

5. 地震動予測地図の工学利用の今後

前章までに地震動予測地図の概要や具体的な利用の現状に関して述べてきた。確率論的地震動予測地図（確率論的地震ハザード評価）と震源断層を特定した地震動予測地図（シナリオ型地震動評価）を別個の概念として扱うのではなく、それぞれの特徴を理解した上で、両者を組み合わせて活用していくことはこれからの重要な課題である。最後に本章では、こうした視点の下に、地震動予測地図を一層活用していくための課題と方向性について論じる。

5.1 地震動予測地図に関する当面の課題

現在、政府の地震調査研究推進本部で推進されている地震動予測地図は確率論的地震動予測地図（確率論的地震ハザード評価）と震源断層を特定した地震動予測地図（シナリオ型地震動評価）に分けられるが、現時点での認識として基本的に両者は別個のものとして利用されている。両手法の特徴ならびに両者の融合の方向性に関しては5.2節以降で論じるが、本節ではまず、利用の観点からそれぞれの地図に対する現時点での要望事項を整理する。

(1) 評価条件やデータ処理のプロセスの明確化

個々の地震の長期評価も含めて、少なくとも資料レベルでは地震動予測地図に関する多くの情報が開示されており、これに関しては満足し得る水準にあると考えられるが、今後も継続して種々の情報が公表されることが望まれる。特に、震源断層を特定した地震動予測地図（シナリオ型地震動評価）では評価条件（シナリオ）の選定プロセスや選定根拠に客観性と説明責任が求められており、その点に関する手続きの標準化が必要である。

一方、確率論的地震動予測地図（確率論的地震ハザード評価）においても、種々の評価条件を設定する際に様々な判断が必要となるが、その手続きについて可能な限り標準化を目指す必要がある。低確率のハザード評価結果には地震動強さの確率分布の特性や大振幅入力に対する地盤増幅率（非線形応答を考慮していない）の問題が反映されている可能性がある。評価結果のデジタル値を公表する以上、やみくもに外挿したモデルを用いるのではなく、専門家の判断に基づく適切な処理が施される必要がある。また、種々の不確定性を処理するためにロジックツリーの活用が今後期待されるが、重みの設定プロセスを明確にするために専門家の意見の集約方法に関する研究が必要である。

(2) 地震動指標の多様性

確率論的地震動予測地図（確率論的地震ハザード評価）では単一の地震動強さが対象

であり、現時点の地図では最大速度（工学的基盤、地表）と震度階（地表）が指標として用いられている。耐震設計等の工学利用ではそれ以外の地震動指標についても求められており、それに対する評価が検討される必要がある。具体的には最大加速度、応答スペクトルなどである。ただし、これらの指標を対象とした距離減衰式の開発や、地表での評価を行うには表層地盤の増幅をいかに考慮するかといった作成手法側の課題がまず解決される必要がある。

また、確率論的な意思決定問題の中で、各種動的解析の普及に伴い、確率論的地震ハザード評価に基づいた時刻歴波形の作成についてもニーズが出てきている。一様ハザードスペクトルや確率論的想定地震といった方法があるが、それぞれ長所、短所が指摘されている。確率論的な指標と対応づけられた時刻歴波形の作成手法に関する研究開発も必要である。

（3）地図の公表に際しての説明

現在公表されている地震動予測地図は確率論的地震動予測地図と震源断層を特定した地震動予測地図が別々に示されており、互いの関係や個々の利用目的に応じた標準的な活用手順については十分に整理されていない状況にある。特に確率論的地震動予測地図は期間、確率レベル、対象地震が異なる多数の地図が示されており、利用の観点からは、具体的な問題に対してどの地図をどのように活用していくのかについて議論を重ね、提示していくことが急務である。併せて、専門外の人へのわかりやすい説明に関して工夫していく必要がある。特に低い確率値をそのまま公表することは「安心情報」と受け取られる恐れがあり、地震ハザードの相対値としての地図表現あるいは他のリスクとの比較など、わかりやすい表現のあり方を検討していく必要がある。

（4）諸データやプログラムの公開

確率論的地震動予測地図、震源断層を特定した地震動予測地図のいずれも、評価手法、評価条件、評価結果は資料レベルでは公表されているが、それと併せて評価に用いられた諸データや評価結果のデジタル値も公開されることが望まれる。特に確率論的なリスク評価を行うには、地図としての評価結果よりもむしろハザードカーブ情報や、より遡った震源情報などの数値データが必要となる。また、シナリオ型地震動評価でも評価条件を変えた検討を行う場合など、基本情報のデジタルデータが活用される場面も多い。なお、これらの諸データ等を継続して管理・運用していくためには特に予算面での継続的な裏づけが不可欠であり、管理・運用体制のあり方と併せた検討が必要である。

加えて、確率論的地震動予測地図ならびに震源断層を特定した地震動予測地図の作成に用いられたプログラムの公開を望む声もある。評価手法やプログラムの標準化を目指すことは均質な結果を供給するという点で有用であるが、地震動の評価技術は日進月歩であり、評価手法やプログラムに「国のお墨付き」を与えることに対する批判的な意見

