周期的可変パラメータ回路の性質と クランパー回路への応用

NHK中央研修所 安 田 一 次

周期的にパラメータの変化する線形回路が、周期間隔の整数倍の離散的な取り扱いをするかぎり、線形定数回路と同様に重ね合わせの方法が適用されることを示し、この方法をパルスクランパーの解析に適用して、従来の報告と比較検討し、さらに、クランパーに漏洩抵抗のある場合、および、白の映像信号が加えられた場合への応用を述べる。

1. ま え が き

パルスクランパーは、送信機の変調器の直流再生、送信装置のリニヤークリッパーとか、ガンマ補正回路のペダスタルレベルの固定などで重要な役割をもっている。この動作解析として、深海、内野³⁾はクランパーの入力に対する応答のキーイングパルスの1周期の変化を、連続変数の微分方程式で近似する方法を報告している。

筆者ら²⁾は増幅器内で混入する交流ハム成分除去のため、クランパーのキーイングパルスを制御するフィードバッククランパーなるものを考案し、クランパーをパルスドフィルター (pulsed filter) と考えて、サンプリング制御の理論をフィードバッククランパーの解析に適用した。駒井、高橋、田所⁵⁾はフィードバッククランプを安定に動作せしめるため、クランプレベルを標準電圧と比較する方法を考案し、カラーテレビのペダスタル固定に應用した。また、田所⁶⁾のトランジスタ回路への應用があり、その他いろいろクランパーのパルスドフィルターとしての應用があると思われる。

パルスドフィルターの特徴は、サンプリングの瞬間の

筆者紹介

やすだ いちじ
安田一次 昭和10年、北海道大学工学部電気工学科卒業。同年、NHK大阪放送局へ勤務。昭和12年、技術研究所へ勤務、受信機の研究、SHF, UHFの研究、TV放送機の開発に従事し、昭和37年以降研究企画に従事した。昭和40年1月よりNHK中央研修所教授、工学博士、正会員。

"The Characteristics of Periodical Variable Parameter Circuits and Its Applications for Clumper Circuits" by Ichiji Yasuda (NHK Central Training Institute, Tokyo)

みの伝送を制御し、そのサンプリングの中間の値に無関係であるところにテレビへの應用があろう。たとえば、同一チャネル妨害があるとき、両局のビートは数百 c/s 以内であるから、低域シャ断周波数が数 kc のパルスドフィルターを用いて、画に影響を与えずにビートを取り除くことができるであろうし、これを超精密オフセット方式に應用すれば、さらに効果は倍加されよう。

2. 周期的にパラメータの変化する回路の性質

回路定数の変化が電圧あるいは電流によらず、時間のみに依存する場合、このような回路を可変パラメータの線形回路と称する。このような回路の実際の例として、振幅変調器、周波数変調器、可変遅延線路、および可変帯域濾波器などがある。

本文で述べるパルスクランパー回路も、その2極管スイッチを導通期間の内部抵抗と、オフ期間の無限大抵抗との間を周期的に変化する可変抵抗の一種とみれば、可変パラメータ回路の一種と考えることができる。

回路定数の変化しない線形回路では、(1)重畳の理論が成立する。(2)時間の原点の取り方には無関係である。という2つの特徴をもっている。これに対して、可変パラメータ線形回路では、(1)は成立するが(2)は成立しない。この場合は、回路定数が刻々と変わるので、入力をどの時刻に与えたかによって出力が異なるのである。

本節では、まず周期的にパラメータの変化する回路が、周期間隔の整数倍の離散的な取り扱いをする限り、時間の原点の取り方には無関係となり、線形定数回路と

同様に扱えることを示す。一般に可変パラメーター線形回路の微分方程式は

$$\left[a_n(t) \frac{d^n}{dt^n} + \cdots + a_1(t) \frac{d}{dt} + a_0(t) \right] f(t) = \left[b_m(t) \frac{d^m}{dt^m} + \cdots + b_1(t) \frac{d}{dt} + b_0(t) \right] h(t) \quad (1)$$

のように表わされる。ここで $h(t)$ を任意の入力波形とし、 $f(t)$ をその入力に対する出力波形とする。 $a_0(t), \dots, a_n(t)$ および $b_0(t), \dots, b_m(t)$ は回路の電圧あるいは電流の大きさには無関係であり、時間 t のみの関数である。

