

# LabVIEW を用いた電気特性測定自動化に関する教材

辻 久巳\* 中山 享\*\*

## Teaching material concerning automation of measurement of electrical properties by LabVIEW

Hisami TSUJI\* Susumu NAKAYAMA\*\*

Contents concerning automation of measurement of electrical properties by LabVIEW was newly introduced into “Practice of advanced instrument measurement” done by the first grader of Applied Chemistry and Biotechnology Program of Advanced Engineering Course. As a teaching material for lecture and self-study before lecture, two and four texts had been made for the lecture and the practice by Power Point, respectively. It aimed studying as follows. The electro meter, the LCR meter, and the oscilloscope are used as a measuring instrument. The GP-IB interface is used as a joint of the measuring instrument and PC. And, the system that is able to measure the electrical properties of material and to analyze it by LabVIEW and PC is constructed.

### 1. 緒言

専攻科・生物応用化学専攻1年生の授業として、9年前から「先端機器測定実習」という科目を取り入れている。これまでは、汎用の各種分析装置を用いて授業を進めており、装置制御・データ解析は分析装置を導入した時に付属しているパーソナルコンピュータ(PC)とソフトウェアを利用してきた。一方、素材の電気物性測定装置には一般的に制御・解析用のPCとソフトが付属していない場合が多い。そのため、分析装置導入者で制御・解析部を構築するか、外部委託で構築するのが一般的である。しかしながら、最近ではナショナルインスツルメンツ社が開発した LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench の略) という市販ソフトを用いると、制御・解析部を比較的容易に構築できるようになってきている。本校では、この LabVIEW について複数の使用ライセンスを持っており、平成22年度からこの LabVIEW を導入した授業を2コマ「先端機器測定実習」に取り入れた。また、本年度は実際

の測定装置及び周辺機器として、新たに電気物性測定器として LCR メータ及びオシロスコープを各1台、制御・計測部としてノート PC を数台、さらにインターフェイスクーブルや電気炉なども購入し、より一層充実した授業が行えるように体制を整えた。

ここ2年間、電気分野に詳しくない専攻科・生物応用化学専攻の学生でも LabVIEW を用いた電気特性測定自動化に取り組める、初心者向けに検討・作成してきた教材(授業前自学自習用4編及び授業実習用2編)について報告する。

### 2. 実施計画・方法<sup>[1-5]</sup>

#### 2-1 授業前自己学習用の教材

作成した「LabVIEW 講座(自学自習用)1~4」は、4~8月に掛けて、まず2-1-1、2-1-2、2-1-3、2-1-4の内容について自学自習してもらい、最後に2-1-5の課題ができるまでの実力を付けてもらうことを目標とした教材である。当然、授業前自学自習

平成23年9月20日受付 (Received Sept. 20, 2011)

\* 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター (Manufacturing Education Support Center, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

\*\* 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科 (Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

期間中に生じた疑問及び質問に関する事項は、担当者から回答をもらえる体制を整えている。

### 2-1-1 LabVIEWとは

C言語やアセンブリ言語などと同じようにプログラミング言語の仲間であり、

#### ①グラフィカルプログラミング環境

通常のプログラミング言語は、決められた言葉や文法にしたがってテキストを記述することでプログラムを作成するが、LabVIEWでは様々な機能を持つアイコンを並べ、アイコン間のデータの流れをワイヤで接続することでプログラムを作成することができる。

#### ②計測機器制御に特化した機能

LabVIEWの主な用途として、計測機器の制御やデータ送受が挙げられ、特に機器制御のための機能が充実している。

#### ③マルチプラットフォーム

Windows以外にもMacOSやLinuxなど複数のOSに対応しており、プログラムに互換性がある。などの特徴を持つ。簡単に説明すると、お絵かき感覚でプログラミングができるソフトである。

### 2-1-2 LabVIEWに必要なプログラミングの基礎知識

#### ①データ型

コンピュータが取り扱うデータの種類の、主なデータ型には、数値型、文字型、論理型（ブール型）などがある。注意点は、データ型が違えばプログラムは正しく動作しない。例えば、データ型が違う3種類のデータを足し算すると、小数点が切り捨てられる、プログラムがエラーになるなどが起こる。

#### ②算術演算／算術演算子

数値の計算に使う演算子として、加減乗除など数学と同様の処理を行うものが用意されている。主な算術演算子は、乗算、除算、加算、減算、剰余などである。また、算術演算子の優先順位は数学と同じである。