もある。したがって、こうした情報の公開に際しては技術の進歩を柔軟に取り込める枠組みを併せて構築しておくことが不可欠である。

(5) 地図の定期的な更新

基本的に地震活動は非定常な現象であり、特に周期的に発生する地震は時間の経過とともに地震発生確率は高くなる。よって、本質的に確率論的な地震ハザードは時々刻々変化するものである。また、昨年9月の十勝沖地震のように震源が予め特定できる地震が実際に発生した場合には、将来の地震発生確率は更新されることになる。さらに当然のことながら、地震に関する知見や種々の評価手法についても進歩していくため、一旦作成された地震動予測地図は時間の経過に伴って陳腐化していくことになる。したがって、地震動予測地図は一度作成すれば終わりではなく、継続的に活用していくために定期的な更新を行っていくことが必須の要件である。(4)でも指摘したが、そのための体制を整備しておく必要がある。なお、規模が大きな地震が発生した場合には、地震ハザードの再計算はもとより、実際に発生した地震と事前に想定していたものとの相似性の検証に多くの労力を要するため、地震の事後評価の体制に関しても併せて検討が必要である。

(6) 地震被害を取込んだリスクマップへの展開

地震動予測地図の重要性は言うまでもないが、最終的に地震被害の軽減へつなげるためには、地震被害情報を重ねた予測地図（リスクマップ）への展開を図るべきである。種々の構造物や施設はそれぞれ所有者が異なるため、被害を含めた予測地図を作成するには均質な情報入手の困難さとともに、リスク情報の開示に伴う個人のプライバシーの問題等が障害となる可能性があるが、地震被害軽減のために可能なところから着手すべき課題であると考えられる。深く掘り下げた議論が望まれる。

5.2 確率論的評価とシナリオ型評価の融合に向けて

5.2.1 確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の特徴と使い分け

確率論的地震ハザード評価（確率論的地震動予測地図）とシナリオ型地震動評価（震源断層を特定した地震動予測地図）の特徴を比較した表を表 5.2.1 に示す。

確率論的地震ハザード評価は、地震の発生や地震動の予測に関わる種々の不確定性を確率モデルで表現することにより、全体の不確定性を組織的に定量評価し、不確定性のもとでの意思決定という地震外力設定の問題に対処しようとするものである。その結果は通常ハザードカーブや一様ハザードスペクトルなど、発生確率に対応する地震動強さで表現される。確率論的地震動予測地図は地震ハザード評価結果に基づいて、超過確率のレベルを揃えた場合の地震動強さもしくは地震動強さのレベルを揃えた場合の超過確率の地域的な分布を地図として表現したものである。地震ハザード評価は、予測される地震動の強さとその発生確率との関係（ハザードレベル）を明確にできることが最大の特徴である。

これに対して、シナリオ型地震動評価は過去の地震歴や活断層の分布などの情報を参考にして、将来発生しそうな地震の物理的な諸元をあらかじめ特定の値に設定し、それに基づき地震動の予測を行うものである。構造物の設計用入力地震動を時刻歴波形や応答スペクトルなどにより定める場合、震源断層の諸元やサイトとの位置関係などが明らかなシナリオ地震を設定することにより、断層の破壊様式なども含めて地震動の定量評価を行えるという利点がある。特に兵庫県南部地震で経験したように、被害に結びつく地震動には強い局所性があり、このような地震動の性質を把握するにはシナリオ型地震動評価が有用である。また、広域的な防災対策では、地震によって「一度に」発生する地震動強さの地域分布を知る必要があるため、外力条件としてシナリオ地震を設定することが有効である。確率論的地震動予測地図はサイトごとに独立に解析した結果を地図の形で示したものであって、広域的に「一度に」発生する地震動の分布を表したものではないことに注意が必要である。なお、シナリオ型の地震動予測地図にも「同時（同一時刻）」の地震動分布を示したもの（スナップショット）と、「一度（特定の地震に対する最大）」の地震動分布を示したものがあるが、一般的には後者が利用されている。また、「一度」の地震動分布の中にも単一の評価条件での地震動強さの分布を示したものと、同じ地震で破壊開始点やアスペリティ位置などの一部の条件を変えた複数の評価結果に基づいてその中の最大の地震動強さ（包絡値）を地点ごとに拾い出し、その分布を示したものがある。

個別地点を対象として将来の地震動を予測する場合、地震動の不確定性を考慮できるという点で確率論的地震ハザード評価は有用な手法と考えられる。全国の地震ハザードを同じ尺度で比較するには確率論的な手法に拠らざるを得ない。また、リスクマネジメントへの展開や、地震以外のリスクとの定量比較を行う場合にも確率論的手法が有用である。特に欧米を中心とする諸外国では様々なリスクが確率論的に評価されており、国際化の視点からも確率論的手法を忌避することはもはや許されない趨勢となっている。

表 5.2.1 確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の特徴

	確率論的地震ハザード評価	シナリオ型地震動評価
評価の手順	影響するすべての地震の発生確率とその地震による地震動強さの超過確率を積和する	想定した特定の地震（シナリオ地震）が発生した場合の地震動を評価する
対象とする地震	影響するすべての地震 震源断層を予め特定しにくい地震も含まれる	特定の一つの地震 震源断層が予め特定できる地震が主たる対象
地震の発生確率	すべての地震の発生確率が評価結果に反映される	地震の選定の際に考慮されるが、評価結果には含まれない
地震動の評価方法	簡便法（距離減衰式） 一部に詳細法の適用も見られる	断層の破壊様式を考慮した詳細法 簡便法（距離減衰式）の地図もある
地震動評価における不確定性の扱い	対数正規分布などの確率分布で処理される	各パラメータの設定において考慮されるが、個別判断に委ねられておりあいまいな状況である
個々の地点での評価結果	ハザードカーブ 一様ハザードスペクトル	地震動の時刻歴波形 応答スペクトル、フーリエスペクトル
地震動強さマップの作成方法	期間と超過確率を固定した場合の地震動強さを地図で表示する	その地震が発生した場合の最大地震動強さの地域分布、あるいは同一時刻における地震動強さの地域分布（スナップショット）を地図で表示する
地震動強さマップの意味	各地点での結果は独立であり、発生する事象の同時性や一度のイベントでの地震動強さを表わすものではない	想定した地震が発生した際の最大または同時の地震動強さを表わす
広域の地図としての理解の容易性	ハザードの地域的な相対比較については容易に理解できる 個々の地震のイメージが見えないために事象の同時性については理解できない どの確率レベルの地図を用いればよいのかが目的ごとに標準化されていない	特定の地震時の現象を扱っているために事象の同時性については理解しやすい 条件の違いによって同じ地震であっても複数の地図ができるが、その使い分けについて目的ごとに標準化されていない

