

PICを用いた温度制御実験教材の作成

伊藤 芳浩*・徳田 誠*・矢野 沙季**・竹村 枝里子***

Design of a class laboratory temperature control device using PIC microcomputer

Yoshihiro Ito*, Makoto Tokuda*, Saki Yano** and Eriko Takemura***

Abstract

This paper presents a proto-type device for temperature control which is used in control engineering class laboratories. Experimentation plays an important role in learning control engineering principles. It also ranks highly in student attitude survey listing student desires. However, the high cost of commercially available apparatuses presents a hindrance to small group experimentation. Thus, we developed a low cost device to control water temperature, using a PIC microcomputer. To maintain its low cost, the device's function was limited to water temperature control.

1. はじめに

本校情報工学科では、4年次と5年次に制御工学に関する授業を必修2単位、選択2単位行っている。しかし、それに対応する制御工学の実験は行われていない。そこで、実験のための、温度制御実験教材を作成することを目的としている。

理工学の教育において、数式を中心とした理論の説明だけでなく、実験を通じた体験的な理解を与えることは非常に重要である。制御工学は、特にラプラス変換等の数学の知識が十分でないにより深い理解を得ることが難しく、実験との併用が望ましい。制御工学は、歴史の古い科目であるから、実験教材は数多く市販されているが、必要以上に多機能でさらに高価なものが多い。そのため、予算的に実験を行うことが困難である。特に、2人または3人到一个の教材を与えることが、経験上好ましいが、その点においても市販されている教材は高価で不適切である。実験の時間数は限られているため、実験項目は一つで良く、なにより廉価であることが望ましい。

本校の制御工学の授業を既に受けた学生の意識調査をアンケート形式で行った⁽¹⁾。その結果では、実験の実施を望む声が高く、2人または3人のグループの形態の実験が望まれていることが明らかになった。

そこで、実験項目を水温の温度制御に絞り込んだ実験教材の試作機を作成した。廉価かつ構造を簡易にするために、microchip社のPIC(Peripheral Interface Controller:周辺機器接続制御用IC)を使用し、製作費

用として1台8千円以内に取りめることに成功した。

2. 温度制御実験教材

2.1 概要

今回作成した実験装置は、計測部、PICによるA/D変換部・通信部からなり、PCを用いてヒーターのON/OFF時間を操作することにより水槽内の水温を制御する。実験装置の概要図を図1に示す。計測部では、0~100[°C]の水温が熱電対とオペアンプにより、0~5[V]の電圧に変換される。PICは、その電圧をA/D変換し、PCに分解能10bitの信号を送信する。通信部では、PCのRS232Cポートに対してシリアル通信を行う。PCでは、受け取っ

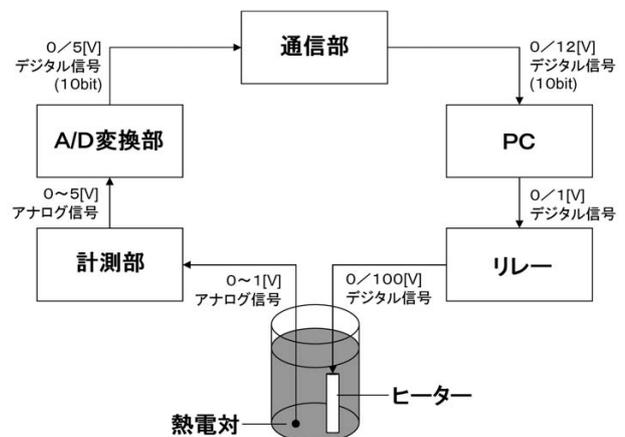


図1 実験装置の概要図

* 情報工学科

** 専攻科生産システム工学専攻

*** 情報工学科卒業生

た信号をD/A変換した後、コントローラにより、水温が設定されている目標温度となるようにヒーターに対するON/OFFの制御信号をPICに送信し、リレーは、その信号に基づいてヒーターをON/OFFする。以上の動作を繰り返すことにより、水槽内の温度制御を実現する。

