快速設計情境中
後設認知運作與設計流程關聯之初探

陳璽任* 陳語晨** 楊佳翰***

國立成功大學工業設計學系
* hsijen_chen@mail.ncku.edu.tw
** duck810825@gmail.com

*** 國立成功大學創意產業研究所
chyang@ncku.edu.tw

摘 要

本研究採用質性個案研究法，以快速設計任務為情境，探討後設認知運作與設計行為之間的關聯，建構一套設計歷程中後設認知活動的編碼架構。研究招募六位工業設計系碩士一年級學生，在無干擾的環境下，執行以「盲人水壺」為主題之快速設計任務，任務時長約 60 至 90 分鐘。任務結束後進行回溯式放聲思考訪談，透過逐字稿內容建立編碼架構，搭配專家測試設計成果表現，剖析參與者設計過程中的反思活動與設計階段轉換成果表現之交互作用。研究結果顯示，後設認知運作時機多發生於參與者遭遇困難或瓶頸，或者參與者對於特定任務或議題較注重時；在短時間的快速設計任務，仍可見後設認知運作與設計表現的關係；多數後設認知行為集中於設計階段轉換之際，尤其在「定義（Df）」與「設計（Ds）」階段之間；後設認知主要運作於「問題界定」到「解決方案選定」間，反映其與「抽象概念到具體經驗間轉換」的關聯，在資料探索與圖像繪製等具體操作階段，後設認知則較少出現。本研究不僅提供一套觀察設計者思維與反思活動的分析框架初探，亦凸顯主動反思意識對設計品質提升的重要性。研究預期能對於設計教育與設計理論做出貢獻，並為未來研究提出具體的理論與實務建議。

關鍵詞：後設認知、設計過程、階段轉換、設計迭代、快速設計
論文引用：陳璽任、陳語晨、楊佳翰（2026）。快速設計情境中後設認知運作與設計流程關聯之初探。*設計學報，31*（3），71-94。

一、前言

在科技進步與快速變遷下，人類已無法僅依賴單一且固定的知識技能，應對複雜且瞬息萬變的問題。設計領域強調彈性思維與跨領域合作、整合思維與創新等能力的培養變得日益重要。如何持續精進設計

教學的方法與路徑，仍是當前的重要課題。現今設計教學現場面臨的挑戰之一在於：學生在執行設計專案時，多著重主題發展與設計成果產出，相對忽略對設計本體論（design ontology）的理解，亦缺乏對設計流程、方法以及過程中決策的反思，導致學習停留在表層，缺乏對設計決策背後原理的深層掌握。關於設計師在設計過程中如何理解問題、執行與重構策略，其背後所展現的思維與決策歷程，可視為設計師對設計的理解，這直接指向了後設認知（metacognition）。後設認知是一種「思考如何思考」（thinking about thinking）的歷程，意指個體對自身思維系統的理解，以及對行為的主動監視與調整（Flavell, 1976），這樣的歷程與設計活動，有著顯著的關聯。

以後設認知理論探討設計實作與學習，與此議題高度相關之研究在 2020 年左右開始較常出現。一部分研究從設計實作的觀點出發，挖掘設計過程觀察的行為與現象，從中推測背後原因與後設認知的關聯（Ball & Christensen, 2019; von Thienen, Weinstein, & Meinel, 2023），例如在設計過程中運用不同推理（reasoning）形式（即後設認知運作）而導致設計師選擇不同的解決方案（Dong, Lovallo, & Mounarath, 2015）。另一部分研究則從後設認知理論的觀點切入，探索後設認知類別的運作如何與設計成果或學習狀況對應（Kavousi, Miller, & Alexander, 2020a），例如後設認知能力的提升對於設計學習與表現存在正向的關係（Kavousi, Miller, & Alexander, 2020b; Kurt & Kurt, 2017）。現有研究已歸納出設計活動中可能涉及後設認知的行為類型或相關主題，聚焦於後設認知內容的探索，然而後設認知觸發的時機與原因，以及後設認知與整體設計流程之間的互動關係等方面，仍有待進一步的探討。為了補足上述研究缺口，本研究透過探討設計科系學生於設計專案歷程中所展現的後設認知活動，運用觀察、紀錄、訪談與專家評分等方法，藉此達到：（1）描繪後設認知如何介入設計歷程，釐清後設認知運作與設計行為之間的關聯，以及（2）從快速設計情境建構一套設計歷程中後設認知活動的編碼架構初探等兩項目的，為往後相關研究與教學活動提供參考依據。

二、文獻探討

「後設認知」（metacognition）一詞最早由 Flavell（1976）提出，描述個體對自身認知歷程的理解，以及主動進行監視與調整的能力。認知監視模型（model of cognitive monitoring）（Flavell, 1976, 1979, 1981）闡明後設認知由四個關鍵要素所組成：後設認知知識、後設認知經驗、目標認知與認知行動。後設認知知識涵蓋個體對自身能力之覺察（person variables）、對任務本身之理解（task variables），以及對策略使用情境之掌握（strategy variables）；後設認知經驗則與個人過往的記憶與經驗有關，能在當下影響策略選擇與行動反應。認知行動則是為達成特定目標而採取的具體行為，亦受到目標認知的影響。也有學者以陳述性知識、程序性知識與條件性知識對應掌握「是什麼」、「如何做」與「何時、何地、為何做」三方面能力，闡述後設認知知識（Jacobs & Paris, 1987）。Brown（1987）認為，後設認知是學習歷程的核心，體現於學習者能否意識到自身在學習、能否選擇合適策略、以及能否在適當時機調整學習行為等，此過程涵蓋學習技能與思維方式。他提出後設認知包含「認知知識」與「認知調節」兩大面向，前者指個體對自身學習過程的理解，與 Flavell（1976）的觀點相近。後者「認知調節」，指對策略執行過程的掌握與調整，也被視為後設認知技能。後續有學者將後設認知技能細分為後設認知監視與後設認知控制，以物件層次與後設層次來闡述監視與控制的交互關係（Nelson & Narens, 1990, 1994）。Pintrich、Wolters 與 Baxter（2000）整合多項後設認知與自我調節學習理論，將後設認知歸納為後設認知知識、後設認知判斷與監視，以及自我調節與控制三項核心構面，將後設認知技能拆開，明確區分「監視」與「調節與控制」的概念。

後設認知對學習具有明確助益，可透過學習與訓練逐步培養後設認知能力，同時有效提升學生學習效率與成效（Veenman et al., 2006; Salam et al., 2020; Swanson et al., 2024）。Veenman 等人（2006）指出後設認知技能隨著年齡與學習經驗累積逐步發展成熟，後設認知知識亦隨後設認知技能的提升而不斷精進。起初後設認知技能多侷限於特定的任務或領域，隨著學習者經驗累積則會逐步轉化為可應用廣泛且情境多元之領域。學者以 Jacobs 與 Paris（1987）提出的陳述性知識、程序性知識與條件性知識出發，建議可透過 What、When、Why、How，又稱「WWW&H」規則來促進後設認知思考（Veenman, 2011; Veenman et al., 2006）。What 協助學習者確認自己掌握「哪些」認知策略的基本知識，How 引導學習者構思「如何」完成一項任務或執行一項策略的知識，When、Why 指引學習者釐清「何時」與「為什麼」要使用這個策略來完成特定任務的知識。以結構化的方式幫助學習者自身或教學者引導學習者，於學習過程中有效地應用後設認知技能。後設認知被視為一種優良的學習技能或思維，是學習過程的根本，值得於各領域學習中被持續重視與培養。

目前後設認知運用在設計領域的研究大致可以分為兩個方向。其一範疇主要從設計實作觀點出發，關注設計者在面對問題時所採取的策略與調整行為，藉此理解後設認知在設計過程中的運作機制。研究指出，設計師往往會透過一套準則或機制，來降低設計議題的複雜性，並將其轉化為更為簡化的問題或概念，以作為設計目標（Lloyd & Scott, 1995）。在評估解決方案時，設計師多傾向持續修正原始概念，而非徹底放棄並重新構思其他方案（Ball, Lambell, Reed, & Reid, 2001）。相關研究也顯示，設計過程通常需要結合自上而下與自下而上、廣度與深度優先等不同的推進方式（Ball & Ormerod, 1995; Ho, 2001; Mitchell, 1990）。反思能力是專家設計師能夠判斷、調整並執行設計行動的關鍵（Cross, 2004）。Ball 與 Christensen（2019）進一步指出，後設認知的知識與監控，與 Schön（1983）提出的「行動中的反思」與「行動後的反思」密切呼應。他們將設計過程區分為三個面向：問題組織、解法生成與評估，以及整體的認知過程，並提供了完整且具啟發性的分析示例（Ball & Christensen, 2019）。von Thienen 等人（2023）提出「創造力後設認知（creative metacognition）」系統框架，從產品（products）、過程（processes）、人（people）與地點（places）四個層面，說明後設認知在創造力與創意領域中的作用。另一範疇則則著重後設認知理論的觀點，以此協助設計實踐與學習。相關研究已證實，後設認知對設計執行與學習皆能發揮作用。例如，後設認知會影響設計學生的表現（Desoete & Ö zsoy, 2009），並能提升設計師的創造性思維與整體表現（Ku & Morgan, 2006）。有研究進一步指出，表現較優秀的設計學生更傾向在學習中展現對後設認知的關注（Kavousi et al., 2020b）。Kavousi 等人（2020a）則透過實地觀察與訪談，探討建築系學生在設計學習中展現的後設認知，並歸納出三種類型：過程反思知識（reflective process knowledge）、過程反思監控（reflective process monitoring）與過程反思控制（reflective process control）。

這些研究主要透過兩種方式來觀察設計行為：一是透過錄影或攝影觀察設計歷程，在限定時間內要求設計者完成指定題目，亦即「快速設計情境」，搭配後續訪談以回溯其思考與決策（Atman, 2019; Atman et al., 1999; Atman et al., 2008; Chen et al., 2022; Dorst & Cross, 2001; Osgood & Johnston, 2022）；二是要求設計者撰寫設計日誌或工作紀錄，以長時間追蹤設計專案進程，從而捕捉策略選擇、決策模式與思維演變（Crilly & Firth, 2019; Kavousi et al., 2020a, 2020b; Maher & Tang, 2003）。快速設計因時間受限，其執行過程與長期設計專案可能存在差異，但既有研究結果指出兩種情境皆能觀察到相似的設計行為，例如問題與解決方案間的共同演化（Dorst & Cross, 2001; Maher & Tang, 2003）、依賴早期想法或設計固化（fixation）等（Ball et al., 2001; Crilly & Firth, 2019）。同時，快速設計的核心理念「將完整設計流程壓縮於短時間內並產出成果」，亦成為後續如設計衝刺（Design Sprint）等方法的核心基礎，Devon 等人（2007）指出快速設計不僅是繪圖行為，更是思惟表達與溝通媒介，兼具探索與表達功能。基於此，快速設計可被視為真實設計的縮影與探索性實踐，雖受時間限制，仍能在相當程度上反映設計過程的本質。

