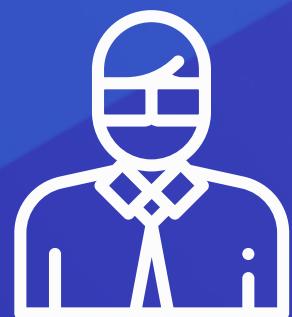




Day 72

啟動函數

啟動函數的介紹與應用



陳宇春

出題教練

知識地圖 深度學習簡介

深度學習體驗 - 啟動函數與正規化

深度神經網路

Supervised Learning Deep Neural Network (DNN)

簡介 Introduction

套件介紹 Tools: Keras

組成概念 Concept

訓練技巧 Training Skill

應用案例 Application

卷積神經網路

Convolutional Neural Network (CNN)

簡介 introduction

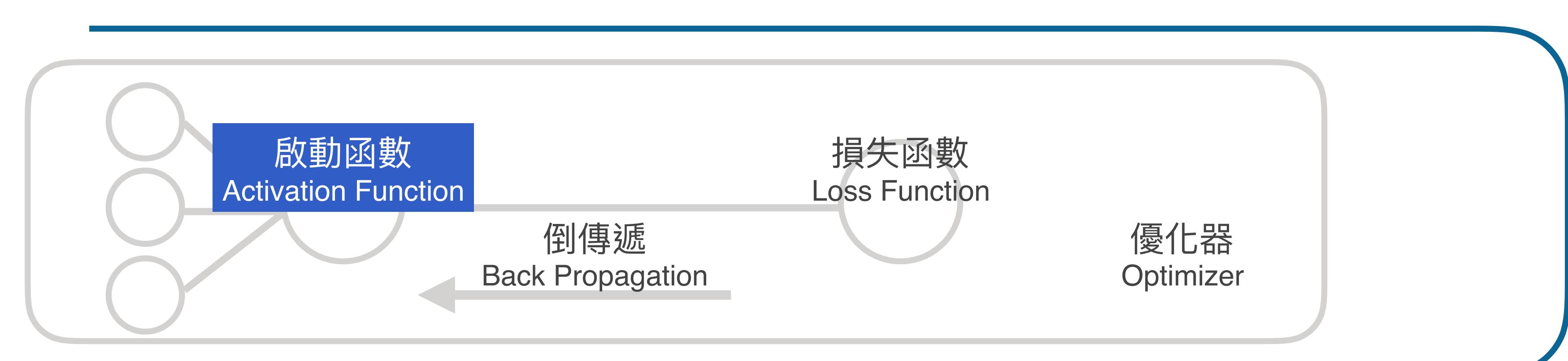
套件練習 Practice with Keras

訓練技巧 Training Skill

電腦視覺 Computer Vision

深度學習組成概念
Concept of DNN

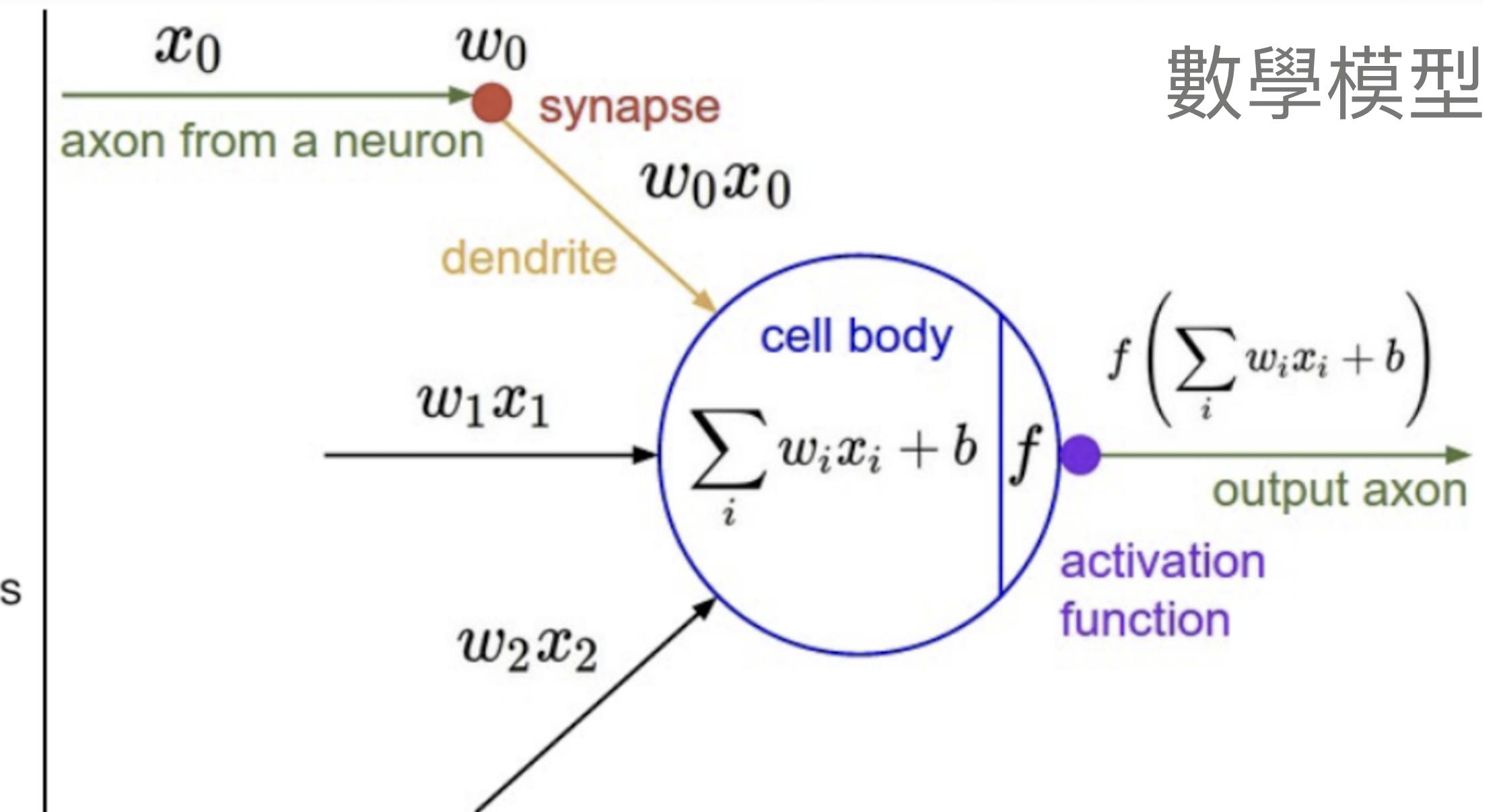
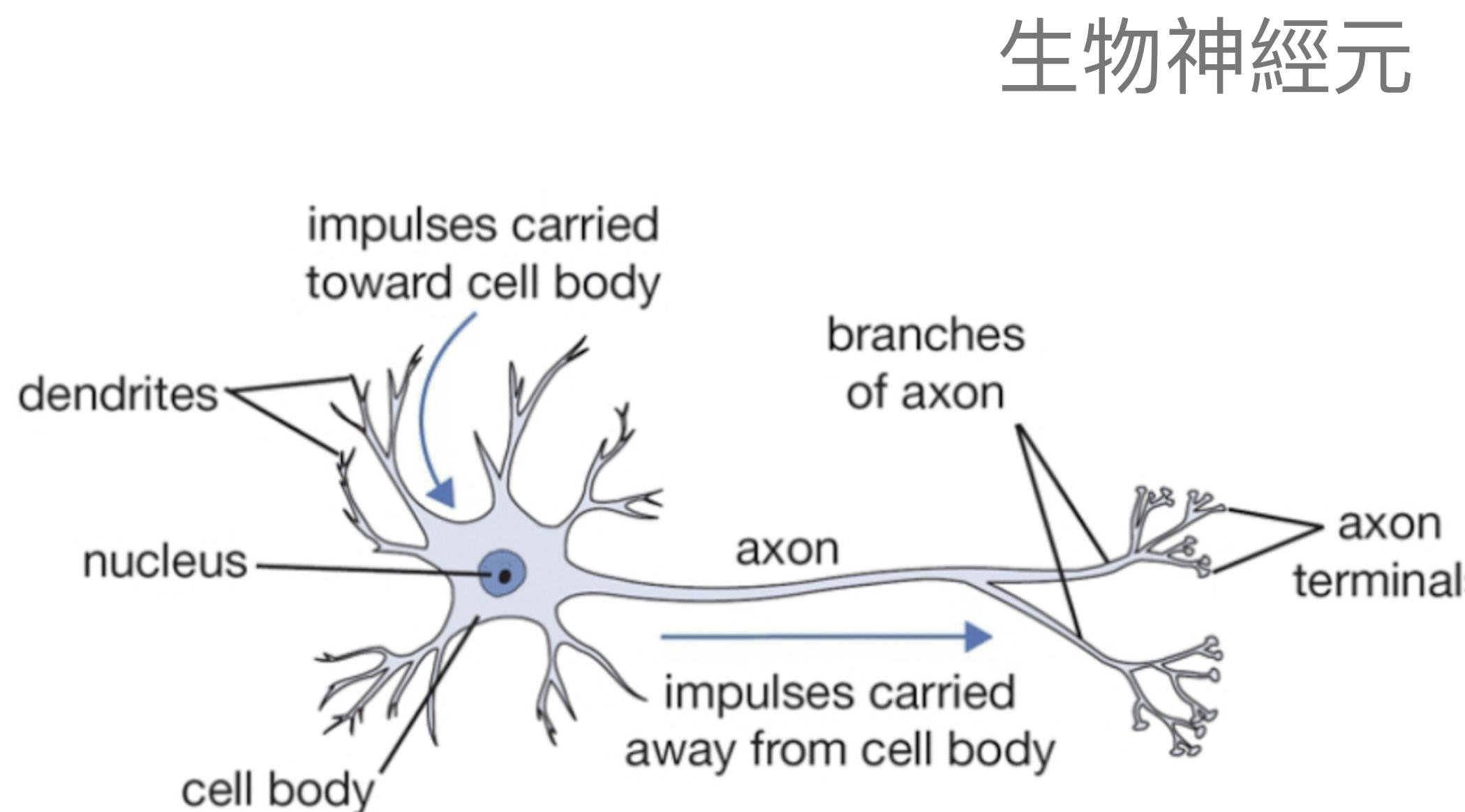
感知器概念簡介



