

この実験では、光源から物体が離れるときの光度の変化を、逆2乗関数(2乗に反比例する関数)をモデルにを使って、生徒達に理解させます。

イントロダクション

距離の逆数に関連する式として、教科書に頻出する次の式があります。

$$I = \frac{k}{d^2}$$

ここで、 I = 光度、 d = 光源と物体の間の距離、 k = 光源の物理的性質に依存する定数 です。

この実験では、光センサーと距離センサーの両方を光源に近づけたり遠ざけたりしてデータを収集し、上記モデルを導きます。

両方のセンサーでは、データの時間変化を測定します。それによって、媒介変数表示という概念を導入できます。まず、データ(光度と距離)の時間変化のグラフを表示します。それから、光度と距離の間の関係を調べます。

必要な装置

- ✓ CBL (できれば、電源アダプターを使用します。)
- ✓ 接続ケーブルのついた電卓
- ✓ TI 光センサー
- ✓ TI CBR™ (Calculator-Based Ranger™) または Vernier CBL距離センサー (MD-CBL)
- ✓ 標準的な電球 (25W)
- ✓ (中を黒く塗った)大きなボール紙の箱
- ✓ 木材(約2×4×12インチ, 約5×10×30cm)
- ✓ 粘着テープ
- ✓ 輪ゴム2本
- ✓ 小さな台車
- ✓ TI-GRAPH LINK (オプション)

プログラム

プログラム LIGHTDIS と GETLIGHT 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 と電卓それぞれの機器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 距離センサーを木材の前面に、テープで止めます。テープがセンサーの検出部分を覆わないように気をつけます。光センサーを木材の側面に、輪ゴムで止めます。CBL を木材の上に置きます。
- ❸ 光センサーを CBL の上端にあるチャンネル1 (CH1)に接続します。距離センサーを CBL の左側にある SONIC チャンネルに接続します。すべてのケーブルの端がしっかり差し込まれていて、ケーブルが距離センサーと光センサーをさえぎっていないことを確認します。
- ❹ 木材を台車の上に置きます。
- ❺ ふたを取った箱を、内側を台車に向けて置きます。電球は箱の中に置きます。
- ❻ 箱の底に対して垂直に、光源から直線になるように長さ約1m分のテープをテーブルに貼ります。実験する際に、このテープに沿って台車を動かせば、光センサーと距離センサーが箱に対して垂直になります。
- ❼ 木材を箱の手前に、電球から約60cm離れたテープ上に置きます。電球の中心と光センサーが同じ高さになるように調整します。
- ❽ 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。

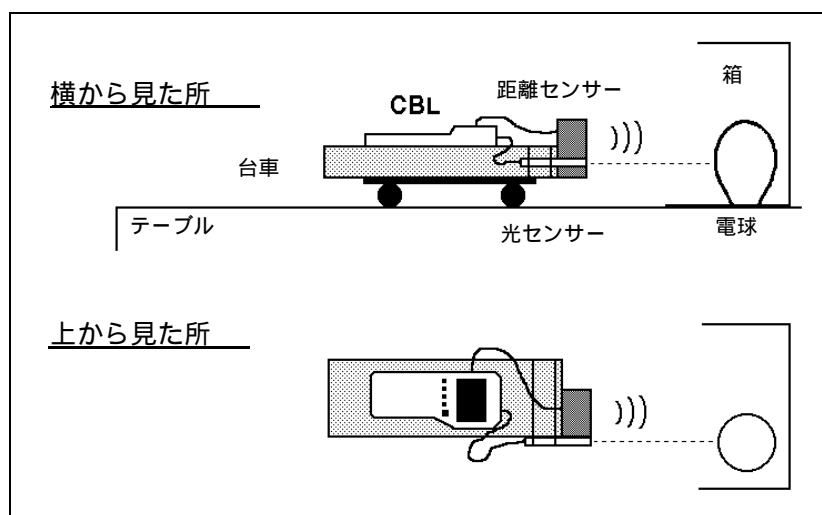


図 1 : 装置の設定

実験手順

- ① CBL の電源が入っているかを確認します。電卓でプログラム LIGHTDIS をスタートします。距離センサーがジィジィという音をたて始めます。CBL の表示画面の READY 表示が点灯したら、CBL を電卓から外して、木材を動きやすくします。
- ② 部屋の中を暗くして、電球のスイッチを入れます。
- ③ 木材の位置をチェックします。光センサーが光源の正面にあり、距離センサーのビームが箱の底に届く位置で **TRIGGER** を押して、台車に乗った木材をテープに沿って前後に動かします。

