

# A I 基礎セミナー

## 総目次

### 改訂履歴

日付	担当者	内容
2021/05/08	M. Takeda	Git 公開

## 第1回 カリキュラムと環境作成

- (1) はじめに
- (2) カリキュラム
  - (2.1) セミナーの目標
  - (2.2) セミナーのカリキュラム
  - (2.3) 機械学習ライブラリ
  - (2.4) 言語
  - (2.5) OS
  - (2.6) 教材
- (3) 開発環境の作成 (Anaconda)
  - (3.1) インストール対象物
  - (3.2) インストール
- (4) 開発環境の作成 (Anaconda以外)
  - (4.1) Google Colaboratory
  - (4.2) Amazon SageMaker
- (参考) pip と conda
  - (参考.1) conda と pip について

## 第2回 機械学習のモデルとアルゴリズム

- (1) はじめに
- (2) 機械学習とAI
  - (2.1) ディープラーニング、ニューラルネットワーク、機械学習
  - (2.2) 機械学習アルゴリズム
- (3) 脳神経系のモデル化
  - (3.1) 神経細胞間の信号伝達の様子
  - (3.2) 神経細胞間の信号伝達のモデル化
  - (3.3) 様々な活性化関数
- (4) 様々なニューラルネットワーク
  - (4.1) パーセプトロン (Perceptron、P)
  - (4.2) 順伝播型ニューラルネットワーク (Feed forward neural networks、FF、FFNN)
  - (4.3) ラジアル基底関数ネットワーク (Radial Basis Network、RBN)
  - (4.4) 深層順伝播型ニューラルネットワーク (Deep Feed forward neural networks、DFF)
  - (4.5) リカレントニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network、RNN)
  - (4.6) Long/Short Term Memory (LSTM)
  - (4.7) Gated Recurrent Unit (GRU)
  - (4.8) Autoencoder (AE)
  - (4.9) Variational Autoencoder (VAE)
  - (4.10) Denoising Autoencoder (DAE)
  - (4.11) Sparse Autoencoder (SAE)
  - (4.12) マルコフ連鎖 (Markov chain、MC)
  - (4.13) ホップフィールド・ネットワーク (Hopfield network、HN)
  - (4.14) ボルツマンマシン (Boltzmann Machine、BM)
  - (4.15) 制限ボルツマンマシン (Restricted Boltzmann Machine、RBM)
  - (4.16) 深層信念ネットワーク (Deep Belief Network、DBN)
  - (4.17) 深層畳み込みニューラルネットワーク (Deep Convolutional neural network、DCN)
  - (4.18) 逆畳み込みネットワーク (Deconvolutional Network、DN)
  - (4.19) Deep Convolutional Inverse Graphics Network (DCIGN)
  - (4.20) 敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Network、GAN)
  - (4.21) リキッド・ステート・マシン (Liquid State Machine、LSM)

## 総目次

- (4.22) エクストリーム・ラーニング・マシン (Extreme Learning Machine, ELM)
- (4.23) エコー・ステート・ネットワーク (Echo State Network, ESN)
- (4.24) Deep Residual Network (DRN)
- (4.25) コホーネンネットワーク (Kohonen Network, KN)
- (4.26) サポートベクターマシン (Support Vector Machine, SVM)
- (4.27) ニューラルチューリングマシン (Neural Turing Machine, NTM)
- (5) 確認問題
- (6) 確認問題回答用紙

### 第3回 Python の言語仕様

- (1) はじめに
- (2) 概要
  - (2.1) Python の特徴
  - (2.2) Python の用途
  - (2.3) Python の注目度
  - (2.4) Python のバージョン
  - (2.5) Python のドキュメント
- (3) 文法
  - (3.1) バッカス・ナウア記法 (Backus-Naur form, BNF)
  - (3.2) Python の完全な構文仕様
- (4) 実装例
  - (4.1) 行列の演算
  - (4.2) 面と等高線で3次元のグラフ表示する
  - (4.3) オブジェクト指向での実装例
- (5) 行構造
  - (5.1) 論理行 (Logical lines)
  - (5.2) 物理行 (Physical lines)
  - (5.3) コメント (Comments)
  - (5.4) シェバン (Shebang)
  - (5.5) エンコード宣言 (Encoding declarations)
  - (5.6) 明示的な行継続 (Explicit line joining)
  - (5.7) 非明示的な行継続 (Implicit line joining)
  - (5.8) 空行 (Blank lines)
  - (5.9) 字下げ (Indentation)
  - (5.10) デリミタ (Delimiters)
- (6) 識別子
  - (6.1) 識別子 (Identifiers)
  - (6.2) キーワード (Keywords)
  - (6.3) 識別子についてのルール
  - (6.4) 識別子についてその他
- (7) リテラル
  - (7.1) 文字列リテラル・バイト列リテラル
  - (7.2) 数値リテラル
- (8) 演算子
  - (8.1) 演算子
  - (8.2) 式の評価順序
  - (8.3) 演算子の優先順位
- (9) 変数とデータ型
  - (9.1) 動的な型付けの言語処理系

