

A. 程式簡介（多層感知機—雙層+兩個隱藏神經元）

1. find_two_output(d)

從訓練資料中的期望輸出 d 中，取出兩個不同的輸出 output 作為訓練參考。

2. draw(x, d, w_hide, w)

使用 matplotlib 函式庫，根據輸入 x 經隱藏層鍵結值轉換後在二維座標畫點、以期望輸出 d 填色分群。

3. read_file(file_name)

根據檔名 file_name 在執行檔同層的"DataSet"資料夾中讀檔回傳輸入 x 和期望輸出 d。

4. train(x, d, rate, recognition, times)

根據訓練輸入 x、期望輸出 d 和學習率 rate 調整鍵結值 w_hide 和 w，直到訓練辨識率 correct_rate 達到收斂辨識率 recognition 或疊代次數達到上限 times。

每次紀錄當前最佳辨識率 correct_rate 和其鍵結值 best_w_hide 和 best_w，並在訓練完畢後回傳。

5. test(x, d, w_hide, w, OUTPUT)

根據測試輸入 x、期望輸出 d 和訓練完畢的鍵結值 w 計算測試辨識率。OUTPUT 是 find_two_output(d) 從訓練資料取得的參考輸出。

6. start()

經視窗「輸入」按鈕呼叫後：

- i. 自動關閉前次訓練結果圖片。
- ii. 從輸入視窗取得學習率、收斂條件和輸入檔案，呼叫 read_file() 讀入資料。
- iii. 呼叫 train() 訓練取得鍵結值和訓練辨識率並畫出訓練輸出。
- iv. 呼叫 test() 用訓練出的鍵結值計算測試辨識率。
- v. 輸出鍵結值和兩個辨識率，顯示二維座標圖片。

7. Other

使用 tkinter 函式庫製作 GUI，綁定 start() 至輸入按鈕。

B. 程式執行說明

輸入「學習率」、「收斂辨識率」、「疊代上限」，選擇「輸入檔案」後按下「輸入」按鈕：

1. 小視窗下方分別顯示「檔案名稱」、「訓練辨識率」、「測試辨識率」、「鍵結值」、均方根誤差「RMSE」。
2. 彈出的圖片視窗上方顯示訓練結果、下方顯示測試結果，分群資料以不同顏色表示。
3. 命令提示字元顯示鍵結值的訓練過程。

