

Activity 1 – 加え合わせよう!!

数学的な側面

- ◆ データ収集
- ◆ 統計プロット
- ◆ モデル化
- ◆ 「累加」としての乗法
- ◆ パターンを用いた公式化

理科学的な側面

- ◆ データの収集と分析
- ◆ 電気エネルギーの測定
- ◆ 電池の直列，直列回路

用意するもの

- ◆ CBL 2™
 - ◆ TI グラフ電卓
 - ◆ 接続ケーブル
 - ◆ TI 電圧センサー
 - ◆ 単2，単3など同型の電池 (1.5V) 5本。
 - ◆ 中央に細長い隆起のある定規など，電池を並べて置く器具
-

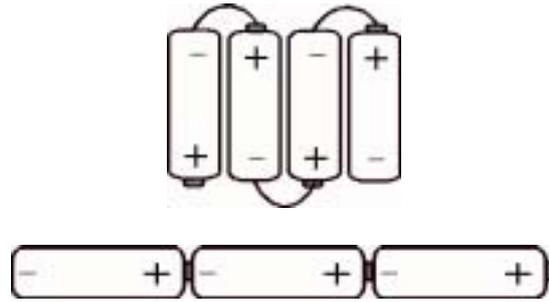
Introduction

電卓や CBL 2 ばかりではなく，懐中電灯など私たちは毎日電池を利用しています。懐中電灯や CBL 2 に電池を入れたことがありますか。これらは電池からいったいどれくらいのパワーを得ているのでしょうか。

電池の表面をよく見てください。両端にプラスとマイナスの電極があり，単3，単2などの型や，1.5V (ボルト) などという電圧の表示があるでしょう。

懐中電灯の中の電池の位置を見ると，多くの場合一列に，つまり直列につながっていることがわかります。電池のプラスの電極が，別の電池のマイナスの電極につながっているのです。CBL 2 の中の電池の位置を見てください。電池は一列になっていませんが，プラスとマイナスの電極が交互に反対になり，小さな金属片が隣どうしのプラスとマイナスをつないでいることがわかるでしょう。これらの電池も直列につながれているわけです (次ページの図参照)。電池は，1つの回路ができたときに，その装置に電気を供給します。回路とは，電池のプラスから出て何かの電子装置 (負荷といいます) に入り，電池のマイナスに戻る，一回りの経路と考えておいてください。

この節の学習活動は，直列に接続された何本かの電池が，合計何ボルトの電圧を装置に供給するかを探究するものです。



電池の直列

Set-up

電池を5つ用意し、まず CBL 2 とグラフ電卓を用いてそれぞれの電池の電圧を測定します。つづいて、1つの電池の電圧、直列にした2つの電池の電圧、直列にした3つの電池の電圧、...のように5つの直列まで測定します。グループで実験し、次のような3つの仕事を分担して進めてください。

- ◆ 電圧センサーを手に持って測定する。
- ◆ グラフ電卓と CBL 2 を操作する。
- ◆ 電池を並べて持つ。

電池は同じ大きさ、同じ電圧のものを使ってください。すべて新しい電池か、または、古いものでもすべてが同一の装置の中で用いていた電池であればベストです。

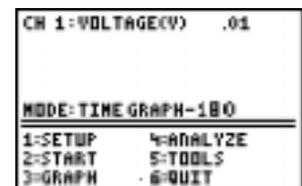
電池は電池ホルダーか、中央に細長い隆起のある定規、あるいはテーブルや床にあるタイルの目地などを用いて、並べて配置します。

電池は、それぞれプラスの電極が隣の電池の、マイナスの電極につながるように配置します。

Data Collection

1. CBL 2 とグラフ電卓を接続ケーブルで接続してください。さらに、電圧センサーを CBL 2 のチャンネル1 [CH 1] に接続します。
2. 電卓上で DataMate プログラム (またはアプリケーション) を実行します。DataMate は自動的に電圧センサーを検出し、実験を初期設定します。右図は DataMate のメイン画面です。

(もし MODE の設定が右図と異なる場合は、**CLEAR** を押してプログラムをリセットしてください。)



3. ホルダーや定規に電池を1個用意し、センサーのリード線を、赤をプラスに、黒をマイナスに正しく当てて持っていてください。これで、CBL 2 との間で1つの直列回路ができ上がりました。
4. 5本の電池のそれぞれについて電圧を測り、Student Data Reporting Sheet の問1に書き込んでください。(電圧の値は、DataMate メイン画面の右上の端に表示されています。)

5. つぎに、CBL 2 のモードを EVENTS WITH ENTRY に切り替えます。

まずメイン画面で **1** を押し、SETUP を選択します。

```
CH 1: TI VOLTAGE(V)
CH 2:
CH 3:
DIG 1:
▶ MODE: TIME GRAPH-10

1:OH          3:ZERO
2:CALIBRATE  4:SAVE/LOAD
```

6. **2** または **3** を押して MODE にカーソルを合わせ、**ENTER** を押します (Select Mode 画面に切り替わります)。

```
SELECT MODE
1:LOG DATA
2:TIME GRAPH
3:EVENTS WITH ENTRY
4:SINGLE POINT
5:SELECTED EVENTS
6:RETURN TO SETUP SCREEN
```

