

令和5年(2023年)10月入学/令和6年(2024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」と選択の専門科目の2科目を課します。
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5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 幾何光学	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. 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。

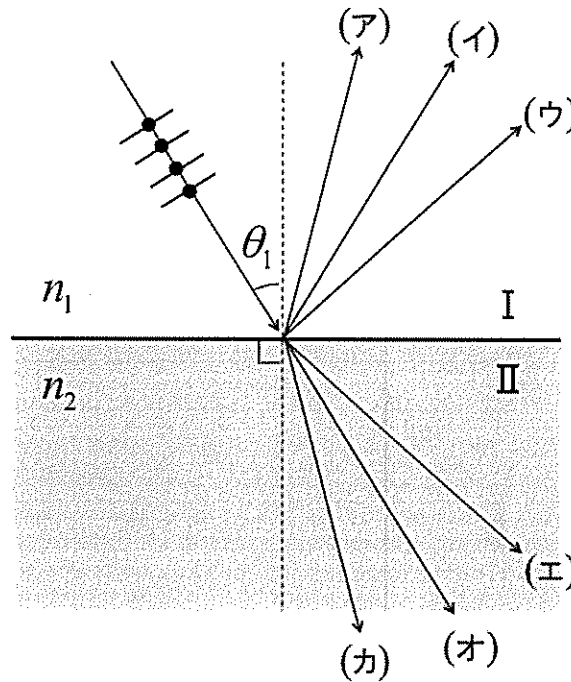


図1 反射と屈折

- (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 が空気、媒質 II が水（屈折率 1.33）の場合、光が入射角 $\theta_1 = 53.1^\circ$ で入射したとき、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。

(4) $n_1 > n_2$ 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) 逆に, 水から空気に向かって光が入射した場合, 入射角 $\theta_1 = 48.6^\circ$ のとき, 屈折角が 90° になり, 屈折出来なくなる. この現象を何と呼ぶか. また, この角度を何と呼ぶか.

2. 図2のように, 物体 AB が凸レンズによって, 像 A' B' に結像する場合を考える. 物体とレンズの距離を a , レンズと像の距離を b , 物体の高さを h , 像の高さを h' , レンズの焦点距離を f としたとき, a と b と f の関係を導け. なお, 図中の F, F' はレンズの焦点を表すものとする.

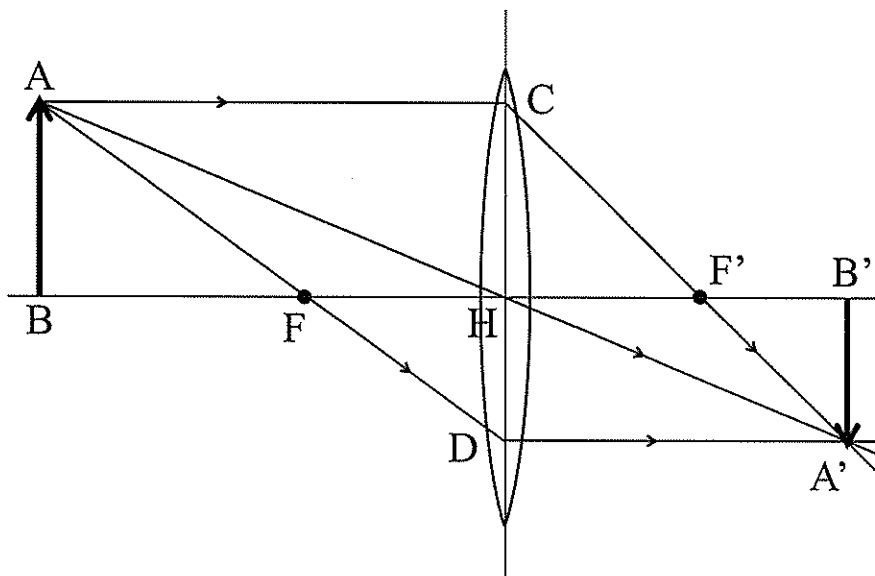


図2 レンズによる結像

令和5年(2023年)10月入学/令和6年(2024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、選択の専門科目「波動光学」と必修の専門科目「幾何光学」の2科目を課します。
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。

令和5年10月入学／令和6年4月入学

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

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
-------------	-------------------------------------

