



2003年7月26日宮城県北部地震 M6.4 が提起した 地震動予測地図と活断層評価の課題

鈴木康弘¹⁾、熊木洋太²⁾

1) 正会員 名古屋大学大学院環境学研究科、教授 博理

e-mail : suzuki@seis.nagoya-u.ac.jp

2) 国土交通省国土地理院、測地観測センター長 理修

e-mail : kumaki@gsi.go.jp

要約

宮城県北部地震の震度分布は、地震調査研究推進本部地震調査委員会が試作した確率論的地震動予測地図と合致したが、その震源断層は個別の震源としては想定外であった。想定外の活断層沿いでも震度6が発生した事実は、改めて活断層沿いの地震防災の重要性を示している。一般に、確率論的地震動予測地図では活断層の危険性が見えにくい。これは単に、活断層の活動間隔が長いこと確率が高く成り得ないことだけが理由ではなく、現行の活断層評価手法にもその理由がある。シナリオ地震動予測図を併用するなどして、防災意識を十分高める工夫が必要である。

キーワード: ハザードマップ、地震、活断層、被害軽減

1. はじめに

2003年5月～9月に北日本で発生した地震の震度分布は、地震調査委員会が作成した「確率論的地震動予測地図の試作版(地域限定一北日本)」が地震防災上有効であることを実証した。今後、全国的な整備が進むことによる効果は大きい。一枚の地図で防災の様々な要求に応えることは難しいことも事実であり、今後とも多くの観点から検証され、より地震防災上有効な地図が作られていくことが望まれる。本論文は7月26日の宮城県北部の地震 M6.4 に注目し、陸域浅部の地震の想定に関する問題点を、モデリング手法および活断層評価手法の両面から考察する。この問題は確率論的予測の現状での「限界」に関わり、現時点の研究レベルやデータの制約から、すぐには克服できないことであるが、「限界」を意識することによって、防災上(地図利用上)の留意点が判明する。また、平成17年度以降の第2フェーズの活断層評価における必要な戦略も見えてくる。「確率論的地震動予測地図において活断層の危険性が見えにくい」という点に焦点を当て、理由を考察し、改善に向けた将来的な課題を整理する。

2. 地震動予測地図は震度6をどの程度予測したか?

確率論的地震動予測地図試作版のうち「震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」の図に、2003年5月26日、7月26日、9月26日の各地震時の震度分布を重ねたものが、地震調査委員会によって公表されている¹⁾²⁾。それらを見ると、震度6弱以上になった地域は、今後30年以内の確率でもいずれも高く推定されていた。特に7月26日や9月26日の地震では確率26%以上であり、震度6弱以上の発生地点が事前に明確に示されていたことになる。

9月26日の十勝沖地震は、震源位置もメカニズムも概ね想定通りの地震だった。これに対し、5月26日の地震は海洋プレート内地震、7月26日の地震は内陸浅部の地震であり、このような地震が宮城県周辺で起こることが高い

確率で予測されていたわけではない。地震動予測図作成においては、「プレート境界地震」や「主要活断層が起こす地震」については、詳細に規模と繰り返しパターンを調べてモデル化しているが、海洋プレート内地震(5月26日)や内陸浅部の地震(7月)のようなタイプの地震については、現在までの地震観測の統計値から単純に外挿して発生確率を求めているに過ぎず、その発生場所を特定していない。つまり、宮城県周辺では、たまたまプレート境界地震である「宮城県沖地震」が、今後30年以内に99%の確率で発生すると予測されていて、上述の地震動予測地図は、その地震の際に主に地盤の影響で強く揺れるか否かの推定結果を強く反映したものであった。

