

AB103

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 自由空間の固有インピーダンス Z_0 [] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、真空の誘電率及び透磁率をそれぞれ ϵ_0 [F/m]、 μ_0 [H/m] とする。

- 1 $Z_0 = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}$
- 2 $Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$
- 3 $Z_0 = \frac{\epsilon_0}{\mu_0}$
- 4 $Z_0 = \left(\frac{\mu_0}{\epsilon_0}\right)^2$
- 5 $Z_0 = \left(\frac{\epsilon_0}{\mu_0}\right)^2$

A - 2 次の記述は、アンテナの実効面積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、波長を λ [m] とする。

(1) アンテナの実効面積を S_e [m²]、等方性アンテナの実効面積を S_s [m²] とすると、アンテナの絶対利得 G は、次式で表される。

$$G = S_e / S_s \quad \dots\dots$$

(2) ここで、アンテナを微小ダイポールとすると、その実効面積は、次式で表される。

$$S_e = \text{[A]} \text{ [m}^2\text{]} \quad \dots\dots$$

(3) 式 (1) に式 (2) 及び微小ダイポールの絶対利得 [B] (真数) を代入すると、等方性アンテナの実効面積は、次式で表される。

$$S_s = \text{[C]} \text{ [m}^2\text{]}$$

	A	B	C
1	$\frac{3\lambda^2}{8\pi}$	1.5	$\frac{\lambda^2}{2\pi}$
2	$\frac{3\lambda^2}{8\pi}$	1.0	$\frac{\lambda^2}{4\pi}$
3	$\frac{3\lambda^2}{8\pi}$	1.5	$\frac{\lambda^2}{4\pi}$
4	$\frac{3\lambda^2}{4\pi}$	1.0	$\frac{\lambda^2}{4\pi}$
5	$\frac{3\lambda^2}{4\pi}$	1.5	$\frac{\lambda^2}{2\pi}$

A - 3 次の記述は、半波長ダイポールアンテナの入力インピーダンス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) 入力インピーダンス Z_1 は、抵抗分を R []、リアクタンス分を X [] とすれば、次式で表される。

$$Z_1 = R + jX \text{ [A]} + j42.5 \text{ []}$$

(2) アンテナの長さを変化させたとき、半波長より短いほど上式の R と X は、 [B] なる。また、その変化の割合は、 R より X の方が [C] 。

	A	B	C
1	73.1	小さく	大きい
2	73.1	大きく	小さい
3	73.1	小さく	小さい
4	22.5	大きく	小さい
5	22.5	小さく	大きい

A - 4 開口面の直径が 0.5 [m] のパラボラアンテナを 10 [GHz] の周波数で使用する場合の絶対利得 (真数) 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。

- 1 600 2 800 3 1,200 4 1,600 5 1,900

A - 5 特性インピーダンスが 50 [Ω] の無損失の給電線にインピーダンスが $30 + j40$ [Ω] のアンテナを負荷として接続したとき、給電線の負荷の端子における電圧反射係数の大きさの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 0.4 2 0.5 3 0.6 4 0.8 5 1.2

A - 6 次の記述は、図 1 に示すように、コイルとコンデンサを用いて無損失給電線と純抵抗負荷を整合させるための条件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、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。また、無損失給電線の特性インピーダンスを Z_0 [Ω]、純抵抗負荷を R [Ω]、コイルのインダクタンスを L [H]、コンデンサの静電容量を C [F] 及び角周波数を ω [rad/s] とし、 $Z_0 > R$ とする。

