

オペアンプOPA27における非線形現象

許金祥

平成20年1月21日

目次

1	序論	3
1.1	オペアンプとは	3
1.2	この実験では	3
2	実験配置	4
3	実験結果	5
3.1	Positive Feedback の回路	5
3.2	Negative Feedback の回路	7
4	結論	8

1 序論

1.1 オペアンプとは

OPアンプは、本来「アナログ・コンピュータ」の基本的素子として考案されたもので、アナログ信号の演算ができる増幅器という意味から“Operational Amplifier(演算増幅器)”と名付けられた。OPアンプは、通常2つの入力端子、1つの出力端子、および正負両電源端子をもった差動増幅回路で、下図のように示される。

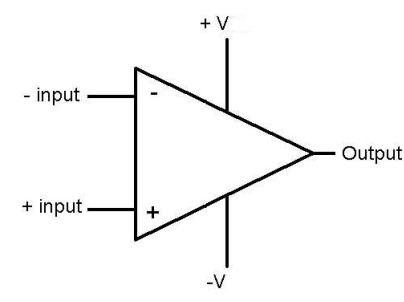


図1：オペアンプの略図

マイナス記号が付いた端子は反転入力端子と呼ばれ、入力された信号と出力される信号の極性が正反対（位相差-180度）であることを意味する。プラス記号が付いた端子は非反転入力端子と呼ばれ、入力された信号と出力される信号の極性が等しい（位相差0度）ことを意味する。回路の設計によって、増幅回路、コンパレータ、積分回路、発振回路など様々な用途に応用可能である。

1.2 この実験では

オペアンプの機能を発揮させるためには、メーカー指定の正負両電源値に合わせる必要がある。しかし、この数年前から、電源正常値以外の範囲で使用したオペアンプにカオス及び非線形現象は次々と現れた。今回は、様々な回路で周期分岐などの非線形現象を見つけた。

2 実験配置

この実験では、OPA27(Burr Brown Co.)を含む図2と図3のような簡単な回路を使った。図1では、出力を500 Ω を通し、正の入力に接続させ、負の入力をアースに接続させた。図2は単に正と負の入力を入れ替えただけである。外部からのノイズを除去するために、電源とアースの間に100nFのコンデンサーを入れた。また、電源はREGULATED DC POWER SUPPLY,TMO7-5,TAKASAGO.LTD,JAPANを使い、オシロスコープはDL 716 16CH DIGITAL SCOPE YOKOGAWAを使った。オシロスコープに接続する正の部分はOPA27からの出力で、負の部分は電源の負のところである。このオシロスコープの保存機能を利用し、保存したデータをパソコンに移し、解析を行った。

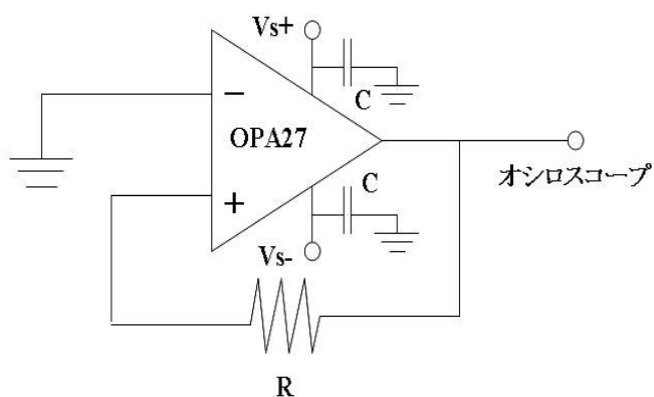


図2 : Positive feedback の回路

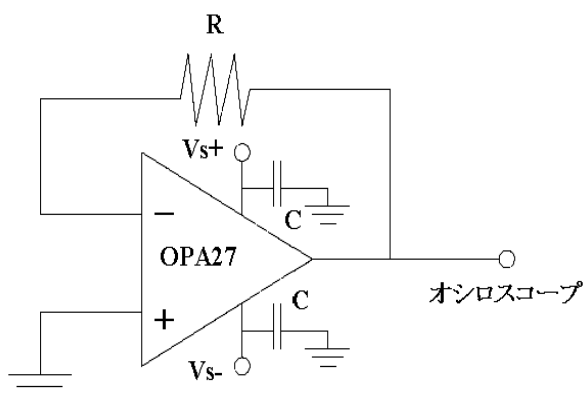


図3 : Negative feedback の回路

3 実験結果

3.1 Positive Feedback の回路

この回路について、電源電圧に対する出力の図形の変化を調べた。得られた信号をフーリエ変換して、スペクトルと対照し、図4のようになった。図形の周期は電圧の変化で2倍になったり、5倍になったりする非常に面白い現象が見える特に2.23Vのところでは、異常な変化が目立つ。