是以，本研究採用快速設計情境進行探索。

綜合上述多位學者的模型架構（Brown, 1987; Flavell, 1981; Kavousi et al., 2020a; Pintrich, Wolters, & Baxter, 2000），本研究以 Kavousi 等人（2020a）之分類為基礎調整後設認知項目內容，將設計的後設認知架構分為後設認知知識（metacognitive knowledge, MK）、後設認知監視（metacognitive monitoring, MM）與後設認知調節（metacognitive regulation, MR）。「後設認知知識」，整合後設認知知識（Flavell, 1981）與過程反思知識（Kavousi et al., 2020a）等要點，意指「根據原有的經驗與知識對於當前狀況的理解與評估」。「後設認知監視」，結合後設認知經驗（Flavell, 1981）、認知調節（Brown, 1987）、後設認知判斷與監視（Pintrich et al., 2000）與過程反思監視（Kavousi et al., 2020a）等概念，定義為「對當前狀況的評估與後續規劃」。「後設認知調節」，彙整認知行動（Flavell, 1981）、自我調節與控制（Pintrich et al., 2000）與過程反思控制（Kavousi et al., 2020a），指「針對當前狀況評估後的後續具體行動」。此架構以過去文獻理論為骨幹，後續加入本研究實證資料所歸納出的行為特徵，作為辨識、分類與標記設計歷程中後設認知表現的分析工具。Kavousi 等人（2020a）之研究著重在「解決方案」（可理解為雙鑽石模型中的「解法空間」階段），本研究則將探討範圍延續至整個設計過程，涵蓋「設計議題」與「解決方案」的探索與實踐（與雙鑽石模型中的「問題空間」與「解法空間」階段相對應），完整探究設計過程與後設認知運作的關係，有助於更深入地理解設計的本質，以及在設計執行過程中所涉及的行動判斷與知識運用。

三、研究方法與流程

3-1 研究方法與流程

本研究採用質性個案研究法（Case Study Research），以「快速設計任務」作為研究情境，探討參與者在設計歷程中的思維模式、決策過程與實際行動。逐字稿資料為回溯式放聲思考法（Retrospective Think-Aloud, RTA）與半結構式訪談（Semi-structured Interview）收集。訪談逐字稿透過內容分析法（Content Analysis）進行編碼與分析。實驗於無干擾之場域進行，快速設計全程由兩台攝影機同步錄影，攝影機分別設置於參與者的側方與後方，以降低對參與者行為的干擾。實驗流程分為兩個階段：

階段一：設計任務執行，參與者須完成一項以「盲人水壺」為主題的快速設計任務。選擇此主題的原因在於其特殊且具挑戰性，有助於觀察參與者的設計歷程及其後設認知活動（Goos & Galbraith, 1996）。在不限制時間與使用工具的前提下，參與者可自由發想設計概念。當其確認設計構想並完成草圖繪製後，向研究團隊進行簡要設計成果說明，即結束任務並進入下一階段。此階段執行時間介於 60 至 90 分鐘。

階段二：設計過程回顧，研究者與參與者共同檢視剛才設計任務執行過程影片，由參與者自行控制影片的播放，逐一說明設計之過程與想法（例如：當時在做什麼？思考哪些事情等）。研究人員則從旁提問以深入了解參與者的思考過程與脈絡（例如：為什麼會這樣想、這麼做）深入探討參與者的想法。最後請參與者回顧整個設計任務的執行過程，詢問他們使用哪些成功的具體策略、對於設計成果表現的滿意度，以及本次過程是否與過去的習慣有所不同。整個訪談過程將持續進行錄音、錄影，以便後續分析。

3-2 實驗參與者

本實驗參與者共 6 位（4 位男性、2 位女性），皆為一般綜合型大學工業設計學系之碩士一年級新生。學生對於操作設計的方法與流程已有一定程度的理解，故以此作為基礎的篩選方式。為了減少在設計能力上之變異程度對實驗準確的影響，參與者的選定依據為設計課程表現優異或授課教師推薦為優先。

3-3 資料分析

本研究採用內容分析法（Content Analysis）（Hsieh & Shannon, 2005），編碼以混合式編碼法（Hybrid Coding Approach）為策略，包含歸納與演繹兩種途徑。初始編碼架構以相關理論為基礎建立初始分類框架（演繹），並透過資料理解為架構進行調整與擴充，保留對資料中潛在主題的敏感度（歸納）。原始資料包括設計任務錄影與回溯式放聲思考訪談內容逐字稿，分別進行「設計過程」與「設計的後設認知」編碼。編碼團隊由 1 位大學教師、1 位博士生和 6 位碩士生組成，成員具設計研究與後設認知相關經驗。編碼操作過程分為：依據情境分解逐字稿、理解編碼內容、調整編碼共識、正式編碼。首先培養成員對於編碼相關知識的理解，安排成員每週固定進行 3 到 4 小時並為期兩個月時間，討論與交流與編碼內容相關知識包含設計過程、設計的後設認知等概念。接著，所有成員以焦點團體的形式討論相同參與者的情境編碼，每週固定 3 到 4 小時，共 6 週來達成成員間編碼共識。最後進行正式編碼，隨機安排兩位成員對每位參與者資料編碼，並使用 Cohen’s Kappa 確認編碼結果的一致性（Inter-reliability ≥ 0.8）。

「設計過程」的編碼，參考過去研究（Chen, H.-J., Chen, Y.-T., & Yang, C.-H., 2022），以 5D 設計流程中前三步驟（Green, Southee, & Boult, 2014），探索（discovery, Dc）、定義（definition, Df）、設計（design, Ds）作為主要編碼架構。本實驗涉及短期設計行為，與 5D 模型所闡述的 Design 階段類似，且該模型中的 Develop 階段和 Deliver 階段通常涉及製造和商業活動需要長時間進行，這兩個階段超出實驗範圍，故排除在編碼分類外。探索（Dc）為針對設計專案主題或概念提案進行調查、分析與評估，定義（Df）為針對設計專案概念提案增加細節的定義與描述，設計（Ds）為針對設計專案概念提案進行具體的圖像或文字描繪。在此架構下運用任務行為來界定設計階段中的行為細節，如表 1 所示，以便清楚評估每個設計階段涵蓋的行為與編碼，後續資料分析仍以階段編碼的結果為主，沒有細分各情境的任務行為。

後設認知的可以視為「後設認知是對已完成的各項步驟與成果進行評估，其主要目的是重新檢視已獲得的成就，修正可能的錯誤，並據此調整未來行動的策略」（Flavell, 1987），研究團隊依此概念來篩選情境內容。篩選的依據主要有兩個準則：第一，後設認知需建立在對於「原有狀況／成就」的評估（reassess what has been achieved），符合此點之情境才予以保留。例如：「（畫完後停筆）我在思考，它長得很醜，要怎麼樣變漂亮一點。」此情境中設計者對完成的草圖（原有成就）進行評估，觸發後設認知運作。第二，單純描述行為或步驟並無觸發後設認知，將予以排除。例如：「這週我把期中、期末作業的表板製作完畢」，這個情境僅描述行動步驟，未涉及對「原有成就」的評估，因此被認定未觸發後設認知而排除。

設計的後設認知編碼，本研究將其分為後設認知知識、後設認知監視與後設認知調節，如表 2。「後設認知知識」的分類，參考 von Thienen 等人（2023）的創造力後設認知系統框架，主要原因有兩點：第一，該研究聚焦在創意領域後設認知的作用，與設計過程著重創意相近。第二，框架包含產品、過程、人與地點，除了地點外其餘三個項目與目前廣為其他研究所用的後設認知知識分類—「任務、策略、人」相對應（Flavell, 1981）。儘管本研究場域皆限制在實驗室環境，與地點相關的後設認知應較不易觀察，但研究團隊認為未來若將設計執行場域延伸，仍值得探討地點扮演的角色，因此決定保留此項目。綜合

上述原因本研究以創造力後設認知系統框架將「原有的經驗與知識」涉及的議題分為四個子編碼。第一，設計專案（K1）指運用與設計專案相關的經驗與既有知識，包含「與專案相關之產品、概念、服務」、「產品使用情境」等。第二，設計過程與策略（K2）指運用與設計階段、方法與策略相關的經驗與既有知識，包含「評估目前處於哪個階段」、「適合使用的方法或策略」等。第三，執行者與團隊（K3）指運用與執行者或團隊成員相關的經驗與既有知識，包含「自己或團隊的優缺點」、「依照成員特色分配工作」等。第四，執行地點（K4）指運用與執行環境或地點相關的經驗與既有知識，包含「特定環境或空間的優缺點」等。根據編碼結果，執行者與團隊（K3）、執行地點（K4）因運作次數太少故後續不予以討論。

表 1. 設計過程編碼分類說明

階段與代碼	任務行為	範例	說明
探索（Dc）（Gero & Mc Neill, 1998）	分析問題	「這幾個水壺得獎作品案例，是在家用的熱水壺而不是外出用的，針對盲人在家自己倒水…」	分析與主題（水壺）相關的得獎案例。
	查閱問題資訊	「用手機直接查盲人水壺，先看看市面上現在的產品怎麼做…」	查詢資料來理解主題（盲人水壺）。
	評估問題	「思考前面列的幾個設計重點是不是都有包含在這個概念裡…」	評估目前設計的概念狀況。
	延後分析問題	「這個機構的問題太複雜了，沒辦法解決先跳過…」	延後、跳過無法解決的問題。
定義（Df）（Kim & Ryu, 2014）	功能性描述	「加入紋路的設計讓盲人可以分辨水壺的上跟下，才能正確拿取水壺…」	描述與定義設計概念的功能。
	型態性描述	「這個概念的外型是下寬上窄的形式…」	描述與定義設計概念的外型。
	語意性描述	「不想要有太多科技感的元素，希望是樸素、簡潔的…」	以語意形容詞描述與定義設計概念。
	類比	「之前有看過一個拆解椅子的方式，可以跟水壺結合…」	以類比描述與定義設計概念。
設計（Ds）（Suwa & Tversky, 1997; 陳慧霞、游萬來, 2008）	創造與修改圖像	「我開始畫第一個概念，先畫出大概輪廓，再邊思考邊修改…」	畫圖呈現設計概念。
	創造符號與文字	「這邊是補充寫操作方式的說明文字…」	以文字說明設計概念。
	反覆描繪物件	「這個圖畫得太潦草，再畫一個比較精細的版本，方便跟人討論…」	重畫草圖讓別人看懂。

（本研究團隊整理）

「後設認知監視」與「後設認知調節」的分類，參考 Kavousi 等人（2020a），結合研究所蒐集之數據。依照「評估的狀況」將後設認知監視分為三個子編碼：針對目前的狀況進行評估後，形成明確的想法與決策屬於具體發展監視（M1），若評估後仍處於猶豫不決，尚未形成明確的想法或決策的狀態，則歸類在多元生成監視（M2）。過程掌握（M3）則是指全面掌握任務的發展狀況，例如對於整體設計過程進度、設計成果、使用策略等的評判或階段性回顧，宏觀視角。「後設認知調節」則依照「行動的狀況」分為執行與延續行動（R1）、修改行動（R2）。評估後察覺到問題或遭遇困難，採取行動來改變或調整目前狀況，屬於修改行動（R2），其餘有具體動作、行動的狀況則歸類在執行與延續行動（R1）。

