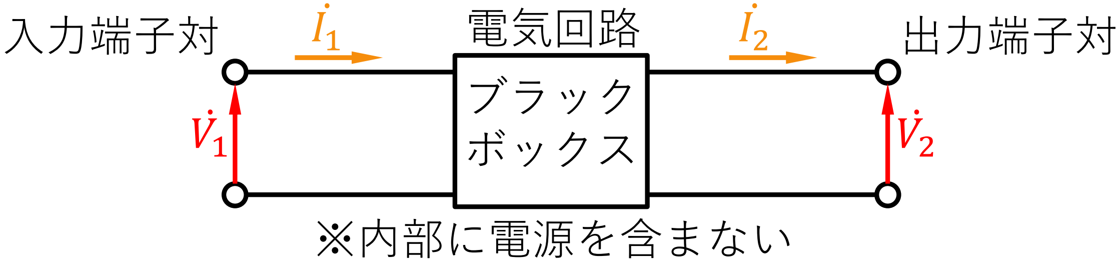
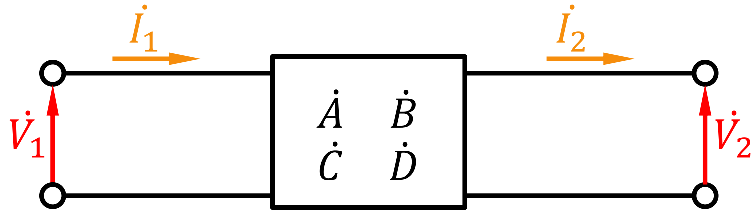
二端子対網（1）　《K行列と四端子定数》



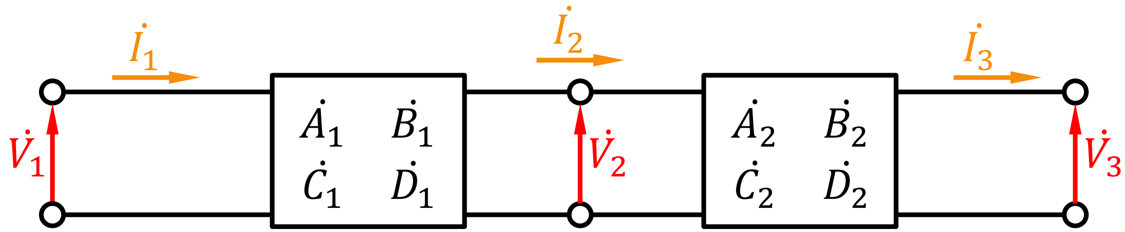


$$\dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 + \dot{B}\dot{I}_2$$
$$\dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 + \dot{D}\dot{I}_2$$

縦続行列（K行列又はF行列）

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} = K\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$

四端子定数：$\dot{A}$, $\dot{B}$, $\dot{C}$, $\dot{D}$（Fパラメータ）



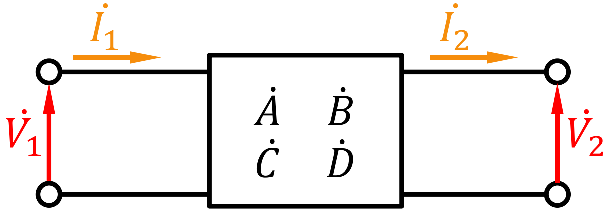
$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{A}_1 & \dot{B}_1\\ \dot{C}_1 & \dot{D}_1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} \xleftarrow{\text{代入}} \begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{A}_2 & \dot{B}_2\\ \dot{C}_2 & \dot{D}_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_3\\ \dot{I}_3\end{bmatrix}$$

※複数の回路網を縦続接続したとき
縦続行列の積で全体を表せる

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{A}_1 & \dot{B}_1\\ \dot{C}_1 & \dot{D}_1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{A}_2 & \dot{B}_2\\ \dot{C}_2 & \dot{D}_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_3\\ \dot{I}_3\end{bmatrix}$$