いま $a(t), b(t)$ が周期 T で周期的に変化する場合を考えよう。そうすると

$$\begin{cases} a_n(t) = a_n(t \pm rT) & r=0, 1, 2, \dots \\ b_m(t) = b_m(t \pm rT) & m, n=0, 1, 2, \dots \end{cases} \quad (2)$$

が常に成り立つ。したがって、(2)式を(1)式に代入すると

$$\left[a_n(t) \frac{d^n}{dt^n} + \cdots + a_1(t) \frac{d}{dt} + a_0(t) \right] f(t-rT) = \left[b_m(t) \frac{d^m}{dt^m} + \cdots + b_1(t) \frac{d}{dt} + b_0(t) \right] h(t-rT)$$

が得られる。この式は可変パラメーターの線形回路において、回路定数が周期的変化をする場合は、時間の座標を周期 T の整数倍ずらしても入力に対する出力の関数形は変化しないことを示している。

次に、入力波形 $e_i(t)$ が実数 C_r を係数とし、回路パラメーターの変化の周期 T の整数倍ずれた波形 $h(t-rT)$ の重畳

$$e_i(t) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r h(t-rT) \quad (3)$$

で表わされうものとする。周期的なパラメーター回路の出力は(3)式と同じ C_r と、 $h(t)$ に対する応答 $f(t)$ を用いて

$$e_o(t) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r f(t-rT) \quad (4)$$

で表わすことができる。これは次のように(1)式、(2)式を用いて証明される。

$$\begin{aligned} & \left[b_m(t) \frac{d^m}{dt^m} + \cdots + b_0(t) \right] \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r h(t-rT) \\ &= \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r \left[b_m(t-rT) \frac{d^m}{d(t-rT)^m} + \cdots + b_0(t-rT) \right] \\ & \quad \times h(t-rT) \\ &= \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r \left[a_n(t-rT) \frac{d^n}{d(t-rT)^n} + \cdots + a_0(t-rT) \right] \\ & \quad \times f(t-rT) \\ &= \left[a_n(t) \frac{d^n}{dt^n} + \cdots + a_0(t) \right] \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r f(t-rT) \end{aligned}$$

以上いいかえると、周期変化のパラメーターをもつ線

形回路は、周期 T に関する離散的な取り扱いを行なう範囲では、まったく定数パラメーターの線形回路と同様重ね合わせの方法が成り立つ。この性質は、テレビその他の周期的パラメーター変化の回路の解析にいろいろ応用されうものと思う。

次に、(4)式で表わされた出力の安定性を考えてみる。ここでは、有界の入力に対して出力が有界である場合を安定と定義する。そこで任意の t に対して

$$\sum_{r=-\infty}^{\infty} |f(t-rT)| = A(t) < \infty$$

のように一様収斂するならば、出力は

$$\sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r f(t-rT) < \infty$$

すなわち有界であり、したがって回路は安定であることを示すことができる。

〔証明〕 入力有界であるということから、ある一定の正の数 M があって $|C_r| < M$ とする。そうするとき

$$\sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r f(t-rT) < \sum_{r=-\infty}^{\infty} M |f(t-rT)| = MA < \infty$$

次に、クランパーへの上記重ね合わせの定理の応用を示そう。

3. 周期的可変パラメーター回路としてのクランパー

クランパーの等価回路は図1のように書くことができる。ここでクランパーに加えられる電圧を $E_i(t)$ 、出力の電圧を $E_o(t)$ とする。図の電池は出力に接続される真空管の直流格子バイアス電圧を与えるものであるが、以下の解析でこの電池を省略して考えることにする。

クランパーのスイッチ S は周期 T をもって開閉を繰り返しており、その1周期のうち、きめられた一部の期間だけスイッチが閉じているものとする。このように、周期的に開閉するスイッチは、抵抗が0と ∞ の間を周期的に変動している周期的可変定数回路の特別な場合と考える。そこで、連続な入力電圧 $e_i(t)$ を分解して、スイッチ開閉の周期 T を単位とする離散可付番の同一波形 $h(t)$ の重ね合わせで(3)式を近似する。

この場合、 C_r としては $h(t)$ の $t=rT$ なる瞬間の振幅を定める係数とし、単位波形 $h(t)$ としては単位階段波形 (unit step function)、あるいは単位方形波 (unit rectangular function) などが考えられる。前者の場合が文献3)に、後者の場合が文献1)に対応する。

図1 パルスクランパーの等価回路
Equivalent circuit of pulse clumper.