在本研究後設認知編碼架構中，後設認知知識與後設認知監視為必然且能同時辨認與編碼之部分，而後設認知調節則不一定會出現。其原因在於，後設認知知識屬於個體內部既有、相對靜態的知識，需透過實際行動與表達才能被辨識；相對地，後設認知監視則是一種可觀察的反思行為，其反思內容通常涉及個體所擁有的後設認知知識。一旦觀察到監視行為，便能進一步辨識其背後的知識種類，因此，後

設認知監視扮演關鍵角色，是編碼的起點。由於後設認知調節的發生以監視為前提，若出現調節行為，則必定同時可辨識出監視與知識的相關內容。表 3 為編碼範例紀錄情境發生的時間、情境內容，以及相應的設計過程與設計的後設認知編碼，情境時間以「分」為單位進行記錄。

表 2. 設計的後設認知編碼分類說明

後設認知與代碼		範例	說明
後設認知知識 MK	設計專案 K1	「這個口徑好像太小、不好裝水，然後就想到類似紙筒的大口徑，一直在調整水壺的口徑…」	評估口徑大小、裝水等與產品使用相關要素。
	設計過程與策略 K2	「因為這次設計是有時間限制，所以在找資料上面有一點跳來跳去…」	評估收集資料（收集後再看哪些有用）的狀況 （有點跳來跳去）。
	執行者與團隊 K3	「我的一個障礙就是對造型設計、機構設計沒有概念，所以到時候就會非常沒有信心…」	評估自己對造型、機構較沒信心等與執行者自身優缺點相關。
	執行地點 K4	「我在工作室 3D 建模，這次要用的造型比較複雜，有不會用的功能可以馬上問其他同學…」	評估適合在工作室3D建模與執行地點優缺點相關。
後設認知監視 MM	具體發展監視 M1	「在思考盲人怎麼知道水倒出來多少，但想到我這個是設計隨身水壺，倒水的機會比較少，覺得沒有必要再調整…」	評估目前想出的水壺概念，考慮是否需調整，最後決定不調整。
	多元生成監視 M2	「底部的裝置如何對位，一個自動對位、一個手動對位，分成兩個部件有沒有可能這樣？還是做一體式的設計會比較好？」	評估此方案底部裝置對位的問題，尚未形成明確想法或決策。
	過程掌握 M3	「在統整全部就是確認這個概念有沒有合理、有沒有確實解決到前面列的痛點…」	重新檢視任務的整體發展狀況，確認此方案確實解決前面列的痛點。
後設認知調節 MR	執行與延續行動 R1	「大概形狀畫出來之後，開始從它的側視圖去發想（畫）造型，再從這些側視圖裡面去挑有發展性的造型去加細節…」	根據已畫出大概形狀的概念草圖，繼續畫（具體行動）造型。
	修改行動 R2	「在想裝水的問題，原本有畫這條線是直的，結果發現這樣子水會衝到蓋子不太好，所以後來改成（畫）開的…」	評估目前概念發現直的造形有裝水的問題，決定畫（調整行動）另一種形式。

（本研究團隊整理）

表 3. 編碼範例

時間	情境	設計階段	設計的後設認知		
			知識	監視	調節
第 24 分鐘	「第二個概念是我要怎麼打開水壺，原本設計單手可以開，類似一般保溫瓶的小扣環...然後覺得單手操作有困難（K1）。如果從兩側然後用食指跟拇撥開呢？（M2）。一直在腦袋裡想也無法確定（K2），所以我就直接畫（R1）出來看看這個概念如何。」	Df	K1 K2	M2	R1

（本研究團隊整理）

為了瞭解實驗參與者的後設認知運作與設計表現關係，本研究邀請三位專家（皆為工業設計系教師），針對人因（ergonomics）、技術（technical aspects）、美學（aesthetics）、商業（business aspect）、創意（creativity）五個面向（Dorst & Cross, 2001），採 1 至 10 分之評分標準，分別測試六位實驗參與者的最

終概念草圖。評分過程中專家無法辨識參與者與其概念草圖的對應關係，且各專家評分順序不相同。此外，本研究訪談兩位曾指導過六位參與者進行設計專案的教師，邀請教師針對每位參與者的設計表現提供整體性評價，以作為後續質性分析提供參考與輔助。

四、分析結果

本章分析結果自「個體設計過程與後設認知運作」、「設計成果表現」與「個體間後設認知的共同取向」等三個部分切入。圖 1 整合設計過程中的後設認知、設計階段與執行時間。橫軸代表設計歷程時間，並以黑色虛線標示 25%、50%與 75%設計時段節點；縱軸則區分三項主要設計階段。橫向線段顯示各階段的持續時間，縱向線段表示不同階段之間的轉換。橫軸上標記兩個設計思考關鍵決策點：橘色點為「問題界定」，褐色點為「解決方案選定」，灰色點則代表後設認知活動未伴隨階段轉換。後設認知的三類型—知識、監視與調節—以不同顏色方塊標註。圖中以每兩分鐘為單位呈現，單次標記可能包含兩個以上的後設認知運作。例如實驗參與者#4 在 16 分左右分別針對「感測器位置」與「音孔位置」進行調整，此兩件行為分別歸類為兩段情境進行編碼，但在圖中合併為一個標記，顯示在 16 分的位置。

4-1 個體設計過程與後設認知運作

本研究依序說明六實驗參與者設計過程與後設認知運作，設計過程將依序從四個設計區段來闡述，進一步對應其後設認知運作狀況。

實驗參與者#1：0-25%區段，以「盲人水壺」、「盲人餐具」為關鍵字蒐集資料，再從水壺的使用流程出發，逐步思考使用者在操作過程的潛在困難，例如缺少對水量或水溫的提示等。**25-50%區段，**延續前一階段的探索，將問題界定逐漸聚焦於「水量提示」與「對準瓶口裝水」兩個具體面向。#1 以文字記錄想法，提出可運用浮標或重力機構來提示水量，並進一步查找有關「不倒杯」的資料，嘗試將凹槽與重力概念應用於設計概念中。**50-75%區段，**持續查找現有水壺型態的資料，同時以草圖記錄造型與功能的發想結果。最終選定解決方案採用「寬口」作為水壺主要型態，並將前述概念加以整合，繪製完整概念圖（第 46 分鐘）。**75-100%區段，**持續繪製並完成設計圖，最後於設計（Ds）完成設計。於#1 整體設計歷程中，其與探索（Dc）與設計（Ds）投入時間相當，在探索（Dc）與設計（Ds）之間階段轉換較頻繁。

後設認知運作的部分，實驗參與者#1 後設認知運作的頻率為每分鐘 0.06 次，在六位參與者之中運作頻率最低。後設認知主要集中於設計專案（K1）與多元生成監視（M2），例如，針對「水量提示」探索可能的解決方式尚未形成明確的想法：

「（思考水量提示）盲人可以透過浮標嘛，譬如說水壺上面有個東西，水裝滿的時候會浮起來，盲人摸到那個東西就知道水量…後來覺得有點太複雜…如果可以透過重量…來提示水量呢…」（K1、M2）（第 24 分鐘）。

在問題界定之前及決策當下（第 22 分鐘），#1 未展現後設認知運作。直到設計中後期，才出現針對具體發展監視（M1）的監視行為，如其描述「裝水時這個裝置會隨著水量增加上浮…盲人透過觸摸凹槽知道水位…」（K1、M1）（第 29 分鐘）。在解決方案選定的當下與決定之後（第 47 分鐘），同樣未觀察到後設認知活動。整體而言，#1 缺乏對設計過程與策略（K2）、過程掌握（M3）的運用，且僅有一次後設認知調節（R1）。參與者亦提到，自己多半依循過往習慣進行設計，許多決策與行為缺乏明確的反

思依據，「平常畫概念草圖會先畫側視圖就是習慣，再畫立體圖…」。由此可見，其設計行為大多基於習慣，而非評估反思之後採取的行為，這些觀察與教師對#1 的評價一致，教師認為「#1 的整體設計表現相對不如其他參與者優異，思維較單一且集中於設計主題，對於設計過程和方法的應用較不靈活」。

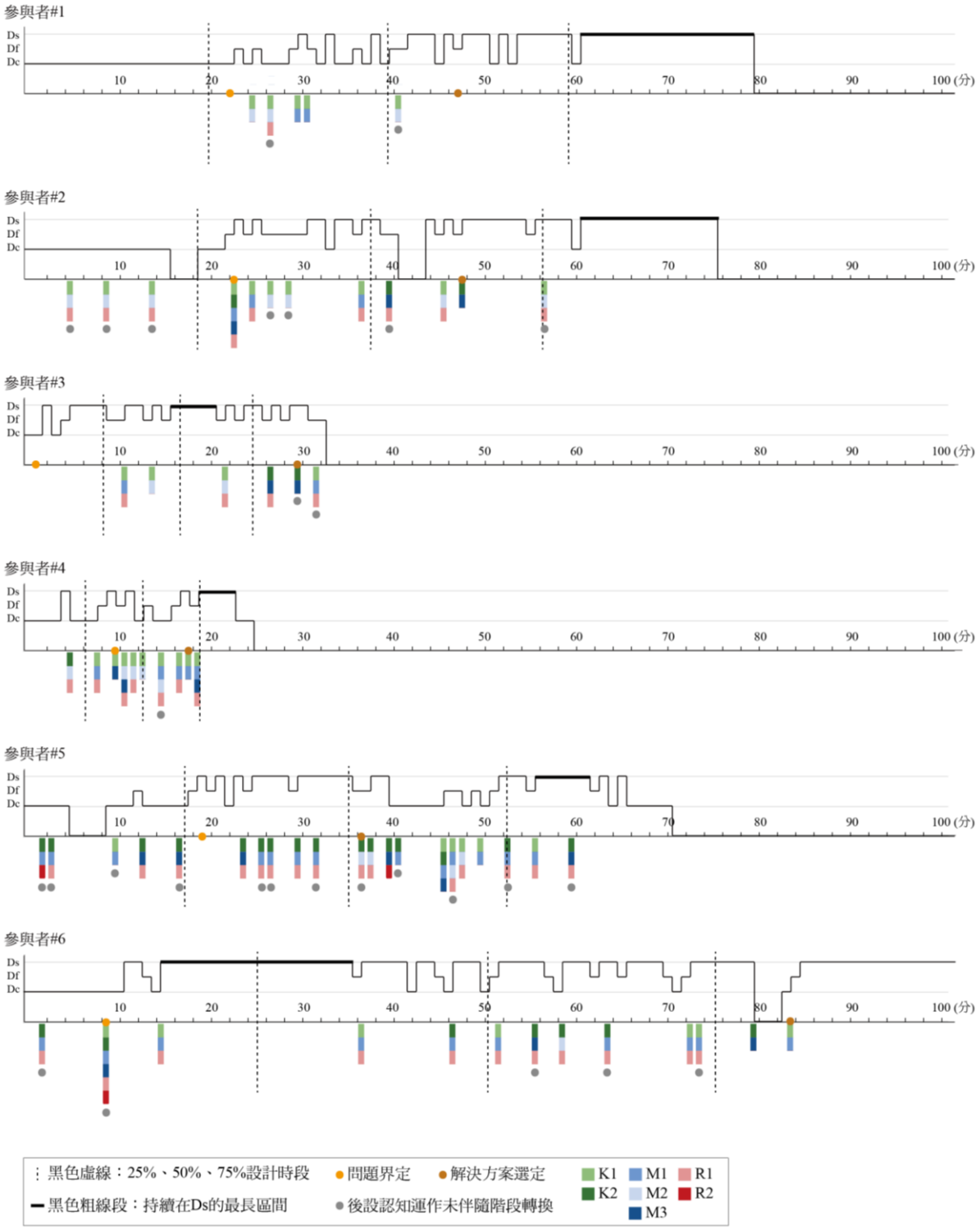


圖 1. 設計過程與設計的後設認知關係時間（本研究團隊繪製）

實驗參與者#2：0-25%區段，根據自己的推測記錄與盲人水壺有關的問題情境，例如無法順利找到水壺、意外撞倒水壺等。再以「盲人水壺」為關鍵字查詢得獎作品與市售產品來了解現有水壺設計，並

