

# セラミストのためのパソコン講座

Laboratory Automationの実践例 (III)

難易度 システム Macintosh, Windows

キーワード 仮想計測器 (Virtual Instrument), LabView,

フロントパネルとダイアグラム,  
セメント硬化体への水分吸着特性の測定例

## 第16回

## パソコンを 仮想計測器にしよう

多田眞作

仮想計測器というジャンルのソフトをご存じだろうか。これを用いると、パソコンに繋いだ計測装置から、様々な方法でデータを取り込み、そのデータを加工し、さらにパソコンのディスプレイ上に目的とする形式でデータを表示することができる。世界に1台しかない、研究目的にあった専用測定器を簡単に作ることができる。しかも、全く別の測定の際には、パソコン画面上で簡単に計測器を組み直すことができる。本号では代表的な仮想計測器ソフトであるLabVIEWを中心に、仮想計測器の概念、プログラムの作り方、応用例としてセメント系硬化体への水分吸着の自動測定など、初心者向けに易しくご紹介いただいた。

### 1. はじめに

コンピュータ計測のためのプログラミングにはビジュアル・プログラミング手法が威力を発揮する<sup>(1)</sup>。ビジュアル・プログラミングとは、データフロー・アナロジーとアイコン駆動<sup>(2)</sup>を特徴とし、直感的で入門しやすいため、すでに多くのプログラムが公開され、あるいは商品として提供されている<sup>(3)</sup>。このグラフィック・プログラミング手法に加えて、計測器ハードウェアのドライバ<sup>(4)</sup>の構築とパソコンの画面上に制御と表示のための入出力装置の構築ができる開発環境を仮想計測器ソフトウェアと呼ぶことにする。

仮想計測器といっても計測のシミュレーションをするのではなく、パソコンに繋がった実際の計測器を制御して計測を実施する。それはすでに多くの研究開発の場で利用されているが、高度なネットワーク環境ではその重要性はより高まると期待されている。

本稿では本格的な仮想計測器ソフトウェアであるLabVIEW<sup>(5)</sup>を中心に仮想計測器の特性、プログラミングの特徴、材料系の実験への応用事例について述

べる。LabVIEWに比べて機能が単純で入手し易く、しかも全くプログラミングを必要としない仮想計測器ソフトウェアはワークステーション用<sup>(6)</sup>、パソコン用ともに選択肢は多いが、ここではG-Labを紹介する。

### 2. LabVIEWの設計思想と 仮想計測器の特徴

LabVIEWはデータ収録、制御、データ解析、結果の表示などを可能にする開発環境で、プログラミング言語としての体裁を整えている。この言語はG言語と呼ばれ、ひとつのプログラミング言語を習得するつもりで取り組まないと、高度な計測システムを構築することはできない。

LabVIEWも含め計測プログラムが対象とするデータ収録、制御、解析、表示等を実現する手順の中には、どのユーザーにも共通する部分がある。例えば、ある計測器から一度にn回データを収録して平均する、その結果をパソコンの画面上に時系列に表示する、収録したデータをファイルに記録する、などである。このような機能を

(1) S. Tada, Icon-driven, data-flow programming for the Macintosh data acquisition, Proc. 3rd Pacific University Conference, Kyoto, 82-83 (1992).

(2) 画面上に処理機能毎に異なったアイコンを与え、これらを連結して高次の機能をプログラミングする。

(3) 多田眞作, グラフィック言語による計測プログラミング, トラ技コンピュータ, 8月号, 106-111 (1993).

