

# 地震動予測マップの活用

## —その1：ハザード情報の利用—

石川 裕<sup>1</sup>・奥村俊彦<sup>1</sup>・宮腰淳一<sup>1</sup>  
能島暢呂<sup>2</sup>・杉戸真太<sup>2</sup>・久世益充<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 清水建設（株）技術研究所 （〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17）

E-mail : yutaka.ishikawa@shimz.co.jp, oku@shimz.co.jp, miyakoshi@shimz.co.jp

<sup>2</sup> 岐阜大学 工学部社会基盤工学科, 流域圏科学研究センター, 産官学融合センター  
(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

E-mail : nojima@cive.gifu-u.ac.jp, sugito@cc.gifu-u.ac.jp, kuse@cive.gifu-u.ac.jp

本研究では、地震動予測マップの高度化と多様化をねらいとして、岐阜県を対象とした500mメッシュの確率論的地震ハザードマップを作成した。メッシュサイズ、増幅率への地盤の非線形応答特性の考慮、海溝型地震の地震動評価へのシミュレーションモデルの適用、などが新たな特徴である。併せて、低頻度のハザードが相対的に高くなる地域マップの作成例についても考察した。

**Key Words :** *probabilistic seismic hazard map, seismic instrumental intensity, contribution factor, EMPR model, FDEL model, Gifu prefecture*

### 1. はじめに

昨今、地震活動や地震動の評価結果を地図上にビジュアルに表現した地震動予測マップの作成が精力的に行われている。地震調査研究推進本部では地震調査研究の主要課題の一つとして、全国を概観した地震動予測地図の作成を進めており、種々の成果が公表されつつある<sup>1)</sup>。また、横浜市では防災対策推進の一環として、横浜市地震マップを作成し、市民に公表している<sup>2)</sup>。これらのマップは確率論的地震ハザードマップとシナリオ型地震動予測マップに分類されるが、互いの特徴を組合せることにより、設計用地震動設定などの工学利用ならびに防災対策への活用が期待されている。

一方、地震動予測マップの今後の方向性を鑑みると、高精度化と多様化の流れが予想される。高精度化とはマップの計算単位（主に地盤の評価単位）を細かくしていくことや、地震動の評価方法等を改善していくものである。多様化とは2種類の地震動予測マップの互いの特徴を理解するためのマップや、地震動情報に加えて構造物の耐震性や被害予測の情報も重ねたマップの作成を意味する<sup>3)</sup>。震度曝露人口予測への活用<sup>4)</sup>もこうした多様化の一端である。

本研究では、地震動予測マップのうちの確率論的地震ハザードマップに関して、高度化と多様化に向けた新しい試みについて示す。

### 2. 確率論的地震ハザードマップの作成手法

#### (1) 概要

ここでは、岐阜県を対象として、西暦2004年から50年間の確率論的地震ハザードマップを作成した。

基本的なマップの作成手法は地震調査研究推進本部<sup>5)</sup>ならびに防災科学技術研究所<sup>6)</sup>より提示されている方法を踏襲した。

地震活動のモデル化においては、地震を、1) 98主要活断層帯、2) 海溝型地震（想定東海地震、東南海地震、南海地震）、3) 主要98以外の活断層、4) プレート内の震源を予め特定しにくい地震、5) 地殻内の震源を予め特定しにくい地震、に分類した。なお、主要98活断層帯（図-1）の地震発生確率のうち長期評価で幅をもって公表されているものについては最大確率を用いた。

地震動の指標は地表における計測震度とし、海溝型地震以外の地震に対しては司・翠川の方法<sup>7) 8)</sup>により工学的基盤上の計測震度を評価した。

#### (2) メッシュサイズと地盤分類

マップの作成単位は2分の1地域メッシュ（一辺約500m、メッシュ数約40,000）であり、その中心位置でのハザードをメッシュ単位で色分けして表示する。各メッシュを岐阜県の被害想定<sup>9)</sup>で用いられている49の地盤モデルに分類した。

