

## 複数の断層近傍地震動により算出した群遅延時間の特性について

鉄道総合技術研究所 正会員 村上 昌彦  
 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆  
 京都大学防災研究所 正会員 佐藤 忠信

### 1. まえがき

地震動の非定常性と位相特性は密接な関係があり、地震動を模擬する場合には、振幅特性のみならず、位相特性のモデル化も重要である。著者らは、台湾集集(Chi-chi)地震(1999)で観測された強震記録を基に、断層近傍地震動の位相の回帰モデルを開発した<sup>1)</sup>。本研究では、有効性を検討するために、他の断層近傍地震動の強震記録を用いて回帰モデルの妥当性を検証した。

### 2. 解析方法

解析に用いた記録は、表-1 に示す断層近傍地震動(断層最短距離30km以下)の水平加速度記録(105地点210成分)である。また、位相スペクトル( )を直接モデル化するのではなく、群遅延時間 $t_{gr}$ ( )を用いる。 $t_{gr}$ ( )の周期特性をモデル化するために、各地震波をウェーブレット変換により各成分波に分解し( $j=0\sim 16$ )、そのコンパクトサポート内で群遅延時間の平均値 $\mu_{tgr}$ と標準偏差 $\sigma_{tgr}$ を定義した<sup>1)</sup>。

表-1 解析に用いた地震記録

| 地震                | マグニチュードM | 解析に用いた地震記録数 |
|-------------------|----------|-------------|
| 兵庫県南部地震<br>1995   | 7.3      | 水平 18 成分    |
| 鹿児島県北西部地震<br>1997 | 6.3      | 水平 18 成分    |
| 台湾集集地震<br>1999    | 7.7      | 水平 146 成分   |
| 鳥取県西部地震<br>2000   | 7.3      | 水平 28 成分    |

### 3. 観測値による群遅延時間の空間分布特性

台湾集集地震における観測波の群遅延時間の平均値 $\mu_{tgr}$ と標準偏差 $\sigma_{tgr}$ の空間分布特性について検討する。図-1 に台湾集集地震における観測波の群遅延時間の平均値 $\mu_{tgr}$ と標準偏差 $\sigma_{tgr}$ について $j=13$ の空間分布特性を示す。平均値 $\mu_{tgr}$ は、震源を中心として同心円状に分布しており、震源からの距離が大きくなるほど、値が大きくなる傾向がある。一方、標準偏差 $\sigma_{tgr}$ は、震源を中心とした同心円状とはなっておらず、断層の破壊方向の $\xi$ は小さく、断層の中央で大きくなる傾向にある。すなわち、平均値 $\mu_{tgr}$ (波群の到達時間)は震央距離 $R$ に依存し、標準偏差 $\sigma_{tgr}$ (波群の継続時間)は破壊方向と観測点の位置関係の影響が大きく影響していることが分かる。

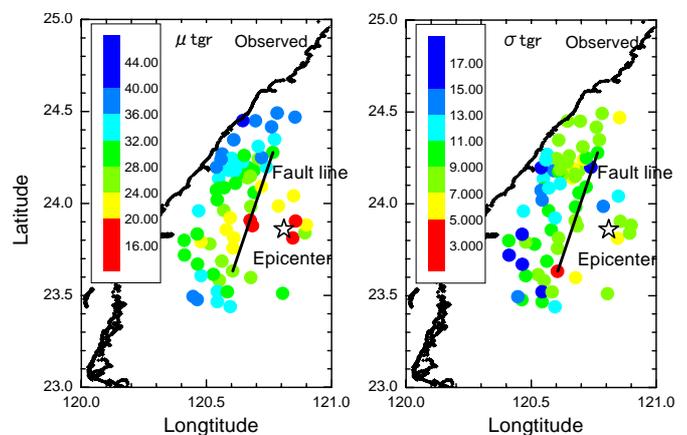


図-1 観測値による群遅延時間の空間分布特性

### 4. 群遅延時間のモデル化

著者らは、群遅延時間の回帰モデルに断層の面的効果を取り入れた式(1)を提案した<sup>1)</sup>。

$$\mu_{tgr}^{(j)} = \alpha_1^{(j)} \times R^{\beta_1^{(j)}} \times \eta_{dir,\mu}^{(j)}, \quad \sigma_{tgr}^{(j)} = \alpha_2^{(j)} \times R^{\beta_2^{(j)}} \times \eta_{dir,\sigma}^{(j)} \quad (1)$$

(1)式は台湾集集地震のみの回帰であり、マグニチュードの効果は入っていないが、著者らにより、群遅延時間とマグ

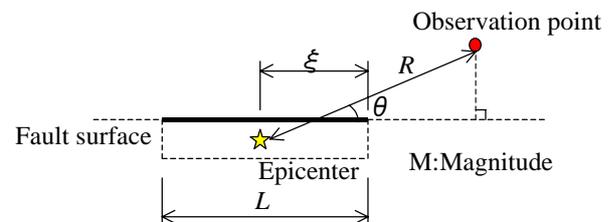


図-2 解析に用いたパラメータ

キーワード 断層近傍地震動, 群遅延時間, 破壊指向性, 回帰モデル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7261 FAX 042-573-7248

ニチュードに相関があることが示されており<sup>2)</sup>，(1)式にマグニチュードの項を導入して(2)式を提案する．

$$\mu_{igr}^{(j)} = \alpha_1^{(j)} \times 10^{\beta_1^{(j)} M} \times R^{\gamma_1^{(j)}} \times \eta_{dir,\mu}^{(j)}, \quad \sigma_{igr}^{(j)} = \alpha_2^{(j)} \times 10^{\beta_2^{(j)} M} \times R^{\gamma_2^{(j)}} \times \eta_{dir,\sigma}^{(j)} \quad (2)$$

