

心與腦的模擬

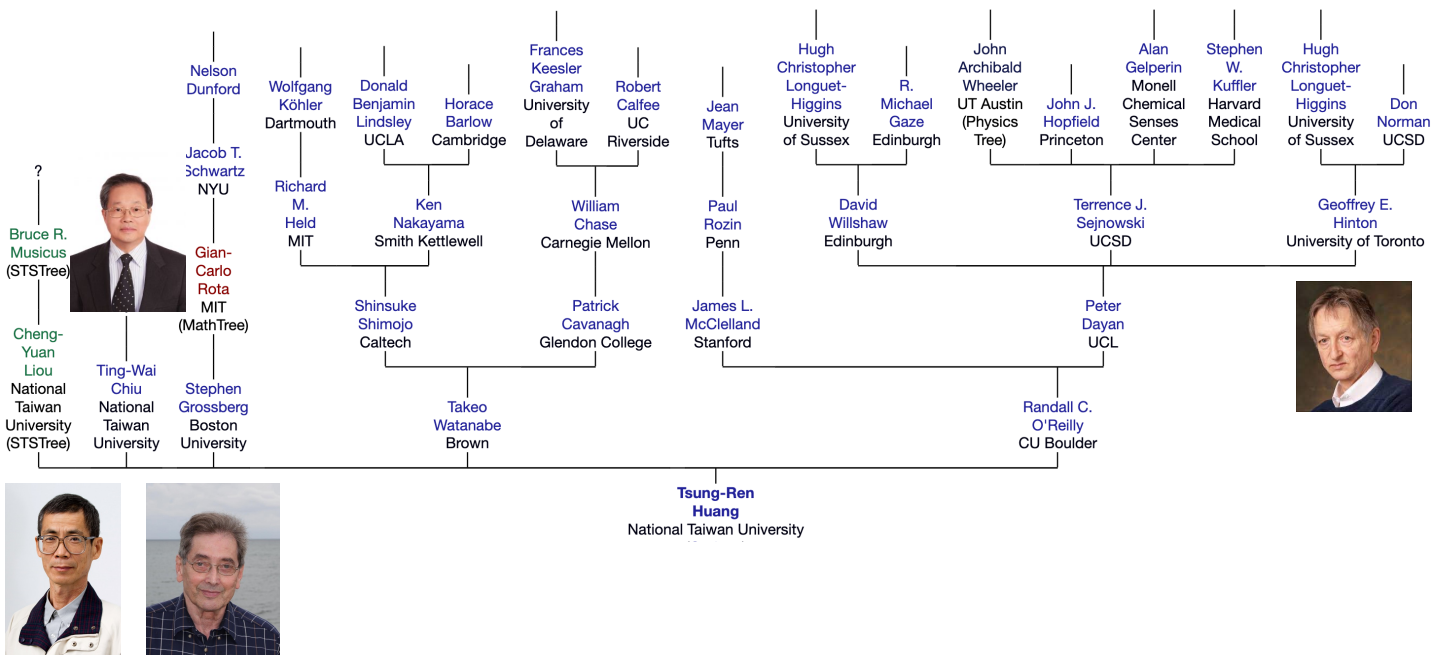
類神經網路、人工智慧、機器人

黃從仁 副教授

心理系/腦心所/應數所/人工智慧與機器人研究中心
國立臺灣大學



學術譜系



課程大綱

認知計算系統的分析

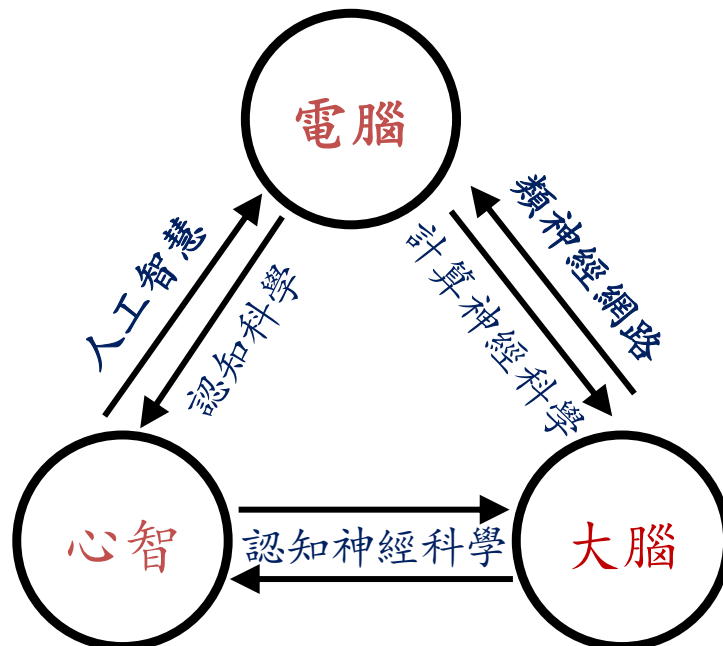
生物神經網路vs. 類神經網路

人類智慧vs. 人工智慧

人vs. 機器人

台大 SEED

相關但目標迥異的領域



台大 SEED

心與腦的模擬(一)

認知計算系統的分析

黃從仁 副教授

心理系/腦心所/應數所/人工智慧與機器人研究中心
國立臺灣大學

台大 SEED

我們怎麼了解
一認知計算系統?

台大 SEED

David Marr的三個分析層次

計算問題層次
計算上的問題是什麼？

演算法層次
能夠用什麼演算法來解決

硬體實作層次
要透過什麼硬體來實現算法？

台大 SEED

計算問題

怎樣把任意整數分解成兩整數相乘？

如： $5566=46 \times 121$

台大 SEED

演算法：整數分解 (1/2)

試除法：

每個數都拿來除除看會不會整除 N

```
function trialDivision(N)
  for s from 2 to floor(sqrt(N))
    if s divides N then
      return s, N/s
    end if
  end for
end function
```

台大 SEED

演算法：整數分解 (2/2)

費馬分解法：

$N = (a+b)(a-b) = a^2 - b^2 \Rightarrow$ 給定 N, 嘗試 a, 得到 b

```
FermatFactor(N):
  a ← ceil(sqrt(N))
  b2 ← a*a - N
  while b2 is not a square:
    a ← a + 1
    b2 ← a*a - N
  endwhile
  return a - sqrt(b2)
```

台大 SEED

硬體實作 (1/4)

軟體上，剛剛的演算法可以用任何程式語言實現

那換個硬體呢？

台大 SEED

硬體實作 (2/4)

