

# 電流の熱作用

24cb062h 菅原明

共同実験者:原口優希

当日の気温:26.2°C

## 1. 目的

電氣的エネルギーが熱エネルギーに変換されることを確認し、水の比熱を求める。

## 2. 原理

抵抗に一定の電圧 $V$ [V]、一定の電流 $I$ [A]を $t$ 秒間流したときのジュール熱 $Q$ [J]は

$$Q = VIt \quad (1)$$

と表せる。今、水量計に $M$ [g]の水を入れ、この抵抗を水中に置き電流を流す。水熱量計の容器などの水当量を $w$ [g]、水の比熱を $c$ [J/kg], 水の温度変化を $\Delta\theta$ [°C]とする。このとき、水が受けとったエネルギー $Q'$ [J]は、

$$Q' = c(M + w)\Delta\theta \quad (2)$$

となる。今熱量計からの熱損失が無いとするとすると $Q = Q'$ であるから、

$$VIt = c(M + w)\Delta\theta \quad (3)$$

が成り立つ。以上から比熱 $c$ は電気エネルギー $Q$ 、水の質量 $M$ 、温度上昇 $\Delta\theta$ 、及び水熱量計の水当量 $w$ を測定すると求めることができる。

$$c = \frac{VIt}{(M + w)\Delta\theta} \quad (4)$$

水熱量計の水当量は熱量計の質量 $m$ 、熱量計を作っている物質の比熱 $c'$ とすると、

$$w = m \frac{c'}{c} \quad (5)$$

である。今回、

$$c(M + w) = \frac{VIt}{\Delta\theta} \quad (6)$$

から、水の質量 $M$ を横軸、 $\frac{VIt}{\Delta\theta}$ を縦軸に取ったグラフの傾きを取ることで、水の比熱 $c$ を求めることができる。

## 3. 実験

### 3.1. 実験装置

実験装置には Fig. 1 示すように以下のものを用いた。

1. 銅容器
2. 断熱容器(木箱)
3. 水熱量計
4. 定電圧電源 10V/5A
5. 直流電圧計(0.5 級)

6. 直流電流計(0.5 級)
7. 電子上皿天秤
8. 温度計
9. ストップウォッチ
10. ビーカー
11. 配線
12. 攪拌棒

ただし電子天秤は全グループ文はないので交代で使用した.

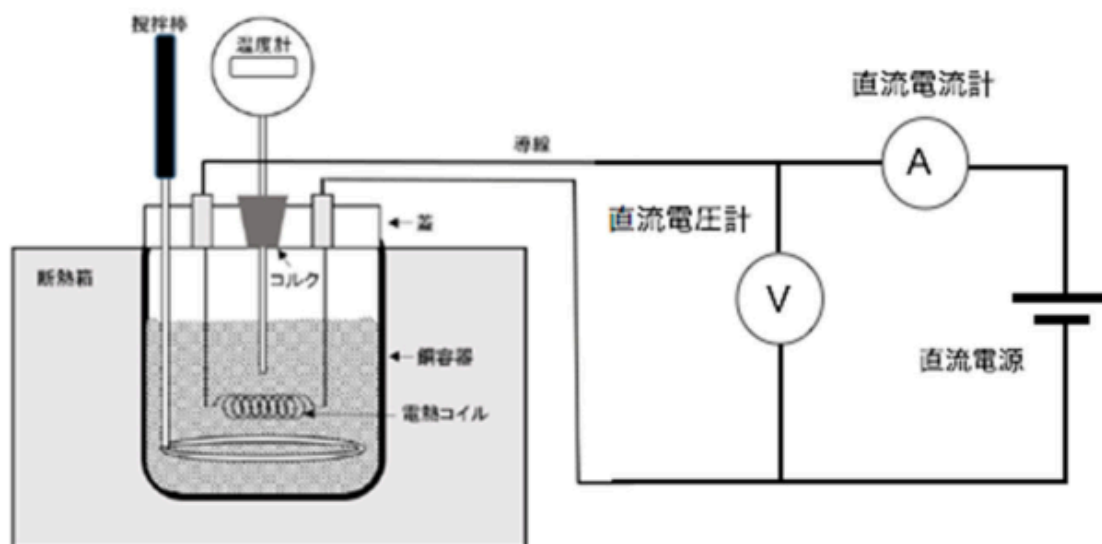


Fig. 1: 実験のセットアップ(文献[1])

