

研究ノート

パーソナルコンピュータによる 自動温度計測システムの製作

青森職業訓練短期大学校 小林 崇・成田 敏明

A Newly Developed Automatic Thermometer Using Personal Computer.

Takashi Kobayashi, Toshiaki Narita

要約 伝熱実験において、温度を精密に測定することは、非常に重要であり、伝熱実験の成否を左右するとされている。とくに、強制対流に関する伝熱実験では、近年の実験の多様化に伴い、高精度かつ多点の温度測定が必要になった。また、パーソナルコンピュータや計測機器の進歩による自動計測技術の進展も著しく、これらの最新技術を使った精密自動温度計測技術に関する実践的な報告が望まれる。

本報告は、強制対流に関する伝熱実験において、多点の温度を比較的短時間で、しかも精密に測定することを想定し、クロメル-アルメル熱電対をセンサとし、パーソナルコンピュータとデータロガーによる自動温度計測システムの製作に関する実践的報告である。

得られたシステムは、性能実験の結果、測定周期等を任意に指定でき、最大30点の温度を、処理時間約6秒、測定誤差約 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内で計測できることを示した。

I まえがき

伝熱実験において温度を精密に測定することは、熱物性値の測定などと並んで非常に重要であり、伝熱実験の成否の鍵を握っているとされている⁽¹⁾。とくに、強制対流に関する伝熱実験では、実験の多様化に伴い、計測点は多数に及び、よりいっそうの精密測定が要求されつつある。

従来、一般的な温度の計測技術の基本部分は、ほぼ確立されており、工業計測において用いられる温度測定法に関して、多数の著書が出版されている⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。しかしながら、最近のセンサ技術の発達や、計測機器およびパーソナルコンピュータの性能向上に伴う自動計測技術の進展を考えると、それらの最新技術を駆使して自動温度計測システムを製作し、評価した実践的な報告は少ない。

本報告は、強制対流に関する伝熱実験において、多点の温度を精密に測定することを想定し、熱電対をセンサ

とし、パーソナルコンピュータとデータロガーによる自動温度計測システムを製作し、その性能実験を行い、システムの諸性能を評価した実践的な報告である。

II 自動温度計測システムの製作の指針

本システムを製作するにあたり、強制対流に関する伝熱実験の温度測定に本システムが使用可能となるために、以下の製作上の指針を作成した。

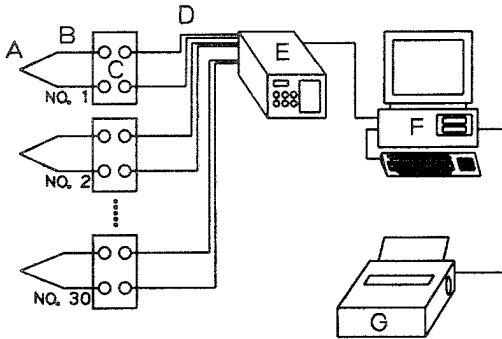
- (1) 温度測定点は1点から30点間での可変とし、得られたデータは、パーソナルコンピュータ内部で処理された後、プリンタ出力可能とする。
- (2) 温度の測定範囲は、 0°C から 100°C までとする。
- (3) 測定誤差は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内とする。
- (4) 温度測定は定常状態で行われるものとする。
- (5) 測定回数、測定周期は、計測開始前に任意に指定できるものとする。
- (6) 極小部の温度測定も可能とする。

上記の指針にもとづいて、次に示す自動温度計測システムを製作した。

Ⅲ 自動温度計測システムの構成

1. ハードウェアの構成

図1にシステムのハードウェアの構成を示す。システムは、センサ部(A, B, C, D)、計測器(E)、パーソナルコンピュータ(F)、プリンター(G)から構成される。



A: 熱接点 B: 熱電対 C: 基準接点
D: 銅導線 E: データロガー
F: パーソナルコンピュータ G: プリンター

図1 システムの構成 (ハードウェア)

図2にセンサ部の写真を示す。センサは素線径 $75\mu\text{m}$ で、テフロン被覆のクロメル-アルメル熱電対(K型)を用いた。一般に常温前後の低温域では、銅-コンスタンタン熱電対(T型)の精度が良いとされるが、銅-コンスタンタン熱電対は破損しやすく、多数の熱電対を同時に使用する伝熱実験では扱いにくいことを考慮したためである。また、本システムで採用した熱電対は、米国オメガ社製のもので高精度の材質の均一性があり、測定の際、温度系への影響を少なくするために、素線径の極小のものを採用した。図中測定点である熱接点は、電気溶接されており、時定数を少なくし、極小部の測定にも対応できるように、熱接点の直径は 0.3mm 以下とした。

