

武蔵工業大学 正員 星谷 勝
石川建設㈱ 正員 鈴木 基能
福山大学 正員 ○千葉 利晃

1. まえがき

カルマンフィルタを用いたARモデルの係数の同定法を先に報告した。また、昨年度はこの手法を用いて、ARモデルの係数の同定および実地震記録を1つのサンプル波形とする確率過程入力地震動の作成が効率よく行われることを示めた。ここでは、二種類のARモデルの係数同定法、すなわち、カルマンフィルタによる方法と逆行列計算を行う従来の方法との比較検討を行った。

2. 非定常ARモデルの係数同定

平均値0の非定常確率過程 $X(t)$ に対する非定常ARモデルは次式で表せる。

$$X(i) = \sum_{k=1}^M b(i, k) \cdot X(i-k) + \epsilon(i) \quad (1)$$

ここで、 i は離散時間 $i \cdot \Delta t$ を表し、 M はARモデルの次数、 $\epsilon(i)$ は平均値0の非定常ホワイトノイズである。式(1)において、非定常振動特性を表す $b(i, k)$ と、非定常振幅特性を支配する $\epsilon(i)$ の分散 $\sigma_{\epsilon}^2(i)$ は、一般的に行われる逆行列計算によるか、カルマンフィルタを利用して求めることができる。両方法とも、ある小区間を定常と仮定し、この小区間内のデータを用いて係数を推定している。この推定値を小区間の中間時刻の代表値とするとともに、仮定した定常区間を移動させて全区間の係数を推定する方法をとっている。両方法の詳細は、文献(1)、(2)を参照いただきたい。

3. 数値計算例および考察

数値計算に用いた地震記録は1971年のSan Ferrando地震の際に観測された加速度記録である(図-1の原波形)。以後の計算において、カルマンフィルタによる方法および逆行列計算による方法ともに、ARモデルの次数は $M=3$ 、区間定常と仮定した小区間は2.8sであり、データの時間刻みは $\Delta t=0.04s$ である。

カルマンフィルタおよび逆行列の計算より求めたAR係数および $\epsilon(i)$ を用いて作成したシミュレーション波形を、図-1に示す。図-2および図-3は、両方法により求めたAR係数および $\epsilon(i)$ の分散 $\sigma_{\epsilon}^2(i)$ である。シミュレーション波形は、これらの係数および分散より求めた乱数 $\epsilon(i)$ を用いて、式(1)より作成したものである。カルマンフィルタによるシミュレーション波形の最大値は、原波形よりも約2秒遅れて現れているが、図-2および3からも判るように、両方法による大きな差異は無い。同一の乱数を使用しているため、最大加速度の遅れは図-3に示す分散の僅かな違いによるものかもしれない。

図-1~3に示したように、カルマンフィルタによるものと従来の逆行列計算によるものとの差は、分散にみられるスムージングの前後の形の違い程度の差異である。したがって、シミュレー

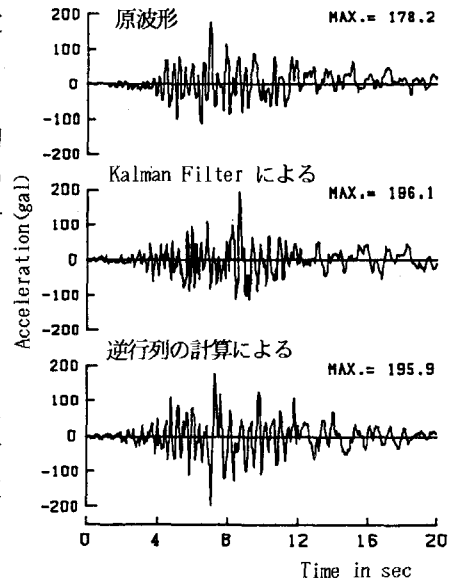


図-1 原波形と模擬波形

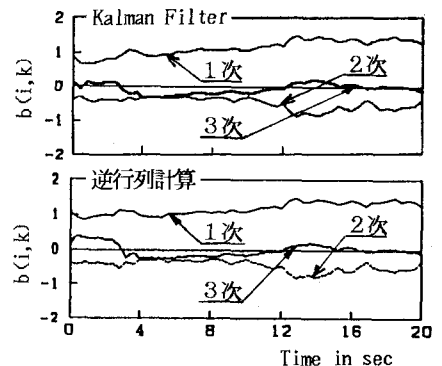


図-2 AR係数 $b(i, k)$

シジョン波形のスペクトル特性も、両者の間には大きな差はないものと思われるが、次図(図-4~6)にそれぞれの非定常スペクトル(Physicalスペクトル)を示しておく。これらのスペクトルは、最大値で正規化した後、スペクトル強度を10等分して表したものである。なお、図中の ω_1 および ω_s はそれぞれ各時間におけるスペクトルの重心位置(中心周波数)および ω_1 に関するスペクトルの回転二次半径を表す。

