

## 從 UDL 開展教育系統重塑（4）

# 讓大腦友善學習 從神經科學理解 UDL 的教學設計



|| 陳清義 中華民國中小學校長協會理事長

|| 李亦欣 臺北市立大學師資培育及  
職涯發展中心兼任助理教授

### 一 從邊緣系統到前額葉皮層： 建構一個大腦友善的教育生態

隨著社會對教育公平與包容性（Inclusion）的重視日益提升，教育界開始積極尋求一種能有效回應學生學習差異的系統性框架。傳統教學多著重於知識的傳授，卻忽略了學習者「如何學」與「為何學」的內在機制。本篇旨在梳理近年神經科學的重要研究成果，特別是認知神經科學對大腦學習網絡的發現，並闡明通用設計學習（Universal Design for Learning, UDL）的三大原則如何在學校教學現場與行政管理層面落實應用，期能為臺灣推動全面性、彈性的教育改革提供科學依據。

回歸到教育的根本問題：學習的科學基礎是什麼？隨著神經科學的研究發展，教學者能從大腦運作的角度，重新理解學習的本質。學習並非僅是知識的吸收與記憶，而是一個整合情感、認知與行動的動態歷程。要實現「讓每個學生一開始就學得好」，教學設計必須回應這種複雜的神經機制，從學習動機的喚起、知識理解的建構，到行動表達的支持，皆以大腦的運作邏輯為依據。

### 二 大腦學習機制的神經科學 研究基礎

在過去二十年間，神經科學，

特別是認知神經科學的研究，揭示了人類學習的三項核心機制（Meyer et al., 2014）。研究指出，當大腦進行有效學習時，並非由單一區域獨立運作，而是由情感（Affective Networks）、認知（Recognition Networks）與策略（Strategic Networks）三大網絡共同運行（CAST, 2024），分別引導學習的動機、理解的內容與行動的方式，構成人類學習的神經基礎。

### （一）情感網絡（Affective Networks）： 學習動機的驅動中心

情感網絡位於大腦最內層的邊緣系統，其中的杏仁核（amygdala）負責對外在刺激進行情緒評估，決定學習的「原因」與「動機」（LeDoux, 2000）。醫學研究指出，當個體感知到威脅時，杏仁核會啟動「下丘腦—垂體—腎上腺軸」，促使壓力荷爾蒙——皮質醇釋放（Lupien et al., 2009）。過量的皮質醇會暫時抑制前額葉（prefrontal cortex）與海馬迴（hippocampus）的功能，使資訊處理受阻、學習動機下降（Joëls & Baram, 2009）。因此，營造安全、

低威脅且具選擇性的學習環境，是有效教學設計不可或缺的關鍵因素。

### （二）認知網絡（Recognition Networks）： 知識理解的關鍵中樞

認知網絡佔據大腦表面的廣大區域，主要包含後方的感覺皮層（sensory cortex），負責整合感官輸入，讓學習者能夠辨識、組織並理解資訊，是決定學習「內容」的關鍵系統。研究指出，資訊處理牽涉視覺皮層、聽覺皮層以及額葉與顳葉聯結區的複雜協同（Rose & Meyer, 2002）。由於每位學習者在知覺與符號處理上皆存在顯著個體差異，教育設計應提供多元呈現方式，協助學生以不同感官通道進入理解歷程。

### （三）策略網絡（Strategic Networks）： 行動與表達的執行引擎

策略網絡位於前額葉皮層（prefrontal cortex, PFC），負責執行功能（executive functions），包括規劃、組織、執行任務與表達知識的能力。縱向神經影像研究指出，前額葉是大腦中發展最晚熟的區域之一，

其功能成熟往往延續至二十多歲甚至三十多歲（Gogtay et al., 2004）。這意味著學習者在兒童與青少年階段，仍需仰賴外部鷹架與教師支持。教學者若能提供明確步驟、時間管理範例與反思機制，便能有效「借出額葉」（Diamond, 2013），協助學生逐步發展自我監控與自主學習的能力。

### 從大腦網絡到課堂原則： UDL 三大原則的精準對應

UDL 架構是一套「大腦友善」的教學藍圖，將神經科學的發現轉化為解決教學中「為什麼學」、「學什麼」與「怎麼學」的三項核心原則。情感網絡、認知網絡與策略網絡分別對應 UDL 三大設計原則：多元參與（Engagement）、多元表徵（Representation）與多元行動與表達（Action & Expression），共同構築出支持所有學習者的理論基礎與實踐方向。

#### （一）情感網絡與多元參與： 學習的「為何學」

情感網絡掌管學習者的安全感與

動機，是學習啟動的關鍵機制。當學生感受到威脅或焦慮時，大腦的杏仁核會活化，促使皮質醇分泌，抑制前額葉與海馬迴的功能，使學習效率下降（LeDoux, 2000; Lupien et al., 2009）。因此，教師在教學設計中，必須營造安全、低威脅的學習環境，並提供多種參與方式，使學生能依據興趣、能力與偏好參與學習。

例如，在創作活動中，教師可讓學生自由選擇錄製 Podcast、繪製漫畫分鏡圖或撰寫文字作品，而非僅限於長篇作文。當學習與學生的生活經驗與情感產生連結時，動機便會被激發，學習從被動接受轉化為主動探索。這正是 UDL「提供多種參與方式」原則的核心，讓學生願意學、樂於學、持續學。

