

利用事件相關電位偵測 語意一致性、曖昧及不一致之差異

王靜儀* 鍾雨蓁**

* 大同大學工業設計系
catincar@gmail.com

** 亞洲大學創意商品設計所
yujanechung@gmail.com

摘 要

本研究選用感性度、新奇性、現代感及複雜度的四個語意向度，嘗試運用語意差異法的平均數、標準差、偏態和峰度，分類不同語意距離的產品圖片。再透過事件相關腦電位（event-related potentials, ERPs），偵測不同語意距離的刺激物，包括：語意一致的、語意曖昧的和語意不一致的配對組合，並量測具有語意觸發效果的 N400 成分。結果顯示，「語意一致的」反應時間比「語意不一致的」還要快，而且「語意曖昧的」配對反應和「語意一致的」配對組合同樣快速，表示圖片特徵與對應的形容詞達到一致性的情境脈絡下，可以加速受測者辨識的速度；反之，圖片特徵與之不同，提高受測者的反應時間。此外，語意不一致的組合，在右後腦的部位發現 N400 效果；語意曖昧的組合僅在左後腦區出現微幅的 N400 效果；而語意一致的組合沒有出現 N400 效果。語意不一致和語意曖昧的組合雖皆出現 N400 效果，但兩者的語意處理機制在大腦中是不同的。語意不一致的 N400 效果是對刺激物前後脈絡的否定；而語意曖昧的 N400 效果則是在語意之間產生雙向的肯定。因此，在未來量測產品的曖昧語意上，腦波或許可作為設計研究的輔助量測工具。

關鍵詞：事件相關電位（ERP）、語意差異法、語意曖昧、產品設計

論文引用：王靜儀、鍾雨蓁（2017）。利用事件相關電位偵測語意一致性、曖昧及不一致之差異。《設計學報》，22（1），25-45。

一、研究背景與動機

1-1 背景

在設計的領域中，不難發現在近代設計手法中，有許多產品從視覺感官上，傳達出令人曖昧模糊的感受。例如，Harri Koskinen 設計的冰塊燈，如下頁圖 1 所示。燈給人的感覺是溫暖的，但燈泡的外層設計的如冰塊般包覆般，讓人有又冷又熱的對立感，無法分辨是冷的還是熱的。又或者，復古的車同時具

有傳統與現代的特質，其可能讓人有懷舊的感覺卻同時能讓人感到新穎特別。一般在進行問卷調查時，受測者看到一個物體傳達某種感覺時，通常會偏向選擇與物體意義正確的選項，而不會選擇另一方與物體意義不同的選項。但是，當這兩種屬性同時表現在同一件物體時，帶給受測者在視覺上卻是曖昧且衝突的，因而產生了曖昧的情形，此時受測者可能就會勾選中立的形容詞選項。然而，選擇中立選項的結果可能會被判定為無效問卷，且也無法得知受測者真正的感受。

研究人對物的情緒反應大部分以形容詞語彙為基礎的問卷量測方式（Likert scale）。基於 Osgood、Suci 和 Tannenbaum（1957）所提出的「語意差異法」（semantic differential），簡稱「SD 法」進行量測。語意差異法通常為 5、7 或 9 尺度，兩端採用成對且意義對立的雙極形容詞。例如，「現代的 vs.傳統的」或「簡單的 vs.複雜的」，受測者會勾選尺度中的某個位置，最後以總和的平均數表示產品外形所傳達的感覺。然而，問卷調查多屬於「主觀」的尺度測量。而且尚有不足之處，包括：1.問卷回答的結果易受問卷設計的引導，可信度常被質疑，以及 2.受測者是否有耐心做完全試題，調查的嚴謹度較難易掌控（Lin, Fang, & Wang, 2011; Lin, M. H., Wang, C. Y., Cheng, S. K., & Cheng, S. H., 2011）。洪偉肯、陳玲鈴（2010）就運用標準差，篩選出可能帶有曖昧語意的產品。他們認為除了「曖昧語意」之外，還包括「受測者群組間認知相反」、「沒有感覺」。



圖 1. 以形容詞語彙量測曖昧產品的感受之問卷範例：此產品是溫暖的還是冰冷的？

由於產品領域的曖昧語意研究仍相當欠缺，而且使用語意差異的量測方法可能流於主觀性，難以得知受測者真正實際的感受。這些錯覺是大腦對某些物體知識，及對一般法則所產生的認知性的視錯覺，非生理性的錯覺。那麼如何能夠更客觀的檢視這一錯覺呢？為了探查如此曖昧的心理現象，本研究使用腦電波儀器量測人們的生理狀態，也許可幫助本研究得到更客觀的結果，及對曖昧圖形有更新的了解。由於，人類視覺方面的心理性情緒反應，與生理刺激反應有緊密的關係（Raichle, 1994）。因此，腦電波被視為決定視覺心理狀態的量測工具。事件相關腦電位（Event-related Potentials, ERPs）是由腦電波（Electroencephalogram, EEG）所獲得的電生理訊號。ERP 是屬於心理生理學（psychophysiology）範疇，當受測者的心理產生變化時，會直接影響腦部的神經反應。因此，在進行不同認知活動時，不同的大腦區位會有不同的活動，所產生的電位變化強度，以及分布情形也會有所不同，以便比較受測者涉及的認知歷程。因此在本研究中，將探索相關的定義與可行的量測方式，並以椅子為刺激物進行腦波量測，期望能夠對於此議題有更清楚的了解。

1-2 研究目的

本研究目的在於探討曖昧語意的物體在腦中是否會產生 N400 效果。在本研究腦波實驗中，如判斷感性的椅子，就必須檢視此椅子是否具備有感性的造形屬性，才能明確判斷這張椅子是否屬於此類型的

椅子。因此，這個語意曖昧的圖形刻意對視知覺「矇騙」，製造多重解讀的效應，應該可幫助人們深入了解接收和辨識訊息的運作機制。本研究推測，具有曖昧語意的圖形，亦即它是含蓋雙極語意的圖形，N400 的反應應該會比一致性的語意還要強烈；但和不一致的語意圖形相比，可能會出現相同的或是更負向的 N400 效果。

二、文獻調查

2-1 語意曖昧的定義

在定義上，與語意曖昧的相似名詞為「曖昧感覺」（ambivalence）或「聯結式的曖昧」（conjunctive ambiguity）。曖昧感覺的定義包括「一種心理狀態，當人對某物件感受到混合的感覺（通常指正向或負向的感覺）」（Gardner, 1987），也可視為「經由許多競爭、可評量的命題，所激起的衝突感覺」（Breckler, 1994）。在 Russell（1980）所歸納出的「感覺環模型」（circumplex model of affect）中，可說明人的基本感覺包括兩個向度，垂直軸的向度表示「活化程度」（activation）和水平軸的向度表示「愉悅程度」（pleasantness）。而人的基本感覺，則用反義字橫跨軸心的兩端：如悲傷的另一端是愉快、安靜的另一端是緊張（Russell, 1978; Thayer, 1989; Whissell, 1981）。

2-2 曖昧圖形的認知

一般熟知的曖昧的圖形（ambiguous figure），就是有些圖畫看起來有好幾種可能性。如「兔或鴨」（duck/rabbit）圖形，藉由觀察圖中不同的特徵（如兔耳或鴨嘴），這兩種圖形可能會隨著觀看者的意念轉換及視覺的搜尋路徑換來換去。這種曖昧含糊的圖形近似於本研究所提及的曖昧語意，如傳達理性又感性的圖形，是帶有模稜兩可的意涵。知覺是種假設（perceptions are hypotheses），當視網膜觀察到含糊不清、曖昧的圖像，可能會打開無窮盡的解釋（Gregory, 1997, p. 10）。這個曖昧性（ambiguity）對認知研究非常有用，當輸入眼睛的訊息不變之下，認知卻有許多變化，是深入探討認知的絕佳素材。林銘煌、王靜儀（2012）利用眼動儀，讓受測者觀看曖昧圖形的視覺搜索路徑，提出曖昧圖形的辨識與搜索歷程。結果發現，曖昧圖形的主要區域、次要區域，關鍵特徵和輔助特徵，是影響辨識圖形的重要區域。這些辨識特徵的機制如同視知覺的特徵比對理論（feature-matching theory），認為物件或圖片具有某些特徵，並且分析它們的功能或屬性來幫助觀者辨識它們（鄭昭明，1997）。辨識功能的能力來自經驗和知識。當大腦處理辨識的工作時，視知覺不是被動地等待外部刺激，而是藉由使用儲存的知識來主動解釋外部的消息。因此，在曖昧圖形中，受測者依各個區域的重要性，分配觀看的比例，「選擇」只看其中值得注意的特徵區域，再稍微比對一下其他可能早已看出的區域。因此，曖昧圖形的視覺刺激具有較複雜文化涵義的圖像，雖有完形主義的「群化作用」發揮效應，「部份」是有取舍的，具選擇性的。Pomerantz（1981）印證了林銘煌、王靜儀（2012）的結論。他認為圖形是有「衍生特性」（emergent property）利用基本特徵圖形組合，形成圖形局部的（local）和整體的（global）衍生特性，可以加速觀看者辨識的速度。而且這個過程需要動用選擇性注意力的機制，來排除其他元素的干擾。此類似 Nodine 與 Kundel（1987）的研究，認為眼球的搜尋模式只分為整體物件辨識（holistic object recognition）和局部特徵分析（local feature analysis）。此概念就是格塔式（gestalt）原理的基本原則，即部分的總和大於整體。完形心理學認為人類對於任何視覺圖像的認知，是一種經過知覺系統組織後的形態與輪廓，並非所有各自獨立部份的集合。整體是由各部份所決定，反之，各部份也由整體所決定（Koffka, 1935）。

