

知能情報処理学入門課題集

(平成 11 年 8 月 26 日版)

嵯峨山・下平研究室

1 目的と解説

この課題集は以下のように多様な目的を持っており、一石数鳥を狙うものである。

- 知能情報処理学講座での研究に必要な基礎知識を身に付ける。
- これらの基礎知識の直観的かつ具体的な理解を得、アルゴリズム設計を通して、使いこなす実力を伴った知識とする。
- 概念を分かりやすく整理し説明する仕方を会得する。
- 発表の技術を獲得する。話し方、OHP 製法、発表機器の扱いなど。
- グループ作業を通して、建設的議論と共同作業を経験する。

以下の指示に従って学習と発表を行うこと。

- 用語の概念をわかりやすく OHP 10 枚程度に要約し、30 分程度で説明し、その主な関連事項・応用を述べよ。
- それぞれの概念がなぜ必要なのか、何の役に立つのか、必然性を理解して伝えよ。それぞれの概念を教科書よりも十分に具体的かつ直観的な説明を行うべく工夫せよ。その概念がいかにか有用で「ありがたい」のか伝えるように工夫せよ。ここに挙げてある離散的な項目のみの説明でなく、項目と項目の間の知識も埋まるように説明せよ。
- 説明には、できるだけ概念図・数値例・アルゴリズム設計・計算量と必要メモリ量・C プログラム (新たに自分で書く) を含めよ。用語の英語表現も含めよ。
- 対象者は 3 人程度の班に分かれ、課題は各班により分担される。発表者はローテーションを原則とする。
- 発表以外の班は、聴講し、質疑応答討論に参加し、発表の総合評価を行なう。評価基準としては、担当内容の理解の深さ、内容考察の広さ、説明のうまさ、発表技術と努力などを総合的に評価する。
- 各項目やその内容は、以後必要に応じて適宜変更修正調整される。
- 発表に用いた OHP や要約資料などは、ディレクトリ /lab/common/edu/series/(項目番号) に置くこと。
- このファイルは、/lab/common/edu/series/0-Contents/Education.tex である。dvi ファイルを見たり、ps ファイルを印刷することができる。

2 体制・班分け・スケジュール

ゼミ補佐: 松田 繁樹 (matsuda) 世話人: 井波 暢人 (n-inami)

班	M1	M2 (適宜交替してもよい)
a 班	横山 (k-yokoya), 藤永 (kfujina), 吉本 (masaru_y)	赤江 (t_akae), 川本 (skawa)
b 班	秋良 (n-akira), 山崎 (y-yamasa), 加藤 (ykatou)	Oskar(oskar), 齋藤 (nsaitou), 中井 (k-nakai)
c 班	井波 (n-inami), 長野 (ntake), 槻尾 (tsukio)	川上 (tkawakam), 吉本 (kyoshimo)
d 班	野間 (knoma), 杉本 (tsugimo), 吉川 (h-yoshi)	川口 (hiromitu), 田中 (ttanaka), 鶴田 (ttsuruta)

班	1 週	2 週	3 週	4 週	5 週	6 週	7 週	8 週	9 週
a 班	A1	D1/2/3	E3/4/5	B6	F1/2/3	I4	G4	L1	M1
b 班	B1	A2/3	D4/5	C6/7/8	I1/2	H1/2	K1/2/3/4/	K6/7	M2
c 班	C1/2/3	B2/3	A4	G1/2	I3	J1/2	K5	L4	M3
d 班	E1/2	C4/5	B4/5	E6	G3/4	I5	J3/4	L2/3	M4

3 課題集

以下の項目表では、項目とともに、課題発表がカバーすべき内容のヒントが書かれている。ヒントの精神を汲み取ってよりよい発表ができれば、ヒントの字句にこだわる必要はない。

A. 数学編	
A1. 線形性、ベクトル空間、内積	線形性はなぜ重要なのか。我々の研究分野ではどのように役立つか。ベクトル、一次独立、内積、 L_p ノルムとは何か。公理的・直観的・数値的・幾何的に説明せよ。内積以外にどんな「積」の概念があるかについて述べ、比較せよ。