しかしながら、確率論的地震ハザード評価を具体的に利用するにあたっては解決を要する課題も多い。まず、利用目的に応じて意思決定に用いる確率レベルを具体的にいくつにすればよいのかという問題に関して議論が進んでいない。特に兵庫県南部地震のような低頻度の問題に対して確率が利用できるのか、あるいはどのように利用していくのかについて、専門家の間でもコンセンサスが得られていない。関連して、確率論的地震ハザード評価の結果では相対的に発生確率が低い地震による地震動の特徴が反映されにくいという性質があるが、これに対してはシナリオ型地震動評価の補完が必要と思われる。加えて、地震動評価が簡便法にとどまっているという問題も今後解決していく必要がある。

一方、広域を対象とした場合には特定の地震が発生した場合の被害の特徴や被害量の総和を把握したいというニーズが強いが、こうした目的にはシナリオ型地震動評価が有効である。確率論的地震ハザード評価に基づくポートフォリオリスク評価では被害量と対象期間での発生確率の関係を把握することができるが、特定の地震に対する被害をイメージできないという問題点がある。しかしながら、シナリオ型地震動評価では想定地震や震源メカニズム等を選定する手続きに任意性があり、設定したシナリオがどの程度の確率で生起するのかを含めて、設定したシナリオの妥当性をいかに説明するかが課題とされている。こうした点を解決していくために、当面は確率論的想定地震など確率論的地震ハザード評価の再分解の結果とシナリオ地震との関係の明確化や、シナリオ型地震動評価の結果を確率論的地震ハザードの観点からレビューすることで互いの関係を定量評価していくことが重要である。こうした事例を積み上げることによって、確率論的地震ハザード評価を活用していく場合に要請される確率レベルの具体化に対する理解も深まっていくことが期待される。

5.2.2 実地震の震度分布との対比による 2 種類の地震動予測地図の特徴比較

確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－北日本）¹⁾が 2003 年 3 月に公表されたのち、東北・北海道地方において複数の被害地震が発生し、多くの地点で震度 6 弱、6 強を観測した。ここでは、これらの地震において震度 6 弱以上を記録した地点と北日本の確率論的地震動予測地図ならびに代表的なシナリオ型地震動予測地図（震源断層を特定した地震動予測地図）を比較し、双方の地図の意義を考察した。

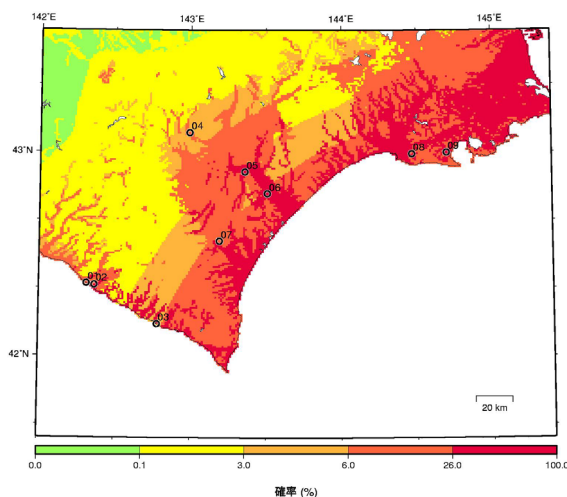
ここで対象とした地震は次のとおりであり、そのいずれかで震度 6 弱以上を記録した地点を各地図上に重ねた。

- ・ 2003 年 5 月 26 日 18 時 24 分 : 宮城県沖の地震 ($M_j=7.1$)
- ・ 2003 年 7 月 26 日 0 時 13 分 : 宮城県北部の地震 ($M_j=5.6$)
- ・ 2003 年 7 月 26 日 7 時 13 分 : 宮城県北部の地震 ($M_j=6.4$)
- ・ 2003 年 7 月 26 日 16 時 56 分 : 宮城県北部の地震 ($M_j=5.5$)
- ・ 2003 年 9 月 26 日 4 時 50 分 : 平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震 ($M_j=8.0$)
- ・ 2003 年 9 月 26 日 6 時 8 分 : 十勝沖の地震 ($M_j=7.1$)

図 5.2.1(a) は北日本の確率論的地震動予測地図のうち、全地震を考慮したトータルのハザードマップ (2003 年から 30 年間に震度 6 弱以上を受ける確率) と 9 月 26 日の十勝沖地震で震度 6 弱を記録した地点を比較したものである。この図より震度 6 弱を記録した地点の大半は今後 30 年に震度 6 弱以上を受ける確率が 6%以上と高かったことがわかる。すなわち、これらの地点においては、確率論的地震動予測地図はその危険度を適切に指摘していたと評価される。

(a) 確率論的地震動予測地図

(30年間に震度6弱以上を受ける確率)



