

## 大規模な地殻内地震を対象とした震源断層を特定した地震の強震動予測手法の検証

D1-07110 曾我 俊彦

### 1. はじめに

震源近傍で発生する地震動には 1999 年台湾集集地震 (Mw7.6) で観測されたフリングステップ (地震断層面上端部分が浅く、地表に断層が現れる場合、断層の近傍で断層が永久変位を起こす) や 1995 年兵庫県南部地震 (Mw7.3) で観測され甚大な被害を引き起こした指向性パルスなどの特徴が見られることがある。現行の建築基準法での設計では、1981 年施行の新耐震設計法をはじめ、地震力を地震荷重として評価する場合が多い。こうした状況を受け、最近では設計用入力地震動や防災対策に使用する地震動として、震源断層を特定した地震の強震動予測<sup>1)</sup> (以下レシピ) と呼ばれる簡易な震源パラメータ設定法を用いた強震動予測が多く用いられつつある。しかし、レシピによる震源パラメータ決定法は、必ずしも誰もやっても同じ地震動になるわけではなく万能な方法とは言えない場合がある。そこで、本研究では、レシピの適応範囲や問題点について考察する。現在までの状況では、レシピを用いたモデルは M7 クラスの地震では適用でき、特性化モデルでは成果が出ている<sup>2)</sup>。しかし、M7 後半クラスの大規模な地震 (1999 年集集地震-Mw7.6)、非常に大きい断層を持つ地震 (1999 年コジャエリ地震-Mw7.4)、地表面に断層がある地震では、検討の余地がある。レシピによる手法は地表面付近の断層を取り除くため、フリングステップが出ないと予想されている。この研究の目的は、大規模な地震でレシピを用いて作成し、今後のレシピの改善点に役立てられることを最大の目的としている。

### 2. 計算手法

#### (1) レシピ (震源断層を特定した地震の強震動予測手法)

地震調査研究推進本部地震調査委員会において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算、予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定にあたっての考え方について取りまとめたものである。レシピは震源断層を特定した地震を想定した場合の地震動を高精度に予測するための、「誰がやっても同じ結果が得られる標準的な手法論」を確立することを目指している。

#### (2) 理論的手法<sup>3)</sup>

断層運動や地震波が伝播する地下構造に関する物理モ

デルを作成し、地震波発生および伝播の理論に基づいて、決定論的に地震動の時刻歴波形を計算するもので、やや長周期帯域の地震動のシミュレーションによく用いられる。使用プログラムは工学院大学久田教授作成の理論的手法の計算プログラム<sup>4)</sup>を使用した。理論的 (運動力学的) 震源モデルによる強震動計算を行う Fortan プログラムであり、フリングステップも計算可能である。

### 3. 研究内容

#### (1) 1999 年トルコ・コジャエリ地震の計算・考察

インバージョンモデルの計算、レシピモデルの計算を行い、観測データと比べ、考察を行った。地盤パラメータの数値を同じ値を使用した。観測点は図 4 に示した。集集地震・ランダース地震の計算・考察も行ったが、今回は割愛する。

インバージョンのデータは Sekiguchi and Iwata 氏の論文<sup>5)</sup> を元に作成したものをを使用した。断層モデルは図 2 (上) であり、4 つの segment で構成されており、 $47 \times 8 = 376$  分割のモデルである。すべり速度関数は smoothed ramp function を用いて、0.1 秒の三角形で近似した。代表的な変位の計算結果は図 3 に示す。

レシピモデルはレシピに基づき作成した。小断層グリットは同じ値である。断層モデル図は図 2 である (図 2 の青い太線は地表面)。インバージョンモデルと大きな違いは、地震発生層の上限深さは  $V_p = 6000 \text{ m/s}$  を考慮し、 $V_p = 6060 \text{ m/s}$  位置に設定し、断層の上端約 9km (小断層上端から 3 コマ分) を取り除いたことである。全体に対するアスペリティの面積の割合を約 21% に設定。すべり関数はレシピに基づき中村・宮武のすべり速度関数<sup>6)</sup> を用い、0.05 秒の三角形で近似したものである。代表的な計算結果は図 3 に示す。