怎樣在算盤上實現剛剛的演算法？

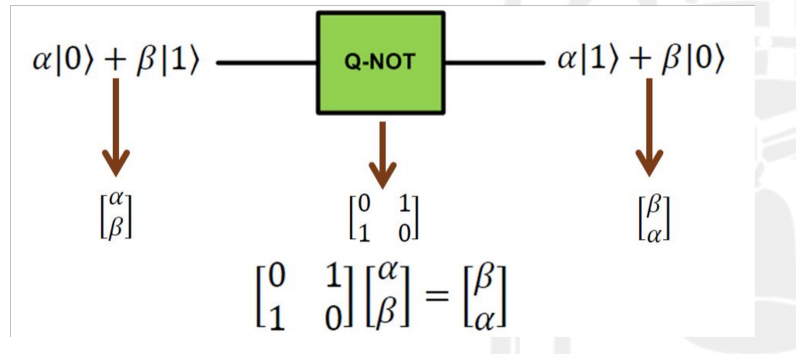
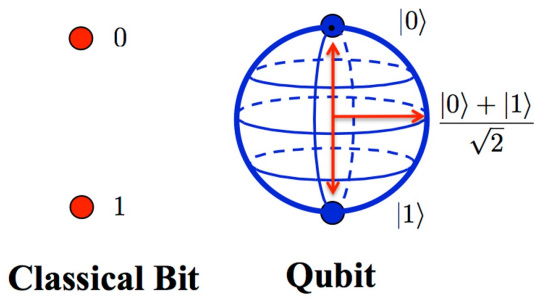


硬體特性會牽制演算法

台大 SEED

硬體實作 (3/4)

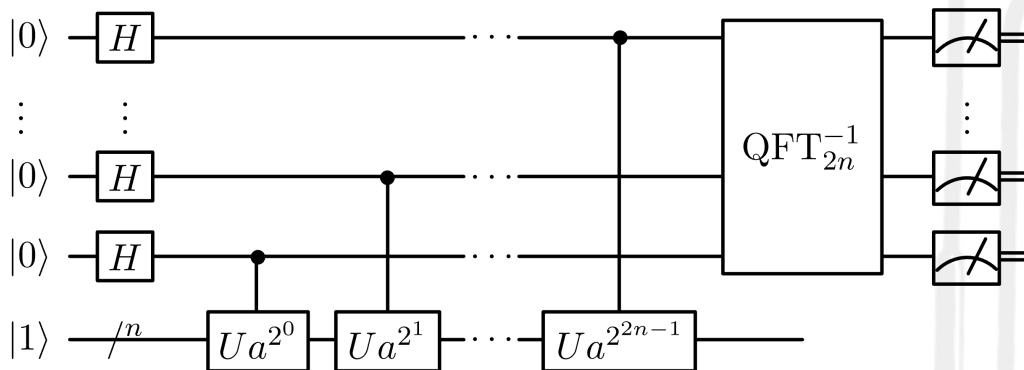
怎樣在量子電腦上實現剛剛的演算法?



硬體實作 (4/4)

怎樣在量子電腦上實現剛剛的演算法?

Shor's Algorithm:

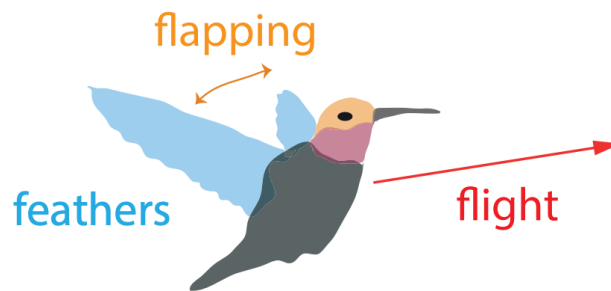


第一講總結

Computation **1** why (problem)

Algorithm **2** what (rules)

Implementation **3** how (physical)



台大 SEED

Krakauer et al., 2017

心與腦的模擬 (二) 生物神經網路 vs. 類神經網路

黃從仁 副教授

心理系/腦心所/應數所/人工智慧與機器人研究中心

國立臺灣大學

台大 SEED

計算問題 (1/2)

怎樣把任意整數分解成兩整數相乘？

如： $5566=46 \times 121$

台大 SEED

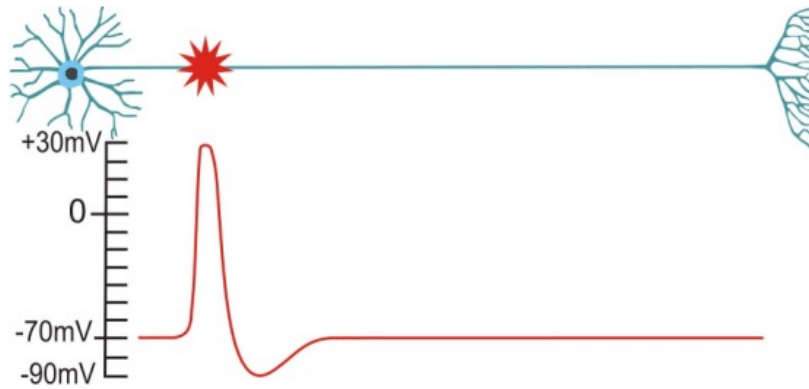
計算問題 (2/2)

我們大腦中的神經元
又是如何計算整數分解呢？

台大 SEED

硬體實作：一個神經元

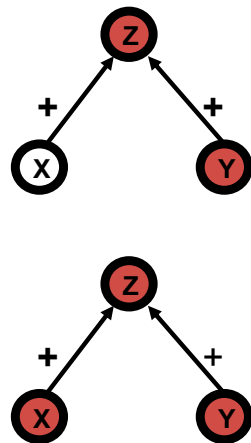
一個神經元的狀態：0 vs. 1



台大 SEED

硬體實作：三個神經元 (1/4)

神經元z若有個低閾值



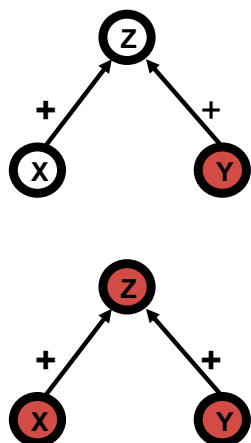
X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$Z = X + Y \text{ (OR)}$$

台大 SEED

硬體實作：三個神經元 (2/4)