#### （二）認知網絡與多元表徵： 學習的「學什麼」

認知網絡是大腦的訊息處理中心，負責整合感官輸入、辨識模式與建構意義。由於每位學生對文字、圖像與符號的敏感度不同，他們接收與理解知識的方式也各異（Rose &

Meyer, 2002)。教師若僅依賴單一教材或口語講述，容易造成部分學生無法有效理解；因此，必須透過多元表徵的設計，讓學習內容能以多種形式呈現，確保所有學生皆能順利接近知識核心。

例如，在講解抽象概念或複雜過程時，教師可結合口語說明、視覺圖表、影片示範及具體範例，協助學生以不同感官通道理解訊息。這樣的多重呈現不僅降低理解門檻，也有助於建立跨模態的思考連結。UDL 所強調的「提供多種表徵方式」，正呼應認知網絡運作的設計原則，讓學生看得懂、聽得懂，最終能真正理解所學。

### （三）策略網絡與多元行動與表達：學習的「怎麼學」

策略網絡位於前額葉皮層，負責規劃、執行與表達等高層次的執行功能，是學習者將想法轉化為行動的關鍵機制（Diamond, 2012）。由於前額葉發展至青年期才趨於成熟（Gogtay et al., 2004），學生在任務規劃與自我監控上常需外部支持。教

師在設計學習任務時，應提供多元的行動與表達方式，協助學生以不同形式展現所學，培養自我管理與反思能力。

例如，在進行研究專題時，教師可引導學生使用心智圖整理思緒，或運用時間表範本進行進度規劃；學生也可選擇以簡報、影片或口頭報告呈現成果，而非單一書面報告。當學生能靈活運用多樣表達管道，他們不僅學會「怎麼做」，更學會「如何表達與修正」，體現 UDL「提供多種行動與表達方式」的核心理念，讓學生能表達所學、應用所學，最終成為能自主行動的學習者。

為使讀者更清楚理解大腦網絡與 UDL 學習原則之間的對應關係，茲將其整理如圖 1 所示。

#### 四 從神經科學原則到教學現場的實踐策略

隨著神經科學研究成果逐漸轉化為教育設計的依據，教師得以更精準地理解學習者的大腦如何運作，並據此調整教學策略。UDL 的核心價值

圖 1 大腦網絡與 UDL 學習原則對應圖



資料來源：筆者整理，並運用 AI 工具輔助圖像製作。

不僅在於「理解差異」，更在於「預見差異」與「設計包容」，這意味著教師不再被動因應學習困難，而是主動以多元設計創造出每位學生都能進入學習的路徑。

這樣的設計思維，正是從「神經科學的理論」邁向「教育現場的實踐」的關鍵橋樑。UDL 不僅是一套設計原則，更是一種以科學為基礎的教育信念，讓學習從理解大腦開始，讓每個學生都能在屬於自己的節奏中成功學習。

在教學現場，有效實施 UDL 鷹架的關鍵，在於將大腦研究的原理轉

化為靈活且具操作性的課堂實踐，筆者整理對應三大原則在教學現場的應用如表 1：

### 五 結語：推動 UDL 普及化，成就臺灣教育新願景

UDL 的價值在於將神經科學的研究成果轉化為具體的課堂實踐，承認並積極回應學習者的高度差異性，而非試圖教導一個並不存在的「平均學習者」。UDL 框架鼓勵教師在教學設計的源頭即融入彈性與包容性思維，從制度層面根本性地消除學習障礙，讓「通用設計學習」取代「為學習瓶頸補救」，實現真正的教育公

表 1 UDL 三大原則在教學現場的應用

| UDL 原則  | 教學應用重點                               |
|---------|--------------------------------------|
| 多元參與    | 鼓勵學習者擁有選擇權和自主權，支持與教導學生自我覺察與情緒調節。     |
| 多元表徵    | 任何訊息均以多樣媒介呈現，釐清專有名詞、公式與符號的意義，連結背景知識。 |
| 多元行動與表達 | 提供多樣化的創作工具，示範和引導學生進行組織、計劃、時間管理等執行功能。 |

平。UDL 不應被視為特殊教育或學習扶助的補充策略，而應成為全體學生學習的共同基礎設計原則。

為實現此願景，教育主管機關可考慮將 UDL 理念納入師資培育課程、教學評鑑指標與學校課程政策，並鼓勵建立教師專業學習社群，以促進知識分享與實踐交流。教師是教學的設計者，更是學習差異的詮釋者；校長與行政主管則是推動教育轉變的核心角色，負責型塑一個低威脅、高支持的學習環境，使每位學習者都能被理解與被看見。這不僅是臺灣教育轉型的新起點，更是我們共同邁向包容、公平與永續教育的共同願景。✎

參考文獻

CAST (2024). CAST Universal Design for

Learning Guidelines version 3.0. Retrieved from <https://udlguidelines.cast.org>

Diamond, A. (2012). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood and adolescence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174–8179.

Joëls, M & Baram, T.Z(2009). The neuro-symphony of stress. *Nat Rev Neurosci*.10(6),459-66. doi: 10.1038/nrn2632.

LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23(1), 155–184.

Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2009). The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain health. *International Journal of Endocrinology*, 2009, Article 694762.

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing.

Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.