科學教育學刊
2004, 第十二卷第二期, 133-158

Chinese Journal of Science Education
2004, 12(2), 133-158

以 CHILDES 分析一對一科學教學活動中師生互動共建科學知識的行為表現

邱美虹 [1]　**林秀蓁** [2]
國立台灣師範大學科學教育研究所

（投稿日期：民國 92 年 5 月 27 日，修訂日期：92 年 9 月 16 日，接受日期：92 年 11 月 25 日）

摘要：根據本研究之前的研究結果顯示，利用 Collins, Brown, & Newman 所提出認知師徒制的六大面向（即示範、訓練、鷹架、闡明、反思和探索）所設計之化學平衡課程，認知師徒組學生學習後的成效優於非認知師徒組，且使用較多的「平衡過程」（Equilibration Process, EP）屬性述詞，並可建構出微觀的動態隨機之化學平衡心智模式。是什麼原因造成兩組學生學習上質與量的不同呢？本研究旨在從行為面向，深入比較兩組的教師、學生及師生互動在此層面上之異同，並藉助「兒童語料交換系統」（Child Language Data Exchange System, CHILDES）進行分析工作，希冀釐清一對一家教科學學習活動中師生互動建構科學知識之類型與機制。研究結果發現，認知師徒組的教師展現高頻率的發問行為，且會根據學生的回應而詢問延伸性的開放性相關問題，尤其在教授化學平衡的可逆及動態本質之活動單元中以一系列的提問，使學生有更多的機會進行更深入的思考，故導致學生產生較多的預測與解釋，學習成效較佳。非認知師徒組教師的高頻率行為則是分散在發問、講述及回應三個類別中，若有發問則以新的封閉性問題為主，大多與學生的回應無關，而是依循教師的既定教學計畫進行，因此，學生多以簡短的是否對錯或是填空式回答教師的問題，且教師也少繼續詢問相關的問題，所以學生的學習成效較差。

關鍵詞：一對一家教系統、認知師徒制、兒童語料交換系統。

壹、前言

一、研究背景與重要性

根據先前研究結果顯示，認知師徒組學生表現比非認知師徒組學生好(邱美虹、劉嘉茹、周金城和梁家祺, 1999)，並建構出微觀的分子及分子間的動態及隨機之化學平衡心智模式（Chiu, Chou, & Liu, 2002)，且在後測口語說明上使用較多的「平衡過程」(Equilibration Process, EP) 述詞（邱美虹、周金城和林靜雯, 2000)，這些研究結果顯示認知師徒組的學生在教學後較能掌握化學平衡概念的本質，且較具概念改變的傾向。除了本研究得到這樣的結果外，其

他研究也支持認知師徒制的教學可以得到較好的學習成效（Rogoff, 1990）；但是，對於到底是什麼因素造成認知師徒組比非認知師徒組成效好，則未有定論。在我們的先前研究中，關注的是「化學概念」內容本身，未探討造成兩組學生學習成效不同之因素爲何。因此，本研究即欲從兩組師生在行爲面向上的表現，嘗試解釋此學習成效差異。

傳統上，科學教育口語資料分析是一件相當耗費心力的工作，通常多以人工從事編碼的計算、搜尋、類型等工作，且每次編碼必須重新處理資料，缺乏彈性，難以搜尋特定編碼及其相對應的原案內容，不易偵測錯誤編碼，造成分析上的困難。因此，在本研究中，採用可判讀多種語言、同時分析及呈現口語內容與編碼結果、且提供多種程式指令及參數功能之「兒童語料交換系統」（Child Language Data Exchange System, CHILDES）（MacWhinney, 2000）進行口語資料的分析，關於 CHILDES 的相關細節，留待理論基礎部分再詳述。

二、研究目的與研究問題

綜上所述，本研究的目的即在利用 CHILDES 分析造成認知師徒組學生的學習成效比非認知師徒組好的行爲特質，並深入比較兩組的師生行爲類型及師生互動情形，亦即從「教師的教學行爲」、「學生的學習行爲」及「師生間的互動行爲」三個面向，分析兩組師生在這些向度上的異同。

爲了達到上述的研究目的，本研究設計適合本研究目的的編碼系統，試圖回答下列三個研究問題：

1. 認知師徒組與非認知師徒組教師的教學行爲特徵爲何？兩組之間有何異同？
2. 認知師徒組與非認知師徒組學生的學習行爲特徵爲何？兩組之間有何異同？
3. 認知師徒組與非認知師徒組師生的行爲互動型態爲何？兩組之間有何異同？

貳、理論基礎

本研究藉由學習理論及口語資料處理兩大面向，以 CHILDES 系統分析教師教學行爲、學生學習行爲及師生互動行爲的特色。故以下就認知師徒制、促進學習成效的師生行爲、口語資料分析及 CHILDES 系統，進行相關文獻的分析與探討。

一、認知師徒制

在學校教育出現之前，師徒制是最普遍的學習方式。傳統師徒制與認知師徒制教學的共同步驟是「示範」（modeling）、「訓練」（coaching）及「鷹架」（scaffolding）三個部分，而認知師徒制比傳統師徒制有較多的「闡明」（articulation）、「反思」（reflection）和「探索」（exploration），也就是認知師徒制包含了「示範」、「訓練」、「鷹架」、「闡明」、「反思」及「探索」六個重要面向。認知師徒制強調在實際情境中學習，以鼓勵學習者對概念進行深層的理解（Collins, Brown, & Newman, 1989）。因爲認知師徒制提供了生手或學生觀察專家，且練習時可以獲得專家的指導，所以，適合複雜的技巧與知識之教學與學習（Tilley, 2001）。

自從 Collins et al.（1989）提出認知師徒制之後的十幾年間，有許多以認知師徒制爲基礎而進行的相關研究。「閱讀」方面的探討（Collins et al., 1989）顯示，認知師徒制可提升閱讀理解並增進正向態度（Knapp & Winsor, 1998），並改變教師自己的閱讀行爲（De Jager, Reezigt, & Creemers, 2002）。根據認知師徒制模式設計教學活動或是批判思考工具軟體（Stockhausen & Zimitat, 2002），可發展認知技能及因果推理能力（Hendricks, 2001; Patel, Kinshuk, & Russell, 1999; Rogoff, 1990）。此外，也將認知師徒制用於問

題解決與複雜技術的訓練（Jarveka, Bonk, & Lehtinen, 1999; Tilley, 2001），例如用於臨床護理課程基礎訓練以幫助學生順利轉換爲護理從業人員（DeBourgh, 2001），並發展工作取向的動機興趣（Jarveka, 1998）。有些研究則是應用認知師徒制裡的師生互動型態－教師示範其所使用的專業，教導並鷹架及淡出，讓學生透過眞實的練習參與而學習科學（Roth & Bowen, 1995）。在這些研究中，有些是將認知師徒制的某些要素，例如「鷹架」或是「反思」等等，納入教學設計的考量，有些則是從情境學習及社會建構來探討認知師徒制的功能，顯示認知師徒制有利於學生理解、認知思考、或是複雜的問題解決與知識技能之學習；因此，本研究中認知師徒組的學習材料，即是將認知師徒制的六大要素融入其中，依此進行「化學平衡」複雜概念的教學活動。

本研究之前的相關研究分析主要是針對兩個面向，一個是從概念本質或是概念內容來探討概念改變的難易或是學生的學習困難，另一個則是比較兩組學生經由教學而產生的學習成效差異（例如述詞或是心智模式等等），也就是皆以概念層面進行分析。但是，對於究竟是什麼因素造成認知師徒組比非認知師徒組成效較佳，則未有深入的探討。此外，認知師徒制的研究文獻，多著重於策略層面的探討，而未涉及行爲層面。因此，本研究欲進一步分析一對一家教教學過程中，兩組教師、學生的行爲及師生之間的互動情形，試圖從行爲及互動類型的向度，探討有利於學生學習成效的的教師教學行爲、學生學習行爲及師生之間的互動類型。

二、促進學習成效的師生行爲

所謂的「一對一家教教學」是指教師與學生面對面的教學型態，或是透過電腦網路進行此一教學活動（Minkel, 2001）。一對一家教教學的實施方式有兩種，一種是教師對學生（Elbaum, Vaughn, & Hughes, 2000），另一種則是同儕之間互扮師生進行教學（Vadasy, Jenkins, & Antil, 1997）；無論是哪種形式，都能讓學生的學習能力進步，可見一對一家教是一種非常有效的教學形式（Chi, Siler, Jeong, Yamauchi, & Hausmann, 2001; Rogoff, 1990）。有三種假說嘗試解釋促進一對一家教系統中學生的學習成效之原因，分別是以「教師」、「學生」及「師生互動」爲中心的假說（Chi et al., 2001）。以下，分別論述這三個假說的內涵。

所謂的「以教師爲中心的假說」是假設成效來自於教師的技巧，也就是教師說話的內容及時機影響了學生學習成效的好壞。家教系統比傳統教學多了鷹架及回饋兩個步驟，且教師主導了整個教學的進行（Chi et al., 2001），教師是教學活動的決策者（MacArthur, Stasz, & Zmuidzinas, 1990），並激發學生的學習（Lepper, Woolverton, Mumme, & Gurtner, 1991）。研究顯示，66 %的學生成功問題解決行爲之後，緊跟著的是教師的正向回饋（例如：對、嗯），此舉引導學生朝向正確的推理路線繼續前進（Merrill, Reiser, Merrill, & Landes, 1995）；即使是收到電腦給予的正向或負向回饋的學生，後測成績也比沒有收到回饋的學生高（Anderson, Bell, & Perfetti, 1995）。這些結果意味著教師的行爲對於學生的學習是重要的，且持續的回饋有助於學生的學習。

「以學生爲中心的假說」認爲該類之研究成效來自於提供學生較多機會主動參與建構，因爲家教系統中的學生並不像傳統教室教學中的學生只是一個被動的接收者，而是讓學生產生更多增進學習成效的行爲，例如有助於概念理解與學習的自我解釋（Chi, 1996; Chi, deLeew, Chiu, & Lavancher, 1994）。深層複雜形式的建構包含了反思或預測（Palinscar & Brown, 1984）、探索（Collins et al., 1989）、修正既有知識（Chi,

2000）等等，而這些建構活動的外顯行爲則可能是自發性的自我解釋（Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989）、提問、對教師解釋或是回答教師問題等等，外在建構行爲的頻率與學習之間具有相關性（Chi et al., 2001）。

