

# 回路とシステム 第七回 2ポート回路

舟木 剛

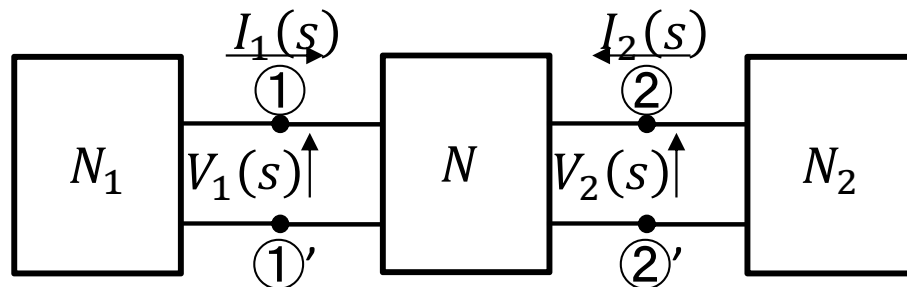
平成30年11月26日2限

# 講義計画

- 回路方程式 1回 ※回路理論 I 3章
  - 節点方程式と閉路方程式
- ラプラス変換による回路解析 1回 ※回路理論 II 3章
- 線形回路の応答 2回 ※回路理論 II 4章
  - 零入力応答(重ね合わせの理、零入力応答の時間応答、漸近安定性)
  - 零状態応答(伝達関数、重ね合わせの理、インパルス応答と合成積、安定伝達関数、周波数応答)
- 1ポート回路 3回 ※回路理論 II 5章
  - テブナン・ノートンの定理
  - 安定性と正実性(開放安定性、短絡安定性、正実関数)
- 2ポート回路 4回 ※回路理論 II 6章・8章
  - 2ポート回路の行列表現
  - 相反2ポート回路
  - 相互接続
  - 分布定数回路の等価回路(T形等価回路、 $\pi$ 形等価回路)
- 状態方程式による回路解析 2回 ※回路理論 II 7章
  - 状態方程式の導出(状態変数、状態方程式、出力方程式)
  - 状態方程式の解(零入力応答、零状態応答)
- 三相交流 1回
  - 平衡三相回路

# 2ポート回路

- 大規模回路は分割して解析する方がやりやすい
- 1ポート回路 $N_1$ ,  $N_2$ が接続された4端子回路 $N$ 
  - $N_1$ ,  $N_2$ は結合していない
  - ポート条件
    - 端子①から出た電流 $I_1$ は端子①'から入る(端子対①-①')
    - 端子②から出た電流 $I_2$ は端子②'から入る(端子対②-②')
    - 4個の端子が2つの端子対を形成→2ポート回路
    - ①-①'一次側ポート, 入力ポート
    - ②-②'二次側ポート, 出力ポート



# 2ポート回路

- 線形時不変, 内部電源を持たない2ポート回路の零状態応答
  - ポート電圧 $V_1, V_2$ , ポート電流 $I_1, I_2$
  - 重ね合わせの理を適用可能
  - 独立変数 $(x, y)$ , 従属変数 $(p, q)$
  - $$\begin{bmatrix} p(s) \\ q(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}(s) & a_{12}(s) \\ a_{21}(s) & a_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(s) \\ y(s) \end{bmatrix}$$
  - インピーダンス行列, アドミタンス行列
  - ハイブリッド行列, 伝送行列