(1) 図 2 に示す等価回路において、端子 ab から給電線側を見たインピーダンス [Ω] は、次式で表される。

$$Z = j\omega L + \frac{Z_0}{1 + j\omega C Z_0} \quad [\quad] \dots\dots$$

(2) 給電線の特性インピーダンスと負荷とを整合させるためには、 L 及び C の値を適当に選んで、 $Z = \square A$ とすればよいから、式 を用いて次式のように表される。

$$\square A = j\omega L + \frac{Z_0}{1 + j\omega C Z_0} \dots\dots$$

式 の両辺に、 $(1 + j\omega C Z_0)$ を掛けた式の左辺と右辺の □ B を等しいと置くと、次式が得られる。

$$Z_0(1 - \omega^2 LC) = R \dots\dots$$

また、左辺と右辺の □ C を等しいと置くと、次式が得られる。

$$L = CRZ_0 \dots\dots$$

(3) 式 と から、整合条件は、次式となる。

$$C = \frac{1}{\omega Z_0} \times \square D \quad [F]$$

$$L = \frac{R}{\omega} \times \square D \quad [H]$$

	A	B	C	D
1	Z_0	実数部	虚数部	$\sqrt{\frac{Z_0 - R}{R}}$
2	Z_0	虚数部	実数部	$\sqrt{\frac{R}{Z_0 - R}}$
3	R	実数部	虚数部	$\sqrt{\frac{R}{Z_0 - R}}$
4	R	虚数部	実数部	$\sqrt{\frac{R}{Z_0 - R}}$
5	R	実数部	虚数部	$\sqrt{\frac{Z_0 - R}{R}}$

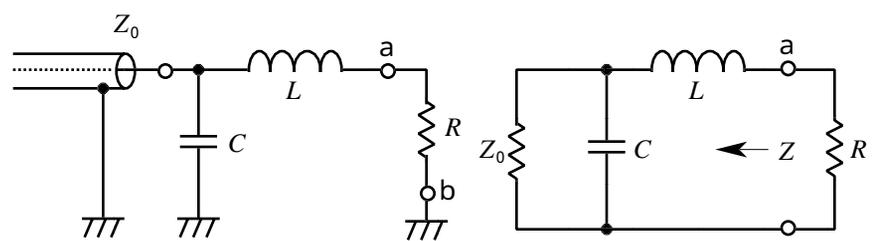


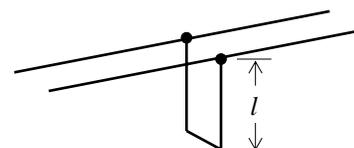
図 1

図 2

A - 7 次の記述は、平行二線式給電線に取り付けたトラップ回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。

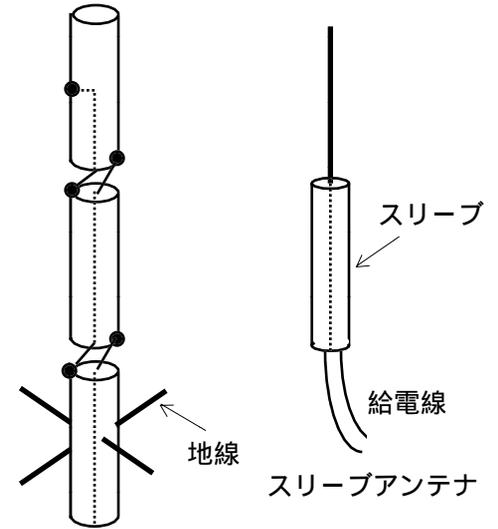
図に示すように、終端短絡線路の長さ l を基本波の波長の □ A にすると、基本波に対して、図のトラップ回路の入力インピーダンスが □ B [Ω] となり、トラップがない状態と同じになる。一方、第 2 高調波に対しては、入力インピーダンスが □ C [Ω] となる。

	A	B	C
1	1/4		
2	1/4	0	0
3	1/4		0
4	1/2	0	
5	1/2		0



A - 8 次の記述は、図に示すコリニアアレーアンテナとスリーブ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。ただし、2 つのアンテナの素子は大地に垂直であるものとする。

