

武蔵工業大学 土木工学科 正会員 星谷 勝

大学院 学生員 磯山 龍二

1. まえがき

多次元非定常確率過程の相互スプレクトルとシミュレーション理論はすでに著者の1人によって発表されている。(1) ここではシミュレーション理論の物理的意味について少々の補足をした後、上記理論を3方向地震動に対して適用した例を示す。

2. 多次元非定常確率過程のシミュレーション理論(2)

星谷の多次元非定常確率過程のシミュレーション理論は相互スプレクトルマトリクス $S(\omega, t; \omega)$ を用いて次の様に表わされる。

$$X_i(t) = \sum_{p=1}^m \sum_{k=1}^N b_{ip}(\omega_k, t) \cos\{\omega_k t + \beta_{ip}(\omega_k, t) + \varphi_{pk}\} \quad ; i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

ここで b_{ip} , β_{ip} は $4\Delta\omega$ を三角行列の幅に分解した時の B_{ip} の絶対値及び位相角である。(簡単のために、 (ω_k, t) は除く)。すなわち、

$$4\Delta\omega = B \cdot B^{*T} \quad , \quad B_{ip} = b_{ip} \exp\{i\beta_{ip}\}$$

*, T は各々共役, 転置を示す。その他詳しくは文献(1)を参照されたい。3次元の場合(1)式は以下の様に展開される。

$$X_1(t) = \sum_{k=1}^N b_{11} \cos(\omega_k t + \beta_{11} + \varphi_{1k}) \quad (2)$$

$$X_2(t) = \sum_{k=1}^N b_{21} \cos(\omega_k t + \beta_{21} + \varphi_{1k}) + \sum_{k=1}^N b_{22} \cos(\omega_k t + \beta_{22} + \varphi_{2k}) \quad (3)$$

$$X_3(t) = \sum_{k=1}^N b_{31} \cos(\omega_k t + \beta_{31} + \varphi_{1k}) + \sum_{k=1}^N b_{32} \cos(\omega_k t + \beta_{32} + \varphi_{2k}) + \sum_{k=1}^N b_{33} \cos(\omega_k t + \beta_{33} + \varphi_{3k}) \quad \dots(4)$$

なお φ_{pk} は $0 \sim 2\pi$ の一様乱数であり、 $p \neq k$ 以外 φ_{pk} と φ_{kl} は独立である。

(2), (3), (4) 式の各項は、強度 $S_a(\omega) = 1/4\Delta\omega$ (一定) の white noise, $Q_i(t) = \sum_{k=1}^N \cos(\omega_k t + \varphi_{ik})$ ($i=1, 2, 3$) がフィルタ B_{ip}^* を通った時の通過応答も無視し、かつある近似をした応答に等しい。(1)以上を図で示せば、図1のようになる。次に図1を周波数領域で見て、次の関係がある。(2)(3)

$$S = B S_a B^{*T} \quad ; \quad S_a = \frac{1}{4\Delta\omega} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{よって} \quad S = \frac{1}{4\Delta\omega} B B^{*T}$$

例えば、 S_{33} は、

$$S_{33} = B_{33} B_{33}^* \frac{1}{4\Delta\omega} + B_{32} B_{32}^* \frac{1}{4\Delta\omega} + B_{31} B_{31}^* \frac{1}{4\Delta\omega}$$

これを残差スプレクトル、偏コヒーレンスを用いて表わせば、

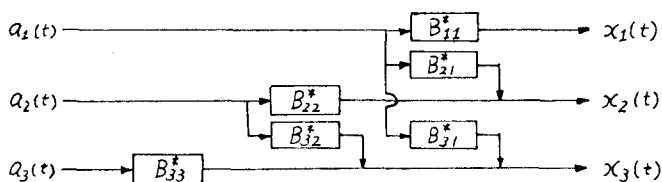


図 1

$$S_{33} = S_{33,12} + v_{23,1}^2 S_{33,1} + v_{13}^2 S_{33}$$

となり、各過程の特徴を分解して見るこゝができる。 S_{11} , S_{22} の内容を分解して調べる時は、その要素を入れた後、三角行列に分解すればよい。以上により(1)式が Bendat, Dodds 等により最近開発されている、多次元の入出力関係の問題に対応し、(1)式の物理的意味が明確になった。

