

実験項目11 「等電位線」

計測・解析に関する手引き(ソフトウェアの使用法を中心に)

(2002/09/18)

(改定:02/10/04)

(改定:02/11/19)

(改定:08/09/29)

実験を始める前の諸注意

1. バックアップはこまめに（後で泣かないように）

今回の実験で使用するソフトウェアは、グラフ作製用の Origin です。ソフトウェアが制御不能、あるいは誤ってソフトウェアを終了してしまった等の原因でこれまでの作業を無駄にしてしまわないよう、作業の途中でこまめに作業内容(プロジェクト)を保存する。

2. 直流電源のスイッチオンの前に

電源の出力電圧・電流制御のつまみが共に反時計回りにまわし切った状態であることを確認してから電力を投入する。

3. アルミフォイルの導体試料は丁寧に扱う。

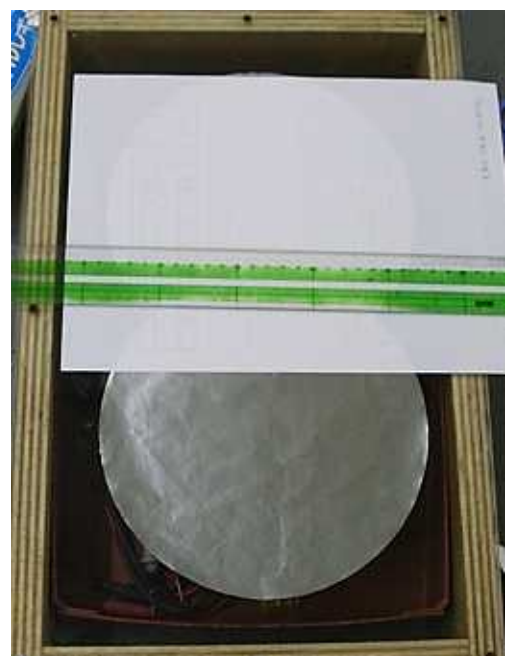


図 1. アクリル板の上に乘せたアルミフォイルの上に保護用の紙を敷き、その紙ごと定規でアルミフォイルを押し伸ばす。

(a) 今回の実験では、アルミフォイル内で 2 次元の (平面的) な電流分布が実現されていなければならない。そのため、アルミフォイルは可能な限り平坦でなければならない。アルミフォイルをトレース紙に貼り付ける前、及びアルミフォイルを瓢箪状にくり抜いた後の 2 回、図 1 に示す方法でアルミフォイルのしわを伸ばしてからアクリル板に貼り付ける。

(b) 測定中、アルミフォイルの周縁がめくれあがらない (立体的にならない) ようにするため、製図用のテープでアルミフォイルをアクリル板に密着させる。

(c) 理論式を導出する際に、アルミフォイル内部は一様な電気伝導度であることを仮定している。アルミフォイルに小さな破れが生ずると、その破れを迂回するような電流分布に変化してしまうため、結果的に電位分布にも狂いが生ずる。測定中、デジタルマルチメータの探針の先端でアルミフォイルを不注意に破かないこと。

