

短期集中連載

# Ngraph

## で グラフの達人になろう

### フィットと対数グラフ

石坂 智

第2回

学生実験では、測定したデータを最小二乗法でフィットして、物理量を求めることが課題となっている場合が多い。今回はこのフィットに代表されるデータ解析を中心に実験の具体例をあげながら解説する。

### 基本的なフィット

実験をして得られたデータYが、パラメータXに対して、

$$Y = aX + b$$

の式で記述できる場合がある。たとえば、Xを物体に働く外力とすると、Yはその力によって変形した物体の長さとなる。あるいは電気回路であれば、印加した電圧に対する電流かもしれない。いずれにせよ、いくつかのXに対してYを測定し、そのデータに最小二乗法を適用する(データをフィットすること)で係数aを求められる。物体変形の例なら係数aがヤング率などの弾性係数であり、これを求めることが課題となる場合が多い。

ここではばねに重りを付けたときの变形を例としよう。測定して得られたデータからデータ・ファイルexp1.datを作成する(リスト1)

このファイルを前回説明した方法でグラフにしたのが図1である。この状態のプロットタイプは「mark」である。フィットするには、exp1.datをもう一度開いて、データ・ダイアロ

リスト1 物体変形の実験結果exp1.dat

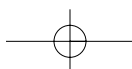
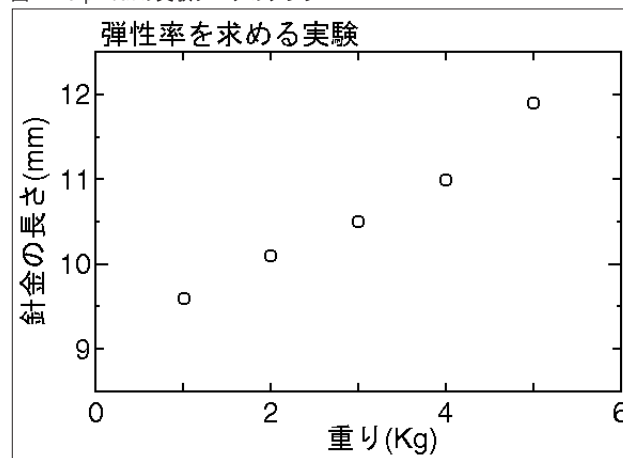
| #弾性率を求める実験 |            |
|------------|------------|
| #重り (kg)   | 針金の長さ (mm) |
| 1.0        | 9.6        |
| 2.0        | 10.1       |
| 3.0        | 10.5       |
| 4.0        | 11.0       |
| 5.0        | 11.9       |

グ・ボックスでプロットタイプを「fit」にする。つまりNgraphでは、フィットも「mark」や「curve」など同様のプロットタイプの1つとなっている。

続いて、データ・ダイアログ・ボックスで、「fit->>」の横にある「フィット」ボタンを押し、そこで表示されるダイアログ・ボックス(図2)で、フィットの方法を指定する。ここで説明している $Y = aX + b$ は一次式なので、「種類」で多項式によるフィットを意味する「poly」を選び、「多項式次元」に「1」を入力すればよい。最小二乗法の計算はグラフの描画時に行われるので、設定したら、一度ダイアログ・ボックスを閉じる。すると、フィットされた結果が直線としてグラフに表示されるはずである(図3)

このように描画してフィットが計算された後で、もう一度図2のダイアログ・ボックスを開き、「Result」ボタンを押せば、フィットの結果が数値で表示される(図4)。「%00」が係数bに、「%01」が係数aに対応している。また「<DY^2>」は最小二乗法の分散を、「|r|」は相関係数の絶対値を表して

図1 exp1.datの実験データのグラフ



いる。この「%01」の数値から課題となっている弾性率が求められることになる。またメニューの下のコントロール・ボタンの1列目、左から6番目のボタンを押してInformation Windowを開いておけば、フィット結果は常に表示させておくことができる。

