

# トランジスタの静特性

## 1 実習の目的

トランジスタの電極間の電圧や各電極に流れる電流を測定することによって、電気的な特性を理解し、加えてその用途・役割について学習する。

## 2 使用する機器

- 回路計
- トランジスタ (2SC1815-O、2SC1815-Y、2SC1815-GR)
- 直流電流計 2 台 (mA 及び  $\mu$ A 各 1 台)
- 直流電圧計 2 台
- 直流安定化電源装置 2 台 ( $V_{CC}$  用と、 $V_{BB}$  用)

## 3 実習

実習する項目

- (1) 実習装置について調べる
  - (2)  $V_{CE} - I_C$  特性 (出力特性) を調べて、第 1 象限グラフを作成する
  - (3)  $I_B - I_C$  特性を調べて、第 2 象限グラフを作成する
  - (4)  $V_{BE} - I_B$  特性 (入力特性) を調べて、第 3 象限グラフを作成する
  - (5) 直流負荷線について調べて、第 1 象限グラフに重ねて作図する
-

### 3.1 実習装置について調べる

実習装置の抵抗器（固定抵抗器 2 つ、半固定抵抗器 1 つ）の表示を記録して、その抵抗器の公称値を調べる。また、回路計を使ってそれぞれの抵抗値を実測し、公称値と比較する。

表 1.1 装置の抵抗について調べる

項番	項目	カラーコード等の表示	公称値	実測値
1	コレクタ側の固定抵抗器			
2	ベース側の固定抵抗器			
3	ベース側の半固定抵抗器			

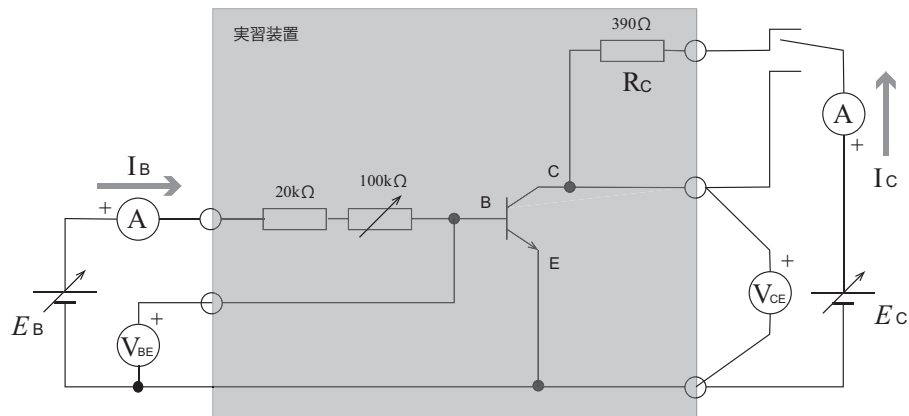
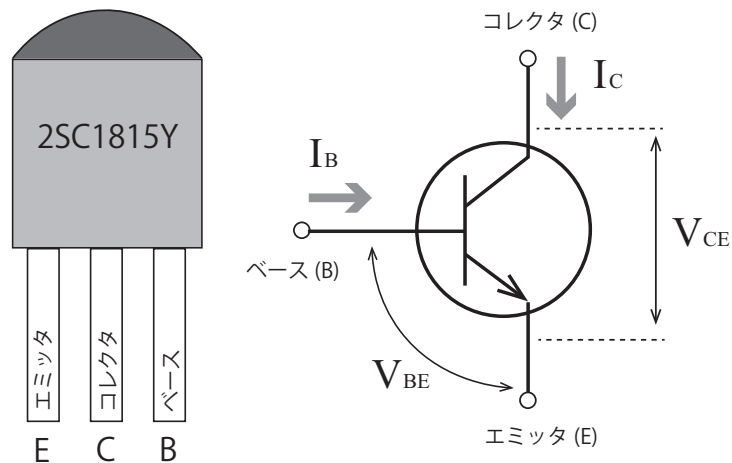


図 1.1 実習装置

実習装置で使っているトランジスタの外観、及び名盤の表記をスケッチし、トランジスタの図記号、端子の名称、各端子を流れる電流の呼称と表記、端子間電圧の呼称と表記について調べて記録する。



