

## 7 分布定数回路

### 7.1 分布定数

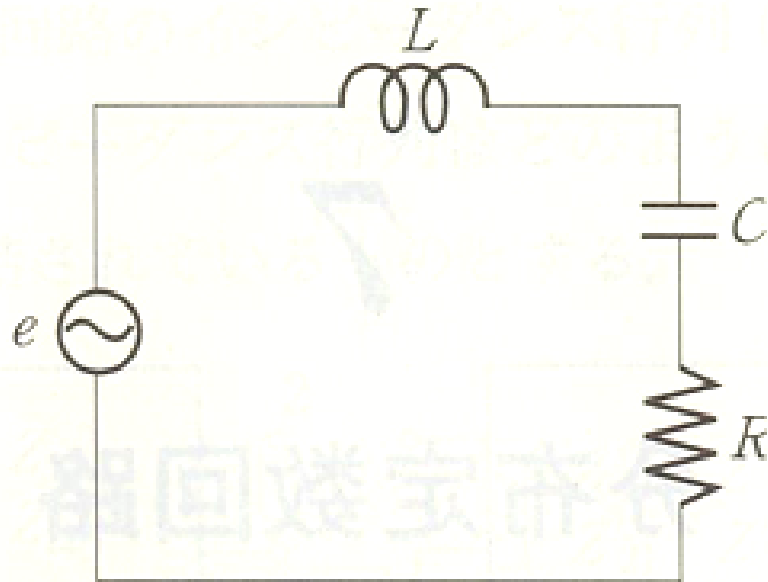


図 7.1 集中定数回路

今までは, 回路素子の大きさは考えなかった.

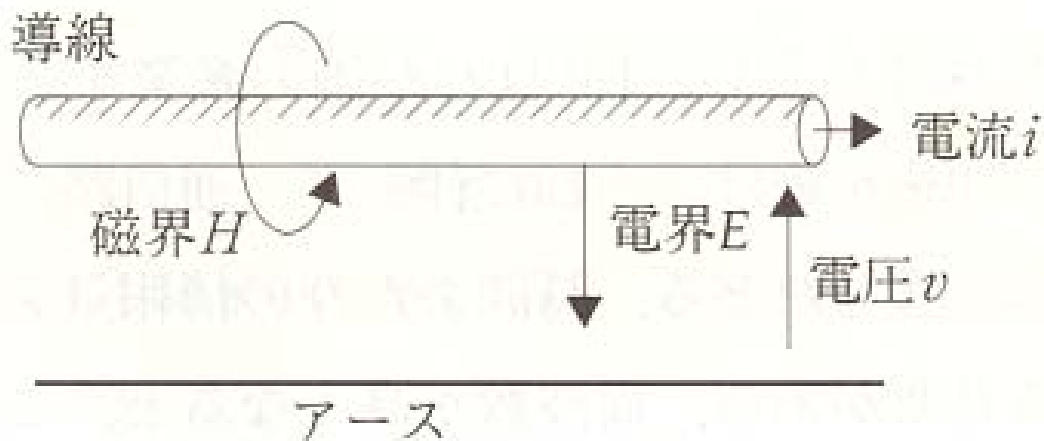


図 7.2 導線のインダクタンスとキャパシタンス

導線はインダクタンスとキャパシタンスを持つ.

また, 実際の導線の抵抗は 0 ではない.  
電流は導線の中を電磁波の伝搬速度で伝わる.

導線の長さを無視できない.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$c : 3.0 \times 10^8 \text{ m}$  (電磁波の伝搬速度)

$$f = 50\text{Hz} \quad \lambda = 6000\text{km}$$

$$f = 60\text{Hz} \quad \lambda = 5000\text{km}$$

送電線が 100km や 200km でも波長から見ると無視できる

$$f = 1\text{MHz} \quad \lambda = 300\text{m}$$

中波のラジオ信号 ( $\lambda = 300\text{m}$ ) でも回路素子の大きさは無視できる

$$f = 10\text{GHz} \quad \lambda = 3\text{cm}$$

SHF(Super High Frequency)では素子の大きさや導線の長さが無視できない.