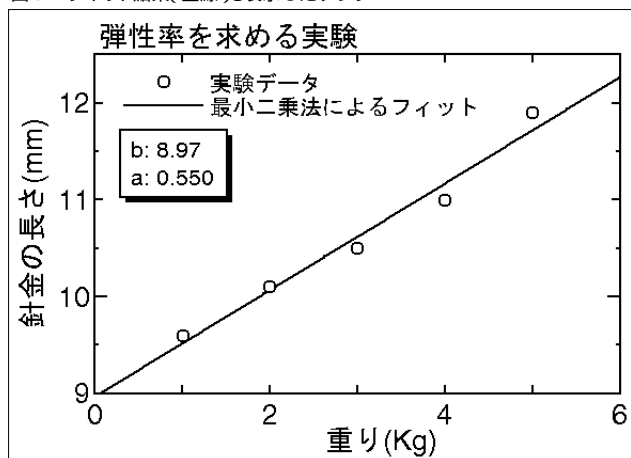
## データの評価とマスク

図3を見ると、X = 5に対応するデータだけがフィット結

図2 フィット方法を指定するダイアログ・ボックス



図3 フィット結果(直線)を表示したグラフ



果から大きく外れていることが分かると思う。プロットされたデータの数値を確認するには、コントロール・ボタンの2列目、右から2番目の「データ評価」ボタンを押して、グラフ上でマスクしたいデータを選択する。図5のように該当データの数値がリスト・ボックスに表示され、「#」はデータ・ファイルの番号(Data Windowの左端に付けられている番号)、「Line」はデータ・ファイル中の行数を表す。「X」と「Y」はデータの値である。

このようなデータはフィットから外す(マスクする)のがよいだろう。データをマスクするには、図5のリスト・ボックスでフィットの結果を描いているデータ(「#1」のデータ)を選択し、「Mask」ボタンを押す。これでグラフを再描画すれば、X = 5のデータを除いた実験値でフィット結果が得られる。また、図5の「Move」ボタンを使っても、データを任意の場所に移動できる。なお、マスクや移動したデータを戻したいときには、データ・ダイアログ・ボックスの「マスク」ボタンと「移動」ボタンから解除できる。

ここで説明している物体変形の例では、X = 0のときのYの値が重りを付けないときの針金の長さになる。当然、その

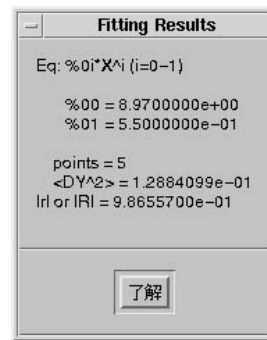
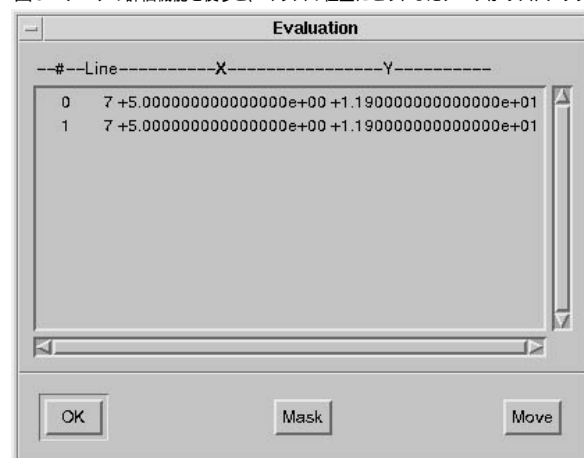
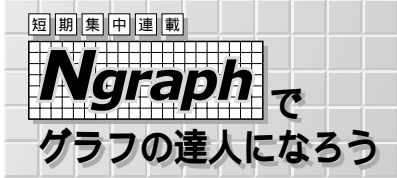


図4 フィット結果を数値で表示するダイアログ・ボックス

図5 データの評価機能を使うと、マウスの位置にヒットしたデータがリストアップされる





値がはっきりと分かるので(たとえば9.3mmとしよう)それを満足するように、つまり(X,Y)=(0,9.3)を通るようにフィットする方が正確である。このような条件付きのフィットを行うには、図2のダイアログ・ボックスで「通過点」をチェックし、「X:」に“0”、「Y:」に“9.3”を入力すればよい。これらの、データをマスクしたり、特定点を通るようにしたフィットを追加したグラフが図6である。

後から追加した2つのフィットでは、図2のダイアログ・ボックスで「最小:」を“0”に「最大:」を“5”にして、0<X<5の範囲だけを表示するようにしてある。これはDOS版Ngraphにはなかった機能で非常に多くの要望を頂いていたので、Version 6.0で追加している。

また、データ・ファイルはData Windowにリスト・アップされている順番でグラフにプロットされている。実験結果のデータは白抜き丸のマークでプロットされているが、これを一番初めにプロットしてしまうと、マークがフィット結果を表す直線の下になってしまうグラフが見つらなくなる。そこでData Windowのポップ・アップ・メニューで「Last」を選択してData Windowの一番最後に来るようにし、フィット結果よりも後でプロットされるようにしてある。

### 対数軸、数式変換

今度は、温度を変ながら半導体の電気抵抗を測定したデータを例として考えよう(リスト2)。抵抗は温度と共に桁が変わるほどに大きく変化しているため、このような場合は対数グラフ(ログ・グラフ)にするのがよい(図7)。