至於「以師生互動爲中心的假說」，則是認爲師生之間的互動造成成效，強調對話中師生互動的重要性（Cox, McKendree, & Tobin, 1999; McKendree, Stenning, Mayers, Lee, & Cox, 1998; Wilkes-Gibbs & Clark, 1992）。師生間的對話有兩種類型，一是具有互動性質的，也就是教師的行爲可以引發學生的回應，例如詢問學生關於內容或是理解性的問題；一是不具互動性質的，也就是教師對學生進行冗長的解釋，卻沒給學生回應的機會，或是給學生回饋之後就直接解釋，中間沒有插入任何判定學生理解的問題（Clark, 1996）。科學知識是經由彼此間的互動性對話所建構而成的（Longino, 1993），支持情境下的互動是讓學生獲得良好學習的媒介（Comer, 2003）。如果學生表現出較多的互動行爲，則對學習效果有較大的助益（Chi et al., 2001）。在一對一家教的相關文獻中，並未嚴格將行爲與策略區分爲兩個不同的面向，但是本研究者認爲行爲與策略是兩個不同層面，行爲是外顯的動作，而策略則是行爲背後所欲達到的目的。根據先前的研究結果顯示，認知師徒組學生比非認知師徒學生的學習成效好，是否肇因於認知師徒組的師生行爲較具互動性，而非認知師徒組的師生較不具互動性呢？這也是本研究欲探討的問題之一。

三、CHILDES

自 1960 年代開始，研究者以放聲思維（think-aloud）方式蒐集資料，並對此口語資料進行原案分析（protocol analysis），以了解問題解決的學習與發展歷程（Bruer, 1998; Newell & Simon, 1972）。到了 1970 年代以後，研究者在實際科學研究中採用更多的描述性方法（Dunbar, 1998），科學教育研究也廣泛使用口語資料分析。最簡單的轉錄形式是文字（Lemke, 1998），從錄音或是錄影資料的轉錄，一直到後續的編碼分析，整個口語資料分析是一件非常費時費力的工作（Chi, 1997）。以往使用電腦分析質性資料，主要用於「文書處理」與「資料庫管理」方面，也就是倚賴電腦進行資料的儲存與提取（Merriam, 1988）。近年來，也有學者開發軟體處理口語資料，但因爲中文字體與多數歐美文字的編碼方式不同，以致於許多程式無法處理中文資料。爲了解決上述的資料處理問題，本研究利用近年來受到兒童語言學習研究領域重視的 CHILDES 處理龐大的教學口語資料。

顧名思義，CHILDES 是一個專門處理兒童口語資料的系統，這個系統是由美國卡耐基梅倫大學（Carnegie Mellon University）心理系教授 Brian MacWhinney 和美國哈佛大學教育學院教授 Catherine Snow、美國加州大學教授 Elizabeth Bates 等人在 1983 年所開發出來的（MacWhinney & Snow, 1985）。近二十年來，已經有一千多篇以此系統資料發表的論文，多集中在語言學習領域，尤其是廣泛應用於兒童語言學習的研究；因此，其關注的焦點在於語彙的長度、種類等方面，可以單一字詞或是句子爲分析單位。本研究採用 CHILDES 進行教學口語資料的處理與分析，首要原因在於它可以處理中文資料；除此之外，它還具有可輕易偵測錯誤編碼、重複編碼、彈性大等等優點，可以解決以前口語資料處理上的困難。

叁、研究方法

本研究是延續先前研究作進一步的分析，相關資料可參見 Chiu et al.（2002）。其主要是設計一系列具有「動態」特質的化學平衡實驗

活動，同時配合教學內容設計前、後測驗題目，並經專家效度後，進行預試及修正，確定正式施測題目內容並實際施測。本研究的分析主要是將教學時師生的口語資料轉錄成文本資料，並發展編碼系統進行編碼，最後利用 CHILDES 所提供的 CLAN 程式分析編碼資料。

一、研究對象及進行方式

台北縣某公立高中一年級已修過基礎理化的 122 名學生進行前測，並根據此紙筆測驗結果，從中選取具有主要迷思概念的學生 30 人，隨機分派至認知師徒組與非認知師徒組。其中，認知師徒組 20 人，非認知師徒組 10 人。兩組學生皆進行一對一家教教學活動，且皆在教學前後進行前測及後測。

二、研究工具

(一)紙筆測驗工具：

研究者配合教學內容設計一系列的前測及後測的化學平衡概念題目各 13 題，經由專家效度後，進行測試，再予以修正，以確定題目內容。本研究工具的信度（Cronbach α），前測試題 α＝0.70，後測試題 α＝0.78。

(二)教材：

教材總共包含九個單元，兩組的主要教材內容相同。但是，認知師徒組教材多了以認知師徒制方式所設計的問題，每個教學活動都包含了認知師徒制的「示範」、「訓練」、「鷹架」、「闡明」、「反思」和「探索」六個重要向度（Collins et al., 1989）；其中，實驗活動中納入預測－觀察－解釋（POE）方式並行，來達成上述六個向度。

三、資料分析方式

(一)將口語資料轉錄成文本資料，以電子檔案儲存，提供後續分析的依據。

(二)設計編碼系統，並進行文本資料編碼，以分析師生行為及師生互動型態。

(三)以 CHILDES 處理編碼資料，並進行後續的分析。

四、編碼系統的發展、信效度及內容

因為本研究的目的著重於分析師生的行為類型及師生互動型態，因此以段落為分析單位。此外，重視概念而非單一字詞，以編碼分析為主，而以字詞為輔，故編碼系統非常重要。編碼系統的良窳決定了後續編碼工作的順利與否，以及編碼結果與後續分析的好壞。接下來，介紹編碼系統的發展及相關資訊。

(一)編碼系統的發展與信效度檢驗

整個編碼工作，共歷時一年多。發展編碼系統之前，已完成認知師徒組與非認知師徒組的研究工作（包括資料收集、口語資料謄錄、資料初步分析、CHILDES 工作坊兩次）。Chi（1997）曾詳細討論如何將口語資料分析用於學生知識概念表徵及轉變的歷程，研究者將該口語資料分析方式作為本研究分析的指引。本研究的編碼系統，採取由上而下發展，依據文獻及先前研究訂定編碼表，並加以修正與擴充。完成後，邀請兩位 CHILDES 方面的專家對編碼表進行專家審查，再作釐清與修正。隨即，進行實際資料的編碼，每個表由一人負責，試編兩組的教學口語資料各一份，以測試此編碼系統是否完整可行；之後，並依實際狀況調整編碼系統，釐清修正難以編碼的部分，並納入之前未考慮到的新編碼。

接下來，將同一個編碼表交由兩位不同的編碼者（所有編碼者皆具科學教育研究所碩士班或是博士班背景），分別對兩組的口語資料進行編碼；各自完成後，兩人再針對不一致處討論溝通，並修正及精緻化編碼表；之後，兩人分別再進行編碼工作，並進行信度檢驗。以兩人的所有編碼個數作為分母，其中兩人相同的編碼個數作為分子，計算得出信度。例如：

根據編碼表 A 的編碼結果，兩人的編碼數共有 182 個，其中，180 個編碼是相同的，所以，信度 r = 180/182 = 98.9 %，同理得到編碼表 B 的信度 r = 95.1 %，兩表的信度皆在 95 %以上。編碼系統確立之後，每個編碼表各交由一位編碼者進行全部 30 份教學口語資料之編碼。

(二)編碼表內容

因爲本研究的目的在分析行爲面向，故教學策略與學習策略將另外爲文討論之，本論文的兩個編碼表分別針對教師的教學行爲與學生的學習行爲。接下來，詳述兩個編碼表的內容。

1. 編碼表 A　教師的教學行爲

根據 Chi et al.（2001）對於教師行爲的描述，以及實際資料的試編修正，本研究將教學活動中教師的教學行爲分成三大向度，分別是：「主動提問」、「回應學生的問題或回答」及「直接講述」，每個向度再細分若干的行爲類型。所謂的「主動提問」是指教師主動對學生提出問題，其問題形式又可分爲「提延伸封閉性問題」、「提延伸開放性問題」、「提新的封閉性問題」及「提新的開放性問題」四種類型；所謂的「回應學生的問題或回答」是指教師針對學生的提問或是回答所作的回應，其回應形式又可分爲「直接回答問題」、「以是否對錯回答」、「給認知上回饋」、「給情意上回饋」、「產生一般性結論」、「產生區域性結論」、「提新的相關問題」、「提新的無關問題」及「重覆」九種類型；所謂的「直接講述」是指教師直接講述與教材相關的內容，其講述的內容形式又可分爲「直接講述內容」及「陳述進行方式目的」兩種類型。因此，將教師教學行爲分成三大向度共 15 種行爲類型（如表 1），詳見附錄的編碼表 A。

2. 編碼表 B　學生的學習行爲

編碼表 B 以學生的學習行爲爲主，由於學生並沒有「直接講述」的行爲，所以刪去此向度。此外，因爲活動中設計了「預測－觀察－解釋」（POE）的教學策略，故增加此向度；其中，「解釋」也出現在「回應」的向度中，爲了避免重複混淆，因此將「解釋」歸於「回應」的向度之下，故形成「預測－觀察」向度。

基於上述考量及實際編碼修正，所形成的編碼表 B 共分成「預測－觀察」、「主動提問」及「回應教師的問題或回答」三大向度。「預測－觀察」是指學生進行預測或觀察的行爲，分爲「預測」與「觀察」兩個類型；所謂的「主動提問」是指學生主動對教師提出問題，其問題形式又可分爲「提封閉性問題」和「提開放性問題」兩種類型；所謂的「回應教師的問題或回答」是指學生針對教師的提問或是回答所作的回應，其回應形式又可分爲「填空式回答」、「解釋」、「提新的相關問題」、「提新的無關問題」、「產生一般性結論」、「產生區域性結論」、「重覆」、「沉默不語」、「喃喃自語」及「以是否對錯回答」十種類型。因此，將學生學習行爲分成三大向度共 14 種行爲類型（如表 2），詳見附錄的編碼表 B。

肆、研究結果

本研究依據附錄一的編碼表 A 及編碼表 B，分別進行教師與學生的行爲編碼，並經 CLAN 程式分析。以下，依序呈現兩組之「教師的教學行爲類型」、「學生的學習行爲類型」及「教師與學生的行爲互動類型」的表現，並比較其異同。