3. 3次元シミュレーション

サンフェルナンド地震, Millikan Library 3方向記録が5相互スイングトルを求め、(1)式によってシミュレートした。図2~4は原波形の Physical Spectrum, スイングトル定数を示し、図5~7はシミュレートされた波形及びその Physical Spectrum, スイングトル定数を示す。ここでは S_{12} , S_{23} などの相互スイングトルマツは省略した。両者を見較べると、傾向は似ており、(1)式が十分満足できるモデルであると考えられる。詳しい説明は講演時に譲る。

参考文献 (1)豊谷: 多次元非定常確率過程の相互スイングトルとシミュレーション理論, 土木論文集 253号, 1976年9月。(2)J.S. Bendat: Solutions for the Multiple Input/Output Problem, Jour. of Sound and Vibr., 1976, 44(3). (3)C.J. Dodds and J.D. Robson: Partial Coherence in Multivariate Random Processes, Jour. of Sound and Vibr., 1975 42(2)

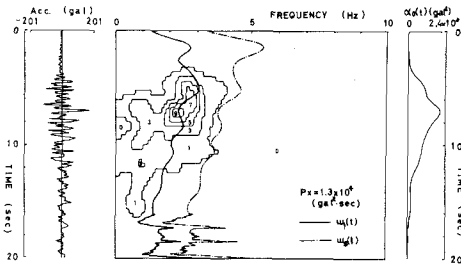


図2 S_{11} (E-W)

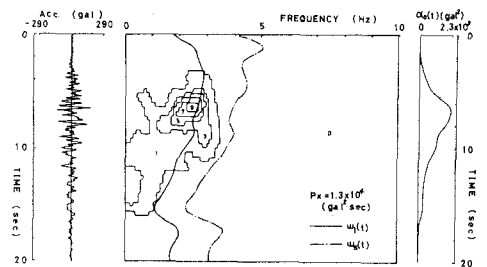


図5 S_{11}' (simulated)

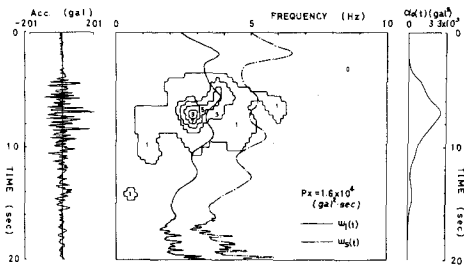


図3 S_{22} (N-S)

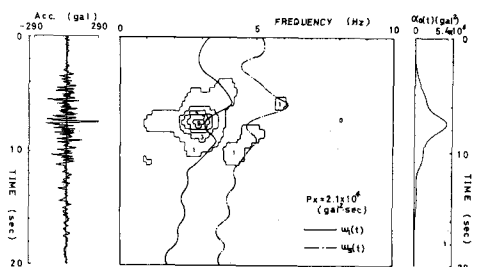


図6 S_{22}' (simulated)

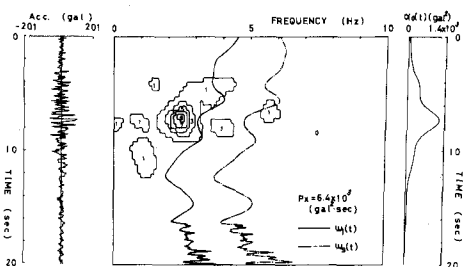


図4 S_{33} (U-D)

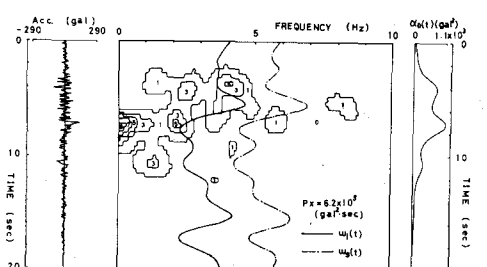


図7 S_{33}' (simulated)