九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

改良型適応形サンプル値フィルタについて(その3)

小段, 謙一

https://doi.org/10.15017/233

出版情報：九州大学医療技術短期大学部紀要. 21, pp.13-16, 1994-03. Kyushu University School of Health Sciences Fukuoka, Japan
バージョン：
権利関係：

九州大学医療技術短期大学部紀要, 1994, 第21号, 13–16
Memoirs Kyushu U. Sch. Health Sci., 1994, Vol.21, 13–16

改良型適応形サンプル値フィルタについて（その3）

小段　謙一

On Improved Adaptive Sampled–Data Filters (Ⅲ)

Kenichi KODAN

Abstract

In case the input frequency of the Sampled–Data Filter turned lower, the filter response is different from that in case of the frequency turning higher.

In this paper, the equation that gives the response time is derived for the former case.

まえがき

改良型適応形サンプル値フィルタで構成した共振器では、入力信号から基本波を抽出する場合、共振器を構成するパラメータや共振特性を変更することなく、短い応答時間で入力周波数の変動に追随することが可能である。[1)~3)]

これまでの考察では、入力周波数の変動率が1より大きい場合、すなわち周波数が高くなる場合について応答時間その他の検討を行なった。[1)~4)]

本稿では、周波数の変動率が1より小さい場合の入力信号に対する応答時間について検討を行なう。

1．改良型適応形サンプル値フィルタ

1.1　回路の構成と基本式

改良型適応形サンプル値フィルタ（以下、改良型フィルタという）の構成を図1に示す。

この改良型フィルタが二次系共振器として動作し、入力周波数の変動に追随して入力信号から基本波を抽出できるための基本式は、次の(1)～(4)である。[1) 2)]

$$y_n = x_n + 2r\cos\phi \cdot y_{n-1} - r^2 \cdot y_{n-2} \tag{1}$$

$$T_i = NT_s \tag{2}$$

$$N = 2\pi/\phi \tag{3}$$

$$T_s = T_o/N \tag{4}$$

$$y'_n = y_n + a \cdot y_{n-N/2} \tag{5}$$

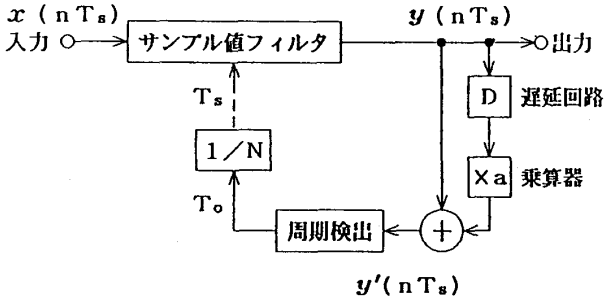

図1　改良型適応形サンプル値フィルタ

但し、T_sはサンプリング間隔であり、時間とともに変化する。従って、$x(nT_s)$, $y(nT_s)$などはx_n, y_nの様に表現してある。又、r, ϕ, aは、改良型フィルタのパラメータであり一定値である。($0<r<1$, $0<\phi\leqq\pi$, $0\leqq a<1$) Nは入力信号一周期分のサンプリング点数であり、T_iは入力周期、T_oは周期検出対象信号y'_nから検出された周期である。

1.2　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、ここでは入力周波数変動率Mは$1\leqq M\leqq 4$としている。

この時、T_iで正規化した応答時間τ/T_iは次式で表わされる。[3)]

$$\tau/T_i = \frac{1}{2} - \frac{1}{N}\log\left[10\left\{1-\frac{3.3H(M)}{H(1)}\right\}\right] / (M\log r) \quad (1\leqq M\leqq 4) \tag{6}$$

但し、$H(m)$は共振器の振幅特性（共振特性）であり、次式で与えられる。

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

$$\cdot 1/\sqrt{1+r^2-2r\cos\{(m+1)\phi\}} \qquad (7)$$

ここで、mは共振器の中心周波数で正規化した周波数である。

2．周波数変動率MがM＜1の場合の応答時間

改良型フィルタを入力周波数の変動に追随して基本波を抽出できる共振器として用いる場合、実現方法がハードウェアによる場合もソフトウェアによる場合も、入力周波数がある帯域内に納まっている様な信号だけが入力信号となり得る。この場合、周波数変動率Mは1を中心として大小の値を取る。

ここでは、これまで検討されなかった$M<1$の場合の応答時間について考察する。

2.1　$M>1$の場合の適用

$M<1$の場合も$M>1$の場合の(6)式が成立するとして、(6)式による計算値を(1)～(5)式に基づく計算機シミュレーション結果とともに図2に示した。但し、$r=0.92$, $a=0.78$, $N=8$とした。又、入力周波数がある帯域内に納まるという前提から、$1\leqq M\leqq 4$に対して$0.25\leqq M\leqq 1$とした。