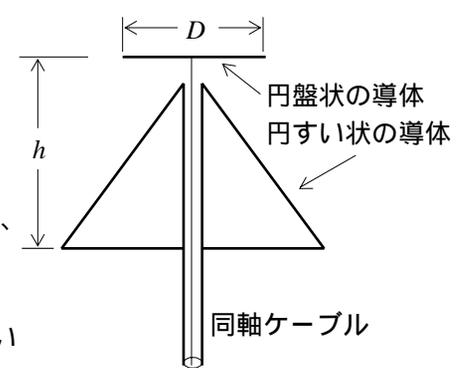
- 1 共に垂直偏波用アンテナである。
- 2 共に半波長ダイポールアンテナを基本素子として構成されたアンテナである。
- 3 水平面内の指向性は、共にほぼ全方向性である。
- 4 スリーブアンテナの相対利得はほぼ0〔dB〕である。
- 5 コリニアアレーアンテナは、基本素子を縦方向に積み重ねた構造で、各素子は互いに逆相で、同じ振幅の電流で励振される。



コリニアアレーアンテナ

A - 9 次の記述は、断面が図に示すようなディスク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。ただし、使用周波数の中心波長を λ 〔m〕、直径を D 〔m〕、高さを h 〔m〕とする。

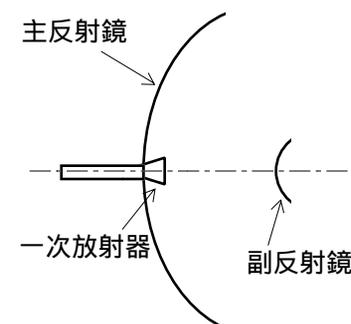
- 1 ディスクアンテナは、ダイポールアンテナのような線状アンテナを構成する素子の形状を変えて広帯域性を持つようにしたアンテナである。
- 2 水平面内の指向性は、全方向性である。
- 3 通常水平偏波のアンテナとして、超短波（VHF）及び極超短波（UHF）帯で多く用いられる。
- 4 通常円すい状の導体の頂角が約60度の場合で、かつ D 及び h を適切な大きさにすると、給電点のインピーダンスがほぼ50〔 Ω 〕になるので、同軸ケーブルと直接接続できる。
- 5 D 、 h の寸法をそれぞれ使用最低周波数に対して適切な長さにする、インピーダンス、定在波比とも使用最低周波数のほぼ8倍くらいまで一定であるが、実際には4倍くらいまでの周波数範囲で用いることが多い。



A - 10 次の記述は、図に示すカセグレ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) 一次放射器から放射された電波は、回転□Aから成る副反射鏡で反射されて球面波に変換され、さらに回転放物面から成る主反射鏡で反射されて□Bに変換され、外部に放射される。
- (2) 一次放射器を主反射鏡の中心付近に置くことができるので、□Cを短くできる。

- | A | B | C |
|-------|-----|------|
| 1 双曲面 | 平面波 | 給電回路 |
| 2 双曲面 | 円偏波 | 焦点距離 |
| 3 だ円面 | 平面波 | 焦点距離 |
| 4 だ円面 | 円偏波 | 焦点距離 |
| 5 だ円面 | 円偏波 | 給電回路 |

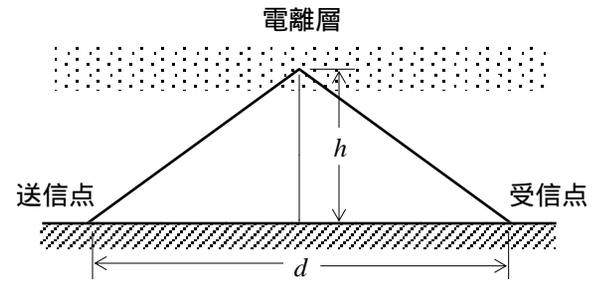


A - 11 自由空間に置かれた半波長ダイポールアンテナから100〔W〕の電力を放射したとき、最大放射方向の受信点での電界強度が2〔mV/m〕となった。このときの送受信点間の距離の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 8〔km〕
- 2 10〔km〕
- 3 15〔km〕
- 4 20〔km〕
- 5 35〔km〕