(b) シナリオ型地震動予測地図

(十勝沖地震：簡便法)

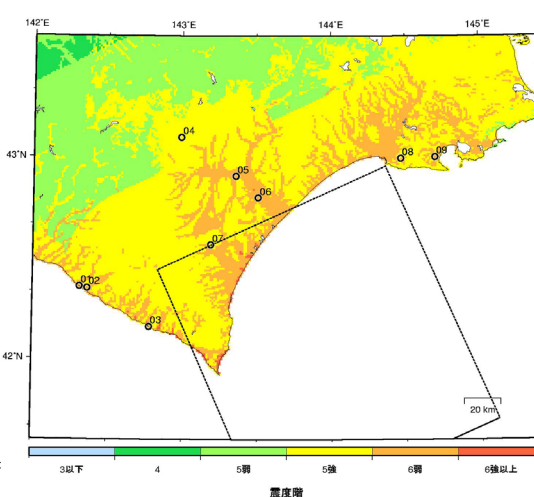
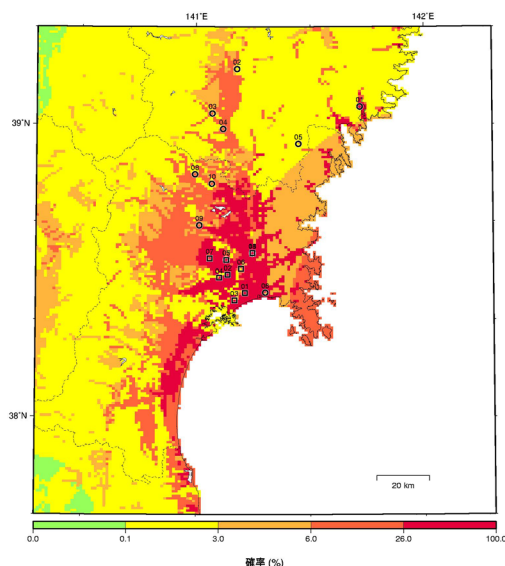


図 5.2.1 平成 15 年（2003 年）十勝沖地震で震度 6 弱を記録した地点（○印）と地震動予測地図の関係

(a) 確率論的地震動予測地図

(30年間に震度6弱以上を受ける確率)



(b) シナリオ型地震動予測地図

(宮城県沖地震：簡便法)

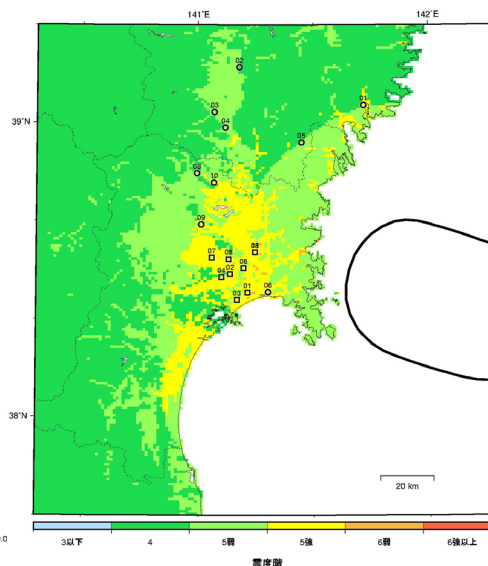


図 5.2.2 2003 年 5 月 26 日の宮城県沖の地震と同年 7 月 26 日の宮城県北部の地震で震度 6 弱・6 強を記録した地点（5/26：○印、7/26：□印）と地震動予測地図の関係

(注) ここで示したシナリオ型地震動予測地図は簡便法（距離減衰式の中央値）に基づくものである。特に宮城県沖地震は 1978 年宮城県沖地震の観測記録から距離減衰式の中央値より強い地震動をもたらす可能性が指摘されており²⁾、図 5.2.2 (b) の地震動強さは過小評価となっている可能性がある。

しかしながら逆に、確率論的地震動予測地図で震度 6 弱以上を受ける確率が 6%以上の地域がすべて十勝沖地震で震度 6 弱以上を受けた訳ではないことに注意する必要がある。

5.2.1 で述べたように、確率論的地震動予測地図は「一度に」発生する地震動の分布を示したものではないためである。十勝沖地震は長期評価で事前に想定されていた地震とほぼ同じであったことが明らかにされており³⁾、こうしたケースではシナリオ型地震動予測地図(図 5.2.1(b))の方が「一度に」発生する地震動の分布としてより実情に近い震度分布を与えてくれることになる。

図 5.2.2(a)は全地震を考慮したトータルのハザードマップと昨年 5 月 26 日の宮城県沖の地震(○印)と昨年 7 月 26 日の 3 つの宮城県北部の地震(□印)で震度 6 弱以上を記録した地点を比較したものである。この図からも、震度 6 弱以上を記録した地点の大半は今後 30 年に震度 6 弱以上を受ける確率が 3%以上であり、多くの地点では 6%以上であったことがわかる。確率論的地震動予測地図の有用性を支持する結果である。

宮城県沖地震の発生確率が高いことから、宮城県周辺では同地震がシナリオ地震として想定されるのが一般的である。しかしながら、昨年 5 月と 7 月に実際に発生したのは宮城県沖地震とは異なる地震であった。宮城県沖地震の発生を前提としたシナリオ型地震動予測地図(図 5.2.2(b):簡便法に基づく)によれば、昨年 5 月 26 日の宮城県沖の地震と 7 月 26 日の 3 つの宮城県北部の地震で震度 6 弱以上を記録した地点のいくつかでは、宮城県沖地震では震度 6 弱に至らないことが明らかになっている。したがって、昨年起こった事実は特定のシナリオ地震を想定するのみでは実際に発生する地震動の評価として不十分な場合があることを示している。

