

Ngraphによる静特性グラフの作成

1. データファイルの構成と作成

カーブトレーサで測定したデータは図1のような V_{CE} - I_C 特性と V_{BE} - I_B 特性が測定される。図2にデータの構造を示す。"="はデータのブランクがあることを表しており、 I_B ごとにデータを仕切るために入れている。

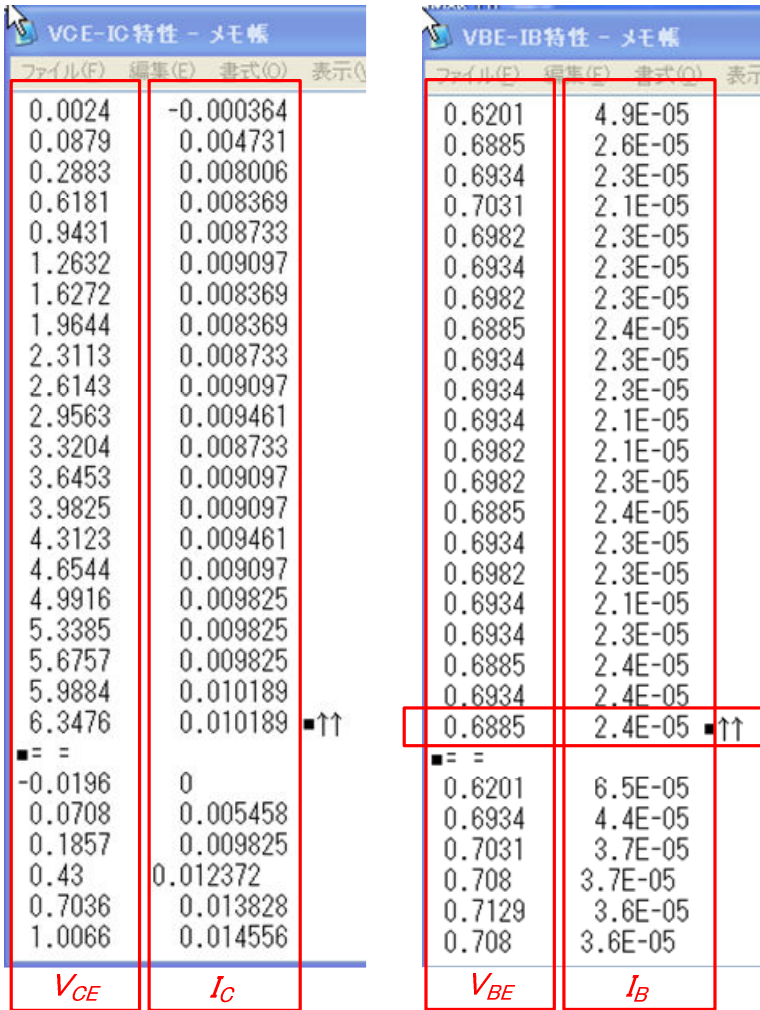


図1

V_{CE}	I_C	
0.0024	-0.000364	$I_B=20 \mu A$
0.0879	0.004731	
:	:	
5.9884	0.010189	
6.3476	0.010189	
=	=	$I_B=40 \mu A$
-0.0196	0	
0.0708	0.005458	
:	:	
5.6757	0.016375	
6.0177	0.017103	
=	=	$I_B=60 \mu A$
-0.0147	0.000364	
0.066	0.005458	
:	:	
5.1846	0.022925	
4.9793	0.022925	
=	=	$I_B=80 \mu A$
0.0024	0	
0.0537	0.005822	
:	:	
0.9602	0.022925	
0.9431	0.023289	
=	=	$I_B=100 \mu A$
-0.0147	0	
0.0537	0.005822	
:	:	
0.6817	0.022925	
0.6694	0.023289	

図2 (I_B はデフォルトの設定)

V_{BE} - I_B 特性より新たに V_{BE} - I_B 特性のデータを作る必要がある。図1の V_{BE} - I_B 特性より各 I_B ごとの最後のデータ(例えば図1の※の位置のデータ)をコピーし、データファイルを作る。データは図3のようになるはずである。