### 3.2 出力特性： $V_{CE} - I_C$ ( $I_B$ 一定)：第 1 象限グラフ

$V_{CE} - I_C$  特性は出力特性とも呼ばれ、ベース電流  $I_B$  一定の状態、コレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$  を変化させた時、コレクタ電流  $I_C$  がどのような変化をするかを示すもの。実験の手順は次の通り。

- (1)  $V_{CE} = 0.2\text{V}$ 、 $I_B = 20\ \mu\text{A}$  に調節する（直流電源装置  $E_C$ 、 $E_B$ 、及び半固定抵抗器 VR を操作）
- (2)  $I_B = 20\ \mu\text{A}$  のまま、 $V_{CE}$  を  $0.4 \sim 10.0\text{V}$  に変えて、その都度  $I_C$  を測定して記録する
- (3)  $V_{CE} = 0.2\text{V}$  に戻し、 $I_B$  を  $40, 60, 80\ \mu\text{A}$  と変えて、それぞれの場合に上の手順 2 を実施する

横軸にコレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$ 、縦軸にコレクタ電流  $I_C$  をとって、第 1 象限のグラフを作図する

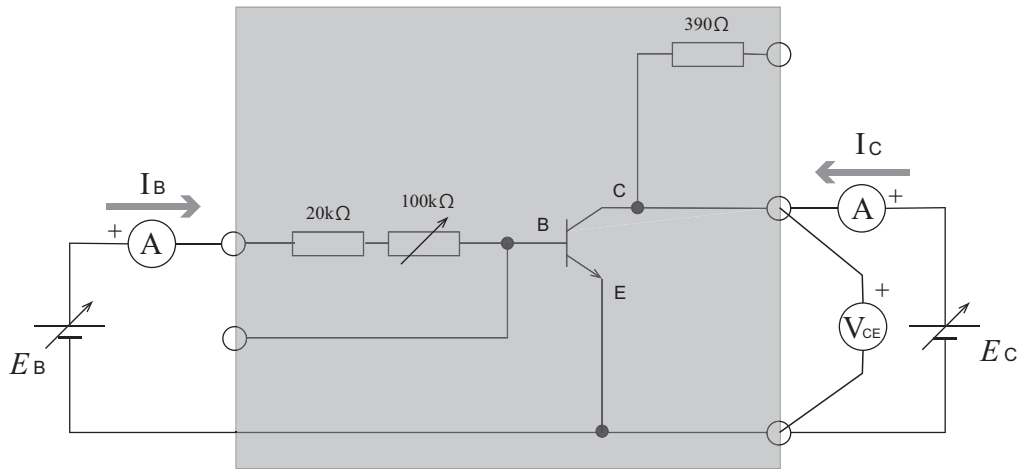


図 1.2 出力特性  $V_{CE} - I_C$  ( $I_B$  一定)

表 1.2 2SC1815： $V_{CE} - I_C$  特性： $I_B$  一定

	コレクタ電流 $I_C$ [mA] (2SC1815)			
$V_{CE}$ [V]	$I_B = 20\ \mu\text{A}$	$I_B = 40\ \mu\text{A}$	$I_B = 60\ \mu\text{A}$	$I_B = 80\ \mu\text{A}$
0.2				
0.4				
0.6				
0.8				
1.0				
2.0				
5.0				
8.0				
10.0				

