北海道大学　大学院情報科学院

情報科学専攻　修士課程

情報理工学コース

専門科目２

１３：００～１５：００

受験上の注意

- 本冊子内の４問，問１（アルゴリズムとデータ構造），問２（人工知能），問３（コンピュータシステム），問４（応用数学）のうち２問を選択し解答すること．
- すべての解答用紙に，受験番号，選択した問題番号(例えば，問３など)を記入すること．
- 選択問題チェック票に受験番号および，選択した科目に印を記入すること．
- 問題冊子はこのページを含めて９枚である．
- 解答用紙は２枚である．この他に下書き用の草案紙２枚を配付する．
- 解答は，問題ごとに別々の解答用紙に記入すること(裏面を使用してもよい．解答用紙を破損したりした場合には試験監督員に申し出ること)．
- 問題冊子，草案紙は持ち帰り，選択問題チェック票とすべての解答用紙を提出すること．
- 机の上に置いてよいものは，筆記用具（黒鉛筆，消しゴム，鉛筆削り），時計，および特に指示があったもののみである．時計は計時機能のみを使用し，アラームの使用を禁ずる．携帯電話，スマートフォン，タブレット，コンピュータ等は電源を切ってかばんの中にしまうこと．電卓，電子辞書などは使用を禁ずる．

問1．アルゴリズムとデータ構造

[1] 次の言明 (1)–(5) は，それぞれ正しいか (○) 正しくないか (×) を，理由を添えて答えよ．ここに，n は任意の非負整数を表す．

(1) $n^2 + 10\,n + 25 = O(n^2)$　　(2) $4^n + n^3 = O(2^n)$

(3) $1.75\,n + \cos(n) = O(n)$　　(4) $100\sqrt{n} + 139 = O(\log n)$

(5) $2.5 \log(n^2) + 4 \log n = O(\log n)$

[2] 非負整数からなる集合 A に対する二分探索木（binary search tree）は，各頂点に A の要素をもつ二分木（binary tree）で，次の条件を満たすものであり，探索と，挿入，削除の演算を実現する辞書（dictionary）と呼ばれるデータ構造である．

（条件）任意の頂点 v に対して，それがもつ要素を x とするとき，v の左部分木内の要素はすべて x より小さく，v の右部分木内の要素はすべて x より大きい．

このとき，二分探索木に関する以下の問いに答えよ．

(1) 図 1 に示した二分探索木において，根から出発して，中間順巡回（in-order traversal）を用いて，深さ優先探索したときに出力される要素の列を書け．なお，中間順は，通りがけ順または中置順と呼ばれることもある．

(2) (1) の二分探索木に，非負整数 $4, 8, 10$ を順に挿入して得られる二分探索木を図示せよ．

[3] 図 2 に示したネットワーク（辺に非負実数重みをもつ無向グラフ）について，以下の問いに答えよ．

(1) 図 2 のネットワークで重みを無視した無向グラフにおいて，その隣接リスト（adjacency list）と隣接行列（adjacency matrix）を与えよ．

(2) 頂点 a から頂点 a, b, c, d, e, f のそれぞれへの最短路長（shortest-path length）を求めよ．ただし，路の長さは，それが含むすべての辺の重みの総和とする．

(3) ダイクストラ法は，ネットワークにおいて，すべての頂点 v に対して，指定された頂点 s から頂点 v への最短路長 $D(v)$ を求めるアルゴリズムである．ダイクストラ法を，200 文字程度で簡潔に説明せよ．

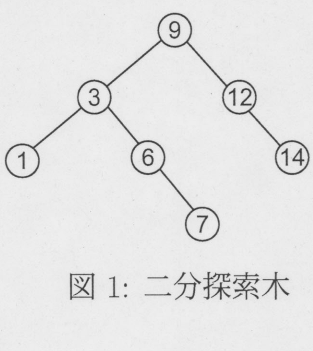


図 1: 二分探索木

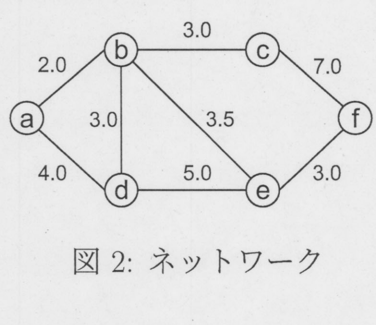


図 2: ネットワーク

問 2. 人工知能

［１］次の文章の空欄に当てはまる語句を下の選択肢群より選んで記号で答えよ．

ディープラーニングは２０１２年に開催された ILSVRC（ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge）と呼ばれる画像認識コンテストで顕著な成績を収めたことで一躍有名になった．ディープラーニングは (1) ネットワークの層を３層以上多層に積み重ね、(2) などの手法を用いて (3) 問題を克服したもので，トロント大学の (4) 教授の研究チームが提唱した．現在，課題に応じて様々な構造を持つモデルが提案されている．