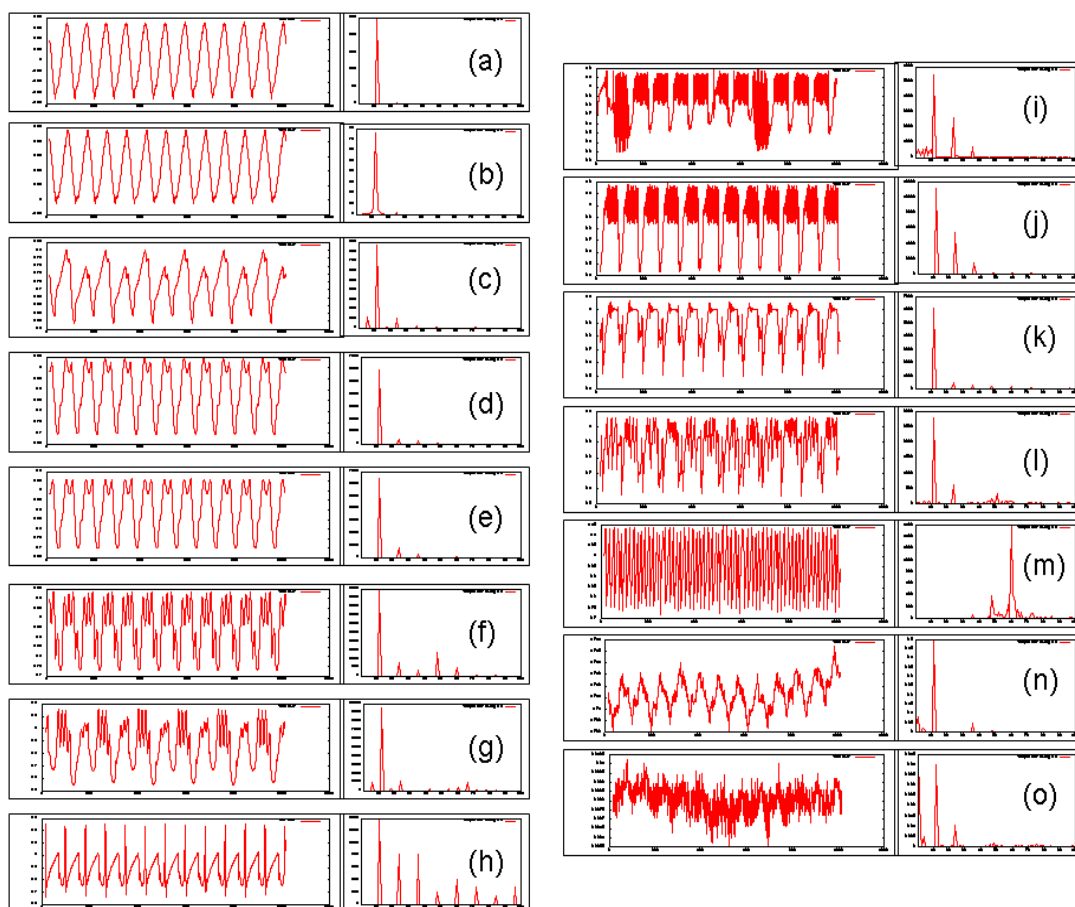


図4: 様々な非線形出力。左上から電源両端の電圧, $V_s=0V$, $V_s=1.50V$, $V_s=1.70V$, $V_s=1.74V$, $V_s=1.75V$, $V_s=1.77V$, $V_s=1.78V$, $V_s=1.81V$, $V_s=1.86V$, $V_s=1.91V$, $V_s=1.97V$, $V_s=2.02V$, $V_s=2.23V$, $V_s=2.26V$ と $V_s=3.44V$ である。1行目と3行目の図はそれぞれの瞬間変化であり、2行目と4行目はそれぞれのスペクトルである。

図4より、以下のことがわかった。

(ア)(a) から (l) までと (n) と (o) では、60Hz の周期性が強かった。

(イ)(m) では、60Hz の周期性が消え、300Hz のものに変化した。つまり、 $V=2.23V$

は周期転移の転移電圧である。
(ウ)(a) から (e) までは、電圧の値は安定しているが、(f) になると、全体の周期性はあるが、電圧の値はカオス的に振舞っている。

