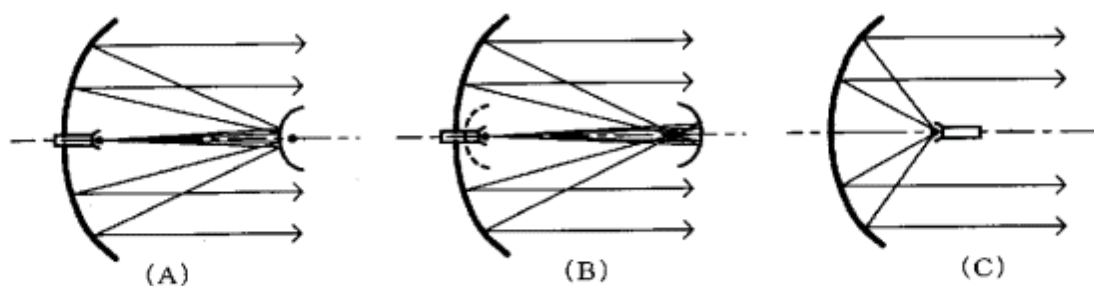


試験種別	試験科目	専門分野
第1種伝送交換主任技術者 第2種伝送交換主任技術者	専門的能力	無線

問1 図は、マイクロ波用開口形アンテナの原理的な構造と電波の通路を示したものである。次の問いに答えよ。



(1) 図の(A)～(C)に示すアンテナについて次の問いに答えよ。

(i) 図の(A)～(C)に示すアンテナのそれぞれの名称を挙げよ。

(ii) これらのアンテナには、それぞれオフセット形アンテナもある。オフセット形アンテナの優れた点を簡潔に説明せよ。

(2) 次の文章は、図に示す(A)のアンテナ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。

(A)のアンテナは、回転□(ア)面を主反射鏡、回転□(イ)面を副反射鏡とする複反射鏡アンテナである。副反射鏡の二つの□(ウ)のうち、一方は一次放射器の位相中心と一致し、他方は主反射鏡の□(ウ)と一致している。一次放射器から放射された□(エ)波は副反射鏡で反射されて主反射鏡に向かい、主反射鏡で□(オ)波に変換、反射されて送出され、受信の場合はこの逆となる。一次放射器を主反射鏡側に設けることから、低雑音増幅器等を主反射鏡後方に設置できるため、スペースに余裕がとれ、□(カ)が短くてすむため損失が少ない。また実効焦点距離とアンテナ開口径との比を大きくできるため□(キ)偏波特性がよくなり、大型のアンテナでは□(ク)修正により、高能率・□(ケ)特性が得られる。

(語群)

- | | | | | |
|-----------|-------|------|-------|------|
| ① 焦点 | ② 一定 | ③ 定在 | ④ 交差 | ⑤ 材料 |
| ⑥ 給電線 | ⑦ 双曲 | ⑧ 楕円 | ⑨ 円 | ⑩ 直線 |
| ⑪ フレア | ⑫ 低雑音 | ⑬ 放物 | ⑭ 狭帯域 | ⑮ 進行 |
| ⑯ 平面 | ⑰ 鏡面 | ⑱ 球面 | ⑲ 位相 | |
| ⑳ 送受信機間距離 | | | | |

(3) マイクロ波用開口形アンテナについて、次の問いに答えよ。

- (i) 次に示す式は、波長を λ [m]、アンテナ開口面積を A [m²]及び開口能率を η [%]としたときのアンテナ利得 G [dB]を求める式である。式の中の(ア)～(ウ)に最も適した語句を記し、式を完成させよ。

$$G \text{ [dB]} = 10 \log_{10} \left(\frac{\boxed{\text{ア}}}{100} \times \frac{4 \times \boxed{\text{イ}} \times A}{\boxed{\text{ウ}}^2} \right)$$