ファイル名は"VBE-IB特性2.txt"とすること。

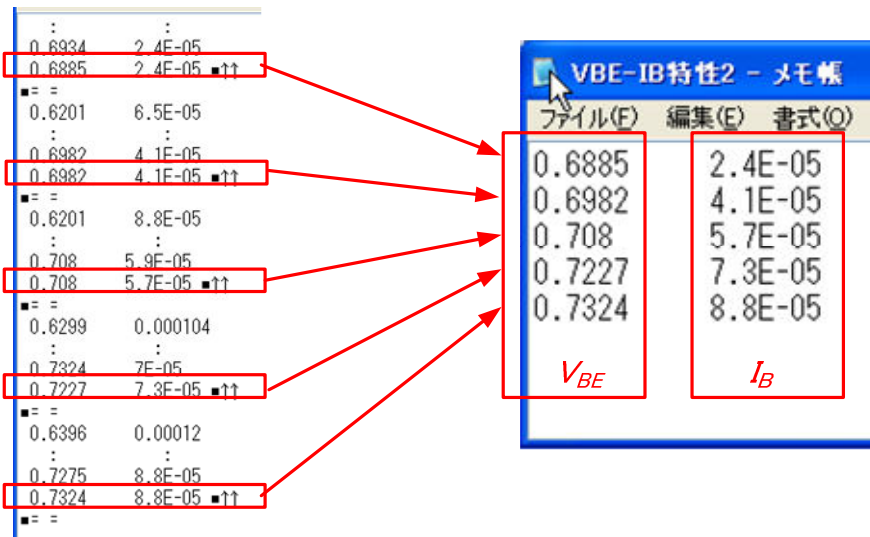


図3

2. $V_{CE}-I_C$ 特性のグラフ

カーブトレーサで測定したデータより、 $V_{CE}-I_C$ 特性をNgraphでグラフにする。

(1) データファイルを開く方法は3通りある。

- ・図4の"Data Window"を右クリックして、メニューより"Open"を選択する。
- ・上側のメニューバーより、"データ"→"開く"(ショートカットキーでCtrlキーとOを押してもよい)。
- ・データファイルをNgraph画面またはアイコンにドロップする(データファイルをドラッグして離すこと)。

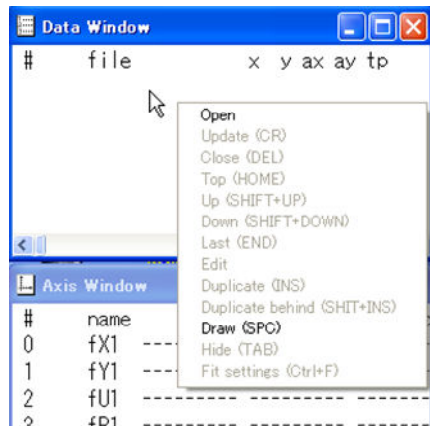


図4

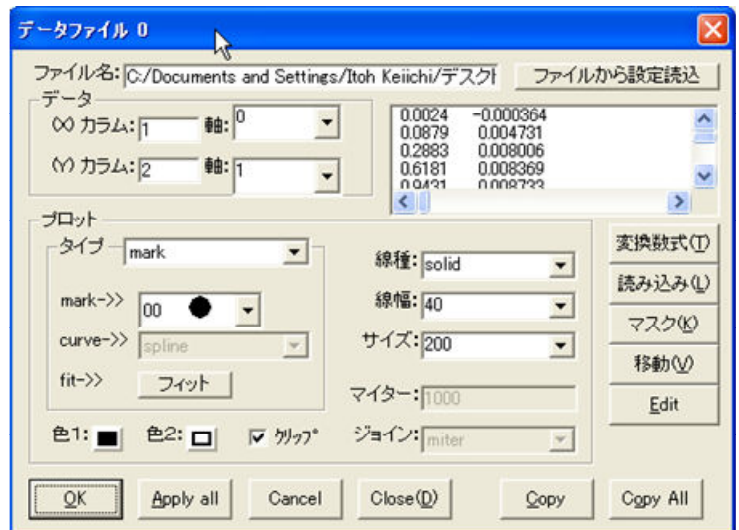


図5

以上の操作により、図5のデータファイルを設定するウィンドウが開く。とりあえず"OK"ボタンをクリックする。

(2) 上側にある"Draw"ボタンをクリックすると自動的にxy軸の範囲が設定され、図6のようなグラフが描かれる。これだけでは不備があるので以後細かい設定をする。

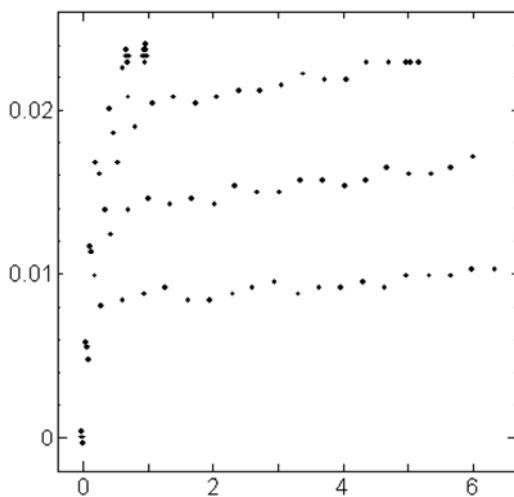


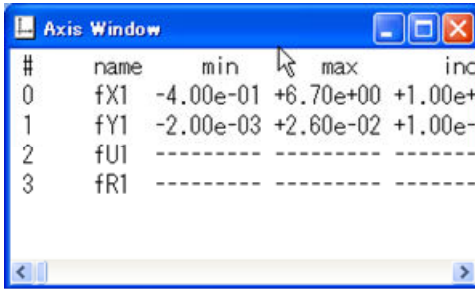
図6

[設定するポイント]