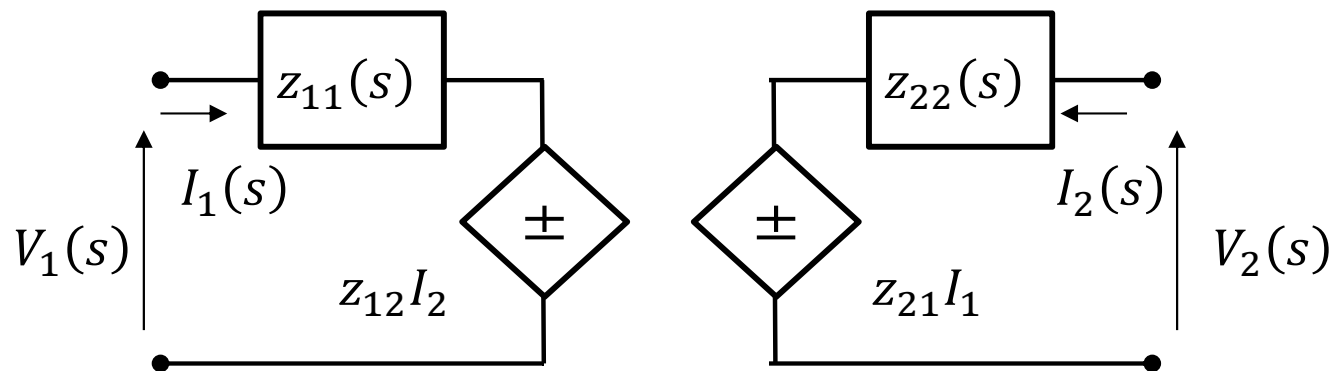
# 2ポート回路 インピーダンス行列

- $$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11}(s) & z_{12}(s) \\ z_{21}(s) & z_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix}$$

- $z_{ij}(s)$ : zパラメータ

- $V(s) = Z(s)I(s)$

- $V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}, I = \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix}$



等価回路表現

# 2ポート回路 インピーダンス行列

- $z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$  :2次側開放( $I_2 = 0$ )における1次側から見た駆動点インピーダンス
- $z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0}$  :1次側開放( $I_1 = 0$ )における2次側から見た駆動点インピーダンス
- $z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0}$  :2次側開放( $I_2 = 0$ )における1次側から2次側への伝達インピーダンス
- $z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0}$  :1次側開放( $I_1 = 0$ )における2次側から1次側への伝達インピーダンス
- トランスの場合  $\mathbf{Z}(s) = s \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix}$

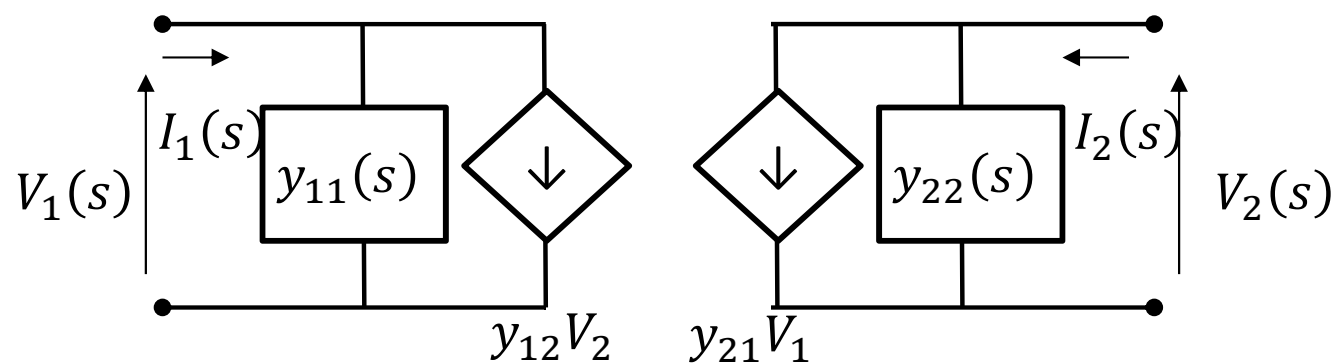
# 2ポート回路 アドミタンス行列

- $$\begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11}(s) & y_{12}(s) \\ y_{21}(s) & y_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix}$$

- $y_{ij}(s)$ : yパラメータ

- $I(s) = Y(s)I(s)$

- $V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} y_{11}(s) & y_{12}(s) \\ y_{21}(s) & y_{22}(s) \end{bmatrix}, I = \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix}$



