

探討後設認知能力對國中生類比學習成果之影響-以比熱和熱平衡概念為例

研究生：林晏如

指導教授：王嘉瑜 博士

國立交通大學教育研究所

摘要

後設認知能力為科學學習之重要成分，若學習者在學習過程中能運用後設認知策略，則能監控、反思自己的學習行為，並找出和調整最適合自己的學習策略。先前研究指出，後設認知能力在類比學習過程中可能扮演重要角色(Cheshire, Ball, & Lewis, 2005; Mason, 1994)，然而有關後設認知能力對類比推理能力之影響，在過去研究並未有較深入的探討。因此本研究目的有二：首先欲分析後設認知能力與類比推理的成果是否有關，其次則探討後設認知能力在類比推理過程所扮演的角色。

本研究採質量混合設計，以比熱和熱平衡概念設計結構相似類比，並以 Teaching with Analogies (TWA) 模式進行類比教學。研究對象為常態分班的國中二年級四個班級，全體學生於教學前進行比熱和熱平衡概念測驗前測和後設認知自陳量表。接受類比學習活動後，學生即完成類比過程後設認知自陳量表和比熱、熱平衡類比回憶問題，以分析其類比學習成果和後設認知表現高、低是否有關。另外研究者根據一般性後設認知自陳量表總分，於每班自後設認知表現高、中、低組各選取 2 名，每班共 6 名，共計 24 名學生進行類比推理的訪談，在訪談過程中要求學生放聲思考並錄影及錄音，以針對學生所展現的類比推理能力和後設認知能力進行編碼和分析。

結果顯示高後設認知能力組的學生在經過類比活動後，於比熱和熱平衡類比回憶問題之表現顯著優於中、低後設認知能力組學生的表現，但三組學生於比熱和熱平衡概念後測與延宕測表現則無顯著差別。研究結果亦發現，類比過程後設認知自陳表現和概念前測表現對類比回憶問題表現有顯著預測力，顯示後設認知能力和科學概念的理解與類比推理表現息息相關。針對不同後設認知能力學習者的類比推理訪談過程進行分析，研究結果顯示後設認知表現在類比推理的各階段皆扮演重要的角色，具有高後設認知能力的學習者，在類比推理的處理/提取資訊階段能完整分析任務訊息、在類比物和標的物的配對過程中則能監控所使用的相關科學概念和配對及推論過程，以降低過程中的推理失誤、或於出現失誤時能及時覺察而回頭檢視並提出修正，因此多能成功利用類比物推論至標的物，展現高層次的類比推理能力。反之，後設認知能力較低的學習者則於類比推理過程中鮮少進行監控，因而產生推理失誤而不自覺，僅能指認類比物的部分基礎對應或複雜對應，類比推理能力層次較低。

本研究顯示在類比推理過程中，學習者的後設認知表現對其類比推理過程與表現有重要的影響。

關鍵字：類比推理、後設認知能力、比熱、熱平衡

Explore influences of metacognition on eighth-grade students' performance of analogical reasoning – An example of specific heat and heat equilibrium

