
TDRppc 1.2
ユーザーズマニュアル

February 26, 1999

by Y. Amo, Ph.D.
apj@atom.phys.ocha.ac.jp

Typeset using L^AT_EX(Mac pT_EX2.1.8)

我ら 愛しきものを送らん
汝が国の平穩の廟に
汝がやさしき腕の夢に
我ら 大ならずされど小ならず
遠く去り また生まる
ゆえに呼べ 遥かなるものなりと
地をさまよいつつ我 汝を求めしも
答えなく
憂し世に影のみを見ん
されど 我 恐るるを知らじ
沈黙の言葉を知り
見えざるものを見るが故に
我ら汝なり 汝は我らなり
遥かなるもの いま ここに送らん

菊池秀行「吸血鬼ハンターD」より

Contents

0	はじめに	3
0.0	TDRppc とは何か	3
0.1	開発環境及び動作環境	3
0.2	インストール方法	4
0.3	ライセンス	4
0.4	サポート	4
0.5	その他	4
1	誘電率計算のチュートリアル	5
1.0	TDRppc の起動	5
1.1	反射波形のファイルの読み込み	5
1.2	スペクトル計算のためのパラメータ設定	6
1.3	計算と結果の保存	14
1.4	反射波形のファイルの読み込み（東海大フォーマット）	18
1.5	HP54750A のデータファイルの読み込み	20
1.6	DC 補正が必要な場合	21
1.7	その他の情報	23
1.8	セルの電気長 γd の決定	26
2	TDRppc による反射波の計測	27
2.0	機器の接続と設定	27
2.1	測定	29
3	さらに進んだ使い方	31
3.0	スペクトル計算の一括処理	31
3.1	反射波形の表示の拡大・縮小	32
3.2	その他の環境設定	34

0 はじめに

この Document では、TDRppc の使用法について説明する。TDRppc の設計や TDR の実験技術については述べていない。設計については Design & Implementation を参照すること。

0.0 TDRppc とは何か

TDR(Time Domain Reflectometry) は、立ち上がりの早い電氣的なパルス波を伝送線を通して送り、伝送線上のインピーダンスの不整合によって反射されてくる波を時間領域で観測する手法であり、別名を閉回路レーダーという。伝送線の先を開放端とし、絶縁性の材料を密着させておくと、入射波よりは鈍った波形が反射され、その波形の変化が材料の誘電特性が含まれるので、反射波形をフーリエ変換すると材料の複素誘電率スペクトルを得ることができる。入射波そのものを基準として用いるのは測定の技術上困難である。そこで既知の誘電率を持つ材料を標準試料として用い、標準試料と未知試料の反射波形の差から未知試料の複素誘電率を求める方法が開発された。これを difference method といい、Cole、Mashimo、Winsor らによって 1980 年に提案された。その後、Mashimo らによって、ある程度の直流導電率を持った試料に difference Method を適用する方法が開発された。

Difference Method の計算方法そのものは関連の論文にしっかり書いてあるが、実装するとするとそれなりに手間がかかり、ノウハウ的な部分もあることから、プログラムがネックになってなかなか広く使われるようにはなっていない。

TDRppc は、defference Method のアルゴリズムに基づき、標準試料と未知試料の反射波形を計測し複素誘電率を計算するプログラムである。

0.1 開発環境及び動作環境

開発環境は、PowerMaintosh(Apple Computer, Inc.) で CodeWarrior (Metrowerks Inc.) を用いた。CodeWarrior は 1 年に 3 回改訂されるので、私もそのたびに TDRppc を再コンパイルしている。現在の最新版は Pro3 である。もともとは私の学位論文の実験のために Macintosh IIci 上で MPW と Symantec C++ for MPW を用いて開発したものである。初めて Mac を使ってやった仕事がこのプログラムの開発であった。その後開発環境を CodeWarrior に移し、計算速度を上げるために PowerPC 対応に書き換えた。現在のバージョンは 1.2 で、PowerPC ネイティブ版のみ提供している。スペクトルの計算のためには PowerMacintosh が必要である。

TDR 測定ハードウェアは HP5412*T シリーズおよび HP54750 シリーズ (Hewlett Packard Inc.) に対応している。測定器側のインターフェースは GPIB(HPIB) であるが Mac はこれを標準では持っていない。TDRppc では以下のインターフェースを使うことができる。

1. MacADIOS488s

GW Instruments Inc. の製品。日本の代理店は東陽テクニカ。

2. MacSCSI488

IOTech 社の製品。日本の代理店は東陽テクニカ。

3. PCI-GPIB

National Instruments 社の製品。日本の代理店は日本ナショナルインスツルメンツ。

ドライバは NI-488.2 を使用する。

MacADIOS は IOTech 社の OEM で、MacSCSI488 とドライバも含めて同じ製品である。現在、IOTech

社は MacSCSI488 を製造中止にしたため入手は困難である。ナショナルインスツルメンツ社はパソコンや WS 用の計測用ボードの老舗であり、Mac 用の各種ボードの製造販売を継続することなので、これからは NI 社の製品を使っていくことになると思う*。

TDRppc を使って計測をするにはボードが必要だが、計測を他の方法で行い反射波形のファイルのみを TDRppc で処理させることももちろん可能である。TDRppc はいくつかの反射波形のファイルフォーマットに対応している。

最終的に得られた誘電率スペクトルの解析には、私は Igor Pro を推奨している。TDRppc は Igor Pro の形式のファイルを出力することができる。Igor Pro に関する情報は、

<http://www.wavemetrics.com>

で得ることができる。

0.2 インストール方法

TDRppc1.2 フォルダの中の TDRppc をどこでも好きな所に入れて動かせばよい。

MacADIOS(MacSCSI) を使う TDRppc は、これらのインターフェースやドライバがない Mac 上でも計測部分以外は動作する。

NI-488.2 を使う TDRppc は、TDRppc から見える場所に MacGPIB.shlb がないとプログラムを動かさないかもしれない。インターフェースボードを入れていないパソコンで誘電率計算のみのために動かす場合は、MacGPIB.shlb を TDRppc と同じフォルダにコピーしておくか、機能拡張ファイルに MacGPIB.shlb を入れておくかする必要がある。MacGPIB.shlb は NI-488.2 をインストールすると自動的に機能拡張に入る。NI-488.2 は NI 社のウェブページより（ボードを持っていなくても）ダウンロードできる。

0.3 ライセンス

TDRppc はフリーソフトウェアで、GNU General Public Licence に従って配布される。Documentation フォルダの GNU GPL ファイルを読んで、その内容を守ること。

0.4 サポート

メールによる問い合わせには可能な限り応じる。apj@atom.phys.ocha.ac.jp にメールを送ればよい。しかし、改良の要求に応じることができないかもしれない。私のプログラム能力にも限りがあるし、別の仕事で忙しかったりもする。もしレスポンスが悪くても怒らないように。

なお TDRppc は随時改訂される。

0.5 その他

TDRppc のソースコードを見て、私の現在のプログラミングの技術を推測することを禁止します。

*NI 対応版の作業のために、日本ナショナルインスツルメンツから PCI-GPIB ボードの貸し出しを受けた。ここにお礼申し上げます。

1 誘電率計算のチュートリアル

ここでは、すでに測定した反射波形のファイル（TDRppc パッケージに含まれているサンプルファイル）から TDRppc を使って複素誘電率を計算する方法について説明する。未知試料が直流導電率を持たない簡単な場合を扱う。測定方法そのものの知識はここでは必要最小限にとどめるので、論文などで調べてほしい。

1.0 TDRppc の起動

TDRppc のアイコンをダブルクリックすればプログラムが始まる。

Fig.1.1 が TDRppc のアイコンである。デスクトップの状態によってはこういう絵ではないかもしれない。



ちなみにこれは、150GHz 帯の TDR を行うためのパルスジェネレータのデバイスのマスクパターンである。中央に多分 GaAs があるはずだ。DUT(Device Under Test) は図の上部に接続される。

Figure 1.1:

起動した直後は、下のようなウィンドウが出る。

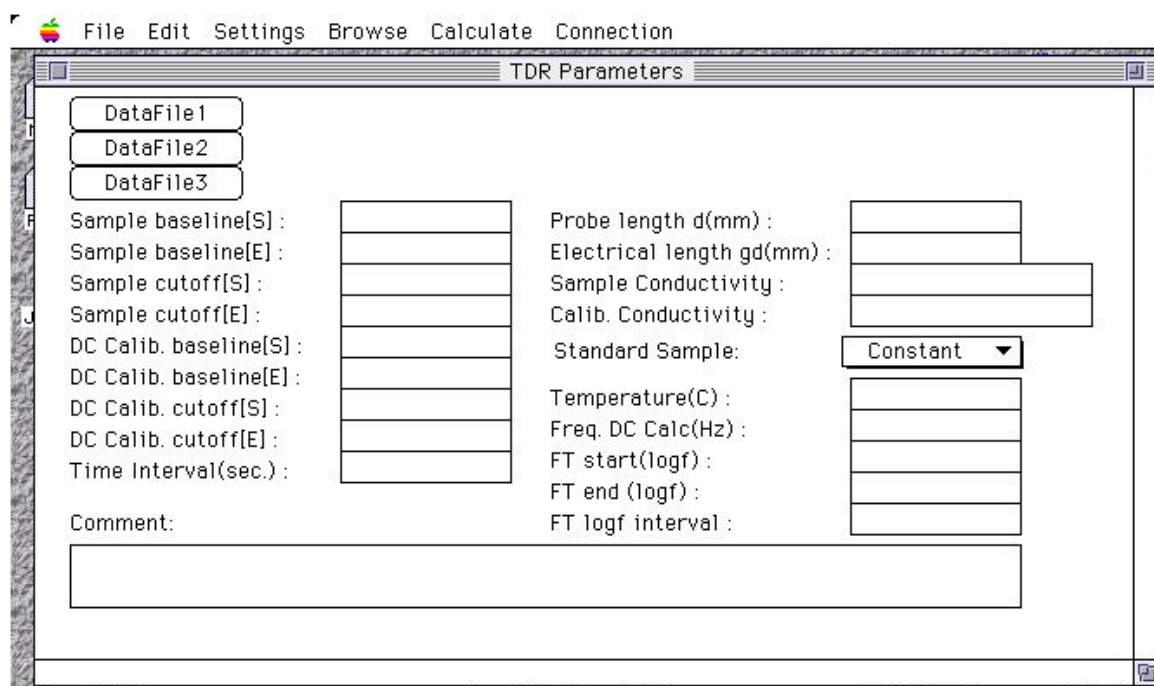


Figure 1.2: 起動直後のウィンドウ

1.1 反射波形のファイルの読み込み

Fig.1.2 に示したウィンドウ中の **DataFile1** ボタンを 1 回クリックする。すると、Fig.1.3 のようなファイル選択ウィンドウが出る。これは、TDRppc 1.2 フォルダの 中の Sample by apj フォルダの中のデー

