

# 電気電子工学実験へのパソコンの利用

システム工学技術系 佐藤孝雄

## 1. はじめに

本学電気電子工学科では、1年生向けの「基礎実験」から始まり、2～4年生向けの「電気電子工学実験Ⅰ～Ⅳ」までの実験を行っている。その内容は、ここ数十年間全く変ることなく、極めて古典的なものがほとんどであり、特に測定方法については、現在大学の研究室や企業等で行われているパソコンを使用した測定やデータ処理の方法と、かなりのギャップが生じている。このため、電気電子工学実験においても、時代に適応した測定法、データ処理法を取り入れ、これらを体験、習得することが必要であると考えられる。

そこで、本年度後期に行われた電気電子3年生向けの電気電子工学実験Ⅲのうち、筆者が担当している題目「三相誘導電動機の特性」のなかで「円線図による特性算定」を行う部分に、円線図描画ソフトを使用して、パソコンによる円線図の描画、特性計算、特性グラフの作成を行うという操作を取り入れて実施した。本文では、これらの内容、効果等について紹介する。

## 2. 測定法の比較

近年、パソコンの普及により計測方法も以前とは随分違って来ている。表1に電気電子工学実験と研究室、企業で行われている測定方法を比較したものを示す。

表1 測定方法の比較

測定・処理項目	電気電子工学実験	研究室、企業
定常値	指針型計器	デジタルマルチメータ
波形	オシロスコープ X-Yレコーダ ペンレコーダ	デジタルオシロ デジタルレコーダ A/Dコンバータ+パソコン
データ・波形の記録	データは手書 波形はコピー	記録メディアや直接回線を経由してパソコンへ
グラフ作成	方眼紙+手書	グラフ作成ソフト

電気電子工学実験においては、定常的な値は指針型計器で読取り、紙に手書きで記録して、必要な計算を行い、グラフ用紙に手書きでプロットしてグラフを作成する。また、波形はアナログレコーダで記録したものをコピーして、レポートに切貼りするという測定・処理方法が採られている。

一方、研究室や企業で行われている測定方法は、定常値については、デジタルマルチメータ等により、また波形については、デジタルレコーダ、A/D コンバータ等が用いられている。データの記録方法は、フロッピーディスク等の記録メディアや、GP-IB、LAN 等の回線を通じてパソコンに取込まれる。そして、データの処理はパソコンにより必要計算等が行われ、グラフ作成ソフトによりグラフが描画される。これらのデータやグラフはファイル化されて、ワープロ文書に貼付けて使用できる。この方法は、データを共有化することで、必要な人が各自のフォーマットで使用することができ、仕上りもきれいである。学生がこれらの作業を実際に体験するのは、4年生の卒業研究を行う時であるが、もっと早い時点で体験して慣れておくことも卒業研究を始める上で必要である。

### 3. 円線図法について

この「三相誘導電動機の特性」の実験で使用されている円線図法とは、誘導電動機の特性を表す諸量を求める方法の1つである。この方法は、下記[1]に示す3種類の試験により求めた結果より、誘導電動機の簡易等価回路に基づく「円線図」を作図して、線分の長さの比等から特性を求めるもので JIS C 4207 にも採用されている。以下にその手順を示す。

#### [1] 基本測定

円線図を描くには以下に示す試験を行い、その結果から算出した基本量を用いる。

##### (1) 1次巻線抵抗の測定

各端子間の1次巻線抵抗を測定し平均値を求めて、75℃に換算した値  $r_1$  を求める。

##### (2) 拘束(短絡)試験

回転子を拘束し、1次巻線に定格電流  $I_n$  を流した時の1次電圧  $V_s'$ 、1次入力  $P_s'$  を測定する。これより、拘束(短絡)電流  $I_s$  の有効分  $I_{s1}$ 、無効分  $I_{s2}$  を求める。

##### (3) 無負荷試験

定格電圧  $V_n$  のときの無負荷電流  $I_o$ 、無負荷入力  $P_o$  を測定する。これより、無負荷電流の有効分  $I_{o1}$ 、無効分  $I_{o2}$  を求める。

