

GB507

第二級陸上無線技術士「無線工学 B」試験問題

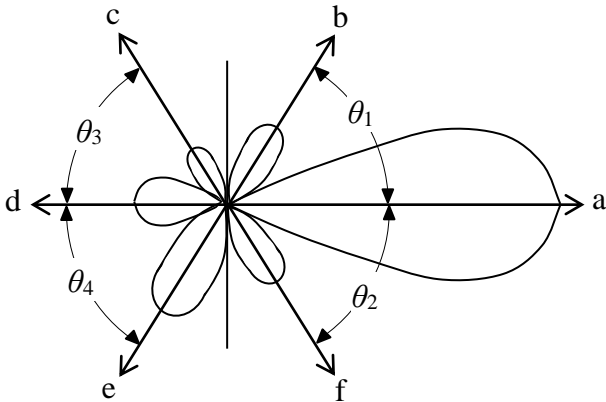
25 問 2 時間 30 分

A－1 自由空間において、到来電波の電界強度が 4 [V/m] であった。このときの磁界強度の値として、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
- $5.3 \times 10^{-3}$  [A/m]
- 2
- $6.5 \times 10^{-3}$  [A/m]
- 3
- $7.3 \times 10^{-3}$  [A/m]
- 4
- $8.6 \times 10^{-3}$  [A/m]
- 5
- $1.1 \times 10^{-2}$  [A/m]

A－2 図に示す電界強度の放射パターンを持つアンテナの前後(FB)比の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、メインローブの最大放射方向 a の大きさを 0 [dB] としたとき、サイドローブの b、c、d、e 及び f 方向の大きさをそれぞれ－15 [dB]、－19 [dB]、－17 [dB]、－11 [dB] 及び－13 [dB] とし、また、角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  及び  $\theta_4$  はすべて 58 度とする。

- 1
- 11 [dB]
- 2
- 13 [dB]
- 3
- 15 [dB]
- 4
- 17 [dB]
- 5
- 19 [dB]



A－3 次の記述は、アンテナの指向性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) アンテナから電波が放射されるとき、又はアンテナに電圧が誘起されるとき、電波の方向に関する特性であり、アンテナからの距離に □ A □ 指向性係数によって表される。
- (2) 送信アンテナと受信アンテナとの間に □ B □ が成り立つ場合は、同一のアンテナを送信に用いたときの指向性と受信に用いたときの指向性は等しい。
- (3) 一般に、放射 □ C □ 強度のパターンか、又は放射電力束密度のパターンで表される。

A	B	C
1 反比例する	補対の関係	磁界
2 反比例する	可逆性	電界
3 反比例する	可逆性	磁界
4 関係しない	可逆性	電界
5 関係しない	補対の関係	磁界

A－4 次の記述は、円形の開口面アンテナの利得とビームの電力半値幅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、開口面の直径は波長に比べて大きく、波長及び開口効率是一定であり、アンテナの損失はなく、開口面上の電磁界分布は一様であるものとする。

- (1) 利得は、開口面の直径が小さいほど □ A □ なる。
- (2) ビームの電力半値幅は、電界強度が最大放射方向の値の □ B □ になる二つの方向にはさまれる角度の幅であり、開口面の直径が大きいほど小さくなる。
- (3) 利得は、ビームの電力半値幅が大きいほど □ C □ なる。

A	B	C
1 小さく	$1/\sqrt{2}$	小さく
2 小さく	$1/2$	大きく
3 大きく	$1/\sqrt{2}$	小さく
4 小さく	$1/\sqrt{2}$	大きく
5 大きく	$1/2$	大きく

A-5 同じアンテナに対して定義されている利得を値の小さい順に左から並べたものとして、正しいものを下の番号から選べ。

- |         |       |       |
|---------|-------|-------|
| 1 指向性利得 | 絶対利得  | 相対利得  |
| 2 相対利得  | 指向性利得 | 絶対利得  |
| 3 絶対利得  | 指向性利得 | 相対利得  |
| 4 絶対利得  | 相対利得  | 指向性利得 |
| 5 相対利得  | 絶対利得  | 指向性利得 |

