

5. おわりに

将来の地震動予測地図の高度化に向けた検討の一環として、様々な議論を経つつ手法の改良を進めた上で、その検討の現時点での成果として全国地震動予測地図を作成し、その経緯と結果を本報告書にまとめた。その過程において扱われた諸事項のうち、今回、全国地震動予測地図に反映することが出来た事項について、5.1 節に改めてその結果をまとめる。更に、全国地震動予測地図に反映出来なかった将来への課題について、5.2 節にまとめて述べる。

5.1 全国地震動予測地図のまとめ

a) 全国地震動予測地図の位置づけ

全国地震動予測地図は、地震動予測地図の高度化に向けて手法を改良しながら検討を進めるプロセスの一環として、その検討の現時点での一定の成果としてまとめられたものである。従って、そこで求められた確率・震度をはじめとした数値は、今後の検討によって更に変わる可能性があることには留意する必要がある。

b) 深い地盤構造のモデル化

今回の検討では、まず深い地盤構造モデルを構築した上で、その情報を参考にして、標準化されたレシピに基づき、主要活断層帯で発生する地震の断層モデルを構築した。主要活断層帯の全ての巨視的断層モデルは、「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」に共通となっている。更に、「震源断層を特定した地震動予測地図」の作成の際には、この深い地盤構造モデルを用いて、詳細法により強震動を評価した。

c) 震源断層モデルの見直し

主要活断層帯の断層面は、強震動評価と整合するモデルによって設定した。また、周防灘周辺の震源を予め特定しにくい地震の地域区分を見直した。

d) 陸域の浅い地震に対する距離減衰式のばらつきの変更

最近の知見に基づき、陸域の浅い地震に対する距離減衰式について、震源距離が 20km 以内では従来よりもばらつきを大きく見積もり、常用対数標準偏差=0.23 とした。ここでモデル化されている地震動のばらつきには、地震動予測の不確実性も含まれていることに留意が必要である。

e) 表層地盤増幅の評価

工学的基盤から地表までの浅い地盤構造において地震動最大速度の増幅率（表層地盤増幅率）を計算する際に、既往全国概観地図では 1km メッシュで求めていたが、今回の全国地震動予測地図では 250m メッシュへと細分化されたため、細かい地形の違い等をきめ細かく地図上

に表現出来るようになった。

また、最近の知見を踏まえて、微地形区分と、微地形区分に基づいて深さ 30m までの平均 S 波速度（AVS30）を評価する方法、および、AVS30 から速度増幅率を評価する方法をそれぞれ見直した。ここで用いた藤本・翠川（2006）による AVS30 と速度増幅率との関係式の勾配は、従来の松岡・翠川（1994）に比べて急だが、式の根拠となるデータが増えており、式として改良された。AVS30 のデータは、松岡・翠川（1994）では関東地方のデータのみだったが、藤本・翠川（2006）では全国のデータが入っており、全国地図への適用性は改善された。

なお、たとえ同じ微地形区分であっても、実現象としては表層地盤増幅率が大きくばらつくが、本検討ではそのような不確実性を無視し、専門家の議論と判断に基づいて選ばれた一つの式により評価された表層地盤増幅率を用いて地震動を評価した。従って、評価結果の数値だけを見て式が合う・合わないという議論に終始しても意味がない。微地形に基づいて増幅特性を与えること自体が多くの不確実性を持っているので、いくら式を改良してもつきまとう本質的な問題であることを理解し、かつ、伝える必要がある。

f) 震度換算式の変更

新潟県中越地震のデータを新たに加えた最近の知見を踏まえて、最大速度から計測震度を評価する式を改良した。

g) 地震カテゴリー

発生頻度が高く広域で強い揺れに見舞われる海溝型地震と、発生頻度が低くても震源近傍では破壊的な揺れに見舞われる活断層の地震に対して、それぞれ異なった備え（防災）を考えたいという社会的要請が強いため、多種多数の地震を 3つのカテゴリーに分類して影響度や地図を求めることにより、成果の説明性向上を図った。

h) 結果の考察

既往全国概観地図と比較した全国地震動予測地図の特徴として、一般に人口の多い低地（平野・盆地）では全般に表層地盤増幅率が増大し、逆に山地では全般に増幅率が低下した。

