

## 送配電 (2) 《均等間隔平等分布負荷の電圧降下》

### ■ 末端集中負荷

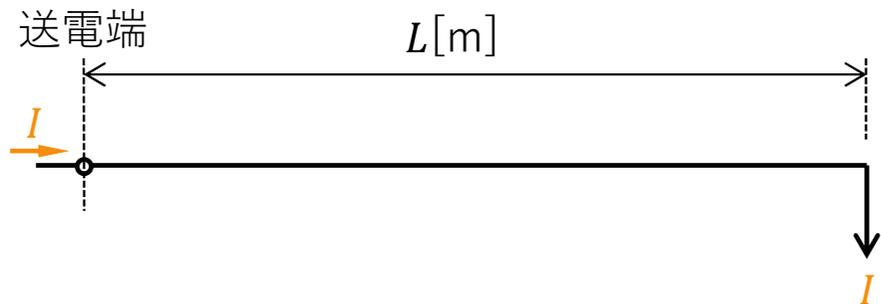
電圧降下の基本計算式

$$v_d = kr_e LI$$

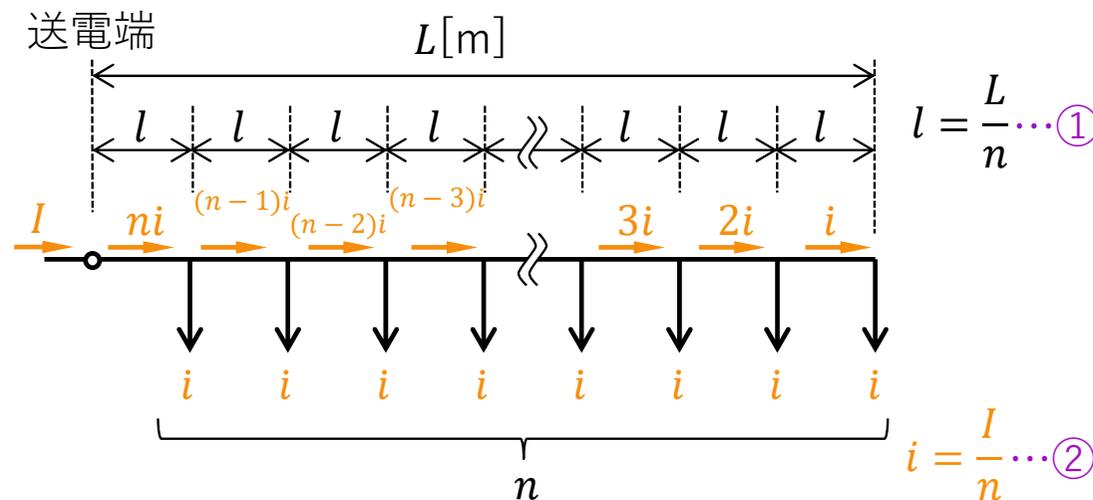
等価抵抗  $r_e = r \cos \theta + x \sin \theta$  [Ω/m]

配電方式による係数  $k$

- ・ 直流又は単相 2 線式  $k = 2$   
又は単相 3 線式(線間)
- ・ 単相 3 線式(中性線間)  $k = 1$   
又は三相 4 線式(中性線間)
- ・ 三相 3 線式(線間)  $k = \sqrt{3}$   
又は三相 4 線式(線間)



