

1 AI 的未來能力

我設想的未來能力是：「全天候的 AI 適性化家教系統」。

1.1 具體描述、意義與應用場景

目前無法做到的事

當前的線上學習平台大多是「單向」且「標準化」的。老師預先錄製好影片，所有學生觀看相同的內容、做一樣的習題。系統無法真正區分一個學生是「粗心算錯」還是「核心觀念不懂」。它缺乏真人家教的即時反饋和策略調整能力。

20 年後的願景

20 年後的 AI 家教將是一個高度個人化的「學習夥伴」。它能透過分析學生的作答紀錄、語音語調、甚至（在合乎隱私規範下的）表情，來即時推論學生的學習狀態、情緒波動和知識盲點。

應用場景

- 即時觀念釐清：一個學生在寫物理作業時卡住了。AI 不會直接給答案，而是判斷出他是「力矩」觀念不熟。AI 立刻生成一個他感興趣的「蹺蹺板」例子，用 30 秒的動畫幫他釐清觀念，然後再引導他回到原來的問題。
- 高效複習計畫：AI 知道學生 A 擅長圖像記憶、學生 B 擅長邏輯推導。在準備期末考時，AI 會給學生 A 一份「心智圖（Mind Map）複習包」，並給學生 B 一份「精簡公式推導」的練習題。

1.2 重要性（為何重要）

這項能力之所以重要，是因為它能真正實現「因材施教」和「教育平權」，而不僅僅是「讓 AI 更聰明」。

它不是要取代老師，而是要將老師從批改作業等重複性勞動中解放出來，去關心學生的心理和品格發展。同時，偏鄉或資源不足的學生也能享受到與都市一樣高品質的「一對一」教學資源，從根本上縮小教育落差。

2 涉及的機器學習類型

我們判斷，要實現這個能力，必須結合「監督式學習」與「強化學習」。

2.1 為什麼需要這類學習？

- 監督式學習：用於「診斷」。AI 系統必須先具備「了解學生」的能力。它需要透過學習大量的歷史數據，來建立一個準確的學生模型，預測學生的知識狀態。
- 強化學習：用於「決策」。光是了解學生還不夠，AI 還必須動態地「決定下一步該做什麼？」教學本身是一個序列決策過程，AI 必須學習一套「最佳教學策略」，以最大化學生的長期學習成效。

2.2 任務中的「資料來源」與「目標訊號」分別是什麼？

監督式學習 (Supervised Learning)

- 資料來源：大量的學生作答紀錄、線上互動行為（例如，看影片時在哪裡暫停、哪題想了很久）、以及過去的測驗成績。
- 目標訊號：學生在某個特定知識點上的「答對 / 答錯」（二元分類問題），或是他期末考的「分數」（迴歸問題）。

強化學習 (Reinforcement Learning)

- 資料來源（環境）：學生本人就是環境。AI 的動作會改變學生的狀態。
- 目標訊號（獎勵 Reward）：這不是一個簡單的「目標訊號」。獎勵（Reward）是一個需要被精心設計的函數，例如：「學生是否真正理解了這個單元？」、「學生的學習積極性是否提高了？」。這比單純的「答對下一題」更為複雜。

2.3 是否存在學習回饋或環境互動？

是，存在關鍵的環境互動。

這正是強化學習的核心。AI (Agent) 的「教學動作」(Action，例如：決定下一題的難度) 會直接作用於「學生」(Environment)，學生會產生

新的「狀態」(State，例如：答對了，且信心提升) 並回饋「獎勵」(Reward，例如：+1 分)。AI 的目標就是透過不斷的互動，學習一套能最大化「累積獎勵」(長期學習成效) 的策略 (Policy)。

3 第一步的「模型化問題」

要達到上述的宏大願景，我們必須從一個可處理的簡化問題開始。

簡化模型問題 (Model Problem) 定義：「建立一個系統，只專注於『國中數學的二元一次方程式』單元。我們的目標是：動態調整練習題的難易度，以最大化學生在 30 分鐘內學會『解聯立方程式』的機率。」

3.1 這個簡化問題在概念上如何代表您理想中的最終能力？

這個簡化問題是最終能力的「核心切片」：

- 簡化「學科」：最終能力是「全科家教」。簡化問題只專注在「國中數學」的一個小單元。
- 簡化「目標」：最終能力是「最大化長期學習成效」。簡化問題將其縮小為「在 30 分鐘內學會一個特定技能」。
- 簡化「動作」：最終能力有「影片、動畫、對話」等多元策略。簡化問題將其縮小為只有一個動作：「調整下一題的難易度 (A: 變簡單 / B: 變難 / C: 難度不變)」。

3.2 它的可測試性（你如何知道模型是否成功？）

假說：使用我們的 AI 系統的學生 (實驗組)，比起使用「固定難度題目」的學生 (對照組)，在 30 分鐘後的「單元小考」中平均分數更高。

成功標準：實驗組的平均分數顯著高於對照組 20%，且學生的「放棄率」(中途離開) 更低。

3.3 需要哪些數學或機器學習工具來解決？

數學工具：

- 機率與統計：用來分析學生的答題分佈，建立基礎的學生模型。

- **項目反應理論 (Item Response Theory, IRT)**：這是教育測驗學中常用的模型，用來科學地估計學生的「潛在能力」和題目的「難易度」、「鑑別度」等參數。

機器學習工具：

- **Logistic Regression**：一個簡單的監督式學習模型，用來預測學生答對下一題的機率。
- **Multi-Armed Bandit**：這是一種簡化的 RL。AI 把它面對的三種難度（簡單、中等、困難）當作三台老虎機，AI 的任務是快速找出哪一台（哪個難度）最能讓眼前的學生持續投入並獲取「獎勵」（答對並進步）。