鷹架理論的發展、類型、模式與對科學教學的啟示

謝州恩

新北市立永平國民小學

摘 要

鷹架理論可以從較早 Vygotsky 的近側發展區談起，經過 Wood、Bruner 和 Ross(1976)提出，以輔助學習者維持學習方向與鷹架的動態架構仍然是最根本的鷹架理論觀點。近年鷹架理論中，包含：鷹架撤離、人與人造物鷹架並存、減少學生自由度等各種鷹架理論，逐漸受到重視。其中，Tabak 將分佈式鷹架區分出了三種模式，包含分散性鷹架、重複鷹架與協同鷹架。透過人與人造物鷹架的優缺點探討，本研究提出一種人的鷹架可能的模式，並強調人與人造物鷹架整合的優點。從若干鷹架的實徵研究中，討論各種鷹架的適用情境。最後提供教師在進行鷹架教學時，應注意的事項。

關鍵詞：鷹架理論、鷹架模式、鷹架類型

前言

自從 Wood、Bruner 和 Ross(1976)提出鷹架理論以來，在教育界引起很大的迴響，應用範圍廣闊，在科教裡至少包含：協助學生認識數學符號(黃志賢，2006)、幫助學生形成科學假設與問題解決(Reigosa, & Jimenez-Aleixandre, 2007)、設計科學活動(Puntambekar, & Kolodner, 2005)與論證(McNeill, Lizotte, Krajcik, & Marx, 2006)等教學研究。甚至鷹架理論也已經被大量的運用在科學課程與電腦軟體設計中(Pea, 2005)。由於鷹架理論被廣泛應用，但並非採用了鷹架融入教學就等於保證提升學生學習。如：Puntambekar 與 Kolodner(2005)曾提到在教室複雜與動態的情境中，多數學生無法透過單一的鷹架達到學習目的。故需瞭解鷹架有哪些種類與差異呢？應如何增進鷹架的功能呢？

又翻閱國內若干科教文獻，有關鷹架理論的探討仍停留在過去 Vygotsky 的近側發展區(zone of proximal development [ZPD])與 Wood、Bruner 和 Ross(1976)的觀點，甚至有些人仍持有「鷹架理論是 Vygotsky 所提出」的迷思概念，這也引起了研究者想探討鷹架理論發展過程的想法。

壹、鷹架定義的發展

許多學者認為鷹架理論的來源是來自於俄國學者 Vygotsky 的 ZPD (Cazden,

1979; Hogan, & Pressley, 1997; Palincsar & Brown, 1984; Pea, 2005)。故要探討鷹架應先從 Vygotsky 的 ZPD 觀點開始，之後引發鷹架理論形成，最後探討近年鷹架理論的發展與。

一、ZPD(zone of proximal development)

Vygotsky(1978)發現人類的學習是離不開社會與文化的情境脈絡，其中語言是最重要的工具。人與人之間的溝通是使人產生較高階智能的關鍵，所以透過兒童互動行為的觀察，他認為較高能力的同儕帶領較低能力的同儕，進而使較低能力的小孩得到成長。Vygotsky 認為 ZPD 是一個人獨自解決問題的程度到經由成人或同儕指導後能到達的程度，這之間的動態距離即為 ZPD。而許多的學者談到鷹架理論，多會先提到 Vygotsky 的 ZPD 觀點，但必須注意的是 Vygotsky 自己並沒有提出鷹架理論。

二、鷹架理論的出現

Wood、Bruner 和 Ross(1976)從研究成人(指導員)教導 3-5 歲小孩子堆積木完成金字塔的過程中，引發了鷹架理論。在他們研究裡的鷹架，就是輔助小孩的指導員他們所提供的：直接協助、語言提醒錯誤、直接促使孩童作相同的積木建構。這個研究是以成人來提供鷹架。這是「scaffolding」或「scaffolds」的觀點在教育界中第一次被提出。針對這兩個都是代表鷹架的詞，Pea(2005)認為鷹架本身可以是名詞「scaffolds」，也可以是動詞「scaffolding」。因為鷹架可以是一個結構，經由輔助學童到能完全獨立間的結構。若把鷹架視為結構，鷹架就成了名詞。從動詞的觀點來看，是因為鷹架是一種活動，而兒童有很多面向需要鷹架，一直到兒童能獨立為止，Pea 認為鷹架如果都沒有變化是很奇怪的事。若從這個鷹架變化的角度來看，鷹架也可以是動詞。

在 Wood、Bruner 和 Ross(1976)的研究中提到指導員的六項功能，包含召喚學習者的興趣、減少自由度(簡化問題)、使學童保持方向、對學童指出決定性特質、對學童挫折的掌控、提供示範。這些鷹架功能強調將兒童的學習維持在 ZPD 中，而且要使兒童維持專注的方向，當時沒有提到鷹架的撤離。這個研究至今已超過 30 年，經過許多研究者的研究與探討，而有不同的觀點加入鷹架理論。

