

讀圖以建構科學動態表徵的認知歷程 ——以序列分析處理眼動資料探究之

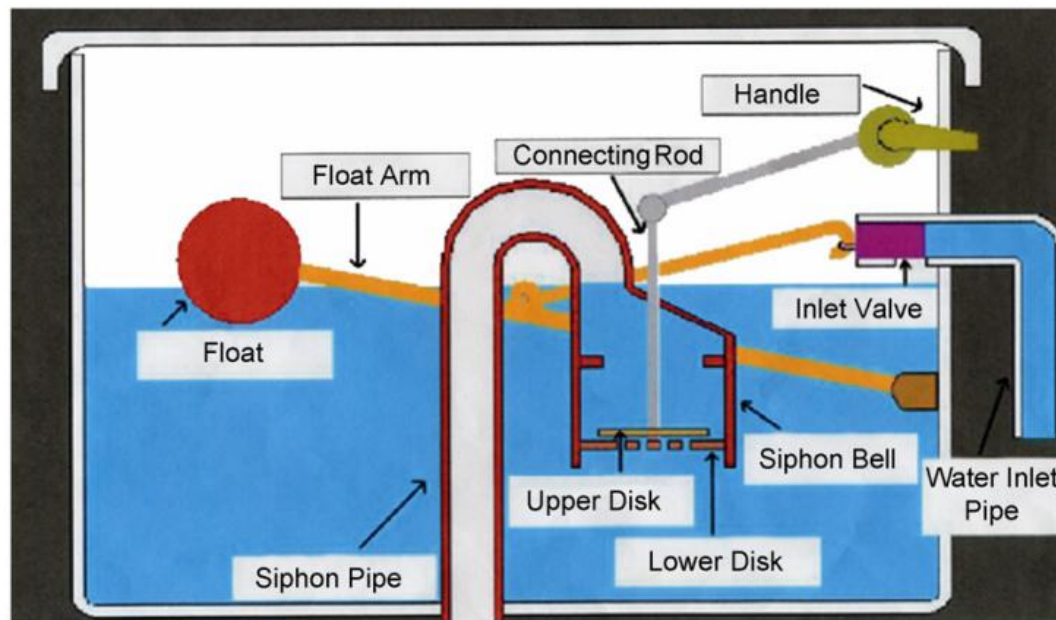
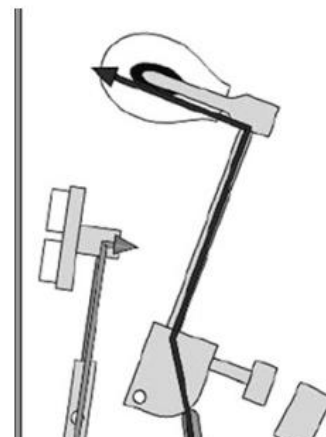
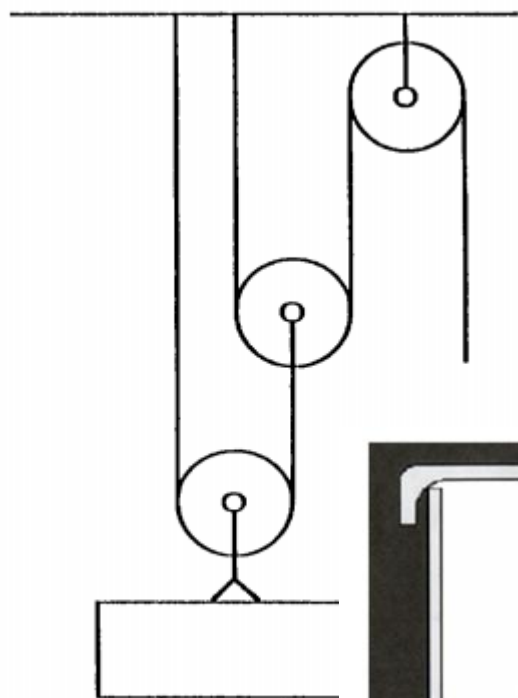
簡郁苓¹、吳昭容²、蘇家漢³