(4) デバイスドライバOSが計測器を制御するためのソフトウェア。モジュール化されているためOS全体ではなく部分的な構築が可能。汎用インターフェースで接続される機器といえども通信速度、データの区切りの記号、命令などが異なる場合が多いので、通常、ユーザーは機器のマニュアルをみながらドライバを作ることになる。

(5) LabVIEWはナショナルインスツルメンツ社の商品で1986年に発売された。MacOSのグラフィックスリソースを利用することで実現できた

め、当初はMac版のみであった。IBM-PC互換機への移植はWindows3.0の出現で初めて可能になった。この頃はBASICプログラムより遙かに遅かったが、その後、プログラムをコンパイルできるようになって実行速度は向上した。現在はバージョン6.0iとなり、Windows、MacOS、Solaris、HP-UXそしてLinuxで稼働している。http://cotangent.ni.com/worldwide/japan.nsf/main?readform&expandview

(6) HPもDECもそれぞれ自社ワークステーション用の開発環境としてHP VEE、DEC RT Integraterを提供してきたが、パソコンに押されてWindows版がより安価に提供されるに至った。後者は現在存在していない、これらについては割愛する。

(7) アイコンの画面上の位置等のデータと命令のセットを、ひとまとまりの物としてコンピュータが認識できるようにしたもの。

(8) VIも訳せば仮想計測器であり、事実一つのVIが仮想計測器になりうるのであるが、ここではVIを組み合わせる自分の目的を達せらる様にカスタマイズされた計測システムを仮想計測器と呼ぶ。

(9) コンピュータとのインターフェースを有する計測器は、外部のコンピュータからリモートコントロールされるスレイブ状態になると、表示パネルからの操作を受けない(乗っ取られた)状態になる。

(10) G. W. Johnson, LabVIEW Graphical Programming 3rd ed. MGH, 2001  
1994年に初版が出た味のある本、参考書としてお勧めする。  
US\$ 55.00.

(11) キーボード入力やマウス操作などの割り込みのこと

(12) データフロー・プログラミング

処理されるデータの順番に依存せず、平行してデータ処理手順をプログラミングすること

それぞれひとつのオブジェクト<sup>(7)</sup>として取り扱って、画面上ではアイコンを与え、データの入出力ポートを持たせたものをVI(Virtual Instrument)と呼んでいる。

VIはLabVIEW独自の概念で、LabVIEWの目指すものが画面上にソフトウェア的に構成された計測器であることに由来する。事実、デジタルマルチメータ(DMM)などのような表示部と設定パネル面をもったGP-IB機器がリモートオペレーション<sup>(8)</sup>されている場合などでは、まさにMacの画面上に構築されたDMMのフロントパネルのスイッチ操作によって電圧の読み取りが開始され、結果が表示されるのである。画面上のVIのアイコンのコピー/ペースト操作の結果はアイコンという画像だけでなくその機能をも継承する。

図1はFluke社のDMMの実物と、画面上に構築された仮想計測器を示す。申し分ない使い勝手の実物がパソコンに繋がって近くにあるのだから、全く同じものを仮想計測器として画面に構築しても実的な意味はない。これは半分冗談でG. W. Johnson<sup>(9)</sup>が作った物であるが、それでも、自分が必要としない機能は画面上の表示パネルから省かれている。この様に計測システムがハードウェアに全面的に依存することなく、自由にカスタマイズできるところが仮想計測器の素晴らしさといえ



図1 Fluke45デジタルマルチメータの実物と仮想計測器

る。また、ハードウェアとしての表示パネルを持たないA/Dコンバータボードなどをパソコンにインストールして計測する場合には、この仮想計測器画面の構築は必須と言えよう。

実際のハードウェアに備わっている表示部はその大きさに制限がある。一方、ツマミなどの調節部は人の指で行うことによる小ささの制限がある。ところが仮想計測器にはその制限がない。ツマミなどもマウスのポインタで操作できる大きさがあればよい。自分の目的にとって必要な表示部、調節部を作り、再構成できるし、既存のハードウェアに備わっていない高度な機能も実現できる。複数の計測サイトをインターネットや無線で接続し、状況を一つのスクリーンで管理する事も可能になる。

### 3. LabVIEWのプログラミング

G言語によって作られたアプリケーションプログラムがVIで、それはフロントパネルとダイアグラムという連動する2つの領域から成り立っている。フロントパネルはVIのユーザーインターフェースで、ユーザーのイベント<sup>(11)</sup>を受け入れるスイッチやつまみなどが立体的なアイコンとして並ぶ。またここ

