

## 続・長時間用積分器の問題点と考察

川崎, 昌二  
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/1958397>

---

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 5, pp.12-15, 2004-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

## 続・長時間用積分器の問題点と考察

九州大学応用力学研究所技術室 川崎昌二

### 1. はじめに

前稿の「技術職員技術レポート Vol.4 長時間用積分器の問題点と考察」<sup>1)</sup> (以下前稿と略する) について図の訂正と、積分器の高域周波数特性について若干の追加検討を行ったのでここに報告する。

### 2. 前稿図6の訂正

前稿の「図6 ミラー積分器の周波数特性(シミュレーション)」を次の図のように訂正する。その理由は、使用したシミュレーションソフトにおけるOPアンプのモデルパラメータ設定において、オフセット電圧 $V_{off} = 0[V]$ 、オフセット電流 $I_{off} = 0[A]$ となるべき所が初期値では $V_{off} = 2[mV]$ 、 $I_{off} = 3[pA]$ となっていたため、周波数特性が約1Hz以下の低域においてオペアンプの出力電圧が飽和しオープンループゲインより低いところでゲインが頭打ちになっていたためである。以下にそのモデルパラメータ(太字部分が該当箇所)と訂正後の周波数特性を示す。

----- 前稿図6の訂正前のモデルパラメータ -----

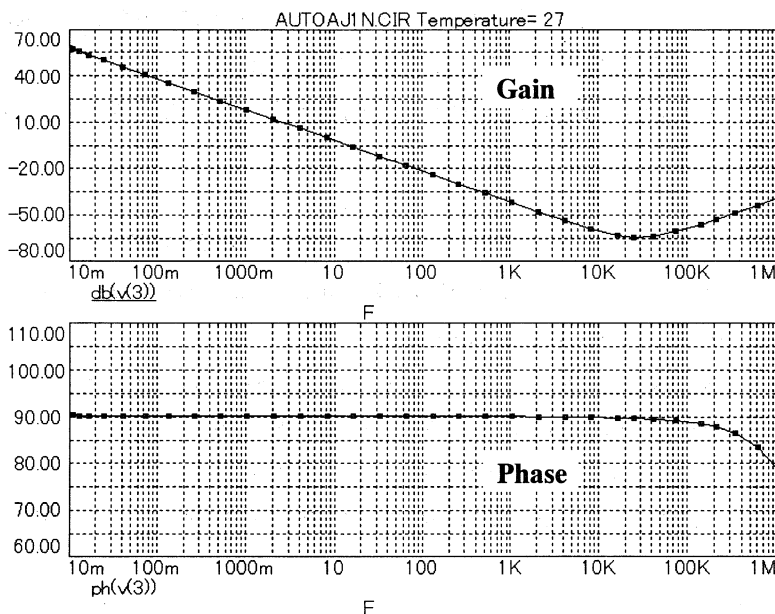
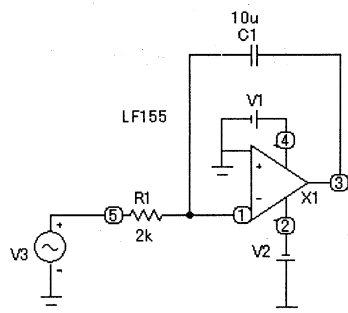
\*\*\* JFET-input operational amplifier

.MODEL LF155 OPA (LEVEL=3 TYPE=3 C=30P A=200K ROUTAC=50 ROUTDC=75 **VOFF=2M IOFF=3P** SRP=7MEG SRN=7MEG IBIAS=30P VEE=-22 VCC=22 VPS=13 VNS=-13 CMRR=100K GBW=2.5MEG PM=60 PD=25M IOSC=20M)

----- 前稿図6の訂正後のモデルパラメータ -----

\*\*\* JFET-input operational amplifier

.MODEL LF155 OPA (LEVEL=3 TYPE=3 C=30P A=200K ROUTAC=50 ROUTDC=75 **VOFF=0 IOFF=0** SRP=7MEG SRN=7MEG IBIAS=30P VEE=-22 VCC=22 VPS=13 VNS=-13 CMRR=100K GBW=2.5MEG PM=60 PD=25M IOSC=20M)



前稿「図6 ミラー積分器の周波数特性(シミュレーション)」(訂正)