¹國立中央大學學習與教學研究所博士後研究員

²國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教授

³宏達電軟體架構處視覺應用部門主任工程師

人們如何從靜態圖建構科學動態表徵？



研究背景

- 科學文本常以圖來表達動態事件的運作，讀者讀圖對外在表徵的時序變化形成連貫的心智模式，此即內在**動態表徵**。
- 動態播放的圖片或影片未必較佳
- 科學閱讀有許多動態事件的知識概念要學習，例如：
機械運作，部件之間的關係包括：
 - **順序關係**
 - **方向變化**
 - **接續關係**

研究背景

- 科學圖常用**連續標號箭頭**來表徵動態事件的方式



- 文獻顯示，圖示箭頭有助於讀者掌握動力訊息。
 - 閱讀圖示箭頭的讀者在測量動力訊息的測驗表現比圖上沒有箭頭的讀者佳；然而，此結果是導因於箭頭促使**讀圖歷程發生何種改變**並不清楚。
- 眼球追蹤技術可用來探討讀圖歷程，以往多採用
 - 總凝視時間
 - 圖與文時間比例
 - 圖文跳視次數

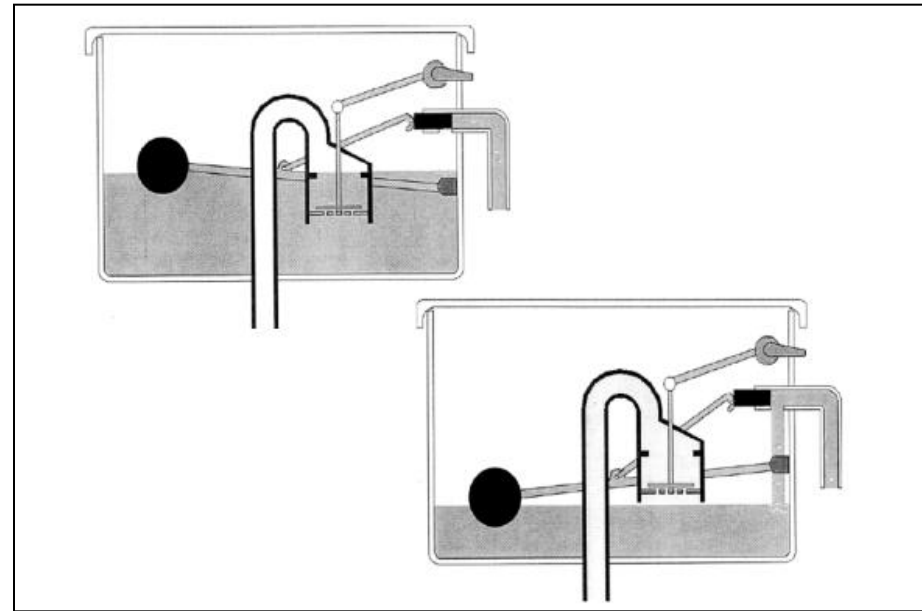
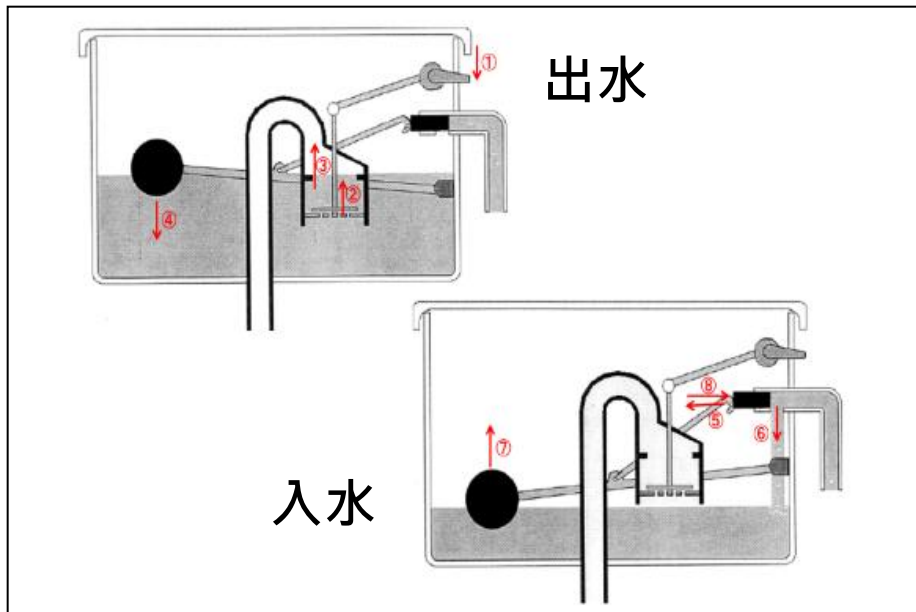
推論讀者的閱讀歷程