## [2] 円線図の作成

- (1) 図 1 において、原点  $O$  から水平線  $OL$  に垂直線を引き、 $\overline{ON'}=I_{o1}$ 、 $\overline{OS'}=I_{s1}$  に等しく取る。
- (2)  $N'$  および  $S'$  からそれぞれ水平線を引き、その上に  $\overline{NN'}=I_{o2}$ 、 $\overline{SS'}=I_{s2}$  として  $N$  および  $S$  を定める。 $S$  から  $\overline{NN'}$  の延長線  $\overline{N'M}$  上に垂線  $SU$  を下す。
- (3)  $NS$  を結び、その垂直二等分線を引いて  $\overline{NU}$  との交点を  $C$  とする。 $C$  を中心として  $\overline{CN}$  を半径とする円を描く。
- (4)  $\overline{NS}=I_1'$  の大きさを測り、 $\overline{SU}$  上に  $\overline{TU}=\sqrt{3}(I_1')^2 r_1 / V_n$  となるように  $T$  点を定め  $NT$  を結ぶ。
- (5)  $\overline{SN}$  を左下方に延長し、原点  $O$  から引いた水平線  $\overline{OL}$  と  $D$  で交わらせる。 $D$  および  $N$  からそれぞれ垂直線  $\overline{DF'}$  および  $\overline{NG'}$  を引く。 $\overline{DF'}$  と  $\overline{SS'}$  との交点を  $F'$  とし、 $\overline{NG'}$  と  $S$  から  $\overline{NT}$  に平行に引いた直線との交点を  $G'$  とする。
- (6) 円の中心  $C$  から  $\overline{NS}$  と  $\overline{NT}$  に垂線を下し、その延長が円周と交わる点をそれぞれ  $P_m$ 、 $P_t$  とする。これから水平線に垂線を引き、 $\overline{NS}$ 、 $\overline{NT}$  と  $Q_m$ 、 $Q_t$  で交わらせる。

## [3] 特性の求め方

任意の出力  $P_2$  (kW) で運転している時に、諸特性を求めるには、次のような作図を円線図上に行う。

- (1)  $P_2$  (kW) に対する電流  $I = P_2 / \sqrt{3} V_n$  を計算して、 $\overline{DF'}$  上に  $\overline{DH}=I$  となるように  $H$  点を定め、 $H$  から  $\overline{NS}$  に平行線を引き、円周との交点を  $P'$  とする。

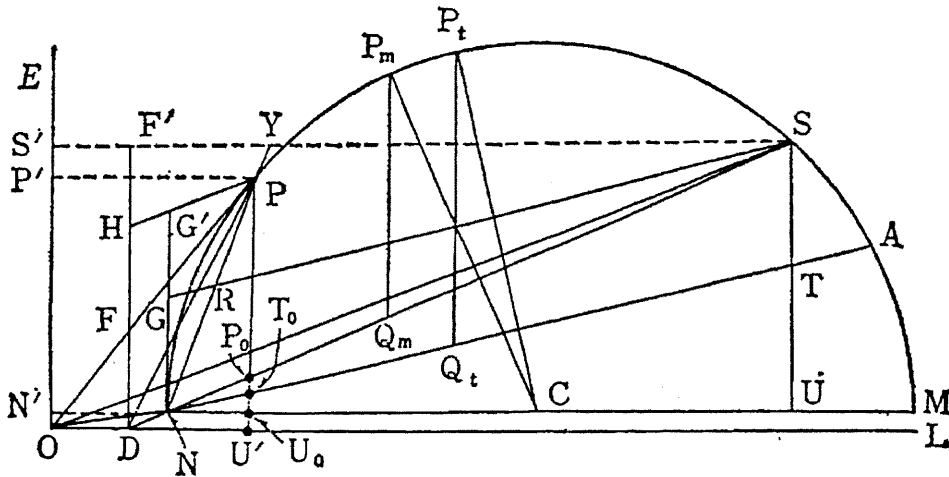


図 1 円線図の作図法

- (2) P を O, D, N に結び,  $\overline{DP}$  の延長と  $\overline{F'S}$  との交点を Y とし,  $\overline{NP}$  と  $\overline{GS}$  との交点を R とする。
- (3) 各諸量は, 下式より求める。