### 3. 積分器の高域周波数特性

前稿の「2. 4 ミラー積分器の高域周波数における誤差」において周波数特性のゲインが高域で上昇する原因は、オペアンプの出力インピーダンスによることが分かったが、積分定数の選び方によってどのように変化するかを前稿でも使用した電子回路シミュレーションソフト<sup>2)</sup><sup>3)</sup>を用いてもう少し調べてみることにした。またその際、高域周波数での特性を調べるため周波数範囲 10mHz~1MHz を 10mHz~10MHz に拡大して検証を行なった。前図において  $R_1$  は積分抵抗、 $C_1$  は積分コンデンサである。

図1は  $R_1$  を 2k $\Omega$  に固定にして、 $C_1$  を 0.1 $\mu$ F、1 $\mu$ F、10 $\mu$ F と変化させた結果である。これより  $C_1$  を大きくしていくとゲインが上昇に転ずる周波数（以下、屈曲点と略する）が低くなることが分かった。また周波数を上げていくとゲインは 3MHz を越えた付近でフラットトップになり、このときのゲインは約-30dB であった。

図2は  $C_1$  を 0.1 $\mu$ F に固定して  $R_1$  を 2k $\Omega$ 、20k $\Omega$ 、200k $\Omega$  と変化させた結果である。この場合は  $R_1$  を大きくしていても屈曲点の周波数は変わらず、ゲインが全体的に下にシフトした。また高域でのフラットトップの値も  $R_1$  によって違いそれぞれ約 -30dB、-50dB、-70dB となることが分かった。

図1、図2および、前稿の(2-16)式から検討した結果、高域でのフラットトップのゲインは  $R_2 / R_1$  に近い値になることが分かった。ここで  $R_2$  はオペアンプの出力インピーダンスである（前稿の図10参照）。

図3は積分時定数  $t = R_1 \times C_1 = 20$  [msec] を一定にして  $R_1$ 、 $C_1$  をそれぞれ ①2k $\Omega$ 、10 $\mu$ F ②20k $\Omega$ 、1 $\mu$ F ③200k $\Omega$ 、0.1 $\mu$ F と変化させた結果である。

これらの結果から同じ積分時定数ならば積分抵抗を大きくして積分コンデンサを小さくした方が周波数特性が高域まで伸びることが分かった。

### 4. 積分時定数とドリフト

周波数特性を高域まで伸ばすため積分抵抗を大きくして積分コンデンサを小さくした場合、積分器のドリフトにどのように影響をおよぼすか検討した。

オペアンプのオフセット電圧に関しては、前稿の「2. 2 (1) オフセット電圧( $e_x$ )の影響」における(2-2)式、

$$e_o = V_c + e_x = \frac{1}{CR} \int e_x dt + e_x \quad [\text{V}]$$

から積分時定数  $CR$  が同じであれば影響がないことが分かる。しかし、バイアス電流およびオフセット電流については、前稿の「2. 2 (2) バイアス電流( $i_B$ )およびオフセット電流( $i_{OS}$ )の影響」における(2-4)式、

$$e_o = -i_B R - \frac{1}{C} \int (i_2 - i_3) dt = -i_B R - \frac{1}{C} \int i_{OS} dt \quad [\text{V}] \quad (\text{但し、} R_1 = R_2 = R)$$

から積分時定数  $CR$  が同じでも積分コンデンサ  $C$  を小さくした場合、ドリフトが大きくなることが分かった。

### 5. 結果

前稿でオペアンプを用いたミラー積分器において周波数特性が伸びない原因の一つにオペアンプの出力抵抗が関係していることが分かったが、今回の検討でさらに同じ積分時定数ならば積分抵抗を大きくして積分コンデンサを小さくした方が周波数特性は高域まで伸びることが分かった。但し、このことによってバイアス電流およびオフセット電流によるドリフトが大きくなるので長時間用積分器としては逆に問題となることが分かった。

