

科技是發展還是阻礙學生學習？—「國際認知負荷理論工作坊」側寫

【文／教科書發展中心專案研究人員 李涵鈺】

John Sweller 在 80 年代提出認知負荷理論 (Cognitive Load Theory) 後，隨即引起國際上的重視；近年來，在數位資訊科技的推波助瀾下，多元訊息與媒體組合雖然豐富了感官經驗，但也隱藏可能產生認知超載與干擾的情形，形成無謂的認知負荷，有鑒於認知負荷理論對學習與教學及教材設計的重要性，國際認知負荷理論學會於今 (103) 年 6 月 24-26 日在臺灣舉辦第七屆認知負荷理論國際研討會，並在 6 月 23 日舉辦國際認知負荷理論工作坊，由中央大學學習與教學研究所主辦。

工作坊除了邀請荷蘭學者 Fred Paas 進行專題演講，應用實例說明認知負荷理論之重點外，也邀請國內投入認知負荷理論研發教材的團隊進行分享。「認知負荷」是指有限的工作記憶空間，在處理訊息時所感受到的負荷狀態。工作記憶認知處理系統的容量有限，若同一時段湧入大量的元素，如概念、聲音、符號、物件、程序等，將有損學習者的理解，造成學習困難；再者，工作記憶的時間有限，若不立即主動加工處理，很快就會遺忘；且視覺與聽覺分別由獨立的輸入管道處理，每一種管道處理訊息的能力是有限的，同時間給予過多圖片或聲音，易造成視覺或聽覺的負荷過重。

認知負荷的來源可分為三種類型：

1. 內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)，是指教材結構的複雜性，學習者在學習內容的過程中，需投注或耗費相當程度的心力以習得某項知識或技能，即學習內容所造成的學習負荷。
2. 外在認知負荷 (extrinsic cognitive load)，是指教材或教學的形式 (format)，因設計不良而產生外在認知負荷，又稱為無效的認知負荷 (ineffective)，此種負荷是外加的，因此可藉由訊息的呈現與組織方式來降低，也是認知負荷研究可發揮的重點之一。
3. 增生認知負荷 (germane cognitive load)，是有效的認知負荷，透過教材或教學設計，幫助學習者建立認知基模，看似增加學習者的認知負荷感，但此種增生的認知負荷是促進學習而非干擾學習。

當教材本身內在負荷高時，教材或教學設計需降低或有效管理外在認知負荷，使學習者的工作記憶有能力或餘裕處理增生認知負荷。

為降低無效的負荷，增加有效的負荷，應用在數位教材設計的原則有：

1. 開放目標效應 (goal-free effect)，避免固定答案的教材設計，讓學生盡可能應用已知去推論或提出解決辦法，可以多重表達自己的思考過程。
2. 示例效應 (worked example effect)，提供解題步驟，讓學生透過學習和引導來掌握學習內容，建構出較完整的解題基模。

- 3.完成問題效應（**completion effect**），空出一些步驟讓學生完成，促使對示例作較仔細的研讀，增加參與度或投入感。
- 4.分散注意力效應（**split-attention effect**），有效的整合不同的訊息，協助學生能同時注意到不同的訊息，避免分散注意去進行認知處理。如圖形（視覺）搭配聲音（聲覺）的解說，可免去注意力分散；此外，運用動態圖形呈現時，相應的文字說明與圖形應整合一起，避免跨頁或放置距離過遠。
- 5.冗餘效應（**redundancy effect**），同一概念若同時使用多種表徵呈現，工作記憶因同時湧入大量訊息，反而造成更多的認知負擔，對理解造成干擾。研究發現，圖片搭配文字敘述，與圖片搭配語音介紹，後者較有益學習績效，若文字與語音同時出現，反而產生冗餘編排，重複效果而阻礙學習。
- 6.專家反轉效應（**expertise reversal effect**），對於已經具備一定程度的學習者，工作記憶能很快與先備經驗發生聯繫，從而加速學習，若此時教學設計強迫必須完成深層工作記憶的運作，反而增加學習者的認知超載，形成反向效果；反之，若學習者尚未建立一定的認知基礎，沒有經過深層工作記憶的加工，也難以轉化為長期記憶。例如，示例對初學者是有助益的，然而，當學習者了解或熟悉該領域知識後，這些基礎性的資訊或說明成為冗餘，反而阻礙學習。
- 7.動態稍縱即逝，學習的效果沒有靜態設計來得好，此研究有點顛覆一般傳統認為動畫學習效果較好的認知，若一定要使用動畫，可掌握不同形式（**modalities**）、切割（**segment**）、提示重點（**curing**）、善用暫停、快轉等功能（**pacing**）等策略。此外，善用肢體動作（**human movement**）可降低認知負荷，老師上課時可盡量多一些肢體動作或表情，或讓學生跟著比動作，多一點操作或移動物件等活動，融入動作或觸覺增強對知識的吸收。

認知負荷理論對教育知識生產與文本符號轉換數位符號的多重動態過程提供啟發，惟在目前班級中學習者的知識程度不太一致，很難依心智能力和專業程度進行設計，如何拿捏與避免專家反轉效應，照顧到不同程度差異的學生？此外，認知負荷理論對於不同領域（如文科或理科）的學習，是否都能一體適用？軟體載具的設計會不會本身就on容易產生認知負荷？除了眼動儀外，有沒有更簡易或客觀的認知負荷測量方式或工具？最近廣為討論的翻轉教室，試圖解構傳統教與學的關係，以學生為主體去進行教學活動或教材設計，是否有助於降低認知負荷？此外，若增加或促進學生後設認知的監控，是否有益於學生自我掌握認知負荷狀態？這些問題值得思考或探討。

在教育科技發展趨勢下，對教師的教和學生的學都舉足輕重的教科書，正站在一個劇烈的轉折點上，有一部「海上鋼琴師」（**The Legend of 1900**）的電影，劇中主角的一席話令人玩味，「鋼琴上有八十八個琴鍵，琴鍵的數目有限，琴藝無限，而陸地是無限的琴鍵，無止境的琴鍵彈奏不出旋律」。從認知負荷的理論可知，人腦同時間的認知處理系統有限，當一切資訊或訊息無限寬廣了，會不會造成只是淺碟學習或更加混亂，反而無法彈奏出優美而深刻的曲調？當眾人汲汲營營於科技的多、新、炫，認知負荷理論適時扮演了煞車與調節器的角色，因應數位化、全球化，時代潮流之趨，電子媒材的發展來勢洶洶，課程或教材的設計者、教學者應有更好的因應與預備能力，除了運用多媒體科技與互動加乘效果，更要善用負荷的觀點進行訊息或元素間的設計。

很高興國內一些學者注意到認知負荷理論對教材及學習的影響，如劉子鍵教授團隊、左台益教授團隊，提出行動輔具的建議或研發出教材應用範例，以饗讀者。從認知負荷理論的啟示，水能載舟亦能覆舟，科技能促進也能阻礙學習，在

進行數位化的教材設計、教學活動設計、學習環境規劃時，確實值得我們多留意及掌握教材內容元素間的關係與互動，以提高教與學的效能。