

# 計測制御バーチャル・ワークベンチ LabVIEWでI/O

渡島 浩健 著



http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/40/40931.htm

DVD-ROM付

 オシロスコープ
温度シミュレータ
オーディオ・アナライザ
ファンクション・ ジェネレータ ほか
LabVIEW用プログラムと 評価版LabVIEWを収録

# 0-1 ツールとしてのLabVIEW

### ● 本書の概要

この本は、LabVIEWというコンピュータ・プログラムの開発環境について解説しています。開発「言 語」ではなく「環境」と書いたのは、C言語やBASIC言語のように文字(テキスト)を使って文章としてプ ログラムを書くのではなく、電気回路図のような絵を描くことでプログラムを作るからです(図0-1). このLabVIEWが、最初にMacintosh上のプログラミング・ツールとして発売されたと聞けば、一部の 人にはわかってもらえると思いますが、このユニークなプログラミンング手法のせいもあって、全世界 で熱狂的ともいえるファンを生んできました。

LabVIEWは便利なツールですが、どんなプログラムも可能な汎用言語ではありません。できないこともたくさんあります。逆に、汎用言語ではとても難しくて手が出せそうにないことが簡単にできてしまうという、夢のような機能をたくさん持っています。

単に見かけの簡単さや面白さだけではなく、根底に流れる思想の奥深さを汲み取っていただければ、 LabVIEWの可能性にわくわくしてもらえると思います。そうかといって、学術書のように難しい理論 を並べてもしかたがないので、なるべく身近な事柄を例にあげて、できるだけ平易に説明しました。そ のぶん、言葉の意味として厳密には正確でない表現がありますが、そこはだいたいのイメージとして受 け取ってください.

本書の対象とする読者は、パソコンをただの事務機ではなく「インスツルメンツ」として活用したい



方々です.閉じた箱として計算機やワープロ,ゲーム機として使うだけでなく,外界とインターフェー スしていろいろな物理量を測ったり取り込んだり,また,処理して表示させたり,さらに外部につない だメカなどの機器を制御するといった計測制御システムに興味のある方に向けて書きました.私たちの 五感やそれ以上の入力に対してパソコンが反応したり,自分が作ったプログラムで現実世界の何かが動 くことは,ホビーとしてもたいへん魅力的です(図0-2).

LabVIEWは、足し算や引き算のような簡単なプログラムもできますが、特に計測や制御に必要な便 利な機能をたくさん持っています、プログラムによってパソコン(PC)をさまざまな計測機器や制御機 器に化けさせることが得意です、本書では、このことをバーチャル・インスツルメンツ(仮想計測器)と 呼んでいます。

このバーチャル・インスツルメンツという言葉自体は知らなくても、すでに世の中にはこの考え方に よって作られた機器がたくさんあります.コネクタのみでディスプレイやスイッチがなく、PCにつな いで使う測定器や、ソフトウェアによって違う機能を発揮する「プログラム可能」な「モノ」に心当たりが あると思います.それらのしくみを理解するうえでもバーチャル・インスツルメンツの考え方が役に立 つはずです.

この意味を知らずに、いきなりツールの使い方から始めてしまうと、どうしてLabVIEWがよいのか、 ということさえもわかりにくくなりそうなので、最初はいろいろな測定器を考えながらバーチャル・イ ンスツルメンツを説明していきます、測定器というよりも、コンピュータ計測の超入門的な解説といっ たほうがよいかもしれません.

また、コンピュータ計測の基本は、イコール電気量の測定なので、どうしても電気にまつわる話が多 くなります.しかしながら、この部分を理解することはとても大事ですから、しっかり理解しながら読 み進めてください.計測制御に関する基礎的なことをご存知の方は、第3章から読み始めていただいて もかまいません.





図 0-2 米国の高校生ロボコン FIRST では Lab VIEW が標準

### 1-1 測るということ

### ● 計量標準と測定器

基準や標準などというものは一種の取り決めなので,最初にだれか(何人かで話し合うこともあるか もしれません)が「こうしよう」と決めて,皆がそれに従えば,それが基準や標準になります.歴史的に いくつか異なった基準が存在していても,使う人が最も多いものが自然と生き残っていき,そのうち標 準(デ・ファクト・スタンダード)として認められます.しかし,現代の物理学の標準は,計量法という 法律できちんと定められていて,国際的にも共通化が図られています.そしてより正確に,より共通化 しやすいように改定されてきています.