2-3 事件相關電位理論

N400 是研究大腦語言加工原理常用的成分，潛伏期約可在刺激物呈現 300~500 毫秒後可在頭頂的腦區域量測到一個負向波形（negative waveform），高峰期約在 400 ms，潛伏期的長短視不同刺激物有所差異。N400 可反應任何潛在有意義的刺激，能在精確的時間內提供大腦認知的過程。研究大腦如何處理上述這種曖昧的現象，一個常見的測量方式就是探討語意觸發效果（semantic priming effect）。前一個出現的刺激物是觸發項（primer item），而後面被影響的刺激物是目標項（target item）。在腦波實驗中，最常使用的方法是利用觸發項與目標項的配對（prime-target pairing）模式，以檢視受測者對刺激物辨認的影響。語意觸發方式是操弄前面出現一個觸發項和後面被影響的目標項，讓受測者判斷項目之間的匹配程度。當目標項和先前預設的語意不一致時，無論從一段句子、文字配文字、文字配圖片，以及圖片配圖片，甚至是曖昧的動作，N400 就會被誘發出來（Eddy & Holcomb, 2009; Eddy, Schmid, & Holcomb, 2006; Federmeier & Kutas, 1999; Juottonen, Revonsuo, & Lang, 1996; Kiefer, 2001; Paz-Caballero, Cuetos, & Dobarro, 2006）。

2-3.1 語意不一致（semantic incongruity）的 N400 研究

早期，最經典的 N400 研究是針對文字配文字的判斷作業。如 Meyer 和 Schvaneveldt（1971）利用詞彙判斷作業，分析語意觸發效果。他們發現兩個語意相關的配對，如 bread v.s. butter（麵包 v.s. 牛油），比上兩個語意不相關的配對，如 bread v.s. doctor（麵包 v.s. 醫生），受測者會對語意相關的配對做出較快的反應。亦有大量研究是判斷不同種類的相配程度，發現不同類別的項目（between-category）（例如：書本 vs. 狗）比在同一種類別（within-category）（例如：牧羊犬 vs. 黃金獵犬）（Bobes, Lei, Ibáñez, Yi, & Valdes-Sosa, 1996; Guerra et al., 2009; Hamm, Johnson, & Kirk, 2002; Proverbio, Zotto, & Zani, 2007）。Kutas 與 Hillyard（1984）更進一步發現，N400 的振幅大小與語意背離的程度成正比。他們採用語意背離、語意相關，以及語意正常的三種句子，如圖 2 所示。例如：語意一致的句子，披薩餅熱得簡直無法「吃」（The pizza was too hot to “eat”），將「吃」（eat）這個字，改成語意關聯的「喝」（drink）和語意背離的「哭」（cry）。結果發現，語意衝突最大的句子，披薩餅熱得簡直無法「哭」（The pizza was too hot to “cry”）的最後一個字在 400 毫秒出現最高的負波，表示當語意衝突程度越大，N400 的振幅就越大。又如，Guerra 等人（2009）測試了一系列有趣的圖片的配對研究，如下頁圖 3a 所示。相配的圖片，如斑馬 vs. 白馬，是屬於同一種類別（within-category）；不相配的圖片，如書本 vs. 鐵鎚，則是屬於不同類別的類別（between-category）。結果發現不同類別的圖片組合，會比同一種類別的圖片組合，誘發出更高 N400 振幅，如圖 3b 所示。

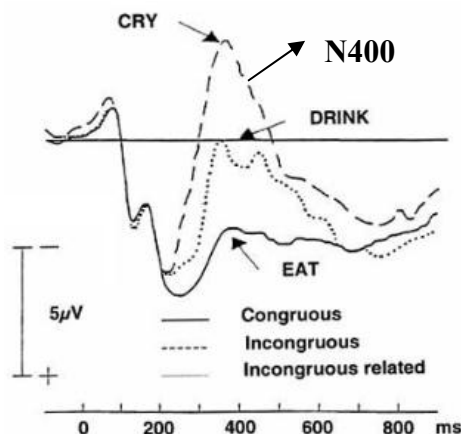


圖 2. N400 的波幅與語意背離的程度有關（Kutas & Hillyard, 1984）

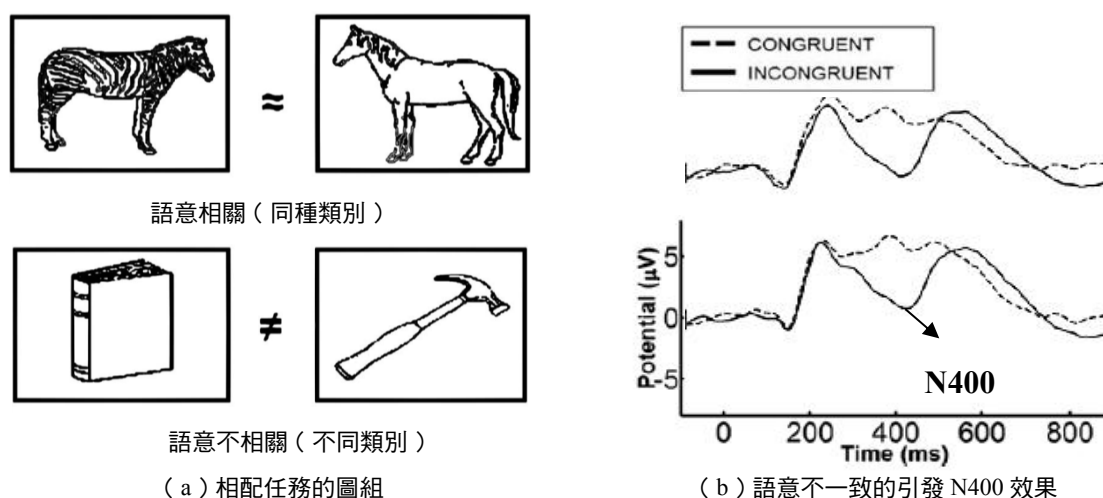


圖 3. 語意一致與語意不一致的 N400 效果 (Guerra et. al, 2009)

2-3.2 語意曖昧 (semantic ambiguity) 的 N400 研究

然而，當詞彙有含糊特質 (lexical ambiguity)，指的是一個字詞擁有多個意思。那麼語意觸發效果是否會出現呢？如英文中的 bank，最常解釋為銀行，也稱為河岸。Simpson (1981) 對此做出了兩項研究，在第一項字彙判斷中，Simpson 設計了兩種觸發項與目標項的配對，包括，意思含糊的觸發項，如 bank v.s. money (銀行 v.s. 金錢)；以及，意思不含糊的觸發項，如 boat v.s. money (船 v.s. 金錢)。結果顯示，含糊的觸發項只會在語意連結度較高，且意思較為明顯的情形下，產生語意觸發效果。如 bank v.s. money 能產生語意觸發效果，而卻不會在 bank v.s. river 產生。此證明 N400 著重在對語境 (context) 的連結能力。提供的語意資訊越多，連結能力越強，N400 振幅就越強烈 (Rabovsky, Sommer, & Abdel Rahman, 2012)。此外，具象的文字 (concrete words) 比抽象的文字 (abstract words) 的 N400 振幅還要大。此外，具象的形容詞也比抽象的形容詞的 N400 效果還要強烈 (Huang, Lee, & Federmeier, 2010)。因為，具象的文字提供較高的語意豐富性，可以提供較多的語意資訊給受測者進行想像。

當一張圖片有含糊的語意時，觸發效果是否會和文字的刺激同樣出現 N400 效果？圖形多半蘊含著複雜的訊息，一般人直覺上都會認為圖形比文字更能直接，且不需要學習，就可以代表外界的事物。本研究的腦波實驗有別於過去文字配文字或圖片配圖片的操作方式，而是採用文字配圖片 (picture-word) 的判斷模式。本研究認為前導文字與目標圖片是不同的訊息刺激型式，認知和語意處理機制應該不同。Paivio (1971) 根據語言和非語言的訊息加工模式，認為文字和圖像共用使用同一個共通的概念記憶系統，但各自仍有自己表面特徵和初步的加工程序 (陳烜之，2007，頁 528)。Schnotz、Böckheler 和 Grzöndziel (1999) 根據訊息加工理論發展一套雙重編碼模型，如最後的圖 8，它是一個從文字和圖片中獲取知識的模型。模型中的文字和圖像輸入後會經過一些表面加工，再透過意義或主題的加工，最後建立一個心理模型。因此，透過此模式可幫助本研究了解受測者將文字和圖像經過編碼、轉化，與比對的過程。