タファイルを選んだところである。ファイルを開くには、ファイルを選択した後、**Open**をクリックする前に正しいファイル形式を選ぶ必要がある。met_w1n1.dat に対しては、リストの 2 番目の Std &Sample を選ぶ。それぞれのファイル形式については 3.0 節で説明する。

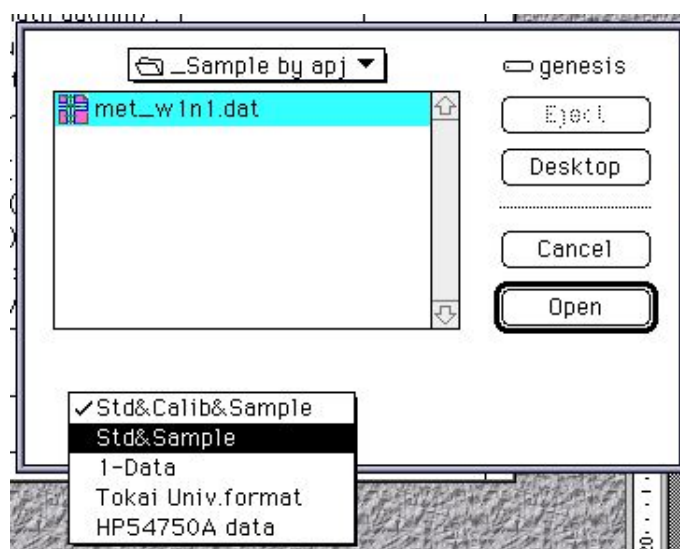


Figure 1.3: ファイル読み込み画面

間違ったファイル形式を選んだ場合は、エラーメッセージを表示するウィンドウが出て読み込みは行われない。

読み込みが終了するとパラメータ入力画面は Fig.1.4 のようになる。Time Interval に数値が入っていることに注目してほしい。HP54750 本体に付属のフロッピードライブに直接保存されたデータにはファイルに時間情報が入らないので注意が必要である。

1.2 スペクトル計算のためのパラメータ設定

スペクトルの計算をするためには、まず反射波形のどの範囲を使うか決める必要がある。まず、Settings メニューの Sample cutoffs を選ぶ。

新しいウィンドウが開いて、標準試料と未知試料の反射波形の差が表示される (Fig.1.6)

ウィンドウ内でマウスポインタを動かすと、**Scale** ボタンのすぐ右に、ポインタ位置に相当するデータのポイント数とその位置の縦軸および横軸の値が表示される。

もしグラフが小さすぎるようなら、**Scale** ボタンをクリックする。XY 方向の拡大率を入力するためのウィンドウが開く。Fig.1.7 では X は空白で Y に 2.0 を入力しているが、これは X 方向はそのままの倍率で Y 方向に 2 倍拡大するという意味である。

次に、反射が終わっているかどうか (波形が傾いていないかどうか) を確認する。グラフウィンドウの左端の四角形をクリックすると、赤色の Horizontal bar が表示される (Fig.1.8)。左端の三角形をドラッグすると bar を上下に移動することができる。

TDR Data Window (Fig.1.8) のボタンの右の X:, Y: は、マウスポインタの位置を表す。表示される値はデータのスケールに対応しているが、データをトレースしていない。青色のグラフの上にマウスポインタを重ねたときに表示される値が、ポインタの位置のデータの値となる。

Figure 1.4: データファイル読み込み終了後

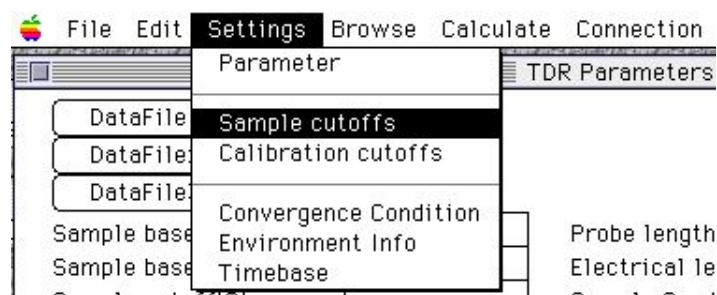


Figure 1.5: Settings メニュー

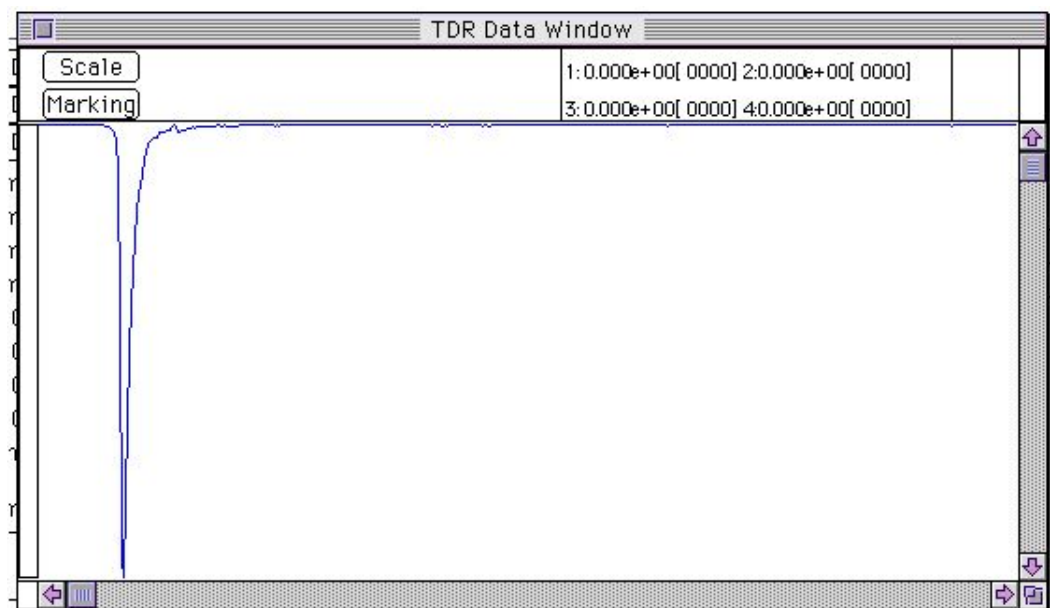


Figure 1.6: ウィンドウの幅いっぱいにデータが表示される

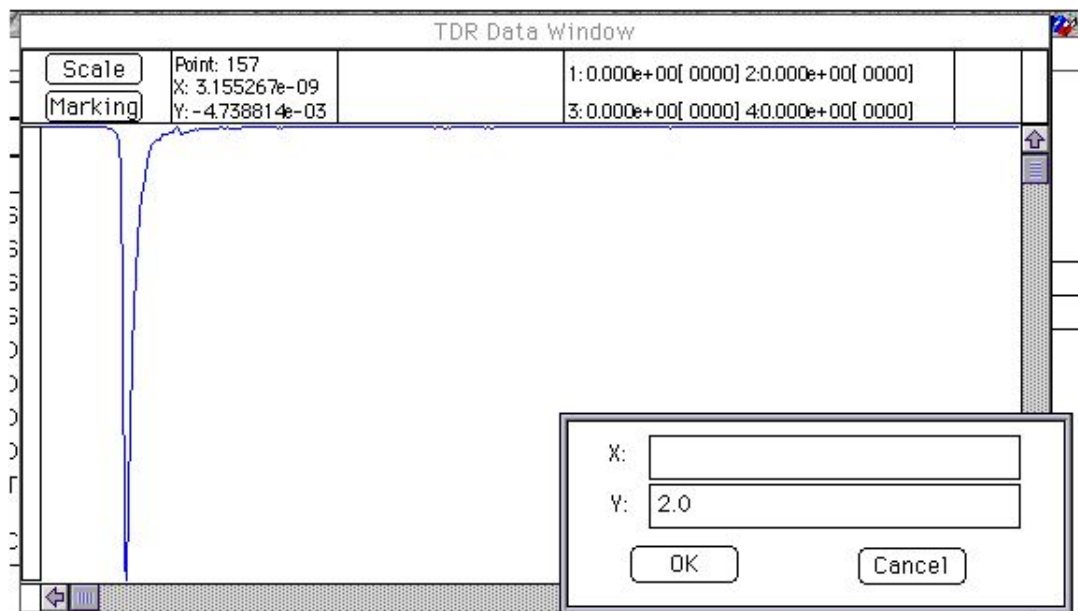


Figure 1.7: 縦に 2 倍する

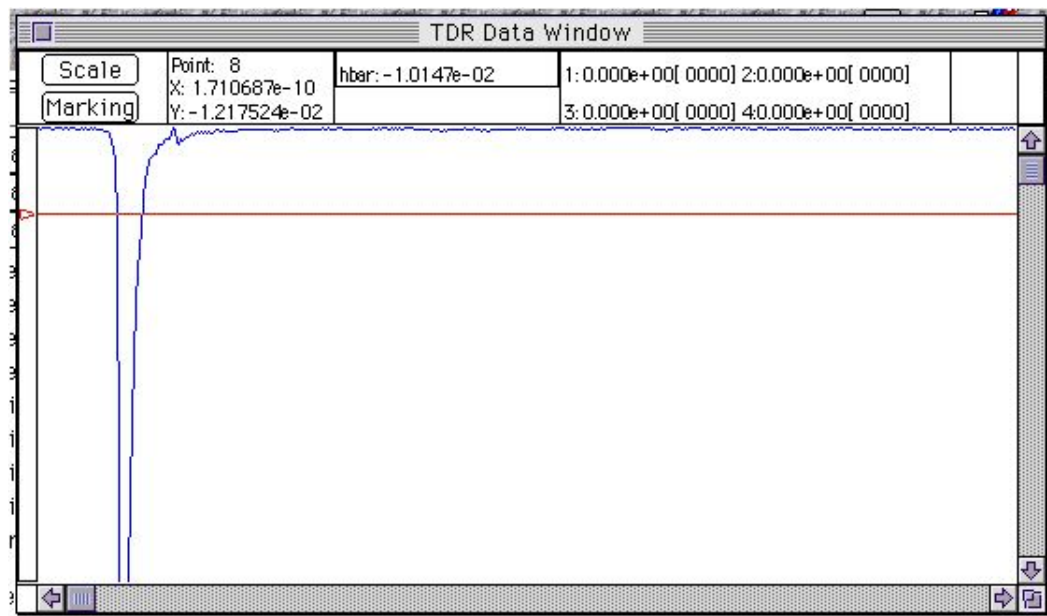


Figure 1.8:

波形の表示スケールを変更したり、ウィンドウのサイズを変更したり、波形をスクロールしたりすると Horizontal bar は画面から消える。もう一度左端の四角形をクリックすると再度表示される。