以上の重ね合わせの理によって、周期的に開閉動作をするスイッチを含む回路に対しても、パルスドフィルター (pulsed filter) として取り扱うるのであって¹⁾²⁾⁴⁾、もし何らかの方法でクランパーの入力が単位階段波形、あるいは単位方形波であるときの出力波形を求めることができれば、任意の入力に対する出力波形は離散的な重ね合わせによって求められる。

普通、パルスドフィルター⁴⁾の概念は、入力単位衝激波 (δ function) の時系列によるサンプリングと、その信号を線形定数回路を通じて伝送するということから出発している。したがって、ラプラス変換と直接関連があり、現在のサンプリングサーボの理論⁹⁾ができたものと思われる。また一方、本論文の標題の問題は、Zadeh⁷⁾⁸⁾の可変パラメーター回路の周波数ドメインの取り扱いに近い。したがって、この両分野の解析法がいまの問題の取り扱いに種々利用されうものと思う。

以下の節では深海、内野²⁾によって取り扱われた unit step function 入力の場合について、本方法を適用して正弦波入力に対する周波数伝送特性、および、指数関数波形の入力に対する応答を求め、次に筆者らの取り扱った単位方形波の場合について、周波数伝送特性を求め、これらの結果がすべて一致していることを示そう。

4. 単位階段波形入力に対する応答とクランパーの時定数

まず、クランパーのクランプ用スイッチが閉じられたままの状態にあるとき、回路に単位階段波形の入力が

図 2

- (a) Step function response of CR circuit.
 (b) Step function response of clumper.
 (c) Response of clumper having a leakage resistance.

$t=0$ に加えられたとする。図 2 (a) に示すように、時間 t を τ ごとに区切って $t=0, \tau, 2\tau, \dots, n\tau, \dots$ に対する出力の電圧を $A_0, A_1, \dots, A_n$ とする。

$$A_1 = A_0 e^{-\frac{\tau}{CR}}, A_2 = A_0 e^{-\frac{2\tau}{CR}}, A_n = A_0 e^{-\frac{n\tau}{CR}} \quad (5)$$

のように表わされる。

次に、スイッチの開閉をクランパーの普通の動作状態にしたときの時間 t と出力の関係を図 2 (b) に示す。図に示されているように、スイッチが周期 T のうち最初の τ だけ閉じ、後は開いたとすると、出力 $A_1 \dots A_n$ はまったく (5) 式と同じであるが、今度は時間軸の $t=0, T, 2T, nT$ が (5) 式のときよりも伸びていることがわかる。結局、クランパーの実効的な時定数を CR で表わすと、次式の関係が成り立つ。

$$\frac{A_1}{A_0} = \frac{A_2}{A_1} = \dots = e^{-\frac{\tau}{CR}} = e^{-\frac{T}{CR}}$$

$$\therefore R = r \times \frac{T}{\tau} \quad (6)$$

より、図 1 のような簡単なクランパー回路の等価時定数は、スイッチを閉じたままの連続回路の時定数の T/τ 倍であることがわかる。これを簡単に考えると、スイッチの開閉によって r の値が 1 周期の間で平均され、等価的に高い値になったと解釈され、さらにくわしい表現をすれば、 T の整数倍の瞬間の出力応答 $A_0, A_1, \dots, A_n$ に関する限り、抵抗を r もつ可変定数回路としてのクランパーは、 $R = r \times T/\tau$ なる等価抵抗をもつ不変定数回路と等価である。

上記の条件を少し拡張して、図 1 の点線で示されているように、スイッチに並列な漏洩抵抗のある場合、あるいは出力端子に並列に漏洩抵抗のある場合を考えよう。周知のように、これらの漏洩抵抗によって、クランパーの動作が画面の白黒レベルによって影響されるが、入力を step function と考えていることは、おおむね黒レベルの場合に近いということは注意すべきである。図 2 (c) は出力の電圧変化を t の経過に対して描いたもので今度は漏洩抵抗があるために、スイッチの開いている期間 τ' でも振幅の減衰を生ずる。 τ および τ' 期間の合成抵抗をそれぞれ r および r' とすると

$$A_0' = A_0 e^{-\frac{\tau}{CR}}, A_1 = A_0' e^{-\frac{\tau'}{Cr'}} \dots$$

$$A_{n-1}' = A_{n-1} e^{-\frac{\tau}{Cr}}, A_n = A_{n-1}' e^{-\frac{\tau'}{Cr'}}$$