A2. 行列、逆行列、行列式	行列、行列の四則演算、逆行列、行列式とは何か。任意の線形写像はなぜ行列で表現できるのか。公理的・直観的・数值的・幾何的に説明せよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。対角行列、対称行列、ユニタリ行列、エルミート行列、Toeplitz 行列、Hankel 行列、ヤコビ行列、ヘッセ行列、その他、特別な意味のある代表的な行列の形式を挙げ、それらの意味や性質を述べよ。数値例と図を示せ。
A3. 連立一次方程式計算アルゴリズム (Gauss の消去法)	連立一次方程式の数値解法にはどんなものがあるか。我々の研究分野ではどのように役立つか。Gauss の消去法、LU 分解、他の手法の利害得失は何か。実際にプログラム例と実行例を示せ。また、逆行列を数値的に求めるアルゴリズムを解説せよ。
A4. 固有値、固有ベクトル、ユニタリ変換	行列の固有値とは何か。定義・直観的・数值的・幾何的に説明せよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。また、微分方程式の固有値の概念と比較せよ。数値例と図を示せ。固有値と固有ベクトルを求める各種の数値計算法とその原理について述べよ。

B. 信号処理編

B1. 線形システム、線形フィルタ、畳み込み、周波数応答	線形システムとは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。数学で言う線形性との関連・相違は何か。一次系、二次系、高次系とは何か。それらの性質と、扱い方を説明せよ。インパルス応答、周波数応答とは何か。具体例を示せ。
B2. フーリエ変換	複素フーリエ変換とは何か。その歴史は？ その意義は？ 我々の研究分野ではどのように役立つか。フーリエ級数とフーリエ変換の関係は何か？ その概念を数学的・信号論的・線形システムの的に述べよ。畳み込み定理とは何か。
B3. 四種のフーリエ変換対	4種のフーリエ変換対について概念を比較し、応用に関して述べよ。それぞれの組合せにおいて、畳み込み定理、Wiener-Khinchin の定理、Parseval の定理が成り立つための条件を述べよ。異なる種類のフーリエ変換対間で、サンプリング定理が成り立つための条件は何か。実際例を示せ。これらは我々の研究分野ではどのように役立つか。
B4. サンプリング定理、AD変換、フィルタ、量子化雑音	サンプリング定理を導出せよ。簡単な実際例を挙げよ。物理的な信号をデジタル信号として取り扱う方法を説明せよ。サンプリング周波数変換の方法と、プログラム例と実行例を示せ。
B5. パワースペクトル、自己相関関数	パワースペクトル (Cf. 周波数応答)、自己相関関数、ケプストラム、Wiener-Khinchine の定理とは何か。概念の直観的説明、計算法、応用を述べよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。実際にプログラム例と実行例を示せ。
B6. 離散フーリエ変換、FFT	離散フーリエ変換とは何か。離散フーリエ変換における畳み込み定理とは何か。高速フーリエ変換 (FFT) の原理を数学的・直観的に述べよ。FFT を用いたパワースペクトルの計算法、自己相関関数の計算法、畳み込み演算の計算法を述べ、連続系での定義との差と、それらが等しいための条件を述べよ。FFT のプログラム例と実行例を示せ。

C. 確率分布・統計推定編

C1. 確率変数、確率分布、連続分布、相関係数、共分散行列	連続および離散的確率変数とは何か。確率分布、確率密度分布とは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
C2. 多変数の平均・分散・共分散行列、多次元正規分布、対角共分散	正規 (ガウス) 分布、平均、分散、多次元正規分布、対角共分散とは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
C3. 和の分布、積の分布、比の分布	確率変数同士の和の分布、積の分布、比の分布はどのように表現されるか。我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
C4. 最尤推定	統計モデルとは何か。最尤推定とは何か。数値例を挙げて説明せよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
C5. Bayes 推定	ベイズ (Bayes) の定理とは何か。数値例を示せ。我々の研究分野ではどのように役立つか。
C6. 検定	統計的検定とは何か。なぜ必要であるか。数値例を示せ。我々の研究分野ではどのように役立つか。
C7. Accuracy vs Robustness	統計的推定における不確定性原理とは何か。accuracy vs robustness の問題を論じよ。分布の smoothing とは何か。我々の研究分野にはどのように関連するか。
C8. AIC	赤池の AIC とは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。原理、具体的数値例を示せ。MDL 基準とも比較せよ。