此外，本實驗使用的前導文字是抽象的形容詞 (如感性的)，是富有想像力的，所匹配的圖片內容沒有限制，全憑受測者發揮自由的想像力。因此，受測者在文字轉換成圖像的心智想像力 (mental imagery) 就變得相當重要。因為，知覺系統將物體的描述與儲存於視覺記憶中各類物體的形狀描述相比對，並選出最合適的配對 (Marr, 1982)。Paivio (2007) 認為心智的想像力仰賴刺激物的具象效應 (concreteness effect)。因此，後面出現的目標刺激物採用日常生活所使用的具體的椅子圖片，讓受測者在心智想像力上，可以對照他們心中所想像的典型的椅子模樣，來比較他們在本實驗中所看見的各式各樣稀奇古怪的

椅子圖片。Dyck 與 Brodeur (2015) 證明曖昧的物體會受到情境脈絡的影響。他們採用曖昧和不曖昧的物體，分別放置在中立的情境 (neutral scenes) 和一致性的情境 (congruent scenes)。結果顯示，曖昧的物體放置在中立的情境會比一致性的情境，在後腦 (posterior) 的電極產生較負向的 N400 效果。中立的情境與物體本身無關聯；而一致情景與物體是有關聯的。因此，曖昧物體放置在一致情境會減弱曖昧的效果。此外，當物體難以辨識時，物體周圍的情境就必須提供與物體一致性的資訊，可以幫助來決定物體的辨識。當曖昧的物體呈現的是有脈絡情境且相關聯的資訊時，較能快速地被辨識出來 (Marr, 1982)。假設這個情境脈絡的概念，可以類比成椅子組成的典型要素。典型要素成分越多，營造的情境脈絡可能就越強烈，就能加速受測者判別的反應。而這個典型的例子涉及到原型 (prototype) 的概念。原型是範疇的「中心」，是概念的核心，在範疇中佔有特殊地位。原型包括概念所有共同的屬性，共用的屬性越多，典型程度就越高 (Rosch & Mervis, 1975)。例如，椅子這個概念在腦中是由一個最理想的椅子的心理表徵構成的，亦即椅子的原型。因此，所有關於椅子的判斷皆根據這張理想的椅子所辨識出來的。在遇到新的椅子樣例時，人們會將它與椅子進行比較，如果兩者之間有許多相似性，人們就認為它是椅子；反之，若兩者之間是沒有相似性，則這個新樣例就不是椅子。因此，在本研究腦波實驗中，如判斷感性的椅子，就必須檢視此椅子是否具備有感性的造形屬性，才能明確判斷這張椅子是否屬於此類型的椅子。

三、研究方法

3-1 受測者

本研究招募來自於中央大學不分科系的大學生和研究生共 33 位，其中刪除 17 位腦波資料數目低於 16 筆的受測者。一般而言，一組腦波資料量必須需收足至少 16 位以上受測者才能足以進入腦波分析的階段。因每位受測者腦部結構不同，再加上受測者狀態不佳（如在實驗前曾流汗、頭皮皮質太厚、情緒起伏、專注力不足等）的個體影響，以致受測到腦波資料數目 (trials) 不足以進入腦波分析的情形。因此，符合標準的 16 位受測者（男性 8 位， $Mean=23.19$ 歲， $Std=2.01$ 歲），則進入腦波資料分析階段。這些受測者無設計背景和無設計相關經驗，慣用手皆為右手，且無視覺障礙和腦部受傷等神經方面疾病。

3-2 樣本

研究樣本以椅子為例，廣泛搜集各種可能案例。因椅子有相當高的多樣性，且為設計史中最具代表性的產品之一。樣本來源從「1000 Chairs」一書 (Fiell, C., & Fiell, P., 1997)、「500 Chairs」一書 (Hemachandra, 2008)、網路搜尋引擎以及家具網站等搜集各式的「無扶手椅」圖片，共 398 張椅子圖片，再請 6 位具 4 年以上設計經驗的產品專家（1 位男性， $Mean=22.83$ 歲， $Std=1.6$ 歲），依照造形、特徵、手法或風格樣式相似的圖片刪除至 96 張。每張圖片的透視角度以水平和垂直的夾角約 45 度呈現較易觀看的角度，並製成 10cmx10cm 的彩色圖卡。接著，請 30 位受過產品設計教育的「專家」（11 位男性， $Mean=23.63$ 歲， $Std=1.1$ 歲）和 30 位未受過產品設計教育的「生手」（19 位男性， $Mean=28.6$ 歲， $Std=10.8$ 歲），進行語意差異法的樣本篩選。語意向度，包括：感性度（理性 v.s. 感性）、新奇性（典型 v.s. 獨特）、現代感（傳統 v.s. 現代）、複雜度（簡單 v.s. 複雜）(Hekkert, Snelders, & Van Wieringen, 2003; Hsiao & Chen, 2006)。每個語意向度有 9 個尺度，並區分成偏左、曖昧、偏右 3 個階段的語意距離，每階段有 32 張圖片，每一語意向度有 24 張圖片，如表 1 所示。分群過程中允許類別的數量不平均或有空缺。根據洪偉肯、陳玲鈴 (2010) 提出的語意距離分配模式，如表 2 所示。從分析結果的平均數 (mean)、標準差 (standard deviation, SD)、偏態 (skewness)、峰度 (kurtosis) 的數值進行分類，以作為腦波實驗的測試樣本。

表 1. 語意分成偏左、曖昧、偏右之距離

語意距離	偏左			曖昧			偏右		
語意尺度	1	2	3	4	5	6	7	8	9
感性度	非常理性	很理性	有點理性	有點理性有點不感性	理性又感性	有點不理性有點感性	有點感性	很感性	非常感性
新奇性	非常典型	很典型	有點典型	有點典型有點不獨特	典型又獨特	有點不典型有點獨特	有點獨特	很獨特	非常獨特
現代感	非常傳統	很傳統	有點傳統	有點傳統有點不現代	傳統又現代	有點不傳統有點現代	有點現代	很現代	非常現代
複雜度	非常簡單	很簡單	有點簡單	有點簡單有點不複雜	簡單又複雜	有點不簡單有點複雜	有點複雜	很複雜	非常複雜

表 2. 語意距離分配模式及描述性統計結果

語意向度	語意距離偏左邊 (尺度範圍1~3)		語意距離曖昧 (尺度範圍4~6)		語意距離偏右邊 (尺度範圍7~9)	
感性度	平均數	2.75		5.15		7.29
	標準差	1.58		1.73		1.45
	偏態	0.88		-0.01		-0.80
	峰度	0.37		-0.32		0.29
新奇性	平均數	2.22		4.92		7.60
	標準差	1.43		1.70		1.40
	偏態	1.19		-0.03		-1.25
	峰度	0.73		-0.08		1.54
現代感	平均數	2.62		5.25		7.27
	標準差	1.60		1.92		1.55
	偏態	1.01		-0.41		-1.03
	峰度	0.85		-0.17		0.78
複雜度	平均數	2.69		5.13		7.47
	標準差	1.52		1.61		1.42
	偏態	0.71		-0.31		-1.19
	峰度	0.07		-0.49		2.08
圖片數量	共32張		共32張		共32張	
標準差	最小		最大		最小	
偏態	正值		負值		負值	
峰度	正值		負值		正值	

3-3 實驗程序

ERP 實驗流程是以文字和圖片的相配方式，判斷前後的刺激物是否一致，如下頁圖 4 所示。首先，螢幕中央呈現 1000 ms 十字圖形的凝視點，受測者必須專注螢幕的中心點，在間隔 500 ms 後，出現 1000 ms 以中文標楷體書寫的觸發文字。在間隔 500 ms，再出現 2000 ms 的目標圖片。此時，受測者須必須在目標圖片出現的 2000 ms 之內，判斷目標圖片與前導文字是否「一致的 / 不一致的」，受測者用食指按鍵盤的 shift 按鍵作反應，再經 500 ms 後，換下一組的刺激物。為避免受測者的慣用手效應，即慣用右

手的人，按下右鍵的機率比較高，而降低 ERP 效果。本研究設定第 1 位（單數號）受測者按左邊的 shift 是回答「不一致的」，右邊的 shift 是回答「一致的」；反之，第 2 位（雙數號）受測者按左邊的 shift 是回答「一致的」，右邊的 shift 是回答「不一致的」。每個語意向度分別有 1 組對立的中文形容詞（如理性的 vs. 感性的）。每個形容詞分別對應所屬的 24 張圖片。因此，同 1 張椅子圖片分別搭配 2 個形容詞，共有 192 組（trials）（ $4 \times 2 \times 24$ ）的隨機配對。全程實驗時間（含戴電擊帽前置作業時間）約 1.5 小時，中間休息 3 次。紀錄 ERP 腦波資料的區段，即從目標圖片出現後的 2000 ms 結束。全程僅循環 1 次。