本日知識點目標

- 了解啟動函數
- 針對不同的問題使用合適的啟動函數

何謂啟動函數(I)



圖片來源：blog.zenika

啟動函數定義了每個節點（神經元）的輸出和輸入關係的函數為神經元提供規模化非線性化能力，讓神經網路具備強大的擬合能力

何謂啟動函數(II)

- 輸出值的範圍

- 當啟動函數輸出值是有限的時候，基於梯度的優化方法會更加穩定，因為特徵的表示受有限權值的影響更顯著
- 當啟動函數的輸出是無限的時候，模型的訓練會更加高效

啟動函數的作用

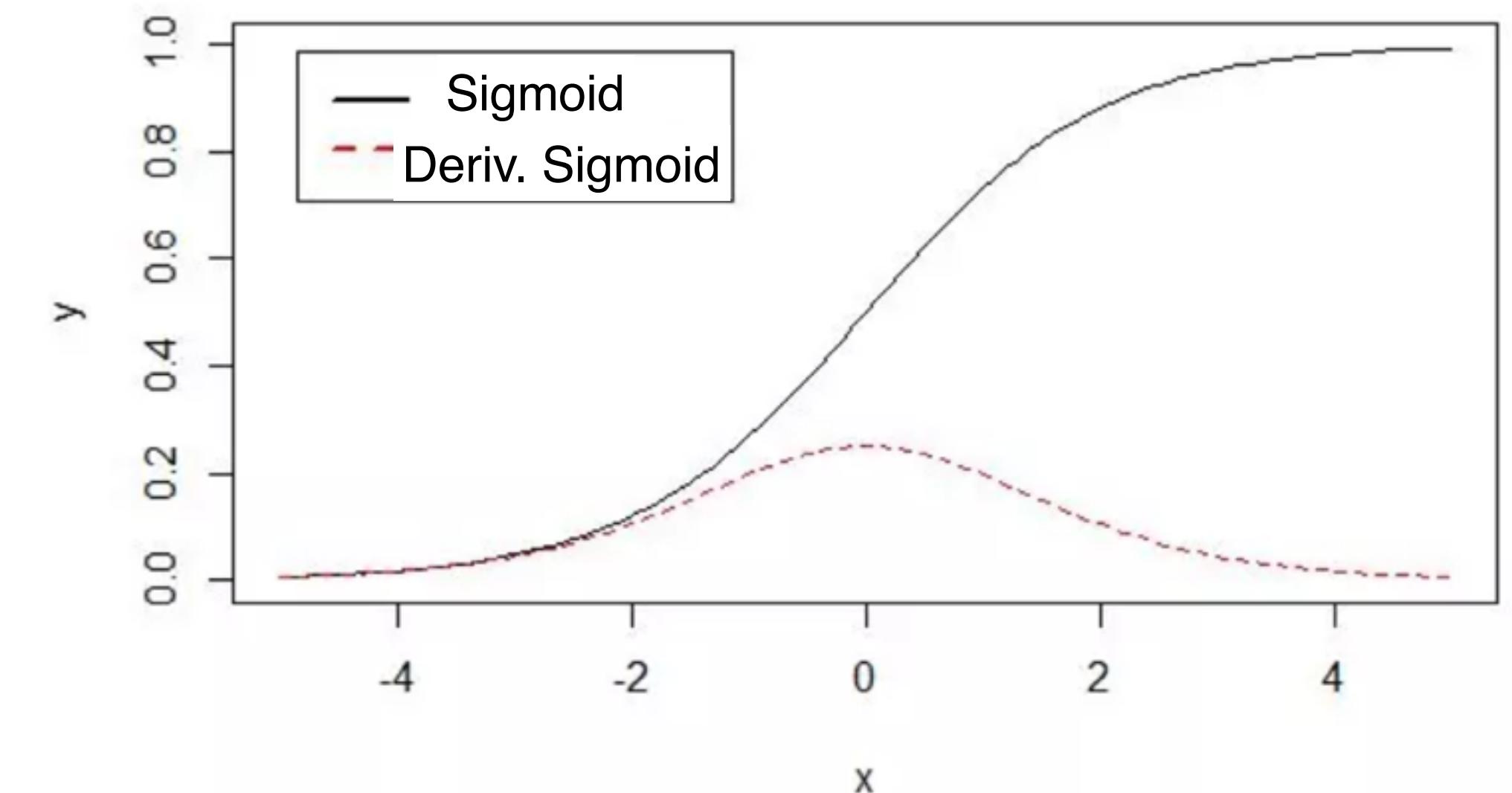
- 深度學習的基本原理是基於人工神經網路，信號從一個神經元進入，經過非線性的 activation function
 - 如此循環往復，直到輸出層。正是由於這些非線性函數的反覆疊加，才使得神經網路有足夠的 capacity 來抓取複雜的 pattern
- 啟動函數的最大作用就是非線性化
 - 如果不用啟動函數的話，無論神經網路有多少層，輸出都是輸入的線性組合
- 啟動函數的另一個重要特徵是：
 - 它應該是可以區分行網路與反向式傳播網路的網路參數更新，然後相應地使用梯度下降或任何其他優化技術優化權重以減少誤差

常用啟動函數介紹：Sigmoid

- 特點是會把輸出限定在 0~1 之間，在 $x < 0$ ，輸出就是 0，在 $x > 0$ ，輸出就是 1，這樣使得數據在傳遞過程中不容易發散
- 兩個主要缺點
 - 一是 Sigmoid 容易過飽和，丟失梯度。這樣在反向傳播時，很容易出現梯度消失的情況，導致訓練無法完整
 - 二是 Sigmoid 的輸出均值不是 0

