

試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	通信線路

問1 次の問いに答えよ。

(1) 次の文章は、線路における伝送特性について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

図1に示すように、特性インピーダンス、伝搬定数がそれぞれ Z_1 、 γ_1 である線路Iと、 Z_2 、 γ_2 である無限長の線路IIとが接続されているとき、接続点からXの距離の電圧 V_x 及び送端から受端側をみたインピーダンス Z_i は、それぞれ次式で与えられる。

$$V_x = V_2 \left[\frac{Z_2 + Z_1}{2Z_2} e^{\gamma_1 x} + \frac{Z_2 - Z_1}{2Z_2} e^{-\gamma_1 x} \right] \dots\dots\dots (i)$$

$$Z_i = Z_1 \frac{Z_2 \cosh \gamma_1 L + Z_1 \sinh \gamma_1 L}{Z_2 \sinh \gamma_1 L + Z_1 \cosh \gamma_1 L} = Z_1 \frac{1 + m e^{-2\gamma_1 L}}{1 - m e^{-2\gamma_1 L}} \dots\dots\dots (ii)$$

ただし、 m は接続点における電圧反射係数、 e は自然対数の底とする。

(i)式において、電圧 V_x の第1項は送端から受端側に進む□(ア)波であり、第2項は、第1項の波が二つの線路の接続点で□(イ)し、再びX点まで伝搬してきた□(イ)波を示す。

ここで、電圧反射係数 m を Z_1 、 Z_2 で表すと、 $m = \frac{\square(ウ)}{\square(エ)}$ となり、また、接続点に

おける電圧透過係数は、 m を用いて表すと□(オ)となる。

線路Iの終端が開放された場合は、 $Z_2 = \square(カ)$ であるため、 $m = \square(キ)$ 、短絡された場合は、 $Z_2 = \square(ク)$ であり、 $m = \square(ケ)$ となる。

特性の異なる幾つかの線路を縦続接続した複合線路においては、接続点で繰り返し□(イ)を生じる。奇数回の□(イ)により、送端に戻る波を□(コ)といい、偶数回の□(イ)により受端に現れる波を□(サ)という。

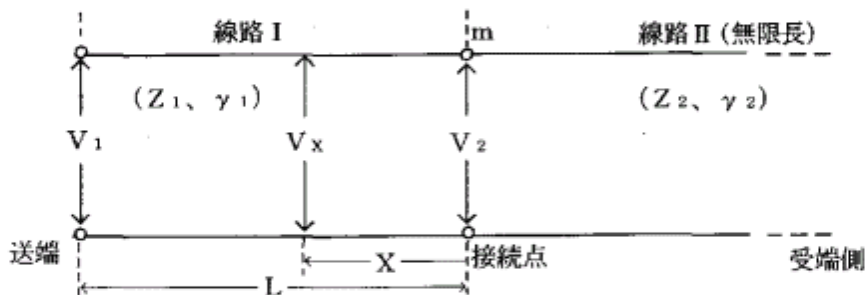


図1

(2) 図2に示すように、特性インピーダンス、伝搬定数がそれぞれ Z_1 、 γ_1 と、 Z_2 、 γ_2 及び Z_3 、 γ_3 の線路I、線路II及び無限長の線路IIIを縦続に接続した複合線路がある。それぞれの接続点における電圧反射係数を m_{12} と m_{23} とするとき、次の問いに答えよ。

- (i) 接続点Aから受端側をみたインピーダンス Z_a を Z_2 、 m_{23} 、 γ_2 及び L を用いて表せ。
- (ii) $m_{12} = 0$ としたとき、接続点Aにおいて、線路I側から受端側をみた電圧反射係数 m' を m_{23} 、 γ_2 及び L を用いて表せ。
- (iii) $m_{12} + m_{23} = 0$ としたとき、 Z_1 と Z_3 の関係を式で表せ。ただし、 $Z_2 \neq 0$ とする。