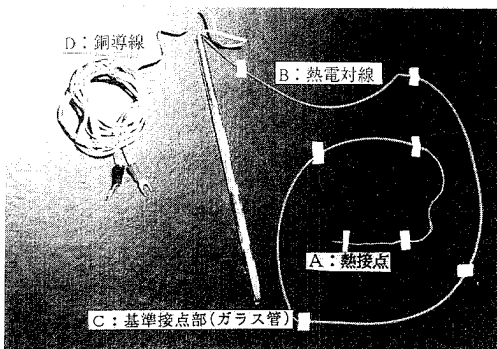
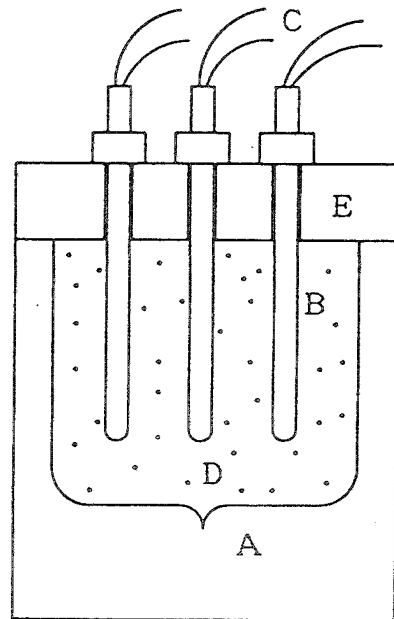


図2 センサ部

また、熱接点より基準接点までの熱電対は、断線を防止する目的で内径 2mm のビニールチューブ内に収納されている。基準接点として本システムでは、精密測定を行う目的で、補償回路等を用いることなく、氷の融点を利用した氷点方式を採用した。図2に示すガラス管は、この基準接点の接点部で、一方端をガスバーナーにより閉じ、この中に熱電対のクロメル線と銅導線、アルメル線と銅導線を個別にロー付けて取め、流動パラフィンを流し込んだ後自然冷却させ、ガラス管内の温度を均一に保つとともに、両線のロー付け部を固定させ短絡を防いでいる。

このガラス管を、ステンレス製二重真空構造の水容器中に高さを一定に保って入れ、基準接点としている。図3にその概略を示す。水容器内の温度を厳密に 0°C に保つために、容器内には純水と純水の氷を切削したものを均一に混在させており、温度計測中はこの状態を維持している。



A: デュワー瓶 B: 基準接点部 (ガラス管)
C: 熱電対及び銅導線
D: 氷水 E: 上蓋

図3 基準接点

熱接点と基準接点の温度差による熱起電力は、アナログ信号として計測器(図1 E)に送られる。計測器は、アドバンテスト社製データロガーで、積分型 A/D (Analogue/Digital) 変換機能と、最高30点までのミリボルト電圧を測定周期を任意指定して計測できる機能を併せ持つ。

アナログ信号として入った熱起電力は、このデータロガーでデジタル信号に変換され、インターフェイスを介してパーソナルコンピュータ(図1 F)に送られる。

インターフェイスとして、計測工業分野で標準となっている GP-IB (General Purpose Interface Bus) を使用した。

データの処理とデータロガーの制御用として採用したパーソナルコンピュータ(図1 F)は、対塵、対水性に優れた日本電気社製の16ビット・ファクトリーコンピュータで、20メガバイトのハードディスクを内蔵する。

また、得られたデータをプリント出力するために、プリンターが接続されている。

2. ソフトウェア

本システムでは、パーソナルコンピュータにより計測器のデータロガーを制御し、データを受信し、処理して温度換算を行う方式のため、そのためのプログラムが必要となる。図4にデータロガーの制御およびデータ処理プログラムのフローチャートを、図5に各種測定条件の設定画面の一例を示す。なお、プログラム言語として、BASIC (MS-DOS 版) を採用した。

プログラムでは最初に、測定点数、測定周期、測定回数、平均値の算出方法等の各種設定を対話形式で行い(図5)、その設定に基づいて、パーソナルコンピュータがデータロガーに作動指令を發し、測定を開始する。

次に、データロガーの走査により、測定したアナログ信号の熱起電力をデジタル信号に変換し、得られたデータを摂氏温度に換算し、パーソナルコンピュータのディスプレイにモニタ表示する。デジタルデータの熱起電力から摂氏温度への換算は、熱電対(K型)の基準熱起電力表(JIS C 1602-1974)において、0℃から100℃までの温度を20等分し、それぞれの温度範囲で熱起電力と温度の関係を、最小二乗法により直線近似し、換算式を求めて温度を算出している。

一般に、熱電対による温度の精密測定では、熱電対の材質の不均一等により、熱起電力に差異が生じるため、個々の熱電対毎に校正を行い使用することが望ましいとされている。しかしながら、本システムのように、同時

