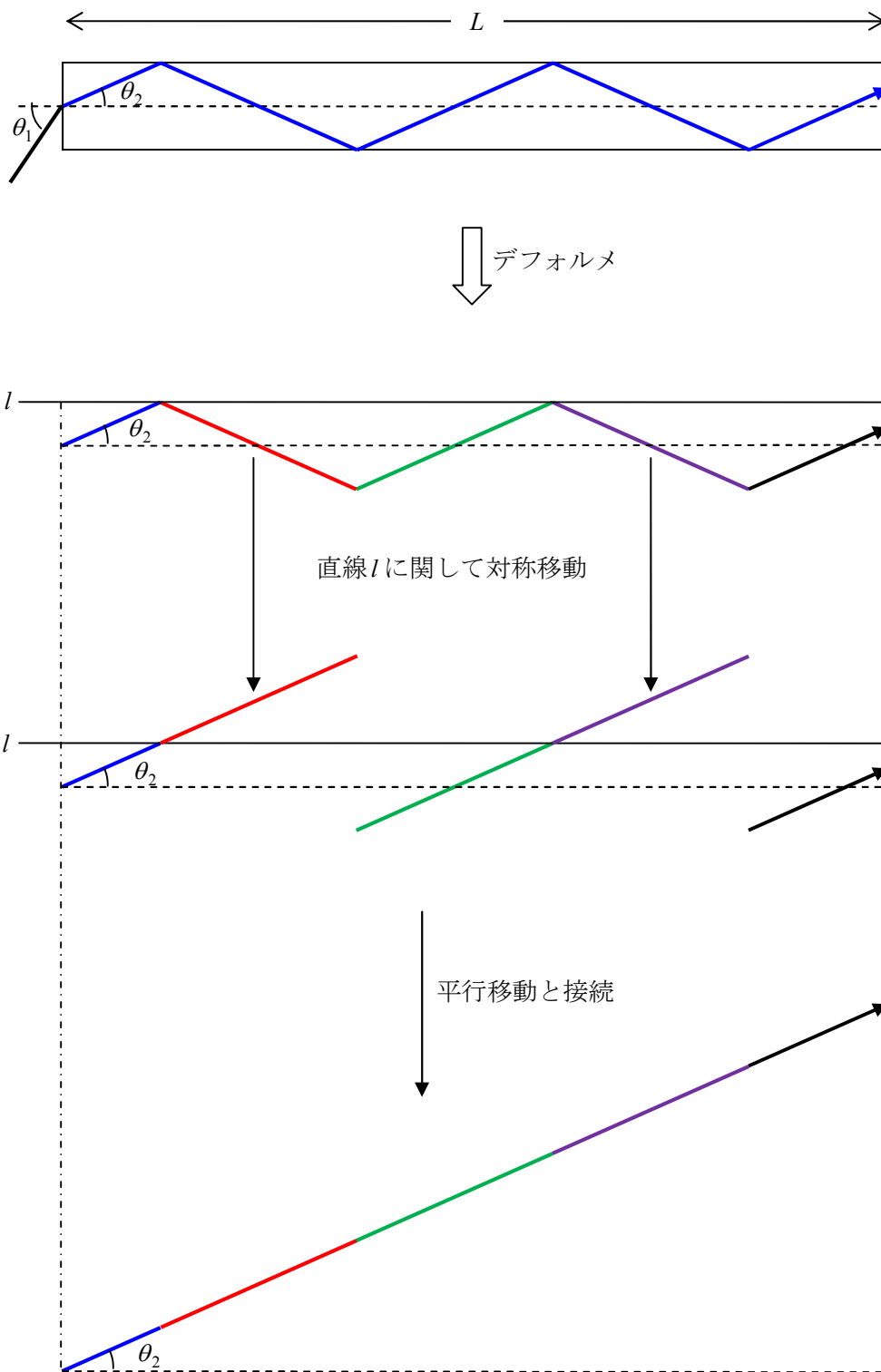
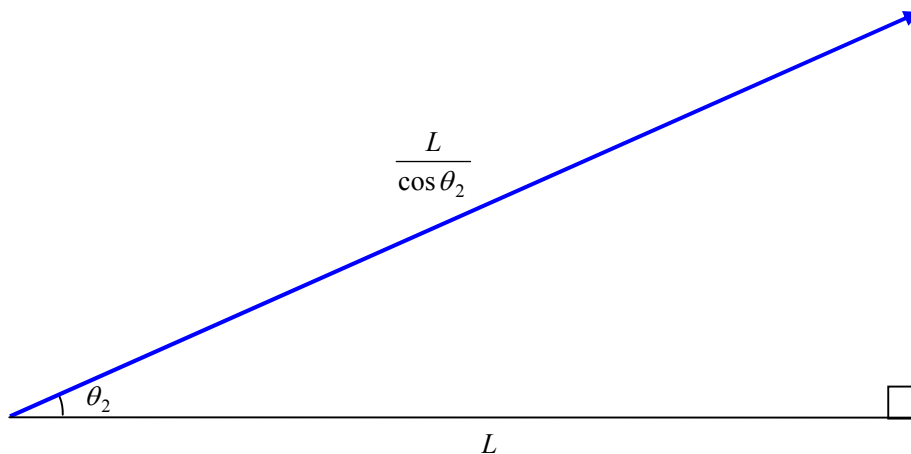