D. 多変量解析/情報理論編

D1. 分散分析	分散分析の目的は何か。直観的概念を説明し、用途と、長所／短所を論じよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。処理手順、プログラム設計、数値例を示せ。
D2. 主成分分析、KL 展開	主成分分析の目的は何か。直観的概念を説明し、用途と、長所／短所を論じよ。KL(Kalshunen-Loève) 展開とは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。処理手順、プログラム設計、数値例を示せ。
D3. 最小二乗推定	最小二乗推定の目的は何か。必要性、直観的概念、計算法導出、限界を論じよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。処理手順、プログラム例、数値例を示せ。
D4. Shannon の情報理論	Shannon の情報理論とは何か。実際的な例を挙げて説明せよ。情報量、相互情報量、エントロピー、通信容量などについて説明せよ。相互情報量とベイズの定理との関連性を論じよ。図と具体的数値例を示せ。
D5. Kullback-Leibler の divergence	Kullback-Leibler の divergence とは何か。我々の研究分野ではどのように役立つか。具体的数値例を示せ。
D6. 因子分析	来年用
D7. 数量化理論	来年用
E. パターン認識編	
E1. 特徴量とパターン空間	パターン空間とは何か。複数の実例を挙げて説明せよ。またその応用を述べよ。図と数値例を示せ。
E2. 類似度、距離尺度	パターン間の類似度あるいは距離尺度の概念、必要性、実例、直観的説明を述べよ。Euclid 距離、Mahalanobis 距離とは何か。スペクトルパターン間の尺度としてどんなものがあるか。それらの着眼点、利点と欠点を述べよ。実際にプログラムを作成して、実験結果とともに説明せよ。プログラム例と実行例を示せ。
E3. 線形識別関数	線形識別関数の概念、必要性、実例、直観的説明を述べよ。実際にプログラムを作成して、実験結果とともに説明せよ。
E4. Bayes 識別	Bayes 識別の概念、必要性、実例、直観的説明を述べよ。実際にプログラムを作成して、実験結果とともに説明せよ。
E5. k 近傍 (KNN)、マルチテンプレート	KNN の概念、必要性和特性を述べよ。プログラム例と実行例を示せ。
E6. ニューラルネットワーク	ニューラルネットワークの概念、必要性、実例、直観的説明を述べよ。誤差逆伝搬法アルゴリズムに基づく学習プログラムを作成して、学習実験および識別結果とともに説明せよ。
F. 学習アルゴリズム/クラスタリング編	
F1. クラスタリング	クラスタリングの概念、必要性、さまざまな手法とそれらの特性を述べよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
F2. k -means アルゴリズム、LBG アルゴリズム	クラスタリングにおける k -means アルゴリズムと収束性の直観的証明、LBG アルゴリズムの概念とその狙いと利点を述べよ。プログラム例と実行例を示せ。
F3. ベクトル量子化	ベクトル量子化 (Vector Quantization) とは何か。その意義と用途を述べ、アルゴリズムの種類を述べよ。実際にプログラム例を作成し、結果とともに説明せよ。プログラム例と実行例を示せ。
F4. LVQ	来年用
G. 時系列編	
G1. 確率過程	時系列、確率過程の考え方と、その考え方の利点と、数学的取り扱いについて述べよ。一般調和解析、パワースペクトル、その推定量、ペリオドグラム、Blackman-Tukey 法、Hamming 窓について述べよ。我々の研究分野では具体的にどのように用いるか。
G2. マルコフ過程	マルコフ過程とは何か。その性質を述べよ。マルコフ行列の固有値は何を意味するか。我々の研究分野ではどのように役立つか。
G3. 自己回帰モデル、移動平均モデル	自己回帰モデル、移動平均モデルとは何か。デジタルフィルタ理論、離散線形システム理論との関連を述べよ。またこれらの推定アルゴリズムについて述べよ。我々の研究分野ではどのように役立つか。
G4. 線形予測分析	線形予測分析、全極型モデルとは何か。そのアルゴリズムを導け。アルゴリズム設計例、プログラム例、実行例を示せ。