神經元z若有個高閾值



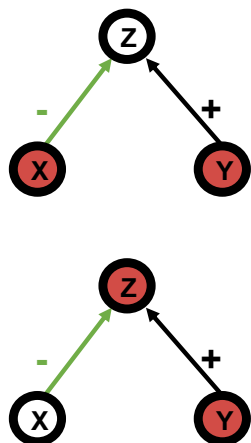
X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$Z = X * Y \text{ (AND)}$$

台大 SEED

硬體實作：三個神經元 (3/4)

若開始考慮神經元彼此的抑制關係



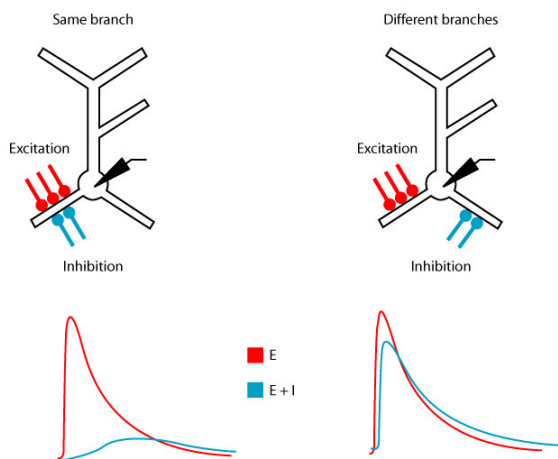
X	Z
0	1
1	0

$$Z = 1 - X \text{ (NOT)}$$

台大 SEED

硬體實作：三個神經元(4/4)

神經元間的抑制可以導致除法(左)做減法(右)

