

## 地震動予測地図における強震動評価について

### - 内陸地震と海溝型地震に対する強震動予測レシピとその問題点 -

入倉 孝次郎（京都大学防災研究所長・地震調査委員会強震動評価部会長）

地震調査委員会強震動評価部会では確率的な評価と、シナリオ型の評価の2つを行っている。確率的な評価は前田さんからもお話があるので、シナリオ型について話しをする。

これまで、いくつかの地震を評価することにより、精度の高い強震動予測法が開発されてきた。現在採用している方法は現時点での到達点ということになる。

強震動評価部会は2つの方法、簡便法と詳細法、を用いて想定断層に対する強震動の評価を行っている。簡便法による強震動評価では、断層を想定し、断層からの距離・マグニチュード・地盤特性から、最大速度と震度を、経験的な関係式を用いて求める。この簡便法は、震源断層から生成される地震動の経験的な平均像を知ることによって重要であるが、断層の破壊伝播による地震動のディレクティビティや堆積盆地などによって局地的に大きな揺れが生じた阪神・淡路大震災の「震災の帯」のような現象は評価が困難というような問題がある。もう1つの方法、詳細法、は震源断層での破壊の進行、震源から対象地点までの地質・地形構造、および表層地盤の影響、などを考慮することで、より現実的な揺れの評価を目指すものである。

ここでは主として詳細法を用いた強震動予測の到達点とその問題点について報告する。

シナリオ地震による強震動評価のためには、強震動を生成する震源像というものを考えなくてはならない。断層面を破壊が進展するときに、強い揺れがどこから出てくるのかなどについて、これまでの地震の時の断層すべり分布や活断層調査結果を基に推定する。

それに、地下構造のモデル化、表層地盤のモデル化も必要になってくる。断層が動いたとき、どの方向の揺れが大きくなるかを知るため、3成分の時刻歴波形を出すことを考えている。単に最大加速度や最大速度といった1つの指標を推定するのではなく、地震動波形を計算しておけば、構造物の設計に必要とされる加速度応答スペクトル、速度応答スペクトルなどいろいろな要求にも応えられる。

我々はレシピという形で強震動予測手法をまとめて行きたいと思っており、同じシナリオ地震ならだれでも同じ答えになるように、また後からでも検証可能な方法を我々は考えている。新しい知見が得られれば、そのときには新しいパラメータを用いてレシピに従ってやり直す、あるいはレシピそのものを改良することが重要となる。

強震動予測にはどんな情報が必要かということ、まずは将来の震源域がどこかということと、断層の大きさから地震モーメント、地震のマグニチュードがどのくらいかを推定することである。こういうものを断層の「巨視的断層パラメータ」と呼ぶことにする。強震動予測には巨視的断層パラメータだけでは不十分で、最近の研究では、地震の時の断層すべりは不均質であることがわかってきた。強く強震動を出すところはアスぺリティと呼ばれ、

アスペリティの大きさとそこでの応力降下量が強震動の生成に影響する。これらの断層の不均質性を決めるパラメータを「微視的震源パラメータ」と呼んでいる。

強震動の観測が世界中で行われるようになり、日米が主であるが強震動のいろいろな記録から震源のすべり分布がわかるようになった。これまでは断層面が一様にすべると考えていた。しかし、実際には、震源となる断層面の中でもすべりの大きいところと、ほとんどすべりのないところがある。地震動の大きさは断層面全体の大きさで決まるのではなく、むしろ、断層面の中の強震動を強く出すところで決まることがわかってきた。強震動を予測するには、強震動を強く出すところ、アスペリティ、の分布を知らないといけないことになる。

断層の大きさは地震の規模に関する地震モーメントと一定のスケーリング則（相似則）に従うことは前からわかっていたが、最近の強震動の研究でアスペリティの大きさも断層面積と同様のスケーリング則に従っていることがわかってきた。このことは、想定する地震の断層全体の大きさがわかれば、地震の規模が推定され、さらにアスペリティの大きさも推定が可能となることを意味している。

しかしながら、強震動を強く生成するところ、アスペリティがどこにあるか、を前もって予測するのは未だ難しい課題となっている。この問題を解く手がかりが、これまでの地震の震源インバージョン結果と地表断層すべり分布の関係から得られている。1992年ランダース地震のとき、3つの断層が同時に動き、各断層の中でもすべりが大きいところと小さいところがあった。震源インバージョンの結果から推定されたアスペリティの位置が、地表踏査によるすべりの大きいところによく対応していることがわかった。このことは地表の活断層の調査から、すべりが大きいところがわかればアスペリティをどこに置いたらよいかという情報が得られることになる。

海溝型の場合は、地表すべりの調査が難しいので同様の方法の適用は困難である。これを補うのが、GPSや地震活動の調査に基づいたアスペリティの解析である。最近の菊地さんや山中さんの研究によると、1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震のときに、強くすべったアスペリティはほぼ同じところであった。すなわち、「アスペリティは繰り返す」という研究成果がでていいる。このことは将来の地震に対する強震動予測が可能であることを意味している。

一般には、巨視的パラメータとしては、断層調査等で断層の長さが与えられ、その断層近傍での地震活動に基づいて推定される地震発生層の厚さから断層の幅が与えられ、それにより断層面積が推定され、経験的關係から地震モーメントと地震規模（マグニチュード）が求められる。微視的パラメータとして、アスペリティの面積は内陸地震について経験的關係（断層面積の約22%）から推定され、断層のセグメントと断層の地表すべり分布からアスペリティの位置が推定される。実際には、巨視的な断層パラメータや微視的パラメータに関するスケーリングは内陸地震や海溝型地震など地震の性質や震源域の深さ分布などで異なっていると考えられる。海溝型地震に対しては、震源のインバージョンの結果も少な

いので、一般的にアスペリティと全体の面積の関係を与えるのは困難である。海溝型地震の断層全体の面積もわかりにくい。アスペリティの面積とそこでの応力降下を推定する別の方法として、加速度のレベルを用いる方法が考案され、過去の強震動記録があるときには記録から震源での加速度スペクトルレベルを求め、それからアスペリティ面積と応力降下量を求める方法が用いられている。

ここで提案するレシピの有効性については、いくつかの観測記録のある地震に対して検証が試みられている。2000年鳥取県西部地震については池田さんたちが統計的グリーン関数法を用いて、震源のインバージョン結果から断層の大きさやアスペリティの関係を与えて試算を行っている。計算された地表面での揺れの大きさは、どこでも最大値が倍、半分以内に治まっている、という結果を得ている。

海溝型地震、宮城県沖地震の予測については、1978年の加速度記録からアスペリティの面積や応力降下が推定されている。アスペリティの位置とサイズは記録に顕著に見られる指向性パルスとの比較から、精度よく決まることが明らかになった。東南海、南海地震でも、アスペリティを想定した強震動予測が行われている。

震源のモデル化や地下構造のモデル化に関しては、新しい知見が出てくればすぐに取り入れられるようになっている。内陸地震・海溝型地震とも、最終的には、時刻歴の最大値や応答スペクトルを、少なくとも倍半分の精度で予測することを当面ターゲットと考えている。観測量からの経験的關係式として拘束の困難なパラメータについては、防災に役立つという観点からパラメータの選定が必要と考える。