

# 23年度一次電気電子問題略解

計算問題中心

## 正解番号

IV-1④	マクスウェルの方程式の意味
IV-2④	直線状導体の静電容量計算
IV-3②	直線状導体の作る磁界の計算
IV-4⑤	回路の電流計算
IV-5②	直流回路の電流計算
IV-6④	電流源を含む直流回路の消費電力計算
IV-7③	直流電源回路の等価回路計算
IV-8⑤	直流回路の過渡現象、振動周波数計算
IV-9①	電流源をもつ直流回路の過渡振動時定数計算
IV-10④	交流回路の直並列変換の計算
IV-11②	交流回路の電流が周波数によらず0になる条件
IV-12⑤	発電機、変圧器の出口での1線地絡電流計算
IV-13③	火力発電所の熱効率等に関する記述の正誤
IV-14②	単相変圧器の負荷遮断時の電圧変動率計算
IV-15②	他励式直流電動機の界磁電流と励磁電流の正誤
IV-16①	同期機の制動巻線に関する正誤
IV-17④	単相混合ブリッジ整流回路の基本波力率の計算
IV-18①	チョッパ回路に関する記述の正誤

IV-19⑤	測定誤差と和、積の誤差計算
IV-20④	Feed Back制御系を安定にする積分ゲイン計算
IV-21③	ダイオードを含む回路の電流計算
IV-22③	オペアンプの出力計算
IV-23⑤	論理式の簡単化計算
IV-24⑤	NAND回路で他の論理回路を構成する時の素子数計算
IV-25④	瞬時復号可能な符号の特定と平均符号長計算
IV-26③	パリティ検査行列を持つ2元ハミング符号の誤り検出と訂正計算
IV-27③	フーリエ変換計算
IV-28④	z変換計算
IV-29③	PCM方式に関する記述の正誤
IV-30④	デジタル変復調方式に関する記述の正誤
IV-31②	インターネットに関する記述正誤
IV-32②	集積回路及び半導体に関する記述の正誤
IV-33⑤	nMOSTランジスタに関する記述の穴埋め
IV-34④	電気設備の安全確保・離隔距離の記述の正誤
IV-35⑤	電気設備の設置に関する記述の正誤

### IV-1 ④

$$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (\text{起電力は交差磁束の微分に等しい})$$

$$\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{i} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (\text{磁界の周回積分 = 内部電流})$$

$$\text{div } \mathbf{D} = \rho \quad (\text{電束は内部電荷量に等しい})$$

$$\text{div } \mathbf{B} = 0 \quad (\text{磁束は発散がなく連続している})$$

### IV-2 ④

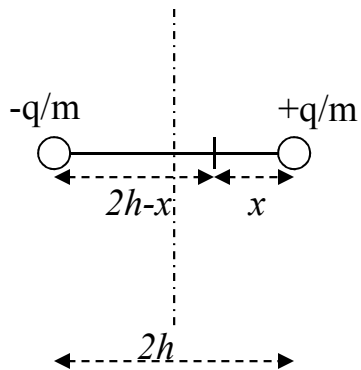
2 導体間の電界は  
鏡像の理を使って  
左図のように表せる。  
導体から  $r$  の点の電  
界は

$$2\pi r \mathbf{D} = q, \mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} \text{ から}$$

$$\mathbf{E} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r}$$

2 導体分を重ね合せて

$$\mathbf{E} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{2h-x} \right)$$



2 導体間の電位差は

$$V = \int_a^{2h-a} E dx = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} [\log x - \log(2h-x)]_a^{2h-a}$$

$$= \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \times 2 \log \frac{2h-a}{a} = \frac{q}{\pi\epsilon_0} \log \frac{(2h-a)}{a}$$

導体と平面間はこの半分で  $V/2$

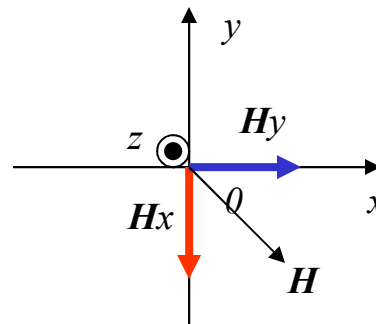
$$C = q/V/2 = \frac{2\pi\epsilon_0}{\log \frac{(2h-a)}{a}}$$

$$2h \gg a \rightarrow (2h-a) \approx 2h$$

$$\therefore C \approx \frac{2\pi\epsilon_0}{\log \frac{2h}{a}}$$

### IV-3 ②

点  $P(0,0,a)$  における磁界



直線電流による電流から  $r$  の位置の  
磁界は、 $2\pi r H = I$  から、

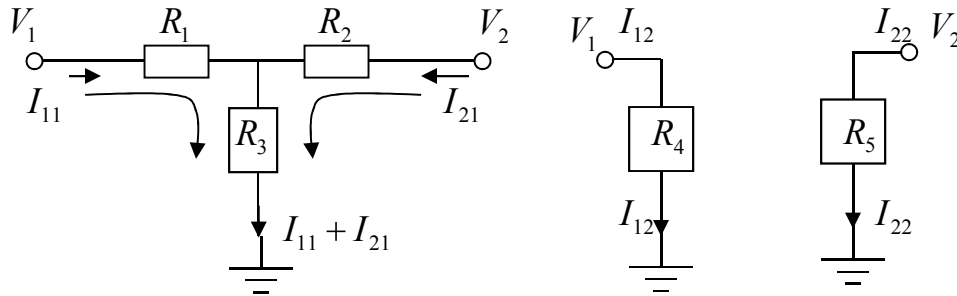
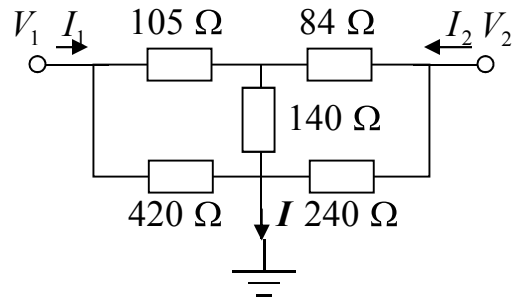
$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

向きを考慮すると左図のよう  
になる。

合成磁界は、45度回転して、

$$H = \sqrt{2} H_x = \frac{I}{\sqrt{2} \pi a}$$

IV-4 ⑤



問題の図は上図のように分解できるので各電流成分を求め合計すればよい。各回路の回路方程式をたてると次のようになる。

$$V_1 = I_{12}R_4 \rightarrow I_{12} = V_1 / R_4 = 210 / 420 = 0.5 \dots \textcircled{1}$$

$$V_2 = I_{22}R_5 \rightarrow I_{22} = V_2 / R_5 = 280 / 240 = 7 / 6 \dots \textcircled{2}$$

$$V_1 = I_{11}R_1 + (I_{11} + I_{21})R_3 = I_{11}(R_1 + R_3) + I_{21}R_3$$

$$\therefore 210 = I_{11}(105 + 140) + I_{21}140 = I_{11}245 + I_{21}140 \dots \textcircled{3}$$

$$V_2 = I_{21}R_2 + (I_{11} + I_{21})R_3$$

$$\therefore 280 = I_{11}140 + I_{21}(84 + 140) = I_{11}140 + I_{21}224 \dots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{3} \times 224 - \textcircled{4} \times 140$$

$$210 \times 224 - 280 \times 140 = I_{11}(245 \times 224 - 140 \times 140)$$

$$7840 = I_{11} \times 35280 \rightarrow I_{11} = 2 / 9$$

$$\textcircled{3} \times 140 - \textcircled{4} \times 245$$

$$210 \times 140 - 280 \times 245 = I_{21} \times (140 \times 140 - 224 \times 245)$$

