JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	正規型自然観測法理論における不確定性原理の検討に関する研究
Author(s)	Wahyu, Widada
Citation	
Issue Date	1997-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1070
Rights	
Description	Supervisor:飯島 泰蔵, 情報科学研究科, 修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

正規型自然観測法理論における不確定性原理の検討に関する研究

Wahyu Widada

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 2 月 14 日

キーワード： 自然観測法、正規型自然観測フィルタ、不確定性原理、瞬時構造解析.

1 はじめに

本論文では、波形の観測手法として自然観測法を用い、不確定性原理の観点から正規型自然観測法理論を検討した上で、基本観測値系列を利用した瞬時波形の構造解析法を提案する。

一般に、時間波形の解析法として、これまで主にフーリエ解析法などが用いられてきた。しかし、これらの手法は波形の定常性を仮定し過去から未来までの全てを熟知しなければならない。そのため、便宜的に running spectrum といった概念を採用するといった不合理な問題を内在している。この不合理性を排除する手法として飯島教授により自然観測法が提唱された。自然観測法理論では、自然観測の条件に従って波形を観測することによって、合理的な波形解析法の確立を目指したものである。本研究では、不確定性原理という視点から正規型自然観測法による波形の特徴を分析している。具体的には、波形は自然観測変換によって基本観測値系列として表せるので、この系列の中に波形がどのように分布しているのかを明らかにした。基本観測値系列の分布特徴は観測次数の平均と分散で表した。時間平均した特徴は大域的な観測次数の平均と分散で表した。さらに、時々刻々時間変化する観測波形の様相を捉えるために、瞬時的な不確定性原理への拡張を行なった。時間変化による特徴は瞬時的な観測次数平均と分散で表した。この観測次数平均と分散は観測波形の瞬時的特徴を示すものである。

さらに、基本観測値系列によって波形の瞬時構造解析を行なった。観測波形のある時刻とその近傍の構造に対する新しい表現法と従来の解析結果をと比較検討した。

2 正規型自然観測フィルタ

正規型自然観測フィルタは、自然観測法理論に基づいて構築されたフィルタである。フィルタ構成は、一次の低域通過フィルタΓと高域通過フィルタΛによって構成されている。詳しく述べると、ΓとΛの直列接続によって形成される M次のフィルタが $M+1$ 個並んだフィルタバンクとなっ

Copyright © 1997 by Wahyu Widada

ている。この特徴としては、有限個の観測値列によって原波形とそのパワーを再構成できる特徴を持ち、波形の特徴を一つの低域通過フィルタ、一つの高域通過フィルタ、M-1 個の帯域通過フィルタの出力として扱えることにある。この時間系列として得られる出力を正規型基本観測値系列と呼んでいる。

3　正規型自然観測法理論における不確定性原理

まず、フーリエ変換では時間 t と角周波数ωとの間に、不確定性原理が成り立つ。波形の分布から求められた分散 $(\triangle t)^2$ と分散 $(\triangle\omega)^2$の積の値が $(\triangle t)^2(\triangle\omega)^2 \geq \frac{1}{4}$となる。自然観測法理論では観測波形を正規型自然観測法によって、基本観測値系列として表せる。そして、観測した波形の各基本観測値系列の広がり特徴をこの不確定性原理と言う視点から明らかにする。ここで定義した等価時定数と平均次数指標と観測次数の平均値$\overline{m}$と分散 $(\triangle m)^2$との間の関係 を用いることによって基本観測値系列の中に波形がどのように分布しているのかを明らかする。基本観測値系列 $\{n_m^{(M)}(t)\}$ に対する観測次数の平均値と分散は次の式で求められる。

$$\overline{m} = \frac{\sum_{m=0}^{M} m \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2}{\sum_{m=0}^{M} \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2} \tag{1}$$

$$(\triangle m)^2 = \frac{\sum_{m=0}^{M} (m-\overline{m})^2 \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2}{\sum_{m=0}^{M} \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2} \tag{2}$$

