

以 FBS 模型探討設計思考結構與設計成果之關係

Exploring the relationship between the structure of design thinking process and design results using FBS model

蔡艾靜* 唐玄輝**

*台灣科技大學 研究助理

**台灣科技大學 助理教授

摘要

設計思考(design thinking)探討設計過程的思考變化，相關研究指出設計過程的表現影響設計成果之優劣。本研究將透過實驗觀察設計過程中思考結構變化的狀況，研究其與設計成果優劣之關連性。主要分為以下三步驟：1.執行十組工業設計系學生之合作式設計的口語實驗。2.運用口語分析(protocol analysis)、FBS模型(Function-Behavior-Structure model)分析合作式設計過程之設計思考結構變化的情形。3.透過FBS模型與思考結構之平均位置，比較設計思考過程中思考結構變化與設計成果優劣間的關連性。結論為1. 設計成果之優劣與其設計過程中，發展產品造型、結構與運作狀況之對話內容延續性與設計流程時間先後有關聯性。2. 設計思考過程中，綜合評估使用者預期行為與產品造型結構設計議題之組別，其設計成果分數較高。3. 設計思考過程中符合模型中思考結構轉換組合之組別，其設計成果分數較高。4. 與設計議題無關之對話比例與平均位置不影響設計成果品質。本研究運用合作式口語分析，對於設計思考研究發展有所助益，其成果可作為往後設計教育的發展方向。

關鍵詞：合作式設計、FBS 模型、口語分析、設計思考

一、前言

近年來全球化競爭激烈環境下，產業界紛紛講求以短時間、高創意，生產出符合顧客需求的產品為目標，因此各企業逐漸走向以跨區域多人參與產品設計與開發之協同設計，以及跨廠製造、組裝之產業型態，以因應生產環境的快速轉變，全球商務進入了所謂的「合作式商務」時代(張家鳳, 2004；徐世明, 2003)。同樣的在設計領域，目前多數問題都是複雜難解的，必須依靠設計師團隊合作才能在有限的時間下，完成高創意的產品。團隊設計活動受到社會因子影響，如角色、關係和社會技能。很多工具都朝向協助設計的過程及提升設計合作效能(Cross & Cross, 1995)。在發展新概念或解決問題上，面對面互動和草圖仍然是最重要元素(Salter & Gann, 2002)。因此本研究透過合作式設計方式，以 FBS 模型討論設計成果與設計思考過程演化的關係。

二、文獻探討

本研究將透過 FBS 模型編碼，探討設計思考過程中思考結構的變化，因此文獻探討將針對設計思考、口語分析與 FBS 模型等三部份加以說明。

1.設計思考(design thinking)

設計思考本是研究設計師設計過程的思考變化，其內容結合設計研究(design studies)與認知科學(cognitive science)，為目前設計研究領域的熱門研究議題。1970 年代開始運用認知心理學與人工智慧的研究成果與研究方法，從事設計研究，因而產生兩個新的研究領域—設計思考與設計運算。由認知心理學與人工智慧的研究中，我們得到了人類思考 (Newell & Simon, 1972)、知識的獲得、表達與運用、知識與記憶的結構(Miller, 1956)、問題解決(Newell & Simon, 1962)與創造力(Simon, 1966)的知識，了解這些以人類認知結構為主軸的研究成果，並將其反應到設計行為上，形成當代設計認知與設計運算的主要方向(Mitchell, 1990)，如圖 2-1 所示。



圖 2-1 認知心理學與人工智慧關係圖

設計思考結構研究的目的是為了解設計師如何進行設計活動。Rowe (1987)認為設計思考是指，設計者在解決問題時，內在狀態邏輯和作出決定的

決策過程。而設計思考理論模型就是試圖模擬設計如何解決問題的模型，研究者透過不同編碼的方式，如 FBS 模型與鍊結表記(Linkography)，分析創意概念產生過程以及比較概念產生率(Gero & McNeill, 1998)，進而了解設計過程的內容，未來可能透過模型將設計創意做預測性的發展。本研究專注於設計過程中內在的思考結構變化，將使用 FBS 模型配合周建偉(2008)之合作式設計實驗資料進行編碼與分析。