対数軸にするには、Axis WindowでfY1をマウスでダブル・クリックして軸ダイアログ・ボックスを出し、「スケール法」を「linear」から「log」に変更する。対数軸の場合、スケールの「増分」の意味合いが線形軸の場合と異なり、「増分」には“10”か“1”を入力する。“10”のときには目盛数字が1、10、100、.....のように10倍ごとに付けられ、“1”のときには1、2、.....、10、20、.....のように付けられるので、軸のスケールの範囲が狭いときには“1”に、それ以外の場合は“10”にする。

リスト2 電気抵抗と温度の関係を調べた実験結果exp2.dat

|   |                 |
|---|-----------------|
| ● | #半導体の電気抵抗       |
| ● | #温度(摂氏) 抵抗(オーム) |
| ● | -100 9.2e6      |
| ● | -50 8.7e2       |
| ● | 0 11.0          |
| ● | 50 0.55         |
| ● | 100 6.1e-2      |

次に、この実験データを解析してみよう。半導体の電気伝導率(Y)は絶対温度(X)の関数として、熱活性型の式、

$$Y = a \times \text{Exp}(-b/X)$$

で表せる。データを解析して、aの値を求めることが課題となっているとしよう。式の両辺の自然対数をとると、

$$\text{Ln}(Y) = \text{Ln}(a) - B/X$$

となるので、電気伝導率の自然対数が絶対温度の逆数の一次式で表せることになる。この場合、X軸は絶対温度の逆数、Y軸は伝導率を対数軸にしたグラフ(アレニウス・プロット)を作成するのが都合がよい。ところがデータ・ファイルに

図6 X=5のデータをマスクしたフィットと、特定点を通るフィットの結果も表示したグラフ

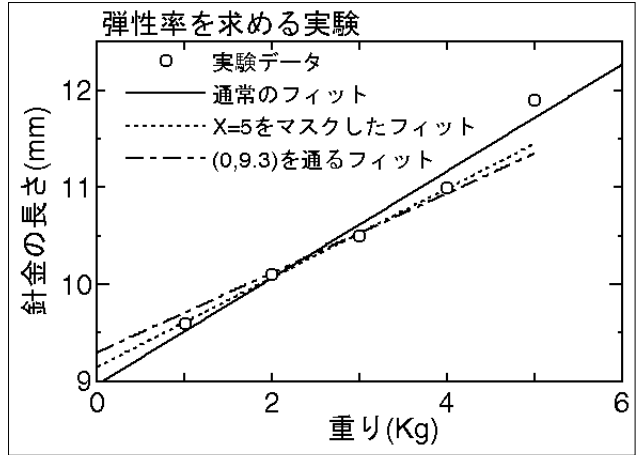
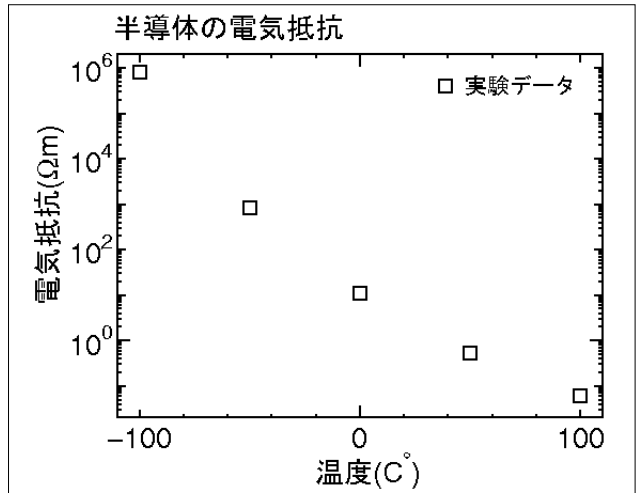


図7 exp2.datの実験データの対数グラフ



は摂氏温度と抵抗率で入れているので、それぞれデータを変換して、絶対温度の逆数と電気伝導率(抵抗率の逆数)にしなければならない。

Ngraphにはデータ・ファイル中のデータを式で変換してからプロットする機能が備わっているので、これも簡単にできる。変換式はデータ・ダイアログ・ボックスで「変換数式」ボタンを押して表示されるダイアログ・ボックス(図8)で指定する。ここで説明している例では、

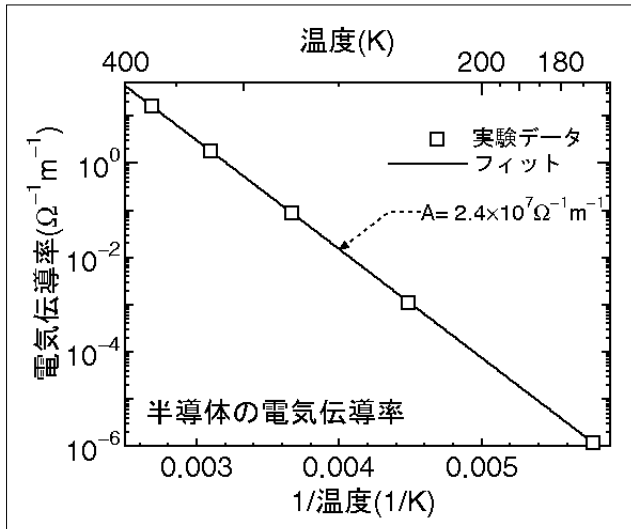
```
(X)の変換式: 1/(X+273)
(Y)の変換式: 1/Y
```

と指定する。変換式中では、XやYが変換されていない生のデータを表す。変換式にはPI(円周率)などの数学定数や、SQRT(X)とSIN(X)などの数学関数、条件によって変換式

