

AB109

第一級総合無線通信士「無線工学B」試験問題

(参考) 試験問題の図中の抵抗などは、旧図記号を用いて表記しています。

25問 2時間30分

A - 1 自由空間において、微小ダイポールに電力 5 [W] を給電して電波を放射した。このときの最大放射方向の距離 15 [km] の点における電界強度の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電波は平面波とする。

- 1 0.1 [mV/m] 2 0.4 [mV/m] 3 0.6 [mV/m] 4 0.8 [mV/m] 5 1.0 [mV/m]

A - 次の記述は、送信アンテナを受信アンテナに用いたときの可逆関係について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 一般に、指向性の可逆関係は、成立 □ A □ 。
- (2) 一般に、利得及び入力インピーダンスの可逆関係は、成立 □ B □ 。
- (3) 一般に、アンテナの電流分布の可逆関係は、成立 □ C □ 。

	A	B	C
1	する	する	しない
2	する	しない	しない
3	しない	しない	する
4	しない	しない	しない
5	しない	する	する

A - 3 次の記述は、アンテナの利得について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 均一な到来電波の中に最大感度方向を向けて置かれた試験アンテナで得た受信有能電力を P_a [W]、同一条件において基準アンテナで得た受信有能電力を P_s [W] とすれば、試験アンテナの利得は □ A □ で表される。
- (2) 試験アンテナへ電力 P_{at} [W] を入力したときのアンテナの主放射方向の遠方の点における電界強度と、同一条件において基準アンテナへ電力 P_{st} [W] を入力したときの同一点における電界強度とが等しいとき、試験アンテナの利得は □ B □ で表される。
- (3) 半波長ダイポールアンテナを基準とした相対利得を G_h [dB]、絶対利得を G_s [dB] とすれば、 $G_s - G_h$ □ C □ [dB] となる。

	A	B	C
1	P_s / P_a	P_{st} / P_{at}	1.64
2	P_s / P_a	P_{at} / P_{st}	2.15
3	P_a / P_s	P_{st} / P_{at}	2.15
4	P_a / P_s	P_{at} / P_{st}	2.15
5	P_a / P_s	P_{st} / P_{at}	1.64

A - 4 次の記述は、アンテナの放射パターンについて述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 電力パターンは、□ A □ の指向性を図示したものをいい、□ B □ の指向性係数を 2 乗して得られる。
- (2) E 面放射パターンは、電波が □ C □ で放射される場合、電界ベクトルを含む面における指向性を図示したものである。

	A	B	C
1	放射電力束密度	電力	直線偏波
2	放射電力束密度	電界強度	直線偏波
3	放射電界強度	電力	だ円偏波
4	放射電界強度	電界強度	だ円偏波
5	放射電界強度	電力	直線偏波

A - 5 終端が短絡されている無損失の平行二線式給電線上で、定在波電圧の最小点のうち、終端に最も近い点から終端までの距離が 1.5 [m] であった。このとき使用している周波数の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、平行二線式給電線の線路波長は自由空間波長と同じであるものとする。

- 1 40 [MHz] 2 60 [MHz] 3 80 [MHz] 4 100 [MHz] 5 120 [MHz]

A - 6 次の記述は、給電線路について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、給電線路の単位長さ当りのインダクタンスを L [H/m]、静電容量を C [F/m]、抵抗を R [Ω/m]、コンダクタンスを G [S/m] 及び角周波数を ω [rad/s] とする。