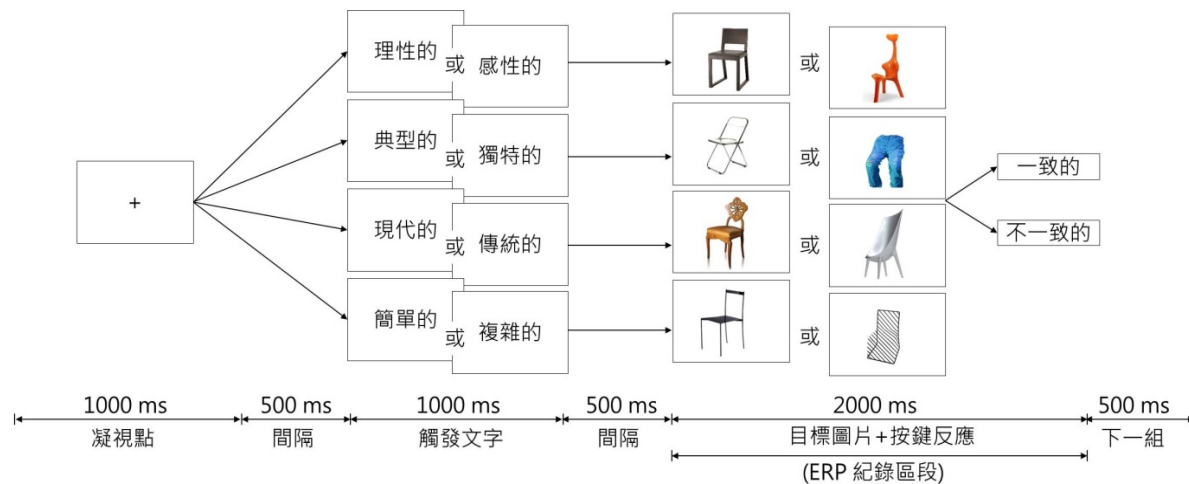


圖 4. 腦波實驗程序

3-4 腦波紀錄

腦波實驗在一間具有隔音及隔電磁波的密閉空間的實驗室進行。設備方面，腦電圖（EEG）訊號紀錄是來自於 66-channel 銀 / 氯化銀（Ag/AgCl）的電極帽。參考點（reference）電極，如下頁圖 5 是黏貼在受測者的左、右耳朵後方骨頭突出的後乳突（mastoid）。另外，垂直的眼動波（VEOG）電極是黏貼在受測者左眼眼球的正上方和正下方的眼皮上，以及水平的眼動波（HEOG）電極是黏貼在受測者左眼角和右眼角的外側。儀器設定方面，電阻值在 $5k\Omega$ 以下，取樣頻率設定在 1000Hz。濾波器頻寬設定在 0.05-70Hz（3 dB）。

腦波資料紀錄與擷取方面，本研究使用腦波分析軟體 NeuroScan 4.5，從原始的腦波訊號 EEG 擷取出腦波資料。首先，眼動雜訊減少（ocular artifact reduction）。將所有頻道（channels）的原參照 FZ 和 FCz 電極點，重新參照（re-referenced）為兩個乳突位置（M1、M2）的電極平均（Luck, 2005）。分段（epoch）連續性的 EEG 訊號，將每個條件均設定刺激物出現前的 100ms 到出現後的 920ms 之區間（interval）。將基準線效正（baseline correction）在 -100~0 毫秒的區間。以線性回歸（linear regression）校正眨眼訊號（Semlitsch et al., 1986）。設定低濾波 30Hz（12 dB/octave），去除高頻或眨眼的雜訊。接著，執行偽跡拒絕（artifact rejection），除了水平眼動（HEOG）和垂直眼動（VEOG），所有電極以 $\pm 60\mu V$ 的標準值，濾去眼動所帶來的振幅偏移。接著，再以同樣的方式，只有針對水平眼動（HEOG），設定以 $\pm 100\mu V$ 的範圍，再執行一次去除干擾訊號。疊加平均（average）各個條件在各個電極的 ERP 振幅。最後，總平均（grand average）所有受測者在各個條件上的 ERP 振幅。

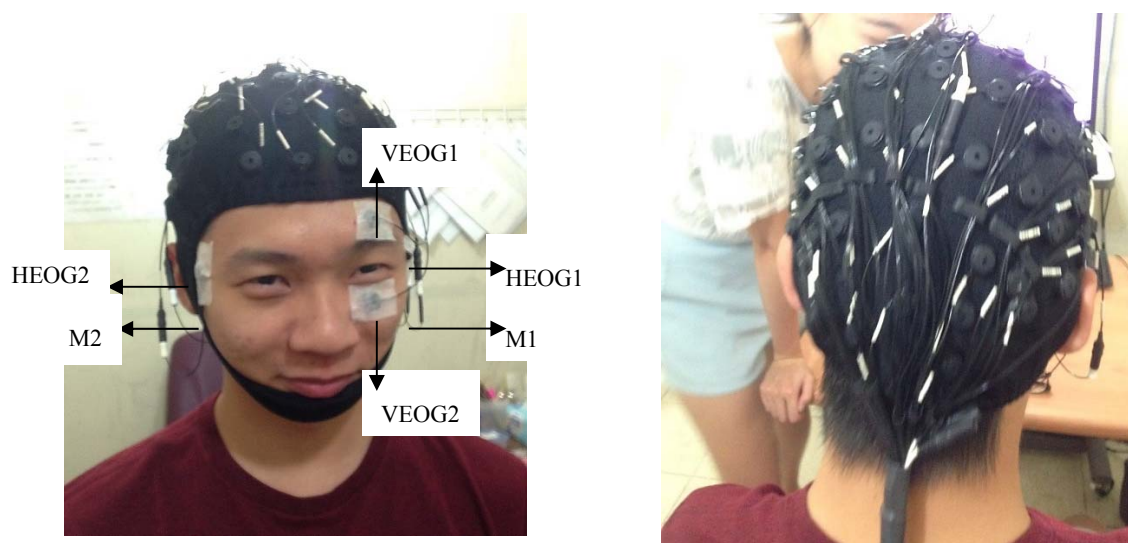


圖 5. 受測者臉部黏貼參考的電極點及眼動校正位置

3-5 資料分析

每位受測者會輸出兩種資料進行檢定分析，包括行為資料和腦波資料。

3-5.1 行為資料

行為資料包括，受測者對文圖配對的「相配程度」和「反應時間」。下頁表 3 以感性度（感性的 vs. 理性的）的語意向度為範例作說明。以同 1 張「理性的」椅子圖片搭配 2 個對立的形容詞「感性的」和「理性的」，有三種配對組合，包括：「語意不一致的」、「語意曖昧的」，和「語意一致的」反應。為了避免目標圖片因重複效應（repetition effects），降低 ERP 效果的情形發生（Rugg & Coles, 1995, p. 146）。本研究針對第一種和第三種配對組合只擷取「第一次」出現的文圖組合之腦波資料，刪除「第二次」出現的腦波資料；第二種「語意曖昧的」配對組合，本研究只採用「語意皆一致的」相配反應。

1. 「語意不一致的」組合：如感性的文字搭配理性椅子圖片，受測者判斷「語意不一致的」，表示該圖片是不感性的。
2. 「語意曖昧的」組合：分為「語意皆一致的」和「語意皆不一致的」曖昧反應，即是對應到洪偉肯、陳玲鈴（2010）提及的兩種曖昧情形，包括「矛盾語意（兩端語意並存）」和「沒有感覺（兩端語意均無）」。「語意皆一致的」反應是指，感性 / 理性的文字搭配理性椅子圖片，受測者皆判斷「語意一致的」，表示受測者認為該圖片「又」理性且「又」感性，即本研究探討的面向。另外，「語意皆不一致的」反應是指，感性和理性的文字分別搭配理性椅子圖片，受測者皆判斷「不一致的」，表示受測者認為該圖片「不」理性且「不」感性。此定義在洪偉肯、陳玲鈴（2010）的解釋是受測者沒有感覺或無法了解其表達的意義之情形，故並非本研究探討的部分。
3. 「語意一致的」組合：理性的文字搭配理性椅子圖片，受測者判斷「語意一致的」，表示該圖片是理性的。

表 3. 受測者對文圖的相配反應有三種組合

配對組合	出現順序	文字	圖片	受測者判斷	相配反應	檢定分析
1	第一次	感性的	理性的	不相配	語意不一致的	有
	第二次	理性的	理性的	相配	語意一致的	刪除
2	第一次	感性的	理性的	相配	語意皆一致的 (兩端語意並存)	有
	第二次	理性的	理性的	相配		
	第一次	感性的	理性的	不相配	語意皆不一致的 (兩端語意均無)	刪除
	第二次	理性的	理性的	不相配		
3	第一次	理性的	理性的	相配	語意一致的	有
	第二次	感性的	理性的	不相配	語意不一致的	刪除

備註：以語意向度感性度（感性的 vs. 理性）為範例作說明。

「相配程度」是受測者分別對三個配對組合的反應次數除以總次數之百分比，而「反應時間」是受測者在看到目標刺激物後，按下按鍵的反應時間。表 4 顯示「相配程度」計算方式，總計四個語意向度的反應次數，如「語意不一致的」反應次數分別是 13+8+7+11=39 組，故相配程度為 37.50%（39 組除以 104 組），共計次數為 192 組，其中有 56 筆並非本研究探討的部分，故刪除之。