一次電流	$I_1 = \overline{OP}$	出力	$P_2 = \sqrt{3} V_n \overline{PP_0} = \sqrt{3} V_n \overline{DH}$
入力	$P = \sqrt{3} V_n \overline{PU}$	すべり	$s = \overline{P_0T_0} / \overline{PT_0} = \overline{GR} / \overline{GS} \times 100$
力率	$\cos \phi = \overline{OP'} / \overline{OP} \times 100$	効率	$\eta = \overline{DH} / \overline{PU} = \overline{SY} / \overline{SF'} \times 100$
トルク	$\tau = \sqrt{3} V_n \overline{PT_0} / 1.025 N_s$		

#### 4. 円線図描画ソフト“EGCD for Windows”について

“EGCD for Windows”は, 必要な諸量を入力して「描画」を実行するだけで, 円線図を簡単に描画できるソフトである。また, 任意のステップの負荷率(10%, 20%, 25%, 50%)での特性の計算を行って各諸量の値を算出し, グラフ化する機能もある。円線図や計算結果の表・特性グラフはプリンタで印刷することも可能である。

この“EGCD for Windows”は完全なフリーソフトであり, Vector にも登録されていて, ダウンロードして自由に使用することができる。ただし, 使用するにはユーザー登録をしてパスワードをもらう必要がある。以下にこのソフトの使用方法を示す。

- (1) “EGCD for Windows”を起動する。起動画面を図 2 に示す。

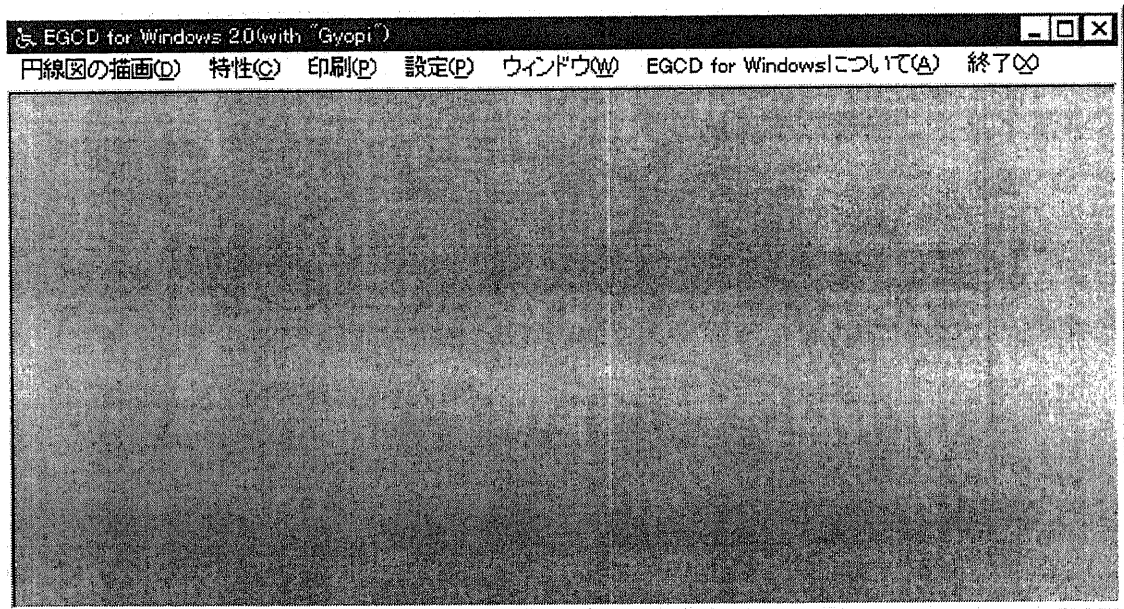


図 2 起動画面

- (2) 円線図を描画するのに必要な諸量を入力する。設定(P)メニューのパラメータ設定(S)を開くことにより、図3のウィンドウが表示される。パラメータを入力する。また、特性計算のステップも設定する。
- (3) 描画メニューの描画(D)を実行すると円線図が描画される。
- (4) 次に、特性計算を行う。計算(C)メニューより特性計算(C)を実行すると、画面に表示されている円線図上で描画が行われて特性計算が完了する。特性グラフはウィンドウ(W)よりグラフ(G)を開くことにより見ることができる。また、計算結果は計算(C)メニューより特性計算の結果(R)を開くことにより見ることができる。円線図が描画された画面を図4に、特性グラフの画面を図5に、特性計算結果の画面を図6にそれぞれ示す。
- (5) 円線図、特性グラフ、特性計算結果の印刷は、印刷メニュー(P)より行う。