### 3.2. 実験方法

1. (準備)熱量計の銅容器の質量と攪拌棒の質量,室温を測る.次に Fig. 1 のように電源,電圧計,電流計,熱量計を接続した.
2. (測定)
  - 容器に水を(180g)程度入れる.ただし水は正確に 180g 入れる必要は無い.
  - 電熱線コイルに通電する前の水の温度を測定する.攪拌棒で静かに攪拌しながら 1 分間隔で水温を 5 分測定する.
  - 水温が安定したら電源スイッチをいれ,その時刻を $t_1$ とする.ここから 1 分間隔で水温を測定し,温度上昇が  $4^{\circ}\text{C}$  程度になったら電源のスイッチを切る.この時刻を $t_2$ .この測定の間,コイルにかかる電流,電圧の値を複数回測定し,その平均値をを値いる.
  - 電源を切った後,1 分間隔で 5 分間水温を測定する.
  - 以上のことを水の質量 220g,260g,300g のときも同様に測定した.

## 4. 結果

いま,  $Y = \frac{VIt}{\Delta\theta}$  と置く.

### 4.1. 180g

$M = 180$ のときの測定温度と修正温度のグラフは Fig. 2 となる. このとき  $Y_1 = 1.10 \cdot 10^3$  となる.

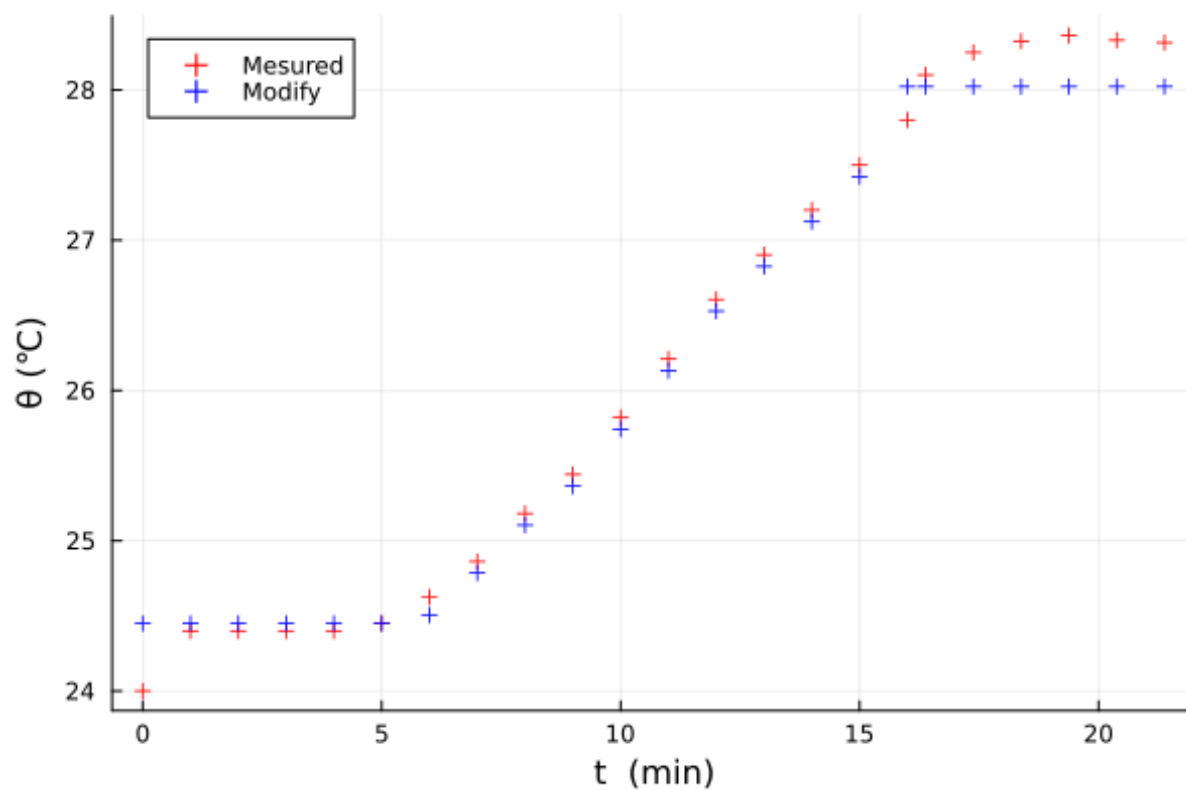


Fig. 2:  $M \sim 180$ のときの時刻と温度

## 4.2. 220g

$M = 220$ のときの測定温度と修正温度のグラフは Fig. 3 となる.このとき  $Y_2 = 1.21 \cdot 10^3$  となる.

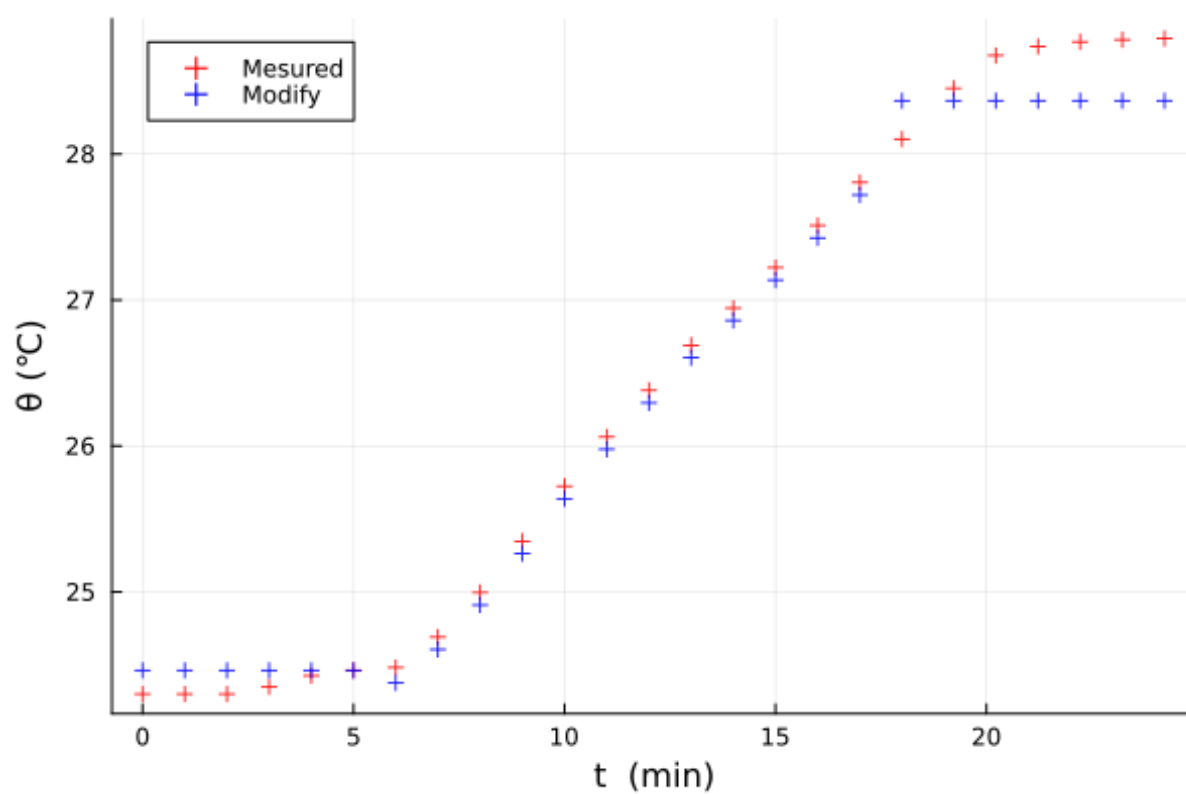


Fig. 3:  $M \sim 220$ のときの時刻と温度

### 4.3. 260g

$M = 260$ のときの測定温度と修正温度のグラフは Fig. 4 となる.このとき  $Y_3 = 1.35 \cdot 10^3$  となる.