三、鷹架理論近年的發展

(一) Collins、Brown 與 Newman 的觀點

Collins、Brown 與 Newman(1989)與他們同事從認知師徒制的研究中，是最早提出將鷹架理論中加入鷹架的撤離的。所謂鷹架撤離就是當學童或生手已經逐漸熟悉目標的能力時，原本支持他們的鷹架就應該逐漸撤離。他們甚至認為鷹架的撤離本來就應該屬於鷹架中的一個重要特色。這樣的觀點獲得若干學者認同(Stone, 1998a; Pea, 2005)，因為如果

鷹架一直不撤離，反而是成了活動中不可或缺的因素時，在本質上已經轉變，就不應稱為鷹架了(Pea, 2005)。

(二) Stone 與 Palincsar 的觀點

Stone(1998a)不但認同鷹架的撤離是鷹架理論中重要的一部分，他更重視人的互動才是當初鷹架理論最基礎的模式。至於電腦軟體與書面提供的人造物鷹架，有如外在的工具(external tool)，無法產生像人一樣的互動，最多只能被視為鷹架的延伸(scaffolding metaphor)。Palincsar(1998)則反駁 Stone 的觀點，認為當初 Vygotsky 的 ZPD 觀點包含了人與人造物的部分，而且人的 ZPDs 是植基於活動與情境中的，所以鷹架也就不應限制在只有「人」的角色，也應包含人造物。這些爭論與後面人與人造物鷹架有關。

(三) Puntambekar 和 Kolodner 的觀點

Puntambekar 和 Kolodner(2005)從研究中發現教室中的情境很複雜，無法從單一的鷹架(設計日記)中使學生達到理想的學習效果。他們從後來的研究中加入更多面向的鷹架。除了加強原本設計日記中更多細節上的鷹架之外，還提供了班級討論的公佈欄，透過公佈欄的討論焦點，形成同儕間的互動，也促成了另一波的鷹架學習。該研究強調的就是提供各種不同面向的鷹架，使不同 ZPDs 的學生學習更好。這樣的研究強調的是更多面向的鷹架提供給不同的學生，他們稱為分佈式鷹架(distributed scaffolding)。此種鷹架與過去強調的鷹架本質上一樣，都是在提供學習者鷹架，只是他們認為應該在複雜的教室情境中應多增加更多面向的鷹架(Puntambekar & Kolodner, 2005)。

從上面的鷹架演變中發現鷹架理論從 Vygotsky 的 ZPD 而來，經過 Wood、Bruner 和 Ross 提出鷹架理論，又經過 Collins 與 Brown 等教育學者增加了鷹架的撤離、Palincsar 提出的人與人造物鷹架皆可，到近幾年 Puntambekar 和 Kolodner 強調的分佈式鷹架，使得鷹架教學理論可以從原本對個人進行鷹架，到班級複雜脈絡中也可以進行鷹架教學。到目前為止，每一種鷹架類型下進行的研究都還有在進行，例如：不能說一定要將鷹架撤離放在研究或教學中才是對的，因為在理論上仍未確認撤離是否式鷹架必要的部分，事實上很多研究與教學還是未強調鷹架的撤離，那麼到底鷹架的重心在哪呢？

從一些學者觀點中，可以將鷹架的特色歸納如下五點(Langer & Applebee, 1986; Palinscar, 1998; Reid, 1998; Stone, 1998a, 1998b)：

(一)**一般目標**：在互動中分享學習的意義。

(二)**持續的診斷**：對學生不同階段的了解提供診斷。

(三)**動態與適當的支援**：對不同的學生學習提供不同的鷹架與支持。

(四)**對話與互動**：教學中教師對學生的對話與互動，與學生彼此的對話角色。

(五)**鷹架撤離**：原本提供給學生或學習者的鷹架逐步撤離，使學生或學習者能獨自承擔自己的學習。

其中基本的鷹架觀點，也就是輔助學習者維持學習方向與鷹架的動態架構仍然是最根本、較無爭議的。

貳、鷹架的類型

從上述的鷹架撤離與否，可以區分出兩種鷹架的類型。另外，也可以從鷹架可減少自由度，到動態的、持續的診斷與支援，區分出任務的結構化、工作問題化的鷹架類型。分述如下：

一、從鷹架撤離與否二分的類型

Pea(2005)認為鷹架就是達到目的後，要功成身退，否則該人或工具將成為那個情境中所必要的，失去了鷹架的意義。他也知道鷹架撤離與否的探討，將難有共識。本研究重點並非放在探討鷹架是否應撤離，而是自若干鷹架的實徵研究裡，從鷹架是否有撤離來分類。

(一)不含鷹架撤離的類型

從上述的鷹架理論知道最早Wood、Bruner和Ross(1976)並沒有提到鷹架撤離。有些研究者仍會從這樣鷹架的傳統觀點出發，偏重使用鷹架輔助學生學習以達到成效作為研究素材，而不探討鷹架的撤離。例如：黃志賢(2006)在研究原住民對數學符號的學習過程中，並未提到鷹架撤離的部分，該研究到最後強調的是鷹架對原住民學生學習數學符號的重要性，而他的鷹架包含了教師對學生與學生同儕之間提供的鷹架，也包含了學生的學習單上提供的書面鷹架。他的研究顯示了學生受到鷹架影響而提升了學習的效能後，就告一段落，不從鷹架撤離與否再探討。

