

人工知能—AI の基礎から知的探索へ：演習問題解答例

第7章 グラフ構造に基づく学習

演習問題 7.1 表 7.1 をもとに、デルタ学習則に基づく学習過程を書け。

解答 デルタ学習則は、パーセプトロン学習則に比べて、結合荷重の更新式が違うだけで、学習の流れは同じである。具体的には、デルタ学習則に基づく学習過程は下の表となる。

デルタ学習則に基づくニューロン学習

Step 1	初期化： 1) 結合荷重：乱数で初期化する。 2) 学習周期のカウンター： $j=1$ 3) パターン数のカウンター： $i=1$
Step 2	訓練集合 Ω から i 番目のパターンを取り出す。
Step 3	結合荷重の更新： 1) 式(7.2)で効果的入力を求める。 2) 式(7.1)で実出力を求める。 3) 式(7.5)で学習信号を求める。 4) 式(7.3)で結合荷重ベクトルを更新する。
Step 4	$i=i+1$; i が $ \Omega $ より小さければ、Step 2 に戻る。
Step 5	$j=j+1$; j が最大学習周期より小さければ、 $i=1$ として、Step 2 に戻る。そうではなければ、学習を終了する。

ただし、式(7.5)は、式(5.11)または式(5.12)で与えられた活性化関数を使用する。対応する導関数は、式(7.7)または(7.8)で計算される。

演習問題 7.2 例題 6.1 の顔検出問題を解決する MLP の出力ノード数を与えよ。

解答 顔検出は、2 クラス問題であるため、基本的に二つの出力ニューロンがあれば十分である。出力ニューロンの出力がそれぞれ z_1, z_2 として、 $z_1 > z_2$ の場合、入力パターン \mathbf{x} が顔、 $z_1 < z_2$ の場合は、 \mathbf{x} が顔ではないと判断できる。

一般に、2 クラス問題を MLP で解決するとき、一つの出力ニューロンを使用することもできる。出力が z として、 $z < T$ の場合、入力パターン \mathbf{x} が顔、 $z > T$ の場合は、 \mathbf{x} が顔ではないと判断できる。ただし、閾値 T は適切に選ばないといけない。

表 7.4 MLP 学習の BP アルゴリズム

Step 1	初期化： 1) 結合荷重：乱数で初期化する。 2) 学習周期カウンター： j を 1 にリセットする。 3) パターン数のカウンター： i を 1 にリセットする。
Step 2	訓練集合から i 番目のパターンを取り出す。
Step 3	結合荷重の更新： 1) 中間層、出力層の順でノードの出力を求める。 2) 出力層、中間層の順でノードの学習信号を求める。 3) 全てのノードの結合荷重を更新する。
Step 4	$i = i + 1$; i が $ \Omega $ より小さければ、Step 2 に戻る。
Step 5	$j = j + 1$; j が最大学習周期より小さければ、 $i = 1$ として、Step 2 に戻る。そうではなければ、学習を終了する。

演習問題 7.3 表 7.4 の Step 3 の計算を行うために必要とされる全ての式を与えよ。

解答

- 1) 中間層と出力層のノードの出力を計算する式は、(5.13)と(5.14)である。
- 2) 出力層、中間層のノードの学習信号を求める式は、それぞれ、(7.9)と(7.11)である。
- 3) 出力層、中間層のノードの結合荷重を更新する式は、それぞれ、(7.10)と(7.12)である。

追加説明：ニューロンの学習と MLP の学習は、流れは同じであり、Step 3 における更新式だけが異なる。したがって、プログラムを作成する際に、Step 3 だけを直せば、パーセプトロン学習、デルタ学習、BP 学習などができる。この意味で、共通のフローを利用し、Step 3 に、switch 文でさまざまな関数（メソッド、手続き）を呼び出せば、「汎用」の学習システムが作れる。興味のある方がやってみると良い。