研究目的

- 旨在以眼動儀和閱讀測驗探討圖示連續標號箭頭對建構機械動態表徵的影響
- 尤其，藉由序列分析(sequential analysis)提供閱讀軌跡的證據，考驗讀有、無標號箭頭在機械運作圖上的讀者，其建構動態表徵的閱讀路徑有何差異？

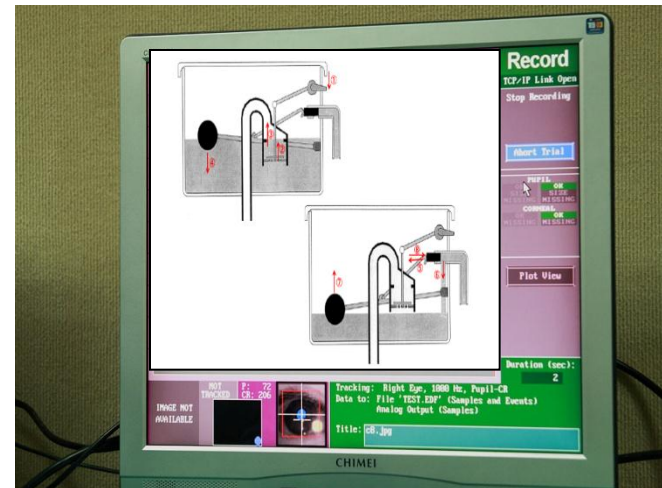
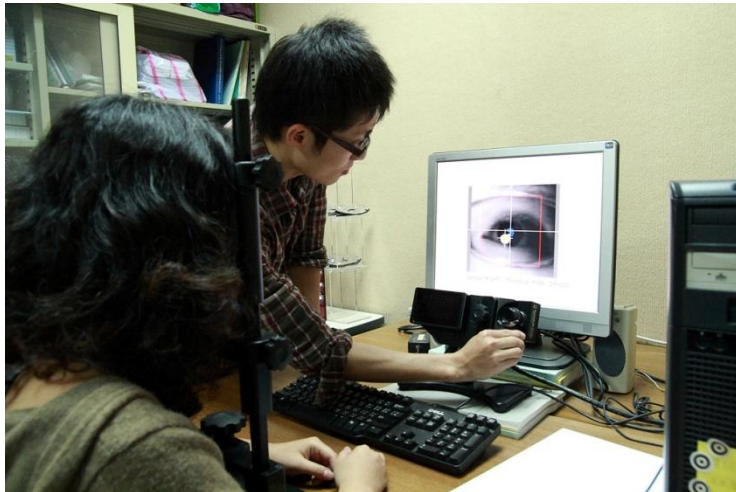
研究方法

