

透過鍊結表記探討數位與傳統媒材對於概念演化發展數量的影響

唐玄輝 謝易成 蔡艾靜

台灣科技大學

摘要

本研究目的為利用合作式設計，透過不同草繪媒材，激發不同的設計思維，並以鍊結表記分析不同草繪媒材對於概念演化發展的影響。本研究首先提出二點假設：(1)一個好的合作式設計必然有一個鍊結模式可循。(2)在合作式設計過程中，傳統與數位媒材對於概念發想的數量並無明顯影響；實驗對象為工業設計大三學生，利用不同草繪媒材參加設計提案；透過二位研究人員進行編碼與分析，並運用「鍊結表記」與「標示概念排序」探索鍊結圖形與概念演化之間的關係。本研究得到兩項結論，一：在合作式設計過程中，數位草圖在概念數量、概念密度、關鍵設計移動總和等三方面，高於傳統草圖，意味著數位草圖可以替代或輔助傳統草圖工具，並進行異地合作式設計；二：透過分析工具、專家評鑑與文獻資料三者，本研究訂定出好的合作式設計所應具備的條件模，希望能提供設計教育的應用與實行。

關鍵字：概念演化、合作式設計、傳統與數位草圖、口語分析、鍊結表記

1. 研究背景與動機

全球化的競爭壓力下，過去個人設計逐漸轉變為合作式設計(Cross & Cross, 1995)。結合不同領域專長的人才，進行團隊合作設計，是一種綜合知識的學問，面對問題時，可以自不同面向進行思考與分析。同時數位草圖媒材技術的進步，逐漸將傳統草圖繪製媒材的特性轉變成數位媒材的特性，也為設計團隊在概念創作時帶來便利性與及時性。

本研究期望在合作式設計中，比較不同的草圖媒材對於概念演化的影響，並觀察其設計過程中概念推演的變化和創意結果的展現，期望對於未來合作式設計與設計教育有正面提昇之意義。

1.1 研究目標

本研究目標為以下兩點：

- (1) 使用鍊結表記(Linkography)與連結指數(Link Index)分析合作式設計中，使用傳統媒材與數

位媒材，對於概念演化與概念分佈的影響。

- (2) 透過鍊結表記圖像與專家評鑑，探討合作式設計過程與設計成果之間的關係，進而擬定出好的合作式設計模式之條件。

2. 文獻探討

本段將整理有關合作式設計、電腦輔助協同工作、鍊結表記、設計媒材與口語分析的相關資料。

2.1 合作式設計(Cooperative design)

Cross & Clayburn(1996)認為成功的合作式設計，取決於重要決策時，團員是否能分享彼此相關的知識。為應全球化的商品行銷策略，要能精準地掌握各地市場反應、地域文化性，與區域性市場環境等特性，並導入適當的設計元素，與當地設計師合作是最好的解決方案之一，因此，數位式「合作設計」模式正在蔓延(戴瑤強, 2003)。

2.1.1 電腦輔助協同工作(Computer-supported

cooperative work, CSCW)

電腦輔助協同工作，為透過電腦支援協同工作。CSCW依時間及地點可分為四種模式，如表1整理(林育進，1999)。本研究採用同步模式與分散式同步模式。

- (1) 同步模式(synchronous)：使用者在同一時間及同一地點工作面對面設計會議。
- (2) 分散式同步模式(distributed synchronous)：使用者在同時間但不同地點工作-網路合作設計。
- (3) 非同步模式(asynchronous)：使用者在不同時間但相同地點工作，如行動辦公室。
- (4) 分散式非同步模式(distributed asynchronous)：使用者在不同時間且不同地點工作-如全球設計接力。

表 1 CSCW 的四種模式(本研究整理)

地點	相同地點	不同地點
時間		
相同時間	同步模式 (synchronous)	分散式同步模式 (distributed synchronous)
不同時間	非同步模式 (asynchronous)	分散式非同步模式 (distributed asynchronous)

2.2 鍊結表記(Linkography)

鍊結表記常用於探討概念產生過程與概念生產率之間的關聯性，Goldschmidt(1995)認為：設計者在設計過程中的一個步驟、一個行為、一個活動都影響著設計成果的發展，並且和推演的狀態具有關連，因此好的點子其發展過程應具有廣泛的連結網狀圖，顯示討論過程的品質(Goldschmidt, 1992；Van der lugt, 2001)。鍊結表記是一套設計概念演化的紀錄過程，透過鍊結表記圖像，追溯每個概念間的關聯性，如移動西洋棋一般，是一個延續性的活動。透過口語分析，將設計過程中具相關性的概念(Move, 如圖1中白點)給與連結(Link)標記(如圖1中黑點)，進一步觀察概念是否與先前(一個或一個以上)或之後的概念相關聯，若是則將連結做V字形的連線(如圖1中黑點間的連線)，這個步驟過程稱「設計概念關係連結」(design moves)。