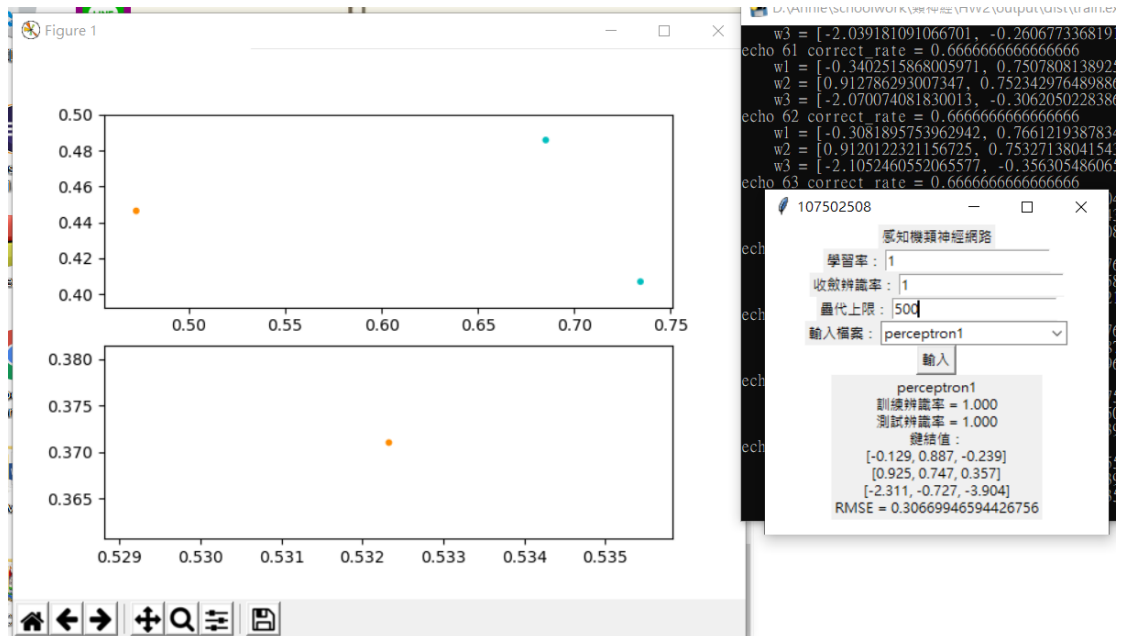
C. 實驗結果

1. Perceptron1

線性可分割的四個點，隨機取一點做測試。

學習率 1，訓練疊代 100 次以內可辨識成功。

隨機測試點隨機測試成功。

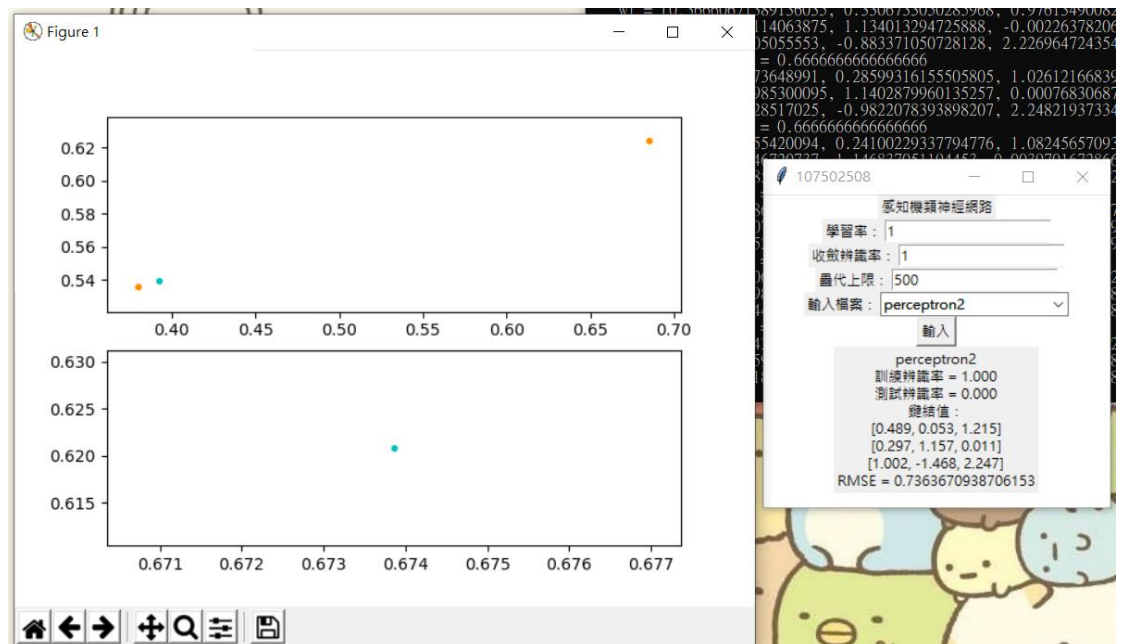