一、教師的教學行爲類型

根據編碼表 A 編碼及 CLAN 的「freq」指令分析，得到如圖 1 所示的教師行爲類型相對頻率。兩組教師都採取了 14 種以上的行爲（認知師徒組 15 種，非認知師徒組 14 種），顯示教師皆展現多元的行爲；同時，前四種最高頻率行爲的相對頻率百分比總和都超過 50 %，顯

表1：教師教學行爲的向度與種類

教師教學行爲向度	教師教學行爲種類
主動提問	提延伸封閉性問題、提延伸開放性問題、提新的封閉性問題、提新的開放性問題
回應學生的問題或回答	直接回答問題、以是否對錯回答、給認知上回饋、給情意上回饋、產生一般性結論、產生區域性結論、提新的相關問題、提新的無關問題、重覆
直接講述	直接講述內容、陳述進行方式目的

表2：學生學習行爲的向度與種類

學生學習行爲向度	學生學習行爲種類
預測－觀察	預測、觀察
主動提問	提封閉性問題、提開放性問題
回應教師的問題或回答	填空式回答、提新的相關問題、提新的無關問題、解釋、產生一般性結論、產生區域性結論、重覆、沉默不語、喃喃自語、以是否對錯回答

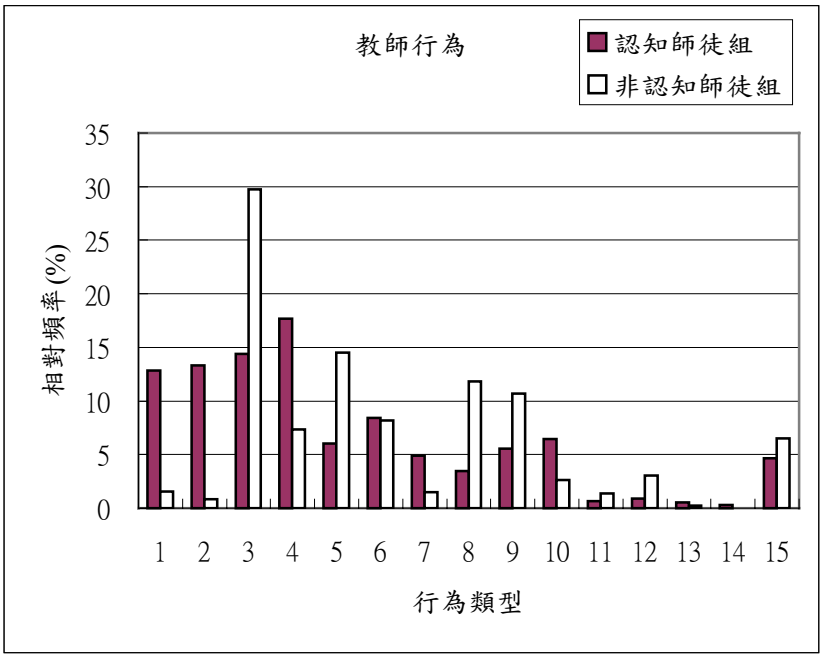

圖1：兩組教師教學行爲頻率：圖例中的1～4「A」代表「主動提問」向度，5～6「N」代表「直接講述」向度，7～15「R」代表「回應學生的問題或回答」向度

示兩組教師的行爲類型集中。就認知師徒組教師而言，出現頻率最高的行爲是「提新的開放性問題」(17.7％)，「提新的封閉性問題」(14.4％)次之，「提延伸開放性問題」(13.3％)再次之；出現頻率最低的行爲則依序是「產生一般性結論」(0.7％)、「提新的相關問題」(0.5％)及「提新的無關問題」(0.3％)。就非認知師徒組教師而言，出現頻率最高的行爲是「提新

表 3：兩組教師行爲比較 (Asymp. Sig. 2-tailed)

行爲	CCL	COP	ICL	IOP	DI	DP	AN	AYN	FSC	FSE	GCG	GCL	NQC	NQI	TRE
U	1.0	.0	64.0	.0	69.5	54.5	31.5	44.5	98.5	34.5	85.0	53.5	51.5	70.0	95.5
P 值	.000**	.000**	.113	.000**	.178	.045*	.003*	.014*	.947	.005**	.489	.038*	.023*	.059	.843

* : $p < .05$ ** : $p < .01$

的封閉性問題」(29.7 %),「直接講述內容」(14.5 %) 次之,「以是、否、對、錯回答」(11.8 %) 再次之；出現頻率最低的行爲則依序是「提延伸開放性問題」(0.9 %)、「提新的相關問題」(0.2 %) 及「提新的無關問題」(0.0 %)。

上述的教師教學行爲之比較，再以 U Test 統計考驗 (因爲兩組教師行爲頻率未達常態分佈)。結果如表 3 所示，兩組教師在「提延伸封閉性問題」、「提延伸開放性問題」、「提新的封閉性問題」、「提新的開放性問題」、「直接回答問題」、「以是否對錯回答」、「給情意上回饋」、「產生區域性結論」及「提新的相關問題」九種行爲上有顯著差異 ($p < .05$)；其中，除了在「提延伸封閉性問題」、「以是否對錯回答」及「產生區域性結論」三個向度上，非認知師徒組教師的行爲頻率高於認知師徒組之外，其他六個向度上的頻率，皆是認知師徒組高於非認知師徒組。整體而言，認知師徒組教師表現較多的「提問」行爲，且其提問較具延伸性、開放性，並給予學生較多的情意回饋。相較之下，非認知師徒組教師的提問行爲較少，且提問多以封閉性問題爲主。

前面的分析結果顯示，非認知師徒組教師出現高頻率的「提新的封閉性問題」，如此高頻率的提問與認知師徒組教師的提問內容是否相同呢？進一步分析口語資料顯示，兩者的提問內容及目的極不相同，使後續的學生反應也有所差異。認知師徒組教師的提問針對活動的內容，藉此釐清並確認學生的想法，例如：

師：水分子是不是被染色了？〔提新的封閉性問題〕

生：是啊。〔直接回答〕 (E20601)

相較之下，非認知師徒組教師的提問，可分成兩大類，第一類類似填充題，教師已講出大部分的內容，而讓學生填空式回答原先欲講授的最後兩三個字詞，例如：

師：在它們進行反應的時候，由 A 到 B 的反應速率與 B 到 A 的反應速率應該會・・・〔提新的封閉性問題〕

生：相等。〔填空式回答〕(C20211)

第二類則是詢問學生是否了解，但無法從學生的回答了解學生的理解情形，因爲學生不須深入思考即可以「有」、「沒有」、「是」或「否」等方式回應，例如：

師：到這邊有沒有問題？〔提新的封閉性問題〕

生：沒有。〔以是否對錯回答〕(C20319)

上述的分析顯示，兩組教師即使出現相同的行爲類型，其實質內涵卻不盡相同。因此，兩組教師的差異不僅存在於行爲類型本身，也存在於內容上。

若是依「主動提問」、「回應學生的問題或回答」及「直接講述」三大類別分析，則認知師徒組教師行爲落在這三個類別的頻率依序爲 58.3 %、27.4 %及 14.4 %，非認知師徒組教師行爲落在這三個類別的頻率依序爲 39.6 %、37.6 %及 22.7 %，兩組教師在三大類別行爲的頻率高低順序相同；其中，兩組教師的「主動提問」與「直接講述」的頻率總和皆在 60 % 以上，顯示教師處於主導地位。

比較兩組教師在三大向度上的差異，認知師徒組教師行爲超過 70 %以上是在「主動提問」向度上，而非認知師徒組教師則平均落在

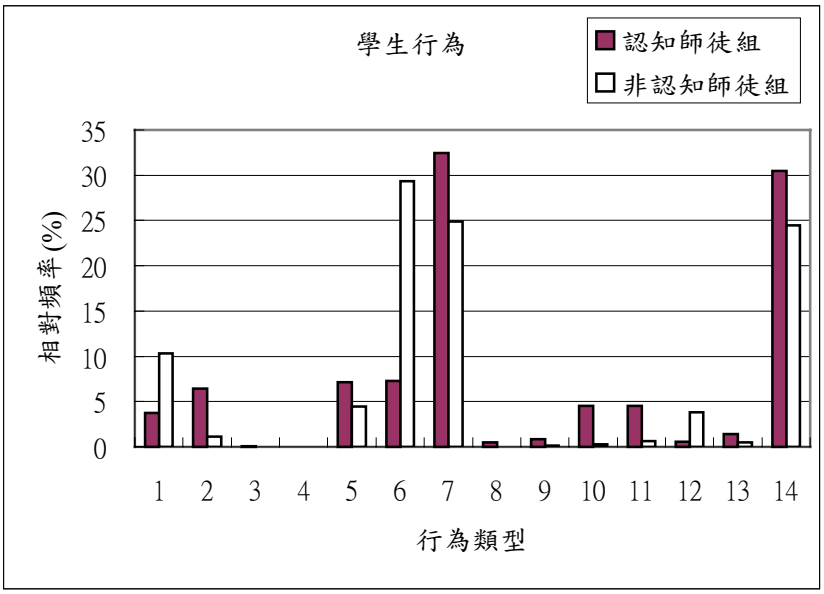

圖 2：兩組學生學習行爲頻率：圖例中的 1～2「P」代表「預測－觀察」向度，3～4「A」代表「主動提問」向度，5～14「R」代表「回應教師的問題或回答」向度

三個向度上。兩組教師較大的差異顯現在「主動提問」範疇裡的「提延伸封閉性問題」及「提延伸開放性問題」，這兩個行爲約佔認知師徒組教師全部行爲的 1/5，而非認知師徒組教師則幾乎沒有出現這兩種行爲；此外，認知師徒組教師的提問均勻分佈，四種提問類型比例皆高，而非認知師徒組教師則以「提新的封閉性問題」佔了最大的比例。

二、學生的學習行爲類型

根據編碼表 B 編碼及 CLAN 的「freq」指令分析，得到如圖 2 所示的學生行爲類型相對頻率。兩組學生都表現出 11 種以上的行爲類型（認知師徒組 14 種，非認知師徒組 11 種），顯示學生的行爲多元。認知師徒組學生頻率最高的行爲是「解釋」（32.5 %），「以是、否、對、錯回答」（30.5 %）次之，「填空式回答」（7.3 %）再次之；頻率最低的行爲則依序是「提新的相關問題」（0.5 %）、「提封閉性問題」（0.1 %）及「提開放性問題」（0.0 %）。非認知師徒組學生頻率最高的行爲是「填空式回答」（29.4 %），「解釋」（24.9 %）次之，「以是、否、對、錯回答」（24.4 %）再次之；非認知師徒組學生未出現「提封閉性問題」、「提開放性問題」及「提新的相關問題」三種行爲。在「學生回應教師的問題或回答」類別中，認知師徒組學生以「解釋」最高，非認知師徒組學生則以「填空式回答」最高。