Kan & Gero (2005)提出的四個元素(如表2所示)，根據連結的分佈與數量，分析概念延伸的發展程度。

圖1 設計概念關係連結(Kan & Gero, 2005)

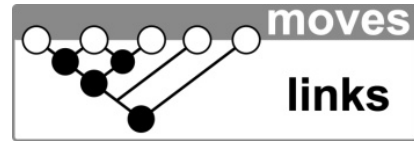


表 2 連結關係圖(Kan & Gero, 2005)

Case1		五個因子毫不相關，所以創意點子在過程中無法被激盪出來。
Case2		全部討論因子都具相關性，暗示過程中將會出現創意點子。
Case3		因子相關性只有推進一步，並無向下延續發展。
Case4		有五個因子向下發展且非規律路線，具有高度發展空間。

2.3 設計媒材

過去十年中，設計草圖被視為一項非常重要的設計認知研究議題(Goldschmidt, 1991；Schön & Wiggins, 1992；Goel, 1995；Suwa, et al., 1998)。近年因電腦輔助工具技術的進步，將數位媒材應用在設計過程的相關議題引起大量的研究興趣。不同類型的數位媒材介入不同設計階段，對傳統的設計過程產生衝擊。在設計概念發展階段，數位手繪系統及傳統繪圖系統，各有不同的操作方式以及特性。

2.4 口語分析(Protocol studies)

口語分析發軔於認知心理學與認知科學，透過受測者口述其思考，研究者得以了解其存於短期記憶體中的思考過程(Ericsson & Simon, 1993；Cross, et al., 1996)。目前口語分析實驗方法有放聲思考(think aloud)及影音回溯法(retrospective)兩種實驗方式(Suwa & Tversky, 1997)所提出的，藉由重新編碼與解碼的動作分析受測者資料，能夠得到連受測者都無法查覺的訊息，即口語中蘊含的意義。

2.5 文獻小結

設計思考的研究領域，過去研究多著重於個人設計中使用不同媒材在視覺認知想法上的差異性，或探討合作式設計對於溝通層面的影響。本研究採用口語分析資料，透過「鍊結表記」探討合作式設計在使用傳統與數位媒材的過程中，對於概念演化

與概念產量的影響。

3. 研究方法

研究方法分三個部分，第一對設計過程中產生的不同影響提出假設；第二以實驗驗證，透過不同實驗環境與媒材的設定讓設計團隊進行實驗與發展概念設計；第三利用實驗取得的放聲思考資料進行編碼分析，並邀請六位工業設計領域專家，對實驗設計成果，分別以1-9分為標準，進行評分。

3.1 實驗

本研究實驗過程包含：傳統與數位實驗流程設計、熱身與正式實驗、問卷與訪談、資料整理與分析。傳統與數位兩者的實驗環境在流程上大致相同，但在使用數位媒材進行實驗的細節上，研究者會先讓受測者進行熱身實驗，以提高對於數位媒材使用上的熟悉感。傳統媒材的實驗規劃，讓受測者以最熟悉的方式進行實驗，並無安排熱身實驗。



圖2 實驗流程圖

3.1.1 實驗題目與受測者選擇

實驗分為傳統草圖與數位草圖兩部份進行，實驗題目設定上需考慮選擇同質性高但不相同的題目，避免受測者會因為學習經驗產生的設計過程差異。實驗受測者為工業設計系大三的學生，共二十人，分為十組，設計時間為60分鐘，結束前10分鐘進行提醒的動作，並在時間結束後安排2~3分鐘的設計概念發表，本研究設定五組先做傳統實驗再進行數位實驗，另五組則相反，以組別交叉的方式進行，避免因設計媒材之實驗順序所產生的學習效應問題。兩組實驗題目如下。