図8 変換数式を入力するダイアログ・ボックス



図9 アレニウス・プロットのグラフ



を変更するIF( )、マークの大きさや色をデータの値に応じて変更するMARKSIZE( )とCOLOR( )の特殊関数などを幅広く用意してある。詳しくは付属のドキュメントを見てほしい。また、メニュー下にあるコントロール・ボタンの1列目、右から3番目の「変換式」ボタンを使うと、全データ・ファイルの変換式も一度に入力できる。

さて、課題となっているaを求めるためにexp2.datをプロット・タイプ「fit」で開く。また、指数関数型のフィットを行うので、図2のダイアログ・ボックスで「種類」を「exp」にする。このフィットでは、

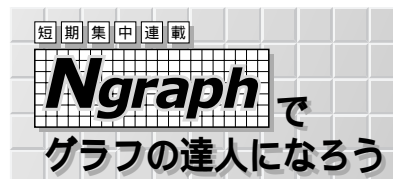
```
exp(%01 * X + %00)
```

の形で係数が得られるので、課題のaはexp(%00)を計算すればよい。でき上がったグラフは図9である。

アレニウス・プロットでは横軸が温度の逆数であるが、これでは実際の温度が読み取りにくい。そこでAxis Windowの「fU1」の行をマウスでダブル・クリックして軸ダイアログ・ボックスを出し、グラフの上側の軸(U軸)の「スケール法」を「inverse」に変更して逆数軸としてある。U軸の「最小値」と「最大値」には、それぞれX軸(fX1)に対応するように、0.0025と0.0059の逆数を、増分に“100”を入力している。このとき、0.0025の逆数を電卓で計算する必要はない。軸ダイアログ・ボックスの「最小値」のコンボ・ボックスに直接“1/0.0025”を入力すれば自動的に計算される。このようにNgraphでは数値を入力するすべてのテキスト・フィールドに、数値の代わりに数式を指定できるので試してほしい。また、U軸に付ける数字(目盛数字)の間隔を調整するために、軸ダイアログ・ボックスで「目盛数字」ボタンを押して表示されるダイアログ・ボックス(図10)で、「間隔」を“2”にしている。デフォルトの“0”の場合は、目盛数字が込み合って重なることがないように自動調整される。“1”のときには目盛数字はスケールの「増分」ごとに付けられ、“2”のときには「増分」の2倍ごとに付けられるようになっている。さらに、目盛数字の小数部の桁数を指定したり(「小数部桁数」)、目盛数字の前後に文字列を追加したり(「先頭」と「後続」)、位置の微調整を行ったり(「平行シフト量」と「垂直シフト量」)もこのダイアログ・ボックスで行える。

### 軸の分割

図9のグラフでは、Y = 10<sup>-6</sup>のデータがほかに比べてとく



に小さい。このように掛け離れたデータがある場合には、見やすいグラフにするために軸を分割するとよいだろう。Ngraphで軸の分割をするにはさまざまな方法があるが、一番分かりやすいのは2つのグラフの組み合わせて実現する方法である。

DOS版Ngraphでは一度に扱えるグラフは1つだけであった。2つ以上のグラフを組み合わせるには、合成ファイル(GRAファイル)を作成しておいてから、それを取り込むしか方法がなく、複数のグラフの作成や、軸の分割は非常に面倒な作業であった。Version 6.0でもGRAファイルの合成の機能は残してあるが、一度に複数のグラフを扱えるように機能強化されていて、メニューの[軸][追加作成]を使っていくつでもグラフを増やせる。たとえば、フレーム・グラフを追加した場合、「fX1」、「fY1」、「fU1」、「fR1」軸に加えて、「fX2」、「fY2」、「fU2」、「fR2」の軸が新たにAxis Windowにリストアップされるようになる。

追加した軸に対してデータをプロットするには、データ・ダイアログ・ボックスで「(X)カラム軸」と「(Y)カラム軸」のコンボ・ボックスに「fX2」と「fY2」の軸を指定すればよい。このコンボ・ボックスのテキスト・フィールドには軸の番号(Axis Windowの左端に表示される番号)を指定するようになっているのだが、リスト・ボックスには「fX2」、「fY2」などの名前がリストアップされているので、それを選んで指定できる。