ところで、7月26日の地震は、「新編日本の活断層」に「旭山撓曲」として記載された推定活断層付近に発生した。余震分布や地殻変動の観測結果から想定される震源断層面は、厳密に言えば旭山撓曲の推定断層面より深い位置にあるが、旭山撓曲と同様に、南北走行で西側隆起の逆断層である。このことから、旭山撓曲に付随・併走する断層が比較的深部で動いたと考えられる。7月26日の震源断層を事後にモデル化して計算した予測震度³⁾は、実際の震度分布と非常に良く対応している。したがって、旭山撓曲を震源断層のひとつとして意識していれば、事前に強い地震動が起きる場所、および地震規模を合理的に指摘できた可能性が高い。

活断層が起こす地震の場合、概ねM6.8以上で地表変位が起き、M6.8未満では起きないこともあることから、地表変位に基づいて活断層を認定している限り、活断層情報からM6.8未満の地震発生位置を予測することは困難、というのが従来の見解だった。今回、M6.4の地震の発生位置が予測できたとすれば、その意義は大きい。

地震調査研究推進本部は、これまで陸域の98断層帯を主要活断層として、調査の促進を図ってきた。この98断層帯は、おおむねM7級かそれ以上の地震を引き起こすことが想定される活断層であり、旭山撓曲のようにやや規模の小さな活断層は含まれていない。今回、この程度の規模の活断層情報も、震度6強をもたらすような地震の発生予測に役立つ可能性があることが判明した。このことから、将来の地震動を的確に予測して防災に役立てるためには、すべての活断層の存否を明らかにしたデータベースを完備することが必要である。

3. 確率論的地震動予測地図では見えにくい活断層の危険性

確率論的地震動予測地図では活断層の危険性が見えにくい。これは単に活断層の活動間隔が長いから、確率が原理的に高く成り得ないことだけが理由ではない。陸域の浅い地震の震源として想定されているものは4種類(①98主要起震断層帯が起こす固有地震(最大地震)、②98断層帯以外の活断層に発生する地震、③98断層帯に発生する固有地震(最大地震)以外の地震、④活断層が未発見の場所にも起こる震源を予め特定しにくい地震)であるが⁴⁾、①～④のそれぞれに、活断層の危険性が過小評価されることにつながりかねない問題点が存在する。

3.1 「98断層帯の固有地震」の評価における問題点

98断層帯の地震発生予測は、地震調査委員会によって個別評価が進められている。その際の手順として、まず一回の地震の際に同時に動く「活動区間」が議論され、原則として松田⁵⁾の基準が用いられる。すなわち、断層線が5km以内に近接するものは一括して地震を起こすものとする。活動履歴データに矛盾があれば細分化するのが正論であるが、現状ではデータが著しく不足しているために、こうした細分化はほとんど行えない状況にある。活動区間を推定する方法としては、断層線の分岐形状や屈曲形状に注目したもの等、いくつかの提案が行われているが、こうした考えを採用して細分化している例も少ない。このため、活動区間は一般に長めの想定になり、その影響で、経験式から推定する「一回の変位量(d)」も大きくなる。

活動間隔(R)は、トレンチ等の活断層活動履歴調査で求めるのが理想であるが、現実にはデータが極めて少ないため、比較的容易に評価可能な、平均変位速度(S)を用いて、 $R=d/S$ として計算していることが多い。この時、上述のようにdが大きめに評価されると、Rも大きめ(活動間隔は長め)となり、今後の地震発生確率は低めに誘導される。

藤原⁶⁾は、これまでに公表されている活断層評価結果の地震発生確率を、過去200年間の歴史地震の発生回数と比較した結果、地震発生確率が低めに評価され過ぎていることを指摘している。そのことはまさに、現状の活断層評価が「確率低め誘導型」になっていることの証明である。そもそも松田⁵⁾の起震断層の基準は、最大地震規模による日本列島の地震分帯を評価するためのものであり、most probableな地震発生を評価するために、この基準をそのまま用いることは必ずしも適当でない。とくに活断層近傍の防災の観点から言えば、地震発生確率が低めに評価されることは問題が大きい。なお、地震規模が大きめに評価されているために、震度6以上になる範囲は広めに評価されている可能性があるが、活断層近傍においてはいずれにしても「震度6以上」であり、地震規模が大きめに見積