- (ii) 次に示す式は、波長を λ [m]、アンテナの開口径が D [m]のときのアンテナ半値幅角度 $\theta_{1/2}$ 度を求める式として用いられるものである。この場合の定数 a としては、通常、65～70の値がよく用いられる。式の中の(エ)及び(オ)に最も適した語句を記入して式を完成させよ。

$$\theta_{1/2} = a \times \frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}} \text{ [度]}$$

- (iii) 周波数15 [GHz]におけるアンテナ開口径8 [m]、開口能率63.4 [%]のアンテナの利得 [dB]を算出過程を示し求めよ。ただし、光速 $C = 3 \times 10^8$ [m/s]、 $\pi = 3.14$ とし、答えは有効数字2けたとする。

問2 デジタル無線方式で用いる変調器に関する次の問いに答えよ。

- (1) 図1はパスレングス形変調器(スイッチング変調器)の基本構成例を示し、図2はパスレングス形変調器を用いた4-P S K変調器の構成例を示したものである。□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。

パスレングス形変調器は、サーキュレータ、短絡導波管及びダイオードスイッチにより構成される。ダイオードスイッチに変調パルス信号を加えると、パルス電圧が□(ア)のときはダイオードが短絡され搬送波はここで□(イ)される。パルス電圧が□(ウ)のときは開放となり、搬送波は短絡板まで行って□(イ)される。したがって、ダイオードスイッチと短絡板までの間隔を l 、管内波長を λ_g とすれば、ダイオードの□(エ)、□(オ)により搬送波の位相 θ は次式に示すように、 $\Delta\theta = 2l \frac{2\pi}{\lambda_g}$ だけ差を生じる。

パスレングス形変調器を用いて4-P S K変調器を構成するには $(0, \pi)$ 変調器と $(0, \frac{\pi}{2})$ 変調器の二つの変調器を図2に示すように直列に接続すればよい。しかし、この方法では、□(カ)になるに従って各変調器への入力信号の□(キ)調整が困難になるという短所があるため、□(キ)の□(ク)度異なる二つの変調系を合成する□(ケ)を用いる場合も多い。

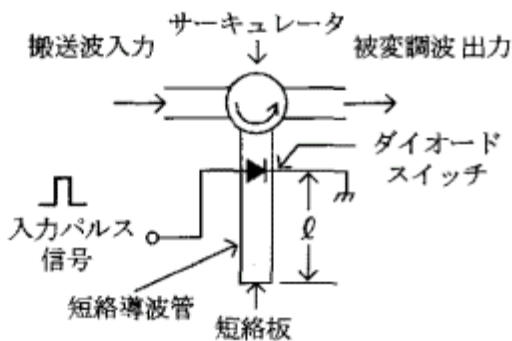


図1

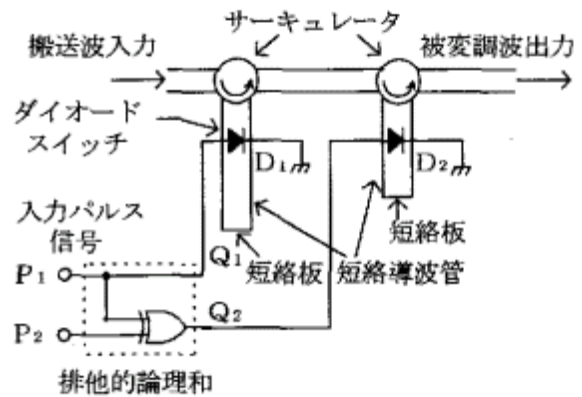


図2

- (2) パスレングス形変調器に関する次の問いに答えよ。

(i) パスレングス形変調器の長所を二つ挙げよ。

(ii) 図1に示すパスレングス形変調器を① $(0, \pi)$ 変調器、② $(0, \frac{\pi}{2})$ 変調器として動作させるための、ダイオードスイッチと短絡板の間隔 l を求めよ。ただし、搬送波の管内波長は λ_g とする。