上述的學生學習行爲之比較，再以 U Test 統計考驗（因爲兩組學生行爲頻率未達常態分佈）。結果如表 4 所示，兩組學生在「預測」、「問新的相關問題」、「解釋」、「問新的無關問題」、「產生一般性結論」、「產生區域性結論」、「重覆」、「沉默不語」、「喃喃自語」及「以是否對錯回答」十個行爲上達顯著差異（$p < .05$），除了「沉默不語」之外，其餘九種皆是認知師徒組學生明顯高於非認知師徒組學生，顯示認知師徒組學生展現了更多的預測、主動

表4：兩組學生行爲比較（Asymp. Sig. 2-tailed）

行爲	OBS	PRE	SQC	SQO	SCQ	SDA	SEA	SFQ	SGC	SLC	SRE	SSN	STS	SYN
U	66.0	.0	85.0	95.0	31.0	82.5	.0	55.0	41.5	7.0	46.0	56.0	55.0	30.0
P 值	.132	.000**	.205	.480	.002**	.440	.000**	.014*	.005**	.000**	.013*	.042*	.034*	.002**

*：$p<.05$ **：$p<.01$

提問與解釋。

爲什麼兩組學生在「預測」向度上具有顯著差異呢？此與教師行爲有極大的關聯，可以口語資料爲佐證，首先呈現認知師徒組的情形：

師：你先預測一下這試管會發生什麼現象？〔提新的開放性問題〕

生：應該比較濃他會產生比較快吧！〔預測〕（E20339）

接下來，呈現非認知師徒組的情形：

師：那這個冰糖的飽和溶液，如果我們再加入一個冰糖下去，會有什麼樣的情形發生？〔提新的開放性問題〕

生：不會再溶解了。〔預測〕（C20315）

只要教師提出預測的要求，學生就會有預測的動作。所以，兩組學生「預測」頻率的差異，是由教師是否提出要求的差異所造成的。

比較兩組學生在「回應教師的問題或回答」、「預測－觀察」及「主動提問」三大向度上的差異，則認知師徒組學生行爲落在這三個類別的頻率依序爲 89.8 %、10.1 %及 0.1 %，非認知師徒組學生行爲落在這三個類別的頻率依序爲 88.6 %、11.4 %及 0.0 %，兩組學生在這三大類別行爲的頻率高低順序相同。兩組學生接近 90 %的行爲是屬於「回應教師的問題或回答」，與教師行爲以「主動提問」及「直接講述」兩個類別的頻率最高相互呼應，更加確認了教師的主導角色。

兩組學生在學習不同的概念特性時，是否會採取不同的行爲類型呢？此可經由分析各個教學單元中的學習行爲類型而獲得解答。在每個活動中，認知師徒組學生頻率最高的行爲集中在「解釋」（活動二、四～七）（其相對頻率分別爲活動六 38.3 %、活動二 37.1 %、活動五 36.6 %、活動四 36.0 %與活動七 28.7 %）及「以是否對錯回答」（活動一、三、八及九）（其相對頻率爲活動一 36.2 %、活動三 33.9 %、活動九 31.1 %與活動八 26.3 %）兩種行爲，並不因概念的不同而有不同的行爲，且「解釋」（25.5 %～38.3 %）及「以是否對錯回答」（24.9 %～36.2 %）在全部九個活動的頻率都極高，顯示學生約有一半以上的話語是在回應教師的詢問而提出解釋或回答，與前述認知組教師高頻率的提問行爲相互呼應。

相較之下，非認知師徒組學生在每個教學活動中，頻率最高的行爲集中在「填空式回答」（活動五～八）（其相對頻率分別爲活動八 39.2 %、活動六 34.8 %、活動七 33.3 %與活動五 32.1 %）、「解釋」（活動一、二、四、九）（其相對頻率分別爲活動二 39.2 %、活動九 34.8 %、活動一 28.2 %與活動四 20.8 %）及「以是否對錯回答」（活動三）（其相對頻率爲 37.5 %）。雖然和認知師徒組學生一樣展現高頻率的回應教師行爲，但是，「填空式回答」與「以是否對錯回答」的比重提高了。對照前述的教師行爲分析，因爲非認知師徒組教師的問題以新的封閉性問題爲主，因而導致學生的回應也多是答案較固定的類型。這樣的結果顯示，教師不僅主導教學的進行，其所採取的問題類型及內容，對於接續的學生行爲影響極大。

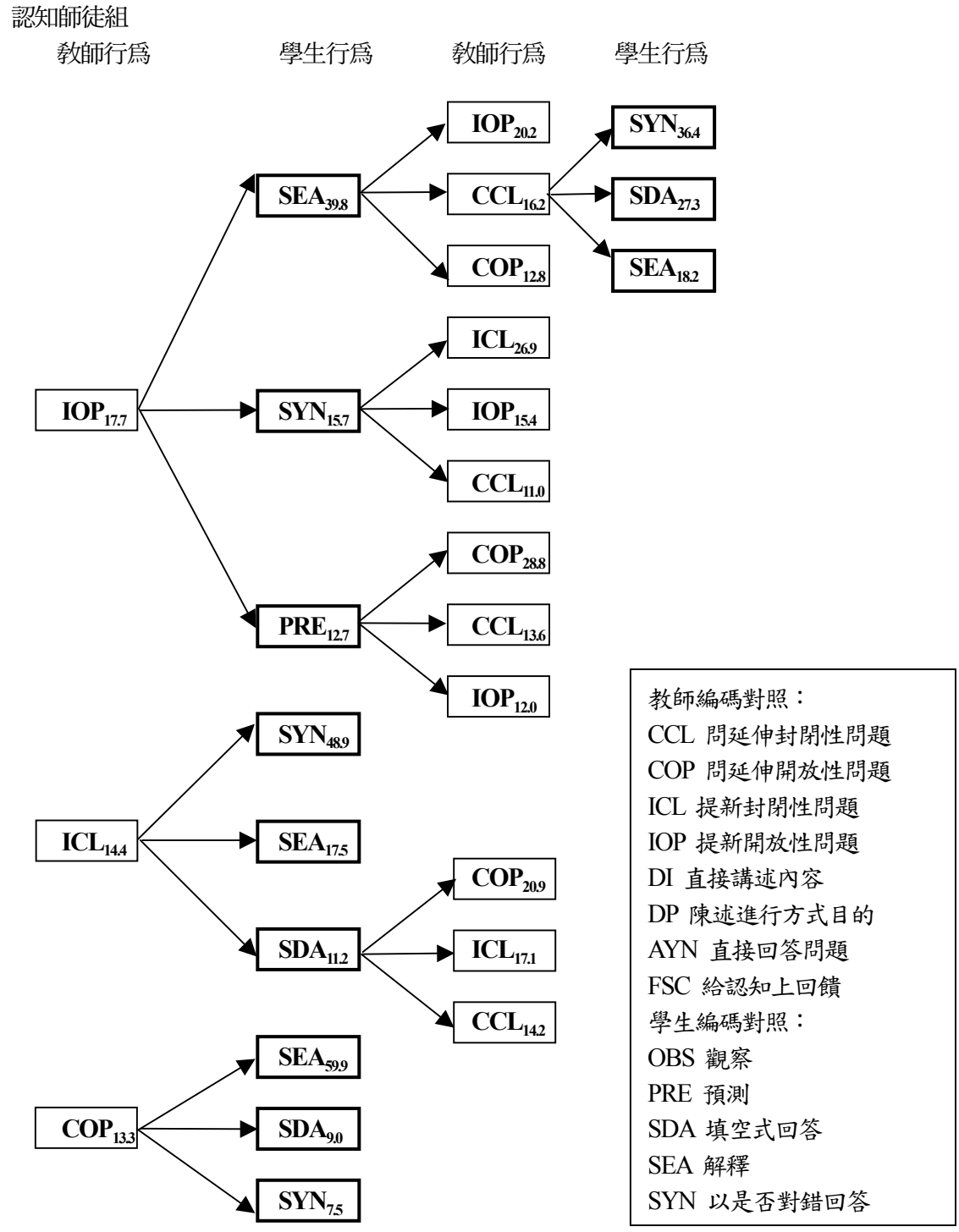

圖 3：認知師徒組的師生行爲互動，細實線框表示教師行爲，粗實線框表示學生行爲標示

三、教師與學生的學習行爲互動類型

根據上述分析顯示，兩組的教學活動皆由教師主導。教師多採取主動的行爲，而學生的行爲則多是爲了回應教師。因此，接下來從兩組教師出現頻率最高的前三種行爲開始，進行師生互動行爲的分析，探究在這些教師行爲之後，會引發學生採取何種行爲，而在這些學生行爲之後，教師又會以何種行爲作爲因應。

(一)認知師徒組

首先，利用 CLAN 的「keymap」指令分析認知師徒組的師生互動情形。如圖 3 所示，認知師徒組教師頻率最高的前三種教學行爲分別是：「提新開放性問題」(17.7 %)、「提新封閉性問題」(14.4 %) 及「問延伸開放性問題」(13.3 %)，全都屬於「提問」的範疇中，顯示教師的提問行爲極爲頻繁。教師「提新的開放性問題」之後，頻率最高的前三種學生行爲分別是「解釋」(39.8 %)、「以是否對錯回答」(15.7 %) 及「預測」(12.7 %)；教師「提新的封閉性問題」之後，頻率最高的前三種學生行爲分別是「以是否對錯回答」(48.9 %)、「解釋」(17.5 %) 及「填空式回答」(11.2 %)；教師「提延伸開放性問題」之後，出現頻率前三高的學生行爲分別是「解釋」(59.9 %)、「填空式回答」(9.0 %) 及「以是否對錯回答」(7.5 %)。因此，在這三種教師行爲之後的學生行爲主要集中在「解釋」、「以是否對錯回答」、「直接回答」及「預測」四種。更進一步分析這些學生行爲之後所出現的教師行爲，則集中在「提新的開放性問題」、「提新的封閉性問題」、「提延伸開放性問題」及「提延伸開放性問題」四種，仍然全部屬於「提問」的範疇。以教師出現頻率最高的行爲「提新開放性問題」爲例，此行爲之後，不論學生接下來採取何種行爲，之後教師所採取的行爲皆以「提問」爲主，可能提新的問題，或是接續學生的回應繼續追問相關的問題。