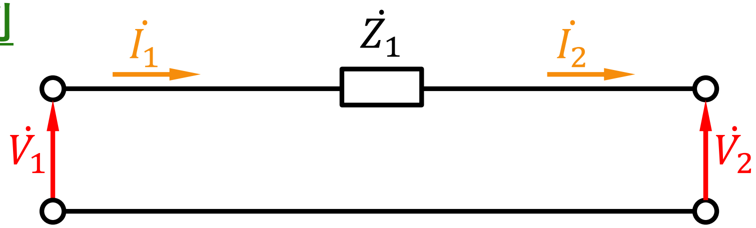
$$= \begin{bmatrix}\dot{A}_1\dot{A}_2 + \dot{B}_1\dot{C}_2 & \dot{A}_1\dot{B}_2 + \dot{B}_1\dot{D}_2\\ \dot{C}_1\dot{A}_2 + \dot{D}_1\dot{C}_2 & \dot{C}_1\dot{B}_2 + \dot{D}_1\dot{D}_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_3\\ \dot{I}_3\end{bmatrix}$$

二端子対網（1）《K行列の合成１》



$$\begin{cases}\dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 + \dot{B}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 + \dot{D}\dot{I}_2\end{cases} \qquad \begin{bmatrix}\dot{V}_1 \\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_2 \\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$

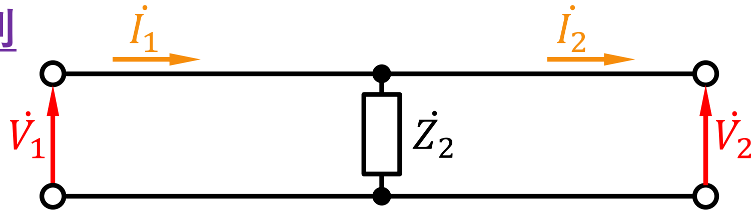
直列



$$\begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$\begin{cases}\dot{V}_1 = \dot{V}_2 + \dot{Z}_1\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_2\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\dot{V}_1 = 1\cdot\dot{V}_2 + \dot{Z}_1\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = 0\cdot\dot{V}_2 + 1\cdot\dot{I}_2\end{cases}$$

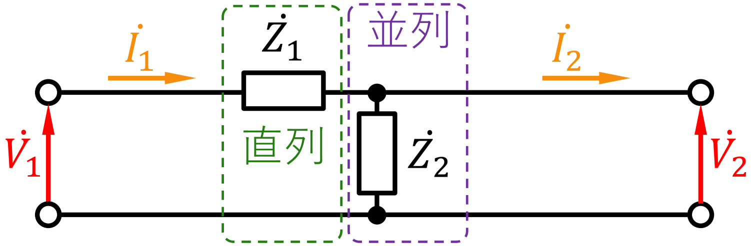
並列



$$\begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1\end{bmatrix}$$

$$\begin{cases}\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \\ \dot{I}_1 = \dfrac{\dot{V}_2}{\dot{Z}_2} + \dot{I}_2\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\dot{V}_1 = 1\cdot\dot{V}_2 + 0\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \dfrac{1}{\dot{Z}_2}\cdot\dot{V}_2 + 1\cdot\dot{I}_2\end{cases}$$

L形

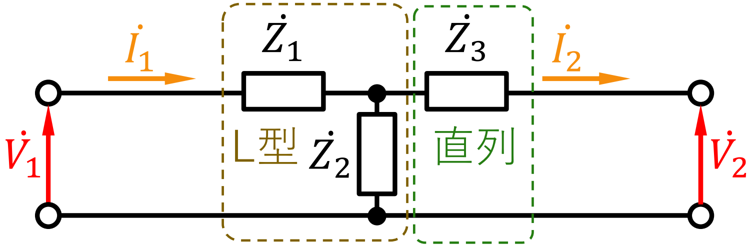


$$\begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 + \dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1\end{bmatrix}$$

二端子対網（1） 《K行列の合成２》

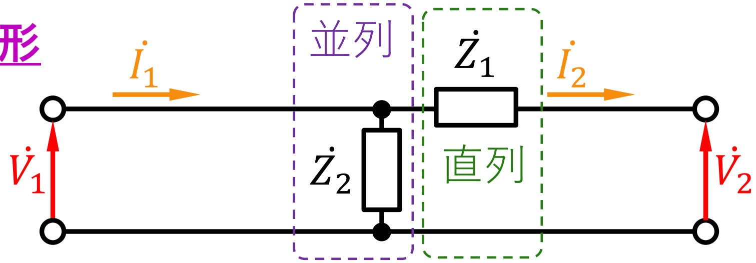
直列 $\begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ **並列** $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix}$ **L形** $\begin{bmatrix} 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix}$

