞれからの話題提供と、お願いした討議者からの発言をきっかけとして、フロアからの活発な意見を得て、有意義な意見交換が行われた。

iii)の特別講演では、柴田 碧先生の長年にわたる地震工学のご経歴で培われた地震動・地震荷重に関わる見解を、本ワークショップのテーマに縛られない自由な視点から披瀝して頂いた。

最後に iv) のまとめでは、i)、ii) で討議された内容をできる限り網羅的に抽出し、それを体系的に理解することを試みた。こうして集約されるワークショップでの記録をもとに、発言者全員へのフィードバックを行ったうえで討議録を作成した。その内容を出来る限り委員会報告に反映すべく作業中である。

ワークショップにおいて提出された多岐にわたる論点は、それぞれについて具体的な理学的知見の現実、工学的実践、それらに基づく社会的対応の認識に立脚するものであり、きわめて包括的かつ現実的であった。以下のリストに、討議された課題の範囲を示す。それは、地震動予測地図の工学利用という専門性の高い領域に関する討議にあってもその内容はこれほどの広がりを持つことを確認させるものである。

- a. 地震動予測地図の工学利用に係わる発信の相手
 - ・詳細な解析担当者（高度システム—建物・ライフライン・プラント etc.）
 - ・一般エンジニア（設計・診断）
 - ・防災担当者（主として行政）

- ・非専門家（政策決定者・地域リーダー・市民）
- b. 地震動予測地図工学利用の領域
 - ・個別対象（設計・検証）
 - ・群としての評価（防災目標の設定・保険）
- c. 地震動予測地図の工学利用における評価基準
 - ・絶対評価（確定論的＞確率論的）
 - ・相対評価（確率論的＞確定論的）
- d. 地震動予測地図工学利用のための発信内容
 - ・詳細情報（設定条件、基本データ、プロセス、不確定性情報、多様な地震動パラメータ）
 - ・簡潔な情報（たとえば、基盤における速度の分布地図）
 - ・定性的表現（ランクづけ etc）

討議の詳細については、追って刊行される工学利用委員会報告書によらねたい。

地震動予測値図は、国が行うプロジェクトとしての影響力を持つ。地震調査研究推進本部が進める科学技術としての地震調査研究の成果を広く発信するのがプロジェクトの趣旨であるが、それはこの分野の専門家だけでなく、広く国民全体に対する情報開示を趣旨としている。

理学にせよ工学にせよ、専門家が自己の領域のみにしか関心を持たず、専門性が持つ社会的意味を認識しないまま事業を進めると、巨費を投じたプロジェクトも徒労に終わりがねないことが多々ある。地震動予測地図もこのようなプロジェクトのひとつと考えられる。この観点において、専門性と社会性の両立を積極的に模索し、その具体的な解決点を求める熱意に満ちたワークショップ討議であった。

4.2.2 地震動予測値図の社会的影響に関する意見交換会

当委員会は地震動予測地図の工学利用という専門性の高い課題を検討することを役割としているのであるが、上記ワークショップでの討議からも明らかなように、工学利用もその幅は広く、地震工学的に詳細な検討を行う専門的立場から防災行政に関わる担当技術者まで多くの立場がある。これらの立場によって一般社会との関わり方の広さ、深さが異なる。このような視点に立てば、工学利用委員会においても、社会への発信法という視点をないがしろにすべきでないことが明らかである。例えば数%という地震発生確率が安心情報として社会に伝わってしまうなどの問題は、当委員会においても、社会に向かう責任として明確な視点を持つべき課題である。

この点に関し、地震工学の専門家として国・自治体の防災行政に関わる幅広い活動を展開される立命館大学・土岐憲三教授が明確な意見を多くの機会に率直に表明されていること、それは地震動予測地図の意義に大に関わるものであることを、かねてから認識していた。そこで、この問題に関する当委員会の視点形成に資するため、土岐教授との直接討