- 傳統草圖組：防身用隨身碟。
- 數位草圖組：叫我起床隨身碟。

3.1.2 實驗環境

實驗環境以CSCW合作模式為依據，傳統組：同時同地；數位組：同時不同地(虛擬同地)，因此兩組在設備安裝與儀器架設上會有所差異。

3.1.3 實驗工具

- (1) 傳統組：工具包含繪圖紙A3、筆(鉛筆、麥克筆)及繪圖工具(尺類)，如圖3所示。
- (2) 數位組：選用WACOM-21 吋數位顯示版(Interactive Pen Display)進行正式實驗，並搭配Alias Sketchbook 圖像介面軟體，如圖4所示。



圖3 傳統組實驗環境圖



圖4 數位組實驗環境圖

3.2 實驗假設

本研究實驗假設為以下兩點：

- (1) 一個好的合作式設計必然有一個鍊結模式可循：V字形交錯模式、範圍大小的寬廣與團隊概念的分佈數量與概念產生數量會直接反映設計成果的完整度與合作關係。
- (2) 在合作式設計過程中，傳統與數位草圖在概念發想的數量上並無明顯差異；合作式設計的，鍊結表記圖像中，連接的數量與密度也是團隊互動關係和概念連接，對於最終設計成果具有正相關變化。

3.3 斷句與編碼系統

本研究基於鍊結表記概念，產生對原始資料轉

換之四種操作定義，擷取重要設計過程，如下：

- (1) 無意義的詞語不給予不考慮。
- (2) 標示第一個概念談話內容，後續符合概念所衍生出的對話內容也給予標示。
- (3) 陳述參考資料與無衍生新意義之對話，不給予標示。
- (4) 連接概念分成三種元素，如圖 6 所示：
 - A. 小概念延續主概念，則彼此之間給予連接，形成一個群組。
 - B. 小概念不延續主概念，則小概念彼此之間也給予連接，會形成小群組。
 - C. 小概念與先前其他概念相關聯時也給予連接。

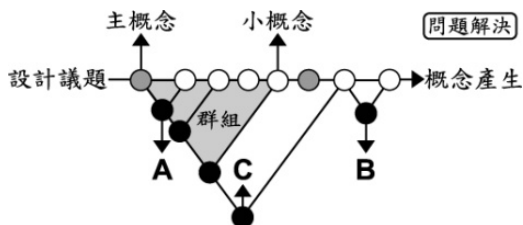


圖5 概念連接圖

3.4 測量指數

本研究透過每一組的鍊結表記圖，分析概念(moves)與連結(links)的關係以及計算概念總數與概念產生的頻率(單位時間內產生的概念)，探討不同鍊結表記所隱含的資訊內容。分析主要分成三個階段：水平測量、垂直測量與概念演化，如圖7所示。

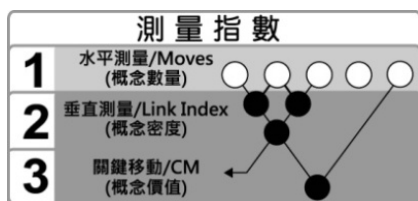


圖6 三階段測量指數

3.4.1 概念數量(水平測量)

本研究利用二十張不同的鍊結表記圖像，分概念數量的分佈範圍，與計算單位時間內連結的數量，探討團隊在不同媒材間的合作模式現象，並觀察設計概念結果的演化過程，如表2所示。

表 2 不同媒材實驗之中概念的數量

	概念數量					
	傳統單圖實驗 (Tradition)					
	搜尋主概念		概念細節處理		全部過程	
	時間 (min)	概念(個)	時間 (min)	概念(個)	時間 (min)	總概念(個)
T-A	16	61	56	38	72	99
T-B	8	13	55	11	63	24
T-C	44	20	26	3	70	23
T-D	7	28	62	39	69	67
T-E	2	10	64	10	66	20
T-F	10	18	60	55	70	73
T-G	33	35	37	5	70	40
T-H	6	10	44	14	50	24
T-I	8	19	46	7	54	26
T-J	14	17	44	5	58	22
	數位單圖實驗 (Digital)					
	搜尋主概念		概念細節處理		全部過程	
	時間 (min)	概念(個)	時間 (min)	概念(個)	時間 (min)	總概念(個)
D-A	24	97	42	90	66	187
D-B	16	16	44	25	60	41
D-C	17	29	53	12	70	41
D-D	12	43	51	24	63	67
D-E	13	12	44	11	57	23
D-F	3	2	72	50	75	52
D-G	44	55	26	4	70	59
D-H	5	6	47	18	52	24
D-I	11	10	46	10	57	20
D-J	1	4	53	9	54	13

表2顯示概念發展階段中，不同媒材會影響團隊合作設計中概念的數量。

3.4.2 概念密度(垂直測量)