2. Perceptron2

線性不可分割的四個點，隨機取一點做測試。

學習率 1，訓練疊代 100 次以內可辨識成功。

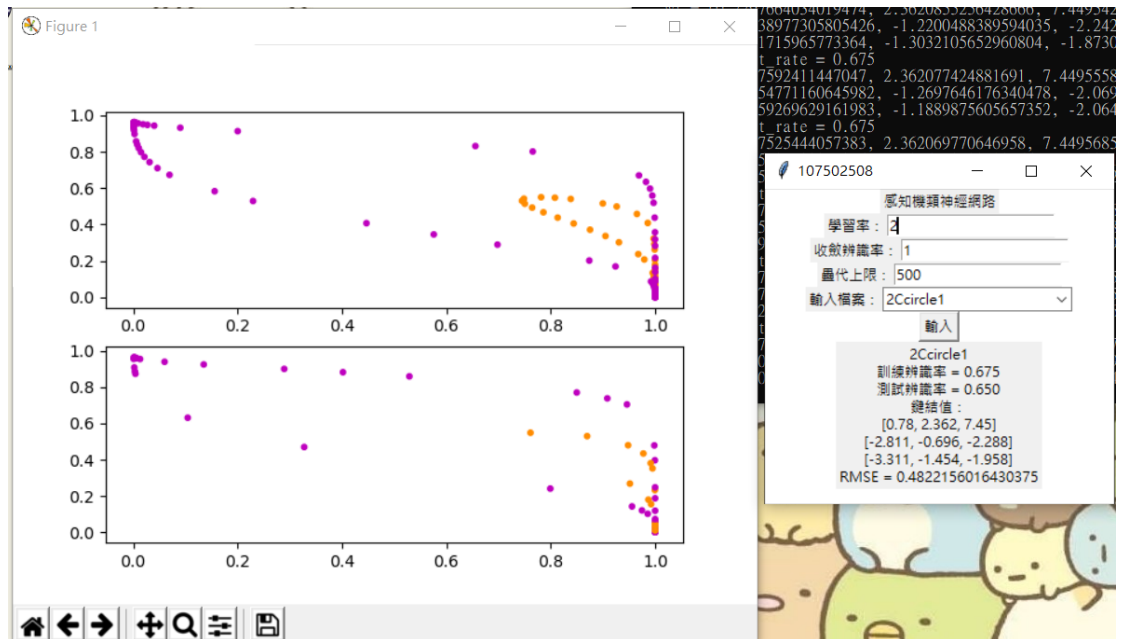
理論上四個點全用於訓練應該可以辨識成功，但只取三點訓練，最後一點幾乎不可能測試成功。