2.2 ハードウェアの構成⁽¹⁻¹⁰⁾

ハードウェアは、計測部とPICを中心としたA/D変換部と通信部、制御部、操作部から構成されている。ハードウェアの回路図を図2に示す。

計測部は、温度を電圧で感知する熱電対センサーとオペアンプからなる。使用した熱電対はJ型であり、鉄 (+) とニッケル銅合金のコンスタン (-) を接合したものである。図2の回路図においてAD594AQとLMC662により構成されている箇所が計測部である。専用測定ICであるAD594AQを使用することにより、氷なしで0℃点補正が行われ、また、1℃あたり10mVで出力される。これ

をオペアンプLMC662により5倍に増倍する。熱電対は細いチューブに内蔵され水からは絶縁されている。

次にA/D変換部について説明する。今回使用したPICの種類は、PIC16F877であり、A/D変換機能を持っている。内蔵されているA/D変換器は、入力0～5[V]、分解能10bitである。PIC16F877の2番pinが入力端子になっている。LEDは、10bitのA/D変換値をリアルタイムで表示する。

通信部には、通信用のチップとしてADM3202ANを用い、PCのRS232Cポートを用いてPICとPC間でシリアル通信を行う。PCへは、図2の回路図の9 pinのDSUBコネクタを介して接続される。

制御部はPCそのものであり、PICから5回サンプリングしたものを1セットとする10bitのデジタル信号を受け取り、これをD/A変換して温度を取得し、PICへ制御信号を送信し、操作部を制御する。

操作部には、入力電圧3～8[V]で駆動し、AC100[V]