議を企画し、幸い先生のご賛同を得て、平成16年3月12日に、2時間余にわたり意見交換の機会を持った。

討議の焦点は、せっかくの調査研究の成果が、発信の方法が不適切なために、本来の目的である地震防災力向上への貢献とは逆の方向に安全情報として国民から受け止められる不合理さを防ぐことにあった。討議は具体的課題を俎上に乗せて進行し、その結果、i) 内陸の活断層における地震発生の長期予測評価の確率は地震動予測地図における超過確率に直接影響するから、地震動予測地図においても、一般国民向けの資料において、安心情報と受け取られる結果とならぬよう、その表現には細心の注意を払うことが必要である、ii) 発生頻度が高く広域的影響を持つ海溝型地震と低頻度で影響範囲が限られている内陸型（活断層）地震の影響を単純に重ね合わせて後者の影響を消去してしまうことのないよう工夫が必要である、という2点において、土岐教授と工学利用委員会との合意が確認された。

この結果は、今後の工学利用委員会での検討だけでなく、成果を社会に活かす部会への提起などの活動に反映していく方針である。

5. 提言の骨子

以上に述べてきた活動をふまえて、委員会の提言をとりまとめ中であり、その骨子は以下のような枠組みとなる見込みである。

- a. 地震ハザード評価の共通情報基盤としての意義—地震および基盤地震動について理学的に最高のものを。
- b. 表示項目の多様性—工学サイドで多様な技術的活動ができる（活用の自由度ある）インターフェースを。
- c. 結果のみでなく、プロセスの開示—不確定性評価のプロセスがわかるように／条件設定に関する吟味が可能なように。
- d. 公表システムの作成—ユーザーインターフェース形成への協力
- e. 適切な更新の重要性—学術・技術の進歩を反映できるように。

この枠組みに従って、これまでの委員会討議と外部からの意見吸収により明確になった事項を提言の具体的項目として体系的に示すべく、作業中である。

提言の相手としては、地震動予測地図作製者への提言、社会との係わりに関して成果を社会に活かす部会への提言、そしてこれらをふまえて地震動予測地図の工学的利用者への提言からなる。

地震動予測地図プロジェクトが平成16年度で終了するのであるから、当委員会の提言があまり遅いと意味をなさないが、これについては、成果を社会に活かす部会への報告、外部専門家との討議、当地震動予測地図ワークショップでの討議、などの活動を行う一方、こうした活動の中から間違いないと判断される内容については地震動予測地図の作成過程に直接反映する（作成担当者が委員会に参加しているので可能）、という方針をとっている。

6. 報告書の構成

工学利用委員会報告書は以下のような構成となる見込みである。

- ・地震動予測地図工学利用検討委員会報告書（基本構成）
 1. 総説
 2. 地震動予測地図作成の意義
 3. 地震ハザード評価の現状と問題点
 4. 地震動予測地図における工学的ニーズと利用例
 5. 地震動予測地図の工学利用の今後
 6. 提言
- 付録

現在は付録3に詳細を示した ver.2.0 の枠組みに従って執筆が進められている。

報告書では、地震動予測地図の工学利用に係わる諸課題につき、その現状・具体的ニーズ・今後の展望を体系的に整理したうえで、提言をとりまとめる。

7. むすび

以上、防災科学技術研究所地震動予測地図工学利用検討委員会の活動経過と今後の方針を述べた。作業はまとめの段階に入ったが、地震動予測地図作成のプロジェクトと同時進行で進んだ当委員会は、時間との競争という側面を強く持っている。この認識のもとに、今後の活動を鋭意進める方針である。

参考文献

- ・亀田弘行：地震動予測地図の活用—工学利用について、平成 14 年度・地震動予測地図ワークショップ予稿集、平成 15 年 3 月 26 日、pp.85-88.