(3) 図3は、リング変調器を用いた4-PSK変調器の回路構成例を示したものである。
 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。

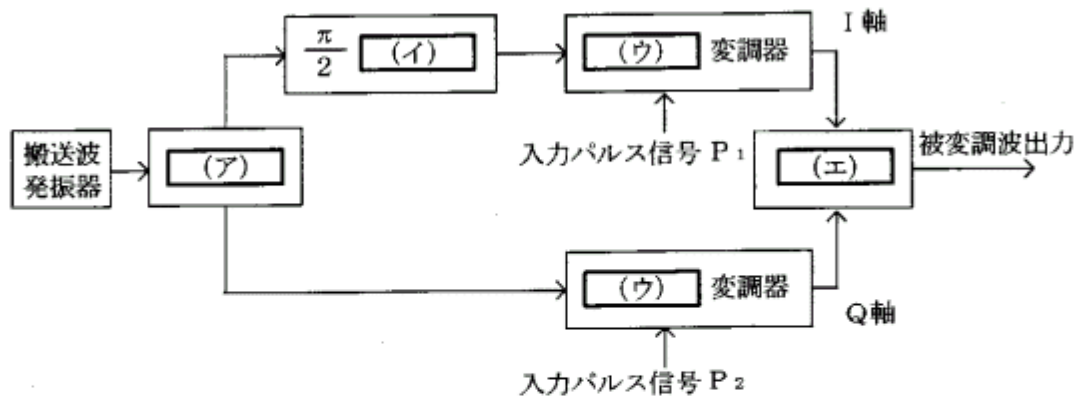


図3

問3 次の問いに答えよ。

(1) 次の文章は、衛星通信地球局の構成及び各設備の動作概要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。

(i) 地球局は一般的に、④地上網とのインタフェース部、⑤多元接続装置、③送受信周波数変換装置、① [(ア)]、⑥ [(イ)]、⑦ [(ウ)]、⑧監視制御装置等から構成されるが、それぞれの動作概要は、次のとおりである。

- ④ 地上網とのインタフェース部は、交換機等と接続される場合などに、 [(エ)] 部分によって生じるエコー(送話者が発した声を受話者側で反射されて約 [(オ)] 秒後に送話者に戻ってくる現象をいう。)を除去するための [(カ)] 機能を持つ。
- ⑤ 多元接続装置は、衛星通信システムにおいて用いられている各種の多元接続方式の地上局と衛星間でやりとりされる [(キ)] について、その並び替え、変復調を行う。
- ③ 送受信周波数変換装置は、変調器出力周波数を衛星に送信する送信周波数への変換、及び衛星からの受信周波数を、復調器入力周波数へ変換する操作を行う。
- ① [(ア)] は、地球局から衛星方向に向け信号が送信された場合に、衛星で受信される信号が地球局、衛星間の伝搬損失による減衰を受けてもなお必要な [(ク)] を確保できるように、送信信号を所要の電力へ増幅して地球局アンテナへ送る機能を持つ。
- ⑥ [(イ)] は、地球局アンテナで受信された衛星からの微弱な受信信号に対して、必要な [(ク)] を得るため、内部での雑音電力の発生を極力抑え、増幅を行う。
- ⑦ [(ウ)] は、送信信号を所要の実効放射電力で衛星に向けて送信できるように高利得送信を行い、衛星からの微弱な受信信号に対しても、必要な [(ク)] を得ることができるよう低雑音、高利得受信を行う機能を持っており、必要に応じて直交する二つの偏波で異なる信号を送受信できるように、十分な交差偏波識別度を有するものも用いられる。
- ⑧ 監視制御装置は、各地球局の [(ケ)] のために設けられている。

(語群)