(二)包含鷹架撤離的類型

有許多學者確認為鷹架應包含撤離的觀點，這類的研究則會加入鷹架的撤離，並且從鷹架的開始到撤離都探討。例如：McNeill、Lizotte、Krajcik 與 Marx(2006)的研究中分實驗組與對照組去探討鷹架撤離對學生科學解釋能力的影響，發現實驗組(鷹架撤離組)並未與對照組(仍持續使用鷹架)在解釋能力的提出主張、推理與證據三方面有顯著差異。甚至推理的部分至甚至還比對照組高分。像這樣的研究有針對鷹架撤離的部分進行探討，可以歸類為包含鷹架撤離模式的部分，與上面不包含鷹架撤離模式的不同。

二、運用在電腦軟體中的鷹架類型

從電腦軟體提供鷹架的研究中，Reiser(2005)提出了兩種不同的類型。第一種是對任務的結構化(structuring the task)。為了要使學習達成任務，要簡化任務的複雜度和提供對任務結構的選擇。就

是要減少學習者自由度，並使學習者專注在目標的鷹架類型。

以 Sandoval(2003) 的 Explanation Constructor 電腦軟體為例，軟體提供了建構學生科學解釋的選項，以減少學生額外與科學解釋建構無關的想法之外，也使得學生在一邊點選的過程中熟悉了建構科學解釋的過程。

另外一種類型就是將學習者的工作問題化(problematizing aspects of subject matter)，使學習者能參與任務中重要的想法與過程。所以在這樣的軟體中會提供進一步的問題，提供學習者判斷或選擇。像這樣的判斷或選擇的鷹架，也是在支持著學習者的學習方向，對於學習者的學習認知有幫助(Engle & Conant, 2002)。此外這種鷹架類型也有助於學習者專注情境、引發學習者興趣、對問題進行推理。例如：在 Belvedere(瞭望台)軟體中，學生要選擇哪些是主張，哪些是證據；選擇自己的證據與主張作連結；最後連結證據與主張到選擇自己的表徵 (Cavalli-Sforza, Weiner, & Lesgold, 1994; Toth, Suthers, & Lesgold, 2002)。這種鷹架類型雖然較少被重視過(Reiser, 2005)，但無非是從鷹架特色中，動態的持續診斷與支援，並使學習者維持目標衍生而來的。

Reiser(2005)除了提出這兩種鷹架類型後，更重要的是認為除了特殊情況外，這兩種類型大多可以互補。而 Reiser 的鷹架類型的互補觀點，引發了 Tabak (2005)的三種分佈式鷹架模式(Davis & Miyake, 2005)，以下將探討 Tabak(2005)的鷹架模式。

參、鷹架的模式

融合 Puntambekar 和 Kolodner(2005)的分佈式鷹架與 Reiser(2005)鷹架類型互補觀點，Tabak(2005)衍生出分佈式鷹架中的三種基本的鷹架模式，包含：分散性鷹架模式、重複鷹架模式與協同的鷹架模式。且這三種鷹架模式可以重疊與互補。

一、分散性鷹架模式(differentiated scaffolds)

這分散性鷹架模式是分佈式鷹架的基本模式之一，每一個需求或學習目標對應一個鷹架(如圖 1)。例如：Sandoval(2003)的 Explanation Constructor 提供的鷹架，每一組提示都是針對學習者對生物天擇各子部分(如：環境壓力、優勢遺傳特徵等)的解釋作鷹架。

二、重複鷹架模式(redundant scaffolds)

這種的鷹架模式是指同一種需求或目標有不同來源的鷹架支持，目的在於協助不同 ZPDs 的學習者，可以重複學習或從不同鷹架中獲得支持(如圖 2)。這種模式對複雜的教室情境中的學習很重要，因為有的人可能會錯過某種的鷹架，而從另外一種鷹架中獲得學習。例如在 Puntambekar 與 Kolodner(2005)的 learning by design 中，透過不同的鷹架來源，包含設計日記，以及將問題釘在公佈欄供大家討論的不同鷹架，來達成學生學習的目的。

三、協同的鷹架模式(synergistic scaffolds)

針對同一個目標或需求，有彼此交互作用的不同鷹架連結，作為另一個鷹架。其中有的鷹架並非直接與目標或需求連結，而受透過相關連的鷹架達成目標(如圖3)。例如：將教師與電腦軟體鷹架整合，並透過教師與軟體同時針對同一個目標交互協助學生學習，可以使學生達成同一個目標而不偏離(Tabak & Reiser, 1997)。

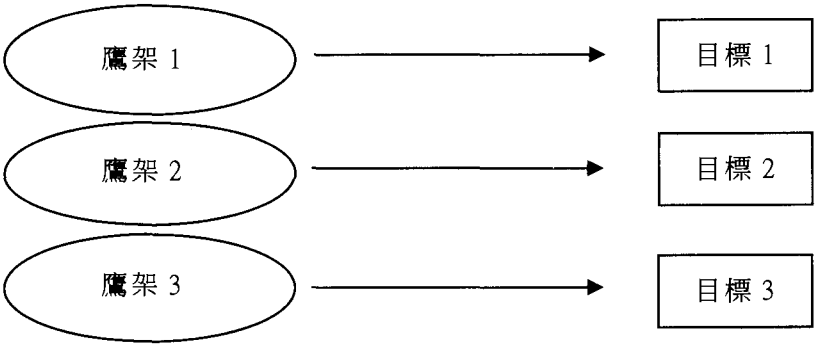

圖 1 分散性鷹架模式(改編自 Tabak, 2005, p. 316)