#### ③制御構造

コンピュータがプログラムを処理する順番を決める仕組みで、順次、分岐、繰り返しの3種類がある。

#### ④比較演算／比較演算子

処理を分岐する、同じ処理を繰り返して実行するためには、何らかの比較する条件が必要であり、そのための演算子である。

#### ⑤論理演算／論理演算子

ブール演算とも呼ばれ、1 (True) か 0 (False) かの2通りの入力値に対して1つの値を出力する演算である。(2つの条件式(論理積 (AND)、論理和 (OR)、否定 (NOT)、否定論理積 (NAND)、否定論理和 (NOR)、排他的論理和 (EOR, XOR))を組み合わせて判断すること。) また、論理演算の注意点とし

ては、論理演算子は演算の対象値を左から右に評価し最小限の操作で結果を決定する、論理積と論理和は最後に評価した演算の対象値を返すなどがある。

#### ⑥配列

同じ型のデータをまとめて扱うことができる機能である。(配列を簡単に説明すると、データの格納場所である。)配列に入れることができるのは、同じ意味を持った同じ型(1次元配列又は2次元配列)のデータだけである。

### 2-1-3 LabVIEWの使い方

#### ①LabVIEWの起動と終了

すでに、LabVIEWがインストール済みの用意されたノート型PCにログインして、[スタートメニュー] → [すべてのプログラム] → [National Instruments LabVIEW 2010]を選択する。いくつかのファイルを読み込んだ後、起動画面が表示される。この画面から、プログラムの新規作成や以前に作成したプログラムを開くなどを選択できる。

スタートアップウィンドウ又はフロントパネル右上のアイコン×をクリックして閉じれば、LabVIEWが終了する。一方、ブロックダイアグラムウィンドウ右上のアイコン×をクリックした場合には、ブロックダイアグラムウィンドウが閉じるが、LabVIEWは起動したままになる。

#### ②LabVIEWの画面構成

LabVIEWの起動画面から[新規] → [ブランク VI]を選択すると、新しいプログラムを作成する準備ができる。このとき、画面上にはいくつかのウィンドウが表示される。

- ・フロントパネル
- ・制御器パレット
- ・ツールパレット
- ・ブロックダイアグラム
- ・関数パレット
- ・詳細ヘルプ

#### ③LabVIEWのプログラミング入門

- ・LEDの点滅を制御するプログラムの作成
  - Step1. フロントパネルの作成
  - Step2. ブロックダイアグラムの作成
  - Step3. プログラムのテスト
  - Step4. 作成したプログラムの保存
- ・制御器と表示器

制御器は、データを出力する端子をもったオブジェクトやノードであり、例えば、トグルスイッチやノブ、ダイヤルなどがある。表示器は、データを入力する端子をもったオブジェクトやノードであり、例えば、LEDやグラフ、文字列表示器などがある。

## 2-1-4 LabVIEW プログラミングの基礎

### ①配列

同じ型のデータをまとめて扱うことのできる機能である。例えば、文字型配列やブール型配列、倍精度型配列などを作成して、それぞれの型のデータをひとまとめにして扱うことができる。(配列を簡単に説明するとデータの格納場所である。)配列のアイコンは、制御器パレットから選択する配列、行列&クラスタパレットに用意されている。

### ②For ループ

設定された回数だけサブダイアグラムを実行するストラクチャ(制御構造)である。(For ループを簡単に説明すると For ループ内のプログラムを N 回実行する制御構造である。)サブダイアグラムとは、ブロックダイアグラムウィンドウにおけるストラクチャ枠で囲まれた部分のことである。For ループのアイコンは、関数パレットから選択するストラクチャパレットに用意されている。

### ③While ループ

条件が一致するまで、サブダイアグラムを繰り返して実行するストラクチャである。(While ループを簡単に説明すると While ループ内のプログラムを条件が一致するまで実行する制御構造である。)条件の判断は、ループの後に行うので、最低でも 1 回はサブダイアグラムが実行されることになる。While ループのアイコンは、関数パレットから選択するストラクチャパレットに用意されている。

### ④ケースストラクチャ

複数のサブダイアグラムの中から条件にあった 1 つのサブダイアグラムを選択して実行する制御構造である。一般的な記述型プログラミングでは、if 文に相当する。ケースストラクチャを配置するには、関数パレットから[ストラクチャ]→[ケースストラクチャ]を選択する。