### 5. “EGCD for Windows”の使用効果

この「三相誘導電動機の特性」の実験は、結線をして測定を行う作業にはそれほど時間はかからないが、円線図の作成に非常に時間を要する。昨年まで行っていた実験の手順としては、まず実験のやり方、使用器具等の説明をした後、

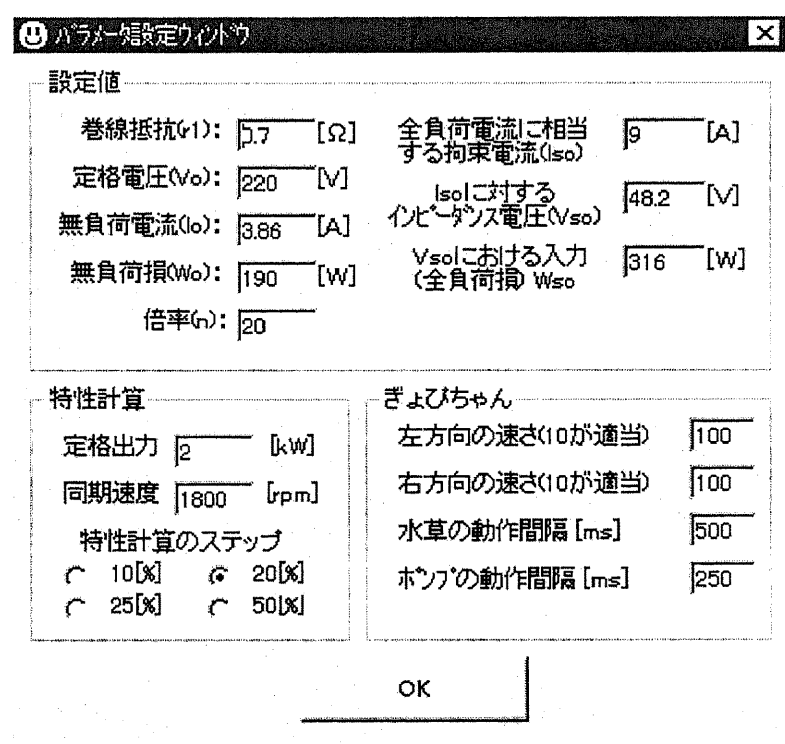


図3 パラメータ設定ウィンドウ

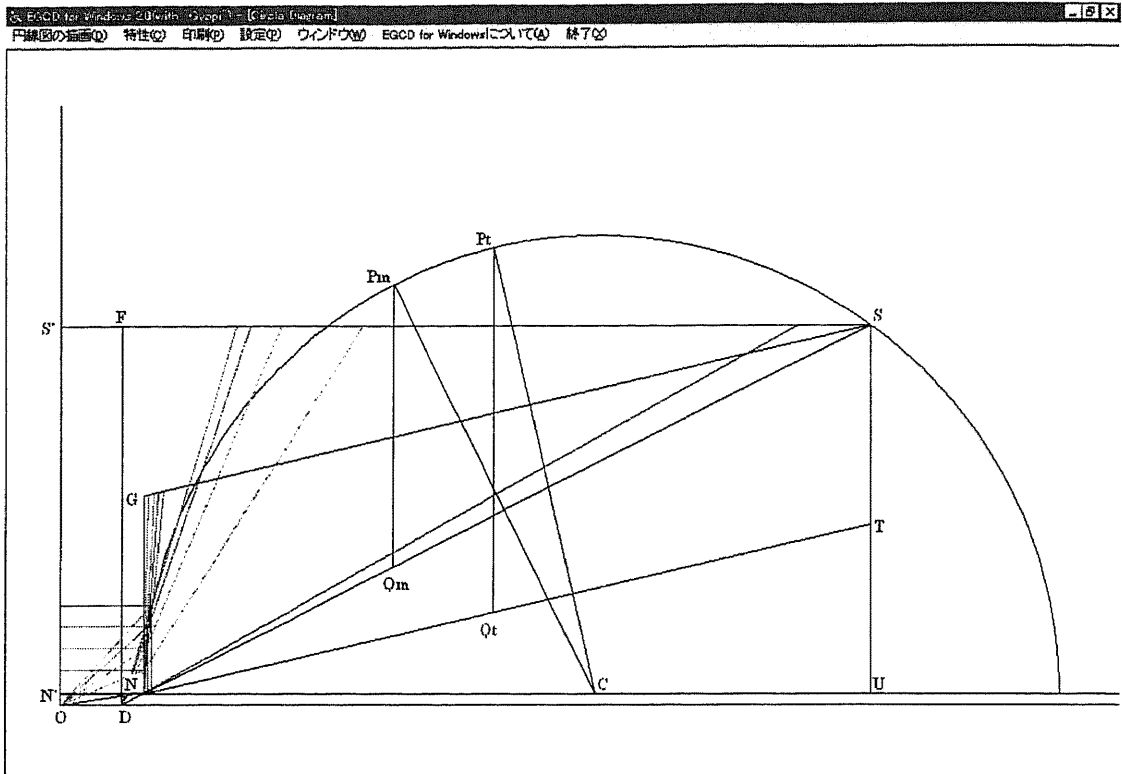


図 4 円線図の描画面面