たまに、グラフの書き直しのタイミングがあわないと、bar の表示が残ったままになってしまう。新しい bar はちゃんと表示されて動くし、一旦ウィンドウを閉じてから再度表示させると残った bar は消える。あまり気分がよくないが、データ処理には影響がないので、見逃してほしい。今全面的に書き直しているバージョンでは直す予定である。

bar の位置は、hbar フィールドに表示される。

ベースラインとカットオフを決めるには、Marking ボタンをクリックする。

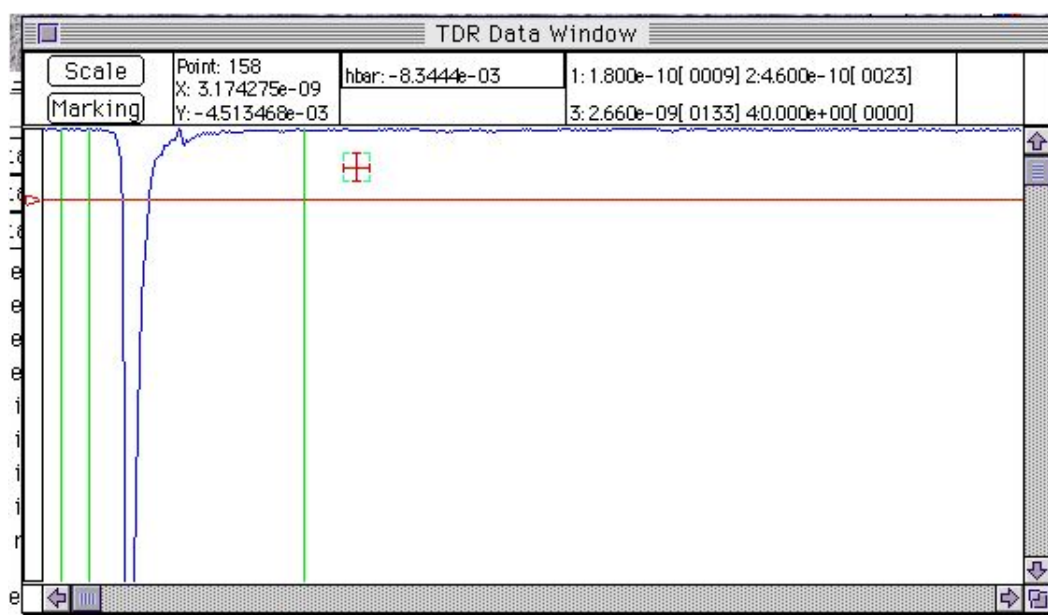


Figure 1.9: フーリエ変換の範囲を決める

マウスポインタの形が、緑の四角形に赤い十字が入った形に変わる (Fig.1.9)

ベースラインの X 位置 (トレースの上でなくてもよい) にポインタを置いてクリックすると、その位置に緑の縦線が表示されて、右側の 1: というフィールドに値が表示される。小数点のついた数字はデータの値で、[] 内はデータの何点目かを示す。ベースラインの最初と最後、カットオフの最初と最後の順にマウスを移動しクリックする。この順番を守ってほしい。必ず左から順にクリックする。4 点を決めると、マウスカーソルの形が元に戻る。

設定位置を間違えた場合は Marking ボタンをクリックする。それまでに設定された位置はすべてクリアされるので、4 点の場所を決めなおすことができる。

すでに 4 点の位置を確定して、緑色のマーカーが表示されている場合には、マーカーの上でマウスボタンを押すとカーソルの形が変わってマーカーが灰色の線で表示される。この状態で左右にマーカーをずらすことができる。ただし、両隣のマーカーを越えて動かすことはできない。また、一番左のマーカーは表示領域を越えて左には動かせないし、一番右のマーカーは表示領域の右を越えて動かすことはできない。マーカーは互いに重なる直前で止まる。もっとマーカー同士を近づけたいときは、グラフを拡大すること。もし、マーカーが重なってしまってもう選択できなくなったときは、一旦このウィンドウを閉じて

Fig.1.11 のパラメータ入力画面を出し、ベースラインとカットオフの値をキーボードから入力して変更する。再度 Settings メニューから Sample cutoffs を選ぶと変更した値に対応した位置にマーカーが表示されるので、再度マーカーをドラッグして適切な位置にあわせる。

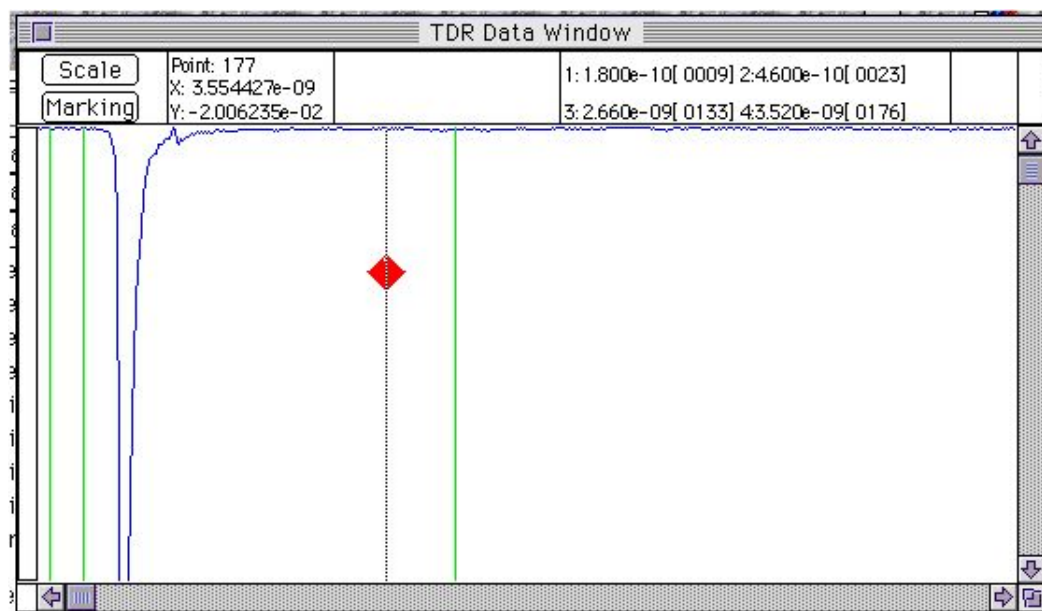


Figure 1.10: マーカーをグラフ上で動かしてあわせる

設定が終わったら、このウィンドウ (Fig.1.10) のクローズボックスをクリックして、ウィンドウを閉じる。ウィンドウを閉じるときに設定した値が処理パラメータにコピーされるので、必ず閉じること。パラメータウィンドウは Fig.1.11 のようになる。

Sample Baseline[*] や Sample cutoff[*] に値が入っている。引き続き残りの処理パラメータを入力する。

右側の上から順に値を入れていく。Probe length と Electrical length は測定に用いたプローブの長さで電気長である。このサンプルファイルに対しては、順に 0.01 と 0.2 を入力する。次の、Sample Conductivity と Calib. Conductivity は何も入力せず、空欄のままにしておく。Standard Sample は測定に用いた標準サンプルを選ぶ。メニュー形式になっている。Water を選ぶ。

TDR の測定では、すでに複素誘電率スペクトルの温度依存性がわかっている有機溶媒や水を標準試料として用いる。このメニューにある物質は、各温度における複素誘電率を計算する式とパラメータがすでに得られていて、プログラム中ではその都度標準試料のスペクトルを計算している。

Temperature は標準試料の反射波を測定したときの測定温度をセ氏で入力する。実験によっては未知試料と標準試料の測定を同じ温度で行うこともあるし、違う温度のこともあるだろう。

サンプルファイルでは、25 を入力する。

Freq. DC Calc には何も入力しない。FT start, Ft end, FT logf Interval はフーリエ変換する周波数範囲と周波数の刻み幅の対数の値を入力する。これらの値は測定データのサンプリング間隔とサンプリング定理を考慮して決める。付属のサンプルファイルでは、開始が 100MHz(10^8 Hz)、終了が 10GHz(10^{10} Hz) が適切であり、FT start には 8、Ft end には 10 を入力する。フーリエ変換の刻み幅は 0.05 を入力する。周波数の対数が 8,8.05,8.1,... となる点での複素誘電率を計算することになる。

Parameter	Value
Sample baseline[S]	6
Sample baseline[E]	23
Sample cutoff[S]	177
Sample cutoff[E]	212
DC Calib. baseline[S]	0
DC Calib. baseline[E]	0
DC Calib. cutoff[S]	0
DC Calib. cutoff[E]	0
Time Interval(sec.)	2.0000e-11
Probe length d(mm)	
Electrical length gd(mm)	
Sample Conductivity	
Calib. Conductivity	
Standard Sample	Constant
Temperature(C)	
Freq. DC Calc(Hz)	
FT start(logf)	
FT end (logf)	
FT logf interval	

Figure 1.11: フーリエ変換の範囲がコピーされる

なお、Comment フィールドには何でも好きなことを書いてよい。すべて入力が終わると、パラメータウィンドウは Fig.1.13 のようになる。

TDR Parameters

DataFile1
DataFile2
DataFile3

Sample baseline[S]: 6
Sample baseline[E]: 23
Sample cutoff[S]: 177
Sample cutoff[E]: 212
DC Calib. baseline[S]: 0
DC Calib. baseline[E]: 0
DC Calib. cutoff[S]: 0
DC Calib. cutoff[E]: 0
Time Interval(sec.): 2.0000e-11

Probe length d(mm): .01
Electrical length gd(mm): .2
Sample Conductivity:
Calib. Conductivity:
Standard Sample: ☒ Constant
Water
Aceton
Chroloform
Benzene
Toruene
Ethanol
Methanol
Temperature(C):
Freq. DC Calc(Hz):
FT start(logf):
FT end (logf):
FT logf interval:
Comment:

Figure 1.12: セルの定数を入力し、標準サンプルを選ぶ

TDR Parameters

DataFile1
DataFile2
DataFile3

Sample baseline[S]: 6
Sample baseline[E]: 23
Sample cutoff[S]: 177
Sample cutoff[E]: 212
DC Calib. baseline[S]: 0
DC Calib. baseline[E]: 0
DC Calib. cutoff[S]: 0
DC Calib. cutoff[E]: 0
Time Interval(sec.): 2.0000e-11

Probe length d(mm): .01
Electrical length gd(mm): .2
Sample Conductivity:
Calib. Conductivity:
Standard Sample: Water
Temperature(C): 25
Freq. DC Calc(Hz):
FT start(logf): 8
FT end (logf): 10
FT logf interval: .05
Comment:

Figure 1.13: パラメータの入力が完了した

1.3 計算と結果の保存

スペクトルを計算するには、Calculate メニューの Start FT&Iteration を選ぶ。

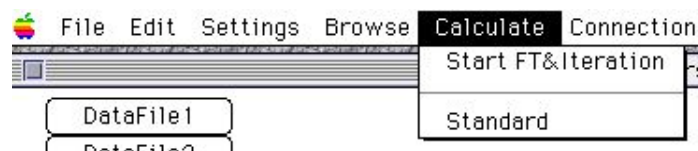


Figure 1.14: Calculate メニュー

選んだ瞬間に計算が始まる。新たにウィンドウが開いて、計算をしている間、どの周波数を計算しているか表示する。(しかしこの図は用意していない)

ウィンドウにはキャンセルボタンもある。計算の途中で抜け出すために作った。最初のバージョンは Iici で動いていたので計算が遅かったのが待ち時間が長かった。しかし、PowerMac になってからはその必要が無くなった。計算速度が早いので、ウィンドウを表示して計算が始まったと思ったらすぐ終わって表示が消えてしまう。キャンセルボタンをクリックするのは難しい。このウィンドウが開いている図を作ることができなかった。ウィンドウが出ている時間が短すぎて、タイミングをあわせて画面をキャプチャすることができなかったからだ。

計算が終わると、結果のファイルの保存を行う。ファイル保存のダイアログは計算が狩猟すると自動的に表示される (Fig.1.15)。

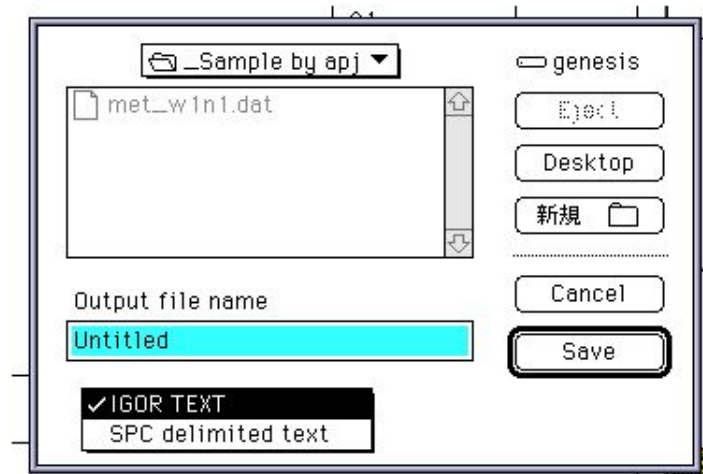


Figure 1.15: 結果を保存するファイルの形式を選ぶ

結果を保存するファイルは、2つの形式を選ぶ。IGOR TEXT を選ぶと、Igor の wave ファイルの形式で保存される。この形式で保存したファイルを IGOR で読み込むと、周波数、誘電率の実部・虚部にそれぞれ wave の名前がつき、実部の wave の WaveNote にスペクトル計算の際のパラメータの値がすべて入る。SPC delimited text を選ぶと、周波数、実部、虚部、Freq. DC.calc の周波数における DC を差し引いた虚部、イテレーションの回数の順にスペースで区切られたデータがテキストファイルとして保存される。

Igor 形式で保存してスペクトルの解析に Igor を使うことを推奨する。Igor 形式であれば、フーリエ変換の際のパラメータや入力したコメント、測定とフーリエ変換を行った日時などがすべて WaveNote に入

るので、どういうデータかいつでも知ることができる。Igor を使わない場合は、SPC delimited text で保存すれば、たいていの表計算・グラフソフトで読み込むことができる。

サンプルファイルの計算においては、Freq. DC.calc は空欄で計算したので、SPC delimited text で保存した場合、4 番目のフィールドはすべて 0 が入る。

イテレーションの回数は、イテレーションのループを回した数であるが C プログラムのループカウンタをそのまま保存しているため、1 回計算した場合は 0 が入っている。最後のフィールドに 1 足した数が計算を行った回数になる。

計算が終わった後、パラメータウィンドウは Fig.1.16 のようになる。Sample Conductivity フィールドに値が入っている。

Figure 1.16: 計算後、導電率の値が入る

Igor 形式でファイルを保存し、Load Igor Text.... で読み込んだときの Igor の Command Window の例を Fig.1.17 に示す。

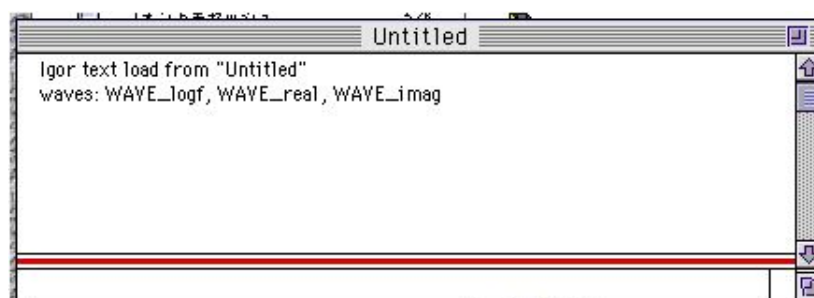


Figure 1.17:

Igor で、実部の wave に Browse Wave を実行した結果の例を Fig.1.18 と Fig.1.19 に示す。

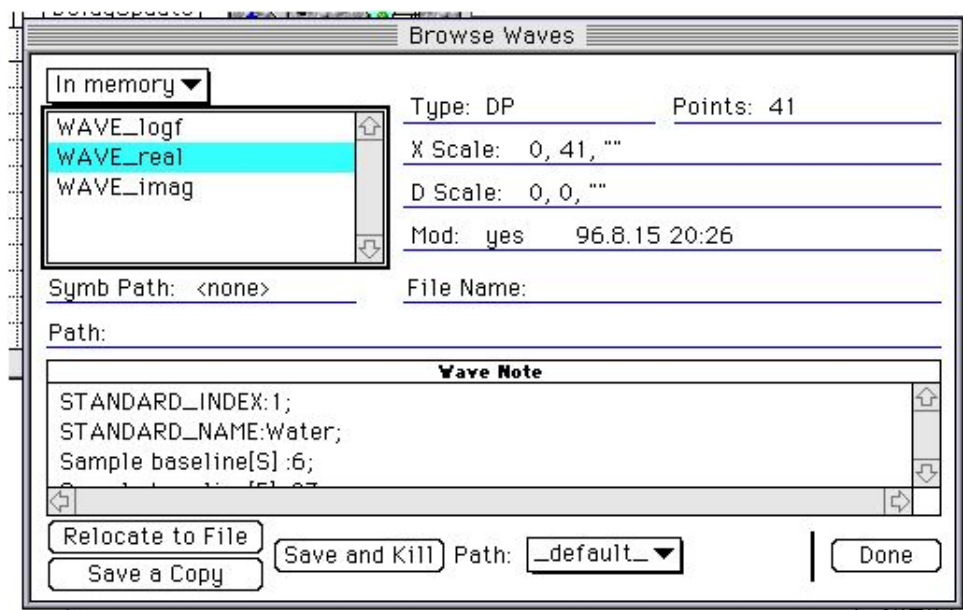


Figure 1.18:

Fig.1.19 のパラメータは Igor の keyword-value の形式に従っている。この形式で保存すれば IgorPro Folder の中の、WaveMetrics Procedures:Utilities:String:Keyword-Valu のプロシージャを用いて、項目を選んでその値を取り出すことができる。Igor Pro ver.3 の User's Guide p.105 にも説明がある。

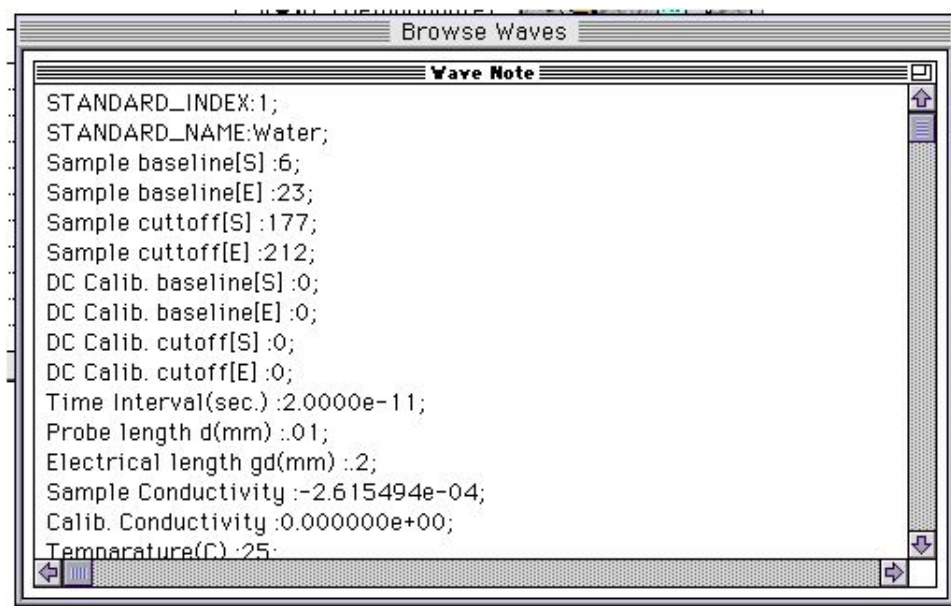


Figure 1.19: WaveNote には計測と計算に関する情報が入る

1.4 反射波形のファイルの読み込み（東海大フォーマット）

DataFile1 ボタンをクリックしたあと、Fig.1.3 のダイアログで TOKAI Univ.format を選ぶ。このとき、Fig.1.20 に示すメッセージが出るが、**OK** をクリックしても問題はない。

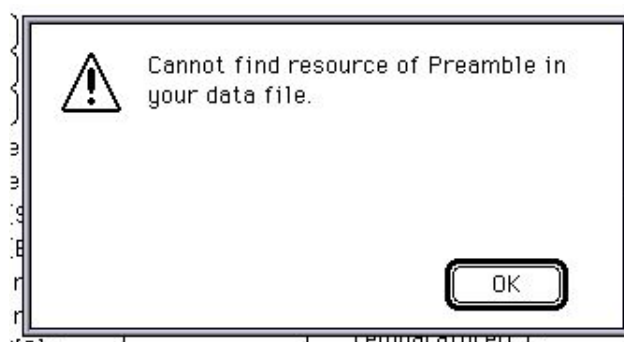


Figure 1.20: プリアンブルが無いというメッセージ

Preamble とは、測定器が持っている情報の一部である。TDRppc を使って測定した場合はこの情報が反射波形のファイルに入っているが、そうでない場合はこのメッセージが出る。Preamble そのものをデータ処理に使うことはないので、このメッセージを気にする必要はない。Fig.1.21 のようなメッセージが表示されることもある。