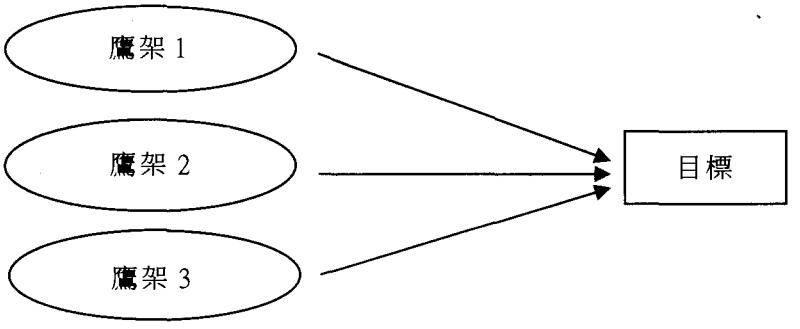

圖 2 重複鷹架模式(改編自 Tabak, 2005, p. 317)

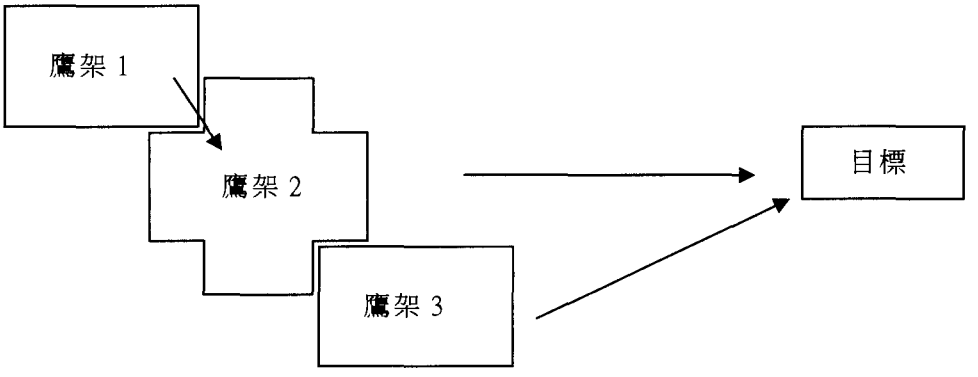

圖 3 協同鷹架模式(改編自 Tabak, 2005, p. 319)

肆、討論：人的鷹架與人造物鷹架

本節依據鷹架的屬性，區分出人的鷹架與人造物鷹架。並探討這兩種鷹架的異同。從人與人造物鷹架的特性，進而描繪出一種人的鷹架模式。

一、依鷹架原本的屬性分類

從擔任鷹架的人與人造物，也可以將鷹架分成下列三種，分述如下：

(一)人的鷹架

有的研究偏重於教師或同儕的鷹架。例如：Wood、Bruner 和 Ross(1976)的鷹架主要是靠指導者指引兒童，屬於人的鷹架。

(二)人造物鷹架

有的研究偏重於電腦軟體與書面提供的鷹架。例如：Clark 與 Sampson(2007)只有利用電腦軟體鷹架，供班級內的同學互相討論熱力學原理，屬於人造物鷹架。

(三)人與人造物鷹架

這種鷹架來源不只一種，而且是包含了人造物與人的鷹架。Puntambekar 與 Kolodner(2005)在第二個活動中，除了原來的設計日記屬於人造物鷹架外，也有同儕的討論作為鷹架，也就是人的鷹架與人造物鷹架在同一個情境中。

至於人與人造物鷹架本質上有何異同？各有什麼優缺點？研究者就人與物的本質與特性，進行了下列論述、分析與探討。

二、人與人造物鷹架相似處

(一)都是在協助學習者達成每個人的學習目標，所以就終極目標而言是沒有差異的。

(二)都可以提供文字或圖像甚至語言、動作的協助。將人造物鷹架擴大來看，從小孩子學騎腳踏車，腳踏車裝兩個輔助的輪子的觀點，到語言學習機可以協助人發音，人造物鷹架目前都可以做到，更何況是對一般圖形與文字的輔助，在教育界中是很常見的。

三、人與人造物鷹架相異處

(一)人造物鷹架較穩定，人的鷹架較不穩定。同一情境下教師或較高能力的同儕面對相同的問題時，可能會受情緒、情境或心理因素影響而回應對方較不穩定，這些都是可以被理解的。反之電腦軟體或書面文字是固定的，不會有心理因素、情緒或受其他情境影響的問題。