(二)非認知師徒組

非認知師徒組的師生互動情形如圖 4 所示。非認知師徒組教師頻率最高的前三種教學行爲分別是：「提新封閉性問題」(29.7 %)、「直接講述內容」(14.5 %) 及「以是否對錯回答」(11.8 %)，分別落在「提問」、「與問題無關」及「回應學生」三個不同範疇中。教師「提新封閉性問題」之後，頻率最高的前三種學生行爲分別是「填空式回答」(34.5 %)、「以是否對錯回答」(33.1 %) 及「觀察」(13.0 %)；教師「直接講述內容」之後，頻率最高的前三種學生行爲分別是「直接回答」(35.1 %)、「以是否對錯回答」(28.2 %)及「解釋」(21.3 %)；教師「以是否對錯回答」之後，頻率最高的前三種學生行爲分別是「直接回答」(33.5 %)、「以是否對錯回答」(29.1 %) 及「解釋」(17.7 %)。因此，在這三種教師行爲之後的學生行爲主要集中在「直接回答」、「以是否對錯回答」、「解釋」及「觀察」四種。更進一步觀看這些學生行爲之後的教師行爲，則集中在「提新封閉性問題」、「直接講述內容」、「以是否對錯回答」、「給認知上的回饋」及「陳述進行方式目的」五種。以教師出現頻率最高的行爲「提新封閉性問題」爲例，此行爲之後，不論學生接下來的行爲是「直接回答」、「以是否對錯回答」或「解釋」，在這些學生行爲之後，教師所顯現出來的最高頻率行爲皆是「提新的封閉性問題」。研究結果顯示非認知師徒組的教師並不太在意學生的反應，提問的目的並不是眞的想知道學生的想法，而只是一個教學步驟罷了！

(三)比較兩組之異同

上述分析顯示，兩組的師生互動型態極爲不同。認知師徒組教師就學生的回答而詢問延伸性問題，促使學生更深入思考，師生間較具互動性。然而，非認知師徒組在學生回答之後，

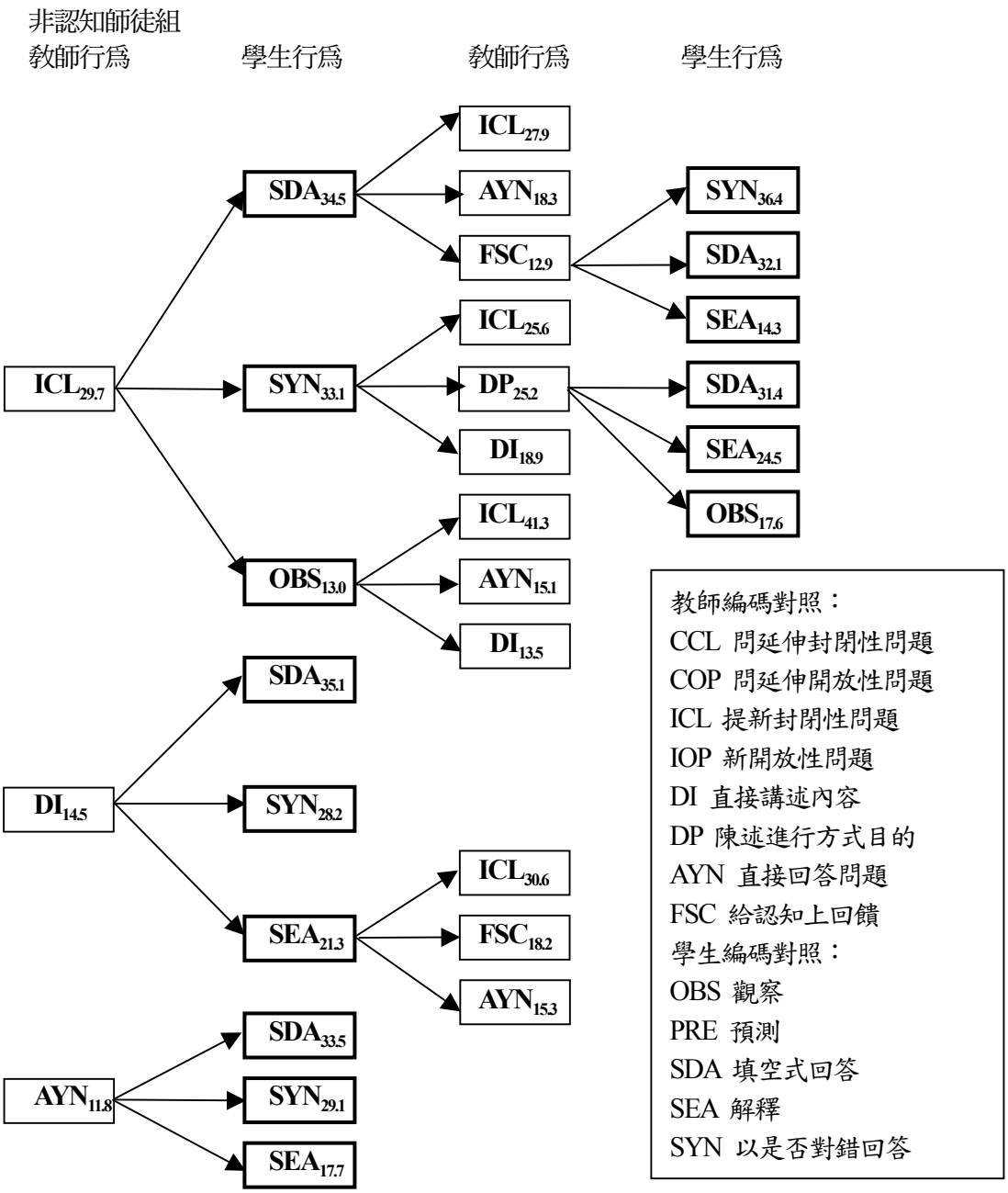

圖 4：非認知師徒組的師生行爲互動，細實線框表示教師行爲，粗實線框表示學生行爲

教師通常是另提一新的封閉性問題、或是以是否對錯回答、或是直接講述，並未考慮學生的學習，而繼續既定的教學計畫。學生回答後的兩組教師之行爲差異，或許可以解釋部分認知師徒組學生的學習成效較好，同時也應證了互動型態的對話給予更大的學習機會，使學習更具建構性（Chi et al., 2001）。此外，認知師徒組教師最高和第三高頻率都是提開放性問題（提

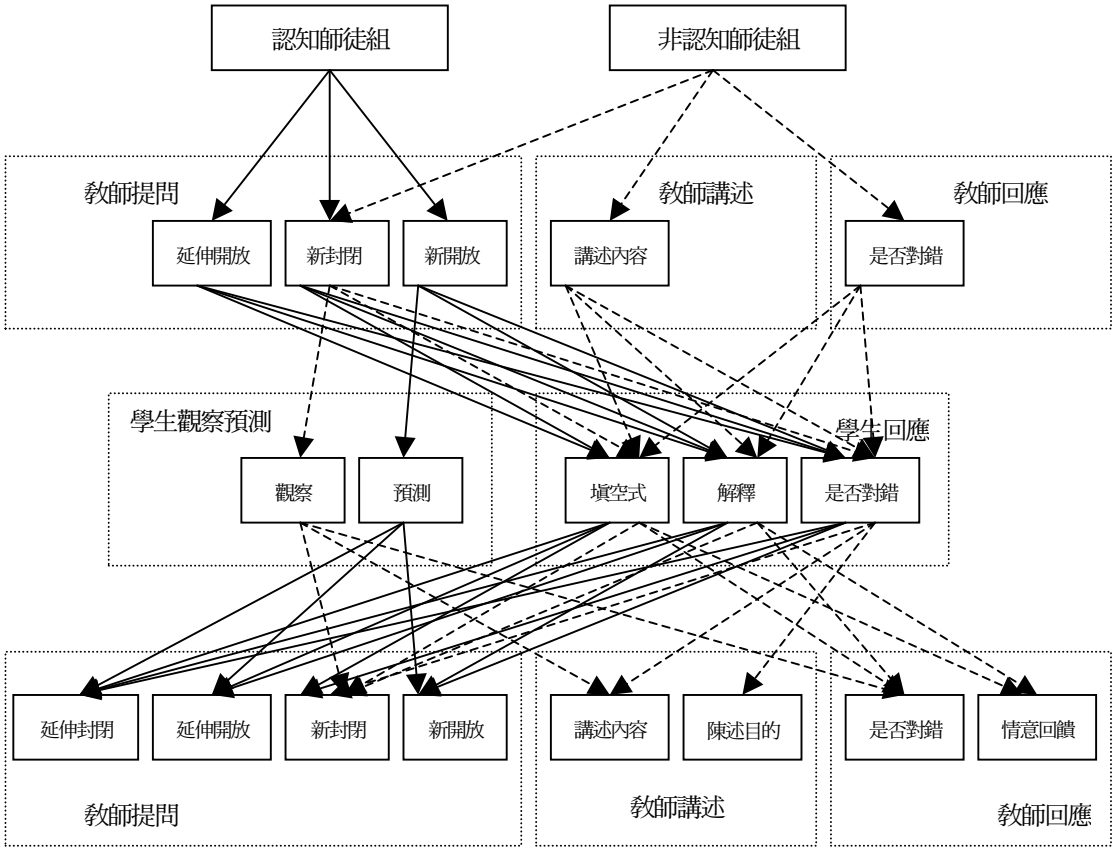

圖 5：兩組師生互動類型：實線－代表認知師徒組的師生互動，
虛線---代表非認知師徒組的師生互動

新的問題與提延伸性問題)，這兩類問題之後所伴隨的學生行爲都以「解釋」的頻率最高(分別佔 39.8 %及 59.9 %)。而若非認知師徒組教師也進行這兩類開放性提問後，學生行爲也是以「解釋」爲主(分別佔 58.8 %及 66.7 %)。這樣的結果意味著只要教師採取相同的行爲，學生也會以相似的行爲回應。