## 総目次

- (9.2) Python に組み込まれているオブジェクト型
  - (9.3) 変数のスコープ
  - (9.4) 配列 (リスト型)
  - (9.5) 配列 (タプル型)
  - (9.6) 辞書型
  - (9.7) 配列 (Numpy.ndarray)
- (10) 単純文
  - (10.1) Python の単純文
- (11) 制御構文
  - (11.1) if 文
  - (11.2) for 文
  - (11.3) while 文
  - (11.4) with 文
  - (11.5) try 文
- (12) 関数
  - (12.1) 関数定義
  - (12.2) 戻り値
  - (12.3) 引数 (仮引数と実引数)
  - (12.4) ラムダ式 (lambda expression)
  - (12.5) 注釈 (annotation)
  - (12.6) 関数の呼び出し
- (13) モジュール
  - (13.1) モジュール (module)
  - (13.2) パッケージ (package)
- (14) オブジェクト指向
  - (14.1) オブジェクト指向とは
  - (14.2) オブジェクト指向での各要素の関連図
  - (14.3) 単一継承と多重継承
  - (14.4) Python プログラムのオブジェクト指向の実装
  - (14.5) Python でのオブジェクト指向の実装例
- (15) 入出力
  - (15.1) 標準出力／標準エラー出力
  - (15.2) 標準入力
  - (15.3) ファイルへのアクセス
  - (15.4) その他のファイルアクセス
- (16) インタープリタ
  - (16.1) インタープリタの起動・終了
  - (16.2) コマンド仕様
  - (16.3) コマンドラインの引数渡し
- (17) 確認問題
- (18) 確認問題回答用紙
- (資料)
  - (資料1) コーディング・スタイル
  - (資料2) リストオブジェクトのメソッド一覧
  - (資料3) グラフ描画での色一覧
  - (資料4) グラフ描画でのラインスタイル一覧

## 第4回 数学の基礎（1回目：代数学）

- (1) はじめに
- (2) 数列と級数
  - (2.1) 数列と級数と総和
  - (2.2) 等差数列
  - (2.3) 等比数列
  - (2.4) 総乗
- (3) ベクトルとスカラー
  - (3.1) スカラー
  - (3.2) ベクトル
  - (3.3) ベクトルの和・差・スカラー倍
  - (3.4) 転置ベクトル
  - (3.5) ベクトルの大きさ
  - (3.6) 内積
  - (3.7) 単位ベクトル・基本ベクトル
- (4) 行列
  - (4.1) 行列とその表現
  - (4.2) 行列の和・差・スカラー倍
  - (4.3) 行列の積
  - (4.4) 正方行列・単位行列・逆行列
  - (4.5) 転置行列・直交行列
  - (4.6) 連立一次方程式の解法
  - (4.7) D次元線形回帰モデルの解法
- (5) 確認問題
- (6) 確認問題回答用紙

## 第5回 数学の基礎（2回目：解析学）

- (1) はじめに
- (2) 微分
  - (2.1) 平均変化率・微分可能・導関数・微分係数
  - (2.2) 導関数の計算例
  - (2.3) 導関数についての公式
- (3) 基本的な関数とその微分
  - (3.1) べき関数
  - (3.2) 指数関数
  - (3.3) 対数関数
  - (3.4) 三角関数
  - (3.5) 逆三角関数
- (4) 偏微分
  - (4.1) 多変数関数
  - (4.2) 偏微分可能・偏導関数・偏微分
  - (4.3) 偏微分についての公式
- (5) 勾配
  - (5.1) 多変数関数の近似公式
  - (5.2) 多変数関数の変化量と勾配
  - (5.3) 勾配降下法
  - (5.4) 勾配降下法と誤差逆伝搬法
- (6) 確認問題
- (7) 確認問題回答用紙