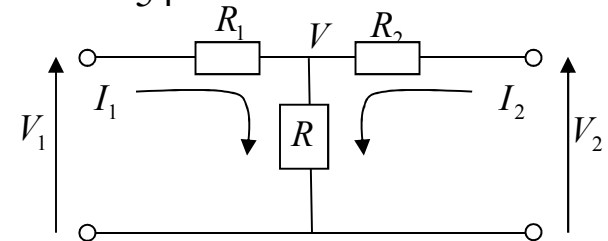
$$-39200 = -35280 I_{21}$$

$$I_{21} = 10 / 9$$

$$I = I_{11} + I_{21} + I_{12} + I_{22} = 2 / 9 + 10 / 9 + 0.5 + 7 / 6$$

$$= \frac{12 + 60 + 27 + 63}{54} = \frac{162}{54} = 3$$

IV-5 ②



図において回路方程式をたてると、

$$V_1 = I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R$$

$$V_2 = (I_1 + I_2) R + I_2 R_2$$

与条件を代入すると、

$$11 = 4 \times 0.5 + 12 \times R \rightarrow R = 3 / 4$$

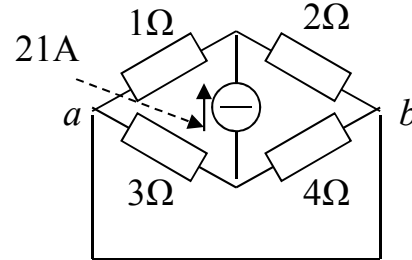
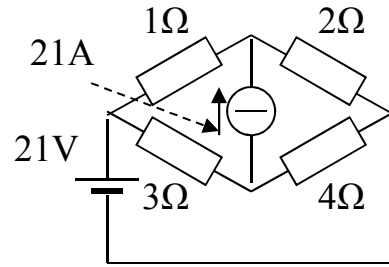
$$17 = 12 \times R + 8 \times 1 \rightarrow R = 3 / 4$$

$$8 = 4 \times 0.5 + (4 + I_2) \times 3 / 4 = 5 + I_2 \times 3 / 4 \rightarrow I_2 = 4$$

$$10 = (4 + I_2) \times 3 / 4 + I_2 \times 1 = 3 + I_2 \times 7 / 4 \rightarrow I_2 = 4$$

# IV-6 ④

まず、電流分布を、電圧源と電流源を分離して重ね合わせの原理で求める。



電流源による電流分布  
電圧源は短絡する（内部インピーダンスが0）。  
回路を書き直すと右図のようになる。

電流源による電流分布、上側の枝は、

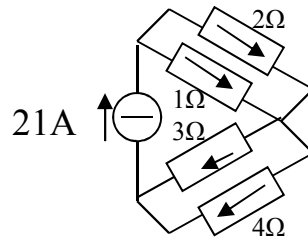
$$1\Omega \text{ には、} 21 \times \frac{2}{1+2} = 14A$$

$$2\Omega \text{ には、} 21 \times \frac{1}{1+2} = 7A$$

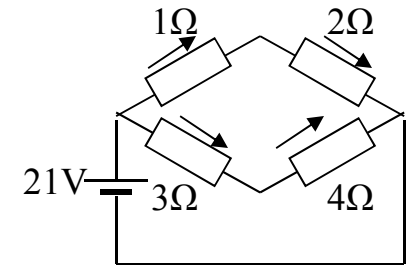
上側の枝は、

$$3\Omega \text{ には、} 21 \times \frac{4}{3+4} = 12A$$

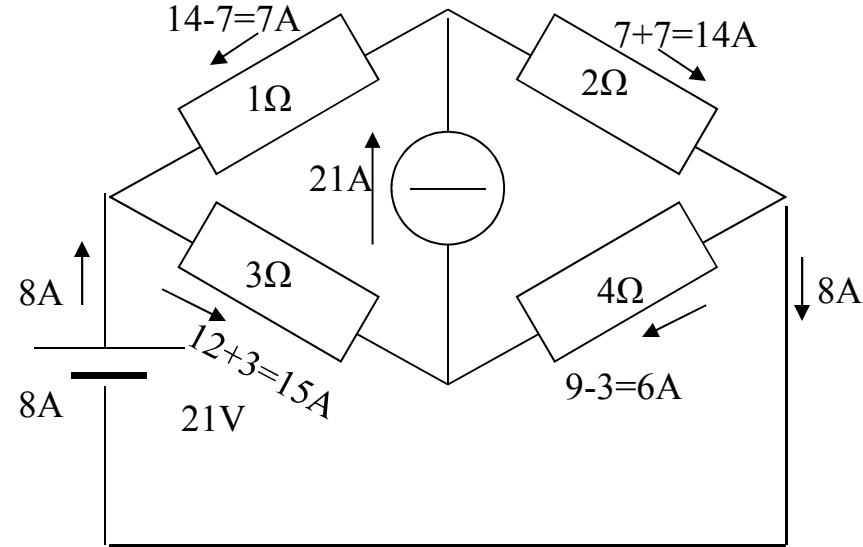
$$4\Omega \text{ には、} 21 \times \frac{3}{3+4} = 9A$$



次に電圧源による  
分流を求める。  
電流源は回路ごと  
取り除く（内部イン  
ピーダンスが∞）



1Ωと2Ωの部分は同じ大きさの電流で、 $21/3 = 7A$   
3Ωと4Ωの部分は同じ大きさの電流で、 $21/7 = 3A$



合成電流は上図のようになる。

消費電力は

$$1 \times 7^2 + 2 \times 14^2 + 3 \times 15^2 + 4 \times 6^2 = 1260[W]$$

### IV-7 ③

図Bは次のようにして求められる。

なお、 $3.0$ 、 $4.0$ 、 $5.0\Omega$ の3つの抵抗はそれぞれ  $5.0V$ が課電されているが、 $I$ これらは無視して、 $2.0\Omega$ 、 $3.0\Omega$ の部分に直接  $5.0V$ が課電されているだけと考えても同じである。

内部抵抗  $R_i$ は、起電力を除きその部分を短絡したときの端子から見た内部抵抗で

$$2.0\Omega \text{と} 3.0\Omega \text{が並列になるので } \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 1.2\Omega$$

