

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）
地域創生科学研究科修士課程
入学試験問題

工農総合科学専攻・光工学プログラム
専門科目問題冊子

【専門科目】
「幾何光学」

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目「波動光学」を課します。
3. 答案は試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入してください。
4. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
5. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

1. 図1のように、屈折率 n_1 の媒質Ⅰから入射角 θ_1 で光が入射し、屈折率 n_2 の媒質Ⅱとの境界面に到達する系を考える。ただし、媒質ⅠとⅡは、等方性の透明媒質であるとする。以下の問いに答えよ。

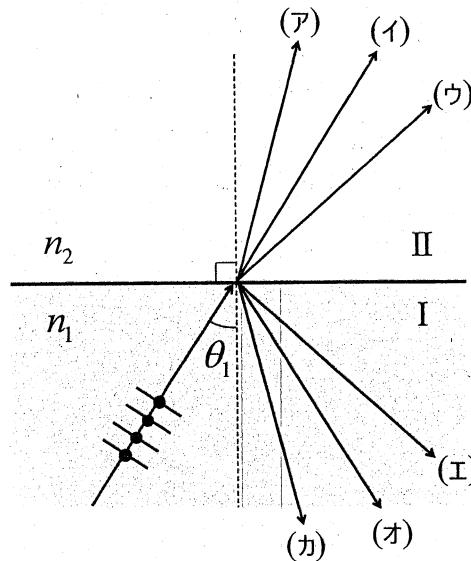


図1 反射と屈折

- (1) 入射した光が境界面で反射した後、(ア)～(カ)のどの方向に進行するか。
- (2) $n_1 > n_2$ のとき、入射した光が境界面で屈折した後、(ア)～(カ)のどの方向に進行するか。
- (3) 媒質Ⅰが水（屈折率 1.33）で、媒質Ⅱが空気の場合、光が入射角 $\theta_1 = 48.6^\circ$ で入射したとき、屈折角が 90° になる。この現象を何と呼ぶか。また、この角度を何と呼ぶか。
- (4) 逆に、 $n_1 < n_2$ のとき、入射した光が境界面で屈折した後、(ア)～(カ)のどの方向に進行するか。
- (5) 空気から水に向かって光が入射した場合、入射角 $\theta_1 = 53.1^\circ$ のとき、p 偏光が反射しなくなる。この角度を何と呼ぶか。また、この時の屈折角 θ_2 を求めよ。

2. 図2のように、屈折率 n の薄肉レンズの左側球面の曲率半径を R_1 、右側球面の曲率半径を R_2 とすると、後側焦点距離 f' は式(1)で与えられる（レンズの公式）。

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

但し、曲率半径は光の進行方向を正とし、光軸上の球面中心がレンズ頂点（レンズ面と光軸との交点）より正の側にあれば正、負の側にあれば負とする。
 レンズの屈折率が $n = 1.5$ 、外径が20mmである時、以下の問に答えよ。

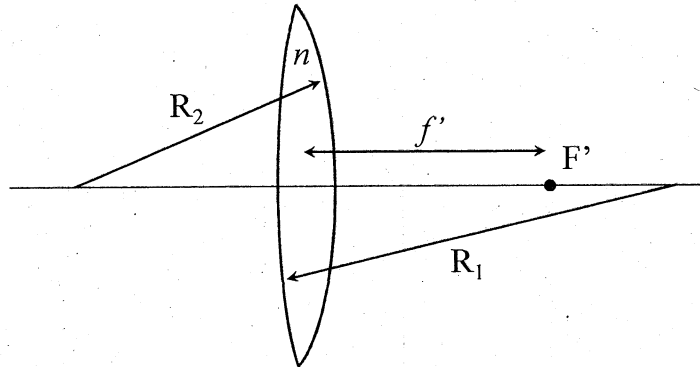


図2 薄肉レンズ

- (1) 曲率半径20mmと20mmの両凸レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (2) 曲率半径40mmと40mmの両凸レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (3) 曲率半径60mmと20mmの両凸レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (4) 曲率半径20mmと60mmの両凸レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (5) 曲率半径20mmの平凸レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (6) 曲率半径20mmの平凹レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (7) 曲率半径20mmと20mmの両凹レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (8) 曲率半径40mmと40mmの両凹レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (9) 曲率半径20mmと60mmの両凹レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。
- (10) 曲率半径60mmと20mmの両凹レンズの概形を描き、焦点距離を求めよ。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）
地域創生科学研究科修士課程
入学試験問題

工農総合科学専攻・光工学プログラム
専門科目問題冊子

【専門科目】
「波動光学」

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目「波動光学」を課します。
3. 答えは試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入してください。
4. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
5. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 波動光学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

I.

関数 $f(t)$ が次のように定義されている。このとき、以下の問いに答えよ。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (|t| \leq 1/2) \\ 0 & (|t| > 1/2) \end{cases}$$

- (1) 関数 $f(t)$ のグラフを書け。
- (2) 関数 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を求めよ。
- (3) 関数 $F(\omega)$ のグラフの概形を示せ。

II.

