

Appendix 市販の環境試験器(恒温槽)を利用した温度校正方法

電子回路設計に従事している技術者自身が手持ちの温度計測機器を数十 mK 程度の精度で校正したい場合、また、回路に用いている電子部品の特性を環境温度が数十 mK 程度の安定度で計測したいと考える場合が多々あると思います。しかしながら、設計室や試験室に設置してある市販の環境試験器(恒温槽)の大半は $\pm 0.1 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ の温度安定度しか有していません。また、温度安定度が数十 mK の市販の恒温槽は非常に高価であり、簡単に設備導入する訳にはいかないのが現状ではないかと思えます。

そこで、**温度安定度 $\pm 0.1 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ の市販の環境試験器(恒温槽)を利用して簡易に精度が数十 mK 程度の温度校正が出来る方法を提案します。**

●市販環境試験器の槽内温度の安定性

市販の環境試験器(恒温槽)は数多くありますが、今回は小型環境試験器 SU-240(ESPEC)を用いて、その試験器の槽内温度の安定性を求めます。槽内温度の測定には4本の温度センサの値を同時、且つ、高精度に測定できる温度計測機器 SP-3000(田澤 R&D 技術士事務所製)を用います。

まず最初に、4本の温度センサ ch1, ch2, ch3, ch4 をまとめて槽内中心に配置し、槽内温度を測定します。この結果を図1に示します。

すなわち、温度幅 0.1°C 位の時間的変動があることが分かります。

次に、4本の温度センサを図2のように槽内の各位置に配置し、槽内温度の空間分布を測定します。この結果を図3に示します。すなわち、温度の時間的変動に加えて温度幅 0.1°C 位の空間的変動があることが分かります。

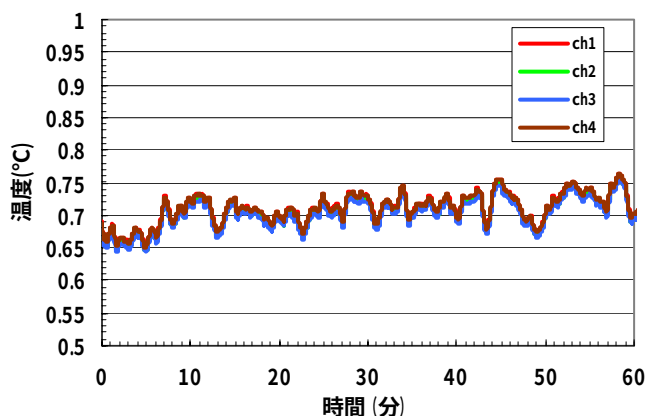


図1 試験器の槽中心部の時間的溫度変動(設定 0°C)
各温度センサの誤差はほとんどない

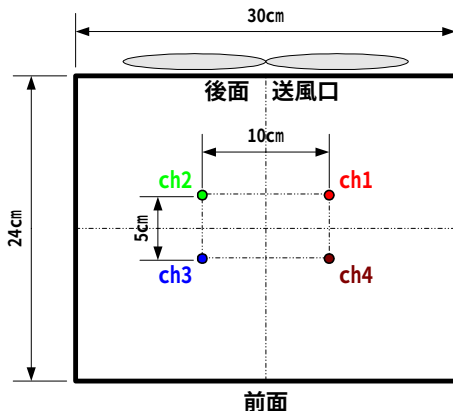


図2 試験器の槽内の温度センサ配置平面

●温度校正のための改良方法

環境試験器 SU-240 の恒温槽内の時間的、空間的溫度変動が 0.1°C 位であることは市販の環境試験器としては高い性能であると言えますが、温度精度が数十 mK 程度での校正には更に時間的、空間的溫度変動を抑える必要があります。

このための改良として図4に示すように、アルミボックスを恒温槽内に配置します。また、アルミボックス内にはモータファンを設置しアルミボックス内の空気を十分に攪拌します。そして、校正用の標準温度センサと被校正用の温度センサをこのアルミボックス内に配置します。

すなわち、このアルミボックスは簡易な恒温槽としての役目を持ち、この**アルミボックスを試験器の槽内に設置することにより二重の恒温槽として働く**ことになります。熱伝導率の高い(熱抵抗の小さい)アルミニウムの板に覆うことによりアルミボックス表面の温度は均一になり、モータファンで空気を攪拌することによりアルミボックス内の空気の温度は空間的に均一になり、また、アルミボックスの大きな熱容量は電気回路で言えば CR ローパスフィルタの役目をはたすためアルミボックス内の温度が時間的に平均化されます。(詳細はトランジスタ技術「白金測温抵抗体と熱電対の正しい使いかた(前編)」Appendix を参照)