尋找設計切入點。瀏覽資料後，重新檢視題目，主動詢問研究人員確認「水壺」是指一般飲水用水壺還是熱水壺，釐清題意未設限後，決定以原先預想的「一般水壺」為主軸，從戶外使用情境切入，構思如何提升水壺開啟的便利性。短暫休息讓自己整理思路與活絡想法（第 15 分鐘到第 18 分鐘）再繼續執行設計任務。**25-50%區段，**持續從戶外使用情境出發，以文字記錄問題發想，例如：如何從背包中取出水壺、如何快速找到飲水機等。隨後進行問題界定，開始繪製構想草圖，設計特色聚焦於「可單手操作」。初步方案採用較窄的瓶口，以利控制出水。然而在繪圖過程中，參與者發現原先預想的開關方式難以單手完成，因而直接於圖面上進行操作機制、水壺瓶身尺寸與開口位置的調整，利用直尺實際評估比例與尺寸。**50-75%區段，**參與者轉向繪製立體圖，從平面構想過渡至立體造型思考，持續修正瓶蓋設計與水壺開口尺寸。當整體概念逐漸清晰後，完成解決方案選定（第 47 分鐘），將方案整合後繪製於新紙張，微調水壺造型，同時補充按鍵配置與操作示意等細節。**75-100%區段，**持續完善圖面，仔細檢查是否有遺漏之處，補充小圖與文字說明，最後在設計（Ds）完成設計。參與者#2 整體設計歷程，在設計階段（Ds）投入較多時間，且在定義（Df）與設計（Ds）之間轉換較為頻繁。

後設認知運作的部分，#2 後設認知知識以設計專案（K1）為主，後設認知監視以多元生成監視（M2）出現頻率較高，搭配後設認知調節執行與延續行動（R1），「盲人在戶外要喝水需要什麼…容易打開的水壺…裝水如何找到飲水機…」（K1、M2、R1，第 13 分鐘），呈現#2 在設計初期專注於設計專案，寫下「盲人在戶外使用水壺」可能面臨的問題，此時仍處於多方面摸索的過程尚未聚焦於特定的問題。到了設計中後段則出現較多樣的後設運作，#2 意識到自身正處於問題探索的尾聲，因而決定進入下一階段，「問題列的差不多…寫了五個問題應該夠多…準備畫圖…」（K2、M3）（第 22 分鐘），反映出其進行問題界定，並隨即展開後續的設計規劃。#2 評估概念後繼續繪製的過程有一段明顯無動作的思考時間，之後開始畫圖，對此參與者表示自己沒辦法很順暢地把腦海中想的東西畫出來，所以習慣想清楚要畫什麼才開始動筆：

「思考水壺開口的尺寸…哪個尺寸最適合，裝水不會灑出來且比較容易對準位置…目前這個開口畫太大，就再畫一個。」（K1、M2、R1，第 45 分鐘）。

解決方案選定時參與者表示，「差不多都統整好了…再總結到這張紙。」（K2、M3，第 47 分鐘），選定方案後，後設認知僅出現一次，運作的頻率明顯減少。整體而言，參與者#2 表現穩健、自在，於問題探索、規劃與方案統整之間保持良好的掌握，並適度運用調節策略，以暫時抽離、進行其他非任務相關之活動等應對情境（第 15 分鐘）。這樣的表現與兩位教師對其評價一致，教師指出他「設計探索與實踐能力兼備，能獨當一面」，突顯其在設計任務中具備高度的自主性與成熟度。

實驗參與者#3：0-25%區段，閱讀題目後隨即著手構思水壺與盲人之間潛在的互動模式，例如如何讓盲人分辨水壺位置或便利地拿取水壺，完成問題界定後隨即開始繪製草圖（第 1 分鐘）。**25-50%區段，**依序將腦中構想具象化，首先發展「不對稱」的設計概念幫助盲人辨識水壺方向，於草圖中加入凹痕與吸管等構想。繪圖過程中持續思考水壺型態與設計合理性，隨後進一步構思「不倒水壺」的概念。**50-75%區段，**持續完善「不倒水壺」的概念，對水壺造型設計不滿意而陷入瓶頸（第 24 分鐘）。**75-100%區段，**為突破造型設計瓶頸，#3 以繪製立體圖來輔助思考、激發靈感（第 26 分鐘）。由於設計進行步調快，在解決方案選定後，仍有餘裕從不同視角繪製水壺嘗試不同造型，最後在定義（Df）結束設計。參與者#3 表示，過去曾多次接觸相關議題：「高中就比較常接觸到與盲人類似的族群…之前想要比賽…研究過這類比較弱勢族群，對這些非主流組群有一些了解…」，對盲人需求已有一定程度理解，因此在設計過程中無需額外查找資料即可直接進行設計任務。在設計（Ds）所花的時間較長，探索（Dc）則投入最短的時間，並在定義（Df）與設計（Ds）之間轉換較頻繁。

後設認知運作的部分，實驗參與者#3 後設認知知識以設計專案（K1）為主，三類後設認知監視運用次數均衡，時序上具體發展監視（M1）、多元生成監視（M2）較早開始出現，過程掌握（M3）則出現在設計最後段。#3 在問題界定前與決定當下（第 1 分鐘）未展現後設認知運作。設計初期著重設計專案相關的後設認知運作，過程中邊畫邊思考「不對稱」的設計概念，加入「吸管」構想後再針對水壺造型進一步探究：

「增加吸管…避免盲人拿起來喝水對不準…邊畫的時候想到吸管再加上去…」（K1、M1、R1，第 10 分鐘），「…水壺跟吸管的結合…吸管如果是一根長長的，沒有那麼美觀…是不是有什麼方法可以讓整個型態結合更美觀？」（K1、M2，第 14 分鐘）。

參與者#3 在處理水壺造型時陷入瓶頸，此時展現設計過程與策略（K2）的運作：

「這邊遇到瓶頸想不太出來…想不到有特色的造型…繼續畫又有靈感了…畫立體圖來幫助思考，看看立體空間多一些面向思考…原本只有畫側視圖，只能看到某一面，畫一畫就想到其他想法」（K2、M3、R1，第 26 分鐘）。

在解決方案選定時，#3 因時間充裕，繼續探索其他形體變化（K2、M3，第 29 分鐘），後續僅一次後設認知運作。儘管過程中後段曾陷入瓶頸，#3 態度冷靜，以隨意且持續繪圖的方式進行思考，透過繪製立體圖加速瓶頸突破，最後花費比預期更短的時間完成設計。教師對其設計評價為「設計能力佳，個人設計風格鮮明，適合獨立執行設計」。

實驗參與者#4：0-25%區段，從盲人使用水壺的需求開始，搜尋與「盲人水壺」相關的資料來明確設計方向。搜尋過程中，同時記錄關鍵資訊，如水量、水溫、聽覺音高、觸覺凸點等，一邊記錄聯想到的設計方向。考量到水壺為日常且價格低廉的用品，參與者認為應避免解決方案過度仰賴科技。**25-50%區段，**#4 將問題界定聚焦於「觸覺凸點」與「感測溫度」，開始繪製草圖。然而，在繪圖過程中發現問題，例如水壺口徑過小、出水口位置過於集中等，#4 透過持續繪圖來修正設計。**50-75%區段，**#4 持續調整設計細節，包括重新配置感測器位置以及於瓶身表面增加觸覺紋理。最終將一項具趣味性與互動性的概念整合進原設計中作為解決方案（第 17 分鐘），該構想以「旋轉開啟」為主要特色，持續發展此方向的概念草圖。**75-100%區段，**繼續完善草圖，完成後檢視整體設計是否有遺漏之處，最後在探索（Dc）完成設計。整體而言，參與者#4 在探索（Dc）投入比設計（Ds）更多時間，且在較早的階段開始設計（Ds），再回到探索（Dc）持續執行，於兩階段間頻繁地進行轉換。

後設認知運作的部分，參與者#4 後設認知運作頻率為每分鐘 0.56 次，在六位參與者之中運作頻率最高，平均約兩分鐘即出現一次後設認知。後設認知知識以設計專案（K1）為主，後設認知監視以具體發展監視（M1）出現頻率較高，後設認知調節以執行與延續行動（R1）最多。#4 在設計初期即展現後設認知運作。於問題界定階段，參與者關注問題細節，「感測溫度需要金屬板比較導熱…綜合剛才查詢資料的結果…」（K1、M3）（第 9 分鐘）。也有較多多元生成監視（M2）運作，例如針對「觸覺凸點」概念解決方式的細節「出水口位置」持續摸索：

「（畫完一個概念後）…出水口位置太集中，分布的方向、範圍應該要更廣，也許只要一排（出水口）…水壓的差距才會比較大，下一個概念再做調整…」（K1、M2、R1）（第 11 分鐘）。

到設計中後段陸續出現具體發展監視（M1）與過程掌握（M3），「這個概念感測器配置在更外面，可以直接摸到…原本感測器位置在裡面，不容易維修…」（K1、M1、R1）（第 16 分鐘），展現其對「感測器位置」設計細節的反思與調整。上述例子顯示兩個流程與後設認知的特徵，首先多數後設認知與產

品概念本身細節有關，第二，整個設計過程中常以「邊畫邊想」的形式進行，內容涵蓋設計概念的評估（探索（Dc）），以及設計概念細節（功能、外觀）的確認（定義（Df）），這種設計行為與設計階段之間的頻繁轉換息息相關。在解決方案選定階段，#4 將「具有趣味性與互動性的概念」整合到最終草圖中（K1、M1）（第 17 分鐘），選定後僅有一次後設認知運作。參與者#4 的設計表現獲得教師高度評價「對設計具備高度熱情，各方面設計能力表現成熟」，曾在國際知名設計競賽中獲獎，證明其優異的設計能力。