1. 次の文章をよみ、下線にあてはまる適切な語句を選択肢の中から選び、記号を答えなさい。

(1) 光波は波の振動方向と進行方向が垂直な_____である。

- a. 縦波 b. 横波

(2) 屈折率の異なる等方性媒質に単色の平面波が入射する時、入射の前後で光波の_____は変化しない。

- a. 波長 b. 振動数 c. 波数ベクトル d. 光強度

(3) 2つの光波は重なり合っても互いに影響をおよぼすことはなく、合成した波は単純に2つの光波の和になる。これを_____の原理とよぶ。

- a. ホイヘンス b. アルキメデス c. フェルマー d. 重ね合わせ

(4) ガウス関数のフーリエ変換は_____関数である。

- a. ガウス b. 矩形 c. 正弦 d. デルタ

(5) 回折の現象は、開口面と観測面の距離によって大きく様相が変わる。開口面と観察面の距離が十分離れている場合、観察面での電場振幅は開口面での電場振幅のフーリエ変換を用いて計算することができる。このような回折は、_____回折として知られている。

- a. ニュートン b. フレネル c. フラウンフォーファー d. ローレンツ

2. 均質な媒質を z 方向に進む角周波数 ω , 波数 k の平面波は, 一般的に次式のように表すことができる.

$$\mathbf{E}(z, t) = (E_x \mathbf{e}_x + E_y \mathbf{e}_y) \exp i(kz - \omega t)$$

ここで, E_j , \mathbf{e}_j はそれぞれ j 方向の電場の複素振幅と単位方向ベクトルである. この電場の振幅成分を下記のようにベクトル表記したもの

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix}$$

はジョーンズベクトルと呼ばれ, 光波の偏光状態を解析するのに便利な表記法として知られている. 下記の問いに答えよ.

- (1) x 方向, y 方向に直線偏光した光波のジョーンズベクトル \mathbf{u}_x , \mathbf{u}_y は,

$$\mathbf{u}_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

と表される. これら 2 つの直線偏光を重ね合わせた状態は, ジョーンズベクトルの和として, 次のように計算することができる.

$$\mathbf{U} = \mathbf{u}_x + \mathbf{u}_y = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

この計算結果から, x 方向, y 方向に直線偏光した光を重ね合わせると, x 軸から 45 度傾いた直線偏光となることがわかる. 同様にして右回り円偏光 \mathbf{u}_R と左回り円偏光 \mathbf{u}_L を重ね合わせた時の偏光状態をジョーンズベクトルを用いて計算し, どのような偏光状態の光波となるか答えなさい. ただし右回り円偏光 \mathbf{u}_R と左回り円偏光 \mathbf{u}_L は下記のように表されるとする.

$$\mathbf{u}_R = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u}_L = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$$

- (2) 2 つのジョーンズベクトル $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2$ に対し, 下記のように内積 IP を定義する.

$$\mathbf{u}_1 = \begin{pmatrix} u_{1x} \\ u_{1y} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u}_2 = \begin{pmatrix} u_{2x} \\ u_{2y} \end{pmatrix}, \quad \text{IP} = \mathbf{u}_1^* \cdot \mathbf{u}_2 = u_{1x}^* u_{2x} + u_{1y}^* u_{2y}$$

ただし u^* は u の複素共役を表す. 内積 IP が 0 となる 2 つの偏光は互いに直交しているという. 例えば, x 方向と y 方向の直線偏光, 右回りと左回りの円偏光は, それぞれ互いに直交関係にある. 次の 2 つのジョーンズベクトル $\mathbf{u}_a, \mathbf{u}_b$ が互いに直交する偏光状態となるように, に当てはまる適切な式を求めなさい.

$$\mathbf{u}_a = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1+i \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u}_b = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} 2 \\ \text{ } \end{pmatrix}$$

- (3) 任意のジョーンズベクトルは、直交する2つのジョーンズベクトルの線形結合として表すことができる。x 軸から θ 傾いた直線偏光を表すジョーンズベクトルを \mathbf{u}_l とすると、 \mathbf{u}_l は、 \mathbf{u}_x , \mathbf{u}_y を用いて下記のように表すことができる。

$$\mathbf{u}_l = \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} = \cos \theta \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \sin \theta \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \cos \theta \mathbf{u}_x + \sin \theta \mathbf{u}_y$$