原函數及導數圖如下：

$$f(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)}.$$

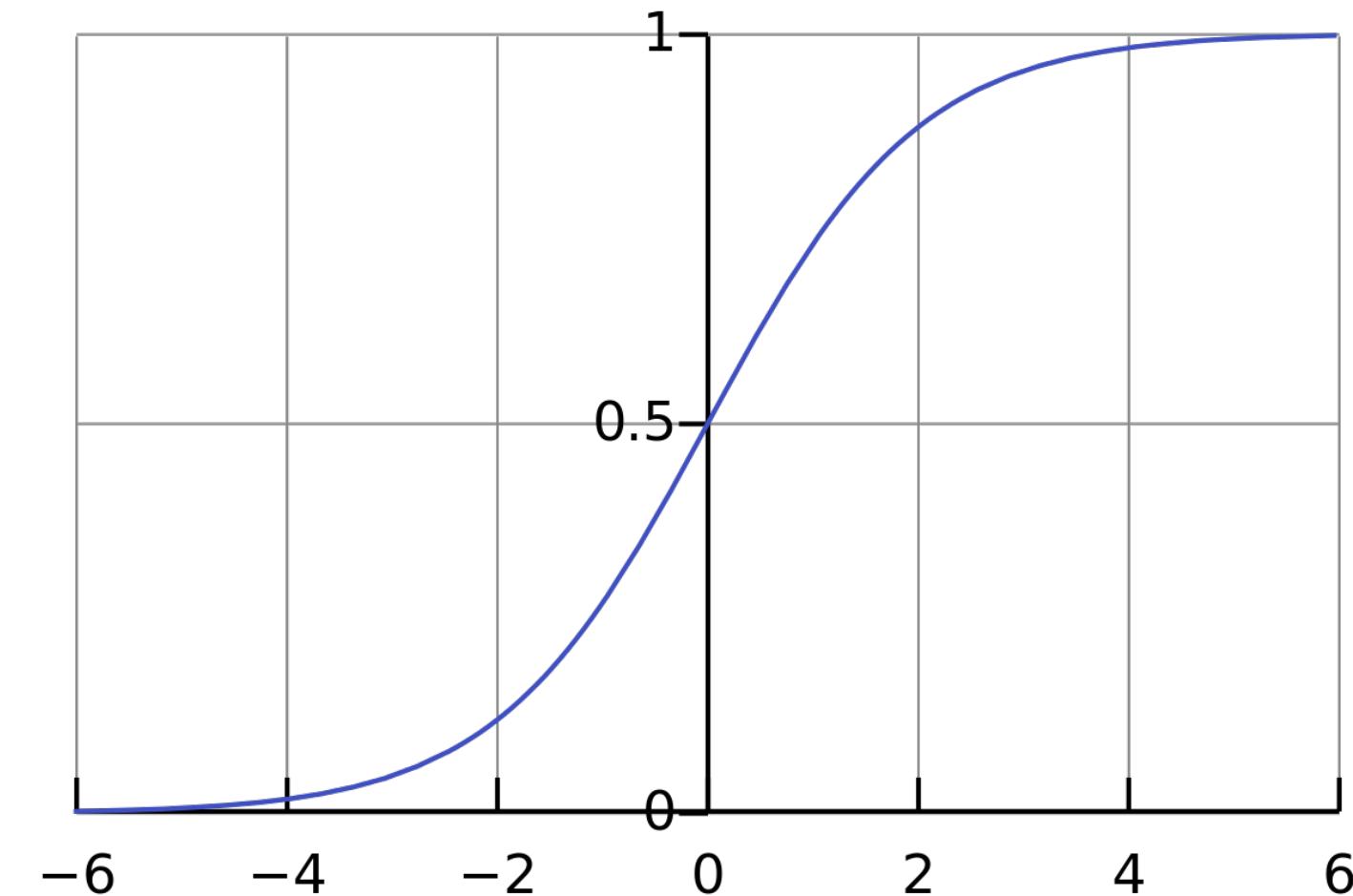


常用啟動函數介紹：Softmax

- Softmax 把一個 k 維的 real value 向量 $(a_1, a_2, a_3, a_4, \dots)$ 映射成一個 $(b_1, b_2, b_3, b_4, \dots)$ 其中 b_i 是一個 $0 \sim 1$ 的常數，輸出神經元之和為 1.0，所以可以拿來做多分類的機率預測
- 為什麼要取指數
 - 第一個原因是模擬 max 的行為，所以要讓大的更大。
 - 第二個原因是需要一個可導的函數

原函數及導數圖如下：

$$\sigma(\mathbf{z})_j = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^K e^{z_k}}$$



常用啟動函數介紹：Tanh

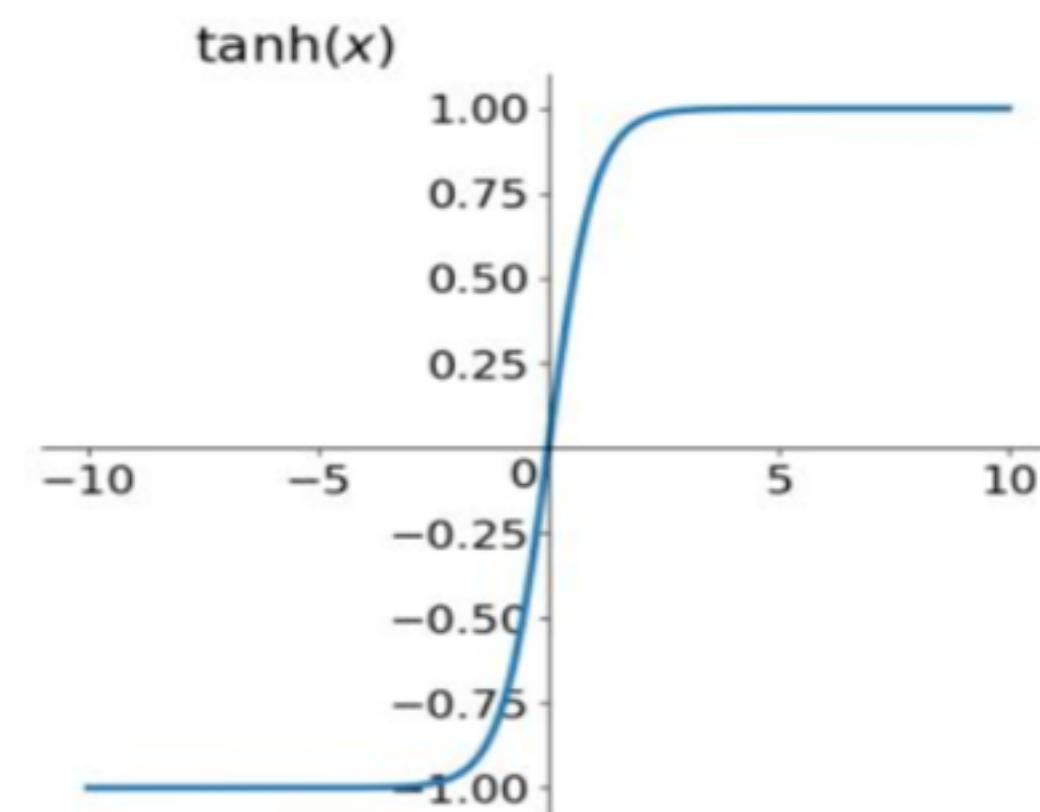
- tanh 讀作 Hyperbolic Tangent
- tanh 也稱為雙切正切函數，取值範圍為 $[-1,1]$ 。