A - 12 図に示すように、見掛けの高さが h [m] の電離層の下で、全方向性アンテナから周波数 16 [MHz] の電波を放射したとき、送信点から半径 d が 1,200 [km] 以内の大地上では電離層反射波を受信できなかった。このときの d の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、臨界周波数は 8 [MHz] とし、図は一つの放射方向を示したものである。また、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

- 1 100 [km]
- 2 173 [km]
- 3 268 [km]
- 4 346 [km]
- 5 1,038 [km]



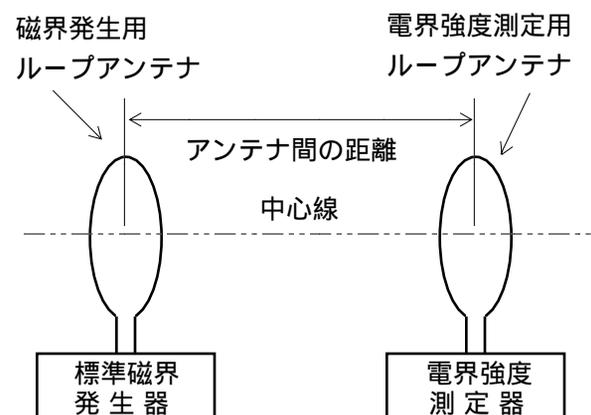
A - 13 次の記述は、中緯度地域における電離層の F 層について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) F 層は電離層で最も高いところに存在し、地上から約 200 400 [km] の上空にある。この層は冬季を除いて、□ A □ においては F_1 層と F_2 層に分れ、□ B □ は一つにまとまる。
- (2) 電子密度の大きさは、 F_1 層、 F_2 層ともに □ C □ 頃が最大となる。

	A	B	C
1	昼間	夜間	正午
2	昼間	夜間	日出・日没
3	昼間	夜間	深夜
4	夜間	昼間	日出・日没
5	夜間	昼間	正午

A - 14 次の記述は、図に示す構成例において、標準磁界発生器を用いて短波 (HF) 用の電界強度測定器を校正するための手順及び考慮すべき事項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、ループ面の直径は波長に比べて十分小さいものとする。

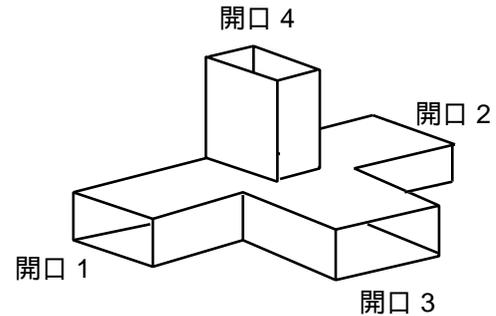
- 1 測定場所は、付近に電磁界のじょう乱、電波雑音及び混信のできるだけ少ないところを選定する。
- 2 校正に必要なレベルの電界強度が得られるように、磁界発生用ループアンテナの電流と両アンテナ間の距離を決める。これらを決めるため、磁界発生用ループアンテナの形状、寸法及びアンテナ電流とある距離の点における電界強度との関係を計算により作成した曲線を用いる。
- 3 磁界発生用ループアンテナと校正しようとする電界強度測定器の測定用ループアンテナの距離を定め、両アンテナの中心を一直線上に置き両アンテナの面が互いに直角になるように配置する。
- 4 標準磁界発生器の周波数を電界強度測定器の測定しようとする周波数に合わせ、磁界発生用ループアンテナ電流の大きさを必要な値に調整する。電界強度測定器で測定して得られた電界強度と計算により求めた電界強度の値との偏差を求め、電界強度測定器を校正する。周波数間隔を適宜選んで測定を行えば、所要周波数帯について校正ができる。
- 5 測定に用いるループアンテナは、不平衡電流を防ぐため、二重遮へいしたものを用いる。



