

京大工学部 正会員 ○杉戸真太 京大工学部 正会員 亀田弘行

1. まえがき 強震地震動を非定常過程ないし擬似非定常過程でモデル化する試みは、ここ数年間増加の傾向にある。後藤・北浦は、局所スペクトル密度の概念を用いて地震動のスペクトル密度の時間的变化をとらえ、時間的に変化する確定関数と振動数成分が時間的に変化する確率過程との積で地震波形を模式表示した。星谷・磯山は、スペクトルモーメントを用いて非定常スペクトルをモデル化し、3次元地震動のシミュレーションを行なっている。これらの研究では、非定常スペクトルを振動数および時間の両方についてモデル化しているが、構造物の応答は、入力地震動の振動数特性に特に影響を受けるから、非定常スペクトルのモデル化は時間領域のみで行ない、振動数方向の性状は統計的に明らかにするのが妥当と考えられる。そこで本研究では、先に⁽³⁾発表した非定常モデルのパラメータを振動数ごとにマグニチュードおよび震央距離に対して回帰分析し、その結果を使ってモデルパラメータ相互の相関を考慮したサンプリング地震動を発生させ、非定常地震動の統計的予測モデルとして提案した。

2. 非定常パワースペクトルのモデル化とモデルパラメータのM-Δ回帰

強震地震動の非定常パワースペクトルを亀田⁽⁴⁾による算法で計算し、図-1に示すように指数関数を用いて3つのパラメータ α_m , t_p , t_s でモデル化した。このモデル化の手法が構造物の非弾性応答にも適用できることを確認⁽³⁾し、各振動数におけるモデルパラメータをマグニチュードおよび震央距離に対して次に示す形で回帰分析した。

$$\log \alpha_m = B_0 + B_1 M - B_2 \log(\Delta + 30) \dots (1)$$

$$t_p = P_0 + P_1 M + P_2 \log(\Delta + 30) \dots (2)$$

$$t_s = S_0 + S_1 \Delta \dots (3)$$

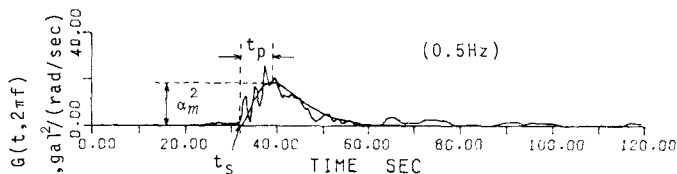


図-1 非定常パワースペクトルとモデル関数(ハブ, 1968, EW)

用いた記録は、3種地盤で得られた強震記録45成分である。いくつかのマグニチュードおよび震央距離に対する回帰式の値と回帰式のまわりでのばらつきを図-2に示した。

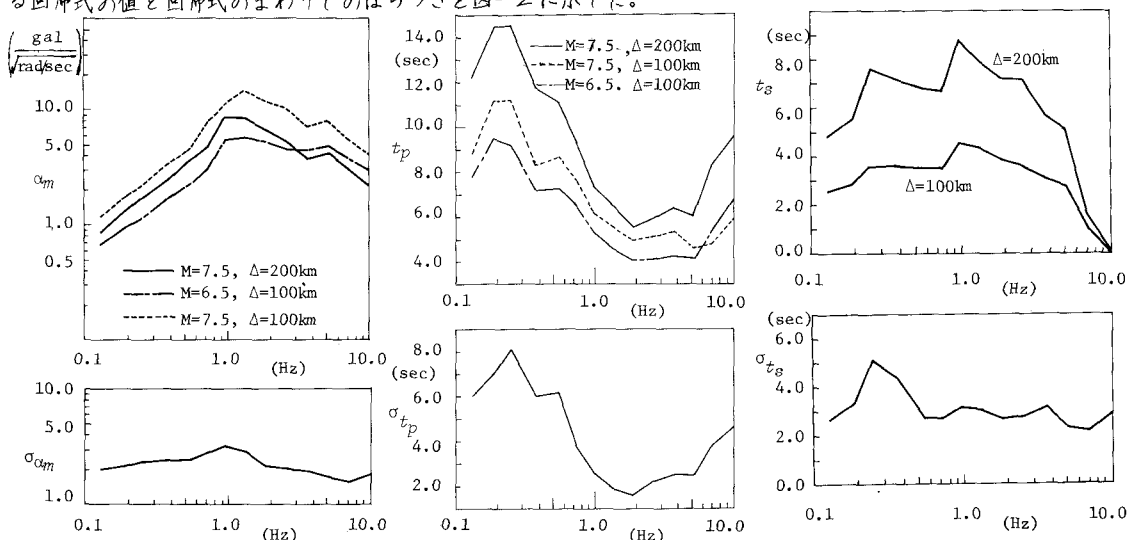


図-2 モデルパラメータのマグニチュード・震央距離に対する回帰分析の結果

3. マグニチュードと震央距離を与えた場合のサンアル地震動

モデルパラメータの回帰式にマグニチュードおよび震央距離を与えると、非定常過程による平均的なサンアル地震動を発生させることができるが、モデルパラメータは回帰式のまわりで、図-2のようにばらついている。そこで、これらのばらつきとモデルパラメータ相互の相関を考慮した対数正規乱数を用いてサンアル地震動を発生させた。モデルパラメータの決定手順は以下のとおりである。