ここに， $\eta_{dir}^{(j)}$  は断層の面的効果及び破壊指向性を表現するためのパラメータであり，

$$\log \eta_{dir,\mu}^{(j)} = \kappa_1^{(j)} \times (\xi/L) \times \cos^2 \theta, \quad \log \eta_{dir,\sigma}^{(j)} = \kappa_2^{(j)} \times (\xi/L) \times \cos^2 \theta \quad (3)$$

で定義する．図-2 に各パラメータの定義を示す．また， $\alpha^{(j)}$ ， $\beta^{(j)}$ ， $\gamma^{(j)}$ ， $\kappa^{(j)}$  は回帰係数である．このときの相関係数は， $j=8 \sim j=15$  において平均値で 0.63-0.84，標準偏差で 0.43-0.84 である．相関は  $j$  が大きくなるにつれて高くなる傾向がある．

### 5．推定値による群遅延時間の空間分布特性

図-3 に台湾集集地震のシミュレーションによる群遅延時間の平均値  $\mu_{igr}$  と標準偏差  $\sigma_{igr}$  について  $j=13$  の空間分布特性を示す．平均値  $\mu_{igr}$  については，同心円状に分布し，震源からの距離が大きくなるほど，値が大きくなっており，観測値により求めた場合と同様の性質を示している．一方，標準偏差  $\sigma_{igr}$  については，断層の中央部で継続時間が大きくなり，断層の破壊方向においては，継続時間が短くなっており，観測値に見受けられた指向性の影響を表すことができている．

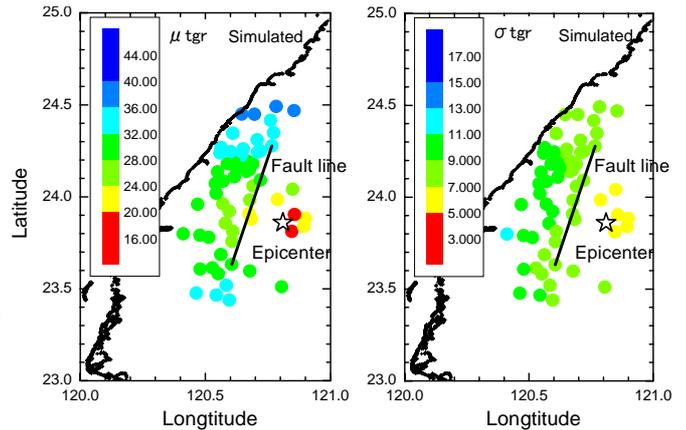


図-3 推定値による群遅延時間の空間分布特性

### 6．観測値と推定値

図-4 に各地震動について観測値と推定値による平均値  $\mu_{igr}$  及び標準偏差  $\sigma_{igr}$  を  $j=13$  について示す．平均値  $\mu_{igr}$  については，それぞれの地震動について推定値と観測値が近い値を示しており，非常に適合性のよいことが分かる．一方，標準偏差  $\sigma_{igr}$  については，台湾集集地震と鹿児島県北西部地震に着目すると，観測値，推定値ともに破壊断層の大きい台湾集集地震の方が継続時間が長くなっている．標準偏差  $\sigma_{igr}$  は平均値  $\mu_{igr}$  に比べるとばらつきが大きい．これは詳細な破壊過程及び地形効果を考慮していないためであろうと考えられる．しかし，各地震動について定性的には概ね表すことができている，本モデルは有効であると言える．

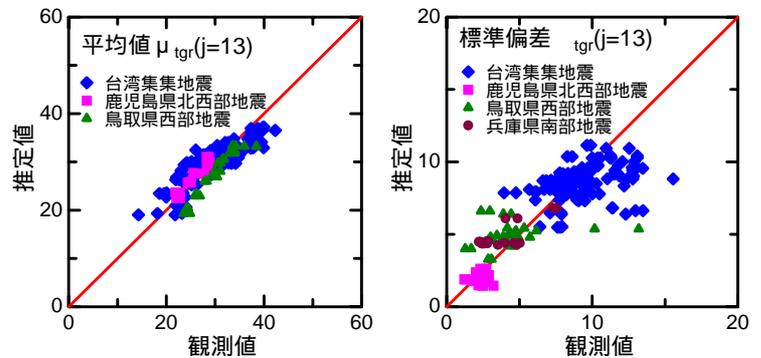


図-4 観測値による  $t_{gr}$  と推定値による  $t_{gr}$  の関係

### 7．おわりに

本稿では，断層近傍での観測記録を用いて，断層の面的効果を取り入れた群遅延時間の平均値および標準偏差を提案した．今後は，断層の面的効果を取り入れた本モデルと著者らが過去に提案した震源を点震源とした場合の位相の回帰モデル<sup>2)</sup>を，観測点が震源から離れるにつれて面的効果が小さくなることに着目して連続性のあるモデルへと発展させていきたい．

### 参考文献

- 1) Y. Murono, T. Sato and M. Murakami : Modeling of Phase Spectra for Near-Fault Earthquake Motions, 12<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, 2002. (now printing)
- 2) 佐藤忠信，室野剛隆，西村昭彦：観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化，土木学会論文集 No.640/I-50，pp.119-130，2000.