

# Activity 5 – 明かりの点滅

## 数学的な側面

- ◆ 周期関数
- ◆ グラフとその解釈

## 理科学的な側面

- ◆ データの収集と分析
- ◆ 周期と振動数 (周波数)

## 用意するもの

- ◆ CBL 2™
- ◆ TI グラフ電卓
- ◆ 接続ケーブル
- ◆ TI 光センサー
- ◆ 蛍光灯でない電球1個
- ◆ 蛍光灯1個

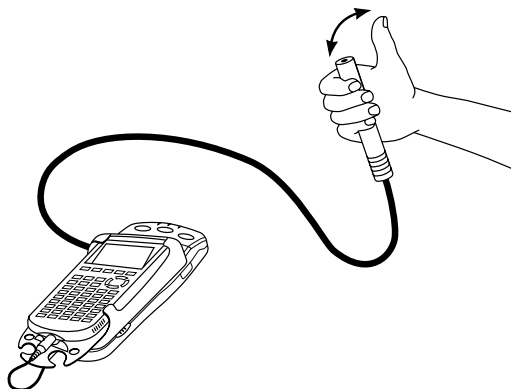
## Introduction

前後にゆれるロッキングチェア、電話のベル、蛇口から漏れ落ちる水滴などは、すべて周期的な現象の例です。これらの現象は、同じ時間の間隔で起こる一連の動きの繰り返しによって特徴づけられるので、「周期的である」といいます。一連の動きが1回完了するのに要する時間を周期、一連の動きが単位時間の中に繰り返される回数を振動数 (周波数) といいます。

この節の学習活動では、CBL 2 と光センサーを使って、2種類の異なる周期的な現象のデータを収集します。そのデータから、グラフ電卓を使って周期と振動数を求めてみましょう。

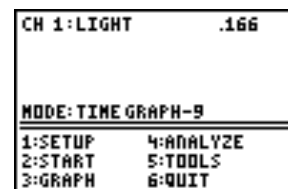
## Part 1

電球、窓、OHP ランプなど、何かの光源に光センサーを向けます。まず光センサーの先端を親指で覆い、CBL 2 が動き始めたら親指をセンサーから離し、再びセンサーの先端を覆うという動作を繰り返します。CBL 2 によって光の強さが計測され、電卓の画面にグラフで表示されます。



## Set up the Experiment

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、光センサーを 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 TI 光センサーを検出し、実験を初期設定します。右図は DataMate のメイン画面です。



3. 光センサーを先端が 1cm 余り出るようにして片手に握ります (前ページの図参照)。CBL 2 がデータを収集している間、センサーの先端は光源の方を向いていなければなりません。
4. 光センサーの先端を指でふさいだり、放したりするたびに、DataMate メイン画面の右上の隅に光の強さが表示されます。

## Collect the Data

1.  START を押し、初期設定にしたがってデータの収集を開始します。
2. センサーの先端を指で覆う、離すという動作を一定の間隔で行います。1秒に1回くらいがいいでしょう。
3. 満足のいく結果が得られなかったら、 START を押してやり直してください。

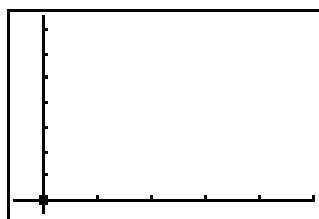
データはまず大きな値からスタートし、続いてその値と 0 に近い値の間を同じようなパターンで往復するはずで、1回の往復に要する時間の幅は、大体一定になっているでしょう。

## Analysis

ほぼ満足のいくデータが得られたら、画面のグラフを Student Data Reporting Sheet 1 の問1にスケッチしてください。

# Student Data Reporting Sheet 1

1. 電卓画面のグラフをスケッチし、軸の名称を入れてください。



このグラフにおいて、最大値の平坦部分は何を意味していますか。また、最小値は何を意味していますか。

2.  $\leftarrow$ や $\rightarrow$ を押し、グラフに沿ってカーソルを動かしてください。電卓の最下行に表示される  $x$  の値は時間、 $y$  の値は光の強さです。最初の平坦部分の直後に 0 (または非常に 0 に近い値) になるときの時刻の値を記してください。小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めてください。

$$A = \text{_____} \text{ 秒}$$

3.  $\rightarrow$ を押し、画面に表示されている最後の平坦部分の直後に 0 (または非常に 0 に近い値) になるときの時刻の値を記してください。小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めてください。

$$B = \text{_____} \text{ 秒}$$

4. 時刻 A と時刻 B の間に繰り返しが何回起こっていますか。この間に何回センサーを指で覆ったり離したりしたかということです。その回数を下に記してください。

$$C = \text{_____}$$

(この時点で  $\text{ENTER}$  を押し、さらに  $\text{G}$  を押してプログラムを終了してください。)