(1) 特性インピーダンス Z_0 は、次式で表される。

$$Z_0 = \square A \text{ [} \square \text{]}$$

(2) 伝搬定数 γ は、次式で表される。

$$\gamma = \square B \text{ [Np/m]}$$

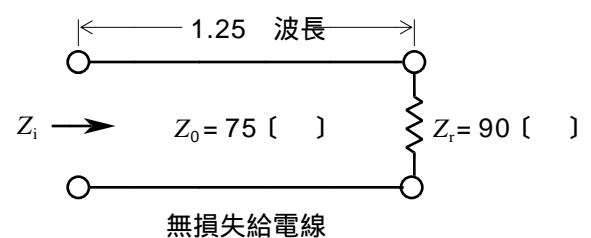
無損失線路では、位相定数 β は、次式で表される。

$$\beta = \square C \text{ [rad/m]}$$

	A	B	C
1	$\sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$	$\sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$	$\omega\sqrt{\frac{L}{C}}$
2	$\sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$	$\sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$	$\omega\sqrt{LC}$
3	$\sqrt{\frac{G+j\omega C}{R+j\omega L}}$	$\sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$	$\omega\sqrt{LC}$
4	$\sqrt{\frac{G+j\omega C}{R+j\omega L}}$	$\sqrt{(R-j\omega L)(G-j\omega C)}$	$\omega\sqrt{\frac{L}{C}}$
5	$\sqrt{\frac{G+j\omega C}{R+j\omega L}}$	$\sqrt{(R-j\omega L)(G-j\omega C)}$	$\omega\sqrt{LC}$

A - 7 図に示すように、特性インピーダンス Z_0 が 75 [Ω]、長さ 1.25 波長の無損失給電線の終端に 90 [Ω] の純抵抗負荷 Z_L が接続されているとき、給電線の入力端から見たインピーダンス Z_i の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 65 [Ω]
2 5 [Ω]
3 30 [Ω]
4 45 [Ω]
5 60 [Ω]

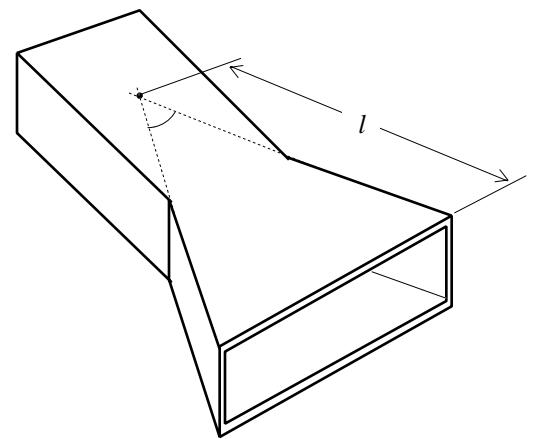


A - 8 次の記述は、装荷ダイポールアンテナについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 必要とするアンテナ特性を得るためにアンテナ上の適当な位置（複数可）にインピーダンスを装荷したものである。
- インピーダンスを装荷する位置が給電点に近い場合は底辺装荷、アンテナの先端に近い場合は頂点装荷という。
- 抵抗装荷は、アンテナの広帯域整合を目的にしているが、放射効率などの低下を伴う。
- キャパシタンス装荷は、アンテナの小型化を目的にしている。
- インダクタンス装荷は、誘導性のダイポールアンテナを共振させて整合をとることを目的にしている。

A - 9 次の記述は、図に示す扇形ホーンアンテナについて述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 方形導波管の終端を開放し、その方形断面の一組の対辺の幅を徐々に広げて所定の大きさにしたものである。開口面積を一定にしたまま、ホーンの長さ l [m] を □ A □ とすると、利得が増加する。
- (2) l を一定にしたまま開口角 θ [rad] を変えたとき、利得は変化 □ B □ 。
- (3) 放射される電波は、通常、アンテナの開口面上で □ C □ である。



	A	B	C
1	短く	しない	球面波
2	短く	する	平面波
3	長く	しない	平面波
4	長く	する	球面波
5	長く	する	平面波

A - 10 パラボラアンテナを周波数 10 [GHz] で用いるときの絶対利得を 30 [dB] とするために必要な開口面積の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、開口効率を 0.6 とする。

- 1 0.05 [m²]
- 2 0.08 [m²]
- 3 0.12 [m²]
- 4 0.15 [m²]
- 5 0.20 [m²]