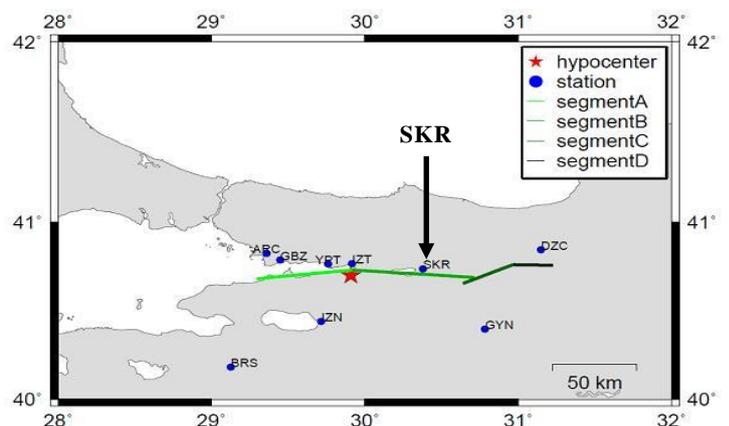


図 1 コジャエリ地震・観測点プロット図

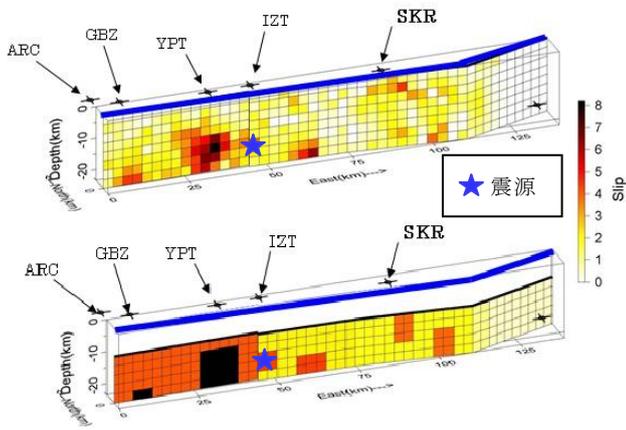


図2 断層モデル図 (上) インバージョンモデル  
(下) レシピモデル

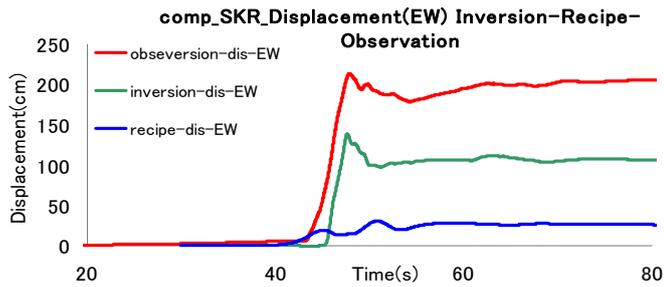


図3 変位波形比較(観測点 SKR)

インバージョンモデルと観測波形の比較では、多少の過小評価になった。インバージョンモデルの地表面付近があまり滑っていないのが原因である。

レシピモデルと観測波形の比較において観測点 SKR がかなりの過小評価になった。原因のひとつとして、層部の小断層をカットしたために、滑りの要素である地表面付近が取り除いてしまったことが言える。インバージョンモデルでは 1m 滑っているのに対し、レシピモデルでは 15cm 程度しか滑っていない。これによっても変位において、地表面付近のカットには問題があることが言える。

## (2) 地表面付近の小断層のみのすべりの確認

レシピを元に作成するモデルでは断層上端部をカットする。今回のモデルはレシピで本来は取り除く部分断層のみで計算を行う(図 4-下図)。計算で使用する元モデルは図 2-(上図)のインバージョンモデルを使用する。代表的な結果は図 6 に示す。