- 受試者：46位大學或研究所非理工科的學生。扣除眼動軌跡偏移，有效樣本40位，有無箭頭組各半。
- 實驗材料：有、無連續標號箭頭兩個版本



實驗儀器

- Eyelink 1000+24吋螢幕，解析度為 1920×1200 像素
- 受試者距離螢幕60公分，
- 涵蓋水平視角46度，垂直視角30度。



實驗程序



• 眼球位置校正與確認



• 記憶部件分解圖(2分鐘) →

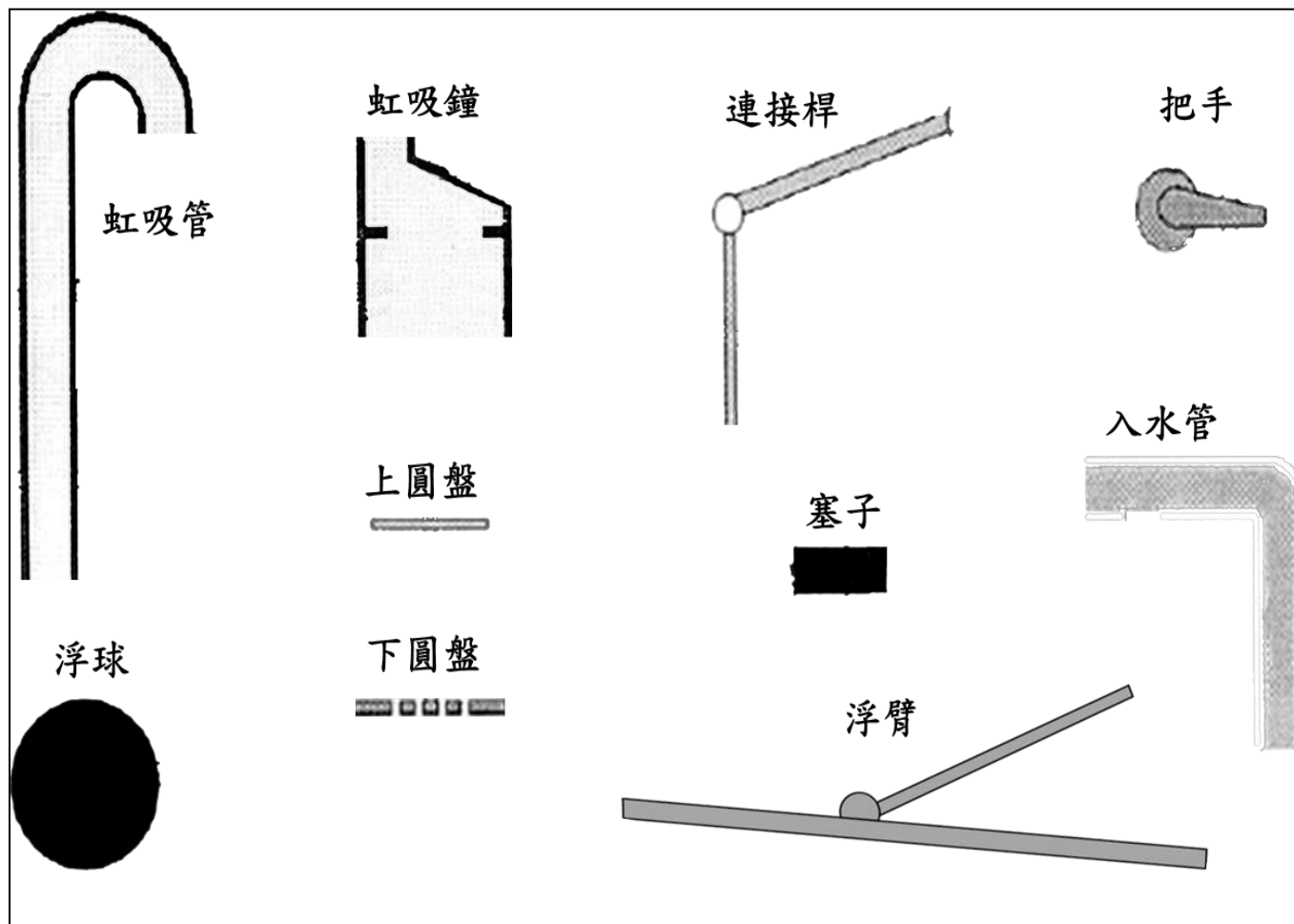


• 讀儲水槽圖(5分鐘) →

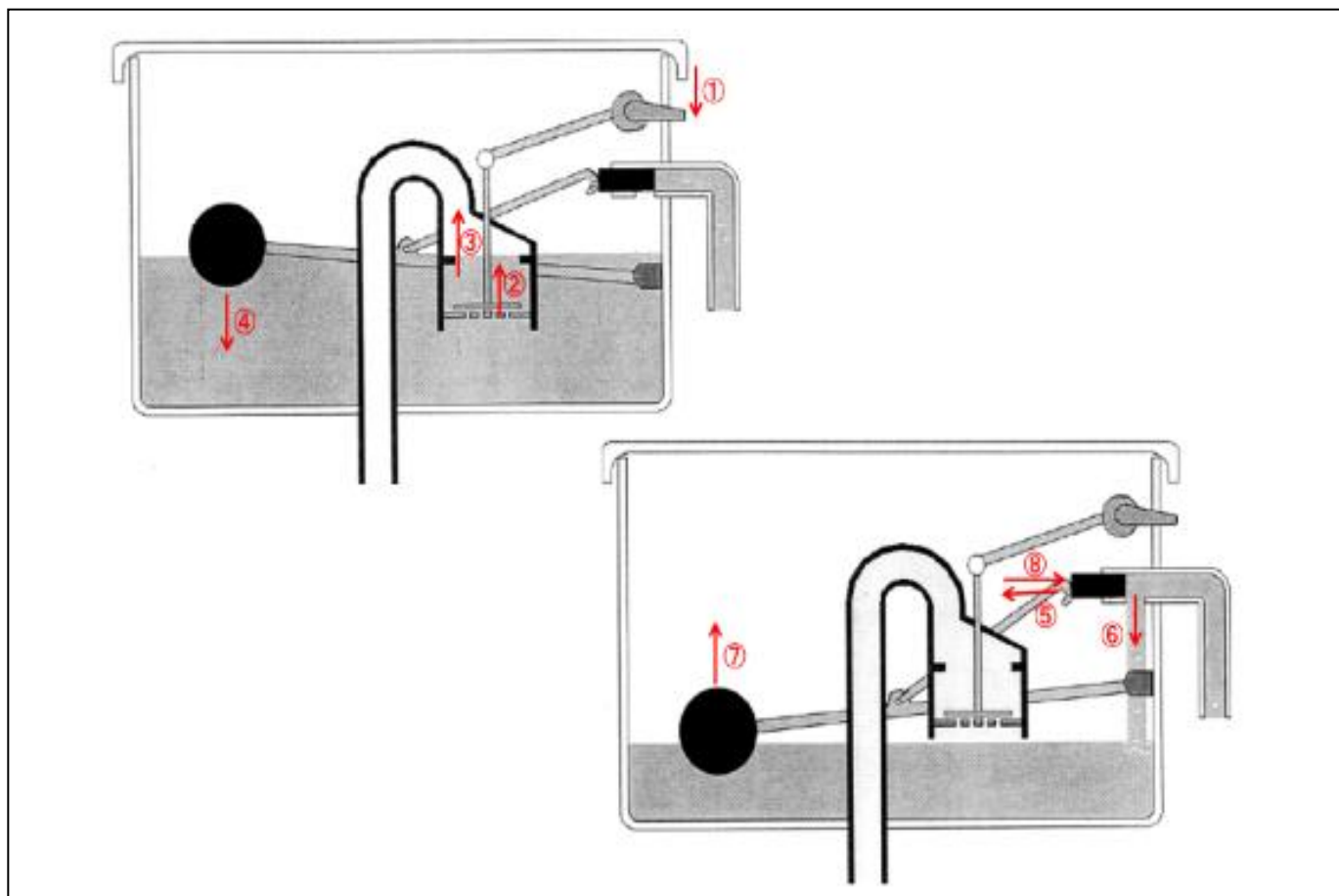


• 步驟題測驗(不限時) →

部件分解圖



儲水槽圖



步驟測驗題

- 請依步驟儘可能詳細描述儲水槽如何運作。
(例如：1、按下儲水槽的把手，2、儲水槽內的哪個(些)部件會如何運作，然後3、4.....)
- 計分方式：
 - 1.切割受試者的答案，再與標準答案的20步驟對應
 - 2.評定句子是否正確，分別計算正確率、錯誤數
 - 3.錯誤的答案分類為順序錯誤、方向錯誤、連動機制錯誤三類。

研究結果—測驗題

	箭頭組		無箭頭組		T 值
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
正確率 (%)					
出水系統步驟	21	(10)	8	(8)	4.44***
注水系統步驟	62	(20)	28	(23)	4.95***
所有步驟	42	(13)	18	(13)	5.90***
錯誤數量					
順序關係	0.10	(0.31)	0.10	(0.31)	0.00
方向變化	0.20	(0.52)	0.10	(0.31)	0.74
接續關係	0.60	(0.94)	1.35	(1.31)	-2.08*
所有錯誤數量	0.90	(1.15)	1.55	(1.28)	-1.53
作答反應時間 (分鐘)	6.25	(1.79)	6.60	(2.14)	-0.56