- ・xy軸の設定
 - ・範囲の設定
 - ・軸ラベルの設定
- ・プロットの変更
 - ・データのプロットの変更
 - ・プロットの凡例ラベルの設定
- ・近似直線の設定

(3) グラフのxy軸を設定する。

図7の"Axis Window"から、各軸(x軸は"0 fx1", y軸は"1 fy1")をダブルクリックすると図8の軸設定ウィンドウが立ち上がるので、図7のように設定する。今回のデータでは原点(最小値)は0であわせること。

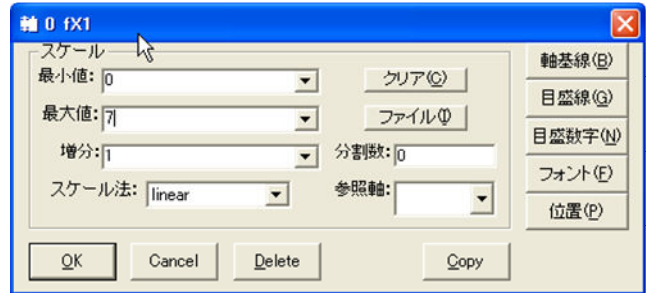


#	name	min	max	inc
0	fx1	-4.00e-01	+6.70e+00	+1.00e+
1	fy1	-2.00e-03	+2.60e-02	+1.00e-
2	fu1	-----	-----	-----
3	fr1	-----	-----	-----

図7



図9



軸 0 fx1

スケール

最小値: 0 クリア(C)

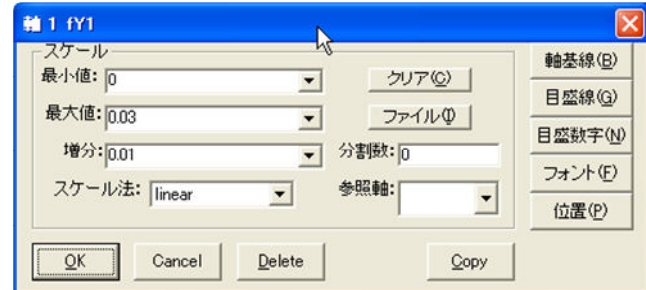
最大値: 7 ファイル(F)

増分: 1 分割数: 0

スケール法: linear 参照軸:

軸基線(B)
目盛線(G)
目盛数字(N)
フォント(F)
位置(P)

OK Cancel Delete Copy



軸 1 fy1

スケール

最小値: 0 クリア(C)

最大値: 0.03 ファイル(F)

増分: 0.01 分割数: 0

スケール法: linear 参照軸:

軸基線(B)
目盛線(G)
目盛数字(N)
フォント(F)
位置(P)

OK Cancel Delete Copy

図8

(4) グラフに軸ラベルを付ける。

図9のテキストボタンをクリックし、グラフ上の適当な位置でクリックすると図10, 図11のような"テキストウィンドウ"が立ち上がる。x軸は図10, y軸は図11のように設定すること。



テキスト 0

X: 8400 Y: 23800 全角ギリシア -> シンボル

テキスト: V_CE@ %F[Times][V]

ポイント: 2000 文字間: 0 スクリプトサイズ: 7000

英文フォント: TimesItalic

邦文フォント: Gothic

色: 方向: 0 Raw

OK Cancel Delete Copy

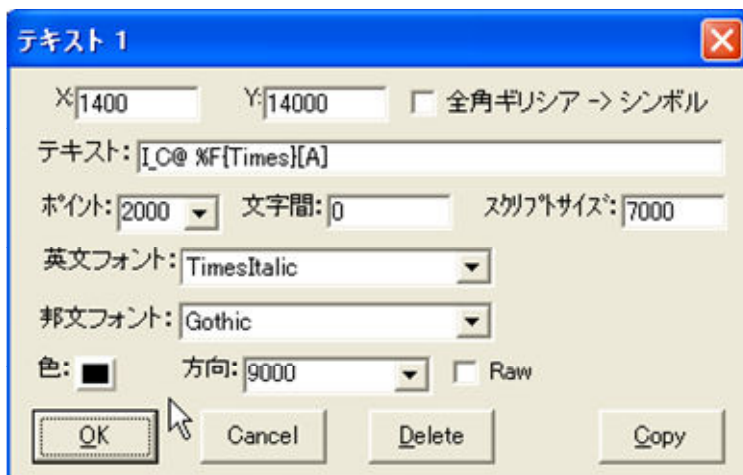
図10

フォントはTimesはTimes New Romanであることを示し、TimesItalicはその斜体を表している。

"_"は下付文字, "^"は上付文字, "@"は解除を表している。

"テキスト:"にテキストを書く。今回は変数は斜体で表すために"英文フォント:"は"TimesItalic"としている。

テキスト中で単位の部分だけ斜体を解除するために"%F{Times}"としてフォントの変更をしている。



テキスト 1

X: 1400 Y: 14000 全角ギリシア -> シンボル

テキスト: I_C@ %F[Times][A]