Student : Yen-Ju Lin

Advisor : Chia-Yu Wang, Ph. D

Abstract

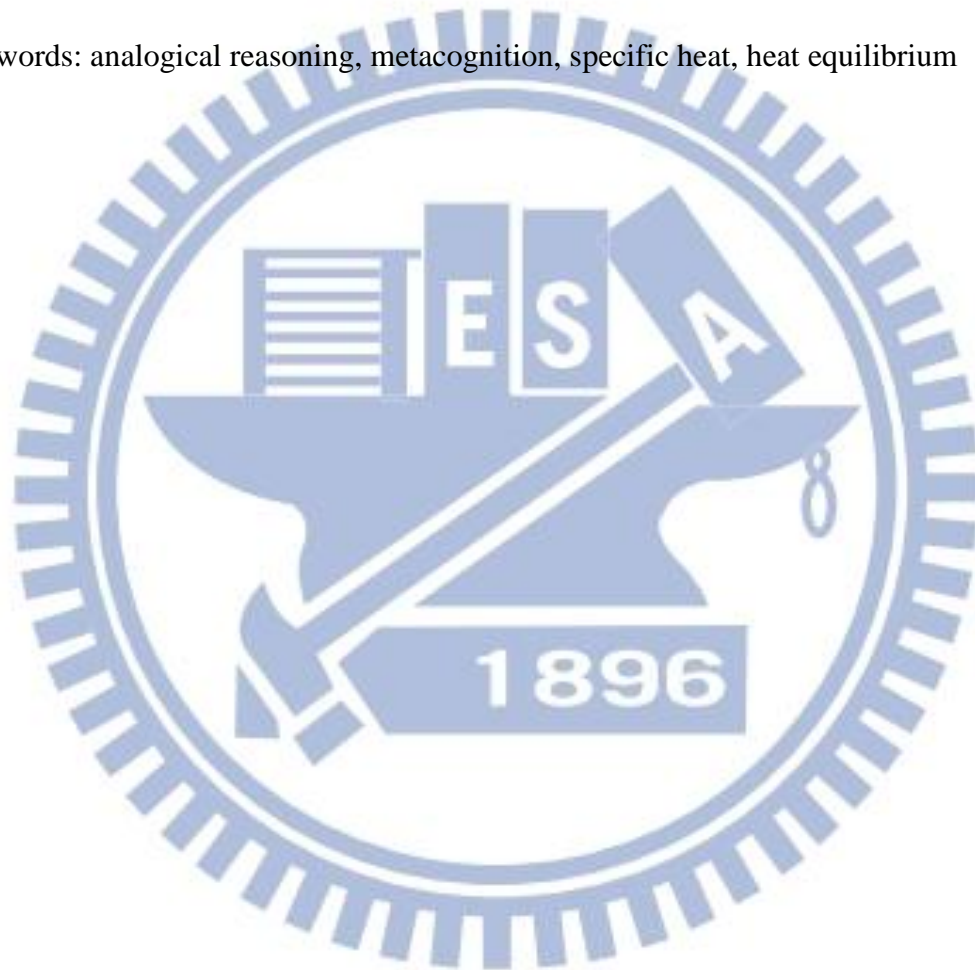
Metacognition is an important element of scientific learning. A metacognitive learner can monitor and reflect on their learning processes and adjust accordingly. Previous studies have indicated that metacognition may play a major role in processes of learning with analogies. We feel that a more thorough study is needed to explore the influence of metacognition on students' performance of analogical reasoning. Thus, a purpose of our study was to examine whether students' metacognitive ability is a significant predictor of their analogical reasoning performance. Secondly, we would like to explore the role that metacognition may play in the analogical reasoning process. This study took a mixed-method approach. Two analogies were developed for concepts about specific heat and heat equilibrium, and four classes of the 8th graders received a analogical instruction with Teaching with Analogies (TWA) Model. All students completed a pretest on heat concepts and a self-reported metacognitive inventory prior to the instruction. After the instruction, a self-reported topic-specific metacognitive inventory and an analogical reasoning test were given to the students to understand the relationship between their performance of analogical learning and their metacognitive ability. In addition, students with high, moderate, and low metacognitive ability were invited (eight from each group, a total of twenty-four students) for an analogical reasoning interview. Students were to think-aloud during the interview, and the interviews were coded for students' metacognitive behaviors and their ability of analogical reasoning.

Results showed that students with high metacognitive ability were significantly outperformed than their counter parts on the analogical reasoning test. No significant difference was found on the post and the postponed tests of heat concept among the three groups. Findings of the regression analysis showed both scores on the self-reported topic-specific metacognitive inventory and the pretest of heat concept were significant predictors for the students' performance of analogical reasoning. In addition, analyses of the interviews suggested that metacognition played an important role across all phases of analogical reasoning. Students with high metacognitive ability could conduct a thorough task analysis at the beginning of analogical reasoning. While mapping the base analogy with the target concept, they monitored steps of mapping and inferring process as well as their use of scientific concepts. They often evaluated their answers and corrected mistakes if there were any. Therefore, they

could infer the target concept from the base and demonstrated a higher level of analogical reasoning. On the other hand, monitoring was not often observed on students with low metacognitive ability during the analogical reasoning process. They had difficulties in mapping the base with the target concept, and therefore, exhibited a low ability of analogical reasoning.

