

## P 波震動波形から S 波最大動の波形を即時予測する方法

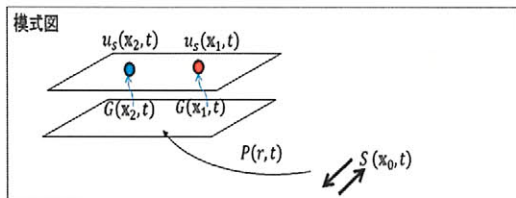
倉橋 奨・入倉孝次郎（愛知工業大学）

### 要旨

緊急地震速報による“巨大地震時での予測震度の過小評価の問題”の解決方法の一つとして、マグニチュードを決めないで、対象地点よりも震源に近い地点の観測記録から対象地点の地震動を予測する方法が挙げられる。特に、その予測される地震動（S 波震動）が P 波震動から予測されれば、より早く揺れの大きさの情報の提供が可能となる。

本研究では、震源に近い観測点における P 波震動から、より遠くの地域の S 波震動を予測する手法とその事例について報告する。

### 1. P 波上下動震動から S 波水平主要動への伝達関数



ここでは、時間の利得を考えて  
 $u_s^V(x_1, t)$ :  $x_1$  点の P 波震動から  
 $u_s^H(x_2, t)$ :  $x_2$  点の S 波震動を推定する方法を考える  
 $x_1$  の P 波と  $x_2$  の S 波との伝達関数の評価方法を与える

- すでに記録された地点 ( $x_1$ ) の地表での上下動と水平動の震動

$$u_s^V(x_1, t) = S^V(x_0, t) * P^V(r_1, t) * G^V(x_1, t)$$

$$u_s^H(x_1, t) = S^H(x_0, t) * P^H(r_1, t) * G^H(x_1, t)$$

- 予測される地点 ( $x_2$ ) の地表での上下動と水平動の震動

$$u_s^V(x_2, t) = S^V(x_0, t) * P^V(r_2, t) * G^V(x_2, t)$$

$$u_s^H(x_2, t) = S^H(x_0, t) * P^H(r_2, t) * G^H(x_2, t)$$

$$r_2 \sim |x_2 - x_0|$$

観測点間の距離が小さければ、 $x_1$  における P 波震動 から  $x_2$  における S 波震動 への伝達関数は以下で表わされる。

$$T^{V \text{ to } H}(x_1, x_2, f) = \frac{S^H(x_0, f)}{S^V(x_0, f)} \cdot \frac{P^H(r_2, f)}{P^V(r_1, f)} \cdot \frac{G^H(x_2, f)}{G^V(x_1, f)}$$

||  
 $T_{source}$

||  
 $T_{path}$

||  
 $T_{site}$

ここで、 $S^V$ 、 $P^V$ 、 $G^V$  は P 波震源による震源特性、電波特性、地盤特性で  $S^H$ 、 $P^H$ 、 $G^H$  は S 波震源によるものである。

P 波と S 波の震源特性に関する量の比は、

$$\frac{S^H(x_0, f)}{S^V(x_0, f)} = \frac{\rho_S^{1/2} \cdot \alpha_S^{5/2} \cdot \rho_G^{1/2} \cdot \alpha_G^{1/2}}{\rho_S^{1/2} \cdot \beta_S^{5/2} \cdot \rho_G^{1/2} \cdot \beta_G^{1/2}} \cdot \frac{R_{\theta\phi}^S}{R_{\theta\phi}^P}$$

$$\sim \frac{\alpha^3}{\beta^3} \quad \sim 1$$

P 波と S 波の伝播特性に関する量の比は、

$$\frac{P^H(r_2, f)}{P^V(r_1, f)} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \exp \left[ \left( \frac{-\pi r_2}{\beta Q_\beta} - \frac{-\pi r_1}{\alpha Q_\alpha} \right) \cdot f \right]$$