等価起電力は、端子開放時の無負荷電圧に等しいから、 $5.0 \times \frac{3.0}{2.0 + 3.0} = 3.0V$ となる。

①は、上記から正しい。

②は、 $R = 0.8\Omega$ のとき、 $I = \frac{3.0}{1.2 + 0.8} = 1.5A$ 、正しい。

③は、同様に、 $I = \frac{3.0}{1.2 + 3.8} = 0.6A$ 、誤り。

④は、 $I = \frac{3.0}{1.2 + 0} = 2.5A$ 、正しい。

⑤は、 $I = \frac{3.0}{1.2 + 4.8} = 0.5A$ 、正しい。

### IV-8 ⑤

微分方程式を立てて解く。  
起電力を  $E_e$  と書く。

$$E_e = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \dots \textcircled{1}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \dots \textcircled{2}$$

$q = \varepsilon^{\lambda t}$  とし、 $E_e = 0$  として①に代入すると、

$$0 = \left( R\lambda + \frac{1}{C} \right) \varepsilon^{\lambda t}, \text{ これから、} \lambda = -\frac{1}{CR} \text{ となる。}$$

すなわち、 $q = A\varepsilon^{\lambda t}$  は一般解である。

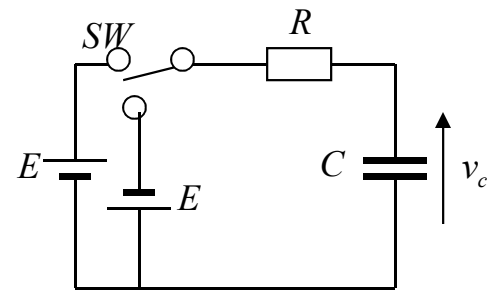
$E_e$  が定数  $E$  のときの  $q$  (特別解) は、 $q = CE$  となる。

したがって、 $q = A\varepsilon^{-\frac{t}{CR}} + CE$  が解の形である。

$t = 0$  で、 $q = -\frac{CE}{2}$  であるから、

$$-\frac{CE}{2} = A + CE \rightarrow A = -\frac{3CE}{2}$$

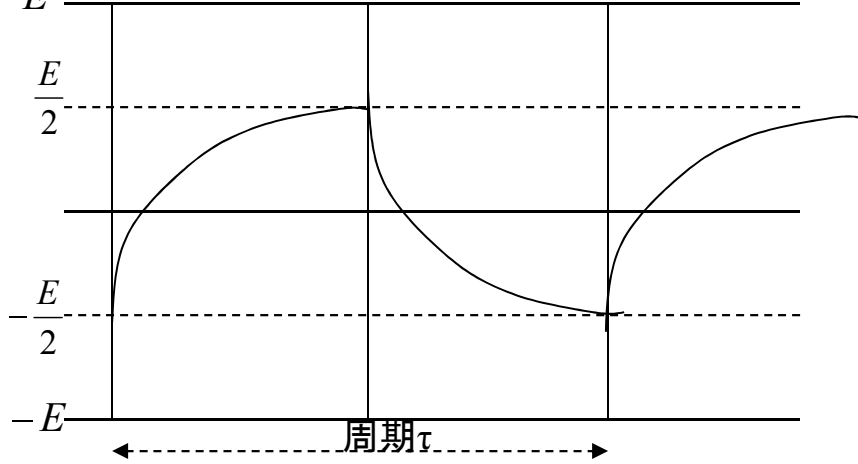
$$\therefore q = CE \left( 1 - \frac{3}{2} \varepsilon^{-\frac{t}{CR}} \right), v_c = E \left( 1 - \frac{3}{2} \varepsilon^{-\frac{t}{CR}} \right)$$



$$v_c = E \left( 1 - \frac{3}{2} \varepsilon^{-\frac{t}{CR}} \right) \dots \textcircled{3}$$

$v_c = -\frac{E}{2}$  から  $\frac{E}{2}$  までの  $v_c$  のグラフは図のようになる。

降下時のグラフは、②を倒立させた形になる。



$$v_c = E \left( 1 - \frac{3}{2} \varepsilon^{-\frac{t}{CR}} \right) \dots \textcircled{3}$$

$v_c = -\frac{E}{2}$  から  $\frac{E}{2}$  までの  $v_c$  のグラフは図のようになる。

降下時のグラフは、②を倒立させた形になる。

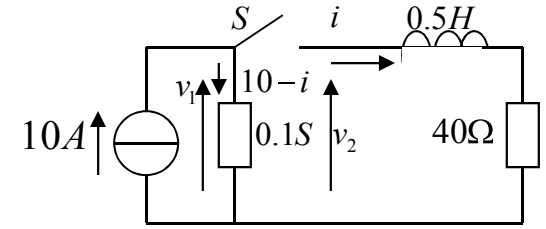
$v_c = -\frac{E}{2}$  から  $\frac{E}{2}$  までに要する時間は  $\tau/2$  であるから

$$\frac{E}{2} = E \left( 1 - \frac{3}{2} \varepsilon^{-\frac{\tau}{2CR}} \right) \rightarrow 1 = 3\varepsilon^{-\frac{\tau}{2CR}} \rightarrow \frac{\tau}{2CR} = \log 3$$

$$\tau = 2CR \log 3 \rightarrow f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2CR \log 3} \textcircled{5}$$

#### IV-9 ①

図で、右側の電流を  $i$  として、微分方程式は、 $S$  投入後は



$$v_1 = v_2 \text{ から、} 0.5 \times \frac{di}{dt} + 40i = \frac{10-i}{0.1} \rightarrow 0.5 \times \frac{di}{dt} + 50i = 100$$

一般解は、右辺 = 0、 $i = \varepsilon^{\lambda t}$  として、

$$0 = (0.5\lambda + 50)\varepsilon^{\lambda t} \rightarrow 0.5\lambda + 50 = 0 \rightarrow \lambda = -100$$

$$\lambda t = \frac{t}{1/100} = \frac{t}{0.01} = \frac{t}{\tau} \rightarrow \tau = 0.01 \text{ s}$$

#### IV-10 ④

図Aの要素を記号で表して、 $R = 3\Omega$ 、 $L = 15.9 \times 10^{-3} \text{ H}$   
 $C = 3.18 \times 10^{-3} \text{ F}$  と書く。

合成アドミタンス  $Y$  は、

$$Y = \frac{1}{R + j(\omega L - 1/\omega C)} = \frac{R - j(\omega L - 1/\omega C)}{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