回折現象に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 図 1 はホイヘンスの原理の説明図である。左から右に光が進行し、開口面を通る様子を示している。この図を用いてホイヘンスの原理を説明せよ。ただし、図中の Σ は太線の波面を表している。

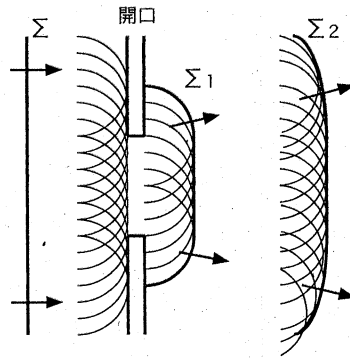


図 1

- (2) 図 2 は、開口に波長 λ の平面波が入射したときの様子を表したものである。開口の後方の点 P における回折波の振幅は

$$u(P) = A \iint_S \frac{\exp(ikr)}{r} dS \quad (1)$$

で与えられる。ただし、 A は定数で、 r は開口上にある点 Q から観測点までの距離、また $k = 2\pi/\lambda$ である。 $\exp(ikr)/r$ は何を表しているか答えよ。また、この積分について説明せよ。

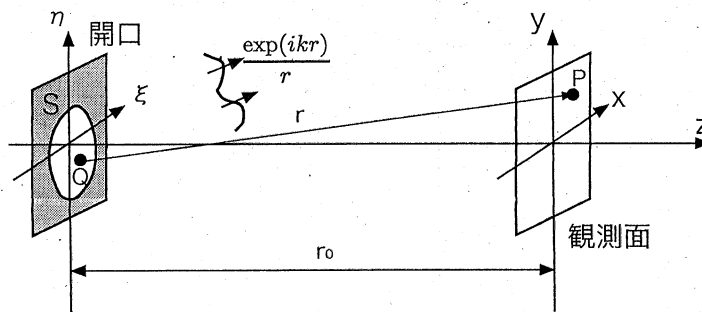


図 2

- (3) 開口面の点 Q の座標を (ξ, η) 、点 P の座標を (x, y) とし、開口面から観測面までの距離を r_0 とする。このとき、式 (1) は、以下のように書き換えることができる。

$$u(x, y) = A \iint_{-\infty}^{\infty} g(\xi, \eta) \frac{\exp(ikr)}{r} d\xi d\eta \quad (2)$$

ここで、

$$g(\xi, \eta) = \begin{cases} 1 & \text{(開口面の中)} \\ 0 & \text{(開口面の外)} \end{cases}$$

である。このとき、点 P、点 Q 間の距離 $r = \overline{PQ}$ を r_0 、 x 、 y 、 ξ 、 η を用いて表わせ。

- (4) $\xi, \eta \ll x, y \ll r_0$ の関係があるとき、問 (3) で求めた r の近似式を求めよ。
(5) r の近似式を式 (2) に代入し、観測面での回折波の振幅 (フラウンホーファー回折の式) は、

$$u(x, y) = A \frac{\exp(ikr_0)}{r_0} \exp\left\{\frac{i\pi(x^2 + y^2)}{\lambda r_0}\right\} \\ \times \iint_{-\infty}^{\infty} g(\xi, \eta) \exp\left\{-\frac{i2\pi}{\lambda r_0}(x\xi + y\eta)\right\} d\xi d\eta$$

となる。今、 x 軸上の強度を考える。つまり $y = 0$ とする。位相項を除いたとき、強度分布はどのようなか説明せよ。

(以上)

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 波動光学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

III.

振幅 1 で波長 $\lambda(=2\pi/k)$ の光が平面波として進行するとき、時刻 t 、位置 $\mathbf{r} = (x, y, z)$ における平面波の複素数表示は、 $\mathbf{k} = (k_x, k_y, k_z)$ を波数ベクトル、 ω を角周波数、 ϕ を初期位相とすると、 $u(\mathbf{r}, t) = \exp[i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t + \phi)]$ と記述される。

図 3 に示されるように、2 つの平面波 u_1 と u_2 がスクリーン上で干渉縞を形成する。平面波 u_1 は、波数ベクトル $\mathbf{k}_1 = (0, 0, k)$ と初期位相 ϕ_1 を有し、スクリーンに垂直に入射する。平面波 u_2 は、波数ベクトル $\mathbf{k}_2 = (k \sin \theta, 0, k \cos \theta)$ と初期位相 ϕ_2 を有し、スクリーンに θ の角度で入射する。以下の(1)から(4)の問いに答えよ。

(1) $z = 0$ にあるスクリーン上の点 $\mathbf{r} = (x, y, 0)$ における、 $u_1(x, t)$ と $u_2(x, t)$ を、平面波の複素数表示から、それぞれの波数ベクトルと初期位相を用いて計算せよ。

(2) スクリーン上の干渉縞の光強度分布が、 $I(x) = I_0[1 + M \cos(Kx + \varphi)]$ で表されることを証明せよ。その時、平均光強度 I_0 、干渉縞のコントラスト M 、干渉縞の波数 K 、位相差 φ を求めよ。なお、2 光波の干渉強度は、 $I(x) = |u_1(x, t) + u_2(x, t)|^2 = [u_1(x, t) + u_2(x, t)][u_1(x, t) + u_2(x, t)]^*$ で求められる。ここで*は複素共役を表す。

(3) 干渉縞が、 $-1 \leq x \leq 1$ 、 $-1 \leq y \leq 1$ の範囲で形成される時、 $0 \leq y \leq 1$ の範囲で、平面波 u_1 の ϕ_1 が π だけ変化した時の干渉縞を図示せよ。なお、本問では、 K を指定していないので、干渉縞の間隔は任意に決定する。

(4) 干渉縞の間隔 $\Lambda(=2\pi/K)$ を λ と θ で表せ。 $\lambda = 500\text{nm}$ 、 $\theta = 30$ 度の時の Λ を求めよ。また、 $\theta = 1$ 度の時の Λ を概算せよ。

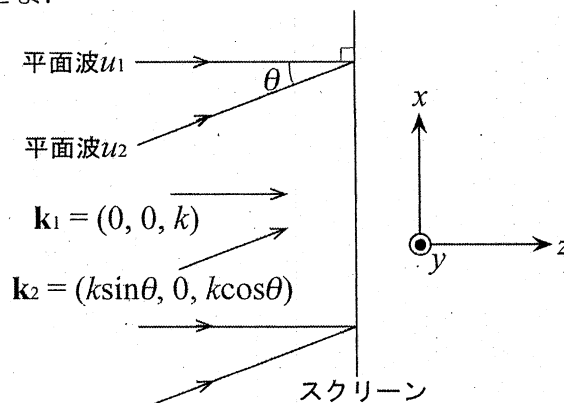


図 3 2 光束の干渉.