A - 11 次の記述は、給電線の特性インピーダンスの測定について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、給電線は波長に比べて非常に長く、かつ、損失は無視するものとする。

- (1) 図に示すように、給電線の終端に既知の抵抗 R [] を接続し、給電線上の電圧分布を測定してその最大値を V_{\max} [V]、最小値を V_{\min} [V] とすれば、電圧定在波比 S は、次式で表される。

$$S = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \dots\dots$$

S を電圧反射係数 Γ で表せば次式となる。

$$S = \square A \dots\dots$$

給電線の特性インピーダンスを Z_0 [] とすれば、 $|\Gamma| = \frac{|R - Z_0|}{R + Z_0}$ であるから、この式を式 に代入すると次式となる。

$$S = \frac{|R + Z_0| + |R - Z_0|}{|R + Z_0| - |R - Z_0|} \dots\dots$$

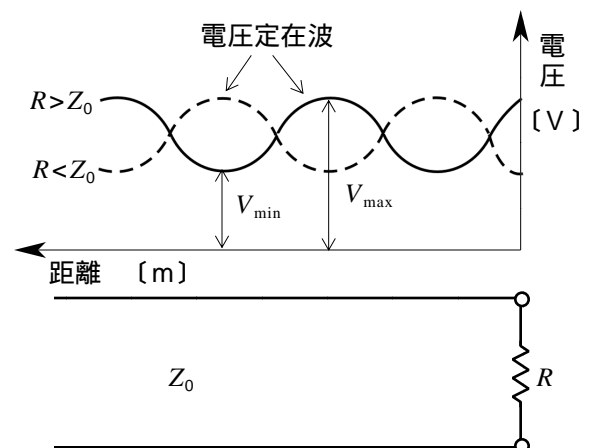
- (2) 式 及び より、 $R > Z_0$ のとき、求める Z_0 は、次式で表される。

$$Z_0 = R/S = \square B []$$

また、 $R < Z_0$ のとき、 Z_0 は、次式で表される。

$$Z_0 = SR = \square C []$$

	A	B	C
1	$\frac{1 + \Gamma }{1 - \Gamma }$	$\frac{RV_{\min}}{V_{\max}}$	$\frac{V_{\max}}{RV_{\min}}$
2	$\frac{1 + \Gamma }{1 - \Gamma }$	$\frac{RV_{\max}}{V_{\min}}$	$\frac{RV_{\min}}{V_{\max}}$
3	$\frac{1 + \Gamma }{1 - \Gamma }$	$\frac{RV_{\min}}{V_{\max}}$	$\frac{RV_{\max}}{V_{\min}}$
4	$\frac{1 - \Gamma }{1 + \Gamma }$	$\frac{RV_{\max}}{V_{\min}}$	$\frac{V_{\max}}{RV_{\min}}$
5	$\frac{1 - \Gamma }{1 + \Gamma }$	$\frac{RV_{\min}}{V_{\max}}$	$\frac{RV_{\max}}{V_{\min}}$



A - 12 次の記述は、極超短波（ UHF ）用受信アンテナの水平面内の指向性を測定する方法について述べたものである。□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 試験アンテナを回転させて測定する場合、発射された電波の到来波が □ A とみなせるまで送受信点間の距離を離し、試験アンテナを全方向に回転させながら受信して、その回転角に対応する電界の強さを測定する。
- (2) 大地反射波の影響を小さくするために、大地の反射点に □ B などで作られた □ C を設ける方法などがとられる。

A	B	C
球面波	電波吸収体	回折板
球面波	アクリル板	反射防止板
平面波	電波吸収体	回折板
平面波	アクリル板	回折板
平面波	電波吸収体	反射防止板

A - 13 開口面アンテナの利得を測定するとき、送信アンテナの開口面上の各点と受信アンテナの開口面上の各点間の距離差を $\lambda / 16$ 以下にするために必要な送受信アンテナ間の最小の測定距離の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、波長を λ [m] とし、送信及び受信アンテナの開口面は円形で、それらの直径をそれぞれ 2 [m] 及び 1 [m] とする。また、周波数を 1 [GHz] とする。