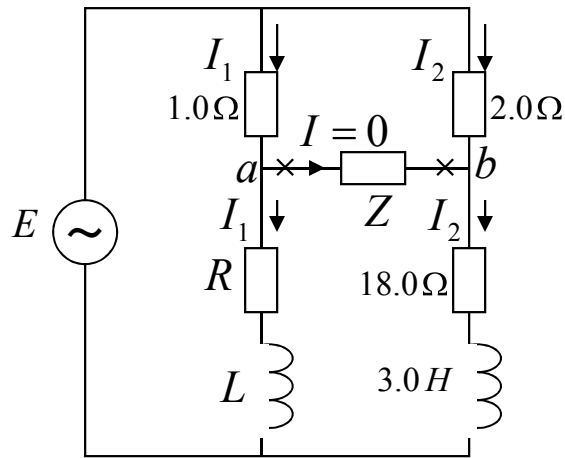
$$\therefore R' = \frac{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}{R}$$

$$= \frac{3^2 + (100\pi \times 0.0159 - 1/100\pi \times 0.00318)^2}{3}$$

$$= \frac{9 + (5 - 1)^2}{3} = \frac{25}{3} = 8.33 \textcircled{4}$$



### IV-11 ②



$ab$ 間の電流が常に0となることから  $ab$ 間の電圧も常に0で  $ab$ の電位が等しい。 $a, b$ 間を開放しても電流分布は変わらない。 $ab$ より上の部分では、抵抗比から  $I_1 \times 1.0 = I_2 \times 2.0 \rightarrow I_1 = 2I_2$ である。 $Z$ には電流が流れないので、 $I_1, I_2$ はそのまま、 $a, b$ より下に流れ込む。したがって、 $R + jX = \frac{18.0 + j3.0\omega}{2}$ が成り立つ。 $(X = \omega L \rightarrow L = X / \omega)$   
 $\therefore R = 9.0\Omega, L = 1.5[H]$ となる。②

### IV-12 ⑤

$a$ 相の1線地絡を仮定する。  
 地絡電流は、

$$I_a = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \text{ となる。}$$

以下、諸量を  $pu$  値で表すと、

$$Z_0 = jX_T = j0.1$$

$$Z_1 = Z_2 = j(X_T + X_G) = j(0.1 + 0.2) = j0.3$$

$$I_a = \frac{3 \times 1.0}{j(0.1 + 0.3 + 0.3)} = -j \frac{3.0}{0.7} = -j4.285$$

$$\approx 4.3 pu \rightarrow 430\%$$

### IV-13 ③ 過熱器ではなく再熱装置

### IV-14 ②

单相210V, 5kVA, 力率0.8遅れの負荷は、  
 $4kW - j3kVar$ , 以下5kVA基準で表す。

$$0.8 - j0.6 [pu] = p - jq$$

$$\text{インピーダンスは、} \frac{1}{0.8 - j0.6} = 0.8 + j0.6 pu$$

$$\text{電圧降下は、} qx_T = 0.6 \times \left( 0.03 \times \frac{5}{15} \right) = 0.006 pu$$

これが電圧変動率に等しいので、0.6%となる。

#### IV-15 ②無負荷速度は励磁に逆比例

#### IV-16 ①

#### IV-17 ④ 次ページ参照

電圧は基本波のみである。有効電力は、基本波電圧と基本波電流のみで生じる（異調波間の有効電力は0）。基本波電流の位相は電圧よりも  $\alpha/2$  だけ遅れているので、  
力率は、 $pf = \cos \alpha/2 = \cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$

#### IV-18 ① 電圧比率=Ton/(Ton+Toff)

#### IV-19 ⑤

$$X = A + B, Y = AB$$

$$A \rightarrow A + \Delta A, B \rightarrow B + \Delta B$$

$$X + \Delta X = A + B + \Delta A + \Delta B \rightarrow \Delta X = \Delta A + \Delta B$$

$$Y + \Delta Y = (A + \Delta A)(B + \Delta B) \rightarrow \Delta Y \approx A\Delta B + B\Delta A$$

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A + B}, \frac{\Delta Y}{Y} \approx \frac{A\Delta B + B\Delta A}{AB} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$$

$$\therefore |\Delta X| \leq |\Delta A| + |\Delta B|, \left| \frac{\Delta Y}{Y} \right| \leq \left| \frac{\Delta A}{A} \right| + \left| \frac{\Delta B}{B} \right|$$

#### IV-20 ④

$$\text{系の伝達関数は、 } G(s) = \frac{G_p(s)G_c(s)}{1 + G_p(s)G_c(s)}$$

$$G(s) = \frac{K}{2s^4 + s^3 + 8s^2 + as + K}, 1 < a < 3$$

$$\text{特性方程式 } X(s) = 2s^4 + s^3 + 8s^2 + as + K$$

$$\text{係数は、 } a_0 = 2, a_1 = 1, a_2 = 8, a_3 = a, a_4 = K$$

ラウス・フルビッツの判定法により調べる。

$$D_0 = a_0 = 2 > 0, D_1 = a_1 = 1 > 0,$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & a \\ 2 & 8 \end{vmatrix} = 2(4 - a) > 0$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & a & 0 \\ 2 & 8 & K \\ 0 & 1 & 8 \end{vmatrix} = 1 \begin{vmatrix} 8 & K \\ 1 & 8 \end{vmatrix} - a \begin{vmatrix} 2 & K \\ 0 & 8 \end{vmatrix}$$

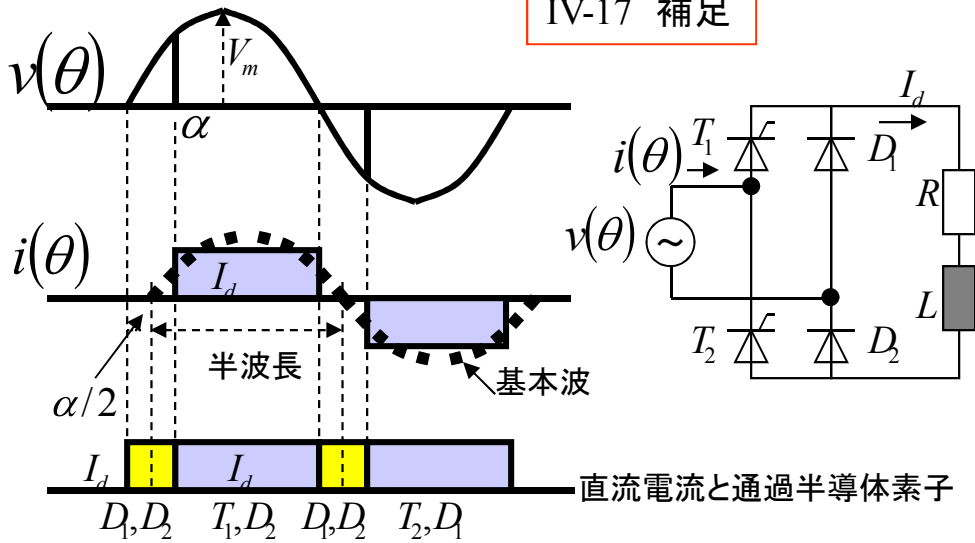
$$= 64 - K - 16a > 0 \rightarrow K < 64 - 16a < 16(4 - a)$$

$$D_4 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{vmatrix} = a_4 \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = K \begin{vmatrix} 1 & a & 0 \\ 2 & 8 & K \\ 0 & 1 & a \end{vmatrix}$$

$$= K \begin{vmatrix} 8 & K \\ 1 & a \end{vmatrix} - Ka \begin{vmatrix} 2 & K \\ 0 & a \end{vmatrix} = K(8a - 2a^2 - K) > 0$$

$$K(K - 2a(4 - a)) < 0 \rightarrow 0 < K < 2a(4 - a), a = 1 \text{ or } 3$$

で  $2a(4 - a)$  は最小値 6 をとる。  $\rightarrow 0 < K < 6$



上図に示すように、直流電流は、サイリスタがブロックされているときは、電流を一定に保とうとするLの働きにより、(Lが電流源のように作用し) 二つのダイオードD<sub>1</sub>D<sub>2</sub>を通して流れる。