Goldschmidt(1995)表示設計過程具有高密度的連結聚集，顯示其為有效率的問題解決的過程。本研究觀察每組的連結指數(Link Index)，探討概念密度之高與低，而數值較高者，顯示其具有豐富的设计過程。

表 3 傳統與數位設計過程生產率

	不同階段					
	傳統單圖實驗 (Tradition)					
	T-A			T-B		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	61	38	99	13	11	24
連結數	157	743	900	30	45	75
連結指數	2.57	19.55	9.09	2.31	4.09	3.13
	T-C			T-D		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	20	3	23	28	39	67
連結數	50	6	56	55	214	269
連結指數	2.50	2.0	2.43	1.96	5.49	4.01
	T-E			T-F		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	10	10	20	18	55	73
連結數	8	55	63	69	522	591
連結指數	0.8	5.5	3.15	3.83	9.49	8.10
	T-G			T-H		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	35	5	40	10	14	24
連結數	40	7	47	6	51	57
連結指數	1.14	1.40	1.18	0.60	3.64	2.38
	T-I			T-J		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	19	7	26	17	5	22
連結數	32	28	60	20	15	35
連結指數	1.68	4	2.31	1.18	3	1.59

數位草圖實驗 (Digital)						
	D-A			D-B		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	97	90	187	16	25	41
連結數	841	1561	1902	20	325	345
連結指數	8.52	17.34	10.17	1.25	13.0	8.41
	D-C			D-D		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	29	12	41	43	24	67
連結數	99	41	140	97	300	397
連結指數	3.41	3.42	3.41	2.26	12.5	5.93
	D-E			D-F		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	12	11	23	2	50	52
連結數	7	55	63	0	365	365
連結指數	0.58	5	2.74	0	7.3	7.02
	D-G			D-H		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	55	4	59	6	18	24
連結數	136	10	146	4	175	179
連結指數	2.47	2.5	2.47	0.67	9.72	7.46
	D-I			D-J		
	搜尋主概念	細節處理	全部過程	搜尋主概念	細節處理	全部過程
概念數	10	10	20	4	9	13
連結數	15	19	34	4	45	49
連結指數	1.5	1.9	1.7	1	5	3.77

如表 3 所示，十組在數位草圖的實驗中，連結指數數值有些明顯高於傳統草圖，顯示部分合作式設計在數位實驗環境中，產生豐富的過程與概念設計生產率。

3.4.3 關鍵設計移動

透過圖表顯示可區分出關鍵移動CM(critical moves)，並且計算設計過程單位CM的比例數量，分為向後連結(Back-links)與向前連結(Fore-links)。向後連結為，連結先前的認知推理過程，並延伸為後續概念演化的依據；向前連結為，屬於延續之後概念演化的發展，關鍵的移動通常含有較多的向後連結與向前連結，如圖7所示CM1、CM2、CM3、CM4、CM6。本研究焦點在概念演化的過程，因此結合關鍵移動數量與向後連結當作比較傳統與數位草圖實驗的依據。

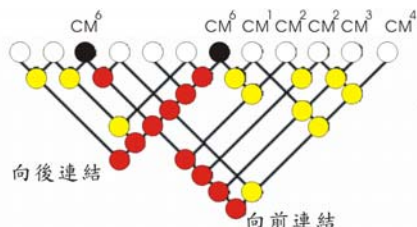


圖7 Link重要的移動 (Kan & Gero, 2005)

表 4 概念演化的程度

概念演化					
組別	CM ⁵	CM ⁶	CM ⁷	≥CM ⁸	總和

D-A	10	10	6	75	101
T-A	1	3	2	35	44
D-B	2	1	1	17	21
T-B	2	2	2	2	8
D-C	5	2	2	5	14
T-C	3	2	0	0	5
D-D	5	4	1	17	27
T-D	4	2	0	13	19
D-E	1	1	1	3	6
T-E	1	1	1	3	6
D-F	1	1	1	18	21
T-F	2	1	1	26	30
D-G	4	3	5	4	16
T-G	1	1	0	0	2
D-H	1	1	1	11	14
T-H	1	1	1	2	5
D-I	1	1	0	0	2
T-I	2	2	2	0	6
D-J	1	1	1	2	5
T-J	1	1	0	0	2

