

計測・制御システムの試作

吉 村 齋*

Trial manufacturing of instrumentation and control systems

Hitoshi YOSHIMURA

要 旨

最近のマルチメディア化の急速な要求にともない、コンピュータの高機能化が進み、特にパーソナルコンピュータは高機能なマルチメディア・ソフトを動作させることになり、能力の低いパーソナルコンピュータはその利用価値を失いつつある。しかしながら、実験室における計測・制御実験などに目を向けると、まず計測・制御実験装置は高価なものが多く、1度購入すると機器更新できないなどの多くの問題を抱えているのが現状である。本研究では、上述の問題を踏まえ、利用価値を失ったパーソナルコンピュータを再利用し、かつ柔軟な計測・制御システムの構築を目的として試作を行った。

1. はじめに

ここ数年間におけるコンピュータの性能の向上は、コンピュータに対してマルチメディア、ネットワーク、高度な文書作成などへの対応が、要求されることにより達成されたと考える事ができる。したがって、パーソナルコンピュータを4年から5年で更新しなければ、必要なアプリケーションソフトが動作しない、あるいはこのような日進月歩の技術分野で開発を行う企業に学生を就職させるためのリテラシー教育ができなくなるのが現状である。

ここで機器更新により古くなったパーソナルコンピュータの利用方法が問題となる。適当な管理替えなどが可能であれば良いが、大抵の場合実験室や実習室に山積みされ放置されつづけられるのが現状である¹⁾。

一方、学生実験の現状を考えると予算等の関係から1人1台の実験設備を完備できないのが現状である。特に計測・制御実験においては設備購入コストが高く、かつ完成品を購入する場合、内部資料が不備であったり、実験内容の変更などに対応できないのが現状である。

本研究では、以上の問題点を踏まえ、高度な情報処理教育には能力が不足し、かつ利用されなくなりつつあるパーソナルコンピュータを用い、かつ柔軟な変更・更新が可能な計測・制御実験システムの構築を目的として試作を行った。

第1段階として、オペアンプを用いてシュミレータボードを製作し、AD/DA混載モジュールを用い、PID制御実験を行った。

第2段階として、ワンチップマイコンを用い、データログを製作し、PID制御実験を行った。この計測・制御システムはON/OFFによる温度制御、PIDによる温度制御など柔軟な変更や追加を可能とする実験システムを構築することを目指としている。システムの構築にはフラッシュメモリを内蔵するワンチップマイコンを用い、データログを製作した。本システムではシリアル通信が可能であれば、低能力なパーソナルコンピュータを用いてシステム構築が可能である。

本研究で開発した計測・制御システムは、教育および研究機関において低能力パーソナルコンピュータがあれば安価にかつ容易にシステムを構築できる。また完成した市販の計測・制御システムと異なるのは製作に関するデータを蓄積することでシステムの変更、改造が容易であり、これが主な特徴である。また3学年から実施するZ80の実習の応用実験としても、学生のキャリアパスとして最適と考える。そのことから教育機関や企業での実験、研究、開発などにも幅広く応用が可能である。

2. 計測・制御実験装置の概要

本校の情報工学科では、情報工学を柱に通信工学、制御工学を関連の教科としている。特に、電子回路、論理回路、計算機システムなど比較的電

* 助 手 情報工学科

気・電子系の科目や実験を4学年までに行っている。一方、制御工学は5学年のカリキュラムとして実施されており、5学年の情報工学実験では、温度制御（ON/OFF制御）とPID制御を行っている。

この実験での問題は、パーソナルコンピュータが機種に依存したI/Fカード（AD/DAボード、PIOカードなど）を使用しているために、機種が陳腐化するとそれらのI/Fカードが故障したりする場合の代替品の調達に苦慮する場合がある。また、プログラミングなどで使用するパーソナルコンピュータは、5年も使用するとその処理能力や教育すべき内容も大きく変化するのが現状である。