4. アルミフォイルへの描きこみは必要最低限に留める

油膜の上から探針をアルミフォイルに押し当てても正確な電位は測れない。油性ペンでアルミフォイル上につけた目印が電位測定の邪魔にならないようにする。

1. 等電位線の測定

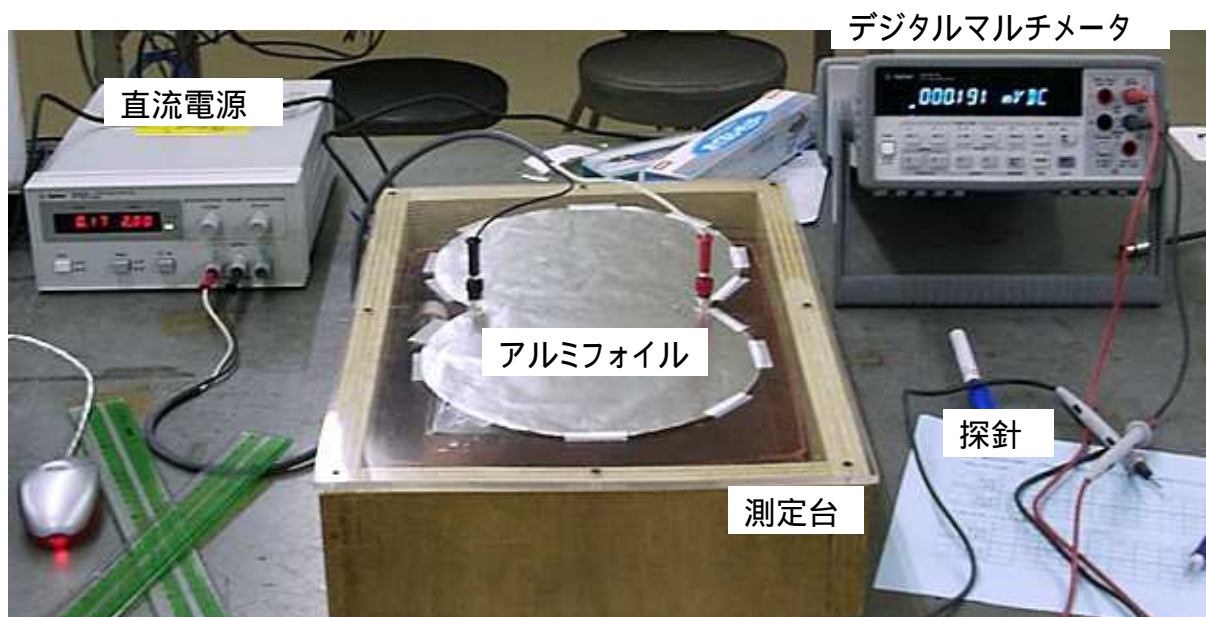


図 1.

装置の構成を図 1 に示す。電極間の距離を 10 等分する様に油性ペンでなるべく小さな目印をつける(図 2 参照)。その目印のすぐそばに(目印の上ではない)デジタルマルチメータの探針の一方を固定する。もう一方の探針をアルミ фоль 上の任意の点に軽く押しあて、2 点間の電位差を測る。電位差が 0、即ち等電位の点を探し、小さく目印をつける。目印をつないで滑らかな曲線が描ける程度の間隔で目印をつける。以上の手順を上記の 10 分割の点全てに対しておこなう。次の実験項目「電位分布の測定」を終えた後で、測定台から電極を取り外す。アルミ фоль がアクリル

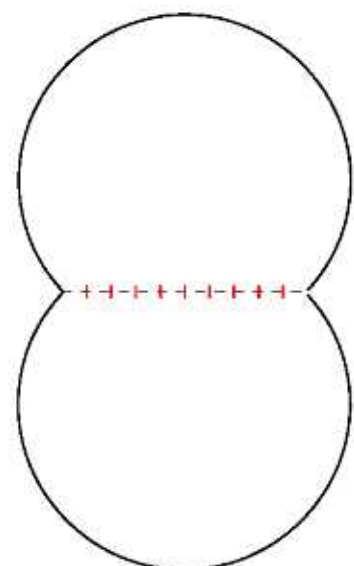


図 2

板に固定されたままの状態、アルミ фоль上の等電位線に関わる目印をトレース紙に写し取る。トレース紙に写した点と点をつないで滑らかな等電位線を完成する(図 3)。教科書の式(11-10)を参考にして、コンパスを用いてトレース紙に電気力線(電流線)を何本か描く。