3. 2Ccircle1

線性不可分割的同心環，推測紫點占總數六至七成。

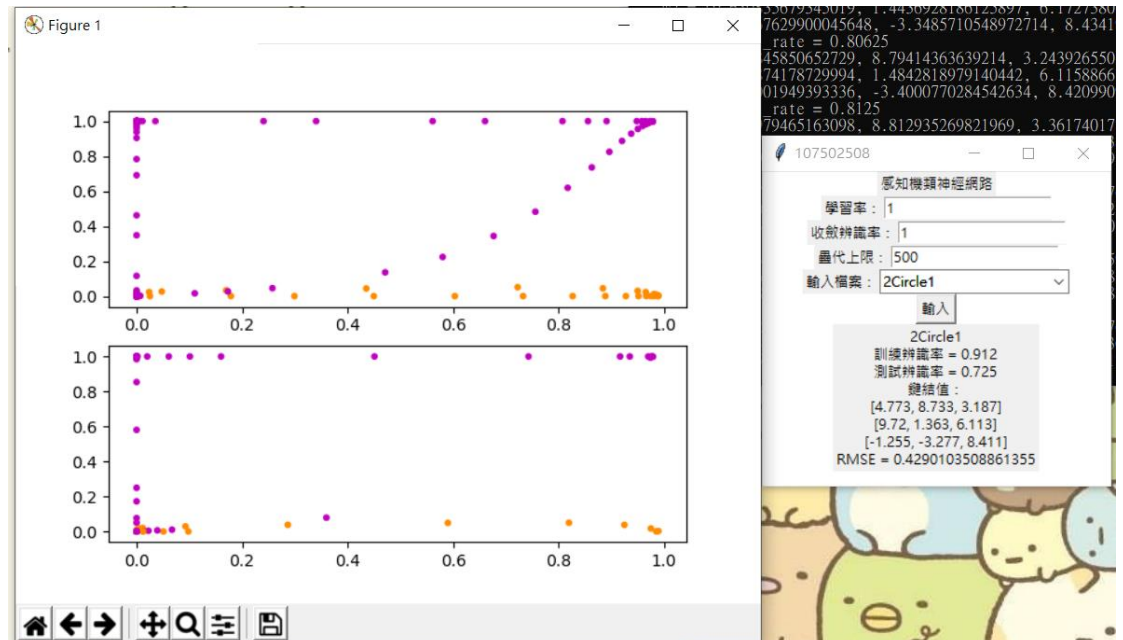
辨識率可做到 0.6 至 0.7，兩個隱藏神經元做不到完全辨識。



4. 2Circle1

線性不可分割的交疊環，推測交疊部分占總數兩成。

辨識率可做到 0.8 至 0.9，兩個隱藏神經元做不到完全辨識。

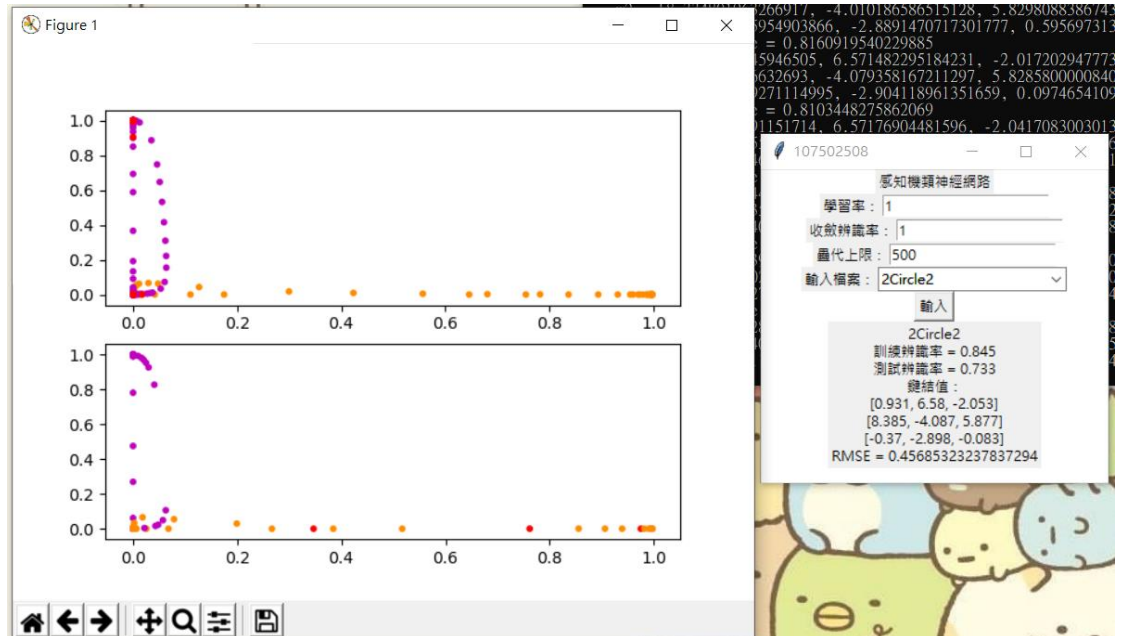


5. 2Circle2