もられたからと言ってハザードは高くはならず、確率が低めに評価された分、危険性は過小評価される。

3.2 「98 断層帯以外の活断層に発生する地震」、「98 断層帯に発生する固有地震以外の地震」のモデリングにおける問題点

確率論的地震動予測図作成において、98 断層以外に、百数十の活断層が計算に使われることになっている。しかし、その活断層抽出の妥当性に関する深い議論は行われていない。「日本の活断層」以降に作成された活断層図（「活断層詳細デジタルマップ」や「都市圏活断層図」）では、活断層の認定そのものが大きく見直されており、これを反映させる必要がある。また、ここでも上述 4.1 と同様の問題があり、断層の活動区間を長めに推定することで、大きめの地震規模を想定している。これは一見安全サイドの配慮のように見えるが、実は発生間隔を長く推定してしまい、発生確率を低く誘導してしまっている危険性がある。また、旭山撓曲は百数十の活断層のうちには含まれていない。このことで明らかなように、百数十の活断層を加えるだけでは数量的にも十分とは言えない。

「98 断層帯に発生する固有地震(最大地震)以外の地震」については、現時点ではモデル化できていない。1998 年 5 月 22 日の美濃中西部地震(M5.5)や、1998 年 9 月 15 日の宮城県南部地震(M5.2)などは、余震分布の詳細なイメージングによって、それぞれ養老断層や長町一利府線の活動であったことがわかってきた。これらの地震の際、局地的には液状化が起こるほどの強震動が発生している。松田⁷⁾や垣見⁸⁾は、M5~6 規模の地震の発生について、活断層の分布密度と著しい相関があることを指摘している。このような知見を活かして、活断層が起こす固有地震以外の地震を正しく認識し直すことは地震防災上重要であるが、モデルが確立されていないため、次で述べる「震源を予め特定しにくい地震」で代用せざるを得ないのが現状である。

3.3 「震源を予め特定しにくい地震」の問題点

例えば、「M6.8 以下の地震では地震時に地表地震断層が生じなかった例が多い」ことを根拠に、「活断層の有無に関わらず、M6.8 までの地震発生の可能性をどこにでも想定する」という考えがある。地震動予測地図試作版(北日本)においては、区分された地域ごとに M6.5~7.1 の上限値を決めて、同様の考えを確率論的に適用している。これは、例えば原発建設等の場合には安全側の工学的判断として妥当性が高いが、確率論的地震動予測に適用するには以下のような未解決な問題が残っている。

第一は、「地表地震断層が生じなかった」という理解そのものである。「地表地震断層」の用語の定義自体に混乱があり、緩やかな地表変位(撓曲)は一般に地表地震断層に含めないこともある。しかし、そのような変形の累積は明瞭に変動地形として残り、活断層(もしくは活撓曲)としては検出される。したがって、M6.8 以下の地震の痕跡でも、そのうちの多くは地形に残っている可能性が高く、活断層データからこの程度の規模の地震を推定できる可能性は大いにある。このため過去の地震についても、その原因を活断層にもっと多く求める必要がある。

第二の理由は、上述 3.2 に深く関わる。1998 年の美濃中西部地震や宮城県南部地震等は、観測網が整備されて、やっと活断層との対応が明確となった。これ以前にもこのような地震はあったはずで、それらが活断層の地震と認識されず、計算上「活断層の有無に関わらずどこにでも起きる地震」に含められている。このことは、活断層沿いの強震動発生の危険性を問題にした場合には、これを軽視させる結果になる。

4. 地震動予測地図の現状評価と今後の課題

現状の地震動予測地図は、日本全国規模で見れば、地震観測結果や歴史地震の記録、活断層調査データ等を総合したものであり、妥当性が高い。しかし、上述のように活断層に起因する強震動の発生確率については、広域に薄められている可能性が高く、局地的な地震動予測という面では問題がある。地震調査委員会が作成しているものはあくまで「全国を概観した」地震動予測地図であるから、このような局地的な問題は守備範囲外かもしれないが、誤解の少ない広報が望まれる。例えば、活断層沿いの危険性が軽視されないよう、そもそも各地点が最大どれだけ揺れるかを示すような決定論的(シナリオ型)地震動予測地図と必ずセットで提示する等の配慮が必要であろう。

