

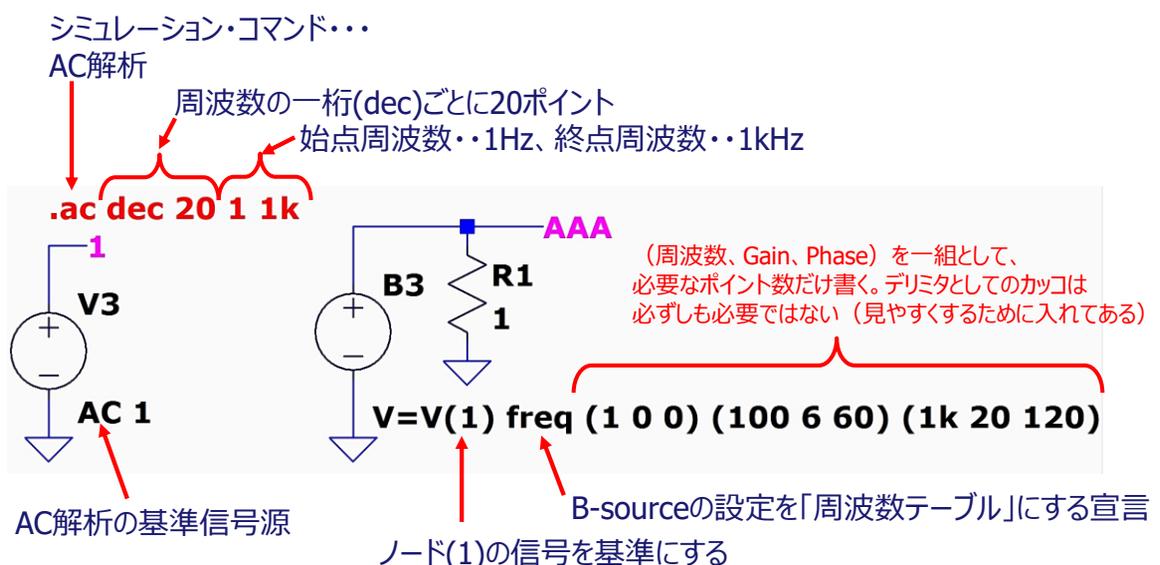
交流信号源 (.AC解析) の周波数特性を TABLE で設定する

通常の「.AC解析」では「AC=1」として扱うことが一般的である。すなわち、振幅と位相は周波数に依存しない交流電源を設定する。そうでなければ、系の伝達特性を調べる場合の信号源としては基準にならなくなってしまう。しかし、机上実験として、この信号源に仮想的な周波数特性（周波数に依存した大きさと位相を持つ）を設定したい場合には、以下に示すいくつかの構文が用意されている。

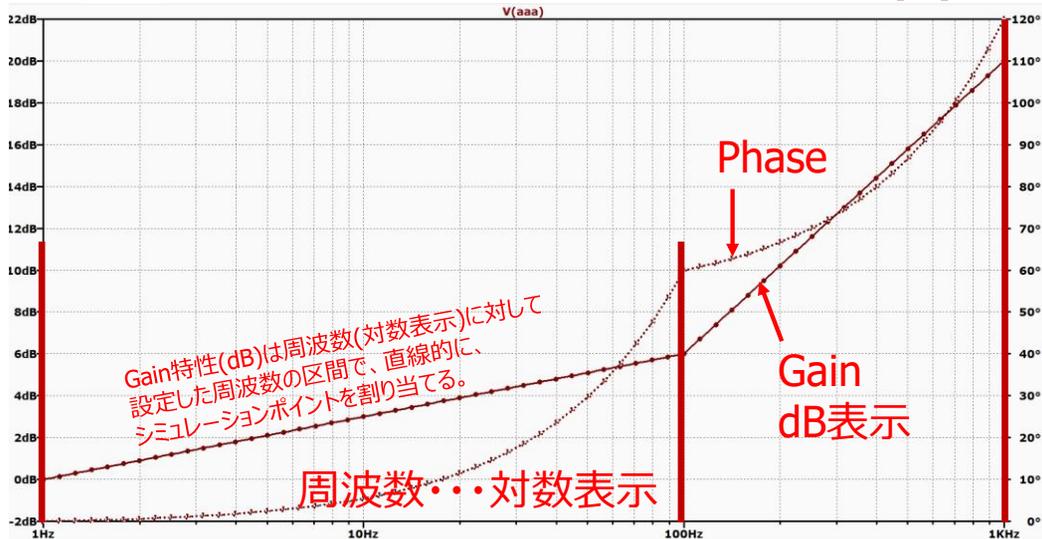
周波数の値は、低い方からならべ、 $f_1 < f_2 < f_3 \dots$ となるようにする。
 $V = V(\text{ref}) \text{ freq} < f_1, m_1, p_1 [f_2, m_2, p_2] [f_3, m_3, p_3] \dots >$
 ここで、 $m_1, m_2, m_3 \dots$ は振幅を表し、この場合はオプション指定がないので、単位は[dB]。
 また、 $p_1, p_2, p_3 \dots$ は位相を表し、この場合はオプション指定がないので、単位は「度」。
 $V = V(\text{ref}) \text{ freq mag rad} < f_1, m_1, p_1 [f_2, m_2, p_2] [f_3, m_3, p_3] \dots >$
 このときのオプションの「mag」は振幅を「真数」で表し、「rad」は位相の単位を「ラジアン」にする。
 $V = V(\text{ref}) \text{ r_i freq} < f_1, r_1, i_1 [f_2, r_2, i_2] [f_3, r_3, i_3] \dots >$
 このときのオプションの「r_i」は複素直交平面の、実部と虚部のそれぞれの値の組をTABLEにする。
 r_i オプションの場合、周波数が高くなっていくときに、座標が3象限から4象限に、直接、滑らかに遷移することはできず、3象限の点から4象限・1象限を経由して2象限につながる（途中を補完しながら）ので、ユーザの期待通りのグラフにならない点に注意が必要である。