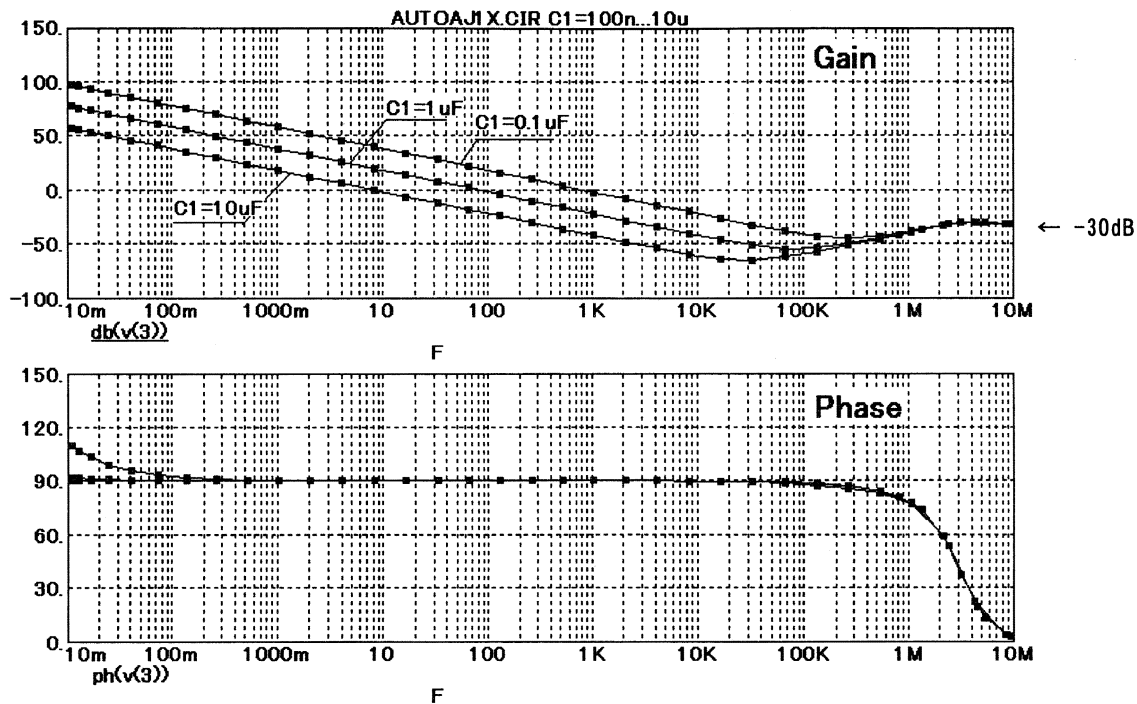


图1 R1=2kΩ固定、C1=0.1μF, 1μF, 10μF可变

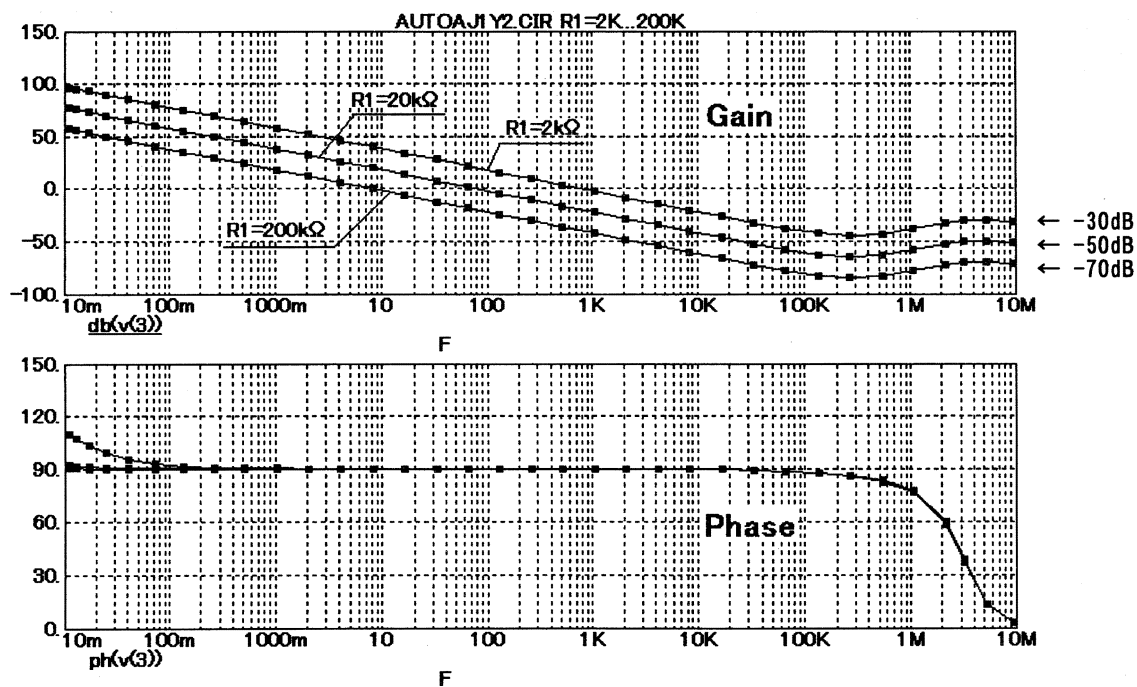


图2 C1=0.1μF固定、R1=2kΩ, 20kΩ, 200kΩ可变

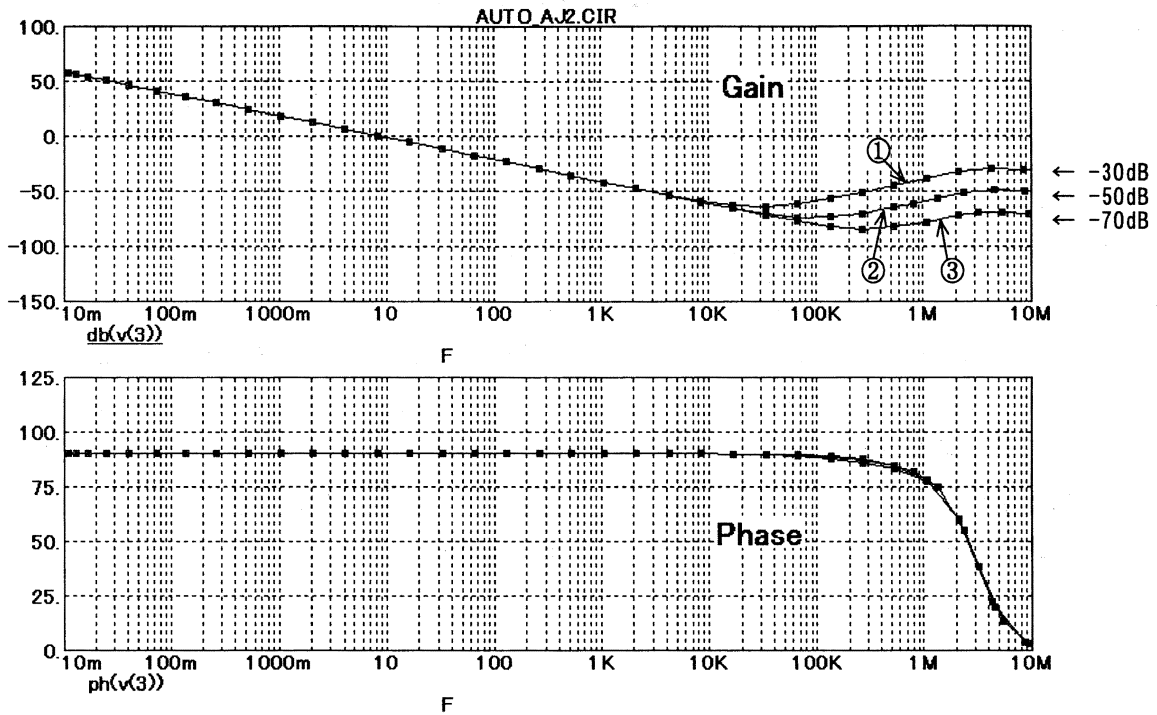


図3 同じ積分時定数における周波数特性の違い

① $2k\Omega, 10\mu F$  ② $20k\Omega, 1\mu F$  ③ $200k\Omega, 0.1\mu F$

### 参考文献

- 1) 川崎昌二：長時間用積分器の問題点と考察，九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート(March 2003)Vol.4, pp.37-45.
- 2) パソコン用電子回路シミュレータ Micro-Cap V/CQ版，CQ出版株式会社，1996.
- 3) Micro-Cap Evaluation 7.0，東陽テクニカ (<http://www.toyo.co.jp/micro-cap/>).