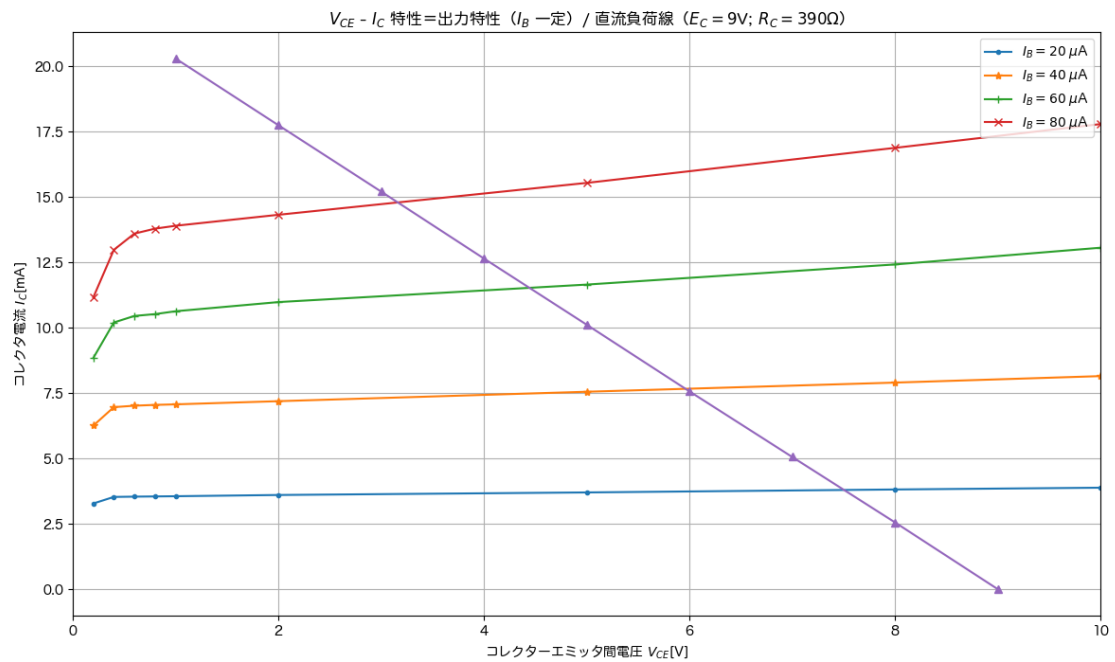


図 1.3 グラフ作成例：出力特性及び直流負荷線（2SC1815Y の場合）

### 【結果の検討】

- (1)  $V_{CE} - I_C$  特性のグラフより、 $V_{CE} = 5V$ 、 $I_B = 40\mu A$  の時の  $I_C$  の値を読み取れ
- (2) この時の直流電流増幅率  $h_{FE} = I_C / I_B$  を求めよ
- (3) このグラフから分かること（出力特性、 $V_{CE} - I_C$  特性）についてまとめよ  
 （コレクタ-エミッタ間の電圧が比較的小さい領域におけるコレクタ電流の変化、コレクタ-エミッタ間の電圧が大きい領域におけるコレクタ電流の変化、それぞれに着目した時の出力特性を言葉で表現してみよう）

### 3.3 $I_B - I_C$ 特性 ( $V_{CE} = 5V$ 一定)：第 2 象限グラフ

$I_B - I_C$  特性は、コレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$  を一定にした状態で、ベース電流  $I_B$  を変化させた時に、コレクタ電流  $I_C$  がどのように変化するかを示すもの

この特性の傾き  $I_C/I_B$  は、直流電流増幅率  $h_{FE}$  と呼ばれる

実験の手順は次の通り

- (1)  $V_{CE} = 5V$  となるように  $E_C$  を調整し、測定中はこの値を維持する
- (2)  $E_B$  (と必要に応じて可変抵抗器) を調整して、ベース電流  $I_B$  を  $0 \sim 80 \mu A$  まで  $10 \mu A$  ずつ変化させ、その都度コレクタ電流  $I_C$  を測定して記録する