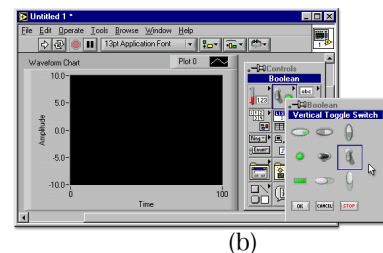
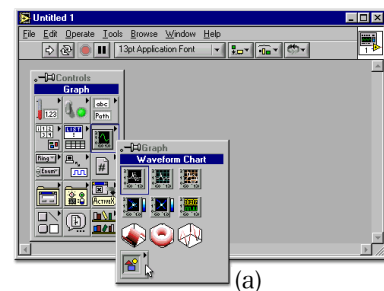


図2 (a)フロントパネルで波形チャートを設定 (b)波形チャートに次いでスイッチを選択

には結果を表示するインジケータ、チャートやグラフのウィンドウも表示される。図2(a)ではポップアップメニューからWaveformChartを選択した。その結果、図2(b)の様な、波形を表示する専用の表示部がフロントパネルに現れた。さらに波形データ収録の開始、終了を指示する為のスイッチを設置しようとしている。

フロントパネル上の作業と同期して、ダイアグラム上にも図3(a)のようなアイコンが配置される。マウスでこれらのグラフィカルに表示されたオブジェクトを結線することでデータの流れを定義していく。フロントパネル上のスイッチをONにすると、図3(b)の様に収録した波形が表示される。

元来多くの労力を必要としたこの様なユーザーインターフェースの構築が、ダイアグラム上でVIを結線してプログラムを作るのと同期しながら、フロントパネル上に自動的に完成してしまうのである。残った作業は表示部のレンジを決めたり、フロントパネル上のオブジェクトの色やサイズを変更したりと比較的気楽な作業である。

ダイアグラムはVIのソースコードで、そこにはフロントパネルで使用しているオブジェクトのアイコンが別な形で同時に現われている。それ以外のオブジェクトとして定数、関数、他のVI、そしてなんと制御構造までもがアイコンになっており、コマンド+クリック（Macの場合）で現われるポップアップメニューからも選択できるようになっている。

このようなデータフロー型のプログラミング<sup>(12)</sup>で困るのは制御構造で、左から右へデータの流れと処理の流れを一致させながら直観的に理解してきたものが、ここでは一時的にとぎれてしまう。LabVIEWではForとWhileの二つの繰り返し構文と条件分岐構文、およびシーケンス構文<sup>(13)</sup>の4個の制御構造を画面上の領域として持ち、制御文に関わるVIのアイコンをこの中にドラッグして入れておけるようになっている。図4はLabVIEWの最大の特徴である制御構造アイコンからWhileloopを選

択するところである。この例では、データの収録を繰り返し行うため、Whileループの制御構造アイコン（図3(a)では矢印で囲まれた長方形の領域）を設置し、繰り返しに関わる作業をしているアイコンをその領域の中にいれている。

オブジェクトの呼び出し、結線、リサイズにともなうツールの切り替えはフローティングツールパレットからの選択またはTabによる切り替えが可能で、効率的なダイアグラム作りができるように工夫されている。

その結果プログラム全体の構造を常に画面上で確認することができる。特にドキュメントを残さなくともダイアグラムを見ただけでプログラムの理解と追加・修正が可能のため、後々の手直しや再利用も容易になっている。感動的なのはデバッグ<sup>(14)</sup>で、ダイアグラムの上をデータが流れる様子が視覚化され、問題のある個所はデータの流れが滞るので一目で分かる。グラフィック言語ではコンパイル<sup>(15)</sup>できるものが無く、実行速度が遅いのが難点であったがLabVIEWは最適コードを生成し、コンパイルされたCと同等の実行速度をもつとしている。別売りのアプリケーションビルダーにより、スタンドアロン<sup>(16)</sup>の実行可能ファイルを作成でき、labVIEW本体をインストールしていない別のマシンで運用できる。