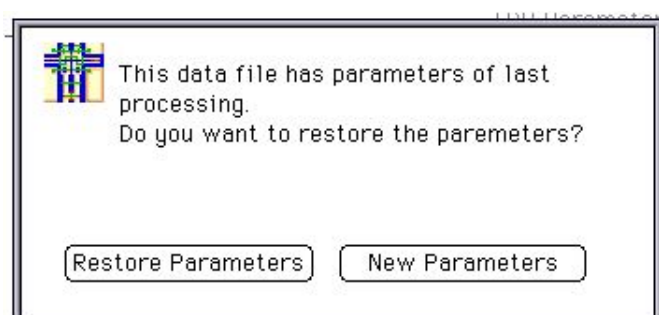


Figure 1.21:

これは、以前にこの波形でスペクトルの計算をしたことがあった場合に表示される。TDRppc は、スペクトルの計算が終わったときに、元のファイルに処理パラメータを保存する。どういうセルと標準サンプルを用いたかという情報をあとから調べることができる。以前の処理パラメータと同じ条件で処理をしたときは、Restore Parameters をクリックする。新しい条件で始めたいときは New Parameters をクリックする。別の条件でスペクトルの計算をすると、計算が終わったときに古いパラメータは新しいパラメータで上書きされる。

【東海大フォーマットについて】

TDR の difference method のプログラムは何カ所かで実装されている。東海大学の真下研究室で実装されたものが最初で、PC-9801 シリーズ（NEC）で動作する。次に私が修士課程の時に真下研究室に情報をもらって独自に作成したものがあり、やはり PC-9801 シリーズで動作する。その次に北大の野崎さんが DOS/V 環境で実装したものが

ある。それより少し遅れて、私が博士課程の研究のために Macintosh に再度実装した。東海大のグループはおそらく今も真下研由来のプログラムを使っているはずだ。野崎さんのものに関しては今のところ情報が無い。

私の PC98 版は、データフォーマットがバイナリであり、今は使用していない。2 回目の実装ではデータの export を考えてすべてテキスト形式にした。TDR の技術的な情報は東海大のグループが蓄積していて（本家なので）無視できない。情報の交換のためには、東海大のグループのファイルも扱う必要がある。そのため東海大フォーマットの反射波形のファイルを読み込めるように設計した。ファイル形式の詳しい情報は Design & Implementation を参照してほしい。

1.5 HP54750A のデータファイルの読み込み

HP5412*T の後継機種として、HP54750A が発売された。パルスジェネレータはオシロ本体に組み込みで、3.5 インチフロッピードライブを内蔵しているのが特徴である。TDRppc は GP-IB インターフェースを使って HP54750A からデータを取り込むこともできるが、ここでは HP54750A から直接フロッピーに書き込んだデータを読み込む場合について説明する。GP-IB を通してデータを読み込んだ場合は、この節の内容は無視してかまわない。

HP54750A のフロッピードライブに保存されたデータファイルには波形の電圧値が改行コードで区切られて入っており、Mac のテキストファイルに変換すると値はほぼ 1 行おきに書き込まれている（たまに 1 行あけずに入っていることがある）。これは、元のフォーマットが DOS 対応であり、改行コードの扱いが Mac と異なっているためと思われる。時間軸などの情報は入っていない。このファイルの読み込みは、1.6 節の D の場合と同じである。

1 つのファイルに 1 つの波形しか保存できないので、測定が終わると標準試料の波形のファイルと未知試料の波形のファイルができるはずである（場合によっては DC 補正のファイルができる）。Fig.1.2 で **DataFile1** ボタンをクリックし、Fig.1.3 で HP54750A data を選ぶ。ファイルには標準試料のデータを指定する。次に **DataFile3** ボタンをクリックし、ファイル形式に HP54750A data を指定し、未知試料のデータを読み込む。もし DC 補正が必要ならば、**DataFile2** ボタンをクリックし、HP54750A data を指定して DC 補正データのファイルを読み込む。

DataFile3 をクリックしてファイルを読み込むと、Fig.1.22 のようなウィンドウが開く。# of points には測定データの数が入っている。last time(sec.) に、測定波形の最後の時間を入力すること。TDRppc はこの値を # of points の値で割った値を時間間隔とする時間軸を作って計算を行う。もし、ここで誤った値が入力した場合は、Fig.1.5 の Settings メニューから Timebase を選べば Fig.1.22 が表示されるので再度入力を行う。

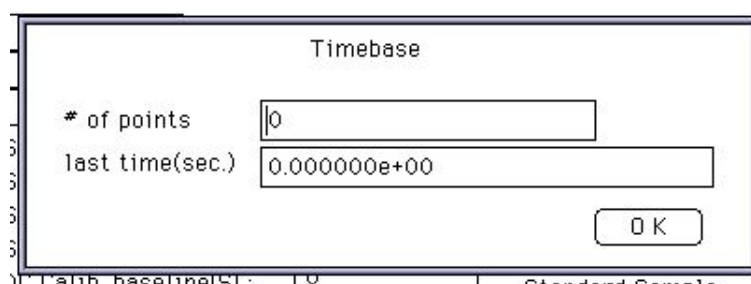


Figure 1.22:

Timebase を手動で設定しなければならないのは、ファイルが時間軸情報を持っていない場合だけである。TDRppc で測定した場合、データファイルはすべて時間軸情報を持っている。また東海大フォーマットのデータも時間軸情報を持っている。これらのファイルを扱っているときは、Timebase を設定するべきではない。

また、# of points の値が測定時と異なっているときは、ファイルに異常があつて最後までデータを読み込むことができなかった可能性がある。ファイルをテキストエディタで開くなどして、再度確認すること。データが改行で区切られていれば読み込みは行われるので、必要があれば修正すること。

また、Fig.1.20 のようなウィンドウが表示されることがあるが、先に述べたようにこれは気にする必要はないので無視してほしい。Fig.1.21 は、一度誘電率を計算した未知試料のデータを再度読み込んだときに表示される。

1.6 DC 補正が必要な場合

直流導電率がある程度大きい試料を測定してスペクトルを計算するには、標準試料 (S)、未知試料 (x)、DC 補正用の試料 (B) の反射波形の 3 つが必要になる。測定手順と結果の保存状態によって、ファイルを読み込ませる方法が異なる。いくつかの場合について説明する。

【ファイルを読み込む方法】

- **A.TDRppc** で測定し、1 つのファイルに S,B,X の順でデータが入っている場合
Fig.1.2 で **DataFile1** ボタンをクリックし、Fig.1.3 で Std&Calib&Sample を選ぶ。
- **B.TDRppc** で測定し、ファイル 1 に S,B の順で、ファイル 2 に B,X の順でデータが入っている場合
Fig.1.2 で **DataFile1** ボタンをクリックし、Fig.1.3 で Std&Sample を選ぶ。読み込むファイルにファイル 1 を指定する。次に、DataFile2 ボタンをクリックし、ファイル形式に Std&Sample を選び、読み込むファイルにファイル 2 を指定する。
- **C. 東海大グループのプログラム** を使って測定し、ファイル 1 に S,B の順で、ファイル 2 に B,X の順でデータが入っている場合
Fig.1.2 で **DataFile1** ボタンをクリックし、Fig.1.3 で TOKAI Univ.format を選ぶ。読み込むファイルにファイル 1 を指定する。次に、**DataFile2** ボタンをクリックし、ファイル形式に TOKAI Univ.format を選び、読み込むファイルにファイル 2 を指定する。
- **D.TDRppc** で測定し、ファイル 1 に S、ファイル 2 に B、ファイル 3 に X のデータが入っている場合
Fig.1.2 で **DataFile1** ボタンをクリックし、Fig.1.3 で 1-Data を選ぶ。読み込むファイルにファイル 1 を指定する。次に、**DataFile2** ボタンをクリックし、ファイル形式に 1-Data を選び、読み込むファイルにファイル 2 を指定する。最後に、**DataFile3** ボタンをクリックし、ファイル形式に 1-Data を選び、読み込むファイルにファイル 3 を指定する。

【パラメータの設定と計算】

1.2 節の手順とほぼ同じである。まず、Settings メニューの Sample cutoffs を選んで波形グラフを出し、ベースラインとカットオフの計算に使用する点を 4 点決めて、Data Window を閉じる。次に、Settings メニューの Calibration cutoffs を選んで波形グラフを出し、ベースラインとカットオフの 4 点を決めて Data Window を閉じる。

次に、Parameter ウィンドウの右側の項目を入力する。このとき、Sample Conductivity, Calib. Conductivity は空欄のままにしておく。Freq.DC Calc も空欄にしておく。入力が終了したら、1.3 節に示したように Calculate メニューを使って計算を行い、ファイルを保存する。

計算が終了すると、Parameter ウィンドウの Sample Conductivity, Calib. Conductivity の両方に値が入る。

【Freq.DC Calc の使い方】

測定の状態によっては、最後に計算したときに DC の差し引きが十分ではなく、誘電率の虚部の低周波数側が、 ϵ' に変化がないにもかかわらず、 $\log(\epsilon'') - \log(f)$ でプロットしたときに直線的に増加することがある。このときの補正は、計算範囲より 1 桁以上低周波数のときの ϵ'' を求めて、その値がすべて直流成分に由来すると仮定して導電率を計算し、 ϵ'' から差し引く。このとき、Freq.DC Calc フィールドの周波数の値を使って導電率を計算する。

補正が必要かどうかは補正しないときの計算結果を見て判断する。この補正なしで問題がないなら、このフィールドは空欄にしておくべきである。

1.7 その他の情報

【イテレーションの収束条件の設定】

Fig.1.5 の Settings メニューから、Convergence Condition を選ぶと Fig.1.23 が表示される。# of Iteration はもし収束しなかった場合に計算を打ち切るまでの計算回数である。

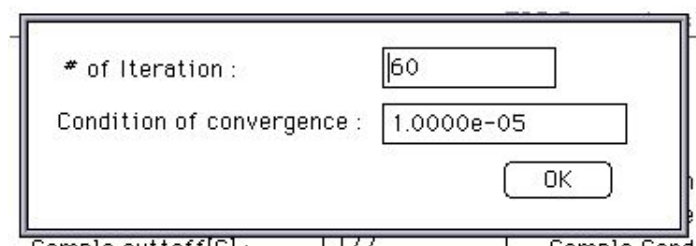


Figure 1.23: イテレーション終了条件

直前の計算値と比較して、Condition of Convergence フィールドの値以下の変化となった時に収束したと判定する。

【測定に関する情報を見る】

TDRppc で測定を行った場合、反射波形のファイルに preamble が保存される。これを見るには、Browse メニューから、Preamble を選ぶ。

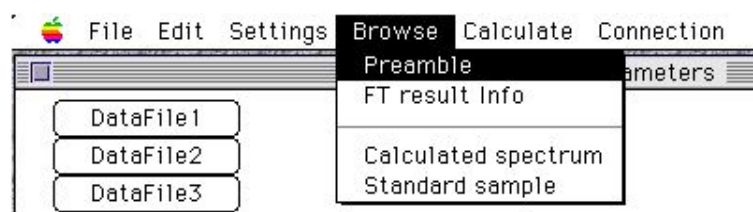


Figure 1.24:

preamble は Fig.1.25 のように表示される。

各項目の意味については、測定器のマニュアルを参照すること。

【スペクトル計算に関する情報】

Browse メニューで FT result Info を選ぶ。

of data、# of calib は計算に使用したデータ点数で、# of spectrum は FT 後のデータ点数である。Sample DC, Calib. DC は計算で求めた DC 補正の値で、sigma/eps は誘電率と導電率の比である。定義は論文などを参照すること。

