

改良型適応型サンプル値フィルタの応答時間(その2)

小段, 謙一
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

<https://doi.org/10.15017/199>

出版情報 : 九州大学医療技術短期大学部紀要. 17, pp.9-12, 1990-03-05. 九州大学医療技術短期大学部
バージョン : published
権利関係 :



改良型適応型サンプル値フィルタの応答時間（その2）

小 段 謙 一*

Response Time of Improved Adaptive Sampled - Data Filters (II)

Kenich Kodan

1. まえがき

適応型サンプル値フィルタで構成した共振器は、入力信号に周波数変動を生じた場合も、フィルタの構成や共振器のQを変えることなく、常に入力信号の基本波を抽出することができる。

その反面、周波数変動に対する応答には、かなりの時間を必要とした。

そこで、変動の検出方法に改良を加えたところ、従来のものに比べ著しく応答時間を短縮することができた。これを改良型適応型サンプル値フィルタ（以下、改良型フィルタと言う）と呼ぶことにする。

前稿では、この改良型フィルタの応答時間の理論値の算出を行ない、ほぼ良好な結果を得たが、改良部分のパラメータの設定に関して検討の余地が残った。

本稿では、このパラメータの設定について検討を行なう。

2. 改良型フィルタ

2. 1 回路の構成

図1に改良型フィルタの構成を示す。

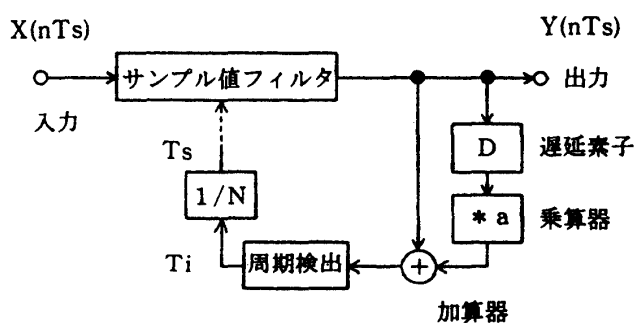


図1. 改良型適応型サンプル値フィルタ

このサンプル値フィルタの入出力の関係式と共振特性 $H(m)$ は夫々、次式の様に与えられる。

$$y(nTs) = x(nTs) - b_1 y\{(n-1)Ts\} - b_2 y\{(n-2)Ts\} \quad (1)$$

$$H(m) = 1 / \sqrt{1+r^2-2r \cos\{(m-1)\phi\}} \cdot 1 / \sqrt{1+r^2-2r \cos\{(m+1)\phi\}} \quad (2)$$

*九州大学医療技術短期大学部

診療放射線技術学科

但し、 m は共振器の中心周波数で正規化した周波数である。又、共振器の伝達関数の極は $re^{+j\phi}$ ($0 < r < 1$) であり、 $b_1 = -2r \cos \phi$, $b_2 = r^2$ の関係がある。

この共振器は、その入力周期とサンプリング周期との比が一定値に保たれる限り、常に入力信号の基本波を抽出できる¹⁾。そこで、歪の軽減された出力信号から入力周期 (T_i) の変動を検出し、一定値 (N) で除してサンプリング周期 (T_s) とする。これが適応回路の役割である。この時、次式が成り立つ。

$$T_i / T_s = N \quad (3)$$

その際、入力周期の変動を出力信号から検出するのではなく、出力信号に同じ信号を変動前の周期 (旧周期) の1/2の時間だけ遅延させたものを加えた信号から検出する。このことにより、旧周期の成分を除去し、変動後の周期 (新周期) を検出しやすくする。これが、改良型フィルタで改良された点である。変動の無い時にも適用できる様に、遅延信号には、ある倍率 (a) を乗じておく。

2. 2 応答時間

簡単のため、入力周期が $T_i \rightarrow T_i / M$ にステップ変化した場合を考える。但し、ここでは $M \geq 1$ とする。

この時の過渡応答の様子を図2に示す。

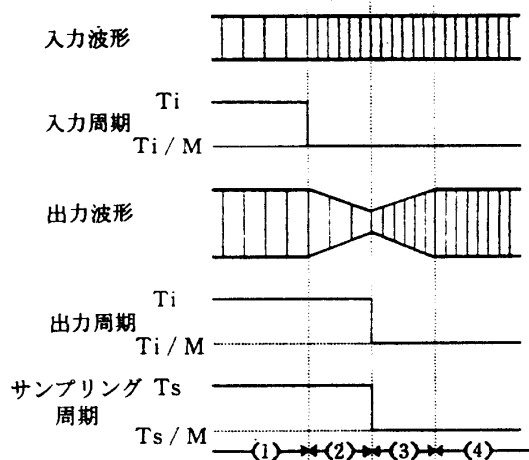


図2. 過渡応答波形 (模式図)