このような状況から、情報教育には低機能で陳腐化したパーソナルコンピュータの再利用は急務となっている。しかしながら多くの教育現場では、山積みされ放置されているのが現状である。本研究では、これらの現状を踏まえ情報教育には低機能であるが、計測制御実験には十分な能力があるパーソナルコンピュータを再利用し、かつ柔軟な利用が出来るように計測制御システムを構築することが目的である。

この目的の達成のために以下のシステム構築のキーポイントを考えた。

- (1) パーソナルコンピュータのシリアルポートを利用するデータログ形式とする。
- (2) データログは、プログラム書換え可能なフラッシュメモリを搭載するワンチップマイコンを使用する。
- (3) ワンチップマイコンは、A/DとD/Aを数チャンネルもつものとする。かつ十分なI/Oを持つものとする。またシリアルポートを1以上有する物とする。
- (4) パーソナルコンピュータでは、MS-DOS上で表計算やグラフ化のツールが利用できるものとする。
- (5) シミュレータボードを用いたPID制御、PID温度制御、ON/OFF温度制御を可能とする。
- (6) ワンチップマイコンの開発言語としてアセンブリ言語とC言語が利用できる。

構築したシステムの概要をFig.1に示す。

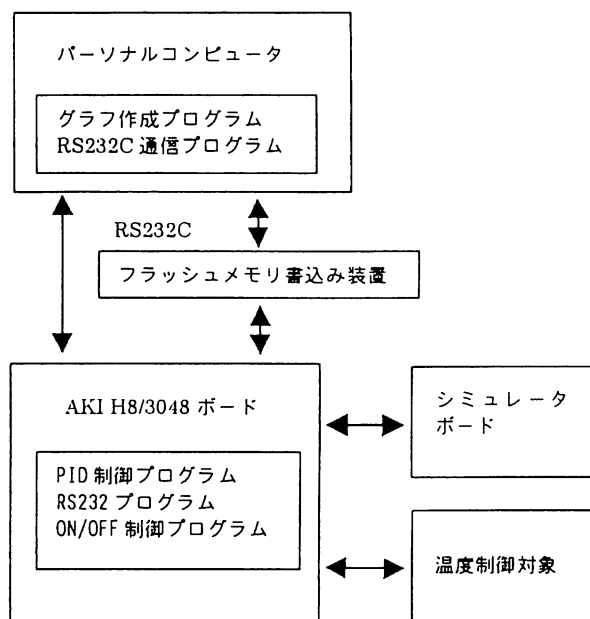


Fig.1 Overview of system configuration

ワンチップマイコンを利用するのは、最近この種のマイコンは、A/D、D/A、シリアルポート、多くの入出力ポートを有しており、高機能化と低価格化が進んできている。また、従来のZ-80などと比べて外付け回路がほとんど不要で、開発コストや時間が少なくて済むことである。また開発言語にはアセンブリ言語やC言語が利用でき、プログラミングで習得するC言語を即、応用できるからである。また大掛かりな開発システムを導入しなくても、フラッシュメモリの書換えが可能である。

2. 1 ワンチップマイコンボード

本研究で使用するワンチップマイコンは日立製H8/3048F^{2),3)}を搭載する秋月電子製のAKI-H8マイコンボードである。H8/3048Fは1チップにROM/RAMおよび周辺回路をすべて内蔵しており、これを搭載するAKI-H8マイコンボード・キットは組立てが簡単で高性能である。AKI-H8マイコンボード・キットの仕様を以下に列挙する。

- (1) CPU：日立製16bit
- (2) 内部アーキテクチャ：32bit
- (3) Clock：16MHz
- (4) 処理速度：1 加算命令125ns(16MHz動作時)
- (5) ROM：128Kbyte(フラッシュメモリ)
- (6) RAM：4Kbyte
- (7) 16Mbyteのメモリ空間(ROM、RAM拡張可)
- (8) A/D：10bit分解能×8CH,SH付き

- (9)D/A：8bit分解能×2CH
- (10)SCI：独立2CH
- (11)WDT：Watchdog timer
- (12)ITU：16bit timer×5CH
- (13)TPC：Pulse output×4CH
- (14)I/O port：78 Lines(max.)
- (15)専用フラッシュメモリライタ付き