實驗參與者#5：0-25%區段，打算從資料查找著手設計，但由於網路連線問題，轉而記錄水壺的基本特性，例如具備裝水、提示位置等。隨後延伸至感性層面的思考，如盲人使用水壺時手勢是否優雅、飲水過程中是否能產生安全感等問題。初步分析後，參與者以「盲人」、「盲人餐具」等關鍵字進行圖片搜尋，同時透過手勢與動作模擬盲人使用水壺的情境，以深化對使用經驗的理解。**25-50%區段，**持續進行資料蒐集，過程中聯想到日本茶道文化，認為雙手捧杯的動作可降低盲人在飲水過程中的不確定感並穩定情緒，決定以此問題點出發，發展傳遞穩定性與安定感的概念。進行創意發想時，#5 為維持專注，播放無歌詞、具正面情緒的背景音樂輔助思考。**50-75%區段，**選定解決方案後，構思以「平推」方式開啟水壺的機構時遭遇瓶頸（第 36 分鐘），為求突破，#5 更換背景音樂，重新回顧先前搜尋的資料，仔細閱讀內容。此過程中找到適合的材料「矽膠」，以此為契機繼續設計發想（第 47 分鐘）。**75-100%區段，**持續草圖繪製，完成主要概念後，認為僅提出一個構想略顯單薄，因而再補充繪製一張概念草圖，最後在探索（Dc）完成設計。#5 在探索（Dc）投入最多時間，且在定義（Df）與設計（Ds）之間進行較頻繁的階段轉換。

後設認知運作的部分，參與者#5 大比例運用後設認知知識中的設計過程與策略（K2）作為主要反思項目，後設認知監視以具體發展監視（M1）出現頻率較高，後設認知調節以執行與延續行動（R1）為主。另外，有兩次修改行動（R2），皆與設計過程與策略（K2）有關，「搜尋水壺想看參考圖片，結果網路跑不出來，我就開始先把水壺的幾個特性寫出來…」（K2、M1、R2）（第 1 分鐘），設計初期參與者因外在因素（網路問題）修改問題探索策略，由原先查資料改為紀錄水壺特性。到了設計中期，為了突破瓶頸進行策略修改，嘗試調整目前狀態（更換音樂）尋找靈感，「（換歌）大卡關不知道怎麼繼續了。我隨便點一首歌，原本的歌聽起來沒有什麼靈感…」（K2、M3、R2）（第 39 分鐘）。

#5 在設計初期即展現多次且多樣的後設認知運作，在問題界定當下（第 19 分鐘）則無對應後設認知。解決方案選定時表示，「邊畫邊思考如何設計平推的機構來打開水壺…」（K2、M2、R1）（第 36 分鐘）。在解決方案選定後遭遇瓶頸（第 36 分鐘到第 47 分鐘），期間頻繁運作多樣的後設認知包含展現多元生成監視（M2）。儘管過程中參與者一度表示不知道如何繼續完成設計，仍展現積極態度應對：

「（重新回顧先前搜尋的資料）原本只看圖片…現在閱讀文字描述，仔細了解底在做什麼…」（K2、M1）（第 40 分鐘），「不知道要畫什麼…放空一下（看資料）去吸收其他東西…」（K2、M2）（第 45 分鐘）。

參與者#5 表示自己很喜歡分析事物，但不擅長把腦中的想法轉化成概念草圖，經常面臨無法順利描繪腦中想法的情況，「我沒有畫得很詳細…因為我畫不出來就沒有繼續畫了…」（K2、M1、R1）（第 26 分鐘）。教師認為「心思細膩是#5 的一大特色，在議題探索方面突出，但容易過於投入探索與定義議題而延遲，甚至阻礙設計構想與發展」，與其自我評述以及在實驗中的設計表現接近。

實驗參與者#6：0-25%區段，根據自身經驗，利用心智圖自五感出發進行發想，聚焦於聽覺、觸覺、嗅覺三個感官，例如透過音高或氣味提示水位、藉由觸感提示溫度變化等，隨後搭配水壺的使用流程，

分別從使用前、中、後進行思考。同時以「Blind Design」為關鍵字，查詢盲人設計得獎作品，瀏覽資料時記錄與羅列盲人在使用水壺過程中潛在問題，例如使用前難以找到水壺、使用中無法對準壺嘴等，持續擴散心智圖內容。決定從聽覺與觸覺兩項感官延伸問題點，分別繪製一張概念草圖（第 8 分鐘），聽覺部分以「使用中水位高低提示」為問題點著手繪製。**25-50%區段，**以「使用前難以找到水壺」為問題點繪製更多概念草圖，儘管構想很多，礙於時間，參與者決定優先針對聽覺與觸覺提出概念草圖。**50-75%區段，**繪製「結合異材質、孔洞位置差異來提示水位」的概念，同時考慮造型與整體美感。此時開始進行計時協助自己注意每張草圖繪製時間，構思更多輔助性裝置，包括吸盤、磁鐵與盲人磚等，並依序在對應的草圖上繪製。**75-100%區段，**整合先前概念，選擇簡約且有亮點的「結合異材質、孔洞位置差異」概念為主軸，搭配吸盤與盲人磚為輔助設計，解決方案選定後再次簡化水壺外觀，增加整體造型協調性，繪製最終解決方案，設計任務以設計（Ds）作為結束。參與者#6 在設計（Ds）投入的時間佔比最高，在定義（Df）與設計（Ds）之間進行頻繁轉換。

後設認知運作的部分，參與者#6 在後設認知知識中，設計專案（K1）與設計過程與策略（K2）運用次數相當，後設認知監視以具體發展監視（M1）為主，僅有一次多元生成監視（M2）出現，後設認知調節以執行與延續行動（R1）為主，另有一次修改行動（R2）也是少數有被觀察到此項目的參與者，於設計初期評估概念方向後，因為適用性較低，決定刪除（R2）與嗅覺相關（氣味提示水位）的提案方向，「嗅覺的部分我一開始就淘汰，因為不合邏輯且適用性有點低…」（K1、M1、R2，第 8 分鐘）。

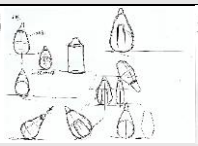
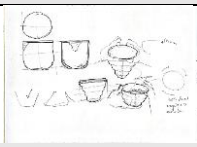
在設計初期受測者後設認知種類運作多元，問題界定時提及，「準備計時開始畫圖，分別從聽覺、觸覺下手」（K2、M3、R1，第 8 分鐘）。#6 執行設計主要仰賴心智圖，於設計一開始即使用心智圖進行概念方向的發想，「從心智圖發想，先分析題目…因為現在要快速產生想法，憑經驗就從水壺的使用情境開始…」（K2、M1、R，第 1 分鐘）。受測者後續也表示心智圖幫助其在整個設計過程中維持創意流動，很少陷入靈感瓶頸，「在畫圖以前已經（透過心智圖）產生很多想法」、「最有效幫助我發想的工具就是心智圖」，可見心智圖對#6 探索問題與發展構想的重要性。參與者在解決方案選定時指出，「這個概念解決方式很簡單，只透過外觀設計調整來解決問題，沒有像是電路這種比較複雜的解法，所以被選為主體…」（K1、M1，第 83 分鐘），隨後便無後設認知運作。此外，#6 十分關注畫圖過程中的時間控制，在快速設計的情境下，制定策略來規劃草圖繪製與呈現方式，「先畫比較酷的想法…時間有限的狀況下，我決定畫一張聽覺、一張觸覺，要不一樣的切入才能有更多新的想法。」（K1、M1、R1，第 46 分鐘）。教師對其評價為「想法豐富且具備實作能力」，反映其在快速設計情境下展現出的策略性、創意與實作整合能力。

4-2 設計成果表現

本節彙整三位專家的評分結果，將分數轉換為標準分數（Z-score），再計算平均值，如表 4 所示。依序說明參與者設計成果表現，以及所對應的設計過程表現與後設認知運作。參與者#2、#3、#6 成果表現總分較佳，且各展現長處：參與者#2 於人因、技術兩項目表現最佳，參與者#3 於美學、創意兩項目最受肯定，參與者#6 以美學、商業表現最佳。接著針對每位受測者擅長的項目，列舉與此項目對應或相關的後設認知運作。參與者#2 提出的構想特色為瓶口較窄、容易握取且能單手開關水壺（第 22 分鐘），後續嘗試將現有保溫瓶的開關形式應用於構想中，並以單手操作更容易為目標持續調整（第 24 分鐘），#2 反覆針對單手操作調整顯示對於「使用者操作、流程順暢」等與人因層面相關議題的重視，並將現有技術運用於構想中，提升技術上的可行性。參與者#3 多次針對水壺造型的構思，例如吸管與水壺造型的整體結合（第 14 分鐘），展現對美學的關注。隨後#3 發展「不倒水壺」的概念時表示「外型像不倒翁有點

無聊…增加特別的圖樣？」（第 21 分鐘），嘗試在造型上增加巧思，使概念更具創意。參與者#6 於設計過程中後期以「結合異材質」為主軸，構思造型與整體美感（第 58 分鐘），指出基於此概念在技術結構、製作過程等層面上難度較低，因此做為主軸發展成最終方案（第 83 分鐘），展現此方案的商業潛力。三位參與者皆於設計（Ds）投入較多時間，#6 在設計（Ds）投入時間佔比為六位參與者中最多。從後設認知運作的觀點可見，#2、#3 後設認知知識集中於設計專案（K1），#6 均衡使用設計專案（K1）與設計過程與策略（K2），後設認知監視與調節則無明顯趨勢。

表 4. 設計成果評分圖

	參與者#1	參與者#2	參與者#3	參與者#4	參與者#5	參與者#6
						
E	-0.3	**1.2**	0.2	0.2	-1.6	0.2
T	-0.5	**0.9**	0.3	0.5	-1.5	0.2
A	-0.8	-0.3	**0.9**	0.2	-0.9	**0.9**
B	-0.2	0.2	0.4	0.2	-1.2	**0.7**
C	-1.0	0.5	**1.0**	0.1	-1.0	0.5
M	-0.7	**0.7**	**0.7**	0.3	-1.5	0.6

註：E：表示人因（ergonomics）；T：表示技術（technical aspects）；A 表示：美學（aesthetics）；B 商業（business aspects）；C：表示創意（creativity）；M：表示平均數