## 第6回 数学の基礎（3回目：統計学）

- (1) はじめに
- (2) 基本的な統計指標
  - (2.1) 平均値、中央値、四分位数
  - (2.2) 階級分けと度数分布
  - (2.3) 偏差と分散、標準偏差
  - (2.4) 母集団と標本集団
- (3) 確率変数と確率分布
  - (3.1) 確率変数と確率分布
  - (3.2) 離散型確率分布
    - (3.2.1) 離散一様分布
    - (3.2.2) ベルヌーイ分布
    - (3.2.3) 二項分布
    - (3.2.4) ポアソン分布
    - (3.2.5) 幾何分布
  - (3.3) 連続型確率分布
    - (3.3.1) 正規分布
    - (3.3.2) 対数正規分布
    - (3.3.3) 指数分布
    - (3.3.4) 連続一様分布
    - (3.3.5) ベータ分布
    - (3.3.6) ベータ二項分布（離散型確率分布）
  - (3.4) 平均と確率変数の期待値
  - (3.5) 確率変数の分散
  - (3.6) 標準化確率変数
- (4) 基本定理
  - (4.1) 大数の法則
  - (4.2) 中心極限定理
- (5) 相関分析
  - (5.1) 散布図と相関関係
  - (5.2) 2つの確率変数の確率分布
  - (5.3) 共分散と相関係数
  - (5.4) 説明変数と相関関係
- (6) 仮説検定
  - (6.1) 統計的仮説
  - (6.2) 統計的仮説検定
  - (6.3) 検定の手順
  - (6.4) P値
  - (6.5) z検定、t検定
    - (6.5.1) z検定
    - (6.5.2) t検定
- (7) その他
  - (7.1) 観測値追加時の平均値
  - (7.2) アンケート手法
    - (7.2.1) ランダム回答法
- (8) 確認問題
- (9) 確認問題回答用紙

## 第7回 機械学習（1回目：画像認識モデルの作成例）

- (1) はじめに
- (2) 入力データ
  - (2.1) モデル作成で使用する入力データ
  - (2.2) 自作の入力データ
- (3) モデル作成例
  - (3.0) 各モデルでの共通処理
  - (3.1) 「手書き文字認識モデル1」
  - (3.2) 「手書き文字認識モデル2」
  - (3.3) 「手書き文字認識モデル3」
  - (3.4) 「手書き文字認識モデル4」
  - (3.5) 「手書き文字認識モデル5」
  - (3.6) 「手書き文字認識モデル6」
  - (3.7) 「手書き文字認識モデル7」
- (4) まとめ

## 第8回 機械学習（2回目：機械学習の概要と教師あり学習（分類））

- (1) はじめに
- (2) 機械学習の手法
  - (2.1) 教師あり学習
  - (2.2) 教師なし学習
  - (2.3) 強化学習
  - (2.4) 転移学習
- (3) 脳神経系のモデル化
  - (3.1) 神経細胞間の信号伝達の様子
  - (3.2) 神経細胞間の信号伝達のモデル化
  - (3.3) ニューラルネットワークと適用モデルの選択
- (4) 前処理
  - (4.1) データを機械学習モデルに入力するまでの流れ
  - (4.2) データの種類について
  - (4.3) 何を入力データとするか
  - (4.4) 入力データのクリーニング
  - (4.5) 入力データの欠損値の扱い
  - (4.6) 入力データの標準化
  - (4.7) 入力データの加工による作成
  - (4.8) 入力データの符号化
- (5) 活性化関数
- (6) 損失関数
  - (6.1) 損失関数・誤差関数・コスト関数・目的関数
  - (6.2) 尤度と損失関数
  - (6.3) 損失関数一覧
- (7) モデルの構造
  - (7.1) 順伝播型ニューラルネットワーク
  - (7.2) 畳み込みニューラルネットワーク
    - (7.2.1) 畳み込み層
    - (7.2.2) プールング層
- (8) モデルの学習
  - (8.1) 勾配降下法と学習率
  - (8.2) 勾配降下法の改良版

- (8.2.1) 確率的勾配降下法
- (8.2.2) AdaGrad
- (8.2.3) Adam
- (8.3) 誤差逆伝搬法
- (8.4) 「順伝播型ニューラルネットワーク」の誤差逆伝搬法
  - (8.4.1) 各層のユニットの誤差
  - (8.4.2) ユニットの誤差とコスト関数の偏微分との関係式
  - (8.4.3) 出力層のユニットの誤差
  - (8.4.4) 隣接する層間のユニットの誤差についての逆漸化式
  - (8.4.5) 全ての中間層のユニットの誤差  $\delta$  を計算する
  - (8.4.6) ユニットの誤差  $\delta$  を用いて勾配降下法で学習する流れ（例）
- (8.5) モデルの学習の検証
  - (8.5.1) モデルの学習の検証方法
  - (8.5.2) 過学習の対策とドロップアウト
- (9) まとめ
- (10) 確認問題
- (11) 確認問題回答用紙