#### 4. 材料系の実験への利用事例

ここではRS-232Cインターフェースを持つ複数個の電子天秤を制御して、3個の試料槽の中で水分を吸着しつつある試料の

と、LabVIEWがBasicやCと根本的に相違する点である。

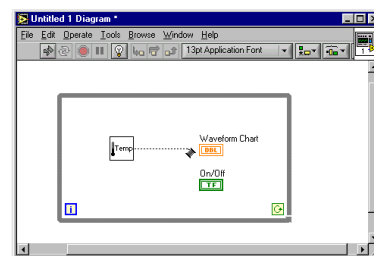
##### (13) シーケンス構造

LabVIEWはデータフロー型の言語であるだけに、コントロールフロー型の手順をあえて行う場合には処理順が規定できるこの制御構造を必要とする。

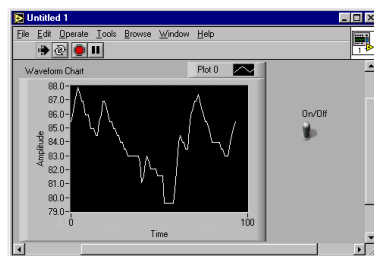
(14) プログラムの間違いを発見すること。

(15) プログラムをコンピュータのプロセッサが直接実行できる形に直すこと。

(16) LabVIEW開発環境とは切離されたアプリケーションソフト。



(a)



(b)

図3 (a)ダイアグラム上でアイコンを接続する作業 (b)波形データの収録と表示結果

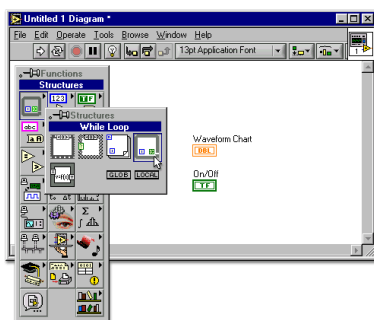


図4 LabVIEWの制御構造（左からシーケンス構文、条件分岐構文、そしてForとWhile loop）

(17) RS-232Cを使用した理由は、各機器が標準装備するインターフェースであり経済的であることと、早い現象を計測する必要がなかったため。

(18) 切替器。パソコン側のポートは一つだけなので、切替ながら順次データを収録する。従って測定時間は各機器ごとにわずかに異なる。

(19) MacCurveFitは使い勝

質量変化を測定し、表示とファイルへの格納を行う簡単なプログラミングの例を紹介する<sup>(17)</sup>。測定の目的は、相対湿度の変化による吸着量の変化を測定し、拡散方程式のカーブフィットから平衡含水量と水分拡散係数を短時間で同時に推定することであった。使用したノートパソコンにはRS-232Cポートが一つだけなので、8個のRS-232Cポートを持つマルチプレクサ<sup>(18)</sup>（これ自身もRS-232C接続）を介在させた。

ユーザはパソコンの画面から対話式に試料条件、測定条件を入力して測定を開始できる。計測結果は画面上でトレンドグラフとしてモニタ出来るほか、tabで区切られたデータセットのテキストファイルが保存される。この自動計測プログラムのフロントパネル、ダイアグラムと装置の写真を図5(a)(b)(c)に、カーブフィットプログラム<sup>(19)</sup>の実行画面を図6にそれぞれ示す。

実はLabVIEWの機能からすれば、収録したデータのカーブフィットを実施して、最終的な計算結果まで表示することも難しくはない。しかし、測定が正しく行われたかを確認できればその後の解析も無意味になるので、データ収録を解析とを分離した。そして大量に発生する実験結果のファイルの管理がより重要となった。実験者は実験条件や目的を変えながら次々に実験をおこなうため、全体的な見通しをもった系統的なファイル名を付与することが難しい。その結果、ファイル名が混乱し、必要なデータを見失う恐れがある。このプログラムでは、実験開始の条件として、各種実験条件（温度、湿度など）、試料の番号、試料調製条件等をフロントパネルから記入する。必須事項が記入されると「実験開始」のボタンが有効になり、測定を開始できる。ここで記入されたデータはその後に続く測定データファイルのヘッダとして同一ファイル内に記録されると共に、これらを利用して保存時のファイル名が自動生成される。ファイル名のみから日付、同日の測定番号、使用装置番号、測定の種類が区別できるようにしてある。この結果、実験者（留