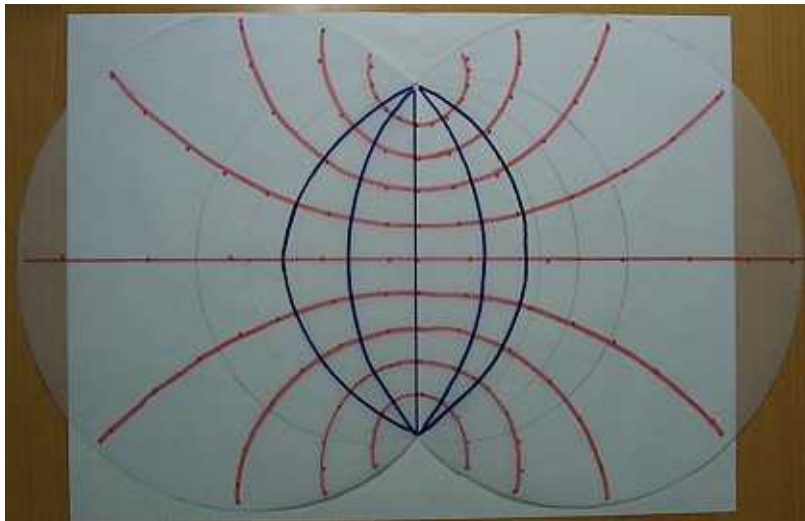


図 3

2. 電位分布の測定

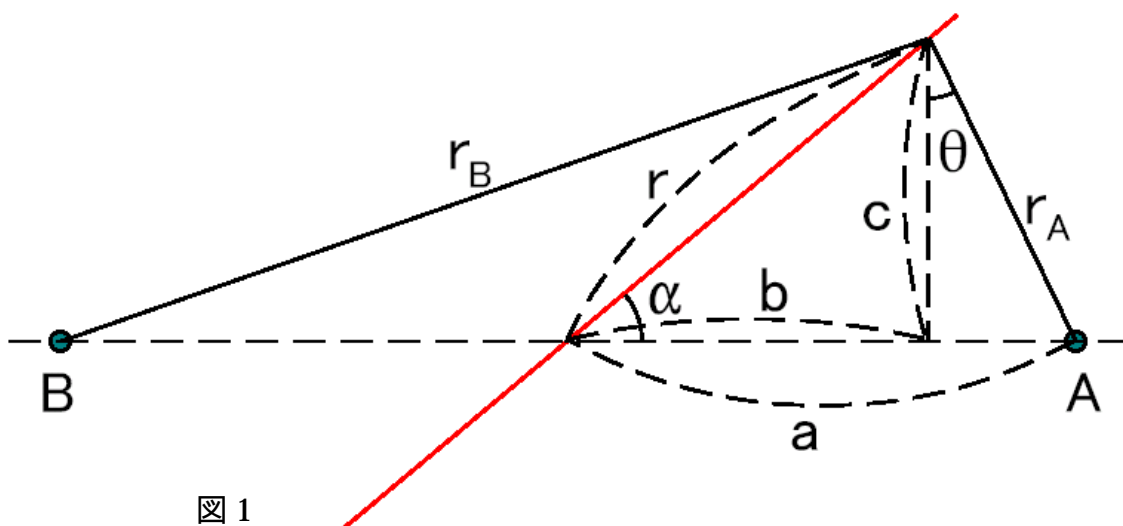


図 1

線分 AB の中心を原点とする。線分 AB 上、及びこれとなす角 で
原点を通過する線上 (図中の赤線) の電位分布を測定する。デジタル
マルチメータの探針の一方を原点に固定し、もう一方を上記の 2
方向の線上で 1cm 刻みに移動する。移動の都度、探針間の電位差
を測定する。

3. 電位分布のグラフ作製

3.1. 実験データの描画

まず測定結果をグラフに作図する。Origin を起動し、ワークシート
に実験値を入力する。ワークシートの B 列全体を選択した後に、「作
図_散布図」コマンドを実行する (図 1)。図 2 のようなグラフが表示さ
れる。