A-6 特性インピーダンスが 50 [Ω]、長さが 0.5 [m] の無損失給電線の出力端を短絡したとき、入力端から見たインピーダンスの値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、周波数を 50 [MHz] とし、また、特性インピーダンスが  $Z_0$  [Ω] で、長さが  $l$  [m] の無損失給電線にインピーダンスが  $Z_d$  [Ω] の負荷を接続したときの入力端から見たインピーダンス  $Z_i$  は、位相定数を  $\beta$  [rad/m] とすると、次式で表される。

$$Z_i = Z_0 \left( \frac{Z_d \cos \beta l + j Z_0 \sin \beta l}{Z_0 \cos \beta l + j Z_d \sin \beta l} \right) \text{ [}\Omega\text{]}$$

- 1  $j50/\sqrt{3}$  [Ω]      2  $j50$  [Ω]      3  $j50\sqrt{3}$  [Ω]      4  $j100$  [Ω]      5  $j100\sqrt{3}$  [Ω]

A-7 次の記述は、無損失給電線上の定在波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 負荷と整合していない給電線に高周波電圧を加えると、負荷の接続されている受端（終端）で反射波が発生し、入射波と合成され給電線上に定在波が生ずる。
- 2 受端開放の給電線では、定在波の電圧波腹は受端及び受端から 1/4 波長の偶数倍の点に、電圧波節は受端から 1/4 波長の奇数倍の点に生ずる。
- 3 受端短絡の給電線では、定在波の電圧波節は受端及び受端から 1/4 波長の偶数倍の点に、電圧波腹は受端から 1/4 波長の奇数倍の点に生ずる。
- 4 反射波がなく、定在波が生じていない給電線上の電圧定在波比 (VSWR) は、1 である。
- 5 定在波の電圧波腹と電流波腹は、給電線上の 1/2 波長ずれた位置に生ずる。

A-8 次の記述は、アンテナと給電線を整合させるための対称形集中定数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。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。また、給電線は無損失とし、その特性インピーダンス  $Z_0$  を 600 [Ω]、アンテナの入力抵抗  $R$  を 12 [Ω] とする。

(1) 特性インピーダンス  $Z_0$  の給電線と入力抵抗  $R$  のアンテナを図に示すリアクタンス  $X$  を用いた対称形集中定数回路により整合させるためには、次式が成立しなければならない。

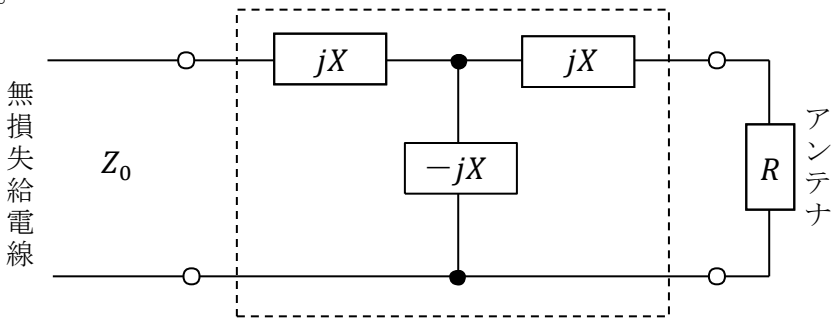
$$Z_0 = jX + \frac{-jX \left( \begin{matrix} \square A \end{matrix} \right)}{\left( \begin{matrix} \square A \end{matrix} \right) - jX}$$

(2) これより、整合条件は次式で与えられる。

$$X = \begin{matrix} \square B \end{matrix}$$

(3) 題意の数値を代入すれば、 $X$  は次の値となる。

$$X \asymp \begin{matrix} \square C \end{matrix} \text{ [}\Omega\text{]}$$



対称形集中定数回路

- | A        | B              | C   |
|----------|----------------|-----|
| 1 $R+jX$ | $\sqrt{2RZ_0}$ | 120 |
| 2 $R+jX$ | $\sqrt{RZ_0}$  | 85  |
| 3 $R+jX$ | $\sqrt{RZ_0}$  | 60  |
| 4 $R-jX$ | $\sqrt{2RZ_0}$ | 170 |
| 5 $R-jX$ | $\sqrt{RZ_0}$  | 43  |

