

# 1 LTspice について

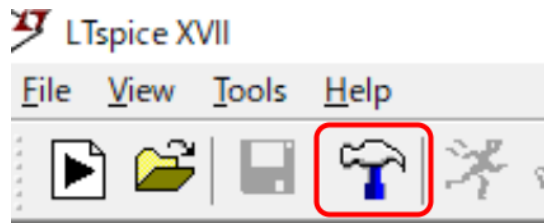
## 1.1 初期設定

### 1. インストール

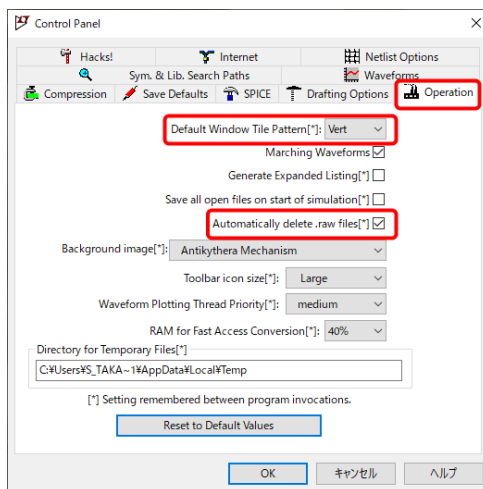
LTspice をアナログデバイセズのホームページからダウンロードする。

### 2. コントロールパネルの設定

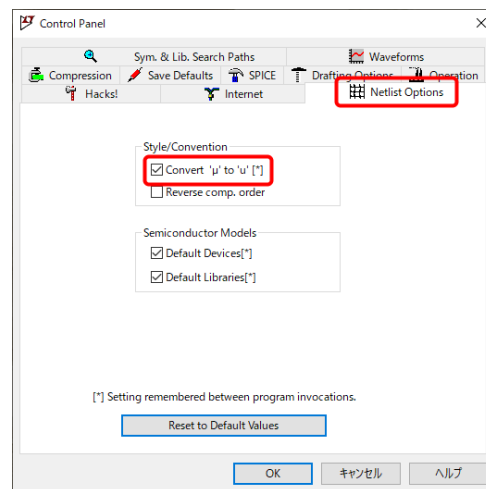
- LTspice を起動
- 「Control Panel」(金槌マーク) → 「Operation」タブ → 「Automatically delete .raw files」のチェックボックスにチェックを入れて OK をクリックする。
- 「Control Panel」(金槌マーク) → 「Netlist Option」タブ → 「Style/Convention」 → 「Convert 'μ' to 'u」」にチェックが入っているか確認する。
- OK をクリックする。



(a) 金槌マーク



(b) Operation タブ



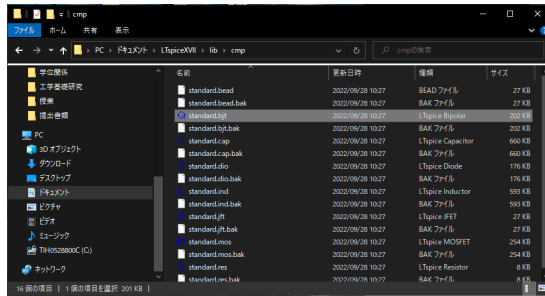
(c) Netlist Option タブ

図 1: コントロールパネルの設定

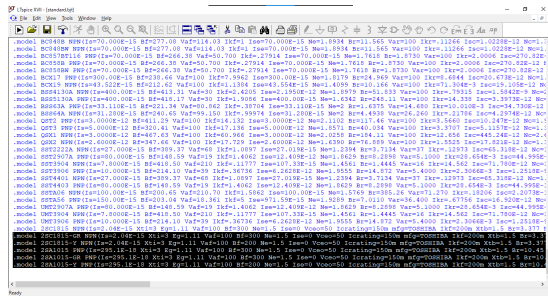
## 3. 部品の追加 (2SC1815)

2SC1815 はデフォルトでは Spice モデルが設定されていないため、Spice モデルを追加する。本来は、トランジスタの仕様を確認しながらトランジスタの特性を表すための乗数を Spice モデルで設定するが、ここでは登録の方法だけ紹介する。