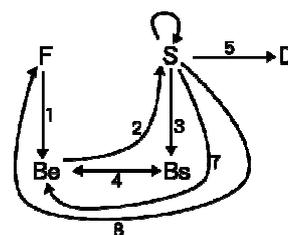
2. 口語分析

1920 年後，口語分析逐漸成為心理學重要研究方法之一，1945 年錄音帶的出現，研究者更能夠精確的收集資料，口語分析方法開始普及應用在研究上。目前口語分析實驗方法有放聲思考(think aloud)及 Suwa & Tversky(1997)所改良的影音回溯(retrospective)兩種。著名的西洋棋研究便是使用放聲思考口語分析法，Newell 與 Simon 也將口語分析應用在對邏輯問題解決的研究裡，近年來，設計思考領域也嘗試將這個原本使用於認知心理學的研究方法，應用在相關設計思考研究上(Goldschmidt, 1991, 1992, 1994, 1995; Schön & Wiggins, 1992; Suwa & Tversky, 1997)，其中近 50 篇重要的口語分析研究，包含 Gero 與其研究生合作所發表的一系列方法學的研究(1990, 1998, 2001)、Suwa 發表 Design Studies 的影音回溯口語分析(1998, 2000)與 Tang 所發表的設計過程中知識與草圖的重要性(1997, 1999, 2000, 2001)。這些豐富的设计思考相關研究，充分顯示口語分析目前已成設計思考研究中重要的研究方法之一。

本研究關注合作式設計團隊之設計思考過程中設計思考結構的變化，將採用放聲思考法。

3. FBS模型(Function-Behavior-Structure model)

此模型為 Gero(1990)所提出原稱為設計原型理論(Design prototype theory)，解釋設計過程中思考行為關聯模型，將設計思考過程分為三部分為功能(function: F)、行為(behaviours: B)與結構(structure: S)，因此又稱為 FBS 模型，如圖 2-2 所示。其中行為又分為預期行為(expected behaviors: Be)與實際運作行為(actual behaviors: Bs)。本研究將使用 FBS 模型進行口語分析編碼。



- (1).F → Be 構想(formulation)
- (2).Be → S 綜合(synthesis)
- (3).S → Bs 分析(analysis)
- (4).Be ↔ Bs 評估(evaluation)，以預期行為與實際行為相互評估概念的可行性。
- (5).S → D 圖面呈現(documentation)
- (6).S → S 結構之修正(reformulation I of structure)
- (7).S → Be 預期行為之修正(reformulation II of expected)
- (8).S → F 結構之修正(reformulation III of function)

圖 2-2 FBS模型(Gero, 2003)

4. 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 FBS 編碼方式分析口語資料，探討設計成果優劣與設計思考過程中思考架構的關連性。

三、研究方法步驟與分析

本研究探討設計思考過程之思考結構變化狀況與設計成果之間的關聯性。引用周建偉(2008)合作式設計實驗口語資料，分為三個步驟(1).執行設計競賽實驗。(2).以 FBS 模型分析各組設計過程之口語資料並觀察設計思考結構變化狀況。(3).透過 FBS 模型之思考轉移組合與思考結構之平均位置，比較設計思考過程中思考結構變化與設計成果優劣之間的關連性。

1. 實驗題目與受測者選擇

實驗對象為工業設計系大四學生，共二十人，以創意潛能高低混合分為十組進行設計競賽。實驗題目為：「趣味」隨身計步器。設計時間為 70 分鐘，結束前 10 分鐘進行提醒的動作，並在時間結束後安排 3~5 分鐘的設計概念發表。

2. 實驗環境與設備

實驗環境以傳統面對面的草圖合作式設計進行，如圖 3-1 所示。實驗室內架設兩台攝影機，一台拍攝受測組的圖面(如圖 3-1B)；另一台攝影機則拍攝整個實驗的過程(如圖 3-1A)，完整紀錄每組設計過程。



圖 3-1 實驗環境設定

3. 口語編碼

本研究使用周建偉(2008)合作式設計實驗過程資料，使用 FBS 模型進行口語編碼分析。本研究將編碼類別分為功能(function: F)、預期行為(expected behaviors: Be)、實際運作行為(actual behaviors: Bs)、結構(structure: S)以及與設計議題無關之對話(X)，編碼流程如圖 3-1 所示。