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）
地域創生科学研究科修士課程
入学試験問題

工農総合科学専攻・光工学プログラム
教育研究分野「光通信工学」「ポリマーフォトンクス」専門科目問題冊子

【専門科目】
「物理光学」

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 光工学プログラム教育研究分野「光通信工学」「ポリマーフォトンクス」では、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目「物理光学」を課します。
3. 答えは試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入してください。
4. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
5. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 物理光学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

1

以下の光と物質の相互作用に関する問題について解答せよ。

(1) 図1のような構造の端面出射型半導体レーザーがある。発振領域である活性層の断面サイズは、縦方向の厚さ $0.1 [\mu\text{m}]$ 、横方向の幅 $2 [\mu\text{m}]$ である。このとき、活性層から出射したビームの広がり角は、縦方向と横方向でどちらが大きいか、またその理由を述べよ。

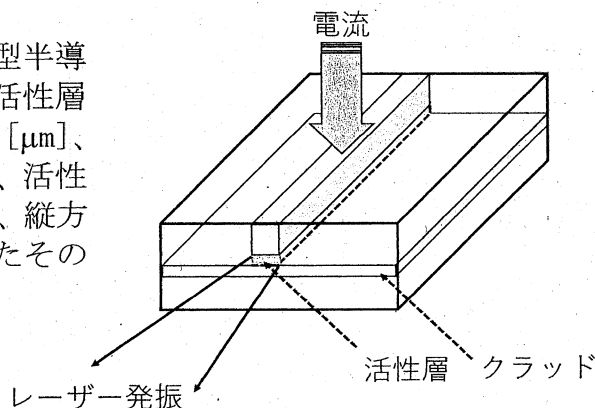


図1

(2) 図2のように、三角柱の方解石プリズムを2枚重ね合わせたグラン・フーコー偏光子に、波長 $580 [\text{nm}]$ の常光線（図2のC軸に垂直な偏光の光線）および異常光線（C軸に平行な偏光の光線）を垂直入射する。このとき、一方の偏光を出射する偏光子として作用するためのプリズム切り出し角 θ を、以下の導出に従って求めよ。ただし、方解石の常光線屈折率は $n_o=1.66$ 、異常光線屈折率は $n_e=1.49$ であり、2枚のプリズムの接合面の間は空気 ($n=1$) である。

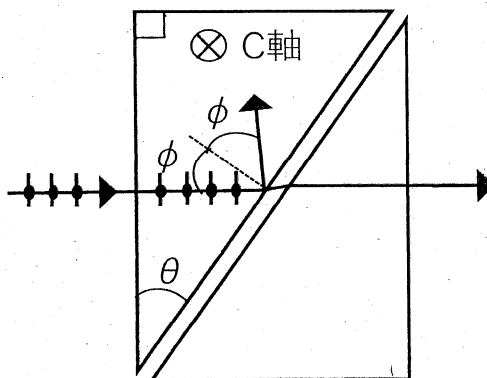


図2

① 1枚目のプリズム中を進行した光が、接合境界面で全反射するための入射角 ϕ の条件を、常光線および異常光線の場合についてそれぞれ求めよ。ただし、 $\sin^{-1}0.6=37^\circ$ 、 $\sin^{-1}0.67=42.1^\circ$ である。

② 入射角 ϕ とプリズム切り出し角 θ の関係式を書け。

③ 2枚目のプリズムからの出射光が、一方のみの直線偏光となるプリズムの切り出し角 θ の条件を求めよ。また、その直線偏光は、常光線と異常光線のどちらか答えよ。

(3) 有機物質リモネンの吸収スペクトルを測定すると、C-H結合やC-C結合の伸縮振動に起因する吸収ピークが発現する。それらの基本振動のピーク波長は、紫外・可視・赤外のうち、どの領域に現れるか答えよ。また、C-H結合とC-C結合の伸縮振動による基本波吸収ピーク波長は、どちらが長波長側に現れるか、理由とともに答えよ。

2

以下の①～⑦について、適語あるいは式を答えよ。

媒質中を z 方向に進む光の電界 E は、(1)式で表される。

$$E = E_0 \exp \{i(kz - \omega t)\} \quad (1)$$

上式において、 k は①とよばれ、 $k = \frac{2\pi\hat{n}}{\lambda}$ である。ここで、 \hat{n} は複素屈折率であり、(2)式で表現される。

$$\hat{n} = n + i\kappa \quad (2)$$

ただし、左辺の n は②、 κ は③とよばれる。(1)に複素屈折率(2)を代入すると、(3)式のようになる。

$$E = E_0 \exp \{i(\text{④}) - (\text{⑤})\} \quad (3)$$

(3)式において、 κ が波の進行に伴い振幅を減衰させる働きを持つことを考慮し、また光強度 I は電界振幅の絶対値の二乗に比例する量であるから、(4)式で表現される。

$$I \propto |E|^2 = E_0^2 \exp(\text{⑥}) \quad (4)$$

吸収係数 α は、入射光強度が $1/e$ になるまでに光が進む距離の逆数であり、物質固有の光の吸収の強さを表し、(5)式で表現される。

$$I(z) = I(0)\exp(-\alpha z) \quad (5)$$

(4)式と(5)式から、 α と κ の関係は、(6)式となる。

$$\boxed{\textcircled{7}} \quad (6)$$

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）
地域創生科学研究科修士課程
入学試験問題

工農総合科学専攻・光工学プログラム
教育研究分野「感性情報学」「知覚情報処理」専門科目問題冊子

【専門科目】

線形代数	1 ページ
微積分学	2 ページ
離散数学	3 ページ
計算機システム	4～6 ページ
データ構造とアルゴリズム	7～11 ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 光工学プログラム教育研究分野「感性情報学」「知覚情報処理」では、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目1科目を課します。
3. 選択の専門科目は、問題冊子を見てから「線形代数、微積分学、離散数学、計算機システム、データ構造とアルゴリズム」のうちから1科目を選択し、解答してください。
4. 答えは試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入するとともに、選択した専門科目名に○をつけてください。
5. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
6. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