一方、確率論的地震動予測地図では可能性があるすべての地震を考慮しており、特定のシナリオ地震以外の地震による地震動もカバーしている。図 5.2.2(a)から明らかのように、昨年の地震で震度 6 弱以上を記録した地点の多くにおいて相対的にハザード(今後 30 年に震度 6 弱以上を受ける確率)が高いことを事前に指摘していた。その意味では、ここで示した事例は、確率論的地震動予測地図がシナリオ型地震動予測地図を補完する役割を十分に果たし得ることを示している。

5.2.3 確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の融合

上記 5.2.1 で述べたように、確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の手法は、それぞれの特徴を踏まえて、目的に応じて使い分けられている。一方、地震動評価に対するニーズは多様化・高度化する方向にあり、各評価手法を「典型的な手順」にのっとって適用するだけでは、ニーズを十分に満たせない場合もある。これまで、両評価手法の対立構造が強調されるきらいがあったが、「確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の融合」という技術的課題に取り組むことによって、「使用データ」「評価手法」および「評価結果」の共有化あるいは相互乗り入れを推進し、それぞれの弱点を克服できるよう努力することが必要である。

なお「融合」という用語は、現在は、i) 確率論的想定地震の概念を用いて二種類の地図の位置付けを解説すること、ii) シナリオ型地震動評価で用いられている詳細な地震動予測法を確率論的地震動予測地図に取込むこと、の2つの意味で用いられているが⁴⁾、以下ではより組織的・体系的に両手法を活用していくことをイメージしている。

両評価手法の融合を目指す過程で考慮すべき事項は、以下の6(3×2)項目に集約されると考えられる。

- (a) シナリオ型地震動評価における確率論的要素の導入
- (b) シナリオ型地震動評価における評価結果の総合化・統合化
- (c) シナリオ型地震動評価による確率論的地震ハザード評価の補完
- (d) 確率論的地震ハザード評価における決定論的要素の導入
- (e) 確率論的地震ハザード評価における評価結果の再分解
- (f) 確率論的地震ハザード評価によるシナリオ型地震動評価の補完

これら「確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の融合」に関する具体的な方向性について、以下では、それぞれの評価手法の立場から説明する。なお図5.2.3は、地震動予測地図へのニーズの多様化と関連付けて、両評価手法の融合について説明したものであり、図5.2.4は、「使用データレベル」「評価手法レベル」および「評価結果レベル」の3層からなる階層構造上に、項目を整理したものである。

まずシナリオ型地震動評価の立場からみた方向性は、以下の通りである。

(S-1) シナリオ地震の選定方法の検証と発生確率評価の必要性【主として(a)に関連】

無数の候補のなかから一つまたは複数のシナリオ地震を選定することは、地震発生の可能性を「ゼロ/イチ」で評価して取捨選択することに相当するため、その選定基準および選定結果の妥当性を十分に検証しておく必要がある。想定外の地震(震源を予め特定できるもの・特定しにくいものを含めて)の影響を考慮できないため、場合によっては、最低限の地震動強度を想定外力として担保するための工夫が別途必要となる。後に示すように、確率論的地震ハザードマップの利用は有力な手段である。地震リスクマネジメントのためには地震発生確率の情報が不可欠であるし、地震防災の実務サイドからの要請として、シナリオ地震に発生確率を付与することが求められる場面も多い。

なお、発生確率が付与された場合には、シナリオ型評価においても「シナリオを採択するための確率の閾値をいくつにするか」という問題や、「低い確率が安心情報と受け取られかねない」という問題など、確率論的な評価で現在広く議論されている課題が同じように付随してくることに注意が必要である。