なる関係があるゆえ、周期 T に対する時定数の等価抵抗 R を用い

$$\frac{A_1}{A_0} = \frac{A_2}{A_1} = \dots = \frac{A_n}{A_{n-1}} = e^{-\left(\frac{\tau}{r} + \frac{\tau'}{r'}\right)/C} = e^{-\frac{T}{CR}}$$

のように表わされる。上式で $T=\tau+\tau'$ であり、また

$$r'=ar, \quad \frac{\tau}{T}=b$$

とおくと、等価抵抗 R は次式で表わされる。

$$R=\frac{a}{ab+1-b}r$$

図2(a)の場合は、 $b=1$ とし $R=r$ となり、図2(b)の場合は $a \rightarrow \infty$ として $R=rT/\tau$ となる。

5. 正弦波入力に対する応答

クランプ入力単位振幅の正弦波であるとき、この正弦波入力を図3に示すように、近似的に単位階段波形 (unit step function) ($u(t)=0, t<0, u(t)=1, t \geq 0$) の重量で表わすことにする。入力正弦波は便宜上複素数 $E_i(nT) = e^{j\omega nT}$ に拡張しておく。すると、出力 $E_0(nT)$ と入力 $E_i(nT)$ との比は、クランプの周波数伝送特性を示すことになる。unit step function に対する応答を $U(t)$ とし、 $t=kT$ における入力の T 期間における増分を $\Delta E_i(kT)$ とすると

$$\begin{aligned} \Delta E_i(kT) &= E_i(kT) - E_i\{(k-1)T\} \\ E_i(nT) &= \sum_{k=-\infty}^n \Delta E_i(kT) u\{(n-k)T\} \end{aligned} \quad (7)$$

そのとき、 $t=nT$ における出力は(4)式により

$$E_0(nT) = \sum_{k=-\infty}^n \Delta E_i(kT) U\{(n-k)T\} \quad (8)$$

で表わされる。

入力電圧 $E_i(nT) = e^{j\omega nT}$ であるから(7)式は次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta E_i(kT) &= e^{j\omega kT} - e^{j\omega (k-1)T} \\ &= e^{j\omega kT} (1 - e^{-j\omega T}) \end{aligned}$$

次に、unit step function に対する応答は、(5)式および周期 T に対する等価時定数 CR を用いて

$$U(nT) = e^{-\frac{n\tau}{CR}} = e^{-\frac{nT}{CR}}$$

となる。以上の結果を(8)式に代入して $t=nT$ における出力電圧が求まる。

$$\begin{aligned} E_0(nT) &= \sum_{k=-\infty}^n e^{j\omega kT} (1 - e^{-j\omega T}) e^{-\frac{(n-k)T}{CR}} \\ &= (1 - e^{-j\omega T}) \sum_{k=-\infty}^n e^{-\frac{(n-k)T}{CR} + j\omega kT} \end{aligned}$$

図3 階段波形による正弦波の近似
Approximation of sinuous wave form by step functions.

$$\begin{aligned} &= (1 - e^{-j\omega T}) \left\{ e^{j\omega nT} + e^{j\omega (n-1)T} \frac{T}{CR} + e^{j\omega (n-2)T} \frac{2T}{CR} + \dots \right\} \\ &= (1 - e^{-j\omega T}) \frac{e^{j\omega nT}}{1 - e^{-\frac{T}{CR} - j\omega T}} \\ &= \frac{e^{j\omega nT} (e^{j\omega T} - 1)}{e^{j\omega T} - e^{-\frac{T}{CR}}} \end{aligned}$$

ゆえに、伝送周波数特性は $E_i(nT) = e^{j\omega nT}$ だから

$$\frac{E_0(nT)}{E_i(nT)} = \frac{e^{j\omega T} - 1}{e^{j\omega T} - e^{-\frac{T}{CR}}} \quad (9)$$