(二)人造物鷹架能提供較迅速、整齊、一致和精美的表徵，而人的鷹架較難達到。人造物鷹架尤其是電腦軟體經過事先設計好，有的包含許多精美的圖表可供呈現，有的則是排列整齊，容易使學習者一目了然，易於學習。人的鷹架大多沒有辦法畫得和電腦比擬，就算是由人來提供圖像，至少速度和整齊度上無法與電腦相比。

(三)人造物鷹架經由設計後較不易產生錯誤，人的鷹架則較不一定。例如同

儕間的學習，所謂較高成就的學生提供給較低成就學生的訊息難免有誤，無法與教師或研究者或經過設計的軟體或書面鷹架相比。

(四)人造物鷹架較具複製性與重複性，人的鷹架則較難做到。如：電腦軟體是透過機械與電子的硬體呈現，學習者隨時想看到何種提示就可以一直呈現在螢幕上；書面鷹架也是如實的呈現在紙上，不會因為學習者一時分心就不見了，透過影印可達千百份以上。反觀人的鷹架則會因為學習者的一時不查而遺漏了，甚至因為學習者可能會不好意思而無法彌補。此外，教學者不太可能一直指引學習者相同的一件事數十遍甚至上百遍，因為這不太合乎正常狀態下教學者的心理，但是人造物鷹架可以作得到。

(五)人造物鷹架較具有廣泛的影響力，人的鷹架影響範圍相對較小。這是因為人造物鷹架本身具有強大的複製性，可以一次供數十甚至數百人使用。例如電腦軟體的鷹架甚是可以數千數萬人同時被軟體鷹架影響。反觀人的鷹架，一個教師、一個教學團隊、一組人教學等，畢竟協助的對象有限。人造物鷹架的複製性衍生出來的影響範圍雖然可以較大，但不等於影響的程度或效果也比較大。

(六)人造物鷹架是之前先設定好的，人的鷹架則不一定。電腦軟體和書面鷹架在呈現給對方時已經先設定好，而人的鷹架受到教師與同儕的差異又有不同。教師的鷹架大多是基於對教學與學生的瞭解較完整，來對學習者輔助。高成就的同儕則能力相對比教師低，只可憑自身能力、直覺與持有的概念去協助其他同儕。

(七)人造物鷹架偏重文字，人的鷹架偏重語言。雖然人造物與人的鷹架都可以提供文字、語言、圖形等，但是就目前電腦軟體和書面的鷹架特性來看，文字與圖形的鷹架是其優勢。反之，人類的語言較寫字快速，語言是人與人之間溝通的優勢模式。

(八)人造物鷹架較呆板，人的鷹架較有變通性。人造物鷹架大多是既定的圖形與文字，所以無法作太多的調整。有的電腦軟體鷹架可以提供選擇而進入不同的系統中，但是畢竟不如人的靈活與變通。人的鷹架可以在第一時間提供支援，也可以做到針對不同人給予適當的協助。

(九)人造物鷹架無法得知每個人的 ZPD，只能透過事前規劃設定。人的鷹架則要看教師或同儕對教學對象的瞭解程度而定。一般而言，越熟悉彼此的同儕或教師可以較清楚知道對方的 ZPD，而這是電腦較難做到的。也就是說人的鷹架較能維持在受教者的 ZPD。

(十)人造物鷹架無法隨時調整或整合，人的鷹架則有辦法隨時整合。因為人造物鷹架整合除非事先經過軟體設

計，否則無法自行整合。

(十一)人造物鷹架較難監督學習者學習，人提供的鷹架在監督上較迅速、直接。這是因為沒有生命的鷹架即使在電腦軟體上裝上了監督學習者的軟體，也沒真正實質直接監督的效果，往往有賴引起學習者興趣的圖像或吸引人的提示字等，使學習者能持續維持學習的態度。反觀人的鷹架，透過人直接觀察與聽覺就可以發現學習者沒有專注在學習目標上，並可以即時糾正。包含同儕與老師都時常在提醒學習者應專注在學習目標上，而這也是人造物較難取代的部分。

從上述這些差異可以發現，人與人造物皆有其特色與盲點。似乎若能走向人與人造物鷹架的整合，則能兼顧兩邊的優點(Pea, 2005)。Pea 認為未來鷹架會更趨向於人的鷹架與人造物鷹架整合，例如：將教師與電腦軟體鷹架整合，來提升學生學習科學的效能。

四、從人造物鷹架模式看人的鷹架模式

依上面人與人造物鷹架的部分異同，並參考之前 Tabak(2005)鷹架的模式可以畫出圖四人的鷹架可能模式。

其中在鷹架 1 中有兩個相似又重疊的鷹架，代表的是人形成的鷹架每次略有不同，也就是說對同一個目標或需求，不是每個人對他人提供的鷹架都會像人造物鷹架一樣穩定，所以有差別。又圖四中不同人的鷹架採用多角形、長方形與橢圓形，可表示每個人能鷹架的個別差異。其中鷹架 2 也可以和鷹架 1 整合，鷹架 2 間接透過鷹架 1 來提供鷹架。例如：教師(鷹架 2)提醒或協助一高成就學生(鷹架 1)，請他幫忙較低成就同儕完成目標 1。有時鷹架的目標也未必只有一個，如：教師(鷹架 3)提醒學生專注在某個活動，減少學生自由度的同時，可能幫助學生達成 2 項以上的學習目標。而鷹架與目標間的箭號較之前圖 1、2、3 短，代表人的鷹架較能監督學習者去接近目標。總之，圖 4 是在傳達人的鷹架比人造物鷹架靈活度更高，監督性較高，但穩定性較低，且人與人間個別差異所形成的鷹架也會略有不同。這些差異只是所列上面人與人造物的差異的一部分。其他的差異部分，例如人的鷹架複製性低，較難由這樣的圖形所呈現。