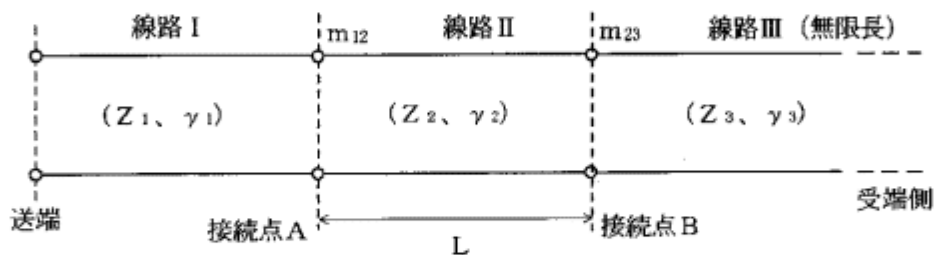


図2

問2 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、光ファイバのパラメータについて述べたものである。□内の(ア)～(キ)に最も適した語句を記せ。また、⋯(1)～(6)に最も適した数式又は数字を下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

光ファイバのコアとクラッドの屈折率の違いの尺度を表すパラメータであり、光の伝搬に重要な意味を持つ□(ア)は、空気の屈折率を n_0 ($n_0=1$ とする。)、コアの屈折率を n_1 及びクラッドの屈折率を n_2 とすると、⋯(1)で定義される。光ファイバの入射端において、ファイバ軸心に対する最大入射角を θ_{\max} 、コア内で全反射する点における臨界角補角を θ_c とすると、各媒質の境界面では□(イ)の法則により、 $\sin \theta_{\max} = \dots(2)$ が成立する。 $\sin \theta_{\max}$ は光源との結合効率に影響するパラメータであり、光学用語で□(ウ)と呼ばれる。さらに、光が光ファイバ中を全反射して伝搬する条件では、 $\cos \theta_c = \dots(3)$ が成立し、□(ア)を“ Δ ”で表し $n_1 \approx n_2$ であることを考慮すると、 $\sin \theta_{\max} \approx \dots(4)$ となる。

シングルモード光ファイバの重要なパラメータの一つは、コア径の代わりに用いられる□(エ)径であり、光ファイバの径方向の□(オ)分布により定義され、通常、その値は⋯(5) [μm]前後である。また、遮断波長も重要なパラメータであり、遮断波長より短い波長ではシングルモード伝搬とはならない。

光ファイバの接続損失に影響を及ぼす代表的な構造パラメータには、コアとクラッドのそれぞれの外周円の中心のずれを表す□(カ)率と、真円からのずれを表す□(キ)率がある。また、シングルモード光ファイバのクラッド径(外径)は、ITU-T勧告により⋯(6) ± 2 [μm]と定められている。

(語群)		
① 1.55	② $\frac{n_1 - n_2}{n_1}$	③ $n_1 - n_2$
④ $\frac{n_1 - n_2}{n_2}$	⑤ $n_2 \sin \theta_c$	⑥ $n_1 \sin(\frac{\pi}{2} - \theta_c)$
⑦ $\frac{\sin \theta_c}{n_1}$	⑧ $n_1 \sin \theta_c$	⑨ $\frac{n_1}{n_2}$
⑩ 9	⑩ $\frac{n_2}{n_1}$	⑫ $\sqrt{2 n_1 \Delta}$
⑬ 50	⑭ $n_1 \sqrt{\Delta}$	⑮ $n_1 \sqrt{2 \Delta}$
⑯ 1.31	⑰ 1.25	⑱ 2.50

- (2) 次の項目を観測することにより、光ファイバの遮断波長を測定できる理由を、それぞれ簡潔に説明せよ。

(i) ニアフィールド分布

(ii) 曲げ損失

- (3) 光ファイバ内のモード変換の発生要因を三つ挙げよ。また、モード変換が発生した場合に、光損失を伴う理由を、簡潔に説明せよ。

問3 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、平衡対ケーブルの構造について述べたものである。□内にもっとも適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

平衡対ケーブルは、絶縁した心線を心線束とし、その周辺に外被を施した構造となっている。心線に使用される材料には、導電性と可とう性に優れた材料が必要であり、一般的に、□(ア)が使用されている。