- (1) 強度パラメータ α_m は1回の対数正規乱数発生により各振動数成分とも一律に回帰式から増減させた。
- (2) 時間パラメータ t_p および t_s は、図-3にみられるようなパラメータの相関を考慮した3次元対数正規乱数を発生させて決めた。ただし各相関係数は、最小自乗法で振動数に対して直線近似した値を用いた。

図-4に一連の乱数発生試行によるパラメータの回帰式からのすれの一例を示す。図-5は強度パラメータ α_m のサンアル数 $\hat{\alpha}_m$ とサンアル地震動の最大加速度、全パワーの関係を示している。図-6にサンアル地震動の一例を示す。

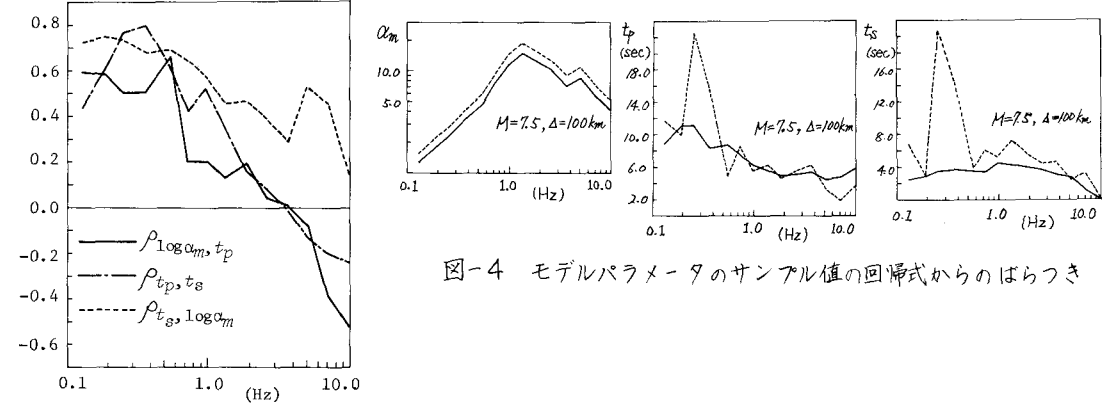


図-4 モデルパラメータのサンアル値の回帰式からのばらつき

図-3 モデルパラメータの相関係数

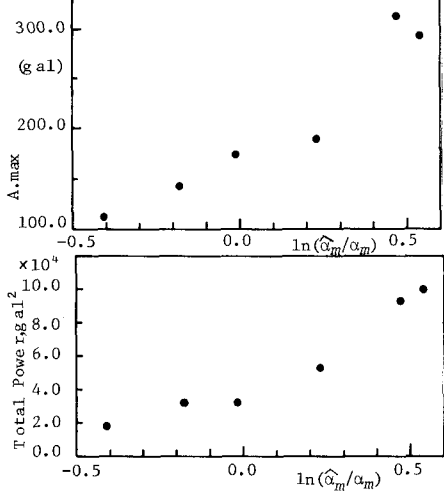


図-5 最大加速度、全パワーの分布

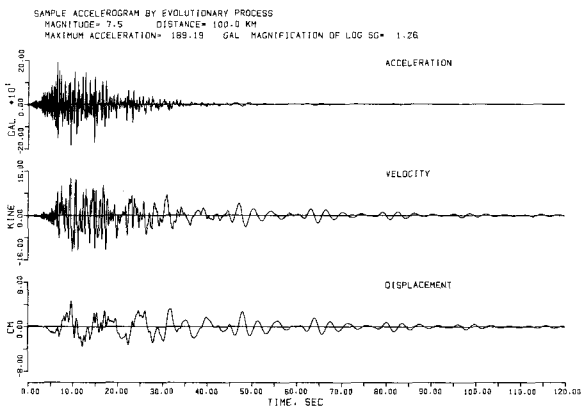


図-6 サンアル地震動 (加速度, 速度, 変位, $M=7.5$, $\Delta=100\text{km}$)

- (1) 後藤・北浦; 地震動の非定常スペクトル密度とその模式化, 土木学会論文報告集, 才236号, 1975年4月
- (2) 星谷・磯山; 多次元非定常確率過程による地震動シミュレーション, 土木学会論文報告集, 才269号, 1978年1月
- (3) 亀田・杉戸; 非定常地震動のシミュレーションにおけるモデル定数の $M-\Delta$ 回帰分析, 昭53年度土木学会関西支部 (才-41)
- (4) 亀田; 強震地震動の非定常パワースペクトル算法に関する一考察, 土木学会論文報告集, 才235号, 1975年3月
- (5) 伊藤・亀田 (才); 土木・建築のための確率統計の基礎, 丸善株式会社