

2021 年度
大学院理工学研究科【情報システム工学専攻】博士前期課程
一般選抜試験（第 I 期）問題

専 門

開始時刻 午前 10 時 45 分

終了時刻 午前 11 時 30 分

【注意事項】

1. 答案用紙には受験番号、氏名を必ず記入してください。
2. 配布された答案用紙は試験が終了したら、必ず提出してください。
(問題用紙は提出しなくてよい)。

3. 専門科目は一科目のみの受験となります。(複数選択不可)

各科目のページは以下の通りです。

- | | |
|---------------------|----------------|
| ① シュミレーション論 : p1~p2 | ② 電磁気学 : p3 |
| ③ レーザー工学 : p4 | ※ 人工知能 : p5~p8 |

※ 「人工知能」を選択する場合は、あらかじめ科目名の印字された専用の解答用紙を使用してください

① シミュレーション論

問1：空間タカ・ハトゲームについて考える。空間内の各セルは、内部状態として2つの戦略(H:タカ, D:ハト)のうち、どちらか一方を持つものとする。このとき(1)～(3)の問いに答えよ。ただし、周期境界条件, 同期更新を採用するものとする。

- (1) 時刻 t におけるセル (i, j) のスコア値($score_{i,j}^t$)は、そのセルの戦略、そのセルと作用するセルの戦略および利得表によって決定する。ここでは、最近傍4つのセルそれぞれと作用し獲得した利得の合計値を $score_{i,j}^t$ とする。以下の条件における $score_{i,j}^t$ を求めよ。解答には β を用いること。

$$s_{i,j}^t = H, \quad s_{i-1,j}^t = H, \quad s_{i+1,j}^t = D, \quad s_{i,j-1}^t = D, \quad s_{i,j+1}^t = H$$

$s_{i,j}^t$ は時刻 t におけるセル (i, j) の戦略、 β はタカ同士の傷つけ度合を示す。

利得表

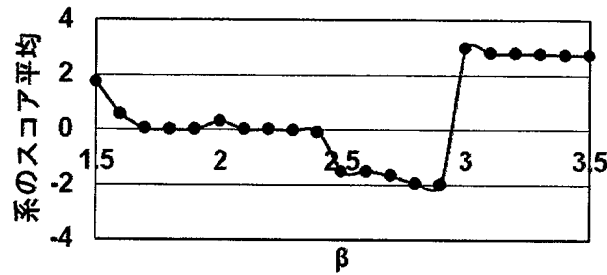
自分 \ 相手	D	H
	D	1
H	2	$1 - \beta$

- (2) スコア値を比較することで各セルは戦略を更新する。最近傍4つのセルと比較し、スコア値の最も高いセルの戦略に更新されるものとする。各セルの時刻 t におけるスコア値が下記に示す値で与えられた場合、以下2つの条件AおよびBにおける $s_{i,j}^{t+1}$ をそれぞれ求めよ。ただし、条件A, Bともに、各セルの時刻 t における戦略は(1)と同じとする。

$$score_{i,j}^t = 6 - 2\beta, \quad score_{i-1,j}^t = 7 - \beta, \quad score_{i+1,j}^t = 1, \\ score_{i,j-1}^t = 3, \quad s_{i,j+1}^t = 5 - \beta$$

- A. $\beta = 2.0$ のとき
 B. $\beta = 5.0$ のとき

- (3) 下の図は、1 試行終了時における系のスコア平均と β の関係を示している。この図から分かることを、そうなる理由も含めて述べよ。



問2：区間 $[0, 1]$ の一樣乱数 U から区間 $[0, b]$ の一樣乱数 Y を、逆関数法を用いて求める。ただし実数 b は $b > 0$ とする。このとき、空欄A～Dを埋めよ。

- (1) U および Y の従う確率密度関数をそれぞれ $f(u)$, $g(y)$ とすると、 $f(u)$, $g(y)$ は以下で与えられる。

$$f(u) = \begin{cases} \boxed{A} & 0 \leq u \leq 1 \\ 0 & u < 0, 1 < u \end{cases}$$

$$g(y) = \begin{cases} \frac{1}{b} & 0 \leq y \leq b \\ 0 & y < 0, b < y \end{cases}$$

このとき、 $\int_0^1 f(u)du = \int_0^b g(y)dy = \boxed{B}$ となる。

- (2) $u = \int_0^y g(y')dy'$ より y を用いて、 u を表すと $u = \boxed{C}$ となる。

- (3) 以上より、 $b = 5.0$, $u = 0.3$ のとき、 $y = \boxed{D}$ となる。

2 電磁気学

注意事項：

1. ベクトルを表現するときは、文字に縦線を入れるなど、ベクトルとスカラーを分けて記すこと。
2. 単位系は MKSA 単位系を使用し、これに加えて、N(ニュートン)、C(クーロン)、V(ボルト) を使用して良い。