科目名 線形代数	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-----------------	-------------------------------------

次の設問 (1), (2) に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

- (1) 行列 A を、 $A = \begin{pmatrix} 2 & -4 & 2 & -2 \\ -1 & 2 & -1 & 1 \\ 3 & a & 3 & -3 \end{pmatrix}$ と定める。ただし、 a は定数である。次の (a)~(c) の問いに答えよ。

(a) A に対して基本行変形を行い、 A を階段行列にせよ。ただし、階段行列とは、各行の最も左にある非零の成分が、1行下がるごとに1つ以上右に移動する行列である。

(b) 行列 A の階数 $\text{rank } A$ を求めよ。

(c) $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}$, $\mathbf{0} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ とする。連立1次方程式 $A\mathbf{x} = \mathbf{0}$ を解け。

(2) x, y, z を変数とする2次形式

$$f(x, y, z) = (3 + \alpha^2)x^2 - 3\alpha y^2 - 3\alpha z^2 + 2(3 - \alpha^2)xy - 2\alpha(3 + 2\alpha)yz + 2(\alpha^2 - 3)zx$$

を考える。ただし、 α は整数である。次の (a)~(c) の問いに答えよ。

(a) $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ とする。 $f(x, y, z) = \mathbf{x}^T A \mathbf{x}$ をみたし、 $A^T = A$ となる 3×3 行列 A を求めよ。

ただし、 \mathbf{x}^T, A^T は、それぞれベクトル \mathbf{x} , 行列 A の転置とする。

(b) (a) で求めた行列 A の固有値をすべて求めよ。

(c) $f(x, y, z)$ が正の定符号となる α の値を求めよ。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 微積分学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

次の設問(1),(2)に解答せよ。なお、 $\log x$ は自然対数とする。また、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

(1) n を自然数として、以下の問いに答えよ。

(a) $\frac{1}{n+1} < \log \frac{n+1}{n} < \frac{1}{n}$ を示せ。

(b) $a_n = 1 + \frac{1}{2} + \cdots + \frac{1}{n} - \log n$, $b_n = 1 + \frac{1}{2} + \cdots + \frac{1}{n} - \log(n+1)$ とおくと、 $\{a_n\}$ は単調減少数列、 $\{b_n\}$ は単調増加数列であり、 $1 - \log 2 \leq b_n < a_n \leq 1$ となることを示せ。

(c) $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{2^n} \frac{1}{k}$ を求めよ。

(2) 次の2変数関数をマクローリン展開（原点のまわりでテイラー展開）し、 x, y について指定された次数の項まで求めよ。

(a) $f(x, y) = \frac{1}{1-x-y}$ (3次)

(b) $f(x, y) = (\cosh x) \log(1+y)$ (4次)

科目名 離散数学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-----------------	-------------------------------------

次の設問(1), (2)に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

- (1) フィボナッチ数列 $\{f_n\}$ ($n \geq 0$) の漸化式は $f_0 = f_1 = 1, f_n = f_{n-1} + f_{n-2}$ ($n \geq 2$) である。図1に示すフィボナッチ数列の項の値を計算するCプログラムの再帰的な関数定義について、以下の問いに答えよ。なお、オーバーフローは起こらないこととする。

```

int f(int n) {
    if ((n == 0) || (n == 1))
        return 1;
    else
        return f(n - 1) + f(n - 2);
}
    
```

図1 フィボナッチ数列の値を計算する関数定義

- (a) 図1の関数定義を用いてフィボナッチ数列の第 n 項 f_n の値を計算するときに行われる加算の回数を a_n で表すことにする。数列 $\{a_n\}$ ($n \geq 0$) を漸化式で表せ。
- (b) 数列 $\{a_n\}$ の母関数 $A(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n + \dots$ を分数式で表せ。
- (c) 数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を求めよ。
- (2) 有限集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ ($m \geq n > 0$) において、 X から Y への関数を $f: X \rightarrow Y$ とする。以下の問いに答えよ。
- (a) X から Y への関数 f はいくつあるか。
- (b) $n > 1$ のとき、ある k ($1 \leq k \leq n$) に対して、すべての x_i ($1 \leq i \leq m$) の関数値 $f(x_i)$ が $f(x_i) \neq y_k$ となる X から Y への関数 f はいくつあるか。
- (c) $n > 2$ のとき、ある j, k ($1 \leq j \leq n, 1 \leq k \leq n, j \neq k$) に対して、すべての x_i ($1 \leq i \leq m$) の関数値 $f(x_i)$ が $f(x_i) \neq y_j$ かつ $f(x_i) \neq y_k$ となる X から Y への関数 f はいくつあるか。
- (d) X から Y への関数 f のうち全射はいくつあるか。
- (e) $X = \{a, b, c, d\}, Y = \{\alpha, \beta, \gamma\}$ のとき、 X から Y への関数のうち全射はいくつあるか。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 計算機システム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
----------------	-------------------------------------