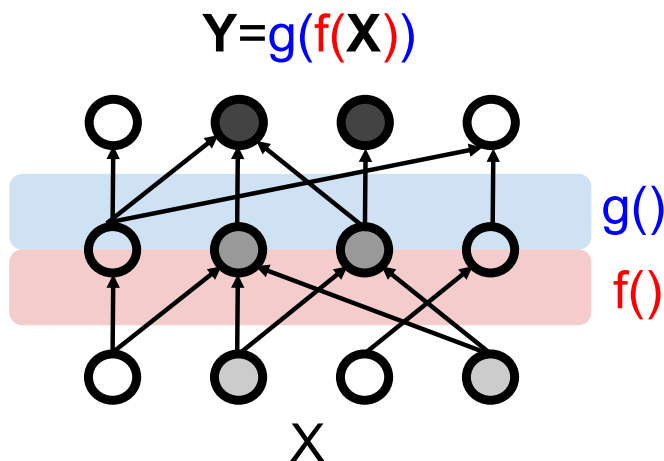


台大 SEED

Mel & Schiller, 2004

演算法

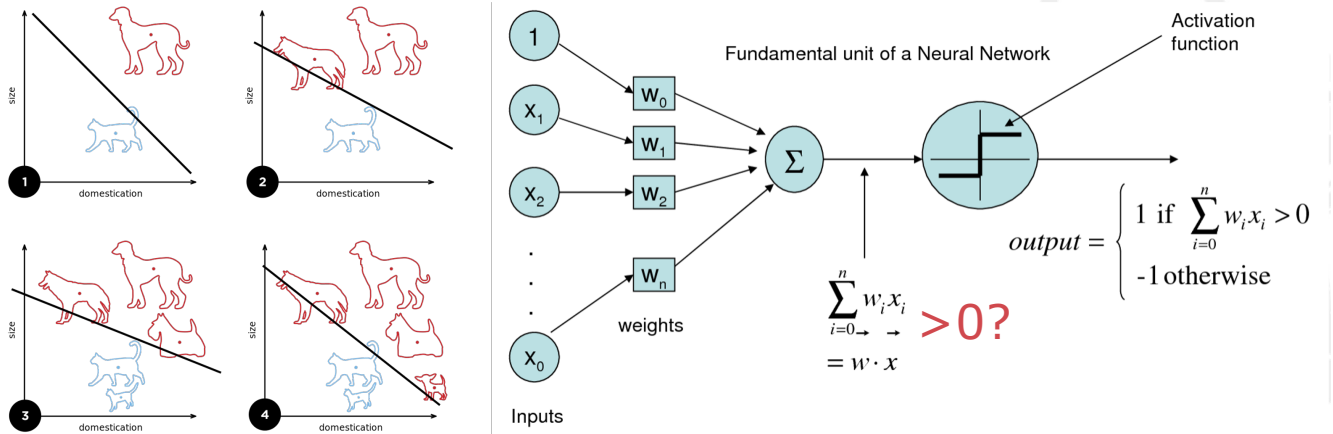
一個神經網路透過組合基本的計算來實現演算法



台大 SEED

計算問題 (1/3) : 區分貓狗

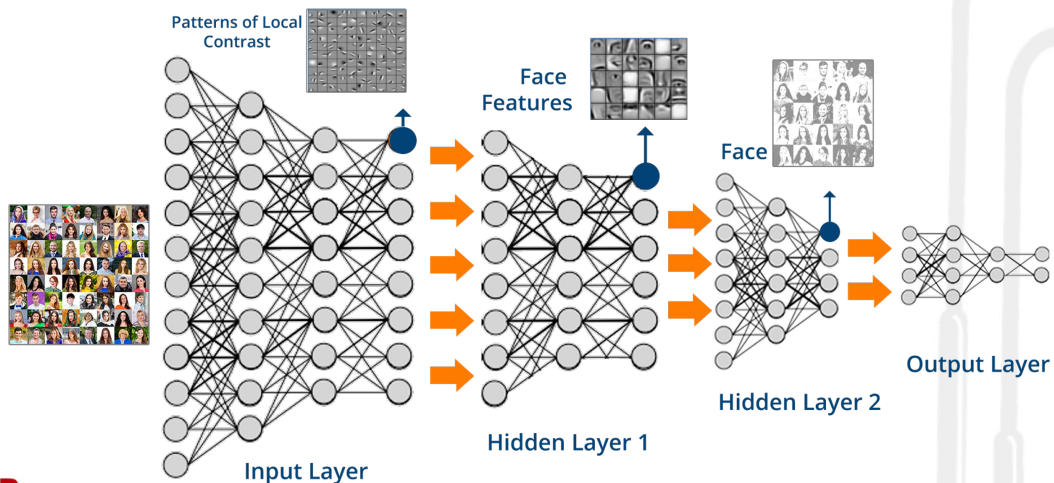
在特徵空間中找一個決策平面



台大 SEED

計算問題 (2/3) : 區分男女

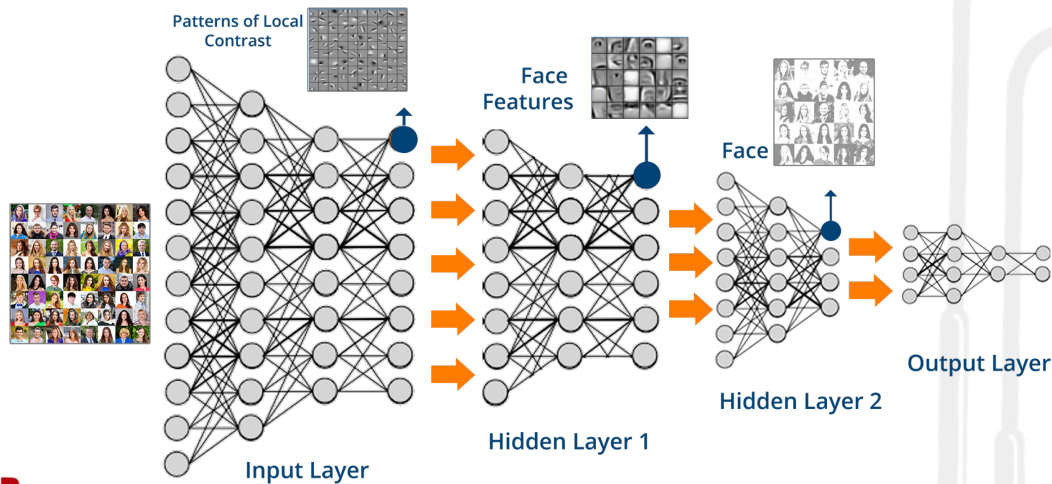
深度學習網路=比較多層的類神經網路



台大 SEED

計算問題 (3/3) : 區分本國/外國人

神經網路會學習去萃取能解決問題的特徵



台大 SEED

生物神經網路 vs. 類神經網路 (1/2)

DeepMind 創辦人/執行長的文章:

Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence

Demis Hassabis,^{1,2,*} Dharshan Kumaran,^{1,3} Christopher Summerfield,^{1,4} and Matthew Botvinick^{1,2}

¹DeepMind, 5 New Street Square, London, UK

²Gatsby Computational Neuroscience Unit, 25 Howland Street, London, UK

³Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, 17 Queen Square, London, UK

⁴Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Oxford, UK

*Correspondence: dhcontact@google.com

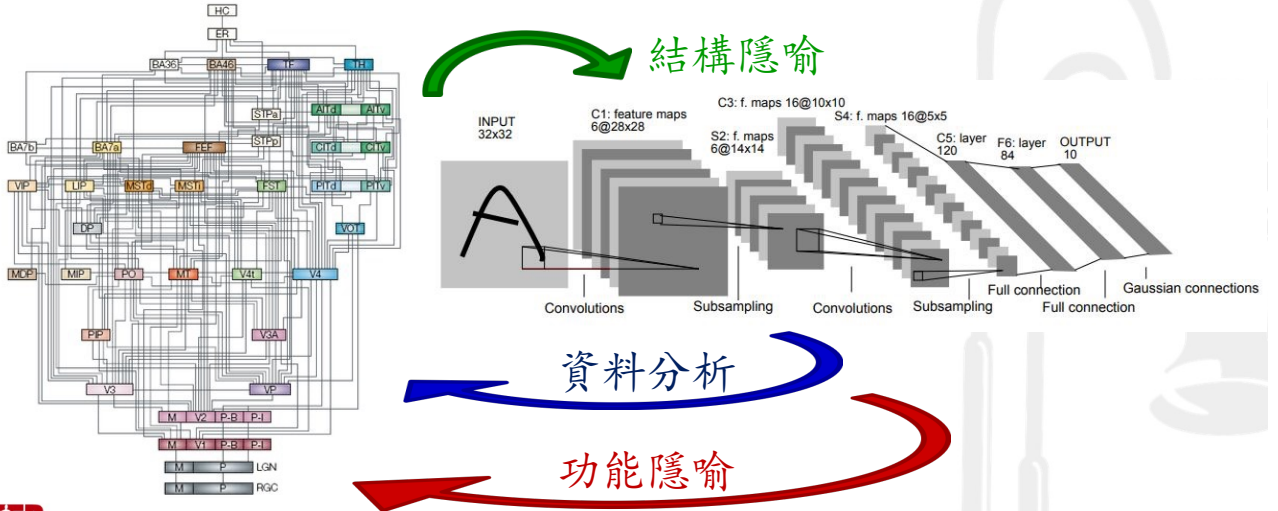
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>

The fields of neuroscience and artificial intelligence (AI) have a long and intertwined history. In more recent times, however, communication and collaboration between the two fields has become less commonplace. In this article, we argue that better understanding biological brains could play a vital role in building intelligent machines. We survey historical interactions between the AI and neuroscience fields and emphasize current advances in AI that have been inspired by the study of neural computation in humans and other animals. We conclude by highlighting shared themes that may be key for advancing future research in both fields.

台大 SEED

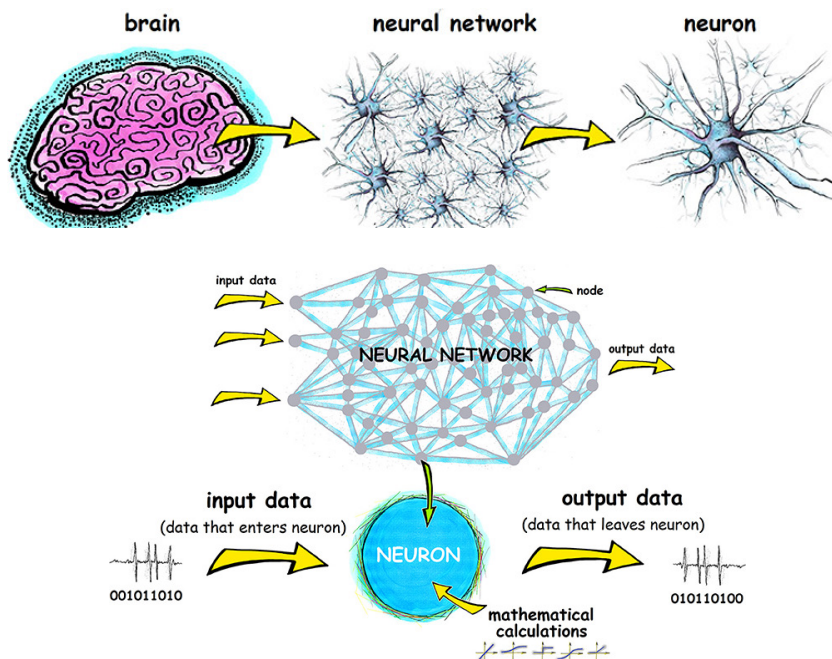
生物神經網路vs. 類神經網路 (2/2)