ただし、モータファンによりアルミボックス内の空気を十分に攪拌する必要があり、モータファンの選定においては次の注意点が重要です。

- ・ 消費電力が出来るだけ小さいモータファンを選定する。(発熱の影響を抑える)
- ・ 同一性能のモータファンをアルミボックスの両側に設置する。(新たな温度不均一を抑える)
- ・ ノイズ発生が小さいモータファンを選定する。

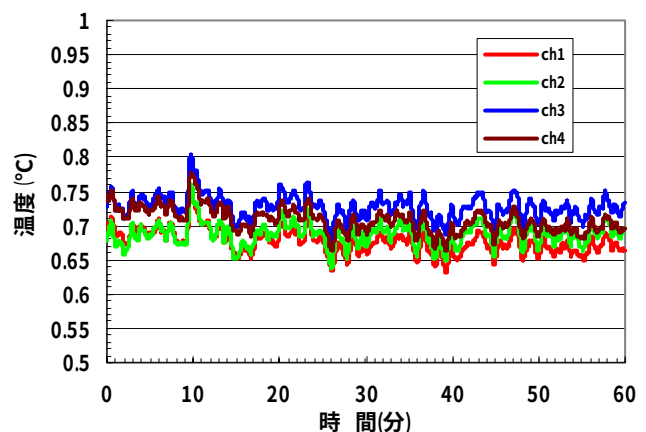


図3 試験器槽内の時間的、空間的溫度変動

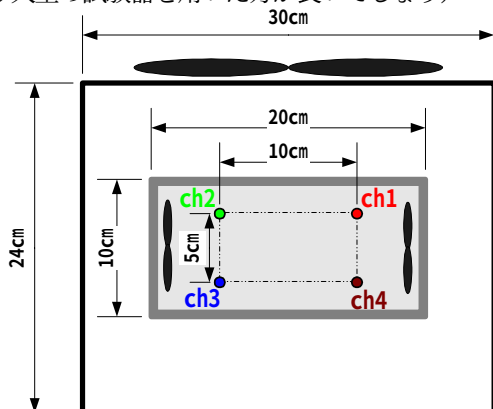
Appendix 市販の環境試験器(恒温槽)を利用した温度校正方法

●評価試験の結果

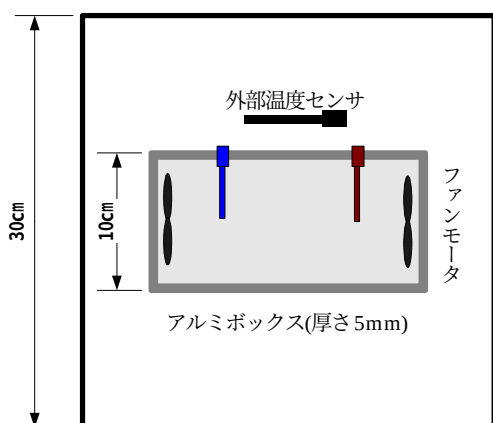
写真1に示す試験システムを構成しアルミボックス内の温度を測定します。恒温槽の温度を+20℃、0℃、-20℃に設定した場合の試験結果を図5、6、7に示します。

すなわち、アルミボックス内の空間的、時間的(10分間)温度変動は10mK~30mKであり、予想通り温度変動が空間的にも時間的にも抑えられていることが分かります。

(今回の実験では小型の試験器を用いたため、この大きさのアルミボックスでは過負荷気味ですので、実際は出来る限り大型の試験器を用いた方が良いでしょう)



平面図



立面図

図4 アルミボックスによる二重恒温槽内への温度センサ配置図



写真1 試験システムの外観

▲モータファンの発熱による影響

図5、6、7の試験データからアルミボックスの槽内温度は外部温度より約0.3℃高くなっていることが分かります。今回の試験では1個当りの消費電流が0.5Wのモータファンを2個用いています。アルミボックスの熱抵抗を θ (K/W)とすると、モータファンの発熱による温度上昇 ΔT との関係は

$$\Delta T = \theta \cdot W$$

になりますので、アルミボックスの熱抵抗は $\theta = 0.3$ (K/W)であると予想することが出来ます。一般に強制冷却のアルミヒートシンクの熱抵抗が0.1~0.5 (K/W)でありますので、妥当な値と考えることが出来ます。

最後に、図8に示すように一方のモータファンを停止させた状態でアルミボックス内の温度分布を測定した結果を図9に示します。すなわち、非常に大きな空間的温度分布が生じています。

つまり、**同一性能のモータファンをアルミボックスの両側に設置することが非常に重要です。**つまり、自己発熱が異なるモータファンを設置すると新たな温度不均一が生じ本来の目的を達成することが出来ません。

