

主軸解析による地震動卓越方向についての基礎研究

信州大学 学生員 千国 洋道
信州大学 宮島 武雄
信州大学 正員 泉谷 恭男

1 研究目的

観測される地震動は、震源の影響、伝播経路の影響、地盤の影響を受けた結果であり、これらの影響を理論的に求めることは難しい。地震動特性に対する各々の影響の相対的な強さを経験的に知っておくことは、将来発生が予想されている地震の震源モデルを想定して強震動を予測する際に、理論的に合成した地震動を修正するために役に立つ。本研究では地震動特性のひとつである地震動卓越方向について調べた。

2 解析方法

地震動卓越方向を表現するために、観測記録の S 波部分について主軸解析¹⁾を行った。

x_1, x_2, x_3 を 3 成分の加速度時刻歴, $\text{Var}[\]$, $\text{Cov}[\]$ をそれぞれ分散, 共分散として, 共分散マトリックス

$$V = \begin{bmatrix} \text{Var}[x_1] & \text{Cov}[x_1x_2] & \text{Cov}[x_1x_3] \\ \text{Cov}[x_2x_1] & \text{Var}[x_2] & \text{Cov}[x_2x_3] \\ \text{Cov}[x_3x_1] & \text{Cov}[x_3x_2] & \text{Var}[x_3] \end{bmatrix} \quad (1)$$

を求める。これを対角化する座標変換行列として、3 つの主軸が求められる。そのうち最大主軸方向が地震動卓越方向を示す。中間固有値と最大固有値の比が地震動の偏向性の程度を示す。S 波による地震動は、ほぼ水平面(最小主軸がほぼ鉛直)内にあるため、2 次元振動として扱う。主軸解析の結果は、最大主軸方向が長軸の方向、偏向の程度が偏平率となるような楕円を用いて表示する。

理論的な震源モデルに基づく地震動卓越方向を計算するために、移動震源確率モデル²⁾を用いた。断層面をたくさんの微小領域に分け、各微小領域の局所応力降下量、破壊速度、微小領域の断層走行に対する回転角、微小領域の大きさなどを確率変数として与えた。そして大域的な破壊はその微小領域の 1 つで始まり、四方八方に伝播するものとした。こうして得られる理論的な地震動卓越方向を観測によるものと比較した。

3 データ

1997 年 3 月 26 日と 5 月 13 日に鹿児島県北西部で発生した 2 つの地震 ($M=6.3, 6.2$) と、それらの 9 つの余震について、K-NET の 30 観測点における観測記録について解析を行った。また、理論波を計算するのに用いたパラメーターは、過去の研究³⁾を参考に与えた。地盤の状態は、K-NET の地盤情報で得られる N 値と S 波速度を参考にした。

4 解析結果

図 1 は、11 個の地震について観測点ごとに主軸解析した結果と地盤の状態を地図上に示したものである。地震ごとの卓越方向のばらつきの範囲を 30° ごとに分けて、楕円の色で表した。赤い色の楕円の観測点は卓越方向がよく一致していて、黒はあまり一致していないことを示す。また地盤の状態は 4 種類に分類して色で表示した。これによると、卓越方向がよく一致する観測点は地盤が軟らかい傾向があることがわかる。観測地震動の卓越方向は、観測点の地盤の状態に強く影響を受けている。

キーワード：地震動卓越方向、主軸解析、地盤の影響、震源特性の影響

信州大学工学部 (〒380-8553・長野県長野市若里 4-17-1・ 026-269-5324・Fax 026-223-4480)

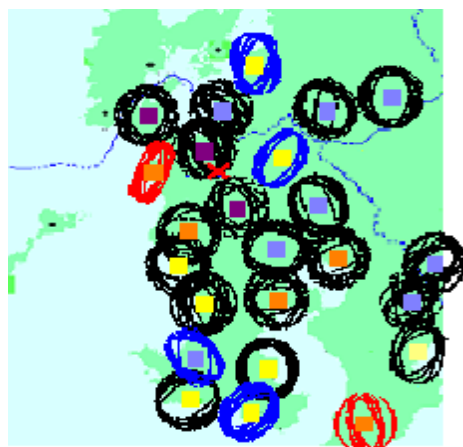


図1 観測点ごとの主軸解析の結果

主軸解析の結果

地盤の状態

- | | | | |
|--|-----------|--|--------|
| | 0 ~ 30 ° | | 軟らかい |
| | 30 ~ 60 ° | | やや軟らかい |
| | 60 ~ 90 ° | | やや硬い |
| | | | 硬い |