### ■ 均等間隔平等分布負荷



電圧降下  $v_d = kr_e l \cdot i + kr_e l \cdot 2i + kr_e l \cdot 3i + \dots + kr_e l \cdot ni$

$$v_d = kr_e li(1 + 2 + 3 + \dots + n)$$

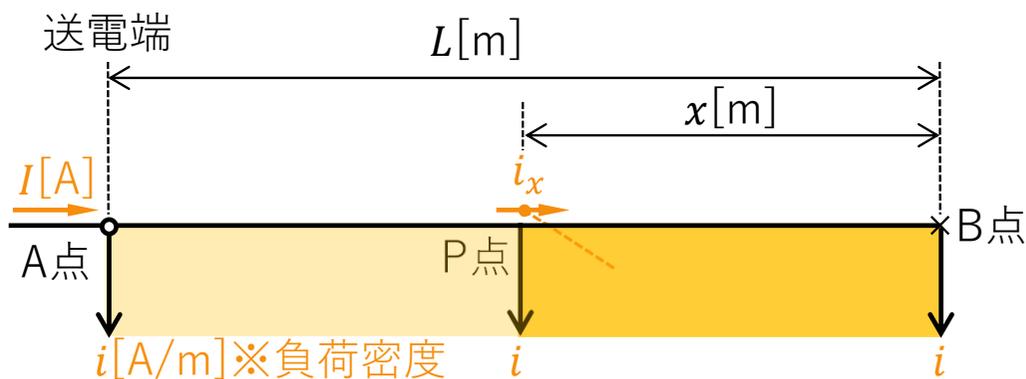
$$= kr_e li \frac{n(n+1)}{2} = kr_e \frac{L}{n} \cdot \frac{I}{n} \cdot \frac{n(n+1)}{2}$$

$$= \frac{kr_e LI(n+1)}{2n}$$

$\textcircled{1}\textcircled{2}$

## 送配電 (2) 《一様平等分布負荷の電圧降下》

### ■ 一様平等分布負荷 (流出電流なし)



$$i = \frac{I}{L} \quad i_x = \int i \, dx = \int \frac{I}{L} \, dx = \frac{I}{L} x$$

P点における微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

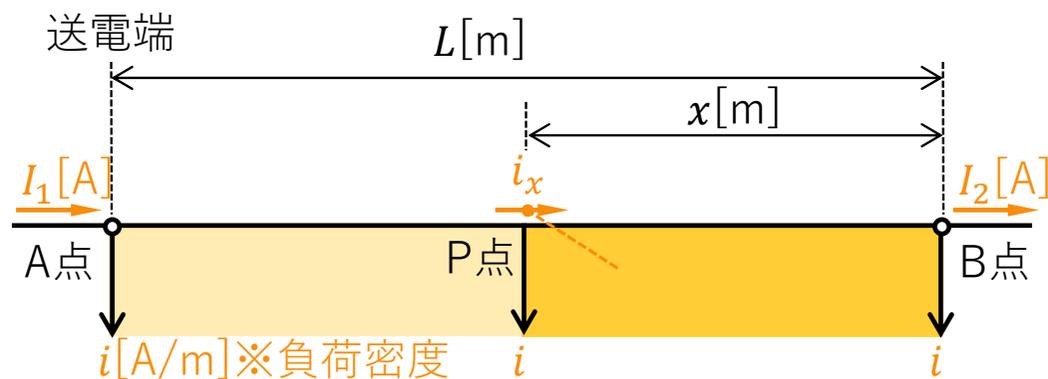
$$dv_d = kr_e \, dx \cdot i_x = \frac{kr_e I}{L} x \, dx$$

P点からB点の間の電圧降下 $v_{dx}$ は

$$v_{dx} = \int dv_d = \int \frac{kr_e I}{L} x \, dx = \frac{kr_e I}{2L} x^2$$

A点からB点の間の電圧降下は  $v_d = \frac{kr_e I}{2L} L^2 = \frac{kr_e L}{2} I$

### ■ 一様平等分布負荷 (流出電流あり)



$$i = \frac{I_1 - I_2}{L} \quad i_x = I_2 + \int i \, dx = I_2 + \int \frac{I_1 - I_2}{L} \, dx = I_2 + \frac{I_1 - I_2}{L} x$$

P点における微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

$$dv_d = kr_e \, dx \cdot i_x = kr_e \left( I_2 + \frac{I_1 - I_2}{L} x \right) dx$$