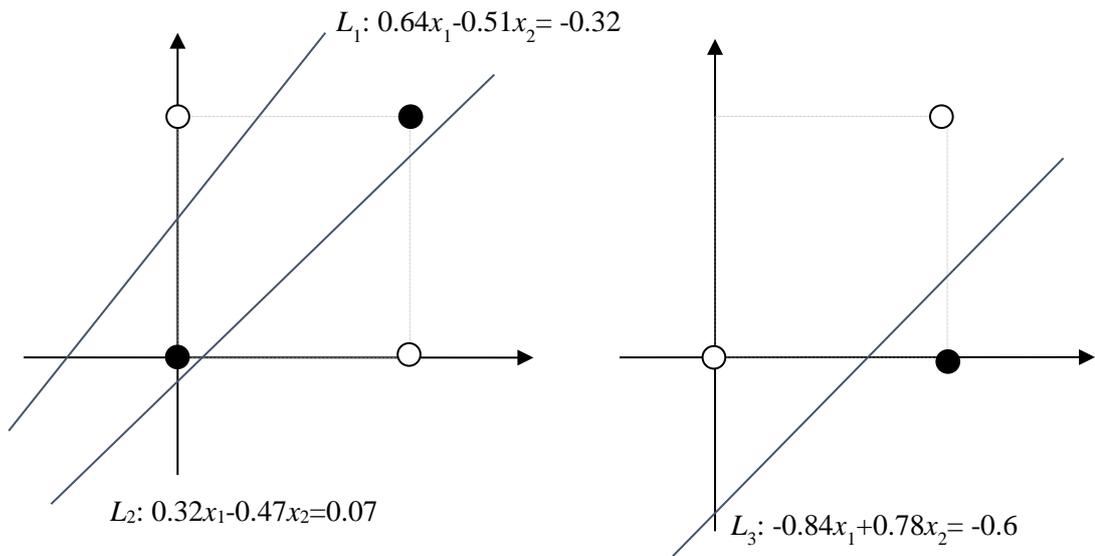


図 7.6 左図：中間ノードに対応する直線、
右図：出力ノードに対応する直線

演習問題 7.4 図 7.6 にある直線の式をもとに、各座標軸の正しい名称を与えよ。

解答 左図の座標において、横軸は x_1 、縦軸は x_2 である。右図の座標においては、横軸は y_1 、縦軸 y_2 である。ここで、 x_1, x_2, y_1, y_2 の意味は、表 7.3 に定義されている。

表 7.3 MLP 学習に使用する記号

x_i	i 番目の入力
y_j	j 番目の中間ノードの出力
z_k	k 番目の出力ノードの実出力
d_k	k 番目の出力ノードの期待出力
v_{ji}	i 番目の入力と j 番目の中間ノードの間の結合荷重
w_{kj}	j 番目の中間ノードと k 番目の出力ノードの間の結合荷重
I	入力ノードの数
J	中間ノードの数
K	出力ノードの数

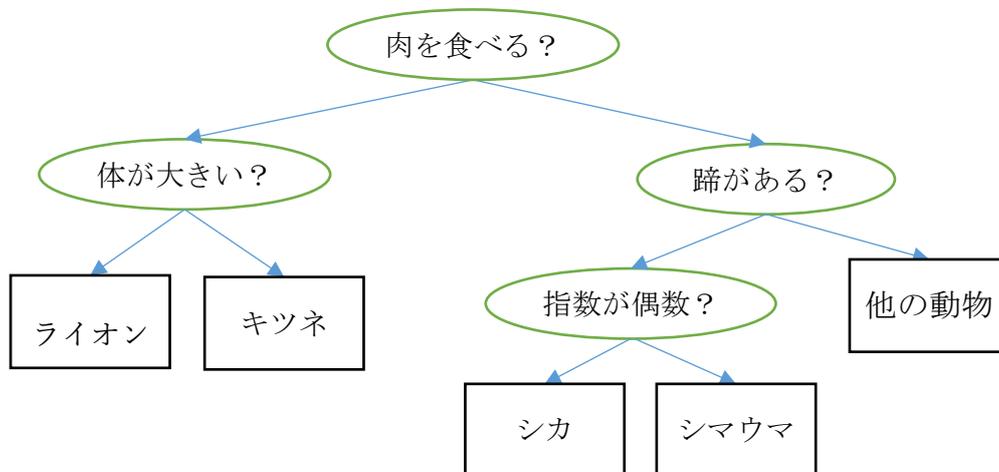


図 7.7 決定木の例

表 7.5 決定木に基づく決定過程

Step 1:	現在ノード n をルートノードとする。
Step 2:	n が終端ノードであれば、その結論を出力し、終了する。
Step 3:	n の条件が満たされた場合、 n に n の左ノード、満たされない場合は、 n に n の右ノードを代入し、Step 2 に戻る。