軸の分割を2つのグラフの組み合わせとして実現する場合、組み合わせる2つのグラフの設定はたいがい似通っているので、メニューから[軸][追加作成]でグラフを新たに追加するよりも、すでに作成してあるグラフの複製を作成してしまう方が簡単でより現実的だろう。メイン・ウィンドウですでに作成した図9にあるグラフの4軸のいずれかをマウスで選択してほしい(メニュー下のコントロール・ボタンの2列目、右から1番目を押して選択モードにしてからグラフを選ぶ)するとグラフ全体が点線の枠で囲まれ選択状態となるので、そこでマウスの右ボタンをクリックしてポップ・アップ・メニューを出し、「Duplicate」を選ぶ。この機能は[Insert]キーにも割り当てられているので、それを押してもよい。これでまったく同じグラフが複製される。画面上ではまったく同じグラフが同じ位置にあるので1つしか見えてないが、Axis Windowには「fX1」～「fR1」に加えて「fX2」～「fR2」がリストアップされているはずである。複製直後は、複製された方のグラフだけが選択状態になっているの

で、そのままマウスでドラッグすれば複製されたグラフだけを移動できる。それぞれのグラフの高さも変えて、2つのグラフが分割された1つの軸を構成しているかのように縦に2つ並べてほしい。

次に、余分になる軸、「fX1」(1番目のグラフのX軸)と「fU2」(2番目のグラフの上の軸)を描画しないように設定する。Axis Windowでこれらの軸を選び、右クリックからポップ・アップ・メニューを出して「Hide」を選択する。描画しないように設定された軸は、Axis Windowで灰色になる。

この時点で、データ・ファイルは1番目のグラフに割り当ててあるだけなので、データは1番目のグラフにしかプロットされない。そこで、Data Windowで[Insert]キーを使ってexp2.datの複製を作る。複製されたexp2.datを上記の方法で2番目のグラフにプロットするように変更する。つまり、データ・ダイアログ・ボックスを出して、「(Y)カラム」の「軸」を「fY2」にする。最後にそれぞれのグラフのY軸のスケールを適切に設定すれば、軸が分割されたグラフができて上がる(図11)。軸を分割した場合、分割位置に波線を入れるのが慣習となっているが、それには2つのグラフのY軸とR軸の軸ダイアログ・ボックス設定する。「軸基線」ボタンを押し、そこで表示されるダイアログ・ボックス(図12)の「波型」を、上側のグラフでは「begin」に、下側のグラフでは「end」にすればよい。

## 高度なフィット(任意関数でのフィット)

リスト3(exp3.datとする)は、LRC回路のコンデンサの電

図10 軸の目盛数字の設定を行うダイアログ・ボックス





圧を測定したデータである。

データ・ファイルの第 1 列は発振器の周波数、第 2 列はオシロスコープを読み取った数値、第 3 列はそのレンジである。電圧を周波数の関数としてプロットしよう。exp3.datを開き、データ・ダイアログ・ボックスで「(X)カラム」を“ 1 ”にする。Y軸に電圧をプロットしたいのだが、それは第 2 列のデータに第 3 列のデータを掛けたものである。このような列(カラム)間の演算を施したグラフを作成するには図 8 のダイアログ・ボックスで、

(Y)の変換式: %02\*%03

図11 縦軸を分割したグラフ

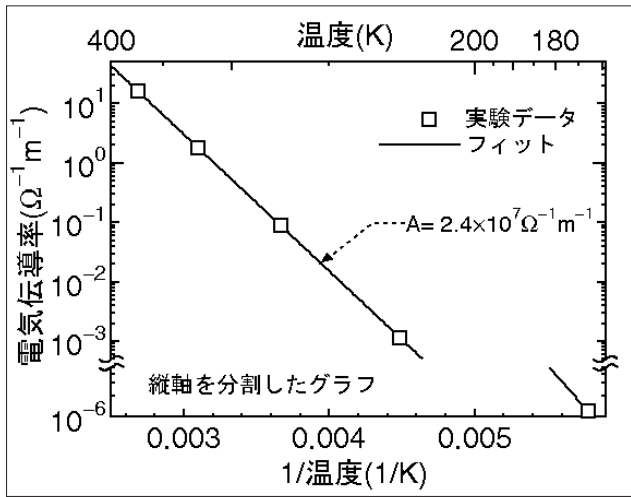


図12 軸の基本線に関する設定を行うダイアログ・ボックス



リスト 3 ????????

| # 共振曲線の実験   |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| # 周波数 (KHz) | 電圧 (読み取り) | レンジ (V) |
| 4.78        | 5.7       | 0.05    |
| 4.92        | 5.6       | 0.1     |
| 4.98        | 7.2       | 0.1     |
| 5.06        | 5.3       | 0.1     |
| 5.22        | 4.9       | 0.05    |