この絶対値は振幅特性、位相角は位相特性を表わす。

(9)式の逆数をとって、 $e^{-\frac{T}{CR}} = 1/k$ とおき $\omega T \ll 1$ なる近似を行なうと

$$\begin{aligned} \frac{E_i(nT)}{E_0(nT)} &\doteq \frac{1 + j\omega T - \frac{1}{k}}{j\omega T} \\ &= \left| -j \frac{k-1}{k\omega T} \right| \end{aligned}$$

となり、深海、内野の微分方程式の結果とまったく一致することがわかる。ここで $\omega T \ll 1$ の近似は、正弦波の周期に比してキーイングの周期 T が充分小さいことを意味する。

(a) 増幅器入力信号

(b) 増幅器出力信号

(c) 階段波形による指数関数波の近似

図4

- (a) Input signal in amplifier.
- (b) Output signal in amplifier.
- (c) Approximation of exponential wave form by step functions.

6. 映像増幅器の低周波しゃ断特性（指数関数波形）に対するクランプ動作

いま図 4 (a) のようなテレビ信号が時定数 ω_c なる抵抗容量結合の増幅器の入力に加えられ、増幅器の出力、すなわちクランパー入力に同図 (b) のような波形を生じたいような場合を考えよう。そこで、クランパーには図 4 (c) のような入力

$$E_I(kT) = 1 - e^{-\omega_c kT} \quad k \geq 0, \quad E_I(kT) = 0 \quad k < 0$$

が加えられたとする。この場合もやはり、単位階段波形 (unit step function) の重畳で近似したとして、出力 $E_0(nT)$ を求めてみる。

$$E_0(nT) = \sum_{k=0}^n \Delta E_I(kT) U\{(n-k)T\} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_I(kT) &= E_I(kT) - E_I\{(k-1)T\} \\ &= \begin{cases} e^{-\omega_c kT} (e^{\omega_c T} - 1) & k > 0 \\ 0 & k = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

$$U\{(n-k)T\} = e^{-\frac{(n-k)T}{CR}} \quad (12)$$

さらに (6) 式において $T/CR = \omega_0 T$ とおき、(11)、(12) 式を (10) 式に代入し、 $t = nT$ における出力を求める。

$$\begin{aligned} E_0(nT) &= (e^{\omega_c T} - 1) \sum_{k=1}^n e^{-\omega_c kT} e^{-\omega_0 (n-k)T} \\ &= (e^{\omega_c T} - 1) e^{-\omega_0 nT} \sum_{k=1}^n e^{(\omega_0 - \omega_c) kT} \end{aligned}$$

これに公式

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n x^k &= x(1 + x + x^2 + \cdots + x^{n-1}) \\ &= x \frac{1 - x^n}{1 - x} \end{aligned}$$

を用いて、 $t = nT$ における出力は次式のように表わされる。

$$\begin{aligned} E_0(nT) &= (e^{\omega_c T} - 1) e^{-\omega_0 nT} \frac{1 - e^{n(\omega_0 - \omega_c)T}}{e^{(\omega_0 - \omega_c)T} - 1} \\ &= \frac{e^{\omega_c T} - 1}{e^{(\omega_0 - \omega_c)T} - 1} (e^{-\omega_0 nT} - e^{-\omega_c nT}) \end{aligned} \quad (13)$$

ここでも $\omega_c T \ll 1$, $(\omega_0 - \omega_c)T \ll 1$ として近似を行なうと

$$E_0(nT) = \frac{\omega_c}{\omega_0 - \omega_c} (e^{-\omega_0 nT} - e^{-\omega_c nT})$$

となり、深海、内野の結果と一致する。

7. 単位方形波の重ね合わせによる方法

クランパー入力が図 5 (a) のような単位方形波の重畳で表わしうような場合を考えてみる。

$h(t)$ を T なる時間幅をもつ単位方形波とし、次式に

図 5

- (a) Unit rectangular function.
- (b) Response for unit rectangular function in CR circuit.
- (c) Response for unit rectangular function in clumper.

