遺伝的アルゴリズムフィルタによる不規則信号の解析

An analysis of random signal by Genetic Algorithm Filter

生駒 哲一 (*IKOMA,Norikazu*)

広島市立大学 情報科学部 情報機械システム工学科

Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

Abstract

Monte Carlo Filter has been proposed by G.Kitagawa(1993), which can be applied to high-dimensional non-Gaussian and/or nonlinear model, and *Genetic Algorithm Filter* has been proposed by T.Higuchi(1995) by modifying *Monte Carlo Filter* with the aid of genetic algorithm. In this presentation, we introduce these newly developed filtering methods, and report an application of the methods to a nonlinear Bayesian model for the spectral analysis of random signal.

Key Words : *Nonstationary spectral analysis, Genetic algorithm, Bayesian modeling*

1 モンテカルロフィルタと遺伝的アルゴリズムフィルタ

最近新たに提案されている、高次元の非ガウス・非線形モデルに適用可能なフィルタリング・スムージングの方法について、ここでは簡単なサーベイを行なう。これらの方法を用いて、時変ピーク周波数を推定するモデルにより不規則振動を解析する方法を次の節以降で提案する。

北川 [4] では、フィルタリング・スムージングにおいて、非ガウス分布を直接計算に用いる代わりに、分布の実現値を用いた方法を提案しており、モンテカルロ法にちなんだ名前として「モンテカルロフィルタ」を提案している。

この方法の利点は、非ガウス分布が多次元確率密度関数で表される場合でも、本来ならば高い次元なりの計算量が必要なものを、分布の実現値数のオーダーで近似計算を行なっており、次元の割に少ない計算量で済む点である。また従来はベイズモデルの超パラメータを推定するのに、尤度関数を繰り返し評価する数値的最適化を必要とするのに対し、超パラメータを一回の評価で同時に推定でき、最適化にかかる計算量を大幅に減少できるのも利点の一つである。

樋口 [1] では、モンテカルロフィルタのフィルタリングおよび予測の計算方法が、遺伝的アルゴリズムの淘汰および（恣意的）突然変異の操作に対応していることに着目し、遺伝的アルゴリズムにおける交叉の操作を積極的に採り入れた「遺伝的アルゴリズムフィルタ」を提案している。

この方法の利点は自己組織化能力であり、仮に不適切なパラメータ値からフィルタリングを始めたとしても、処理が進むに従って自己組織化が働き、正しい推定結果を得ることができる点である。また、遺伝的アルゴリズムの研究によって培われたさまざまな技法を利用できることも、利点の一つと言えよう。

2 時変ピーク周波数モデル

生駒 [2] で新たに提案している、パワースペクトルの時変ピーク周波数を推定するモデルについて説明する。このモデルは、時変係数ARモデル [5] を基本とし、その係数がパワースペクトルのピーク周波数で表されるものである。すなわち、y_t を観測される値、ε_t を観測ノイズ、例えば正規分布 $N(0,\sigma^2(t))$ に従う i.i.d な確率変数とするとき、オーダが偶数 $2m$ のARモデル

$$y_t = \sum_{j=1}^{2m} a_j(t) y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{1}$$

の時変係数 $a_j(t)$ が、ピーク周波数 $\theta_k(t)$ およびその強度に関連する値 $r_k(t)$ により表される（$k = 1 \sim m$）。

ピーク周波数 $\theta_k(t)$ および強度に関連する値 $r_k(t)$ は、時間的に滑らかな変化をすると仮定する。すなわち、

$$\begin{aligned} \theta_k(t) &= \theta_k(t-1) + w_k^{\theta}(t) \\ r_k(t) &= r_k(t-1) + w_k^{r}(t) \end{aligned} \tag{2}$$

ここで、$w_k^{\theta}(t), w_k^{r}(t)$ は、変化の滑らかさを規定する確率変数である。

生駒 [2] では、ピーク周波数および強度に関連する値として、特性方程式の根 $r_k\, e^{\pm i\theta_k}$ を採用している。よって、ピーク $\theta_k(t), r_k(t)$ と ARモデル係数 $a_j(t)$ との関係は非線形となり、最近提案されているような、非ガウス非線形フィルタリングを必要とする。フィルタリングの方法として、数値積分による方法 [3] などがこれまで試されているが、この方法はピークの数の増加に対して計算量が指数関数的に増えるため、ピーク数の多い場合には適用が困難であった。モンテカルロフィルタ [4] はこのような問題を改良する目的で提案されたもので、ピーク数が多い場合でも適用可能である。