【計算結果】

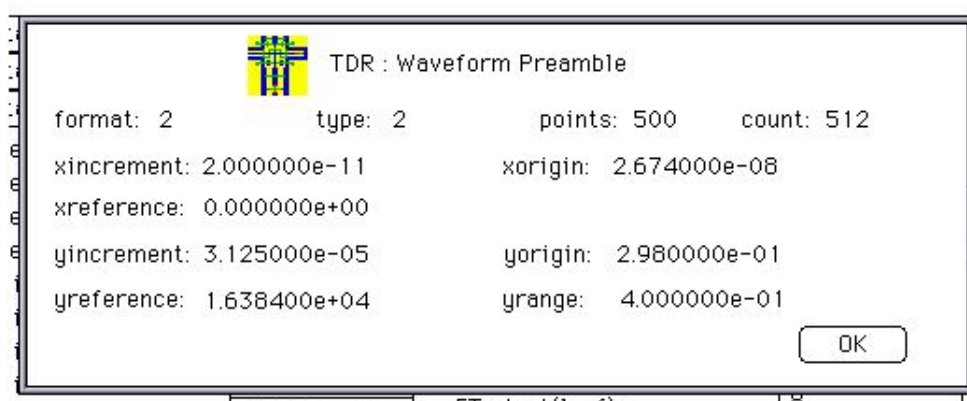


Figure 1.25: Preamble

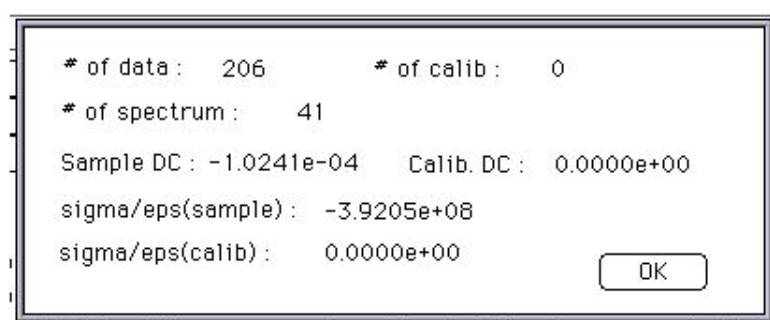


Figure 1.26:

スペクトルの計算結果はファイルに保存されるから、エディタなどで開けば見ることができる。しかしその手間をかけずに計算したばかりのスペクトルの値を確認したいことがある。そのときは、Browse メニューで Calculated spectrum を選ぶ。

左から順に、 $\log(f)$, f , 実部、虚部、イテレーションの回数である。このウィンドウがアクティブの状態では、File メニューから Save を選ぶと、表示されている内容をテキストファイルに保存することができる。

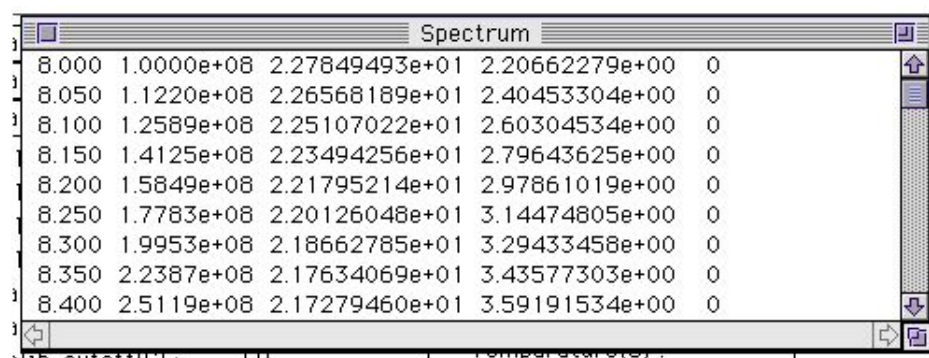
セル定数の γ_d を決めるときに、 γ_d を変えていって誘電率の実部の低い方の値の変化を見て決めることがある。このときにファイルを開かなくても計算結果を見れると便利である。

【標準試料】

計算に用いた標準試料の値を見ることができる。Browse メニューで Standard sample を選ぶ。

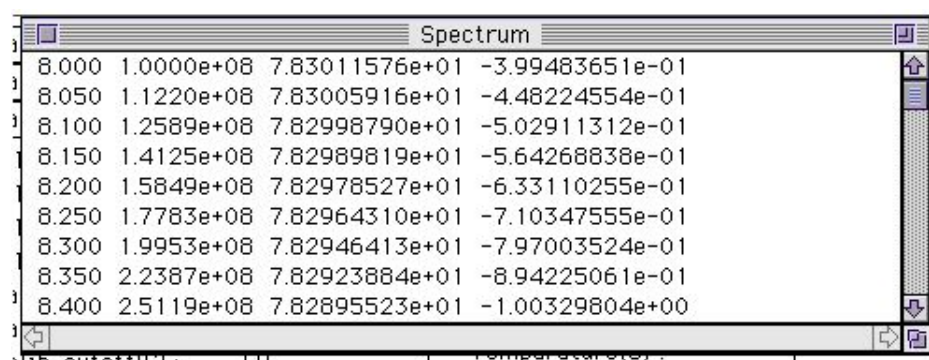
左から順に、 $\log(f)$, f , 実部、虚部である。標準試料の値は、温度と周波数から定数表を使って計算したものである。このウィンドウがアクティブの状態では、File メニューから Save を選ぶと、表示されている内容をテキストファイルに保存することができる。

計算値の虚部の一部が負の値になっているが、これは複素誘電率をあらわすときに虚部を負であらわすことに決めたからである。たまにこの値が正の値となり、その結果虚部の値が 0 に近い負の値になることがあるが気にしないで良い。このようなことが起きるのは虚部の値が小さくて実質的に 0 とみなせる場合で、もちろん 0 としてあつかってかまわない。



Wavelength (nm)	Intensity (a.u.)	Wavelength (nm)	Intensity (a.u.)	Wavelength (nm)
8.000	1.0000e+08	2.27849493e+01	2.20662279e+00	0
8.050	1.1220e+08	2.26568189e+01	2.40453304e+00	0
8.100	1.2589e+08	2.25107022e+01	2.60304534e+00	0
8.150	1.4125e+08	2.23494256e+01	2.79643625e+00	0
8.200	1.5849e+08	2.21795214e+01	2.97861019e+00	0
8.250	1.7783e+08	2.20126048e+01	3.14474805e+00	0
8.300	1.9953e+08	2.18662785e+01	3.29433458e+00	0
8.350	2.2387e+08	2.17634069e+01	3.43577303e+00	0
8.400	2.5119e+08	2.17279460e+01	3.59191534e+00	0

Figure 1.27: スペクトルの計算結果の数値を見る



Wavelength (nm)	Intensity (a.u.)	Wavelength (nm)	Intensity (a.u.)
8.000	1.0000e+08	7.83011576e+01	-3.99483651e-01
8.050	1.1220e+08	7.83005916e+01	-4.48224554e-01
8.100	1.2589e+08	7.82998790e+01	-5.02911312e-01
8.150	1.4125e+08	7.82989819e+01	-5.64268838e-01
8.200	1.5849e+08	7.82978527e+01	-6.33110255e-01
8.250	1.7783e+08	7.82964310e+01	-7.10347555e-01
8.300	1.9953e+08	7.82946413e+01	-7.97003524e-01
8.350	2.2387e+08	7.82923884e+01	-8.94225061e-01
8.400	2.5119e+08	7.82895523e+01	-1.00329804e+00

Figure 1.28: 標準試料の計算値を見る

1.8 セルの電気長 γd の決定

このマニュアルで使用した測定例では 1.2 節で Electrical length $gd(\text{mm})$ の値を 0.2 と与えたが、通常は測定の最初にプローブの電気長 γd を決める。 γd はセルの形によって決まる定数で反射波形から計算することもできるが、サンプルを測定して実験的に決める方が正確である。

まず、既知の試料で測定を行う。たとえばアセトンを経標準サンプルとし、メタノールを未知試料とみなして反射波形を測定する。次にベースラインやカットオフを決めて、標準試料を測定したときの温度やフーリエ変換の範囲を入力する。メタノールは 10^9Hz 付近に分散があるので、 $\log(f)$ は 8 から 10 までの範囲を指定する。測定する時間軸もこの周波数範囲にあわせて決める。(HP5412*t の場合、 1nsec/div か 500ps/div にする)

γd は、同軸セルの中心導体の幾何学的な長さ d より長い値になり、セルの径が大きくなるほど長くなる。まず、 γd を与えてフーリエ変換を行う。このときの計算結果は保存しない。Browse メニューで Calculated spectrum を選び、緩和が始まる前の実部の値を確認し、測定温度でのメタノールの実部の計算値と比較する。ほとんどの場合計算値と異なっているので、 γd を変えて再度フーリエ変換し、メタノールの計算値と同じ値になるように γd を決める。

メタノールの計算値を得るには、パラメータ入力ウィンドウ (Fig.1.12) の Standard Sample を Methanol にし、温度と FT Start, FT end, FT logf interval を指定して Calculate メニューから Standard を選ぶ。Fig.1.27 のように結果が表示されるので必要なら File メニューから Save を選び、テキストファイルに保存しておく。