爲了釐清兩組師生互動型態之異同，研究者進一步將兩組教師出現頻率前三高的行爲之後師生出現頻率較高的前三者之互動關係以圖 5 表之。根據圖 5 顯示，認知師徒組教師前三高頻率的行爲皆屬於「提問」範疇，且問題形式多元；而非認知師徒組教師前三高頻率的行爲則分屬「提問」、「陳述」與「回應」的範疇，所提的問題以「新的封閉性」問題爲主。教師的教學行爲之後，學生的行爲集中在「觀察預測」與「回應」的向度上，且兩組學生各以四種行爲爲主，其中三種行爲是相同的，差別在於認知師徒組學生表現較多的「預測」，而非認知師徒組學生則展現較多的「觀察」。學生的學習行爲之後，教師所採取的高頻率行爲較多元，但其行爲向度型態仍與剛開始時相似，認知師徒組教師的行爲集中在「提問」單一向度，而非認知師徒組教師則分散在「提問」、「講述」及「回應」三個向度裡。這樣的師生互動顯示，認知師徒組教師的教學行爲是跟著學生的學習腳步，藉由詢問延伸性的問題，協助學生進一步思索並釐清；而非認知師徒組教師的

教學行爲則是依循自己的教學步調，較少激發學生深入思考。

兩組的師生互動型態之差異是否也會反映到教學單元的概念特性上呢？亦即科學概念本質的差異是否使師生採取不同的行爲呢？此問題可由分析各教學單元的師生互動而獲得解答。本研究教材包括九個單元，各對應一個核心概念。前四個單元探討日常生活中的平衡系統，活動一以生態系食物鏈說明平衡的概念，活動二以水循環介紹隨機、同時的平衡特性，活動三以大氣平衡說明平衡的破壞與回復，活動四則在區辨動平衡與靜平衡；後五個單元以實驗示範與操作進行，活動五探討微觀與巨觀的差異，活動六～八則進入化學平衡，以連續性、可逆性及動態本質等特性作爲重心，最後一個單元則是探討飽和後再溶解的情形。

在每個活動中，認知師徒組教師頻率最高的行爲集中在「提新的開放性問題」(活動一～六)(其相對頻率分別爲活動四 23.7 %、活動六 22.6 %、活動五 20.3 %、活動三 19.5 %、活動二 19.0 %與活動一 18.0 %)、「提新的封閉性問題」(活動九)(其相對頻率爲 23.4 %) 及「提延伸開放性問題」(活動七～八)(其相對頻率分別爲 20.3 %及 17.0 %) 三種行爲；在探索化學平衡的可逆性(活動七)及動態本質(活動八) 部分，認知師徒組教師以延伸的開放性問題進行教學，而這樣的教學行爲又會引發學生採取何種行爲而有助於這些較難的平衡概念之學習呢？我們引用實際的晤談資料來探討這個問題：

師：那現在我有含有六水合鈷二價離子跟氯離子這樣一個溶液，我把它加溫你覺得會發生什麼現象？〔提新的開放性問題〕

生：加溫，反應變快。〔預測〕

師：為什麼？〔提延伸開放性問題〕

生：因為溫度應該跟上一個反應物濃度一樣會加速反應進行吧。〔解釋〕

師：那會有顏色變化嗎？〔提延伸封閉性問題〕

生：會。〔以是否對錯回答〕

師：會變什麼顏色？〔提延伸封閉性問題〕

生：深藍色。〔預測〕(E20336)

首先，認知師徒組教師「提新的開放性問題」要求學生先思考預測，並提延伸的開放性或封閉性問題詢問原因，讓學生進行解釋，同時也讓教師了解學生的想法。此外，在實驗活動進行中，師生的互動型態又是如何呢？以下面的例子說明：

師：這個裝有粉紅色（$Co(H_2O)_6^{2+} + 4Cl^-$）溶液的試管，如果加入氯離子，你覺得會發生什麼現象？〔提新的開放性問題〕

生：會變成有點紫色。〔預測〕

師：你看一下方程式。〔直接講述〕

生：會變成紫色。〔預測〕

師：變了嗎？〔提延伸封閉性問題〕

生：有。〔觀察〕

師：加入水後？〔提新的封閉性問題〕

生：應該是淺藍色。〔預測〕

師：什麼色？〔提延伸封閉性問題〕

生：粉紅色。〔觀察〕

師：為什麼？〔提延伸開放性問題〕

生：理化有學過，如果水過多就會往另外一個方向反應，又回到粉紅色。〔解釋〕(E20202)

在上述教學活動中，認知師徒組教師幾乎以問題貫穿整個過程，而實驗前後學生經歷了認知衝突，透過教師一系列的提問，學生即自行修正了原先的想法，顯示教師的提問有助於學生深入思考，並與既有知識連結，釐清迷思概念而了解平衡的可逆特質。但是，如果學生自己無法解決認知衝突，就須教師的協助，例如：

師：老師現在將此混合溶液分裝在四個試管中，然後加 Fe^{3+}於第二管中，你覺得會發生什麼現象？〔提新的開放性問題〕

生：應該不會再變化。〔預測〕

師：好，看一下。〔直接講述〕

生：又變深了。〔觀察〕

師：為什麼？〔提新的開放性問題〕

生：剛才講錯了。剛才應該是鐵離子用完。〔解釋〕

師：現在加 SCN^- 於第三管中，預測顏色的變化？〔提新的開放性問題〕

生：沒有變化。〔預測〕

師：好看一下。〔直接講述〕

生：還是有變化。〔觀察〕

師：為什麼？〔提新的開放性問題〕

生：因為加入這個，方程式向另一方向移動。〔解釋〕

師：該才你不是說顏色不變深的原因是因為鐵離子用完。顏色不變深的原因是？〔提延伸性的開放性問題〕

生：兩個都沒有用完。〔解釋〕

師：那顏色為什麼不再變深。〔提延伸性的開放性問題〕

生：因為已經都用完。〔解釋〕

師：顏色不變深的原因是？〔提延伸性的開放性問題〕

生：好吧！我不知道。〔填空式回答〕

師：其實我們在學的是一個平衡的觀念，平衡是不是一定有東西用用完才是平衡？〔作一般性結論〕〔提新的封閉性問題〕

生：對。〔以是否對錯回答〕(E20202)

學生一開始認爲顏色不再改變是因爲某種反應物用完了，但在觀察教師連續的實驗操作後，學生改變自己的想法，但仍無法自圓其說，後來在教師的說明後而獲得澄清，且可從學生在此活動結束之後的回答確認他的了解：

師：在這個活動中，請簡單的說明你學到和平衡有關的是什麼？〔提新的開放性問題〕

生：平衡不是一個反應物被用完，是產生一個新的平衡的比例。〔作一般性結論〕

師：這個小實驗你學到什麼？〔提新的開放性問題〕

生：一個平衡，如果加入其他的物種，又會和他產生另一個平衡。〔作一般性結論〕(E20202)

上述的資料顯示，在進行此類較複雜困難的平衡特性，例如可逆或是動態本質等等，教師透過實驗實施「預測－觀察－解釋」，並以一系列的延伸性問題有助於學生的概念理解與改變。

根據 Chi 概念改變的討論，概念本質（本體樹）可分爲物質、過程（事件及平衡過程）及心智狀態（Ferrari & Chi, 1998）；跨越本體樹的轉換（例如從物質轉變成過程屬性）較難發生，同一本體樹內的轉換（例如從物質轉變成物質屬性）則較易發生（Chi, 1992）。研究中發現，當學生發生「錯誤的事件轉變成正確的事件概念屬性」、「錯誤的事件轉變成正確的平衡過程概念屬性」的概念改變之教學過程中，教師高達 57.1 %與 56.1 %的「提問」範疇行爲，顯示此教師的發問特質利於學生發生概念改變；同時，平均句數分別爲 14 及 28，顯示「錯誤的事件轉變成正確的平衡過程概念屬性」之概念改變須藉助較繁複的師生對話。那麼，對於如「開放系」、「封閉系」等單純的定義性問題，教師是否也須採取如此繁複的教學行爲呢？根據本研究的口語資料，當學生發生「錯誤的物質轉變成正確的物質概念屬性」之概念改變時，教師多直接告知學生其定義，配合較爲簡短的問答（平均句數 10），例如：

師：這一個反應屬於開放系，為什麼？〔提延伸封閉性問題〕

生：因為有溫度跑進去。〔解釋〕

師：能量不算。〔直接講述〕

生：那就是密閉系統。〔填空式回答〕(E20642)

在上述三種屬性的概念改變中，學生的「解釋」行爲之頻率皆佔了 30 %左右（錯誤的物質轉變成正確的物質概念屬性 33.6 %、錯誤的事件轉變成正確的事件概念屬性 35.5 %、錯誤的事

件轉變成正確的平衡過程概念屬性32.7％)。

相較之下，非認知師徒組教師在整個教學活動過程中，其相對頻率最高的行爲集中在「提新的封閉性問題」(活動二、四、六～九)(其相對頻率分別爲活動八34.6％、活動四32.7％、活動九32.7％、活動七32.5％、活動六30.1％與活動二20.2％)及「直接講述」(活動一、三、五)(其相對頻率分別爲活動三27.6％、活動五15.8％與活動一15.3％)，且「提新的封閉性問題」在全部九個活動中的出現頻率都極高(20.2％～34.6％)。根據前述分析，如此高頻率的「提新的封閉性問題」之問題內容並無法激發學生進行深入的思考。本研究認知活動結果顯示，兩組教師的行爲類型及行爲內涵皆有所差異，造成學生的行爲及學習成效之差異。

伍、討論

根據上述的編碼分析所得到的兩組師生行爲與互動類型之結果，是否與之前的研究文獻有相似或相異之處呢？以下從「教師的教學行爲分析」、「學生的學習行爲分析」及「師生行爲互動分析」三個面向依序進行討論。

一、教師的教學行爲分析

本研究發現兩組教師都主導教學過程，此主導性顯示在認知師徒組教師高頻率的「主動提問」範疇行爲，與非認知師徒組教師高頻率的「主動提問」及「講述」向度行爲。Chi et al.（2001）的研究也強調教師是教學過程中對話的決定者，並扮演了引發主題與解釋等等的角色。

此外，在本研究中也再次確證教師執行鷹架與回饋，但兩組教師的方式不盡相同，認知師徒組教師以提問進行鷹架，而非認知師徒組教師則以講述居多。兩組教師給予學生整體回饋行爲之相對頻率相去不遠（認知師徒組教師爲11.9％，非認知師徒組教師爲13.4％)，但是，認知師徒組比非認知師徒組教師給予學生更多的「情意上的回饋」，且達顯著差異，此結果支持 Merrill 等人（1995）認爲教師的回饋有助於學生繼續進行推理的看法。