In sum, findings of our study indicated that metacognitive ability is essential for better performance of analogical learning. Increasing students' metacognitive ability may aid their outcomes of learning with analogies

Keywords: analogical reasoning, metacognition, specific heat, heat equilibrium



誌謝

經歷了一年的孵化，終將這本論文從手中順產出來。回想書寫論文的過程，內心真是五味雜陳。看著自己努力結晶而成的第一本學術著作，內心真是難以形容的感動以及欣慰，真的很謝謝身邊的師長、家人與朋友的支持與包容。

首先必須感謝我的指導教授王嘉瑜老師，研究所與研究助理四年的生活，讓我從一個呆呆傻傻的女孩逐漸蛻變為較能夠主動思考的大人。除了課業上的指導，老師帶給我最多的是處理事物的原則與努力嘗試不要依賴他人的態度，以前的自己不喜歡主動思考，面對問題總是希望身邊的人伸出援手來幫助我處理，跟老師接觸之後，老師一步一步地訓練我獨立面對問題與後設思考的能力，記得老師最常跟我講的話就是：「做事情之前，必須先思考這個問題的目的是什麼？什麼樣的方法才會最有效率」，雖然在這樣的訓練過程中，我總是讓老師因為我的個性哭笑不得，不過也讓我漸漸地成長與豐潤。我母親曾對我說：「來到交大之後，你漸漸的改變了，比較不那麼呆傻與散漫」，我想這就是老師送給我最好的禮物。在研究上，老師總是花許多時間跟我討論論文的內容，很仔細地一頁又一頁的批閱我的論文，甚至週末還要加班批改我修正過的版本，我們就這樣一版接著一版，朝著更好而前進。看著我電腦裡儲存的第一版到最終版（應該將近十版），回想起過往想不出頭緒的懊惱、臨時修改的窘境以及感受到一線曙光的開心，彷彿走馬燈似的又一躍到我的眼前，真的很感謝我的老師帶領著我成長與起飛。

特別要感謝新竹市三民國中的楊文宗老師，在我書寫論文受到挫折，沒有頭緒時提供了許多豐富的經驗以及問卷設計上的寶貴意見，面對老師問我教學設計或問卷內容的問題時，我總是傻在原地，可是老師總是笑笑地回應我引導我，雖然總是覺得老師看似很嚴肅，然而老師總是很關心我，常常空著肚子就從三民國中來到交大與我討論，沒有您的幫忙我的教學可能無法那麼豐潤，我也絕對無法完成這個研究。很喜歡看到老師滿是朝氣帥氣的帶著墨鏡牽著腳踏車的感覺，當談論起教學時，眼中閃爍著光芒，總叫人懾服不已，真的很謝謝您。

再來要感謝我的口試委員余曉清教授、林靜雯教授，不辭辛勞地從遙遠的宜蘭搭著火車奔波至此，給與我的論文寶貴的意見，並且細心地閱讀提醒我注意許多細節。余教授明確地指出缺失應當修改之處，以及思考上的盲點，並細心的幫我註記，讓我發現自己疏忽之處以做改進，感謝您。林教授對於類比的專業更是提供許多幫

助，指出類比設計上可以更加精進之處，並肯定我的努力，在搭車時關心我的學業以及生活狀況，真的讓我感覺相當地溫暖，謝謝您。很幸運我有這麼棒的口試委員讓我的論文可以最佳的完善與美好。

還要感謝教育所這個溫暖的大家庭，感謝嘉凌、佩萱、雅怡姐在行政上的照顧，每當我經過教育所辦公室總會問起我的生活，讓我這個遠離故鄉的學生感到非常的窩心。感謝秉叡面對我統計、電腦、文書處理的問題，總是很有耐心的幫我找出解決之道，細心仔細地讓我明白如何處理棘手的問題。也謝謝有理常常關心我論文的進度，並努力地幫助我處理文書的問題。

最後要感謝我身邊的朋友與家人，爸爸、媽媽、哥哥無條件地支持、體諒與包容我爆炸的情緒，當我情緒的出口，謝謝哥哥在忙碌的工作之餘仍舊幫我處理質性資料，也謝謝我身邊的朋友，努力耐心地聽著錄音檔幫我一個字又一個字地打著逐字稿，謝謝潘潘義氣相挺，只因我一句話就幫我介紹施測的班級，讓我的研究可以順利的進行，如果今天沒有妳的幫忙，我真的不敢想像會面臨什麼樣的窘境。