ポイント: 2000 文字間: 0 スクリプトサイズ: 7000

英文フォント: TimesItalic

邦文フォント: Gothic

色: 方向: 9000 Raw

OK Cancel Delete Copy

図11

y軸のラベルは方向を"9000"に設定すること。これでテキストが90°回転する。

(5) テキストの位置の調整をする。

これまでの操作で図12のグラフになる。軸ラベルは図13の選択ボタンをクリックしてから、テキストをクリックすると図12のように選択できるようになる。マウスまたは矢印キーで位置を調整すること。

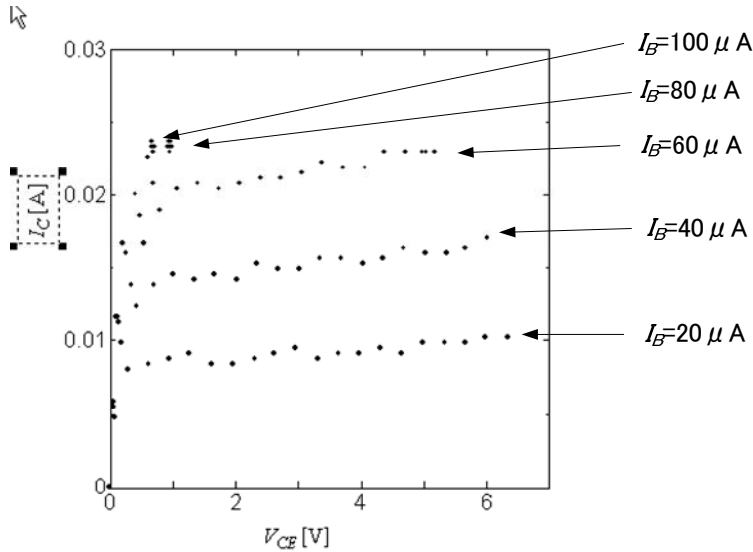


図12



図13

(5) I_B ごとにプロットを変える。

やや面倒になるが I_B ごとにプロットを変更する。今回の図では図12に示したように80, 100 μ Aのデータが不足しているため、20, 40, 60 μ Aのデータだけ表示する。

"Data Window"からデータファイルを開き、図13の"Edit"ボタンをクリックすると図14のテキストエディタが立ち上がる。テキストエディタ上で $I_B=20 \mu$ Aのデータの始点(1行)と終点(21行)を確認する。