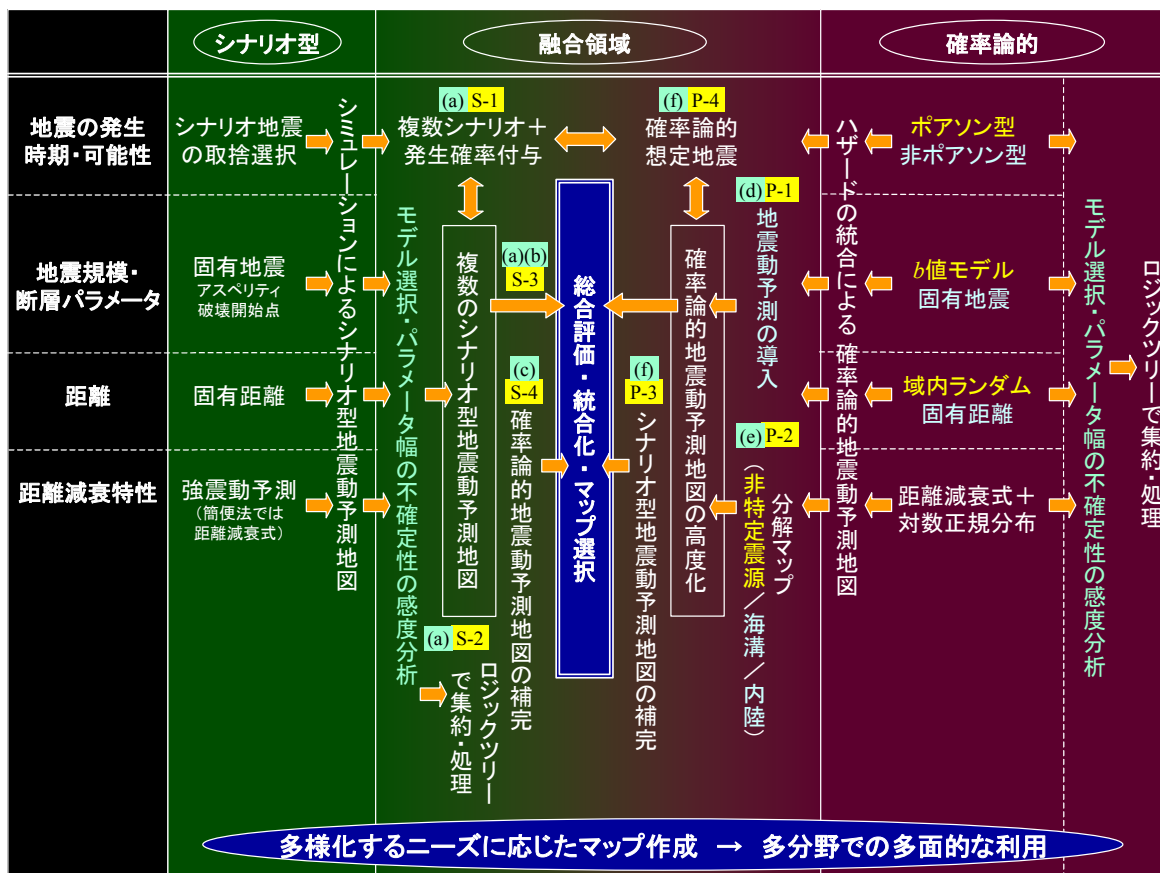


図 5.2.3 地震動予測図へのニーズの多様化とシナリオ型地図・確率論的地図の融合
(図中の記号は本文中の記号に対応している)

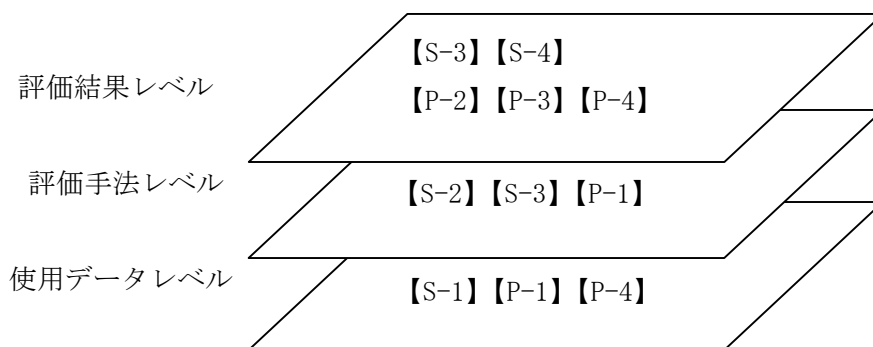


図 5.2.4 確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の融合における階層構造

(S-2) シナリオ地震のパラメータ設定法の検証【主として(a)に関連】 例えば5)~9)

シナリオ型地震動評価においては、詳細なデータに基づいて細部の条件を設定し、高度な地震動予測手法を適用することによって、高い精度で物理現象を記述することが可能である。一方、地震動の将来予測という面では、厳密に規定された条件下での確定的評価とは異なり、未知要因や偶発的要因に何らかの方法で対処しなければならない。アスペリティの配置パターンや断層破壊開始点の設定などに起因する不確定性は、確率分布として扱えないためにロジックツリーなどの活用が考えられる。最終的には種々の条件を変化させたパラメータスタディの結果を確率統計的に処理することによって、地震動強さの幅を表現することができる。

(S-3) 複数の評価結果の総合化・統合化の必要性【(a) (b)に関連】 例えば9)

上記(S-1)(S-2)によって、複数のシナリオ地震により得られた評価結果、あるいは複数の条件でのパラメータ設定により得られた評価結果は、それぞれ個別に利用可能であるが、複数の地震動予測の評価結果をマップ1枚で表現するなど、何らかの集約が求められる場合もある。各地点において複数ケースの最大値を選択したマップを作成する方法はその一つであり、これは、シミュレーションにより推定された実現値を順序統計量として扱うことに相当する。確率統計的方法による総合化・統合化は、シナリオ型地震動評価の大きな課題である。

(S-4) シナリオ型地震動予測地図による地震ハザードマップの補完【(c)に関連】

地震動は、深部基盤構造や表層地盤の非線形増幅の影響で、非常に強い局所性を示す場合がある。兵庫県南部地震の際のいわゆる「震災の帯」はその典型例といえる。詳細法によりシナリオ地震動評価を行うことの利点の一つは、こうした局所性を物理現象として再現可能などところにある。一方、確率論的地震ハザード評価では、距離減衰式に不確定性を付与したうえで、確率レベルによって評価結果をパラメトリックに解釈するという扱いをしているため、局所的な地震動特性をマップ表現することができない。従って、地震ハザードマップの公表の際に、代表的なシナリオ型地震動予測地図を添付資料とするなど、補完的な利用形態を検討する必要があると考えられる。

次に、確率論的地震ハザード評価の立場からみた方向性は、以下の通りである。

(P-1) 強震動予測手法などの決定論的手法の導入【(d)に関連】 例えば10)

震源を予め特定しにくい地震については、「ポアソン型地震発生モデル・ b 値モデル・距離減衰式」の組み合わせによるハザード評価が一般的である。しかし調査研究が進んで対象が明確な震源を特定できる地震に関しては、「非ポアソン型地震発生モデル・固有規模・固有距離」の組み合わせで、一部に決定論的手法を導入し、高精度な強震動予測および地