心線の絶縁方法は、電気的特性、ケーブル細径化、心線接続性等を考慮して決められており、紙絶縁及びプラスチック絶縁が用いられてきた。

紙絶縁は、□(イ)率・耐熱性などの点で優れているが、□(ウ)が浸入すると絶縁低下を起こしやすく、心線間の幾何学的位置を正しく保つことができないため十分な電気的特性が得られないことから、現在では、プラスチック絶縁が多く用いられている。しかし、プラスチックの□(イ)率は、紙より大きいため、例えば、ポリエチレン(PE)の場合は、□(エ)を含ませることにより、□(イ)率を下げた□(オ)も多く用いられている。

絶縁された心線を単純に集合させた場合には、他の回線との間に□(カ)結合及び□(キ)結合を生じ、隣接回線等との間に□(ク)現象が発生する。これを軽減するために、心線には撚り合わせが施されている。

撚り合わせ方法には、2本の心線を撚り合わせる□(ケ)撚りと、□(ケ)撚り二つを更に撚り合わせる□(コ)撚りがあるが、現在では、ケーブル化するときの収容効率・□(ク)特性などを考慮して、4本の心線を正方形の角に配列し共通の軸の回りに一括して撚り合わせた□(サ)撚りが一般的に用いられている。

撚り合わせた心線の集合方法としては、層集合と□(シ)集合がある。□(シ)集合は、一定の対数を束ねた□(ス)を、更に同心円状に配列して集合する方法であり、現在一般的に使用されている集合方法である。

ケーブル外被は、電気的・機械的に心線を保護するものであり、以前は鉛が使用されていたが、現在は、□(セ)のテープの片面に特殊なプラスチックフィルムを接着し、外被としてPEを被覆した□(ソ)シースが一般的に使用されている。

- (2) 平衡対ケーブルの絶縁材料であるポリエチレン(PE)と塩化ビニル(PVC)の特性の違いについて、電気的特性、耐寒性、耐燃性の観点から、どちらが優れているか記せ。また、これらの特性の違いによるPEケーブルとPVCケーブルの適用領域についてそれぞれ記せ。
- (3) ケーブル外被材料に添加されるカーボンブラックと有機りん化合物の役割について、それぞれ簡潔に説明せよ。

問4 次の問いに答えよ。

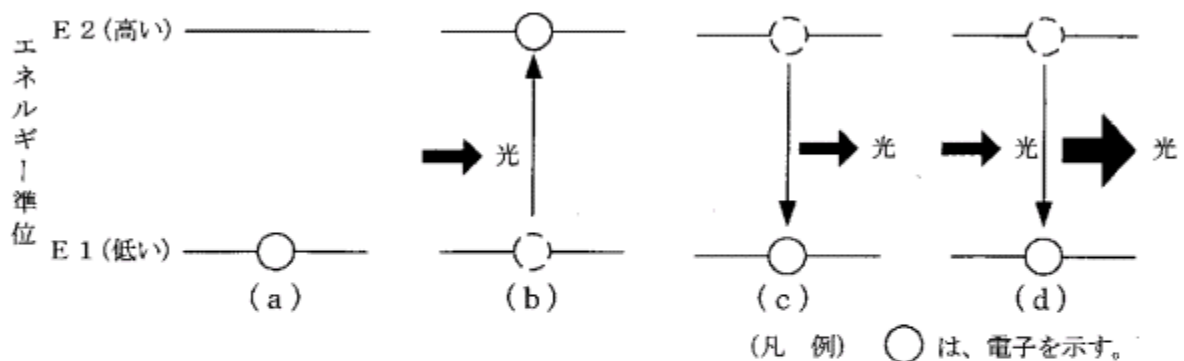
(1) 次の文章は、発光素子の動作原理について述べたものである。□内に最も適した語句を、下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