A-9 方形導波管内の電磁波の位相速度が  $4.5 \times 10^8$  [m/s] であるとき、電磁波の群速度の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、導波管の内部は空気とする。

- 1  $1.5 \times 10^8$  [m/s]      2  $2.0 \times 10^8$  [m/s]      3  $2.5 \times 10^8$  [m/s]      4  $3.6 \times 10^8$  [m/s]      5  $4.5 \times 10^8$  [m/s]

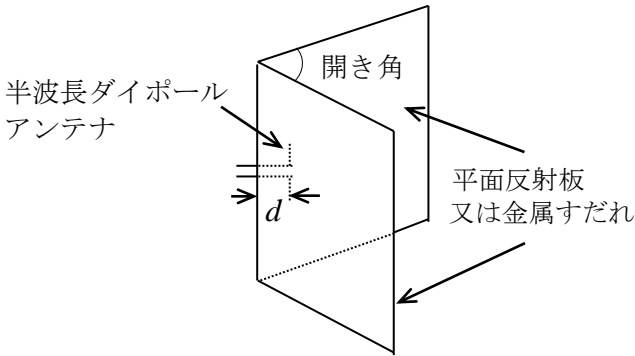
A-10 素子の太さが等しい二線式折返し半波長ダイポールアンテナへの給電電流が 1.0 [A] であるときに放射される電力の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナにおける損失はないものとする。

- 1 86 [W]      2 128 [W]      3 292 [W]      4 437 [W]      5 584 [W]

A-11 次の記述は、図に示すコーナレフレクタ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。ただし、波長を  $\lambda$  [m] とし、平面反射板又は金属すだれは、電波を理想的に反射する大きさとする。

- (1) 半波長ダイポールアンテナに平面反射板又は金属すだれを組み合わせた構造であり、金属すだれは半波長ダイポールアンテナの放射素子に平行に導体棒を並べたもので、導体棒の間隔は平面反射板と等価な反射特性を得るために約 □ A □ 以下にする必要がある。
- (2) 開き角は、 $60^\circ$  又は  $90^\circ$  の場合などがあり、半波長ダイポールアンテナとその影像の合計数は、 $60^\circ$  では □ B □ 、 $90^\circ$  では 4 個であり、これらの複数のアンテナの効果により、半波長ダイポールアンテナ単体の場合よりも鋭い指向性と大きな利得が得られる。
- (3) アンテナパターンは、図に示す距離  $d$  [m] によって大きく変わる。開き角が  $90^\circ$  のとき、 $d = \lambda$  では指向性が二つに割れて正面方向では零になり、 $d = 1.5\lambda$  では主ビームは鋭くなるがサイドローブを生ずる。一般に、□ C □ となるように  $d$  を  $\lambda/4 \sim 3\lambda/4$  の範囲で調整する。

	A	B	C
1	$\lambda/10$	3 個	全方向性
2	$\lambda/10$	4 個	単一指向性
3	$\lambda/10$	6 個	単一指向性
4	$\lambda/4$	6 個	全方向性
5	$\lambda/4$	4 個	単一指向性



A-12 次の記述は、各種アンテナの特徴など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 ホイップアンテナの指向性は、水平面は全方向性であるが、垂直面は全方向性ではない。
- 2 スリーブアンテナの利得は、半波長ダイポールアンテナとほぼ同じである。
- 3 ディスコーンアンテナは、スリーブアンテナに比べて広帯域なアンテナである。
- 4 ホーンアンテナは、開口面の大きさを一定にしたまま、ホーンの長さを長くすると利得は大きくなる。
- 5 カセグレンアンテナの副反射鏡は、回転放物面である。