AKI-H8マイコンボード・キットの組立て状態をphoto-1に示す。

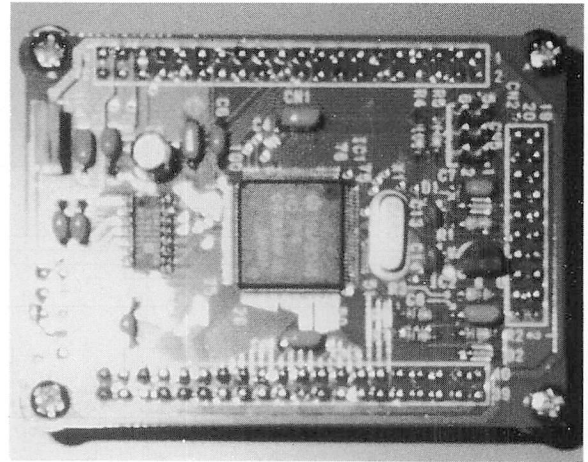


photo-1

2. 2 K型熱電対温度測定回路

K型熱電対の専用ICとしてAD595（アナログ・デバイセズ）がある。熱電対の温度起電力は線形ではない。また、AD595は熱電対を接続するだけで基準接点の温度補償と熱起電力の増幅を行うが、リニアライズ回路が必要となる。リニアライズ回路にはAD538（アナログ・デバイセズ）を用いた。本測定回路は、0～600℃の温度を測定でき、電圧レベルは0～6〔V〕に変換される。開発したK型熱電対測定回路の回路図⁴⁾をFig.2に示す。

2. 3 PIDシミュレータボード

実際の制御対象を用いて制御実験を行うことは重要であるが、PID制御を実現するだけであれば、OPアンプ、抵抗、コンデンサを組合わせて、シミュレータを構築することが出来る⁵⁾。

構築の第1段階として、市販のAD/DA混載モジュールを用いて、制御システムを構築した。開発したシミュレータボードの回路をphoto-2に示す。また第2段階でこれをワンチップマイコンで同様の実験を行うための回路を作成した。Fig.3に示す