例えば、時間の単位である1秒は、1956年以前は地球の自転1回転の86,400分の1でしたが、その後、 地球の公転の31,556,925.9747分の1に改定され、1967年以降はセシウム(Cs133)原子の固有振動の 9,192,631,770倍とされています。

電圧の標準としては、カドミウム標準電池(ウェストン電池ともいう)の20℃における起電力を 1.01864 Vとして用いていましたが、1970年代後半からジョセフソン効果を利用した基準が使われてい ます.ジョセフソン接合を絶対零度近くまで冷やして高周波を照射すると、一定の電圧が得られるそう で、それらを数千個~数万個並べて1Vや10Vの基準器を作っています。大元になる標準値を発生させ る装置を原器と呼びます(図1-1).

測定としていちばん正確なのは,原始的な測定方法を使って原器と比べながら測る方法ですが,いつ もそんな大掛かりで手間のかかることをやっていられませんし,設備の管理も大変で実用的ではありま せん.原器は,正確さを保つためにその周りに付随する装置が大掛かりなのが普通です.

そこで,原器と比べてもほとんど同じ,つまりある範囲内でしか違っていないと保証されるものや方 法を,原器の代わりに使って測った値を信頼することにしました.身近にある測定器は,ほとんどすべ てそういった代替品です.

皆さんが持っている定規(図1-2)は、その正確さ(狂いの少なさ)の程度で等級があります。例えば、 それはJIS規格の等級で表されています。マルチメータなどは、読み取った値が本当の値と比較して何 パーセントずれている「可能性」があるか、という規格(スペシフィケーション=スペック)がカタログや 取扱説明書に明示されています。

基準に沿って作られたのに、なぜ原器と同じでないのかというと、まず作るときの誤差があり、作っ た後も温度や湿度といった環境の違いでずれが少し生じます. 定規は素材が伸び縮みしますし、はかり はばねの強さが変化し、電気部品も値がほんのちょっと変わってしまいます. また、時間が経つことで だんだんとずれてしまうという要因(経年変化)もあります.

どれだけ信頼できるかというのは、トレーサビリティ (図1-3)という考え方に基づいて管理されています.世の中にある測定器をすべて原器と比べるわけにいかないので、少し正確さは劣るけれど扱いや ・2005次の標準器を決めて、定期的に上位の標準器と比べることで末端までを管理します.比べ

16 第1章 測る道具



て調整することを校正と言います.

例えば、日本での電圧の標準器は、大元がジョセフソン効果電圧発生装置と標準分圧器で、それを 使って2次標準器となる電圧発生装置と電圧測定器を校正し、さらにそれを使って実用参照標準器の電 圧発生器やディジタル・マルチメータ、直流電圧計、標準電池などを校正しています。われわれ一般ユー ザやメーカは、その実用参照標準器に合わせるというわけですが、測定器メーカから発売されている校 正用信号発生器はさらにその下位基準のこともあります。

筆者の周りでは、社内で基準になる機材を「神様」などと呼ぶことがあります。本当かどうかわからないけど、信じるしかないということなのかもしれません。



### ● 測る対象はアナログ量

この世にある物理量はアナログ量です.アナログ量とは,時間の流れに伴って「連続した値」として発 生するものです.ここでいう連続とは,無数の値で表現されるという意味です.1の次は2でしょうか? いいえ,その前に1.5があり,その前には1.25があり,その前には1.125があり……と無限に割り振るこ とができます.ちなみに,1の次を2としてしまうのがディジタルです.



### 2-1 制御装置

### ● 制御とは

PCで外部の物理量を測定できるなら、逆にPCで外部の物理量を変化させる(制御する)こともできる はずです。例えば、ランプを点灯させたり、ヒータの温度を調整したり、モータを回したり、機械を動 かすことなどです(図2-1).

現在では、ある程度決まっていることなら、PCに標準的に装備されている機能や一般的に市販されている機器を接続して実現できます。音を鳴らすことはサウンド機能を使えばできますし、高度な音楽は外部音源をMIDIなどのインターフェースで制御することで実現できます。

さらに対象を広げるためにはPCから外部機器を動かすための信号を取り出せなければいけません. それがアナログ信号ならばD-Aコンバータ,ディジタル信号ならディジタル出力インターフェースを使います.