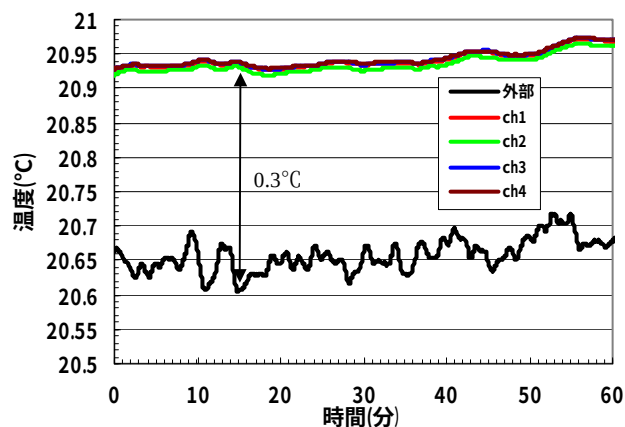


図5 アルミボックス内の温度変動(設定+20℃)

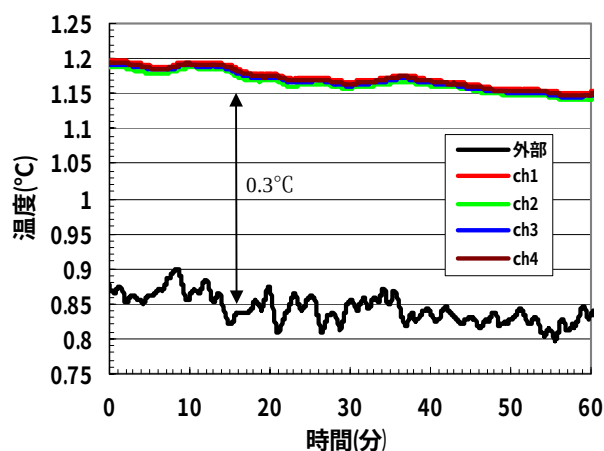


図6 アルミボックス内の温度変動(設定0℃)

Appendix 市販の環境試験器(恒温槽)を利用した温度校正方法

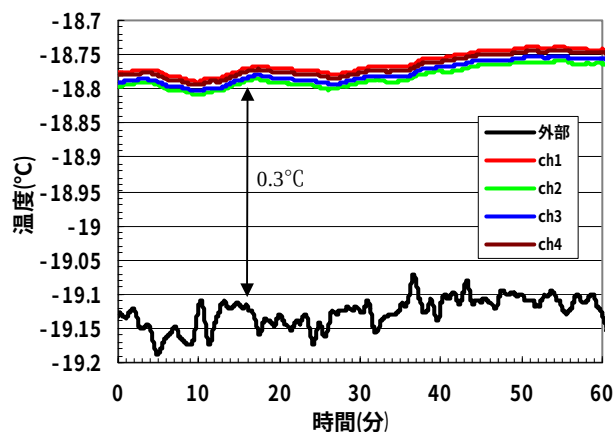


図7 アルミボックス内の温度変動(設定 -20°C)

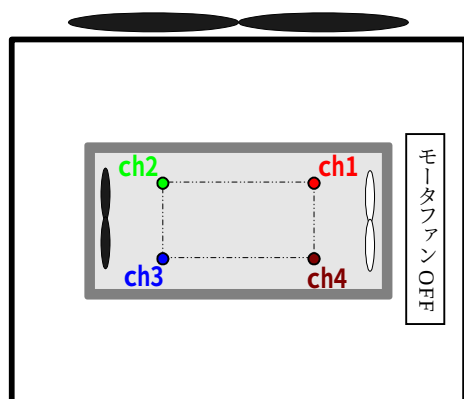


図8 片側のモータファンを停止する

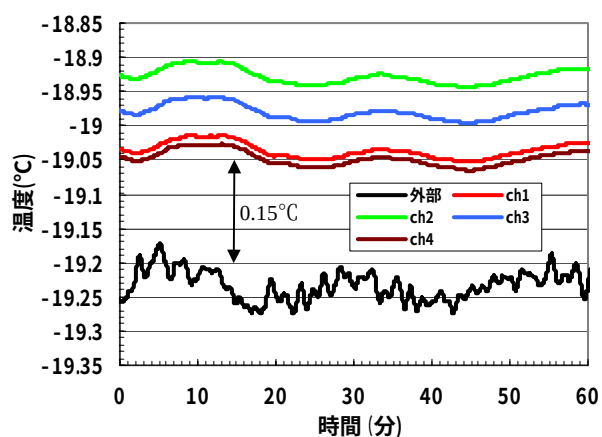


図9 片側のモータファンを停止した場合の温度分布