- C:\Users\<ユーザ名>\ドキュメント\LTSpiceXVII\lib\cmp\standard.bjt を開く (クリックすると LTSpice の画面が立ち上がる。)
- LTSpice のエディタの一番下の行に以下を入力する。



(a) bjt ファイルの場所



(b) standard.bjt ファイル

図 2: 部品追加の設定

```
.model 2SC1815-GR NPN(Is=2.04E-15 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=300
Ne=1.5 Ise=0 Vceo=50 Icrating=150m mfg=TOSHIBA Ikf=200m Xtb=1.5
Br=3.377 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=1p Mjc=.3333
Vjc=.75 Fc=.5 Cje=25p Mje=.3333 Vje=.75 Tr=450n Tf=20n Itf=0 Vtf=0 Xtf=0)

.model 2SC1815-Y NPN(Is=2.04E-15 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=200
Ne=1.5 Ise=0 Vceo=50 Icrating=150m mfg=TOSHIBA Ikf=200m Xtb=1.5
Br=3.377 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=1p Mjc=.3333
Vjc=.75 Fc=.5 Cje=25p Mje=.3333 Vje=.75 Tr=450n Tf=20n Itf=0 Vtf=0 Xtf=0)

.model 2SA1015 PNP(Is=295.1E-18 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=300
Ne=1.5 Ise=0 Vceo=50 Icrating=150m mfg=TOSHIBA Ikf=200m Xtb=1.5
Br=10.45 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=15 Cjc=66.2p Mjc=1.054
Vjc=.75 Fc=.5 Cje=5p Mje=.3333 Vje=.75 Tr=10n Tf=1.661n Itf=0 Vtf=0 Xtf=0)

.model 2SA1015-GR PNP(Is=295.1E-18 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=300
Ne=1.5 Ise=0 Vceo=50 Icrating=150m mfg=TOSHIBA Ikf=200m Xtb=1.5
Br=10.45 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=15 Cjc=66.2p Mjc=1.054
Vjc=.75 Fc=.5 Cje=5p Mje=.3333 Vje=.75 Tr=10n Tf=1.661n Itf=0 Vtf=0 Xtf=0)

.model 2SA1015-Y PNP(Is=295.1E-18 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=100 Bf=200
Ne=1.5 Ise=0 Vceo=50 Icrating=150m mfg=TOSHIBA Ikf=200m Xtb=1.5
Br=10.45 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=15 Cjc=66.2p Mjc=1.054
Vjc=.75 Fc=.5 Cje=5p Mje=.3333 Vje=.75 Tr=10n Tf=1.661n Itf=0 Vtf=0 Xtf=0)
```

- ファイルを保存して閉じる。

## 1.2 基本操作

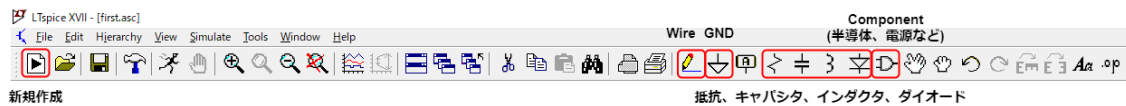
**ゴール** LTspice の基本的な使い方を学ぶ。

**キーワード** DC スイープ、DC 動作点解析、過渡解析 (Transient 解析)、AC 解析

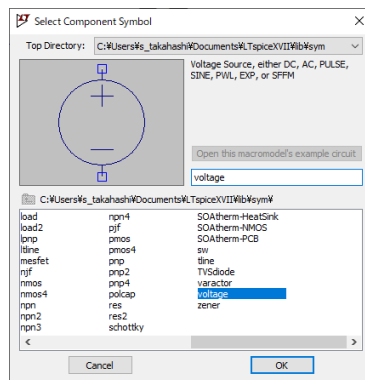
**ストーリー** ダイオードを直流電源に接続し電流を流す回路を作成する。

→ 回路に流れる電流を解析する。(DC スイープ、DC 動作点解析、過渡解析)