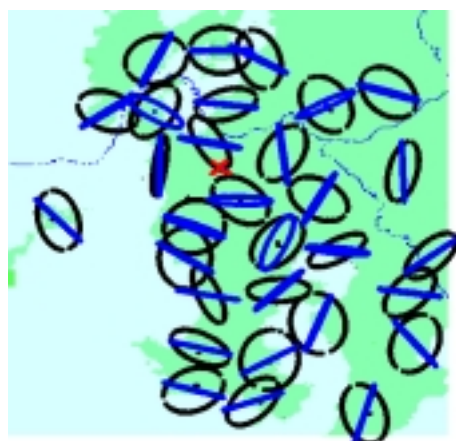


図2 観測記録と理論波の卓越方向の比較

- 観測記録
 理論波

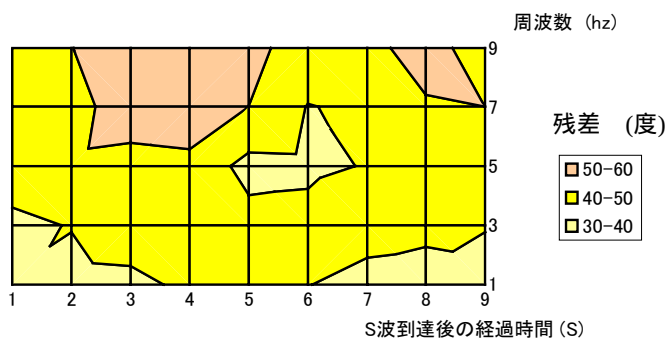


図3 観測記録と理論波の到達後の経過時間と周波数ごとによる卓越方向の比較

図2は、3月26日に発生した地震(M=6.3)の観測記録と理論地震動のS波部分を主軸解析した結果を地図上に示した図である。卓越方向の一致している場合、そうでない場合と様々である。また、卓越方向の一致の度合いは距離の遠近によらない。

図3は、S波到達後の経過時間、周波数ごとに、どの部分の波が理論波の卓越方向と一致し易いかを見るための図である。3月26日に発生した地震の各観測点での観測記録のS波部分を、到達してからの経過時間、周波数ごとに区切り、その区間ごとに卓越方向を求め、それらと理論波の卓越方向との残差を経過時間、周波数ごとに求めた。それらを各観測点の観測記録を主軸解析したときに求められる偏向の強さを重みにとって、30観測点について重み付きの残差の平均を求め、等高線図で示した。これによると、周波数の低いほうが残差が小さく、周波数の高いほうが残差が大きい傾向があるが、それほど明確ではなかった。S波到達後の時間経過による違いは確認できなかった。

5 結論

- 1) 地震動の卓越方向は、地盤の影響を強く受けており、軟らかい地盤の観測点では、地震によらず卓越方向が揃いやすい。
- 2) 理論地震動の卓越方向は震源での地震波の放射パターンを強く反映しているが、観測地震動は必ずしもそうでない。
- 3) 観測される地震動の、S波到達後の経過時間が早い部分、振動数の低い部分、距離の近い観測点に震源の様子が現れ易いと定性的にいわれているが、本研究ではそれを強く裏付ける結果は得られなかった。

参考文献

- 1) 星谷勝，石橋裕(1997): 土木学会論文報告集第268号・1977年12月。
- 2) 佐藤ほか(1984): 自然災害特別研究研究成果，No.A-59-3。
- 3) 三宅ほか(1999): 地震2，第51巻，431-442項。

謝辞 : K-NET データ及び、東京大学地震研究所 強震情報を使用した事を記して感謝します。