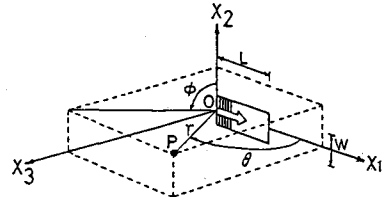


1. はじめに

強震地動の研究は、強震観測の面及び理論的な解析の面からも進展している。特に、近年後者に関する研究は断層震源モデルとして工学的にも応用されつつある。従来、断層震源モデルとしては、決定論的モデルと確率論的モデルおよび両者を組合せたハイブリッドモデルが提唱されている。前者は断層面上での破壊過程の複雑な性質が考慮されていないため短周期成分が説明できないが、理論的な取扱が簡潔で理解しやすく、時間領域と周波数領域での整合性がつきやすい。一方、後二者は複雑な断層運動を断層面上での破壊過程の不均一性として現象論的にとらえ、確率論的に地震動強度を与えて短周期成分をシミュレートする上で効果的であるが断層面上での破壊強度の不均一性に対する確率統計的な取扱い方が難しい。本研究では、前者の決定論的モデルにおける震源時間関数に種々の関数を与える方法によって算定される地震動特性について若干の検討を実施したものである。

2. 断層震源モデル

断層震源モデルは、Haskell & Savageのモデルを用い算定式を(1)式に示す。また、震源時間関数を図-1に示す6タイプを仮定した。TYPE-Xの場合の震源時間関数のFourier



Fourier Amplitude Spectrum

$$\ddot{U}(\omega) = R(\theta, \phi, r) \cdot \mu L W D \cdot \{G(\omega) \cdot \omega^2\} \cdot \{F(\omega, \xi, \eta) \cdot \omega\} \cdot \exp\left[-\frac{\omega r}{2Q\beta}\right] \quad (1)$$

< Strike Slip >

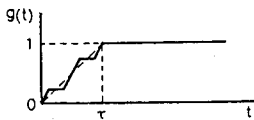
$$P\text{-wave} : R(\theta, \phi, r) = (e_r \cdot \sin^2\theta \cdot \sin\phi) / (4\pi\beta^3 pr)$$

$$S\text{-wave} : R(\theta, \phi, r) = (e_\theta \cdot \cos^2\theta \cdot \sin\phi + e_\phi \cdot \cos\theta \cdot \cos\phi) / (4\pi\beta^3 pr)$$

< Dip Slip >

$$P\text{-wave} : R(\theta, \phi, r) = (e_r \cdot \sin^2\theta \cdot \sin\phi) / (4\pi\beta^3 pr)$$

$$S\text{-wave} : R(\theta, \phi, r) = (e_\theta \cdot \sin\theta \cdot \cos\phi \cdot \sin 2\theta + e_\phi \cdot \sin\theta \cdot \cos 2\phi) / (4\pi\beta^3 pr)$$



TYPE-X

$$g(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \frac{t}{\tau} + \frac{4na}{\tau}t & 0 \leq t < \frac{\tau}{4n} \\ \frac{t}{\tau} - \frac{4na}{\tau}t + 2a & \frac{\tau}{4n} \leq t < \frac{3\tau}{4n} \\ \frac{t}{\tau} + \frac{4na}{\tau}t - 4a & \frac{3\tau}{4n} \leq t < \frac{5\tau}{4n} \\ \frac{t}{\tau} - \frac{4na}{\tau}t + 6a & \frac{5\tau}{4n} \leq t < \frac{7\tau}{4n} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{t}{\tau} + \frac{4na}{\tau}t - 4na & \frac{(4n-1)\tau}{4n} \leq t < \tau \\ 1 & t \leq \tau \end{cases}$$

$$G(\omega) = \left[R_n^2 + \left(\frac{\tau}{n} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$R_n = \left[\begin{aligned} & \frac{(1+4na)}{4n\omega} \left\{ \sin\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) - 3\sin\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) + \dots + (4n-1)\sin\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) + 4n\sin(\omega\tau) \right\} \\ & + \frac{(1+4na)}{\omega\tau} \left\{ -1 + \cos\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) - \cos\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) + \dots - \cos\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) + \cos(\omega\tau) \right\} \\ & + \frac{(1-4na)}{4n\omega} \left\{ -\sin\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + 3\sin\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + (4n-1)\sin\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) \right\} \\ & + \frac{(1-4na)}{\omega\tau} \left\{ -\cos\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + \cos\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + \cos\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) \right\} \\ & + \frac{2a}{\omega} \left\{ -\sin\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + 3\sin\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + (4n-1)\sin\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) - 2n\sin(\omega\tau) \right\} \\ & - \frac{1}{\omega} \sin(\omega\tau) \end{aligned} \right]$$

$$I_n = \left[\begin{aligned} & \frac{(1+4na)}{4n\omega} \left\{ \cos\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) - 3\cos\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) + \dots - (4n-1)\cos\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) + 4n\cos(\omega\tau) \right\} \\ & - \frac{(1+4na)}{\omega\tau} \left\{ \sin\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) - \sin\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) + \dots - \sin\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) + \sin(\omega\tau) \right\} \\ & + \frac{(1-4na)}{4n\omega} \left\{ -\cos\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + 3\cos\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + (4n-1)\cos\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) \right\} \\ & - \frac{(1-4na)}{\omega\tau} \left\{ -\sin\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + \sin\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + \sin\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) \right\} \\ & + \frac{2a}{\omega} \left\{ -\cos\left(\frac{\omega\tau}{4n}\right) + 3\cos\left(\frac{3\omega\tau}{4n}\right) - \dots + (4n-1)\cos\left(\frac{(4n-1)\omega\tau}{4n}\right) - 2n\cos(\omega\tau) \right\} \\ & - \frac{1}{\omega} \cos(\omega\tau) \end{aligned} \right]$$