測定を終えたら、横軸にベース電流  $I_B$ 、縦軸にコレクタ電流  $I_C$  をとって、第 2 象限のグラフを作図し、直流電流増幅率を求める

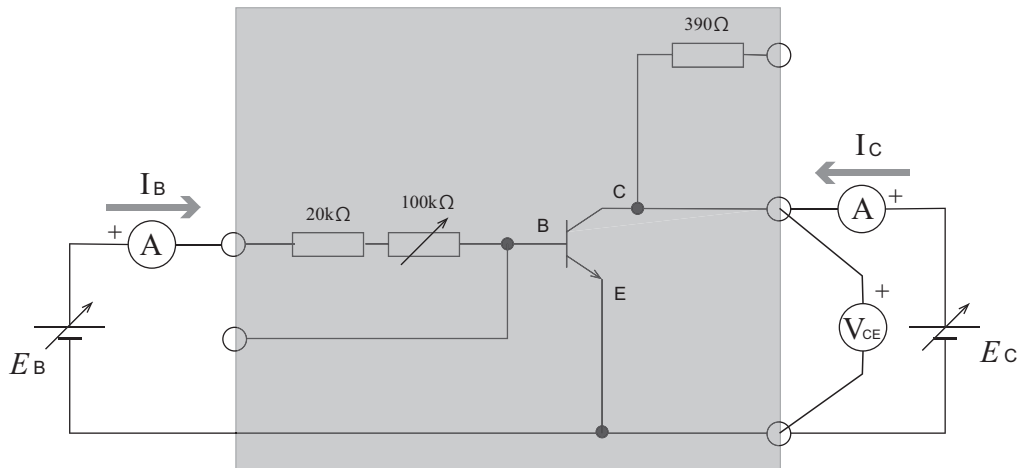


図 1.4  $I_B - I_C$  特性 ( $V_{CE} = 5V$  一定)

表 1.3 2SC1815 :  $I_B - I_C$  特性 :  $V_{CE} = 5V$  一定

$I_B [\mu A]$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$I_C [mA]$									

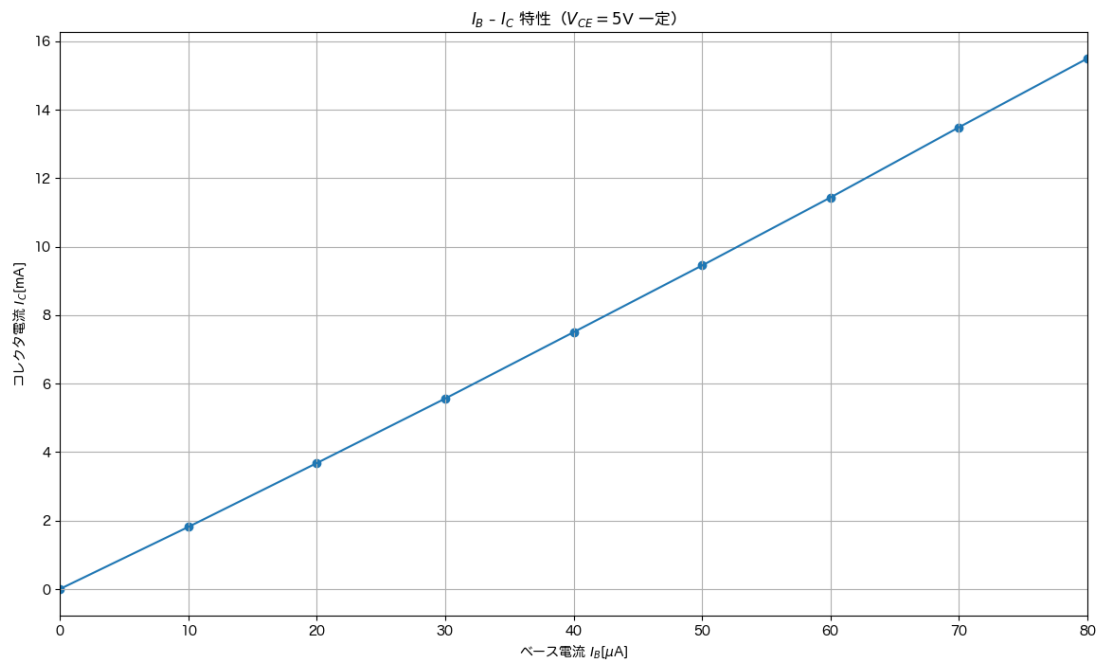


図 1.5 グラフ作成例： $I_B - I_C$  特性 (2SC1815Y の場合)

【結果の検討】

- (1)  $I_B - I_C$  特性のグラフより、 $I_B = 40\mu A$  の時の  $I_C$  の値を読み取れ
- (2) この時の直流電流増幅率  $h_{FE} = I_C / I_B$  を求めよ
- (3)  $I_B = 40\mu A$ 、 $V_{CE} = 5V$  の点から、 $I_B$  を＋方向に  $20\mu A$  だけ変化させた時の  $I_C$  の値をグラフから読み取れ
- (4) この時読み取った  $I_C$  の変化量から、この時の電流増幅率  $h_{fe} = \Delta I_C / \Delta I_B$  を求めよ
- (5) このグラフから分かること ( $I_B - I_C$  特性) をまとめよ  
( $I_B$  の増加に伴う  $I_C$  の変化について、どのような現象が見られるのか、言葉で表現してみよう)