よって定義されているものとする。

$$h(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < T \\ 0 & t < 0, T \leq t \end{cases}$$

したがって、任意の正負の整数 r に関し次式が成立する。

$$h(t - rT) = \begin{cases} 1 & rT \leq t < (r+1)T \\ 0 & t < rT, (r+1)T \leq t \end{cases}$$

入力波形 $e_i(t)$ を方形に囲まれた階段波形 $E_I(t)$ で近似すると、(3) 式により

$$E_I(t) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r h(t - rT)$$

で表わされる。 $t = kT$ では $h\{(k-r)T\} = \begin{cases} 1, & r=k \\ 0, & r \neq k \end{cases}$ となるゆえ

$$E_I(kT) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_r h\{(k-r)T\} = C_k$$

したがって、 $t = nT$ の出力波形は (4) 式により

$$E_0(nT) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} E_I(kT) f\{(n-k)T\}$$

により求める。次に、単位方形波の応答 $f(t)$ を求める。

図 1 についてスイッチが閉じたままの状態を考える。幅が τ の単位方形波が最初の 1 回限り加えられたとする。蓄電器 C は最初の τ の期間だけ充電され、後の $t = 2\tau, \dots, n\tau$ では放電されるゆえ、蓄電器 C の $t = \tau, 2\tau, \dots, n\tau$ における電圧は

$$v_1 = 1 - e^{-\frac{\tau}{cr}}$$

$$v_2 = v_1 e^{-\frac{\tau}{cr}}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$v_n = v_{n-1} e^{-\frac{\tau}{cr}}$$

$$\therefore v_n = \left(1 - e^{-\frac{\tau}{cr}}\right) e^{-\frac{(n-1)\tau}{cr}}$$

で表わされる。蓄電器 C の電圧変化の模様を図 5 (b) に示す。

次に、図 1 のスイッチが周期 T で τ の期間だけ繰り返し開閉しているとして、図 5 (a) のようにスイッチの周期と等しい幅 T なる単位方形波が $t=0$ に 1 回限り入力に加えられた場合を考える。今度はスイッチは周期的に開閉しているので、図 5 (c) に示すように、最初の τ 期間だけ蓄電器 C の充電が行なわれ、 C の電位は v_1 に昇り、次の $t=\tau$ から T まではスイッチが開かれているので、 C の電位はそのままに保たれている。しかし $t=T$ で入力電圧は零になるので、 $t=T$ から $t=T+\tau$ の期間は抵抗 r を通して C の電荷が放電され、 C の電位は v_2 にまで下る。以後、スイッチの開いている期間には放電が起こらず、スイッチの閉じている期間のみ放電される。

したがって、クランプの出力端子電圧 $f(t)$ は $t=0$ では方形波振幅に等しい電圧を生じ、以後 $t=nT$ ($n \geq 1$) ではすでに入力電圧は零となっているので、 $-v_n$ に等しい。したがって、単位方形波の入力に対する $t=nT$ における出力電圧は次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} f(0) &= 1, & n &= 0 \\ f(nT) &= -v_n = -(1 - e^{-\frac{T}{CR}})e^{-\frac{(n-1)T}{CR}}, & n &\geq 1 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\text{ただし } R = r \times \frac{T}{\tau}$$

次に図 6 のように方形波の重畳によって単位振幅の正弦波入力 $e_i(t) = e^{j\omega t}$ を $E_i(k) = e^{j\omega kT}$ で近似してみよう。 $t=kT$ の方形波の入力が、観測の時刻 $t=nT$ に貢献する成分は

$$\begin{aligned} E_i(kT)f\{(n-k)T\} \\ &= e^{j\omega kT}(e^{-\frac{T}{CR}} - 1)e^{-\frac{(n-k-1)T}{CR}} & k < n \\ &= e^{j\omega kT} & k = n \\ &= 0 & k > n \end{aligned}$$

である。この最後の $k > n$ で零なることは、観測の時刻以後の入力は観測結果には貢献しないという物理的な理由による。したがって、重畳の理により $t=nT$ にお

図 6 正弦波の方形波による近似
Approximation of sinuous wave form by series of rectangular functions.

