

一定の『加速』



導入

日本では、電車の性能を表す指標として「0から100km/h」までの加速時間を使います。
たとえば、2025年現在の山手線（E235-0）は、0→30km/hを約10秒で加速できます。
このときの平均加速度は約3.0km/h/s（キロメートル毎時毎秒）です。

加速度の単位について

加速度は「距離の単位」と「時間の単位の2乗」の単位で表されます。
たとえば、スマートトレインでは cm/s^2 （センチメートル毎秒毎秒）という単位が使われます。

加速度は「ベクトル量」なので、「大きさ」と「方向」の両方を持ちます。
ただしこのレッスンでは、進行方向の加速度の「大きさ」だけに注目します。
これは「接線速度」とも呼ばれます。

このレッスンの目的

このレッスンでは、intelinoスマートトレインの加速度を2つの方法で求めます。

1. 速度 vs. 時間のグラフの傾きから求める。
2. 距離 vs. 時間のグラフの特徴から求める。

これらの分析には、Scratchのサンプルプログラム（[一定の加速.sb3](#)）を使います。

使用する線路

以下のような線路の配置値します。（基本セットで作れます）
好きなように配置してもOKですが、必ずループになる円で、分かれ道がないようにしてください。
分岐地点では、電車を通る際に自動的に速度調整されてします。
例えば、低速時の場合は、スムーズに曲がれるようにするために一瞬だけ速度が上がってしまいます。



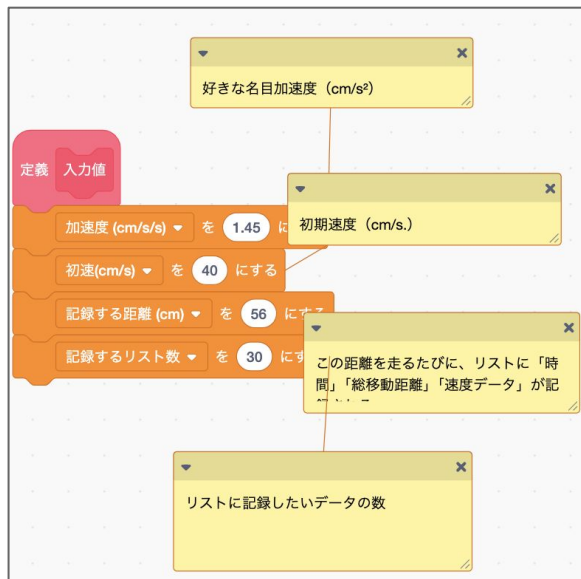
直線：4本
曲線：8本

Scratchプログラムの使い方

このScratchプログラムの中で、操作が必要なのは以下の図のブロックのみです。

これらのブロックでは、次の4つのパラメーターを設定できます：

- ①好きな名目加速度（ cm/s^2 ）：図では 2 cm/s^2 に設定されています。
- ②初期速度（ cm/s ）：安定した動作のために、 30 cm/s 以上にしてください。
- ③記録間隔（ cm ）：図では、記録間隔の距離は 56 cm に設定されています。
電車がこの距離を走るたびに、リストに「時間」「総移動距離」「速度データ」が記録されます。
これらのリストのデータは、txtファイル保存することで、表計算ソフトで分析することができます。
また、記録間隔をわかりやすくするため、データが記録されるたびに電車のライトの色が変わるプログラムになっています。
- ④記録するデータ数：リストに記録したいデータの数です。最後のデータが記録されると、電車は停止し、Scratch プログラムも終了します。



Scratch プログラムの開始

Scratch プログラムのメイン部分は、下の図に示されています。
この図を示す目的は、プログラムの開始がいかに簡単かを伝えるためです。
電車を線路において、Scratch の緑の旗を押してみてください。

ここでは「入力値」「初期値」「運転」ブロックの詳細については気にする必要はありません。
「停止」ブロックはスマートトレイン用のブロックで、名前のとおり電車の走行を止めます。
「すべてを止める」ブロックは、Scratch のスクリプト全体を停止します。