## 第9回 機械学習（3回目：機械学習の概要と教師あり学習（回帰））

- (1) はじめに
- (2) 回帰モデル
- (3) 線形回帰
  - (3.1) 線形回帰（解析解）
  - (3.2) 線形回帰（数値解）
- (4) 基底関数
  - (4.1) 線形基底関数モデル
  - (4.2) 線形基底関数モデルの例
  - (4.3) 線形基底関数モデルの実装
- (5) 適合度
  - (5.1) 平均二乗誤差(MSE)、二乗平均平方根誤差(RMSE)
  - (5.2) 決定係数( $R^2$ )
  - (5.3) 決定係数( $R^2$ )と重相関係数
  - (5.4) 回帰モデルとその適合度の例
- (6) ロジスティック回帰
  - (6.1) ロジスティック回帰モデル
  - (6.2) 最尤推定と交差エントロピー誤差
  - (6.3) 平均交差エントロピー誤差の偏微分
  - (6.4) ロジスティック回帰モデルの作成
- (7) まとめ
- (8) 確認問題
- (9) 確認問題回答用紙

## 第10回 機械学習（4回目：教師なし学習）

- (1) はじめに
- (2) 教師なし学習とは
- (3) クラスタリング
  - (3.1) 使用するデータ
  - (3.2) K-means法
    - (3.2.1) K-means法の概要



## 総目次

- (3. 2. 2) K-means法のデータ表現
  - (3. 2. 3) K-means法のアルゴリズム
  - (3. 2. 4) K-means法の損失関数
  - (3. 2. 5) K-means法の適用と実装例
- (3. 3) 混合ガウスモデル
  - (3. 3. 1) 混合ガウスモデルの概要
  - (3. 3. 2) 混合ガウスモデルのデータ表現
  - (3. 3. 3) 混合ガウスモデルのアルゴリズム
  - (3. 3. 4) 混合ガウスモデルの損失関数
  - (3. 3. 5) 混合ガウスモデルの適用と実装例
- (4) まとめ
- (5) 確認問題
- (6) 確認問題回答用紙

### 第 11 回 機械学習（5 回目：強化学習）

- (1) はじめに
- (2) 強化学習とは
  - (2. 1) 強化学習とは
- (3) 強化学習の数理モデル
  - (3. 1) 強化学習とマルコフ決定過程
  - (3. 2) マルコフ決定過程の様々な表現
    - (3. 2. 1) 状態遷移表
    - (3. 2. 2) 状態遷移図
    - (3. 2. 3) ハックアツプ線図とハックアツプ木
    - (3. 2. 4) ゲーム木
  - (3. 3) 終端状態とエンド
  - (3. 4) 強化学習と方策
- (4) 強化学習の目的関数
  - (4. 1) 即時報酬  $R_t$  と割引報酬和  $G_t$
  - (4. 2) 状態価値関数  $V_\pi(s)$  とベルマン方程式
  - (4. 3) 行動価値関数  $Q_\pi(s, a)$  とベルマン方程式
  - (4. 4) 最適価値関数  $V^*(s)$ 、 $Q^*(s, a)$
  - (4. 5) 最適ベルマン方程式
  - (4. 6) 報酬の設計
- (5) 価値関数の解析解
  - (5. 1) 遷移確率マトリクス  $P_\pi$
  - (5. 2) 報酬期待値ベクトル  $R_\pi$
  - (5. 3) 価値ベクトル  $V_\pi$  とその解析解
- (6) 強化学習モデルの学習
  - (6. 1) 方策改善定理
  - (6. 2) greedy法 /  $\epsilon$ -greedy法
- (7) モデルベースな手法での価値関数と方策改善
  - (7. 1) 方策反復法
    - (7. 1. 1) 方策反復法のアルゴリズム
    - (7. 1. 2) 方策反復法の実装例
  - (7. 2) 価値反復法
    - (7. 2. 1) 価値反復法のアルゴリズム
    - (7. 2. 2) 価値反復法の実装例
- (8) モデルフリーな手法での価値関数と方策改善

## 総目次

- (8.1) モデルフリーな手法での例題
- (8.2) モンテカルロ法
  - (8.2.1) モンテカルロ法とは
  - (8.2.2) モンテカルロ法でのサンプリングと方策改善のアルゴリズム(例)
  - (8.2.3) モンテカルロ法でのサンプリングと方策改善の実装例
- (8.3) TD学習
  - (8.3.1) TD(0)法
  - (8.3.2) TD( $\lambda$ )法
  - (8.3.3) TD学習と方策 $\pi$ 型・方策 $v$ 型
- (8.4) SARSA
  - (8.4.1) SARSAとは
  - (8.4.2) SARSAでのサンプリングと方策改善のアルゴリズム(例)
  - (8.4.3) SARSAでのサンプリングと方策改善の実装例
  - (8.4.4) SARSAのTD( $\lambda$ )法への適用
- (8.5) Q学習
  - (8.5.1) Q学習とは
  - (8.5.2) Q学習でのサンプリングと方策改善のアルゴリズム(例)
  - (8.5.3) Q学習でのサンプリングと方策改善の実装例
- (9) その他の方策学習
  - (9.1) 方策勾配法
  - (9.2) Actor-Critic法
  - (9.3) DQN (deep Q-network)
- (10) まとめ
- (11) 確認問題