P点からB点の間の電圧降下 $v_{dx}$ は

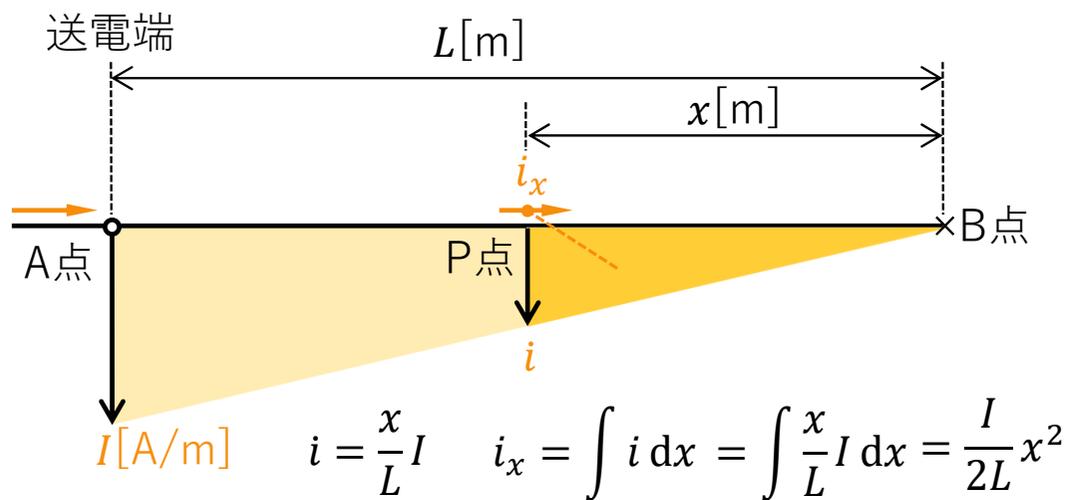
$$v_{dx} = \int dv_d = \int kr_e \left( I_2 + \frac{I_1 - I_2}{L} x \right) dx = kr_e \left( I_2 x + \frac{I_1 - I_2}{2L} x^2 \right)$$

A点からB点の間の電圧降下は

$$v_d = kr_e \left( I_2 L + \frac{I_1 - I_2}{2L} L^2 \right) = \frac{kr_e L}{2} (I_1 + I_2)$$

## 送配電 (2) 《一様不平等分布負荷の電圧降下》

■ **一様不平等分布負荷** (高→低負荷に直線変化)



P点における微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

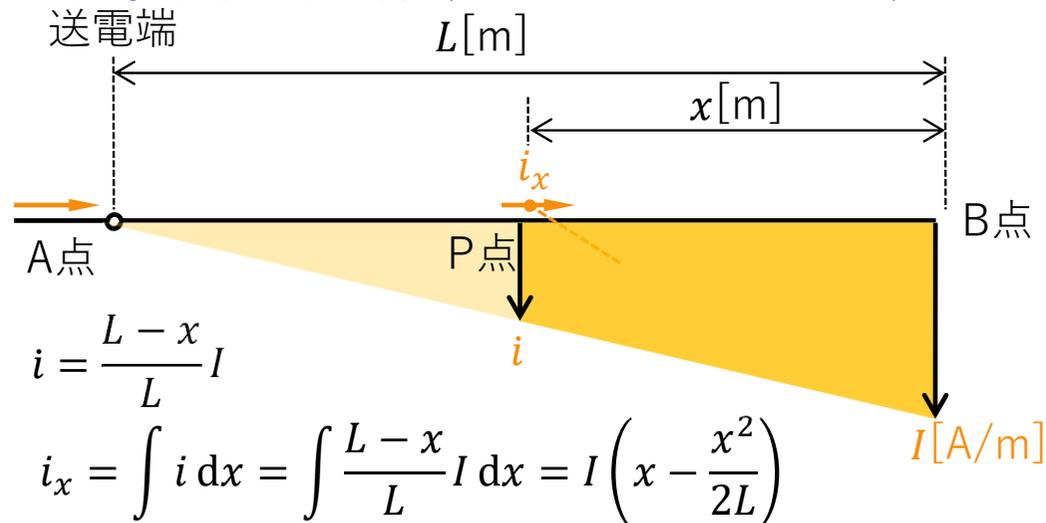
$$dv_d = kr_e dx \cdot i_x = \frac{kr_e I}{2L} x^2 dx$$

