57. 光波

(1)

歯車の歯数が 200 だから，歯車が 1 回転するのに要する時間，

すなわち回転周期は「$200\times a$ の目盛数」の時間に相当する。

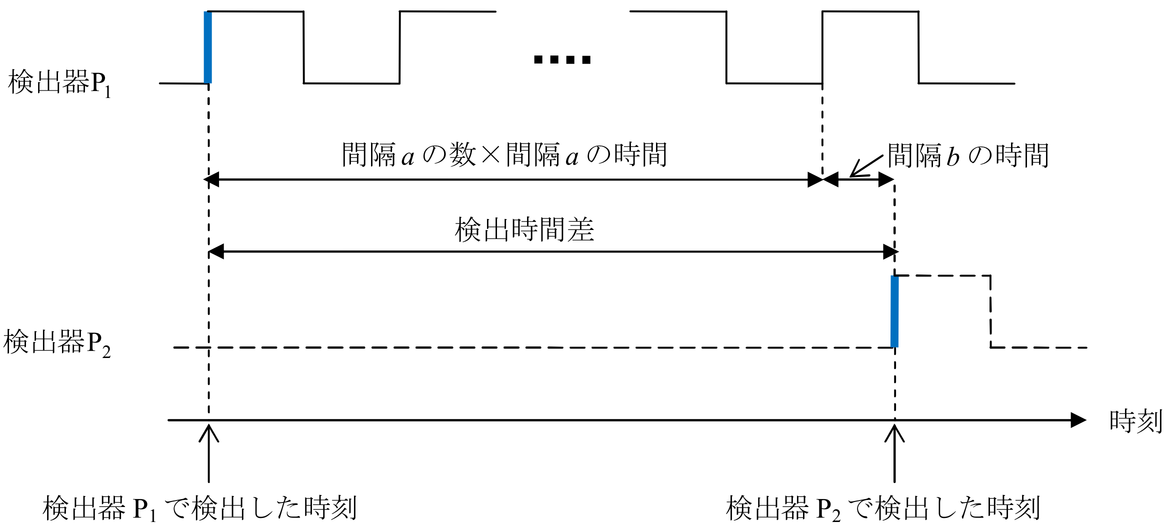
1 目盛の時間は$4.0\times5.0\times10^{-6}$秒だから

回転周期＝$200\times4.0\times5.0\times10^{-6}=4.0\times10^{-3}$秒

ゆえに，毎秒の回転数＝$\dfrac{1}{4.0\times10^{-3}}=2.5\times10^{2}$（回/秒）

(2)

レーザー光源から出た光が歯車の歯で初めて遮られた時刻を比較すればわかりやすい。



検出時間の差は，AB 間を光が往復する時間に相当する。

水層の中を直進する光の光学距離は，$500\times1.3=650$ mだから，

片道の光学距離が$650-500=150$長くなる。

よって，往復で 300m 長くなる。

したがって，検出器P_2の検出時刻は光学距離で 300m 相当分遅れる。

すなわち$\dfrac{300}{3.0\times10^{8}}=1.0\times10^{-6}$秒遅れる。

ゆえに，破線の図形は右に$\dfrac{1.0\times10^{-6}}{5.0\times10^{-6}}=0.20$目盛り右にずれる。

(3)

光の速さおよび AB 間の距離lが変化しないから検出時間の差は変化しない。

また，回転周期が，aの目盛数$\times 200 \times 5.0 \times 10^{-6}$秒であることから，

間隔aが徐々に伸びたことは回転周期が長くなったこと，

すなわち回転速度が小さくなったことを意味する。

回転数を徐々に下げていくとどうなるか？

間隔aの数をmとし，回転数を徐々に下げていくと，

間隔bが徐々に小さくなっていき，やがて 0 になる瞬間がまず訪れる。

この瞬間は間隔aの数が$m-1$，間隔bの長さ＝間隔aの長さになった瞬間とも見なせる。

したがって，間隔aの数が$m-1$の状態になると，

再び，間隔bの長さは，間隔aの長さと同じ長さから徐々に 0 になっていく。

よって，回転数を下げ続けていくと，これを繰り返しながら間隔aの数が減少していく。

問題文では，「bは徐々に縮んで$b'=0.6$目盛りとなった。」とあるから，

間隔aの数は変化していない。

解

検出時間の差は，「間隔aの数×間隔aの時間＋間隔bの時間」で与えられる。

検出時間の差と間隔aの数は変化しないから，間隔aの数をmとし，

歯車の回転数を変える前後それぞれの数値を使って検出時間差を表す式を立てると，

変化前：$m \times 4.0 \times 5.0 \times 10^{-6} + 1.6 \times 5.0 \times 10^{-6} = (4.0m + 1.6) \times 5.0 \times 10^{-6}$ [s]

変化後：$m \times 5.0 \times 5.0 \times 10^{-6} + 0.6 \times 5.0 \times 10^{-6} = (5.0m + 0.6) \times 5.0 \times 10^{-6}$ [s]

検出時間差は変化しないから，$4.0m + 1.6 = 5.0m + 0.6 \quad \therefore m = 1.0$

ゆえに，検出時間差，すなわち AB 間を光が往復する時間は，

$(4.0 \times 1.0 + 1.6) \times 5.0 \times 10^{-6} = 28 \times 10^{-6}$ [s]

AB 間の往復距離は$2l$だから，

$2l = 3.0 \times 10^{8} \times 28 \times 10^{-6} = 8.4 \times 10^{3}\ \mathrm{m} \quad \therefore l = 4.2 \times 10^{3}\ \mathrm{m}$