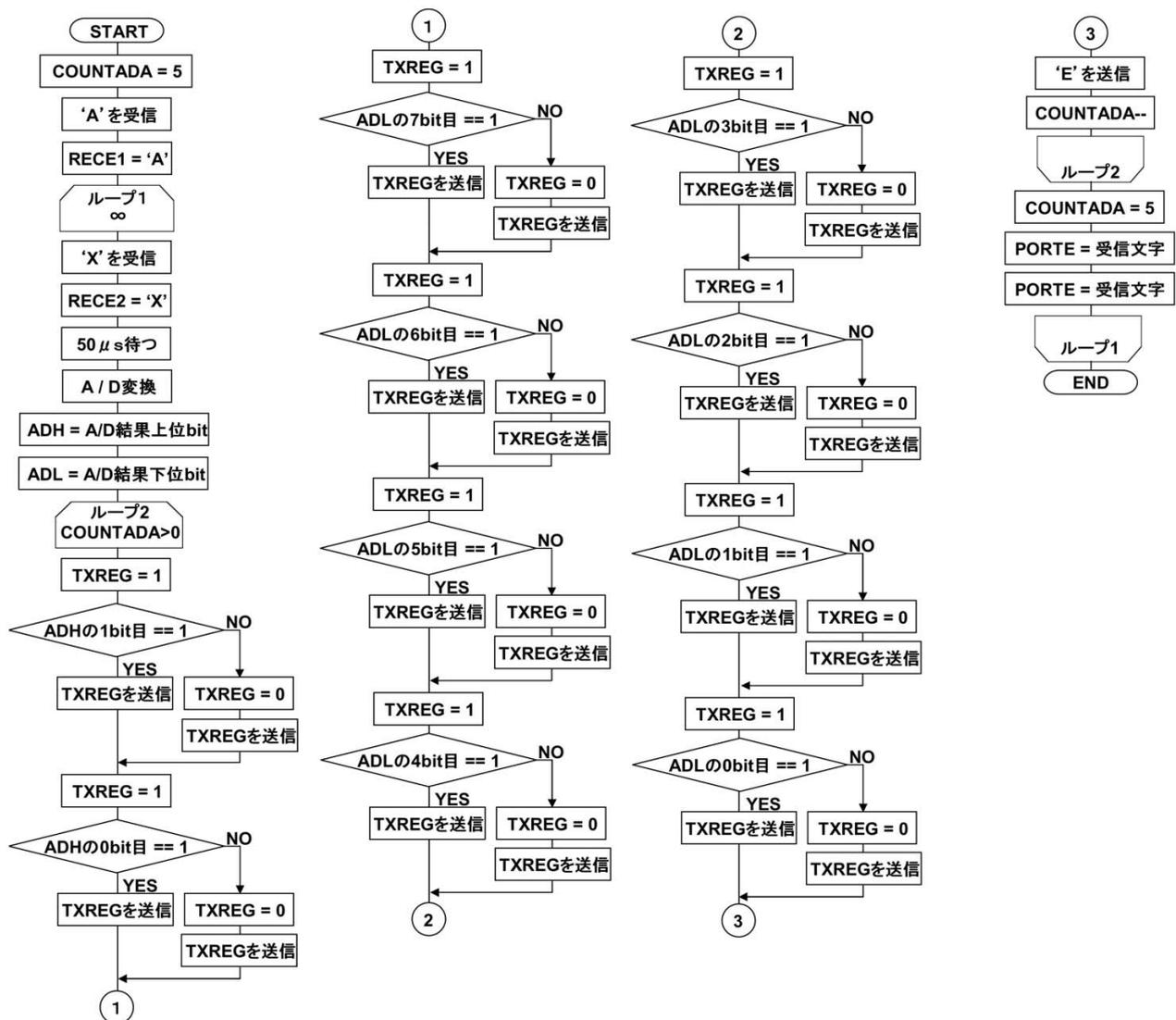


図3 PICのプログラムのフローチャート

で20 [A] まで駆動できるソリッドステートリレーを用いてヒーターを制御する。操作するのは、熱帯魚用に市販されている200Wのヒーターである。これで、ビーカー内の水の水温を制御する。

2.3 ソフトウェアのアルゴリズム^(1,11,12)

PICのプログラミングにはアセンブリ言語を用い、開発環境としてMicrochip社のMPLAB IDE ver.7.4を用いた。通信部・A/D変換部でのPICのプログラムのフローチャートを図3に示す。PCから文字'A'を受信することで、無限ループが開始し、文字'X'を受信することで、A/D変換が開始される。'A'が用いられている理由は単純に文字コードのLSBが1であるからである。A/D変換された値は、上位2 bitがADHに、下位8 bitがADLに保持される。これを通信用のTXREGレジスタに1 bit毎に代入すると、通信は、初期化の時点で確立されているので、制御部のPCにA/D変換された値が送られる。転送が終了するとPCへ文字'E'を送信する。このA/D変換・データ転送を5回行う。COUNTADAはそのためのループカウンタである。上記終了後、PCから'A'または'B'の文字が送信されるので、PICのポートEに接続されたリレーのON/OFF制御を行う。'A'および'B'を用いるのは、文字コードのLSBが1と0であるという理由による。制御部のPCでは、Boland社から配布されている無償のCコンパイラを用いて制御・通信プログラムを作成し

た。シリアル通信のライブラリにはフリーウェアのERSLIBを用いた。図4にフローチャートを示す。制御時間を800 [sec]として、400 [sec]経ったところでstep関数状に目標値を変化させる。目標温度が温度を下回ったときにヒーターをONにする信号をPICに送り、逆の場合にはOFFの信号を送る。この場合にPICへは、'A'または'B'の文字が送信される。degree関数は、5回サンプリングされた値を用いて、測定温度を算出する。degree関数のフローチャートを図5に示す。測定値は、最大値と最小値をひいた中三つの値で算出される。測定値から温度への変換は以下の式で変換される。

$$\begin{aligned} \text{平均電圧} &= (\text{平均測定値}/1023) \times 5 & (1) \\ \text{測定温度} &= 18.518 \times \text{平均電圧} + 0.8521 & (2) \end{aligned}$$

3. 温度制御実験

3.1 制御実験の概要

試作した教材を用いて制御実験を行った。2.3節で述べたように制御時間を800 [sec]とし、その前半の400 [sec]における目標値を30 [°C]とし、後半の400 [sec]における目標値を35 [°C]とした。また、サンプリング周期は1 [sec]とし、制御アルゴリズムには、ON/OFF制御を採用した。図6に実験環境の画像を示す。この実験では、水800 [ml]を対象に、200 [W]のヒーターを用い