含雜訊的線性不可分割交疊環。

紅點無法辨識，會嚴重影響訓練。

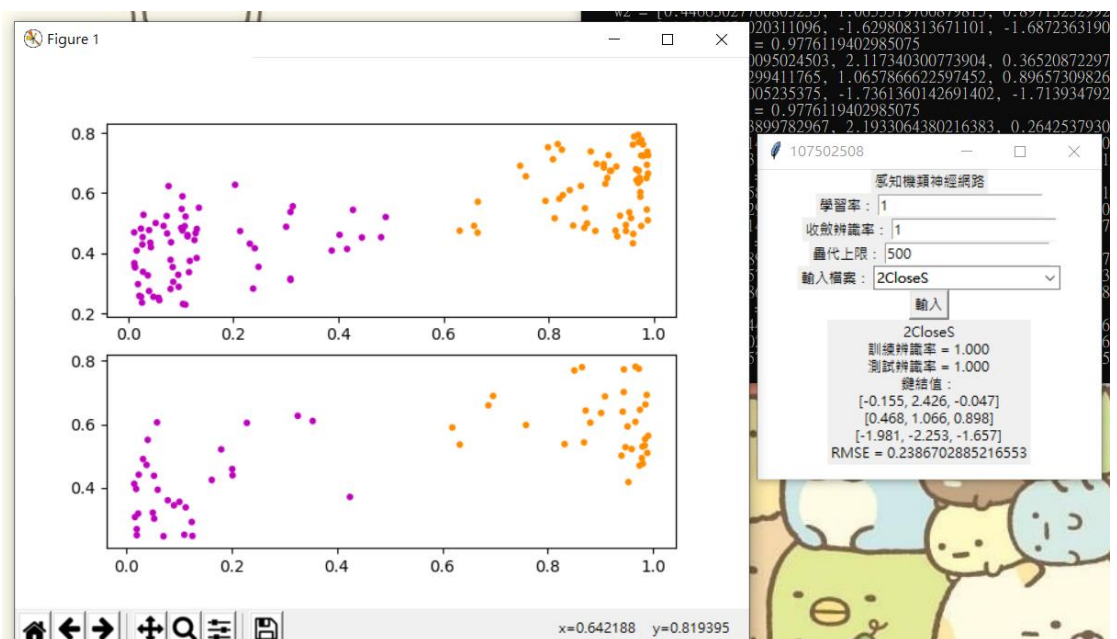
相較於單層感知機不穩定的辨識率，多層的訓練辨識度可穩定做到 0.7 以上。



6. 2CloseS

線性可分割的兩群密集點。

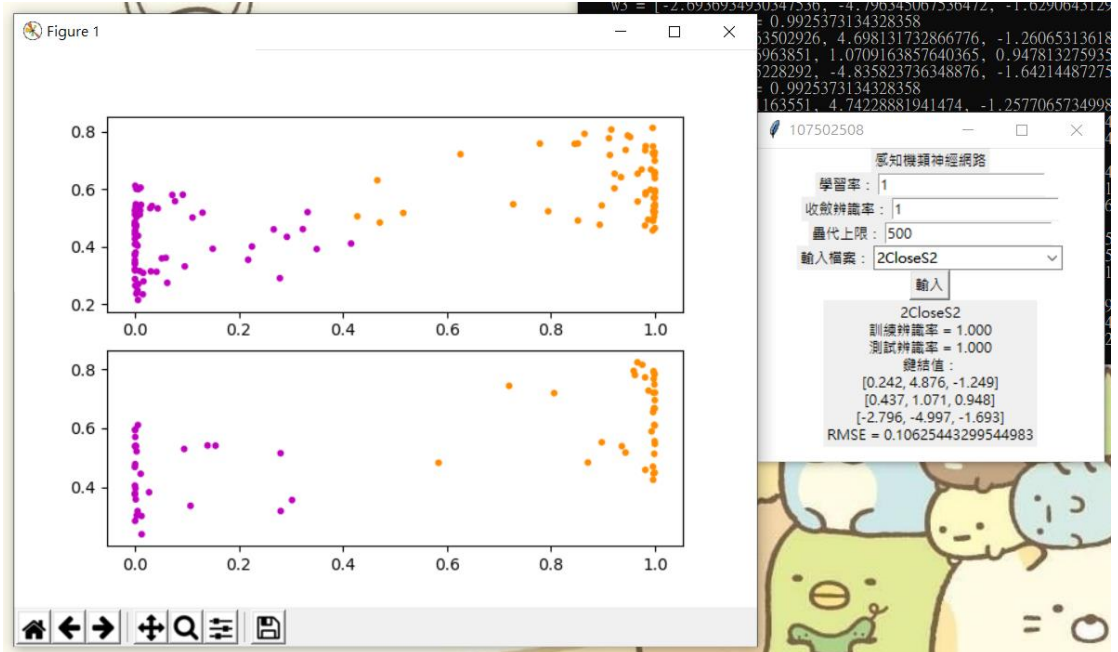
學習率 1，訓練疊代 30 次以內能完全辨識；測試辨識率可以穩定做到 0.98 以上，可以做到完全辨識。



