

I-534

確率論的地震動の3次元シミュレーション

宮崎大学 学生員 西川博敏

宮崎大学 正会員 原田隆典

1. はじめに 近年、アレー観測が行われるようになり、これを利用すると地盤全体の3次元の挙動が把握できる。このような3次元の挙動は振動数-波数スペクトルによって完全に記述することができるが、本研究では、それらのパワースペクトルを用いた地震動変位の3次元シミュレーション法について報告する。

2. 地震動変位のシミュレーション式 地盤内 x, y 点における地震動変位 $u(x, y, t)$ は次式から作り出すことができる。

$$u(x, y, t) = \sqrt{2} \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \sum_{k=1}^{N_\omega} \left[\begin{aligned} & \sqrt{S_{uu}(k_{xi}, k_{yj}, \omega_k) \Delta k_x \Delta k_y \Delta \omega} \cos(k_{xi}x + k_{yj}y + \omega_k t + \phi_{ijk}^{(1)}) \\ & + \sqrt{S_{uu}(-k_{xi}, k_{yj}, \omega_k) \Delta k_x \Delta k_y \Delta \omega} \cos(-k_{xi}x + k_{yj}y + \omega_k t + \phi_{ijk}^{(2)}) \\ & + \sqrt{S_{uu}(k_{xi}, -k_{yj}, \omega_k) \Delta k_x \Delta k_y \Delta \omega} \cos(k_{xi}x - k_{yj}y + \omega_k t + \phi_{ijk}^{(3)}) \\ & + \sqrt{S_{uu}(-k_{xi}, -k_{yj}, \omega_k) \Delta k_x \Delta k_y \Delta \omega} \cos(-k_{xi}x - k_{yj}y + \omega_k t + \phi_{ijk}^{(4)}) \end{aligned} \right] \quad (1)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \Delta k_x &= \frac{k_{xu}}{N_x - 1}, \quad \Delta k_y = \frac{k_{yu}}{N_y - 1}, \quad \Delta \omega = \frac{\omega_u}{N_\omega - 1} \\ k_{xi} &= (i-1)\Delta k_x, \quad k_{yj} = (j-1)\Delta k_y, \quad \omega_k = (k-1)\Delta \omega_k \\ [i &= 1 \sim N_x, j = 1 \sim N_y, k = 1 \sim N_\omega] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

なお、式(1)右辺第1項は、図(1)の(a)のような方向に伝播する平面波を表わし、第2,3,4項はそれぞれ(b),(c),(d)に相当する方向を示す。したがって波動場はこれら4方向の平面波の重ね合わせで構成されていることがわかる。

3. 数値計算例 数値計算例は、Case1:点震源による半無限粘弾性体地表面変位のパワースペクトル Case2:地表地盤材料のばらつきを考慮したパワースペクトル ただし、Case1では、点震源からの波は図(2)に示すように伝播するため式(1)で次のような制約が必要となる。第1象限の波動場は式(1)の第4項のみによって表現されなければならない。第2,3,4象限の波動場はそれぞれ式(1)の第3,1,2項のみによって表現できる。Case1のパワースペクトルとして

$$S_{uu}(k_x, k_y, \omega) = |M_0 \cdot m(\omega) \cdot G(k_x, K_y, \omega)|^2 \quad (3)$$

$$G(k_x, k_y, \omega) = \frac{1}{8\mu\pi^3} \cdot \frac{-4k_x k_y \gamma \nu e^{-i\nu Z_0} + 4k_x k_y \gamma \nu e^{-i\gamma Z_0}}{4k^2 \gamma \nu + (k_\beta^2 - 2k^2)^2} \quad (4)$$

$$m(\omega) = \begin{cases} 0 & (0 \leq \omega \leq \omega_c) \\ \frac{2\sin(\omega t_r/2)}{t_r \omega^2} & (\omega_c \leq \omega) \end{cases} \quad (5)$$

パラメータとして、

$$N_x = N_y = N_\omega = 16, \quad k_{xu} = k_{yu} = 0.004 \text{ rad/m}, \quad \omega_u = 3 \text{ rad/m} \quad (6)$$