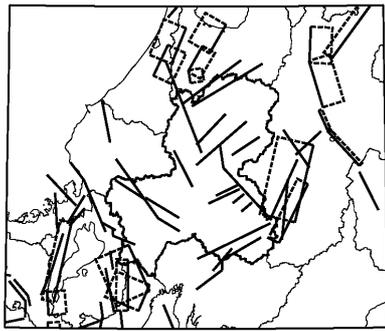


図-1 主な活断層の分布

### (3) 地盤増幅率の評価

工学的基盤上での計測震度から地表の計測震度への変換においては、上記49の地盤モデルごとに表層地盤の非線形応答を考慮した増幅率を設定した。各地盤モデルに対して、入力地震動の振幅を計測震度で0.1～6.5まで0.1刻みで変化させたFDEL解析<sup>10)</sup>（周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤応答解析）を行い、工学的基盤上での計測震度の大きさに応じて地表の計測震度を評価する増幅率をテーブル関数として設定した。FDEL解析で用いた地震動の波形はマグニチュードが8クラスの地震を想定した。

### (4) 海溝型地震の地震動評価

南海トラフで発生する海溝型地震（想定東海地震、東南海地震、南海地震）の地震動に関しては、距離減衰式ではなく、EMPRモデル（非定常スペクトル合成法）によるシミュレーション<sup>11) 12)</sup>に基づき評価した。地震動の不確定性に関しては、今回は便宜的にアスペリティ位置は固定したままで、破壊開始点を10（想定東海、東南海）もしくは15（南海）変え

た評価を全メッシュに対して行い、その結果（計測震度）を正規分布にフィッティングさせた。

図-2にシミュレーション結果の一例として、東南海地震に対する計測震度の中央値と90%非超過値の距離減衰特性を、距離減衰式と比較して示す（赤色が岐阜県の地点）。今回の評価に用いたシミュレーション結果は、断層最短距離が140km以内の場合に、計測震度の90%非超過値で距離減衰式よりやや小さい評価を与える傾向となっているが、距離減衰式による評価と大きく異なるものではない。断層最短距離が同じであっても、断層面との位置関係によって、評価される地震動強さ（計測震度）が異なるという特徴を反映できることがシミュレーション結果を用いる利点である。なお、シナリオ型強震動評価の不確定性については、他の変動要因も考えられるため、今後とも継続的に検討を続ける必要がある。

想定東海地震、東南海地震、南海地震の時系列モデルについては、各地震ともに独立な更新過程に従うと仮定した。発生確率は東南海地震と南海地震については長期評価結果<sup>13)</sup>を用い、想定東海地震は安政東海地震を時間原点として別途設定した。宝永地震や安政東海地震のように、過去にはこれら3つの地震の震源域が連動（同時発生）したパターンが知られているが、こうしたパターンを考慮した時系列のモデル化については今後の課題としたい。

## 3. 確率論的地震ハザードマップの評価結果

### (1) トータルのハザードマップ

図-3は全ての地震を考慮した場合のトータルのハザードマップである。ここでは、確率レベルとして、50年超過確率39%、10%、5%、2%のマップを示した。岐阜県はエリア区分として、岐阜、西濃、中濃、東濃、飛騨の5つに分けられるが、図-3より、地域的には東濃エリアならびに岐阜～西濃エリア南部のハザードが相対的に高い結果となっている。50年超過確率が2%のマップでは高山・大原断層帯の影響が見て取れる。一方、震度階のレベルに着目すると、50年超過確率が39%ではほとんどの地域で震度5強以下である。確率が小さくなるにつれて対応する震度は大きくなり、50年超過確率が5%では東濃および岐阜エリアの広い範囲で震度6弱となっている。