### ⑤グラフ表示方法

- ・数値 1 次元配列データのグラフ表示方法
- ・グラフ表示をリアルタイム化する方法
- ・数値 2 次元配列データのグラフ表示方法

### ⑥ファイル処理 1

LabVIEW を用いて計測データなどファイルとして保存しておき、必要なときにそのファイルを読み取ることができれば便利である。また、エクセルなどの表計算ソフトウェアとデータを共有して各種の処理を行いたい場合も多くある。

### ⑦ファイル処理 2

- ・乱数データを随時追加して保存する方法
- ・2 系列データのファイル保存方法

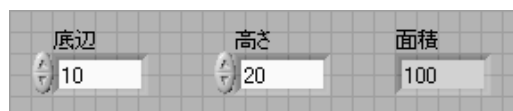
## 2-1-5 LabVIEW プログラミングの課題

2-1-1、2-1-2、2-1-3、2-1-4 の内容を理解できていることを前

提として、問題 1~10 を課す。代表問題を、下記に示す。

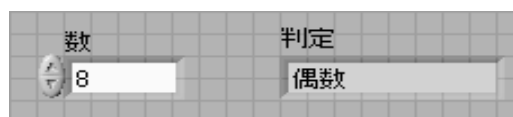
### 問題 1) 簡単な計算 1

三角形の底辺と高さをキーボードから入力して次のように表示する VI を作成しなさい。



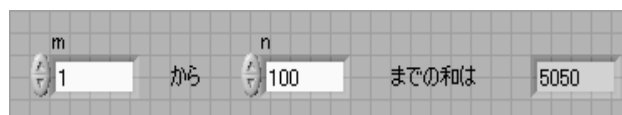
### 問題 3) 分岐処理 1

数 a を入力し、a が奇数かどうかを判定し、奇数のときは「奇数」、偶数のとき(奇数でないとき)には「偶数」と表示する VI を作りなさい。



### 問題 6) 繰り返し処理 1

数 m と n を入力して、m から n までの数の和を計算し、次のように表示する VI を作りなさい。



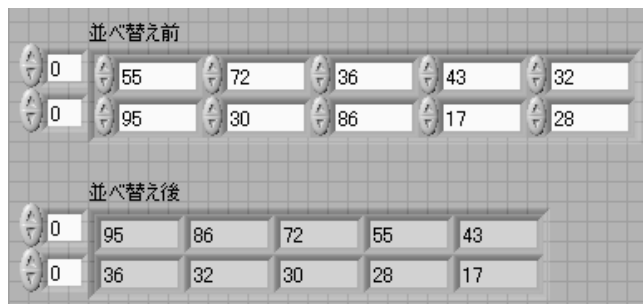
### 問題 8) 1 次元配列

就職先の学生数を読み込み、就職先の割合を求め、次のように表示する VI を作成しなさい。

就職先	学生数	割合
商社	151 人	29.4%
金融業	81 人	15.8%
製造業	102 人	19.9%
サービス業	96 人	18.7%
マスコミ関係	15 人	2.9%
その他	68 人	13.3%

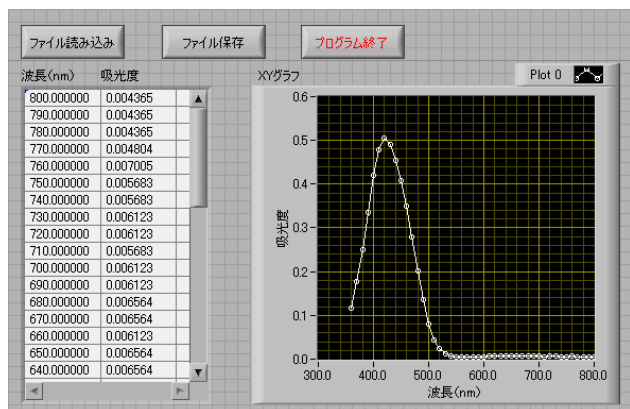
### 問題 9) 2 次元配列

10 個のデータを入力し、大きい順に並べ替え、次のように表示する VI を作りなさい。



## 問題 10) ファイル処理

UV 計測データを読み込んで透過率から吸光度を求めて、次のように表示する VI を作りなさい。また、表示結果（波長と吸光度）をファイル保存しなさい。



## 2-2 授業実習用の教材

作成した教材「LabVIEW 実習 1、2」に従い、2-2-1、2-2-2 の内容について専攻科・生物応用化学専攻 1 年生 6 名を 3 班に分けて、9 月に授業を行った。