5. 繰り返しが1回完了するのに要する時間を 周期 といいます。B から A を引き C で割ると、 $\frac{B - A}{C}$  は周期の平均になります。その値を記してください。小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めてください。

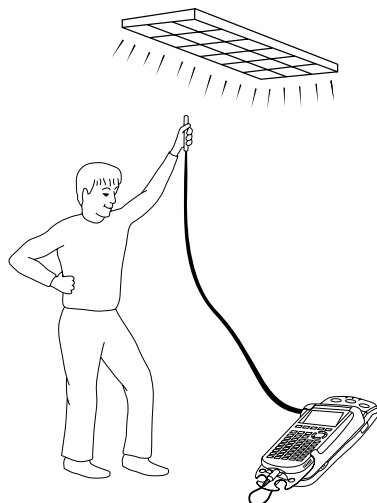
$$\text{周期} \text{ _____ 秒}$$

6. 繰り返し1回あたりに要する秒数を周期というのに対して、1秒あたりの繰り返しの回数を 振動数 (周波数) といいます。この実験で行った、センサーを指で覆ったり離したりする動作の振動数 (周波数) を、直前で求めた周期の逆数を取ることによって求めてください。

$$\text{振動数 (周波数)} \text{ _____ 回 / 秒}$$

## Part 2

第2の実験は、光センサーを蛍光灯1本の光源に向け、非常に短い時間、その光の強さを測定するというものです。この実験からは、興味深い光の強さと時間のグラフが得られます。蛍光灯の光は一定の強さを保っているのではなく、非常に高速に、周期的に点滅しているのです。1秒間に50回を越えるこの点滅を人間の目は認識することができないので、ずっと灯っているように見えるのです。この実験では、蛍光灯の点滅のデータを収集し、その周期と周波数を求めます。



### Set up the Experiment

1. TI 光センサーを CBL 2 のチャンネル1 (CH1) に接続してください。
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。
3.  SETUP を押して、Setup 画面に進みます。

```
CH 1: TILIGHT
CH 2:
CH 3:
DIG:
▶ MODE: TIME GRAPH-9
-----
1:OK          3:ZERO
2:CALIBRATE
```

4.  や  を押して MODE にカーソルを合わせ、 ENTER を押します。

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

5.  TIME GRAPH を押します。

```
TIME GRAPH SETTINGS
TIME INTERVAL: .05
NUMBER OF SAMPLES: 180
EXPERIMENT LENGTH: 9
1:OK          3:ADVANCED
2:CHANGE TIME SETTINGS
```

6.  CHANGE TIME SETTINGS を押して、測定の間隔と測定の回数を設定し直します。

```
ENTER TIME
BETWEEN SAMPLES
IN SECONDS: .0003

ENTER NUMBER
OF SAMPLES: 99
```

7. 測定間隔として .0003(秒)、測定回数として 99 を入力します。  
Time Graph Settings 画面に新しく入力した値が表示されます。  
右図のように、この実験は非常に短い時間で終わります  
(EXPERIMENT LENGTH)。

```
TIME GRAPH SETTINGS
TIME INTERVAL: 3E-4
NUMBER OF SAMPLES: 99
EXPERIMENT LENGTH: .0297
1:OK          3:ADVANCED
2:CHANGE TIME SETTINGS
```

8.  OK を押して Setup 画面に戻り、さらに  OK を押してメイン画面に戻ります。

```
CH 1: LIGHT .006

MODE: TIME GRAPH-.0297
1:SETUP      4:ANALYZE
2:START      5:TOOLS
3:GRAPH      6:QUIT
```

## Collect the Data

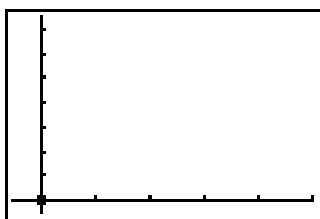
1. 光センサーを蛍光灯に近づけて持ち、 START を押してデータの収集を始めます。収集が始まると、CBL 2 はビープ音を発します。データの収集はほとんど瞬間で終わります。
2. 満足のいく結果が得られなかったら、 START を押してやり直してください。  
表示されるグラフは、ほぼ同じ形の、一様な幅をもつ山形の連続になっているはずです。