### 3.4 入力特性 $V_{BE} - I_B$ ( $V_{CE} = 5V$ 一定)：第3象限グラフ

$V_{BE} - I_B$  特性は入力特性とも呼ばれ、コレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$  を一定にした状態で、ベース-エミッタ間の電圧  $V_{BE}$  を変化させた時、ベース電流  $I_B$  がどのように変わるかを示すもの

この特性は、ダイオードの順方向特性とほぼ同じになる

実験の手順は次の通り

- (1)  $V_{CC} = 5V$  となる様に  $E_C$  を調整し、測定中はこの値を維持する
- (2)  $E_B$  (必要に応じて可変抵抗器) を調整して、ベース-エミッタ間の電圧  $V_{BE}$  を変化させ、その都度ベース電流  $I_B$  を測定し記録する

測定を終えたら、横軸にベース電流を、縦軸にベースエミッタ間の電圧をとって、第3象限のグラフを作図する

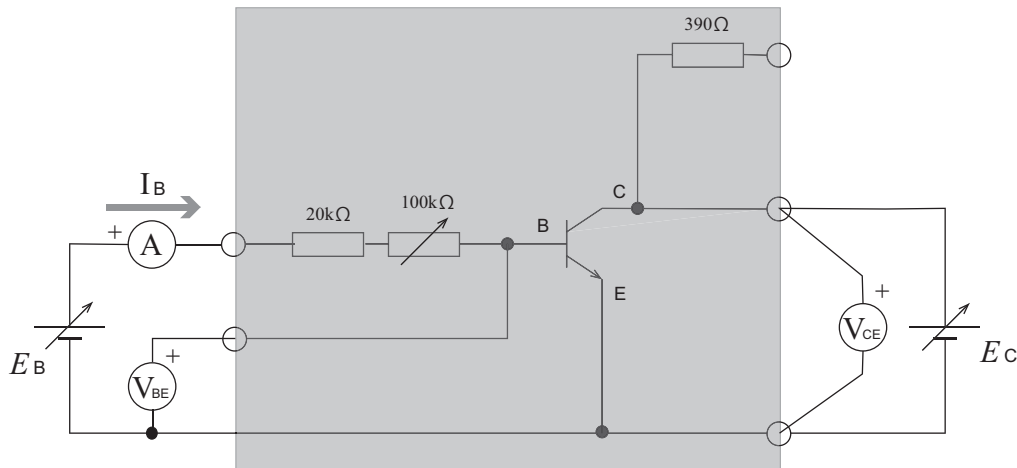


図 1.6 入力特性  $V_{BE} - I_B$  ( $V_{CE} = 5V$  一定)

表 1.4 2SC1815 :  $V_{BE} - I_B$  特性 :  $V_{CE} = 5V$  一定

$V_{BE}[V]$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6				
$I_B[\mu A]$						10.0	20.0	50.0	80.0

