

この実験では、冷却する物体の温度変化を調べます。

### イントロダクション

カップに熱いコーヒーを注ぐと、すぐに冷め始めます。冷却は最初は急速に進み、それから横ばいになります。長時間放置すると、コーヒーの温度は室温に等しくなります。このような冷却する物体の温度変化は、ニュートンによって研究されました。ニュートンによれば、暖かい物体が冷める率は、近似的にその物体の温度と周囲の温度の差に比例します。数式で表すと、次のようになります。

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -k(T - C)$$

ただし、 $\Delta T$  は非常に短い時間  $\Delta t$  における物体の温度変化、 $T$  は物体の温度、 $C$  は室温で、 $k$  は比例定数です。この微分方程式は、高等数学を使って解くことができます。

$$T - C = (T_0 - C)e^{-kt}$$

ただし、 $T_0$  は  $t = 0$  のときの物体の温度です。

この実験では、冷却する物体の温度変化を調べ、ニュートンが見出した数学的モデルを検証します。

### 必要な装置

CBL	中程度の大きさのビーカー
接続ケーブルのついた電卓	実験用温度計
TI 温度センサー	水
ホットプレート	氷
	TI GRAPH LINK (オプション)

### プログラム

プログラム COOLTEMP を電卓にダウンロードして使用します。

## 装置の設定手順

図1にしたがって、次の手順で装置を接続します。

- ❶ CBL と電卓それぞれの下部にある入出力口を接続ケーブルでつなぎます。ケーブルの端はきっちり押し込んでください。
- ❷ 温度センサーを CBL の上側にあるチャンネル2 (CH2)に接続します。
- ❸ CBL と電卓の電源を入れます。

これで、CBL が電卓からの命令を受け取ることができます。

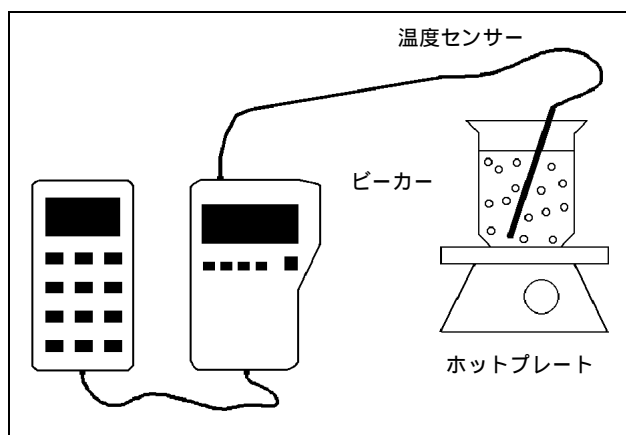


図 1 : 装置の設定

## 実験手順

- ❶ 実験用温度計で室温(単位:  $^{\circ}\text{C}$ )を測定し、その値を  $C$  として、実験ノートに記録します。また、電卓に変数  $C$  としてその値を格納します。
- ❷ 中程度の大きさのビーカーに水を入れ、ホットプレートの上に置きます。沸騰し始めたら、温度センサーをビーカーに数秒間入れます。
- ❸ CBLの電源が入っていることを確認し、電卓でプログラム COOLTEMP をスタートします。温度センサーを沸騰している水から取り出し、**[ENTER]**を押して、データの収集をスタートします。

CBL と電卓が温度を計っている間は、センサーは空気にさらしておきます。熱伝導や蒸発による影響を受けないように、センサーを直接机の上に置いたり、風に当たったりしないでください。

- ④ データを収集する際には、電卓の画面上の温度変化のグラフを観察します。データは毎秒1点の割合で約1.5分間収集されます。温度(単位: °C)は L4 に、時間 (単位: 秒)は L2 に記録されます。

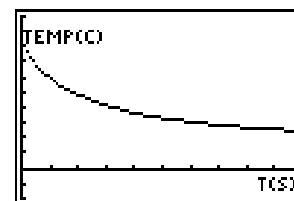


図 2: 温度 - 時間

グラフは、図2のようなになるはずですが。電卓の Ymax と Ymin を調整して、表示を見やすくすることもできます ( Ymax と Ymin を修正するには、電卓の **WINDOW** を押します)。満足できる結果が得られたら、グラフを PIC 変数に格納します。あとで TI-GRAPH LINK を使って印刷できます。

## 分析と結論

**Note :** 電卓の統計機能の利用方法については、ガイドブック「*CBL System Compatible Calculators*」の“Performing Data Analysis (データ分析)”を参照してください。

1. この実験の PIC 変数の値を、TI GRAPH LINKを使って印刷し、実験ノートに貼ります。印刷の際に、適切な目盛りと座標軸名をつけます。
2. ニュートンの冷却法則によれば、 $y = T - C$  の値は、時間について指数関数的に変化します。その関係のモデルを作るには、まず集めた温度データから室温を引かなければなりません。そのためには、電卓の基本画面で **2nd** **[L4]** **[-]** **ALPHA** **C** **[STO▶]** **2nd** **[L4]** **[ENTER]** と押します。ここで、C は事前に電卓に記憶させておいた室温です。
3. 電卓で集めたデータに対して指数回帰分析 (ExpReg)を実行します。時間は L2 に、温度は L4 に記録されます。回帰方程式と相関係数を実験ノートに記録してください。

このモデルはイントロダクションで説明した、温度と時間との関係を表す数学的モデルに一致しますか。はたして、温度と時間は指数関数的に変化しているのでしょうか。

実験を少なくともあと2回は繰り返し、実験条件や結果をすべて実験ノートに記録してください。その内の1回は、温度センサーを氷水の中に入れて、取り出した後の温度が上昇するところを測定してください。その変化が指数関数的であれば、電卓で、測定データに合った、適切な回帰モデルを求めてください。