

# AI 與科教：

## 從養成自主學習之觀點籌思永續發展的未來教育

陳竹亭

臺灣大學化學系名譽教授

### 前言

從科技的觀點來看，人類正進入以大型語言模型（large language model, LLM）發展的生成式人工智能開展的世代（Wikipedia. 2025b）。代表工業革命 4.0 的 AI 科技將有別於工業革命 1.0-3.0，徹底地顛覆工業文明。事實上，從文明的觀點來看，人類正遭遇行星尺度的環境改變，尤其是全球暖化造成了氣候變遷與生物多樣性快速消滅，可能導致第六次大滅絕，連人類都極可能落入瀕危物種之列（Kolbert, 2014）。從人性的觀點來看，智人不可能坐以待斃！但是目前富可敵國的私人財團以前沿高科技主導，如資訊與 AI、基因與醫藥、飲食與健康、外太空殖民與衛星等，還連結國際政經、金融、軍事，角力演變為國際局勢極化而且趨向不穩定平衡。永續發展是地球上一切生態的最大挑戰，個人的偏執無法降低即時的風險，遑論解方？但是我有一個科學家的教育觀點，如果世人可以覺知「學習力」或許我們有機會發展多元人性，學習智慧選擇調適的生活（Southwick & Charney, (2012)，創造永續發展的新契機。

### 資訊科技躍進的三部曲

資訊力與學習力的發展其實息息相關。3000-5000 年前文字的發明是資訊力成就的第一個里程碑。文字劃分了人類的史前文化和歷史文明之楚河漢界。世界上最重要的兩種文字發明就是中東兩河流域的楔形文字和東亞黃河流域的甲骨文。前者成為西方字母拼音文字的源頭，發展出歐洲文明。後者發展出象形、指事、會意、形聲、轉注、假借的六書圖像文字（維基百科，2025），並且延伸到日韓，是東亞文明的動力。文字對思維狀態的刻畫能與時俱進，對理性、感情皆能鞭辟入理，尤其是對想像甚至抽象思維，也能創造表達深邃的概念。文字的敘事力較諸其他資訊更具悟性理解，歐亞大陸的文明進展與文本典藏遂得以贏在起跑點上（Wikipedia. 2025d）。

資訊科技能在 21 世紀快速成為工業革命 4.0 的驅動力，我認為歷史上有三個關鍵發明促成了 AI 時代的降臨。除了文字發明以外，另外兩件就是約 1440 年古騰堡（Johannes Gutenberg, 1397-1468）發明了活字版印刷術（Wikipedia, 2025a）；21 世紀賈伯斯（Steve Jobs, 1955-2011）領導蘋果王國創造的智能手機與平板

(iPhone & iPad) (Blumenthal, 2012)，可算是第三件資訊裝置的關鍵發明。資訊力直接與學習力協作，以思考為中心成就了人類心智學習的主要創造動力。

古騰堡印刷術第一本付梓的書就是聖經。印刷術開啟民智，促進社會大眾傳播，是資訊史上不亞於文字發明的大事。15-16 世紀的歐洲同時有文藝復興、宗教改革、科學革命、大航海時代，即使是莎士比亞的戲劇也受惠於印刷術，大幅提升了英文精進發展成國際語言的機會。17 世紀歐洲就萌生了啟蒙運動。若說古騰堡印刷術是歐洲現代化的關鍵推手之一絕不為過。

當今資訊科技的重大突破是在二戰後電子工業、材料科技包括半導體、先進材料等新興產業崛起，資訊載具在 20 世紀成為民生產品，而且尺寸越做越小，功能卻越來越高。蘋果企業創始人賈伯斯終於在本世紀推出了智能手機和平板，把所有的資訊家電功能性整合進攜帶式 iPhone 和 iPad，改變了世人生活習慣。新的生成式 AI 即將內建到智能手機，實現賈伯斯年輕時希望和亞里斯多德當面對話的夢想。哲人已遠，新時代已跨越門檻，將領銜人類的生活。

