

令和 5 年 12 月期第 1 級アマチュア無線技士国家試験

新問題等についての仮解説

2023.12.16

魚留 元章

令和 5 年 12 月期の 1 アマ国試が、12 月 2 日（土）に実施されました。

法規に関しては、「モールス符号の使用」の一部新問題を除き、運用分野でこれまで出題されていない新しい問題がいくつか出題されたほか、一部に過去の問題を改変した新しい傾向の類似問題が出題されていますが、大部分は既出問題を中心とした出題でした。

また、無線工学に関しては、新しい問題はここ 2 年ぐらいの前の直近試験に比べて少なくなり落ち着いて来たような感じがしますが、今試験期に関しては計算問題では既出問題の設問数値の変更のほか、既出問題に手を加え、設問の趣旨や記述内容を変更した新しい傾向の類似問題が比較的多く出題されているように見受けられ、説明問題が比較的多かったような印象です。これらの新問題等について、以下に法規、無線工学の別に速報として「仮解説」を加えます。

【法規】

[新しい傾向の類似問題]（無線局の免許等・無線局の開設）

A-3 次の記述は、免許を要しない無線局のうち発射する電波が著しく微弱な無線局について述べたものである。電波法施行規則（第 6 条）の規定に照らし、

内に入れるべき最も適切な字句の組合せを下の 1 から 4 までのうちから一つ選べ。なお、同じ記号の内には、同じ字句が入るものとする。

① 電波法第 4 条（無線局の開設）第 1 号に規定する発射する電波が著しく微弱な無線局を次の(1)から(3)までのとおり定める。

(1) 当該無線局の無線設備から 3 メートルの距離において、その電界強度（注）が、次の表の左欄の区分に従い、それぞれ同表の右欄に掲げる値以下であるもの

注 総務大臣が別に告示する試験設備の内部においてのみ使用される無線設備については当該試験設備の外部における電界強度を当該無線設備からの距離に応じて補正して得たものとし、人の生体内に植え込まれた状態又は一時的に留置された状態においてのみ使用される無線設備については当該生体の外部におけるものとする。

周波数帯	電界強度
322MHz以下	毎メートル <input type="text" value="A"/>
322MHzを超え10GHz以下	毎メートル <input type="text" value="B"/>
10GHzを超え150GHz以下	次式で求められる値(毎メートル <input type="text" value="A"/> を超える場合は、毎メートル <input type="text" value="A"/> ) 毎メートル $3.5f$ マイクロボルト $f$ は、GHzを単位とする周波数とする。
150GHzを超えるもの	毎メートル <input type="text" value="A"/>

(2) 当該無線局の無線設備から 500 メートルの距離において、その電界強度が毎メートル  以下のものであって、総務大臣が用途並びに電波の型式及び周波数を定めて告示するもの

(3) 、ヘテロダイン周波数計その他の測定用小型発振器

② ①の(1)の電界強度の測定方法については、別に告示する。

A	B	C	D
1 500 マイクロボルト	55 マイクロボルト	300 マイクロボルト	標準電界発生器
2 100 マイクロボルト	35 マイクロボルト	300 マイクロボルト	ラジオゾンデ
3 500 マイクロボルト	35 マイクロボルト	200 マイクロボルト	標準電界発生器
4 100 マイクロボルト	55 マイクロボルト	200 マイクロボルト	ラジオゾンデ

正答番号 3

[仮解説]

この問題は、A-3 12/R4 の問題と基本的に同じですが、 の場所と設問内容を数値を中心に変更し、これに伴って選択肢 D を追加した新しい傾向の類似問題で、3 が正答です。

[新問題] (運用・無線電信通信における業務用語)

A-14 無線電信通信において次の略符号を表すモールス符号のうち、「こちらの周波数は、変化しますか。」を示す Q 符号及び問符を表したものはどれか。無線局運用規則(第 12 条及び第 13 条並びに別表第 1 号及び別表第 2 号)の規定に照らし、下の 1 から 4 までのうちから一つ選べ。

- 1 --- · -    · - ·    - · -    · · - - · ·
- 2 --- · -    · · ·    · - · ·    · · - - · ·