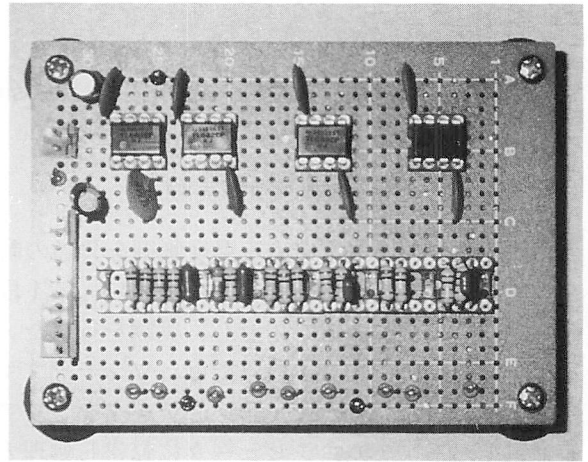


photo-2

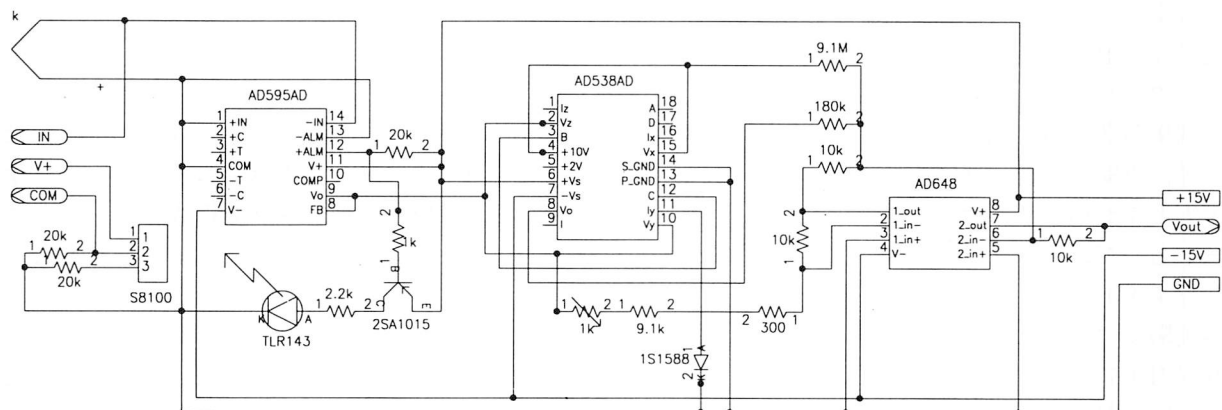


Fig.2 K-type thermocouple instrumentation circuit

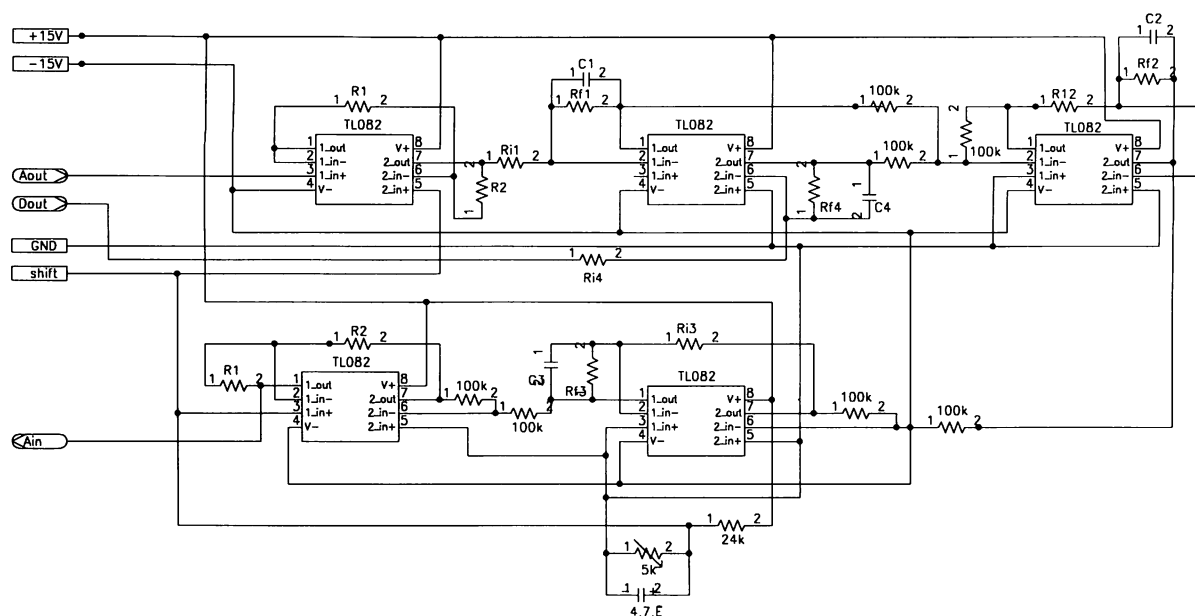


Fig.3 PID simulator board circuit

3. 計測・制御実験

PID制御、ON/OFFによる温度制御を共通の制御装置を用いて行えるようにするために、第1段階では個々に実験装置を用意し、実験を行った。その結果を踏まえて第2段階では、ワンチップマイコンをデータログとして使い、データをシリアル通信でパーソナルコンピュータに転送し処理するシステムで実験を行った。

3. 1 第1段階の計測・制御実験

第1段階では、OPアンプで構成した制御対象を用い、PID制御プログラムによる制御とその制御特性、ソフトウェア（タイマ割込み、A/D、D/A変換）とハードウェアのインタフェース等を学習することを目的とした実験を行った。

使用するPID制御実験装置はパーソナルコンピュータ、I/Oボードおよび制御対象で構成され、制御対象をOPアンプで構成する。この制御対象は、模擬的な制御対象であり、2つのアナログ入力と1つのアナログ出力を持っている。I/Oボードとして、コンテック社製のAD/DA混載モジュールADA12-8/2(98)H⁶⁾を使用する。

