

1. 総説

1.1 地震動予測地図工学利用検討委員会設立の経緯

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。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ことが前提とされた。

1.2 委員会の方針

「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の目的合理性を超えてそれらの相互関係が検討されることは少ないし、地震・地震動という共通の現象を対象にしながら、手法が持つ普遍性を追求する動きは活発とは言えなかった。

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られる。

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の可能性を検討し、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。

1.3 地震動予測地図の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を検討するに当たり、討議のポイントを以下のように整理した。

(1) 工学利用に必要な地震動情報の多様性

地震防災対策における工学の役割は多様であり、それに従って、必要な地震動情報の内容が異なる。すなわち、リスク評価に必要な発生確率情報を含む地震動分布、特定の重要施設の地震防災を扱うサイトスペシフィックな問題に必要な詳細な地震動情報、地域の被害予測やライフラインのような広がりを持つシステムの防災課題に必要なシナリオ型地震動など、多岐にわたる。そこで必要な地震動情報は、最大加速度／速度／震度、応答スペクトル、卓越周期、継続時間、非定常スペクトルなど多様である。

(2) 地震動と地震力の相違

自然現象としての地震動（地表面、工学的基盤、地震基盤などでの地震動）と、工学システムに作用する地震力（地盤—構造物基礎の相互作用、表層地盤の変形、液状化、地震荷重など）は同一ではない。地震動から地震力への変換の過程が不可欠であり、それが上記（1）に述べたような目的に応じた工学的活動への入力として意味を持つ。理学的に生成される地震動情報（地震動予測地図）が、工学的実践における地震力の評価に必要な情報を提供するか否かが地震動予測地図の工学利用の決め手となる。

(3) 確率論と決定論の確執の克服

地震防災は将来発生する地震への対策である。特定の活断層を見ても、数千年～数万年の地球物理学的時間スケールの中では地震は定常的に発生するとされるのに対し、地震防災が対象とする数十年～100年という人間社会の時間スケールの中では、地震発生頻度は非定常に変化し、また発生時期も地震動強度もきわめて大きな不確定性を持つ。従って、地震防災の工学的実践は、常に「不確定性のもとでの意思決定」となる。このことから、不確定性を評価する手法が必要となる。不確定性を組織的に評価する手法には、確率論、ロジックツリー、ファジー理論などがあるが、その中で確率論は最も基本的な道具である。この意味で、地震動予測地図作成プロジェクトにおいて確率的に不確定性評価が行われることの意味は大きい。

工学の世界でも理学の世界でも、我が国では確率論を用いることへの抵抗が必ずある。それは、確率論という理論体系と現実に利用可能なデータ量のギャップに起因することが多い。しかしながら、不確定性の評価を恣意的でなく組織的に行うことの必要性を考えると、その道具としての確率論を忌避する理由はないと考える。ただし、「確率～%」という結果のみを示すだけでは工学的意義は薄く、確率的評価のプロセスを明確に示すことがきわめて重要である。これにより、工学で避けて通れない不確定性のもとでの意思決定に

1. 総説

組織的な評価方法を与えることになる。

(4) 多様な工学的実践をサポートするものであること

地震工学において、阪神・淡路大震災の教訓から、固定的に定められた地震荷重で工学システムの耐震性評価を縛る時代から、自然をありのままに再現して地震動シミュレーションを行い、これと構造特性との関係を厳密に解析して、これに基づき建物や社会基盤施設に作用する地震力を推定する努力が行われている。その手法は多岐にわたり、それは「地震工学の自由化の時代」といってよい。地震動予測地図作成プロジェクトは、こうした動きを制約するのではなくサポートする情報を提供することが強く望まれる。

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。

1.4 委員会の活動経過

1.4.1 委員会における討議の概要

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のとりまとめと報告書の作成に集中した。

工学利用委員会の討議で取り上げた課題を整理すると以下のようである。

- a. 地震動予測地図作成に関する課題
 - ・ 地震調査研究推進本部の概要及び活動状況（文科省・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）
- d. 地震動予測地図の作成・活用に関する包括的課題
 - ・ 地震動予測地図活用と社会への発信のありかた（立命館大・土岐教授）
 - ・ 地震動予測地図の作成・工学利用・社会との接点の包括的検討（ワークショップ参加者）