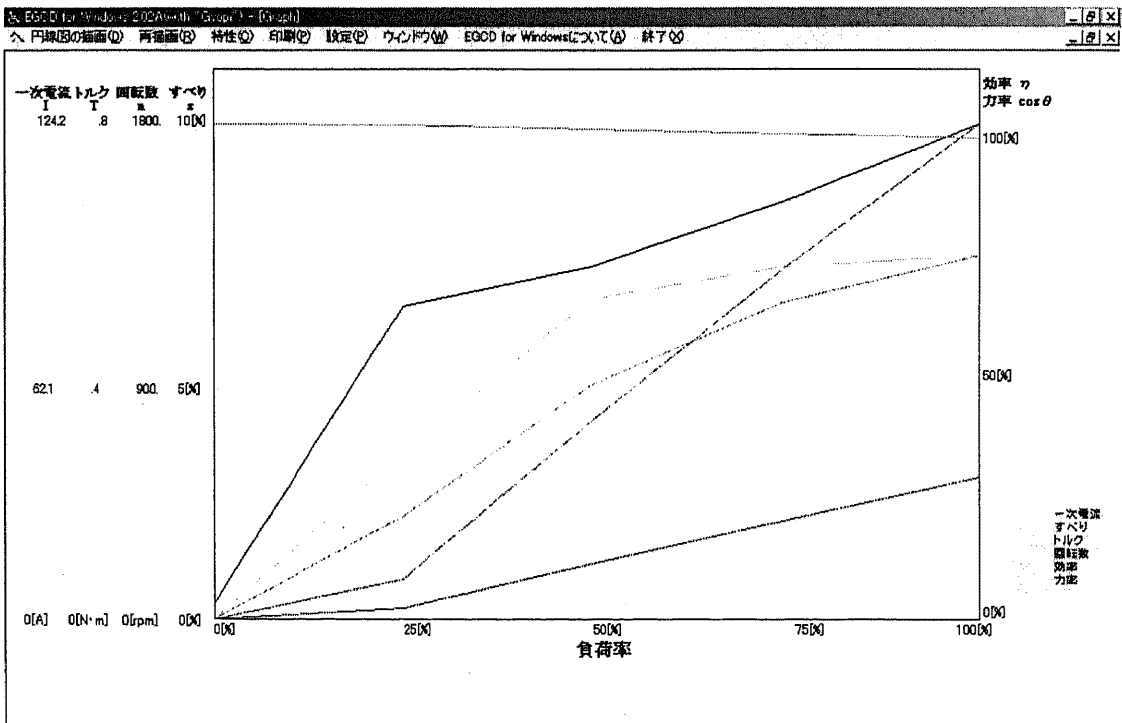


図 5 特性グラフの描画面面

計算結果

円線図を書くのに必要な諸量

有効分 $i_{o1}$ (無負荷電流)	0.4986 [A]	有効分 $i_{s1}$ (Is)	17.276 [A]
無効分 $i_{o2}$ (無負荷電流)	3.828 [A]	無効分 $i_{s2}$ (Is)	37.269 [A]
Volに相当する 拘束電流(Is)	41.079 [A]		
Volに相当する拘束 状態での入力(Ws)	6583.22 [W]		