## 手腦協作的學習動力學

### 一、學習機制

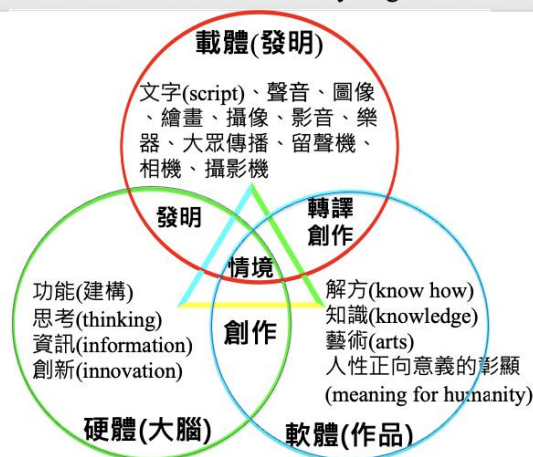
人類的學習機制基本上是資訊力與學習力協作，肢體、手與腦合作，創作出的成品多元。可以是知識、問題解方、藝術，文本或是啟示出生命意義及人性真諦。

學習的重心還是在大腦（圖 1）。大腦負責思考與資訊的建構，也是學習創造的硬體。學習必須經過載體，就是呈現資訊的工具。人類發明資訊工具不只是有能力，還有品味。轉譯加上創作的確是軟硬兼施！

圖 1

人類學習機制情境中發明、轉譯與創作之協同關係

人類學習機制 text vs. context synergistic creation



就以鋼琴和小提琴而言，要獲得自己欣賞的音色，就絕非人人可以做到的工夫。不論是發明資訊載具，或是創造軟體的作品都必須倚賴大腦建構的過程。發明資訊載具的過程固然是無中生有，創造軟體產品則有如九轉迴腸、蜿蜒迂迴。因為創造必須經由「資訊轉譯技能」產出新作品。

## 二、學習過程的資訊轉譯

作品的產生需要經由資訊轉譯的原因是由於人類是先發明資訊載具，所以創作的過程就要先學習載具的使用或轉譯。上乘的轉譯功夫是精通載具的使用，創作出品質超群可為經典的作品。我認為這是最高超的「轉譯技能」(transformative skills)。譬如文本、作曲、演奏、美術設計、美術製作、攝影、運動等。轉譯就是學習熟用工具或載體的技能。這些事是 AI 難以掠奪的。人在世上如果沒有一件能精通或是能擅長的轉譯技能，除非能另創新轉譯技能，或是能養成形而上之價值、意義的品味辨識，可能就只能從事服務業了。當然有許多人是在 AI 尚未插手前，可以把服務業做成大買賣的。

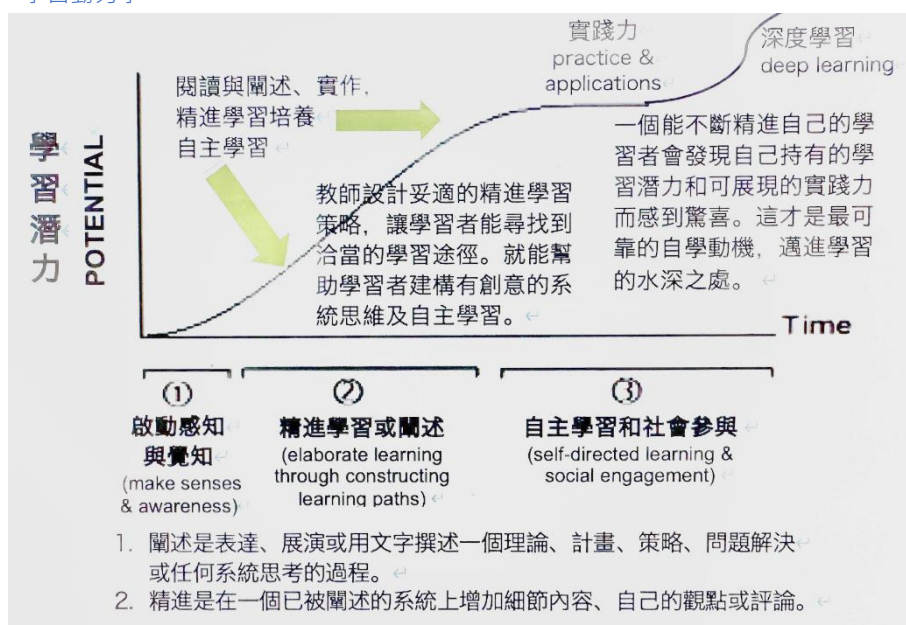
其實花錢和賺錢還不是最困難的事。載具學習可能才是最辛苦的過程。人類對於資訊的處理會發明人為的方法或工具。但是使用尤其精熟這些技巧就不是簡單的功課。4-5 歲小孩子學畫圖仍不易掌握線條是很普遍的現象，寫國字的經驗應該讓更多人刻骨銘心。反之，也有 2-3 歲的小孩玩樂器、畫圖或特定運動就能有模有樣的例子。總之，每一個人學習人為的技術或發明都未必能學得一樣快或一樣好。勤奮練習才是正途。AI 正可在此技能轉譯的過程中幫上大忙。但是品味的拿捏還是要看個人！