- | | | |
|------------|----------|----------|
| ① OMJ | ② 0.5 | ③ C/I |
| ④ エコーキャンセラ | ⑤ ビットレート | ⑥ リニアライザ |
| ⑦ HPA | ⑧ イコライザ | ⑨ 2線4線変換 |
| ⑩ LNA | ⑪ アンテナ装置 | ⑫ 1.0 |
| ⑬ C/N | ⑭ 符号化 | ⑮ 集中監視制御 |
| ⑯ 信号配列 | ⑰ 端局装置 | ⑱ 送信電力制御 |

(ii) 衛星通信に用いられる多元接続方式の一つに、周波数分割多元接続方式(FDMA)がある。この方式は、周波数を細かく分割し、各地球局に異なる周波数を割り当て、周波数の違いで信号を識別して自局向け信号を取り出しているが、③衛星通信に用いられている周波数分割多元接続方式以外の多元接続方式の名称を二つ挙げ、⑥それぞれの概要を簡潔に説明せよ。

- (2) 衛星パケット通信で小容量の地球局が多数存在する形態に適したランダムアクセス方式について、次の問いに答えよ。
- (i) ランダムアクセス方式の一つである純アロハ(Pure ALOHA)方式の地球局から衛星へのデータ送
出上の特徴について簡潔に説明せよ。
- (ii) 純アロハ(Pure ALOHA)方式の特性を改善したものにスロット付きアロハ(Slotted ALOHA)方式が
あるが、①改善された特性、②その改善方法を簡潔に説明せよ。

問4 次の(i)～(xv)までの文章は、移動体通信に関連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し、誤りと判断したものについては、正しい表現に直せ。

- (i) 誤り制御は、FEC方式とARQ方式の二つに大別することができる。ARQ方式は伝送制御が複雑になるが、受信側の簡単な誤り検出回路で信頼性の高い通信システムが構成できる利点を持つため、移動体通信のデータ伝送に適している。
- (ii) 移動体通信系の品質評価基準としてよく用いられるSNRとは、信号電力対雑音電力比であり、CIRとは搬送波電力対雑音電力比である。
- (iii) チャンネル配置の一つの方法として、距離的配置を考慮の上で送信信号の側波帯の一部が隣接チャンネルに漏れ込むことを許容した変調方法があり、ダイナミックチャンネル配置又はスプリットチャンネル配置といわれる。
- (iv) 移動体通信の基地局送信機は、送信機入力がないときでも、搬送波に比較して -60 [dB]程度以下の線スペクトルを有する雑音を放射している。
- (v) 送信機及び受信機等の遅延特性を有する回路に複数の信号が入力されたとき、入力信号とは異なる信号が発生するが、これは相互変調といわれる。
- (vi) BPSK方式は送信データ“0”と“1”に対応して、搬送波の位相を“0”と“ π ”に変化させる2値伝送方式である。
- (vii) 位相連続FSKのうち変調指数0.5の位相連続FSKは、特にBPSKといわれる。
- (viii) $\pi/4$ シフトQPSK方式は、1シンボル当たり4ビットの伝送を行うQPSK方式の一種である。
- (ix) デジタル復調器の構成は、大きく分けて検波回路、タイミングクロック再生回路、データ出力回路等で構成されているが、検波の基準信号の発生方法により同期検波と遅延検波がある。
- (x) ダイバーシチによる改善効果は、中断率、又はビット誤り率を一定の値とするまでの平均C/N比の低減量によって表され、ダイバーシチ利得ともいわれる。
- (xi) ダイバーシチ方式の基本的合成法には、選択合成法、等利得合成法及び最大比合成法がある。このうち合成後のC/Nを最大にするような制御方式は選択合成法である。
- (xii) 移動体通信に特有の市街地におけるレベル変動と遅延変動を伴う伝搬特性は、周囲のあらゆる角度から伝搬路の異なる多くの電波(多重波)を同時に合成して受信することによる。このような合成受信波の瞬時変動は、シンチレーションフェージングといわれる。