演習問題 7.5 ある動物は、(1) 肉食ではない、(2) 蹄がある、(3) 指の数が偶数である。図 7.7 と表 7.5 にしたがってこの動物の名前を判断せよ。

解答 ルートノードからスタートして、(1)肉食ではないので、右の子ノードへ。(2)蹄があるので、左の子ノードへ。(3)指の数が偶数であるので、(見ている) 動物はシカであると判断する。

追加説明：実際、シカは、鯨偶蹄目シカ科に属する哺乳類動物である。動物学者は、あらゆる動物を、決定木の形でまとめることによって、動物関連の知識をわかりやすくしている。興味のある方は、関連ホームページを検索してみると良い。

表 7.7 Fisher iris データベースの決定木

ノード ID	テスト関数
1	$x_3 < 2.45$ の場合はノード 2、elseif $x_3 \geq 2.45$ の場合はノード 3
2	クラス = setosa
3	$x_4 < 1.75$ の場合はノード 4、elseif $x_4 \geq 1.75$ の場合はノード 5
4	$x_3 < 4.95$ の場合はノード 6、elseif $x_3 \geq 4.95$ の場合はノード 7
5	クラス = virginica
6	$x_4 < 1.65$ の場合はノード 8、elseif $x_4 \geq 1.65$ の場合はノード 9
7	クラス = virginica
8	クラス = versicolor
9	クラス = virginica

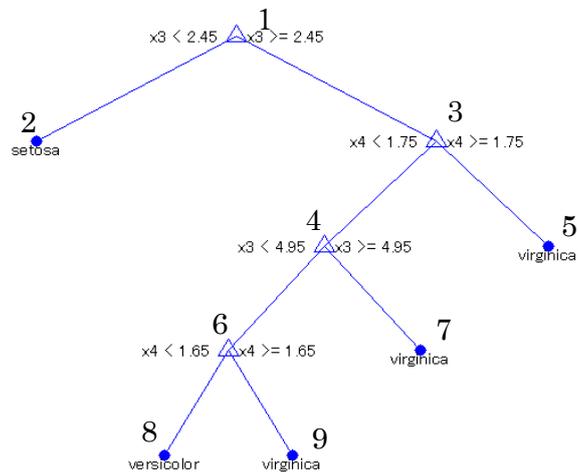


図 7.8 Fisher iris データベースの決定木

演習問題 7.6 表 7.7 あるいは図 7.8 を、三つの If-Then ルールに直せ（ヒント：結論が同じクラスのルールを、選言（ \vee ）を使って結合すれば良い）。

解答

ルール 1 : if $x_3 < 2.45$ then setosa

ルール 2 : if $x_3 \geq 2.45 \wedge x_4 < 1.75 \wedge x_3 < 4.95 \wedge x_4 < 1.64$ then versicolor

ルール 3 : if $x_3 \geq 2.45 \wedge (x_4 \geq 1.75 \vee (x_4 < 1.75 \wedge x_3 \geq 4.95) \vee (x_4 < 1.75 \wedge x_3 < 4.95 \wedge x_4 \geq 1.65))$ then virginica

追加説明：プログラムの形式では、以上の答えを以下のように書くことができる：

```
if x3<2.45
  setosa
else if x3>=2.45 ∧ x3<4.95 ∧ x4<1.75 ∧ x4<1.64
  versicolor
else
  virginica
end if
```

また、 $x4 < 1.75 \wedge x4 < 1.64$ は、 $x4 < 1.64$ に書き直せるので、学習で得られたルールは、通常さらに簡単化することができる。