したがって、交流側から見た電流は、サイリスタを通過する部分に相当する分だけで図のi(θ)になり、この基本波は、電圧の基本波よりα/2だけ遅れるので、基本波の力率は、cos(α/2)となる。

$$pf = \cos(\alpha/2) = \cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$$

参考 1

i(θ)をフーリエ級数で表すと、視察から奇数波のみとなる。また、電圧が基本波のみであるから、高調波電流は電力に関与しないので基本波のみを求める。位相は左図から電圧よりα/2だけ遅れるので、θ' = θ - α/2と書いて、

$$i(\theta) = i'(\theta') = b_1 \sin \theta' + b_3 \sin 3\theta' + \dots$$

$$\int_0^\pi i'(\theta') \sin \theta' d\theta' = \int_0^\pi b_1 \sin^2 \theta' d\theta' + \dots$$

$$\int_{\alpha/2}^{\pi-\alpha/2} I_d \sin \theta' d\theta' = \int_0^\pi b_1 \sin^2 \theta' d\theta'$$

$$I_d \left( \int_{\alpha/2}^{\pi-\alpha/2} \sin \theta' d\theta' \right) = \frac{b_1}{2} \int_0^\pi (1 - \cos 2\theta') d\theta'$$

$$I_d \left( [-\cos \theta']_{\alpha/2}^{\pi-\alpha/2} \right) = \frac{b_1}{2} \left[ \theta' - (\sin 2\theta')/2 \right]_0^\pi$$

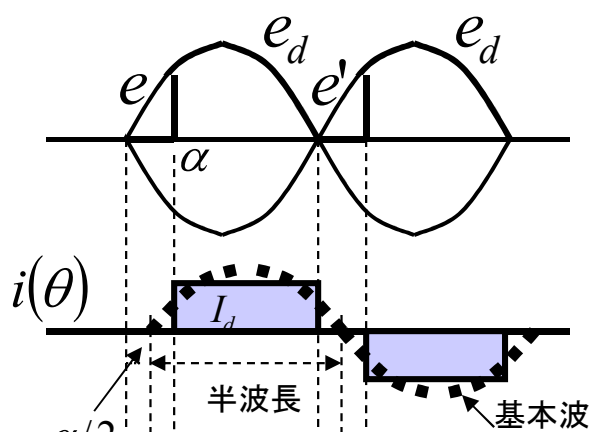
$$2I_d \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{b_1}{2} \times \pi \rightarrow b_1 = \frac{4}{\pi} I_d \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$\therefore i'(\theta') = \left( \frac{4}{\pi} I_d \cos \frac{\alpha}{2} \right) \sin \theta' + b_3 \sin 3\theta' + \dots$$

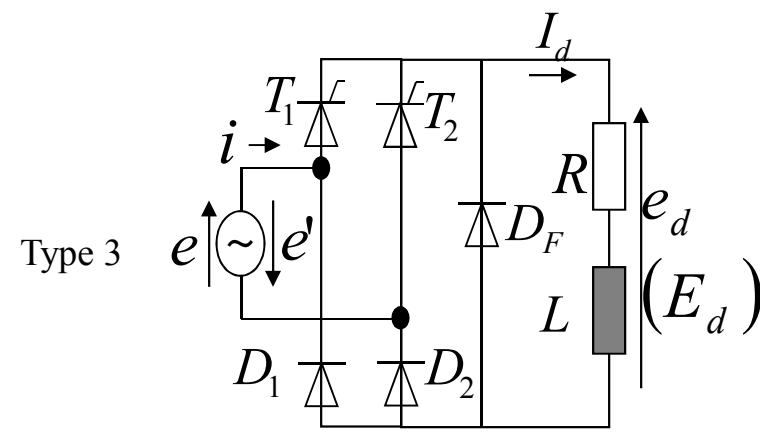
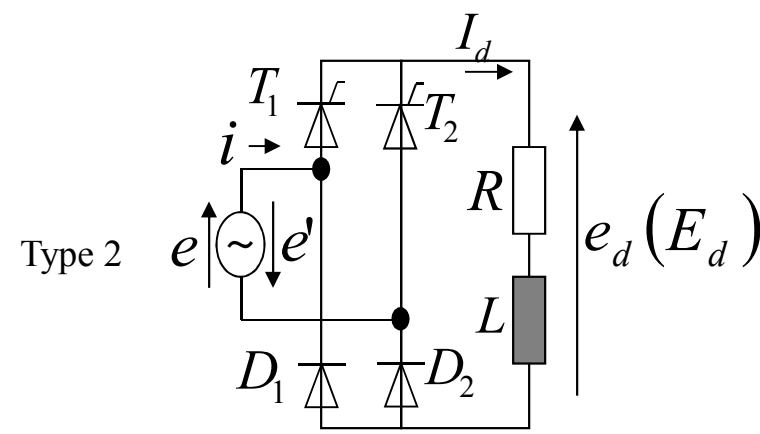
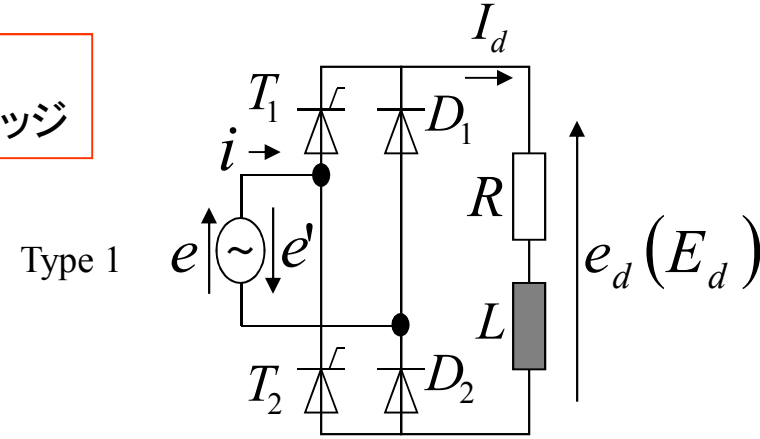
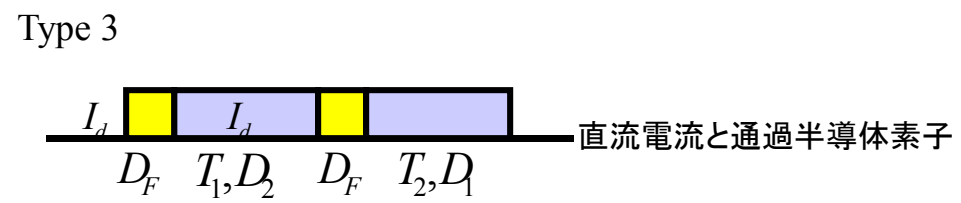
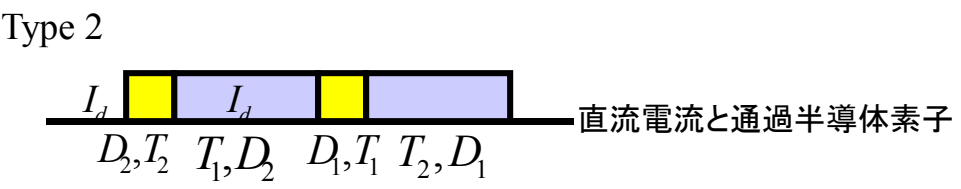
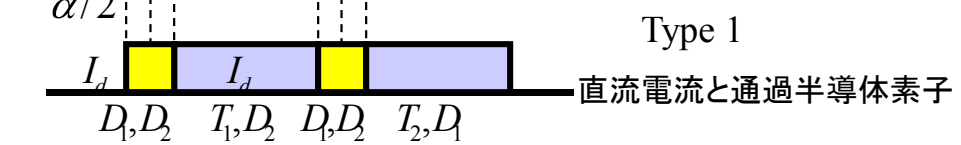
基本波は、 $i_1(\theta) = \left( \frac{4}{\pi} I_d \cos \frac{\alpha}{2} \right) \sin \left( \theta - \frac{\alpha}{2} \right)$