同様に、 \mathbf{u}_l を、 \mathbf{u}_R , \mathbf{u}_L を用いて

$$\mathbf{u}_l = \alpha \mathbf{u}_R + \beta \mathbf{u}_L$$

のように展開したときの係数 α, β を求めなさい。ただし導出過程を記載すること。

- (4) 偏光状態を変化させたり、制御するための光学素子を偏光素子という。偏光素子は2行2列のジョーンズ行列

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} j_{xx} & j_{xy} \\ j_{yx} & j_{yy} \end{pmatrix}$$

で表すことができ、偏光素子を通過した後の偏光状態は

$$\mathbf{U}' = \mathbf{J}\mathbf{U} = \begin{pmatrix} j_{xx} & j_{xy} \\ j_{yx} & j_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix}$$

によって計算することができる。いま、偏光素子 \mathbf{J} に、ある偏光状態の光波 \mathbf{U} を入力したところ、偏光状態が変わらずに出力されたとする。これはジョーンズ行列を用いて表すと、 λ を複素数の定数として、 \mathbf{U} が

$$\mathbf{J}\mathbf{U} = \lambda\mathbf{U}$$

を満足することを意味している。上式の λ と \mathbf{U} はそれぞれ偏光素子 \mathbf{J} の固有値、固有偏光と呼ばれる。偏光素子のジョーンズ行列が

$$\mathbf{J}_p = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 4 & 3i \\ 3i & 4 \end{pmatrix}$$

で表されるとき、この偏光素子 \mathbf{J}_p の固有値と固有偏光を求めなさい。ただし固有偏光のジョーンズベクトルは大きさ1のベクトルとなるよう規格化し、導出過程を記載すること。

3. 図1のように、 y 軸上にスリット S_1 と S_2 を間隔 d だけ離して配置し、これに別の単スリット S_A から漏れ出した波長 λ の単色光をあてたところ、スクリーン面に縞模様の光強度分布が観測された。ここで x 軸は2つのスリット S_1, S_2 の中点を通るようにとり、単スリット S_A の位置座標を $(x,y) = (-R, \xi)$ 、スクリーン面上の点 P の位置座標を $(x,y) = (l, a)$ とする。ただし、 R と l は、 ξ, d, a と比べて十分大きく、スリット S_A から射出され、スリット S_1, S_2 を通って点 P にたどり着く光波の電場 E_{A1}, E_{A2} は等しい電場振幅をもち、それぞれ

$$E_{A1} = A \exp i [k(r_{s1} + r_{1p}) - \omega t]$$

$$E_{A2} = A \exp i [k(r_{s2} + r_{2p}) - \omega t]$$

と表せるとする。ここで A は(実数の)電場振幅、 k は波数、 ω は角周波数である。各スリットの幅は十分に狭いものとして、以下の問いに答えよ。

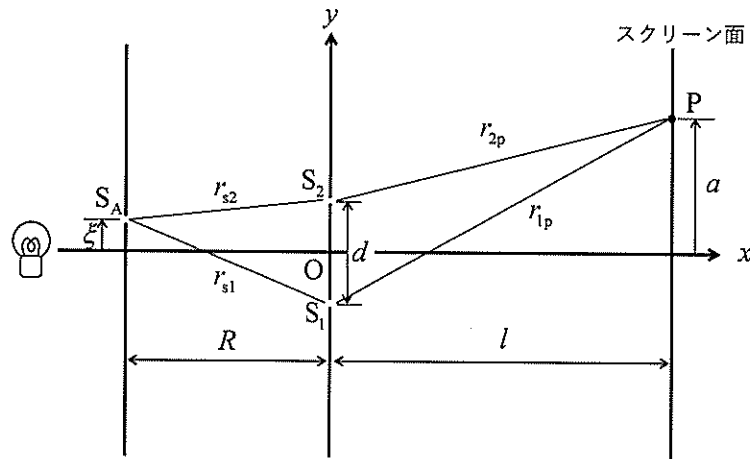


図1

- (1) スリット S_A から射出した光が、スリット S_1 を通って点 P にたどり着く経路と、スリット S_2 を通って点 P にたどり着く経路の光路差を、 R, l, ξ, d, a などを用いて表しなさい。ただし以下の近似式を用いてよい。導出過程を記すこと。

$$(1+x)^a \approx 1+ax, \quad (|x| \ll 1)$$

- (2) 点 P における光強度 I_P を ξ と a の関数として表しなさい。
- (3) スクリーン面上にあらわれる干渉縞の鮮明度 V を求めなさい。ただし鮮明度 V は干渉縞強度分布の最大値 I_{max} と最小値 I_{min} を用いて、下記のように定義されるものとする。