### ● D-A コンバータ

A-Dコンバータとは逆に,ディジタル・データをアナログ信号に変換するのがD-Aコンバータと呼ば れる変換器です(図2-2). A-Dコンバータとは変換の方向が反対ですが,性能の指標は似ていて,おもに ビット数と変換速度です.ビット数はディジタル・データの何ビットを出力電圧範囲に割り当てているか, つまりどれくらい細かい単位で電圧を変化させられるかを表します.また,時間的にどれくらい高速に 出力を変化させられるかは変換速度(または最高変換クロックや変換時間で表現される)で表わします.

PCで作ったディジタル・データは、D-Aコンバータでアナログ信号に変換することができます(図 2-3). 波形データをPC内で作って連続で出力させれば信号発生器になります.





図2-2 ディジタル・データをアナログ信号に変換す るD-Aコンバータ



図2-3 D-Aコンバータの出力

D-A コンバータから出てくる信号は変換クロックのタイミングで値が変化し,次のクロックまで同じ 値が保持されるので,連続波形を出力すると変化の激しい箇所で階段状の波形になることがあります. もし問題があるときは,よりビット数の多いD-A コンバータを使って分解能を上げるか,高速のクロッ クを使ってデータ量を多くするか,適当なアナログ・フィルタを通して信号を滑らかにするなどの工夫 が必要です.

### ● トランスデューサ(パワー・ドライバ)

D-A コンバータの出力信号は電圧の変化として出力されます.これを物理量に変換するのがトランス デューサです.例えば、ランプは電気を光に、ヒータは電気を熱に、モータは電気を回転運動に変える トランスデューサです.針式のメータは、電気→位置のトランスデューサともいえます.

この方向の変換は物理量を制御するためのパワーが必要で、D-Aコンバータの微弱な電力で直接駆動 できることはまれです(例えば、スピーカはパワー・アンプがないと音が出ない). その他にも制御対象 の都合に合わせなければならないため、専用に駆動装置が用意されている場合がほとんどです(図2-4).

駆動装置への入力信号はアナログまたはディジタルで用意されています.何Vや何mA,またはディ ジタルのビット・パターンに対して、どのくらいの物理量を変化させるかが規格で示されているので、 それに合わせて信号データを用意します.電圧-電流変換や信号を絶縁する必要がある場合は、そのた めの調節器を間に入れます.

### ● スケジューラ

PC側であらかじめ順序を決めておき、そのとおりに動かすことは比較的簡単にできます。例えばニーズが多くはないかもしれませんが、ペットや家畜のために、朝7時になったら柵を開け、12時になったらお昼のサイレンを鳴らして餌箱の蓋を開け、5時になったら寝床に帰る合図の音楽を流すことを毎日繰り返す、ということも可能です。

### ●計測結果を元に制御

測定した結果によって動きを変えることもできます. ロボットもずいぶん高度な動きができるように

きるようになります.

この後、サンプルVIを目的に合うようにVIを改造していく例を紹介します.

# タークシステム設計をしてみよう

#### ● 作成する VI の要件

それでは、LabVIEWによるシステム設計に挑戦してみましょう. ここでは、LabVIEW用の拡張ハードウェアを持っていなくても計測プログラムの作成を体験できるように、PCに標準で備わっているサウンド機能を使って音声帯域の信号を取り込んで処理したり、テスト信号を出力したりすることができるVIを作ることにします. ただ単に信号が見えるというだけでなく、それなりの計測ができるようにしてみます.

まず, ライン入力またはマイク入力から信号を取り込んで, パワー・スペクトラム解析ができる VI を作ります. 信号を連続的に取り込みながら, 時間波形とパワー・スペクトラムのグラフを更新します. 時間波形は電圧で読み取れるようにし, パワー・スペクトラムは V<sub>rms</sub><sup>2</sup>単位で移動平均処理をします. 周波数帯域は, 20Hz ~ 20kHz を目標にします.

その次に、テスト信号を出力するVIを作ります。目論んでいるのは、テスト信号を出して測定対象 とする回路に入力し、出てきた信号を先に作った解析VIで取り込んで周波数特性などの伝達特性を調 べるシステムです。

#### ● サウンド機能を検討する

ー昔前までは、PCのサウンド機能は拡張カードを使って追加していました. 有名なのは「サウンドブ ラスター」という製品で、その仕様が「SB互換」としてデ・ファクト・スタンダードになっていました.

PCのサウンド機能が標準装備されるようになったころ、AC'97(オーディオ・コーデック97)という インターフェース規格が普及しました. 論理コントローラとアナログ・コーデックを分離する構造で柔 軟性をもたせています. 論理コントローラはサンプリング周波数変換やサラウンド演算などを行い、こ れをソフトウェアで処理することにより安価にできます. コーデック・チップがA-D変換とD-A変換を 行います.