實際上有三種關係



台大 SEED

第二講總結



台大 SEED

心與腦的模擬 (三)

人類智慧 vs. 人工智慧

黃從仁 副教授

心理學/腦心所/應數所/人工智慧與機器人研究中心
國立臺灣大學

台大 SEED

Intelligence

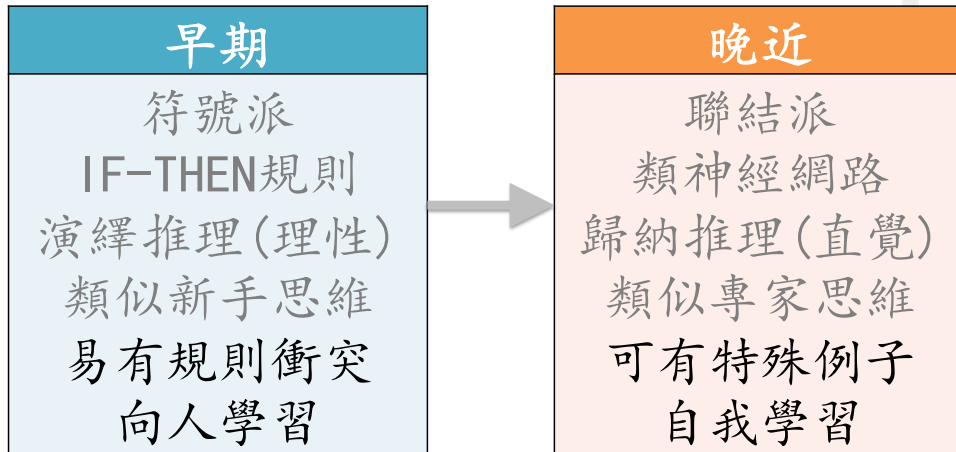
noun \in- 'te-lə-jən(t)s\

1. the ability to apply **knowledge** to manipulate one's environment or to think abstractly as measured by objective criteria
2. the ability to **learn** or understand or to deal with new or trying situations

台大 SEED

人工智慧的歷史

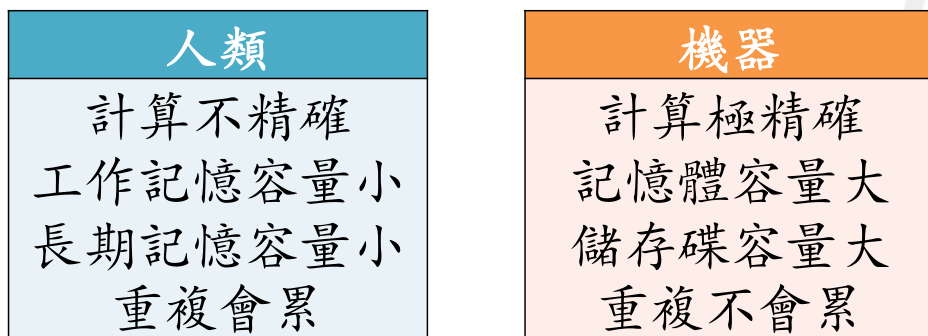
十年河東，十年河西



台大 SEED

硬體層次 (1/2)

機器在硬體上的過人之處



機器學習能從大數據中找出微細規律性

台大 SEED

硬體層次 (2/2)

硬體/計算能力的提升: 量變產生質變

以前機器做不到的現在做得到了

1. X今X要去X灣大X X X講 (辨識率50%)
2. 我今X要去臺灣大X聽X講 (辨識率75%)

台大 SEED

機器過人的智慧 (1/2)

AlphaGo→AlphaGo Zero→AlphaZero



台大 SEED

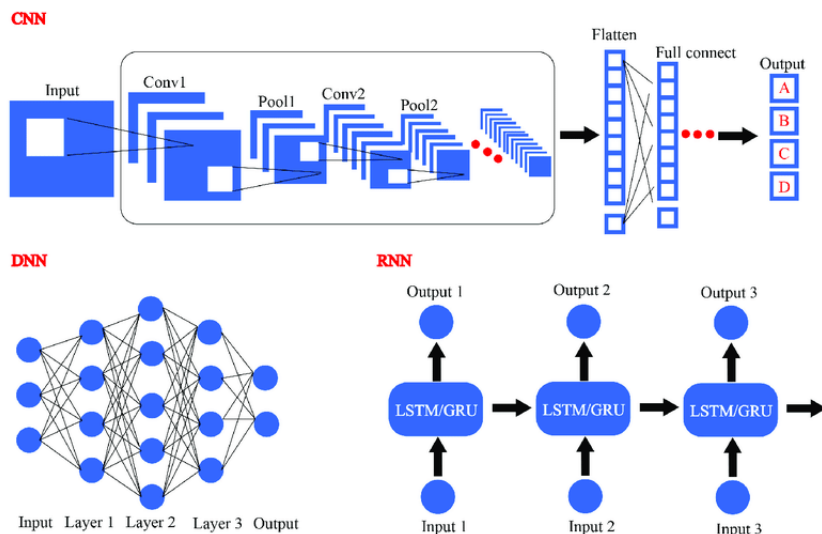
機器過人的智慧 (2/2)

DeepStack→Libratus→Pluribus



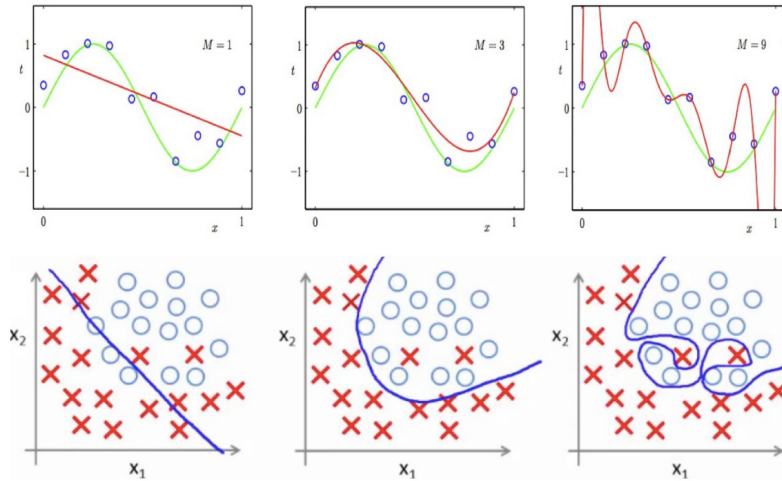
演算法層次 (1/3)