P点からB点の間の電圧降下 $v_{dx}$ は

$$v_{dx} = \int dv_d = \int \frac{kr_e I}{2L} x^2 dx = \frac{kr_e I}{6L} x^3$$

A点からB点の間の電圧降下は  $v_d = \frac{kr_e I}{6L} L^3 = \frac{kr_e I L^2}{6}$

■ **一様不平等分布負荷** (低→高負荷に直線変化)



P点における微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

$$dv_d = kr_e dx \cdot i_x = kr_e I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) dx$$

P点からB点の間の電圧降下 $v_{dx}$ は

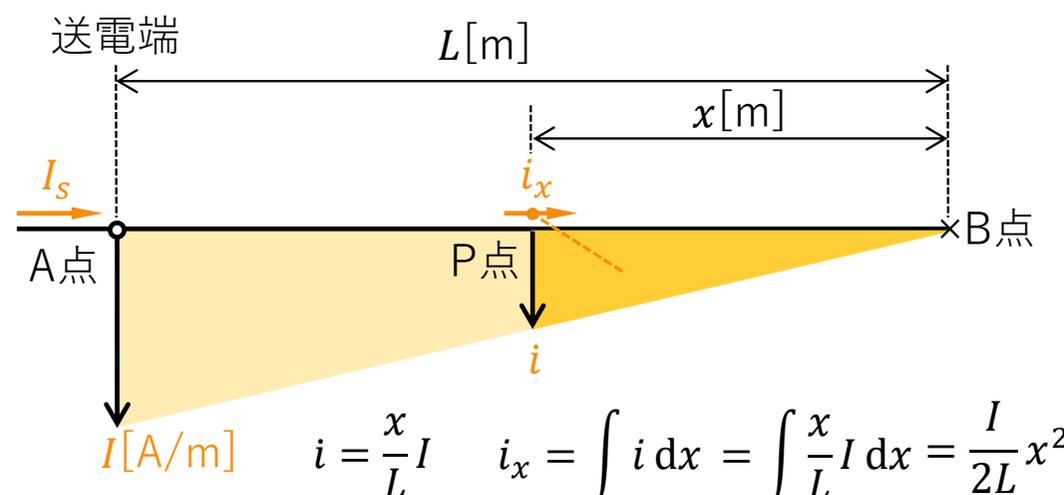
$$v_{dx} = \int dv_d = \int kr_e I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) dx = kr_e I \left( \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6L} \right)$$

A点からB点の間の電圧降下は

$$v_d = kr_e I \left( \frac{L^2}{2} - \frac{L^3}{6L} \right) = \frac{kr_e I L^2}{3}$$

送配電 (2) 《一様不平等分布負荷の電圧降下》

■ 一様不平等分布負荷 (高→低負荷に直線変化)



$$i = \frac{x}{L} I \quad i_x = \int i dx = \int \frac{x}{L} I dx = \frac{I}{2L} x^2$$