A-13 次の記述は、オフセットパラボラ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。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 曲面が □ A □ の反射鏡の一部と、□ A □ の焦点に置かれた一次放射器から構成されている。
- (2) 開口面の正面に一次放射器や給電線路など電波の通路をさえぎるものがないため □ B □ が良く、放射特性が良好である。
- (3) 衛星用の受信アンテナとして用いる場合、同じ仰角で用いる開口径の等しい円形パラボラアンテナに比べて、大地からの熱雑音の影響を □ C □ 。

	A	B	C
1	回転双曲面	開口効率	受けやすい
2	回転双曲面	面精度	受けにくい
3	回転放物面	開口効率	受けにくい
4	回転放物面	面精度	受けやすい
5	回転双曲面	開口効率	受けにくい

A-14 次の記述は、電波の地上波伝搬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。

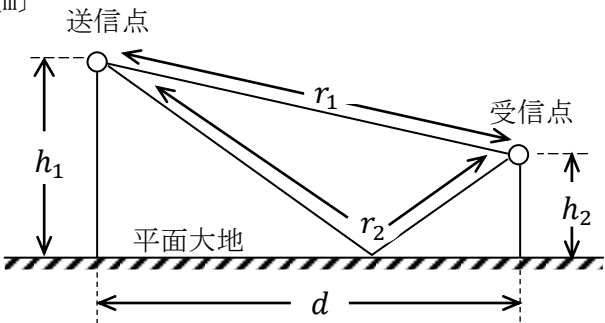
- (1) 地表波は、地表面に沿って伝搬する波で、周波数が □ A □ ほど、また、大地の導電率が大きいくほど減衰が小さく、陸上の方が海上より減衰が □ B □ 。
- (2) 超短波 (VHF) 帯の地上波伝搬において、送信点と受信点の距離から見て球面大地による損失があり到底通信に必要な電界強度が得られないと思われるときであっても、送信点と受信点の途中に山岳があると □ C □ によって通信に必要な電界強度が得られることがある。この場合の山岳が存在するために得られる伝搬損失の軽減量は、山岳利得と呼ばれている。

	A	B	C
1	高い	小さい	回折波
2	高い	大きい	散乱波
3	低い	大きい	回折波
4	低い	小さい	回折波
5	低い	大きい	散乱波

A-15 図に示す平面大地上にある送受信点間の伝搬において、地上高  $h_1$  が 40 [m] の送信点から地上高  $h_2$  が 20 [m] の受信点に至る直接波の伝搬通路長  $r_1$  と大地反射波の伝搬通路長  $r_2$  との通路差による位相差が  $2\pi \times 10^{-2}$  [rad] であった。このときの地表距離  $d$  [km] の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、周波数を 150 [MHz] とし、 $h_1 \ll d$  及び  $h_2 \ll d$  とする。また、 $r_1$  及び  $r_2$  は次式で与えられるものとする。

$$r_1 \doteq d \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{h_1 - h_2}{d} \right)^2 \right\} \text{ [m]} \qquad r_2 \doteq d \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{h_1 + h_2}{d} \right)^2 \right\} \text{ [m]}$$

- 1 20 [km]
- 2 27 [km]
- 3 40 [km]
- 4 54 [km]
- 5 80 [km]



A-16 次の記述は、短波 (HF) 帯の電波伝搬におけるフェージング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) 電離層の電子密度は時々刻々変化するので、跳躍距離に対応する電離層の反射点では電波が反射したり突き抜けたりする現象を繰り返し、跳躍距離付近では電界強度が激しく変動する。このようにして発生するフェージングを □ A □ フェージングという。
- (2) 直線偏波で放射された電波は、電離層を通過すると □ B □ となり、電離層の変動によって偏波面が変動する。この電波を一つの直線状アンテナで受信すると誘起電圧が変動する。このようにして発生するフェージングを □ C □ フェージングという。

A	B	C
1 干渉性	楕円偏波	偏波性
2 干渉性	垂直偏波	$k$ 形
3 干渉性	楕円偏波	$k$ 形
4 跳躍性	垂直偏波	$k$ 形
5 跳躍性	楕円偏波	偏波性