プログラム LIGHTDIS は両方のセンサーから、0.1秒毎に4秒間データを収集します。データは CBL に格納され、あとで電卓に転送できます。4秒間で、前 後 前と動かすと、うまくいきます。台車と電球の間の距離は1.2 mから 0.5 mの間に保ちます。台車をスムーズに、一定の速さで動かします。

Note : 動いている間に、2個のセンサーの高さと向きが変化しないように注意します。さらに、台車を動かす際に、次の点に気をつけます。

- a) 2個のセンサーが、箱の底に垂直になっている。
 - b) 距離センサーのビームが、つねに箱の底に当たっている。
 - c) 光センサーが電球の正面にあって、箱の底に垂直になっている。
- ④ データ収集が完了したら、接続ケーブルで CBL を電卓に再度接続します。電卓でプログラム GETLIGHT をスタートさせて、収集したデータを転送します。このプログラムはデータを転送して、以下の変数に保存します。
 - a) 時間 (単位 : 秒) : L₂
 - b) 光度 (単位 : ミリワット / cm²) : L₃
 - c) 電球とセンサーの間の距離 (単位 : フィート) : L₄

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。

- ここまでの操作では、何も表示されません。この実験の目的は、逆2乗関数がモデルとなるデータの処理です。そのデータは L_3 と L_4 に入っています。まず、距離の時間変化と光度の時間変化を表示してみましょう。この2つの表示を見ながら、媒介変数表示という概念について話し合ってください。

分析の途中で表示される STAT PLOTS を図2に示します。

- ▶ 光度 – 時間 (L_2 , L_3)
- ▶ 距離 – 時間 (L_2 , L_4)
- ▶ 光度 – 距離 (L_4 , L_3)



図 2

- $L_2 \sim L_4$ の STAT PLOT (Plot2) をオンにして、距離 – 時間のグラフを表示します。[ZOOM] 9を押して、ZoomStat を選択します。このデータに当てはまる式を求めることが目的ではなく、描かれたグラフのパターンを観察することが目的です。図3と図4のグラフを比較します。

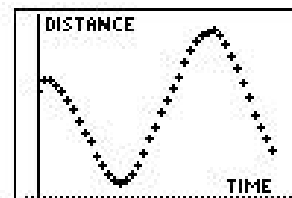


図 3

- $L_2 \sim L_4$ の STAT PLOT をオフにして、 $L_2 \sim L_3$ の STAT PLOT (Plot1) をオンにします。[ZOOM] 9を押して、ZoomStat を選択します。この表示を、図3のグラフと比べてください。

(図3と図4の) 2種類のグラフを見ると、光センサーと光源の間の距離が長くなるほど、光度は小さくなることがわかります。

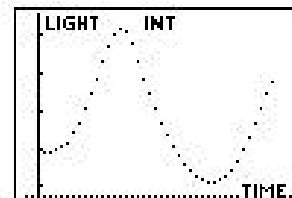


図 4

この2種類のグラフに見られる、反比例の関係を議論してください。距離 – 光度の関係が反比例であるかどうかを調べます。

4. STAT EDIT に移って、実際のデータを観察します。媒介変数表示の概念を検討して、それから光度 - 距離の関係を示す点を数個プロットします。そのためには、データの中からいくつかの時間を選んで、それに対応する距離と光度の値を調べます。

ここでは、距離と光度を、時間を媒介に関係づけました。方程式の1つを t について解いて、その答えをもう1つの方程式に代入しても、同じ結果が得られます。

5. L2 ~ L3の STAT PLOT をオフにして、L4 ~ L3の STAT PLOT (Plot3) をオンにします。[ZOOM] 9を押して、ZoomSta を選択します。このグラフに、反比例の関係が見られるかを議論してください。STAT CALC に移って、PwrReg L4, L3 を計算して、このデータに最も良く合う方程式を求めます。



図 5

表示されたデータに最も良く合う方程式は、次のようになります。

$$y = \frac{1.3689}{x^{1.928}}$$

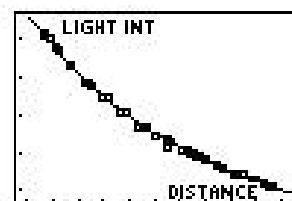


図 6

図6からわかるように、この関数は数学の本でよく見られる、逆2乗関数の適切な近似になっています。