次に図13の"読み込み"ボタンをクリックし、図15の読み込みウィンドウで"先頭スキップ行:"と"最終行:"をデータの始点と終点になるように設定する。

最後にmarkを●に設定する(適宜"サイズ:"を調整するデフォルトでは"200"だがやや小さい)。

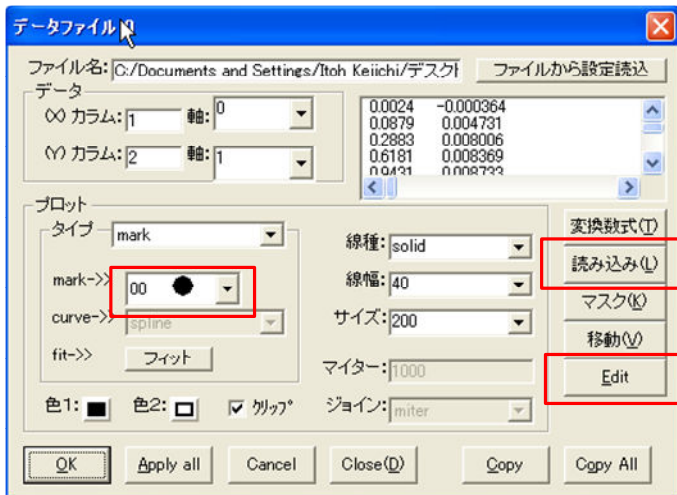


図13

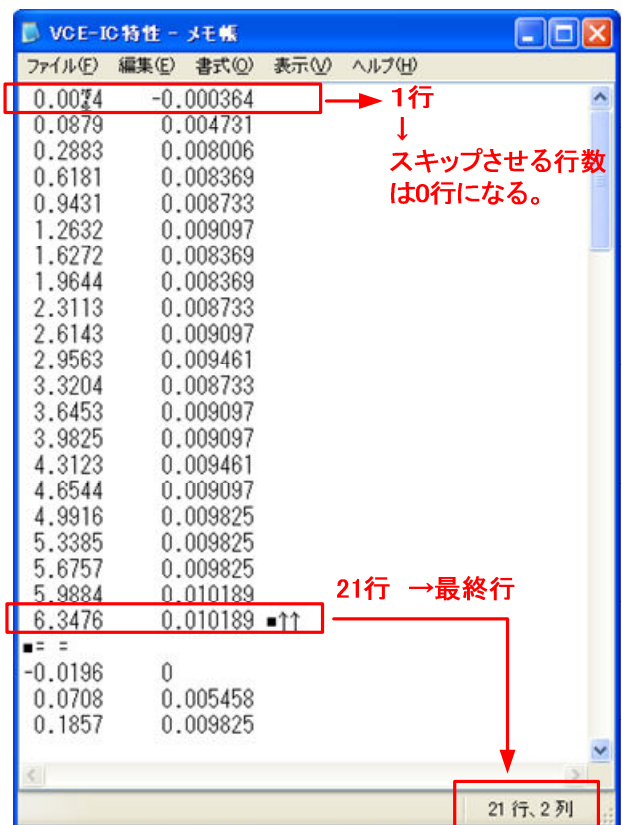


図14

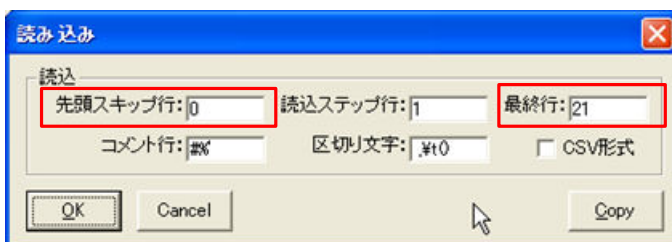


図15

(6) 同様の作業を次の I_B について行う。

同じデータファイルを呼び出すときは"Data Window"において、ファイルをクリックし、青色になったら"Insert"キーを押す。またはデータファイルを右クリックして"Duplicate(INS)"を選択してもよい。

読み出したデータファイルを $I_B=40 \mu A$ (プロットは▲)と $I_B=60 \mu A$ (プロットは■)について、今回は図16, 図17のように設定した。

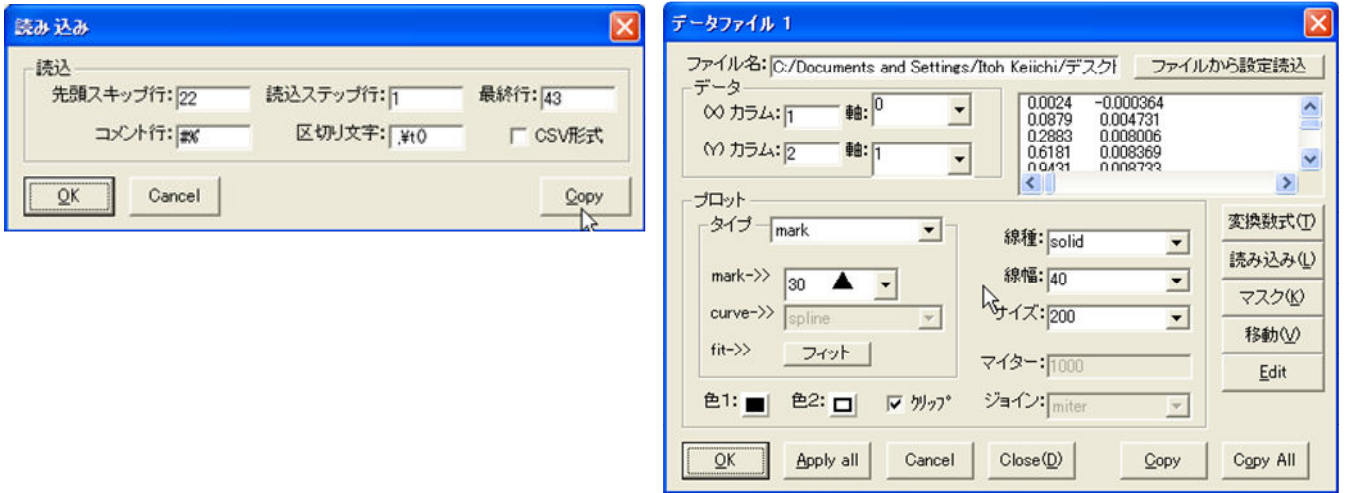


図16



図17

(7) 各プロットに凡例ラベルを付ける。

図9のテキストボタンをクリックし、図18のように設定する。 μ は全角文字なので注意すること(邦文フォントは"Min"とする)。同様に40, 60 μA について設定すると図19のようになる。