図2からは、$M<1$においては(6)式が成り立たないことがわかる。

この原因を考えるため、(6)式の右辺を2項に分け、夫々をτ_1/T_i, τ_2/T_iとする。

$$\tau_1/T_i=\frac{1}{2} \qquad (8)$$

$$\tau_2/T_i=-\frac{1}{N}\log\left[10\left\{1-\frac{3.3H(M)}{H(1)}\right\}\right]/(M\log r) \qquad (9)$$

τ_1, τ_2は夫々、入力周期が$T_i\rightarrow T_i/M$にステップ変化した時の過渡応答波形の模式図（図3）の区間(2)、区間(3)に要する時間である。

以下、τ_1/T_i, τ_2/T_iの夫々について検討を加え、$M<1$の場合の応答時間を与える式を求める。

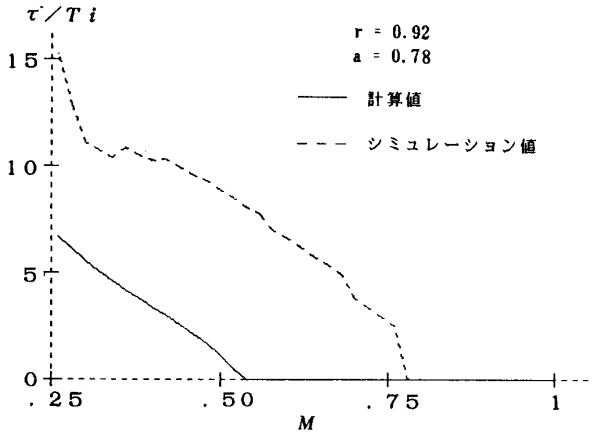

図2　応答時間（(6)式を用いた場合）

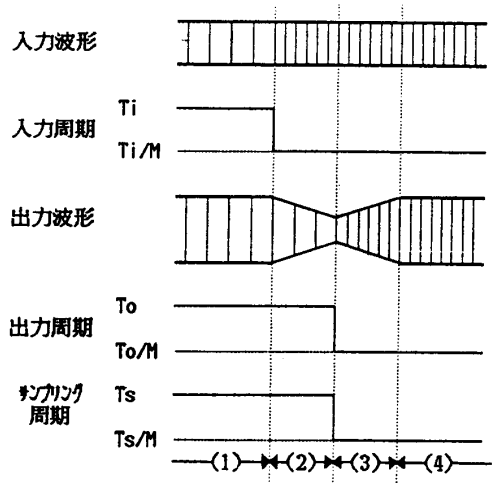

図3　過渡応答波形（模式図）

2.2　$M<1$の場合のτ_1/T_i

区間(2)では、入力周期はT_i/Mに変化するが、サンプリング間隔はT_sのままである。区間(3)に入って初めてサンプリング間隔がT_s/Mとなる。

従って、(5)式の右辺の第2項中の、nより$N/2$サンプリング点だけ前の時点が、定常状態の時に期待される値とは大幅にずれが生じることになる。これは周期T_i/Mの1/2だけ後迄も影響を与えると考えられるので、区間(2)に要する時間は、T_iで正規化して$1/(2M)$だけ長くなる。

$M<1$の場合、この値は無視できない程大きくなる。よって、$M<1$の場合のτ_1/T_iは次式で表わせる。

$$\tau_1/T_i=\frac{1}{2}+\frac{1}{2M} \qquad (0.25\leqq M\leqq 1) \qquad (10)$$

2.3　$M<1$の場合のτ_2/T_i

区間(3)では、出力の包絡線は最小値から、時

間とともに定常値に向かって増加していく。

(9)式の$3.3H(M)$が包絡線の最小値に相当している。[3)]

ここで、共振器の振幅特性（共振特性）を図4に示す。

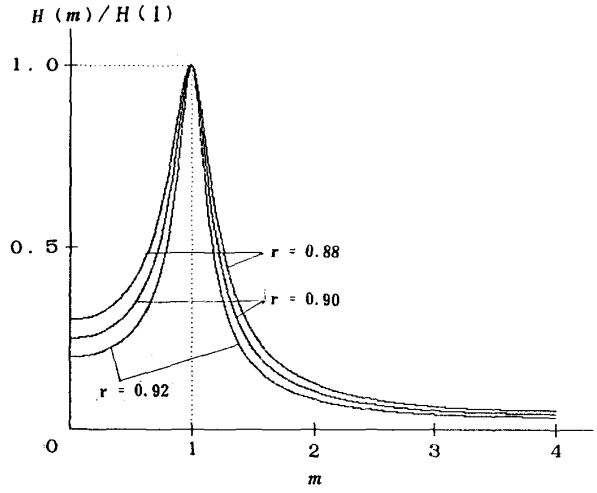

図4　共振器の振幅特性

これにると、$m=1$（共振器の中心周波数）を境にして、$m<1$の方は$m>1$に比べ共振特性が劣っていることがわかる。これは、図5より、$1 \leqq M \leqq 4$なるMに対して$H(1/M)/H(M) \geqq 1$となっていることからも明らかである。