一般に、物質を構成している原子は、中心に原子核が存在し、複数の電子がその周囲をある距離を保って回っている。その電子はエネルギー準位を持っており、その最も低いものを□(ア)準位、それよりも高いエネルギー準位を□(イ)準位という。

熱平衡状態では、図の(a)に示すように、低エネルギー準位E1に電子が存在し、高エネルギー準位E2は空きになっているとする。この状態で、二つのエネルギー準位の差(E2-E1)にほぼ等しい光エネルギーなどを与えると、図の(b)に示すように、E1の電子は、このエネルギーを吸収してE2に持ち上げられる。このように、電子をエネルギーのより高い状態に移すため、外部からエネルギーを与えることを□(イ)といい、電子が他のエネルギー準位に移ることを□(ウ)という。

電子は、高エネルギー準位E2に持ち上げられた状態で放置されると、そのうち、図の(c)に示すように、E2-E1のエネルギーを放出し、元の安定した状態のE1に戻る。この現象によりエネルギー放出が光として現れるものを□(エ)放出光といい、これを利用したものが□(オ)である。この放出光の周波数 ν とエネルギー(E2-E1)の間には、プランク定数を h とすると、 $E2-E1 = \square(カ)$ の関係があり、周波数 ν は、発光素子を構成する原子や分子固有なものとなる。

また、図の(b)の□(イ)された状態においてE2-E1に相当するエネルギーを持つ光を入射すると、図の(d)に示すように、もともとエネルギー準位E1に□(ウ)しようとしていたエネルギー準位E2にある電子は、その光のエネルギーを吸収してエネルギー準位E1に強制的に□(ウ)させられる。この現象により、現れる光を□(キ)放出光といい、□(エ)放出光よりも光のエネルギーは大きい。これを利用したのが□(ク)である。



(語群)

- | | | | |
|---------|-------------------|---------------|----------|
| ① 低モード | ② 発光ダイオード | ③ 自然 | ④ レーザ |
| ⑤ 誘導 | ⑥ $\frac{h}{\nu}$ | ⑦ ピン・ホットダイオード | ⑧ 励起 |
| ⑨ ヘテロ結合 | ⑩ エネルギーバンド | ⑪ 遷移 | ⑫ $h\nu$ |
| ⑬ 基底 | ⑭ APD | ⑮ 放出 | ⑯ 高モード |

(2) 光ファイバ通信システムで用いられる発光素子について、要求される発光に関する特性を五つ挙げよ。

(3) 次の文章は、発光素子と光ファイバとの結合について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

発光素子から出射される光は、屈折や □(ア) 現象により広がるため、光ファイバとの結合には、□(イ) を用い、光の絞り込みを行う。この場合、コア内に光を入射させるためには、光ファイバの □(ウ) より小さい範囲内の角度で入射させる必要があり、使用 □(イ) の工夫や発光素子及び光ファイバ間の距離の微妙な調整が必要となる。そのため、結合部分を振動、温度、湿度等の変化に耐え得るように、発光素子、結合 □(イ) 及び光ファイバを一体化した □(エ) が使用され、結合効率の向上が図られている。

光伝送の広帯域化、多重化を実現するには、□(オ) の安定化が不可欠であり、そのため発光素子と光ファイバとの結合においては、結合部で生じる反射光の帰還を阻止する目的で □(カ) が用いられている。

問5 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、光パルス試験器による接続損失の測定方法について述べたものである。
□内にもっとも適した語句を、下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

光パルス試験器の測定原理は、光ファイバに光を入射したときに、光ファイバの途中から入射端に戻ってくる光である □(ア) 光及び □(イ) 光を利用している。

□(ア) 光は、光ファイバのコアと異なる □(ウ) を有する媒質中を光が通過する場合に発生するもので、□(エ) 接続点や光ファイバの □(オ) といったコアと空気等の境界面で生じる。

また、□(イ) 光は、ガラス固有の □(ウ) の揺らぎによる □(カ) 現象により、発生した光の一部が入射端に戻って来るもので、光ファイバ損失の長手方向の均質性を測定するときに利用されるが、同時に、□(キ) 損失や接続損失の値、あるいは光ファイバの長さを測定することもできる。