図18

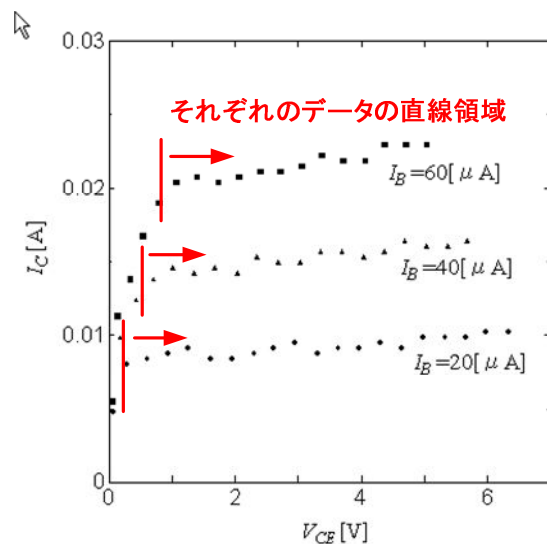


図19

(8) 図19のそれぞれのデータの直線領域に近似直線を引く。

"Data Window"により, 手順(6)に従って図20のように各データファイルをもう一つずつ読み込む。

それぞれのファイル(図20の3~5)を図21のようにタイプを"fit"とし, フィットボタンをクリックすると図22の"フィットウィンドウ"が立ち上がる。



図20

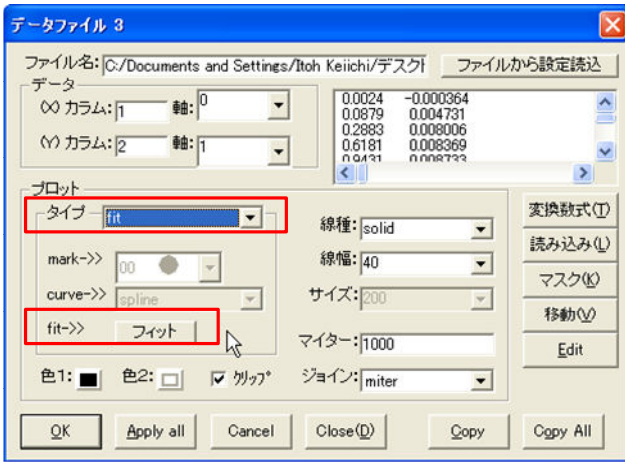


図21

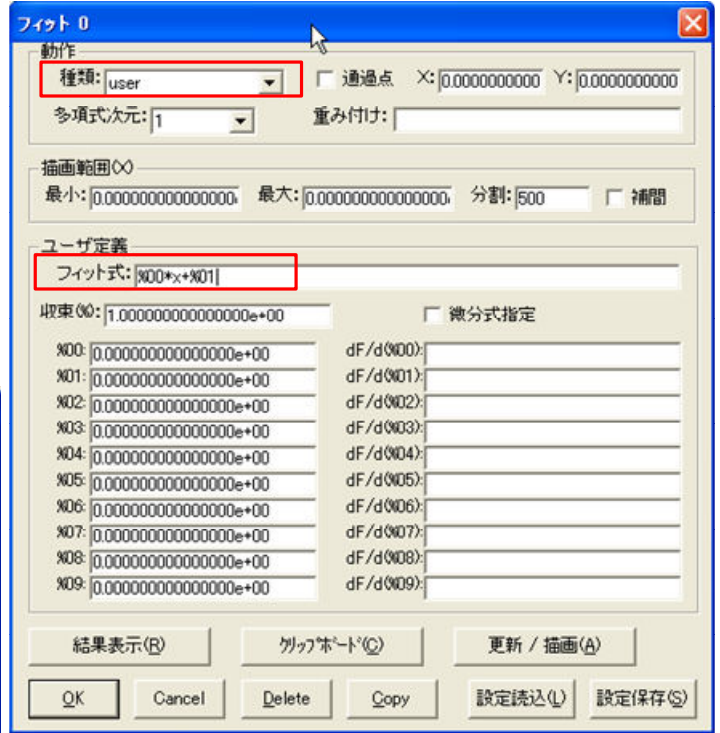


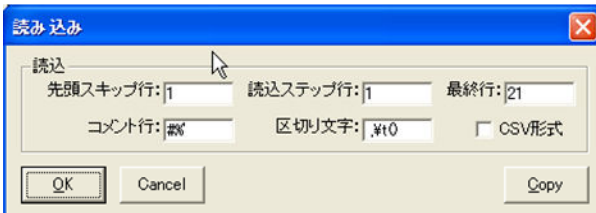
図22

"フィットウィンドウ"では種類を"user"にし, フィット式を
 $\%00*x+\%01$

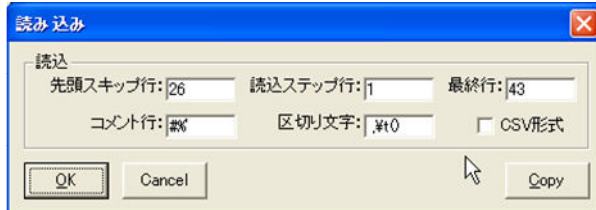
とかくこと。この式は $y=ax+b$ の近似式を表しており, で%00は a , %01は b を表している。