変換形を(2)式に示す。なお、マグニチュード(M)は7と仮定し、 (θ, ϕ, r) をパラメータとした。

3. 地震動のスペクトル特性 算定された地震動のスペクトル特性の1例をTYPE-A～TYPE-Zに対して図-2に示す。図より、震源時間関数が複雑になる程(TYPE-X, Z)、周波数特性には短周期成分が増加する傾向が認められる。また、図-3はTYPE-AとTYPE-Yの震源時間関数の場合に算定されたスペクトル特性を模式的に示した結果であり、上述の傾向が明瞭である。

4. 地震動特性 震源断層モデルにより算定されたスペクトル特性を用いてFourier 逆変換により計算された地震動のシミュレーション波形を仮定した震源時間関数のタイプ毎に図-4に示す。なお、本研究では位相スペクトルは決定論的モデルから理論的に与えられるものではなく乱数で与えた。図より、計算された地震波形は震源時間関数が複雑な程短周期成分が卓越し最大加速度値が増加する傾向が認められる。

5. あとがき 本研究では、解析的な取扱および計算過程が比較的簡単な断層震源モデルを用いて地震動特性に関して若干の検討を実施した。その結果、従来より指摘

されている短周期成分に関して多少の改良が認められ、計算過程のパラメータの設定を考慮すれば、より良い結果が期待できるものと思われる。しかしながら複雑な断層運動を考えれば本方法は、やはり平均的な現象を扱っていることになり、今後他の断層震源モデルの

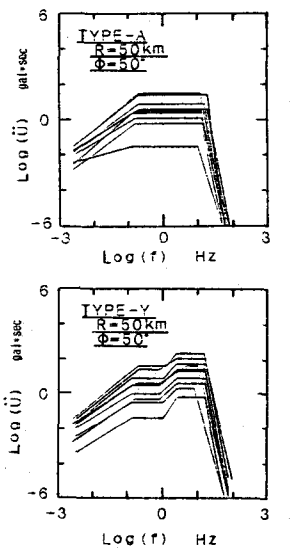


図-3. スペクトル特性の模式図

計算方法や実際の強震観測記録との対応についての検討を必要とする。

<参考文献> 佐藤良輔：『断層運動における短周期挙動と入力地震波の推定』；自然災害特別研究研究成果

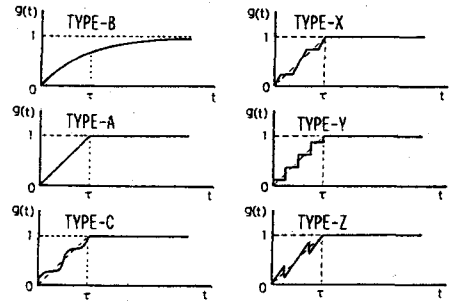


図-1. 震源時間関数

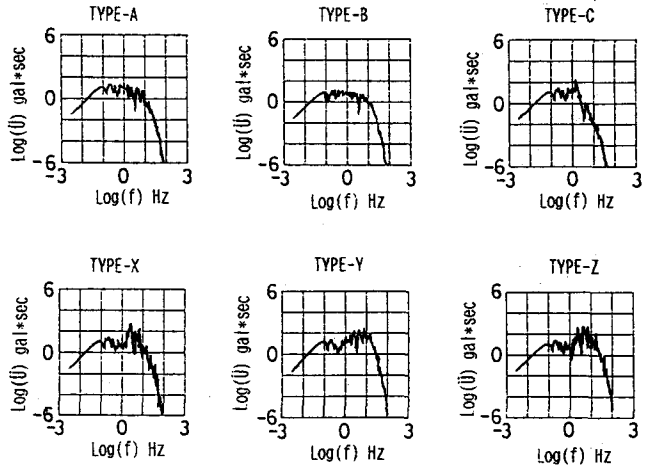


図-2. スペクトル特性
($R=50\text{Km}$, $\phi=10^\circ$, $\theta=20^\circ$)

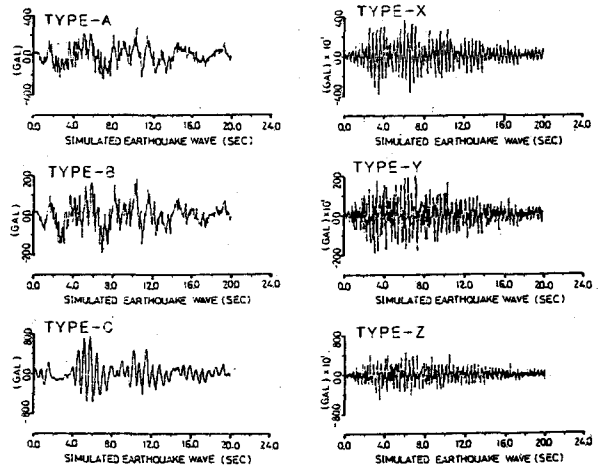


図-4. 地震動のシミュレーション波形
($R=10\text{Km}$, $\phi=30^\circ$, $\theta=90^\circ$)