- 3 --- · - · - · · · · · · · - - · · ·  
 4 --- · - · · · - · · · · · · · - - · · ·

注 モールス符号の点、線の長さ及び間隔は、簡略化してある

正答番号 3

[仮解説]

これまで 1 アマで出題されていなかった新問題です。無線電信通信において、略符号を表すモールス符号のうち、「こちらの周波数は、変化しますか。」を示す Q 符号及び問符を表したものは「QRH ?」ですから、3 が正答です。(運用規則第 12 条、第 13 条、別表第一号及び別表第二号 1、注 3)

[新問題] (運用・通報の反復)

A-15 次の記述は、無線電信通信における通報の反復について述べたものである。無線局運用規則(第 12 条、第 13 条及び第 32 条並びに別表第 1 号及び別表第 2 号)の規定に照らし、内に入れるべき最も適切な略符号を表すモールス符号を下の 1 から 4 までのうちから一つ選べ。

相手局に対し通報の反復を求めようとするときは、「」の次に反復する箇所を示すものとする。

- 1 · - · · - - · -  
 2 · - - · · · · ·  
 3 · - · · · · - ·  
 4 - · · · - · -

注 モールス符号の点、線の長さ及び間隔は、簡略化してある。

正答番号 1

[仮解説]

これまで 1 アマで出題されていなかった新問題です。無線電信通信において、相手局に対し通報の反復を求めようとするときは、「RPT」の次に反復する箇所を示すものとする。」とされているので、1 が正答です。(運用規則第 12 条、第 13 条、第

32 条、別表第一号及び別表第二号 2)

[新問題] (運用・試験電波の発射)

B-3 次の記述は、アマチュア局の無線電話通信による試験電波の発射について述べたものである。無線局運用規則(第 14 条、第 18 条及び第 39 条並びに別表第 4 号)の規定に照らし、内に入れるべき最も適切な字句を下の 1 から 10 までのうちからそれぞれ一つ選べ。なお、同じ記号の内には、同じ字句が入るものとする。

① 無線局は、無線機器の試験又は調整のため電波の発射を必要とするときは、発射する前に自局の発射しようとする電波のアによって聴守し、他の無線局の通信に混信を与えないことを確かめた後、次の(1)から(3)までに掲げる事項を順次送信し、更にイ聴守を行い、他の無線局から停止の請求がない場合に限り、「ウ」の連続及び自局の呼出符号 1 回を送信しなければならない。この場合において、「ウ」の連続及び自局の呼出符号の送信は、10 秒間をこえてはならない。

- (1) エ 3 回  
(2) こちらは 1 回  
(3) 自局の呼出符号 3 回

② ①の試験又は調整中は、しばしばその電波の周波数により聴守を行い、オを確かめなければならない。

③ ①の後段の規定にかかわらず、海上移動業務以外の業務の無線局にあつては、必要があるときは、10 秒間をこえて「ウ」の連続及び自局の呼出符号の送信をすることができる。

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1 周波数及びその他必要と認める周波数      | 2 周波数                  |
| 3 1 分間                   | 4 周波数及び受信しようとする周波数     |
| 5 3 分間                   | 6 本日は晴天なり              |
| 7 ただいま試験中                | 8 電波の伝搬状況及び空中線並びに機器の動作 |
| 9 他の無線局の通信に混信を与えていないかどうか | 10 他の無線局から停止の要求がないかどうか |

正答番号 アー1 イー3 ウー6 エー7 オー10

[仮解説]

これまで 1 アマで出題されていなかった新しい問題です。無線電信による試験電波の発射についてこれまで繰り返し出題されていますが、無線電話による試験電波の発射についての出題は今回初めてです。電波発射前の措置等は無線電信の場合と同じですが、無線電話の場合の試験電波の発射に当たっては無線電信の場合の「EX」を「ただいま試験中」に、「DE」を「こちらは」に、「VVV」を「本日は晴天なり」に置き換えて送信します。(運用規則第 14 条、第 18 条、第 39 条、別表第四号)

## 【無線工学】

[新問題] (電気物理・コンデンサ)