とする。変換数式中での“ %02 ”と“ %03 ”は、それぞれデータ・ファイル中の第 2 列のデータ、第 3 列のデータとして扱われる。“ %02\*%03 ”と指定することで、実際の電圧をグラフにできるのである。また、“ %F0102 ”という表記は、「#01」(Data Windowでファイル名の左側にある数字)のファイルに含まれる第 2 列のデータとして扱われるので、ファイル間の演算による変換を施したグラフも作成できる。このように強力な変換機能が用意されているので、ほとんどの場合データ・ファイルには測定で得られた生のデータを記述しておけばよい。必要に応じて後でいくらかでも変換できる。

LRC回路の共振周波数( $f_0$ )に近い周波数( $f$ )では、電圧の 2 乗がローレンツ関数型、

$$A/((f - f_0)^2 + \text{ }^2)$$

となっている。課題が、電圧の 2 乗がピーク値の 1/2 となる周波数の範囲(半値幅)を求め、回路の Q 値を求めることだとして。この場合、電圧の 2 乗のグラフにした方が解析しやすいので、

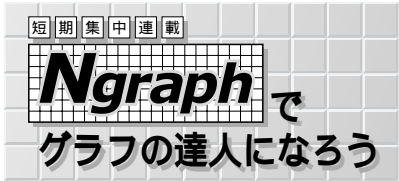
(Y)の変換式: SQR(%02\*%03)

または、

(Y)の変換式:(%02\*%03)^2

とする。グラフができたらマウスをピークの位置に持っていき、Coordinate Windowには、そのときの座表示が表示されているので、それをメモする。続いて、そのピーク値の半分を計算し、その値になるようにマウスを動かし、横軸の周波数を読み取ればよい。この際にはメイン・ウィンドウでポップ・アップ・メニューを出し、「Show cross」を選択すると、マウスの位置にクロス・ゲージが表示されるので、操作が楽になるだろう。

さらに、データをローレンツ型の関数でフィットできれば、グラフから読み取るよりも正確な値を求められる。Ngraphには任意の関数形でデータをフィットする機能がある。それには図 2 のダイアログ・ボックスで「種類」を「user」にする。続いて「フィット式」に関数形を指定し、フィットで求める係数には“ %00 ”～“ %09 ”を用いる。ここでの“ %00 ”の意味は、上記のカラム間の演算を行う変換式の場合とはまったく



異なるので注意してほしい。ローレンツ型の場合は、

```
%01/(((X-%02)*%03)^2+1)+%00
```

となる。任意関数でのフィットでは、この式を各係数で偏微分した式が必要となるが、それを“dF(yd(%00))”などに指定し、「微分式指定」をチェックする。これがチェックされていない場合には、偏微分式を使わずに、その近似値が数値的に計算される仕組みになっているが、計算の収束をよくするためにできるだけ偏微分式を指定するようにしてほしい。これは面倒な作業だが、ローレンツ型やガウス型関数についてはあらかじめ用意してあるので、図2の「読み込み」ボタンを押して「Lorentzian」を選んでよい。頻繁に使う関数型は「保存」ボタンで保存しておくとう便利だろう。

任意関数形でのフィットは、各係数を初期値から少しづつずらして変化させ、最適な箇所を求めるような仕組みになっている。各係数の初期値は「%00」などに指定しなければならない。この初期値はある程度正確に入れないと収束が悪いので注意が必要だ。また、最適な箇所が見つかったかどうかの判定(収束条件)は、「収束(%)」にパーセントで指定する。デフォルトは1パーセントなので、フィットで求めた結果の有効桁数は2桁しかない。より正確な値が欲しいときには、この値をもっと小さくする。

ローレンツ型の場合、「%01」と「%02」が、それぞれピークのY軸とX軸の値、「%03」が半値幅の逆数となっている。大雑把にグラフから読み取った値、

```
%00: 0
%01: 0.5
%02: 5
%03: 10
```

を初期値として入力しよう。これで描画すれば、ローレンツ型関数でフィットしたグラフができ上がる(図13)。グラフを描画した後に図2のダイアログ・ボックスで「Result」ボタンを押して表示される「%03」が、フィットによって求めた半値幅の逆数である。この結果も凡例として、また実際の実験の回路図も説明図として入れてみた。この程度の図であればNgraphでも比較的簡単に作成できる。また、細かいテクニックだが、フィット結果の曲線の後に、やや大きめの白色のマークをプロットしてから、黒のマークをプロットするようにして、実験データがフィットした線に埋もれてしまわないようにしている。