問1：2つの点電荷 $Q_1 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ 、 $Q_2 = -\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ C}$ が、それぞれ点A(1m, 0)、点B(0, 1m)にある。点C(1m, 1m)に置かれた点電荷 $q = -1.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ に働く力 F を求めよ。ここで、2つの点電荷 Q_1, Q_2 以外には電荷が無い空間とし、クーロン力の比例定数 $k = 9.0 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$ とする。また、結果に平方根を含んでもよい。

問2： $E(x, y) = (xi + yj) \text{ V/m}^2$ という電場がある。ここで、 x, y は xy 座標系における位置を示し、単位はm(メートル)である。また、ベクトル i, j は、それぞれ x, y 方向の基本単位ベクトルを示す。

- (1) 電場 E を、力線表現で、縦軸を y 、横軸を x として描画せよ。
- (2) 電場 E における、 $O(0, 0)$ に対する点C(3m, 3m)の電位 V を求めよ。

問3：半径 R の球の表面に、面密度 σ の電荷が一様に分布している。この球の中心からの距離を r として、以下の問に答えよ。

- (1) 予想される電場の形を描け。帯電している球も描き、また、電場の向きも矢印で示すこと。
- (2) 帯電している球の内側と外側の電場をそれぞれ求めよ。
- (3) 球の中心からの距離 r に対する電場の大きさの関係を、横軸を球の中心からの距離 r 、縦軸を電場の大きさとして、グラフを描け。

問4：無限長の円柱の導体に、電流密度 i の一様な電流が円柱の長手方向に流れている。この円柱状の導体の断面の円の半径は A とする。このときの導体の内外に発生する磁場の大きさを求めよ。

③ レーザー工学

問1 マックスウェルの方程式（微分形）について以下の問に答えなさい。

(1) 真空中でのマックスウェルの方程式を4式書きなさい。

(2) 以下のベクトル恒等式を用いて電場 \mathbf{E} に関する波動方程式を導出しなさい。

$$\text{ベクトル恒等式： } \nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E}$$

問2 2枚の平面鏡から成る平行平板型共振器の安定性について述べなさい。

問3 光の吸収と放出は、自然放出、吸収、誘導放出の3種類の過程で記述できる。

(1) この3種類のうち、物理的に対（ペア）になる過程が2つある。その2つについて理由とともに述べなさい。

(2) (1)で選ばれなかった1つの過程の対（ペア）となる過程を考えてみて、そのような過程が現実的に起こりうるかどうか理由とともに説明しなさい。

問4 周波数間隔が一定で位相が揃った電磁波を合成するとパルス列が発生し、モードロックとして知られている。

(1) 共振器長を5.00 mとしたときの縦モード間隔はいくらか。周波数の単位で表しなさい。

(2) このときのパルス列の間隔はいくらか。時間の単位で表しなさい。

(3) 中心波長が800 nm、スペクトル幅（半値幅）が30.0 nmのレーザーをモードロック動作させたときに得られるパルス幅はいくらか。時間の単位で表しなさい。

人工知能

問題 1

(1)ニューラルネットワークに関する次の文章の空欄①～⑩を埋めよ.

フィードフォワードニューラルネットワークは (①) と呼ばれ, (②) 層, 任意個の (③) 層, (④) 層から構成される. (③) 層のユニットの活性化関数には (⑤) 関数, 双曲線正接関数, (⑥) 関数が用いられることが多い. (⑥) 関数は, 勾配消失問題の解決に有効な活性化関数である. 二値分類問題における (④) 層の活性化関数には (⑤) 関数が用いられる. (⑤) 関数は数式 $f(x) =$ (⑦) で表される関数である. 一方, 多クラス分類問題では, (④) 層の活性化関数に (⑧) 関数が用いられる. (⑧) 関数は数式 (⑨) で表される関数である. 多クラス分類問題のロス関数には (⑩) が用いられる.

(2)観測入力があるクラスに属するか否かを分類する二値分類問題において, データが入力 x と教師信号 d のペアにより $\{(x_1, 1), (x_2, 1), (x_3, 0), (x_4, 0)\}$ で与えられたとする. ここで, x_1, x_2, x_3, x_4 は観測入力, $d = 0, 1$ は教師信号で, 1 はあるクラスに属することを, 0 はそうでないことを表す. このデータに対して, パラメータ W の二値分類ニューラルネットワークの出力 $\{p(d = 1|x_n; W) | n = 1, 2, 3, 4\}$ が

$p(d = 1|x_1; W) = 0.7, p(d = 1|x_2; W) = 0.8, p(d = 1|x_3; W) = 0.2, p(d = 1|x_4; W) = 0.3$ であるとき, この出力の尤度を計算せよ.