る正弦波入力に対する出力は

$$E_0(nT) = \sum_{k=-\infty}^n E_i(kT)f\{(n-k)T\}$$

により求まる。上記の式を代入して

$$\begin{aligned} E_0(nT) &= e^{j\omega nT}f(0) + \sum_{k=-\infty}^{n-1} e^{j\omega kT}(e^{-\frac{T}{CR}} - 1)e^{-\frac{(n-k-1)T}{CR}} \\ &= e^{j\omega nT} + (e^{-\frac{T}{CR}} - 1)e^{j\omega(n-1)T} \\ &\quad \times \sum_{k=-\infty}^{n-1} e^{-\frac{(n-k-1)T}{CR}} \end{aligned}$$

公式 $\sum_{k=0}^{\infty} x^k = 1/(1-x)$ を用いて

$$\begin{aligned} E_0(nT) &= e^{j\omega nT} + (e^{-\frac{T}{CR}} - 1)e^{j\omega(n-1)T} \frac{1}{1 - e^{-\frac{T}{CR} + j\omega T}} \\ &= e^{j\omega nT} \frac{e^{j\omega T} - 1}{e^{j\omega T} - e^{-\frac{T}{CR}}} \end{aligned} \quad (15)$$

$E_i(nT) = e^{j\omega nT}$ なるゆえ、伝送周波数特性は

$$\frac{E_0(nT)}{E_i(nT)} = \frac{e^{j\omega T} - 1}{e^{j\omega T} - e^{-\frac{T}{CR}}} \quad (16)$$

ただし $R = rT/\tau$

となり、単位階段波形で求めた場合(9)式と一致する。

4. で簡単に述べたのであるが、 $f(t)$ として単位階段波あるいは単位方形波を用いることは、同期信号を無視すれば黒レベルの場合に対応する。図 1 の点線で描いた漏洩抵抗がなければ、スイッチ開放時に放電が行なわれないので、黒白レベルいずれの場合も同じであるが、漏洩抵抗があると、スイッチ開放時の漏洩抵抗を通しての放電の様子が、黒レベルの場合と白レベルの場合とで異なるはずである。

そこで、本方法のひとつの応用として、白信号の映像

図 7 白の映像信号をもつ波形を、重畳の原理を応用して解析する

Application of a superposition principle for analyzing TV signal having a white video signals.

に対するクランパーの動作を求めるには、黒レベルの応答に映像の白レベルのみの応答を重ねればよいことは、線形定数回路の重ねの理から明らかであろう。この重ねの一例が図7に描かれている。(a)は白の映像のTV信号、(b)は黒の映像に対する単位方形波による重ね合わせ近似波形、(c)は(a)の波形から(b)の波形を差引いた白信号のみの波形である。(a)の応答を求めるのには(b)の応答に(c)の応答を加えればよい。

8. む す び

ここで得られた結果、(9)、(13)、(16)式は、従来の結果¹⁾³⁾と一致している。本文ではクランパーを可変パラメータ回路という観点から、従来の論文を統一的に取り扱ってみたのであるが、周期的可変パラメータ回路の離散的な重ね合わせの理によって、今後種々活用の道が開かれ、同時にクランパーがパルスフィルター⁴⁾と

して取り扱う事情も明らかになったと思う。したがって、サンプリングサーボ、Z変換などの理論へも発展できるのである²⁾。

(昭和41年5月18日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 安田, 小西: ベデスタルクランパのバリスドフィルタとしての取扱い, テレビ誌, 12, 6 (1958)
- 2) 安田, 島崎, 小西: 映像送信機におけるベデスタル負帰還方式について, NHK技術研究, 30 (1957) 11-12
- 3) 深海, 内野: クランパの動特性について, 信学誌, 39, 10 (1956)
- 4) Theory of Servomechanism, M. I. T. Series 25, p 231-261
- 5) 駒井, 高橋, 田所: フィードバッククランプ回路の方式, テレビ誌, 11, 9 (1957)
- 6) 田所: カラー用トランジスタ式プロセス増幅器のクランプ回路, NHK技術研究, 74 (1963)
- 7) Lotfi A. Zadeh: Frequency Analysis of Variable Networks, Proc. IRE, Mar. (1950)
- 8) Lotfi A. Zadeh: Circuit Analysis of Linear Varying-Parameter Networks, J. Appl. Phys., 21, Nov. (1950)
- 9) John G. Truxal: AUTOMATIC FEEDBACK CONTROL SYSTEM SYNTHESIS, McGraw-Hill Inc. (1955)

テレビジョン学会雑誌「テレビジョン」執筆のしおり(要約)

当学会では、雑誌の体裁を整え、読みやすい雑誌にするため、このほど執筆のしおりを全面的に改訂し、執筆者の方々には執筆前に一読をお願いし、この「しおり」にそって執筆されるようお願いしております。この執筆のしおりは学会事務局にご請求下さればお送り申し上げます。なお、以下は新しい執筆のしおりの要約です。