現在は、AC'97の後継であるHD Audio(ハイ・ディフィニション・オーディオ)が標準です。PCに 内蔵されているだけでなく、拡張カードやUSB接続のサウンド・デバイスもほぼこれに準拠している ので、ハードウェアが違っていてもWindows上の設定画面は統一されています。とはいえ、ハードウェ アの機能によって画面に現れる項目が多少違います。

### ● PCのオーディオ端子

テレンジノートPCは、マイクロホンとスピーカを内蔵しています. さらに、ヘッドセットを接続

130 第4章 LabVIEW プログラミング



できるようにマイク入力とヘッドホン出力のコネクタを備えています(図4-8). たいてい3.5mm径の3 極ステレオ・ミニ・ジャックですが、中には4極のコンボ・ジャックもあります(図4-9). ちなみに、 マイク入力が独立している場合の多くは入力回路もステレオ(2ch)ですが、コンボ・ジャックのマイク 入力はモノラル(1ch)です(後ほどVIを作成して確かめる).

デスクトップPCではマイク入力とヘッドホン出力のほかに、ライン入力とライン出力があります(図 4-10). マイク入力とヘッドホン出力は、前面パネルにあるかもしれません.

マイク入力とライン入力の違いは,扱う信号レベルとプラグイン・パワーの有無です.PCが想定し ているマイクロホンはエレクトレット・コンデンサ型で,PCから電源(プラグイン・パワー)を供給し ます(図4-11). 大雑把にいって,マイクの信号レベルは3~30mV,ライン入力のレベルは100~ 300mV程度です.ダイナミック・レンジを考慮してもマイクで300mV,ラインで2V程度までの振幅が 扱えればよいと思います.

また、ヘッドホン出力とライン出力は、負荷を駆動する能力の違いです。ライン出力の相手先は低く ても数kΩ以上の入力インピーダンスがあるので駆動する際に電力はいりません。一般的なヘッドホン はインピーダンスが16~70Ω程度と低く、音量によっては50~100mAの電流が必要です。ノートPC では、スピーカを鳴らす信号をヘッドホン出力に回せばよさそうです(直列に抵抗が入っているかもし れない). 高級なサウンド・カードは、専用のヘッドホン・アンプが付いていることをアピールしてい るものもあります.

外部マイクを差し込むと、内蔵マイクが切れて外部マイクが有効になります. ヘッドホンをつなぐと 内蔵スピーカから音が出なくなります. 昔はプラグを差し込むとジャック内の電極が離れてスピーカへ の経路を切断していましたが、HD Audioではプラグが差し込まれたことを検出するセンサがあり、そ の状態を読み取ってソフト的に切り替えています. 他の入出力ジャックも同様なので、特にデスクトッ PC ママンラグを差し込まれていない端子は「接続されていません」となって設定などができません.

# 5-1 周波数解析プログラムの作成

### ● サンプル VI を改造する

本章では、第4章で別名で保存したサンプルVIを改造してオリジナルのVIを作成します.VIを閉じた状態ではスタートアップ画面の右側に最近使ったファイルが表示されているので、その中から第4章で使ったSound Input Audio Analyzer.viをクリックして開きます.

まず, Ctrl+Eでブロックダイアグラムを開きます. 薄い黄色地の文章はコメントです. 後でプログ ラムを理解するときの助けになるので積極的に書くことをお勧めしますが, ここではとりあえず削除し ておきましょう. マウスで選択してDelete キーを押します(図5-1).

# 😬 ワンポイント・アドバイス ―― 元に戻したい場合

もし間違えてしまったら、Ctrl+Zキー(Undo)で元に戻せます.

3要素のクラスタ定数のふちを右クリックすると、ポップアップ・メニューが現れます. その中から 「制御器に変更」を選びます(図5-2). すると、フロントパネルに制御器が現れます(図5-3).





図5-2 クラスタ定数を制御器に変更する



# 6-1 正弦波ジェネレータの作成

### ● サンプルVIの確認

テスト信号を出力するVIを作りましょう。サンプル・ファインダを呼び出して、「サウンド |→「サウ ンド生成 |をダブル・クリックします(図6-1).