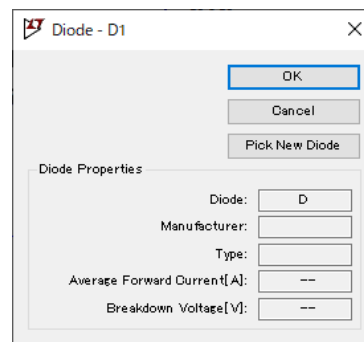
### 1. 新規作成、ツールバー



(a) ツールバー



(b) 電圧源の例



(c) ダイオードの選択画面

図 3: ツールバー詳細

### 2. 部品の配置 (抵抗、GND、電源) その他使い方

- 抵抗、キャパシタ、インダクタ、ダイオードは記号をクリックすると入力できる。(または、エディタ選択中キーボードで、“R”、“L”、“C”、“D” と入力)
- 回路図シートで適当な位置をクリックして配置できる。
- Wire をクリック → 素子 (シンボル) 端の□をクリックして配線を接続する。
- 続けて同じ部品を配置しない場合は、[ESC] キー、もしくは右クリックで解除
- 素子値と品番は素子値を右クリックし、「Enter new Value Form」が表示されるので、入力欄に値 (ダイオードの場合は品番) を入力して OK をクリックする。
- 向き変更、ラベルネット
- 保存「File」→ 「Save As」等

#### 1.2.1 DC スイープ (直流電流特性解析)

回路図シート上で右クリックして、「Edit Simulation cmd」を選択、図 5 のように入力する。Name of 1st source to sweep, Increment を入力すると、自動で Syntax が入力される。OK を入力すると、ディレクティブが生成されるため、回路図シートをクリックして貼り付ける。ディレクティブの移動は、素子等と同じ。「Run」ボタンをクリックすると、グラフが表示される。回路図シートを選択し、回路図上の任意の点

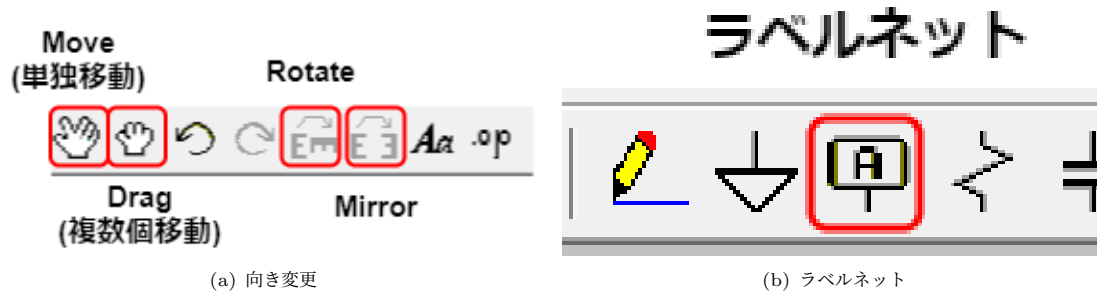


図 4: ツールバー詳細

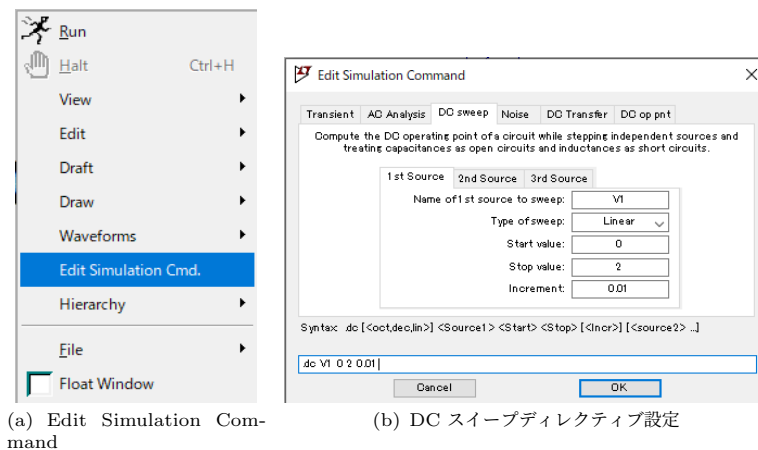


図 5: DC スイープ設定画面

にマウスカーソルを持っていくと、カーソルがプローブのアイコンに切り替わる。電圧、電流、電力のプローブがあり、カーソルの位置を変えるか、[ALT] キーで切り替えることができる。