もし、B-source に「delay」が設定されていれば、「freq」で定義した位相は調整され、遅延時間のつじつまが合うように調整される。

基本的な表記方法

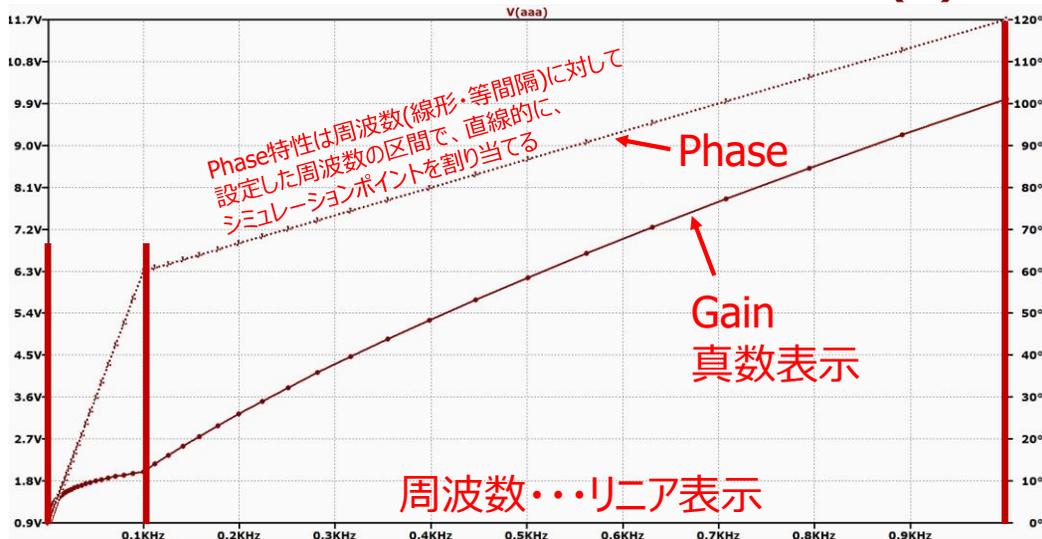


シミュレーション結果とBode表示 (1)



周波数テーブルで指定した周波数は1Hz、100Hz、1kHzである。

シミュレーション結果とBode表示 (2)



周波数テーブルで指定した周波数は1Hz、100Hz、1kHzである。

シミュレーション結果とNyquist表示

この原点からの距離は・・・

$$\sqrt{5^2 + 8.660254^2}$$

9.999 999 967 23E0

1kHzで20dB(=10倍)になっていることが確認できる。

この角度は・・・

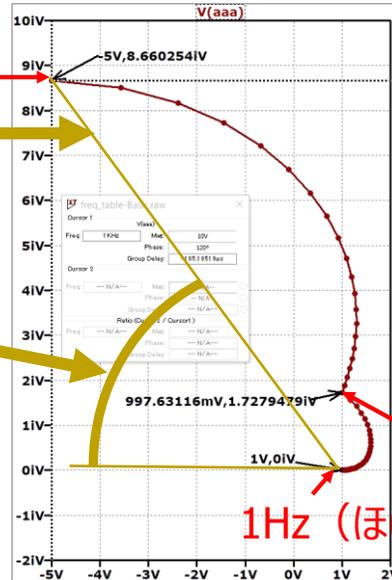
$$\tan^{-1}(8.660254 \div 5)$$

59.999 999 891 6E0

1kHzで120度に設定したので、180度から見ると、60度になっていることが確認できる。

周波数テーブルで指定した周波数は1Hz、100Hz、1kHzである。

1kHz



TABLEの各点の間をAC解析の設定ポイント数(この例では20pts/dec)で対数的に補間している。注意点は、TABLEの始点と終点以外に、中間の周波数(TABLEのポイントに中間に追加)すると、「Nyquist線図」が折れ曲がってしまう。Bode線図でも折れ曲がっているのだが、周波数特性の表示方法(グラフ化)だけの問題であり、視覚的な印象として、Nyquistではその曲がり方が目立っているだけである。