(a) から (o) のグラフについてそれぞれの電圧のピーク値を取り、入力に対し、グラフ化すると、図5のようになる。ここで、ピーク値の意味はグラフからはっきり差がある場合に限り、上下振動している場合は最高値だけをとると言うことである。

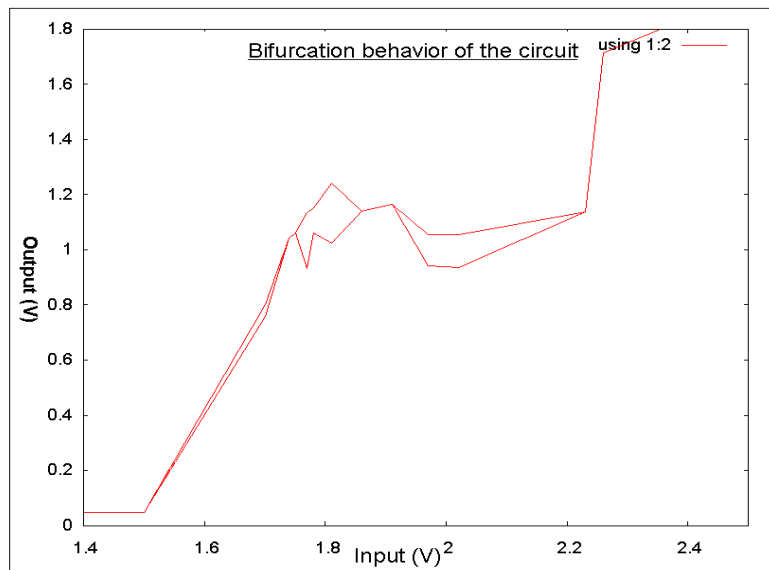


図5：ピーク電圧と入力の関係図

図5を見ると、やはり出力ピーク値には分岐現象が起こる。その範囲は大体 1.7V から 2.3V の間である。

3.2 Negative Feedback の回路

この回路では、電源電圧と出力の peak-peak 値、電源電圧と出力最大値、振動数などの関係を調べてみた。まずは、電源電圧と出力の peak-peak 値の振る舞いは図6に示している。