只是用不同函數 $f(X)$ 去逼近觀察到的 Y



演算法層次 (2/3)

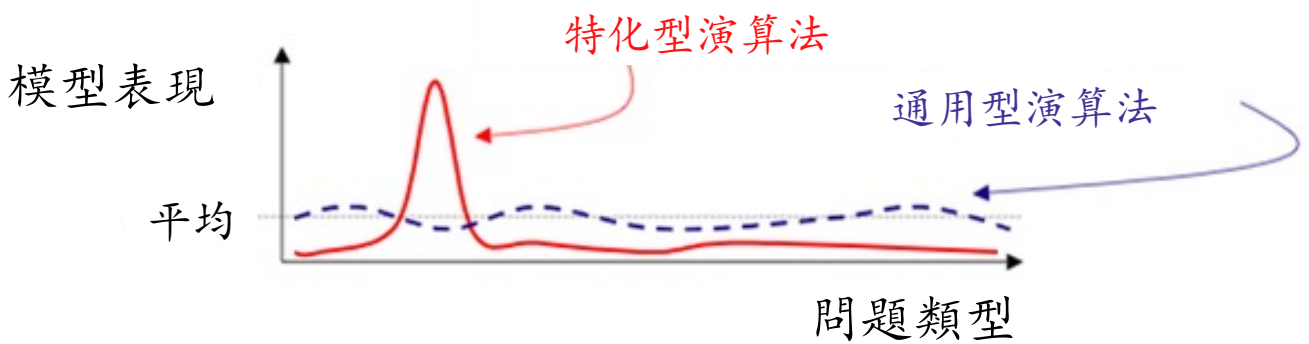
只是用不同函數 $f(\mathbf{X})$ 去逼近觀察到的 \mathbf{Y}



台大 SEED

演算法層次 (3/3)

No Free Lunch Theorem: 不同演算法平均表現相同



台大 SEED

計算問題層次 (1/5)

只要X與Y有相關便是一個可學習的問題



台大 SEED

計算問題層次 (2/5)

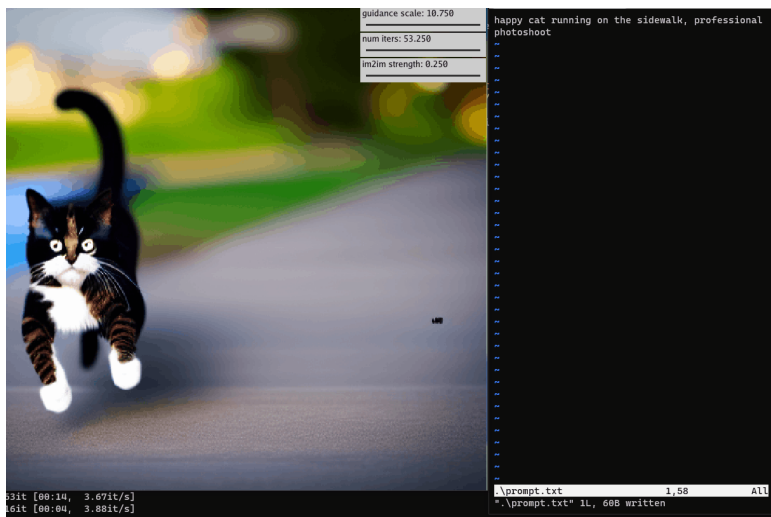
影像 → 文字: 圖像描述

<p>A young boy is playing basketball.</p> 	<p>Two dogs play in the grass.</p> 	<p>A dog swims in the water.</p> 	<p>A little girl in a pink shirt is swinging.</p> 
<p>A group of people walking down a street.</p> 	<p>A group of women dressed in formal attire.</p> 	<p>Two children play in the water.</p> 	<p>A dog jumps over a hurdle.</p> 

台大 SEED

計算問題層次 (3/5)

文字 → 影像: 影像描述

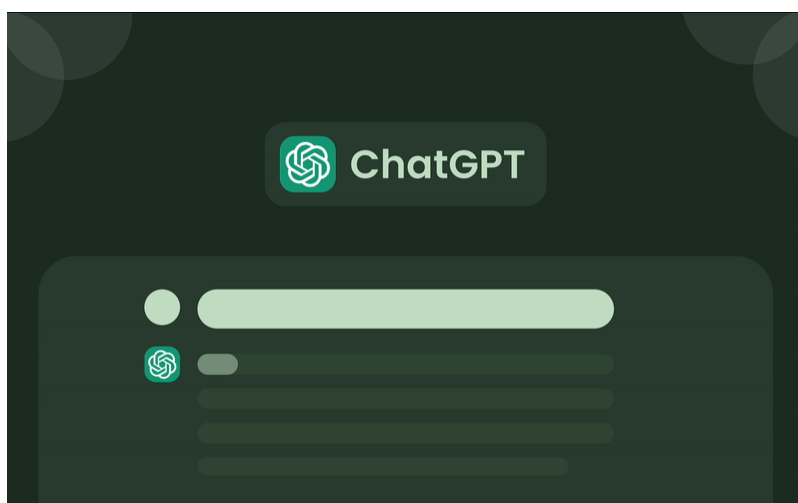


台大 SEED

Culsonal, 2022

計算問題層次 (4/5)

文字 → 文字: 聊天機器人

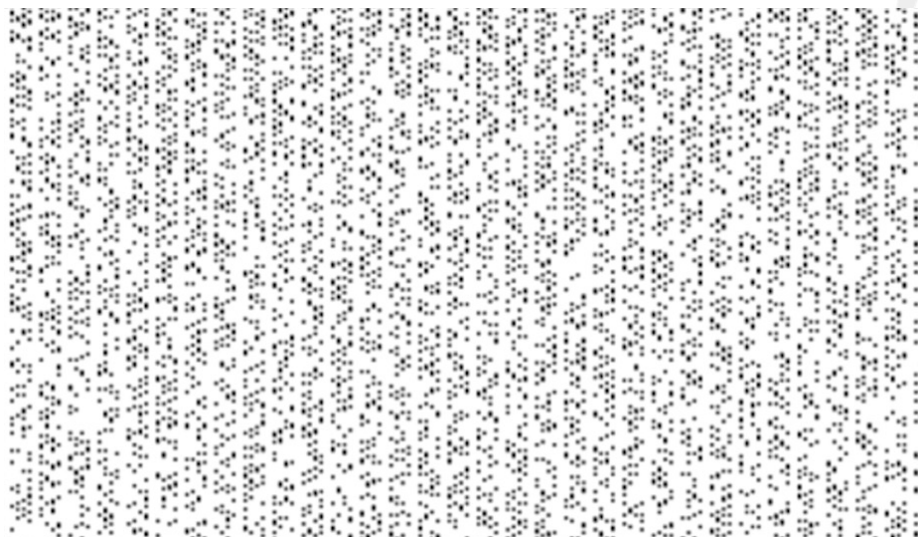


台大 SEED

Kaushik, 2023

計算問題層次 (5/5)