### (2) 地震タイプ別の最大貢献度マップ

図-4に地震タイプ別の最大貢献度マップを示す。貢献度とは著者らが確率論的想定地震の概念<sup>14) 15)</sup>として提案しているもので、ハザードのレベルごとにどの地震の影響が強いかを理解するのに有用である。ここでは地震を、i) 活断層（98主要活断層帯、それ以外の活断層）、ii) 海溝型地震（想定東海、東南海、南海地震）、iii) 震源を予め特定しにくい地震（プレート内、地殻内）の3つのタイプに分類した上で、メッシュごとに貢献度が最大となる地震タイプをマップで色分けして示した。確率レベルは上記のハザードマップと同じ4種類である。

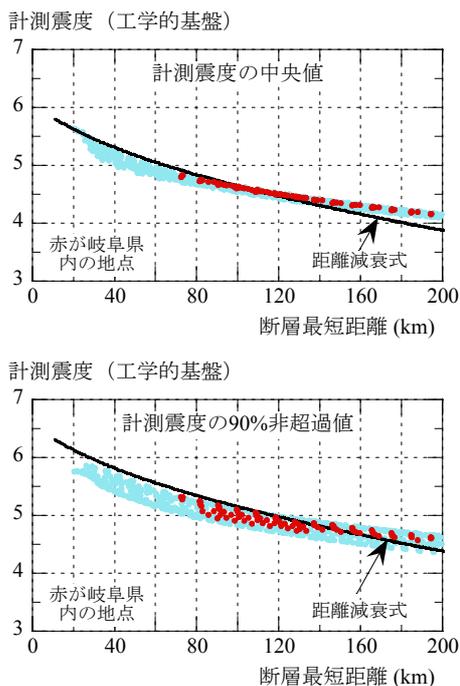


図-2 東南海地震のシミュレーション結果

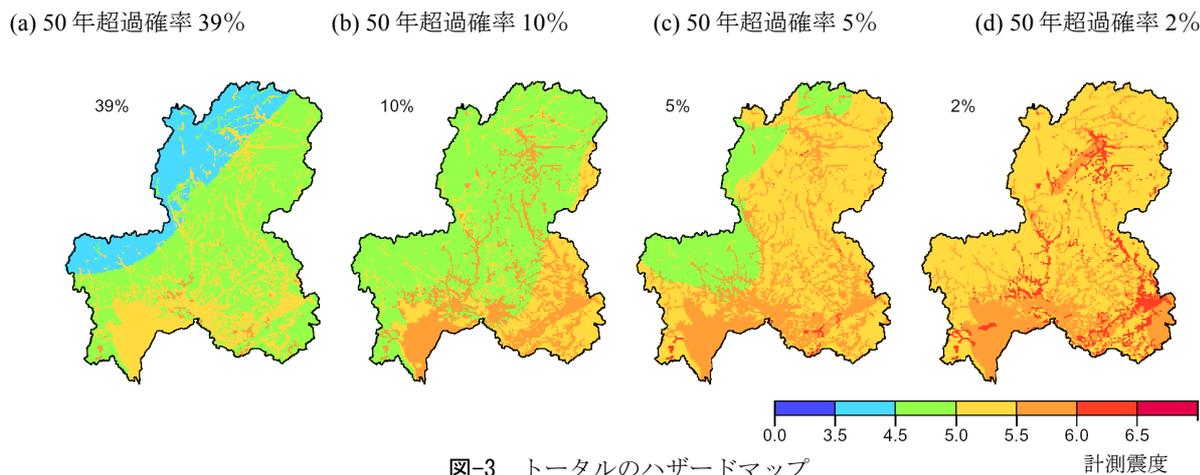


図-3 トータルハザードマップ

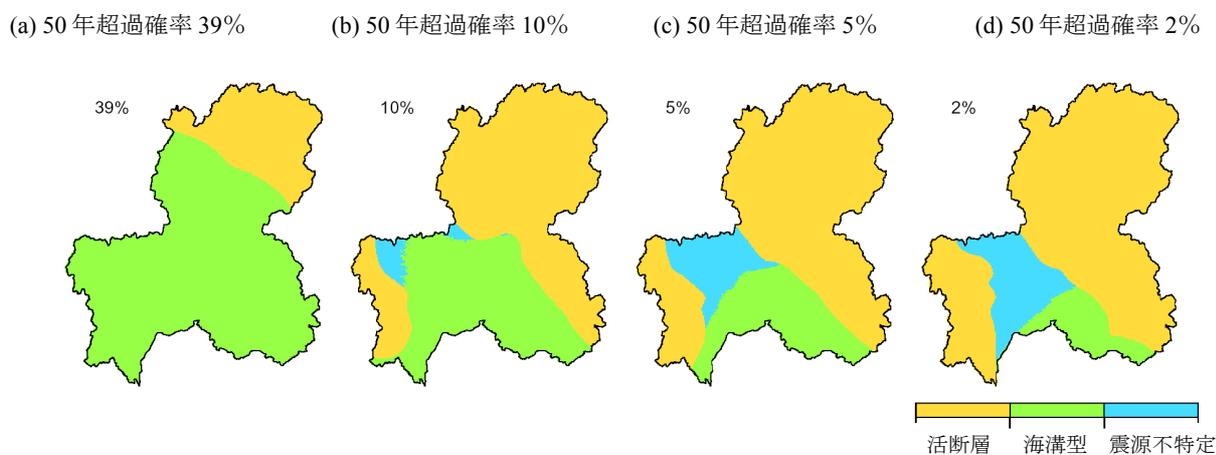


図-4 地震タイプ別の最大貢献度マップ

図-4より、50年超過確率が39%では、飛騨エリア北部を除くほとんどの地域で海溝型地震の貢献度が最大となっている。確率レベルが小さくなるにつれて、活断層の影響が飛騨～東濃エリアのみならず西濃エリアでも顕著に現れてくると同時に、岐阜～中濃エリアの北部では震源を予め特定しにくい地震の貢献度が最大となってくる様子が理解できる。