VIのフロントパネルが開く(図6-2)ので、「音量 |を適当に下げてから実行してください、PCのスピー カから音が出ればOKです、「周波数 |と「音量 |を変更して、どう変わるか確認してください(図6-3)、

確認が済んだら「停止 |ボタンで止めて、Ctrl+Eキーでブロックダイアグラムを表示させます(図 **6-4**). このVIは、サンプルレート44100Hz、16ビット分解能で、左右2チャネルとも同じ周波数(500Hz) の正弦波を出力します。音量は「サウンド出力音量設定 |VIで調整できますが、スピーカ・プロパティ のレベルやタスクバーの音量ボリュームとは連動していないようですし、音量と実際の信号レベルがど う対応しているか不明です.また.波形データは「信号シミュレーション」Express VIで作られていて. サンプルレートと生成するポイント数がExpress VIの構成パネルを開かないと変更できません(図 **6-5**). これらをフロントパネルから適宜変更できるようにしてみます. パラメータは、第5章で作った アナライザVIと同じ考え方で設定できるようにします。





図6-1







虫めがねのようなボタンをクリックすると範囲拡大,左右拡大,上下拡大,全体表示などが使えます(図 6-58).繰り返し更新されるグラフでは,オートスケールを切らないと戻ってしまいます.オートスケー ルの切り替えは軸上でポップアップするか,「スケールの凡例」パレットでできます.

# ▶ 6-2 ファンクション・ジェネレータの作成

● 正弦波ジェネレータを拡張する

正弦波ジェネレータVIを元に、出力できる信号のタイプを増やしてみましょう. 正弦波のほかに方 形波,三角波,ノコギリ波,そして白色雑音(ホワイト・ノイズ)を追加します.ホワイト・ノイズは, 広い周波数帯域にわたってパワーが一様に分布しているという特徴があります. これを被測定物(経路) に通して、出てきた信号を解析すれば周波数応答性を知ることができます.ノイズが多く細かい解析に は不向きですが、手早い確認には有効です.

フロントパネルでクイックドロップを呼び出します.キーワードに「列挙」(れっきょ)と入力し,列挙



波形タイプ		▶ 列挙	体プロパティ: 波	形タイプ			×
します。 サウンド形	表示項目 ト 端子を検索 表示器に変更	外観	データタイプ	表示形式	項目を編集	ドキュメント	データバインディング 📢 🕨
ー サンバ 会 19200	配列に変更	項目			値	^	挿入
チャンネ	タイプ定義に指定	正弦の	[波  波		0		削除
2 Eyh/1	説明とヒント	三角	波		2		トに移動
<u>/</u> 7) 24	作成		Eリ波 イトノイズ		3		
	置換 ▶						トに移動
	上級					~	項目を無効にする
評価 <	ペーンに制御器を合わせる オブジェクトをペーンと一緒にスケール	□ 実	行時に未定義の	値を許可			
	表記法 <b>》</b> 表示形式						
	項目を選択 後に項目を追加 前に項目を追加 項目を削除						
	項目を編集	F					
	クロと無効にする プロパティ					OK	キャンセル ヘルプ
ISI6-60 [TĒ	10/01		□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	ヨタを入力・	<b>オ</b> ろ		

体(シルバー)をダブル・クリックしてフロントパネルに置きます(図6-59). ラベルは「波形タイプ」に します.「波形タイプ」制御器でポップアップして,「項目を編集…」を選びます(図6-60). するとプロ パティ・ウィンドウが出るので,項目の行をダブル・クリックして入力モードにし,項目名を入力して ください.項目名は「正弦波」「方形波」「三角波」「ノコギリ波」「ホワイトノイズ」にします(図6-61).

# 四 ワンポイント・アドバイス — 項目名の入力

項目名を入力して、Enterキーを押すと次の行に移ります. 最後の行でEnterすると、下の行に移って空の項目名になってしまうので、IMEの変換が確定した時点で「OK」ボタンをクリックしてください. 空項目ができてしまったら、削除ボタンで消してください.

ダイアグラムでは、「波形タイプ」ターミナルをWhileループ内に入れます(図6-62). クイックドロッ プで「ケース」をキーワードに、「ケースストラクチャ」をダブル・クリックします(図6-63)、ダイアグ ラム上では「正弦波形」VIの左上でクリックしてから(図6-64)、右下へ移動してVIを囲い(図6-65)、 プリーンでC確定します(図6-66). ISBN978-4-7898-4093-4

C3055 ¥3400E

CQ出版社

9784789840934



定価:本体3,400円(税別)



LabVIEWは専用の外部入出力機器と一緒に使うことで、さらに本格的な計測/制御を行うことができます.