

§ 3-1 格子点を用いた簡単な震源決定法

AEの震源(発生位置)に近いところに位置するセンサーには時間的に早くAE波動が到達し、遠いセンサーには遅く到達する。AEの震源決定法はこの原理に基づいて、震源(Hypocenter)を逆算することである。逆算するためには、非線形最小2乗法を用いて方程式を解く必要があるが、そのような方法を用いなくても、震源を求めることができる。つまり、いくつもの震源の候補になる点を仮定し、最も観測値に近い値を与える点を震源とすればよいわけである。候補になる点を密に分布させれば、必要な精度で震源の3次元座標を決定することができる。煩雑な数式を避けて震源決定の原理を理解するには、このような格子点を用いた簡単な震源決定法の紹介が適当ではないかと思われるので、以下に説明を試みる。

(1) 格子点を仮定した震源決定法

格子点を仮定した簡便な震源決定法の例として、図3-1に示すように、10m×10m×10mの範囲を観測対象とする O_1, O_2, \dots, O_n の n 個の観測点でAEが観測された場合を考えることにする。このとき、P波初動

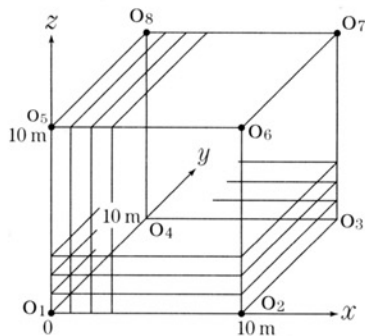


図3-1 格子点を仮定した震源決定の例

は O_q 点に最も早く到達し、他の観測点では O_q 点よりも ΔT_i だけP波初動の到達が遅かったとする。この場合、次のようにして震源の位置を求めることができる。

(i) 観測点で囲まれた10m×10m×10mの範囲に、 x, y, z 方向に1m毎に格子点 P_j を設ける。すなわち格子点の座標を $P_j(a, b, c)$ とすると、

$$a = 0, 1, 2, \dots, 10$$

$$b = 0, 1, 2, \dots, 10$$

$$c = 0, 1, 2, \dots, 10$$

であり、具体的には、

$$\begin{aligned} &P_1(0,0,0), \quad P_2(1,0,0), \quad P_3(2,0,0), \dots, \quad P_{11}(10,0,0) \\ &P_{12}(0,1,0), \quad P_{13}(1,1,0), \quad P_{14}(2,1,0), \dots, \quad P_{22}(10,1,0) \\ &\quad \vdots \\ &\quad \vdots \\ &P_{1321}(0,10,10), \quad P_{1322}(1,10,10), \dots, \quad P_{1331}(10,10,10) \end{aligned}$$

まず、このように $11 \times 11 \times 11 = 1,331$ の格子点を仮定する。

(ii) 次に、ある格子点が震源であると考え、その格子点 $P_j(a, b, c)$ から各観測点 $O_i(x_i, y_i, z_i)$ までのP波伝播時間 t_i を求める。すなわち、 V_p をP波伝播速度とすると、

$$t_i = \sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 + (z_i - c)^2} / V_p \quad (3-1)$$

ここで、特にP波初動が最も早く到達した O_p 点へのP波伝播時間を t_p とすると、 O_p 点へのP波初動の到達時刻を基準としたときの他の観測点 O_i への到達時刻の遅れ Δt_i は、次式で表わされる。

$$\Delta t_i = t_i - t_p \quad (3-2)$$

実際に観測された時間差 ΔT_i と、この仮定された震源に対する時間差 Δt_i の相違が、全観測点で十分小さければ、この仮定された震源を真の震源と考えてよい。そこで各観測点について、この差 ϵ_i を次式で求める。

$$\epsilon_i = \Delta t_i - \Delta T_i \quad (3-3)$$

この ϵ_i の2乗和を全観測点について次式のように求めれば、その値 $\Sigma \epsilon_i^2$ は、震源であると仮定した格子点 P_j が真の震源であるかどうかの評価値として使用することができる。

$$\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \Delta T_i)^2 \quad (3-4)$$

(iii) 全格子点について(ii)の計算を行い、最も小さな $\Sigma \epsilon_i^2$ を与える点を震源とする。

(2) 数値計算の例

次に3つの簡単な例題を提示しておこう。図3-1に示すように観測点