表 4. 相配程度之計算方式

語意向度	感性度		新奇性		現代感		複雜度		總計	
	次數	百分比	次數	百分比	次數	百分比	次數	百分比	次數	百分比
語意不一致的	13	50.00%	8	32.00%	7	24.14%	11	45.83%	39	37.50%
語意曖昧的	6	23.08%	6	24.00%	14	48.28%	2	8.33%	28	26.92%
語意一致的	7	26.92%	11	44.00%	8	27.59%	11	45.83%	37	35.58%
小計	26	100%	25	100%	29	100%	24	100%	104	100%
刪除筆數	22		23		29		24		56	
共計筆數	48		48		48		48		192	

備註：以第十位受測者（s10）為範例作說明。

行為資料檢定採用成對樣本 T 檢定（paired sample T-test），分別比較受測者對感性度、新奇性、現代感及複雜度的四個語意向度的「語意一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意不一致的」反應次數和反應時間的顯著差異。顯著值依據雙尾（2-tailed）的顯著性（ $p < .05$ ）為判斷標準。

3-5.2 腦波資料

在腦波資料上，「一致的」、「曖昧的」，以及「不一致的」反應的 averages trials（範圍）分別為：32（24-45）、27（18-43），以及 32（17-44）。總平均 N400 振幅，分別計算椅子出現後 300-500 毫秒區間的振幅。此區段為參考先前的研究建議（Eddy & Holcomb, 2009; Mathalon, Roach, & Ford, 2010）。選擇的區段，必須每連續 100 毫秒為一個區段，就進行視覺的觀測與初步分析，直至找到有極大差異的效果為止。本研究選擇 27 個電極（F7、F5、F3、F1、Fz、F2、F4、F6、F8、T7、C5、C3、C1、Cz、C2、C4、C6、T8、P7、P5、P3、P1、Pz、P2、P4、P6、P8），並劃分為 9 個腦區域，如圖 6 所示，分別為：左前腦（left anterior,

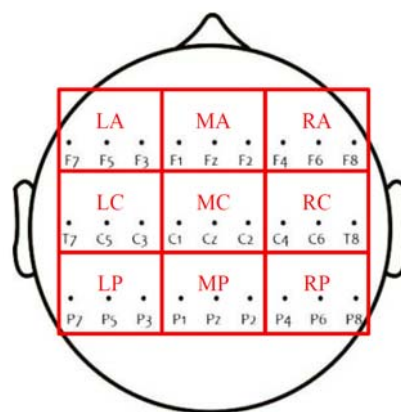


圖 6. 腦波資料擷取 27 顆電極的振幅，並劃分為 9 個腦區域

LA) (F7、F5、F3)、中前腦 (medial anterior, MA) (F1、Fz、F2)、右前腦 (right anterior, RA) (F4、F6、F8)、左中腦 (left central, LC) (T7、C5、C3)、中中腦 (medial central, MC) (C1、Cz、C2)、右中腦 (right central, RC) (C4、C6、T8)、左後腦 (left posterior, LP) (P7、P5、P3)、中後腦 (medial posterior, MP) (P1、Pz、P2), 以及右後腦 (right posterior, RP) (P4、P6、P8) 的電極。本研究針對選定的電極, 亦採用成對樣本 T 檢定 (paired sample T-test) 方式, 分別比較「不一致的」、「曖昧的」, 以及「一致的」相配組合在 9 個腦區域 (左前腦、中前腦、右前腦、左中腦、中中腦、右中腦、左後腦、中後腦, 以及右後腦) 的顯著差異。顯著值依據雙尾 (2-tailed) 的顯著性 ($p < .05$) 為判斷標準。

四、結果

4-1 行為資料結果

下頁表 5 顯示受測者對感性度、新奇性、現代感、複雜度在語意判斷任務上的相配組合是「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」的相配程度和反應時間之行為結果。總平均四個語意向度在「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」反應次數之百分比, 分別為: 34.04%、28.19%, 及 37.57%。另外, 四個語意向度在「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」反應時間, 分別為: 1120.61、1043.05, 及 1052.22。此表示「語意曖昧的」反應時間最快, 其次為「語意一致的」, 而「語意不一致的」反應時間最慢。從數值上看, 反應次數結果方面, 「語意一致的」反應次數最高, 其次為「語意不一致的」, 而「曖昧的」反應次數最少。而反應時間結果方面, 「語意曖昧的」反應時間最快, 其次為「語意一致的」, 而「語意不一致的」反應時間最慢。

表 6 顯示「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」相配程度之 T 檢定結果, 發現「語意曖昧的 vs. 語意一致的」和「語意不一致的 vs. 語意一致的」有顯著差異 (分別是 $t[15] = -2.80, p < .01$ 和 $t[15] = -2.13, p < .05$)。然而, 「語意曖昧的 vs. 語意不一致的」沒有顯著差異 ($p = .14$)。另外, 表 7 顯示「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」反應時間之 T 檢定結果, 發現在「語意不一致的 vs. 語意一致的」有顯著差異 ($t[15] = 4.38, p < .05$)。然而, 「語意不一致的 vs. 語意曖昧的」和「語意曖昧的 vs. 語意一致的」皆沒有顯著差異 (分別為 $p = .08$ 和 $p = .81$)。

表 5. 「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」相配程度和反應時間之行為結果

相配組合	相配程度 (%)		反應時間 (ms)	
	平均數 (mean)	標準差 (std)	平均數 (mean)	標準差 (std)
語意不一致的	34.04	6.43	1120.61	125.06
語意曖昧的	28.19	9.15	1043.05	148.36
語意一致的	37.57	5.04	1052.22	96.18

表 6. 「語意不一致的」、「語意曖昧的」, 以及「語意一致的」的相配程度之 T 檢定結果

相配組合	T 值	Sig. (2-tailed)
語意不一致的 vs. 語意曖昧的	1.56	0.14
語意曖昧的 vs. 語意一致的	-2.80	0.01**
語意不一致的 vs. 語意一致的	-2.13	0.05*

備註: * $p < .05$ ** $p < .01$

表 7. 「語意不一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意一致的」的反應時間之 T 檢定結果

相配組合	T值	Sig. (2-tailed)
語意不一致的vs.語意曖昧的	1.90	0.08
語意曖昧的vs.語意一致的	-0.25	0.81
語意不一致的vs.語意一致的	4.38	0.01*

備註：* $p < .05$ ** $p < .01$

4-2 N400 (300-500 ms) 結果

圖 7 顯示「語意不一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意一致的」相配反應在 N400 代表性的 Cz 電極之 ERP 波形。圖中的橫軸為振幅，單位是微伏特 (uV)；縱軸為潛伏期，單位是 ms (毫秒)。細實線為不一致的波形；粗實線為曖昧的波形；點線為一致的波形。一般而言，N400 是一負波 (negative waveform)，潛伏期會在 300-500 ms 出現，高峰期約在 400 ms，潛伏期視不同刺激物有所差異。在波形的走向上，波形向上為負向成長，向下則正向成長。本研究的 N400 波形在椅子圖片出現後提早約在 260 ms，三個反應組合明顯開始分離。隨後，約在 260-450 ms 的區間出現 N400 波形，約在 320 ms 達到高峰。此波形符合典型的 N400 的走向。

由 N400 振幅的數據顯示，「語意不一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意一致的」反應在 9 個腦區域的 N400 平均振幅 (標準差)，分別為：4.06 (3.10)、3.54 (2.64)，及 5.18 (3.83)。此結果表示，N400 振幅以「語意不一致的」比「語意一致的」波形還要負向，即「語意不一致的」N400 反應較高；而「語意曖昧的」又比「語意不一致的」波形更為負向，即「語意曖昧的」N400 振幅最高；次高為「語意不一致的」；而「語意一致的」波幅最小。

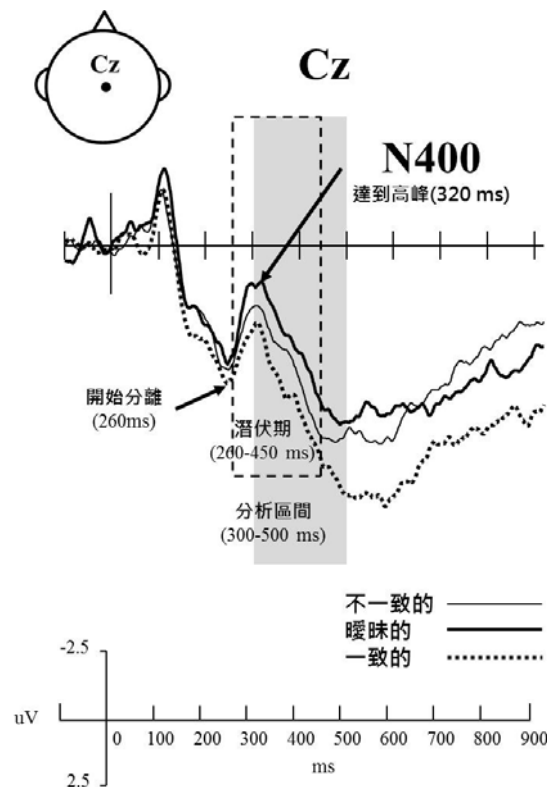


圖 7. 「語意不一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意一致的」相配組合在 Cz 電極的 N400 波形