7. 2CloseS2

線性可分割的兩群密集點。

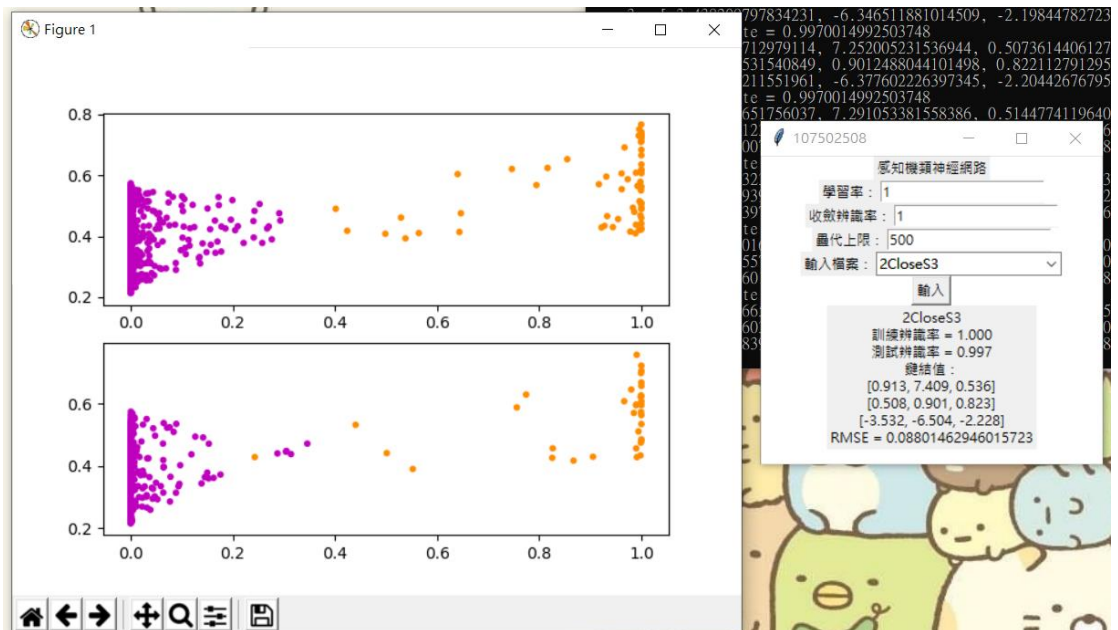
學習率降至 1，訓練疊代 120 次以內能完全辨識；測試辨識率可以穩定在 0.98 以上，可以做到完全辨識。



8. 2CloseS3

左側較密集的兩群密集點。

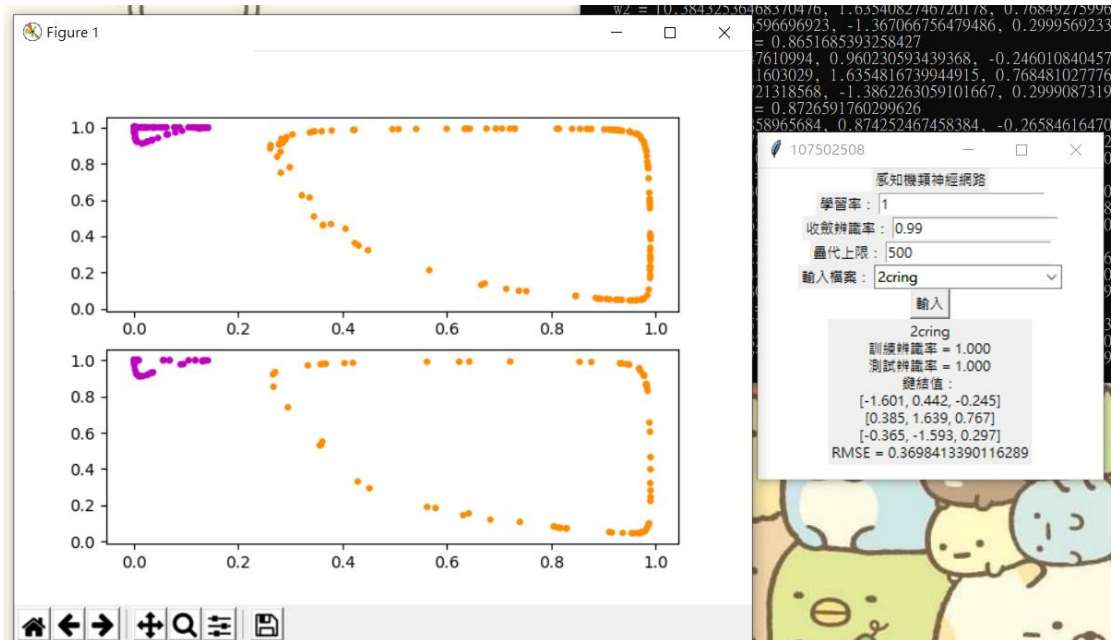
學習率 1，訓練疊代 50 次以內兩個辨識率皆可做到 0.99 以上，但受隨機取點影響不一定能完全辨識。



