



Title	熱電対による絶対温度の高精度度測定法
Author(s)	松尾, 隆祐; 宮崎, 裕司
Citation	大阪大学低温センターだより. 1989, 67, p. 15-16
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/11245
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

熱電対による絶対温度の高精度測定法

理学部 松尾 隆祐・宮崎 裕司 (豊中4201)

温度測定は低温実験のあらゆる場面で出て来る基本的な技術であるからすべての低温関係者はときには苦労して、またときには殆んど何の困難もなく日頃温度測定を行っている。温度測定の難易度は温度領域、要求される確度・精度、測定対象の大小・形、定常的であるか、それとも時間とともに変化する温度を測るか、外場の影響は?等々の条件に依存する。それに応じて種々の温度センサーが工夫され、また測定器が作られている。このノートでは、そのバリエティにまたひとつ付け加えるものとして熱電対と抵抗温度計の組合せによる温度測定法を紹介する。

抵抗温度計（白金およびロジウム-鉄合金）は1K以下の低温から1000Kにいたる領域でよく使われ、絶対温度の測定ができるばかりでなく、好条件下では 10^{-5} Kの高い分解能が得られる。他方、熱電対の特長は感温部の体積が非常に小さいことである。そこで抵抗温度計の高精度度と熱電対のコンパクトさを兼ね具える温度測定法を工夫することにした。その原理は、被測温体の温度を別の金属ブロックに移し、そこで抵抗温度計で測定するものである。この方法によると被測温体（我々の場合には熱量測定試料）に直径0.1mm以下の熱電対が接触するだけであるから、それが試料部において占める嵩は抵抗温度計（径3—5mm、長さ15—30mm）にくらべてはるかに小さい。

この方法の成否はいかにうまく温度を移送するかにかかる。Fig. 1にそのための温度サーボ装置ブロックダイアグラムを示す。試料と測温ブロックの温度差に相当する熱電対起電力をまず低ドリフトナノボルト増幅器で電圧増幅し、次いで電力増幅して測温ブロック上のヒーターに戻す。測温ブロック（その中に抵抗温度計をとりつける）は試料と同じ高真空中下におき、ただし、試料とちがってそのまわりをすこし温度の低いシールドで囲う。（試料はそれ自身と同じ温度のシールドで囲う。それには別系統の温度サーボが必要である。）測温ブロックの温度サーボはこのわずかな熱もれとヒーターによる加熱の釣合いの結果として試料温度を測温ブロックに移送するように働く。

Fig. 2に温度移送機構の作動状態を示すものとしてナノボルト増幅器の出力信号の記録を再現した。
'drift' と示した時間は定常状態を示し、'heating' は

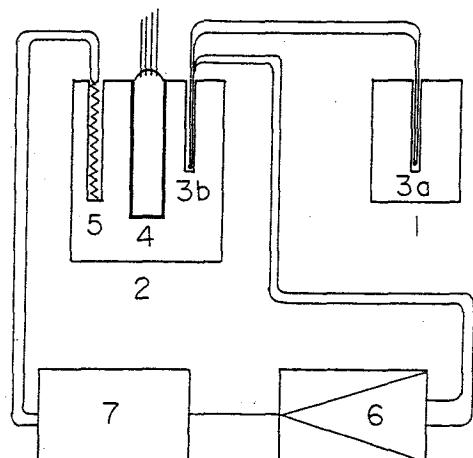


Fig.1 Block diagram of the temperature-transfer thermometric system.
 1 Sample cell, 2 Thermometric block,
 3a and 3b Thermocouple junctions,
 4 Rh-Fe resistance thermometer,
 5 Heater, 6 Nanovolt amplifier,
 7 Power amplifier.

成るので、1対あたりのノイズ幅士5 nVは温度移送誤差にして300 Kで0.083 mK、80 Kで0.19 mK、20 Kで0.6 mKに相当する。しかしノイズ幅の1/3程度の精度でその中心が決められるとすると、温度移送は士0.03 mK(300 K)、士0.06 mK(80 K)、士0.2 mK(20 K)の誤差で達成されている。heating時には0.2 K/minの速度で温度が上昇する。この速い温度変化に温度サーボは追随できず、大振幅のハンティングが起る。昇温時にはもともと精度よく温度を測る意味と必要がない。(これに対してdrift時の温度変化は0-5 mK/hである。)

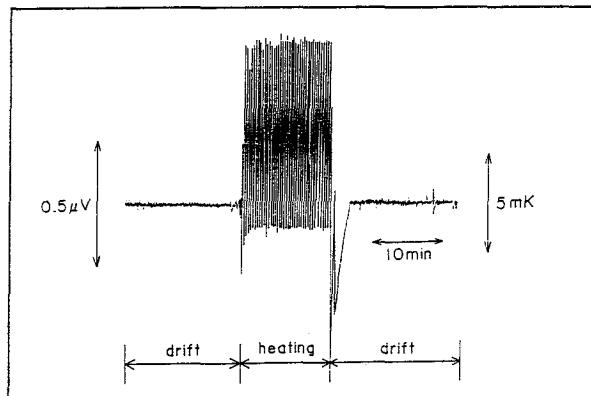


Fig.2 A recorder trace of the output signal of the nanovolt amplifier showing the performance of the temperature transfer servomechanism.

熱電対のみによる直接温度測定と比較して温度移送法はどれだけの改良になるであろうか。温度目盛に関して抵抗温度計は熱電対にくらべて安定である。基準接点温度(0.03 mKまで安定な)を必要としないこともこの方法の利点である。回路の迷起電力の影響について定量的な比較を行った経験はないが、原理的には温度移送法の方が迷起電力に対して強いと考えられる。それは直接法では熱電対(即ち合金線)がクライオスタット中の全温度を経験するに対して移送法では熱電対はその全長さにわたって殆んど一定温度に保たれるからである。肝腎の電気信号は1対の純銅線で外部に伝えられる。組成の不均一等を考えると合金線の方が純金属より温度変化による迷起電力を発生しやすいであろう。以上のようにして非常に小型の(3対の熱電対は1本の外径1.0 mmの銅管に収められている)センサーで0.03-0.2 mKの分解能と白金抵抗温度並みの確度をもつ測温系を作ることが出来た。この測温法は数年前に微少試料用熱量計に使う目的で考案した。¹⁾その後パソコンを用いて温度サーボ機構が一部改良され、現在では全自动熱量計の中心要素として働いている。^{2,3)}

参考文献

- 1) Y. Ogata, K. Kobayashi, T. Matsuo and H. Suga, J. Phys.E: Sci.Instrum. 17, 1054-1057 (1984).
- 2) A. Tressaud, S. Khairoun, L. Rabardel, K. Kobayashi, T. Matsuo and H. Suga, Phys. Stat. Sol. (a), 96, 407-414 (1986).
- 3) Y. Miyazaki, 大阪大学大学院理学研究科 修士学位論文 (1989年2月)