A - 1 次の記述は、コンデンサの構造や用途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) コンデンサは構造や材質などによっていろいろな種類に分類されるが、雲母の薄片にスズ等の金属はくを電極として付けた  コンデンサは、絶縁性が良く温度及び周波数特性ともに優れている。
- (2) ロール状のアルミニウムはくの上に形成された、極めて薄い酸化皮膜を誘電体としたものは  コンデンサと呼ばれ、大容量のものが作れるが、一般には極性があるので直流用として用いられる。
- (3) 円板又は円筒状の磁器に銀を焼き付けて電極にしたものをセラミックコンデンサといい、 が大きいのでコンデンサの形状を小さくすることができる。

A	B	C
1 マイカ	電解	比誘電率
2 タンタル	フィルム	比誘電率
3 タンタル	電解	比透磁率
4 マイカ	フィルム	比透磁率

正答番号 1

[仮解説]

この問題はコンデンサの種類と特徴に関する新しい問題です。設問(1)の雲母は「きらら」または「マイカ (mica)」とも呼ばれますので、選択枝 A は「マイカ」であることがわかります。そして設問(2)の「大容量」、「一般的に極性がある」といえば「電解コンデンサ」ですから正答選択枝は 1 に絞り込めます。

なお、セラミックコンデンサは使用材料の比誘電率が大きいので、外形形状を小さくできるといった特徴があります。また、コンデンサに関する問題なので選択枝 C の「比透磁率」は不適當であることがわかります。

[新しい傾向の類似問題] (電気物理・電流と磁界の関係)

A-2 次の記述は、図 1 に示すように、0.4 [m] の間隔で平行に置かれた無限長の直線導線 X 及び Y に、それぞれ同じ方向の直流電流 8 [A] 及び 10 [A] を流したときの、XY 間の中間点 P における磁界の強さの値の算出について述べたものである。□内に入るべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

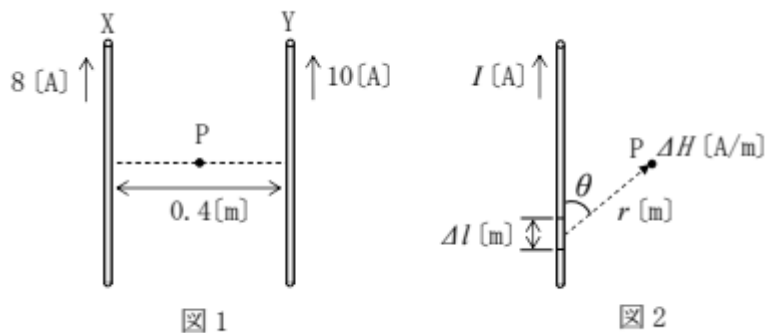


図 2 において、導線の微小部分  $\Delta l$  [m] を流れる電流  $I$  [A] によって、 $\Delta l$  から  $r$  [m] の距離にある点 P に生ずる磁界の強さ  $\Delta H$  [A/m] は、 $\Delta l$  と点 P を結んだ線とのなす角を  $\theta$  とすれば □ A [A/m] の式で求められる。

一方、 $\Delta H$  は導線の微小部分  $\Delta l$  によるものであるから、これらを導線全体について合成したものが、点 P に生ずる磁界の強さ  $H$  [A/m] であり、

$H = \square B$  [A/m] で求められる。

上式より、図 1 の X による点 P の磁界の強さ  $H_X$  及び Y による点 P の磁界の強さ  $H_Y$  が求められ、電流の方向から  $H_X$  の方向と  $H_Y$  の方向は互いに □ C の方向となるので、全体での磁界の強さ  $H_P$  は、□ D [A/m] となる。

	A	B	C	D
1	$\frac{I \Delta l}{4 \pi r^2} \sin \theta$	$\frac{I}{2 \pi r}$	反対	$\frac{5}{\pi}$
2	$\frac{I \Delta l}{4 \pi r^2} \sin \theta$	$\frac{I}{2 \pi r}$	同一	$\frac{45}{\pi}$
3	$\frac{I \Delta l}{4 \pi r^2} \sin \theta$	$\frac{I}{4 \pi r}$	反対	$\frac{2.5}{\pi}$
4	$\frac{I \Delta l}{2 \pi r^2} \sin \theta$	$\frac{I}{4 \pi r}$	同一	$\frac{22.5}{\pi}$
5	$\frac{I \Delta l}{2 \pi r^2} \sin \theta$	$\frac{I}{4 \pi r}$	反対	$\frac{2.5}{\pi}$