## Analysis

満足のいくデータが得られたら、画面のグラフを Student Data Reporting Sheet 2 の問1にスケッチしてください。

## Student Data Reporting Sheet 2

1. 電卓画面のグラフをスケッチし、軸の名称を入れてください。



このグラフを見ると、光の強さは一定のパターンで上昇と下降を繰り返しているように見えます。データの山の頂上、つまり最大値は、点滅するこの蛍光管の何を表しているでしょうか。また、最小値はどうでしょうか。

---

---

2. 蛍光灯の点滅する平均周期を求めます。電卓をトレースモードにして、最初と最後の、山の頂上間の時間を求めます。矢印キーを動かして、まず最初の山の頂上と見なせる部分にカーソルを移動し、そのときの x の値、つまり最大になったときの時刻を記録してください。

$$A = \text{_____} \text{ 秒}$$

3. 矢印キーを動かして、最後の山の頂上と見なせる部分にカーソルを移動し、そのときの x の値、つまり最大になったときの時刻を記録してください。

$$B = \text{_____} \text{ 秒}$$

4. 最初から最後まで山の個数を数えてください。

$$C = \text{_____} \text{ 個}$$

(この時点で **ENTER** を押し、さらに **6** を押してプログラムを終了してください。)

5. B から A を引き C で割ると、 $\frac{B - A}{C}$  は周期の平均になります。その値を記してください。

$$\text{周期 } \text{_____} \text{ 秒}$$

6. 問5で求めた周期は、繰り返し1回あたりに要する秒数、つまり秒/回です。では、振動数(周波数、回/秒)を、周期の逆数を取ることによって求めてください。

振動数 (周波数) \_\_\_\_\_ 回/秒

7. 米国では、電気製品は60回/秒 (Hz) の周波数をもつ電流を利用しています。このことは実験によって得られた結果と合致していますか。

\_\_\_\_\_

**Hint:** 家庭で用いている、いわゆる交流は、1サイクルの間に2回その極性を入れ替えています。

8. もし1回の周期ごとに光源がオフになっているのならば、なぜ測定結果の最小値が0になっていないのでしょうか。

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Teacher Section

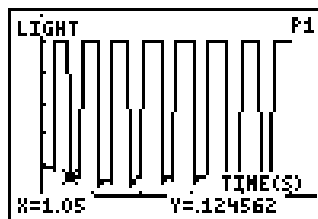
Part 1 では、明るい光源を用いると最良の結果が得られます。親指でセンサーの先端を覆い、つぎに指をセンサーから離すという動作の繰り返しは、実際には親指を非常にすばやく動かさなければなりません。動作が一定の間隔で繰り返されていれば、その時間間隔はあまり重要ではありません。

Part 2 では、できる限り1本の蛍光灯を光源に用いてください。2本以上の蛍光灯があると、グラフの上に障害のパターンが表れ、望ましい結果が得られないことがあります。

### 解答例

#### Part 1: データ例に基づく解答例

1. 最大値の平坦部分は光センサーが覆われていない状態、最小値はセンサーが覆われている状態を表します。

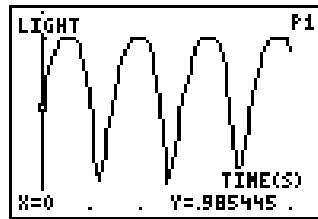


2. A= 1.05 秒
3. B= 7.9 秒
4. 繰り返しの回数は 6 回。
5. 周期は 1.14 秒。
6. 振動数 (周波数) は 0.88 回 / 秒。



## Part 2 : データ例に基づく解答例

1. 山の頂上は蛍光管が最も明るくなった瞬間であり、最小値は間が一瞬オフになったときを表します。



2.  $A = .003$  秒
3.  $B = .045$  秒
4.  $C = 5$  個
5. 周期は 0.0084 秒。
6. 振動数 (周波数) は 119.05 回 / 秒。
7. 1サイクルに2回極性が変化するため、120 回 / 秒の周波数を観察することになります。測定値から計算で求めた 119.05 回 / 秒は、これに非常に近い値になっています。
8. 部屋が真っ暗でないため、 $y$  の最小値は 0 にはなりません。

## 参考文献

***Real-World Math with the CBL System: Activities for the TI-83 and TI-83 Plus:***  
Brueningsen, Bower, Antinone and Brueningsen-Kerner; Activity 15: Lights Out; TI  
Explorations Book.