(付録1) 地震動予測地図工学利用委員会の活動経過 (平成 15 年度末まで)

●平成 14 年度：

- (1) 準備会 (5 月 27 日)
- (2) 成果を社会に活かす部会への報告 (6 月 27 日)
- (3) 第 1 回委員会 (8 月 6 日)
 - ・委員会の活動方針・予定策定
- (4) 第 2 回委員会 (10 月 4 日)
 - ・地震調査研究推進本部の概要及び活動状況 (前田補佐)
 - ・地震動予測地図の概要について (藤原委員)
 - ・地震動予測地図の周辺～建築サイドの利用の立場から～ (福和委員)
- (5) 第 3 回委員会 (11 月 14 日)
 - ・地震動予測地図の利用法, 震災ポテンシャル評価のための曝露人口指標の提案, ライフライン機能障害のリスク評価に関する事例 (能島委員)
 - ・確率論的地震ハザード評価の利用について —主として地震リスク評価への展開— (石川委員)

- ・ 米国における地震動予測地図プロジェクト（翠川委員）
- (6) 第4回委員会（12月19日）
 - ・ ISO関連での設計地震動の考え方（井合委員）
 - ・ ライフライン災害リスクマネジメントから見た地震動予測の課題（当麻委員）
- (7) 第5回委員会（1月22日）
 - ・ 日本建築学会の新しい地震荷重について（高田委員）
 - ・ 台湾集集地震記録に基づく地震動のマクロ空間相関特性（高田委員）
 - ・ 地震を対象とした原子力施設の確率論的安全性評価手法と評価例（蛭沢委員）
- (8) 第6回委員会（2月24日）
 - ・ 地震動予測地図WSへ向けての討議、来年度計画
- (9) 平成14年度 地震動予測地図ワークショップ（平成15年3月26日／文部科学省・防災科学技術研究所）
 - ・ 地震動予測地図工学利用委員会活動報告

●平成15年度

- (1) 第7回委員会（5月12日）
 - ・ 昨年度の議論の整理
 - ・ 学校の耐震化推進における地震動予測地図の役割（名古屋工業大学・久保教授）
 - ・ 今年度の概略スケジュール
- (2) 第8回委員会（6月26日）—確率論的地震動予測地図の意義と問題点の討議
 - ・ 活断層での地震発生確率の評価法（長期評価部会長・島崎教授）
 - ・ 距離減衰式（藤原委員）
 - ・ 地震動予測地図ワークショップの計画概要
- (3) 成果を社会に活かす部会への報告（8月19日）
- (4) 第9回委員会（9月29日）
 - ・ 地震動予測地図ワークショップの詳細計画
 - ・ 地震動予測地図の公開システム（藤原委員）
 - ・ 報告書の構成案
- (5) 地震動予測地図工学利用ワークショップ（10月29日）
- (6) 第10回委員会（11月25日）
 - ・ 土木学会における設計地震動・地震荷重の動向
- (7) 第11回委員会（12月17日）
 - ・ 提言・最終報告にむけてのまとめ（第14回まで同様）
- (8) 第12回委員会（1月20日）
- (9) 第13回委員会（2月17日）
- (10) 第14回委員会（3月12日）
- (11) 土岐憲三教授との意見交換会（3月12日）
- (12) 平成15年度 地震動予測地図ワークショップ（3月26日）
 - ・ 地震動予測地図工学利用委員会の成果報告

（付録2）地震動予測地図工学利用ワークショップ<プログラム>

- 主催 : 防災科学技術研究所
 日時 : 平成15年10月29日(水) 10:00~17:30
 場所 : 防災科学技術研究所 研究交流棟和達記念ホール
- 10:00~10:10 挨拶(早山徹:防災科研理事)
 10:10~10:30 趣旨説明(亀田弘行:防災科研地震防災フロンティア研究センター)
 10:30~12:30 地震動予測地図の作成手法について(コーディネーター 藤原広行:防災科研)
- 話題提供1:島崎邦彦:東京大学
 話題提供2:石川 裕:清水建設
 討論者 : 川瀬 博:九州大学
 隈元 崇:岡山大学
- 13:30~15:30 地震動予測地図の工学利用について(コーディネーター 当麻純一:電力中央研)
- 話題提供1:翠川三郎:東京工業大学
 話題提供2:能島暢呂:岐阜大学
 討論者 : 永島伊知郎:損害保険料率算出機構