如表4所示，依據鍊結表記的圖像建構出關鍵移動在二個方向之概念聚集數，找出在同一連接線上的概念，如累積到5、6、7、≥8四個數量層次，再找出向後連結所佔的數量。十組關鍵移動分佈狀況，顯示A、B、C、D、G、H、J七組在數位草圖的分析中，其關鍵移動的數量多於傳統草圖，反觀F、I二組在傳統多於數位草圖，E組則無變化。

4 實驗結果與討論

研究結果顯示，第一，不同的草圖繪製媒材會對概念演化過程造成影響，其中在合作式設計過程中，使用數位工具組，其單位時間內產出的概念數量、概念密度與關鍵移動數量較使用傳統工具高，如表5所示，在相同的單位時間內，數位工具組提出較多的概念與演化情境，不斷在發想與補強概念，花更多時間在腦力激盪，證明數位媒材可以帶給設計者更多的思考刺激及想像空間，同時具有替代或輔助傳統媒材進行概念設計之優點，且數位工具能提供較多視覺變化與細節處理能力，提高設計成果的完整度。第二，根據連結關係圖之四元素(如表2所示)，配合鍊結表記圖像中連結的分佈與數量，分析概念延伸的發展程度，期望找出二十張圖像所代表的意義，如圖8所示。本研究列出A-D組織鍊結表記圖像，A組顯示，一個好的合作式設計模式，其鍊結圖像中，概念間的連結(元素2)與概念向下連結(元素4)的數量應相當密集，在彼此的交替運

作之下，顯示其產生創意的機會大，同時由圖像中發現該組在概念數量(水平展開)和概念密度(向下延伸)的數值也相當高。而較差的合作式設計模式，都僅以單一元素進行設計，並無提出更進一步的概念數量與概念密度，導致設計成果較差。

透過本研究更了解合作式設計中，成員之間討論的狀態，進而找出創造新事物的設計行為過程。同時深化鍊結表記的圖像意義，讓研究者可以一窺合作式設計的原貌，從概念發展到提案完畢，全部設計的過程與圖像背後所要傳達的涵義。

表5 傳統與數位概念演化差異表

概念數量	數位比傳統提升11.6%
概念密度	數位比傳統提升17.6%
關鍵移動數量	數位比傳統提升34.2%

排名	傳統草圖實驗	排名	數位草圖實驗
1		1	
Case	A組：4→2→4→2	Case	A組：4→2→4→2→2
2		2	
Case	F組：4→4	Case	D組：4→4→2
3		3	
Case	D組：2→4	Case	B組：4→2

圖8 A-D組之鍊結表記圖像

5 參考文獻

- 林育進 (1999)，全球資訊網下產品設計中電腦支援協同設計之應用，成功大學碩士論文。
- 戴瑤強 (2003)，數位媒體協同設計流程控管平台之研究，元智大學碩士論文。
- Cross, N. and Clayburn-Cross, A. (1996) Observations of teamwork and social processes in design. In N. Cross, H. Christiaans and K. Dorst (Eds.), *Analysing design activity J* (pp. 291-317), Wiley, Chichester, UK.
- Cross, N. and Cross, A. C. (1995). Observations of teamwork and social processes in design. *Design Studies*, 16, 143-170.
- Ericsson, K. A. and Simon, H. A. (1993). Protocol analysis: Verbal reports as data ma. Cambridge: MIT Press.
- Goel, V. (1995). Sketches of thought. Cambridge. MIT Press.
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4. pp. 123-143.
- Goldschmidt, G. (1992). Serial sketching: Visual problem solving in designing. *Cybernetics and systems: An international Journal*, 23. pp. 191-219.
- Goldschmidt, G. (1994). On visual design thinking: The vis kids of architecture. *Design Studies*, 15. pp. 158-174.
- Goldschmidt, G. (1995). The designer as a team of one. *Design Issue*, 16. pp. 189-209.
- Kan, J. W. and Gero, J. S. (2005). Entropy Measurement of Linkography in Protocol Studies of Designing. In J.S. Gero, and N. Bonnardel, (Eds.), *Studying Designers'05* (pp. 229-245). Australia: 2005 Key Center of Design Computing and Cognition, University of Sydney.
- Suwa, M. (1998). *Content-oriented Protocol Analysis Coding Scheme*. Sydney, Australia: Key Centre of Design Computing and Cognition.
- Suwa, M. and Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18. pp. 385-403.
- van der Lugt, R. (2001). Sketching in design idea generation meetings. PhD dissertation, Faculty of Industrial Design, Delft University of Technology.
- Schön, D. A. and Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, 13(2). pp. 135-156.