次の設問（1），（2）に解答せよ。

（1） 計算機システムに関する以下の（a）～（d）の問いに答えよ。

（a） 数の表現に関する以下の問いに答えよ。なお，1）～7）は計算過程も示すこと。

- 1) 符号なし2進数 $(101101.011)_2$ を10進数に変換せよ。
- 2) 16進数 $(4D.C1)_{16}$ を8進数に変換せよ。
- 3) 10進数 $(44.875)_{10}$ を16進数に変換せよ。
- 4) 10進数 $(-52)_{10}$ を2の補数表現を用いた8ビット2進数に変換せよ。
- 5) 2の補数表現の2進数 $(11100011)_2$ を10進数に変換せよ。
- 6) 10進数 $(110)_{10}$ を浮動小数点形式の2進数に変換せよ。ただし，この2進数は左から，符号部1ビット（非負：0，負：1），指数部4ビット，仮数部8ビットとし，指数部は，バイアス8のげた履き表現（8増しコード）とする。なお，仮数部の表現は絶対値表示とし，ケチ表現（hidden bit）を使用しないこと。
- 7) 浮動小数点形式の2進数 $(1.111111011100)_2$ を10進数に変換せよ。ただし，この2進数は左から，符号部1ビット（非負：0，負：1），指数部4ビット，仮数部8ビットとし，指数部は，バイアス8のげた履き表現とする。なお，仮数部の表現は，絶対値表示でありケチ表現を使用している。
- 8) 非負の2進数 $b_1b_2\cdots b_n$ を5倍したものを以下の（ア）～（エ）から選択せよ。
（ア） $b_1b_2\cdots b_n0000$ ，（イ） $b_1b_2\cdots b_n00-1$ ，（ウ） $b_1b_2\cdots b_n01$ ，（エ） $b_1b_2\cdots b_n00+b_1b_2\cdots b_n$

（次ページへ続く）

(b) ソフトウェアに関する以下の問いに答えよ。

- 1) 基本ソフトウェア (OS) は、3つのプログラムに分類できる。そのうちの1つが「サービスプログラム」である。残り2つの名称を答えよ。
- 2) 仮想記憶方式において、仮想記憶上のプログラムと主記憶を同じ固定長の領域に分割して管理する方式名を答えよ。
- 3) 仮想記憶方式では、割り当てられる実記憶の容量が小さい場合、ページアウト、ページインが頻発し、処理能力が急速に低下することがある。この現象を何とよいか答えよ。
- 4) 主記憶上に不連続な空き領域が多数発生し、連続した大きな空き領域が少なくなる現象を何とよいか答えよ。
- 5) システム全体のスループットを高めるため、主記憶装置と低速の出力装置とのデータ転送を、高速の補助記憶装置を介して行う方式名を答えよ。

(c) 図1は、オペレーティングシステムにおけるプロセスの状態遷移図である。

①～④に当てはまるプロセスの各状態および状態遷移の条件を記入し、プロセスの状態遷移図を完成させよ。

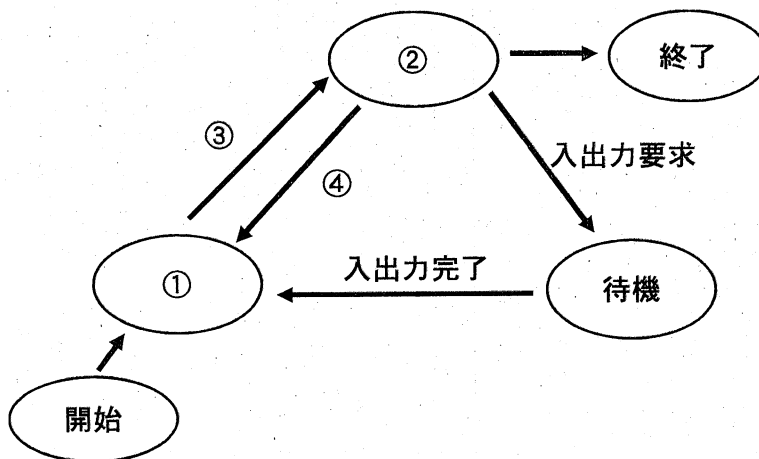


図1

(d) 計算機システムに関する以下の用語について説明せよ。

- 1) チャネル制御方式
- 2) 低級言語 (低水準言語)

(次ページへ続く)

(2) 記憶装置と性能に関する以下の(a)~(j)の問いに答えよ。

- (a) 機械命令およびデータ参照の局所性は二つの局所性に分類することができる。これらの名称を答え、それぞれを説明せよ。
- (b) 現在の CPU ではメモリへの平均アクセス時間を短縮する手段としてキャッシュメモリが広く使われている。キャッシュメモリでのミス率を m 、キャッシュメモリへのアクセス時間を t_c 、主記憶のアクセス時間を t_m としたとき、平均アクセス時間を表す式を示せ。
- (c) (b)において、キャッシュのヒット率を 98%、キャッシュメモリへのアクセス時間を 2 ナノ秒、主記憶へのアクセス時間を 0.5 マイクロ秒としたとき、平均アクセス時間を計算せよ。ただし、計算過程を示すこと。
- (d) キャッシュメモリには高速小容量のメモリが使用されるため、メモリ上にある全ての命令やデータを格納することができない。そのため、キャッシュメモリに空きが無い場合にはキャッシュブロックの置換が行われる。ブロック置換アルゴリズムである FIFO アルゴリズムと LRU アルゴリズムを説明せよ。
- (e) (d)で挙げた二つのアルゴリズムのうち、一般的にどちらを用いた場合にキャッシュヒット率が高くなるかを答え、その理由が(a)で挙げたどちらの局所性に基づくものであるかを説明せよ。
- (f) CPU の性能指標の一つに CPI がある。これは CPU の何を表す指標であることを説明せよ。
- (g) CPU のキャッシュメモリの影響を考慮に入れたときの平均 CPI は、キャッシュメモリが完全にヒットとした場合の理想的な状況での CPI と、キャッシュミスによる増加分との和として表すことができる。理想的な状況の CPI を CPI_{ideal} 、キャッシュミス率を m 、キャッシュミス時に余分にかかるサイクル数を C_m とするとき、キャッシュミスの影響を考慮に入れた場合の平均 CPI を表す式を示せ。
- (h) CPU のキャッシュメモリについて、キャッシュミスが起きる要因は三つに分類される。それらの名称を答え、それぞれを説明せよ。
- (i) (h)の三つの要因について、キャッシュミスを減らすためにはどうすればよいかをそれぞれ述べよ。
- (j) 2階層のキャッシュメモリを用いた場合の平均アクセス時間を考える。1次キャッシュメモリにアクセスしたときのミス率を m_1 、2次キャッシュメモリにアクセスしたときのミス率を m_2 、1次キャッシュメモリへのアクセス時間を t_1 、2次キャッシュメモリへのアクセス時間を t_2 、主記憶のアクセス時間を t_m としたとき、平均アクセス時間を表す式を示せ。