2 TDRppc による反射波の計測

この章の内容は、作者が使用した環境に基づいている。他の環境で測定をするには、プログラムの書き換えが必要である。

2.0 機器の接続と設定

TDRppc の修正なしに測定を行うには、以下の構成にする必要がある：

コンピュータ：Power Macintosh

インターフェース：MacADIOS488s、または MacSCSI488、または PCI-GPIB

測定器：HP5412*T シリーズ、または HP54750*

MacADIOS488s または MacSCSI488 を使用する場合は Fig. 2.1 のように接続する。

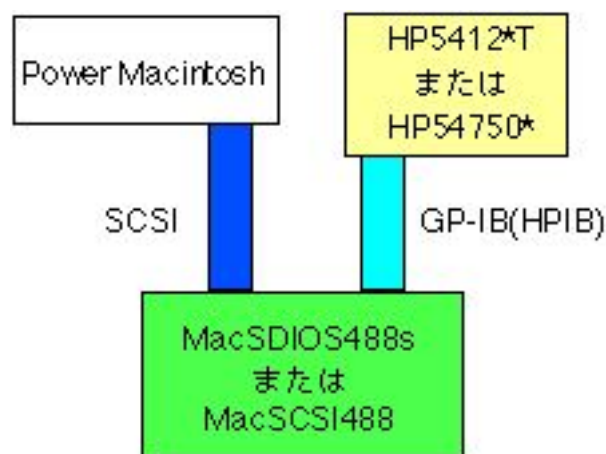


Figure 2.1: MacADIOS488s, MacSCSI488 を使う場合

接続が終了したら、アドレスなどの設定を行う。

MacADIOS(MacSCSI) 付属のドライバを Mac に入れて、SCSI アドレスと MacADIOS(MacSCSI) の GPIB アドレスを、マニュアルの通りに設定する。SCSI アドレスがぶつからないように注意すること。MacADIOS(MacSCSI) の GPIB アドレスは 00 か 01 でよい。デリミタは CR+LF にする。

HP5412*T(HP54750*) の GPIB アドレスの設定を行う。デフォルトが 06 であり、他に接続機器がなければそのままよい。確認は行うこと。

MacADIOS(MacSCSI) に電源を入れた状態で Mac を再起動すると、488 の機能拡張のアイコンが起動時に表示される。Mac の起動時に MacADIOS(MacSCSI) の電源が入っていなかった場合は、起動時に 488 の機能拡張を読み込んだときにビープ音がする。このままでは MacADIOS(MacSCSI) を使えないので、MacADIOS(MacSCSI) の電源を入れてから Mac を再起動するか、または SCSIProbe や B'sCrew などの SCSI マウンタで強制マウントする。また、測定前にセレクトで MacADIOS(MacSCSI) のドライバを選ばないとうまく接続できないことがある。

Mac に MacADIOS(MacSCSI) 以外の SCSI 機器（増設ディスクなど）を接続している場合は、付属のケーブルが使えないことがある。このときは、適切なケーブルを用意すること。SCSI 用の変換コネクタの使用は避けた方が無難である。多少高価でも質の良いケーブルを用意することを勧める。私は最初変換コネクタを使ったが、SCSI エラーを起こして Mac そのものが起動しなくなり、結局ケーブルを別に用意した。

PCI-GPIB を使用する場合は Fig. 2.2 のように接続する。

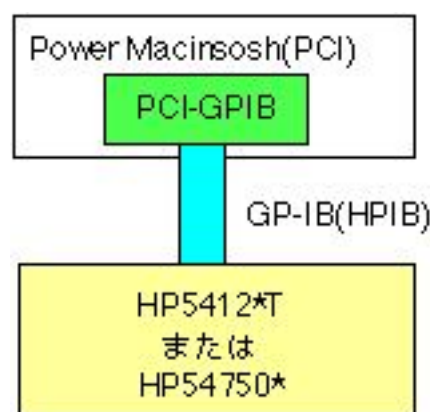


Figure 2.2: PCI-GPIB を使う場合

Power Macintosh の PCI バスに PCI-GPIB インターフェイスボードを差し込む。この状態で Mac 本体の後ろに GPIB のコネクタが出ているので、GPIB ケーブルでデジタルオシロと接続する。ドライバは NI-488.2 を使用する。最新版は National Instruments 社のウェブページからダウンロードできる。インストーラをダブルクリックすると必要なファイルがインストールされる。付属のインストールガイドに従ってアドレスを設定する。ガイドの通りやればよく、特に違うことをする必要はない。

HP5412*T(HP54750*) の GPIB アドレスの設定も行う。

システムフォルダの中の機能拡張フォルダの中の NI-488 INIT と NI-DMA/DSP がドライバである。MacGPIB.shlb が C プログラムにリンクして使う PowerPC ネイティブ版のライブラリである。インストール時にできる NI-488.2 フォルダの中の CLI フォルダには 68KMac 用のライブラリが入っているので、プログラムそのものを修正する場合は間違えないように注意すること。

2.1 測定

HP のデジタルオシロのメモリ 1-3 を使用する。積算を行った反射波形をメモリに格納する方法については、HP のマニュアルを参照すること。

TDRppc では、デジタルオシロの各メモリに以下のように波形が格納されていると仮定している：

- A. 標準試料と未知試料のみ、DC 補正のデータなしの場合
メモリ 1 が標準試料、メモリ 2 が未知試料
- B. 標準試料と未知試料と DC 補正用の試料 の 3 つが必要な場合
メモリ 1 が標準試料、メモリ 2 が DC 補正用の試料、メモリ 3 が未知試料

できればこの順番を守ってほしい。未知試料と標準試料の差を逆に計算すると誤った結果を得る。TDRppc では、読み込んだ各波形を入れ替える操作は実装していない。メモリへの格納が上と異なっている場合は、TDRppc で計算する前に、別のツールを使って（たとえば IgorPro でできる）データを入れ替える必要がある。

実は、デジタルオシロ側のメモリとサンプルの意味の対応づけについて、もっと柔軟に設定できるようにしようかと考えたのだが、考えた末にやめた。いつもと変わった順番で測定結果を保存することはむしろ間違いのもとになりそうだし、設定ファイルを準備して各個人ごとに決めたとしても、うっかり誰かの設定のまま測定したらそれで結果が誤りとなる。また、何人かで共同実験をするような場合に人によってサンプルファイルに入っているデータの意味が違くと混乱を招くだけだと思ったからだ。何かいい案があったら教えてほしい。

測定をするには、Connection メニューを使う。

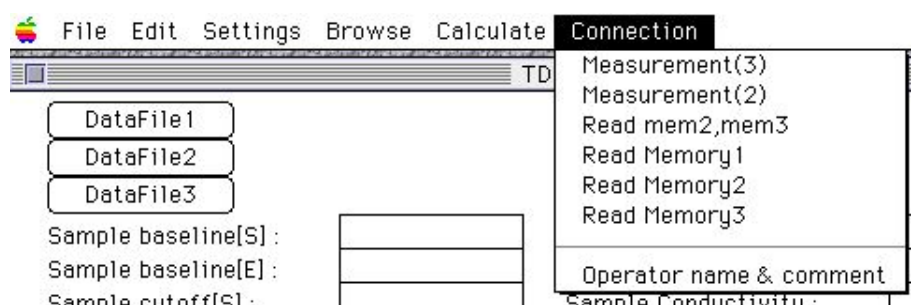


Figure 2.3: Connection メニュー

Measurement(3) は、メモリ 1,2,3 を読み出す。Measurement(2) は、メモリ 1,2 を読み出す。Read mem2,mem3 はメモリ 2,3 を読み出す。Read Memory1...3 はそれぞれのメモリを読み出す。いずれの場合も読み込みが終わるとファイル保存ダイアログが表示される。保存ダイアログには、ファイル形式のオプション指定はない。時間軸が最初で、メモリの内容が読み込んだ順にスペースで区切られて、行末が改行であるテキストファイルに保存される。表計算・グラフソフトを使って読み込むことができる。測定条件に関する情報はファイルのリソースフォークに入るから普通にエディタで開いても見ることができない。

測定の最初に、Operator name & comment を選んで測定者の名前を入力する必要がある。もしこれを行わなかった場合、メニューから Measurement や Read を選んだときに Fig.2.4 のようなウィンドウが表

示される。Comment は空欄でもかまわないが、Operator Name に名前を入力して OK をクリックしなければならない。ここが空欄のままだと測定できない。

また、この Comment 欄に入力された内容は反射波形のファイルに保存されて、処理のために読み込んだときに Fig1.19 の Comment 欄に表示され、編集が可能である。フーリエ変換後のスペクトルを IgorPro 形式で保存したときには WaveNote に自動的に入る。

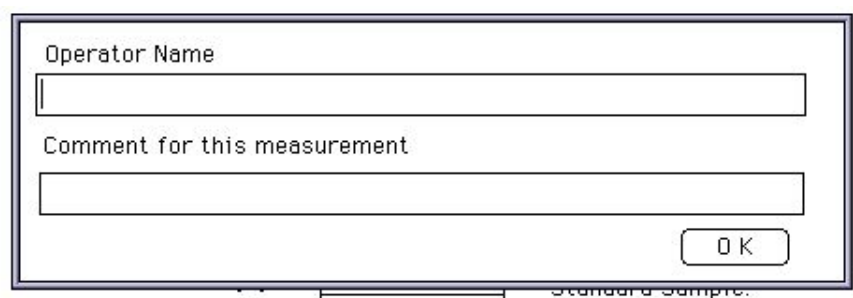


Figure 2.4: 測定者の名前とコメントを残そう！

測定とデータ処理は独立である。測定したデータはスペクトルの計算ができる形で TDRppc 内部のメモリに保管されていない。スペクトルの計算をするには、1.1 節で述べたように **Datafile1** - **Datafile3** ボタンを使ってデータの読み込みを行う必要がある。この仕様は一見不便だが、TDR の測定が常に完全なデータの組を同時に測定するわけではない（たとえば温度変化データの場合、未知試料と標準試料が 1 つのファイルに入っていないかもしれない）ので、これでも問題はないと考えている。

【インターフェースについて】

私が博士課程の時に購入した MacADIOS488S は実は iotech の OEM であり、OEM を止めた後は MacSCSI488 という商品名で販売されていた。これらは使う側から見た場合ほぼ同じものである（内部の設計変更までは知らないが）。デバイスドライバに若干の変更があった（が、変化はマニュアルの範囲内）のと、マニュアルの装丁が変わった程度である。

いずれも日本での代理店は東陽テクニカであった。

ところが、1998 年になって iotech が後継機種を出さずに MacSCSI488 を製造中止にした。現状では（MacOS8.1 では）問題なく動いているものの、これから先は新しい OS 用のドライバなどもサポートしないということであった。Mac 用の計測ボードの供給元であるナショナルインスツルメンツ (NI) 社に問い合わせたところこちらは将来にわたってボードもドライバも供給するとのことだった。これからは NI 社のボードを使って計測を行うことになるだろう。

そこで急遽 PCI-GPIB のデモ品を借りて、TDRppc を NI 社のボードに対応させる作業を行い、プログラムが動作することを確認した。現状ではプロジェクトファイルのライブラリに IeeeIO.cp (MacADIOS/MacSCSI 用) と MacGPIB.shlb の両方を登録しておいて、TDR_meas.c の最初の部分で NI488 か IOTECH のいずれかを define してコンパイルすることで、それぞれの製品に対応した TDRppc を作っている。この方法はプログラムの管理上あまりスマートな方法とはいえない。ゆくゆくは計測部分を共有ライブラリとして別ファイルに分けるつもりだがまだ作業していない。