## 三、學習動力學 (Learning Dynamics, 見圖 2)

學習如成長，都是生命中建構的經驗。建構是指學習過程中必須累積或整合片段的資訊和技能。這些功課的建構過程多始於大腦，然後及於肢幹和軀體。

人類是唯一會創造多種工具、技能的物種，使得自身展現資訊作品本事的廣度、深度，甚至意義與內涵都大幅提升。對於學習的過程可以動力圖形來表示(圖 3)。學習的過程就是將學習時的潛力的動態變化做階段性的描述。第一個階段當然就是啟動學習。入門的關鍵先是感知(senses)，繼之是覺知(awareness)。感知橋接興趣、好奇與想像。無感是多數人學習最大的負能量。教師若能把學習者引導到精進學習的路上，算是完成半渡之功。

圖 2  
學習動力學



#### 四、精進學習是上行之路

精進和闡述是同一個英文字“elaboration”。一個完整系統思考的學習過程就是可行的精進學習 (elaborate learning) 的教材。這是一條上行之路，當然會有門檻。精進學習的重要法則是自己的觀點務必自己闡述！累積的學習績效就應該將自主學習 (self-directed learning) 列為第一目標。因為這正是學習者自身，或作為教師最基本的素養。所以教師在設計課程時需注意學習者思考獲得回饋的節奏。潛力轉成實力的成就感，思考力成長進步的模式，尤其是系統思考的成長如何呈現？當今的教學環境，教師安排表演舞台來評核學習績效是非常好的工作。在欣喜的環境中享受學習的成效本來就是值得鼓勵的教法。

#### 五、精進閱讀與精進報告

資訊科技興起後，據聞學校中高比例拒絕長篇閱讀與寫作的現象已成為隱憂。顯然資訊輕薄短小的趨勢，尤其是短影音的氾濫明顯地改變了當今學生的學習胃口與習慣。在文字仍然是最出色的思考撰述學習歷程工具之時，我建議專科教師接手訓練學生專業讀寫能力。此部分可同時設定為額外選修學分。讓有學習動機的先跑，其他人就會跟進。關於精進閱讀，教師社群可以先組成團隊，收集主題和選擇範本，以翻轉教學讓學生先預讀。上課時引導學生找出關鍵的觀點。觀點就像是文章中最關鍵的樑柱、固樁，是文章結構的鷹架，所以學習者可以在課堂分組討論所表述觀點的原因。一但確立了關鍵觀點，就能了解文章中作者的立場和想法。讀者弄清楚了文本的概念圖和實作與結果，即可嘗試表達各自的讀後觀點。課後的作業，就是學生各自根據課

堂筆記撰述閱讀報告，依據選出的觀點，重新建構概念圖，同時加入自己的觀點，撰文說明概念結構的意義。

精進閱讀的好處是學習精準掌握範本的關鍵觀點，也就能精準掌握作者的系統思維，也能明白關於文章中的工作與基本概念的相關性，以及結果對於問題之概念或理論的貢獻。如果對範本有清晰的系統思考，學習者通常也能在半學期中掌握作者的觀點。讀後的報告寫作就能建構自己的系統思考。學習者在專業問題上一旦建立精準的概念圖，學習者便具備知識基礎。精準閱讀與寫作附帶的好處是學習者一但領悟建構重要知識之思考力成長的成就感，通常會選擇繼續深度學習。有了系統建構的思考經驗，就有高度可能建立自主學習。也就是產生探索自身興趣與方向的動機。此類課程最好至多一班 20 人，教師宜配置助教，討論與批改報告皆需人力支援，亦可輔以 AI 技術。