- (xiii) 基地局のアンテナが無指向性である場合エリアの形状は円形となるが、自セルと隣接セルの平均受信レベルが等しくなるオーバーラップエリアの中心をセルの境界と定義するとセル形状は、正三角形、正方形及び正六角形のいずれかの正多角形になる。
- (xiv) セル間隔、つまりセルの中心間隔は、正三角形セルが最も大きく、基地局の数を減らせる。
- (xv) 送受信の偏波には、垂直、水平の直線偏波、円偏波等があるが、移動体通信の送受信の偏波には、水平偏波が一般的に用いられている。理由は簡単な構造で設置性にも優れたダイポール等の線状アンテナで水平面オムニ指向性が得られるためである。

問5 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は携帯電話などの移動体通信の周波数利用効率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。

移動体通信では、移動局が空間的に広く分布すると共に、□(ア)を再利用する機会が多いため、面積当たりの□(イ)がシステムの加入者容量に密接に関連する。さらに、特定の移動局が特定のチャンネルを占有する利用形態でなく、多数の移動局が同一のチャンネルを□(ウ)的に重複しないようにして共同利用するが、この場合は1チャンネル当たりの伝送可能な□(エ)が、システムの加入者容量に密接に関連する。

総合の周波数利用効率 η_w は、ゾーン内のチャンネル数を n_a 、チャンネル当たりの□(エ)を a_c 、同一周波数の繰り返し単位となるゾーンの面積を S 、帯域幅を W とすると、次式で表せる。

$$\eta_w = \frac{n_a \cdot a_c}{S \cdot W} \text{ [アーラン/(Hz} \cdot \text{m}^2\text{)]}$$

また、この η_w は、□(ア)の空間的な□(オ)である空間的利用率を η_s 、チャンネル当たりの時間的利用率を η_t 、帯域当たりの□(イ)である帯域利用率を η_b とすると $\eta_w = \eta_s \cdot \eta_t \cdot \eta_b$ と表される。したがって総合の周波数利用効率 η_w を上げるためには、これら三つの利用効率を向上させることが必要となる。

(語群)

- | | | | |
|----------|--------|---------|----------|
| ① 繰り返し頻度 | ② 暫定 | ③ 呼損率 | ④ ゾーン半径 |
| ⑤ 同一周波数 | ⑥ 空間 | ⑦ 呼量 | ⑧ ガウス分布 |
| ⑨ 時間 | ⑩ 自由空間 | ⑪ セクタ構成 | ⑫ チャンネル数 |

(2) 次の文章は、周波数利用効率向上のための方法について述べたものである。□内の(カ)～(ク)に最も適したものを、それぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(i) 帯域利用率の向上方法について述べた次のA～Cの文章の記述は、□(カ)。

- A デジタル携帯電話システムには、音声符号化速度を半分にするハーフレート化も採用されている。
- B 移動体通信では、一般的にマルチチャネルアクセス方式を用いている。
- C 隣接チャネル干渉による品質劣化を軽減するため、干渉キャンセラ、ダイバーシチ、誤り訂正符号化などの高品質伝送技術がある。

＜(カ)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cのすべてが正しい ⑧ A、B、Cのすべてが正しくない

(ii) 空間的利用率の向上方法について述べた次のA～Cの文章の記述は、□(キ)。

- A チャネル当たりの所要のビットレートを低減する高能率な音声符号化や画像符号化がある。
- B セル面積の縮小による、マイクロセル化やピコセル化がある。
- C セル繰り返し率の向上方法として同一チャネル干渉を抑えるセクタ構成、送信電力制御等が有効である。

＜(キ)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cのすべてが正しい ⑧ A、B、Cのすべてが正しくない

(iii) 時間的利用率の向上方法について述べた次のA～Bの文章の記述は、□(ク)。

- A 各セルの呼量を見積もり、必要なチャネル数を算出して、チャネル配置を常時固定する。
- B ダイナミックチャネル配置を行う。

＜(ク)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ A、Bのいずれも正しい
- ④ A、Bのいずれも正しくない