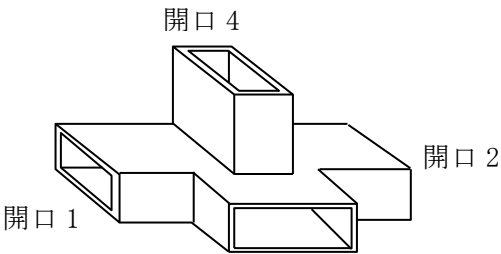
A-17 次の記述は、太陽フレアについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 太陽フレアとは、太陽の表面の爆発現象で、X線などの電磁波、高エネルギー粒子、プラズマなどが地球に到達し、停電、通信障害、人工衛星などへ様々な影響を及ぼすことが知られている。
- 2 太陽フレアは、太陽の黒点活動との関連性はない。
- 3 太陽フレアが起きると、大量の放射線だけでなく、数万～数 10 億電子ボルトの電子や陽子・重イオンなどの高エネルギーの粒子も放出される。
- 4 太陽から吹き出す極めて高温で電離した粒子（プラズマ）のことを太陽風という。
- 5 太陽フレアによって引き起こされる現象のひとつに、デリンジャ現象がある。

A-18 次の記述は、図に示すマジック T によるインピーダンスの測定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。

- (1) 任意のインピーダンスを開口 1 及び開口 2 に接続して、開口 3 からマイクロ波を入力すると、等分されて開口 1 及び開口 2 へ進む。開口 1 及び開口 2 からの反射波があると、開口 4 へ出力され、その大きさは、二つの反射波の □ A □ である。
- (2) 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、開口 3 にマイクロ波発振器及び開口 4 に □ B □ を接続し、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 和	終端抵抗	零
2 差	終端抵抗	最大
3 差	検出器	零
4 和	終端抵抗	最大
5 和	検出器	最大



A-19 1/4 波長垂直接地アンテナの接地抵抗を測定したとき、周波数 3〔MHz〕で 2〔Ω〕であった。このアンテナの放射効率の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、大地は完全導体とし、アンテナ導線の損失抵抗及び接地抵抗による損失以外の損失は無視できるものとする。また、波長を  $\lambda$ 〔m〕とすると、給電点から見たアンテナ導線の損失抵抗  $R_L$  は、次式で表されるものとする。

$$R_L = 0.1\lambda/8 \text{〔}\Omega\text{〕}$$

- 1
0.58
- 2
0.68
- 3
0.72
- 4
0.87
- 5
0.92

A-20 次の記述は、電波暗室と電波吸収体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)
屋外でアンテナ特性を測定すると、大地や周囲の建造物などからの反射波が直接波とともに受信されるため、良好な測定結果が得られない場合がある。電波暗室は、壁、天井及び床に電波吸収体を張り付けて、室内を □ A の状態に近づけ、この中でアンテナ特性などの測定が行えるような構造にしたものである。
- (2)
電波吸収体は、電波がその表面に入射したとき、反射されずに内部へ十分に進入して吸収されることが必要である。誘電材料を用いた電波吸収体の場合には、 □ B 粉末を誘電体表面に塗布したり、誘電体の内部に混入したりする。その形状には、表面を □ C にしたものや、誘電率の異なる平板状の材料を層状に重ねたものなどがある。

A	B	C
1 自由空間	黒鉛	球状
2 自由空間	フェライト	球状
3 自由空間	黒鉛	ピラミッド状
4 誘導電磁界領域	フェライト	ピラミッド状
5 誘導電磁界領域	フェライト	球状