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

- (4) スリット S_A に加えて、あらたに別のスリット S_B を位置座標 $(x,y) = (-R,0)$ に設置した。スリット S_A と S_B から射出される光は互いにインコヒーレントであるとして、2つのスリットが存在するときの干渉縞の鮮明度 V を ξ の関数として表しなさい。ただしスリット S_B から射出され、スリット S_1, S_2 を通って点 P にたどり着く光波の電場 E_{B1}, E_{B2} は E_{A1}, E_{A2} と等しい電場振幅 A をもつとする。

令和5年10月入学/令和6年4月入学（第1期）
地域創生科学研究科博士前期課程
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」選択専門科目問題冊子

【専門科目】

計算機システム

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、必須とする専門科目（幾何光学）と選択専門科目1科目を課します。
3. 答案の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1つに○をつけてください。
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5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

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）～（c）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)～6)は計算過程も示すこと。
- 1) 4進数 $(231.12)_4$ を10進数に変換せよ。
 - 2) 2進数 $(11101.0111011)_2$ を8進数に変換せよ。
 - 3) 8進数 $(-65)_8$ を2の補数表現を用いた8ビット2進数に変換せよ。
 - 4) 2の補数表現の2進数 $(11101100)_2$ を10進数に変換せよ。
 - 5) 10進数 $(12.375)_{10}$ 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。
 - 6) 浮動小数点形式の2進数 $(1101110111000)_2$ 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。
 - 7) 2進数の表現で2の補数表現を用いることの利点を答えよ。

（次ページへ続く）

- (b) 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を表している。①から⑤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。

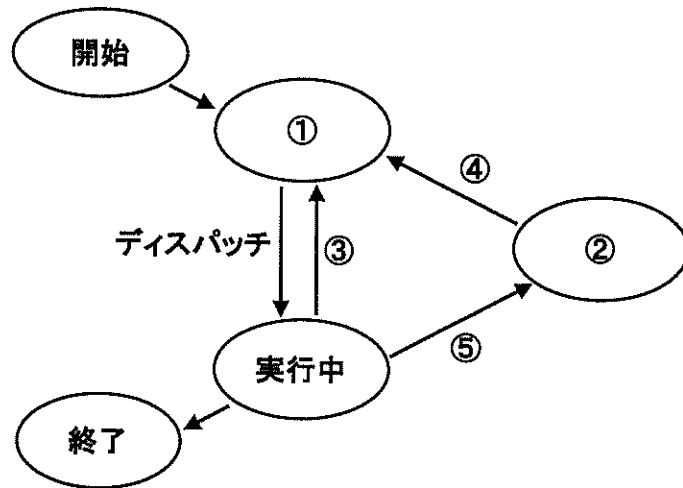


図1 プロセスの状態遷移図

- (c) 計算機システムの性能・評価に関し、以下の問いに答えよ。
- 1) システムの稼働率を平均故障間隔(MTBF)および平均修理時間(MTTR)を用いて式で表せ。
 - 2) あるシステムの全運転時間が1000時間のとき、稼働率を99%以上にするためには、故障時間を最大何時間以内にする必要があるか。
 - 3) 地点Aと地点Bを結ぶ回線がある。この回線の信頼性を向上させるために図2の破線のように地点Cを経由する迂回回線を追加した。迂回回線追加後における地点Aと地点Bを結ぶネットワークの稼働率を答えよ。ただし、各地点間(AとB, AとC, BとC)の稼働率はすべて0.9とする。

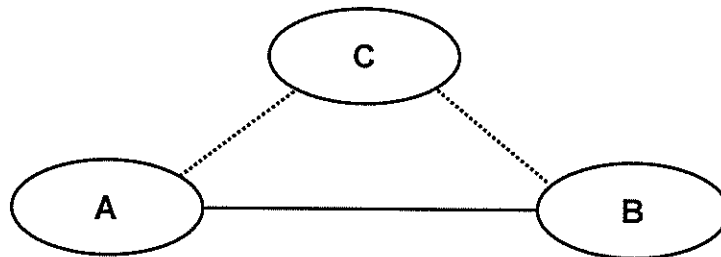


図2 回線の接続図

(次ページへ続く)