- (3) 次の文章は、アダプティブアレーアンテナの原理について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。

アダプティブアレーアンテナとは、□(ア)のアンテナ素子を用意して、これらからの信号出力を適切な重み付けの後合成することによって、特性が制御される一種の可変□(イ)アンテナで、任意の方向にヌル点を作ることができる。ヌル点では合成出力を小さくできるため、ヌル点を□(ウ)の方向に合わせることにより、この影響をほとんど除去することができる。アダプティブアレーアンテナはこの働きを自動的に行えるように信号処理のアルゴリズムと共に開発されたものである。機械的に□(エ)アンテナを回転させる必要はないが、実際に効果を発揮させるためには、ある程度、大きなアンテナを設置する□(オ)が必要となる。

問6 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、マイクロ波の電波伝搬における降雨による交差偏波識別度の劣化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、同じ語句を重複して用いてもよいものとする。

マイクロ波回線では、一般に、周波数の有効利用を図るため直交両偏波方式が用いられ、チャンネル間の分離を交差偏波識別度に依存している。このため、方式設計に当たっては交差偏波識別度の評価が重要である。交差偏波識別度劣化は、直交偏波を伝送する給電系、アンテナ系及び伝搬路等で発生するが、このうち伝搬路に起因する降雨による交差偏波識別度の劣化は、偏平した雨滴の傾きと大きさ、使用波長、伝搬距離等によって変化する。

雨滴は、一般に、空気抵抗により横長の回転楕円体となり、かつ、風の影響を受け□(ア)落下する。このとき、雨滴による電波の□(イ)及び位相推移量が長軸と短軸方向で異なるため、雨滴に入力する偏波に対して交差偏波成分が発生する。降雨による交差偏波識別度の劣化は、次のような特性を持つことが知られている。

- ① 降雨が強いほど、雨滴が大きく、偏平度も大きくなり、雨滴の傾き角が一定のときは、雨滴の長軸方向と短軸方向の□(ウ)の差の大きい方が交差偏波識別度の劣化は大きい。
- ② 直線偏波のとき、雨滴落下の傾き角が□(エ)度を超えない範囲で大きいほど、交差偏波識別度の劣化は大きい。
- ③ 直線偏波のとき、空間における交差偏波成分の発生には□(オ)作用があるため、伝搬距離が長いほど同一減衰量に対する交差偏波識別度の劣化は□(カ)なる。
- ④ 雨滴の傾きに密接に関連する風の空間相関は、一般に、□(キ)方向に比較して□(ク)方向ははるかに小さいため、□(ケ)の傾き角が大きくなるほど同一減衰量に対する交差偏波識別度の劣化は小さくなる。
- ⑤ 周波数が高くなるにつれて、電波に同一減衰量を与える雨滴の径は□(コ)なり、交差偏波識別度の劣化は小さくなる。

(語群)

- | | | | |
|-------|--------|-------|-------|
| ① 大きく | ② 小さく | ③ 垂直 | ④ 速度 |
| ⑤ 90 | ⑥ 相関 | ⑦ 減衰量 | ⑧ 45 |
| ⑨ 斜めに | ⑩ 電波通路 | ⑪ 熱損失 | ⑫ 上向き |
| ⑬ 弁別度 | ⑭ 打ち消し | ⑮ 水平 | ⑯ 下向き |

- (2) 変復調方式として、主に4PSK、16QAM変調・同期検波方式を用いたデジタル無線回線の設計を行う場合のC/N配分に関する次の問いに答えよ。

C/N配分においては、その対象として、熱雑音や干渉雑音等のガウス性雑音のほかに、ビット誤りの発生箇所により分類した種々の等価C/N劣化要因による劣化を考慮する必要がある。