本実験では、P（比例）動作プログラムを用いて制御対象に設定値および外乱をI/Oボードに出力し、制御対象の出力をI/Oボードにを入力し制御結果を測定する。

制御プログラムでは、P（比例）動作プログラムを改良してI（積分）動作およびD（微分）動

作を加え、PI動作、PD動作およびPID動作をそれぞれ確認する。Fig. 4に実験装置の概要をします。実験装置は、大きく分けてパーソナルコンピュータ部、I/Oボード部およびシミュレータボード部の3つの部分から構成されている。

(1) パーソナルコンピュータ部

パーソナルコンピュータ部では、制御演算（P、PI、PD、PID）を行う。また、外乱の指令を行う。

(2) I/Oボード部

I/Oボード部では、デジタルの外乱と操作変数をアナログの外乱と操作変数に変換し、制御対象にそれぞれ出力する。また、アナログの制御変数を入力して、これをデジタルの制御変数に変換し、パーソナルコンピュータ部へフィードバックする。

(3) シミュレータボード部（制御対象）

本来、制御対象はモータなどの実際的な装置が接続される。しかし、本実験においてはこれ等の制御対象を模擬（シミュレート）する制御対象をOPアンプで構成した。このことにより、制御対象の変更などにもなうハードウェア面の変更を容易にした。この制御対象は、実際の制御対象とは、抵抗やコンデンサなどのパラメータは異なるものの、実際の制御対象と同様の動作を可能としている。Fig.5 (P)、Fig.6 (PI)、Fig.7 (PD)、Fig.8 (PID)に制御結果の例を示す。