84. 光ファイバーの原理

(4)



以上より,



媒質 A の絶対屈折率は n_A だから, 光学距離は $\frac{n_A L}{\cos \theta_2}$

$$\sin \theta_1 = n_A \sin \theta_2 \text{ より, } \cos \theta_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta_1}{n_A^2}} = \frac{\sqrt{n_A^2 - \sin^2 \theta_1}}{n_A}$$

$$\text{よって, } \frac{n_A L}{\cos \theta_2} = \frac{n_A^2 L}{\sqrt{n_A^2 - \sin^2 \theta_1}}$$

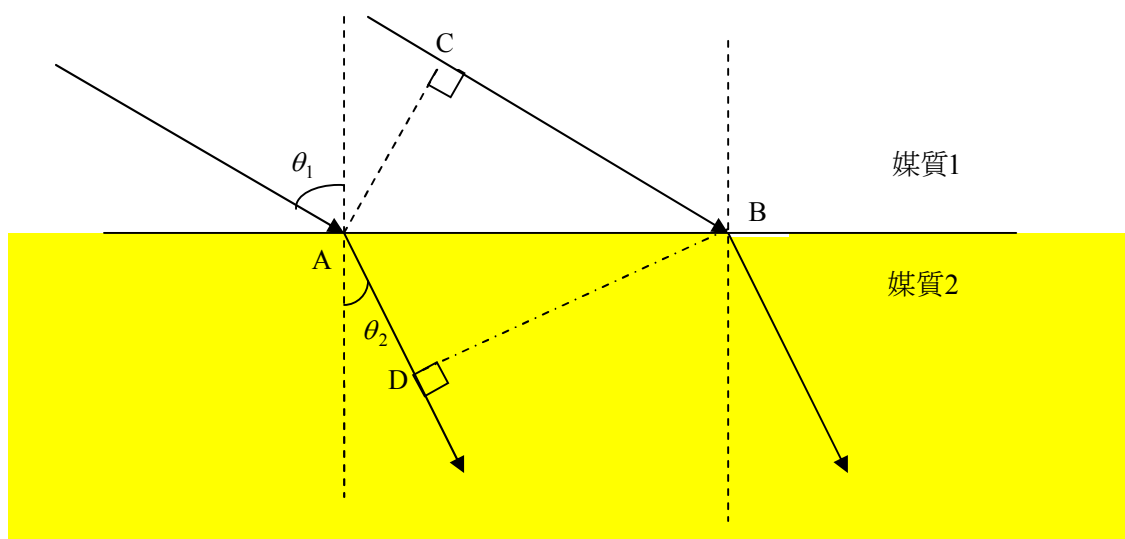
ゆえに, 求める時間は,

$$\frac{n_A^2 L}{c \sqrt{n_A^2 - \sin^2 \theta_1}} \quad \dots \text{(答)}$$

光の屈折・全反射・光学距離

光の屈折

→ 射線(波の進行方向を表す線) 波面(同位相の波がつくる面)
 法線



AC と BD は波面を表す。

同一波面上の任意の点の位相 $\omega t + \alpha$ [rad] は等しいから、

同一波面上の任意の点の時刻 t は同じである。

よって、点 A と点 C の時刻、点 D の時刻と点 B の時刻は、それぞれ同じである。

したがって、波の変位が AD 間を伝わる時間と CB 間を伝わる時間は同じである。

そこで、その時間を t 、

また、媒質 1 と媒質 2 における波の速さを、それぞれ v_1 、 v_2 とすると、

$AD = v_2 t$ 、 $CB = v_1 t$ と表せる。

よって、

$$\frac{CB}{AD} = \frac{v_1}{v_2} \quad \dots \textcircled{1}$$

また、振動数 f は屈折前後で変化しないから、

$$v_1 = f\lambda_1, v_2 = f\lambda_2$$

よって、

$$\frac{CB}{AD} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad \dots \textcircled{2}$$

さらにまた,

射線と波面のなす角が直角だから,

$\angle CAB = \theta_1$, $\angle DBA = \theta_2$ より,

$AD = AB \sin \theta_2$, $CB = AB \sin \theta_1$

よって,

$$\frac{CB}{AD} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad \dots \textcircled{3}$$