B-1 次の記述は、微小ダイポール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を下の番号から選べ。ただし、波長を  $\lambda$ 〔m〕とし、長さ  $l$ 〔m〕の微小ダイポールの放射抵抗  $R_r$  は、次式で表されるものとする。

$$R_r=80\left(\frac{\pi l}{\lambda}\right)^2 \text{〔}\Omega\text{〕}$$

- (1)
微小ダイポールの実効面積  $A_e$  は、受信有能電力を  $P_a$ 〔W〕、到来電波の電力束密度を  $p$ 〔W/m<sup>2</sup>〕とすれば、次式で与えられる。  
 $A_e =$  □ ア 〔m<sup>2</sup>〕 . . . . . ①
- (2)
 $P_a$  は、アンテナの誘起電圧  $V_a$ 〔V〕及び  $R_r$ を用いて、次式で与えられる。  
 $P_a =$  □ イ 〔W〕 . . . . . ②
- (3)
 $V_a$  は、到来電波の電界強度  $E$ 〔V/m〕と  $l$ 〔m〕から、次式で与えられる。  
 $V_a =$  □ ウ 〔V〕 . . . . . ③
- (4)
 $p$  は、 $E$  と自由空間の固有インピーダンスから、次式で与えられる。  
 $p =$  □ エ 〔W/m<sup>2</sup>〕 . . . . . ④
- (5)
式①、②、③、④より、 $A_e$  は次式で表される。  
 $A_e =$  □ オ  $\times \frac{\lambda^2}{\pi}$  〔m<sup>2</sup>〕

1	$\frac{P_a}{p}$	2	$\frac{V_a^2}{4R_r}$	3	$El$	4	$\frac{E^2}{120\pi}$	5	$\frac{3}{8}$
6	$\frac{p}{P_a}$	7	$\frac{V_a^2}{2R_r}$	8	$2El$	9	$120\pi E^2$	10	$\frac{8}{3}$

B-2 次の記述は、同軸ケーブルと方形導波管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
同軸ケーブルの特性インピーダンスの大きさは、外部導体と内部導体の間にある誘電体の比誘電率が小さいほど小さい。
- イ
同軸ケーブルは、使用周波数が高くなると導体損と誘電損がともに増加する。
- ウ
同軸ケーブルの基本モードは、TEMモードである。
- エ
方形導波管の管内波長は、自由空間の波長よりも短い。
- オ
方形導波管は、遮断周波数を超える周波数の電磁波は伝送できない。

B-3 次の記述は、スロット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を下の番号から選べ。ただし、導体平板は波長に比べて十分大きいものとする。

- 図 1 に示すように、スロットの長さを  $l$  [m]、横幅を  $w$  [m]、波長を  $\lambda$  [m] とすれば、通常 □ ア の関係を満足するように作られている。
- 図 1 に示すように置かれたスロットアンテナからの放射電波は、大地面を紙面に垂直な面とすると、□ イ となり、その指向性は、図 2 に示す補対の関係にある □ ウ アンテナの電界と磁界を入れ替えたときの指向性にほぼ等しい。
- 同軸給電線を用いて給電するときには、スロットアンテナの中央における入力インピーダンスが同軸給電線のインピーダンスに比べて非常に □ エ ので、給電 □ オ を変化させて、同軸給電線と整合をとる。

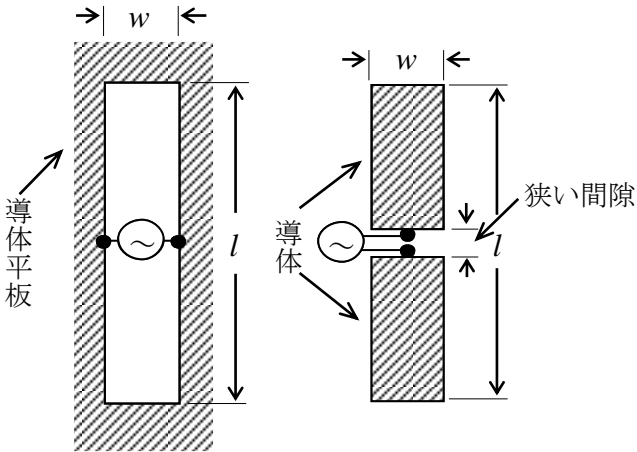


図 1 スロットアンテナ

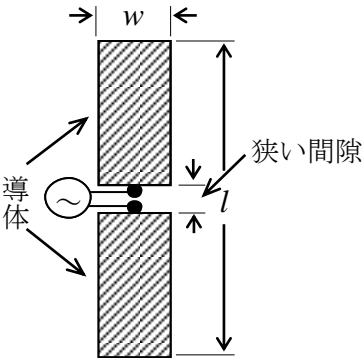


図 2

- |                        |        |          |       |       |
|------------------------|--------|----------|-------|-------|
| 1 $w \ll l < \lambda$  | 2 水平偏波 | 3 四角形ループ | 4 大きい | 5 位置  |
| 6 $w \leq \lambda < l$ | 7 垂直偏波 | 8 ダイポール  | 9 小さい | 10 電圧 |