次に示す等価C/N劣化要因と劣化の種類に関連を示した図1において、①～③の劣化要因と直接関係する劣化の種類を、それぞれ一つ挙げよ。

(解答例：①クロック位相誤差 — クロック位相誤差)

等価C/N劣化要因

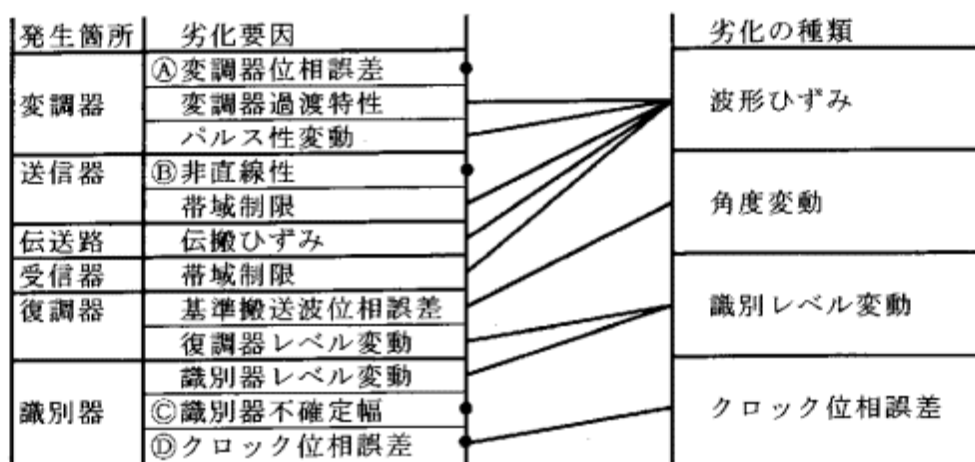


図1

- (3) 図2は、デジタルマイクロ無線回線を構成する地上局A局の送信アンテナから、B局受信アンテナへ向かう希望波の信号①に対する各種の干渉を示したものである。次の問いに答えよ。

(i) 希望波の信号①に対する③～⑤の干渉波名をそれぞれ記せ。

(ii) A局とB局間のフェージング発生時及び降雨時に、②、③の干渉波と、④、⑤の干渉波によって生じる干渉度合いの違いについて簡潔に説明せよ。

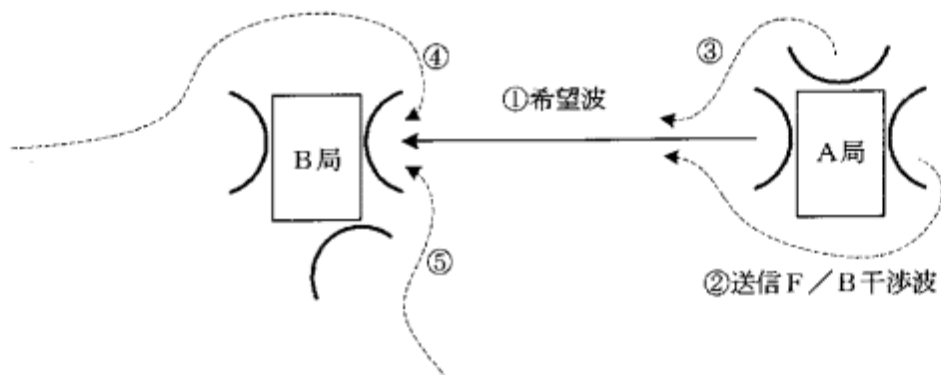


図2

(iii) ②、③の干渉に対する希望搬送波対干渉波の電力比 C/I [dB] を示す式を下記のパラメータを参照して記せ。

	希望波側	干渉波側
送信出力 [dBm]	P_{tD}	P_{tU}
送信アンテナ利得 [dB]	G_D	G_U
送信側給電系損失 [dB]	L_{fD}	L_{fU}
指向性減衰量 [dB]		D_θ
フィルタによる改善量 [dB]		$\alpha(\Delta f)$