G5. 線スペクトル対分析	線スペクトル対 (LSP) 分析とは何か。そのアルゴリズムを導け。アルゴリズム設計例、プログラム例、実行例を示せ。
H. 系列パターン認識編	
H1. DP (動的計画法)	時系列パターンの認識における DP (動的計画法) とは何か? どのような効用があるか。原理は何か? 我々の研究分野ではどのように役立つか。プログラム例と実行例を示せ。
H2. 距離尺度	時系列パターンで用いられる距離尺度の概念と、その研究例を示せ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ
I. HMM 編	
I1. HMM とは何か	HMM とは何か、概念的・数学的に説明せよ。マルコフモデルと隠れマルコフモデルの差は何か。それらの差は、実用上どのような意味を持つか。また、そのようなモデルが有効な例を考えてモデル化を行なえ。図と数値例を示せ。
I2. セグメンタル k -means	時系列パターンの表現における セグメンタル k -means アルゴリズムとは何か? どのような効用があるか。原理は何か? 収束を証明せよ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
I3. Viterbi アルゴリズム	Viterbi アルゴリズム、Viterbi 経路、Viterbi セグメンテーション、Viterbi alignment、Viterbi 学習の概念を説明せよ。トレースバックとは何か。Viterbi 学習の収束性を論じよ。プログラム例とその実行結果を説明せよ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
I4. Forward アルゴリズム	Forward アルゴリズムとは何か。その計算法、実例を用いて説明せよ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
I5. Baum-Welch アルゴリズム、EM アルゴリズム	Baum-Welch アルゴリズム、EM アルゴリズムの最適解と収束の証明を述べ、Viterbi アルゴリズムとの関係を述べよ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
I6. 識別学習、MCE 学習	来年用
J. ネットワーク探索編	
J1. 確率的オートマトン	確率的オートマトンとは何か。どのようなクラスが存在し、どのような差異があるか。実際の例を示せ。
J2. ネットワークと探索	HMM の隠れ状態のネットワークは、どのような問題に対するモデルであるか。また、その上の探索問題は、どのような意味があるか。アルゴリズム設計例を示せ。
J3. 探索アルゴリズム、 A^* 探索、 N -best 解探索	HMM の隠れ状態のネットワーク上の探索問題の解法には、どのような制約や解法があるか。そのような問題で、特に A^* 探索、 N -best 解探索とはどのようなものか。そのアルゴリズムを述べよ。アルゴリズム設計例、できればプログラム例と実行例を示せ。
J4. スタックデコーダ	スタックデコーダとは何か。アルゴリズム設計例、できればプログラム例と実行例を示せ。
K. 言語モデル編	
K1. 言語理論、言語モデル	言語モデルとは何か。その必要性、用途、効用と制約は何か。
K2. 木構造、木構造辞書	木構造とは何か。木構造辞書とは何か。その効用と制約は何か。実際の例を示せ。
K3. 文脈自由文法、正規文法、確率文法	文脈自由文法、正規文法とは何か。確率文法とは何か。その効用と制約は何か。実際の例を示せ。
K4. 係り受け文法	係り受け文法とは何か。その解析法の概要を述べよ。
K5. パーザ、構文解析	パーザ、構文解析とは何か。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
K6. n -gram 確率	n -gram 確率とは何か。その意義、実際の使用法などを述べよ。実際の例を示せ。
K7. パープレキシティ	パープレキシティ(perplexity) とは何か。何を意味するか。テストセットパープレキシティとは何か。その意義、計算法を述べよ。アルゴリズム設計例、プログラム例と実行例を示せ。
L. 音声学編	

L1. 音素、母音、子音	音素、母音、子音の概念、それらの調音的な比較分類、言語間の相違、日本語の場合の音素分類などについて述べよ。音声学と音韻論の関係と対比を説明せよ。
L2. スペクトログラム、フォルマント	フォルマントとは何か。パワースペクトル、音響モデル、フィルタモデルとの関連を述べよ。
L3. 調音結合	調音結合とは何か。例を挙げて説明せよ。
L4. 韻律	韻律とは何か。アクセント型、アクセント規則、文音声の韻律、藤崎モデルについて説明せよ。中井・下平・嵯峨山のモデルとは何か。

M. 連続音声認識編

M1. 音響特徴量	連続音声認識のための音響特徴量とは何か。分析フレーム、分析窓、ケプストラム、デルタケプストラム、MFCC、RASTA、雑音除去のためのスペクトルサブトラクション法とは何か。それぞれの観点を説明せよ。アルゴリズム設計例を示せ。
M2. サブワード音響モデル	連続音声認識のためのサブワード音響モデルとは何か。その構造、その作成法、連続音声認識の中での使用法を述べよ。環境依存モデルとは何か。音素環境のクラスタリングとはどのような概念か。結び (tying) とは何か。どのように用いるか。アルゴリズム設計例を示せ。
M3. 言語モデル	連続音声認識のための言語モデルとしてはどのようなものがあるか。それらの利害得失は何か。それらの構造、その作成法、連続音声認識の中での使用法を述べよ。パープレキシティ (perplexity) とは何か。テストセットパープレキシティとは何か。アルゴリズム設計例を示せ。
M4. 探索過程	連続音声認識のための探索過程の実現法はどんなものがあるか。マルチパス探索はどのような手法として実現されているか。それらの着眼点、問題点などを述べよ。アルゴリズム設計例を示せ。