* $p < .05$, *** $p < .001$

➤ 箭頭組的正確率較高、接續關係的錯誤較少

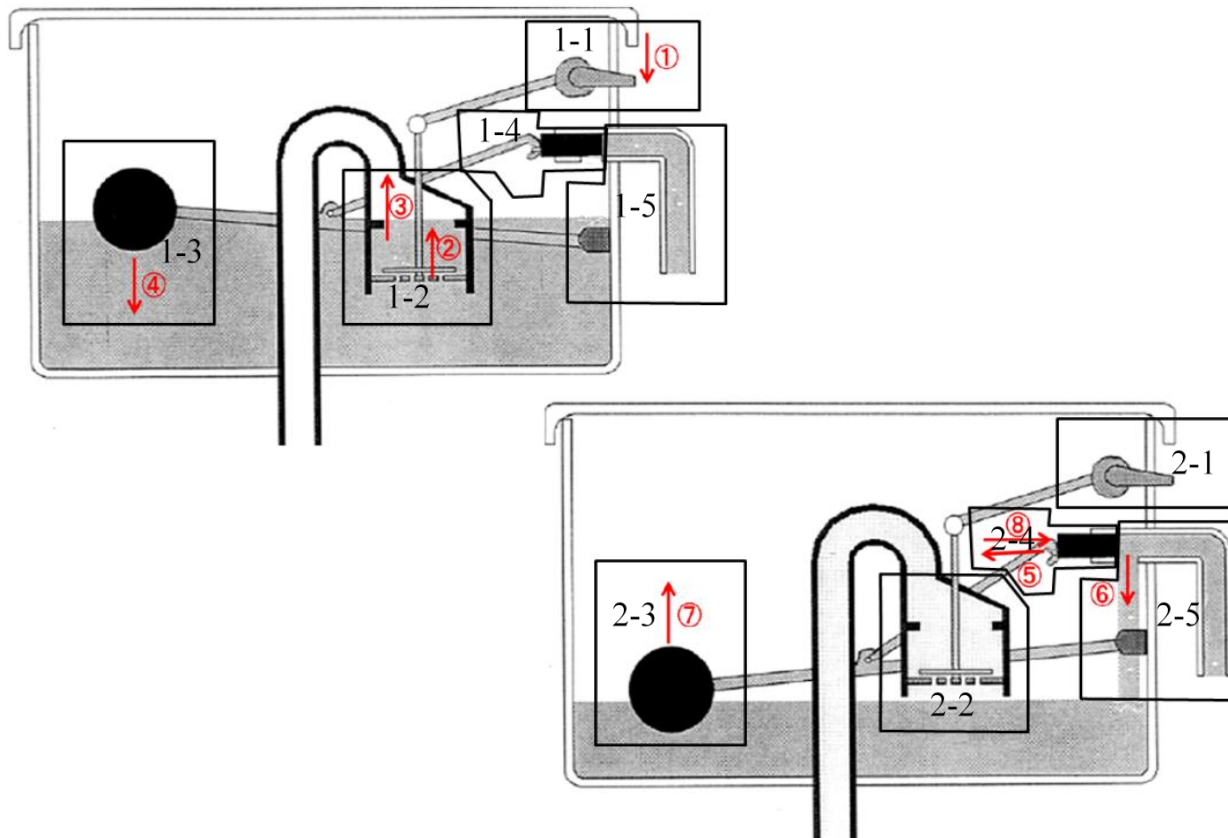
研究結果—眼動資料

- 整張圖分析：
 - 讀圖總時間， $p > .05$
 - 箭頭組（平均181.82秒）
 - 無箭頭組（平均158.73秒）
- 兩張圖分析：
 - 總閱讀時間、讀圖時間比例、**第一次連續凝視時間**、**重新閱讀時間**、**平均跳視距離**、**兩張圖的跳視次數**

	箭頭組 (出水/注水)	無箭頭組 (出水/注水)	T值 (出水/注水)
第一次連續凝視時間	15.36/2.21	6.64/0.88	2.68/2.35
兩張圖的跳視次數	15.55/14.90	23.70/24.00	-2.09/-2.23

研究結果—序列分析

