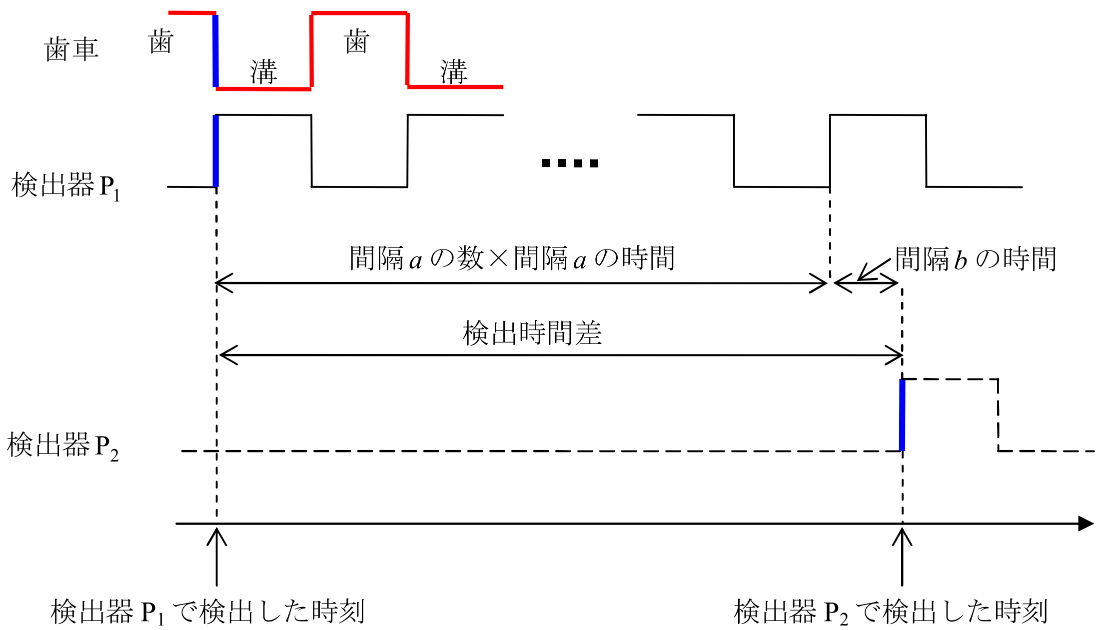
57.　光波

(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 $4.0 \times 5.0 \times 10^{-6}$ 秒だから
回転周期＝ $200 \times 4.0 \times 5.0 \times 10^{-6} = 4.0 \times 10^{-3}$ 秒
ゆえに，毎秒の回転数＝ $\dfrac{1}{4.0 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{2}$ （回/秒）

(2)

ある時刻に歯車の溝から出た瞬間の光に注目するとわかりやすい。



検出時間の差は，AB 間を光が往復する時間に相当する。
水の入った水層の中を直進する光の光学距離は $500 \times 1.3 = 650$ m だから，
片道の光学距離が水層に水を入れる前より $650 - 500 = 150$ m 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 $\dfrac{300}{3.0 \times 10^{8}} = 1.0 \times 10^{-6}$ 秒遅れる。

ゆえに，破線の図形は右に $\dfrac{1.0 \times 10^{-6}}{5.0 \times 10^{-6}} = 0.20$ 目盛り右にずれる。

(3)

回転数を上げたのか下げたのか?

回転数を下げると光が溝を通過している時間が長くなるから，
それだけ光の検出時間が長くなる。すなわちaが伸びる。

回転数を徐々に下げていくとどうなるか?

(2)の図で，間隔aの数をmとし，回転数を徐々に下げていくと，
mを保ったままbが徐々に小さくなっていき，やがて0になる瞬間が訪れる。
このとき，間隔aの数が$m-1$，間隔bの長さ＝間隔aの長さになったと見なすと，
今度は，間隔aの数が$m-1$を保ったままbがaから0へと徐々に小さくなっていく。
こうして，間隔bがaから0への減少を繰り返しながら間隔aの数が減少していく。
問題の場合，間隔bが0になるまで下げていないから，間隔aの数は同じである。

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，
これは光がAB間を往復する時間$\dfrac{2l}{c}$である。

間隔aの数は変化しないから，間隔aの数をmとすると，
歯車の回転数を下げる前の関係式は

$$\frac{2l}{c}=m\times 4.0\times 5.0\times 10^{-6}+1.6\times 5.0\times 10^{-6}\ \mathrm{sec}$$

$$\therefore \frac{2l}{c}=(4.0m+1.6)\times 5.0\times 10^{-6}\ \mathrm{sec} \quad ・・・①$$

歯車の回転数を下げた後の関係式は

$$\frac{2l}{c}=m\times 5.0\times 5.0\times 10^{-6}+0.6\times 5.0\times 10^{-6}\ \mathrm{sec}$$

$$\therefore \frac{2l}{c}=(5.0m+0.6)\times 5.0\times 10^{-6}\ \mathrm{sec} \quad ・・・②$$

①，②より，$4.0m+1.6=5.0m+0.6 \quad \therefore m=1.0$

これを①に代入すると，$\dfrac{2l}{c}=5.6\times 5.0\times 10^{-6}\ \mathrm{sec}$

ゆえに，

$$\begin{aligned} l&=\frac{c}{2}\times 5.6\times 5.0\times 10^{-6}\\ &=\frac{3.0\times 10^{8}}{2}\times 5.6\times 5.0\times 10^{8}\\ &=4.2\times 10^{3}\ \mathrm{m}\end{aligned}$$