tanh 在特徵相差明顯時的效果會很好，在循環過程中會不斷擴大特徵效果

原函數及導數圖如下：

$$\tanh(x) = 2\sigma(2x) - 1$$

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

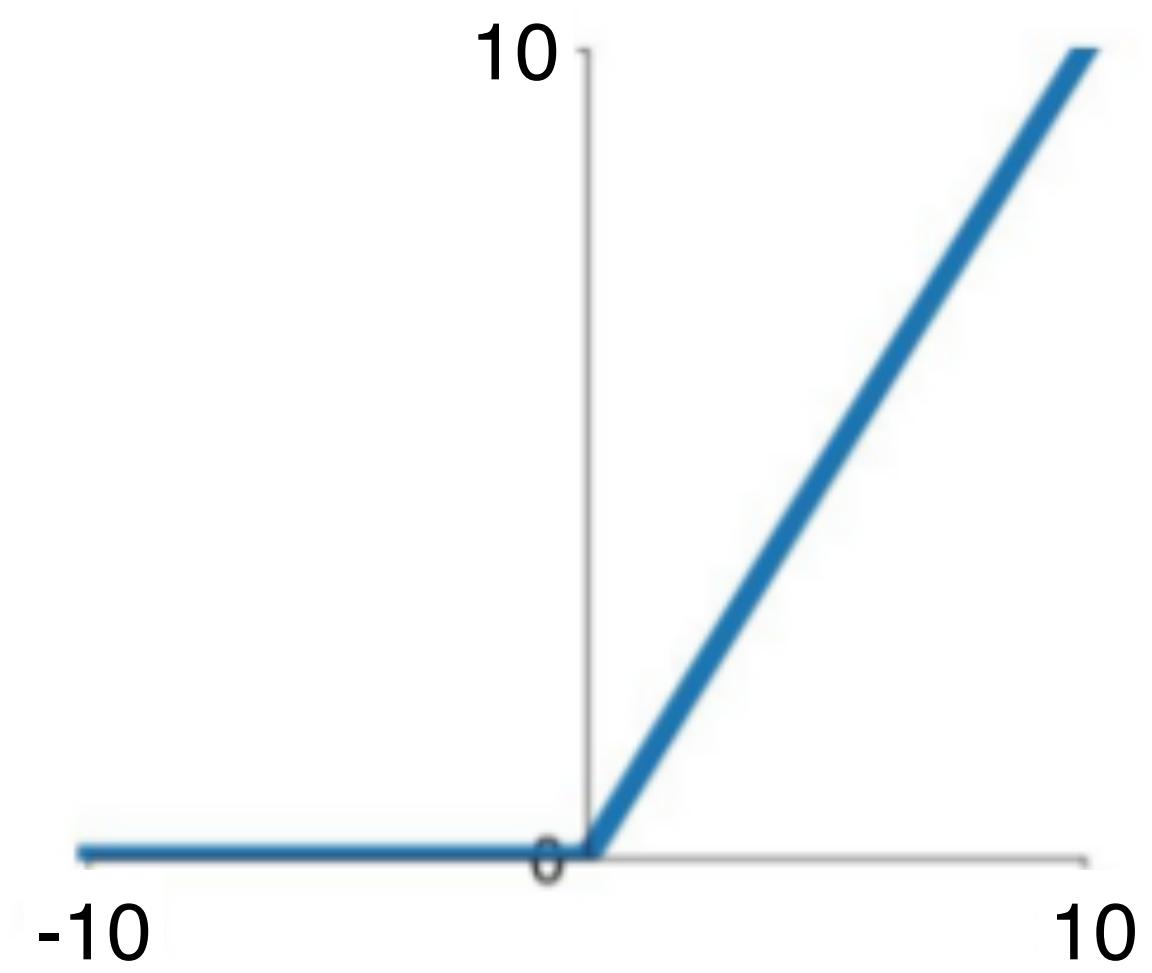


常用啟動函數介紹：ReLU

- 修正線性單元 (Rectified linear unit, ReLU)
 - 在 $x>0$ 時導數恆為 1
 - 對於 $x<0$ ，其梯度恆為 0，這時候它也會出現飽和的現象，甚至使神經元直接無效，從而其權重無法得到更新（在這種情況下通常稱為 dying ReLU）
 - Leaky ReLU 和 PReLU 的提出正是為了解決這一問題

ReLU 函數公式和曲線如下：

$$f(x) = \max(0, x)$$

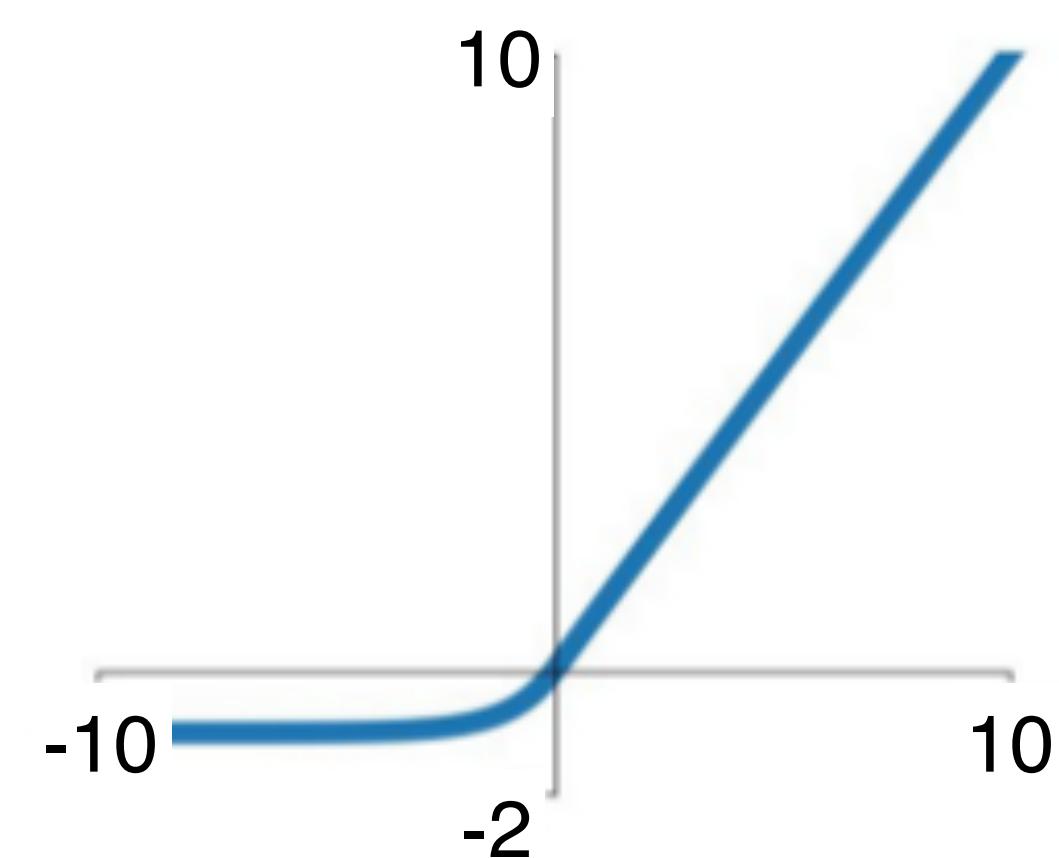


常用啟動函數介紹：ReLU (II)

- ELU 函數是針對 ReLU 函數的一個改進型，相比於 ReLU 函數，在輸入為負數的情況下，是有一定的輸出的
- 這樣可以消除 ReLU 死掉的問題
- 還是有梯度飽和和指數運算的問題

ELU 函數公式和曲線如下：

$$f(x) = \begin{cases} x & ,x>0 \\ a(e^x - 1) & ,x \leq 0 \end{cases}$$

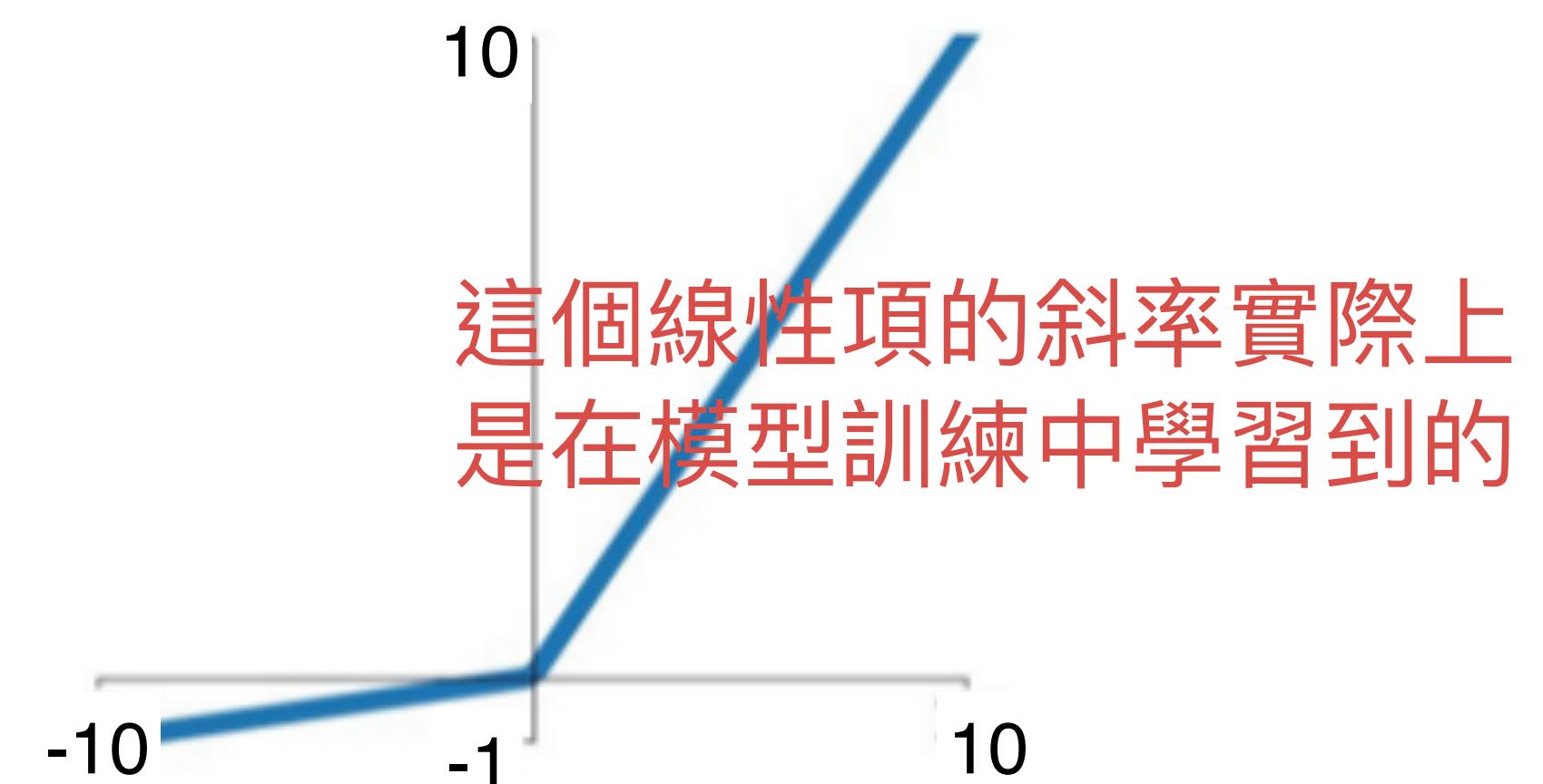


常用啟動函數介紹：ReLU (III)