- 1 30 [m]
- 2 40 [m]
- 3 50 [m]
- 4 60 [m]
- 5 70 [m]

A - 14 次の記述は、対流圏伝搬における電波の通路と地球の等価半径について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、大気は標準大気とする。

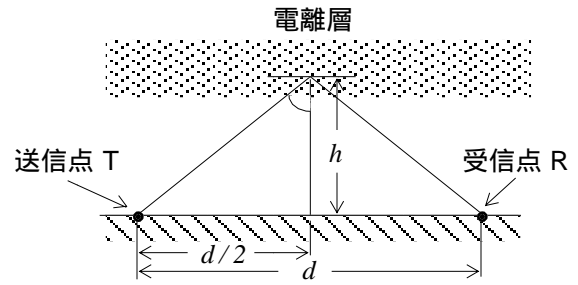
- 1 水平に発射された電波は、湾曲した大地に沿うようにわずかに弧を描きながら進む。
- 2 電波の見通し距離は光の見通し距離よりもいくぶん長い。
- 3 地球の等価半径を用いると、電波の通路は直線で描かれる。
- 4 地球の等価半径係数は、ほぼ $4/3$ である。
- 5 受信点の高さを変えないで、送信点の高さを 2 倍にすると、見通し距離は 2 倍になる。

A - 15 短波（ HF ）帯の F 層 2 回反射伝搬において、第一種減衰及び第二種減衰をそれぞれ 6 [dB] 及び 2 [dB] の受大地反ける減衰を 3 [dB] としたとき、伝搬通路全体の減衰の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、電離層は均一であり、水平大地に平行であるものとする。

- 1 31 [dB]
- 2 35 [dB]
- 3 42 [dB]
- 4 48 [dB]
- 5 51 [dB]

A - 16 図に示すように、臨界周波数が 8 [MHz] の電離層の下で、1/4 波長垂直接地アンテナから周波数 16 [MHz] の電波を放射したときの跳躍距離 d の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電離層は均一であり、水平大地に平行であるものとし、見掛けの高さ h を 200 [km] とする。また、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

- 1 500 [km]
- 2 700 [km]
- 3 800 [km]
- 4 900 [km]
- 5 1,000 [km]



A - 17 垂直接地アンテナが完全に同調しているとき、アンテナの放射効率が 0.85、損失抵抗が 6.4 [] であった。このときのアンテナの放射抵抗の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 20 []
- 2 25 []
- 3 30 []
- 4 35 []
- 5 40 []

A - 18 次の記述は、方形導波管の伝送モードと遮断波長について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 基本モードは、TE₁₀モードである。
基本モードは、各モードの中で最も低い周波数の電磁波を伝送できる。
基本モードの遮断波長は、導波管の管軸に直角な断面内壁の長辺の寸法によって決まる。
高次モードの遮断波長は、伝送する電磁波の電力の大きさによって変わらない。
高次モードの遮断波長は、基本モードの遮断波長より長い。

A - 19 次の記述は、航空機の航行援助施設の一つである DME (距離測定装置) 用のアンテナについて述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

DME は、航空機が地上 DME 施設の基準点までの斜距離を測定するための装置である。航空機に搭載されたインタロゲータ (質問器) と地上に設置されたトランスポンダ (応答器) で構成され、二次レーダーの技術を応用している。

- (1) 航行中の航空機に搭載されたインタロゲータから地上に設置されたトランスポンダへ質問信号を送信し、その応答信号を受信して斜距離を求める。このため、航空機に搭載されたインタロゲータ用のアンテナには、水平面内の指向性が □A□ ブレードアンテナなどが用いられている。
- (2) 地上に設置されたトランスポンダ用のアンテナは、半波長ダイポールアンテナを大地に対して垂直に 10 段程度配置し、□B□ 偏波の電波を放射する。このアンテナは、□C□ を抑えるために水平面から下方への放射がほとんど無いように工夫されている。