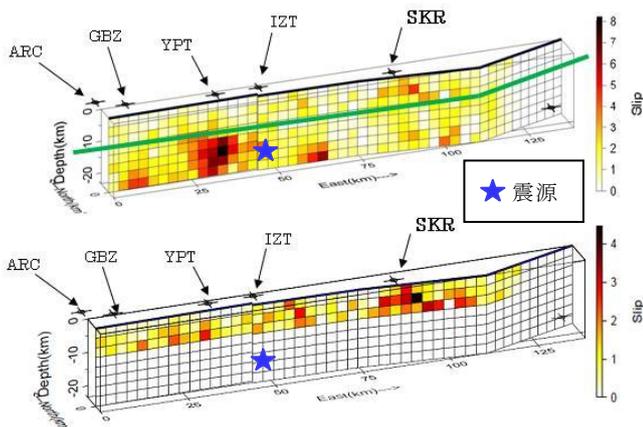


図4 断層モデル図 (上) インバージョンモデル  
(下) 地表面付近モデル

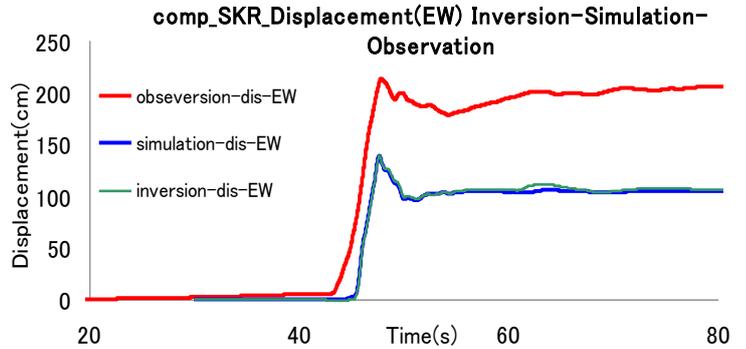


図5 変位波形比較(観測点 SKR)

今回のモデルは地表面付近の小断層のみにすべりを与えたが、すべりの量としては、地表面すべりモデルと観測データを比較は図 5 で示すようにほぼ変わらない結果となった。地表面付近の小断層のみのモデルでも断層表面付近の観測点ではFRINGステップを十分に検証できることがわかった。

## 4. まとめと今後の課題

コジャエリ地震・ランダース地震・集集地震の比較・考察を通し、レシピを元に作成する際に、地表面断層を取り除くため、FRINGステップが出ないことやかなりの過小評価になることがわかった。地表面付近のみモデルでも断層表面付近の観測点ではFRINGステップを十分に検証できることがわかった。ただ取り除くだけでは正確な結果を得られないと予想される。

今後は、地殻内の大規模地震などにも対応できるレシピの策定が必要となる。その始めとして、地表面にすべりのある断層など付け加えること前提としたモデルを作成し、検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」、2008年)
- 2) 平井俊之、益谷克宏、入倉孝次郎他：分岐断層の特性化震源モデルを用いた兵庫県南部地震の強震動シミュレーション(日本地震工学会論文集 第6巻、第3号、2006)
- 3) 久田嘉章、西川孝夫、荒川利治他：建築の震動 応用編、朝倉書店、【pp.107-115】2008年
- 4) 久田研究室 HP：http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/の Open data より
- 5) 関口春子、岩田知孝：Rupture Process of the 1999,Kocaeli,Turkey,Earthquake Estimated from Strong Motion Waveform by Haruko Sekiguchi and Tomotaka Iwata(BSSA,92,1【pp.300-311】 ,February 2002)
- 6) 中村洋光・宮武隆(2000)：断層近傍強振動シミュレーションのためのすべり速度時間関数近似式(地震 2、53、【pp1-9】)