T形



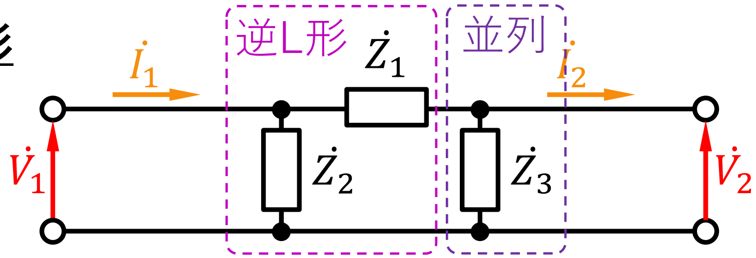
$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dfrac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_1\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2} \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1+\dfrac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix}$$

逆L形



$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix}$$

π形

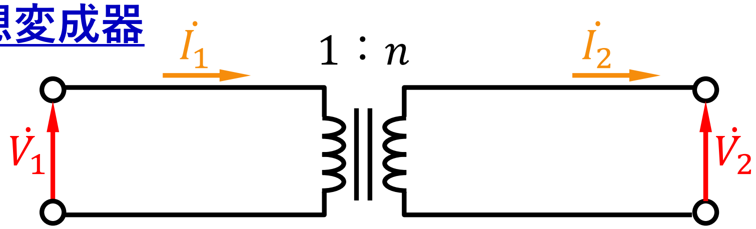


$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_3} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_3} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{\dot{Z}_1+\dot{Z}_2+\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2\dot{Z}_3} & 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix}$$

二端子対網（1）《K行列の合成３》

直列 $\begin{bmatrix} 1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ **並列** $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix}$ **L形** $\begin{bmatrix} 1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 \end{bmatrix}$

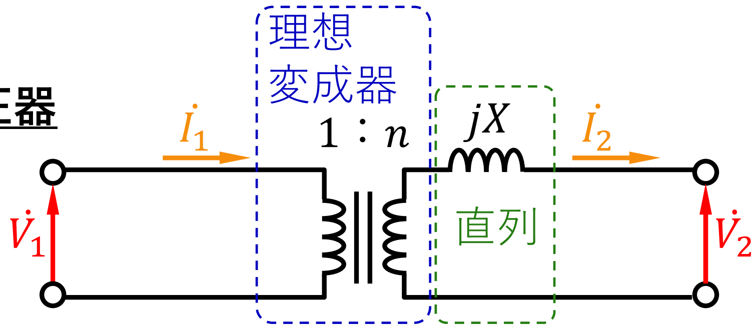
理想変成器



$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = \dfrac{\dot{V}_2}{n} \\ \dot{I}_1 = n\dot{I}_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_1 = \dfrac{1}{n}\cdot\dot{V}_2 + 0\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = 0\cdot\dot{V}_2 + n\cdot\dot{I}_2 \end{cases}$$

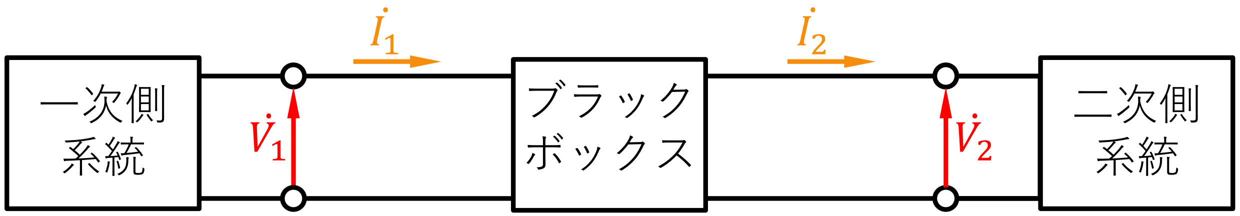
変圧器



$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & jX \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{n} & \dfrac{jX}{n} \\ 0 & n \end{bmatrix}$$

　　　《四端子定数の性質１》

ブラックボックスの四端子定数



１．二次側を開放（$\dot{I}_2 = 0$）して、$\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{I}_1$を計測

$$\dot{A} = \left.\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right|_{\dot{I}_2=0} \qquad \dot{C} = \left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{V}_2}\right|_{\dot{I}_2=0}$$

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 + \dot{B}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 + \dot{D}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$\dot{I}_2 = 0$ ⇨

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 \Rightarrow \dot{A} = \dfrac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \\ \dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 \Rightarrow \dot{C} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{V}_2} \end{cases}$$