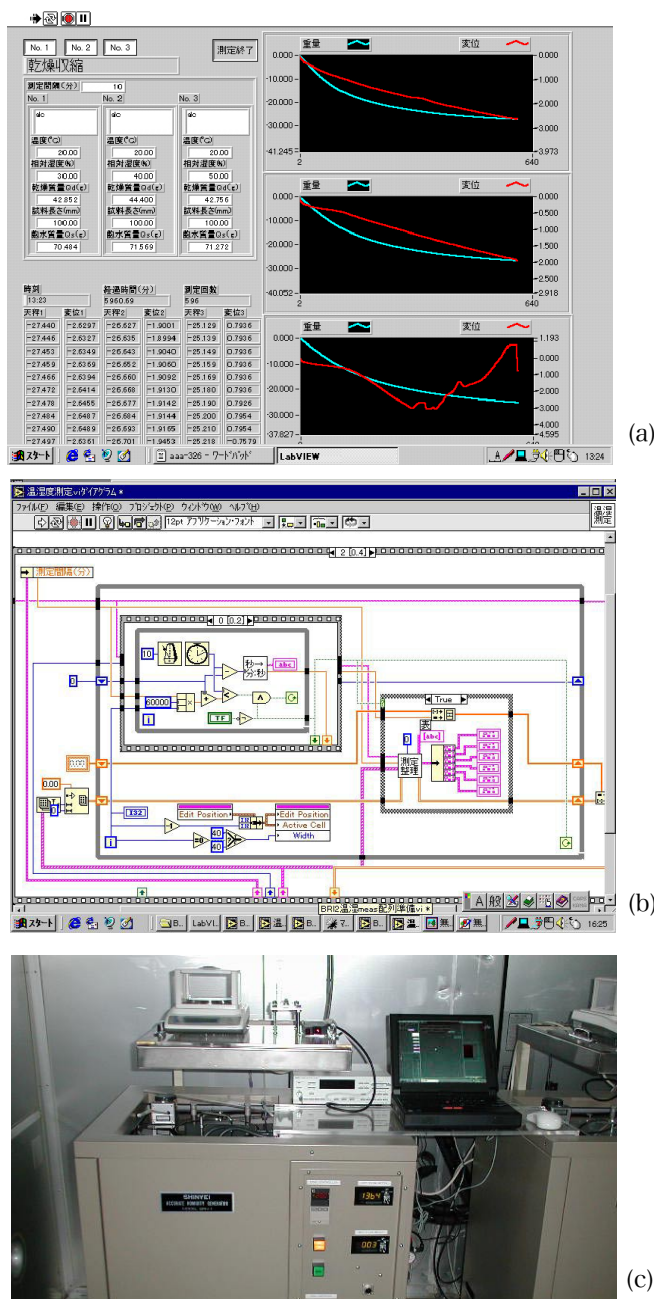


図5 (a)吸着速度自動測定システムのフロントパネル (b)同ダイアグラムの一部 (c)計測システム

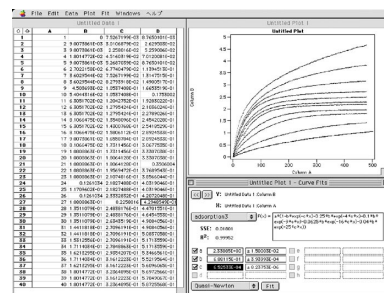


図6 カーブフィットプログラム MacCurveFit



学生1名)は実験条件, 試料条件を変え, 昼夜兼行で73種の実験を次々に実施し, 筆者はこれらを電子メールで受取り, カーブフィット等の解析と計算を行って2編の論文にまとめた<sup>(20)</sup>. この間40日足らずであった.