インダクタンスやキャパシタンスが長さ方向に分布する分布定数回路となる.

LF: Low Frequency (長波)

周波数 : 30kHz-300kHz, 波長 : 10km-1km

MF: Medium Frequency (中波)

300kHz-3MHz, 1km-100m

HF: High Frequency (短波)

3MHz-30MHz, 100m-10m

VHF: Very High Frequency (超短波)

30MHz-300MHz, 10m-1m

UHF: Ultra High Frequency (極超短波)

300MHz-3GHz, 1m-10cm

SHF: Super High Frequency (センチメートル波)

3GHz-30GHz, 10cm-1cm

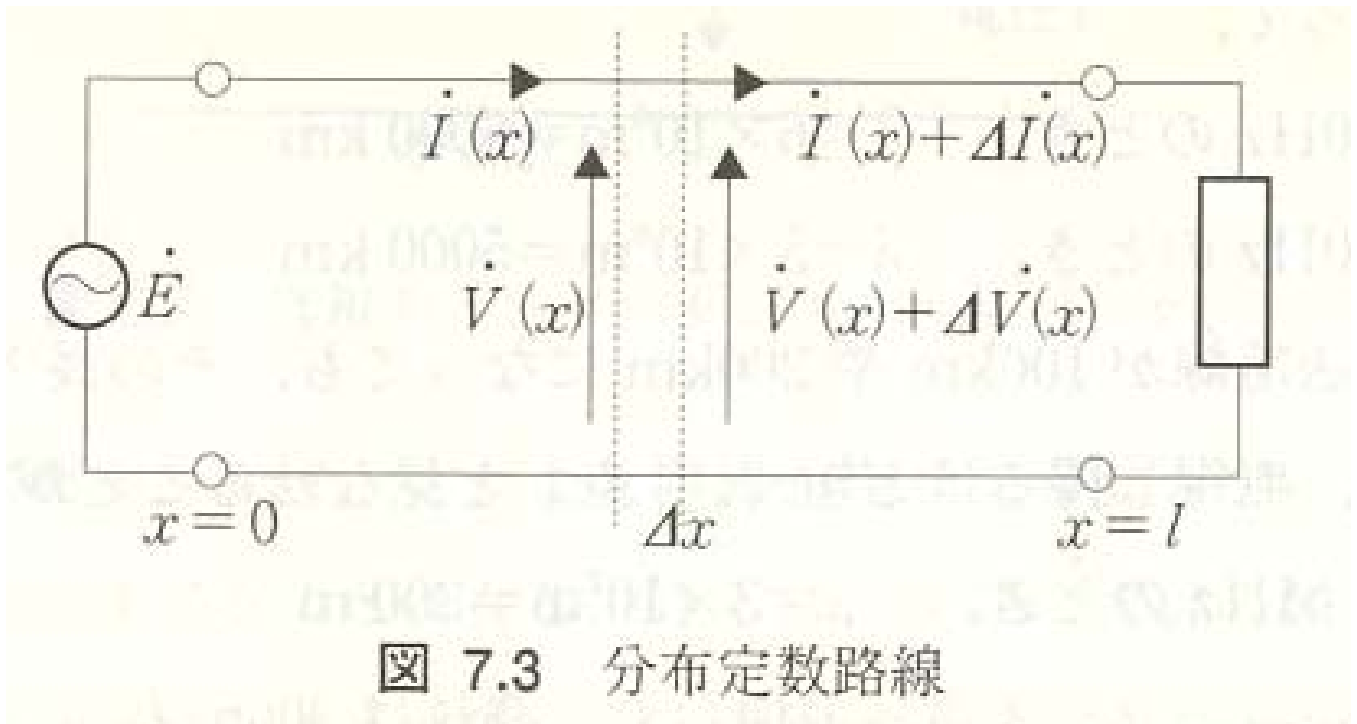
EHF: Extremely High Frequency (ミリ波)