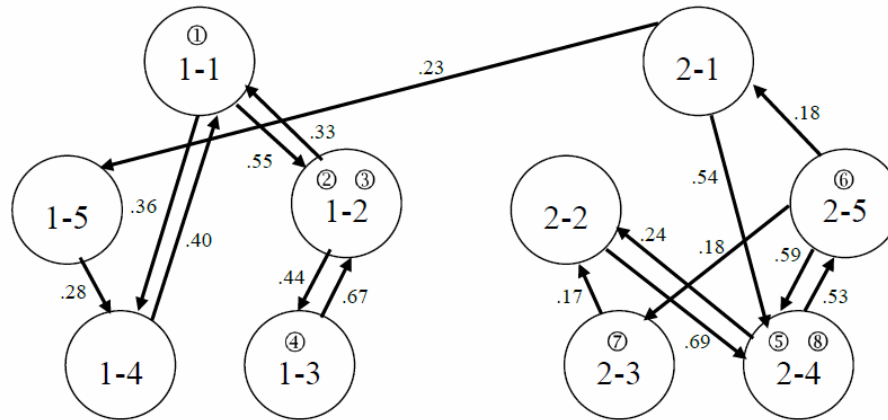
- 第一次轉移路徑：反映初始的知覺處理
- 全部轉移路徑：反映整體的認知處理歷程



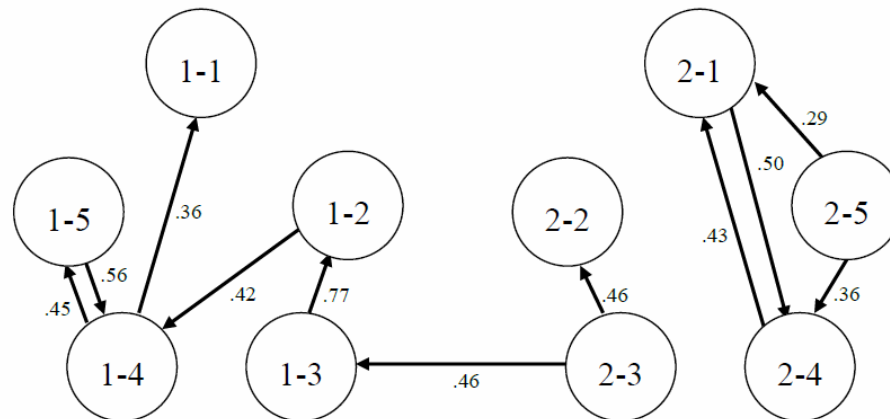
序列分析算法

- Calculate the **frequency** transition matrix
- Calculate the sequential transition **conditional probability** matrix
- Calculate the **expected-value** matrix
- Calculate **Adjusted Residuals Z-score** values
- A Z-value greater than **+1.96** indicates yes ($p < 0.05$)