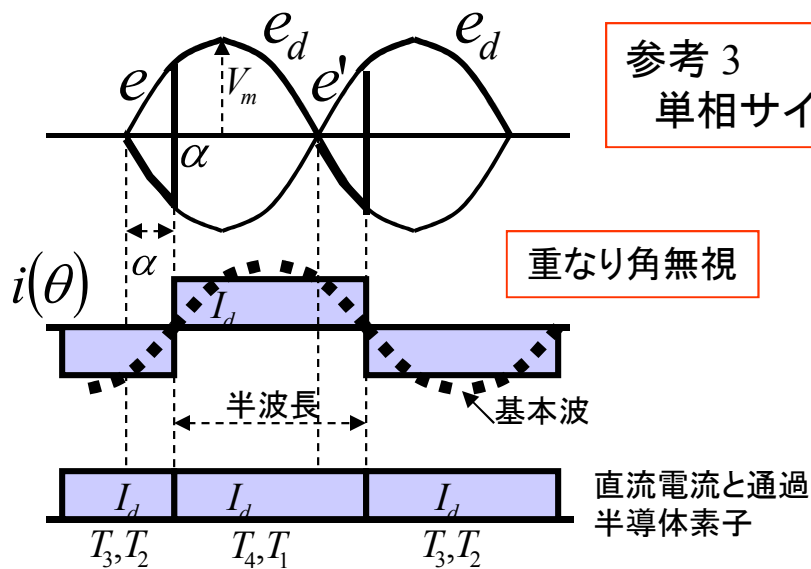
位相は電圧より α/2だけ遅れている。

電圧は、 $v(\theta) = V_m \sin \theta$



参考 2  
 いろいろな单相混合ブリッジ





$i(\theta)$  をフーリエ級数で表すと、視察から奇数波のみとなる。また、電圧が基本波のみであるから、高調波電流は電力に関与しないので基本波のみを求める。位相は左図から電圧より  $\alpha$  だけ遅れるので、 $\theta' = \theta - \alpha$  と書いて、

$$i(\theta) = i'(\theta') = b_1 \sin \theta' + b_3 \sin 3\theta' + \dots$$

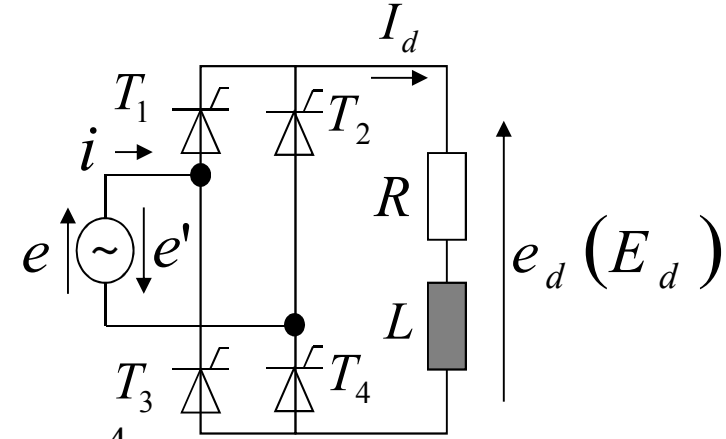
$$\int_0^\pi i'(\theta') \sin \theta' d\theta' = \int_0^\pi b_1 \sin^2 \theta' d\theta' + \dots$$

$$\int_0^\pi I_d \sin \theta' d\theta' = \int_0^\pi b_1 \sin^2 \theta' d\theta'$$

$$I_d \left( \int_0^\pi \sin \theta' d\theta' \right) = \frac{b_1}{2} \int_0^\pi (1 - \cos 2\theta') d\theta'$$

$$I_d \left( [-\cos \theta']_0^\pi \right) = \frac{b_1}{2} \left[ \theta' - (\sin 2\theta')/2 \right]_0^\pi$$

参考3  
単相サイリスタブリッジ



$$2I_d = \frac{b_1}{2} \times \pi \rightarrow b_1 = \frac{4}{\pi} I_d$$

$$\therefore i'(\theta') = \left( \frac{4}{\pi} I_d \right) \sin \theta' + b_3 \sin 3\theta' + \dots$$

基本波は、 $i_1(\theta) = \frac{4}{\pi} I_d \sin(\theta - \alpha)$

位相は電圧  $v(\theta) = V_m \sin \theta$  より  $\alpha$  だけ遅れている。したがって、基本波力率は、 $\cos \alpha$

高調波電流を含めたときの力率は、直流電流の実効値が、平均値と同じく  $I_d$  であるから、皮相

電力  $S$  は、 $S = \frac{V_m}{\sqrt{2}} I_d$ 、有効電力  $P$  は、

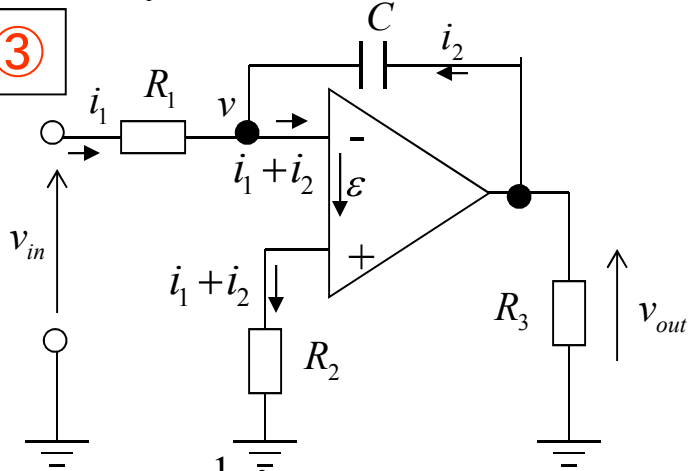
$$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{4}{\pi \sqrt{2}} I_d \cos \alpha、$$

$$\therefore \text{力率は、} pf = \frac{P}{S} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cos \alpha \approx \underline{\underline{0.90 \cos \alpha}}$$