確率論的地震ハザード評価では、確率レベルに応じて支配的な地震の特徴が変化するが、貢献度をマップで表現することは、その地域的な特徴を理解する有用な方法となる。ここでは地震タイプ別の最大貢献度マップを示したが、各地震タイプごとの貢献度のマップや、また地震のタイプをより細かく分類した、例えば個別の活断層の貢献度のマップを作成することも可能である。

#### 4. 確率論的地震ハザードマップの活用例

以上に示した確率論的地震ハザードマップは、ある確率レベルに対する計測震度を震度階別に色分けして示したものである。ある地点における地震ハザードは地震動の強さと超過確率の関係を示したハザードカーブで表現されるが、個々のハザードマップはハザードカーブ上の一点を示しているに過ぎない。

そこで、以下では新しいハザードマップの活用例として、ハザードカーブの性状(くせ)をマップで表現することを試みる。

兵庫県南部地震の教訓として、内陸活断層などの低頻度巨大外力に対する備えの重要性が指摘されている。一般に内陸活断層の地震発生確率は50年で10%以下のものが大半である。こうした活断層の影響は50年のハザードカーブ上では10%以下の確率レベルで現れるが、特にその活断層が対象地点に強い

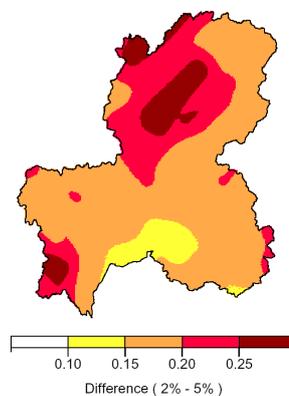


図-5 低頻度のハザードが相対的に高くなる地域マップの例

地震動をもたらす可能性がある場合にはハザードカーブが横に寝るような性状を呈する。

ここでは、このようなハザードカーブとなる地域を地図上で表現するために、50年超過確率が2%に対する計測震度と5%の計測震度の差に着目し、その値により色分けしたマップを作成した。