## 六、未來學習

未來教育將是同時挑戰教師與學生的時代。基於手腦共學的趨勢，實作學習的比重理當持續地增加。比實作更具教育意義的教材教法應該是 PBL，但是 PBL 的含義莫衷一是。目前以 PBL 為標幟的教材教法至少有三種：專題導向學習（project-based learning）、問題導向學習（problem-based learning）、現象導向學習（phenomenon-based learning）（Rosas, 2019；Wikipedia, 2025c）。

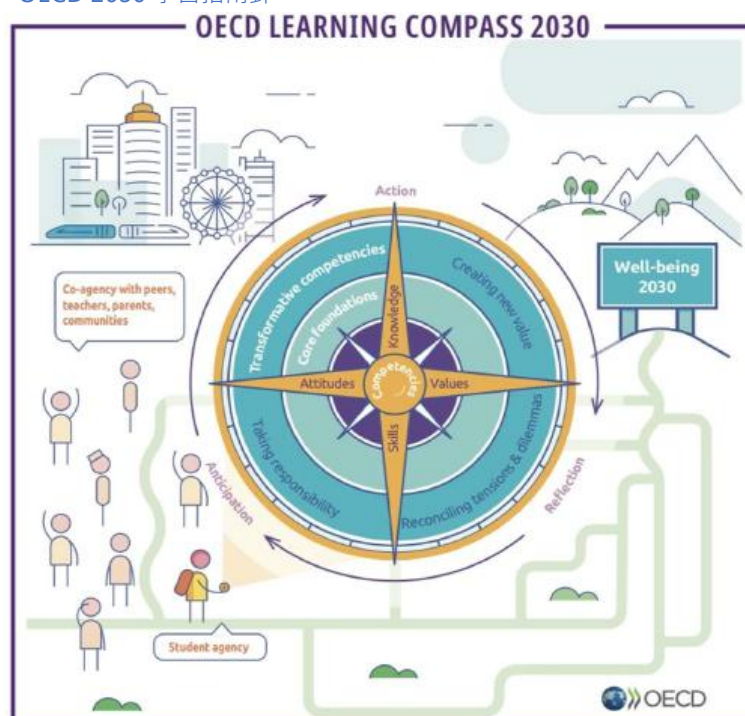
學術的主要工作是學術研究，所以高等教育尤其是研究所中，修習學分課照理並非最重要的課程。研究工作最熟悉的就是專題導向學習。不過因為研究的質和量差別極大，所以學習的層次無法一以概之。

在教育圈中較出名的 PBL 是二戰後一些醫學院倡議的教材教法，較受重視的項目有團隊協作、溝通、問題定義、理性論述、建模、批判評核、自主學習等。其應用從醫學院擴張到其他領域，教材和教法都各有歧異。在本世紀因著永續發展和 AI 科技的衝擊，在地與全球社會與政經的急遽變化，總部在歐洲的經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）對未來教育有了較積極的因應。其中較令人矚目的是芬蘭的改變。他們的小學捨棄了分科學習，轉向現象導向學習。其形式或內涵包括主題、跨域整合、系統思考、社會參與、做中學等。由於現象與生活中的感知更靠近，或許科學往抽象思維發展的學習會從基礎教育中抽離。這將更回復到亞里斯多德的教育觀，讓抽象或形上的思維留在高教中，避免兒童的學習傾向於虛無。

另外一個教育指標是日漸加重的學科內容，尤其是自然科學、科技的學習擠壓到

藝術、人格發展。《2030 學習指南》（圖 3）中就格外重視如社會責任、創新價值、還有紓解壓力與兩難的困境。表示了智商（intelligence quotient, IQ）、情商（emotional quotient, EQ）、社交智商（social quotient, SQ）及逆商（adversity quotient, AQ）並重的格局（Happiness Institute, n.d.）。未來教育中的環境、生態、永續的挑戰與 AI 的對立張力是否會激發對精神面的重視，就要看大腦認知的發展。尤瓦爾·哈拉瑞（Yuval Harari, 1976-）對 AI 發展的不信任都會影響傳統的科學教育。新的典範轉移顛覆科學，尤其是情境條件簡化的核心科學是否還會持續扮演原型科學角色？有待觀察！