全国地震動予測地図を既往全国地図と比較すると、地震動の超過確率（ハザード）が大きくなった地点と小さくなった地点とがある。確率が増えた要因として表層地盤増幅率の増大が大きいが、その他の要因もある。都道府県庁所在地の市役所の位置を例に挙げると、千葉・横浜・大阪・奈良などを始めとした多くの主要都市では、表層地盤増幅率が増大したことによる影響が大きく、ハザードが増大した。青森や長崎では、増幅率は小さくなったが、主に最大速度～計測震度換算式の変更の影響により、ハザードが増えた。一方、山地では、増幅率が減りハザードも減ったところが多い。

全国地震動予測地図では、第一義的に、地盤の良くな

い地域では地震ハザードが大きいというメッセージ性が強まり、既往全国地図よりもメリハリのついた、わかりやすい結果となった。

i) 成果の説明・解説

従来の成果公表と社会への普及効果に関する問題意識から、今回は、詳細・正確な技術的解説だけでなく一般市民へのわかりやすい説明・解説の必要性を重視し、作成した地図をまとめた「地図編」の他に「手引編」・「解説編」を設けて、説明・解説の充実を図った。更に、各都道府県の「確率論的地震動予測地図」の図表をまとめた「別冊1」や、各活断層の「震源断層を特定した地震動予測地図」の図表をまとめた「別冊2」も作成し、成果を一層身近な問題として受け止められるように工夫した。

5.2 今後の高度化への課題

a) 深い地盤構造のモデル化

一通りの検討によって全国の深い地盤構造モデルが出来上がり、全国地震動予測地図が完成したとしても、そこで用いられた情報の質・量にはまだまだ地域によりばらつきがあることは事実である。従って、今後とも、地震観測記録を利用して地下構造モデルのチューニングを進めることにより、深い地盤構造モデルの改良を図る必要がある。また、地下構造が十分に明らかでない地域では、地下構造探査を進める必要がある。一朝一夕に進む作業ではないが、地道に継続的に進めていく必要がある。

b) 海域活断層のモデル化

今後は海域活断層の調査も進められ、沿岸陸域の活断層との関係も含めて評価されてゆくと期待されるので、期が熟せば、それらの評価結果を反映させてゆくことも可能となるであろう。

複数機関の調査結果が報告されている活断層も出てくる可能性がある。その場合、当面得られる情報からは、いずれの調査結果が最も確からしいといったような評価は一般には出来ないと考えられるため、場合によっては複数のモデルを想定する必要があるかかもしれない。なるべく早い段階で全国の海域活断層をチェックし、複数機関の調査結果のあるものを抽出し、複数のモデル化が必要となるならばその方法についても考える必要がある。

c) 海溝型地震の評価の見直し

海溝型地震の評価は平成16年末以降見直されていないが、海底地震計による地震観測結果に基づく新しい研究成果等が発表されていること、今年度からは新たに長周期地震動予測地図の検討も始められたことから、宮城県沖地震や南海トラフの東海～東南海～南海地震の長期評価の見直しを検討する必要がある。

d) 沿岸活断層の評価の見直し

沿岸活断層の中には、その海域延長部の素性が明らかにされていないものもあると考えられる。また、相模トラフや南海トラフの地震の震源域には陸域にかかる部分があり、そのような地域の沿岸活断層（神縄・国府津～松田断層帯、富士川河口断層帯等）との関連等も指摘されている。従って、必要に応じて、それらの沿岸活断層の評価の見直しや、付近の海底活断層の新たな評価、沖合いの海溝型地震との関連を考慮した新たな評価等を模索していく必要がある。

e) 長大断層のモデル化

約100 km以上の長大な内陸地殻内地震では、現在の強震動評価レシピの適用限界を超えることが明らかになっている。今回、全国地震動予測地図を作成する上で、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とに共通なモデルを作成したが、長大断層のモデル化方法については、今後更に検討する必要がある。