- | | A | B | C |
|---|-------|----|-------|
| 1 | 全方向性の | 垂直 | 大地反射波 |
| 2 | 全方向性の | 水平 | 大地反射波 |
| 3 | 全方向性の | 垂直 | 回折波 |
| 4 | 単向性の | 水平 | 大地反射波 |
| 5 | 単向性の | 垂直 | 回折波 |

A - 20 送信電力 30 [W]、周波数 20 [MHz] の電波を絶対利得 20 [dB] の送信アンテナから放射したとき、送信点から 15 [km] 離れた地上高 10 [m] の点における電界強度が 10 [mV/m] であった。このときの送信アンテナの地上高の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、直接波と大地反射波による位相差は 0.5 [rad] より小さいものとし、電界強度 E は、次式で表されるものとする。

$$E = E_0 \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d} \quad [\text{V/m}]$$

E_0 : 自由空間の電界強度 [V/m]、 λ : 波長 [m]
 h_1, h_2 : 送信並びに受信アンテナの地上高 [m]、 d : 送受信点間の距離 [m]

- 40 [m] 1
- 55 [m] 2
- 60 [m] 3
- 75 [m] 4
- 90 [m] 5

B - 1 次の記述は、フリスの伝送公式の誘導について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、図に示すように、送信アンテナに供給される電力を W_t [W]、送信及び受信アンテナの絶対利得をそれぞれ G_t (真数) 及び G_r (真数)、受信アンテナから取り出し得る受信有能電力を W_r [W]、アンテナ間の距離を d [m]、波長を λ [m] とする。

(1) 送信アンテナから d [m] の点における電波の電力束密度 p は、次式で表される。

$$p = \text{ア} \quad [\text{W/m}^2] \quad \dots\dots$$

(2) この電波を実効面積 A_r [m²] の受信アンテナで受けたとき、 W_r は、次式で表される。

$$W_r = \frac{G_t W_t A_r}{4\pi d^2} \quad [\text{W}] \quad \dots\dots$$

(3) A_r と受信アンテナの絶対利得 G_r の間には、次式が成り立つ。

$$A_r = \text{イ} \quad [\text{m}^2] \quad \dots\dots$$

(4) 式 を式 へ代入すると、 W_r は、 G_t と G_r を用いて次式で表される。

$$W_r = \text{ウ} \quad [\text{W}] \quad \dots\dots$$

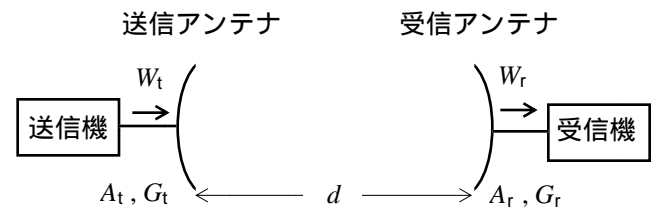
(5) 一般に送信アンテナの絶対利得 G_t と実効面積 A_t [m²] の間にも、次式が成り立つ。