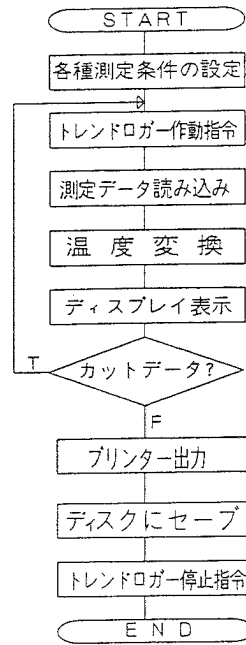
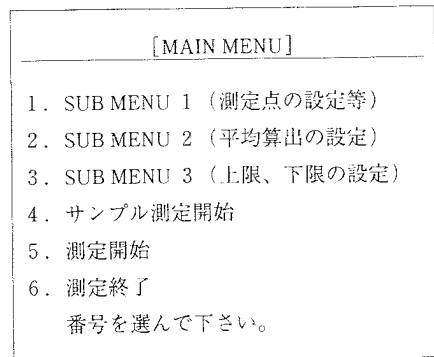
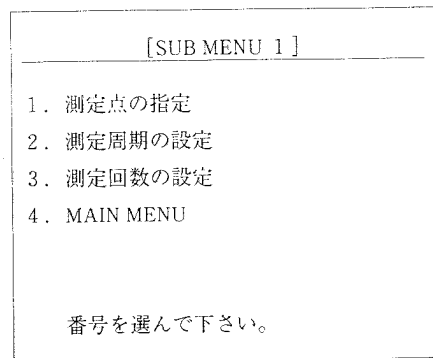


図4 データ処理用プログラムのフローチャート



(a)メインメニュー画面



(b)サブメニュー画面

図5 各種測定条件の設定画面の一例

に30本もの熱電対を使用する場合、個々の熱電対について校正を行い、個々の校正曲線から温度を決定することは困難を伴う。したがって、本システムの応用される伝熱実験の許容誤差は±10%と想定しているため、2点間の温度差が5℃である場合、測定時の許容誤差は±0.5℃であり、本システムの誤差がこの範囲内であれば、個々の熱電対の校正曲線に頼らなくても、十分な精度が得られ、実験の温度測定には支障をきたさないと考える。最後に、温度変換され、パーソナルコンピュータのディスプレイにモニタされたデータは、実験遂行者が保存の有無の判断を行った後、ハードディスクにセーブされ、同時にプリント出力される。その後、パーソナルコンピュータは、データロガーに停止指令を下し、計測が終了する。

IV 性能実験

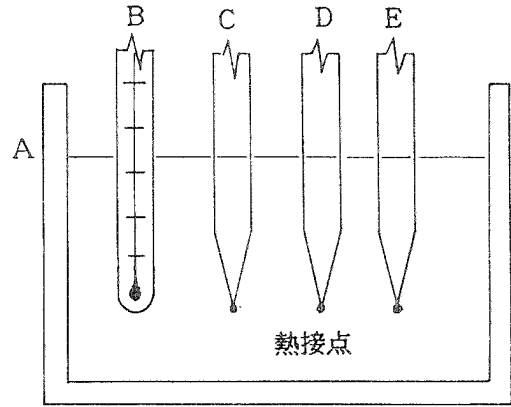
1. 実験装置と方法

製作されたシステムの性能評価を行うために性能実験を行った。図6に実験の概略を示す。PID制御方式の精密恒温水槽Aの水槽内に、熱接点を同一の高さを保って、本システムの熱電対No.1からNo.30までの30本と、他社製のシース熱電対D、Eを保持し、同一温度での個々の熱起電力を測定し、温度に換算した。なお、熱電対D、Eについては、計測器をアドバンテスト社製のデジタルミリボルトメータとし、得られた熱起電力はJISの基準熱起電力表により、温度に換算した。また、基準温度として、校正用標準温度計(JIS Z 8710-1980)の最小目盛をカセットメータにより目測し、0.01℃まで算出した。

実験は、最初に本システムで、計測点1点の場合と30点の場合について温度を計測し、システムの処理時間を電子式ストップウォッチで計測する。次に、本システムで、計測点30点の場合について温度計測を行い、基準温度との差を算出した。同様に、熱電対D、Eについても基準温度との差を算出し、両者を比較し検討した。

2. 実験結果

図7に、恒温精密水槽の温度設定値に対し、各熱電対の基準温度との差を示す。なお、本システムにおける熱電対と基準温度の差は、最大のもの一点(No. 2熱電対)のみを記載した。同図によれば、本システムにおける温度の計測値と基準温度との差は、最大で約±0.1℃であるのに対し、熱電対D、Eにおける温度差は±0.3℃以上にもなり、本システムでの温度計測の誤差が非常に少ないことを示している。



A: 恒温槽 B: 基準温度計
C: 熱電対 No.1-No.30 (本システム)
D: シース熱電対 (A社製)
E: シース熱電対 (B社製)