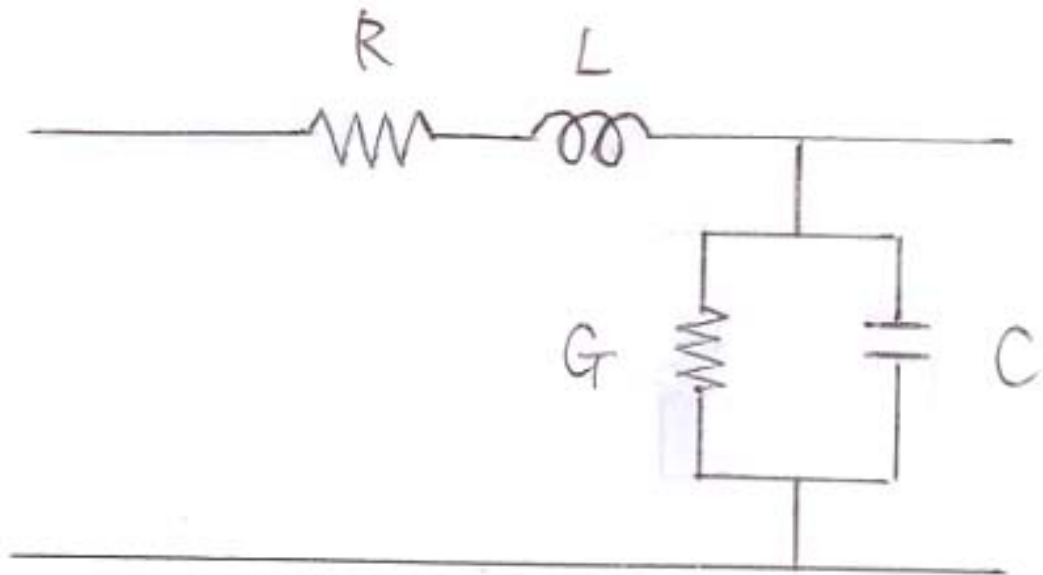
30GHz-300GHz, 1cm-1mm

THz: Tera Hertz (テラヘルツ波)

