

[005] 九州大学低温センターだより表紙奥付等

<https://hdl.handle.net/2324/24690>

出版情報：九州大学低温センターだより．5，2011-03．九州大学低温センター
バージョン：
権利関係：

見学会デモンストレーション用簡易 T_c 観測システムの構築

超伝導システム科学研究センター
低温センター

松尾 政晃
佐藤 誠樹

E-Mail : matsuo@sc.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

九州大学超伝導システム科学研究センターや低温センター伊都地区センターには、年間を通じて多くの見学者が訪れる。この見学者の中には、超伝導や低温の知識がない方も多く、これらの説明には分かり易さが求められる。また、見学会の説明時間は短時間であることが多い。

見学者には超伝導の特徴の一つである電気抵抗ゼロ、完全反磁性を始め、超伝導材料の発見年と臨界温度の推移等を説明している。この中で電気抵抗ゼロの説明は、液体窒素に浸したバルクあるいは線材の抵抗ゼロをマルチメータ等で測定することにより示してきたが、インパクトが少なく、抵抗がゼロになる瞬間を直接見学者に見せることはできなかった。このため見学会において人気の高い、液体窒素による低温体験のデモンストレーションや、高温超伝導バルク体と永久磁石による磁気浮上のデモンストレーション等と同様に、デモンストレーションが短時間で行え、しかも見学者にインパクトがある臨界温度 (T_c) 観測システムの構築を行うことにした。

2. 目的

現在まで、計測線や電流リードを取り付けた超伝導体を液体窒素を用いて除冷する方法により、見学者に臨界温度を直接見せる試みが行われてきたが、臨界温度まで冷却する時間が10分程度と長い、冷却速度が安定せず臨界温度の再現性が悪い等の理由から、短時間での説明には向かずデモンストレーションとして扱うには困難であった。また液体窒素中で臨界温度以下に予め予冷し、液体窒素から取り出して自然昇温させることにより臨界温度を示す方法も試みたが、比較的短時間で安定した臨界温度のデモンストレーションが可能となるものの、電気抵抗ゼロの状態から有限の抵抗が発生する、という方法であるため見学者へのインパクトに乏しい。

そこで、電気抵抗がゼロになる瞬間を見学者に見せることができ、しかも短時間の見学時間でデモンストレーションを行うことができる、簡易的な T_c 観測システムを構築することを試みた。

以下、本システムの詳細を述べる。

3. 構築方法

本システムの構築にあたり、下記の事柄を基本的な条件とした。

- (1) 超伝導体を徐々に冷却し、電気抵抗がゼロになる瞬間を観測できること。
- (2) 短時間でのデモンストレーションが可能なこと。
- (3) 出張授業等でのデモンストレーションも可能にするため小型であること。

また、上記の基本的条件を満足できる方法として、下記の方法を選択した。

- (1) 超伝導体をステッピングモータで液体窒素中にゆっくり入れていくことにより、電気抵抗ゼロの瞬間を観測可能にした。
- (2) 予め T_c 近傍まで超伝導体を予冷し、 T_c までの温度差を小さくすることにより短時間での T_c 測定を可能とした。
- (3) 小さなガラスデュワーを使用し、1台のマルチメータで全ての測定を行うことにより可視化・小型化を行った。