- PReLU
 - 參數化修正線性單元 (Parameteric Rectified Linear Unit, PReLU) 屬於 ReLU 修正類啟動函數的一員。
- Leaky ReLU
 - 當 $a=0.1$ 時，我們叫 PReLU 為 Leaky ReLU，算是 PReLU 的一種特殊情況
- RReLU 以及 Leaky ReLU 有一些共同點，即為負值輸入添加了一個線性項。

PReLU 函數公式和曲線如下：

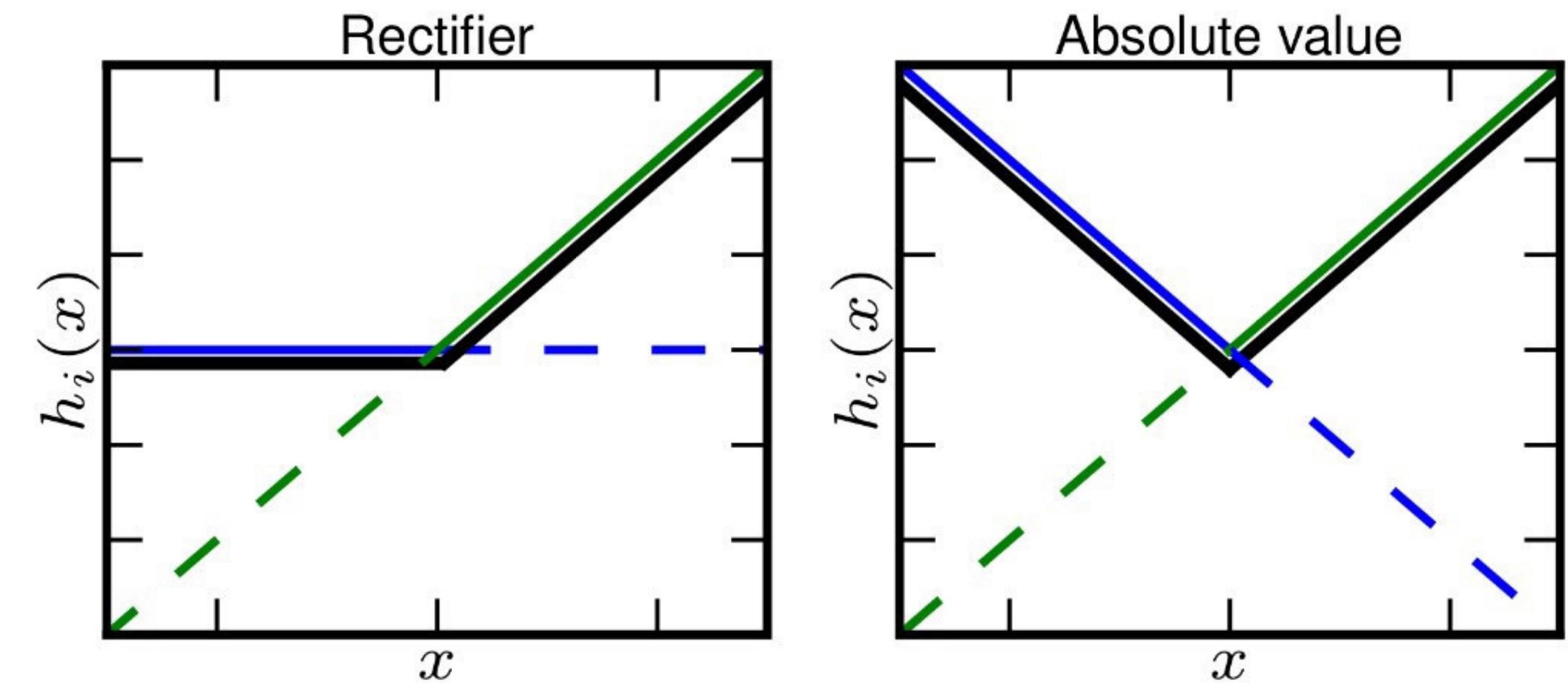
$$f(x) = \max(ax, x)$$



常用啟動函數介紹: Maxout

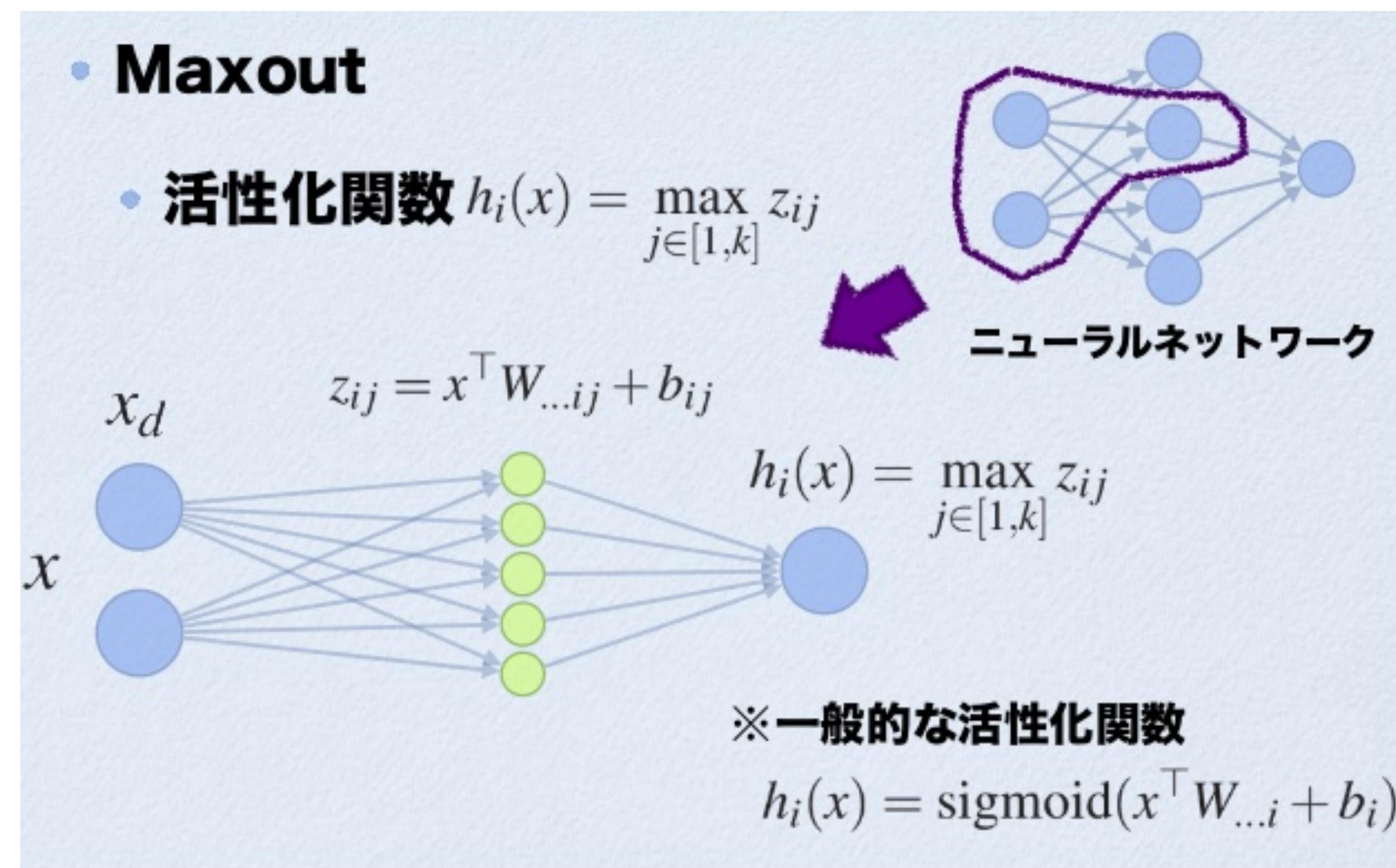
- Maxout 是深度學習網路中的一層網路，就像池化層、卷積層一樣，可以看成是網路的啟動函數層
- Maxout 神經元的啟動函數是取得所有這些「函數層」中的最大值
- Maxout 的擬合能力是非常強的，優點是計算簡單，不會過飽和，同時又沒有 ReLU 的缺點
- Maxout 的缺點是過程參數相當於多了一倍