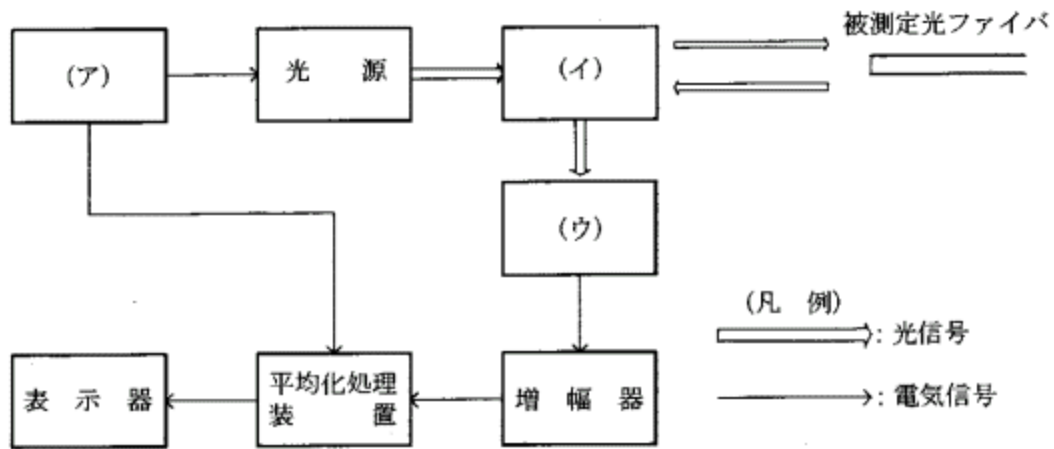
実際の測定は、一般に □(ク) を用いて行われるため、□(ク) 法ともいわれる。測定により観測される波形は、縦軸が検出される □(イ) 光のパワーを表し、通常は □(ケ) 目盛りで表示される。横軸は光パルスが入射端に戻ってくるまでの時間に相当し、光ファイバ中での □(コ) を乗ずることにより測定点までの距離が分かる。その観測波形は、□(イ) 光が横軸の距離が増すとともに光パワーの減衰により右肩下がりの直線で表示される。光ファイバの □(キ) 損失は、この □(サ) により測定される。

光ファイバの途中に接続点や □(オ) 等があると、その点でパルス状の反射波や □(シ) 、直線の □(サ) の変化を生じ、この □(シ) の大きさを測定することにより接続損失の程度を知ることができる。

(語群)

- | | | | |
|----------|----------|-----------|--------|
| ① 傾き | ② 透過 | ③ レイリー散乱 | ④ 励振器 |
| ⑤ 後方散乱 | ⑥ コネクタ | ⑦ 伝送 | ⑧ 挿入損失 |
| ⑨ 時間差 | ⑩ 光伝搬速度 | ⑪ ラマン散乱 | ⑫ 屈折率 |
| ⑬ dB/km | ⑭ フレネル反射 | ⑮ ダミーパルス | ⑯ 吸収 |
| ⑰ 波長 | ⑱ 対数(dB) | ⑲ カットバック | ⑳ 位相速度 |
| ㉑ OTDR | ㉒ 気泡 | ㉓ プリュアン散乱 | ㉔ 破断点 |
| ㉕ パワーメータ | ㉖ ps/km | ㉗ コヒーレント | ㉘ 段差 |

(2) 図は、光パルス試験器の基本構成を示したものである。図中の(ア)～(ウ)の名称を記せ。



(3) 光パルス試験器において、平均化処理を行う理由及び方法をそれぞれ簡潔に説明せよ。

(4) 被測定光ファイバがG I形光ファイバの場合は、光パルス試験器と被測定光ファイバとの間に励振器が用いられるが、その使用する目的と効果について、それぞれ簡潔に説明せよ。

問6 次の問いに答えよ。

(1) 次の文章は、アクセス系メタリック線路の設計について述べたものである。□内に最も適した語句を下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

