

# 第十屆台灣數位學習發展研討會(TWELF'2014)

## 範例呈現方式對不同能力國中生幾何解題學習的影響

### The influence of example's presentation on different ability students' geometric problem solving

吳昭容

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系  
cjwu@ntnu.edu.tw

楊忠璇

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系  
genieyang@ntnu.edu.tw

**【摘要】**數位學習理論提出分割原則有助於學習，亦即將材料分成數個段落逐步呈現可降低認知負荷。本研究以 31 位八年級學生（高中能力為 15 和 16 位），隨機分派到幾何解題範例是全文呈現（一次版）或者是逐句呈現（分段版）的情境，並以 TobiiX120 記錄其眼動。結果切割效果在理解與遷移測驗上沒有差異，而回憶測驗僅在其中一題出現交互作用，且切割效果與預期相反，高能力在一次版表現優於分段版。一次版有半數受試者有瀏覽的眼動型態，推測分段呈現會阻礙瀏覽。此外，全部受試者有半數表示不習慣分段呈現，且偏好的呈現方式與能力有關，高能力較喜愛一次呈現，中能力則較喜愛分段呈現。

**【關鍵詞】**工作範例、分割原則、能力、眼動

*Abstract: The e-learning theories assume that materials presented in several step-by-step paragraphs could enhance learning. There were 31 eighth-grade students (15 high ability and 16 medium ability) participated this study. All participants were randomly assigned to two experimental conditions, either a whole-text or a segmentation geometric worked example. Eye movement was recorded with the Tobii X120. The results indicated that there was a non-significant difference on the comprehension test and the transferring test. There was a significant interaction effect for one of the recall tests; the simple main effect revealed that participants with high ability performed better on the whole-text example than the segmentation example. It was also found that half of the participants in the whole-text condition displayed scanning eye movement. Therefore, we speculated that readers' scanning may be inferred with segmentation and that is the possible reason to interpret why segmentation has no effect on test performances. Moreover, participants with high ability preferred the whole-text presentation; however, participants with medium ability preferred the segmentation presentation.*

**Keywords:** worked example, segmentation, knowledge, eye movement

國中的幾何量解題的學習時常採取工作範例（worked-out example），此法可支持生手獲得一些基礎的認知技能。然而工作範例的學習方式易流表象，使學生只是依樣畫

葫蘆而未能掌握解題原理。解題範例的呈現方式改成有意義性的建構群組 (meaningful-building-blocks guideline) 是一種解決之道，其原理是將固定的解題步驟 (fixed chain) 切割成數個有意義的群組步驟，以使學生在面對遷移問題時，能彈性地重組解題步驟而非僅是仿做 (Renkl, 2011, 2014)。數位學習理論的分段原則 (segmentation principle) 是類似的概念，Mayer (2009) 指出學習內容的切割可減少整體學習材料的複雜性，而降低認知負荷。學習者在數位環境下可自行控制下一個段落畫面的呈現時間，藉由暫停的時間，學習者可將這些分割適當的內容重新組織和整合 (Mayer & Moreno, 2003)。

本研究透過自編測驗以及眼球追蹤技術探討以下兩個問題：(1) 有無分段的呈現方式是否影響學習成效？眼動型態有何差異？(2) 能力與呈現方式是否有交互作用？

## 1. 研究方法

受試者是來自兩個台北市國中、6 個八年級班級，參與眼動實驗的學生共 31 名。測驗的有效樣本數學高、中能力組分別為 15 和 16 名，眼動資料有效樣本是 29 名。

實驗材料包括解範例題與三種測驗。範例題修改自國中教材的幾何輔助線應用題。範例架構與一般幾何應用題類似，包含了題目和解題歷程和兩個附圖。每一範例題均有對應的理解測驗和回憶測驗，前者為是非題，測量從範例中可直接學習到的內容，題數是 6 題，後者是應用題，旨在瞭解學生是否自行寫出完整解題步驟。遷移測驗則是修改兩題練習題和兩題範例題之內容，題數是 4 題。

研究工具是眼動追蹤系統採用 Tobii X120，使用 Tobii-Studio 軟體(2.2 版)蒐集眼動資料，呈現實驗材料的螢幕為 19 吋，解析度為 1027\*768 的像素(pixels)。使用頭架固定受試者的頭部增加眼動資料準確性，受試者與 Tobii X120 的距離約為 70 公分。實驗料為全螢幕呈現，其中文區約 17.5-25 公分×18 公分，圖區約 19 公分×12 公分。