### 誤差棒、矢印

これまでは(x,y)の組のデータを扱ってきた。実験の場合、測定データに誤差が含まれていて、その誤差の範囲もグラフに表示したい場合がある。たとえば、データが(x,y ± err)と、yに±errだけ誤差がある場合には、

```
x y +err -err
```

のように、1行に4つの列からなるデータ・ファイルを作成し、プロット・タイプを「errorbar\_y」にする。図14は、このようにして誤差棒を表示したグラフ例である。

同様に、xに±errだけ誤差がある場合には、

```
x +err -err y
```

図13 任意関数でのフィットを行ったグラフ

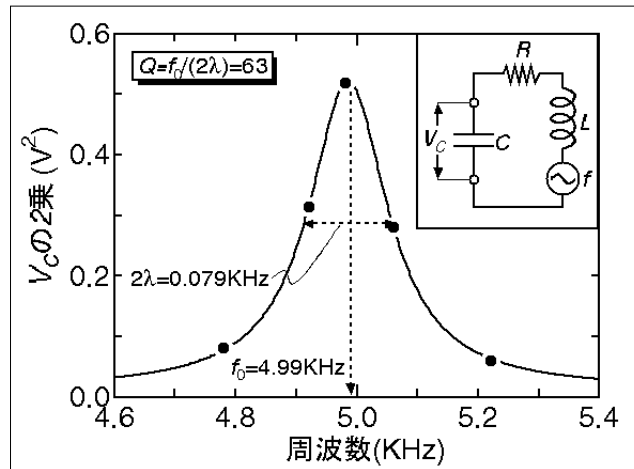
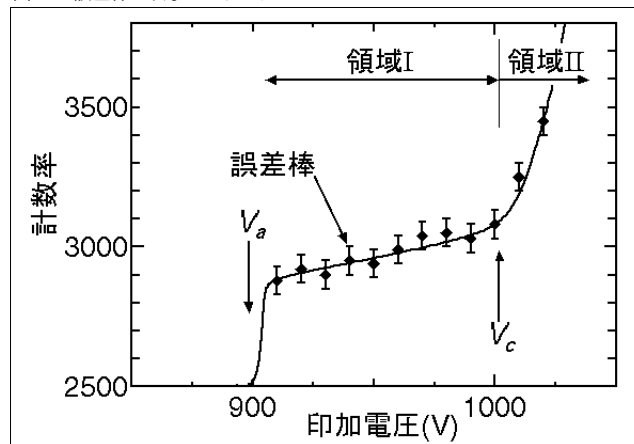


図14 誤差棒を表示したグラフ



のようなデータ・ファイルを作り、プロット・タイプを「errorbar\_x」にする。この場合は、「(X)カラム」を“ 1 ”に「(Y)カラム」を“ 3 ”にする必要がある。

この誤差棒のほかにもう1つ、データ・ファイルの形式が通常と異なる「diagonal」、「arrow」、「rectangle」を用意している。これらのプロット・タイプは、それぞれ対角線、矢印、長方形を(x1,y1)-(x2,y2)に描く。データ・ファイルの形式は、各行が、

```
x1 y1 x2 y2
```

となるようにする。また、「(X)カラム」を“ 1 ”に「(Y)カラム」を“ 3 ”にする。図15は、プロット・タイプを「arrow」にして流線図を作成した例である。

図15 流線図

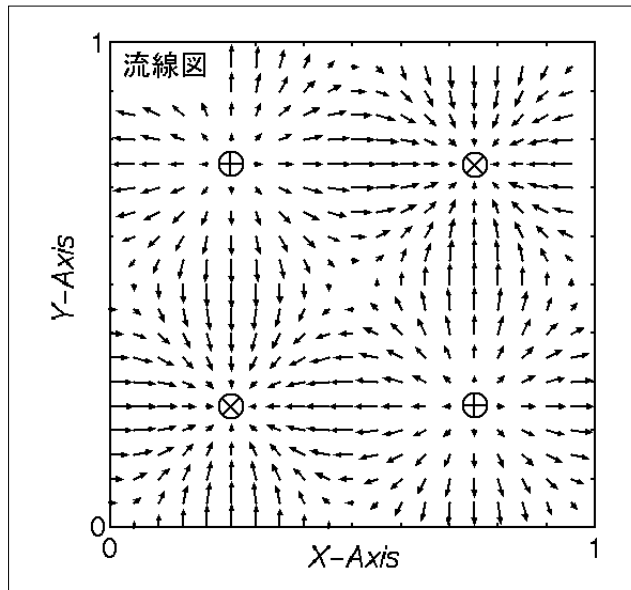
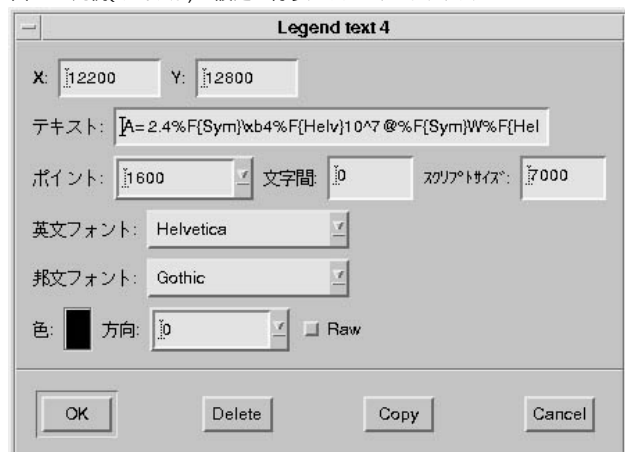