(2) コンピュータに関する以下の(a)~(j)の問いに答えよ。

- (a) プログラム内蔵方式コンピュータ (ノイマン型コンピュータ) とはどのようなコンピュータであるかを説明せよ。
- (b) プログラムカウンタ(PC)と命令レジスタ(IR)とは何であるかをそれぞれ説明せよ。
- (c) コンピュータの機械命令の内部は大きく二つの部分に分かれる。それぞれどのような意味を持つかを説明せよ。
- (d) 機械命令の読み出しから実行までの一連の処理の繰り返しを何と呼ぶか。その名称を答えよ。
- (e) (d)は前半のフェーズと後半のフェーズに分かれる。各フェーズで行われる処理内容を説明せよ。
- (f) あるコンピュータでの命令処理の流れを図3に示す。この図において、状態S0, S1, S2の処理内容に当てはまるものを以下から選択して示せ。
- A. 分岐命令の実行 B. 命令のデコード C. データの書き込み
D. PCの値を主記憶に送出 E. 分岐の条件判定 F. 主記憶からの命令の読み出し
G. 主記憶へのオペランド値の書き込み H. 主記憶への命令の書き込み
- (g) (f)の命令処理を行うコンピュータを実現するために有限状態機械を設計する。この有限状態機械の実現に最低限必要となるフリップフロップの数はいくつになるかを答えよ。また、その理由を述べよ。
- (h) (f)の命令処理を行うコンピュータの平均CPIを求めよ。ただし、状態遷移は毎サイクル起こるものとする。
- (i) コンピュータの性能指標の一つであるMIPS値はコンピュータの動作周波数と平均CPIから求めることができる。MIPS値の算出式を動作周波数 CR [Hz]と平均CPI CPI_{ave} を用いて示せ。
- (j) 命令セットが異なる2台のコンピュータAとBを考える。コンピュータAのMIPS値はコンピュータBのMIPS値より大きいものとする。このとき、処理内容が同じプログラムを実行した場合にプログラムの実行時間はどのような関係になるか。以下から選択せよ。また、その理由を述べよ。
- A. コンピュータAの実行時間の方が短い
B. コンピュータBの実行時間の方が短い
C. どちらの実行時間が短いとも言えない

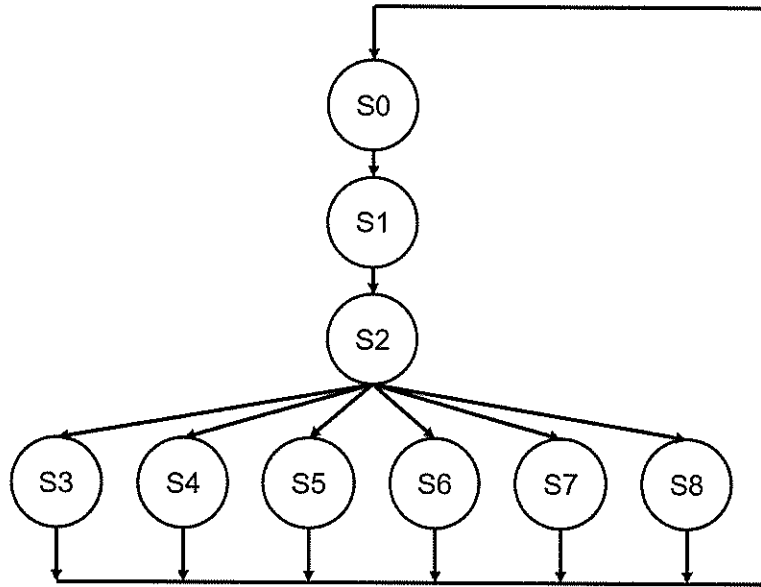


図 3 命令処理の流れ図

令和5年10月入学/令和6年4月入学（第1期）
地域創生科学研究科博士前期課程
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」選択専門科目問題冊子

【専門科目】

線形代数

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、必須とする専門科目（幾何光学）と選択専門科目1科目を課します。
3. 答案の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1つに○をつけてください。
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。

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, $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{pmatrix}$ と定義する。行列 A の固有値を λ_j ($1 \leq j \leq N$, ただし,

N は A の異なる固有値の個数), 固有値 λ_j に属する固有ベクトルを \mathbf{p}_j とする。以下の問いに答えよ。なお, 4成分列ベクトル \mathbf{a}, \mathbf{b} の第 j 成分をそれぞれ a_j, b_j としたと

き, $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \sum_{j=1}^4 a_j b_j$ と定め, 4次単位行列を E とする。