$$f(x) = \max(wT1x + b1, wT2x + b2)$$



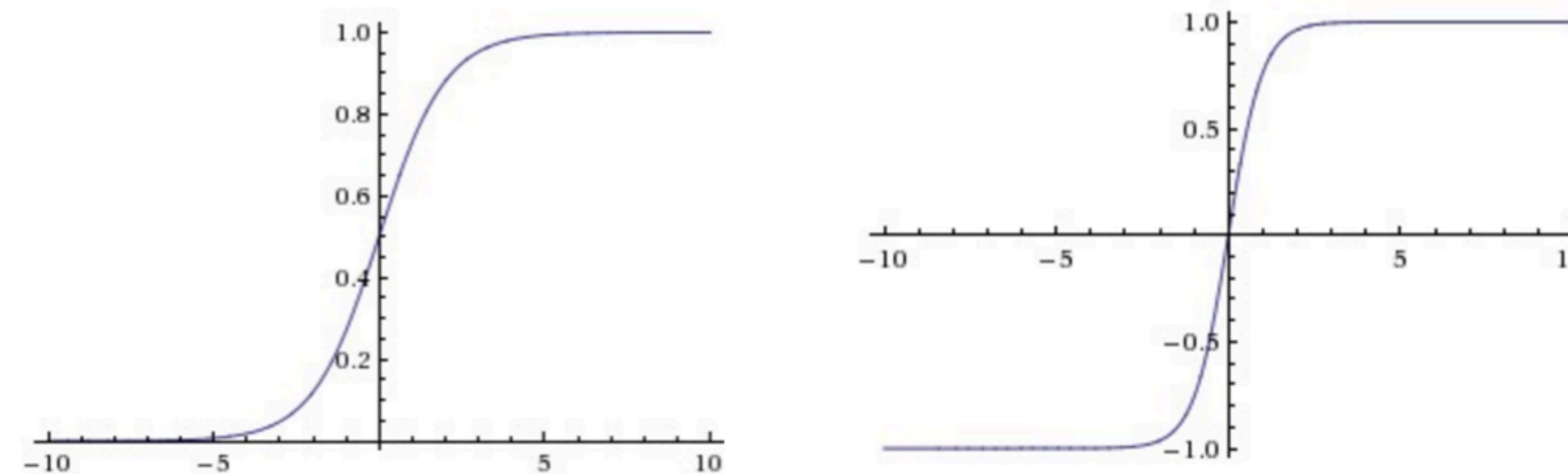
常用啟動函數介紹: Maxout (II)

$$f(x) = \max(wT1x + b1, wT2x + b2)$$



常用啟動函數介紹: Sigmoid vs Tanh

- tanh 函數將輸入值壓縮到 -1~1 的範圍，因此它是 0 均值的，解決了 Sigmoid 函數的非 zero-centered 問題，但是它也存在梯度消失和冪運算的問題。
- 其實 $\tanh(x) = 2\text{sigmoid}(2x) - 1$



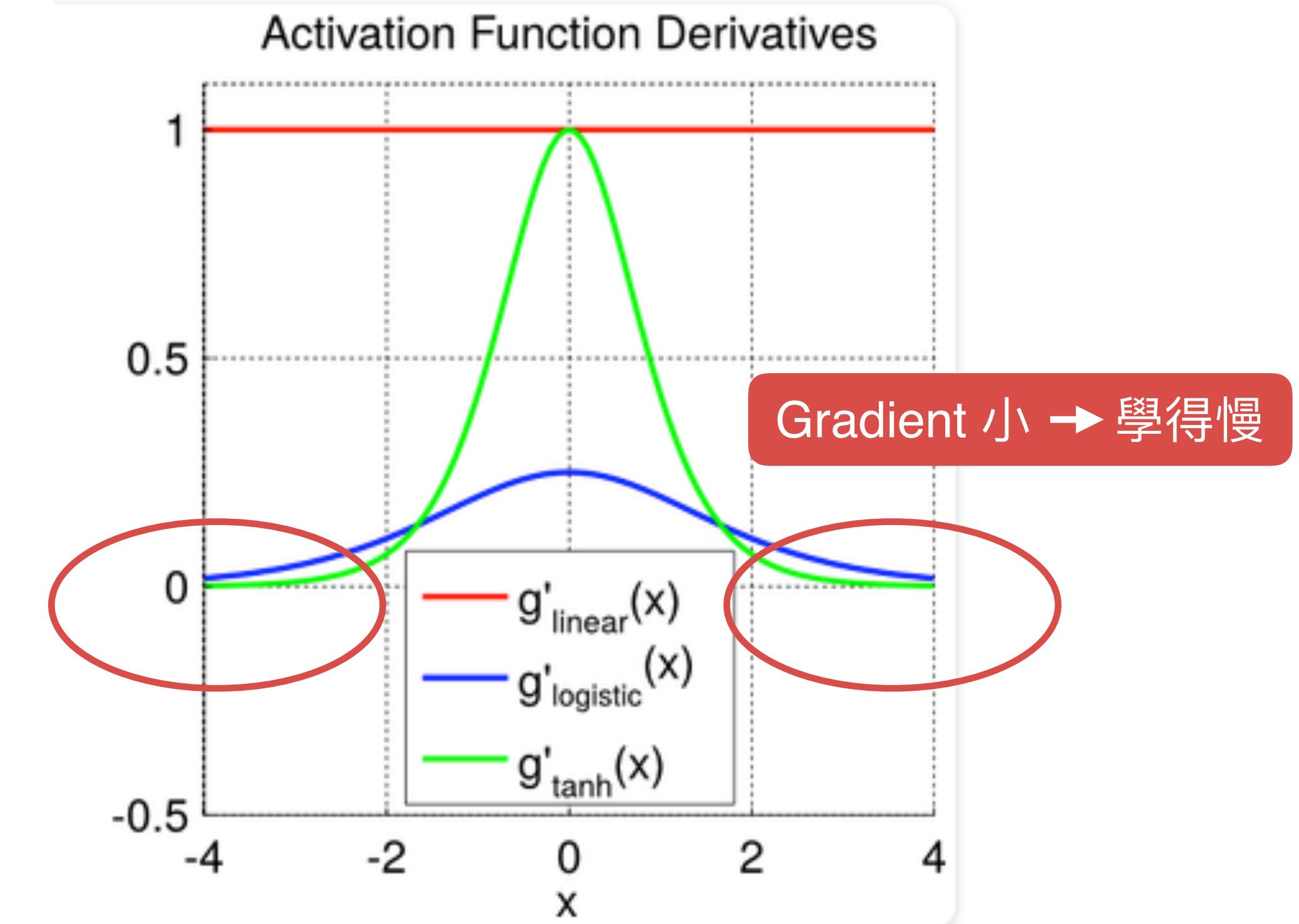
左邊是 Sigmoid 非線性函數，將實數壓縮到 $[0,1]$ 之間。右邊是 Tanh 函數，將實數壓縮到 $[-1,1]$ 。

常用啟動函數介紹：Sigmoid vs Softmax

- Sigmoid 將一個 real value 映射到 $(0,1)$ 的區間，用來做二分類
- Softmax 把一個 k 維的 real value 向量 $(a_1, a_2, a_3, a_4, \dots)$ 映射成一個 $(b_1, b_2, b_3, b_4, \dots)$ 其中 b_i 是一個 $0 \sim 1$ 的常數，輸出神經元之和為 1.0 ，所以可以拿來做多分類的機率預測
- 二分類問題時 sigmoid 和 softmax 是一樣的，求的都是 cross entropy loss

梯度消失 Vanishing gradient problem

- 原因：前面的層比後面的層梯度變化更小，故變化更慢
- 結果：Output 變化慢 \rightarrow Gradient 小 \rightarrow 學得慢
- Sigmoid , Tanh 都有這樣特性不適合用在 Layers 多的DNN 架構



圖片來源：[the clever machine](#)

如何選擇正確的啟動函數

- 根據各個函數的優缺點來配置
 - 如果使用 ReLU，要小心設置 learning rate，注意不要讓網路出現很多「dead」神經元，如果不好解決，可以試試 Leaky ReLU、PReLU 或者 Maxout
- 根據問題的性質
 - 用於分類器時，Sigmoid 函數及其組合通常效果更好
 - 由於梯度消失問題，有時要避免使用 sigmoid 和 tanh 函數。ReLU 函數是一個通用的啟動函數，目前在大多數情況下使用
 - 如果神經網路中出現死神經元，那麼 PReLU 函數就是最好的選擇
 - ReLU 函數建議只能在隱藏層中使用