P点における微小区間dxの電圧降下dv<sub>d</sub>は

$$dv_d = kr_e dx \cdot i_x = \frac{kr_e I}{2L} x^2 dx$$

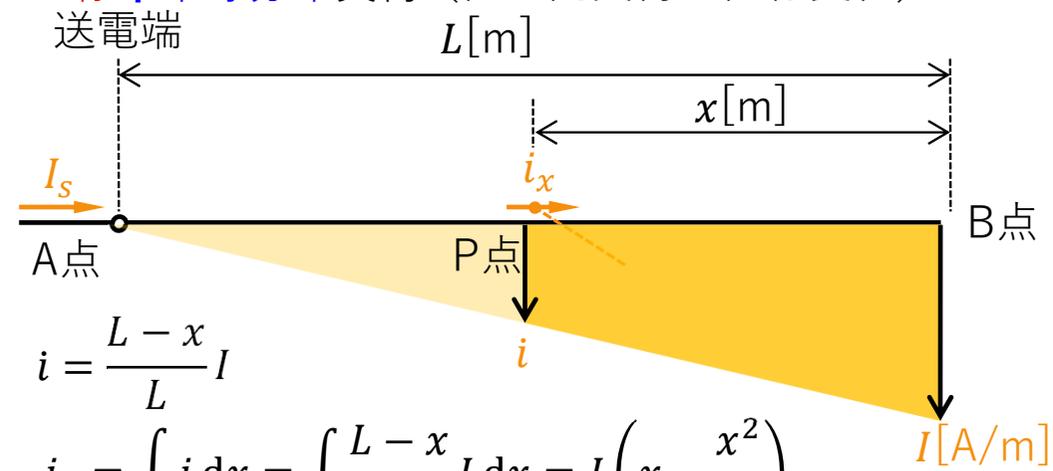
P点からB点の間の電圧降下v<sub>dx</sub>は

$$v_{dx} = \int dv_d = \int \frac{kr_e I}{2L} x^2 dx = \frac{kr_e I}{6L} x^3$$

A点からB点の間の電圧降下は  $v_d = \frac{kr_e I}{6L} L^3 = \frac{kr_e I L^2}{6}$

$$I_s = \frac{LI}{2} \quad I = \frac{2I_s}{L} \text{ より } = \frac{kr_e L^2}{6} \cdot \frac{2I_s}{L} = \frac{kr_e I_s L}{3}$$

■ 一様不平等分布負荷 (低→高負荷に直線変化)



$$i = \frac{L-x}{L} I$$

$$i_x = \int i dx = \int \frac{L-x}{L} I dx = I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right)$$

P点における微小区間dxの電圧降下dv<sub>d</sub>は

$$dv_d = kr_e dx \cdot i_x = kr_e I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) dx$$

P点からB点の間の電圧降下v<sub>dx</sub>は

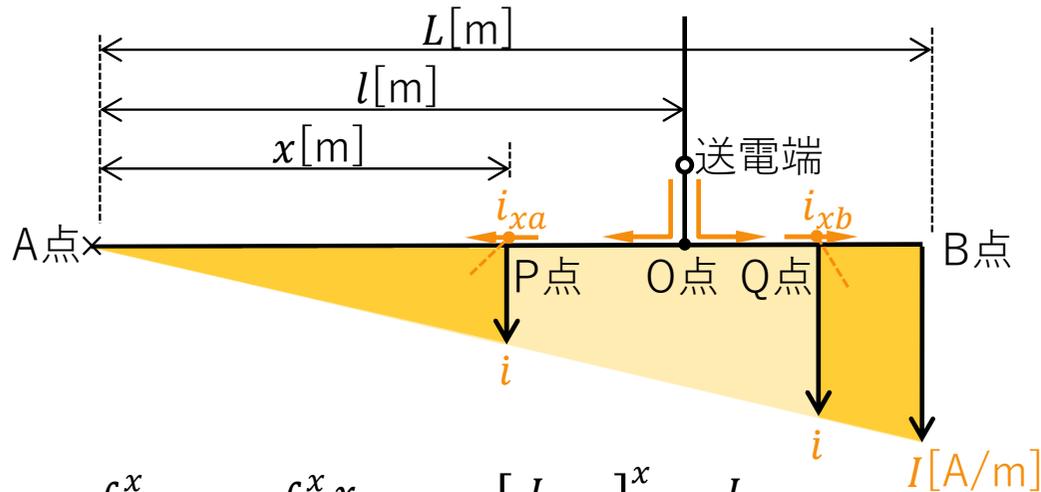
$$v_{dx} = \int dv_d = \int kr_e I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) dx = kr_e I \left( \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6L} \right)$$