### IV-21 ③

ダイオードと  $20k\Omega$  の電圧は  $2V$ 。  
 ダイオードの電流は図で  $40\mu A$   
 $20k\Omega$  の電流は  $2/20000 A = 100\mu A$ 。  
 $R_1$  の電圧は  $3.5V$ , 電流は  $140\mu A$   
 $\therefore R_1 = 3.5/140 M\Omega = 25k\Omega$

### IV-22 ③



$$v = v_{in} - R_1 i_1 = v_{out} - \frac{1}{C} \int i_2 dt$$

$$i_1 + i_2 = 0 \rightarrow + \text{端子の電位は } 0$$

$$\therefore v = \varepsilon \rightarrow 0 \quad (\varepsilon = \frac{v_2}{A}: A \text{ は増幅率} = \infty)$$

$$\therefore i_1 = \frac{v_{in}}{R_1} = -i_2$$

$$v_{out} = \frac{1}{C} \int i_2 dt = -\frac{1}{C} \int i_1 dt = -\frac{1}{R_1 C} \int v_{in} dt$$

$$\therefore v_{out} = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t v_{in} dt + v_0$$

### IV-23 ⑤

X \ YZ	00	01	11	10
0	0	1	1	1
1	1	1	1	1

まず、カルノーマップを用いて解いてみる。問題の一番上の長いバーを取り除いた  $\bar{F}$  の領域を求めると、その残り部分が問題の範囲である。

$$\begin{aligned} \bar{F} &= XYZ + XY\bar{Z} + \bar{X}YZ + \bar{X}Y\bar{Z} + \bar{X}\bar{Y}Z \\ &= 111 + 110 + 011 + 010 + 001 \end{aligned}$$

から図に1で示した部分の合計になる。

したがって、 $F$ は、無印部分で、  
 $\bar{Y}Z + X\bar{Y} = \bar{Y}(X + Z)$ となる。

注。「カルノーマップ」は 基礎編(情報論理)参照

次に論理演算の要点を示す。ド・モアブル定理のほか  
 $(A+B)(\bar{A}+B) = A\bar{A} + (A+\bar{A})B + BB = B$  を利用する。

$$\begin{aligned} F &= \overline{\bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}} \cdot \overline{\bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}} \cdot \overline{\bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}} \cdot \overline{\bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}} \cdot \overline{\bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}} \\ &= \{(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}) \cdot (\bar{X} + \bar{Y} + Z)\} \cdot \{(X + \bar{Y} + \bar{Z}) \cdot (X + \bar{Y} + Z)\} \\ &\quad \cdot (X + Y + \bar{Z}) \end{aligned}$$

次ページへ

$$= \{(\bar{X} + \bar{Y})(X + \bar{Y})\}(X + Y + \bar{Z}) = \bar{Y}(X + Y + \bar{Z}) = \bar{Y}(X + \bar{Z})$$

となる。

### IV-24 ⑤

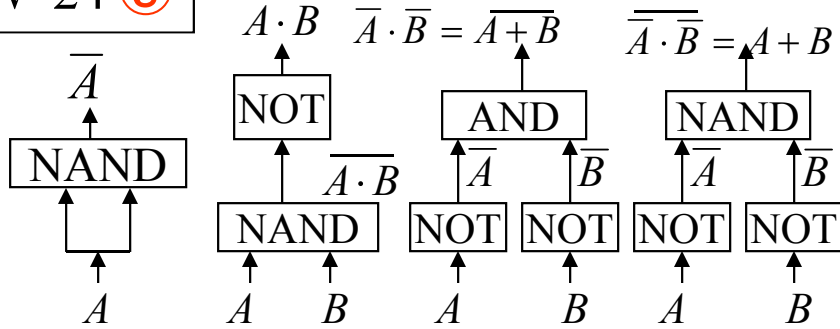


図 1. NOT 図 2. AND 図 3. NOR 図 4. OR

1.  $A \text{ NAND } B = \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

$\text{NOT } A = \bar{A}$ ,  $A \text{ NAND } A = \overline{A \cdot A} = \bar{A}$

から、図1で NOT ができる。

2.  $A \text{ AND } B = A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}}$  図2のように

NOT を2回通すことによってできる。

所要の NAND は2個である。

3.  $A \text{ NOR } B = \overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B} \rightarrow$  NOT が2つ、AND がひとつ、NAND は計  $1+1+2=4$ 。

4.  $A \text{ OR } B = A + B = \overline{\overline{A + B}}$  NAND は NOT 2つと NAND 1つで、 $2+1=3$

### IV-25 ④

まず、瞬時符号かどうかを調べる。

瞬時符号でない例では、ある符号が、他の符号の途中経過となっているもので、D の  $s_4, s_5$  がその中に、 $s_3$  の 001 を含むため、001 を受信した場合、もう1ビット受信しないと、 $s_3, s_4, s_5$  のいずれかが判定できず、したがって、D は瞬時符号ではない。A, B, C, E はこのようなことがなく瞬時符号である。以上から、 $X = \{A, B, C, E\}$

次に、平均符号長を求めてみると、符号 A はすべて3ビットなので、平均も3ビット。

符号 B ~ D は、 $s_1 \sim s_5$  に対して、1, 2, 3, 4, 4ビットで、確率をかけて合計すると、

$$0.35 \times (1+2) + 0.15 \times 3 + (0.10 + 0.05) \times 4 \times 2 = 2.1 \text{ ビット}$$