同様の手順を他のファイルについても行う。

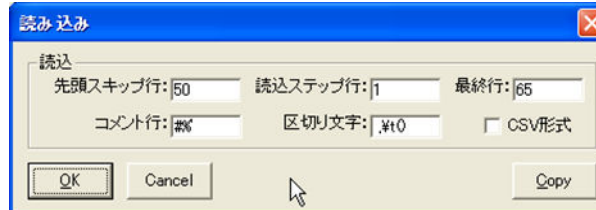
次に, 近似直線のデータファイルは, そのままでは立ち上がりの変化が大きいデータも含まれているため, 図19の直線領域のデータだけに近似したい。そこで, データファイルの読み込み範囲を変更する。



← $I_B=20 \mu A$ (プロットは●)
 直線データの範囲として2~21行に設定
 (元々は1~21行)



← $I_B=40 \mu A$ (プロットは▲)
 直線データの範囲として26~43行に設定
 (元々は23~43行)



← $I_B=60 \mu A$ (プロットは■)
 直線データの範囲として50~65行に設定
 (元々は45~65行)

図23

(9) 以上の操作により図24が得られる。これでグラフは完成である。

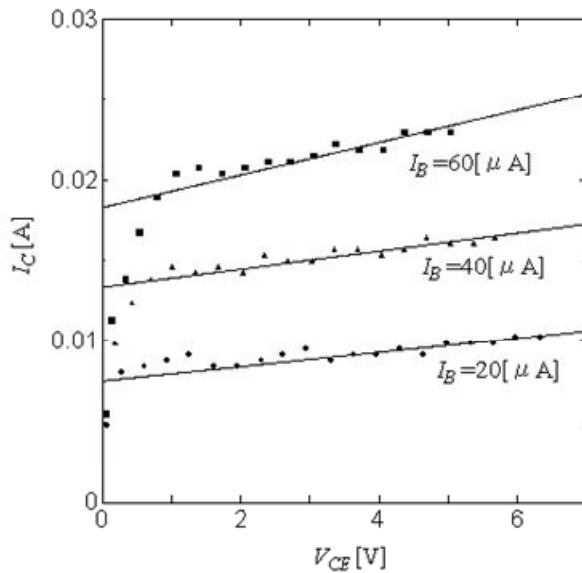


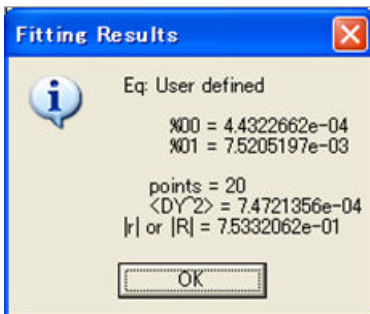
図24

メニューバーより"出力"→"クリップボード"をクリックするとパソコンのメモリ上にコピーされる。後はワードなどに貼り付けるとよい。

3. h_{fe} の算出

近似直線の近似結果より h_{fe} を算出する。

(1) 各近似直線のデータファイルを開き, "フィットウィンドウ"を立ち上げる。"結果表示"ボタンをクリックし, 図25の"Fitting Results"ウィンドウにより各係数%00, %01の値を読み取る。



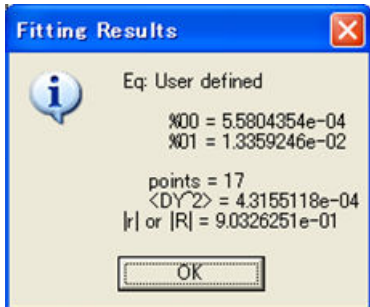
← $I_B=20 \mu A$ (プロットは●)

近似式:

$$I_C = 4.4322662 \times 10^{-4} \times V_{CE} + 7.5205197 \times 10^{-3}$$

近似式より, $V_{CE}=6 V$ のとき,

$$I_C = 10.180 \text{ [mA]}$$



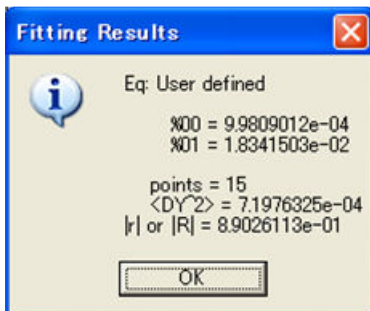
← $I_B=40 \mu A$ (プロットは▲)

近似式:

$$I_C = 5.5804354 \times 10^{-4} \times V_{CE} + 1.3359246 \times 10^{-2}$$

近似式より, $V_{CE}=6 V$ のとき,

$$I_C = 16.708 \text{ [mA]} \rightarrow \text{動作点}$$



← $I_B=60 \mu A$ (プロットは■)

近似式:

$$I_C = 9.9809012 \times 10^{-4} \times V_{CE} + 1.8341503 \times 10^{-2}$$

近似式より, $V_{CE}=6 V$ のとき,

$$I_C = 19.823 \text{ [mA]}$$

小信号電流増幅率

$$h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

動作点の前後について I_B と I_C の差分を計算すると h_{fe} を算出することができる。

図25

今回のデータより, 計算すると以下のようになる。

$$h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{(19.823 - 10.180) \times 10^{-3}}{(60 - 20) \times 10^{-6}} = 241.1$$