A点からB点の間の電圧降下は

$$v_d = kr_e I \left( \frac{L^2}{2} - \frac{L^3}{6L} \right) = \frac{kr_e I L^2}{3} = \frac{kr_e L^2}{3} \cdot \frac{2I_s}{L} = \frac{2kr_e I_s L}{3}$$

送配電 (2) 《一様分布負荷の電圧降下の問題例》

例題) 下図でO~A、O~B間の電圧降下が等しくなる $l$ は？



$$i_{xa} = \int_0^x i \, dx = \int_0^x \frac{x}{L} I \, dx = \left[ \frac{I}{2L} x^2 \right]_0^x = \frac{I}{2L} x^2$$

微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

$$dv_d = kr_e \, dx \cdot i_{xa} = \frac{kr_e I}{2L} x^2 \, dx$$

O点からA点の間の電圧降下 $v_{da}$ は

$$v_{da} = \int_0^l dv_d = \int_0^l \frac{kr_e I}{2L} x^2 \, dx = \left[ \frac{kr_e I}{6L} x^3 \right]_0^l = \frac{kr_e I}{6L} l^3 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$i_{xb} = \int_x^L i \, dx = \int_x^L \frac{x}{L} I \, dx = \left[ \frac{I}{2L} x^2 \right]_x^L = \frac{I}{2L} (L^2 - x^2)$$

微小区間 $dx$ の電圧降下 $dv_d$ は

$$dv_d = kr_e \, dx \cdot i_{xb} = \frac{kr_e I}{2L} (L^2 - x^2) \, dx$$

O点からB点の間の電圧降下 $v_{db}$ は

$$\begin{aligned} v_{db} &= \int_l^L dv_d = \int_l^L \frac{kr_e I}{2L} (L^2 - x^2) \, dx = \frac{kr_e I}{2L} \left[ L^2 x - \frac{x^3}{3} \right]_l^L \\ &= \frac{kr_e I}{2L} \left( L^3 - \frac{L^3}{3} - L^2 l + \frac{l^3}{3} \right) = \frac{kr_e I}{6L} (2L^3 - 3L^2 l + l^3) \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

$v_{da}$ と $v_{db}$ が等しくなる条件は①=②なので、

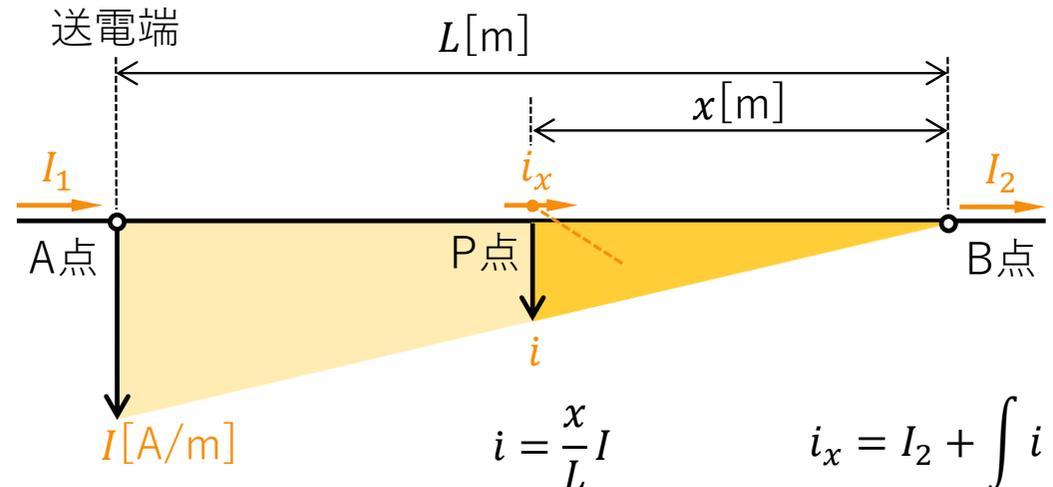
$$\frac{kr_e I}{6L} l^3 = \frac{kr_e I}{6L} (2L^3 - 3L^2 l + l^3)$$