特性計算の結果

負荷率[%]	一次電流 [A]	力率 $\cos \theta$ [%]	効率 $\eta$ [%]	すべり s [%]	トルク T [kg·m]	出力 P [W]	回転数 n [rpm]
20	77.344	14.25	8.237	0.0358	0.0108	400	1799.355
40	83.393	36.052	58.602	0.748	0.2234	800	1786.537
60	94.271	55.11	68.203	1.4538	0.4285	1200	1773.831
80	108.279	66.226	71.773	2.1564	0.6266	1600	1761.185
100	124.184	73.299	73.321	2.6584	0.8181	2000	1748.55

停動トルク  $T_m$  (最大トルク)      3.439 [kg·m]                     
 最大出力  $P_m$       4921.449 [W]

図 6 特性計算結果の画面

結線，測定を行ってもらい，全部の測定が終了したら，実験の時間内に，前記3に示した手順により，円線図を定規とコンパスを使って作図してもらい，円線図が完成したら実験は終了とした。その後，円線図より数値を読取り，特性グラフを作図するという作業は，自宅に帰ってレポートをまとめる際に行ってもらっていた。しかし，これらの作業には非常に時間を要し，実験が終了するのがかなり遅くなり，またレポートを期限まで出せなくて延期を求める学生が多数出ていた。

今回，パソコンによる円線図の描画を取入れることにより，実験の終了時間は昨年度より平均40分短縮することができた。また，レポートを提出するのが遅れた学生は，全受講生約90名中，昨年度まで20名程度居たのが，本年度は2名しか居なかった。次に，この実験に対する学生の意見をレポートの感想より抜き出したものをいくつか示す。これによると，楽できるという理由が一番であると思うが，ほとんどの学生から良い評価を受けた。

### 学生の意見(レポートの感想より抜粋)

- ・ この実験は、編入生なので前にやったことがあるものだった。当時、コンパスと定規で苦勞して円線図を書いたのを思い出し、パソコンを使ってこんなに簡単にやれることを知り、ショックを受けた。
- ・ パソコンを使って描く方が作業も早く正確に作成できるので、これからの研究には欠かせない道具である理由が身をもってわかった。
- ・ 今回、円線図、特性曲線をパソコンで出したため簡単だったが手作業でやっていたらかなり大変だったと思う。
- ・ この実験ではパソコンを使い円線図を書いたり、グラフを書いたりしたのだが簡単な上に、正確なので今後はもっと活用したいと思う。

### 6. まとめ

今回、電気電子工学実験Ⅲの題目「三相誘導電動機の特性」で「円線図による特性算定」を行う部分に、パソコンを用いて円線図の描画、特性計算、特性グラフを作成するという作業を取入れた。その結果、昨年までこの作業を手書きで行っていた場合に比べ、実験の所要時間を平均 40 分短縮することができた。また、レポートの提出が遅れる学生の数は、今まで全受講生の約 20 %あったのが、約 2 %まで激減させることができた。学生に楽をさせることが良いことだと思わないが、あまり時代遅れのことを行わせて、時間をかけさせるのは得策ではないと思う。今後は、もっと電気電子工学実験にパソコンを取入れた内容を増やして行きたいと思う。ただし、パソコンはあくまでも道具であり、実験本来の目的を見失わないような内容とすることが必要である。

### 参考文献

- (1) 尾本義一 他, 電気学会大学講座「電気機器工学Ⅰ」, 電気学会, 昭和 49 年 12 月 20 日第 1 版 17 刷発行
- (2) 飯高成男, 沢間照一, 「絵とき電気機器」, オーム社, 平成 3 年 3 月 5 日第 1 版 5 刷発行
- (3) 五十嵐孝仁, 文部省検定済教科書 高等学校 工業科「標準電気機器」, オーム社, 平成 10 年 1 月 10 日第 1 版 4 刷発行
- (4) 新潟大学工学部電気電子工学科編, 「電気電子工学実験Ⅲ指導書」, 平成 14 年 10 月発行