①, ②, ③をまとめると,

$$\frac{CB}{AD} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

となる。

絶対屈折率

真空中の光の速さを c , ある物質中の光の速さを v とすると,

その物質の絶対屈折率 n は, $n = \frac{c}{v}$ (> 1) で定義される。

相対屈折率

媒質 1 の絶対屈折率を n_1 , 媒質 2 の絶対屈折率を n_2 とすると,

媒質 1 に対する媒質 2 の相対屈折率 $\frac{n_2}{n_1}$ はであり, その記号表記は n_{12} である。

$$\text{よって, } n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

また, $n_1 = \frac{c}{v_1}$, $n_2 = \frac{c}{v_2}$ より,

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

よって, $n_1 v_1 = n_2 v_2$, $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

したがって, 次の関係式が成り立つ。

任意の媒質における絶対屈折率, 光の速さ, 波長, 屈折角が $n_i, v_i, \lambda_i, \theta_i$ のとき

$$\text{重要関係式} \quad \begin{cases} n_i v_i = \text{一定} \\ n_i \lambda_i = \text{一定} \\ n_i \sin \theta_i = \text{一定} \end{cases}$$

臨界角と全反射

光が屈折するとき、光の反射が必ず起こる。

とくに、屈折角が 90° になるときの入射角を臨界角といい、

入射光が臨界角より大きくなると、光の屈折はおこらず、光の反射だけが起る。

この現象を全反射という。

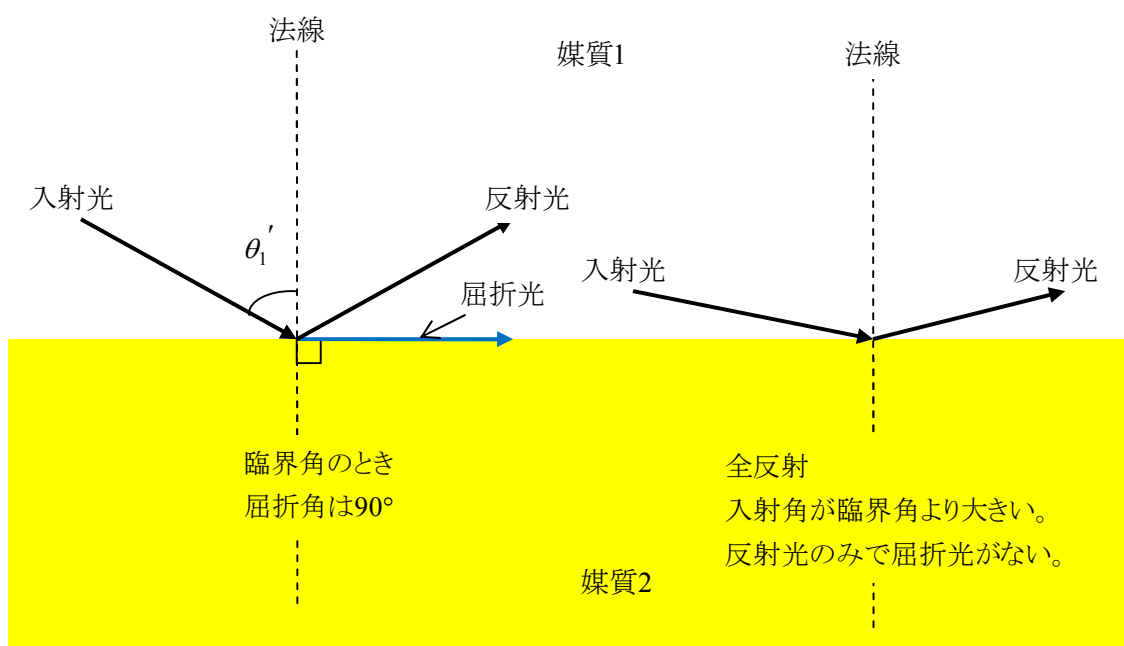
媒質 1 の絶対屈折率を n_1 、媒質 2 の絶対屈折率を n_2 、

また、光が媒質 1 の中から媒質 2 の中へと進むとき全反射が起こるとし、

そのときの臨界角を θ_1' とすると、

$$n_1 \sin \theta_1' = n_2 \sin 90^\circ \text{ より,}$$

$$\sin \theta_1' = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$



入射光，反射光，屈折光のエネルギー保存則

次のエネルギー保存則が成り立つ。

入射光のエネルギー＝反射光のエネルギー＋屈折光のエネルギー

全反射の場合，

屈折光のエネルギー＝0 より，

入射光のエネルギー＝反射光のエネルギー

光ファイバーは全反射の性質を利用しているので，反射光のエネルギーの損失が小さい。

したがって，遠く離れた地点間で光を利用した情報伝達が行える。

光学距離（光路長）

光が速さ v ，時間 t で，絶対屈折率 n の媒質の中を進んだ距離を l とし，

この距離を，光が真空の中を進んだ距離 L に換算すると，

$$l = vt, \quad L = ct \quad \text{より,} \quad \frac{L}{l} = \frac{c}{v} = n \quad \therefore L = nl$$

この L を光学距離（光路長）という。