これらの図からも判るように、シミュレーション波形のスペクトルと原波形のスペクトルには顕著な差は見受けられない。これはカルマンフィルタによる方法も逆行列の計算による方法も、精度的には大きな差はなく、両方法とも精度良くAR係数の同定が行われるとともに、シミュレーションも行われていることを示しているといえよう。

4. あとがき

カルマンフィルタを利用する方法も、また逆行列計算による方法も精度良くAR係数等を同定できることを示した。しかしながら、カルマンフィルタを用いる方法は逆行列の計算を必要とせず、また逐次形アルゴリズムのため計算機の記憶容量が少なくすむなどの利点を有する。したがって、逆行列計算による方法と精度的には大差ないが、マイコンなどの小容量の計算機を利用する場合等には有用な方法といえよう。

参考文献

- 1). Hoshiya, M et al., Proc. of JSCE, No. 296, April 1980, pp.121-130
- 2). Hoshiya, M et al., J. of EM, ASCE, Vol.110, No.12, Dec.1984, pp.1757-1770

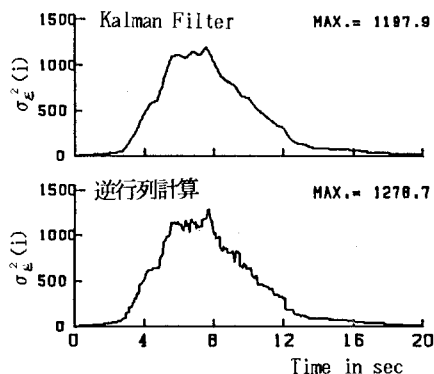


図-3 分散 $\sigma_s^2(i)$

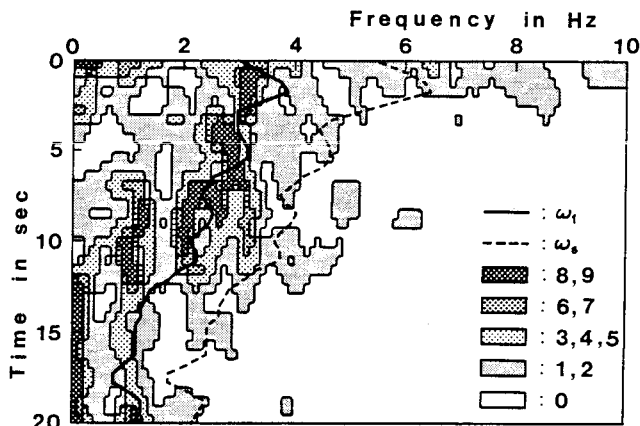


図-4 Physical Spectrum (原波形)

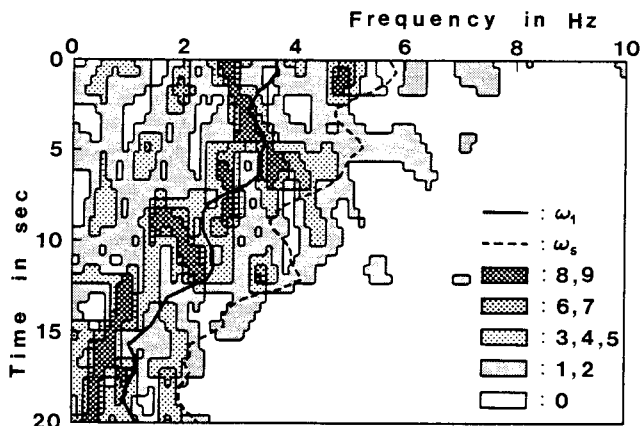


図-5 Phy. Spec. (Kalman Filter による波形)

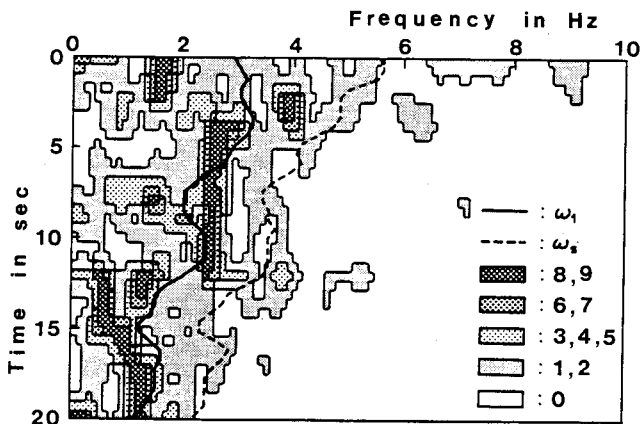


図-6 Phy. Spec. (逆行列計算による波形)