正答番号

1

[仮解説]

この問題は、直近の A-2 4/R5 で出題されたビオ・サバルの公式を使った図 2 の問題を発展させ、無限長の直線導体から  $r$  [m] 離れた点 P の電界の強さ  $H$  を求める設問を付加した新しい傾向の類似問題です。

(1) 図 2 は、これまでの問題と同じビオ・サバルの公式の知識を問うもので、導線の微小部分  $\Delta l$  [m] を流れる電流  $I$  [A] によって、 $\Delta l$  から  $r$  [m] の距離にある点 P に生ずる磁界の強さ  $\Delta H$  [A/m] は、 $\Delta l$  と点 P を結んだ線とのなす角を  $\theta$  とすれば、

$$\Delta H = \frac{I \Delta l}{4 \pi r^2} \sin \theta \quad \text{で求められます。 (選択肢 A)}$$

(2) 無限長の直線導体から  $r$  [m] 離れた点 P の電界の強さ  $\Delta H$  は導線の微小部分  $\Delta l$  によるものですから、これらを導線全体について合成したものが、点 P に生ずる磁界の強さ  $H$  [A/m] であり、 $H = \frac{I}{2 \pi r}$  [A/m] で求められます。(選択肢 B)

(3) 無限長の直線導体 X、Y の間隔は 0.4 [m] ですからそれぞれ導体から P 点までの中間点までの間隔は 0.2 [m] なので、直線導体 X、Y によるそれぞれ P 点における磁界の強さを  $H_X$ 、 $H_Y$  とすると、

$$H_X = \frac{I}{2 \pi r} = \frac{8[A]}{2 \pi \times 0.2} \text{ [A/m]} \cdots \textcircled{1} \quad H_Y = \frac{I}{2 \pi r} = \frac{10[A]}{2 \pi \times 0.2} \text{ [A/m]} \cdots \textcircled{2}$$

(4) 無限長の直線導体 X、Y を流れる電流は同じ方向ですから、それぞれの導体の電流によって生じる磁場はお互いに反対方向となり、全体での磁界の強さを  $H_P$  と

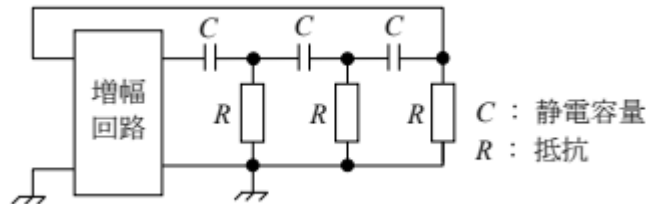
すると、

$$HP = HY - HX \text{ となり、 } ② - ① = \frac{10[A]}{2\pi \times 0.2} - \frac{8[A]}{2\pi \times 0.2} = \frac{5}{\pi} \text{ [A/m] となり、1 が正}$$

答です。

[新問題] (電子回路・発振回路)

A-10 図に示す移相形 CR 発振回路が発振状態にあるとき、発振周波数の値として最も近いものを下の番号から選べ。ただし、静電容量  $C = 0.01$  [ $\mu\text{F}$ ]、抵抗  $R = 5$  [ $\text{k}\Omega$ ] とする。



- 1  $\frac{10}{\pi\sqrt{6}}$  [kHz]      2  $\frac{10}{\pi\sqrt{5}}$  [kHz]      3  $\frac{10}{\pi\sqrt{3}}$  [kHz]  
 4  $\frac{10}{\pi\sqrt{2}}$  [kHz]      5  $\frac{10}{\pi}$  [kHz]

正答番号                      1

[仮解説]