300GHz-3THz, 1mm-100  $\mu$  m

## 分布定数線路の基本式





$$Z = R + j\omega L$$

$$Y = G + j\omega C$$

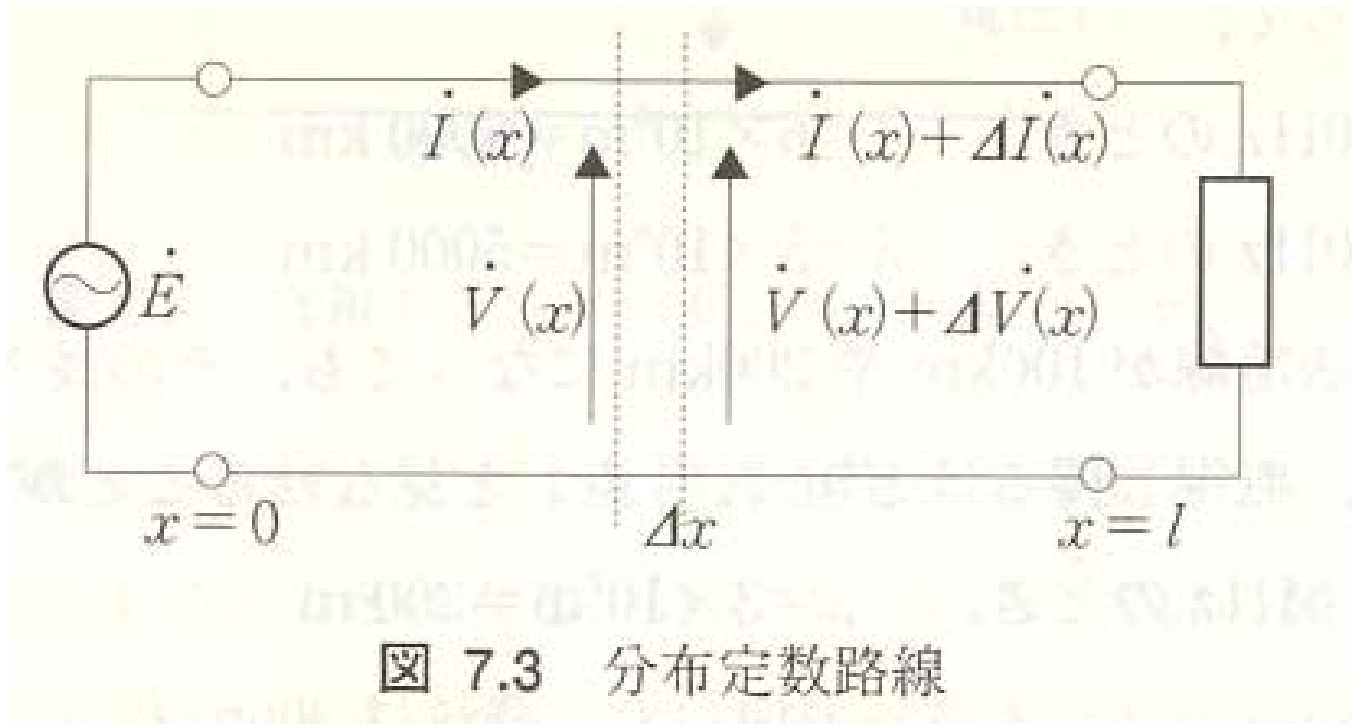
線路に沿った単位長さあたり

$R$ : 直列抵抗

$L$ : 直列インダクタンス

$C$ : 並列キャパシタンス

$G$ : 並列コンダクタンス



$[x, x + \Delta x]$  区間の

直列インピーダンス  $Z \Delta x$

並列アドミタンス  $Y \Delta x$

$$\begin{cases} \Delta \dot{V} = -Z \Delta x \cdot \dot{I} \\ \Delta \dot{I} = -Y \Delta x \cdot \dot{V} \end{cases}$$



$$\begin{cases} \frac{\Delta \dot{V}}{\Delta x} = -Z\dot{I} \\ \frac{\Delta \dot{I}}{\Delta x} = -Y\dot{V} \end{cases}$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

$$\begin{cases} \frac{d\dot{V}}{dx} = -Z\dot{I} \\ \frac{d\dot{I}}{dx} = -Y\dot{V} \end{cases}$$

伝送線路の基本方程式

## 7.2 伝搬定数と特性インピーダンス

$$\frac{d}{dx} \cdot \frac{d\dot{V}}{dx} = -Z \frac{d\dot{I}}{dx} = ZY\dot{V}$$

$$\frac{d^2\dot{V}}{dx^2} = ZY\dot{V}$$

解は

$$\dot{V} = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}, \quad \gamma = \sqrt{ZY} \text{ (伝搬定数)}$$

$$\begin{aligned}
\dot{I} &= -\frac{1}{Z} \cdot \frac{d\dot{V}}{dx} \\
&= -\frac{1}{Z} \cdot \left( -\gamma A e^{-\gamma x} + \gamma B e^{\gamma x} \right) \\
&= \frac{\gamma}{Z} \cdot A e^{-\gamma x} - \frac{\gamma}{Z} \cdot B e^{\gamma x} \\
&= \frac{\sqrt{ZY}}{Z} \cdot A e^{-\gamma x} - \frac{\sqrt{ZY}}{Z} \cdot B e^{\gamma x} \\
&= \frac{1}{Z_0} \left( A e^{-\gamma x} - B e^{\gamma x} \right)
\end{aligned}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \text{ (特性インピーダンス)}$$