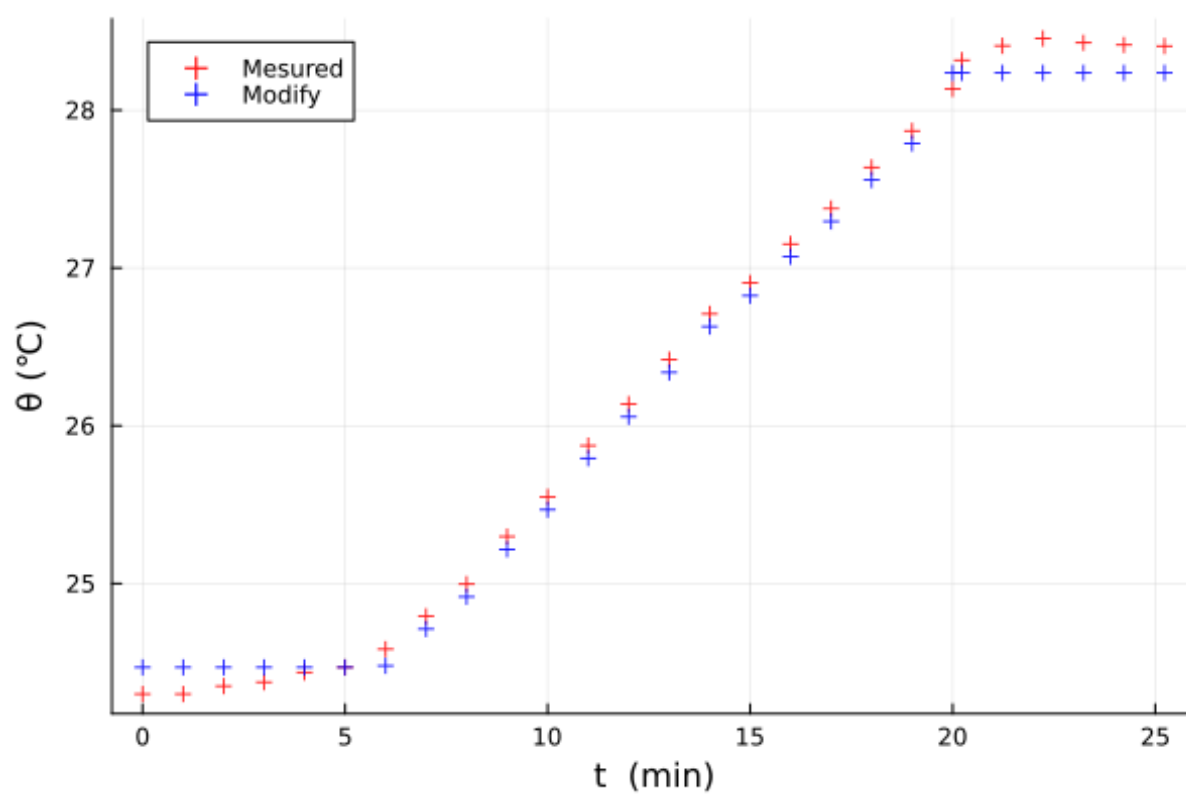


Fig. 4:  $M \sim 260$ のときの時刻と温度

#### 4.4. 300g

$M = 300$ のときの測定温度と修正温度のグラフは Fig. 5 となる.このとき  $Y_4 = 1.67 \cdot 10^3$  となる.