如何選擇正確的啟動函數 (II)

- 考慮 DNN 損失函數和啟動函數
 - 如果使用 sigmoid 啟動函數，則交叉熵損失函數一般肯定比均方差損失函數好；
 - 如果是 DNN 用於分類，則一般在輸出層使用 softmax 啟動函數
 - ReLU 啟動函數對梯度消失問題有一定程度的解決，尤其是在 CNN 模型中。

前述流程 / python 程式 對照

```
import numpy as np
from numpy import *
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

def ReLU(x):
    return abs(x) * (x > 0)

def dReLU(x):
    return (1 * (x > 0))

# linspace generate an array from start and stop value
# with requested number of elements.
x = plt.linspace(-10,10,100)

# prepare the plot, associate the color r(ed) or b(lue) and the label
plt.plot(x, ReLU(x), 'r')
plt.plot(x, dReLU(x), 'b')
```

前述流程 / python程式 對照

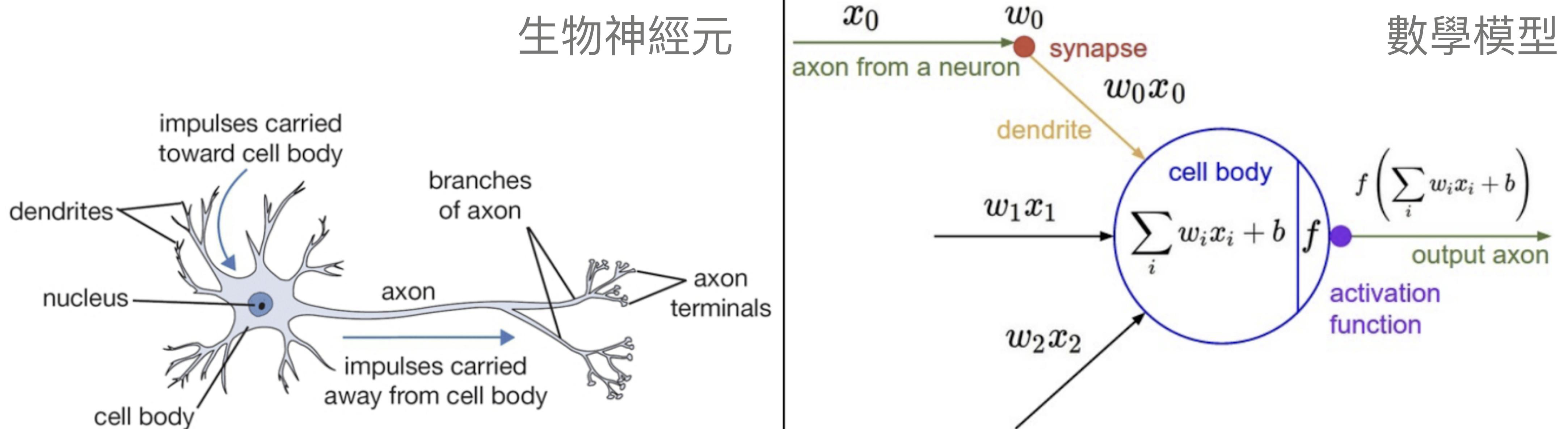
啟動函數可以通過設置單獨的啟動層實現，可以也。在構造層對象時通過傳遞 activation 參數實現：

```
from keras.layers import Activation,Dense  
model.add(Dense(64,activation='tanh'))
```

考慮不同Backend support，通過傳遞一個元素運算的Theano / TensorFlow / CNTK函數來作為啟動函數：

```
from keras import backend as k  
model.add(Dense(64,activation=k.tanh))  
model.add( Activation(k.tanh))
```

重要知識點複習：何謂啟動函數



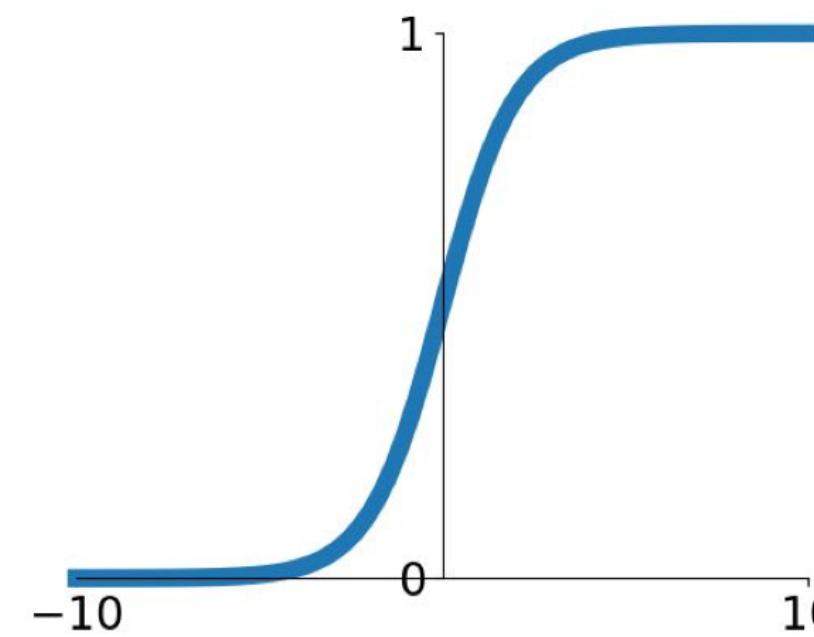
圖片來源：blog.zenika

啟動函數定義了每個節點（神經元）的輸出和輸入關係的函數為神經元提供規模化非線性化能力，讓神經網路具備強大的擬合能力

重要知識點複習：圖示說明

Sigmoid

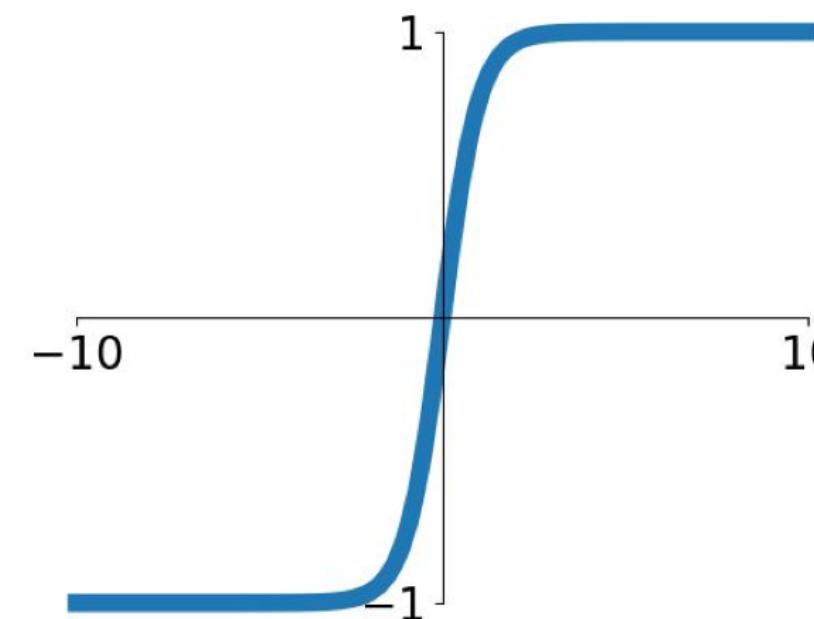
$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