參與者#4 成果表現總分普通，在技術與美學上仍有不錯的表現。#4 於設計前期即分別針對「音高」與「溫度」控制的技術查詢資料（第 4 分鐘與第 9 分鐘），後續也指出「好醜…如何美化？」（第 10 分鐘），展現對造型的重視。參與者#1、#5 整體表現皆低於標準。參與者#1、#4、#5 在探索（Dc）投入時間佔比相較於另外三位參與者多，#4 在探索（Dc）投入時間佔比為六位參與者中最多。後設認知運作的觀點來看，#1、#4 後設認知知識皆集中於設計專案（K1），透過後設認知運作次數與訪談內容檢視，兩者的差異便浮現出來。#4 執行設計的整體時間雖短，但頻繁的檢視設計操作，不斷修正，相較之下，實驗參與者#1 在整個設計過程中認知起伏較不顯著，且反思設計內容的頻率較低。參與者#5 後設認知運作頻繁，其後設認知情境雖也可與特定評分項目對應，例如邊畫圖邊確認使用流程是否順暢，與人因層面相關（第 36 分鐘）、查閱資料後選用矽膠為材質，參考現有矽膠產品的折疊形式，與技術層面相關（第 47 分鐘）等，但成果表現仍不如預期。從#5 後設認知知識以設計過程與策略（K2）為主，且為最頻繁運用此類別的參與者，即可見其在設計過程中不斷嘗試探索更有效的策略與方法。值得一提的是，教師過去對於參與者#4 有不錯的評價，儘管#4 設計整體表現未達極為優異之程度，其各項表現都在平均之上，也在技術與美學上展現自己的優勢。

綜合上述，參與者#2、#3、#6 在特定評分項目表現較佳時，其後設認知情境亦可見相關內容。另外，整體成果表現較佳的三位參與者於設計（Ds）投入較多時間，且在後設認知知識的運作上都以設計專案（K1）為主。

4-3 個體間後設認知的共同取向

前兩節的分析結果整合於表 5，可以看出「設計的後設認知運作」、「設計的階段與成果表現」之間存在關聯，在六位實驗參與者中呈現出共同的趨勢。從整體時序來看，圖 1 顯示超過半數的後設認知運

作集中於總體設計時間的 25%至 75%之間，此現象在實驗參與者#2、#4、#5、#6 中尤其明顯。此外，後設認知與設計階段轉換往往同時出現，即便#2 與#5 是對應最少的兩位，都有接近一半的後設認知運作時間點與階段轉換對應，而後設認知不與設計階段轉換對應的時機點（圖 1 灰色圓形）經常發生在設計過程的最初期，因此，若聚焦於後設認知運作頻繁的時間區段，對應狀況更明顯。多數參與者在設計（Ds）的最長線段區間內（圖 1 中黑色粗線段）沒有後設認知。將後設認知子項目分開檢視，表 5 可見多數實驗參與者的後設認知知識與設計專案（K1）、設計過程與策略（K2）有關，在時序上沒有觀察到趨勢。在後設認知監視方面，#1、#2、#3、#4 在設計初期以多元生成監視（M2）為主，而中後期具體發展監視（M1）運作開始加入，實驗參與者#5 與#6 的表現則與其他四位大致相反。過程掌握（M3）在時序上的分佈方面，六位實驗參與者的呈現多元特徵，表明該項後設認知的運作高度依賴於個體的設計習慣。後設認知調節以執行與延續行動（R1）為主，且經常伴隨後設認知監視同時出現。

表 5. 實驗分析結果

項目		結果	
設計的後設認知	1	**總體設計時間25%至75%間為後設認知頻繁運作時間，同時對應「問題界定」到「解決方案選定」間**	
	2	**後設認知與設計階段轉換高度關聯** #1、#3、#4、#6 於初期即可見對應	#2、#5 於總時間25%之後開始明顯對應
	3	**後設認知知識集中在設計專案（K1）與設計過程與策略（K2）**	
	4	**後設認知監視集中表現在具體發展監視（M1）與多元生成監視（M2），過程掌握（M3）次數少** #1、#2、#3、#4 初期多元生成監視（M2）較頻繁，中後期具體發展監視（M1）開始增加	#5、#6 初期具體發展監視（M1）較頻繁，中後期多元生成監視（M2）增加
	5	**後設認知調節集中表現在執行與延續行動（R1），修改行動（R2）次數少** #1 只表現一次執行與延續行動（R1）	#5、#6 於初期、中期運用修改行動（R2）
	6	**「問題界定」與後設認知監視運作對應** #2、#4、#6 運作過程掌握（M3）	#1、#3、#5 後設認知未運作
	7	**「解決方案選定」與後設認知知識、監視運作對應** #2、#3、#5 對應設計過程與策略（K2） #2、#3 對應過程掌握（M3）	#4、#6 對應設計專案（K1）與具體發展監視（M1）
設計階段與成果	8	**設計階段時間比例：探索（Dc）與設計（Ds）投入之時間高於定義（Df）** #1、#4、#5 探索（Dc）投入較多時間	#2、#3、#6 設計（Ds）投入較多時間
	9	**設計階段轉換頻繁集中在總體設計時間的25%至75%之間**	
	10	**定義（Df）與設計（Ds）之間轉換佔比高**	
	11	**特定評分項目表現較佳的參與者，其後設認知情境亦可辨識到相關內容** #2、#3、#6 總體成果表現較佳 #2「人因」、「技術」表現最佳 #3「美學」、「創意」表現最佳	#6「美學」、「商業」表現最佳

除了從時序上分析參與者的後設認知運作，本研究加入兩個設計思考決策點—問題界定、解決方案選定（圖 1 橘色點與藍色點處）來探討後設認知的表現。在問題界定前，#2、#4、#5、#6 即有後設認知運作。問題界定時，#2、#4、#6 皆有觀察到過程掌握（M3），其中#2、#6 同時展現設計過程與策略（K2），其餘三位參與者則未觀察到後設認知。多數參與者於「問題界定」至「解決方案選定」之間展現出最頻繁的後設認知運作，僅#5 對應情況不明顯。解決方案選定時，僅#1 沒有對應後設認知，#2、#3、#5 皆運用設計過程與策略（K2），其中#2、#3 也同時展現過程掌握（M3），#4、#6 則是對應設計專案（K1）

與具體發展監視（M1）。解決方案選定後，#1、#6 無後設認知運作，#2、#3、#4 僅零星出現後設認知，唯獨#5 在此階段仍持續展現多次且多樣的後設認知。

在設計的階段與成果表現，六位參與者均從探索（Dc）開始，逐漸轉向定義（Df）與設計（Ds），實驗參與者在探索（Dc）與設計（Ds）投入的時間較多。如圖 1 探索（Dc）主要集中於初期，並且時間長且連續；而設計（Ds）雖然也占據較多時間，但在設計中期與定義（Df）有更多的轉換，而設計階段轉換主要集中在整體設計時間的 25%至 75%之間，這個時間段與後設認知頻繁運作的時間區段相符，換言之，後設認知與設計階段轉換經常相互對應。在快速設計的實驗過程裡，投入設計（Ds）階段的時間普遍較長，投入定義（Df）階段的時間相對短，卻觀察到與定義（Df）階段相關的後設認知行為次數最多。這可以解釋為，雖然後設認知與定義（Df）之間的關聯不如設計（Ds）來得明顯，但實際上定義（Df）與設計的後設認知之間存在著顯著的連結。

從中歸納結論：部分後設認知在設計初期的運作與探索（Dc）相關，但多數後設認知在設計中期同時與定義（Df）、設計（Ds）的關聯性更強，因此，後設認知與設計階段轉換有關，尤其在定義（Df）與設計（Ds）之間。

五、結果詮釋與洞見

從前一章結果歸納中，浮現幾項應深入討論的議題，首先，從設計的後設認知運作角度來看，其與整體設計表現存在一定程度關聯。其次，「設計階段」與「設計的後設認知」可以作為兩個獨立面，又同時緊密纏繞，將這兩面相合併討論。最後從本研究建立的後設認知編碼架構出發，討論快速設計情境中後設認知運作的特性。

5-1 設計的後設認知與設計表現關係

研究已證實，後設認知會影響設計以及學習表現，特別是面對困難或不熟悉的任務時，後設認知容易被觸發（Goos & Galbraith, 1996）；相對地，執行熟悉任務時則較少出現，本研究結果亦呈現相似情形。參與者#4 與#5 為後設認知觸發頻率較高的兩位，#4 對設計議題不熟悉，執行過程顯得謹慎與保守，後設認知運作多與「資料蒐集與設計方向反覆確認」有關。#5 在設計過程中遭遇瓶頸（第 36 分鐘到第 47 分鐘），此時後設認知運作十分頻繁。相較之下，參與者#3 表示曾接觸過類似議題，其設計歷程投入在探索（Dc）的時間較少且快速界定問題，顯示此任務對其難度不高，因而出現較少的後設認知。此結果提示#3 的表現，不一定是其典型狀況，而是對主題熟悉下的設計行為、思維展現，更接近專家的運作模式。由此延伸出值得討論的研究議題：設計專家是否因為對議題已有深厚理解或習慣性操作，而展現較少、但更精準的後設認知？這與文獻中「後設認知頻繁與學習成效正相關」的觀點形成有趣的對照，值得未來更深入探討。

同時，本研究亦支持「後設認知與設計表現可能存在正向關聯」的觀點（Kavousi et al., 2020b; Kurt & Kurt, 2017）。以整體設計表現優異的參與者#2、#3 為例：#2 設計初期即展現後設認知運作，在問題界定與解決方案選定時都有運用後設認知，且展現均衡的時間安排；#3 設計初期即進行頻繁的階段轉換，與專家執行設計的模式相近（Chen, H.-J., Chen, Y.-T., & Yang, C.-H., 2022）。#3 投入大量時間發展解決方案（圖 1 中橘色點與褐色點間距長），其後設認知運作大多與「設計概念的細節（例如外型、型態）」有關，問題界定時亦無對應後設認知。兩位受測者表現優異，卻展現不同的設計模式與後設認知樣貌，

#2 偏向穩健保守，#3 著重於構思具差異化的解決方案。接著根據表 5 第 11 項結果，在特定評分指標表現較佳的參與者#2、#3、#6，其設計過程皆可辨識到相應的後設認知。儘管參與者#5 後設認知頻率較高，且多個後設認知情境亦可與特定評分項目對應，其成果表現仍低於平均標準，顯示頻率高低並非直接代表設計結果或品質，可能也受到後設認知運作的時機與原因等影響。必須注意的是本研究表現的評分採用標準化過後的資料，呈現「相對比較」而非「絕對分數」，六位參與者的整體設計表現仍屬優異。

整體而言，後設認知往往在學生遭遇困難、對任務不熟悉或特別重視設計任務時被觸發，並可為高品質成果創造契機；然而，對特定領域具經驗的設計者，即便外顯的後設認知較少，仍可能憑藉內化經驗與策略產出優良成果。未來研究宜納入後設認知的觸發時間點、觸發原因與設計者專業程度等因素，以釐清「頻率—品質—情境」三者之間的動態關係。