A - 15 次の記述は、図に示すマジック T を用いて未知のインピーダンス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。ただし、同じ記号の □内には、同じ字句が入るものとする。また、測定器相互間の整合はとれているものとし、接続部からの反射は無視できるものとする。

- (1) 未知のインピーダンスを測定するには、開口 1 に標準可変インピーダンス、開口 2 に被測定インピーダンスを接続し、開口 3 に □ A □、開口 4 に □ B □ を接続する。
- (2) 標準可変インピーダンスを加減して □ B □ への出力が □ C □ になるようにする。このときの標準可変インピーダンスの値が被測定インピーダンスの値である。

	A	B	C
1	抵抗減衰器	終端抵抗	最大
2	抵抗減衰器	検波器	最大
3	抵抗減衰器	終端抵抗	零
4	高周波発振器	検波器	零
5	高周波発振器	終端抵抗	最大



A - 16 次の記述は、電波無響室（電波暗室）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) 室内の壁面などに貼りつける電波吸収材は、壁面などからの □ A □ をできるだけ小さくし、室内を自由空間の状態に近づけるため、一般にくさび状に加工したり、多層構造にしてある。
- (2) 室内でアンテナの特性を測定するとき、被測定アンテナは、通常、□ B □ に置かれる。
- (3) 所定の反射係数を持たせるための電波吸収材の厚さは、周波数が低いほど、□ C □ なる。

	A	B	C
1	反射波	クワイエットゾーン	薄く
2	反射波	クワイエットゾーン	厚く
3	反射波	フレネルゾーン	厚く
4	回折波	フレネルゾーン	厚く
5	回折波	クワイエットゾーン	薄く

A - 17 次の記述は、長波（ LF ）帯及び中波（ MF ）帯で用いられる接地アンテナの放射効率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) アンテナの近くにある建造物や支持碍子（がいし）などによる □ A □ は、放射効率を低下させる。
- (2) ダイポールアンテナに比べて放射効率が □ B □ 。
- (3) 一般に、波長に比べてアンテナ素子が □ C □ アンテナは、放射抵抗が小さく、損失抵抗が放射抵抗に比べて大きくなるので放射効率が悪い。

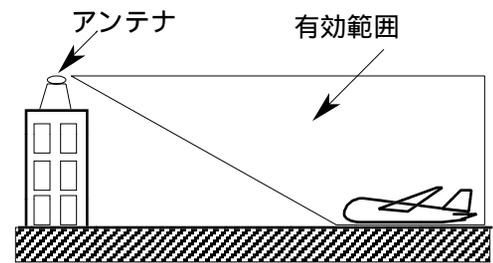
	A	B	C
1	コロナ損	悪い	短い
2	コロナ損	良い	長い
3	コロナ損	悪い	長い
4	誘電損	悪い	短い
5	誘電損	良い	長い

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。
- 2 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。
- 3 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。
- 4 高次モードの遮断波長は、基本モードの遮断波長より短い。
- 5 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る。

A - 19 次の記述は、図に示す空港面探知レーダー（ASDER）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。

- 1 空港の地面上にある物標からの反射波強度が、アンテナからの距離に関係なくほぼ一定になる放射特性を持っている。
- 2 悪天候でも使用できるように直線偏波用アンテナを用いる。
- 3 方位分解能を良くするために水平面内のビーム幅を狭くしてある。
- 4 放射部は、一次ホーン、主反射器及び副反射器で構成されている。
- 5 離着陸する航空機の機影を高輝度で連続的に表示するため、アンテナの毎分の回転数は、通常のレーダーより多い。