アクセス系メタリック線路の設計は、地下線路設計と架空線路設計に大きく分けられる。線路設計の基本管理単位である□(ア)は、将来需要を含めて一定の需要数になるように区切った区画である。

地下線路設計の配線法には、□(イ)配線法とそれを改良したFD配線法の二つの主要な配線法がある。

□(イ)配線法は、□(ア)に一定年後の需要数に見合う固定回線を付与するとともに一般的に2ないし3の□(ア)を集めて□(ウ)とし、需要変動に対応するために一定数の回線を□(エ)接続により一律に付与している。

一方、FD配線法は、需要の伸びに応じて□(オ)を配分するとともに心線接続の□(カ)化を図っている。また、□(イ)と配線ケーブルの心線の融通性を確保するため、その接続点にFD配線盤を使用している。

架空線路の配線法としては、CCPケーブルによる□(キ)が用いられている。架空線路の設計では、まず、需要数の算出に基づき、電柱、ケーブルを建設する□(ク)を行い、次にケーブル対数と心線径の決定を行う。

本線の対数は、設備の融通性や経済性を考慮して□(ケ)を設けて対数を設定する。また、心線径は、伝送品質上から定められる線路損失配分値と□(コ)から決定されるが、最大の心線径を用いても満足できない遠距離の加入者を収容する場合には各種の□(サ)対策を行う。

- (語群)
- | | | |
|----------|-----------|---------|
| ① マルチプル | ② ブリッジタップ | ③ 逃減点 |
| ④ 共通線区画 | ⑤ 引落し点 | ⑥ 補助線 |
| ⑦ 工法選定 | ⑧ 自由配線法 | ⑨ ルート選定 |
| ⑩ 分割損 | ⑪ 直流抵抗制限値 | ⑫ 高損失 |
| ⑬ 固定局線 | ⑭ 固定配線区画 | ⑮ 加入者数 |
| ⑯ 非マルチプル | ⑰ 漏話 | ⑱ 固定配線法 |
| ⑲ 線路配線区画 | ⑳ き線ケーブル | |

(2) 次の文章は、地下線路のメタリックケーブルの布設について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

地下線路設計で求めた対数のメタリックケーブルをマンホール区間に使用する場合、布設距離を考慮して布設するケーブルの□(ア)を決定する。メタリックケーブルは、光ケーブルと比較して重く、太いため、長区間の布設を行うことは難しく、布設にはけん引力の大きな地

下ケーブルけん引車やトラックの駆動力を利用した **(イ)** を用いる。

ケーブル布設時の直線区間の必要けん引力 F は、ケーブル質量を W 、ケーブルと管路の **(ウ)** を μ 、そして布設距離を L とすると、 $F = \text{**(エ)**}$ で求めることができる。また、質量が 6 [kg/m] であるメタリックケーブルを曲率 60 度で **(ウ)** が 0.5 の管路区間 150 [m] に布設するとき、先端での必要けん引力 F は **(オ)** [N] となる。ただし、 $e^{1/6} = 1.7$ 、質量 1 [kg] の力は 9.8 [N] とし、 e は自然対数の底とする。

(3) 次の(i)～(v)の文章は、メタリックケーブル設備に関する事項について述べたものである。各文章の下線を施した部分の正誤を記せ。また、誤りと判断したものについては、正しい表現に直せ。

- (i) 架空ケーブルの種類のうちCSケーブルは、送電線等による誘導対策の必要な地域に適用する。
- (ii) 伝送品質上から定められる線路損失配分値は、交換局のMDFの線路側端子から加入者の電話機までの線路に配分される。
- (iii) 架空CCPケーブル配線では、任意の位置で必要な心線を取り出すことができるよう接続端子かんを取り付けている。
- (iv) 平衡対ケーブルの心線に発生する電力線等からの誘導のうち、静電誘導は電力線等の誘導源の電流によるものである。
- (v) 一般に、平衡対ケーブルの一次定数のうち導体抵抗は導体径で定まる量であり、線間容量及び漏えいコンダクタンスは絶縁材料により決まる。