- 片山幾夫：東電設計株式会社顧問
15:40～16:30 特別講演 柴田碧：東京大学名誉教授
「地震動予測：1960年代のプラント耐震設計から現在へ；
振動実験、非線形解析における地震動予測地図の解釈と意義」
16:40～17:30 まとめ（蛭沢勝三：原子力安全基盤機構、藤原広行、新井 洋：防災科研）

（付録3）地震動予測地図工学利用検討委員会 報告書構成（案） ver.2.0

1. 総説
 1. 1 地震動予測地図工学利用委員会設立の経緯
 1. 2 委員会の方針
 1. 3 工学利用に関する討議の要点
 1. 4 工学利用委員会の活動経過
 1. 5 提言の概要
2. 地震動予測地図作成の意義
 2. 1 背景と概要
 2. 2 諸外国の地震動ハザード評価
 2. 3 地震動予測地図に期待されるもの
3. 地震ハザード評価の現状と問題点
 3. 1 地震ハザード評価の現状
 3. 2 地震ハザード評価の問題点
4. 地震動予測地図における工学的ニーズと利用例
 4. 1 地震動予測地図に関する工学的ニーズ
 4. 2 学校の耐震化推進への利用
 4. 3 建物・橋梁等の耐震設計への利用
 4. 4 ライフライン等の地震対策への利用
 4. 5 地域防災計画への利用
 4. 6 地震リスクマネジメントへの利用
 4. 7 原子力施設の PSA への利用
 4. 8 推本の事業とその成果の利用と活用
5. 地震動予測地図の工学利用の今後
 5. 1 地震動予測地図に関する新たなニーズ
 5. 2 確率論的評価とシナリオ型評価の融合に向けて
 5. 3 確率論的地震ハザードとシナリオ型地震動評価を統合した「地震ハザードステーション（仮称）」の開発構想

6. 提言

付録

- ・ロジックツリーの概要
- ・シナリオ地震による地震動の超過確率評価手法及び評価の例
- ・委員名簿
- ・委員会開催及び関連活動記録
- ・主な話題提供資料
- ・地震動予測地図工学利用ワークショップ記録
- ・地震動予測地図ワークショップ資料
- ・その他

（付録4）地震動予測地図工学利用検討委員会名簿

（委員長） 亀田弘行（防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター センター長）

（委員長代理） 当麻純一（電力中央研究所我孫子研究所地盤耐震部長）

（委員）

新井 洋（防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター副チーフリーダー）

井合 進（京都大学防災研究所教授）

石川 裕（清水建設株式会社技術研究所主席研究員）

蛭沢勝三（原子力発電技術機構原子力安全解析所耐震解析室室長）

高田毅士（東京大学大学院工学系研究科教授）

能島暢呂（岐阜大学工学部社会基盤工学科助教授）

福和伸夫（名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻教授）

藤田 聡（東京電機大学工学部機械工学科教授）

藤原広行（独立行政法人防災科学技術研究所特定プロジェクトセンター・プロジェクトディレクター）

翠川三郎（東京工業大学大学院総合理工学研究科教授）

（事務局）

河合伸一（防災科学技術研究所主任研究員）

石井 透・早川 譲・奥村俊彦（防災科学技術研究所客員研究員）

奥村直子（防災科学技術研究所技術補助員）

（オブザーバー）

文部科学省研究開発局地震・防災研究課と原子力安全委員会事務局からオブザーバー参加