表 8 顯示「語意不一致的」、「語意曖昧的」，以及「語意一致的」相配反應在 9 個腦區域（LA、MA、RA、LC、MC、RC、LP、MP 和 RP）的 N400 振幅之 T 檢定結果。「語意不一致的 vs. 語意一致的」T 檢定結果方面，如預期地在右後腦（RP）的區域有顯著差異（ $t[15]=-2.43, p<.05$ ）。然而，「語意不一致的 vs. 語意曖昧的」T 檢定結果雖無顯著差異，但是在左後腦（LP）的區域，可見到有接近顯著水準（ $t[15]=1.99, p=.07$ ）的 N400 效果，表示本研究探討的「語意曖昧的」刺激物，與典型的「語意不一致的」刺激物相同，皆能誘發出 N400 效果。「語意曖昧的 vs. 語意一致的」T 檢定結果方面，在左前腦（LA）、右前腦（RA）、中中腦（MC）、右中腦（RC）、左後腦（LP）、中後腦（MP），及右後腦（RP）的區域皆有顯著差異（分別是 $t[15]=-2.12, p=.05$ ； $t[15]=-2.32, p<.05$ ； $t[15]=-2.59, p<.05$ ； $t[15]=-2.67, p<.05$ ； $t[15]=-2.99, p=.01$ ； $t[15]=-2.63, p<.05$ ； $t[15]=-2.90, p=.01$ ），表示 N400 振幅分布區域集中分布在中後腦的區域，而前腦的分布較少，此符合過去的研究發現（Eddy et al., 2006; Guerra et al., 2009; Proverbio et al., 2007）。

表 8. 「不一致的」、「曖昧的」，以及「一致的」相配組合比較之 T 檢定結果

相配組合之比較	腦區域	T 值	Sig. (2-tailed)
語意不一致的 vs. 語意一致的	LA	-0.82	0.43
	MA	-1.09	0.29
	RA	-1.22	0.24
	LC	-1.43	0.17
	MC	-1.24	0.23
	RC	-2.06	0.06
	LP	-1.72	0.11
	MP	-2.00	0.06
	RP	-2.43	0.03*
語意不一致的 vs. 語意曖昧的	LA	1.12	0.28
	MA	0.73	0.47
	RA	1.15	0.27
	LC	0.69	0.50
	MC	1.38	0.19
	RC	0.30	0.77
	LP	1.99	0.07
	MP	0.76	0.46
	RP	1.18	0.26
語意曖昧的 vs. 語意一致的	LA	-2.12	0.05*
	MA	-1.80	0.09
	RA	-2.32	0.03*
	LC	-2.08	0.06
	MC	-2.59	0.02*
	RC	-2.67	0.02*
	LP	-2.99	0.01**
	MP	-2.63	0.02*
	RP	-2.90	0.01**

備註：* $p<.05$ ** $p<.01$

五、討論

本研究以形容詞搭配椅子圖片判斷語意相配的任務，來偵測刺激物之間的語意不一致的、語意曖昧的，及語意一致的程度，量測 N400 效果之腦波實驗。四種形容詞的語意向度，包括：感性度（理性的 v.s.感性的）、新奇性（典型的 v.s.獨特的）、現代感（傳統的 v.s.現代的），及複雜度（簡單的 v.s.複雜的）。腦波結果發現，「語意不一致的 vs. 語意一致的」和「語意曖昧的 vs. 語意一致的」在腦後方出現明顯的 N400 效果。「語意不一致的 vs. 語意曖昧的」在左後腦僅微幅出現 N400 波形的傾向。

本研究綜合過去 N400 研究，比較不同語意關聯性是否因刺激物的相配模式而有所不同，如表 9 所示。因過去的腦波研究幾乎鮮少使用文字配圖片來偵測語意曖昧的 N400 效果，此法有別於以往使用文字配文字和圖片配圖片的傳統操作方式。按照過去研究發現，N400 強弱可預期的，無論在文字配文字、文字配圖片，圖片配圖片，N400 振幅的強弱依語意背離越強振幅越大（不一致的>相關的>一致的）。然而，對應本研究操弄帶有雙重語意的曖昧圖片，語意範圍恰好介於一致與不一致之間。對照過去文字配文字（曖昧>不一致）和圖片配圖片（曖昧>一致）的 N400 振幅，與本研究所發現的 N400 結果部分不符（曖昧=不一致>一致）。差異在於，過去研究的圖片配圖片的曖昧反應高於不一致的，而本研究的文字配圖片的曖昧和不一致的反應無顯著差異。因此推論，文字和圖片的視覺刺激形式不同，不同資料形式輸入大腦所產生的辨識和判斷機制應隨之不同。此解釋將於 5-2 章節中探討大腦對文字和圖像的編碼模式。

表 9. 不同的語意關聯性與 N400 振幅強弱之綜合比較

刺激物的相配模式	不同的語意關聯性之刺激物範例	N400振幅強弱
文字vs.文字	不一致: The pizza was too hot to “cry”.	不一致>相關>一致
	相關: The pizza was too hot to “drink”.	
	一致: The pizza was too hot to “eat”.	
	曖昧: BANK vs. MONENY 不一致: BANK vs. BOAT	曖昧>不一致
文字vs.圖片	不一致: MIRROR vs. 杯子	不一致>相關>一致
	相關: ACCINENT vs. 救護車	
	一致: BABY vs. 嬰兒	
	不一致: 感性的vs.理性的椅子	曖昧=不一致>一致（本研究）
	曖昧: 感性的vs.理性又感性的椅子 一致: 感性的vs.感性的椅子	
圖片vs.圖片	一致: 斑馬vs.白馬	不一致>一致
	不一致: 書本vs.鐵槌	
	曖昧: 運動器材vs.客廳	曖昧>一致
	一致: 刮鬍刀vs.浴室洗手台	

5-1 不同語意差異的行為反應

「語意不一致的」、「語意曖昧的」，和「語意一致的」相配組合的頻次平均分布幾乎差不多。雖然，「語意一致的」相配組合略顯高於「語意不一致的」和「曖昧的」反應。本研究認為實驗所使用的刺激物，呈現相等的刺激，不會讓受測者大幅地偏重於其中一方，所得的行為反應結果較不偏頗。此外，

「語意一致的」反應時間比「語意不一致的」還要快，而且「語意曖昧的」配對反應和「語意一致的」配對組合同樣快速。推論，當判斷某圖片（如感性的）是否符合感性的條件時，三者圖片蘊含感性的共同特徵多寡以「語意一致的（如感性的）」最多，「語意曖昧的（如理性又感性的）」普通（或各半），「語意不一致的（如理性的）」最少（或沒有）。因此，當含有較多的共同特徵時，就會被立即判斷出來，故「語意一致的」和「語意曖昧的」反應時間最快。此結果印證 Meyer 與 Schvaneveldt（1971）的結論，受測者會對語意相關的配對組合做出較快的反應。而且，此也證明先前的結論（Dyck & Brodeur, 2015; Rabovsky et al., 2012），物體內部的組成元素達到一致性的情境脈絡下，可以加速受測者辨識的速度。由此也可得證，圖形的群化作用確實發揮影響力（林銘煌、王靜儀，2012）。換句話說，「語意一致的」（如感性的）和「語意曖昧的」（如理性又感性的）配對組合的圖片組成的特徵（如曲面的、柔軟的），與對應的形容詞語彙皆能產生一致性的情境脈絡（兩者皆有感性的語意和特徵）；亦即，兩者圖片的特徵可聯結到同樣的概念，兩者的語意是相關的，可以加速知覺結合整合訊息，在辨識上只需花費「比對」刺激物的關鍵特徵的時間，縮短反應時間。反之，「語意不一致的」刺激物的關鍵特徵的不同之處相對地增加，無法發揮群化效應，故而提高比對的反應時間。總體而言，過去語意觸發效果的 N400 研究，大多數是針對文字的語意配對（Huang et al. 2010; Meyer & Schvaneveldt, 1971; Simpson, 1981）。但是，在文字和圖片的語意配對的判斷任務上，也可以同樣看到不同語意距離之間的行為反應差異。