圖 3-1 編碼流程

4. FBS 思考結構轉換與平均位置計算方式

本研究口語編碼以 FBS 模型為依據，共有 8 種思考轉移組合，將計算(1)各組思考架構轉移狀況：以編碼類別中功能(F)為例，將思考轉移中 F 為起始之轉移組合數量加總，除以設計過程總斷句數減一，即可得出各組與 F 相關之思考轉移狀況。(2)平均位置：以編碼類別中功能(F)為例，將計算總斷句中編碼為 F 之斷句數編號總和，除以設計過程之斷句總數，即可得出 F 在各組設計過程中出現之平均位置。計算公式如圖 3-2 所示。

$$\text{思考架構轉移} = \frac{\text{轉移數量}}{\text{設計過程總斷句數}-1} \times 100\%$$

$$\text{平均位置} = \frac{\text{斷句編號總和}}{\text{斷句總數}} \times 100\%$$

圖 3-2 思考結構轉移與平均位置計算方式

本研究透過思考架構轉移與平均位置的計算，進一步探討設計思考轉移狀況與設計成果優劣之關連性。

四、 實例驗證與討論

本段針對設計過程中思考架構轉移狀況、平均位置進行論述。

1. 思考架構轉移

各組思考轉移狀況如表 4-1 所示，本研究將表 4-1 思考轉移組合轉化為圖呈現，進行線性趨勢觀察，橫軸表示設計成果名次高低；縱軸表示思考轉移數量百分比，如圖 4-1 所示。

表 4-1 各組思考結構轉換表(單位: %)

組別	D1	B2	C3	F4	H5	A6	G7	E8	J8	I9
F-Be	10.4	2.5	1.1	7.0	2.1	3.0	1.3	20.2	2.9	4.5
Be-S	3.5	8.9	2.2	13.0	5.7	14.1	8.9	2.0	7.3	5.1
S-Bs	7.5	4.6	8.8	7.0	7.1	3.0	2.8	7.1	5.4	6.8
Be-Bs	0.9	1.5	1.1	2.0	0.7	2.6	0.6	2.0	3.2	0.6
S-S	31.1	23.7	65.9	30.0	51.1	18.4	14.2	14.1	18.8	39.8
S-Be	3.5	8.6	3.3	7.0	5.0	13.2	7.9	1.0	5.8	5.7
S-F	0.6	0.9	0.0	3.0	0.7	2.1	0.9	3.0	0.6	2.3

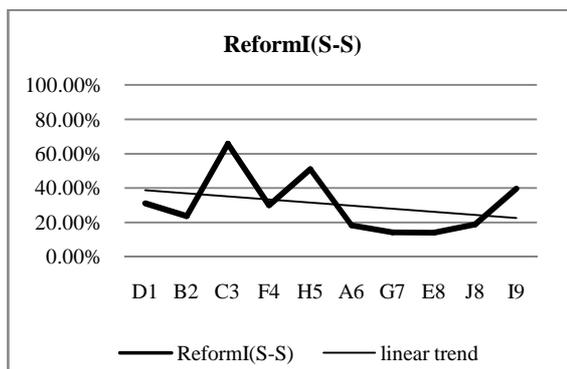


圖 4-1 各組 ReformI(S-S)比較表

本研究由表 4-1 發現思考轉移組合中 ReformI(S-S)之線性趨勢具有差異性，其他思考轉移組合則無明顯趨勢上的差異。ReformI 思考轉移過程在 FBS 模型中表示，設計者於思考過程中以產品造形結構議題為出發點進行延伸或再建構。圖 4-1 顯示設計成果分數越高之組別，其設計思考過程中 S-S 出現的比例越多，表示設計者於設計思考過程中思考產品結構修正議題之多寡，將影響設計成果優劣。

2. 平均位置

本研究計算出各組平均位置，如表 4-2 所示，並將其數據轉換為實際平均位置排列狀況，如表 4-3 所示。

表 4-2 各組平均位置(單位: %)

組別	D1	B2	C3	F4	H5	A6	G7	E8	J8	I9
F	24	36	26	38	19	29	41	29	37	44
Be	31	43	25	25	12	43	39	32	36	21
Bs	71	65	20	26	38	50	64	72	65	41
S	63	49	33	25	32	44	67	76	69	51
D	93	93	77	82	73	86	96	85	95	78
R	81	52	25	26	3	38	18	52	29	20
X	47	47	58	62	56	47	53	52	47	50