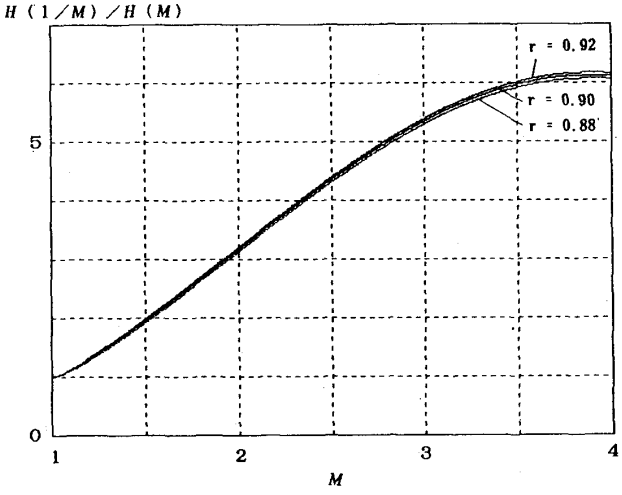

図5　H (1／M) とH (M) の比

(9)式の$3.3H(M)$は、$M>1$の場合の共振特性が良い場合における値である。そこで、$M<1$の場合の包絡線最小値をMの逆数の$1/M$の場合の$H(1/M)$で置き換えてみると、τ_2/T_iは次式の様になる。

$$\tau_2/T_i = -\frac{1}{N}\log\left[10\left\{1-\frac{3.3H(1/M)}{H(1)}\right\}\right]/(M\log r) \quad (0.25 \leqq M \leqq 1) \qquad (11)$$

3. 結　果

前章の議論により、$M<1$の場合のT_iで正規化された応答時間τ/T_iは次式で表わされる。

$$\tau/T_i = \frac{1}{2}+\frac{1}{2M} - \frac{1}{N}\log\left[10\left\{1-\frac{3.3H(1/M)}{H(1)}\right\}\right]/(M\log r) \quad (0.25 \leqq M \leqq 1) \qquad (12)$$

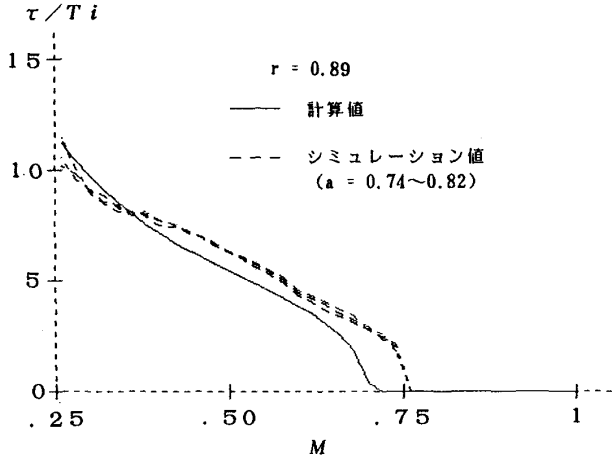

図6－1　応答時間（(12)式を用いた場合、r＝0.89）

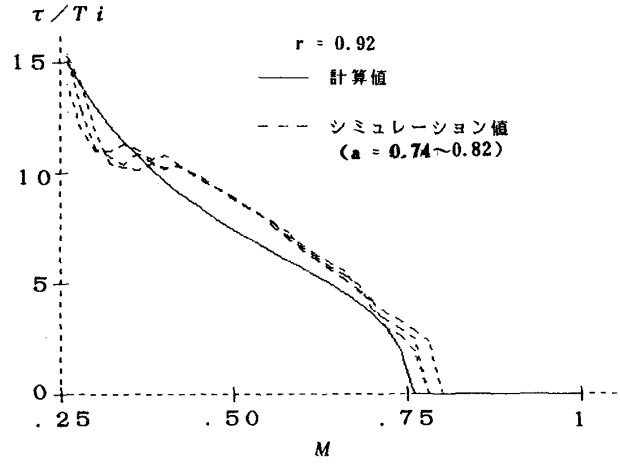

図6－2　応答時間（(12)式を用いた場合、r＝0.92）

(12)式による計算値を、(1)～(5)式に基づく計算機シミュレーション値とともに、図6－1、図6－2に示した。

図6－1は、$r=0.89$（rの最適範囲の下限[4)]）の場合であり、図6－2は$r=0.92$（rの最適範

囲の上限[4]）の場合である。いずれも$N=8$とした。又、aはaの最適範囲内[4]で$a=0.74$, 0.78, 0.82と変化させた。

図6－1、－2より、周波数変動率Mが0.25≦M≦1の時、r, aの最適範囲内の全てにわたって、ほぼ良好な結果を得ていることがわかる。

あとがき

周波数変動率が1より小さい場合の応答時間について、変動率が1より大きい場合の結果を基に検討を加え、良好な結果を得た。

今後の課題としては、周波数の変動が連続した場合の影響などがあり現在検討中である。

参考文献

1）小段謙一：適応形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：適応形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：改良型適応形サンプル値フィルタの応答時間，医短大紀要，16，19－21，1989

4）小段謙一：改良型適応形サンプル値フィルタについて（その2），医短大紀要，20，19－22，1993