### 1.2.2 DC 動作点解析

図 7 に DC 動作点解析を示す。「Edit Simulation cmd」→「Edit Simulation Command」→「DC op pnt」→ OK 「.op」ディレクティブを回路図に貼り付け → 「Run」回路各部の DC 動作点 (直流電圧、電流) が表示される。配線の所望箇所ですべて右クリックして「Place .op Data Label」を選択 → 該当の電圧が表示される。さらに右クリックで、電圧電流の表示オプションが選択できるようになる。変更前の項目は「\$」で表示。これを削除して新しい項目を選択する。

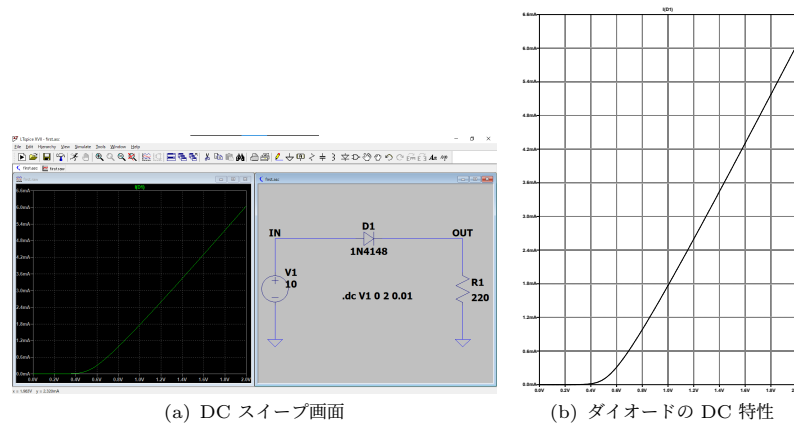


図 6: DC スweep解析

### 1.2.3 過渡 (Transient) 解析

図 8 に、 $v_1$  を右クリック → 「Advanced」 → 「SINE」 をチェックして、図のように設定する。「Edit Simulation cmd」 → 「Edit Simulation Command」 → 「Transient」 タブ → Stop time に 「3m」 を入力 → OK をクリックし、.tran ディレクティブを貼り付け → 「Run」 先に貼り付けたディレクティブはセミコロンがついて、無効化されている。

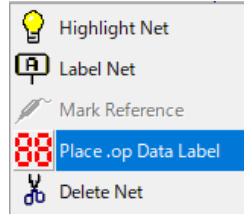
### 1.2.4 AC 解析

図 9 に AC 解析を示す。ここでは RLC 並列共振回路を作成し AC 解析により周波数特性を取得する。電圧源を AC 1V に設定する。「Edit Simulation cmd」 → 「Edit Simulation Command」 → 「AC Analysis」 タブをクリック → パラメータを入力 → OK → 「.ac」 ディレクティブを回路図に貼り付ける「Run」 ボタンをクリックして解析を実行する。回路出力の OUT ラベルをクリックすると、周波数特性のグラフが表示される。縦軸目盛が dB 表示の場合、軸で 「linear」 を選択すると縦軸が電圧の目盛になる。解析パラメータについて、Decade は 10 倍ごとの対数目盛、Number of points は、Decade 毎の計算点数、Start-Stop 間の周波数を掃引 (100 - 10 kHz) する。

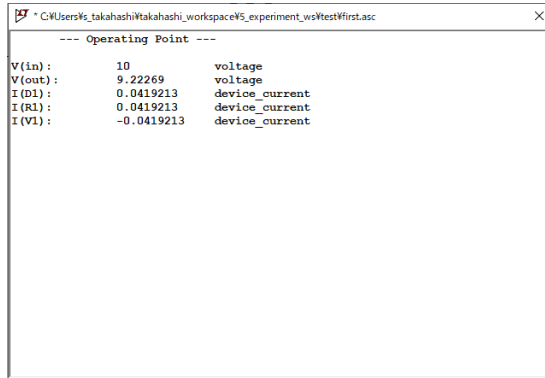
**任意課題 1** これまでの操作を参考に、図 10 の回路 (ダイオード回路) を作成してください。