$$G_t = \text{エ} \quad \dots\dots$$

(6) 式 より求めた G_r と式 を式 へ代入すると、次式が得られる。

$$W_r = \text{オ} \quad [\text{W}] \quad \dots\dots$$

式 の関係を一般にフリスの伝送公式という。



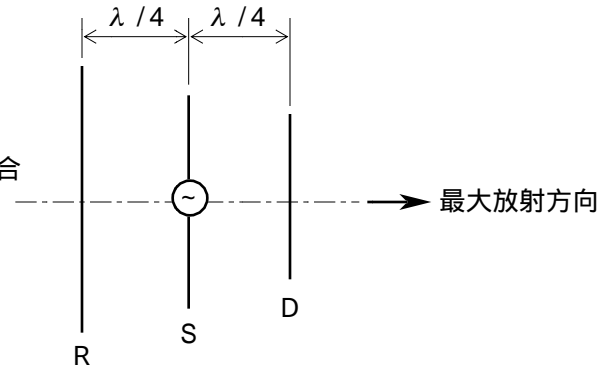
- | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|------------------------------|---|------------------------------|----|-----------------------------------|
| 1 | $\frac{\lambda^2 G_t G_r W_t}{8\pi^2 d^2}$ | 2 | $\frac{G_t W_t}{4\pi d^2}$ | 3 | $\frac{\lambda^2 G_r}{2\pi}$ | 4 | $\frac{\lambda^2 G_r}{4\pi}$ | 5 | $\frac{A_t A_r W_t}{\lambda d^3}$ |
| 6 | $\frac{A_t A_r W_t}{\lambda^2 d^2}$ | 7 | $\frac{\lambda^2 G_t G_r W_t}{16\pi^2 d^2}$ | 8 | $\frac{4\pi G_t W_t}{d^2}$ | 9 | $\frac{2\pi A_t}{\lambda^2}$ | 10 | $\frac{4\pi A_t}{\lambda^2}$ |

B - 2 次の記述は、各種の給電線について述べたものである。このうち正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。

- ア 平行二線式給電線は、太さの等しい導線を一定間隔で平行に配置した平衡形の給電線であり、同軸ケーブルに比べて雨風や近接物体などの外部からの影響を受けやすい。
- イ 平行二線式給電線の特性インピーダンスの大きさは、導線の直径が小さいほど、また、導線間隔が広いほど小さくなる。
- ウ 同軸ケーブルは、一本の導線を中心に一定の間隔をおいて同心円状に網状の導体を配置し、両導体間に磁性体を詰めた不平衡形の給電線である。
- エ 同軸ケーブルによって伝送される電磁波は、主に TE 波と TM 波である。
- オ 導波管は、その管軸に直角な断面が長方形や円形などの導体の管であり、電磁波は、導波管の内部に閉じ込められて伝送され、導波管とその外部との間の電磁的結合はほとんどない。

B - 3 次の記述は、図に示す3素子八木アンテナの動作原理について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、波長を λ [m]とし、素子 S の長さは $\lambda/2$ 、素子 R の長さは $\lambda/2$ より少し長く、また、素子 D の長さは $\lambda/2$ より少し短いものとする。

- (1) S から放射された電波が S から $\lambda/4$ [m]離れた R に到達すると、その位相は、S における位相より $\pi/2$ [rad] □ア。この電波によって R に電波と同相の誘起電圧が発生する。R に流れる電流の位相は、R が誘導性リアクタンスであるため、誘起電圧より $\pi/2$ [rad] 遅れる。
- (2) R に流れる電流は、その電流より位相が □イ [rad] 遅れた電波を再放射する。再放射された電波が S に到達すると、その位相は、S における位相より $\pi/2$ [rad] 遅れる。
- (3) 結果的に、S から出て R を経て S に戻って来た電波の位相遅れの合計が □ウ [rad] となり、S から放射される電波と同相になるため、R で再放射された電波は、矢印の方向へ向かう電波を強めることになる。
(4)方、S から放射された電波により、S から $\lambda/4$ [m]だけ離れた D に流れる電流の位相は、D が □エ リアクタンスであるため、その誘起電圧より進み、この電流によって電波が再放射される。
から再放射される電波は、S から矢印の方向へ放射された電波が $\lambda/4$ [m]の距離だけ伝搬した電波を □オ ことになる。



- | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| 1 遅れる | 2 $\pi/4$ | 3 誘導性 | 4 強める | 5 容量性 |
| 6 $\pi/2$ | 7 $\pi/2$ | 8 | 9 弱める | 10 進む |

