

# BVでRandom関数を使用する MCも乱数を発生するが・・・

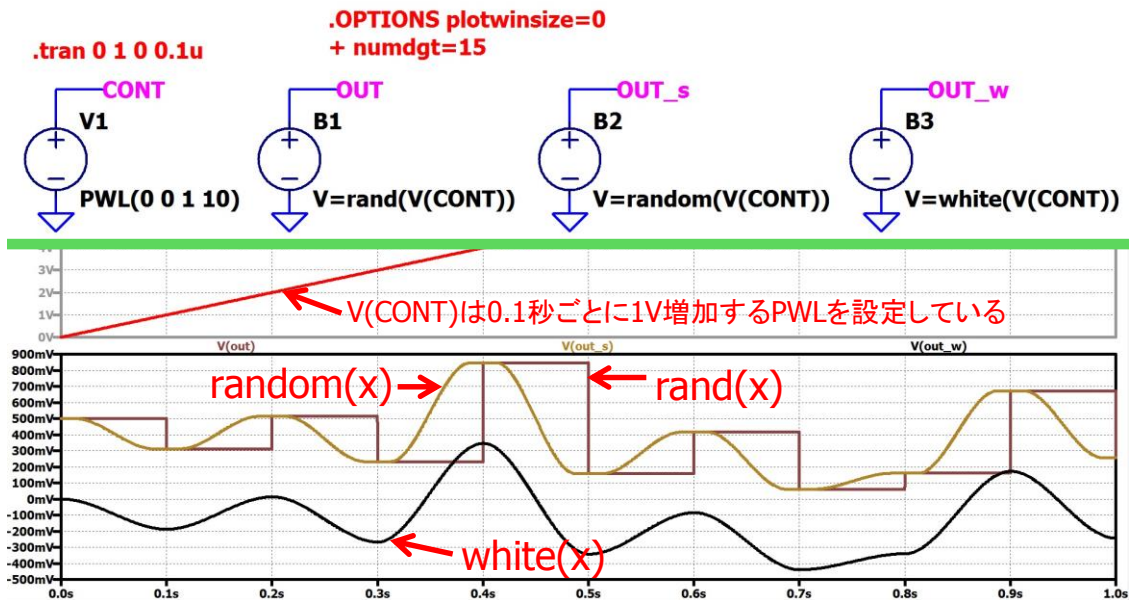
乱数を発生する関数には以下の3種があり、引数xには0を含む正の整数を入れる。

- rand(x)** 0～1の区間の一様乱数
- random(x)** rand(x)と同じだが次の値に遷移するときスムーズに変化する
- white(x)** -0.5～0.5の区間の一様乱数。遷移するときはrandomよりもスムーズに変化する（白色雑音の意味ではない。DCの平均値が0であることを意味している）

— SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya

2

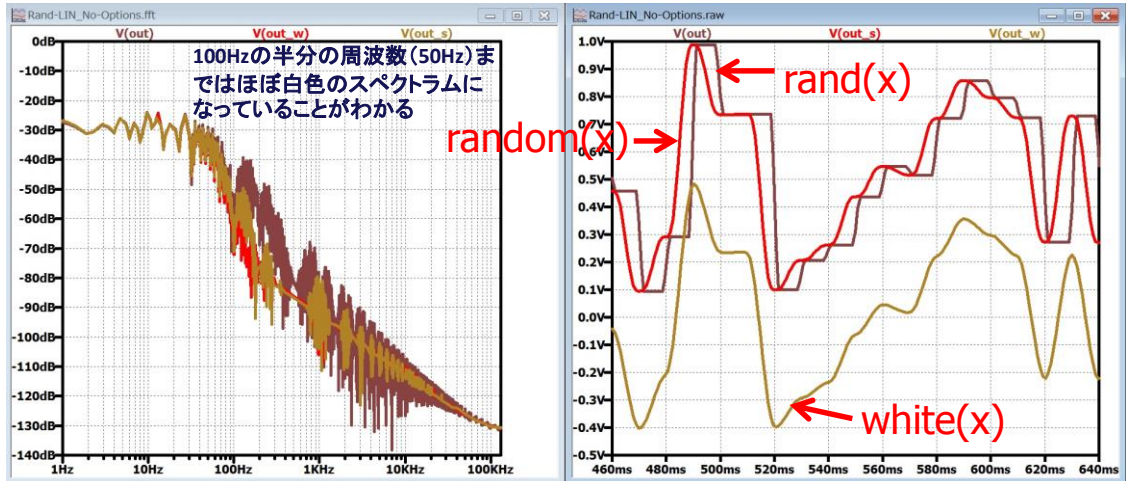
## 乱数発生 の 例題



3

## 引数に(100\*time)を使っている(1)

0.1秒ごとに引数の値が変わり、乱数を生成する。  
さらに、.tranコマンドのmaximum-time-stepの設定は無し。

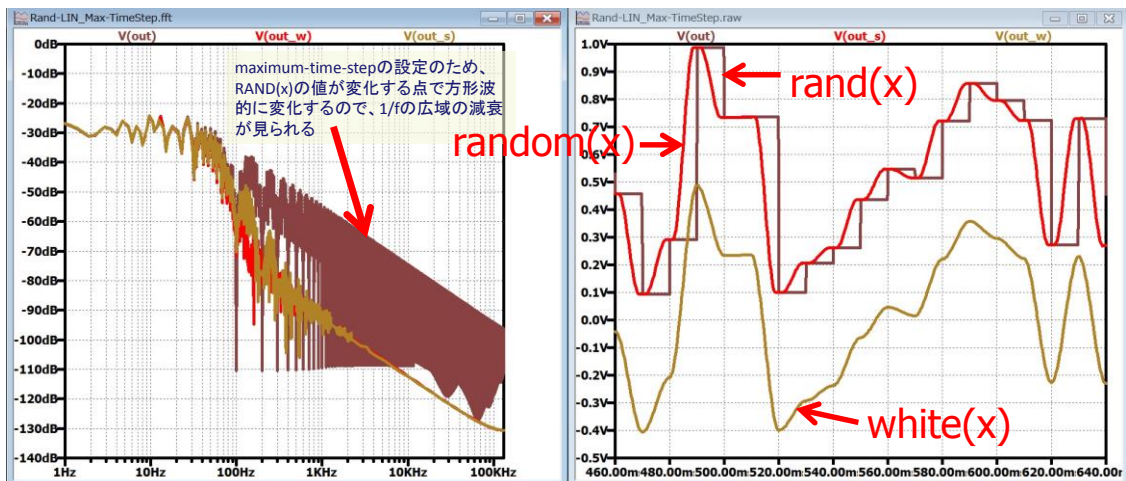


SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya

4

## 引数に(100\*time)を使っている(2)

0.1秒ごとに引数の値が変わり、乱数を生成する。  
さらに、.tranコマンドのmaximum-time-stepに0.1usを設定している。



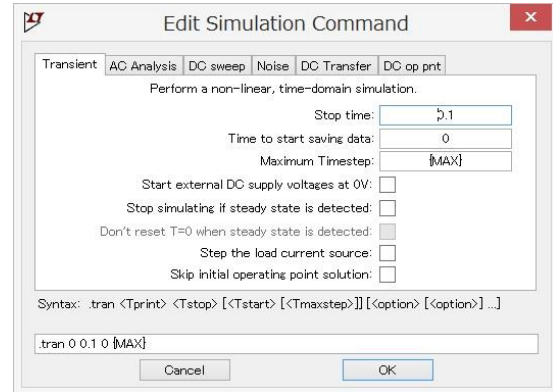
SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya

5

## 引数の変化を速くすると・・・

引数の変化の周期を速くして、.TRANコマンドのMaximum Timestepパラメータを、デフォルトのままでシミュレーションすると、RAND(x)関数の値の変化の大きき次第で波形としてはスムージングされたようになってしまう。

引数の変化に応じて乱数を細かく確認したい場合には、.TRANコマンドのMaximum Timestepの値を適切に設定する必要がある。

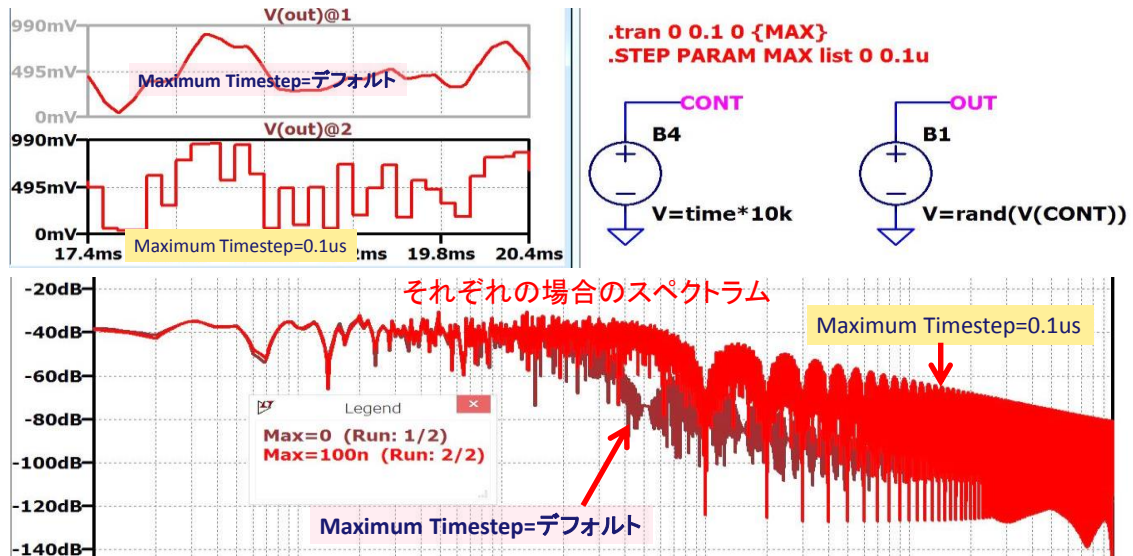


Maximum TimeStep の値は0にはできない。有限な値を設定する必要がある。しかし、.STEPでこのパラメータをデフォルトと比較したい場合には「0」と書ける。次ページ以降にその例題を示す。

— SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya

6

## 10kHzでRAND(x)関数を使うと・・・



— SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya

7

## .STEP で RAND(x) を使うと・・・

- 上で示した例題のように、RAND(x)の引数にtime変数を使うことは便利だが、.STEPの中に入れると、毎回のシミュレーションの始まりでは、time=0で実行されるので、毎回同じ波形が得られることになる。
- これを避けたいのであれば、
  - .STEP X 1 5 1 とした場合・・・
  - 引数に・・・ time+X などの演算で、STEP変数に関連した値をRAND(x)の引数に組み込む。
    - ただし、初期値が移動するだけだが、移動量を大きくすれば見かけ上同じ繰り返しは避けられる。
    - 引数の少数以下は切り捨てられることに注意

## time変数と併用することで・・・

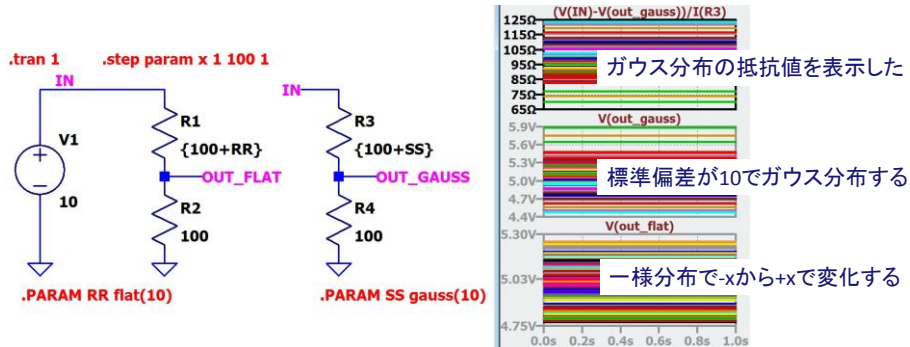
- これまで見てきたように、time変数に定数を掛けて引数の変化を速くすれば、その周波数の半分(ナイキスト周波数の概念に相当する)まで、ほぼ白色のスペクトラムを生成することができる。

### MC(モンテ・カルロ法)も乱数発生をするが・・・

- LTspiceで使われるMC(モンテ・カルロ法)は、回路定数の誤差を想定した範囲で変化させる場合に使うように設計されている。.STEPと組み合わせることで、各パラメータの変化をランダムに組み合わせたシミュレーションができる。
  - .STEPのシミュレーションごとに値を変化させるので、シミュレーション内での時間的には固定値になる。
  - シミュレーションごとに、初期値のシードを変化させるには、コントロール・パネルの「Hacks」にある「Use the clock to reseed the MC generator[\*]」にチェックをする。

## MC とその他の乱数生成

- LTspiceのライブラリーの examples の中の
  - educational フォルダにある「MonteCarlo」が例題
- .PARAM の関数として・・・
  - flat と gauss がある。例題を以下に示す



FAE : Michio Shibuya

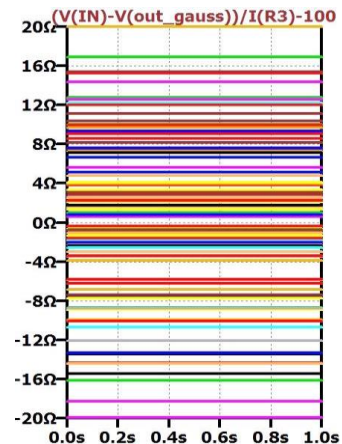
10

## GAUSS分布は±∞に広がる・・・？

### ガウス分布の上限・下限を設定する手法



抵抗値の変化を100Ωを中心に、標準偏差(σ)=10のガウス(正規)分布で変化させたときの変化量を正負の値として表示している。  
 このとき、2σ(=20(絶対値))を超えた場合は、20として扱うことにしている。  
 理論的確率では、まれな確率であったとしても、正負の大きな値をとることもあるので、そのような極端な条件を捨てるという意味で、GAUSS分布といえども上限・下限の制限を設定する手法を示す。



このシミュレーションでは、100回のうち上限と下限をそれぞれ数回超えている(±20Ωのライン・・・確率では95.44%の外・・・上下それぞれ2.5%程度)ことがわかる。



FAE : Michio Shibuya

11

## どのような乱数になっているか・・・

回路図の中に .MEAS によって、毎回の乱数 ( $2\sigma$ で制限したガウス分布)の値を出力し、SPICE ErrorLog のデータを使い、「Plot .step'ed .meas data」でグラフ化したもの(下図)