この問題は、HPF 型移相形 CR 発振回路の発振周波数を求めるもので、1 アマでは初めての出題です。

移相形 CR 発振回路は反転増幅回路と移相回路により構成され、反転増幅回路で入力電圧と出力電圧は 180 度位相がずれています。さらに 3 段の CR 移相回路で位相を 180 度ずらして増幅器の入力に加えると全体で 360 度位相がずれ元に戻り発振条件を満足します。

なお、3 段の CR 移相回路による損失が  $1/29$  であるため、増幅回路の増幅度が 29 倍以上ないと発振条件を満足しません。HPF 型移相形 CR 発振回路の発振周波数を  $f$  とすると、

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6CR}} \text{ で求められ、この式に設問の数値 } C = 0.01 \text{ } [\mu\text{F}]、\text{ 抵抗 } R = 5 \text{ [k}$$



Ω] を代入すると、

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6} \times (0.01 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^3)} = \frac{10^4}{\pi\sqrt{6}} \text{ [Hz]} = \frac{10}{\pi\sqrt{6}} \text{ [kHz]} \quad \text{となり 1 が正答です。}$$

[新問題] (送信機・デジタル通信)

A-15 次の記述は、アマチュア局が使用するデジタル通信のうち、比較的小さな電力による遠距離通信を目的とし、送信する時間の長さを定めて情報伝送を行う方式 (FT8、FT4 及び JT65 と呼ばれるもの) の、一般的な概要等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 これらの通信方式においては、1 回の送信時間は数秒～1 分程度であり、100 ミリ秒以下のものは使用されない。
- 2 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)を使用するものは、これ以外の FSK と比べ不要輻射が抑えられる。
- 3 これらの通信方式のうち、送受信の時間を同期させて通信するものは、送信側及び受信側のコンピュータの時刻が一定の誤差範囲に校正されている必要がある。
- 4 これらの通信方式には、前方誤り訂正の機能を持つものはない。
- 5 発射される電波の占有周波数帯幅は、一般には数 10～数 100 [Hz] である。

正答番号                    4

[仮解説]

この問題は、アマチュア無線で急速に普及しているデジタル・モード (JT-65、FT8、FT-4 など) の概要等についての知識を問うものです。

JT65 は、米国の科学者 Joseph Taylor (K1JT) が提唱したアマチュア無線向けのデジタル通信の運用モードで、小さな電力でも遠距離通信を可能としたものです。また、FT8 は、JT65 を改良し、速度や機能を向上させたもので、FT4 は送受信切り替えを FT-8 の倍の速度で実現したもので、主として DX ペディションやコンテストなど短時間でメッセージを交換する用途に用いられています。

選択肢 1、2、3、5 の記述は正しいですが、選択肢 4 は、それぞれの方式には前方誤り訂正符号機能を具備しており、正答は 4 (誤り) です。なお、GFSK は、FSK に比べ不要輻射を抑えることから周波数の利用効率の向上が期待できます。

以下にそれぞれの方式の主要な諸元を示します。

**【JT65】**

- 方式：65-FSK
- 電波型式：F1D
- 符号構成：WSJT JT65A/B/C
- 通信速度：2.7/5.4/10bps
- 前方誤り訂正符号：CRC

**【FT8】**

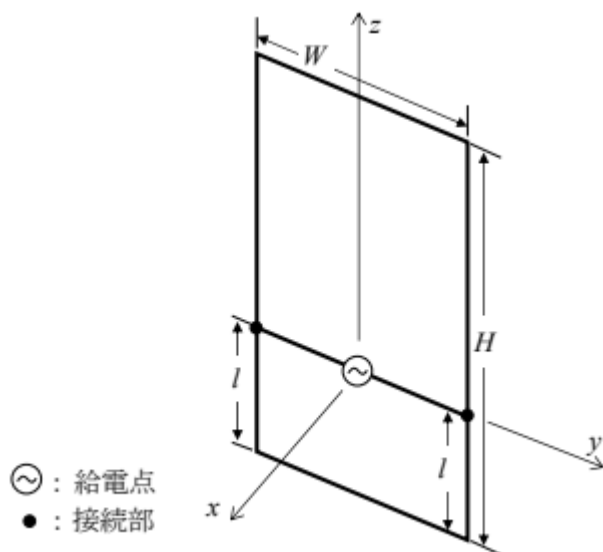
- 方式：8GFSK
- 電波型式 F1D
- 符号構成：WSJT-FT8 符号
- 通信速度：6.25bps
- 前方誤り訂正符号：LDPC