２．二次側を短絡（$\dot{V}_2 = 0$）して、$\dot{V}_1, \dot{I}_1, \dot{I}_2$を計測

$$\dot{B} = \left.\frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{V}_2=0} \qquad \dot{D} = \left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{V}_2=0}$$

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = \dot{A}\dot{V}_2 + \dot{B}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \dot{C}\dot{V}_2 + \dot{D}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$\dot{V}_2 = 0$ ⇨

$$\begin{cases} \dot{V}_1 = \dot{B}\dot{I}_2 \Rightarrow \dot{B} = \dfrac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2} \\ \dot{I}_1 = \dot{D}\dot{I}_2 \Rightarrow \dot{D} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \end{cases}$$

《四端子定数の性質２》

直列　$K=\begin{bmatrix}1 & \dot{Z}_1 \\ 0 & 1\end{bmatrix}$　　$|K|=\begin{vmatrix}\dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D}\end{vmatrix}=\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=1-0=1$

並列　$K=\begin{bmatrix}1 & 0 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1\end{bmatrix}$　　$|K|=\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=1-0=1$

L形　$K=\begin{bmatrix}1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1\end{bmatrix}$　　$|K|=\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}-\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}=1$

T形　$K=\begin{bmatrix}1+\dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dfrac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_1\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2} \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1+\dfrac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}\end{bmatrix}$

$$|K|=\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=\left(1+\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}\right)\left(1+\frac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}\right)-\left(\frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_1\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}\right)\frac{1}{\dot{Z}_2}$$

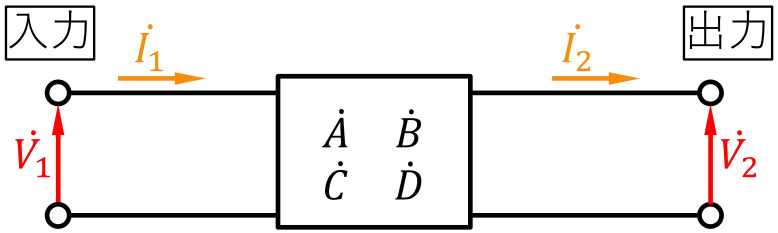
$$=1+\frac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}+\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}+\frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2{}^2}-\left(\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}+\frac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}+\frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2{}^2}\right)=1$$

重要

四端子定数は、相反定理を満たす場合
$|K|=\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=1$となる

３つの定数が分かれば、残りの１つは
$\dot{A}\dot{D}-\dot{B}\dot{C}=1$から求めることができる

二端子対網（１）　《四端子定数の性質３》

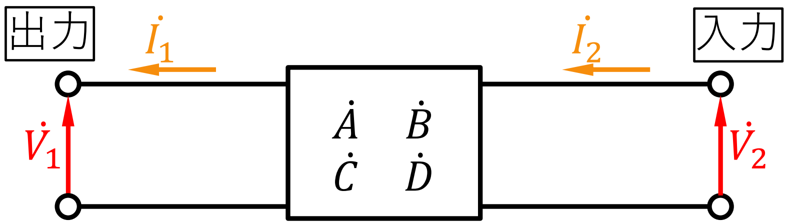


$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$

※ $K_1=\begin{bmatrix}\dot{A} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{D}\end{bmatrix}$

入出力入替

入出力入替は$\dot{D}$と$\dot{A}$を入れ替えればよい



$$\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dot{D} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{A}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix}$$

※ $K_2=\begin{bmatrix}\dot{D} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{A}\end{bmatrix}$

相反定理を満たさない場合：

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}=\frac{1}{|K|}\begin{bmatrix}\dot{D} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{A}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix}$$

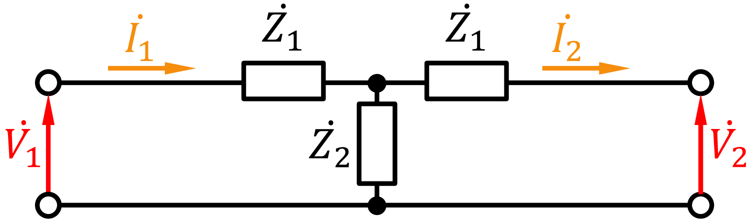
※ $K_2=\frac{1}{|K|}\begin{bmatrix}\dot{D} & \dot{B}\\ \dot{C} & \dot{A}\end{bmatrix}$