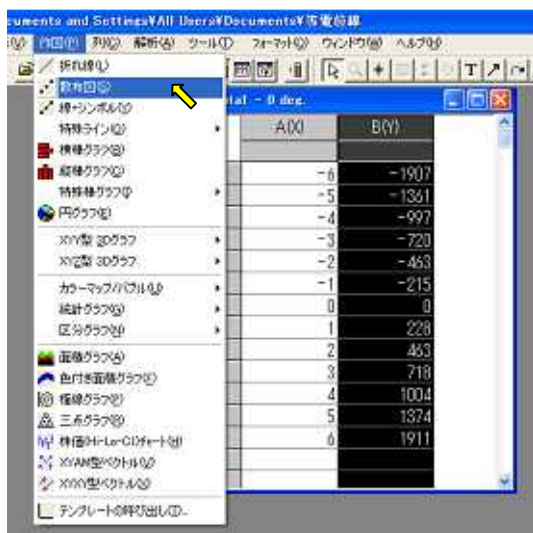


図 1

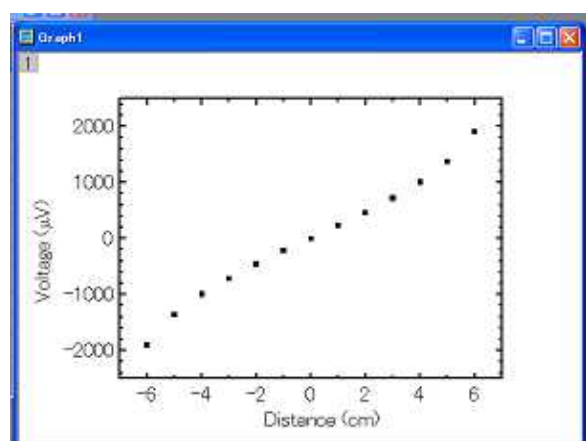


図 2

3.2. 計算曲線の描画

次に、教科書の(11-12)式を用いて得られる計算値を同一グラフ上に曲線として描く。新しいワークシートを生成する(図 3)。「列_新規列の追加」コマンドを実行する。新規列数を尋ねてくるので 3 と入力する。以下の手順に従って、電極間 AB 上の 0.2cm 刻みの電位分布を D 列に出力させる。ワークシートの A 列全体を選択した後に、「列_列値の設定」コマンドを実行する。図 4 に示すダイアログボックスが表示される。その計算式の欄に、行番号を意味する”i”と入力する。また、初期設定のままでは、計算式に従って数値が出力されるのは 30 行目までである。図 4 に赤丸で囲った欄の数値を例えば”81”に改める。最後にダイアログボックスの OK ボタンを押すと、

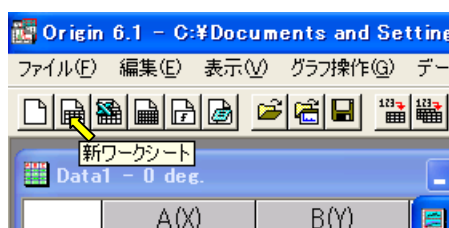


図 3



図 4

	A00	B(Y)
70	70	
71	71	
72	72	
73	73	
74	74	
75	75	
76	76	
77	77	
78	78	
79	79	
80	80	

図 5

A 列の各欄に行番号に対応した整数値が出力される(図 5)。B 列全体を選択した後に、「列_列値の設定」コマンドを実行する。「列値の設定」ダイアログボックスが表示されるので、その計算式の欄に $(col(A)-41)*0.2$ と入力する(図 6)。B 列の各欄に 0.2 刻みで-8 か

ら 8 までの数値が出力される。B 列全体が選択されたままの状態
「列_X 列として設定」コマンドを実行する。次に教科書の図 11-1 に
示される r_A に相当する値を C 列に出力させる。C 列全体を選択した
後に、「列_列値の設定」コマンドを実行する。「列値の設定」ダイアロ
グボックス内の計算式の欄に $a\text{-col(B)}$ と入力する。但し a には、電