A - 20 次の記述は、 k 形フェージング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 等価地球半径係数 k が時間的に変化するために生ずる。
- 2 干渉 k 形フェージングは、直接波と電離層反射波の干渉が k の変化により変動するために生ずる。
- 3 干渉 k 形フェージングの影響を避けるために、電波の反射点が凹凸の大きい地形となるように、あるいは反射波が途中の山などの地形によって遮へいされるように伝搬路を選定する。
- 4 回折 k 形フェージングは、電波通路と大地との間隔（クリアランス）が十分でなく、かつ k が小さくなると電波が下向きに大地の方へ屈折するので、大地の回折損を受けて生ずる。
- 5 回折 k 形フェージングは、地表付近に霧が発生したときなどに多く生ずる。

B - 1 次の記述は、送信点から十分遠方における電界強度の計算式を誘導する過程を述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 等方性アンテナの放射電力を P_0 [W] とすると、そのアンテナから半径 d [m] の球面を通過する電波の単位面積当たりの電力 w は次式によって表される。

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

- (2) 一方、ポインティング電力 p は、電界強度 E [V/m]、磁界強度 H [A/m] を用いて、次式で表すことができる。

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

自由空間の特性インピーダンスを Z_0 [] とすれば、 E と H との間には $E = Z_0 H$ の関係がある。 $Z_0 = \text{ウ}$ [] を代入して、式は次式となる。

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

- (3) 等方性アンテナから距離 d における E は、式 と から、次式となる。

$$E = \text{オ} \quad [\text{V/m}]$$

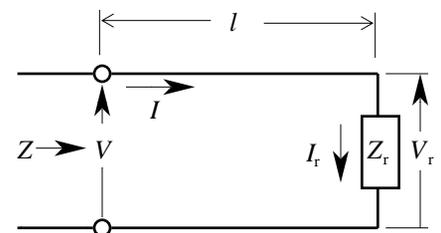
- | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|---|---------------------|---|-------------------------------|----|------------------------|
| 1 | 120π | 2 | $\frac{\sqrt{45P_0}}{d}$ | 3 | $\frac{E^2}{30\pi}$ | 4 | $\frac{\sqrt{P_0}}{4\pi d^2}$ | 5 | $\frac{H}{E}$ |
| 6 | $\frac{\sqrt{30P_0}}{d}$ | 7 | EH | 8 | 60π | 9 | $\frac{E^2}{120\pi}$ | 10 | $\frac{P_0}{4\pi d^2}$ |

B - 2 次の記述は、図に示すように、無損失給電線の終端から l [m] の距離にある入力端から負荷側を見たインピーダンス Z [] 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、終端における電圧を V_r [V]、電流を I_r [A]、負荷インピーダンスを Z_r [] とし、無損失給電線の特性インピーダンスを Z_0 []、位相定数を β [rad/m]、波長を λ [m] とすれば、入力端における電圧 V と電流 I は、次式で表されるものとする。

$$V = V_r \cos \beta l + j Z_0 I_r \sin \beta l \quad [\text{V}]$$

$$I = I_r \cos \beta l + j (V_r / Z_0) \sin \beta l \quad [\text{A}]$$

- (1) Z は V と I から $Z = \text{ア}$ [] で表される。 $Z_r = Z_0$ のとき、任意の l に対して入力インピーダンスは変化 イ 。
- (2) 終端が開放されているとき、 Z_r は ウ [] となり、 Z は エ [] となる。
- (3) l の増加にともなって、容量性と誘導性を繰り返す。 $l = \text{オ}$ [m] (n は整数) のとき、並列共振となり、 Z は となる。



- | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-----------------------|---|---------------------------|---|---|----|----|
| 1 | $j Z_0 \tan \beta l$ | 2 | $\frac{n\lambda}{2}$ | 3 | しない | 4 | $Z_0 \frac{Z_0 + j Z_r \tan \beta l}{Z_r + j Z_0 \tan \beta l}$ | 5 | 0 |
| 6 | | 7 | $-j Z_0 \cot \beta l$ | 8 | $\frac{(2n+1)\lambda}{4}$ | 9 | $Z_0 \frac{Z_r + j Z_0 \tan \beta l}{Z_0 + j Z_r \tan \beta l}$ | 10 | する |