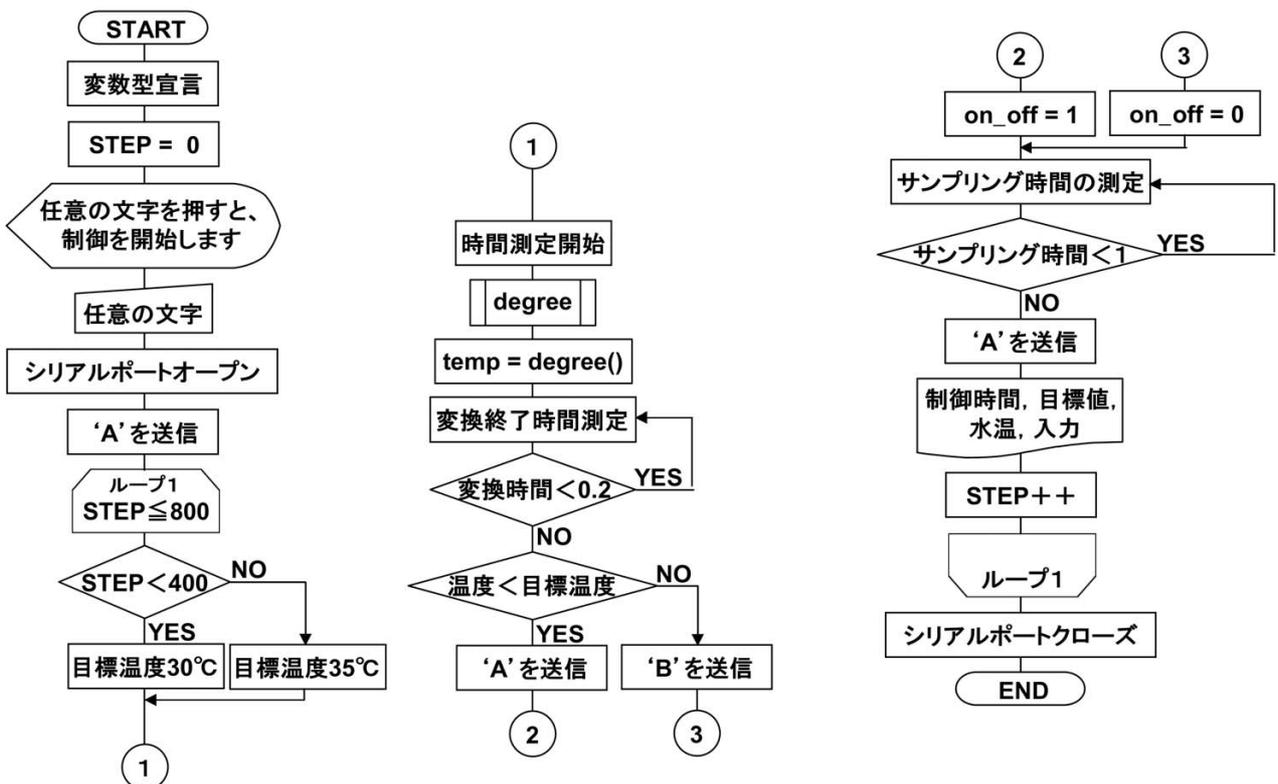


図4 PCのプログラムのフローチャート (degree関数は図5に示す)