### 2-2-1 LabVIEW と GPIB を利用した PC によるデータ収録

#### ① GPIB (General Purpose Interface Bus) とは

コンピュータと計測器とのインターフェイスとして開発され、主にパソコンと計測器を接続するために用いられている。米国 Hewlett Packard 社の社内規格であった「HP-IB」が IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers: アメリカ電気電子学会) によって承認され、国際標準規格となったものである。現在の計測器の多くは、この GPIB インターフェイスを標準で搭載しており、パソコンと計測器を使用した計測システムにおいて幅広く活躍している。

#### ○ GPIB の特徴

- 機器間の接続・構成が容易で、接続する機器が増えてもパソコンのインターフェイスは 1 つで済む。

- 信頼性の高いデータ伝送が可能である。
- 多くの計測器に GPIB インターフェイスが搭載されており、1 つの手順を習得することで様々な計測器を制御することが可能になる。
- 通信速度の異なる機器でも接続ができる。

#### ○ GPIB 通信機器とパソコンを接続する利点

- パソコンで機器の制御プログラミングを記述・実行することにより、計測の自動化・省力化が実現できる。
- 計測データのグラフ表示やファイル保存など、パソコンの能力を活かした計測システムが実現できる。
- 1 台のパソコンに複数の計測器を接続し、プログラムによって各機器が自動計測を行い、その計測したデータをパソコンで収集し、解析や表示処理、データ保存するという使われ方が一般的になっている。

#### ② RS-232C とは

データを送受信するための伝送路を 1 本、または 2 本使用して、データを 1 ビットずつ連続的に送受信する通信方式である。少ない信号線での接続が可能であるため、線材や中継装置のコストが抑えられるなどのメリットがある。

#### ③ GPIB と RS-232C の違い

2-2-1 の①と②に記述した GPIB と RS-232C のそれぞれの長所と短所をまとめたものを、表 1 に示す。

表 1 GPIB と RS-232C の長所と短所

GPIB		RS-232C	
長所	短所	長所	短所
1 ポートで複数の機器を接続可能			1 ポート 1 台の機器を接続
伝送速度が遅い			伝送速度が遅い
	インターフェイスボードが必要	インターフェイスは、多くの PC に標準で搭載	

#### ④ 計測器入門

##### ○ エレクトロメータ

電流の測定を行う機器という面ではデジタルマルチメータと同じだが、エレクトロメータではより微量の電流 ( $\mu\text{V}$  レベル) を検出することができる。電流測定の外、超高抵抗や電圧の測定なども可能である。

### ○LCR メータ

L (コイル)、C (コンデンサ)、R (抵抗器) など電子部品のパラメータ値を交流で計測する測定器である。

### ○オシロスコープ

時間の経過と共に電気信号 (電圧) が変化していく様子をリアルタイムで画面に描かせ、目では見えない電気信号の変化していく様子を観測できるようにした波形測定器である。

### ⑤計測器と PC の接続方法 (解説)

- Step1. エレクトロメータの接続と設定
- Step2. 計測器 I/Q アシスタント ExpressVI の使用
- Step3. 受信データの解析
- Step4. フロントパネルの作成
- Step5. ブロックダイアグラムの作成
- Step6. プログラムのテスト
- Step7. 作成したプログラムの保存

### ⑥計測器の制御実習 1

測定器を選択する LabVIEW プログラムを使って、各班の測定器を決める。各測定器のフロントパネル、ブロックダイアグラム作成条件を満たす LabVIEW プログラムを作成する。

#### ○エレクトロメータ

フロントパネル条件

- 測定終了ボタン
- 現在の測定値 (電圧) を表示する
- 測定値を表 (時間と電圧) にする
- 測定値をグラフ (時間と電圧) にする

ブロックダイアグラム作成条件

- データ (時間、電圧) 保存機能
- 測定間隔 0.01 秒ごと

#### ○LCR メータ

フロントパネル作成条件

- 測定終了ボタン
- 現在の測定値 (主 : Z、副 :  $\theta$ ) を表示する
- 測定値を表 (Z と  $\theta$ ) にする

ブロックダイアグラム作成条件

- データ (Z、 $\theta$ ) 保存機能
- 測定回数 : 100 回
- 測定周波数 : 1.0000 k Hz
- 測定電圧レベル : 1Vrms
- 測定速度 : Medium
- トリガ源 : Bus
- トリガ遅延時間 : 8ms
- 測定レンジ : Auto