- (a) 固有値 λ_j ($1 \leq j \leq N$) を求めよ。
- (b) $i \neq j$ のとき, $\mathbf{p}_i \cdot \mathbf{p}_j = 0$ であることを示せ。
- (c) $\text{rank}(A - \lambda_j E)$ が最小となる固有値の固有空間の正規直交基底を1組求めよ。
- (d) A の対角化行列で直交行列となる行列を1つ求めよ。ただし, 対角化された行列で, 固有値が(1,1)成分から(4,4)成分まで, 大きい順に並ぶようにせよ。

(2) 2成分列ベクトル \mathbf{a} を, $\mathbf{a} = k \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ (k は正の実数) と定める。 $A = \mathbf{a}\mathbf{a}^T$ (\mathbf{a}^T は \mathbf{a} の転置) とし, A は1を固有値に持つとする。2次単位行列を E と書くことにして, 以下の問いに答えよ。

- (a) k の値を求めよ。
- (b) \mathbf{b} を2成分列ベクトルとする。 $B = \mathbf{b}\mathbf{b}^T$ として, $A + B = E$ となるときの \mathbf{b} をすべて求めよ。
- (c) (b) の B に対し, $P = xA + yB$ (x, y は実数で, $x \neq y$) とする。 P のすべての固有値と, それぞれの固有値に属する固有ベクトルを求めよ。

令和5年(2023年)10月入学/令和6年(2024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】
「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. 光工学プログラムでは、選択の専門科目「物理光学」と必修の専門科目「幾何光学」の2科目を課します。
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6年(2024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

以下の問題について答えよ。

(1) ガラス中を伝搬する波長 $\lambda = 1,000$ [nm]と $\lambda = 1,100$ [nm]の光の速度は、どちらがどれだけ大きいか答えよ。ただし、この波長領域において、ガラスは透明でその屈折率波長分散は無視でき、 $n = 1.50$ で変わらないものとする。また真空中の光速を $c = 3.00 \times 10^8$ [m/s]とする。

(2) 誘電体中の電気双極子が振動することによって発生する放射光について、以下の(a)~(c)から正しい記述を選べ。

- (a)放射光は電気双極子の振動方向に偏光している。
- (b)放射光は電気双極子の振動と垂直方向に偏光している。
- (c)放射光の偏光方向はランダムである。

(3) 図1のような透過型回折格子に白色光を垂直入射させると、スクリーン上に回折光が虹のように観測される。1次回折光で紫色の可視短波長と赤色の可視長波長では、どちらの回折角が大きくなるか、以下の(a)~(c)について正しい記述を選べ。またその理由も文章で説明せよ。

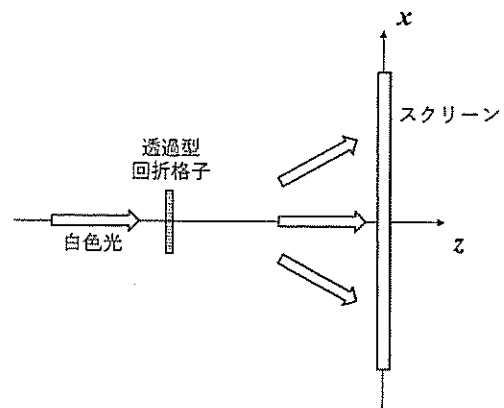


図1

- (a)紫色光の1次回折角の方が大きい。
- (b)赤色光の1次回折角の方が大きい。
- (c)紫色光と赤色光の1次回折角は同じである。

(4) 同様に図1の透過型回折格子において白色光を垂直入射させたとき、スク

リーン上に 0 次回折光も観測される。観測される 0 次回折光の色について理由と共に 50 字程度で説明せよ。ただし、回折格子表面での反射や内部での吸収や散乱は無視できるものとする。

- (5) 粒径 100 [nm]以上の球状シリカ微粒子を水に分散させた透明セルがある。このセルに白色 LED を照射すると、どのような散乱現象が生じるか、100 字程度で説明せよ。ただし、微粒子は凝集することなく分散しているものとする。