ここでは、入力、出力波形は包絡線の大きさ

と周期の変化のみ示す様に模式化してある。

応答時間 τ は、区間(2)の長さ τ_1 と区間(3)の長さ τ_2 の和で与えられる。

$$\tau_1 = T_i / 2 \quad (4)$$

$$\tau_2 = -T_s \log \left[10 \left\{ 1 - \frac{3.3H(M)}{H(1)} \right\} \right] / (M \log r) \quad (5)$$

そこで、 T_i で正規化した応答時間 τ は、(3)~(5)式より次式の様に見える。

$$\tau / T_i = \frac{1}{2} - \frac{1}{N} \log \left[10 \left\{ 1 - \frac{3.3H(M)}{H(1)} \right\} \right] / (M \log r) \quad (6)$$

3. a の選定

入力周波数変動率 M に対する τ / T_i の、(6)式による計算値を(1)式と図1にもとづいた計算機シミュレーション値とともに図3に示した。

但し、 $r = 0.94$, $\phi = \pi / 4$, $N = 8$ である。 a の値は文献2)によると、 $r = 0.94$ の場合、 $0.75 \leq a \leq 0.81$ となる。そこで $a = 0.8$ と $a = 0.78$ を選んだ。

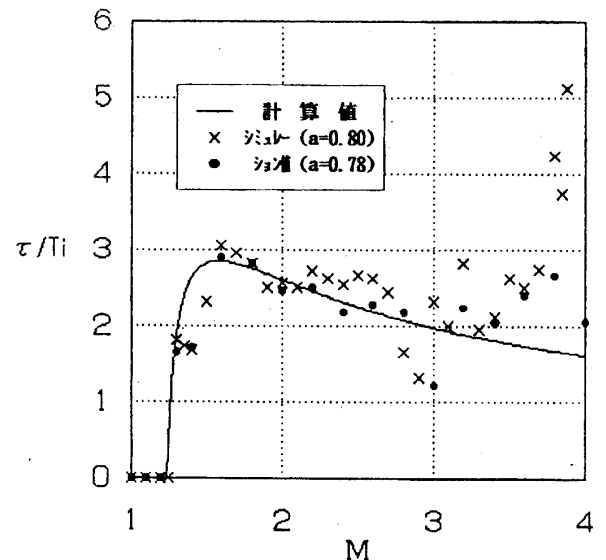


図3. a に最適値を用いない時の応答特性

M が 2.8 位から 4 に近づくにつれて、 $a = 0.8$ ではシミュレーション値と計算値に大きな差ができる。それに対して、 $a = 0.78$ の方は、両者の差が小さくなっている。従って、図3によると a の選定によってはシミュレーション値を計

算値と一致させ得る可能性がある。

そこで、最適な a の選定法について考えてみる。

文献2)の方法では最適な a の範囲を求め得るのみである。そこで、シミュレーション結果にもとづいて最適な a の値を求めることにする。

図4に入力周波数変動率 M のいくつかについて、シミュレーションにおいて最小応答時間 (τ_{\min} とする) を与える a の値 (a_{\min} とする) を示した。

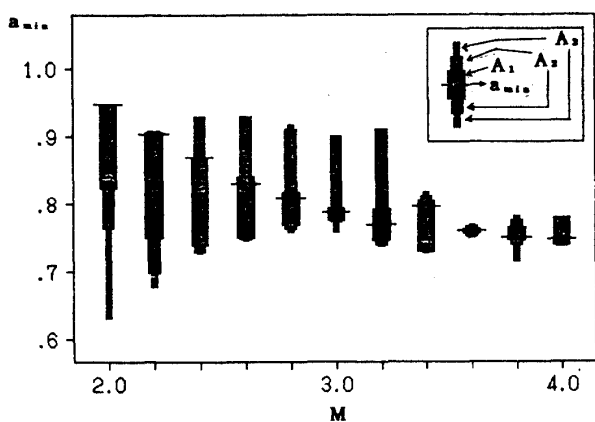


図4. $M - a_{\min}$ 特性

これによると a_{\min} は M の値により変化することがわかる。従って、全ての M に対して応答時間を最小にする a は存在しないことになる。そこで、次の様なことを考える。