B-4 次の記述は、マイクロ波(SHF)帯の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。

- 降雨による減衰は、電波が雨滴にあたり、そのエネルギーの一部が □ ア や散乱されることによって生ずる。
- 伝搬路が長いほど、フェージングの発生頻度と □ イ がともに大きくなる。また、伝搬路の平均地上高が高いほどフェージングは □ ウ なる。
- 地理的な条件による例外を除いて、一般に □ エ の日の深夜又は早朝に顕著なフェージングが多く生ずる。
- ラジオダクトが発生すると、電波はあたかも導波管内を進むようにラジオダクト内に閉じ込められて □ オ を繰り返しながら遠距離まで伝搬することがある。

- |      |         |       |      |       |
|------|---------|-------|------|-------|
| 1 吸収 | 2 周波数変動 | 3 小さく | 4 曇天 | 5 反射  |
| 6 回折 | 7 変動幅   | 8 大きく | 9 晴天 | 10 散乱 |

B-5 次の記述は、アンテナに供給される電力を求める過程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。

入力インピーダンスが  $R_a$  [Ω] のアンテナに、特性インピーダンスが  $R_0$  [Ω] の給電線を用いて給電したとき、給電線上に生ずる定在波の電圧波腹及び電圧波節の実効値がそれぞれ  $V_{\max}$  [V] 及び  $V_{\min}$  [V] であった。ただし、 $R_a$  及び  $R_0$  は純抵抗で、 $R_a < R_0$  であり、給電線は無損失で波長に比べて十分長いものとする。

- 給電線の電圧反射係数  $\Gamma$  の絶対値  $|\Gamma|$  は、 $R_a$  と  $R_0$  を用いて、次式で表される。

$$|\Gamma| = \text{□ ア} \dots\dots\dots \text{①}$$

- 電圧定在波比  $S$  は、 $|\Gamma|$  を用いて、次式で表される。

$$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots \text{②}$$

式①を式②に代入すれば、 $S$  は、次式で表される。

$$S = \text{□ イ} \dots\dots\dots \text{③}$$

- 一方、 $S$  は、 $V_{\max}$  と  $V_{\min}$  を用いて、次式で表される。

$$S = \text{□ ウ} \dots\dots\dots \text{④}$$

- アンテナ端の電圧  $V_l$  [V] は、給電線上の入射波電圧  $V_f$  [V] 及び反射波電圧  $V_r$  [V] を用いて、次式で表される。

$$V_l = \text{□ エ} \text{ [V]} \dots\dots\dots \text{⑤}$$

また、 $R_a < R_0$  のときには、 $V_l$  は、次式で表される。

$$V_l = V_{\min} \text{ [V]} \dots\dots\dots \text{⑥}$$

アンテナに供給される電力  $P$  は、式③、④及び⑥から、次式で表される。

$$P = \frac{V_l^2}{R_a} = \text{□ オ} \text{ [W]}$$

- |                             |                     |                               |                     |                                   |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 $\frac{R_0+R_a}{R_0-R_a}$ | 2 $\frac{R_0}{R_a}$ | 3 $\frac{V_{\min}}{V_{\max}}$ | 4 $V_f - V_r$       | 5 $\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_a}$  |
| 6 $\frac{R_0-R_a}{R_0+R_a}$ | 7 $\frac{R_a}{R_0}$ | 8 $\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$ | 9 $\frac{V_f}{V_r}$ | 10 $\frac{V_{\max}V_{\min}}{R_0}$ |