**【FT4】**

- 方式：4GFSK
- 電波型式 F1D
- 符号構成：FT4 型式
- 通信速度：20.833bps
- 前方誤り訂正：LDPC

〔新問題〕（空中線及び給電線・ループアンテナ）

A-20 次の記述は、図に示すヘンテナと呼ばれるループ状アンテナの構造及び特徴等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、電波の波長を $\lambda$  [m]、給電点インピーダンスを $50$  [ $\Omega$ ]とした場合、 $H = \lambda/2$ 、 $W = \lambda/6$ 、 $I = \lambda/10$  程度で整合しているものとし、 $xy$  面は大地と平行とする。



- 1 同軸ケーブルにより給電するときは、給電点にバランを挿入することにより、不平衡→平衡の変換がなされる。
- 2 アンテナの入力インピーダンスが不整合となり調整を行う場合は、接続部の位置（両方の  $l$  の長さ）を変えることにより行うことが多く、 $l$  の長さを変えると抵抗成分の変化は比較的小さいが、リアクタンス成分の変化は大きい。
- 3 図の状態における電波の偏波面は垂直である。
- 4 図の状態における水平面内指向特性の半値幅(半値角)は、1 波長ループアンテナに比べて広い。
- 5 利得は、1 波長ループアンテナに比べて大きい。

正答番号            3

[仮解説]

今回、国試問題としては一風珍しい「ヘンテナ」と呼ばれる 4 角形ループ状アンテナの構造及び特徴等についての問題が出題されました。使っている方にとっては比較的容易な問題でしょう。

選択肢 1、2、4、5 の記述は正しいですが、「ヘンテナ」は、通常の 4 角形ループ状アンテナと同様アンテナの給電部分が水平の辺となっている場合は、水平偏波となるので、4 が正答（誤り）です。

[新しい傾向の類似問題] (空中線及び給電線・給電線とアンテナの整合)

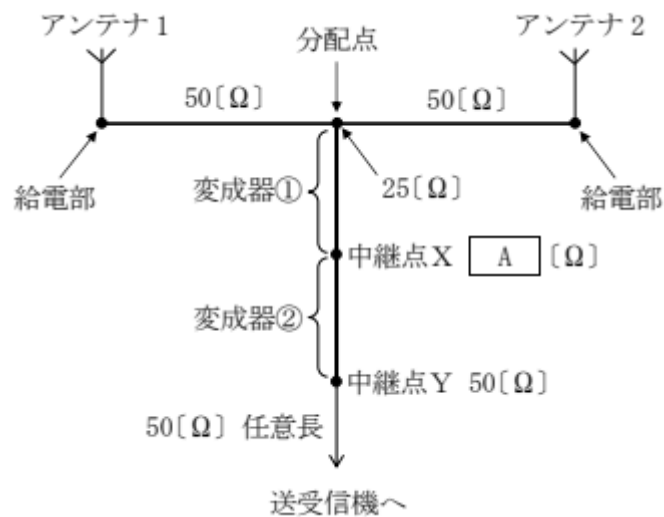
A-21 次の記述は、同軸ケーブルによる変成器を用いて、スタックアンテナへ給電する例について述べたものである。□内に入れるべき字句の組合せを下の番号から選べ。ただし、同軸ケーブル上の波長を $\lambda$ とし、同じ記号の□内には同じ字句が入るものとする。

図において、アンテナ 1 及び 2 に接続されている 2 本の 50 [Ω] 同軸ケーブルの分配点における合成インピーダンスは 25 [Ω] である。

変成器①として、長さ $\lambda/4$  の 50 [Ω] 同軸ケーブルを使用したとき、中継点 X におけるインピーダンスは約□ A □ [Ω] となる。

中継点 Y におけるインピーダンスを 50 [Ω] とするためには、変成器②は長さが□ B □、インピーダンスが 73 [Ω] の同軸ケーブルを使用すればほぼ整合する。