表 4-3 各組平均位置排列

D1	F	Be	S	Bs	R	D	F
----	---	----	---	----	---	---	---

B2	F	Be	S	R	Bs	D	F
C3	Bs	R	Be	F	S	D	Bs
F4	Be	S	R	Bs	F	D	Be
H5	R	Be	F	S	Bs	D	R
A6	F	R	Be	S	Bs	D	F
G7	R	Be	F	Bs	S	D	R
E8	F	Be	R	Bs	S	D	F
J8	R	Be	F	Bs	S	D	R
I9	R	Be	F	Bs	S	D	R

Be-S 思考轉移過程在 FBS 模型中表示 (synthesis)綜合的意義，即設計過程中設計者由使用者角度為出發點，思考產品預期使用行為，進而調整產品造型結構設計。由表 4-3 灰色區塊顯示，前五組設計思考過程中出現 Be-S 的思考轉移過程較後五組組多。表示高分組在設計議題發展過程中，對於產品預期行為與結構的討論狀況較低分組多，因此設計思考過程中，思考轉移結構 Be-S 的組合將影響設計成果優劣。

表 4-4 各組 FBS model 思考轉移架構表

D1	FBe	BeS	SBs	BsR	RD	D
B2	FBe	BeS	SR	RBs	BsD	D
C3	BsR	RBe	BeF	FS	SD	D
F4	BeS	SR	RBs	BsF	FD	D
H5	RBe	BeF	FS	SBs	BsD	D
A6	FR	RBe	BeS	SBs	BsD	D
G7	RBe	BeF	FBs	BsS	SD	D
E8	FBe	BeR	RBs	BsS	SD	D
J8	RBe	BeF	FBs	BsS	SD	D
I9	RBe	BeF	FBs	BsS	SD	D

FBS 模型為解釋設計過程中思考行為關聯模型，並將設計思考過程中思考結構分為功能、行為與結構三要素表示。表 4-4 為各組思考轉移架構，由灰色區塊發現，前五組之設計思考架構較符合 FBS 模型之思考架構組合，如圖 2-2 所示，表示設計思考過程如依據 FBS 思考架構發展，將能提高設計成果品質。

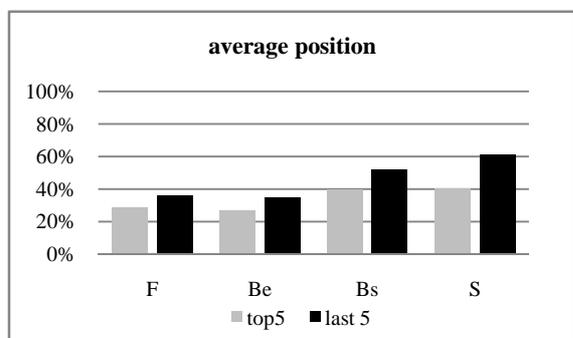


圖 4-2 前五組與後五組之 FBS 平均位置

圖 4-2 為前五組與後五組之 FBS 平均位置，橫軸表示編碼類別；縱軸表示設計過程平均位置(上

遠下近)。F, Be, Bs, S 為 FBS 模型思考架構之主要元素，在設計思考過程中，前五組之 F, Be, Bs, S 比後五組早出現。顯示設計思考過程中，優先發展完整設計架構之組別，其設計成果分數較高。

表 4-5 與設計議題無關對話之平均位置

D1	F	Be	X	S	Bs	R	D
B2	F	Be	X	S	R	Bs	D
C3	Bs	R	Be	F	S	X	D
F4	Be	S	R	Bs	F	X	D
H5	R	Be	F	S	Bs	X	D
A6	F	R	Be	S	X	Bs	D
G7	R	Be	F	X	Bs	S	D
E8	F	Be	X	R	Bs	S	D
J8	R	Be	F	X	Bs	S	D
I9	R	Be	F	Bs	X	S	D

表 4-5 為各組設計過程中，與設計議題無關對話之平均位置。透過表 4-5 顯示各組與設計議題無關對話之平均位置不一，顯示設計過程中與設計議題無關之對話不影響設計成果之優劣。