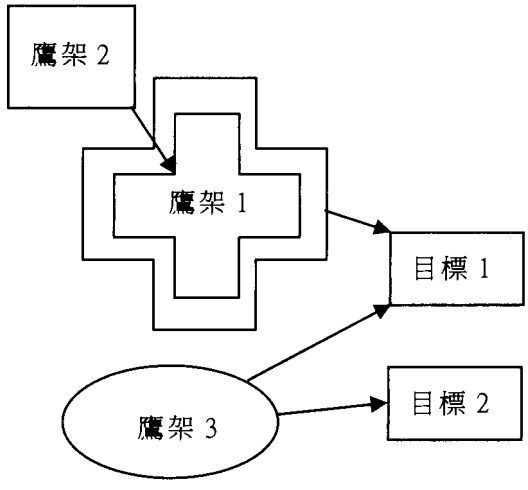

圖 4 人的鷹架可能模式

圖 4 是採取了圖 1、圖 2 和圖 3 的特性，並加上人的鷹架特質。其實在 Tabak(2005)介紹三個鷹架模式前，原本就認為她提的三個模式是基本模式，彼此可以再重疊，只是再複雜的分佈式鷹架關係她也窮舉不完，所以她只提供基本的鷹架模式供大家參考。圖 4 就是一種從人與人造物鷹架差異下的可能模式，並不能代表所有有關人的鷹架模式。

這種人的鷹架模式，從 Pea(2005)的觀點來看，等於有兩種以上的鷹架，也可屬於分佈式鷹架模式。此外，圖 4 模式本身是沿用剛才 Tabak(2005)在協同鷹架的模式，並非完全只能整合人的鷹架，也可以將人造物鷹架融入。這樣的鷹架模式經設計後應可有助於減低人造物與人的鷹架缺點，促進兩者優點的發揮。

伍、鷹架在研究與教學的相關探討

依據過去數篇鷹架的實徵研究，可以窺探出鷹架理論未來的趨勢。本節也探討鷹架理論運用在教學時應注意的情境與限制。

一、從鷹架實徵研究中探討

表一由上到下的順序是從人到人造物鷹架為順序來排列。七篇研究中只有 McNeill、Lizotte、Krajcik 與 Marx(2006)的研究有在探討鷹架的撤離。從這七篇中的鷹架原本的屬性來看，教師、同儕、書面與軟體都有在這些研究中出現。其中，鷹架模式仍以教師與同儕、同儕與書面的結合較多。且以人造物為鷹架容易形成分散性鷹架，整合度不足，即受到人造物鷹架的特性所影響。反之有人的鷹架，似乎可以較容易產生重複鷹架模式。故未來的研究者仍可以朝人與人造物鷹架結合邁進，以融合人與人造物鷹架的優點(Pea, 2005)。

二、鷹架理論在科教中常見的使用情境

從表一要鷹架的目標來看，有的是要動作技能的達成、有的是探究技能的達成、有的是概念達成的研究、學生學習論辯型的鷹架、與探究相關的鷹架。這些目標是經由教學者或研究者規劃的，與學生的學習情境有關。

Azevedo 與 Hadwin(2005)認為教學中鷹架常使用的情境包含：知識概念範圍、自我學習與後設認知、使用電腦輔助、特殊學習情境等。王琇慧(2001)認為鷹架適用的教學情境有：放聲思考(think aloud)、教師與學生或同儕間交互教學法、以及以電腦軟體為情境的學習。整合上述研究的觀點，鷹架適用情境大多傾向於：放聲思考、概念學習、科技融入、自我學習、探究與論證與後設認知等情境。

由於情境大多是複雜的，也就是除了鷹架目的不同要考慮外，還可將表一的人與人造物鷹架不同、人的互動範圍不同(班級、團體與個人)等作區分，而這些都可以屬於學生學習情境分析的範圍。從人的互動範圍，可將鷹架教學情境區分成：