**任意課題 2** 回路に流れる電流を解析して下さい。(DC スweep、DC 動作点解析、過渡解析)

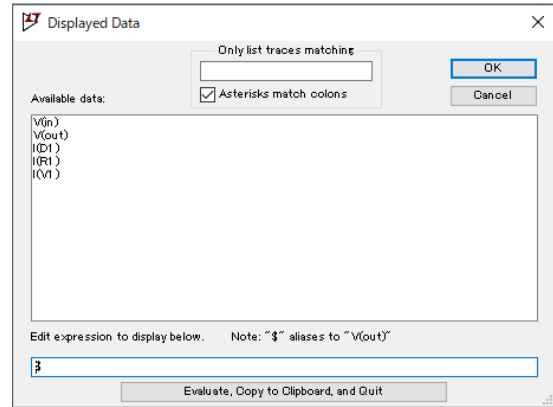
**任意課題 3** RLC 並列共振回路の AC 解析を行い、(図 11) 共振点周波数を求めて下さい。共振点を求める式から、AC 解析で入力信号を 1 V にするメリットを考えて下さい。



(a) Place .op Data Label

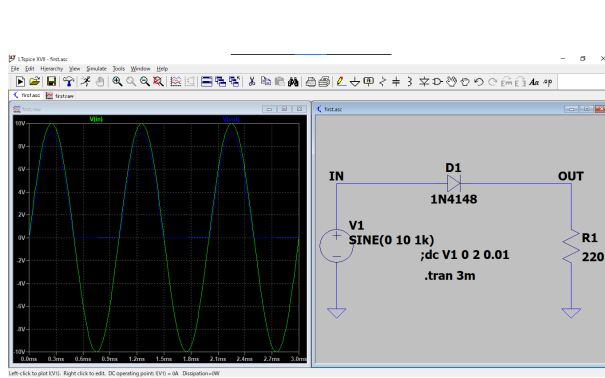


(b) DC 動作点解析結果



(c) 動作点のラベル

図 7: DC 動作点解析



(a) 過渡解析結果

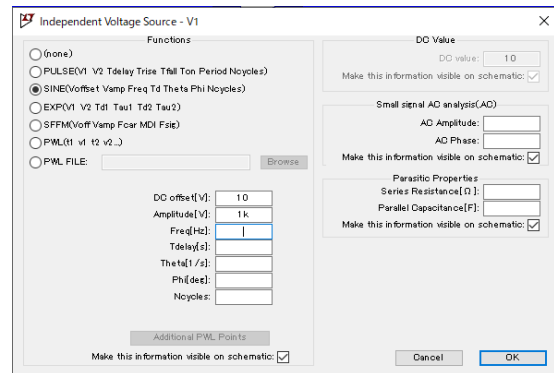
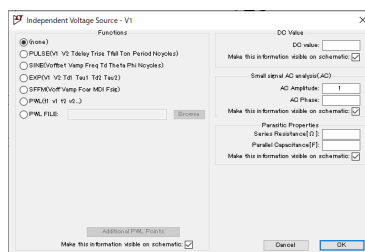
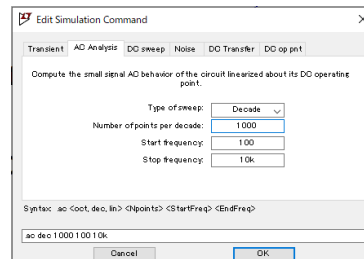
(b) 入力信号  $v_1$  の設定