また、地震発生層の厚さよりも数倍長いそのような活断層では、その震源断層が全長にわたって一度に活動する地震以外に、一部のセグメントだけが活動するような一回り小さな地震の発生も考慮できる手法を検討する必要がある。

f) 孤立した短い活断層の評価

ある程度以上の長さの活断層の評価が進む一方で、孤立した短い活断層の評価の重要性が高まってきており、その震源断層のモデル化の手法等を検討していく必要がある。特に、地震発生層の厚さ程度よりも断層長さの短い活断層では、必ずしも、震源断層長に相当する長さの痕跡が地表に出ているとは限らないという認識に立ち、短い地表の活断層長から適切な地震規模と震源断層形状を推定する手法を検討する必要がある。

g) ひずみ集中帯等の地表で認めにくい活断層の評価

近年発生した地震からも明らかのように、主にひずみ集中帯等の地表で認めにくい活断層の評価の重要性が高まってきており、検討していく必要がある。地表で見えている活断層の情報のみならず、地形・地質に関する多面的な情報や重力探査等の地球物理学的調査の結果をも考慮することにより、震源断層形状の評価を試みる必要がある。

h) 地殻内地震の発生数量の整合性

内陸地殻内で発生する地震については、現在用いられている地震発生モデルにより地震観測開始以降の地震発生数を推定した場合に、過去の実際の地震発生数と比べてその数が少なすぎるという指摘がある。そのためには、主要活断層帯で発生する地震、主要活断層帯で発生する固有規模以外の地震、主要活断層帯以外の活断層で発生する地震、内陸で震源を予め特定できない地震の規

模と発生頻度の相互関係を考慮した地震発生モデルを構築することが望ましく、将来、モデル化の考え方の見直しに基づく根本的な改良・高度化となる可能性が高い。前述の海域活断層や沿岸活断層の評価、主にひずみ集中帯等の地表で認めにくい活断層や孤立した短い活断層の評価の成果も直接関係する課題である。

既に、大規模な地震については、地表の痕跡等（活断層等）から地震像が大略把握され、小規模の地震については、多数の地震データに基づいて統計的に地震像が把握されているが、その遷移領域の規模の地震はとりこぼされている可能性があり、上記の問題と関連して改良・高度化の余地があると思われる。震源を予め特定できない地震の最大規模を対象エリアで過去に発生した最大地震規模として扱っている現在のモデルでは、新たな内陸地震が発生する度に、その最大地震規模をたまたま上回るかどうかの問題とならざるを得ないので、新たな工夫が必要と言えよう。

i) 距離減衰式の改良

研究的な拠りに立ち戻った検討から必要となるが、距離減衰式に基づく工学的基盤での地震動強さの推定方法には、まだ改善の余地がある。例えば、平成16年（2004年）新潟県中越地震でも指摘されたように、逆断層の上盤効果を考慮出来るように震源近傍での距離減衰式を補正すること等が考えられる。また、現在は全国一律に同じ距離減衰式を基本として伝播経路特性を扱っているが、一層きめ細かい地震動評価のためには、地域性を考慮した距離減衰式の構築も考えられる。

これらの改良が実現すれば現在のモデルで扱われている地震動強さのばらつきを小さくする（評価の見積もり誤差を小さくする）ことが可能であることを示す研究成果もある。更に、地震観測点ごとに距離減衰式を構築すれば評価される地震動のばらつきが小さくなることを示す研究成果もあることから、より多くの地震観測結果に基づく研究成果が待たれる。いずれにしても、議論の対象となるデータが増えないことには式の改良も不可能なので、今後とも、継続的な地震観測が重要である。

j) 表層地盤増幅の評価とそれに必要なデータ

全国地震動予測地図では、全国一律に適用可能な手法として、微地形区分に基づいて深さ30mまでの平均S波速度(AVS30)を算出した上で、経験的關係式により、表層地盤（工学的基盤から地表までの浅い地盤構造）での増幅を評価している。しかし、表層地盤増幅の評価は地震動強さに与える影響が大きいうえに、実際には局所的な地盤条件に大きく左右されるため、地域の詳細なデータに基づき、地盤の非線形性等も含めてその影響を考慮すべきである。そのようなきめ細かい検討は、全国一律ではなく、ボーリングデータをはじめとした地域の詳細な情報・データを所有する地方自治体等が実施することが望ましい。