5-2 不同語意差異的 N400 效果

過去大多數的 N400 研究是操弄前導刺激物和目標刺激物前後不一致，才能引發 N400 效果的結論（Eddy & Holcomb, 2009; Eddy et al., 2006; Federmeier & Kutas, 1999; Juottonen et al., 1996; Kiefer, 2001; Paz-Caballero et al., 2006）。如同，本研究的「語意不一致的」反應，即為典型的 N400 操弄的手法，如預期中可以在右後腦的部位發現 N400 效果。而且，「語意曖昧的」和「語意不一致的」N400 振幅相當接近，表示「語意曖昧的」反應同樣可以引發如同「語意不一致的」N400 效果。雖然，「語意曖昧的」反應僅在左後腦區域出現微幅的 N400 效果。此與本研究預期稍有不同，先前假設「語意曖昧的」N400 效果應會顯著高於「語意不一致的」反應，追究其原因將於文章後續的未來研究建議與改善作補充說明。兩者雖然沒有顯著差異，但是它們的語意網路處理機制在大腦中是不同的。對應到受試者的行為反應上，本研究認為「語意曖昧的」和「語意不一致的」行為判斷和認知的邏輯概念完全不同，如前述的表 3，故在腦中是明顯不同的語意判斷機制。因為「語意曖昧的」反應是前導刺激物和目標刺激物皆為一致性情形。故所誘發的 N400 效果，反應的是「雙重語意」的機制。此與「語意不一致的」反應操弄刺激物前後脈絡不一致的語意網路機制完全不同。換句話說，「語意不一致的」N400 反應是對刺激物前後脈絡的「否定」；而「語意曖昧的」N400 反應則是在兩端語意之間產生雙向的「肯定」，亦即對應到洪偉肯、陳玲鈴（2010）提及的「矛盾語意」，就是兩端語意並存的現象。因此，「語意曖昧的」在行為上獲得的主觀資料，利用腦波儀器同樣也能客觀地在腦中偵測到 N400 振幅，兩者得以相互驗證。

此外，過去的 ERP 研究使用文字和圖片配對（Greenham & Stelmack, 2001, 2003）的實驗結果皆表示，語言和視覺空間處理的表現對文字和圖片，在選擇性注意力和語意處理的機制不同。處理圖片所需的注意力工作量比文字高，使得 ERP 振幅也越高。根據訊息加工系統理論，記憶需要在不同的形式的編碼（文字和圖像）建立參考連結，用來配對不同編碼之間所代表的相同概念。因此，Schnitz 等人（1999）發展的雙重編碼模型，如圖 8 下頁所示，或許可以解釋本實驗中的受測者將語言文字轉換成視覺圖像化的過程。當文字（如感性的）出現時，啟動語意加工機制，透過符號結構分析，找出重要的語意表徵（如曲面的、弧線的、柔軟的）；接著，當圖片（如感性的椅子）出現時，啟動視知覺影像系統，掃略特定的特徵部位，透過設定的主題，產生心理模型（如具有感性的特徵部位、造型，和結構等）；最後，將文

字產生的語意表徵與圖像擷取的心理模型特徵進行比對，相互進行模型驗證，獲得雙方共同的概念。Larkin 與 Simon（1978）認為文字和圖像可能包含相同的資料，而這些特徵資料在圖像中是較明顯且容易提取的。換言之，當雙方擁有共同的特徵語彙時，容易加快圖像中提取與比對特徵的速度。再由特徵比對理論的角度來解釋這個模型的驗證行為，即視覺比對的搜索路徑，可對應圖 8 的視知覺影像系統。受測者在有限的時間內，將注意力分配在有吸引力的特徵上，只選擇觀看重要特徵，而忽略不必要的圖像區域。Lowe（1999）表示選擇性注意力亦可減少低空間能力的人在認知上的心理負荷。這個模型在受測者的腦海中會不斷進行轉換、比對、媒合，運作完成。此外，受測者的圖文配對能力，須憑藉個人在長期記憶內儲存的知識和經驗作為參考和根據，發揮想像、連結和聯想能力。

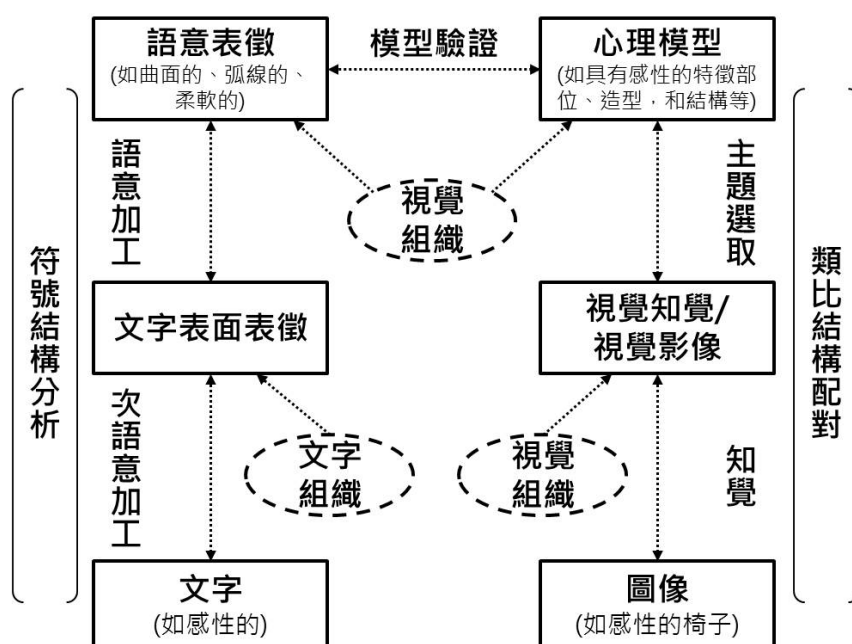


圖 8. 文字和圖像中發展的雙重編碼模型（修改自 Schnotz et al., 1999）

5-3 未來研究建議與改善

本研究認為要拉開語意曖昧和語意不一致之間的 N400 差異，就必須再加強樣本曖昧語境的強度，強化刺激物的情境脈絡和相關聯的資訊內容，才能提高 N400 振幅（Dyck & Brodeur, 2015; Paivio, 2007; Rabovsky et al., 2012; Simpson, 1981）。以利本研究清楚了解語意曖昧和語意不一致之間的語意處理機制。本研究檢討其原因，認為有三個可以提供未來腦波實驗設計改善的考量點。1. 首先，目前測試不同的語意距離的椅子圖片數量仍不夠多；倘若增加刺激物的數量，曖昧的 N400 效果一定能大幅提高。如此一來，語意曖昧和語意不一致的腦波波形能顯著地區別開來，並發現更多不同語意距離的處理機制。2. 其次，減少難以誘發曖昧的刺激物。除了增加刺激物的數量之外，刪除雙重語意的造型較不明顯，使得受測者難以在短時間內察覺其中的差異的刺激物。並且，盡量挑選結構及外形較為單純且可明顯表現出該形容詞的椅子圖片。此外，刺激物的組成元素，須一般人容易識得且易懂的普遍元素，可容易讓人容易聯結腦中的語意記憶，而腦中的記憶和刺激物共用的屬性越多，典型程度就越高（Rosch & Mervis, 1975）。因此，本實驗的椅子構件組成符合該語意向度的典型要素成分仍稍嫌不足，使得營造的情境脈絡不夠強烈，因而減少受測者的曖昧反應。3. 邀請專業產品設計師加入腦波實驗。因刺激物涵蓋多元的面向（譬如使用的構件、組合的方式及造型呈現的意象等等），使得一般未受過設計訓練的受測者，可

能無法在某些語意向度上完全誘發出 N400 的效果。在樣本分類過程中發現，專家和生手的產品分類的思考面向，截然不同。本研究推論，設計專家有較強的空間概念和產品設計經驗（Johnson & Mervis, 1997; Tamura & Tanaka, 2001），對於某些刺激物應該可以敏銳地察覺它們之間的細微差異。即使在同一個語意向度之間，但使用不同物件比例大小的產品，仍可因其專業學習後的熟悉度強，較易分辨出它們之間的語意距離，故比生手有較敏銳的反應。而且，專家的心智想像力（Paivio, 2007），或許比生手還要在腦中具體地描繪出來所對應形容詞的椅子模樣。若未來的 ERP 實驗有專業設計師的參與，他們的曖昧的相配反應，應該可以得到更多不同的 N400 結果。藉此，也可比較專家與生手之間對於曖昧的和不一樣的相配反應，是否更能挖掘出不同的語意判斷機制的層次反應。

六、結論

過去探討人們對產品的感覺時，經常使用形容詞彙描述對產品的感受，而且關注於語意向度的兩端，如現代感中的「現代的」到「傳統的」，如同許多設計常用的對比手法。但事實上，這中間還有曖昧語意的存在。透過腦電波儀器觀察人們的腦反應，確實可以偵測人們對曖昧語意的反應，並且可以深入了解曖昧效果所反應的腦部區域。再透過雙重編碼理論模型，幫助了解在腦中文字和圖像的訊息的轉換編碼過程與關係。因此，腦電波儀器或許可以引入設計研究中，如產品語意、感性工學、設計認知等研究領域，作為一個新的、客觀的量測使用者或是消費者認知反應之輔助工具。

誌謝

感謝大同大學基礎研究案經費對本研究的支持（E10409-D03-020）。另外，我們由衷感謝中央大學認知神經科學研究所鄭仕坤副教授在腦波分析方面給予相當具有幫助的建議。

參考文獻

1. Bobes, M. A., Lei, M. A., Ibáñez, S., Yi, H., & Valdes-Sosa, M. (1996). Semantic matching of pictures in schizophrenia: A cross-cultural ERP study. *Biological Psychiatry*, 40, 189-202.
2. Breckler, S. J. (1994). A comparison of numerical indexes for measuring attitude ambivalence. *Educational and Psychological Measurement*, 54, 350-365.
3. Dyck, M., & Brodeur, M. B. (2015). ERP evidence for the influence of scene context on the recognition of ambiguous and unambiguous objects. *Neuropsychologia*, 72, 43-51.
4. Eddy, M. D., & Holcomb, P. J. (2009). Electrophysiological evidence for size invariance in masked picture repetition priming. *Brain and Cognition*, 71(3), 397-409.
5. Eddy, M. D., Schmid, A., & Holcomb, P. J. (2006). Masked repetition priming and event-related brain potentials: A new approach for tracking the time-course of object perception. *Psychophysiology*, 43(6), 564-568.
6. Federmeier, K. D., & Kutas, M. (1999). A rose by any other name: Longterm memory structure and sentence processing. *Journal of Memory and Language*, 41(4), 469-495.

