

確率論的地震動の3次元のシミュレーション

宮崎大学大学院 学生員 西川博敏 宮崎大学 正会員 原田隆典
 宮崎大学大学院 学生員 否笠友紀 宮崎大学 学生員 高岡 明

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次元の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。

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

ここに、

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

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(高岡ら) 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(否笠ら)の2つを用いて行う。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

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

$$G(\kappa_x, \kappa_y, \omega) = \frac{1}{8\mu\pi^3} \cdot \frac{-4\kappa_x\kappa_y\gamma\nu e^{-i\nu Z_0} + 4\kappa_x\kappa_y\gamma\nu e^{-i\gamma Z_0}}{4\kappa^2\gamma\nu + (\kappa_\beta^2 - 2\kappa^2)^2} \quad (4)$$

パラメータとして、

$$N_x = N_y = N_\omega = 16, \quad \kappa_{xu} = \kappa_{yu} = 0.004 \text{ rad/m}, \quad \omega_u = 3 \text{ rad/s} \quad (5)$$

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おこなった(図(3))。Case2のパワースペクトルは、否笠らのものを用いシミュレーションをおこなった(図(4))。

パラメータとしては、

$$N_x = N_y = N_\omega = 16, \quad \kappa_{xu} = \kappa_{yu} = 0.1256 \text{ rad/s}, \quad \omega_u = 45 \text{ rad/s} \quad (6)$$

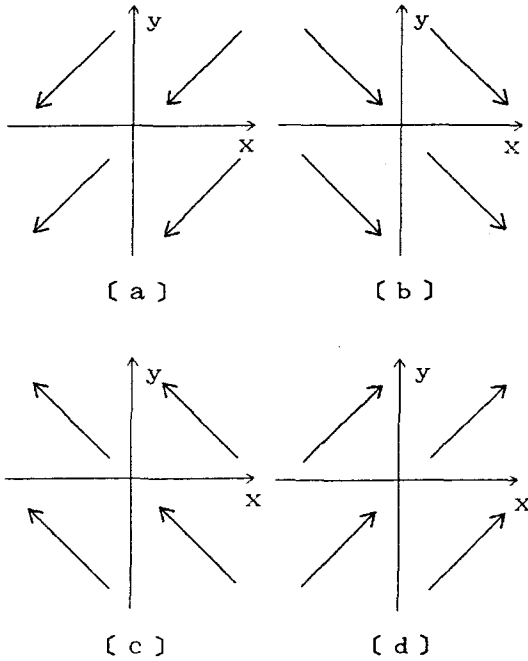


图 1

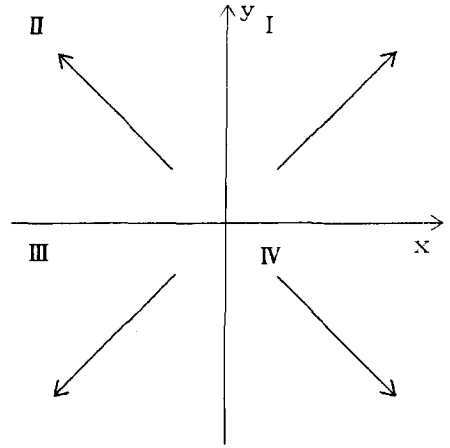


图 2

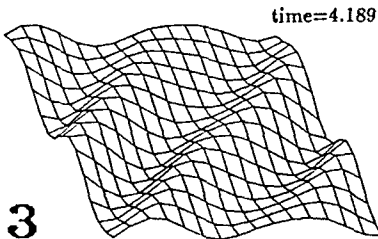
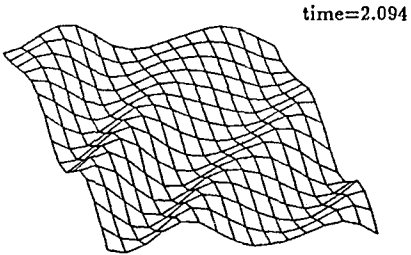
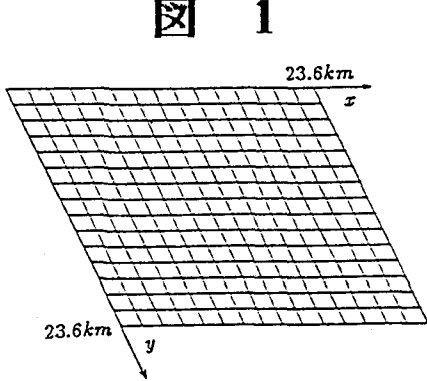


图 3

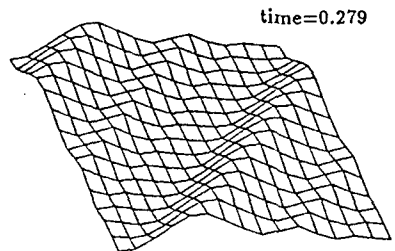
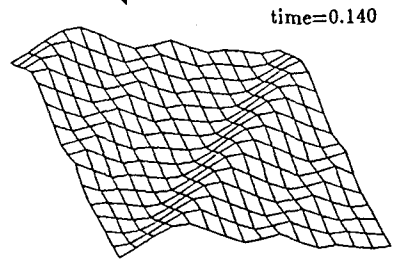
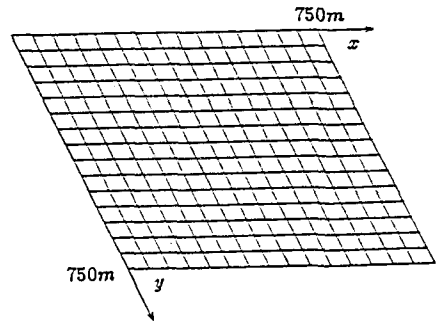


图 4