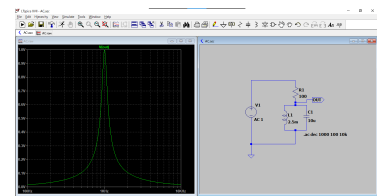
図 8: 過渡 (Transient) 解析



(a) 電圧源の設定



(b) AC ディレクティブの設定



(c) AC 解析結果

図 9: AC 解析

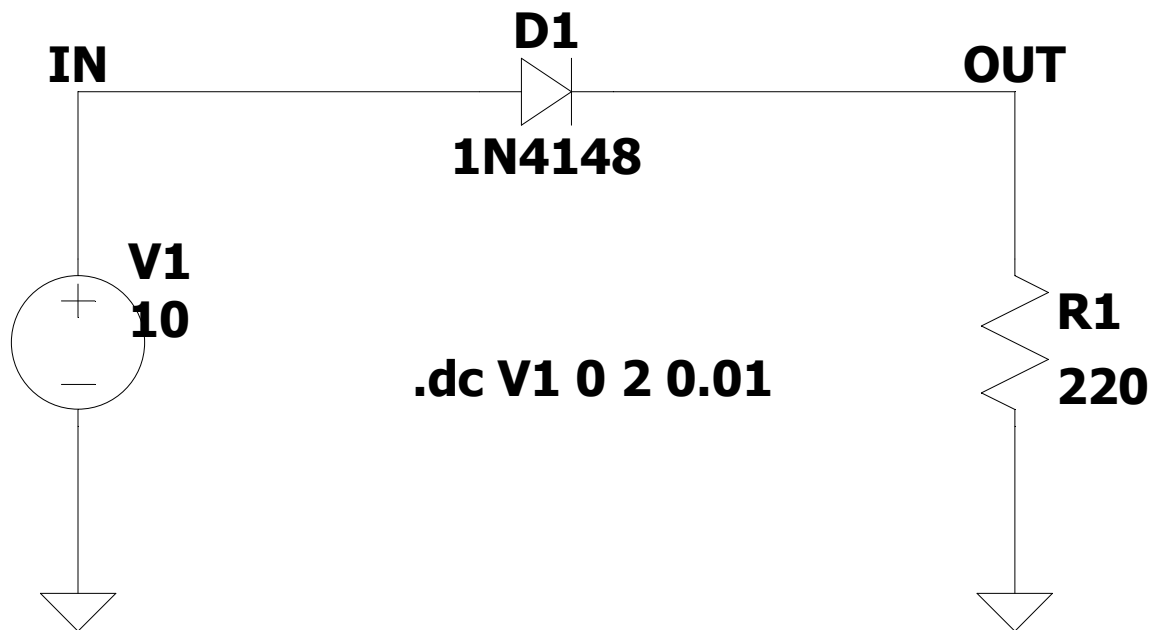


図 10: ダイオード回路

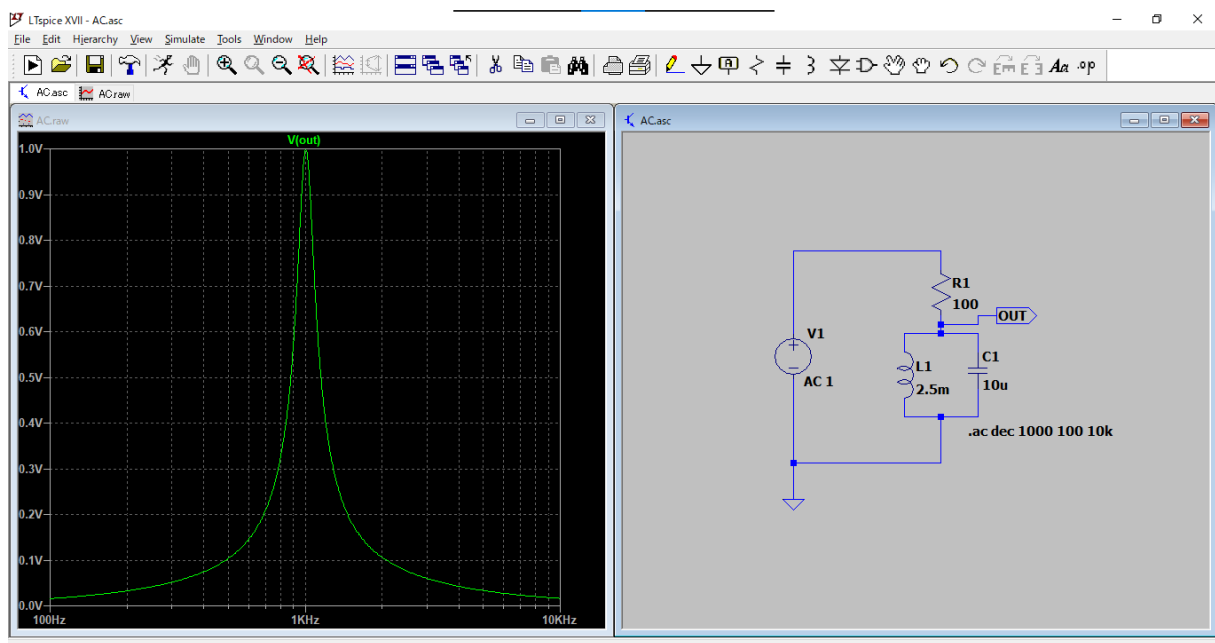


図 11: RLC 並列共振回路の AC 解析