序列分析—第一次轉移路徑

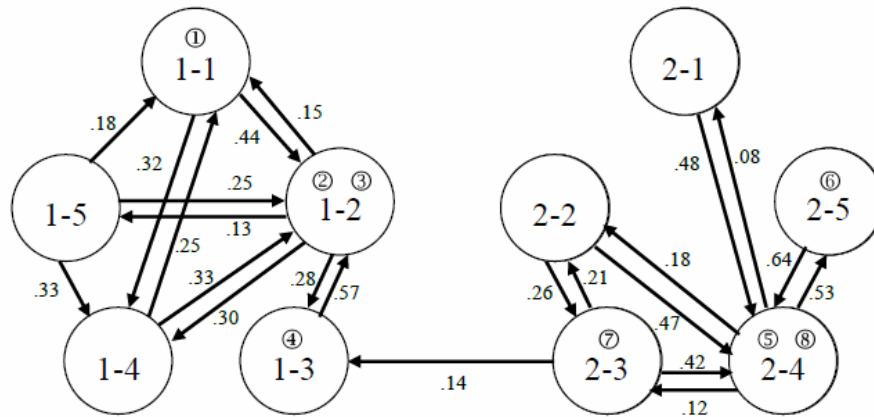


(a) 箭頭組第一次轉移路徑

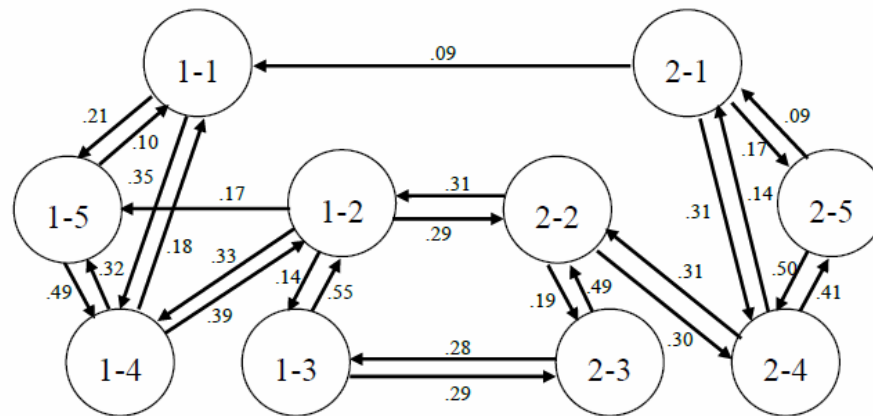


(b) 無箭頭組第一次轉移路徑

序列分析—全部轉移路徑



(a) 箭頭組全部轉移路徑



(b) 無箭頭組全部轉移路徑

結論

- 本研究支持圖示連續標號箭頭有助於讀者建構較佳的機械動態表徵：
 - 眼動資料顯示標號箭頭改變讀者讀圖的認知歷程：
 - 箭頭組很明顯是採用依循箭頭順序閱讀的策略，
 - 無箭頭組則是採用比對兩張圖的差異狀態策略，然而，無箭頭組的策略似乎無法形成很好的動態表徵。
- 合併測驗結果和眼動資料顯示接續關係是建構機械動態表徵很重要的一個性質。

後續研究方向

- 本文僅以機械圖為實驗材料，後續研究可採用其他涉及動力學原理的圖，以擴大本研究發現的類推性。
- 本研究目前僅以低機械知識背景的讀者為受試者，未來研究建議可加入背景知識高的讀者，探討知識對讀圖建構動態表徵的影響。

謝謝大家，敬請指教