例えば，画像認識によく用いられるモデルとして， (5) や (6) などの (7) ネットワークが有名である．基本的な (7) ネットワークでは， (7) 層， (8) 層， (9) 層などを経て入力画像の認識を行う．

その他，時系列データに対して長期・短期の時間依存性を学習することができる (10) というモデルもある． (10) は内部にループ構造を持つ (11) ネットワークの応用であり， (12) 層などを導入することで飛躍的に性能が伸びた．

応用面では，囲碁の対決において DeepMind 社が開発した (13) が２０１７年に当時世界チャンピオンであった柯潔（カ・ケツ）を打ち負かしたことなどが記憶に新しい．このモデルは (14) ネットワーク， (15) ネットワークからなり，過去の棋譜をベースに (16) を行ったあと，自己対戦による (17) を行うことによって学習が行われる．

ディープラーニングの実行には膨大な計算が必要であるが，計算時間を短縮するために (18) を利用した (19) や (20) などのライブラリが公開されており，これらのライブラリを使うことで効率よくモデルの開発が可能となった．

選択肢群

(a) 方策，(b) AlexNet，(c) ニューラル，(d) 勾配消失，
(e) ジェフリー・ヒントン，(f) プーリング，(g) 畳み込み，
(h) オートエンコーダ，(i) 価値，
(j) ResNet，(k) 全結合，(l) 忘却ゲート，(m) リカレント，
(n) GPU（Graphics Processing Unit），(o) PyTorch，
(p) LSTM（Long Short Term Memory），
(q) AlphaGo，(r) 強化学習，(s) TensorFlow，(t) 教師あり学習

［2］以下の問いに答えよ．

(1) サポートベクターマシン（SVM）は，パターン識別用の教師あり機械学習の方法であり，局所解収束の問題がないという長所がある．特に，(i)**マージン最大化**という手法で汎化能力も高め，現在知られている方法としては，優秀なパターン識別能力を持つとされている．また，(ii)**カーネルトリック**という巧妙な方法を用いることにより，応用範囲が格段に広がっている．
以下の用語を使って，上記の(i)と(ii)を簡潔に説明せよ．

用語：
(i) 識別境界面，マージン，距離
(ii) 高次元，低次元，線形分離

(2) 以下の式(a)と(b)は，SVM において解を得る際の目的関数と制約条件を表している．

$$\min_{\mathbf{w},w_0}\frac{1}{2}\|\mathbf{w}\|^2 \qquad (a)$$
$$y_i(\mathbf{w}\cdot\mathbf{x}_i+w_0)\geq 1, \qquad i=1,\ldots,N \qquad (b)$$

ここで，太字の記号はベクトルを表し，Nは訓練データ数，$\mathbf{x}_i$はi番目の訓練データを表すベクトル，y_iはi番目の訓練データに与えられた正解情報(正例では1，負例では−1)，$\mathbf{w}$は重みパラメータのベクトル，w_0はバイアスパラメータとする．式(b)で等号が成り立つのはどのような場合かを $\mathbf{x}_i$を用いて説明せよ．

［３］以下の問いに答えよ．

(1) 2 クラス分類における K 近傍法は，分類したいデータ点 $\mathbf{x}$ が与えられたとき，訓練データ中で $\mathbf{x}$ から最も近い K 個のデータ点（K 近傍と呼ぶ）を探し，それらの中の多数派が属するクラスを $\mathbf{x}$ のクラスとする．2 次元平面上の 5 つのデータ点からなる訓練データ $\mathbf{x}_1=(1,0)$, $\mathbf{x}_2=(1,2)$, $\mathbf{x}_3=(3,3)$, $\mathbf{x}_4=(4,3)$,$\mathbf{x}_5=(4,5)$において，$\mathbf{x}_1$, $\mathbf{x}_2$, $\mathbf{x}_3$ はクラス 1 に，$\mathbf{x}_4$, $\mathbf{x}_5$ はクラス 2 に属しているとする．新しいデータ点 $\mathbf{x}=(2,3)$をどちらのクラスに分類するか，$K=3$ とした K 近傍法により決定せよ．ただし，データ点間の距離はユークリッド距離で測ることとする．

(2) 近傍のサイズ K を大きくして訓練データと同数にした場合，任意の点はどのように分類されるかを考察せよ．

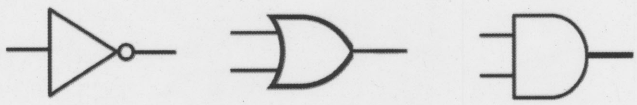
(3) K 近傍法に代表されるノンパラメトリック法を，線形識別モデルに代表されるパラメトリック法と比較した場合の問題点について，必要な計算量と記憶量の点から考察せよ．

問３．コンピュータシステム

［１］論理回路に関する以下の問いに答えよ．

(1) 論理式 $Q = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + AB\overline{C} + BC$ のカルノー図を回答用紙に図示し，それを用いて簡単化した論理式を示せ．