図-5がその結果で、ここでは工学的基盤上での計測震度の差を対象としている。図-5において、色が濃い地域ほど、50年超過確率2%と5%の計測震度の差が大きいことを表わしており、これはすなわちハザードカーブの性状としては50年超過確率が5%以下の領域で横に寝るような傾向が相対的に高い地域を示していることになる。図-5において、色が濃い地域は発生確率が比較的高い活断層の位置と対応している（活断層分布は図-1参照）。県北部、北西端、南西端の濃い色の地域にはそれぞれ、高山・大原断層帯、牛首断層、関ヶ原断層帯が位置している。

設計用地震動を確率論的地震ハザード評価の結果に基づいて設定する場合、例えば、50年超過確率が10%とか5%の確率レベルに対する地震動強さのみに着目するのでは、発生確率がそれより低い活断層の影響を見逃してしまう可能性がある。図-5に示したようなマップを描くことによって低頻度の地震の影響に留意すべき地域を抽出することが可能となる。

## 5. むすび

本研究では地震動予測マップの高度化をねらいとして、岐阜県を対象とした新しい確率論的地震ハザードマップについて考察した。メッシュサイズ、増幅率への地盤の非線形応答特性の考慮、海溝型地震の地震動評価へのシミュレーションモデルの適用、などが新たな特徴である。また、地震動予測マップの多様化の観点から、新しい試みとして、地震タイプ別の最大貢献度マップ、ならびに低頻度のハザードが相対的に高くなる地域マップの作成例を示した。

地震ハザードや地震リスクの地域的な特徴を理解する上で、地図表現は一つの有用な方法であり、地震動の情報のみならず、構造物の耐震性能や被害予測の情報も重ねたマップ<sup>3)</sup>について今後研究を積み上げていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部ホームページ：  
<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>
- 2) 横浜市地震マップホームページ：  
[http://www.city.yokohama.jp/me/bousai/jisin\\_map.html](http://www.city.yokohama.jp/me/bousai/jisin_map.html)
- 3) 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.
- 4) 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—その2：震度曝露人口の試算—，土木学会地震工学論文集，Vol.27, 2003.（投稿中）
- 5) 地震調査研究推進本部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.
- 6) 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.
- 7) 司 宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文報告集，第523号，pp. 63-70, 1999.
- 8) 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄：計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係，地域安全学会論文集，Vol.1, pp. 51-56, 1999.
- 9) 岐阜県：岐阜県地震被害想定調査報告書，1998.
- 10) 杉戸真太・合田尚義・増田民夫：周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察，土木学会論文集，No.493/III-27, pp.49-58, 1994.
- 11) 久世益充・杉戸真太・能島暢呂：南海トラフの巨大地震を想定した広域震度予測，自然災害科学，Vol.22, No.1, pp.87-99, 2003.
- 12) 久世益充・杉戸真太・能島暢呂：海溝型巨大地震を対象とした被害の広域性に関する基礎的検討，第22回日本自然災害学会学術講演会概要集，pp.207-208, 2003.
- 13) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフの地震の長期評価について，平成13年9月27日.
- 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) 石川 裕・奥村俊彦：地域の集積リスクを考慮した想定地震の選定方法，地域安全学会論文集，No.3, pp.199-206, 2001.

(2003. 10. 8 受付)

## APPLICATION OF SEISMIC HAZARD MAP - PART1 : GROUND MOTION INFORMATION -

Yutaka ISHIKAWA, Toshihiko OKUMURA, Jun'ichi MIYAKOSHI,  
Nobuoto NOJIMA, Masata SUGITO and Masumitsu KUSE

An advanced method to evaluate the probabilistic seismic hazard map is described. Various maps for Gifu prefecture are prepared showing the seismic instrumental intensities that have a specified probability of exceedance in 50 years. The features of the method are : i) mapping grid size in approximately 500m, ii) consideration of the non-linear seismic response of the surface layer, iii) incorporation of the strong motion simulation technique for large earthquakes in the subduction zone. In addition, a new map is proposed to clarify the regions which may be strongly affected by the low frequency-high impact events.