平成 16 年度末をもって活断層調査も一区切りとなるが、本稿で述べた問題点の多くは、活断層と地震発生の詳細な関係についての調査研究の遅れに原因がある。具体的問題点を解決するための戦略的な調査を推進する必要がある。また、活断層地震の発生確率評価をよりの確にするためには、活動履歴調査の継続が重要であるが、一方で、活動履歴データが不十分であっても、形態等から活動区間を細分化できる手法の開発と、評価作業への積

極的導入が重要である。活断層評価結果については、公表後に学会等で異論が出されているものもあり、再検討を要する。また、活動区間を積極的に細分化したモデルによる再評価も必要である。少なくとも藤原⁶⁾が提起した、現状の発生確率が過去の地震発生と合わないという問題は早急に解決する必要がある。また、宮城県北部地震の教訓を活かして、従来は活断層と直接関連づけてこなかった地震活動を、活断層に起因する地震として適切に位置づけ、「活断層に発生する固有地震以外の地震」の本格的なモデル開発が望まれる。また、これまでの活断層評価は、活断層の存否情報が既知であることを前提に進められてきたが、公刊される活断層図は年々大きく変化している。最も基礎となるべき活断層の存在・連続性に関する情報の信頼度を高めることが、まずは最優先である。

参考文献

- 1)地震調査研究推進本部地震調査委員会:宮城県北部の地震活動の評価、2003年。
- 2)地震調査研究推進本部地震調査委員会:2003年9月26日十勝沖地震の評価、2003年。
- 3)渡邊基史・佐藤俊明:経験的地盤増幅度と距離減衰式による2003年宮城県北部の地震の震度分布、日本地震学会2003年度秋季大会予稿集、2003年、p.196。
- 4)地震調査委員会長期評価部会:震源を予め特定しにくい地震等の評価手法について(中間報告)、2002年。
- 5)松田時彦:最大地震規模による日本列島の地震分帯図、地震研究所彙報、65、1990年、pp.289-319。
- 6)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、地震動予測地図ワークショップー地震調査研究と地震防災工学・社会科学との連携ー予稿集、2004年、pp.73-94。
- 7)松田時彦:陸域地震と活断層の分布相関ー地震災害軽減のためにー。歴史地震学、43-1、2001年、pp.27-33。
- 8)垣見俊弘:活断層地域と非活断層地域、日本列島の地震(萩原尊禮編)、鹿島出版会、1991年、pp.168-173。

(受理:2004年1月20日)

(掲載決定:2004年9月7日)

Further Problems on Probabilistic Seismic Hazard Maps and Investigations on Active Faults, raised by the 2003 M6.4 Northern Miyagi Earthquake

Yasuhiro SUZUKI¹⁾, Yohta KUMAKI²⁾

1) Member, Professor, Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, Dr.Sci.

2) Director, Geodetic Observation Center, Geographical Survey Institute, M.Sci.

ABSTRACT

The distribution of ground motion caused by the 2003 northern Miyagi earthquake appears to coincide with the probabilistic seismic hazard map preproduced by the Earthquake Research Committee at the Headquarters for Earthquake Research Promotion. However, the source fault of the earthquake was minor and not estimated as one of the seismogenic faults on the map. The fact that seismic intensity reached 6 even along such minor fault highlights the significance of disaster prevention along active faults. Probabilistic seismic hazard maps often mislead to underestimate the danger near the fault. The reason should not be only the low probability of earthquake occurrence due to the longer intervals of earthquakes. Much attention should be paid on the potential danger near the fault. Effective usage of scenario seismic hazard maps is important for disaster mitigation.

Keywords: Hazard map, Earthquake, Active fault, Disaster mitigation