Scratchプログラムから得られる代表的な統計情報

プログラムの実行が完了し、intelinoスマートトレインが停止すると、Scratch画面の右上に以下のような統計情報が表示されます。



画面上部には、4つのユーザー定義（**加速度**、**初速**、**記録間隔**、**記録するデータ数**）の値が表示されます。
中央部分には、記録されたデータ数、スマートトレインの移動距離（cm）、現在時刻（秒）、現在速度（cm/s）が表示されます。

画面下部には、**合計時間**、**合計移動距離**、**速度** の3つのリストが表示されます。

「速度」と「時間」のグラフ

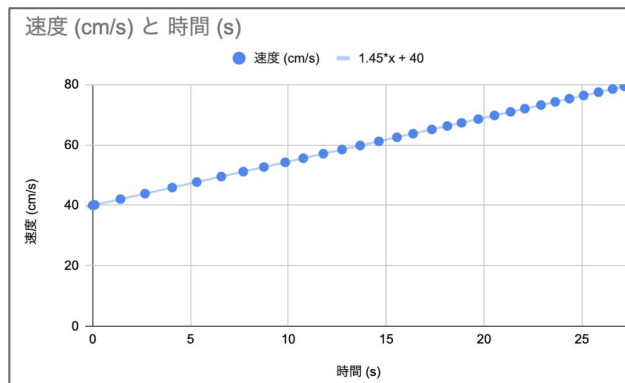
以下の「速度 vs 時間」グラフは、加速度が 1.45 cm/s^2 の場合の結果です。

「トレンドライン」機能を使って直線を作り、近値の方程式もグラフ上に表示されています。

加速度が大きくなるにつれて、傾きも大きくなっていることがわかります。

いずれのケースにおいても、加速度の値が時間 (t) の係数として現れており、 $y=1.45x+40$ となっています。この数式は、等加速度運動における基本式 $v = at + v_0$ と一致しています。

つまり、「速度 vs. 時間」グラフの傾きから、加速度の値を求めることができますと言えます。



「距離」と「時間」のグラフ

以下の「距離 vs 時間」グラフは、加速度が 1.45 cm/s^2 の場合の結果です。

放物線のように見えるため、「トレンドライン」機能を使って2次関数を作ってみました。

先ほどと同様に、近似の方程式 $y=0.789x^2+38.5x-0.129$ が表示されています。

先ほどのグラフから加速度が一定であることがわかっているため、以下の式を思い出すことができます。

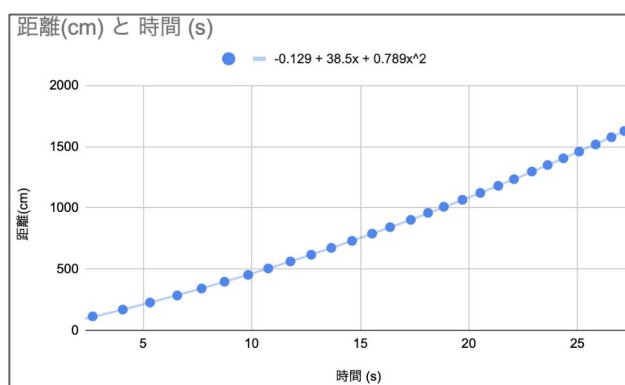
$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + d_0$$

これを $y=0.789x^2+38.5x-0.129$ と比べてみると、

- ・ 2次係数について： $0.789 \div \frac{1}{2}(1.45)$
- ・ 1次係数について： $40 \div 38.5$
- ・ 0次係数について： $0 \div 0.129$

となっており、ほぼ計数が一致しています。

よって、「距離 vs. 時間」グラフの傾きから、加速度の値を求めることができますと言えます。



結論

今回の目的は、列車の加速度を求める2つの方法を学ぶことでした。

- 1) 速度 vs 時間グラフの傾きから求める方法
- 2) 距離 vs 時間グラフの特徴的な式から求める方法

1) については、速度と時間のグラフの傾きから加速度を求められることが確認できました。

2) については、距離と時間のグラフの2次方程式における t^2 の係数に2をかけることで、加速度を求められることが確認できました。

いずれの方法でも、測定された加速度と名目上の値はほぼ一致しており、今回の測定実験は成功したと考えられます。