3 さらに進んだ使い方

3.0 スペクトル計算の一括処理

TDRppc は同じ処理パラメータで計算しなければならないデータが多数ある場合に簡単に計算するために、一括してフーリエ変換とイテレーションができるようになっている。

まず、データファイルの 1 つを選んで 1 節のように処理パラメータを決めて FT を行い結果を保存する。次に、File メニューから Save Settings を実行する。システムフォルダの中の初期設定フォルダの中に、TDRppc_preference というファイルが作成されて、そこに処理パラメータが保存される。あとは、処理したいファイルをまとめて選択し、TDRppc のアイコンにドラッグ&ドロップすると、元のファイルのあったフォルダに計算結果のファイルができる。

一括処理のときは、Igor の形式で出力する際の wave の名前に番号をつけることができる。詳しくは 3.2 節その他の環境設定を参照すること。

【D&D に TDRppc のアイコンが反応しないとき】

処理したいファイルを TDRppc のアイコンに D&D すると、TDRppc のアイコンは黒く反転する。この状態でマウスボタンを離すと処理が始まるが、D&D してもアイコンが反転しないことがある。これは TDRppc が D&D 対応であることを Macintosh の Finder が認識していないためである。このときは、一旦 TDRppc を終了し、TDRppc フォルダの中の_tools フォルダを開いて、Save a BNDL というアプリケーションの上に TDRppc のアイコンを D&D する。Finder をリスタートするかどうかきいてくるので、リスタートを行う。この後で TDRppc にファイルを D&D すると、反応するはずである。

一括計算は、TDRppc_preference に保存されているパラメータに基づいて行われる。TDRppc_preference の内容を確認するには、File メニューから Load Settings を実行する。もし、処理すべきデータファイルの日付よりプリファレンスの日付が古い場合は、処理パラメータの確認と更新が行われていないとみなして警告メッセージを表示する。

間違ったパラメータで処理をしても、その責任は処理を行った人にあり、作者は責任を持たない。自分がそそかしい人物であると思うなら、面倒でも確実な方法をとるべきである。

一括計算をさせたときに TDRppc がフリーズするなら、おそらく Preference が壊れている。TDRppc_preference を捨てて、再度作りなおしてから計算すること。

一括計算のときは、Calib.Conductivity の値を与えることはできない。常にデータから計算される。(Sample Conductivity はどんな場合でも計算値が使われる)

3.1 反射波形の表示の拡大・縮小

Fig.1.7 で示した方法とは別に、反射波形の表示サイズを変える方法がある。波形を表示している状態で command キー（apple マークのキー）を押し、マウスで波形の一部をドラッグする。

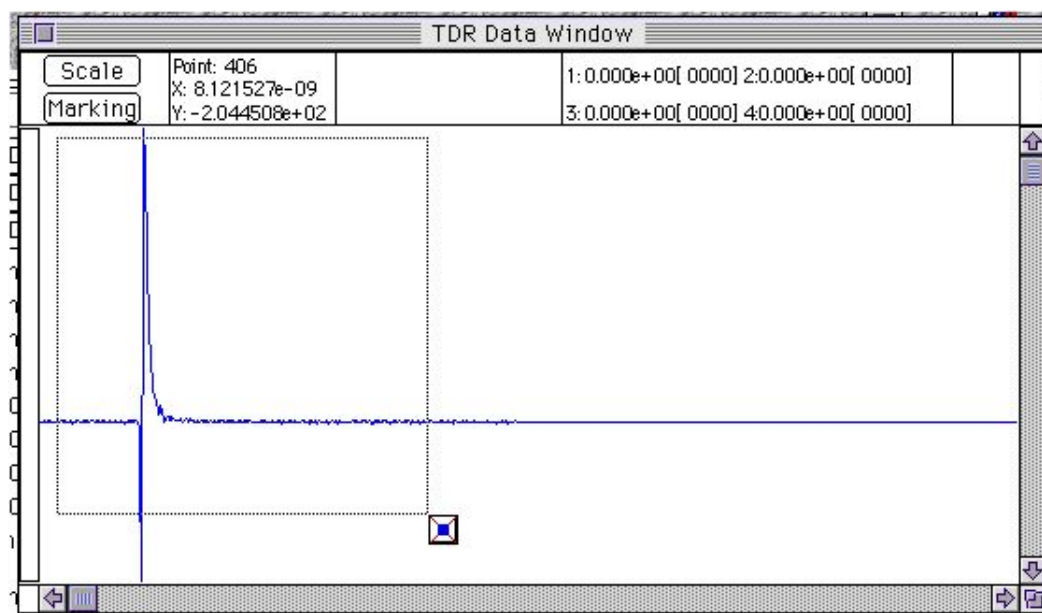


Figure 3.1:

マウスポインタの形が変わり、マーキーが描かれる。マウスを離すと、このマーキーで囲まれた範囲が現在表示されているウィンドウのサイズいっぱい拡大される。ウィンドウからはみ出た部分はスクロールして見ることができる。Fig.3.2 に拡大後を示す。

現在のウィンドウ内に全体を表示する時は、option キーを押しながらグラフの表示部分をクリックする。

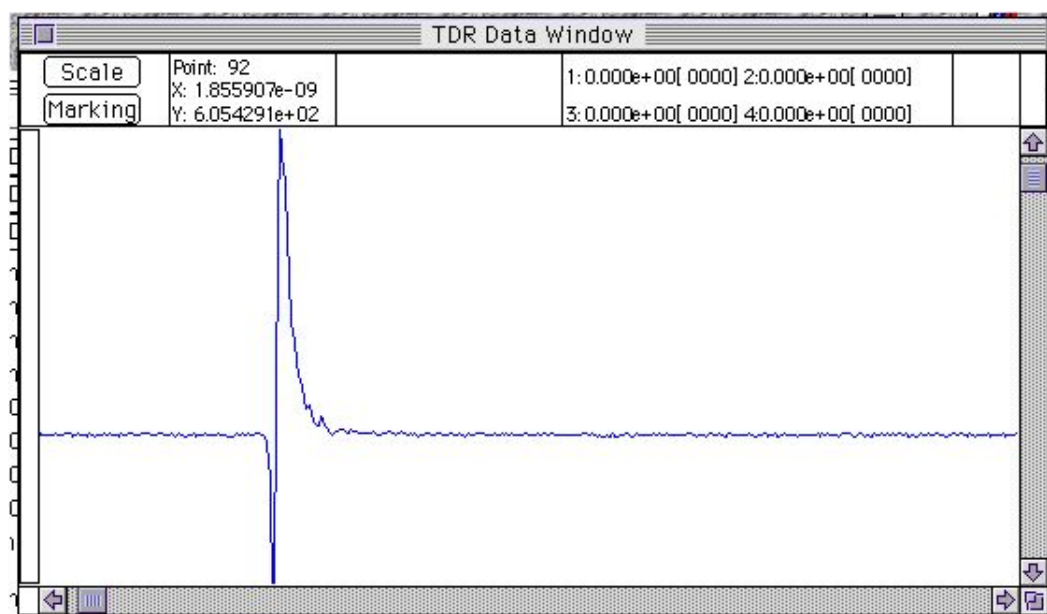


Figure 3.2: 選択部分が拡大された

3.2 その他の環境設定

Settings メニューから Environment Info を選ぶ (Fig.1.5) と、Fig.3.3 のようなウィンドウが表示される。

GPIB Address of HP5412*T: 06

Input File type: Std&Sample Output File Type: IGOR TEXT

datafile basename: Start No. 0 Set Path...

Spectrumfile basename: Start No. 0 Set Path...

log(f) basename: real part basename: imaginary part basename: log(f) wave duplicate (checked) Save Start No. (unchecked) Start No. 0

Memory Mappings.... OK

Figure 3.3: 環境設定

GPIB Address は、測定器の GPIB アドレスと同じものを入力する。GPIB アドレスを入力したら、File メニューから Save Settings を実行すること。

Input File Type および Output File Type は、一括計算のときの入力・出力ファイルの形式を指定する。このフィールドはマニュアルで最後に入力・出力で指定した形式を保持している。現在の形式と異なったファイル形式で一括計算するときは、このフィールドを変更する。

datafile basename は、測定した反射波形のデータファイルの名前を指定する。Start No. が 0 以上の整数のときは、ファイル保存 dialog のファイル名が basename に Start No. をつけ加えたものになる。このとき、ファイルを保存すると Start No. の値は 1 つ増える。

もし、basename が空白のときは、ファイル名が Untitled になる。basename が空白でなく、Start NO. が負の数のときは、basename がデフォルトのファイル名となり、番号は追加されない。

Spectrumfile basename は、計算した誘電率スペクトルを保存するファイルの名前を指定する。Start No. が 0 以上の整数のときは、ファイル保存 dialog のファイル名が basename に Start No. をつけ加えたものになる。このとき、ファイルを保存すると Start No. の値は 1 つ増える。

マニュアルで計算している場合、basename が空白のときは、ファイル名が Untitled になる。basename が空白でなく、Start NO. が負の数のときは、basename がデフォルトのファイル名となり、番号は追加されない。

一括計算の場合は、basename が空白のときまたは Start No. が負の数の時に、ファイル名は反射波形のファイル名+'.eps' になる。一括計算で、ファイル名に番号を付けた形で保存するには、basename と Start

No. の両方を指定する必要がある。

log(f) basename, real part basename, imaginary part basename は、Igor 形式で保存するときの wave の名前を指定する。SPC delimited file を保存形式に選んだ場合はこれらは無視される。basename がすべて指定されていて、かつ Start No. が 0 以上のとき、wave の名前が basename + 番号になる。保存後、Start No. は 1 増加する。log(f) wave duplicate チェックボックスをチェックしておくと、logf の wave の名前にも番号が追加される。チェックをはずすと、番号は実部と虚部の wave にのみ追加される。

basename がすべて指定されていて、Start No. が負の数のときは、wave の名前は basename となり番号は追加されない。

basename のうち、1 つでも指定されないものがある時には、log(f)、実部、虚部はそれぞれ WAVE_logf、WAVE_real、WAVE_imag となる。番号は追加されない。

Save Start No. をチェックすると、wave の番号がプレファレンスに保存されなくなる。従って、このときは Load Settings しても、wave の番号は変化しない。同じ条件だがいちいち確認しながら（一括ではなく）データ処理を行う時にはデータファイルを読み込んだ後毎回 LoadSettings することになる。このとき wave の番号がプレファレンスの値に戻ってしまうと、計算の前に再度ここで設定するか、または Igor に読み込むときに名前の変更をするかしなければならず面倒である。これをさけるためにこのオプションを設けた。