紙面の関係で, これ以上の事例を紹介できないが, ナショナルインスツルメンツ社のWebサイトでは多くのユーザー利用事例が公開されている<sup>(21)</sup>.

## 5. G-Lab

完璧を期するあまり複雑になったLabVIEWに比較すると, G-Lab<sup>(22)</sup>はその割り切り方が特徴になっている. LabVIEWでは400にも及ぶオブジェクトがあるのに対しG-Labではわずかに28個なのである. それだけに複雑なシステムの構築は無理だが, 逆に簡易な計測であれば, 最低二つのアイコンを結線するだけで図7に示すようにプログラムが直ちに実行される<sup>(23)</sup>.

アイコンは入力系7個 (アナログ入力, デジタル入力, ファイル経由, フィードバック, タイマ, クロック, パルス発生), 調節系3個 (スイッチ, ボタン, スライダー), 演算系が3個 (計算, 論理, 比較判定), 表示, 出力系が12個 (警報, ランプ, ファイル収録, アナログメータ, デジタルメータ,

チャート2種, X-Yグラフ, 棒グラフ, アナログ出力, デジタル出力, フィードバック出力), 他の機器とのインターフェース3個 (シリアル, メニュー, アップリイベント) となっている. アナログ, デジタル入力にはUSB接続の専用A/Dコンバータから受ける.

条件の設定はそれぞれのアイコンをダブルクリックして出てくるダイアログボックスにより行う. このあたりはいかにもMac流で, 実に快適な作業性である. 図8に示す数値計算のアイコンの設定画面には2つの入力ポート, 3個のパラメータ, 45の関数が用意されている.

アナログ入力の設定と測定データのファイル保存のための設定のそれぞれの画面を図9に示す. 計測を知っているユーザーなら迷うことなく設定が可能であろう.

大まかに全体の構成が決まったらあとは細かな部分を仕上げて, コピー/ペースト, ドラッグなどの基本操作で入力と出力のあいだに挿入して行く. ただし, LabVIEWのVIのように, サブプログラム自身がアイコンを持ち他のプログラムの中で利用されることが出来ないため, ワークシートの物理的な大きさがプログラムの大きさを規定する様である<sup>(24)</sup>.

G-Labではリアルタイムのストリッ

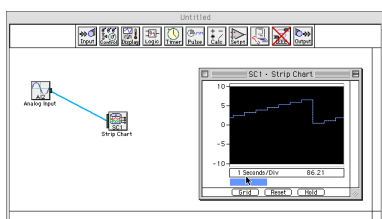


図7 ワークシート上に並んだアイコンと結線の様子

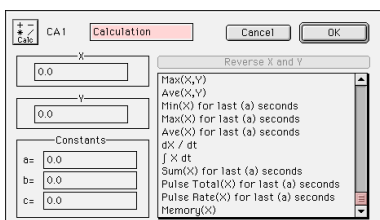


図8 数値計算アイコンの条件設定

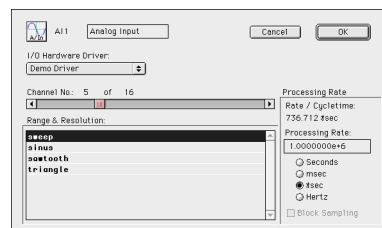
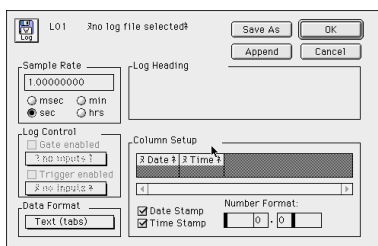


図9 アナログ入力アイコンとファイル収録アイコンの設定画面

手の良いカーブフィット専用プログラムである. カーブフィットのためだけにKaleidaGraphなどを購入するのならこのシェアウェアを試用してみると良い. Windows版も用意されている. <http://www.krs.com.au/>

(20) 多田眞作, 孫 喜山, 渡辺一正, セメント系硬化体の水蒸気吸着等温線の動的測定, コンクリート工学年次報告集, 22(2), 775-780 (2000). 孫 喜山, 多田眞作, 渡辺一正, セメント系硬化体の水分拡散率の動的測定, コンクリート工学年次報告集, 22(2), 781-786 (2000).