B - 4 次の記述は、超短波 (VHF) 帯の電波が見通し外まで伝搬する場合について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 球面大地上の電波の回り込み現象及びナイフエッジ状の地形などによる □ア により、見通し外まで伝搬する。
- (2) 夏季に発生することのある □イ による反射により、見通し外まで伝搬する。
- (3) 大気や電離層の組成の局所的な乱れによる □ウ により、見通し外まで伝搬する。
- (4) 大気の □エ の高度分布などを表わす M 曲線が標準大気の場合と異なり逆転しているとき、これにより形成される □オ 内を電波が見通し外まで伝搬する。

- | | | | | |
|-------|-------|------|-----------|----------------------|
| 1 屈折率 | 2 回折 | 3 海面 | 4 フレネルゾーン | 5 導電率 |
| 6 吸収 | 7 磁気嵐 | 8 散乱 | 9 ラジオダクト | 10 スポラジック E 層 (Es) |

B - 5 次の記述は、垂直接地アンテナの実効高の測定について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、大地は完全導体とする。

- (1) 図に示すような構成において、垂直接地アンテナの実効高を h_e [m]、給電電流を I_0 [A] として、波長 λ [m] の電波を放射し、既知の実効高 h_L [m] のループアンテナで受信する。ループアンテナの受信電界強度 E は、次式で求められる。ただし、両アンテナ間の距離 d [m] は、 λ に比べて十分長いものとする。

$$E = \square \text{ア} \text{ [V/m]} \dots\dots$$

- (2) 受信点のループアンテナを最大感度方向にしたときの誘起電圧を V_L [V]、実効抵抗を R_L [] とすれば、受信電流 I_L は、次式となる。

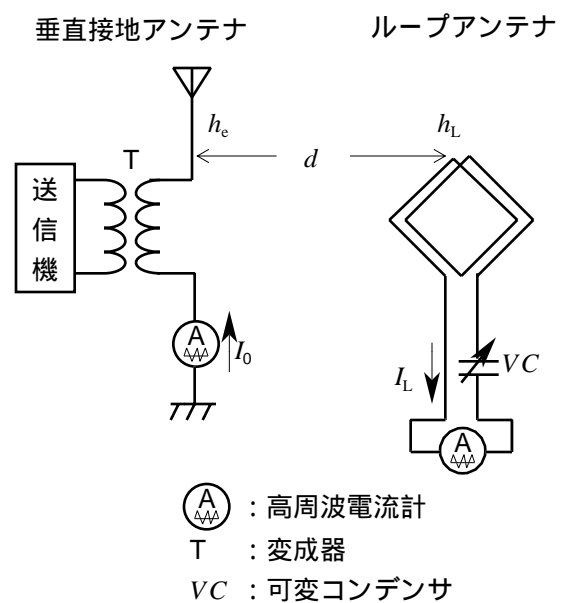
$$I_L = V_L / R_L = \square \text{イ} \text{ [A]} \dots\dots$$

式、より h_e は、次式で求められる。

$$h_e = \square \text{ウ} \text{ [m]} \dots\dots$$

- (3) ループアンテナの実効高 h_L は、ループの面積を A [m²]、巻数を N とすれば、 $h_L = \square \text{エ} \text{ [m]}$ であるので、式 に代入すれば、

$$h_e = \square \text{オ} \text{ [m]} \text{ となる。}$$



- | | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|------------------------|
| 1 $\frac{\lambda^2 d I_0 R_L}{120 \pi^2 I_L A N}$ | 2 $\frac{\pi A N}{2 \lambda}$ | 3 $\frac{\lambda d I_L R_L}{120 \pi h_L I_0}$ | 4 $\frac{120 \pi h_e I_0}{\lambda d}$ | 5 $\frac{E}{R_L h_L}$ |
| 6 $\frac{2 \pi A N}{\lambda}$ | 7 $\frac{\lambda^2 d I_L R_L}{240 \pi^2 I_0 A N}$ | 8 $\frac{\lambda d I_0 R_L}{60 \pi h_L I_L}$ | 9 $\frac{60 \pi h_e I_0}{\lambda d}$ | 10 $\frac{E h_L}{R_L}$ |