図16 凡例(テキスト)の設定を行うダイアログ・ボックス



この誤差棒のほかにもう1つ、データ・ファイルの形式が通常と異なる「diagonal」、「arrow」、「rectangle」を用意している。これらのプロット・タイプは、それぞれ対角線、矢印、長方形を(x1,y1)-(x2,y2)に描く。データ・ファイルの形式は、各行が、

## 凡例(レジェンド・テキスト)の使い方

これまで例としてあげてきたグラフには、データの説明やフィットの結果などが凡例として入っていた。これらを作成するには前回説明したように、メニューの下にあるコントロール・ボタン2列目の「テキスト」ボタンを押してマウスで位置を決める。すると図16のダイアログ・ボックスが現れるので、その「テキスト」にテキスト内容を指定すればよい。科学技術用途には、上付きおよび下付き文字や、ギリシア文字などが頻繁に使われるので、その方法を説明しよう。

### 上付き、下付き文字

上付き文字には“ ^ ”を、下付き文字には“ \_ ”を使い、その属性を解除するには“ @ ”を使う。たとえば、

```
Y = X^2@          Y = X^2
H_2@O            H_2O
```

のようになる。

### フォント指定と特殊文字

フォント指定には、図16のダイアログ・ボックスの「英文フォント」と「邦文フォント」が使われるが、1文字単位でもフォントを変更できる。それには、

```
%F(フォント名)
```

のようなコントロール・コードをテキストに埋め込めばよい。たとえば、ギリシア文字はSymbolフォントに含まれるので、

```
%F{Sym}abc
```

となる。また、80H以上のASCIIコードも入力可能で、“ %x ”に続いて16進コードを指定すればよい。たとえば、図11のグラフにある式を作成するために、

```
A=2.4%F{Sym}\xb4%F{Helv}10^7@%F{Sym}W%F{Helv}^-1@m^-1@
```

と指定している。

### 改行と位置合わせ

凡例テキストは“ %n ”で改行できるので、複数行の凡例テ





キストも1つの凡例として作成できる。さらには、各行を“`¥&`”のコントロール・コードで位置合わせができるので、

```
Line1\&\nLine2\&
```

とすればLine1とLine2が右揃えになる。そのほか、1文字単位で文字の大きさを変更したり(“`%S{ポイント数}`”)、位置をずらしたり(“`%X{ポイント数}`”、“`%Y{ポイント数}`”)も可能である。

日時とファイル名

時刻や日付を入れたり、ファイル名を入れたり、ファイルの内容を入れたりする機能も備わっている。時刻や日付を入れるには、

```
#{system::time:0}
#{system::date:0}
```

を入力すればよい。またデータ・ファイルの0番目(Data Windowの左端にある番号)のファイル名を凡例として入れるには、

```
#{file:0:file}
```

とする。凡例をこのようにしておけば開くデータ・ファイルを変更するだけで、凡例も自動的に変わるので、データ・ファイルだけを変えた同じグラフをいくつも作成するような場合に便利な機能だ。また、

```
#{file:0:column:1 c}
```

とすることで、0番目のデータ・ファイルに含まれる、1行目c列の内容を入れることもできる。

このほかにも“`%{fit:0:%01}`”とするとフィットで求めた係数を入れられるのだが、フィット結果を代入するためのアドインが用意されているので、それを使った方がより簡単だ。また凡例を自動作成するアドインも用意されている。これらは次回で解説する予定だ。

## 次回の予定

今回説明したアレニウス・プロットのグラフ(図11)は、対数軸、逆数軸、数式変換、フィット、複数のグラフ(軸の分割)、凡例(レジェンド)と、Ngraphの主要な機能のほぼすべて

を駆使して作成されている。逆にいえば、このグラフを作成することでNgraphの機能のほぼすべてが理解できるようになっているので、ぜひともexp2.datから作成してみてください。

今回は、Ngraphのもう1つの主要な機能であるアドインの使い方とスクリプト(マクロ)の解説を、FFT(高速フーリエ変換)の例を使って解説する。