令和元年（2019年）10月入学／令和2年（2020年）4月入学（第1期）

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

科目名 データ構造とアルゴリズム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
---------------------	-------------------------------------

次の設問（1）～（3）に解答せよ。

（1）2分木について以下の(a)～(d)の問いに答えよ。

(a) 2分木の定義を説明せよ。

(b) 節点(ノード)の数が $n (> 0)$ の2分木を考える。この木の高さの最小値と最大値を n を用いて示せ。

(c) 完全2分木を考える。葉の深さが d であるとき、この木の葉の数を d を用いて示せ。

(d) 図1に示す完全2分木を、配列を用いて実現したい。どのようなデータ構造で実現すればよいか。図と文章で説明せよ。ただし、節点の円内の数字は、節点に格納されているデータを表し、正整数であるとする。

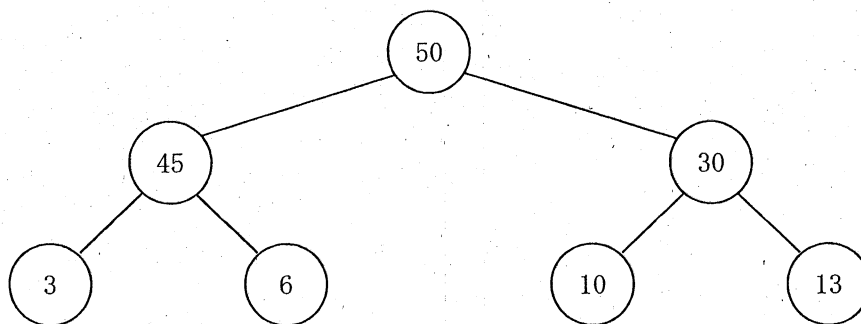


図1. 完全2分木

(次ページに続く)

(2) リスト1は2分探索をC言語の関数で実装したものである。以下の(a)~(d)の問いに答えよ。

(a) リスト1の(ア)~(ウ)に最もふさわしい処理をそれぞれ記述し、関数を完成させよ。

(b) 配列Dataに以下のような値が格納されている場合を考える。

```
int Data[12] = { 4, 6, 13, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 25, 32, 36 };
```

このとき関数 `binary_search(Data, 12, 32)` を実行すると、関数内の `left`, `right`, `middle`, `Data[middle]` の値はどのように変化していくか。7行目を実行する時点での値を、順を追って説明せよ。

(c) 20行目が実行されるのは、どのような条件の場合であるか説明せよ。ただし関数 `binary_search` の引数 n は正整数である。

(d) データの要素数を N とし、関数 `binary_search` の計算量(時間計算量)をオーダー表記で答えよ。

リスト1. 2分探索法

```
1: void binary_search(int Data[], int n, int x) {
2:
3:     int left = 0;
4:     int right = n - 1;
5:     int middle = (left + right) / 2;
6:
7:     while (left < right) {
8:         if (  ) {
9:             printf("%d is found.\n", Data[middle]);
10:            return;
11:        } else if (Data[middle] < x) {
12:            left = middle + 1;
13:        } else {
14:            
15:        }
16:        
17:    }
18:
19:    if (Data[middle] == x)
20:        printf("%d is found.\n", Data[middle]);
21:    else
22:        printf("%d is NOT found.\n", x);
23: }
```

(次ページに続く)

- (3) 線形リストを使用し、英単語と意味を保存する簡易単語帳プログラムを作成したい。新規レコードは、図2に示すように、線形リストの先頭に順次追加して保存するものとする。リスト2は、この処理をC言語で実装したプログラムである。以下の(a)~(c)の問いに答えよ。

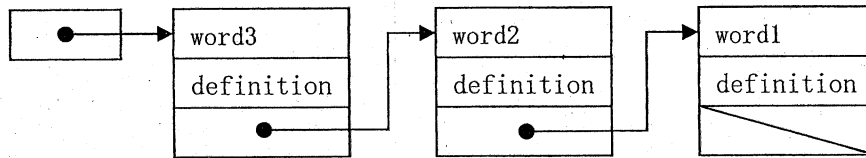


図2. 作成する線形リストの概要

- (a) リスト2の(ア)に最もふさわしい処理をC言語で記述し、プログラムを完成させよ。ただし、記載する処理の行数は1行とは限らない。
- (b) リスト2ではメモリの解放を行っていない。この場合、どのような問題が起きる可能性があるか説明せよ。
- (c) リスト3は、リスト2のメイン関数に修正を加えた後に、データを線形リストの先頭に追加する関数 `push` と、データを探索する関数 `search_by_word` を追加したものである。リスト3の(イ), (ウ)に最もふさわしい処理をC言語で記述し、プログラムを完成させよ。ただし、記載する処理の行数は1行とは限らない。