極 AB 間
の距離の
半分の値
(cm 単位)



図 7

を記入す

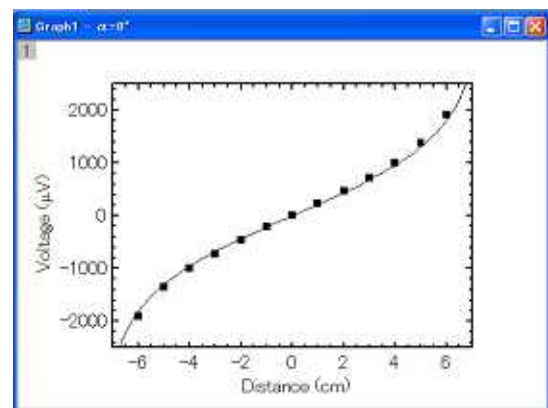


図 8

ること。同様に、教科書の図 11-1 に示される r_B に相当する値を D
列に出力させる。但しこのとき、「列値の設定」ダイアログボックスに
入力すべき計算式は $a+\text{col(B)}$ である。次いで、E 列全体を選択し
た後に、「列_列値の設定」コマンドを実行する。「列値の設定」ダイア
ログボックス内に $\eta * \ln(\text{col(D)} / \text{col(C)})$ と入力する。但しここで、教科書

(11-12)式における係数 $\frac{I'}{\sigma \delta \theta}$ に相当した具体的数値を \quad として記入
する。E 列全体が選択された状態のまま、先ほど実験データを描か
せたグラフウィンドウをクリックし、これをアクティブウィンドウにする。

「グラフ操作_プロットをレイヤに追加_折れ線」コマンドを実行する

(図 7)。図 8 に示すように計算値のグラフが描き加えられる。

同様にして線分 AB となす角 θ の方向の電位分布の実験値と計算値を描かせたグラフを作成する。但し、この場合 r_A および r_B を求める計算式が先ほどの場合よりは多少煩雑である。例えば、

$$r_A = \frac{c}{\cos \theta}, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{a-b}{c} \right) \text{ で}$$

ある。ここで、 a, b, c の

各変数の定義は図 9 に

示した。計算値を出力さ

せるワークシートに、「列_新規列の追加」コマンドで追加すべき新規

列数は 3 ではなく 7 である。最終的に図 10 に示すようなグラフを完

成させる。

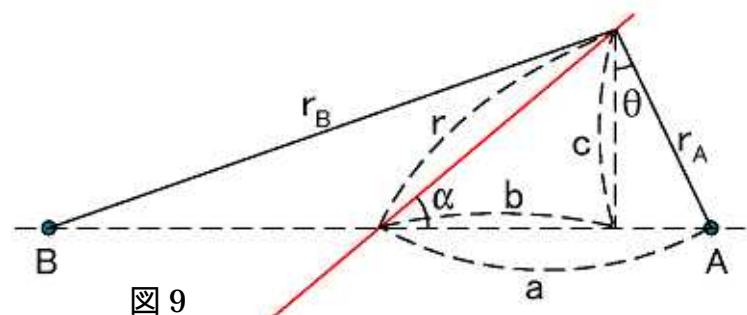


図 9

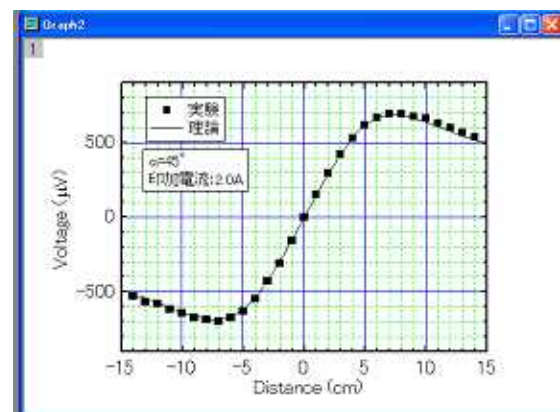


図 10