盤増幅特性の評価結果を適用できる。3章で触れたように、震源を特定できる地震に対して、シナリオ型地震動評価として用いられている詳細な地震動予測法を確率論的地震ハザード評価に組み込もうとする試みも一部始められている。これにより、距離減衰式や簡便な地盤増幅率を用いた評価よりも、不確実性が低減されることが期待できる。

(P-2) 確率論的地震ハザード評価の再分解の方向性【(e)に関連】例えば11)~15)

確率論的地震ハザード評価の手法は、種々の不確定要因を組織的に定量評価することが特徴であり、評価結果は考慮した地震の影響を統合化したものである。この特徴が逆に、結果の解釈を困難にしたり信頼性を低下させたりする原因ともなっており、「背景にある地震像が見えない」とか「低頻度地震の長期確率評価には統計的意味が希薄」といった批判的見方もある。このため、統合化されたハザード評価結果を再分解した結果（ないしは評価過程における中間的結果）を示すことによって、解釈を容易にする試みがなされている。震源タイプ別（海溝型地震、内陸活断層、震源を予め特定しにくい地震）あるいは震源別に分解した確率論的地震ハザードマップや貢献度マップなどは、その例である。

(P-3) 地震ハザードマップによるシナリオ型地震動予測地図の補完【(f)に関連】

シナリオ型地震動予測地図において、考慮されるイベントには限界がある。特に、中部日本や近畿地方のような活断層密集地域では、シナリオ地震の選定過程で多くのハザード源が除外されてしまうのが実状である。全国的に見ても、近年、鳥取県西部地震、宮城県沖（三陸南）の地震、宮城県北部地震など、震源が予め特定しにくい地震が幾度も発生している。性能設計や地震リスクマネジメントを背景として地震防災対策を推進する潮流の中では、実際に生じた地震動強さの事後評価が求められる場面が増えると考えられる。5.2.2でも述べたが、この点で、シナリオに選定されない地震の影響を考慮できることは、確率論的地震ハザード評価の大きな利点である。例えば、シナリオ型地震動予測地図の公表の際に、地震ハザードマップを添付資料とするなど、実効性のある活用形態を検討する必要がある。

(P-4) 確率論的想定地震の同定【(f)に関連】例えば14)

地震ハザード解析の手法を応用して、震源を予め特定しにくい地震の地震域において期待される平均的な地震像を、「確率論的想定地震」として同定する方法が開発されている。前項(P-3)と関連して、シナリオ地震の設定方法に関して重要な示唆を与えるものである。

なお、確率論的地震ハザード評価に用いられるパラメータの中には、その評価値が幅を持って与えられることがある。活断層の長期的な地震発生確率はその代表例である。また、距離減衰式などのモデル選択や、地震動強さの上限設定の有無など、評価の過程で下される専門的判断に関連して、意見を合理的に集約する必要性が生じることもある。確率論的

地震ハザード評価においては、ロジックツリーを用いてこうした不確定性を処理すると、ロジックツリーの分岐パターンに相当する数のハザード曲線が得られるが、その後処理には確率統計的方法がとられ、地震ハザード評価の幅がフラクタル値で表現される（図 5.2.3 最右欄）^{例）例えば 16) 17)}。

以上、「確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の融合」に関する具体的な方向性に関して説明した。両者は一体化すべき性質のものではなく、図 5.2.3 や図 5.2.4 に示したように、共有化や相互乗り入れを通じてお互いの弱点を補完するとともに、地震ハザードに関する多面的理解を深め、地震動予測地図の総合評価、統合化、あるいはマップ選択のための基礎資料となるべきものである。

こうした技術課題については、実務および調査研究の両面において従来から認識されていたものの、これまでは個々の事情や目的に応じて個別に処理されていたといえる^{5)~17)}。上記のような方向性を踏まえた調査研究として、岐阜県を対象としたケーススタディを行い、種々のハザードマップの作成を試みた例も見られる^{18)~20)}。しかし体系化を目指すには議論はまだ十分とはいえず、ここに示した基本的概念を具体化したシステムを構築し、実践を重ねる必要がある。5.3 節では、その方向性を明確に打ち出したシステム構想について述べる。

参考文献

- 1) 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会：確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－北日本），平成 15 年 3 月 25 日。
- 2) 地震調査委員会：宮城県沖地震を想定した強震動評価について，平成 15 年 6 月 18 日。
- 3) 地震調査委員会：千島海溝沿いの地震活動の長期評価について，平成 15 年 3 月 24 日公表，平成 15 年 11 月 12 日変更。
- 4) 防災科学技術研究所：北日本地域を対象とした確率論的地震動予測地図作成手法の検討と試作例，防災科学技術研究所研究資料第 246 号，2003。
- 5) 中尾吉宏・田村敬一・本田利器・千葉光：断層パラメータの設定が推定地震動に与える影響，第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.667-672，1998。
- 6) 岡田成幸・戸松誠：都市直下地震を想定した入力地震動の考え方と地域防災計画への指針 ～震源パラメータの不確実性がもたらす地震動入力及び被害評価への影響～，日本建築学会構造系論文集，第 530 号，pp.37-44，2000。
- 7) 片岡正次郎・田村敬一：想定地震に基づくレベル2地震動の試算，第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，土木学会地震工学委員会，pp.401-404，2001。
- 8) 山田雅行・藤原広行・先名重樹：シナリオ地震動予測におけるバラツキの検討，地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会予稿集，S046-009，2004。