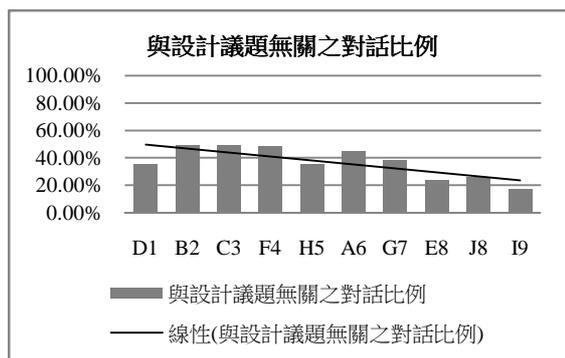


圖 4-3 與設計議題無關對話之比例

因此本研究進一步探討與設計議題無關對話之比例是否影響設計成果，將設計過程中與設計議題無關對話之數量除以總斷句數，即可得出設計過程中與設計議題無關對話之各組比例，由圖 4-3 顯示設計成果越高其設計過程中出現與設計議題無關對話之比例越高。經由表 4-5 與圖 4-3 表示設計過程中，與設計議題無關對話之比例與平均位置不影響設計成果之優劣。

3. 實驗討論小結

本研究實驗以周健偉(2008)合作式設計實驗資料為依據，使用 FBS 模型進行編碼與分析，探討設計思考過程中思考架構變化與設計成果之間的關聯性。本研究依據分析結果總結出以下四點結論，並於下一章節詳細說明其所代表之意義。(1) 設計思考過程中產品結構修正議題之思考過程(S-S)越頻繁，其設計成果分數將越高。(2)設計思考過程中評估使用者預期行為，進而調整產品結構設計之

思考過程(Be-S)，將影響設計成果之優劣。(3)設計思考過程之思考轉移架構平均位置若符合 FBS 模型，其設計成果分數將越高。(4)與設計議題無關之對話，不影響設計成果優劣。

五、結論

本研究透過 FBS 編碼方式探討設計過程中思考架構與設計成果之關連性，以 FBS 模型與平均位置探討設計成果之高低其設計思考架構轉移狀況的差異性。歸納出以下四點結論：

(1) 設計成果優良之組別其思考架構 S-S 的轉移過程豐富，表示於設計思考過程中，探討產品造型、結構與運作狀況之議題較多，且有延續性的向下發展，因此發展出較成熟完整的設計成果；而反觀設計成果較差之組別 S-S 的轉移過程不多，表示於設計發展過程中，較少連續性的思考產品造形結構部份，導致設計成果在造型發展與結構設計部分不完整。

(2) 將設計成果分為前五名與後五名發現，設計思考架構 Be-S 組合均出現與前五名，表示高分組在發展設計議題過程中，對於使用者行為與產品造型結構設計部分之議題，有深入的進行綜合評估分析；而低分組在發展設計議題過程中，可能單方面的針對產品造型或使用者行為議題進行探討，缺乏的綜合性的評估，近而影響其設計成果分數較低。

(3) 設計成果之優劣與 FBS 模型思考架構有關，前五組之設計思考轉移考架構較符 Gero(1990)所提出之 FBS 模型，表示前五組在設計思考過程中針對產品之功能、造型與運作方式等相關設計議題有程序性的發展與討論，因此能在有限的時間內發展完整且優良的設計成果，而後五組之設計思考架構散亂隨意的發展，因此無法有效利用時間進行產品設計發展，以致於設計成果成績低落。

(4) 與設計議題無關對話內容之比例與平均位置不影響設計成果品質。本研究發現各組於設計過程中，均會穿插與設計議題無關之對話，其對話時間長短與次數各組不一，但此行為並不會影響設計成果之優劣，本研究推論設計過程中穿插與設計議題無關之對話或許可以刺激設計者之創作靈感或為合作式設計帶來較輕鬆的氣氛以增進合作者的默契，因而產生較好的設計成果；但如不適時的進行設計議題發展也將會造成時間所剩不多，而草草將設計作品完成，導致設計成果不完整。

綜合以上四點，好的設計成果其團隊合作過程氣氛輕鬆愉快，且於設計議題發展過程中，有程序性的安排設計過程，同時針對產品造形、功能、運作方式等議題有延續性的深入討論，並於產品結構發展過程綜合思考使用者行為，隨時進行產品設計調整，因而發展出較完整之設計成果。