圖 3  
OECD 2030 學習指南針



註：圖像取自 OECD, 2019。

## 七、PBL x AI

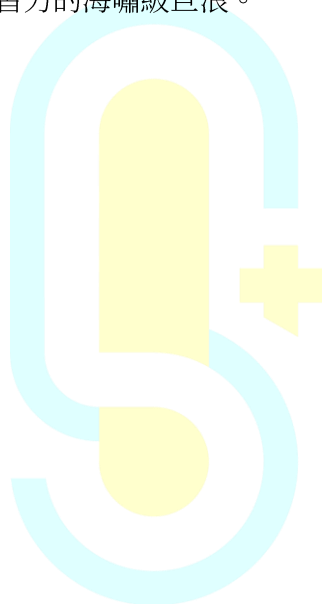
未來教育的典範不會定於一尊。在 AI 正要隨著智能手機、個人電腦踏入家庭之際，PBL x AI 應該可以作為過渡的典範。不過這種教材教法在臺灣仍然不是多數教師熟悉的功課。雖然 108 課綱的先導工作表面上已有八年。「素養導向學習」和「探究與實作」也有了一些經驗。但是我認為真要推動 PBL x AI，就算有企業界的支持，還是需要從「教師工作坊」的基本功開始練起（ACP, n.d.），也宜有配套的模組化課程設計、和教師社群建立等。

這些年的探究與實作課程發展累積了不少熱心又有心的老師。不過學校中有升學考試的牽絆，探究與實作一直顯示有教學瓶頸，多元目標如自主學習、提問力、跨域

整合、系統思維、批判思維等很難兼顧。新課綱其實有素養與教養兼修、目標與過程並重的教育理念。在執行上就不宜使用傳統的學校體制或坊間補教的商業模式。或許永續發展的目標和風險也需要理念與務實並駕齊驅的典範轉移，或許可以協作出新的執行模式。

## 結語

原型科學在簡化模型上十分給力，但是對於真實世界的問題，尤其是多元複雜系統的困境，常常需要拆解成定義明確的小問題，從小規模創新的解方（innovative know how）予以突破，同時要調適自然與社會環境，跨域實踐解方整合的目標，就非常困難。AI 針對後者將可以扮演重要的角色。傳統科教需要典範轉移，情境為先、人性隨之、技術在後。而且素養與教養、智慧與智能、物質與精神、目標與過程需要兼修，將是另一波挑戰人類學習力的海嘯級巨浪。



## 參考文獻

維基百科 (2025) 。六書。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%AD%E6%9B%B8>

Applied Coaching for Projects (ACP) . (n.d.) . *PBL + artificial intelligence workshop*.

<https://www.appliedcoaching.org/pbl-ai-workshop>

Blumenthal, K. (2012, February 28) . Steve Jobs: The man who thought different. Feiwei & Friends.

Happiness Institute. (n.d.) . *IQ, EQ, SQ, AQ | How to develop a good IQ | How to balance EQ | How to stay mentally strong?*

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_NaBMOxrM-g](https://www.youtube.com/watch?v=_NaBMOxrM-g)

Kolbert, E. (2014) . *The sixth extinction: An unnatural history* (黃靜雅譯) . Henry Holt and Company.

OECD. (2019, May) . *The OECD learning compass 2030*.

<https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html>

Rosas, L. (2019, April 22) . *Problem-based learning vs. project-based learning*.

<https://www.youtube.com/watch?v=ccsu3UwfdNo>

Southwick, S. M., & Charney, D. S. (2012) . *Resilience: The science of mastering life's greatest challenges*. Cambridge University Press.

Wikipedia. (2025a) . *Johannes Gutenberg*.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Johannes\\_Gutenberg](https://en.wikipedia.org/wiki/Johannes_Gutenberg)

Wikipedia. (2025b) . *Large language model*.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Large\\_language\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Large_language_model)

Wikipedia. (2025c) . *Phenomenon-based learning*.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Phenomenon-based\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Phenomenon-based_learning)

Wikipedia. (2025d) . *Script*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Script>