1. 寄稿の種類

寄稿の種類には、つぎのようなものがある。講演、展覧、解説、論文、資料、これすばんです。この内、論文、資料、これすばんですは会員の投稿により、講演、展覧、解説は当学会編集委員会からの依頼により掲載される。

2. 寄稿原稿の長さ

原稿の長さは、本誌刷上がりページ数でつぎを原則とする。

講演(6ページ)、展覧(8ページ)、解説(8ページ)、論文(6ページ)、資料(6ページ)、これすばんです(1～2ページ)。

3. 原稿の体裁

1) 表題は、簡潔にその内容を具体的に表わすようにくふうする。必要があれば副題を付けてもよい。○○○「について」や、○○○「の研究」などは付ける必要はない。ただし、○○○「の実験的研究」や○○○「の理論的研究」などは付けてもよい。

2) 内容概要は、本文の取扱い範囲、および研究の目的、方法、結果などを含めて内容の要点が察知できる程度のもを200字以内で表わす。論文の場合は、このほかに150words以内の英文abstractを別紙として添付する。

3) 付録は寄稿文全体のバランスをよくして読みやすくするため、数式の誘導、図面の詳細な説明、実験装置の詳しい説明など、本文から抜いて付録にまわしたほうが論旨が徹底すると思われるものはなるべく付録にまわす。

4. 作文上の注意

1) 特別の場合を除き、ひらがなまじりの口語体とし、かつ当用漢字、新かなづかい、アラビア数字を用いる。

2) 単位は、周知の記号のあるものは記号で記す(執筆のしおり付録2参照)

3) 専門用語は、テレビジョン技術用語委員会発表のテレビジョン技術用語(執筆のしおり付録3参照)、文部省編電気学会発行「学術用語集電気工学編」などを参照すること。

4) 特殊な専門用語は、脚注として本文の最後に注を入れて解説しておく。

5) 用語はできるだけ邦語(外来語を含む)を用い、人名、地名などやむをえないものだけ原語で書く。

5. 写真、図面および表

1) 写真、図面および表は、写真1、写真2、……、図1、図2、……、表1、表2、……、のように一連番号をつけ、必ず邦文説明を付記する。その寄稿が論文の場合は、写真、図面および表に英文の説明を併記すること。

2) 図書、雑誌、その他の資料から引用した図面、表などはその出所を付記する。

3) 写真はなるべく鮮明なもので、複写したものは使わない。大きさは手札判が適当である。写真に数字、記号、語句などを記入する場合は、写真の上にトレーシングペーパーをかぶせてはり、その上に記入する。

4) カラー写真の掲載をとくに希望する場合は、カラー写真を添付しその旨を記すこと(編集委員会で適当と認めたときはカラー写真をのせることができる)。画像の変化などをとくに明らかにする必要があるものは、その旨を記すこと(編集委員会で検討し、写真版の線数をふやすなど善処する)。

5) 図面の原稿は、刷上がり寸法の2～3倍大に方眼紙にはっきり書く。ただし墨入れの必要はない。リコピーなどの青焼はなるべくさけること。

6. 参考文献

1) 参考文献は、本文中で引用してある箇所の右肩に、通の番号を小カッコ(右側の片カッコのみ)をつけて小さく書き、本文末尾の参考文献のところに引用番号順に並記する。

2) 雑誌名は、わかりやすいものは略記する(主要な内外雑誌略記一覧を付録に例記してあるので参照のこと)。

3) 巻の数字には下線を引く(印刷のときゴシック体となる)。

4) 発行年はカッコ内に入れ西暦年号で(1965)のように、雑誌で発行年月、発行年月日の必要なものは(Aug., 1965)あるいは(Aug., 1, 1965)のように記入する。

5) 参考文献の表示方法 ①図書の場合: 著者名、書名、巻数、発行所、発行地、発行年の順で表示する。ただし、図書中の特定部分を引用したときは、その引用した箇所のページ数を最後に示す。②雑誌の場合: 著者名、標題、雑誌名、巻数、号数、発行年、ページ(通巻ページ数を付しているものは通巻ページ数)の順に表示する。③双書、シリーズもの、年鑑などの場合: 著者名、著作中の記事または一部の標題、書物の標題、巻数、発行所、発行地、発行年、引用した記事のページ数の順。