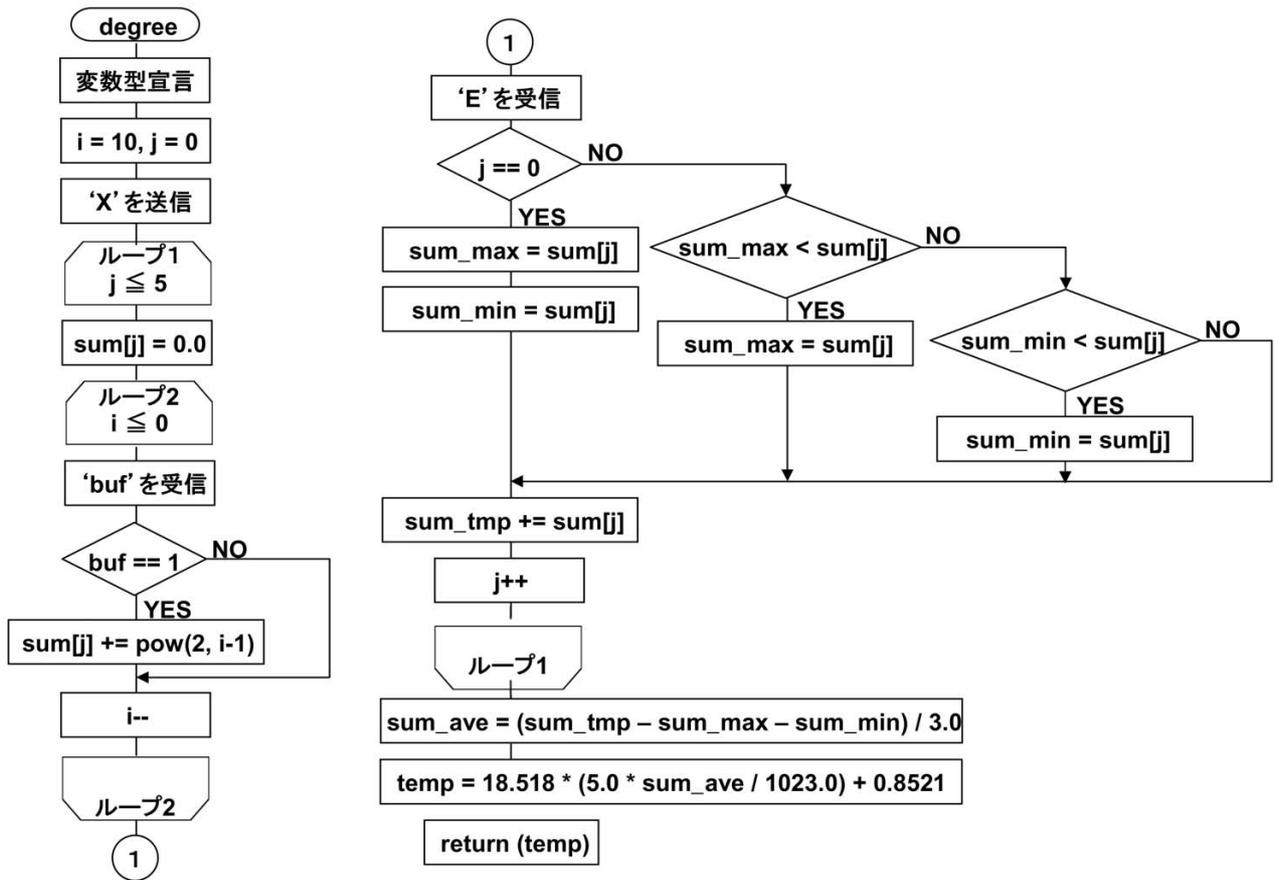


図5 degree関数のフローチャート

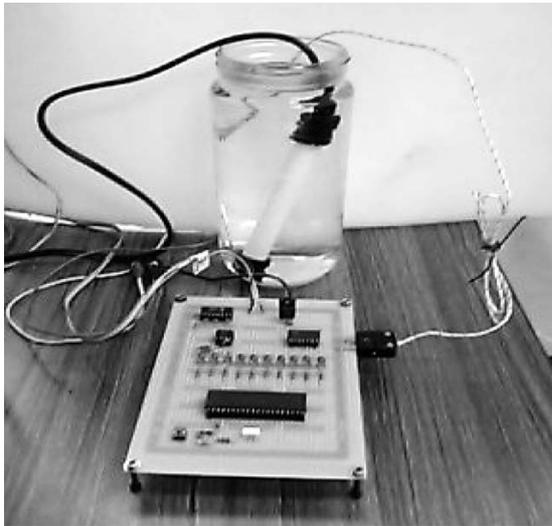


図6 実験環境の画像

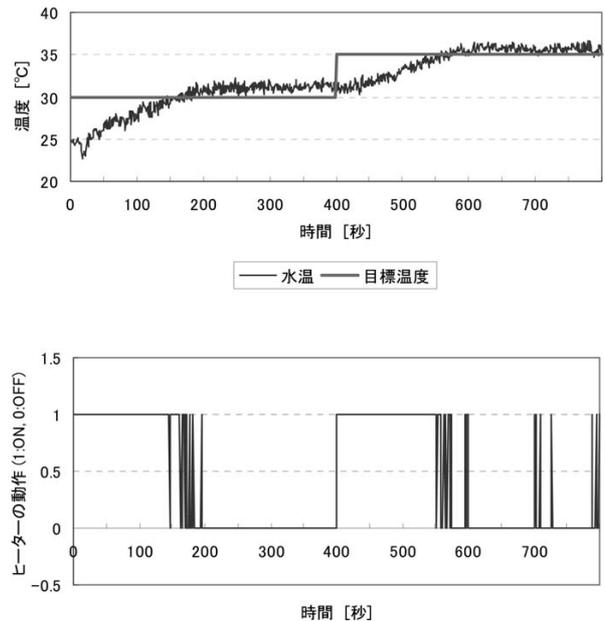


図7 ON/OFF制御の結果

た。外気温は17 [°C]であり、水槽内の上下の温度差を解消するために、手作業による攪拌を行った。

ON/OFF制御の実験結果を図7に示す。上の図は、横軸が時間で、縦軸が温度であり、目標温度と実際の水温を示したものである。下の図は、横軸が時間で縦軸はヒーターの動作状態であり、ON/OFF制御の履歴を示している。この実験結果では、若干であるが、目標値よりも