#### ○オシロスコープ

フロントパネル作成条件

- 測定終了ボタン

- 波形グラフを表示する

ブロックダイアグラム作成条件

- データ保存機能

### ⑥計測器の制御実習 2

各測定器のフロントパネル、ブロックダイアグラム作成条件を満たす LabVIEW プログラムを作成する。

#### ○エレクトロメータ

フロントパネル作成条件

- 測定終了ボタン
- 現在の測定値 (電圧) を表示する
- 測定値を温度に換算して表 (時間と温度) にする
- 測定値を温度に換算してグラフ (時間と温度) にする

※ K型熱電対の温度-電圧換算表 (Excel)

ブロックダイアグラム作成条件

- データ (時間、電圧、温度) 保存機能
- 測定間隔 1.0 秒ごと

フロントパネル作成条件

- 測定終了ボタン
- 測定値を表 (周波数と Z と  $\theta$ ) にする

#### ○LCR メータ

ブロックダイアグラム作成条件

- データ (周波数、Z、 $\theta$ ) 保存機能
- 測定周波数 : 1~100000Hz
- ※ 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, …, 100000Hz
- 測定電圧レベル : 1Vrms
- 測定速度 : Medium
- トリガ源 : Bus
- トリガ遅延時間 : 8ms
- 測定レンジ : Auto

※計測器ドライバを参考に作成する

フロントパネル作成条件

- 測定データ読み込みボタン
- 終了ボタン
- 波形グラフを表示する

#### ○オシロスコープ

フロントパネル作成条件

- 測定データ読み込みボタン
- 終了ボタン
- 波形グラフを表示する

ブロックダイアグラム作成条件

- 測定データ読み込み機能

## 2-2-2 課題とレポート

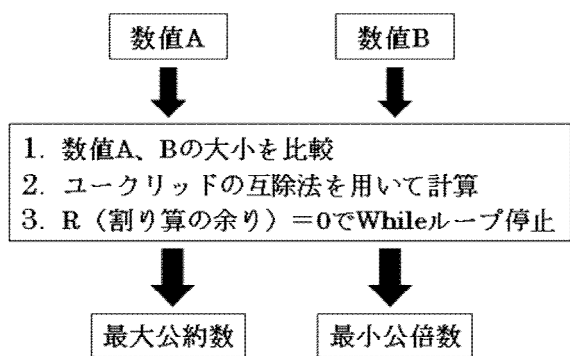
### ①課題

1. 計測器の制御実習 1、2 で作成した LabVIEW プログ

ラムを提出する。

- 卒業研究、学生実験又は授業で役立つLabVIEWプログラムを作る。
- 2つの整数を入力し、その最小公倍数と最大公約数を求めるLabVIEWプログラムを作る。ただし、LabVIEWに用意されている最小公倍数、最大公約数関数は利用しない。

※ 課題3のヒント



## ②レポート

- A4サイズの用紙を用いること。1枚を表紙とし、本文は2枚目から書くこと。原則として、ペン書き又はプリンタ印刷とする。
- 表紙には、次の事項を記す。報告書名「先端機器測定実習」、実習テーマ名、実習年月日、提出年月日、報告者出席番号、報告者氏名、共同実習者名。
- 本文には、次の項目をこの順序で書く。課題、プログラム名、プログラム概要、プログラム操作法、プログラム結果、フロントパネル図、ブロックダイアグラム図、参考文献。

以上の取り組みの他に、「画像処理実習」にも取り組む計画である。

## 3. 結 言

専攻科生物応用化学専攻1年生の「先端機器測定実習」に、新たにLabVIEWを用いた電気特性測定自動化に関する内容を取り入れた。測定装置として、エレクトロメータ、LCRメータ、オシロスコープを、測定装置とPCとの接続部としてGP-IBインターフェイスを用いて、LabVIEWとPCによって材料の電気特性測定・解析できるシステムを専攻科・生物応用化学専攻の学生自ら構築できることを目標とした。授業前自学自習用教材と授業用教材として、PowerPointにより「LabVIEW講座（自学自習用）」4編と「LabVIEW実習」2編を、新たに作成した。

## 参考文献

- 堀桂太郎:「図解LabVIEW実習 ーゼロからわかるバーチャル計測器ー」、森北出版(2009)。
- 小澤哲也:「LabVIEWデータ収録プログラミング」、森北出版(2008)。
- Robert H.Bishop:「LabVIEW8プログラミングガイドーグラフィカル言語によるPCベース計測とデータ解析ー」、ASCII(2008)。
- 谷尻かおり:「改訂新版/これから始めるプログラミング基礎の基礎」、技術評論社(2009)。
- 若山芳三郎:「学生のためのVisual Basic」、東京電機大学出版局(2001)。