研究程序包含兩階段。團體篩選階段，共 174 名學生接受約 30 分鐘的先備知識測驗，排除數學能力低者之後，經家長同意而進入下一階段實驗的學生共 31 名。個別眼動實驗階段，受試者接受指導語說明、眼動校正無誤後，進行練習程序，包含兩題的練習範例。練習畫面先出現題目，停留 25 秒供受試者閱讀；之後呈現解答範例，閱讀時間的長短由受試者決定，以按空白鍵來結束畫面。正式實驗有兩題範例，其後增加了理解和回憶測驗。分段和一次呈現的差異在於，前者範例的解題步驟是逐步呈現，由受試者控制下一句的出現時間，先出現一句解題步驟，並在一秒後出現對應的動畫；相對地，一次呈現則是同時列出所有的解題步驟。最後是完成遷移測驗與訪談，訪談內容是展示另一種受試者沒看到的呈現方式，請其表達喜歡哪一種呈現方式。測驗作答時間長短由受試者自行決定，整個實驗時間約 50-60 分鐘完成。完成閱讀實驗的 15 名高能力者的先備知識分數平均是 10.13 分、16 名中能力者平均為 7.75 分；眼動資料排除資料不足的受試者 2 名。

## 2. 結果與分析

學習成效方面，分別進行三個測驗的能力(2)×呈現方式(2)的二因子變異數分析，理解測驗與回憶測驗的描述統計見表 1，遷移測驗的描述統計見表 2。

首先，理解測驗、回憶測驗、遷移測驗的平均正確率為 .79、.51 和 .60，顯示理解測驗較回憶測驗與遷移測驗簡單，回憶測驗和遷移測驗難度則差不多。其次，在理解測驗上，能力和分段的主要效果與交互作用均未達顯著 ( $ps > .05$ )。第三，在回憶測驗上，能力的主要效果達顯著，高能力組 (.60、.62、.61) 在各題與整體表現均顯著優於中能

力 (.40、.46、.43),  $F(1, 29) = 5.95, p = .022, \eta^2 = .18$ ;  $F(1, 29) = 6.22, p = .019, \eta^2 = .19$ ;  $F(1, 29) = 10.21, p = .004, \eta^2 = .28$ ; 分段的主要效果有邊緣顯著之情形, 一次組 (.57) 在整體表現上有優於分段組 (.47) 的趨勢,  $F(1, 29) = 3.00, p = .095, \eta^2 = .10$ , 交互作用的效果出現在第二題,  $F(1, 29) = 4.10, p = .053, \eta^2 = .13$ , 其他題則否 ( $ps > .05$ ), 進一步分析單純主要效果發現, 在一次呈現時, 高能力 (.72) 顯著優於中能力 (.42), 在分次呈現時, 高中能力的表現沒有差異: 對高能力組而言, 在一次呈現 (.72) 顯著優於分段呈現 (.52), 對中能力而言, 一次呈現和分段呈現的表現沒有差異。

表 1 兩組能力學生在不同呈現方式的理解、回憶測驗正確率 (%) 平均數

題型	呈現方式	第一題		第二題		整體	
		高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力
理解測驗	一次	85	79	83	70	84	75
	分段	86	83	79	71	82	77
回憶測驗	一次	65	47	72	42	68	45
	分段	54	32	52	49	53	40

最後, 在遷移測驗上, 能力的主要效果達顯著或邊緣顯著, 高能力組 (.88、.54、.75) 在第二題、第三題與整體表現上優於中能力 (.56、.19、.43),  $F(1, 29) = 3.80, p = .062, \eta^2 = .12$ ;  $F(1, 29) = 4.15, p = .051, \eta^2 = .13$ ;  $F(1, 29) = 6.69, p = .015, \eta^2 = .20$ , 分段的主要效果和交互作用均未顯著 ( $ps > .05$ )。

表 2 兩組能力學生在不同呈現方式的遷移測驗正確率 (%) 平均數

呈現方式	第一題		第二題		第三題		第四題		整體	
	高能力	中能力								
一次	75	63	75	50	50	25	75	50	69	47
分段	100	63	100	63	57	13	71	38	82	44