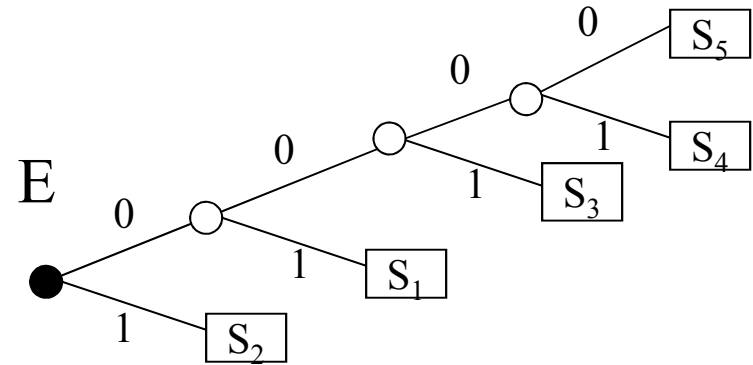
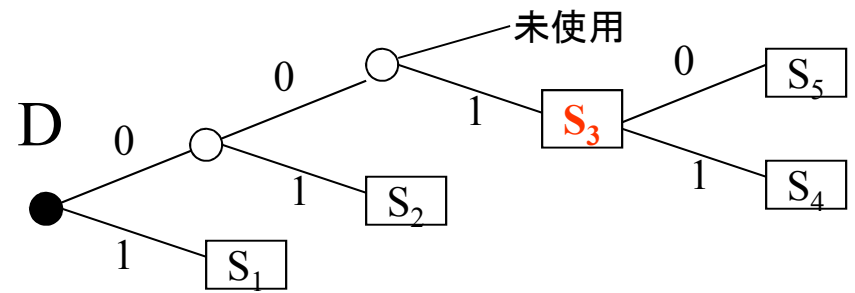
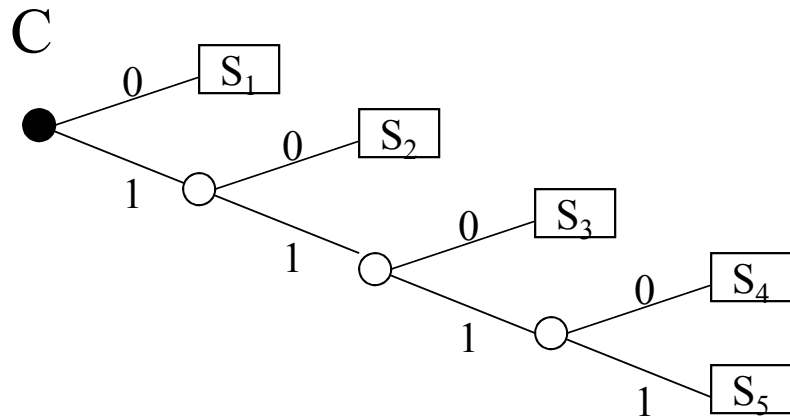
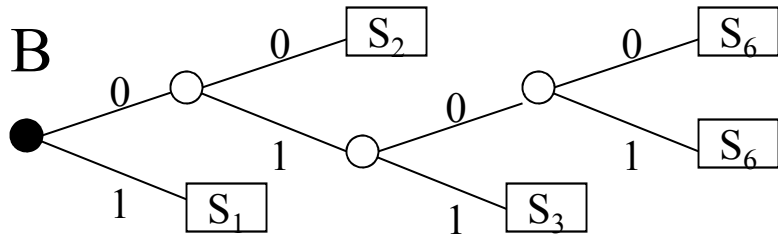
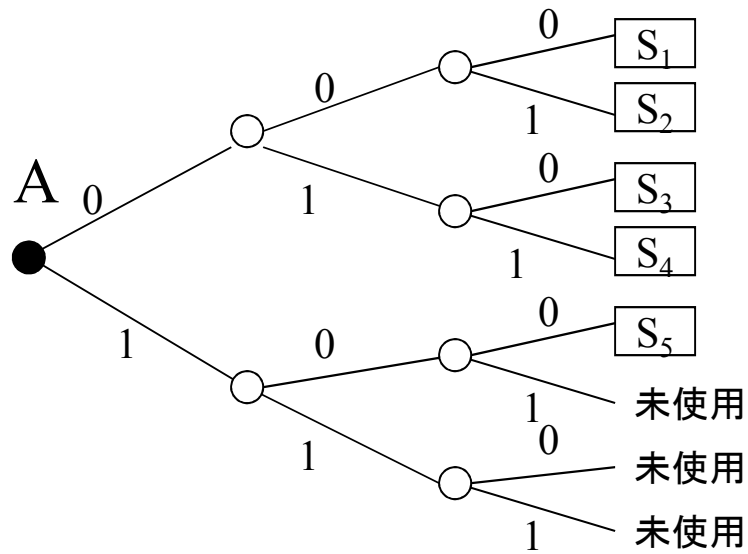
E は  $s_1, s_2$  の確率が同じなので同じく 2.1 ビット。

X の中で符号長が最小のものは、 $Y = \{B, C, E\}$

念のため、符号の木を作ってみる (次ページ)。

なお、符号の長さだけで求める「クラフトの不等式」ではすべて ok となる。

クラフトの式は必要条件を示すもので、この場合は、使っても答えは出ない。



D の  $S_3$  が葉の位置になく、節の位置にあるため、D は瞬時符号ではない。



### IV-26 ③

$$Hy^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{となる。列が} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(計算はmod2で行う。即ち、結果の偶数は0、奇数は1に変換する)に一致するのはHの第1列であるから、yの第1ビットが誤りで、1ではなく0である。したがって、正しい値xは、 $x = [0, 1, 0, 1, 1]$ である。

$$Hx^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{となり} x \text{は正しい。}$$

理解を助けるためxの第nビットを逆転したyを作り、 $Hy^T$ を求めると、Hの第n列になることを確かめよ。

### IV-27 ③

$$X(0) = \sum_{n=0}^5 x(n)e^{-j\frac{2\pi n \cdot 0}{6}} = x(0) + x(2) = 2 + 2 = \underline{4}$$

$$X(1) = \sum_{n=0}^5 x(n)e^{-j\frac{2\pi n \cdot 1}{6}} = x(0) + x(2)e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 1}{6}}$$

$$= 2 + 2e^{-j\frac{2\pi}{3}} = 2 + 2\left(\cos\frac{-2\pi}{3} + j\sin\frac{-2\pi}{3}\right)$$

$$= 2 + 2\left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \underline{1 - j\sqrt{3}}$$

$$X(2) = 2 + 2e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 2}{6}} = 2 + 2\left(\cos\frac{-4\pi}{3} + j\sin\frac{-4\pi}{3}\right)$$

$$= 2 + 2\left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \underline{1 + j\sqrt{3}}$$

$$X(3) = 2 + 2e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 3}{6}} = 2 + 2(\cos 2\pi - j\sin 2\pi)$$

$$= 2 + 2(1 - j0) = 2 + 2 = \underline{4}$$

$$X(4) = 2 + 2e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 4}{6}} = 2 + 2\left(\cos\frac{-8\pi}{3} + j\sin\frac{-8\pi}{3}\right)$$

$$= 2 + 2\left(\cos\frac{-2\pi}{3} + j\sin\frac{-2\pi}{3}\right) = 2 + 2\left(\frac{-1}{2} + j\frac{-\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$= \underline{1 - j\sqrt{3}}$$

$$X(5) = 2 + 2e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 5}{6}} = 2 + 2\left(\cos\frac{-10\pi}{3} + j\sin\frac{-10\pi}{3}\right)$$

$$= 2 + 2\left(\cos\frac{2\pi}{3} + j\sin\frac{2\pi}{3}\right) = 2 + 2\left(\frac{-1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$= \underline{1 + j\sqrt{3}}$$

**IV-28 ④**

ア 信号  $ax(n-k)$  の  $z$  変換

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} ax(n-k)z^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a^n x(n)z^{-n}$$

$n-k = m$  とおけば、 $n = k+m$

$$a \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(m)z^{-(k+m)} = az^{-k} \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)z^{-m} = az^{-k} X(z)$$

イ 信号  $a^n x(n)$  の  $z$  変換

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} a^n x(n)z^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \left( \frac{z}{a} \right)^{-n} = X \left( \frac{z}{a} \right)$$

**IV-29 ③ 信号が小さいほど雑音比率が高い**

**IV-30 ④ 変調指数=0.5**

**IV-31 ②**

**IV-32 ② 面積大の方がバラツキは小**

**IV-33 ⑤**

**IV-34 ④ 160 cm, 解釈105条**

**IV-35 ⑤**