そのためにも、表層地盤による地震動への影響を考慮

する手法の高度化に関する研究を推進する必要がある。同時に、ボーリングデータ等の情報を開示し国民の共有財産として取り扱うことが提言され、その実現に向けて科学技術振興調整費による「統合化地下構造データベースの構築」プロジェクトが進行中であり（藤原，2007）、その成果の活用が期待される。

k) 強震動評価手法の高度化

特に強い揺れに見舞われる地域を精度良く予測するためには、詳細法による強震動評価と、これをベースに求められた「震源断層を特定した地震動予測地図」の活用が必要で、詳細法による強震動評価手法を一層高度化し先導していくことが非常に重要である。前述の長大断層のモデル化のほか、例えば、アスペリティと背景領域とに単純に二元化して扱われている現在の特性化震源モデルに対して、新たに断層破壊性状の不均質性を考慮・加味することにより、理論地震動の短周期側での精度と適用可能性を改善し、広帯域地震動の評価精度の向上を図る試み等が考えられる。

l) 「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」の活用

震度6弱以上の強い揺れに見舞われる地域を精度良く予測するためには、簡便法をベースに求められた「確率論的地震動予測地図」だけでは自ずと限界があり、詳細法による強震動評価と、これをベースに求められた「震源断層を特定した地震動予測地図」の活用が必要である。「確率論的地震動予測地図」では、全国で発生する多種多数の地震の全てを確率論的にモデル化して強震動を評価するため、それらを全て詳細法により評価することは不可能という現実の中で簡便法をベースとしている。全ての地震の地震動を詳細法により評価出来るのであればそれは理想的である。更に、その理想を高めるためにも、詳細法による強震動評価手法を一層高度化し先導していくことが非常に重要である。

m) 地震動予測地図の融合

現在の全国地震動予測地図では、「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」はそれぞれ独立した地図として扱われ公表されているが、将来的にはこれら2種類の地図を「融合」させて1つの地図にすることを想定している。このためには、例えば、「震源断層を特定した地震動予測地図」において強震動予測結果の不確定性をどのように考え処理することが出来るかといった課題を解決していく必要がある。

n) 評価結果の安定性・変動と対外説明

今回の全国地震動予測地図ではいくつかの都市で地震動の超過確率が急増したが、将来も、特に手法が本格的に見直された場合には、大きな変化が生じることはあるであろう。

大地震・大地震動という稀な自然現象を扱う以上、そ

の拠り所となるデータ自体が少なく予測結果に不確定性が大きいことは事実だが、一般に新たな手法やデータに基づいて評価した結果に大きな変動が生じると、結果を利用する立場としては困る場合もある。技術的な改良点をまとめるだけでなく、利用者への説明・解説方法についても十分に吟味した上で公表することが、本検討の成果を社会に活かしていくためには重要である。

o) 地震動予測地図の普及方策

地震動予測地図の高精度化に加え、地震動予測地図をより一層普及させるために、その高度利用に関する具体的な検討の必要性が指摘されている。これまでの議論では、専門家が考えるものだけでは実際のニーズを適切に把握できていない可能性も指摘されており、検討結果の普及広報と同時にユーザニーズの把握を積極的に図る必要がある。

5章の参考文献

- 1) 藤原広行 (2007) : 統合化地下構造データベースの構築に向けて, シンポジウム「統合化地下構造データベースの構築に向けて」予稿集, pp. 9-22.
- 2) 藤本一雄・翠川三郎 (2006) : 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度の関係, 日本地震工学会論文集, Vol. 6, No. 1, pp. 11-22.
- 3) 松岡昌志・翠川三郎 (1994) : 国土数値情報とサイスマックマイクロゾーニング, 第 22 回地盤振動シンポジウム, 日本建築学会.