(3)(1)の文章中の「勾配消失問題」に関して簡単に説明せよ.

問題 2

一階述語論理式

$$(\forall x)(\forall y)[P(x) \rightarrow Q(x, y)] \wedge (\forall u)(\forall v)[R(u, v) \rightarrow S(v)] \wedge P(a) \wedge \neg S(b)$$

が与えられたとき、これから次の質問論理式

$$(\exists w)(\exists z)[Q(w, z) \wedge \neg R(w, z)]$$

が成り立つことを導出原理を用いて示し、そのときの w と z の値を求めよ。

ここで、 P, Q, R, S は述語記号、 x, y, u, v, w, z は変数、 a, b は定数とする。

- (1) 論理式を節の集合に変換せよ。
- (2) 質問論理式の否定を求めよ。
- (3) 質問論理式の否定と節集合に導出原理を適用して質問論理式が成り立つことを示し、そのときの w と z の値を求めよ。

問題 3

(1) 文「a girl saw a cat in a house」の品詞が次の三角表の1行目のように得られたとき、この三角表を埋めることにより CYK 法による構文解析を実行せよ。ただし、文法は次のように与えられるとする。

S → NP VP, NP → DET N, NP → NP PP,
 VP → V NP, VP → VP PP, PP → PREP NP

ここで、S:文, NP:名詞句, VP:動詞句, DET:限定詞, N:名詞, PP:前置詞句,
 V:動詞, PREP:前置詞

8								
7								
6								
5								
4								
3								
2								
1	DET	N	V	DET	N	PREP	DET	N
	a	girl	saw	a	cat	in	a	house
	1	2	3	4	5	6	7	8

(2) Word2Vec に関する次の文章の空欄①～⑧を埋めよ。

単語の意味表現方法には、(①) 意味表現と (②) 意味表現がある。Word2Vec は単語をニューラルネットワークの中間層の活性化値パターンに埋め込むことにより単語の分散表現ベクトルを獲得する (②) 意味表現方法である。Word2Vec には

(③) と CBOW の 2 つの手法がある。(③) は、ある単語から周辺の単語を予測する問題を学習することにより分散表現ベクトルを獲得する。一方、CBOW は (④) により分散表現ベクトルを獲得する。(③) において、単語から周辺の単語を予測する問題は、単語を w 、周辺の単語の集合を $\{c_i\}_{i \in I}$ 、それらの分散表現ベクトルをそれぞれ v_w 、 $\{v_{c_i}\}_{i \in I}$ とするとき、 $p(c_i|w) = \frac{(\text{⑤})}{(\text{⑥})}$ を求める問題として表現される。学習に

おいては、単語 w から周辺の単語 c を予測する際の (⑦) を最大化、即ち次式 $J =$

$-\sum_w \sum_c \log (\text{⑧})$ を最小化する単語の分散表現ベクトルを求める。

問題 4

(1) 畳み込みニューラルネットワークに関する次の文章の空欄①～⑩を埋めよ。

画像分類のための畳み込みニューラルネットワークは、特徴抽出サブネットワークと分類サブネットワークをカスケード結合したネットワークである。特徴抽出サブネットワークは、(①)層と(②)層の2種類の層を交互に複数組み合わせた構造をしている。一方、分類サブネットワークは(③)層から構成され、(④)活性化関数により画像が属するカテゴリの(⑤)を出力する。(①)層は、画像特徴を複数個のフィルタの適用により変換する処理を行う。高さ224×幅224の(⑥)チャンネルのRGBカラー画像を64チャンネルの画像特徴に変換するには(⑦)個のフィルタが必要である。また、フィルタのサイズが5×5×(⑥)のとき、変換後の画像特徴のサイズを高さ224×幅224と同じにするには、ストライドを(⑧)、パディング幅を(⑨)に設定すればよい。(②)層は、(①)層で捉えられた特徴の位置感度を若干低下させる。(②)サイズ3×3、ストライド3でゼロパディングを行うとき、画像特徴のサイズは高さ(⑩)×幅(⑩)になる。畳み込みニューラルネットワークの1つであるGoogLeNetは(①)層に Inception モジュール を用いている。

(2) (1)の文章中の「Inception モジュール」に関して簡単に説明せよ。