$$l^3 = 2L^3 - 3L^2 l + l^3 \quad 3l = 2L \quad \therefore l = \frac{2}{3} L$$

$$\text{このとき、} v_{da} = v_{db} = \frac{4kr_e I}{81} L^2$$

送配電 (2) 《一様不平等分布負荷の電圧降下》

■一様不平等分布負荷 (高→低負荷に直線変化) ※流出電流あり



$$I_1 - I_2 = \frac{LI}{2} \quad I = \frac{2(I_1 - I_2)}{L}$$

$$i = \frac{x}{L}I \quad i_x = I_2 + \int i \, dx = I_2 + \int \frac{x}{L}I \, dx = I_2 + \frac{I}{2L}x^2$$

P点における微小区間dxの電圧降下dv<sub>d</sub>は

$$dv_d = kr_e \, dx \cdot i_x = kr_e \left( I_2 + \frac{I}{2L}x^2 \right) dx$$

P点からB点の間の電圧降下v<sub>dx</sub>は

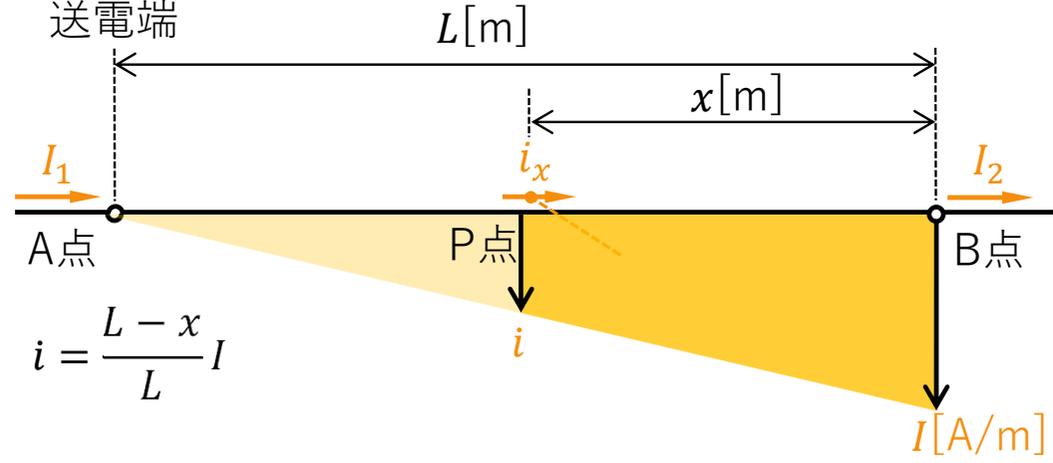
$$v_{dx} = \int dv_d = \int kr_e \left( I_2 + \frac{I}{2L}x^2 \right) dx = kr_e \left( I_2x + \frac{I}{6L}x^3 \right)$$

A点からB点の間の電圧降下は

$$v_d = kr_e \left( I_2L + \frac{2(I_1 - I_2)}{L} \cdot \frac{1}{6L}L^3 \right) = kr_eL \left( I_2 + \frac{I_1 - I_2}{3} \right) = \frac{kr_eL(I_1 + 2I_2)}{3}$$