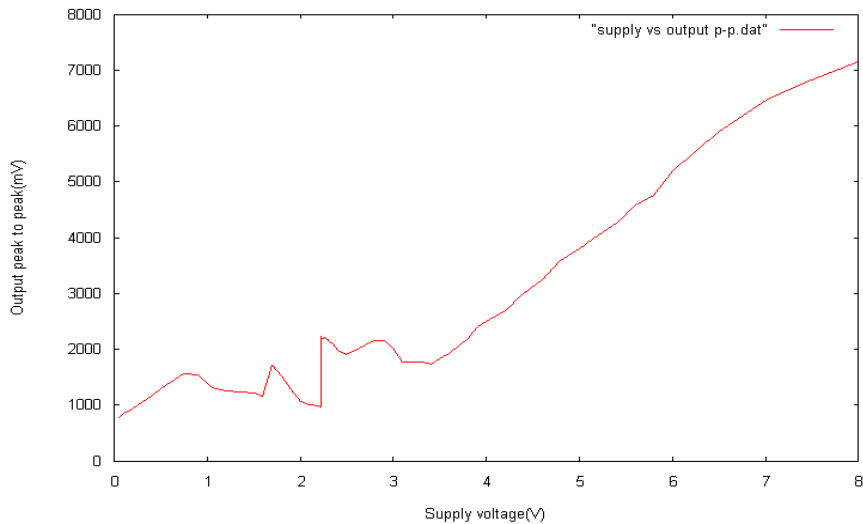


図6：電源電圧と出力の peak-peak 値。1.0V と 3.0V の間では不規則な値になっている。4.0V を超えたら、ほぼ線形に変わる。

次に、電源電圧と出力最大値、振動数にはどういう関係があるかを調査してみると、下図のように、振動数の変化は電圧最大値と関係があった。

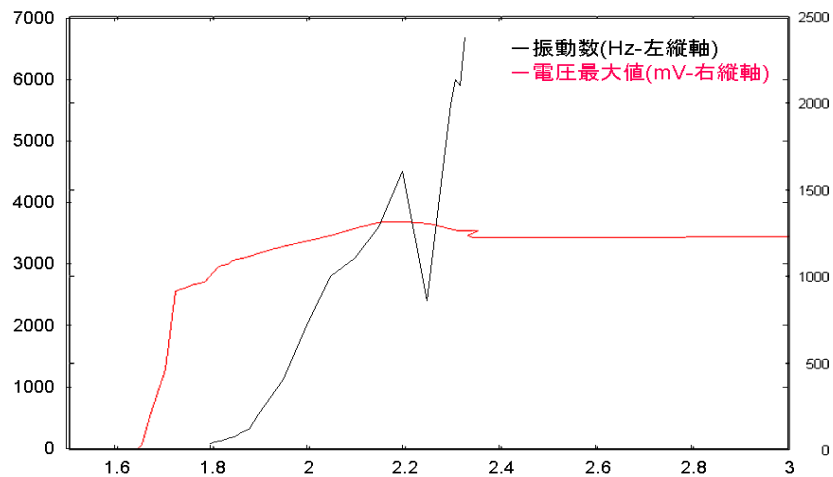


図7：電源電圧と出力最大値、振動数。大体 2.25V のところに、調度振動数が急に下がった時、電圧最大値の増加が遅くなり、ピークに達する。

最後では、電源電圧に対する出力の図形の変化についても調べた。得られた信号をフーリエ変換して、スペクトルと対照し、図8のようになった。図形の周期は電圧の変化で2倍になったり、4倍になったりする非常に面白い現象が見える。

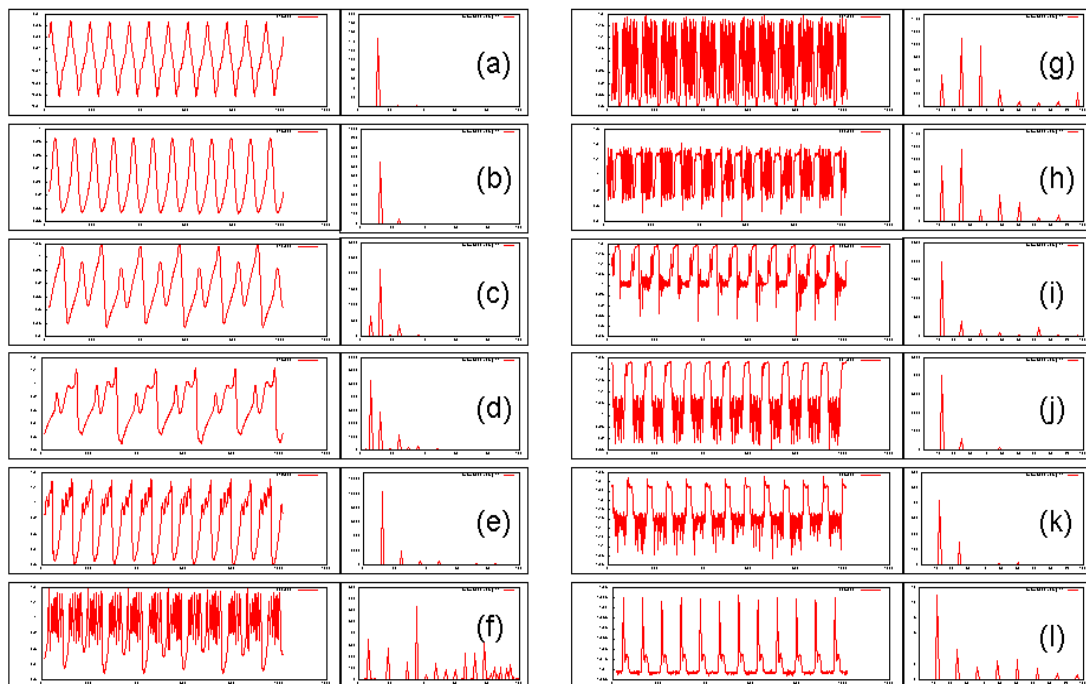


図8:様々な非線形出力。左上から電源両端の電圧, $V_s=0V$, $V_s=1.69V$, $V_s=1.70V$, $V_s=1.73V$, $V_s=1.78V$, $V_s=1.80V$, $V_s=1.82V$, $V_s=1.88V$, $V_s=2.00V$, $V_s=2.10V$, $V_s=2.25V$ と $V_s=2.35V$ である。1行目と3行目の図はそれぞれの瞬間変化であり、2行目と4行目はそれぞれのスペクトルである。

4 結論

以上より、2.23-2.25Vはこのオペアンプ(OPA27)の“異常点”と言える。しかし、同種のオペアンプについて調べたら、この値が微妙な違うことがわかる。内部構造が非常に複雑なので、調べるのは不可能であった。