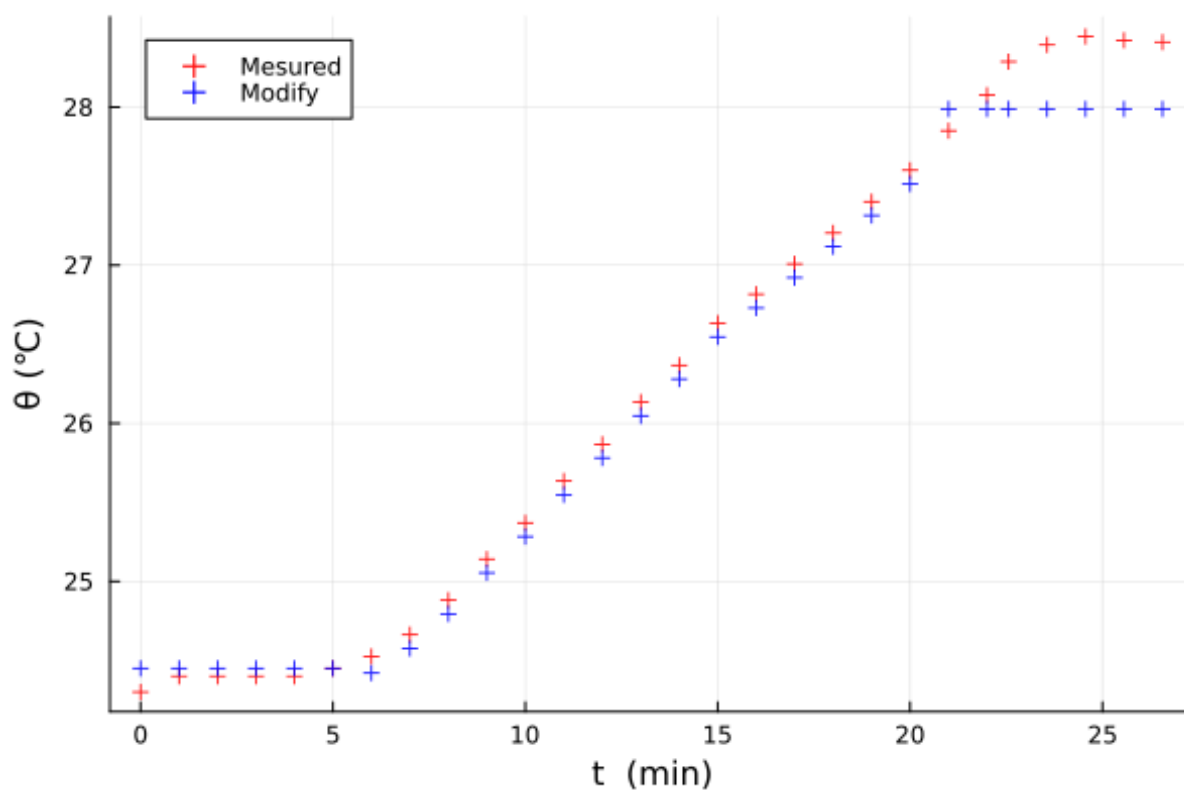


Fig. 5:  $M \sim 300$ のときの時刻と温度

#### 4.5. 比熱

Fig. 6 から,得られた修正温度から  $Y$  の値をだしたものに,最小二乗法を用いて比熱  $c$  を求めると

$$c = 5.05 \text{ J/(g } ^\circ\text{C)} \quad (7)$$

となった.また誤差  $\delta c$  は  $\delta c \sim 0.11$  となるので,

$$c \pm \delta c = 5.05 \pm 0.11 \text{ J/(g } ^\circ\text{C)} \quad (8)$$

となる.

また水当量は

$$w = 21.6 \text{ g} \quad (9)$$

となる.