二端子対網（１）　　　《四端子定数の性質４》

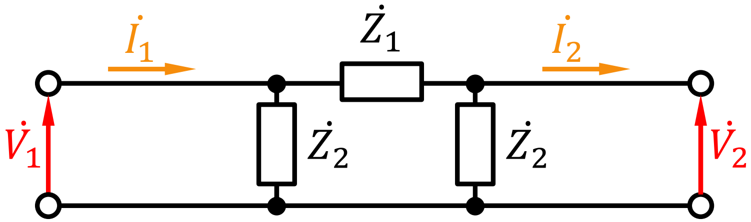
対称二端子対網

左右対称で入力側と出力側の区別がない二端子対網 のとき、$\dot{A} = \dot{D}$が成立する。

例）

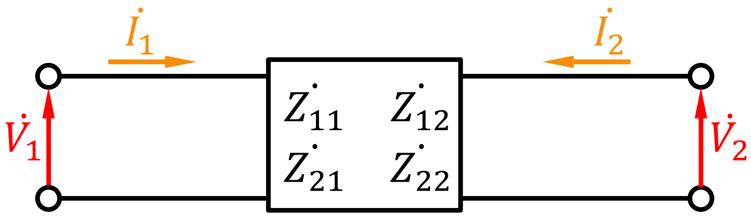


$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dfrac{2\dot{Z}_1\dot{Z}_2 + \dot{Z}_1{}^2}{\dot{Z}_2} \\ \dfrac{1}{\dot{Z}_2} & 1 + \dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} & \dot{Z}_1 \\ \dfrac{\dot{Z}_1 + 2\dot{Z}_2}{\dot{Z}_2{}^2} & 1 + \dfrac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \end{bmatrix}$$

二端子対網（1）　　《その他の二端子対網》

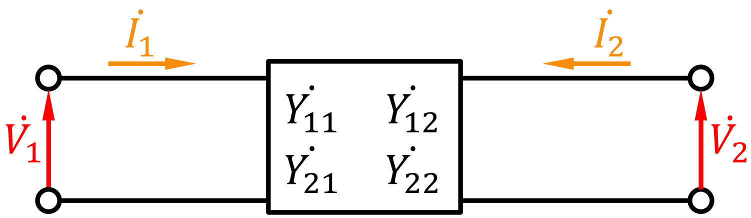


$$\dot{V}_1 = \dot{Z}_{11}\dot{I}_1 + \dot{Z}_{12}\dot{I}_2$$
$$\dot{V}_2 = \dot{Z}_{21}\dot{I}_1 + \dot{Z}_{22}\dot{I}_2$$

インピーダンス行列（Z行列）

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{V}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{Z}_{11} & \dot{Z}_{12}\\ \dot{Z}_{21} & \dot{Z}_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} = Z\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$

$\dot{Z}_{11}, \dot{Z}_{12}, \dot{Z}_{21}, \dot{Z}_{22}$ ：Zパラメータ

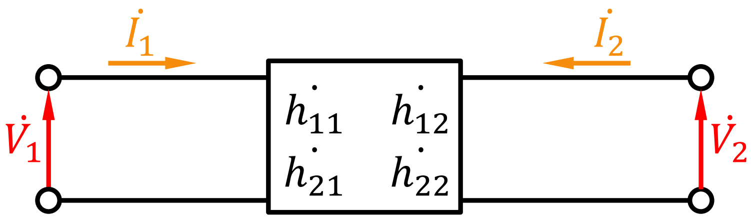


$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{11}\dot{V}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{V}_2$$
$$\dot{I}_2 = \dot{Y}_{21}\dot{V}_1 + \dot{Y}_{22}\dot{V}_2$$

アドミタンス行列（Y行列）

$$\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12}\\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{V}_2\end{bmatrix} = Y\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{V}_2\end{bmatrix}$$

$\dot{Y}_{11}, \dot{Y}_{12}, \dot{Y}_{21}, \dot{Y}_{22}$ ：Yパラメータ



$$\dot{V}_1 = \dot{h}_{11}\dot{I}_1 + \dot{h}_{12}\dot{V}_2$$
$$\dot{I}_2 = \dot{h}_{21}\dot{I}_1 + \dot{h}_{22}\dot{V}_2$$

ハイブリッド行列（H行列）

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{h}_{11} & \dot{h}_{12}\\ \dot{h}_{21} & \dot{h}_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{V}_2\end{bmatrix} = H\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{V}_2\end{bmatrix}$$

$\dot{h}_{11}, \dot{h}_{12}, \dot{h}_{21}, \dot{h}_{22}$ ：hパラメータ