(次ページに続く)

リスト2. 簡易単語帳1

```
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>
#include <string.h>

struct rec {
    char word[10];
    char definition[50];
    struct rec* next; /* 次データへのポインタ */
};

struct rec *talloc(void) /* 記憶領域の確保*/
{
    return (struct rec *)malloc(sizeof(struct rec));
}

int main(void)
{
    struct rec *head,*p;
    char word[10];
    char definition[50];

    head = NULL;

    while (scanf("%s %s", word, definition) != EOF){
        p = talloc();
        strcpy(p->word, word);
        strcpy(p->definition, definition);
        (ア)
    }

    /* リストの内容表示*/
    p = head;
    while (p != NULL){
        printf("%s: %s.\n",p->word,p->definition);
        p = p->next;
    }

    return 0;
}
```

(次ページに続く)

リスト3. 簡易単語帳2

```

#include <stdio.h>
#include <malloc.h>
#include <string.h>

struct rec {
    char word[10];
    char definition[50];
    struct rec* next; /* 次データへのポインタ */
};

struct rec *talloc(void) /* 記憶領域の確保 */
{
    return (struct rec *)malloc(sizeof(struct rec));
}

struct rec* push(struct rec* head, char* word, char* definition)
{
    struct rec* p;
    p = talloc();
    (イ)
    return head;
}

struct rec* search_by_word(struct rec* head, char* word)
{
    while (head) {
        (ウ)
    }
    return head;
}

int main(void)
{
    struct rec *head = NULL;
    int i, n = 3;
    char* keyword = {"Sun"};
    char* word[3] = {"Cat", "Gold", "Sun"};
    char* definition[3] =
        {" a small carnivorous mammal",
         " a yellow precious metal",
         " the star at the center of the Solar System"};

    for (i = 0; i < n; i++)
        head = push(head, word[i], definition[i]);

    head = search_by_word(head, keyword);

    if (head)
        printf("%s: %s.¥n", keyword, head->definition);
    else
        printf("%s is not found.¥n", keyword);
    return 0;
}

```


April 2021 (2nd recruitment)
Graduate School of Regional Development and Creativity, Master Course
Entrance Examination

Division of Engineering and Agriculture, Graduate Program in Optical Engineering

[Specialized Subject]

“Geometric Optics”

March 4, 2020, 9:30~11:30 a.m. JST

[caution]

1. Don't open this booklet until the examination starts.
2. For the “Graduate Program in Optical Engineering”, you must take the compulsory subject “Geometric Optics” and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. Answer all of the problems.
4. Write your examinee number on all answer sheets and draft sheets.
5. Each answer should be written on the corresponding answer sheet. You may use the reverse side of the answer sheets.
6. Foreign students may use a dictionary for translation between Japanese and your mother language.
7. Answer sheets and draft sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

Graduate School of Regional Development and Creativity, Master Course

April 2021 (2nd recruitment) Entrance Examination

Specialized Subject 幾何光学 “Geometrical Optics”	専攻・学位プログラム名 Division of Engineering and Agriculture Graduate Program in Optical Engineering
--	---

1

Figure 1 shows a magnifying glass in front of a human eye. We consider it as a thin convex lens so that it makes an erect imaginary image of an object. We define s as distance between an object and a lens, s' as distance between a lens and an image, f and f' as focus length, y as a height of the object and y' as height of the image and e as distance between the lens and the eye, L as between the lens and the eye and L' as between the object and the eye.

[1] Put the appropriate equation or characters in the square from ① to ⑧.

The angle of vision ω is written using y and L as,

$$\tan \omega = \frac{\boxed{1}}{\quad} \quad (1)$$

In the same way, the angle of vision ω' is shown using y' and L' as ,

$$\tan \omega' = \frac{\boxed{2}}{\quad} \quad (2)$$

By using equation (1) and (2), the magnifying power γ is described by s and s' as,

$$\gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = \frac{y'L}{yL'} = \frac{\boxed{3}L}{\boxed{4}L'} \quad (3)$$

In the case of thin lens, a lens formula can be described as,

$$\frac{1}{\boxed{5}} + \frac{1}{\boxed{6}} = \frac{1}{f'} \quad (4)$$

Finally, we can get the relationship between the magnifying powery using L and L' with a power of lens $P = 1/f'$ and $s' = -L' + e$, where $e = 0$ for the case of a lens close to the eye.

$$\gamma = \boxed{7} \left(\frac{1}{\boxed{8}} + P \right) \quad (5)$$

[2] If the far point of a myopic eye is 5 m, what kind of an eye glass is required to see at infinity? We can use $L=0.25$ m as the range of clear vision.

[3] Discuss about the mechanism of microscope using a magnifier, in 500 words or less.