「折れ線ポーン」のような代表点だけでTABLEを作り、複数の点でTABLEを作ると、中間点がこの図のように歪んで表される。

一方、始点と終点だけでTABLEを作れば、中間点での折れ曲がりを超えることはできる。もし、角周波数のGainとPhaseを細かく設定したいのであれば、「AC解析」をLISTで設定し、TABLEもその周波数ごとに細かく記述する必要がある。

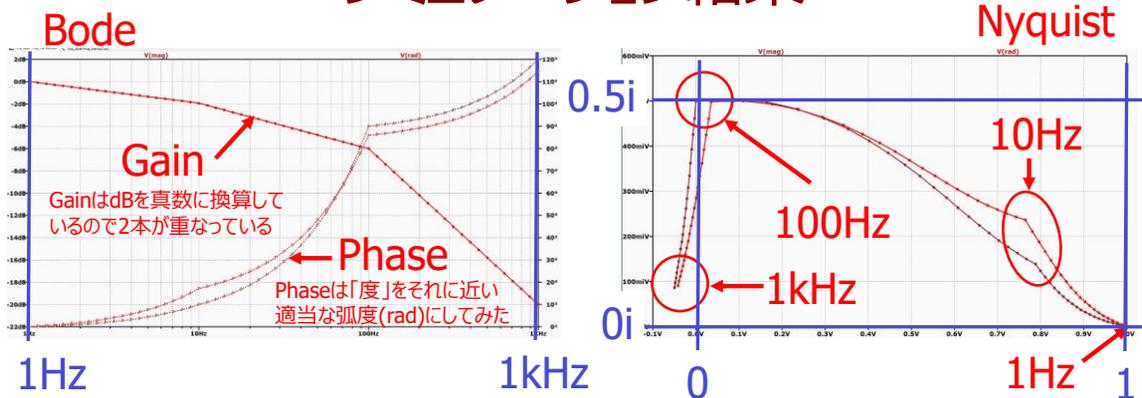
100Hz

1Hz (ほぼ原点)

MAG と RAD オプション (1)



MAG と RAD オプション (2) シミュレーション結果



周波数特性を示すグラフ表示に慣れていないと、同じデータでもグラフ表示方法によって視覚的な印象が変わるが、どちらも、全く同じデータから作られているものである。ただし、与えたデータの点は、1Hz、10Hz、100Hz、1kHzの4点だけで、残りの曲線中の点は、補間によって作り出されたものであることに注意が必要である。

.AC解析でB-sourceが利用できる関数

これまでにしてきたように、BVにFREQを使うことで、AC特性をTABLEとして扱うことが分かった。そこで、このTABLEの中のGainやPhaseの値を計算で求めて利用したい場合がある。そのとき注意しなければならないのが、.TRAN解析では利用できる関数でも、.AC解析では使えないものがある点だ。
.AC解析で利用できない関数、それらは・・・「hypot」と「atan2」である。
hypot(x,y)の代替としては、SQRT(x**2+y**2)を使う。
atan2(x,y)はちょっとした工夫が必要である。単なるatan(x)は.AC解析にも利用できるが、戻り値が、 $-\pi/2 < \theta < \pi/2$ の範囲の「主値」しか戻ってこないため、 θ が4象限全てに対して、すなわち $0 < \theta < 2\pi$ の戻り値が欲しいときには、象限判定をしながら角度の補正をしなければならない。
この場合、ユーザー定義関数を使って4象限に対応させることができる。
戻り値が $-\pi < \theta < \pi$ の範囲になる関数名を「ATAN4」と命名し、 $0 < \theta < 2\pi$ の範囲になる関数名を「ATAN4P」と命名して以下の関数式を定義してみた。引数(x,y)はともに実数であることが条件である。戻り値(返り値)の単位は「ラジアン(rad.)」である。角度に変換するには、「*180/PI」とする。

```
.func ATAN4(x, y) if(x>0&y>0, atan(y/x), (if(x<0&y>0,-atan(-y/x)+PI, (if(x<0&y<0, atan(y/x)-PI,(if(x>0&y<0, -atan(-y/x), 0))))))
```

```
.func ATAN4P(x, y) if(x>0&y>0, atan(y/x), (if(x<0&y>0,-atan(-y/x)+PI, (if(x<0&y<0, atan(y/x)+PI,(if(x>0&y<0, -atan(-y/x)+PI*2, 0))))))
```

このほか、シミュレーションのなかで、B-sourceに使ってみたく関数に、re(x)、im(x)、mag(x)、ph(x)があるが、これらはグラフ表示のなかでの演算にしか使えない。忘れがちなので、あらためて述べた。