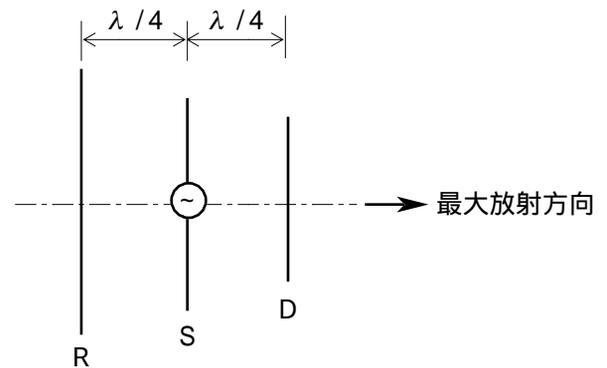
B - 3 次の記述は、衛星通信における電波伝搬について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 地上の無線回線でフェージングを生ずる □ア などのような大気屈折率の変化は、一般に地表面に平行に生ずるので、この変化が衛星回線へ及ぼす影響は、□イ 地域などで低仰角伝搬路となる場合を除いてほとんど無視できる。
- (2) 伝搬特性が安定であり、また、□ウ フェージングが生じないので、広帯域伝送が可能である。
- (3) 電離層の影響はほとんど無視できるが、□エ [GHz] 付近までの周波数の領域では偏波面の回転が生ずる。このため、□オ のアンテナを用いてその影響を取り除くようにしていることが多い。

- | | | | | |
|-------|------|-------|---------|---------|
| 1 極 | 2 散乱 | 3 赤道 | 4 電波ダクト | 5 2 |
| 6 選択性 | 7 10 | 8 エコー | 9 円偏波 | 10 垂直偏波 |

B - 4 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、R 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 □カ 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。

放射される電波は、S から矢印の方向へ放射され、 $\lambda/4$ [m] の距離だけ伝搬した電波を □オ ことになる。

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

B - 5 次の記述は、給電線の特異インピーダンス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、損失は無視できるものとする。

- (1) 給電線の終端に既知抵抗 R [] を接続し、給電線上の電圧分布の最大値及び最小値を測定した値をそれぞれ V_{\max} [V] 及び V_{\min} [V] とする。このときの電圧定在波比 S は、電圧反射係数 Γ を用いて次式で表される。

$$S = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \square \text{ア} \dots\dots$$

- (2) Γ は R と給電線の特異インピーダンス Z_0 [] を用いて次式で表される。

$$\Gamma = \square \text{イ} \dots\dots$$

- (3) 式 及び より Γ を消去し、 S を R と Z_0 で表せば、次式となる。

$$S = \square \text{ウ} \dots\dots$$

- (4) $R < Z_0$ のときには、式 より、 $S = \square \text{エ}$ であるから、 Z_0 は次式となる。

$$Z_0 = R \times \square \text{オ} []$$

$R > Z_0$ のときにも同様に、 Z_0 を求めることができる。

また、定在波が現れないときには、 $Z_0 = R$ である。

したがって、給電線上の電圧分布の最大値と最小値を測定すれば、給電線の特異インピーダンスを求めることができる。

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 $\frac{R-Z_0}{R+Z_0}$ | 2 $\frac{R}{Z_0}$ | 3 $\frac{V_{\min}}{V_{\max}}$ | 4 $\frac{1+ \Gamma }{1- \Gamma }$ | 5 $\frac{ R+Z_0 - R-Z_0 }{ R+Z_0 + R-Z_0 }$ |
| 6 $\frac{Z_0}{R}$ | 7 $\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$ | 8 $\frac{1- \Gamma }{1+ \Gamma }$ | 9 $\frac{R+Z_0}{R-Z_0}$ | 10 $\frac{ R+Z_0 + R-Z_0 }{ R+Z_0 - R-Z_0 }$ |