針對閱讀時間進行能力 (2) × 呈現方式 (2) 的二因子變異數分析, 描述統計見表 3。結果發現, 能力和策略的主要效果與交互作用均未達顯著 ( $ps > .05$ )。此外, 各題需要花費的時間差異很大, 練習一最短平均是 42.59 秒, 第二題最長平均是 107.51 秒。

表 3 兩組能力學生在不同呈現方式的閱讀時間平均數

呈現方式	練習一		練習二		第一題		第二題		整體	
	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力
一次	50.36	46.05	64.36	94.18	69.02	117.75	104.63	112.05	72.09	92.51
分段	38.52	34.90	65.71	62.18	74.38	68.19	117.31	97.29	73.98	65.64

訪談不同能力受試者對呈現方式的喜好程度, 進行同質性考驗的結果顯示, 比較喜好分段呈現或者一次呈現, 其結果顯示統計結果達顯著,  $\chi^2(1, N=31) = 3.89, p = .049$ , 即不同能力的受試者對呈現方式的喜好程度不同, 有 66.7% 的高能力者較偏好一次呈現的方式, 而有 68.8% 的中能力者則有較偏好分段呈現的方式。

在眼動資料分析上使用共識評比分析 15 位一次呈現組的閱讀方式並分類, 資料是

30 筆（累計第一題和第二題並刪除無法判斷的筆數），發現在瀏覽行為上，有 55% 在閱讀解題步驟第一句之前會快速瀏覽範例的其他內容，而在當開始閱讀第一句之後有 31% 的人會往後其他內容快速瀏覽。分析目標導向的閱讀方式則指出有 24% 的學生在開始閱讀解題步驟時會立刻轉向閱讀最後的解題目標，之後再閱讀其他文字內容。

### 3. 討論與建議

在學習成效上，從回憶測驗的結果顯示學生在一次呈現的表現上優於分段呈現，並且與能力有交互作用，高能力的學生受到呈現方式的影響，一次呈現的表現會優於分段呈現，且高能力組的主觀報告也偏好一次呈現方式。中能力的學生不受呈現方式影響學習表現，主觀上較偏好分段呈現。

關於分段呈現對學習有負向效果的原因，本研究的眼動資料提供了可供推測依據。一次呈現組的眼動資料顯示，有超過 1/2 的受試者呈現快速瀏覽整個範例內容的眼動型態，且有 1/4 的受試者在開始閱讀解題步驟時就會轉而閱讀最後的解題目標的型態，此種目標導向的閱讀型態，與 Lin、Wu 和 Sommers（2012）研究大學生讀幾何證明題的發現類似。推測分段呈現可能阻礙學生原本的閱讀習慣。另一個可能的原因可從科技接受模式來討論。曾瑞譙（2009）探討五專生對英語電腦輔助教學軟體的接受度發現與很多因素有關，包括知覺有用性（覺得電腦化有沒有幫助）、知覺易用性（輔助方式是否容易使用）、電腦焦慮（個人電腦知識缺乏或能力不足）、電腦自我效能（評估使用電腦時的問題解決能力）、個人對資訊科技的創新（事物改變的意願和嘗試性）等等，而本研究訪談資料發現，在一節課的實驗時間中，學生尚無法接受分段呈現這種新的呈現方式，他們可能會提到「比較方便專心看，不用考慮按，一次按出來一個一個看下去，對我比較好。」或者是「因為一行一行就是雖然能專注在那一行上面但是根本不知道有幾行，然後就會，吼！怎麼還有，然後一次出現的話，就會知道大概有幾行就是比較有心理準備要看很多東西，如果是一行一行的話就會不耐煩，因為不知道有幾行。」科技接受度的問題指出，後續研究須考量到學生適應數位學習方式的情形，有可能需要拉長學習新數位介面的時間，方能確認新的數位學習方式的效益。

### 4. 參考文獻

- 曾瑞譙（2009）。電腦輔助教學軟體使用後之效益分析-科技接受模式的觀點與應用。新竹教育大學教育學報，26(2)，127-163。
- Lin, T. W., Wu, C. J., & Sommers, S. (2013, July). A preliminary exploration of levels of understanding during an interaction effect. In A. M. Lindmeier & A. Heinze (Eds.), *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 5, p. 108. Kiel, Germany: PME.
- Mayer, R. E., Dow, G. T., & Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds? *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 806-812.
- Renkl, A. (2011). Instruction based on examples. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (2011). *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 272-295). New York, NY: Routledge.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1-37.