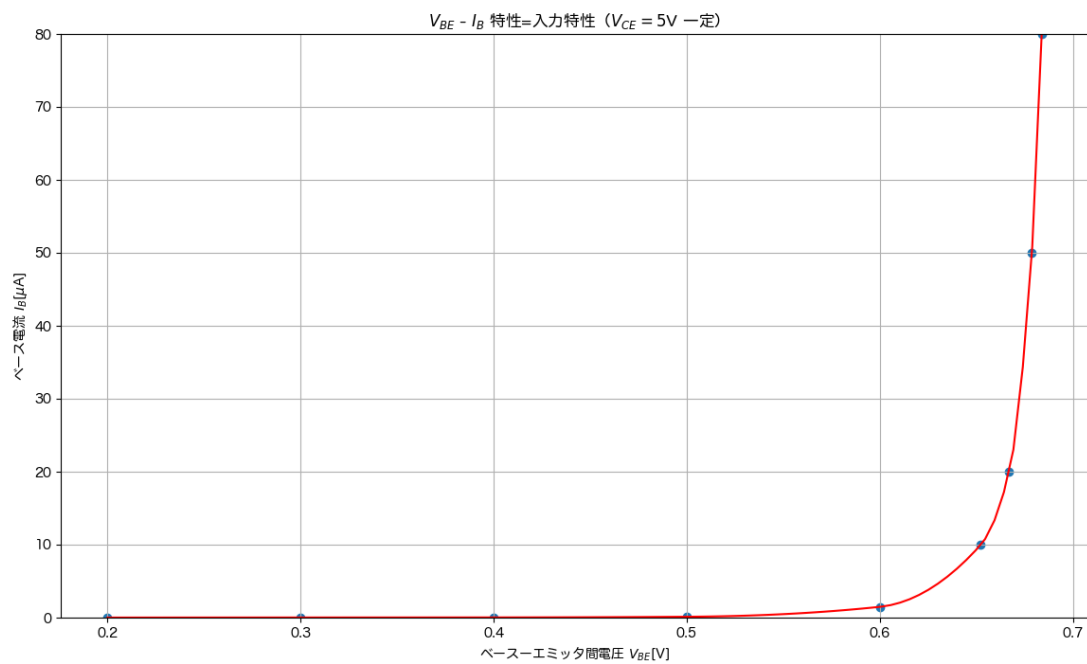


図 1.7 グラフ作成例：入力特性（2SC1815Y の場合）

### 【結果の検討】

- (1)  $V_{BE}$  を増加させていくと、 $I_B$  が急に大きく流れ始める。この時の  $V_{BE}$  は何 V か
- (2) このグラフから分かること（入力特性、 $V_{BE} - I_B$  特性）について、言葉でまとめてみよう



### 3.5 直流負荷線 ( $E_C = 9V$ , $R_C = 390\Omega$ ) : 第 1 象限グラフ

直流負荷線は、トランジスタのコレクタに負荷抵抗  $R_C$  が接続されている時の、コレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$  とコレクタ電流  $I_C$  の関係を示している

負荷抵抗  $R_C = 390\Omega$  を通したコレクタ電流  $I_C$  を測定できる様に接続を変更した後、次の手順で実験を進める

- (1) ベース電流  $I_B = 0 \mu A$  になる様に  $E_B$  を調整し、その状態でコレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE} = 9V$  となる様に  $E_C$  を調整する（これ以降  $E_C$  には触らない）
- (2) コレクタ-エミッタ間の電圧  $V_{CE}$  を観察しながら、 $E_B$ （必要に応じて可変抵抗器）を調整して  $V_{CE}$  を表 1.5 の通り変化させ、その都度コレクタ電流  $I_C$  測定して記録する

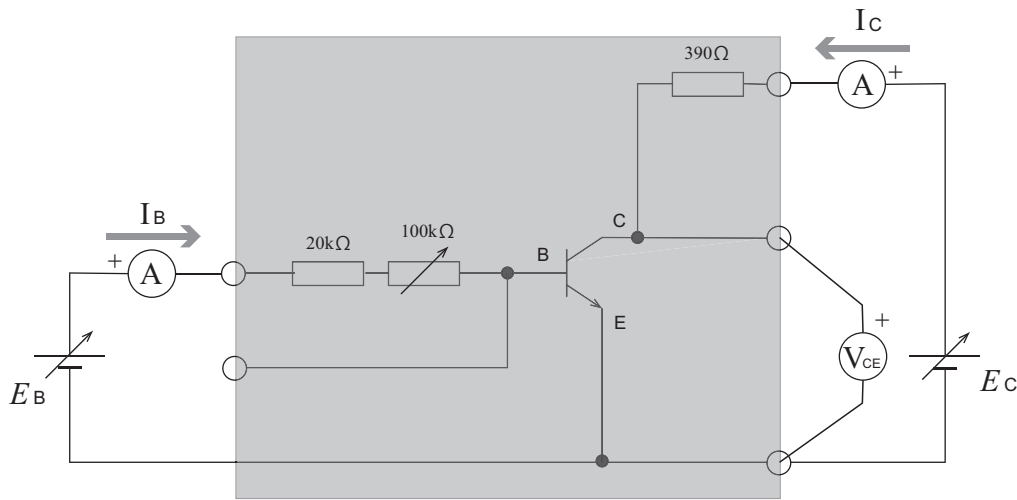


図 1.8 直流負荷線

表 1.5 2SC1815 : 直流負荷線 :  $E_C = 9V$ ,  $R_C = 390\Omega$

$V_{CE}[V]$	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
$I_C[mA]$									

直流負荷線のグラフは、第 1 象限の出力特性グラフに重ねて作図する。

#### 【結果の検討】

- (1) 直流負荷線を 2 等分する点の  $V_{CE}$  と  $I_C$  をグラフから読み取れ
- (2) 読み取った点の印をグラフ上に書き込め
- (3) このグラフから分かること（直流負荷線、 $V_{CE} - I_C$  特性）について、言葉で表現してみよう