六、研究貢獻與未來發展

本研究透過 FBS 模型，作為合作式設計實驗口與資料之分析方式，觀察合作式設計之設計成果品質優劣與其設計發展過程中設計思考架構轉移的關聯性，藉以推導合作式設計之評估設計思考過程的量化基礎與方法，對於設計思考研究有所助益；同時並期望在未來能夠歸納出好的設計成果其思考轉移架構組合模式，可作為往後設計教育的探討方向。

七、參考文獻

- 周建偉(2008)。合作式設計中成員創意潛能組合與設計過程對設計成果的影響。碩士論文，台灣：台灣科技大學。
- 徐世明(2003)。協同設計模式之研究-以國防工業供應鏈體系為例。碩士論文，台灣：中原大學。
- 張家鳳(2004)。協同設計下整合跨廠組裝次序與易組性設計之評估模式。碩士論文，台灣：元智大學。
- Cross, N., & Cross, A. C. (1995). Observations of teamwork and social processes in design. *Design Studies*, 16, 143-170.
- Gero, J.S. (1990). Design prototypes: A knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, 11, 26-36.
- Gero, J.S., & McNeill, T. (1998). An approach to the analysis of design protocols. *Design Studies*, 19, 21-61.
- Gero, J.S., & Tang, H.-H. (1999). Concurrent and retrospective protocols and computer-aided architectural design, in J. Gu, & Z. Wei (Eds), *CAADRIA '99* (pp. 403-410), *Shanghai Scientific and Technological Literature House*.
- Gero, J.S., & Tang, H.-H. (2001). Differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the process-oriented aspects of the design process. *Design Studies*, 21, 283-295.
- Gero, J.S. (2003) Situated computing: A new paradigm for design computing, in A Choutgrajank, E Charoenslip, K. Keatruangkamala & W. Nakapan (Eds), *CAADRIA03* (pp 579-587), Rangsit University, Bangkok.
- Kan, J.W.T. & Gero, J. S. (2005). Design behaviour measurement by quantifying linkography in protocol studies of designing, In J. S. Gero, & U. Lindemann, (Eds.), *Human Behaviour in Designing'05* (pp. 47-58). University of Sydney, Australia: University of Sydney.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.

- Mitchell, W.J. (1990). *The design studio of the future: the electronic design studio*. Cambridge, MA: MIT press.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1962). Computer simulation of human thinking and problem solving. In M. Greenberger (Ed.), *Management and the computer of the future* (pp. 94-133). New York, NY: Wiley.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. NJ: Prentice Hall.
- Rowe, P.G. (1987). *Design thinking*. Cambridge: The MIT Press.
- Salter, A., & Gann, D. (2002). Sources of ideas for innovation in engineering design. *Research Policy*, 32, 1309-1324.
- Schön, D.A., & Wiggins, G. (1992). Kind of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, 13, 135-156.
- Simon, H.A. (1966). Scientific discovery and the psychology of problem solving. In R.G. Colodny (ed.), *Mind and cosmos: Essays in contemporary science and philosophy* (pp. 22-40). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Suwa, M., & Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18, 385-403.
- Suwa, M. (1998). Content-oriented protocol analysis coding scheme. Sydney, Australia: Key Centre of Design Computing and Cognition.
- Suwa, M., Gero, J.S., & Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and s-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, 21, 539-567.
- Tang, H-H. (1997). The evaluation and suggestions of applying the coding system of the protocol analysis in design activities, in Liu, Y. T. Wang, T.C.C. & Hou, J.H. (Eds), *CAADRIA '97 Workshops* (pp. 149-159), Taiwan, Hu's Publisher INC.
- Tang, H.-H., & Gero, J.S. (2000). Content-oriented coding scheme for protocol analysis and computer-aided architectural design. In B.-K. Tang, M. Tan & Y.-C. Wong (Eds.), *CAADRIA '00* (pp. 265-275). Singapore: CASA.
- Tang, H.-H. (2001). *Exploring the roles of sketches and knowledge in the interlinked and multimode design process using protocol analysis*. Ph.D Thesis, Australia: The University of Sydney.
- van der Lugt, R. (2001). *Sketching in design idea generation meetings*. PhD dissertation, Faculty of Industrial Design, Delft University of Technology.

誌謝

本文感謝行政院國家科學委員會予以部分經費補助，計畫編號為 NSC-97-2221-E-011-082。