各 M について応答時間が $\tau_{\min} \sim \tau_{\min} + \tau_d$ の範囲となる a の値の集合を A_1 、 $\tau_{\min} + \tau_d \sim \tau_{\min} + 2\tau_d$ の範囲となる a の値の集合を A_2 、 $\tau_{\min} + 2\tau_d \sim \tau_{\min} + 3\tau_d$ の範囲となる a の値の集合を A_3 とする。そして、ある a を考えた時、どの M に対しても、 a が集合 A_i の i の小さい方に属することが多いならば、その a は最適値の可能性があると考える。(図4では $\tau_d = 2$ とした)

このことを数値的に取り扱うため、下式の様な評価値を考えた。

$$\text{評価値}(a) = \sum_M b_M \tag{7}$$

$$b_M = 3 \cdots a \in A_1 \text{ の時}$$

$$= 2 \cdots a \in A_2 \text{ の時}$$

$$= 1 \cdots a \in A_3 \text{ の時}$$

$$= 0 \cdots a \text{ が } A_1 \sim A_3 \text{ のどれにも属さない時}$$

各 M に対する評価 b_M は i の小さな A_i に属

するほど大きい値を与えてある。

各 a に対する評価値の内、最大値を与える a を a の最適値とする。

(7)式にもとづいて評価値を算出し、図5に示した。

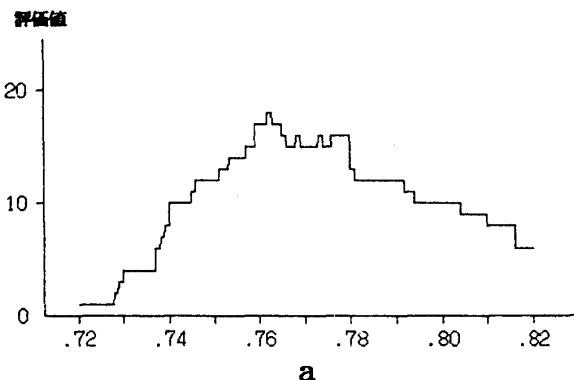


図5. a 値と評価値の関係

これにより、最大値付近を採り、 $a = 0.76$ を最適な a の値とした。

4. 結 果

入力周波数変動率 M に対する τ / T_i の計算値とシミュレーション値を $r = 0.94$, $\phi = \pi / 4$, $N = 8$, $a = 0.76$ として図6に示した。

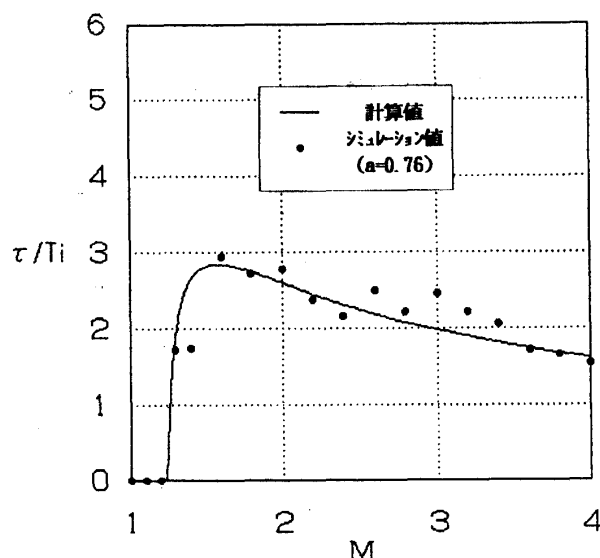


図6. a に最適値を用いた時の応答特性

結果は M の全範囲に渡って良好である。

5. あとがき

改良型フィルタのパラメータの一つである a の最適値を求めることにより、応答時間の計算値とシミュレーション値の一致が確かめられ、結果的に計算式の正しさが証明された。

今後の課題としては、他の重要なパラメータである r , ϕ の厳密な選定法などがあり、現在検討中である。

参考文献

- 1) 小段謙一：適応型サンプル値フィルタについて，医短大紀要，14,15-21,1987.
- 2) 小段謙一：適応型サンプル値フィルタの応答時間の改善，医短大紀要，15, 7-10,1988.
- 3) 小段謙一：改良型適応型サンプル値フィルタの応答時間，医短大紀要，16,19-21,1989.