7. **3** EVENTS WITH ENTRY を押しします。Events With Entry とは、**ENTER** を押すたびに測定した電圧を記録するという意味です。

```
CH 1: TI VOLTAGE(V)
CH 2:
CH 3:
DIG 1:
▶ MODE: EVENTS WITH ENTRY

1:OH          3:ZERO
2:CALIBRATE  4:SAVE/LOAD
```

8. **1** OK を押しします。

```
CH 1: VOLTAGE(V)  1.4

MODE: EVENTS WITH ENTRY

1:SETUP          4:ANALYZE
2:START          5:TOOLS
3:GRAPH         6:QUIT
```

9. **2** START を押しします。

```
PRESS ENTER TO COLLECT
OR [STOP] TO STOP
1      1.42
```

10. **ENTER** を押し、1個の電池の電圧を測定します。ENTER VALUE? と表示されるので、第1回目の記録という意味で **1** を入力し、**ENTER** を押ししてください。

(電圧を記録する **ENTER** を押すたびに、電池の個数がわからなくならないように、毎回値の入力を求めるようになっています。)

```
ENTER VALUE
?1
```

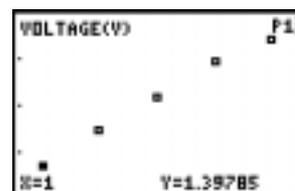
11. さて、電池を2個直列につないでください。やはりセンサーのリード線を、赤をプラスに、黒をマイナスに正しく当てて持っていてください。**ENTER** を押して2個の電池の電圧を測定し、ENTER VALUE? に対して2を入力してください。

12. 同様にして、直列5個の電圧まで測定してください。

13. 最後まで測定が終了したら **STOP** を押ししてください。測定データのグラフが表示されます。ここで **ENTER** を押すと、DataMate のメイン画面に戻ります。

Analysis

1. DataMate のメイン画面で **3** GRAPH を押し、グラフを表示させて Student Data Reporting Sheet の問2-6 に答えてください。

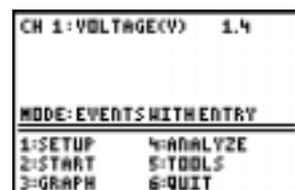


直線の傾きは変化の割合を意味します。傾きの数値は、いろいろな物理モデルに関係していることがよくあり、この実験では、直線の傾きはおよそ1個あたりの電池の電圧にあたります。単位は「ボルト/電池」といことになります。この実験のように直線のグラフになる場合、次のように傾きと y 切片を用いた関係式がよく用いられます。

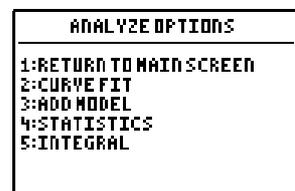
$$Y = AX + B$$

ここで、A が傾き、B が y 切片 (X=0 のときの y の値) です。m が傾きを表す $y=mx+b$ のような形で見たことがあるかもしれません。

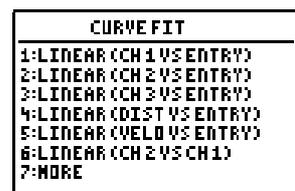
2. Student Data Reporting Sheet の問7 に答えてください。
3. グラフの画面で **ENTER** を押し、さらに **1** を押してメイン画面に戻ってください。



4. **4** ANALYZE を選択します。



5. **2** CURVE FIT を押します。



6. チャンネル1のデータの回帰直線を求めるために、**1** LINEAR (CH1 VS ENTRY) を押してください。ここで得られた値を Student Data Reporting Sheet の問8に写し取ってください。
7. **ENTER** を押すと、データ点と回帰直線が表示されます。
8. **ENTER** を押すと Analyze 画面に戻るので、**1** RETURN TO MAIN SCREEN を選択し、メイン画面から **6** QUIT を押して DataMate を終了してください。
9. Student Data Reporting Sheet の問9,10を完成してください。

Going Further

回帰直線の傾きが、実験に使用した5個の電池の、電圧の平均値になっているかどうかを確かめてください。

5個の電池を直列につないだときの電圧が時間とともにどのように低下していくかを、TIME GRAPH モードを用い、数時間にわたって調べてみてください。その間、電圧センサーのリード線をしっかりと電池につないでおかなければなりません。

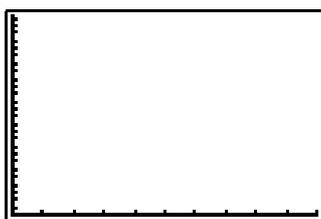
並列回路の形について学習し、並列につないだ電池の電圧について探究してみてください。

Student Data Reporting Sheet

1. 5個の電池のそれぞれについて電圧を測定し，下の表に記録してください。

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 電池 | 1 番 | 2 番 | 3 番 | 4 番 | 5 番 |
| 電圧 | | | | | |