また、分配点からアンテナ 1 及び 2 の給電部までの同軸ケーブルの長さは、同位相で給電するのであれば、□ C □、同一長でなければならない。



	A	B	C
1	100	$\lambda/4$	任意長でよいが
2	100	$\lambda/2$	任意長でよいが
3	100	$\lambda/2$	$\lambda/4$ 又は $\lambda/4$ の奇数倍で

- 4 150       $\lambda/4$        $\lambda/4$  又は  $\lambda/4$  の奇数倍で  
 5 150       $\lambda/4$        $\lambda/2$  又は  $\lambda/2$  の奇数倍で

正答番号                    1

[仮解説]

この問題はインピーダンス変換器である Q 形変成器 (Q マッチ) を使ったアンテナの並列接続に関する問題で、A-20 8/R4 の問題の設定を少し変形した新しい傾向の類似問題です。Q 形変成器は名前のおり「Quarter」の略で、4 分の 1 の意味ですから、変成器の長さは 1/4 波長の長さとなります。

(1) 変成器①について分配点のインピーダンスを 25 [ $\Omega$ ]、Q 形変成器のインピーダンスを 50 [ $\Omega$ ] とすると、

中継点のインピーダンス X [ $\Omega$ ] は、 $X = \frac{50^2}{25} = 100$  [ $\Omega$ ] となります。

(2) 中継点 Y におけるインピーダンスを 50 [ $\Omega$ ] とするためには、変成器②は長さが  $\lambda/4$  の Q 形変成器なので、インピーダンスが 73 [ $\Omega$ ] の同軸ケーブルを使用したとき、 $73^2$  [ $\Omega$ ]  $\div$  50 [ $\Omega$ ]  $\times$  100 [ $\Omega$ ] の関係式が成り立ち、ほぼ整合を取ることができます。

(3) 分配点からアンテナ 1 及び 2 の給電部までの同軸ケーブルの長さは、同位相で給電する場合、任意長で良いですが、それぞれ同一長でなければなりません。したがって、1 が正答です。

[新しい傾向の類似問題] (空中線及び給電線・給電線とアンテナの整合)

A-25 アンテナの給電部における進行波電力が 100 [W]、定在波比(VSWR)が 3.0 であるとき、給電部における反射波電力及びリターンロスの値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、 $\log_{10}2 \div 0.3$  とする。

	反射波電力	リターンロス
1	25 [W]	8 [dB]
2	25 [W]	6 [dB]
3	25 [W]	4 [dB]
4	20 [W]	8 [dB]
5	20 [W]	6 [dB]

[仮解説]

この問題は、A-20 8/R5 を変形した新しい傾向の類似問題です。

(1) 電圧定在波比 VSWR と電圧反射係数  $\Gamma$  との関係式は次式で表せます。

$$\text{VSWR} = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|) \cdots \cdots \textcircled{1}$$

①式に VSWR=3.0 を代入すると  $3.0 = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|)$  から  $\Gamma = 0.5$  となります。

(2) リターンロス  $RL$  とすると、 $RL = -20 \log_{10} |\Gamma| \cdots \cdots \textcircled{2}$

②式に  $\Gamma = 0.5$  を代入すると、

$$RL[\text{dB}] = -20 \log_{10} 0.5 = -20 \log(1/2) = -20(\log 1 - \log 2) = -20(0 - 0.3) = 6[\text{dB}] \text{ となります。}$$

(3) 電圧反射係数を  $\Gamma$ 、進行波電圧を  $V_f$ 、反射波電圧  $V_r$ 、進行波電力を  $P_f$ 、反射波電力を  $P_r$  とすると、次式の関係が成立します。

$$\Gamma = V_r / V_f = \sqrt{P_r} / \sqrt{P_f} \cdots \cdots \textcircled{3}$$

③式に  $\Gamma = 0.5$ 、 $P_f = 100[\text{W}]$  を代入すると、 $0.5 = \sqrt{P_r} / \sqrt{100} = \sqrt{P_r} / 10$  から、 $P_r = 25 [\text{W}]$  となり、2 が正答です。

了