表一　鷹架情境、屬性、使用過程與目標整理表

作者	情境	屬性	鷹架的過程	鷹架類型、模式
Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976)	個別 3-5 歲	教師	透過指導員(教師)的指導為鷹架，使 3-5 歲學生能疊出金字塔積木	鷹架未撤離 重複鷹架模式
Reigosa, C., & Jimenez-Aleixandre, M. (2007)	小組 15-16 歲	教師 同儕	將複雜的問題簡化成學生可以達成的小步以完成理化實驗室中的形成假設	鷹架未撤離 簡化學生任務結構 重複鷹架模式
黃志賢(2006)	班級 15-16 歲	教師 同儕 書面	透過教師展示、學習單提示以及同儕的討論為鷹架來學習數學符號概念與態度提升	鷹架未撤離 重複鷹架模式
Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005)	班級 13-14 歲	兩種書面 同儕	從兩種書面文字輔助(設計日記與公佈欄)與同儕間的探討做為鷹架以協助學生設計科學活動	鷹架未撤離 重複鷹架模式
McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006)	班級 12-13 歲	書面提示	透過書面提示做為鷹架，實驗組最後鷹架撤離，看鷹架撤離會不會對學生解釋能力有影響	鷹架撤離 簡化學生任務結構 分散性鷹架模式
Clark, B. C., & Sampson, V. D. (2007)	班級 13-14 歲	電腦軟體	透過軟體鷹架，將討論的原理放在軟體提示的位置，供大家討論與論辯，使學生對熱力學更瞭解	鷹架未撤離 學習者的工作問題化 分散性鷹架模式
Sandoval, W. A. (2003)	小組 16-17 歲	電腦軟體	透過電腦軟體提供的鷹架供學生建構天擇的解釋包含對環境與遺傳的科學解釋	鷹架未撤離 簡化學生任務結構 分散性鷹架模式

(一)班級師生互動

Hogan 和 Pressley(1997)過去的鷹架大多強調一對一的互動，較少有人談論班級與教師的鷹架，是因為教室中學生多，教師難以和每個學生作互動，而且每個學生的 ZPD 都不一

樣，老師面對如此多的 ZPDs 將不容易使鷹架發揮效能(Stone, 1998a)。如果將學生分散性成小組並提供各種工具輔助是可行的，也就是結合人與人造物鷹架，可有助於班級達到鷹架的學習情境中(McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006)。在這樣的鷹架教學中，人與人造物鷹架都可能進行。可以請班級的學生在電腦教室透過電腦軟體的鷹架進行學習，也可以搭配教師提供的鷹架，或同儕間探討，結合書面鷹架等，都是可行的方案。因為從上面的探討知道，班級是複雜的情境，從多方管道提供鷹架對學生會是較好的模式，也就是分佈式鷹架在此應為最好發揮之處。

(二)小組合作

在小組的情境中，較高能力的同儕可以引導較低能力的同儕學習，這是 Vygotsky 的 ZPD 最原始的觀點。因此可以在小組學習中運用鷹架的觀點，包含科學語言的學習、符號表徵的學習，或者是探究式學習(包含問題解決)等。小組合作的重點大多在於同儕間相互搭起的鷹架為主，可以使較低成就的學生得到成長。現在科技發達，也可以搭配電腦軟體提供的鷹架，做為學生討論的情境(Clark & Sampson, 2007)。

(三) 個案教學

從特殊教育的案例中有很多鷹架教學的案例，例如：可以對殘障學生的數學認知進行鷹架教學(王琇慧，2001)。以及從過去 Wood、Bruner 與 Ross(1976)對兒童進行的堆積木鷹架教學。這類的教學大多偏向於教師對學生、成人對小孩的指導。

三、教師提供鷹架教學

從上述不同情境下，採用的鷹架類型或模式就可能要有所取捨。且鷹架教學並非萬靈丹，也不是每種教學情境都適合。其中就教師提供鷹架的教學，Ellis 與 Worthington(1994)提出教師進行教學的限制：

(一)剛開始由於每個學生 ZPD 都不同，為了要瞭解每個學生的 ZPD，教師要比較費力。

(二)鷹架的教學需要感情比較豐富的教師，對學生有耐心，因為教師需要瞭解學生的需求與能力。

(三)鷹架教學需要有語言、仲介技巧的教師，才能去除與學習者溝通上的問題並產生信任。

(四)教師對於學生初學習時要能忍耐他們的犯錯。

(五)鷹架教學本身無法從教師手冊、指引或計畫中得到對學生立即的指引。所以需要有經驗，能隨機應變的教師來執行。

基於以上五點，可以知道從實務情境中教師要採用鷹架的觀點教學，不只是要有教學的規畫，教師本身的素質也是很重要的。老師要能有愛心、容忍學生犯錯、

有溝通技巧、能承受壓力以及臨場的應變能力。這些能力與人的鷹架特色接近。例如：有愛心的老師，可以隨時偵測學生的能力，並儘量保持鷹架在近側發展區，比人造物鷹架靈活，能隨時監測學習者的動向；教師有耐心，可以容忍學生犯錯，可以指導學生多次，但是或許無法和人造物鷹架可以一樣重複千百次；能承受壓力的教師，就能儘量克制自己，使自己面對不同的壓力時，心情盡量不受影響，仍能保持穩定的鷹架給學習者；臨場與靈活性是人的鷹架特色，是人造物鷹架目前無法達到的。

從教師的鷹架限制中也能看出一些人的鷹架特色，也能呼應到之前本研究討論的人與人造物鷹架差異。

陸、結語

這個研究從鷹架的源頭 ZPD 開始談起，一直到 Collins 等人的鷹架撤離，Stone 與 Palincsar 的人與人造物鷹架的爭論，以及 Puntambekar 與 Kolodner 的分佈式鷹架，呈現了各種鷹架的類型。Tabak 進一步將分佈式鷹架分成分散性鷹架模式、重複鷹架模式以及協同鷹架模式。