1.4.2 外部からの意見を吸収するための活動

（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（プログラムの詳細は付録D参照）。

- i) 地震動予測地図の作成手法について
- 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。こうして集約された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。

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。

1. 総説

- a. 地震動予測地図の工学利用に係わる人々
 - ・ 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
 - ・ 個別施設の絶対評価では決定論的方法が優位
 - ・ 施設群や地域における相対評価では確率論的方法が優位
- 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）

本ワークショップの討議内容は、テープ起こしの後、全発言者へのフィードバックを経て、討議録として本報告書の付録Dに収録した。

本ワークショップでは、地震動予測地図の作成手法への討議のみでなく、その活用について、工学的利用に関わる専門家から、現場に即した多くの意見が述べられ、またそれが地震工学の次の進歩を促すものであるとの展望も寄せられた。その内容は、委員会での確認を経て、本委員会の提言に生かされている。ワークショップの討議は、本委員会のその後の検討内容の幅を広げ、本委員会が真に作成者と利用者の橋渡しの役割を果たすべき論調へと舵を切る契機となった。

（2）地震動予測地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、せつ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の間で共通の認識を得るに至った。

この結果は、その後の工学利用委員会での検討と、成果を社会に活かす部会への課題提起などの活動に反映された。

1.5 政策委員会成果を社会に活かす部会への報告

冒頭に述べたように、本委員会の討議結果は成果を社会に活かす部会での討議に付されるという主旨で運営されてきた。委員会から同部会への報告は、平成 14 年 6 月 27 日（委員会発足の報告と方針説明）、平成 15 年 8 月 19 日（委員会討議の経過報告）、および平成 16 年 6 月 3 日（委員会の活動経過および提言内容の報告）の 3 回にわたり行われた。これらの報告と討議の結果、本委員会の検討結果は、成果を社会に活かす部会の報告書の中で、工学利用の方向性を示す形で取り入れられる見込みである。

1.6 委員会提言の骨子

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た。提言はかなりの長文にわたるもので、その詳細については本報告書の冒頭を参照されたい。ここでは提言の骨子のみを示すこととする。

1. 地震動予測地図の作成者への提言（作成の技術的観点／今後に対する政策的観点）
 - 1.1 地震ハザード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。
 - 1.2 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（活動の自由度

1. 総説

ある) インターフェースを。

- 1.3 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分かるように。
 - 1.4 公表システムの作成—有効なユーザーインターフェイス形成へ/条件設定に関する吟味が可能なように。
 - 1.5 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。
2. 成果を社会に活かす部会での検討事項の提言—地震動予測地図の理解において、低頻度巨大災害の視点/地震の特徴により変化する災害のクセへ正確な認識を育てる。
 3. 工学利用側への提言
 - 3.1 基本的方針—理工学の有効な接点/地震ハザードの共通情報基盤としての活用
 - 3.2 地震動予測地図の工学利用における評価の規範
 - 3.3 地震工学高度化の要請と地震動予測地図の活用

1.7 むすび

以上、地震動予測地図工学利用検討委員会の活動経過とその意義を述べてきた。地震動予測地図は、広い活用の可能性を持つものであるが、委員会の発足当初は、その工学的利用という専門性が強い分野での検討を行うという認識が強かった。しかしながら、討議を重ねる中から、工学的利用の対象とその方法論は、実際は社会との繋がりの中で多様な姿を取ることが明確にされ、その結果本委員会もこうした多様性を視野に捉えながら個々の専門領域の整理を行うという視点を持つに至った。

さらに特筆すべきは、本委員会の討議が、真の意味での理工学の共同討議の場を形成してきたことである。この活動が、今回の地震動予測地図作成プロジェクトにとどまらず、今後の地震学と地震工学の協力関係を育てる契機となることを念願するものである。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 亀田弘行: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—、平成 15 年度・地震動予測地図ワークショップ予稿集、平成 16 年 3 月 26 日、pp.105-113.
- 3) 藤原広行:防災科研における地震動予測地図作成手法の研究について、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.89-101.
- 4) 藤原広行:防災科研における地震動予測地図作成プロジェクトについて、平成 15 年度・地震動予測地図ワークショップ予稿集、平成 16 年 3 月 26 日、pp.73-94.