4. V_{BE} - I_B 特性のグラフ

カーブトレーサで測定したデータより、 V_{BE} - I_B 特性をNgraphでグラフにする。

(1)最初に作成した"VBE-IB特性2.txt"のデータファイルを利用して、図26のグラフを作成する。

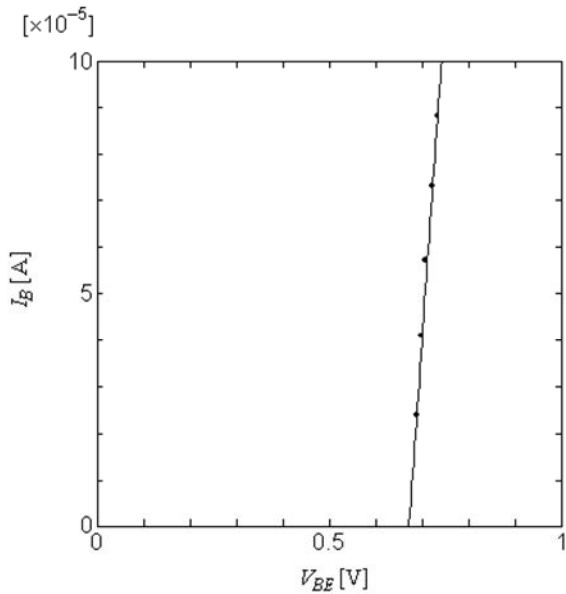


図26

グラフはこれまでの手順を参考にして書くこと。ここでも図27のように近似直線をひくこと。近似式はこれまでと同じ一次近似直線である。

軸ラベルをそれぞれ変更すること。また、グラフは両軸の原点を図28のように合わせること。

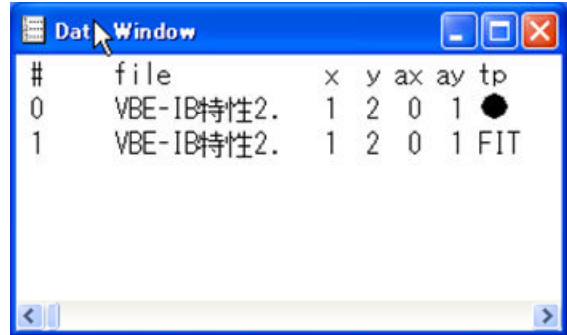


図27

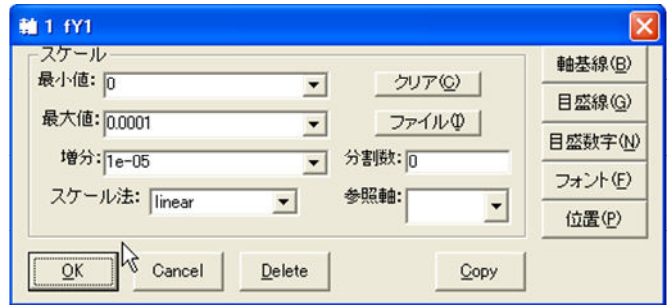
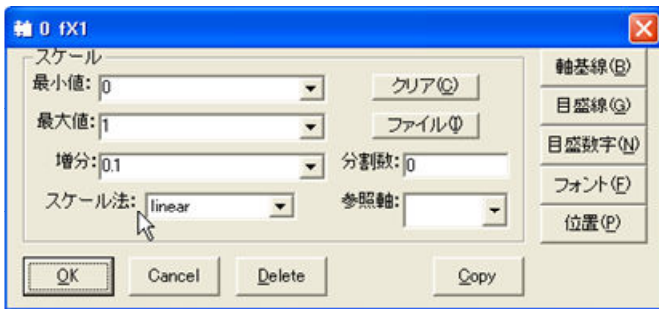
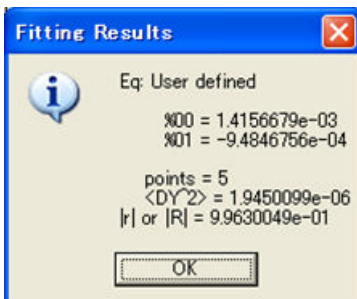


図28

5. h_{ie} の算出

近似直線の近似結果より h_{ie} を算出する。

(1)近似直線のデータファイルを開き、"フィットウィンドウ"を立ち上げる。"結果表示"ボタンをクリックし、図29の"Fitting Results"ウィンドウにより各係数%00, %01の値を読み取る。



←近似式:

$$I_B = 1.4156679 \times 10^{-3} \times V_{BE} - 9.4846756 \times 10^{-4}$$

近似式より、傾きは $1.4156679 \times 10^{-3} [S]$ なので、今回のデータより計算すると、

$$h_{ie} = \frac{1}{1.4156679 \times 10^{-3}} = 706.38 \text{ } [\Omega]$$

入力抵抗

$$h_{ie} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$$

動作点における h_{ie} は V_{BE} - I_B 特性の近似直線の傾きの逆数より求められる。