機器/深度學習無法準確預測一個數是否為質數



台大 SEED

第三講總結

人工智慧真有如人的智慧嗎？

潛水艇和魚一樣會游嗎？

坦克車和馬一樣會跑嗎？

戰鬥機和鳥一樣會飛嗎？

台大 SEED

心與腦的模擬 (四)

人 vs. 機器人

黃從仁 副教授

心理系/腦心所/應數所/人工智慧與機器人研究中心
國立臺灣大學

台大 SEED

硬體實作層次 (1/3)

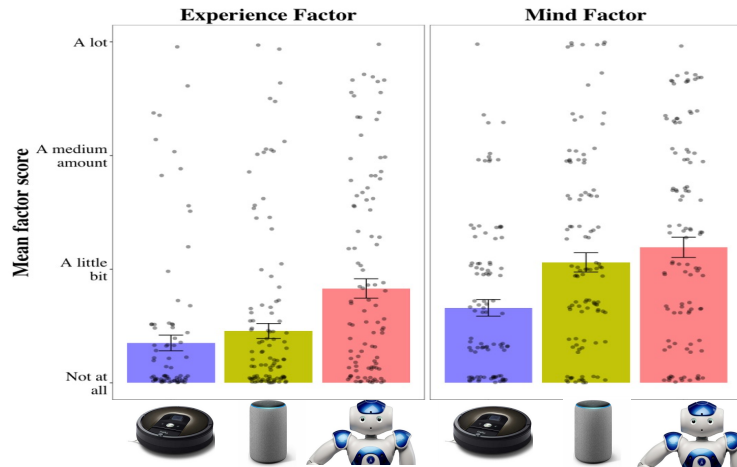
AI 有身體才能探索真實的世界，學到如人的智慧



台大 SEED

硬體實作層次 (2/3)

長得愈像人我們愈覺得它有心智

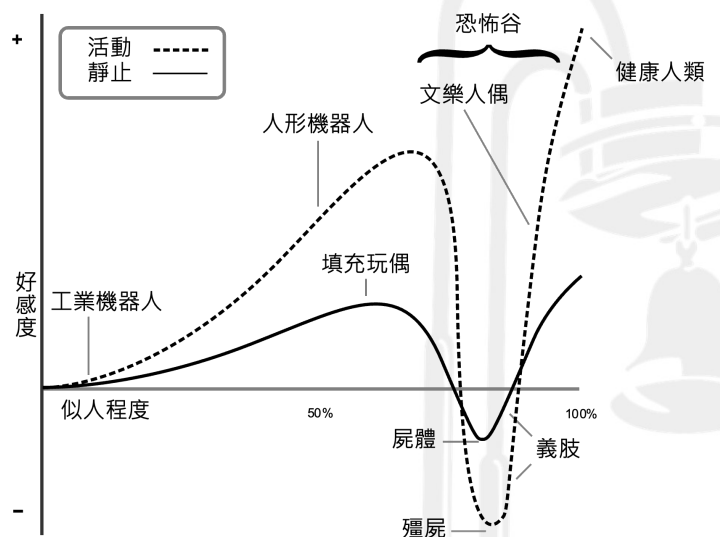


台大 SEED

Flanagan et al., 2023

硬體實作層次 (3/3)

恐怖谷現象: 太像人會有點恐怖

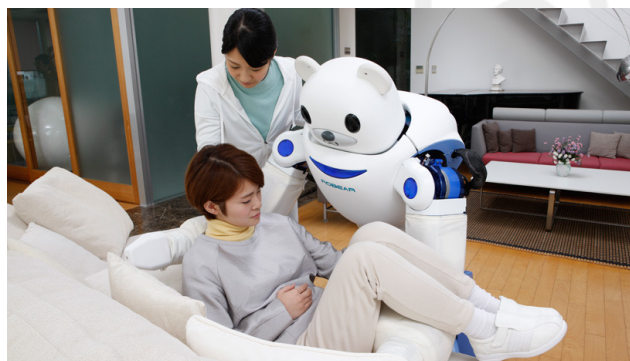


台大 SEED

MacDorman & Minato, 2017

計算問題層次 (1/3)

要解決的問題是:服務



台大 SEED

計算問題層次 (2/3)

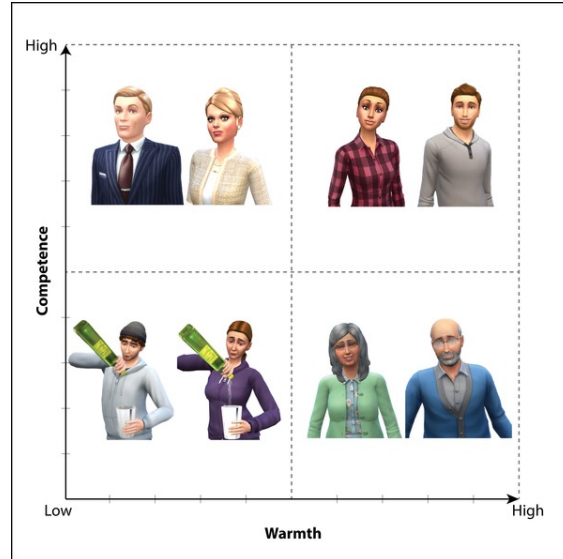
要解決的問題是:服務、教育、陪伴、娛樂



台大 SEED

計算問題層次 (3/3)