3　非定常不規則信号処理への適用

時変ピーク周波数を推定するモデルに、遺伝的アルゴリズムフィルタを適用し、非定常不規則信号を処理した結果について報告する。遺伝的アルゴリズムフィルタを適用するにあたって、まず遺伝情報を持つ個体を想定する。遺伝情報は、式 (2) のピーク周波数 $\theta_k(t)$ と $r_k(t)$ $(k = 1 \sim m)$、時変分散 $\sigma^2(t)$、およびピーク数を 2 進符合化した遺伝子である。これらのうち 2 進符合化したピーク数については、遺伝的アルゴリズムの操作を適用し、それ以外にはモンテカルロフィルタの方法が用いられる。

処理対象となる非定常不規則信号として、図 1に示す地震動データを採用した。

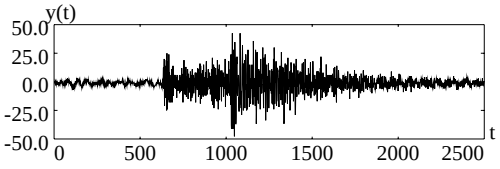

図 1: 地震動データ

提案する方法により推定された時変ピーク周波数を、図 2に示す。また、推定されたピーク数の変化を、図 3に示す。

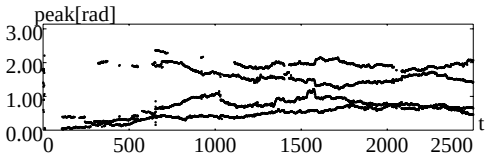

図 2: 推定された時変ピーク周波数

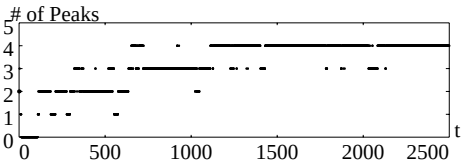

図 3: 推定されたピーク数

この方法では、時変分散を同時に推定可能である。推定された時変分散を図 4 に示す。

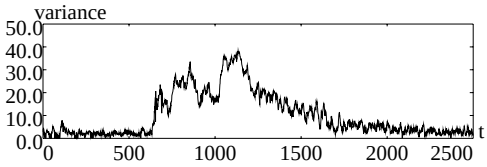

図 4: 推定された時変分散

得られた結果を見ると、P 波・S 波の到着に対応して、ピーク数が増加し、また分散も大きくなっているのがわかる。また、S 波の減衰とともに分散は小さくなってゆき、ピーク周波数も地震のない時の状況に戻ってゆくのがわかる。

参考文献

[1] T.Higuchi : The Kitagawa Monte Carlo Filter using the Genetic Algorithm Operators, *Institute of Statistical Mathematics Research Memorandum* **564**(1995).

[2] N.Ikoma : Estimation of Time Varying Peak of Power Spectrum based on Non-Gaussian Nonlinear State Space Modeling, *Signal Processing* **49**, No.2 (1996).

[3] G.Kitagawa : Non-Gaussian State-Space Modeling of Nonstationary Time Series(with discussion), *Journal of the American Statistical Association*, **82**,No.400, pp.1032-1063(1987).

[4] G.Kitagawa : A Monte Carlo Filtering and Smoothing Method for Non-Gaussian Nonlinear State Space Models, *Institute of Statistical Mathematics Research Memorandum* **462**(1993).

[5] G.Kitagawa and W.Gersch : A Smoothness Priors Time-Varying AR Coefficient Modeling of Nonstationary Covariance Time Series, *IEEE Trans.* Vol.AC-30, No.1, pp.48-56(1985).

連絡先： 生駒 哲一（いこま のりかず）
〒731-31 広島市安佐南区沼田町大塚 151-5
広島市立大学 情報科学部
情報機械システム工学科 知的制御理論講座
TEL:082-830-1764, FAX:082-830-1792
E-mail:ikoma@im.hiroshima-cu.ac.jp