二、學生的學習行爲分析

兩組學生 90 ％的行爲都是因應教師的問題或回答而作的回應，這樣的結果是可以預期的。此外，兩組學生都極少主動提問。這樣的學生行爲型態，與 Chi et al.（2001）分析師生對話所得到的結果相似，他們的研究顯示，學生最常出現的是「回應」教師，而最少出現的則是「提問」。學生如此高頻率的「回應」行爲，可與教師高頻率的「主動提問」或「直接講述」相互呼應，顯見教師的主導性。

同理，認知師徒制組學生比非認知師徒組學生表現出較多的「預測」及「解釋」行爲，是受到教學設計的不同所致。認知師徒組的活動要求學生對其所預測與觀察的現象作出解釋，因而使學生有更多的「預測」和「解釋」（Ebenezer & Connor, 1998)。而「預測」屬於深層複雜的建構形式(Palinscar & Brown, 1984)，此認知活動有助於學習。

三、師生互動分析

兩組師生之行爲互動極爲不同，尤其是教師對於學生行爲的回應。認知師徒組教師根據學生的回答詢問更進一步的相關問題，促使學生更深入思索某一主題，也使師生之間的對話更具互動性。而非認知師徒組教師的回應行爲通常是再提新的封閉性問題、或是以是否對錯回答、或是直接講述，而不是順著學生的需求而作出回應。兩組教師在學生回答後的行爲差異，回應了 Chi 等人曾提出具有互動的對話型態給予學生更大的機會學習，並賦予學生更多的學習責任，使學生的學習更具建構性(Chi et

al., 2001)。

相關文獻顯示，當教師邀請學生提問時，學生就會提問(van Zee, Iwasyk, Kurose, Simpson, & Wild, 2001)，本研究也得到相似的結果。本研究中兩組學生的發問行爲，通常是在教師詢問學生是否有問題，也就是提出發問的邀請後，如果學生不清楚教師的問題或是回答，就會提問以釐清心中疑惑；或是學生對於自己的回答沒有太大把握，希望獲得教師的意見而提問。

陸、結論

一、師生的行爲類型與行爲內涵

本研究的研究結果顯示，兩組教師皆主導了整個教學過程，而學生則是處於回應教師的角色。認知師徒組教師多採取「主動提問」範疇的行爲，且所提問題多具開放性或延伸性，讓學生有更多的機會進行「解釋」及深入思考，較易了解化學平衡概念的本質並發生概念改變。非認知師徒組教師行爲分散在「主動提問」、「講述」與「回應」三大範疇中，而其提問以新的封閉性問題爲主，且在學生回答之後，並不常就學生的回應內容進行更進一步的詢問，而是繼續順著預定的教學內容進行。兩組教師除了行爲類型不同之外，行爲內涵也各異。兩組教師都出現高頻率的「提新的封閉性問題」，但是問題的內容卻極不相同。在涉及化學平衡的微觀概念，如可逆與動態本質部分，認知師徒組教師以一系列的提問，促使學生採取更多的預測與解釋，此較具互動性的師生行爲有助於學生的學習。

二、學生的「預測」與「解釋」行爲

本研究另一個　得注意的是「預測」及「解釋」在化學平衡實驗學習時所扮演的角色。兩組學生都「觀察」了教師的示範實驗，但只有認知師徒組教師要求學生在實驗前先作預測並提出解釋，觀察之後並再度解釋；而非認知師徒組的教師則是直接示範實驗並進行解說，學生只須觀察。根據學習理論，主動學習有助於於學習成效，「觀察」只是被動的行爲，而「預測」卻是極具主動性的學習行爲，認知師徒組學生較具主動性的行爲導致了較佳的學習成效。

柒、展望

一、行爲與策略

本研究結果顯示，兩組的師生行爲互動型態並不一樣。我們是否可以就此斷定學習成效只受到「行爲」層面的影響呢？顯然地，並不能單由行爲解釋一切。兩組師生是基於何種目的而採取這樣的行爲呢？外顯的行爲與內隱的策略之間又存在怎樣的關係？同一種行爲的背後目的都是一樣的嗎？同一種策略又可以有哪些外顯的行爲表現方式呢？學生的「預測」與「解釋」有助於學生的學習，和這些行爲背後的學習策略是否有關呢？教師又要採取何種策略與行爲型態才是最有利於學生發生概念改變呢？若我們可以解答上述問題，就可以更清楚最具助益的師生策略與行爲，而這些仍待未來進行更深入的探討與分析。

二、口語資料分析工具 CHILDES

本研究採用 CHILDES 進行科學教育的口語資料分析，可大幅縮減資料處理分析之時間，並依實際需要進行多種編碼分析，極具彈性。且可將口語資料切割成更小的分析單位，例如以「詞」爲單位進行述詞分析，並同時比較數個檔案，是分析口語資料時的有力工具，值得大力推廣使用。

誌　　謝

本研究承蒙國科會研究經費資助（計畫編號NSC89-2511-S003-049及NSC90-2511-S003-092），國立台北師範學院張鑑如教授在CHILDES程式方面的協助，台北市立和平高中張榮耀教師、國立台灣師範大學科學教育研究所何佳燕、王亦欣同學在編碼工作方面的協助、劉湘琪及梁佩莉小姐在編碼輸入方面的協助，在此一併致謝。

參考文獻

1. 邱美虹、周金城和林靜雯（2000）：**以述詞分析法探究認知師徒制的教學成效**。論文發表於中華民國第十六屆科學教育學術研討會。台北：國立台灣師範大學。
2. 邱美虹、劉嘉茹、周金城和梁家祺（1999）：**認知師徒制對學生化學概念改變的影響**。論文發表於中華民國第十五屆科學教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
3. Anderson, B. C., Bell, L. C., & Perfetti, C. A. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *The Journal of the Learning Sciences, 4*(2), 167-207.
4. Bruer, J. T. (1998). Education. In W. Bechtel & G. Graham (Eds.), *A companion to cognitive science* (pp. 681-690). Cambridge, MA: Blackwell.
5. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science*: *Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
6. Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology, 10*, s33-s49.
7. Chi, M. T. H. (1997). Quantifying qualitative analyses of verbal data: A practical guide. *The Journal of the Learning Sciences, 6*(3), 271-315.
8. Chi, M. T. H. (2000). Self-explanation: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 161-238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
9. Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science, 15*, 145-182.
10. Chi, M. T. H., deLeew, N., Chiu, M.-H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*, 439-477.
11. Chi, M. T. H., Siler, S. A., Jeong, H., Yamauchi, T., & Hausmann, R. G. (2001). Learning from human tutoring. *Cognition Science, 25*, 471-533.
12. Chiu, M. H., Chou, C. C., & Liu, C. J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(8), 688-712.
13. Clark, H. H. (1996). *Using language*. New York: Cambridge University Press.
14. Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction*: *essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
15. Comer, J. P. (2003). Making schools of education bridges to better learning. *The Chronicle of Higher Education, 49*(20), 20.
16. Cox, R., McKendree, J., & Tobin, R. (1999). Vicarious learning from dialogue and discourse:

A controlled comparison. *Instructional Science, 27*(6), 431-458.

17. De Jager, B., Reezigt, G. J., & Creemers, B. P. M. (2002). The effects of teacher training on new instructional behaviour in reading comprehension. *Teaching and Teacher Education, 18*(7), 831-842.
18. DeBourgh, G. A. (2001). Using web technology in a clinical nursing course. *Nurse Educator, 26*(5), 227-233.
19. Dunbar, K. (1998). Problem solving. In W. Bechtel & G. Graham (Eds.), *A companion to cognitive science* (pp. 289-298). Cambridge, MA: Blackwell.
20. Ebenezer, J. V., & Connor, S. (1998). *Learning to teach science*: *A model for the 21st century*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
21. Elbaum, B., Vaughn, S., & Hughes, M. T. (2000). How effective are one-to-one tutoring programs in reading for elementary students at risk for reading failure? A meta-analysis of the intervention research. *Journal of Educational Psychology, 2000*(92), 4.
22. Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education, 20*(10), 1231-1256.
23. Hendricks, C. C. (2001). Teaching causal reasoning through cognitive apprenticeship: What are results from situated learning? *The Journal of Educational Research, 94*(5), 302-311.
24. Jarveka, S. (1998). Socioemotional aspects of students' learning in a cognitive-apprenticeship environment. *Instructional Science, 26*(6), 439-472.
25. Jarveka, S., Bonk, C. J., & Lehtinen, E. (1999). A theoretical analysis of social interactions in computer-based learning environments: Evidence for reciprocal understandings. *Journal of Educational Computing Research, 20*(3), 363-388.
26. Knapp, N. F., & Winsor, A. P. (1998). A reading apprenticeship for delayed primary readers. *Reading Research and Instruction, 38*(1), 13-29.
27. Lemke, J. L. (1998). Analysing verbal data: Principles, methods and problems. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of of science education* (pp. 1175-1189). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
28. Lepper, M. R., Woolverton, M., Mumme, D. L., & Gurtner, J. L. (1991). Motivational techniques of expert human tutors: Lessons for the design of computer-based tutors. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), *Computers as cognitive tools*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
29. Longino, H. E. (1993). Subjects, power, and knowledge: Description and prescription in feminist philosophies of science. In L. Alcoff & E. Potter (Eds.), *Feminist epistemologies* (pp. 101-120). New York: Routledge.
30. MacArthur, D., Stasz, C., & Zmuidzinas, M. (1990). Tutoring techniques in algebra. *Cognition and Instruction, 7*(3), 197-244.
31. MacWhinney, B. (2000). *The CHILDES project*: *Tools for analyzing talk* (Third ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
32. MacWhinney, B., & Snow, C. (1985). The child language data exchange system. *Journal of Child Language, 12*, 271-296.
33. McKendree, J., Stenning, K., Mayers, T., Lee, J., & Cox, R. (1998). We observing a dialogue may benifit learning: The vicarious learner. *Journal of Computer Assisted Learning, 14*, 110-119.
34. Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education*: *A qualitative approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.