(21) <http://digital.ni.com/csma.nsf>

(22) かつてMacOSで稼働していたAC WorkBenchという優れた仮想計測器ソフトウェアがあったが, Windows版のWorkBenchPCが主流となってサポートがうち切られた. ところが, 開発元がIotechに買収され, WorkBenchラインは現在全くサポートされていない. 逆にMac版だけは現在ドイツのGS-TSC社に買収されG-Labと言う商品名となって復活した.

<http://www.gs-tsc.com/>  
国内代理店はサイネックス  
<http://www.netscience.ne.jp/>

(23) 筆者は材料屋なので計測プログラミングには手を焼いていたが, G-Labの前身を使って数10分で計測ができた. その感動は未だに新鮮である.

(24) 但し, 画面の20倍の領域まで使用できる.

(25) LABTECHNOTEBOOK /CONTROLは計測制御分野で豊富な実績を有しWindows 95,98,2000,NT (日本語版はWindows98のみ) 上で稼働している. <http://www.labtech.com/>  
国内代理店はコンテック  
<http://www.contec.co.jp/>

(26) VisualDesignerもアイコン結線によるダイアグラム (プログラムソースコード部)

とフロントパネル（設定用入出力、表示部）を別個にもつ簡便な仮想計測器ソフトウェアである。GP-IBがサポートされているなどG-Labに比べて高性能であるがプログラミング機能はLabVIEWに及ばずコンパイラはない。

<http://www.instrument.com/pci/>

(27)VisualLanguageResearch Bibliography

<http://www.cs.orst.edu/bur-nett/vpl.html>

(28)

<http://nde.nikkeibp.co.jp/tools/tools23.html>

プチャートも簡単に画面に表示できる。同じチャート内のプロットの色分け、背景の色なども6色から選択することができ、手早く測定結果をデモンストレーションできる。パルス入力を演算処理して、特定の波形を出力するプログラムの例を図10に示す。

この様に、G-Labはフロントパネルとダイアグラムが一つのワークシートに形成され、両者は区別されていない。またLabVIEWでは流れるデータの種類も、浮動小数、アスキー、論理など厳密に区別され色分けされているがG-Labでは特に意識されていない。G-LabはLabVIEWのような本格的な計測プログラミング環境ではないが、計測システムが比較的シンプルで、数十分で計測を実施しなければならない様なときにはLabVIEWに勝るとも劣らないであろう。特に実売価格は半分以下である。

以上、仮想計測ソフトウェアの両極とも言えそうな2つの製品を簡単に紹介するに留まったが、機能や価格の面でこれらの中に位置する製品もLABTECH

NOTEBOOK<sup>(25)</sup>やVisualDesigner<sup>(26)</sup>等多数存在する。

さらに詳細な情報は、ビジュアルプログラミング<sup>(27)</sup>、価格も含めた計測プログラム仕様一覧等<sup>(28)</sup>について、それぞれのWebサイトを参照されたい。

## 7. まとめ

仮想計測器ソフトウェアは、プログラミング機能の提供、計測器ドライバの構築、パソコン画面上にカスタマイズされた表示部の構築を行い、パソコンを柔軟な計測器に変身させる。

LabVIEWは唯一の本格的な計測プログラミング言語であり、おそらく計測システム構築に関わるほとんどの要求に対応できるであろう。

簡単な計測ならG-Labなどのプログラミング不要の簡易な開発環境と付属のA/Dコンバータの組み合わせが合理的である。

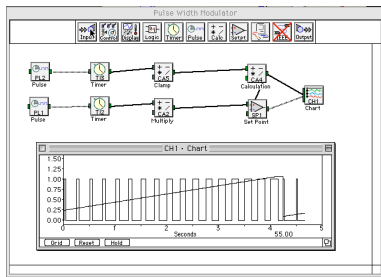


図10 G-Labのチャートの表示