平均次数指標は

$$L = \frac{\overline{m}}{M-\overline{m}} \tag{3}$$

で求められる。これらを用いることによって、基本観測値系列の中の主要な役割を果たす次数が示された。さらに、平均次数指標と観測次数の分散との間の関係を示すことによって観測次数の広がりの特性を明らかにした。

しかし、式（１）（２）は観測次数の平均と分散を時間平均として捉えたに過ぎないものである。この問題を解決するために、式（４）のように $\|n_m^{(M)}\|^2$ の定義を変更し、各観測次数 m に対する平均$\overline{m}$と分散 $(\triangle m)^2$の値が時間 t の変化と共にどのように分布するかを明らかにした。まず、ある正の数 s_0 を定めて、

$$\|n_m^{(M)}\|_{(t)}^2 = \frac{1}{s_0}\int_0^\infty e^{-\frac{\tau}{s_0}} |n_m^{(M)}(t-\tau)|^2 d\tau \tag{4}$$

なる量を瞬時ノルムと定義する。式 (５)(６) のように得られた瞬時ノルムを用いて瞬時平均$\overline{m}_{(t)}$

と瞬時分散 $(\triangle m)^2_{(t)}$ が求められる。

$$\overline{m}_{(t)} = \frac{\sum_{m=0}^{M} m \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2_{(t)}}{\sum_{m=0}^{M} \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2_{(t)}} \tag{5}$$

$$(\triangle m)^2_{(t)} = \frac{\sum_{m=0}^{M} (m - \overline{m}_{(t)})^2 \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2_{(t)}}{\sum_{m=0}^{M} \binom{M}{m} \|n_m^{(M)}\|^2_{(t)}} \tag{6}$$

この方法によって、正規型基本観測値系列の瞬時的な分布特徴を捉えることが出来た。この瞬時平均と分散は、基本観測値系列の時刻 t_0 の近傍での様相について表したものとなる。

4 正規型自然観測法による瞬時波形の構造解析

基本観測値系列によって観測波形に着目した時刻 t_0 とその近傍の構造を瞬時的に解析する。まず、入力波形 $f_0(t)$ を

$$f_0(t) = A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t} \tag{7}$$

とモデル化する。一般的にパラメータ A と α は複素数である。入力波形の観測から得られた基本観測値系列をモーメント波形 $\{h_l(t_0)\}$ に変換する。このモーメント波形を用いることによって入力波形のある時刻 $t = t_0$ とその近傍の構造が式 (８) のように表せる。

$$f(t, t_0) = C(t_0) e^{-\sigma(t_0)(t-t_0)} \cos\{\omega(t_0)(t - t_0) - \theta(t_0)\} \tag{8}$$

ここで、$C(t_0)$ は瞬時波形の成分の大きさ、$\sigma(t_0)$ は瞬時波形の変化する様相、$\omega(t_0)$ は角周波数、$\theta(t_0)$ は位相角を表すものである。フーリエ解析法の場合は、基本的に時間平均された特徴のみを捉えることになるので、観測時間を狭くすると周波数分布が広がってしまい、逆に観測時間を広くすると周波数分布が狭くなる。自然観測法ではこの問題に対する明確な解答を与えることが出来る。

5 結論

本論文では、大域的と瞬時的と言う２つの立場からの不確定性原理に基づいて基本観測値系列の特徴の検討を行なった。その結果、基本観測値系列の特徴を観測次数の平均と分散によって示した。瞬時的な観測次数の平均と分散と波形の瞬時的な周波数特徴も示された。また、基本観測値系列によって波形の構造解析法を提案した。自然観測法による波形の構造解析は、波形の強度成分、変化の様相、周波数、と位相角によって表す。本研究で得られた知見は今後、実際の応用研究に適用出来るものと期待される。例えば、母音波形の構造解析と特徴量の抽出に関する研究等が挙げられる。