5-2 抽象到具體思維轉換與後設認知強關聯關聯性

本研究發現，後設認知與設計階段轉換有關，尤其在定義（Df）與設計（Ds）之間，且後設認知主要集中運作於設計過程中段，如圖 2 所示，更精確地說，是在「問題界定」到「解決方案選定」之間。若以雙鑽石設計流程對應，「問題界定」代表定義（define）階段之結束並即將進入發展（develop）階段；而「解決方案選定」則代表發展（develop）階段結束並進入遞送（deliver）階段。因此，後設認知集中於發展到呈現階段初期。此現象可由 Dzombak 與 Beckman（2020）的觀點進一步解釋。他們將經驗式學習歷程（Experiential learning cycle）的概念延伸至設計過程，以具體經驗－抽象概念（Concrete Experience - Abstract Conceptualization）以及觀察反思－行動實作（Reflective Observation - Active Experimentation）兩個軸向建構出四個設計歷程階段。對照本研究觀察，後設認知多集中於「想像與設計」（imagine and design）與「實作與實驗」（make & experiment）階段，亦即與「抽象概念到具體經驗」的轉換相關。相反地，當設計歷程停留在單純「具體經驗」的操作（如初期的資料探索或後期穩定繪圖）時，後設認知的運作則相對稀少。對應至設計思考五步驟圖示，如圖 2，在發散與收斂之間的「掙扎區」（Groan zone），設計者往往同時進行構想的生成與歸納（Lewrick, Link, & Leifer, 2018）。本研究的結果亦顯示，後設認知主要發生於此「掙扎區」，反映設計者在發散與收斂交互作用下的思維調整。從後設認知理論的角度來看，後設認知監視與控制的運作為對象層（Object-level）與後設層（Meta-level）之間的轉換，亦可視為具體與抽象間的動態調節過程（Nelson & Narens, 1990, 1994）。

接著分別從「問題界定」與「解決方案選定」兩個關鍵決策點來觀察後設認知的運作特徵。首先，問題界定標誌著從問題空間（problem space）進入解法空間（solution space）的起始點。在這個階段，部分參與者僅依循直覺或習慣進行問題界定，缺乏有意識的評估與監控，可能導致無法有效運用後設認知，其最終的設計表現相對較弱（如#1、#5）。相對地，另一部分參與者則能以較高層次的視角檢視並掌握當前狀況，理解脈絡後再進行問題界定，展現出後設認知的過程掌握（M3）。其次，解決方案選定則可視為初步的收斂過程，也是抽象概念逐步轉化為具體經驗的起點。此時，部分參與者依靠與設計階段或策略相關的知識進行方案比較與抉擇（K2），另一部分參與者則結合與專案相關的既有知識以及具體發展的監控（K1、M1），逐步形成明確的想法並完成方案的初步收斂。展現後設認知在抽象與具體思維轉換過程運作多樣。

綜合前述，後設認知主要運作時機在「問題界定後到解決方案選定前」；相對之下，在偏向具體經驗的階段，如前期的資訊蒐集或後期長時間的繪圖操作，後設認知運作的頻率明顯較低。顯示出後設認知的觸發時機與設計者是否處於「抽象與具體思維轉換」的過程密切相關，尤其當設計者需要解析訊息、探索概念或在迭代中進行頻繁調整時，後設認知便容易發揮作用。

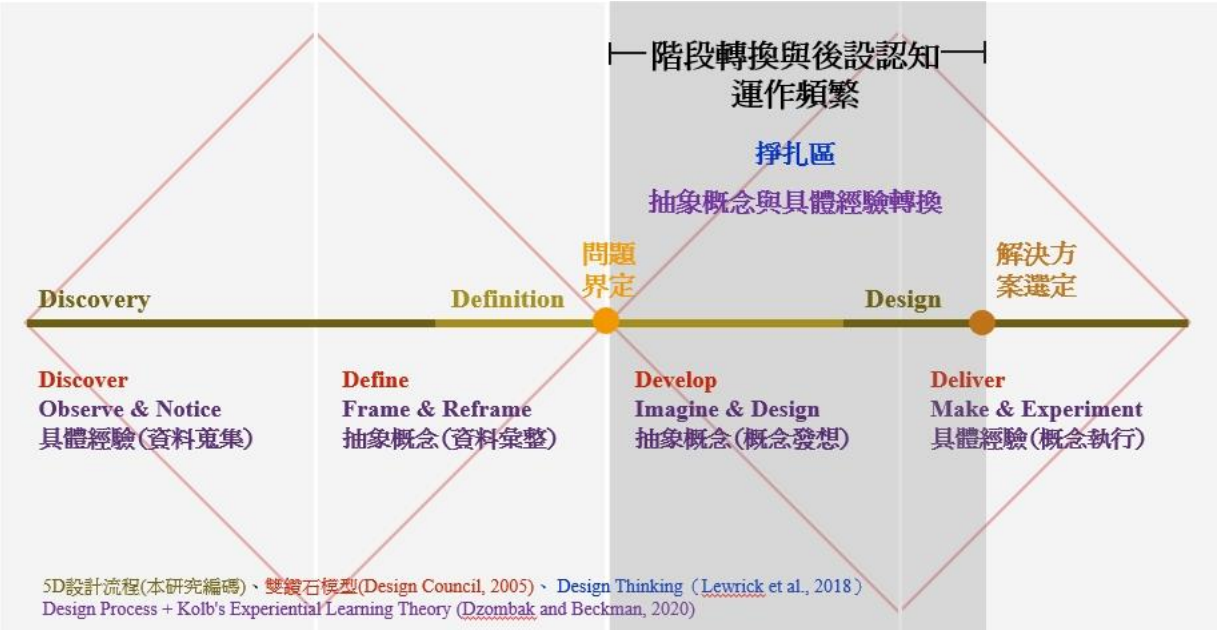


圖 2. 設計的後設認知與設計過程對應

（本研究團隊繪製與整理）

5-3 設計的後設認知與設計迭代

設計過程中間區段涉及抽象與具體資訊的交互處理（Dzombak & Beckman, 2020），是從問題空間進入解法空間的過渡，也是連接議題輸入與決策產出的橋樑（Lewrick et al., 2018）。從過去的研究以及本次實驗結果都顯示，設計過程的中間區段是設計階段轉換最為頻繁的區間（Adams, Turns, & Atman, 2003; Atman, 2019; Chen, H.-J., Chen, Y.-T., & Yang, C.-H., 2022; Crismond & Adams, 2012; Osgood & Johnston, 2022），設計階段轉換的本質與設計迭代（iteration）雷同，而迭代對設計執行的重要性不可言喻，問題空間與解法空間之間，就如同生物細胞的進化一樣交互影響，相互推進（Dorst, 2019; Dorst & Cross, 2001; Maher & Poon, 1996）。因此設計過程的中間區段如何發揮，是執行設計關鍵的部分。

後設認知在設計過程的中間區段運作較頻繁，可以推斷後設認知在設計執行中也扮演重要角色。前面的討論已歸納出後設認知的頻繁運作與設計表現的關係。然而，在現有資料中，尚不能明確說明究竟是後設認知導致設計階段的轉換，還是設計階段的轉換觸發了後設認知。後設認知的關鍵在於是否有「主動的意識」（Flavell, 1976），也是本研究在篩選編碼情境的主要準則，如果評估與行動僅出自習慣而非經過主動思考與檢視，則不能被視為後設認知。以參與者#1 的表現為例，其後設認知運作頻率低，且多數後設認知類別未被觸發，在「問題界定」與「解決方案選定」兩個關鍵設計思考決策點中皆未展現後設認知。雖然設計流程仍能推進，階段轉換也如常發生，但由於缺乏主動檢視與評估的意識，其行為多傾向於反射性或習慣性反應，設計成果很大程度依賴於隨機性。相較之下，參與者#2 在上述兩個決策點皆展現出後設認知運作，其設計成果也表現優異。顯示透過有意識的檢視與評估，再採取調整或行動的過程，能使設計行為建立在更堅實的基礎上。換言之，在設計執行過程中，設計階段轉換或設計迭代不必然需要基於後設認知，但經過主動意識評估後的調整或迭代往往品質更好。從共演化理論的角度看，即使缺乏後設認知，問題空間與解法空間仍可能透過互相碰撞、逐步優化（Dorst, 2019; Dorst & Cross, 2001; Maher & Poon, 1996），但有意識的共同演化使進化的方向與目的性更明確，更有機會創造佳績。

5-4 設計歷程中後設認知架構雛形

本研究建構一套設計歷程中後設認知活動的初步編碼架構，從中發現參與者的後設認知知識以設計專案（K1）與設計過程與策略（K2）為主，僅發現參與者#5 有運作少量的執行者與團隊，「我比較擅長初期的分析或者構思整個概念，但要畫出來…我很不熟悉就非常沒信心」（K3，第 21 分鐘），且沒有觀察到執行地點（K4）的運作。由於本研究的任務執行為快速設計，參與者於實驗室環境中、獨自完成設計，因而限制這兩類別的運作。在為期數週的設計課程中，應有機會能夠觀察到這兩個類別。接著，從後設認知調節的編碼結果可發現，多數後設認知運作伴隨具體行動，但僅有兩位參與者被觀察到修改行動（R2），此現象呼應設計師依賴早期想法，傾向對原有解決方案進行修正，而非放棄原方案、重新提出其他選項（Ball et al., 2001; Ullman et al., 1988）。

研究團隊認為在執行快速設計的過程中，時間也是影響要素之一。儘管本研究無設限執行設計任務的時間，參與者多半在 90 分鐘內完成設計任務，其中參與者#3、#5、#6 都有提到「還有時間」、「這樣時間會不夠」等與時間覺察相關的內容。由此可見參與者為了在時間內快速完成設計任務，運用不同於長時間設計專案所使用的方法，與之對應的後設認知運作表現，如僅有少數參與者涉及修改行動（R2），或者普遍後設認知知識運作集中在設計專案（K1），都可能與時間因素有關。總體而言，快速設計情境中，由於人、地點、時間等限制，可能造成參與者發展特定的後設認知運作模式。

六、結論

本研究採用質性研究方法，透過錄影設計過程、回溯式放聲思考訪談、專家評分，了解學生設計過程與設計的後設認知關係，研究的重要貢獻與成果如下：

（1）將設計的後設認知與設計過程結合，建立觀察整個設計過程的編碼架構雛形，提出新的分析與呈現資料方式，以及結果的分類形式。

（2）快速設計情境中，由於人、地點、時間等限制，可能造成設計師發展特定的後設認知運作模式。

（3）後設認知運作時機多發生於參與者遭遇困難或瓶頸，或者參與者對於特定任務或議題較注重時。從時間點來看，後設認知運作集中在設計任務整體時間的 25%至 75%之間，特別是設計階段的轉換之際，尤其在定義（Df）與設計（Ds）階段之間最為顯著。

（4）「問題界定」到「解決方案選定」間是後設認知運作的活躍時機，反映出「抽象概念到具體經驗間轉換」與後設認知運作的強烈關聯。

（5）在設計執行過程中，設計階段轉換或設計迭代不必然需要基於後設認知，但經過主動意識評估後的調整或迭代往往品質更好。

本研究在資料分析與結果上都有創新與貢獻，但仍存在一些限制：首先樣本的規模與選擇的限制，因樣本數量較少且皆為學生可能影響結果的普遍性，後續研究可擴大參與者數量與範圍，納入設計經驗更少的低年級學生，以及設計經驗豐富的專家設計師，了解設計經驗差異在此議題中扮演的角色。在設計者背景領域的選擇上，廣納設計領域相關科系，例如建築系、傳達設計等。此外，研究執行的場域為實驗室環境，可能與真實情境存在差距，未來研究可結合實際設計專案的觀察，更貼近實務應用。最後，本研究主要依據訪談逐字稿與影片分析設計過程與後設認知，可能無法完全呈現內在心理歷程，建議未

