

第2章 OPアンプ回路の基本と応用

OPアンプと書いて「オペアンプ」と読み、英語の operational amplifier を短縮した日本独特の言い方です。増幅やフィルタなどのアナログ回路といえばOPアンプといえるほど、とてもよく使われるIC (integrated circuit) です。 〈編集部〉

● 7月17日 20:00～21:00 オンライン・セミナー開催！
OPアンプ回路やセンサ応用回路の作り方
【講師】 小川 敦 **【費用】** 無料(100名まで)
 参加希望者は、タイトル部のQRコードにアクセスして登録を行ってください。 〈編集部〉

入門①

高性能化のテクニック「負帰還」によるひずみ改善効果

OPアンプは出力信号の一部を入力に戻すという負帰還をかけて使います。負帰還をかけると周波数特性が広帯域にフラットになったり、雑音が小さくなったりして、いろいろな特性が改善されるからです。オーディオ用アンプなどで問題となる、ひずみ特性も改善できます。 〈編集部〉

● 負帰還によるひずみの改善量を計算する

ひずんだ波形は、基本波以外にたくさんの高調波成分をもっています。波形がひずむということは、基本波に余分な高調波が加算されてしまうことと同じです。

負帰還により高調波の量がどの程度減少するかを計算すれば、負帰還によるひずみの改善量がわかります。

図1に示すのは、負帰還によるひずみの改善量を計

算するための回路です。OPアンプのオープン・ループゲインを A とし、帰還回路の帰還率を β とします。また、ひずみの高調波成分として、 V_D という信号がOPアンプの出力に加算されています。負帰還により、この V_D がどの程度小さくなるのかを計算します。

図1に示したOPアンプ出力 V_O は非反転入力端子の電圧と反転入力端子の電圧の差を A 倍したもので、次式で表されます。

$$V_O = (V_{in} - \beta V_{out})A \dots\dots\dots (1)$$

出力 V_{out} はOPアンプ出力に高調波の V_D を足したものであるため次式で表せます。

$$V_{out} = V_O + V_D \dots\dots\dots (2)$$

式(1)と式(2)を V_{out} について解くと、次式のようになります。

$$V_{out} = \frac{A}{1+A\beta} V_{in} + \frac{1}{1+A\beta} V_D \dots\dots\dots (3)$$

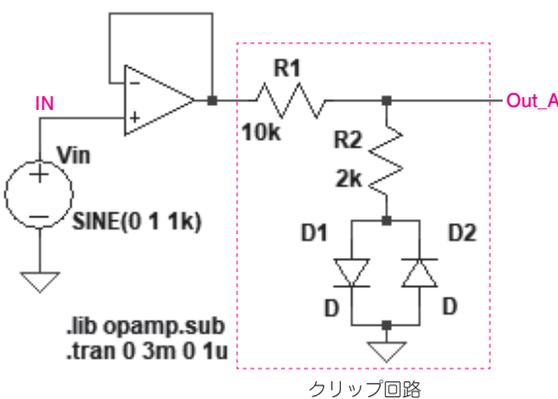
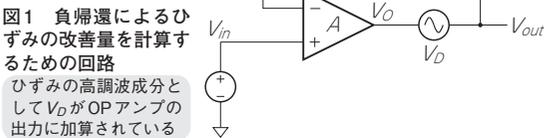
式(3)の第1項は帰還アンプのゲインの一般式です。帰還アンプのゲインを G とし、OPアンプのゲイン A が十分大きいとすると、 G は次式で表されます。

$$G = \frac{A}{1+A\beta} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \beta} \doteq \frac{1}{\beta} \dots\dots\dots (4)$$

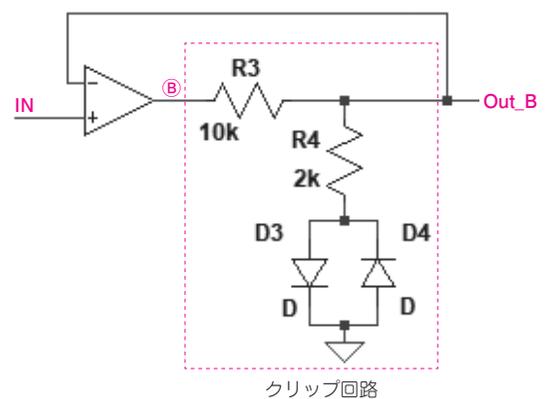
式(3)を G を使用して書き直すと次式になります。

$$V_{out} = G V_{in} + \frac{1}{1+A\beta} V_D \dots\dots\dots (5)$$

式(5)より、ひずみの高調波成分 V_D は $1/(1+A\beta)$ に減少することがわかります。



(a) OPアンプの出力部にクリップ回路を接続



(b) 負帰還ループ内にクリップ回路を接続

図2 負帰還によるひずみの改善効果をシミュレーションするための回路
 入力信号として1kHzで2V_{p-p}の正弦波を加えている