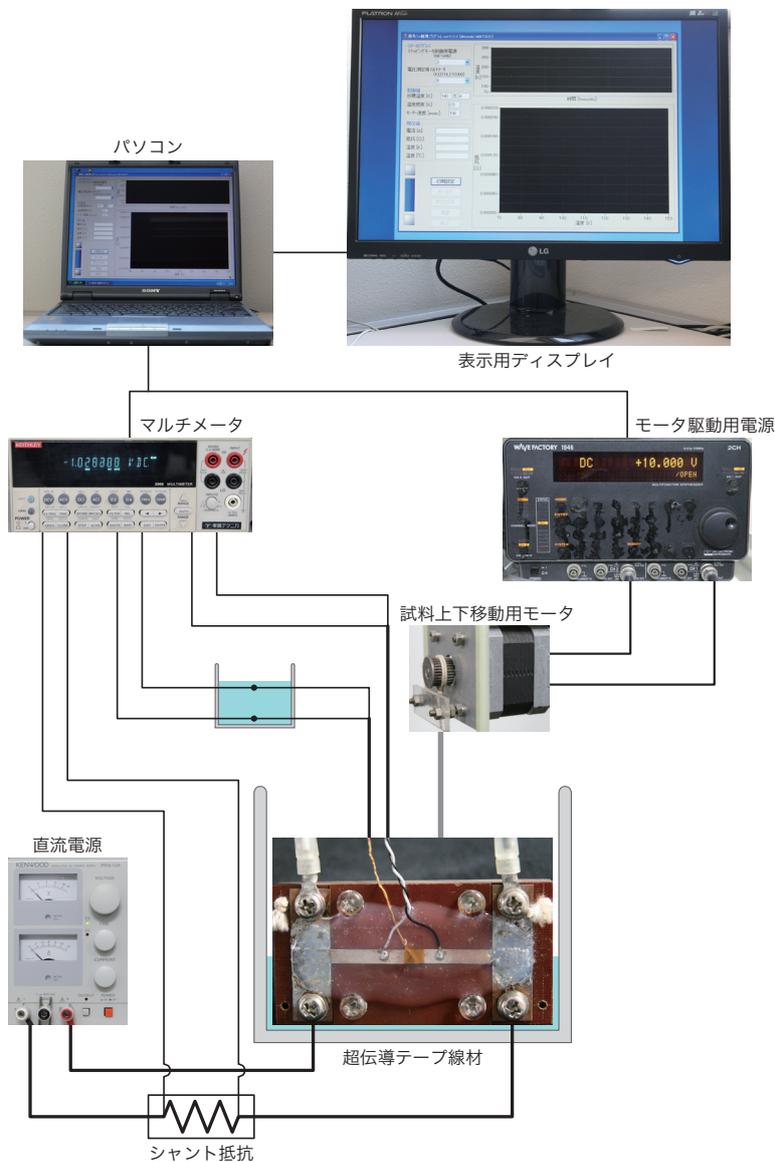


Fig.1 臨界温度 (T_c) 観測システムの結線図

4. 簡易 T_c 観測システムの構築

簡易 T_c 観測システムを構成する、主要な装置は下記の通りである。

- ・超伝導体に電流を印加するための直流電源
- ・電流を電圧に変換するためのシャント抵抗
- ・超伝導体の上下移動を行うための試料上下移動用ステッピングモータ
- ・ステッピングモータを制御するためのモータ駆動用電源
- ・超伝導体の抵抗や温度を測定するためのマルチメータ
- ・測定や制御を行うためのパソコン
- ・見学者にデモンストレーションを見えやすくするための表示用ディスプレイ

Fig.1 に臨界温度 (T_c) 観測システムの結線図を示す。

(1) 温度制御方法

待機温度を T_c よりも若干高めの温度 (120-140K) に設定し、この待機温度で試料温度を安定させておくことにより、短時間で T_c 観測デモンストレーションを行うことが可能となる。また超伝導体の温度を制御する方法として、ステッピングモータを使った上下移動による冷却・昇温方法を採用した。Fig.2 に冷却フロー図、Fig.3 に T_c 観測例を示す。Fig.3 に示した T_c 測定デモンストレーションに要する時間は2分程度であり、短時間の測定が可能である。また T_c 以下になった時点で測定を止め、次回のデモンストレーションに備え速やかに、待機温度まで昇温させることにより、連続したデモンストレーションが可能となる。