決定人類互動模式的兩個面向: (感受到的) 溫暖&能力

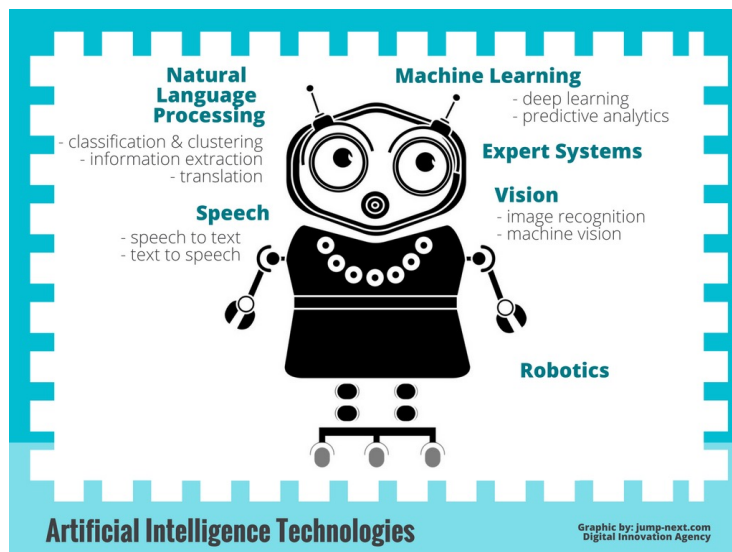


台大 SEED

Dricu et al., 2018

演算法層次 (1/4)

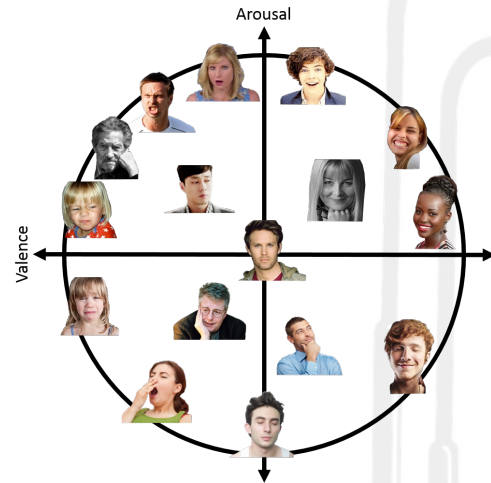
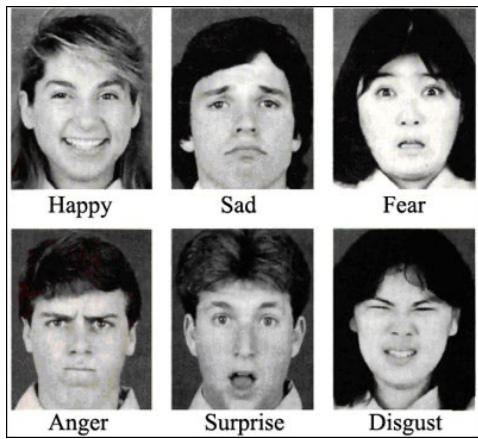
能力面向需要整合所有AI技術



台大 SEED

演算法層次 (2/4)

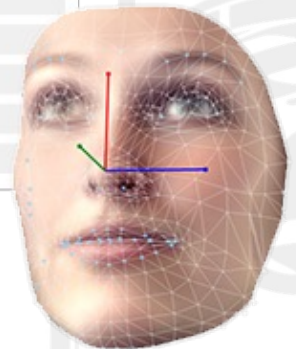
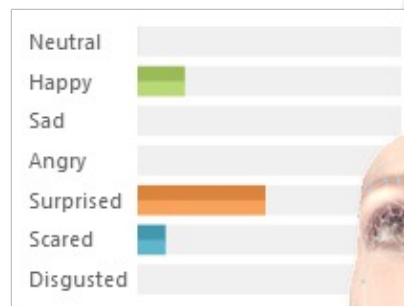
但現今AI技術仍有不足之處(如情緒辨識)



台大 SEED

演算法層次 (3/4)

但現今AI技術仍有不足之處(如情緒辨識)



台大 SEED

Cowen & Keltner, 2017

演算法層次 (4/4)

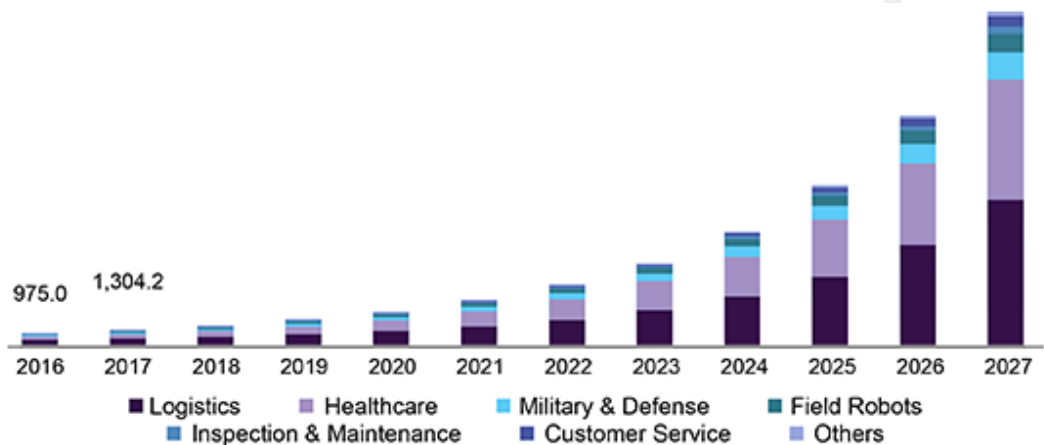
但能流暢的互動需要仰賴身體語言 (如微笑表達溫暖)



台大 SEED

機器人的未來

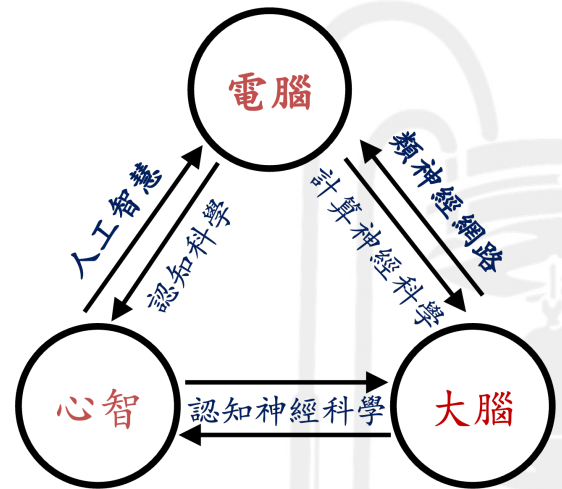
預期未來公共/私人場域都會至少有一隻機器人



Source: www.grandviewresearch.com

台大 SEED

第四講總結



台大 SEED

Rasouli et al., 2022

課程回顧

認知計算系統的分析

生物神經網路vs. 類神經網路

人類智慧vs. 人工智慧

人vs. 機器人

台大 SEED