高い温度で安定していることがわかる。この理由として、ヒーターから熱が伝わる際に、むだ時間が含まれることと、ON/OFF制御の設定において、水温が目標温度以下であるときに加熱される仕組みであり、能動的に冷却が

行えないことが理由として考えられる。この実験から、ON/OFF制御という単純な制御アルゴリズムであるが、今回の試作機で温度制御実験が可能であることが確認できた。

4. 学生の意識調査⁽¹⁾

本校の制御工学の授業を既に受けた学生の実験に対する意識調査をアンケート形式で行った。その結果では、6割の学生が他の教科において実験や演習を通じて理解が深まった経験があると回答している。また、学生の7割以上が制御工学の実験を希望しており、2人または3人でグループを組みたいと6割の学生が回答している。これは、単年度の調査であり、学生数も135人と少ないが、本校情報工学科において、制御工学の実験が実施されることを学生が望んでおり、実験を実施する場合には、2人または3人でグループ毎に一台の教材を配布する必要がある。

5. おわりに

本研究では、制御工学実験で用いる教材として、PICを用いた小型で安価な温度制御実験装置の作成を行った。作成に要した費用は、約7000円と低コストであることから量産が可能であり、1グループあたり2～3人での実験環境を提供することができる。従って、制御実験を通して、座学形式の授業で習得した理論の検証が可能となるであろう。

次に、作成した実験装置を用いて、実際に温度制御実験を行った結果、制御性能は、一般に販売されている温度制御実験装置に比べて若干劣るものの、制御工学を体験する上では、十分にその役割を果たすと考えられる。

最後に、今後の検討課題としては、以下の3つが考えられる。第一に、今回の試作機では単純なON/OFF制御のアルゴリズムを用いたが、代表的な制御手法であるPID制御やファジィ制御を実施し、実験装置の性能をさらに検証する必要がある。第二として、視覚的なインパクトが弱いことが挙げられる。測定温度をリアルタイムでPCに表示できるように、制御部(PC)のプログラムを改良する必要がある。この点に置いてJAVAに言語を変更することを考えている。本校の学生はJAVA言語を中心にプログラミング教育を受けているのが主な理由である。最後に、本実験装置を用いて学生実験を行い、使用した学生の意見を基に改良を加えることにより、実用性を向上させることが望まれる。

参考文献

(1) 矢野 沙季, 竹村 枝里子: “PICを用いた温度制御実験装置の作成” 弓削商船高等専門学校情報工学

- 科 平成17年度卒業論文
- (2) 後閑哲也: “たのしくできるPIC電子工作”, 東京電機大学出版局, 1999年
 - (3) 遠藤敏夫: “16F84プログラミングの世界へ わかるPICマイコン制御”, (株)誠文堂新光社, 2001年
 - (4) 鈴木美朗志: “たのしくできるPICプログラミングと制御実験”, 東京電機大学出版局, 2002年
 - (5) SPECTRUM電子工作のホームページ:
<http://speana-l.hp.infoseek.co.jp/>
 - (6) 電子工作の実験室: <http://www.picfun.com/>
 - (7) J型熱電対センサー使用温度キット 専用測定IC AD594AQ 取扱説明書, 秋月電子通商
 - (8) LMC662 CMOSデュアル オペアンプ 取扱説明書
 - (9) ADM3202 データシート ANALOG DEVICES, Inc.
 - (10) ソリッドステートリレー 半導体リレー キット 取扱説明書, 秋月電子通商
 - (11) 小川晃: “PICワンチップマイクロコントローラ基礎編”, (株)マイクロアプリケーションラボラトリー, 2000年
 - (12) 小川晃: “PICワンチップマイクロコントローラ応用編”, (株)マイクロアプリケーションラボラトリー, 2000年