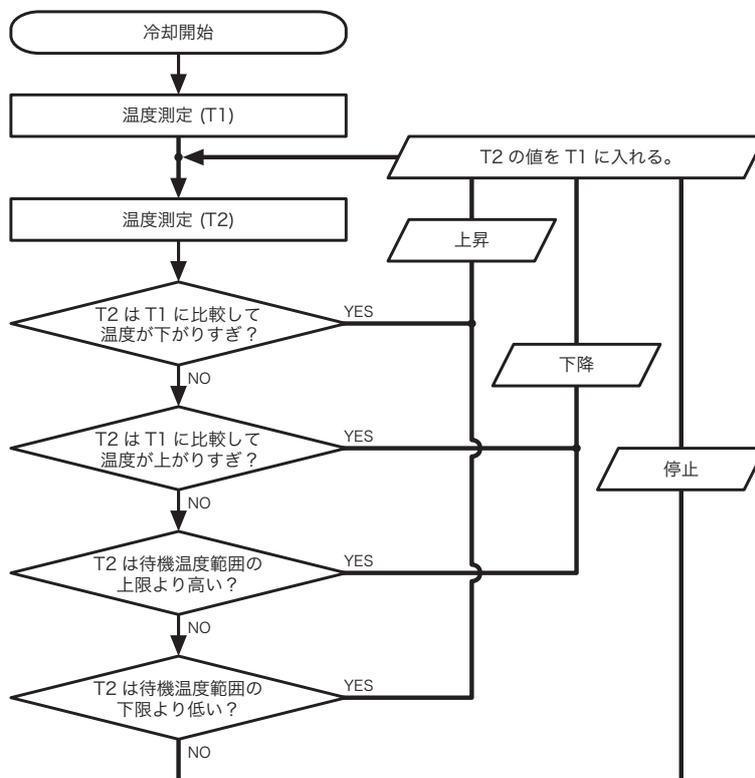


Fig.2 冷却フロー図

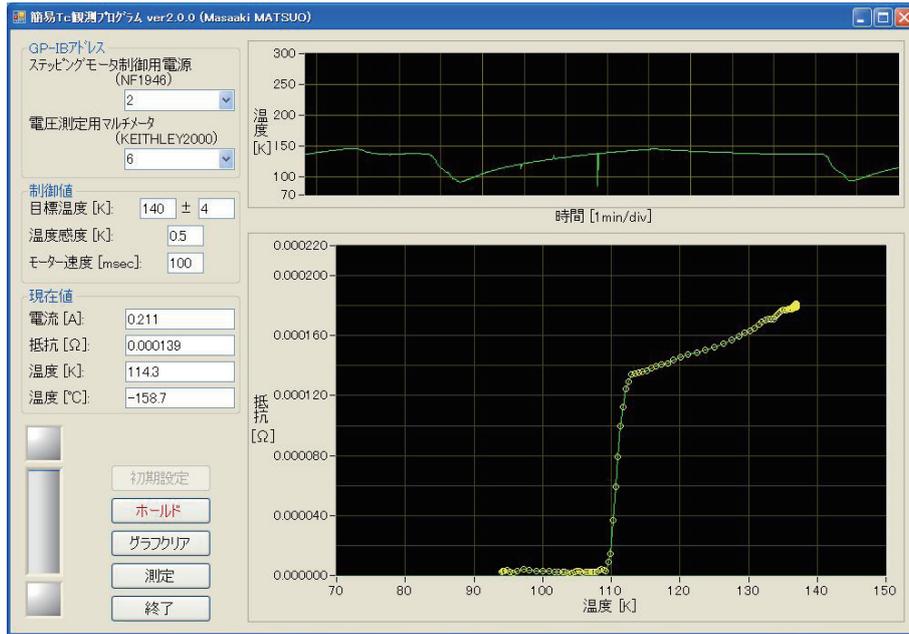


Fig.3 臨界温度 (T_c) 観測画面の一例

(2) 測定方法

超伝導体の温度測定は表面に貼り付けた熱電対で行い、また超伝導体の抵抗測定は直流四端子法を用いた。ここで、本システムを構築するにあたっては安価でコンパクトな簡易的システムを目指しているため、熱電対と超伝導体の電圧測定用マルチメータは1台とし、これらの電圧を交互にスキャンする事とした。また測定時間の同期遅れを少なくするため、現在値と1つ前に測定された実測値を平均することにより擬似的な同期を行った。このイメージを Fig.4 に示す。

5. まとめ

本システムを用いて見学者への臨界温度観測のデモンストレーションを行い見学者から好評が得られた。臨界温度観測に対する1回当たりの計測時間は2分

程度と短時間とすることができ、また見学時間における液体窒素の液面変化にも柔軟に対応できた。このように、当システムは短時間でインパクトのある臨界温度観測デモンストレーションを行うという目的に合致したシステムであり、その有効性を立証できた。その一方で、今回のシステムでは研究室にあった機器や、インクジェットプリンタを分解して得たステッピングモータを使用したため、システムとしてはあまり小型にすることができなかった。

今後は、A/D変換ボードやステッピングモータ用ドライバ等を使用したシステムの小型化を行う予定で、超伝導の特徴や計測装置等の説明に対する自動化も進めてゆきたいと考えており、さらに臨界電流 (I_c) のデモンストレーションも出来るようにしたいと考えている。

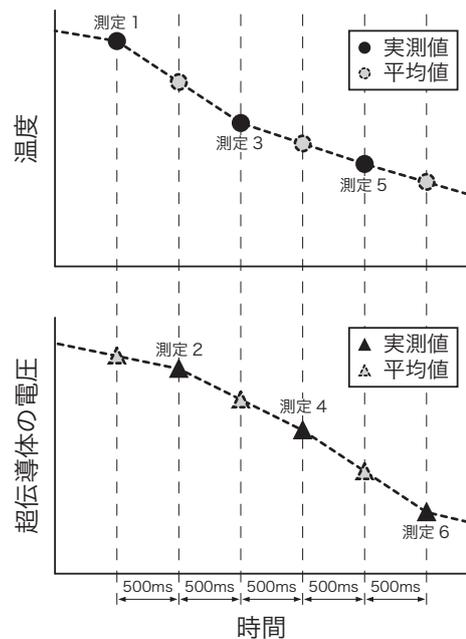


Fig.4 擬似的同期のイメージ