

1 電車に乗っていると、車両の中央と前端(後端)でつり革の揺れの大きさが違うように思われた。そこで、電車に単振り子をつるしその運動の様子を調べた。

図1のように、全長20メートルの電車の中心線上に前から5メートル間隔に点A, B, C, Dを配置する。これらの点は、それぞれ前端, 前車輪, 中央, 後車輪の位置に対応する。横揺れの大きさを調べるために、電車の中心線に垂直な方向にだけ振動することができるように工夫された同じ単振り子を、点A, B, Cの上につるした。この電車を図2のように、半径100メートルの2つの半円E, Fを点Gで滑らかにつないだ形に水平面上に設置されたレール上を進行させる。この時、点B, Dはこれらの半円上を秒速10メートルで上下振動なしに動くものとする。時刻 $t = 0$ 秒に点Bが点Gを通過するようにして、その前後数秒間のそれぞれの単振り子の運動を調べた。

点B, Dと、レールが作る半円の中心のうち点B, Dに近いほうを結ぶ線は電車の中心線に垂直であるとして、以下の問いに答えよ。途中の計算式等も示し説明すること。

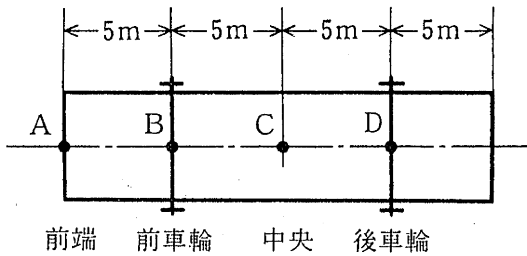


図1.
上から見た電車の模式図と
A, B, C, D点

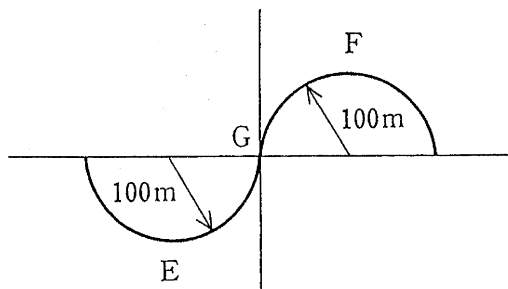


図2.
上から見たレールの模式図

- (1) 実験を始める前、電車が静止していた時の単振り子の周期は2.0秒だった。単振り子の糸の長さを求めよ。ただし、重力の加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とする。
- (2) 電車が半円 E 上を進んでいる時の点 B の加速度を求めよ。
- (3) 電車が半円 E 上を進んでいる時、点 B 止の単振り子のおもりは電車上の観測者から見てつりあいの位置に静止していた。鉛直方向からの単振り子のずれの角度を求めよ。
- (4) 図3のように、レールのある面の適当な位置に原点 O を定義することにより、点 B の位置は $\vec{r}_B = \overrightarrow{OB}$ 、点 D の位置は $\vec{r}_D = \overrightarrow{OD}$ で表されるとする。この時、点 A と点 C の位置を \vec{r}_A 、 \vec{r}_C を用いて表せ。
- (5) 点 B の速度 \vec{v}_B と点 D の速度 \vec{v}_D を用いて、点 A と点 C の速度を表せ。また、点 B の加速度 \vec{a}_B と点 D の加速度 \vec{a}_D を用いて、点 A と点 C の加速度を表せ。
- (6) 点 A, B, C の加速度の、電車の中心線に垂直な成分を、時刻 $t = -1$ 秒から2秒までについてそれぞれ図示せよ。ただし、点 D は時刻 $t = 1$ 秒に点 G を通過するとしてよい。
- (7) 時刻 $t = -1$ 秒で電車上の観測者から見て点 A, B, C 上の単振り子のおもりは静止していたとする。その後 $t = 2$ 秒までの、点 A, B, C 上の単振り子の運動の様子を図示せよ。ただし、進行中も単振り子の周期は2.0秒としてよい。

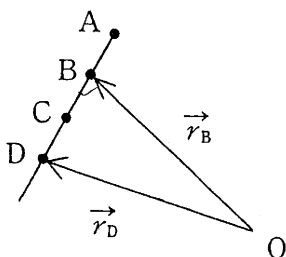


図3. \vec{r}_B , \vec{r}_D の概念図