最後僅以此論文獻給我最愛的家人、朋友與師長，因為有你們我才能順利完成學業，也讓我了解到，沒有什麼不可能也沒有什麼沒有時間，時間都是可以從生活的小細節中擠壓出來，只要耐著性子去面對處理，雖然當下可能無法立即看到最佳的效果，卻能在往後的日子獲益不少。雖然碩士生活已經結束，期許自己在未來的日子裡，可以學習更多，在教育上可以貢獻一己之力。

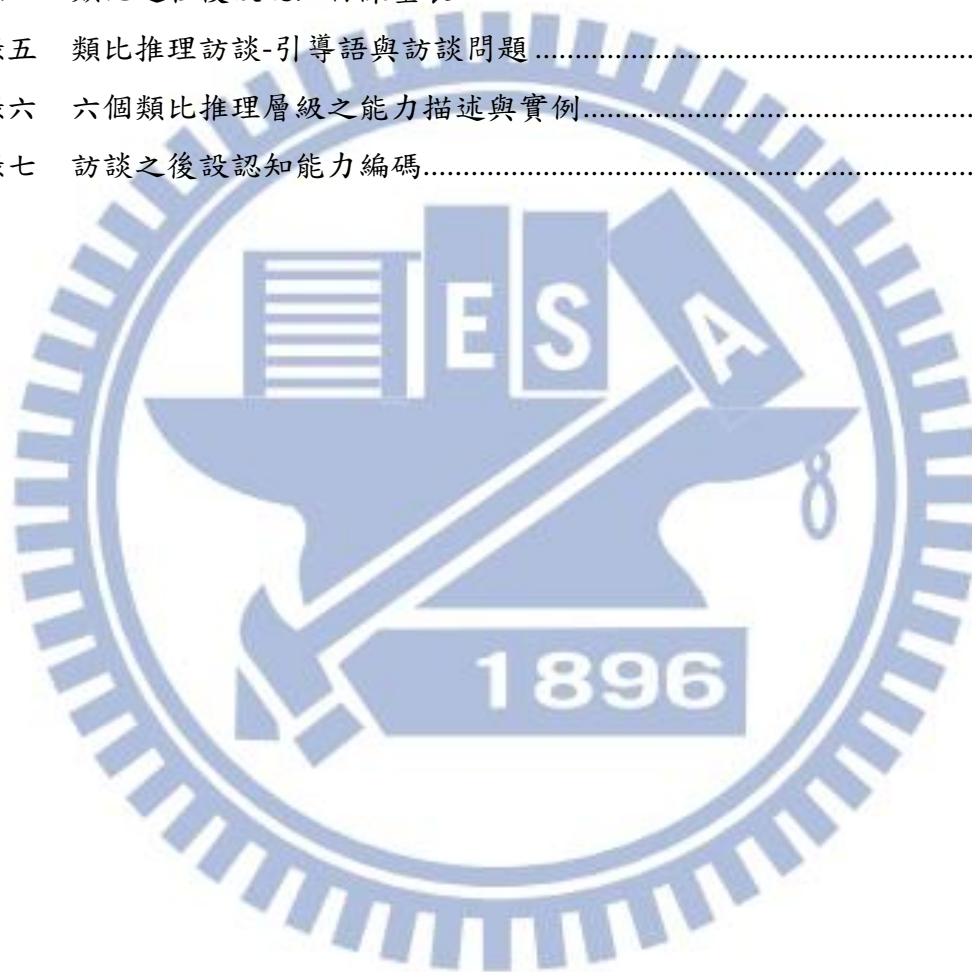
壬辰 小暑
晏如

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	vi
表目錄.....	ix
圖目錄.....	x
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究問題與假設.....	2
第四節 名詞解釋.....	3
第五節 研究範圍與限制.....	4
第二章 文獻探討.....	5
第一節 類比的相關研究.....	5
一、類比.....	5
二、類比推理與學習.....	5
三、類比推理能力的評量.....	7
四、類比教學模式.....	7
第二節 類比和科學概念學習.....	10
一、類比對科學學習的幫助與成效.....	10
二、進行類比推理時可能遭遇的困難.....	11
第三節 建構比熱與熱平衡概念的困難.....	13
第四節 後設認知的相關研究.....	15
一、後設認知與自我調節學習的內涵.....	15
二、後設認知能力的評量方式.....	16
三、後設認知與科學學習之關連.....	17
四、後設認知與類比學習的關連.....	19
第三章 研究方法.....	21
第一節 研究對象.....	21