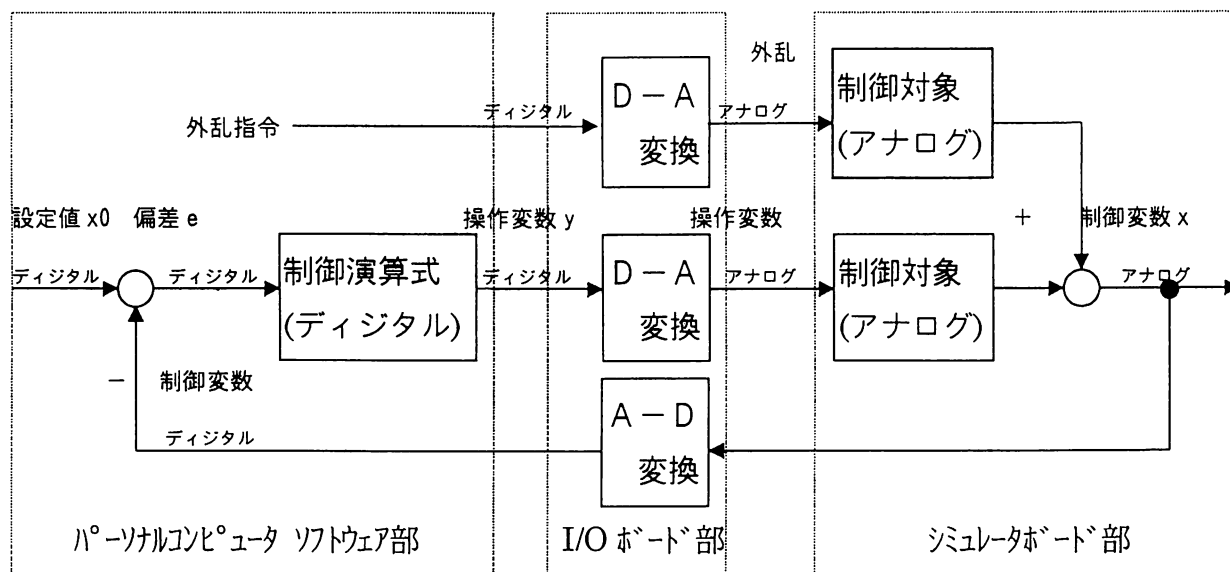


Fig. 4 Overview of PID control system

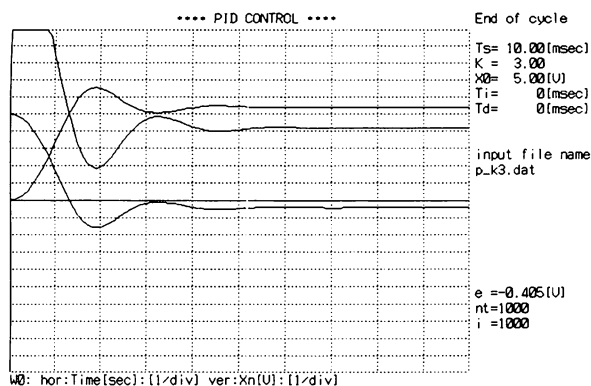


Fig.5 P-control

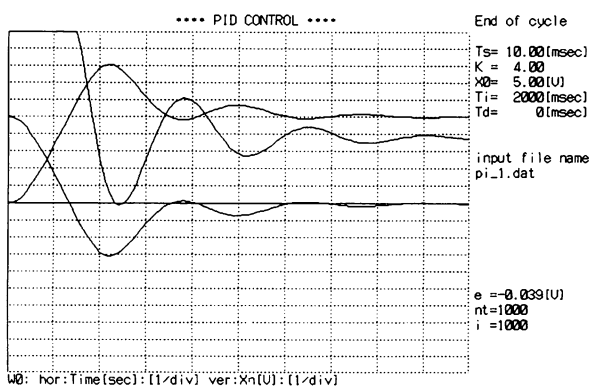


Fig.6 PI-control

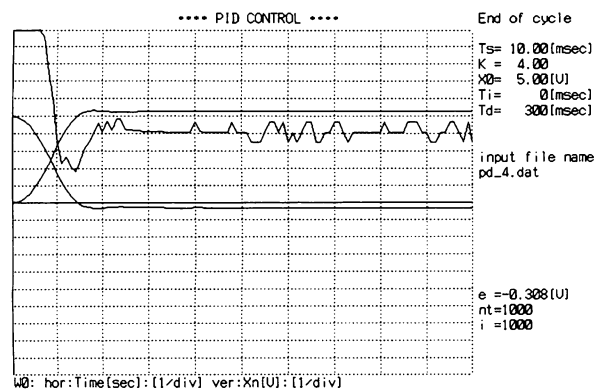


Fig.7 PD-control

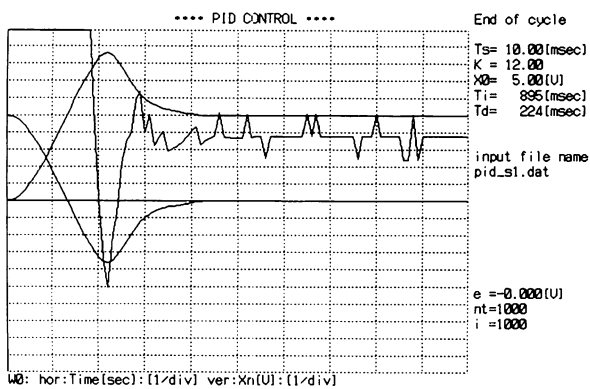


Fig.8 PID-control

3. 2 第2段階の計測・制御実験

第2段階の実験システムは、Fig.1に概要を示すシステムで実験を行った。第1段階と同様のPID制御プログラムをワンチップマイコンに組み込み、表示部は、第1段階と同様のプログラムが利用できる。

追加したプログラムはパーソナルコンピュータとワンチップマイコンとの通信部である。制御結果の例をFig.9(P)、Fig.10(PI)、Fig.11(PD)、Fig.12(PID)にそれぞれ示す。制御結果から、比例、微分、積分の効果が分かる。またPID制御では、ジエグラ・ニコルの限界感度法を用いて、パラメータを決定し、実験を行った。