9. 2cring

線性可分割的兩環。

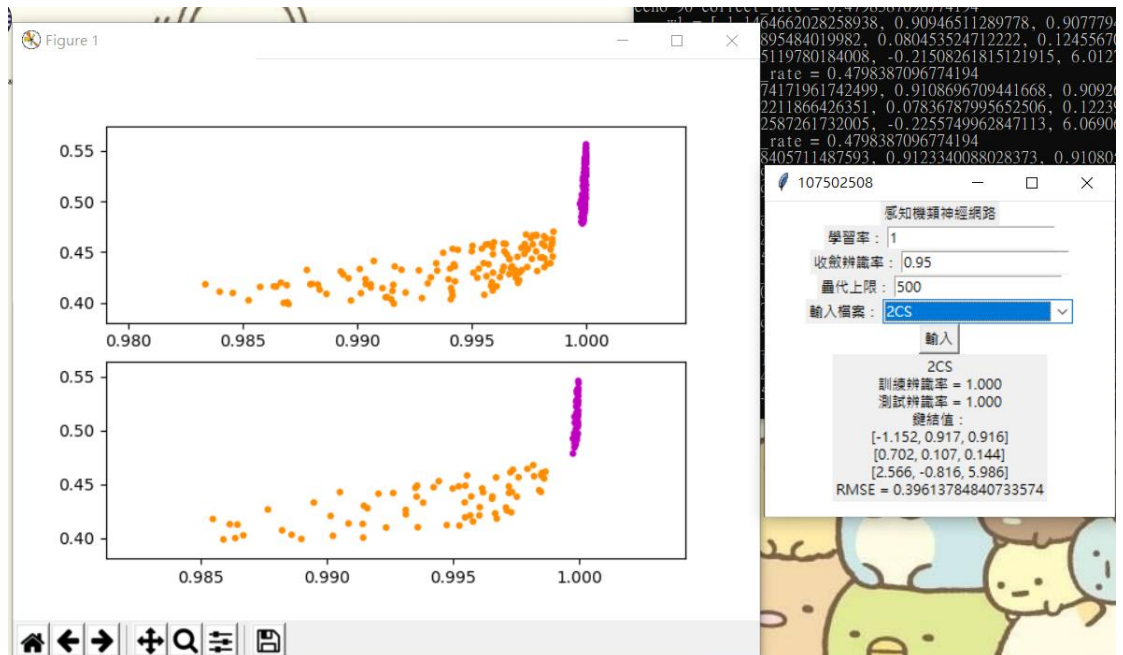
相較於單層感知機能很快地完全辨識，多層的結果反而很不穩定，目前不明原因。



10. 2CS

線性可分割的兩圓。

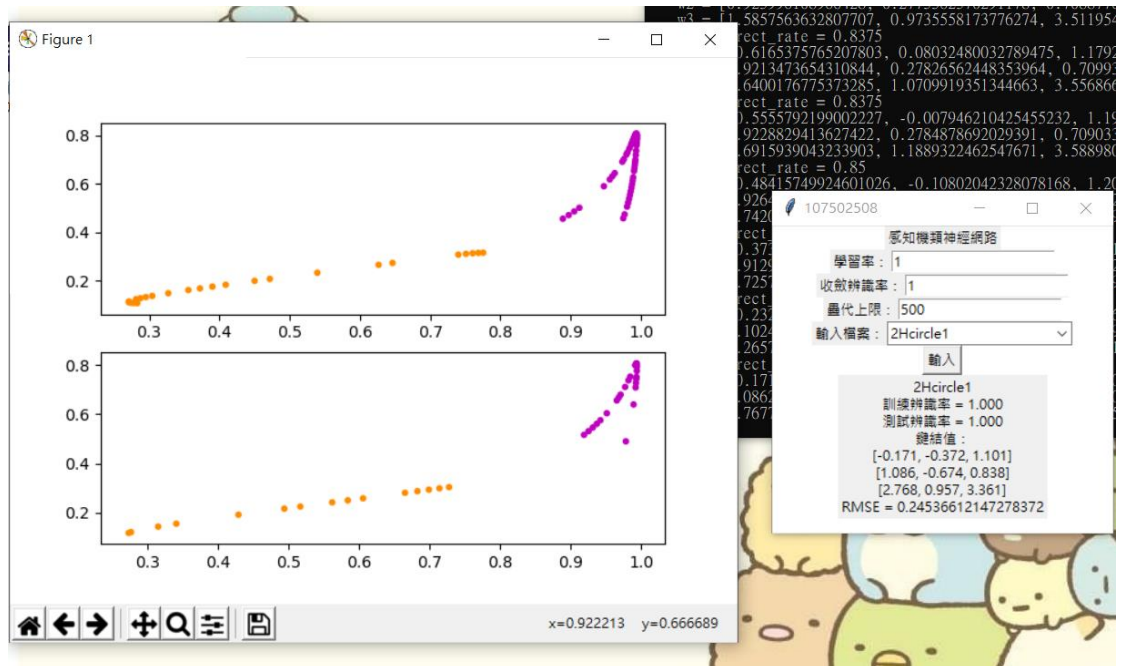
學習率 1，訓練疊代 200 次以內能做到訓練和測試完全辨識。



11. 2Hcircle1

線性可分割的兩半環。