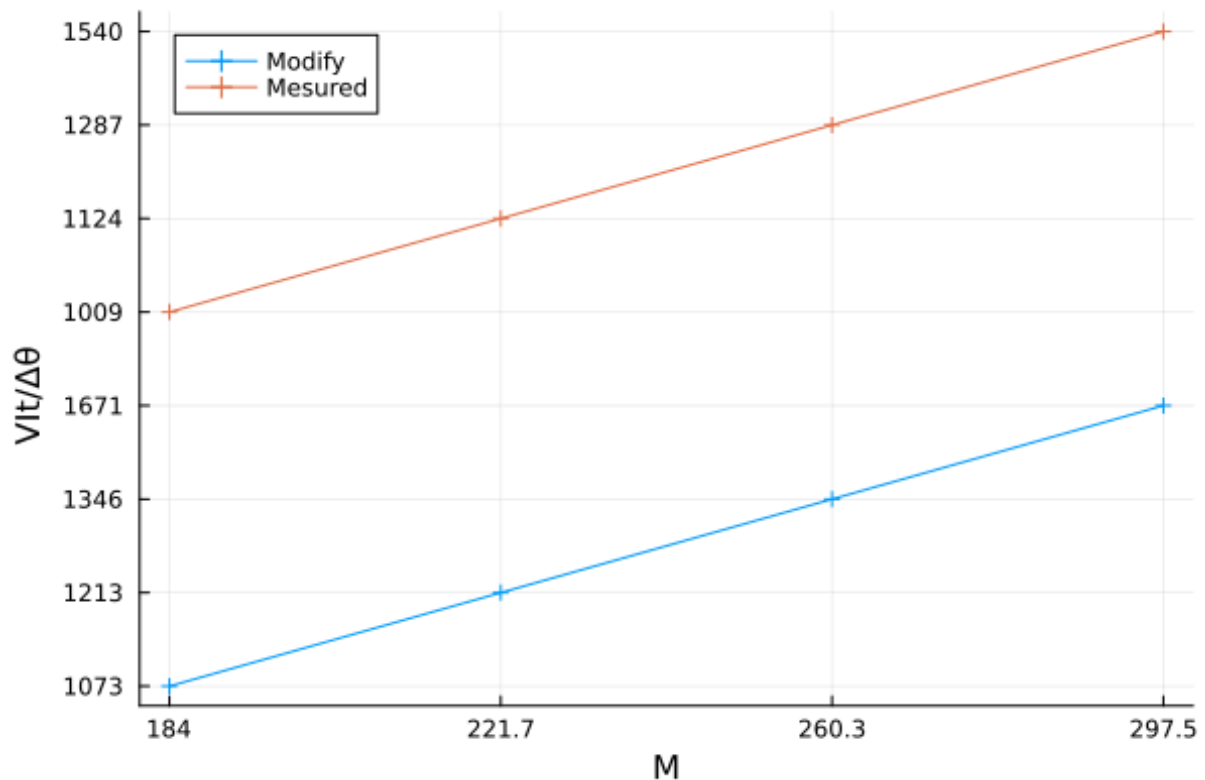


Fig. 6: 比熱を求めるグラフ

## 5. 考察

1. 既定値は4.186 J/gKであるので,得られた値5.05 J/gKであるので20%ほど高くなっている.これは,補正のモデルが今回の測定にあっていない可能性がある.実際,補正なしでの比熱の値を求めて見ると, $4.24 \pm 0.6$  J/(gK)となり補正を行ったものよりも小さく既定値により近づいた値を求めることができる.また冷却曲線が少しずれて取っており,補正がずれている可能性もあるだろう.
2. 上で述べたように熱損失の補正を行わない場合の比熱は $4.24 \pm 0.6$  J/(gK)となった.これから誤差は大きいものの,その値の中心は既定値に近づいていることから,残熱材で囲まれた熱計量の場合には熱損失がニュートンの冷却則に適合しないことがわかる.
3. 水当量は $w_{\text{補正あり}} = 25.3 \pm 50\text{g}$ ,  $w_{\text{補正なし}} = 54.0 \pm 35\text{g}$ となる.これは回帰直線を用いるためのデータが4つしか無いための切片の不確かさが表れていると言える.このため求めた水当量は信頼性が低い.

## 参考文献

- [1] 基礎物理実験 立教大学理学部物理学科 2025 年版. 2025.