- 9) 中央防災会議:東海地震に関する専門調査会報告(平成 13 年 12 月 11 日資料 2-2), 2001.
- 10) 長尾 毅・山田雅行:地震ハザードにおける統計的グリーン関数法適用の試み, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 12, pp.59-64, 2002.
- 11) 石川 裕・亀田弘行:地震危険度解析に基づく想定地震の設定法, 第 8 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.79-84, 1990.
- 12) 亀田弘行・石川 裕・中島正人:想定地震の工学的設定法に関する研究, 都市耐震センター報告 14 号, 京都大学防災研究所都市施設耐震システム研究センター, 1994.
- 13) McGuire, R. K. : Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes: Closing the Loop, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.85, pp.1275-1284, 1995.
- 14) 亀田弘行・石川 裕・奥村俊彦・中島正人:確率論的想定地震の概念と応用, 土木学会論文集, 第 577 号/I-41, pp.75-87, 1997.
- 15) 奥村俊彦・石川 裕:地震ハザードの再分解による想定地震の位置づけの明確化, 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, 土木学会地震工学委員会, pp.125-128, 2001.
- 16) Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts; Senior Seismic Hazard Analysis Committee (SSHAC), NUREG/CR-6372, April 1997.
- 17) (財)原子力発電技術機構原子力安全解析所:平成 15 年度地震に係わる確率論的安全評価手法の整備に関する報告書=地震ハザードの試解析=, INS/M03-11, 2003.9.
- 18) 石川 裕・奥村俊彦・宮腰淳一・斎藤知生:地震動予測・地震被害予測マップの新メニュー, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 21046, pp.91-92, 2003.
- 19) 石川 裕・奥村俊彦・宮腰淳一・能島暢呂・杉戸真太・久世益充:地震動予測マップの活用ーその1:ハザード情報の利用ー, 土木学会地震工学論文集, Vol. 27, No.36, 2003.
- 20) 能島暢呂・杉戸真太・久世益充・石川 裕・奥村俊彦・宮腰淳一:地震動予測マップの活用ーその2:震度曝露人口の試算ー, 土木学会地震工学論文集, Vol. 27, No.58, 2003.

5.3 確率論的地震ハザード評価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）」構想

5.3 確率論的地震ハザード評価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）」構想

現在は別個の概念として用いられている確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価であるが、対象地点あるいは対象地域における将来の地震動の予測という点において両手法の目的は同じである。今後は両手法の利点を生かしながら、対象地点（地域）における将来の地震動をインタラクティブに評価、設定するための支援システム（ここでは「地震ハザードステーション」と称す）の開発を目指していく必要がある。

「地震ハザードステーション」の要件として、確率論的地震ハザード評価と代表的な想定地震に対するシナリオ型地震動評価の結果（地図や諸データ）が格納されているのみでなく、5.2.3 で論じたような両評価の欠点を補完し、互いの特徴を理解するための仕掛けと、それに基づき将来の地震動を客観的に設定、説明するための手続きが組込まれる必要がある。加えて、各地震の長期評価結果、過去の地震の情報、活断層などの地形・地質情報、深部・浅部の地下構造情報、地震観測記録、地震被害記録などの各種データベースとのリンクを構築することで、対象地点（地域）周辺における地震環境が容易に理解できる仕組みを目指す必要がある。

こうしたシステムを実現するためには、確率論的地震ハザード評価とシナリオ型地震動評価の互いの長所、短所について専門家間での議論を深めるとともに、融合に関する技術的な課題を解決していく必要がある。当然のことながら、現時点で問題点として残されている評価手法の高度化についても並行して解決していく必要がある。

また、ユーザーの専門性に応じた使い易さの観点から階層別に利用できる仕組みが必要である。専門家や技術者が種々の防災対策や耐震問題に活用していくことはもとより、最終的に専門外のユーザーの活用までを目指す（例えば住宅の売買における重要事項説明書に地震・地震動や地盤の所見が盛り込まれるようになる）ことによって、国民全体の地震・地震動に対する知識の底上げにつなげることができる。

「地震ハザードステーション」の開発においては、関連して国が進めている各種プロジェクトの成果を網羅的に取り入れて十分に活用し、その成果を広く国民が享受できるように配慮しなければならない。そこで重要なことは以下の4点である。

- 1) 膨大な基礎データを一元的に維持管理すること
- 2) 評価結果が客観的かつ公平なものであり説明責任を果たせること
- 3) ユーザー・フレンドリーな成果公表体制を長期にわたって持続できること
- 4) システムを統括する責任体制を明確化すること

一方、諸外国（特に米国）においては、第2章2.2節でも述べられているように、地震ハザード評価や地震リスク評価など、地震リスクマネジメントに関する取り組みが、国家的なプロジェクトとして位置付けられており、関連する情報が広く公表されている。

以上のような状況を踏まえつつ、産官学の協調的体勢のもとに「地震ハザードステーション」のシステム開発を計画的・継続的に推進するのが適切であるといえる。

わが国では、兵庫県南部地震から 10 年を迎えようとしており、この間に精力的に実施してきた理学・工学分野における地震調査研究の成果を社会に還元し結実させてしかるべき時期にきている。その過程において、一連の処理プロセスがブラックボックスとなっていては、多様化・高度化するニーズに応えることはできない。地震防災や地震リスクマネジメントは自然科学（理学や工学）と人文・社会科学の領域を超えた協力が不可欠であり、それを戦略的に進めるための共通基盤となる地震動評価に関して、透明性の高い支援システムを構築することが重要である。