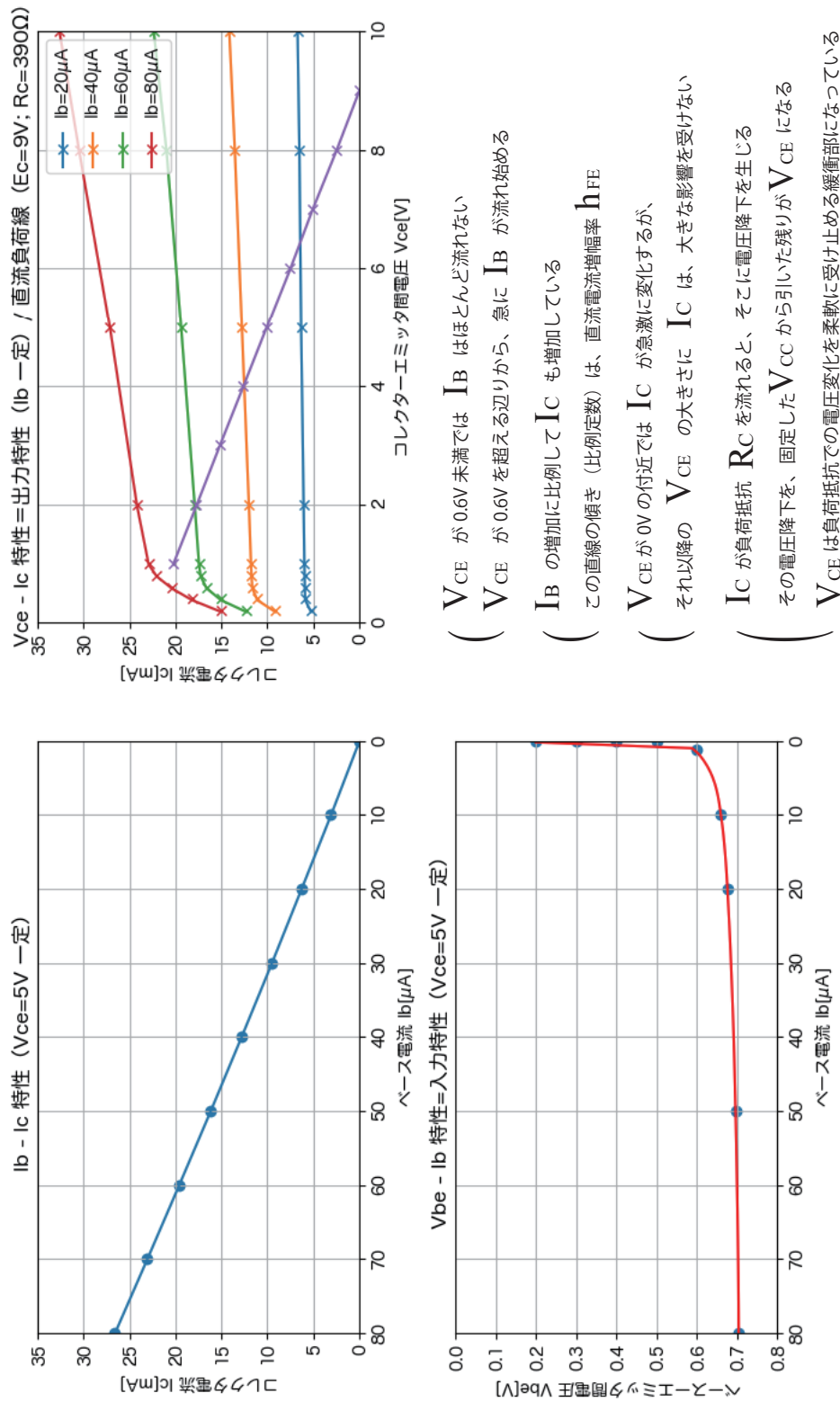


図 1.9 作図例：トランジスタの静特性 (2SC1815Y の場合)