2

以下の光ファイバにおける光伝搬に関する問題について答えよ。計算の場合にはその計算過程も記述すること。

(1) 図2のような屈折率が階段状に変化するステップインデックス (SI) 型光ファイバにおいて、媒質 (屈折率 n_0) から入射した光がコア (屈折率 n_1) とクラッド (屈折率 n_2) の境界で全反射して伝搬する入射角条件①式の θ_{max} を導出せよ。ただし、 $n_1 > n_2$ とする。

$$0 \leq \theta_{in} \leq \theta_{max} \tag{1}$$

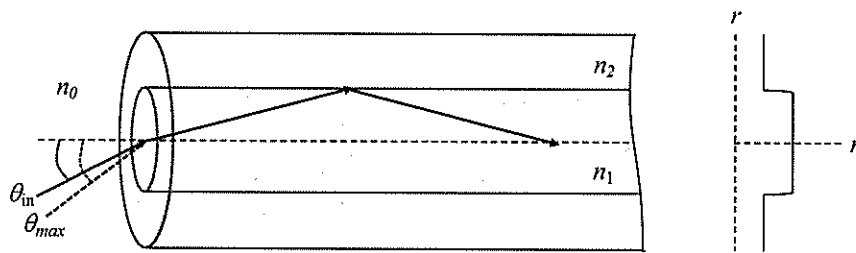


図 2

(2) 図3のように θ_{in} が θ_{max} より大きな入射角で光が SI 型光ファイバに入射したとき、光はどのような軌跡をたどるか、図示すると共に文章で説明せよ。ただし、入射した光は光ファイバ内に結合されるものとする。

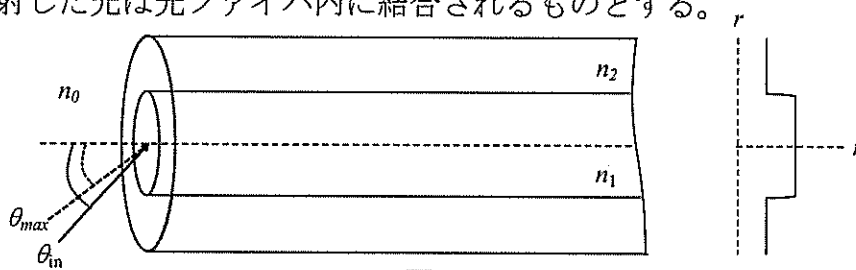


図 3

(3) 光ファイバには、図4のように屈折率が中心部から外へ行くに従い連続的に小さくなるグレーデッドインデックス (GI) 型光ファイバも存在する。GI 型光ファイバに結合した光のおおよその軌跡を図示せよ。

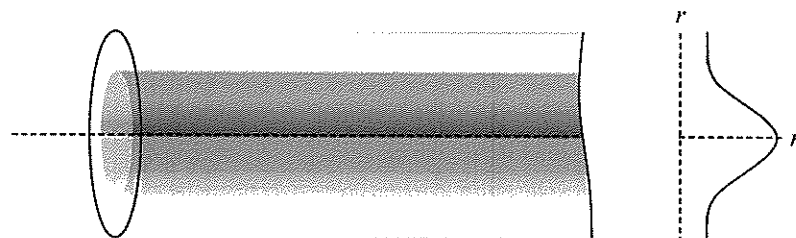


図 4

3

Compact Disk (CD)、Digital Versatile Disk (DVD)、Blu-ray Disk (BD)のような光ディスクでは、半導体レーザからの光をレンズで集光し、光ディスクに記録されたピットと呼ばれる微細な溝からの反射光変化を読み取る（ピックアップという）。ピックアップできる解像度の観点から、ピットサイズや記録面密度が光ディスクごとに異なる。それぞれの光ディスクでは、表1のようなレーザ波長やレンズの開口数 (NA) が使用されている。以下の問いに答えよ。ただし、レンズの収差は無視できるものとする。

表1 光ディスクで使用する光源波長とレンズNA

	CD	DVD	BD
波長 (nm)	780	650	405
NA	0.45	0.6	0.85

(1) 光ディスクにおいて、集光ビーム径と波長およびNAの関係で正しいものを以下から選べ。

- (a) 集光ビーム径は、波長およびNAに比例する。
- (b) 集光ビーム径は、波長およびNAに反比例する。
- (c) 集光ビーム径は、波長に比例しNAに反比例する。
- (d) 集光ビーム径は、波長反比例しNAに比例する。
- (e) 集光ビーム径は、波長およびNAと相関がない。

(2) 表1のそれぞれの光ディスク仕様において、CDの記録面密度を1とすると、DVDおよびBDの記録面密度はそれぞれ何倍になるか、計算せよ。