如果是 DNN 用於分類，則一般在輸出層使用 softmax 啟動函數

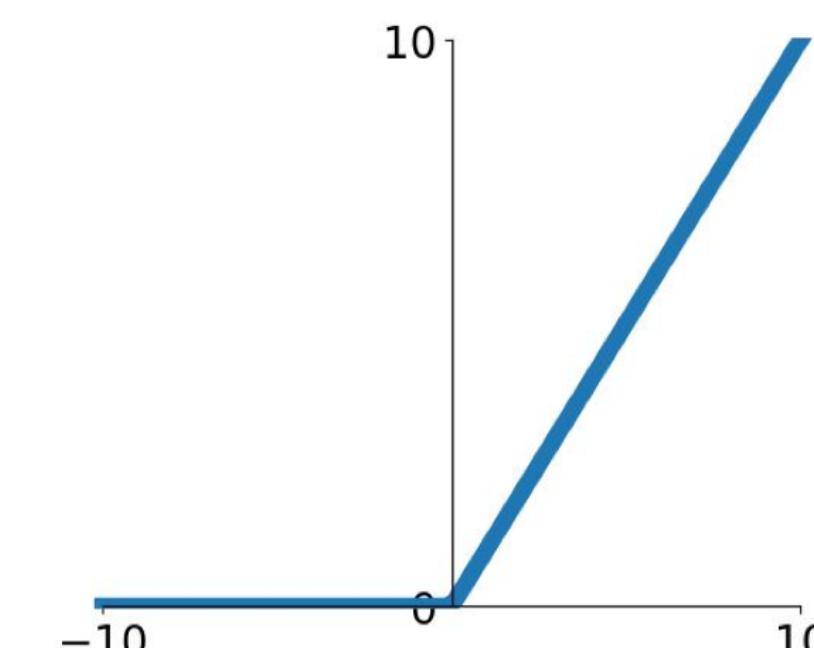
tanh

$$\tanh(x)$$



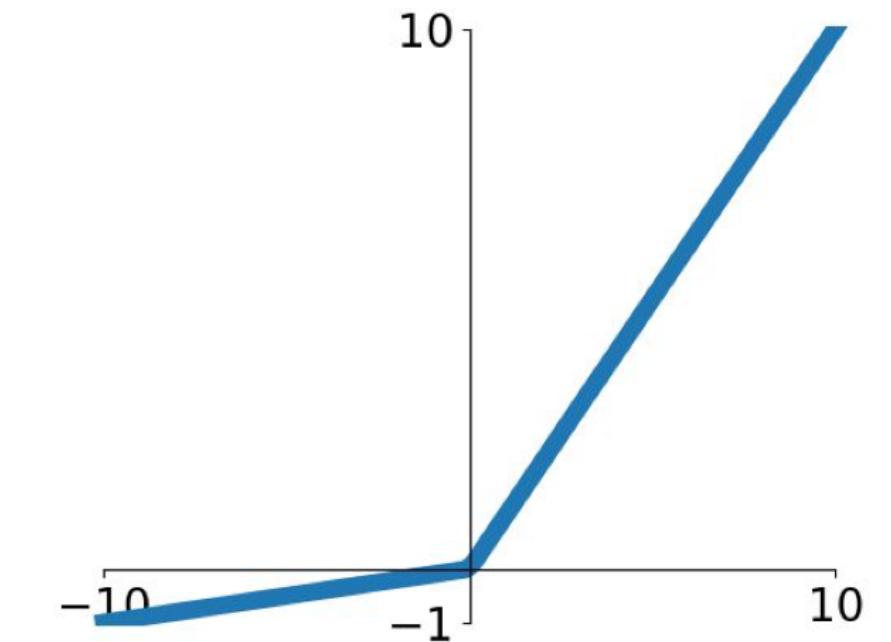
ReLU

$$\max(0, x)$$



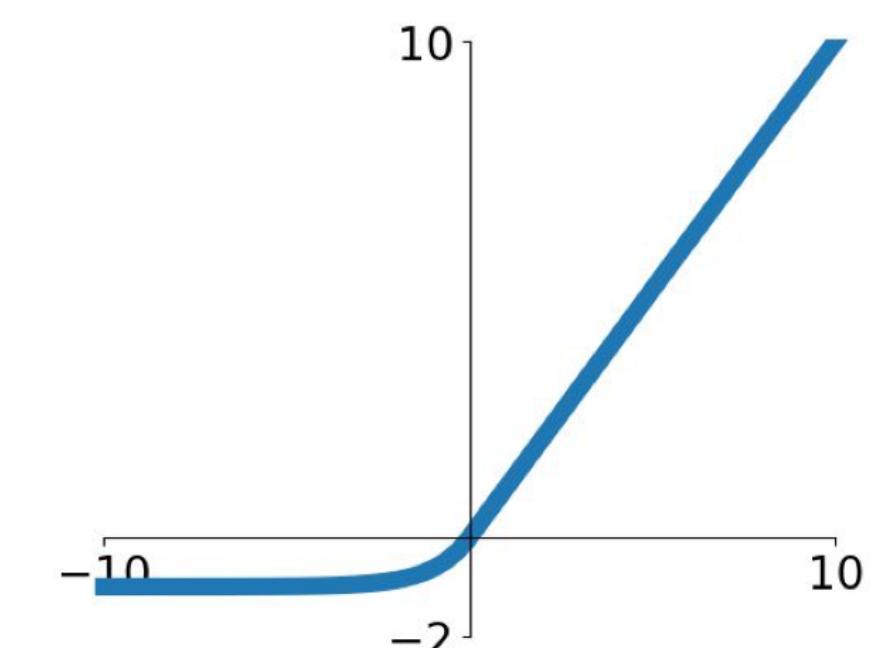
Leaky ReLU

$$\max(0.1x, x)$$



Maxout

$$\max(w_1^T x + b_1, w_2^T x + b_2)$$

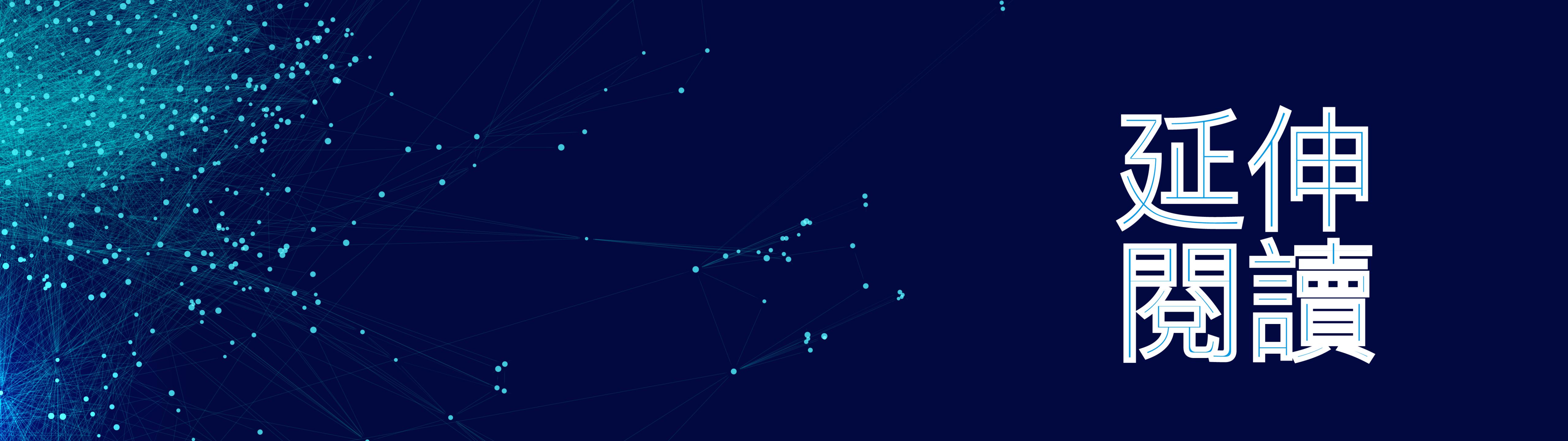


ELU

$$\begin{cases} x & x \geq 0 \\ \alpha(e^x - 1) & x < 0 \end{cases}$$

重要知識點複習：如何選擇正確的啟動函數

- 根據各個函數的優缺點來配置
 - 如果使用 ReLU，要小心設置 learning rate，注意不要讓網路出現很多「dead」神經元，如果不好解決，可以試試 Leaky ReLU、PReLU 或者 Maxout
- 根據問題的性質
 - 用於分類器時，Sigmoid 函數及其組合通常效果更好
 - 由於梯度消失問題，有時要避免使用 sigmoid 和 tanh 函數。ReLU 函數是一個通用的啟動函數，目前在大多數情況下使用
 - 如果神經網路中出現死神經元，那麼 PReLU 函數就是最好的選擇
 - ReLU 函數建議只能在隱藏層中使用



延伸 閱讀

除了每日知識點的基礎之外，推薦的延伸閱讀能補足學員們對該知識點的了解程度，建議您解完每日題目後，若有
多餘時間，可再補充延伸閱讀文章內容。

推薦延伸閱讀

在經典的人工神經網路解釋中，隱藏層中的所有神經元最初都是被啟動的，為了完成某一特定任務，有必要關閉其中的一些神經元，即有必要「遺忘」所有不必要信息。在人工神經網路中，啟動是指神經元在評估中參與正向傳播，在訓練中參與反向傳播。

- 神經網路常用啟動函數總結 (簡體)
- Reference 激活函數的圖示及其一階導數 (英文)
- CS231N Lecture (英文)



解題時間

It's Your Turn

請跳出PDF至官網Sample Code & 作業
開始解題