2. 直列につないだ1個，2個，3個，...の電池の電圧を表す点を描き，縦軸，横軸に適する単位をつけてください。



3. データの点を結ぶとしたら，どのような形の曲線になるか。上の図に入れてみてください。

4. グラフ電卓上で，電圧を表す点を矢印キーを用いて順にトレースし，電圧を読み取って下の表に書き込んでください。

| 電池の数 X | 電圧(ボルト) Y |
|-----------|--------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |

5. 4のような電池の電圧の測定について，気づいたことを書いてください。

6. 電池の数が6本になったときの電圧を予測してください。 _____
10本なら? _____ 20本なら? _____ X本なら? _____
7. Xを電池の数, Yを電圧とするとき, 測定結果を用いて電池の数と電圧の関係を表す式を書いてください。

関係式を $Y=AX+B$ とすると, $A=$ _____ $B=$ _____。

8. メイン画面の [4] ANALYZE , [2] Curve Fit を選択して得られる結果から次の値を読み取ってください。

$A=$ _____ $B=$ _____ $Y=$ _____

9. 直線の方程式 $Y=AX+B$ において, A を _____, B を _____ といいいます。電卓画面の A, B と, 自分で求めた A, B の値は一致していますか? 比較した結果を書いてください。

10. この探究活動のまとめを書いてください。電池を直列に接続したとき, その電池が機器に供給する電圧についての説明です。電池をつないだ様子について, スケッチも添えてください。

Teacher Section

理論

理科と数学

複数の電池を直列につなぐと、合計の電圧は各電池の電圧の和です。合計の電圧は各電池の電圧(たとえば1.4V)の「累加」になっていることに注意してください。測定値から帰納的に推論して、直列の電圧は電池の個数を X とすると $1.4X$ と一般化できることに気づいてほしいところです。これは、電池の個数と合計電圧の関係を表す簡単な1次関数モデルになっています。

各電池の電圧がそれぞれ約 1.4V であるとする、その1次関数は $Y=1.4X + 0$ と表せます。ここで Y は合計電圧、 X は電池の個数です。直線の傾き、つまり合計電圧の変化率は、電池1個について 1.4V です。 Y 切片は点 $(0, 0)$ であり、電池が 0 個のときは電圧も 0 であることを意味します。生徒には、問題に適した変数名を用いて方程式を作るようにさせてください。

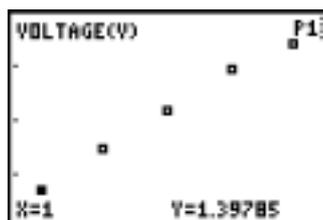
生徒が自分たちの測定データを用いて作った式と、Curve Fit の機能を用いて電卓が計算した回帰直線の数値とを比較することは重要です。この探究活動のように簡単な問題では、生徒の力で十分回帰直線の式を作り出すことができることを、指摘してあげてください。

この実験をモデル化するのに、 (X, Y) ではなく変数 (B, V) を用いたとしたらどうかについて、生徒と議論してください。物理の問題では B や V の方がより意味があるはずですが、文字 B を用いた場合、 Y 切片の B と混乱するかもしれません。また、ここで用いた1次関数の式 $Y=AX+B$ と、数学の授業でよく用いる $y=mx+b$ との比較についても生徒に尋ねてください。もちろん $A = \text{傾き} = m$ であることも指摘してください。

Note : 使用する電池が新品である場合、電圧は1.4V 以上になるはずですが。

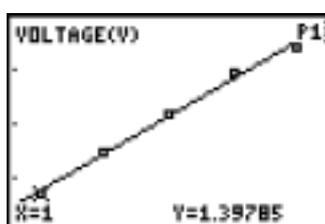
解答例

1. 実験により異なります。
2. グラフの例です。

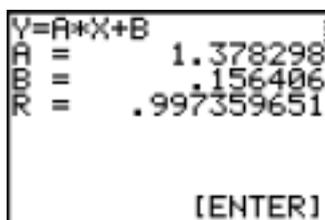


3. 個々の電池の電圧が近い場合，グラフの一般形は直線になります。
4. 例。

| 電池の数 X | 電圧(ボルト) Y |
|-----------|--------------|
| 1 | 1.4 |
| 2 | 3.0 |
| 3 | 4.4 |
| 4 | 5.8 |
| 5 | 7.2 |



5. たとえば，電池を1つ増やすごとに，合計電圧は 1.4V ずつ増える。
6. たとえば，8.6, 14, 28, 1.4X。
7. たとえば， $Y = 1.4X$, $A=1.4$, $B=0$ 。
8. 下図の例を参考にしてください。実際には，個々の電池の電圧によって異なる結果が出ます。



9. $A =$ 傾き， $B = Y$ 切片。もし個々の電池の電圧が少しずつ異なれば，電卓の計算する傾きはそれらの平均となります。したがって，さまざまな解答が考えられます。
10. 傾き，切片，電極，ボルト，直列など正しい用語が使われているかどうかチェックしてください。

参考文献

Data Collection Activities for the Middle Grades with the TI-73, CBL, and CBR:
Johnston and Young; TI Explorations™ Book.