本研究除了呈現鷹架撤離與否的模式外，也探討從人與人造物鷹架模式差異，並形成人的鷹架模式。從人與人造物鷹架異同比較中，可以瞭解人與人造物鷹架都有其優點與限制。而結合這兩類的鷹架，可以互相彌補之間的缺點，也符合 Tabak、Reiser 與 Pea 認為鷹架模式可以整合的觀點。從若干鷹架的實徵研究中可以知道，教學情境至少可以從人的互動範圍、人與人造物鷹架以及教學目標作區分。可知人多的情境中，提供的鷹架越多元越好；不同情境應採取不同鷹架類型或模式教學。至於在進行以教師為鷹架來源的教學或研究時，應注意教師是否已準備好。

致謝

感謝國立臺灣師範大學科學教育研究所吳心楷教授於「社會建構與科學教育」課程的指教，使本研究得以完成，在此致謝！

參考文獻

王琇慧(2001)。**肢體障礙國中生之數學認知－一個建構教學的行動研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。

黃志賢(2006)。結合可能發展區與鷹架教學方案於原住民高職學生數學文字符 號概念改變之研究。**科學教育學刊**，**14**(4)，467-491。

Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition-Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science, 33*, 367-379.

Cavalli-Sforza, V. W., & Lesgold, A. M. (1994). Software support for students engaging in scientific activity and scientific controversy. *Science Education, 78*, 577-599.

Cazden, C. B. (1979). *Peekaboo as an instructional model: Discourse development at home and at school.* Stanford: Department of Linguistics, Stanford University.

Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007).

Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education, 29*, 253-277.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In Resnick, L. B. (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ: Lawerence Erlbaum Associates, Inc.

Davis, E. A., & Miyake, N. (2005). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *Journal of the Learning Sciences, 13*(1), 265-272.

Ellis, E. S., & Worthington, L.A. (1994). *Research synthesis on effective teaching principles and the design of quality tools for educators.* University of Oregon: National Center to Improve the Tools of Educators.

Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction, 20*, 399-483.

Hogan, K., Pressley, M. (1997). *Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues*. Cambridge, MA: Brookline Books.

Langer, J. A., & Applebee, A. N. (1986). Reading and writing instruction: Toward a theory of teaching and learning. In Rothkopf, E. Z. (Ed.), *Review of Research in Education* (Vol. 13, pp. 171-194). Washington, DC: American Educational Research Association.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences, 15(2)*, 153-191.

Palincsar, A. S. (1998). Keeping the metaphor of scaffolding fresh-A response to C. Addison Stone's "The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 31*, 370-373.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring ctivities. *Cognition and Instruction, 1(2)*, 117-175.

Pea, R. D. (2005). The Social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences, 13*(6), 423-451.

Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(2), 185-217.

Reigosa, C., & Jimenez-Aleixandre, M. -P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: Difficulties hindering students' assumption of responsibility. *International Journal of Science Education, 29*, 307-329.

Reiser, B. J. (2005). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences, 13*(2), 273-304.

Reid, D. K. (1998). Scaffolding: A broader view. *Journal of Learning Disabilities, 31*, 386-396.

Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences, 12(1)*, 5-51.

Stone, C. A. (1998a). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 31*, 344-364.

Stone, C. A. (1998b). Should we salvage the scaffolding metaphor? *Journal of Learning Disabilities, 31*, 409-413.

Tabak, I. (2005). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed

scaffolding. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 305-335.

Tabak, I., & Reiser, B. J. (1997). Complementary roles of software-based scaffolding and teacher-student interactions in inquiry learning. In R. Hall, Miyake, N., & Enyedy, N. (Eds.), *Proceedings of CSCL '97: The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (pp. 289-298). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). "Mapping to know": The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education, 86*, 264-286.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17*, 89-100.

投稿日期：101 年 06 月 27 日

接受日期：102 年 09 月 27 日

The Developments, Types, and Models of Scaffolding Theories and the Implication for Science Instruction

Chou-En Hsieh

Yong-Ping elementary school, New Taipei city

Abstract

The scaffolding theory could be traced to the zone of proximal development of Vygotsky, and after that, Wood, Bruner, and Ross proposed the theory firstly. The core of the scaffolding theory was based on supporting learners their learning directions and the moving structure of scaffolding. In recent years, science educational researchers concerned several aspects of scaffolding theories such as: evacuating of scaffolding, human scaffolds and artifact scaffolds stood side by side, reduced students' degree of freedom. Tabak suggested three models about distributed scaffolding, which include differentiated scaffolds, redundant scaffolds, and synergistic scaffolds. By discussing the good and bad of the human scaffolds and artifact scaffolds, I recommended to integrate them and presented one possible model about human artifact learned from Tabak's work. From several empirical scaffolding researches, I evaluated which scaffolds were suitable in some conditions. I also presented some items about what the teachers should notice who were beginning to teach students by using scaffolding.

Keywords: scaffolding theories, models of scaffolding, types of scaffolding