(2) 簡単化した論理式を，以下の論理ゲートを用いた回路として回答用紙に図示せよ．各ゲートは複数回用いてもよい．



NOTゲート　　ORゲート　　ANDゲート

［２］ページング方式によるメモリ管理及び仮想記憶に関する以下の問いに答えよ．

(1) ページフォルトとはどのような現象か，括弧内の語句を用いて簡潔に述べよ．
（物理ページ，論理ページ，ページテーブル）

(2) ページサイズを拡大することにより生ずる利点と欠点について簡潔に述べよ．

［３］オペレーティングシステム（OS）に関する以下の問いに答えよ．

(1) OS の入出力におけるポーリング方式と割り込み方式について，それぞれ簡潔に説明せよ．また双方の利点と欠点について述べよ．

(2) 同じく入出力に関して，DMA コントローラとは何か簡潔に説明せよ．

［４］C 言語プログラムに関する以下の問いに答えよ．

図１に示す C 言語のプログラムがある．関数 koukan を呼び出すことにより，int 型変数 a と b の値を入れ替えたい．図 1 のプログラム内の(A)～(D)の空欄に入る内容について，解答用紙に記述せよ．

```
#include <stdio.h>
void koukan(      (A)      );

int main()
{
    int a, b;
    a=0; b=1;
```

```
    koukan( [    (B)    ] );

    printf ("%d %d¥n", a, b);
    return 0;
}
void koukan( [    (C)    ] )
{
    [        (D)        ]
}
```

図１．C 言語プログラム

［５］IP ネットワークの，あるサブネットに接続された端末 A を考える．端末 A の IP アドレスとサブネットマスクは 10 進ドット記法で以下に示す通りである．

IP アドレス　172.16.2.181　　　サブネットマスク　255.255.255.248

このとき次の各設問に答えよ．

(1) 端末 A の IP アドレスとサブネットマスクのそれぞれ下位 8 ビットを 2 進数で表せ．
(2) 端末 A が接続しているサブネットのネットワークアドレスとブロードキャストアドレスを求め，それぞれ 10 進ドット記法で示せ．
(3) 端末 A のサブネットを拡張し，以下に示す IP アドレスを有する端末 B, C が端末 A と同じサブネットに含まれるようにするためには，サブネットマスクをどのように設定すればよいか．マスク長（値 1 の連続するビットの長さ）の最も長いサブネットマスクと新たなサブネットのネットワークアドレスを求め，それぞれ 10 進ドット記法で示せ．

端末 B　172.16.2.185　　　　端末 C　172.16.2.174

問４．応用数学

［１］ユークリッド平面 $\mathbb{R}^2$ 上の点を $\boldsymbol{x} = (x, y)$ で表す．開領域 $U \subset \mathbb{R}^2$ 上で滑らかな関数 $f(\boldsymbol{x})$ が与えられているとする．$f(\boldsymbol{x})$ の勾配ベクトル場を $\nabla f(\boldsymbol{x})$ で表す．

(1) U 上の滑らかな曲線 $C : \boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}(t)\ (t_0 \le t \le t_1)$ に対して，次を示せ．

$$f(\boldsymbol{x}(t_1)) - f(\boldsymbol{x}(t_0)) = \int_C \nabla f(\boldsymbol{x}) \cdot d\boldsymbol{x}$$

(2) 極値でない一点 $\boldsymbol{x}_0 \in U$ を取り（$\nabla f(\boldsymbol{x}_0) \neq \boldsymbol{0}$），微分方程式

$$\frac{d\boldsymbol{x}}{dt}(t) = -\nabla f\,(\boldsymbol{x}(t)), \quad \boldsymbol{x}(0) = \boldsymbol{x}_0 \qquad (*)$$

の解を $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}(t)$ とする．t が増加するとき，$f(\boldsymbol{x}(t))$ は単調減少することを示せ．

(3) 領域 $U = \{\, (x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid -2 < x < 2,\ 0 < y < 1 \,\}$ 上の関数

$$f(\boldsymbol{x}) = -x^2 y\, e^{-x^2 - y^2}$$

について，微分方程式 $(*)$ の解 $\boldsymbol{x}(t)$ を考える．$t \to \infty$ における $\boldsymbol{x}(t)$ の挙動について簡潔に答えよ．ただし，収束に関する厳密な議論は問わない．

［２］以下の (1)〜(3) について答えよ．

(1) 閉区間 $[-\pi, \pi]$ 上の区分的に滑らかな関数 $f(x)$ のフーリエ級数展開

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

について，フーリエ係数 $a_0, a_n, b_n\ (n = 1, 2, \cdots)$ を $f(x)$ を用いた積分で表わせ．

(2) 次の偶関数 $f(x)$ のフーリエ級数展開を求めよ．

$$f(x) = |x| \qquad (-\pi \le x \le \pi)$$

(3) 小問 (2) の結果を用いて以下の級数の値を答えよ．ただし，級数の収束性などに関する厳密な議論は問わない．

$$1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \cdots + \frac{1}{(2n+1)^2} + \cdots$$