第二節 研究設計與流程.....	22
第三節 教學設計.....	24
第四節 研究工具.....	29
一、比熱與熱平衡概念測驗：.....	29
二、一般性後設認知自陳量表.....	30
三、主題相依後設認知自陳量表.....	31
四、比熱與熱平衡類比推理測驗.....	32
五、類比推理訪談：.....	35
第五節 資料分析.....	39
第四章 研究結果與討論.....	40
第一節 不同後設認知表現對類比學習成果之影響.....	40
一、比熱與熱平衡概念測驗表現分析.....	40
二、比熱與熱平衡類比回憶問題表現分析.....	41
三、相關性分析.....	43
四、小結.....	45
第二節 比熱與熱平衡類比推理訪談分析.....	45
一、不同後設認知能力分組之學生的類比推理能力分析.....	45
二、不同後設認知能力分組之學生的後設認知表現頻率分析.....	47
三、小結.....	52
四、類比推理歷程質性資料分析.....	52
五、小結.....	64
第五章 結論與建議.....	66
第一節 結論與討論.....	66
一、不同後設認知表現對類比學習成果之影響.....	66
二、比熱與熱平衡類比推理訪談分析.....	67
三、小結.....	68
第二節 建議.....	69
一、對設計和進行類比活動的建議.....	69
二、對於日後研究的建議.....	70

參考文獻.....	72
一、中文部分.....	72
二、英文部分.....	72
附錄一 類比推理教學流程.....	78
附錄二 比熱與熱平衡概念測驗.....	88
附錄三 一般性後設認知自陳量表.....	93
附錄四 類比過程後設認知自陳量表.....	96
附錄五 類比推理訪談-引導語與訪談問題.....	98
附錄六 六個類比推理層級之能力描述與實例.....	99
附錄七 訪談之後設認知能力編碼.....	106



表目錄

表 3-1-1 全體學生比熱與熱平衡概念測驗前測成績敘述性統計.....	21
表 3-1-2 全體學生比熱與熱平衡概念前測成績差異檢定摘要表.....	21
表 3-3-1 【杯子截面積】類比物與標的物性質對應表.....	25
表 3-3-2 【連通管】類比物與標的物性質對應表.....	26
表 3-3-3 比熱的類比學習活動引導.....	27
表 3-3-4 熱平衡的類比學習引導.....	28
表 3-4-1 比熱類比回憶問題表現之基礎和複雜對應評分表.....	34
表 3-4-2 Mason 的五個類比推理層級和本研究採用的六個類比推理能力層級之描...36	
表 3-4-3 後設認知能力類別與編碼.....	38
表 4-1-1 比熱與熱平衡概念測驗表現之敘述性統計分析.....	40
表 4-1-2 比熱與熱平衡類比回憶問題表現之敘述性統計.....	42
表 4-1-3 過程自陳表現分組對比熱熱平衡類比回憶問題表現之單因子共變數析... 43	
表 4-1-4 科學概念表現、一般性後設認知自陳表現、類比過程自陳表現、比熱與熱 平衡類比回憶問題表現之相關係數表.....	43
表 4-1-5 比熱與熱平衡類比回憶問題表現同時迴歸摘要表.....	44
表 4-2-1 比熱主題之類比推理等級.....	46
表 4-2-2 熱平衡主題之類比推理等級.....	46
表 4-2-3 比熱類比推理訪談的後設認知表現頻率之敘述性統計分析.....	47
表 4-2-4 熱平衡類比推理訪談的後設認知表現頻率之敘述性統計分析.....	47
表 4-2-5 比熱類比推理訪談之後設認知表現頻率.....	48
表 4-2-6 熱平衡類比推理訪談之後設認知表現頻率.....	49

圖目錄

圖 3-2-1 研究架構與流程圖23

圖 3-4-1 學生的類比推理問題答案舉例34

