

壹、緒論

二維 (two-dimensional, 2D) 和三維 (three-dimensional, 3D) 圖形所呈現的視覺刺激有很大的差異性。3D 形狀所呈現的光學刺激型態 (pattern) 具有模稜兩可的特質，因此科學家與神經心理學者都致力於瞭解人們是如何知覺 3D 圖形的，目前心理物理學者研究發現，3D 形狀的知覺可能是基於定性的觀點；而神經心理學者發現，3D 圖形的神經處理廣泛地分布在背側與腹側通道上，欲瞭解 3D 圖形的知覺與認知還需要更進一步的研究 (Todd, 2004)。在科學的領域中，2D 和 3D 兩種次微觀 (submicroscopic) 層次表徵 (Gilbert, 2008) 是科學教學與學習經常使用的視覺表徵類型，而不同層次的視覺表徵在科學學習上具有不同的意義，學生必須能夠藉由不同的表徵來促進學習 (Kastens, Agrawal, & Liben, 2009)。然而，認知心理學者在視覺系統對於 3D 影像的知覺與辨識的相關研究卻十分缺乏 (Mitsuoka et al., 2005)。近年來，研究腦神經科學相關儀器的發展與應用，提供了研究視覺神經系統運作的利器。因此，本研究主要目的在以事件相關腦電位 (event-related potentials, ERPs) 探討 3D 與 2D 圖形辨識的腦機制。

一、圖形辨識對科學學習的重要性

「辨識」是將外界訊息與個人長期記憶中所存訊息相互比較，比較過程順利表示能辨識此物，反之則否 (鄭麗玉, 2009)。心理學者曾對圖形表徵辨識與其歷程進行研究，但是研究的重點偏重受試者的反應時間為主的探討。如 Shepard 與其研究團隊 (Cooper & Shepard, 1973; Shepard & Metzler, 1971) 利用立體方塊圖形進行心像旋轉作業研究後，提出受試者在圖形的內在訊息處理歷程中可以分為登錄刺激、旋轉刺激、比較刺激及反應四個階段。他們認為人具有想像物體旋轉的能力，在操弄的過程中需要一定的反應時間，可能就類似於真實世界中物體轉動的方式，此實驗設計成功地探測心像操弄的過程，也提供了一個測量心像的客觀量測法，之後可以觀測腦部活動的相關技術 (如 ERPs 和 fMRI (functional magnetic resonance imaging)) 之發展，也依循此實驗設計想要一窺心像內在運作的方式。然而，心像表徵的相關研究與結論仍存在著很大的爭議 (Barba, Rosenthal, & Visetti, 2002; Kosslyn, 1994)。

「圖形辨識」是指外界特定的刺激與受刺激者的知識與經驗產生交互作用後，才可產生圖形辨識，進而促進某些知識的獲得。圖形辨識的能力是進行科學學習所需具備的重要能力之一。例如對於生物科學習而言，學習者必須具有圖形表徵的瞭解與處理，更需要掌握不同類型圖形的形狀與細節，進而融會貫通圖形表徵所隱含的意義才能夠有好的辨識成效，由此可知學習者的圖形表徵辨識歷程是學習成效與否的關鍵因素之一 (林玉雯、黃台珠、劉嘉茹, 2010)。而對化學學習而言，在探討分子、原子等粒子現象時，化學家發展出許多表徵，提供了化學家視覺的思考以及利用視覺表徵快速地傳遞訊息。這些視覺形象與表徵也幫助學生化

學的學習及思考，不論國中生或大學生的化學教科書，都是利用相同的視覺表徵方式來介紹化學概念 (Wu & Shah, 2004)。Martinez Peña 和 Gil Quilez (2001) 針對大學生的天文學研究也發現，教科書中有豐富的圖像並不一定總是有利於概念的理解。因為有許多因素會影響科學的學習，當學生缺乏太陽／地球／月球模型概念時，他們無法建構太陽／地球／月球的模型，因此當複雜的圖像與學生的解釋能力並不符合，也許也會妨礙學生的學習。因此，欲提升學生科學學習的成效，瞭解學生圖形理解與辨識的歷程實為重要。

二、圖形辨識的相關研究與爭議

靈長類的視覺皮質區在視知覺上扮演主要的角色，幾乎所有來自視網膜的信號都會先通過這個區域，然後再前進到其他專司不同視覺處理層面的區域 (Zeki, 1993)。就知覺理論而言，存在著幾個不同的派典 (Eysenck & Keane, 2000)：(一) 間接知覺理論認為知覺必須仰賴許多內在歷程，是由概念所驅動的歷程而非直接源自於刺激；(二) 直接知覺理論認為視覺環境所提供的訊息已經足夠讓人與該環境直接進行互動，無須涉及內在歷程和表徵；(三) 整合理論認為上行與下行歷程的相對重要性取決於各種的因素，當情境良好時視知覺取決於上行歷程為主，當刺激不夠清楚時需要下行歷程。而 Posner (1980) 指出圖形的瞭解包含了上行 (bottom-up) 和下行 (top-down) 的歷程，上行的處理主要是受圖形引導、是自動化的歷程；下行處理是有意識的，受到基模的知識和意圖的控制，兩者的交互作用才能達到圖形理解。由此可知，對於圖形辨識的腦神經機制上存在著不同的觀點與爭議。在本研究中，主要是進行刺激前後圖形的辨識，並不需要對圖形進行理解，賦予意義，為了避免受試者將圖形意義化影響實驗的結果與推論。因此，本研究的 2D 與 3D 圖形以幾何方塊的組合為素材，並且選取組合後無抽象意涵的圖形作為實驗素材。本研究假設受試者在實驗過程中的腦波變化主要是受到不同維度圖形誘發的差異，是屬於上行的處理歷程。

Shepard 和他的研究夥伴以 3D 的立體圖形設計實驗，以瞭解受試者心像旋轉作業的結果。研究結果發現，受試者的反應時間與兩圖形呈現的角度差異之線性的關係，而此研究結果說明心像旋轉作業與真實的物理世界的物體旋轉有相似的結果 (Cooper, 1975; Cooper & Shepard, 1973, 1975; Shepard & Cooper, 1982; Shepard & Metzler, 1971)。晚近的研究發現，圖形的複雜度增加時會影響受試者的反應時間，圖形愈複雜，受試者的反應時間愈長，但是圖形複雜度增加，反應時間並不隨著前後兩圖形角度差異愈大而增加，也就是說，圖形的複雜度並不會影響反應時間與角度的斜率關係 (周泰立、陸偉明、鄭秋瑾、吳瑞屯, 1996; 韓承靜、洪蘭、蔡介立, 2010; Cooper & Podgorny, 1976)。然而 Shepard 與 Metzler (1988) 利用 2D 圖形和 3D 圖形進行心像旋轉的研究，發現 3D 旋轉的反應時間要比 2D 旋轉的反應時間慢得多，由旋轉角度與反應時間的線性關係圖發現 3D 圖形的截距都比 2D 圖形大，但是兩者的斜率卻是相同的，因此推論空間向度上的差異在圖形辨識歷程中僅影響登錄刺激與比較刺激兩個階段。