送配電 (2) 《一様不平等分布負荷の電圧降下》

■一様不平等分布負荷 (低→高負荷に直線変化) ※流出電流あり



$$I_1 - I_2 = \frac{LI}{2} \quad I = \frac{2(I_1 - I_2)}{L}$$

$$i_x = I_2 + \int i \, dx = I_2 + \int \frac{L-x}{L} I \, dx =$$

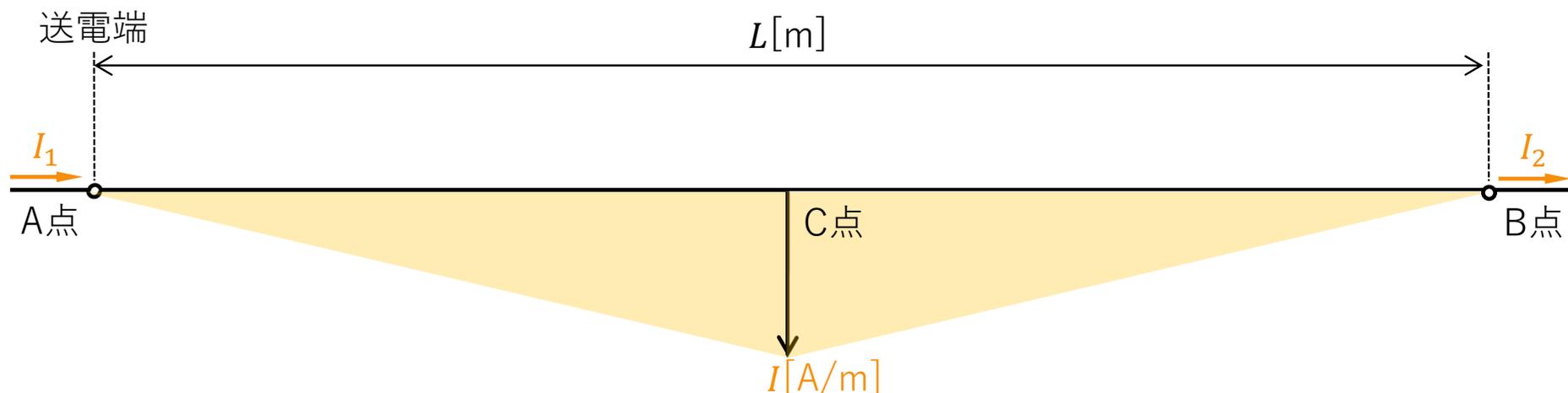
P点における微小区間dxの電圧降下dv<sub>d</sub>は  $dv_d = kr_e \, dx \cdot i_x = kr_e \left\{ I_2 + I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) \right\} dx$

P点からB点の間の電圧降下v<sub>dx</sub>は  $v_{dx} = \int dv_d = \int kr_e \left\{ I_2 + I \left( x - \frac{x^2}{2L} \right) \right\} dx = kr_e \left\{ I_2 x + I \left( \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6L} \right) \right\}$

A点からB点の間の電圧降下は  $v_d = kr_e \left\{ I_2 L + \frac{2(I_1 - I_2)}{L} \left( \frac{L^2}{2} - \frac{L^3}{6L} \right) \right\} = kr_e L \left\{ I_2 + 2(I_1 - I_2) \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) \right\} = \frac{kr_e L (2I_1 + I_2)}{3}$

## 送配電 (2) 《一様不平等分布負荷の電圧降下》

■ 一様不平等分布負荷 (低→高→低負荷に直線変化) ※流出電流あり



$$\text{A点からC点の間の電圧降下は } v_{d1} = \frac{kr_e \frac{L}{2} (2I_1 + I_2)}{3} = \frac{kr_e L (2I_1 + I_2)}{6}$$

$$\text{C点からB点の間の電圧降下は } v_{d2} = \frac{kr_e \frac{L}{2} (I_1 + 2I_2)}{3} = \frac{kr_e L (I_1 + 2I_2)}{6}$$

$$\text{A点からC点の間の電圧降下は } v_d = v_{d1} + v_{d2} = \frac{kr_e L (2I_1 + I_2)}{6} + \frac{kr_e L (I_1 + 2I_2)}{6} = \frac{kr_e L (I_1 + I_2)}{2}$$