等価回路表現

# 2ポート回路 アドミタンス行列

- $y_{11} = \frac{I_1}{V_1} \Big|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から見た駆動点アドミタンス
- $y_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{V_1=0}$  : 1次側短絡 ( $V_1 = 0$ ) における2次側から見た駆動点アドミタンス
- $y_{21} = \frac{I_2}{V_1} \Big|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から2次側への伝達アドミタンス
- $y_{12} = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{V_1=0}$  : 1次側短絡 ( $V_1 = 0$ ) における2次側から1次側への伝達アドミタンス



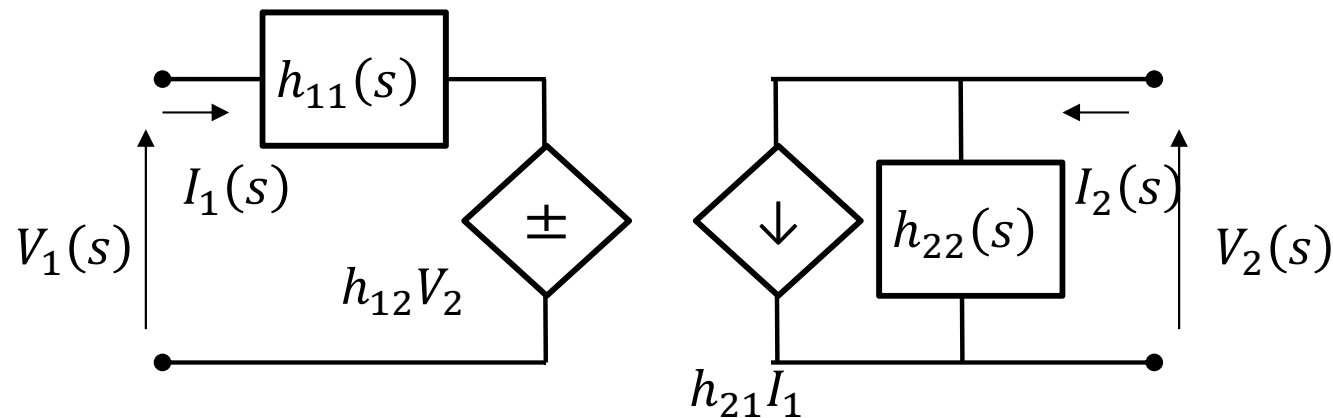
# 2ポート回路 ハイブリッド行列

- $$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11}(s) & h_{12}(s) \\ h_{21}(s) & h_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix}$$

- $h_{ij}(s)$ :  $h$ パラメータ

- 逆ハイブリッド行列

- $$\begin{bmatrix} I_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11}(s) & g_{12}(s) \\ g_{21}(s) & g_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix}$$



等価回路表現

# 2ポート回路 ハイブリッド行列

- $h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から見た駆動点インピーダンス
- $h_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{I_1=0}$  : 1次側開放 ( $I_1 = 0$ ) における2次側から見た駆動点アドミタンス
- $h_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から2次側への電流伝達関数
- $h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0}$  : 1次側開放 ( $I_1 = 0$ ) における2次側から1次側への電圧伝達関数

# 2ポート回路 伝送行列

- $$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_1(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix}$$

- パラメータ  $A, B, C, D$  で構成される伝送行列

- $$F(s) = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix}$$

- 2次側の電流が  $-I_2(s)$  なので、縦続接続できる

- 逆伝送行列

- $$\begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A'(s) & B'(s) \\ C'(s) & D'(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_1(s) \end{bmatrix}$$

# 2ポート回路 伝送行列

- $\frac{1}{A} = \left. \frac{V_2}{V_1} \right|_{I_2=0}$  : 2次側開放 ( $I_2 = 0$ ) における1次側から2次側への電圧伝達関数 (=  $g_{21}$ )
- $\frac{1}{B} = \left. \frac{-I_2}{V_1} \right|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から2次側への伝達アドミタンス (=  $-y_{21}$ )
- $\frac{1}{C} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0}$  : 2次側開放 ( $I_2 = 0$ ) における1次側から2次側への伝達インピーダンス (=  $z_{21}$ )
- $\frac{1}{D} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0}$  : 2次側短絡 ( $V_2 = 0$ ) における1次側から2次側への電流伝達関数 (=  $h_{21}$ )