地震波の上下動と水平動に関する量の比は、

$$\frac{G_S^H(\mathbf{x}_2, f)}{G_S^V(\mathbf{x}_1, f)} = \frac{G_S^V(\mathbf{x}_2, f)}{G_S^V(\mathbf{x}_1, f)} \cdot \frac{G_S^H(\mathbf{x}_2, f)}{G_S^V(\mathbf{x}_2, f)}$$

上下動震動の  $x_2$  と  $x_1$  点の比

$x_2$  点での地震動の H/V

■ P 波震源による  $x_1$  の上下動地震動から S 波震源による水平動地震動への伝達関数は、

$$\begin{aligned} T^{VtoH}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, f) &= \frac{S^H(\mathbf{x}_0, f)}{S^V(\mathbf{x}_0, f)} \cdot \frac{P^H(r_2, f)}{P^V(r_1, f)} \cdot \frac{G^H(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_1, f)} \\ &= 1 \cdot \frac{\alpha^3 r_1}{\beta^3 r_2} \cdot \exp \left[ \left( -\frac{\pi r_2}{\beta Q_\beta} + \frac{\pi r_1}{\alpha Q_\alpha} \right) f \right] \cdot \frac{G^V(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_1, f)} \cdot \frac{G^H(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_2, f)} \quad (1) \end{aligned}$$

上の伝達関数は、 $r_1$  と  $r_2$  が近い時、減衰特性に関する項はほぼ 1.0 で近似できるので、 $x_1$  と  $x_2$  での上下動の増幅特性の比および  $x_2$  での地震動の H/V を前もって調べておくことで、容易に評価可能である。

■ S 波震源による  $x_1$  の上下動地震動から S 波震源による水平動地震動への伝達関数は、以下で評価される

$$\begin{aligned} T^{VtoH}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, f) &= \frac{S^H(\mathbf{x}_0, f)}{S^V(\mathbf{x}_0, f)} \cdot \frac{P^H(r_2, f)}{P^V(r_1, f)} \cdot \frac{G^H(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_1, f)} \\ &= 1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \exp \left[ \left( -\frac{\pi r_2}{\beta Q_\beta} + \frac{\pi r_1}{\beta Q_\beta} \right) f \right] \cdot \frac{G^V(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_1, f)} \cdot \frac{G^H(\mathbf{x}_2, f)}{G^V(\mathbf{x}_2, f)} \end{aligned}$$

## 2. 推定例

宮城県の KiK-net 観測点 MYGH08 の上下動成分から MYG016 の S 波の水平動成分の波形の推定例を示す。この方法では、振幅の評価のみとなるが、推定された波形の振幅（右中図の青線および赤線）は、ターゲットとなる波形の S 波震動の振幅（右下図）と概ね整合している。

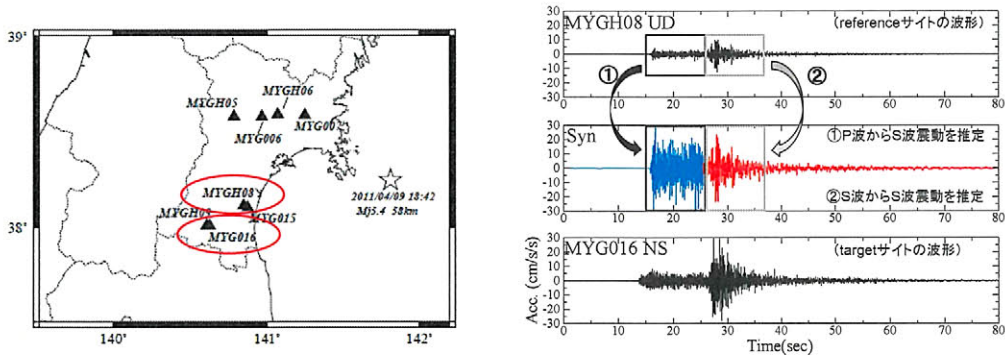


図 1. 宮城沖の地震（左図の星印）からの観測点 MYGH08 の上下動震動から MYG016 における水平動震動の予測評価結果と観測との比較。（右上図）MYGH08 における P 波上下動および S 波上下動、（右中図）予測された S 波水平動（右中図）、（右下図）比較すべき MYG016 観測記録。