図6 性能実験概略

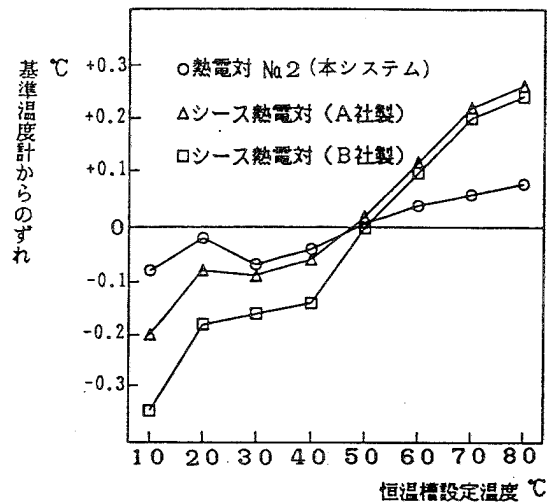


図7 誤差測定結果

さらに、計測を開始してからのシステムの処理時間は、測定点1点の場合で約0.2秒、測定点30点の場合で約6秒であった。その結果を表1に示す。

以上の結果をまとめて、表2に本システムの性能評価を示す。本システムは、最大30点の温度を比較的短時間で、しかも測定回数、測定周期等を任意に指定可能な自

動温度計測システムで、温度計測における測定誤差は、最大約±0.1℃以内であった。このことは、本システムが著者の想定する強制対流に関する伝熱実験の温度測定に十分使用可能であることを示すと考えられる。

表1 システムの処理時間

測定点数	第一回測定	第二回測定	第三回測定	平均応答時間
1点	0.21秒	0.26秒	0.19秒	0.22秒
15点	3.03秒	3.21秒	3.34秒	3.19秒
30点	6.87秒	6.04秒	6.05秒	6.32秒

表2 システムの性能評価

測定チャンネル数	30チャンネル以内
使用温度範囲	0℃～100℃
測定精度	±0.1℃
処理時間	約0.2秒間(1ch時)～ 約6秒間(30ch時)
ログインインターバル	連続～24時間
使用インターフェイス	GPIB
温度センサー	熱電対Kタイプ(素線径75μ)
ソフトウェア	MS-DOS版BASIC
摘要可能な温度場	定常温度場

最後に、本システムの実際の応用例として、図8に伝熱実験における温度計測結果の一例を示す。本システム

の導入により、従来1点につき1分程度かかっていた計測時間が、30点で約6秒に短縮された。

TC1-TC30は熱電対ナンバーを示す。

---ヘイキンオンド---

TC 1	TC 2	TC 3	TC 4	TC 5	TC 6
46.474℃	44.658℃	44.59℃	27.216℃	28.656℃	30.078℃
TC 7	TC 8	TC 9	TC10	TC11	TC12
29.436℃	27.796℃	26.942℃	27.488℃	41.556℃	41.036℃
TC13	TC14	TC15	TC16	TC17	TC18
41.12℃	41.13℃	41.75℃	41.788℃	40.586℃	40.986℃
TC19	TC20	TC21	TC22	TC23	TC24
40.462℃	42.486℃	40.726℃	40.34℃	41.472℃	39.878℃
TC25	TC26	TC27	TC28	TC29	TC30
35.828℃	42.91℃	41.14℃	41.258℃	41.812℃	41.466℃

図8 システムの伝熱実験への応用例(30点温度測定結果)

V あとがき

パーソナルコンピュータとデータロガー、および素線径75 μ mのテフロン被覆クロメル-アルメル熱電対を使用し、自動温度計測システムを製作した。本システムは、測定点を1点から30点までの可変とし、測定周期と測定回数が任意に指定できるシステムであり、温度の使用範囲は0℃から100℃までである。

また、本システムに性能実験を行ったところ、システムの処理時間は最大約6秒で、かつ温度計測の測定誤差は、最大で約 ± 0.1 ℃以内であり、著者の想定する強制対流に関する伝熱実験の温度測定に十分使用可能であることが示された。

今後の課題として、本システムを多くの伝熱実験において使用し、その耐久性について検討を加えるとともにより実践的に改良したいと考えている。さらに、計測点

を100点以上とし、測定誤差が ± 0.05 ℃以内である高性能自動温度計測システムの開発を目指したいと考えている。

おわりにのぞみ、本システムの製作を共同で行った青森職業訓練短期大学校平成元年度卒業生 故 金田治行君に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 棚澤・ほか4名、伝熱研究における温度測定法、(1985)、養賢堂。
- (2) 栗野、高温・熱技術(物理工学実験8)、(1984)、東京大学出版会。
- (3) 日本機械学会(編)、熱計測技術、(1986)、朝倉書店。
- (4) 佐々木、実用温度測定、(1986)、省エネルギーセンター。