來結合例如腦波分析等量化技術，增加測量工具與數據來源，加入不同層面捕捉設計過程中的後設認知運作。

致謝

本研究承蒙台灣國家科學與技術委員會支持（項目編號：NSTC 112-2410-H-006-063-MY2），亦衷心感謝審查委員建議與指導，以及實驗參與者和本研究團隊所有成員對本研究的幫助。

參考文獻

1. Adams, R. S., Turns, J., & Atman, C. J. (2003). Educating effective engineering designers: The role of reflective practice. *Design Studies*, *24*(3), 275-294. doi:10.1016/S0142-694X(02)00056-X
2. Atman, C. J. (2019). Design timelines: Concrete and sticky representations of design process expertise. *Design Studies*, *65*, 125-151. doi:10.1016/j.destud.2019.10.004
3. Atman, C. J., Chimka, J. R., Bursic, K. M., & Nachtmann, H. L. (1999). A comparison of freshman and senior engineering design processes. *Design Studies*, *20*(2), 131-152. Doi: 10.1016/S0142-694X(98)00031-3
4. Atman, C. J., Yasuhara, K., Adams, R. S., Barker, T. J., Turns, J., & Rhone, E. (2008). Breadth in problem scoping: A comparison of freshman and senior engineering students. *International Journal of Engineering Education*, *24*(2), 234-245.
5. Ball, L. J., & Christensen, B. T. (2019). Advancing an understanding of design cognition and design metacognition: Progress and prospects. *Design Studies*, *65*, 35-59. doi: 10.1016/j.destud.2019.10.003
6. Ball, L. J., Lambell, N. J., Reed, S. E., & Reid, F. J. (2001). The exploration of solution options in design: A 'naturalistic decision making' perspective. In P. Lloyd & H. Christiaans (Eds.), *Design in context: Proceedings of the Fifth Design Thinking Research Symposium* (pp. 79-93). Delft: Delft University Press.
7. Ball, L. J., & Ormerod, T. C. (1995). Structured and opportunistic processing in design: A critical discussion. *International Journal of Human-Computer Studies*, *43*(1), 131-151. doi: 10.1006/ijhc.1995.1038
8. Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates. doi:10.12691/education-4-2-5
9. Chen, H.-J., Chen, Y.-T., & Yang, C.-H. (2022). Behaviors of novice and expert designers in the design process: From discovery to design. *International Journal of Design*, *16*(3), 59-76.
10. Crilly, N., & Firth, R. M. (2019). Creativity and fixation in the real world: Three case studies of invention, design and innovation. *Design Studies*, *64*, 169-212. doi:10.1016/j.destud.2019.07.003
11. Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching & learning matrix. *Journal of Engineering Education*, *101*(4), 738-797. doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x
12. Cross, N. (2004). Expertise in design: An overview. *Design Studies*, *25*(5), 427-441.
13. Desoete, A., & Ö zsoy, G. (2009). Introduction: Metacognition, more than the lognes monster? *International Electronic Journal of Elementary Education*, *2*(1), 1-6.
14. Devon, R., Bilen, S. G., Gordon, A., Nguyen, H., & Cox, C. D. (2007). Rapid and flexible graphical

communication for conceptual design. *International Journal of Engineering Education*, *23*(3), 474-482.

15. Dong, A., Lovallo, D., & Mounarath, R. (2015). The effect of abductive reasoning on concept selection decisions. *Design Studies*, *37*, 37-58. doi: 10.1016/j.destud.2014.12.004
16. Dorst, K. (2019). Co-evolution and emergence in design. *Design Studies*, *65*, 60-77. doi:10.1016/j.destud.2019.10.005
17. Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, *22*(5), 425-437. doi: 10.1016/S0142-694X(01)00009-6
18. Dzombak, R., & Beckman, S. (2020). Unpacking capabilities underlying design (thinking) process. *International Journal of Engineering Education*, *36*(2), 574-585.
19. Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates. Retrieved from https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2132979
20. Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, *34*(10), 906-911. doi:10.1037/0003-066X.34.10.906
21. Flavell, J. H. (1981). Cognitive monitoring. In I. W. P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills* (pp. 35-60). New York, NY: Academic Press.
22. Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. E. Weinert and R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 21-29). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/259848791_The_Concept_and_Development_of_Metacognition
23. Gero, J. S., & McNeill, T. (1998). An approach to the analysis of design protocols. *Design Studies*, *19*(1), 21-61. doi:10.1016/S0142-694X(97)00015-X
24. Goos, M., & Galbraith, P. (1996). Do it this way! Metacognitive strategies in collaborative mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, *30*(3), 229-260. doi:10.1007/BF00304567
25. Green, S., Southee, D., & Boult, J. (2014). Towards a design process ontology. *The Design Journal*, *17*(4), 515-537. doi:10.2752/175630614X14056185480032
26. Hsieh, H. -F., Shannon S. -E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288. doi:10.1177/1049732305276687
27. Ho, C.-H. (2001). Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts. *Design Studies*, *22*(1), 27-45. doi:10.1016/S0142-694X(99)00030-7
28. Jacobs, J. E., & Paris, S. G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues in definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, *22*(3-4), 255-278. Doi:10.1080/00461520.1987.9653052
29. Kavousi, S., Miller, P. A., & Alexander, P. A. (2020a). Modeling metacognition in design thinking and design making. *International Journal of Technology and Design Education*, *30*, 709-735. doi:10.1007/s10798-019-09521-9
30. Kavousi, S., Miller, P. A., & Alexander, P. A. (2020b). The role of metacognition in the first-year design lab. *Educational Technology Research and Development*, *68*, 3471-3494. doi:10.1007/s11423-020-09848-4
31. Kim, J., & Ryu, H. (2014). A design thinking rationality framework: Framing and solving design problems

in early concept generation. *Human-Computer Interaction*, *29*(5-6), 516-553. doi:10.1080/07370024.2014.896706

32. Ku, S. Y., & Morgan, M. (2006). Technology from a metacognitive perspective in studio settings in the higher education sector. *Proceedings of the 2006 7th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (pp. 490-498). Piscataway, NJ: IEEE. doi:10.1109/ITHET.2006.339801
33. Kurt, M., & Kurt, S. (2017). Improving design understandings and skills through enhanced metacognition: Reflective design journals. *International Journal of Art & Design Education*, *36*(2), 226-238. doi:10.1111/jade.12094
34. Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2018). *The design thinking playbook: Mindful digital transformation of teams, products, services, businesses and ecosystems*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
35. Lloyd, P., & Scott, P. (1995). Difference in similarity: Interpreting the architectural design process. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *22*(4), 383-406. doi:10.1068/b220383
36. Maher, M. L., & Poon, J. (1996). Modeling design exploration as co-evolution. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, *11*(3), 195-209. doi:10.1111/j.1467-8667.1996.tb00323.x
37. Maher, M., & Tang, H.-H. (2003). Co-evolution as a computational and cognitive model of design. *Research in Engineering Design*, *14*(1), 47-64. doi:10.1007/s00163-002-0016-y
38. Mitchell, W. J. (1990). *The logic of architecture: Design, computation, and cognition.* Cambridge, MA: MIT Press.
39. Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 125-173). San Diego, CA: Academic Press. doi:10.1016/S0079-7421(08)60053-5
40. Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 1-25). Cambridge, MA: The MIT Press.
41. Osgood, L., & Johnston, C. R. (2022). Assessing design ability through a quantitative analysis of the design process. *Sustainability*, *14*(17), Article 10865. doi:10.3390/su141710865
42. Pintrich, P. R., Wolters, C. A., & Baxter, G. P. (2000). Assessing metacognition and self-regulated learning. In G. Schraw, & J. C. Impara (Eds.), *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 43-97). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements.
43. Salam, M., Misu, L., Rahim, U., Hindaryatiningsih, N., & Ghani, A. R. A. (2020). Strategies of metacognition based on behavioural learning to improve metacognition awareness and mathematics ability of students. *International Journal of Instruction*, *13*(2), 61-72. doi:10.29333/iji.2020.1325a
44. Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action.* London: Temple Smith. doi:10.4324/9781315237473
45. Suwa, M., & Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, *18*(4), 385-403. doi: 10.1016/S0142-694X(97)00008-2
46. Swanson, H. J., Ojutiku, A., & Dewsbury, B. (2024). The impacts of an academic intervention based in metacognition on academic performance. *Teaching and Learning Inquiry*, *12*, 1-19. doi:10.20343/teachlearninqu.12.12
47. Veenman, M. V., Van Hout-Wolters, B. H., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning:

Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, *1*(1), 3-14. doi:10.1007/s11409-006-6893-0

48. Veenman, M. V. J. (2011). Learning to self-monitor and self-regulate. In P. A. R. Mayer (Ed.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 197-218). London: Routledge.
49. von Thienen, J., Weinstein, T. J., & Meinel, C. (2023). Creative metacognition in design thinking: Exploring theories, educational practices, and their implications for measurement. *Frontiers in Psychology*, *14*, Article 1157001. doi:10.3389/fpsyg.2023.1157001
50. Ullman, D. G., Dietterich, T. G., & Stauffer, L. A. (1988). A model of the mechanical design process based on empirical data. *AI Edam*, *2*(1), 33-52. doi:10.1017/S0890060400000536
51. 陳慧霞、游萬來（2008）。平面設計過程中使用傳統工具與電腦工具的草圖行為研究。*設計學報*，*11*（4），113-135。 doi:10.6381/JD.200612.0113

Chen, H. H., & You, M. L. (2008). Comparison of sketching activities with traditional and digital tools in graphic design. *Journal of Design*, *11*(4), 113-135. [in Chinese, semantic translation] doi:10.6381/JD.200612.0113

A Preliminary Exploration of the Relationship Between Metacognitive Processes and the Design Process in Rapid Design Contexts

Hsi Jen Chen* Chen Yu Chen** Chia Han Yang***

Department of Industrial Design, National Cheng Kung University
* hsijen_chen@mail.ncku.edu.tw
** duck810825@gmail.com

*** Institute of Creative Industry Design, National Cheng Kung University
chyang@ncku.edu.tw

Abstract

This qualitative study investigated the relationship between students' metacognitive activities and design processes during rapid design tasks. Six first-year graduate students in industrial design participated in a rapid design task involving "a kettle for the blind" in a controlled environment. After completing the task, participants conducted retrospective think-aloud interviews, and the data were analyzed using a coding framework integrating design phases and metacognitive behaviors. The findings revealed that higher levels of metacognitive activity were associated with improved design performance. Metacognitive activities frequently occurred during transitions between design phases, particularly between the Definition (Df) and Design (Ds) phases, where designers moved from abstract problem understanding toward concrete solutions. In contrast, fewer metacognitive activities were observed during more concrete activities, such as information exploration and sketching. This study highlights the role of metacognitive reflection in regulating design processes and provides implications for design cognition research and design education.

Keywords: Metacognition, Design process, Phase Transition, Design Iteration, Rapid Design Task.