波動場は対象であるため、第1象限のみについてシミュレーションを行った（図(3)）。Case2のパラメータとして、

$$N_x = N_y = N_w = 16, \quad k_{xu} = k_{yu} = 0.1256 \text{ rad/m}, \quad \omega_u = 45 \text{ rad/m} \quad (7)$$

を用いてシミュレーションを行った（図(4)）。

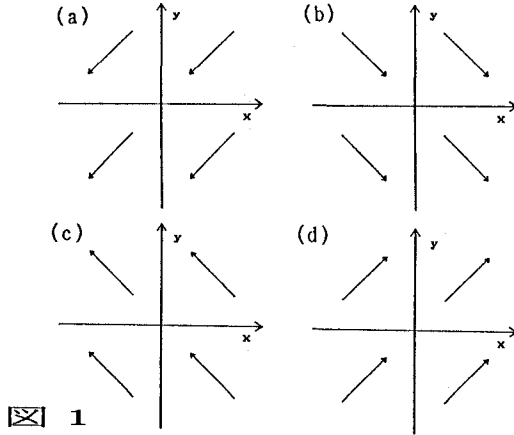


図 1

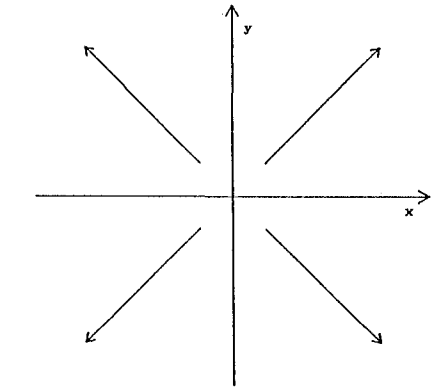
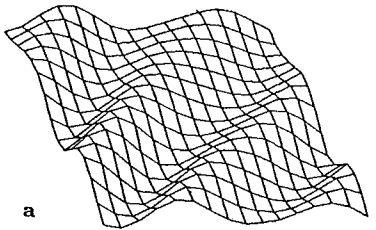
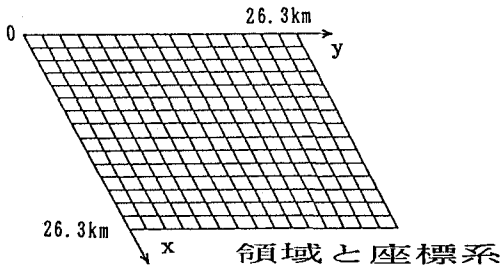
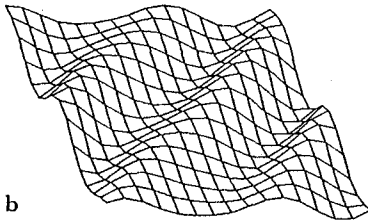


図 2



a

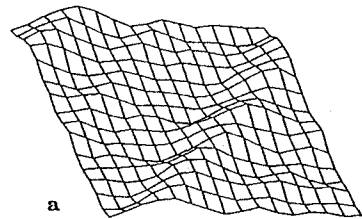
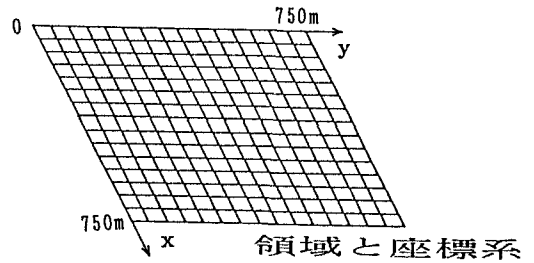


b

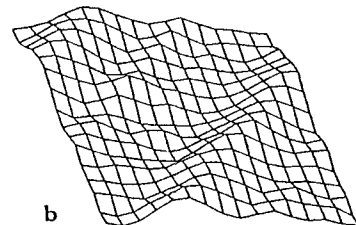
地震動変位

(a) $t=2.094 \text{ sec}$ (b) $t=4.189 \text{ sec}$

図 3



a



b

地震動変位

(a) $t=0.140 \text{ sec}$ (b) $t=0.279 \text{ sec}$

図 4