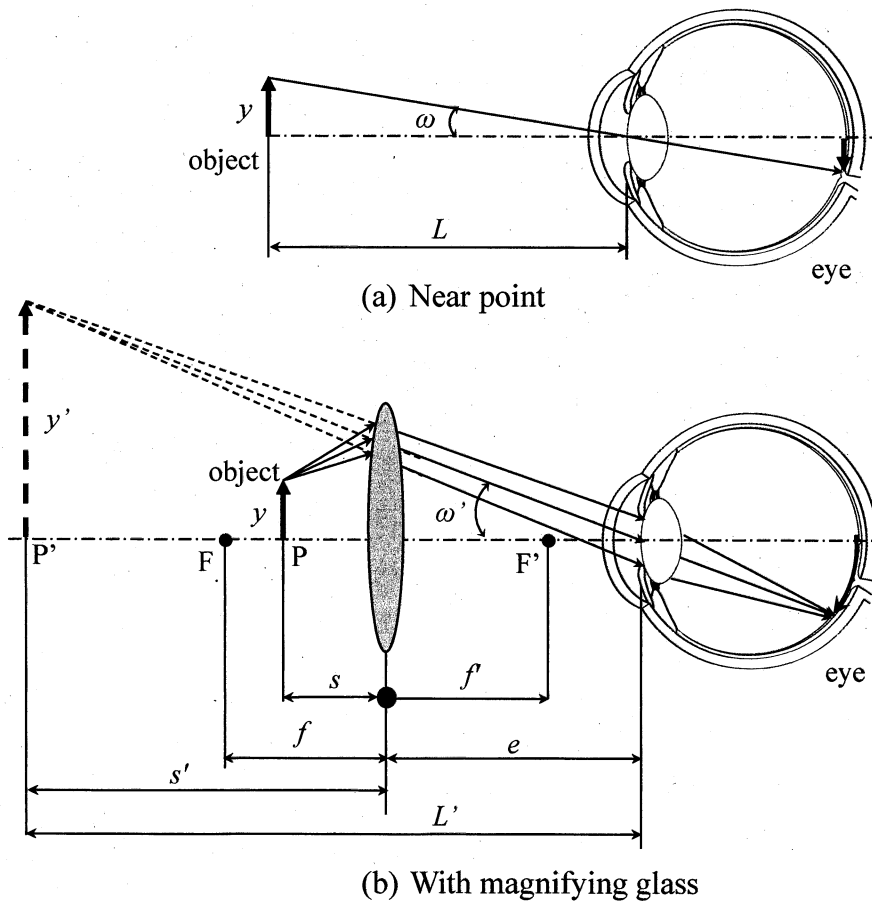


Fig.1 Magnifying the size of an object with a magnifying glass

April 2021 (2nd recruitment)
Graduate School of Regional Development and Creativity, Master Course
Entrance Examination

Division of Engineering and Agriculture, Graduate Program in Optical Engineering

[Specialized Subject]

“Physical Optics”

March 4, 2020, 9:30~11:30 a.m. JST

[caution]

1. Don't open this booklet until the examination starts.
2. For the “Graduate Program in Optical Engineering”, you must take the compulsory subject “Geometric Optics” and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. Answer all of the problems.
4. Write your examinee number on all answer sheets and draft sheets.
5. Each answer should be written on the corresponding answer sheet. You may use the reverse side of the answer sheets.
6. Foreign students may use a dictionary for translation between Japanese and your mother language.
7. Answer sheets and draft sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

Specialized Subject 物理光学 “Physical Optics”	専攻・学位プログラム名 Division of Engineering and Agriculture Graduate Program in Optical Engineering
---	---

1

Answer the following problems with derivation process.

(1) Assume that the speed of light in vacuum is 3.00×10^8 [m/s], and that the wavelength for visible light is 600 [nm] (in vacuum). Calculate the frequency of the light in a dielectric medium with a refractive index of 1.50.

(2) Chromatic aberration is a failure of a lens to focus all colors to the same point. It is caused by refractive index dispersion of a lens material. When white light is incident on the lens, express the variation of focal length of a single lens using the following words:

(blue light, red light, normal dispersion, refractive index).

(3) A plastic optical fiber has a propagation loss of 0.1 [dB/m] at a wavelength of 500 [nm]. When light ($\lambda=500$ [nm]) with a power of 1 [mW] is coupled to the fiber, calculate the output power after the light propagates 100 [m]. For this problem, ignore the coupling loss on the surface of the fiber.

(4) Rayleigh scattering of sunlight in Earth's atmosphere causes diffuse sky radiation. Find the Rayleigh scattered intensity ratio $\frac{I_{red}}{I_{violet}}$ between red ($\lambda_{red} = 760$ [nm]) and violet ($\lambda_{violet} = 380$ [nm]) light in the same atmospheric condition. Where I_{red} and I_{violet} are light intensity of red and violet light, respectively.

Let us consider light waves. The physics of electromagnetism is expressed in Maxwell's equations. In differential form, these are expressed as follows;

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{j} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4)$$

where \mathbf{E} and \mathbf{H} are electric field and magnetic field, respectively. \mathbf{D} and \mathbf{B} are electric flux density and (①), respectively. \mathbf{j} and ρ are free current density and free charge density, respectively. We consider the wave equation using Maxwell's equations in vacuum in the absence of any free charge. Since there will be no material polarization or magnetization, the electric flux density \mathbf{D} is related to the electric field \mathbf{E} via

$$\mathbf{D} = (\textcircled{2}) \quad (5)$$

Where ϵ_0 is a constant known as the permittivity of free space. Moreover, \mathbf{B} is related to \mathbf{H} via

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (6)$$

Where μ_0 is a constant known as the (③).

In vacuum both \mathbf{j} and ρ will be zero. Maxwell's equations reduce to

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (7)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (8)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0 \quad (9)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (10)$$

Taking the curl of Eq. (7), we have

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial(\nabla \times \mathbf{B})}{\partial t} \quad (11)$$

Using Eq. (8) to substitute for $\nabla \times \mathbf{B}$, then we have

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -(\textcircled{4}) \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (12)$$

We then make use of the following identity

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} \quad (13)$$

Finally, we obtain the wave equation for the electric field

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \textcircled{4} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (14)$$

Answer the following problems.

(1) Insert the appropriate term in $\textcircled{1}$.

(2) Insert the appropriate formula in $\textcircled{2}$ using ϵ_0 .

(3) Insert the appropriate term in $\textcircled{3}$.

(4) Insert the appropriate formula in $\textcircled{4}$ according to the derivation described above.

(5) Find the relation between the speed of light in a vacuum c , ϵ_0 and μ_0 .

(6) Calculate the value of ϵ_0 . Where $\mu_0=1.26 \times 10^{-6}$ [N/A²] and $c=3.00 \times 10^8$ [m/s].