35. Merrill, D. C., Reiser, B. J., Merrill, S. K., & Landes, S. (1995). Tutoring: Guided learning by doing. *Cognition and Instruction, 13*(3), 315-372.
36. Minkel, W. (2001). Live from Tutor. com, it's homework help. *School Library Journal, 47*(7), 24.
37. Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
38. Palinscar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition Science, 1*, 117-175.
39. Patel, A., Kinshuk, & Russell, D. (1999). Designing life-long learning systems for numeric domains. *Educational Technology, 39*(5), 8-11.
40. Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking*: *Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
41. Roth, W.-M., & Bowen, G. M. (1995). Knowing and interacting: A study of culture, practices, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognition and Instruction, 13*(1), 73-128.
42. Stockhausen, L. J., & Zimitat, C. (2002). New learning: Re-apprenticing the learner. *Educational Media International, 39*(3/4), 331-338.
43. Tilley, C. L. (2001). Cognitive apprenticeship. *School Library Media Activities Monthly, 18*(3), 37-38.
44. Vadasy, P. F., Jenkins, J. R., & Antil, L. R. (1997). The effectiveness of one-to-one tutoring by community tutors for at-risk beginning readers. *Learning Disability Quarterly, 20*, 126-139.
45. van Zee, E. H., Iwasyk, M., Kurose, A., Simpson, D., & Wild, J. (2001). Student and teacher questioning during conversations about science. *Journal of Research in Science Teaching, 38,* 159-190.
46. Wilkes-Gibbs, D., & Clark, H. H. (1992). Coordinating beliefs in conversation. *Journal of Memory and Language, 31*, 183-194.

附錄 編碼表

編碼表 A 教師的教學行爲

編碼代號		定義	說明	例子
TAC	TRQ AN	教師對於學生問題給予回答	在學生提出問題後，教師直接或間接回答問題	一般不是都是O^2，什麼時候有O啊！ 師：將O^2打斷就變成O。 （E20632）
	NQC	教師以再問一個新的和內容相關的問題作爲對於學生問題的回應	在學生提出問題後，教師以再問一個相關的新問題作爲對於學生問題的回應	生：能量不能算？ 師：能量是不是物質？ （E20632）
	NQI	教師以問一個新的和內容無關的問題來作爲對於學生的回應	在學生提出問題後，教師以問一個和內容無關的問題、作爲對於學生的回應	生：可是你剛才說這兩個都還有剩。那你可不可以告訴我說影響化學反應的因素可能有哪些，從剛才那些活動裡頭？ （E20325）
	GCG	教師以產生一個一般性的結論來作爲對於學生的回應	在學生提出問題或回答後，教師以產生一個一般性的結論、作爲對於學生的回應	生：氯離子的濃度… 因此我們發現，改變濃度也有可能改變平衡的方向… （C20314）
	GCL	教師以產生一個區域性的結論來作爲對於學生的回應	在學生提出問題或回答後後，教師以產生一個區域性的結論、作爲對於學生的回應	生：…不會… 也就是說，以巨觀來看，我們看不到它的量有什麼改變… （C20314）
	AYN	教師以「是」、「否」、「有」、「沒有」、「對」、「錯」等來作爲對於學生問題的回應	在學生詢問之後，教師以「是」、「否」、「有」、「沒有」、「對」、「錯」等來作爲對於學生的回應	生：解釋？ 師：對。 （E20336）
	TRE	教師重覆學生的話語	在學生說明或提問後，教師重覆學生的話語	生：變成藍色… 師：對，變成藍色… （C20314）
	FSE	教師對於學生的回答給予情意上的回饋	在學生提出解釋後，教師提供情意上的回饋	生：濃度的大小。 師：對，不錯。 （C20314）
	FSC	教師對於學生的回答給予認知上的回饋	在學生提出解釋後，教師提供認知上的回饋	生：大氣層… 喔，大氣層裡面…應該是在大氣層裡面的平流層….在裡面會分佈… （C20314）
TAQ	CCL	教師由學生的說明中延伸出相關的封閉性問題或要求澄清其說明的封閉性問題	教師提出封閉性的有一定的答案的問題，來更了解學生的說明或其理解程度	生：回復原來的狀態。 師：有沒有變回原來的？ （E20202）
	COP	教師由學生的說明中延伸出相關的開放性問題或要求澄清其說明的開放性問題	教師提出開放性的有一定的答案的問題，來更了解學生的說明或其理解程度	生：生態平衡。 師：物種間有什麼關係？ （E20202）

	ICL	教師主動提出新的封閉式的問題	教師提出的問題，是有一定答案的封閉式問題，且與學生的說明無關的新問題	你先看一下方程式，$Co(H2O)_6^{2+} + 4Cl^- <\Longrightarrow CoCl_4^{2-} + 6H_2O$，有沒有看過？（E20202）
	IOP	教師主動提出新的開放式的問題	教師提出的問題，是沒有一定答案的開放式問題，且與學生的說明無關的新問題。	問題一：季節的交替使得每個季節有不同的降雨量，試問夏天的水循環和冬天的水循環是否都會達到平衡狀態，爲什麼？（E20632）
TNQ	DP	教師陳述教學進行方式或目的。	教師向學生說明教學的單元、方式或目的。	師：我們今天要教的是一個化學平衡。（E20202）
	DI	教師直接講述內容	教師以直接講述的方式進行教學活動	我告訴你，冰糖分子並不是由這一塊跑掉，就會補到這一塊，他是一個動態平衡的過程。（E20632）

編碼表 B 學生的學習行爲

編碼代號	定義	說明	例子
SAC SRQ SEA	學生以解釋的方式作爲對於教師的回應	在教師詢問或教學後，學生以解釋的方式、作爲對於教師的回應	師：爲什麼你覺得反應物有被用完？ 生：因爲如果沒有跟用完的話顏色還會再變色。 （E20642）
SDA	學生直接接著教師的話語作填空式的回答回應	在教師詢問或教學後，學生以直接陳述說出答案的填空式回答、作爲對於教師的回應	師：接下來？ 生：狐狸獅子的數量會增加。 （C20314）
SCQ	學生以問一個新的和內容相關的問題來作爲對於教師的回應	在教師詢問或教學後，學生以問一個和內容相關的問題、作爲對於教師的回應	師：大小可能也有大小應該也有改變。 生：那如果它原來是飽和的話，它還會再溶解嗎？ （E20622）
SFQ	學生以問一個新的和內容無關的問題來作爲對於教師的回應	在教師詢問或教學後，學生以問一個和內容無關的問題、作爲對於教師的回應	師：這是一包冰糖，由裡面拿一塊起來。 生：這是不能吃的？ （E20632）
SGC	學生以產生一個一般性的結論來作爲對於教師的回應	在教師詢問或教學後，學生以產生一個一般性的結論、作爲對於教師的回應	師：好那你這個活動學到什麼跟平衡有關？ 生：平衡是靠蠻多小節結合而成的，不要去任意破壞所有的小節。 （E20639）
SLC	學生以產生一個區域性的結論來作爲對於教師的回應	在教師詢問或教學後，學生以產生一個區域性的結論、作爲 2 對於教師的回應	師：請簡單的說明你學到和平衡有關的是什麼？ 生：要平衡一定有兩個因素，像重力和地板支撐力。 （E20202）
SYN	學生以「是」、「否」、「有」、「沒有」、「對」、「錯」等來作爲對於教師的回應	在教師詢問之後，學生以「是」、「否」、「有」、「沒有」、「對」、「錯」等來作爲對於教師的回應	師：有沒有做過冷水加熱水的實驗？ 生：有。 （E20202）
SRE	重覆	在教師說明或提問後，學生重覆教師的話語	師：也不一定要是數量的啦， 生：不一定要是數量的話，就… （E20244）
STS	喃喃自語	在教師說明或提問後，學生未回答教師的問題，而作了斷斷續續的自言自語	師：…之前對平衡有沒有概念？ 生：概念…平衡… （C20314）

	SSN	沈默不語	在教師說明或提問後，學生未回答教師的問題，保持沈默	師：或者是達成平衡的情形？ 生：…… （C20314）
SAQ	SQC	學生主動提出封閉性的問題	在教師未要求下，學生主動提出具有一定答案的封閉式問題	師：…能量可以變成葡萄糖？ 生：…嗯！不能！那化學能是不是一種能量？ （E20335）
	SQO	學生主動提出開放式的問題	在教師未要求下，學生主動提出沒有一定答案的開放式問題	師：你1到2說的很好，想想看？ 生：如果要趨於平衡，如果一級消費者減少，更高級的消費者也會減少。那爲什麼草會減少？ （E20202）
POE	PRE	學生對結果作預測	在 PMOEC 的活動中，學生對尚未發生的事情進行預測	師：現在加 SCN^- 於第三管中，預測顏色的變化？ 生：沒有變化。 （E20202）
	OBS	學生進行觀察的動作	在 PMOEC 的活動中，學生進行實驗的觀察	師：好看一下。 生：還是有變化。 （E20202）

Analyzing Behavioral Interactions between Teacher and Student of Co-constructing Scientific Knowledge in One-to-One Tutoring Activities Via CHILDES

Mei-Hung Chiu and Show-Jane Lin
Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

According to results of our previous studies, we found that the Cognitive apprenticeship group (CA group) students attained outperformed than the Non-cognitive apprenticeship group (Non-CA group) students. They also indicated that the CA group used more predicates with equilibration process nature, and constructing the mental models of chemical equilibrium with dynamic nature of matter. But what were the causes to make such qualitative and quantitative differences in the learning effect between the students of CA and Non-CA groups? The purpose of this study was from the aspect of behavior, to deeply compare these two groups about the patterns of teachers, students and interactions between teachers and students to identify the mechanisms of the interactions between the teacher and the student on co-constructing scientific knowledge during the one-to-one tutoring activities via CHILDES (Child Language Data Exchange System). Our result showed that the CA group teacher adopted high frequent asking questions, and followed the responses of students to propose related-open questions to provide students more opportunities to think deeper and deeper. Especially during the activities about the nature of reversibility and dynamics, the teacher addressed series of questions to inspire the student to engage in deeper thinking. As a result, it led students to generate more predictions and explanations to achieve better learning effect. The higher frequent behaviors of the Non-CA group teacher were distributed in asking questions, direct instruction and responses categories. Most of the teacher's questions are closed questions, and less related to student's prior response, just following the line of teacher's teaching plan. As a result, most of the Non-CA group students answered teacher's questions by brief yes-or-no responses or filling the blanks directly. After students giving out their answers, the teacher seldom continued to ask related questions, so the students gained a worse learning effect. Implications for science education are discussed.

Key words: One-to-One Tutoring System, Cognitive Apprenticeship, CHILDES.