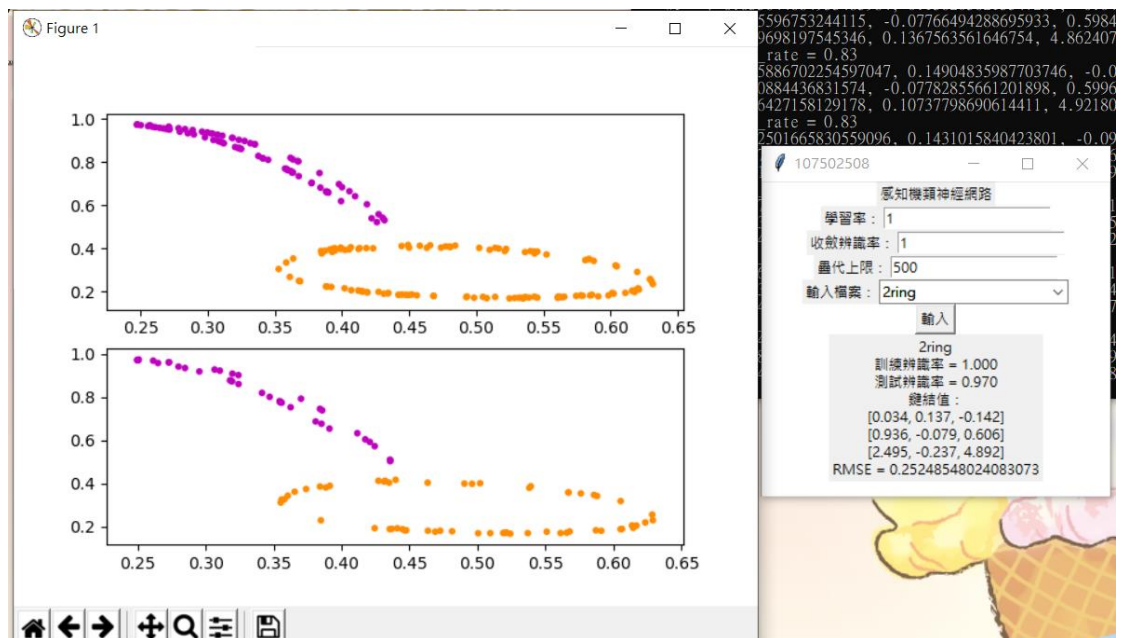
學習率 1，訓練疊代 50 次以內能做到訓練和測試完全辨識。



12. 2ring

線性可分割的兩半環。

學習率 1，訓練疊代 100 次以內能做到訓練和測試完全辨識。



D. 實驗結果分析及討論

1. 各實驗結果分析參考上方實驗結果說明。
2. 相較於單層感知機，僅只有雙層、兩隱藏神經元的多層感知機對於線性不可分割圖形並沒有明顯改善。
3. 經過隱藏層轉換後的二維圖形會因為學習率和收斂辨識率有所影響。