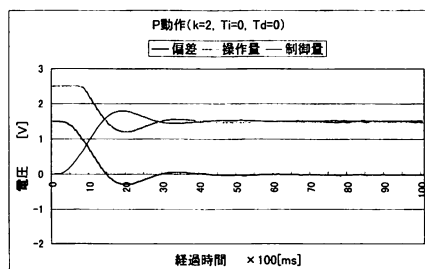


Fig.9 P-control

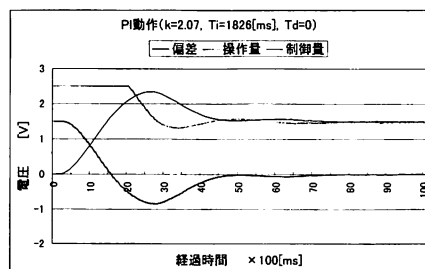


Fig.10 PI-control

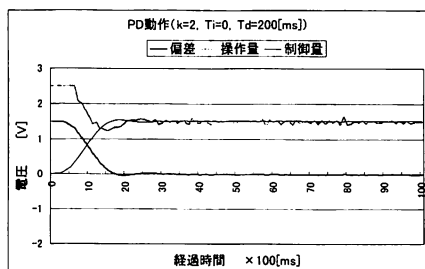


Fig.11 PD-control

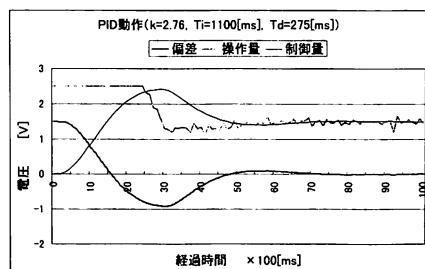


Fig.12 PID-control

4. おわりに

本研究では具体的な制御対象がない場合を仮定してシミュレータ・ボードのみを用いて実験を行った。具体的な制御対象がある場合、例えばロボットのモータ制御を行う場合などかなり慎重にプログラミングし、暴走や事故に配慮して行う必要がある。このような注意の必要な実験も重要と考えるが、最初に制御実験を行う場合、シミュレータ・ボードを用いた実験は安全であり、制御工学の本質部分を失うことなく実験が可能である。実際に、実験結果を得ることにより、理論偏重になりがちな制御工学の本質や目的を理解することが出来るシステムを構築できたことを確認した。

現段階では、シミュレータ・ボードを使うシステムのみの実験が可能であるが、K型熱電対測定回路を用い、ワンチップマイコンにデータを取込むPID温度制御実験、ON/OFFを用いた温度制御実験を行うことが今後の課題である。

ワンチップマイコンを使用し、データログを製作し、陳腐化したパーソナルコンピュータを計測・制御実験システムに再利用することができた。また本学科においては、3学年よりZ80を用いた様々な実験を行っている。これらの実験の応用としてワンチップマイコンの実験を行う意味は、様々なCPUアーキテクチャに習熟すること、さらには企業の開発で多く用いられるようになったワンチップマイコンを即戦力として期待されている高専卒業生が使えることである。

本計測・制御システムは、柔軟にシステムを変

更、追加できることから、教育および研究分野に広く適用できると考える。

従来から使用してきた愛着のあるパーソナルコンピュータが山積みされて使用され無い状況に憂いを感じるのは筆者だけではないと考える。教育者あるいは技術者として、使いなれた道具としてのパーソナルコンピュータがその使命を全うするまで使い続けたいと希望する。

最後に、機器開発およびプログラム開発に協力いただいた情報工学科4期生三浦貴彦君に感謝する。

参考文献

- 1) 齊藤 満：研究室や実験室でのコンピューティング, トランジスタ技術SPECIAL No. 53, pp.6-15, 1996
- 2) 日立マイクロコンピュータH8/300Hシリーズプログラミングマニュアル
- 3) 日立シングルチップマイクロコンピュータH8/3048シリーズ, H8/3048F-ZTATハードウェアマニュアル
- 4) CQ出版編著：低温から高温まで正確に測定するための熱電対の使い方, トランジスタ技術, 4月, pp.424-136, 1989
- 5) 宮崎誠一・宮崎仁：パソコンで学ぶ自動制御の実用学, CQ出版, 1991
- 6) CONTEC編著：AD・DA混載モジュールADA12-8/2(98)H解説書

(平成9年11月28日受理)