7. Fiell, C., & Fiell, P. (1997). *1000 Chairs*. New York, NY: Taschen.
8. Gardner, P. L. (1987). Measuring ambivalence to science. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 241-247.
9. Greenham, S. L., & Stelmack, R. M. (2001). Event-related potentials and picture-word naming: Effects of attention and semantic relation for children and adults. *Developmental Neuropsychology*, 20(3), 619-638.
10. Greenham, S. L., & Stelmack, R. M. (2003). Learning disability subtypes and the role of attention during the naming of pictures and words: An event-related potential analysis. *Developmental Neuropsychology*, 23(3), 339-358.
11. Gregory, R. L. (1997). *Eye and brain: The psychology of seeing*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
12. Guerra, S., Ibanez, A., Martin, M., Bobes, M. A., Reyes, A., Mendoza, R., Bravo, T., Dominguez, M., & Sosa, M. V. (2009). N400 deficits from semantic matching of pictures in probands and first-degree relatives from multiplex schizophrenia families. *Brain and Cognition*, 70(2), 221-230.
13. Hamm, J. P., Johnson, B. W., & Kirk, I. J. (2002). Comparison of the N300 and N400 ERPs to picture stimuli in congruent and incongruent contexts. *Clinical Neurophysiology*, 113(8), 1339-1350.
14. Hekkert, P., Snelders, D., & Van Wieringen, P. C. W. (2003). Most advanced, yet acceptable: Typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design. *British Journal of Psychology*, 94(1), 111-124.
15. Hemachandra, R. (2008). *500 chairs: Celebrating traditional and innovative designs*. New York, NY: Lark Books.
16. Hsiao, K. A., & Chen, L. L. (2006). Fundamental dimensions of affective responses to product shapes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(6), 553-564.
17. Huang, H. W., Lee, C. L., & Federmeier, K. D. (2010). Imagine that! ERPs provide evidence for distinct hemispheric contributions to the processing of concrete and abstract concepts. *Neuroimage*, 49(1), 1116-1123.
18. Johnson, K. E., & Mervis, C. B. (1997). Effects of varying levels of expertise on the basic level of categorization. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(3), 248-277.
19. Juottonen, K., Revonsuo, A., & Lang, H. (1996). Dissimilar age influences on two ERP waveforms (LPC and N400) reflecting semantic context effect. *Cognitive Brain Research*, 4(2), 99-107.
20. Kiefer, M. (2001). Perceptual and semantic sources of category-specific effects: Event-related potentials during picture and word categorization. *Memory and Cognition*, 29(1), 100-116.
21. Koffka, K. (2000). *Principle of gestalt psychology*. (Li, W. Y., Trans.). Taipei: Argun. (Original work published 1935)
22. Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials reflect word expectancy and semantic association during reading. *Nature*, 307, 161-163.
23. Larkin, J., & Simon, H. A. (1978). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
24. Lin, M. H., Fang, Y. M., & Wang, C. Y. (2011). A preliminary study of applying ERP on users' reactions to web pages with different presentation formats. *The Science of Design*, 57(5), 89-98.
25. Lin, M. H., Wang, C. Y., Cheng, S. K., & Cheng, S. H. (2011). An event-related potential study of

- semantic style-match judgments of artistic furniture. *International Journal of Psychophysiology*, 82, 188-195.
26. Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 225-244.
 27. Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA: MIT Press.
 28. Marr, D. (1982). *Vision*. San Francisco, CA: W. H. Freeman.
 29. Mathalon, D. H., Roach, B. J., & Ford, J. M. (2010) Automatic semantic priming abnormalities in schizophrenia. *International Journal of Psychophysiology*, 75(2), 157-166.
 30. Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 90, 227-234.
 31. Nodine, C. F., & Kundel, H. L. (1987). Perception and display in diagnostic imaging. *Radio Graphs*, 7, 1241-1250.
 32. Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*. Champaign, IL: University of Illinois Press.
 33. Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
 34. Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
 35. Paz-Caballero, D., Cuertos, F., & Dobarro, A. (2006). Electrophysiological evidence for a natural/artifactual dissociation. *Brain Research*, 1067(1), 189-200.
 36. Pomerantz, J. R. (1981). Perceptual organization in information processing. In M. Kubovy & J. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 141-180). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
 37. Proverbio, A. M., Zotto M. D., & Zani, A. (2007). The emergence of semantic categorization in early visual processing: ERP indices of animal vs. artifact recognition. *BMC Neuroscience*, 8(24), 1-16.
 38. Rabovsky, M., Sommer, W., & Abdel Rahman, R. (2012). The time course of semantic richness effects in visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(11), 1-9.
 39. Raichle, M. E. (1994). Images of the Mind: Studies with modern imaging techniques. *Annual Review of Psychology*, 45, 333-356.
 40. Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
 41. Rugg, M. D., & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford, England: Oxford University Press.
 42. Russell, J. A. (1978). Evidence of convergent validity on the dimensions of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36, 1152-1168.
 43. Schnotz, W., Böckheler, J., & Grzöndziel, H. (1999). Individual and co-operative learning with interactive animated pictures. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 245-265.
 44. Semlitsch, H. V., Anderer, P., Schuster, P., & Presslich, O. (1986). A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts applied to the P300 ERP. *Psychophysiology*, 23, 695-703.
 45. Simpson, G. B. (1981). Meaning dominance and semantic context in the processing of lexical ambiguity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 120-136.

46. Tamura, H., & Tanaka, K. (2001). Visual response properties of cells in the ventral and dorsal parts of the macaque inferotemporal cortex. *Cerebral Cortex*, 11(5), 384-399.
47. Thayer, R. E. (1989). *The biopsychology of mood and activation*. Oxford, England: Oxford University Press.
48. Whissell, C. M. (1981). Pleasure and activation revisited: Dimensions underlying semantic responses to fifty randomly selected "emotional" words. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 871-874.
49. 洪偉肯、陳玲鈴 (2010)。如何量測產品的矛盾語意。《設計學報》，15 (4)，41-58。
Hung, W. K., & Chen, L. L. (2010). How to measure product's contradictory semantics. *Journal of Design*, 15(4), 41-58. [in Chinese, semantic translation]
50. 陳烜之 (2007)。《認知心理學》。台北市：五南。
Chen, H. C. (1997). *Cognitive psychology*. Taipei: Wu-Nan. [in Chinese, semantic translation]
51. 鄭昭明 (1997)。《認知心理學：理論與實踐》。台北市：桂冠。
Cheng, C. M. (1997). *Cognitive psychology*. Taipei: Guei-Guan. [in Chinese, semantic translation]
52. 林銘煌、王靜儀 (2012)。以眼動路徑探討多義圖形的辨識歷程。《設計學報》，17 (2)，49-72。
Lin, M. H., & Wang, C. Y. (2012). Exploring the recognition process to the ambiguous figures by analyzing the scanpath of eye movement. *Journal of Design*, 17(2), 49-72. [in Chinese, semantic translation]

Detecting the Semantic Differences of Congruence, Ambiguity, and Incongruence in the Picture-word Matching Task Using the Event-related Potential

Ching-Yi Wang^{*} Yu-Jane Chung^{**}

^{*} Department of Industrial Design, Tatung University
catincar@gmail.com

^{**} Department of Creative Product Design, Asia University
yujanechung@gmail.com

Abstract

The present study tried to detect semantic distances by Event-related Potentials (ERPs). The semantic distances of product images were classified into four dimensions— affectivity, novelty, modernity, and complexity by using mean, standard deviation, skewness, and kurtosis. In ERP test, the picture-word matches of various semantic distances in terms of congruence, ambiguity, and incongruence were used as stimuli for detecting N400 effects. The results showed that the reaction times of congruence were faster than those of incongruence. The reaction times of the congruence were the same as those of ambiguity. These findings suggested that the features of images with conformity context for the words could decrease the participants' speed of identification. On the contrary, the differential features of images for the words could increase participants' reaction times. Moreover, the shorter reaction time was noted to congruent stimuli, while ambiguous and congruent stimuli triggered equally fast responses. The incongruent combination elicited N400 responses in right posterior cerebrum; the ambiguous combination triggered only slightly N400 responses in left posterior cerebrum, while the congruent combination did not demonstrate N400 effects. The mechanism of N400 effects to the incongruent combinations is mainly denial to the stimuli in the context, while bilateral confirmation is involved in the reactions to the ambiguous combinations. Therefore, ERP may be applied in the future as an auxiliary tool to measure the semantic ambiguity in product design.

Keywords: ERP, Semantic Differential Method, Contradictory Semantics, Product Design.